

การพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดระยะยาวของระบบ กฟน. โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

Long-Term Peak Load Forecasting for MEA System Using Artificial Neural Networks

จตุพร ธรรมเจริญ

สมชาติ จิรวินิจ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียม ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดระยะยาวของระบบ กฟน. โดยใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่มีผลต่อค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งได้แก่ ค่าพลังงานไฟฟ้าจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า และค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในพื้นที่ กฟน. (Gross Regional Product :GRP) ในช่วงปี พ.ศ. 2531 - 2546 เป็นข้อมูลในการฝึกสอนและทดสอบ เพื่อหาโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่ให้ค่าผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ต่ำสุดมาใช้ในการพยากรณ์ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วงปี พ.ศ. 2547 - 2559 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมกับวิธีการพยากรณ์แบบที่ใช้ในปัจจุบันซึ่งใช้การประมาณค่าจากลักษณะการใช้ไฟฟ้า (Load Profile) พบว่าการพยากรณ์แบบใช้โครงข่ายประสาทเทียมให้ความผิดพลาดน้อยกว่า และมีความยุ่งยากซับซ้อนน้อยกว่า

Abstract

This paper presents an application of Artificial Neural Networks (ANNs) to forecast Long-Term Peak Load of MEA System. The affecting data to the peak load period are energy consumption, number of customers and Gross Regional Product (GRP) between 1988 and 2003. These data are also used as training and testing data to determine the best back-propagation neural network structure which has the minimum Mean Absolute Percentage Error (MAPE) to forecast peak load between 2004 and 2016. Comparing the proposed MAPE of ANNs method and the present forecast method which is load profile estimation method, it was found that the error and the complication of ANNs are less than the present method.

1. บทนำ

การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้ามีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการวางแผนระบบไฟฟ้าในประเทศ ได้แก่ การวางแผนด้านการขยายกำลังผลิต

ไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต การวางแผนด้านการขยายการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า การสร้างสถานีไฟฟ้าย่อยของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย และการวางแผนทางด้านการลงทุน [1]

การพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้า แบ่งออกได้เป็น การพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าระยะสั้น และการพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าระยะยาว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการพยากรณ์ การพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าระยะสั้น จะพยากรณ์ในช่วงเวลาเป็นรายชั่วโมง รายสัปดาห์ และรายเดือน ส่วนการพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าระยะยาวจะพยากรณ์ในช่วงเวลาหนึ่งปี สิบปี หรือบางครั้งสามสิบปี [2]

ใน [3] นำเสนอปัจจัยที่มีผลต่อการพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดระยะยาวของระบบไฟฟ้าในประเทศญี่ปุ่นทั้งหมด 9 ปัจจัย โดยปัจจัยที่สำคัญได้แก่ ผลิตภัณฑ์ประชาชาติ (GNP) ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) จำนวนประชากร อุณหภูมิ

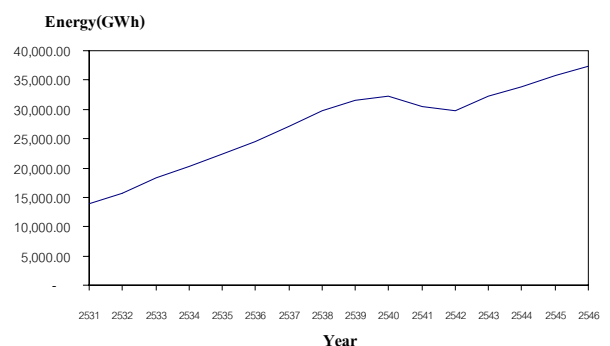
งานวิจัยนี้จะใช้โครงข่ายประสาทเทียมชนิดการเรียนรู้แบบแพร่ค่าย้อนกลับ โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น และ 2 ชั้น เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของข้อมูลที่ให้ทดสอบ โดยป้อนข้อมูลที่เชื่อว่าเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด ในเขตจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง ซึ่งได้แก่ ค่าพลังงานไฟฟ้า จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า และ ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในพื้นที่จำหน่ายไฟฟ้าของ กฟน. (กรุงเทพฯ ,นนทบุรี และสมุทรปราการ) จากนั้นใช้โครงข่ายโครงข่ายประสาทเทียมที่ให้ค่าความผิดพลาดของชุดทดสอบต่ำสุดทำการพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดต่อไป

2. ปัจจัยที่ใช้ในการพยากรณ์

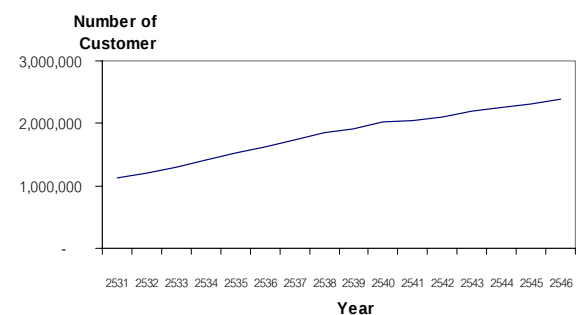
วิธีการพยากรณ์ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของการไฟฟ้านครหลวงในปัจจุบัน จะใช้ลักษณะการใช้ไฟฟ้า (Load Profile) เป็นตัวกำหนดค่าพลังไฟฟ้าสูงสุด นั่นคือ หลังจากที่ได้ค่าพยากรณ์พลังงานไฟฟ้า (Energy) แล้ว จะนำค่าพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าของแต่ละกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้ามาประมาณค่าพลังไฟฟ้าสูงสุดของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละกลุ่ม โดยใช้ลักษณะการใช้ไฟฟ้า (Load Profile) ของผู้ใช้ไฟฟ้ามาประมาณการ แล้วจึงนำ

ลักษณะการใช้ไฟฟ้าของทุกกลุ่มมารวมกันเพื่อหาความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของระบบรวม [4]

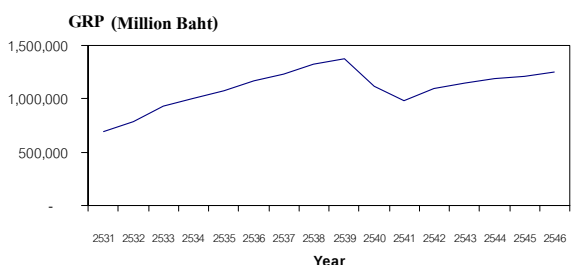
เมื่อพิจารณาปัจจัยในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่จะใช้ในงานวิจัยนี้ โดยอ้างอิงถึงปัจจัยในการพยากรณ์แบบวิธีที่ใช้ในปัจจุบันซึ่งอธิบายในข้างต้น จึงเลือกพิจารณาปัจจัยที่ใช้ในการพยากรณ์ ได้แก่ ค่าพลังงานไฟฟ้า จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า และค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในพื้นที่ กฟน. เป็นตัวแปรด้านเข้าของโครงข่ายประสาทเทียม โดยแสดงให้เห็นอัตราการขยายตัวของปัจจัยทั้ง 3 ค่าและค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดตั้งแต่ปี 2531 – 2546 ได้ดังรูปที่ 1-4



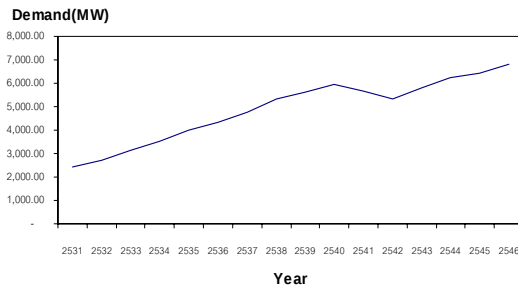
รูปที่ 1 ค่าพลังงานไฟฟ้าในช่วงปี พ.ศ. 2531 - 2546



รูปที่ 2 จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าในช่วงปี พ.ศ. 2531 - 2546



รูปที่ 3 ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในพื้นที่ กฟน. ในช่วงปี พ.ศ. 2531-2546



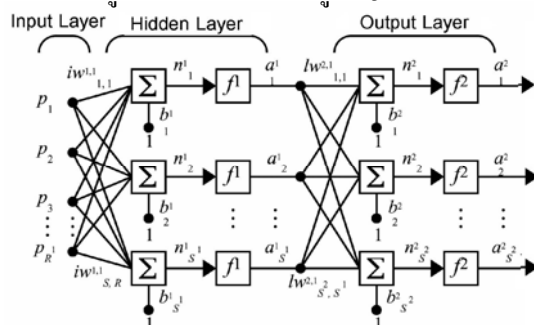
รูปที่ 4 ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด ปี พ.ศ.
2531-2546

3. ทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมเป็นการจำลองหลักการทำงานพื้นฐานของเซลล์ประสาททางชีววิทยา โดยอาศัยการเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้านเข้าและตัวแปรควบคุม และไม่ควบคุม โดยใช้ข้อมูลจากในอดีตปรับค่าน้ำหนัก (Weight) และค่าไบอัส (Bias) ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function) เพื่อคำนวณค่าตัวแปรด้านออกให้ใกล้เคียงกับค่าที่เรียนรู้ [5], [6]

3.1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ (Back- propagation Neural Networks)

โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับมีโครงสร้างเป็นแบบโครงข่ายประสาทเทียมหลายชั้น (Multi Layer Neural Networks) ซึ่งประกอบด้วยชั้นตัวแปรด้านเข้า (Input Layer) ชั้นซ่อน (Hidden Layer) ซึ่งมีได้มากกว่าหนึ่งชั้นขึ้นไป และชั้นตัวแปรด้านออก (Output Layer) โดยเซลล์ประสาทแต่ละชั้นจะเชื่อมต่อกับเซลล์ประสาทในชั้นก่อนหน้าและชั้นถัดไป จึงทำให้สัญญาณข้อมูลเคลื่อนที่ไปข้างหน้าในทิศทางเดียว (Feedforward) จากชั้นด้านเข้าไปสู่ชั้นด้านออก ในขณะที่ค่าค่าน้ำหนักและค่าไบอัสซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนได้ในขณะที่เรียนรู้ ดังแสดงให้เห็นดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 โครงข่ายประสาทเทียมที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น

3.2 การออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม

ในการศึกษาเพื่อหาโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมในการพยากรณ์จะพิจารณาจากการคำนวณค่าผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error:MAPE) ของแต่ละโครงข่าย โดยทำการปรับจำนวนเซลล์ประสาทและฟังก์ชันถ่ายโอนในชั้นซ่อน และชั้นตัวแปรด้านออก เพื่อเปรียบเทียบค่า MAPE ของชุดทดสอบและนำค่าที่ต่ำที่สุดมาใช้ในการพยากรณ์

ฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในแต่ละชั้นจะใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนชนิด Pure linear, Log-sigmoid และ Tan-sigmoid ดังสมการที่ (1) (2) และ (3) ตามลำดับ

$$f(n) = n \quad (1)$$

$$f(n) = \frac{1}{1 + e^{-n}} \quad (2)$$

$$f(n) = \frac{1 - e^{(-n)}}{1 + e^{(-n)}} \quad (3)$$

ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการหาจำนวนเซลล์ประสาทในชั้นซ่อนเริ่มจาก 2 เซลล์ เพิ่มขึ้นทีละ 1 เซลล์ จนถึง 16 เซลล์ โดยทำการเปรียบเทียบค่า MAPE ของชุดทดสอบในแต่ละโครงข่ายของโครงข่ายประสาทเทียมที่มีชั้นซ่อน 1 และ 2 ชั้น จากนั้นนำค่าน้ำหนักและค่าไบอัสของโครงข่ายที่ให้ค่า MAPE ต่ำสุดไปใช้ในการพยากรณ์ต่อไป

3.3 ประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียม

จากที่ได้กล่าวข้างต้นแล้วว่า เราจะพิจารณาโครงข่ายประสาทเทียมที่ให้ค่าผิดพลาดในการทดสอบต่ำที่สุดไปใช้พยากรณ์ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด ค่าผิดพลาดที่ใช้ในการพิจารณาจะใช้ค่าผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error:MAPE) ของชุดทดสอบ ซึ่งหาค่าได้จากสมการที่ (4)

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{Peak Demand_{actual, i} - Peak Demand_{ANN, i}}{Peak Demand_{actual, i}} \right| \times 100\% \quad (4)$$

โดยที่ $Peak Demand_{ANN}$ คือ ค่าความต้องการไฟฟ้า
สูงสุดที่ได้จากโครงข่าย
ประสาทเทียม
 $Peak Demand_{actual}$ คือ ค่าความต้องการไฟฟ้า
สูงสุดที่เกิดขึ้นจริง
 N คือ จำนวนข้อมูลของชุด
ทดสอบ

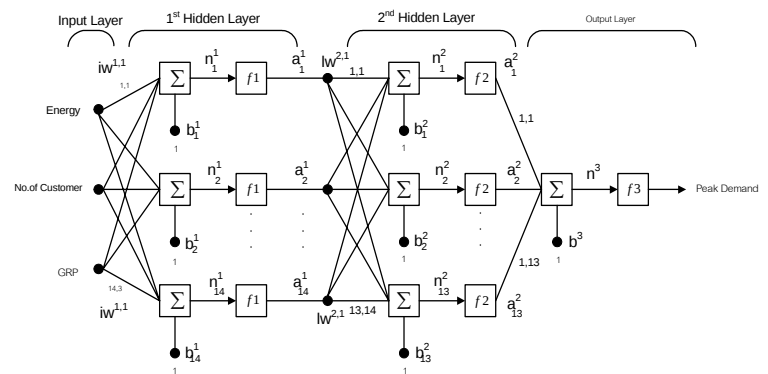
4. ผลการทดลอง

ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองจะใช้ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า (Energy) จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า และผลิตภัณฑ์มวลรวมในพื้นที่ กปน.(GRP) เป็นตัวแปรด้านเข้า และใช้ข้อมูลความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดเป็นตัวแปรด้านออก โดยใช้ข้อมูลช่วง พ.ศ.2531-2543 เป็นข้อมูลฝึกสอน และใช้ข้อมูลช่วง พ.ศ.2544-2546 เป็นข้อมูลทดสอบ เพื่อทำการพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดตั้งแต่ พ.ศ.2547-2559 ตามค่าพยากรณ์ภาวะทางเศรษฐกิจจากสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (TDRI) แบ่งเป็น 3 กรณี คือ กรณีเศรษฐกิจขยายตัวต่ำเฉลี่ย 3.9% ต่อปี (LEG) กรณีเศรษฐกิจขยายตัวปานกลางเฉลี่ย 6.5% ต่อปี (MEG) และกรณีเศรษฐกิจขยายตัวตามเป้าหมายเฉลี่ย 7.8% ต่อปี (TEG)

ในการหาโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่ดีที่สุดในงานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรม MATLAB Version 6.5 ทำการเรียนรู้แบบแพร่ค่าย้อนกลับ ปรับค่าน้ำหนักและค่าไบอัส โดยใช้ Levenberg-Marquardt Algorithm ทำการหาจำนวนเซลล์ในชั้นซ่อน 1,2 ชั้นและฟังก์ชันที่เหมาะสมในชั้นซ่อนและชั้นเอาต์พุต โดยเพิ่มจำนวนเซลล์ในชั้นซ่อนตั้งแต่ 2-16 เซลล์ แต่ละโครงข่ายทำการฝึกสอน 30 ครั้ง โดยแต่ละครั้งจะปรับค่าน้ำหนักและค่าไบอัสจำนวน 1,000 epochs ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 1

เมื่อเปรียบเทียบค่า MAPE ของชุดทดสอบ จะเห็นว่าค่า MAPE ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น และมีฟังก์ชันถ่ายโอนในชั้นซ่อนชั้นที่ 1 และ 2 เป็นฟังก์ชัน Purelinear และ Log-sigmoid

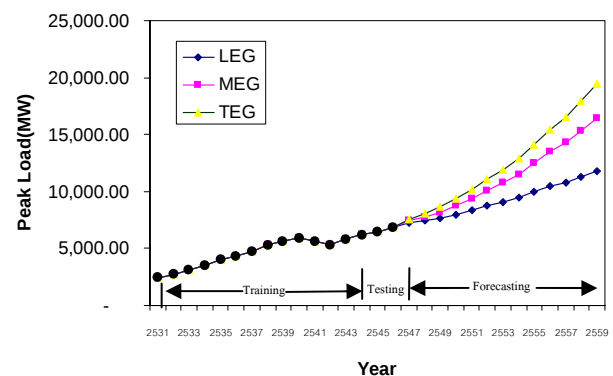
ตามลำดับ ส่วนในชั้นตัวแปรด้านออกจะใช้ฟังก์ชัน Purelinear ซึ่งมีจำนวนเซลล์ของชั้นซ่อนชั้นที่ 1 และ 2 เป็น 14 และ 13 เซลล์ มีค่า MAPE ต่ำกว่าโครงข่ายที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น โครงข่ายนี้จะให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบเท่ากับ 0.793% ดังแสดงโครงข่ายในรูปที่ 6



รูปที่ 6 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น

และเมื่อเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ของ กปน.ซึ่งใช้วิธีของคณะกรรมการการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า หรือ TLFS(Thailand Load Forecast Subcommittee) พบว่ามีค่า MAPE เท่ากับ 1.45 % เปรียบเทียบให้เห็นในตารางที่ 2

หลังจากที่ได้ค่าน้ำหนักและค่าไบอัสของโครงข่ายที่ต้องการแล้ว จึงนำค่าดังกล่าวไปใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วงปี พ.ศ. 2547-2559 ดังที่ได้แสดงผลการพยากรณ์ในตารางที่ 3 และกราฟในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ผลการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดช่วง พ.ศ.2547-2559

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบค่าค่าพยากรณ์ฯ ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ

จำนวน ชั้น	Transfer Function ที่ใช้ในโครงข่าย			จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน node ใน Hidden Layer ที่ 2	ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ 3 ชุด		
	Hidden Layer ที่ 1	Hidden Layer ที่ 2	Output Layer			min(%)	mean(%)	max(%)
Hidden Layer								
1	logsig	-	purelin	3	-	0.1695	1.1225	1.9226
2	purelin	logsig	purelin	14	13	0.4536	0.7937	0.9874

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าพยากรณ์โดยใช้ ANNs
และวิธีของ TLFS ช่วงปี พ.ศ.2544-2546

ปี	ค่าจริง (MW)	ANNs(MW)	TLFS[7]
Training			
2531	2,432.15	2,432.15	-
2532	2,714.50	2,714.50	-
2533	3,123.50	3,123.50	-
2534	3,519.40	3,519.40	-
2535	3,992.60	3,992.60	-
2536	4,346.00	4,346.00	-
2537	4,754.75	4,754.75	-
2538	5,336.70	5,336.70	-
2539	5,636.50	5,636.50	-
2540	5,938.50	5,938.50	-
2541	5,657.20	5,657.20	-
2542	5,356.82	5,356.82	-
2543	5,799.70	5,799.70	-
MAPE	-	0.00%	-
Testing			
2544	6,228.58	6,167.08	6,140.00
2545	6,418.08	6,478.42	6,555.00
2546	6,825.04	6,794.08	6,879.00
MAPE	-	0.793%	1.450%

ตารางที่ 3 ค่าพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด
ช่วง พ.ศ.2547-2559

ปี	ค่าจริง (MW)	ค่าพยากรณ์ฯโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม(MW)		
		LEG	MEG	TEG
2547	-	7,262.16	7,412.78	7,596.95
2548	-	7,462.15	7,789.12	8,105.86
2549	-	7,685.92	8,207.98	8,665.85
2550	-	7,976.71	8,741.79	9,348.82
2551	-	8,336.69	9,384.25	10,166.10
2552	-	8,733.43	10,125.91	11,102.58
2553	-	9,063.14	10,760.49	11,908.51
2554	-	9,473.93	11,514.75	12,869.58
2555	-	9,986.34	12,502.06	14,146.59
2556	-	10,444.69	13,481.50	15,444.41
2557	-	10,828.45	14,308.19	16,536.02
2558	-	11,290.05	15,330.14	17,898.17
2559	-	11,806.78	16,463.89	19,413.55

หมายเหตุ ค่าการพยากรณ์ระหว่างทำการวิจัยใช้ข้อมูลอ้างอิงจากรายงานการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า มกราคม 2547 จึงทำการพยากรณ์ในช่วงปี 2547-2559

5. บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อใช้ในการพยากรณ์ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในพื้นที่จำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงเพื่อใช้ในการวางแผนระบบไฟฟ้าในอนาคต ได้แก่ การวางแผนก่อสร้างสถานีไฟฟ้า และการวางแผนด้านการส่งจ่ายพลังไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการใช้ไฟฟ้า ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้และวิธีการที่ใช้ในปัจจุบันพบว่าวิธีปัจจุบัน มีความซับซ้อนมากกว่า

กล่าวคือ ต้องทำการสำรวจลักษณะการใช้ไฟฟ้า (Load Profile) โดยการสุ่มตัวอย่าง จึงเป็นการเพิ่มขึ้นตอนการพยากรณ์และทำให้เกิดค่าผิดพลาดได้ในกระบวนการพยากรณ์และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์พบว่าค่าผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ของการพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมมีค่าน้อยกว่า จึงเชื่อว่าค่าพยากรณ์ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมสามารถนำไปใช้ได้จริงและมีประสิทธิภาพ อีกทั้งวิธีการพยากรณ์ชนิดนี้มีความรวดเร็วและแม่นยำ จึงเป็นผลดีต่อการไฟฟ้านครหลวงเป็นอย่างยิ่ง อย่างไรก็ตามการพิจารณาตัวแปรที่มีผลต่อค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดและจำนวนข้อมูลที่ใช้ฝึกสอนก็เป็นสิ่งสำคัญต่อการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมอีกด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] S.M. Al-Alawi and S.M. Islam, "Principles of electricity demand forecasting Part 1 Methodologies," IEE Power Engineering Journal, Vol.11 No.2 , pp.139-143, April 1997
- [2] T. Al-Saba and I. El-Amin, "Artificial neural networks as applied to long-term demand forecasting," Artificial Intelligence in Engineering , Vol 13 No.1 , pp.189-197, 1999
- [3] M.Al Mamun and K. Nagasaka, "Artificial Neural Networks Applied to Long-term Electricity Demand Forecasting," Forth International Conference on Hybrid Intelligent Systems (HIS'04), pp.204-209, 2004
- [4] คณะอนุกรรมการการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า รายงานการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า มกราคม 2547
- [5] C. - C. Hsu and C. - Y. Chen, "Regional load forecasting in Taiwan-applications of artificial neural networks," Energy Conversion and Management, Vol. 44 No.12 , pp. 1941-1949, 2003
- [6] โอฬาร ธรรมานนท์ "การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดระยะยาวของระบบ กฟผ. โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม" วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2548
- [7] คณะอนุกรรมการการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า รายงานการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า กุมภาพันธ์ 2544