

การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก  
โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

FORECASTING THE ROADMAP OF PV POWER GENERATION  
USING NEURAL NETWORK

บัณฑิต ปานท้วม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก  
โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

บัณฑิต ปานท้วม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม
ชื่อ - นามสกุล	นายบัณฑิต ปานท้วม
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชัย หิรัญวโรดม, Ph.D.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันชัย ทรัพย์สิงห์, Ph.D.
ปีการศึกษา	2555

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมในรอบ 12 ปีที่ผ่านมา การผลิตกำลังไฟฟ้าของโลกในรูปแบบการใช้แผงโฟโตโวลตาอิก มีการใช้งานเพิ่มขึ้นอย่างมาก ทำให้ความต้องการของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก ซึ่งมีความไม่แน่นอนและมีการเพิ่มขึ้นอย่างไม่เป็นเชิงเส้น ยากต่อการคาดการณ์ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องหาวิธีที่เหมาะสมในการพยากรณ์อย่างมีเหตุผล

การพยากรณ์ที่มีความเที่ยงตรงต้องมีหลายปัจจัยของข้อมูลที่ส่งผลต่อการพยากรณ์ โดยงานวิจัยนี้มีการนำปัจจัยหลัก คือ การติดตั้งใช้งานของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลก ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543 ถึง พ.ศ. 2554 ราคาน้ำมันในตลาดโลก ราคาของอุปกรณ์ในระบบโฟโตโวลตาอิก ความเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมโฟโตโวลตาอิก และการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรโลก เป็นตัวแปรที่สำคัญสำหรับนำมาเข้ามาเป็นตัวป้อนให้กับโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบไปข้างหน้า (Feed-Forward) พร้อมการเรียนรู้แบบแพร่กลับ (Back-Propagation) มีฟังก์ชันถ่ายโอนแบบ Tan-Sigmoid ในชั้นซ่อน และชั้นเอาต์พุต

ผลของงานวิจัยพบว่า ค่าเอาต์พุตที่ได้จากการพยากรณ์ในเทอมร้อยละของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ มีค่าเท่ากับ 3.950 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับพยากรณ์แบบเกรย์ (Grey's Forecasting Method) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.035 พบว่าการพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมในงานวิจัยนี้มีความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าวิธีการพยากรณ์แบบเกรย์ งานวิจัยชิ้นนี้สามารถใช้เป็นประโยชน์ต่อภาครัฐ ในด้านการกำหนดนโยบายพลังงานแห่งชาติ ด้านการลดค่าความเสี่ยงในการบริหารจัดการ และการตัดสินใจในการลงทุน

**คำสำคัญ:** การพยากรณ์ โครงข่ายประสาทเทียม การผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก

<b>Thesis Title</b>	Forecasting the Roadmap of PV Power Generation Using Neural Network
<b>Name - Surname</b>	Mr. Bundit Pantoum
<b>Program</b>	Electrical Engineering
<b>Thesis Advisor</b>	Assistant Professor Somchai Hiranvarodom, Ph.D.
<b>Thesis Co - Advisor</b>	Assistant Professor Wanchai Subsingha, Ph.D.
<b>Academic Year</b>	2012

## ABSTRACT

The objective of this research is to study the roadmap of Photovoltaic (PV) power generation trend using neural network. Over the past twelve years, PV power generation has been used increasingly worldwide. The growth in demand of PV power generation is uncertain and it is also nonlinear. Accordingly, it is totally necessary to find the reasonable forecasting method.

Various factors must be taken into account to precisely forecast of PV power generation. In this research, the key factors of input data are global cumulative PV systems installation during period of year 2000 - 2011, oil prices, PV system components cost, the growth of PV industries and a rapid increase in the population of the whole world. They are important input variables to feed the neural network using a particular type of model, known as a “feed-forward back-propagation network”. The use of Tan-Sigmoid transfer function in a hidden layer and in an output layer is also included.

This research shows that the value of Mean Absolute Percentage Error (MAPE) is only 3.950 compared to Grey’s forecasting method which is 5.035. Finally, it shows that the value of MAPE is lower than Grey’s forecasting method. This research could be valuable enough for government sector that is concerned with national energy policy, reduce of risk of management and decision to investment.

**Keywords:** forecasting, neural network, PV power generation

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ที่สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีนั้น จึงต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ทั้งสองท่าน ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชัย หิรัญวโรดม และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ทรัพย์สิงห์ เป็นอย่างยิ่ง ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำและตรวจสอบ รวมถึงการให้ ประสพการณ์ต่างๆ ที่เป็นแนวทางทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ขอขอบพระคุณ นายชานนท์ ชูพงศ์ ที่ให้คำปรึกษา และแนะนำในการใช้งานโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อการพยากรณ์ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง ประธานกรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ ดร.ฉัตรชัย สุภพิทักษ์สกุล และ ผศ.ดร.รัชชัย แสงอุดม กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ กรุณาให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้คุณงามความดีที่เกิดขึ้นจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบให้แก่บิดา มารดา และป้า ตลอดจนครอบครัวทุกท่านที่ให้วิชาการอบรมสั่งสอนและ เพื่อนๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจเสมอมา

บัณฑิต ปานท้วม



# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	3
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.5 ขั้นตอนของการวิจัย.....	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 การพยากรณ์.....	8
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการพยากรณ์แนวโน้มการผลิต กำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก.....	10
2.3 โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network หรือ ANN).....	11
2.4 สรุป.....	24
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	25
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	25
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลของกำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์สะสมทั่วโลก ..	25
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	27
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลราคาน้ำมัน.....	28
3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูลของอุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์ PV.....	29

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูลของจำนวนประชากรโลกและอัตราการเจริญเติบโตของจำนวนประชากร .....	30
3.7 การพิจารณาและการกำหนดโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม .....	32
3.8 การจัดเรียงข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตของโครงข่ายประสาทเทียม .....	33
3.9 การสร้างโครงข่ายประสาทเทียม .....	36
3.10 การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม .....	38
3.11 ผลการพยากรณ์จาก วิธีการพยากรณ์แบบเกรย์ (GM (1, 1) Grey Forecasting Method) .	42
3.12 สรุปวิธีดำเนินการวิจัย.....	42
4 ผลการทดลอง .....	44
4.1 ผลการทดลอง .....	44
4.2 การเขียนโปรแกรมการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้ Graphic User Interface Design Environment: GUIDE หรือ GUI.....	51
4.3 สรุปผลการทดลอง.....	53
5 สรุป.....	54
5.1 สรุปผลการวิจัย .....	54
5.2 ข้อเสนอแนะ .....	56
รายการอ้างอิง.....	57
ภาคผนวก.....	59
ภาคผนวก ก โปรแกรม MATLAB ที่ใช้สร้าง ฝึกสอนและทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม .	60
ภาคผนวก ข ข้อมูลวัสดุในการศึกษาทดลอง.....	66
ภาคผนวก ค ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ .....	73
ประวัติผู้เขียน .....	120

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ .....	6
2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทในสมองของมนุษย์กับเซลล์ประสาทเทียม .....	13
2.3 ฟังก์ชันถ่ายโอนหรือฟังก์ชันการกระตุ้น .....	23
3.1 สถิติค่าการผลิตกำลังไฟฟ้าจากจาก โฟโตโวลตาอิกสะสมทั่วโลกปี พ.ศ. 2543-2554 ....	26
3.2 ราคาขายแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Price US \$ Per Watt Peak).....	28
3.3 สถิติราคาน้ำมันในตลาดโลก .....	29
3.4 การขยายตัวอุตสาหกรรม PV ในตลาดโลก (MW).....	30
3.5 จำนวนประชากรโลก (ล้านคน).....	31
3.6 ข้อมูลอินพุตใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม.....	34
3.7 ข้อมูลเอาต์พุตใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม.....	34
3.8 โครงข่ายประสาทเทียมที่ทำการศึกษาฟังก์ชันถ่ายโอนเปรียบเทียบกับทั้ง 15 แบบและใช้นิวรอนในชั้นซ่อน จำนวน 20 นิวรอน .....	41
3.9 สรุปข้อมูลที่ใช้เป็นอินพุตและเอาต์พุตในการสร้างและฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม	41
3.10 ผลการพยากรณ์จาก วิธีการพยากรณ์แบบเกรย์.....	42
4.1 ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอนรูปแบบที่ 1 (ฟังก์ชัน Pure Linear ในชั้นซ่อน และฟังก์ชัน Tan-Sigmoid ในชั้นเอาต์พุต).....	44
4.2 ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอนรูปแบบที่ 2 (ฟังก์ชัน Pure Linear ในชั้นซ่อน และฟังก์ชัน Log-Sigmoid ในชั้นเอาต์พุต).....	44
4.3 ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอนรูปแบบที่ 3 (ฟังก์ชัน Pure Linear ในชั้นซ่อน และฟังก์ชัน Radial Basis ในชั้นเอาต์พุต).....	45
4.4 ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอนรูปแบบที่ 4 (ฟังก์ชัน Tan-Sigmoid ในชั้นซ่อน และฟังก์ชัน Pure Linear ในชั้นเอาต์พุต).....	45
4.5 ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอนรูปแบบที่ 5 (ฟังก์ชัน Tan-Sigmoid ในชั้นซ่อนและฟังก์ชัน Tan-Sigmoid ในชั้นเอาต์พุต).....	45
4.6 ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอนรูปแบบที่ 6 (ฟังก์ชัน Tan-Sigmoid ในชั้นซ่อนและฟังก์ชัน Log-Sigmoid ในชั้นเอาต์พุต).....	45



## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.7	ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอนรูปแบบที่ 7 (ฟังก์ชัน Tan-Sigmoid ในชั้นซ่อน และฟังก์ชัน Radial Basis ในชั้นเอาต์พุต)..... 46
4.8	ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอนรูปแบบที่ 8 (ฟังก์ชัน Log-Sigmoid ในชั้นซ่อน และฟังก์ชัน Pure Linear ในชั้นเอาต์พุต)..... 46
4.9	ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอนรูปแบบที่ 9 (ฟังก์ชัน Log-Sigmoid ในชั้นซ่อนและฟังก์ชัน Tan-Sigmoid ในชั้นเอาต์พุต)..... 46
4.10	ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอนรูปแบบที่ 10 (ฟังก์ชัน Log-sigmoid ในชั้นซ่อนและฟังก์ชัน Log-sigmoid ในชั้นเอาต์พุต)..... 47
4.11	ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอนรูปแบบที่ 11 (ฟังก์ชัน Log-Sigmoid ในชั้นซ่อนและฟังก์ชัน Radial Basis ในชั้นเอาต์พุต)..... 47
4.12	ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอนรูปแบบที่ 12 (ฟังก์ชัน Radial Basis ในชั้นซ่อนและฟังก์ชัน Pure Linear ในชั้นเอาต์พุต)..... 47
4.13	ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอนรูปแบบที่ 13 (ฟังก์ชัน Radial Basis ในชั้นซ่อนและฟังก์ชัน Tan-sigmoid ในชั้นเอาต์พุต)..... 47
4.14	ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอนรูปแบบที่ 14 (ฟังก์ชัน Radial Basis ในชั้นซ่อน และฟังก์ชันในชั้นเอาต์พุต Log-Sigmoid)..... 47
4.15	ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอนรูปแบบที่ 15 (ฟังก์ชัน Radial Basis ในชั้นซ่อน และฟังก์ชันในชั้นเอาต์พุต Radial Basis)..... 48
4.16	ผลการพยากรณ์แนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลกในปี 2555 ... 50

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ค่าการผลิตกำลังไฟฟ้าจากจากโฟโตโวลตาอิกสะสมทั่วโลกระหว่างปี พ.ศ.2543-2554	7
2.2	ทำงานของเซลล์สมอมนุุษย์ .....	12
2.3	โครงสร้างพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของโครงข่ายประสาทเทียม .....	12
2.4	โครงข่ายประสาทเทียมแบบที่มีนิวรอนชั้นเดียว.....	15
2.5	โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นที่มีชั้นซ่อนหนึ่งชั้น.....	16
2.6	โครงข่ายประสาทเทียมที่มีโครงสร้างแบบแลตทิซ .....	17
2.7	โครงข่ายไปข้างหน้า (Feed Forward Network) .....	18
2.8	โครงข่ายป้อนกลับ (Recurrent Network) .....	18
2.9	แผนภาพการจำแนกประเภทกระบวนการเรียนรู้.....	19
2.10	แผนภาพการเรียนรู้แบบมีผู้ฝึกสอน .....	20
2.11	แผนภาพการเรียนรู้แบบไม่มีผู้ฝึกสอน .....	21
3.1	ค่าการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกสะสมทั่วโลกระหว่างปี พ.ศ. 2543-2554 .....	26
3.2	บริษัทที่มีการผลิตแผงเซลล์สูงสุดในปี พ.ศ. 2553.....	27
3.3	ราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	28
3.4	สถิติราคาน้ำมันในตลาดโลกในช่วง 12 ปีที่ผ่านมา .....	29
3.5	การขยายตัวอุตสาหกรรม PVในตลาดโลก (MW).....	30
3.6	การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรโลก (ล้านคน) .....	31
3.7	การเพิ่มขึ้นของประชากรโลก ความต้องการพลังงาน และความต้องการไฟฟ้า.....	32
3.8	โครงข่ายประสาทเทียมเปอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น (Multilayer Perceptron Network; MLP) .....	33
3.9	อินพุตสำหรับสอนโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการพยากรณ์ .....	35
3.10	เอาต์พุตสำหรับสอนโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลก .....	35
3.11	โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม(Artificial Neural Network หรือ ANN) แสดงข้อมูลอินพุตและเอาต์พุต.....	36
3.12	คำสั่งในการทำให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน (Normalization) ของอินพุตและเอาต์พุต.....	37
3.13	คำสั่งที่ใช้ในการกำหนดพารามิเตอร์เริ่มต้นของโครงข่ายประสาทเทียม.....	38

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.14	คำสั่งที่ใช้ในการสร้างโครงข่ายประสาทเทียมและองค์ประกอบต่างๆ ..... 39
3.15	คำสั่งที่ใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม..... 39
3.16	แผนผังการกำหนดและฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียม Feed Forward Network .... 40
3.17	ผลการพยากรณ์จาก วิธีการพยากรณ์แบบเกรย์..... 42
4.1	เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ที่ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function)รูปแบบต่างๆ จากตารางที่ 4.1 ถึง 4.15..... 48
4.2	เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมจากงานวิจัยกับข้อมูลทางสถิติ (หน่วยเป็น เมกะวัตต์ (MW)) ..... 49
4.3	เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมจากงานวิจัยกับวิธีการพยากรณ์แบบเกรย์ (GM (1, 1) Grey Forecasting Method)..... 49
4.4	การเขียนโปรแกรม Neural Network Toolbox ใน MATLAB ในการสร้างและฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม ..... 50
4.5	การพยากรณ์แนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลกในปี พ.ศ. 2555 51
4.6	ตัวอย่างค่าที่ได้จากการพยากรณ์..... 51
4.7	ส่วนหน้าปัดของโปรแกรมการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมโดยใช้ GUI..... 52

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากสภาวะวิกฤตการณ์ทางด้านพลังงานของโลก ทำให้นักวิจัยได้ตื่นตัวเกี่ยวกับการพัฒนา ปัจจุบันพลังงานนับว่าเป็นสิ่งสำคัญในการดำเนินชีวิตของมนุษย์ แหล่งพลังงานที่สำคัญของโลกส่วนใหญ่ได้มาจากฟอสซิล ได้แก่ น้ำมัน แก๊ส และ ถ่านหิน ล้วนแล้วแต่เป็นพลังงานซึ่งมีอยู่อย่างจำกัด เมื่อมีการเติบโตทางเทคโนโลยีและทางเศรษฐกิจ จึงทำให้การบริโภคพลังงานเป็นไปอย่างมหาศาล ซึ่งคาดว่าแหล่งพลังงานของโลกที่ได้มาจากฟอสซิลดังกล่าวจะมีสำรองให้ใช้ได้อีกไม่กี่ปีข้างหน้า [1]

กระบวนการผลิตและใช้พลังงานจากฟอสซิลนั้นล้วนก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมติดตามมาอย่างมากมาย อาทิ มลพิษทางอากาศ ฝนกรดและสภาวะเรือนกระจก ซึ่งมีผลกระทบเป็นลูกโซ่ต่อทั้งระบบนิเวศน์และความเป็นอยู่ของมนุษย์ การนำพลังงานในรูปแบบอื่นมาใช้ อาทิ พลังงานไฟฟ้าจากนิวเคลียร์มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนการก่อสร้างสูงมาก ยังไม่สามารถสร้างความเชื่อมั่นในด้านความปลอดภัยที่ประชาชนทั่วไปยอมรับได้ การแสวงหาแหล่งพลังงานใหม่ การอนุรักษ์พลังงานและรักษาสีสิ่งแวดล้อมจึงเป็นเรื่องที่สำคัญต่อมนุษย์เป็นอย่างยิ่ง

นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของประชากรโลกก็มีผลกระทบต่อสถานการณ์พลังงานของโลกและประเทศไทยเช่นกัน อัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกอยู่ที่ประมาณร้อยละ 1.2 – 2 ต่อปี และคาดว่าประชากรโลกจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าจากจำนวนในปัจจุบัน ในช่วงกลางศตวรรษที่ 21 ในปี ค.ศ. 2050 (พ.ศ. 2593) คาดว่าโลกจะมีประชากรสูงถึง 12,000 ล้านคน อัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และปริมาณความต้องการพลังงานก็จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในปี ค.ศ. 2050 ซึ่งความต้องการพลังงานขั้นต้นจะเพิ่มขึ้นประมาณ 1.5 – 3 เท่าจากปัจจุบัน [1]

การส่งเสริมและนโยบายด้านพลังงานทดแทนโดยภาครัฐบาล จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนาการใช้พลังงานหมุนเวียนให้มากขึ้น ซึ่งได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานชีวมวล และการแปรรูปจากมูลฝอย ด้วยเทคโนโลยีที่พัฒนาสู่ปัจจุบัน แปรรูปพลังงานแสงอาทิตย์จากกระบวนการโฟโตโวลตาอิกให้เป็นพลังงานไฟฟ้า นับเป็นกระบวนการที่สะอาดและไร้มลภาวะ ขณะใช้งานไม่ทำลายสภาพแวดล้อมเพียงให้ติดตั้งกลางแจ้งเมื่อมีแสงอาทิตย์มาตกกระทบที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ก็สามารถใช้งานได้ทันทีและเมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายทั้งในด้านการลงทุน เห็นได้ว่าต้นทุนพลังงานที่ผลิตได้จากโฟโตโวลตาอิก มีราคาถูกกว่า แหล่งพลังงานประเภทอื่นและมี

แนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในอนาคตข้างหน้า ทั้งยังมีอายุการใช้งานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ยาวนานโดยทั่วๆ ไปจะอยู่ที่ 25-30 ปี ประการสำคัญก็คือ พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นหนึ่งในพลังงานที่ได้มาฟรี มีความยั่งยืนไม่มีที่สิ้นสุด สามารถติดตั้งและผลิตไฟฟ้าได้ทุกแห่งในโลก

สาเหตุที่ต้องศึกษาและวิจัยเนื่องจากพลังงานในโลกที่มีมากที่สุดคือพลังงานจากแสงอาทิตย์ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่นได้หลายแบบ อาทิ ในรูปของความร้อน การผลิตกระแสไฟฟ้า การประจุแบตเตอรี่ เป็นต้น การผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกที่ติดตั้งทั่วโลก ปี พ.ศ. 2543 รวม 1,425 MW ในปัจจุบัน ปี พ.ศ. 2554 ติดตั้งทั่วโลก รวม 69,684 MW เฉพาะในปี พ.ศ. 2554 อันดับ 1 ทวีปยุโรปมากกว่า 51 GW คิดเป็นร้อยละ 75 ของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกที่ติดตั้งทั่วโลกอันดับ 2 ญี่ปุ่น 5 GW อันดับ 3 สหรัฐอเมริกา 4.4 GW อันดับ 4 ประเทศจีน 3.1 GW ยังมีประเทศออสเตรเลีย 1.3 GW และประเทศอินเดีย 0.46 GW [2] พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและไม่เป็นเชิงเส้น ดังนั้นการทำนายแนวโน้มของการการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกบนพื้นฐานของสถิติจึงมีความคลาดเคลื่อนสูงและไม่แน่นอน สาเหตุอาจมาจากปัจจัยหลายตัวที่เกี่ยวข้อง อาทิ ราคาน้ำมัน อุปสงค์และอุปทานของสารกึ่งตัวนำที่ผลิตแผงโฟโตโวลตาอิก ความวิกฤตของพลังงานที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าและอื่นๆ

การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก จึงเป็นเรื่องสำคัญและจำเป็นที่ภาครัฐจะต้องพิจารณา หากไม่มีการเตรียมการวิจัย วางแผนและพัฒนาพลังงานทดแทนแล้วในอนาคตอาจจะได้รับผลกระทบ อย่างรุนแรงจากสถานการณ์ทางด้านพลังงานอย่างแน่นอน ซึ่งไม่เพียงส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจเท่านั้น ประชาชนทุกคนที่ใช้พลังงานก็จะได้รับผลกระทบดังกล่าวด้วย ทั้งยังเป็นข้อมูลให้ผู้ผลิตอุปกรณ์ผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกสามารถวางแผนการผลิตและลงทุนก่อสร้างโรงงานผลิตอุปกรณ์ผลิตกำลังไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีผลทำให้ได้อุปกรณ์ที่ใช้มีราคาถูกกว่า เนื่องจากมีการแข่งขันที่สูงและยังทำให้ราคาค่าผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยลดลง แต่การพยากรณ์หรือการทำนายนั้น ไม่ใช่เรื่องง่าย เพราะข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเชิงเส้นและมีองค์ประกอบหลายอย่าง

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเป็นการนำเสนอการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลกโดยอาศัยข้อมูลทางสถิติที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ปี ค.ศ.2000-2011 (พ.ศ.2543-2554) ดังนั้นพิกัดการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลก ราคาน้ำมัน ราคาก่อสร้างของโฟโตโวลตาอิก การเติบโตของอุตสาหกรรมของโฟโตโวลตาอิกและการเพิ่มขึ้นของประชากรโลก

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาและสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการพยากรณ์แนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกได้

1.2.2 เพื่อนำตัวแปรที่มีผลต่อพยากรณ์แนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกมาฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมได้

1.2.3 เพื่อวิเคราะห์ผลและปรับแก้โครงข่ายโดยลดค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์ได้ให้มีความคลาดเคลื่อนต่ำ

## 1.3 สมมติฐานของการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ตั้งสมมติฐานในการศึกษาการพยากรณ์การผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลก ระหว่างปี พ.ศ. 2543-2554 เพื่อพยากรณ์ปีถัดไป โดยเปรียบเทียบผลการพยากรณ์กับข้อมูลทางสถิติและวิธีการพยากรณ์แบบเกรย์ (GM (1, 1) Grey Forecasting Method)

## 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ศึกษาและออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อการพยากรณ์แนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก โดยเปรียบเทียบกับสถิติการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลกช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543-2554 (ค.ศ. 2000-2011)

1.4.2 เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์แนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมและทดสอบการทำงานของโปรแกรม โดยนำข้อมูลที่มีผลต่อการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลกมาเป็นอินพุตให้กับโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้

- 1) ราคาน้ำมัน ซึ่งเป็นผลจากความวิกฤติของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตกำลังไฟฟ้า
- 2) ราคาแผงโฟโตโวลตาอิกซึ่งถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์หลักของการผลิตกำลังไฟฟ้า
- 3) อุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์โฟโตโวลตาอิก ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับอุปสงค์ และอุปทาน
- 4) การเพิ่มขึ้นของประชากรโลกส่งผลต่อความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่มากขึ้น
- 5) ข้อมูลทางสถิติด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลกช่วงระหว่างปี

พ.ศ. 2543-2554 (ค.ศ. 2000-2011)

1.4.3 สามารถวิเคราะห์ผลการพยากรณ์แนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมและปรับแก้ไขโครงข่าย เพื่อลดค่าความผิดพลาด

## 1.5 ขั้นตอนของการวิจัย

1.5.1 รวบรวมข้อมูลทางสถิติด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลกในปี พ.ศ. 2543 ถึง 2554

1.5.2 รวบรวมและศึกษา ตัวแปรอินพุตต่างๆ ที่มีผลการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก ประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้

- 1) ราคาน้ำมัน ซึ่งเป็นผลจากความวิกฤติของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตกำลังไฟฟ้า
- 2) ราคาแผงโฟโตโวลตาอิกซึ่งถือได้ว่าเป็นหัวใจหลักของการผลิตกำลังไฟฟ้า
- 3) อุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์ PV ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับอุปสงค์และอุปทาน
- 4) การเพิ่มขึ้นของประชากรโลกส่งผลต่อความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่มากขึ้น

1.5.3 ศึกษาทฤษฎีด้านการพยากรณ์ต่างๆ

1.5.4 ศึกษาคุณสมบัติของโครงข่ายประสาทเทียม

1.5.5 ศึกษาการใช้งาน Neural Networks Toolbox ของโปรแกรม MATLAB

1.5.6 นำข้อมูลจากการกำหนดตัวแปรอินพุตไปสร้างและฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อได้เอาต์พุตเป็นค่าการพยากรณ์

1.5.7 ทดสอบการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม โดยวัดค่าผิดพลาดในการพยากรณ์โดยเปรียบเทียบระหว่างฟังก์ชันถ่ายโอนแบบต่างๆ

1.5.8 แสดงผลเปรียบเทียบกับข้อมูลทางสถิติการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลก ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543-2554 แล้วทดลองพยากรณ์ในปี พ.ศ. 2555

1.5.9 สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะแนวทางการพัฒนาต่อไป

1.5.10 เขียนวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

## 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 มีความรู้ความเข้าใจในการพยากรณ์แนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก

1.6.2 ภาครัฐสามารถนำข้อมูลเพื่อวางแผนและวางกลยุทธ์ในการจัดการและส่งเสริมพลังงานทดแทน

1.6.3 ผู้ลงทุนภาคเอกชนมีข้อมูล ในการผลิตอุปกรณ์การติดตั้งระบบผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก

1.6.4 ลดค่าความเสี่ยงในการบริหารจัดการและการตัดสินใจในการลงทุน

1.6.5 ลดต้นทุนการผลิตกำลังไฟฟ้าจากพลังงานต่างๆ

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาเรื่องพลังงานนับวันจะมีผลกระทบรุนแรงต่อมวลมนุษยชาติ มากขึ้นแต่ละประเทศ จึงให้ความสำคัญและร่วมหาทางแก้ไข ได้ศึกษา ค้นคว้า สำรวจ ทดลอง ติดตามเทคโนโลยีอย่างจริงจังและต่อเนื่องมาโดยตลอด เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการนำพลังงานทดแทนและเทคโนโลยีรูปแบบใหม่ๆ มาประยุกต์ใช้ โดยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานอีกทางเลือกหนึ่งที่ได้รับนิยมนี้อย่างมาก เนื่องจากเป็นพลังงานสะอาดจากธรรมชาติ ไม่ก่อมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งมีปริมาณมากมายมหาศาลอยู่ทั่วทุกหนแห่งของโลกและนำมาใช้ได้โดยไม่หมดสิ้นหากมนุษย์นำพลังงานเหล่านี้มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะสามารถทดแทนพลังงานจากน้ำมัน ซึ่งนับวันจะมีแนวโน้มที่ราคาพุ่งสูงขึ้นและมีความผันผวนสูง มีความไม่แน่นอนของราคา ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาประเทศที่จำเป็นต้องพึ่งพาการนำเข้าน้ำมัน ทำให้สามารถแก้ปัญหาเศรษฐกิจและสังคมได้อย่างยั่งยืน

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่สามารถแปลงเป็นพลังงานอื่น ได้มากมายและกำลังเป็นที่นิยมในตลาดโลก เนื่องมาจากความสะดวกในการใช้งาน เพียงให้ติดตั้งกลางแจ้งเมื่อมีแสงอาทิตย์มาตกกระทบที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถใช้งานได้ทันที ซึ่งปัจจุบันมีการใช้งานที่หลากหลาย

#### ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์

การคมนาคม	ทางทะเล	แสงไฟประภาคาร แสงไฟของทุ่นลอยน้ำ แสงไฟข้างเรือ
	ทางบก	ไฟสัญญาณจราจร ไฟสัญญาณให้รถไฟ โทรศัพท์ฉุกเฉินบนทางด่วน โคมไฟถนน พัฒลมระบายอากาศที่หน้าต่าง/หลังคารถยนต์
	ทางอากาศ	ดวงไฟลิ่งกีดขวางในที่สูง ดวงไฟนำร่องขึ้นลง
การสื่อสาร	สถานีถ่ายทอดสัญญาณวิทยุ/โทรทัศน์บนภูเขาสูง เครื่องวัดค่าการพยากรณ์อากาศ วิทยุสื่อสาร กล้องตรวจความปลอดภัยที่เขื่อน โทรศัพท์มือถือ โทรศัพท์ทางทหาร	
การป้องกัน การลี้ภัย	ท่อน้ำมัน ท่อก๊าซ สะพานเหล็ก แสงไฟท่อก๊าซ	
อุปกรณ์ นอกรถ	โคมไฟสนามหญ้า โคมไฟป้ายรถเมล์ โคมไฟตู้โทรศัพท์ หอนาฬิกา ปุ่มสูบน้ำ ประตูบ้านไฟฟ้า โคมไฟป้ายประกาศ ติดตั้งที่ผนังอาคารเสริมงานสถาปัตยกรรม	
การอวกาศ	ดาวเทียม สถานีอวกาศ ยานอวกาศ	

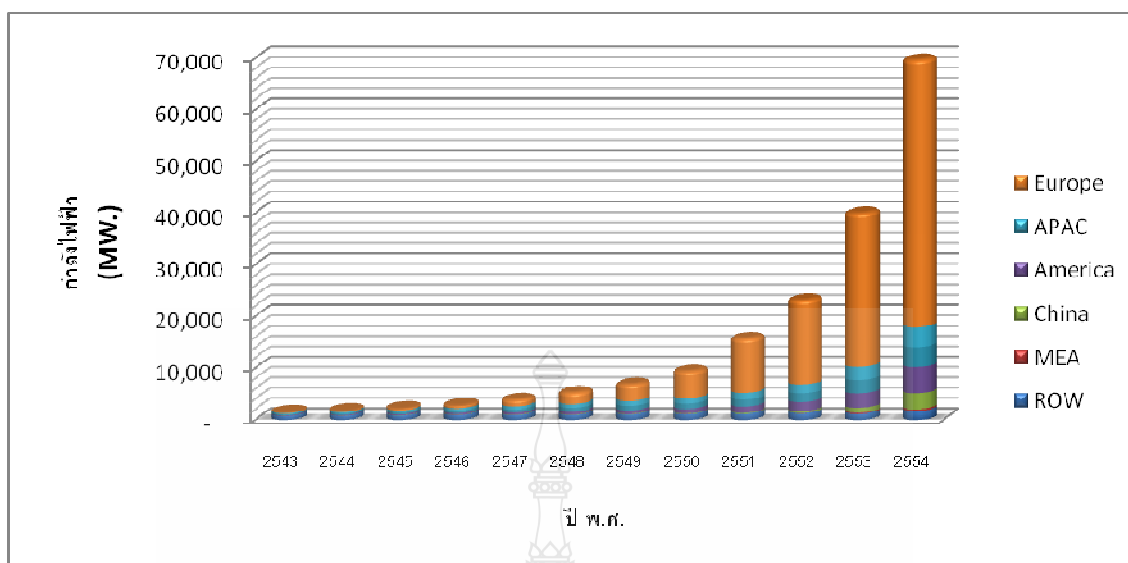


ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ (ต่อ)

การปลูกสัตว์	รั้วไฟฟ้าป้องกันสัตว์หนี ป้อนน้ำดื่มของสัตว์ในฟาร์ม แสงไฟจับกบจับแมลง
การประมง	เครื่องกระตุ้นการแพร่พันธุ์สัตว์น้ำ โคมไฟล่อปลาในทะเล โคมไฟหาปลาในทะเล
การแพทย์	ตู้เก็บยาวัคซีน โคมไฟในสถานีอนามัย วิทยุสื่อสาร
การบันเทิง	เรือมอเตอร์ โคมไฟแคมป์ เครื่องบิน เครื่องร่อน รถยนต์ไฟฟ้า ของเล่นไฟฟ้า
ระบบไฟฟ้า	ต่อเข้าระบบของไฟฟ้า หมู่บ้านห่างไกล โรงเรียนห่างไกล สถานีอนามัยห่างไกล
ภายในอาคาร	เครื่องคิดเลข นาฬิกาข้อมือ ของเล่น
ติดตั้งหลังคาบ้าน	จ่ายไฟในเวลากลางวันให้เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆในบ้าน

จากรายละเอียดและเหตุผลที่ได้กล่าวมาทำให้รัฐบาลในแต่ละประเทศ มีการส่งเสริมการผลิตกำลังไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มากขึ้นทั่วโลกในรอบ 12 ปี ที่ผ่านมามีการใช้งานเพิ่มขึ้น และมีการพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ทันต่อความต้องการจึงทำให้ การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการกำหนดนโยบายพลังงานของรัฐบาลและเป็นประโยชน์ในการตัดสินใจลงทุน ลดความเสี่ยงและวางแผนการผลิตอย่างแม่นยำ

การพยากรณ์หรือการทำนายไม่ใช่เรื่องง่ายเพราะข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเชิงเส้นและมีองค์ประกอบหลายอย่าง หากแต่อาศัยข้อมูลทางสถิติเพื่อในการพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนสูง พิจารณาได้จากสถิติค่าการผลิตกำลังไฟฟ้าจากจากโฟโตโวลตาอิกสะสมทั่วโลกปี พ.ศ. 2543-2554



โดย ROW : Rest of the World , MEA : Middle East and Africa , APAC : Asia Pacific\

ภาพที่ 2.1 ค่าการผลิตกำลังไฟฟ้าจากจากโฟโตโวลตาอิกสะสมทั่วโลกระหว่างปี พ.ศ.2543-2554 [2]

ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการพยากรณ์แนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้ศาสตร์ปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเชิงเส้นยากต่อการคาดเดา เหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต และจัดการข้อมูลที่มีจำนวนจำกัด โดยใช้ข้อมูลทางสถิติและสถานการณ์การใช้พลังงานในปัจจุบันประกอบการพิจารณา ซึ่งการทำวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษาจากบทความต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ส่วนใหญ่เป็นบทความในต่างประเทศ เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีผู้นำเสนองานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้ ซึ่งมีเอกสารที่ได้ศึกษามา สรุปพอสังเขปมีรายละเอียดตามหัวข้อดังต่อไปนี้

- 1) การพยากรณ์
- 2) ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการพยากรณ์แนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 3) โครงข่ายประสาทเทียม

## 2.1 การพยากรณ์ [3]

### 2.1.1 ความหมายและความสำคัญของการพยากรณ์

การพยากรณ์ คือ การคาดคะเนหรือการทำนายการเกิดเหตุการณ์หรือสภาวะการณ์ต่างๆ ในอนาคต โดยอาศัยข้อมูล ประสบการณ์ ความรู้ความสามารถของผู้พยากรณ์ที่เกิดขึ้นในอดีต มาทำการศึกษาถึงแนวโน้มหรือรูปแบบของการเกิดเหตุการณ์ในอนาคต การพยากรณ์มีบทบาทสำคัญอย่างมากในการวางแผนและตัดสินใจเกี่ยวกับการดำเนินงานของบุคคลทุกสาขาอาชีพและองค์กรต่างๆ อาทิการวางแผนเกี่ยวกับธุรกิจการค้า การส่งออก การเกษตร และการพยากรณ์แนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก เป็นต้น ทั้งนี้เพราะการวางแผนและตัดสินใจต่างๆ เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ในอนาคต ซึ่งโดยทั่วไปเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในอนาคตเป็นสิ่งที่ความคุมไม่ได้ ดังนั้นการพยากรณ์เหตุการณ์ในอนาคต จึงมีความจำเป็นอย่างมากที่ผู้บริหารตลอดจนรัฐบาล จะนำเป็นเครื่องมือในการวางแผนและตัดสินใจ ในปัจจุบันการวางแผนและตัดสินใจมีความซับซ้อนมากขึ้น การพยากรณ์ย่อมเข้ามามีบทบาทมากขึ้นในทุกวันนี้

### 2.1.2 ปัจจัยที่ทำให้การพยากรณ์ได้รับความนิยม

1) ในปัจจุบันนี้การลงทุนในอุตสาหกรรมต่างๆที่มีขนาดใหญ่ และมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นย่อมมีความผิดพลาดที่เกิดจากการวางแผนและตัดสินใจดำเนินงานมากขึ้น ดังนั้นเพื่อลดความเสี่ยงเนื่องจากความไม่แน่นอนของเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตจึงจำเป็นต้องใช้เทคนิคการพยากรณ์ที่ให้ความถูกต้องมากขึ้น

2) สภาพสังคมและสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันมีความซับซ้อนและมีการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็ว การศึกษารูปแบบของการเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้องกันในเชิงเหตุและผลจึงมีความจำเป็นมากขึ้น

3) ในปัจจุบันได้มีผู้คิดค้นและพัฒนาเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ประกอบกับผู้พยากรณ์ความรู้และเทคนิคของผู้พยากรณ์มากขึ้น ทำให้การพยากรณ์ได้รับความนิยมมากขึ้นตามมา

4) การพยากรณ์มีบทบาทสำคัญอย่างมากในการวางแผนและตัดสินใจเกี่ยวกับการดำเนินงานของบุคคลทุกสาขาอาชีพและองค์กรต่างๆ

5) ผลการพัฒนาเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ที่สามารถจัดเก็บข้อมูลและทำการประมวลผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการพยากรณ์ ทำให้การพยากรณ์ได้รับความสะดวก ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยลง มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากขึ้น ตัวอย่างเช่นการใช้ โครงข่ายประสาทเทียม ในการพยากรณ์

### 2.1.3 ประเภทของการพยากรณ์

การพยากรณ์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) การพยากรณ์เชิงปริมาณ (Qualitative Forecasting) เป็นการพยากรณ์โดยอาศัยข้อมูลหรือตัวเลขจากอดีต (อาทิ ยอดขาย กำลังการผลิต) มาสร้างตัวแบบ เทคนิคที่ใช้ในการพยากรณ์ ได้แก่ วิธีการ Least Square วิธีการ (Moving Average) วิธีการปรับเทียบแบบ Exponential Smoothing

2) การพยากรณ์เชิงคุณภาพ (Quantitative Forecasting) เป็นการพยากรณ์ที่ไม่ใช่ข้อมูลย้อนหลัง จะพิจารณาปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับภาคตัดสินใจ อาทิ ภาวะเศรษฐกิจ ความสะดวก ความชำนาญ ตลอดจนระบบต่างๆ ที่มีคุณค่าเพื่อนำไปสู่การพยากรณ์

### 2.1.4 หลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกเทคนิคในการพยากรณ์

การเลือกเทคนิคการพยากรณ์แต่ละวิธี ผู้พยากรณ์จะต้องพิจารณาถึงหลักเกณฑ์ต่าง ๆ ดังนี้

1) ระยะเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์ วิธีการพยากรณ์แต่ละวิธีจะมีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ในช่วงเวลาที่แตกต่างกันระยะเวลานั้นสามารถแบ่งได้ดังนี้

1. ระยะเวลาสั้นมาก ปกติจะไม่เกิน 1 เดือน
2. ระยะเวลาสั้น ปกติอยู่ระหว่าง 1-3 เดือน
3. ระยะเวลาปานกลาง ปกติอยู่ระหว่าง 3 เดือนถึง 2 ปี
4. ระยะเวลายาวนาน ปกติ มากกว่า 2 ปีขึ้นไป

2) ลักษณะของข้อมูล จำนวนข้อมูลที่มีอยู่ และความถูกต้องของข้อมูล

ลักษณะของข้อมูลและจำนวนข้อมูลที่มีอยู่ เป็นปัจจัยสำคัญ อีกประการหนึ่งซึ่งผู้พยากรณ์จะต้องนำมาพิจารณาเลือกวิธีการพยากรณ์แหล่งที่มาของข้อมูลที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือได้

3) ความแม่นยำของการพยากรณ์

ความถูกต้องและแม่นยำของการพยากรณ์ คือ ค่าที่พยากรณ์ได้มีความแตกต่างจากค่าจริงมากน้อยเพียงใดถ้าแตกต่างกันน้อยแสดงว่าการพยากรณ์ค่อนข้างแม่นยำสูงเชื่อถือได้ โดยที่นิยมใช้วัดประสิทธิภาพของการพยากรณ์ มีหลายวิธีแต่ในงานวิจัยนี้คือ

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Absolute Percentage Error; APE) [3]

$$APE = \left| \frac{P_f - P_a}{P_a} \right| * 100 \quad (2.1)$$

โดยที่  $P_f$  คือ ค่าพยากรณ์

$P_a$  คือ ค่าจริง

ร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error; MAPE) เป็นค่าเฉลี่ยกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนาย

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{f_i - a_i}{a_i} \right| * 100 \quad (2.2)$$

โดยที่  $f_i$  คือ ค่าพยากรณ์  
 $a_i$  คือ ค่าจริง  
 $N$  คือ จำนวนข้อมูล

#### 4) ค่าใช้จ่ายในการพยากรณ์

ค่าใช้จ่ายในการพยากรณ์ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรวบรวมข้อมูลหรือหาข้อมูลเพื่อนำมาพยากรณ์จนได้ผลของการพยากรณ์ ซึ่งบางเทคนิคมีค่าใช้จ่ายที่สูงตามความยากง่ายและรูปแบบของการพยากรณ์

#### 5) ความยากง่ายของการพยากรณ์

โดยปกติแล้วผู้พยากรณ์และผู้นำไปใช้งานจะเป็นคนละคนกัน ผู้พยากรณ์จะต้องคำนึงถึงความยากง่ายในการแปลผลหรืออธิบายผลลัพธ์ให้กับผู้บริหารหรือผู้นำไปใช้หากมีความซับซ้อนหรือเน้นทางการคำนวณด้านคณิตศาสตร์ หรือเป็นวิชาการมากเกินไป อาจทำให้ผู้บริหารหรือผู้นำไปใช้เกิดความเข้าใจผิดหรือเกิดค่าความคลาดเคลื่อนสูงได้ อาทิงานวิจัยของ Chi-Yo Huang [4] ใช้พยากรณ์แนวโน้มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ทฤษฎีวิธีการพยากรณ์แบบเกรย์ (GM (1, 1) Grey Forecasting Method) ซึ่งใช้สมการคณิตศาสตร์ จำนวนมากหลายชั้นในการคำนวณ

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการพยากรณ์แนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก

จากงานวิจัยของ Chi-Yo Huang [4] ได้ทำการทำการศึกษาและนำเสนอได้นำเสนอการพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จากข้อมูลทั่วโลก โดยใช้ GM (1, 1) Grey Forecasting Method ซึ่งพัฒนามาจาก Grey Forecasting Method ในการทำนายแนวโน้มจากข้อมูลที่มีอยู่อย่างจำกัดโดยมีวิธี ขั้นตอนที่ซับซ้อน และยังมีค่าความผิดพลาดสูง MAPE=5.035% มาจากปัจจัยอื่นๆ อาทิ ราคาน้ำมัน

จากงานวิจัยของ Ting-Chung [5] นำเสนอการพยากรณ์การจ่ายกำลังไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมใช้ Matlab/Simulink โดย Neural Network Model ใช้การ

ฝึกสอนแบบ Back-Propagation Network ในการทำนาย และ ทำนายข้อมูลใน 1 วัน เนื่องจากข้อมูล อินพุตเป็น 1 วันซึ่งมีความเที่ยงตรงสูงค่าแต่ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นมาจากข้อมูลที่ไม่เพียงพอและ ฤดูกาล ซึ่งสรุปได้ว่าสามารถใช้โครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ข้อมูลที่ต้องการได้

จากงานวิจัยของ วันชัย จันไกรพล [6] ได้ทำการทำการศึกษาและนำเสนอการนำโครงข่าย ประสาทเทียมมาใช้พยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าในระยะสั้นของสถานีไฟฟ้า การกำหนดโครงสร้างยังไม่ มีวิธีการหาที่แน่นอนจึงใช้วิธีการทดลองและการแพร่กระจายความผิดพลาดย้อนกลับ (Back propagation) เป็นวิธีที่ได้ค่า Error น้อยที่สุดและค่า Mean Absolute Percentage Error (MAPR) ไม่เกิน ร้อยละ 5.5 ถือว่ารับได้

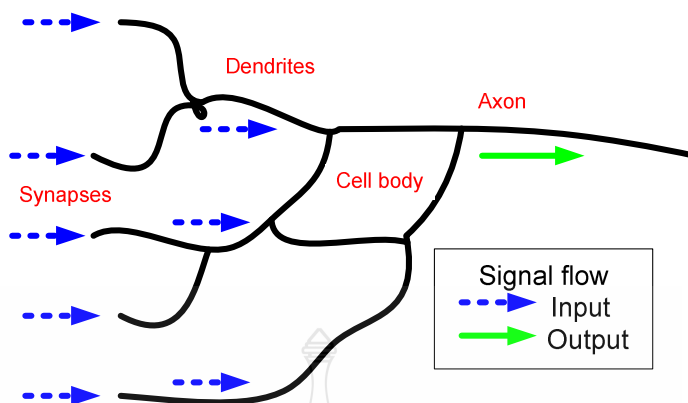
จากงานวิจัยของ บัณฑิต ฤทธิ์ทอง [7] การเลือกใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนของโครงข่ายประสาท เทียมในการออกแบบระบบไฟฟ้า สำหรับอาคารชุด คือไม่มีวิธีการกำหนดที่แน่นอน จึงต้อง ดำเนินการทดลองวิธีที่ได้ค่าความผิดพลาดต่ำสุด โดยใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบแทนซิกมอยด์ (Tan-Sigmoid) ในชั้นซ่อน (Hidden Layer) และฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเชิงเส้น (Linear) ในชั้นเอาต์พุต (Output Layer) เพียงพอกับการแก้ไขปัญหา

จากนิตยสาร World Council for Renewable Energy [8] กล่าวว่าราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งถือได้ว่าเป็นหัวใจหลักของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

จากงานวิจัยของ A.Skumanich, E.Ryabova [9] ได้กล่าวถึงความสำคัญอุตสาหกรรม การผลิตอุปกรณ์โฟโตโวลตาอิก มีผลสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงราคาและความนิยมซึ่งจะเกี่ยวข้องกับ อุปสงค์และอุปทาน

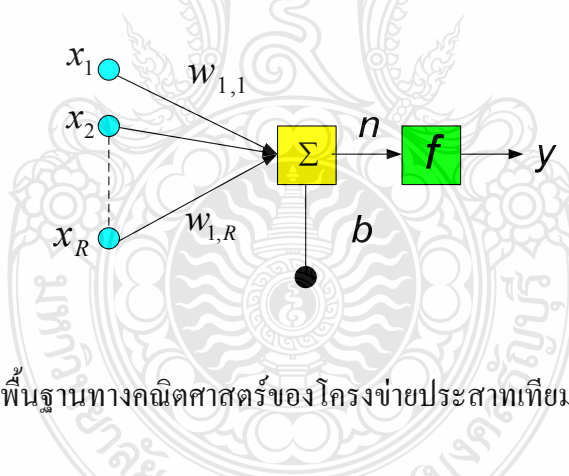
### 2.3 โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network หรือ ANN)

เป็นแนวคิดที่ถูกออกแบบให้ทำงานเช่นเดียวกับสมองของมนุษย์ ซึ่งมีปรับเปลี่ยนตัวเองต่อ การตอบสนองของอินพุตตามกฎของการเรียนรู้ (Learning Rule) หลังจากที่เครือข่ายได้เรียนรู้ สิ่ง ที่ต้องการแล้ว เครือข่ายนั้นจะสามารถทำงานที่กำหนดไว้ได้ เครือข่ายประสาทเทียมได้ ถูกพัฒนา คิดค้นจากการทำงานของสมองมนุษย์ โดยสมองมนุษย์ ประกอบไปด้วยหน่วยประมวลผลเรียกว่า นิวรอน (เซลล์ประสาท หรือ Neuron) จำนวนนิวรอนในสมองมนุษย์มีอยู่ประมาณ  $10^{11}$  และ มีการ เชื่อมต่อกันอย่างมากมาย สมองมนุษย์จึงสามารถกล่าวได้ว่าเป็นคอมพิวเตอร์ ที่มีการปรับตัวเอง (Adaptive) ไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear) และทำงานแบบขนาน (Parallel) ในการดูแลจัดการการทำงาน ร่วมกันของนิวรอนในสมอง การคำนวณเชิงนิวรอนเป็นการคำนวณที่เลียนแบบมาจากการทำงานของ สมองมนุษย์นั่นเอง ดังแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ทำงานของเซลล์สมองมนุษย์

โดยมีองค์ประกอบของโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญดังนี้ คือ ยูนิท (Unit) หรือ Neuron ตัวแปรอินพุต (Input Layer) ตัวแปรเอาต์พุต (Output Layer) และค่าถ่วงน้ำหนัก (Weighted Value) ซึ่งสามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทกับเซลล์ประสาทเทียมได้ดังแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมที่มีอินพุตหลายอินพุต ซึ่ง อินพุต  $x_1, x_2, \dots, x_R$  จะถูกคูณด้วยค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละอินพุตเป็น  $w_{1,1}, w_{1,2}, \dots, w_{1,R}$  ซึ่งสามารถเขียนเป็นเมตริกซ์ได้ เรียกว่า เมตริกซ์ค่าถ่วงน้ำหนักมีสัญลักษณ์เป็น  $w$  จะถูกรวมเข้ากันเป็นอินพุตของฟังก์ชันถ่ายโอน  $n$  ดังสมการที่ 2.2

$$n = w_{1,1}x_1 + w_{1,2}x_2 + \dots + w_{1,R}x_R + b \quad (2.2)$$

เขียนอยู่ในรูปเมตริกซ์ตามสมการที่ 2.3

$$n = Wx + b \quad (2.3)$$

โดยที่เมตริกซ์  $W$  เป็น Row Matrix มีเพียง 1 แถว จะได้เอาต์พุตของนิวรอนตามสมการที่ 2.4

$$y = f(Wx + b) \quad (2.4)$$

โดยที่  $x$  คือ อินพุต  
 $w$  คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก  
 $b$  คือ ไบอัส  
 $f$  คือ ฟังก์ชันถ่ายโอน  
 $y$  คือ เอาต์พุต

โดยค่าถ่วงน้ำหนัก  $w$  และไบอัส  $b$  สามารถปรับค่าได้ตามกฎการเรียนรู้และค่าเอาต์พุตจะขึ้นอยู่กับฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function)  $f$  สามารถกำหนดได้โดยผู้ใช้

สามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทในสมองของมนุษย์กับเซลล์ประสาทเทียมดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทในสมองของมนุษย์กับเซลล์ประสาทเทียม

เซลล์ประสาทในสมองของมนุษย์	เซลล์ประสาทเทียม
ตัวเซลล์ (Cell Body)	ยูนิต (Unit) หรือนิวรอน (Neuron)
เดนไดรต์ (Dendrite)	ตัวแปรอินพุต (Input Layer)
แอกซอน (Axon)	ตัวแปรเอาต์พุต (Output Layer)
ไซแนปส์ (Synapse)	ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight Value)

### 2.3.1 คุณสมบัติและความสามารถของโครงข่ายประสาทเทียม

คุณสมบัติและความสามารถของโครงข่ายประสาทเทียมสามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) โครงข่ายประสาทเทียมไม่ใช่โปรแกรมคอมพิวเตอร์แต่โครงข่ายจะเรียนรู้จากตัวอย่าง
- 2) มีความยืดหยุ่นสูงจนสามารถจำลองกระบวนการของปัญหาใดๆ ได้



- 3) มีความสามารถในการจดจำชุดของอินพุต,เอาต์พุตที่ซับซ้อนมากจนไม่สามารถจำลองแบบในเชิงความน่าจะเป็นได้
- 4) มีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม
- 5) มีความสามารถตอบสนองต่อข้อมูลที่ไม่เคยเห็น
- 6) ความรู้จะกระจายอยู่ทั่วทั้งโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม

### 2.3.2 ลักษณะของปัญหาที่เหมาะสมกับโครงข่ายประสาทเทียม

ลักษณะของปัญหาที่เหมาะสมกับโครงข่ายประสาทเทียมสรุปได้ดังนี้

- 1) ตัวอย่างข้อมูลสำหรับฝึกสอนประกอบด้วยองค์ประกอบหลายๆ ค่า
- 2) เอาต์พุตที่ต้องการสามารถเป็นค่าจำนวนเต็ม จำนวนจริงหรือเป็นเวกเตอร์ของจำนวนเต็ม หรือจำนวนจริงได้

- 3) ตัวอย่างของข้อมูลสามารถมีความผิดพลาดปะปนอยู่ได้
- 4) ไม่มีปัญหากับขั้นตอนการฝึกหัดที่อาจใช้เวลานานมาก
- 5) ต้องการประเมินผลเอาต์พุตอย่างรวดเร็ว
- 6) ไม่ต้องการเข้าใจวิธีการแก้ปัญหา แต่ต้องการให้ปัญหาได้รับการแก้ไขเท่านั้น

### 2.3.3 ประโยชน์และการประยุกต์โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อการใช้งาน

โครงข่ายประสาทเทียมสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ตัวอย่างดังนี้

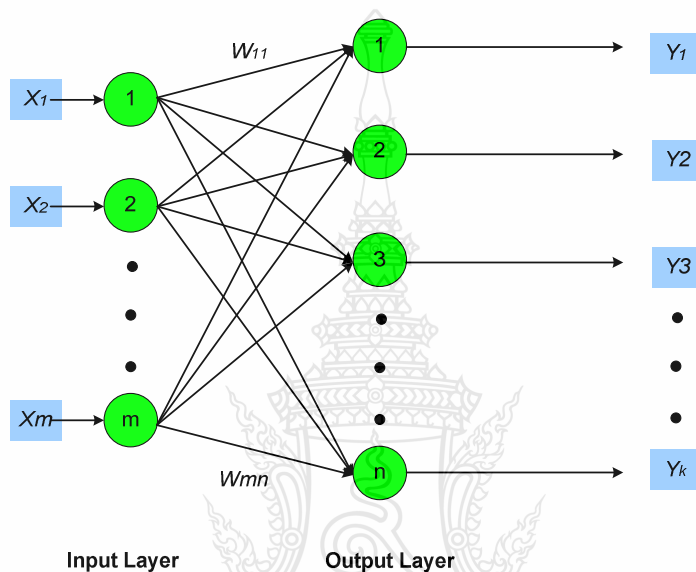
- 1) งานด้านอวกาศ ใช้งานในระบบนำร่องนักบิน ระบบจำลองและควบคุมการบิน
- 2) งานด้านยานยนต์ ใช้งานระบบนำทางอัตโนมัติ
- 3) งานด้านการธนาคาร ใช้งานด้านการตรวจสอบการอ่านเอกสาร ประมาณการเครดิต
- 4) งานด้านการเงิน ใช้งานด้านสินเชื่อ วิเคราะห์งานเครดิต พยากรณ์อัตราแลกเปลี่ยน
- 5) งานด้านบันเทิง ใช้งาน Animation และ Special Effects
- 6) งานด้านอุตสาหกรรม ใช้ในงานพยากรณ์ค่าต่างๆ ในกระบวนการผลิต

### 2.3.4 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม (Architecture of Neural Network) [10]

โครงข่ายประสาทเทียมระบบประสาทเทียมจะถูกสร้างขึ้น โดยการนำนิเวศมาประกอบกัน สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียม สามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภทหลัก คือโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว (Single Layer Neural Network) โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multilayer Neural Network) และโครงข่ายประสาทเทียมที่มีโครงสร้างแบบแลตทิซ (Lattice Neural Network) รายละเอียดดังนี้

### 1) โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว (Single Layer Network)

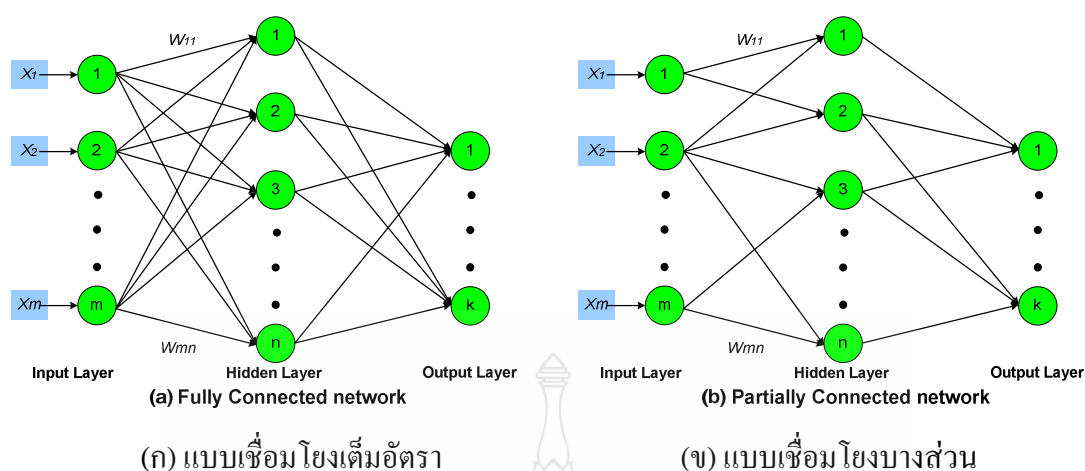
ประกอบด้วยเซลล์ประสาทที่จัดเรียงตัวอยู่ในชั้นต่างๆ ได้แก่ ชั้นอินพุต และชั้นเอาต์พุต สาเหตุที่จัดโครงสร้างแบบนี้เป็นแบบชั้นเดียวเนื่องจาก เรานับชั้นเอาต์พุตเพียงชั้นเดียวเท่านั้นว่าเป็นชั้นของเซลล์ประสาท สำหรับชั้นอินพุตเราไม่พิจารณาว่าเป็นชั้นของเซลล์ประสาทเนื่องจากไม่มีการประมวลผลใดๆ จะทำหน้าที่เพียงรับอินพุตที่เข้ามาแล้วส่งต่อไปเท่านั้นดังแสดงภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 โครงข่ายประสาทเทียมแบบที่มีนิวรอนชั้นเดียว

### 2) โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multilayer Neural Network)

โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นสามารถถูกสร้างขึ้นได้โดยการต่อโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียวเข้าด้วยกัน โดยที่ข้อมูลออกจากชั้นหนึ่งของนิวรอนจะถูกส่งไปเป็นข้อมูลเข้าของนิวรอนในอีกชั้นหนึ่ง ชั้นของนิวรอนซึ่งข้อมูลเข้าของนิวรอนเป็นข้อมูลเข้าของโครงข่ายประสาทเทียม หรือข้อมูลออกของนิวรอนที่อยู่ในชั้นก่อนจะถูกเรียกว่าชั้นซ่อน (Hidden Layer) แผนภาพของโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นได้แสดงไว้ในภาพที่ 2.5

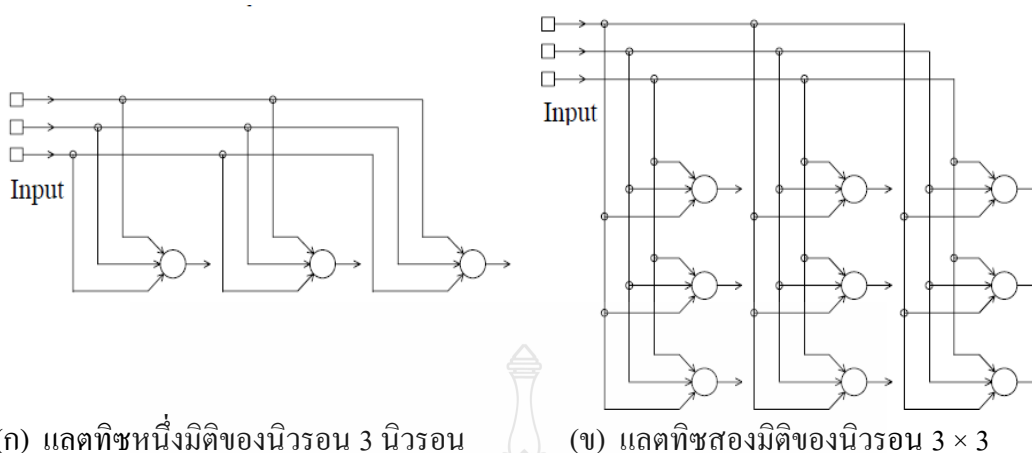


ภาพที่ 2.5 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นที่มีชั้นซ่อนหนึ่งชั้น

จากภาพที่ 2.5 นิวรอนในชั้นซ่อนได้รับสัญญาณจากชั้นข้อมูลเข้าของปมแหล่งต้นทาง จากนั้นข้อมูลออกของชั้นซ่อนจะถูกใช้เป็นข้อมูลเข้าของนิวรอนในชั้นข้อมูลออก โครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้าหลายชั้นในภาพที่ 2.5 (ก) จะเรียกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบเชื่อมโยงเต็มอัตรา (Fully Connected Network) เนื่องจากทุกปมในแต่ละชั้นของโครงข่ายประสาทเทียมจะต่อกับทุกๆ ปมในชั้นข้างหน้าที่อยู่ถัดไป ในทางตรงกันข้าม โครงข่ายประสาทเทียมที่แสดงดังภาพที่ 2.5 (ข) จะเรียกว่า โครงข่ายประสาทเทียมแบบเชื่อมโยงบางส่วน (Partially Connected Network) เนื่องจากตัวถ่วงน้ำหนักการเชื่อมโยงที่มีอยู่ได้ในโครงข่ายประสาทเทียมได้หายไป ตัวอย่างของโครงข่ายประสาทเทียมที่มีสถาปัตยกรรมเป็นแบบหลายชั้น ได้แก่ มัลติเลเยอร์เพอร์เซ็ปตรอน (Multilayer Perceptron) และโครงข่ายประสาทเทียมเรเดียลเบสิคฟังก์ชัน (Radial-Basis Function Network)

### 3) โครงข่ายประสาทเทียมที่มีโครงสร้างแบบแลตทิซ (Network with a Lattice Structure)

โครงข่ายประสาทเทียมที่มีโครงสร้างแบบแลตทิซจะประกอบด้วย แถวลำดับหนึ่งมิติ (One-Dimensional Array) แถวลำดับสองมิติ (Two-dimensional Array) หรือแถวลำดับหลายมิติ (Multi-Dimensional Array) ของนิวรอนซึ่งมีเซตของปมข้อมูลเข้าเป็นตัวจ่ายสัญญาณเข้าสู่แถวลำดับมิติของแลตทิซจะ หมายถึง มิติในปริภูมิซึ่งแถวลำดับของนิวรอนเรียงตัวอยู่ แผนภาพของโครงข่ายประสาทเทียมที่มีโครงสร้างแบบแลตทิซได้แสดงไว้ในภาพที่ 2.6



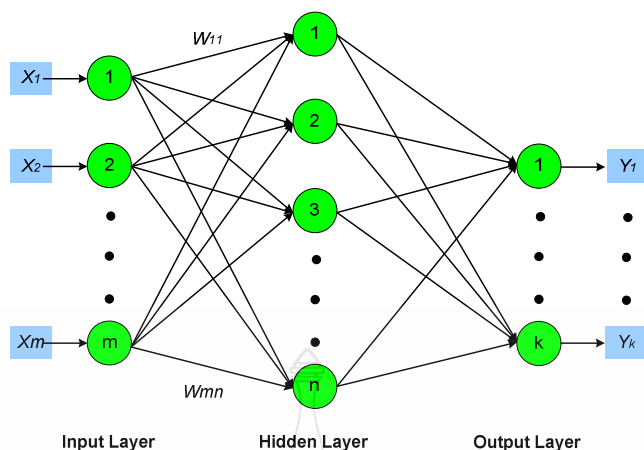
ภาพที่ 2.6 โครงข่ายประสาทเทียมที่มีโครงสร้างแบบแลตทิซ

โครงสร้างที่แสดงในภาพที่ 2.6 (ก) เป็นแลตทิซหนึ่งมิติของนิวรอน 3 นิวรอนโดยที่นิวรอนทุกตัวจะได้รับสัญญาณเข้าจากชั้นของปมแหล่งต้นทางจำนวน 3 ปม ในทางตรงกันข้ามโครงสร้างที่แสดงในภาพที่ 2.6 (ข) เป็นแลตทิซสองมิติของนิวรอน  $3 \times 3$  ซึ่งได้รับสัญญาณจากชั้นของปมแหล่งต้นทางจำนวน 3 ปม จะสังเกตได้ว่าในทั้งสองกรณีแต่ละปมข้อมูลเข้าจะต่อกับทุกนิวรอนในแลตทิซ กล่าวโดยสรุปได้ว่าของโครงข่ายประสาทเทียมที่มีโครงสร้างแบบแลตทิซเป็นโครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้าซึ่งนิวรอนข้อมูลออกมีการเรียงตัวเป็นแถวและคอลัมน์นั่นเอง ตัวอย่างของโครงข่ายประสาทเทียมระบบประสาทที่มีลักษณะเช่นนี้ได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียมโคโฮเน็น (Kohonen Network)

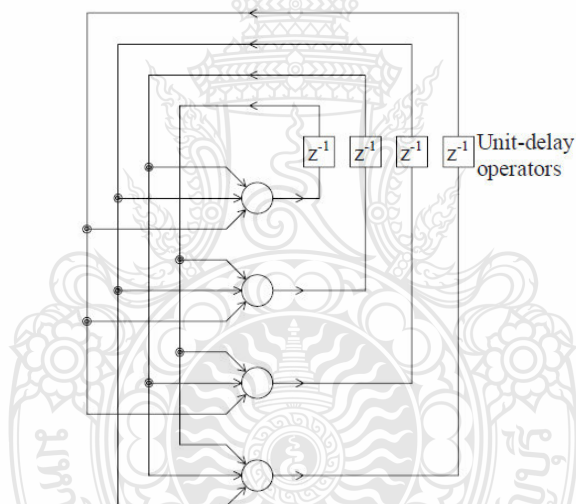
### 1.3.5 ชนิดของโครงข่ายประสาทเทียม

การแบ่งชนิดของโครงข่ายประสาทเทียมสามารถทำได้หลายวิธี เช่น วิธีการฝึกสอน วิธีการเรียนรู้ การประยุกต์ใช้งาน ชนิดของข้อมูล ฯลฯ ดังนั้นจึงไม่มีวิธีแน่นอนในการแบ่งชนิดของโครงข่ายประสาทเทียม เมื่อแบ่งตามโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมแล้วสามารถแบ่งโครงข่ายประสาทเทียมได้ 2 ประเภทคือ

- 1) โครงข่ายไปข้างหน้า (Feed Forward Network) เป็นที่รู้จักและนิยมใช้งานมากที่สุดมีการเชื่อมต่อระหว่างไปในทิศทางข้างหน้าทิศทางเดียวคือจาก อินพุตสู่เอาต์พุต
- 2) โครงข่ายป้อนกลับ (Recurrent Network) มีการป้อนกลับของข้อมูลจากเอาต์พุตกลับเข้ามาเป็นอินพุต ทำให้ค่าเอาต์พุตในรอบถัดไปขึ้นอยู่กับค่าเอาต์พุตในรอบที่แล้วด้วย โครงข่ายประสาทเทียมลักษณะนี้จะมีความสามารถจดจำ ลำดับเหตุการณ์ได้



ภาพที่ 2.7 โครงข่ายไปข้างหน้า (Feed Forward Network)

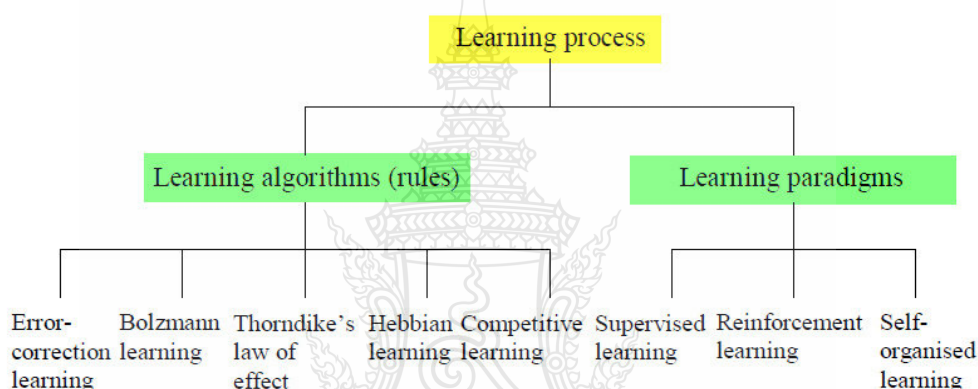


ภาพที่ 2.8 โครงข่ายป้อนกลับ (Recurrent Network)

### 2.3.6 กฎการเรียนรู้ และ รูปแบบการเรียนรู้

ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว โครงข่ายประสาทเทียมระบบประสาทจะเก็บข้อมูลหรือความรู้ที่เกี่ยวข้องกับงานที่โครงข่ายประสาทเทียมระบบประสาทจะต้องกระทำ โดยอาศัยกระบวนการเรียนรู้หรือการฝึกสอน (Training) กระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมระบบประสาทสามารถแบ่งเป็นหลายประเภท โดยการใช้ขั้นตอนวิธีการเรียนรู้ (Learning Algorithm) หรือกฎการเรียนรู้ (Learning Rule) เป็นแนวทางในการจำแนกประเภท กระบวนการเรียนรู้จะสามารถแบ่งออกเป็น 5

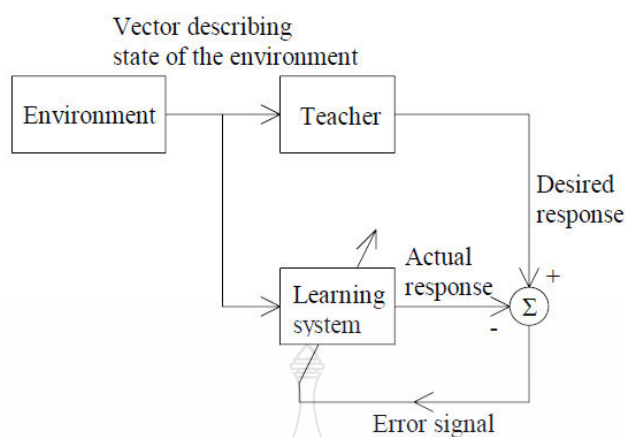
ประเภท คือ การเรียนรู้โดยการแก้ข้อผิดพลาด (Error-Correction Learning) การเรียนรู้แบบโบลซ์มันน์ (Boltzmann Learning) การเรียนรู้โดยใช้กฎของผลกระทบของธอร์นไคค์ (Learning Using Thorndike's Law of Effect) การเรียนรู้แบบเฮบบียน (Hebbian Learning) และการเรียนรู้โดยการแข่งขัน (Competitive Learning) ในอีกทางหนึ่ง โดยการใช้รูปแบบการเรียนรู้ (Learning Paradigm) เป็นแนวทางในการจำแนกประเภทกระบวนการเรียนรู้จะสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ การเรียนรู้แบบมีผู้ฝึกสอน (Supervised Learning) การเรียนรู้แบบเสริมสร้าง (Reinforcement Learning) และการเรียนรู้แบบไม่มีผู้ฝึกสอน (Unsupervised Learning or Self-Organised Learning) การจำแนกประเภทกระบวนการเรียนรู้ได้แสดงในภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 แผนภาพการจำแนกประเภทกระบวนการเรียนรู้

#### 1) การเรียนรู้แบบมีผู้ฝึกสอน (Supervised Learning)

ในกรณีของการเรียนรู้แบบมีผู้ฝึกสอน โครงข่ายประสาทเทียมระบบประสาทจะสามารถเก็บรวบรวมความรู้ได้โดยการใช้สัญญาณฝึกสอนภายนอก (External Teaching Signal) ซึ่งได้จากผู้ฝึกสอน (External Teacher or Supervisor) ในกรณีเช่นนี้ผู้ฝึกสอนจะมีบทบาทในการส่ง (Mapping) ข้อมูลเข้าโครงข่ายประสาทเทียมระบบประสาทไปเป็นการตอบสนองที่ต้องการ แผนภาพของการเรียนรู้แบบมีผู้ฝึกสอนได้แสดงไว้ในภาพที่ 2.10

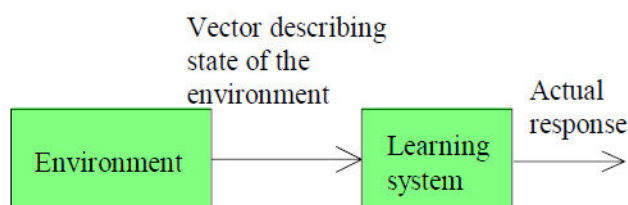


ภาพที่ 2.10 แผนภาพการเรียนรู้แบบมีผู้ฝึกสอน

ภาพที่ 2.10 จะสามารถเห็นได้ว่ากฎการเรียนรู้ที่ใช้ในกรณีนี้ คือ กฎการเรียนรู้โดยการแก้ข้อผิดพลาด สัญญาณข้อผิดพลาดจะได้จากความแตกต่างระหว่างการตอบสนองที่ต้องการซึ่งได้มาจากผู้ฝึกสอนกับการตอบสนองที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมจากระบบประสาทที่ใช้การเรียนรู้แบบมีผู้ฝึกสอน โดยส่วนใหญ่แล้วจะใช้การเรียนรู้โดยการแก้ข้อผิดพลาดซึ่งใช้วิธีลดตามความชันในการปรับค่าตัวถ่วงน้ำหนักการเชื่อมโยงตามที่ได้กล่าวมาแล้ว อย่างไรก็ตาม สำหรับโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้การเรียนรู้แบบมีผู้ฝึกสอนบางโครงข่ายประสาทเทียมนั้น กระบวนการเรียนรู้จะไม่ได้กระทำผ่านการหาค่าต่ำสุดของฟังก์ชัน ตัวอย่างของโครงข่ายประสาทเทียมดังกล่าวได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียมมอดูลาร์ (Modular Network) ในกรณีของโครงข่ายประสาทเทียมมอดูลาร์นั้น การเรียนรู้แบบมีผู้ฝึกสอนจะกระทำ โดยการหาค่าสูงสุด (Maximisation) ของฟังก์ชันและฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักจะเป็นแบบล็อก (Log-Likelihood Function) ซึ่งการปรับค่าตัวถ่วงน้ำหนักการเชื่อมโยงจะกระทำโดยวิธีเพิ่มตามความชัน (Gradient Ascend Method)

## 2) การเรียนรู้แบบไม่มีผู้ฝึกสอน (Unsupervised Learning)

ในทางตรงกันข้ามกับการเรียนรู้แบบมีผู้ฝึกสอน ในการเรียนรู้แบบไม่มีผู้ฝึกสอนนั้นจะไม่มีผู้ฝึกสอนซึ่งมีหน้าที่ป้อนสัญญาณฝึกสอน (Teaching Signal) ให้กับโครงข่ายประสาทเทียมระบบประสาท แผนภาพของการเรียนรู้แบบไม่มีผู้ฝึกสอนได้แสดงไว้ในภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 แผนภาพการเรียนรู้แบบไม่มีผู้ฝึกสอน

ภาพที่ 2.11 จะเห็นได้ว่าข้อมูลเข้าของโครงข่ายประสาทเทียมนั้นจะมีอยู่เพียงข้อมูลเดียว ซึ่งคือเวกเตอร์ที่ใช้ในการอธิบายสถานะของสิ่งแวดล้อม แผนภาพนี้ชี้ให้เห็นว่าเป้าหมายของการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมระบบประสาทจะขึ้นอยู่กับกลยุทธ์การเรียนรู้ (Learning Strategy) ซึ่งได้ฝัง (Embed) ในโครงข่ายประสาทเทียมระบบประสาท วิธีการที่นิยมใช้ในกระบวนการเรียนรู้แบบไม่มีผู้ฝึกสอน คือการใช้กฎฮิวริสติก (Heuristic Rule) ในการทำให้เกิดการเรียนรู้ภายในโครงข่ายประสาทเทียมระบบประสาท ตัวอย่างหนึ่งของกลยุทธ์การเรียนรู้แบบไม่มีผู้ฝึกสอน คือการใช้กฎฮิวริสติกปรับตัวถ่วงน้ำหนักการเชื่อมโยงของนิวรอนซ่อนในโครงข่ายประสาทเทียมเรเดียลเบสซิสฟังก์ชัน ในกรณีนี้เวกเตอร์ตัวถ่วงน้ำหนักการเชื่อมโยง (ซึ่งเรียกว่าศูนย์กลางของฟังก์ชันฐานหลักเชิงรัศมี หรือ Radial-Basis Function) ที่มีระยะทางแบบยูคลิดที่สั้นที่สุดจากเวกเตอร์ข้อมูลเข้าของโครงข่ายประสาทเทียม ณ ช่วงเวลาหนึ่ง จะถูกย้ายตำแหน่งในปริภูมิของข้อมูลเข้าไปในทิศทางที่ชี้เข้าหาเวกเตอร์ข้อมูลเข้านั้น

### 2.3.7 การกำหนดค่าตัวถ่วงน้ำหนัก

ค่าถ่วงน้ำหนักมีความสัมพันธ์กับอะไรและมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เช่นเดียวกับเด็กที่คลอดออกมา มีสมองแล้วแต่สมองยังไม่เติบโตเพียงพอ และยังไม่ได้รับการฝึกสอนและการเรียนรู้เด็กจึงไม่สามารถทำกิจกรรมใดๆ ได้ด้วยตนเอง เว้นแต่ที่ธรรมชาติสร้างมาพร้อมกับการกำเนิดคือ “สัญชาตญาณ” ซึ่งธรรมชาติให้คุณลักษณะบางอย่างในเซลล์สมองบางส่วน ตั้งแต่อยู่ในครรภ์มารดา อาทิ ระบบการหายใจ การเรียกร้องเมื่อ หิว เจ็บ ปวด เป็นต้น หลังจากนั้นสมองของเขาจะได้รับการฝึกสอนและเจริญเติบโตพร้อมกัน เซลล์สมองจะได้รับการปรับคุณลักษณะสอดคล้องกับการฝึกสอน และจะเจริญเติบโตไปเป็นโครงข่ายที่สอดคล้องกัน

โดยโครงข่ายประสาทเทียมที่สร้างขึ้นมามีลักษณะเช่นเดียวกัน คือ เมื่อสร้างเสร็จแต่ละเซลล์ประสาทรุ่นนั้นจะไม่มีคุณลักษณะใดเลย เนื่องจากยังไม่มีกำหนดค่าซินแนปติกส์เวกซ์ที่เหมาะสมที่ความต้องการให้กับโครงข่าย จึงต้องมีการฝึกสอนเพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมที่สร้างขึ้นให้มิลักษณะตามต้องการ การฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียมจะกระทำโดยการเปลี่ยนแปลงค่า



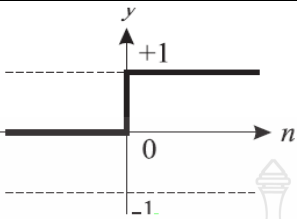
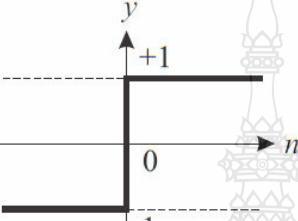
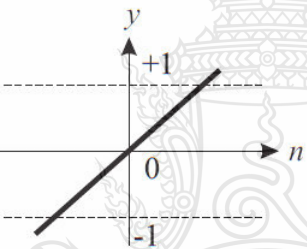
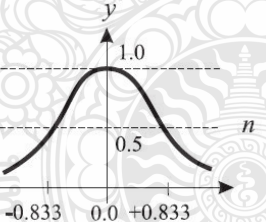
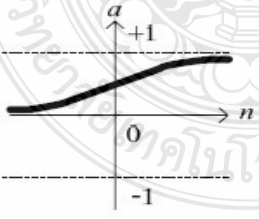
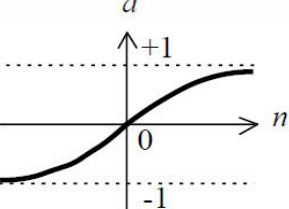
ชินแนปติกส์เวจัน เพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมจดจำรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตได้ โดยขั้นตอนแรกอาจกำหนดเป็นค่าสุ่มใดๆ (Random Weight) ก่อนแล้วถึงปรับเปลี่ยนค่าถ่วงน้ำหนักไปตามอัลกอริทึมสมมุติฐานหลายๆ รอบ จนกว่าจะได้เอาต์พุตของโครงข่ายประสาทเทียมเหมือนกับเอาต์พุตของโครงข่ายประสาทเทียมที่ต้องการ ในเงื่อนไขความผิดพลาดที่ยอมรับได้

การฝึกสอนให้โครงข่ายประสาทเทียม คือ การปรับค่าตัวถ่วงน้ำหนักทุกๆ จุดให้สอดคล้องกับอินพุตหลายๆแบบ เพื่อให้เอาต์พุตออกมาตามต้องการ การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม คือการเรียนรู้โครงข่ายประสาทเทียมนั้น มีขีดจำกัด ปัญหาต่างๆ ผู้ใช้ต้องแก้ไขให้มันก่อนแล้วนำผลนั้นไปอ้างอิง สำหรับการปรับค่าถ่วงน้ำหนัก หลังจากปรับจนได้ค่าผิดพลาดที่เอาต์พุตเทียบกับเอาต์พุตเป้าหมายเป็นที่พอใจแล้ว โครงข่ายประสาทเทียมนั้น พร้อมทั้งจะวิเคราะห์อินพุตและให้เอาต์พุตตามลักษณะตัวอย่างที่เคยเรียนรู้มา การเรียนรู้จะมีการปรับค่าถ่วงน้ำหนักหลายๆ รอบจนค่าถ่วงน้ำหนักสอดคล้องกับตัวอย่างหลายๆ ตัวอย่างแล้วจะสามารถให้เอาต์พุตได้ตามต้องการ พบว่าโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้ตัวอย่างมาสอนมากๆ โครงข่ายนั้น จะมีความแม่นยำสูงขึ้น แต่จะใช้เวลาการปรับสอนเพิ่มขึ้นเช่นกัน

#### 2.3.8 ฟังก์ชันถ่ายโอนหรือฟังก์ชันการกระตุ้น [11]

ฟังก์ชันการถ่ายโอนเป็นตัวกำหนด ค่าเอาต์พุต กล่าวคือฟังก์ชันถ่ายโอนเป็นส่วนที่ทำหน้าที่รวมค่าเชิงตัวเลขจากเอาต์พุตของนิวรอน แล้วทำการตัดสินใจว่าจะยิงสัญญาณเอาต์พุตออกไปในรูปแบบใดฟังก์ชันถ่ายโอนสามารถเป็นได้ทั้ง แบบเชิงเส้นหรือไม่เป็นเชิงเส้น การเลือกใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนจะขึ้นอยู่กับลักษณะของระบบ ที่นำเอาเครือข่ายประสาทเทียม ไปประยุกต์ใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนมีอยู่หลายแบบตัวอย่างแบบที่มีการใช้งานทั่วไปมากที่สุดมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ฟังก์ชันถ่ายโอนหรือฟังก์ชันการกระตุ้น

ชื่อฟังก์ชันถ่ายโอน	กราฟฟังก์ชันถ่ายโอน	MATLAB ฟังก์ชัน	สมการฟังก์ชันถ่ายโอน
hard limit		hardlim	$y = 0$ ถ้า $n < 0$ $y = 1$ ถ้า $n \geq 0$
symmetrical hard limit		hardlims	$y = -1$ ถ้า $n < 0$ $y = +1$ ถ้า $n \geq 0$
linear		purelin	$y = n$
radial basis function		radbas	$y = e^{-n^2}$
log-sigmoid		logsig	$a = \frac{1}{1 + e^{-n}}$
hyperbolic tangent sigmoid		tansig	$a = \frac{e^n - e^{-n}}{e^n + e^{-n}}$

การเลือกใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนควรจะต้องมีการวิเคราะห์พิจารณาให้เหมาะสมกับระบบ หรือ ปัญหาที่ต้องการแก้ไข ยกตัวอย่างเช่นฟังก์ชันซิกมอย แบบลอการิทึมมีเอาต์พุตอยู่ในช่วง  $(0, 1)$  ในขณะที่ฟังก์ชันซิกมอย แบบเส้นสัมผัสไฮเพอร์โบลาร์มีเอาต์พุตอยู่ในช่วง  $(-1, 1)$  เป็นต้น ลักษณะ ความเป็นเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้นของฟังก์ชันถ่ายโอนเองนั้น มีผลโดยตรงต่อการทำงานของ เครือข่าย ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของการทำให้เป็นทั่วไป (Generalization) หรือความเร็วในการเรียนรู้ของ เครือข่าย อย่างไรก็ตาม การเลือกชนิดของฟังก์ชันถ่ายโอนมักจะทำโดยการทดลองเลือกฟังก์ชันแบบต่างๆ ทำการปรับพารามิเตอร์ของฟังก์ชัน แล้วสังเกตผลว่าเครือข่ายให้ผลลัพธ์ ตามที่ต้องการหรือไม่ถ้าไม่ ทำการเลือกฟังก์ชันหรือปรับพารามิเตอร์ใหม่จนกระทั่งได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ

## 2.4 สรุป

การพยากรณ์ที่มีความเที่ยงตรงต้องมีหลายปัจจัยของข้อมูลที่ส่งผลต่อการพยากรณ์และต้อง นำข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาใช้เป็นข้อมูลอินพุตเพื่อที่จะได้ข้อมูลเอาต์พุตที่เป็นค่าพยากรณ์ จากข้อมูล ทั้งหมดที่ได้รวบรวมมาจะเห็นได้ว่าโครงข่ายประสาทเทียมมีพัฒนาและมีการเลือกใช้ให้เหมาะสมกับ ความสามารถในการเรียนรู้ จดจำและการพยากรณ์ข้อมูลในอนาคตได้โดยต้องได้รับการฝึกสอนจาก ข้อมูลตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับเอาต์พุตที่ต้องการ ดังนั้นจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อการพยากรณ์ แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกได้

การเลือกใช้โครงสร้างนั้นอาจจะต้องทำการทดลองหลายๆ รูปแบบเพราะไม่มีเกณฑ์ในการ กำหนดตายตัว เนื่องจากแต่ละรูปแบบอาจเหมาะสมกันแต่ละปัญหา เงื่อนไขและพารามิเตอร์ที่ต่างกัน ที่ใช้ในการพยากรณ์ในส่วนของการเลือกใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนควรจะต้องมีการวิเคราะห์พิจารณาให้ เหมาะสมกับระบบ (อินพุตและเอาต์พุต) หรือปัญหาที่ต้องการแก้ไข

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะแสดงถึงการเก็บข้อมูลองค์ประกอบต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการผลิตกำลังไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และ การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่างๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์และสร้างโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อใช้ในการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก

#### 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1.1 รวบรวมข้อมูลสถิติค่าการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกสะสมทั่วโลกปี พ.ศ. 2543 - 2554

3.1.2 รวบรวมข้อมูลต่างๆ ศึกษาตัวแปรอินพุตต่างๆ ที่มีผลการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก ซึ่งได้แก่

- 1) ราคาน้ำมัน ซึ่งเป็นผลจากความวิกฤติ ของเชื้อเพลิงที่ใช้ใน การผลิตกำลังไฟฟ้า
- 2) ราคาแผงโฟโตโวลตาอิกซึ่งถือได้ว่าเป็น อุปกรณ์หลักของ การผลิตกำลังไฟฟ้า
- 3) อุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์ PV ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับอุปสงค์ และอุปทาน
- 4) การเพิ่มขึ้นของประชากรโลกส่งผลต่อความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่มากขึ้น

3.1.3 นำข้อมูลจากการกำหนดตัวแปรอินพุตไปสร้างและฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อได้เอาต์พุตเป็นค่าการพยากรณ์

3.1.4 ทดสอบการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมโดยวัดค่าผิดพลาดในการพยากรณ์โดยเปรียบเทียบระหว่างฟังก์ชันถ่ายโอนแบบต่างๆ

3.1.5 แสดงผลเปรียบเทียบกับข้อมูลทางสถิติ และ วิธีการพยากรณ์แบบเกรย์ (GM (1,1) Grey Forecasting Method จากการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลกช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543-2554 แล้วทดลองพยากรณ์ในปี พ.ศ. 2555

3.1.6 สรุปผลการทดลอง

#### 3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลของกำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์สะสมทั่วโลก

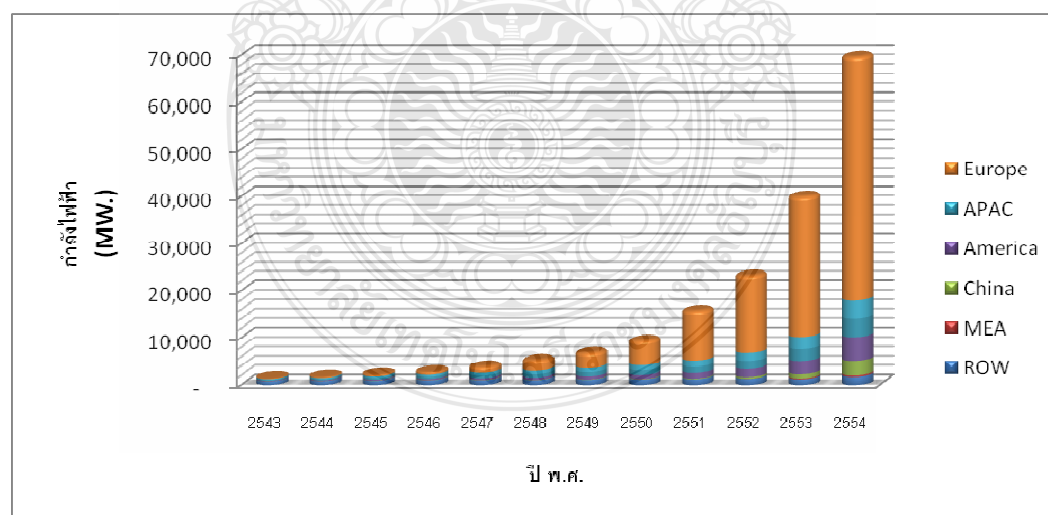
ในรอบ 10 ปีที่ผ่านมาโลกได้พัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกำลังไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Photovoltaic) ขึ้นมาก แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของการเติบโตในภาคการผลิตและ

ติดตั้งใช้งาน แม้จะมีวิกฤติทางเศรษฐกิจและการเงินในแต่ละประเทศก็ตาม ธุรกิจการผลิตอุปกรณ์การผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกเพื่อนำไปติดตั้งใช้งาน ก็ยังดำเนินต่อไปอย่างมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นจากภาพที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าในปี พ.ศ. 2552 มีการติดตั้งระบบผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกประมาณ 23 GW แต่ในปี พ.ศ. 2553 มีการติดตั้งระบบผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกประมาณ 40 GW และ ข้อมูลล่าสุด ปีพ.ศ. 2554 ประมาณ 69 GW และพบว่าการเติบโตมากกว่าพลังงานทดแทนรูปแบบอื่นเช่น พลังงานน้ำ และพลังลมมากกว่า ร้อยละ 70 ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สถิติค่าการผลิตกำลังไฟฟ้าจากจากโฟโตโวลตาอิกสะสมทั่วโลกปี พ.ศ. 2543-2554 [2]

ปี พ.ศ.	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554
ROW	751	807	887	964	993	1,003	1,108	1,150	1,226	1,306	1,209	1,717
MEA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	205	336
China	19	30	45	55	64	68	80	100	145	373	893	3,093
America	146	177	222	287	379	496	645	856	1,205	1,744	2,820	5,053
APAC	355	491	677	902	1,178	1,475	1,797	2,080	2,643	3,409	5,116	7,769
Europe	154	248	389	590	1,297	2,299	3,285	5,257	10,554	16,357	29,777	51,716
<b>Total (MW)</b>	<b>1,425</b>	<b>1,753</b>	<b>2,220</b>	<b>2,798</b>	<b>3,911</b>	<b>5,341</b>	<b>6,915</b>	<b>9,443</b>	<b>15,773</b>	<b>23,210</b>	<b>40,020</b>	<b>69,684</b>

โดย ROW : Rest of the World , MEA : Middle East and Africa , APAC : Asia Pacific

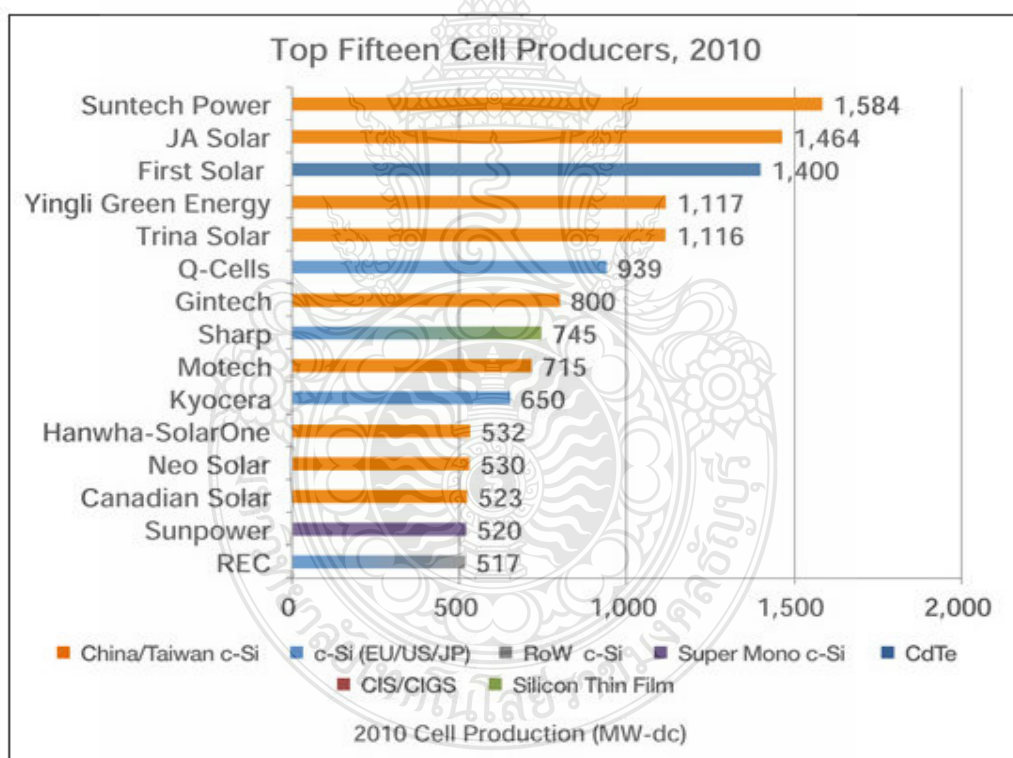


โดย ROW : Rest of the World , MEA : Middle East and Africa , APAC : Asia Pacific

ภาพที่ 3.1 ค่าการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกสะสมทั่วโลกระหว่างปี พ.ศ. 2543-2554 [2]

### 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ภาวะโลกร้อน และราคาเชื้อเพลิงที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วง 12 ปีที่ผ่านมา ทำให้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นหนึ่งในพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) และสะอาดได้รับความสนใจจากประเทศต่างๆ มีการใช้ที่แพร่หลายขึ้น แม้ปัจจุบันการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ยังคิดเป็นสัดส่วนน้อยเมื่อเทียบกับพลังงานในรูปแบบอื่น แต่นั่น ก็เป็นเทคโนโลยีพลังงานที่เติบโตเร็วที่สุดโดยมีอัตราการเติบโตของโลกเฉลี่ยร้อยละ 48 ต่อปีนับแต่ปี พ.ศ. 2545 เป็นต้นมา การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของทั้งโลกในปี พ.ศ. 2550 สูงถึง 2.8 กิกะวัตต์ และมีแนวโน้มที่จะขยายตัวได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้อุตสาหกรรมการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นอุตสาหกรรมอีกหนึ่งที่น่าจับตามอง จึงได้เกิดบริษัทใหม่ๆ เพิ่มขึ้นมากมายในช่วง 12 ปีที่ผ่านมาอุตสาหกรรมการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในเอเชียขยายตัวอย่างรวดเร็ว ดังแสดงในภาพที่ 3.2

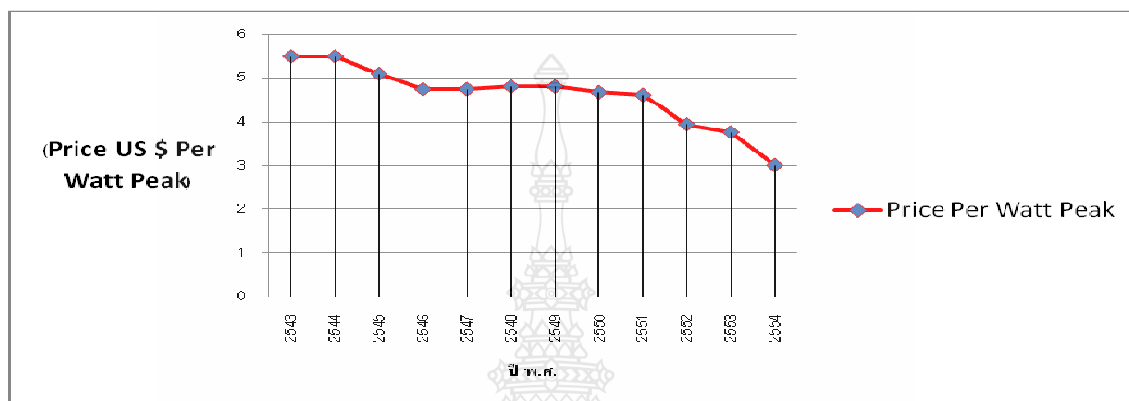


ภาพที่ 3.2 บริษัทที่มีการผลิตแผงเซลล์สูงสุดในปี พ.ศ. 2553

ตารางที่ 3.2 ราคาขายแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Price US \$ Per Watt Peak) [12]

ปี	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554
ราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์	5.5	5.5	5.1	4.75	4.75	4.81	4.81	4.68	4.62	3.95	3.77	3.02

(Price US \$ Per Watt Peak)



ภาพที่ 3.3 ราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [12]

จะเห็นได้ว่าราคาของอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตกำลังไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มีแนวโน้มลดลงคิดเป็นประมาณ ร้อยละ 31 คิดจากปี พ.ศ. 2552-2553 จึงเป็นข้อมูลที่น่าสนใจกับผู้ลงทุนในการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

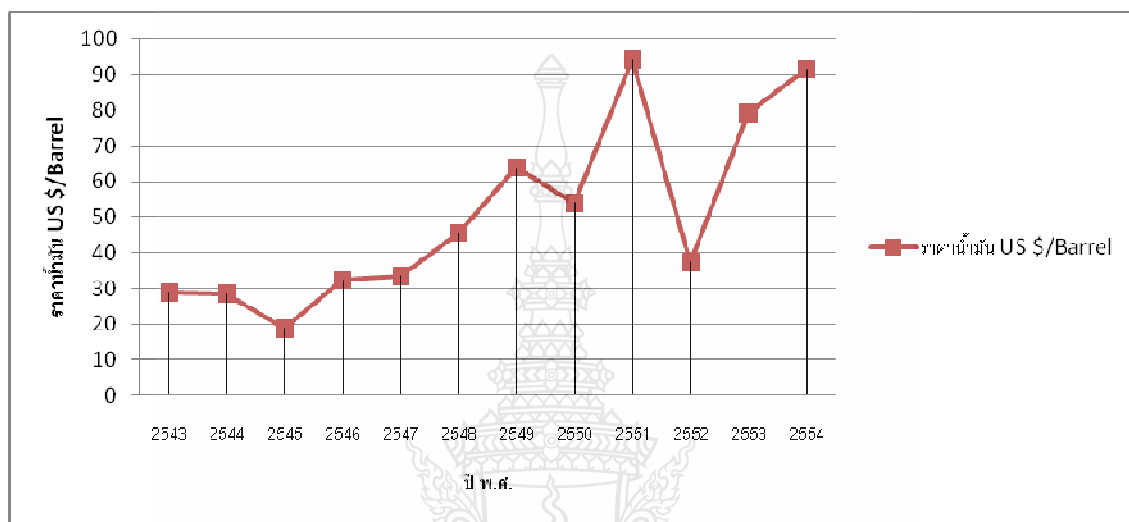
### 3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลราคาน้ำมัน

พลังงานจากน้ำมันสามารถนำมาไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง ทั้งทางตรงและทางอ้อม น้ำมันได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา เพื่อให้ทันกับวิวัฒนาการของเครื่องยนต์ที่เจริญก้าวหน้าอย่างมากและรูปแบบของความต้องการที่หลากหลาย จึงเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญ ในการตอบสนองความต้องการของประชาชน และการผลิตในภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม ที่มีความเจริญก้าวหน้าอย่างไม่หยุดยั้งและมีการใช้น้ำมันที่มากขึ้นทุกปี

ดังนั้น จึงต้องมีการจัดหาและผลิตน้ำมันให้มีปริมาณที่เพียงพอ มีราคาที่เหมาะสม และมีคุณภาพที่ดี สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ ในกิจกรรมการผลิตต่างๆ ได้อย่างเพียงพอ แต่ในทางตรงข้าม น้ำมันเชื้อเพลิงก็มีปริมาณที่จำกัดและใกล้หมดลง

ตารางที่ 3.3 สถิติราคาน้ำมันในตลาดโลก [13]

ปี พ.ศ.	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554
ราคาน้ำมัน US \$/Barrel	28.98	28.62	18.88	32.42	33.54	45.66	63.96	53.95	94.23	37.43	79.31	91.53



ภาพที่ 3.4 สถิติราคาน้ำมันในตลาดโลกในช่วง 12 ปีที่ผ่านมา

### 3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูลของอุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์ PV [9]

การเติบโตของอุตสาหกรรมการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในช่วงที่ผ่านมา มีข้อจำกัดจากอุปทานของวัตถุดิบ ปัจจุบันการผลิตถูกจำกัดโดยอุปทานของวัตถุดิบ (โพลีซิลิกอน) ซึ่งตั้งแต่ปี 2549 มีความขาดแคลน ส่งผลให้ราคาโพลีซิลิกอนซึ่งเป็นต้นทุนที่สำคัญปรับตัวเพิ่มขึ้นมาก ทำให้บริษัทผู้ผลิตบางส่วนหันไปหาการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (Thin Film) ที่เป็นเทคโนโลยีการผลิตที่มีการพึ่งพาโพลีซิลิกอนต่ำกว่าการผลิตแบบ Crystalline

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากความต้องการซิลิกอนบริสุทธิ์ที่สูงจูงใจให้มีการลงทุนผลิตเพิ่ม ดังนั้น คาดว่าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 สถานการณ์ความขาดแคลนโพลีซิลิกอนเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมจะมีแนวโน้มคลี่คลายลง ซึ่งหมายความว่าต้นทุนการผลิตและราคาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีแนวโน้มลดลงในอนาคต

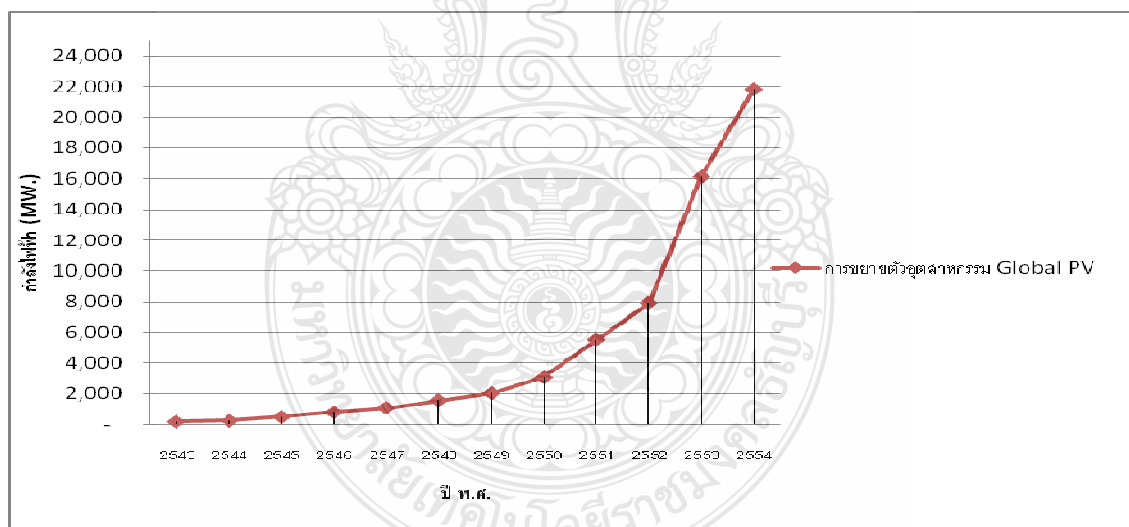
ปัจจัยหลักที่สนับสนุนการเติบโตของตลาดเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์โลก มาจากนโยบายการส่งเสริมของรัฐ ตลาดหลักของพลังงานแสงอาทิตย์มีการกระจุกตัวอยู่ในไม่กี่ประเทศใน



ยุโรป โดยตลาดที่ใหญ่ที่สุด (ส่วนแบ่งตลาดเกือบร้อยละ 50) และเติบโตเร็วที่สุดอยู่ที่ สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี รองลงมาคือประเทศสเปน (ประมาณร้อยละ 20) ในขณะที่ตลาดนอกยุโรปที่มีความสำคัญ ได้แก่ ญี่ปุ่น จีน และสหรัฐอเมริกา ซึ่งในประเทศเหล่านี้ มีนโยบายที่สนับสนุนและมีการให้ความสำคัญกับการใช้พลังงานทางเลือกที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม อาทิ การให้เครดิตภาษี การรับซื้อกระแสไฟฟ้าอัตราที่จูงใจเป็นต้น การขยายตัวของอุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์ PV นี้มีผลทางด้านความน่าสนใจในการลงทุนติดตั้ง แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งในการติดตั้งแบบครัวเรือนหรือบนหลังคาบ้านหรือการ ติดตั้งเพื่อขายกระแสไฟฟ้า หากมีการเจริญเติบโตที่ดีแล้วก็จะยอมทำให้ราคาอุปกรณ์มีแนวโน้มลดต่ำลงตามไปด้วย

ตารางที่ 3.4 การขยายตัวของอุตสาหกรรม PV ในตลาดโลก (MW)

ปี พ.ศ.	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554
การขยายตัวของอุตสาหกรรม Global PV (MW)	198	252	500	788	1,050	1,550	2,030	3,073	5,492	7,913	16,141	21,800



ภาพที่ 3.5 การขยายตัวของอุตสาหกรรม PV ในตลาดโลก (MW)

### 3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูลของจำนวนประชากรโลกและอัตราการเจริญเติบโตของประชากร [ 14]

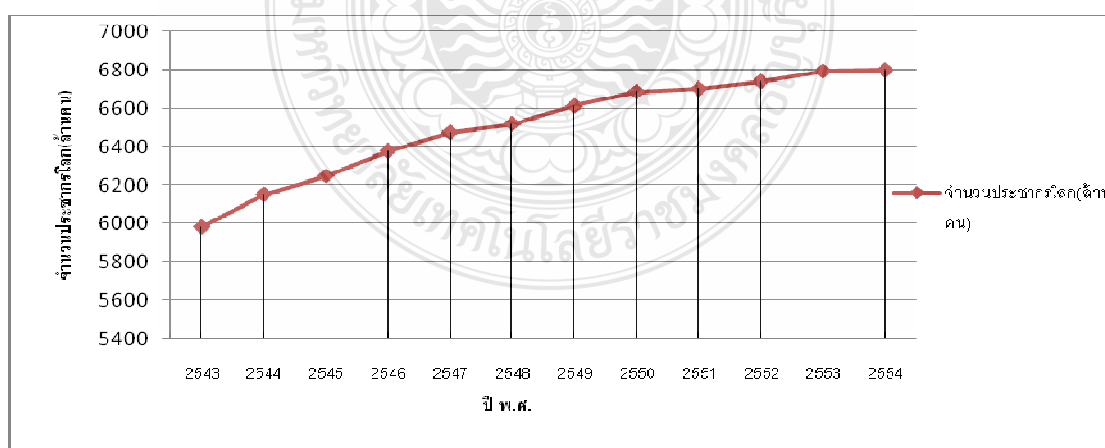
ปัจจุบันประชากรโลก ได้เพิ่มจำนวนมากขึ้นเป็นลำดับ โดยการเปลี่ยนแปลงของประชากรโลก เกิดจากอัตราการเกิดและการตาย ซึ่งส่งผลกระทบต่อเช่นเดียวกัน ในทุกประเทศทั่วโลก โดย

องค์การสหประชาชาติ ได้เห็นความสำคัญของประชากรหรือมนุษย์ ซึ่งเป็นตัวแปรหลักที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสถานะต่างๆ และพลังงาน โดยทั่วโลกได้มีการเฉลิมฉลอง จำนวนประชากรโลกที่มีจำนวนครบ 5,000 ล้าน เมื่อวันที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ.2530 และในเดือนพฤศจิกายน 2551 ได้มีการประมาณว่าจะมีจำนวนประชากรสูงมากขึ้นถึง 6,600 ล้านคน (คาดว่าเพิ่มเป็น 6,700 ล้านคนในเดือนเมษายน 2552)

ประชากรโลกนั้นมีแนวโน้มว่าจะมีวัยเด็กลดน้อยลง โดยจำนวนของประชากรสูงอายุและวัยทำงานมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้น แสดงว่าโครงสร้างของประชากรได้เปลี่ยนแปลงเข้าไปสู่สังคมผู้สูงอายุ (Aging Society) และทำงาน ซึ่งขณะนี้ยุโรปกลายเป็นภูมิภาคที่มีผู้สูงอายุมากที่สุดในโลก โดยเฉพาะประเทศอิตาลี กรีซ สเปน สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี สวิตเซอร์แลนด์ หลายประเทศ จึงพยายามศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับผู้สูงอายุมากขึ้น เพื่อพัฒนาประเทศของตนให้มีคุณภาพกลายเป็น “สังคมผู้สูงอายุที่มีคุณภาพ” และสามารถดำรงอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและพึ่งพาตนเองได้ต่อไป ชาวเอเชียมีจำนวนสูงถึง ร้อย 60 ของจำนวนประชากรโลก ซึ่งประเทศจีนเป็นประเทศที่มีจำนวนประชากรมากที่สุดในโลกและตามมาด้วยประเทศอินเดีย รายละเอียดจำนวนประชากรโลกดังตารางที่ 3.5

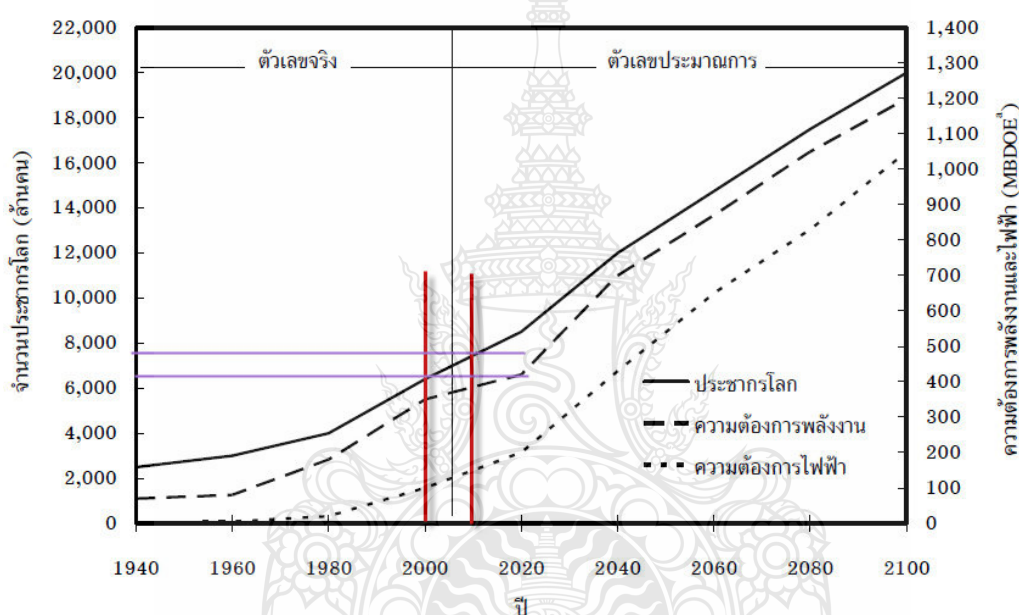
ตารางที่ 3.5 จำนวนประชากรโลก (ล้านคน)

ปี พ.ศ.	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554
จำนวนประชากรโลก (ล้านคน)	5982	6151	6248	6379	6475	6520	6614	6688	6703	6741	6795	6800



ภาพที่ 3.6 การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรโลก (ล้านคน)

จะเห็นได้ว่าการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกก็มีส่วนกดดันต่อสถานการณ์พลังงานของโลกเช่นกัน อัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกอยู่ที่ประมาณ 1.2 – 2 เปอร์เซ็นต์ต่อปี และคาดว่าประชากรโลกจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าจากจำนวนในปัจจุบัน ในช่วงกลางศตวรรษที่ 21 ในปี พ.ศ. 2593 คาดว่าโลกจะมีประชากรสูงถึง 12,000 ล้านคน อัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และปริมาณ ความต้องการพลังงานก็จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในปี พ.ศ.2593 ซึ่งความต้องการพลังงานขั้นต้นจะเพิ่มขึ้นประมาณ 1.5 – 3 เท่าจากปัจจุบัน การแสวงหาแหล่งพลังงานใหม่ การอนุรักษ์พลังงาน และรักษาสิ่งแวดล้อมจึงเป็นเรื่องที่สำคัญต่อมนุษยชาติเป็นอย่างยิ่ง



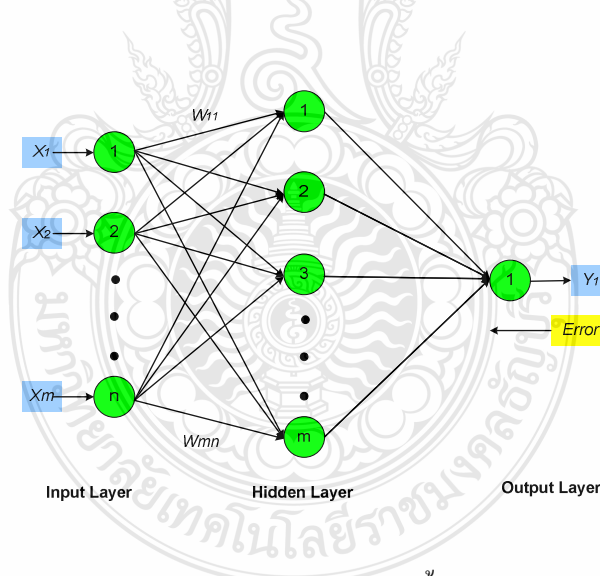
ภาพที่ 3.7 การเพิ่มขึ้นของประชากรโลก ความต้องการพลังงาน และความต้องการไฟฟ้า [15]

จากข้อมูลที่ได้อีกนำมา นำเข้ามาเป็นอินพุตหรือตัวอย่างข้อมูล เพื่อใช้เป็นตัวแปรในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมซึ่ง เป็นองค์ประกอบที่มีผลต่อประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมมากที่สุด

### 3.7 การพิจารณาและการกำหนดโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม

ข้อมูลที่ได้จากการกำหนดค่าตัวแปรอินพุต เอาต์พุตเป็นฟังก์ชันต่อเนื่องแบบไม่เป็นเชิงเส้นจากการศึกษาในบทที่ 2 นั้น สามารถจะเลือกใช้โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม แบบหลายชั้น (Multiple-Layer Network) โดยรูปแบบของการทำงานที่ป้อนไปข้างหน้า (Feed Forward) ส่วน

การฝึกสอนจะใช้การฝึกสอนชนิดแพร่ค่าย้อนกลับ (Back Propagation) โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมลักษณะเช่นนี้นิยมเรียกว่า “โครงข่ายประสาทเทียมเปอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น (Multilayer Perceptron Network; MLP หรือ Feed-Forward Back-Propagation Network; BP)” โดยนิเวรอนทุกชั้นจะเชื่อมต่อถึงกันหมด เส้นเชื่อมต่อกันจะมีค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) กำกับอยู่ด้วย โครงข่ายประสาทเทียมนี้เป็น Mapping Network นั่นคือโครงข่ายสามารถคำนวณฟังก์ชันในบางลักษณะที่กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุต โดยอาศัยการเรียนรู้แบบแพร่ค่าย้อนกลับ ลักษณะการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม BP จะกระทำ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรก แพทเทินอินพุตถูกส่งไปยังชั้นอินพุต (Input Layer) ซึ่งในชั้นนี้จะไม่มีการคำนวณใดๆ ชั้นซ่อน (Hidden Layer) เป็นชั้นที่รับข้อมูลจากชั้นอินพุตมาคำนวณจากนั้นส่งค่าที่ได้จากการคำนวณมายังชั้นเอาต์พุต (Output Layer) จนได้คำตอบออกมา ขั้นตอนที่สอง เมื่อได้คำตอบออกมาก็จะเปรียบเทียบกับคำตอบที่ได้กับคำตอบจริง ถ้าคำตอบไม่ถูกต้องก็จะคำนวณค่าความผิดพลาดและแพร่ย้อนกลับค่าความผิดพลาดไปยังใช้เอาต์พุตและชั้นซ่อนโดยการปรับค่าถ่วงน้ำหนักในชั้นซ่อนและชั้นเอาต์พุต เพื่อให้โครงข่ายได้คำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบจริงมากที่สุด โดยโครงข่ายแบบนี้เหมาะสมกับข้อมูลหลายๆ ข้อมูลแบบไม่เป็นเชิงเส้นและแต่ละข้อมูลมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกัน



ภาพที่ 3.8 โครงข่ายประสาทเทียมเปอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น (Multilayer Perceptron Network; MLP)

### 3.8 การจัดเรียงข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตของโครงข่ายประสาทเทียม

จากที่ได้กล่าวมาเบื้องต้นข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลกต้องเป็นข้อมูลที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการ

ผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลกได้แก่ กำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ราคาน้ำเชื้อเพลิงในตลาดโลก การขยายตัวของอุตสาหกรรมการผลิตโฟโตโวลตาอิกและจำนวนของประชากรโลก

เพื่อทำการฝึกสอน โครงข่ายให้เรียนรู้และจัดจำแนกข้อมูลเป็น 2 ชุด คือ ข้อมูลชุดแรกเป็นข้อมูลอินพุตสำหรับการฝึกสอน ข้อมูลที่สองเป็นข้อมูลเอาต์พุตสำหรับการฝึกสอน

ตารางที่ 3.6 ข้อมูลอินพุตใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

ชุดข้อมูล	Input:	อธิบาย
a	กำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์	ข้อมูลสถิติ ปี 2543-2552 จำนวน 10 ข้อมูล
b	ราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์	ข้อมูลสถิติ ปี 2543-2552 จำนวน 10 ข้อมูล
c	ราคาน้ำเชื้อเพลิงในตลาดโลก	ข้อมูลสถิติ ปี 2543-2552 จำนวน 10 ข้อมูล
d	การขยายตัวของอุตสาหกรรมการผลิตโฟโตโวลตาอิก	ข้อมูลสถิติ ปี 2543-2552 จำนวน 10 ข้อมูล
e	จำนวนของประชากรโลก	ข้อมูลสถิติ ปี 2543-2552 จำนวน 10 ข้อมูล

ตารางที่ 3.7 ข้อมูลเอาต์พุตใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

ชุดข้อมูล	Input:	อธิบาย
Output	ค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์	ข้อมูลสถิติ ปี 2544-2553 จำนวน 10 ข้อมูล

การกำหนดอินพุตของโครงข่ายประสาทเทียมจะประกอบด้วย 5 ข้อมูลหรือ 5 นิวรอนอินพุตแต่ละประเภทของ อินพุตมีข้อมูลจำนวน 11 ข้อมูล รวม 55 ข้อมูล ซึ่งนำค่ามาจากปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก ข้อมูลเหล่านี้ต้องจัดเรียงให้อยู่ในรูปแบบเมตริกซ์โดยให้แต่ละข้อมูลที่ใช้พยากรณ์ในปีเดียวกันอยู่ในคอลัมน์เดียวกัน

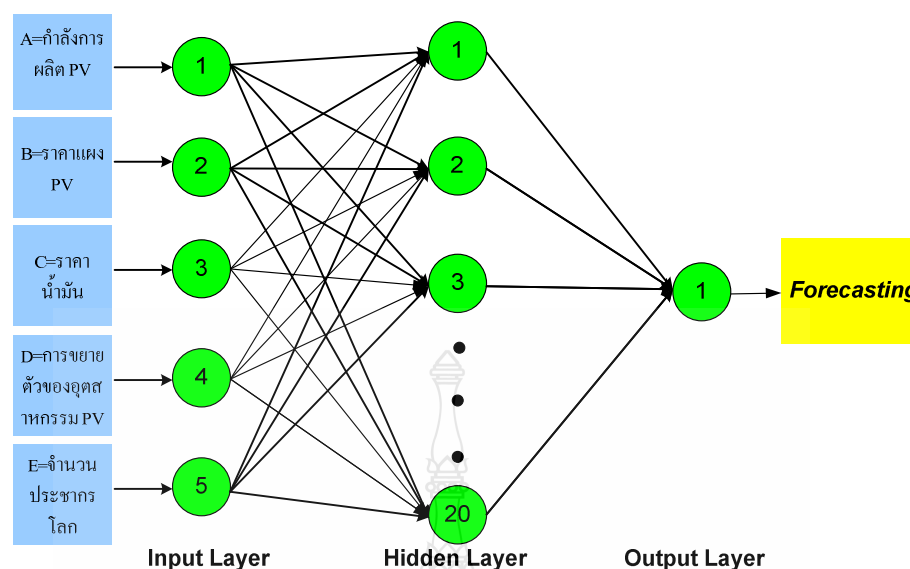
```
%Set Data Input
a= [1425 1753 2220 2798 3911 5340 6915 9443 15772 23210];
b= [5.5 5.5 5.1 4.75 4.75 4.81 4.81 4.68 4.62 3.95];
c= [28.98 28.62 18.88 32.42 33.54 45.66 63.96 53.95 94.23
37.43];
d= [198 252 500 788 1050 1550 2030 3073 5492 7913];
e= [5982 6151 6248 6379 6475 6520 6614 6688 6703 6741];
```

ภาพที่ 3.9 อินพุตสำหรับสอนโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการพยากรณ์

นอกจากนี้ในกระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้า (Feed Forward) ส่วนการฝึกสอนจะใช้การฝึกสอนชนิดแพร่ค่าย้อนกลับ (Back Propagation) หรือ Feed-Forward Back-Propagation Network; BP นั้น จะต้องมียุทธศาสตร์เป้าหมาย (Target Output) เรียกว่า ยุทธศาสตร์เป้าหมายสำหรับสอน ซึ่งได้จากโครงข่ายประสาทเทียม คือค่าการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลกในปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 จำนวน 1 ค่าในแต่ละปี และในการสอนโครงข่ายประสาทเทียมนั้นจำเป็นต้องจัดข้อมูล ยุทธศาสตร์เป้าหมายสำหรับอินพุตหนึ่งๆ เพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมจดจำค่าดังกล่าวการจัดเรียงข้อมูล

```
%Set Data Output
output=[1753 2220 2798 3911 5340 6915 9443 15772 23210 40019 ];
```

ภาพที่ 3.10 ยุทธศาสตร์เป้าหมายสำหรับสอนโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลก



ภาพที่ 3.11 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม(Artificial Neural Network หรือ ANN) แสดงข้อมูลอินพุตและเอาต์พุต

### 3.9 การสร้างโครงข่ายประสาทเทียม

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ Neural Network Toolbox ใน MATLAB ในการสร้างโครงข่ายประสาทเทียมโดยดำเนินการกำหนดดังนี้

#### 3.9.1 ค่าเริ่มต้นของค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) และค่าไบอัส (Bias)

การเลือกค่าเริ่มต้นของค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสสำหรับการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมนั้นโดยทั่วไปจะมี 2 วิธีคือ กำหนดค่าเริ่มต้นของค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสด้วยตนเอง หรืออีกวิธีคือให้โปรแกรมทำการเลือกค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัส โดยวิธีการสุ่มเลือกโดยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้วิธีการสุ่มเลือกค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัส

#### 3.9.2 การทำ Pre-Processing และ Post-Processing ข้อมูล

การจัดมาตรฐานข้อมูลก่อนการฝึกสอนพิจารณาข้อมูลที่ได้จากการกำหนดค่าตัวแปร เป็นฟังก์ชันต่อเนื่องแบบไม่เป็นเชิงเส้นทำการจัดระเบียบข้อมูลอินพุต ให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน (Normalization) และเนื่องจาก Transfer Function ของโครงข่ายประสาทเทียมโดยมากแล้วจะทำงานกับข้อมูลที่มีค่าไม่เกิน 1 ดังนั้นข้อมูลต่างๆ ที่นำมาใช้งานจะต้องมีการแปลงค่าให้อยู่ในช่วงดังกล่าว ซึ่งเรียกว่า Pre-Processing และเช่นเดียวกันเอาต์พุต ของโครงข่ายประสาทเทียมจะมีค่าไม่เกิน 1 ดังนั้นจะต้องมีการแปลงค่ากลับซึ่งเรียกว่า Post-Processing โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้การทำ Pre-

Processing และ Post-Processing แบบ Min-Max กล่าวคือข้อมูลที่มีค่ามากที่สุดจะถูกแปลงให้มีค่าเท่ากับ 1 และ ข้อมูลที่มีค่าน้อยที่สุดจะถูกแปลงให้มีค่าเท่ากับ -1 ส่วนข้อมูลอื่นๆ ใช้สมการเชิงเส้นที่สร้างจากค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดในการแปลงค่าดังสมการที่ 3.1

$$y = 2 * \left( \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \right) - 1 \quad (3.1)$$

```
%Pre-Processing
[an,mina,maxa]=premnmx(a);
[bn,minb,maxb]=premnmx(b);
[cn,minc,maxc]=premnmx(c);
[dn,mind,maxd]=premnmx(d);
[en,mine,maxe]=premnmx(e);
[outputn,minoutput,maxoutput]=premnmx(output);
```

ภาพที่ 3.12 คำสั่งในการทำให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน (Normalization) ของอินพุตและเอาต์พุต

ในการแปลงค่ากลับตามสมการที่ 3.2

$$x = \frac{1}{2} * (y + 1) * (x_{\max} - x_{\min}) + x_{\min} \quad (3.2)$$

โดยที่ y คือ ข้อมูลที่ทำการแปลงค่าแล้ว  
 x คือ ข้อมูลที่ยังไม่ได้แปลงค่า  
 xmin คือ ค่าต่ำที่สุดของข้อมูลที่ยังไม่ได้แปลงค่า  
 xmax คือ ค่าสูงที่สุดของข้อมูลที่ยังไม่ได้แปลงค่า

ซึ่งใน MATLAB ได้มีการเตรียมคำสั่งที่ใช้ในการแปลงค่าอยู่แล้วคือ minmax ซึ่งใช้งานดังนี้ด้วยคำสั่ง postmnmx

### 3.9.3 จำนวนโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม

จุดที่มีผลต่อโครงข่ายประสาทเทียมอีกจุดหนึ่งคือ จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนจะมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนและจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่มากไม่ได้เป็นตัวที่บอกว่าโครงข่ายประสาทเทียมจะมีประสิทธิภาพดีวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่ค่า



ย้อนกลับ เริ่มต้นที่ชั้นซ่อน 1 ชั้นจำนวนนิวรอน คือ 20 นิวรอน คูผลการฝึกสอนถ้าการฝึกสอนไม่สำเร็จ จะเพิ่มชั้นซ่อนเป็น 2 ชั้น

#### 3.9.4 เงื่อนไขของการสิ้นสุดการฝึกสอน

ค่า Performance Gradient ซึ่งเป็นพารามิเตอร์หนึ่งที่ใช้ในการพิจารณาถึงการสิ้นสุดการฝึกสอน โดยในการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสแต่ละรอบนั้นค่า Performance Gradient จะเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับค่าผิดพลาด ( $e$ ) ที่เกิดขึ้นใน Epoch นั้นๆ โดยการฝึกสอนจะสิ้นสุดลงเมื่อจำนวนรอบในการฝึกสอน คือ 1,000 รอบ และ Performance Gradient มีค่าน้อยกว่า  $1e^{-5}$

```
net.trainParam.epochs=1000
net.trainParam.Goal=e-
```

ภาพที่ 3.13 คำสั่งที่ใช้ในการกำหนดพารามิเตอร์เริ่มต้นของโครงข่ายประสาทเทียม

### 3.10 การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมเป็นกระบวนการที่จะให้โครงข่ายประสาทเทียมรู้จักข้อมูลอินพุตและเอาต์พุต โดยมีอัลกอริทึมที่ช่วยในการฝึกสอนได้รวดเร็วใช้วิธีการแพร่ค่าย้อนกลับจะต้องมีค่าเอาต์พุตเป้าหมาย (target output) เพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงสำหรับเอาต์พุตที่ได้จากการสอนและเรียนรู้แต่ละครั้งด้วยเนื่องจากเอาต์พุตที่ต้องการเป็นค่าที่พยากรณ์ในปีถัดไปดังนั้นโครงข่ายประสาทเทียมจึงมีเอาต์พุต 1 เอาต์พุต คือ 1 นิวรอนนั่นเอง

สำหรับในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนข้อมูลไปข้างหน้าซึ่งสามารถสร้างและใช้ข้อมูลในการฝึกสอนได้ง่ายสำหรับ คำสั่งที่ใช้สำหรับสร้างโครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนข้อมูลไปข้างหน้าใน MATLAB เป็นดังนี้

$$\text{net} = \text{newff}(P,S,TF) \quad (3.3)$$

โดยที่ net คือ ชื่อของโครงข่ายประสาทเทียม

P คือ เมตริกซ์ที่เป็นอินพุต

S คือ จำนวนนิวรอนของชั้นซ่อนในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาถึงผลของจำนวนนิวรอนต่างๆ ต่อความแม่นยำในการพยากรณ์ด้วย ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไปและจำนวนนิวรอนในชั้นเอาต์พุต

TF คือ ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function) ของชั้นซ่อนและชั้นเอาต์พุตซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาถึงผลของการใช้ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function) แบบต่างๆ ต่อความแม่นยำในการพยากรณ์ด้วย ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

```
net=newff(minmax(ptrain),[20,1],{'tansig' 'tansig'})
```

ภาพที่ 3.14 คำสั่งที่ใช้ในการสร้างโครงข่ายประสาทเทียมและองค์ประกอบต่างๆ

โดยโครงข่ายประสาทเทียมที่สร้างในงานวิจัยนี้จะมี 1 ชั้นซ่อนและมีนิวรอล 20 ตัว ในชั้นซ่อนและนิวรอล 1 ตัวในชั้นเอาต์พุต เมื่อสร้างโครงข่ายประสาทเทียมแล้วจะมีตัวแปรที่เป็น Network ตามชื่อที่ตั้งไว้ปรากฏอยู่บน Work Space ของ MATLAB ขั้นตอนต่อไปคือการนำข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตมาฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมคือการ ปรับค่า Weight และ Bias เพื่อให้มีเอาต์พุตตามที่ต้องการต่ออินพุตหนึ่งๆ ซึ่งคำสั่งที่ใช้ฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมคือ

$$\text{net} = \text{train}(\text{net}, \text{P}, \text{T}) \quad (3.4)$$

โดยที่ net คือ ชื่อ

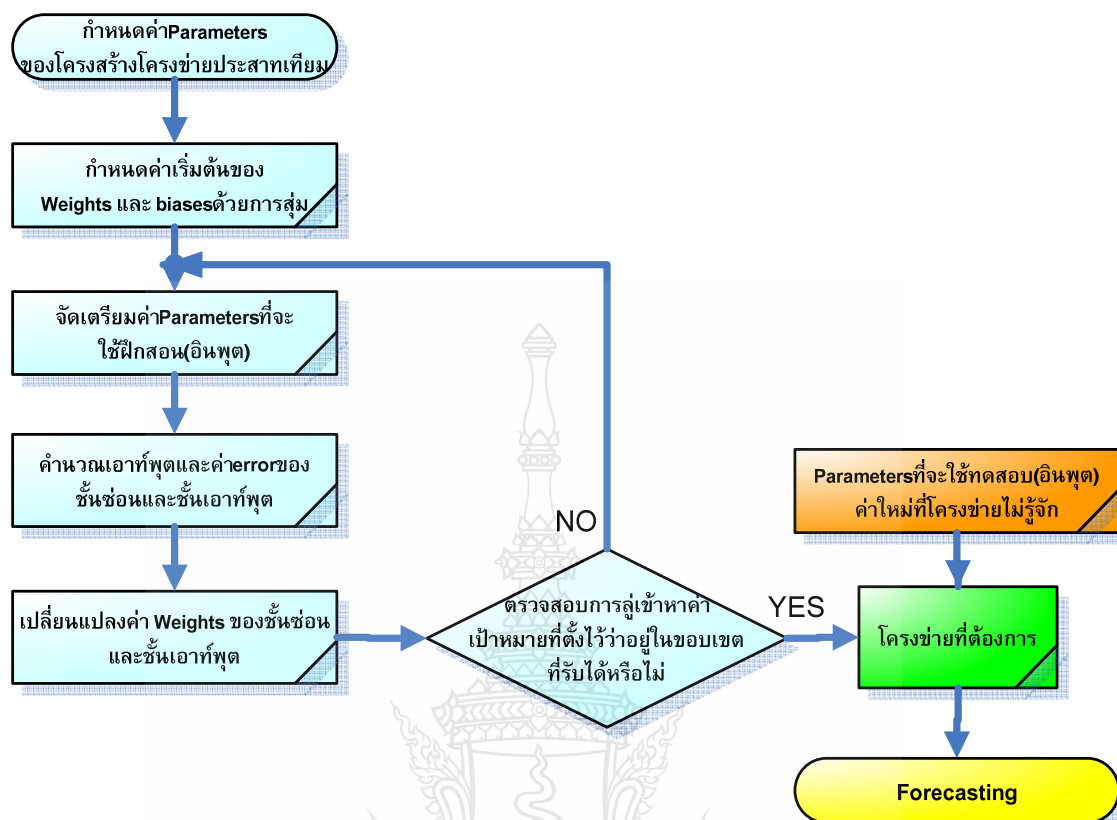
P คือ เมตริกซ์ที่เป็นอินพุต

T คือ เมตริกซ์ที่เป็นเอาต์พุต

```
net=train(net,ptrain,ttrain) %Training ANN by "ptrain" and "ttrain"
```

ภาพที่ 3.15 คำสั่งที่ใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

เมื่อใช้คำสั่ง Train MATLAB จะทำการปรับค่า Weight และ Bias ของโครงข่ายประสาทเทียมโดยวิธีการสุ่มแบบอัตโนมัติ



ภาพที่ 3.16 แผนผังการกำหนดและฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียม Feed Forward Network

ในงานวิจัยนี้ยังได้ศึกษาถึงผลของฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function) และผลของจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อน ซึ่งส่งผลต่อความแม่นยำในการพยากรณ์ โดยได้ศึกษา ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function) ที่แตกต่างกัน 4 ชนิดคือ Pure Linear, Tan-Sigmoid, Log-Sigmoid และ Radial Basis รวมถึงการจัดวางในแต่ละชั้นของโครงข่ายซึ่งทำการทดลองโครงข่ายประสาทเทียมที่แตกต่างกัน 15 แบบดังตารางที่ 3.8 โดยผลการทดลองได้นำเสนอไว้ในบทที่ 4

ตารางที่ 3.8 โครงข่ายประสาทเทียมที่ทำการศึกษาฟังก์ชันถ่ายโอนเปรียบเทียบกับ 15 แบบและใช้  
นิวรอนในชั้นซ่อน จำนวน 20 นิวรอน

รูปแบบที่	ฟังก์ชันในชั้นซ่อน	ฟังก์ชันในชั้นเอาต์พุต
1	Pure Linear	Tan-Sigmoid
2	Pure Linear	Log-Sigmoid
3	Pure Linear	Radial Basis
4	Tan-Sigmoid	Pure Linear
5	Tan-Sigmoid	Tan-Sigmoid
6	Tan-Sigmoid	Log-Sigmoid
7	Tan-Sigmoid	Radial Basis
8	Log-Sigmoid	Pure Linear
9	Log-Sigmoid	Tan-Sigmoid
10	Log-Sigmoid	Log-Sigmoid
11	Log-Sigmoid	Radial Basis
12	Radial Basis	Pure Linear
13	Radial Basis	Tan-Sigmoid
14	Radial Basis	Log-Sigmoid
15	Radial Basis	Radial Basis

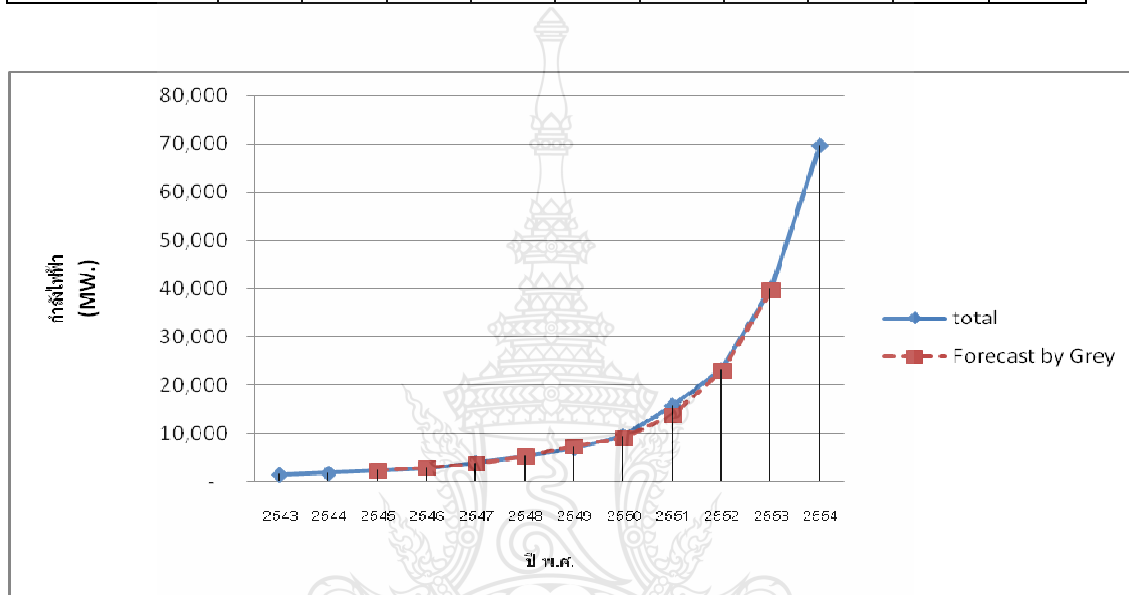
ตารางที่ 3.9 สรุปข้อมูลที่ใช้เป็นอินพุตและเอาต์พุตในการสร้างและฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

ปี พ.ศ.	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554
ชุดข้อมูล												
a สถิติ (MW)	1,425	1,753	2,220	2,798	3,911	5,341	6,915	9,443	15,773	23,210	40,020	69,684
b ราคาแผงเซลล์ (US \$ Per Watt Peak)	5.5	5.5	5.1	4.75	4.75	4.81	4.81	4.68	4.62	3.95	3.77	3.02
c ราคาน้ำมัน US \$/Barrel	28.98	28.62	18.88	32.42	33.54	45.66	63.96	53.95	94.23	37.43	79.31	91.53
d การขยายตัวอุตสาหกรรม Global PV (MW)	198	252	500	788	1,050	1,550	2,030	3,073	5,492	7,913	16,141	21,800
e จำนวนประชากรโลก (ล้านคน)	5982	6151	6248	6379	6475	6520	6614	6688	6703	6741	6795	6800
Output (MW)		1,753	2,220	2,798	3,911	5,341	6,915	9,443	15,773	23,210	40,020	69,684
ข้อมูลที่ใช้สอนและสร้างโครงข่ายประสาทเทียม											ข้อมูล Train	พยากรณ์

### 3.11 ผลการพยากรณ์จาก วิธีการพยากรณ์แบบเกรย์ (GM (1, 1) Grey Forecasting Method) [4]

ตารางที่ 3.10 ผลการพยากรณ์จาก วิธีการพยากรณ์แบบเกรย์

ปี พ.ศ.	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552
ข้อมูลทางสถิติ	1,425	1,753	2,220	2,798	3,911	5,341	6,915	9,443	15,773	23,210
พยากรณ์แบบเกรย์	0	0	2,236	2,818	3,650	5,200	7,250	9,000	13,650	22,878



ภาพที่ 3.17 ผลการพยากรณ์จาก วิธีการพยากรณ์แบบเกรย์

### 3.12 สรุปวิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลที่เป็นปัจจัยสำคัญของการพยากรณ์ แนวโน้มของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีผลต่อการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลกมาเป็นอินพุตให้กับโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อนำมาใช้ในการพยากรณ์ ได้แก่ ราคาน้ำมัน ซึ่งเป็นผลจากความวิกฤติของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตกำลังไฟฟ้า ราคาแผงโฟโตโวลตาอิกซึ่งถือว่าเป็นอุปกรณ์หลักของการผลิตกำลังไฟฟ้า อุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์โฟโตโวลตาอิกซึ่งจะเกี่ยวข้องกับอุปสงค์ และอุปทาน การเพิ่มขึ้นของประชากรโลกส่งผลต่อความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่มากขึ้น และข้อมูลทางสถิติด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลกโดยใช้การสร้างและฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมมี

โครงสร้างแบบป้อนไปข้างหน้า (Feed Forward) และเพื่อเป็นการตรวจสอบความผิดพลาดของการพยากรณ์ จึงแบ่งข้อมูลอีกส่วนมาทดสอบความแม่นยำของการพยากรณ์

การใช้ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function) มีผลต่อความแม่นยำในการพยากรณ์ โครงสร้างที่นิยมใช้มีหลายแบบในงานวิจัยนี้ทำการทดลองทั้งหมด 15 แบบ และศึกษาว่าโครงสร้างใดที่มีคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดซึ่งผลการทดสอบดูได้จาก บทที่ 4



## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่จะนำมาใช้เป็นอินพุตของโครงข่ายประสาทเทียมในบทที่ 3 พบว่า ข้อมูลความ มีความเหมาะสมที่จะนำมาเป็นข้อมูลอินพุต โดยโครงข่ายประสาทเทียมนี้มี 1 ชั้นซ่อนซึ่ง ประกอบไปด้วยนิวรอน 20 ตัว และ ชั้นเอาต์พุตประกอบไปด้วยนิวรอน 1 ตัวเท่ากับจำนวนสมาชิก ของเอาต์พุต ส่วนฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function) ได้สร้างไว้แตกต่างกัน 15 แบบ ตามตารางที่ 3.8 เพื่อที่จะทดลองหารูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่มีความแม่นยำสูงที่สุด โดยโครงข่ายประสาท เทียมทั้ง 15 แบบตามตารางที่ 3.8 ถูกสร้างและทดลองด้วยข้อมูลปี พ.ศ. 2543-2554 ซึ่งผลการทดลอง เป็นไปดังตารางที่ 4.1 ถึง 4.15 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอน รูปแบบที่ 1 (ฟังก์ชัน Pure Linear ในชั้นซ่อน และฟังก์ชัน Tan-Sigmoid ในชั้นเอาต์พุต)

ค่าใช้ทดสอบ (MW)	ครั้งที่										ค่าเฉลี่ย	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
69,684	65,860	65,860	65,860	65,860	65,860	65,860	65,860	65,860	65,860	65,860	65,860	65,860
ร้อยละความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์			5.48763									

ตารางที่ 4.2 ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอน รูปแบบที่ 2 (ฟังก์ชัน Pure Linear ในชั้นซ่อน และฟังก์ชัน Log-Sigmoid ในชั้นเอาต์พุต)

ค่าใช้ทดสอบ (MW)	ครั้งที่										ค่าเฉลี่ย	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
69,684	35,719	35,719	35,719	35,719	35,719	35,719	35,719	35,719	35,719	35,719	35,719	35,719
ร้อยละความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์			48.74146									

ตารางที่ 4.3 ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอน รูปแบบที่ 3 (ฟังก์ชัน Pure Linear ในชั้นซ่อน และฟังก์ชัน Radial Basis ในชั้นเอาต์พุต)

ค่าใช้ทดสอบ (MW)	ครั้งที่										ค่าเฉลี่ย	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
69,684	35,725	35,719	35,719	35,719	35,719	35,719	35,719	35,719	35,719	35,719	35,719	35,720
ร้อยละความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์			48.74060									

ตารางที่ 4.4 ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอน รูปแบบที่ 4 (ฟังก์ชัน Tan-Sigmoid ในชั้นซ่อน และฟังก์ชัน Pure Linear ในชั้นเอาต์พุต)

ค่าใช้ทดสอบ (MW)	ครั้งที่										ค่าเฉลี่ย	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
69,684	79,426	32,384	48,829	64,654	17,148	33,730	67,169	51,277	58,666	39,423	49,271	
ร้อยละความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์			29.29424									

ตารางที่ 4.5 ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอน รูปแบบที่ 5 (ฟังก์ชัน Tan-Sigmoid ในชั้นซ่อนและฟังก์ชัน Tan-Sigmoid ในชั้นเอาต์พุต)

ค่าใช้ทดสอบ (MW)	ครั้งที่										ค่าเฉลี่ย	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
69,684	69,083	59,919	68,824	64,654	76,134	69,708	65,799	68,704	59,263	67,219	66,931	
ร้อยละความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์			3.95112									

ตารางที่ 4.6 ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอน รูปแบบที่ 6 (ฟังก์ชัน Tan-Sigmoid ในชั้นซ่อนและฟังก์ชัน Log-Sigmoid ในชั้นเอาต์พุต)

ค่าใช้ทดสอบ (MW)	ครั้งที่										ค่าเฉลี่ย	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
69,684	69,441	69,684	35,719	35,756	35,728	35,730	35,439	69,677	69,637	69,684	52,650	
ร้อยละความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์			24.44535									



**ตารางที่ 4.7** ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอน รูปแบบที่ 7 (ฟังก์ชัน Tan-Sigmoid ในชั้นซ่อน และฟังก์ชัน Radial Basis ในชั้นเอาต์พุต)

ค่าใช้ทดสอบ (MW)	ครั้งที่										ค่าเฉลี่ย	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
69,684	35,719	69,684	65,860	65,860	35,719	35,719	47,474	35,719	45,837	35,719	47,331	
ร้อยละความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์			32.07766									

**ตารางที่ 4.8** ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอน รูปแบบที่ 8 (ฟังก์ชัน Log-Sigmoid ในชั้นซ่อน และฟังก์ชัน Pure Linear ในชั้นเอาต์พุต)

ค่าใช้ทดสอบ (MW)	ครั้งที่										ค่าเฉลี่ย	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
69,684	47,949	35,719	35,783	35,849	35,572	38,976	35,789	35,841	56,432	22,189	38,010	
ร้อยละความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์			45.45391									

**ตารางที่ 4.9** ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอน รูปแบบที่ 9 (ฟังก์ชัน Log-Sigmoid ในชั้นซ่อนและฟังก์ชัน Tan-Sigmoid ในชั้นเอาต์พุต)

ค่าใช้ทดสอบ (MW)	ครั้งที่										ค่าเฉลี่ย	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
69,684	24,029	17,959	63,995	18,168	34,526	22,543	18,765	57,943	24,679	35,421	31,803	
ร้อยละความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์			54.36140									

**ตารางที่ 4.10** ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอน รูปแบบที่ 10 (ฟังก์ชัน Log-sigmoid ในชั้นซ่อนและฟังก์ชัน Log-sigmoid ในชั้นเอาต์พุต)

ค่าใช้ทดสอบ (MW)	ครั้งที่										ค่าเฉลี่ย	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
69,684	53,198	60,316	69,684	35,721	35,719	63,818	35,719	53,887	69,684	36,395	51,414	
ร้อยละความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์			26.21821									

**ตารางที่ 4.11** ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอน รูปแบบที่ 11 (ฟังก์ชัน Log-Sigmoid ในชั้นซ่อนและฟังก์ชัน Radial Basis ในชั้นเอาต์พุต)

ค่าใช้ทดสอบ (MW)	ครั้งที่										ค่าเฉลี่ย	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
69,684	35,719	35,719	35,719	35,719	35,719	44,657	35,719	46,813	35,719	35,719	37,722	
ร้อยละความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์			45.86677									

**ตารางที่ 4.12** ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอน รูปแบบที่ 12 (ฟังก์ชัน Radial Basis ในชั้นซ่อนและฟังก์ชัน Pure Linear ในชั้นเอาต์พุต)

ค่าใช้ทดสอบ (MW)	ครั้งที่										ค่าเฉลี่ย	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
69,684	24,029	17,959	63,995	18,168	34,526	22,543	18,765	57,943	24,679	35,421	31,803	
ร้อยละความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์			54.36140									

**ตารางที่ 4.13** ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอน รูปแบบที่ 13 (ฟังก์ชัน Radial Basis ในชั้นซ่อนและฟังก์ชัน Tan-sigmoid ในชั้นเอาต์พุต)

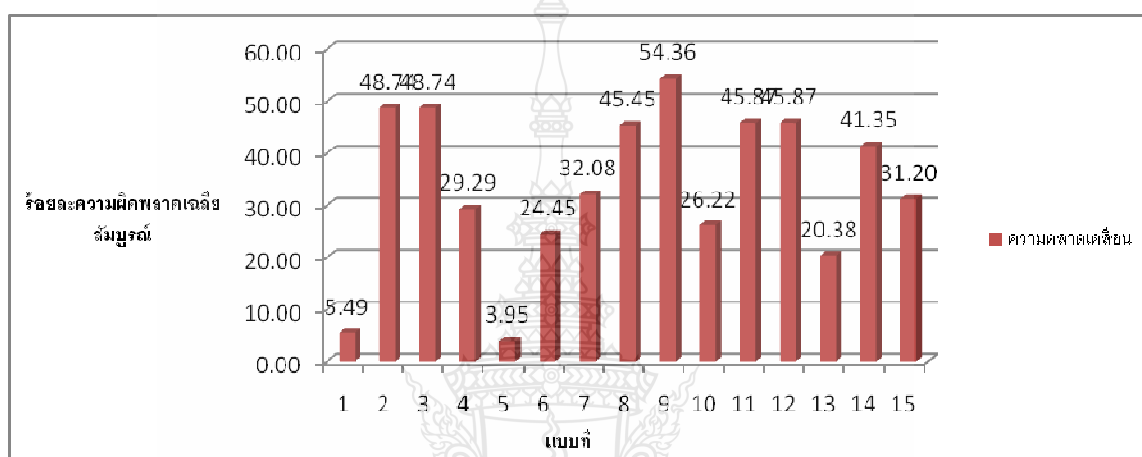
ค่าใช้ทดสอบ (MW)	ครั้งที่										ค่าเฉลี่ย	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
69,684	24,689	60,316	69,684	53,217	87,634	63,818	35,719	66,644	69,684	23,451	55,486	
ร้อยละความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์			20.37541									

**ตารางที่ 4.14** ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอน รูปแบบที่ 14 (ฟังก์ชัน Radial Basis ในชั้นซ่อน และฟังก์ชันในชั้นเอาต์พุต Log-Sigmoid)

ค่าใช้ทดสอบ (MW)	ครั้งที่										ค่าเฉลี่ย	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
69,684	45,789	35,719	35,783	45,674	35,572	38,976	35,789	56,743	56,432	22,189	40,867	
ร้อยละความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์			41.35440									

ตารางที่ 4.15 ค่าการพยากรณ์โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอน รูปแบบที่ 15 (ฟังก์ชัน Radial Basis ในชั้นซ่อน และฟังก์ชันในชั้นเอาต์พุต Radial Basis)

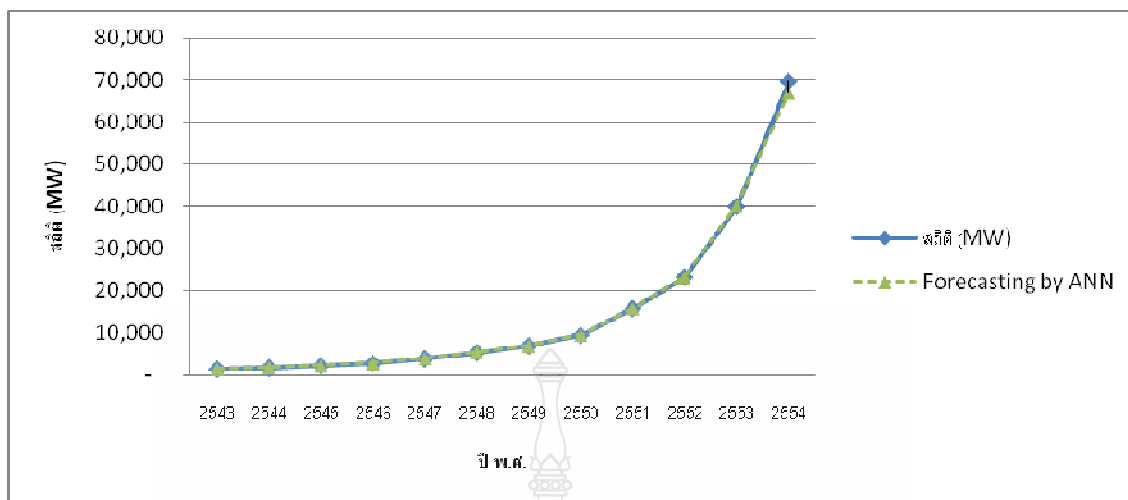
ค่าใช้ทดสอบ (MW)	ครั้งที่										ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
69,684	79,364	42,384	48,459	64,648	23,468	34,567	64,532	11,231	43,252	67,546	47,945
ร้อยละความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์					31.19640						



ภาพที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ที่ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function) รูปแบบต่างๆ จากตารางที่ 4.1 ถึง 4.15

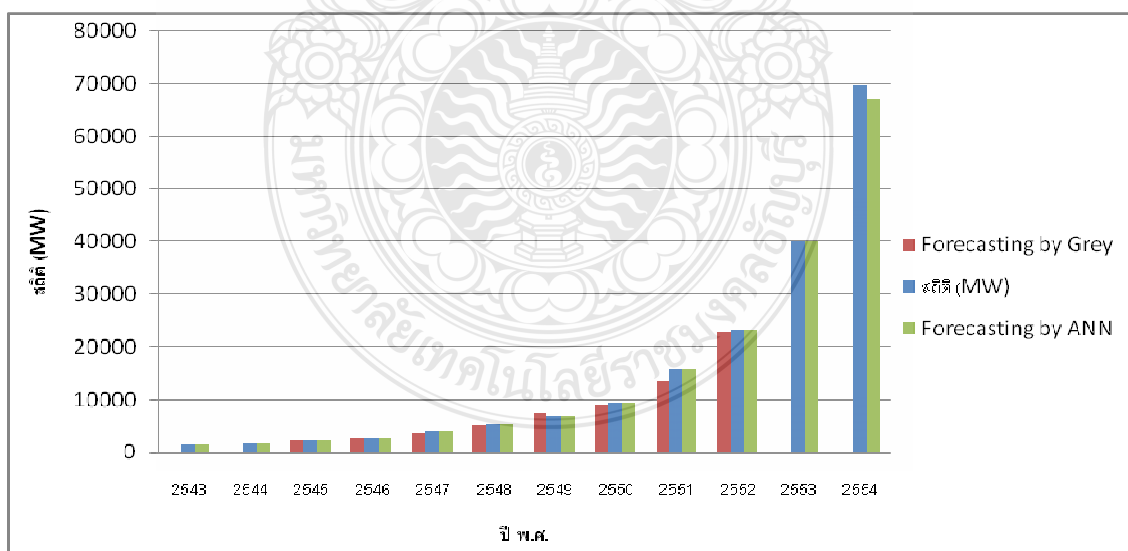
จากภาพที่ 4.1 พบว่าโครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function) แตกต่างกันส่งผลให้ความแม่นยำในการพยากรณ์แตกต่างกันไปด้วย ซึ่งรูปแบบที่มีค่า MAPE สูงที่สุดคือรูปแบบที่ 9 (ฟังก์ชัน Log-Sigmoid ในชั้นซ่อน และฟังก์ชัน Tan-Sigmoid ในชั้นเอาต์พุต) และรูปแบบที่มีค่า MAPE ต่ำที่สุดคือรูปแบบที่ 5 (ฟังก์ชัน Tan-Sigmoid ในชั้นซ่อน และฟังก์ชัน Tan-Sigmoid ในชั้นเอาต์พุต)

จากนั้นนำผลที่ได้จากการพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function) รูปแบบที่ 5 มาทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลทางสถิติ ซึ่งได้ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE) เท่ากับ 3.950 แสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมจากงานวิจัยกับข้อมูลทางสถิติ (หน่วยเป็น เมกะวัตต์ (MW))

นำผลที่ได้จากการพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมที่ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function) รูปแบบที่ 5 มาทำการเปรียบเทียบกับผลการพยากรณ์กับวิธีการพยากรณ์แบบเกรย์ (GM (1, 1) Grey Forecasting Method) แสดงในภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมจากงานวิจัยกับวิธีการพยากรณ์แบบเกรย์ (GM (1, 1) Grey Forecasting Method)

ดังนั้นจึงนำโครงข่ายที่ได้จากการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมมาทำการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของโลกในปี พ.ศ. 2555 ใช้การเขียนโปรแกรมแสดงดังภาพที่ 4.4

```

%Set Data
a=[1425 1753 2220 2798 3911 5340 6915 9443 15772 23210 40019 69684];%2000-2011การผลิตไฟฟ้าจากPV(MW)
b=[5.5 5.5 5.1 4.75 4.75 4.81 4.81 4.68 4.62 3.95 3.77 3.02];%2000-2011 Price Per Watt Peak($)
c=[28.98 28.62 18.88 32.42 33.54 45.66 63.96 53.95 94.23 37.43 79.31 91.53];%2000-2011 oil($/barrel)
d=[198 252 500 788 1050 1550 2030 3073 5492 7913 16141 21800];%2000-2011 การขยายตัวอุตสาหกรรมผลิต Global PV(MW)
e=[5982 6151 6248 6379 6475 6520 6614 6688 6703 6741 6795 6800];%2000-2011 จำนวนประชากรโลก
output=[1753 2220 2798 3911 5340 6915 9443 15772 23210 40019 69684];%2001-2011(MW)

%Pre-Processing
[an,mina,maxa]=premnmx(a);%Normalize a (like per-unit)
[bn,minb,maxb]=premnmx(b);%Normalize b (like per-unit)
[cn,minc,maxc]=premnmx(c);%Normalize c (like per-unit)
[dn,mind,maxd]=premnmx(d);%Normalize d (like per-unit)
[en,mine,maxe]=premnmx(e);%Normalize e (like per-unit)
[outputn,minoutput,maxoutput]=premnmx(output);%Normalize output (like per-unit)

%Training
ptrain=[an(1:11);bn(1:11);cn(1:11);dn(1:11);en(1:11)];%Create training input data
ttrain=[outputn(1:11)]; %Create training output data (target)
net=newff(minmax(ptrain),[20,1],{'tansig' 'tansig'})%Create ANN name "net" feed-forward type 20 neural in
net=train(net,ptrain,ttrain) %Training ANN by "ptrain" and "ttrain"

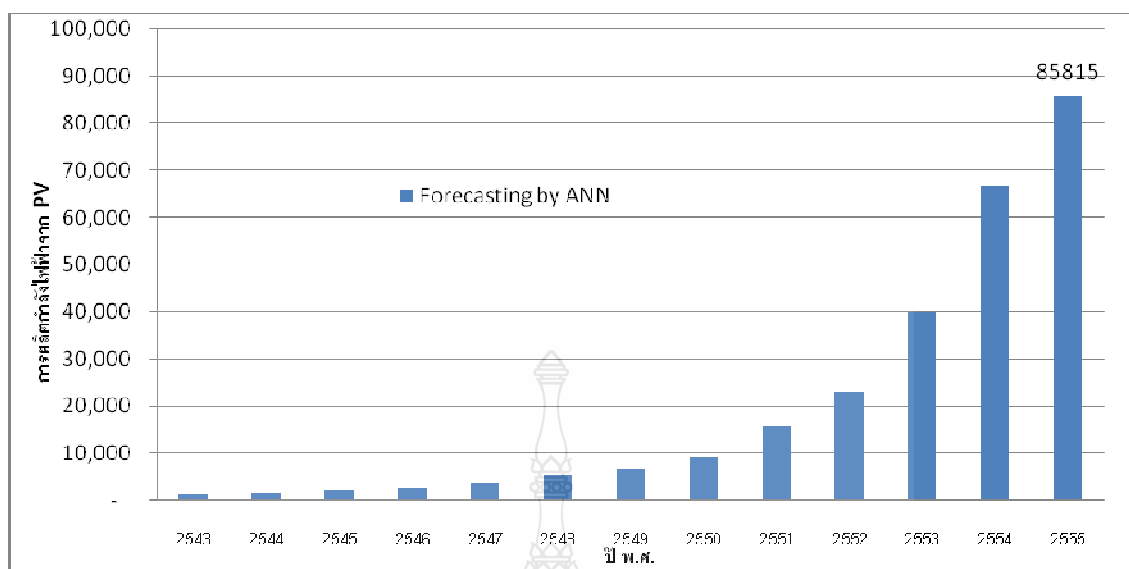
%Testing
ptest2011=[an(12);bn(12);cn(12);dn(12);en(12)];%Create input data for testing
forecastn=sim(net,ptest2011)%Forecasting by ANN name "net" using input data name "ptest2011"
forecast=postmnmx(forecastn,minoutput,maxoutput)%De-normalize output (Actual value not per-unit)
error=(forecast-output(12))/output(12)*100 %Calculate error

```

ภาพที่ 4.4 การเขียนโปรแกรม Neural Network Toolbox ใน MATLAB ในการสร้างและฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

ตารางที่ 4.16 ผลการพยากรณ์แนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลกในปี 2555

สถิติ (MW) ปี	การพยากรณ์ปี 2012										ค่าเฉลี่ย	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
2554	69,684	89,521	87,665	89,855	88,642	86,734	78,942	81,002	78,352	87,842	89,590	85,815



ภาพที่ 4.5 การพยากรณ์แนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลกในปี พ.ศ. 2555

```

Command Window
b: (2x1 cell) contain
other:
userdata: (user stuff)
forecastn =
-0.7878
forecast =
8.9590e+003

```

ภาพที่ 4.6 ตัวอย่างค่าที่ได้จากการพยากรณ์

#### 4.2 การเขียนโปรแกรมการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมโดยใช้ Graphic User Interface Design Environment: GUIDE หรือ GUI

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้โปรแกรม GUI ในการเขียนโปรแกรมพยากรณ์การผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก ซึ่งโปรแกรม GUI สามารถสร้างและในงานโปรแกรมได้ใน MATLAB จึงสะดวกในการนำไปใช้งาน โดยไม่ต้องทำการฝึกสอนใหม่ทุกครั้งที่ทำกรพยากรณ์

GUI เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างมาสำหรับใช้งานที่ต้องการการแสดงผลค่าเอาต์พุตเป็นตัวเลข กล่าวคือ ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องเขียนชุดคำสั่งใดๆ ทั้งสิ้น โดยภาษาที่ใช้ในโปรแกรมนี้อาจ

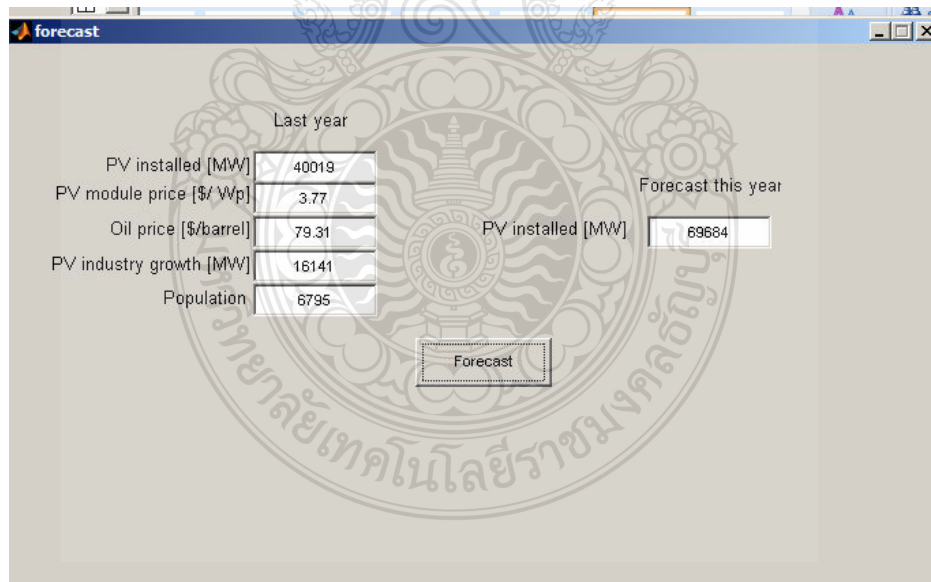
เรียกว่า ภาษารูปภาพ หรือภาษา G (Graphic Language) ซึ่งใช้รูปภาพแทนฟังก์ชันและลูกศรแทนทิศทางการไหลของข้อมูล ทำให้โปรแกรมสามารถใช้งานได้ง่ายและผู้ใช้สามารถลดเวลาในการพัฒนาโปรแกรมลงไปได้มาก

โปรแกรม GUI มีองค์ประกอบหลักๆ อยู่ 2 องค์ประกอบคือ

1) หน้าปัดหรือ Front Panel ซึ่งเป็นหน้าจอที่สื่อสารกับผู้ใช้งานโดยทั่วไปจะมีลักษณะเหมือนกับหน้าปัดของเครื่องมือวัด ซึ่งอาจจะมี สวิตช์ ปุ่มกด ลูกบิด หน้าจอแสดงผล

2) บล็อกโคโอะแกรม ซึ่งเปรียบเสมือนกับ Source Code ของโปรแกรมที่อยู่ในภาษา G โดยเป็นส่วนควบคุมการทำงานของโปรแกรมโดยรับ Input และ ส่ง Output ไปยัง Front Panel ส่วนหน้าปัดของโปรแกรม ทำหน้าที่รับข้อมูลและแสดงผล ซึ่งเป็นการติดต่อโดยตรงกับผู้ใช้งานหรืออาจจะเรียกว่าเป็น Graphic User Interface (GUI) ดังภาพที่ 4.7 ซึ่งเป็นส่วนหน้าปัดของโปรแกรมการพยากรณ์ในงานวิจัยนี้ซึ่งทำหน้าที่รับค่าอินพุตของปีปัจจุบันเพื่อ พยากรณ์และ แสดงค่าการพยากรณ์ให้กับผู้ใช้งาน

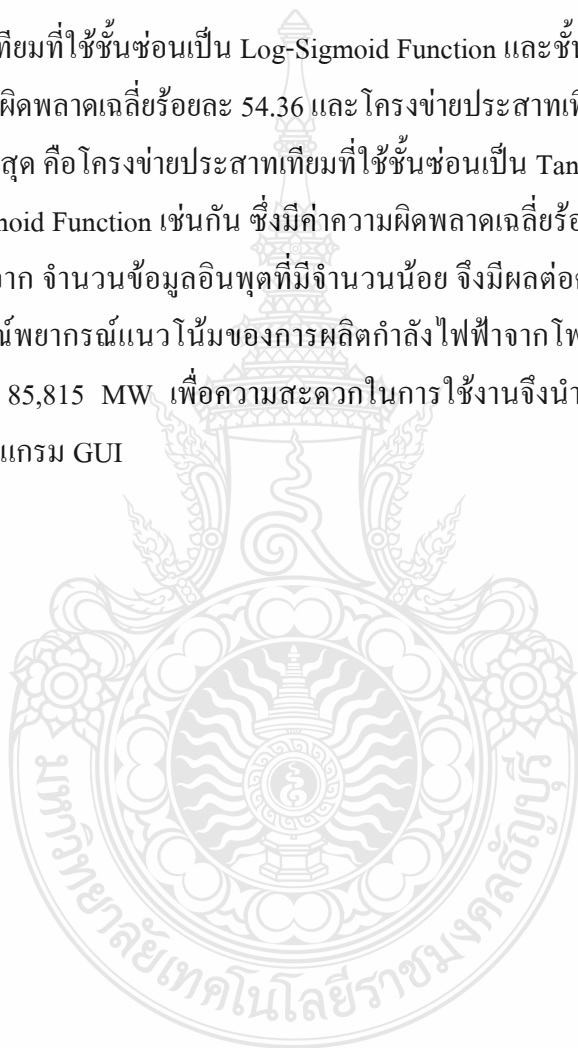
3) ส่วนการประมวลผล จะเป็นการจัดเก็บ โครงข่ายประสาทเทียมที่ได้จากการฝึกสอน เพื่อใช้ในการประมวลผลค่าอินพุตและพยากรณ์ค่าเอาต์พุตในปีถัดไป



ภาพที่ 4.7 ส่วนหน้าปัดของโปรแกรมการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้ GUI

### 4.3 สรุปผลการทดลอง

จากคุณสมบัติหนึ่งของโครงข่ายประสาทเทียมที่ว่ามีความสามารถในการพยากรณ์ได้นั้น จากการทดลองพบว่าการใช้โครงข่ายประสาทเทียมสามารถที่จะทำการพยากรณ์ได้ โดยในปี พ.ศ. 2543 ถึงปี 2553 เป็นการนำเอาข้อมูลมาฝึกสอน สร้างโครงข่ายประสาทเทียม การทดสอบได้ใช้โครงข่ายประสาทเทียมมีโครงสร้างแบบป้อนไปหน้า ซึ่งทดสอบกับข้อมูลที่แบ่งไว้จำนวน 1 ข้อมูล คือข้อมูลปี พ.ศ.2554 พบว่าโครงข่ายประสาทเทียมที่มีค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์เฉลี่ยสูงสุด คือโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ชั้นซ่อนเป็น Log-Sigmoid Function และชั้นเอาต์พุตเป็น Tan-Sigmoid Function ซึ่งมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 54.36 และโครงข่ายประสาทเทียมที่มีค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์เฉลี่ยต่ำที่สุด คือโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ชั้นซ่อนเป็น Tan-Sigmoid Function และชั้นเอาต์พุตเป็น Tan-Sigmoid Function เช่นกัน ซึ่งมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 3.950 แต่ยังมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่เนื่องจาก จำนวนข้อมูลอินพุตที่มีจำนวนน้อย จึงมีผลต่อความผิดพลาดของเอาต์พุต และเมื่อนำมาพยากรณ์พยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลกในปี พ.ศ. 2555 พบว่ามีค่า 85,815 MW เพื่อความสะดวกในการใช้งานจึงนำโครงข่ายที่ได้มาใช้เป็นชุดประมวลผลให้กับโปรแกรม GUI





## บทที่ 5

### สรุป

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

เป็นที่ทราบกันว่าพลังงานในโลกที่มีมากที่สุดคือพลังงานจากแสงอาทิตย์ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่นได้หลายแบบ อาทิ พลังงานความร้อน การผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น ทำให้การผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกเป็นที่นิยม ทั้งยังเป็นพลังงานทดแทนที่สะอาดอีกด้วย จึงทำให้ทุกประเทศทั่วโลกทำการติดตั้งเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นทุกปีอย่างไม่เป็นเชิงเส้น ทำให้เกิดความไม่แน่นอน เกิดการผันผวนของราคาต้นทุนการผลิตไฟฟ้า แต่การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกบนพื้นฐานของสถิติจึงมีความคลาดเคลื่อนสูงและไม่แน่นอน นั้นมาจากปัจจัยหลายตัวที่เกี่ยวข้อง อาทิ ราคาน้ำมัน อุปสงค์และอุปทานของสารกึ่งตัวนำที่ผลิตแผงโฟโตโวลตาอิก ความวิกฤตของพลังงานที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าและอื่นๆ

##### 5.1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อเป็นการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญและจำเป็นที่ภาครัฐจะต้องพิจารณา หากไม่มีการเตรียมการวิจัย วางแผนและพัฒนาพลังงานทดแทนแล้ว ในอนาคตอาจจะได้รับผลกระทบ อย่างรุนแรงจากสถานการณ์ทางด้านพลังงานอย่างแน่นอนซึ่งไม่เพียงส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจเท่านั้น ประชาชนทุกคนที่ใช้พลังงานก็จะได้รับผลกระทบดังกล่าวด้วย ทั้งยังเป็นข้อมูลให้ผู้ผลิตอุปกรณ์ผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกสามารถวางแผน การผลิตและลงทุนก่อสร้าง โรงงานผลิตอุปกรณ์ผลิตกำลังไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีผลทำให้ได้อุปกรณ์ที่ใช้มีราคาถูกลง เนื่องจากการแข่งขันที่สูงและยังทำให้ราคาค่าผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยลดลง แต่การพยากรณ์หรือการทำนายนั้น ไม่ใช่เรื่องง่าย เพราะข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเชิงเส้นและมีองค์ประกอบหลายอย่าง Chi-Yo Huang ได้ทำการศึกษาและนำเสนอการพยากรณ์ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จากข้อมูลทั่วโลก ที่ผ่านมาได้ทำการพยากรณ์โดยใช้ GM (1, 1) Grey Forecasting Method ในการทำนายแนวโน้มจากข้อมูลที่มีอยู่อย่างจำกัดกล่าวคือใช้ข้อมูลทางสถิติด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลกช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543-2554 (ค.ศ. 2000-2011) เพียงอย่างเดียวและมีวิธีขั้นตอนที่ซับซ้อน และยังมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์คิดเป็นร้อยละ 5.035 ซึ่งมีปัจจัยมาจาก การผันผวนของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงในตลาดโลก

### 5.1.2 การดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลกโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมทำการฝึกสอนและทดสอบค่าความแม่นยำโดยอาศัยข้อมูลทางสถิติที่เกี่ยวข้องได้แก่ ราคาน้ำมัน ซึ่งเป็นผลจากความวิกฤติของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตกำลังไฟฟ้า ราคาแผงโฟโตโวลตาอิกซึ่งถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์หลักของการผลิตกำลังไฟฟ้า อุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์โฟโตโวลตาอิก ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับอุปสงค์และอุปทาน การเพิ่มขึ้นของประชากรโลกส่งผลต่อความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่มากขึ้น ข้อมูลทางสถิติด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลก ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000-2011 (พ.ศ. 2543-2554) แต่โครงข่ายประสาทเทียมมีหลายรูปแบบจึงต้องหาแบบที่มีความคลาดเคลื่อนที่ต่ำที่สุดแล้วจึงนำโครงข่ายที่ได้จากการฝึกสอนมาพยากรณ์ในปีถัดไป

### 5.1.3 การทดลองและผลการทดลอง

ผลการศึกษาและทดลองใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปหน้า พร้อมการเรียนรู้แบบแพร่กลับ มีฟังก์ชันถ่ายโอนแบบ Tan-Sigmoid Function ในชั้นซ่อน และชั้นเอาต์พุต ในการพยากรณ์ได้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำที่สุด ซึ่งการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลก โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมมีแม่นยำ ได้ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ร้อยละ(MAPE) 3.950 ซึ่งเมื่อนำผลมาเปรียบเทียบกับทฤษฎี GM (1, 1) Grey Forecasting Method ที่มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ร้อยละ (MAPE) 5.035 ซึ่งแต่ก่อนถือได้ว่าเป็นวิธีทางสถิติที่มีความแม่นยำสูงในการพยากรณ์ข้อมูลที่มีอยู่ไม่มากนัก พบว่างานวิจัยฉบับนี้ใช้โครงข่ายประสาทเทียมมีค่า MAPE ต่ำกว่า ส่วนหนึ่งอาจมาจากเป็นเพราะมีจำนวนข้อมูลที่เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการพยากรณ์มากกว่า

นอกจากนี้ยังนำโครงข่ายที่ได้สร้างและฝึกสอนมาทดลองการพยากรณ์ในปี พ.ศ. 2555 ได้ค่าการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลก เท่ากับ 85,815 MW เมื่อเทียบกับค่าจริง จำนวน 69,684 MW ในปี พ.ศ. 2554 พบว่าอัตราการเพิ่มขึ้นร้อยละ 28.21

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากข้อมูลที่น่าสนใจมีจำนวนจำกัด จึงทำให้เกิดค่าความผิดพลาดขึ้นได้ในอนาคต ต้องมีข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์ที่มากขึ้นและควรศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์เพิ่มเติม อาทิ นโยบายการส่งเสริมของทางภาครัฐ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้การพยากรณ์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และควรพัฒนาโครงข่ายที่มีเกณฑ์กำหนดโดยไม่ต้องอาศัยการลองผิดลองถูกเพียงอย่างเดียวซึ่งอาจให้สามารถหาค่าความคลาดเคลื่อนได้ต่ำลงและใช้เวลาน้อยกว่านี้



## รายการอ้างอิง

- [1] นิพนธ์ เกตุจ้อย, วัฒนพงษ์ รัชชวีเชียร, และสุภฤดี นาถกรณกุล, “เซลล์เชื้อเพลิง: เทคโนโลยีพลังงานสำหรับอนาคต,” วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร, ฉบับที่ 14, 2549. หน้า 35-45.
- [2] EPIA, **Global Market Outlook For Photovoltaics Until 2016**, MAY 2012.
- [3] ผศ.สมเกียรติ เกตุเอี่ยม, **เทคนิคการพยากรณ์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ. 2548.
- [4] Chi-Yo Huang, “Forecasting the Global Photovoltaic Market by Using the GM (1,1) Grey Forecasting Method,” **Green Technologies Conference (IEEE-Green) 2011**, Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan, 2011. pp. 1-5.
- [5] Ting-Chung Yu, “The Forecast of the Electrical Energy Generated by Photovoltaic Systems using Neural Network Method,” **International Conference on Electric Information and Control Engineering (ICEICE)**, 15-17 April 2011. pp. 2758-2761.
- [6] วันชัย จันไกรพล, **การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นของสถานีไฟฟ้าย่อยโดยเครือข่ายประสาทร่วมกับหลักวิธีถ่ายทอดพันธุกรรม**, วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2544.
- [7] บัณฑิต ฤทธิ์ทอง, **การใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการออกแบบระบบไฟฟ้า สำหรับอาคารชุด**, วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2553.
- [8] Wolfgang PALZ, “A PV Roadmap for Europe ,” **World Council for Renewable Energy**, 2005. pp. 1-6.
- [9] A.Skumanich and E.Ryabova, “PV Technology Roadmap: Market And Manufacturing Considerations,” **35th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC)**, CA, USA. 2010 pp.2883-2888.
- [10] ผศ.ดร.ณชล ไชยรัตน์, **ระบบอัจฉริยะ**, เอกสารประกอบการสอนรายวิชา 115204 ศูนย์วิจัย และพัฒนาระบบอัจฉริยะ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2551.
- [11] H.Demuth and M.Beale, **Neural Network Toolbox**. User’s Guide. Version 3 The Math Works Inc, 2001.

- [12] NPD Solarbuzz, **Solarbuzz Retail Pricing** (Online), 2012. Available:  
<http://www.solarbuzz.com> (25 August 2012).
- [13] Thairoil Public Company Limited, **Crude Oil Futures Prices** (Online), 2009. Available:  
<http://th.oilprice.com/> (2 September 2012).
- [14] Wikipedia, **World population** (Online), 2001. Available: <http://en.wikipedia.org> (2 September 2012).
- [15] Stambouli, B. A., & Traversa, E. Fuel cells, “an alternative to standard sources of energy,”  
**Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 2002. pp. 297-306.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

โปรแกรมใน MATLAB ที่ใช้สร้าง ฝึกสอนและทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม



## โปรแกรม MATLAB ที่ใช้สร้าง, สอนและทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม

1) สำหรับ สร้าง,สอน,ทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมและผลการทดสอบ

`%Set Data`

`a=[1425 1753 2220 2798 3911 5340 6915 9443 15772 23210 40019];%2000-2010การผลิตไฟฟ้า  
จากPV(MW)`

`b=[5.5 5.5 5.1 4.75 4.75 4.81 4.81 4.68 4.62 3.95 3.77];%2000-2010 Price Per Watt Peak(&`

`c=[28.98 28.62 18.88 32.42 33.54 45.66 63.96 53.95 94.23 37.43 79.31];%2000-2010 oil($/barrel)`

`d=[198 252 500 788 1050 1550 2030 3073 5492 7913 16141];%2000-2010 การขยายตัว  
อุตสาหกรรมผลิต Global PV(MW)`

`e=[5982 6151 6248 6379 6475 6520 6614 6688 6703 6741 6795];%2000-2010 จำนวนประชากร  
โลก`

`output=[1753 2220 2798 3911 5340 6915 9443 15772 23210 40019 69684];%2001-2011(MW)`

`%Pre-Processing`

`[an,mina,maxa]=premnmx(a);%Normalize a (like per-unit)`

`[bn,minb,maxb]=premnmx(b);%Normalize b (like per-unit)`

`[cn,minc,maxc]=premnmx(c);%Normalize c (like per-unit)`

`[dn,mind,maxd]=premnmx(d);%Normalize d (like per-unit)`

`[en,mind,maxd]=premnmx(e);%Normalize e (like per-unit)`

`[outputn,minoutput,maxoutput]=premnmx(output);%Normalize output (like per-unit)`

`%Training`

`ptrain=[an(1:10);bn(1:10);cn(1:10);dn(1:10);en(1:10)];%Create training input data`

`ttrain=[outputn(1:10)]; %Create training output data (target)`

`net=newff(minmax(ptrain),[20,1],{'tansig' 'tansig'})%Create ANN namme "net" feed-forward type  
20 neural in hidden layer 1 neural in output layer`

`net.trainParam.epochs=1000 %set of cycle`



```
net.trainParam.Goal=e-5% SET of Goal
```

```
net.trainParam.time=inf% set of time
```

```
net=train(net,ptrain,ttrain) %Training ANN by "ptrain" and "ttrain"
```

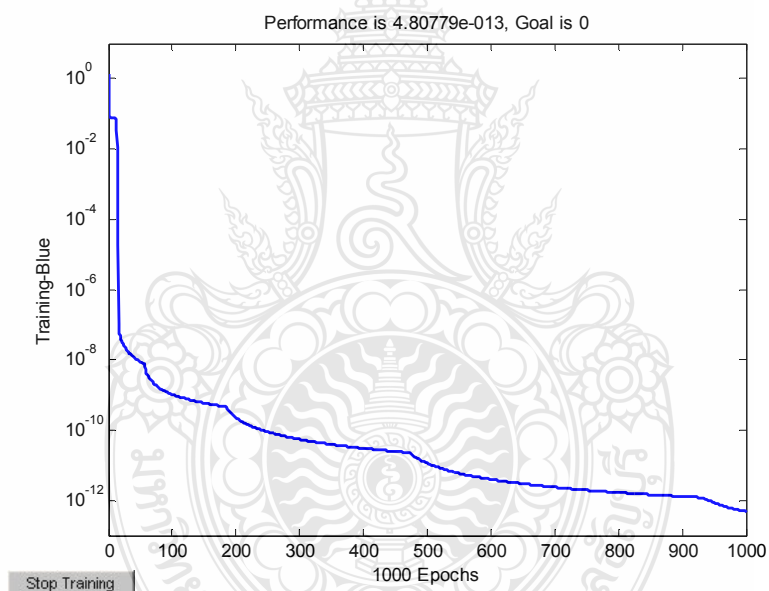
```
%Testing
```

```
ptest2010=[an(11);bn(11);cn(11);dn(11);en(11)];%Create input data for testing
```

```
forecastn=sim(net,ptest2010)%Forecasting by ANN name "net" using input data name "ptest2010"
```

```
forecast=postmmx(forecastn,minoutput,maxoutput)%De-normalize output (Actual value not per-unit)
```

```
error=(abs((forecast-output(11))))/output(11)*100 %Calculate error
```



```

Command Window

forecastn =

    0.9980

forecast =

    6.9616e+004

error =

    0.0978

```

2) สำหรับการพยากรณ์ในปีถัดไป พ.ศ. 2555 และผลการทดสอบ

`%Set Data`

`a=[1425 1753 2220 2798 3911 5340 6915 9443 15772 23210 40019 69684];%2000-2011การผลิตไฟฟ้าจากPV(MW)`

`b=[5.5 5.5 5.1 4.75 4.75 4.81 4.81 4.68 4.62 3.95 3.77 3.02];%2000-2011 Price Per Watt Peak(&)`

`c=[28.98 28.62 18.88 32.42 33.54 45.66 63.96 53.95 94.23 37.43 79.31 91.53];%2000-2011 oil($/barrel)`

`d=[198 252 500 788 1050 1550 2030 3073 5492 7913 16141 21800];%2000-2011 การขยายตัวอุตสาหกรรมผลิต Global PV(MW)`

`e=[5982 6151 6248 6379 6475 6520 6614 6688 6703 6741 6795 6800];%2000-2011 จำนวนประชากรโลก`

`output=[1753 2220 2798 3911 5340 6915 9443 15772 23210 40019 69684 100000];%2001-2011(MW),100000 is estimate for Normalize output`

`%Pre-Processing`

`[an,mina,maxa]=premnmx(a);%Normalize a (like per-unit)`

`[bn,minb,maxb]=premnmx(b);%Normalize b (like per-unit)`

`[cn,minc,maxc]=premnmx(c);%Normalize c (like per-unit)`

`[dn,mind,maxd]=premnmx(d);%Normalize d (like per-unit)`

```

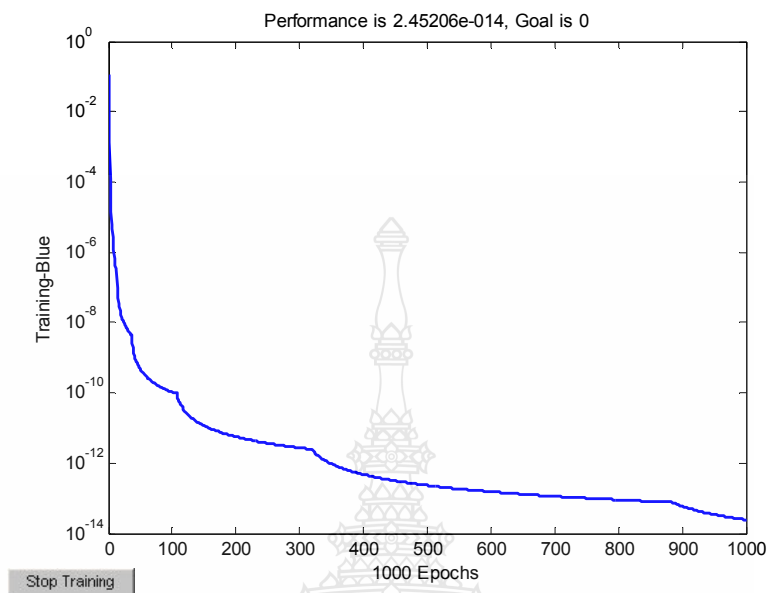
[en,minid,maxd]=premnmx(e);%Normalize e (like per-unit)
[outputn,minoutput,maxoutput]=premnmx(output);%Normalize output (like per-unit)

%Training
ptrain=[an(1:11);bn(1:11);cn(1:11);dn(1:11);en(1:11)];%Create training input data
ttrain=[outputn(1:11)]; %Create training output data (target)
net=newff(minmax(ptrain),[20,1],{'tansig' 'tansig'})%Create ANN namme "net" feed-forward type
20 neural in hidden layer 1 neural in output layer
net.trainParam.epochs=1000 %set of cycle
net.trainParam.Goal=e-5% SET of Goal
net.trainParam.time=inf% set of time
net=train(net,ptrain,ttrain) %Training ANN by "ptrain" and "ttrain"

%Testing
ptest2011=[an(12);bn(12);cn(12);dn(12);en(12)];%Create input data for testing
forecastn=sim(net,ptest2011)%Forecasting by ANN name "net" using input data name "ptest2011"
for forecast
forecast2012=postmnmx(forecastn,minoutput,maxoutput)%De-normalize output (Actual value not
per-unit)

```

๗ ได้ผลจากการพยากรณ์ดังภาพ



Command Window

```
forecastn =
```

```
0.9961
```

```
forecast2012 =
```

```
9.9809e+004
```



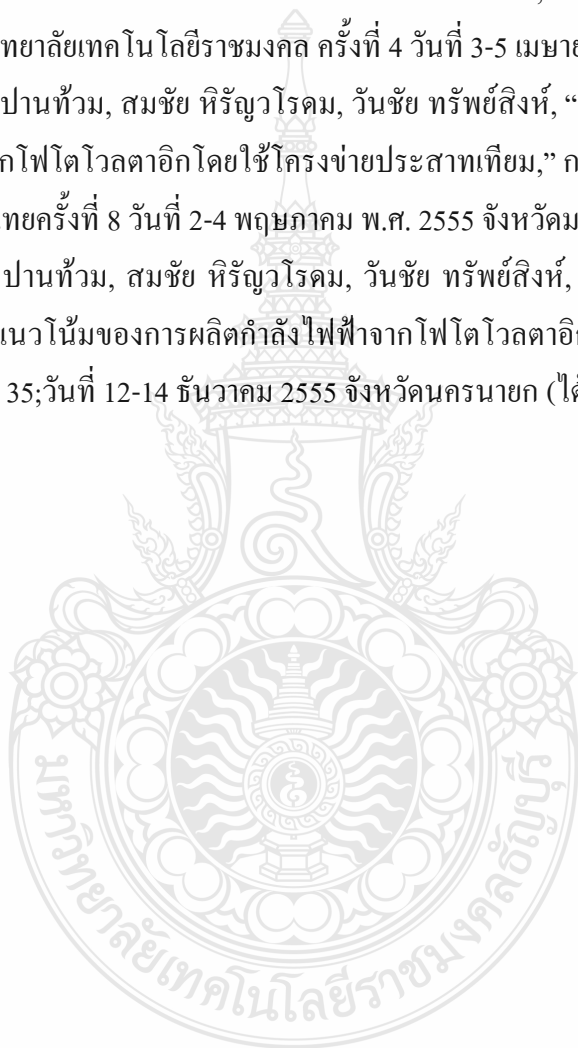
**ภาคผนวก ข**  
**ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่**

1) บัณฑิต ปานท้วม, สมชัย หิรัญวโรดม, วันชัย ทรัพย์สิงห์, “การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม”, การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4, 28 - 30 พฤศจิกายน 2554 มหาวิทยาลัยราชภัฏรำปาง

2) บัณฑิต ปานท้วม, สมชัย หิรัญวโรดม, วันชัย ทรัพย์สิงห์, “การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม,” การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4 วันที่ 3-5 เมษายน 2555 จังหวัดหนองคาย

3) บัณฑิต ปานท้วม, สมชัย หิรัญวโรดม, วันชัย ทรัพย์สิงห์, “ การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม,” การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8 วันที่ 2-4 พฤษภาคม พ.ศ. 2555 จังหวัดมหาสารคาม

4) บัณฑิต ปานท้วม, สมชัย หิรัญวโรดม, วันชัย ทรัพย์สิงห์, “ การใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก,” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 35; วันที่ 12-14 ธันวาคม 2555 จังหวัดนครนายก (ได้รับการตอบรับแล้ว)





โครงการการสัมมนาเชิงวิชาการครั้งที่ ๔  
 “รูปแบบพลังงานทดแทนชุมชนแห่งประเทศไทย”

4 th Thailand Renewable Energy Community Configuration Congress

๒๘ – ๓๐ พฤศจิกายน ๒๕๕๔

กลุ่มของผลงาน

กลุ่มที่ ๑ เทคโนโลยีพลังงานชุมชน

กลุ่มที่ ๒ การจัดการพลังงานชุมชน

กลุ่มที่ ๓ ธุรกิจพลังงานชุมชน

กลุ่มที่ ๔ วิสาหกิจชุมชน



40 ปี เพื่อพัฒนาที่ก้าวไกล...  
 มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ณ อาคารไอพาร์ โรจน์ หิรัญจน์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง



**รายชื่อผู้พิจารณาทบทวน**  
**การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ ครั้งที่ ๔**

**“รูปแบบพลังงานทดแทนของชุมชนแห่งประเทศไทย” ประจำปี ๒๕๕๔**

<u>ชื่อ</u>	<u>นามสกุล</u>	<u>มหาวิทยาลัย/สถาบัน</u>
ศ.ดร. ทนงเกียรติ	เกียรติศิริโรจน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร. วัฒนพงษ์	วิเศษวิเชียร	มหาวิทยาลัยพะเยา
รศ.ดร. ศิริชัย	เทพา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร. นริส	ประทีนทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ. ศุภวิทย์	ฉวนะสกล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.ดร. สมชาย	มณีวารณ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร. ศิริบุษ	จินดาภิรมย์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร. นิพนธ์	เกตุจ้อย	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร. ตีเกะ	บุญนาถ	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
ผศ.ดร. นุภาพ	แย้มไศรพัฒน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ดร. บุญยง	ปลั่งกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร. วิรัชย์	โรยรินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.ดร. อธิศพล	ศศิธรานันท์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์
รศ.ดร. วิลาศ	พุ่มพิมล	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ผศ.ดร. อภิรักษ์	ชัยเสนา	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ดร. ทฤทัย	ไทยสุชาติ	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ดร. นงลักษณ์	สายเทพ	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ดร. สิริพิศ	พิศชวนชม	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ดร. พิสิษฐ	มณีโชติ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร. จันทนา	กาญจรวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร. อ้าพล	อวารณ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร. วิทยา	พวงสมบัติ	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
ดร. วเรศ	วีระสัย	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผศ.ดร. กิตติศักดิ์	สมุทธารักษ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ผศ.ดร. ประสงค์ศักดิ์	อัครพัฒน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ผศ.ดร. บุญล้ำ	สุนทร	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผศ.ดร. วารุณี	อริยวิริยะนันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ. ผ่องศรี	ศิวาศักดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร. สโรชา	เจริญวัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร. สถาพร	ทองวิค	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



รายชื่อผู้พิจารณาบทความ  
การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ ครั้งที่ ๔

“รูปแบบพลังงานทดแทนของชุมชนแห่งประเทศไทย” ประจำปี ๒๕๕๔

<u>ชื่อ</u>	<u>นามสกุล</u>	<u>มหาวิทยาลัย/สถาบัน</u>
ดร. จักรี	ศรีเนห์ฉัตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร. ณรงค์ชัย	โอเจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร. กฤษณ์ไชยม์	ภูมิภักดีพิชญ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร. สุนนมาลย์	นิยมกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร. วิรัฐภูมิ	พรหมณะ	มหาวิทยาลัยพะเยา
Ph.D. Larry	Kreiser	Cleveland State University.
รศ.ดร. มนต์วี	พิริยะกุล	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
ผศ.ดร. บัณฑิต	ผิงนิรันดร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
รศ.ดร. บุญทวรรณ	วิงวอน	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
รศ.ดร. อารวณ	โอกาสพัฒนกิจ	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
รศ.ดร. ถวิล	นิลไม	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ผศ.ดร. พรชนก	ทองลาด	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ผศ. กาญจนา	คума	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ผศ. สุวรรณี	โพธิศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ดร. เกร็ววัลย์	วงษ์ไพบูลย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ดร. ไพฑูรย์	อินตะขัน	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ดร. ธนกร	น้อยทองเล็ก	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ผศ.ดร. ปองปราดน	สุนทรภลัส	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง

**กำหนดการโครงการการสัมมนาเชิงวิชาการครั้งที่ ๔**  
**หัวข้อ “รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย”**  
**ณ อาคารโอสถาโรจน์ศิริบุญ (อาคาร ๓๘)**

วันจันทร์ที่ ๒๘ พฤศจิกายน ๒๕๕๔

๐๙.๐๐ - ๐๙.๓๐ น.	ลงทะเบียน
๐๙.๓๐ - ๑๐.๐๐ น.	<p>พิธีเปิดงานและชมนิทรรศการจากหน่วยงานต่างๆ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- พิธีมอบรางวัลประเภทบทความวิชาการ</li> </ul> <p>ระดับดีเยี่ยม : การศึกษาเชิงเศรษฐศาสตร์โรงไฟฟ้าวัฏจักรแรงดัน สารอินทรีย์ที่ใช้แปลงเป็นเชื้อเพลิง (รหัสEM002)</p> <p>ระดับดีเด่น : การศึกษาการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากแท่งเชื้อเพลิงจาก ขยะ RDF-5ผสมกาลีเซอรินของกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ภายใต้กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น (รหัสET005)</p> <p>ระดับดี : ศักยภาพและความพร้อมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของ ผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนกลุ่มร่วมใจ ตำบลแม่ทะ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง (รหัสCB001)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- บรรยายพิเศษ โดย รศ. ดร. วิมลพงศ์ ภิรมย์วิเชียร ประธานที่ปรึกษาสมาคมการจัดการรูปแบบพลังงานทดแทนชุมชน</li> </ul> <p style="text-align: center;">*** รับประทานอาหารว่าง***</p>
๑๐.๐๐ - ๑๒.๐๐ น.	<p>การเสวนาด้านพลังงานทดแทนกับชุมชน โดยมี</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ศ.ดร.ทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ จากหน่วยวิจัยระบบทางอุณหภาพ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่</li> <li>- ดร.วิรัช ไรยนรินทร์ นายกสมาคมการจัดการรูปแบบพลังงานทดแทน ชุมชนแห่งประเทศไทย ร่วมเสวนา</li> </ul>
๑๒.๐๐ - ๑๓.๐๐ น.	รับประทานอาหารกลางวัน
๑๓.๐๐ - ๑๔.๓๐ น.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การนำเสนอบทความรหัส EM003 ET012 ET014 EB002 ET013 EM010</li> </ul>
๑๔.๓๐ - ๑๕.๐๐ น.	รับประทานอาหารว่าง
๑๕.๐๐ - ๑๖.๓๐ น.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การนำเสนอบทความรหัส ET001 EM001 EM004 EM005 EM007 EM008</li> <li>- การประชุมเครือข่ายพลังงานชุมชน (เฉพาะสมาชิกเครือข่าย) ณ ห้องประชุม ชั้น ๓๐</li> </ul>
๑๖.๐๐ เป็นต้นไป	งานเลี้ยงต้อนรับผู้เข้าร่วมการประชุม ณ ห้องประชุม ๒๐๐ ที่นั่ง (๓๘๓๑๑)

## สารบัญ

บทความ	หน้า
EM008 การศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันใช้แล้ว ในเขตเทศบาลเมืองอุดรดิตถ์ ชนาภรณ์ นาคเหล็ก ประพิชารีย์ ชนารักษ์.....	161
EM009 การประเมินก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของร้านสะดวกซื้อ ณัฐพล เชื้อนสูงวงศ์ เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล.....	169
EM010 การปรับปรุงคุณภาพกังหันน้ำสำหรับการผลิตพลังงานกล โดยวิธีการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพด้านพลังงาน วสันต์ พุฒิพุทธ เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล.....	177
EM011 การบริหารจัดการศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพในชุมชนแบบบูรณาการ ปวีชา ศรีประภาคาร.....	187
EM012 การบริหารจัดการระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง: กรณีศึกษา บ้านหนองพุดกุ่ม หมู่ 9 ต.จักรราช อ.จักรราช จ.นครราชสีมา วุฒิสาสตร์ โชคเกื้อ อนันสรณ์ แสงประจักษ์.....	193
<b>กลุ่มที่ 3 ธุรกิจพลังงานชุมชน (EB)</b>	
EB002 การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม บัณฑิต ปานห้วม สมชัย ทวีญิวไรตม.....	199
<b>กลุ่มที่ 4 วิสาหกิจชุมชน (CB)</b>	
CB001 ศักยภาพและความพร้อมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของผู้ประกอบการ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มช่วยเหลือ ตำบลแม่ทะ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง ขจรศักดิ์ วงศ์วิราช ปิยะ วิศกพานิชย์.....	207
<b>Poster Presentation Session</b>	
ET015 การออกแบบและสร้างรถคันแบบประหยัดเชื้อเพลิง เพื่อเข้าร่วมการแข่งขัน Shell Eco Marathon 2010 วิภา ยงประยูร ปฐมพงศ์ พรหมมาบุญ.....	217

การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4  
28 - 30 พฤศจิกายน 2554 มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

## การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

Forecasting the Roadmap PV Power Generation Using Neural Network Method

EB002

บัณฑิต ปานท้วม, สมชัย ทวีชัยโรคม, วันชัย ทวีชัยสิงห์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ถนนรังสิต-นครนายก  
ตำบลคลองหลวง อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ 0-2549-3571, 08-1209-1211 โทรสาร 0-2549-3422  
E-mail:birdy19@hotmail.com

### บทคัดย่อ

การผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของโลกในรอบ 10 ปีที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นอย่างรวดเร็ว การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการกำหนดนโยบายพลังงานของรัฐบาลและเป็นประโยชน์ในการตัดสินใจลงทุน ลดความเสี่ยงและวางแผนการผลิตอย่างแม่นยำ งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของโลก โดยอาศัยข้อมูลที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ปีค.ศ. 2000-2009 ได้แก่ กำลังการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของโลก ราคาน้ำมัน ราคาอุปกรณ์ PV การเติบโตของอุตสาหกรรม PV โดยนำตัวแปรดังกล่าวมาใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม เปรียบเทียบผลกับวิธีการพยากรณ์แบบเกรย์ (GM (1,1) Gray Forecasting Method) และข้อมูลทางสถิติผลการศึกษาพบว่าการพยากรณ์มีความแม่นยำได้มีความคลาดเคลื่อน 2.5568 %

คำสำคัญ : การพยากรณ์แนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์, โครงข่ายประสาทเทียม

### 1. บทนำ

แหล่งพลังงานที่สำคัญของโลก ส่วนใหญ่ได้มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ได้แก่ น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และ ถ่านหิน ส่วนแล้วแต่เป็นพลังงานซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดเมื่อมีการเติบโตทางเทคโนโลยี เศรษฐกิจ และสังคมจึงทำให้การบริโภคพลังงานเป็นไปอย่างมหาศาล และเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลติดตามมาอย่างมากมาย การหาพลังงานในรูปแบบอื่นมาใช้ เช่น พลังงานไฟฟ้าจากนิวเคลียร์ มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนการก่อสร้างสูงมาก และยังไม่สามารถสร้างความเชื่อมั่นในความปลอดภัยที่ประชาชนทั่วไปยอมรับได้ การแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนจึงเข้ามามีบทบาทมากขึ้น และพลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีแนวโน้มพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว

ในปัจจุบันการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ผลิตได้ 5% ของการผลิตไฟฟ้าทั่วโลก แต่มีแนวโน้มของสัดส่วนการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็น 11% ในปี 2030 เป็น 20% ในปี 2050 และมากกว่า 80% ในปี 2100 [1] ทำให้พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่มีความสำคัญของโลกในอนาคต [2]

การพยากรณ์หรือการทำนายแนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของโลก เป็นเรื่องสำคัญที่ภาครัฐต้องพิจารณา หากไม่มีการเตรียมการวิจัย วางแผนและพัฒนาพลังงานทดแทนแล้ว ในอนาคตอาจจะได้รับผลกระทบ อย่างรุนแรงจากสถานการณ์ทางด้านพลังงานอย่างแน่นอน ซึ่งไม่เพียงส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจเท่านั้น ประชาชนทุกคนที่ใช้พลังงานก็จะได้รับผลกระทบดังกล่าวด้วย ทั้งยังเป็นข้อมูลให้ผู้ผลิตอุปกรณ์ผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถวางแผน การผลิตและลงทุนก่อสร้างโรงงานผลิตอุปกรณ์ผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งมีผลทำให้ได้อุปกรณ์ที่ใช้มีราคาถูกลง เนื่องจากมีการแข่งขันที่สูงและยังทำให้ราคาการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยลดลง [4]

ปัจจุบันการพยากรณ์หรือการทำนายจึงไม่ใช่เรื่องง่าย ต้องอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนและยุ่งยากในการคำนวณ หรือหากอาศัยแค่ข้อมูลทางสถิติย้อนหลังอาจมีความคลาดเคลื่อนสูงอันเนื่องมาจากจากการเพิ่มขึ้นอย่างไม่เป็นเชิงเส้น

ซึ่งในบทความนี้จะนำเสนอการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ทำให้การพยากรณ์จากข้อมูลที่มีอยู่จำกัดเกิดประโยชน์สูงสุด ไม่ยุ่งยาก ซับซ้อน รวดเร็วได้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ โดยมีวิธีการที่ใช้ในบทความนี้ คือ นำข้อมูลทางสถิติด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของโลกในปี ค.ศ.2000 ถึง 2009 [2],[3] ,ราคาน้ำมันในตลาดโลกในปี ค.ศ.2000 ถึง 2009,ราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์, การเจริญเติบโตของอุตสาหกรรม PV ป้อนเข้าระบบโครงข่ายประสาทเทียม โดยทดลองปรับตั้งค่าที่เหมาะสมเปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์ได้กับสถิติจริงเพื่อทำการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ในปีถัดไป

## 2. โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Back propagation Feed forward Network

ปัจจุบันนี้คอมพิวเตอร์ได้ถูกนำมาใช้งานอย่างกว้างขวางแต่ยังคงมีขีดความสามารถจำกัดอยู่เมื่อเทียบกับสมองมนุษย์ซึ่งสมองสามารถจดจำและเรียนรู้จากประสบการณ์ในอดีตและนำไปปรับใช้กับสถานการณ์ปัจจุบัน ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาการทำงานของสมองเพื่อนำมาเป็นแบบจำลองของเซลล์ประสาทโครงข่ายประสาทเทียมและศึกษากระบวนการเรียนรู้ (Learning Algorithm) โครงข่ายประสาทเทียมได้มีการนำโครงข่ายประสาทเทียมเข้ามาประยุกต์ใช้ในงานหลายด้านด้วยกันเช่น การพยากรณ์การผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ [8] , การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นของสถานีไฟฟ้า [9] ,การใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการออกแบบระบบไฟฟ้า สำหรับอาคารชุด [10] เป็นต้น

### 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทกับเซลล์ประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมเป็น อัลกอริทึมที่เลียนแบบการเรียนรู้ของสมองมนุษย์โดยมีองค์ประกอบของโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญดังนี้ คือ ยูนิต (Unit), ตัวแปรอินพุต (Input Layer), ตัวแปรเอาต์พุต (Output Layer) และค่าถ่วงน้ำหนัก (Weighted Value) ซึ่งสามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทกับเซลล์ประสาทเทียมได้ดังนี้ [8]

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทกับเซลล์ประสาทเทียม

เซลล์ประสาท	เซลล์ประสาทเทียม
ตัวเซลล์ (Cell Body)	ยูนิต (Unit)
เดนไดรต์ (Dendrite)	ตัวแปรอินพุต (Input Layer)
แอกซอน (Axon)	ตัวแปรเอาต์พุต (Output Layer)
ไซแนปส์ (Synapse)	ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight Value)

### 2.2 แบบจำลองนิวรอนหลายอินพุต (Multiple-Input Neuron)



รูปที่ 1 แบบจำลองของนิวรอนหลายอินพุต

โครงข่ายประสาทเทียมที่มีอินพุตหลายอินพุต ซึ่ง อินพุต  $x_1, x_2, \dots, x_n$  จะถูกคูณด้วยค่าต่างน้ำหนักของแต่ละอินพุตเป็น  $w_{1,1}, w_{1,2}, \dots, w_{1,n}$  ซึ่งสามารถเขียนเป็นเมตริกซ์ได้ เรียกว่าเมตริกซ์ค่าต่างน้ำหนักมีสัญลักษณ์เป็น  $W$  จะถูกรวมเข้ากันเป็นอินพุตของฟังก์ชันถ่ายโอน  $n$  ตามสมการที่ (1) [8]

$$n = w_{1,1}x_1 + w_{1,2}x_2 + \dots + w_{1,n}x_n + b \quad (1)$$

เขียนอยู่ในรูปเมตริกซ์ตามสมการที่ (2)

$$n = Wx + b \quad (2)$$

โดยที่เมตริกซ์  $W$  เป็น Row Matrix มีเพียง 1 แถว จะได้เอาต์พุตของนิวรอนตามสมการที่ (3)

$$y = f(Wx + b) \quad (3)$$

โดยที่  $x$  คือ อินพุต

$w$  คือ ค่าต่างน้ำหนัก

$b$  คือ ไบอัส

$f$  คือ ฟังก์ชันถ่ายโอน

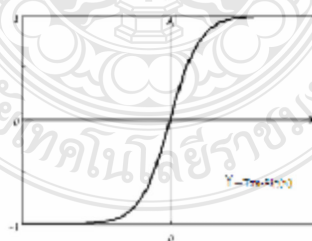
$y$  คือ เอาต์พุต

โดยค่าต่างน้ำหนัก  $w$  และไบอัส  $b$  สามารถปรับค่าได้ตามกฎการเรียนรู้และเอาต์พุตจะขึ้นอยู่กับฟังก์ชันถ่ายโอน  $f$  สามารถกำหนดได้โดยผู้ใช้

### 2.3 ฟังก์ชันการถ่ายโอน (Transfer Function)

ฟังก์ชันการถ่ายโอนเป็นตัวกำหนดค่าเอาต์พุต ฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้จะเป็นแบบเชิงเส้นหรือแบบไม่เชิงเส้นก็ได้ ฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมมีอยู่หลายชนิดแบบที่นิยมใช้งานตัวอย่าง เช่น ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบลอจิสติกมอยด์ (Log-Sigmoid), ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบ แทนซิกมอยด์ (Tan-Sigmoid), ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเชิงเส้น (Linear) ในการนำเสนอใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบแทนซิกมอยด์ (Tan-Sigmoid) ในชั้นซ่อน (Hidden Layer) และฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเชิงเส้น (Linear) ในชั้นเอาต์พุต (Output Layer) เพียงพอกับการแก้ไข ปัญหา

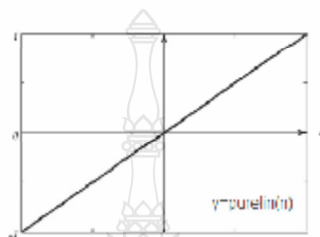
1. ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบแทนซิกมอยด์ (Tan-Sigmoid) จะมีค่าระดับอยู่ที่ระหว่าง -1 กับ 1 และมีความสัมพันธ์ตามสมการที่ (4) [8]



รูปที่ 2 ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบแทนซิกมอยด์ (Tan-Sigmoid)

$$\text{tansig}(n) = \frac{1 - e^{-n}}{1 + e^{-n}} \quad (4)$$

2. ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบเชิงเส้น (Linear) จะมีค่าระดับเป็นเชิงเส้นและมีความสัมพันธ์ตามสมการที่ (5) [8]

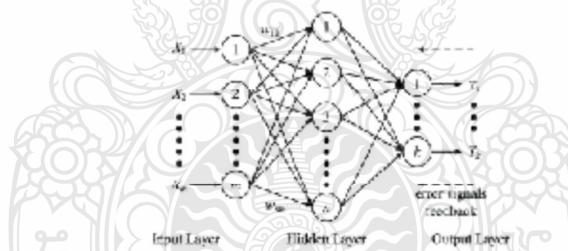


รูปที่ 3 ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบเชิงเส้น (Linear)

$$\text{purelin}(n) = n \quad (5)$$

#### 2.4 โครงสร้าง Back propagation Feed forward Network

Back propagation Feed forward Network เป็นโครงข่ายวิธีหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและมีกฎของการเรียนรู้ (learning rules) อยู่ในโครงข่ายประสาทเทียม [8] แสดงพื้นฐานของโครงสร้าง Back propagation Feed forward Network ดังรูปที่ 4



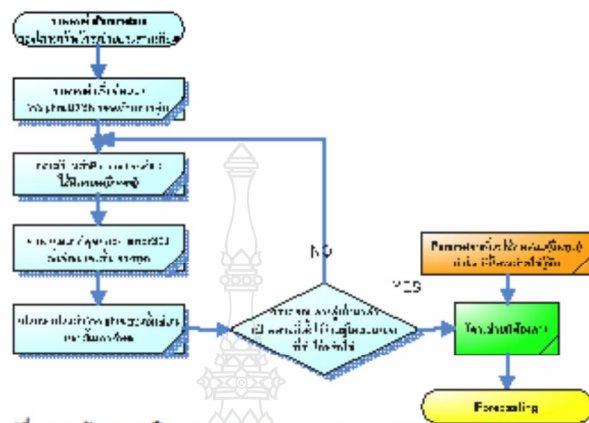
รูปที่ 4 โครงสร้าง Back propagation Feed forward Network

#### 3. วิธีการพยากรณ์

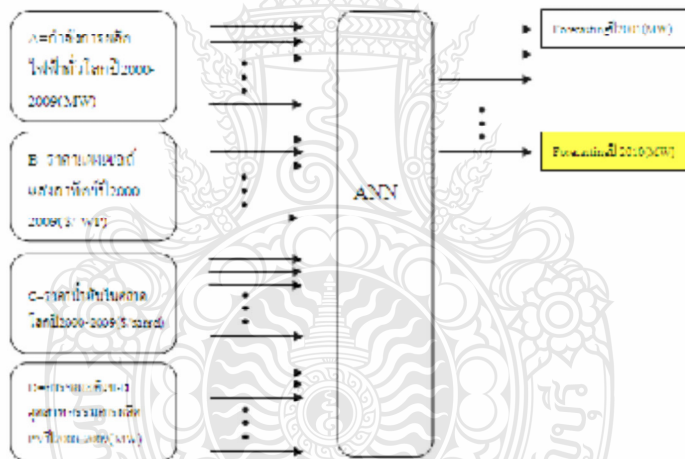
กำหนดอินพุตจำนวน 4 อินพุตแต่ละประเภทของอินพุตมีข้อมูลจำนวน 10 ข้อมูลซึ่งนำค่ามาจากปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วย

- ก. ราคาน้ำมัน ซึ่งเป็นผลจากความวิกฤติของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า [4]
- ข. ราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งถือได้ว่าเป็นหัวใจหลักของ การผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ [12]
- ค. อุณหภูมิการรวมการผลิตอุปกรณ์ PV ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับ อุปสงค์และอุปทาน [13]
- ง. ข้อมูลทางสถิติด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของโลกในปี ค.ศ.2000 ถึง 2009 [2],[3]

และเอาผลลัพธ์ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมคือค่าการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของโลกในปี ค.ศ.2000 ถึง 2010 โดยมีขั้นตอนการทำหนดโครงข่าย [8] ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนผังของการทำงานของ Back propagation Feed forward Network



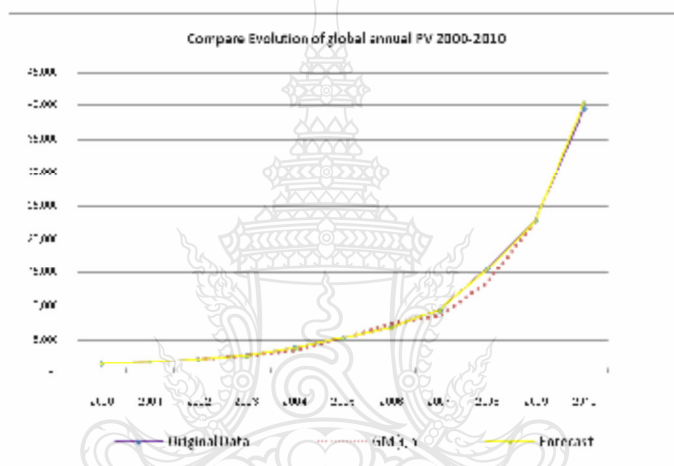
รูปที่ 6 โครงสร้างการพยากรณ์ของโครงข่ายประสาทเทียมที่นำเสนอ



#### 4. การทดลองและผลการทดลองเปรียบเทียบกับสถิติ

ได้ทำการสร้างและฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมด้วยโปรแกรม MATLAB โดยใช้ข้อมูลในช่วงปี 2000-2008 แล้วนำข้อมูลอีกชุดหนึ่งมาทำการ test คือปี 2009 เพื่อพยากรณ์ปี 2010 ค่าในการพยากรณ์ที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับค่าจริงคือค่าการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของโลกแล้วคำนวณค่าความผิดพลาด Absolute Percentage Error (APE) ตามสมการที่ (6) ซึ่งในการทดสอบ สร้างและฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมได้ทำการพยากรณ์การผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ในปี 2010 เท่ากับ 40,552 MW เทียบกับข้อมูลทางสถิติปี 2010 คือ 39,529 MW คิดเป็น ค่าความผิดพลาด (APE) เท่ากับ 2.5568 %

$$APE = \left| \frac{P_f - P_s}{P_s} \right| * 100 \quad (6)$$



รูปที่ 7 เปรียบเทียบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของโลกในปี ค.ศ.2000 ถึง 2010

#### 5. สรุป

การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของโลกเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับรัฐบาลและนักลงทุนในกำหนดนโยบายและวางแผนงานต่างๆ การพยากรณ์จึงไม่ยากที่จะทำได้เนื่องจากการพัฒนาอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยี PV ซึ่งในงานบทความนี้ใช้ โครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์ซึ่งผลการพยากรณ์ในปี ค.ศ.2010 ได้ค่าความผิดพลาด (APE) เท่ากับ 2.5568 % ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับทฤษฎี GM(1,1) Grey Forecasting Method ที่มีค่าerror เท่ากับ 5.035% ในอนาคตอาจต้องมีข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์ที่มากขึ้นเช่นเทคโนโลยี PV นโยบายการส่งเสริม เป็นต้นซึ่งจะทำให้การพยากรณ์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์สามารถทำได้ มีความแม่นยำสูง และง่ายต่อการพยากรณ์

#### 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายชานนท์ ชูวงศ์ ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำในการใช้งานโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อการพยากรณ์

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] The International Energy Agency (IEA ),Technology Roadmap Solar photovoltaic energy.
- [2] The EPIA Global Market Outlook for Photovoltaics (PV) from 2010 to 2014
- [3] THE EPIA GLOBAL MARKET OUTLOOK FOR PHOTOVOLTAICS UNTIL 2015
- [4] Forecasting the Global Photovoltaic Market by Usingthe GM(1,1) Grey Forecasting Method Chi-Yo Huang, Wei-Chang Tzeng, Yu-Wei Liu and Po-Yen
- [5] J.L.Deng, Grey System Fundamental Method. Wuhan, China : Huazhong University of science and Technology,1982
- [6] The Forecast of the Electrical Energy Generated by Photovoltaic Systems using Neural Network Method , Ting-Chung Yu Department of Electrical Engineering Lughwa University of Science and Technology Taoyuan, aiwantingyu@mail.lhu.edu.tw
- [7] เอกสารประกอบการสอนวิชาการจัดการอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
- [8] M.T. Hagan, H.B. Demuth and M. Beale., Neural Network Design. Boston: PWS Publishing Company., 1996
- [9] การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นของสถานีไฟฟ้า ย่อยโดยเครือข่ายประสาทร่วมกับ ทดลักรีซ่ายทอดพันธุกรรม,วันชัย จันไกรพล
- [10] การใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการออกแบบระบบไฟฟ้า สำหรับอาคารชุด,มิ่งชาติ ดุทธิทอง วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พ.ศ.2553
- [11] เอกสารประกอบการสอนเครือข่ายประสาทเทียมเบื้องต้น, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- [12] A PV Roadmap for Europe Wolfgang PALZ Chairman, World Council for Renewable Energy
- [13] PV TECHNOLOGY ROADMAP: MARKET AND MANUFACTURING CONSIDERATIONS  
A.Skumanich, E.Ryabova, I. J. Malik, S. Reddy, L. Sabnani



# ***Electrical Engineering Network 2012*** **of Rajamangala University of Technology (EENET 2012)**



## **CONFERENCE TOPICS**

### **GROUP 1 (PE)**

Power Electronics, Electric Machines, Motor Control and Drive, Measurement, Control and Robotics.

### **GROUP 2 (PW)**

Power System, Transmission and Distribution, High Voltage and Electrical Energy, Generating Systems.

### **GROUP 3 (RE)**

Renewable Energy, Energy Saving Technologies, Industry Specific Energy Conversion and Conditioning Technologies, Materials for Energy and Environment.

### **GROUP 4 (TE)**

Telecommunication, Electronics, Information and Communication Technologies, Antennas, Microwave Theory and Techniques.

### **GROUP 5 (CP)**

Computer Technologies and Network, Computer Graphics, Machine Learning and Human-Computer Interaction.

### **GROUP 6 (GN)**

Education in Electrical Engineering, Simulation Software and Design tools, Related Topics in Electrical Engineering.



**GRAND PARADISE HOTEL**  
**Nong Khai, THAILAND**  
**April 3-5, 2012**



การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล  
Electrical Engineering Network of Rajamangala University, EENET2012  
<http://dee.ea.rmuti.ac.th/eenet2012>



EENET 2012

22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555

เรื่อง ตอบรับบทความสำหรับการประชุมวิชาการ EENET2012

เรียน คุณบัณฑิต ปานแก้ว คุณสมชัย ทิรัญวโรตม และคุณวันชัย ทรัพย์สิงห์

ตามที่ท่านได้ส่งบทความเรื่อง “การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม” เพื่อเข้าร่วมประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4 EENET2012 ระหว่างวันที่ 3-5 เมษายน พ.ศ. 2555 ณ โรงแรมแกรนด์พาราไดซ์ จังหวัดหนองคาย นั้น

ในกรณี คณะกรรมการดำเนินงานประชุมวิชาการประจำเครือข่ายมีความยินดี ที่จะเรียนให้ท่านทราบว่า บทความเรื่องดังกล่าวได้ ผ่านการพิจารณา โดยผู้ทรงคุณวุฒิให้นำเสนอในที่ประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4 EENET2012 แล้ว

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

ลงชื่อ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อารัช เกียรติขันธ์)

ประธานกรรมการดำเนินงาน

ประชุมวิชาการ EENET2012 ประจำเครือข่าย



การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4 วันที่ 3-5 เมษายน 2555

รายชื่อผู้พิจารณาบทความการประชุมเครือข่ายวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4

รศ. ดร. วีระเชษฐ์ จันทร์เงิน

รศ. ดร. วิจิตร กิณเรศ

รศ. ดร. มนตรี ศิริปรัชญานันท์

รศ. ดร. เวทิน ปิยะรัตน์

รศ. ดร. เศรษฐา พวงดาวเรือง

รศ. ดร. วิบูลย์ ชื่นแขก

รศ. ดร. เสถียร ธัญญศิริวัฒน์

ผศ. ดร. เนนบุญ หุ่นเจริญ

ผศ. ดร. อภินันท์ อูร์โสภณ

ผศ. ดร. วรวัฒน์ เสี่ยมวิบูล

ผศ. ดร. อาทิตย์ โสทรโยม

ผศ. ดร. ศศิฉิ่ง เต่าละอ

ผศ. ดร. กองพล อารีรักษ์

ดร. ยุทธนา จำสุวรรณ์

ดร. นิวัฒน์ อังควศิษฐพันธ์

รศ. ดร. โกศล โอฬารไพโรจน์

ดร. อุเทน คำน่าน

นายพงษ์ศักดิ์ นันทกุล

ผศ. กลยุศดา อึ้งขันธ์

นายเอกทัศน์ พงษ์วรรณ

ดร. จักรกฤษณ์ ทองประออน

ผศ. ชาณัฐย์ เศรษฐธรรมรงค์

ดร. จักรกฤษณ์ เกลือบวง

นายสมนึก เครือสอน

นายทัศนะ ถมทอง

นายพงษ์ศักดิ์ พิพิมพ์คำวงศ์

ผศ. อภิศักดิ์ จันทร์แก้วหล้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาภาคพายัพ เชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาภาคพายัพ เชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาภาคพายัพ เชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาภาคพายัพ เชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาภาคพายัพ เชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาภาคพายัพ เชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4 วันที่ 3-5 เมษายน 2555

ศศ.สุรสิทธิ์ แสนทอน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก
นายเอกสิทธิ์ สุ่มพันธ์ุ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก
นายปรีชา มหาไม้	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก
นายก่อกเกียรติ อ้อคทรัพย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก
รศ.ดร.ธวัช เกิดชื่น	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา
ดร.พินิจ ศรีธร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา
ศศ.ประเสริฐ เพ็ญหมื่นไว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา
ศศ.พันธ์พงศ์ อภิชาติกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา
ศศ.สุทธินันท์ ต้นโพธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา
ศศ.ศิริชัย ลาภาสรณะน้อย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา
ศศ.กฤตวิทย์ บัวใหญ่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา
ศศ.วุฒิชัย ส่ง่างาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา
นายกิตติวุฒิ จีนนะบุตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา
นายรุ่งเพชร ก่องนอก	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา
นายเอกจิต คุ้มวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา
นางอุษา คงมี้อง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา
นายชิตสิทธิ์ วิชิโต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา
ดร.วรรณวิทย์ วงศ์ไทรรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา
นายบุญช่วย เจริญผล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพจ.กรุงเทพฯ
นายวุฒิววัฒน์ คงรัตนประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพจ.กรุงเทพฯ
นายชุตติภอ กมลขันดิสร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพจ.กรุงเทพฯ
นายวินัย เมธาวิท	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพจ.กรุงเทพฯ
นายชาญฤทธิ์ ธาราสันติสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพจ.กรุงเทพฯ
นายประหัด กองสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จ.จันทบุรี
นายภัทรพงศ์ อัญชันภาติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จ.จันทบุรี
นายสมพล โคศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จ.จันทบุรี
นายทัศนีย์ สุวรรณทัต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จ.จันทบุรี
นายจตุรงค์ จตุเรชชัยสกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
นายพูนศรี วรรณการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
ดร.ฉัฐพงศ์ พันธนะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4 วันที่ 3-5 เมษายน 2555

ดร.นัฐ โชติ ธิปไตยเจริญชีพ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
นายนิติพันธ์ คุณประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
นายธนารัตน์ ตันมณีประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
นายศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
นายทอง ลานธารทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
นายสมเกียรติ ทองแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
ศศ.พิชญ์ คารพวงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
นายมนัส บุญเกียรติทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
นายพนา คูสิตากร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
ศศ.กิจจา ลักขณ์อำนาจการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
ศศ.โกศล นิธิโสภา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
ศศ.จรินทร์ จุลวานิช	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
นายนิลमित นิลาศ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
นายเกรียงไกร เหลืองอำพล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
นายวณพันธ์ วัชวุฒิ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
นายณัฐวัชรินทร์ ทองรักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
ศศ.ศรีศักดิ์ น้อยไรรุณี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
ศศ.ดร.ประมุข อุณหเลขกะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จ.นนทบุรี
นางสาวพัชรนันท์ ศรีธนาอุทัยคร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จ.นนทบุรี
ศศ.สรายุทธ ทองกุลภัทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จ.นนทบุรี
ศศ.วารุณี ศรีสงคราม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จ.นนทบุรี
ดร.ยุทธนา กันทะพะเยา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จ.นนทบุรี
ศศ.เฉลิมพล เรื่องพัฒนาวิวัฒน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จ.นนทบุรี
ศศ.กระจำง พิทักษ์วงศ์วิทยา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จ.นนทบุรี
ดร.ศรีสุดา ไชยทองสูง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จ.นนทบุรี
รศ.นภัทร วัฒนเทพินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จ.นนทบุรี
รศ.สมพันธ์ อำพาวัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จ.สงขลา
ดร.ชวรงค์ วัฒนศักดิ์ภูบาล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จ.สงขลา
ศศ.วิสุทธิ์ พงศ์พฤษธาตุ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จ.สงขลา
ดร.สุริยา แก้วอาษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4 วันที่ 3-5 เมษายน 2555

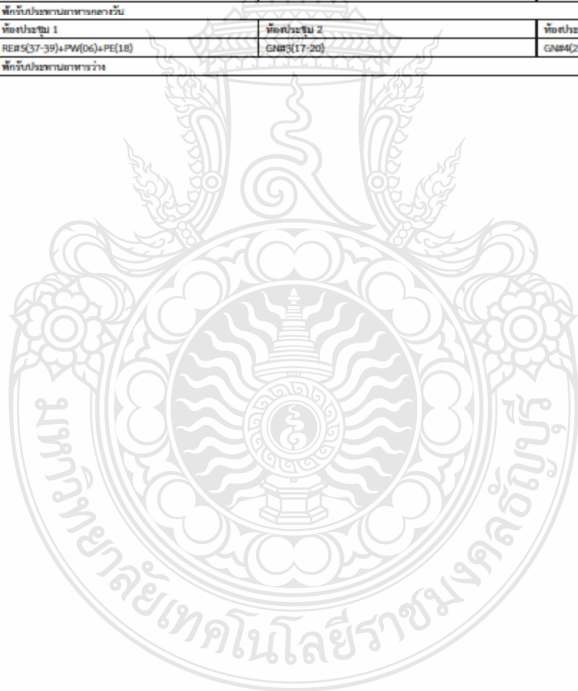
ดร.นิธิโรจน์ พรวรรณเจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ดร.เมธา ทศกร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ดร.นำพน พิพัฒน์ไพบูลย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ศส.วิรัช ครองกิจศิริ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
นายเอกวิทย์ ทาอังกวษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
นายวีระ ฐานยาภิรักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
นายรัก สกุลพงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
นายนครินทร์ ศรีปัญญา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
นายกฤตยา สมสัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
นายจงเจริญ คุ้มบุญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
นายกฤษฏา บุญมีวิเศษ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
นายจิระพงศ์ ศรีวิชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
นายวีระชัย จรบูรมย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
นายปฏิวัติ บุญมา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จ.สุพรรณบุรี
นายเจสียง เกตุแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จ.สุพรรณบุรี
ศส.ดร.ปรีชา สาละรังค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จ.สุพรรณบุรี
ดร.ภักดีวัฒน์ จันทร์ศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จ.สุพรรณบุรี
นายไพบูลย์ เกียรติสุขเกษม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จ.สุพรรณบุรี
รศ.พันธ์ พิริยะวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ศส.ประวิช เปรียบเหมือน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ศส.ดร.ศักดิ์ระวี ระวีกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ศส.ประยงค์ เสาร์แก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ศส.จักรวัฒน์ บุตรบุญชู	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ดร.สุระ คันดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ดร.ณรงค์ สิหาจ้อง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ศส.ดร.สมชัย ทิรัญวโรดม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ศส.ดร.วันชัย ทวีพงษ์สิงห์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ศส.วิชัย ศฤงศิลป์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ศส.ศิริชัย แดงแอม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ศส.ณัฐวุฒิ โสมะเกษศรีรินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4 วันที่ 3-5 เมษายน 2555

ดร.ฉัตรชัย	ศุภพิทักษ์สกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.บุญอึ้ง	ปลั่งกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.สุรินทร์	แหงมงาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.กฤษณ์ชนม์	ภูมิภคพิชญ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.ณัฐภัทร	พันธ์คง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นายพนิจ	จิตจริง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นายสมชาย	เปียนสูงเนิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นายพร้อมศักดิ์	คือภริติกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นายนิติพงศ์	ปานกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นายธีระพล	เหมือนขาว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นายณัฐพล	หาอุปละ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ศศ.จินดนา	นาคะสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ศศ.ปราชญ์	ดาบมิ่ง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.จักรี	ศรีนันทจักร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.อำนาจ	เรืองอำนาจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.ไพฑูรย์	รักเหลือ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นายวิโรจน์	พิราจเนนชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นายพงษ์ศักดิ์	อ่ำลา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นายบุญอึ้ง	นบนอบ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นายอภิรดา	นามแสง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.สุทินัน	พรอนุรักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.วินัย	วิชัยพาณิชย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.กิตติวัฒน์	นิ่มเกิดผล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ศศ.อัฐอารัญ	ปิติมล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นายฉัตรพิงศ์	อุทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

กำหนดการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4			
วัน อังคาร ที่ 3 เมษายน 2555			
08.00 – 09.00	ลงทะเบียน		
09.00 – 09.50	การบรรยายพิเศษโดย คุณศิวรัตน์ เขียวชูชัย เรื่อง "ฉบับใครช่วยแจ้งภัยและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค"		
09.50 – 10.00	พิธีกรแนะนำวิทยากร		
10.00 – 12.00	ห้องประชุม 1	ห้องประชุม 2	ห้องประชุม 3
นำเสนอผลงาน	PW#1(01-05, 07-08)	PE#1(01-08)	TE#1(01-08)
12.00 – 13.00	พิธีกรแนะนำวิทยากร		
13.00 – 15.00	ห้องประชุม 1	ห้องประชุม 2	ห้องประชุม 3
นำเสนอผลงาน	PW#2(09-16)	PE#2(09-16)	TE#2(09-16)
15.00 – 15.10	พิธีกรแนะนำวิทยากร		
15.10 – 17.10	ห้องประชุม 1	ห้องประชุม 2	ห้องประชุม 3
นำเสนอผลงาน	PW#3(17-24)	TE#3(17-24)	PE#3(17,19-24)
17.10 – 18.00	พิธีมอบรางวัลเกียรติยศ		
18.00 – 22.00	รับประทานอาหาร		
วัน พุธ ที่ 4 เมษายน 2555			
09.00 – 09.50	การบรรยายพิเศษโดย รศ.ศุภางามย์ ศ.วีระเชษฐ์ ชื่นชื่น เรื่อง "การนำเอาไฟฟ้าแบบไร้สาย"		
09.50 – 10.00	พิธีกรแนะนำวิทยากร		
10.00 – 12.00	ห้องประชุม 1	ห้องประชุม 2	ห้องประชุม 3
นำเสนอผลงาน	PW#4(25-32)	PE#4(25-32)	TE#4(25-32)
12.00 – 13.00	พิธีกรแนะนำวิทยากร		
13.00 – 15.00	ห้องประชุม 1	ห้องประชุม 2	ห้องประชุม 3
นำเสนอผลงาน	PW#5(33-40)	PE#5(33-36)+RE(09-12)	TE#5(33-40)
15.00 – 15.10	พิธีกรแนะนำวิทยากร		
15.10 – 17.10	ห้องประชุม 1	ห้องประชุม 2	ห้องประชุม 3
นำเสนอผลงาน	RE#1(01-08)	RE#2(13-20)	TE#6(41-48)
วัน พฤหัสบดี ที่ 5 เมษายน 2555			
08.00 – 10.30	ห้องประชุม 1	ห้องประชุม 2	ห้องประชุม 3
นำเสนอผลงาน	RE#3(21-28)	CN#1(01-08)	CP#1(01-06)+TE(49)
10.30 – 10.40	พิธีกรแนะนำวิทยากร		
10.40 – 12.40	ห้องประชุม 1	ห้องประชุม 2	ห้องประชุม 3
นำเสนอผลงาน	RE#4(29-36)	CN#2(09-16)	AP#1(01-08)
12.40 – 13.15	พิธีกรแนะนำวิทยากร		
13.15 – 15.15	ห้องประชุม 1	ห้องประชุม 2	ห้องประชุม 3
นำเสนอผลงาน	RE#5(37-39)+PW(06)+PE(18)	CN#3(17-20)	CN#4(21-25)
15.15 – 15.30	พิธีกรแนะนำวิทยากร		



## การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4 วันที่ 3-5 เมษายน 2555

RE10	การพัฒนาเครื่องมือวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับนำไปประเมินค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ	353
RE11	การศึกษาการเสื่อมสภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟิซิลิคอน ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิ	357
RE12	การพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์ผลสำหรับเครื่องมือวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับนำไปประเมินค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ	361
RE13	ผลกระทบของฝุ่นต่อการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	365
RE14	การลดลงของสมรรถนะแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่	369
RE15	ระบบการจัดการพลังงานโดยใช้เทคโนโลยีเอเจนท์-เบสสำหรับไมโครกริด	373
RE16	หลักการออกแบบระบบการจัดการแบตเตอรี่ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน	377
RE17	โคมไฟถนนพลังงานแสงอาทิตย์ หลอด LED	381
RE18	การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าระหว่างก๊าซชีวภาพกับน้ำมันเบนซิน	385
RE19	การศึกษาความเป็นไปได้ของเทอร์โมอิเล็กทริกเจเนอเรเตอร์เพื่อชาร์จโทรศัพท์มือถือโดยใช้ความร้อนจากท่อไอเสียรถจักรยานยนต์	389
RE20	รูดสามล้อไฟฟ้าสำหรับคนพิการและผู้สูงอายุ	393
RE21	แผงเซลล์แสงอาทิตย์จำลองด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink แบบพื้นที่เวลา	397
RE22	การวิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบลิฟต์แบบรีเจนเนอเรทีฟ (ERU)	401
RE23	ผลของไฟฟ้ากระแสตรงต่อสมบัติเชิงกลของน้ำยางธรรมชาติ	405
RE24	โปรแกรมวัดความเข้มแสงจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กด้วยโปรแกรม Lab View	409
RE25	การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากไฟโตโวลตาอิกโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม	413
RE26	การวิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงานของพัดลมห่อทำความเย็นโดยการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน	417
RE27	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบปรับมุมรับแสงอัตโนมัติสำหรับการผลิตสินค้า OTOP	421

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4 วันที่ 3-5 เมษายน 2555

**การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก  
โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม  
Forecasting the Roadmap of PV Power Generation Using Neural Network**

บัณฑิต ปานท้วม, สมจิต ธีรวิญโรคน, วันชัย ทรัพย์สิงห์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ถนนรังสิตพูนฤกษ์  
ตำบลคลองจอก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ 0-2549-3571, 08-1209-1211 โทรสาร 0-2549-3422

E-mail:birdy19@hotmail.com

**บทคัดย่อ**

การผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ในรูปแบบของแผงโฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic (PV) Panel) ของโลกในรอบ 10 ปีที่ผ่านมามีการใช้งานเพิ่มขึ้นและมีการพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นอย่างรวดเร็ว การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการกำหนดนโยบายพลังงานของรัฐบาลและเป็นประโยชน์ในการตัดสินใจลงทุน ออกวางสิ่งและวางแผนการผลิตอย่างแม่นยำ การพยากรณ์หรือการทำนาย ไม่ใช่เรื่องง่าย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการนำเสนอการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของโลก โดยอาศัยข้อมูลทางสถิติที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ปี ค.ศ.2000-2010 อาทิ พิกัดการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของโลก ราคา น้ำมัน ราคาอุปกรณ์ของ PV การเติบโตของอุตสาหกรรมของ PV โดยนำตัวแปรดังกล่าวมาใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม เปรียบเทียบผลกับวิธีการพยากรณ์แบบเกรย์ (GM (1,1) Gray Forecasting Method) และข้อมูลทางสถิติผลการศึกษามพบว่า การพยากรณ์มีความแม่นยำใกล้เคียงคลาดเคลื่อนร้อยละ 2.5568

**คำสำคัญ :** การพยากรณ์แนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก โครงข่ายประสาทเทียม

**Abstract**

The Photovoltaics (PV) Power Generation has been the fastest emerging energy technology during the past decade. Precise predictions of the PV Power Generation are essential for the governments' energy policy definitions, firms' expansion of their production of PV related equipment as well as investors' decisions regarding to investments in PV related firms. An accurate prediction of the Roadmap PV Power Generation of global is not easy. So research is present forecasting the Roadmap PV Power Generation of global. Using data of the year 2000 to 2009 predictions of the solar Generation based on the historical PV data i.e. Photovoltaics (PV) Power Generation, the oil price, the PV module price, the proper industry PV. Using Neural Network Method to compare with GM (1,1) Gray Forecasting Method and historical PV data the around 2.5568 % forecast error

**1. บทนำ**

แหล่งพลังงานที่สำคัญของโลก ส่วนใหญ่ได้มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ได้แก่ น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และ ถ่านหิน ซึ่งล้วนแต่เป็นพลังงานซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดเมื่อมีการเติบโตทางเทคโนโลยี เศรษฐกิจ และสังคมจึงทำให้การบริโภคพลังงานเป็นไปอย่างมหาศาล และเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ติดตามมาอย่างมากมาย การแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนจึงเข้ามามีบทบาทมากขึ้น และพลังงานแสงอาทิตย์ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีแนวโน้มพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว

ในปัจจุบันการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ผลิตได้ประมาณร้อยละ 5 ของการผลิตไฟฟ้าทั้งโลก แต่มีแนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็น ร้อยละ 11 ในปี 2030 เป็นร้อยละ 20 ในปี 2050 และมากกว่า ร้อยละ 60 ในปี 2100 [1] ทำให้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่มีความสำคัญของโลกในอนาคต [2]

การพยากรณ์หรือการทำนายแนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของโลก เป็นเรื่องสำคัญที่ภาครัฐต้องพิจารณา หากไม่มีการเตรียมการวิจัย วางแผนและพัฒนาพลังงานทดแทนแล้ว ในอนาคตอาจจะได้รับผลกระทบ อย่างรุนแรงจากสถานการณ์ทางด้านพลังงานอย่างแน่นอน ทั้งนี้เป็นข้อมูลที่ได้ใช้ข้อมูลการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถวางแผน การผลิตและลงทุนก่อสร้างโรงงานผลิตอุปกรณ์ผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งมีผลทำให้ได้อุปกรณ์ที่ไม่มีราคาถูกลง เนื่องจากมีการแข่งขันที่สูงและยังทำให้ราคาการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยลดลง [4] ปัจจุบันการพยากรณ์หรือการทำนายจึงไม่ใช่เรื่องง่าย ต้องอาศัยการทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนและยุ่งยากในการคำนวณ หรือหากอาศัยข้อมูลทางสถิติของพลังงานมีความคลาดเคลื่อนสูงอันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็นเชิงเส้น

ซึ่งในบทความนี้จะนำเสนอการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ทำให้การพยากรณ์จากข้อมูลที่น้อยที่สุดก็ครบถ้วนโดยที่ตรงที่สุด ไม่ยุ่งยากซับซ้อน รวดเร็วได้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ โดยมีวิธีการที่ใช้ในบทความนี้ คือ นำข้อมูลทางสถิติด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของโลกในปี ค.ศ.2000 ถึง 2010 [2],[3] ราคา น้ำมัน ในตลาดโลกในปี ค.ศ. 2000 ถึง 2010 ราคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การเจริญเติบโตของอุตสาหกรรม PV ป้อนเข้าระบบโครงข่ายประสาทเทียม โดยทดลองปรับค่าที่เหมาะสมเปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์ได้กับ

สถิติเชิงเพื่อทำการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าของเขต  
แสดงเทคโนโลยีต่อไป

**2. โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Back Propagation Feed Forward Network**

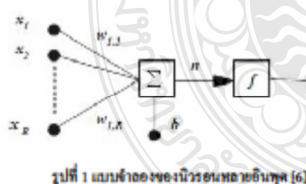
ปัจจุบันนี้คอมพิวเตอร์วิทัศน์ถูกนำมาใช้งานอย่างกว้างขวางแต่  
ยังคงมีขีดความสามารถจำกัดอยู่เมื่อเทียบกับ สมองมนุษย์ซึ่งสมอง  
สามารถจำและเรียนรู้จากประสบการณ์ในอดีต และนำมาปรับใช้กับ  
สถานการณ์ปัจจุบัน ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาการทำงานของสมองของ  
มนุษย์เพื่อนำมาปรับแบบจำลองของเซลล์ประสาทโครงข่ายประสาท  
เทียมและศึกษากระบวนการเรียนรู้ (Learning Algorithm) ให้มีการนำ  
โครงข่ายประสาทเทียมเข้ามาประยุกต์ใช้ในทางทางด้านวิศวกรรม อาทิ  
การพยากรณ์การผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ [5] การพยากรณ์  
ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นของสถานีไฟฟ้า [7] การใช้โครงข่าย  
ประสาทเทียมในการออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับอาคารชุด [8] เป็นต้น

**2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทกับเซลล์ประสาทเทียม**

โครงข่ายประสาทเทียมเป็น อรรถลักษณะที่เลียนแบบการ  
เรียนรู้ของสมองมนุษย์ โดยมีองค์ประกอบของโครงข่ายพื้นฐานที่  
สำคัญดังนี้ คือ ยูนิท (Unit) ตัวแปรอินพุต (Input Layer) ตัวแปรเอาต์พุต  
(Output Layer) และค่าช่วงน้ำหนัก (Weighted Value) ซึ่งสามารถสรุป  
ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาท กับเซลล์ประสาทเทียมได้ดังนี้ [6]  
ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทกับเซลล์ประสาทเทียม

เซลล์ประสาท	เซลล์ประสาทเทียม
ตัวเซลล์ (Cell Body)	ยูนิท (Unit)
เดน ไดรส์ (Dendrite)	ตัวแปรอินพุต (Input Layer)
แอกซอน (Axon)	ตัวแปรเอาต์พุต (Output Layer)
ไซแนปส์ (Synapse)	ค่าช่วงน้ำหนัก (Weight Value)

**2.2 แบบจำลองนิวรอนหลายอินพุต(Multiple-Input Neural)**



รูปที่ 1 แบบจำลองของนิวรอนหลายอินพุต [6]

โครงข่ายประสาทเทียมที่มีอินพุตหลายอินพุต ซึ่ง อินพุต  $x_1, x_2, \dots, x_n$  จะถูกคูณด้วยค่าช่วงน้ำหนักของแต่ละอินพุตเป็น  $w_{1,1}, w_{1,2}, \dots, w_{1,n}$  ซึ่งสามารถเขียนเป็นเมทริกซ์ได้ เรียกว่าเมทริกซ์ค่าช่วงน้ำหนักก็มี  
สัญลักษณ์เป็น  $W$  จะถูกรวมเข้ากับอินพุตของฟังก์ชันถ่ายโอน  $n$  ตาม  
สมการที่ (1) [6]

$$n = w_{1,1}x_1 + w_{1,2}x_2 + \dots + w_{1,n}x_n + b \quad (1)$$

เขียนอยู่ในรูปเมทริกซ์ตามสมการที่ (2)

$$n = Wx + b \quad (2)$$

โดยที่เมทริกซ์  $W$  เป็น Row Matrix มีเพียง 1 แถว จะได้เอาต์พุตของ  
นิวรอนตามสมการที่ (3)

$$y = f(Wx + b) \quad (3)$$

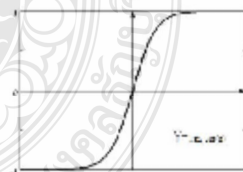
โดยที่  $x$  คือ อินพุต  $w$  คือ ค่าช่วงน้ำหนัก  
 $b$  คือ ไบอัส  $f$  คือ ฟังก์ชันถ่ายโอน  
 $y$  คือ เอาต์พุต

โดยค่าช่วงน้ำหนัก  $w$  และ ไบอัส  $b$  สามารถปรับค่าได้ตามกฎ  
การเรียนรู้และค่าเอาต์พุตจะขึ้นอยู่กับฟังก์ชันถ่ายโอน  $f$  กำหนด โดยผู้ใช้

**2.3 ฟังก์ชันการถ่ายโอน (Transfer Function)**

ฟังก์ชันการถ่ายโอนเป็นค่ากำหนดค่าเอาต์พุต ฟังก์ชันถ่าย  
โอนที่ใช้จะเป็นแบบเชิงเส้นหรือแบบไม่เชิงเส้นก็ได้ ฟังก์ชันการถ่าย  
โอนที่ใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมมีอยู่หลายชนิดแบบที่  
นิยมใช้กันคืออย่าง อาทิ ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบลอจิสติกส์  
(Log-Sigmoid), ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบแทนซิกมอยด์ (Tan-Sigmoid)  
ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเชิงเส้น (Linear) ในการนำเสนอนี้ใช้ฟังก์ชันถ่าย  
โอนแบบแทนซิกมอยด์ (Tan-Sigmoid) ในชั้นซ่อน (Hidden Layer) และ  
ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเชิงเส้น (Linear) ในชั้นเอาต์พุต (Output Layer)  
เพื่อลดการแกว่งปัญหา

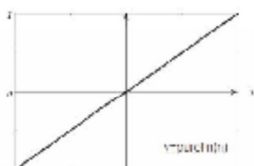
1. ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบแทนซิกมอยด์ (Tan-Sigmoid) จะมีค่าระหว่าง  $-1$  กับ  $1$  และมีความสัมพันธ์ตาม  
สมการที่ (4) [8]



รูปที่ 2 ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบแทนซิกมอยด์ (Tan-Sigmoid) [6]

$$\text{tansig}(n) = \frac{1 - e^{-n}}{1 + e^{-n}} \quad (4)$$

2. ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบเชิงเส้น (Linear) จะมีค่าระดับเป็นเชิงเส้นและมีความชันฟังก์ชันการที่ (5) (6)

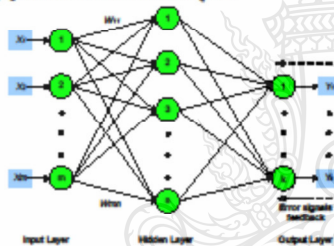


รูปที่ 3 ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบเชิงเส้น (Linear) (6)

$$\text{purelin}(n) = n \quad (5)$$

2.4 โครงสร้าง Back Propagation Feed Forward Network

Back Propagation Feed forward Network เป็นโครงข่ายวิธีหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและมีกฎของ การเรียนรู้ (learning rules) อยู่ในโครงข่ายประสาทเทียม [5] แสดงพื้นฐานของโครงสร้าง Back Propagation Feed forward Network ดังรูปที่ 4

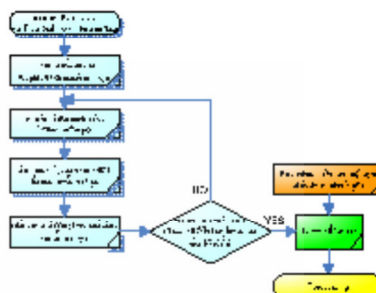


รูปที่ 4 โครงสร้าง Back propagation Feed forward Network (6)

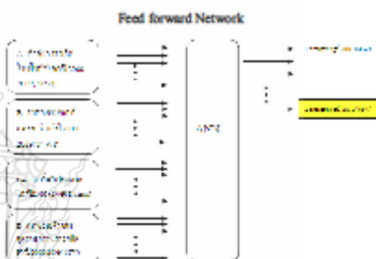
3.วิธีการพยากรณ์

กำหนดอินพุตจำนวน 4 อินพุตแต่ละประเภทของอินพุตมีข้อมูลจำนวน 10 ข้อมูลซึ่งนำค่ามาจากปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วย  
 ก. ราคามัน ซึ่งมีความวิตกกังวลของเซลล์พลังงานที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า [4]  
 ข. ราคามงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งเป็นหัวใจหลักในการผลิตไฟฟ้า [9]  
 ค. จุดสภาพธรรมการผลิตรวม PV ซึ่งเกี่ยวข้องกับอุปสงค์และอุปทาน [10]  
 ง. ข้อมูลทางสถิติด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของโลกในปี ค.ศ.2000 ถึง 2009 [2],[3]

เอาต์พุตที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมคือค่าการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของโลกในปี ค.ศ.2000 ถึง 2010 โดยมีขั้นตอนการกำหนดโครงข่าย [5] ในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนผังของวิธีการฝึกสอนของ Back Propagation



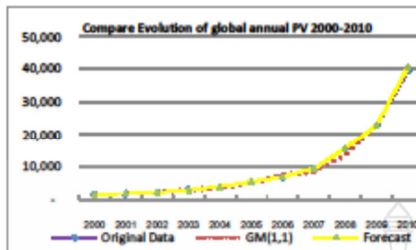
รูปที่ 6 โครงสร้างการพยากรณ์ของโครงข่ายประสาทเทียมที่นำเสนอ

4.การทดลองและผลกระทดของเปรียบเทียบกับข้อมูลสถิติ

ได้ทำการสร้างและฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมด้วยโปรแกรม MATLAB โดยใช้ข้อมูลในช่วงปี 2000-2008 แล้วนำข้อมูลชุดหนึ่งมาทำการ test คือปี 2009 เพื่อพยากรณ์ปี 2010 ค่าในการพยากรณ์ที่ได้มีมาเปรียบเทียบกับค่าจริงคือค่าการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของโลกแล้วคำนวณค่าความผิดพลาด Absolute Percentage Error (APE) ตามสมการที่ (6) ซึ่งในการทดสอบ สร้างและฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมได้ค่าการพยากรณ์การผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ในปี 2010 เท่ากับ 40,552 MW เทียบกับข้อมูลทางสถิติปี 2010 คือ 39,529 MW คิดเป็น ค่าความผิดพลาด (APE) เท่ากับ ร้อยละ 2.5568

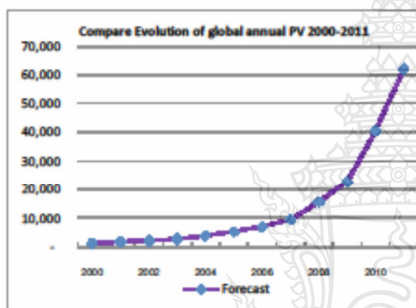
$$APE = \left| \frac{P_f - P_a}{P_a} \right| * 100 \quad (6)$$

โดยที่  $P_f$  คือ ค่าพยากรณ์,  $P_a$  คือ ค่าจริง



รูปที่ 7 เปรียบเทียบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของโลก ในปี ค.ศ.2000 ถึง 2010

ดังนั้นจึงนำ network ที่ได้จากการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม มาพยากรณ์ ปี 2011 ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ผลการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของโลกในปี ค.ศ.2011

จากรูปที่ 8 จะเห็นได้ว่ากราฟที่มีการเพิ่มขึ้นทุกปีและมีรูปแบบไม่เป็นเชิงเส้นยากต่อการคำนวณ จากผลที่ได้การสร้าง และฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมด้วย โปรแกรม MATLAB ทำการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของโลก ในปี ค.ศ. 2011 ได้ค่าเท่ากับ 62,324 KW

**5.สรุป**

การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของโลกเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับรัฐบาลและนักลงทุน ในการตัดสินใจและวางแผนงานต่างๆ การพยากรณ์จึงไม่จำเป็นที่จะทำได้เนื่องจากการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีทางด้าน PV ซึ่งในงานบทความนี้ใช้ โครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์ซึ่งผลการพยากรณ์ในปี ค.ศ.2010 ได้ค่าความผิดพลาด Absolute Percentage Error

(APE) เท่ากับ ร้อยละ 2.5568 ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับทฤษฎี GM(1,1) Grey Forecasting Method ที่มีค่าความผิดพลาดเท่ากับร้อยละ 5.035 และการพยากรณ์ในปี ค.ศ.2011 ได้ค่าการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ของโลก เท่ากับ 62,324 KW ในอนาคตคาดว่าจะมีข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์ที่มากขึ้นเช่น เทคโนโลยีทางด้าน PV นโยบายการส่งเสริมของทางภาครัฐเป็นต้น ซึ่งจะทำการพยากรณ์มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์สามารถทำได้ มีความแม่นยำสูง และง่ายต่อการพยากรณ์

**6. กิตติกรรมประกาศ**

ขอขอบพระคุณ นายชานนท์ พุทธิศักดิ์ ที่ได้สละเวลาและแนะนำในการใช้งานโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อการพยากรณ์

**เอกสารอ้างอิง**

- [1] Report The International Energy Agency (IEA),Technology Roadmap Solar photovoltaic energy.
- [2] The EPIA Global Market Outlook for Photovoltaics (PV) from 2010 to 2014.
- [3] The EPIA Global Market Outlook for Photovoltaics Until 2015
- [4] Forecasting the Global Photovoltaic Market by Usingthe GM(1,1) Grey Forecasting Method Chi-Yo Huang, Wei-Chang Tzeng, Yu-Wei Liu and Po-Yen
- [5] The Forecast of the Electrical Energy Generated by Photovoltaic Systems using Neural Network Method , Ting-Chung Yu Department of Electrical Engineering Lughwa University of Science and Technology Taoyuan, aiwastingyu@mail.lhu.edu.tw
- [6] M.T. Hagan, H.B. Demuth and M. Beale, Neural Network Design. Boston: PWS Publishing Company., 1996.
- [7] วันชัย ชื่นโกมล.การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นของสถานีไฟฟ้า ต่อโดยเครือข่ายประสาทร่วมกับ หลักวิธีถ่ายทอดพันธุกรรม. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- [8] วันฉัตร อุตม์ทอง.การใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับอาคารชุด.วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พ.ศ.2553
- [9] A PV Roadmap for Europe. Wolfgang PALZ Chairman, World Council for Renewable Energy.
- [10] A.Skumaniach, E.Ryabova, I.J.Malik, S.Reddy, L.Sabnani PV Technology Roadmap: Market and Manufacturing Considerations.



### รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

รศ.ดร. กุลเชษฐี เพียรทอง	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รศ.ดร. ฐานิตย์ เมธิยานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
รศ.ดร. ณีภุชฌ์ ภาคย์ปิ่นนันทน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร. นรินทร์ วัฒนกุล	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รศ.ดร. พงษ์เจต พรหมวงศ์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร. มานะ อมรกิจปารุ้ง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร. สมเกียรติ ปรีชญาวรากร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร. อติศักดิ์ นาถกรณกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร. สัมพันธ์ ฤทธิเดช	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รศ.ดร. สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รศ.ดร. เสริม จันทร์ฉาย	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผศ.ดร. จินดา เจริญพรพาณิชย์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผศ.ดร. กิตติ สถาพรประสาธน์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผศ.ดร. จุฬารภรณ์ เบญจปิยะพร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร. ชวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ดร. ธนรัฐ ศรีวีระกุล	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ดร. ย่าไพศักรีย์ ทิบุญมา	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ดร. ชัยยงค์ เศรษฐไพโรจน์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผศ.ดร. นริส ประทีนทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร. ปวีณา เต็มสุขสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร. จีรวรรณ เตียรดีสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร. ธนิต สวัสดิ์เสวี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ. สมบูรณ์ เวชกามา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร. วันชัย ฉิมฉวี	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
ผศ.ดร. ศักดิ์ระวี ระวังกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ผศ.ดร. ศิริ ดวงพร	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรธานี
ผศ.ดร. สมชาย มณีวรรณ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร. นิพนธ์ เกตุจ้อย	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร. จินดาพร ขำรัสเลิศลักษณ์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร. เจริญพร เลิศสถิตธนกร	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร. บพิตร บุญไชยดี	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร. ณัฐพล ภูมิสะอาด	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม





### รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ(ต่อ)

ผศ.ดร. ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร. มณีนรัตน์ อังศ์วรรณดี	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร. วรวิวัฒน์ เสรียมวิบูล	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร. อติศักดิ์ ปัตติยะ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร. อนุสรณ์ แสงประจักษ์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร. อภินันท์ อูไรโสภณ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ดร. กันย์ วงศ์เกษม	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
ดร. ดาเรศน์ กิตติโยภาส	กรมส่งเสริมการเกษตร และสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย
อ.ดร. ชลิตา เนียมมัญ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อ.ดร. ชัยยันต์ จันทร์ศิริ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อ.ดร. ณรงค์ อึ้งกิมปั้น	มหาวิทยาลัยบูรพา
อ.ดร. เกียรติสิน กาญจนวินิชกุล	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร. จักรมาส เลหาวิช	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร. ณัฐวุฒิ สุวรรณเทา	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร. นเรศ มีใส	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร. นิวัตร อังควิเศษพันธ์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร. นุชิตา สุวแพทย์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร. พลกฤษณ์ จิตต์โต	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร. ละมุล วิเศษ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร. สุนันทา เลาวินัยศิริ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร. สุพรรณ ยั่งยืน	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร. อรุมา ลาสูนห์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ. ปรีชา ศรีประภาคาร	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ. ศิริลักษณ์ วงศ์เกษม	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร. วาทีญู รอดประพัฒน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
อ.ดร. กิตติศักดิ์ วิธินันท์กิตส์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
อ.ดร. ระวี พรหมหลวงศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ที่ ๒๒๖๖/๒๕๕๕



คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย  
จังหวัดมหาสารคาม

1 เมษายน 2555

เรื่อง ตอบรับบทความวิจัยสำหรับนำเสนอในการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8

เรียน คุณ นันทิต ปานแก้ว

ตามที่ท่านได้ส่งบทความเรื่อง การพยากรณ์แนวโน้มของทวีตกำลังไฟฟ้าจากไฟโตโวลตาอิกโดยได้  
โครงข่ายประสาทเทียม เลขที่บทความ RE04 เพื่อนำเสนอในการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย  
ครั้งที่ 8 ณ โรงแรมคักสิลา จังหวัดมหาสารคาม ระหว่างวันที่ 2 - 4 พฤษภาคม 2555 ทางคณะกรรมการ  
จัดเวทีประชุม ขอแจ้งให้ท่านทราบว่าคณะกรรมการได้พิจารณาแล้วและเห็นว่ามีความน่าสนใจสมควรนำเสนอ และขอแจ้ง  
ท่านให้ดำเนินการขอรับสิทธิ์ตีพิมพ์บทความในวารสารวิศวกรรมศาสตร์ฉบับที่ ๒๒ ประจำปี ๒๕๕๕ ซึ่งขอท่านเป็นภาวะ  
ลิขสิทธิ์ของวารสารปีต่อไปขอสงวนสิทธิ์ตีพิมพ์ในวารสารฉบับต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บพิช นุปดิโชติ)

ประธานคณะกรรมการอำนวยการจัดการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8

คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
โทร. 043-754322-40 ต่อ 3086 โทรสาร 043-754316

ref.No : 1035



## กำหนดการนำเสนอบทความวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ ๘

### วันที่ ๒ พฤษภาคม ๒๕๕๕

เวลา 08.00 น.- 10.00 น.	ลงทะเบียน+รับประทานอาหารว่าง				
เวลา 10.00 น.-12.15 น.	แบ่งกลุ่มย่อยนำเสนอบทความวิชาการ	ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	ห้องที่ 4
	10.00 น.-10.15 น.	AP01	EC01	RE01	EP01
	10.15 น.-10.30 น.	AP02	EC02	RE02	EP02
	10.30 น.-10.45 น.	AP03	EC14	RE03	EP03
	10.45 น.-11.00 น.	AP04	EC15	RE04	EP04
	11.00 น.-11.15 น.	AP05	EC16	RE05	EP05
	11.15 น.-11.30 น.	AP06	EC05	RE06	EP06
	11.30 น.-11.45 น.	AP07	EC06	RE07	EV01
	11.45 น.-12.00 น.	AP08	EC07	RE09	EV03
	12.00 น.-12.15 น.	AP09	EC09	RE10	EV04
เวลา 12.15 น.-13.15 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน				
เวลา 13.15 น.-13.45 น.	พิธีเปิดการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ ๘				
เวลา 13.45 น.-15.45 น.	การเสวนาเรื่อง "พลังงานทางเลือกกับอนาคตโรงไฟฟ้าไทย"				
เวลา 15.45 น.-16.00 น.	พักรับประทานอาหารว่าง				
เวลา 16.00 น.-16.30 น.	เดินทางจากโรงแรมดักลาส สู่พิพิธภัณฑสถานหาววิทยาลัยมหาสารคาม				
เวลา 16.30 น.-18.00 น.	เยี่ยมชมพิพิธภัณฑสถานหาววิทยาลัยมหาสารคาม				
เวลา 18.00 น.-21.30 น.	งานเลี้ยงรับรองผู้เข้าร่วมประชุมวิชาการ ที่ พิพิธภัณฑสถานหาววิทยาลัยมหาสารคาม				

### วันที่ ๓ พฤษภาคม ๒๕๕๕

เวลา 08.30 น.- 10.30 น.	แบ่งกลุ่มย่อยนำเสนอบทความวิชาการ	ห้องที่ 1	ห้องที่ 2	ห้องที่ 3	ห้องที่ 4
	08.30 น.-08.45 น.	AP10	EC08	RE11	EV05
	08.45 น.-09.00 น.	AP11	EC10	RE12	EM01
	09.00 น.-09.15 น.	AP12	EC12	RE13	EM02
	09.15 น.-09.30 น.	AP13	EC03	RE15	EM04
	09.30 น.-09.45 น.	AP14	EC04	RE16	EM05
	09.45 น.-10.00 น.	AP15	EC13	RE17	EM06
	10.00 น.-10.15 น.	AP16	EC17	RE18	EM07
	10.15 น.-10.30 น.	AP17	EC27	RE19	EM08
เวลา 10.30 น.-10.45 น.	พักรับประทานอาหารว่าง				



## สารบัญ

รหัสบทความ	ชื่อบทความ	หน้า
RE	Renewable Energy	1
RE01	การศึกษาสมรรถนะของเครื่องกลั่นน้ำทะเลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีแผ่นสะท้อนรังสี <u>บุญฤดี นิยมवास</u>	3
RE02	การออกแบบระบบเชื่อมต่อพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สู่ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าย่อยแบบประหยัด <u>สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์ และ เลิศพันธ์ เพียรสร้างสรรค์</u>	4
RE03	การคำนวณการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์โดยไอโซนในบรรยากาศของประเทศไทย <u>สายันต์ ไพร่เกตุ</u>	5
RE04	การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม <u>บัณฑิต ปานท้วม, สมชัย ทวีญูวโรคม และ วันชัย ทวีชัยสิงห์</u>	6
RE05	เครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ <u>สังคม สัพโส, จินดาพร จำรัสเลิศกษณณ์ และอดิศักดิ์ บัณฑิตยะ</u>	7
RE06	หลักการออกแบบระบบการจัดการแบตเตอรี่ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน <u>อภิวิวัฒน์ อัครเมฆินทร์ และ บุญยงค์ ปลั่งกลาง</u>	8
RE07	การทดสอบระบบติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์สำหรับอุปกรณ์สะสมความร้อนแบบรวมรังสีชนิดรางพาราโบลา <u>ประภาทิพย์ บุญหล้า, นุชชิตา สุวแพทย์, สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์ และอนุสรณ์ แสงประจักษ์</u>	9
RE09	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบทันเวลา <u>เดชนันติธร อัมบริตรา และ วันชัย ทวีชัยสิงห์</u>	10
RE10	การศึกษาการวัดความเร็วลม ด้วยพัดลมระบายความร้อน <u>ณัฐกรพล แจ้งจรงค์ และ วันชัย ทวีชัยสิงห์</u>	11
RE11	การออกแบบเครื่องให้อาหารสัตว์เลี้ยงแบบอัตโนมัติระบบพลังงานแสงอาทิตย์ <u>พลวุฒิ อังกาทิพย์, ชัยยุทธ ทวีชัยประเสริฐ, องอาจ แสดใหม่ และ สมชัย ทวีญูวโรคม</u>	12
RE12	การออกแบบและทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวรสำหรับกังหันน้ำระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก <u>อัครชัย งามสม, ชีระศักดิ์ สมศักดิ์, วรจักร เมืองใจ, วีระ เพ็งภิบาล, เอกณัฐ กระจ่างมีมาพร และ นวรงค์ดี เพชรานนท์</u>	13
RE13	แบบจำลองสำหรับประมาณค่ารังสีรวมของดวงอาทิตย์จากอุณหภูมิอากาศแวดล้อมสำหรับประเทศไทย <u>เสริม จันทร์ฉาย และเพ็ญพร นิ่มนวล</u>	14
RE14	การวิเคราะห์ประสิทธิภาพกังหันลมขนาด 1 กิโลวัตต์ เพื่อการสูบน้ำ <u>ศิลปชัย เพิ่มพูล และ วีรชัย โรยนรินทร์</u>	15



**RE04 การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก  
โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม**  
**Forecasting the Roadmap of PV Power Generation Using Neural Network**

บัณฑิต ปานทั่วม, สมชัย ทวีชัยโรตม และ วันชัย ทวีชัยสิงห์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ถนนรังสิต-นครนายก  
ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ 0-2549-3571, 08-1209-1211 โทรสาร 0-2549-3422  
E-mail:birdy19@hotmail.com

**บทคัดย่อ**

การผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ใช้รูปแบบของแผงโฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic (PV) Panel) ของโลก ในรอบ 10 ปีที่ผ่านมาได้มีการใช้งานเพิ่มขึ้น และมีการพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นอย่างรวดเร็ว การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจาก โฟโตโวลตาอิก เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการกำหนดนโยบายพลังงานของรัฐบาลและเป็นประโยชน์ในการตัดสินใจลงทุน ลดความเสี่ยงและวางแผนการผลิตอย่างแม่นยำ การพยากรณ์หรือการทำนาย ไม่ใช่เรื่องง่าย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการนำเสนอการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลก โดยอาศัยข้อมูลทางสถิติที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ปี ค.ศ.2000-2009 อาทิ พิกัดการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลก ราคาน้ำมัน ราคาอุปกรณ์ของ PV การเติบโตของอุตสาหกรรมของ PV และการเพิ่มขึ้นของประชากรโลก โดยนำตัวแปรดังกล่าวมาใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม เปรียบเทียบผลกับวิธีการพยากรณ์แบบเกรย์ (GM (1,1) Gray Forecasting Method) และข้อมูลทางสถิติผลการศึกษพบว่า การพยากรณ์มีความแม่นยำมีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 1.6607

**คำหลัก:** การพยากรณ์แนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก โครงข่ายประสาทเทียม

**Abstract**

The Photovoltaic (PV) power generation has been the fastest emerging energy technology during the past decade. Development of PV technologies has been growing fast. Precise prediction of the PV power generation is essential. It must be one of important factors for governments' energy policy and policy of PV investment. It can also reduce the risk of problems for the planning and producing of energy. The precise prediction of PV power production in the future is not quit easy. This research presents the trend of global PV power generations based on the relevantly statistical data from the year of 2000 until 2010. These are installation capacity of PV power systems, oil prices, system component prices, the glowing of PV industries and so on. The results of prediction from neural network method compared to GM(1,1) Gray's forecasting method can be stated that the absolute percentage error is 2.5568 % approximately.

**Keywords:** forecasting the roadmap of PV power generation, neural network



การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8  
วันที่ 2-4 พฤษภาคม พ.ศ. 2555 จังหวัดมหาสารคาม

การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก  
โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม  
**Forecasting the Roadmap of PV Power Generation Using Neural Network**

บัณฑิต ปานห้วม, สมชัย หิรัญโรดม, วันชัย ทวีพงษ์สิงห์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ถนนรังสิต-นครนายก  
ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ 0-2549-3571, 08-1209-1211 โทรสาร 0-2549-3422  
E-mail:birdy19@hotmail.com

**บทคัดย่อ**

การผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ใช้รูปแบบของแผงโฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic (PV) Panel) ของโลก ในรอบ 10 ปีที่ผ่านมาได้มีการใช้งานเพิ่มขึ้น และมีการพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นอย่างรวดเร็ว การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจาก โฟโตโวลตาอิก เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการกำหนดนโยบายพลังงานของรัฐบาลและเป็นประโยชน์ในการตัดสินใจลงทุน ลดความเสี่ยงและวางแผนการผลิตอย่างแม่นยำ การพยากรณ์หรือการทำนาย ไม่ใช่เรื่องง่าย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการนำเสนอการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลก โดยอาศัยข้อมูลทางสถิติที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ปี ค.ศ.2000-2009 อาทิ พิกัดการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลก ราคาน้ำมัน ราคาอุปกรณ์ของ PV การเติบโตของอุตสาหกรรมของ PV และการเพิ่มขึ้นของประชากรโลก โดยนำตัวแปรดังกล่าวมาใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม เปรียบเทียบผลกับวิธีการพยากรณ์แบบเกรย์ (GM (1,1) Gray Forecasting Method) และข้อมูลทางสถิติผลการศึกษาค้นคว้าว่าการพยากรณ์มีความแม่นยำมีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 1.6607

**คำหลัก:** การพยากรณ์แนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก, โครงข่ายประสาทเทียม

**Abstract**

The Photovoltaic (PV) power generation has been the fastest emerging energy technology during the past decade. Development of PV technologies has been growing fast. Precise prediction of the PV power generation is essential. It must be one of important factors for governments' energy policy and policy of PV investment. It can also reduce the risk of problems for the planning and producing of energy. The precise prediction of PV power production in the future is not quit easy. This research presents the trend of global PV power generations based on the relevantly statistical data from the year of 2000 until 2010. These are installation capacity of PV power systems, oil prices, system component prices, the growing of PV industries and so on. The results of prediction from neural network method compared to GM(1,1) Gray's forecasting method can be stated that the absolute percentage error is 1.6607 % approximately.

**Keywords:** Forecasting the Roadmap of PV Power Generation, Neural Network

ENETT8-XXX



## 1. บทนำ

แหล่งพลังงานที่สำคัญของโลก ส่วนใหญ่ได้มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ได้แก่ น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน ส่วนแล้วแต่เป็นพลังงานซึ่งมีอยู่อย่างจำกัด เมื่อมีการเติบโตทางเทคโนโลยี เศรษฐกิจ และสังคม จึงทำให้การบริโภคพลังงานเป็นไปอย่างมหาศาล และเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ติดตามมาอย่างมากมาย การนำพลังงานในรูปแบบอื่นมาใช้ อาทิ พลังงานไฟฟ้าจากนิวเคลียร์ มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนการก่อสร้างสูงมาก และยังไม่สามารถสร้างความเชื่อมั่นในความปลอดภัยที่ประชาชนทั่วไปยอมรับได้ การแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนจึงเข้ามามีบทบาทมากขึ้น และพลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีแนวโน้มพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว

ในปัจจุบันการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกผลิตได้ประมาณร้อยละ 5 ของการผลิตไฟฟ้าทั่วโลก แต่มีแนวโน้มของสัดส่วน ในการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกเป็นร้อยละ 11 ในปี 2030 เป็นร้อยละ 20 ในปี 2050 และมากกว่า ร้อยละ 60 ในปี 2100 [1] ทำให้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่มีความสำคัญของโลกในอนาคต [2]

การพยากรณ์หรือการทำนายแนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลก เป็นเรื่องสำคัญที่ภาครัฐต้องพิจารณา หากไม่มีการเตรียมการวิจัยวางแผนและพัฒนาพลังงานทดแทนแล้วในอนาคตอาจจะได้รับผลกระทบ อย่างรุนแรงจากสถานการณ์ทางด้านพลังงานอย่างแน่นอน ซึ่งไม่เพียงส่งผลต่อระบบเศรษฐกิจเท่านั้น ประชาชนทุกคนที่ใช้พลังงานก็จะได้รับผลกระทบดังกล่าวด้วย ทั้งยังเป็นข้อมูลให้ผู้ผลิตอุปกรณ์ ผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกสามารถวางแผน การผลิตและลงทุนก่อสร้างโรงงานผลิตอุปกรณ์ผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก ซึ่งมีผลทำให้ได้อุปกรณ์ที่ใช้มีราคาถูกลง เนื่องจากมีการแข่งขันที่สูง และยังทำให้ราคาค่าผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยลดลง [4] ปัจจุบันการพยากรณ์หรือการทำนายจึงไม่ใช่เรื่องง่าย ต้องอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์ที่

ซับซ้อนและยุ่งยากในการคำนวณ หรือหากอาศัยแต่ข้อมูลทางสถิติย้อนหลังอาจมีความคลาดเคลื่อนสูงอันเนื่องมาจากจากการเพิ่มขึ้นอย่างไม่เป็นเชิงเส้น

ซึ่งในบทความนี้จะนำเสนอการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ทำให้การพยากรณ์จากข้อมูลที่มีอยู่จำกัดเกิดประโยชน์สูงสุด ไม่ยุ่งยาก ซับซ้อนรวดเร็วได้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ โดยมีวิธีการที่ใช้ในบทความนี้ คือ นำข้อมูลทางสถิติด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลกในปี ค.ศ. 2000 ถึง 2009 [2],[3] ราคาน้ำมันในตลาดโลกในปี ค.ศ. 2000 ถึง 2009 ราคามงโพลีโวลตาอิก การเจริญเติบโตของอุตสาหกรรม PV ป้อนเข้าระบบโครงข่ายประสาทเทียม โดยทดลองปรับตั้งค่าที่เหมาะสมเปรียบ เทียบค่าที่พยากรณ์ได้กับสถิติจริง เพื่อทำการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกในปีถัดไป

## 2. โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Back Propagation Feed Forward Network

ปัจจุบันนี้คอมพิวเตอร์ได้ถูกนำมาใช้งานอย่างกว้างขวาง แต่ยังคงมีขีดความสามารถจำกัดอยู่เมื่อเทียบกับสมองมนุษย์ ซึ่งสมองสามารถจดจำและเรียนรู้จากประสบการณ์ในอดีต และนำมาปรับใช้กับสถานการณ์ปัจจุบันดังนั้นจึงได้มีการศึกษาการทำงานของสมองของมนุษย์ เพื่อนำมาเป็นแบบจำลองของเซลล์ประสาทโครงข่ายประสาทเทียมและศึกษากระบวนการเรียนรู้ (Learning Algorithm) ได้มีการนำโครงข่ายประสาทเทียมเข้ามาประยุกต์ใช้ในงานหลายด้านด้วยกัน อาทิ การพยากรณ์การผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก [6] การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นของสถานีไฟฟ้า [9] การใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการออกแบบระบบไฟฟ้า สำหรับอาคารชุด [10] เป็นต้น



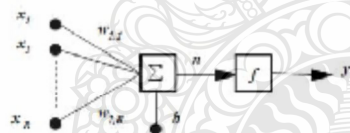
**2.1.ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทกับเซลล์ประสาทเทียม**

โครงข่ายประสาทเทียมเป็น อัลกอริทึมที่เลียนแบบการเรียนรู้ของสมองมนุษย์ โดยมีองค์ประกอบของโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญดังนี้ คือ ยูนิต (Unit) ตัวแปรอินพุต (Input Layer) ตัวแปรเอาต์พุต (Output Layer) และค่าตัวงน้ำหนัก (Weighted Value) ซึ่งสามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาท กับเซลล์ประสาทเทียมได้ดังนี้ [8]

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทกับเซลล์ประสาทเทียม

เซลล์ประสาท	เซลล์ประสาทเทียม
ตัวเซลล์ (Cell Body)	ยูนิต (Unit)
เดนไดรต์ (Dendrite)	ตัวแปรอินพุต (Input Layer)
แอกซอน (Axon)	ตัวแปรเอาต์พุต (Output Layer)
ไซแนปส์ (Synapse)	ค่าตัวงน้ำหนัก (Weight Value)

**2.2. แบบจำลองนิวรอนหลายอินพุต ( Multiple-Input Neural)**



รูปที่ 1 แบบจำลองของนิวรอนหลายอินพุต [8]

โครงข่ายประสาทเทียมที่มีอินพุตหลายอินพุต ซึ่งอินพุต  $x_1, x_2, \dots, x_n$  จะถูกคูณด้วยค่าตัวงน้ำหนักของแต่ละอินพุตเป็น  $w_{1,1}, w_{1,2}, \dots, w_{1,n}$  ซึ่งสามารถเขียนเป็นเมตริกซ์ได้ เรียกว่าเมตริกซ์ค่าตัวงน้ำหนักมี

สัญลักษณ์เป็น  $W$  จะถูกรวมเข้ากันเป็นอินพุตของฟังก์ชันถ่ายโอน  $n$  ตามสมการที่ (1) [8]

$$n = w_{1,1}x_1 + w_{1,2}x_2 + \dots + w_{1,n}x_n + b \quad (1)$$

เขียนอยู่ในรูปเมตริกซ์ตามสมการที่ (2)

$$n = Wx + b \quad (2)$$

โดยที่เมตริกซ์  $W$  เป็น Row Matrix มีเพียง 1 แถว จะได้เอาต์พุตของนิวรอน ตามสมการที่ (3)

$$y = f(Wx + b) \quad (3)$$

โดยที่  $x$  คือ อินพุต

$w$  คือ ค่าตัวงน้ำหนัก

$b$  คือ ไบอัส

$f$  คือ ฟังก์ชันถ่ายโอน

$y$  คือ เอาต์พุต

โดยค่าตัวงน้ำหนัก  $w$  และไบอัส  $b$  สามารถปรับค่าได้ตามกฎการเรียนรู้ และค่าเอาต์พุตจะขึ้นอยู่กับฟังก์ชันถ่ายโอน  $f$  สามารถกำหนดได้โดยผู้ใช้

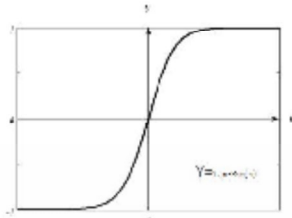
**2.3 ฟังก์ชันการถ่ายโอน (Transfer Function)**

ฟังก์ชันการถ่ายโอนเป็นตัวกำหนด ค่าเอาต์พุต ฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้จะเป็นแบบเชิงเส้น หรือแบบไม่เชิงเส้นก็ได้ ฟังก์ชันการถ่ายโอนที่ใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมมีอยู่หลายชนิด แบบที่นิยมใช้งาน อาทิ ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบลอจิสติกมอยด์ (Log-Sigmoid), ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบแทนซิกมอยด์ (Tan-Sigmoid) ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเชิงเส้น (Linear) ในการนำเสนอนี้ใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบแทนซิกมอยด์ (Tan-Sigmoid) ในชั้นซ่อน (Hidden Layer) และฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเชิงเส้น (Linear) ในชั้นเอาต์พุต (Output Layer) เพียงพอกับการแก้ไขปัญหา

1. ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบแทนซิกมอยด์ (Tan-Sigmoid) จะมีค่าระดับอยู่ที่ระหว่าง -1 กับ 1 และมีความสัมพันธ์ตามสมการที่ (4) [8]

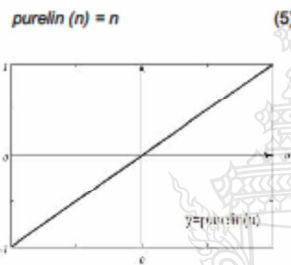
$$\text{tansig}(n) = \frac{1 - e^{-n}}{1 + e^{-n}} \quad (4)$$





รูปที่ 2 ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบแทนซิกมอยด์ (Tan-Sigmoid) [8]

2. ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบเชิงเส้น (Linear) จะมีค่าระดับเป็นเชิงเส้นและมีความสัมพันธ์ ตามสมการที่ (5) [8]

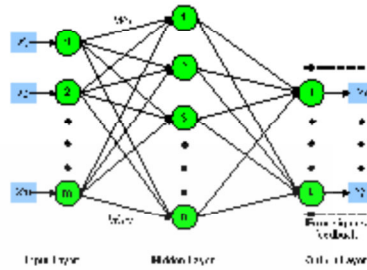


รูปที่ 3 ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบเชิงเส้น (Linear)[8]

**2.4 โครงสร้าง Back Propagation Feed**

**Forward Network**

Back Propagation Feed forward Network เป็นโครงข่ายวิธีหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและมีกฎของการเรียนรู้ (learning rules) อยู่ในโครงข่ายประสาทเทียม [6] แสดงพื้นฐานของโครงข่าย Back Propagation Feed forward Network ดังรูปที่ 4



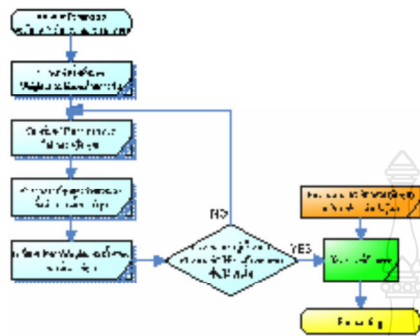
รูปที่ 4 โครงสร้าง Back propagation Feed forward Network [8]

**3. วิธีพยากรณ์**

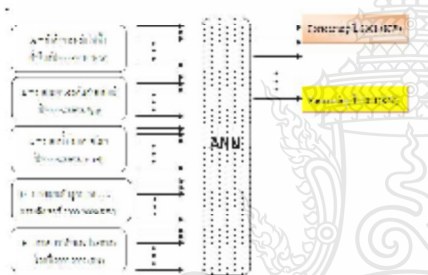
กำหนดอินพุตจำนวน 4 อินพุตแต่ละประเภทของอินพุตมีข้อมูลจำนวน 10 ข้อมูลซึ่งนำค่ามาจากปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตกำลังไฟฟ้าจากไฟโตโวลตาอิก ประกอบด้วย

- ก. ราคาน้ำมัน ซึ่งเป็นผลจากความวิกฤติของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า [4]
- ข. ราคาแผงไฟโตโวลตาอิกซึ่งถือว่าเป็นหัวใจหลักของการผลิตกำลังไฟฟ้า [12]
- ค. อุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์ PV ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับอุปสงค์ และอุปทาน [13]
- ง. ข้อมูลทางสถิติด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากไฟโตโวลตาอิกของโลกในปี ค.ศ.2000 ถึง 2009 [2],[3]

จ. การเพิ่มขึ้นของประชากรโลกส่งผลต่อความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่มากขึ้น ตามไปด้วย [14] เหนือจุดที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมคือค่าการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากไฟโตโวลตาอิกของโลกในปี ค.ศ.2000 ถึง 2010 โดยมีขั้นตอนการกำหนดโครงข่าย [6] ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนผังของการฝึกสอนของ  
Back Propagation Feed forward Network



รูปที่ 6 โครงสร้างการพยากรณ์ของโครงข่าย  
ประสาทเทียมที่นำเสนอ

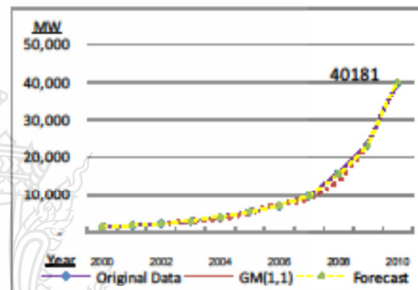
4. การทดลองและผลการทดลอง  
เปรียบเทียบกับสถิติ

ได้ทำการสร้างและฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมด้วยโปรแกรม MATLAB โดยใช้ข้อมูลในช่วงปี 2000 - 2008 แล้วนำข้อมูลอีกชุดหนึ่งมาทำการ test คือปี 2009 เพื่อพยากรณ์ปี 2010 ค่าในการพยากรณ์ที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับค่าจริงคือค่าการผลิตกำลังไฟฟ้าจากไฟโตโวลตาอิกของโลกแล้วคำนวณค่าความผิดพลาด Absolute Percentage Error (APE) ตามสมการที่ (6) ซึ่งในการทดสอบ สร้างและฝึกสอน

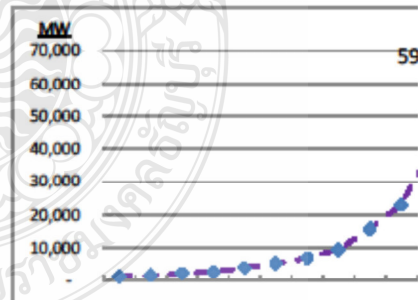
โครงข่ายประสาทเทียมได้ค่าการพยากรณ์การผลิตกำลังไฟฟ้าจากไฟโตโวลตาอิกในปี 2010 เท่ากับ 40,181 MW เทียบกับข้อมูลทางสถิติปี 2010 คือ 39,529 MW คิดเป็น ค่าความผิดพลาด(APE) เท่ากับร้อยละ 1.6607

$$APE = \left| \frac{P_f - P_a}{P_a} \right| * 100 \quad (6)$$

โดยที่  $P_f$  คือ ค่าพยากรณ์  
 $P_a$  คือ ค่าจริง



รูปที่ 7 เปรียบเทียบการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากไฟโตโวลตาอิกของโลกในปี ค.ศ.2000 ถึง 2010 ดังนั้นจึงนำ Network ที่ได้จากการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมมาพยากรณ์ ปี 2011ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ผลการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากไฟโตโวลตาอิกของโลกในปี ค.ศ.2011



จากรูปที่ 8 จะเห็นได้ว่ากราฟมีการการเพิ่มสูงขึ้นทุกปีและมีรูปแบบไม่เป็นเชิงเส้น ยกต่อการคาดเดาผลที่ได้จากการสร้าง และฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมด้วยโปรแกรม MATLAB ทำการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลกในปี ค.ศ. 2011 ได้ค่าเท่ากับ 59,443 MW

### 5. สรุป

การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลกเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับรัฐบาลและนักลงทุนในกำหนดนโยบายและวางแผนงานต่างๆ การพยากรณ์จึงไม่ง่ายที่จะทำได้ เนื่องจากการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีทางด้าน PV ซึ่งในงานบทความนี้ใช้ โครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์ซึ่งผลการพยากรณ์ในปี ค.ศ.2010 ได้ค่าความผิดพลาด Absolute Percentage Error (APE) เท่ากับ ร้อยละ 1.6607 ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับทฤษฎี GM(1,1) Grey Forecasting Method ที่มีค่าความผิดพลาดเท่ากับร้อยละ 5.035 และการพยากรณ์ในปี ค.ศ.2011 ได้ค่าการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลก เท่ากับ 59,443 MW ในอนาคตอาจต้องมีข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์ที่มากขึ้นเช่น เทคโนโลยีทางด้าน PV นโยบายการส่งเสริมของทางภาครัฐ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้การพยากรณ์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์สามารถทำได้ มีความแม่นยำสูงและง่ายต่อการพยากรณ์

### 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายชานนท์ ชูพงศ์ ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำในการใช้งานโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อการพยากรณ์

### 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] The International Energy Agency (IEA), Technology Roadmap Solar photovoltaic energy.
- [2] The EPIA Global Market Outlook for Photovoltaics (PV) from 2010 to 2014.

[3] THE EPIA GLOBAL MARKET OUTLOOK FOR PHOTOVOLTAICS UNTIL 2015.

[4] Forecasting the Global Photovoltaic Market by Using the GM(1,1) Grey Forecasting Method Chi-Yo Huang, Wei-Chang Tzeng, Yu-Wei Liu

[5] J.L Deng. Grey System Fundamental Method. Wuhan, China : Huazhong University science and Technology, 1982.

[6] The Forecast of the Electrical Energy Generated by Photovoltaic Systems using Neural Network Method , Ting-Chung Yu.

Department of Electrical Engineering Lunghwa University of Science and Technology Taoyuan,

[7] เอกสารประกอบการสอนวิชาการจัดการอุตสาหกรรม , มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

[8] M.T. Hagan, H.B. Demuth and M. Beale., Neural Network Design. Boston : PWS Publishing Company., 1996

[9] การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นของสถานีไฟฟ้าย่อย โดยเครือข่ายประสาทร่วมกับหลักวิธีถ่ายทอดพันธุกรรมวินชัย จันไกรพล

[10] การใช้โครงข่ายประสาทเทียม ในการออกแบบระบบไฟฟ้า สำหรับอาคารชุด, บัณฑิต ฤทธิ์ ทองวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พ.ศ. 2553

[11] เอกสารประกอบการสอนเครือข่ายประสาทเทียมเบื้องต้น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[12] A PV Roadmap for Europe Wolfgang PALZ Chairman, World Council for Renewable Energy

[13] PV TECHNOLOGY ROADMAP : MARKET AND MANUFACTURING CONSIDERATIONS A.Skumanich, E.Ryabova, I. J. Malik, S.Reddy, L. Sabnani.

[14] Fuel cells, an alternative to standard sources of Energy A. Boudghene Stambouli , E. Traversa



## คณะกรรมการสภาวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า

### สถาบันกรรมการสามัญ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร  
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
มหาวิทยาลัยศรีปทุม  
มหาวิทยาลัยมหิดล  
มหาวิทยาลัยสยาม  
มหาวิทยาลัยกรุงเทพ  
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ  
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี  
มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย  
มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์  
มหาวิทยาลัยเกษตรมบัณฑิต  
มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์  
มหาวิทยาลัยธนบุรี  
มหาวิทยาลัยรังสิต  
มหาวิทยาลัยนเรศวร

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

### สถาบันกรรมการสมทบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

มหาวิทยาลัยรามคำแหง

มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

มหาวิทยาลัยราชธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยพะเยา

EECON35 Notification of Acceptance : Paper Code 0322

กลับไปที่ ข้อความ |  

eecon35@bu.ac.th  
ถึง birdy19@hotmail.com

7/9/2555  
ตอบกลับ

Dear Mr. BUNDIT PANTOUM,

Congratulations !

Your paper code 0322 entitled


การใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากไฟโตโวลตาอิก

has been ACCEPTED for presentation at the 35th Electrical Engineering Conference (EECON-35), which will be held at Royal Hills Golf Resort and Spa, Nakorn Nayok, Thailand, on December 12-14, 2012.

With this letter, we cordially invite you to attend EECON-35 to present your paper.

Reviewers' comments are listed at the end of this message. It is strongly recommended to the author to revise the paper following reviewer's comments in camera-ready submission.

To include your paper in the conference proceedings, you MUST strictly adhere to the following requirements:


EECON35  
Electrical Engineering Conference

[Mr. BUNDIT PANTOUM \( Author \)](#) | [Profile](#) | [Logout](#)

## Paper Submission

Home > Paper > Paper Submission

» Home

» Paper

» Paper Submission

• Submit Paper

» Conference Registration

### Your papers

📄 **Completed Papers** Found 1 items

Code	Title	Completed Date	Actions
0322	<b>การใช้โครงข่ายประสาธเทียมในการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากฟิโตนีลดาอีก</b> 1.7) Demand side management	02 Oct 2012 16:54	

📄 **Rejected Papers:** None

📄 **Undecided Papers:** None

Last Server Time: Fri, 26 Oct 2012 04:45:02 +0700



## การใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก Using Neural Network For Forecasting the Roadmap of PV Power Generation

บัณฑิต ปานทิว, ศรนรินทร์ แคมคม, สมชัย ทิรฎูวโรคม, วันชัย พรพย์สิงห์  
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ถนนรังสิตนครนายก  
ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ 0-2549-3571, 08-1209-1211 โทรสาร 0-2549-3422

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ถนนรังสิตนครนายก  
ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ 0-2549-3571, 08-1209-1211 โทรสาร 0-2549-3422

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการพยากรณ์แนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา การผลิตกำลังไฟฟ้าของโลกในรูปของการใช้แผงโฟโตโวลตาอิก มีการเพิ่มขึ้นอย่างไม่เป็นเชิงเส้น ยากต่อการคาดการณ์ ผลของงานวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อภาครัฐบาลในด้านการกำหนดนโยบายพลังงานแห่งชาติ ด้านการตัดสินใจลงทุน ด้านการลดค่าความเสี่ยงในการบริหารจัดการ การพยากรณ์ไม่ใช่เรื่องง่าย ทั้งนี้เพราะว่ามีหลายปัจจัยของข้อมูลที่เป็นตัวต้นเหตุสำหรับป้อนให้กับโครงข่ายประสาทเทียม ผลของงานวิจัยพบว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปหน้า มีฟังก์ชันถ่ายโอนแบบTan-Sigmoid Function ในชั้นซ่อน และชั้นเอาต์พุต ค่าเอาต์พุตที่ได้ในเทอมของร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์มีค่าเท่ากับ 3.950 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับวิธีการพยากรณ์แบบเกรย์ (GM (1,1) Grey Forecasting Method) [5.035] แล้ว ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ในงานวิจัยนี้จะต่ำกว่าวิธีการพยากรณ์แบบเกรย์

คำสำคัญ การพยากรณ์, โครงข่ายประสาทเทียม, ผลิตไฟฟ้ากำลังจากโฟโตโวลตาอิก

### Abstract

The aim of this research is to study the roadmap or trend of power generation from solar cells using neural network. In the past of ten years, power generation in terms of Photovoltaic (PV) panels in the world has been increasing dramatically and PV technology development has been also growing fast. Nevertheless, the growth in demand of PV power generation is nonlinear and is also uncertain. The final research would be valuable for Government sector to be that is concerned with energy policy, investment decision, reduce of risk of management. To precisely forecast the trend of PV power generation is

not really easy. This is because there are many factors of data to be input for feeding to neural network, by using neural networks are feed-forward networks in hidden layer with Tan-Sigmoid transfer function and in output layer. The target output received in terms of mean absolute percentage error is 3.950. This value was compared to Grey's forecasting method [5.035]. Finally, it shows that this research result of mean absolute percentage error is lower than Grey's forecasting method.

Keywords : Forecasting , Neural Network , PV Power Generation

### 1. บทนำ

แหล่งพลังงานที่สำคัญของโลก ส่วนใหญ่ได้มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ได้แก่ น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และ ถ่านหิน ซึ่งแล้วแต่เป็นพลังงานซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดเมื่อมีการเติบโตทางเทคโนโลยี เศรษฐกิจ และสังคมจึงทำให้การบริโภคพลังงานเป็นไปอย่างมหาศาล การแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนจึงเข้ามามีบทบาทมากขึ้น และพลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีแนวโน้มพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว

ในปัจจุบันการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก ผลิตได้ประมาณร้อยละ 5 ของการผลิตไฟฟ้าของโลก แต่มีแนวโน้มของสัดส่วนในการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกเป็นร้อยละ 1 ในปี พ.ศ. 2573 เป็นร้อยละ 20 ในปี พ.ศ. 2593 และมากกว่า ร้อยละ 60 ในปี พ.ศ. 2643 [1] พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่มีความสำคัญของโลกในอนาคต [2]

การพยากรณ์หรือการประมาณแนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลก เป็นเรื่องสำคัญที่ภาครัฐต้องพิจารณา ทั้งยังเป็นข้อมูลให้ผู้ผลิตอุปกรณ์ผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกสามารถวางแผน การผลิตและลงทุนก่อสร้างโรงงาน ผลิตอุปกรณ์ผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก ซึ่งมีผลทำให้ได้อุปกรณ์ที่ใช้มีราคาถูกลง และยิ่งทำให้ราคาค่าผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยลดลง[4] ปัจจุบันการพยากรณ์หรือการประมาณจึงไม่ใช่เรื่องง่าย ต้องอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน



และมุ่งยากในการคำนวณ [5] หรือหากอาศัยแค่ข้อมูลทางสถิติย้อนหลัง อาจมีความคลาดเคลื่อนสูง อันเนื่องจากการเพิ่มขึ้นอย่างไม่เป็นเชิงเส้น

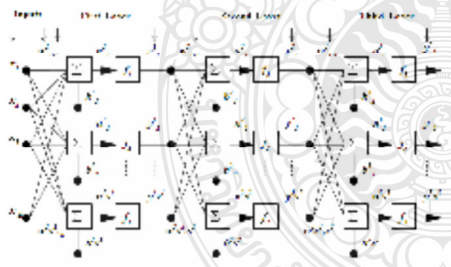
ในบทความนี้จะนำเสนอการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ทำให้การพยากรณ์จากข้อมูลที่มีอยู่อย่างจำกัดเกิดประ โยชน์สูงสุด ไม่มุ่งยากซับซ้อน รวดเร็วได้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ

**2. โครงข่ายประสาทเทียม(Artificial Neural Network :ANN)**

โครงข่ายประสาทเทียมเป็น อัลกอริทึมที่เลียนแบบการเรียนรู้ของสมองมนุษย์ โดยมีองค์ประกอบของโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญดังนี้ คือ ยูนิต (Unit) ส่วนป้อนอินพุต (Input Layer) ส่วนแปร เอาต์พุต (Output Layer) และค่าถ่วงน้ำหนัก(Weighted Value) สามารถประยุกต์ใช้ใน งานหลายด้านด้วยกัน อาทิ การพยากรณ์การผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก [6] การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิก โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม [7] การใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับอาคารชุด[8] เป็นต้น

**2.1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multiple-Layer Network)**

โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียวมีข้อจำกัดไม่สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาในบางกรณีได้ นักวิจัยจึงได้นำเสนอรูปแบบของโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น ซึ่งมีโครงสร้างจากการจัดเรียงของตัวเซลล์ประสาทตั้งแต่ ชั้นขึ้นไปไม่มีบริวารชั้นอินพุต โดยรูปแบบของการที่งานที่ป้อนไปข้างหน้า(Feedforward) ซึ่งชั้นที่อยู่ระหว่างชั้นอินพุตและชั้นเอาต์พุต เรียกว่า "ชั้นซ่อน(Hidden Layer)" ซึ่งชั้นซ่อนเป็นตัวเพิ่มความสามารถให้แก่ โครงข่ายประสาทเทียม[8]

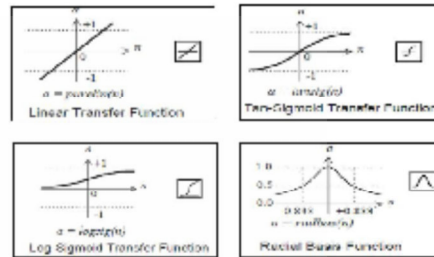


รูปที่ 1 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม 3 ชั้น

**2.2 ฟังก์ชันการถ่ายโอน (Transfer Function)**

ฟังก์ชันการถ่ายโอนเป็นตัวกำหนดค่าเอาต์พุตฟังก์ชันถ่ายโอนที่จะเป็นแบบเชิงเส้นหรือแบบไม่เชิงเส้นก็ได้ ฟังก์ชันการถ่าย

โอนที่ใช้ในการฝึกสอน โครงข่ายประสาทเทียมมีอยู่หลายชนิด แบบที่นิยมใช้งานตัวอย่าง เช่น ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบลอจิสติกออยด์(Log-Sigmoid), ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบแทนจิกมออยด์ (Tan-Sigmoid) , ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเชิงเส้น(Linear) เป็นต้น



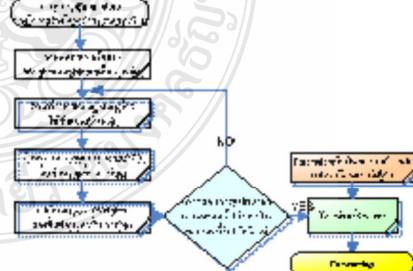
รูปที่ 2 ฟังก์ชันการถ่ายโอนรูปแบบต่างๆ

**3. วิธีการพยากรณ์**

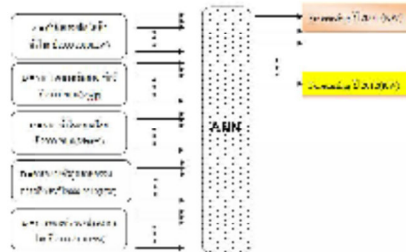
กำหนดอินพุตจำนวน ๖ อินพุตแต่ละประเภทของ อินพุตมีข้อมูลจำนวน 11 ข้อมูลรวม 55 ข้อมูล ซึ่งนำค่ามาจากรายจัดที่ส่งผลต่อการผลิตกำลังไฟฟ้าจาก โฟโตโวลตาอิกประกอบด้วย

- ก. ราคามันฝรั่ง ซึ่งเป็นผลจากความวิกฤติ ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า
- ข. ราคาคงไฟ โฟโตโวลตาอิกซึ่งถือได้ว่าเป็น หัวใจหลักของการผลิตกำลังไฟฟ้า
- ค. ชุดสหกรณ์การผลิตอุปกรณ์ PV ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับอุปสงค์ และอุปทาน
- ง. ข้อมูลทางสถิติด้านการผลิตพลังงาน ไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลกในปี พ.ศ. 2543 ถึง 2554 [3]
- จ. การเพิ่มขึ้นของประชากรโลกส่งผลต่อความต้องการพลังงาน ไฟฟ้าที่มากขึ้นตามไปด้วย

เอาต์พุตที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม คือ ค่า การผลิตพลังงาน ไฟฟ้าจาก โฟโตโวลตาอิกของโลกใน ปี พ.ศ. 2544 ถึง 2554 โดยมีขั้นตอนการกำหนด โครงข่ายดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนผังของการฝึกสอน



รูปที่ 4 โครงสร้างการพยากรณ์ของโรงจ่ายประสาทย่อยที่ 1 นนทบุรี

4. การทดลองและผลการทดลองเปรียบเทียบกับสถิติ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองโดยการสร้างและฝึกสอนโรงจ่ายประสาทย่อยด้วยโปรแกรม MATLAB จากข้อมูลในช่วงปี 2543 -2553 แล้วนำข้อมูลอีกชุดหนึ่งมาทำการ test คือปี 2554 และได้ศึกษาถึงผลของฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function) ต่อความแม่นยำในการพยากรณ์ โดยได้ศึกษา ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function) ที่แตกต่างกัน 4 ชนิด ทดลอง 15 แบบ ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 โครงข่ายประสาทย่อยที่ทำการศึกษารูปแบบที่ 5

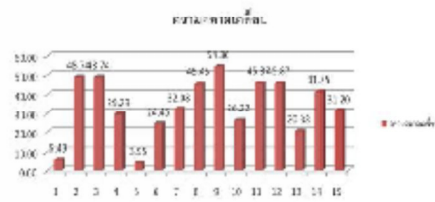
รูปแบบที่	ฟังก์ชันชั้นซ่อน	ฟังก์ชันชั้นเอาต์พุต
1	Pure linear	Tan-sigmoid
2	Pure linear	Log-sigmoid
3	Pure linear	Radial Basis
4	Tan-sigmoid	Pure linear
5	Tan-sigmoid	Tan-sigmoid
6	Tan-sigmoid	Log-sigmoid
7	Tan-sigmoid	Radial Basis
8	Log-sigmoid	Pure linear
9	Log-sigmoid	Tan-sigmoid
10	Log-sigmoid	Log-sigmoid
11	Log-sigmoid	Radial Basis
12	Radial Basis	Pure linear
13	Radial Basis	Tan-sigmoid
14	Radial Basis	Log-sigmoid
15	Radial Basis	Radial Basis

จากการทดลองพบว่าโครงข่ายประสาทย่อยที่มีค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์เฉลี่ยต่ำที่สุด คือแบบที่ 5 กล่าวคือ โครงข่ายประสาทย่อยที่ใช้ฟังก์ชันเป็น Tan-Sigmoid Function และชั้นเอาต์พุตเป็น Tan-Sigmoid Function เช่นกัน ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย

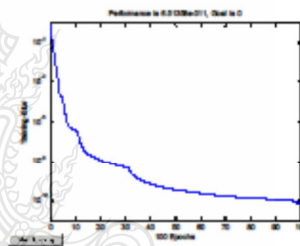
ต่ำกว่า (mean Absolute Percentage Error, MAPE) เท่ากับ 3.95 ตามสมการที่ 1

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{f_i - a_i}{a_i} \right| * 100 \quad (1)$$

โดยที่  $f_i$  คือ ค่าพยากรณ์  
 $a_i$  คือ ค่าจริง

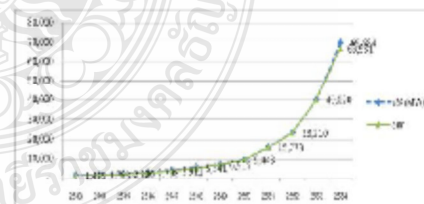


รูปที่ 5 เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์โดยใช้ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function) รูปแบบต่าง ๆ



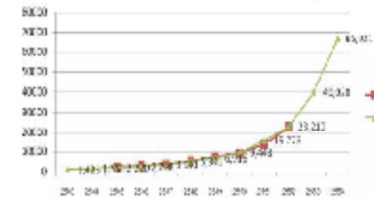
รูปที่ 6 การสอนโครงข่ายประสาทย่อย

ผลการทดลอง สร้างและฝึกสอนโครงข่ายประสาทย่อยได้ค่าการพยากรณ์การคิดค่าใช้ไฟฟ้าจากไฟโตโวลตาอิกในปี.ศ. 2554 เท่ากับ 66,931 MW เทียบกับข้อมูลทางสถิติปี 2554 คือ 69,684 MW คิดเป็น ค่าความผิดพลาด (MAPE) เท่ากับ ร้อยละ 3.95



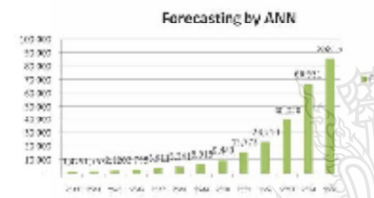
รูปที่ 7 เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทย่อย กับข้อมูลทางสถิติ(MW)

ยิ่งผลของนำผลที่ได้จากการพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม เปรียบเทียบกับผลการพยากรณ์กับวิธีการพยากรณ์แบบเกรย์ (GM (1,1) Grey Forecasting Method) [4] ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 เปรียบเทียบ ค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมกับ วิธีการพยากรณ์แบบเกรย์ (GM (1,1) Grey Forecasting Method)

ดังนั้นจึงนำ Network ที่ได้จากการฝึกสอน โครงข่ายประสาทเทียมมาพยากรณ์ ปี 2555 ตามรูปที่ 9



รูปที่ 9 การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลกในปี พ.ศ. 2555

จากรูปที่ 9 จะเห็นได้ว่ากราฟที่มีการเพิ่มขึ้นทุกปีและมีรูปแบบไม่เป็นเชิงเส้น หากต้องการคาดการณ์ที่ได้จากการสร้าง และฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมคือโปรแกรม MATLAB ทำการพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลกในปี พ.ศ. 2555 ได้ค่าเท่ากับ 85,815 MW

5. สรุป

การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลก เป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับรัฐบาลและนักลงทุนในกำหนดนโยบายและวางแผนงานต่างๆ การพยากรณ์จึงไม่ยากที่จะทำได้เนื่องจากการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีทางด้าน PV โดยในงานวิจัยนี้ใช้ โครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์ ซึ่งผลการพยากรณ์ในปี พ.ศ.2554 โครงข่ายประสาทเทียมที่มีค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์เฉลี่ยต่ำที่สุด คือโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ชั้นซ่อนเป็น Tan-Sigmoid Function และชั้นเอาต์พุตเป็น Tan-Sigmoid Function เช่นกัน

ซึ่งมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ(MAPE) 3.95 ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับทฤษฎีGM(1,1) Grey Forecasting Method ที่มีค่าความผิดพลาดเท่ากับร้อยละ(MAPE) 5.035 ในงานวิจัยนี้จะมีค่ากว่าวิธีการพยากรณ์แบบเกรย์ และการพยากรณ์ในปี พ.ศ.2555 ได้ค่าการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกของโลก เท่ากับ 85,815 MW ในอนาคตอาจต้องมีข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์ที่มากขึ้นเช่น เทคโนโลยีทางด้าน PV นโยบายการส่งเสริมของทางภาครัฐเป็นต้น ซึ่งจะทำการพยากรณ์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์สามารถทำได้ มีความแม่นยำสูง และง่ายต่อการพยากรณ์

6. ทิศถึกรมประกาษ

ขอขอบคุณ นายชานนท์ ชูพงศ์ ที่ได้คำปรึกษา และแนะนำในการใช้งานโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อการพยากรณ์

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] The International Energy Agency (IEA), Technology Roadmap Solar photovoltaic energy.
- [2] The EPIA Global Market Outlook for Photovoltaics (PV) 2016
- [3] THE EPIA GLOBAL MARKET OUTLOOK FOR PHOTOVOLTAICS UNTIL 2016.
- [4] Forecasting the Global Photovoltaic Market by Using the GM(1,1) Grey Forecasting Method Chi-Yo Huang, Wei-Chang Tzeng, Yu-Wei Liu
- [5] J.I. Deng, Grey System Fundamental Method. Wuhan, China : Huazhong University science and Technology,1982.
- [6] The Forecast of the Electrical Energy Generated by Photovoltaic Systems using Neural Network Method , Ting-Chung Yu, Department of Electrical Engineering Lughwa University of Science and Technology Taoyuan,
- [7] บัณฑิต ปานแก้ว, สมชัย หิรัญโรตม, วันชัย ทรัพย์สิงห์ การพยากรณ์แนวโน้มของการผลิตกำลังไฟฟ้าจากโฟโตโวลตาอิกโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8,2-4 พ.ศ. 2555 จังหวัดมหาสารคาม
- [8] บัณฑิต ดุทธิ ทอง, วิชานันท์ วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต , การใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการออกแบบระบบไฟฟ้า สำหรับอาคารชุด, สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พ.ศ. 2553

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล	นายบัณฑิต ปานท้วม
วัน เดือน ปีเกิด	30 พฤษภาคม 2525
ที่อยู่	84/39 ถนนเทศบาลดารี ตำบลหน้าเมือง อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี
การศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสบการณ์การทำงาน	
พ.ศ. 2543	บรรจุเป็นพนักงานช่างระดับ 2 (สอทไลน์) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดปราจีนบุรี
พ.ศ. 2552	วิศวกรระดับ 4 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดปราจีนบุรี
พ.ศ. 2554	ถึง ปัจจุบัน วิศวกรระดับ 5 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดปราจีนบุรี

