

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้า
โดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียม

RELIABILITY EVALUATION OF GENERATION SYSTEM
INDICES USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS



ฉัตรชัย สานติสุขรัตน์
CHATCHAI SANTISOOKRAT

รพ.
๒๒๓๒๗
๒๕๔๘

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 60449
วัน,เดือน,ปี 29 ส.ย. 2549

b..... 11๕๒18๒๙
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ ISBN 974-15-1961-3 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**RELIABILITY EVALUATION OF GENERATION SYSTEM
INDICES USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS**



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

2005

ISBN 974-15-1961-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2005

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้า โดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียม
นักศึกษา	นายฉัตรชัย สานติสุขรัตน์
รหัสนักศึกษา	46060303
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2548
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.สมชาติ จิรวិภากร

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการเสนอวิธีการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้า ด้วยค่าดัชนี SAIFI , SAIDI และ SAUEI โดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียม โดยได้นำข้อมูลการเกิดไฟดับในช่วงเวลา 4 ปี (เดือนตุลาคม พ.ศ.2543 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2547) ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต (EGAT) ในภาคเหนือ และข้อมูลการเกิดไฟดับในช่วงเวลา 6 ปี (เดือนตุลาคม พ.ศ.2541 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ.2547) ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต (EGAT) ในภาคกลางมาเป็นข้อมูลสำหรับฝึกสอน และทดสอบ โครงข่ายประสาทเทียม วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม 2 แบบ คือ โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ และ โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression เพื่อเปรียบเทียบว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบใดที่สามารถคำนวณค่าดัชนี SAIFI , SAIDI และ SAUEI ได้มีประสิทธิภาพมากกว่าและใช้เวลาในการฝึกสอนน้อยกว่า โดยการนำผลที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมมาเปรียบเทียบกับผลที่เกิดขึ้นจริง ในการใช้โครงข่ายประสาทเทียมมาช่วยในการวิเคราะห์นั้นสามารถแก้ไขในเรื่องของการใช้แบบจำลองที่มีความซับซ้อน และการคำนวณที่ใช้เวลานานด้วยวิธีการแบบอื่นๆ

Thesis Title	Reliability Evaluation of Generation System Indices Using Artificial Neural Networks
Student	Mr.Chatchai Santisookrat
Student ID.	46060303
Degree	Master of Engineering
Programme	Electrical Engineering
Year	2005
Thesis Advisor	Assist.Prof.Dr. Somchat Jiriwibhakorn

ABSTRACT

This thesis presents a method for evaluating the reliability of generation system using artificial neural networks. The indices in this paper are SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), SAIDI (System Average Interruption Duration Index) and SAUEI (System Average Unsupplied Energy Index). Artificial neural networks data is taken from North EGAT between October 2000 and September 2004 and data from Central EGAT on duration October 1998 to September 2004. Two kinds of artificial neural networks which are applied for this study, are back-propagation neural networks and generalized regression neural networks. The obtained results from artificial neural networks are compared with real results, recorded by North EGAT and Central EGAT. Using artificial neural networks in this study can solve complex models and long computation time that occurring in other methods.

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7 โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression.....	16
บทที่ 3 ระบบไฟฟ้ากำลัง.....	18
3.1 ประวัติของระบบไฟฟ้ากำลังในประเทศไทย.....	18
3.2 หน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับระบบไฟฟ้ากำลังในประเทศไทย.....	20
3.2.1 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.....	20
3.2.2 การไฟฟ้านครหลวง.....	20
3.2.3 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.....	21
3.3 ระบบไฟฟ้ากำลัง.....	21
3.3.1 ระบบผลิตกำลังไฟฟ้า.....	25
3.3.2 ระบบส่งกำลังไฟฟ้า.....	26
3.3.3 ระบบจำหน่ายไฟฟ้า.....	28
3.4 รูปแบบการจัดเรียงบัสของระบบไฟฟ้า.....	28
3.4.1 การจัดเรียงบัสแบบบัสเดี่ยว.....	29
3.4.2 การจัดเรียงบัสแบบบัสหลักและบัสถ่ายโอน.....	30
3.4.3 การจัดเรียงบัสแบบบัสคู่ – เซอร์กิตเบรกเกอร์คู่.....	32
3.4.4 การจัดเรียงบัสแบบเซอร์กิตเบรกเกอร์ชุดครึ่ง.....	34
3.4.5 การจัดเรียงบัสแบบบัสคู่ – เซอร์กิตเบรกเกอร์เดี่ยว.....	36
3.4.6 การจัดเรียงบัสแบบบัสวงแหวน.....	37
3.5 การวิเคราะห์และการวางแผนระบบไฟฟ้า.....	39
3.5.1 การคาดคะเนความต้องการไฟฟ้า.....	40
3.5.2 การวิเคราะห์โหลดโพลว์.....	40
3.5.3 การวิเคราะห์การลัดวงจร.....	40
3.5.4 การศึกษาเสถียรภาพของระบบ.....	40
3.5.5 การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้.....	40
บทที่ 4 ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า.....	42
4.1 แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับความเชื่อถือได้.....	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
7.4.1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ.....	207
7.4.2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression.....	207
7.4.3 ระบบไฟฟ้าที่นำมาทดสอบ.....	208
บทที่ 8 บทสรุป.....	209
เอกสารอ้างอิง.....	211
ภาคผนวก ก.....	213
ภาคผนวก ข.....	240
ประวัติผู้เขียน.....	247

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
7.10 ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นในการหาค่าดัชนี SAIFI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง	127
7.11 ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นในการหาค่าดัชนี SAIDI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง	130
7.12 ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นในการหาค่าดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง	133
7.13 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAIFI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ.....	145
7.14 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAIDI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ...	146
7.15 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAUEI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ.....	147
7.16 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAIFI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง	151
7.17 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAIDI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง	152
7.18 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAUEI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง	153
7.19 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAIFI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ	159
7.20 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAIDI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ	160
7.21 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAUEI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ	161

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
7.34 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAIFI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง	193
7.35 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAIDI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง	194
7.36 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAUEI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง	195
ก.1 เหตุการณ์การเกิดไฟดับของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในภาคเหนือ	215
ก.2 เหตุการณ์การเกิดไฟดับของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในภาคกลาง	229



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของ Neurons ในสมองมนุษย์	8
2.2 โครงสร้างการทำงานของนิวรอนในโครงข่ายประสาทเทียม	9
2.3 โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว	10
2.4 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น	10
2.5 โครงข่ายประสาทเทียมที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น	13
2.6 โครงข่ายประสาทเทียมที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น	14
2.7 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression	16
2.8 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชันฐานรัศมี	17
3.1 การแบ่งระดับชั้นในการศึกษาความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลัง	21
3.2 โครงสร้างของระบบไฟฟ้ากำลัง	22
3.3 วงจรจำลองของระบบไฟฟ้ากำลัง	23
3.4 ส่วนผลิตไฟฟ้า	25
3.5 ระบบส่งกำลังไฟฟ้า	27
3.6 การจัดเรียงบัสแบบบัสเดียว.....	29
3.7 การจัดเรียงของอุปกรณ์ของรูปแบบการจัดเรียงบัสแบบบัสเดียว	30
3.8 การจัดเรียงบัสแบบบัสหลักและบัสถ่ายโอน.....	31
3.9 การจัดเรียงของอุปกรณ์ของรูปแบบการจัดเรียงบัสแบบบัสหลักและบัสถ่ายโอน	32
3.10 การจัดเรียงบัสแบบบัสคู่ – เซอร์กิตเบรกเกอร์คู่	33
3.11 การจัดเรียงของอุปกรณ์ของรูปแบบการจัดเรียงบัสแบบบัสคู่และเซอร์กิตเบรกเกอร์คู่	34
3.12 การจัดเรียงบัสแบบเซอร์กิตเบรกเกอร์ชุดครึ่ง.....	35
3.13 การจัดเรียงของอุปกรณ์ของรูปแบบการจัดเรียงบัสแบบเซอร์กิตเบรกเกอร์ชุดครึ่ง	36
3.14 การจัดเรียงบัสแบบบัสคู่ – เซอร์กิตเบรกเกอร์เดียว.....	37
3.15 การจัดเรียงบัสแบบวงแหวน.....	38
3.16 การจัดเรียงของอุปกรณ์ของรูปแบบการจัดเรียงบัสแบบวงแหวน	39
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายกับความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า.....	46
4.2 อุปกรณ์สองชุดต่ออนุกรมกัน.....	47
4.3 อุปกรณ์สองชุดต่อขนานกัน.....	48
4.4 ตัวอย่างการลดรูปวงจร.....	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 ระบบซับซ้อน.....	49
4.6 การแยกเงื่อนไขเพื่อวิเคราะห์ระบบซับซ้อน.....	49
4.7 มินิมัลลัทธิเขตของระบบ	50
4.8 ความน่าจะเป็นในการ โชนทรีชย 100 ครั้ง.....	54
5.1 Single Line Diagram ของระบบ ไฟฟ้าของการ ไฟฟ้าฝ่ายผลิตในภาคเหนือ.....	61
5.2 Single Line Diagram ของระบบ ไฟฟ้าของการ ไฟฟ้าฝ่ายผลิตในภาคกลางทางตอนกลาง	65
5.3 Single Line Diagram ของระบบ ไฟฟ้าของการ ไฟฟ้าฝ่ายผลิตในภาคกลางทางฝั่งตะวันออก	66
5.4 Single Line Diagram ของระบบ ไฟฟ้าของการ ไฟฟ้าฝ่ายผลิตในภาคกลางทางฝั่งตะวันตก ..	67
6.1 แผนภาพการทดสอบด้วย โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น	79
6.2 แผนภาพการทดสอบด้วย โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น....	82
6.3 แผนภาพการทดสอบด้วย โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression	84
6.4 กราฟ Radial Basis Function ของสมการ $a(n) = e^{-n^2}$	85
6.5 กราฟ Radial Basis Function ของสมการ $a(n) = e^{-0.5n^2}$	86
6.6 กราฟ Radial Basis Function ของสมการ $a(n) = e^{-1.5n^2}$	87
6.7 กราฟ Radial Basis Function ของสมการ $a(n) = e^{-2n^2}$	88
7.1 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIFI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นเปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการ การไฟฟ้าในภาคเหนือ	94
7.2 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIDI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นเปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการ การไฟฟ้าในภาคเหนือ	95
7.3 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAUEI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นเปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการ การไฟฟ้าในภาคเหนือ	96
7.4 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นของการประเมิน ความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIFI ด้วยข้อมูลไฟดับในเขตภาคเหนือ	97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
7.5	โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นของการประเมิน ความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIDI ด้วยข้อมูลไฟดับในเขตภาคเหนือ98
7.6	โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นของการประเมิน ความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAUEI ด้วยข้อมูลไฟดับในเขตภาคเหนือ99
7.7	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIFI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นเปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการ การไฟฟ้าในภาคกลาง 103
7.8	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIDI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นเปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการ การไฟฟ้าในภาคกลาง 104
7.9	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAUEI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นเปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการ การไฟฟ้าในภาคกลาง 105
7.10	โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นของการประเมิน ความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIFI ด้วยข้อมูลไฟดับในเขตภาคกลาง106
7.11	โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นของการประเมิน ความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIDI ด้วยข้อมูลไฟดับในเขตภาคกลาง107
7.12	โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นของการประเมิน ความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAUEI ด้วยข้อมูลไฟดับในเขตภาคกลาง 108
7.13	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIFI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นเปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการ การไฟฟ้าในภาคเหนือ..... 121
7.14	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIDI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นเปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการ การไฟฟ้าในภาคเหนือ..... 122
7.15	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAUEI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นเปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการ การไฟฟ้าในภาคเหนือ..... 123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
7.16	โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นของการประเมิน ความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIFI ด้วยข้อมูลไฟดับในเขตภาคเหนือ..... 124
7.17	โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นของการประเมิน ความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIDI ด้วยข้อมูลไฟดับในเขตภาคเหนือ.....125
7.18	โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นของการประเมิน ความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAUEI ด้วยข้อมูลไฟดับในเขตภาคเหนือ.....126
7.19	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIFI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นเปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจาก การไฟฟ้าในภาคกลาง..... 136
7.20	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIDI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นเปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจาก การไฟฟ้าในภาคกลาง..... 137
7.21	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAUEI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นเปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจาก การไฟฟ้าในภาคกลาง..... 138
7.22	โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นของการประเมิน ความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIFI ด้วยข้อมูลไฟดับในเขตภาคกลาง.....139
7.23	โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นของการประเมิน ความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIDI ด้วยข้อมูลไฟดับในเขตภาคกลาง..... 140
7.24	โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นของการประเมิน ความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAUEI ด้วยข้อมูลไฟดับในเขตภาคกลาง..... 141
7.25	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIFI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ..... 148
7.26	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIDI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ..... 149

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
7.27	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAUEI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ..... 150
7.28	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIFI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง..... 154
7.29	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIDI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง..... 155
7.30	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAUEI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง..... 156
7.31	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIFI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ..... 162
7.32	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIDI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ..... 163
7.33	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAUEI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ..... 164
7.34	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIFI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง..... 168

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
7.35	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIDI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง.....	169
7.36	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAUEI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง.....	170
7.37	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIFI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ.....	176
7.38	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIDI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ.....	177
7.39	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAEUI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ.....	178
7.40	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIFI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง.....	182
7.41	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIDI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง.....	183
7.42	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAEUI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง.....	184

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
7.43 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIFI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ.....	190
7.44 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIDI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ.....	191
7.45 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAUEI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ.....	192
7.46 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIFI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง.....	196
7.47 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIDI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง.....	197
7.48 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAUEI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม แบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง.....	198
7.49 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้ ในการหาค่าดัชนี SAIFI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ.....	201
7.50 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้ ในการหาค่าดัชนี SAIDI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ.....	202
7.51 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้ ในการหาค่าดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ.....	203
7.52 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้ ในการหาค่าดัชนี SAIFI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง.....	204

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
7.53	โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้ ในการหาค่าดัชนี SAIDI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง..... 205
7.54	โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้ ในการหาค่าดัชนี SAEUI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง..... 206



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งสำคัญต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ การขัดข้องของอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบอาจส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟในแต่ละพื้นที่ ทั้งในด้านจิตวิทยา ความมั่นคงปลอดภัยในชีวิตประจำวัน และทางด้านธุรกิจ ซึ่งเมื่อเกิดการขัดข้องในระบบไฟฟ้าย่อมส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟทันทีโดยจะมีผลมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดหรือกิจกรรมของลูกค้า เช่น ถ้าหากเป็นผู้ใช้ไฟทั่วไปประเภทที่อยู่อาศัย ผลเสียหายในทางเศรษฐกิจคงไม่มี แต่ผลในทางจิตวิทยาและความรู้สึกที่ไม่ดี เนื่องจากไม่มีไฟฟ้าใช้นั้นคงมีบ้าง แต่ถ้าหากเป็นผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ในกลุ่มธุรกิจหรืออุตสาหกรรม ผลเสียหายที่เกิดทางเศรษฐกิจจะมาก สินค้าที่อยู่ในกระบวนการผลิตอาจจะเสียหายค่าใช้จ่ายในด้านแรงงาน การบำรุงรักษาอาจจะสูงขึ้น และที่สำคัญคือค่าใช้จ่ายในการเสียโอกาส (Opportunity Cost) ที่ต้องหยุดทำการผลิตไปทำให้การผลิตสินค้าของโรงงานไม่เป็นไปตามแผน และอาจต้องส่งสินค้าให้ลูกค้าไม่ทันตามกำหนด ผลเสียหายจึงมีทั้งทางด้านเศรษฐกิจและด้านจิตวิทยา ดังนั้นคุณภาพของพลังงานไฟฟ้าเริ่มเป็นประเด็นที่สำคัญที่ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องการ นอกเหนือจากปริมาณที่ต้องการให้มืออย่างเพียงพอทั้งกลุ่มอุตสาหกรรม ธุรกิจและบ้านที่อยู่อาศัย ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องการระบบไฟฟ้าที่มีความเชื่อถือได้สูง มีไฟฟ้าดับน้อยที่สุด

ปัจจุบันความต้องการไฟฟ้าที่มีคุณภาพดี คือ มีความสม่ำเสมอในด้านการบริการมีเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการวางแผน (Planning) ในส่วนของฝ่ายผลิตไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอ การให้ความสำคัญกับความเชื่อถือได้ (Reliability) ของระบบและความมั่นคง (Security) ของระบบจึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมากในการผลิตไฟฟ้า

สถานีไฟฟ้าจึงเป็นจุดสำคัญของระบบกำลังไฟฟ้าเนื่องจากการเชื่อมโยงระหว่างสายส่งไฟฟ้าของระบบผลิตกำลังไฟฟ้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้า ภายในสถานีไฟฟ้าจึงมีอุปกรณ์ไฟฟ้าจำนวนมากต่อเชื่อมกันเพื่อรับพลังงานไฟฟ้า แล้วจ่ายออกไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าโดยผ่านจุดจ่ายไฟ (Delivery Point) ภายในสถานีไฟฟ้า ดังนั้นหากเกิดเหตุขัดข้องจะมีผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้าในวงกว้าง ด้วยเหตุนี้ความเชื่อถือได้ของจุดจ่ายไฟภายในสถานีไฟฟ้าจึงเป็นสิ่งสำคัญที่เราควรจะทำ การวิเคราะห์ ภายในสถานีไฟฟ้าจะมีลักษณะการจัดเรียงอุปกรณ์ตามแบบต่าง ๆ ซึ่งมีความซับซ้อนมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับจุดอื่น ๆ ในระบบไฟฟ้ากำลัง จึงทำให้การประเมินความเชื่อถือได้ของสถานีไฟฟ้าขอย่นันยุ่งยากตามไปด้วย นอกจากนี้ลักษณะโดยทั่วไปของสถานีไฟฟ้าแต่ละที่ก็จะมีความแตกต่างกันไปด้วย ได้แก่ โครงสร้างการจัดเรียงอุปกรณ์ ประวัติพฤติกรรมการทำงานของอุปกรณ์ ความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือโหลดในแต่ละช่วงเวลา ตลอดจนรูปแบบการ

จัดเรียงบัสแบบต่าง ๆ ของสถานีไฟฟ้าแต่ละที่ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อความเชื่อถือได้ของจุดจ่ายไฟที่อยู่ในสถานีไฟฟ้า โดยค่าดัชนีที่จะนำมาใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ของจุดจ่ายไฟที่อยู่ในสถานีไฟฟ้า ได้แก่ ค่าดัชนี SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) , ค่าดัชนี SAIDI (System Average Interruption Duration Index) และค่าดัชนี SAUEI (System Average Unsupplied Energy Index) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวิธีการศึกษาการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนีทั้งสามค่านี้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาทั้งในด้านการปฏิบัติและการบำรุงรักษา (Operation and Maintenance) ของสถานีไฟฟ้าเพื่อให้จุดจ่ายไฟเกิดความเชื่อถือได้สูงที่สุด

ความเชื่อถือได้เป็นเรื่องของการคาดการณ์ล่วงหน้าถึงเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต โดยอาศัยวิธีทางสถิติมาใช้ในการประเมินถึงโอกาสของการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ขึ้นในอนาคต เช่น กระแสไฟฟ้าจะเกิดการขัดข้องบ่อยมากน้อยเพียงใด ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบและคุณภาพของระบบเอง การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบกำลังไฟฟ้าในยุคแรกเริ่มจะใช้วิธีการตัดสินใจ (Deterministic Method) ซึ่งขึ้นอยู่กับประสบการณ์และวิธีการตัดสินใจของผู้พิจารณา ปัจจุบันได้มีการพัฒนาโดยใช้เทคนิคความน่าจะเป็น (Probabilistic Techniques) ซึ่งนำสถิติที่แสดงถึงพฤติกรรมการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิดมารวมในการพิจารณา สามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีการวิเคราะห์ [1] (Analytical Method) และวิธีจำลองเหตุการณ์ (Simulation Method) [2 , 3 , 4] วิธีการวิเคราะห์เป็นวิธีการซึ่งอาศัยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แล้วคำนวณด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ให้สอดคล้องกับแบบจำลอง วิธีการนี้ให้ผลลัพธ์ที่แน่นอนและใช้เวลาในการคำนวณสั้น อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ต้องอาศัยกระบวนการวิธีในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนเมื่อระบบไฟฟ้ามีขนาดใหญ่ สำหรับวิธีการจำลองเหตุการณ์เป็นการจำลองเหตุการณ์การเสียหายของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบไฟฟ้าด้วยการสุ่มตามหลักการทางคณิตศาสตร์ จากนั้นจึงพิจารณาถึงผลกระทบของอุปกรณ์ที่เสียหายนั้นที่มีต่อระบบโดยตรงด้วยเหตุนี้กระบวนการแก้ปัญหาจึงไม่ซับซ้อน อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวก็ยังมีข้อเสียคือใช้เวลาในการคำนวณมากกว่าวิธีการวิเคราะห์

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) 2 แบบมาใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIFI , ค่าดัชนี SAIDI และ ค่าดัชนี SAUEI ซึ่งได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ (Back – Propagation) และโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression โดยจะดูผลที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบใดที่ให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องมากกว่ากัน โดยได้นำสถิติการเกิดไฟดับของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (EGAT) ในภาคเหนือและภาคกลางมาทำการศึกษา โดยข้อมูลไฟดับของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยในภาคเหนือเป็นข้อมูลไฟดับในช่วงเวลา 4 ปี (เดือนตุลาคม พ.ศ. 2543 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2547) และข้อมูลไฟดับของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในภาคกลางเป็นข้อมูลไฟดับในช่วงเวลา 6 ปี (เดือนตุลาคม พ.ศ.2541 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ.2547) ในการหาค่าดัชนีทั้ง 3

ค่านี้จะทำการพิจารณาในรอบ 1 สัปดาห์ โดยพิจารณาถึงจำนวนครั้งที่เกิดไฟดับในรอบ 1 สัปดาห์ , จำนวนเวลาที่เกิดไฟดับในรอบ 1 สัปดาห์ , ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ไม่สามารถจ่ายได้ในรอบ 1 สัปดาห์ และจำนวนจุดจ่ายไฟของสถานีไฟฟ้าทั้งหมดในแต่ละภาค มาเป็นข้อมูลให้กับโครงข่ายประสาทเทียมทำการวิเคราะห์ค่าดัชนี SAIFI , ค่าดัชนี SAIDI และ ค่าดัชนี SAUEI โดยรายละเอียดของวิธีการต่าง ๆ จะได้กล่าวถึงต่อไป

1.2 ความมุ่งหมายของปัญหาและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษากระบวนการวิธีในการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้า
2. เพื่อศึกษาและออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อนำมาใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้า โดยจะทำการวิเคราะห์ค่าดัชนี SAIFI , ค่าดัชนี SAIDI และ ค่าดัชนี SAUEI
3. เพื่อศึกษาผลที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมว่าการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบใดจะให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องมากที่สุด
4. นำผลที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมมาทำการวางแผนเพื่อนำมาใช้ในการบำรุงดูแลรักษาระบบไฟฟ้าให้มีความเชื่อถือได้สูงที่สุด

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

โครงข่ายประสาทเทียมมีความสามารถในการเรียนรู้และจดจำข้อมูลที่เรานำมาฝึกสอนให้กับโครงข่ายประสาทเทียมได้ดี โดยข้อมูลที่นำมาฝึกสอนให้กับโครงข่ายประสาทเทียมนั้นสามารถเป็นข้อมูลได้ทั้งแบบเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมนั้นสามารถทำการปรับเปลี่ยนฟังก์ชันการถ่ายโอน (Transfer Function) เพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมนั้นมีความเหมาะสมกับชุดข้อมูลมากที่สุด โครงข่ายประสาทเทียมที่นำมาใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ โดยจะทำการทดลองทั้งโครงข่ายที่มีชั้นซ่อน (Hidden Layer) 1 ชั้นและ 2 ชั้น ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นนั้นผลลัพธ์ที่ได้นั้นจะมีความถูกต้องแม่นยำมากกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อนเพียง 1 ชั้น และโครงข่ายอีกแบบที่นำมาใช้คือ โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ซึ่งโครงข่ายชนิดนี้ฟังก์ชันการถ่ายโอนเป็นแบบไม่เป็นเชิงเส้นทำให้ไม่เหมาะสมกับข้อมูลที่นำมาให้โครงข่ายประสาทเทียมทำการเรียนรู้ ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้นั้นจะไม่ดีเท่ากับการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1. ทำการศึกษาข้อมูลการเกิดไฟดับของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยในเขตภาคเหนือและภาคกลาง
2. ศึกษาค่าดัชนี SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) , ค่าดัชนี SAIDI (System Average Interruption Duration Index) และค่าดัชนี SAUEI (System Average Unsupplied Energy Index)
3. ทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับและโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

1. ศึกษากระบวนการของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
2. ศึกษาข้อมูลการเกิดไฟดับของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยในเขตภาคเหนือและภาคกลาง
3. ทำการคำนวณค่าดัชนี SAIFI , ค่าดัชนี SAIDI และค่าดัชนี SAUEI ในรอบ 1 สัปดาห์จากข้อมูลการเกิดไฟดับ
4. นำข้อมูลการเกิดไฟดับมาให้โครงข่ายประสาทเทียมทำการเรียนรู้
5. ออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น โดยทำการปรับเปลี่ยนฟังก์ชันการถ่ายโอน แล้วดูผลลัพธ์ที่ได้ว่าการใช้จำนวนโหนดในชั้นซ่อนจำนวนเท่าไร และฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบใดที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ของชุดทดสอบต่ำที่สุด
6. ออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น โดยทำการปรับเปลี่ยนฟังก์ชันการถ่ายโอนในชั้นซ่อนทั้ง 2 ชั้น แล้วดูผลลัพธ์ที่ได้ว่าการใช้จำนวนโหนดในชั้นซ่อนจำนวนเท่าไร และฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบใดที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ของชุดทดสอบต่ำที่สุด
7. ออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression โดยทำการปรับเปลี่ยนค่าการกระจาย (spread) แล้วดูว่าที่ค่าการกระจายเท่าไรที่ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ของชุดทดสอบต่ำที่สุด
8. ทดลองปรับเปลี่ยนความกว้างและแคบของกราฟของฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบฟังก์ชันฐานรัศมี (Radial Basis Function) ซึ่งเป็นฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ในโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression แล้วดูผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองปรับเปลี่ยนความกว้างและแคบของกราฟเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานที่ไม่ได้ทำการปรับเปลี่ยน แล้วดูว่าการปรับความกว้างหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคบของกราฟในรูปแบบใดที่ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ของชุดทดสอบต่ำที่สุด

9. เปรียบเทียบค่าค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ของชุดทดสอบ ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมทั้งหมดที่ทำการทดสอบว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบใดที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำโครงข่ายประสาทเทียมไปใช้ในการทำนายค่าดัชนี SAIFI , ค่าดัชนี SAIDI และค่าดัชนี SAUEI เพื่อนำมาใช้ในการวางแผนและบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าให้มีความเชื่อถือได้สูง
2. สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาวิธีการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้า
3. สามารถใช้โครงข่ายประสาทเทียมเป็นอีกวิธีการหนึ่งในการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า นอกจากการใช้วิธีการวิเคราะห์และวิธีจำลองเหตุการณ์

บทที่ 2

โครงข่ายประสาทเทียม

2.1 ประวัติและความเป็นมาของการพัฒนาโครงข่ายประสาทเทียม

การพัฒนาโครงข่ายประสาทเทียมเกิดขึ้นเมื่อมีการนำเสนอแบบจำลองทางตรรกะของโครงข่ายประสาทเทียมครั้งแรกในปี ค.ศ.1943 โดย Warren McCulloch นักประสาทวิทยา และ Walter Pitts นักคณิตศาสตร์ซึ่งมีอายุเพียง 18 ปีในขณะนั้น โดยมีแนวคิดสำคัญคือการคำนวณค่าสัญญาณเอาต์พุตโดยพิจารณาจากระดับกระตุ้นกล่าวคือ นิวรอนจะให้สัญญาณเอาต์พุตก็ต่อเมื่อผลรวมของสัญญาณอินพุตมีค่ามากกว่าระดับกระตุ้นซึ่งแนวคิดนี้ยังคงเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาโครงข่ายประสาทเทียมมาจนทุกวันนี้

ในปี 1949 Donald Hebb นักจิตวิทยาของมหาวิทยาลัย McGill ได้ออกแบบกฎการเรียนรู้ชนิดแรกสำหรับโครงข่ายประสาทเทียม กฎการเรียนรู้นี้ก็คือ ถ้าสองนิวรอนถูกกระตุ้นพร้อมกันแล้ว ความแข็งแรงของการเชื่อมโยงระหว่างพวกมันควรจะเพิ่มขึ้น

ในช่วงปี ค.ศ.1950 ถึง ค.ศ.1960 ถือว่าเป็นช่วงที่มีการพัฒนาโครงข่ายประสาทเทียมกันอย่างกว้างขวาง เมื่อ John van Neumann บิดาแห่งวงการคอมพิวเตอร์ยุคใหม่ได้นำเอาแบบจำลองของสมองที่เสนอโดยนักวิจัยที่ทำงานเกี่ยวกับโครงข่ายประสาทเทียมไม่ว่าจะเป็น Warren McCulloch และคนอื่น ๆ มาเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องคอมพิวเตอร์ในยุคต่อมา จนในปี ค.ศ. 1956 ก็ได้มีการสร้างแบบจำลองโดยใช้คอมพิวเตอร์ขึ้นได้สำเร็จ

ในปี ค.ศ.1957 Frank Rosenblatt ได้เริ่มศึกษาและพัฒนาประเภทใหญ่ของโครงข่ายประสาทเทียมที่เรียกว่า Perceptron ซึ่งเป็นรูปแบบที่สำคัญรูปแบบหนึ่งของโครงข่ายประสาทเทียม โดยส่วนมากสถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียมชนิดนี้จะประกอบด้วยชั้นอินพุตเชื่อมโยงผ่านด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก เพื่อเป็นตัวเชื่อมโยงกับนิวรอนที่ชั้นเอาต์พุต ค่าถ่วงน้ำหนักบนทางผ่านเชื่อมโยงถูกปรับเปลี่ยน กฎการเรียนรู้ Perceptron ปรับเปลี่ยนค่าถ่วงน้ำหนักซ้ำ ๆ กันซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่ากฎของ Hebb การเรียนรู้ของ Perceptron สามารถแสดงให้เห็นว่าลู่เข้าสู่ค่าถ่วงน้ำหนักที่ถูกต้อง ถ้าค่าถ่วงน้ำหนักเหล่านั้นจะแก้ปัญหาที่เตรียมพร้อม

ในปี ค.ศ.1959 Bernard Widrow และนักศึกษาของเขา Marcian Hoff ได้พัฒนาการเรียนรู้ซึ่งใกล้เคียงกับกฎการเรียนรู้ของ Perceptron โดยกฎการเรียนรู้ของ Perceptron ปรับค่าถ่วงน้ำหนักที่เชื่อมโยงที่โหนดเมื่อผลตอบสนองของโหนดไม่ถูกต้อง กฎ Delta ปรับค่าถ่วงน้ำหนักเพื่อลดความแตกต่างระหว่างโครงข่ายอินพุตถึงโหนดเอาต์พุตและค่าเอาต์พุตที่ต้องการ สิ่งเหล่านี้จะสรุปในรูปของค่าผิดพลาดยกกำลังสองเฉลี่ยที่น้อยที่สุด (Smallest Mean Square Error : SMSE)

และนำสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ไปใช้สร้างแบบจำลองของ MADALINE (Multiple ADaptive LINear

ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Element) ซึ่งพัฒนามาจาก ADALINE และเป็นการนำเอาโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้งานในทางปฏิบัติเป็นครั้งแรก โดยนำมาลดเสียงก้องในสายโทรศัพท์

ในปี ค.ศ. 1969 Marvin Minsky และ Seymour Papert ได้ตีพิมพ์หนังสือ Perceptron ซึ่งกล่าวถึงข้อจำกัดของ Perceptron ว่าไม่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาหลาย ๆ ปัญหาที่มีความน่าสนใจได้ ซึ่งจุดนี้เองทำให้นักวิจัยหลายคนกลับไปให้ความสนใจในด้านปัญญาประดิษฐ์ (AI) มากขึ้น แต่ยังมีนักวิจัยบางกลุ่มที่ไม่ย่อท้อและยังคงทำงานวิจัยด้านโครงข่ายประสาทเทียมต่อไป

ในปี ค.ศ. 1968 John Anderson ของมหาวิทยาลัย Brown เริ่มวิจัยงานของเขาในโครงข่ายประสาทเทียมด้วยโครงข่ายรวมกลุ่มความสามารถในการจดจำ (Associative Memory Nets) เขาได้พัฒนาแบบจำลองของโครงข่ายประสาทเทียมขึ้นมา และให้ชื่อว่า Brain-State-in-a-Box (BSB) งานประยุกต์ที่ใช้ในโครงข่ายประสาทเทียมชนิดนี้คือ การวินิจฉัยทางการแพทย์ (Medical Diagnosis)

ในปี ค.ศ. 1972 Teuvo Kohonen วิศวกรไฟฟ้าชาวฟินแลนด์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยี Helsinki ได้พัฒนาการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมด้วยการแก้ไขค่าถ่วงน้ำหนักแบบเมตริกซ์ โดยอาศัยพื้นฐานจากทฤษฎีของ Hebb และในปีเดียวกันเขาก็ได้เสนอทฤษฎีการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Self - Organizing map โดยการจัดรวมนิวรอนเป็นกลุ่มเพื่อใช้ในการวิเคราะห์เสียงพูด

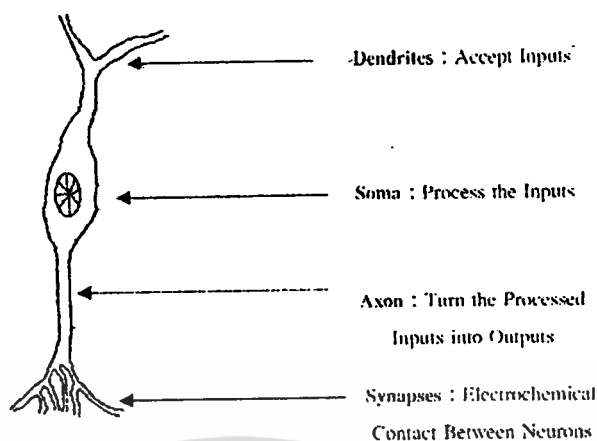
ในช่วงปี ค.ศ. 1985 ถึง ค.ศ. 1990 Gail Carpenter ได้ร่วมวิจัยกับ Stephen Grossberg ได้เสนอทฤษฎี Adaptive Resonance สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลแบบไบนารี (ART1) และข้อมูลอินพุตแบบต่อเนื่อง (ART2) และในปี ค.ศ. 1985 David Parker ได้เสนอทฤษฎีการเรียนรู้แบบแพร่ค่าย้อนกลับ (Back-propagation) ทฤษฎีการเรียนรู้นี้ใช้การนำค่าผิดพลาดของสัญญาณเอาต์พุตที่คำนวณได้กับสัญญาณเอาต์พุตตัวอย่างกลับมาเป็นค่าแก้ไขของค่าถ่วงน้ำหนัก

ในปัจจุบันโครงข่ายประสาทเทียมได้ถูกพัฒนา ค้นคว้า วิจัยและนำไปใช้ในด้านต่าง ๆ มากขึ้น อาทิ วิทยาศาสตร์ด้านระบบประสาท, การเงินการธนาคาร, ด้านคณิตศาสตร์, การแพทย์, ระบบสื่อสาร รวมไปถึงงานทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าอีกด้วย จึงถือได้ว่าโครงข่ายประสาทเทียมเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งที่ได้รับคามสนใจเป็นอย่างมากในช่วงเวลานี้

2.2 นิวรอน (Neurons) ในสมองมนุษย์

องค์ประกอบพื้นฐานของสมองมนุษย์คือ นิวรอน (Neurons) ซึ่งก็คือกลุ่มของเซลล์ประสาทที่ทำหน้าที่ในการจดจำ คิด นำความรู้ และประสบการณ์ที่บันทึกไว้ในสมองมาใช้ในการตัดสินใจในชีวิตประจำวัน แต่ละนิวรอนอาจเชื่อมต่อกับนิวรอนอื่น ๆ มากถึง 200,000 นิวรอน พลังสมองของมนุษย์เกิดจากนิวรอนจำนวนมากมายและระบบการเชื่อมต่อแบบซับซ้อนของนิวรอนจำนวนมากเหล่านี้ นิวรอนของมนุษย์ตามหลักวิชาประสาทวิทยา (Neuroscience) จะแบ่งออกเป็น 4

เอกสารส่วน ดังรูปที่ 2.1 แต่ละส่วนมีฟังก์ชันการทำงานดังนี้ เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

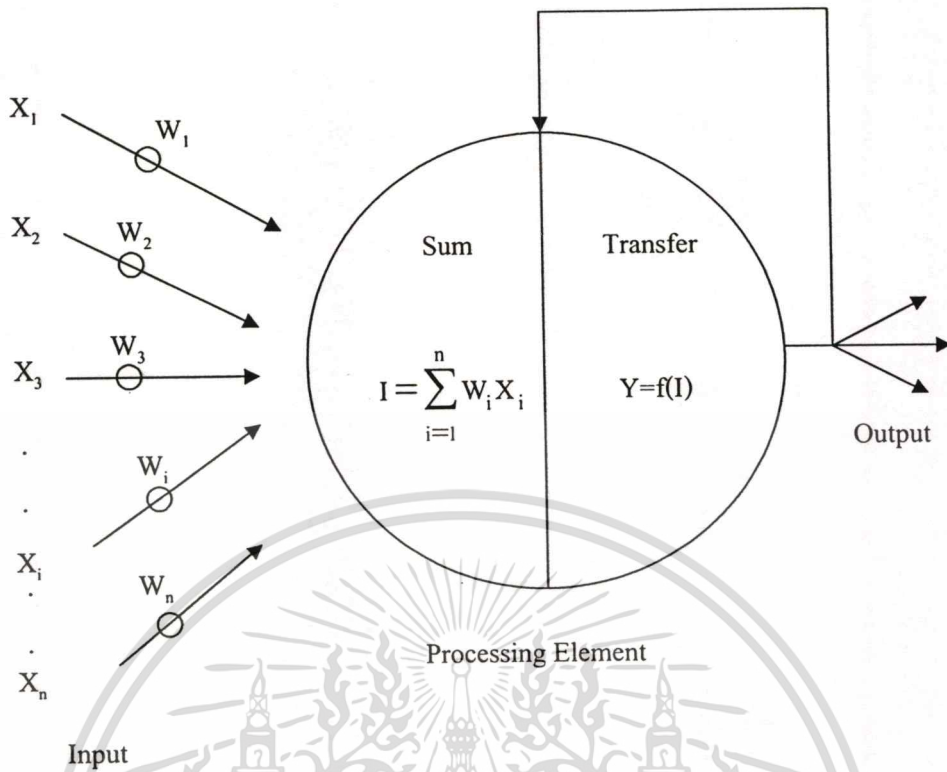


รูปที่ 2.1 โครงสร้างของ Neurons ในสมองมนุษย์ [5]

- Dendrites** คือ ส่วนที่ทำหน้าที่รับข้อมูล (Accept Inputs)
- Soma** คือ ส่วนที่ประมวลผลข้อมูลเบื้องต้น (Process Inputs)
- Axon** คือ ส่วนที่แปลงข้อมูลที่ได้ประมวลผลเบื้องต้นเป็นผลลัพธ์ที่ต้องการ (Turn the Processed Inputs into Outputs)
- Synapses** คือ เส้นประสาทที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อเพื่อการสื่อสารกับ Neurons อื่นในระบบสมอง (Electrochemical contact between neurons)

ในระบบประสาทของมนุษย์ Dendrites ทำหน้าที่รับข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ แล้วส่งให้ Soma ประมวลผลข้อมูลเบื้องต้น หลังจากนั้น Axon จะแปลงข้อมูลต่าง ๆ เป็นผลลัพธ์แล้ว Synapses จะส่งผลลัพธ์ให้นิวรอนอื่นเพื่อช่วยกันสร้างผลลัพธ์ขั้นสุดท้าย ความจริงแล้วการทำงานของระบบประสาทในสมองมนุษย์มีความซับซ้อนเกินกว่าที่มนุษย์จะเข้าใจได้ ซึ่งที่กล่าวมาข้างต้นนั้นเป็นเพียงแนวความคิดเกี่ยวกับการทำงานของนิวรอนอย่างง่าย ๆ ที่จะนำมาใช้ในการพัฒนา Artificial Neural Networks

จากที่กล่าวมานี้เป็นระบบการทำงานของนิวรอนในสมองของมนุษย์ ซึ่งนิวรอนในโครงข่ายประสาทเทียมก็จะจำลองการทำงานของนิวรอนในสมองมนุษย์มาเช่นเดียวกัน ซึ่งนิวรอนในโครงข่ายประสาทเทียมนั้นจะมีโครงสร้างการทำงานที่ง่ายกว่านิวรอนในสมองมนุษย์อยู่มาก โดยในรูปที่ 2.2 จะแสดงโครงสร้างการทำงานของนิวรอนในโครงข่ายประสาทเทียม



รูปที่ 2.2 โครงสร้างการทำงานของนิวรอนในโครงข่ายประสาทเทียม [5]

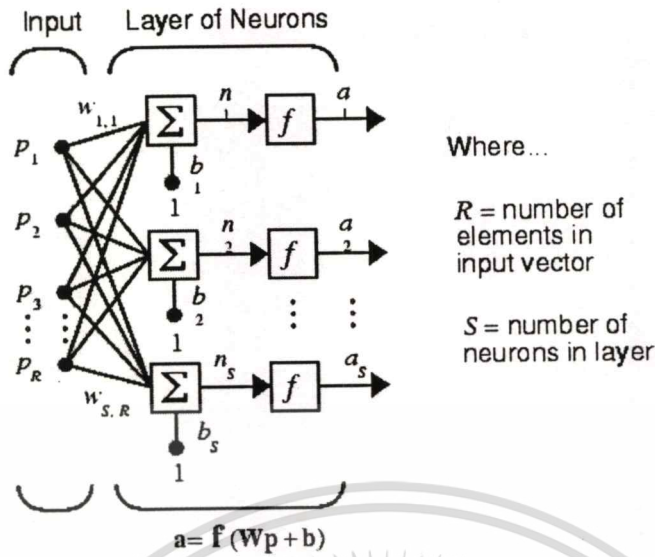
จากรูปที่ 2.2 ถ้ากำหนดให้ข้อมูลที่ป้อนเข้าสู่โครงข่ายประสาทเทียม คือ X_1, X_2, \dots, X_n ข้อมูลแต่ละตัวจะถูกคูณด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) W_1, W_2, \dots, W_n ตามลำดับ จากนั้นข้อมูลแต่ละตัวก็จะถูกรวมเข้าด้วยกันซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่า Summation ก่อนที่จะแปลงข้อมูล (Transfer) เป็นผลลัพธ์แล้วส่งให้นิวรอนตัวอื่นนำไปประมวลผลในลักษณะเดียวกันเพื่อสร้างผลลัพธ์ขั้นสุดท้าย

2.3 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม (Architectures of Neural Networks)

โครงข่ายประสาทเทียมนั้นสามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างได้ 2 แบบ คือ

2.3.1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว (Single Layer Neural Networks)

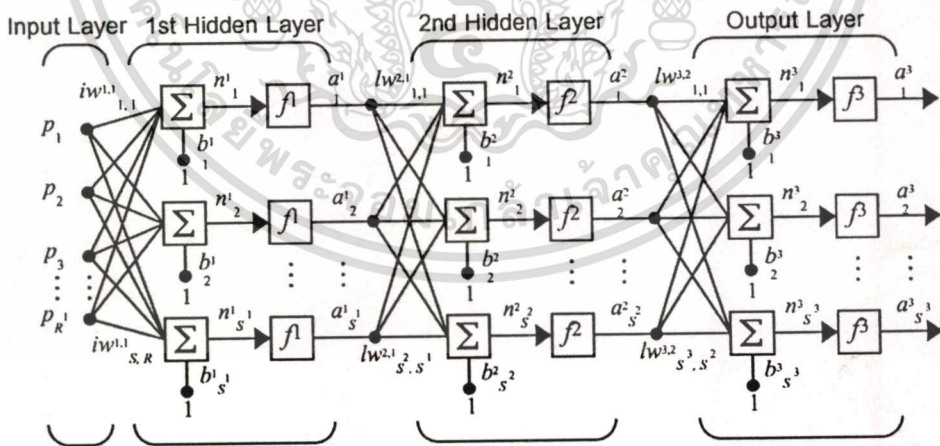
โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียวจะประกอบไปด้วยชั้นอินพุต (Input Layer) และชั้นเอาต์พุต (Output Layer) ในชั้นอินพุตนั้นเราจะไม่นับเนื่องจากเป็นชั้นที่ไม่มีการประมวลผลใดๆ โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียวนี้จะมีความสามารถในการคำนวณที่ค่อนข้างน้อย แต่เวลาที่ใช้ในการคำนวณนั้นจะเร็ว รูปโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียวแสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว [6]

2.3.2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multi Layer Neural Networks)

โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นนี้จะมีชั้นที่เพิ่มขึ้นมาจากโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียวที่มีแค่ชั้นอินพุตชั้นเอาท์พุท นั่นคือจะมีชั้นซ่อน (Hidden Layer) เพิ่มขึ้นมา โดยในชั้นซ่อนนี้สามารถมีได้ตั้งแต่ 1 ชั้นขึ้นไป ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของปัญหาที่นำมาให้โครงข่ายประสาทเทียมทำการวิเคราะห์ แต่โดยทั่วไปแล้วก็มักจะมีชั้นซ่อนไม่เกิน 2 ชั้น เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการคำนวณ เพราะถ้าจำนวนชั้นซ่อนมาก เวลาที่ใช้ในการคำนวณก็จะมากตามไปด้วย



รูปที่ 2.4 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น [6]

โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นนี้จะมีความสามารถในการคำนวณที่มากกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว แต่ว่าเวลาในการคำนวณนั้นก็ใช้เวลาานกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 กระบวนการเรียนรู้ (Learning) ของโครงข่ายประสาทเทียม

การเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมจะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับค่าถ่วงน้ำหนักของโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งการฝึกสอน (Training) โครงข่ายประสาทเทียม ก็คือการหาค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมให้แก่โครงข่ายประสาทเทียม เพื่อให้ผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมมีค่าผิดพลาด (Error) น้อยที่สุด กระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ

2.4.1 การเรียนรู้แบบ Supervised (Supervised Learning)

การเรียนรู้แบบ Supervised นั้นจะมีข้อมูลที่เราเรียกว่า ชุดฝึกสอน (Training Pattern) โดยในชุดฝึกสอนนี้จะมีข้อมูลอินพุตและเอาต์พุต ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมจะถูกฝึกสอนจากข้อมูลในชุดฝึกสอนเพื่อหาค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสม โดยนำเอาต์พุตที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมไปเปรียบเทียบกับเอาต์พุตของชุดฝึกสอน จากนั้นค่าผิดพลาดที่ได้จากความแตกต่างของเอาต์พุตจากโครงข่ายประสาทเทียมและเอาต์พุตจากชุดฝึกสอนก็จะถูกป้อนกลับไปใหม่ เพื่อให้คำนวณหาค่าถ่วงน้ำหนักใหม่ เพื่อให้ค่าความผิดพลาดระหว่างเอาต์พุตของโครงข่ายประสาทเทียมกับเอาต์พุตของชุดฝึกสอนมีค่าน้อยที่สุด

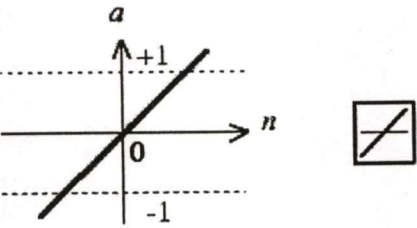
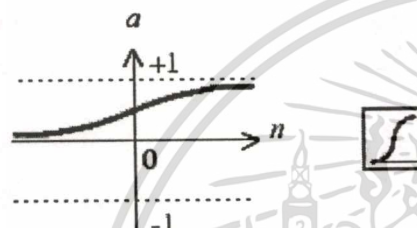
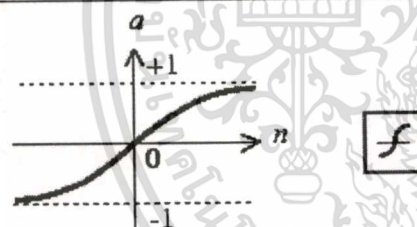
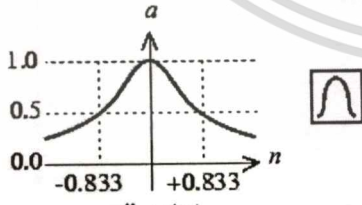
2.4.2 การเรียนรู้แบบ Unsupervised (Unsupervised Learning)

การเรียนรู้แบบ Unsupervised นี้จะเป็นการเรียนรู้ที่ไม่ต้องอาศัยชุดฝึกสอนมาทำการฝึกสอนให้กับโครงข่ายประสาทเทียม การปรับค่าถ่วงน้ำหนักนั้นนิเวรอนจะทำการวิเคราะห์ด้วยตัวของมันเอง นั่นคือการปรับค่าถ่วงน้ำหนักจะไม่มีกำหนดค่าที่ถูกต้องว่าควรจะใช้ค่าถ่วงน้ำหนักเท่าไร แต่นิเวรอนจะอาศัยการป้อนกลับไปของค่าผิดพลาดและวิเคราะห์หาค่าถ่วงน้ำหนักด้วยตัวของมันเอง

2.5 ฟังก์ชันการถ่ายโอน (Transfer Function)

ฟังก์ชันการถ่ายโอน คือ ฟังก์ชันที่คำนวณค่าเอาต์พุตของนิเวรอน ซึ่งฟังก์ชันการถ่ายโอนนี้ก็มีหลายชนิดด้วยกัน แต่ในที่นี้จะขอเสนอเฉพาะฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เท่านั้น ซึ่งแสดงดังตารางที่ 2.1 [6]

ตารางที่ 2.1 ชนิดฟังก์ชันการถ่ายโอน

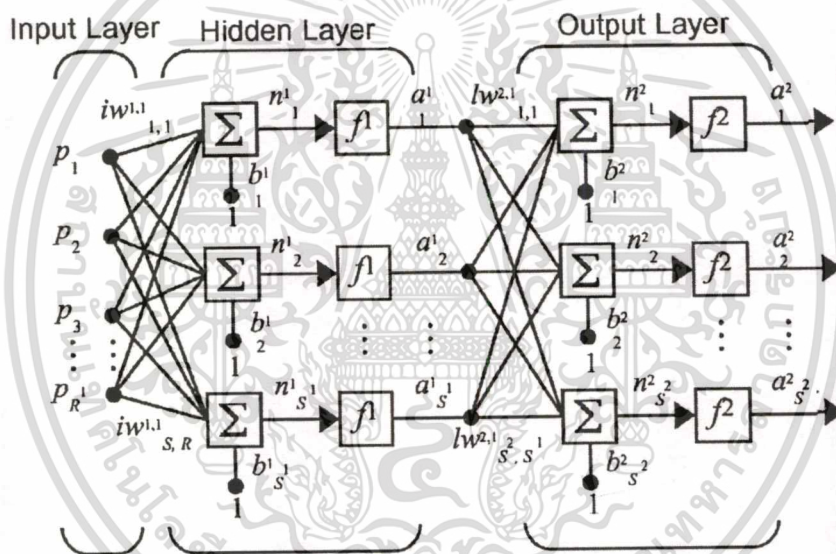
ชนิดฟังก์ชันการถ่ายโอน	สมการฟังก์ชันการถ่ายโอน
 <p>$a = \text{purelin}(n)$ Linear Transfer Function</p>	$a(n) = n$
 <p>$a = \text{logsig}(n)$ Log-Sigmoid Transfer Function</p>	$a(n) = \frac{1}{1 + e^{-n}}$
 <p>$a = \text{tansig}(n)$ Tan-Sigmoid Transfer Function</p>	$a(n) = \frac{1 - e^{-n}}{1 + e^{-n}}$
 <p>$a = \text{radbas}(n)$ Radial Basis Function</p>	$a(n) = e^{-n^2}$

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้โครงข่ายประสาทเทียม 2 แบบมาทำการทดสอบการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้า ซึ่งได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ (Back - Propagation Neural Networks) และ โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression โดยรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับโครงข่ายประสาทเทียมทั้ง 2 แบบจะกล่าวถึงต่อไป ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ (Back - Propagation Neural Networks)

โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับนั้นมีโครงสร้างเป็นแบบโครงข่ายประสาทเทียมหลายชั้น (Multi Layer Neural Networks) ซึ่งประกอบไปด้วยชั้นอินพุต (Input Layer) , ชั้นซ่อน (Hidden Layer) และชั้นเอาต์พุต (Output Layer) ฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ในโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับนี้จะใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบ Linear Transfer Function , Log - Sigmoid Transfer Function และ Tan - Sigmoid Transfer Function ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ 2 แบบ คือ โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นและโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น

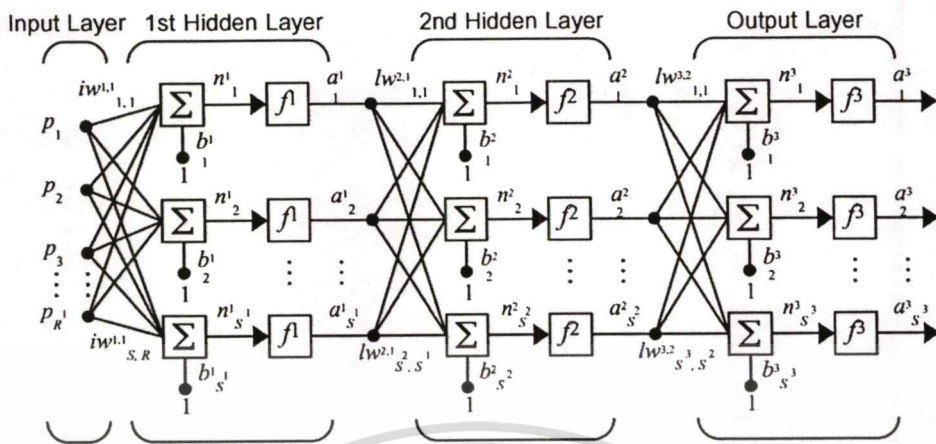
2.6.1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น



รูปที่ 2.5 โครงข่ายประสาทเทียมที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น [6]

จากรูปที่ 2.5 จะแสดงโครงข่ายประสาทเทียมที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น โดยในรูปที่ 2.5 ในชั้นอินพุตจะมีจำนวนอินพุตทั้งหมด R จุด จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนเท่ากับ S_1 จุด และมีเอาต์พุต S_2 จุด สมาชิกของอินพุตเวกเตอร์ P แต่ละตัวจะถูกเชื่อมเข้ากับนิวรอนแต่ละนิวรอนในชั้นซ่อน ด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก w_1 (Input Weight : $iw_{1,1}$) จากนั้นก็จะทำการรวมกับค่าไบอัส (Bias : b_1) แล้วจึงนำไปผ่านฟังก์ชันการถ่ายโอนเพื่อแปลงข้อมูลให้เป็นผลลัพธ์ ซึ่งเวกเตอร์ a_1 เป็นผลลัพธ์ของชั้นซ่อน ก็จะไปเป็นอินพุตให้กับชั้นเอาต์พุต โดยเวกเตอร์ a_1 ก็จะถูกเชื่อมต่อเข้ากับค่าถ่วงน้ำหนัก w_2 (Layer Weight : $lw_{2,1}$) และนำไปรวมกับค่าไบอัส (Bias : b_2) แล้วนำไปผ่านฟังก์ชันการถ่ายโอนเพื่อคำนวณหาผลลัพธ์ของโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งจะได้เวกเตอร์ a_2 ออกมา

2.6.2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น



รูปที่ 2.6 โครงข่ายประสาทเทียมที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น [6]

จากรูปที่ 2.6 จะแสดงโครงข่ายประสาทเทียมที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น โดยในรูปที่ 2.6 ในชั้นอินพุตจะมีจำนวนอินพุตทั้งหมด R ชุด จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 1 และ 2 เท่ากับ S1 และ S2 ชุด ตามลำดับ และมีเอาต์พุต S3 ชุด สมาชิกของอินพุตเวกเตอร์ P แต่ละตัวจะถูกเชื่อมเข้ากับนิวรอนแต่ละนิวรอนในชั้นซ่อน ด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก w_1 (Input Weight : $iw_{1,1}$) จากนั้นก็จะทำการรวมกับค่าไบอัส (Bias : b_1) แล้วจึงนำไปผ่านฟังก์ชันการถ่ายโอนเพื่อแปลงข้อมูลให้เป็นผลลัพธ์ ซึ่งจะได้เวกเตอร์ a_1 ออกมา โดยเวกเตอร์ a_1 เป็นผลลัพธ์ของชั้นซ่อนที่ 1 ก็จะไปเป็นอินพุตให้กับชั้นซ่อนที่ 2 โดยเวกเตอร์ a_1 ก็จะถูกเชื่อมต่อเข้ากับค่าถ่วงน้ำหนัก w_2 (Layer Weight : $lw_{2,1}$) และนำไปรวมกับค่าไบอัส (Bias : b_2) แล้วนำไปผ่านฟังก์ชันการถ่ายโอนเพื่อแปลงข้อมูลให้เป็นผลลัพธ์ ซึ่งจะได้เวกเตอร์ a_2 ออกมา โดยเวกเตอร์ a_2 ก็จะไปเป็นอินพุตให้กับชั้นเอาต์พุต ซึ่งจะถูกเชื่อมต่อเข้ากับค่าถ่วงน้ำหนัก w_3 (Layer Weight : $lw_{3,2}$) จากนั้นก็จะทำการรวมกับค่าไบอัส (Bias : b_3) แล้วนำไปผ่านฟังก์ชันการถ่ายโอนเพื่อหาผลลัพธ์ของโครงข่ายประสาทเทียม โดยผลลัพธ์สุดท้ายก็คือเวกเตอร์ a^3

2.6.3 ขั้นตอนการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและไบอัส

ขั้นตอนการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและไบอัสนั้นมีวิธีการอยู่หลายวิธีด้วยกัน เช่น Lavenberg-Marquardt Algorithm , Resilient Back Propagation , Conjugate Gradient เป็นต้น โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้ขั้นตอนการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสด้วยวิธีการของ Lavenberg-Marquardt Algorithm เนื่องจากเป็นขั้นตอนการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและไบอัสที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด[6] โดยมีขั้นตอนการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสดังนี้

$$x_{(new)} = x_{(old)} + \Delta x = x_{(old)} - [J^T \cdot J + \mu I]^{-1} \cdot J^T \cdot e \quad (2.1)$$

$$g = 2J^T \cdot e \quad (2.2)$$

โดยที่ x คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก (w) และค่าไบอัส (b)

J คือ จาโคเบียนเมตริกซ์ (Jacobian matrix) ของอนุพันธ์ของค่าผิดพลาด
(แต่ละค่า) ต่อค่า x (แต่ละค่า)

J^T คือ Transpose matrix ของ J

g คือ Gradient Factor

e คือ เมตริกซ์ของค่าผิดพลาด (Error) ระหว่างคำตอบ (Target, t_3) กับค่าที่
โครงข่ายประสาทเทียมคำนวณได้ (Answer, a_3)

I คือ Identity matrix

μ คือ Mu factor หรือ Learning factor

$$\text{จาโคเบียนเมตริกซ์ของ } (w) \ J(w) = \begin{bmatrix} \frac{\partial e_1}{\partial w_{1,1}} & \frac{\partial e_1}{\partial w_{1,2}} & \dots & \frac{\partial e_1}{\partial w_{1,s2}} \\ \frac{\partial e_2}{\partial w_{2,1}} & \frac{\partial e_2}{\partial w_{2,2}} & \dots & \frac{\partial e_2}{\partial w_{2,s2}} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{\partial e_{s3}}{\partial w_{s3,1}} & \frac{\partial e_{s3}}{\partial w_{s3,2}} & \dots & \frac{\partial e_{s3}}{\partial w_{s3,s2}} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

$$\text{จาโคเบียนเมตริกซ์ของค่า } (b) \ J(b) = \begin{bmatrix} \frac{\partial e_1}{\partial b_1} \\ \frac{\partial e_2}{\partial b_2} \\ \vdots \\ \frac{\partial e_{s3}}{\partial b_{s3}} \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

$$\text{เมตริกซ์ของค่าผิดพลาด} \quad \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_{s3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_1^3 - a_1^3 \\ t_2^3 - a_2^3 \\ \vdots \\ t_{s3}^3 - a_{s3}^3 \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

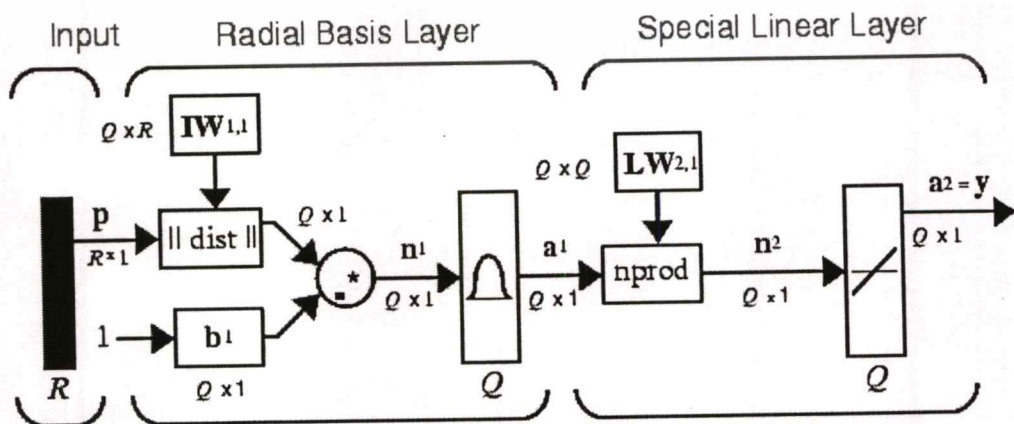
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับนั้นจะมีจำนวนนิวรอนในชั้นอินพุทและชั้นเอาต์พุทคงที่ ซึ่งเท่ากับจำนวนอินพุทและเอาต์พุทของปัญหานั้นเอง ส่วนจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนนั้นสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมและไม่มีจำนวนที่เป็นสูตรสำเร็จ ดังนั้นในการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียมจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนเพื่อหาโครงสร้างที่เหมาะสมเพื่อให้ค่าผิดพลาดระหว่างคำตอบที่แท้จริงกับผลลัพธ์ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมนั้นมีค่าน้อยที่สุด จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนนั้นมีผลต่อระยะเวลาในการฝึกสอนด้วย นั่นคือถ้ามีจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนมากเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนก็จะมากกว่าโครงข่ายประสาทเทียมที่มีจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนน้อยกว่า เมื่อฝึกสอนด้วยเงื่อนไขเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่มากก็ไม่ได้เป็นตัวบ่งบอกว่าโครงข่ายจะมีประสิทธิภาพมากกว่าโครงข่ายประสาทเทียมที่จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่น้อยกว่า ซึ่งต้องทำการลองปรับเปลี่ยนดูเพื่อหาโครงข่ายที่เหมาะสมที่สุด

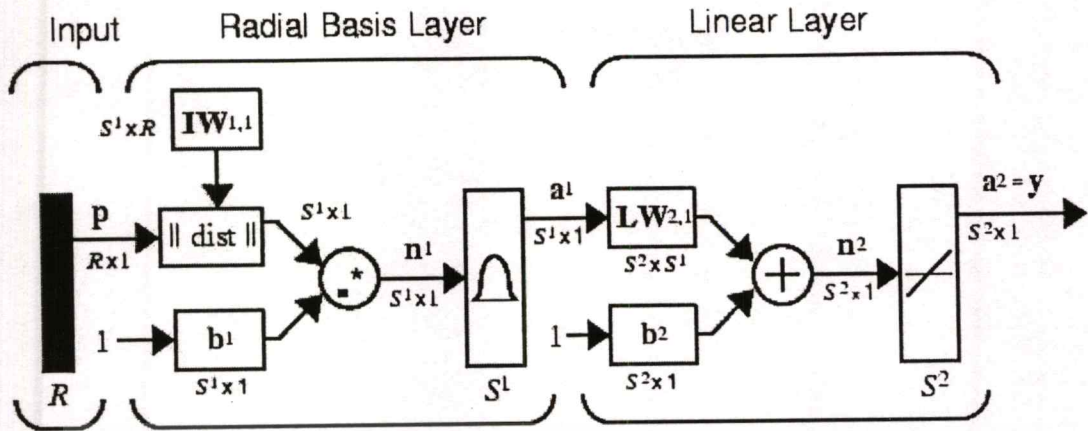
2.7 โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression

โครงสร้างพื้นฐานของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression (Generalized Regression Neural Networks : GRNN) นั้นจะประกอบไปด้วยชั้นของนิวรอนทั้งหมด 3 ชั้น คือ ชั้นอินพุท (Input Layer) , ชั้นซ่อนหรือบางครั้งเรียกว่าชั้นฐานรัศมี (Radial Basis Layer) และชั้นเอาต์พุทหรือบางครั้งเรียกว่าชั้นเชิงเส้นพิเศษ (Special Linear Layer)

โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้นเป็นโครงข่ายประสาทเทียมที่มีลักษณะคล้ายกับโครงข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชันฐานรัศมี (Radial Basis Function Neural Networks : RBF) ซึ่งลักษณะโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมทั้งสองแบบนี้จะมีลักษณะโครงสร้างที่คล้ายกันมาก ดังรูปที่ 2.7 และรูปที่ 2.8 โดยในรูปที่ 2.7 จะเป็นโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression และรูปที่ 2.8 เป็นโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชันฐานรัศมี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 2.7 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression [6] ด้านการคำนวณ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชันฐานรัศมี [6]

จากรูปที่ 2.7 และ 2.8 นั้นจะเห็นว่าในชั้นซ่อนหรือชั้น Radial Basis Layer นั้นจะมีลักษณะโครงสร้างที่เหมือนกัน นั่นคือมีทั้งค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัส แต่ในชั้นเอาต์พุตนั้นจะมีจุดที่แตกต่างกันระหว่างโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมทั้ง 2 ชนิดนั่นคือ ในโครงข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชันฐานรัศมีนั้นจะมีทั้งค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัส ในขณะที่โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้นจะมีเพียงค่าถ่วงน้ำหนักเพียงค่าเดียว และการหาค่า n_2 ของทั้งสองโครงข่ายประสาทเทียมนั้นก็ใช้สมการที่ใช้ในการหาค่า n_2 ที่ต่างกันด้วยเช่นกัน นั่นคือ

โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้นจะหาค่า n_2 จากสมการ [6]

$$n_2 = (LW_{2,1} * a_1) / \text{sum}(a_1) \quad (2.6)$$

สำหรับโครงข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชันฐานรัศมีจะหาค่า n_2 จากสมการ [6]

$$n_2 = b_2 + (LW_{2,1} * a_1) \quad (2.7)$$

ฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ในโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้นจะใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนชนิด Radial Basis Function (ดังแสดงในตารางที่ 2.1) ในชั้นฐานรัศมี และในชั้นเอาต์พุตนั้นจะใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนชนิด Linear (ดังแสดงในตารางที่ 2.1)

จากรูปที่ 2.7 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression จะมีอินพุต R จุด, นิวรอนในชั้นฐานรัศมี Q จุด และมีนิวรอนในชั้นเอาต์พุต Q จุด สมาชิกของอินพุตเวกเตอร์ P แต่ละตัวจะถูกเชื่อมเข้ากับนิวรอนแต่ละนิวรอนในชั้นฐานรัศมีด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก (Input weight, $IW_{1,1}$) ซึ่งเป็นเมตริกซ์ขนาด $Q \times R$ และเวกเตอร์ a_1 จะเป็นผลลัพธ์ของชั้นฐานรัศมีโดยมีขนาด Q ก็จะไปเป็นอินพุตของชั้นเอาต์พุต สมาชิกแต่ละตัวของเวกเตอร์ a_1 ก็จะถูกเชื่อมเข้ากับนิวรอนแต่ละนิวรอนในชั้นเอาต์พุตด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก (Layer weight, $LW_{2,1}$) ซึ่งเป็นเมตริกซ์ขนาด $Q \times Q$ และเวกเตอร์ a_2 จะเป็นผลลัพธ์ของโครงข่ายประสาทเทียมจะมีขนาด Q

บทที่ 3

ระบบไฟฟ้ากำลัง

3.1 ประวัติของระบบไฟฟ้ากำลังในประเทศไทย [7]

กิจการไฟฟ้าภายในประเทศไทยได้พัฒนามาประมาณ 100 ปีเศษมาแล้ว โดยมีเจ้าหมื่นไวยวรนาถ (เจิม แสงชู-โต) เป็นผู้ให้นำไฟฟ้าเข้ามาใช้ในประเทศไทยเป็นบุคคลแรก และดำเนินการติดตั้งที่กรมทหารหน้า (ที่ตั้งของกระทรวงกลาโหมในปัจจุบัน) โดยจ่ายไฟให้กับพระบรมมหาราชวัง เดินเครื่องแบบเป็นทางการเมื่อวันที่ 20 กันยายน พ.ศ.2427 ซึ่งตรงกับวันเฉลิมพระชนมพรรษาของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 5 ในปี พ.ศ.2442 นายเลียวนาตี ชาวอเมริกันและข้าราชการได้ร่วมกันตั้งบริษัท Bangkok Electric Light Syndicate เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับไฟถนนและสถานที่ราชการ แต่ดำเนินการไม่นานก็ต้องล้มเลิกไปเพราะขาดทุน จึงได้ขายกิจการให้กับนายเวสเดน โฮลซ์ ชาวเดนมาร์ก เมื่อปี พ.ศ.2444 และเปลี่ยนชื่อเป็นบริษัทไฟฟ้าสยาม จำกัด (Siam Electric Co. Ltd.) มีสำนักงานตั้งอยู่ข้างวัดเลียบ (ที่ตั้งของกรมไฟฟ้านครหลวงในปัจจุบัน) กิจการดำเนินก้าวหน้าเป็นลำดับ

ในปี พ.ศ. 2455 รัชกาลที่ 6 ได้โปรดเกล้าให้ดำเนินการสร้างโรงไฟฟ้าและการประปาขึ้นพร้อมกันที่สามเสน แต่สร้างเสร็จและจ่ายไฟฟ้าได้ในปี พ.ศ.2457 โดยใช้ชื่อว่า การไฟฟ้านครหลวงสามเสน อยู่ภายใต้การควบคุมของกระทรวงมหาดไทย ต่อมาเปลี่ยนชื่อเป็น กองไฟฟ้าหลวงสามเสน นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2457 เป็นต้นมา ประชาชนในเขตพระนครและธนบุรีราว 60,000 ครอบครัว ได้มีไฟฟ้าใช้กันอย่างกว้างขวางโดยหน่วยงานไฟฟ้าทั้งสองแห่งแบ่งเขตกันรับผิดชอบ กล่าวคือ บริษัทไฟฟ้าสยามจำกัด (โรงไฟฟ้าวัดเลียบ) จ่ายไฟให้กับประชาชนบริเวณตอนใต้ของคลองบางลำพูและคลองบางกอกน้อย ส่วนการไฟฟ้านครหลวงสามเสน (โรงไฟฟ้าสามเสน) จ่ายให้กับประชาชนตอนเหนือของคลองดังกล่าว มีกำลังติดตั้งรวมกัน 18.5 MW แต่การใช้กำลังไฟฟ้าในสมัยนั้น (ก่อนสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2) ไม่เกิน 12 MW

ในวันที่ 13 ตุลาคม พ.ศ. 2471 รัฐบาลได้ตราพระราชบัญญัติ (พ.ร.บ.) โรงไฟฟ้าให้เป็นกิจการต้องควบคุมโดยมีการรับสัมปทานปี พ.ศ. 2473 ได้จัดสร้างการไฟฟ้าสุขาภิบาลเมืองนครปฐมขึ้นเป็นแห่งแรก และต่อมาได้ดำเนินการสร้างการไฟฟ้าสุขาภิบาลเพิ่มขึ้นในต่างจังหวัดอีกหลายแห่ง ในปี พ.ศ. 2483 บริษัทไฟฟ้าสยาม จำกัด ได้เปลี่ยนชื่อเป็นไฟฟ้าคอร์ปอเรชั่น จำกัด (Thai Electric Corporation Limited) ได้ดำเนินกิจการต่อมาจนหมดสัมปทานและโอนมาเป็นของรัฐเมื่อวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2493 โดยเปลี่ยนชื่อเป็นการไฟฟ้ากรุงเทพฯ สังกัดกรมโยธาเทศบาลกระทรวงมหาดไทย

ในปี พ.ศ. 2494 รัฐบาลจัดตั้ง คณะกรรมการพิจารณาสร้าง โรงไฟฟ้าทั่วราชอาณาจักร ต่อมาปี พ.ศ. 2495 ได้เปลี่ยนชื่อเป็น คณะกรรมการ ไฟฟ้าและแหล่งพลังงานแห่งประเทศไทย และ ในปี พ.ศ. 2496 รัฐบาลได้ตราพระราชบัญญัติการพลังงานแห่งชาติขึ้น ซึ่งปัจจุบันคือ สำนักงาน พลังงานแห่งชาติ (สพช.) ในปี พ.ศ. 2494 กรมชลประทาน ได้ทำการสำรวจแม่น้ำ แคว ปิง วัง ยม น่าน ที่บริเวณเขาแก้ว อ.สามเงา จ.ตาก เพื่อเสนอ โครงการอันดีต่อรัฐบาล ในปี พ.ศ. 2498 รัฐบาลได้ ดำเนินการขอกู้เงินกับธนาคารโลก และในปี พ.ศ. 2500 รัฐบาลได้ตราพระราชบัญญัติตั้งการไฟฟ้า อันชี่ (กฟย.) ขึ้นเพื่อรับผิดชอบการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับภาคเหนือและภาคกลางอีก 36 จังหวัด โดยเริ่มดำเนินการก่อสร้าง โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนภูมิพล (อันชี่) จ.ตาก จนแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2507 และเริ่มเดินเครื่องครั้งแรกเพียง 1 เครื่อง ขนาด 70 MW

ในปี พ.ศ. 2497 มีพระราชกฤษฎีกาจัดตั้งองค์การพลังงานไฟฟ้าลิกไนต์ โดยให้สังกัด การพลังงานแห่งชาติ แต่ในปี พ.ศ. 2503 รัฐบาลได้ตราพระราชบัญญัติการลิกไนต์ (กลน.) ขึ้น และ ให้ยกเลิกองค์การพลังงานไฟฟ้าลิกไนต์ ซึ่งพระราชบัญญัตินี้ได้ให้การลิกไนต์รับผิดชอบการจ่าย พลังงานไฟฟ้าให้กับจังหวัดในภาคใต้ทั้งหมดและภาคเหนือในเขตจังหวัดลำปาง ลำพูน เชียงใหม่ และตาก จนกว่าการไฟฟ้าอันชี่จะสร้างเสร็จและสามารถจ่ายพลังงานไปช่วยได้ ในปีเดียวกันนี้เอง โรงไฟฟ้าลิกไนต์แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ก็สร้างแล้วเสร็จสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ขนาด 12.5 MW ต่อมาในปี พ.ศ. 2507 โรงไฟฟ้าลิกไนต์กระบี่ จังหวัดกระบี่ ก็สร้างแล้วเสร็จอีกจำนวน 2 เครื่อง ขนาดเครื่องละ 20 MW และภายหลังจึงสร้างเพิ่มขึ้นอีก 1 เครื่อง รวมเป็น 3 เครื่อง

ในปี พ.ศ. 2497 รัฐบาลได้ออกพระราชกฤษฎีกาจัดตั้งองค์การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคขึ้นและให้ สังกัดกรมโยธาเทศบาล กระทรวงมหาดไทย แต่ในปี พ.ศ. 2503 ได้ประกาศเป็นพระราชบัญญัติการ ไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ขึ้นแทนองค์การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยมีขอบเขตความรับผิดชอบการ จ่ายไฟฟ้าให้กับประชาชนทุกจังหวัดทั่วประเทศ ยกเว้นจังหวัดที่อยู่ในเขตความรับผิดชอบของการ ไฟฟ้านครหลวง

ในปี พ.ศ. 2500 รัฐบาลได้ดำเนินการก่อสร้าง โรงจักรไฟฟ้าพระนครเหนือ จังหวัดนนทบุรี และดำเนินการติดตั้งหน่วยที่ 1 ขนาด 75 MW แล้วเสร็จสิ้นในปี พ.ศ. 2504 สามารถจ่าย กระแสไฟฟ้าให้กับกรุงเทพฯ และธนบุรีได้ ทำให้ลดภาระการขาดแคลนพลังงานได้โดยสิ้นเชิง เพราะก่อนที่โรงจักรไฟฟ้าพระนครเหนือจะสร้างเสร็จ พลังงานไฟฟ้าทุกแห่งในกรุงเทพฯ และ ธนบุรีมีกำลังผลิตรวมกันเพียง 75 MW เท่านั้น

ในปี พ.ศ. 2501 รัฐบาลได้ประกาศใช้พระราชบัญญัติการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) โดยรวม เอากิจการของการไฟฟ้ากรุงเทพฯ กับการไฟฟ้าหลวงสามเสนเข้าด้วยกัน มีขอบเขตการรับผิดชอบ จ่ายไฟให้กับประชาชนในกรุงเทพฯ ธนบุรี นนทบุรี และสมุทรปราการ

ในปี พ.ศ. 2505 รัฐบาลได้ออกพระราชบัญญัติการไฟฟ้าตะวันออกเฉียงเหนือ (กฟ.อน.) ขึ้น เพื่อรองรับโครงการการไฟฟ้าเขื่อนน้ำพุงขนาด 6.3 MW และเขื่อนอุบลรัตน์ขนาด 25 MW ที่ เอกสารแนบท้ายนี้ ซึ่งปัจจุบันมีเพียงเขื่อนน้ำพุงเท่านั้น ไม่ใช่อายุที่เต็มเปี่ยมใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังก่อสร้างจะแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2509 และให้รับผิดชอบการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือทั้งหมด

เนื่องจากรัฐบาลได้เล็งเห็นว่างานที่รับผิดชอบของการไฟฟ้าอันธิ การลิกไนต์และการไฟฟ้าตะวันออกเฉียงเหนือมีลักษณะเหมือนกัน เพียงแต่มีเขตการรับผิดชอบแตกต่างกันเท่านั้น ดังนั้นจึงมีนโยบายรวมองค์การอิสระทั้ง 3 แห่งเป็นหน่วยงานเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อให้การผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพทั้งด้านกำลังคนและเครื่องมือ นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดการประสานงานกันทั้งด้านเป้าหมายและนโยบายอีกด้วย รัฐบาลจึงได้ตราพระราชบัญญัติการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ขึ้นเมื่อ วันที่ 13 ตุลาคม พ.ศ. 2511 และให้ใช้ชื่อนี้ตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2512 เป็นต้นไป

3.2 หน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับระบบไฟฟ้ากำลังในประเทศไทย

หน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการไฟฟ้าภายในประเทศไทยประกอบด้วย การไฟฟ้า 3 แห่ง ซึ่งแต่ละแห่งมีหน้าที่แตกต่างกันดังนี้ คือ [8]

3.2.1 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) มีชื่อเป็นภาษาอังกฤษว่า Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT) มีหน้าที่ผลิตและจัดหาแหล่งพลังงานที่เหมาะสมเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอกับการใช้งานภายในประเทศ นอกจากนี้ยังมีหน้าที่ดูแลบำรุงรักษาโรงจักรสายส่งกำลังไฟฟ้า และสถานีเปลี่ยนแรงดัน ให้อยู่ในสภาพที่ดีและสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ตลอดเวลา พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้นี้ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเป็นผู้จำหน่ายให้กับ การไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยตรง

3.2.2 การไฟฟ้านครหลวง

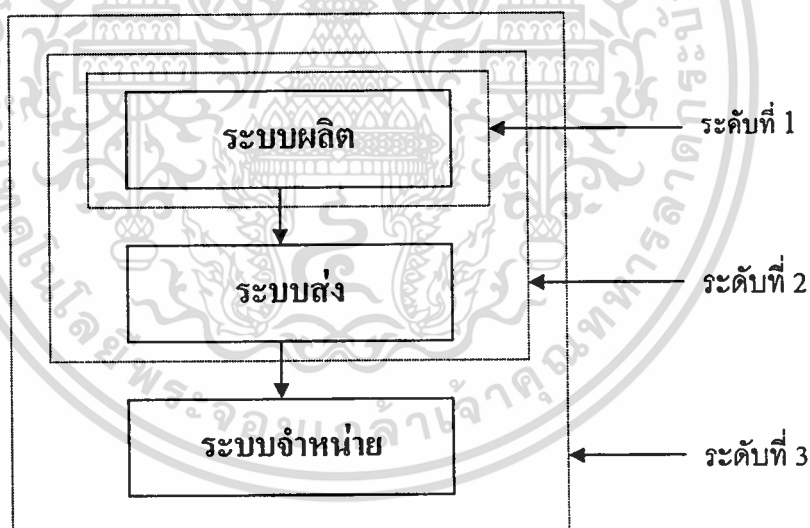
การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) มีชื่อเป็นภาษาอังกฤษว่า Metropolitan Electricity Authority (MEA) มีหน้าที่บริการและจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าในเขตจำหน่ายของการไฟฟ้านครหลวง คือ กรุงเทพฯ นนทบุรี และสมุทรปราการ นอกจากนี้ยังรับผิดชอบในการดูแลรักษาสายส่งไฟฟ้าแรงดันสูง สถานีเปลี่ยนแรงดัน สายจำหน่ายไฟฟ้าแรงดันสูง หม้อแปลงระบบจำหน่ายและสายจำหน่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำให้อยู่ในสภาพดี พลังงานไฟฟ้าที่การไฟฟ้านครหลวงจำหน่ายให้กับประชาชนในเขตรับผิดชอบทั้งหมดนั้น รับซื้อจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ในระบบสายส่งกำลังไฟฟ้าแรงดันสูงขนาด 69 kV 115 kV และ 230 kV

3.2.3 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค มีชื่อเป็นภาษาอังกฤษว่า Provincial Electricity Authority (PEA) มีหน้าที่เช่นเดียวกับการไฟฟ้านครหลวง แต่มีเขตรับผิดชอบอยู่ในส่วนที่เหลือนอกเขตจำหน่ายของการไฟฟ้านครหลวงทั้งหมด พลังงานไฟฟ้าที่การไฟฟ้าส่วนภูมิกานำมาจำหน่ายให้กับประชาชนนั้นส่วนใหญ่รับซื้อจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ในระบบจำหน่ายแรงสูง 22 kV หรือ 33 kV และรับซื้อแรงดันสูง 69 kV และ 115 kV บ้างเล็กน้อยจากสถานีไฟฟ้าย่อยของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

3.3 ระบบไฟฟ้ากำลัง

โดยทั่วไปเราสามารถแบ่งระบบไฟฟ้ากำลังออกตามลักษณะการปฏิบัติงานได้เป็น ระบบผลิตไฟฟ้า ระบบส่งไฟฟ้า และระบบจำหน่ายไฟฟ้า ตามรูปที่ 3.1 และรูปที่ 3.2 จะแสดงโครงสร้างของระบบผลิต ส่งและจ่ายไฟฟ้า และรูปที่ 3.3 จะเป็นภาพแสดงวงจรจำลองของระบบไฟฟ้ากำลัง การพิจารณาความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังซึ่งเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปในทางสากลจึงสามารถแบ่งออกๆ ได้เป็น 3 ระดับชั้นเช่นกัน ดังนี้



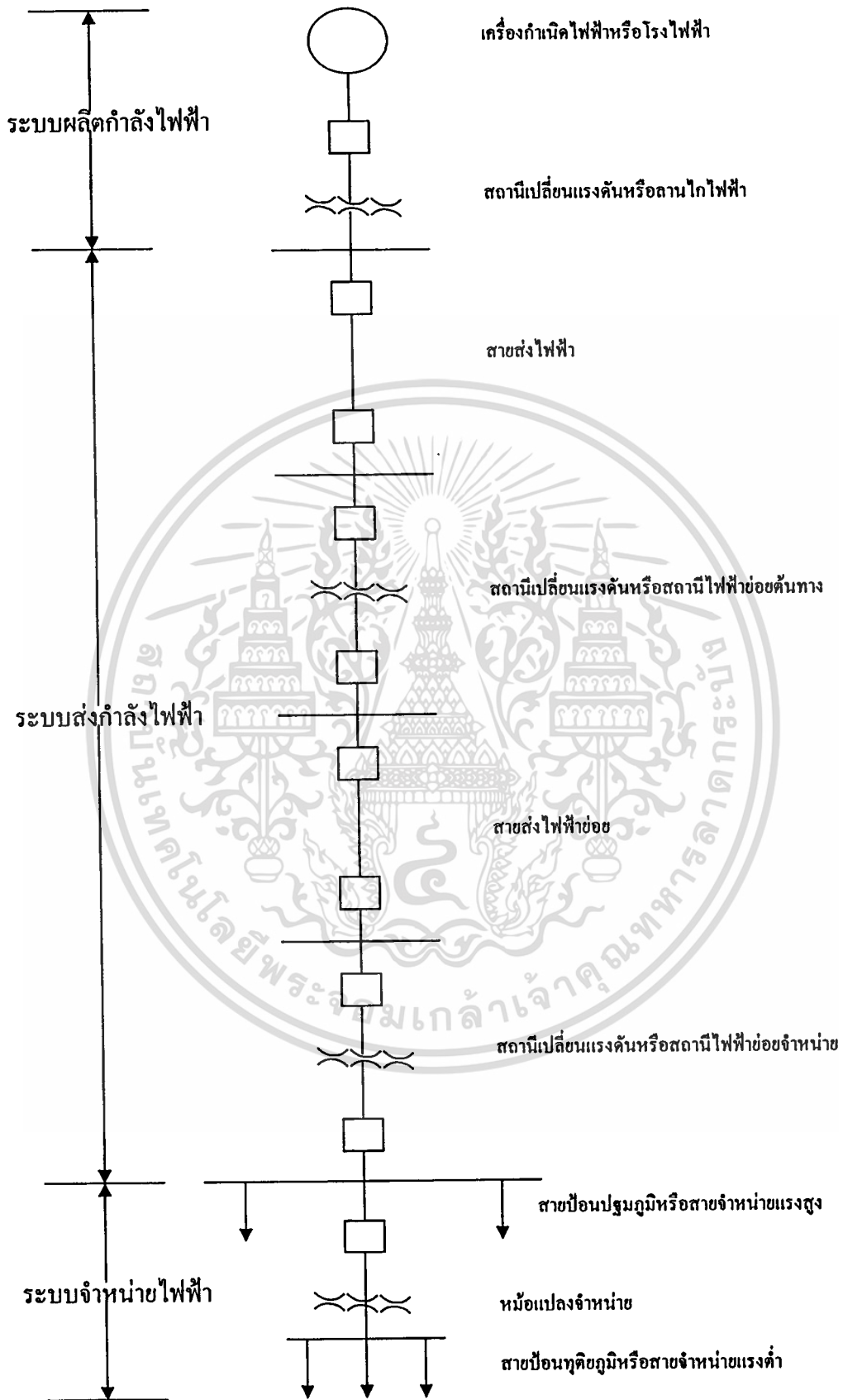
รูปที่ 3.1 การแบ่งระดับชั้นในการศึกษาความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลัง [9]

ระดับชั้นที่ 1 พิจารณาเฉพาะระบบผลิตไฟฟ้าเพียงระบบเดียว โดยเป็นการศึกษาถึงความสามารถของระบบผลิตไฟฟ้าที่สามารถจ่ายไฟได้เพียงอย่างเดียวพอต่อความต้องการใช้ไฟฟ้า

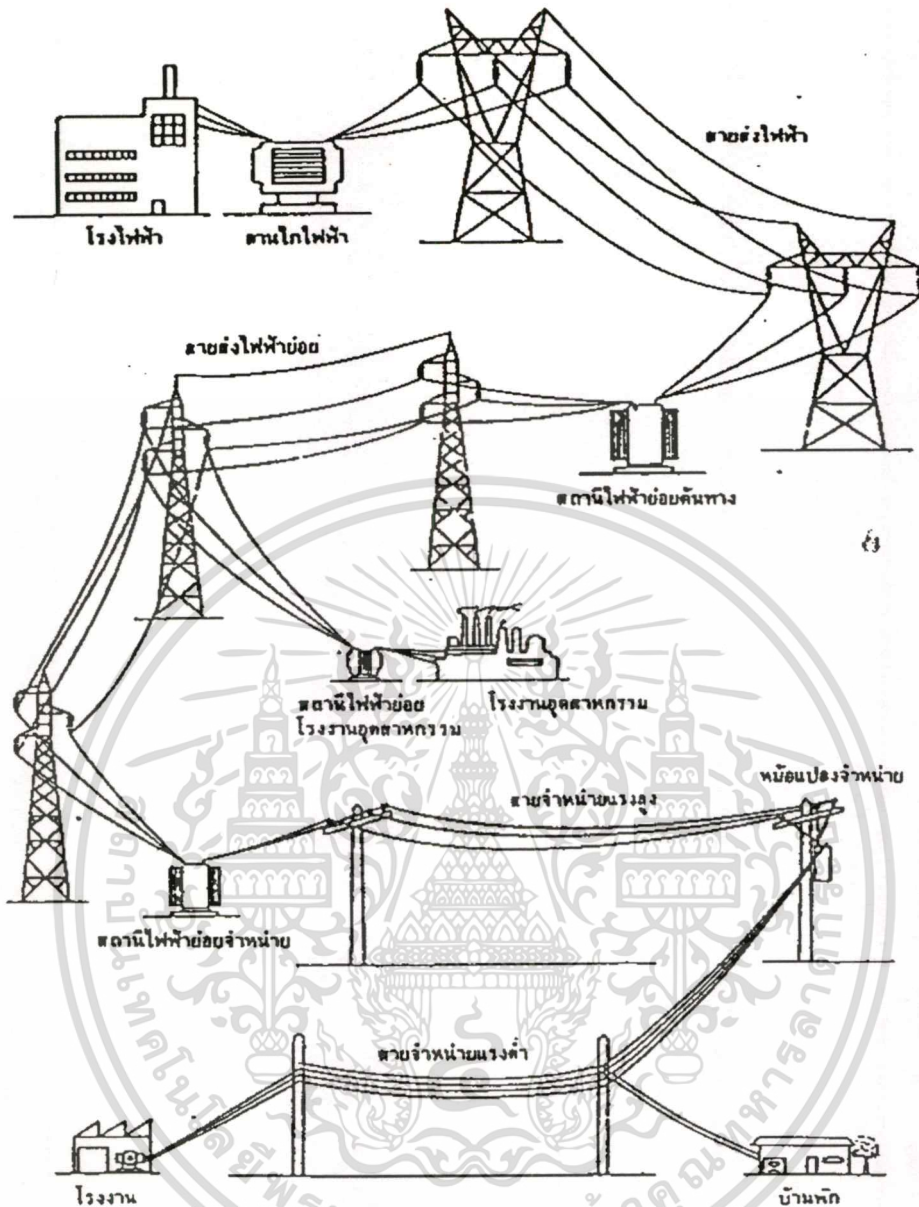
ระดับชั้นที่ 2 พิจารณารวมระบบผลิตและระบบส่งไฟฟ้าเข้าด้วยกัน โดยเรียกว่าระบบผสม (Composite System) หรือระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ (Bulk Power System)

ระดับชั้นที่ 3 พิจารณารวมระบบผลิตไฟฟ้า ระบบส่งไฟฟ้าและระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้า

ด้วยกัน เอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 3.2 โครงสร้างของระบบไฟฟ้ากำลัง [7]
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจรจำลองของระบบไฟฟ้ากำลัง [7]

จากรูปที่ 3.2 และ 3.3 ได้แสดงภาพที่ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ของระบบไฟฟ้ากำลัง โดยสามารถแบ่งแยกหน้าที่ของส่วนประกอบต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

1. **โรงจักรไฟฟ้า (Power Plant)** เป็นส่วนประกอบของระบบการผลิตมีชุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generating Set) ทำหน้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบแรงดันหนึ่ง แล้วส่งผ่านไปยังหม้อแปลงกำลัง (Power Transformers) เพื่อยกระดับแรงดัน (Step - up) ให้สูงขึ้นแล้วส่งผ่านไปยังสถานโกไฟฟ้า (Switchyard) เพื่อส่งเข้าสู่ระบบส่งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สายส่ง (Transmission Lines) มีหน้าที่ส่งพลังงานไฟฟ้าจากโรงจักรไฟฟ้าไปยังสถานีไฟฟ้าคั่นทาง สำหรับระดับแรงดันที่สายส่งของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยใช้ในปัจจุบันมี 3 ระดับ คือ 115 kV, 230 kV และ 500 kV

3. สถานีไฟฟ้าคั่นทาง (Terminal Station) จะรับพลังงานไฟฟ้าจากระบบส่งเข้ามายังหม้อแปลงกำลัง เพื่อลดระดับแรงดันลง (Step – down) ให้มีระดับแรงดันอยู่ในระดับของระบบส่งย่อย

4. สายส่งย่อย (Subtransmission Lines) เป็นวงจรของสายส่งที่ออกจากสถานีไฟฟ้าคั่นทางเพื่อนำพลังงานไฟฟ้า ไปจ่ายให้สถานีไฟฟ้าย่อย ระดับแรงดันของระบบส่งย่อยในประเทศไทยมีอยู่ 2 ระดับ คือ 69 kV และ 115 kV

5. สถานีไฟฟ้าย่อย (Distribution Substations) จะรับพลังงานไฟฟ้าจากสายส่งย่อยเข้ามายังหม้อแปลงกำลัง เพื่อลดระดับแรงดันลงให้มีระดับแรงดันอยู่ในระดับของระบบจำหน่าย

6. สายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) เป็นวงจรสายป้อนที่ออกจากสถานีไฟฟ้าย่อยเพื่อนำพลังงานไฟฟ้า ไปจ่ายให้กับหม้อแปลงจำหน่าย สำหรับระดับแรงดันที่สายป้อนของระบบจำหน่ายในประเทศไทยปัจจุบันมีใช้งานอยู่ 4 ระดับ คือ 22 kV และ 33 kV สำหรับพื้นที่ให้บริการของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และ 12 kV และ 24 kV สำหรับพื้นที่ให้บริการของการไฟฟ้านครหลวง แต่อย่างไรก็ตามในแผนปรับปรุงและขยายระบบจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงได้บรรจุให้มีการเปลี่ยนแรงดันของพื้นที่ในระบบจำหน่ายทั้งหมดจาก 12 kV เป็น 24 kV ยกเว้น “เขตวงจรถ่าย (Network Area)” (เขตวงจรถ่ายคือพื้นที่ที่ล้อมรอบด้วยแม่น้ำเจ้าพระยาและคลองผดุงกรุงเกษม)

7. สายป้อนย่อย (Laterals) เป็นวงจรของสายป้อนที่แยกจากสายป้อนปฐมภูมิเพื่อนำพลังงานไฟฟ้าไปจ่ายให้กับหม้อแปลงจำหน่ายที่ติดตั้งอยู่ตามตรอกหรือซอย

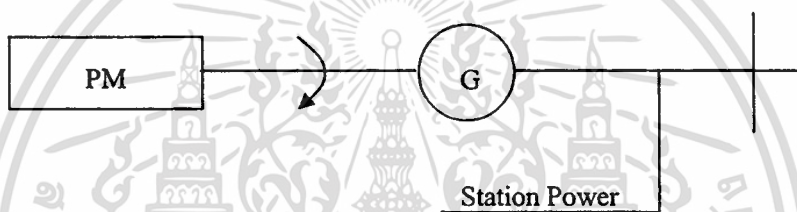
8. หม้อแปลงจำหน่าย (Distribution Transformers) มีหน้าที่ลดระดับแรงดันของสายป้อนลงให้เท่ากับระดับแรงดันใช้งานของโหลด ซึ่งถือว่าเป็นระดับของไฟฟ้าแรงต่ำ

9. สายจำหน่ายแรงดันต่ำ (Low Voltage Circuits) เป็นวงจรของขดลวดแรงดันต่ำของหม้อแปลงจำหน่ายที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดของผู้ใช้ไฟฟ้า โดยต้องมีระดับแรงดันสอดคล้องกับระดับแรงดันใช้งานของโหลด ในประเทศไทยวงจรแรงดันต่ำจะเป็นระบบ 3 เฟส 4 สาย (3 phase 4 wires) มีระดับแรงดัน 220/380 V

จากที่กล่าวมาข้างต้นก็จะเป็นรายละเอียดเกี่ยวกับส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบไฟฟ้ากำลังต่อไปจะขอกล่าวถึงรายละเอียดของระบบไฟฟ้ากำลัง ซึ่งประกอบด้วย ระบบผลิตกำลังไฟฟ้า, ระบบส่งกำลังไฟฟ้า และระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้า

3.3.1 ระบบผลิตกำลังไฟฟ้า (Generation System)

ระบบผลิตไฟฟ้า หมายถึง ระบบที่มีการเปลี่ยนรูปพลังงานจากพลังงานรูปอื่น ๆ ไปเป็นพลังงานไฟฟ้า เช่น เปลี่ยนจากพลังงานศักย์ของน้ำไปเป็นไฟฟ้า หรือเปลี่ยนจากพลังงานความร้อนที่ได้จากถ่านหิน แก๊ส น้ำมัน หรือปฏิกิริยานิวเคลียร์ไปเป็นไฟฟ้า เป็นต้น กระบวนการที่เปลี่ยนจากพลังงานรูปอื่นไปเป็นไฟฟ้านั้น ส่วนใหญ่จะผ่านในรูปของพลังงานกลก่อนเสมอและใช้พลังงานกลเป็นตัวขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกทีหนึ่ง ซึ่งก็มีบ้างที่เปลี่ยนจากพลังงานรูปอื่นไปเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นต้น โดยในรูปที่ 3.4 จะเป็นรูปคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generating Set) ที่ประกอบด้วยส่วนสำคัญ คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) และตัวขับ (Prime Mover) โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในแต่ละทีก็จะมีความแตกต่างกันตามลักษณะของตัวขับ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้มีผลต่อการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าด้วย



รูปที่ 3.4 ส่วนผลิตไฟฟ้า [10]

ระบบผลิตกำลังไฟฟ้าหรือบางครั้งเรียกว่า โรงไฟฟ้าหรือโรงจักรไฟฟ้า (Power Plant) การเรียกชื่อโรงไฟฟ้านั้นนิยมเรียกตามลักษณะของแหล่งพลังงานหรือไม่ก็เรียกตามชนิดของตัวขับ ซึ่งโรงไฟฟ้าที่ใช้ผลิตไฟฟ้าในปัจจุบันมี ดังนี้

1. โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน (Thermal Power Plant) คือ โรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลทั่วไป เช่น ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน และน้ำมัน ผลิตไอน้ำและใช้ไอน้ำไปขับเคลื่อนกังหันไอน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โรงไฟฟ้าชนิดนี้มีเครื่องต้นกำลัง คือ เครื่องกังหันไอน้ำที่มีกำลังและความเร็วสูง ใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภท โรเตอร์รูปทรงกระบอก (Cylindrical Rotor Generator)

2. โรงไฟฟ้าพลังน้ำ (Hydroelectric Power Plant) เป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้พลังน้ำจากเขื่อนมาขับเคลื่อนกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โรงไฟฟ้าชนิดนี้มีเครื่องต้นกำลัง คือ เครื่องกังหันน้ำที่มีความเร็วต่ำใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งมีขั้วแม่เหล็กแบบขาลักษณ์ (Salient-Pole Generator) หลายขั้ว

3. โรงไฟฟ้ากังหันแก๊ส (Gas Turbine Power Plant) เป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้เครื่องกังหันแก๊สเป็นตัวต้นกำลังในการขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แก๊สร้อนที่ใช้หมุนเครื่องกังหันแก๊สมาจากการเผาไหม้น้ำมันหรือก๊าซธรรมชาติภายในห้องเผาไหม้ (Combustion chamber) โรงไฟฟ้า

เอกสาร... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดนี้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนด้วยความเร็วสูงใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบโรเตอร์รูปทรงกระบอก ซึ่งส่วนใหญ่จะมีขั้วแม่เหล็กเพียง 2 ขั้ว การสาร์ทเครื่องจนกระทั่งจ่ายโหลดใช้เวลาสั้นมาก

4. โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (Combined Cycle Power Plant) เป็นโรงไฟฟ้าที่ออกแบบให้ใช้เชื้อเพลิงอย่างประหยัด คือ ใช้เครื่องกังหันแก๊สรวมกับเครื่องกังหันไอน้ำ เครื่องกังหันแก๊สจะส่งไอเสียซึ่งยังมีความร้อนสูงไปยังหม้อน้ำเพื่อต้มน้ำร่วมกับเชื้อเพลิงอื่น และใช้ไอน้ำไปหมุนเครื่องกังหันไอน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามลำดับ เนื่องจากการที่นำเอาความร้อนจากไอเสียของเครื่องกังหันแก๊สมาใช้ประโยชน์ในการต้มน้ำจึงทำให้โรงไฟฟ้าชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงกว่าโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนทั่วไป

5. โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (Nuclear Power Plant) เป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ในการทำให้เกิดความร้อนสูงจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ ความร้อนนี้นำไปใช้ในการต้มน้ำและนำเอาไอน้ำไปหมุนเครื่องกังหันไอน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ความแตกต่างระหว่างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์และโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนทั่วไปอยู่ที่ลักษณะสมบัติของโรงไฟฟ้าทั้งสองชนิดที่แตกต่างกัน การตอบสนองต่อโหลด เป็นต้น โรงไฟฟ้านิวเคลียร์เป็นโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่ต้องลงทุนสูงมาก และมีการออกแบบที่ระมัดระวังเรื่องอันตรายจากกัมมันตรังสีเป็นพิเศษ

แรงดันไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยทั่ว ๆ ไปมีค่าไม่เกิน 20 kV ทั้งนี้เกิดจากปัญหาทางด้านฉนวนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและคำนึงถึงผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้วย ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยที่ใช้ในปัจจุบันมีแรงดันจ่ายออกหลายระดับ เช่น 3.5 kV , 11 kV และ 13.8 kV แรงดันดังกล่าวจะถูกแปลงให้สูงขึ้นที่ลานไกวไฟฟ้า (Switch Yard) มีค่าเป็นไปตามระดับแรงดันมาตรฐานที่ใช้ส่งพลังงาน เช่น 69 kV , 115 kV หรือ 500 kV การส่งพลังงานจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งจะเลือกส่งด้วยระดับแรงดันขนาดใดขึ้นอยู่กับระยะทางที่ใช้ส่งเป็นสำคัญ ในการส่งไฟฟ้าแรงดันสูงนั้นจะส่งด้วยระบบ 3 เฟส เพราะว่าการเพิ่มสายส่งขึ้นอีกหนึ่งเส้นจะสามารถส่งพลังงานได้สูงกว่าระบบเฟสเดียวถึง 73% ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบการใช้แรงดันและกระแสไฟฟ้าจำนวนเท่า ๆ กัน

3.3.2 ระบบส่งกำลังไฟฟ้า (Transmission System)

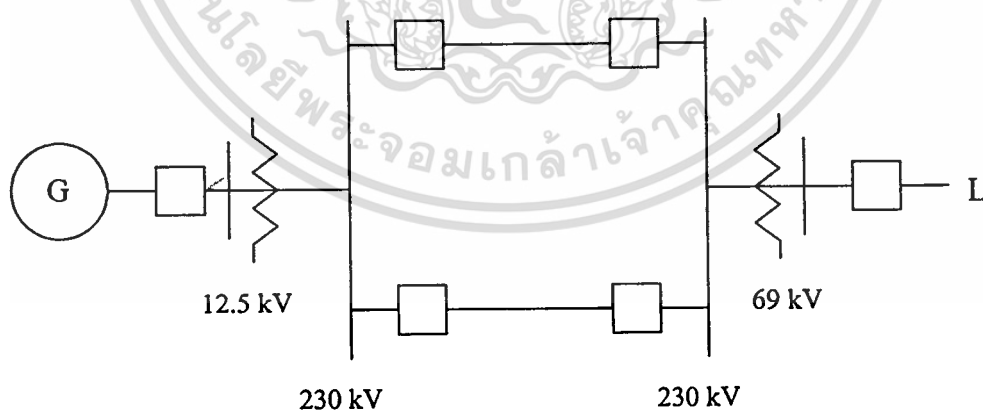
ระบบส่งกำลังไฟฟ้า หมายถึง ระบบขนส่งพลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตไปยังระบบจำหน่าย ซึ่งเป็นศูนย์กลางการจ่ายโหลด (Load Center) โดยคำนึงถึงระยะทางที่ใกล้ที่สุดและประหยัดที่สุดในการส่งพลังงานไฟฟ้า อาจใช้สายอากาศเดินเหนือศีรษะ (Overhead Aerial Line) หรือสายเคเบิลใต้ดิน (Underground Cable) ก็ได้ ในกรณีที่ส่งด้วยสายอากาศเดินเหนือศีรษะจะมีสายเส้นเล็ก ๆ ซึ่งอยู่ข้างบนสายส่งไฟฟ้า เรียกว่า สายดินเหนือศีรษะ (Overhead Ground Wire)

สายดินเส้นนี้จะต่อตรงอยู่กับเสาโครงเหล็ก (Steel Tower) มีหน้าที่ป้องกันมิให้สายฟ้ารบกวนสายส่งและเป็นตัวนำกระแสผ่าลงสู่ดิน

การผลิตไฟฟ้าที่ประหยัคนั้นควรตั้งโรงไฟฟ้าไว้ใกล้กับแหล่งพลังงาน เช่น แหล่งพลังน้ำ แหล่งถ่านหิน หรือแหล่งก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น แล้วจึงใช้วิธีส่งกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ไปตามสายส่งแรงสูงในระยะไกล การขนส่งพลังงาน เช่น ถ่านหิน มาเพื่อใช้ผลิตไฟฟ้าใกล้กับศูนย์กลางการใช้ไฟฟ้า (Load Center) นั้นเป็นวิธีที่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากกว่าการผลิตไฟฟ้าแล้วส่งไปตามสายไฟฟ้าแรงสูง ด้วยเหตุนี้เองจึงมีการเดินสายไฟฟ้าแรงสูงจากจุดที่ตั้งโรงไฟฟ้าในที่ต่าง ๆ ไปยังจุดจ่ายไฟให้กับผู้ใช้ไฟตามเมืองต่าง ๆ เป็นระยะทางยาวไกล ส่วนของการส่งไฟฟ้าทั้งหมดประกอบกันขึ้นเป็นระบบส่งไฟฟ้าซึ่งเป็นส่วนสำคัญของระบบไฟฟ้าที่มีความยุ่งยากซับซ้อนมากขึ้น ทั้งในแง่การวางแผน การออกแบบ และการปฏิบัติการ

แรงดันจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะถูกแปลงให้มีแรงดันอยู่ในระดับของระบบส่งกำลังไฟฟ้า โดยอยู่ในระดับตั้งแต่ 115 kV ถึง 765 kV ซึ่งมาตรฐานในระบบส่งกำลังไฟฟ้าแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับ

- แรงดันสูง (High Voltages : HV) ระดับแรงดัน 115 kV , 138 kV และ 230 kV
- แรงดันสูงพิเศษ (Extra - High Voltages : EHV) ระดับแรงดัน 345 kV , 500 kV และ 765 kV
- แรงดันสูงยิ่ง (Ultra - High Voltages : UHV) ระดับแรงดัน 1,000 kV ถึง 1,500 kV



รูปที่ 3.5 ระบบส่งกำลังไฟฟ้า [10]

รูปที่ 3.5 แสดงระบบส่งกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เราจะยกระดับแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้นถึงระดับที่จะส่งไปในระยะทางไกล เช่น จาก 12.5 kV เป็น 69 kV หรือ 230 kV เป็นต้น แล้วส่งเข้ากริดของประเทศไทย (National Grid) ส่วนทางด้านโหลดก็จะนำไฟฟ้าออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่สามารถนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากสถาบันฯ หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง

จากกริด โดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้าแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าให้ต่ำลงสู่ระดับแรงดันของระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Distribution Voltage) เช่น จาก 230 kV เป็น 69 kV เป็นต้น

ระบบส่งกำลังไฟฟ้านี้นอกจากจะเชื่อมโยงระหว่างโรงไฟฟ้ากับสถานีไฟฟ้าย่อยเพื่อจำหน่ายไฟฟ้าโดยตรงแล้ว ระบบส่งกำลังไฟฟ้าที่ดีจะต้องเชื่อมโยงแหล่งจ่ายถึงกันทั้งหมดระหว่างสถานีต่อสถานีเพื่อวัตถุประสงค์ดังนี้คือ

- 1) ทำให้ระบบใหญ่ขึ้น สามารถจ่ายพลังงานได้มากขึ้น โอกาสที่ไฟจะดับนาน ๆ เมื่อเกิดเหตุขัดข้องจะน้อยลง เพราะเมื่อมีเหตุขัดข้องทางด้านหนึ่งก็ยังรับไฟฟ้าจากอีกด้านหนึ่งได้ ระบบจึงมั่นคงและเชื่อถือได้มากขึ้น
- 2) ประหยัดเชื้อเพลิงการผลิต เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าสามารถถ่ายเทกันระหว่างระบบได้ ดังนั้นในช่วงที่ต้องการพลังงานลดลงจึงสามารถหยุดเดินเครื่องบางแห่งได้
- 3) สามารถวางโปรแกรมการเดินเครื่องอย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวคือสามารถกำหนดลงไปได้ว่าจะใช้เครื่องใดจ่ายโหลดช่วงฐาน (Base Load) เครื่องใดจ่ายเสริมโหลดช่วงยอด (Peak Load) และเครื่องใดเป็นเครื่องสำรอง (Reserve) เป็นต้น

3.3.3 ระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Distribution System)

ระบบจำหน่ายไฟฟ้า หมายถึง ระบบที่ถูกลดแรงดันให้ต่ำจนมีค่าเหมาะสมที่จะบริการให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าได้แล้ว แรงดันที่ใช้ในระบบจำหน่ายมีหลายระดับ เช่น 22 kV และ 33 kV เป็นระบบแรงดันที่ใช้ในการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และ 12 kV กับ 24 kV เป็นระดับแรงดันที่ใช้ในการไฟฟ้านครหลวง สายจำหน่ายชนิดนี้เรียกว่า สายจำหน่ายแรงดันสูงหรือสายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) ซึ่งแรงดันระดับนี้สามารถจำหน่ายให้กับโรงงานอุตสาหกรรมได้ สายจำหน่ายแรงดันสูงนี้จะเห็นเดินอยู่รอบ ๆ ตัวเมืองและจะแปลงระดับแรงดันให้ต่ำลงอีกโดยใช้หม้อแปลงจำหน่าย สายจำหน่ายชนิดนี้เรียกว่า สายจำหน่ายแรงต่ำหรือสายป้อนทุติยภูมิ (Secondary Feeder) ในประเทศไทยได้กำหนดระดับแรงดันใช้งานขนาด 200 kV สำหรับระบบ 1 เฟส และ 380 kV สำหรับระบบ 3 เฟส

3.4 รูปแบบการจัดเรียงบัสของระบบไฟฟ้า (Bus Arrangement)

ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตนั้นมีการจัดเรียงบัสของสถานีไฟฟ้าย่อยแต่ละแห่งแตกต่างกันออกไป การจัดเรียงบัสแต่ละแบบนี้ก็เป็นส่วนสำคัญอย่างหนึ่งสำหรับเรื่องของความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า ซึ่งการจัดเรียงบัสนั้นก็หลายวิธีด้วยกัน โดยแต่ละแบบก็มีความสามารถในการทำให้ระบบมีความเชื่อถือได้ต่างกันไป โดยการจัดเรียงบัสแบบต่าง ๆ มีดังนี้

3.4.1 การจัดเรียงบัสแบบบัสเดี่ยว (Single Bus)

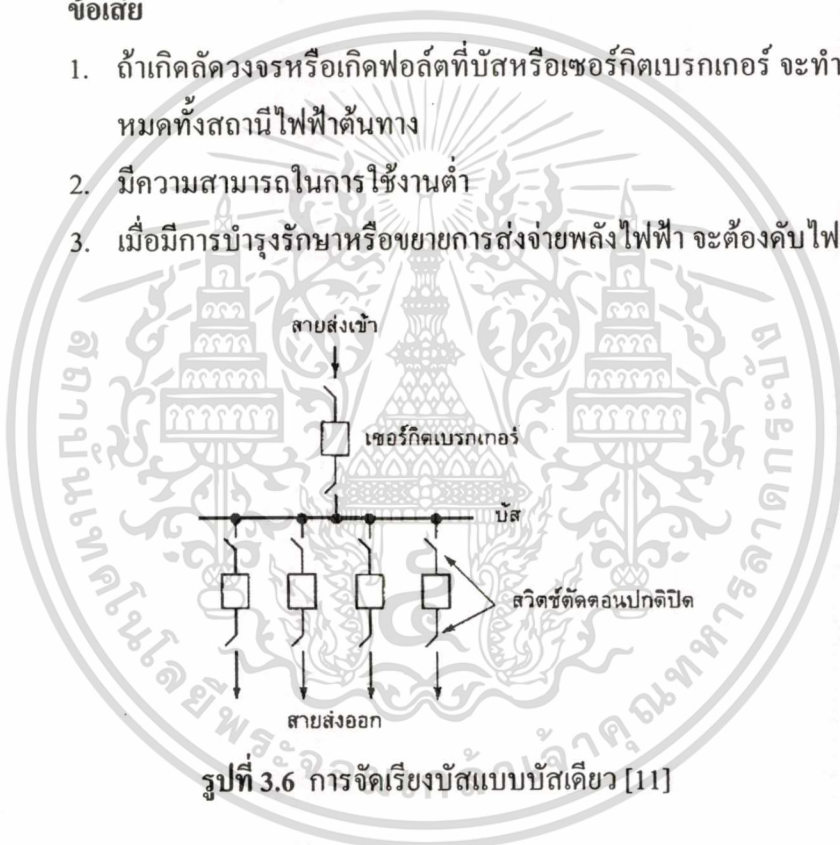
การจัดเรียงบัสแบบบัสเดี่ยวนั้นแสดงดังรูปที่ 3.6 และ 3.7 ซึ่งการจัดเรียงบัสลักษณะนี้เป็นการจัดเรียงบัสแบบง่าย ๆ และ ประหยัด ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียดังนี้

ข้อดี

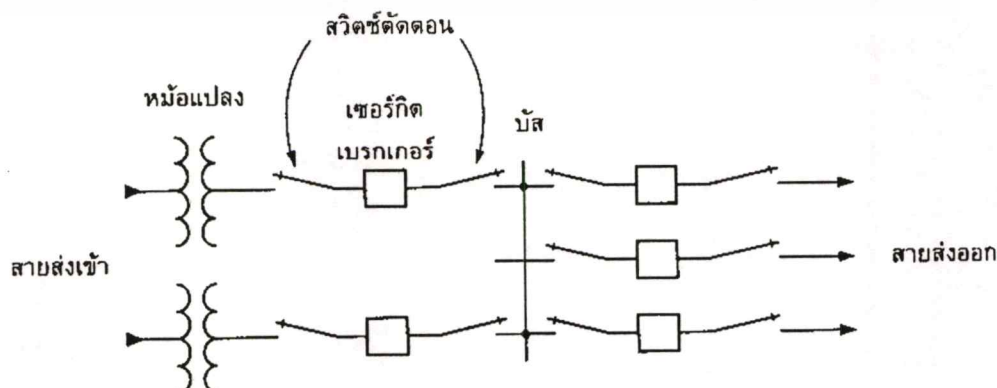
1. ออกแบบง่าย
2. การลงทุนต่ำ
3. การจัดระบบป้องกันไม่ยุ่งยาก
4. ใช้พื้นที่น้อย

ข้อเสีย

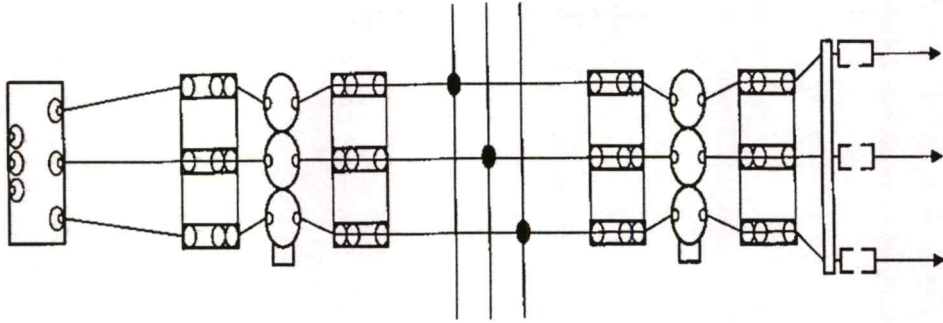
1. ถ้าเกิดลัดวงจรหรือเกิดฟอลต์ที่บัสหรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ จะทำให้ไฟฟ้าดับหมดทั้งสถานีไฟฟ้าต้นทาง
2. มีความสามารถในการใช้งานต่ำ
3. เมื่อมีการบำรุงรักษาหรือขยายการส่งจ่ายพลังไฟฟ้า จะต้องดับไฟทั้งหมด



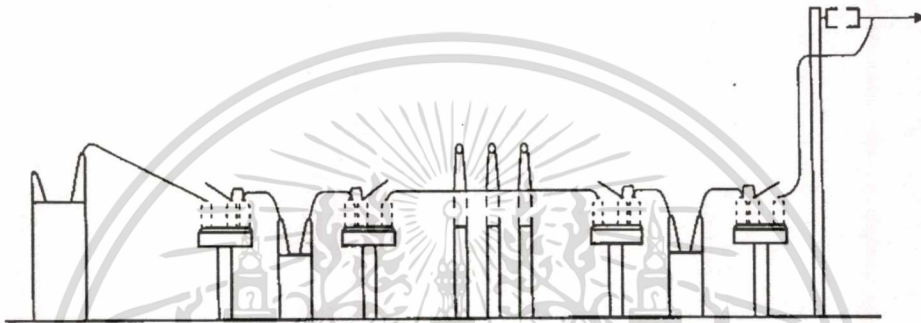
รูปที่ 3.6 การจัดเรียงบัสแบบบัสเดี่ยว [11]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ (ก) แผนภาพเส้นเดียว ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) ภาพด้านบน



(ค) ภาพด้านข้าง

รูปที่ 3.7 การจัดเรียงของอุปกรณ์ของรูปแบบการจัดเรียงบัสแบบบัสเดี่ยว [11]

3.4.2 การจัดเรียงบัสแบบบัสหลักและบัสถ่ายโอน (Main and Transfer Bus)

การจัดเรียงบัสแบบบัสหลักและบัสถ่ายโอนนั้นแสดงดังรูปที่ 3.8 และ 3.9 ลักษณะของการจัดเรียงบัสแบบนี้จะมีลักษณะคล้ายกับการจัดเรียงบัสแบบบัสเดี่ยว แต่จะเพิ่มบัสถ่ายโอนและเซอร์กิตเบรกเกอร์ต่อเชื่อมบัส (Bus Tie Breaker) เพื่อว่าหากมีเซอร์กิตเบรกเกอร์ใดเกิดขัดข้อง หรือต้องการตัดคอนอกจากระบบเพื่อบำรุงรักษาก็สามารถจ่ายไฟฟ้าจากบัสถ่ายโอนได้ แต่ถ้าต้องบำรุงรักษาบัสหลัก (Main Bus) ก็มีความจำเป็นต้องดับไฟฟ้าทั้งสถานีไฟฟ้าต้นทางสำหรับข้อดีและข้อเสียของการจัดเรียงบัสแบบบัสหลักและบัสถ่ายโอน มีดังนี้

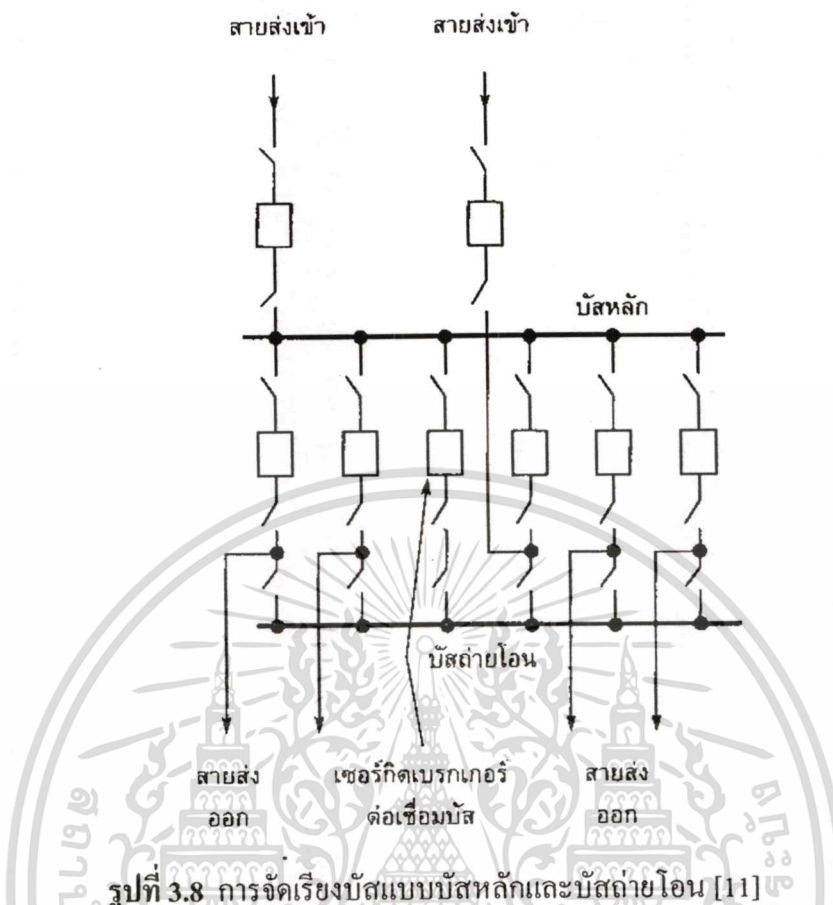
ข้อดี

1. ราคาปานกลาง
2. สามารถถอดเซอร์กิตเบรกเกอร์ออกเพื่อบำรุงรักษาได้
3. หม้อแปลงแรงดันซึ่งอยู่ติดบัส สามารถใช้กับชุดรีเลย์ได้

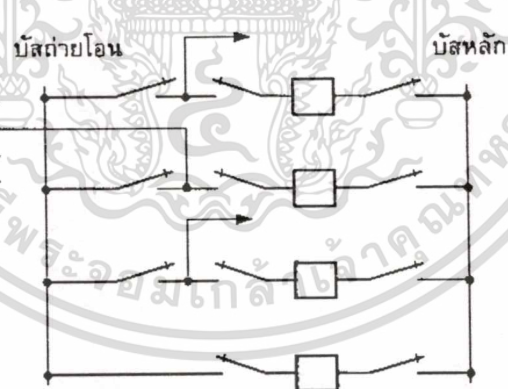
ข้อเสีย

1. ต้องการเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาดใหญ่สำหรับต่อเชื่อมบัส
2. เมื่อมีการบำรุงรักษาเซอร์กิตเบรกเกอร์ จะทำให้มีความยุ่งยากในการทำ

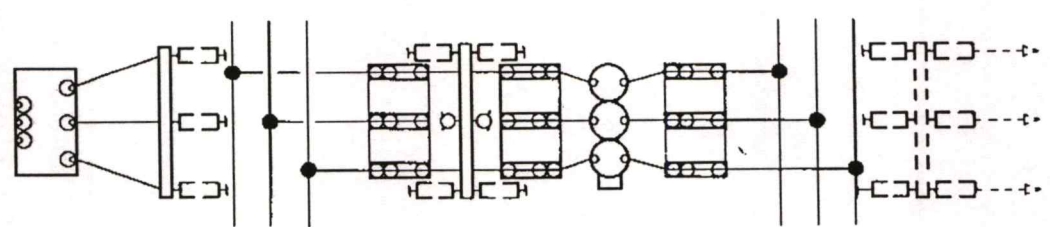
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ซึ่งการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 การจัดเรียงบัสแบบบัสหลักและบัสถ่ายโอน [11]

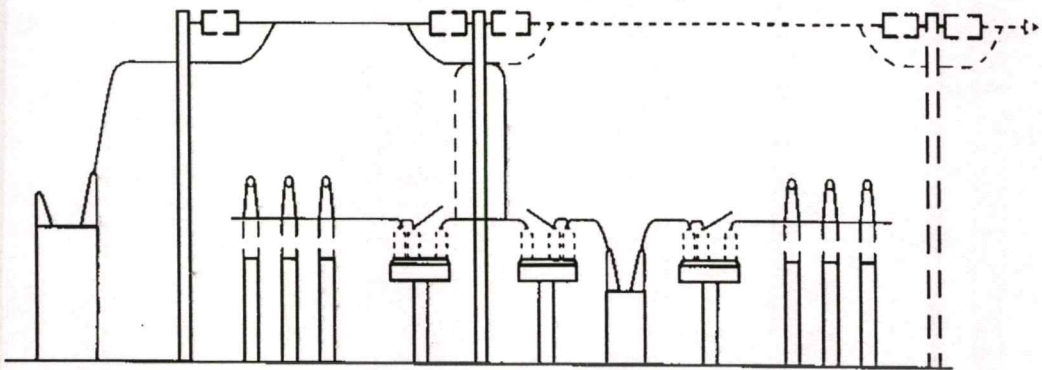


(ก) แผนภาพเส้นเดียว



(ข) ภาพด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค) ภาพด้านข้าง

รูปที่ 3.9 การจัดเรียงของอุปกรณ์ของรูปแบบการจัดเรียงบัสแบบบัสหลักและบัสถ่ายโอน [11]

3.4.3 การจัดเรียงบัสแบบบัสคู่ – เซอร์กิตเบรกเกอร์คู่ (Double Bus – Double Breaker)

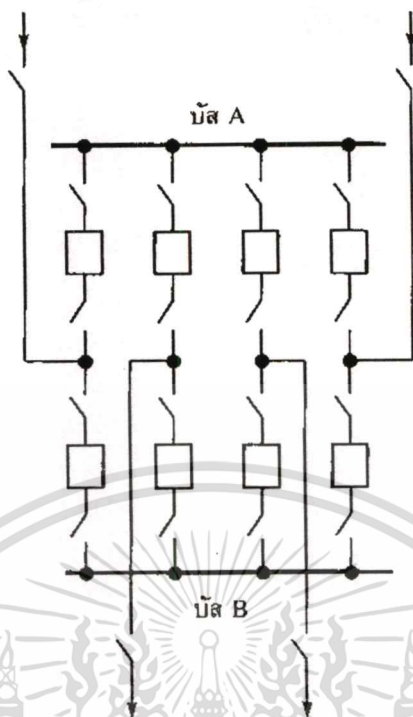
การจัดเรียงบัสแบบบัสคู่ – เซอร์กิตเบรกเกอร์คู่ แสดงดังรูปที่ 3.10 และ 3.11 การจัดเรียงบัสแบบบัสคู่ – เซอร์กิตเบรกเกอร์คู่นี้จะใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ 2 ชุด ต่อแต่ละสายส่งเข้า (Incoming Line) หรือสายส่งออก (Outgoing Line) เพียง 1 วงจร โดยข้อดีและข้อเสียของการจัดเรียงบัสแบบบัสคู่ – เซอร์กิตเบรกเกอร์คู่ ดังนี้

ข้อดี

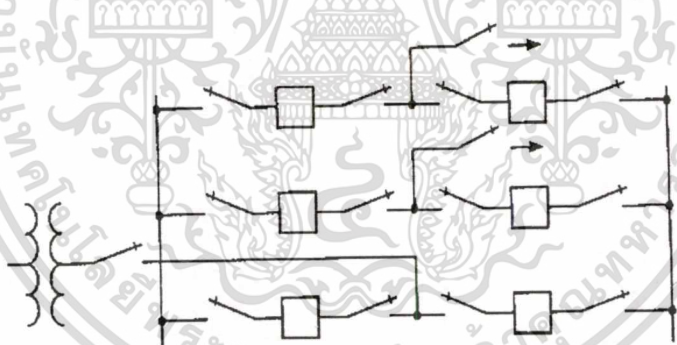
1. มีความคล่องตัวในการใช้งานมาก และมีความสามารถในการใช้งานสูง
2. สามารถที่จะแยกบัสใดบัสหนึ่งเพื่อทำการบำรุงรักษาได้
3. สามารถแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวใดตัวหนึ่งในแต่ละแถว เพื่อทำการบำรุงรักษาได้
4. มีความเชื่อถือได้สูง

ข้อเสีย

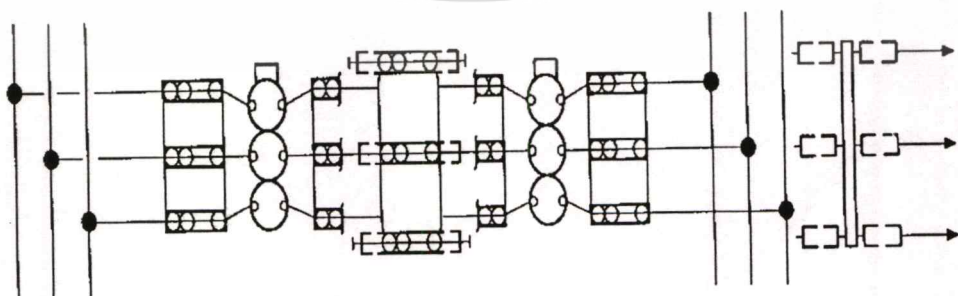
1. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูง เพราะใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ 2 ชุด ต่อสายส่ง 1 วงจร
2. ในกรณีที่วงจรใดไม่ได้ต่อไว้ทั้ง 2 บัส ถ้าเกิดฟอลต์ขึ้นที่เซอร์กิตเบรกเกอร์แล้วจะทำให้ไฟฟ้าดับที่วงจรนั้น



รูปที่ 3.10 การจัดเรียงบัสแบบบัสคู่ - เซอร์กิตเบรกเกอร์คู่ [11]

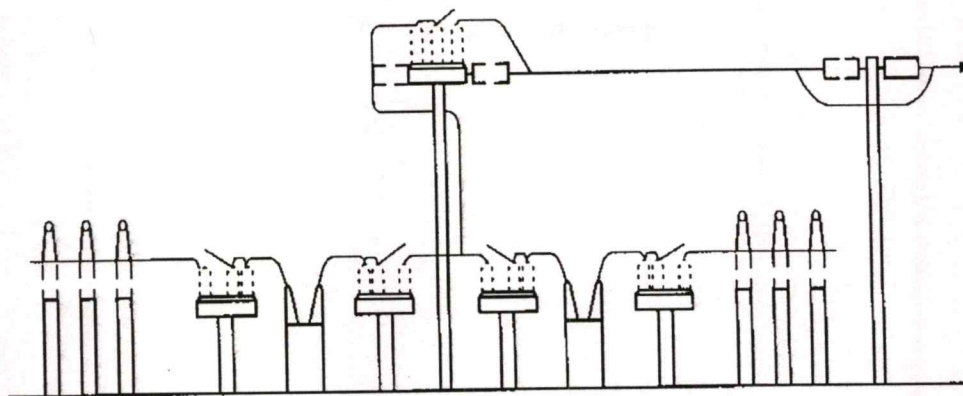


(ก) แผนภาพเส้นเดียว



(ข) ภาพด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ภาพด้านข้าง

รูปที่ 3.11 การจัดเรียงอุปกรณ์ของรูปแบบการจัดเรียงบัสแบบบัสคู่และเซอร์กิตเบรกเกอร์คู่ [11]

3.4.4 การจัดเรียงบัสแบบเซอร์กิตเบรกเกอร์ชุดครึ่ง (Breaker and a Half)

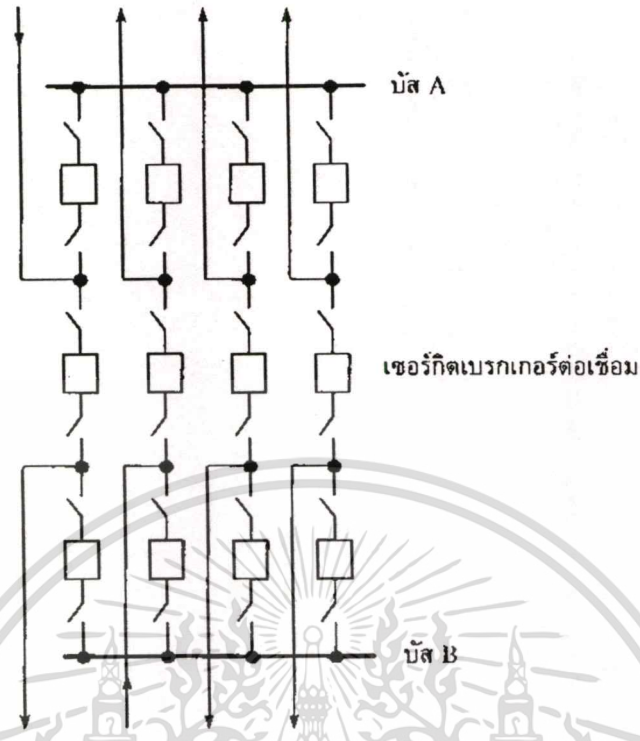
การจัดเรียงบัสแบบเซอร์กิตเบรกเกอร์ชุดครึ่งแสดงดังรูปที่ 3.12 และ 3.13 การจัดเรียงบัสแบบเซอร์กิตเบรกเกอร์ชุดครึ่งมีลักษณะคล้ายกับการจัดเรียงบัสแบบบัสคู่ – เซอร์กิตเบรกเกอร์คู่ แต่จะใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ 3 ชุด ต่อสายส่งเข้าหรือสายส่งออก 2 วงจร สำหรับการ จัดเรียงบัสแบบเซอร์กิตเบรกเกอร์ชุดครึ่งมีข้อดีและข้อเสีย ดังนี้

ข้อดี

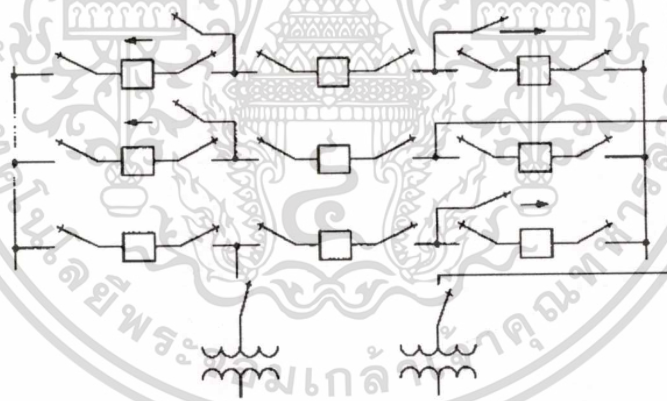
1. มีความคล่องตัวและความสามารถในการใช้งานสูง
2. ถ้าเซอร์กิตเบรกเกอร์ขัดข้อง ก็จะปลดเซอร์กิตเบรกเกอร์ด้านที่ติดบัสออกเท่านั้น
3. การสวิตชิงทั้งหมดทำโดยเซอร์กิตเบรกเกอร์
4. สามารถบำรุงรักษาบัสด้านใดด้านหนึ่งได้

ข้อเสีย

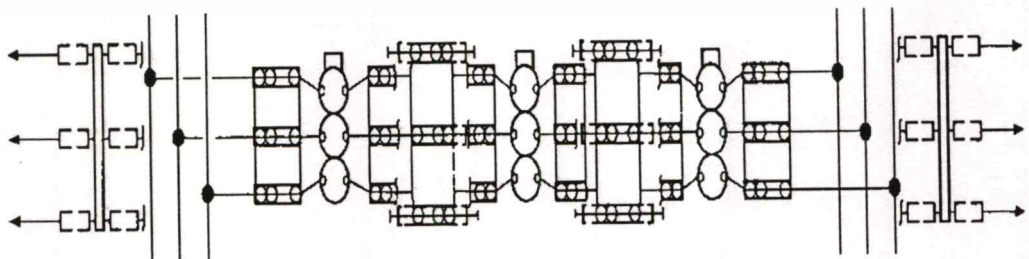
1. ต้องใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ 1 ชุดครึ่ง ต่อสายส่ง 1 วงจร
2. ชุดรีเลย์ควบคุมเซอร์กิตเบรกเกอร์ต่อเชื่อมต้องทำงานเมื่อมีฟอลต์ที่สายส่งเกิดขึ้นที่ด้านใดด้านหนึ่ง



รูปที่ 3.12 การจัดเรียงบัสแบบเซอร์กิตเบรกเกอร์ชุดครึ่ง [11]

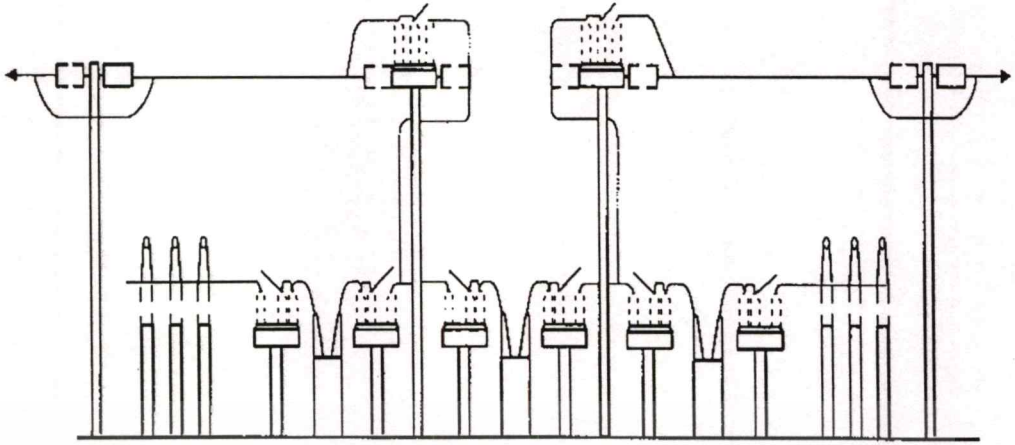


(ก) แผนภาพเส้นเดียว



(ข) ภาพด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค) ภาพด้านข้าง

รูปที่ 3.13 การจัดเรียงของอุปกรณ์ของรูปแบบการจัดเรียงบัสแบบเซอร์กิตเบรกเกอร์ชุดครึ่ง [11]

3.4.5 การจัดเรียงบัสแบบบัสคู่ – เซอร์กิตเบรกเกอร์เดี่ยว (Double Bus – Single Breaker)

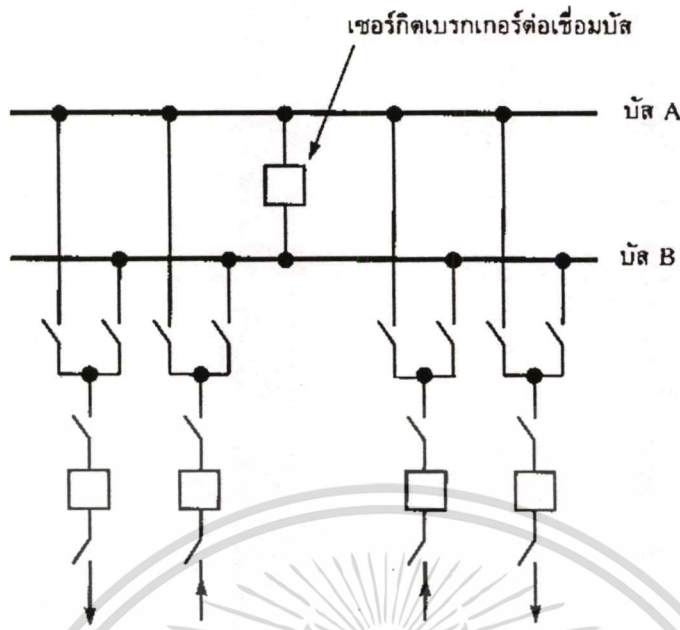
การจัดเรียงบัสแบบบัสคู่ – เซอร์กิตเบรกเกอร์เดี่ยวแสดงดังรูปที่ 3.14 การจัดเรียงบัสแบบบัสคู่ – เซอร์กิตเบรกเกอร์เดี่ยวนี้จะมีการลงทุนต่ำ สามารถทำการบำรุงรักษาที่บัสได้โดยไม่ต้องดับไฟ ข้อดีและข้อเสียของการจัดเรียงบัสแบบบัสคู่ – เซอร์กิตเบรกเกอร์เดี่ยว มีดังนี้

ข้อดี

1. มีความคล่องตัวในการใช้งาน
2. แต่ละบัสสามารถแยกออกมาบำรุงรักษาได้
3. เซอร์กิตเบรกเกอร์สามารถเลือกรับ ไฟฟ้าจากบัสใดบัสหนึ่งได้

ข้อเสีย

1. ต้องมีเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาดใหญ่เพิ่มอีกหนึ่งชุด เพื่อต่อเชื่อมบัส
2. ต้องใช้สวิตช์ตัดตอน 4 ชุด ต่อ 1 วงจร
3. การต่อใช้งานของรีเลย์ที่ใช้กับเซอร์กิตเบรกเกอร์ต่อเชื่อมมีข้อยุ่งยาก เพราะต้องใช้งานแทนเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวใดก็ได้
4. การใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ต่อเชื่อมแทนเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวใดตัวหนึ่งจะทำให้การสวิตช์ก่อนข้างยุ่งยาก เพราะต้องการย้ายการจ่ายไฟฟ้าอยู่ที่บัสเดียว และต้องใช้เวลาในการทำสวิตช์ชิ่งนาน



รูปที่ 3.14 การจัดเรียงบัสแบบบัสคู่ - เซอร์กิตเบรกเกอร์เดี่ยว [11]

3.4.6 การจัดเรียงบัสแบบบัสวงแหวน (Ring Bus)

การจัดเรียงบัสแบบวงแหวนนี้แสดงดังรูปที่ 3.15 และ 3.16 การจัดเรียงบัสแบบวงแหวนนี้สามารถถอดเซอร์กิตเบรกเกอร์ออกจากกระบวน เพื่อทำการบำรุงรักษาได้โดยไม่ต้องดับไฟ และถ้าเกิดมีเหตุขัดข้องที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของวงแหวน ก็จะปลดเซอร์กิตเบรกเกอร์หัวท้ายส่วนนั้น ออก จึงทำให้ส่วนที่เหลือสามารถทำงานได้ตามปกติ การจัดเรียงบัสแบบวงแหวนมีข้อดีและข้อเสีย ดังนี้

ข้อดี

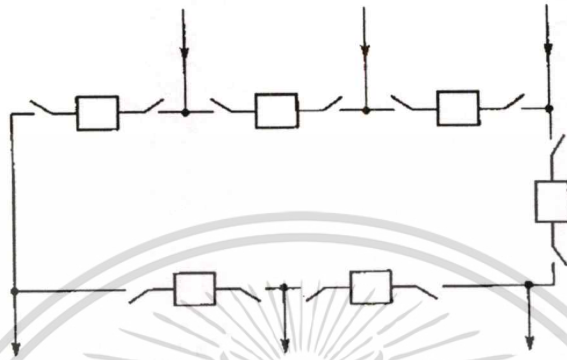
1. การลงทุนต่ำมีความคล่องตัวในการใช้งาน
2. สามารถบำรุงรักษาเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวใด ๆ ได้มากกว่า 1 ชุด
3. ไม่ต้องมีบัสหลัก
4. ทำการสวิตชิงด้วยเซอร์กิตเบรกเกอร์เอง
5. แต่ละวงจรจ่ายด้วยเซอร์กิตเบรกเกอร์ 2 ชุด
6. ต้องการเซอร์กิตเบรกเกอร์ชุดเดียวต่อ 1 วงจร

ข้อเสีย

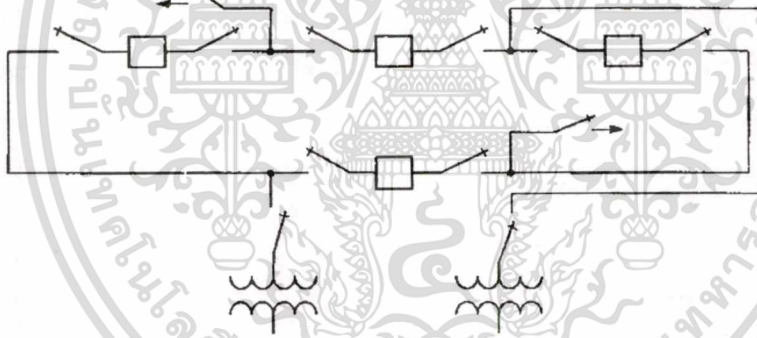
1. การทำงานของรีเลย์ป้องกันและเครื่องปิดวงจรซ้ำอัตโนมัติ (Automatic Reclosing) มีความยุ่งยากและซับซ้อน
2. ถ้าเกิดมีฟอลต์ขึ้นในสายส่งขณะที่มีการบำรุงรักษาเซอร์กิตเบรกเกอร์อาจทำให้ระบบแยกเป็น 2 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

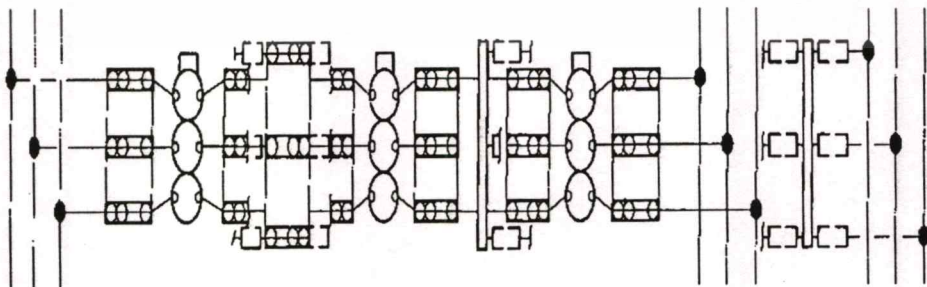
3. เนื่องจากไม่มีการติดตั้งหม้อแปลงแรงดันที่บัส ดังนั้นจึงต้องติดตั้งหม้อแปลงแรงดันในทุก ๆ วงจร
4. ถ้าต้องการบำรุงรักษารีเลย์ ต้องนำรีเลย์ชุดนั้นออกจากการใช้งานพร้อมทั้งสายส่งวงจรที่นำรีเลย์นั้นออกด้วย



รูปที่ 3.15 การจัดเรียงบัสแบบวงแหวน [11]

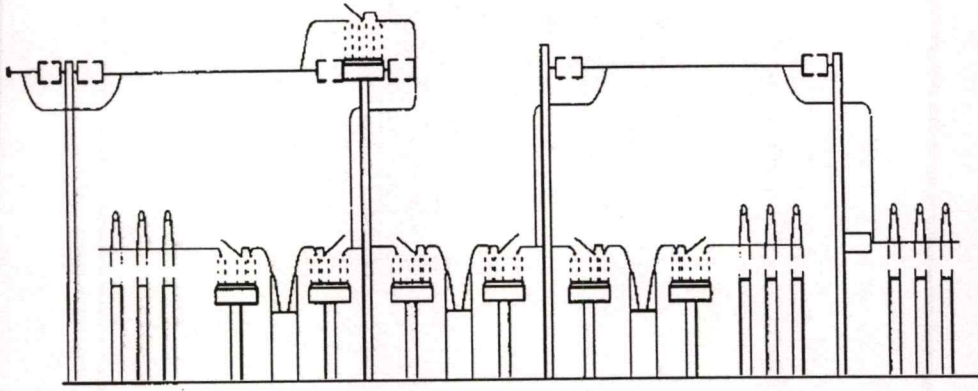


(ก) แผนภาพเส้นเดียว



(ข) ภาพด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค) ภาพด้านข้าง

รูปที่ 3.16 การจัดเรียงของอุปกรณ์ของรูปแบบการจัดเรียงบัสแบบวงแหวน [11]

จากรายละเอียดเกี่ยวกับการจัดเรียงบัสแบบต่าง ๆ นั้นจะเห็นว่า ถ้าการจัดเรียงบัสแบบใดมีความเชื่อถือได้สูง มีระบบป้องกันที่ดี ก็จะมีราคาแพงตามไปด้วย เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของระบบป้องกันต่าง ๆ มากกว่าระบบการจัดเรียงบัสที่มีความเชื่อถือได้ต่ำ

จาก [12] ได้ทำการคำนวณความเชื่อถือได้สำหรับการจัดเรียงบัสแบบต่าง ๆ แล้วพบว่าการจัดเรียงบัสแบบวงแหวน (Ring Bus) มีความเชื่อถือได้มากที่สุด แต่ว่าการจัดเรียงบัสแบบวงแหวนนี้ก็ไม่ได้มีการใช้กันมากนัก เนื่องจากการจัดเรียงบัสแบบวงแหวนนี้ต้องใช้พื้นที่ในการติดตั้งมาก การขยายระบบทำได้ยากเนื่องจากเมื่อมีทางออกของระบบมาก ความเชื่อถือได้ของระบบก็จะลดลงตามไปด้วย

ในส่วนของระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยที่นำมาใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ระบบไฟฟ้าส่วนใหญ่จะมีการจัดเรียงบัสแบบบัสหลักและบัสถ่ายโอน และการจัดเรียงบัสแบบเบรกเกอร์ชุดครึ่ง เนื่องจากการจัดเรียงบัสทั้งสองแบบนี้ เมื่อมีการซ่อมแซมอุปกรณ์ก็ยังสามารถจ่ายไฟให้กับผู้ใช้ไฟได้ โดยที่ไม่ต้องทำการดับไฟ

3.5 การวิเคราะห์และการวางแผนระบบไฟฟ้า

การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ามีจุดประสงค์เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการดำเนินงานใน 2 ระดับ คือ ระดับการวางแผนระบบ (System Planning) และระดับปฏิบัติการ (Operation)

ในระดับการวางแผนระบบไฟฟ้าเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตและการขยายสายส่งนั้นจะเริ่มด้วยการวาดภาพในอนาคตถึงความต้องการไฟฟ้าที่จะเพิ่มขึ้น แล้วจึงทำการวางแผนว่าจะขยายหรือสร้างโรงไฟฟ้าขึ้นใหม่ ณ ที่ใด จะใช้พลังงานชนิดใด จะเพิ่มหรือขยายสายส่งจากจุดใดไปจุดใด ขนาดแรงดันไฟฟ้าเป็นเท่าไร เป็นต้น ในการวางแผนขยายระบบไฟฟ้านี้วิศวกรระบบไฟฟ้าจำเป็นจะต้องทำการศึกษาและวิเคราะห์ระบบในด้านต่าง ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1 การคาดคะเนความต้องการไฟฟ้า (Load Forecasting)

เป็นการคาดคะเนทั้งพลังไฟฟ้า (Demand requirement) และพลังงานไฟฟ้า (Energy requirement) ความต้องการพลังไฟฟ้าใช้เพื่อกำหนดกำลังผลิต (Capacity) ระบบส่งและระบบจำหน่าย ส่วนพลังงานความต้องการไฟฟ้าในแต่ละปีจะใช้เป็นตัวกำหนดชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและอุปกรณ์ต่าง ๆ

3.5.2 การวิเคราะห์โหลดโฟลว์ (Load Flow Analysis)

เป็นการศึกษาสภาพการไหลของพลังไฟฟ้า (Real power) และพลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Reactive Power) ในส่วนต่าง ๆ ของระบบไฟฟ้า ตลอดจนค่าแรงดันไฟฟ้า ณ บัส (Bus) ต่าง ๆ และการสูญเสียในระบบ ในสภาพของโหลดและการผลิตไฟฟ้าต่าง ๆ กัน การวิเคราะห์โหลดโฟลว์ นอกจากจะเป็นการศึกษาที่ให้ภาพของการไหลของพลังไฟฟ้าทั้งสองชนิดในระบบแล้ว ยังใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ในด้านอื่น ๆ เช่น การลัดวงจร และเสถียรภาพของระบบอีกด้วย

3.5.3 การวิเคราะห์การลัดวงจร (Short-Circuit Analysis)

การวิเคราะห์การลัดวงจรมีความสำคัญมากในขั้นของการวางแผนทั้งนี้เพราะในการดำเนินการกิจการไฟฟ้านั้น เหตุขัดข้องที่ไม่คาดคิดอาจจะเกิดขึ้นได้เสมอ เช่น การลัดวงจรระหว่างเฟส หรือการลัดวงจรลงดิน หรือเกิดฟ้าผ่าลงบนสายส่งทำให้เกิดการสัมผัสกับดิน เป็นต้น เหล่านี้จะทำให้เกิดกระแสจำนวนมากไหลในวงจร กระแสจำนวนนี้อาจมากกว่ากระแสในภาวะปกติหลายเท่า ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องคิดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่สามารถทนต่อกระแสดังกล่าวได้ โดยตัวเองไม่เสียหาย การศึกษากระแสลัดวงจรที่อาจจะเกิดขึ้น เนื่องจากฟอลต์ (Fault) ณ จุดต่าง ๆ ที่สำคัญในระบบจะทำให้การวางแผนและการออกแบบอุปกรณ์ป้องกันเป็นไปอย่างเหมาะสม

3.5.4 การศึกษาเสถียรภาพของระบบ (System Stability)

เมื่อเกิดความผิดปกติในระบบขึ้น เช่น การลัดวงจร นอกจากจะมีกระแสลัดวงจรจำนวนมากไหล ณ จุดที่เกิดความบกพร่องในระบบแล้ว ยังมีผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบ กล่าวคือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าบางตัวที่อยู่ในระบบอาจจะหลุดจากซิงโครนิซึม (Synchronism) ได้ อาจทำให้เกิดผลเสียหายอื่นตามมา ดังนั้นในขั้นของการวางแผนจึงจำเป็นต้องศึกษาถึงเสถียรภาพของระบบ โดยเฉพาะในภาวะทรานเซียนท์ (Transient) เพื่อให้เราสามารถออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและอุปกรณ์ในระบบให้สามารถหลีกเลี่ยงผลกระทบดังกล่าวที่อาจจะเกิดขึ้นได้

3.5.5 การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ (Reliability Analysis)

ระบบไฟฟ้าที่ดีจะต้องตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าในด้านความต่อเนื่องของบริการ และจะต้องหาทางป้องกันมิให้เกิดข้อขัดข้องจนไฟดับ หรืออย่างน้อยลดโอกาสที่จะเกิดข้อขัดข้องลงให้น้อยที่สุด นั่นคือให้ระบบมีความเชื่อถือได้สูงถึงระดับที่ยอมรับได้ใน

เอกสาร
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานสากล วิธีการที่จะทำเช่นนี้ได้ก็คือการพิจารณาเพิ่มการลงทุนในช่วงของการวางแผนระบบหรือการวางแผนขยายระบบ หรือไม่ก็ในช่วงของการดำเนินการหรือทั้งสองอย่าง ปัจจุบันการไฟฟ้าต่าง ๆ ในโลกได้หันมาให้ความสำคัญต่อปัญหาความเชื่อถือได้มากขึ้น

ส่วนในระดับปฏิบัติการ (Operation phase) การไฟฟ้าขนาดใหญ่จะทำการวิเคราะห์ เพื่อจัดการการจ่ายไฟฟ้าให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนต่อไปด้วยการวิเคราะห์เหล่านั้นได้แก่

- การจัดการการจ่ายไฟฟ้าอย่างเหมาะสมทางเศรษฐกิจ (Economic Dispatch)
- การวิเคราะห์การสูญเสียในสายส่ง (Transmission Losses)
- การวิเคราะห์ด้านยูนิตคอมเม้นท์ (Unit Commitment)

เป็นต้น

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงเฉพาะในเรื่องของการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ เนื่องจากผู้เขียนได้สังเกตเห็นว่าการวิเคราะห์ในเรื่องความเชื่อถือได้นั้นมีความสำคัญต่อระบบและผู้ใช้ไฟฟ้ามาก และเป็นปัญหาที่การไฟฟ้าทั่วโลกต่างหันมาให้ความสำคัญต่อการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้มากขึ้น



บทที่ 4

ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า

ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า (Reliability) [13 , 14] หมายถึง ความคาดหวังว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบจะทำงานตามหน้าที่และวัตถุประสงค์อย่างได้ผลเพียงพอในช่วงเวลาที่ติดตั้งหรือกำหนดไว้ เพื่อให้ระบบไฟฟ้าสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟได้อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่องโดยมีกระแสไฟฟ้าขัดข้องน้อยที่สุด

ความเชื่อถือได้เป็นเรื่องของการคาดเดาในสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอย่างมีหลักเกณฑ์ โดยอาศัยหลักทางสถิติมาประกอบ ดังนั้นเรื่องของความเชื่อถือได้จึงเป็นเรื่องของการคาดเดาถึงโอกาสที่จะเกิดอย่างหนึ่งอย่างใดขึ้นในอนาคตภายใต้เงื่อนไขอย่างหนึ่ง ความเชื่อถือได้จึงเป็นเรื่องมือในการเปรียบเทียบคุณภาพของอุปกรณ์ที่จะทำงานตามหน้าที่ให้ได้ผลดีตามความต้องการในอนาคต ข้อกำหนดในด้านคุณภาพเชิงความเชื่อถือได้นี้นำไปใช้เป็นองค์ประกอบในการออกแบบอุปกรณ์หรือวางแผนระบบ

4.1 แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับความเชื่อถือได้

ความเชื่อถือได้เป็นแนวคิดเก่าที่ใช้กันมานาน แต่ได้กลายมาเป็นสาขาวิชาการใหม่ คำว่าความเชื่อถือได้เราใช้กันในความหมายทางวิชาการ แต่ในภาษาชาวบ้านทั่วไปก็จะหมายถึงอะไรก็ตามที่ทำงานได้ตามที่คาดหวังไว้จนเป็นสิ่งประจำ เราก็จะพูดว่าของสิ่งนี้ เครื่องจักรยี่ห้อนั้นเชื่อถือได้ คน ๆ นี้เชื่อถือได้ ซึ่งจะเห็นว่าการพูดเช่นนี้ได้ก็เพราะของสิ่งนั้น คน ๆ นั้นในอดีตที่ผ่านมามีสถิติของการทำงานเป็นที่พอใจตามที่ได้คาดหวังไว้ก่อน ความเชื่อถือได้ได้กลายมาเป็นดัชนีที่ใช้บอกความน่าเชื่อถือหรือประสิทธิภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์ คน การบริการ และองค์กร ความเชื่อถือได้ในลักษณะนี้เป็นการวัดเชิงคุณภาพ (Qualitative) คือเชื่อถือได้ในระดับหรือกลุ่มต่าง ๆ เช่น น้อยมาก น้อย ปานกลาง มาก มากที่สุด เป็นต้น ตรงกันข้ามหากอุปกรณ์หรือคนไม่ได้ทำงานให้ได้ผลตามที่คาดหวัง เช่น อุปกรณ์ขัดข้องบ่อย คนทำงานไม่รักษาคำมั่นสัญญา ไม่รับผิดชอบต่อหน้าที่ได้มอบหมายให้ทำ เหล่านี้เราก็มักจะพูดว่าเชื่อถือไม่ได้ (Unreliability)

แนวคิดเหล่านี้ได้นำมาประยุกต์ใช้ในทางวิศวกรรมศาสตร์ แต่โดยที่การพูดถึงความเชื่อถือได้ในเชิงคุณภาพคือ มากหรือน้อยนั้น เป็นการพูดที่มีความหมายกว้างเกินไปไม่อาจนำมาใช้ประโยชน์ในการกำหนด หรือเปรียบเทียบการทำงานของอุปกรณ์หรือระบบได้ ดังนั้นจึงไม่เป็นประโยชน์ทั้งในระดับทำงานและระดับวางแผน ด้วยเหตุนี้เองจึงได้มีความพยายามที่จะนำเอาแนวคิดเชิงคุณภาพของความเชื่อถือได้มาแปลงเป็นความเชื่อถือได้เชิงปริมาณ (Quantitative) เพื่อใช้เปรียบเทียบและวัดคุณภาพของอุปกรณ์หรือของระบบ ซึ่งก็สามารถทำได้โดยการใช้ทฤษฎี

ความน่าจะเป็นมาทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของดัชนีความเชื่อถือได้ โดยที่ลักษณะของดัชนีความเชื่อถือได้ซึ่งมีความหมายและประโยชน์นั้นจะต้องมีลักษณะดังนี้

- ต้องสามารถวัดได้จากค่าที่บันทึกไว้ในการทำงานของระบบ
- คำนวณได้โดยใช้ข้อมูลความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ในระบบ
- ใช้เวลาในการทำนายได้อย่างดีและมีความคงที่ถึงแม้จะเป็นการศึกษาที่ต่างไป
- สะท้อนคุณภาพการบริหารให้กับลูกค้าได้
- ทำให้ผู้ที่ไม่อยู่ในการทำงานด้านเทคนิคเข้าใจได้
- เหมาะสมในการเป็นตัววัดค่าของความเชื่อถือได้

4.2 การประเมินผลความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า

ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบไฟฟ้า คือ ระบบผลิต ระบบส่ง และระบบจำหน่ายไฟฟ้า เป้าหมายสุดท้าย (Ultimate Goal) ของการศึกษาความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าทั้งระบบ ก็คือการหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบทั้งหมด (Overall Reliability Indices) อย่างไรก็ตามการหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าทั้งระบบมีความยุ่งยากและสลับซับซ้อนมากพอควร เนื่องจากระบบไฟฟ้ามีส่วนประกอบย่อย ๆ จำนวนมาก และมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งจะต้องใช้การวิเคราะห์ที่ต้องใช้เวลานานมาก ดังนั้นในทางปฏิบัติการศึกษาความเชื่อถือได้ของระบบจึงใช้วิธีแยกศึกษาในระบบย่อยที่สำคัญ ได้แก่ ระบบผลิต (Generation System) การเชื่อมต่อระหว่างระบบ (Interconnections) ระบบผลิตและระบบส่งร่วมกัน (Composite of Generation and Transmission) สถานีจ่ายไฟฟ้าย่อย (Substation) และระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Distribution System)

วัตถุประสงค์ของการประเมินผลความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าอาจกล่าวได้ว่ามี 2 ข้อคือ

- ก. การประเมินผลความเชื่อถือได้ระยะยาว เพื่อใช้ในการวางแผนระบบระยะยาว
- ข. การคาดคะเนความเชื่อถือได้ระยะสั้น เพื่อช่วยในการตัดสินใจในการปฏิบัติงานวันต่อวัน (Day - to - Day Operation) รวมถึงการประเมิน (Assesment) ความมั่นคงปลอดภัยของระบบ (System Security) เมื่อเกิดข้อขัดข้องขึ้นอย่างฉับพลัน

การศึกษาความเชื่อถือได้ทั้งสองแบบนี้ต้องใช้แนวทางการศึกษาทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Approach) และแบบจำลองที่แตกต่างกัน สำหรับการศึกษาความเชื่อถือได้ระยะยาวนั้นเป็นเรื่องที่ได้มีการพัฒนามานานพอสมควร ส่วนการศึกษาความเชื่อถือได้ระยะสั้นนั้นยังมีการศึกษาและพัฒนาไปได้น้อยกว่า

ระบบไฟฟ้ามองโดยภาพรวมก็เป็นระบบที่เป็นไปตามกฎเกณฑ์ธรรมชาติ คือ เกิดขัดข้องได้บางส่วนหรือทั้งหมด และซ่อมแซมหรือแก้ไขกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ เราจึงเรียกระบบไฟฟ้าว่าเป็นระบบที่ซ่อมแซมได้ (Repairable System) ในระบบไฟฟ้านั้นระยะเวลาที่หยุดซ่อมอุปกรณ์ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่เกิดขึ้นจากการขัดข้องของอุปกรณ์มีความสำคัญมากทีเดียว ซึ่งเราสามารถแยกแยะข้อขัดข้องที่เกิดขึ้นในระบบในลักษณะต่าง ๆ กัน และให้คำจำกัดความไว้ดังนี้

1. เหตุขัดข้อง (Outage) กับการขาดช่วง (Interruption)

เหตุขัดข้อง (Outage) หมายถึง สภาวะที่อุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งของระบบไฟฟ้า เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า สวิตช์ตัดคอน สายส่งไฟฟ้า เป็นต้น เกิดการขัดข้องขึ้น เช่นไม่ทำงานตามที่ต้องการ การเกิดเหตุขัดข้องดังกล่าวอาจจะทำให้เกิดการขาดช่วงของการบริการลูกค้า (Interruption of Service)

การขาดช่วง (Interruption) คือ การขาดช่วงของการบริการ (Interruption of Service) ต่อลูกค้ารายเดียวหรือมากกว่า 1 ราย หรือกิจการอื่น

เหตุขัดข้องอาจจะ หรืออาจจะไม่ทำให้เกิดการขาดช่วงต่อการบริการแก่ลูกค้าก็ได้ ขึ้นอยู่กับตัวระบบ

การขาดช่วงของระบบเป็นผลมาจากเหตุขัดข้องของอุปกรณ์ในระบบ 1 ตัว หรือหลายตัว

2. เหตุขัดข้องที่เกิดขึ้นจากผลกระทบ (Outage Classified by Effect)

เหตุขัดข้องเพียงบางส่วน (Partial Outage) หมายถึง เหตุขัดข้องที่ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าบางตัวต้องทำงานต่ำกว่าสมรรถนะที่กำหนด แต่ยังไม่ต้องถึงกับหยุดทำงานหรือออกไปจากระบบ

เหตุขัดข้องทั้งหมด (Total Outage) หมายถึง การที่อุปกรณ์ไฟฟ้าของระบบไม่สามารถทำงานได้เลย

3. เหตุขัดข้องที่เกิดขึ้นจากเหตุ (Outage Classified by Cause)

เหตุขัดข้องโดยบังคับ (Forced Outage) หมายถึง เหตุขัดข้องที่เกิดจากเหตุฉุกเฉินที่มีผลกระทบโดยตรงต่ออุปกรณ์หรือส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบ ทำให้ต้องมีการนำเอาอุปกรณ์หรือส่วนของระบบที่มีผลกระทบออกจากระบบทันที อาจจะเป็นการเอาออกจากระบบโดยผู้ปฏิบัติงาน หรือโดยการทำงานของอุปกรณ์อัตโนมัติก็ได้

เหตุขัดข้องโดยบังคับมี 2 ชนิด คือ

3.1 เหตุขัดข้องโดยบังคับชั่วคราว (Transient Forced Outage) หมายถึง เหตุขัดข้องที่เกิดขึ้นชั่วคราวแล้วกลับคืนเข้าสู่สภาวะปกติได้โดยตนเอง (Self-Service) โดยทันที เช่น การเกิดประกายไฟฟ้า (Flashover) ที่ถูกด้วยลวดส่งดิน เนื่องจากฟ้าผ่าซึ่งยังไม่ทำให้ลวดด้วยเสียหาย เป็นต้น

3.2 เหตุขัดข้องโดยบังคับถาวร (Permanent Forced Outage) หมายถึง เหตุขัดข้องที่เมื่อเกิดขึ้นแล้ว ไม่อาจกลับคืนสภาพเดิมด้วยตนเองได้ทันที จำเป็นต้องได้รับการแก้ไขข้อขัดข้องเสียก่อนจึงจะเข้าสู่สภาวะการทำงานปกติได้

เหตุขัดข้องที่กำหนดไว้ล่วงหน้า (Scheduled Outage) หมายถึง เหตุขัดข้องที่กำหนดไว้ก่อนแล้วว่าจะต้องปลดอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบไฟฟ้าออกไปจาก

ระบบด้วยวัตถุประสงค์ใดก็ตาม เช่น การบำรุงรักษาตามกำหนด การดับไฟ หรือการทำการก่อสร้าง เป็นต้น

4. การขาดช่วง (Interruption)

การขาดช่วงมีลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

การขาดช่วงโดยบังคับ (Forced Interruption) คือ การขัดข้องที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการขัดข้องโดยบังคับ

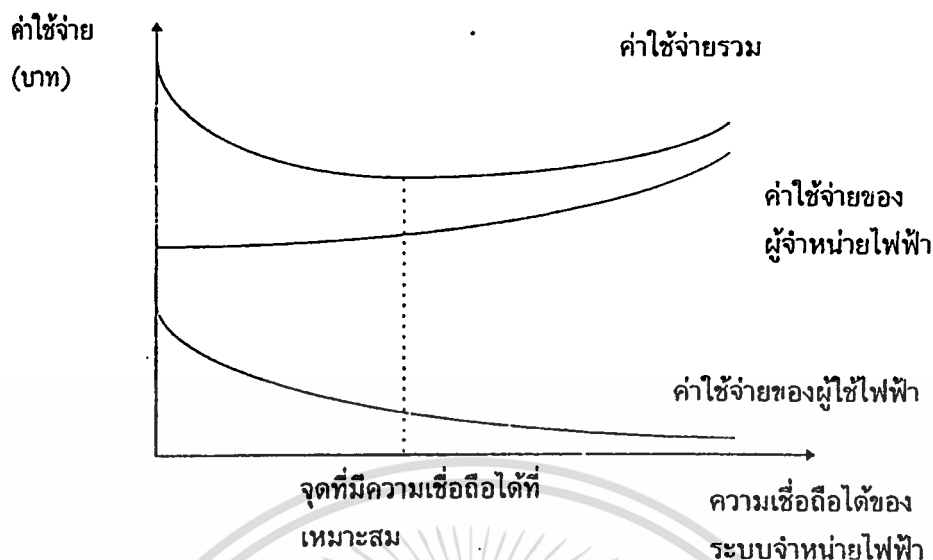
การขาดช่วงที่กำหนดไว้ล่วงหน้า (Scheduled Interruption) คือการขาดช่วงที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากเหตุขัดข้องที่กำหนดไว้ล่วงหน้า

การขาดช่วงชั่วขณะ (Momentary Interruption) คือ การขาดช่วงที่ใช้เวลาเพียงไม่นานในการนำกลับเข้าสู่สภาวะปกติโดยอุปกรณ์อัตโนมัติ หรือโดยเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานอยู่

การขาดช่วงชั่วคราว (Temporary Interruption) คือ การขาดช่วงที่ใช้เวลานานพอสมควร เมื่ออุปกรณ์ต้องทำงานแบบมือ (Manual Operation) และเจ้าหน้าที่ไม่อยู่ ณ ที่นั้น

การขาดช่วงยาวนาน (Sustained Interruption) คือ การขาดช่วงที่เกิดขึ้นในระยะเวลา ยาวนาน

ในการปรับปรุงระบบไฟฟ้าให้มีความเชื่อถือได้สูงขึ้นสามารถกระทำได้โดยการลงทุนปรับปรุงระบบและอุปกรณ์ เพื่อให้ทำงานได้อย่างต่อเนื่องมากขึ้น หรือเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการป้องกัน และจัดการเพื่อให้จำนวนครั้ง และระยะเวลาของกระแสไฟฟ้าขัดข้องน้อยลง การกระทำดังกล่าวช่วยอมทำให้มีค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าสูงขึ้น ซึ่งเราต้องทำการหาจุดที่เหมาะสมทั้งสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าและผู้จำหน่ายไฟฟ้า โดยรูปที่ 4.1 จะแสดงให้เห็นว่า ณ จุดที่ระบบมีความเชื่อถือได้เหมาะสมนั้น ราคาและค่าใช้จ่ายรวมของผู้ใช้ไฟฟ้าและผู้จำหน่ายไฟฟ้าจะมีค่าต่ำสุด



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายกับความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า [1]

จากรูปที่ 4.1 เมื่อมองเส้นกราฟค่าใช้จ่ายของผู้จำหน่ายไฟฟ้าจะเห็นว่าถ้าผู้จำหน่ายไฟฟ้าได้ทำการลงทุนปรับปรุงระบบให้มีความเชื่อถือได้สูงก็จะต้องใช้ค่าใช้จ่ายที่สูงมาก ซึ่งอาจจะเป็นผลดีกับผู้ใช้ไฟฟ้าที่จะได้ระบบไฟฟ้าที่มีความเชื่อถือได้สูง ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ไฟฟ้างก็ต่ำด้วย แต่การทำเช่นนี้ก็ไม่ใช่เป็นผลดีต่อตัวผู้จำหน่ายไฟฟ้า เนื่องจากอาจทำให้เกิดการขาดทุนได้ ซึ่งจุดที่เหมาะสมนั้นก็คือจุดต่ำสุดของเส้นกราฟผลรวมของค่าใช้จ่ายของผู้จำหน่ายไฟฟ้าและผู้ใช้ไฟฟ้า โดยจุดนี้จะเป็นจุดที่มีความเหมาะสมต่อทั้งผู้จำหน่ายไฟฟ้าและผู้ใช้ไฟฟ้าที่สุด เมื่อเทียบกับจุดอื่น ๆ ในกราฟ

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้นว่าการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้านั้น ถ้าเราทำการหาดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าทั้งระบบจะมีความยุ่งยากและสลับซับซ้อนมาก เราจึงต้องใช้วิธีการแยกศึกษาในระบบย่อยที่สำคัญแทน ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้า (Generation System) โดยรายละเอียดต่าง ๆ ของการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้านั้นจะได้กล่าวถึงต่อไป

4.3 การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลัง

โดยทั่วไปแล้ววิธีการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีหลัก คือ [15]

4.3.1 วิธีการวิเคราะห์ (Analytical Method)

วิธีการวิเคราะห์เป็นวิธีที่อาศัยแบบจำลองการทำงานของอุปกรณ์แล้วคำนวณด้วยดัชนีความเชื่อถือได้ตามสมการคณิตศาสตร์ และถือเป็นวิธีที่ให้ผลถูกต้องแม่นยำ สำหรับวิธีการวิเคราะห์ที่นำมาใช้ในการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้นั้นพอแบ่งออกได้เป็น 3 วิธีการหลักคือ

1. วิธีการลดทอนเครือข่าย
2. วิธีความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไข
3. วิธีมินิมัลคัทเซต

4.3.1.1 วิธีการลดทอนเครือข่าย (Network Reduction Method)

วิธีนี้อาศัยหลักการต่อแบบอนุกรมและขนาน ในระบบที่มีอุปกรณ์ต่ออนุกรมกันดังรูปที่ 4.2 ซึ่งจะใช้งานเมื่ออุปกรณ์ทุกตัวใช้งานได้พร้อมกัน นั่นคือ



รูปที่ 4.2 อุปกรณ์สองชุดต่ออนุกรมกัน

สามารถหาความเชื่อถือได้ของระบบได้จากสมการ

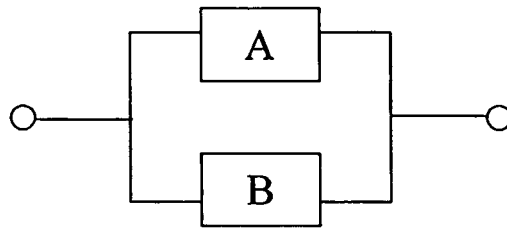
$$R_{\text{sys}} = \prod R = R_A * R_B \quad (4.1)$$

โดย R_{sys} คือ ความเชื่อถือได้ของระบบ

R_A คือ ความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ A

R_B คือ ความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ B

สำหรับระบบที่มีอุปกรณ์ต่อขนานดังรูปที่ 4.3 จะขัดข้องเมื่ออุปกรณ์ทุกตัวเกิดขัดข้องพร้อมกัน



รูปที่ 4.3 อุปกรณ์สองชุดต่อขนานกัน

สามารถหาความเสี่ยงของระบบได้จากสมการ

$$Q_{sys} = \prod Q = Q_A * Q_B \tag{4.2}$$

โดย Q_{sys} คือ ความเสี่ยงของระบบ

Q_A คือ ความเสี่ยงของอุปกรณ์ A

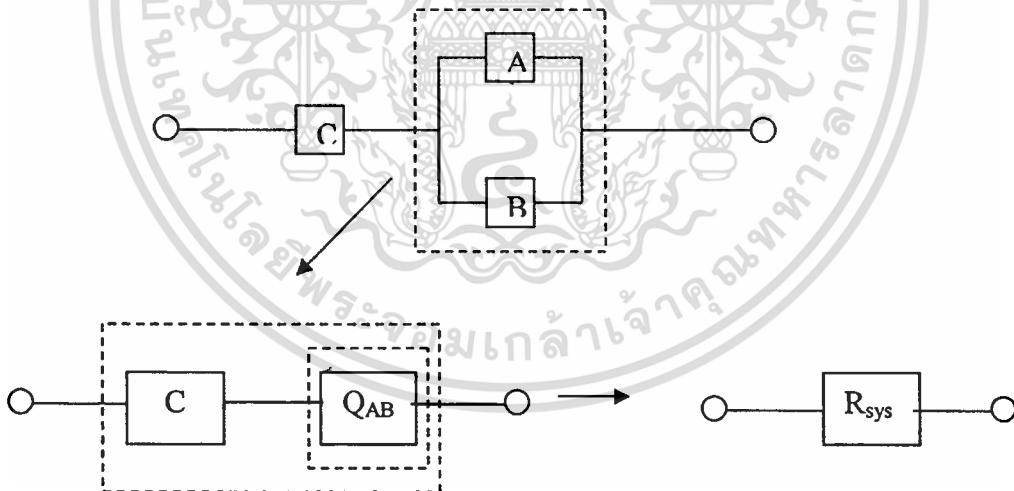
Q_B คือ ความเสี่ยงของอุปกรณ์ B

ความสัมพันธ์ของค่า Q_{sys} และ R_{sys} สามารถหาได้จากสมการ

$$Q_{sys} = 1 - R_{sys} \tag{4.3}$$

สำหรับระบบที่ประกอบด้วยการต่ออนุกรมและขนานผสมกันอยู่นั้น

สามารถวิเคราะห์หาความเชื่อถือได้ โดยการลดทอนเครือข่ายดังรูปที่ 4.4

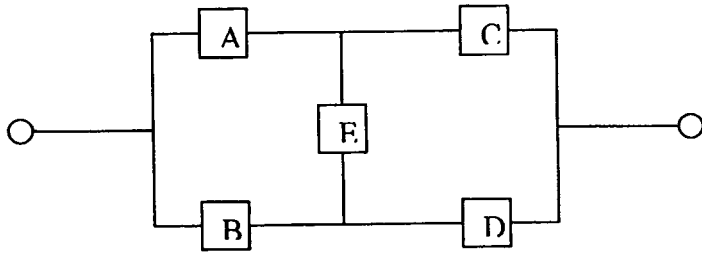


$$Q_{AB} = Q_A * Q_B$$

$$Q_{sys} = 1 - [R_C * (1 - Q_{AB})]$$

รูปที่ 4.4 ตัวอย่างการลดรูปวงจร

อย่างไรก็ตามในระบบที่ซับซ้อนขึ้นดังรูปที่ 4.5 จะไม่สามารถวิเคราะห์โดยใช้วิธีลดทอนเครือข่ายได้ ซึ่งต้องใช้วิธีความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไข



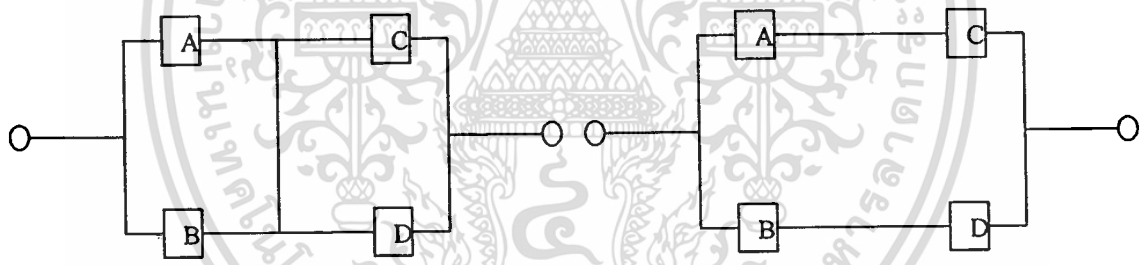
รูปที่ 4.5 ระบบซับซ้อน

4.3.1.2 วิธีความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไข (Conditional Probability Method)

การวิเคราะห์ระบบที่ซับซ้อนดังในรูปที่ 4.5 สามารถกระทำได้โดยอาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไข หากให้ P คือความน่าจะเป็นจะได้ว่า

$$P(\text{ระบบใช้งานได้หรือล้มเหลว}) = P(\text{ระบบใช้งานได้หรือล้มเหลวถ้าอุปกรณ์ 'x' ดี}) * P(\text{อุปกรณ์ 'x' ดี}) + P(\text{ระบบใช้งานได้หรือล้มเหลวถ้าอุปกรณ์ 'x' เลว}) * P(\text{อุปกรณ์ 'x' เลว}) \tag{4.4}$$

จากรูปที่ 4.5 เราสามารถแยกเป็นสองกรณีตามรูปที่ 4.6 คือกรณีที่อุปกรณ์ E ทำงาน และกรณีที่อุปกรณ์ E ไม่ทำงาน



(ก) กรณีอุปกรณ์ E ทำงาน

(ข) กรณีอุปกรณ์ E ไม่ทำงาน

รูปที่ 4.6 การแยกเงื่อนไขเพื่อวิเคราะห์ระบบซับซ้อน

จากรูปที่ 4.5 จะสามารถวิเคราะห์ R_{sys} ของระบบโดยใช้สมการที่ (4.4) ได้

ดังนี้

$$R_{sys} = R_{sys}(\text{ถ้า E ดี})R_E + R_{sys}(\text{ถ้า E เลว})Q_E$$

$$\text{เงื่อนไข : ให้ E ดีจะได้ } R_{sys1} = (1 - Q_A Q_B)(1 - Q_C Q_D) \tag{4.5}$$

$$\text{เงื่อนไข : ให้ E เลวจะได้ } R_{sys2} = 1 - [(1 - R_A R_C)(1 - R_B R_D)] \tag{4.6}$$

จะได้

$$\begin{aligned} R_{sys} &= (1 - Q_A Q_B)(1 - Q_C Q_D)R_E + [1 - (1 - R_A R_C)(1 - R_B R_D)] \\ &= R_A R_C + R_B R_D + R_A R_B R_E + R_B R_C R_E - R_A R_B R_C R_D - R_A R_C R_D R_E \\ &\quad - R_A R_B R_C R_E - R_B R_C R_D R_E - R_A R_B R_D R_E + 2R_A R_B R_C R_D R_E \end{aligned} \tag{4.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส ถ้าให้อุปกรณ์เหมือนกันทุกตัวนั่นคือ $R_A = R_B = R_C = R_D = R_E = R$ จะได้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_{\text{sys}} = 2R^2 + 2R^3 - 5R^4 + 2R^5 \quad (4.8)$$

4.3.1.3 วิธีมินิมัลคัทเซต (Minimal Cut Set Method)

วิธีมินิมัลคัทเซตเป็นวิธีที่สามารถหาความน่าเชื่อถือได้ของระบบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดวิธีหนึ่ง โดยมีนิยามดังนี้ คือ

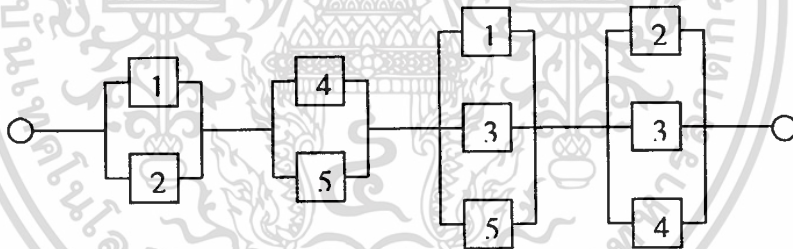
- คัทเซต (Cut Set) หมายถึง เซตของอุปกรณ์หรือองค์ประกอบในวงจร ซึ่งถ้าเอาส่วนนี้ออกจากวงจร มันจะแยกอินพุตออกจากเอาต์พุต และเป็นสาเหตุที่ทำให้วงจรไม่ทำงาน (Failed) นั่นเอง
- มินิมัลคัทเซต (Minimal Cut Set) หมายถึง คัทเซตที่เล็กที่สุด ซึ่งก็คือ คัทเซตที่ไม่มีคัทเซตอื่นเป็นสับเซตของตัวมันอีกแล้ว
- ความน่าจะเป็นของระบบที่ไม่ทำงาน สามารถเขียนได้ดังนี้

$$P(\text{system failure}) = P[\text{ผลผนวกของมินิมัลคัทเซตทั้งหมดในระบบ}] \quad (4.9)$$

(Union of all min. cut sets of system)

$$\leq \sum_i P(\text{มินิมัลคัทเซต } i) \quad (4.10)$$

ตัวอย่างของวงจรที่มีมินิมัลคัทเซตแสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.7 มินิมัลคัทเซตของระบบ

จากรูปที่ 4.6 จะมีมินิมัลคัทเซตทั้งหมด 4 ชุด ดังนี้

Min. - Cuts : {1,2} , {4,5} , {1,3,5} , {2,3,4}

จากสมการที่ 4.9 เราสามารถหาค่าความเสี่ยง (Q_{sys}) ได้ดังนี้

$$Q_{\text{sy}} = P(C_1 \cup C_2 \cup C_3 \cup C_4) \quad (4.11)$$

$$\begin{aligned} &= P(C_1) + P(C_2) + P(C_3) + P(C_4) - P(C_1 \cap C_2) - P(C_1 \cap C_3) \\ &\quad - P(C_1 \cap C_4) - P(C_2 \cap C_3) - P(C_2 \cap C_4) - P(C_3 \cap C_4) \\ &\quad + P(C_1 \cap C_2 \cap C_3) + P(C_1 \cap C_2 \cap C_4) + P(C_1 \cap C_3 \cap C_4) \\ &\quad + P(C_2 \cap C_3 \cap C_4) - P(C_1 \cap C_2 \cap C_3 \cap C_4) \end{aligned} \quad (4.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
\text{เมื่อ } P(C_1) &= Q_1 Q_2 \\
P(C_2) &= Q_4 Q_5 \\
P(C_3) &= Q_1 Q_3 Q_5 \\
P(C_4) &= Q_2 Q_3 Q_4 \\
P(C_1 \cap C_2) &= P(C_1)P(C_2) = Q_1 Q_2 Q_4 Q_5 \\
P(C_1 \cap C_3) &= P(C_1)P(C_3) = Q_1 Q_2 Q_3 Q_5 \\
P(C_1 \cap C_4) &= P(C_1)P(C_4) = Q_1 Q_2 Q_3 Q_4 \\
P(C_2 \cap C_3) &= P(C_2)P(C_3) = Q_1 Q_3 Q_4 Q_5 \\
P(C_2 \cap C_4) &= P(C_2)P(C_4) = Q_2 Q_3 Q_4 Q_5 \\
P(C_3 \cap C_4) &= P(C_3)P(C_4) = Q_1 Q_2 Q_3 Q_4 Q_5
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P(C_1 \cap C_2 \cap C_3) &= P(C_1 \cap C_2 \cap C_4) \\
&= P(C_1 \cap C_3 \cap C_4) \\
&= P(C_2 \cap C_3 \cap C_4) \\
&= P(C_1 \cap C_2 \cap C_3 \cap C_4) \\
&= Q_1 Q_2 Q_3 Q_4 Q_5
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{ดังนั้น } Q_{\text{sys}} &= Q_1 Q_2 + Q_4 Q_5 + Q_1 Q_3 Q_5 + Q_2 Q_3 Q_4 - Q_1 Q_2 Q_4 Q_5 - Q_1 Q_2 Q_3 Q_5 \\
&\quad - Q_1 Q_2 Q_3 Q_4 - Q_1 Q_3 Q_4 Q_5 - Q_2 Q_3 Q_4 Q_5 + 2Q_1 Q_2 Q_3 Q_4 Q_5 \quad (4.13)
\end{aligned}$$

ซึ่งถ้าให้ $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = Q_5 = Q$ จะได้

$$Q_{\text{sys}} = 2Q^2 + 2Q^3 - 5Q^4 + 2Q^5 \quad (4.14)$$

ในระบบที่มีจำนวนมินิมัลลัทธิเซตมาก วิธีการดังกล่าวจะไม่ค่อยสะดวกนัก จึงได้มีการประมาณโดยใช้สมการที่ (4.10) แทนซึ่งจะได้

$$\begin{aligned}
Q_{\text{sys}} &\leq \sum_i P(\text{มินิมัลลัทธิเซต } i) = P(C_1) + P(C_2) + P(C_3) + P(C_4) \\
&= 2Q^2 + 2Q^3 \quad (4.15)
\end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 วิธีจำลองเหตุการณ์ (Simulation Method)

วิธีจำลองเหตุการณ์เป็นการอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการสุ่มผ่านแบบจำลองความน่าจะเป็นซ้ำ ๆ กันหลาย ๆ ครั้ง โดยทั่วไปวิธีนี้เป็นวิธีที่มีความสะดวกและสามารถใช้กับระบบที่ซับซ้อนหรือมีการทำงานที่ขนาดใหญ่มาก ๆ ซึ่งวิธีการตัดสินใจจากประสบการณ์ (Deterministic Method) นั้นไม่สามารถที่จะใช้แก้ปัญหาได้

วิธีจำลองเหตุการณ์นั้นโดยมากจะใช้วิธีมอนติคาโล โดยรายละเอียดของวิธีการมอนติคาโลมีดังนี้

4.3.2.1 การจำลองเหตุการณ์มอนติคาโล

การประเมินความเชื่อถือได้โดยวิธีจำลองเหตุการณ์มอนติคาโลเป็นวิธีที่นิยมใช้แก้ปัญหาลักษณะความไม่แน่นอนของค่าเชิงปริมาณในการหาผลลัพธ์การคำนวณที่ได้จากแบบจำลองให้มีค่าใกล้เคียงกับผลลัพธ์ที่ได้จากระบบงานจริง วิธีจำลองเหตุการณ์มอนติคาโลจะช่วยกำหนดค่าเชิงปริมาณที่ใส่เข้าไปในแบบจำลองให้มีลักษณะไม่แน่นอนเหมือนข้อมูลจริง เช่น การคำนวณหาความน่าจะเป็นของผลการโยนเหรียญ 1 อัน จะมีความเป็นไปได้ที่เหรียญจะออกด้านใดด้านหนึ่งเท่ากันคือ 0.5 แต่หากใช้วิธีทดลองโยนเหรียญจริงด้วยสภาพแวดล้อมเช่นเดิมสม่ำเสมอทุกครั้ง แล้วเก็บค่าไปจำนวนมากพอ ผลที่ได้รับจะมีค่าความน่าจะเป็นใกล้เคียง 0.5 เช่นเดียวกับการใช้วิธีคำนวณ โดยในตารางที่ 4.1 จะเป็นตารางที่แสดงผลที่ได้จากการโยนเหรียญจริง ๆ และจะเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 4.7

ตารางที่ 4.1 การจำลองเหตุการณ์การโยนเหรียญ

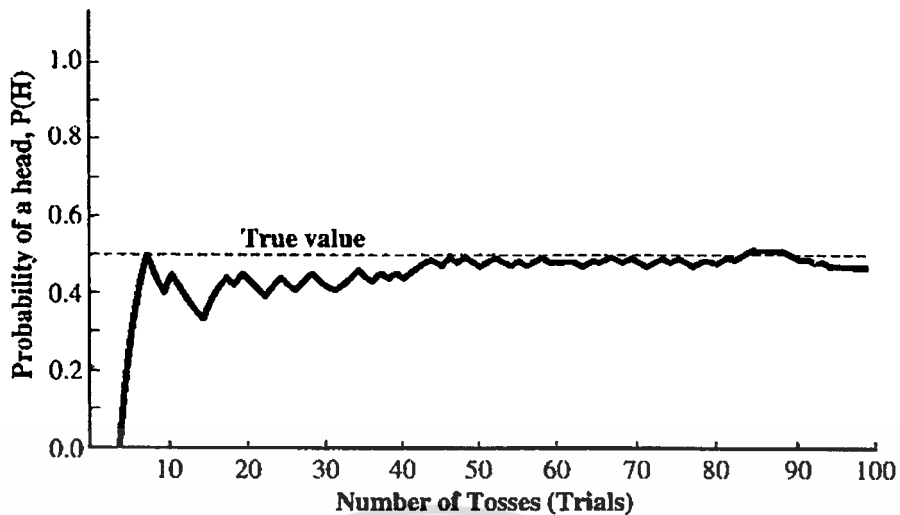
Trial	P(H)	P(T)	Trial	P(H)	P(T)
1	0	1	17	0.41	0.59
2	0	1	18	0.44	0.56
3	0	1	19	0.42	0.58
4	0	1	20	0.45	0.55
5	0.20	0.80	21	0.43	0.57
6	0.33	0.67	22	0.41	0.59
7	0.43	0.57	23	0.39	0.61
8	0.50	0.50	24	0.42	0.58
9	0.44	0.54	25	0.44	0.56
10	0.40	0.60	26	0.42	0.58
11	0.45	0.55	27	0.41	0.59
12	0.42	0.58	28	0.43	0.57
13	0.38	0.62	29	0.45	0.55
14	0.36	0.64	30	0.43	0.57
15	0.33	0.67	31	0.42	0.58
16	0.38	0.62	32	0.41	0.59

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Trial	P(H)	P(T)	Trial	P(H)	P(T)
33	0.42	0.58	67	0.49	0.51
34	0.44	0.59	68	0.49	0.51
35	0.46	0.54	69	0.48	0.52
36	0.44	0.56	70	0.49	0.51
37	0.43	0.57	71	0.48	0.52
38	0.45	0.55	72	0.47	0.53
39	0.44	0.56	73	0.48	0.52
40	0.45	0.55	74	0.49	0.51
41	0.44	0.56	75	0.48	0.52
42	0.45	0.55	76	0.49	0.51
43	0.47	0.53	77	0.48	0.52
44	0.48	0.52	78	0.47	0.53
45	0.47	0.53	79	0.48	0.52
46	0.48	0.52	80	0.48	0.52
47	0.49	0.51	81	0.48	0.52
48	0.48	0.52	82	0.49	0.51
49	0.49	0.51	83	0.49	0.51
50	0.48	0.52	84	0.50	0.50
51	0.47	0.53	85	0.51	0.49
52	0.48	0.52	86	0.51	0.49
53	0.49	0.51	87	0.51	0.49
54	0.48	0.52	88	0.51	0.49
55	0.47	0.53	89	0.51	0.49
56	0.48	0.52	90	0.50	0.50
57	0.47	0.53	91	0.49	0.51
58	0.48	0.52	92	0.49	0.51
59	0.49	0.51	93	0.48	0.52
60	0.48	0.52	94	0.48	0.52
61	0.48	0.52	95	0.47	0.53
62	0.48	0.52	96	0.47	0.53
63	0.48	0.52	97	0.47	0.53
64	0.47	0.53	98	0.47	0.53
65	0.48	0.52	99	0.47	0.53
66	0.48	0.52	100	0.47	0.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการใช้ในวงจำกัดเฉพาะเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ความน่าจะเป็นในการโยนเหรียญ 100 ครั้ง [15]

วิธีการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาโลนี้มีข้อสังเกตดังนี้

1. ถ้าจำนวนครั้งของการจำลองมีค่าน้อย ผลลัพธ์จะคลาดเคลื่อนมาก
2. ค่าความน่าจะเป็นของการเกิดจริงคือ 0.5 เกิดขึ้นที่การจำลองครั้งที่ 8, 84 และ 90 แต่ในระบบจริงค่านี้อาจจะไม่สามารถรู้ได้
3. ในการจำลองนี้จะเห็นได้ว่าค่าของความน่าจะเป็นในการเกิดหัว $P(H)$ ส่วนใหญ่ จะมีค่าน้อยกว่า $P(T)$ นั่นคือค่าจริงของความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์อาจจะไม่เกิดขึ้นเลยในการจำลอง
4. ค่าความแตกต่างของ $P(H)$ และ $P(T)$ จะยังมีค่าน้อยลง ถ้ามีจำนวนครั้งการจำลองเหตุการณ์เพิ่มขึ้น

4.3.2.2 จำนวนครั้งในการจำลองเหตุการณ์

การเพิ่มจำนวนครั้งในการจำลองเหตุการณ์ มีผลกับค่าผลลัพธ์ที่ออกมา แต่จำนวนครั้งจะเป็นเท่าไรที่เพียงพอกับความต้องการ ซึ่งค่าตัวเลขนี้จะเกี่ยวข้องกับค่าทางสถิติด้วย คำถามที่ตามมาต่อจากจำนวนครั้งในการจำลองเหตุการณ์ควรจะเป็นเท่าไร คือควรหยุดเมื่อไร และวิธีการที่จะลดความแตกต่างของผลลัพธ์ของการจำลองเป็นเท่าไร โดยกฎการหยุดมีหลักการที่สำคัญดังนี้

4.3.2.2.1 กำหนดจำนวนครั้งในการจำลองเหตุการณ์ไว้ก่อน

4.3.2.2.2 กำหนดความแม่นยำ หรือช่วงความผิดพลาดที่ยอมรับได้

4.4 การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้า

ความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้านั้นจะมีความหมายถึงความเชื่อถือได้ หรือความไว้วางใจต่อระบบไฟฟ้าที่มีปริมาณกำลังผลิตไฟฟ้าสำรองเพียงพอในระดับหนึ่ง หากเกิดเหตุขัดข้องขึ้นในระบบไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้องถูกนำออกจากระบบ ไม่ว่าจะเป็เหตุขัดข้องที่ไม่คาดคิดมาก่อน หรือโดยความตั้งใจ หรือวางแผนไว้ล่วงหน้าเพื่อการบำรุงรักษา ก็ตามก็สามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟได้อย่างต่อเนื่อง

ในการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตนั้น จะมีวิธีที่ใช้ในปัจจุบันอยู่ 2 วิธี คือ

1. วิธีสูญเสียโหลด (Loss – of – Load)

วิธีสูญเสียโหลดเป็นวิธีการหาความน่าจะเป็นที่โหลดจะมีโอกาสมีค่ามากกว่ากำลังการผลิต หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งคือความน่าจะเป็นที่กำลังผลิตมีโอกาสจะขาดหายไป ไม่เพียงพอต่อการจ่ายโหลด การที่ใช้คำว่า Loss – of – Load หรือการสูญเสียโหลดน่าจะหมายความถึงการไฟฟ้ามีลูกค้านั้นคือ โหลดที่ควรจะขายไฟฟ้าให้ได้ แต่ด้วยเหตุขัดข้องของระบบผลิตไฟฟ้าจึงทำให้จ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดหรือลูกค้าไม่ได้ไปจำนวนหนึ่ง เพราะจะต้องตัดโหลดนั้นออกจากระบบ มิฉะนั้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะไม่สามารถทนสภาพการจ่ายโหลดเกินกำลังได้ ดัชนีความเชื่อถือได้ (Reliability Indices) หรือดัชนีความเสี่ยง (Risk Indices) ที่ใช้กันอยู่มี 2 ค่า คือความน่าจะเป็นของการสูญเสียโหลด (Loss – of – Load Probability :LOLP) ซึ่งมีความหมายเดียวกับดัชนีอีกตัวหนึ่งที่ใช้กันได้แก่ความคาดการณในการสูญเสียพลังงาน (Loss – of – Energy Expectation : LOEE) ซึ่งหมายถึงพลังงานไฟฟ้าที่คาดว่าจะมีจ่ายไม่พอให้กับโหลดเนื่องจากกำลังผลิตไม่เพียงพอ ซึ่งเป็นที่รู้จักกันว่าเป็นดัชนีความเชื่อถือได้ของพลังงานไฟฟ้า (Energy Reliability Index) จุดที่สำคัญอีกอย่างของวิธีสูญเสียโหลดคือไม่คำนึงถึงเวลาที่ดับว่าดับนานเท่าไร

2. วิธีความถี่และช่วงเวลา (Frequency and Duration)

วิธีความถี่และช่วงเวลาเป็นวิธีที่นำเอาความถี่และช่วงเวลาของการเกิดข้อขัดข้องมาคิดด้วย ทำให้ได้ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่ละเอียดขึ้น ไปอีกขั้นหนึ่ง โดยวิธีการสูญเสียโหลด (Loss – of – Load) จะเป็นวิธีพื้นฐานทั่วไปที่ใช้กัน วิธีความถี่และช่วงเวลา (Frequency and Duration) นั้นจะสามารถทำได้ก็ต่อเมื่อเรามีข้อมูลประวัติของการเกิดขัดข้อง ความถี่ และช่วงเวลาที่เกิดขัดข้องเพียงพอ

จากที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมดนั้นคือวิธีการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลัง และระบบผลิตกำลังไฟฟ้าที่ใช้กันในปัจจุบัน แต่ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่ได้ใช้วิธีการเหล่านี้ แต่จะใช้โครงข่ายประสาทเทียมมาทำการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้าแทน ซึ่งการใช้โครงข่ายประสาทเทียมก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่กำลังเป็นที่แพร่หลาย โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้โครงข่ายประสาทเทียมมาทำการวิเคราะห์หาความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้า โดย

จะกล่าวในหัวข้อต่อไป และวิธีการใช้โครงข่ายประสาทร่วมมาทำการประเมินหาความเชื่อถือได้นั้นจะได้กล่าวในบทถัดไป

4.5 ดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้า

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ดัชนีที่ใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้าคือ ดัชนี SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) , ดัชนี SAIDI (System Average Interruption Duration Index) และ ดัชนี SAUEI (System Average Unsupplied Energy Index) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วดัชนี SAIFI และดัชนี SAIDI นั้นจะเข้าใจกันว่าเป็นดัชนีที่ใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งในประเทศไทยจะหมายถึงการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งเป็นการไฟฟ้าที่จ่ายไฟโดยตรงให้กับผู้ใช้ไฟ เนื่องจากตามตำราส่วนใหญ่จะกล่าวถึงสูตรการคำนวณค่าดัชนีทั้งสองค่านี้โดยการอ้างอิงจากจำนวนผู้ใช้ไฟ [13 , 14 , 15 , 16] แต่ในความเป็นจริงแล้วค่าดัชนีทั้งสองค่านี้ก็ได้อ้างอิงในการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยเช่นกัน ซึ่งระบบผลิตกำลังไฟฟ้าในประเทศไทยก็จะหมายถึงการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยเมื่อเรานำค่าดัชนีทั้งสองค่านี้มาใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้า จากเดิมที่จะทำการอ้างอิงจากจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าเมื่อใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า แต่เมื่อนำมาใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้า เราจะใช้การอ้างอิงจากจำนวนจุดจ่ายไฟในระบบแทน [9 , 17 , 18 , 19] เนื่องจากว่าการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยนั้นมีจำนวนลูกค้าที่ซื้อไฟโดยตรงจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยนั้นน้อยมากเมื่อเทียบกับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและการไฟฟ้านครหลวง ซึ่งถ้าการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยใช้การอ้างอิงจากจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าเหมือนกับการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคแล้วนั้นค่าดัชนีที่ได้มานั้นก็จะไม่มีคุณภาพพอที่จะจะนำมาใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า ซึ่งทำให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตนั้นต้องใช้อ้างอิงจากจำนวนจุดจ่ายไฟในระบบแทนนั่นเอง

โดยนิยามของค่าดัชนีทั้ง 3 ค่ามีดังนี้

4.5.1 ดัชนี SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)

ดัชนี SAIFI จะเป็นค่าดัชนีที่บอกถึงค่าเฉลี่ยของความถี่ที่เกิดไฟดับต่อจำนวนจุดจ่ายไฟ โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะทำการพิจารณาในช่วงทุก ๆ 1 สัปดาห์ ซึ่งจะทำให้มีหน่วยเป็นครั้ง/จุดจ่ายไฟ/สัปดาห์ สูตรการคำนวณหาค่าดัชนี SAIFI คือ

$$SAIFI = \frac{\text{จำนวนครั้งที่เกิดไฟดับในรอบ 1 สัปดาห์}}{\text{จำนวนจุดจ่ายไฟ}} \quad (5.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเป็นสมการที่ใช้ในการหาค่าดัชนี SAIFI ของระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าที่ใช้การอ้างอิงของจำนวนผู้ใช้ไฟ จะมีสูตรการคำนวณคือ

$$SAIFI = \frac{\text{จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมดที่เกิดไฟดับ}}{\text{จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมดในพื้นที่ที่กำหนด}} \quad (5.2)$$

4.5.2 ดัชนี SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

เป็นค่าที่บอกถึงค่าเฉลี่ยของเวลาที่เกิดไฟดับต่อจำนวนจุดจ่ายไฟ โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะทำการพิจารณาในช่วงทุก ๆ 1 สัปดาห์ ซึ่งจะทำให้มีหน่วยเป็น นาที/จุดจ่ายไฟ/สัปดาห์ สูตรการคำนวณหาค่าดัชนี SAIDI คือ

$$SAIDI = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนช่วงเวลาที่เกิดไฟดับในรอบ 1 สัปดาห์}}{\text{จำนวนจุดจ่ายไฟ}} \quad (5.3)$$

ถ้าเป็นสมการที่ใช้ในการหาค่าดัชนี SAIDI ของระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าที่ใช้การอ้างอิงของจำนวนผู้ใช้ไฟ จะมีสูตรการคำนวณคือ

$$SAIDI = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนช่วงเวลาที่เกิดไฟดับในรอบ 1 สัปดาห์}}{\text{จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมดในพื้นที่ที่กำหนด}} \quad (5.4)$$

4.5.3 ดัชนี SAUEI (System Average Unsupplied Energy Index)

เป็นค่าที่บอกถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ไม่สามารถจ่ายได้ขณะเกิดไฟดับต่อจำนวนจุดจ่ายไฟ โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะทำการพิจารณาในช่วงทุก ๆ 1 สัปดาห์ โดยมีหน่วยเป็น Mw-min/จุดจ่ายไฟ/สัปดาห์

$$SAUEI = \frac{\text{ผลรวมของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ไม่สามารถจ่ายได้ในรอบ 1 สัปดาห์}}{\text{จำนวนจุดจ่ายไฟ}} \quad (5.5)$$

ค่าดัชนี SAUEI นั้นจะเป็นค่าดัชนีที่ใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้าเท่านั้น ซึ่งจะต่างจากดัชนี SAIFI และ ดัชนี SAIDI ที่จะใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ทั้งระบบผลิตกำลังไฟฟ้าและระบบจำหน่ายไฟฟ้า ทำให้ไม่มีสูตรการคำนวณของดัชนี SAUEI ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

4.6 การประยุกต์ใช้ข้อมูลที่ได้จากการประเมินความเชื่อถือได้

ลักษณะงานที่สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินความเชื่อถือได้ไปประยุกต์ในการปฏิบัติงานได้หลายกรณีดังต่อไปนี้

4.6.1 การนำไปใช้ในงานด้านวางแผนด้านบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยการจัดลำดับความสำคัญของอุปกรณ์ที่จะทำแผนการบำรุงรักษาประจำปี เพื่อให้การจัดงบประมาณและการจัดเตรียมชิ้นส่วนอุปกรณ์สำรองได้ถูกต้องตามความต้องการสำหรับอุปกรณ์ที่มีความจำเป็นมากกว่า ทั้งนี้เพื่อให้มีผลกระทบต่อจำนวนผู้ใช้ไฟน้อยที่สุด

4.6.2 การนำไปใช้กับงานวางแผนปรับปรุงสภาพการจ่ายไฟ เนื่องจากอุปกรณ์สถานีไฟฟ้าจะต้องมีการปรับเปลี่ยนโยกย้ายเมื่อผ่านการใช้งานไประยะเวลาหนึ่ง ดังนั้นจึงต้องมีการพิจารณาทางเลือกในการจัดวงจรการจ่ายไฟโดยการทดสอบรูปแบบที่จะก่อให้เกิดความมั่นคงกับจุดจ่ายไฟให้มากที่สุดและมีค่าใช้จ่ายให้น้อยที่สุด เช่น การพิจารณาปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประวัติสถิติการทำงานที่แตกต่างกันบางจุดภายในสถานีไฟฟ้าให้มีความมั่นคงมากขึ้น การปรับเปลี่ยนลักษณะการจัดเรียงอุปกรณ์ให้ต่างไปจากเดิม เช่น การปรับปรุงการต่อเชื่อมบัส การจัดกลุ่มอุปกรณ์ไฟฟ้าใหม่

4.6.3 การนำไปใช้กับกระบวนการประเมินผลการปฏิบัติงาน ในกรณีที่หน่วยงานมีการเก็บข้อมูลสถิติการขัดข้องของอุปกรณ์ สามารถนำมาใช้เป็นค่าเป้าหมายการดำเนินงานที่เป็นไปได้จริงในทางปฏิบัติในลักษณะการกำหนดเป้าหมายการดำเนินงานล่วงหน้า ซึ่งปัญหาส่วนใหญ่ของหน่วยงานในการตั้งค่าเป้าหมายการดำเนินงานจะใช้ค่าเฉลี่ยสถิติผลการดำเนินงานในอดีตซึ่งมีความคลาดเคลื่อนสูง

4.6.4 การพิจารณาวางแผนปรับปรุงอุปกรณ์ให้เหมาะสมสอดคล้องกับความสำคัญของผู้ใช้ไฟโดยการเปรียบเทียบการลงทุนปรับปรุงสภาพอุปกรณ์กับความสูญเสียของผู้ใช้ไฟให้เกิดความสมดุลกับค่าใช้จ่ายของผู้จำหน่ายไฟฟ้า ดังรูปกราฟที่ 4.1

บทที่ 5

ระบบไฟฟ้าที่นำมาทดสอบ

ระบบไฟฟ้าที่นำมาใช้ทดสอบเพื่อทำการหาความเชื่อถือได้นี้ได้ใช้ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยในเขตภาคเหนือ และเขตภาคกลาง โดยรายละเอียดของระบบไฟฟ้าแต่ละเขตมีดังนี้ [20]

5.1 ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในเขตภาคเหนือ

ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในเขตภาคเหนือนั้นมีทั้งหมด 48 สถานี ได้แก่

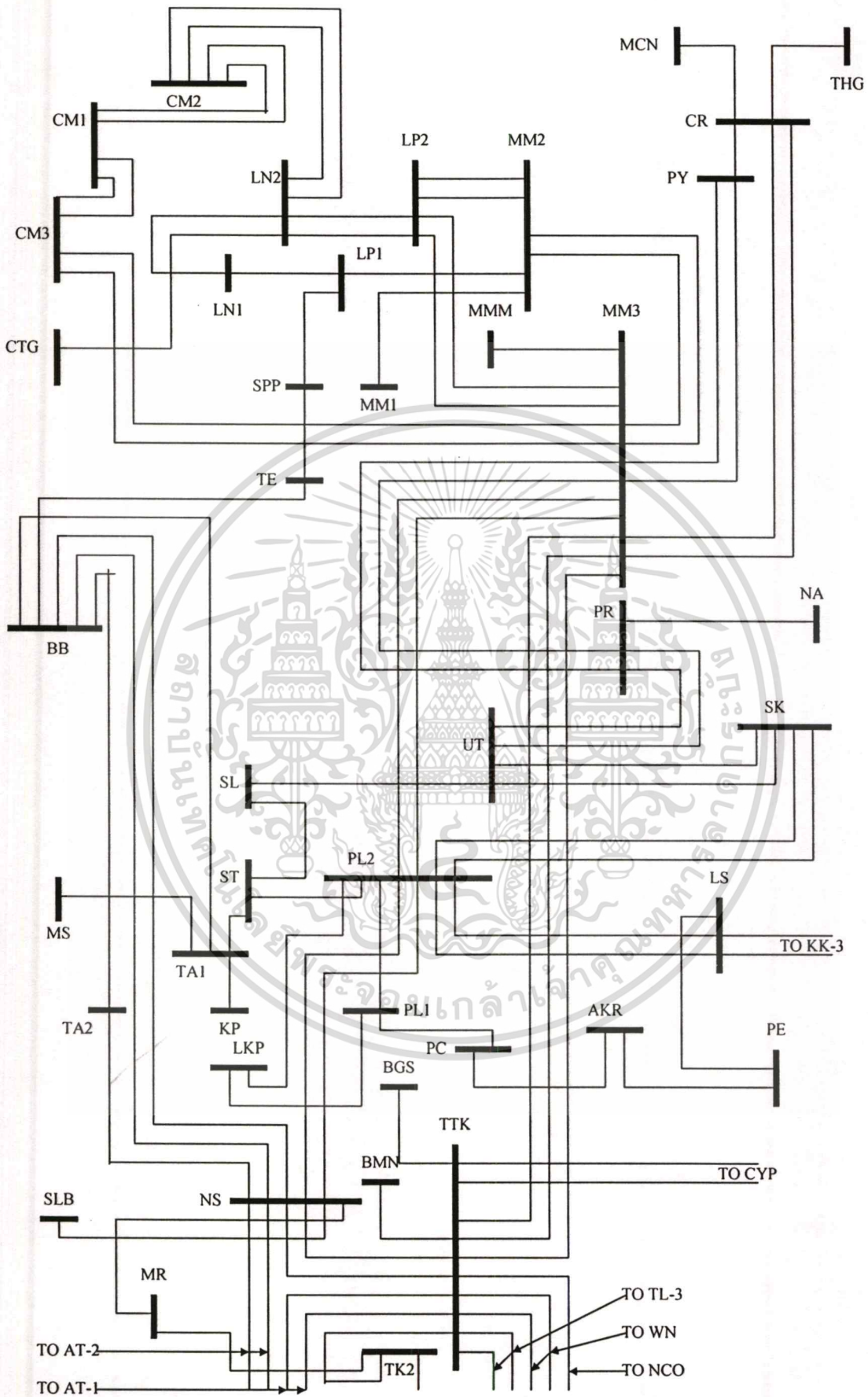
1. เหมืองอัครา (Akara Mining : AKR)
2. บ้านขุนกลาง (Ban Khun Klang : BKG)
3. บ้านยาง (Ban Yang : BY)
4. บางมูลนาก (Bang Mun Nak : BMN)
5. เขื่อนภูมิพล (Bhumibol : BB)
6. บึงสามพัน (Bung Sam Phan : BGS)
7. เชียงใหม่ 1 (Chiang Mai - 1 : CM1)
8. เชียงใหม่ 2 (Chiang Mai - 2 : CM2)
9. เชียงใหม่ 3 (Chiang Mai - 3 : CM3)
10. เชียงราย (Chiang Rai : CR)
11. จอมทอง (Chom Thong : CTG)
12. ฝาง (Fang : FA)
13. กำแพงเพชร (Kamphaeng Phet : KP)
14. ลำปาง 1 (Lam Phang - : LP1)
15. ลำปาง 2 (Lam Phang - 2 : LP2)
16. ลำพูน 1 (Lum Phun - 1 : LN1)
17. ลำพูน 2 (Lum Phun - 2 : LN2)
18. ลานกระบือ (Lan Krabu : LKB)
19. หล่มสัก (Lom Sak : LS)
20. แม่จัน (Mae Chan : MCN)
21. แม่ฮ่องสอน (Mae Hong Son : MH)
22. แม่มาะ 1 (Mae Moh - 1 : MM1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของวิศวกรรมศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ คุ้มทรัพย์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

23. แม่เมาะ 2 (Mae Moh – 2 : MM2)
24. แม่เมาะ 3 (Mae Moh – 3 : MM3)
25. เหมืองแม่เมาะ (Mae Moh Mine : MMM)
26. แม่จัด (Mae Ngat : MNG)
27. แม่สอด (Mae Sot : MS)
28. มโนรมย์ (Manorom : MR)
29. นครสวรรค์ (Nakhon Sawan : NS)
30. น่าน (NAN : NA)
31. พะเยา (Phayao : PY)
32. เพชรบูรณ์ (Phetchabun : PE)
33. พิจิตร (Pichit :PC)
34. พิษณุโลก 1 (Phitsanulok – 1 : PL1)
35. พิษณุโลก 2 (Phitsanulok – 2 : PL2)
36. แพร่ (Phrae : PR)
37. สลกบาตร (Salokbat : SLB)
38. สวรรคโลก (Sawankhalok : SL)
39. เขื่อนสิริกิติ์ (Sirikit :SK)
40. สบปราบ (Sop Prap : SPP)
41. สุโขทัย (Sukhothai : ST)
42. ตาก 1 (Tak -1 : TA1)
43. ตาก 2 (Tak – 2 : TA2)
44. ตากลิ 2 (Takhil – 2 : TK2)
45. ท่าตะโก (Tha Tako : TTK)
46. เทิง (Thoeng : THG)
47. เถิน (Thoen : TE)
48. อุตรดิตถ์ (Uttaradit : UT)

ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในภาคเหนือจะมีทั้งหมด 43 บัส และรูป Single Line Diagram ของระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในภาคเหนือจะแสดงดังรูปที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 Single Line Diagram ของระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในภาคเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในเขตภาคกลาง

ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในเขตภาคกลางนั้นมีทั้งหมด 78 สถานี ได้แก่

1. อ่างทอง 1 (Ang Thong – 1 : AT1)
2. อ่างทอง 2 (Ang Thong – 2 : AT2)
3. อ่าวไผ่ (Ao Phai : AP)
4. อ่าวอุคม 1 (Ao Udom -1 : AU1)
5. อ่าวอุคม 2 (Ao Udom -2 : AU2)
6. อยุทธยา 1 (Ayutthaya – 1 : AY1)
7. อยุทธยา 2 (Ayutthaya – 2 : AY2)
8. บ้านบึง (Banbung : BBG)
9. บ้านโป่ง 1 (Banpong -1 : BP1)
10. บ้านโป่ง 2 (Banpong – 2 : BP2)
11. บางละมุง (Bang Lamung : BL)
12. บางปะอิน 1 (Bang Pa – In -1 : BI1)
13. บางปะอิน 2 (Bang Pa – In – 2 : BI2)
14. บางปะกง (Bang Pakong : BPK)
15. บางสะพาน (Bang Saphan : BSP)
16. บางคล้า (Bankhai – BKI)
17. บ่อวิน (Bo Win : BWN)
18. ชะอำ (Cha – Am : CA)
19. ฉะเชิงเทรา (Chachoengsao : CC)
20. ไชยบาดาล (Chai Badan : CBD)
21. จันทบุรี (Chanthaburi : CT)
22. จอมเทียน (Chomthien : CTN)
23. จอมบึง (Chombung : CBG)
24. ชลบุรี (Chon Buri : CB)
25. ชงคราม (Chong Klam : CHK)
26. หุ่นบาง นางบัว (DuemBang Nangbuat : DBN)
27. หัวหิน (Huahin : HH)
28. แก่งกระจาน (Kaeng Krachang : KKC)
29. กำแพงแสน (Kamphaeng Saen : KS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 30. การที่ กัญจนบุรี (Kanchanaburi : KB) ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

31. วชิราลงกรณ์ (Vajiralongkorn : VRK)
32. คลองใหม่ (Khlung Mai : KLM)
33. คีรีขาน (Kiridharn : KRD)
34. แกลง (Klaeng : KLA)
35. ลพบุรี 1 (Lop Buri – 1 : LB1)
36. ลพบุรี 2 (Lop Buri – 2 : LB2)
37. นครชัยศรี (Nakhon Chaisi : NCS)
38. นครนายก (Nakhon Nayok : NY)
39. นิคมมาตราพุด (Ni Khom Maptaphut)
40. ผาชี (Pha Chi : PH)
41. เพชรบุรี (Phetchaburi : PB)
42. พระพุทธบาท (Phra Phuttabat : PTB)
43. ปราจีนบุรี 1 (Prachin Buri – 1 : PA1)
44. ปราจีนบุรี 2 (Prachin Buri – 2 : PA2)
45. ประจวบคีรีขันธ์ (Prachuap Khiri Khan : PKK)
46. ปรานบุรี (Pran Buri : PRB)
47. ราชบุรี 1 (Ratchaburi -1 : RB1)
48. ราชบุรี 2 (Ratchaburi -2 : RB2)
49. ราชบุรี 3 (Ratchaburi -3 : RB3)
50. ระยอง 1 (Rayong -1 : RY1)
51. ระยอง 2 (Rayong -2 : RY2)
52. ระยอง 3 (Rayong -3 : RY3)
53. สามพราน 1 (Sam Phran – 1 : SA1)
54. สามพราน 2 (Sam Phran – 2 : SA2)
55. สมุทรสาคร 1 (Samut Sakhon – 1 : SN1)
56. สมุทรสาคร 2 (Samut Sakhon – 2 : SN2)
57. สมุทรสาคร 3 (Samut Sakhon – 3 : SN3)
58. สมุทรสาคร 4 (Samut Sakhon – 4 : SN4)
59. สมุทรสงคราม (Samut Songkhram : SM)
60. สระบุรี 1 (Saraburi – 1 : SR1)
61. สระบุรี 2 (Saraburi – 2 : SR2)
62. สระบุรี 3 (Saraburi – 3 : SR3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

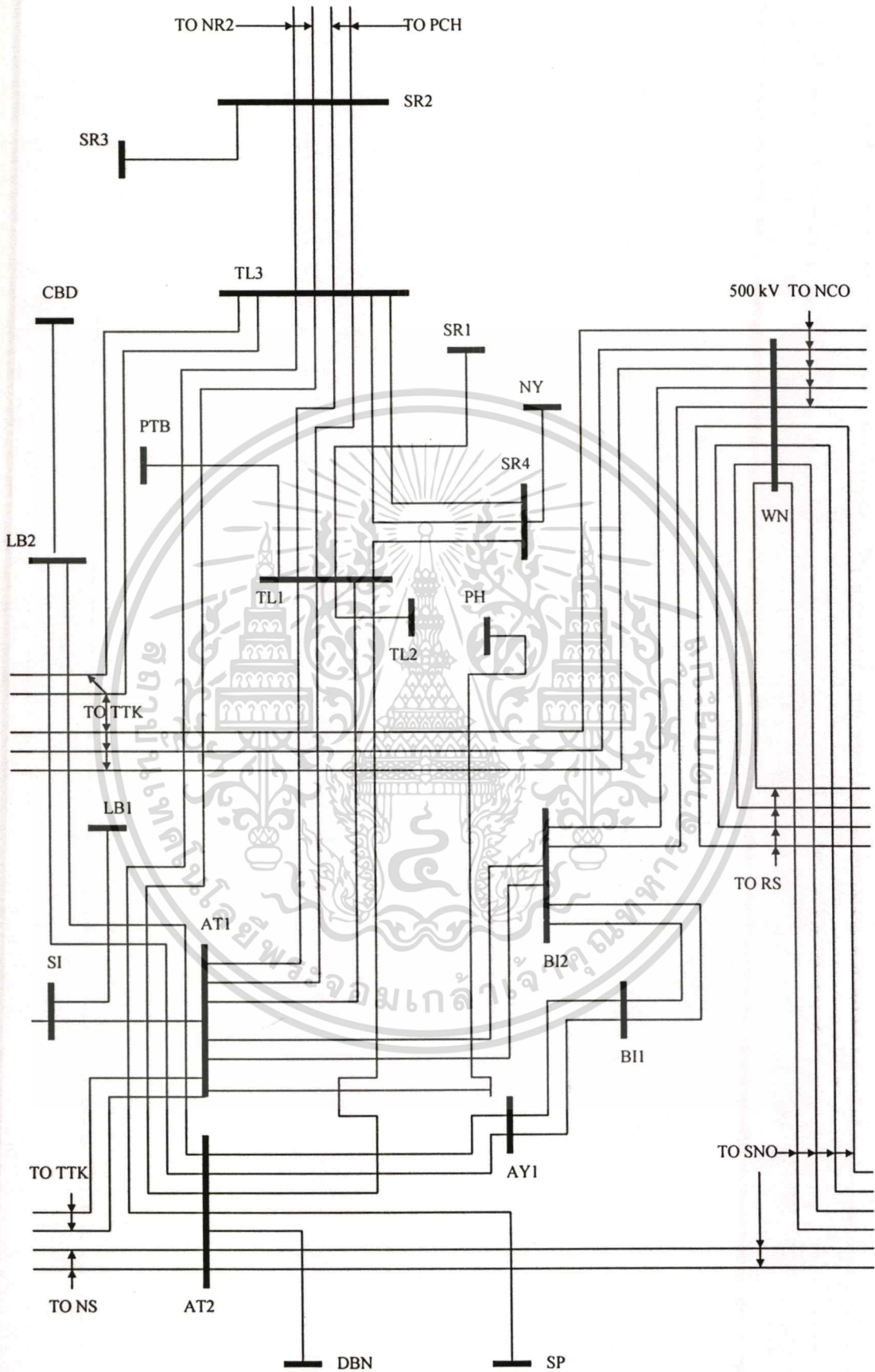
63. สระบุรี 4 (Saraburi – 4 : SR4)
64. สัตหีบ 1 (Satthahip – 1 : SH1)
65. สัตหีบ 2 (Satthahip – 2 : SH2)
66. ศรีมหาโพธิ์ (Si Mahaphot : SMP)
67. ศรีราชา (Si Racha : SC)
68. สิงห์บุรี (Singburi : SI)
69. ศรีนครินทร์ (Srinagarind – 1 : SNR1)
70. สุพรรณบุรี (Suphan Buri : SP)
71. ตามเมือง (Tha Muang : TM)
72. ตาทุ่งนา (Tha Thung Na : TN)
73. ตาลาน 1(Thalan – 1 : TL1)
74. ตาลาน 2(Thalan – 2 : TL2)
75. ตาลาน 3(Thalan – 3 : TL3)
76. ตราด (Trat : TR)
77. วัฒนานคร (Wattana Nakhon : WNK)
78. วังน้อย (Wang Noi : WN)

ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในภาคกลางนั้นจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ภาคกลางทางฝั่งกลาง , ภาคกลางทางฝั่งตะวันออก และภาคกลางทางฝั่งตะวันตก

ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในภาคกลางทางตอนกลางนั้นจะมีบัสทั้งหมด 23 บัส โดยรูป Single Line Diagram ของระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในภาคกลางทางตอนกลางแสดงดังรูปที่ 5.2

ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในภาคกลางทางฝั่งตะวันออกนั้นจะมีบัสทั้งหมด 29 บัส โดยรูป Single Line Diagram ของระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในภาคกลางทางฝั่งตะวันออกแสดงดังรูปที่ 5.3

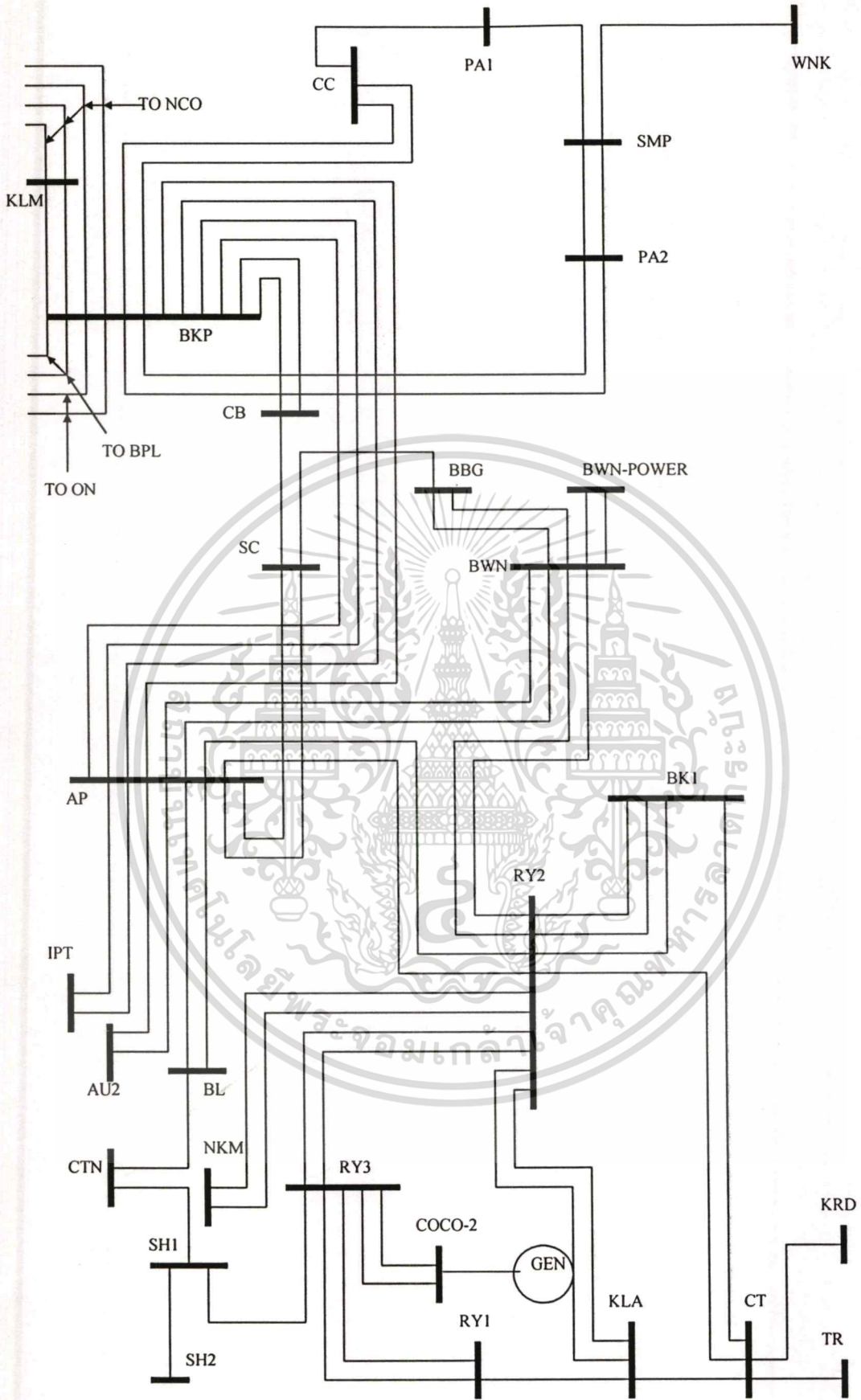
ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในภาคกลางทางฝั่งตะวันตกนั้นจะมีบัสทั้งหมด 27 บัส โดยรูป Single Line Diagram ของระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในภาคกลางทางฝั่งตะวันตกแสดงดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.2 Single Line Diagram ของระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในภาคกลางทางตอนกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ เมื่อผู้จัดทำเห็นประโยชน์ของเอกสารนี้ในการค้า

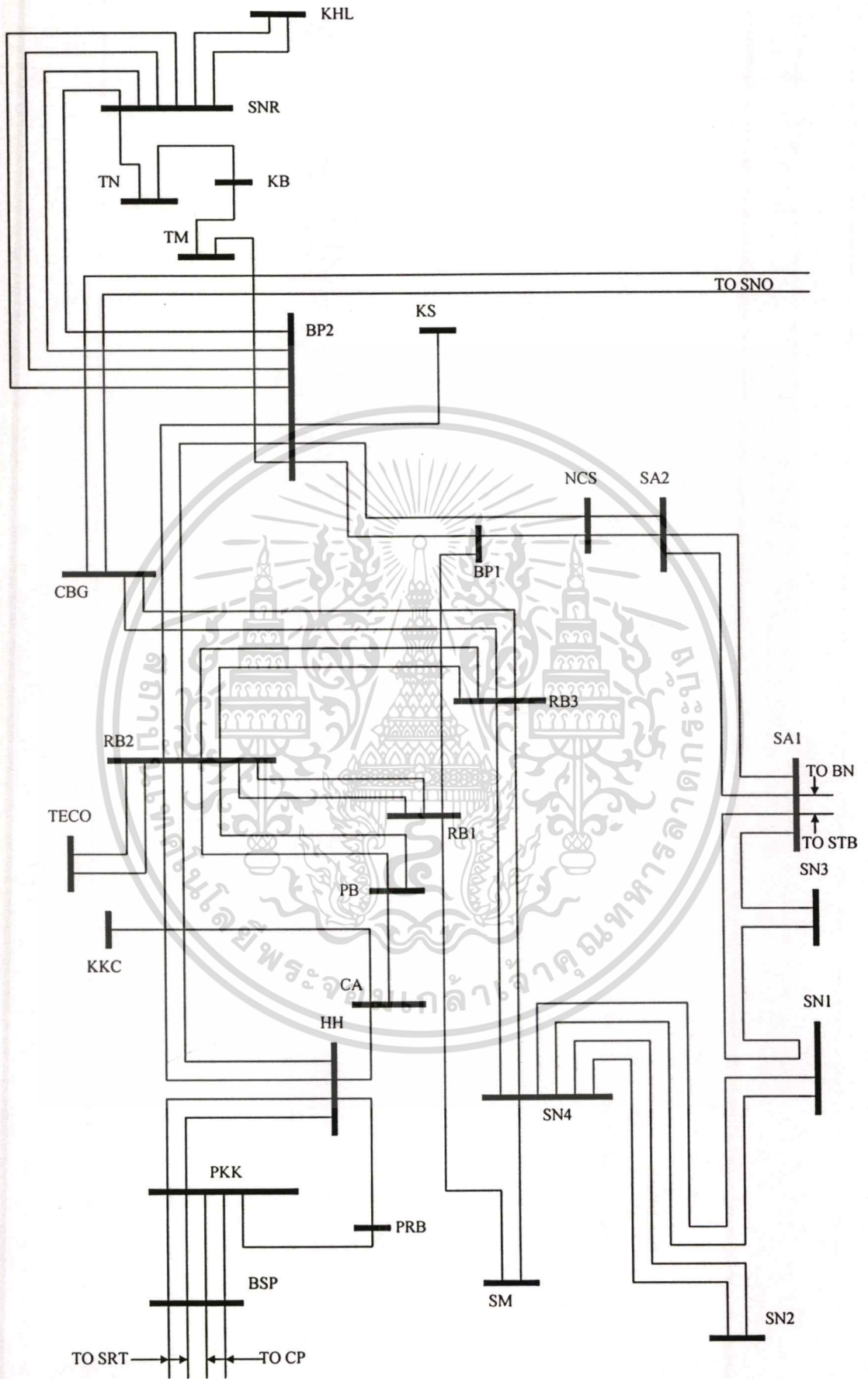
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 Single Line Diagram ของระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในภาคกลาง

ทางฝั่งตะวันออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 Single Line Diagram ของระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในภาคกลางทางฝั่งตะวันตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

การทดสอบการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้านั้นจะทำการทดสอบ โดยการหาค่าดัชนี 3 ค่า คือ ดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และ ดัชนี SAUEI โดยการทดสอบจะ ทดสอบโดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียม 2 แบบ แล้วดูผลลัพธ์ที่ได้ว่าการใช้โครงข่ายประสาท เทียมแบบใดที่ให้ผลที่ดีกว่ากัน การทดสอบจะใช้ข้อมูลจากเหตุการณ์การเกิด ไฟดับของสถานี ไฟฟ้าทั้งหมดในเขตภาคเหนือซึ่งมีทั้งหมด 4 ปี และเขตภาคกลางซึ่งมีข้อมูลทั้งหมด 6 ปีมาเป็น ข้อมูลให้กับโครงข่ายประสาทเทียมทำการเรียนรู้ โดยรายละเอียดต่าง ๆ จะได้กล่าวถึงต่อไป

6.1 การเตรียมข้อมูลสำหรับโครงข่ายประสาทเทียม

ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลเพื่อนำมาทดสอบกับโครงข่ายประสาทเทียมมีขั้นตอนดังนี้

- 6.1.1 นำข้อมูลการเกิดไฟดับมาเรียงลำดับวันที่เกิดเหตุการณ์ไฟดับ
- 6.1.2 แบ่งข้อมูลออกเป็นรายสัปดาห์
- 6.1.3 หาผลรวมของจำนวนครั้งที่เกิดไฟดับในรอบ 1 สัปดาห์
- 6.1.4 หาผลรวมของเวลาที่เกิดไฟดับในรอบ 1 สัปดาห์
- 6.1.5 หาผลรวมของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ไม่สามารถจ่ายได้ในรอบ 1 สัปดาห์
- 6.1.6 ทำการคำนวณหาค่าดัชนี SAIFI จากสมการที่ (5.1)
- 6.1.7 ทำการคำนวณหาค่าดัชนี SAIDI จากสมการที่ (5.3)
- 6.1.8 ทำการคำนวณหาค่าดัชนี SAUEI จากสมการที่ (5.5)
- 6.1.9 สำหรับข้อมูลการเกิดไฟดับของภาคเหนือ ให้แบ่งช่วงเวลาการเกิดไฟดับใน 3 ปี แรกเป็นข้อมูลที่ใช้เป็นชุดสำหรับฝึกสอนให้กับโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งจะมี จำนวนชุดฝึกสอนทั้งหมด 126 ชุด และข้อมูลในปีที่ 4 เป็นข้อมูลที่ใช้เป็นชุด สำหรับทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งจะมีจำนวนชุดทดสอบทั้งหมด 46 ชุด
- 6.1.10 สำหรับข้อมูลการเกิดไฟดับของภาคกลาง ให้แบ่งช่วงเวลาการเกิดไฟดับใน 4 ปี แรกเป็นข้อมูลที่ใช้เป็นชุดสำหรับฝึกสอนให้กับโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งจะมี จำนวนชุดฝึกสอนทั้งหมด 106 ชุด และข้อมูล 2 ปีสุดท้ายเป็นข้อมูลที่ใช้เป็นชุด สำหรับทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งจะมีจำนวนชุดทดสอบทั้งหมด 48 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 6.1.11 ในการใช้โครงข่ายประสาทยูทเอ็มมาทำการหาค่าดัชนี SAIFI นั้น เราจะให้ชุดข้อมูลที่เป็นอินพุท คือ ผลรวมของจำนวนครั้งที่เกิดไฟดับในรอบ 1 สัปดาห์ และจำนวนจุดจ่ายไฟ และข้อมูลที่ใช้เป็นเอาต์พุท คือ ค่าดัชนี SAIFI
- 6.1.12 ในการใช้โครงข่ายประสาทยูทเอ็มมาทำการหาค่าดัชนี SAIDI นั้น เราจะให้ชุดข้อมูลที่เป็นอินพุท คือ ผลรวมของเวลาที่เกิดไฟดับในรอบ 1 สัปดาห์ และ จำนวนจุดจ่ายไฟ และข้อมูลที่ใช้เป็นเอาต์พุท คือ ค่าดัชนี SAIDI
- 6.1.13 ในการใช้โครงข่ายประสาทยูทเอ็มมาทำการหาค่าดัชนี SAUEI นั้น เราจะให้ชุดข้อมูลที่เป็นอินพุท คือ ผลรวมของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ไม่สามารถจ่ายได้ในรอบ 1 สัปดาห์ และ จำนวนจุดจ่ายไฟ และข้อมูลที่ใช้เป็นเอาต์พุท คือ ค่าดัชนี SAUEI

ในตารางที่ 6.1 และ 6.2 จะเป็นตารางที่แสดงตัวอย่างข้อมูลการเกิดไฟดับของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในเขตภาคเหนือที่ใช้สำหรับเป็นชุดฝึกสอนและชุดทดสอบโครงข่ายประสาทยูทเอ็มตามลำดับ และ ในตารางที่ 6.3 และ 6.4 จะแสดงตัวอย่างข้อมูลการเกิดไฟดับของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในเขตภาคกลางที่ใช้สำหรับเป็นชุดทดสอบให้กับโครงข่ายประสาทยูทเอ็มตามลำดับ

ตารางที่ 6.1 ตัวอย่างข้อมูลการเกิดไฟดับของการไฟฟ้าในเขตภาคเหนือที่ใช้เป็นชุดฝึกสอน

ชุดที่	จำนวนครั้งที่เกิดไฟดับ	เวลาที่เกิดไฟดับ (นาที)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ไม่สามารถจ่ายได้(Mw-min)	จุดจ่ายไฟ	SAIFI	SAIDI	SAUEI
1	2	9	76.2	80.54715	0.0248	0.1117	0.9460
2	1	29	832.3	80.54715	0.0124	0.3600	10.3331
3	1	14	86.8	80.54715	0.0124	0.1738	1.0776
4	1	311	7535.10	80.54715	0.0124	3.8611	93.5489
5	5	162	1559	80.54715	0.0621	2.0112	19.3551
6	2	25	197.7	80.54715	0.0248	0.3104	2.4545
7	1	56	974.4	80.54715	0.0124	0.6952	12.0973
8	1	6	30.6	80.54715	0.0124	0.0745	0.3799
9	2	33	295.9	80.54715	0.0248	0.4097	3.6736
10	3	187	1088.7	80.54715	0.0372	2.3216	13.5163
11	2	252	3560.4	80.54715	0.0248	3.1286	44.2027
12	4	84	907.4	80.54715	0.0497	1.0429	11.2655
13	2	260	3669.6	80.54715	0.0248	3.2279	45.5584
14	1	25	147.5	80.54715	0.0124	0.3104	1.8312
15	2	17	95	80.54715	0.0248	0.2111	1.1794
16	3	55	596.3	80.54715	0.0372	0.6828	7.4031
17	3	129	1523.7	80.54715	0.0372	1.6015	18.9169
18	4	490	3364.6	80.54715	0.0497	6.0834	41.7718
19	4	72	529.9	80.54715	0.0497	0.8939	6.5788
20	2	15	146.5	80.54715	0.0248	0.1862	1.8188

หมายเหตุ SAIIFI มีหน่วยเป็น ครั้ง/จุดจ่ายไฟ/สัปดาห์
 SAIDI มีหน่วยเป็น นาที/จุดจ่ายไฟ/สัปดาห์
 SAUEI มีหน่วยเป็น MW - min/จุดจ่ายไฟ/สัปดาห์

ตารางที่ 6.2 ตัวอย่างข้อมูลการเกิดไฟดับของการไฟฟ้าในเขตภาคเหนือที่ใช้เป็นชุดทดสอบ

ชุด ที่	จำนวน ครั้งที่เกิด ไฟดับ	เวลาที่เกิด ไฟดับ (นาทึ)	ปริมาณพลังงาน ไฟฟ้าที่ไม่สามารถ จ่ายได้ (Mw-min)	จุดจ่ายไฟ	SAIFI	SAIDI	SAUEI
1	3	35	670.5	94.92059	0.0316	0.3687	7.0638
2	2	28	194.6	94.92059	0.0211	0.2950	2.0501
3	3	30	412.6	94.92059	0.0316	0.3161	4.3468
4	2	96	658.8	94.92059	0.0211	1.0114	6.9405
5	3	45	327.1	94.92059	0.0316	0.4741	3.4460
6	2	64	1121.6	94.92059	0.0211	0.6742	11.8162
7	3	19	116.9	94.92059	0.0316	0.2002	1.2316
8	1	3	17.1	94.92059	0.0105	0.0316	0.1802
9	3	115	351.1	94.92059	0.0316	1.2115	3.6989
10	1	110	1859	94.92059	0.0105	1.1589	19.5848
11	4	255	2935.6	94.92059	0.0421	2.6865	30.9269
12	1	27	232.2	94.92059	0.0105	0.2844	2.4463
13	1	47	714.4	94.92059	0.0105	0.4952	7.5263
14	2	68	278.4	94.92059	0.0211	0.7164	2.9330
15	2	33	191.25	94.92059	0.0211	0.3477	2.0148
16	2	229	756.2	94.92059	0.0211	2.4125	7.9667
17	2	40	548.9	94.92059	0.0211	0.4214	5.7827
18	1	29	8.7	94.92059	0.0105	0.3055	0.0917
19	2	36	995.2	94.92059	0.0211	0.3793	10.4846
20	20	534	5385	94.92059	0.2107	5.6258	56.7316

หมายเหตุ SAIFI มีหน่วยเป็น ครั้ง/จุดจ่ายไฟ/สัปดาห์
SAIDI มีหน่วยเป็น นาทึ/จุดจ่ายไฟ/สัปดาห์
SAUEI มีหน่วยเป็น MW - min/จุดจ่ายไฟ/สัปดาห์

ตารางที่ 6.3 ตัวอย่างข้อมูลการเกิดไฟดับของการไฟฟ้าในเขตภาคกลางที่ใช้เป็นชุดฝึกสอน

ชุด ที่	จำนวนครั้ง ที่เกิด ไฟดับ	เวลาที่เกิด ไฟดับ (นาที)	ปริมาณพลังงาน ไฟฟ้าที่ไม่สามารถ จ่ายได้(Mw-min)	จุดจ่ายไฟ	SAIFI	SAIDI	SAUEI
1	1	14	84	158.1763	0.006	0.089	0.531
2	1	8	112	158.1763	0.006	0.051	0.708
3	7	101	1193.1	158.1763	0.044	0.639	7.543
4	2	11	157	158.1763	0.013	0.070	0.993
5	1	13	338	158.1763	0.006	0.082	2.137
6	1	1	4.8	158.1763	0.006	0.006	0.030
7	4	201	6836.5	158.1763	0.025	1.271	43.221
8	1	2	22	158.1763	0.006	0.013	0.139
9	6	100	562.3	158.1763	0.038	0.632	3.555
10	1	1	1.8	158.1763	0.006	0.006	0.011
11	1	33	237.6	158.1763	0.006	0.209	1.502
12	1	20	420	158.1763	0.006	0.126	2.655
13	1	10	312	158.1763	0.006	0.063	1.972
14	1	68	326.4	158.1763	0.006	0.430	2.064
15	5	37	525.7	158.1763	0.032	0.234	3.324
16	1	10	82	158.1763	0.006	0.063	0.518
17	1	1	86	158.1763	0.006	0.006	0.544
18	1	27	256.5	158.1763	0.006	0.171	1.622
19	4	20	244.9	158.1763	0.025	0.126	1.548
20	9	263	4511.1	158.1763	0.057	1.663	28.519

หมายเหตุ SAIFI มีหน่วยเป็น ครั้ง/จุดจ่ายไฟ/สัปดาห์
 SAIDI มีหน่วยเป็น นาที/จุดจ่ายไฟ/สัปดาห์
 SAUEI มีหน่วยเป็น MW - min/จุดจ่ายไฟ/สัปดาห์

ตารางที่ 6.4 ตัวอย่างข้อมูลการเกิดไฟดับของการไฟฟ้าในเขตภาคกลางที่ใช้เป็นชุดทดสอบ

ชุด ที่	จำนวนครั้ง ที่เกิด ไฟดับ	เวลาที่เกิด ไฟดับ (นาที)	ปริมาณพลังงาน ไฟฟ้าที่ไม่สามารถ จ่ายได้(Mw-min)	จุดจ่ายไฟ	SAIFI	SAIDI	SAUEI
1	3	10	100	160.738	0.019	0.062	0.622
2	1	6	82.2	160.738	0.006	0.037	0.511
3	2	37	446.2	160.738	0.012	0.230	2.776
4	2	59	162.8	160.738	0.012	0.367	1.013
5	1	8	145.6	160.738	0.006	0.050	0.906
6	1	25	560	160.738	0.006	0.156	3.484
7	1	3	30.9	160.738	0.006	0.019	0.192
8	1	8	176	160.738	0.006	0.050	1.095
9	1	12	204	160.738	0.006	0.075	1.269
10	1	19	228	160.738	0.006	0.118	1.418
11	1	6	80.4	160.738	0.006	0.037	0.500
12	5	203	2610.6	160.738	0.031	1.263	16.241
13	1	8	61.6	160.738	0.006	0.050	0.383
14	1	8	42.4	160.738	0.006	0.050	0.264
15	2	10	125	160.738	0.012	0.062	0.778
16	1	27	513	160.738	0.006	0.168	3.192
17	1	12	211.2	160.738	0.006	0.075	1.314
18	1	12	108	160.738	0.006	0.075	0.672
19	3	24	468.6	160.738	0.019	0.149	2.915
20	3	25	374.9	160.738	0.019	0.156	2.332

หมายเหตุ SAIFI มีหน่วยเป็น ครั้ง/จุดจ่ายไฟ/สัปดาห์
SAIDI มีหน่วยเป็น นาที/จุดจ่ายไฟ/สัปดาห์
SAUEI มีหน่วยเป็น MW - min/จุดจ่ายไฟ/สัปดาห์

จากตารางที่ 6.1 ถึง ตารางที่ 6.4 นั้นในส่วนของจำนวนจุดจ่ายไฟนั้นในแต่ละปีนั้นจะมีค่าไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้งานของจุดจ่ายไฟนั้น ๆ จำนวนจุดจ่ายไฟทั้งของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในเขตภาคเหนือและในเขตภาคกลางก็มีค่าไม่เท่ากัน และในตารางที่ 6.5 และ 6.6 นั้นจะแสดงจำนวนจุดจ่ายไฟที่ใช้ในแต่ละปีของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในเขตภาคเหนือและภาคกลางตามลำดับ

ตารางที่ 6.5 จำนวนจุดจ่ายไฟในแต่ละปีของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในเขตภาคเหนือ

ช่วงเวลา	จำนวนจุดจ่ายไฟ
ตุลาคม พ.ศ. 2543 ถึง กันยายน พ.ศ. 2544	80.54715
ตุลาคม พ.ศ. 2544 ถึง กันยายน พ.ศ. 2545	86.02629
ตุลาคม พ.ศ. 2545 ถึง กันยายน พ.ศ. 2546	93.33727
ตุลาคม พ.ศ. 2546 ถึง กันยายน พ.ศ. 2547	94.92059

ตารางที่ 6.6 จำนวนจุดจ่ายไฟในแต่ละปีของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในเขตภาคกลาง

ช่วงเวลา	จำนวนจุดจ่ายไฟ
ตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึง กันยายน พ.ศ. 2542	158.1763
ตุลาคม พ.ศ. 2542 ถึง กันยายน พ.ศ. 2543	160.4991
ตุลาคม พ.ศ. 2543 ถึง กันยายน พ.ศ. 2544	159.9745
ตุลาคม พ.ศ. 2544 ถึง กันยายน พ.ศ. 2545	160.5545
ตุลาคม พ.ศ. 2545 ถึง กันยายน พ.ศ. 2546	160.7380
ตุลาคม พ.ศ. 2546 ถึง กันยายน พ.ศ. 2547	164.7747

จำนวนจุดจ่ายไฟที่ใช้ในการคำนวณนั้น ไม่ได้เป็นการนับว่าภายในระบบไฟฟ้านั้นมีจำนวนจุดจ่ายไฟทั้งหมดกี่จุด แต่เป็นจำนวนจุดจ่ายไฟนั้นจะคำนวณจากเวลาการทำงานของจุดจ่ายไฟแต่ละจุด แล้วนำจำนวนจุดจ่ายไฟที่คำนวณได้ทั้งหมดมารวมกัน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่าง การคำนวณจุดจ่ายไฟ

ใน 1 ปี (365 วัน) ถ้าจุดจ่ายไฟจุด a ทำงานโดยไม่เกิดการขัดข้องใด ๆ ให้มีค่าเท่ากับ 1

แต่ถ้าจุดจ่ายไฟจุด a เหลือเวลาที่ทำงานเพียง 200 วัน (เกิดการขัดข้อง 165 วัน) ค่าของจุดจ่ายไฟจุด a ก็จะมีค่าเท่ากับ $(1/365) * 200 = 0.5479$

การคำนวณจุดจ่ายไฟก็จะทำตามตัวอย่างที่ได้แสดงไว้ โดยจะทำการคำนวณจุดจ่ายไฟทั้งระบบ แล้วนำมารวมกัน ก็จะได้ค่าจำนวนจุดจ่ายไฟที่ใช้แต่ละปี

6.2 การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ (Back Propagation Neural Networks)

ในการทดสอบการหาความเชื่อใจได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้าโดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับนั้นจะทำการทดสอบโดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน (Hidden Layer) 1 ชั้น และโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น แล้วทำการเปรียบเทียบผลที่ได้ว่าการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นและ 2 ชั้น โครงข่ายประสาทเทียมแบบใดที่จะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า โดยจะขอกกล่าวถึงค่าเริ่มต้นต่าง ๆ ที่ใช้เป็นเงื่อนไขสำหรับโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

6.2.1 เงื่อนไขต่าง ๆ ภายในโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ

6.2.1.1 ค่าเริ่มต้นที่ใช้เป็นค่าถ่วงน้ำหนัก (weight) และค่าไบอัส (bias)

ในการเลือกค่าเริ่มต้นที่จะใช้เป็นค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสในโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับนี้ โดยทั่วไปจะมี 2 วิธี คือ กำหนดค่าเริ่มต้นของค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสด้วยตนเอง หรือ อีกวิธีการคือให้โปรแกรมทำการเลือกค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสโดยวิธีการสุ่มเลือก โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้วิธีการสุ่มเลือกค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสเนื่องจากจะทำให้การฝึกสอนในแต่ละรอบนั้นมีทิศทางการลู่เข้าสู่คำตอบที่แตกต่างกันออกไป

6.2.1.2 ลำดับขั้นตอนการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัส

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 ว่าการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสนั้นมียุทธวิธีอยู่หลายวิธีด้วยกัน ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสด้วยวิธี Lavenberg-Marquardt Algorithm ซึ่งใน Neural Network Toolbox User's Guide ได้ระบุไว้ว่าวิธีการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสด้วย Lavenberg-Marquardt Algorithm นั้นมีประสิทธิภาพและความรวดเร็วในการฝึกสอนสูงสุด ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้นำเอาขั้นตอนการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสด้วยวิธีการนี้มาใช้

โดยในการทดสอบนี้ได้กำหนดให้มีการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสเป็นจำนวน 1,000 ครั้ง (Epoch) โดยได้กำหนดให้ทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสด้วยจำนวนนี้ในทุกการทดสอบเพื่อที่จะได้สามารถเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนได้ ในการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสในแต่ละรอบนั้นจะทำการคำนวณหาค่าผิดพลาดของคำตอบของข้อมูลของชุดฝึกสอนและข้อมูลของชุดทดสอบแต่ละชุด เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าผิดพลาดยกกำลังสอง (Mean Square Error : MSE) ของชุดข้อมูลทดสอบในรอบการคำนวณปัจจุบันกับค่า MSE ของชุดทดสอบที่ได้จากการคำนวณในรอบก่อนหน้า และทำการบันทึกค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสในรอบที่ทำให้ค่า MSE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำที่สุด

6.2.1.3 จำนวนรอบของการฝึกสอน

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสเป็นจำนวน 1,000 ครั้ง ซึ่งเมื่อโครงข่ายประสาทเทียมทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสจนครบ 1,000 ครั้งแล้ว เราจะถือว่าเป็นหนึ่งรอบของการฝึกสอน ซึ่งหลังจากจบหนึ่งรอบของการฝึกสอนก็จะทำการสุ่มเลือกค่าถ่วงน้ำหนักขึ้นมาใหม่อีก ซึ่งจะเป็นค่าที่ต่างจากค่าเริ่มต้นที่ผ่านมา และจะทำจนครบจำนวนรอบที่เราได้กำหนดไว้

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้กำหนดให้จำนวนรอบของการฝึกสอนในแต่ละโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมคือ 10 รอบต่อโครงสร้าง และเราจะเลือกรอบของการฝึกสอนที่ทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำที่สุด

6.2.1.4 จำนวนโหนดในชั้นซ่อนของโครงข่ายประสาทเทียม

จุดที่จะมีผลต่อโครงข่ายประสาทเทียมอีกจุดหนึ่งก็คือจำนวนโหนดในชั้นซ่อน ซึ่งจำนวนโหนดนั้นจะมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการฝึกสอน นั่นคือถ้าจำนวนโหนดมากเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนก็มากตามไปด้วย แต่จำนวนโหนดนั้นไม่ได้เป็นสิ่งที่จะทำให้โครงข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพ นั่นคือจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่มากไม่ได้เป็นตัวที่จะบอกว่าโครงข่ายประสาทเทียมจะมีประสิทธิภาพดี ในบางปัญหาก็จำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่น้อยก็อาจจะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าโครงข่ายประสาทเทียมที่มีจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่มาก

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นและ 2 ชั้น โดยในการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นนั้นจะทำการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมที่มีจำนวนโหนดในชั้นซ่อนตั้งแต่ 2 โหนดไปจนถึง 10 โหนด เพื่อหาจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ดีที่สุดที่ทำให้โครงข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพดีที่สุด สำหรับการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นนั้นจะกำหนดให้จำนวนโหนดของชั้นซ่อนที่ 1 มากกว่าจำนวนโหนดของชั้นซ่อนที่ 2 อยู่จำนวน 1 โหนด และจะทำการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมที่มีจำนวนโหนดชั้นซ่อนที่ 1 จำนวน 2 โหนด และจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ 2 จำนวน 1 โหนด ไปจนถึงโครงสร้างที่มีจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ 1 จำนวน 10 โหนด และจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ 2 มีจำนวน 9 โหนด

6.2.1.5 เงื่อนไขของการสิ้นสุดการฝึกสอน

ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมและใช้กระบวนการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสด้วยวิธี Lavenberg-Marquardt Algorithm นั้นจะมีเงื่อนไขพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการสิ้นสุดการฝึกสอนดังนี้

6.2.1.5.1 ค่า Gradient Factor

ค่า Gradient Factor เป็นพารามิเตอร์หนึ่งที่ใช้ในการพิจารณาถึงการสิ้นสุดของการฝึกสอน (ค่า g ในสมการที่ (2.2)) ในการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสแต่ละรอบนั้นค่า Gradient Factor จะเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับค่าผิดพลาด (e) ที่เกิดขึ้นใน Epoch นั้น ๆ โดยการฝึกสอนจะสิ้นสุดลงเมื่อ Gradient Factor มีค่าน้อยกว่า $1e-10$

6.2.1.5.2 ค่า Mu Factor

ค่า μ หรือ Learning Factor ในสมการที่ (2.1) เป็นค่าคงที่ที่ใช้เร่งการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสให้ลู่เข้าหาค่าตอบ ในการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสแต่ละรอบนั้นหากค่า Gradient Factor มีค่าเพิ่มขึ้น จะมีการปรับค่า μ ให้เพิ่มขึ้นจนกระทั่งค่า Gradient Factor มีแนวโน้มที่จะลดลง จากนั้นค่า μ จะถูกปรับลดลงเรื่อย ๆ และมีการปรับเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อค่า Gradient Factor มีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่ค่า μ เริ่มต้นจะมีค่าเท่ากับ 0.001 การปรับค่า μ เพิ่มขึ้นนั้นจะทำโดยการคูณด้วย Increased Factor ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10 และการปรับค่า μ ลดลงนั้นจะทำโดยการคูณด้วย Decreased Factor ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.1 และการฝึกสอนจะสิ้นสุดลงเมื่อค่า μ มีค่ามากกว่า $1e10$

6.2.2 การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น

การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นนั้น จะทำการทดสอบโดยการลองปรับเปลี่ยนฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ในชั้นซ่อนและชั้นเอาต์พุตของโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อดูว่าฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบใดที่ให้ผลลัพธ์ออกมาดีที่สุด โดยฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ในการทดสอบนี้ได้แก่ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบ Linear , Log – Sigmoid และ Tan – Sigmoid ซึ่งแสดงดังตารางที่ 2.1 ซึ่งจะทำให้ได้โครงข่ายประสาทเทียมออกมาทั้งหมด 9 แบบ ในการเปรียบเทียบว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบใดที่ให้ผลลัพธ์ออกมาดีที่สุดในเราจะทำการเปรียบเทียบโดยดูจากค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ของชุดทดสอบ ถ้าโครงข่ายใดที่ให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุดแสดงว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบนั้นมีประสิทธิภาพดีที่สุด สำหรับการหาค่า MAPE นั้นเราสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{\text{Real Result}_i - \text{Obtained result}_i}{\text{Real Result}_i} \right| \times 100\% \quad (6.1)$$

โดยที่ Real Result คือ ค่าที่ได้จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต

Obtained Result คือ ค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม

n คือ จำนวนชุดทดสอบ

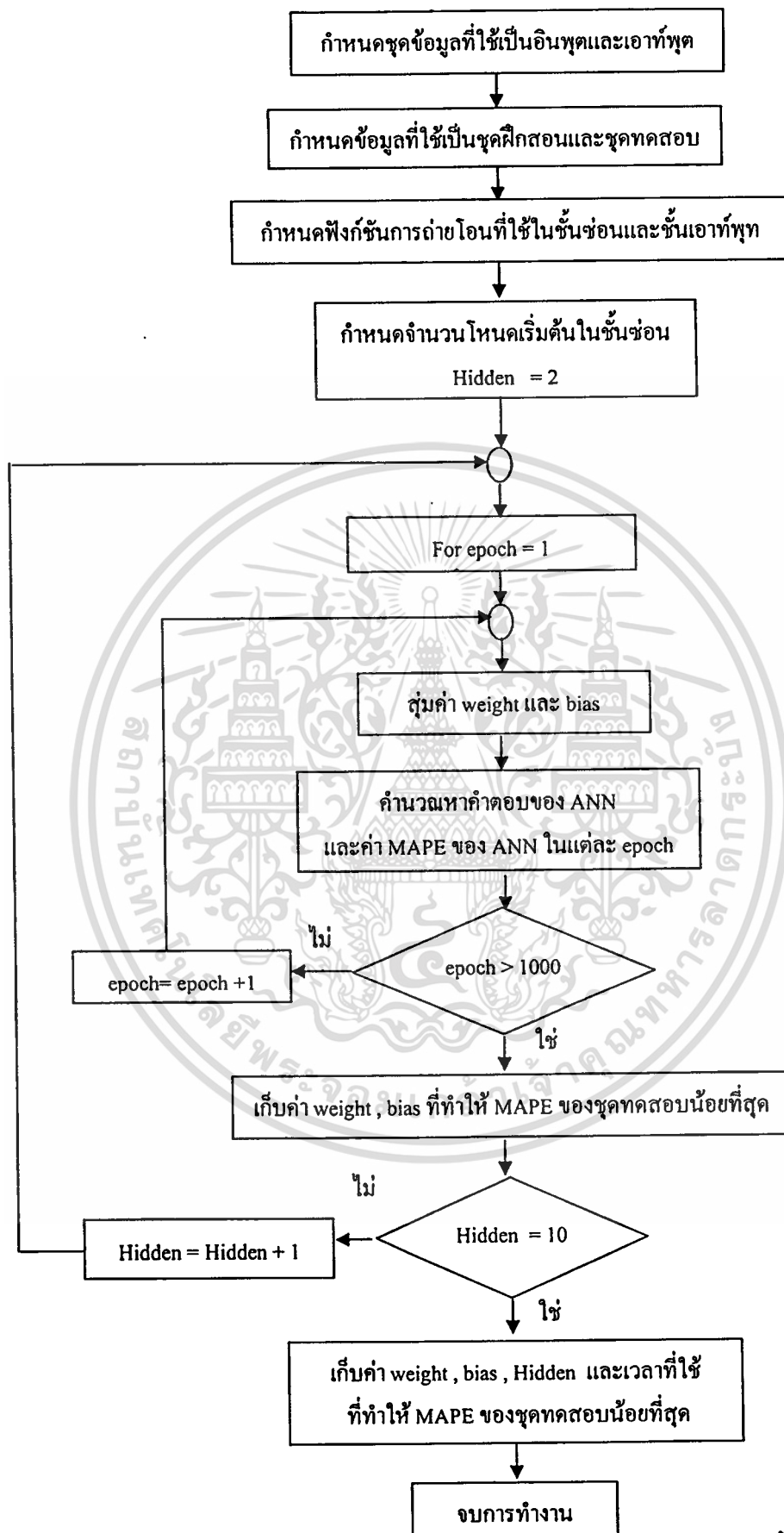
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 ชั้นมีดังนี้

ขั้นตอนการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน

- 6.2.2.1 กำหนดข้อมูลที่ใช้เป็นอินพุตและเอาต์พุตให้กับโครงข่ายประสาทเทียม
- 6.2.2.2 กำหนดชุดข้อมูลที่จะใช้เป็นชุดฝึกสอนและชุดทดสอบ
- 6.2.2.3 เลือกฟังก์ชันการถ่ายโอนที่จะใช้ในชั้นซ่อนและชั้นเอาต์พุต
- 6.2.2.4 กำหนดจำนวนโหนดในชั้นซ่อนให้เริ่มต้นด้วยจำนวน 2 โหนด และทำการรันโปรแกรมจนจำนวนโหนดในชั้นซ่อนมีจำนวน 10 โหนด
- 6.2.2.5 กำหนดจำนวนรอบของการฝึกสอน โดยให้แต่ละโครงสร้างทำการฝึกสอนจำนวน 10 รอบต่อโครงสร้าง และแต่ละรอบทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสทั้งหมด 1,000 ครั้ง (Epoch)
- 6.2.2.6 จากนั้นทำการรันโปรแกรมแล้วเก็บบันทึก
 - ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนและชุดทดสอบ โดยบันทึกทั้งค่าต่ำสุด, ค่าเฉลี่ย และค่าสูงสุด ที่ได้ในแต่ละรอบ
 - เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนในแต่ละโครงสร้าง
 - ค่าถ่วงน้ำหนัก (weight) และค่าไบอัส (bias)
 - จำนวนโหนดในชั้นซ่อนของโครงสร้างที่ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำที่สุด
- 6.2.2.7 เปลี่ยนฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ในชั้นซ่อนและชั้นเอาต์พุตของโครงข่ายประสาทเทียม แล้วทำซ้ำข้อ 6.2.2.4 ถึง 6.2.2.6
- 6.2.2.8 ทำการเปลี่ยนฟังก์ชันการถ่ายโอนให้ครบทุกแบบ

ขั้นตอนการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับนั้นสามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังภาพที่ 6.1



รูปที่ 6.1 แผนภาพการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.3 การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น

ในการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น จะมีขั้นตอนเหมือนกับการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น โดยการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นจะเพิ่มจำนวนชั้นซ่อนเป็น 2 ชั้น ทำให้การเลือกใช้ฟังก์ชันในการถ่ายโอนในชั้นซ่อนทั้ง 2 ชั้นและชั้นเอาต์พุตนั้นเพิ่มขึ้น โดยเลือกจากฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบ Linear , Log – Sigmoid และ Tan – Sigmoid จากตารางที่ 2.1 จะทำให้ได้โครงข่ายประสาทเทียมทั้งหมด 27 แบบ และทำการเปรียบเทียบว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบใดที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดก็ดูจากค่า MAPE ของชุดทดสอบเช่นเดียวกับโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น

ขั้นตอนการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น มีขั้นตอนดังนี้

6.2.3.1 กำหนดข้อมูลที่ใช้เป็นอินพุตและเอาต์พุตให้กับโครงข่ายประสาทเทียม

6.2.3.2 กำหนดชุดข้อมูลที่จะใช้เป็นชุดฝึกสอนและชุดทดสอบ

6.2.3.3 เลือกฟังก์ชันการถ่ายโอนที่จะใช้ในชั้นซ่อนชั้นที่ 1 และชั้นซ่อนชั้นที่ 2 และชั้นเอาต์พุต

6.2.3.4 กำหนดจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ 1 ให้เริ่มต้นด้วยจำนวน 2 โหนด และจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ 2 จำนวน 1 โหนด (จำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ 1 จะมากกว่าจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ 2 จำนวน 1 โหนด) ทำการรันโปรแกรมจนกระทั่งโครงสร้างประสาทเทียมมีจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ 1 มีจำนวน 10 โหนด และจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ 2 มี 9 โหนด

6.2.3.5 กำหนดจำนวนรอบของการฝึกสอน โดยให้แต่ละโครงสร้างทำการฝึกสอนจำนวน 10 รอบต่อโครงสร้าง และแต่ละรอบทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสทั้งหมด 1,000 ครั้ง (epoch)

6.2.3.6 จากนั้นทำการรันโปรแกรมแล้วเก็บบันทึก

- ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนและชุดทดสอบ โดยบันทึกทั้งค่าต่ำสุด , ค่าเฉลี่ย และค่าสูงสุด ที่ได้ในแต่ละรอบ
- เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนในแต่ละโครงสร้าง
- ค่าถ่วงน้ำหนัก (weight) และค่าไบอัส (bias)
- จำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ 1 และชั้นซ่อนที่ 2 ของโครงสร้างที่ให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบต่ำที่สุด

6.2.3.7 เปลี่ยนฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ในชั้นซ่อนที่ 1 และชั้นซ่อนที่ 2 และชั้น

เอาต์พุตของโครงข่ายประสาทเทียม แล้วทำซ้ำข้อ 6.2.3.4 ถึง 6.2.3.6

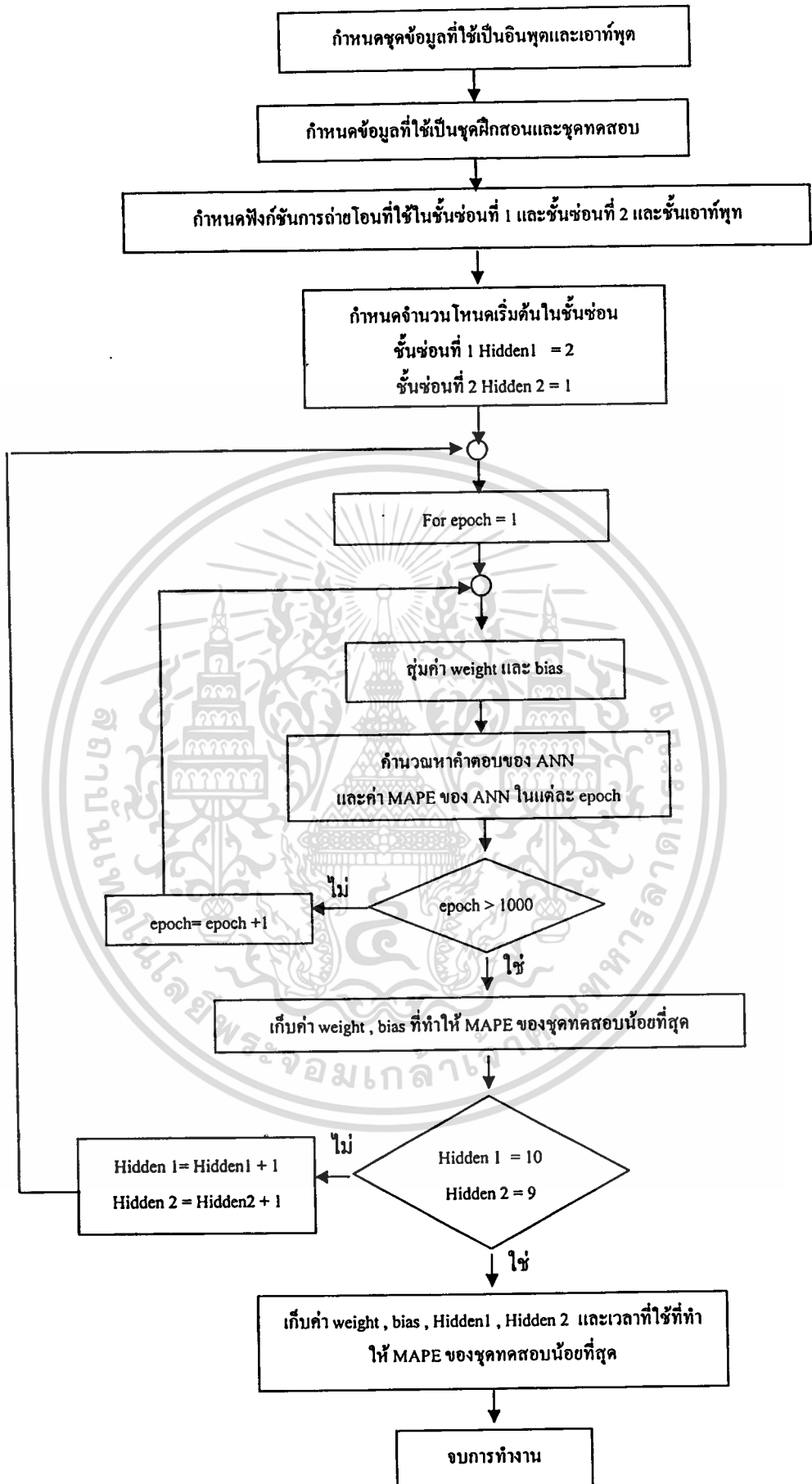
6.2.3.8 ทำการเปลี่ยนฟังก์ชันการถ่ายโอนให้ครบทุกแบบ

ขั้นตอนการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับนั้นสามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังภาพที่ 6.2

ผลการทดสอบที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมจะกล่าวถึงในบทถัดไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.2 แผนภาพการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบเพอร์เซปตรอนที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเชิงพาณิชย์เพื่อการค้าเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ประการใดในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression

การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้นจะต่างจากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ นั่นคือโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้นไม่สามารถเปลี่ยนฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ในโครงข่ายประสาทเทียมได้เหมือนกับโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ โดยฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ในโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression คือ ในชั้นซ่อน (Hidden Layer) หรือชั้นฐานรัศมี (Radial Basis Layer) นั้นจะใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนชนิด Radial Basis Function ดังตารางที่ 2.1 และในชั้นเอาต์พุต (Output Layer) หรือชั้นเชิงเส้นพิเศษ (Special Linear Layer) นั้นใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบ Linear และจุดที่ต่างจากโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับนั้นก็คือจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่เราไม่สามารถกำหนดได้ แต่จำนวนโหนดในชั้นซ่อนของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้นจะมีจำนวนโหนดเท่ากับจำนวนชุดฝึกสอนของข้อมูล

การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้นเราจะทำการปรับค่าการกระจาย (Spread) เพื่อดูว่าที่ค่าการกระจายที่ดีที่สุดที่ทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุดนั้นมีค่าการกระจายที่เท่าไร ซึ่งค่าการกระจายนี้จะเป็นค่าที่นำไปใช้ในการปรับเปลี่ยนค่าไบอัส (bias) ในชั้นซ่อนด้วย (ชั้นเอาต์พุตไม่มีค่าไบอัส) โดยจะทำการปรับค่าไบอัสจากสมการ

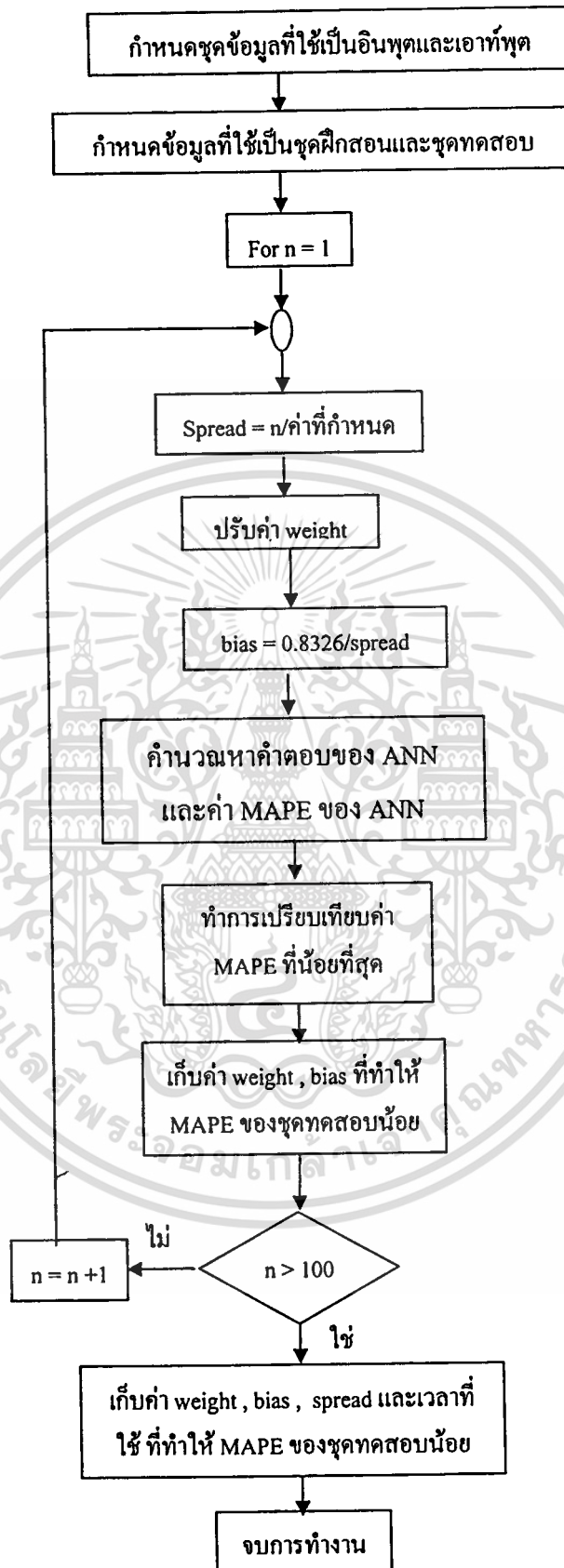
$$\text{bias} = \frac{0.8326}{\text{spread}} \quad (6.2)$$

ในการหาค่าการกระจายนี้เราจะหาค่าการกระจายจาก

$$\text{spread} = \frac{n}{\text{ค่าที่กำหนด}} \quad (6.3)$$

โดยที่ค่า n คือค่าที่เราตั้งไว้เพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมทำการปรับเปลี่ยนค่าการกระจายในแต่ละรอบ โดยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้กำหนดไว้ 100 ครั้ง ส่วน ค่าที่กำหนด คือเป็นตัวหารที่เราจะคอยปรับเปลี่ยนไปในการรันโปรแกรมแต่ละครั้ง

ขั้นตอนการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้นสามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังภาพที่ 6.3



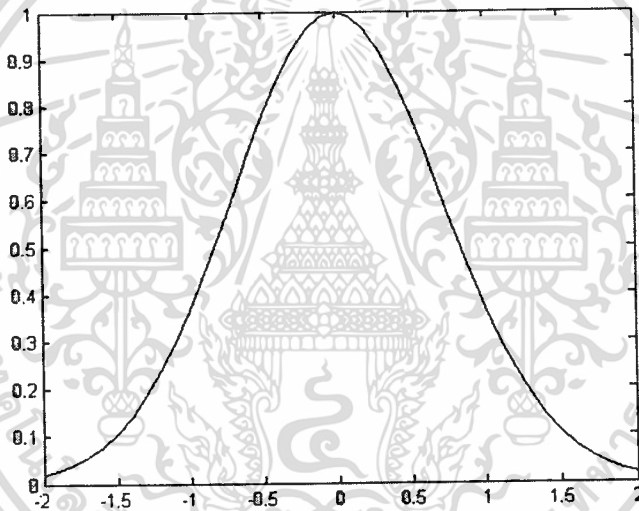
รูปที่ 6.3 แผนภาพการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้น ได้ทำการลองปรับขนาดความกว้างและความแคบของกราฟ Radial Basis Function ที่ใช้ในชั้นซ่อนของโครงข่ายด้วย เพื่อดูว่าการปรับความกว้างและแคบของกราฟนั้นจะช่วยให้ประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมนั้นมีประสิทธิภาพดีขึ้นหรือไม่ เนื่องจากการปรับความกว้างและแคบของกราฟนั้นก็จะส่งผลให้สมการการหาค่าไบอัสในสมการที่ (6.2) นั้นเปลี่ยนไปด้วย การปรับความกว้างแคบของกราฟนั้นจะทำโดยการเพิ่มค่าที่เข้าไปในสมการปกติ โดยรายละเอียดต่าง ๆ มีดังนี้

6.3.1 การใช้สมการ $a(n) = e^{-n^2}$ เป็นสมการในชั้นซ่อน

สมการ $a(n) = e^{-n^2}$ ถือเป็นสมการในรูปแบบปกติที่ยังไม่ได้ทำการปรับความกว้างและแคบของกราฟ ซึ่งจะได้รูปกราฟดังรูปที่ 6.4



รูปที่ 6.4 กราฟ Radial Basis Function ของสมการ $a(n) = e^{-n^2}$

ในการใช้สมการ $a(n) = e^{-n^2}$ นี้เราสามารถหาค่าไบอัส โดยกำหนดให้ที่ค่า $a(n) = 0.5$ แล้วดูว่าค่า n นั้นมีค่าเท่าไร ซึ่งจะได้สมการที่ใช้ในการหาค่าไบอัสดังนี้

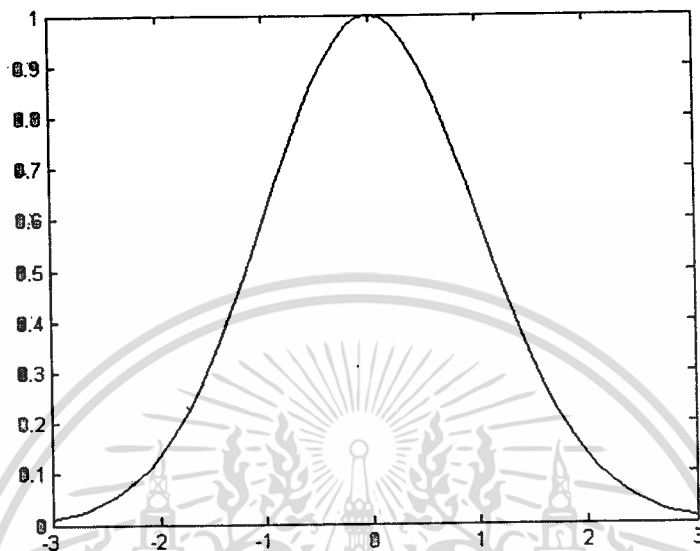
$$\text{bias} = \frac{\sqrt{-\ln(0.5)}}{\text{spread}} \quad (6.4)$$

$$\text{bias} = \frac{0.8326}{\text{spread}} \quad (6.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3.2 การใช้สมการ $a(n)=e^{-0.5n^2}$ เป็นสมการในชั้นซ่อน

ในการใช้สมการ $a(n)=e^{-0.5n^2}$ นี้จะทำให้กราฟมีขนาดกว้างขึ้นจากรูปกราฟปกติในรูปที่ 6.4 ซึ่งจะได้รูปกราฟดังรูปที่ 6.5



รูปที่ 6.5 กราฟ Radial Basis Function ของสมการ $a(n)=e^{-0.5n^2}$

ในการใช้สมการ $a(n)=e^{-0.5n^2}$ เราสามารถหาค่าไบอัสได้จากสมการ

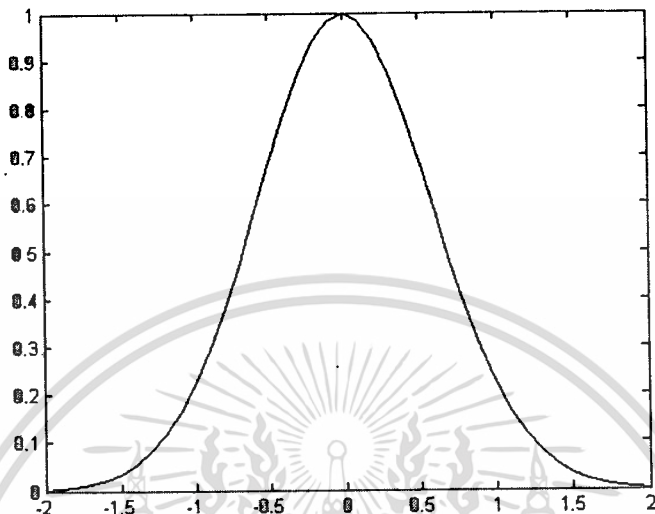
$$\text{bias} = \frac{\sqrt{\frac{-\ln(0.5)}{0.5}}}{\text{spread}} \quad (6.6)$$

$$\text{bias} = \frac{1.1774}{\text{spread}} \quad (6.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3.3 การใช้สมการ $a(n) = e^{-1.5n^2}$ เป็นสมการในชั้นซ่อน

การใช้สมการ $a(n) = e^{-1.5n^2}$ มีขนาดแคบลงจากรูปกราฟปกติในรูปที่ 6.4 ซึ่งจะได้รูปกราฟดังรูปที่ 6.6



รูปที่ 6.6 กราฟ Radial Basis Function ของสมการ $a(n) = e^{-1.5n^2}$

ในการใช้สมการ $a(n) = e^{-1.5n^2}$ เราสามารถหาค่าไบอัสได้จากสมการ

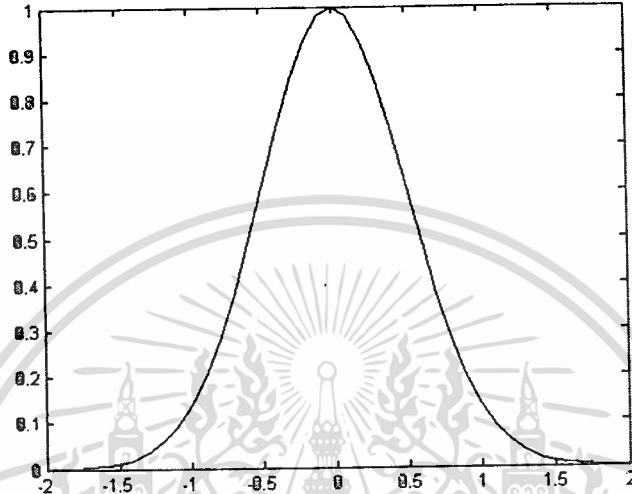
$$\text{bias} = \frac{\sqrt{\frac{-\ln(0.5)}{1.5}}}{\text{spread}} \quad (6.8)$$

$$\text{bias} = \frac{0.6800}{\text{spread}} \quad (6.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3.4 การใช้สมการ $a(n) = e^{-2n^2}$ เป็นสมการในชั้นซ่อน

การใช้สมการ $a(n) = e^{-2n^2}$ จะทำให้รูปกราฟมีขนาดแคบลงกว่ารูปกราฟปกติ
 ในรูปที่ 6.4 และ แคบลงกว่ากราฟในรูปที่ 6.6 ซึ่งรูปกราฟที่ได้จากสมการ $a(n) = e^{-2n^2}$ เป็นดัง
 รูปที่ 6.7



รูปที่ 6.7 กราฟ Radial Basis Function ของสมการ $a(n) = e^{-2n^2}$

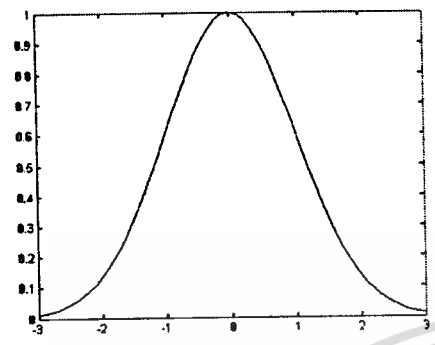
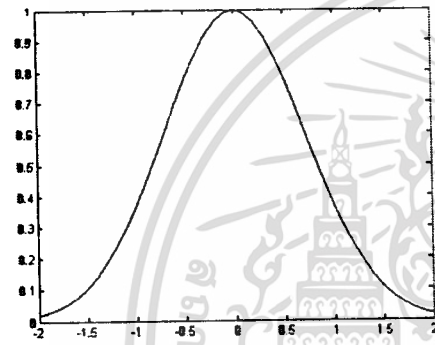
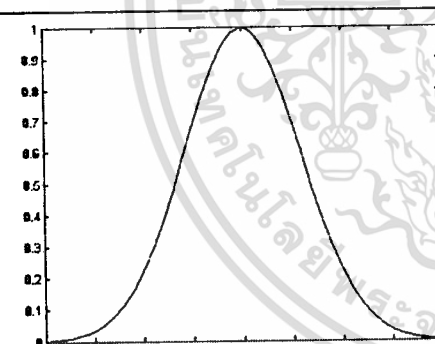
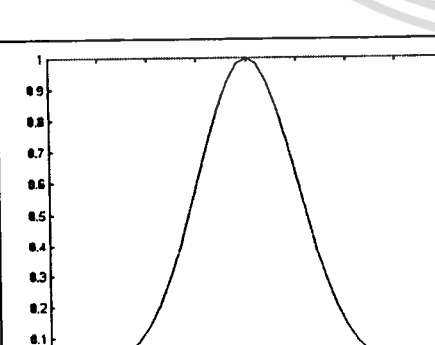
ในการใช้สมการ $a(n) = e^{-2n^2}$ เราสามารถหาค่าได้จากสมการ

$$\text{bias} = \frac{\sqrt{\frac{-\ln(0.5)}{2}}}{\text{spread}} \quad (6.10)$$

$$\text{bias} = \frac{0.5887}{\text{spread}} \quad (6.11)$$

โดยสามารถสรุปสมการที่ใช้ในการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมแบบ
 Generalized Regression รูปกราฟที่ได้ และสมการที่ใช้ในการหาค่าไบอัสได้ดังตารางที่ 6.7

ตารางที่ 6.7 กราฟและสมการ Radial Basis Function และสมการที่ใช้ในการหาค่าไบอัส

กราฟ Radial Basis Function	สมการ Radial Basis Function	สมการที่ใช้ในการหาค่าไบอัส
	$a(n) = e^{-0.5n^2}$	$\text{bias} = \frac{1.1774}{\text{spread}}$
	$a(n) = e^{-n^2}$	$\text{bias} = \frac{0.8326}{\text{spread}}$
	$a(n) = e^{-1.5n^2}$	$\text{bias} = \frac{0.6800}{\text{spread}}$
	$a(n) = e^{-2n^2}$	$\text{bias} = \frac{0.5877}{\text{spread}}$

ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้นจะ
 เอกสารนี้แสดงในบทถัดไป แสดงในบทถัดไป ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

ผลการทดลอง

จากที่ได้กล่าวในบทที่แล้วถึงวิธีและขั้นตอนในการทดสอบการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้าโดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียมด้วยการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 และ 2 ชั้น และโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ในบทนี้จะเป็นผลการทดสอบที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม โดยทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์ Pentium IV 2.6 GHz หน่วยความจำขนาด 512 MB

7.1 การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น

การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น นั้นจะแสดงผลที่ได้จากการทดสอบโดยการใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนทุกแบบ โดยในตารางที่ 7.1 ถึง 7.3 จะแสดงผลที่ได้จากการทดสอบการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลการเกิดไฟดับในภาคเหนือตามลำดับ และ ตารางที่ 7.4 ถึง 7.6 จะแสดงผลที่ได้จากการทดสอบการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และ ดัชนี SAUEI ของข้อมูลการเกิดไฟดับในภาคกลางตามลำดับ

ในรูปที่ 7.1 ถึง 7.3 จะแสดงแผนภูมิแท่งที่ทำการเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงที่ได้จากการไฟฟ้าและค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ และในรูปที่ 7.7 ถึง 7.9 จะแสดงแผนภูมิแท่งที่ทำการเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงที่ได้จากการไฟฟ้าและค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง

ในรูปที่ 7.4 ถึง 7.6 จะแสดงภาพโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ ที่ดีที่สุดที่ทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำที่สุด และในรูปที่ 7.10 ถึง 7.12 จะแสดงภาพโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง ที่ดีที่สุดที่ทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำที่สุด

ตารางที่ 7.1 ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น ในการหาค่าดัชนี SAIFI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ

Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย		จำนวน node ใน Hidden Layer	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายที่ดีที่สุด (วินาที)		เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (นาที)		ค่า absolute percentage error ของจุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
Hidden Layer	Output Layer		ของโครงข่ายที่ดีที่สุด (วินาที)	(วินาที)	ฝึกสอนทั้งหมด (นาที)	min (%)	mean (%)	max (%)	min (%)	mean (%)	max (%)	
purelin	purelin	2	6	27	27	0.0889	3.5381	9.6812	0.9809	1.5052	3.0424	
logsig	purelin	3	71	7	7	2.43E-05	3.80E-03	6.60E-03	7.70E-03	0.0465	0.3717	
tansig	purelin	6	69	8	8	1.68E-04	3.60E-03	7.60E-03	7.68E-04	0.0473	0.1554	
purelin	logsig	3	10	2	2	0.4089	64.296	179.6863	0.13	81.0839	184.427	
logsig	logsig	8	68	9	9	2.41E-06	62.8324	179.6589	0.0671	80.6784	184.4029	
tansig	logsig	4	35	7	7	3.74E-02	62.8835	179.6589	0.0173	80.6683	184.4029	
purelin	tansig	9	5	39	39	1.0255	5.1891	4.34E+01	0.2361	7.2146	73.2416	
logsig	tansig	9	72	11	11	1.29E-04	1.6041	43.2337	7.00E-03	3.6853	73.2416	
tansig	tansig	3	63	9	9	4.30E-03	1.6134	43.2337	9.83E-04	3.6772	73.2416	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.2 ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นในการหาค่าดัชนี SAIDI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ

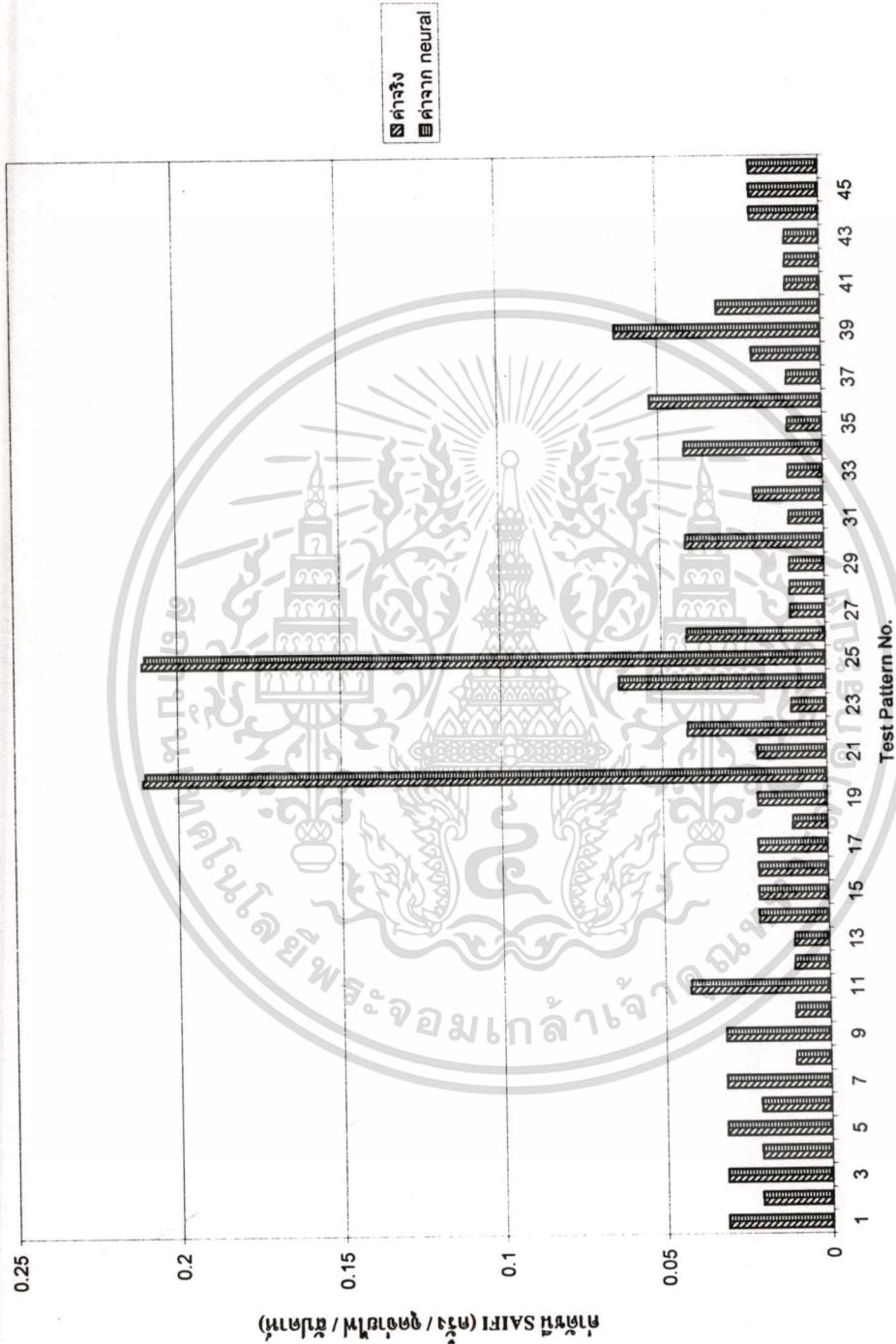
Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย		จำนวน node ใน Hidden Layer	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายที่ดีที่สุด (วินาที)		เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (นาที)	ค่า absolute percentage error ของจุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
Hidden Layer	Output Layer		min (%)	mean (%)		max (%)	min (%)	mean (%)	max (%)		
purelin	purelin	9	3	28 วินาที	0.0067	66.0816	1.64E+03	0.1483	3.8549	29.4196	
logsig	purelin	2	25	9	2.52E-01	59.6188	1.55E+03	2.23E+00	8.6141	10.0437	
tansig	purelin	2	34	10	3.69E-01	46.5861	1.54E+03	2.83E-01	8.6921	102.1591	
purelin	logsig	9	6	49 วินาที	3.27E-01	438.5394	3.56E+03	1.3367	499.878	4.87E+03	
logsig	logsig	6	70	9	3.46E-01	434.0526	3.56E+03	5.36E-01	498.9918	4.87E+03	
tansig	logsig	2	61	9	2.30E-01	432.3004	3.56E+03	1.33E-01	499.1801	4.87E+03	
purelin	tansig	8	5	40 วินาที	7.69E-02	43.3301	1.64E+03	5.60E-01	6.8844	33.9757	
logsig	tansig	3	74	11	7.06E-02	48.5855	1.48E+03	4.15E-02	5.7394	64.9645	
tansig	tansig	4	65	10	1.79E-01	35.3143	908.3608	2.18E+00	9.3411	63.4339	

ตารางที่ 7.3 ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นในการหาค่าดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟฟ้าในภาคเหนือ

Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย		จำนวน node ใน Hidden Layer	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายที่ดีที่สุด (วินาที)	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
Hidden Layer	Output Layer				min (%)	mean (%)	max (%)	min (%)	mean (%)	max (%)
purelin	purelin	8	3	29 วินาที	0.0596	23.7719	325.3971	0.0058	2.0611	37.7813
logsig	purelin	4	57	10	4.26E-05	5.82E-02	2.01E+00	2.60E-03	0.0404	0.5606
tansig	purelin	4	64	11	6.02E-05	1.94E-02	3.42E-01	1.70E-03	0.0519	0.1523
purelin	logsig	6	16	3	3.09E+00	694.006	1.79E+04	1.6496	862.006	1.59E+04
logsig	logsig	4	53	10	4.10E-03	691.2663	1.79E+04	2.50E-03	859.7629	1.59E+04
tansig	logsig	5	64	9	1.90E-03	6.91E+02	1.79E+04	9.10E-03	859.7597	1.59E+04
purelin	tansig	6	5	41 วินาที	2.69E-01	1.10E+01	1.02E+02	3.69E-01	10.3147	51.6097
logsig	tansig	5	62	11	5.35E-04	3.6233	81.9573	6.50E-03	2.7634	51.5411
tansig	tansig	4	66	11	4.00E-03	4.0519	81.9573	1.36E-02	3.0578	51.5411

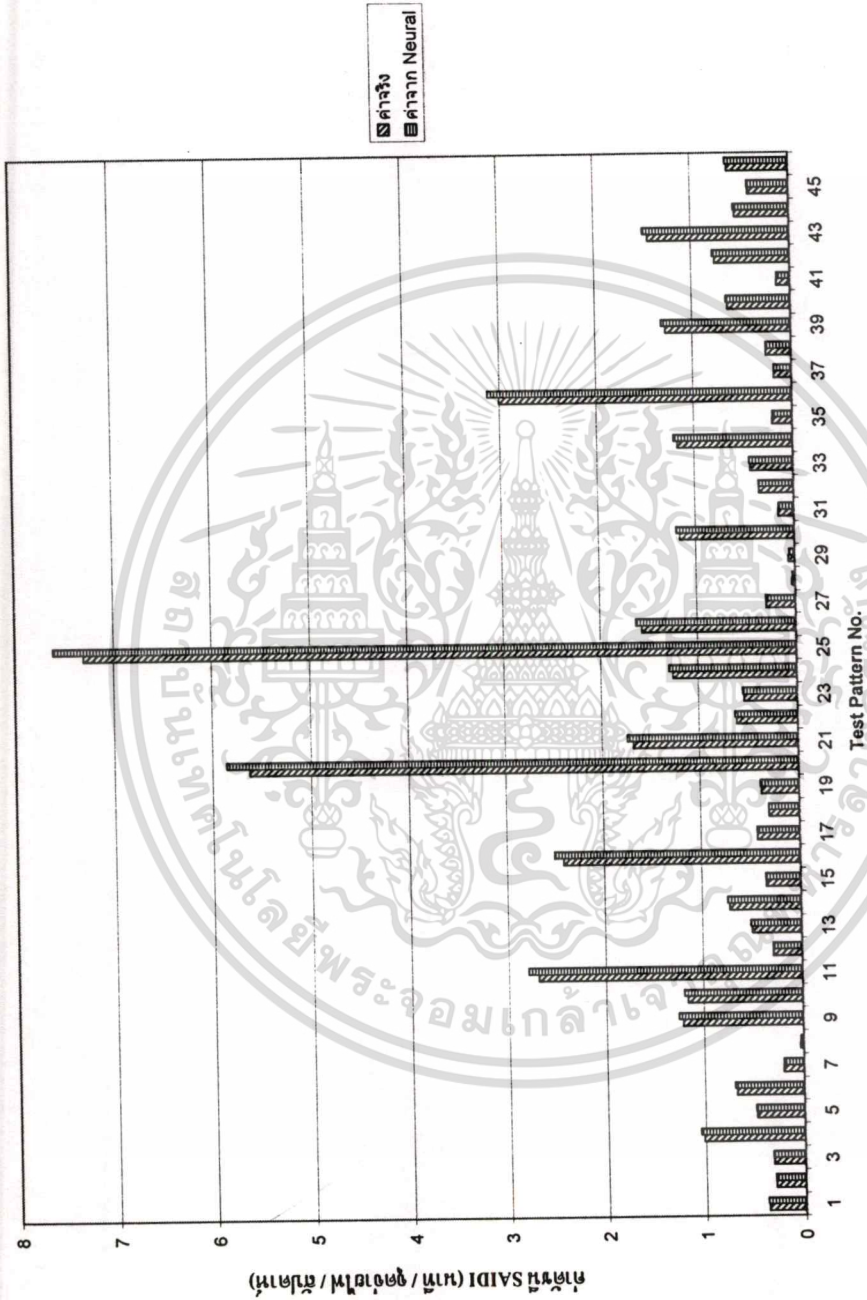
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



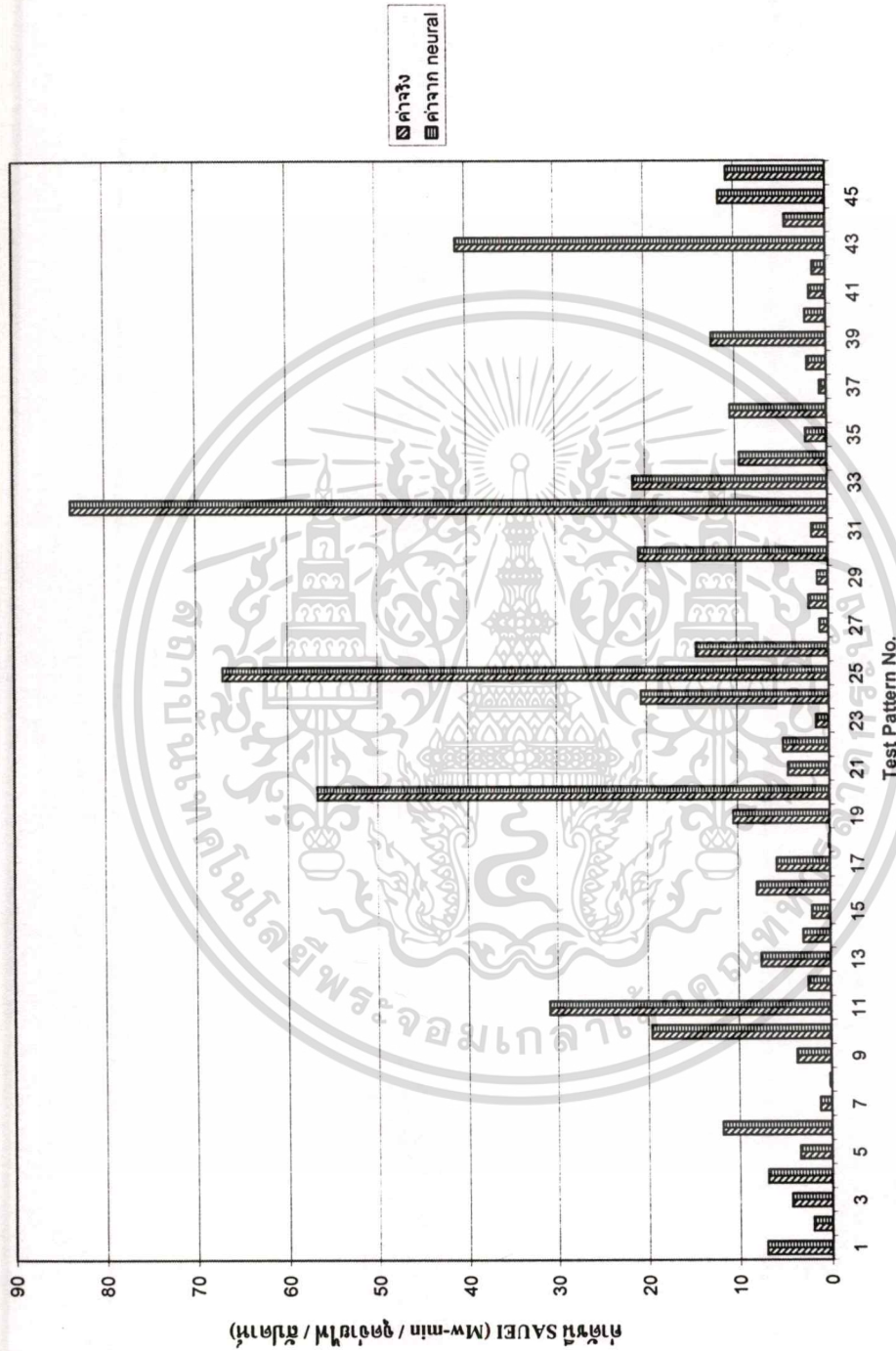
รูปที่ 7.1 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIPI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น
เปรียบเทียบค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.2 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIDI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น
เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ

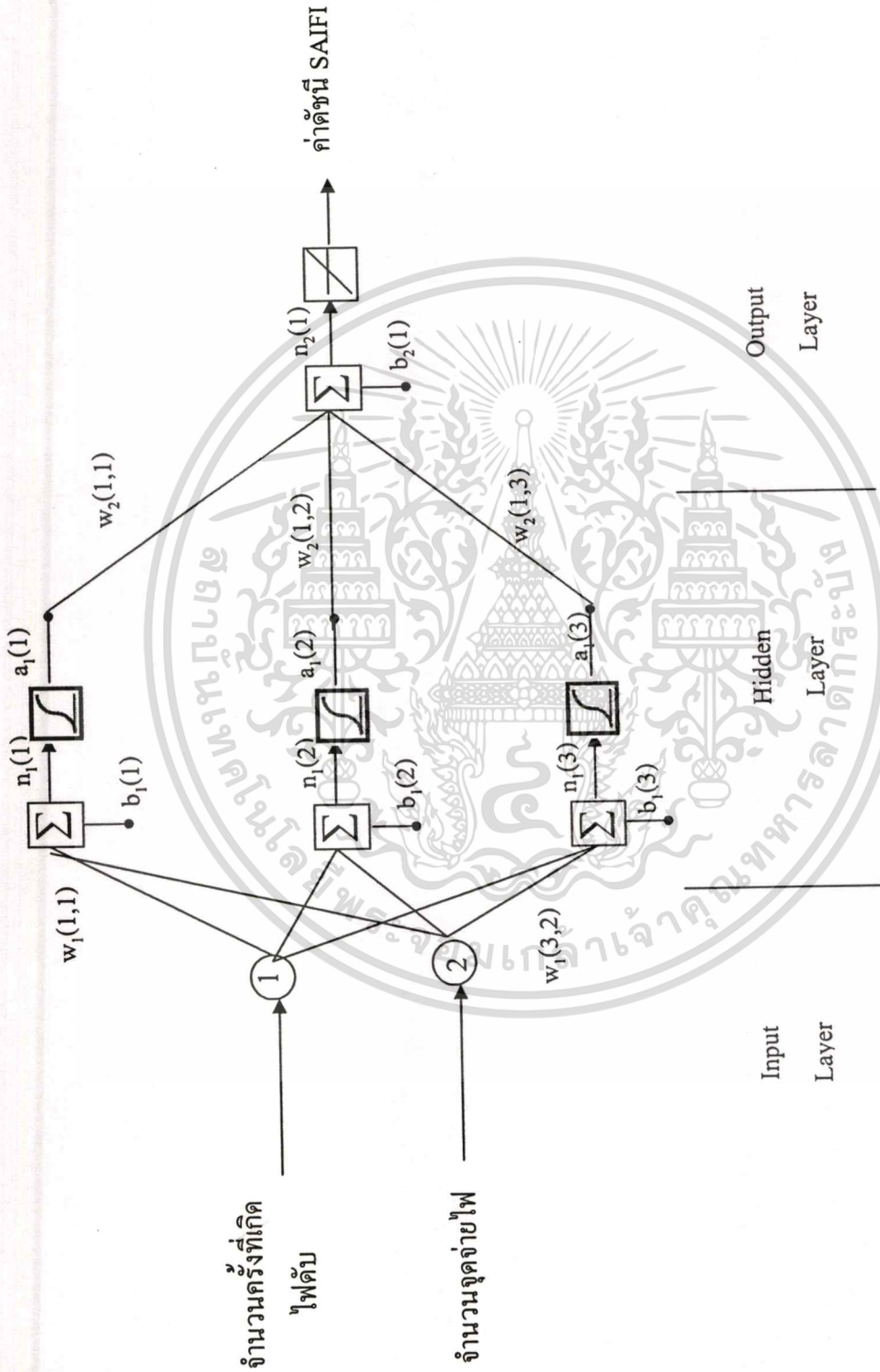
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.3 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAUEI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น

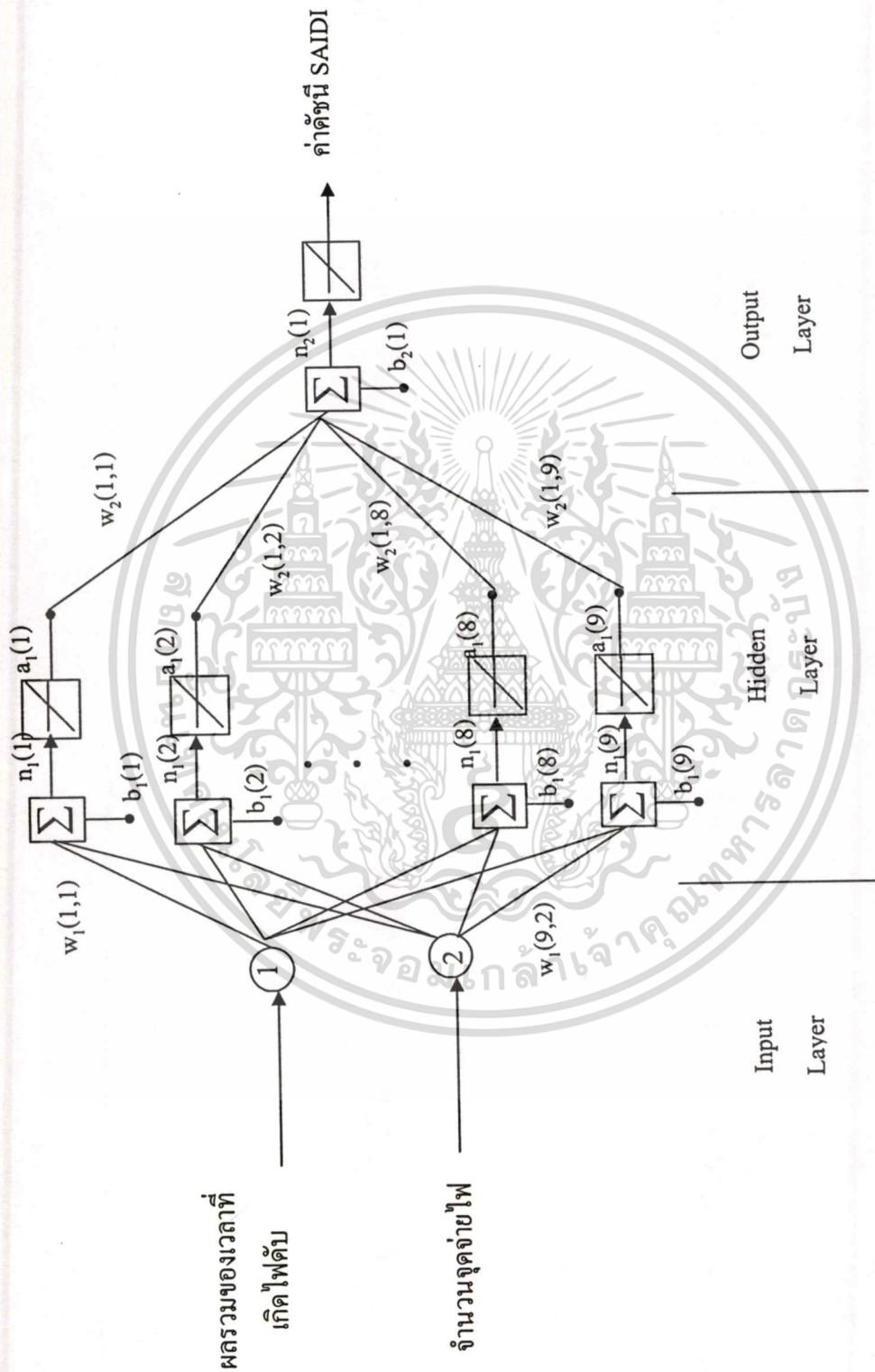
เปรียบเทียบค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



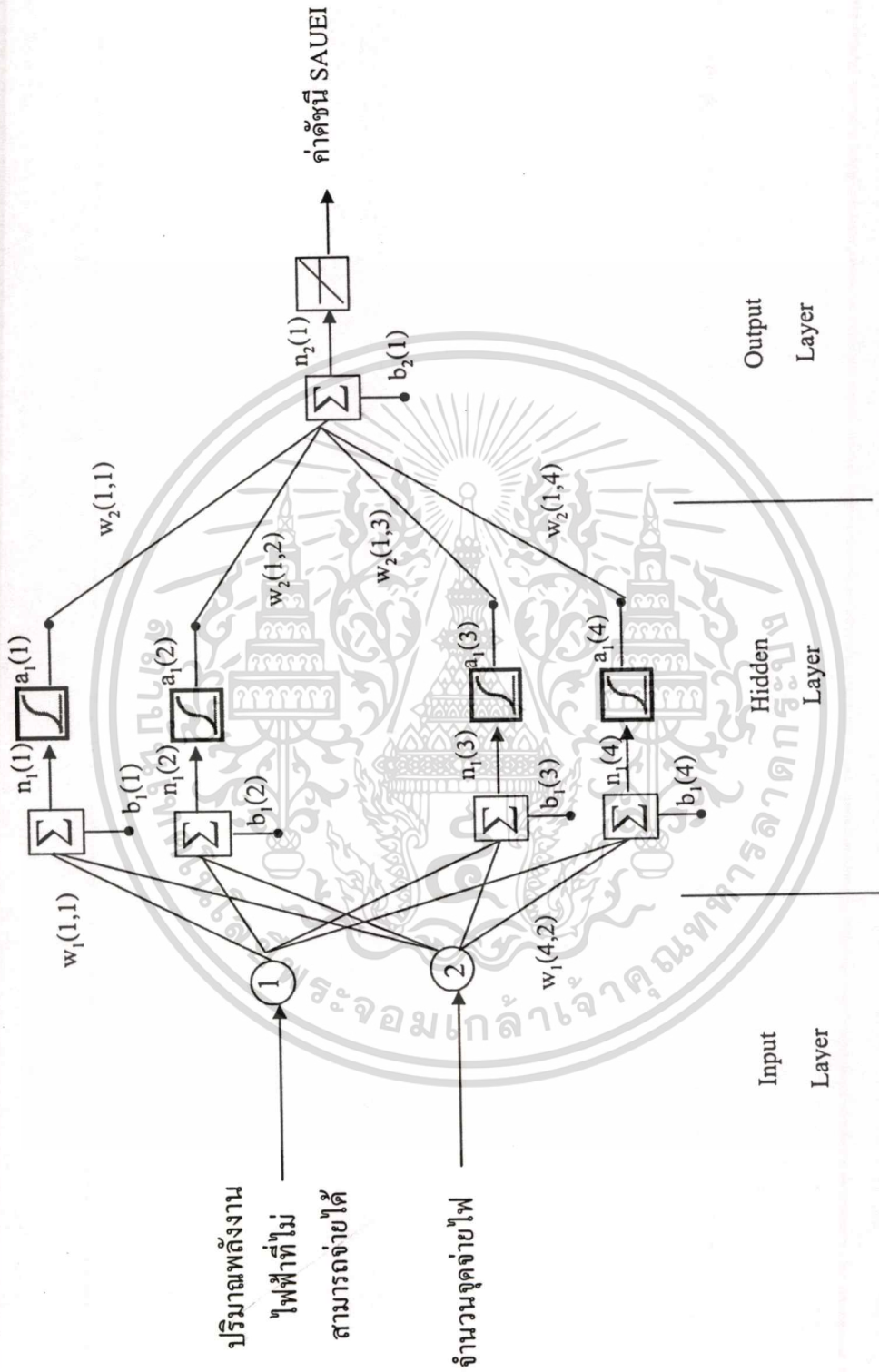
รูปที่ 7.4 โครงข่ายประสาทเทียมแบบค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นของการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIFI ด้วยข้อมูลไฟฟ้าดับในเขตภาคเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.5 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นของการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIDI ด้วยข้อมูลไฟฟ้าดับในเขตภาคเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.6 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นของการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAUEI ด้วยข้อมูลไฟดับในเขตภาคเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

ตารางที่ 7.4 ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น ในการหาค่าดัชนี SAIPI ของข้อมูล ไฟดับในภาคกลาง

Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย		จำนวน node ใน Hidden Layer	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายที่ดีที่สุด (วินาที)	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
Hidden Layer	Output Layer				min (%)	mean (%)	max (%)	min (%)	mean (%)	max (%)
purelin	purelin	8	4	29 วินาที	0.003	0.7025	1.2451	0.0712	0.8485	2.5794
logsig	purelin	8	65	10	1.59E-07	4.12E-04	2.20E-03	5.18E-04	0.0079	0.1725
tansig	purelin	2	80	10	2.79E-04	1.90E-03	0.0109	1.93E-05	0.0193	0.0896
purelin	logsig	3	23	3	1.73E-04	64.0676	117.244	0.0012	70.5471	122.9543
logsig	logsig	4	56	8	6.43E-07	63.9139	117.244	7.10E-04	70.547	122.9543
tansig	logsig	7	50	7	1.02E-06	64.0017	117.244	1.62E-05	70.547	122.9543
purelin	tansig	6	5	41 วินาที	0.6121	5.3176	61.8228	0.4775	2.8807	66.8342
logsig	tansig	10	56	9	1.37E-06	4.0853	61.8209	2.00E-03	2.0177	66.834
tansig	tansig	3	66	8	2.38E-05	4.0853	61.8209	2.01E-04	2.0171	66.834

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ก่อนพิมพ์ และอาจมีการเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.5 ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าเชื่อมกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นในการหาค่าดัชนี SAIDI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง

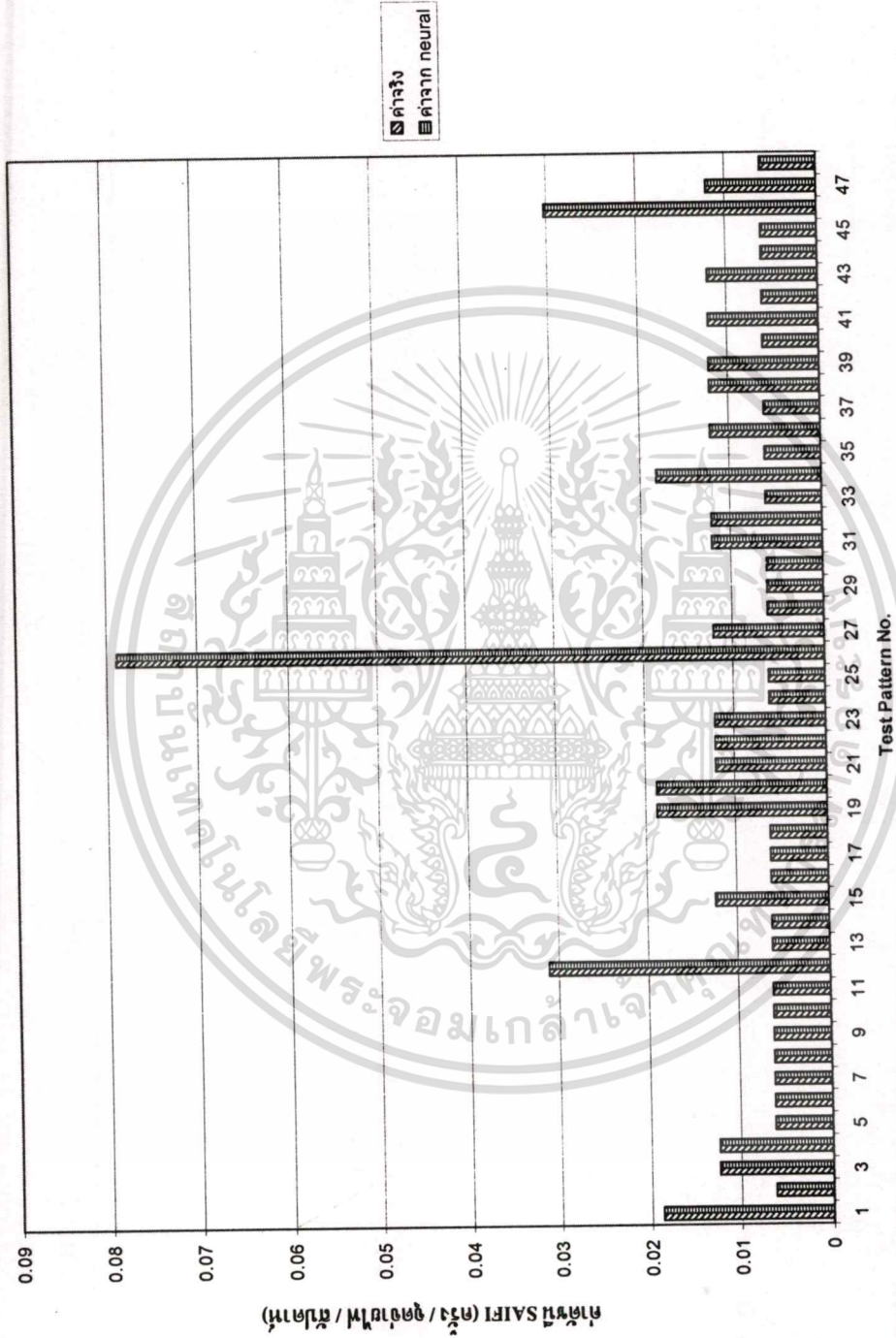
Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย		จำนวน node ใน Hidden Layer	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายที่ดีที่สุด (วินาที)	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (นาที)	ค่า absolute percentage error ของจุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของจุดทดสอบ		
Hidden Layer	Output Layer				min (%)	mean (%)	max (%)	min (%)	mean (%)	max (%)
purelin	purelin	10	4	29 วินาที	5.99E-04	3.5459	50.2578	0.0556	1.2594	8.0007
logsig	purelin	2	80	11	2.80E-05	0.0179	0.3432	8.16E-05	0.0553	0.5165
tansig	purelin	2	80	11	2.96E-05	0.0149	0.2813	1.22E-04	0.0418	0.2807
purelin	logsig	6	6	51 วินาที	0.2945	439.7333	4.13E+03	5.3548	224.4617	1.31E+03
logsig	logsig	4	55	9	1.60E-03	437.8202	4.13E+03	5.36E-04	222.7579	1.31E+03
tansig	logsig	5	57	9	3.56E-05	437.814	4.13E+03	5.00E-03	222.7517	1.31E+03
purelin	tansig	9	4	39 วินาที	0.0474	13.9984	115.8781	0.0198	6.2008	51.3895
logsig	tansig	4	59	10	2.00E-03	3.5502	81.2775	0.0114	3.0911	51.2856
tansig	tansig	6	68	10	2.11E-04	3.4126	81.2775	0.0158	3.0853	51.2856

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการอ้างอิงเท่านั้น ไม่ควรตีพิมพ์หรือเผยแพร่โดยไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

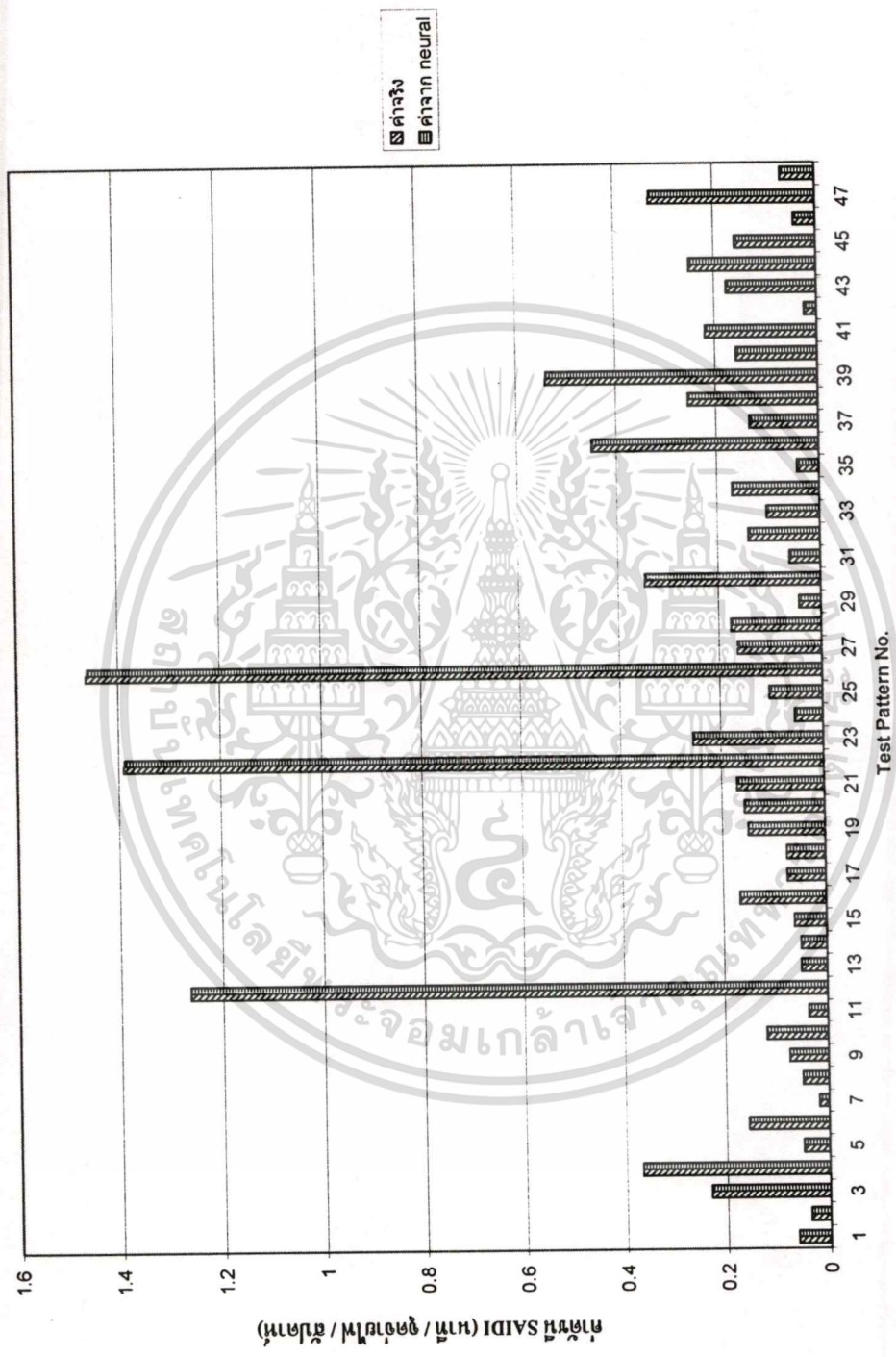
ตารางที่ 7.6 ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นในการหาค่าดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง

Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย		จำนวน node ใน Hidden Layer	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายที่ดีที่สุด (วินาที)	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
Hidden Layer	Output Layer				min (%)	mean (%)	max (%)	min (%)	mean (%)	max (%)
pureline	purelin	6	3	25 วินาที	0.0148	7.4137	350.011	0.0971	1.1929	8.0368
logsig	purelin	4	77	11	1.93E-05	0.0575	3.6786	6.02E-04	0.0179	0.0615
tansig	purelin	3	72	11	3.48E-06	0.0194	1.248	9.84E-05	0.0416	0.1021
purelin	logsig	6	25	3	1.2961	801.2642	2.99E+04	0.446	246.1092	1.68E+03
logsig	logsig	3	65	10	0.016	798.3593	2.99E+04	0.1883	245.7654	1.68E+03
tansig	logsig	3	60	8	0.0165	798.3587	2.99E+04	0.169	245.7638	1.68E+03
purelin	tansig	7	4	37 วินาที	0.0111	18.471	698.5268	0.2957	8.8211	62.6153
logsig	tansig	4	64	11	3.90E-03	4.9933	78.7936	0.0117	2.5617	62.6083
tansig	tansig	4	64	10	1.07E-04	3.6081	78.7936	1.44E-04	2.3814	62.6083



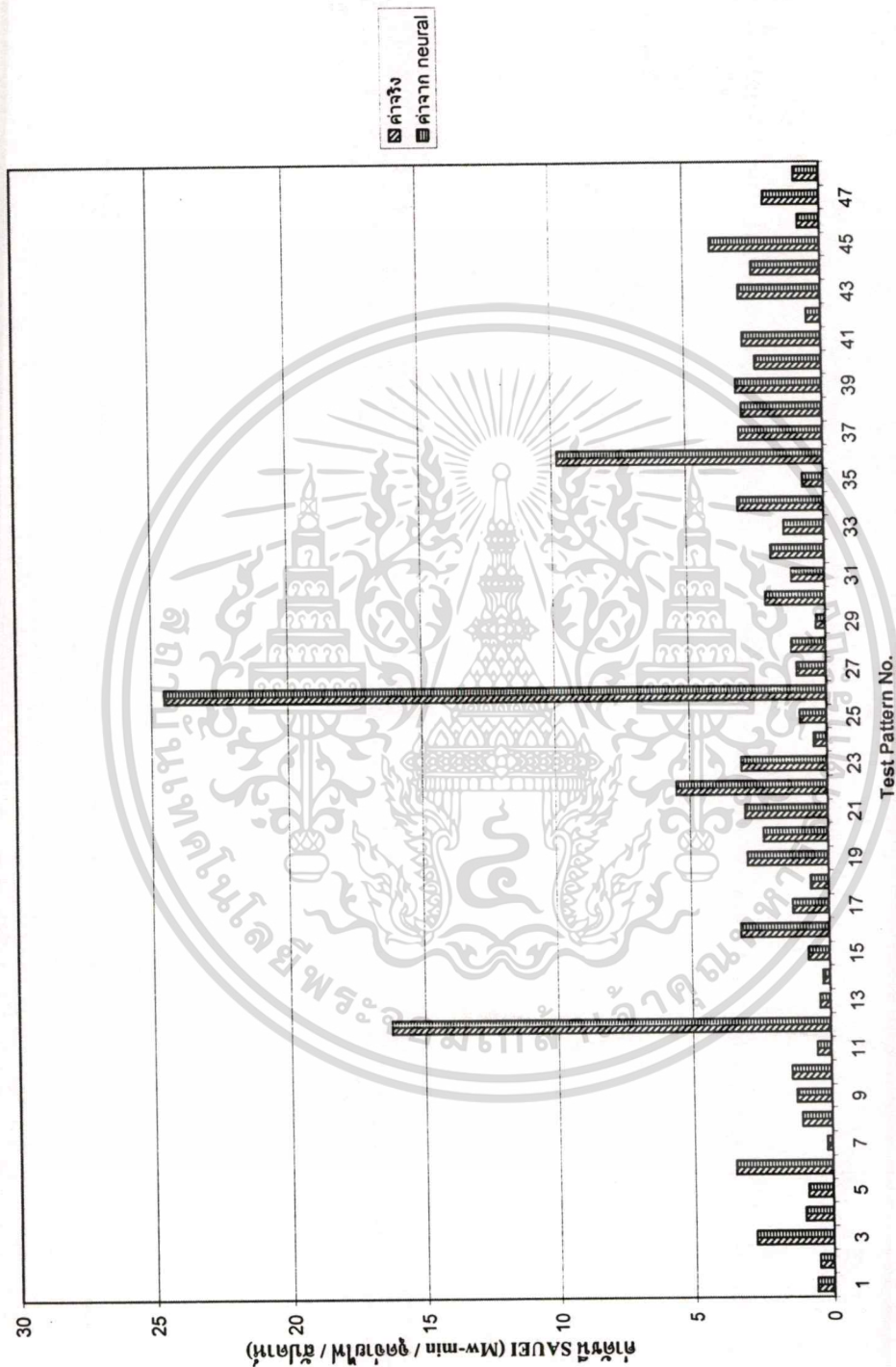
รูปที่ 7.7 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIFI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น
เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



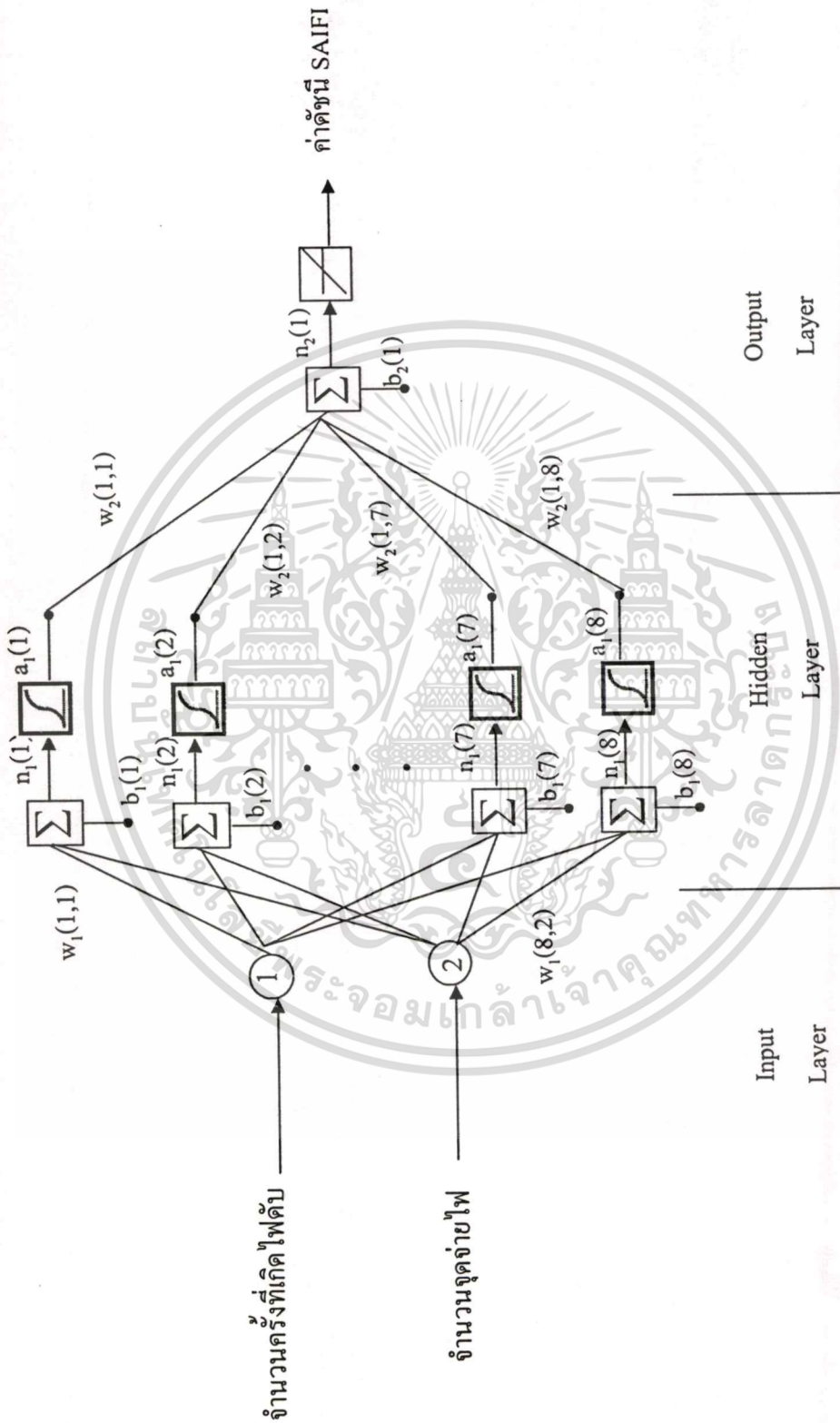
รูปที่ 7.8 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIDI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น
เปรียบเทียบค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



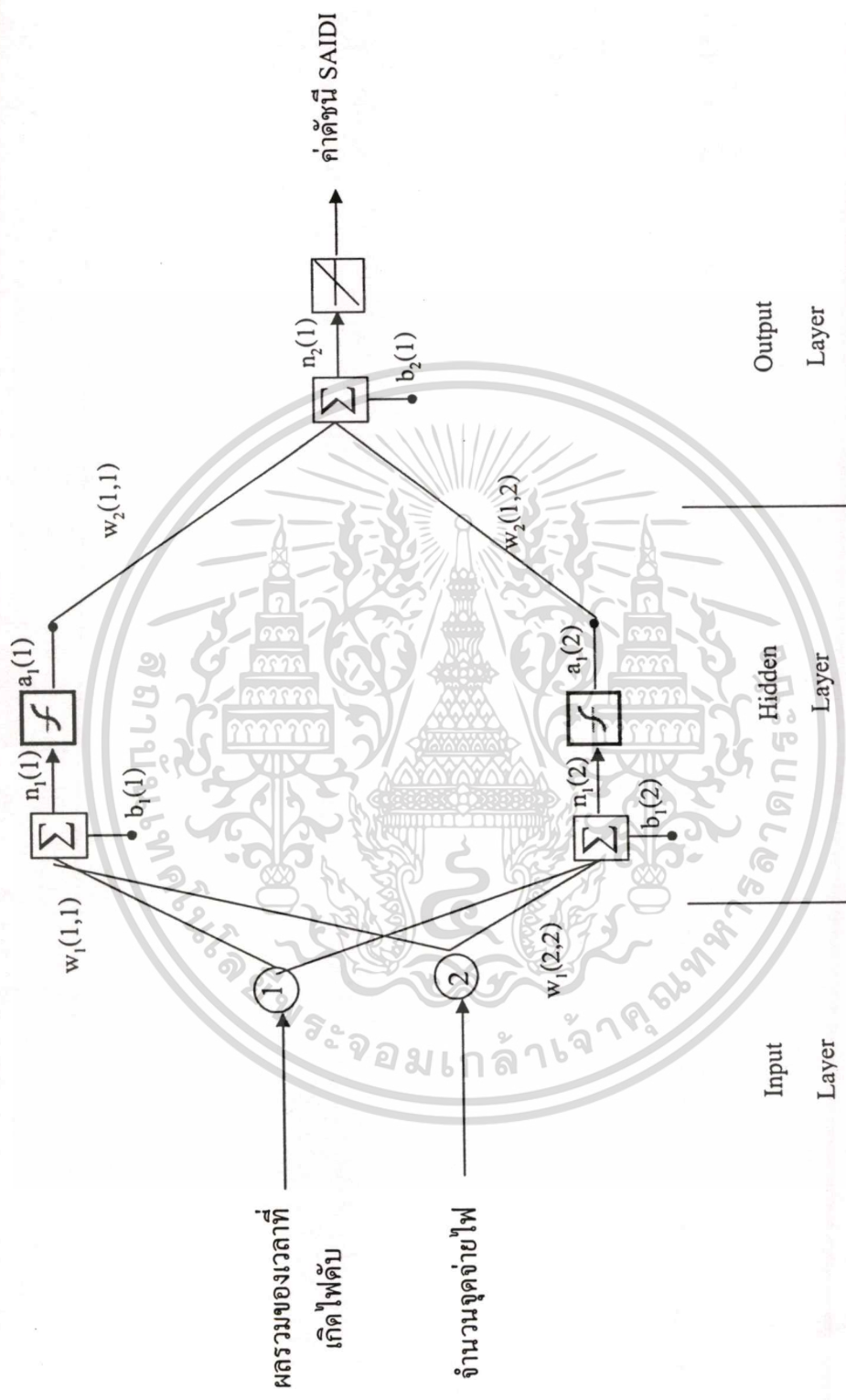
รูปที่ 7.9 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAUEI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น
เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



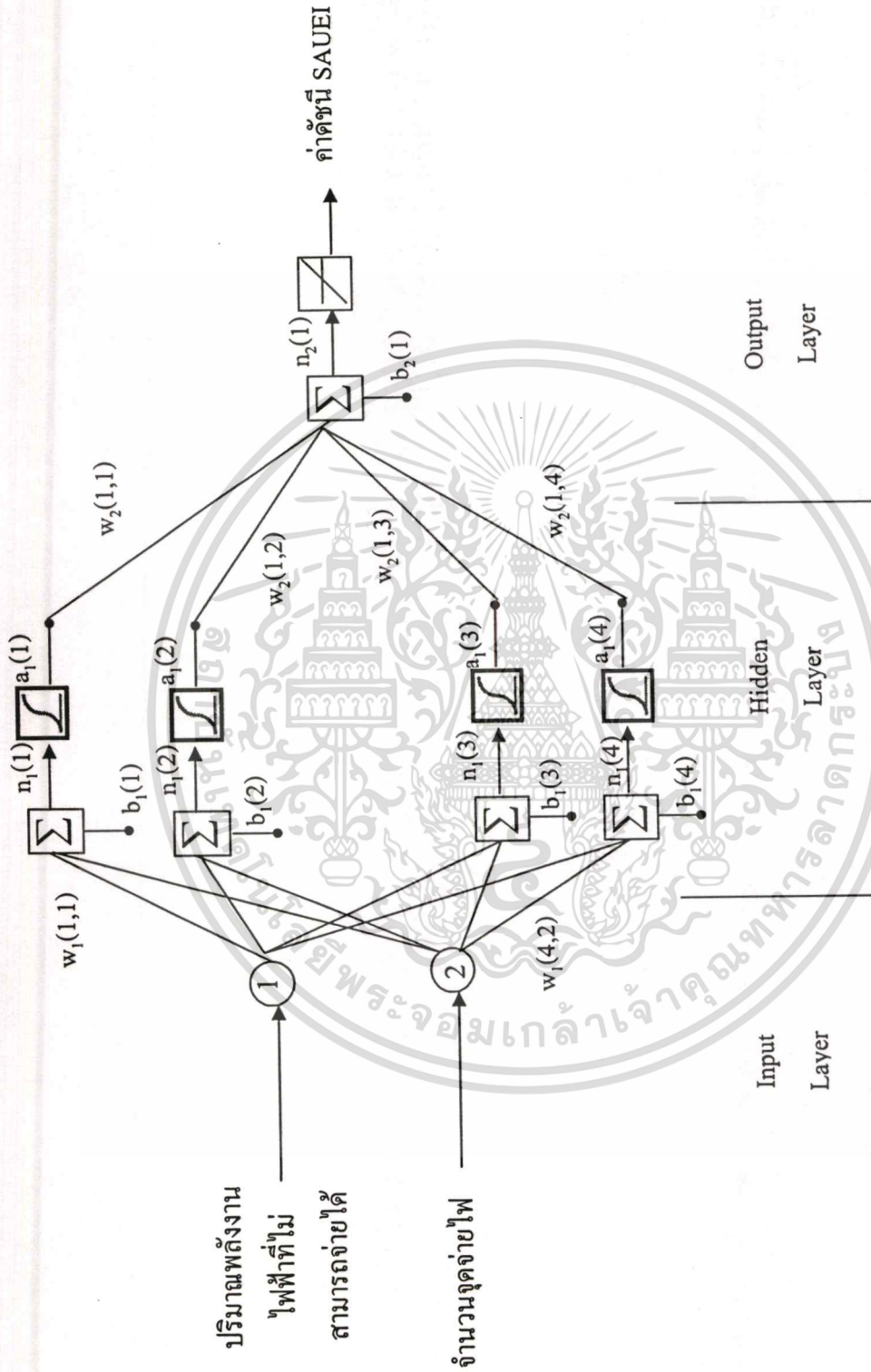
รูปที่ 7.10 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นของการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIFI ด้วยข้อมูลไฟดับในเขตภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.11 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นของการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIDI ด้วยข้อมูลไฟดับในเขตภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.12 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นของการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAUEI ด้วยข้อมูลไฟดับในเขตภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 7.1 เป็นผลการทดสอบค่าดัชนี SAIFI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ สามารถอธิบายได้ว่า โครงสร้างของของโครงข่ายประสาทยูทิลิตี้ที่ทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าน้อยที่สุด คือ โครงข่ายประสาทยูทิลิตี้ที่ใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนในชั้นซ่อนเป็นแบบ Log – Sigmoid และฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ในชั้นเอาต์พุต คือ Linear และจำนวนโหนดในชั้นซ่อน คือ 3 โหนด ซึ่งเวลาที่ใช้ในการทดสอบสำหรับโครงข่ายที่ดีที่สุดนั้นใช้เวลา 71 วินาที และเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (จำนวนโหนดในชั้นซ่อนตั้งแต่ 2 โหนด ถึง 10 โหนด) ใช้เวลาทั้งหมด 7 นาที ซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ $2.43e-05\%$, ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $3.80e-03\%$ และค่าสูงสุด (Maximum) คือ $6.60e-03\%$ และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ $7.70e-03\%$, ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0465% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 0.3713%

จากตารางที่ 7.2 เป็นผลการทดสอบค่าดัชนี SAIDI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ สามารถอธิบายได้ว่า โครงสร้างของของโครงข่ายประสาทยูทิลิตี้ที่ทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าน้อยที่สุด คือ โครงข่ายประสาทยูทิลิตี้ที่ใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนในชั้นซ่อนเป็นแบบ Linear และฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ในชั้นเอาต์พุต คือ Linear และจำนวนโหนดในชั้นซ่อน คือ 9 โหนด ซึ่งเวลาที่ใช้ในการทดสอบสำหรับโครงข่ายที่ดีที่สุดนั้นใช้เวลา 3 วินาที และเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (จำนวนโหนดในชั้นซ่อนตั้งแต่ 2 โหนด ถึง 10 โหนด) ใช้เวลาทั้งหมด 28 วินาที ซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.0067% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 66.0816% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ $1.64e+03\%$ และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.1483% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.8549% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 29.4196%

จากตารางที่ 7.3 เป็นผลการทดสอบค่าดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ สามารถอธิบายได้ว่า โครงสร้างของของโครงข่ายประสาทยูทิลิตี้ที่ทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าน้อยที่สุด คือ โครงข่ายประสาทยูทิลิตี้ที่ใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนในชั้นซ่อนเป็นแบบ Log – Sigmoid และฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ในชั้นเอาต์พุต คือ Linear และจำนวนโหนดในชั้นซ่อน คือ 4 โหนด ซึ่งเวลาที่ใช้ในการทดสอบสำหรับโครงข่ายที่ดีที่สุดนั้นใช้เวลา 57 วินาที และเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (จำนวนโหนดในชั้นซ่อนตั้งแต่ 2 โหนด ถึง 10 โหนด) ใช้เวลาทั้งหมด 10 นาที ซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ $4.26e-05\%$, ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $5.82e-02\%$ และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 2.01% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ $2.60e-03\%$, ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0404% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 0.5606%

จากตารางที่ 7.4 เป็นผลการทดสอบค่าดัชนี SAIFI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง สามารถอธิบายได้ว่า โครงสร้างของของโครงข่ายประสาทยูทิลิตี้ที่ทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าน้อยที่สุด คือ โครงข่ายประสาทยูทิลิตี้ที่ใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนในชั้นซ่อนเป็นแบบ Log – Sigmoid และฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ในชั้นเอาต์พุต คือ Linear และจำนวนโหนดในชั้นซ่อน คือ 8 โหนด ซึ่งเวลาที่ใช้ในการทดสอบสำหรับโครงข่ายที่ดีที่สุดนั้นใช้เวลา 65 วินาที และเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (จำนวนโหนดในชั้นซ่อนตั้งแต่ 2 โหนด ถึง 10 โหนด) ใช้เวลาทั้งหมด 10 นาที ซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ $1.59e-07\%$, ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $4.12e-04\%$ และค่าสูงสุด (Maximum) คือ $2.20e-03\%$ และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ $5.18e-04\%$, ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0079% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 0.01725%

จากตารางที่ 7.5 เป็นผลการทดสอบค่าดัชนี SAIDI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง สามารถอธิบายได้ว่า โครงสร้างของของโครงข่ายประสาทยูทิลิตี้ที่ทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าน้อยที่สุด คือ โครงข่ายประสาทยูทิลิตี้ที่ใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนในชั้นซ่อนเป็นแบบ Tan – Sigmoid และฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ในชั้นเอาต์พุต คือ Linear และจำนวนโหนดในชั้นซ่อน คือ 2 โหนด ซึ่งเวลาที่ใช้ในการทดสอบสำหรับโครงข่ายที่ดีที่สุดนั้นใช้เวลา 80 วินาที และเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (จำนวนโหนดในชั้นซ่อนตั้งแต่ 2 โหนด ถึง 10 โหนด) ใช้เวลาทั้งหมด 11 นาที ซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ $2.96e-05\%$, ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0149% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 0.2813% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ $1.22e-04\%$, ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0418% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 0.2807%

จากตารางที่ 7.6 เป็นผลการทดสอบค่าดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง สามารถอธิบายได้ว่า โครงสร้างของของโครงข่ายประสาทยูทิลิตี้ที่ทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าน้อยที่สุด คือ โครงข่ายประสาทยูทิลิตี้ที่ใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนในชั้นซ่อนเป็นแบบ Log – Sigmoid และฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ในชั้นเอาต์พุต คือ Linear และจำนวนโหนดในชั้นซ่อน คือ 4 โหนด ซึ่งเวลาที่ใช้ในการทดสอบสำหรับโครงข่ายที่ดีที่สุดนั้นใช้เวลา 77 วินาที และเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (จำนวนโหนดในชั้นซ่อนตั้งแต่ 2 โหนด ถึง 10 โหนด) ใช้เวลาทั้งหมด 11 นาที ซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ $1.93e-05\%$, ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0575% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 3.6786% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ $6.02e-04\%$, ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0179% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 0.0615

7.2 การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น

การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น นั้นจะแสดงผลที่ได้จากการทดสอบโดยการให้ฟังก์ชันการถ่ายโอนทุกแบบ โดยในตารางที่ 7.7 ถึง 7.9 จะแสดงผลที่ได้จากการทดสอบการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และ ดัชนี SAUEI ของข้อมูลการเกิดไฟดับในภาคเหนือตามลำดับ และ ตารางที่ 7.10 ถึง 7.12 จะแสดงผลที่ได้จากการทดสอบการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และ ดัชนี SAUEI ของข้อมูลการเกิดไฟดับในภาคกลางตามลำดับ

ในรูปที่ 7.13 ถึง 7.15 จะแสดงแผนภูมิแท่งที่ทำการเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงที่ได้จากการไฟฟ้าและค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และ ดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ และในรูปที่ 7.19 ถึง 7.21 จะแสดงแผนภูมิแท่งที่ทำการเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงที่ได้จากการไฟฟ้าและค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และ ดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลางตามลำดับ

ในรูปที่ 7.16 ถึง 7.18 จะแสดงภาพโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และ ดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือที่ดีที่สุดที่ทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำที่สุด และในรูปที่ 7.22 ถึง 7.24 จะแสดงภาพโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และ ดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลางที่ดีที่สุดที่ทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำที่สุด

ตารางที่ 7.7 ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นในการหาค่าดัชนี SAFI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ

Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย			จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายที่ดีที่สุด (วินาที)	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
Hidden Layer ที่ 1	Hidden Layer ที่ 2	Output Layer					min (%)	mean (%)	max (%)	min (%)	mean (%)	max (%)
purelin	purelin	purelin	6	5	4	30.วินาที	0.352	2.8182	6.8722	0.2511	3.2357	7.9168
purelin	logsig	purelin	5	4	106	14	0.0003	0.0015	0.0031	0.0011	0.0042	0.0212
purelin	tansig	purelin	5	4	102	14	0.0001	0.0021	0.0053	0.0025	0.006	0.0334
tansig	tansig	purelin	3	2	81	6	0.0001	0.0099	0.0257	0.001	0.0199	0.4947
logsig	logsig	purelin	3	2	87	7	0.0002	0.0083	0.0053	0.0064	0.0134	0.0309
logsig	tansig	purelin	3	2	76	7	0.0015	0.025	0.0881	0.0219	0.0589	0.1523
tansig	logsig	purelin	3	2	85	6	0.0001	0.0035	0.0065	0.0108	0.0131	0.0656
logsig	purelin	purelin	7	6	95	12	0.0001	0.0007	0.0019	0.0004	0.0139	0.3069
tansig	purelin	purelin	3	2	95	12	0.0023	0.0232	0.075	0.039	0.0458	0.1505

ตารางที่ 7.7 (ต่อ)

Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย			จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายที่ดีที่สุด (วินาที)	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
Hidden Layer ที่ 1	Hidden Layer ที่ 2	Output Layer					min (%)	mean (%)	max (%)	min (%)	mean (%)	max (%)
purelin	purelin	tansig	10	9	7	1	0.4117	5.883	39.048	0.0949	6.6532	74.8086
purelin	tansig	tansig	5	4	83	17	0.0001	2.0753	46.558	0.0035	2.5838	74.8086
tansig	tansig	tansig	4	3	107	20	0.0001	2.0809	38.9234	0.0216	2.5979	74.8086
purelin	logsig	tansig	6	5	110	17	0.0001	2.0753	46.558	0.0072	2.5852	74.8086
logsig	logsig	tansig	3	2	93	21	0.0001	2.0834	46.558	0.0061	2.5953	74.8086
logsig	tansig	tansig	3	2	90	20	0.0001	2.0833	46.558	0.0076	2.5955	74.8086
tansig	logsig	tansig	3	2	109	21	0.0002	2.0838	38.9234	0.0043	2.5919	74.8086
tansig	purelin	tansig	4	3	82	16	0.0002	2.0768	46.558	0.0005	2.5875	74.8086
logsig	purelin	tansig	6	5	88	17	0.0023	2.1018	46.558	0.0223	2.6353	74.8086

ตารางที่ 7.7 (ต่อ)

Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย			จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายที่ดีที่สุด (วินาที)	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
Hidden Layer ที่ 1	Hidden Layer ที่ 2	Output Layer					min (%)	mean (%)	max (%)	min (%)	mean (%)	max (%)
purelin	purelin	logsig	7	6	6	1	0.8347	63.473	176.98	0.6235	67.9226	181.6747
purelin	logsig	logsig	9	8	156	14	0.0001	62.1463	176.9615	0.0468	66.8183	181.6598
logsig	logsig	logsig	9	8	174	16	0.0001	62.1463	176.9615	0.0051	66.8126	181.6598
purelin	tansig	logsig	4	3	53	16	0.0001	62.1466	176.9615	0.1757	66.822	181.6598
tansig	tansig	logsig	4	3	53	16	0.0001	62.1466	176.9615	0.1757	66.822	181.6598
tansig	logsig	logsig	4	3	78	23	0.0001	62.1465	176.9615	0.0575	66.8172	181.6598
logsig	tansig	logsig	4	3	121	20	0.0005	62.1471	176.9615	0.0217	66.8116	181.6598
logsig	purelin	logsig	3	2	47	16	0.0001	62.1463	176.9615	0.0002	66.8171	181.6598
tansig	purelin	logsig	4	3	57	10	0.0019	62.1476	176.9615	0.0109	66.8161	181.6598

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานที่องค์กรตั้งเองเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.8 ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นในการหาค่าดัชนี SAIDI ของข้อมูล ไฟดับ ในภาคเหนือ

Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย			จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
Hidden Layer ที่ 1	Hidden Layer ที่ 2	Output Layer					min (%)	mean (%)	max (%)	min (%)	mean (%)	max (%)
purelin	purelin	purelin	8	7	4	30 วินาที	0.0214	85.7674	1.51E+03	0.5944	3.4261	11.1698
purelin	logsig	purelin	2	1	8	15	0.0887	61.8159	1.57E+03	1.0941	7.0794	10.4376
purelin	tansig	purelin	8	7	200	20	0.0198	91.5125	1.43E+03	0.0902	4.6705	53.3123
tansig	tansig	purelin	2	1	95	19	0.0118	47.6704	1.55E+03	0.0757	7.195	83.9622
logsig	logsig	purelin	3	2	105	20	0.352	52.1661	1.45E+03	0.0482	8.8337	52.2939
logsig	tansig	purelin	2	1	81	18	0.2284	57.6128	1.37E+03	0.3285	5.0451	16.9402
tansig	logsig	purelin	2	1	90	17	0.2504	49.4625	1.53E+03	0.1045	10.5791	117.6996
logsig	purelin	purelin	3	2	51	17	0.1532	45.4746	1.55E+03	0.116	5.4664	39.1575
tansig	purelin	purelin	3	2	95	17	0.1766	59.9268	1.58E+03	0.281	3.8011	30.1204

ตารางที่ 7.8 (ต่อ)

Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย			จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายที่ดีที่สุด (วินาที)	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
Hidden Layer ที่ 1	Hidden Layer ที่ 2	Output Layer					min (%)	mean (%)	max (%)	min (%)	mean (%)	max (%)
purelin	purelin	tansig	2	1	10	2	0.0572	38.6173	1.65E+03	0.1836	6.9453	33.8644
purelin	tansig	tansig	4	3	117	15	0.1332	78.5653	1.52E+03	0.9946	11.3034	98.2807
tansig	tansig	tansig	2	1	156	17	0.3205	38.1192	1.31E+03	0.0634	4.6402	32.2544
purelin	logsig	tansig	3	2	101	15	0.1232	62.7751	1.54E+03	0.6605	15.755	185.74
logsig	logsig	tansig	3	2	151	17	0.4251	40.5682	1.34E+03	0.3196	10.0885	70.8748
logsig	tansig	tansig	2	1	121	16	0.0289	46.0454	1.45E+03	0.0072	3.765	32.2455
tansig	logsig	tansig	3	2	145	15	0.2206	42.2846	1.50E+03	0.0022	3.2041	32.2457
tansig	purelin	tansig	2	1	58	14	0.7133	57.2094	1.57E+03	0.2792	12.9463	108.396
logsig	purelin	tansig	2	1	85	15	0.1489	50.276	1.49E+03	0.0297	5.7328	50.8923

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น และอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.8 (ต่อ)

Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย			จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายที่ดีที่สุด (วินาที)	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
Hidden Layer ที่ 1	Hidden Layer ที่ 2	Output Layer					min (%)	mean (%)	max (%)	min (%)	mean (%)	max (%)
purelin	purelin	logsig	3	2	46	7	0.0552	440.033	3.56E+03	1.1132	499.8595	4.87E+03
purelin	logsig	logsig	5	4	128	13	0.1453	433.7716	3.56E+03	0.1743	499.3407	4.87E+03
logsig	logsig	logsig	4	3	151	16	0.5926	435.0452	3.56E+03	0.1427	498.995	4.87E+03
purelin	tansig	logsig	5	4	120	12	0.0495	432.6989	3.56E+03	0.7464	499.1024	4.87E+03
tansig	tansig	logsig	2	1	118	14	0.4814	432.7599	3.56E+03	0.1636	499.1474	4.87E+03
tansig	logsig	logsig	2	1	60	14	0.2501	434.545	3.56E+03	0.0048	499.1878	4.87E+03
logsig	tansig	logsig	2	1	120	14	0.6529	432.3848	3.56E+03	0.0032	499.213	4.87E+03
logsig	purelin	logsig	4	3	97	12	1.4438	435.3572	3.56E+03	0.367	499.0968	4.87E+03
tansig	purelin	logsig	4	3	85	12	0.1082	433.8049	3.56E+03	0.5519	498.9344	4.87E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.9 ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นในการหาค่าดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ

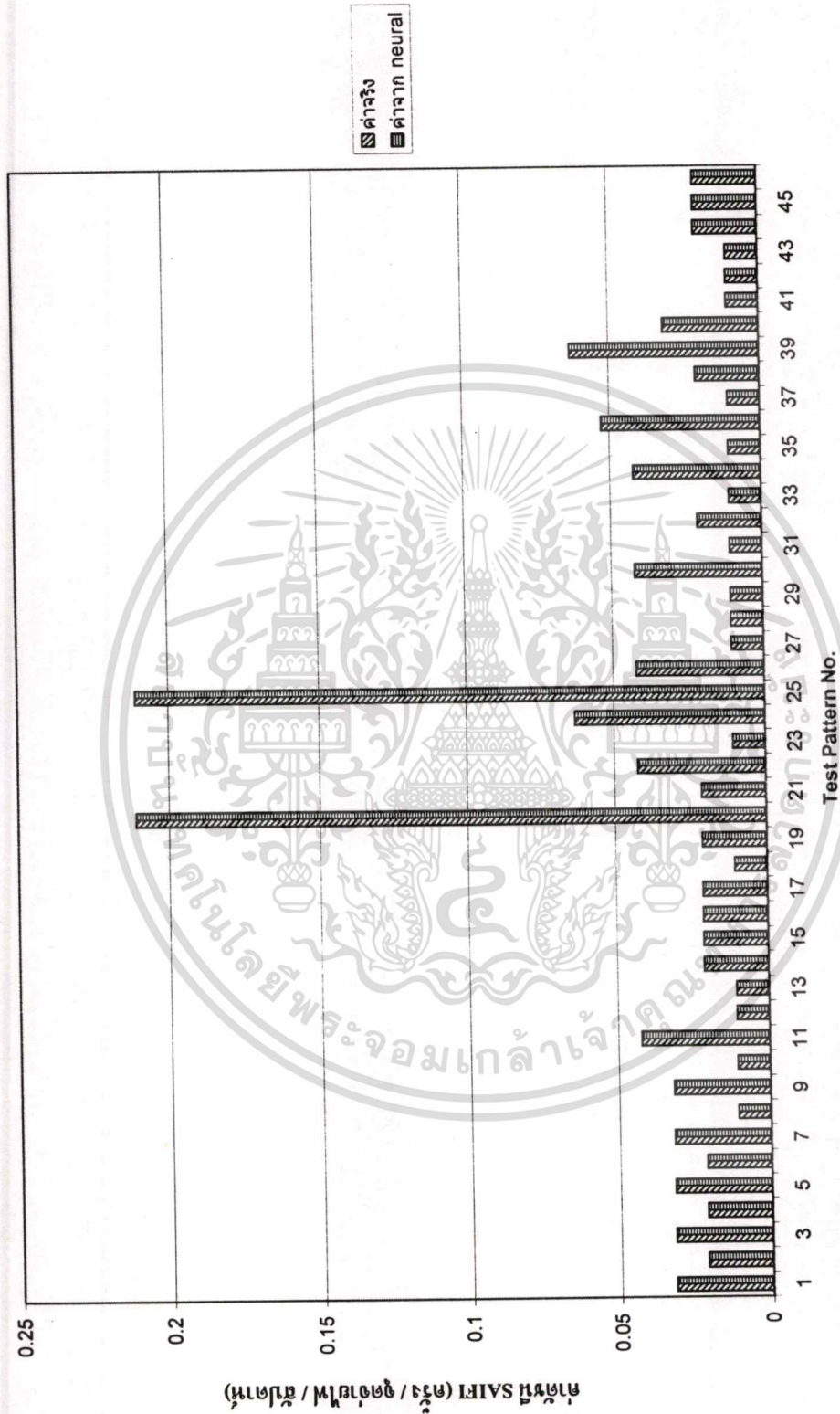
Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย			จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายที่ดีที่สุด(วินาที)	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
Hidden Layer ที่ 1	Hidden Layer ที่ 2	Output Layer					min (%)	mean (%)	max (%)	min (%)	mean (%)	max (%)
purelin	purelin	purelin	9	8	3	29 วินาที	0.5	36.205	1.16E+03	0.1	44.6251	1.27E+03
purelin	logsig	purelin	10	9	278	27	0.0001	0.003	0.0776	0.0002	0.0079	0.3743
purelin	tansig	purelin	6	5	110	19	0.0001	0.0022	0.0586	0.001	0.0209	1.2791
tansig	tansig	purelin	6	5	177	27	0.0001	0.0748	2.5336	0.0028	0.1051	1.8032
logsig	logsig	purelin	4	3	122	29	0.0001	0.0382	1.1382	0.0006	0.0444	0.7527
logsig	tansig	purelin	3	2	132	30	0.0001	0.009	0.1873	0.0008	0.0419	2.2185
tansig	logsig	purelin	4	3	92	20	0.0001	0.0177	0.2517	0.0029	0.0203	0.4092
logsig	purelin	purelin	10	9	232	19	0.0003	0.1038	1.7256	0.0001	0.0962	1.7192
tansig	purelin	purelin	6	5	113	20	0.0001	0.019	0.1326	0.0128	0.2162	12.3334

ตารางที่ 7.9 (ต่อ)

Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย			จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
Hidden Layer ที่ 1	Hidden Layer ที่ 2	Output Layer					min (%)	mean (%)	max (%)	min (%)	mean (%)	max (%)
purelin	purelin	tansig	6	5	53 วินาที	53	0.1562	18.5091	247.8967	1.6651	21.2697	343.698
purelin	tansig	tansig	6	5	19	19	0.0046	3.4309	81.3182	0.0114	3.1927	49.8248
tansig	tansig	tansig	4	3	93	20	0.0009	3.417	81.3182	0.0007	3.1973	49.8248
purelin	logsig	tansig	7	6	133	19	0.0001	3.3971	81.3182	0.0001	3.1721	49.8248
logsig	logsig	tansig	4	3	95	20	0.0001	3.3975	81.3182	0.0076	3.1742	49.8248
logsig	tansig	tansig	4	3	95	21	0.0021	3.5721	81.3182	0.0029	4.5725	49.8248
tansig	logsig	tansig	4	3	94	21	3.00E-04	3.5729	81.9573	4.00E-04	2.6938	51.5411
tansig	purelin	tansig	4	3	64	15	0.0005	3.3971	81.3182	0.0442	3.1721	49.8248
logsig	purelin	tansig	3	2	81	19	0.0019	3.7586	81.3182	0.001	3.4874	49.8248

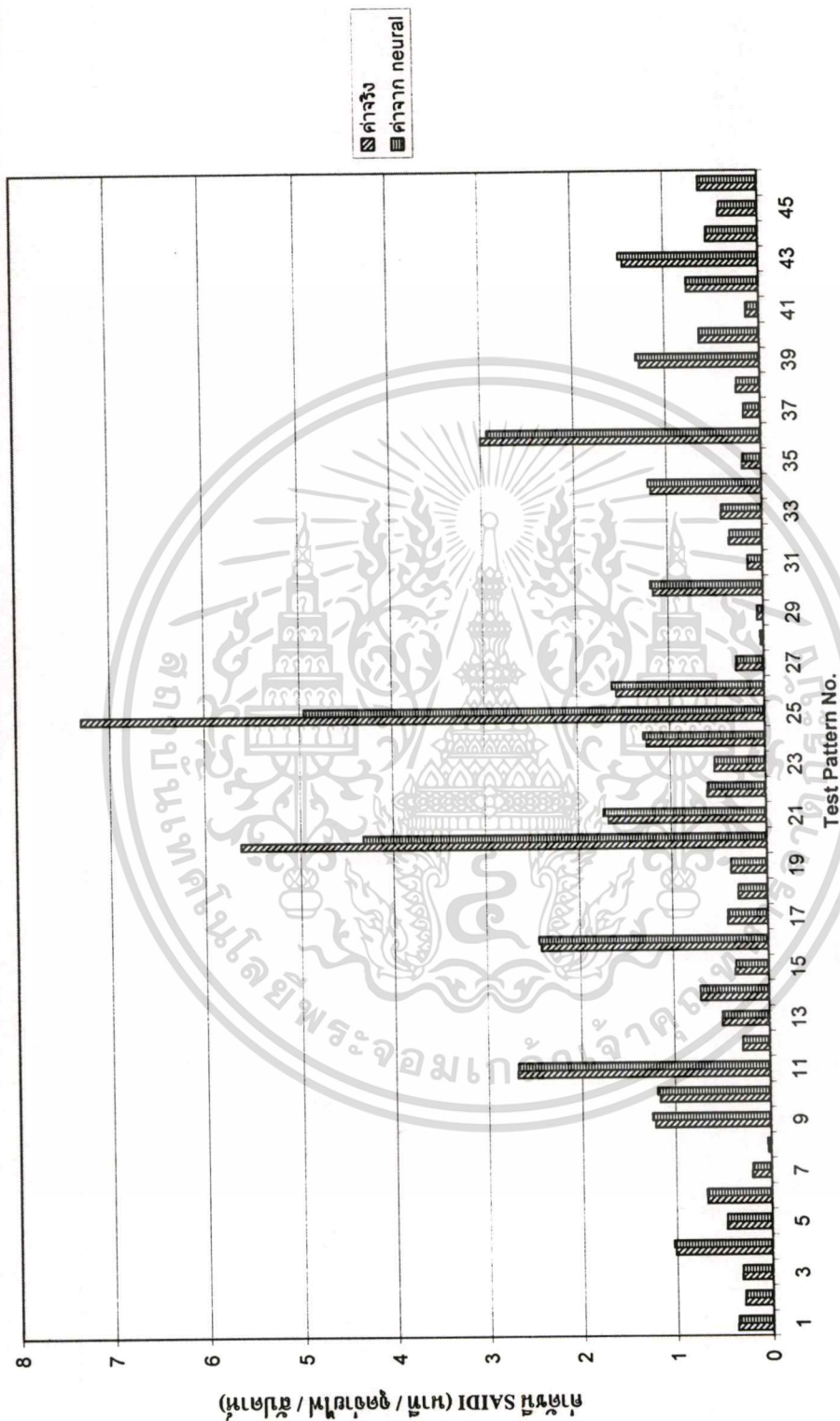
ตารางที่ 7.9 (ต่อ)

Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย			จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายที่ดีที่สุด(วินาที)	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
Hidden Layer ที่ 1	Hidden Layer ที่ 2	Output Layer					min (%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
purelin	purelin	logsig	7	6	7	1	0.0005	716.6014	1.85E+04	2	762.9848	1.64E+04
purelin	logsig	logsig	10	9	260	22	0.02	713.9788	1.85E+04	0.1798	760.4691	1.64E+04
logsig	logsig	logsig	6	5	130	24	0.0008	713.9749	1.85E+04	0.1159	760.4655	1.64E+04
purelin	tansig	logsig	8	7	160	21	0.0108	713.975	1.85E+04	0.0117	760.4635	1.64E+04
tansig	tansig	logsig	4	3	97	21	0.0003	713.975	1.85E+04	0.1151	760.4669	1.64E+04
tansig	logsig	logsig	5	4	75	23	0.015	713.9751	1.85E+04	0.0287	760.465	1.64E+04
logsig	tansig	logsig	4	3	87	23	0.0542	713.9811	1.85E+04	0.0283	760.4686	1.64E+04
logsig	purelin	logsig	5	4	103	20	0.0222	713.9868	1.85E+04	0.1242	760.474	1.64E+04
tansig	purelin	logsig	6	5	118	16	0.0604	713.9923	1.85E+04	0.0146	760.4774	1.64E+04



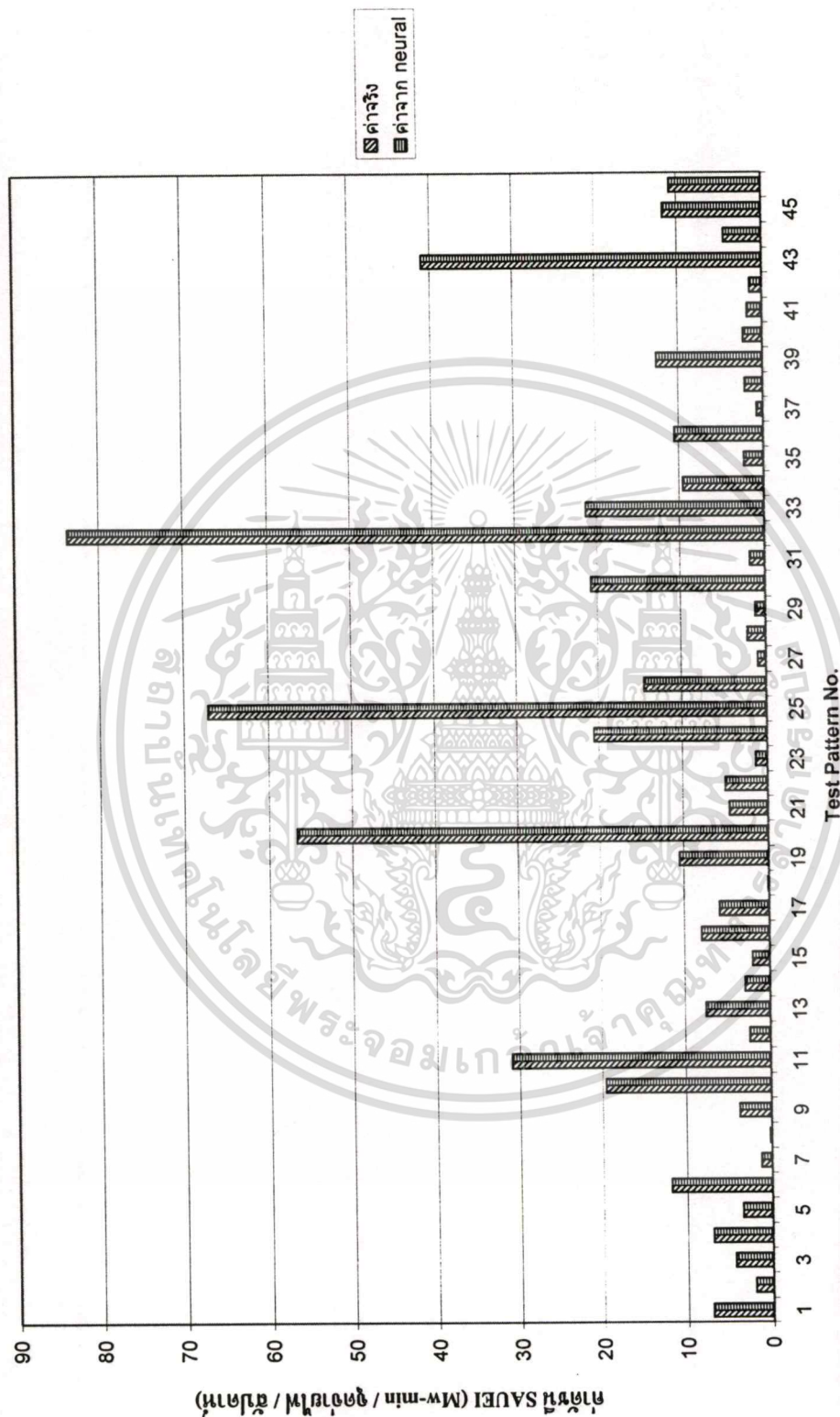
รูปที่ 7.13 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIPI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น
เปรียบเทียบค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.14 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIDI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น
เปรียบเทียบค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ

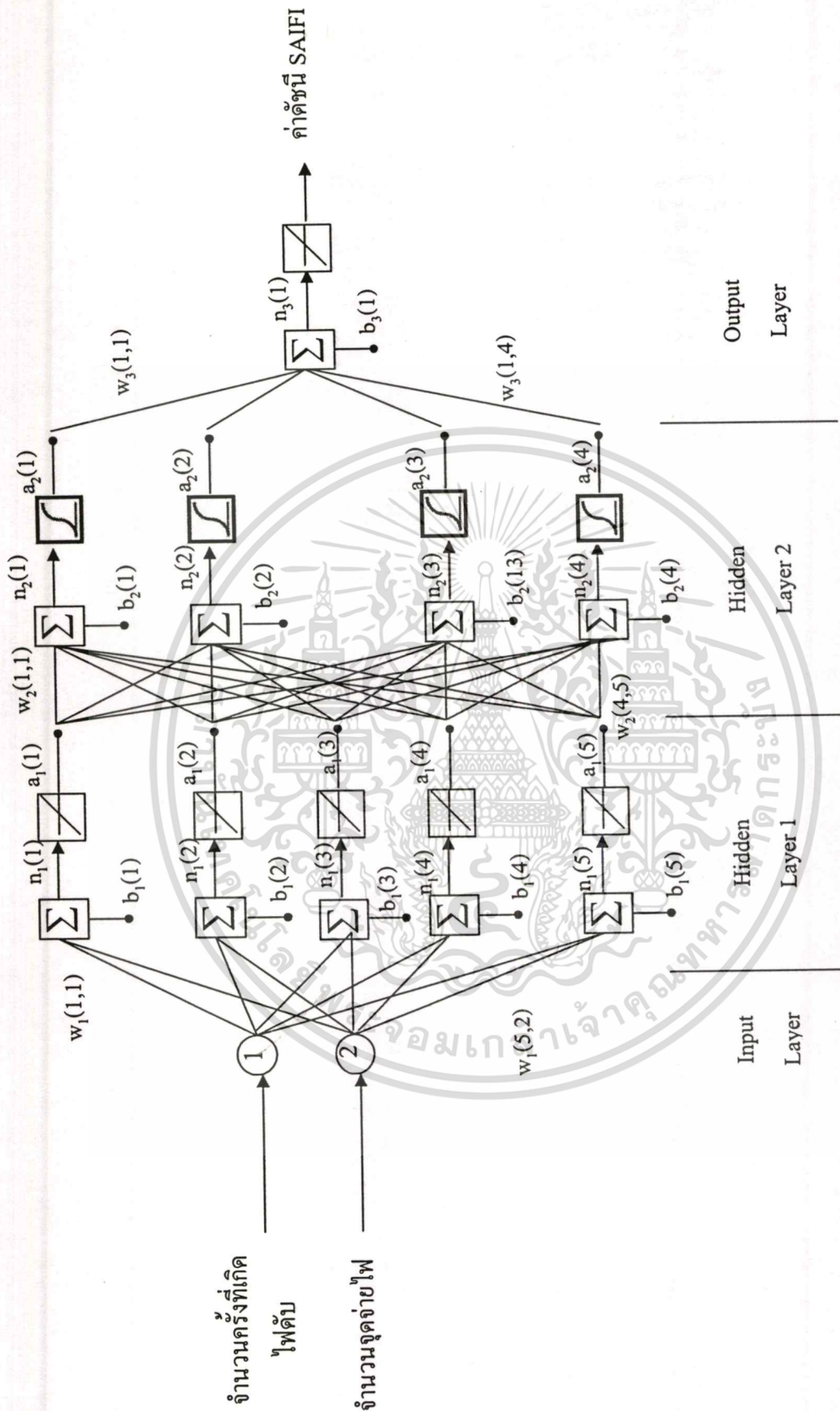
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.15 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAUEI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบเพอร์คัยอนกลีบที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น

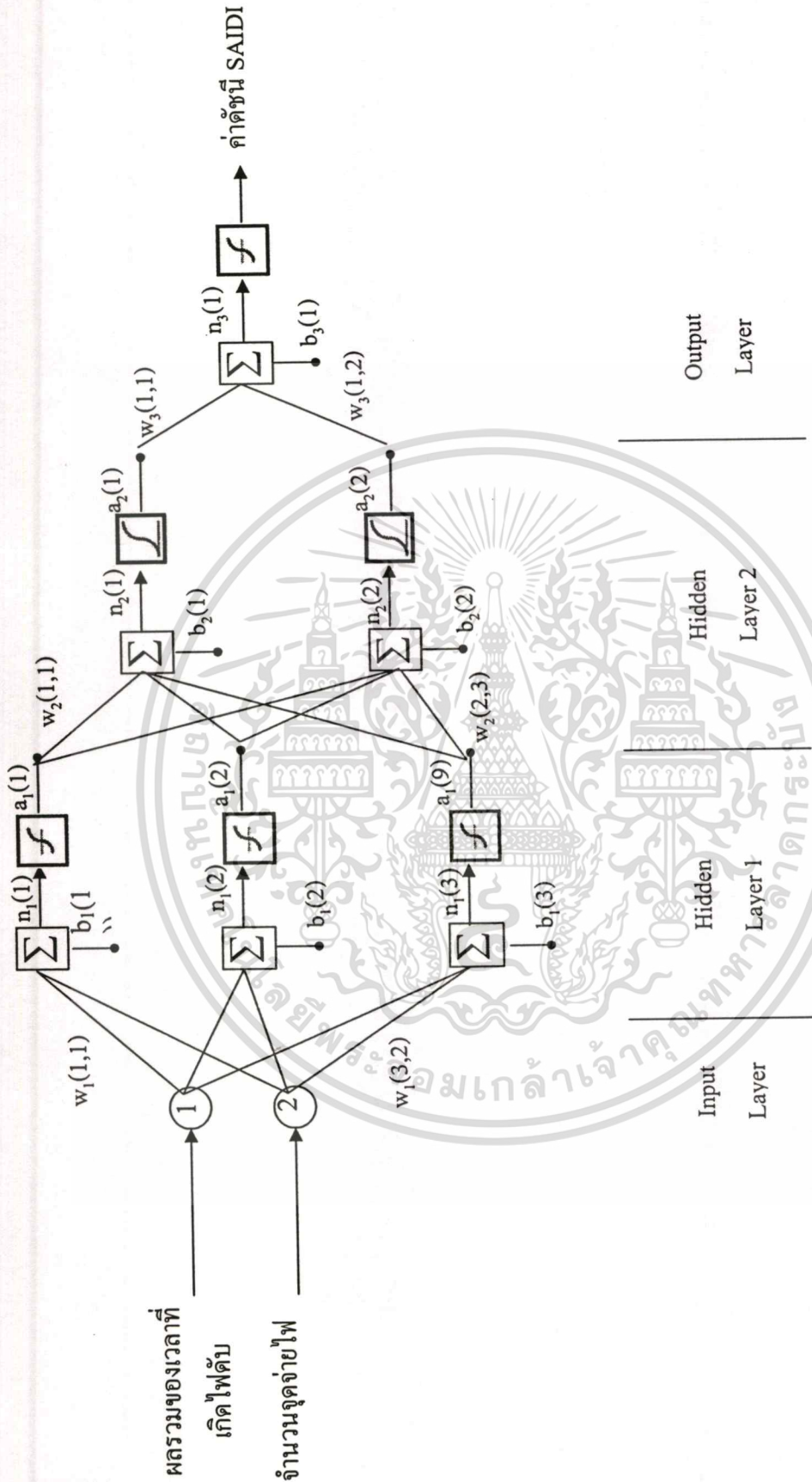
เปรียบเทียบค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



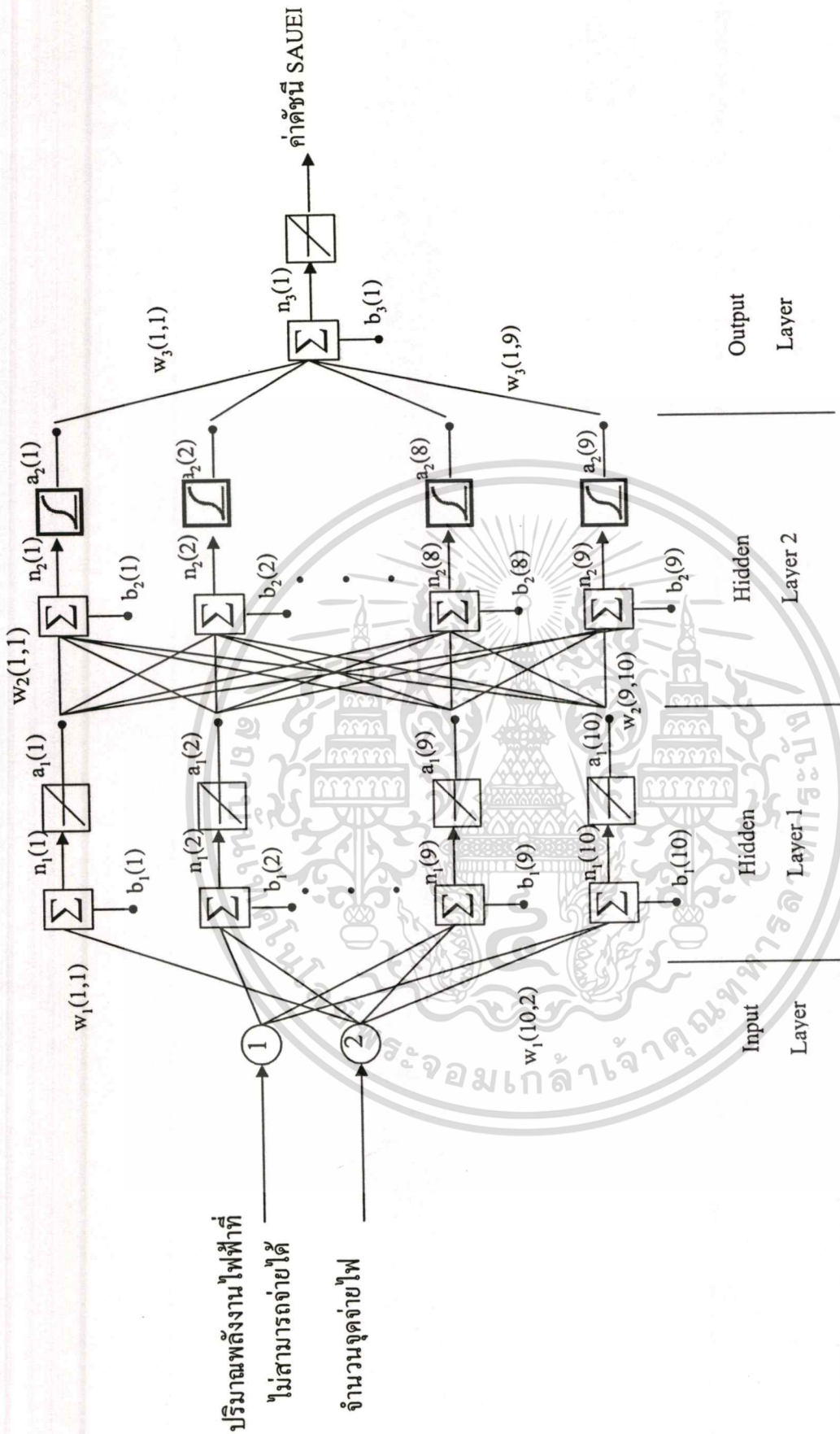
รูปที่ 7.16 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นของการประเมินความถี่เกิดไฟดับในเขตภาคเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.17 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นของการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIDI ด้วยข้อมูลไฟดับในเขตภาคเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.18 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นของการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAUEI ด้วยข้อมูลไฟดับในเขตภาคเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.10 ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นในการหาค่าดัชนี SAIFI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง

Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย			จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
Hidden Layer ที่ 1	Hidden Layer ที่ 2	Output Layer					min (%)	mean (%)	max (%)	min (%)	mean (%)	max (%)
purelin	purelin	purelin	9	8	3	30 วินาที	0.0478	0.2989	0.9375	0.1491	0.9657	2.6772
purelin	logsig	purelin	8	7	137	16	1.22E-05	1.69E-04	5.65E-04	4.85E-05	0.0076	0.0827
purelin	tansig	purelin	9	8	164	16	3.20E-07	2.92E-05	1.33E-04	2.30E-05	0.002	0.0557
tansig	tansig	purelin	3	2	80	10	1.25E-05	0.002	0.0045	0.0011	0.0173	0.0558
logsig	logsig	purelin	3	2	80	11	1.72E-04	0.0016	0.0056	4.61E-04	0.0232	0.0979
logsig	tansig	purelin	5	4	94	10	4.51E-06	8.33E-04	0.0074	2.14E-04	0.0249	0.2042
tansig	logsig	purelin	4	3	87	10	2.32E-05	1.83E-04	8.08E-04	1.15E-04	0.028	0.065
logsig	purelin	purelin	2	1	93	17	4.64E-05	9.01E-04	0.0031	4.52E-04	0.0279	0.0782
tansig	purelin	purelin	2	1	94	17	6.26E-04	0.0027	0.0132	1.36E-04	0.0173	0.0948

ตารางที่ 7.10 (ต่อ)

Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย			จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายที่ดีที่สุด (วินาที)	เวลาที่ใช้นในการฝึกสอนทั้งหมด (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
Hidden Layer ที่ 1	Hidden Layer ที่ 2	Output Layer					min (%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
purelin	purelin	tansig	4	3	6	1	0.5843	5.249	61.8227	0.1058	2.786	66.8342
purelin	tansig	tansig	4	3	75	15	5.99E-07	4.0852	61.8209	6.18E-05	2.0149	66.834
tansig	tansig	tansig	3	2	79	17	2.66E-06	4.2384	61.8209	4.13E-05	2.0116	66.834
purelin	logsig	tansig	5	4	75	14	5.24E-07	4.0851	61.8209	1.61E-05	2.013	66.834
logsig	logsig	tansig	3	2	65	17	1.75E-05	4.0854	61.8209	1.32E-04	2.0192	66.834
logsig	tansig	tansig	2	1	98	18	2.47E-04	4.0871	61.8209	0.0015	2.0226	66.834
tansig	logsig	tansig	3	2	83	18	7.75E-07	4.0851	61.8209	9.22E-06	2.0114	66.834
tansig	purelin	tansig	2	1	82	12	8.91E-06	4.0856	61.8209	4.04E-05	2.0262	66.834
logsig	purelin	tansig	4	3	75	15	1.61E-05	4.0854	61.8209	2.26E-05	2.0164	66.834

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.10 (ต่อ)

Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย			จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายที่ดีที่สุด (วินาที)	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
Hidden Layer ที่ 1	Hidden Layer ที่ 2	Output Layer					min (%)	mean (%)	max (%)	min (%)	mean (%)	max (%)
purelin	purelin	logsig	2	1	29	7	1.31E-04	64.0675	117.244	5.16E-04	70.5473	122.9543
purelin	logsig	logsig	9	8	158	13	6.75E-08	63.9139	117.244	2.05E-05	70.5469	122.9543
logsig	logsig	logsig	5	4	66	13	5.50E-06	63.9139	117.244	1.60E-04	70.547	122.9543
purelin	tansig	logsig	9	8	112	9	1.58E-06	63.9139	117.244	8.90E-06	70.5469	122.9543
tansig	tansig	logsig	4	3	30	12	6.25E-05	63.914	117.244	9.50E-04	70.5476	122.9543
tansig	logsig	logsig	2	1	46	17	2.69E-05	64.0671	117.244	2.00E-04	70.5472	122.9543
logsig	tansig	logsig	8	7	97	12	1.63E-07	63.9139	117.244	0.0012	70.5471	122.9543
logsig	purelin	logsig	2	1	51	11	0.0032	64.0676	117.244	0.0033	70.5475	122.9543
tansig	purelin	logsig	4	3	62	7	5.23E-07	63.9139	117.244	0.002	70.5473	122.9543

ตารางที่ 7.11 ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นในการหาค่าซัน SAIDI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง

Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย			จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายที่ดีที่สุด (วินาที)	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
Hidden Layer ที่ 1	Hidden Layer ที่ 2	Output Layer					min (%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
purelin	purelin	purelin	3	2	4	34 วินาที	0.3369	1.5813	11.5899	0.2653	1.4819	5.9114
purelin	logsig	purelin	7	6	170	24	3.29E-07	1.60E-03	2.18E-02	1.10E-04	0.0029	0.0208
purelin	tansig	purelin	6	5	148	25	4.61E-07	9.50E-04	1.49E-02	2.56E-05	0.0066	0.0382
tansig	tansig	purelin	3	2	104	26	3.65E-05	0.1484	1.7393	0.0037	0.1435	0.3922
logsig	logsig	purelin	2	1	69	18	2.34E-04	0.1468	2.0373	7.10E-03	0.3481	1.6657
logsig	tansig	purelin	2	1	70	17	3.44E-05	8.05E-02	1.4153	6.38E-04	0.1497	0.9656
tansig	logsig	purelin	4	3	83	18	1.20E-06	7.40E-03	1.44E-01	2.27E-04	0.0292	0.2168
logsig	purelin	purelin	3	2	77	17	2.25E-05	2.32E-02	0.332	5.79E-04	0.1059	0.3312
tansig	purelin	purelin	3	2	75	18	6.23E-05	0.0184	0.292	1.30E-03	0.0203	0.1269

ตารางที่ 7.11 (ต่อ)

Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย			จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายที่ดีที่สุด (วินาที)	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
Hidden Layer ที่ 1	Hidden Layer ที่ 2	Output Layer					min (%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
purelin	purelin	tansig	5	4	6	55 วินาที	0.0581	16.1197	157.6494	0.0429	6.5342	51.4228
purelin	tansig	tansig	8	7	139	16	1.31E-05	3.342	81.2775	8.17E-05	2.9981	51.2856
tansig	tansig	tansig	5	4	79	16	1.13E-05	3.3587	81.2775	4.92E-04	3.0557	51.2856
purelin	logsig	tansig	7	6	108	16	1.96E-06	3.3411	81.2775	2.30E-06	2.9962	51.2856
logsig	logsig	tansig	4	3	86	19	1.08E-04	3.3632	81.2775	3.30E-03	3.0294	51.2856
logsig	tansig	tansig	4	3	78	18	2.71E-05	3.3472	81.2775	8.55E-04	3.0202	51.2856
tansig	logsig	tansig	4	3	86	18	4.51E-04	3.3837	81.2775	1.32E-04	3.0358	51.2856
tansig	purelin	tansig	4	3	58	13	1.80E-03	3.615	81.2775	5.60E-03	3.1386	51.2856
logsig	purelin	tansig	10	9	186	16	1.20E-03	3.4435	81.2775	3.36E-04	3.0746	51.2856

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.11 (ต่อ)

Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย			จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายที่ดีที่สุด (วินาที)	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
Hidden Layer ที่ 1	Hidden Layer ที่ 2	Output Layer					min (%)	mean (%)	max (%)	min (%)	mean (%)	max (%)
purelin	purelin	logsig	8	7	8	56 วินาที	7.34E-02	439.7572	4.13E+03	5.29E+00	224.4928	1.31E+03
purelin	logsig	logsig	10	9	204	16	3.96E-07	437.8118	4.13E+03	3.16E-04	222.7492	1.31E+03
logsig	logsig	logsig	5	4	68	15	2.75E-04	437.8139	4.13E+03	1.31E-02	222.7515	1.31E+03
purelin	tansig	logsig	8	7	114	12	1.25E-05	437.812	4.13E+03	2.00E-03	222.7493	1.31E+03
tansig	tansig	logsig	3	2	81	14	2.10E-03	437.823	4.13E+03	6.30E-03	222.7532	1.31E+03
tansig	logsig	logsig	7	6	114	15	2.51E-06	437.8121	4.13E+03	1.10E-02	222.7534	1.31E+03
logsig	tansig	logsig	9	8	156	15	8.49E-04	437.8209	4.13E+03	0.0582	222.7721	1.31E+03
logsig	purelin	logsig	5	4	66	10	6.63E-04	437.8511	4.13E+03	0.0526	222.764	1.31E+03
tansig	purelin	logsig	4	3	44	10	1.02E-02	437.8549	4.13E+03	0.0199	222.7965	1.31E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.12 ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นในการหาค่าดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง

Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย			จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายที่ดีที่สุด (วินาที)	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
Hidden Layer ที่ 1	Hidden Layer ที่ 2	Output Layer					min (%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
purelin	purelin	purelin	9	8	3	31 วินาที	0.0017	4.646	172.3272	0.0266	3.6987	25.4154
purelin	logsig	purelin	7	6	120	18	3.45E-08	3.34E-04	2.14E-02	5.72E-07	5.90E-04	0.0073
purelin	tansig	purelin	9	8	172	18	3.26E-09	8.94E-04	3.29E-02	5.54E-05	0.0084	0.038
tansig	tansig	purelin	2	1	78	19	5.48E-05	0.1246	7.1508	1.84E-04	0.0125	0.0829
logsig	logsig	purelin	2	1	90	20	8.27E-05	0.1132	6.6693	6.30E-04	0.0188	0.1107
logsig	tansig	purelin	2	1	80	19	2.95E-04	1.34E-01	7.6772	5.53E-05	0.0184	0.0958
tansig	logsig	purelin	2	1	77	18	6.30E-05	1.14E-01	6.68E+00	5.14E-04	0.0133	0.0807
logsig	purelin	purelin	2	1	94	18	2.16E-04	5.95E-02	3.6317	4.21E-04	0.0491	0.4137
tansig	purelin	purelin	3	2	78	18	2.50E-04	5.46E-02	3.2115	3.57E-04	7.17E-02	0.523

ตารางที่ 7.12 (ต่อ)

Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย			จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
Hidden Layer ที่ 1	Hidden Layer ที่ 2	Output Layer					min (%)	mean (%)	max (%)	min (%)	mean (%)	max (%)
purelin	purelin	tansig	8	7	7	55 นาที	0.0322	28.796	1.22E+03	0.0308	7.5777	62.6158
purelin	tansig	tansig	7	6	108	17	7.75E-07	3.497	78.7936	1.98E-04	2.3517	62.6083
tansig	tansig	tansig	4	3	78	18	4.65E-05	3.609	78.7936	7.39E-04	2.4784	62.6083
purelin	logsig	tansig	7	6	110	17	1.45E-06	3.4915	78.7936	7.59E-05	2.3488	62.6083
logsig	logsig	tansig	5	4	68	18	1.07E-05	3.5763	78.7936	1.30E-03	2.4574	62.6083
logsig	tansig	tansig	3	2	65	16	1.88E-04	3.6175	78.7936	8.80E-03	2.4229	62.6083
tansig	logsig	tansig	4	3	91	19	1.16E-04	3.6033	78.7936	1.86E-04	2.4308	62.6083
tansig	purelin	tansig	7	6	97	15	1.20E-03	3.7416	78.7936	6.30E-03	2.4764	62.6083
logsig	purelin	tansig	6	5	85	16	9.46E-04	3.867	78.7936	4.60E-03	2.5604	62.6083

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

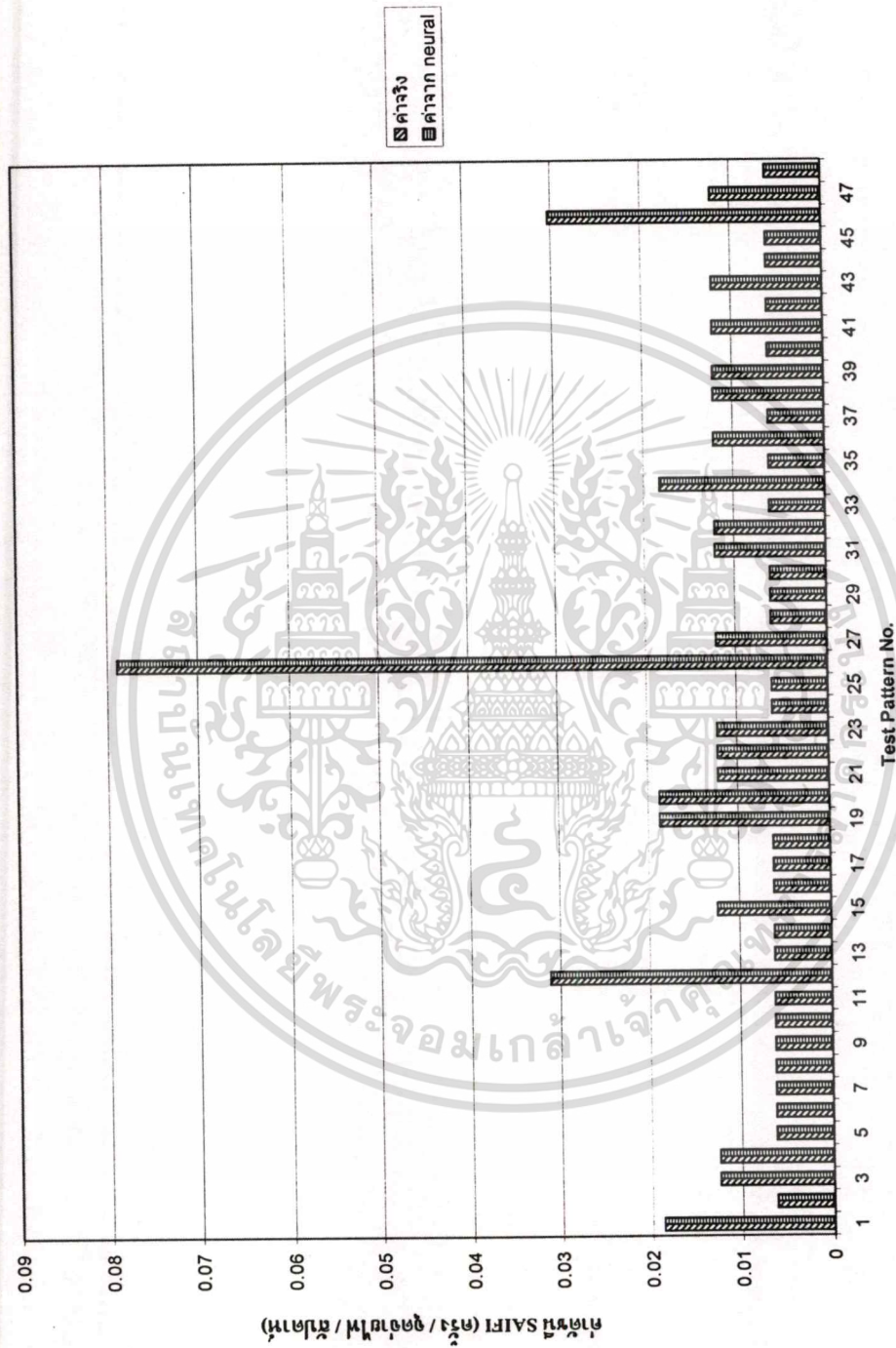
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.12 (ต่อ)

Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย			จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายที่ดีที่สุด (วินาที)	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
Hidden Layer ที่ 1	Hidden Layer ที่ 2	Output Layer					min (%)	mean (%)	max (%)	min (%)	mean (%)	max (%)
purelin	purelin	logsig	2	1	6	50 วินาที	1.63E+00	801.632	2.99E+04	1.60E+00	246.1283	1.68E+03
purelin	logsig	logsig	6	5	95	16	5.20E-03	798.3236	2.99E+04	4.16E-02	245.756	1.68E+03
logsig	logsig	logsig	4	3	61	15	2.90E-03	798.3152	2.99E+04	4.40E-03	245.7473	1.68E+03
purelin	tansig	logsig	4	3	86	14	2.32E-02	798.3664	2.99E+04	7.00E-03	245.7548	1.68E+03
tansig	tansig	logsig	4	3	53	15	9.00E-03	798.3241	2.99E+04	5.10E-03	245.7466	1.68E+03
tansig	logsig	logsig	3	2	60	15	4.60E-03	798.336	2.99E+04	1.39E-01	245.7557	2.46E+02
logsig	tansig	logsig	4	3	78	15	7.58E-04	798.291	2.99E+04	0.0079	245.7601	1.68E+03
logsig	purelin	logsig	4	3	67	13	9.20E-03	798.3574	2.99E+04	0.1898	245.7596	1.68E+03
tansig	purelin	logsig	4	3	62	10	1.95E-02	798.3606	2.99E+04	0.0106	245.7496	1.68E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

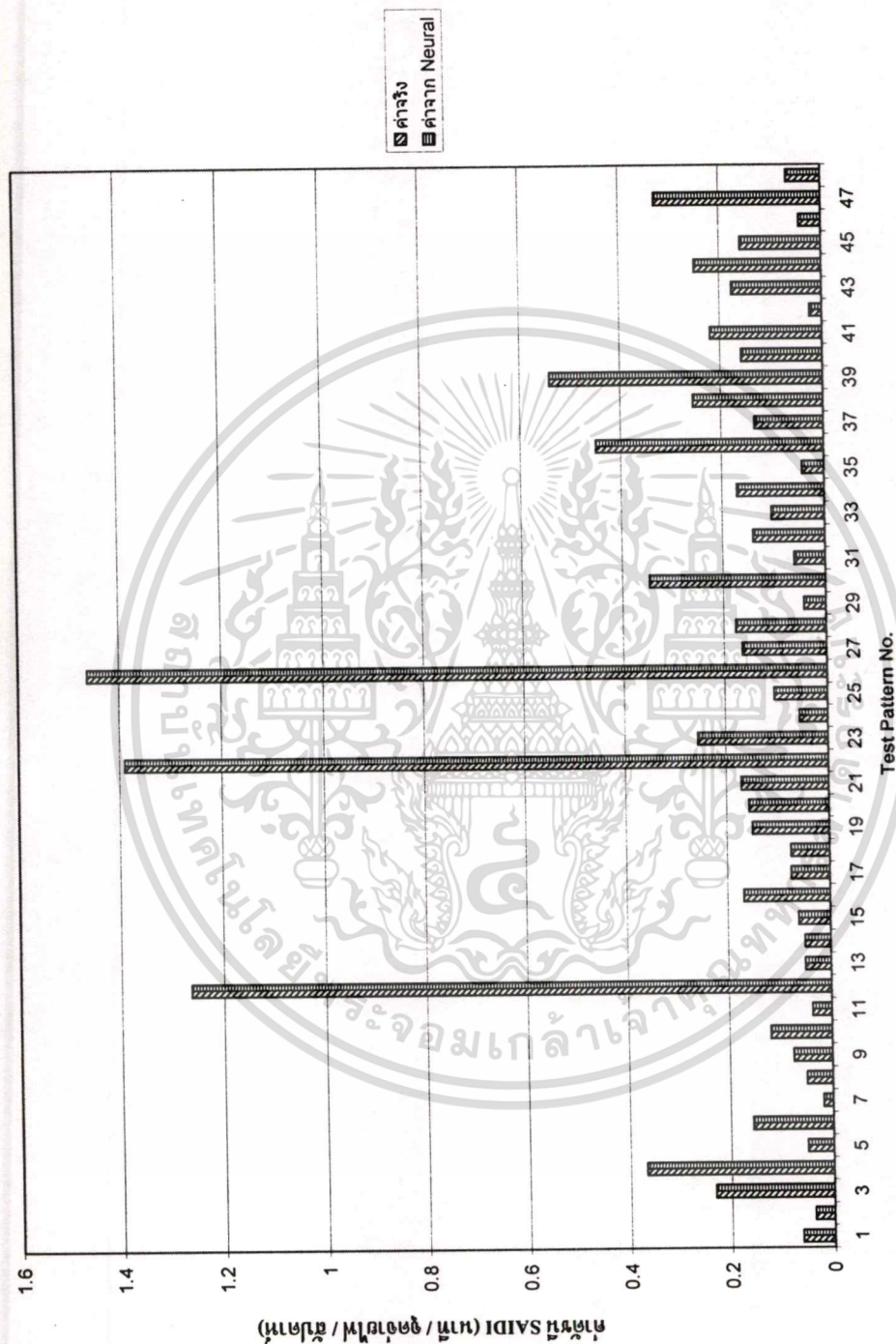
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.19 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIPI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น

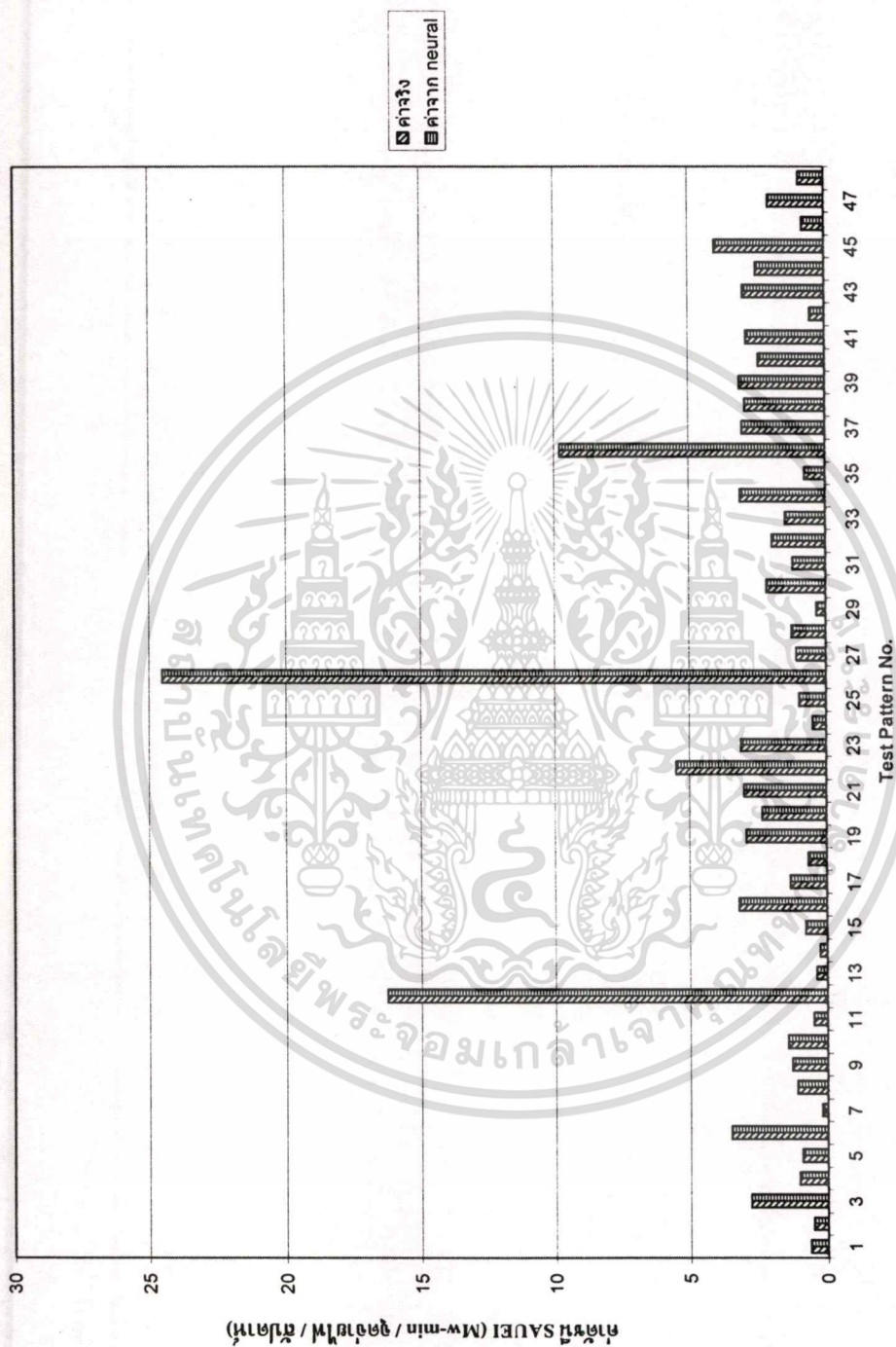
เปรียบเทียบค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



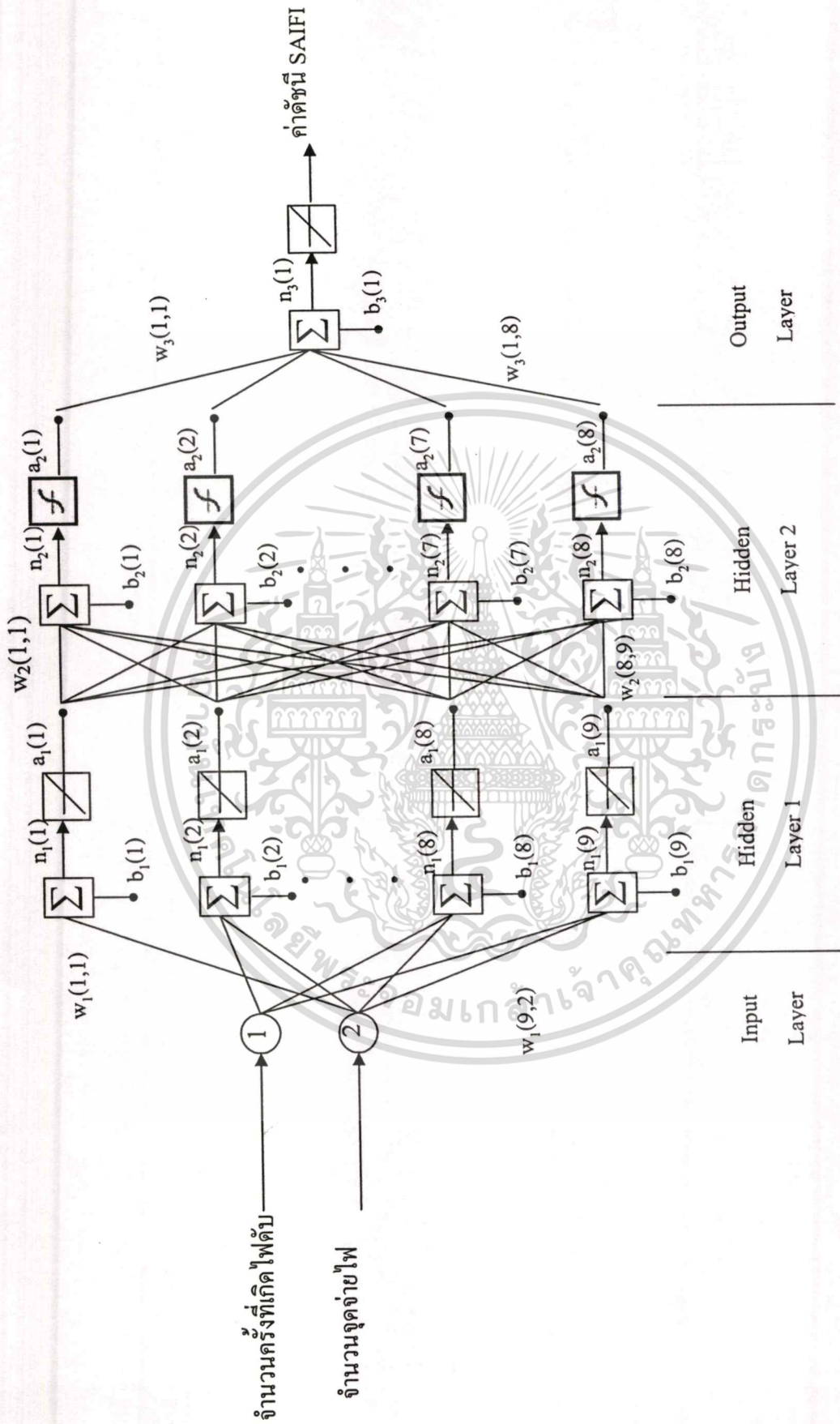
รูปที่ 7.20 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIDI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าช้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น
เปรียบเทียบค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



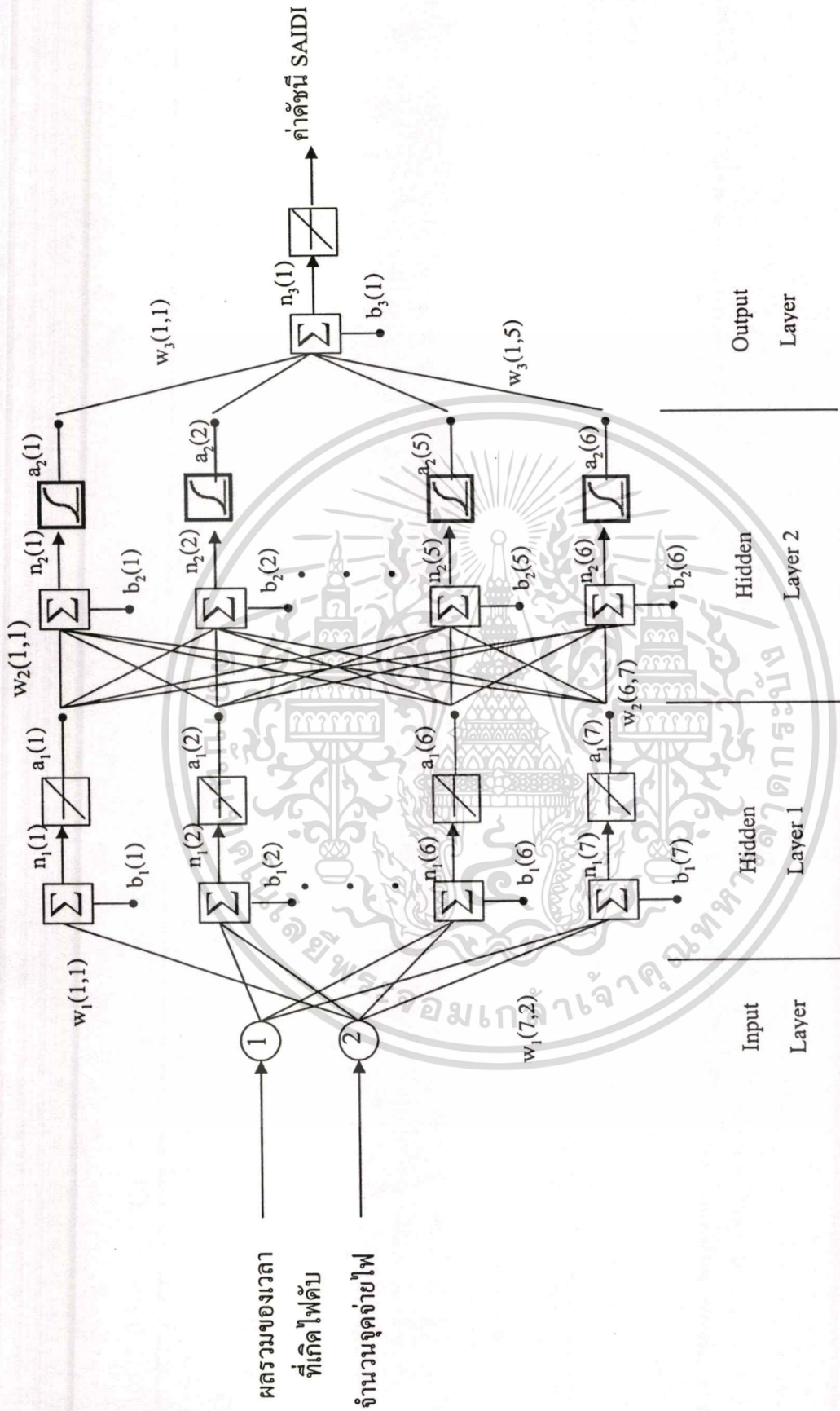
รูปที่ 7.21 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAUEI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าเชื่อมกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น
เปรียบเทียบค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



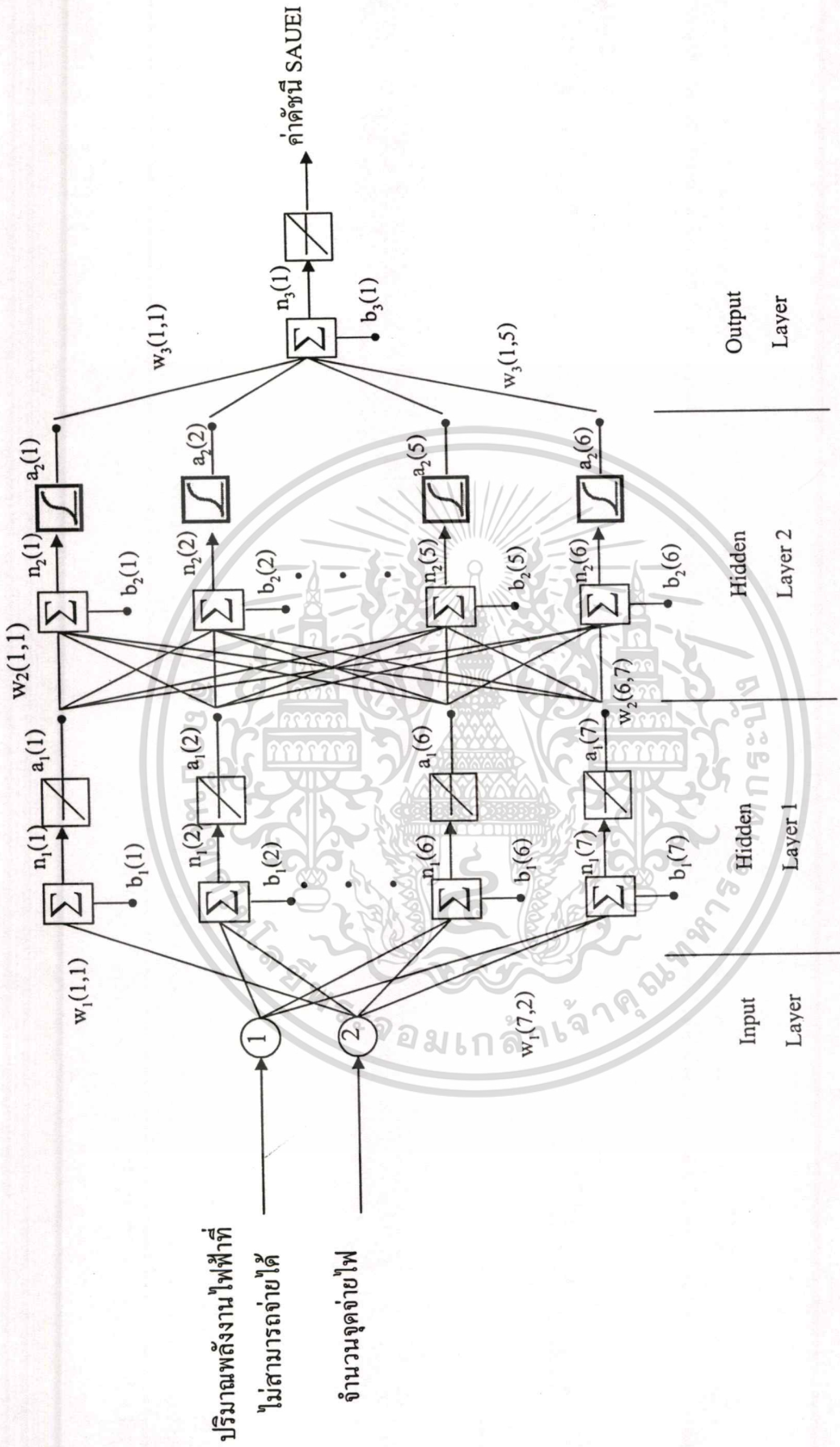
รูปที่ 7.22 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นของการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIIFI ด้วยข้อมูลไฟฟ้าในเขตภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.23 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นของการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIDI ด้วยข้อมูลไฟฟ้าในเขตภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.24 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นของการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAUEI ด้วยข้อมูลไฟฟ้าดิบในเขตภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 7.7 เป็นผลการทดสอบค่าดัชนี SAIFI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ สามารถอธิบายได้ว่า โครงสร้างของของโครงข่ายประสาทยูทิลิตี้ที่ทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าน้อยที่สุด คือ โครงข่ายประสาทยูทิลิตี้ที่ใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนในชั้นซ่อนที่ 1 เป็นแบบ Linear และฟังก์ชันในการถ่ายโอนในชั้นซ่อนที่ 2 เป็นแบบ Log-Sigmoid และฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ในชั้นเอาต์พุต คือ Linear และจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ 1 คือ 5 โหนด และจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ 2 คือ 4 โหนด ซึ่งเวลาที่ใช้ในการทดสอบสำหรับโครงข่ายที่ดีที่สุดนั้นใช้เวลา 106 วินาที และเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (จำนวนโหนดในชั้นซ่อนตั้งแต่ 2 โหนด ถึง 10 โหนด) ใช้เวลาทั้งหมด 14 นาที ซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.0003% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0015% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 0.0031% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.0011% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0042% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 0.0212%

จากตารางที่ 7.8 เป็นผลการทดสอบค่าดัชนี SAIDI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ สามารถอธิบายได้ว่า โครงสร้างของของโครงข่ายประสาทยูทิลิตี้ที่ทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าน้อยที่สุด คือ โครงข่ายประสาทยูทิลิตี้ที่ใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนในชั้นซ่อนที่ 1 เป็นแบบ Tan-Sigmoid และฟังก์ชันในการถ่ายโอนในชั้นซ่อนที่ 2 เป็นแบบ Log-Sigmoid และฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ในชั้นเอาต์พุต คือ Tan-Sigmoid และจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ 1 คือ 3 โหนด และจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ 2 คือ 2 โหนด ซึ่งเวลาที่ใช้ในการทดสอบสำหรับโครงข่ายที่ดีที่สุดนั้นใช้เวลา 145 วินาที และเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (จำนวนโหนดในชั้นซ่อนตั้งแต่ 2 โหนด ถึง 10 โหนด) ใช้เวลาทั้งหมด 15 นาที ซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.2206% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 42.2846% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 1.50e+03% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.0022% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.2041% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 32.2457%

จากตารางที่ 7.9 เป็นผลการทดสอบค่าดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ สามารถอธิบายได้ว่า โครงสร้างของของโครงข่ายประสาทยูทิลิตี้ที่ทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าน้อยที่สุด คือ โครงข่ายประสาทยูทิลิตี้ที่ใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนในชั้นซ่อนที่ 1 เป็นแบบ Linear และฟังก์ชันในการถ่ายโอนในชั้นซ่อนที่ 2 เป็นแบบ Log-Sigmoid และฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ในชั้นเอาต์พุต คือ Linear และจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ 1 คือ 10 โหนด และจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ 2 คือ 9 โหนด ซึ่งเวลาที่ใช้ในการทดสอบสำหรับโครงข่ายที่ดีที่สุดนั้นใช้เวลา 278 วินาที และเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (จำนวนโหนดในชั้นซ่อนตั้งแต่ 2 โหนด ถึง 10 โหนด) ใช้เวลาทั้งหมด 27 นาที ซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.0001% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0030% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 0.0076% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์

ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.0002% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0079% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 0.3743%

จากตารางที่ 7.10 เป็นผลการทดสอบค่าดัชนี SAIFI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง สามารถอธิบายได้ว่า โครงสร้างของของโครงข่ายประสาทยืดหยุ่นที่ทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าน้อยที่สุด คือ โครงข่ายประสาทยืดหยุ่นที่ใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนในชั้นซ่อนที่ 1 เป็นแบบ Linear และฟังก์ชันในการถ่ายโอนในชั้นซ่อนที่ 2 เป็นแบบ Tan-Sigmoid และฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ในชั้นเอาต์พุต คือ Linear และจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ 1 คือ 9 โหนด และจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ 2 คือ 8 โหนด ซึ่งเวลาที่ใช้ในการทดสอบสำหรับโครงข่ายที่ดีที่สุดนั้นใช้เวลา 164 วินาที และเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (จำนวนโหนดในชั้นซ่อนตั้งแต่ 2 โหนด ถึง 10 โหนด) ใช้เวลาทั้งหมด 16 นาที ซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ $3.20e-07\%$, ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $2.92e-05\%$ และค่าสูงสุด (Maximum) คือ $1.33e-04\%$ และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ $2.30e-05\%$, ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0020% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 0.0557%

จากตารางที่ 7.11 เป็นผลการทดสอบค่าดัชนี SAIDI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง สามารถอธิบายได้ว่า โครงสร้างของของโครงข่ายประสาทยืดหยุ่นที่ทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าน้อยที่สุด คือ โครงข่ายประสาทยืดหยุ่นที่ใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนในชั้นซ่อนที่ 1 เป็นแบบ Linear และฟังก์ชันในการถ่ายโอนในชั้นซ่อนที่ 2 เป็นแบบ Log-Sigmoid และฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ในชั้นเอาต์พุต คือ Linear และจำนวน โหนดในชั้นซ่อนที่ 1 คือ 7 โหนด และจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ 2 คือ 6 โหนด ซึ่งเวลาที่ใช้ในการทดสอบสำหรับโครงข่ายที่ดีที่สุดนั้นใช้เวลา 170 วินาที และเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (จำนวนโหนดในชั้นซ่อนตั้งแต่ 2 โหนด ถึง 10 โหนด) ใช้เวลาทั้งหมด 24 นาที ซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ $3.29e-07\%$, ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $1.60e-03\%$ และค่าสูงสุด (Maximum) คือ $2.18e-02\%$ และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ $1.10e-04\%$, ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0029% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 0.0208%

จากตารางที่ 7.12 เป็นผลการทดสอบค่าดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง สามารถอธิบายได้ว่า โครงสร้างของของโครงข่ายประสาทยืดหยุ่นที่ทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าน้อยที่สุด คือ โครงข่ายประสาทยืดหยุ่นที่ใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนในชั้นซ่อนที่ 1 เป็นแบบ Linear และฟังก์ชันในการถ่ายโอนในชั้นซ่อนที่ 2 เป็นแบบ Log-Sigmoid และฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ในชั้นเอาต์พุต คือ Linear และจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ 1 คือ 7 โหนด และจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ 2 คือ 6 โหนด ซึ่งเวลาที่ใช้ในการทดสอบสำหรับโครงข่ายที่ดีที่สุดนั้นใช้เวลา 120 วินาที และเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนทั้งหมด (จำนวนโหนดในชั้นซ่อนตั้งแต่ 2 โหนด ถึง 10 โหนด) ใช้เวลาทั้งหมด 18 นาที ซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ

3.45e-08% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.34e-04% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 2.14-e02% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 5.72e-07% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.90e-04% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 0.0073%

7.3 การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression

7.3.1 การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้

สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$

การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ นั้นจะแสดงผลที่ได้จากการทดสอบ โดยในตารางที่ 7.13 ถึง 7.15 จะแสดงผลที่ได้จากการทดสอบการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลการเกิดไฟดับในภาคเหนือตามลำดับ และในตารางที่ 7.16 ถึง 7.18 จะแสดงผลที่ได้จากการทดสอบการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลการเกิดไฟดับในภาคกลางตามลำดับ

ในรูปที่ 7.25 ถึง 7.27 จะแสดงแผนภูมิแท่งที่ทำการเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงที่ได้จากการไฟฟ้าและค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ ของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือตามลำดับ และในรูปที่ 7.28 ถึง 7.30 จะแสดงแผนภูมิแท่งที่ทำการเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงที่ได้จากการไฟฟ้าและค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ ของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลางตามลำดับ

ตารางที่ 7.13 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAIFI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ

ค่า spread ที่ใช้ในการทดสอบ	ค่า spread ที่ดีที่สุด	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
			min(%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
0.125 ถึง 12.5	0.125	12	1.54E-05	0.9837	2.4262	0.8096	4.5462	64.4063
0.143 ถึง 14.3	0.143	12	5.32E-04	2.2912	5.6899	0.035	4.9567	64.4063
0.167 ถึง 1.67	0.167	12	0.0114	4.5958	11.5221	0.1036	7.1596	64.4063
0.20 ถึง 20	0.2	12	0.1498	7.9682	20.1094	0.1241	10.5794	64.4063
0.25 ถึง 25	0.25	12	1.1899	12.3621	30.867	1.2926	15.0873	64.4058
0.33 ถึง 33.33	0.33	12	4.0068	18.3996	43.7776	5.016	21.0724	64.3653
0.50 ถึง 50	0.5	12	0.4418	28.6047	64.8534	2.032	29.9332	63.4919
1.00 ถึง 100	1	11	10.2485	51.1718	111.4546	15.4918	54.7915	112.9123
1.11 ถึง 111.11	1.11	12	11.212	53.9909	119.2427	14.6283	58.5755	120.9456
1.25 ถึง 125	1.25	12	12.203	56.8422	127.354	13.6421	62.5303	129.3761
1.43 ถึง 142.86	1.43	12	13.2128	59.6805	135.6167	12.5701	66.5924	138.0223
1.67 ถึง 166.67	1.67	12	12.491	62.4417	143.7996	11.4633	70.6462	146.6331
2.00 ถึง 200	2	11	11.5381	65.0422	151.6137	10.3819	74.5181	154.8916

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.14 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAIDI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ

ค่า spread ที่ใช้ในการทดสอบ	ค่า spread ที่ดีที่สุด	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
			min(%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
0.0227 ถึง 2.27	0.0227	12	0	31.6709	560.6364	0.5085	62.559	427.0346
0.025 ถึง 2.5	0.025	12	0	33.7395	581.2409	0.2684	65.2271	491.73
0.0286 ถึง 2.86	0.0286	12	0	36.4667	603.5447	0.3716	68.5516	576.7573
0.0323 ถึง 3.23	0.0323	11	0	38.8594	618.0107	1.8191	71.4497	645.7683
0.037 ถึง 3.70	0.037	11	0	41.4179	628.478	5.7752	74.6372	714.2874
0.04 ถึง 4.00	0.04	12	0	42.7452	631.844	6.3258	76.3349	748.3801
0.045 ถึง 4.54	0.045	12	0	44.8694	634.2337	6.3691	79.1663	800.0073
0.05 ถึง 5.00	0.05	12	0	46.4176	634.0197	5.6757	81.3938	835.6677
0.059 ถึง 5.88	0.059	12	0	49.2896	643.3408	3.2404	85.7428	894.9104
0.0667 ถึง 6.67	0.0667	12	0	51.9781	678.4607	0.546	89.8775	943.8332
0.0833 ถึง 8.33	0.0833	12	0	59.6087	757.6827	5.2897	99.8497	1.05E+03
0.10 ถึง 10	0.1	12	0	68.9961	841.0171	1.1152	110.1955	1.17E+03
0.20 ถึง 20	0.2	12	0	116.9502	1.18E+03	0.2702	151.9585	1.63E+03

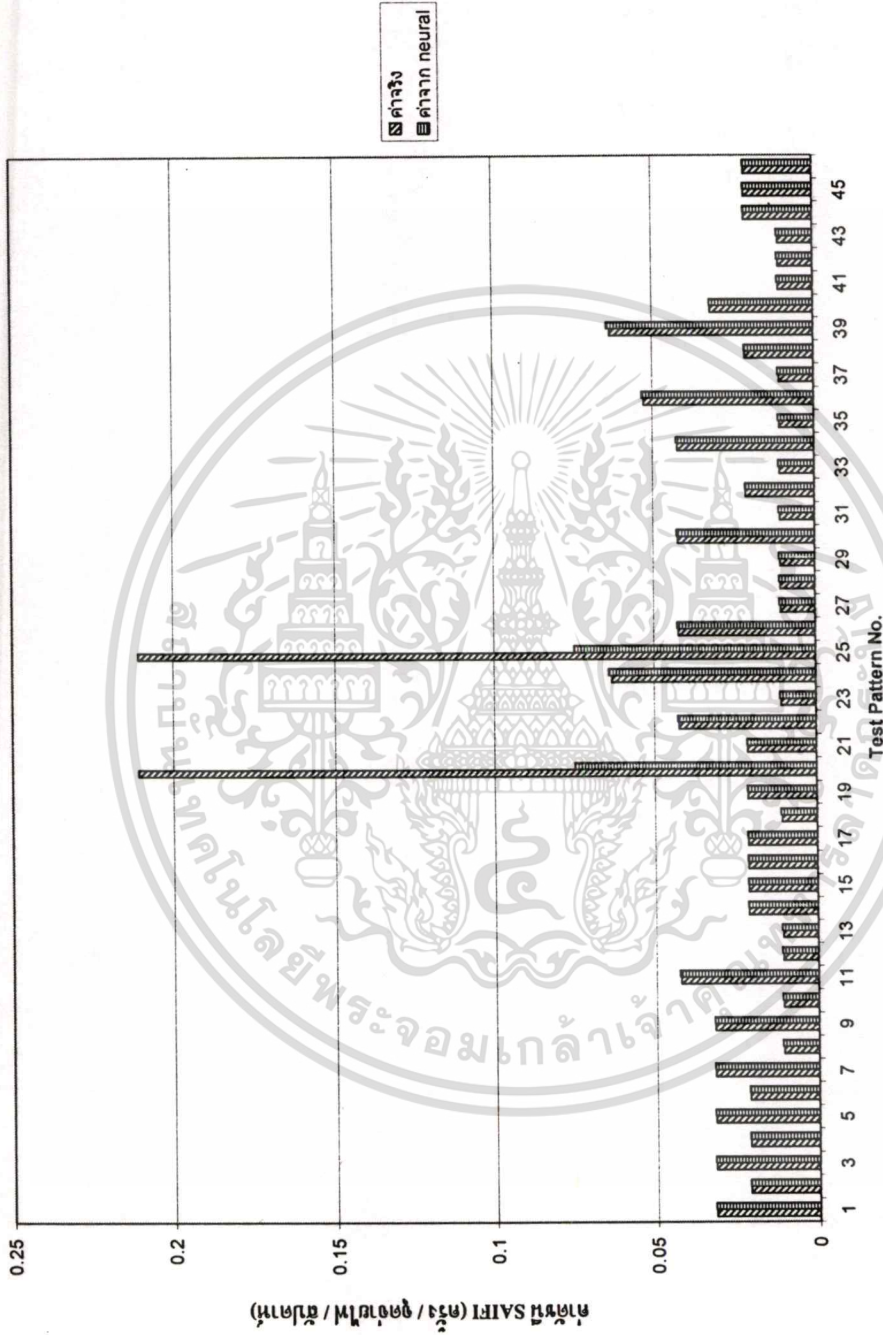
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.15 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAUBI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ

ค่า spread ที่ใช้ในการทดสอบ	ค่า spread ที่ดีที่สุด	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
			min(%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
0.0138 ถึง 1.38	0.0138	12	0	8.7323	287.5267	0.6055	15.1459	250.6337
0.0154 ถึง 1.54	0.0154	12	0	10.1168	339.7544	0.4302	16.4706	297.0858
0.0167 ถึง 1.67	0.0167	12	0	11.2351	382.4844	0.2461	17.4465	334.8807
0.0196 ถึง 1.96	0.0196	12	0	13.4864	468.338	0.2558	19.9783	410.4068
0.022 ถึง 2.22	0.022	12	0	15.1518	530.0203	0.4693	22.204	464.4812
0.025 ถึง 2.50	0.025	12	0	16.6822	584.1332	0.242	24.2825	511.9285
0.0286 ถึง 2.86	0.0286	12	0	18.4017	643.3006	0.1514	26.7229	563.9482
0.0333 ถึง 3.33	0.0333	12	0	20.4669	713.5787	0.0775	29.5316	625.98
0.04 ถึง 4.0	0.04	12	0	23.3325	804.4528	0.2377	32.9526	706.4156
0.05 ถึง 5.0	0.05	12	0	27.7563	928.6228	0.2203	37.3661	816.4508
0.0667 ถึง 6.67	0.0667	12	0	35.3129	1.12E+03	0.7073	43.7127	982.4304
0.10 ถึง 10	0.1	12	0	53.9466	1.50E+03	0.1065	56.5146	1.33E+03
0.20 ถึง 20	0.2	12	0	115.0981	2.88E+03	0.8488	119.6263	2.55E+03

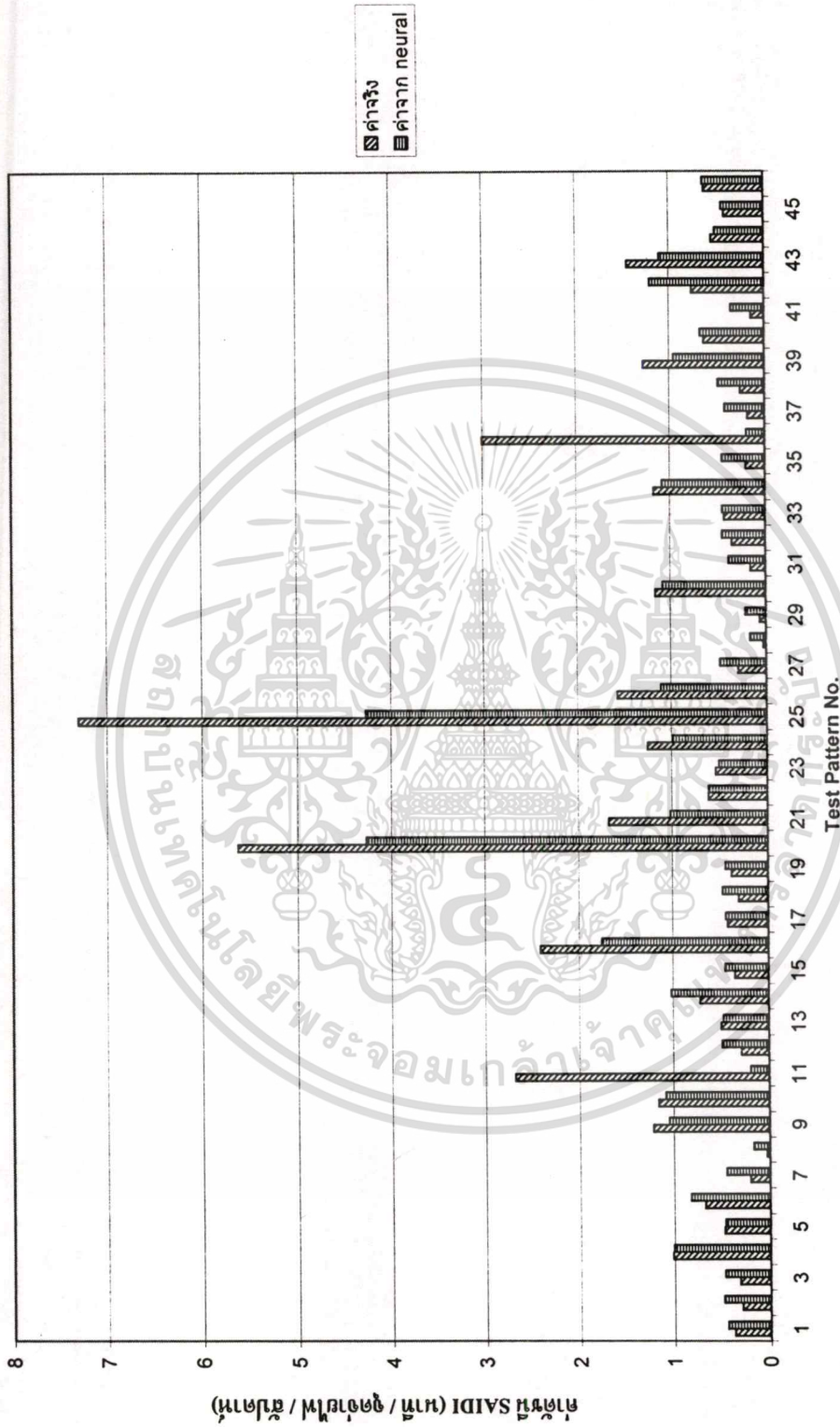
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.25 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIFI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ

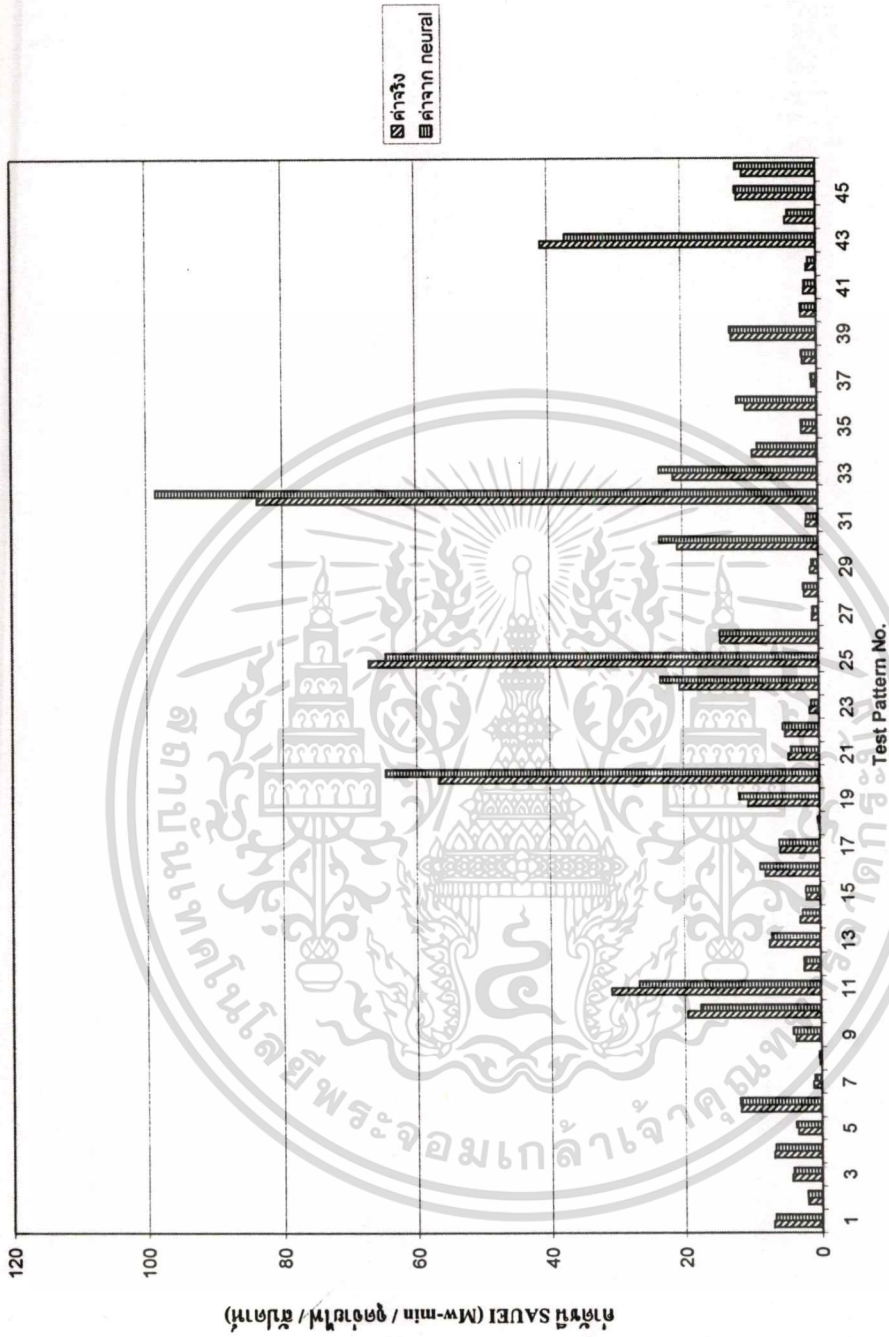
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.26 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIDI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.27 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAUVEI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.16 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAIPI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง

ค่า spread ที่ใช้ใน การทดสอบ	ค่า spread ที่ดีที่สุด	เวลาที่ใช้ในการ ฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
			min(%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
0.05 ถึง 5	0.05	12	0	0.008	0.0209	0.1216	1.8049	13.1605
0.059 ถึง 5.88	0.059	12	0	0.0082	0.0209	0.1229	1.8054	13.1605
0.067 ถึง 6.67	0.067	12	0	0.0086	0.0204	0.1238	1.8058	13.1605
0.071 ถึง 7.14	0.071	12	0	0.0092	0.0196	0.1242	1.806	13.1605
0.083 ถึง 8.33	0.083	12	0	0.012	0.0417	0.1254	1.8067	13.1604
0.100 ถึง 10	0.1	12	0	0.0218	0.1193	0.114	1.8092	13.1599
0.200 ถึง 20	0.2	12	0.0051	4.6848	18.5448	1.4393	5.7105	13.1525
0.33 ถึง 33.33	0.33	12	0.977	15.154	26.3806	1.2465	17.2269	23.1674
1.00 ถึง 100	1	10	10.4212	43.3212	62.916	7.9513	43.24	68.3275
1.43 ถึง 142.86	1.43	11	5.641	51.247	77.0611	3.5628	49.7014	81.5905
2.00 ถึง 200	2	11	0.0111	57.8631	91.3046	0.1092	57.1436	95.7044
3.33 ถึง 333.33	3.33	11	6.476	69.2038	111.113	8.0759	70.7567	116.3079
10 ถึง 1000	10	12	12.9023	78.9277	128.4783	14.7205	82.4025	134.4498

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.17 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAIDI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง

ค่า spread ที่ใช้ใน การทดสอบ	ค่า spread ที่ต่ำที่สุด	เวลาที่ใช้ในการ ฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของจุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของจุดทดสอบ		
			min(%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
0.0476 ถึง 4.76	0.0476	11	0	15.9942	280.7341	0.0227	6.3405	60.3571
0.05 ถึง 5	0.05	11	0	16.842	291.9558	0.3385	6.8461	64.0036
0.056 ถึง 5.56	0.056	12	0	20.3618	319.5737	0.3934	8.0563	73.0712
0.067 ถึง 6.67	0.067	12	0	27.2953	379.0947	0.2034	10.5391	91.8212
0.071 ถึง 7.14	0.071	12	0	30.1005	405.3376	0.3231	11.6123	99.6837
0.083 ถึง 8.33	0.083	12	0	36.5951	470.4817	0.0185	14.2197	118.4025
0.100 ถึง 10	0.1	12	0	44.6017	557.2689	0.2293	17.5575	142.3035
0.200 ถึง 20	0.2	12	0	89.5847	996.3734	0.5764	38.7392	279.3488
0.33 ถึง 33.33	0.33	12	0	140.7879	1.50E+03	1.3514	65.1253	445.6584
1.00 ถึง 100	1	11	1.4604	259.1431	2.48E+03	0.6263	122.2561	767.2852
1.43 ถึง 142.86	1.43	12	1.064	293.7757	2.78E+03	8.2832	141.136	864.5856
2.00 ถึง 200	2	11	0.2021	327.1047	3.07E+03	5.0164	159.3436	960.9988
3.33 ถึง 333.33	3.33	12	0.2847	378.1323	3.52E+03	1.2167	188.5319	1.11E+03

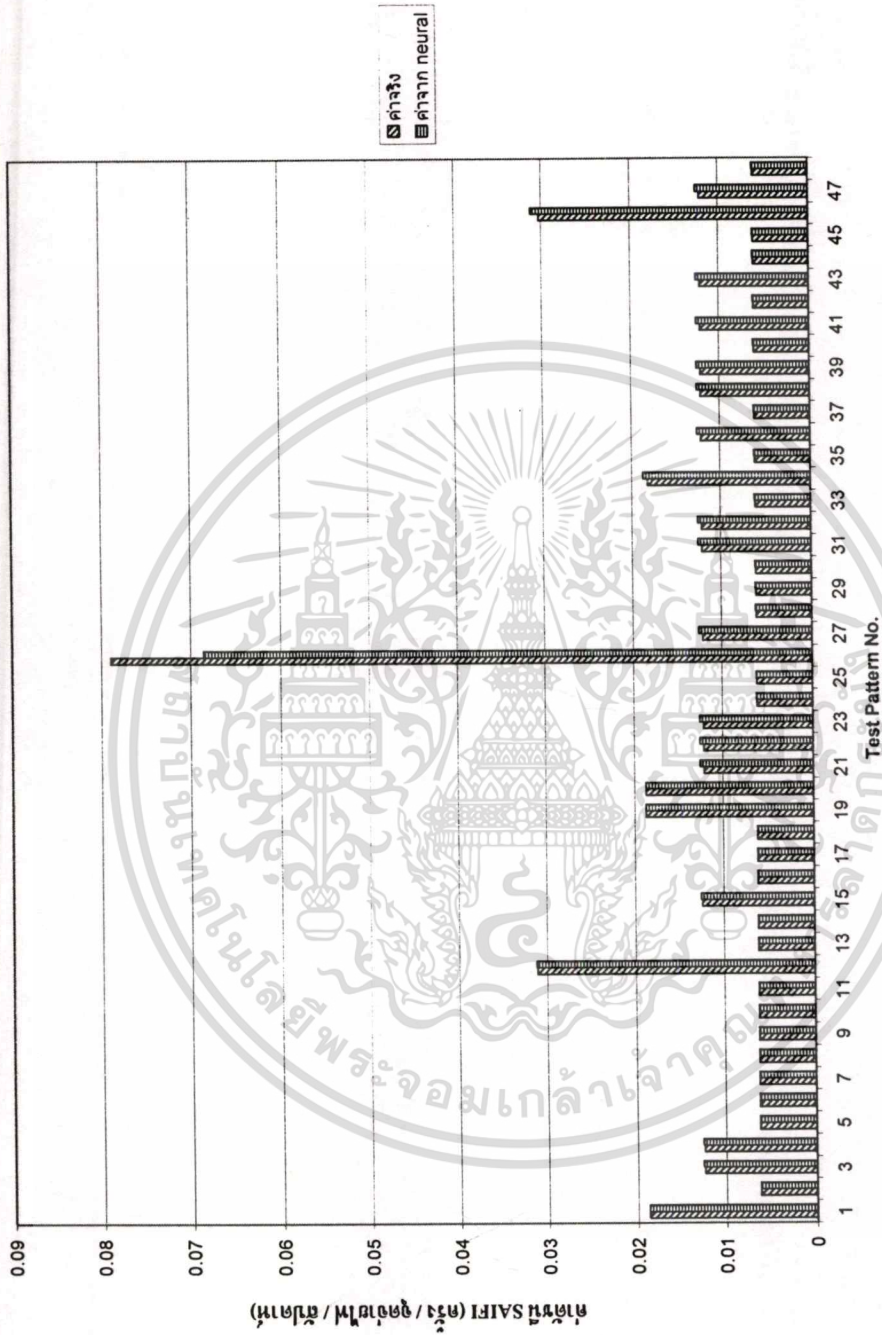
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.18 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAUEI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง

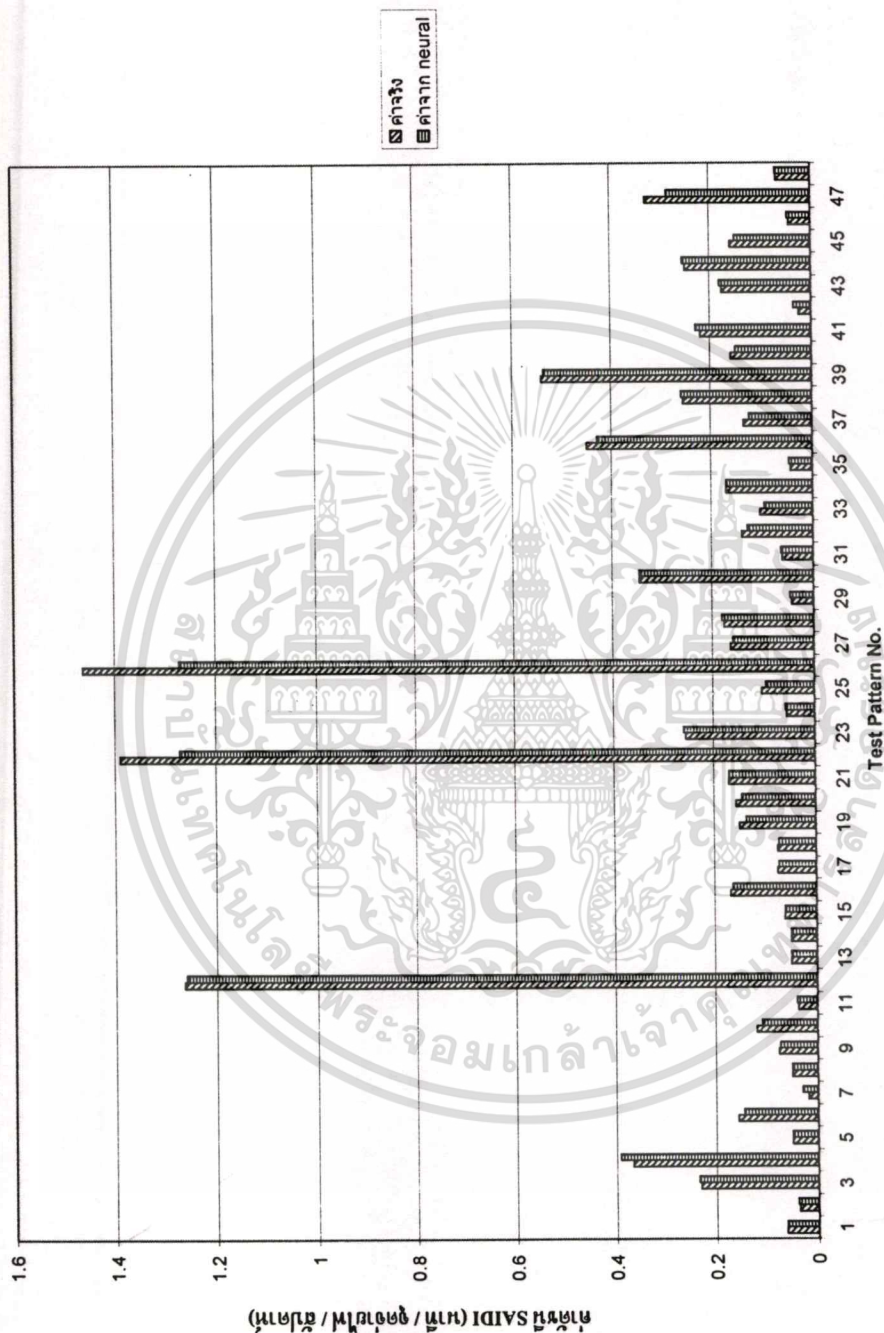
ค่า spread ที่ใช้ในการทดสอบ	ค่า spread ที่ดีที่สุด	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
			min(%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
0.045 ถึง 4.54	0.045	12	0	30.7371	1.34E+03	0.0567	6.7645	58.9069
0.05 ถึง 5	0.05	12	0	34.8756	1.53E+03	0.0954	7.5198	66.8937
0.059 ถึง 5.88	0.059	12	0	42.1892	1.86E+03	0.0961	9.013	82.9278
0.067 ถึง 6.67	0.067	12	0	48.1397	2.12E+03	0.6779	10.5027	97.6498
0.071 ถึง 7.14	0.071	12	0	51.6209	2.27E+03	0.004	11.4067	106.5736
0.083 ถึง 8.33	0.083	12	0	60.6346	2.63E+03	0.7294	13.8048	128.0681
0.100 ถึง 10	0.1	12	0	74.6041	3.18E+03	0.6605	17.0717	155.3805
0.200 ถึง 20	0.2	12	0	164.6168	6.90E+03	0.8431	35.9958	305.9664
0.33 ถึง 33.33	0.33	12	0	255.0999	1.03E+04	1.8763	62.4536	496.1793
1.00 ถึง 100	1	11	0.0338	473.5482	1.78E+04	0.23	138.7491	995.0132
1.43 ถึง 142.86	1.43	12	1.5637	536.5975	2.01E+04	3.5562	159.1735	1.12E+03
2.00 ถึง 200	2	11	1.1422	597.4443	2.23E+04	1.659	177.844	1.24E+03
3.33 ถึง 333.33	3.33	12	2.0681	706.394	2.63E+04	0.6282	213.2274	1.47E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



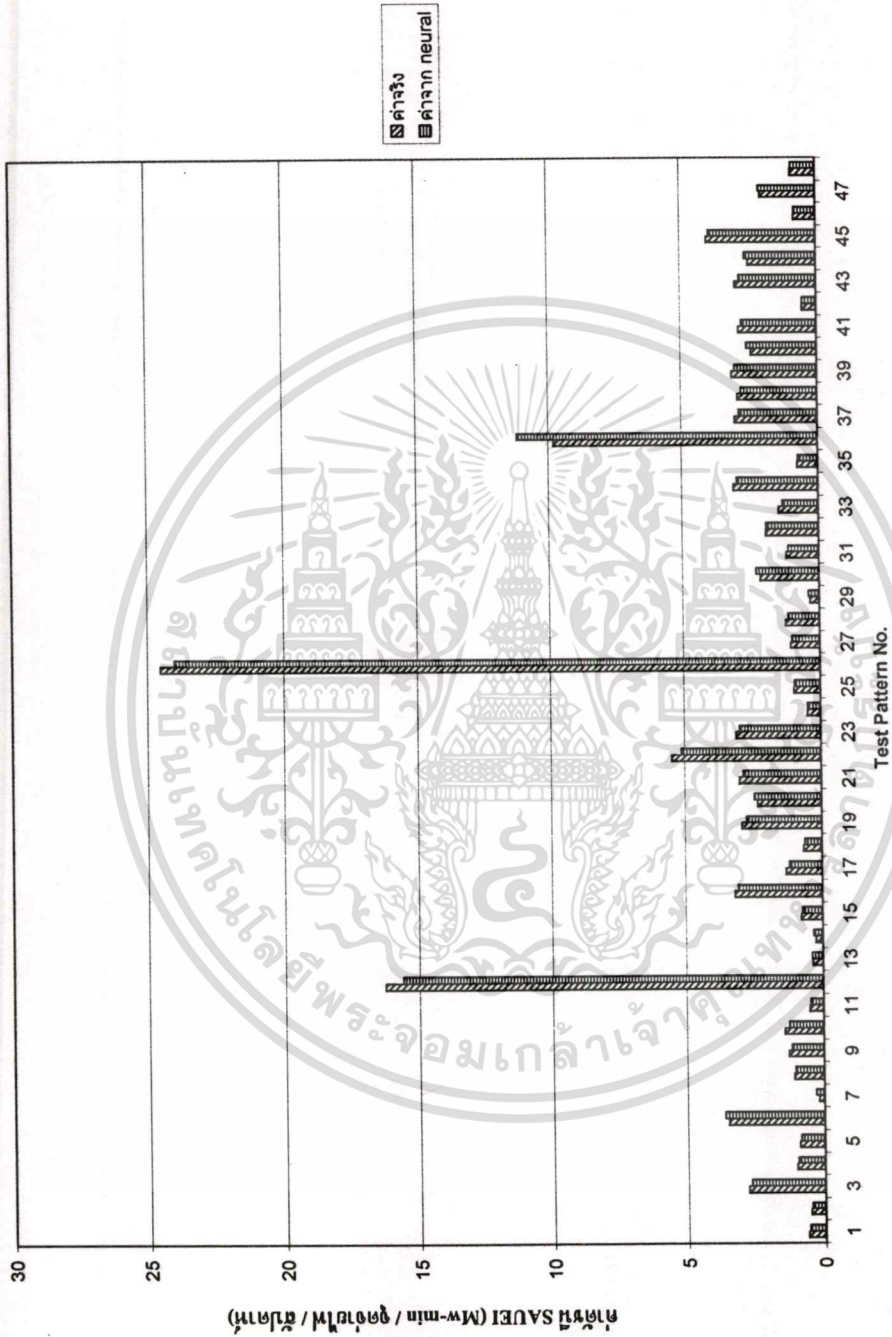
รูปที่ 7.28 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIFI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง



รูปที่ 7.29 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIDI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง



รูปที่ 7.30 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAUEI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้านครหลวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 7.13 เป็นการทดสอบค่าดัชนี SAIFI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับ ในภาคเหนือ จะได้ว่าที่ค่าการกระจาย (spread) เท่ากับ 0.125 นั้นทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด โดยใช้เวลาในการฝึกสอนทั้งหมด 12 วินาที และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ $1.54e-05\%$, ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.9837% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 2.4262% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.8096% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.5462% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 64.4063%

จากตารางที่ 7.14 เป็นการทดสอบค่าดัชนี SAIDI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับ ในภาคเหนือ จะได้ว่าที่ค่าการกระจาย (spread) เท่ากับ 0.0227 นั้นทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด โดยใช้เวลาในการฝึกสอนทั้งหมด 12 วินาที และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 31.6709% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 560.6364% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.5085% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 62.5590% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 427.0346%

จากตารางที่ 7.15 เป็นการทดสอบค่าดัชนี SAUEI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับ ในภาคเหนือ จะได้ว่าที่ค่าการกระจาย (spread) เท่ากับ 0.0138 นั้นทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด โดยใช้เวลาในการฝึกสอนทั้งหมด 12 วินาที และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.7323% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 287.5267% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.6055% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 15.1459% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 250.6337%

จากตารางที่ 7.16 เป็นการทดสอบค่าดัชนี SAIFI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับ ในภาคกลาง จะได้ว่าที่ค่าการกระจาย (spread) เท่ากับ 0.05 นั้นทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด โดยใช้เวลาในการฝึกสอนทั้งหมด 12 วินาที และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.008% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 0.0209% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.1216% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.8049% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 13.1605%

จากตารางที่ 7.17 เป็นการทดสอบค่าดัชนี SAIDI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับ ในภาคกลาง จะได้ว่าที่ค่าการกระจาย (spread) เท่ากับ 0.0476 นั้นทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด โดยใช้เวลาในการฝึกสอนทั้งหมด 11 วินาที และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 15.3942% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 280.7341% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.0227% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.3405% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 60.3571%

จากตารางที่ 7.18 เป็นการทดสอบค่าดัชนี SAUEI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-0.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับ ในภาคกลาง จะได้ว่าที่ค่าการกระจาย (spread) เท่ากับ 0.045 นั้นทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด โดยใช้เวลาในการฝึกสอนทั้งหมด 12 วินาที และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 30.7371% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ $1.34e+03\%$ และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.0567% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.7645% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 58.9069%

7.3.2 การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-n^2}$

การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ นั้นจะแสดงผลที่ได้จากการทดสอบ โดยในตารางที่ 7.19 ถึง 7.21 จะแสดงผลที่ได้จากการทดสอบการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลการเกิดไฟดับในภาคเหนือตามลำดับ และในตารางที่ 7.22 ถึง 7.24 จะแสดงผลที่ได้จากการทดสอบการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลการเกิดไฟดับในภาคกลางตามลำดับ

ในรูปที่ 7.31 ถึง 7.33 จะแสดงแผนภูมิแท่งที่ทำการเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงที่ได้จากการไฟฟ้าและค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ ของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือตามลำดับ และในรูปที่ 7.34 ถึง 7.36 จะแสดงแผนภูมิแท่งที่ทำการเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงที่ได้จากการไฟฟ้าและค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ ของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลางตามลำดับ

ตารางที่ 7.20 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAIDI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ

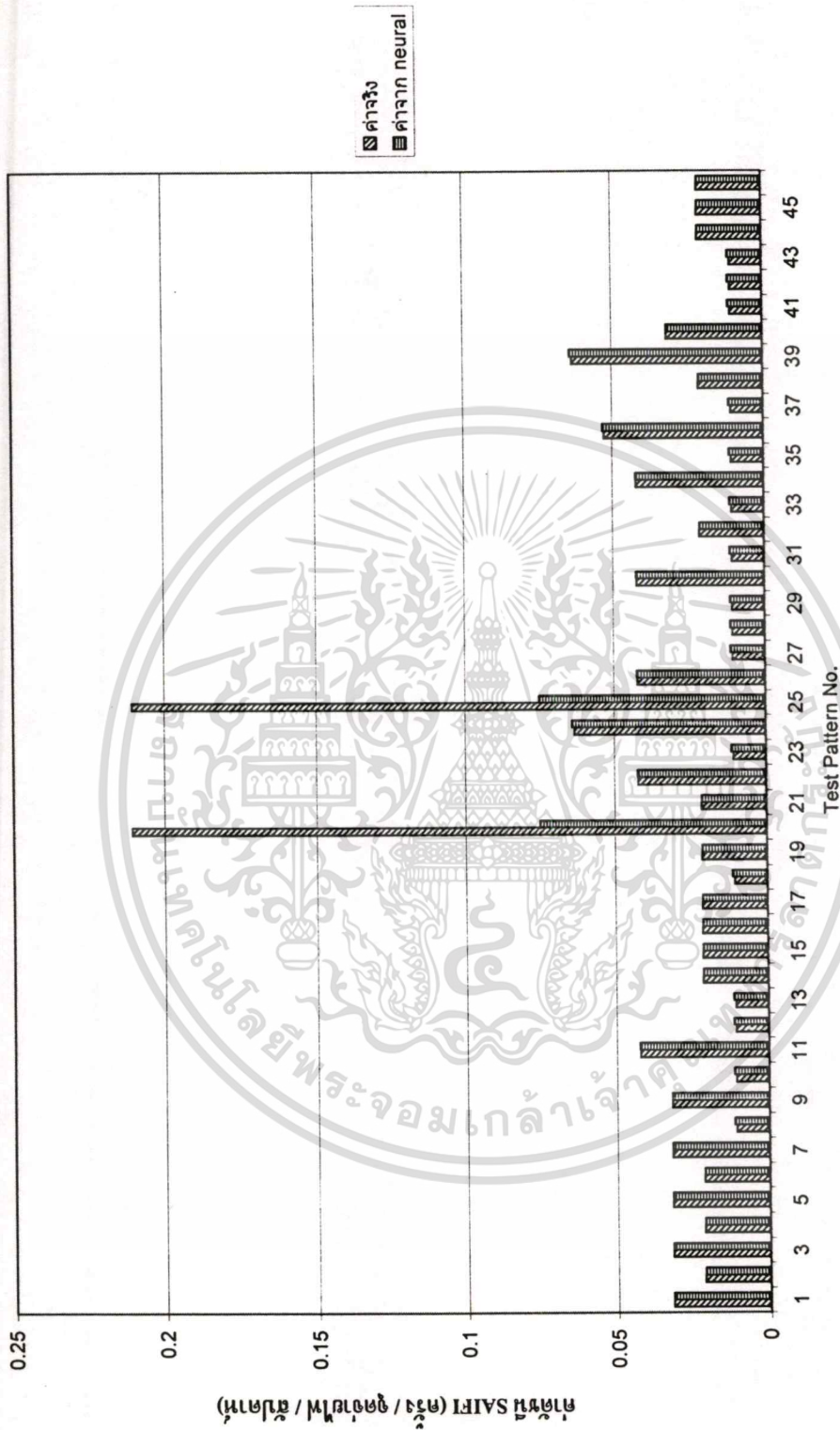
ค่า spread ที่ใช้ในการทดสอบ	ค่า spread ที่ดีที่สุด	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
			min(%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
0.0323 ถึง 3.23	0.0323	12	0	31.7511	561.5004	0.5417	62.6646	429.5288
0.037 ถึง 3.70	0.037	12	0	34.7069	589.8172	0.8357	66.4454	522.2567
0.04 ถึง 4.00	0.04	14	0	36.2631	602.1013	0.1785	68.3139	570.6362
0.045 ถึง 4.54	0.045	13	0	38.7896	617.6525	1.7139	71.3621	643.8277
0.05 ถึง 5.00	0.05	12	0	40.583	625.625	4.6614	73.5926	692.3625
0.059 ถึง 5.88	0.059	12	0	43.3958	632.9624	6.4584	77.1928	764.7571
0.0667 ถึง 6.67	0.0667	13	0	45.4646	634.3189	6.1753	79.9993	813.8435
0.0833 ถึง 8.33	0.0833	13	0	49.3228	643.7988	3.2072	85.7946	895.555
0.10 ถึง 10	0.1	12	0	53.5447	696.9545	0.8943	92.1757	969.2676
0.20 ถึง 20	0.2	12	0	92.1681	1.02E+03	1.5268	132.1706	1.41E+03

ตารางที่ 7.21 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAUEI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ

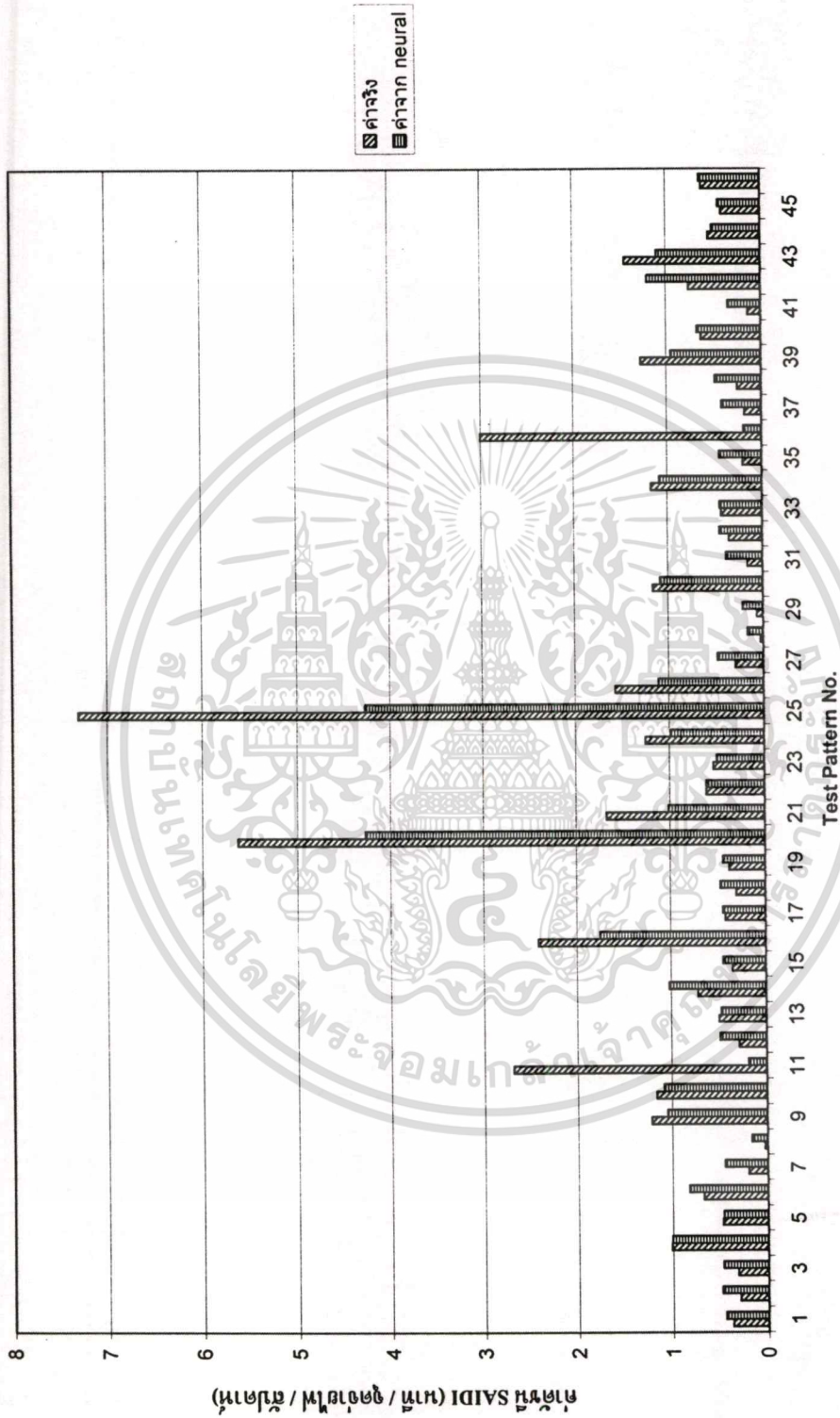
ค่า spread ที่ใช้ในการทดสอบ	ค่า spread ที่ดีที่สุด	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
			min(%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
0.0196 ถึง 1.96	0.0196	12	0	8.7092	286.6802	0.608	15.1231	249.8781
0.022 ถึง 2.22	0.022	12	0	10.4073	350.9603	0.3856	16.7355	307.014
0.025 ถึง 2.50	0.025	12	0	12.0635	414.0533	0.0035	18.1554	362.7059
0.0286 ถึง 2.86	0.0286	12	0	13.8866	483.5041	0.3673	20.5149	423.7099
0.0333 ถึง 3.33	0.0333	12	0	15.9267	557.4696	0.7171	23.2545	488.5403
0.04 ถึง 4.0	0.04	11	0	18.2717	638.8224	0.2002	26.535	560.0041
0.05 ถึง 5.0	0.05	12	0	21.3126	741.8888	0.1439	30.6198	651.0215
0.0667 ถึง 6.67	0.0667	12	0	26.4861	894.4548	0.878	36.2106	786.1634
0.10 ถึง 10	0.1	12	0	37.3537	1.16E+03	0.4993	45.1626	1.02E+03
0.20 ถึง 20	0.2	12	0	78.9098	2.04E+03	0.0762	78.3701	1.80E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



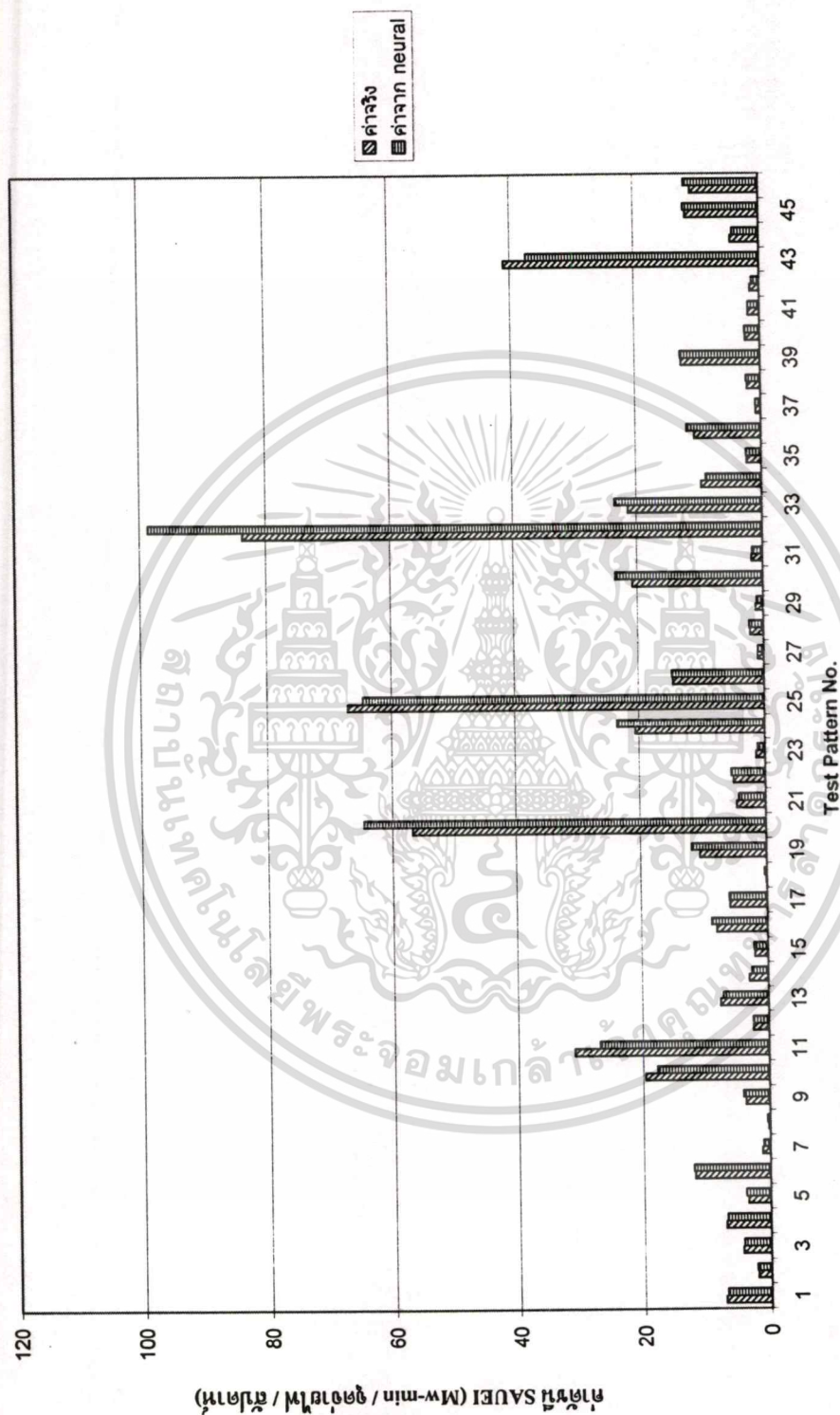
รูปที่ 7.31 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIFI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ



รูปที่ 7.32 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIDI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ



รูปที่ 7.33 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAUAEI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.22 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAIPI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง

ค่า spread ที่ใช้ใน การทดสอบ	ค่า spread ที่ดีที่สุด	เวลาที่ใช้ในการ ฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน		ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ			
			min(%)	mean(%)	min(%)	mean(%)	max(%)	
0.071 ถึง 7.14	0.071	13	0	8.00E-03	0.0209	0.1217	1.8049	13.1605
0.083 ถึง 8.33	0.083	12	0	0.0082	0.0209	0.1229	1.8055	13.1605
0.100 ถึง 10	0.1	12	0	0.0091	0.0198	0.1241	1.806	13.1605
0.200 ถึง 20	0.2	13	1.15E-06	0.6732	4.0408	0.4237	1.9706	13.1569
0.33 ถึง 33.33	0.33	12	0.0525	7.6653	23.6471	1.4482	9.1091	13.1534
1.00 ถึง 100	1	11	0.5995	34.9779	49.831	10.9756	36.4815	55.237
1.43 ถึง 142.86	1.43	12	10.304	43.5559	63.308	7.8478	43.4254	68.6983
2.00 ถึง 200	2	11	5.7959	51.0352	76.6486	3.7131	49.5151	81.1973
3.33 ถึง 333.33	3.33	13	1.5615	61.8743	98.2769	2.9492	61.9809	102.8956
10 ถึง 1000	10	11	11.96	77.4865	125.8915	13.7514	80.6824	131.7576

ตารางที่ 7.23 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAIDI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ ของข้อมูลไฟฟ้าในภาคกลาง

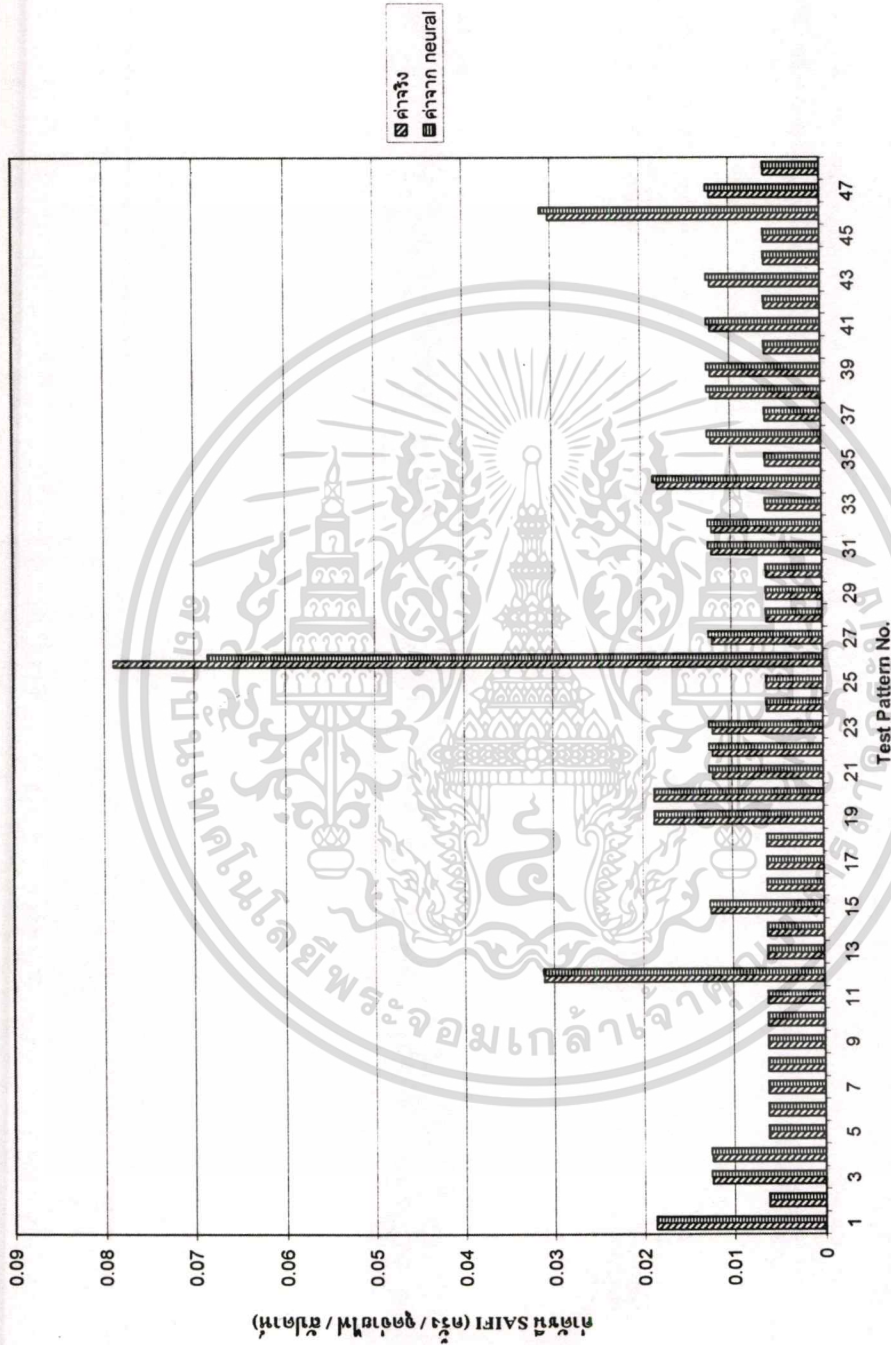
ค่า spread ที่ใช้ใน การทดสอบ	ค่า spread ที่ดีที่สุด	เวลาที่ใช้ในการ ฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
			min(%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
0.067 ถึง 6.67	0.067	13	0	15.135	278.5222	0.0517	6.2515	59.6496
0.071 ถึง 7.14	0.071	12	0	17.1603	294.3967	0.3529	6.9583	64.8046
0.083 ถึง 8.33	0.083	12	0	22.4985	337.1749	0.1051	8.7917	78.7567
0.100 ถึง 10	0.1	12	0	29.686	401.376	0.3558	11.4491	98.5105
0.200 ถึง 20	0.2	12	0	63.1745	747.1658	0.1805	25.4684	196.9372
0.33 ถึง 33.33	0.33	12	0	104.757	1.14E+03	0.5936	46.4422	329.0881
1.00 ถึง 100	1	11	0.0637	225.616	2.20E+03	0.2815	104.2903	677.2104
1.43 ถึง 142.86	1.43	12	1.5534	260.1059	2.49E+03	0.8315	122.7926	769.9392
2.00 ถึง 200	2	11	0.8199	292.7756	2.77E+03	8.0514	140.5976	861.7366
3.33 ถึง 333.33	3.33	11	1.0851	343.3827	3.21E+03	1.5596	168.424	1.01E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.24 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAUEI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง

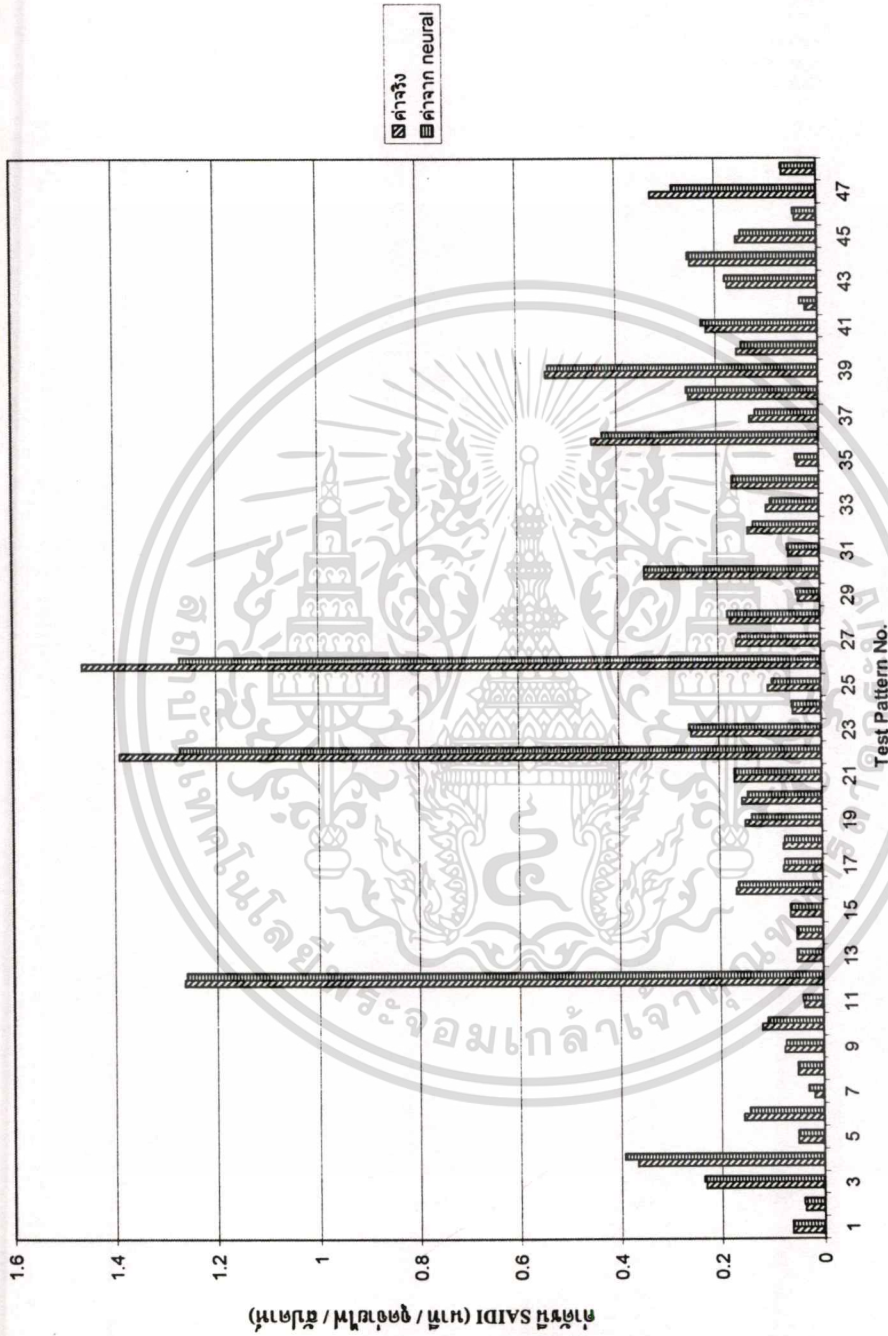
ค่า spread ที่ใช้ใน การทดสอบ	ค่า spread ที่ดีที่สุด	เวลาที่ใช้ในการ ฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
			min(%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
0.067 ถึง 6.67	0.067	12	0	32.3008	1.42E+03	8.58E-01	7.0483	61.8577
0.071 ถึง 7.14	0.071	12	0	35.3212	1.56E+03	0.3073	7.6099	67.7944
0.083 ถึง 8.33	0.083	12	0	42.2697	1.87E+03	0.0459	9.0293	83.1175
0.100 ถึง 10	0.1	12	0	51.1003	2.24E+03	0.1027	11.2695	105.2354
0.200 ถึง 20	0.2	12	0	112.5449	4.73E+03	0.4441	24.6693	216.5248
0.33 ถึง 33.33	0.33	12	0	192.9373	8.03E+03	0.7502	43.2428	360.449
1.00 ถึง 100	1	11	0.6669	403.7707	1.52E+04	0.5631	115.4405	847.153
1.43 ถึง 142.86	1.43	12	0.2285	475.4527	1.78E+04	0.4404	139.3828	998.9182
2.00 ถึง 200	2	11	1.7587	534.8733	2.00E+04	3.3723	158.6318	1.12E+03
3.33 ถึง 333.33	3.33	11	0.261	630.8788	2.35E+04	0.7836	188.1299	1.31E+03



รูปที่ 7.34 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIPI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง

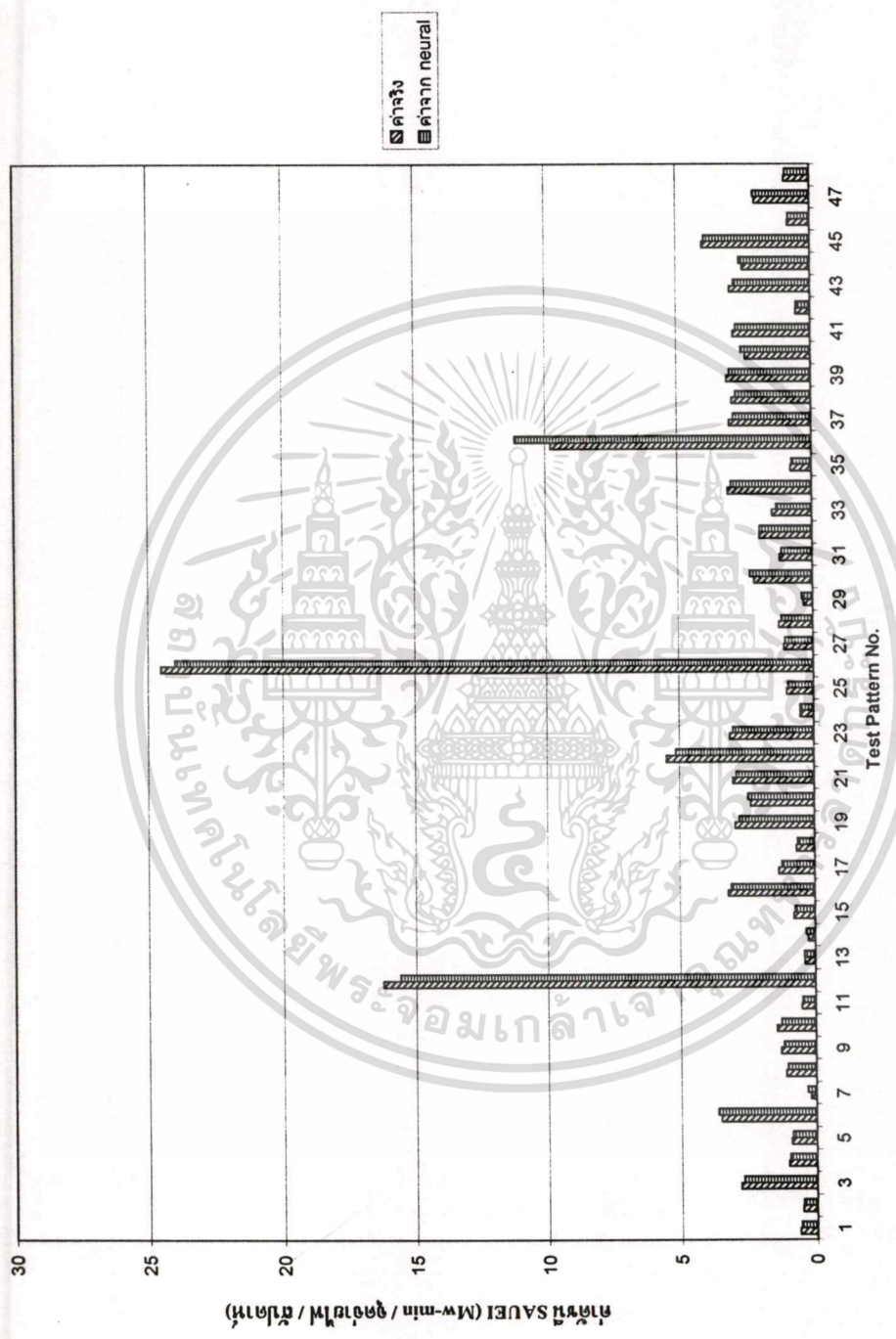
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.35 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIDI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.36 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAUEI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 7.19 เป็นการทดสอบค่าดัชนี SAIFI ด้วยโครงข่ายประสาทดัดเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ จะได้ว่าที่ค่าการกระจาย (spread) เท่ากับ 0.20 นั้นทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด โดยใช้เวลาในการฝึกสอนทั้งหมด 12 วินาที และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ $4.20e-04\%$, ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.1681% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 5.3809% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ $1.20e-01\%$, ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.8706% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 64.4063%

จากตารางที่ 7.20 เป็นการทดสอบค่าดัชนี SAIDI ด้วยโครงข่ายประสาทดัดเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ จะได้ว่าที่ค่าการกระจาย (spread) เท่ากับ 0.0323 นั้นทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด โดยใช้เวลาในการฝึกสอนทั้งหมด 12 วินาที และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 31.7511% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 561.5004% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.5417% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 62.6646% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 429.5288%

จากตารางที่ 7.21 เป็นการทดสอบค่าดัชนี SAUEI ด้วยโครงข่ายประสาทดัดเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ จะได้ว่าที่ค่าการกระจาย (spread) เท่ากับ 0.0196 นั้นทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด โดยใช้เวลาในการฝึกสอนทั้งหมด 12 วินาที และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.7092% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 286.6802% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.608% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 15.1231% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 249.8781%

จากตารางที่ 7.22 เป็นการทดสอบค่าดัชนี SAIFI ด้วยโครงข่ายประสาทดัดเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง จะได้ว่าที่ค่าการกระจาย (spread) เท่ากับ 0.071 นั้นทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด โดยใช้เวลาในการฝึกสอนทั้งหมด 13 วินาที และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.008% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 0.0209% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.1217% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.8049% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 13.1605%

จากตารางที่ 7.23 เป็นการทดสอบค่าดัชนี SAIDI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง จะได้ว่าที่ค่าการกระจาย (spread) เท่ากับ 0.067 นั้นทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด โดยใช้เวลาในการฝึกสอนทั้งหมด 13 วินาที และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 15.135% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 278.5222% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.0517% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.2515% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 59.6496%

จากตารางที่ 7.24 เป็นการทดสอบค่าดัชนี SAUEI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง จะได้ว่าที่ค่าการกระจาย (spread) เท่ากับ 0.067 นั้นทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด โดยใช้เวลาในการฝึกสอนทั้งหมด 12 วินาที และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 32.3008% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ $1.42e+03\%$ และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ $8.58e-01\%$, ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7.0483% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 61.8577%

7.3.3 การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้

สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$

การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ นั้นจะแสดงผลที่ได้จากการทดสอบ โดยในตารางที่ 7.25 ถึง 7.27 จะแสดงผลที่ได้จากการทดสอบการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลการเกิดไฟดับในภาคเหนือตามลำดับ และในตารางที่ 7.28 ถึง 7.30 จะแสดงผลที่ได้จากการทดสอบการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลการเกิดไฟดับในภาคกลางตามลำดับ

ในรูปที่ 7.37 ถึง 7.39 จะแสดงแผนภูมิแท่งที่ทำการเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงที่ได้จากการไฟฟ้าและค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ ของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือตามลำดับ และในรูปที่ 7.40 ถึง 7.42 จะแสดงแผนภูมิแท่งที่ทำการเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงที่ได้จากการไฟฟ้าและค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ ของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลางตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.25 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAIFI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ

ค่า spread ที่ใช้ในการทดสอบ	ค่า spread ที่ดีที่สุด	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
			min(%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
0.25 ถึง 25	0.25	12	6.74E-04	2.4208	6.0155	0.0542	5.0617	64.4063
0.33 ถึง 33.33	0.33	12	0.094	7.2275	18.2304	0.2938	9.8297	64.4063
0.50 ถึง 50	0.5	12	0.2912	15.2863	37.4001	2.8236	18.0486	64.4003
1.00 ถึง 100	1	11	0.1822	33.1847	73.6568	0.953	33.7541	70.4381
1.11 ถึง 111.11	1.11	12	2.7698	36.9347	80.093	3.4902	37.6935	78.0662
1.25 ถึง 125	1.25	12	5.8741	41.0166	86.959	6.5828	42.2428	87.0501
1.43 ถึง 142.86	1.43	12	8.2837	45.4104	96.4449	10.2977	47.458	97.6137
1.67 ถึง 166.67	1.67	12	9.878	50.0814	108.5145	14.6774	53.3619	109.8964
2.00 ถึง 200	2	11	11.5458	54.958	121.9696	14.3055	59.9024	123.773
2.5 ถึง 250	2.5	12	13.2856	59.8822	136.21	12.4911	66.8855	138.6451

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.26 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAIDI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ

ค่า spread ที่ใช้ในการทดสอบ	ค่า spread ที่ดีที่สุด	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
			min(%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
0.04 ถึง 4.00	0.04	12	0	32.0229	564.3986	0.4583	63.0223	438.0262
0.045 ถึง 4.54	0.045	12	0	34.7489	590.1769	0.8629	66.4978	523.5903
0.05 ถึง 5.00	0.05	12	0	36.6734	604.9788	0.5756	68.7911	582.9466
0.059 ถึง 5.88	0.059	12	0	39.8394	622.6195	3.3766	72.6684	672.4915
0.0667 ถึง 6.67	0.0667	12	0	42.0895	630.3636	6.0965	75.4893	731.6597
0.0833 ถึง 8.33	0.0833	12	0	45.7958	634.2722	6.0277	80.4751	821.4739
0.10 ถึง 10	0.1	11	0	48.9354	638.4406	3.5892	85.1932	888.0006
0.20 ถึง 20	0.2	12	0	77.9889	914.3982	0.6705	119.2386	1.27E+03
0.333 ถึง 3.33	0.333	12	0	114.2995	1.16E+03	0.1602	149.9561	1.61E+03
1 ถึง 100	1	10	0.0131	198.8585	1.65E+03	0.959	192.3975	2.03E+03

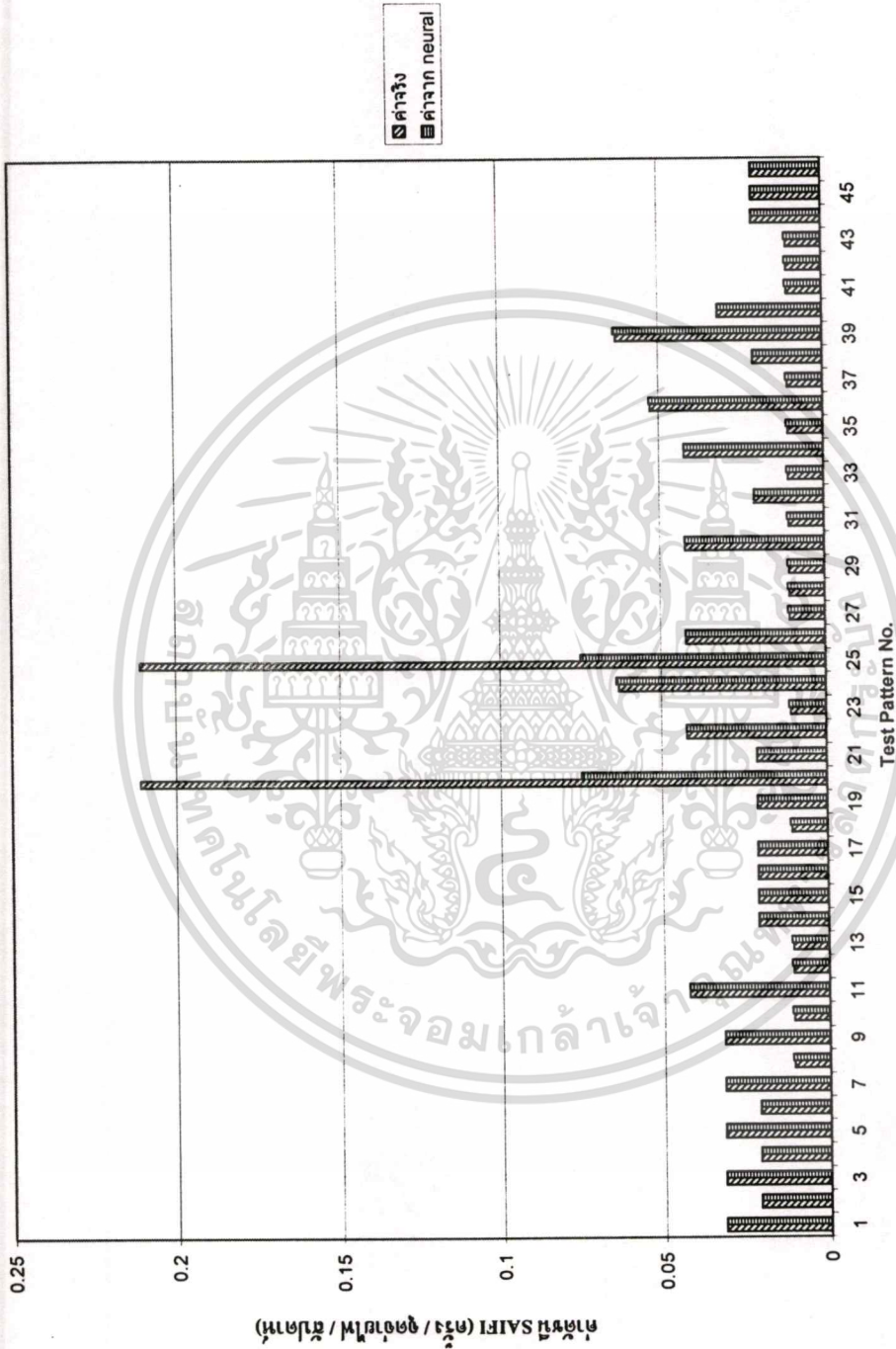
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.27 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAUEI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ ของข้อมูลไฟฟ้าในภาคเหนือ

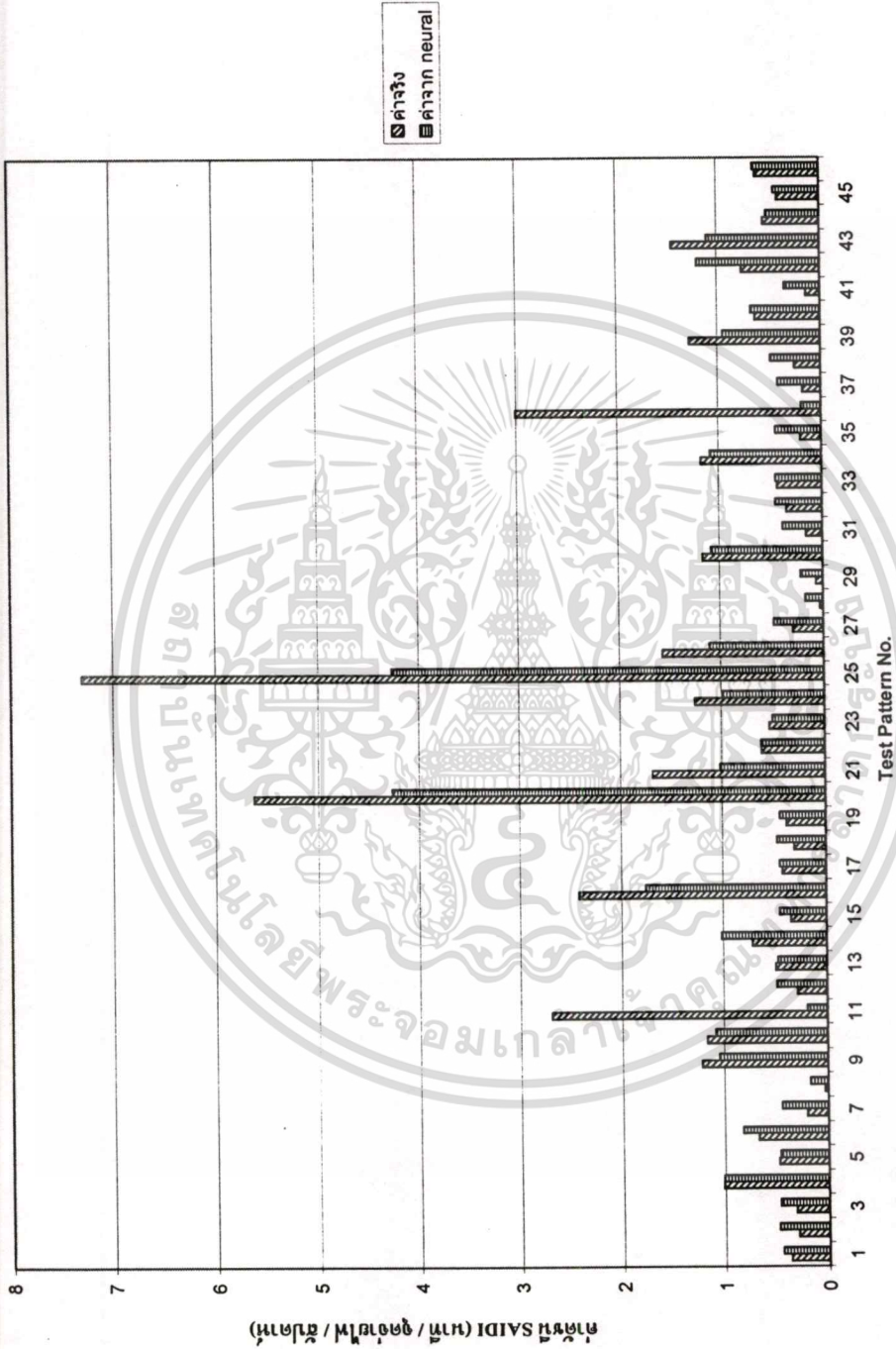
ค่า spread ที่ใช้ใน การทดสอบ	ค่า spread ที่ดีที่สุด	เวลาที่ใช้ในการ ฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
			min(%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
0.0244 ถึง 2.44	0.0244	12	0	8.9162	294.3156	0.5857	15.3268	256.6899
0.025 ถึง 2.50	0.025	12	0	9.2479	306.6972	0.5473	15.6498	267.7207
0.0286 ถึง 2.86	0.0286	12	0	11.0889	376.9475	0.2722	17.3252	329.9926
0.0333 ถึง 3.33	0.0333	12	0	13.2331	458.7375	0.1893	19.6404	401.9812
0.04 ถึง 4.0	0.04	12	0	15.6606	548.0574	0.7306	22.8932	480.2892
0.05 ถึง 5.0	0.05	12	0	18.5343	647.88	0.1053	26.9141	567.9827
0.0667 ถึง 6.67	0.0667	12	0	22.5615	784.4735	0.2013	32.2226	688.7205
0.10 ถึง 10	0.1	12	0	31.2075	1.02E+03	0.6858	40.3514	894.9303
0.20 ถึง 20	0.2	12	0	63.1996	1.70E+03	0.2181	63.5277	1.50E+03
1 ถึง 100	1	11	0.001	284.9896	7.26E+03	0.3126	325.351	6.31E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.37 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIFI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

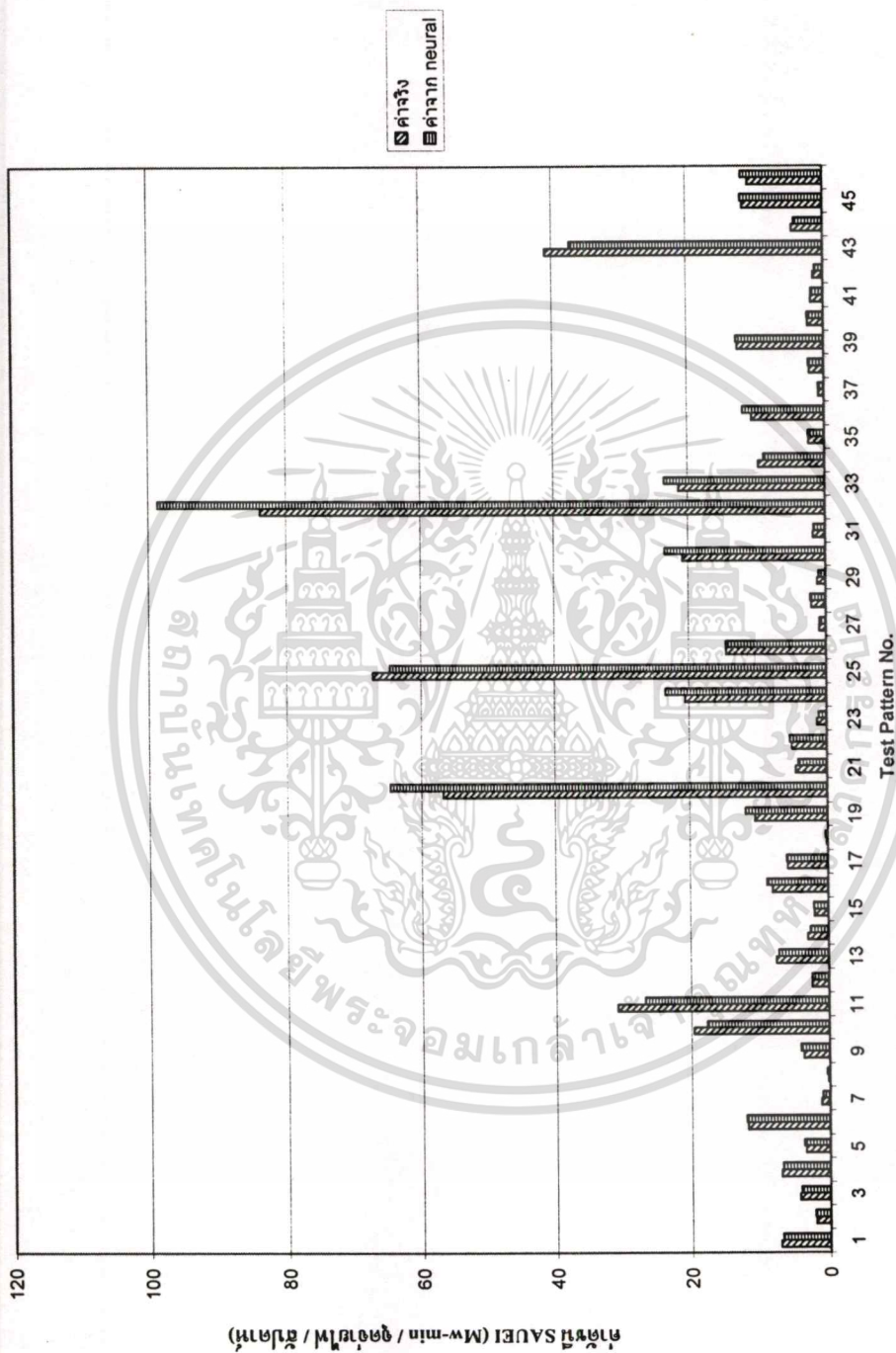
เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ



รูปที่ 7.38 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIDI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.39 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAUEI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.28 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAIFI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง

ค่า spread ที่ใช้ในการทดสอบ	ค่า spread ที่ดีที่สุด	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
			min(%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
0.091 ถึง 9.10	0.091	11	0	0.008	0.0209	0.122	1.8051	13.1605
0.100 ถึง 10	0.1	11	0	0.0082	0.0209	0.1228	1.8054	13.1605
0.200 ถึง 20	0.2	11	0	0.0853	0.5483	0.0101	1.8116	13.159
0.33 ถึง 33.33	0.33	11	0.0026	4.0531	16.9965	0.9746	4.9882	13.1529
1.00 ถึง 100	1	11	3.0887	29.8249	42.4371	12.0078	31.9648	47.0549
1.43 ถึง 142.86	1.43	11	4.4774	38.7531	55.5459	9.77	39.5935	61.1545
2.00 ถึง 200	2	11	8.6578	46.6158	68.5384	6.3844	45.8464	73.5925
3.33 ถึง 333.33	3.33	11	0.6579	57.1444	89.6459	0.5672	56.0565	94.0137
5 ถึง 500	5	11	4.6168	66.428	106.2133	6.1396	67.4254	111.1766
10 ถึง 1000	10	11	11.0617	76.1178	123.4379	12.8257	79.0463	129.1999

ตารางที่ 7.29 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAIDI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง

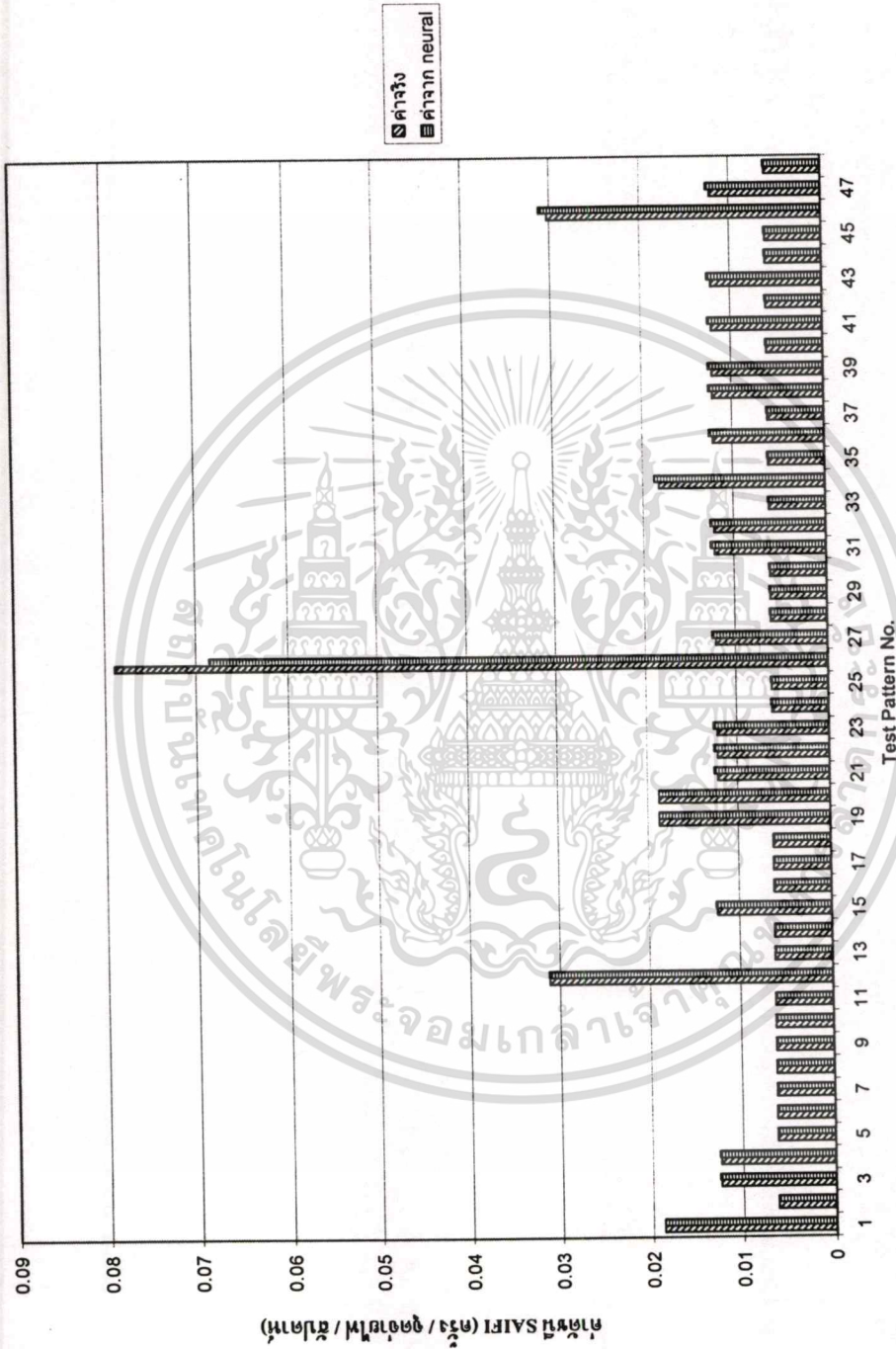
ค่า spread ที่ใช้ใน การทดสอบ	ค่า spread ที่ดีที่สุด	เวลาที่ใช้ในการ ฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
			min(%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
0.083 ถึง 8.33	0.083	12	0	15.6906	283.0297	0.049	6.4342	61.0963
0.100 ถึง 10	0.1	12	0	21.7462	330.896	0.0036	8.5197	76.7414
0.143 ถึง 14.28	0.143	12	0	36.1531	465.8671	0.031	14.0394	117.1066
0.200 ถึง 20	0.2	12	0	51.6368	631.7781	0.545	20.6102	162.8702
0.33 ถึง 33.33	0.33	12	0	86.2291	964.4829	0.5748	37.0454	268.5521
1.00 ถึง 100	1	11	0.0027	204.1831	2.03E+03	0.7604	93.9326	621.5885
1.43 ถึง 142.86	1.43	12	0.3382	240.7749	2.33E+03	0.1825	112.1752	717.3412
2.00 ถึง 200	2	11	0.8046	272.9324	2.60E+03	3.6018	129.8642	805.6311
3.33 ถึง 333.33	3.33	12	1.0337	323.2982	3.04E+03	5.7941	157.2355	949.8891
10 ถึง 1000	10	11	1.166	429.5835	3.98E+03	1.4565	218.6892	1.26E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.30 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAUEI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง

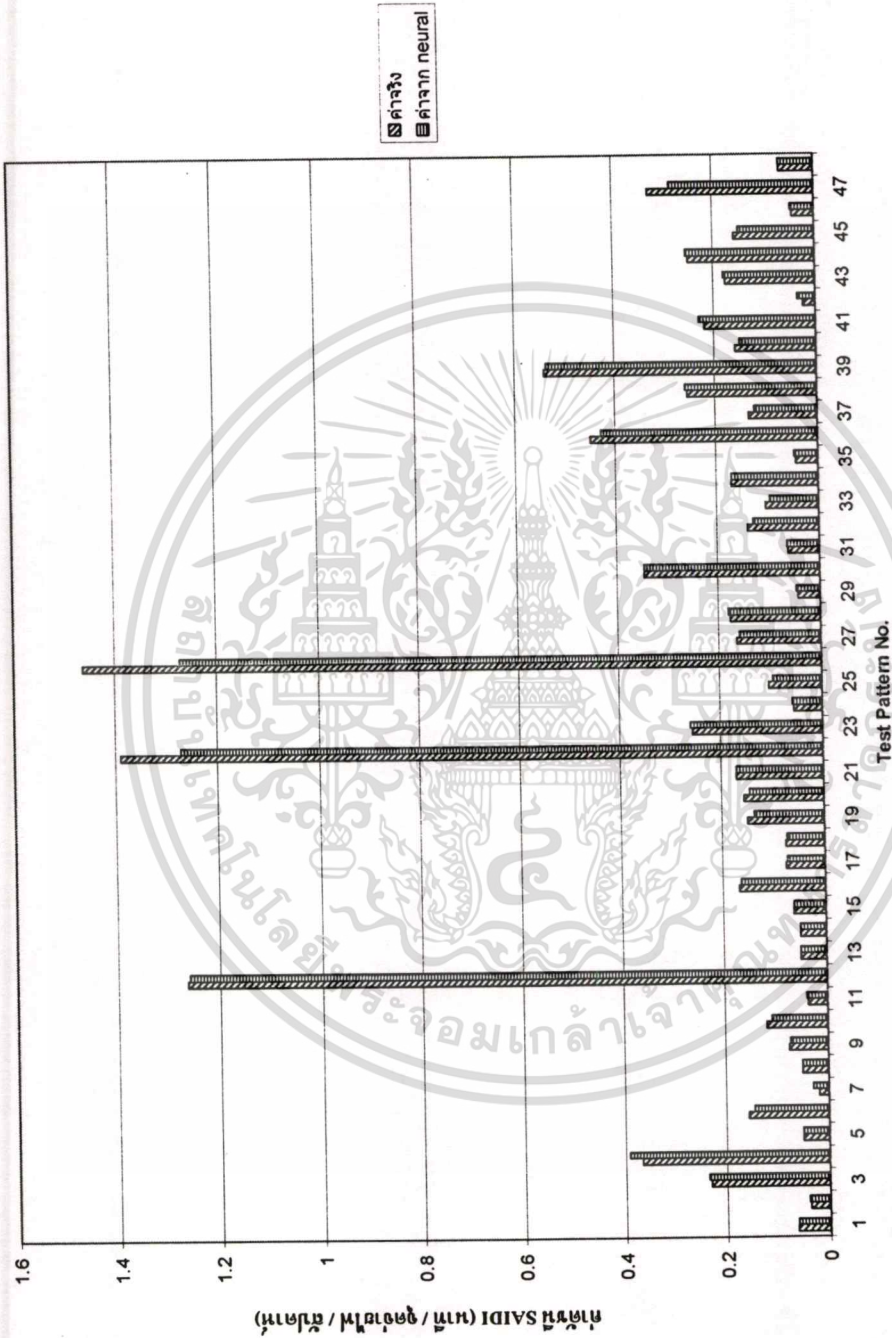
ค่า spread ที่ใช้ในการทดสอบ	ค่า spread ที่ดีที่สุด	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
			min(%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
0.083 ถึง 8.33	0.083	12	0	33.1883	1.46E+03	0.6691	7.2091	63.5635
0.100 ถึง 10	0.1	11	0	41.3237	1.83E+03	0.6299	8.8379	80.9085
0.125 ถึง 12.5	0.125	11	0	52.1563	2.29E+03	0.0966	11.5508	107.9497
0.200 ถึง 20	0.2	11	0	88.5592	3.74E+03	1.1825	19.9266	178.5858
0.33 ถึง 33.33	0.33	11	0	158.2484	6.64E+03	0.2736	34.445	294.2847
1.00 ถึง 100	1	11	0.0679	361.2448	1.38E+04	1.6727	100.7567	751.4607
1.11 ถึง 111.11	1.11	11	0.2498	383.3278	1.45E+04	1.6784	108.4305	801.6946
1.43 ถึง 142.86	1.43	11	0.1933	435.6456	1.64E+04	2.8025	126.2205	915.9764
2.00 ถึง 200	2	11	2.7796	499.8607	1.87E+04	0.2237	147.4004	1.05E+03
3.33 ถึง 333.33	3.33	11	0.384	589.9826	2.20E+04	2.5517	175.5815	1.23E+03



รูปที่ 7.40 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAEFI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง

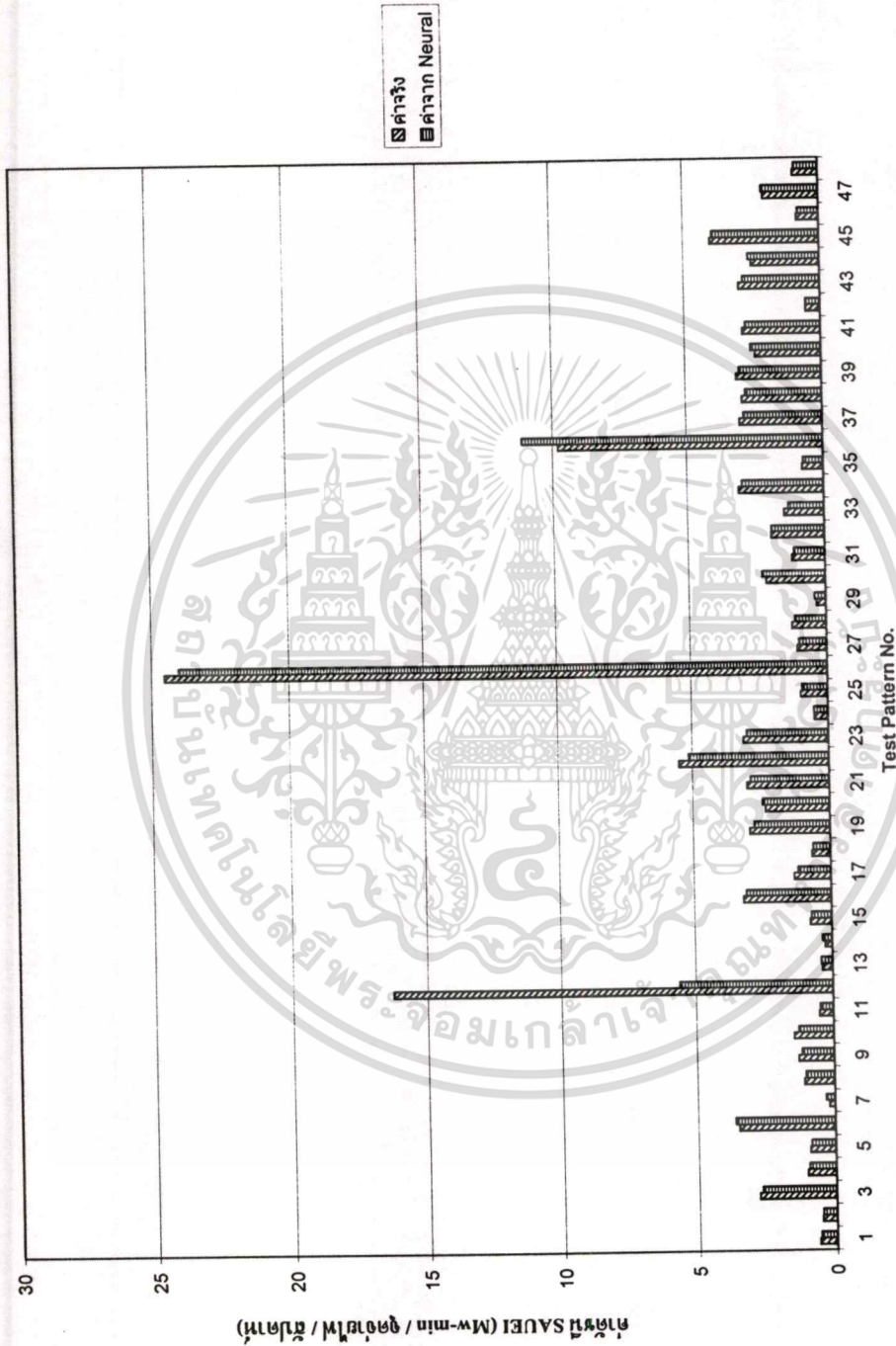
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.41 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIDI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.42 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAUEI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกจากการไฟฟ้าในภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 7.25 เป็นการทดสอบค่าดัชนี SAIFI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับ ในภาคเหนือ จะได้ว่าที่ค่าการกระจาย (spread) เท่ากับ 0.25 นั้นทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด โดยใช้เวลาในการฝึกสอนทั้งหมด 12 วินาที และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 6.74e-04% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.4208% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 6.0155% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.0542% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.0617% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 64.4063%

จากตารางที่ 7.26 เป็นการทดสอบค่าดัชนี SAIDI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับ ในภาคเหนือ จะได้ว่าที่ค่าการกระจาย (spread) เท่ากับ 0.04 นั้นทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด โดยใช้เวลาในการฝึกสอนทั้งหมด 12 วินาที และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 32.0229% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 564.3986% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.4583% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 63.0223% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 438.0262%

จากตารางที่ 7.27 เป็นการทดสอบค่าดัชนี SAUEI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับ ในภาคเหนือ จะได้ว่าที่ค่าการกระจาย (spread) เท่ากับ 0.0244 นั้นทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด โดยใช้เวลาในการฝึกสอนทั้งหมด 12 วินาที และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.9162% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 294.3156% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.5857% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 15.3268% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 256.6899%

จากตารางที่ 7.28 เป็นการทดสอบค่าดัชนี SAIFI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับ ในภาคกลาง จะได้ว่าที่ค่าการกระจาย (spread) เท่ากับ 0.091 นั้นทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด โดยใช้เวลาในการฝึกสอนทั้งหมด 11 วินาที และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.008% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 0.0209% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.122% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.8051% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 13.1605%

จากตารางที่ 7.29 เป็นการทดสอบค่าดัชนี SAIDI ด้วยโครงข่ายประสาทดัดเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง จะได้ว่าที่ค่าการกระจาย (spread) เท่ากับ 0.083 นั้นทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด โดยใช้เวลาในการฝึกสอนทั้งหมด 12 วินาที และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 15.6906% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 283.0297% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.049% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.4342% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 61.0963%

จากตารางที่ 7.30 เป็นการทดสอบค่าดัชนี SAUEI ด้วยโครงข่ายประสาทดัดเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-1.5n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง จะได้ว่าที่ค่าการกระจาย (spread) เท่ากับ 0.083 นั้นทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด โดยใช้เวลาในการฝึกสอนทั้งหมด 12 วินาที และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 33.1883% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ $1.46e+03\%$ และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.6691% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7.2091% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 63.5635%

7.3.4 การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทดัดเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้

สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$

การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทดัดเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ นั้นจะแสดงผลที่ได้จากการทดสอบ โดยในตารางที่ 7.31 ถึง 7.33 จะแสดงผลที่ได้จากการทดสอบการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลการเกิดไฟดับในภาคเหนือตามลำดับ และในตารางที่ 7.34 ถึง 7.36 จะแสดงผลที่ได้จากการทดสอบการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลการเกิดไฟดับในภาคกลางตามลำดับ

ในรูปที่ 7.43 ถึง 7.45 จะแสดงแผนภูมิแท่งที่ทำการเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงที่ได้จากการไฟฟ้าและค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทดัดเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ ของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือตามลำดับ และในรูปที่ 7.46 ถึง 7.48 จะแสดงแผนภูมิแท่งที่ทำการเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงที่ได้จากการไฟฟ้าและค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทดัดเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ ของค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลางตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.31 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAIPI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ

ค่า spread ที่ใช้ในการทดสอบ	ค่า spread ที่ดีที่สุด	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
			min(%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
0.25 ถึง 25	0.25	12	1.54E-05	0.9837	2.4262	0.8096	4.5462	64.4063
0.33 ถึง 33.33	0.33	12	0.0114	4.5958	11.5221	0.1036	7.1596	64.4063
0.50 ถึง 50	0.5	12	1.1899	12.3621	30.867	1.2926	15.0873	64.4058
1.00 ถึง 100	1	11	0.4418	28.6047	64.8534	2.032	29.9332	63.4919
1.11 ถึง 111.11	1.11	12	0.7073	31.9191	71.282	0.0948	32.3603	67.7661
1.25 ถึง 125	1.25	12	2.1109	36.013	78.5187	2.8395	36.7047	76.1396
1.43 ถึง 142.86	1.43	12	5.5953	40.666	86.3775	6.3036	41.841	86.2481
1.67 ถึง 166.67	1.67	12	8.3963	45.7371	97.2595	10.5899	47.859	98.4378
2.00 ถึง 200	2	11	10.2485	51.1718	111.4546	15.4918	54.7915	112.9123
2.5 ถึง 250	2.5	12	12.203	56.8422	127.354	13.6421	62.5303	129.3761

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.32 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAIDI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ

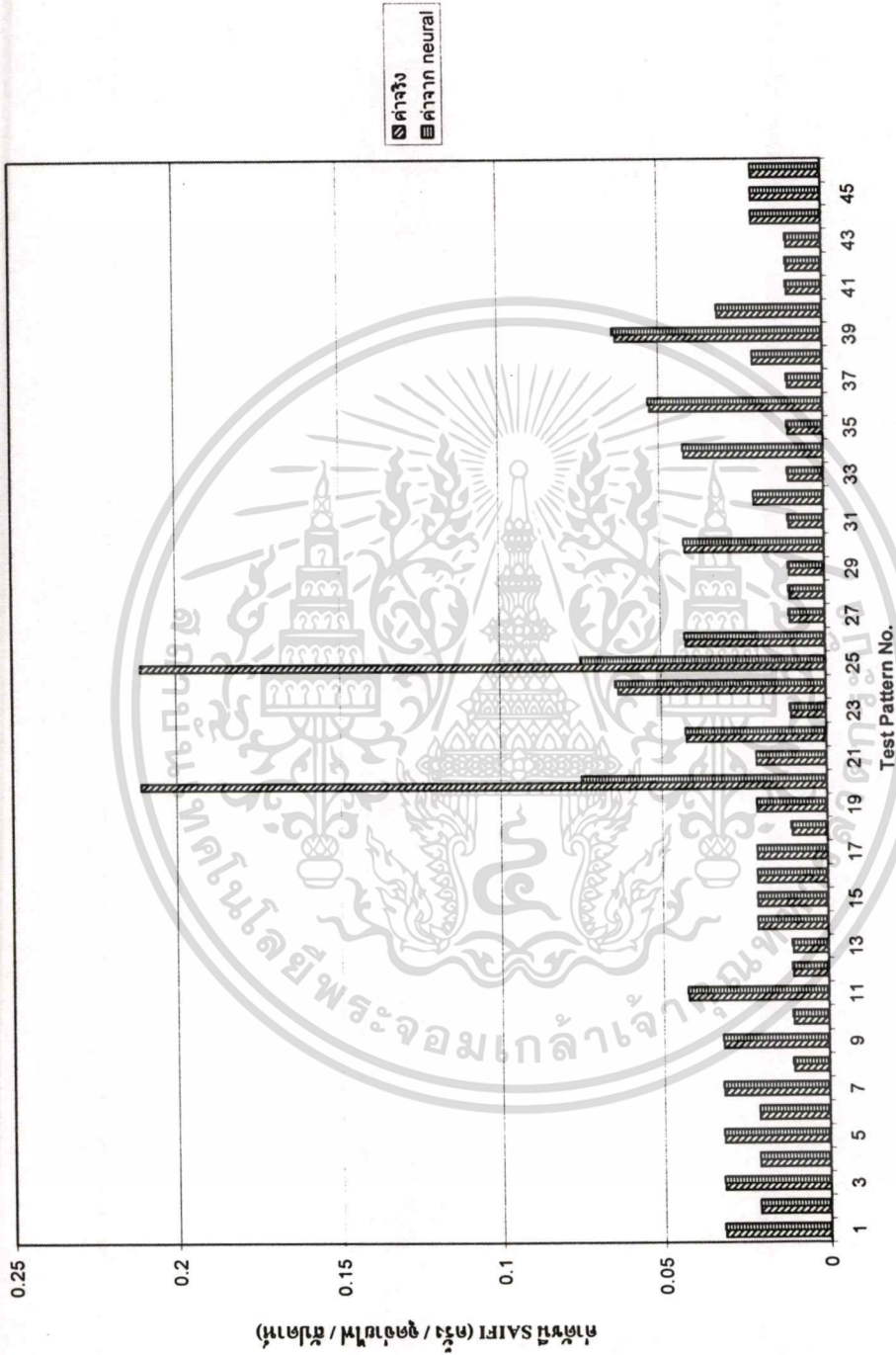
ค่า spread ที่ใช้ใน ในการทดสอบ	ค่า spread ที่ดีที่สุด	เวลาที่ใช้ในการ ฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
			min(%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
0.045 ถึง 4.54	0.045	12	0	31.6709	560.6364	0.5085	62.559	427.0346
0.05 ถึง 5.00	0.05	12	0	33.7395	581.2409	0.2684	65.2271	491.73
0.059 ถึง 5.88	0.059	12	0	37.0474	607.4773	0.3592	69.2168	594.0078
0.0667 ถึง 6.67	0.0667	12	0	39.4864	621.0476	2.7984	72.2313	662.9646
0.0833 ถึง 8.33	0.0833	12	0	43.4242	633.0035	6.4619	77.2309	765.4701
0.10 ถึง 10	0.1	12	0	46.4176	634.0197	5.6757	81.3938	835.6677
0.20 ถึง 20	0.2	12	0	68.9961	841.0171	1.1152	110.1955	1.17E+03
0.333 ถึง 3.33	0.333	12	0	104.0939	1.10E+03	0.4184	142.0205	1.52E+03
1 ถึง 100	1	10	0.0423	185.6646	1.54E+03	2.0614	185.4583	1.97E+03
1.11 ถึง 11.11	1.11	12	0.0183	195.3109	1.62E+03	1.7756	190.3224	2.01E+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.33 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAUEI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ ของข้อมูลไฟฟ้าในภาคเหนือ

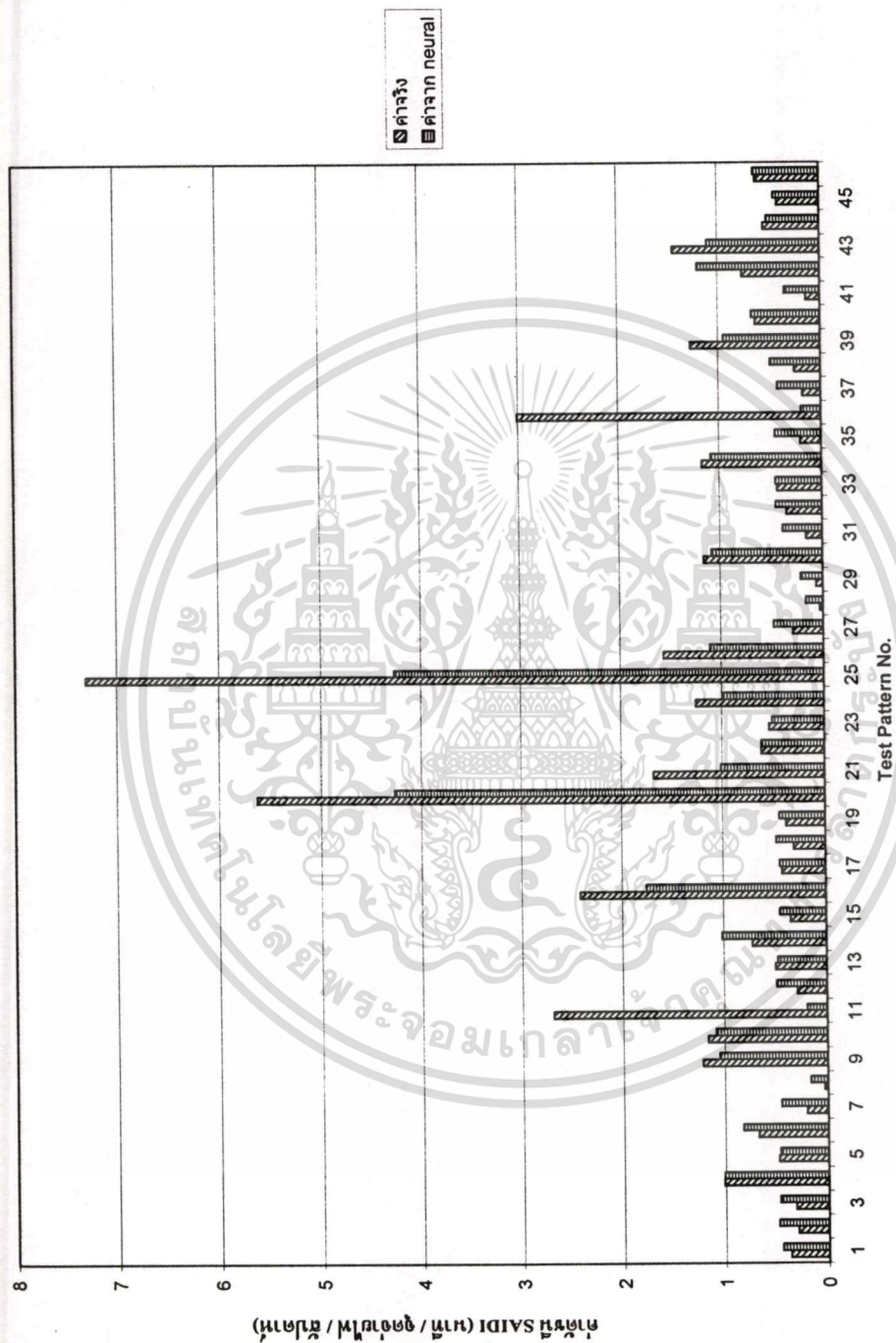
ค่า spread ที่ใช้ในการทดสอบ	ค่า spread ที่ดีที่สุด	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
			min(%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
0.0277 ถึง 2.77	0.0244	12	0	8.7323	287.5267	0.6055	15.1459	250.6337
0.0286 ถึง 2.86	0.0286	12	0	9.1091	301.4946	0.5638	15.5152	263.0879
0.0333 ถึง 3.33	0.0333	12	0	11.2351	382.4844	0.2461	17.4465	334.8807
0.04 ถึง 4.0	0.04	12	0	13.7522	478.4103	0.329	20.3343	419.2426
0.05 ถึง 5.0	0.05	12	0	16.6822	584.1332	0.242	24.2825	511.9285
0.0667 ถึง 6.67	0.0667	12	0	20.4669	713.5787	0.0775	29.5316	625.98
0.10 ถึง 10	0.1	12	0	27.7563	928.6228	0.2203	37.3661	816.4508
0.20 ถึง 20	0.2	12	0	53.9466	1.50E+03	0.1065	56.5146	1.33E+03
1 ถึง 100	1	11	0	257.6346	6.54E+03	2.6671	292.3157	5.70E+03
1.11 ถึง 111.11	1.11	12	0	277.6358	7.06E+03	0.2876	316.328	6.14E+03



รูปที่ 7.43 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIFI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ

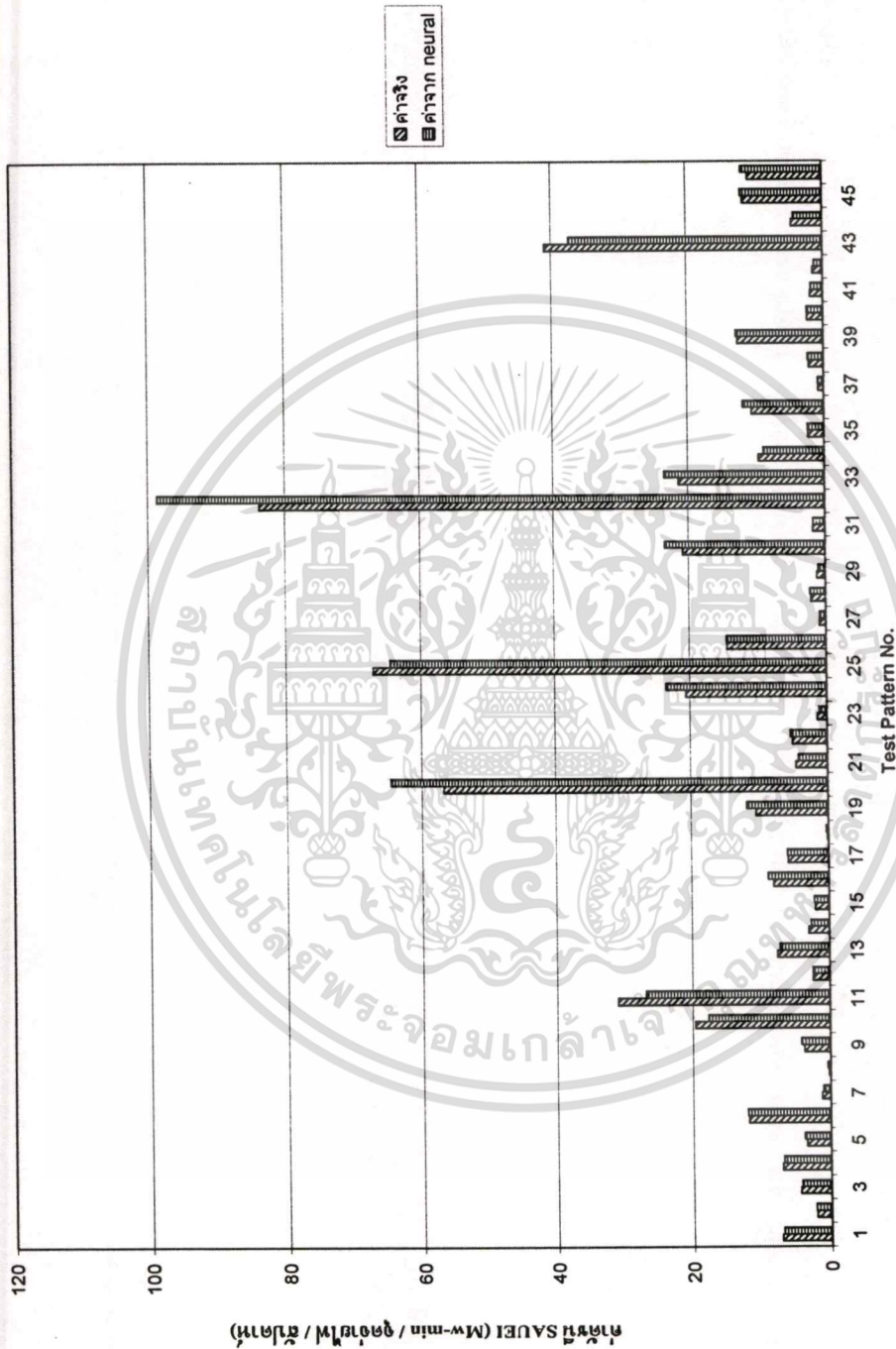
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.44 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIDI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.45 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAUEI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคเหนือ

ตารางที่ 7.34 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAIFI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง

ค่า spread ที่ใช้ในการทดสอบ	ค่า spread ที่ดีที่สุด	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
			min(%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
0.100 ถึง 10	0.1	11	0	0.0008	0.0209	0.1216	1.8049	13.1605
0.143 ถึง 14.28	0.143	11	0	0.0092	0.0196	0.1242	1.806	13.1605
0.200 ถึง 20	0.2	11	0	0.0218	0.1193	0.1114	1.8092	13.1599
0.33 ถึง 33.33	0.33	11	0	2.0575	10.5342	0.5858	2.7437	13.1547
1.00 ถึง 100	1	10	2.6033	25.9696	37.105	12.2327	28.3738	40.8696
1.43 ถึง 142.86	1.43	10	0.3422	35.2257	50.2016	10.9056	36.6927	55.6316
2.00 ถึง 200	2	10	10.4212	43.3212	62.916	7.9513	43.24	68.3275
3.33 ถึง 333.33	3.33	11	3.1448	54.3777	83.4818	1.0745	52.5907	87.8284
5 ถึง 500	5	10	2.4935	63.2649	100.6838	3.9231	63.6388	105.4
10 ถึง 1000	10	10	10.2051	74.8172	121.1099	11.9415	77.4898	126.7697

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.35 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAIDI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

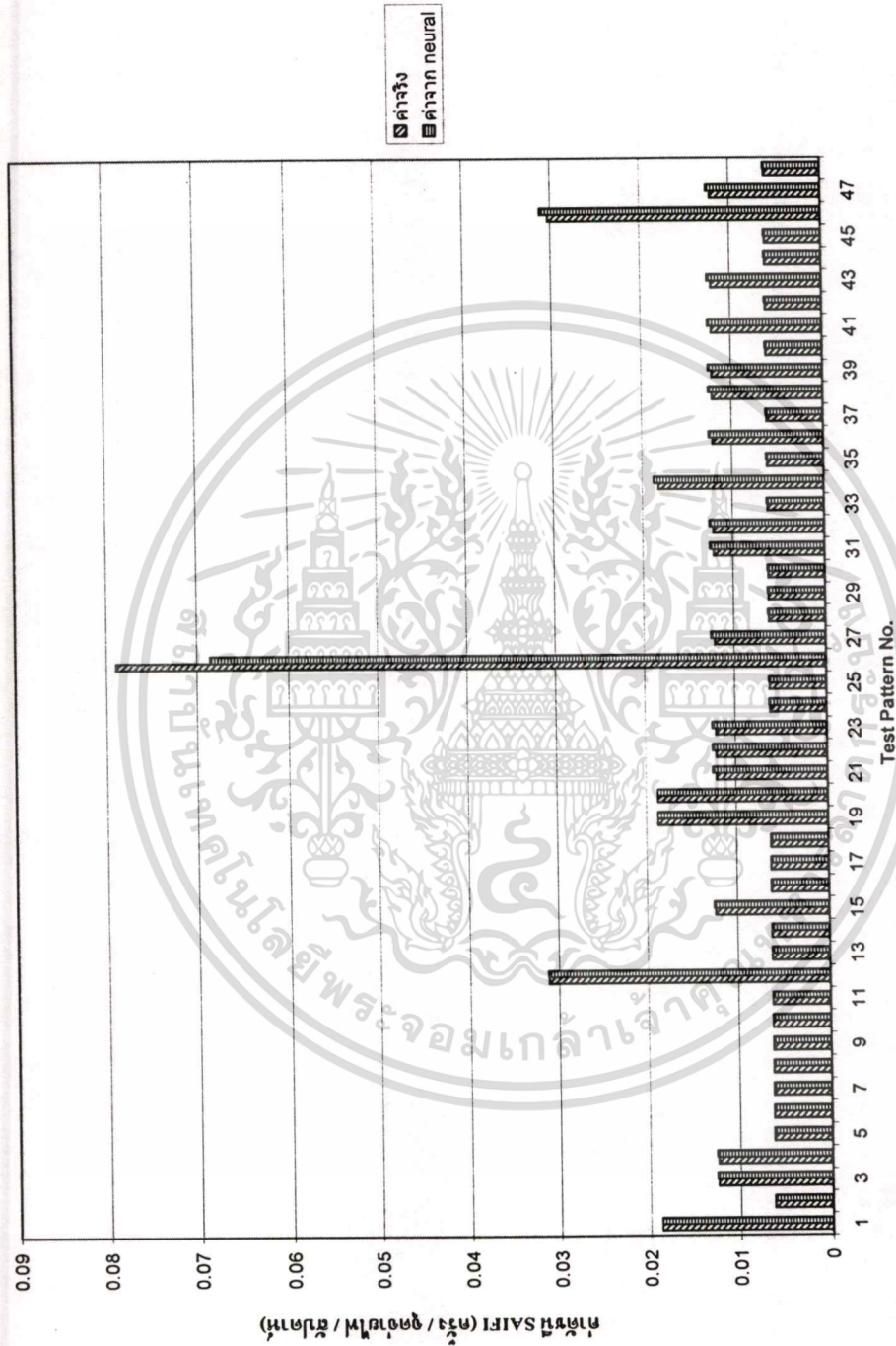
เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ ของข้อมูลไฟฟ้าในภาคกลาง

ค่า spread ที่ใช้ใน การทดสอบ	ค่า spread ที่ดีที่สุด	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
			min(%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
0.100 ถึง 10	0.1	12	0	16.842	291.9558	0.3385	6.8461	64.0036
0.143 ถึง 14.28	0.143	12	0	30.1005	405.3376	0.3231	11.6123	99.6837
0.200 ถึง 20	0.2	12	0	44.6017	557.2689	0.2293	17.5575	142.3035
0.33 ถึง 33.33	0.33	12	0	74.4869	854.9915	0.569	31.1676	231.7315
1.00 ถึง 100	1	11	0	187.8953	1.90E+03	1.2944	86.6128	579.1624
1.11 ถึง 11.11	1.11	12	0.0013	199.9179	2.00E+03	0.0466	91.962	610.5063
1.43 ถึง 142.86	1.43	12	0.0723	226.6357	2.21E+03	0.0636	104.8036	679.8821
2.00 ถึง 200	2	11	1.4604	259.1431	2.48E+03	0.6263	122.2561	767.2852
3.33 ถึง 333.33	3.33	12	0.1765	309.0274	2.91E+03	8.5859	149.4118	908.4881
10 ถึง 1000	10	11	1.036	417.5995	3.87E+03	0.7606	211.6091	1.23E+03

ตารางที่ 7.36 ผลการทดสอบค่าดัชนี SAUEI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง

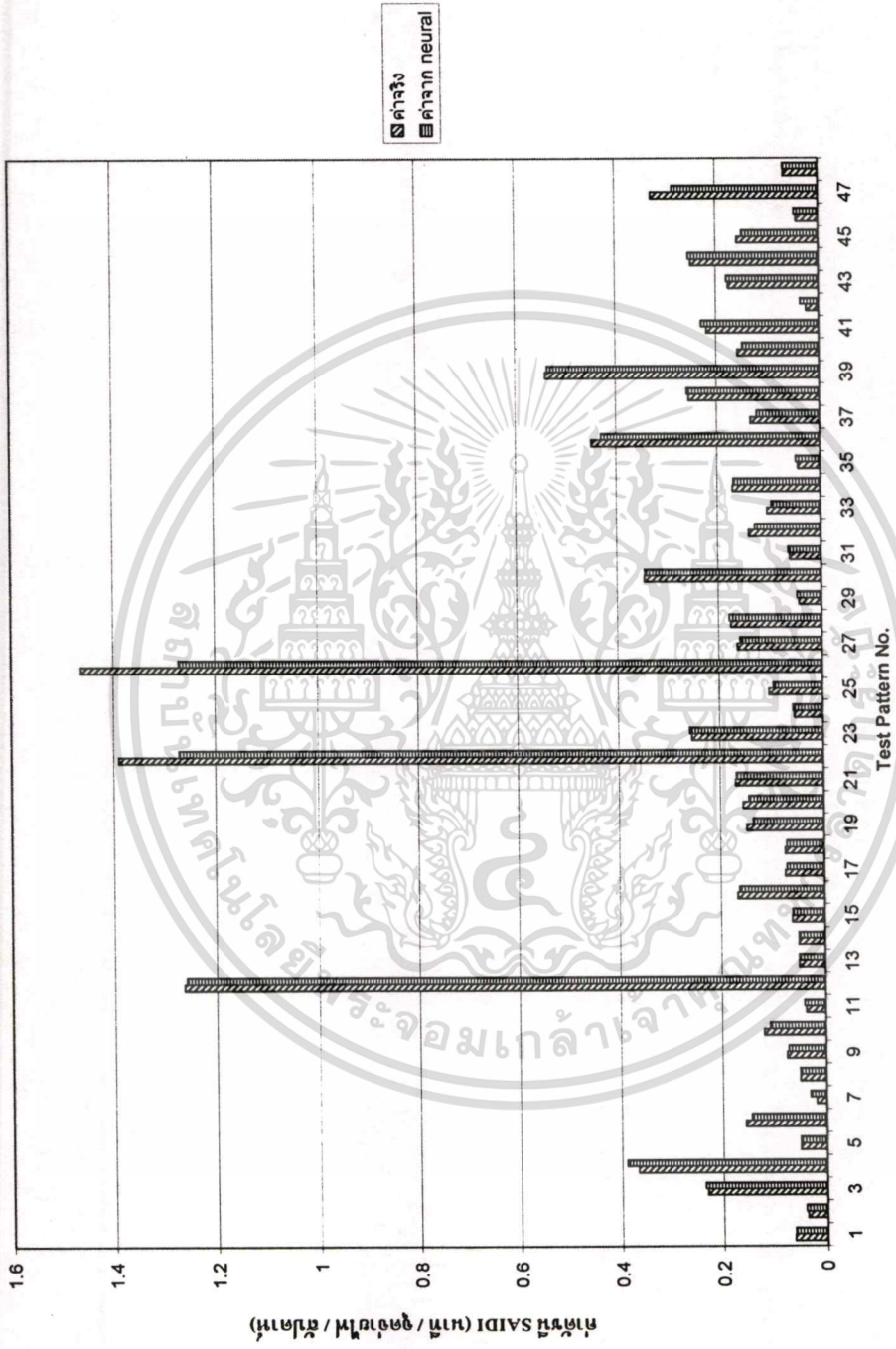
ค่า spread ที่ใช้ใน การทดสอบ	ค่า spread ที่ดีที่สุด	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
			min(%)	mean(%)	max(%)	min(%)	mean(%)	max(%)
0.091 ถึง 9.09	0.091	11	0	30.7371	1.34E+03	0.0567	6.7645	58.9069
0.100 ถึง 10	0.1	11	0	34.8756	1.53E+03	0.0954	7.5198	66.8937
0.125 ถึง 12.5	0.125	11	0	45.0294	1.99E+03	0.2236	9.6888	89.8053
0.200 ถึง 20	0.2	11	0	74.6041	3.18E+03	0.6605	17.0717	155.3805
0.33 ถึง 33.33	0.33	11	0	135.558	5.70E+03	0.731	29.4591	254.5152
1.00 ถึง 100	1	11	0.0069	331.7593	1.28E+04	3.7336	90.384	682.2656
1.11 ถึง 111.11	1.11	11	0.0392	353.2431	1.35E+04	0.217	97.9485	732.9645
1.43 ถึง 142.86	1.43	11	0.7305	405.8814	1.53E+04	0.878	116.1648	851.7956
2.00 ถึง 200	2	11	0.0338	473.5482	1.78E+04	0.23	138.7491	995.0132
3.33 ถึง 333.33	3.33	11	0.526	563.3699	2.11E+04	5.6068	167.4765	1.18E+03



รูปที่ 7.46 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIFI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง

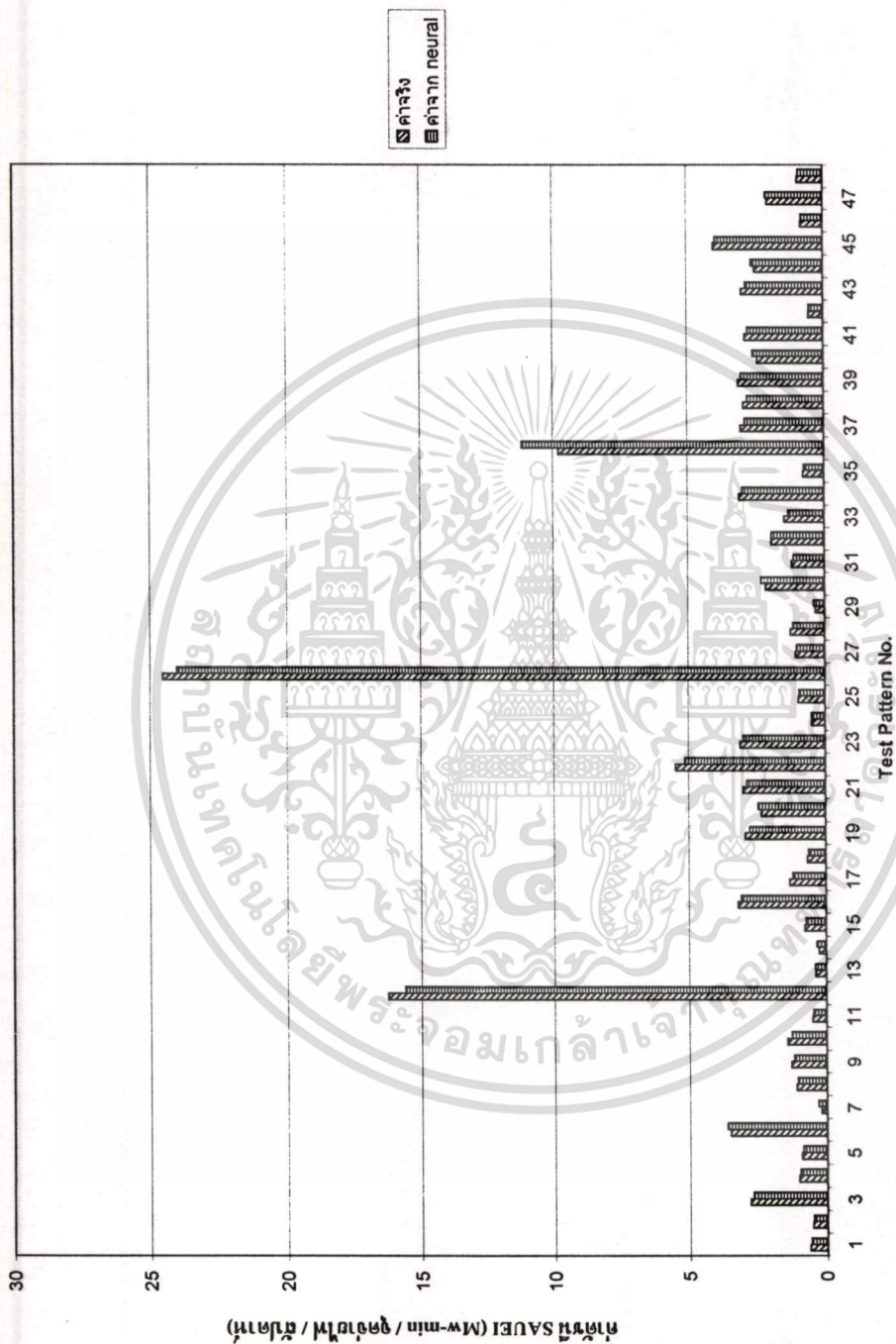
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.47 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAIDI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.48 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าดัชนี SAUEI ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function

เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ เปรียบเทียบกับค่าดัชนีจริงที่บันทึกมาจากการไฟฟ้าในภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 7.31 เป็นการทดสอบค่าดัชนี SAIFI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ ของข้อมูลไฟดับ ในภาคเหนือ จะได้ว่าที่ค่าการกระจาย (spread) เท่ากับ 0.25 นั้นทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด โดยใช้เวลาในการฝึกสอนทั้งหมด 12 วินาที และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ $1.54e-05\%$, ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.9837% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 2.4262% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.8096% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.5462% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 64.4063%

จากตารางที่ 7.32 เป็นการทดสอบค่าดัชนี SAIDI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ ของข้อมูลไฟดับ ในภาคเหนือ จะได้ว่าที่ค่าการกระจาย (spread) เท่ากับ 0.045 นั้นทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด โดยใช้เวลาในการฝึกสอนทั้งหมด 12 วินาที และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 31.6709% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 560.6364% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.5085% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 62.559% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 427.0346%

จากตารางที่ 7.33 เป็นการทดสอบค่าดัชนี SAUEI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ ของข้อมูลไฟดับ ในภาคเหนือ จะได้ว่าที่ค่าการกระจาย (spread) เท่ากับ 0.0244 นั้นทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด โดยใช้เวลาในการฝึกสอนทั้งหมด 12 วินาที และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.7323% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 287.5267% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.6055% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 15.1459% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 250.6337%

จากตารางที่ 7.34 เป็นการทดสอบค่าดัชนี SAIFI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ ของข้อมูลไฟดับ ในภาคกลาง จะได้ว่าที่ค่าการกระจาย (spread) เท่ากับ 0.1 นั้นทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด โดยใช้เวลาในการฝึกสอนทั้งหมด 11 วินาที และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.008% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 0.0209% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.1216% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.8049% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 13.1605%

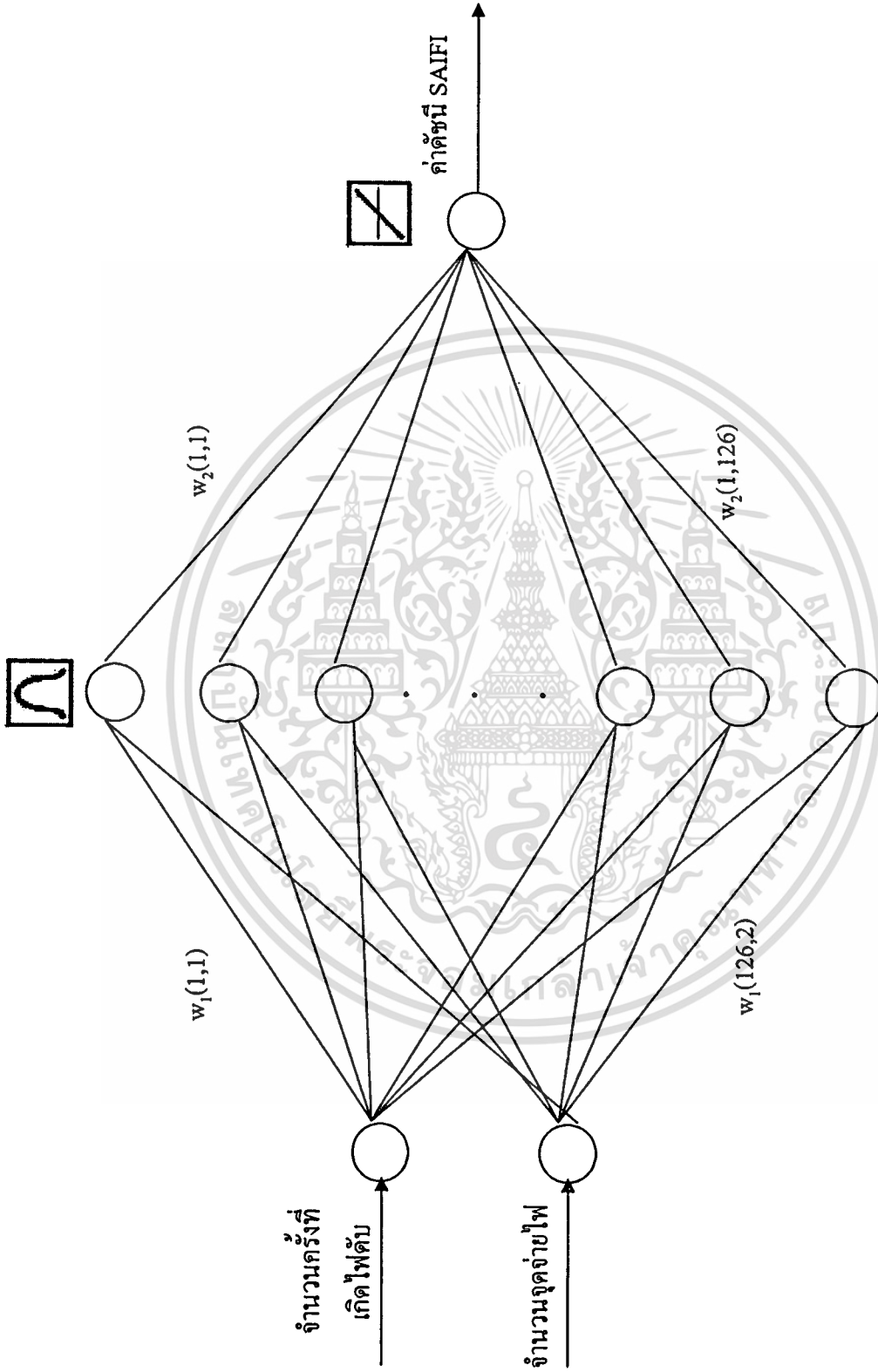
จากตารางที่ 7.35 เป็นการทดสอบค่าดัชนี SAIDI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง จะได้ว่าที่ค่าการกระจาย (spread) เท่ากับ 0.1 นั้นทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด โดยใช้เวลาในการฝึกสอนทั้งหมด 12 วินาที และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 16.842% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 291.9558% และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.3385% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.8461% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 64.0036%

จากตารางที่ 7.36 เป็นการทดสอบค่าดัชนี SAUEI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้สมการ Radial Basis Function เป็น $a(n) = e^{-2n^2}$ ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง จะได้ว่าที่ค่าการกระจาย (spread) เท่ากับ 0.091 นั้นทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด โดยใช้เวลาในการฝึกสอนทั้งหมด 11 วินาที และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดฝึกสอนคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 30.7371% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ $1.34e+03\%$ และให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสัมบูรณ์ของชุดทดสอบคือ ค่าต่ำสุด (Minimum) คือ 0.0567% , ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.7645% และค่าสูงสุด (Maximum) คือ 58.9069%

สำหรับรูปโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้นจะแสดงเฉพาะรูปตัวอย่างเท่านั้น เนื่องจากโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้นมีลักษณะโครงสร้างภายในเหมือนกันหมด เพราะฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้เป็นแบบเดียวกันซึ่งต่างจากโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่ฟังก์ชันการถ่ายโอนนั้นแตกต่างกัน และจุดที่จะแตกต่างกันอีกหนึ่งจุดก็คือจำนวน โหนดในชั้นซ่อน นั่นคือจำนวน โหนดในชั้นซ่อนของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้นจะมีจำนวน โหนดเท่ากับจำนวนของชุดฝึกสอน ดังนั้นโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการหาค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือจะมีจำนวน โหนดในชั้นซ่อนทั้งหมด 126 โหนด ในขณะที่โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการหาค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลางจะมีจำนวน โหนดในชั้นซ่อนทั้งหมด 106 โหนด

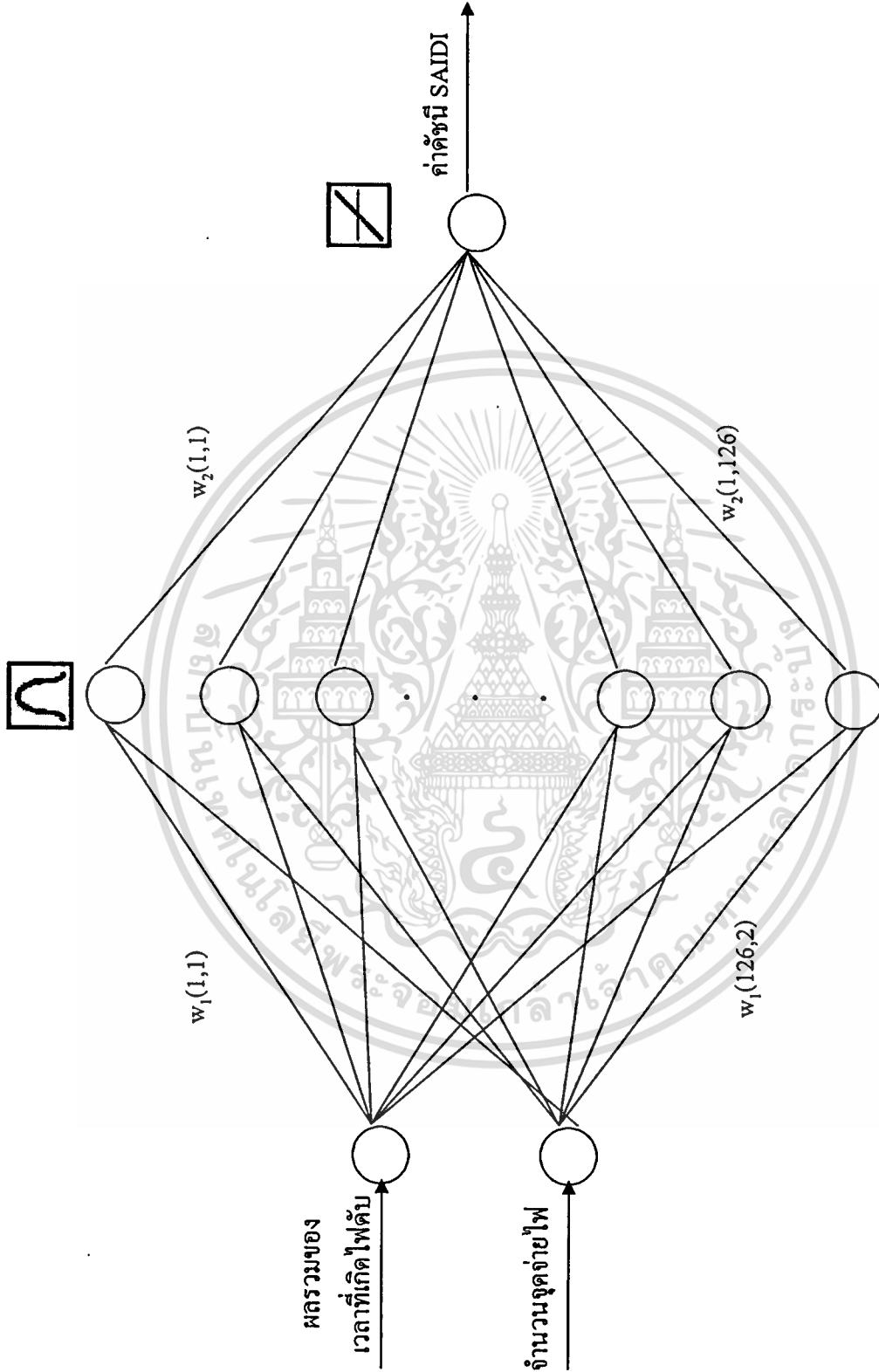
สำหรับรูปที่ 7.49 ถึง 7.51 จะเป็นรูปโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้ในการหาค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือตามลำดับ

สำหรับรูปที่ 7.52 ถึง 7.54 จะเป็นรูปโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้ในการหาค่าดัชนี SAIFI , ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลางตามลำดับ



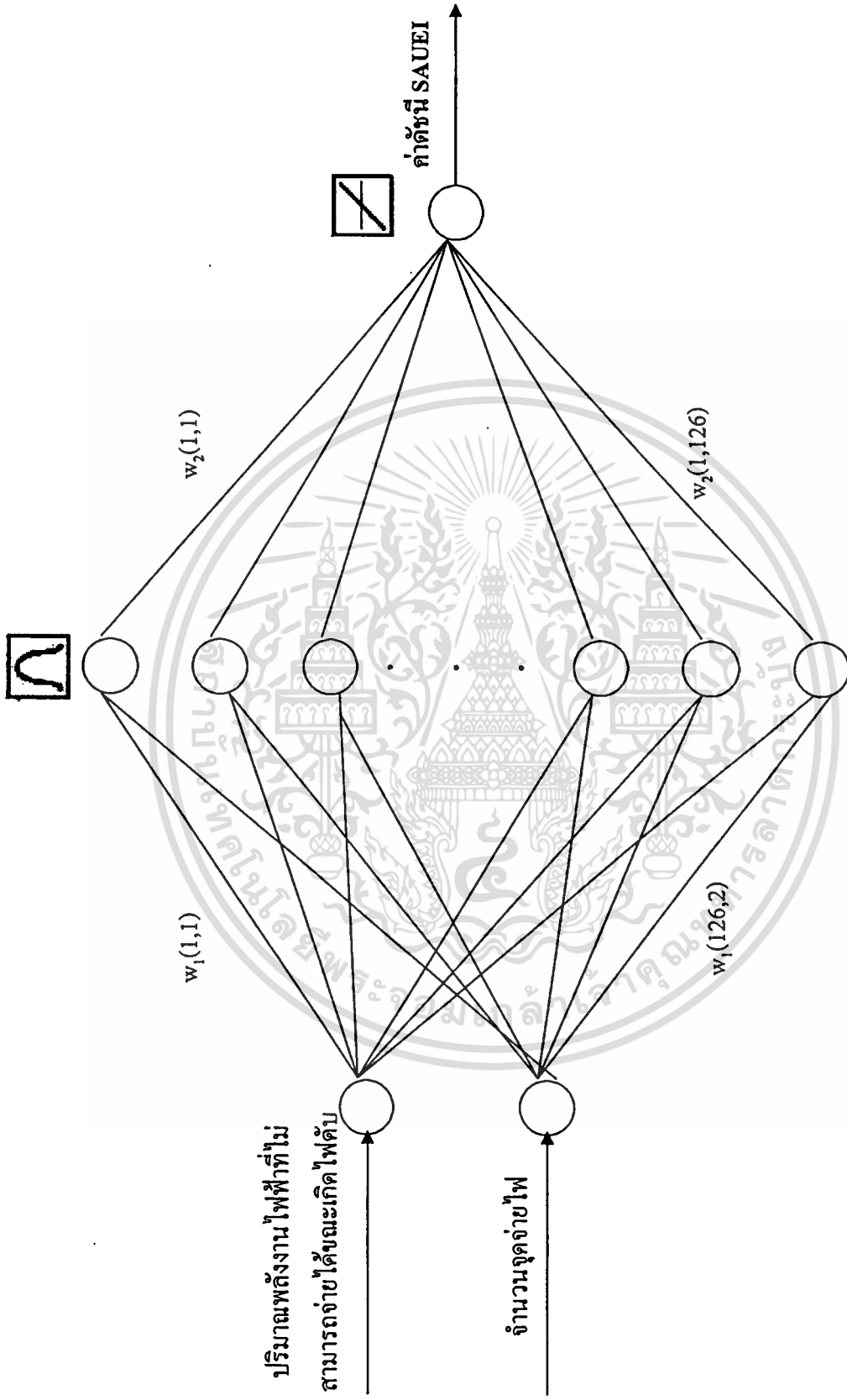
รูปที่ 7.49 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้ในการหาค่าดัชนี SAIFI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



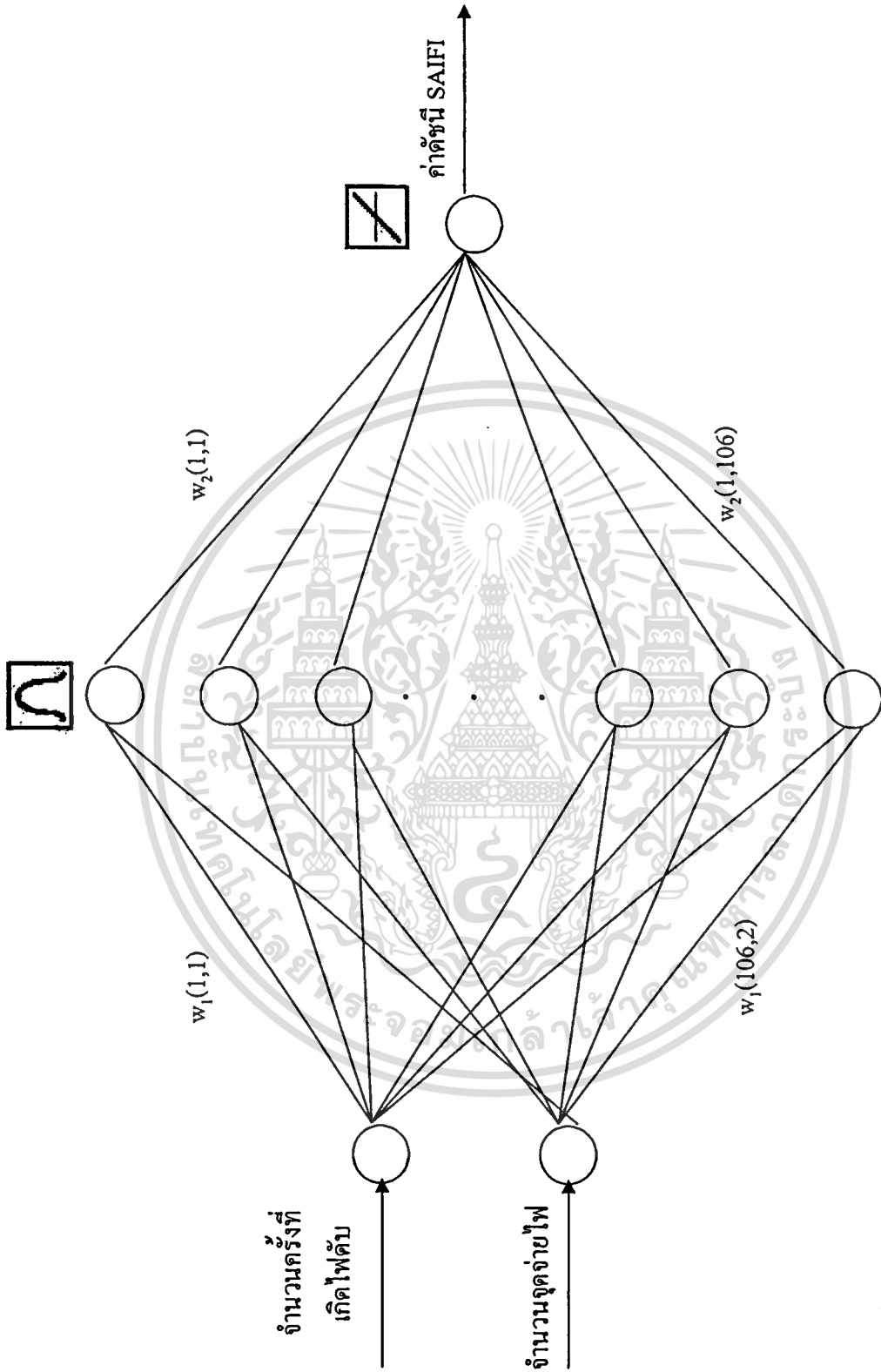
รูปที่ 7.50 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้ในการหาค่าดัชนี SAIDI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



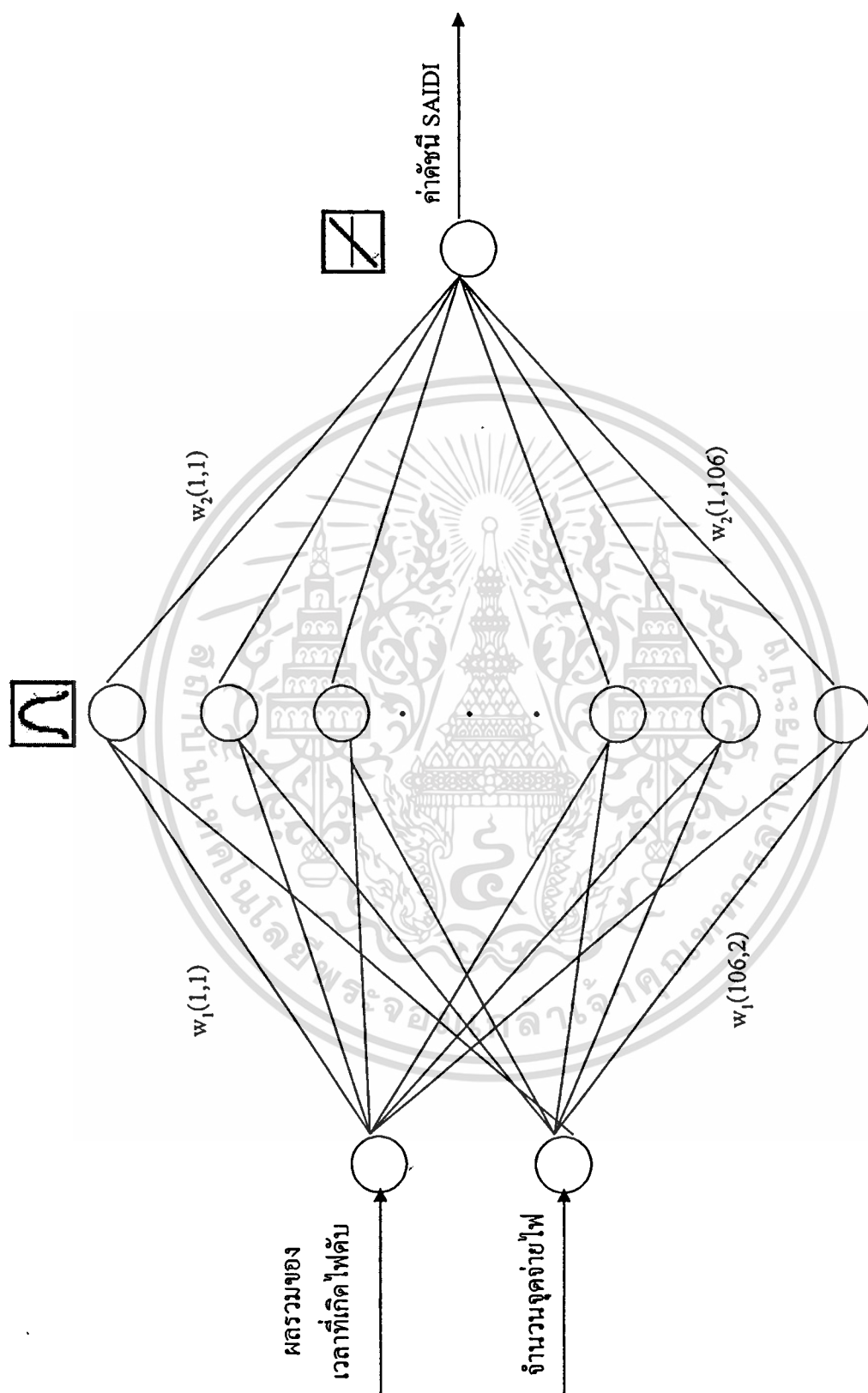
รูปที่ 7.51 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้ในการหาค่าดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



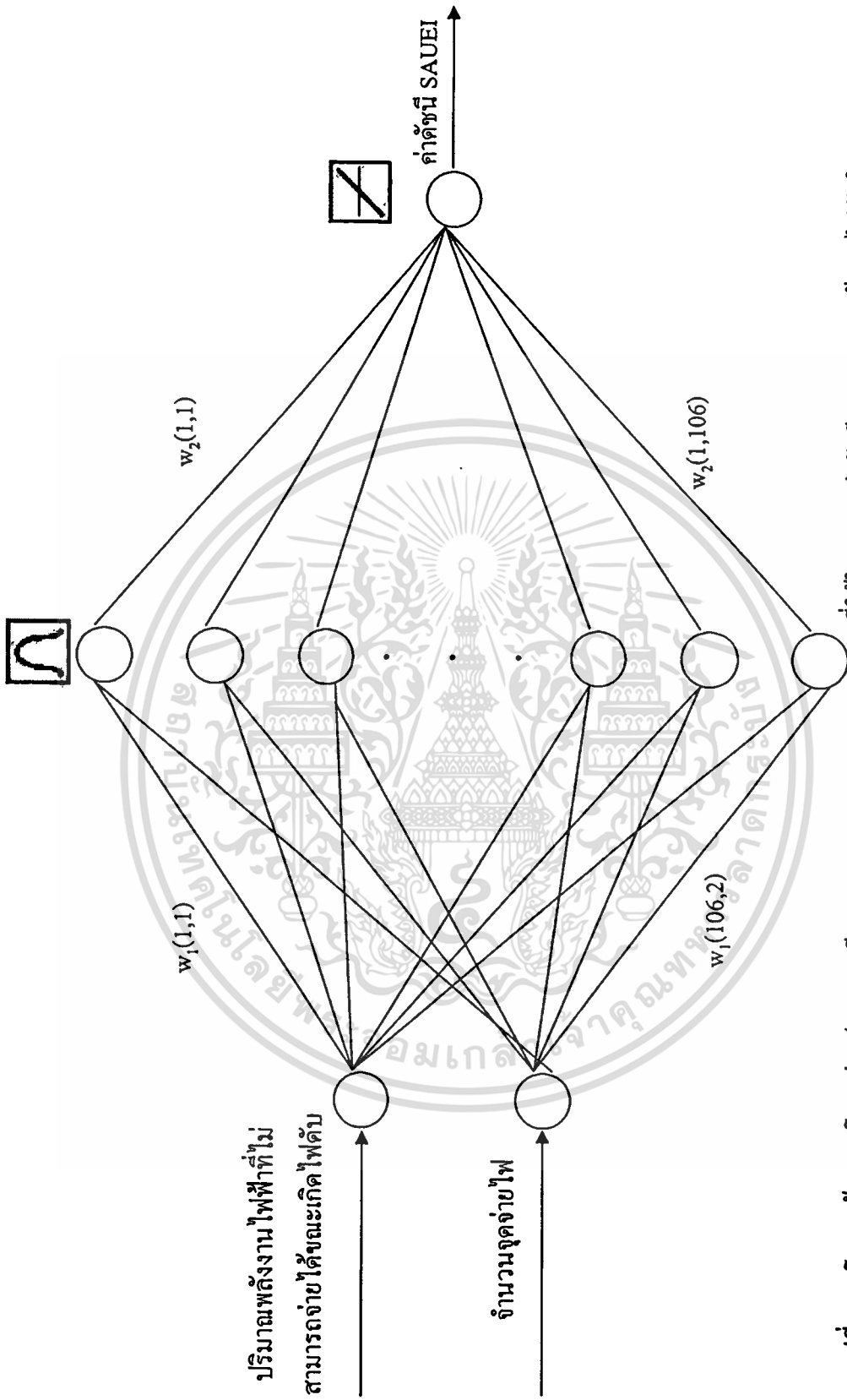
รูปที่ 7.52 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้ในการหาค่าดัชนี SAIFI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.53 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้ในการหาค่าดัชนี SAIDI ของข้อมูล ไฟดับในภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.54 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ที่ใช้ในการหาค่าดัชนี SAUEI ของข้อมูลไฟดับในภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

7.4.1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ

จากการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับนั้น ผลที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นนั้นจะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น แต่ว่าการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นนั้นก็ใช้เวลาในการฝึกสอนนานกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อนเพียง 1 ชั้น จากการทดสอบการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับมาทำการหาค่าดัชนีทั้ง 3 ค่านี้การใช้โครงข่ายประสาทเทียมที่มีชั้นซ่อนเพียง 1 ชั้นก็เพียงพอกับการแก้ปัญหา เนื่องจากค่า MAPE ของชุดทดสอบที่ได้มีค่าต่ำกว่า 5 % ซึ่งเป็นค่าผิดพลาดที่ยอมรับได้ สำหรับการทดสอบค่าดัชนีทั้ง 3 ค่านี้จะเห็นว่าค่าดัชนี SAIDI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ นั้นจะมีค่า error ทั้งค่า mean และ ค่า max สูงกว่าค่าดัชนี SAIFI และ SAUEI โดยเฉพาะข้อมูลที่เป็นชุดฝึกสอนนั้นจะมีค่า MAPE สูงถึง 42.2846% เนื่องจากว่าในชุดฝึกสอนนั้นมีค่าดัชนี SAIDI ที่มีค่าสูงเกิน 20 นาที/จุดจ่ายไฟ/สัปดาห์ อยู่ 2 ค่า ซึ่งเป็นค่าที่มีความแตกต่างจากข้อมูลชุดฝึกสอนชุดอื่น ๆ อยู่มากทำให้ค่าผิดพลาดของค่าดัชนีสองค่านี้มีค่าสูงซึ่งส่งผลให้ค่า MAPE ของชุดฝึกสอนนั้นมีค่าสูงตามไปด้วย ซึ่งเมื่อการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมมีค่าความผิดพลาดสูงก็จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมนั้นลดลง ทำให้ค่า MAPE ที่ได้ของชุดทดสอบของค่าดัชนี SAIDI ของข้อมูลไฟดับในภาคเหนือ นั้นมีค่าสูงตามไปด้วย ซึ่งอาจจะทำการแก้ไขได้โดยการหาข้อมูลที่จะนำมาใช้เป็นอินพุตเพิ่มขึ้นหรือเพิ่มจำนวนชุดฝึกสอนให้มากขึ้นเพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมเรียนรู้ได้ดีขึ้น

7.4.2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression

การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้นยังให้ผลลัพธ์ไม่ดีเมื่อเทียบกับการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ ค่า MAPE ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้นยังสูงอยู่ จากผลการทดลองจะเห็นว่าไม่ว่าจะทำการปรับเพิ่มหรือลดความกว้างของกราฟ ค่า MAPE ที่ต่ำที่สุดของชุดทดสอบก็ไม่ดีไปกว่าการใช้สมการและรูปกราฟมาตรฐาน แต่ถ้าดูจากค่าการกระจายเดียวกันแล้ว ยิ่งสมการของกราฟ Radial Basis Function มีขนาดแคบลง ค่า MAPE ของชุดทดสอบที่ได้จะมีค่าต่ำลง สาเหตุอีกประการหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้นไม่ดี เนื่องจากว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้นเป็นโครงข่ายประสาทเทียมที่พัฒนามาจากโครงข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชันฐานรัศมี (Radial Basis Function Neural Networks) ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมชนิดนี้เป็นโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมสำหรับการ

แบ่งกลุ่มข้อมูล (Classification) ซึ่งต่างจากโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่เป็น
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงข่ายที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าของฟังก์ชัน (Function Approximation) โดยเฉพาะ ทำให้ประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้นต่ำกว่าการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ แต่การใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้นจะมีข้อดีกว่าการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับคือเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนนั้นจะน้อยกว่า เนื่องจากโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้นไม่ได้ทำการฝึกสอนซ้ำไปซ้ำมาเหมือนกับโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ สาเหตุอีกประการหนึ่งที่ทำให้การใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ได้ผลไม่ดีนั้นคือฟังก์ชันการถ่ายโอนที่เป็น Radial Basis Function นั้นไม่เหมาะสมกับข้อมูลที่นำมาให้โครงข่ายประสาทเทียมทำการเรียนรู้

7.4.3 ระบบไฟฟ้าที่นำมาทดสอบ

เมื่อทำการวิเคราะห์ในเรื่องของการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในเขตภาคเหนือและภาคกลางที่นำมาทำการทดสอบนี้แล้ว จะพบว่าเกิดการเกิดไฟดับของระบบไฟฟ้านั้นยังเกิดค่อนข้างบ่อย และบางครั้งสาเหตุของการเกิดไฟดับเพียงสาเหตุเดียวส่งผลให้เกิดไฟดับไปเป็นวงกว้างมากกว่า 10 สถานีด้วยกัน และเวลาในการแก้ไขให้ระบบสามารถทำการจ่ายไฟได้นั้นก็ยังสูงอยู่ ซึ่งเราสามารถทำการแก้ไขให้ระบบเกิดไฟดับน้อยลงและมีความเชื่อถือได้สูงขึ้นได้ โดยการเชื่อมโยงแหล่งจ่ายไฟให้มีการเชื่อมต่อกันทั้งหมดระหว่างสถานีต่อสถานี เพื่อเวลาที่มีเหตุขัดข้องทางด้านหนึ่งก็ยังสามารถรับไฟจากอีกด้านหนึ่งได้ หรือทำการแก้ไขโดยปรับรูปแบบการจัดเรียงบัสใหม่ เนื่องจากสถานีไฟฟ้าบางแห่งนั้นยังใช้การจัดเรียงบัสแบบที่มีความสามารถในการป้องกันและความเชื่อถือได้ต่ำอยู่ เมื่อจะทำการซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้านั้นต้องทำการดับไฟ ซึ่งก็ส่งผลต่อความเชื่อถือได้ของระบบเช่นกัน แต่การแก้ไขที่ได้เสนอนานี้ก็ยังต้องคำนึงถึงปัจจัยในหลาย ๆ ด้านเช่นกัน เช่น การเชื่อมโยงแหล่งจ่ายไฟนั้นก็ต้องคำนึงถึงในเรื่องพิกัดและความสามารถในการจ่ายไฟทดแทนสถานีไฟฟ้าที่เสียไปว่าสถานีไฟฟ้าที่ทำการจ่ายไฟแทนนั้นมีความสามารถในการจ่ายไฟได้โดยที่สถานีไฟฟ้านั้นไม่รับภาระเกินกำลังที่จะจ่ายไฟได้ และสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงอีกก็คือในเรื่องของค่าใช้จ่ายของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตถ้าทำการเชื่อมโยงระบบหรือว่าทำการปรับเปลี่ยนการจัดเรียงบัสของสถานีไฟฟ้าว่ามีจะมีความคุ้มกับค่าใช้จ่ายที่ได้ทำการลงทุนไปหรือไม่

บทที่ 8

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้า โดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียม โดยนำค่าดัชนี SAIFI, ดัชนี SAIDI และดัชนี SAUEI มาเป็นค่าดัชนีที่ทำการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้โครงข่ายประสาทเทียม 2 แบบมาทำการทดสอบ เพื่อทำการเปรียบเทียบผลที่ได้ว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบใดที่จะให้ผลที่ดีกว่ากัน ซึ่งได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ (Back – Propagation Neural Networks) และ โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression โดยที่โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับนั้นก็ยังคงแยกออกเป็น 2 แบบ คือ โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น และโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น

จากผลการทดสอบนั้นสามารถสรุปได้ว่าการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้าโดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียมนั้น การใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับนั้นให้ผลที่ดีกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression และเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นและโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นนั้น โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นนั้นให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบที่ต่ำกว่า แต่ก็ต้องใช้เวลาในการฝึกสอนที่นานกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น แต่ถ้ามองโดยภาพรวมโดยดูจากค่า MAPE ของชุดทดสอบที่มีไม่ถึง 5% ซึ่งเป็นความผิดพลาดสูงสุดที่ยอมรับได้นั้น การใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นนั้นน่าจะเหมาะสมสำหรับการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้ามากที่สุด เนื่องจากค่า MAPE ของชุดทดสอบที่ได้มีค่าไม่เกิน 5% และเวลาที่ใช้นั้นก็ไม่สูงมากนัก

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้โครงข่ายประสาทเทียมมาทำการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้า ซึ่งการใช้โครงข่ายประสาทเทียมมาทำการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้านั้นก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ นอกเหนือจากวิธีที่ใช้กันโดยทั่วไป ซึ่งก็คือ วิธีการวิเคราะห์ (Analytical Method) และวิธีจำลองเหตุการณ์ (Simulation Method) ซึ่งการใช้โครงข่ายประสาทเทียมมาทำการประเมินความเชื่อถือได้นี้ก็มีข้อดีและข้อเสียเมื่อเทียบกับอีก 2 วิธีคือ

ข้อดี

- ถ้าระบบไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ก็สามารถนำข้อมูลใหม่มาเพิ่มเติมให้โครงข่ายประสาทดัดแปลงการเรียนรู้ได้ โดยไม่จำเป็นต้องลบข้อมูลเดิมออก
- ไม่ต้องทำการสร้างแบบจำลองทางไฟฟ้าและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
- เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนก็ใช้เวลาไม่มาก

ข้อเสีย

- ความสามารถของโครงข่ายประสาทเทียมนั้นจะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของข้อมูลที่นำมาให้โครงข่ายประสาทเทียมทำการเรียนรู้
- การทดสอบปัญหาบางกรณีด้วยโครงข่ายประสาทเทียมนั้นต้องใช้เวลาในการรวบรวมข้อมูลเป็นเวลานาน เพื่อให้มีข้อมูลที่ให้นำมาฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม
- ไม่สามารถระบุถึงจำนวนโหนดในชั้นซ่อน และฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ได้ว่าต้องใช้จำนวนโหนดในชั้นซ่อนเท่าไร และใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบใด ถึงจะให้ผลดีที่สุด ซึ่งต้องใช้วิธีการทดลองสุ่ม หรือทดลองหลายรูปแบบ

การใช้โครงข่ายประสาทเทียมมาทำการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้าในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ นั้นมุ่งเน้นให้เกิดประโยชน์เรื่องของการนำโครงข่ายประสาทเทียมไปใช้ในการทำนายค่าดัชนี SAIFI , ค่าดัชนี SAIDI และค่าดัชนี SAUEI เพื่อนำค่าที่ทำนายได้นี้ไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนและบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าให้มีความเชื่อถือได้ที่สูงขึ้น และเป็นแนวทางขั้นต้นในการนำโครงข่ายประสาทเทียมไปใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้า

สิ่งที่ควรได้รับการพัฒนาและปรับปรุงต่อไปก็คือ

- ทำการแบ่งสถานีไฟฟ้าออกเป็นกลุ่ม โดยอาจจะดูจากลักษณะของการจัดเรียงบัสของสถานีไฟฟ้าแต่ละสถานี โดยแบ่งให้สถานีไฟฟ้าที่มีลักษณะการจัดเรียงบัสลักษณะเดียวกันอยู่ในกลุ่มเดียวกันแล้วทำการประเมินความเชื่อถือได้ของสถานีไฟฟ้าแต่ละกลุ่มเพื่อดูว่าการจัดเรียงบัสแบบใดที่มีความเชื่อถือได้สูงที่สุด เพื่อที่จะได้สามารถทำการเปรียบเทียบกันได้

- ทำการเก็บบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับภาระการเกิดไฟดับให้มากขึ้น เพื่อที่จะได้นำมาเป็นอินพุตให้กับโครงข่ายประสาทเทียมทำการเรียนรู้ เพื่อให้ประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมนั้นสูงขึ้น

- การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้นควรจะต้องทำการปรับเปลี่ยนจุดกึ่งกลางของกราฟ Radial Basis Function ที่ใช้ในชั้นซ่อนของโครงข่าย

ประสาทเทียมแบบ Generalized Regression เพื่อหาจุดที่เหมาะสมของข้อมูล นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] วรพงษ์ ตีอารมย์. “การประเมินความเชื่อถือได้และอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับในระบบจำหน่ายไฟฟ้า.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2539.
- [2] พัฒนพงศ์ สุวรรณธวัช. “การประเมินความเชื่อถือได้ของจุดจ่ายไฟสถานีไฟฟ้าย่อยโดยวิธีจำลองเหตุการณ์มอนติคาร์โล.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2546.
- [3] โสติดิพงษ์ พิชัยสวัสดิ์. “การประเมินความเชื่อถือได้ของสถานีไฟฟ้าโดยใช้วิธีจำลองเหตุการณ์.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2539.
- [4] กิตติศักดิ์ ม่วงเงิน. “การประเมินความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ด้วยวิธีการแบบมอนติคาร์โล.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2541.
- [5] วราวุธ วุฒินิชย์. “เอกสารประกอบการสอน Artificial Neural Networks.” กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2546. เอกสารอัดสำเนา.
- [6] Demuth, H. and Beale, M. *Neural Network Toolbox User's Guide*. The Math Works, Inc. 2001.
- [7] สุทธิชัย เปรมฤดีปรีชาชาญ. “การผลิต การส่ง และการจ่ายกำลังไฟฟ้า.” เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2543. เอกสารอัดสำเนา.
- [8] ไคศักดิ์ ทัศนานุตวิยะ. การผลิต การส่งและจ่ายไฟฟ้า. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดดูเคชั่น. 2540.
- [9] Fong, C.C. et.al. “Bulk System Reliability – Measurement and Indices” *IEEE Trans. on Power Systems.*, vol. 4, no. 3, Aug. 1989.
- [10] จรววย บุญยุพล. “การวางแผนและความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลัง.” กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2534. เอกสารอัดสำเนา.
- [11] บัณฑิต เอื้ออาภรณ์. การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลังเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2547.
- [12] โสติดิพงษ์ พิชัยสวัสดิ์. “การคำนวณความเชื่อถือได้ของการจัดเรียงบัสชนิดต่าง ๆ ในสถานีจ่ายไฟฟ้า” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 18, 2538 .หน้า 15-19.
- [13] Lesley Kelley - Re'gnier. *Power System Reliability Analysis*. Montreal : CIRREWG.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [14] Billinton, R. and R.N. Allan. **Reliability Evaluation of Power Systems**. Pitman Book. 1984.
- [15] ตฤณ แสงสุวรรณ. การหาค่าความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลังเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2546.
- [16] IEEE Std 1366-1998. **IEEE Trial-Use Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices**.
- [17] Chowdhury, Ali. A. “Delivery Point Reliability Measurement”
- [18] Billinton, R. and Satish, J. “Predictive Assessment of Bulk-System-Reliability Performance Indices” **IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib**, Sept, 1994. Pp 466-472.
- [19] A Report by the IEEE Task Force on Bulk Power System. “Reporting Bulk Power System Delivery Point Reliability” **IEEE. Trans. on Power Systems.**, vol. 11, no. 3, Aug. 1996.
- [20] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. **Switching and Transmission Line Diagram**. กรุงเทพมหานคร : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2545.
- [21] Amjady, N. and Ehsan, M. “Evaluation of Power Systems Reliability by an Artificial Neural Network.” **IEEE Trans. on Power Systems.** vol. 14, no. 1, Feb. 1999.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหตุการณ์การเกิดไฟดับของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้ข้อมูลเหตุการณ์การเกิดไฟดับของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในภาคเหนือและภาคกลางมาทำการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้า ซึ่งในภาคผนวกนี้จะแสดงข้อมูลเหตุการณ์การเกิดไฟดับของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในภาคเหนือและภาคกลางดังตารางภาคผนวกที่ 1 และตารางภาคผนวกที่ 2 ตามลำดับ

โดยรายละเอียดของคอลัมน์ต่าง ๆ ในตารางมีดังนี้

Equipment หมายถึง เกิดไฟดับที่สถานีใด และจุดจ่ายไฟจุดใด ซึ่งรายละเอียดตัวของสถานีไฟฟ้าแต่ละแห่งได้อธิบายไว้แล้วในบทที่ 5

Start Date หมายถึง วันที่และเวลาที่เริ่มเกิดไฟดับ

End Date หมายถึง วันที่และเวลาที่สามารถจ่ายไฟกลับคืนให้ผู้ใช้ไฟได้

นาทีย หมายถึง จำนวนเวลาที่เกิดไฟดับมีหน่วยเป็น นาที

MW หมายถึง ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ไม่สามารถจ่ายได้ในขณะเกิดไฟดับ

MW – Min หมายถึง ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ไม่สามารถจ่ายได้ขณะเกิดไฟดับคูณด้วยเวลาที่เกิดไฟดับ

ตารางที่ ก.1 เหตุการณ์การเกิดไฟดับของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในภาคเหนือ

Equipment	Start Date	End Date	นาที	MW	MW-Min
(D-023) LKB_DP1	10/3/00 16:17	10/3/00 16:23	6	8	48
(D-051) NA_DP1	10/3/00 16:17	10/3/00 16:20	3	9.4	28.2
(D-025) LNI_DP1	10/11/00 20:26	10/11/00 20:55	29	28.7	832.3
(D-018) CTG_DP2	10/29/00 14:16	10/29/00 14:30	14	6.2	86.8
(D-046) MMM_DP3	11/5/00 15:41	11/5/00 20:52	311	24.22	7535.1
(D-017) CTG_DP1	11/20/00 5:55	11/20/00 7:39	104	6.7	696.8
(D-879) MR_DP3	11/21/00 10:39	11/21/00 11:13	34	14.6	496.4
(D-025) LNI_DP1	11/22/00 9:38	11/22/00 9:43	5	26	130
(D-098) TTK_DP1	11/23/00 1:13	11/23/00 1:20	7	5.4	37.8
(D-879) MR_DP3	11/26/00 11:57	11/26/00 12:09	12	16.5	198
(D-095) TK2_DP1	11/30/00 7:55	11/30/00 8:01	6	9.2	55.2
(D-079) SLB_DP1	12/3/00 12:01	12/3/00 12:20	19	7.5	142.5
(D-039) MM2_DP1	12/6/00 6:18	12/6/00 7:14	56	17.4	974.4
(D-091) TE_DP1	12/15/00 13:40	12/15/00 13:46	6	5.1	30.6
(D-055) NS_DP2	12/18/00 14:14	12/18/00 14:31	17	11.1	188.7
(D-037) LS_DP1	12/19/00 23:23	12/19/00 23:39	16	6.7	107.2
(D-071) PY_DP1	12/26/00 3:02	12/26/00 5:03	121	6.5	786.5
(D-072) PY_DP2	12/26/00 3:02	12/26/00 4:04	62	4.5	279
(D-084) TA1_DP1	12/27/00 8:11	12/27/00 8:15	4	5.8	23.2
(D-044) MMM_DP1	1/5/01 15:17	1/5/01 18:31	194	16.2	3142.8
(D-878) MS_DP1	1/5/01 18:43	1/5/01 19:41	58	7.2	417.6
(D-061) PE_DP2	1/22/01 16:01	1/22/01 16:19	18	11.1	199.8
(D-060) PE_DP1	1/22/01 16:01	1/22/01 16:19	18	9.8	176.4
(D-028) LN2_DP2	1/25/01 15:31	1/25/01 15:47	16	31.4	502.4
(D-001) BB_DP1	1/28/01 11:51	1/28/01 12:23	32	0.9	28.8
(D-046) MMM_DP3	1/29/01 5:48	1/29/01 8:56	188	15	2820
(D-046) MMM_DP3	1/29/01 21:47	1/29/01 22:59	72	11.8	849.6
(D-068) PR_DP1	2/11/01 13:34	2/11/01 13:59	25	5.9	147.5
(D-001) BB_DP1	2/12/01 14:02	2/12/01 14:12	10	1.1	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Equipment	Start Date	End Date	นาที	MW	MW-Min
(D-879) MR_DP3	4/26/01 14:47	4/26/01 15:22	35	27.8	973
(D-001) BB_DP1	4/27/01 2:38	4/27/01 3:05	27	1.1	29.7
(D-098) TTK_DP1	4/28/01 18:53	4/28/01 19:03	10	12.5	125
(D-095) TK2_DP1	4/30/01 16:08	4/30/01 16:22	14	14	196
(D-894) TK2_DP3	4/30/01 16:08	4/30/01 16:26	18	4.5	81
(D-001) BB_DP1	5/5/01 6:54	5/5/01 7:13	19	1.1	20.9
(D-085) TA1_DP2	5/5/01 13:41	5/5/01 13:45	4	6.1	24.4
(D-085) TA1_DP2	5/5/01 14:29	5/5/01 14:48	19	5.9	112.1
(D-084) TA1_DP1	5/5/01 14:35	5/5/01 14:37	2	7	14
(D-084) TA1_DP1	5/5/01 14:51	5/5/01 15:07	16	5.2	83.2
(D-085) TA1_DP2	5/5/01 15:15	5/5/01 15:43	28	5.9	165.2
(D-076) SL_DP1	5/7/01 14:35	5/7/01 14:39	4	4.7	18.8
(D-076) SL_DP1	5/8/01 13:33	5/8/01 13:40	7	3.6	25.2
(D-034) LP2_DP1	5/10/01 23:00	5/10/01 23:17	17	10.6	180.2
(D-045) MMM_DP2	5/13/01 5:09	5/13/01 10:41	332	7.1	2357.2
(D-875) MCN_DP1	5/14/01 12:23	5/14/01 12:51	28	18.9	529.2
(D-061) PE_DP2	5/17/01 4:50	5/17/01 5:07	17	7.2	122.4
(D-860) LP1_DP2	5/19/01 19:06	5/19/01 19:23	17	16.3	277.1
(D-029) LP1_DP1	5/19/01 19:06	5/19/01 19:23	17	16.2	275.4
(D-079) SLB_DP1	5/20/01 21:07	5/20/01 21:48	41	12.7	520.7
(D-008) CM3_DP1	5/22/01 20:47	5/22/01 20:58	11	22.1	243.1
(D-886) KP_DP2	5/25/01 11:23	5/25/01 11:37	14	13.5	189
(D-895) CM2_DP3	6/4/01 15:46	6/4/01 15:50	4	9.3	37.2
(D-057) PC_DP1	6/10/01 21:37	6/10/01 21:43	6	9.8	58.8
(D-088) TA2_DP1	6/16/01 14:23	6/16/01 18:11	228	49	11172
(D-063) PL1_DP1	6/19/01 9:16	6/19/01 9:22	6	24.1	144.6
(D-064) PL1_DP2	6/19/01 9:16	6/19/01 9:22	6	22.2	133.2
(D-040) MM2_DP2	6/19/01 22:38	6/20/01 1:06	148	8.8	1302.4
(D-061) PE_DP2	6/23/01 20:18	6/23/01 20:28	10	15.1	151
(D-046) MMM_DP3	6/25/01 11:37	6/25/01 13:12	95	3.5	332.5
(D-054) NS_DP1	6/27/01 14:37	6/27/01 14:52	15	20	300
(D-046) MMM_DP3	6/29/01 8:29	6/29/01 10:52	143	0.8	114.4
(D-887) MS_DP2	7/5/01 19:21	7/5/01 19:42	21	10.7	224.7
(D-884) CM2_DP2	7/8/01 23:56	7/9/01 0:13	17	14.6	248.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของกรมการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Equipment	Start Date	End Date	นาที	MW	MW-Min
(D-887) MS_DP2	7/12/01 10:45	7/12/01 10:49	4	14.4	57.6
(D-091) TE_DP1	7/13/01 0:19	7/13/01 0:29	10	4.5	45
(D-869) SPP_DP1	7/13/01 0:19	7/13/01 7:17	418	0.2	83.6
(D-069) PR_DP2	7/15/01 14:03	7/15/01 14:15	12	12.8	153.6
(D-885) KP_DP1	7/20/01 11:04	7/20/01 11:15	11	10.7	117.7
(D-025) LN1_DP1	7/25/01 11:51	7/25/01 12:03	12	28.6	343.2
(D-869) SPP_DP1	7/28/01 5:52	7/28/01 6:18	26	0.9	23.4
(D-886) KP_DP2	7/28/01 16:53	7/28/01 17:05	12	12.7	152.4
(D-013) CR_DP1	8/11/01 17:04	8/11/01 17:09	5	12.4	62
(D-013) CR_DP1	8/11/01 17:26	8/11/01 17:34	8	14.6	116.8
(D-074) SK_DP1	8/14/01 14:35	8/14/01 16:14	99	0	178.2
(D-017) CTG_DP1	8/15/01 23:34	8/15/01 23:47	13	3.9	50.7
(D-091) TE_DP1	8/17/01 17:33	8/17/01 17:47	14	3.6	50.4
(D-044) MMM_DP1	8/18/01 14:03	8/18/01 15:26	83	0.4	33.2
(D-013) CR_DP1	8/18/01 20:37	8/18/01 20:49	12	21.2	254.4
(D-066) PL2_DP1	8/31/01 19:21	8/31/01 19:37	16	11.9	190.4
(D-085) TA1_DP2	9/13/01 19:16	9/13/01 19:31	1	15	135
(D-095) TK2_DP1	9/19/01 7:31	9/19/01 18:00	629	10.2	6415.8
(D-055) NS_DP2	9/22/01 2:20	9/22/01 2:27	7	7.8	54.6
(D-046) MMM_DP3	9/23/01 16:51	9/23/01 17:48	57	4.5	256.5
(D-046) MMM_DP3	9/23/01 17:53	9/23/01 18:22	29	4.4	127.6
(D-029) LP1_DP1	9/29/01 3:53	9/29/01 4:17	24	4.4	105.6
(D-069) PR_DP2	10/6/01 9:36	10/6/01 9:42	6	12.8	76.8
(D-008) CM3_DP1	10/11/01 0:25	10/11/01 0:39	14	11.5	161
(D-079) SLB_DP1	10/11/01 18:34	10/11/01 18:44	10	16.4	164
(D-892) NA_DP2	10/17/01 7:02	10/17/01 7:13	11	4.5	49.5
(D-066) PL2_DP1	10/18/01 19:07	10/18/01 19:25	18	13.9	250.2
(D-046) MMM_DP3	10/20/01 14:31	10/20/01 15:02	31	9.7	300.7
(D-035) LP2_DP2	10/20/01 19:43	10/20/01 20:13	30	17.3	519
(D-886) KP_DP2	10/25/01 10:45	10/25/01 10:48	3	8.5	25.5
(D-885) KP_DP1	10/25/01 10:45	10/25/01 10:46	1	8.9	8.9
(D-865) KP_DP3	10/25/01 10:45	10/25/01 10:46	1	4.8	4.8
(D-046) MMM_DP3	10/25/01 15:42	10/25/01 16:43	61	0.62	37.82
(D-014) CR_DP2	10/25/01 23:44	10/26/01 0:04	20	14.9	298

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุคลากรที่รวมพิจารณาจากงานที่มอบหมายไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Equipment	Start Date	End Date	นาที	MW	MW-Min
(T-037) MM3-KT3A	11/1/01 6:45	11/1/01 9:23	79	9.3	732.3
(D-023) LKB_DP1	11/4/01 22:56	11/4/01 23:00	4	5.5	22.0
(D-875) MCN_DP1	11/6/01 14:20	11/6/01 14:31	11	19.0	209.0
(D-023) LKB_DP1	11/14/01 2:12	11/14/01 2:21	9	3.4	30.6
(D-001) BB_DP1	11/14/01 7:15	11/14/01 8:21	66	1.5	99.0
(D-077) SL_DP2	11/25/01 15:09	11/25/01 15:27	18	6.2	111.6
(D-025) LNI_DP1	11/26/01 5:24	11/26/01 6:10	46	11.5	529.0
(D-883) CM2_PD1	11/29/01 6:55	11/29/01 7:17	22	12.3	270.6
(D-860) LP1_DP2	12/4/01 18:29	12/4/01 18:42	13	15.8	205.4
(D-054) NS_DP1	12/9/01 20:02	12/9/01 21:12	70	8.7	609
(D-055) NS_DP2	12/9/01 20:33	12/9/01 21:12	39	14.7	573.3
(D-888) LS_DP1	12/15/01 10:30	12/15/01 10:41	11	9.2	101.2
(D-875) MCN_DP1	12/21/01 7:38	12/21/01 8:01	23	18.1	416.3
(D-883) CM2_PD1	12/22/01 3:03	12/22/01 3:20	17	7.8	132.6
(D-896) SLB_DP3	12/28/01 12:14	12/28/01 12:23	9	10.7	96.3
(D-029) LP1_DP1	1/1/02 3:49	1/1/02 4:10	21	6.4	134.4
(D-874) PL2_DP2	1/12/02 22:51	1/12/02 23:04	13	25	325
(D-865) KP_DP3	1/13/02 17:59	1/13/02 18:40	41	4.5	184.5
(D-898) BMN_DP3	1/13/02 19:43	1/13/02 19:58	15	6.2	93
(D-061) PE_DP2	1/21/02 7:09	1/21/02 7:27	18	11.6	208.8
(D-054) NS_DP1	2/16/02 10:43	2/16/02 10:50	7	4.6	32.2
(T-047) NS-KT1A	2/16/02 10:43	2/16/02 10:50	7	4.6	32.2
(D-875) MCN_DP1	2/21/02 14:16	2/21/02 14:27	11	16.6	182.6
(D-101) UT_DP2	2/22/02 18:00	2/22/02 18:04	4	12.5	50
(T-093) UT-KT2A	2/22/02 18:00	2/22/02 18:04	4	12.5	50
(D-882) CTG_DP3	3/18/02 17:56	3/18/02 18:02	6	10.3	61.8
(D-882) CTG_DP3	3/18/02 18:26	3/18/02 18:34	8	9.4	75.2
(D-882) CTG_DP3	3/18/02 18:36	3/18/02 20:13	97	5.4	523.8
(D-894) TK2_DP2	3/30/02 3:09	3/30/02 5:36	147	9.7	1425.9
(D-095) TK2_DP1	3/30/02 3:09	3/30/02 4:54	105	12.2	1281
(D-864) LP2_DP3	4/5/02 15:45	4/5/02 17:06	81	8	648
(D-864) LP2_DP3	4/6/02 15:45	4/6/02 16:14	29	34.1	988.9
(D-880) NS_DP3	4/18/02 0:40	4/18/02 1:09	29	41.3	1197.7
(D-864) LP2_DP3	4/19/02 10:55	4/19/02 11:50	55	7.6	418

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Equipment	Start Date	End Date	นาที	MW	MW-Min
(D-864) LP2_DP3	4/22/02 17:26	4/22/02 18:38	72	7.4	532.8
(D-035) LP2_DP2	4/22/02 19:01	4/22/02 19:13	12	42.13	505.6
(D-001) BB_DP1	4/23/02 17:59	4/23/02 21:43	224	2.4	537.6
(D-882) CTG_DP3	5/3/02 19:46	5/3/02 20:18	32	12.3	393.6
(D-045) MMM_DP2	5/7/02 16:36	5/7/02 16:57	10.5	12.4	130.2
(D-046) MMM_DP3	5/7/02 16:36	5/7/02 16:57	10.5	8.9	93.45
(D-066) PL2_DP1	5/8/02 21:35	5/8/02 21:41	6	9.6	57.6
(D-893) LS_DP2	5/12/02 11:13	5/12/02 11:50	37	2.6	96.2
(D-875) MCN_DP1	5/21/02 14:38	5/21/02 14:43	5	20.8	104
(D-074) SK_DP1	5/22/02 19:00	5/22/02 19:17	17	25.3	430.1
(D-001) BB_DP1	5/22/02 19:36	5/22/02 19:43	7	2.3	16.1
(D-074) SK_DP1	5/22/02 19:36	5/22/02 19:43	7	6.2	43.4
(D-882) CTG_DP3	5/25/02 17:43	5/25/02 17:47	4	10.95	43.8
(D-018) CTG_DP2	5/25/02 17:43	5/25/02 17:47	4	5.8	23.2
(D-017) CTG_DP1	5/25/02 17:43	5/25/02 17:46	3	6.3	18.9
(D-060) PE_DP1	5/29/02 23:08	5/29/02 23:37	29	7.8	226.2
(D-044) MMM_DP1	6/1/02 19:21	6/1/02 21:47	73	0.9	65.7
(D-869) SPP_DP1	6/2/02 11:41	6/3/02 17:35	1794	3.7	6637.8
(D-044) MMM_DP1	6/3/02 13:39	6/3/02 14:37	29	26.8	777.2
(D-044) MMM_DP1	6/7/02 17:40	6/7/02 19:04	42	33.5	1407
(D-101) UT_DP2	6/8/02 3:14	6/8/02 3:18	4	10.5	42
(D-865) KP_DP3	6/9/02 10:04	6/9/02 10:10	6	6.2	37.2
(D-869) SPP_DP1	6/14/02 19:14	6/14/02 19:44	30	2.8	84
(D-044) MMM_DP1	6/15/02 13:03	6/15/02 13:18	7.5	32.1	240.75
(D-044) MMM_DP1	6/16/02 18:31	6/16/02 19:06	17.5	33.4	584.5
(D-044) MMM_DP1	6/17/02 13:41	6/17/02 14:01	10	32.9	329
(D-044) MMM_DP1	6/18/02 2:34	6/18/02 14:20	353	6.2	2188.6
(D-046) MMM_DP3	6/18/02 2:34	6/18/02 4:57	71.5	4.8	343.2
(D-055) NS_DP2	6/18/02 11:58	6/18/02 12:15	17	8	136
(D-867) CM3_DP3	6/22/02 16:35	6/22/02 16:49	14	16.4	229.6
(D-035) LP2_DP2	6/28/02 9:18	6/28/02 9:27	9	20	180
(D-045) MMM_DP2	7/1/02 17:10	7/1/02 23:15	182.5	8	1460
(D-877) SLB_DP2	7/8/02 7:52	7/8/02 8:24	32	2.8	89.6
(D-044) MMM_DP1	7/9/02 9:18	7/9/02 9:38	20	15.9	318

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 318 ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Equipment	Start Date	End Date	นาที	MW	MW-Min
(D-882) CTG_DP3	7/13/02 6:59	7/13/02 7:24	25	8.4	210
(D-035) LP2_DP2	7/21/02 3:46	7/21/02 4:02	16	8.3	132.8
(D-884) CM2_DP2	7/27/02 20:32	7/27/02 21:08	36	43.1	1551.6
(D-883) CM2_PD1	7/27/02 20:32	7/27/02 21:08	36	24.6	885.6
(D-044) MMM_DP1	8/2/02 17:28	8/2/02 20:54	206	8.3	1709.8
(D-044) MMM_DP1	8/3/02 7:24	8/3/02 8:23	59	19.5	1150.5
(D-046) MMM_DP3	8/5/02 8:52	8/5/02 10:06	74	11.2	828.8
(D-060) PE_DP1	8/7/02 11:54	8/7/02 12:07	13	9.8	127.4
(D-882) CTG_DP3	8/8/02 11:29	8/8/02 11:38	9	6.3	56.7
(D-882) CTG_DP3	8/11/02 13:19	8/11/02 13:25	6	5.8	34.8
(D-882) CTG_DP3	8/12/02 9:48	8/12/02 15:04	316	5.5	1738
(D-025) LNI_DP1	8/23/02 4:39	8/23/02 5:22	43	21.8	937.4
(D-874) PL2_DP2	8/28/02 20:24	8/28/02 20:41	17	45.3	770.1
(D-***)CTG_DP3	9/3/02 15:16	9/3/02 16:29	73	7.5	547.5
(D-***)CTG_DP3	9/4/02 15:15	9/4/02 16:10	55	5.8	319
(D-***)LS_DP2	9/5/02 17:47	9/5/02 18:35	48	2.8	134.4
(D-***)NA_DP2	9/8/02 8:45	9/8/02 8:50	5	3.6	18
(D-***)LP2_DP3	9/10/02 21:12	9/10/02 21:42	30	7.9	237
(D-***)TE_DP1	9/14/02 14:34	9/14/02 15:06	32	4.9	156.8
(D-***)SK_DP1	9/15/02 15:10	9/15/02 16:15	65	3	195
(D-***)LP1_DP2	9/18/02 0:47	9/18/02 0:51	4	9.3	37.2
(D-***)MMM_DP1	9/25/02 20:04	9/25/02 21:34	90	24.8	2232
(D-***)PC_DP1	9/30/02 14:25	9/30/02 14:32	7	9.4	65.8
(D-***)PC_DP1	9/30/02 14:46	9/30/02 14:57	11	9.2	101.2
22KV. TK2_DP1	10/1/02 14:37	10/1/02 14:47	10	16.5	165
115KV. CTG_DP3	10/1/02 15:46	10/1/02 16:28	42	41.25	1732.5
115KV. CTG_DP3	10/2/02 19:41	10/2/02 19:55	14	12.3	172.2
22KV. BB_DP1	10/8/02 13:36	10/8/02 13:49	13	1.2	15.6
22KV. MR_DP1	10/20/02 13:09	10/20/02 13:14	5	3.3	16.5
115KV. MR_DP3	10/23/02 13:07	10/23/02 13:11	4	29.1	116.4
(D-074) SK_DP1	11/5/02 0:39	11/5/02 1:32	53	1.7	90.1
(D-909) TTK_DP1	11/14/02 8:12	11/14/02 8:45	33	7	231
(D-882) CTG_DP3	11/14/02 19:36	11/14/02 19:47	11	13.9	152.9
(D-088) TA2_DP1	11/23/02 4:45	11/23/02 5:30	45	48.7	2191.5

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Equipment	Start Date	End Date	นาที	MW	MW-Min
(D-882) CTG_DP3	11/30/02 9:48	11/30/02 9:54	6	8.9	53.4
(D-865) KP_DP3	11/30/02 13:14	11/30/02 13:19	5	6.5	32.5
(D-905) MMM_DP3	12/2/02 9:35	12/2/02 10:31	56	0.9	50.4
(D-881) PR_DP3	12/26/02 9:11	12/26/02 9:23	12	3.9	46.8
(D-869) SPP_DP1	12/28/02 11:52	12/28/02 13:16	84	0.5	42
(D-029) LP1_DP1	1/2/03 15:48	1/2/03 16:01	13	14.3	185.9
(D-865) KP_DP3	1/7/03 23:36	1/7/03 23:48	12	4.6	55.2
(D-907) MMM_DP5	1/10/03 16:33	1/10/03 18:49	136	18	2448
(D-883) CM2_DP1	1/14/03 15:23	1/14/03 15:34	11	19.7	216.7
(D-903) MMM_DP1	1/18/03 14:34	1/18/03 15:32	58	15.4	893.2
(D-878) MS_DP1	1/26/03 17:42	1/26/03 18:03	21	4.32	90.72
(D-014) CR_DP2	1/31/03 18:59	1/31/03 19:41	42	27.5	1155
(D-048) MR_DP1	2/2/03 13:48	2/2/03 14:03	15	4.1	61.5
(D-906) MMM_DP4	2/6/03 20:06	2/6/03 22:11	125	9.5	1187.5
(D-017) CTG_DP1	2/11/03 9:40	2/11/03 9:58	18	4.6	82.8
(D-887) MS_DP2	3/6/03 3:16	3/6/03 3:38	22	9.2	202.4
(D-874) PL2_DP2	3/7/03 21:54	3/7/03 23:08	74	67	4958
(D-066) PL2_DP1	3/7/03 21:54	3/7/03 22:55	61	10	610
(D-887) MS_DP2	3/8/03 14:46	3/8/03 15:02	16	16	256
(D-898) BMN_DP3	3/8/03 17:19	3/8/03 17:56	37	5.2	192.4
(D-874) PL2_DP2	3/8/03 18:52	3/8/03 20:25	93	32.1	2985.3
(D-001) BB_DP1	3/11/03 17:26	3/11/03 17:39	13	2.3	29.9
(D-902) CM3_DP4	3/13/03 16:50	3/13/03 17:51	61	21.8	1329.8
(D-060) PE_DP1	3/23/03 19:46	3/23/03 20:00	14	16.4	229.6
(D-025) LNI_DP1	3/24/03 13:16	3/24/03 14:29	73	15.7	1146.1
(D-906) MMM_DP4	3/28/03 11:24	3/28/03 12:20	56	1.2	67.2
(D-014) CR_DP2	3/30/03 12:32	3/30/03 12:55	23	16	368
(D-014) CR_DP2	3/30/03 14:20	3/30/03 14:25	5	13.6	68
(D-049) MR_DP2	3/31/03 22:02	3/31/03 22:18	16	4.2	67.2
(D-008) CM3_DP1	4/3/03 23:27	4/3/03 23:33	6	20.8	124.8
(D-001) BB_DP1	4/6/03 13:57	4/6/03 14:15	18	1.6	28.8
(D-901) MCN_DP2	4/10/03 19:19	4/10/03 20:15	56	6.6	369.6
(D-901) MCN_DP2	4/11/03 17:45	4/11/03 17:58	13	8.4	109.2
(D-875) MCN_DP1	4/11/03 17:45	4/11/03 17:58	13	4.8	62.4

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Equipment	Start Date	End Date	นาที	MW	MW-Min
(D-902) CM3_DP4	4/16/03 16:05	4/16/03 17:41	96	20.8	1996.8
(D-890) NA_DP3	4/18/03 19:47	4/18/03 19:59	12	12.4	148.8
(D-891) NA_DP1	4/18/03 22:59	4/18/03 23:02	3	6.2	18.6
(D-890) NA_DP3	4/18/03 22:59	4/18/03 23:03	4	4.3	17.2
(D-892) NA_DP2	4/18/03 22:59	4/18/03 23:02	3	3.3	9.9
(D-874) PL2_DP2	4/26/03 16:26	4/26/03 16:32	6	65.3	391.8
(D-049) MR_DP2	5/7/03 11:03	5/7/03 11:38	35	12.4	434
(D-874) PL2_DP2	5/7/03 21:48	5/7/03 21:51	3	86.8	260.4
(D-066) PL2_DP1	5/7/03 21:48	5/7/03 21:51	3	12.6	37.8
(D-874) PL2_DP2	5/8/03 16:17	5/8/03 16:20	3	51.1	153.3
(D-880) NS_DP3	5/8/03 16:21	5/8/03 16:36	15	26.1	391.5
(D-897) AKR_DP1	5/8/03 19:22	5/8/03 21:07	105	1.6	168
(D-903) MMM_DP1	5/20/03 9:49	5/20/03 10:16	27	16.4	442.8
(D-875) MCN_DP1	5/24/03 1:35	5/24/03 1:54	19	6.6	125.4
(D-901) MCN_DP2	5/24/03 1:35	5/24/03 1:54	19	5.3	100.7
(D-025) LNI_DP1	5/24/03 17:31	5/24/03 17:53	22	21	462
(D-902) CM3_DP4	6/3/03 16:24	6/3/03 16:33	9	42.4	381.6
(D-907) MMM_DP5	6/3/03 17:52	6/3/03 20:50	178	18.2	3239.6
(D-906) MMM_DP4	6/3/03 17:52	6/3/03 20:50	178	10.8	1922.4
(D-025) LNI_DP1	6/4/03 11:32	6/4/03 12:05	33	14.7	485.1
(D-891) NA_DP1	6/9/03 13:40	6/9/03 13:45	5	8.8	44
(D-893) LS_DP2	6/10/03 13:12	6/10/03 13:37	25	4.5	112.5
(D-907) MMM_DP5	6/14/03 8:55	6/14/03 9:29	34	11.6	394.4
(D-049) MR_DP2	7/5/03 9:07	7/5/03 9:30	23	10.5	241.5
(D-860) LP1_DP2	7/6/03 4:44	7/6/03 4:52	8	8.8	70.4
(D-906) MMM_DP4	7/6/03 12:06	7/6/03 12:36	30	9.8	294
(D-891) NA_DP1	7/9/03 20:04	7/9/03 20:12	8	15	120
(D-890) NA_DP3	7/9/03 20:04	7/9/03 20:12	8	13	104
(D-892) NA_DP2	7/9/03 20:04	7/9/03 20:12	8	9.1	72.8
(D-069) PR_DP2	7/9/03 20:04	7/9/03 20:11	7	18	126
(D-068) PR_DP1	7/9/03 20:04	7/9/03 20:11	7	16.8	117.6
(D-881) PR_DP3	7/9/03 20:04	7/9/03 20:10	6	9.8	58.8
(D-057) PC_DP1	7/11/03 22:41	7/11/03 23:06	25	8.8	220
(D-897) AKR_DP1	7/26/03 10:11	7/26/03 14:59	288	4.9	1411.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทฯ ไม่สามารถนำออกจากรายงานได้โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Equipment	Start Date	End Date	นาที	MW	MW-Min
(D-079) SLB_DP1	7/27/03 8:06	7/27/03 20:01	715	1.1	786.5
(D-877) SLB_DP2	7/27/03 8:06	7/27/03 20:01	715	1	715
(D-896) SLB_DP3	7/27/03 8:06	7/27/03 20:01	715	0.8	572
(D-018) CTG_DP2	8/2/03 19:01	8/2/03 19:18	17	5.6	95.2
(D-055) NS_DP2	8/3/03 2:58	8/3/03 3:17	19	8.3	157.7
(D-879) MR_DP3	8/5/03 11:05	8/5/03 11:27	22	42.7	939.4
(D-890) NA_DP3	8/6/03 14:08	8/6/03 14:21	13	6.5	84.5
(D-072) PR_DP2	8/7/03 14:14	8/7/03 14:21	7	10	70
(D-914) ST_DP1	8/12/03 20:31	8/12/03 20:35	4	1.9	7.6
(D-048) MR_DP1	8/29/03 19:23	8/29/03 19:34	11	7	77
(D-079) SLB_DP1	8/31/03 18:31	8/31/03 18:42	11	3.8	41.8
(D-003) CM1_DP1	9/4/03 14:13	9/4/03 14:34	21	17.6	369.6
(D-091) TE_DP1	9/4/03 15:48	9/4/03 17:03	75	6.1	457.5
(D-091) TE_DP1	9/15/03 9:51	9/15/03 9:52	1	4.3	4.3
(D-072) PY_DP2	9/15/03 20:12	9/15/03 20:42	30	11.8	354
(D-879) MR_DP3	9/17/03 14:48	9/17/03 14:54	6	48	288
(D-018) CTG_DP2	9/22/03 2:26	9/22/03 2:45	19	2.5	47.5
(D-879) MR_DP3	9/30/03 13:51	9/30/03 14:03	12	41.6	499.2
(D-049) MR_DP2	9/30/03 13:51	9/30/03 14:03	12	9.6	115.2
(D-048) MR_DP1	9/30/03 13:51	9/30/03 14:02	11	5.1	56.1
(D-907) MMM_DP5	10/12/03 6:53	10/12/03 7:07	14	13.7	191.8
(D-908) MMM_DP6	10/12/03 6:53	10/12/03 7:07	14	0.2	2.8
(D-891) NA_DP1	10/13/03 3:05	10/13/03 3:09	4	6.1	24.4
(D-071) PY_DP1	10/14/03 1:55	10/14/03 2:04	9	6.3	56.7
(D-860) LP1_DP2	10/15/03 14:31	10/15/03 14:48	17	19.5	331.5
(D-893) LS_DP3	10/23/03 13:41	10/23/03 14:17	36	4.3	154.8
(D-906) MMM_DP4	10/25/03 7:37	10/25/03 8:37	60	8.4	504
(D-917) TK2_DP2	10/27/03 18:23	10/27/03 18:40	17	9.7	164.9
(D-074) SK_DP1	10/31/03 8:43	10/31/03 9:10	27	3.8	102.6
(D-874) PL2_DP2	10/31/03 11:50	10/31/03 11:51	1	59.6	59.6
(D-883) CM2_DP1	11/4/03 21:42	11/4/03 22:16	34	19.4	659.6
(D-884) CM2_DP2	11/4/03 21:46	11/4/03 22:16	30	15.4	462
(D-888) LS_DP1	11/13/03 9:03	11/13/03 9:04	1	4.7	4.7
(D-023) LKB_DP1	11/16/03 6:52	11/16/03 6:58	6	7.9	47.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้ใช้สำหรับโครงการวิจัยของนักศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Equipment	Start Date	End Date	นาที	MW	MW-Min
(D-066) PL2_DP1	11/16/03 8:05	11/16/03 8:17	12	5.4	64.8
(D-066) PL2_DP1	11/25/03 9:43	11/25/03 9:46	3	5.7	17.1
(D-055) NS_DP2	12/1/03 3:46	12/1/03 4:14	28	6.2	173.6
(D-906) MMM_DP4	12/1/03 16:45	12/1/03 18:08	83	1.7	141.1
(D-085) TA1_DP2	12/1/03 17:54	12/1/03 17:58	4	9.1	36.4
(D-907) MMM_DP5	12/12/03 2:39	12/12/03 4:29	110	16.9	1859
(D-907) MMM_DP5	12/15/03 11:54	12/15/03 12:38	44	17.4	765.6
(D-897) AKR_DP1	12/16/03 10:09	12/16/03 12:48	159	5.3	842.7
(D-055) NS_DP2	12/18/03 9:18	12/18/03 9:31	13	7.9	102.7
(D-880) NS_DP3	12/21/03 8:57	12/21/03 9:36	39	31.4	1224.6
(D-860) LP1_DP2	12/28/03 1:31	12/28/03 1:58	27	8.6	232.2
(D-906) MMM_DP4	1/10/04 18:37	1/10/04 19:24	47	15.2	714.4
(D-898) BMN_DP3	1/13/04 14:04	1/13/04 14:48	44	3.6	158.4
(D-919) SK-DP2	1/15/04 5:30	1/15/04 5:54	24	5	120
(D-919) SK-DP2	1/21/04 14:40	1/21/04 14:55	15	3.27	49.05
(D-025) LNI_DP1	1/22/04 13:33	1/22/04 13:51	18	7.9	142.2
(D-023) LKB_DP1	2/17/04 12:19	2/17/04 15:52	213	3.4	724.2
(D-916) BB_DP2	2/22/04 15:14	2/22/04 15:30	16	2	32
(D-055) NS_DP2	3/1/04 9:25	3/1/04 9:56	31	7.4	229.4
(D-902) CM3_DP4	3/4/04 8:24	3/4/04 8:33	9	35.5	319.5
(D-869) SPP_DP1	3/9/04 11:59	3/9/04 12:28	29	0.3	8.7
(D-900) THG_DP2	3/15/04 11:06	3/15/04 11:26	20	8.4	168
(D-902) CM3_DP4	3/17/04 14:02	3/17/04 14:18	16	51.7	827.2
(D-882) CTG_DP3	3/25/04 12:19	3/25/04 12:37	18	19.8	356.4
(D-001) BB_DP1	3/26/04 11:11	3/26/04 11:38	27	2.3	62.1
(D-017) CTG_DP1	3/26/04 11:11	3/26/04 11:39	28	14.9	417.2
(D-025) LNI_DP1	3/26/04 11:11	3/26/04 11:36	25	11.9	297.5
(D-034) LP2_DP1	3/26/04 11:11	3/26/04 11:39	28	14.8	414.4
(D-023) LKB_DP1	3/26/04 11:11	3/26/04 11:38	27	5.3	143.1
(D-891) NA_DP1	3/26/04 11:11	3/26/04 11:40	29	11.4	330.6
(D-066) PL2_DP1	3/26/04 11:11	3/26/04 11:33	22	6.3	138.6
(D-888) LS_DP1	3/26/04 11:11	3/26/04 11:39	28	4.8	134.4
(D-921) PY_DP1	3/26/04 11:11	3/26/04 11:34	23	12.8	294.4
(D-084) TA1_DP1	3/26/04 11:11	3/26/04 11:36	25	8.9	222.5

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Equipment	Start Date	End Date	นาที	MW	MW-Min
(D-909) TTK_DP1	3/26/04 11:11	3/26/04 11:41	30	7.6	228
(D-095) TK2_DP1	3/26/04 11:11	3/26/04 11:44	33	8.3	273.9
(D-091) TE_DP1	3/26/04 11:11	3/26/04 11:40	29	6	174
(D-914) ST_DP1	3/26/04 11:11	3/26/04 11:35	24	10.3	247.2
(D-922) MCN_DP1	3/26/04 11:11	3/26/04 11:39	28	10.1	282.8
(D-079) SLB_DP1	3/26/04 11:11	3/26/04 11:40	29	3.1	89.9
(D-918) THG_DP1	3/26/04 11:11	3/26/04 11:37	26	16.6	431.6
(D-862) BMN_DP1	3/26/04 11:11	3/26/04 11:38	27	10.4	280.8
(D-861) BGS_DP1	3/26/04 11:11	3/26/04 11:39	28	20.2	565.6
(D-874) PL2_DP2	4/2/04 11:18	4/2/04 11:22	4	99.2	396.8
(D-907) MMM_DP5	4/2/04 22:26	4/3/04 1:01	155	0.2	31
(D-025) LNI_DP1	4/5/04 13:38	4/5/04 13:45	7	12.8	89.6
(D-922) MCN_DP1	4/7/04 5:44	4/7/04 5:52	8	7.6	60.8
(D-900) THG_DP2	4/8/04 21:36	4/8/04 21:49	13	9.9	128.7
(D-920) CR_DP2	4/10/04 20:01	4/10/04 20:31	30	6.5	195
(D-001) BB_DP1	4/17/04 1:25	4/17/04 2:16	51	2.6	132.6
(D-890) NA_DP3	4/19/04 0:39	4/19/04 0:42	3	4	12
(D-916) BB_DP2	4/20/04 18:07	4/20/04 18:31	24	3	72
(D-023) LKB_DP1	4/22/04 23:03	4/22/04 23:30	27	5.8	156.6
(D-880) NS_DP3	4/23/04 16:25	4/23/04 16:37	12	52	624
(D-901) MCN_DP2	4/23/04 21:05	4/23/04 21:45	40	21.6	864
(D-882) CTG_DP3	4/25/04 14:29	4/25/04 14:42	13	17.3	224.9
(D-025) LNI_DP1	4/26/04 14:29	4/26/04 14:33	4	13.3	53.2
(D-017) CTG_DP1	4/26/04 17:19	4/26/04 17:35	16	9.9	158.4
(D-025) LNI_DP1	4/26/04 17:19	4/26/04 17:36	17	11.8	200.6
(D-034) LP2_DP1	4/26/04 17:19	4/26/04 17:36	17	13.6	231.2
(D-023) LKB_DP1	4/26/04 17:19	4/26/04 17:37	18	6.4	115.2
(D-891) NA_DP1	4/26/04 17:19	4/26/04 17:35	16	10	160
(D-084) TA1_DP1	4/26/04 17:19	4/26/04 17:36	17	9.4	159.8
(D-909) TTK_DP1	4/26/04 17:19	4/26/04 17:36	17	7	119
(D-917) TK2_DP2	4/26/04 17:19	4/26/04 17:37	18	9	162
(D-914) ST_DP1	4/26/04 17:19	4/26/04 17:36	17	9.2	156.4
(D-922) MCN_DP1	4/26/04 17:19	4/26/04 17:36	17	15.2	258.4
(D-079) SLB_DP1	4/26/04 17:19	4/26/04 17:36	17	3.3	56.1

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินส่วนกลางของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Equipment	Start Date	End Date	นาที	MW	MW-Min
(D-918) THG_DP1	4/26/04 17:19	4/26/04 17:36	17	13.2	224.4
(D-862) BMN_DP1	4/26/04 17:19	4/26/04 17:35	16	11.6	185.6
(D-861) BGS_DP1	4/26/04 17:19	4/26/04 17:35	16	24	384
(D-916) BB_DP2	4/26/04 22:53	4/26/04 23:07	14	3.2	44.8
(D-897) AKR_DP1	4/27/04 16:50	4/27/04 20:49	239	7.4	1768.6
(D-055) NS_DP2	4/27/04 22:53	4/27/04 23:58	65	15	975
(D-091) TE_DP1	4/29/04 22:47	4/30/04 0:23	96	6.2	595.2
(D-914) ST_DP1	5/2/04 19:35	5/2/04 20:14	39	14.3	557.7
(D-898) BMN_DP3	5/3/04 16:15	5/3/04 17:38	83	12.3	1020.9
(D-023) LKB_DP1	5/5/04 18:10	5/5/04 18:48	38	5.3	201.4
(D-916) BB_DP2	5/7/04 7:10	5/7/04 7:12	2	1.8	3.6
(D-049) MR_DP2	5/8/04 14:11	5/8/04 14:37	26	5.6	145.6
(D-079) SLB_DP1	5/12/04 15:44	5/12/04 16:12	28	3.2	89.6
(D-874) PL2_DP2	5/20/04 16:50	5/20/04 16:53	3	67.6	202.8
(D-882) CTG_DP3	5/25/04 19:46	5/25/04 19:52	6	18.7	112.2
(D-909) TTK_DP1	6/8/04 8:32	6/8/04 8:42	10	7	70
(D-874) PL2_DP2	6/8/04 22:28	6/8/04 22:44	16	67.1	1073.6
(D-898) BMN_DP3	6/12/04 15:07	6/12/04 16:08	61	10.8	658.8
(D-023) LKB_DP1	6/13/04 21:36	6/13/04 21:59	23	7.4	170.2
(D-055) NS_DP2	6/14/04 13:51	6/14/04 14:06	15	11.1	166.5
(D-919) SK_DP2	6/21/04 13:31	6/21/04 13:57	26	303	7878
(D-058) PC_DP2	6/21/04 17:26	6/21/04 17:33	7	9.4	65.8
(D-880) NS_DP3	7/2/04 20:13	7/2/04 20:54	41	49.4	2025.4
(D-919) SK_DP2	7/6/04 7:22	7/6/04 7:45	23	3.5	80.5
(D-074) SK_DP1	7/6/04 7:22	7/6/04 7:45	23	3.4	78.2
(D-902) CM3_DP4	7/8/04 11:40	7/8/04 11:46	6	76.4	458.4
(D-888) LS_DP1	7/9/04 0:01	7/9/04 1:00	59	4.9	289.1
(D-055) NS_DP2	7/14/04 12:34	7/14/04 12:53	19	11.6	220.4
(D-917) TK2_DP1	7/23/04 0:15	7/23/04 0:38	23	5.1	117.3
(D-884) CM2_DP2	7/23/04 18:59	7/23/04 19:07	8	21.5	172
(D-916) BB_DP2	7/24/04 6:41	7/24/04 7:15	34	2.9	98.6
(D-907) MMM_DP5	7/24/04 11:00	7/24/04 13:37	157	2.6	408.2
(D-906) MMM_DP4	7/25/04 11:07	7/25/04 12:10	63	3.2	201.6
(D-061) PE_DP2	7/27/04 3:00	7/27/04 3:17	17	4.4	74.8

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของสำนักงานโครงการวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

Equipment	Start Date	End Date	นาที	MW	MW-Min
(D-882) CTG_DP3	8/5/04 15:30	8/5/04 15:37	7	11.9	83.3
(D-909) TTK_DP1	8/7/04 12:29	8/7/04 12:46	17	6.8	115.6
(D-882) CTG_DP3	8/11/04 12:25	8/11/04 12:38	13	10.9	141.7
(D-877) SLB_DP2	8/11/04 19:08	8/11/04 20:17	69	5.4	372.6
(D-004) CM1_DP2	8/12/04 18:48	8/12/04 19:03	15	19.6	294
(D-063) PL1_DP1	8/12/04 21:35	8/12/04 21:40	5	8.1	40.5
(D-874) PL2_DP2	8/13/04 22:22	8/13/04 22:26	4	73.8	295.2
(D-919) SK_DP2	8/14/04 15:46	8/14/04 16:01	15	3	45
(D-018) CTG_DP2	8/17/04 5:05	8/17/04 5:37	32	3.6	115.2
(D-916) BB_DP2	8/17/04 18:29	8/17/04 18:45	16	2.3	36.8
(D-917) TK2_DP2	8/21/04 1:09	8/21/04 1:21	12	5.3	63.6
(D-882) CTG_DP3	8/27/04 12:27	8/27/04 12:40	13	13.1	170.3
(D-869) SPP_DP1	9/5/04 0:43	9/5/04 1:55	72	1.9	136.8
(D-906) MMM_DP4	9/8/04 6:26	9/8/04 8:43	137	28.4	3890.8
(D-060) PE_DP1	9/13/04 3:18	9/13/04 3:45	27	8.6	232.2
(D-911) ST_DP2	9/19/04 0:37	9/19/04 1:02	25	7.6	190
(D-909) TTK_DP1	9/24/04 1:30	9/24/04 1:48	18	6.4	115.2
(D-879) MR_DP3	9/25/04 15:19	9/25/04 15:40	21	47.1	989.1
(D-879) MR_DP3	9/27/04 18:33	9/27/04 18:46	13	60.9	791.7
(D-893) LS_DP3	9/30/04 15:32	9/30/04 16:18	46	5.1	234.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 เหตุการณ์การเกิดไฟดับของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในภาคกลาง

Equipment	Start Date	End Date	นาที	Mw	Mw_Min
SN3_DP1 [SN3:KT1A]	04/10/1998 21:39	04/10/1998 22:35	14	6	84
BBG_DP1 [BBG:KT2A]	17/10/1998 18:00	17/10/1998 18:08	8	14	112
AY2_DP1 [AY2:KT1A]	28/10/1998 01:29	28/10/1998 01:37	8	12.5	100
AY2_DP2 [AY2:KT2A]	28/10/1998 01:29	28/10/1998 01:38	9	12.5	112.5
CA_DP1 [CA:KT1A]	31/10/1998 14:38	31/10/1998 14:55	17	14	238
PB_DP2 [PB:KT2A,KT3A]	31/10/1998 14:38	31/10/1998 14:54	16	9	144
KKC_DP1 [KKC:KT3A]	31/10/1998 14:38	31/10/1998 14:56	18	2.2	39.6
PB_DP1 [PB:KT1A]	31/10/1998 14:38	31/10/1998 14:54	16	19	304
CA_DP2 [CA:KT2A]	31/10/1998 14:38	31/10/1998 14:55	17	15	255
SN3_DP1 [SN3:KT1A]	12/11/1998 00:05	12/11/1998 00:36	9	12	108
TL1_DP1 [TL1:KT6A]	12/11/1998 23:34	12/11/1998 23:36	2	24.5	49
RY1_DP2 [RY1:KT2A]	18/11/1998 18:46	18/11/1998 18:59	13	26	338
BI1_DP1 [BI1:KT1A]	27/11/1998 14:37	27/11/1998 14:38	1	4.8	4.8
AT2_DP1 [AT2:KT2A]	29/11/1998 16:52	29/11/1998 17:08	16	6.5	104
AT2_DP1 [AT2:KT2A]	29/11/1998 17:09	29/11/1998 17:36	27	6.5	175.5
SP_DP1 [SP:KT1A]	03/12/1998 16:00	03/12/1998 22:25	78.66	41.5	3264.5
SP_DP2 [SP:KT2A]	03/12/1998 16:00	03/12/1998 22:25	78.66	41.5	3264.5
KB_DP1 [KB:KT1A, KT3A]	18/12/1998 14:23	18/12/1998 14:25	2	11	22
SN3_DP1 [SN3:KT1A]	22/12/1998 18:21	22/12/1998 18:45	7	16.5	115.5
SH1_DP1 [SH1:KT1A]	23/12/1998 06:28	23/12/1998 07:06	38	6	228
SH1_DP2 [SH1:KT2A]	23/12/1998 06:28	23/12/1998 06:50	22	0.4	8.8
SH2_DP1 [SH2:KT1A]	23/12/1998 06:28	23/12/1998 06:43	15	7.6	114
SH2_DP2 [SH2:KT2A]	23/12/1998 06:28	23/12/1998 06:43	15	4.6	69
DBN_DP1 [DBN:KT1A]	25/12/1998 18:10	25/12/1998 18:31	3	9	27
SA1_DP1 [SA1:KT5A]	17/01/1999 08:21	17/01/1999 08:22	1	1.8	1.8
RB1_DP1 [RB1:KT1A]	03/02/1999 06:04	03/02/1999 06:37	33	7.2	237.6
WNK_DP1 [WNK:KT1A]	05/03/1999 18:39	05/03/1999 18:59	20	21	420
TL1_DP1 [TL1:KT6A]	08/04/1999 09:47	08/04/1999 09:57	10	31.2	312
SN1_DP1 [SN1:KT1A]	14/04/1999 18:24	14/04/1999 19:32	68	4.8	326.4
LB1_DP1 [LB1:KT1A]	10/05/1999 15:16	10/05/1999 15:23	7	10.6	74.2
SI_DP3 [SI:115 KV PEA]	10/05/1999 15:16	10/05/1999 15:23	7	20	140
SI_DP2 [SI:KT3A]	10/05/1999 15:16	10/05/1999 15:24	8	13	104
LB1_DP2 [LB1:KT2A]	10/05/1999 15:16	10/05/1999 15:23	7	12.5	87.5
SI_DP1 [SI:KT2A]	10/05/1999 15:16	10/05/1999 15:24	8	15	120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ)

Equipment	Start Date	End Date	นาที	Mw	Mw_Min
BP2_DP2 [BP2:KT4A (KT6A SPARE)]	17/05/1999 08:17	17/05/1999 08:27	10	8.2	82
CC_DP3 [CC:115 KV PEA]	24/05/1999 10:29	24/05/1999 10:30	1	86	86
LB1_DP1 [LB1:KT1A]	29/06/1999 19:43	29/06/1999 20:10	27	9.5	256.5
CA_DP1 [CA:KT1A]	08/07/1999 11:09	08/07/1999 11:13	4	6.4	25.6
PB_DP2 [PB:KT2A,KT3A]	08/07/1999 11:09	08/07/1999 11:15	6	11.8	70.8
PB_DP1 [PB:KT1A]	08/07/1999 11:09	08/07/1999 11:14	5	16	80
CA_DP2 [CA:KT2A]	08/07/1999 11:09	08/07/1999 11:14	5	13.7	68.5
CC_DP1 [CC:KT1A]	22/08/1999 18:40	22/08/1999 18:47	7	22.8	159.6
PTB_DP1 [PTB:KT1A]	27/08/1999 23:09	27/08/1999 23:40	31	9	279
TL1_DP4 [TL1:115 KV SIAM CEMENT]	27/08/1999 23:09	27/08/1999 23:39	30	35	1050
SRI_DP1 [SRI:KT1A]	27/08/1999 23:09	27/08/1999 23:42	33	12.5	412.5
SRI_DP2 [SRI:KT2A]	27/08/1999 23:09	27/08/1999 23:42	33	12	396
TL1_DP1 [TL1:KT6A]	27/08/1999 23:09	27/08/1999 23:39	30	31.2	936
TL1_DP3 [TL1:115 KV TL2]	27/08/1999 23:09	27/08/1999 23:44	35	21	735
TL1_DP2 [TL1:115 KV PEA]	27/08/1999 23:09	27/08/1999 23:42	33	8	264
PTB_DP2 [PTB:KT2A]	27/08/1999 23:09	27/08/1999 23:40	31	9	279
SP_DP1 [SP:KT1A]	31/08/1999 23:14	31/08/1999 23:35	21	24	504
TR_DP1 [TR:KT1A]	06/09/1999 22:51	06/09/1999 22:52	1	9	9
TR_DP2 [TR:KT2A]	06/09/1999 22:51	06/09/1999 22:52	1	11.4	11.4
VRK_DP1 [VRK:KT3A]	19/09/1999 10:16	19/09/1999 10:33	17	4.4	74.8
RY1_DP1 [RY1:KT1A]	22/09/1999 08:58	22/09/1999 09:10	12	30	360
CA_DP1 [CA:KT1A]	23/09/1999 07:52	23/09/1999 07:53	1	13.6	13.6
SC_DP1 [SC:KT1A, KT2A]	26/09/1999 15:20	26/09/1999 15:44	24	11	264
TR_DP2 [TR:KT2A]	29/09/1999 18:11	29/09/1999 18:30	19	18	342
SA2_DP1 [SA2:KT1A]	02/10/1999 02:06	02/10/1999 02:16	10	23.3	233
SRI_DP1 [SRI:KT1A]	01/11/1999 19:33	01/11/1999 20:02	29	12	348
NCS_DP3 [NCS:KT4A]	14/11/1999 01:31	14/11/1999 02:00	29	10.4	301.6
LB1_DP2 [LB1:KT2A]	15/11/1999 10:10	15/11/1999 10:17	7	10.9	76.3
CC_DP1 [CC:KT1A]	16/11/1999 18:09	16/11/1999 18:20	11	29.2	321.2
TR_DP2 [TR:KT2A]	22/11/1999 17:34	22/11/1999 17:39	5	10.2	51
AT1_DP2 [AT1:KT6A]	23/12/1999 17:19	23/12/1999 17:20	1	13.8	13.8
DBN_DP2 [DBN:KT2A,KT3A]	02/01/2000 18:16	02/01/2000 18:25	9	12	108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ)

Equipment	Start Date	End Date	นาที	Mw	Mw_Min
DBN_DP1 [DBN:KT1A]	04/01/2000 19:17	04/01/2000 19:25	8	10.5	84
DBN_DP2 [DBN:KT2A,KT3A]	04/01/2000 18:31	04/01/2000 18:55	24	18	432
AT2_DP1 [AT2:KT2A]	12/01/2000 01:08	12/01/2000 01:21	13	3.1	40.3
AT2_DP2 [AT2:KT4A]	12/01/2000 01:08	12/01/2000 01:17	9	4.3	38.7
DBN_DP2 [DBN:KT2A,KT3A]	12/01/2000 01:08	12/01/2000 01:20	12	10.2	122.4
SP_DP2 [SP:KT2A]	12/01/2000 01:08	12/01/2000 01:21	13	11.6	150.8
SP_DP1 [SP:KT1A]	12/01/2000 01:08	12/01/2000 01:21	13	15.4	200.2
LB2_DP3 [LB2:115 KV PEA]	12/01/2000 01:08	12/01/2000 01:16	8	13.4	107.2
LB2_DP2 [LB2:KT2A]	12/01/2000 01:08	12/01/2000 01:19	11	8.1	89.1
LB2_DP1 [LB2:KT1A]	12/01/2000 01:08	12/01/2000 01:18	10	8.9	89
DBN_DP1 [DBN:KT1A]	12/01/2000 01:08	12/01/2000 01:20	12	6.4	76.8
CBD_DP2 [CBD:KT2A]	12/01/2000 01:08	12/01/2000 01:19	11	11.5	126.5
CBD_DP1 [CBD:KT1A]	12/01/2000 01:08	12/01/2000 01:19	11	2.4	26.4
DBN_DP1 [DBN:KT1A]	23/01/2000 07:55	23/01/2000 07:58	3	6.2	18.6
LB2_DP2 [LB2:KT2A]	28/01/2000 06:15	28/01/2000 06:55	40	10.6	424
CB_DP2 [CB:KT2A]	02/04/2000 06:59	02/04/2000 07:07	8	29	232
BP2_DP1 [BP2:KT3A (KT6A SPARE)]	03/04/2000 15:35	03/04/2000 15:47	12	13.5	162
CT_DP2 [CT:KT2A]	08/04/2000 19:51	08/04/2000 20:18	27	26.3	710.1
PA2_DP1 [PA2:KT3A]	09/04/2000 10:07	09/04/2000 13:01	174	5.3	922.2
PKK_DP2 [PKK:KT4A]	10/04/2000 10:16	10/04/2000 10:35	19	1.9	36.1
SI_DP1 [SI:KT2A]	10/04/2000 13:44	10/04/2000 13:55	11	18	198
SN3_DP3 [SN3:KT3A]	23/04/2000 18:56	23/04/2000 19:07	11	18	198
TM_DP2 [TM:KT2A]	01/05/2000 06:42	01/05/2000 06:47	5	9.6	48
PTB_DP2 [PTB:KT2A]	21/05/2000 09:21	21/05/2000 09:25	4	10.8	43.2
WNK_DP2 [WNK:KT2A]	22/05/2000 18:11	22/05/2000 19:20	69	13.5	931.5
LBI_DP1 [LBI:KT1A]	23/05/2000 08:15	23/05/2000 08:19	4	8.9	35.6
LBI_DP2 [LBI:KT2A]	23/05/2000 08:15	23/05/2000 08:19	4	8.9	35.6
AY2_DP1 [AY2:KT1A]	27/05/2000 08:14	27/05/2000 09:13	59	16.5	973.5
AY2_DP2 [AY2:KT2A]	27/05/2000 08:14	27/05/2000 09:13	59	8.2	483.8
PKK_DP1 [PKK:KT1A]	06/06/2000 12:01	06/06/2000 12:20	19	7.9	150.1
RY1_DP3 [RY1:115 KV PEA]	14/06/2000 09:28	14/06/2000 09:29	1	48	48
KB_DP1 [KB:KT1A, KT3A]	19/06/2000 19:07	19/06/2000 19:24	17	16.5	280.5

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ)

Equipment	Start Date	End Date	นาที	Mw	Mw_Min
B11_DP1 [B11:KT1A]	21/06/2000 19:55	21/06/2000 20:13	18	16.8	302.4
SP_DP2 [SP:KT2A]	12/07/2000 09:50	12/07/2000 10:30	40	22	880
TR_DP1 [TR:KT1A]	17/07/2000 19:14	17/07/2000 19:51	37	10.4	384.8
RB1_DP1 [RB1:KT1A]	21/07/2000 18:35	21/07/2000 18:46	11	7.6	83.6
RB1_DP2 [RB1:KT2A]	21/07/2000 18:35	21/07/2000 18:46	11	9.6	105.6
LB1_DP1 [LB1:KT1A]	22/07/2000 09:44	22/07/2000 09:46	2	8.5	17
LB1_DP2 [LB1:KT2A]	22/07/2000 09:44	22/07/2000 09:46	2	8.5	17
SA1_DP2 [SA1:KT6A]	28/07/2000 20:36	28/07/2000 21:00	24	34	816
SA1_DP3 [SA1:KT7A]	28/07/2000 20:36	28/07/2000 21:00	24	30	720
SNI_DP1 [SNI:KT1A]	08/08/2000 00:15	08/08/2000 00:52	37	22.4	828.8
BL_DP1 [BL:KT1A]	14/08/2000 18:45	14/08/2000 19:01	16	17	272
LB2_DP2 [LB2:KT2A]	18/08/2000 19:30	18/08/2000 20:26	56	15.8	884.8
DBN_DP1 [DBN:KT1A]	23/08/2000 19:09	23/08/2000 19:12	3	11.6	34.8
KB_DP1 [KB:KT1A, KT3A]	13/09/2000 17:36	13/09/2000 17:56	20	17.3	346
LB2_DP1 [LB2:KT1A]	13/09/2000 01:26	13/09/2000 01:48	22	8	176
RB1_DP2 [RB1:KT2A]	15/09/2000 09:41	15/09/2000 10:16	35	9.7	339.5
SR1_DP1 [SR1:KT1A]	17/09/2000 11:04	17/09/2000 11:13	9	8	72
SR1_DP2 [SR1:KT2A]	17/09/2000 11:04	17/09/2000 11:13	9	15	135
DBN_DP1 [DBN:KT1A]	18/09/2000 19:45	18/09/2000 19:54	9	12.6	113.4
CA_DP1 [CA:KT1A]	22/09/2000 23:19	22/09/2000 23:22	3	8.7	26.1
CA_DP2 [CA:KT2A]	22/09/2000 23:19	22/09/2000 23:21	2	14.5	29
KKC_DP1 [KKC:KT3A]	27/09/2000 13:55	27/09/2000 13:56	1	1.33	1.33
PA1_DP2 [PA1:KT2A]	30/09/2000 16:27	30/09/2000 16:46	19	12	228
RB1_DP1 [RB1:KT1A]	18/10/2000 08:00	18/10/2000 08:51	51	1.9	96.9
NCS_DP2 [NCS:KT3A]	20/10/2000 18:10	20/10/2000 18:28	18	10.5	189
KB_DP1 [KB:KT1A, KT3A]	23/10/2000 17:55	23/10/2000 18:07	12	10.6	127.2
BL_DP1 [BL:KT1A]	30/10/2000 18:08	30/10/2000 18:21	13	22	286
SNI_DP1 [SNI:KT1A]	13/11/2000 22:14	13/11/2000 23:05	51	22.6	1152.6
KB_DP1 [KB:KT1A, KT3A]	19/11/2000 18:14	19/11/2000 18:30	16	18.2	291.2
CB_DP2 [CB:KT2A]	24/11/2000 11:41	24/11/2000 11:46	5	35.2	176
SI_DP1 [SI:KT2A]	06/12/2000 18:50	06/12/2000 19:15	25	14.1	352.5
AT1_DP2 [AT1:KT6A]	12/12/2000 10:21	12/12/2000 10:29	8	16.4	131.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ)

Equipment	Start Date	End Date	นาที	Mw	Mw_Min
AY2_DP2 [AY2:KT2A]	12/12/2000 10:21	12/12/2000 10:42	21	7.9	165.9
AY2_DPI [AY2:KT1A]	12/12/2000 10:21	12/12/2000 10:29	8	10.1	80.8
AT1_DP3 [AT1:69 KV PEA]	12/12/2000 10:21	12/12/2000 10:30	9	9	81
RB1_DP2 [RB1:KT2A]	28/12/2000 23:44	29/12/2000 00:31	47	5.5	258.5
AT2_DP1 [AT2:KT2A]	27/01/2001 16:09	27/01/2001 16:23	14	4.4	61.6
BP1_DP1 [BP1:KT1A,KT2A]	31/01/2001 15:37	31/01/2001 15:45	8	20	160
BP1_DP2 [BP1:KT3A]	31/01/2001 15:37	31/01/2001 15:45	8	19	152
SH2_DP1 [SH2:KT1A]	25/02/2001 10:00	25/02/2001 10:02	2	12.5	25
SH2_DP2 [SH2:KT2A]	25/02/2001 10:00	25/02/2001 10:02	2	4	8
TM_DP1 [TM:KT1A]	17/03/2001 12:58	17/03/2001 13:00	2	0.9	1.8
TM_DP2 [TM:KT2A]	17/03/2001 12:58	17/03/2001 13:00	2	12.2	24.4
TL3_DP1 [TL3:115 KV PEA#1]	03/04/2001 02:19	03/04/2001 02:27	8	7.9	63.2
TR_DP1 [TR:KT1A]	15/04/2001 11:18	15/04/2001 11:29	11	3.9	42.9
TR_DP2 [TR:KT2A]	15/04/2001 11:18	15/04/2001 11:29	11	5.3	58.3
NY_DP1 [NY:KT1A]	18/04/2001 11:06	18/04/2001 11:16	10	4.4	44
NY_DP2 [NY:KT2A]	18/04/2001 11:06	18/04/2001 11:16	10	14.8	148
SP_DP1 [SP:KT1A]	20/04/2001 22:25	20/04/2001 22:45	20	19.6	392
SR1_DP1 [SR1:KT1A]	02/05/2001 15:36	02/05/2001 16:37	61	8.6	524.6
SR1_DP2 [SR1:KT2A]	02/05/2001 15:36	02/05/2001 16:38	62	21.2	1314.4
SI_DP1 [SI:KT2A]	11/05/2001 22:24	11/05/2001 22:35	11	15.7	172.7
SN1_DP2 [SN1:KT2A]	21/05/2001 21:26	21/05/2001 21:53	27	27.7	747.9
RY1_DP2 [RY1:KT2A]	24/05/2001 18:44	24/05/2001 18:56	12	21.4	256.8
DBN_DP1 [DBN:KT1A]	02/06/2001 18:08	02/06/2001 18:18	10	9	90
RB1_DP2 [RB1:KT2A]	14/06/2001 17:41	14/06/2001 18:17	36	12.3	442.8
SC_DP2 [SC:KT3A]	15/06/2001 19:17	15/06/2001 19:35	18	18	324
SA1_DP1 [SA1:KT5A]	18/06/2001 19:20	18/06/2001 19:40	20	17.8	356
SP_DP1 [SP:KT1A]	21/06/2001 19:21	21/06/2001 19:29	8	17.7	141.6
TR_DP2 [TR:KT2A]	23/06/2001 19:12	23/06/2001 19:16	4	10.4	41.6
SI_DP1 [SI:KT2A]	24/07/2001 10:19	24/07/2001 10:22	3	11	33
SN2_DP1 [SN2:KT1A]	07/08/2001 10:09	07/08/2001 10:24	15	21.9	328.5
SN2_DP4 [SN2:115 KV PEA]	07/08/2001 10:09	07/08/2001 10:23	14	58.5	819
SN2_DP2 [SN2_KT2A]	07/08/2001 10:09	07/08/2001 10:24	15	21.3	319.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ)

Equipment	Start Date	End Date	นาที	Mw	Mw_Min
SN2_DP3 [SN2:KT3A]	07/08/2001 10:09	07/08/2001 10:32	23	5.8	133.4
WNK_DP2 [WNK:KT2A]	22/08/2001 18:49	22/08/2001 19:02	13	8.7	113.1
AY2_DP1 [AY2:KT1A]	27/08/2001 02:48	27/08/2001 02:58	10	10.5	105
PA1_DP2 [PA1:KT2A]	29/08/2001 18:05	29/08/2001 18:13	8	10	80
PTB_DP1 [PTB:KT1A]	30/08/2001 03:13	30/08/2001 03:20	7	8	56
KS_DP1 [KS:KT1A]	06/09/2001 11:58	06/09/2001 12:15	17	24	408
BP1_DP1 [BP1:KT1A,KT2A]	04/10/2001 02:24	04/10/2001 02:37	13	8.4	109.2
BII_DP1 [BII:KT1A]	07/10/2001 20:41	07/10/2001 21:00	19	14	266
SM_DP1 [SM:KT1A,KT2A]	21/10/2001 18:59	21/10/2001 19:06	7	3.3	23.1
BBG_DP1 [BBG:KT2A]	23/10/2001 18:14	23/10/2001 18:22	8	26.5	212
NY_DP2 [NY:KT2A]	23/10/2001 17:44	23/10/2001 17:47	3	9.1	27.3
KS_DP1 [KS:KT1A]	24/10/2001 09:43	24/10/2001 09:44	1	20	20
KS_DP2 [KS:KT2A]	24/10/2001 09:43	24/10/2001 09:44	1	12	12
KS_DP3 [KS:115 KV PEA]	24/10/2001 09:43	24/10/2001 09:44	1	18.5	18.5
DBN_DP2 [DBN:KT2A,KT3A]	01/11/2001 00:28	01/11/2001 00:33	5	5.1	25.5
SP_DP1 [SP:KT1A]	04/11/2001 13:09	04/11/2001 13:14	5	14.7	73.5
RB1_DP1 [RB1:KT1A]	17/11/2001 01:51	17/11/2001 02:25	34	3.18	108.12
BP2_DP1 [BP2:KT3A (KT6A SPARE)]	22/12/2001 08:28	22/12/2001 08:42	14	13	182
CBD_DP1 [CBD:KT1A]	01/01/2002 18:16	01/01/2002 18:19	3	9.8	29.4
CBD_DP2 [CBD:KT2A]	01/01/2002 18:16	01/01/2002 18:19	3	9.8	29.4
CTN_DP1 [CTN:KT1A]	16/01/2002 23:16	16/01/2002 23:20	4	3.4	13.6
CBD_DP1 [CBD:KT1A]	30/01/2002 18:03	30/01/2002 18:07	4	12.9	51.6
CBD_DP2 [CBD:KT2A]	30/01/2002 18:03	30/01/2002 18:07	4	12.9	51.6
RB2_DP1 [RB2:KT2A]	08/02/2002 08:35	08/02/2002 08:48	13	10.8	140.4
RB2_DP3 [RB2:115 KV PEA#1]	08/02/2002 08:35	08/02/2002 08:49	14	108	1512
RB2_DP2 [RB2:KT3A]	08/02/2002 08:35	08/02/2002 08:48	13	12	156
SC_DP2 [SC:KT3A]	25/02/2002 12:56	25/02/2002 12:59	3	17.2	51.6
TM_DP2 [TM:KT2A]	05/03/2002 11:15	05/03/2002 11:16	1	9	9
RB1_DP1 [RB1:KT1A]	07/03/2002 12:48	07/03/2002 13:54	66	2.8	184.8
RB1_DP2 [RB1:KT2A]	07/03/2002 11:55	07/03/2002 12:14	19	12	228
AT1_DP2 [AT1:KT6A]	10/03/2002 14:10	10/03/2002 14:34	24	15	360
RB1_DP2 [RB1:KT2A]	16/03/2002 14:18	16/03/2002 14:32	14	4	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ)

Equipment	Start Date	End Date	นาที	Mw	Mw_Min
RB1_DP2 [RB1:KT2A]	18/03/2002 08:46	18/03/2002 09:46	60	8.8	528
PA2_DP1 [PA2:KT3A]	21/03/2002 18:21	21/03/2002 19:07	46	18.5	851
LB2_DP1 [LB2:KT1A]	29/03/2002 10:08	29/03/2002 10:28	20	8.7	174
SP_DP1 [SP:KT1A]	12/04/2002 14:39	12/04/2002 15:02	23	17.8	409.4
SP_DP2 [SP:KT2A]	12/04/2002 14:39	12/04/2002 15:02	23	18	414
AT2_DP1 [AT2:KT2A]	17/04/2002 01:06	17/04/2002 01:41	35	4.1	143.5
AT2_DP2 [AT2:KT4A]	17/04/2002 01:06	17/04/2002 01:40	34	5.1	173.4
SP_DP2 [SP:KT2A]	17/04/2002 01:06	17/04/2002 01:40	34	19.2	652.8
SP_DP1 [SP:KT1A]	17/04/2002 01:06	17/04/2002 01:40	34	14.9	506.6
DBN_DP2 [DBN:KT2A,KT3A]	17/04/2002 01:06	17/04/2002 01:43	37	6.5	240.5
CBD_DP1 [CBD:KT1A]	17/04/2002 01:06	17/04/2002 01:43	37	3.3	122.1
LB2_DP3 [LB2:115 KV PEA]	17/04/2002 01:06	17/04/2002 01:42	36	19	684
LB2_DP2 [LB2:KT2A]	17/04/2002 01:06	17/04/2002 01:42	36	7.7	277.2
LB2_DP1 [LB2:KT1A]	17/04/2002 01:06	17/04/2002 01:42	36	8	288
DBN_DP1 [DBN:KT1A]	17/04/2002 01:06	17/04/2002 01:43	37	11.1	410.7
CBD_DP2 [CBD:KT2A]	17/04/2002 01:06	17/04/2002 01:43	37	9.6	355.2
TR_DP1 [TR:KT1A]	22/04/2002 15:24	22/04/2002 15:25	1	9.1	9.1
TR_DP3 [TR:115 KV PEA]	22/04/2002 15:24	22/04/2002 15:25	1	12.5	12.5
TR_DP2 [TR:KT2A]	22/04/2002 15:24	22/04/2002 15:25	1	7.1	7.1
AY2_DP1 [AY2:KT1A]	02/05/2002 15:20	02/05/2002 15:24	4	12.9	51.6
PH_DP1 [PH:KT1A,KT2A]	02/05/2002 15:20	02/05/2002 15:23	2.9	0.1	0.29
AY2_DP2 [AY2:KT2A]	02/05/2002 15:20	02/05/2002 15:24	4	9.4	37.6
CBD_DP1 [CBD:KT1A]	05/05/2002 17:37	05/05/2002 17:39	2	8	16
CBD_DP2 [CBD:KT2A]	05/05/2002 17:37	05/05/2002 17:39	2	7.9	15.8
RY1_DP2 [RY1:KT2A]	12/05/2002 11:05	12/05/2002 11:35	30	19.6	588
RY3_DP2 [RY3:KT2A]	12/06/2002 21:15	12/06/2002 21:38	23	6.5	149.5
BP1_DP2 [BP1:KT3A]	24/06/2002 21:13	24/06/2002 21:27	14	15.5	217
SM_DP1 [SM:KT1A,KT2A]	12/07/2002 19:17	12/07/2002 19:23	6	6.7	40.2
AT1_DP1 [AT1:KT8A]	20/07/2002 23:36	20/07/2002 23:48	12	7.9	94.8
CB_DP1 [CB:KT1A]	29/07/2002 10:48	29/07/2002 11:02	14	29.7	415.8
PA1_DP1 [PA1:KT1A]	15/08/2002 18:36	15/08/2002 18:50	14	12.2	170.8
PA1_DP2 [PA1:KT2A]	26/08/2002 19:17	26/08/2002 19:28	11	18.1	199.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ)

Equipment	Start Date	End Date	นาที	Mw	Mw_Min
AT1_DP2 [AT1:KT6A]	08/09/2002 09:00	08/09/2002 09:16	16	8.2	131.2
AY2_DP1 [AY2:KT1A]	08/09/2002 21:48	08/09/2002 23:50	122	16.1	1964.2
AY2_DP2 [AY2:KT2A]	08/09/2002 21:48	08/09/2002 23:50	122	14.4	1756.8
AT1_DP1 [AT1:KT8A]	08/09/2002 09:00	08/09/2002 09:16	16	3	48
PH_DP1 [PH:KT1A,KT2A]	08/09/2002 09:00	08/09/2002 09:14	14	0.5	7
PH_DP1 [PH:KT1A,KT2A]	08/09/2002 21:48	09/09/2002 02:09	261	0.5	130.5
AY2_DP2 [AY2:KT2A]	08/09/2002 09:00	08/09/2002 09:20	20	9	180
AY2_DP1 [AY2:KT1A]	08/09/2002 09:00	08/09/2002 09:18	18	12.7	228.6
AT1_DP3 [AT1:69 KV PEA]	08/09/2002 09:00	08/09/2002 09:15	15	5.1	76.5
KLA_DP1 [KLA:KT1A]	09/09/2002 02:39	09/09/2002 02:46	7	21	147
SN2_DP1 [SN2:KT1A]	18/09/2002 22:57	18/09/2002 23:06	9	17.7	159.3
WNK_DP1 [WNK:KT1A]	18/09/2002 21:23	18/09/2002 21:31	8	11.9	95.2
SH1_DP2 [SH1:KT2A]	20/09/2002 23:28	21/09/2002 00:19	51	7.7	392.7
SM_DP2 [SM:KT3A]	22/09/2002 23:32	22/09/2002 23:39	7	6.9	48.3
SI_DP1 [SI:KT2A]	23/09/2002 18:26	23/09/2002 18:32	6	24.2	145.2
BII_DP2 [BII:KT2A]	30/09/2002 05:45	30/09/2002 06:15	30	8.8	264
SI_DP1 [SI:KT2A]	30/09/2002 18:13	30/09/2002 18:22	9	19	171
DBN_DP1 [DBN:KT1A]	02/10/2002 17:09	02/10/2002 17:14	5	7.7	38.5
WNK_DP2 [WNK:KT2A]	08/10/2002 18:09	08/10/2002 18:15	6	9.4	56.4
LB1_DP1 [LB1:KT1A]	12/10/2002 14:35	12/10/2002 14:37	2	7.5	15
LB1_DP2 [LB1:KT2A]	12/10/2002 14:35	12/10/2002 14:37	2	14.3	28.6
PA1_DP2 [PA1:KT2A]	20/10/2002 18:26	20/10/2002 18:32	6	13.7	82.2
TL1_DP1 [TL1:KT6A]	01/11/2002 07:01	01/11/2002 07:24	23	16.6	381.8
AT1_DP1 [AT1:KT8A]	02/11/2002 19:46	02/11/2002 20:00	14	4.6	64.4
PA1_DP1 [PA1:KT1A]	25/11/2002 22:30	25/11/2002 22:44	14	9.7	135.8
CA_DP1 [CA:KT1A]	26/11/2002 08:21	26/11/2002 09:06	45	0.6	27
TL1_DP1 [TL1:KT6A]	03/01/2003 11:18	03/01/2003 11:26	8	18.2	145.6
PB_DP1 [PB:KT1A]	12/01/2003 19:34	12/01/2003 19:59	25	22.4	560
PA1_DP2 [PA1:KT2A]	21/01/2003 18:32	21/01/2003 18:35	3	10.3	30.9
AY2_DP2 [AY2:KT2A]	16/02/2003 12:40	16/02/2003 12:48	8	22	176
SR1_DP2 [SR1:KT2A]	26/02/2003 09:01	26/02/2003 09:13	12	17	204
NY_DP2 [NY:KT2A]	01/03/2003 17:37	01/03/2003 17:56	19	12	228

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ)

Equipment	Start Date	End Date	นาที	Mw	Mw_Min
LB2_DP3 [LB2:115 KV PEA]	27/11/2003 17:26	27/11/2003 17:42	16	29.8	476.8
SP_DP1 [SP:KT1A]	27/11/2003 17:26	27/11/2003 17:52	26	13.9	361.4
SP_DP2 [SP:KT2A]	27/11/2003 17:26	27/11/2003 17:52	26	15.8	410.8
AT2_DP3 [AT2:115 KV PEA]	27/11/2003 17:26	27/11/2003 17:42	16	60.6	969.6
DBN_DP2 [DBN:KT2A,KT3A]	27/11/2003 17:26	27/11/2003 17:52	26	10.6	275.6
LB2_DP2 [LB2:KT2A]	27/11/2003 17:26	27/11/2003 17:41	15	2.5	37.5
DBN_DP1 [DBN:KT1A]	27/11/2003 17:26	27/11/2003 17:52	26	7.5	195
CBD_DP1 [CBD:KT1A]	28/11/2003 08:52	28/11/2003 09:08	16	13.6	217.6
CBD_DP1 [CBD:KT1A]	28/11/2003 10:04	28/11/2003 10:15	11	16.4	180.4
DBN_DP2 [DBN:KT2A,KT3A]	21/12/2003 18:00	21/12/2003 18:11	11	9.8	107.8
CC_DP2 [CC:KT2A]	26/12/2003 13:18	26/12/2003 13:24	6	10.9	65.4
RBI_DP2 [RBI:KT2A]	06/02/2004 18:32	06/02/2004 19:01	29	7	203
CC_DP1 [CC:KT1A]	10/02/2004 09:39	10/02/2004 09:46	7	8	56
PRB_DP1 [PRB:KT1A]	22/02/2004 05:48	22/02/2004 06:45	57	6.2	353.4
CBD_DP1 [CBD:KT1A]	16/03/2004 19:37	16/03/2004 19:42	5	17.5	87.5
CBD_DP2 [CBD:KT2A]	16/03/2004 19:37	16/03/2004 19:42	5	21.9	109.5
LB1_DP1 [LB1:KT1A]	31/03/2004 09:16	31/03/2004 09:27	11	8.7	95.7
LB1_DP2 [LB1:KT2A]	31/03/2004 09:16	31/03/2004 09:28	12	18.6	223.2
AY2_DP1 [AY2:KT1A]	20/04/2004 18:09	20/04/2004 18:26	17	14.1	239.7
PB_DP1 [PB:KT1A]	25/04/2004 18:58	25/04/2004 19:21	23	19.4	446.2
SP_DP2 [SP:KT2A]	25/04/2004 09:16	25/04/2004 09:19	3	13.4	40.2
SP_DP1 [SP:KT1A]	25/04/2004 09:16	25/04/2004 09:19	2	11.6	23.2
TL1_DP1 [TL1:KT6A]	11/05/2004 08:09	11/05/2004 08:16	7	17.8	124.6
SA1_DP2 [SA1:KT6A]	26/05/2004 22:50	26/05/2004 23:27	37	22	814
SA1_DP3 [SA1:KT7A]	26/05/2004 22:50	26/05/2004 23:27	37	21.6	799.2
PB_DP1 [PB:KT1A]	05/06/2004 20:27	05/06/2004 20:49	22	22.6	497.2
NCS_DP3 [NCS:KT4A]	08/06/2004 12:47	08/06/2004 13:10	23	11.4	262.2
PA2_DP1 [PA2:KT3A]	11/06/2004 19:18	11/06/2004 19:37	19	11.5	218.5
RY3_DP1 [RY3:KT1A]	14/06/2004 10:29	14/06/2004 11:34	65	3.2	208
RY3_DP2 [RY3:KT2A]	14/06/2004 10:29	14/06/2004 10:53	24	12.7	304.8
CBD_DP2 [CBD:KT2A]	22/06/2004 19:09	22/06/2004 19:35	26	15.2	395.2
PB_DP1 [PB:KT1A]	29/06/2004 01:25	29/06/2004 01:40	15	12.6	189

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ)

Equipment	Start Date	End Date	นาที	Mw	Mw_Min
PB_DP1 [PB:KT1A]	02/07/2004 04:24	02/07/2004 04:45	21	13.4	281.4
SI_DP1 [SI:KT2A]	09/07/2004 10:38	09/07/2004 10:42	4	21.7	86.8
SI_DP1 [SI:KT2A]	14/07/2004 18:56	14/07/2004 19:07	11	21.6	237.6
SH2_DP1 [SH2:KT1A]	15/07/2004 11:13	15/07/2004 11:31	18	14	252
SR4_DP1 [SR4:KT1A]	24/07/2004 19:19	24/07/2004 20:00	41	10	410
BBG_DP1 [BBG:KT2A]	27/08/2004 05:40	27/08/2004 06:06	26	25.4	660.4
BBG_DP2 [BBG:KT3A]	05/09/2004 09:02	05/09/2004 09:04	2	27.8	55.6
BBG_DP3 [BBG:115 KV PEA]	05/09/2004 09:02	05/09/2004 09:04	2	21	42
KS_DP1 [KS:KT1A]	08/09/2004 10:11	08/09/2004 10:12	1	7	7
KS_DP3 [KS:115 KV PEA]	08/09/2004 10:11	08/09/2004 10:12	1	16	16
KS_DP2 [KS:KT2A]	08/09/2004 10:11	08/09/2004 10:12	1	12	12
RY3_DP1 [RY3:KT1A]	18/09/2004 12:53	18/09/2004 13:20	27	3.3	89.1
RY3_DP2 [RY3:KT2A]	18/09/2004 12:53	18/09/2004 13:20	27	9.1	245.7
SA2_DP2 [SA2:KT2A]	22/09/2004 02:13	22/09/2004 02:24	11	13.7	150.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้า โดยการใช้ โครงข่ายประสาทเทียม

Reliability Evaluation of Generation System Using Artificial Neural Networks

ฉัตรชัย สานติสุขรัตน์

สมชาติ จิรวិภากร

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการเสนอวิธีการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยค่าดัชนี SAIFI, SAIDI และ SAUEI โดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียม โดยได้นำข้อมูลการเกิดไฟดับในช่วงเวลา 4 ปี (เดือนตุลาคม พ.ศ.2543 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2547) ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต (EGAT) ในภาคเหนือ ซึ่งมีสถานีไฟฟ้าทั้งหมด 49 สถานี มาเป็นข้อมูลสำหรับฝึกสอนและทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม ในบทความนี้จะทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียม 2 แบบ คือ โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ และ โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression เพื่อดูว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบใดที่สามารถคำนวณค่าดัชนี SAIFI, SAIDI และ SAUEI ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า โดยการนำผลที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมเปรียบเทียบกับผลที่เกิดขึ้นจริง ในการใช้โครงข่ายประสาทเทียมมาช่วยในการวิเคราะห์นั้นสามารถแก้ไขในเรื่องของการใช้แบบจำลองที่มีความซับซ้อน และการคำนวณที่ใช้เวลานานด้วยวิธีการแบบอื่นๆ

Abstract

This paper presents a method for evaluating the reliability of generation system using artificial neural networks. The indices in this paper are SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), SAIDI (System Average Interruption Duration Index) and SAUEI (System Average Unsupplied Energy Index). Data for artificial neural networks is taken from north EGAT on duration October 2000 to September 2004. Two kinds of artificial neural networks, back-propagation neural networks and generalized regression neural networks, are studied and applied in this method. The obtained results from artificial neural networks are compared with the real results, record by north EGAT. Using artificial neural networks in this study, can solve the complex models and long computation time that occurring in other methods.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทนำ

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งสำคัญต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ การขัดข้องของอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบอาจส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟในแต่ละพื้นที่ ทั้งในด้านจิตใจ และความมั่นคงปลอดภัยในชีวิตประจำวัน ตลอดจนผลกระทบต่อ โรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเมื่อเกิดการขัดข้องในระบบไฟฟ้าย่อมส่งผลกระทบต่อ โรงงานอุตสาหกรรมทำให้เกิดการหยุดชะงักในการผลิตสินค้า วัสดุดิบ เครื่องจักร ได้รับความเสียหาย สูญเสียรายได้จากการดำเนินธุรกิจ ดังนั้นคุณภาพของพลังงานไฟฟ้าเริ่มเป็นประเด็นที่สำคัญที่ผู้ใช้ไฟต้องการนอกเหนือจากปริมาณที่ต้องการให้ได้อย่างเพียงพอทั้งกลุ่มอุตสาหกรรม ธุรกิจและบ้านที่อยู่อาศัย ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องการระบบไฟฟ้าที่มีความเชื่อถือได้สูง มีไฟฟ้าดับน้อยที่สุด

สถานีไฟฟ้าจึงเป็นจุดสำคัญของระบบกำลังไฟฟ้าเนื่องจากมีการเชื่อมโยงระหว่างสายส่งไฟฟ้าของระบบผลิตกับระบบจำหน่าย ภายในสถานีไฟฟ้าจึงมีอุปกรณ์ไฟฟ้าจำนวนมากต่อเชื่อมกันเพื่อรับพลังงานไฟฟ้า แล้วจ่ายออกไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าโดยผ่านจุดจ่ายไฟ (Delivery Point) ภายในสถานีไฟฟ้า ดังนั้นหากเกิดเหตุขัดข้องจะมีผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้าในวงกว้าง ดังนั้นความเชื่อถือได้ของจุดจ่ายไฟภายในสถานีไฟฟ้าจึงเป็นสิ่งสำคัญที่เราควรจะทำการศึกษาวิเคราะห์ ภายในสถานีไฟฟ้าจะมีลักษณะการจัดเรียงอุปกรณ์ตามแบบต่าง ๆ ซึ่งมีความซับซ้อนมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับจุดอื่น ๆ ในระบบไฟฟ้ากำลัง ทำให้การประเมินความเชื่อถือได้ของสถานีไฟฟ้าข้อย่อยนั้นยุ่งยากตามไปด้วย นอกจากนี้ลักษณะโดยทั่วไปของสถานีไฟฟ้าแต่ละที่ก็ก็จะมีความแตกต่างกันไปด้วย ได้แก่ โครงสร้างการจัดเรียงอุปกรณ์ ประวัติพฤติกรรมการทำงานของอุปกรณ์ ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือโหลดในแต่ละช่วงเวลา ตลอดจนรูปแบบการจัดเรียงบัสแบบต่าง ๆ ของสถานีไฟฟ้าแต่ละที่ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนส่งผลกระทบต่อความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIFI , SAIDI และ SAUEI ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวิธีการศึกษาการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนีทั้งสามค่านี้

เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาทั้งในด้านการปฏิบัติ และการบำรุงรักษาของสถานีไฟฟ้าเพื่อให้เกิดความเชื่อถือได้สูงที่สุด

ความเชื่อถือได้เป็นเรื่องของการคาดการณ์ล่วงหน้าถึงเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตโดยอาศัยวิธีทางสถิติมาใช้ในการประเมินถึงโอกาสของการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ขึ้นในอนาคต เช่น กระแสไฟฟ้าจะเกิดการขัดข้องบ่อยมากน้อยเพียงใด ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบและคุณภาพของระบบเอง การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังในยุคแรกเริ่มจะใช้วิธีการตัดสินใจ (Deterministic Method) ซึ่งขึ้นอยู่กับประสบการณ์และวิธีการตัดสินใจของผู้พิจารณา ปัจจุบันได้มีการพัฒนาโดยใช้เทคนิคความน่าจะเป็น (Probabilistic Techniques) ซึ่งนำสถิติที่แสดงถึงพฤติกรรมการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิดมาใช้ในการพิจารณา สามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีการวิเคราะห์ (Analytical Method) [1] และวิธีจำลองเหตุการณ์ (Simulation Method) [2] วิธีการวิเคราะห์เป็นวิธีการซึ่งอาศัยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แล้วคำนวณด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ให้สอดคล้องกับแบบจำลอง วิธีการนี้ให้ผลลัพธ์ที่แน่นอนและใช้เวลาในการคำนวณสั้น อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ต้องอาศัยกระบวนการในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนเมื่อระบบไฟฟ้ามีขนาดใหญ่ สำหรับวิธีการจำลองเหตุการณ์เป็นการจำลองเหตุการณ์การเสียของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบไฟฟ้าด้วยการสุ่มตามหลักการทางคณิตศาสตร์ จากนั้นจึงพิจารณาถึงผลกระทบของอุปกรณ์ที่เสียนั้นที่มีต่อระบบโดยตรงด้วยเหตุนี้กระบวนการแก้ปัญหาจึงไม่ซับซ้อน อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวก็ยังมีข้อเสียคือใช้เวลาในการคำนวณมากกว่าวิธีการวิเคราะห์

ในบทความนี้ได้ใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) มาใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี SAIFI, SAIDI และ SAUEI โดยได้นำสถิติการเกิดไฟดับของสถานีไฟฟ้าฝ่ายผลิตในเขตภาคเหนือทั้งหมด 49 สถานี มาทำการศึกษา โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาถึงจำนวนครั้งที่เกิดไฟดับ ระยะเวลาในการเกิดไฟดับ พลังงานไฟฟ้าที่ไม่สามารถจ่ายได้ขณะเกิดไฟดับ และจำนวนจุดจ่ายไฟฟ้าเป็นข้อมูลให้กับโครงข่ายประสาทเทียมทำการวิเคราะห์ค่าดัชนี SAIFI , SAIDI และ SAUEI โดยรายละเอียดของวิธีการต่าง ๆ จะได้กล่าวถึงต่อไป

2. ทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks)

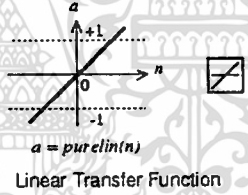
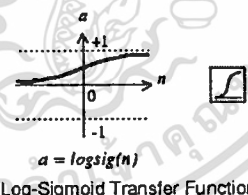
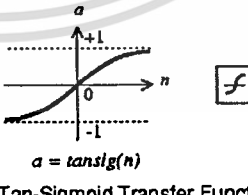
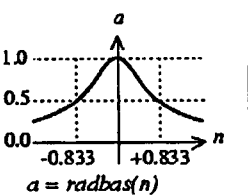
โครงข่ายประสาทเทียมนับเป็นสาขาหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ (AI) ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาในยุคคอมพิวเตอร์ โครงข่ายประสาทเทียมคือระบบการคำนวณที่สร้างเลียนแบบการทำงานของระบบสมองมนุษย์เพื่อใช้ประโยชน์ในการคาดคะเนเหตุการณ์จากข้อมูลที่มีอยู่

2.1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ (Back-propagation Neural Networks)

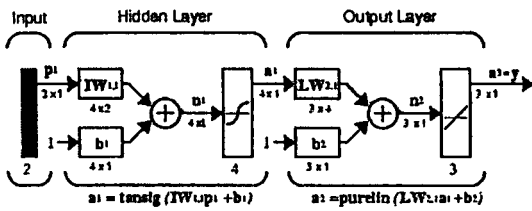
โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับนั้นจะประกอบไปด้วยชั้นทั้งหมด 3 ประเภทคือ ชั้นอินพุท (Input Layer), ชั้นซ่อน (Hidden Layer) และชั้นเอาต์พุท (Output Layer) โดยในชั้นซ่อนจะมีจำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 1 ชั้นก็ได้ ซึ่งไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัวในการเลือกใช้ว่าจำนวนชั้นเท่าใดที่จะดีที่สุด โดยในชั้นซ่อนและชั้นเอาต์พุทนั้นจะมีฟังก์ชันการถ่ายโอน (Transfer function) โดยในโครงข่ายประสาทเทียมชนิดนี้จะมีฟังก์ชันการถ่ายโอน 3 แบบที่สำคัญคือ Log - Sigmoid, Tan - Sigmoid และ Linear โดยจะแสดงรูปภาพและสมการในตารางที่ 1 ในแต่ละชั้นของโครงข่ายประสาทเทียมจะถูกเชื่อมต่อกันด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าไบอัส ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนค่าได้ทั้งค่าถ่วงน้ำหนัก และค่า ไบอัส โดยค่าถ่วงน้ำหนักเป็นตัวเชื่อมต่อกันระหว่างปมประสาทในชั้นทั้ง 3 ประเภทที่กล่าวมาข้างต้นเข้าด้วยกัน โดยจะไม่เชื่อมในชั้นเดียวกัน ส่วนค่าไบอัสเป็นตัวเชื่อมระหว่างปมประสาทในชั้นเดียวกัน แต่จะไม่เชื่อมในชั้นอินพุท รูปโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับแสดงดังรูปที่ 1

2.2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression

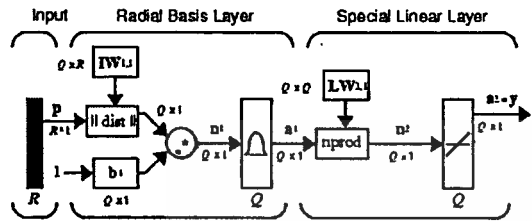
โครงข่ายประสาทเทียมชนิดนี้เป็นโครงข่ายแบบหนึ่งของโครงข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชันฐานรัศมี (Radial Basis Function) โดยโครงข่ายชนิดนี้จะมีจุดที่แตกต่างจากโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับคือ จะมีจำนวนชั้นซ่อนเพียง 1 ชั้น และฟังก์ชันการถ่ายโอนนั้นไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้ โดยในชั้นซ่อนจะใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบ Radial Basis Function และในชั้นเอาต์พุทจะใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบ Linear ในส่วนของค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าไบอัสนั้น ในชั้นซ่อนจะมีทั้งค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าไบอัส ในขณะที่ชั้นเอาต์พุทจะมีแค่ค่าถ่วงน้ำหนัก เพียงอย่างเดียว โดยรูปโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression แสดงในรูปที่ 2 ตารางที่ 1 แสดงฟังก์ชันการถ่ายโอน [3]

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>	$a(n) = e^{-n^2}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ [3]



รูปที่ 2 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression [3]

3. ดัชนีที่ใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้

ในระบบไฟฟ้ากำลังนั้นจะแบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ ระบบผลิตกำลังไฟฟ้า, ระบบส่งกำลังไฟฟ้า และระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้า โดยในบทความนี้จะกล่าวถึงระบบผลิตไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว

ดัชนีความเชื่อถือได้ (Reliability Indices) ของระบบผลิตไฟฟ้า หมายถึง ตัวชี้บ่งถึงคุณภาพของระบบไฟฟ้าว่ามีความสามารถในการผลิตไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอ และต่อเนื่องในระบบมากน้อยเพียงใด ค่าดัชนีจะสะท้อนให้เห็นถึงความพอเพียงและความมั่นคงของระบบไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ

ดัชนีที่ใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ในบทความนี้ [4], [5] ได้แก่

1. ดัชนี SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) เป็นค่าที่บ่งถึงค่าเฉลี่ยของความถี่ที่เกิดไฟดับต่อจำนวนจุดจ่ายไฟ โดยมีหน่วยเป็น ครั้ง/จุดจ่ายไฟ - สัปดาห์

$$SAIFI = \frac{\text{จำนวนครั้งที่เกิดไฟดับในรอบ 1 สัปดาห์}}{\text{จำนวนจุดจ่ายไฟ}} \quad (1)$$

2. ดัชนี SAIDI (System Average Interruption Duration Index) เป็นค่าที่บ่งถึงค่าเฉลี่ยของเวลาที่เกิด

ไฟดับต่อจำนวนจุดจ่ายไฟ โดยมีหน่วยเป็น นาที/จุดจ่ายไฟ - สัปดาห์

$$SAIDI = \frac{\text{เวลาที่เกิดไฟดับในรอบ 1 สัปดาห์}}{\text{จำนวนจุดจ่ายไฟ}} \quad (2)$$

3. ดัชนี SAUEI (System Average Unsupplied Energy Index) เป็นค่าที่บ่งถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ไม่สามารถจ่ายได้ขณะเกิดไฟดับต่อจำนวนจุดจ่ายไฟ มีหน่วยเป็น MW-min/จุดจ่ายไฟ - สัปดาห์

$$SAUEI = \frac{\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ไม่สามารถจ่ายได้}}{\text{จำนวนจุดจ่ายไฟ}} \quad (3)$$

4. การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

ในการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมนั้น เราจะทำการแยกคิดค่าดัชนี โดยค่าดัชนีแต่ละตัวจะใช้โครงข่าย 1 โครงข่าย โดยที่การทดสอบค่าดัชนีแต่ละตัวจะมีข้อมูลที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตดังนี้

- ค่าดัชนี SAIFI จะมีข้อมูลที่เป็นอินพุต คือ จำนวนครั้งที่เกิดไฟดับในรอบ 1 สัปดาห์ และจำนวนจุดจ่ายไฟ โดยมีเอาต์พุต คือ ค่าดัชนี SAIFI

- ค่าดัชนี SAIDI จะมีข้อมูลที่เป็นอินพุต คือ เวลาที่เกิดไฟดับในรอบ 1 สัปดาห์ และจำนวนจุดจ่ายไฟ โดยมีเอาต์พุต คือ ค่าดัชนี SAIDI

- ค่าดัชนี SAUEI จะมีข้อมูลที่เป็นอินพุต คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ไม่สามารถจ่ายได้ในรอบ 1 สัปดาห์ และจำนวนจุดจ่ายไฟ โดยมีเอาต์พุต คือ ค่าดัชนี SAUEI

ข้อมูลที่ใช้เป็นชุดฝึกสอนมีทั้งหมด 126 ชุด ซึ่งเป็นข้อมูลการเกิดไฟดับในช่วง 3 ปีแรก และมีข้อมูลสำหรับชุดทดสอบ 46 ชุด ซึ่งเป็นข้อมูลไฟดับในปีที่ 4

4.1 การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ

ในการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับนั้นจะทำการทดสอบโดยการเปลี่ยนฟังก์ชันการถ่ายโอนให้กับโครงข่าย และดูผลของค่าผิด

พลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) ของชุดทดสอบว่า การใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบใดที่จะให้ค่า MAPE ต่ำสุด และดูจำนวนโหนดในชั้นซ่อนและเวลาที่ใช้ในการฝึกสอน โดยจะได้ผลการทดสอบโครงข่ายที่ดีที่สุดดังตารางที่ 2

ค่า MAPE ของชุดทดสอบหาได้จาก

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{\text{Real Result}_i - \text{Obtained result}_i}{\text{Real Result}_i} \right| \times 100\% \quad (4)$$

โดยที่ Real Result คือค่าที่ได้จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต

Obtained Result คือค่าที่ได้จากโครงข่าย

n คือ จำนวนชุดทดสอบ

4.2 การทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ

Generalized Regression

ในการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้นจะทำการทดสอบโดยการปรับค่าการกระจาย (Spread) เพื่อหาค่าการกระจายที่ดีที่สุดที่ทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำที่สุด โดยโครงข่ายจะนำค่าการกระจายนี้ไปใช้ในการคำนวณหาค่า bias ด้วย โดยจะมีสูตรการคำนวณ [3] คือ

$$\text{bias} = \frac{0.8326}{\text{spread}} \quad (5)$$

ในการทดสอบก็จะดูค่าการกระจายที่ดีที่สุดที่ทำให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด และดูเวลาที่ใช้ในการฝึกสอน โดยจะได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบค่าดัชนีด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ

ดัชนี	Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย			จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ 46 ชุด		
	Hidden Layer ที่ 1	Hidden Layer ที่ 2	Output Layer				min(%)	mean(%)	max(%)
SAIFI	purelin	logsig	purelin	5	4	106	0.0011	0.0042	0.0212
SAIDI	tansig	logsig	tansig	3	2	145	0.0022	3.2041	32.2457
SAUEI	purelin	logsig	purelin	10	9	278	0.0002	0.0079	0.3743

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบค่าดัชนีด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression

ดัชนี	ค่า spread ที่ใช้ในการทดสอบ	ค่า spread ที่ดีที่สุด	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
				min(%)	mean(%)	max(%)
SAIFI	0.20 ถึง 20	0.2	30	8.62E-06	1.8466	64.4063
SAIDI	0.0323 ถึง 3.23	0.0323	27	0.5417	62.6646	429.5288
SAUEI	0.0196 ถึง 1.96	0.0196	28	0.608	15.1231	249.8781

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนวิสาทรกับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียม ทั้งสองแบบจะพบว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับนั้นจะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression เนื่องจากโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้นใช้ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบ Radial Basis ซึ่งฟังก์ชันชนิดนี้ไม่เหมาะสมกับข้อมูลที่นำมาให้โครงข่ายประสาทเทียมทำการฝึกสอนและทดสอบทำให้ค่าผิดพลาดที่ได้มีค่าสูงกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ และโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับนั้นเหมาะสมกับปัญหาที่เกี่ยวกับการประมาณค่าของฟังก์ชัน (Function Approximation) มากกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression ซึ่งทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับนั้นให้ผลที่ดีกว่า แต่โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression นั้นก็มีจุดที่ดีกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับคือ เวลาที่ใช้ในการฝึกสอนนั้นเร็วกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ เนื่องจากไม่ต้องทำการฝึกสอนซ้ำ ๆ แบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ

6. สรุป

ในการทดสอบการประเมินค่าดัชนี SAIFI, SAIDI และ SAUEI ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ และแบบ Generalized Regression นั้นพบว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับนั้นให้ผลลัพธ์ออกมาได้ดีกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression โดยค่า MAPE ของค่าดัชนี SAIFI, SAIDI และ SAUEI ที่ได้มีค่าอยู่ที่ 0.0042%, 3.2041% และ 0.0079% ตามลำดับ การใช้โครงข่ายประสาทเทียมมาช่วยในการประเมินค่าดัชนีนั้นสามารถแก้ปัญหาในเรื่องเวลาที่ใช้ในการคำนวณที่นานด้วยวิธีการอื่น และไม่ต้องมีแบบจำลองที่มีความซับซ้อนการใช้ข้อมูลที่อินพุตมีความสัมพันธ์กับเอาต์พุตมากขึ้น

นั้นจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการคำนวณให้กับโครงข่ายประสาทเทียมได้ดังนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] วรพงษ์ ดิอารมณ. "การประเมินดัชนีความเชื่อถือได้และอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับในระบบจำหน่ายไฟฟ้า". วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.
- [2] พัฒนพงศ์ สุวรรณรัช. "การประเมินความเชื่อถือได้ของจุดจ่ายไฟสถานีไฟฟ้าย่อยโดยวิธีจำลองเหตุการณ์มอนติคาร์โล". วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2546.
- [3] Neural Network Toolbox, User's Guide, The Mathworks Inc., January 1998.
- [4] A Report by IEEE Working Group on Measurement Indices, "Bulk System Reliability – Measurement and Indices," IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 4, No. 3, August 1989.
- [5] A. Chowdhury, "Delivery Point Reliability Measurement," IEEE Transactions on Industrial Applications, Vol. 32, No.6, November/December 1996.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นาย ฉัตรชัย สานตีสุวรรณ เกิดเมื่อวันที่ 3 พฤษภาคม 2524 ที่จังหวัดเชียงใหม่ สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อปีการศึกษา 2545 แล้วได้ศึกษาต่อวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปีการศึกษา 2546

มีผลงานวิชาการทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าซึ่งได้รับการตีพิมพ์ 1 บทความ คือ บทความเรื่อง “ การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้าโดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Reliability Evaluation of Generation System Using Artificial Neural Network) ” ซึ่งได้รับการตีพิมพ์ลงวารสารลาดกระบัง ปีที่ 22 ฉบับที่ 2 เดือนมิถุนายน 2548



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้