

การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าระยะปานกลางของการไฟฟ้านครหลวง
โดยใช้วิธีเอกโพเนนเชียลสมูทติ้งและวิธีบ็อกเจนกินส์

MEDIUM-TERM ELECTRIC ENERGY DEMAND FORECASTING BY USING
EXPONENTIAL SMOOTHING AND BOX-JENKINS METHODS FOR
METROPOLITAN ELECTRICITY AUTHORITY

พิพัทธ์ บำรุงกาญจน์
PIPAT BUNRUNGKARN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

KMITL-2007-EN-M-020-038

การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าระยะปานกลางของการไฟฟ้านครหลวง
โดยใช้วิธีเอกโพเนนเชียลสมูทติงและวิธีบ็อกเจนกินส์

MEDIUM-TERM ELECTRIC ENERGY DEMAND FORECASTING BY USING
EXPONENTIAL SMOOTHING AND BOX-JENKINS METHODS FOR
METROPOLITAN ELECTRICITY AUTHORITY

พิพัฒน์ บำรุงกาญจน์

PIPAT BUMRUNGKARN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

KMITL-2007-EN-M-020-038

**MEDIUM-TERM ELECTRIC ENERGY DEMAND FORECASTING BY USING
EXPONENTIAL SMOOTHING AND BOX-JENKINS METHODS FOR
METROPOLITAN ELECTRICITY AUTHORITY**

PIPAT BUMRUNGKARN

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

2007

KMITL-2007-EN-M-020-038

COPYRIGHT 2007

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าระยะปานกลางของการไฟฟ้านครหลวงโดยใช้วิธีเอกโพเนนเชียลสมูทติ้งและวิธีบ็อกเจนกิ้นส์
นักศึกษา	นายพิพัฒน์ บำรุงกาญจน์
รหัสนักศึกษา	48060201
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2550
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.สมชาติ จิรวินาการ

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอการพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า(Electric energy demand) ระยะปานกลาง(Medium-term) ของผู้ใช้ไฟฟ้า 7 ประเภท คือ บ้านพักอาศัย กิจการขนาดเล็ก กิจการขนาดกลาง กิจการขนาดใหญ่ กิจการเฉพาะอย่าง ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร และไฟถนน ซึ่งการศึกษา รูปแบบของอนุกรมเวลา(Time series) ในรูปแบบข้อมูลรายเดือน รายไตรมาส โดยใช้เทคนิคการทำให้เรียบแบบเอกโพเนนเชียลสมูทติ้ง (Exponential Smoothing Technique) และเทคนิคบ็อก - เจนกิ้นส์ (Box-Jenkins Technique) มาทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์ เป็นข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทของการไฟฟ้านครหลวง (MEA) ตั้งแต่เดือนตุลาคม ปีงบประมาณ 2543 ถึงเดือนกรกฎาคม ปี 2550 และเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลแต่ละประเภท โดยทำการหาความคลาดเคลื่อน (error) ของแต่ละวิธีและนำมาพิจารณาเปรียบเทียบเพื่อเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด แล้วนำเทคนิคการพยากรณ์นั้นมาใช้ในการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าในอนาคต

Thesis Title	Medium-Term Electric Energy Demand Forecasting by Exponential Smoothing and Box-Jenkins Methods for MEA
Student	Mr. Pipat Bumrungkarn
Student ID.	48060201
Degree	Master of Engineering
Program	Electrical Engineering
Year	2007
Thesis Advisor	Assoc.Prof. Dr.Somchat Jiriwibhakorn

ABSTRACT

This thesis presents the demand forecast of medium-term electric energy consumption by seven different types of consumer consisting of Residence , Small General services , Medium General services , Large General services , Specific Business Services , Government Institution & Non-Profit Organizations and Street Lighting. Time series model in monthly and quarterly format will be studied by employing Exponential Smoothing Technique and Box-Jenkins Technique to analyze data collected from Metropolitan Electricity Authority (MEA) on monthly electric energy usage of each consumer type from October 2000 to July 2007. Error arisen from each method will be calculated and compared an appropriate forecasting method for each type of data will be selected from one with least possible error. The selected forecasting method will then be applied to forecast the demand of electric energy in the future.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ คือ รศ.ดร.สมชาติ จิรวิภากร ที่ได้ให้ความช่วยเหลือให้คำปรึกษา คอยแนะนำ ช่วยปรับปรุงแก้ไข ปัญหา ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนแล้วเสร็จได้ด้วยดี ซึ่งข้าพเจ้าต้องขอกราบขอบพระคุณท่าน อาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อนันต์วัฒน์ คุณากร และ ดร.สมภพ ผลไม้ กรรมการสอบหัวข้อ และ โครงร่างวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำชี้แนะสิ่งที่เป็นประโยชน์ในการวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.กิริติ ชยะกุลศิริ และ ดร.ชาย ชมภูอิน ไหว กรรมการสอบ วิทยานิพนธ์

ขอบพระคุณ คุณปิ่นทิพย์ ทรัพย์สุทธิ และคุณปริดา ฝ่ายเศรษฐกิจพลังไฟฟ้า การไฟฟ้า นครหลวง ที่ได้เอื้อเฟื้อข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัยจนสำเร็จได้ด้วยดี

ขอบพระคุณสำนักการอนุญาตกิจการเฉพาะกิจที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย และ คุณโอรส จัดตานนท์ ที่ให้โอกาสในการศึกษา พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ส่วนองค์กรปกครองส่วน ท้องถิ่น ที่ได้ช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าด้วยดีเสมอมา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้บิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และ ถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

พิพัฒน์ บำรุงกาญจน์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	3
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.5 ขั้นตอนของการการศึกษา.....	4
1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	4
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการอนุกรมเวลาและพยากรณ์.....	6
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพยากรณ์.....	6
2.2 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา.....	6
2.3 ขั้นตอนในการพยากรณ์เชิงปริมาณ.....	8
2.4 ความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์อนุกรมเวลา.....	9
2.5 การประเมินและการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ต่างๆ.....	10
2.6 การเลือกวิธีในการพยากรณ์.....	11
บทที่ 3 ทฤษฎีทางสถิติที่ใช้ในการพยากรณ์.....	14
3.1 วิธีปรับให้เรียบ(Exponential Smoothing Method).....	14
3.1.1 วิธีปรับให้เรียบแบบง่าย(Simple Exponential Method).....	15
3.1.2 วิธีปรับให้เรียบเอก โพนเนนเชียลเส้นตรงหรือวิธีโฮลท์ (Holt's linear Smoothing Method).....	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.3 วิธีปรับให้เรียบเอกโพเนนเชียลแบบวินเตอร์ (Winter's Smoothing).....	18
3.2 วิธีของ Box-Jenkins อนุกรมเวลาที่เป็นสเตรชันนารี.....	19
3.3 รูปแบบสำหรับการวิเคราะห์.....	24
3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์.....	28
บทที่ 4 การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าโดยวิธีทางสถิติ	41
4.1 การเตรียมข้อมูล.....	41
4.2 ขั้นตอนในการพยากรณ์.....	42
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	42
4.4 วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง.....	48
4.5 วิธีบ็อก-เจนกินส์.....	50
4.6 ผลวิเคราะห์ข้อมูล.....	51
4.6.1 ผลการวิเคราะห์รายเดือนข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงาน ของกลุ่มผู้ใช้ไฟประเภทที่ 1 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี.....	51
4.6.2 ผลการวิเคราะห์รายไตรมาสข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงานของ กลุ่มผู้ใช้ไฟประเภทที่ 1 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี.....	52
4.6.3 ผลการวิเคราะห์รายเดือนข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงาน ของกลุ่มผู้ใช้ไฟประเภทที่ 2 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี.....	65
4.6.4 ผลการวิเคราะห์รายไตรมาสข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงานของ กลุ่มผู้ใช้ไฟประเภทที่ 2 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี.....	66
4.6.5 ผลการวิเคราะห์รายเดือนข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงาน ของกลุ่มผู้ใช้ไฟประเภทที่ 3 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี.....	79
4.6.6 ผลการวิเคราะห์รายไตรมาสข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงานของ กลุ่มผู้ใช้ไฟประเภทที่ 3 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี.....	80
4.6.7 ผลการวิเคราะห์รายเดือนข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงาน ของกลุ่มผู้ใช้ไฟประเภทที่ 4 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี.....	93
4.6.8 ผลการวิเคราะห์รายไตรมาสข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงานของ กลุ่มผู้ใช้ไฟประเภทที่ 4 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี.....	94
4.6.9 ผลการวิเคราะห์รายเดือนข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงาน	107

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
ของกลุ่มผู้ใช้ไฟประเภทที่ 5 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง4วิธี.....	
4.6.10 ผลการวิเคราะห์รายไตรมาสข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงานของ กลุ่มผู้ใช้ไฟประเภทที่ 5 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี.....	108
4.6.11 ผลการวิเคราะห์รายเดือนข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงานของ ของกลุ่มผู้ใช้ไฟประเภทที่ 6 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง4วิธี.....	121
4.6.12 ผลการวิเคราะห์รายไตรมาสข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงานของ กลุ่มผู้ใช้ไฟประเภทที่ 6 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี.....	122
4.6.13 ผลการวิเคราะห์รายเดือนข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงานของกลุ่มผู้ใช้ ของกลุ่มผู้ใช้ไฟประเภทที่ 7 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง4วิธี.....	135
4.6.14 ผลการวิเคราะห์รายไตรมาสข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงานของ กลุ่มผู้ใช้ไฟประเภทที่ 7 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี.....	136
4.7 การวิเคราะห์การพยากรณ์รายเขตพื้นที่การไฟฟ้าเขตรายบุรีรัมย์.....	149
4.8 ตัวอย่างรายละเอียดของการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS.....	170
4.8.1 การพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าประเภทที่ 1 ด้วยวิธี Simple Exponential Smoothing	170
4.8.2 การพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าประเภทที่ 1 ด้วยวิธี Holt's Linear Exponential Smoothing Method.....	171
4.8.3 การพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าประเภทที่ 1 ด้วยวิธี Holt-Winters Exponential Smoothing Method.....	172
4.8.4 การพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าประเภทที่ 1 ด้วยวิธี Box-Jenkins Method.....	173
 บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	 178
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	178
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	186
 เอกสารอ้างอิง.....	 187
 ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์.....	 190
 ประวัติผู้เขียน.....	 198

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
3.1	แสดงการปรับค่านำหนักด้วยวิธี SES.....	15
3.2	การสร้างตัวแปรล่าหลัง	20
3.3	ลักษณะทางทฤษฎีของฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน.....	27
3.4	ตัวอย่างการหาผลต่างของอนุกรมเวลา.....	30
3.5	ลักษณะทางทฤษฎีของฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วนของอนุกรมเวลาไม่คงที่.....	34
3.6	ลักษณะทางทฤษฎีของฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วนของอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาลที่คงที่.....	36
3.7	รูปแบบ ARMA (p,q) และเงื่อนไขอินเวอร์ติเบิล.....	38
3.8	รูปแบบ ARIMA (p,d,q) ของอนุกรมเวลา.....	39
4.1	ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1 ชุด Initial Set.....	54
4.2	ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1 ชุด Test Set.....	57
4.3	การเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ล่วงหนักรายเดือนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1.....	58
4.4	ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายไตรมาสผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1 ชุด Initial Set.....	59
4.5	ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายไตรมาสผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1 ชุด Test Set..... และค่าพยากรณ์ล่วงหน้า.....	60
4.6	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1.....	61
4.7	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1.....	62
4.8	ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2 ชุด Initial Set.....	68
4.9	ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2 ชุด Test Set.....	71
4.10	การเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ล่วงหนักรายเดือนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2.....	72
4.11	ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายไตรมาสผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2 ชุด Initial Set.....	73
4.12	ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายไตรมาสผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2 ชุด Test Set และค่าพยากรณ์ล่วงหน้า.....	74
4.13	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2.....	75
4.14	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2.....	76
4.15	ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 ชุด Initial Set.....	82

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า	
4.41	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 6.....	131
4.42	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 6.....	132
4.43	ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 7 ชุด Initial Set.....	138
4.44	ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 7 ชุด Test Set.....	141
4.45	ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 7 ชุด Initial Set.....	143
4.46	ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 7 ชุด Test Set และค่าพยากรณ์ล่วงหน้า.....	144
4.47	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 7.....	145
4.48	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 7.....	146
4.49	จำนวนสถานีไฟฟ้าย่อยและจำนวนลูกค้ำทั้ง 18 เขต.....	150
4.50	ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย.....	151
4.51	ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง.....	152
4.52	ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่.....	153
4.53	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1.....	154
4.54	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1.....	155
4.55	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3.....	156
4.56	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3.....	157
4.57	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4.....	158
4.58	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4.....	159
4.59	เป้าหมายแผนงานพัฒนาระบบสถานีย่อย.....	168
4.60	อัตราการเพิ่ม-ลดปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายไตรมาส.....	169
5.1	ผลการทดสอบผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1	178
5.2	ผลการทดสอบผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2	179
5.3	ผลการทดสอบผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3	180
5.4	ผลการทดสอบผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4	181
5.5	ผลการทดสอบผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5	182
5.6	ผลการทดสอบผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 6	183
5.7	ผลการทดสอบผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 7	184

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	Forecasting Scenario.....	7
2.2	ขั้นตอนการพยากรณ์เชิงปริมาณ.....	9
3.1	อนุกรมเวลาคงที่.....	19
3.2	อนุกรมเวลาไม่คงที่.....	19
3.3	อนุกรมเวลาที่มีฤดูกาล.....	20
3.4	ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วนของกลุ่มตัวอย่าง.....	23
3.5	ลดลงอย่างช้าๆ แบบเอกโพเนนเชียลที่ไม่กระเพื่อม.....	24
3.6	ลดลงอย่างช้าๆ แบบเอกโพเนนเชียลที่กระเพื่อม.....	24
3.7	ลดลงอย่างช้าๆ แบบฟังก์ชันตรีโกณมิติแบบไซน์.....	24
4.1	ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายเดือนผู้ใช้ไฟประเภทที่ 1	42
4.2	ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายไตรมาสผู้ใช้ไฟประเภทที่ 1	43
4.3	ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายเดือนผู้ใช้ไฟประเภทที่ 2	43
4.4	ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายไตรมาสผู้ใช้ไฟประเภทที่ 2	44
4.5	ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายเดือนผู้ใช้ไฟประเภทที่ 3	44
4.6	ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายไตรมาสผู้ใช้ไฟประเภทที่ 3	45
4.7	ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายเดือนผู้ใช้ไฟประเภทที่ 4	45
4.8	ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายไตรมาสผู้ใช้ไฟประเภทที่ 4	45
4.9	ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายเดือนผู้ใช้ไฟประเภทที่ 5	46
4.10	ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายไตรมาสผู้ใช้ไฟประเภทที่ 5	46
4.11	ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายเดือนผู้ใช้ไฟประเภทที่ 6	47
4.12	ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายไตรมาสผู้ใช้ไฟประเภทที่ 6	47
4.13	ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายเดือนผู้ใช้ไฟประเภทที่ 7	47
4.14	ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายไตรมาสผู้ใช้ไฟประเภทที่ 7	48
4.15	กราฟแสดงการพยากรณ์รายเดือนทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 1.....	63
4.16	กราฟแสดงการพยากรณ์รายไตรมาสทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 1.....	64
4.17	กราฟแสดงการพยากรณ์รายเดือนทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 2.....	77
4.18	กราฟแสดงการพยากรณ์รายไตรมาสทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 2.....	78
4.19	กราฟแสดงการพยากรณ์รายเดือนทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 3.....	91
4.20	กราฟแสดงการพยากรณ์รายไตรมาสทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 3.....	92

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.21	กราฟแสดงการพยากรณ์รายเดือนทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 4.....	105
4.22	กราฟแสดงการพยากรณ์รายไตรมาสทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 4.....	106
4.23	กราฟแสดงการพยากรณ์รายเดือนทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 5.....	119
4.24	กราฟแสดงการพยากรณ์รายไตรมาสทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 5.....	120
4.25	กราฟแสดงการพยากรณ์รายเดือนทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 6.....	133
4.26	กราฟแสดงการพยากรณ์รายไตรมาสทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 6.....	134
4.27	กราฟแสดงการพยากรณ์รายเดือนทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 7.....	147
4.28	กราฟแสดงการพยากรณ์รายไตรมาสทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 7.....	148
4.29	พื้นที่เขตความรับผิดชอบของการไฟฟ้านครหลวงทั้ง 18 เขต.....	149
4.30	กราฟแสดงการพยากรณ์รายเดือนทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 1.....	160
4.31	กราฟแสดงการพยากรณ์รายเดือนทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 3.....	161
4.32	กราฟแสดงการพยากรณ์รายเดือนทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 4.....	162
4.33	กราฟแสดงการพยากรณ์รายไตรมาสทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 1.....	163
4.34	กราฟแสดงการพยากรณ์รายไตรมาสทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 3.....	163
4.35	กราฟแสดงการพยากรณ์รายไตรมาสทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 4.....	165
4.36	กราฟแสดงแนวโน้มของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 1	166
4.37	กราฟแสดงแนวโน้มของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 3	166
4.38	กราฟแสดงแนวโน้มของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 4	167
4.39	รูปแบบของอนุกรมเวลาผู้ใช้ไฟประเภทที่ 1	173
4.40	แสดงความสัมพันธ์ ACF	174
4.41	แสดงความสัมพันธ์ PACF	174
4.42	แสดงอนุกรมที่ทำผลต่าง	175
4.43	แสดงความสัมพันธ์ ACF เมื่อมีการทำผลต่างของอนุกรมเวลา.....	175
4.44	แสดงความสัมพันธ์ PACF เมื่อมีการทำผลต่างของอนุกรมเวลา.....	176
4.45	การทดสอบความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อน.....	177

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คำพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้านำเชื่อถือมีความสำคัญอย่างมากต่อความมั่นคงด้านพลังงานไฟฟ้าของประเทศเพราะหากผลของการพยากรณ์ต่ำกว่าความเป็นจริงจะส่งผลให้ไฟฟ้าไม่เพียงพอกับความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาไฟดับไฟดับและจะส่งผลเสียหายต่อเศรษฐกิจโดยรวม แต่ถ้าสูงกว่าความเป็นจริงจะทำให้มีการก่อสร้างและระบบจำหน่ายมากเกินไป ความจำเป็น และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะถูกผลักสู่ค่าไฟฟ้า ทำให้ประชาชนต้องเป็นผู้รับในที่สุด อย่างไรก็ตามการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าให้ถูกต้องแม่นยำนั้น มีปัจจัยหลายอย่างส่งผลกระทบต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้า เช่น สภาพเศรษฐกิจ จำนวนประชากร จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า และพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า เป็นต้น นอกจากนี้ความต้องการใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นการจัดทำคำพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าให้มีความน่าเชื่อถือต้องอาศัยวิธีการพยากรณ์ สมมุติฐาน และข้อมูลที่เกี่ยวข้องเป็นจำนวนมาก การพยากรณ์ไฟฟ้าเป็นงานที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการวางแผนและกำหนดนโยบายทางด้านไฟฟ้าของประเทศ เพื่อให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคนำไปวางแผนขยายกำลังผลิตไฟฟ้า ระบบสายส่งและระบบสายจำหน่ายไฟฟ้าเพื่อรองรับความต้องการไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในอนาคตได้อย่างเพียงพอ

การพยากรณ์เหตุการณ์ในอนาคตโดยทั่วไปผู้พยากรณ์ต้องวิเคราะห์ข้อมูลในอดีตที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์นั้น และใช้ผลสรุปที่ได้เป็นส่วนประกอบในการพยากรณ์ ข้อมูลในอดีตที่ใช้กันอยู่เสมอประเภทหนึ่งคืออนุกรมเวลา (Time series) ในกรณีเช่นนี้ผลสรุปได้โดยทั่วไปคือ ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical models) ที่เหมาะสมในการพยากรณ์ เนื่องจากความไม่แน่นอนของเหตุการณ์ในอนาคต การพยากรณ์จึงอาจผิดพลาดได้เสมอ การเตรียมการพยากรณ์เพื่อให้ได้ผลถูกต้องมากที่สุดจึงไม่ใช้การใช้ข้อมูลในอดีตและกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์แต่เพียงเท่านั้น หากยังต้องพิจารณาถึงสถานการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งความเข้าใจเบื้องต้นในปัญหานั้น ๆ และประสบการณ์ในด้านการพยากรณ์อีกด้วย จึงอาจกล่าวได้ว่าการพยากรณ์เป็นกระบวนการผสมระหว่างวิทยาศาสตร์และศิลป์ของผู้พยากรณ์ ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยที่สำคัญขั้นพื้นฐานต่อการพัฒนาประเทศ เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำเนินการของธุรกิจอุตสาหกรรม ที่อยู่อาศัยและอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเมื่อเศรษฐกิจมีการขยายตัวและรัฐมีนโยบายกระจายความเจริญไปทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ จึงทำให้ความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีแนวโน้ม

เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ อย่างต่อเนื่อง ซึ่งจากความต้องการใช้ไฟฟ้างกล่าว โดยเฉพาะในเขตจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง กฟน.

ดังนั้น กฟน. จึงต้องมีการดำเนินการเพื่อที่จะสามารถรองรับการขยายตัว และมีหน้าที่ในการให้บริการจำหน่ายไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้น และต้องทำการสำรวจการใช้ไฟฟ้าในแต่ละปี ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องมีการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าไว้ล่วงหน้า เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนการดำเนินงาน และการกำหนดนโยบายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้ทฤษฎีทางสถิติในการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าในพื้นที่ความรับผิดชอบทั้ง 18 เขต โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้ไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ มาคำนวณหาปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าในแต่ละประเภทของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 7 ประเภท เพื่อให้การพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าโดยรวมของพื้นที่ความรับผิดชอบ มีความถูกต้องและสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง ดังนั้นในการหาตัวแบบพยากรณ์ ความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เหมาะสมนั้น จะให้ข้อมูลที่เป็ประโยชน์ต่อ กฟน. ได้อีกทางหนึ่ง และช่วยให้มีการวางแผนงานต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี ผู้วิจัยจึงมุ่งที่จะศึกษาเพื่อหาตัวแบบพยากรณ์หรือวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมซึ่งเทคนิคหรือวิธีการพยากรณ์ ที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis) โดยวิธีการพยากรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์อนุกรมเวลา ประกอบด้วย วิธีการบ็อก-เจนกินส์ (Box-Jenkins Methods) วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง (Exponential Smoothing Methods) โดยผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์จากวิธีการต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาเพื่อนำค่าและวิธีในการพยากรณ์มาใช้ในพยากรณ์ของการไฟฟ้านครหลวง เพื่อหาตัวแบบพยากรณ์ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ต่ำสุดในแต่ละข้อมูล สำหรับใช้เป็นข้อมูลประกอบการปรับปรุงและพัฒนาการบริหารงานต่าง ๆ ต่อไป

ในการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าจะพยากรณ์ทั้งค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (peak demand) ใช้ในการวางแผนการจัดหาแหล่งผลิตไฟฟ้าซึ่งเป็นค่าสูงสุดของพลังงานและพยากรณ์ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (energy demand) เป็นปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงเพราะการไฟฟ้าต้องการทราบว่าในปีๆ หนึ่ง ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดเพิ่มขึ้นในปริมาณเท่าใด ในขณะเดียวกัน ก็ต้องทราบว่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (energy demand) เป็นปริมาณเท่าใด เนื่องจากปัจจุบันการไฟฟ้านครหลวงมีการพยากรณ์ระยะยาวซึ่งมีการพยากรณ์ค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (peak demand) ในการวางแผนระบบจำหน่าย ดังนั้นในการวิจัยนี้เน้นการพยากรณ์ระยะปานกลางเพื่อหาความต้องการไฟฟ้า (energy demand) ของการไฟฟ้านครหลวงในภาพรวมทั้ง 7 ประเภท เพื่อประมาณรายได้ที่เกิดขึ้นในอนาคต และเพื่อให้เห็นปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพื่อเป็นส่วนประกอบในการนำมาพิจารณาการวางแผนร่วมกับการพยากรณ์ไฟฟ้าระยะยาวด้วย ซึ่งการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้านี้จะเป็นเครื่องมือในการช่วยในการตัดสินใจในการวางแผนระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงได้ทางหนึ่ง

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาวิธีการพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า (energy demand) ของการไฟฟ้านครหลวงของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 7 ประเภท
2. เพื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ ดังต่อไปนี้
 - 2.1 วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง (Exponential Smoothing Methods)
 - 2.2 วิธีบ็อก-เจนกินส์ (Box – Jenkins Methods)
3. เพื่อต้องการหาตัวแบบที่เหมาะสม สำหรับการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 7 ประเภท

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

เพื่อใช้ตัวแบบในการพยากรณ์ สำหรับการพยากรณ์ในเชิงปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงด้วยตัวแบบที่เหมาะสม โดยวิธีบ็อก-เจนกินส์ (Box – Jenkins Methods)

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. การพยากรณ์สำหรับปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้า (energy demand) ของการไฟฟ้านครหลวงของข้อมูลแบบรายเดือน ราย ไตรมาสด้วยตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับผู้ไฟฟ้าทั้ง 7 ประเภท ซึ่งมีขอบเขตในการวิจัยครั้งนี้ต้องการศึกษาข้อมูล เพื่อหาตัวแบบของปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้า ดังนี้

1. กลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัย
2. กลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดเล็ก
3. กลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลาง
4. กลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดใหญ่
5. กลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการเฉพาะอย่าง
6. กลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร
7. กลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทไฟถนน

2. ในการศึกษาข้อมูลลักษณะของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลทุติยภูมิ โดยการพิจารณาตัวบ่อนุกรมเวลา จะทำการศึกษาข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าเป็นรายเดือน ในปีงบประมาณ 2543–2550 ซึ่งเก็บรวบรวมมาจากรายงานสถิติการใช้ไฟฟ้าของแผนกการใช้ไฟฟ้ากองเศรษฐกิจพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง ซึ่งอนุกรมเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ วิธีเอกโพเนนเชียลสมูทติ้ง (Exponential Smoothing Methods) และวิธีบ็อก-เจนกินส์ (Box-Jenkins)

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหาการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า
2. ศึกษารูปแบบของอนุกรมเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์โดยวิธีพยากรณ์ดังต่อไปนี้
 - 2.1 วิธีเอกโพเนนเชียลสมูทติ้ง (Exponential Smoothing Methods)
 - 2.2 วิธีบ็อกเจน-กินส์ (Box – Jenkins Method)
3. ศึกษาการใช้งานฟังก์ชัน Time Series Analysis ของโปรแกรม SPSS
4. นำตัวแบบการพยากรณ์ต่างๆ มาทำการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 7 ประเภท โดยพิจารณาค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Errors : MAPE)
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. **พลังงานไฟฟ้า** หมายถึง ความสิ้นเปลืองไฟฟ้าที่เครื่องใช้ไฟฟ้าควบคุมกับระยะเวลาในการทำงานมีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ชั่วโมง หรือหน่วย หรือยูนิต
2. **กำลังไฟฟ้า** หมายถึง ความสิ้นเปลืองไฟฟ้าที่เครื่องใช้ไฟฟ้าใช้ในการทำงาน ซึ่งในช่วงเวลาเท่ากันเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีกำลังวัตต์สูงจะกินมากกว่าเครื่องที่มีกำลังวัตต์ต่ำ มีหน่วยเป็นวัตต์ กิโลวัตต์
3. **เขตการไฟฟ้านครหลวง** หมายถึง พื้นที่ความรับผิดชอบในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าในเขตพื้นที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ นนทบุรี ซึ่งได้แบ่งออกเป็นเขตความรับผิดชอบทั้ง 18 เขต เขตวัดเลียบ เขตคลองเตย เขตยานนาวา เขตบางกะปิ เขตมีนบุรี เขตสมุทรปราการ เขตบางพลี เขตสามเสน เขตนนทบุรี เขตบางใหญ่ เขตธนบุรี เขตราษฎร์บูรณะ เขตบางขุนเทียน เขตบางเขน เขตประเวศน์ เขตบางบัวทอง เขตลาดกระบัง เขตลาดพร้าว
4. **บ้านอยู่อาศัย** หมายถึง ประเภทสำหรับการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเรือนที่อยู่อาศัยตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งวัด สำนักสงฆ์ และสถานประกอบศาสนกิจของทุกศาสนา จำแนกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้
 - 4.1 บ้านอยู่อาศัยขนาดเล็ก คือ บ้านอยู่อาศัยที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน
 - 4.2 บ้านอยู่อาศัยขนาดใหญ่ คือ บ้านอยู่อาศัยที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือน

5. กิจการขนาดเล็ก หมายถึง ประเภทสำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจร่วมกับ บ้านอยู่อาศัย อุตสาหกรรม ส่วนราชการที่มีลักษณะเป็นอุตสาหกรรม รัฐวิสาหกิจ หรืออื่นๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าไม่ถึง 30 กิโลวัตต์

6. กิจการขนาดกลาง หมายถึง ประเภทสำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการที่มีลักษณะเป็นอุตสาหกรรม รัฐวิสาหกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ แต่ไม่ถึง 2,000 กิโลวัตต์

7. กิจการขนาดใหญ่ หมายถึง ประเภทสำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด ตั้งแต่ 2,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป

8. กิจการเฉพาะอย่าง หมายถึง ประเภทสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบกิจการ โรงแรมและ บริเวณที่พักอาศัยให้เช่า ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที สูงสุด ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป

9. ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร หมายถึง หน่วยงานตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบ บริหารราชการส่วนท้องถิ่น ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดต่ำกว่า 1,000 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน และองค์กรที่ไม่ใช่ส่วนราชการแต่มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการ โดยไม่คิด ค่าตอบแทน รวมถึงสถานที่ ๆ ใช้ในการประกอบศาสนกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง แต่ไม่รวมถึง หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติและสถานที่ทำการขององค์กร ระหว่างประเทศ โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

10. ไฟสาธารณะ หมายถึง ประเภทสำหรับการใช้ไฟฟ้าของหน่วยงานราชการ

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อได้ตัวแบบหรือวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม สำหรับใช้ในการพยากรณ์ความต้องการ ใช้ไฟฟ้านครหลวง
2. ค่าพยากรณ์ที่ได้ใช้เป็นแนวทางสำหรับการวางแผน และการกำหนดนโยบายต่างๆ ของการ ไฟฟ้านครหลวง
3. ค่าพยากรณ์สามารถประมาณรายได้ที่ได้รับจากผู้ใช้ไฟฟ้าในอนาคต
4. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา ค้นคว้า วิจัย วิธีการพยากรณ์อื่นๆ ที่มีประสิทธิภาพมาก ยิ่งขึ้นไป

บทที่ 2

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอนุกรมเวลาและการพยากรณ์

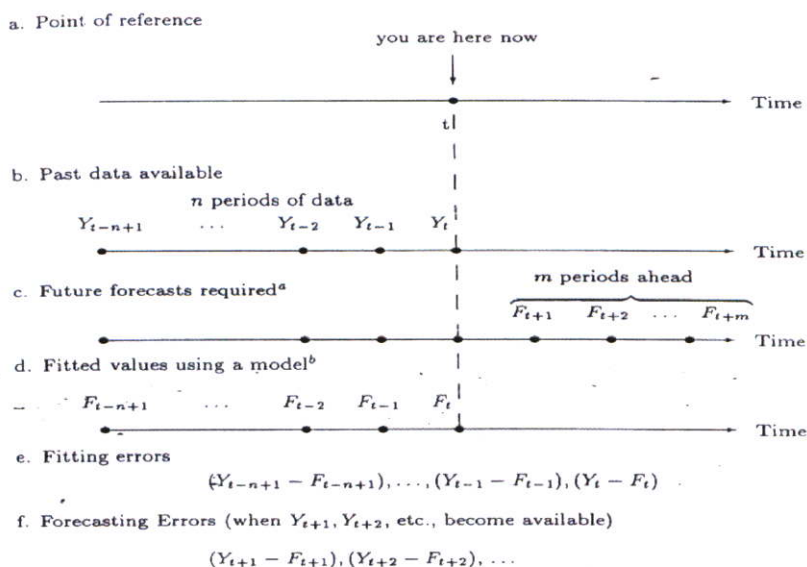
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพยากรณ์[4]

การพยากรณ์ที่ใช้เป็นการวิเคราะห์ทางสถิติเชิงปริมาณ(quantitative forecasting)ในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าซึ่งมีแนวคิดว่าพฤติกรรมในอดีตเพียงพอที่จะพยากรณ์พฤติกรรมในอนาคตได้ หรือเรียกว่าการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time series) ซึ่งมีวิธีการพยากรณ์ ได้แก่ วิธีการปรับให้เรียบแบบเอกโปเนนเชียล (Exponential smoothing Methods) และวิธีบ็อกเจนกินส์ (Box-Jenkins Methods)

2.2 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา[12]

อนุกรมเวลา (Time series) หมายถึง ค่าสังเกตที่ทุกหน่วยเวลาดิตต่อกันเป็นลำดับในที่นี้จะแทนค่าสังเกตที่เวลา t ใด ๆ ด้วย Y_t ฉะนั้นอนุกรมเวลาหนึ่งคือกลุ่มของค่าสังเกต n ค่าที่อาจแทนได้ด้วย Y_1, \dots, Y_n คือ Y_{t-1} , Y_t และ Y_{t+1} แทนค่าสังเกตที่หน่วยเวลา $t-1$, t และ $t+1$ ตามลำดับ โดยทั่วไปแต่ละหน่วยเวลาห่างเท่ากัน เช่นข้อมูลที่เป็นข้อมูลรายวัน รายสัปดาห์ รายเดือนหรือรายปี เป็นต้น เรียกอนุกรมเวลาเหล่านี้ว่าอนุกรมเวลาชนิดดิสครีต (Discrete time series) ส่วนอนุกรมเวลาชนิดต่อเนื่อง (Continuous time series) คือค่าที่สังเกตต่อเนื่องตลอดเวลา ซึ่งจากอนุกรมเวลาชนิดต่อเนื่องนี้เราอาจได้อนุกรมเวลาชนิดดิสครีตโดยการวัดที่ช่วงเวลาเท่า ๆ กัน การพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลในอดีตที่เป็นอนุกรมเวลานั้นต้องวิเคราะห์หาตัวแบบที่เหมาะสมของข้อมูลในอดีตก่อนแล้วจึงประมาณข้อมูลนอกช่วงโดยใช้ตัวแบบนั้น ค่าประมาณนอกช่วงที่ได้คือค่าพยากรณ์ที่ต้องการ ทั้งนี้ภายใต้ข้อสมมติว่าลักษณะของอนุกรมเวลาในอนาคตคล้ายกับในอดีต ตัวแบบของอนุกรมเวลาที่ได้ขึ้นอยู่กับลักษณะของอนุกรมเวลาในอดีต ดังรูป 2.1

เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลานั้นมีหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีก็สามารถนำการพยากรณ์กับปัญหาที่แตกต่างกัน วิธีหนึ่งอาจเหมาะกับปัญหาอย่างหนึ่ง แต่อาจไม่เหมาะสมอีกปัญหาหนึ่ง ดังนั้นจึงต้องเลือกเทคนิคที่ใช้ให้เหมาะสมกับปัญหา ด้วยเหตุนี้ต้องแยกข้อมูลอนุกรมเวลาออกเป็น ส่วน ๆ แล้ววิเคราะห์ส่วนประกอบของแต่ละส่วน เพื่อให้สามารถพยากรณ์ค่าในอนาคตได้ต่อไป ด้วยส่วนประกอบ 4 ส่วน คือ แนวโน้ม (Trend T) การแปรผันตามฤดูกาล (Seasonal variations S) วัฏจักร (Cycle C) และการแปรผันแบบผิดปกติหรือการแปรผันแบบไม่สม่ำเสมอ (Irregular variations I)



รูปที่ 2.1 Forecasting Scenario [28]

1. แนวโน้ม (Trend:T)

แนวโน้ม หมายถึง การเคลื่อนไหว หรือการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่มีระยะยาวจนพอที่จะเห็นแนวโน้มของข้อมูลในอนาคตว่าจะเพิ่มขึ้น หรือลดลง โดยจะสะท้อนให้เห็นถึงความเจริญ หรือความเสื่อมของเหตุการณ์ในอดีตที่ผ่านมา ซึ่งอาจจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ภาวะเศรษฐกิจ รายได้ ประชาชาติ และภาวะเงินเฟ้อ แนวโน้มอาจจะเป็นไปได้หลายลักษณะ เช่น แนวโน้มเป็นเส้นตรง แนวโน้มกำลังสอง แนวโน้ม Exponential เป็นต้น

2. การแปรผันตามฤดูกาล (Seasonal variations:S)

การแปรผันตามฤดูกาล หมายถึง ลักษณะการเคลื่อนไหวเหมือนกันเป็นช่วง ๆ โดยที่แต่ละช่วงนานไม่เกิน 1 ปี เรียกแต่ละช่วงเวลาที่อนุกรมมีลักษณะเหมือนกันนี้ว่าคาบของฤดูกาล เช่น สำหรับข้อมูลรายไตรมาสคาบของฤดูกาลอาจเท่ากับ 4 สำหรับข้อมูลรายวันคาบของฤดูกาลอาจเท่ากับ 7 วัน สำหรับข้อมูลรายเดือนคาบของฤดูกาลอาจเท่ากับ 6 เดือน หรือ 12 เดือน เป็นต้น โดยทั่วไปอนุกรมเวลาที่ เป็นข้อมูลรายเดือน หรือรายไตรมาสหลาย ๆ ปี

3. วัฏจักร (Cycle : C)

วัฏจักร หมายถึง การเคลื่อนไหวขึ้น หรือการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลา มากกว่า 1 ปีอิทธิพลของวัฏจักรจะมีลักษณะคล้ายกับอิทธิพลของฤดูกาลแต่มีช่วงเวลาที่ไม่งงที่โดย

ที่แต่ละรอบของวัฏจักรอาจเท่ากัน หรือไม่เท่ากันก็ได้ เช่น วัฏจักรธุรกิจ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 4 ช่วง ได้แก่ช่วงขยายตัว,ช่วงหดตัว,ช่วงซบเซา และช่วงฟื้นตัว เป็นต้น

4. การแปรผันแบบผิดปกติหรือการแปรผันแบบไม่สม่ำเสมอ (Irregular variations I)

การแปรผันแบบผิดปกติ หมายถึง ส่วนประกอบของอนุกรมเวลาที่ปรากฏในรูปของลักษณะการเคลื่อนไหวที่ไม่มีรูปแบบ การเคลื่อนไหวชนิดนี้คือส่วนที่เหลือจากแนวโน้ม วัฏจักร และการแปรผันตามฤดูกาลการเคลื่อนไหวที่ไม่มีรูปแบบ การเคลื่อนไหวผิดปกติโดยทั่วไปเป็นผลกระทบจากเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดในแต่ละอนุกรมเวลา อาจมีส่วนประกอบทั้งสี่ส่วนหรือมีเฉพาะบางส่วน

2.3 ขั้นตอนในการพยากรณ์เชิงปริมาณ

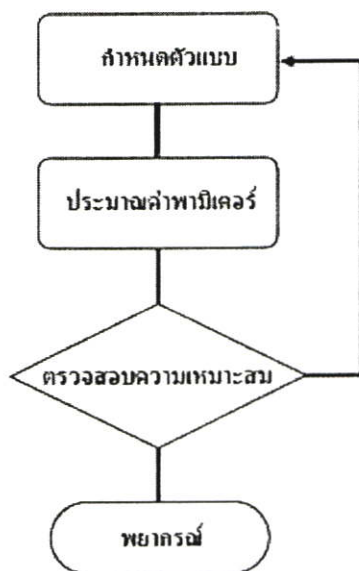
โดยทั่วไปการพยากรณ์เชิงปริมาณอาจแบ่งได้เป็นขั้นตอนหลักสี่ขั้นตอน คือ การรวบรวมข้อมูลในอดีตที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่ต้องการพยากรณ์ การกำหนดตัวแบบและการพยากรณ์ ดังรูป 2.2

ขั้นตอนที่หนึ่ง คือ การกำหนดตัวแบบโดยวิเคราะห์จากข้อมูลในอดีต

ขั้นตอนที่สอง คือ ประมวลค่าพารามิเตอร์ตัวแบบที่เหมาะสมของตัวแบบ

ขั้นตอนที่สาม คือ ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ ถ้าได้ตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดแล้ว จะดำเนินการขั้นสุดท้ายคือ การพยากรณ์ แต่ถ้าจากการตรวจสอบพบว่าตัวแบบไม่เหมาะสมจะดำเนินการขั้นที่หนึ่งใหม่ทั้งหมด คือ เริ่มจากกำหนดตัวแบบไปจนถึงการตรวจสอบความเหมาะสมใหม่อีกครั้งโดยทั่วไปผลจากการตรวจสอบจะชี้ให้เห็นชัดเจนว่าตัวแบบที่เหมาะสมกว่าควรเป็นตัวแบบใด

ขั้นตอนที่สี่ คือ ขั้นตอนการพยากรณ์ สำหรับอนุกรมเวลาควรปรับค่าพยากรณ์เมื่อได้ค่าสังเกตใหม่มา นอกจากนี้เมื่อพยากรณ์ไปช่วงเวลาหนึ่งแล้วเราควรตรวจสอบว่าตัวแบบและค่าพารามิเตอร์เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่ ถ้าพบว่าตัวแบบไม่เปลี่ยนแปลงควรปรับค่าพยากรณ์เมื่อพยากรณ์ในช่วงเวลาต่อไป



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการพยากรณ์เชิงปริมาณ

2.4 ความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์อนุกรมเวลา

การพยากรณ์โดยวิธีใดวิธีหนึ่งย่อมมีโอกาสที่จะคลาดเคลื่อนได้เสมอ สำหรับการพยากรณ์อนุกรมเวลา ความคลาดเคลื่อนที่มีอยู่อาจเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนในการประมาณส่วนประกอบต่าง ๆ เช่น แนวโน้ม วัฏจักร หรือ การแปรผันตามฤดูกาล หรืออาจเกิดจากการที่เราไม่สามารถประมาณส่วนประกอบที่เหลือจากส่วนประกอบนี้ได้ ประกอบกับการวัดความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์จะช่วยให้เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ต่าง ๆ เพื่อเลือกการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับอนุกรมเวลาหนึ่ง ๆ ได้ ถ้าให้ค่า \hat{y}_t แทนค่าพยากรณ์ของตัวแปร y_t เรากำหนดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ดังนี้

ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ค่าสังเกตที่ t ใด ๆ คือ

$$e_t = y_t - \hat{y}_t, t = 1, \dots, n \quad (1.1)$$

ถ้าข้อมูลที่พิจารณาเป็นอนุกรมเวลาขนาด n และแทนค่าที่เวลา t สำหรับเวลา t ใด ๆ มีการกระจายของ e_t รอบแกนศูนย์ เมื่อแกนอนแสดงเวลา t ซึ่งแสดงลักษณะสุ่มนี้ว่าวิธีที่ใช้พยากรณ์เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้

2.5 การประเมินและเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์แบบต่าง ๆ

โดยทั่วไปของการพยากรณ์ ผู้พยากรณ์ย่อมมุ่งหวังที่จะได้ค่าพยากรณ์ที่แม่นยำที่สุด ฉะนั้น ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ที่หนึ่งหน่วยเวลาล่วงหน้าจึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่ใช้ในการ ประเมินคุณภาพของวิธีการพยากรณ์ที่เป็นไปได้ และการเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการพยากรณ์ เหล่านั้น เพื่อเลือกใช้วิธีการพยากรณ์ได้อย่างเหมาะสม

นอกจากนี้เมื่อได้ว่าวิธีการพยากรณ์ที่เลือกมาให้ภาพการกระจายสุ่มของ e_1, \dots, e_n ที่ เหมาะสมแล้ว เรายังต้องพิจารณาต่อไปอีกว่า ตัวแบบที่ใช้ในวิธีนั้นให้ค่าประมาณใกล้เคียงค่าจริง มากน้อยเพียงใด ซึ่งอาจพิจารณาได้หลายวิธีด้วยกัน คือพิจารณาในภาพรวม โดยใช้มาตรวัดที่ใช้กัน มากได้แก่ ส่วนเบี่ยงเบนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean absolute deviation) ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean absolute error: MAE) ค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Mean square error: MSE) ซึ่ง อาจเรียกว่า ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error: MAPE)

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้ค่าความคลาดเคลื่อน คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) เนื่องจากเป็นค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่วัดจากความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ที่เทียบกับค่าจริง ดังสมการที่ (2)

$$PE_t = \left(\frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right) \times 100 \quad (1.2)$$

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n PE_t \quad (1.3)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |PE_t| \quad (1.4)$$

เมื่อ \hat{y}_t = ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

y_t = ข้อมูลจริง ณ เวลา t

การวัดความคลาดเคลื่อนจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการเลือกวิธีการพยากรณ์ ซึ่งจะได้ กล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

2.6 การเลือกวิธีการพยากรณ์

เราได้ทราบแล้วว่า วิธีการพยากรณ์เชิงปริมาณที่ใช้กันส่วนใหญ่เหมาะสมกับสถานการณ์และลักษณะปัญหาที่แตกต่างกันไป นอกจากนี้วิธีการพยากรณ์เชิงปริมาณแต่ละวิธี เช่น วิธีการพยากรณ์โดยใช้ตัวแบบเศรษฐกิจ วิเคราะห์หัดถอย และวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาหรือวิธีที่ใช้ตัวแบบอนุกรมเวลาล้วนมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปทั้งสิ้น

การเลือกใช้วิธีการพยากรณ์วิธีใดวิธีหนึ่ง ผู้พยากรณ์จำเป็นต้องพิจารณาสถานการณ์และลักษณะปัญหาที่ต้องการพยากรณ์ให้ชัดเจน ซึ่งอาจพิจารณาจากส่วนประกอบหลักต่อไปนี้

1. รูปแบบของค่าพยากรณ์
2. ความแม่นยำ
3. ระยะเวลา
4. ลักษณะของข้อมูล
5. ค่าใช้จ่าย
6. ข้อมูลที่มีอยู่
7. ความซับซ้อน

1. รูปแบบของค่าพยากรณ์

โดยทั่วไปเมื่อมีปัญหาที่ต้องการทราบค่าพยากรณ์ สิ่งหนึ่งที่ผู้พยากรณ์จำเป็นต้องทราบคือรูปแบบของค่าพยากรณ์ (Forecast form) ที่ต้องการเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปนั้นเป็นรูปของค่าพยากรณ์

2. ความแม่นยำ

ความแม่นยำ (Accuracy) ของค่าพยากรณ์ เป็นส่วนประกอบหนึ่งที่จะช่วยให้เลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมได้บางปัญหาต้องการค่าพยากรณ์คร่าว ๆ ในขณะที่บางปัญหาค่าพยากรณ์ที่แม่นยำเป็นสิ่งจำเป็น นอกจากนี้คุณสมบัติความแม่นยำของแต่ละวิธีพยากรณ์แตกต่างกัน บางวิธีให้ค่าแม่นยำเฉพาะในช่วงระยะเวลาสั้นในอนาคตเท่านั้น บางวิธีเหมาะสมที่จะใช้ในการพยากรณ์ระยะยาวด้วย

3. ระยะเวลา

เนื่องจากการหาค่าพยากรณ์ คือ การหาค่าของตัวแปรที่พิจารณาในอนาคตในช่วงเวลาห่างไปจากปัจจุบันเป็นวัน สัปดาห์ เดือน หรือปี เป็นต้น ช่วงเวลาเหล่านี้เรียกว่า ระยะเวลา (time frame) โดยทั่วไปอาจจำแนกระยะเวลาตามความยาวของกรอบเวลาดังนี้

ค่าพยากรณ์ระยะใกล้ หมายถึง ค่าพยากรณ์ในอนาคตในช่วงเวลาห่างจากปัจจุบันน้อยกว่าหนึ่งเดือน

ค่าพยากรณ์ระยะสั้น หมายถึง ค่าพยากรณ์ในอนาคตในช่วงเวลาห่างจากปัจจุบัน 1 เดือน แต่ไม่มากกว่า 3 เดือน

ค่าพยากรณ์ระยะกลาง หมายถึง ค่าพยากรณ์ในอนาคตในช่วงเวลาห่างจากมากกว่า 3 เดือน แต่น้อยกว่า 2 ปี

ค่าพยากรณ์ระยะยาว หมายถึง ค่าพยากรณ์ในอนาคตในช่วงเวลาห่างจากปัจจุบัน 2 ปี หรือมากกว่า 2 ปี

4. ลักษณะของข้อมูล

นอกจากส่วนประกอบข้างต้นแล้วสิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่จะเป็นเสมือนเงื่อนไขในการเลือกวิธีการพยากรณ์เชิงปริมาณ คือ ผู้พยากรณ์ควรตรวจสอบว่าข้อมูลที่มีอยู่เป็นข้อมูลประเภทใดเป็นข้อมูลที่เป็นค่าของตัวแปรที่จะพยากรณ์เท่านั้นหรือเป็นค่าของตัวแปรอื่นที่เกี่ยวข้องด้วย นอกจากนี้ในกรณีที่ข้อมูลที่พิจารณาเป็นข้อมูลที่เหมาะสมที่จะพยากรณ์โดยใช้ตัวแบบอนุกรมเวลาจะต้องพิจารณาต่อไปว่า อนุกรมเวลานั้นมีส่วนประกอบส่วนใดบ้าง ผู้พยากรณ์สามารถนำลักษณะของข้อมูลเหล่านี้มาประกอบการพิจารณาเลือกใช้วิธีการพยากรณ์ตามความรู้เกี่ยวกับวิธีการพยากรณ์ โดยใช้ตัวแบบอนุกรมเวลาชนิดต่าง ๆ ที่จะพิจารณาในบทต่อ ๆ ไป

5. ค่าใช้จ่าย

ในการพยากรณ์แต่ละครั้งย่อมมีค่าใช้จ่ายหลายประการ เช่น ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการรวบรวมข้อมูล ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูล เป็นต้น และในบางครั้งถ้ายังต้องการค่าพยากรณ์ที่มีความแม่นยำ ค่าใช้จ่ายจะยิ่งเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ถ้าพิจารณาการพยากรณ์ที่ซับซ้อนใช้เวลาในการคำนวณมาก หรือ ใช้ข้อมูลในการคำนวณมากกว่าหนึ่งประเภทในการคำนวณ จะพบว่าค่าใช้จ่ายสำหรับวิธีการพยากรณ์เหล่านี้จะสูงกว่าวิธีการพยากรณ์ที่มีขั้นตอนไม่ซับซ้อนง่ายแก่การเข้าใจ และใช้ประเภทของข้อมูลน้อยกว่าเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นค่าใช้จ่ายจึงเป็นส่วนประกอบส่วนหนึ่งที่สำคัญในการพิจารณาเลือกวิธีการพยากรณ์

6. ข้อมูลที่มีอยู่

ผู้พยากรณ์ควรทราบว่าชนิดของข้อมูลที่มีอยู่เป็นข้อมูลในอดีตที่ทันสมัย หรือเป็นอดีตมากไปจนลักษณะของข้อมูลอาจแตกต่างไปจากลักษณะของข้อมูลที่ทันสมัยกว่ามาก เหมาะสมที่จะใช้ทั้งหมดหรือไม่ หรือใช้ได้แต่เพียงบางส่วน ข้อมูลที่เป็นค่าของตัวแปรที่ต้องการพยากรณ์และตัวแปรที่เกี่ยวข้องมีอยู่อย่างสมบูรณ์หรือไม่ จำนวนข้อมูลมีเท่าใดเนื่องจากวิธีการพยากรณ์บางวิธีมีเงื่อนไขเกี่ยวกับจำนวนข้อมูล การพยากรณ์ที่แม่นยำจะเกิดขึ้นไม่ได้ถ้าไม่มีข้อมูลที่ทันสมัยเพียงพอและสมบูรณ์

7. ความซับซ้อน

โดยทั่วไปความเข้าใจในวิธีการพยากรณ์ที่ใช้จะช่วยให้เกิดความเชื่อมั่นในการตัดสินใจใช้ค่าพยากรณ์ในการตอบปัญหาต่าง ๆ ดังนั้นความซับซ้อนของวิธีการพยากรณ์ซึ่งอยู่ในระดับที่ผู้ใช้

วิธีพยากรณ์นั้น ๆ สามารถเข้าใจได้ง่าย เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการเลือกใช้วิธีการพยากรณ์ จึงอาจกล่าวได้ว่าวิธีที่ซับซ้อนน้อยแต่แม่นน้อยกว่าอาจเป็นวิธีที่เหมาะสมกว่าวิธีที่ซับซ้อนแต่ให้ค่าพยากรณ์ที่แม่นมากกว่า ถ้าความแม่นยำนั้นแตกต่างกันน้อยมาก

นอกจากนี้ในบางปัญหาอาจมีวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมมากกว่าหนึ่งวิธี ในกรณีเช่นนี้ ควรเลือกวิธีที่ซับซ้อนน้อยกว่าเป็นวิธีพยากรณ์

บทที่ 3

ทฤษฎีทางสถิติที่ใช้ในการพยากรณ์

3.1 วิธีปรับให้เรียบ [6][12]

หลักการปรับให้เรียบ

วิธีปรับให้เรียบเป็นวิธีการสร้างสมการพยากรณ์จากค่าสังเกตการณ์ในอนุกรมเวลาบางส่วนหรือทั้งหมดโดยให้น้ำหนักกับค่าสังเกตในอนุกรมบางส่วนหรือทั้งหมดต่างกัน วิธีปรับให้เรียบเหมาะกับกรณีที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่มีแบบแผนที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาโดยทุกครั้งที่มีการสังเกตใหม่เข้ามาจะนำค่าสังเกตใหม่ดังกล่าวไปปรับสมการพยากรณ์ วิธีปรับให้เรียบที่กำหนดจะแตกต่างกันตามแบบของน้ำหนักและลักษณะของอนุกรมเวลาที่ต่างกัน วิธีปรับให้เรียบแยกออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้มและไม่มีอิทธิพลฤดูกาล อนุกรมเวลามีแนวโน้มแต่ไม่มีอิทธิพลฤดูกาล อนุกรมเวลาที่ไม่มีความโน้มเอียงแต่มีอิทธิพลต่อฤดูกาล อนุกรมเวลาที่มีความโน้มเอียงและมีอิทธิพลฤดูกาล จะกล่าวถึงวิธีการปรับให้เรียบตามลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาดังนี้

วิธีปรับให้เรียบเอกโพเนนเชียลแบบง่ายหรือวิธี SES ค่าพยากรณ์ได้จากค่าสังเกตในอนุกรมเวลาทั้งหมด น้ำหนักที่ให้กับแต่ละค่าสังเกตไม่เท่ากันโดยน้ำหนักที่ให้ค่าสังเกตล่าสุดจะมากที่สุดและลดลงแบบเอกโพเนนเชียล น้ำหนักขึ้นอยู่กับค่าปรับให้เรียบ(smoothing constant) ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

วิธีปรับให้เรียบเอกโพเนนเชียลเส้นตรงหรือวิธี โฮลท์ แบบสองพารามิเตอร์ ใช้กับอนุกรมเวลาที่มีความโน้มเอียงเส้นตรง ซึ่งใช้ค่าปรับให้เรียบสองค่า ได้แก่ α และ β สำหรับการประมาณค่าจุดตัดแกนตั้งและค่าความลาดชันตามลำดับ ค่าปรับให้เรียบมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

วิธีปรับให้เรียบเอกโพเนนเชียลทวีคูณหรือวิธี TES(Triple Exponential Smoothing) ใช้กับอนุกรมเวลาแนวโน้มกำลังสอง กำหนดรูปแบบแนวโน้มกำลังสองที่มีพารามิเตอร์สามค่าการประมาณค่าพารามิเตอร์ในรูปแบบจะทำนองเดียวกับการประมาณด้วยวิธีปรับให้เรียบที่ผ่านมา โดยใช้ค่าปรับให้เรียบสามค่า ได้แก่ α β และ γ สำหรับการประมาณแต่ละพารามิเตอร์ค่าปรับให้เรียบมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

การสร้างสมการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกโพเนนเชียลทุกวิธี ผู้วิเคราะห์ต้องกำหนดค่าเริ่มต้นของพารามิเตอร์ในรูปแบบและกำหนดค่าปรับให้เรียบที่เหมาะสมโดยทั่วไปจะกำหนดค่าเริ่มต้นของพารามิเตอร์จากค่าสังเกตของอนุกรมเวลาส่วนหนึ่ง ส่วนค่าปรับให้เรียบที่

เหมาะสมเป็นค่าปรับให้เรียบที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน SSE (Sum of square error) มีค่าต่ำที่สุด

วิธีปรับให้เรียบเป็นวิธีที่ให้สมการพยากรณ์ที่ทันสมัยอยู่เสมอเพราะปรับด้วยค่าสังเกตล่าสุด อย่างไรก็ตามวิธีปรับให้เรียบมีทั้งข้อดีและข้อเสีย ข้อดีคือคำนวณไม่ยุ่งยาก ง่ายต่อการเข้าใจ ไม่มีค่าใช้จ่ายมาก ใช้ข้อมูลน้อย และเหมาะกับองค์กรที่มีอนุกรมเวลาที่ต้องสร้างสมการพยากรณ์ ส่วนข้อเสียคือรูปแบบกำหนดจากการพิจารณาพล็อตของอนุกรมเวลาดึงต้องมีค่าเหมาะสมและค่าปรับให้เรียบต้องเป็นค่าที่เหมาะสม

3.1.1 วิธีปรับให้เรียบเอกโพเนนเชียลแบบง่าย (Simple Exponential Smoothing:SES)

วิธีนี้เหมาะสำหรับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลง หรือเคลื่อนไหวคงที่ (Horizontal data) หรือเป็นข้อมูลที่ไม่มีแนวโน้ม และไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล มีเฉพาะความไม่แน่นอนเพียงอย่างเดียว จำนวนข้อมูลที่ใช้ควรมี 3 รายการ และเป็นเทคนิคที่ใช้ในการพยากรณ์ระยะสั้นที่ทันใด และระยะสั้น วิธีนี้จะให้ความสำคัญแก่ข้อมูลล่าสุด (Y_t) มากที่สุด และความสำคัญจะลดลงเรื่อย ๆ สำหรับข้อมูลในอดีตที่อยู่ห่างไกลออกไป

ตารางที่ 3.1 แสดงการปรับค่าน้ำหนักด้วยวิธี SES

เวลา	น้ำหนัก	α			
		0.1	0.3	0.6	0.9
1	α	0.1	0.3	0.6	0.9
2	$\alpha(1-\alpha)$	0.09	0.21	0.24	0.09
3	$\alpha(1-\alpha)^2$	0.081	0.147	0.096	0.009
4	$\alpha(1-\alpha)^3$	0.0729	0.1029	0.0384	0.0009
5	$\alpha(1-\alpha)^4$	0.06561	0.07203	0.01536	0.00009
6	$\alpha(1-\alpha)^5$	0.059049	0.050421	0.006144	0.000009

3.1.1.1 ขั้นตอนของวิธี Simple Exponential Smoothing Method

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดน้ำหนัก α โดยที่ $0 \leq \alpha \leq 1$ ให้แก่ข้อมูลล่าสุด Y_t และกำหนดน้ำหนัก $\alpha(1-\alpha)$ ให้แก่ข้อมูลรองล่าสุด Y_{t-1} แล้วให้น้ำหนักแก่ Y_{t-2} เป็น $\alpha(1-\alpha)^2$ เป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ โดยค่าพยากรณ์ของ Y_t ณ เวลา $t+1$ คือ

$$\hat{Y}_t = \alpha Y_t + \alpha(1-\alpha) \hat{Y}_{t-1} + \alpha(1-\alpha)^2 \hat{Y}_{t-2} + \alpha(1-\alpha)^3 \hat{Y}_{t-3} + \dots \quad (3.1)$$

$$\text{หรือ } \hat{Y}_t = \alpha \hat{Y}_{t-1} + \alpha(1-\alpha)\hat{Y}_{t-2} + \alpha(1-\alpha)^2 \hat{Y}_{t-3} + \dots \quad (3.2)$$

จากสมการที่ (3.1)

$$\text{จะได้ } \hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1-\alpha)[\alpha Y_{t-1} + \alpha(1-\alpha)Y_{t-2} + \alpha(1-\alpha)^2 Y_{t-3} + \dots] \dots \quad (3.3)$$

นำค่า \hat{Y}_t ในสมการ (3.2) แทนในสมการ (3.3) จะได้

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1-\alpha)\hat{Y}_t \quad (3.4)$$

การเลือก α ที่เหมาะสม จะพิจารณาจากค่า SSE โดยเลือกค่า $\alpha (0 \leq \alpha \leq 1)$ ที่ทำให้ SSE มีค่าต่ำสุด ในทางปฏิบัตินักวิจัยไม่จำเป็นต้องกำหนดน้ำหนักหรือค่าคงที่สำหรับปรับให้เรียบนี้เอง เนื่องจากโปรแกรมสำเร็จรูปจะกำหนดน้ำหนักที่เหมาะสม คือค่าที่ทำให้ความคลาดเคลื่อน SSE มีค่าต่ำสุด จึงทำให้ค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าจริง ถ้า α ใกล้ 1 แสดงว่าให้ความสำคัญแก่ข้อมูลล่าสุด แต่ถ้า α มีค่าใกล้ 0 แสดงค่าพยากรณ์จะไม่คำนึงถึงความผิดพลาดในการพยากรณ์

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดค่าเริ่มต้น

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าพยากรณ์จากสมการ (3.5)

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1-\alpha)\hat{Y}_t \quad (3.5)$$

เมื่อ Y_t = ค่าของข้อมูล ณ เวลา t
 \hat{Y}_{t+1} = ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t+1$
 α = ค่าคงที่สำหรับทำให้เรียบ

3.1.2 วิธีปรับให้เรียบเอกโพเนนเชียลเส้นตรงหรือวิธีโฮลท์ (Holt's linear exponential smoothing)

หรือเรียกกันง่ายๆ ว่า Holt's linear Method หรือ Double Exponential Smoothing (ต่อไปเรียกสั้นๆ ว่า "Holt") ซึ่งวิธีนี้เหมาะสมสำหรับการใช้การพยากรณ์ข้อมูลที่มีแนวโน้มในรูปเชิงเส้น (Linear Trend) รวมอยู่ด้วย โดยที่ Holt เป็นวิธีที่ใช้ในการพยากรณ์ระยะทันทีทันใด ระยะสั้น และระยะปานกลางได้

วิธี Holt ยังคงใช้หลักการของเทคนิคเอกโพเนนเชียล คือให้ความสำคัญแก่ข้อมูลแต่ละตัวไม่เท่ากัน ซึ่งในวิธี Simple Exponential Smoothing นั้นเหมาะกับข้อมูลที่มีเฉพาะความไม่แน่นอน (Random) เพียงอย่างเดียว (ไม่มีแนวโน้มและฤดูกาล) จึงมีค่าคงที่ปรับให้เรียบเพียง 1 ค่า คือ α แต่วิธี Holt จะใช้ข้อมูลที่มีแนวโน้มและความไม่แน่นอน จึงมีค่าคงที่สำหรับปรับให้เรียบเพียง 1 ค่า α และ β โดยที่

α = ค่าคงที่ที่ทำให้เรียบระหว่างข้อมูลกับค่าพยากรณ์, $0 \leq \alpha \leq 1$, โดยที่ถ้า α มีค่าใกล้ 1 แสดงให้ความสำคัญแก่ข้อมูลล่าสุดมากกว่าข้อมูลอื่น ๆ

β = ค่าคงที่ที่ทำให้เรียบระหว่างข้อมูลกับค่าพยากรณ์, $0 \leq \beta \leq 1$, โดยที่ ถ้า β มีค่าใกล้ 1 แสดงว่าให้ความสำคัญแก่ข้อมูลล่าสุดมากกว่าข้อมูลอื่น ๆ สมการพยากรณ์คือ

$$F_{t+m} = L_t + b_t m \quad (3.6)$$

b_t = ความชัน(Slope) ของข้อมูล ณ เวลา t

m = จำนวนช่วงเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์ไปข้างหน้า เช่น $m = 5$ เดือน หมายถึง ต้องการพยากรณ์ข้อมูลที่เกิดขึ้น 5 เดือนข้างหน้า ซึ่งสามารถเขียนได้ดังสมการ (3.7)

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (3.7)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (3.8)$$

L_t ในสมการที่ (3.7) จะปรับแนวโน้มของช่วงเวลา $t-1$ และค่าความชัน b_t เป็นการปรับค่าแนวโน้ม การที่นำ L_{t-1} ไปลบออกจาก L_t เนื่องจากข้อมูลใหม่ควรจะลดลง หรือเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับข้อมูลก่อนหน้าเพราะข้อมูลมีแนวโน้ม

3.1.2.1 ขั้นตอนของวิธี Holt's Linear Method

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดค่าคงที่ที่ทำให้เรียบ 2 ค่าคือ α และ β โดยให้ $0 \leq \alpha \leq 1$ และ $0 \leq \beta \leq 1$ กรณีที่ใช้โปรแกรม SPSS for windows ให้เลือกค่าที่ทำให้ SSE ต่ำสุด

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดค่าเริ่มต้น

$$L_1 = Y_1, b_1 = Y_2 - Y_1, \text{ หรือ } b_1 = (Y_4 - Y_1)/3 \quad (3.9)$$

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่า L_t และค่าความชัน b_t จาก

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (3.10)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (3.11)$$

ขั้นตอนที่ 4 นำค่า L_t และ b_t มาหาค่าพยากรณ์ของ m ช่วงเวลาข้างหน้า (F_{t+m})

$$F_{t+m} = L_t + b_t m \quad (3.12)$$

หมายเหตุ กรณีที่ให้ α และ β มีค่าเท่ากันจะเรียกวิธีนี้ว่า Brown's Double exponential smoothing

3.1.3 วิธีปรับให้เรียบเอกโพเนนเชียลแบบวินเตอร์ (Winter's Method Trend and Seasonality Method) หรือเรียกว่า Winter's Method หรือ Triple Exponential Smoothing ซึ่งวิธี Winters เหมาะสำหรับใช้กับข้อมูลที่มีแนวโน้ม และอิทธิพลของฤดูกาล (Trend-Season Data) ใช้ในการพยากรณ์ระยะสั้นถึงระยะปานกลาง ข้อมูลไม่ควรเป็นรายปี เพราะจะทำให้ไม่สามารถผลของฤดูกาลได้ ข้อมูลควรอยู่ในรูปของรายเดือน รายสัปดาห์ รายไตรมาส เป็นต้น และมีข้อมูลอย่างน้อย 36 ค่าขึ้นไป หรืออย่างน้อย 12 รายการขึ้นไปถ้าเป็นข้อมูลรายไตรมาส

วิธียังคงใช้หลักการของเทคนิคเอกโพเนนเชียลคือให้ความสำคัญแก่ข้อมูลไม่เท่ากัน และมีค่าที่ปรับให้เรียบ 3 ค่า คือ

α (alpha) = ค่าคงที่ที่ทำให้เรียบระหว่างข้อมูลกับค่าพยากรณ์ $0 \leq \alpha \leq 1$

β (beta) = ค่าคงที่ที่ทำให้เรียบระหว่างแนวโน้มจริงกับค่าประมาณแนวโน้ม $0 \leq \beta \leq 1$

γ (gamma) = ค่าคงที่ที่ทำให้เรียบระหว่างค่าจริงกับค่าประมาณฤดูกาล $0 \leq \gamma \leq 1$
สมการที่ใช้ในการพยากรณ์คือ

$$F_{t+m} = (L_t + b_t m) S_{t-s+m} \quad (3.13)$$

โดยที่ s = จำนวนฤดูใน 1 ปี เช่นถ้าเป็นข้อมูลรายเดือน $s = 12$, ถ้าข้อมูลรายไตรมาส $s = 4$

m = ระยะเวลาที่ต้องการพยากรณ์ไปข้างหน้า $m = 1, 2, \dots$

$$L_t = \text{ระดับของข้อมูล} = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-1}} + (1 - \alpha)[L_{t-1} + b_{t-1}] \quad (3.14)$$

$$b_t = \text{ส่วนของแนวโน้ม} = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (3.15)$$

$$S_t = \text{ส่วนของฤดู} = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (3.16)$$

การกำหนดค่าเริ่มต้น

ค่าเริ่มต้นจะมีค่า $2 + s$ คือ ค่าเริ่มต้นของระดับข้อมูล (L) 1 ค่า ค่าเริ่มต้นของแนวโน้ม b อีก 1 ค่า และค่าเริ่มต้นของฤดูกาล S ฤดูกาล (s ค่า)

$$\text{โดยที่ } L_s = \frac{1}{s}(Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_s) \quad (3.17)$$

$$b_s = \frac{1}{s} \left[\frac{Y_{s+1} - Y_1}{s} + \frac{Y_{s+2} - Y_2}{s} + \dots + \frac{Y_{s+s} - Y_s}{s} \right] \quad (3.18)$$

$$S_1 = \frac{Y_1}{L_s}, S_2 = \frac{Y_2}{L_s}, \dots, S_s = \frac{Y_s}{L_s} \quad (3.19)$$

3.1.3.1 ขั้นตอนการพยากรณ์ของวิธี Winters

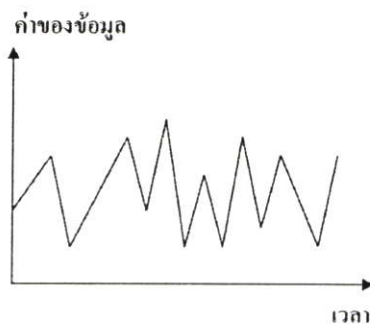
1. นำข้อมูลที่อยู่ในรูปรายเดือน รายไตรมาส รายสัปดาห์ มาพล็อตกราฟเพื่อพิจารณาว่ามีส่วนประกอบใดบ้าง ถ้ามีส่วนแนวโน้ม และฤดูกาล จะใช้เทคนิค Winters
2. กำหนดค่าคงที่ที่ทำให้เรียบ 3 ค่า คือ α , β และ γ โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows หาค่า α , β และ γ ที่ทำให้ค่า SSE มีค่าต่ำที่สุด
3. กำหนดค่าเริ่มต้น $2 + s$ ค่า
4. ประมาณค่าพารามิเตอร์ L_t , b_t และ S_t
5. กำหนดค่าพยากรณ์ $F_t + m$ ตามรูปแบบที่เลือก

3.2 วิธีของ Box และ Jenkins อนุกรมเวลาที่เป็นสแตชันนารี

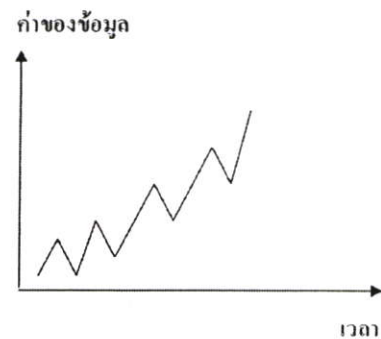
3.2.1 วิธีของ Box และ Jenkins อนุกรมเวลาในวิธีของ Box และ Jenkins แยกออกเป็น 3 ประเภท คือ
อนุกรมเวลาคงที่ (Stationary time series or horizontal) เป็นอนุกรมเวลาที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวอยู่รอบ ๆ ค่าเฉลี่ยหรือมีค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนคงที่

อนุกรมเวลาไม่คงที่ (Nonstationary time series) หมายถึง ข้อมูลที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวไม่แน่นอนเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลา

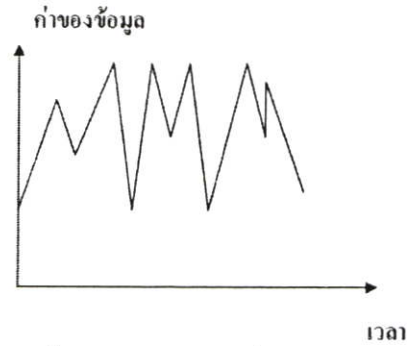
อนุกรมเวลาที่มีฤดูกาล (Seasonal time series) หมายถึง ข้อมูลที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวซ้ำ ๆ กันจนเป็นแบบแผนในช่วงเวลาเดียวกัน



รูปที่ 3.1 อนุกรมเวลาคงที่



รูปที่ 3.2 อนุกรมเวลาไม่คงที่



รูปที่ 3.3 อนุกรมเวลาที่มีฤดูกาล

โดยปกติรูปแบบอนุกรมเวลาของ Box และ Jenkins ที่ใช้ในการพยากรณ์จะต้องเป็นอนุกรมเวลาที่คงที่ (Stationary) ถ้าหากว่าอนุกรมเวลาชุดใดไม่คงที่หรือมีแนวโน้ม จะต้องทำการแปลงข้อมูล (Transformation) อนุกรมเวลานั้นให้คงที่ซึ่งอาจทำได้โดยการหาผลต่าง (Regular differencing) ลำดับต่าง ๆ ของข้อมูลจนกว่าอนุกรมเวลานั้นจะคงที่ หรือถ้าข้อมูลอนุกรมเวลานั้นมีฤดูกาลก็จะมีต้องกำจัดอิทธิพลของฤดูกาลออกไปโดยการหาผลต่างฤดูกาล (Seasonal differencing) หรือบางครั้งถ้าความแปรปรวนไม่คงที่อาจต้องเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของลอการิทึมฐานธรรมชาติ (Natural logarithm) เพื่อให้ทำให้อนุกรมเวลานั้นคงที่เสียก่อน แล้วจึงกำหนดรูปแบบของอนุกรมเวลา

3.2.2 ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ (Autocorrelation function: ACF) และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน (Partial autocorrelation function: PACF)

อัตตะสหสัมพันธ์ (Autocorrelation) เป็นความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างข้อมูลอนุกรมเวลาชุดเดียวกันที่อยู่ในช่วงเวลาแตกต่างกัน ซึ่งในข้อมูลอนุกรมเวลานักวิจัยสามารถสร้างตัวแปรใหม่ตัวหนึ่งจากตัวแปรอีกตัวหนึ่งได้ตัวแปรที่สร้างขึ้นใหม่นี้ เรียกว่า ตัวแปรเวลาล่าหลัง (lag time variables: y_{t-k}) เมื่อ k เป็นเวลาที่แตกต่างดังตารางที่ 3.2

ตาราง 3.2 การสร้างตัวแปรเวลาล่าหลัง (lag time variables)

ช่วงเวลา(t)	ตัวแปรเริ่มต้น (y_t)	ตัวแปรเวลาล่า หลังที่ 1 (y_{t-1})	ตัวแปรเวลาล่า หลังที่ 2 (y_{t-2})	ตัวแปรเวลาล่า หลังที่ 3 (y_{t-3})
1	100			
2	120	100		
3	140	120	100	
4	160	140	120	100
5	180	160	140	120

จากตาราง 3.2 สามารถสร้างตัวแปรเวลาล่าหลังที่ 1 (lag 1: $y_{t,1}$) ตัวแปรเวลาล่าหลังที่ 2 (lag 2: $y_{t,2}$) ตัวแปรเวลาล่าหลังที่ 3 (lag 3: $y_{t,3}$) หรือตัวแปรเวลาล่าหลังที่ k (lag k : $y_{t,k}$) ได้ เช่น ต้องการสร้างตัวแปรเวลาล่าหลังที่ 1 (lag 1: $y_{t,1}$) จากค่าสังเกต y_t มีวิธีการสร้างคือค่าสังเกตในเวลา $t=2$ ของ lag 1 ได้จากค่าสังเกต y_t เมื่อเวลา $t=1$ ค่าสังเกตในเวลา $t=3$ ของ lag 1 ได้จากค่าสังเกต $t=2$ และค่าสังเกตในเวลา $t=4$ ของ lag 1 ได้จากค่าสังเกต y_t เมื่อเวลา $t=3$ เช่นนี้เรื่อยไป และในทำนองเดียวกัน การสร้างตัวแปรเวลาล่าหลังที่ 2 (lag 2: $y_{t,2}$) จากตัวแปรเวลาล่าหลังที่ 1 (lag 1: $y_{t,1}$) มีวิธีการสร้างคือ ค่าสังเกตเวลา $t=3$ ของ lag2 ได้จากค่าสังเกตเมื่อ $t=2$ ของ lag1 ค่าสังเกตในเวลา $t=4$ ของ lag2 ได้จากค่าสังเกตเมื่อ $t=3$ ของ lag1 เป็นต้น ดังนั้นจะเห็นว่าค่าสังเกตใน lag1($y_{t,1}$) จะหายไป 1 ค่า ค่าสังเกตใน lag2($y_{t,2}$) จะหายไป 2 ค่า และค่าสังเกตใน lag3($y_{t,3}$) จะหายไป 3 ค่า เมื่อนักวิจัยสร้างตัวแปรเวลาล่าหลังได้แล้วจึงนำมาคำนวณหาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง y_t และ $y_{t,k}$ เมื่อ $k=1,2,3,\dots$ ซึ่งก็คือค่าสัมประสิทธิ์อัตโนมัติสัมพันธ์ (Coefficient of Autocorrelation: r_k) สามารถหาได้จากสูตร

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (y_t - \bar{y})(y_{t-k} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2} \quad (3.20)$$

เมื่อ r_k = สัมประสิทธิ์อัตโนมัติสัมพันธ์ ณ เวลาล่าหลัง k ; $-1 < r_k < 1$

t = ช่วงเวลา

n = ช่วงเวลาสุดท้าย

y_t = ค่าของข้อมูล ณ เวลา t

\bar{y} = ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

k = เวลาล่าหลัง

$$\text{โดยที่ } \bar{y} = \frac{\sum_{t=1}^n y_t}{n} \quad (3.21)$$

เมื่อ $\rho_k = 0$, r_k มีการแจกแจงใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และค่าความแปรปรวน $\sigma^2_{r_k}$ หรือ $r_k \sim N(0, \sigma^2_{r_k})$ ซึ่งจะประมาณ $\sigma^2_{r_k}$ ด้วย $S^2_{r_k}$ โดยค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ r_k คือ

$$S_{r_k} = \sqrt{\frac{1 + 2 \sum_{j=1}^{k-1} r_j^2}{n}}, k = 1, 2, \dots \quad (3.22)$$

$$\approx \frac{1}{\sqrt{n}} \quad (3.23)$$

การทราบลักษณะการแจกแจงของ r_k จะทำให้ทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับ ρ_k ได้นั้นคือการทดสอบ $H_0 : \rho_k = 0$ กับ $H_0 : \rho_k \neq 0$ จะใช้สถิติทดสอบ

$$Z = \frac{r_k}{s_{r_k}} \quad (3.24)$$

$$Z = \sqrt{nr_k} \quad (3.25)$$

ที่มีช่วงวิกฤต $|Z| \geq z_{\alpha/2}$ ที่ระดับนัยสำคัญ α ในทำนองเดียวกันอาจจะใช้ตัวทดสอบทางสถิติ r_k ที่มี

ช่วงวิกฤตเป็น $|r_k| \geq z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{1}{n}}$ โดยทั่วไปการทดสอบจะทำที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงมีช่วงวิกฤต

$$\text{เป็น } |r_k| \geq \frac{1.96}{\sqrt{n}} \approx \frac{2}{\sqrt{n}}$$

ค่าสัมประสิทธิ์อัตโนมัติสหสัมพันธ์ (Coefficient of Autocorrelation: r_k) มีความหมายในทำนองเดียวกับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient: r) คือเป็นค่าที่ใช้อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเหมือนกันแต่ต่างกันว่า r_k ใช้อธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรเดียวกันในช่วงเวลาที่ห่างกัน k ช่วงเวลา หรือก็คือเป็นค่าวัดสหสัมพันธ์ระหว่าง y_t และ y_{t-k} ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ถ้า $|r_k|$ มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าค่าสังเกตที่อยู่ห่างกัน k ช่วงเวลา มีสัมพันธ์กันสูง แต่ถ้า $|r_k|$ มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่ามีสหสัมพันธ์กันต่ำ

ค่าสัมประสิทธิ์อัตโนมัติสหสัมพันธ์ มีค่าสำคัญมากในการช่วยกำหนดลักษณะของข้อมูล ถ้าข้อมูลได้มาจากการสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely random) ค่าสัมประสิทธิ์อัตโนมัติสหสัมพันธ์สำหรับช่วงเวลาใดก็ตามจะมีค่าเข้าใกล้หรือเท่ากับ 0 แต่ถ้าข้อมูลประกอบด้วยอิทธิพลของฤดูกาลหรือวัฏจักรจะพบว่าสัมประสิทธิ์อัตโนมัติสหสัมพันธ์ที่ช่วงเวลาสูง เช่น lag 12, 24, ... จะมีค่าสูงมากจึงเห็นได้ชัดว่าก่อนที่จะใช้วิธี Box และ Jenkins ไม่จำเป็นต้องทราบลักษณะของข้อมูลเลย เพราะค่าสัมประสิทธิ์อัตโนมัติสหสัมพันธ์จะช่วยกำหนดรูปแบบของข้อมูลอนุกรมเวลาให้

3.2.3 อัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน (Partial autocorrelation) เป็นความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างข้อมูลอนุกรมเวลาชุดเดียวกันระหว่าง y_t และ y_{t-k} เมื่อขจัด (Partial out) อิทธิพลของเวลาล้าหลัง 1, 2, 3, ..., $k-1$ ออกไป ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์อัตโนมัติสหสัมพันธ์บางส่วนระหว่าง y_t และ y_{t-k} คือ ค่าสัมประสิทธิ์อัตโนมัติสหสัมพันธ์บางส่วน (Coefficient of partial autocorrelation: r_{kk}) ซึ่งสามารถหาได้จากสูตร

$$r_{kk} = \begin{cases} r_k - \sum_{j=1}^{k-1} r_{(k-1)j} r_{k-j} \\ 1 - \sum_{j=1}^{k-1} r_{(k-1)j} r_j \end{cases} \quad (3.26)$$

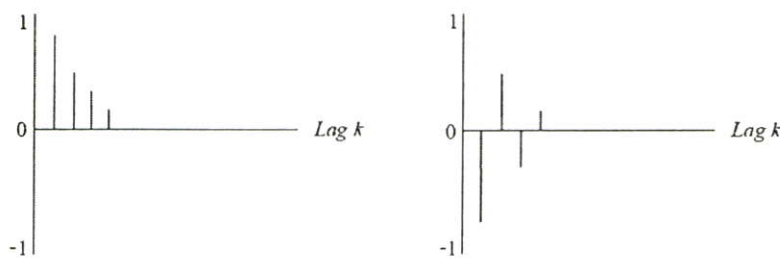
r_{kk} มีการแจกแจงใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และค่าแปรปรวน $\sigma_{r_{kk}}^2$ ประมาณด้วย $S_{r_{kk}}^2$ โดยค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ r_{kk} คือ

$$S_{r_{kk}} = \frac{1}{\sqrt{n}}, \quad k = 1, 2, \dots \quad (3.27)$$

การทราบลักษณะการแจกแจงของ r_{kk} จะทำให้ทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับ ρ_{kk} ได้นั้นคือ การทดสอบ $H_0: \rho_{kk} = 0$ กับ $H_0: \rho_{kk} \neq 0$ จะใช้สถิติทดสอบ r_{kk} และจะปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อ $|r_{kk}| \geq \frac{2}{\sqrt{n}}$

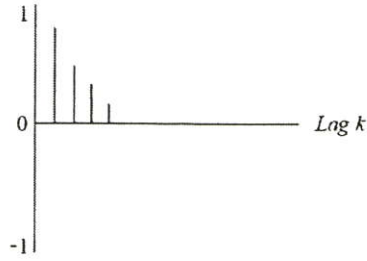
ในการกำหนดรูปแบบจะพิจารณาจากชุดรวมของอัตตะสหสัมพันธ์และอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วนซึ่งก็คือฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ (Autocorrelation function: ACF) และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน (Partial autocorrelation function: PACF) แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถหาค่าฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ (ρ_k) และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วนของประชากร (ρ_{kk}) ได้ ดังนั้นจึงพิจารณาจากฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วนของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งแสดงได้ในรูปแบบที่แตกต่างกัน 2 ลักษณะ

ลักษณะที่ 1 ค่า r_k และ r_{kk} ลดลงอย่างรวดเร็วเป็น 0 เรียกว่า มีค่าต่ำสุด (cut off) ดังรูปที่ 3.4

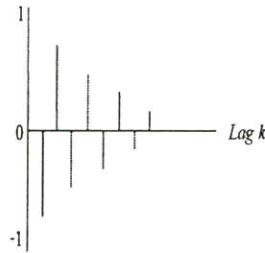


รูปที่ 3.4 ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วนของกลุ่มตัวอย่างที่ลดลงอย่างรวดเร็ว (cut off) หลังเวลาสั้นหลัง k

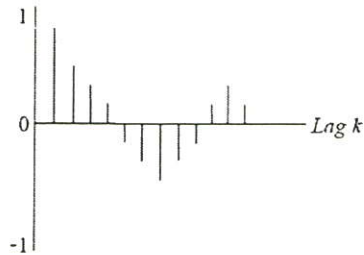
ลักษณะที่ 2 ค่า r_k และ r_{kk} มีค่ามากในเวลาสั้นหลัง k แรก ๆ และลดลงอย่างช้า ๆ เกือบถึง 0 เมื่อ k มีค่ามากขึ้น เรียกว่า dies down หรือ tails off



รูปที่ 3.5 ลดลงอย่างช้าๆ แบบเอกโพเนนเชียล (damped exponential) ที่ไม่กระเพื่อม(no oscillation)



รูปที่ 3.6 ลดลงอย่างช้าๆ แบบเอกโพเนนเชียล(damped exponential) ที่กระเพื่อม(oscillation)



รูปที่ 3.7 ลดลงอย่างช้าๆ แบบฟังก์ชันตรีโกณมิติแบบไซน์ (damped sine-wave)

3.3 รูปแบบสำหรับการวิเคราะห์

วิธี Box และ Jenkins จะพิจารณาค่าฟังก์ชันอัตตะสสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสสัมพันธ์บางส่วนเพื่อสร้างรูปแบบขึ้นมา โดยเรียกชื่อเฉพาะว่า ARMA (Autoregressive moving average) โดยรูปแบบสำหรับการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาที่คงที่และไม่มีฤดูกาล Box และ Jenkins กำหนดไว้ 3 รูปแบบ ดังนี้

3.3.1 กระบวนการการถดถอยในตัวเอง (Autoregressive process) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $AR(p)$ หรือ $ARMA(p,0)$ หรือ $ARIMA(p,0,0)$ หมายถึงรูปแบบที่แสดงว่าค่าสังเกต y_t จะขึ้นอยู่กับค่าของ y_{t-1}, \dots, y_{t-p} หรือค่าสังเกตที่เกิดขึ้นก่อน p ค่าสมการของ $AR(p)$ คือ

$$y_t = \theta_0 + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (3.28)$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } y_t &= \text{ตัวแปรตาม} \\ \theta_0 &= \text{ค่าคงที่} \\ \phi_p &= \text{ค่าพารามิเตอร์ AR เมื่อ } p = 1, 2, 3, \dots, \\ \varepsilon_t &= \text{ค่าความคลาดเคลื่อนที่เวลา } t \end{aligned}$$

พารามิเตอร์ ϕ_i จะต้องมีคุณสมบัติ stationary คือ มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของอนุกรมเวลาคงที่ และค่าสัมประสิทธิ์อัตตะสหสัมพันธ์ ที่ lag k ขึ้นอยู่กับค่า k อย่างเดียวโดยพิจารณาว่าค่าพารามิเตอร์ ϕ_1, \dots, ϕ_p ที่ทำให้คำตอบของสมการ $1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p = 0$ มี $|B| > 1$ ซึ่งสมการนี้มาจากรูปแบบของ AR(p) นั้นเองคือ

$$y_t = \theta_0 + \phi_1 y_{t-1} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (3.29)$$

หรือ

$$y_t - \phi_1 y_{t-1} - \dots - \phi_p y_{t-p} = \theta_0 + \varepsilon_t \quad (3.30)$$

และเขียนในเทอมของ Backshift operator (B) ได้เป็น

$$(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p) y_t = \theta_0 + \varepsilon_t \quad (3.31)$$

ดังนั้น AR(p) อาจเขียนใหม่ได้เป็น $\phi_p(B) y_t = \theta_0 + \varepsilon_t$

$$\text{โดยที่ } \phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p \quad (3.32)$$

$$\text{และ } B y_t = y_{t-1}, \dots, B^p y_t = y_{t-p} \quad (3.33)$$

เรียก B ว่า Backshift operator

ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ ρ_k จะมีค่ามากในช่วงแรก ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ เกือบถึง 0 เมื่อ k มีค่ามากขึ้น หรือมีลักษณะ dies down แบบ damped exponential หรือ damped sine wave หรือทั้งสองแบบ

ส่วนฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน ρ_{kk} มีค่าเป็น 0 หลังเวลาล่าหลัง p (lag p) หรือมีลักษณะ cuts off นั่นคือ

$$\rho_{kk} \neq 0; k = 1, 2, 3, \dots, p$$

$$\text{และ } \rho_{kk} = 0; k > p$$

โดยทั่วไปในทางปฏิบัติ ลำดับของกระบวนการ AR มักมีค่าไม่เกิน 2 นั่นคือ $p \leq 2$

3.3.2 กระบวนการการเคลื่อนที่เฉลี่ย (Moving average process) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $MA(q)$ หรือ $ARMA(0,q)$ หรือ $ARIMA(0,0,q)$ หมายถึงรูปแบบที่แสดงว่าค่าสังเกต y_t จะขึ้นอยู่กับค่าของความคลาดเคลื่อน $\varepsilon_{t-1}, \dots, \varepsilon_{t-q}$ หรือความคลาดเคลื่อนที่อยู่ก่อนหน้า q สมการของ $MA(q)$ คือ

$$y_t = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (3.34)$$

เมื่อ y_t = ตัวแปรตาม
 θ_0 = ค่าคงที่
 θ_i = พารามิเตอร์ MA ที่เวลา t เมื่อ $i=1,2,3,\dots,q$
 ε_{t-2} = ค่าความคลาดเคลื่อน

พารามิเตอร์ θ_i จะต้องมีคุณสมบัติ invertible คือ คุณสมบัติที่ทำให้หาค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ε_t ในเทอมของ y_t, y_{t-1}, \dots ได้โดยพิจารณาค่าพารามิเตอร์ θ, \dots, θ_q ใดที่ทำให้คำตอบของสมการ $1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q = 0$ มี $|B| > 1$ ซึ่งสมการนี้มาจากรูปแบบของ $MA(q)$ นั่นคือ

$$y_t = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (3.35)$$

$$y_t = \theta_0 + (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q) \varepsilon_t \quad (3.36)$$

ดังนั้น $MA(q)$ อาจเขียนใหม่ได้เป็น

$$y_t = \theta_0 + \theta_q(B) \varepsilon_t \quad (3.37)$$

โดยที่ $\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q$ และ $B \varepsilon_t = \varepsilon_{t-1}, \dots, B^q \varepsilon_t = \varepsilon_{t-q}$
 ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ ρ_k มีค่าเป็น 0 หลัง lag q หรือมีลักษณะ cuts off นั้น

คือ $\rho_k \neq 0; k=1,2,3,\dots,q$ และ $\rho_k = 0; k > q$

ส่วนฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน ρ_{kk} มีค่ามากในช่วงแรก ๆ และลดลงอย่างช้า ๆ เกือบถึง 0 เมื่อ k มีค่ามากขึ้น หรือมีลักษณะ dies down แบบ damped exponential หรือ damped sine wave หรือทั้งสองแบบรวมกัน

โดยทั่วไปในทางปฏิบัติ ลำดับของกระบวนการ MA มักมีค่าไม่เกิน 2 นั่นคือ $q \leq 2$

3.3.3 กระบวนการรวมกันของการถดถอยในตัวเองและการเคลื่อนที่เฉลี่ย (Mixed Autoregressive-Moving average process) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $ARMA(p,q)$ หรือ $ARIMA(p,0,q)$ มี p เป็นอันดับของ AR และ q เป็นอันดับของ MA โดยรูปแบบนี้เป็นการรวมส่วนของรูปแบบ $AR(p)$ และรูปแบบ $MA(q)$ เข้าด้วยกันแสดงว่าค่าสังเกต y_t จะขึ้นอยู่กับค่าสังเกตที่เกิดขึ้นก่อน p ค่า และความคลาด

เคลื่อนที่อยู่ก่อนหน้า q ค่าสมการของ ARMA คือ (p,q) กับค่าของความคลาดเคลื่อน $\varepsilon_{t-1}, \dots, \varepsilon_{t-q}$ หรือความคลาดเคลื่อนที่อยู่ก่อนหน้า q ค่า สมการของ ARMA (p,q) คือ

$$y_t = \theta_0 + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (3.38)$$

เมื่อ y_t = ตัวแปรตาม

θ_0 = ค่าคงที่

ϕ_i = พารามิเตอร์ AR ตัวที่ $i, i=1,2,3,\dots,p$

ε_t = ค่าความคลาดเคลื่อน ที่เวลา t

θ_i = พารามิเตอร์ MA ตัวที่ $i, i=1,2,3,\dots,q$

โดยที่ $\theta_0 = \mu(1 - \phi_1 - \phi_2 - \dots - \phi_p)$ พารามิเตอร์ ϕ_i จะต้องมีความสมบัติ stationary และพารามิเตอร์ θ_i จะต้องมีคุณสมบัติ invertible

ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ ρ_k และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน ρ_{kk} มีค่ามากในช่วงแรก ๆ และลดลงอย่างช้า ๆ เกือบถึง 0 เมื่อ k มีค่ามากขึ้น หรือมีลักษณะ dies down แบบ damped exponential หรือ damped sine wave หรือทั้งสองแบบรวมกัน

การวิเคราะห์อนุกรมเวลาทั้ง 3 รูปแบบ สามารถสรุปลักษณะทางทฤษฎีของฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ลักษณะทางทฤษฎีของฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ บางส่วนของอนุกรมเวลาคงที่

รูปแบบ	ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์	ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ บางส่วน
AR(p) = ARIMA(p,0,0)	ลดลงอย่างช้า ๆ เข้าใกล้ศูนย์	ลดลงอย่างรวดเร็วเข้าใกล้ศูนย์หลัง เวลาสั้นหลัง p
MA(q) = ARIMA(0,0, q)	ลดลงอย่างรวดเร็วเข้าใกล้ศูนย์ หลังเวลาสั้นหลัง q	ลดลงอย่างช้า ๆ เข้าใกล้ศูนย์
ARMA(p, q) = ARIMA(p,0,q)	ลดลงอย่างช้า ๆ เข้าใกล้ศูนย์	ลดลงอย่างช้า ๆ เข้าใกล้ศูนย์

3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์

วิธี Box และ Jenkins แบ่งขั้นตอนในการวิเคราะห์อนุกรมเวลาไว้ 4 ขั้นตอน คือ การกำหนดรูปแบบ (Identification) การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Estimate parameters) การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบ (Diagnostic checking) และใช้รูปแบบสำหรับพยากรณ์ (Model for forecasting)

ถ้าในขั้นตอนการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบพบว่ารูปแบบไม่เหมาะสมก็จะไปกำหนดรูปแบบในขั้นตอนที่ 1 ใหม่ จนกว่าจะได้รูปแบบที่เหมาะสม แล้วจึงใช้รูปแบบนั้นพยากรณ์ข้อมูลในอนาคตต่อไป ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.4.1 ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดรูปแบบ (Identification)

การกำหนดรูปแบบ เป็นการหารูปแบบ $ARMA(p,q) \times SARMA(P,Q)_L$ ที่คาดว่าจะเหมาะสมให้กับอนุกรมเวลา ซึ่งอาจจะมีมากกว่า 1 รูปแบบก็ได้ โดยพิจารณาเปรียบเทียบค่า r_k และ r_{kk} ของแต่ละรูปแบบจากรูปที่เรียกว่าคอเรลโลแกรม (Correlogram) ที่ได้จากพล็อต r_k, r_{kk} โดยอนุกรมเวลาที่ใช้ในการพิจารณารูปแบบจะต้องเป็นอนุกรมเวลาที่คงที่ ดังนั้นจึงพิจารณาการกำหนดรูปแบบตามลักษณะของข้อมูล 3 ประเภท คือ อนุกรมเวลาคงที่ อนุกรมเวลาไม่คงที่หรืออนุกรมเวลาที่มีแนวโน้ม และอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาล ดังต่อไปนี้

3.4.1.1 อนุกรมเวลาคงที่ (Stationary time series)

อนุกรมเวลาคงที่ หมายถึง อนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่และค่าความแปรปรวนร่วมของข้อมูลในเวลานั้นกับเวลาถัดหลังจะขึ้นอยู่กับ lag k อย่างเดียวมีรูปแบบคือ $ARMA(p,q)$ หรือ $ARIMA(p,0,q)$ เนื่องจากเป็นอนุกรมเวลาคงที่แล้วจึงไม่ต้องการหาผลต่างลำดับต่าง ๆ ดังนั้น ค่า d จึงเท่ากับ 0

การกำหนดรูปแบบของอนุกรมเวลาคงที่แบ่งออกเป็น 3 กรณี ดังนี้
กรณีที่ 1 $AR(p)$ หรือ $ARIMA(p,0,0)$ แบ่งเป็น 2 รูปแบบย่อย คือ

1.1 รูปแบบการถดถอยในตัวเองลำดับที่ 1 (The Autoregressive model of order 1: $AR(1)$)

รูปแบบนี้ได้จากการแทนค่า $p=1, d=0$ และ $q=0$ ดังนั้น $AR(1)$ ก็คือ $ARIMA(1,0,0)$ ที่มีสมการคือ

$$Y_t = \theta_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.39)$$

โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นของพารามิเตอร์ ที่ทำให้รูปแบบมีคุณสมบัติเป็น stationary คือ $|\phi| < 1$

1.2 รูปแบบการถดถอยในตัวเองลำดับที่ 2 (The Autoregressive model of order 2: $AR(2)$)

รูปแบบนี้ได้จากการแทนค่า $p=2, d=0$ และ $q=0$ ดังนั้น $AR(2)$ ก็คือ $ARIMA(2,0,0)$ มีสมการคือ

$$Y_t = \theta_0 + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \varepsilon_t \quad (3.40)$$

โดยมีเงื่อนไขเบื้องต้นของพารามิเตอร์ที่ทำให้รูปแบบมีคุณสมบัติเป็น stationary

$$\text{คือ } \phi_2 + \phi_1 < 1, \phi_2 - \phi_1 < 1 \text{ และ } |\phi_2| < 1$$

กรณีที่ 2 MA(q) หรือ ARIMA(0,0,q) แบ่งเป็น 2 รูปแบบย่อย คือ

2.1 รูปแบบการเฉลี่ยเคลื่อนที่ลำดับที่ 1 (The moving average model of order 1:MA(1))

รูปแบบนี้ได้จากการแทนค่า $p=0, d=0$ และ $q=1$ ดังนั้น MA(1) ก็คือ ARIMA(0,0,1) ที่มีสมการคือ

$$Y_t = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} \quad (3.41)$$

โดยมีเงื่อนไขเบื้องต้นของพารามิเตอร์ที่ทำให้รูปแบบมีคุณสมบัติเป็น invertible คือ $|\theta_1| < 1$

2.2 รูปแบบการเฉลี่ยเคลื่อนที่ลำดับที่ 2 (The moving average model of order 2:MA(2))

รูปแบบนี้ได้จากการแทนค่า $p=0, d=0$ และ $q=2$ ดังนั้น MA(2) ก็คือ ARIMA(0,0,2) มีสมการคือ

$$Y_t = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} \quad (3.42)$$

โดยมีเงื่อนไขเบื้องต้นของพารามิเตอร์ที่ทำให้รูปแบบมีคุณสมบัติเป็น invertible คือ

$$\theta_2 + \theta_1 < 1, \theta_2 - \theta_1 < 1 \text{ และ } |\theta_2| < 1$$

ส่วนฟังก์ชันอัตตะสสัมพันธ์บางส่วน ρ_{kk} มีค่ามากในช่วงแรก ๆ และลดลงอย่างช้า ๆ เกือบถึง 0 เมื่อ k มีค่ามากขึ้น หรือมีลักษณะ dies down แบบ damped exponential หรือ damped sine wave หรือทั้งสองแบบรวมกัน

กรณีที่ 3 ARMA(p,q) หรือ ARIMA(p,0,q) แบ่งเป็น 2 รูปแบบย่อย คือ

3.1 รูปแบบ white noise

รูปแบบนี้ได้จากการแทนค่า $p=0, d=0$ และ $q=0$ ดังนั้น ARMA(0,0) ก็คือ ARIMA(0,0,0) ที่มีสมการคือ

$$Y_t = \theta_0 + \varepsilon_t \quad (3.43)$$

ฟังก์ชันอัตตะสสัมพันธ์ ρ_k และฟังก์ชันอัตตะสสัมพันธ์บางส่วน ρ_{kk} มีค่าเป็น 0 ทุกตัว

3.2 รูปแบบการรวมกันของการถดถอยและการเฉลี่ยเคลื่อนที่ลำดับที่ (1,1) (Mixed autoregressive – moving average model of order(1,1): ARMA(1,1)

รูปแบบนี้ได้จากการแทนค่า $p=1, d=0$ และ $q=1$ ดังนั้น ARMA(1,1) ก็คือ ARIMA(1,0,1) มีสมการคือ

$$y_t = \theta_0 + \phi_1 y_{t-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} \quad (3.44)$$

โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นของพารามิเตอร์ ที่ทำให้รูปแบบมีคุณสมบัติเป็น stationary คือ $|\phi| < 1$ และมีคุณสมบัติเป็น invertible คือ $|\theta| < 1$

ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ ρ_k และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน ρ_{kk} มีค่ามากในช่วงแรก ๆ และลดลงอย่างช้า ๆ เกือบถึง 0 เมื่อ k มีค่ามากขึ้น หรือมีลักษณะ dies down แบบ damped exponential

3.4.1.2 อนุกรมเวลาไม่คงที่ (Nonstationary time series) หรืออนุกรมเวลาที่มีแนวโน้ม

อนุกรมเวลาไม่คงที่หรืออนุกรมที่มีแนวโน้ม หมายถึง อนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ยไม่คงที่ เป็นอนุกรมเวลาที่มีรูปแบบ ARIMA(p,d,q) เมื่อ d มีค่าเป็น $1, 2, \dots$ ข้อมูลอนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ยไม่คงที่เนื่องจากแนวโน้มจึงต้องทำให้เป็นอนุกรมเวลาคงที่ โดยการหาผลต่างลำดับต่าง ๆ ของข้อมูล (regular difference = d) ถ้าผลต่างลำดับที่ 1 ของข้อมูลยังไม่ทำให้อนุกรมเวลาเป็นอนุกรมเวลาคงที่ ก็จะหาผลต่างลำดับอื่น ๆ ต่อไปจนกว่าจะเป็นอนุกรมเวลาคงที่ ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วผลต่างมักมีลำดับไม่เกิน 2 ก็ทำได้ อนุกรมเวลาคงที่ ถ้าอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงจะใช้ $d=1$ แต่ถ้ามีแนวโน้มเป็นเส้นโค้งแบบ quadratic จะใช้ $d=2$ และการหาผลต่างไม่ควรทำหลายครั้งมากเกินไปจนเกิดความจำเป็น เพราะจะมีผลทำให้ค่าพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนสูง การหาผลต่างสามารถทำได้ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างการหาผลต่างของอนุกรมเวลา

ช่วงเวลา	ค่าสังเกต	ผลต่างครั้งที่ 1($d=1$)	ผลต่างครั้งที่ 2($d=2$)
1	1		
2	4	4-1=3	
3	9	9-4=5	5-3=2
4	16	16-9=7	7-5=2
5	25	25-16=9	9-7=2

การหาผลต่างจะเป็นการปรับอนุกรมเวลาเดิม (y_t) ให้เป็นอนุกรมเวลาใหม่ (z_t) ที่เป็นอนุกรมเวลาคงที่โดย $z_t = \nabla^d y_t$ เมื่อ d เป็นลำดับของการหาผลต่าง เช่น

$$d=1, \quad z_t = \nabla y_t = (1-B)y_t = y_t - y_{t-1}$$

$$d=2 \quad z_t = \nabla^2 y_t = (1-B)^2 y_t = (1-2B+B^2)y_t = y_t - 2y_{t-1} + y_{t-2}$$

เมื่ออนุกรมเวลาใหม่ (z_t) เป็นอนุกรมเวลาคงที่แล้วจึงกำหนดรูปแบบ ARMA(p,q) ถ้าอนุกรมเวลาใหม่ (z_t) มีรูปแบบเป็น ARMA(p,q) จะสรุปได้ว่าอนุกรมเวลาเดิม (y_t) มีรูปแบบเป็น ARIMA(p,d,q) มี p เป็นอันดับของ AR, q เป็นอันดับของ MA และ d เป็นจำนวนครั้งที่หาผลต่างเพื่อให้อนุกรมเวลาใหม่ (z_t) คงที่ เช่น เมื่อ $d=1$ รูปแบบ ARIMA($p,1,q$) จะได้

$$\phi_2(B)(1-B)y_t = \theta_0 + \theta_q(B)\varepsilon_t \quad (3.45)$$

$$\text{หรือ } (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)(1-B)y_t = \theta_0 + (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)\varepsilon_t \quad (3.46)$$

สามารถเขียนสมการในรูปของอนุกรมเวลาเดิมได้ คือ

$$y_t - \phi_1 y_{t-1} - \phi_2 y_{t-2} - \dots - \phi_p y_{t-p} - y_{t-1} + \phi_1 y_{t-2} + \phi_2 y_{t-3} + \dots + \phi_p y_{t-p-1} = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

นั่นคือ

$$y_t = \theta_0 + (1 + \phi_1)y_{t-1} + (\phi_2 - \phi_1)y_{t-2} - \phi_2 y_{t-3} + \dots + (\phi_p - \phi_{p-1})y_{t-p} - \phi_p y_{t-p-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (3.47)$$

หรือรูปแบบ ARIMA($p,1,q$) เขียนสมการในรูปของอนุกรมเวลาใหม่ (z_t) ได้ คือ

$$Z_t = \theta_0 + \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + \dots + \phi_p z_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (3.48)$$

และเมื่อ $d=1$ จะได้ $z_t = y_t - y_{t-1}$ นั่นคือ

$$y_t - y_{t-1} = \theta_0 + \phi_1 (y_{t-1} - y_{t-2}) + \phi_2 (y_{t-2} - y_{t-3}) + \dots + \phi_p (y_{t-p} - y_{t-p-1}) + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (3.49)$$

หรือ

$$y_t = \theta_0 + (1 + \phi_1)y_{t-1} + (\phi_2 - \phi_1)y_{t-2} - \phi_2 y_{t-3} + \dots + (\phi_p - \phi_{p-1})y_{t-p} - \phi_p y_{t-p-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (3.50)$$

ในที่นี้ผู้วิจัยเสนอรูปแบบที่พบบ่อยในทางปฏิบัติ คือ รูปแบบที่เป็นผลต่างลำดับที่ 1 หรือ $d=1$ จะพิจารณารูปแบบได้ 3 กรณี คือ กรณีแรก ARI($p,1$) กรณีที่สอง IMA($1,q$) และกรณีที่สาม ARIMA($p,1,q$) ซึ่งในแต่ละกรณีสามารถแบ่งเป็นรูปแบบย่อย ๆ ได้ดังนี้

กรณีที่ 1 $ARI(p, 1)$ หรือ $ARIMA(p, 1, 0)$ แบ่งเป็น 2 รูปแบบย่อย คือ

1.1 รูปแบบการถดถอยในตัวเองลำดับที่ 1 ที่ไม่คงที่ (The autoregressive integrated model of order $(1, 1)$: $ARI(1, 1)$)

รูปแบบนี้ได้จากการแทนค่า $p=1$, $d=1$ และ $q=0$ ดังนั้น $ARI(1, 1)$ ก็คือ $ARIMA(1, 1, 0)$ มีสมการคือ

$$y_t = \theta_0 + (1 + \phi_1)y_{t-1} - \phi_1 y_{t-2} + \varepsilon_t \quad (3.51)$$

โดยมีพารามิเตอร์ที่ทำให้รูปแบบมีคุณสมบัติเป็น stationary คือ $|\phi_1| < 1$ ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ ρ_k มีค่ามากในช่วงแรก และลดลงอย่างช้าๆ เกือบถึง 0 เมื่อ k มีค่ามากขึ้นหรือมีลักษณะ dies down ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน $\rho_{k\mu}$ มีลักษณะ cut off คือมีค่าเป็น 0 หลังเวลาล่าหลังที่ 1 หรือ lag 1

1.2 รูปแบบการถดถอยในตัวเองลำดับที่ 2 ที่ไม่คงที่ (The autoregressive integrated model of order $(2, 1)$: $ARI(2, 1)$)

รูปแบบนี้ได้จากการแทนค่า $p=2, d=1$ และ $q=0$ ดังนั้น $ARI(2, 1)$ ก็คือ $ARIMA(2, 1, 0)$ มีสมการคือ

$$y_t = \theta_0 + (1 + \phi_1)y_{t-1} + (\phi_2 - \phi_1)y_{t-2} - \phi_2 y_{t-3} + \varepsilon_t \quad (3.52)$$

โดยมีพารามิเตอร์ที่ทำให้รูปแบบมีคุณสมบัติเป็น stationary คือ $\phi_2 + \phi_1 < 1, \phi_2 - \phi_1 < 1$ และ $|\phi_2| < 1$

ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ ρ_k มีค่ามากในช่วงแรก และลดลงอย่างช้าๆ เกือบถึง 0 เมื่อ k มีค่าเพิ่มขึ้นอัตตะหรือมีลักษณะ dies down

ส่วนฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน $\rho_{k\mu}$ มีลักษณะ cut off คือมีค่าเป็น 0 หลังเวลาล่าหลังที่ 2 หรือ lag 2

กรณีที่ 2 $IMA(1, q)$ หรือ $ARIMA(0, 1, q)$ แบ่งเป็น 2 รูปแบบย่อย คือ

2.1 รูปแบบเฉลี่ยเคลื่อนที่ลำดับที่ 1 ที่ไม่คงที่ (The integrated moving average model of order $(1, 1)$: $IMA(1, 1)$)

รูปแบบนี้ได้จากการแทนค่า $p=1, d=1$ และ $q=1$ ดังนั้น $IMA(1, 1)$ ก็คือ $ARIMA(0, 1, 1)$ มีสมการคือ

$$y_t = \theta_0 + y_{t-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} \quad (3.53)$$

โดยมีพารามิเตอร์ที่ทำให้รูปแบบมีคุณสมบัติเป็น invertible คือ $|\theta_1| < 1$ ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ ρ_k มีลักษณะ cut off คือมีค่าเป็น 0 หลังเวลาล่าหลังที่ 1 หรือ lag 1

ส่วนฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน ρ_{kk} มีค่ามากในช่วงแรก ๆ และลดลงอย่างช้า ๆ เกือบถึง 0 เมื่อ k มีค่ามากขึ้น หรือมีลักษณะ dies down

2.2 รูปแบบเฉลี่ยเคลื่อนที่ลำดับที่ 2 ที่ไม่คงที่ (The integrated moving average model of order (1,2):IMA(1,2))

รูปแบบนี้ได้จากการแทนค่า $p=0, d=1$ และ $q=2$ ดังนั้น IMA(1,2) ก็คือ ARIMA(0,1,2) มีสมการคือ

$$y_t = \theta_0 + y_{t-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} \quad (3.54)$$

โดยมีพารามิเตอร์ที่ทำให้รูปแบบมีคุณสมบัติเป็น invertible คือ $\phi_2 + \phi_1 < 1, \phi_2 - \phi_1 < 1$ และ $|\theta_2| < 1$ ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ ρ_k มีลักษณะ cut off คือมีค่าเป็น 0 หลังเวลาล่าหลังที่ 2 หรือ lag ส่วนฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน ρ_{kk} มีค่ามากในช่วงแรก ๆ เกือบถึง 0 เมื่อ k มีค่ามากขึ้น หรือมีลักษณะ dies down

กรณีที่ 3 ARIMA(p,1,q) แบ่งเป็น 2 รูปแบบย่อย ดังนี้

3.1 รูปแบบการรวมกันของการถดถอยในตัวเองลำดับที่ 1 กับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ลำดับที่ 1 (The autoregressive integrated moving average model of order (1,1,1)) หรือ ARIMA(1,1,1)

รูปแบบนี้ได้จากการแทนค่า $p=1, d=1$ และ $q=1$ มีสมการคือ

$$y_t = \theta_0 + y_{t-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} \quad (3.55)$$

โดยมีพารามิเตอร์ที่ทำให้รูปแบบมีคุณสมบัติเป็น invertible คือ $|\theta_1| < 1$ ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ ρ_k มีลักษณะ cut off คือมีค่าเป็น 0 หลังเวลาล่าหลังที่ 1 หรือ lag 1

ส่วนฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน ρ_{kk} มีค่ามากในช่วงแรก ๆ และลดลงอย่างช้า ๆ เกือบถึง 0 เมื่อ k มีค่ามากขึ้น หรือมีลักษณะ dies down

$$y_t = \theta_0 + (1 + \phi_1)y_{t-1} - \phi_1 y_{t-2} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} \quad (3.56)$$

โดยมีข้อกำหนดเบื้องต้นของพารามิเตอร์ ที่ทำให้รูปแบบมีคุณสมบัติเป็น stationary และ invertible คือ $|\phi_1| < 1$ และ $|\theta_1| < 1$ ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ ρ_k และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน ρ_{kk} มีลักษณะ dies down

3.2 รูปแบบที่เดินอย่างสุ่ม (The random walk model) หรือ ARIMA(0,1,0)

รูปแบบนี้ได้จากการแทนค่า $p=0, d=1$ และ $q=0$ มีสมการคือ

$$y_t = \theta_0 + y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.57)$$

ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ ρ_k และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน ρ_{kk} เป็น 0 รูปแบบอนุกรมเวลาไม่คงที่สามารถนำลักษณะทางทฤษฎีของแบบฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน สรุปได้ดังตาราง 3.5

ตารางที่ 3.5 ลักษณะทางทฤษฎีของแบบฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วนของรูปแบบการวิเคราะห์อนุกรมเวลาไม่คงที่ สำหรับรูปแบบ ARIMA(p,d,q)

รูปแบบของอนุกรมเวลา(y _t)	ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ $\rho_k(z)$	ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน $\rho_{kk}(z)$
Random walk	ทุก ρ_k เป็น 0	ทุก ρ_{kk} เป็น 0
ARI(1,1)	ค่าลดลงเร็วใกล้ 0	ρ_{kk} เป็น 0 สำหรับ $k=2,3..$
ARI(2,1)	ค่าลดลงเร็วใกล้ 0	ρ_{kk} เป็น 0 สำหรับ $k=3,4..$
IMA(1,1)	ρ_k เป็น 0 สำหรับ $k=2,3..$	ค่าลดลงเร็วใกล้ 0
IMA(1,2)	ρ_k เป็น 0 สำหรับ $k=3,4..$	ค่าลดลงเร็วใกล้ 0
ARIMA(1,1,1)	ค่าลดลงเร็วใกล้ 0	ค่าลดลงเร็วใกล้ 0

3.4.1.3 อนุกรมเวลาที่มีฤดูกาล (Seasonal time series)

อนุกรมเวลาที่มีฤดูกาล หมายถึง ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามช่วงเวลา และแบบแผนไม่ต่างกัน มีลักษณะรูปแบบ SARIMA(P,D,Q)_L (Seasonal integrated Autoregressive and Moving Average model of order(P,D,Q)_L) โดยมี P เป็นอันดับของ SAR (Seasonal Autoregressive) ,Q เป็นอันดับของ SMA (Seasonal Moving Average) และ D เป็นจำนวนครั้งที่หาผลต่างฤดูเพื่อทำให้อนุกรมเวลาใหม่ (z_t) เป็นอนุกรมเวลาคงที่ การแปลงอนุกรมเวลาเดิม (y_t) ให้เป็นอนุกรมเวลาใหม่ (z_t) โดยใช้ผลต่างฤดู (Seasonal difference=D) ดังนี้

$$z_t = \nabla_{12}^D y_t$$

เมื่อ $D =$ ลำดับการหาผลต่าง

$L =$ จำนวนฤดูกาลต่อปี สำหรับอนุกรมเวลารายเดือน $L=12$ และอนุกรมเวลารายไตรมาส $L=4$ เช่นอนุกรมเวลารายเดือน

$$D=1, z_t = \nabla_{12} y_t = (1 - B^{12}) y_t = y_t - y_{t-12}$$

การหาผลต่างของฤดูกาลจะเป็นการปรับอนุกรมเวลาเดิม (y_t) ให้เป็นอนุกรมเวลาใหม่ (z_t) จะหาผลต่างฤดูกาลจนกว่าอนุกรมเวลาใหม่เป็นอนุกรมเวลาคงที่ แล้วจึงกำหนดรูปแบบ ARMA(p,q) x SARMA(P,Q)_L ให้กับอนุกรมเวลาใหม่ (z_t) ถ้าอนุกรมเวลาใหม่ (z_t) มีรูปแบบเป็น ARMA(p,q) x SARMA(P,Q)_L จะสรุปได้ว่าอนุกรมเวลาเดิม (y_t) มีรูปแบบ ARMA(p,q) x SARMA(P,D,Q)_L มีรูปแบบของอนุกรมเวลาฤดูกาลที่คงที่และพบบ่อยในทางปฏิบัติ คือ อนุกรมเวลารายเดือน ($L=12$) ซึ่งจะพิจารณารูปแบบได้ 3 กรณี คือ กรณีแรก SAR(P)₁₂ กรณีที่สอง SAM(Q)₁₂ และกรณีที่สาม SARMA(P,Q)₁₂ ซึ่งในแต่ละกรณีสามารถแบ่งเป็นรูปแบบย่อย ๆ ได้ดังนี้

กรณีที่ 1 SAR(P)₁₂ หรือ SARMA($P,0$)₁₂ แบ่งเป็น 2 รูปแบบย่อย คือ

1.1 รูปแบบการถดถอยในตัวเองลำดับที่ 1 ที่มีฤดูกาล (The Seasonal Autoregressive model of order 1 and period 12: SAR(P)₁₂) รูปแบบนี้ได้จากการแทนค่า $P=1, D=0$ และ $Q=0$ ดังนั้น SAR(P)₁₂ คือ SARMA($1,0$)₁₂ มีสมการดังนี้

$$y_t = \theta_0 + \phi_{12} Y_{t-12} + \varepsilon_t \quad (3.58)$$

ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ ρ_k มีลักษณะ dies down ที่ lag 12, 24, ... ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน ρ_{kk} มีลักษณะ cut off คือมีค่าเป็น 0 ที่เวลาล่าหลังที่ 24, 36, ... หรือ lag 24, 36, ...

1.2 รูปแบบการถดถอยในตัวเองลำดับที่ 2 ที่มีฤดูกาล (The Seasonal Autoregressive model of order 2 and period 12: SAR(2)₁₂) รูปแบบนี้ได้จากการแทนค่า $P=2, D=0$ และ $Q=0$ ดังนั้น SAR(2)₁₂ คือ SARMA(2,0)₁₂ มีสมการดังนี้

$$y_t = \theta_0 + \phi_{12} Y_{t-12} + \phi_{24} Y_{t-24} + \varepsilon_t \quad (3.59)$$

ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ ρ_k มีลักษณะ dies down ที่ lag 12, 24, ... ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน ρ_{kk} มีลักษณะ cut off คือมีค่าเป็น 0 ที่เวลาล่าหลังที่ 36, 48, ... หรือ lag 36, 48, ...

กรณีที่ 2 SMA(Q)₁₂ หรือ SARMA(0, Q)₁₂ แบ่งเป็น 2 รูปแบบย่อย คือ

2.1 รูปแบบการเฉลี่ยเคลื่อนที่ลำดับที่ 1 ที่มีฤดูกาล (The Seasonal Moving Average model of order 1 and period 12: SMA(1)₁₂) รูปแบบนี้ได้จากการแทนค่า $P=0, D=0$ และ $Q=1$ ดังนั้น SMA(1)₁₂ คือ SARMA(0,1)₁₂ มีสมการคือ

$$y_t = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_{12} \varepsilon_{t-12} \quad (3.60)$$

ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ ρ_k มีลักษณะ cut off คือมีค่าเป็น 0 ที่เวลาล่าหลังที่ 24, 36, ... หรือ lag 24, 36, ... ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน ρ_{kk} มีลักษณะ dies down ที่ lag 12, 24, ...

2.2 รูปแบบการเฉลี่ยเคลื่อนที่ลำดับที่ 2 ที่มีฤดูกาล (The seasonal moving average model of order 2 and period 12: $SMA(2)_{12}$) รูปแบบนี้ได้จากการแทนค่า $P=0$, $D=0$ และ $Q=2$ ดังนั้น $SMA(2)_{12}$ คือ $SARMA(0,2)_{12}$ มีสมการคือ

$$y_t = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_{12}\varepsilon_{t-12} - \theta_{24}\varepsilon_{t-24} \quad (3.61)$$

ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ ρ_k มีลักษณะ cut off คือมีค่าเป็น 0 ที่เวลาล่าหลังที่ 36, 48, ... หรือ lag 36, 48, ... ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน ρ_{kk} มีลักษณะ dies down ที่เวลาล่าหลัง 12, 24, ...

กรณีที่ 3 $SARMA(P,Q)_{12}$ มีรูปแบบ คือ

2.3 รูปแบบการรวมกันของการถดถอยในตัวเองลำดับที่ 1 กับการเฉลี่ยเคลื่อนที่ลำดับที่ 1 (The seasonal mixed autoregressive – moving average model of order (1,1) and period 12) หรือ $SARMA(1,1)_{12}$

รูปแบบนี้ได้จากการแทนค่า $P=1$, $D=0$ และ $Q=1$ มีสมการดังนี้

$$y_t = \theta_0 + \phi_{12}y_{t-12} + \varepsilon_t - \theta_{12}\varepsilon_{t-12} \quad (3.62)$$

ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ ρ_k และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน ρ_{kk} มีลักษณะ dies down ที่ lag 12, 24, ... รูปแบบของอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาลที่คงที่สามารถนำลักษณะทางทฤษฎีของฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วนมาสรุปได้ ดังตาราง 3.6

ตาราง 3.6 ลักษณะทางทฤษฎีของฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และฟังก์ชันสหสัมพันธ์บางส่วนของรูปแบบการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่มีฤดูกาลที่คงที่ สำหรับรูปแบบ $SARMA(P,Q)_{12}$

รูปแบบ	ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ $\rho_k(z)$	ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน $\rho_{kk}(z)$
$SAR(1)_{12}$	$\rho_{12}, \rho_{24}, \dots$ มีค่าลดลงเร็วเข้าใกล้ 0	$\rho_{kk} = 0$ สำหรับ $k = 24, 36, \dots$
$SAR(2)_{12}$	$\rho_{12}, \rho_{24}, \dots$ มีค่าลดลงเร็วเข้าใกล้ 0	$\rho_{kk} = 0$ สำหรับ $k = 24, 48, \dots$
$SMA(1)_{12}$	$\rho_k = 0$ สำหรับ $k = 24, 36, \dots$	$\rho_{12,12}, \rho_{24,24}, \dots$ มีค่าลดลงเข้าใกล้ 0
$SMA(2)_{12}$	$\rho_k = 0$ สำหรับ $k = 36, 48, \dots$	$\rho_{12,12}, \rho_{24,24}, \dots$ มีค่าลดลงเข้าใกล้ 0
$SARMA(1,1)_{12}$	$\rho_{12}, \rho_{24}, \dots$ มีค่าลดลงเร็วเข้าใกล้ 0	$\rho_{12,12}, \rho_{24,24}, \dots$ มีค่าลดลงเข้าใกล้ 0

อนุกรมเวลาที่มีฤดูกาลและไม่คงที่ มีรูปแบบเป็น $SARIMA(P,D,Q)_L$ จะต้องหาผลต่างฤดูกาล(D) จนกว่าอนุกรมเวลานั้นคงที่ เช่น อนุกรมเวลารายเดือน เมื่อ $D=1$ ที่มีรูปแบบเป็น $SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ เขียนสมการในรูปของอนุกรมเวลาเดิม (y_t) ได้ คือ

$$(1 - \phi_{12}B^{12})(1 - B^{12})y_t = \theta_0 + (1 - \theta_{12}B^{12})\varepsilon_t \quad (3.63)$$

$$y_t - \phi_{12}y_{t-12} - y_{t-12} + \phi_{12}y_{t-24} = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_{12}\varepsilon_{t-12} \quad (3.64)$$

$$y_t = \theta_0 + (1 + \phi_{12})y_{t-12} - \phi_{12}y_{t-24} + \varepsilon_t - \theta_{12}\varepsilon_{t-12} \quad (3.65)$$

หรือสำหรับอนุกรมเวลาใหม่ (z_t) จะมีรูปแบบเป็น $SARMA(1, 1)_{12}$ ซึ่งสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$z_t = \theta_0 + \phi_{12}z_{t-12} - \theta_{12}\varepsilon_{t-12} + \varepsilon_t \quad (3.66)$$

ในกรณีที่อนุกรมเวลาไม่คงที่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ผู้วิจัยต้องแปลงให้อยู่ในรูปอนุกรมเวลาที่คงที่ โดยการหาทั้งผลต่างและผลต่างของฤดูกาล เช่น

เมื่อ $L=12, d=1, D=1$ จะได้อนุกรมเวลาใหม่ (z_t) คือ

$$z_t = (1-B)(1-B^{12})y_t = \nabla_{12} \nabla y_t = \nabla_{12}(y_t - y_{t-1}) = y_t - y_{t-1} - y_{t-12} + y_{t-13} \quad (3.67)$$

อนุกรมเวลาไม่คงที่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล มีรูปแบบ คือ

$$ARIMA(p, d, q) \times SARIMA(P, D, Q)_L$$

เช่น อนุกรมเวลารายเดือน เมื่อ $d=1$ และ $D=1$ ที่มีรูปแบบเป็น $ARIMA(1, 1, 1) \times SARIMA(1, 1, 1)_{12}$ สามารถเขียนสมการในรูปของอนุกรมเวลาเดิม (y_t) ได้ดังนี้

$$(1 - \phi_1 B)(1 - \phi_{12} B^{12})(1 - B)(1 - B^{12})y_t = \theta_0 + (1 - \theta_1 B)(1 - \theta_{12} B^{12})\varepsilon_t \quad (3.68)$$

$$y_t = \theta_0 + (1 + \phi_1)y_{t-1} - \phi_1 y_{t-2} + (1 + \phi_{12})y_{t-12} - (1 + \phi_1 + \phi_{12} + \phi_1 \phi_{12})y_{t-13} \quad (3.69)$$

$$+ (\phi_1 + \phi_1 \phi_{12})y_{t-14} - \phi_{12}y_{t-24} + (\phi_{12} + \phi_1 \phi_{12})y_{t-25} - \phi_1 \phi_{12}y_{t-26} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_{12} \varepsilon_{t-12} + \theta_1 \theta_{12} \varepsilon_{t-13}$$

หรือสมการอนุกรมเวลาใหม่ (z_t) จะมีรูปแบบเป็น $ARMA(1, 1) \times SARMA(1, 1)_{12}$ ซึ่งสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$z_t = \theta_0 + \phi_1 z_{t-1} + \phi_{12} z_{t-12} - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_{12} \varepsilon_{t-12} + \varepsilon_t \quad (3.70)$$

การเขียนรูปแบบต้องรวม (integrate) ทั้งรูปแบบอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มและฤดูกาลเข้าด้วยกัน ในการกำหนดรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อมาอธิบายอนุกรมเวลาชุดหนึ่ง ๆ ต้องคำนึงว่าจำนวนพารามิเตอร์ของรูปแบบนั้นควรจะมีน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยที่รูปแบบนั้นยังคงคุณสมบัติทางสถิติเหมือนกับคุณสมบัติทางสถิติของอนุกรมเวลาชุดนั้น ๆ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการนำรูปแบบ

อนุกรมเวลาไปใช้พยากรณ์ต่อไป และจะทำให้สามารถประมาณค่าเบื้องต้นของพารามิเตอร์เหล่านั้นได้เร็วขึ้น ดังนั้นเมื่อกำหนดรูปแบบที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลา โดยการพิจารณาจากฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และฟังก์ชันสหสัมพันธ์บางส่วนได้แล้ว จึงนำรูปแบบนั้นประมาณค่าพารามิเตอร์ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Estimation parameters)

เมื่อได้รูปแบบของอนุกรมเวลาที่คิดว่าเหมาะสมสำหรับข้อมูลแล้ว โดยพิจารณาจากค่าอัตตะสหสัมพันธ์และอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน ก็จะกำหนดค่าประมาณพารามิเตอร์เบื้องต้นซึ่งจะนำไปหาค่าประมาณพารามิเตอร์ค่าสุดท้าย ค่าประมาณพารามิเตอร์ค่าสุดท้ายที่ดีที่สุดที่เมื่อนำไปพยากรณ์แล้วจะมีผลทำให้ผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยที่สุด

จากการประมาณค่าพารามิเตอร์ในรูปแบบต่าง ๆ สามารถสรุปรูปแบบที่ใช้ในการพยากรณ์ดังตาราง 3.7 และ 3.8

ตารางที่ 3.7 รูปแบบ ARMA(p,q) และเงื่อนไขอินเวอร์ติเบิล

รูปแบบ ARMA(p,q)	รูปแบบ	เงื่อนไข
White noise	$y_t = \theta_0 + \varepsilon_t$	-
AR(1)	$y_t = \theta_0 + \phi y_{t-1} + \varepsilon_t$	$-1 < \phi_1 < 1$
AR(2)	$y_t = \theta_0 + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \varepsilon_t$	$\phi_2 + \phi_1 < 1, \phi_2 - \phi_1 < 1, \phi_2 < 1$
MA(1)	$y_t = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1}$	$-1 < \theta_1 < 1$
MA(2)	$y_t = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2}$	$\theta_1 + \theta_2 < 1, \theta_2 - \theta_1 < 1, \theta_2 < 1$
ARMA(1,1)	$y_t = \theta_0 + \phi y_{t-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1}$	$ \phi_1 < 1$ และ $ \theta_1 < 1$

ตารางที่ 3.8 รูปแบบ ARIMA(p, I, q) ของอนุกรมเวลา

รูปแบบ ARIMA(p, I, q)	อนุกรมเวลา y_t
ARIMA($0, 1, 0$)	$y_t = \theta_0 + y_{t-1} + \varepsilon_t$
ARIMA($1, 0, 1$)	$y_t = \theta_0 + (1 + \phi_1)y_{t-1} - \phi_1 y_{t-2} + \varepsilon_t$
ARIMA($2, 0, 1$)	$y_t = \theta_0 + (1 + \phi_1)y_{t-1} + (\phi_2 - \phi_1)y_{t-2} - \phi_2 y_{t-3} + \varepsilon_t$
IMA($1, 1$)	$y_t = \theta_0 + y_{t-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1}$
IMA($1, 2$)	$y_t = \theta_0 + y_{t-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2}$
ARIMA($1, 1, 1$)	$y_t = \theta_0 + (1 + \phi_1)y_{t-1} - \phi_1 y_{t-2} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1}$

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบ

เมื่อเลือกรูปแบบของอนุกรมเวลาและประมาณค่าพารามิเตอร์ได้แล้วจะต้องตรวจสอบทุกครั้งว่ารูปแบบที่กำหนดนั้นเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนั้น ๆ จริงหรือไม่ ซึ่งการตรวจสอบทำได้หลายวิธีในทางปฏิบัติมักทำหลายวิธีพร้อมๆ กัน ได้แก่ พิจารณาจากคอเรลโลแกรม การทดสอบค่าพารามิเตอร์ในรูปแบบ t และการทดสอบความเหมาะสมของรูปแบบโดยการทดสอบของ Box - Ljung หากตรวจสอบพบว่ารูปแบบที่กำหนดนั้นเหมาะสมก็จะใช้รูปแบบนั้นพยากรณ์ต่อไป แต่ถ้าหากพบว่าไม่เหมาะสมจะต้องไปกำหนดรูปแบบขั้นตอนที่ 1 ใหม่

การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบ เป็นการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนสุ่ม ซึ่งผู้วิจัยใช้วิธีการในการตรวจสอบ ดังนี้

1. พิจารณาจากคอเรลโลแกรมของความคลาดเคลื่อน ถ้า r_k ของอนุกรมเวลา (e_t) มีค่าใกล้ 0 แสดงว่ารูปแบบนั้นเหมาะสม โดยทำการทดสอบสมมติฐาน $H_0: \rho_k = 0$ กับ $H_0: \rho_k \neq 0$ สำหรับ $k=1, 2, \dots$ การปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อ $|r_k| \geq \frac{2}{\sqrt{n}}$

2. การทดสอบพารามิเตอร์ในรูปแบบด้วยการทดสอบแบบ t คือพิจารณาค่าพารามิเตอร์ในรูปแบบมีค่าเป็น 0 หรือไม่เช่นต้องการพิจารณาว่ารูปแบบ AR(2) เหมาะสมหรือไม่ก็จะกำหนดสมมติฐานดังนี้ $H_0: \phi_2 = 0$ กับ $H_1: \phi_2 \neq 0$ ใช้ตัวทดสอบสถิติ $Z = \frac{\hat{\phi}_2}{S_{\hat{\phi}_2}}$ จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $|Z| \geq z_{\alpha/2}$ ที่ระดับ

นัยสำคัญ α

3. การทดสอบความเหมาะสมของรูปแบบโดยการทดสอบของ Box-Ljung คือพิจารณาว่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ที่อยู่ห่างกันช่วงเวลานเป็นอิสระจากกันหรือไม่โดยทดสอบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ที่ช่วงเวลาที่ห่าง k สำหรับ $k=1, 2, \dots, m$ เป็นอิสระกันด้วยการทดสอบสหสัมพันธ์แบบบอโดของสหสัมพันธ์แบบบอโดของ

$$\text{Box-Ljung } Q_m = n(n+2) \sum_{t=1}^m \frac{r_t^2(e_t)}{n-k} \quad (3.71)$$

- เมื่อ
- n เป็นขนาดของอนุกรมเวลาที่เป็นสเตรชันนารี
 - m เป็นช่วงเวลาห่างสูงสุดที่พิจารณาสหสัมพันธ์แบบออโต
 - k เวลาล่าหลังตัวแรกที่ตรวจสอบ
 - $r_t^2(e_t)$ อัตตะสหสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อน ในเวลาล่าหลังที่ k

บทที่ 4

การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าโดยวิธีทางสถิติ

ในบทนี้จะเป็นการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ทั้ง 7 ประเภท และการตัวอย่างการนำไปใช้งาน โดยพิจารณาความต้องการพลังงานไฟฟ้าในเขตย่อยของการไฟฟ้านครหลวง การวิจัยการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 7 ประเภทเป็นการศึกษาข้อมูลเพื่อการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้า ซึ่งใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลาเพื่อหาวิธีที่เหมาะสมในการพยากรณ์ของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท โดยการวิเคราะห์อนุกรมเวลาประกอบด้วย วิธีการบอก-เงินกินส์ วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง ผู้วิจัยจะศึกษาผลของการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ MAPE(Mean Absolute Percentage Errors) เป็นค่าที่ใช้ในการพิจารณาวิธีในการพยากรณ์วิธีใดให้ค่า MAPE ต่ำสุด วิธีนั้นจะเป็นวิธีที่เหมาะสมกับข้อมูลผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท ซึ่งจะได้ตัวแบบที่เหมาะสมไปใช้ในการพยากรณ์ค่าความต้องการใช้ไฟฟ้าต่อไป

4.1 การเตรียมข้อมูล

ในการรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 7 ประเภท ซึ่งใช้ในการพยากรณ์ของข้อมูลออกเป็น 3 ลักษณะ

1. ข้อมูลรายปี โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ดังนี้
 - ชุดค่าเริ่มต้น Initialization set เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2543 ถึง กรกฎาคม 2548 จำนวน 58 ข้อมูล
 - ชุดค่าทดสอบ Test set เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือน สิงหาคม 2548 ถึง กรกฎาคม 2550 จำนวน 24 ข้อมูล
2. ข้อมูลรายไตรมาส โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ดังนี้
 - ชุดค่าเริ่มต้น Initialization set เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2543 ถึง มิถุนายน 2548 จำนวน 19 ข้อมูล
 - ชุดค่าทดสอบ Test set เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2548 ถึง มิถุนายน 2550 จำนวน 8 ข้อมูล
3. ข้อมูลซึ่งได้จากการพยากรณ์จากการทดสอบโปรแกรม SPSS ของข้อมูลทั้งรายเดือนและรายไตรมาส

3. ข้อมูลซึ่งได้จากการพยากรณ์จากการทดสอบ โปรแกรม SPSS ของข้อมูลทั้งรายเดือนและรายไตรมาส

- ค่าพยากรณ์รายเดือน จำนวน 24 ข้อมูล (2 ปี)
- ค่าพยากรณ์รายไตรมาส จำนวน 8 ข้อมูล (2 ปี)

4.2 ขั้นตอนในการพยากรณ์

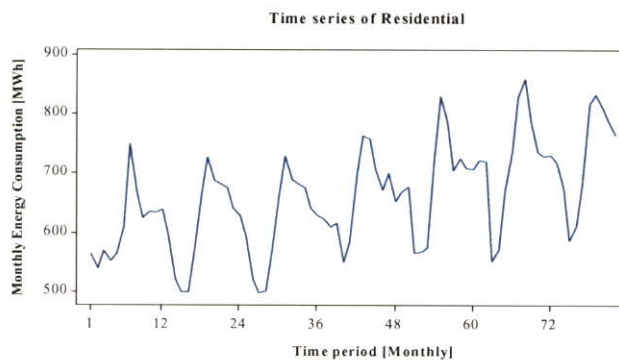
แบ่งการพยากรณ์ไฟฟ้าออกเป็น 2 วิธี

- 4.2.1 การพยากรณ์ไฟฟ้าด้วยวิธี Smoothing Method
- 4.2.2 การพยากรณ์ไฟฟ้าด้วยวิธี Box-Jenkins
- 4.2.3 หาค่าพารามิเตอร์ที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อน ในกลุ่มข้อมูลชุดเริ่มต้น (Initialization set) ของการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี
- 4.2.4 นำค่าพารามิเตอร์ในชุดเริ่มต้น(Initialization set) มาทดสอบกับชุดข้อมูลในชุดทดสอบ (Test set) ของการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี
- 4.2.5 ทำการพยากรณ์ค่าพลังงานไฟฟ้าทั้ง 2 วิธี

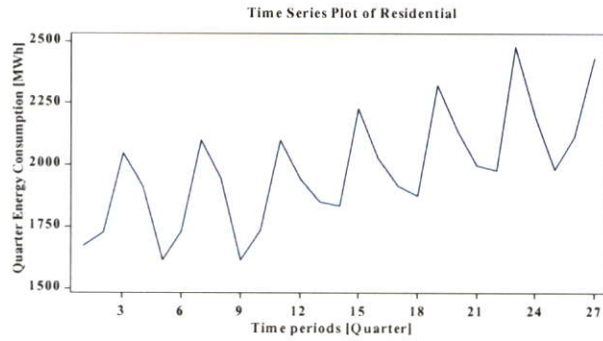
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ที่ในงานวิจัยในครั้งนี้ เป็นการพยากรณ์ตัวแบบของปริมาณความต้องการการใช้ไฟฟ้าของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 7 ประเภท ซึ่งเป็นการใช้ปริมาณไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงทั้ง 18 เขต โดยการเก็บรวบรวมของข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า กองเศรษฐกิจพลังไฟฟ้า ซึ่งแยกประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 7 ประเภทไว้ดังนี้

1. **บ้านอยู่อาศัย** ประเภทสำหรับการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งวัด สำนักสงฆ์ และสถานประกอบศาสนากิจของทุกศาสนา

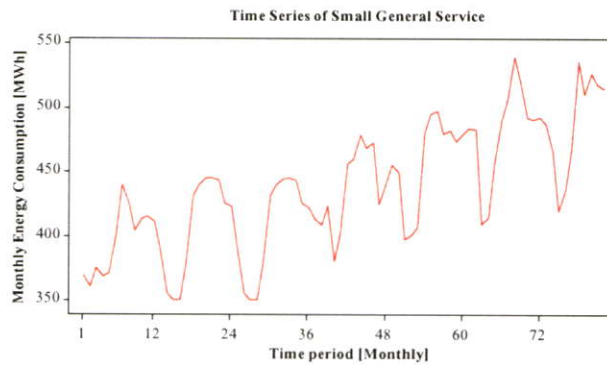


รูปที่ 4.1 ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายเดือนผู้ใช้ไฟประเภทที่ 1

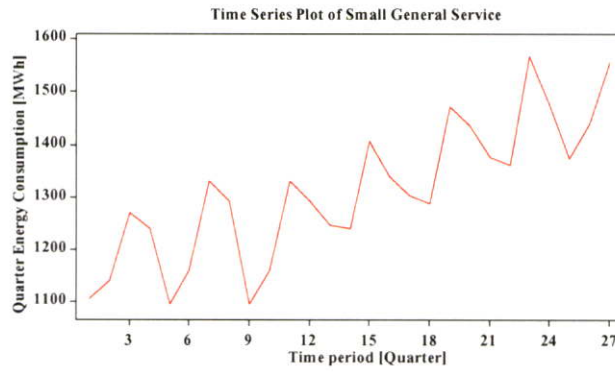


รูปที่ 4.2 ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายไตรมาสผู้ใช้ไฟประเภทที่ 1

2. กิจการขนาดเล็ก หมายถึง ประเภทสำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการที่มีลักษณะเป็นอุตสาหกรรม รัฐวิสาหกิจ หรืออื่นๆ ตลอดจนบริเวณอื่นที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าไม่ถึง 30 กิโลวัตต์

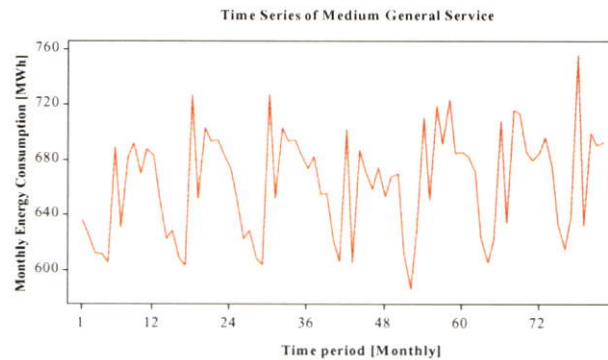


รูปที่ 4.3 ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายเดือนผู้ใช้ไฟประเภทที่ 2

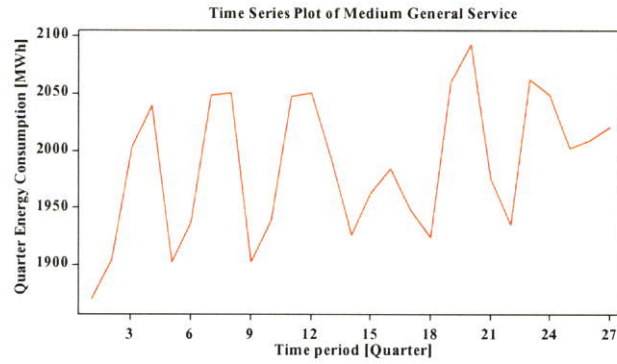


รูปที่ 4.4 ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายไตรมาสผู้ใช้ไฟประเภทที่ 2

3. กิจการขนาดกลาง หมายถึง ประเภทสำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจอุตสาหกรรม ส่วนราชการที่มีลักษณะเป็นอุตสาหกรรม รัฐวิสาหกิจ หรืออื่นๆ ตลอดจนบริเวณอื่นที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ แต่ไม่ถึง 2,000 กิโลวัตต์

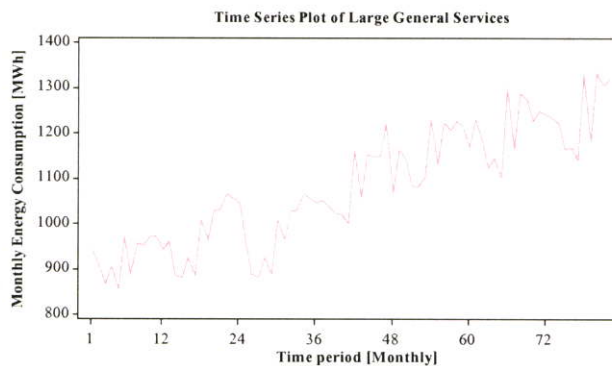


รูปที่ 4.5 ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายเดือนผู้ใช้ไฟประเภทที่ 3

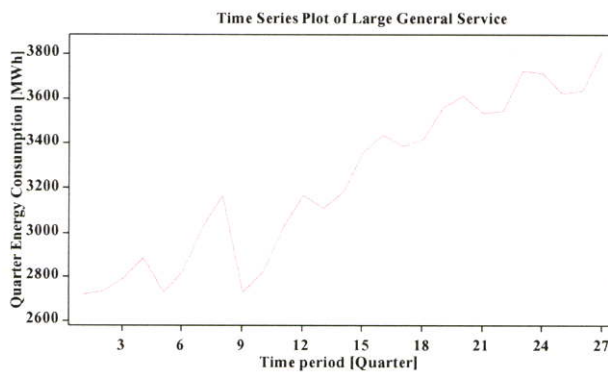


รูปที่ 4.6 ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายไตรมาสผู้ใช้ไฟประเภทที่ 3

4. กิจการขนาดใหญ่ หมายถึง ประเภทสำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจอุตสาหกรรม ส่วนราชการที่มีลักษณะเป็นอุตสาหกรรม รัฐวิสาหกิจ ตลอดจนบริเวณอื่นที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด ตั้งแต่ 2,000 กิโลวัตต์ ขึ้นไป

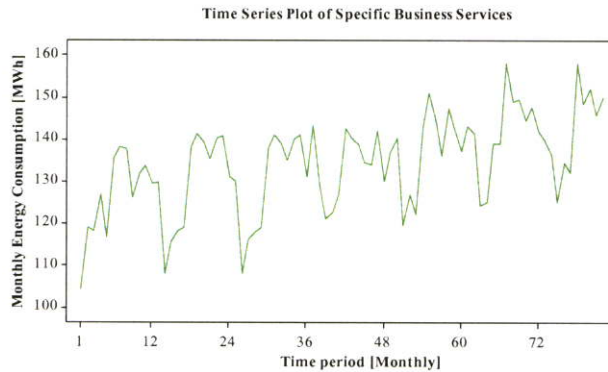


รูปที่ 4.7 ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายเดือนผู้ใช้ไฟประเภทที่ 4

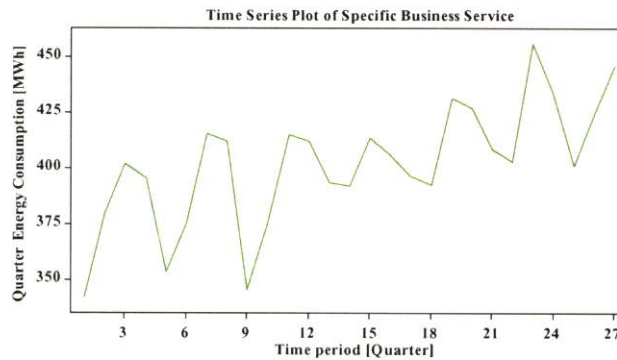


รูปที่ 4.8 ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายไตรมาสผู้ใช้ไฟประเภทที่ 4

5. กิจการเฉพาะอย่าง หมายถึง ประเภทสำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบกิจการโรงแรมและบริการที่พักอาศัยให้เช่า ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป

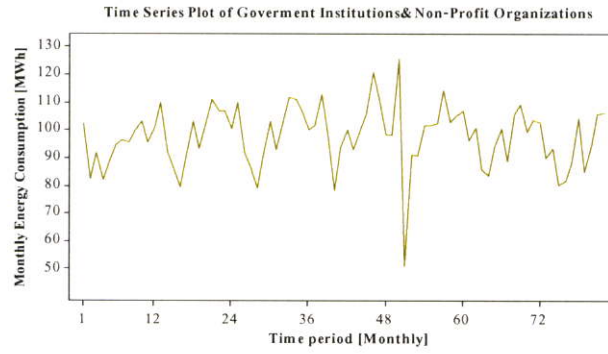


รูปที่ 4.9 ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายเดือนผู้ใช้ไฟประเภทที่ 5

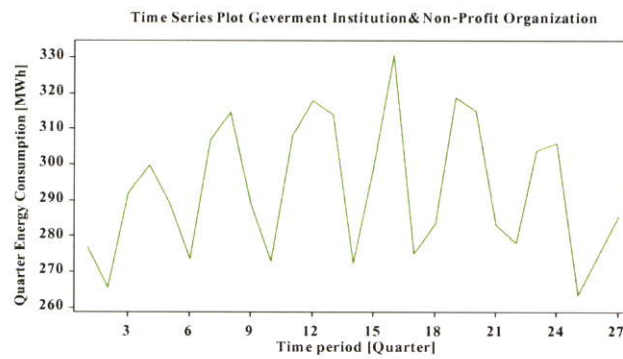


รูปที่ 4.10 ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายไตรมาสผู้ใช้ไฟประเภทที่ 5

6. ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร หมายถึง ประเภทสำหรับการใช้ไฟฟ้าของหน่วยราชการ สำนักงานหรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ หน่วยงานตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบบริหารราชการส่วนท้องถิ่น รวมถึงองค์กรที่ใช่ส่วนราชการแต่มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการ โดยไม่คิดค่าตอบแทน แต่ไม่รวมหน่วยงานของรัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำงานหน่วยงานราชการต่างประเทศ และสถานที่ทำการองค์การระหว่างประเทศ

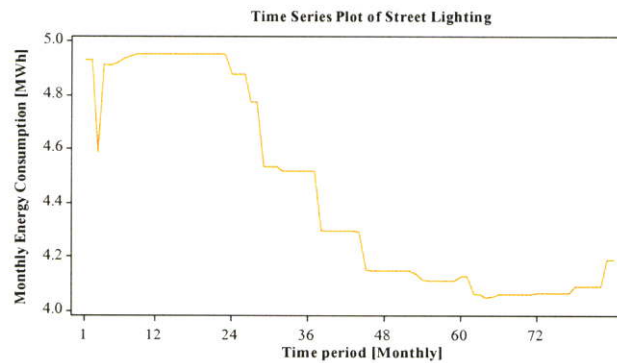


รูปที่ 4.11 ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายเดือนผู้ใช้ไฟประเภทที่ 6

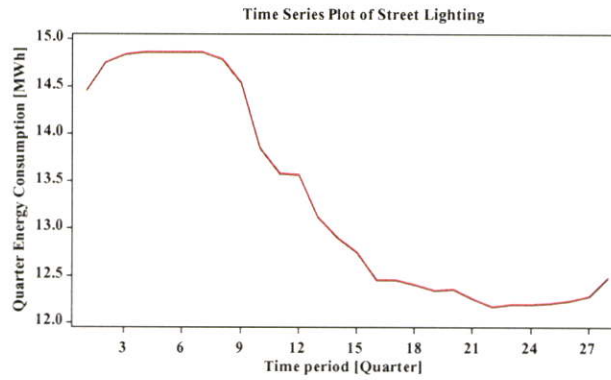


รูปที่ 4.12 ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายไตรมาสผู้ใช้ไฟประเภทที่ 6

7. ไฟสาธารณะ หมายถึงไฟฟ้าที่ใช้ในเขตพื้นที่ความรับผิดชอบของการไฟฟ้านครหลวง



รูปที่ 4.13 ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายเดือนผู้ใช้ไฟประเภทที่ 7



รูปที่ 4.14 ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายไตรมาสผู้ใช้ไฟประเภทที่ 7

ในการวิเคราะห์ข้อมูลของปริมาณการใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท โดยวิธีการวิเคราะห์หอนุกรมเวลา ด้วยวิธี Exponential smoothing Method และวิธี Box-Jenkins ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ด้วยตัวอนุกรมเวลา เป็นข้อมูลรายเดือน ข้อมูลในการวิเคราะห์หาตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมเชิงสถิติสำหรับใช้ในการพยากรณ์ ตัวแบบหรือวิธีการพยากรณ์วิธีใดให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด วิธีนั้นจะเป็นวิธีที่เหมาะสมกับข้อมูลแต่ละประเภท ซึ่งจะได้ตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับค่าพยากรณ์ในอนาคต

วิธีทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งประกอบด้วยวิธี Exponential smoothing Method และวิธี Box-Jenkins ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

4.4 วิธีการปรับให้เรียบแบบเลขชี้กำลัง

วิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลา โดยวิธีการปรับให้เรียบมีหลักการว่าจะให้ความสำคัญ หรือน้ำหนักกับข้อมูลแต่ละตัวไม่เท่ากัน โดยจะให้น้ำหนักของข้อมูลในปัจจุบันมากที่สุดและน้ำหนักจะลดลงเรื่อยๆ สำหรับข้อมูลในอดีตที่อยู่ห่างไกลออกไปตามลำดับในลักษณะของเอกโพเนนเชียล วิธีการปรับให้เรียบมีหลายวิธีแต่ที่ใช้ในงานพยากรณ์นี้แบ่งออกเป็น 3 วิธี

4.4.1 Simple Exponential Smoothing วิธีที่กำจัดของความแปรผันไม่แน่นอนไปจากข้อมูล แต่การกำหนดน้ำหนักของข้อมูลแต่ละเวลาต่างกัน คือข้อมูลล่าสุดจะได้รับการถ่วงน้ำหนักมากกว่าข้อมูลในอดีต และจะลดหลั่นกันไปสำหรับข้อมูลหรือค่าสังเกตที่อยู่ห่างออกไปน้ำหนักที่ให้ขึ้นอยู่กับค่าปรับน้ำหนัก (α) ซึ่งมีขั้นตอนในการพยากรณ์ดังนี้

- กำหนดค่าเริ่มต้นของการพยากรณ์
- กำหนดค่าปรับน้ำหนัก (α) โดยที่ $0 < \alpha < 1$
- กำหนดค่าพยากรณ์ดังสมการ (4.1)

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) \hat{Y}_t \quad (4.1)$$

ซึ่งในทางปฏิบัติผู้วิจัยไม่จำเป็นต้องกำหนดน้ำหนักหรือค่าคงที่สำหรับปรับให้เรียบ เนื่องจากโปรแกรมสำเร็จรูปจะกำหนดน้ำหนักที่เหมาะสมให้ โดยค่าน้ำหนักที่เหมาะสม คือ ค่าที่ทำให้ความคลาดเคลื่อน (SEE) ต่ำที่สุด

4.4.2 Holt's linear Method เป็นวิธีที่ใช้กับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้ม ซึ่งมีปัจจัยแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างสม่ำเสมอตลอดเวลา และไม่มีอิทธิพลฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยมีขั้นตอนดังนี้

- กำหนดค่าเริ่มต้นของการพยากรณ์
- กำหนดค่าปรับน้ำหนัก 2 ค่า (α และ β) โดยที่ $0 < \alpha < 1$, $0 < \beta < 1$ และทำให้ SSE มีค่าต่ำสุด
- คำนวณค่าประมาณค่าพารามิเตอร์
- คำนวณค่าพยากรณ์จากสมการ (4.2)

$$F_{t+m} = L_t + b_t m \quad (4.2)$$

ซึ่งในทางปฏิบัติผู้วิจัยไม่จำเป็นต้องกำหนดน้ำหนักและค่าพารามิเตอร์สำหรับปรับให้เรียบ เนื่องจากโปรแกรมสำเร็จรูปจะกำหนดน้ำหนักที่เหมาะสมให้ โดยค่าน้ำหนักที่เหมาะสม คือ ค่าที่ทำให้ความคลาดเคลื่อน (SEE) ต่ำที่สุด

4.4.3 Holt-Winters Method เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดู ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- กำหนดค่าเริ่มต้นสำหรับการพยากรณ์ คือค่าเริ่มต้นการพยากรณ์ 1 ค่า ค่าเริ่มต้นของแนวโน้ม 1 ค่า และค่าเริ่มต้นของฤดู s ค่า เมื่อ s คือ คาบเวลาของฤดูกาลในแต่ละปี เช่น ข้อมูลรายเดือนค่า s เท่ากับ 12 ข้อมูลรายไตรมาส ค่า s เท่ากับ 4 เป็นต้น
- กำหนดค่าน้ำหนัก 3 ค่า (α β และ γ) โดยที่ $0 < \alpha < 1$, $0 < \beta < 1$, $0 < \gamma < 1$ และทำให้ SSE มีค่าต่ำสุด
- คำนวณค่าประมาณค่าพารามิเตอร์
- คำนวณค่าพยากรณ์จากสมการ (4.3)

$$F_{t+m} = (L_t + b_t m) S_{t-s+m} \quad (4.3)$$

ซึ่งในทางปฏิบัติผู้วิจัยไม่จำเป็นต้องกำหนดน้ำหนักและค่าพารามิเตอร์สำหรับปรับให้เรียบ เนื่องจากโปรแกรมสำเร็จรูปจะกำหนดน้ำหนักที่และพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เหมาะสม โดยค่าน้ำหนักที่เหมาะสม คือ ค่าที่ทำให้ความคลาดเคลื่อน (SEE) ต่ำที่สุด

4.5 วิธีบ็อก-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method)

วิธีการบ็อก-เจนกินส์ เหมาะกับอนุกรมเวลาที่มีรูปแบบที่มีองค์ประกอบใดๆ เช่น แนวโน้ม วัฏจักร และฤดูกาล ซึ่งอาจจะมียุทธศาสตร์ประกอบมากกว่าหนึ่งองค์ประกอบในอนุกรมเวลาชุดเดียวกัน ในกรณีที่ข้อมูลมีองค์ประกอบของฤดูกาล การใช้ข้อมูลขนาดใหญ่มีความจำเป็นมาก เพราะถ้าข้อมูลมีจำนวนน้อยเกินไป อาจจะทำให้ไม่เห็นอิทธิพลหรือรูปแบบของฤดูกาล นอกจากนี้วิธีบ็อก-เจนกินส์ จะใช้กับข้อมูลอนุกรมเวลา ที่อยู่ในสภาพคงที่ (stationary data series) ซึ่งหมายถึงคงที่ในค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ในกรณีข้อมูลมีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนไม่คงที่ จำเป็นต้องแปลงข้อมูลให้คงที่ ก่อนที่จะดำเนินการสร้างตัวแบบต่อไป

การแปลงข้อมูลในกรณีที่อนุกรมเวลาไม่คงที่ในค่าเฉลี่ย จะใช้วิธีการทำผลต่าง โดยการนำข้อมูลมาลบกันจะได้อนุกรมเวลาชุดใหม่ ส่วนกรณีที่อนุกรมเวลาไม่มีคงที่ในความแปรปรวน วิธีที่ใช้กันมากที่สุดคือการใช้ฟังก์ชันลอการิทึมธรรมชาติกับอนุกรมเวลาเดิมและได้อนุกรมเวลาชุดใหม่ที่มีความแปรปรวนคงที่อนุกรมเวลาหนึ่งอาจไม่คงที่ในรูปแบบค่าเฉลี่ยหรือความแปรปรวน ถ้าอนุกรมเวลาไม่คงที่ในค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนในกรณีนี้ต้องแปลงอนุกรมเวลาให้มีความคงที่ในค่าของความแปรปรวนก่อนจึงทำผลต่างเพื่อให้ค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาคงที่ ทั้งนี้เพราะถ้าทำผลต่างก่อน อาจแก้ความแปรปรวนไม่ได้เนื่องจากการทำผลต่างมีค่าเป็นลบ ส่วนกรณีที่อนุกรมเวลามีองค์ประกอบของฤดูกาลด้วย ดังนั้นตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการพยากรณ์ของวิธีบ็อก-เจนกินส์ คือตัวแบบ ARIMA เมื่อมีองค์ประกอบของฤดูกาล หรือตัวแบบ SARIMA(p,d,q)(P,D,Q),

ขั้นตอนการสร้างตัวแบบ SARIMA(p,d,q)(P,D,Q),

1. กำหนดตัวแบบทดลอง ซึ่งข้อมูลอนุกรมเวลาต้องอยู่ในอนุกรมเวลาคงที่ ก่อนที่จะพิจารณาตัวแบบโดยการพิจารณาโครงสร้างแปรผันของค่าตัวอย่าง SACF และ SPACF ในองค์ประกอบที่เป็นฤดูกาลจะพิจารณาที่ผลของฤดูกาล พิจารณาที่ lag ฤดูกาล ($s, 2s, \dots$) ดูว่ามีลักษณะรูปแบบใกล้เคียงกับรูปแบบใดในโครงสร้างทางทฤษฎี ACF และ PACF มากที่สุด เพื่อจะได้เลือกกระบวนการและอันดับ เป็นตัวแบบ ARIMA ทดลอง

2. เมื่อเลือกตัวแบบ ARIMA แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ปรากฏในตัวแบบโดยใช้โปรแกรม SPSS Version 12

3. วินิจฉัยความเหมาะสมเพียงพอของตัวแบบ ARIMA ด้วยการตรวจสอบคุณสมบัติของค่าความคลาดเคลื่อน ซึ่งเป็นค่าประมาณว่ามีคุณสมบัติสอดคล้องกับคุณสมบัติของค่าผิดพลาดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ มีความแปรปรวนคงที่ไม่มีอัตสหสัมพันธ์หรือไม่ ถ้าพบว่าตัวแบบไม่เหมาะสมจะกลับไปขั้นตอนที่ 1 พิจารณาแก้ไขตัวแบบใหม่ และประมาณค่าพารามิเตอร์ในขั้นตอนที่ 2 และวินิจฉัยตัวแบบขั้นตอนที่ 3 เช่นนี้จนกว่าได้ตัวแบบที่เหมาะสมเพียงพอในเชิงสถิติที่ใช้พยากรณ์ค่าต่อไป

4.6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.6.1 ผลการวิเคราะห์รายเดือนข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงาน ของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี

4.6.1.1 Simple Exponential Smoothing Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α) เท่ากับ 1 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 179848.4 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดไปชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.2 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.1.2 Holt's Linear Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β) เท่ากับ 1 และ 0 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 174198.5 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดไปชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.2 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.1.3 Holt -Winters Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β, γ) เท่ากับ 0.1 0 และ 0 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 42607.65 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดไปชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.2 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.1.4 Box-Jenkins Method

ตัวแบบพยากรณ์ของตัวแบบ ARIMA $(1,0,0)(0,1,0)_{12}$ มีรูปแบบดังนี้

$$y_t = c + \phi y_{t-1} + y_{t-12} - \phi y_{t-13} + e_t \quad (4.4)$$

จากสมการ (4.4) สามารถเขียนอยู่ในรูปของสมการ (Backshift operator) ดังสมการ

$$y_t = c + \phi B y_t + B^{12} y_t - \phi B^{13} y_t + e_t \quad (4.5)$$

จากการประมาณค่าได้พารามิเตอร์ $\phi = 0.391$ ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = 2.792$ ทดสอบสมมติฐาน ϕ จะยอมรับ $H_0: \phi = 0$ และปฏิเสธ $H_0: \phi \neq 0$ ระดับนัยสำคัญ 0.05 และค่าคงที่ c (Constant) $= 18.757$ ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = 2.349$ จะยอมรับ $H_0: c = 0$ และปฏิเสธ $H_0: c \neq 0$ การประมาณค่าของพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA จึงมีตัวแบบพยากรณ์ดังสมการ (4.6)

$$y_t = 18.757 + 0.391 y_{t-1} + y_{t-12} - 0.391 y_{t-13} + e_t \quad (4.6)$$

4.6.2 ผลการวิเคราะห์รายไตรมาสข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงาน ของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี

4.6.2.1 Simple Exponential Smoothing Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α) เท่ากับ 0 ซึ่งให้ค่า SSE (Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 716845.1 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดนี้ในชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.5 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

4.6.2.2 Holt's Linear Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β) เท่ากับ 0.1 และ 0.4 ซึ่งให้ค่า SSE (Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 722215.8 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดนี้ในชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.5 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

4.6.2.3 Holt-Winters Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β, γ) เท่ากับ 0.3 0 และ 0 ซึ่งให้ค่า SSE (Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 48922.89 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดนี้ในชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.5 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

4.6.2.4 Box-Jenkins Method

ตัวแบบพยากรณ์ของตัวแบบ ARIMA(0,0,0)(0,1,0)_t มีรูปแบบดังนี้

$$(1 - B^4)y_t = e_t + c \quad (4.7)$$

$$y_t = c + y_{t-4} + e_t \quad (4.8)$$

จากการประมาณค่าได้พารามิเตอร์ค่าคงที่ c (Constant) = 51.879 ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = 2.835$ ที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน c ยอมรับ $H_0: c = 0$ และจะ ปฏิเสธ $H_0: c \neq 0$ ระดับนัยสำคัญ 0.05 การประมาณค่าของพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์มีรูปแบบดังสมการ (4.9)

$$y_t = 51.879 + y_{t-4} + e_t \quad (4.9)$$

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1 ชุด Initialization Set

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน เดือ	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ต.ค.43	564.304	636.3491	565.7266	590.4647	.	ธ.ค.44	499.390	521.31	524.1552	519.3988	572.8795
พ.ย.43	540.248	564.304	567.1492	545.6238	.	ม.ค.45	500.690	499.39	502.2352	515.5123	536.9905
ธ.ค.43	568.846	540.248	543.0932	502.5023	.	ก.พ.45	567.200	500.69	503.5352	560.8568	554.8441
ม.ค.44	552.689	568.846	571.6912	509.3694	.	มี.ค.45	663.690	567.2	570.0452	661.9811	623.1903
ก.พ.44	563.724	552.689	555.5342	564.8445	.	เม.ย.45	728.534	663.69	666.5352	737.2577	783.2586
มี.ค.44	610.402	563.724	566.5692	671.1971	.	พ.ค.45	688.610	728.534	731.3792	692.1897	671.2281
เม.ย.44	751.014	610.402	613.2472	732.8422	.	มิ.ย.45	682.830	688.61	691.4552	663.9145	645.01
พ.ค.44	668.578	751.014	753.8592	694.4412	.	ก.ค.45	675.414	682.83	685.6752	658.7981	669.6517
มิ.ย.44	625.755	668.578	671.4232	665.2869	.	ส.ค.45	641.100	675.414	678.2592	656.1704	661.6796
ก.ค.44	635.928	625.755	628.6002	652.3513	.	ก.ย.45	628.780	641.1	643.9452	631.5718	652.3442
ส.ค.44	634.826	635.928	638.7732	646.0503	.	ต.ค.45	594.000	628.78	631.6252	609.7923	601.2685
ก.ย.44	638.463	634.826	637.6712	619.5283	.	พ.ย.45	521.000	594	596.8452	563.44	532.889
ต.ค.44	593.620	638.463	641.3082	602.743	583.0609	ธ.ค.45	499.000	521	523.8452	523.4674	510.6995
พ.ย.44	521.310	593.62	596.4652	560.3162	563.1292	ม.ค.46	501.000	499	501.8452	519.5713	511.9683

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ก.พ.46	567.000	501	503.8452	566.9101	578.7517	เม.ย.47	764.010	696.35	699.1952	777.0676	753.0663
มี.ค.46	664.000	567	569.8452	667.8443	675.0425	พ.ค.47	759.640	764.01	766.8552	729.9898	714.1053
เม.ย.46	729.000	664	666.8452	742.1905	740.0857	มิ.ย.47	704.460	759.64	762.4852	707.3661	722.0221
พ.ค.46	689.000	729	731.8452	696.8145	700.2226	ก.ค.47	671.700	704.46	707.3052	699.1662	694.8127
มิ.ย.46	683.000	689	691.8452	669.9568	694.4129	ส.ค.47	699.540	671.7	674.5452	686.2131	651.1416
ก.ค.46	675.000	683	685.8452	663.9939	686.911	ก.ย.47	653.010	699.54	702.3852	665.3922	663.296
ส.ค.46	641.000	675	677.8452	657.9098	652.3689	ต.ค.47	669.400	653.01	655.8552	641.9534	645.0888
ก.ย.46	629.000	641	643.8452	634.1282	640.1715	พ.ย.47	677.970	669.4	672.2452	597.5045	638.3642
ต.ค.46	624.280	629	631.8452	610.8436	605.5165	ธ.ค.47	566.320	677.97	680.8152	571.975	654.6788
พ.ย.46	609.310	624.28	627.1252	564.5565	544.2578	ม.ค.48	567.380	566.32	569.1652	563.5237	543.008
ธ.ค.46	616.430	609.31	612.1552	534.044	544.9239	ก.พ.48	574.740	567.38	570.2252	617.4026	602.9999
ม.ค.47	551.150	616.43	619.2752	541.2656	558.298	มี.ค.48	729.720	574.74	577.5852	722.5843	703.6833
ก.พ.47	585.230	551.15	553.9952	595.6516	598.0189	เม.ย.48	830.180	729.72	732.5652	802.4353	788.4747
มี.ค.47	696.350	585.23	588.0752	700.021	682.5511	พ.ค.48	786.820	830.18	833.0252	761.5533	796.9162

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
มิ.ย.48	706.180	786.82	789.6652	734.4021	726.5069
ก.ค.48	726.480	706.18	709.0252	721.046	683.8024
MAPE(%)		6.472	6.328	3.284	4.149

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1 ชุด Test Set

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ส.ค.48	708.99	726.48	729.3252	714.7359	717.6479	ส.ค.49	729.340	726.48	763.4675	731.5231	735.7558
ก.ย.48	707.200	726.48	732.1704	689.2922	671.1179	ก.ย.49	732.080	726.48	766.3127	705.4502	689.2258
ต.ค.48	723.170	726.48	735.0156	669.8765	687.5079	ต.ค.49	719.500	726.48	769.1579	685.5488	705.6158
พ.ย.48	720.960	726.48	737.8608	625.8237	696.0779	พ.ย.49	675.220	726.48	772.0031	640.4369	714.1858
ธ.ค.48	552.800	726.48	740.706	583.5934	584.4279	ธ.ค.49	586.880	726.48	774.8483	597.194	602.5358
ม.ค.49	570.940	726.48	743.5512	576.3823	585.4879	ม.ค.50	611.730	726.48	777.6935	589.7888	603.5958
ก.พ.49	670.530	726.48	746.3964	626.6951	592.8479	ก.พ.50	684.670	726.48	780.5387	641.2436	610.9558
มี.ค.49	735.690	726.48	749.2415	743.8365	747.8279	มี.ค.50	818.880	726.48	783.3839	761.0711	765.9358
เม.ย.49	830.590	726.48	752.0867	827.002	848.2879	เม.ย.50	834.280	726.48	786.2291	846.1266	866.3958
พ.ค.49	860.160	726.48	754.9319	782.0306	804.9279	พ.ค.50	811.527	726.48	789.0743	800.0805	823.0358
มิ.ย.49	789.120	726.48	757.7771	746.7939	724.2879	มิ.ย.50	788.958	726.48	791.9194	763.9974	742.3958
ก.ค.49	737.310	726.48	760.6223	739.0714	744.5879	ก.ค.50	766.337	726.48	794.7646	756.0644	762.6958
MAPE(%)								9.09	9.886	3.878	4.286

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบค่าการพยากรณ์ล่วงหน้ารายเดือนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1

เดือน	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ส.ค.50	726.48	797.6098	748.3104	753.8637	ส.ค.51	726.48	831.7521	765.0976	771.9716
ก.ย.50	726.48	800.455	721.6082	707.3337	ก.ย.51	726.48	834.5973	737.7663	725.4416
ต.ค.50	726.48	803.3002	701.221	723.7237	ต.ค.51	726.48	837.4425	716.8933	741.8316
พ.ย.50	726.48	806.1454	655.05	732.2937	พ.ย.51	726.48	840.2877	669.6631	750.4016
ธ.ค.50	726.48	808.9906	610.7946	620.6437	ธ.ค.51	726.48	843.1329	624.3952	638.7516
ม.ค.51	726.48	811.8358	603.1953	621.7037	ม.ค.52	726.48	845.9781	616.6018	639.8116
ก.พ.51	726.48	814.681	655.7922	629.0637	ก.พ.52	726.48	848.8233	670.3408	647.1716
มี.ค.51	726.48	817.5262	778.3057	784.0437	มี.ค.52	726.48	851.6685	795.5404	802.1516
เม.ย.51	726.48	820.3714	865.2513	884.5037	เม.ย.52	726.48	854.5137	884.3759	902.6116
พ.ค.51	726.48	823.2166	818.1304	841.1437	พ.ค.52	726.48	857.3589	836.1803	859.2516
มิ.ย.51	726.48	826.0618	781.2009	760.5037	มิ.ย.52	726.48	860.2041	798.4044	778.6116
ก.ค.51	726.48	828.907	773.0574	780.8037	ก.ค.52	726.48	863.0493	790.0503	798.9116

ตารางที่ 4.4 ผลการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1 ชุด Initialization Set เดือนตุลาคม 2543 – มิถุนายน 2548

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ต.ค.43-ธ.ค.43	1673.398	1904.303	1691.448	1670.584	.	เม.ย.46-มิ.ย.46	2101.000	1904.303	1978.017	2111.584	2156.827
ม.ค.44-มี.ค.44	1726.815	1904.303	1725.02	1713.201	.	ก.ค.46-ก.ย.46	1945.000	1904.303	2006.752	1940.808	1997.959
เม.ย.44-มิ.ย.44	2045.347	1904.303	1760.648	2088.299	.	ต.ค.46-ธ.ค.46	1850.020	1904.303	2014.544	1737.134	1657.696
ก.ค.44-ก.ย.44	1909.217	1904.303	1835.955	1910.631	.	ม.ค.47-มี.ค.47	1832.730	1904.303	2005.478	1814.591	1778.891
ต.ค.44-ธ.ค.44	1614.320	1904.303	1893.048	1708.818	1718.702	เม.ย.47-มิ.ย.47	2228.110	1904.303	1988.68	2212.431	2157.88
ม.ค.45-มี.ค.45	1731.580	1904.303	1903.794	1722.407	1773.565	ก.ค.47-ก.ย.47	2024.250	1904.303	2022.676	2040.25	1997.657
เม.ย.45-มิ.ย.45	2099.974	1904.303	1918.302	2097.811	2100.721	ต.ค.47-ธ.ค.47	1913.690	1904.303	2032.95	1820.132	1900.106
ก.ค.45-ก.ย.45	1945.294	1904.303	1975.466	1931.709	1960.905	ม.ค.48-มี.ค.48	1871.840	1904.303	2026.37	1893.2	1882.348
ต.ค.45-ธ.ค.45	1614.000	1904.303	2010.238	1731.551	1658.025	เม.ย.48-มิ.ย.48	2323.180	1904.303	2010.082	2293.084	2288.432
ม.ค.46-มี.ค.46	1732.000	1904.303	1992.554	1738.513	1778.459						
(MAPE) Initialization Set											
								8.291	8.531	1.821	2.738

ตารางที่ 4.5 ผลการพยากรณ์รายได้รวมของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1 ชุด Test Set เดือนกรกฎาคม 2548 - มิถุนายน 2552

ชุด Test Set		ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า								
เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ก.ค.48-ก.ย.48	2142.670	1904.303	2053.08	2117.972	2079.053	ก.ค.50-ก.ย.50	1904.303	2146.591	2217.502	2193.149
ต.ค.48-ธ.ค.48	1996.930	1904.303	2064.769	1893.476	1965.499	ต.ค.50-ธ.ค.50	1904.303	2158.279	1981.936	2073.364
ม.ค.49-มี.ค.49	1977.160	1904.303	2076.458	1939.303	1922.516	ม.ค.51-มี.ค.51	1904.303	2169.968	2029.378	2028.022
เม.ย.49-มิ.ย.49	2479.870	1904.303	2088.147	2356.524	2386.076	เม.ย.51-มิ.ย.51	1904.303	2181.657	2465.347	2517.021
ก.ค.49-ก.ย.49	2198.730	1904.303	2099.836	2167.737	2135.339	ก.ค.51-ก.ย.51	1904.303	2193.346	2267.267	2252.524
ต.ค.49-ธ.ค.49	1981.600	1904.303	2111.524	1937.706	2018.711	ต.ค.51-ธ.ค.51	1904.303	2205.034	2026.167	2129.496
ม.ค.50-มี.ค.50	2115.280	1904.303	2123.213	1984.341	1974.565	ม.ค.52-มี.ค.52	1904.303	2216.723	2074.416	2082.927
เม.ย.50-มิ.ย.50	2434.765	1904.303	2134.902	2410.936	2450.674	เม.ย.52-มิ.ย.52	1904.303	2228.412	2519.758	2585.165
(MAPE)		11.46	6.52	3.001	2.893					

ตารางที่ 4.6 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1

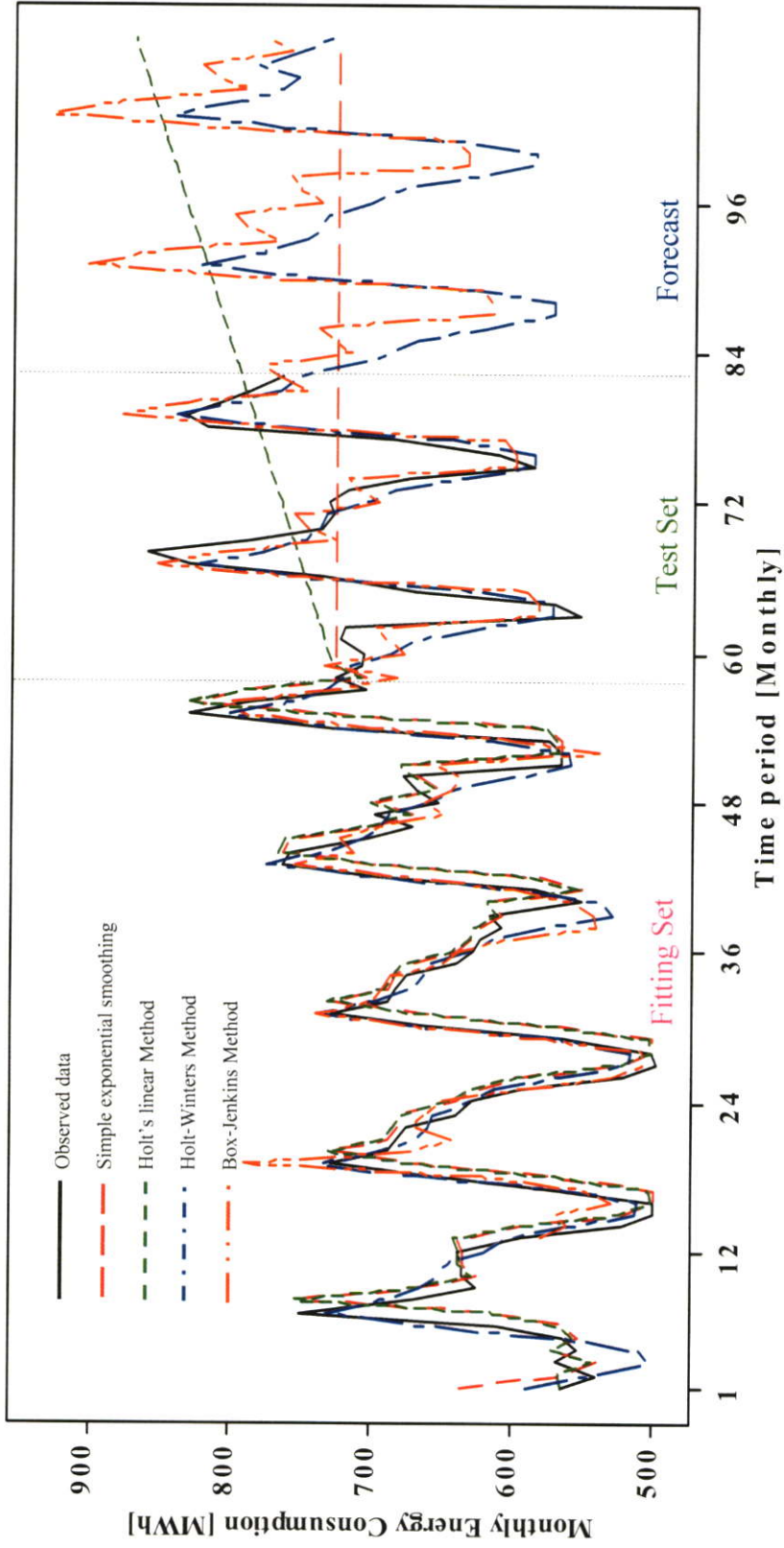
Initial Set									
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins	
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	Equation
α	6.472	α	β	6.328	α	β	3.284	(1,0,0)	$Y_t = 18.757 + 0.391Y_{t-1}$
1		1	0		0.1	0	0.1	(0,1,0) ₁₂	$+Y_{t-12} - 0.391Y_{t-13} + \epsilon_t$

Test Set									
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins	
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	Equation
α	9.09	α	β	9.886	α	β	3.878	(1,0,0)	$Y_t = 18.757 + 0.391Y_{t-1}$
1		1	0		0.1	0	0.1	(0,1,0) ₁₂	$+Y_{t-12} - 0.391Y_{t-13} + \epsilon_t$

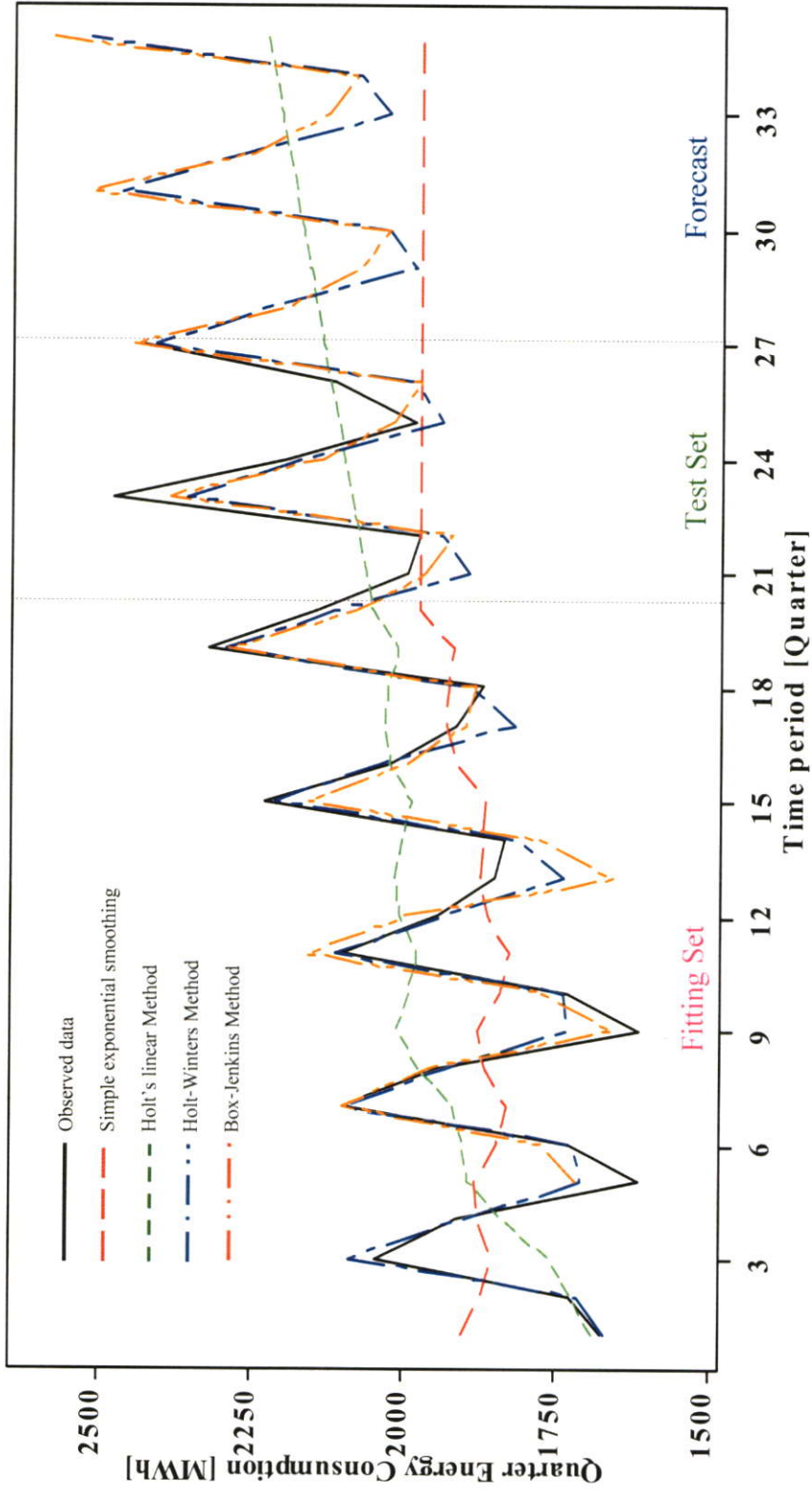
ตารางที่ 4.7 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1

Initial Set										
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins		
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter			Model	MAPE	Equation
α	8.291	α	β	8.531	α	β	γ	(0,0,0)	2.738	$y_t = 51.879 + y_{t-4} + e_t$
0		0.1	0.4		0.3	0	0	(0,1,0) ₄		
									1.821	

Test Set										
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins		
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter			Model	MAPE	Equation
α	11.6	α	β	6.52	α	β	γ	(0,0,0)	3.001	$y_t = 51.879 + y_{t-4} + e_t$
0		0.1	0.4		0.3	0	0	(0,1,0) ₄		
									2.893	



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 1 (บ้านอยู่อาศัย)



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายไตรมาสทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 1 (บ้านอยู่อาศัย)

4.6.3 ผลการวิเคราะห์รายเดือนข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงาน ของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้า ประเภทที่ 2 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี

4.6.3.1 Simple Exponential Smoothing Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α) เท่ากับ 1 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 35769.01 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดมาชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.9 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.3.2 Holt's Linear Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β) เท่ากับ 1 และ 0 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 33089.36 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดมาชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.9 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.3.3 Holt -Winters Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β, γ) เท่ากับ 0.2 0 และ 0.1 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 12107.97 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดมาชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.9 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.3.4 Box-Jenkins Method

ตัวแบบพยากรณ์ของตัวแบบ ARIMA(1,0,0)(0,1,0)₁₂ มีรูปแบบดังนี้

$$(1 - \phi_1 B)(1 - B^{12})y_t = e_t + c \quad (4.10)$$

หรือ

$$(1 + \phi_1 B^{13} - \phi_1 B - B^{12})y_t = c + e_t \quad (4.11)$$

$$y_t = c + \phi_1 B y_t + B^{12} y_t - \phi_1 B^{13} y_t + e_t \quad (4.12)$$

$$y_t = c + \phi_1 y_{t-1} + y_{t-12} - \phi_1 y_{t-13} + e_t \quad (4.13)$$

จากการประมาณค่าได้พารามิเตอร์ $\phi = 0.451$ ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = 3.374$ ทดสอบสมมติฐาน ϕ จะยอมรับ $H_0: \phi = 0$ และปฏิเสธ $H_0: \phi \neq 0$ ระดับนัยสำคัญ 0.05 และค่าคงที่ c (Constant) = 14.274 ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = 3.077$ จะยอมรับ $H_0: c = 0$ และปฏิเสธ $H_0: c \neq 0$ การประมาณค่าของพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์มีรูปแบบดังสมการ (4.15)

$$(1 - 0.521B)(1 - B^{12})y_t = e_t + c \quad (4.14)$$

$$y_t = 14.274 + 0.451y_{t-1} + y_{t-12} - 0.451y_{t-13} + e_t \quad (4.15)$$

4.6.4 ผลการวิเคราะห์รายไตรมาสข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงาน ของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี

4.6.4.1 Simple Exponential Smoothing Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α) เท่ากับ 0.3 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 185033.8 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดมาชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.12 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.4.2 Holt's Linear Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β) เท่ากับ 0.1 และ 0.2 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 145539.8 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดมาชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.12 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.4.3 Holt -Winters Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β, γ) เท่ากับ 0.2 0 และ 0 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 18509.47 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดมาชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.12 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.4.4 Box-Jenkins Method

ตัวแบบพยากรณ์ของตัวแบบ ARIMA(0,0,0)(0,1,0)₄ มีรูปแบบดังนี้

$$(1-B^4)y_t = e_t + c \quad (4.16)$$

หรือ

$$y_t = c + y_{t-4} + e_t \quad (4.17)$$

จากการประมาณค่าได้พารามิเตอร์ค่าคงที่ c (Constant) = 43.113 ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = 3.892$ ที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน c จะยอมรับ $H_0: c = 0$ และปฏิเสธ $H_0: c \neq 0$ ระดับนัยสำคัญ 0.05 การประมาณค่าของพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์มีรูปแบบดังสมการ(4.18)

$$y_t = 43.113 + y_{t-4} + e_t \quad (4.18)$$

ตารางที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2 ชุด Initialization Set

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ต.ค.43	368.679	418.2456	369.6697	380.8317	.	ธ.ค.44	349.900	354.54	356.5214	354.1575	379.4369
พ.ย.43	360.387	368.679	370.6604	359.5356	.	ม.ค.45	350.020	349.9	351.8814	350.8791	364.5232
ธ.ค.43	374.234	360.387	362.3684	343.7855	.	ก.พ.45	378.170	350.02	352.0014	371.1964	370.1004
ม.ค.44	367.655	374.234	376.2154	348.3677	.	มี.ค.45	430.830	378.17	380.1514	425.1736	411.9607
ก.พ.44	370.212	367.655	369.6364	374.7946	.	เม.ย.45	440.050	430.83	432.8114	439.3488	461.5005
มี.ค.44	400.534	370.212	372.1934	428.4868	.	พ.ค.45	444.480	440.05	442.0314	441.2606	432.6561
เม.ย.44	440.003	400.534	402.5154	432.9877	.	มิ.ย.45	445.090	444.48	446.4614	433.7965	420.2532
พ.ค.44	424.796	440.003	441.9844	437.761	.	ก.ค.45	442.840	445.09	447.0714	437.2345	440.1403
มิ.ย.44	403.540	424.796	426.7774	428.1802	.	ส.ค.45	424.980	442.84	444.8214	425.3367	435.4704
ก.ค.44	413.569	403.54	405.5214	423.2371	.	ก.ย.45	422.510	424.98	426.9614	422.4681	423.346
ส.ค.44	414.435	413.569	415.5504	407.5367	.	ต.ค.45	389.000	422.51	424.4914	404.238	401.8294
ก.ย.44	410.753	414.435	416.4164	406.4752	.	พ.ย.45	355.000	389	390.9814	380.8923	362.5187
ต.ค.44	388.690	410.753	412.7344	390.2348	382.9533	ธ.ค.45	350.000	355	356.9814	362.4553	357.9463
พ.ย.44	354.540	388.69	390.6714	371.4766	377.2476	ม.ค.46	350.000	350	351.9814	357.7472	357.904

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ก.พ.46	378.000	350	351.9814	377.6299	385.9999	เม.ย.47	459.660	456.11	458.0914	474.3825	459.1595
มี.ค.46	431.000	378	379.9814	430.8062	438.5923	พ.ค.47	478.550	459.66	461.6414	473.701	460.7024
เม.ย.46	440.000	431	432.9814	443.6021	447.9656	มิ.ย.47	468.270	478.55	480.5314	467.3067	468.4154
พ.ค.46	444.000	440	441.9814	444.8602	452.2964	ก.ค.47	472.320	468.27	470.2514	467.8262	461.3299
มิ.ย.46	445.000	444	445.9814	437.1721	452.7125	ส.ค.47	424.120	472.32	474.3014	453.8015	446.0575
ก.ค.46	443.000	445	446.9814	439.4589	450.6383	ก.ย.47	440.690	424.12	426.1014	444.8999	429.4422
ส.ค.46	425.000	443	444.9814	426.6258	432.891	ต.ค.47	455.200	440.69	442.6714	424.459	429.5351
ก.ย.46	422.000	425	426.9814	423.5256	430.3579	พ.ย.47	448.980	455.2	457.1814	408.9474	434.5726
ต.ค.46	413.270	422	423.9814	403.7143	396.609	ธ.ค.47	396.800	448.98	450.9614	405.1997	449.5409
พ.ย.46	407.830	413.27	415.2514	384.1327	373.7808	ม.ค.48	400.700	396.8	398.7814	397.1146	375.2893
ธ.ค.46	423.150	407.83	409.8114	376.1451	381.6567	ก.พ.48	406.630	400.7	402.6814	422.4258	419.5433
ม.ค.47	379.330	423.15	425.1314	383.4949	390.8178	มี.ค.48	479.770	406.63	408.6114	477.9449	466.0047
ก.พ.47	402.070	379.33	381.3114	406.3473	399.062	เม.ย.48	494.580	479.77	481.7514	491.3079	478.1658
มี.ค.47	456.110	402.07	404.0514	462.3956	449.6906	พ.ค.48	496.900	494.58	496.5614	495.9115	502.1322

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
มี.ย.48	478.800	496.9	498.8814	488.042	484.3818
ก.ค.48	481.620	478.8	480.7814	486.7795	484.9062
MAPE(%)		4.238	4.031	2.441	2.589

ตารางที่ 4.9 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2 ชุด Test Set

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ส.ค.48	473.14	481.62	483.6014	467.3902	436.1517	ส.ค.49	490.410	481.62	507.3785	480.9381	450.5788
ก.ย.48	478.920	481.62	485.5828	466.3611	453.9533	ก.ย.49	491.880	481.62	509.3599	479.8467	469.8285
ต.ค.48	483.500	481.62	487.5643	448.609	469.0185	ต.ค.49	486.710	481.62	511.3413	461.55	486.1022
พ.ย.48	482.990	481.62	489.5457	426.8415	463.0488	พ.ย.49	465.790	481.62	513.3227	439.125	479.8346
ธ.ค.48	408.570	481.62	491.5271	410.9455	410.9817	ธ.ค.49	419.420	481.62	515.3042	422.7433	424.225
ม.ค.49	414.110	481.62	493.5085	405.3697	414.9326	ม.ค.50	435.360	481.62	517.2856	416.9796	428.4691
ก.พ.49	457.300	481.62	495.49	428.8048	420.8855	ก.พ.50	467.040	481.62	519.267	441.0567	434.8457
มี.ค.49	489.380	481.62	497.4714	490.4152	494.0358	มี.ค.50	535.670	481.62	521.2484	504.3942	513.0807
เม.ย.49	506.070	481.62	499.4528	503.8265	508.8505	เม.ย.50	510.280	481.62	523.2298	518.1537	528.9286
พ.ค.49	539.250	481.62	501.4342	507.6534	511.1726	พ.ค.50	526.497	481.62	525.2113	522.0553	531.4143
มิ.ย.49	519.950	481.62	503.4156	498.5324	493.0736	มิ.ย.50	518.157	481.62	527.1927	512.6422	512.0592
ก.ค.49	491.690	481.62	505.3971	499.437	495.894	ก.ค.50	514.722	481.62	529.1741	513.5391	515.0761
MAPE(%)								5.986	6.447	3.299	3.258

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบค่าการพยากรณ์ล่วงหน้ารายเดือนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2

เดือน	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ส.ค.50	481.62	531.1555	494.486	464.7002	ส.ค.51	481.62	554.9326	508.0339	478.9745
ก.ย.50	481.62	533.137	493.3322	482.5018	ก.ย.51	481.62	556.914	506.8177	496.7762
ต.ค.50	481.62	535.1184	474.491	497.5671	ต.ค.51	481.62	558.8954	487.432	511.8414
พ.ย.50	481.62	537.0998	451.4086	491.5975	พ.ย.51	481.62	560.8768	463.6921	505.8718
ธ.ค.50	481.62	539.0812	434.5411	439.5303	ธ.ค.51	481.62	562.8583	446.3389	453.8046
ม.ค.51	481.62	541.0626	428.5896	443.4812	ม.ค.52	481.62	564.8397	440.1996	457.7555
ก.พ.51	481.62	543.0441	453.3086	449.4341	ก.พ.52	481.62	566.8211	465.5605	463.7085
มี.ค.51	481.62	545.0255	518.3731	522.5845	มี.ค.52	481.62	568.8025	532.3521	536.8588
เม.ย.51	481.62	547.0069	532.481	537.3991	เม.ย.52	481.62	570.784	546.8082	551.6735
พ.ค.51	481.62	548.9883	536.4573	539.7212	พ.ค.52	481.62	572.7654	550.8592	553.9956
มิ.ย.51	481.62	550.9697	526.752	521.6222	มิ.ย.52	481.62	574.7468	540.8618	535.8965
ก.ค.51	481.62	552.9512	527.6413	524.4426	ก.ค.52	481.62	576.7282	541.7434	538.7169

ตารางที่ 4.11 ผลการพยากรณ์รายได้ราคาของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2 ชุด Initialization Set เดือนตุลาคม 2543 – มิถุนายน 2548

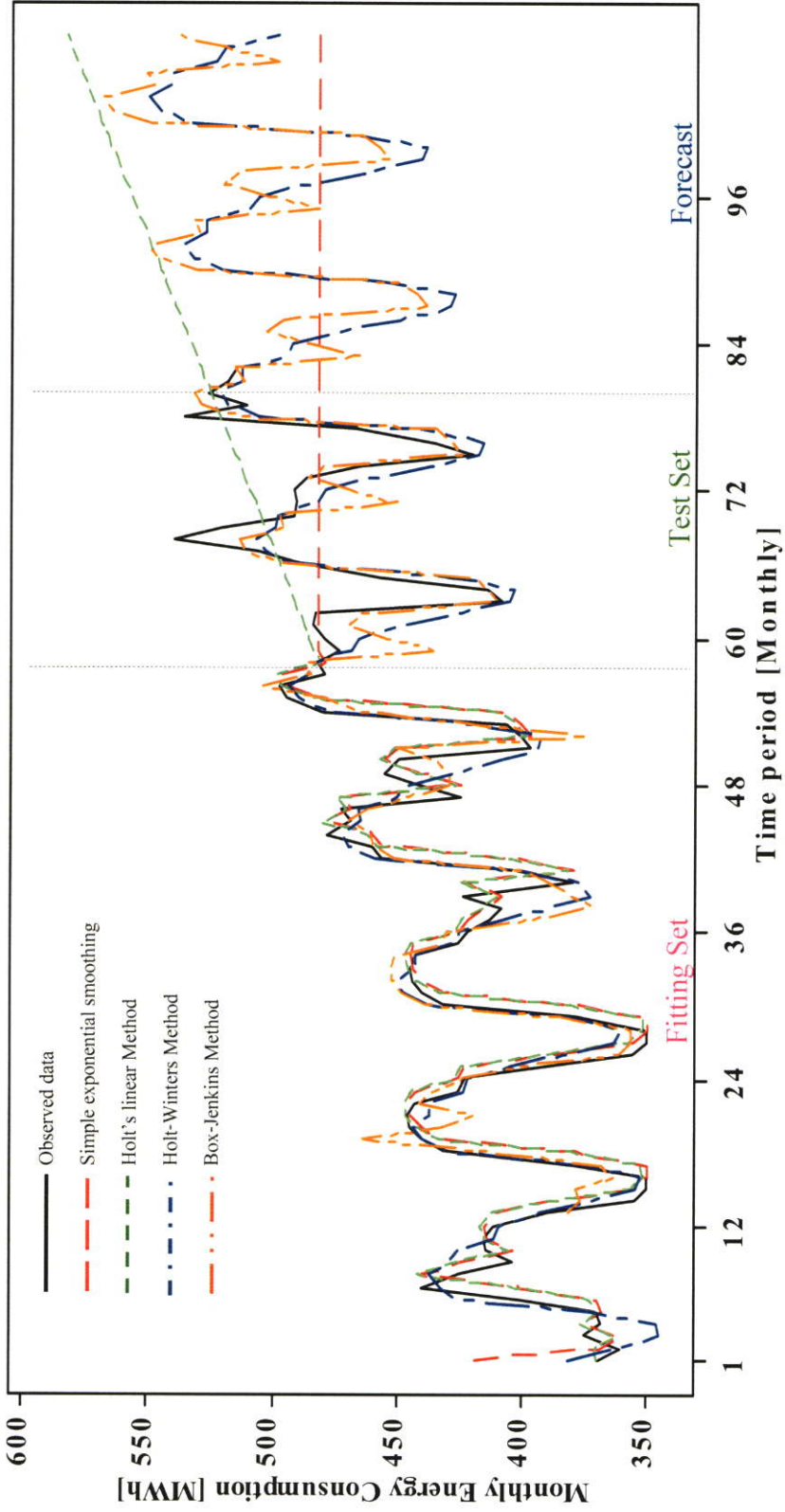
เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ต.ค.43-ธ.ค.43	1103.300	1251.402	1113.494	1108.852	.	เม.ย.46-มิ.ย.46	1329.000	1185.994	1293.708	1344.298	1372.733
ม.ค.44-มี.ค.44	1138.401	1206.972	1132.658	1126.325	.	ก.ค.46-ก.ย.46	1290.000	1228.896	1313.385	1292.884	1333.443
เม.ย.44-มิ.ย.44	1268.339	1186.401	1153.531	1291.691	.	ต.ค.46-ธ.ค.46	1244.250	1247.227	1326.726	1190.317	1137.113
ก.ค.44-ก.ย.44	1238.757	1210.982	1187.607	1241.035	.	ม.ค.47-มี.ค.47	1237.510	1246.334	1332.508	1220.459	1202.133
ต.ค.44-ธ.ค.44	1093.130	1219.315	1216.34	1143.046	1146.413	เม.ย.47-มิ.ย.47	1406.480	1243.687	1335.138	1399.651	1372.113
ม.ค.45-มี.ค.45	1159.020	1181.459	1225.173	1151.855	1181.514	ก.ค.47-ก.ย.47	1337.130	1292.525	1355.83	1350.051	1333.113
เม.ย.45-มิ.ย.45	1329.620	1174.727	1238.388	1319.55	1311.452	ต.ค.47-ธ.ค.47	1300.980	1305.906	1367.142	1240.724	1287.363
ก.ค.45-ก.ย.45	1290.330	1221.195	1269.167	1274.069	1281.87	ม.ค.48-มี.ค.48	1287.100	1304.428	1372.386	1272.558	1280.623
ต.ค.45-ธ.ค.45	1094.000	1241.936	1293.361	1176.622	1136.243	เม.ย.48-มิ.ย.48	1470.280	1299.230	1374.011	1458.208	1449.593
ม.ค.46-มี.ค.46	1159.020	1197.555	1291.517	1179.114	1202.133						
(MAPE) Initialization Set											
								6.326	5.960	1.852	2.683

ตารางที่ 4.12 ผลการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2 ชุด Test Set เดือนกรกฎาคม 2548 - มิถุนายน 2550 และค่าพยากรณ์ เดือนกรกฎาคม 2550 - มิถุนายน 2552

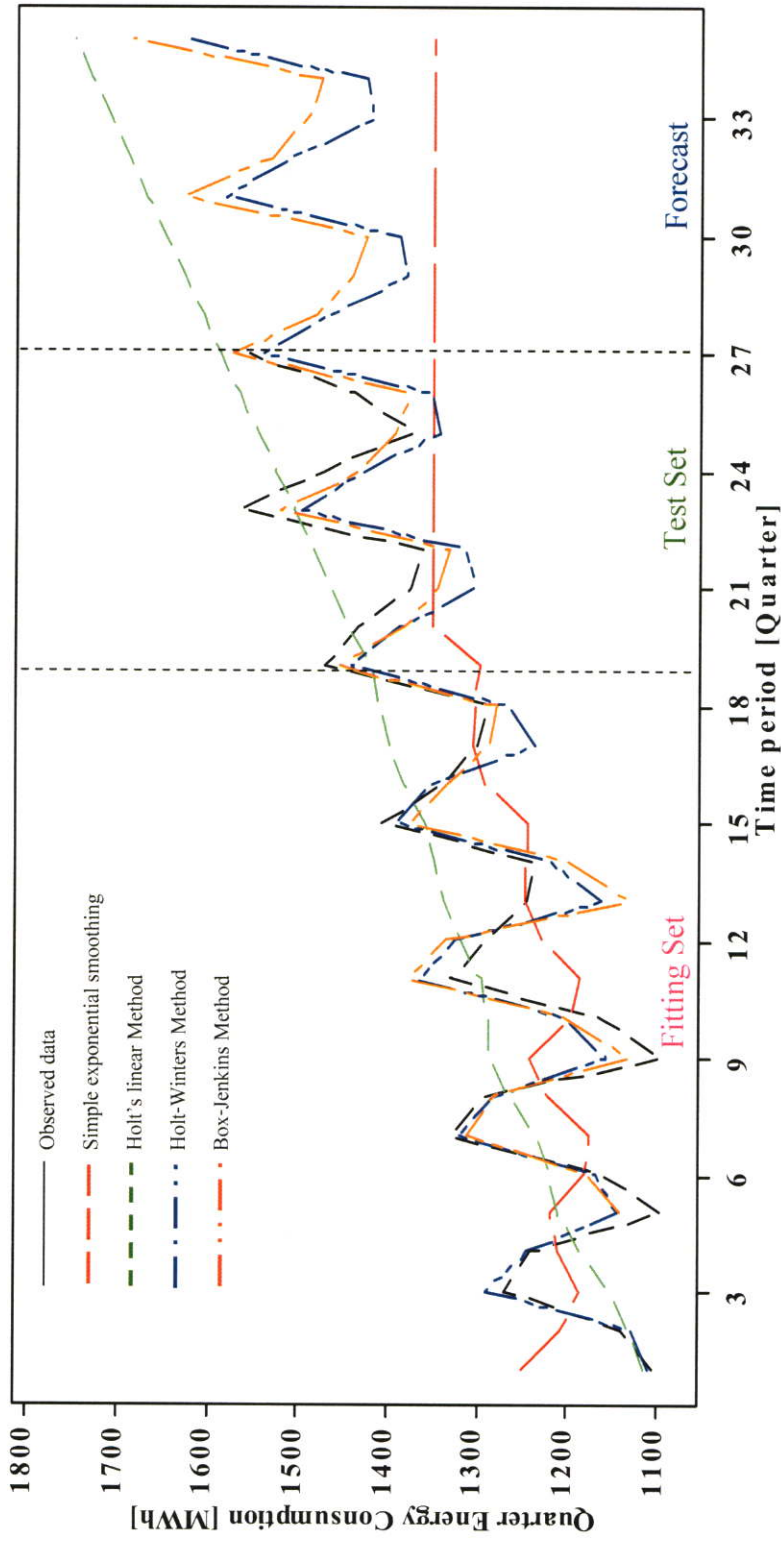
เดือน	Test Set						ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า					
	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins		
ก.ค.48-ก.ย.48	1433.680	1350.545	1395.717	1407.053	1380.243	ก.ค.50-ก.ย.50	1350.545	1492.352	1488.919	1466.469		
ต.ค.48-ธ.ค.48	1375.060	1350.545	1407.797	1295.177	1344.093	ต.ค.50-ธ.ค.50	1350.545	1504.431	1369.989	1430.319		
ม.ค.49-มี.ค.49	1360.790	1350.545	1419.876	1315.309	1330.213	ม.ค.51-มี.ค.51	1350.545	1516.51	1390.74	1416.439		
เม.ย.49-มิ.ย.49	1565.270	1350.545	1431.955	1503.425	1513.393	เม.ย.51-มิ.ย.51	1350.545	1528.59	1589.03	1599.619		
ก.ค.49-ก.ย.49	1473.980	1350.545	1444.035	1447.986	1423.356	ก.ค.51-ก.ย.51	1350.545	1540.669	1529.852	1509.581		
ต.ค.49-ธ.ค.49	1371.920	1350.545	1456.114	1332.583	1387.206	ต.ค.51-ธ.ค.51	1350.545	1552.748	1407.396	1473.431		
ม.ค.50-มี.ค.50	1438.070	1350.545	1468.193	1353.025	1373.326	ม.ค.52-มี.ค.52	1350.545	1564.828	1428.456	1459.551		
เม.ย.50-มิ.ย.50	1554.934	1350.545	1480.273	1546.228	1556.506	เม.ย.52-มิ.ย.52	1350.545	1576.907	1631.833	1642.731		
(MAPE) Test Set		6.4	4.12	3.258	2.586							

ตารางที่ 4.13 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2

Initial Set									
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins	
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	Equation
α	4.238	α	β	4.031	α	β	2.411	(1,0,0)	$Y_t = 14.274 + 0.451Y_{t-1} + Y_{t-12} - 0.451Y_{t-13} + e_t$
1		1	0		0.2	0		0.1	
Test Set									
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins	
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	Equation
α	5.986	α	β	6.447	α	β	3.299	(1,0,0)	$Y_t = 14.274 + 0.451Y_{t-1} + Y_{t-12} - 0.451Y_{t-13} + e_t$
1		1	0		0.2	0		0.1	



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 2 (กิจการขนาดเล็ก)



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายไตรมาสทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 2 (กิจการขนาดเล็ก)

4.6.5 ผลการวิเคราะห์รายเดือนข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงาน ของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี

4.6.5.1 Simple Exponential Smoothing Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α) เท่ากับ 0.04350 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 83301.94 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดมาชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 5.1 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.5.2 Holt's Linear Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β) เท่ากับ 0.0388 และ 0.025 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 93098.23 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดมาชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 5.1 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.5.3 Holt -Winters Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β, γ) เท่ากับ 0.3842 0.0020 และ 0.4282 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 14960.45 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดมาชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 5.1 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.5.4 Box-Jenkins Method

ตัวแบบพยากรณ์ของตัวแบบ ARIMA $(1,0,0)(0,1,0)_{12}$ มีรูปแบบดังนี้

$$(1 - \phi_1 B)(1 - B^{12})Y_t = e_t + c \quad (4.19)$$

หรือ

$$(1 + \phi_1 B^{13} - \phi_1 B - B^{12})Y_t = c + e_t \quad (4.20)$$

$$Y_t = c + \phi_1 B Y_t + B^{12} Y_t - \phi_1 B^{13} Y_t + e_t \quad (4.21)$$

$$Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + Y_{t-12} - \phi_1 Y_{t-13} + e_t \quad (4.22)$$

จากการประมาณค่าได้พารามิเตอร์ $\phi = 0.542$ ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = 3.834$ ทดสอบสมมติฐาน ϕ ยอมรับ $H_0: \phi = 0$ และจะปฏิเสธ $H_0: \phi \neq 0$ ระดับนัยสำคัญ 0.05 และค่าคงที่ c (Constant) เท่ากับ 5.404 ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = 0.869$ จะปฏิเสธ $H_0: c = 0$ และยอมรับ $H_0: c \neq 0$ การประมาณค่าของพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์มีรูปแบบดังสมการ (4.24)

$$(1 - 0.542B)(1 - B^{12})y_t = e_t \quad (4.23)$$

$$y_t = 0.542y_{t-1} + y_{t-12} - 0.542y_{t-13} + e_t \quad (4.24)$$

4.6.6 ผลการวิเคราะห์รายไตรมาสข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงาน ของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี

4.6.6.1 Simple Exponential Smoothing Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α) เท่ากับ 0.0904 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 75033.14 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดมา Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 5.1 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.6.2 Holt's Linear Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วย โปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β) เท่ากับ 0.0952 และ 0.0116 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 104611 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดมา Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 5.1 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.6.3 Holt -Winters Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β, γ) เท่ากับ 0.0447 0.0003 และ 0.2529 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 24397.84 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดมา Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 5.1 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.6.4 Box-Jenkins Method

ตัวแบบพยากรณ์ของตัวแบบ ARIMA (2,0,0)₄ มีรูปแบบดังนี้

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2) y_t = e_t + c \quad (4.25)$$

หรือ

$$y_t = c + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + e_t \quad (4.26)$$

จากการประมาณค่าได้พารามิเตอร์ $\phi_1 = 0.155$ ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = 0.874$ ทดสอบสมมุติฐาน ϕ_1 จะปฏิเสธ $H_0: \phi_1 = 0$ และยอมรับ $H_0: \phi_1 \neq 0$ ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการประมาณค่าได้พารามิเตอร์ $\phi_2 = -0.809$ ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = -5.883$ ทดสอบสมมุติฐาน ยอมรับ $H_0: \phi_2 = 0$ และ ปฏิเสธ $H_0: \phi_2 \neq 0$ ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = 0.869$ ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการประมาณค่าได้พารามิเตอร์ c (Constant) = 1976.547 จะยอมรับ $H_0: c = 0$ และปฏิเสธ $H_0: c \neq 0$ ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = 318.148$ ระดับนัยสำคัญ 0.05

การประมาณค่าของพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์มีรูปแบบดังสมการ (4.27)

$$y_t = 1976.574 - 0.809 y_{t-2} + e_t \quad (4.27)$$

ตารางที่ 4.15 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนผู้ใช้งานไฟฟ้าประเภทที่ 3 ชุด Initialization Set

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ต.ค.43	635.357	658.7421	636.1248	655.1354	-	ธ.ค.44	627.856	655.5192	659.5566	620.8292	612.9792
พ.ย.43	623.304	657.7249	637.6297	620.4988	-	ม.ค.45	607.697	654.3158	659.8808	608.7874	622.2087
ธ.ค.43	611.245	656.2276	638.5947	612.1157	-	ก.พ.45	602.419	652.2879	659.3596	603.1435	605.7005
ม.ค.44	610.732	654.2708	639.0279	592.262	-	มี.ค.45	726.522	650.1186	658.5987	711.7512	689.8935
ก.พ.44	604.869	652.3769	639.3969	596.9588	-	เม.ย.45	651.359	653.4422	662.7484	645.8325	653.2415
มี.ค.44	688.745	650.3103	639.4906	718.9161	-	พ.ค.45	703.164	653.3515	663.8096	699.8255	694.653
เม.ย.44	630.296	651.9822	642.8828	629.2835	-	มิ.ย.45	693.369	655.5184	666.8779	699.1599	706.3765
พ.ค.44	680.764	651.0389	643.8634	680.1815	-	ก.ค.45	693.536	657.1649	669.4728	682.3511	672.2912
มิ.ย.44	691.763	652.3319	646.7999	673.9961	-	ธ.ค.45	683.207	658.747	671.9969	694.5609	702.9917
ก.ค.44	668.945	654.0472	650.0928	671.9349	-	ก.ย.45	672.798	659.811	674.0331	675.6804	682.9743
ธ.ค.44	687.191	654.6952	652.3909	674.3231	-	ต.ค.45	652.000	660.376	675.5853	658.965	649.4069
ก.ย.44	682.657	656.1088	655.3416	663.2226	-	พ.ย.45	622.000	660.0116	676.2474	633.4264	624.2631
ต.ค.44	652.273	657.2636	658.0283	663.039	640.7614	ธ.ค.45	628.000	658.3581	675.6671	624.3522	630.3672
พ.ย.44	621.935	657.0465	659.4263	637.3015	634.946	ม.ค.46	608.000	657.0375	675.296	608.8594	610.2511

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ก.พ.46	603.000	654.9044	674.098	603.3948	605.0592	เม.ย.47	604.710	659.9888	685.4986	645.7606	639.4692
มี.ค.46	727.000	652.6466	672.6835	716.2888	729.3128	พ.ค.47	686.340	657.5842	683.5079	679.3665	680.3938
เม.ย.46	651.000	655.8809	676.1877	646.4577	654.094	มิ.ย.47	671.470	658.835	684.7644	675.9684	686.4488
พ.ค.46	703.000	655.6686	676.5828	699.3929	705.4455	ก.ค.47	657.760	659.3847	685.3824	667.5411	684.81
มิ.ย.46	693.000	657.7275	679.0057	696.4205	695.7562	ส.ค.47	673.370	659.314	685.4176	661.4329	665.8394
ก.ค.46	694.000	659.2619	680.9603	684.981	695.8121	ก.ย.47	652.970	659.9254	686.0454	655.3522	670.258
ส.ค.46	683.000	660.773	682.8904	690.3881	685.9344	ต.ค.47	666.590	659.6229	685.8253	644.8877	673.6128
ก.ย.46	673.000	661.7399	684.319	675.2552	675.1619	พ.ย.47	669.200	659.9259	686.1235	626.2107	648.4915
ต.ค.46	681.990	662.2297	685.2931	657.6805	654.5855	ธ.ค.47	611.420	660.3294	686.495	641.1919	665.5971
พ.ย.46	654.360	663.0893	686.5751	642.5172	640.7261	ม.ค.48	585.130	658.2018	684.5373	606.5301	598.5388
ธ.ค.46	655.080	662.7095	686.704	646.3672	648.0103	ก.พ.48	628.890	655.0232	681.5392	592.0251	588.9634
ม.ค.47	619.720	662.3777	686.8252	631.0059	625.1493	มี.ค.48	710.090	653.8864	680.3042	719.1968	716.4462
ก.พ.47	605.230	660.522	685.5046	621.5368	611.8265	เม.ย.48	650.790	656.3312	682.2966	637.4531	612.0302
มี.ค.47	701.150	658.1168	683.5952	733.5851	730.6844	พ.ค.48	718.320	656.0902	681.8803	707.0019	713.7845

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
มิ.ย.48	690.580	658.7972	684.1356	701.927	691.2744
ก.ค.48	722.880	660.1797	685.2334	689.2081	670.5908
MAPE(%)		4.964	5.110	1.838	1.655

ตารางที่ 4.16 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 ชุด Test Set

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ธ.ค.48	684.330	662.9072	687.5783	705.7817	711.1313	ธ.ค.49	678.710	662.9072	698.1892	707.7324	716.5564
ก.ย.48	684.540	662.9072	688.4626	690.6116	675.907	ก.ย.49	684.310	662.9072	699.0735	692.5199	681.3226
ต.ค.48	681.870	662.9072	689.3468	687.2211	681.4944	ต.ค.49	695.770	662.9072	699.9577	689.1196	686.9049
พ.ย.48	670.720	662.9072	690.231	664.6443	679.752	พ.ย.49	673.310	662.9072	700.842	666.48	685.1597
ธ.ค.48	622.730	662.9072	691.1153	643.4581	619.6136	ธ.ค.49	632.330	662.9072	701.7262	645.2349	625.0198
ม.ค.49	605.060	662.9072	691.9995	621.6686	592.0457	ม.ค.50	614.660	662.9072	702.6105	623.3848	597.4511
ก.พ.49	621.410	662.9072	692.8838	631.0066	635.1133	ก.พ.50	638.750	662.9072	703.4947	632.7482	640.5182
มี.ค.49	707.960	662.9072	693.768	734.3817	715.9381	มี.ค.50	755.390	662.9072	704.379	736.4081	721.3428
เม.ย.49	632.970	662.9072	694.6523	659.919	656.4348	เม.ย.50	631.610	662.9072	705.2632	661.7395	661.8394
พ.ค.49	715.170	662.9072	695.5365	725.1834	723.8547	พ.ค.50	698.8	662.9072	706.1474	727.1836	729.2591
มิ.ย.49	713.350	662.9072	696.4208	709.546	696.055	มิ.ย.50	690.225	662.9072	707.0317	711.5026	701.4594
ก.ค.49	684.760	662.9072	697.305	712.9893	728.3226	ก.ค.50	691.957	662.9072	707.9159	714.9549	733.7271
MAPE(%)								5.011	5.414	2.373	2.536

ตารางที่ 4.17 การเปรียบเทียบค่าการพยากรณ์ล่วงหน้ารายเดือนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3

เดือน	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ส.ค.50	662.9072	708.8002	709.6831	721.9608	ส.ค.51	662.9072	719.4111	711.6337	727.3652
ก.ย.50	662.9072	709.6844	694.4282	686.727	ก.ย.51	662.9072	720.2954	696.3365	692.1314
ต.ค.50	662.9072	710.5687	691.0181	692.3093	ต.ค.51	662.9072	721.1796	692.9166	697.7137
พ.ย.50	662.9072	711.4529	668.3157	690.5641	พ.ย.51	662.9072	722.0638	670.1514	695.9685
ธ.ค.50	662.9072	712.3372	647.0117	630.4242	ธ.ค.51	662.9072	722.9481	648.7885	635.8286
ม.ค.51	662.9072	713.2214	625.101	602.8555	ม.ค.52	662.9072	723.8323	626.8172	608.2599
ก.พ.51	662.9072	714.1056	634.4898	645.9226	ก.พ.52	662.9072	724.7166	636.2314	651.327
มี.ค.51	662.9072	714.9899	738.4346	726.7472	มี.ค.52	662.9072	725.6008	740.461	732.1516
เม.ย.51	662.9072	715.8741	663.5601	667.2438	เม.ย.52	662.9072	726.4851	665.3806	672.6482
พ.ค.51	662.9072	716.7584	729.1837	734.6635	พ.ค.52	662.9072	727.3693	731.1839	740.0679
มิ.ย.51	662.9072	717.6426	713.4591	706.8638	มิ.ย.52	662.9072	728.2536	715.4157	712.2682
ก.ค.51	662.9072	718.5269	716.9205	739.1314	ก.ค.52	662.9072	729.1378	718.8861	744.5358

ตารางที่ 4.18 ผลการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 ชุด Initialization Set เดือนตุลาคม 2543 - มีนาคม 2546

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ต.ค.43-ธ.ค.43	1869.906	1972.851	1875.178	1908.582	1976.547	เม.ย.46-มิ.ย.46	1966.394	2001.881	2027.218	2030.854
ม.ค.44-มี.ค.44	1904.346	1963.544	1885.214	1897.842	1960.041	ก.ค.46-ก.ย.46	1973.680	2016.993	2034.214	2018.618
เม.ย.44-มิ.ย.44	2002.823	1958.193	1897.594	2003.858	2051.594	ต.ค.46-ธ.ค.46	1980.580	2030.988	1914.606	1930.952
ก.ค.44-ก.ย.44	2038.793	1962.228	1918.287	2002.916	2038.99	ม.ค.47-มี.ค.47	1981.561	2038.031	1934.373	1919.461
ต.ค.44-ธ.ค.44	1902.064	1969.149	1940.567	1903.191	1964.936	เม.ย.47-มิ.ย.47	1976.547	2038.061	2041.003	1956.705
ม.ค.45-มี.ค.45	1936.638	1963.085	1947.667	1905.047	1914.69	ก.ค.47-ก.ย.47	1975.279	2041.471	2042.649	2015.163
เม.ย.45-มิ.ย.45	2047.892	1960.694	1957.371	2010.729	2030.591	ต.ค.47-ธ.ค.47	1976.076	2046.548	1934.364	1989.057
ก.ค.45-ก.ย.45	2049.541	1968.576	1976.842	2020.436	2019.857	ม.ค.48-มี.ค.48	1973.467	2047.52	1930.716	1965.899
ต.ค.45-ธ.ค.45	1902.000	1975.896	1994.696	1910.996	1930.16	เม.ย.48-มิ.ย.48	1969.005	2046.064	2020.353	1992.15
ม.ค.46-มี.ค.46	1938.000	1969.216	1996.703	1920.435	1905.99					
(MAPE) Initialization Set							2.836	3.234	1.390	1.899

ตารางที่ 4.19 ผลการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 ชุด Test Set เดือนกรกฎาคม 2548 - มิถุนายน 2550 และค่าพยากรณ์ล่วงหน้า เดือนกรกฎาคม 2550 - มิถุนายน 2552

		Test Set						ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า					
เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins			
ก.ค.48-ก.ย.48	2091.750	1977.203	2057.669	2032.079	2031.812	ก.ค.50-ก.ย.50	1977.203	2140.131	2040.347	2013.871			
ต.ค.48-ธ.ค.48	1975.320	1977.203	2067.977	1943.385	1917.877	ต.ค.50-ธ.ค.50	1977.203	2150.439	1951.289	1972.136			
ม.ค.49-มี.ค.49	1934.430	1977.203	2078.285	1934.436	1922.782	ม.ค.51-มี.ค.51	1977.203	2160.747	1942.3	1945.686			
เม.ย.49-มิ.ย.49	2061.490	1977.203	2088.593	2035.75	2015.661	เม.ย.51-มิ.ย.51	1977.203	2171.055	2044.021	1975.336			
ก.ค.49-ก.ย.49	2047.780	1977.203	2098.9	2036.213	2026.072	ก.ค.51-ก.ย.51	1977.203	2181.362	2044.482	2001.311			
ต.ค.49-ธ.ค.49	2001.410	1977.203	2109.208	1947.337	1952.587	ต.ค.51-ธ.ค.51	1977.203	2191.67	1955.241	1981.358			
ม.ค.50-มี.ค.50	2008.800	1977.203	2119.516	1938.368	1932.796	ม.ค.52-มี.ค.52	1977.203	2201.978	1946.231	1957.269			
เม.ย.50-มิ.ย.50	2020.635	1977.203	2129.824	2039.886	1989.147	เม.ย.52-มิ.ย.52	1977.203	2212.286	2048.157	1969.672			
(MAPE)% Test Set		2.53	4.23	1.680	2.180								

ตารางที่ 4.20 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3

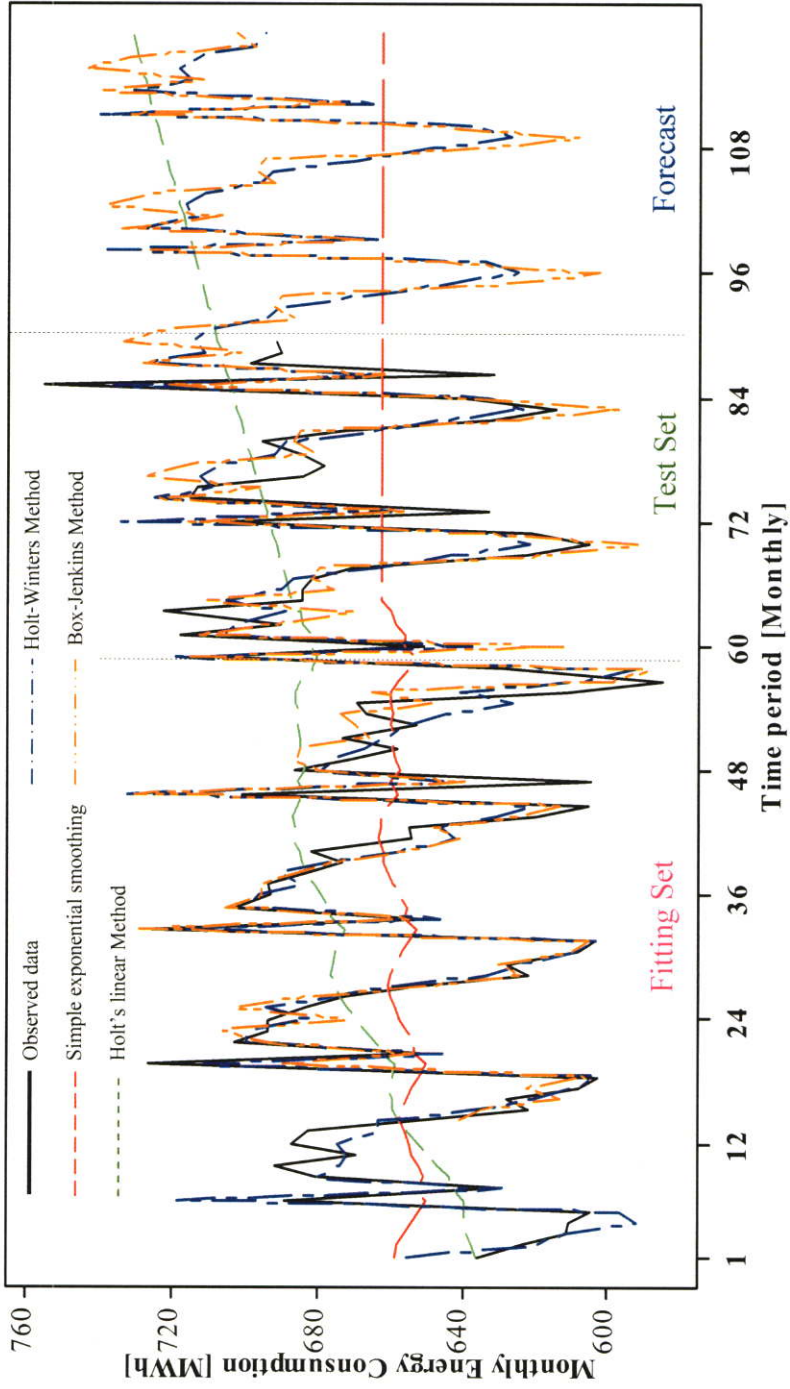
Initial Set										
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins		
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter			MAPE	Model	Equation
α	4.964	α	β	5.11	α	β	γ	1.838	$(1,0,0)$	$y_t = 5.404 + 0.542y_{t-1} + y_{t-12} - 0.542y_{t-13} + e_t$
		0.0435	0.0388						0.025	

Test Set										
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins		
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter			MAPE	Model	Equation
α	5.011	α	β	5.414	α	β	γ	2.373	$(1,0,0)$	$y_t = 5.404 + 0.542y_{t-1} + y_{t-12} - 0.542y_{t-13} + e_t$
		0.0435	0.0388						0.025	

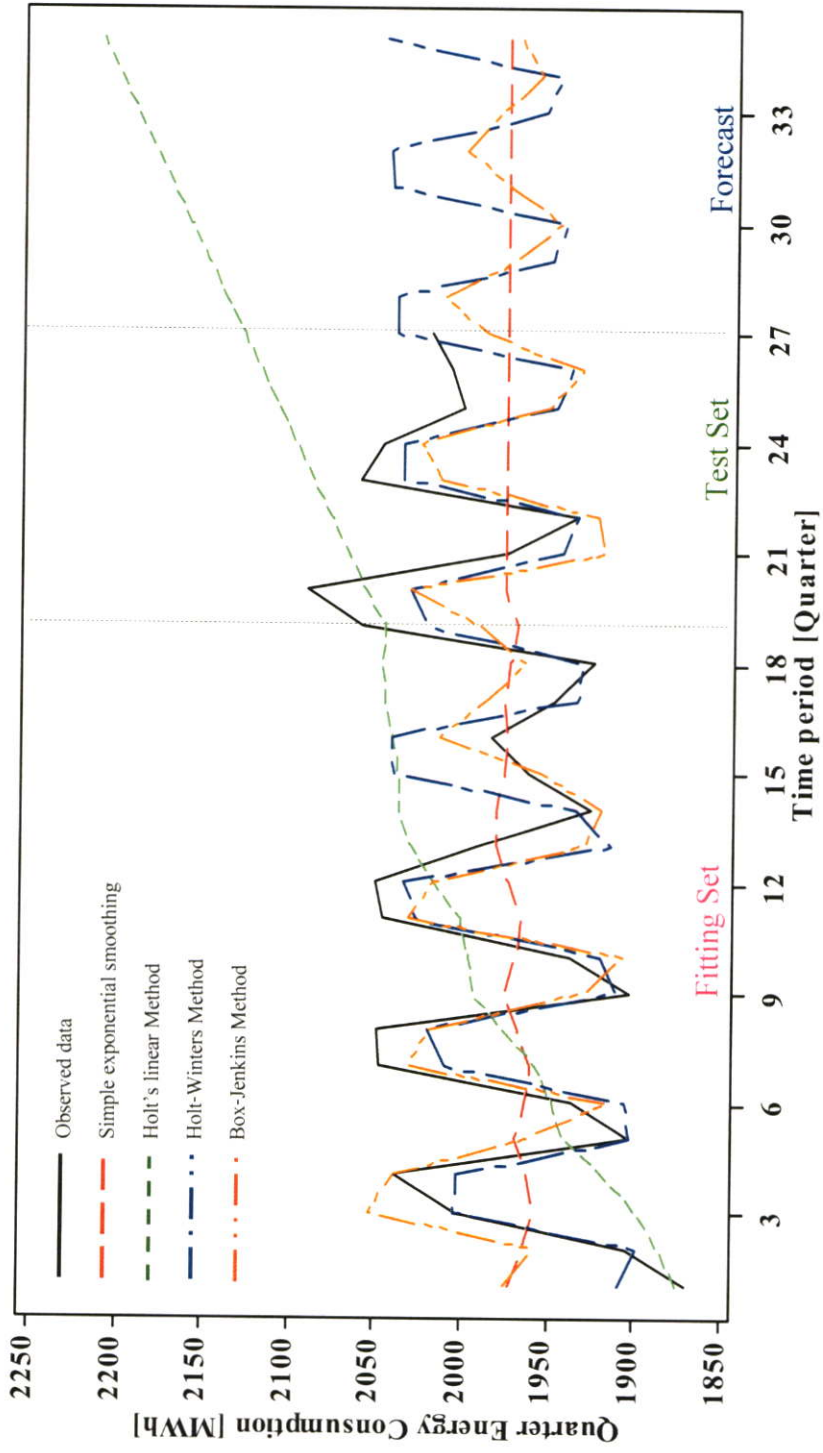
ตารางที่ 4.21 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3

Initial Set									
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins	
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	Equation
α	2.836	α	β	3.234	α	β	1.39	(2,0,0)	$y_t = c + \phi_2 y_{t-2} + e_t$
0.0904		0.0952	0.0116		0.0447	0.003			

Test Set									
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins	
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	Equation
α	2.53	α	β	4.23	α	β	1.63	(2,0,0)	$y_t = c + \phi_2 y_{t-2} + e_t$
0.0904		0.0952	0.0116		0.0447	0.003			



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ประเภทที่ 3 (กิจการขนาดกลาง)



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายไตรมาสทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 3 (กิจการขนาดกลาง)

4.6.7 ผลการวิเคราะห์รายเดือนข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงาน ของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี

4.6.7.1 Simple Exponential Smoothing Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α) เท่ากับ 0.5671 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 19360.8 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดนี้ไปใช้กับชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.23 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

4.6.7.2 Holt's Linear Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β) เท่ากับ 0.5001 และ 0.0340 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 181874 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดนี้ไปใช้กับชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.23 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.7.3 Holt -Winters Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β, γ) เท่ากับ 0.476 0.001 และ 0.4229 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 48999.57 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดนี้ไปใช้กับชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.23 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.7.4 Box-Jenkins Method

ตัวแบบพยากรณ์ของตัวแบบ ARIMA $(0, 1, 1)(0, 1, 0)_2$ มีรูปแบบดังนี้

$$(1 - B)(1 - B^{12})y_t = (1 - \theta_1 B)e_t + c \quad (4.28)$$

หรือ

$$(1 + B^{13} + B - B^{12})y_t = c + e_t - \theta_1 B e_t \quad (4.29)$$

$$y_t = c + B^{12}y_t - B y_t - B^{13}y_t - \theta_1 B e_t + e_t \quad (4.30)$$

$$y_t = c + y_{t-12} - y_{t-1} - y_{t-13} - \theta_1 B e_t + e_t \quad (4.31)$$

จากการประมาณค่าได้พารามิเตอร์ $\theta_1 = 0.403$ ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = 2.903$ ทดสอบสมมติฐาน θ_1 จะยอมรับ $H_0: \theta_1 = 0$ และปฏิเสธ $H_0: \theta_1 \neq 0$ ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการประมาณค่าได้พารามิเตอร์ c (Constant) = 1.428 จะปฏิเสธ $H_0: c = 0$ และยอมรับ $H_0: c \neq 0$ ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = 0.410$ ระดับนัยสำคัญ 0.05

การประมาณค่าของพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์มีรูปแบบดังสมการ (4.32)

$$y_t = y_{t-12} - y_{t-1} - y_{t-13} - 0.403e_{t-1} + e_t \quad (4.32)$$

4.6.8 ผลการวิเคราะห์รายไตรมาสข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงาน ของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี

4.6.8.1 Simple Exponential Smoothing Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α) เท่ากับ 0.7522 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 555128.4 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดนี้ไปทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.26 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.8.2 Holt's Linear Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β) เท่ากับ 0.09945 และ 0.0157 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 336126.3 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดนี้ไปทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.26 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.8.3 Holt -Winters Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β, γ) เท่ากับ 0.4969 0.0401 และ 0.4062 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 177242.2 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดนี้ไปทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.26 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.8.4 Box-Jenkins Method

ตัวแบบพยากรณ์ของตัวแบบ ARIMA(0,0,0) (0,1,0), มีรูปแบบดังนี้

$$(1 - B^{12})y_t = c \quad (4.33)$$

หรือ

$$y_t = c + B^{12}y_t \quad (4.34)$$

$$y_t = c + y_{t-12} \quad (4.35)$$

จากการประมาณค่าได้พารามิเตอร์ c (Constant)=178.537 จะยอมรับ $H_0: c = 0$ และปฏิเสธ $H_0: c \neq 0$ ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = 4.715$ ระดับนัยสำคัญ 0.05

การประมาณค่าของพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์มีรูปแบบดังสมการ (4.36)

$$y_t = 178.537 + y_{t-12} \quad (4.36)$$

ตารางที่ 4.22 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4 ชุด Initialization Set

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ต.ค.43	940.104	1021.65	942.608	918.4955	.	ธ.ค.44	878.750	916.2912	927.7272	869.9146	859.04742
พ.ย.43	910.406	975.4051	946.3212	885.0537	.	ม.ค.45	923.780	895.0016	905.105	897.4073	908.58866
ธ.ค.43	865.872	938.5441	932.7147	874.9403	.	ก.พ.45	885.670	911.3218	916.6332	881.7108	869.84268
ม.ค.44	903.642	897.3318	902.5049	888.4994	.	มี.ค.45	1,009.360	896.7747	902.8109	1002.711	995.42766
ก.พ.44	855.82	900.9103	906.3111	875.6924	.	เม.ย.45	962.900	960.6218	959.5702	941.4498	915.18949
มี.ค.44	971.949	875.3396	883.4395	979.9348	.	พ.ค.45	1,029.400	961.9138	964.7661	1028.729	1016.49098
เม.ย.44	883.387	930.1268	931.5871	920.5025	.	มิ.ย.45	1,029.540	1000.185	1001.719	1022.721	1018.49443
พ.ค.44	956.184	903.6207	910.5466	970.543	.	ก.ค.45	1,065.380	1016.832	1020.735	1049.51	1045.87857
มิ.ย.44	950.475	933.4293	937.2103	956.1896	.	ส.ค.45	1,054.870	1044.364	1048.924	1070.162	1058.05864
ก.ค.44	971.26	943.0959	947.9099	975.2679	.	ก.ย.45	1,045.800	1050.322	1057.86	1023.337	1025.5486
ส.ค.44	971.789	959.0678	964.0503	988.645	.	ต.ค.45	960.000	1047.758	1057.587	1048.992	1056.56373
ก.ย.44	941.184	966.282	972.515	940.7998	.	พ.ย.45	886.000	997.9902	1012.882	952.1039	924.28204
ต.ค.44	960.100	952.0489	960.9082	953.6389	.	ธ.ค.45	879.000	934.4806	951.3696	898.0091	894.65056
พ.ย.44	885.510	956.6147	964.5521	912.5352	930.402	ม.ค.46	924.000	903.0175	915.8882	916.3492	930.33018

ตารางที่ 4.22 (ต่อ)

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ก.พ.46	886.000	914.9167	920.7934	886.5556	888.43824	เม.ย.47	1058.140	1096.034	1095.469	1079.083	1099.1430
มี.ค.46	1009.000	898.518	903.6502	1006.18	1010.6715	พ.ค.47	1151.610	1074.544	1081.299	1145.753	1140.6459
เม.ย.46	963.000	961.1724	958.3839	946.2614	963.21288	มิ.ย.47	1145.940	1118.248	1122.156	1143.402	1147.1963
พ.ค.46	1029.000	962.2088	962.8191	1026.48	1029.5856	ก.ค.47	1150.290	1133.952	1140.149	1174.314	1182.4457
มิ.ย.46	1029.000	1000.086	999.1682	1022.667	1029.3757	ส.ค.47	1220.920	1143.217	1151.491	1163.635	1153.2344
ก.ค.46	1065.000	1016.483	1017.846	1051.11	1064.9912	ก.ย.47	1068.340	1187.283	1193.664	1161.741	1184.6729
ส.ค.46	1055.000	1043.997	1045.989	1063.828	1054.4864	ต.ค.47	1161.760	1119.83	1136.31	1107.062	1119.4002
ก.ย.46	1046.000	1050.237	1055.21	1028.335	1045.7232	พ.ย.47	1140.790	1143.609	1154.791	1081.805	1131.0679
ต.ค.46	1050.230	1047.834	1055.162	1026.155	960.08861	ธ.ค.47	1082.790	1142.01	1153.304	1087.843	1121.0863
พ.ย.46	1036.590	1049.193	1057.169	984.8685	939.94329	ม.ค.48	1080.000	1108.426	1122.356	1113.645	1099.2263
ธ.ค.46	1020.800	1042.046	1051.001	995.4291	990.68455	ก.พ.48	1103.460	1092.306	1104.77	1061.497	1065.5296
ม.ค.47	1021.820	1029.997	1039.508	1044.893	1053.6769	มี.ค.48	1231.730	1098.631	1107.689	1233.187	1249.711
ก.พ.47	999.610	1025.36	1033.972	993.9199	996.64411	เม.ย.48	1130.290	1174.112	1175.405	1148.926	1135.9783
มี.ค.47	1161.130	1010.757	1019.513	1131.79	1121.4160	พ.ค.48	1223.400	1149.26	1157.759	1228.181	1226.0498

ตารางที่ 4.22 (ต่อ)

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
มี.ย.48	1206.350	1191.305	1196.618	1219.35	1218.7967
ก.ค.48	1225.560	1199.837	1207.682	1238.066	1215.7104
MAPE(%)		4.380	4.198	2.026	2.44

ตารางที่ 4.23 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4 ชุด Test Set

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ธ.ค.48	1216.610	1214.425	1223.124	1251.494	1297.141	ธ.ค.49	1247.910	1214.425	1301.141	1309.571	1378.120
ก.ย.48	1169.520	1214.425	1229.626	1185.403	1135.035	ก.ย.49	1241.640	1214.425	1307.642	1240.201	1205.895
ต.ค.48	1231.140	1214.425	1236.127	1209.192	1234.287	ต.ค.49	1233.780	1214.425	1314.144	1264.876	1311.343
พ.ย.48	1179.200	1214.425	1242.628	1155.449	1212.008	พ.ย.49	1221.540	1214.425	1320.645	1208.454	1287.673
ธ.ค.48	1123.480	1214.425	1249.13	1118.025	1150.387	ธ.ค.49	1164.080	1214.425	1327.146	1169.118	1222.205
ม.ค.49	1145.340	1214.425	1255.631	1140.311	1147.423	ม.ค.50	1165.660	1214.425	1333.648	1192.225	1219.056
ก.พ.49	1100.740	1214.425	1262.133	1119.665	1172.348	ก.พ.50	1140.480	1214.425	1340.149	1170.447	1245.5369
มี.ค.49	1300.430	1214.425	1268.634	1265.372	1308.625	มี.ค.50	1331.500	1214.425	1346.651	1322.546	1390.322
เม.ย.49	1163.810	1214.425	1275.135	1175.469	1200.853	เม.ย.50	1182.210	1214.425	1353.152	1228.381	1275.821
พ.ค.49	1287.760	1214.425	1281.637	1269.657	1299.775	พ.ค.50	1333.008	1214.425	1359.653	1326.596	1380.919
มิ.ย.49	1273.510	1214.425	1288.138	1260.775	1281.661	มิ.ย.50	1306.501	1214.425	1366.155	1317.104	1361.674
ก.ค.49	1225.400	1214.425	1294.64	1286.613	1302.070	ก.ค.50	1320.541	1214.425	1372.656	1343.884	1383.357
MAPE(%)								4.688	6.769	1.807	3.91

ตารางที่ 4.24 การเปรียบเทียบค่าการพยากรณ์ล่วงหน้ารายเดือนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4

เดือน	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ส.ค.50	1214.425	1379.158	1367.649	1,464.16	ส.ค.51	1214.425	1457.174	1425.726	1,555.56
ก.ย.50	1214.425	1385.659	1295	1,281.18	ก.ย.51	1214.425	1463.676	1349.798	1,361.16
ต.ค.50	1214.425	1392.16	1320.56	1,393.21	ต.ค.51	1214.425	1470.177	1376.243	1,480.19
พ.ย.50	1214.425	1398.6617	1261.46	1,368.06	พ.ย.51	1214.425	1476.678	1314.465	1,453.47
ธ.ค.50	1214.425	1405.1631	1220.211	1,298.51	ธ.ค.51	1214.425	1483.18	1271.305	1,379.57
ม.ค.51	1214.425	1411.6645	1244.139	1,295.16	ม.ค.52	1214.425	1489.681	1296.053	1,376.02
ก.พ.51	1214.425	1418.166	1221.228	1,323.29	ก.พ.52	1214.425	1496.182	1272.01	1,405.91
มี.ค.51	1214.425	1424.667	1379.719	1,477.12	มี.ค.52	1214.425	1502.684	1436.893	1,569.33
เม.ย.51	1214.425	1431.169	1281.293	1,355.47	เม.ย.52	1214.425	1509.185	1334.206	1,440.09
พ.ค.51	1214.425	1437.67	1383.534	1,467.13	พ.ค.52	1214.425	1515.687	1440.473	1,558.72
มิ.ย.51	1214.425	1444.171	1373.434	1,446.68	มิ.ย.52	1214.425	1522.188	1429.764	1,537.00
ก.ค.51	1214.425	1450.673	1401.154	1,469.72	ก.ค.52	1214.425	1528.689	1458.425	1,561.47

ตารางที่ 4.25 ผลการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4 ชุด Initialization Set เดือนตุลาคม 2543 – มิถุนายน 2548

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ต.ค.43-ธ.ค.43	2716.382	3054.217	2739.817	2668.359	.	เม.ย.46-มิ.ย.46	3021.000	2819.772	3116.407	3009.766	3200.377
ม.ค.44-มี.ค.44	2731.411	2800.098	2784.321	2743.066	.	ก.ค.46-ก.ย.46	3166.000	2971.136	3152.274	3105.671	3344.587
เม.ย.44-มิ.ย.44	2790.046	2748.432	2825.812	2892.174	.	ต.ค.46-ธ.ค.46	3107.620	3117.713	3199.011	2926.615	2903.537
ก.ค.44-ก.ย.44	2884.233	2779.734	2868.952	2918.393	.	ม.ค.47-มี.ค.47	3182.560	3110.121	3235.156	3111.566	2997.537
ต.ค.44-ธ.ค.44	2724.360	2858.338	2917.19	2789.931	2894.919	เม.ย.47-มิ.ย.47	3355.690	3164.610	3275.075	3332.587	3199.537
ม.ค.45-มี.ค.45	2818.810	2757.560	2944.44	2791.811	2909.948	ก.ค.47-ก.ย.47	3439.550	3308.340	3328.362	3458.393	3344.537
เม.ย.45-มิ.ย.45	3021.840	2803.632	2978.175	2940.199	2968.583	ต.ค.47-ธ.ค.47	3385.340	3407.036	3384.861	3247.673	3286.157
ก.ค.45-ก.ย.45	3166.050	2967.768	3028.805	3074.594	3062.77	ม.ค.48-มี.ค.48	3415.190	3390.716	3430.356	3395.644	3361.097
ต.ค.45-ธ.ค.45	2725.000	3116.916	3088.951	2992.341	2902.897	เม.ย.48-มิ.ย.48	3560.040	3409.125	3474.272	3595.059	3534.227
ม.ค.44-มี.ค.44	2819.000	2822.117	3098.71	2912.037	2997.347						
(MAPE)%								4.508	3.257	2.436	4.265

ตารางที่ 4.26 ผลการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4 ชุด Test Set เดือนกรกฎาคม 2548 - มิถุนายน 2550 และค่าพยากรณ์ล่วงหน้ารายไตรมาส เดือนกรกฎาคม 2550 - มิถุนายน 2552

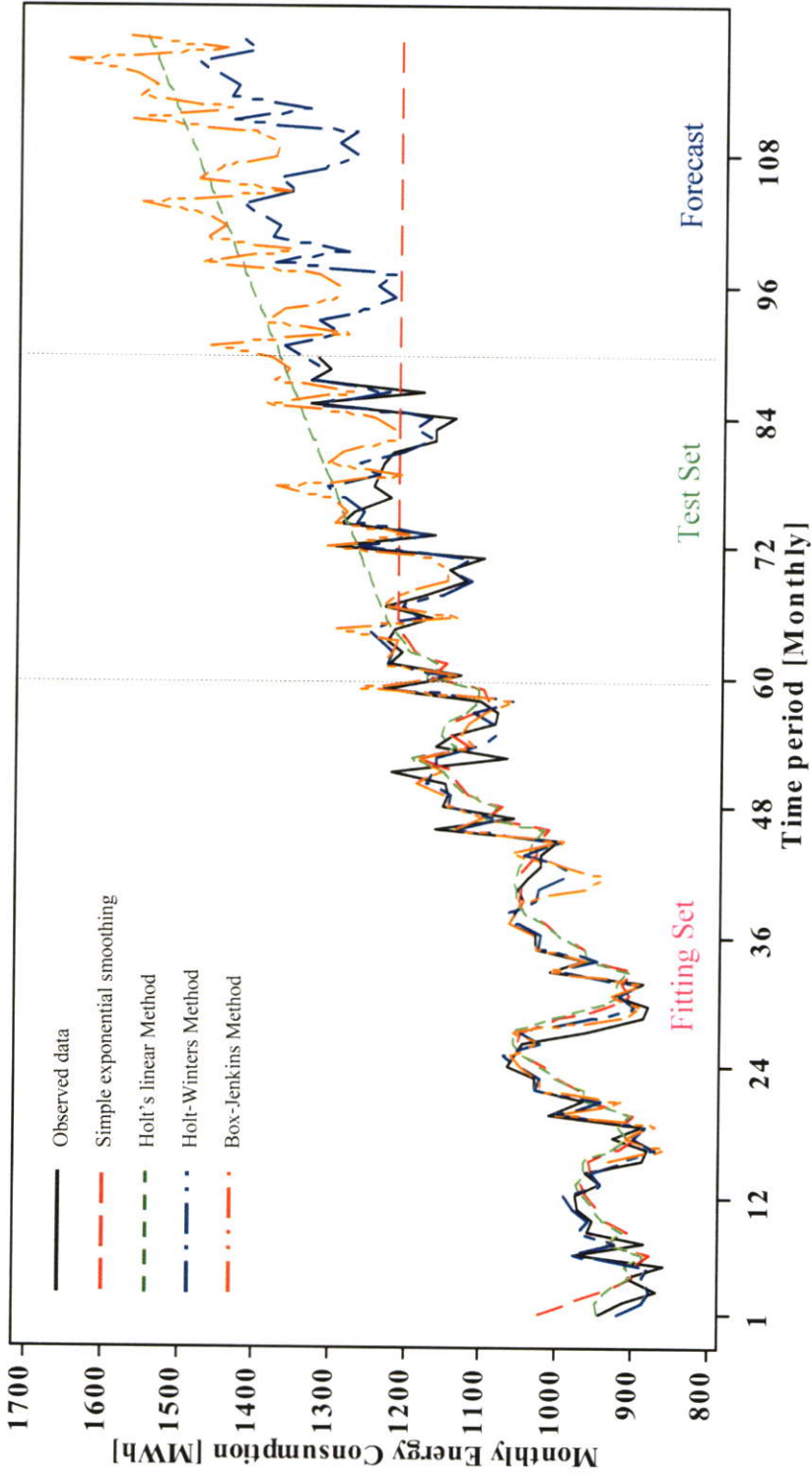
เดือน	Test Set						ค่าพยากรณ์รายไตรมาส					
	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins		
ก.ค.48-ก.ย.48	3611.690	3522.643	3528.355	3689.975	3618.087	ก.ค.50-ก.ย.50	3522.643	3892.817	4050.751	3975.16		
ต.ค.48-ธ.ค.48	3533.820	3522.643	3573.913	3507.601	3563.877	ต.ค.50-ธ.ค.50	3522.643	3938.375	3846.405	3920.95		
ม.ค.49-มี.ค.49	3546.510	3522.643	3619.471	3563.352	3593.727	ม.ค.51-มี.ค.51	3522.643	3983.932	3903.435	3950.8		
เม.ย.49-มิ.ย.49	3725.080	3522.643	3665.028	3747.209	3738.577	เม.ย.51-มิ.ย.51	3522.643	4029.49	4100.623	4095.65		
ก.ค.49-ก.ย.49	3714.950	3522.643	3710.586	3870.363	3796.623	ก.ค.51-ก.ย.51	3522.643	4075.048	4231.139	4153.696		
ต.ค.49-ธ.ค.49	3619.400	3522.643	3756.144	3677.003	3742.413	ต.ค.51-ธ.ค.51	3522.643	4120.606	4015.807	4099.486		
ม.ค.50-มี.ค.50	3637.640	3522.643	3801.702	3733.393	3772.263	ม.ค.52-มี.ค.52	3522.643	4166.163	4073.476	4129.336		
เม.ย.50-มิ.ย.50	3821.719	3522.643	3847.259	3923.916	3917.113	เม.ย.52-มิ.ย.52	3522.643	4211.721	4277.33	4274.186		
(MAPE)%		3.47	2.02	1.882	1.814							

ตารางที่ 4.27 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4

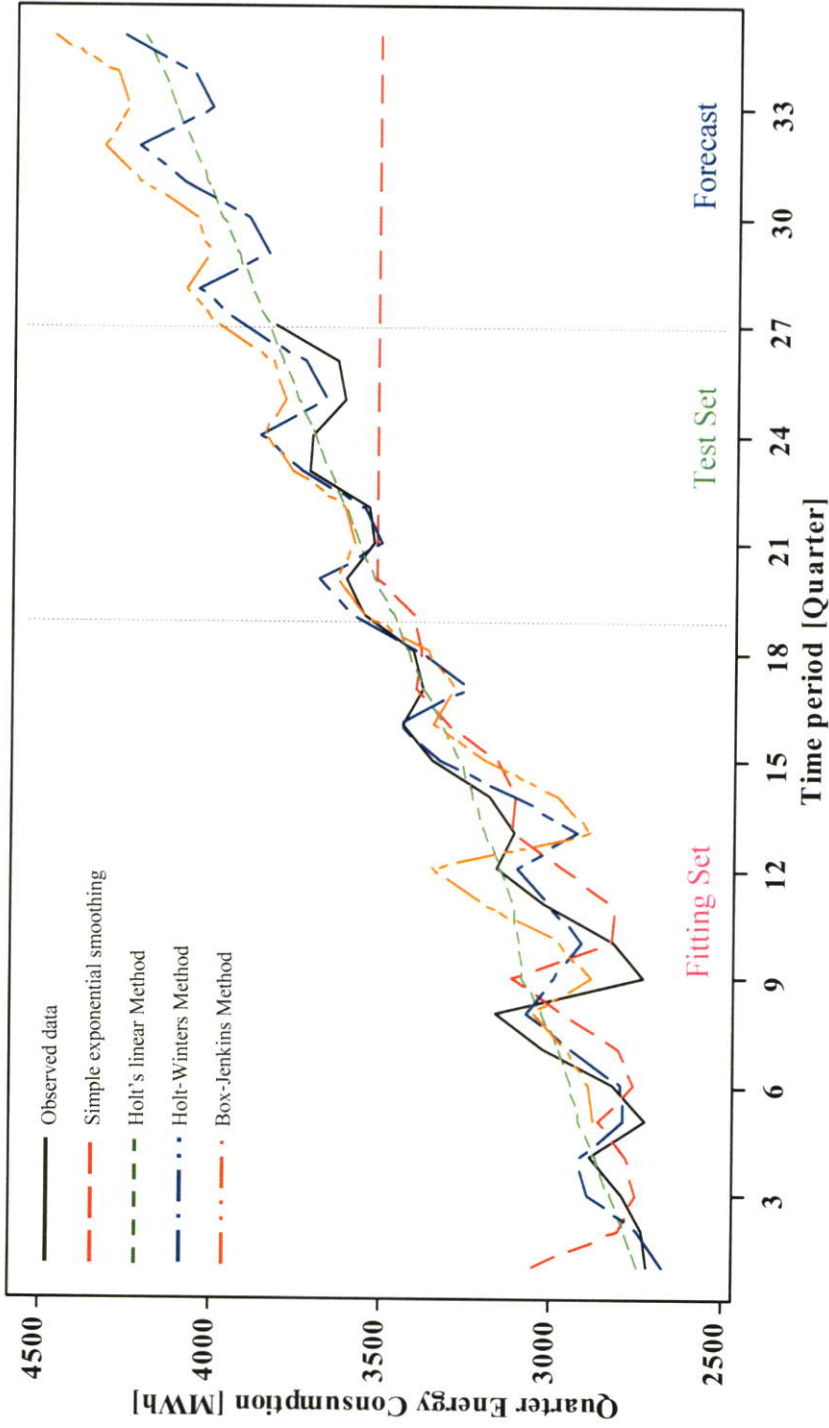
Initial Set									
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins	
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	Equation
α	4.380	α	β	4.198	α	β	2.026	$(0,1,1)$	$Y_t = Y_{t-12} - Y_{t-1} - Y_{t-13}$ $-0.403e_{t-1} + e_t$
0.5671		0.5001	0.0340		0.476	0.001		0.4229	
Test Set									
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins	
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	Equation
α	4.688	α	β	6.769	α	β	1.807	$(0,1,1)$	$Y_t = Y_{t-12} - Y_{t-1} - Y_{t-13}$ $-0.403e_{t-1} + e_t$
0.5671		0.5001	0.0340		0.476	0.001		0.4229	

ตารางที่ 4.28 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4

Initial Set									
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins	
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	Equation
α	4.508	α	β	3.257	α	β	2.436	$(0,0,0)$	$Y_t = 178.537 + Y_{t-12}$
0.7522		0.0995	0.0157		0.4969	0.0401			
Test Set									
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins	
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	Equation
α	3.47	α	β	2.02	α	β	1.882	$(0,0,0)$	$Y_t = 178.537 + Y_{t-12}$
0.7522		0.0995	0.0157		0.4969	0.0401			



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 4 (กิจการขนาดใหญ่)



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายไตรมาสทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้เฟรมเวิร์กที่ 4 (กิจการขนาดใหญ่)

4.6.9 ผลการวิเคราะห์รายเดือนข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงาน ของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี

4.6.9.1 Simple Exponential Smoothing Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α) เท่ากับ 0.7484 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 19360.8 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดมา Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.30 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.9.2 Holt's Linear Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β) เท่ากับ 0.7007 และ 0.0359 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 181874 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดมา Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.30 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.9.3 Holt -Winters Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β, γ) เท่ากับ 0.02663 0.0001 และ 0.1943 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 48999.57 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดมา Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.30 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.9.4 Box-Jenkins Method

ตัวแบบพยากรณ์ของตัวแบบ ARIMA $(0,0,0)(0,1,1)$, มีรูปแบบดังนี้

$$(1 - B^{12})y_t = (1 - \Theta B^{12})e_t + c \quad (4.37)$$

หรือ

$$y_t = c + B^{12}y_t - \Theta B^{12}e_t + e_t \quad (4.38)$$

$$y_t = c + y_{t-12} - \Theta e_{t-12} + e_t \quad (4.39)$$

$$y_t = c + y_{t-12} - \Theta e_{t-12} + e_t \quad (4.50)$$

จากการประมาณค่าได้พารามิเตอร์ $\Theta_1 = 0.222$ ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = 1.280$ ทดสอบสมมติฐาน Θ_1 จะปฏิเสธ $H_0: \Theta_1 = 0$ และยอมรับ $H_0: \Theta_1 \neq 0$ ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการประมาณค่าได้พารามิเตอร์ c (Constant) = 2.614 จะยอมรับ $H_0: c = 0$ และปฏิเสธ $H_0: c \neq 0$ ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = 3.108$ ระดับนัยสำคัญ 0.05

การประมาณค่าของพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์มีรูปแบบดังสมการ (4.51)

$$y_t = 2.614 + y_{t-12} + e_t \quad (4.51)$$

4.6.10 ผลการวิเคราะห์รายไตรมาสข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงาน ของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี

4.6.10.1 Simple Exponential Smoothing Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α) เท่ากับ 0.09593 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 0.0092 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดนี้ในชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.33 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.10.2 Holt's Linear Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β) เท่ากับ 0.0165 และ 0.001 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 0.3996 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดนี้ในชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.33 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.10.3 Holt -Winters Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β, γ) เท่ากับ 0.4969 0.0401 และ 0.4062 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 177242.2 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดนี้ในชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.33 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.10.4 Box-Jenkins Method

จากการประมาณค่าได้พารามิเตอร์ c (Constant) = 394.7 จะยอมรับ $H_0: c = 0$ และปฏิเสธ $H_0: c \neq 0$ ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = 74.71$ ระดับนัยสำคัญ 0.05

การประมาณค่าของพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์มีรูปแบบดังสมการ (4.53)

$$y_t = c + e_t \quad (4.52)$$

$$y_t = 394.7 + e_t \quad (4.53)$$

ตารางที่ 4.29 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนผู้จำหน่ายไฟฟ้าประเภทที่ 5 ชุด Initialization Set

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ต.ค.43	104.323	131.0646	104.7005	128.2092	.	ธ.ค.44	115.580	114.6009	113.3171	115.3462	120.87373
พ.ย.43	118.92	112.3455	105.1535	113.5615	.	ม.ค.45	118.112	115.2863	115.8825	118.0033	129.35373
ธ.ค.43	118.26	116.9477	116.9217	113.1733	.	ก.พ.45	119.090	117.2643	118.4211	118.5948	119.32373
ม.ค.44	126.74	117.8663	118.7474	115.7838	.	มี.ค.45	138.250	118.5423	119.7113	137.414	138.19373
ก.พ.44	116.71	124.0779	125.8965	116.3677	.	เม.ย.45	141.200	132.3377	135.2973	140.6115	140.65373
มี.ค.44	135.58	118.9204	119.3023	134.8375	.	พ.ค.45	139.240	138.5413	140.7745	138.0721	140.27373
เม.ย.44	138.04	130.5821	133.0795	137.9792	.	มิ.ย.45	135.133	139.0304	140.3019	131.0525	128.73373
พ.ค.44	137.66	135.8026	137.8029	135.4914	.	ก.ค.45	140.150	136.3022	136.9218	135.5095	134.40373
มิ.ย.44	126.12	137.1028	138.4436	128.6067	.	ส.ค.45	140.830	138.9957	140.2594	137.482	136.39373
ก.ค.44	131.79	129.4148	129.3398	132.9845	.	ก.ย.45	131.040	140.2797	141.4709	129.4539	132.14373
ส.ค.44	133.78	131.0775	132.055	134.9242	.	ต.ค.45	130.000	133.8119	133.8812	133.1482	127.29804
ก.ย.44	129.53	132.9692	134.19	127.0492	.	พ.ย.45	108.000	131.1436	131.5313	117.9292	113.62429
ต.ค.44	129.760	130.5618	131.217	130.6787	106.93673	ธ.ค.45	116.000	114.9431	113.4613	117.5191	119.37101
พ.ย.44	108.001	130.0005	130.8064	115.7454	121.53373	ม.ค.46	118.000	115.6829	116.2473	120.2227	123.22579

ตารางที่ 4.29 (ต่อ)

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ก.พ.46	119.000	117.3049	118.4045	120.8219	121.75571	เม.ย.47	140.120	137.4557	140.1294	145.8762	144.21247
มี.ค.46	138.000	118.4915	119.6359	139.9905	140.85122	พ.ค.47	138.760	139.3207	140.8769	143.2337	142.2995
เม.ย.46	141.000	132.1474	135.0822	143.2439	143.69225	มิ.ย.47	134.520	138.9282	139.9384	135.944	137.90809
พ.ค.46	139.000	138.3442	140.5715	140.6529	142.08363	ก.ค.47	134.030	135.8425	136.3587	140.5595	142.94416
มิ.ย.46	135.000	138.8033	140.0693	133.4982	136.32359	ธ.ค.47	141.960	134.5737	135.2508	142.5975	143.93779
ก.ค.46	140.000	136.141	136.7689	138.0345	141.48581	ก.ย.47	129.970	139.7441	141.3732	134.2632	134.25849
ธ.ค.46	141.000	138.8423	140.1088	140.0397	142.45715	ต.ค.47	136.790	132.9022	133.0057	138.0872	143.52799
ก.ย.46	131.000	140.3527	141.5768	131.8586	133.89919	พ.ย.47	140.230	135.6237	136.7882	122.297	127.47636
ต.ค.46	143.460	133.8058	133.8704	135.6177	132.01284	ธ.ค.47	119.410	138.8481	140.2967	121.8649	123.29643
พ.ย.46	128.580	140.5637	142.2971	120.1131	111.86453	ม.ค.48	126.860	125.2414	124.3424	124.6617	125.09267
ธ.ค.46	121.060	132.1751	132.0785	119.692	119.36342	ก.พ.48	122.200	126.3744	127.1115	125.2761	128.4122
ม.ค.47	122.680	124.3945	124.0187	122.4422	121.7759	มี.ค.48	143.050	123.4523	123.9373	145.1435	144.81971
ก.พ.47	126.820	123.1944	123.7028	123.049	122.22658	เม.ย.48	150.910	137.1707	139.9825	148.5085	143.64386
มี.ค.47	142.480	125.7323	126.9516	142.567	141.24782	พ.ค.48	144.550	146.7882	149.4795	145.8144	142.16089

ตารางที่ 4.29 (ต่อ)

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
มิ.ย.48	136.110	145.2215	146.2909	138.3897	137.88721
ก.ค.48	147.360	138.8434	138.9012	143.0845	138.62616
MAPE(%)		5.620	8.804	2.968	2.973

ตารางที่ 4.30 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5 ชุด Test Set

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ส.ค.48	142.310	145.1136	145.6817	145.7591	145.01358	ส.ค.49	147.680	145.1136	153.466	148.3242	147.62731
ก.ย.48	137.080	145.1136	146.3304	136.4159	133.53745	ก.ย.49	141.930	145.1136	154.1147	138.8131	136.15119
ต.ค.48	143.070	145.1136	146.9791	139.147	140.9022	ต.ค.49	139.610	145.1136	154.7634	141.5886	143.51593
พ.ย.48	141.230	145.1136	147.6278	127.8295	140.00744	พ.ย.49	136.190	145.1136	155.412	130.0692	142.62117
ธ.ค.48	124.210	145.1136	148.2765	124.1885	122.88804	ธ.ค.49	124.910	145.1136	156.0607	126.3612	125.50177
ม.ค.49	124.890	145.1136	148.9252	128.1815	129.08069	ม.ค.50	134.370	145.1136	156.7094	130.4209	131.69443
ก.พ.49	138.990	145.1136	149.5738	127.4836	126.19527	ก.พ.50	132.200	145.1136	157.3581	129.7075	128.809
มี.ค.49	138.960	145.1136	150.2225	147.3576	146.0573	มี.ค.50	158.070	145.1136	158.0068	149.9245	148.67103
เม.ย.49	157.960	145.1136	150.8712	150.6413	151.90781	เม.ย.50	148.320	145.1136	158.6555	153.2615	154.52154
พ.ค.49	148.850	145.1136	151.5199	147.7297	146.63242	พ.ค.50	152.137	145.1136	159.3042	150.2956	149.24615
มิ.ย.49	149.380	145.1136	152.1686	140.7859	139.11897	มิ.ย.50	145.641	145.1136	159.9529	143.2277	141.7327
ก.ค.49	144.430	145.1136	152.8173	146.2629	148.03141	ก.ค.50	150.062	145.1136	160.6016	148.796	150.64514
(MAPE)%								5.620	8.804	2.968	3.001

ตารางที่ 4.31 การเปรียบเทียบค่าการพยากรณ์ล่วงหน้ารายเดือนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5

เดือน	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ธ.ค.50	145.1136	161.2503	150.8893	150.24104	ธ.ค.51	145.1136	169.0345	153.4544	152.85477
ก.ย.50	145.1136	161.8989	141.2103	138.76492	ก.ย.51	145.1136	169.6832	143.6074	141.37865
ต.ค.50	145.1136	162.5476	144.0301	146.12967	ต.ค.51	145.1136	170.3319	146.4717	148.7434
พ.ย.50	145.1136	163.1963	132.3089	145.2349	พ.ย.51	145.1136	170.9806	134.5486	147.84863
ธ.ค.50	145.1136	163.845	128.534	128.11551	ธ.ค.51	145.1136	171.6293	130.7067	130.72924
ม.ค.51	145.1136	164.4937	132.6602	134.30816	ม.ค.52	145.1136	172.278	134.8996	136.92189
ก.พ.51	145.1136	165.1424	131.9314	131.42274	ก.พ.52	145.1136	172.9267	134.1553	134.03647
มี.ค.51	145.1136	165.7911	152.4914	151.28477	มี.ค.52	145.1136	173.5754	155.0582	153.8985
เม.ย.51	145.1136	166.4398	155.8818	157.13527	เม.ย.52	145.1136	174.2241	158.5021	159.74901
พ.ค.51	145.1136	167.0885	152.8616	151.85988	พ.ค.52	145.1136	174.8727	155.4275	154.47361
มิ.ย.51	145.1136	167.7372	145.6694	144.34644	มิ.ย.52	145.1136	175.5214	148.1112	146.96017
ก.ค.51	145.1136	168.3858	151.3291	153.25887	ก.ค.52	145.1136	176.1701	153.8622	155.8726

ตารางที่ 4.32 ผลการพยากรณ์รายได้รวมของตู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5 ชุด Initialization Set เดือนตุลาคม 2543 – มิถุนายน 2548

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ต.ค.43-ธ.ค.43	341.503	391.863	344.0049	357.2729	394.66	เม.ย.46-มิ.ย.46	415.000	383.2693	398.1298	419.8279	394.66
ม.ค.44-มี.ค.44	379.030	385.7992	348.5082	366.5423	394.66	ก.ค.46-ก.ย.46	412.000	387.08968	406.5075	412.8967	394.66
เม.ย.44-มิ.ย.44	401.820	384.9842	359.6163	403.4059	394.66	ต.ค.46-ธ.ค.46	393.100	390.08888	412.6098	361.8811	394.66
ก.ค.44-ก.ย.44	395.100	387.0112	373.0608	393.7409	394.66	ม.ค.47-มี.ค.47	391.980	390.45142	413.7115	388.0039	394.66
ต.ค.44-ธ.ค.44	353.341	387.9851	382.4723	357.7505	394.66	เม.ย.47-มิ.ย.47	413.400	390.63546	414.3689	426.1718	394.66
ม.ค.45-มี.ค.45	375.452	383.8140	381.6498	378.6791	394.66	ก.ค.47-ก.ย.47	405.960	393.37631	419.1789	420.5154	394.66
เม.ย.45-มิ.ย.45	415.573	382.8072	385.414	410.2999	394.66	ต.ค.47-ธ.ค.47	396.430	394.89139	421.5388	381.126	394.66
ก.ค.45-ก.ย.45	412.020	386.7522	396.4495	401.7094	394.66	ม.ค.48-มี.ค.48	392.110	395.07664	421.5208	396.5147	394.66
ต.ค.45-ธ.ค.45	345.000	389.7944	404.5673	362.831	394.66	เม.ย.48-มิ.ย.48	431.570	394.71945	420.6424	428.4773	394.66
ม.ค.44-มี.ค.44	375.000	384.4012	397.6576	384.3673	394.66						
(MAPE)%								5.129	5.519	2.363	5.246

ตารางที่ 4.33 ผลการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5 ชุด Test Set เดือนกรกฎาคม 2548 - มิถุนายน 2550 และค่าพยากรณ์ล่วงหน้ารายไตรมาส เดือนกรกฎาคม 2550 - มิถุนายน 2552

เดือน		Test Set					ค่าพยากรณ์รายไตรมาส				
เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	
ก.ค.48-ก.ย.48	426.750	399.1562	427.8316	422.2341	394.66	ก.ค.50-ก.ย.50	399.1562	467.8614	437.0946	394.66	
ต.ค.48-ธ.ค.48	408.510	399.1562	432.8353	394.2762	394.66	ต.ค.50-ธ.ค.50	399.1562	472.8651	408.092	394.66	
ม.ค.49-มี.ค.49	402.840	399.1562	437.839	401.7665	394.66	ม.ค.51-มี.ค.51	399.1562	477.8688	415.7834	394.66	
เม.ย.49-มิ.ย.49	456.190	399.1562	442.8428	437.3396	394.66	เม.ย.51-มิ.ย.51	399.1562	482.8725	452.5313	394.66	
ก.ค.49-ก.ย.49	434.040	399.1562	447.8465	429.6644	394.66	ก.ค.51-ก.ย.51	399.1562	487.8763	444.5249	394.66	
ต.ค.49-ธ.ค.49	400.710	399.1562	452.8502	401.1841	394.66	ต.ค.51-ธ.ค.51	399.1562	492.88	414.9998	394.66	
ม.ค.50-มี.ค.50	424.640	399.1562	457.8539	408.775	394.66	ม.ค.52-มี.ค.52	399.1562	497.8837	422.7918	394.66	
เม.ย.50-มิ.ย.50	446.098	399.1562	462.8577	444.9355	394.66	เม.ย.52-มิ.ย.52	399.1562	502.8874	460.1271	394.66	
(MAPE)%		5.89	5.7	1.758	6.950						

ตารางที่ 4.34 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5

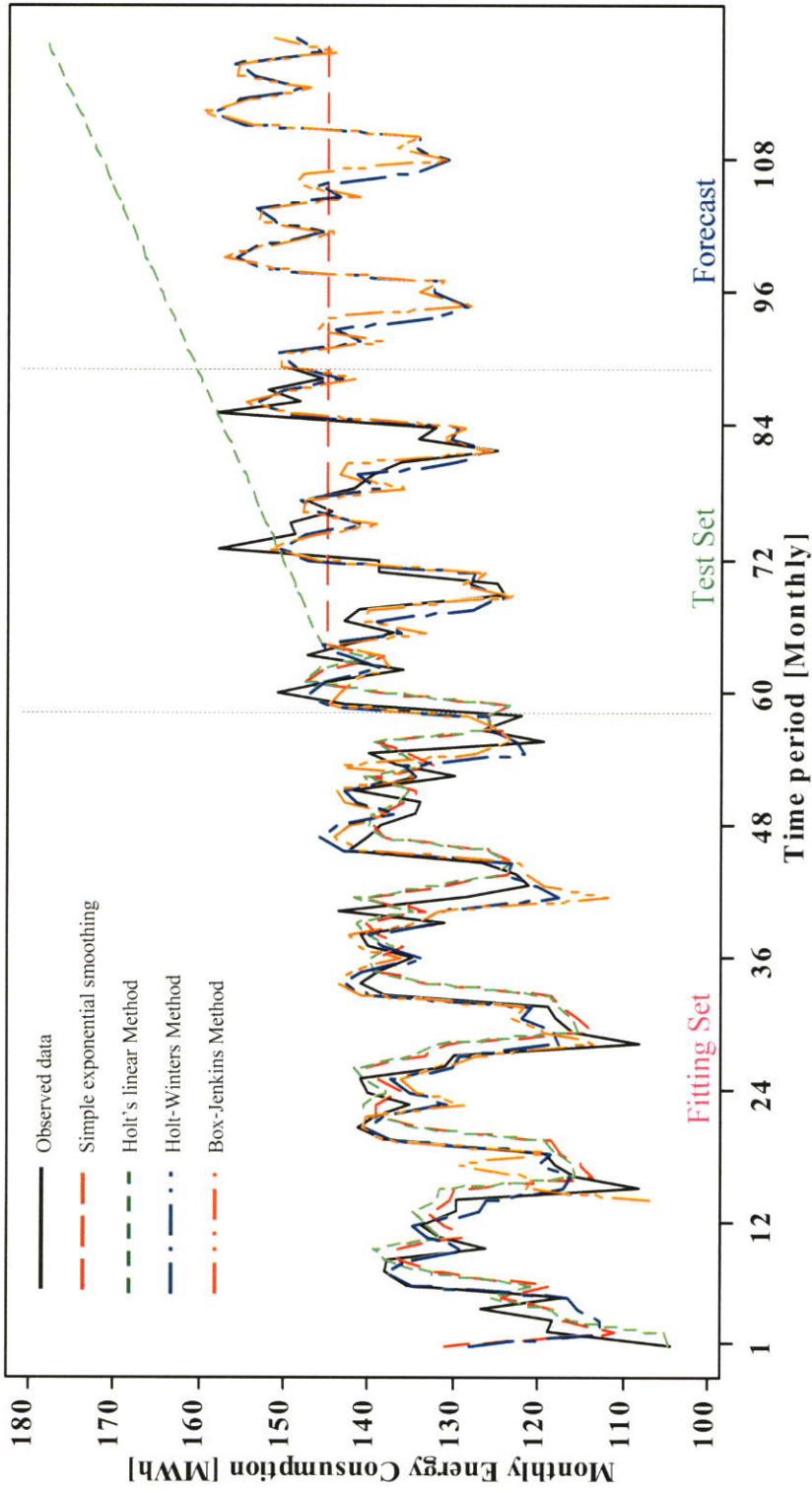
Initial Set									
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins	
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	Equation
α	5.710	α	β	5.358	α	β	2.946	(0,0,0)	$Y_t = 2.614 + Y_{t-12} + e_t$
0.7484		0.7007	0.0359	0.0266	0.0001	0.1943		(0,1,1) ₁₂	

Test Set									
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins	
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	Equation
α	5.620	α	β	8.804	α	β	2.968	(0,0,0)	$Y_t = 2.614 + Y_{t-12} + e_t$
0.7484		0.7007	0.0359	0.0266	0.0001	0.1943		(0,1,1) ₁₂	

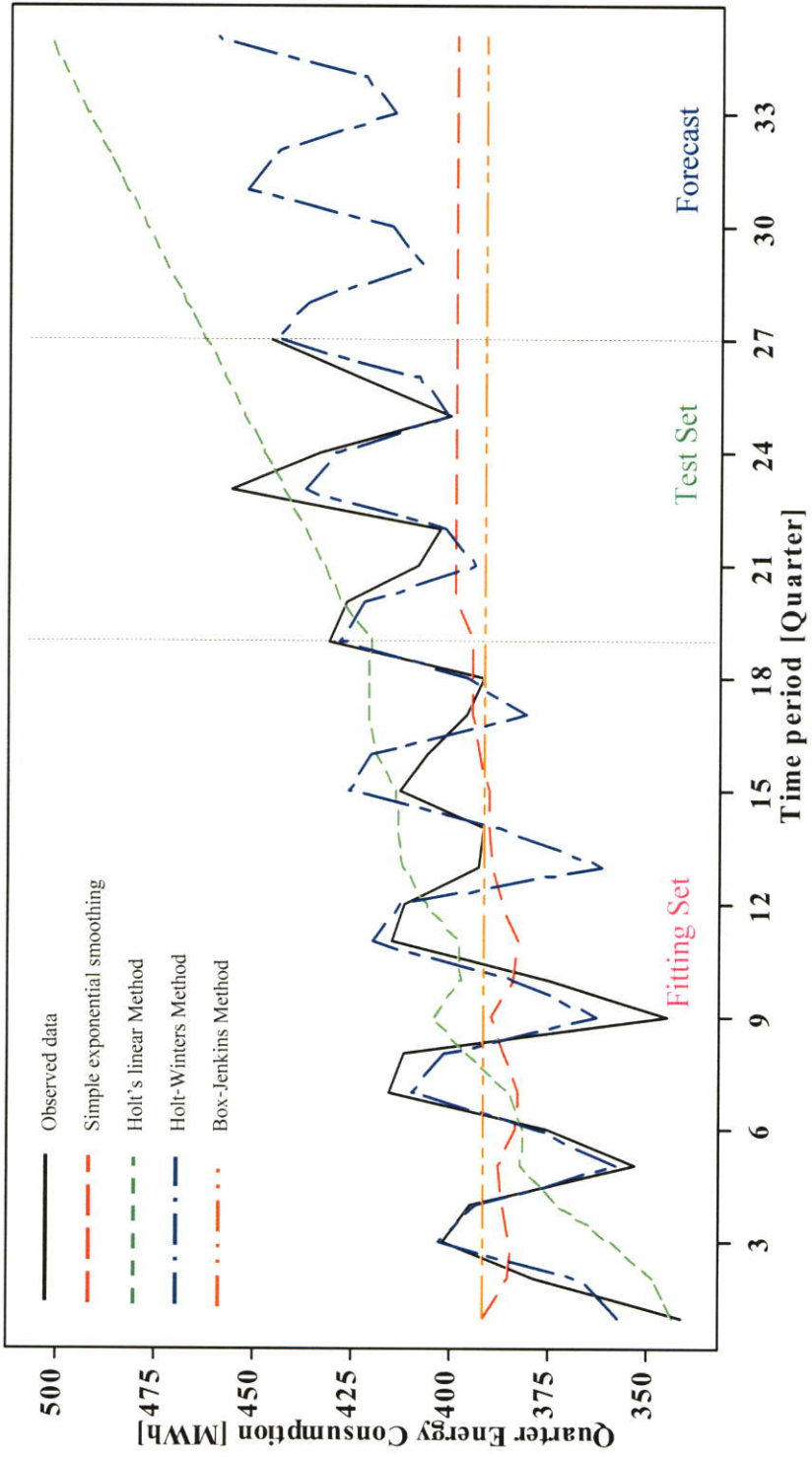
ตารางที่ 4.35 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายได้ไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5

Initial Set										
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins		
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter			Model	MAPE	Equation
α	5.129	α	β	5.519	α	β	γ	(0,0,0)	5.246	$y_t = 394.7 + e_t$
0.1204		2	0		0.0165	0.001	0.3996			
									2.363	

Test Set										
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins		
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter			Model	MAPE	Equation
α	5.89	α	β	5.7	α	β	γ	(0,0,0)	6.950	$y_t = 394.7 + e_t$
0.1204		2	0		0.0165	0.001	0.3996			
									1.758	



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้เฟรมเวิร์กที่ 5 (กิจการเฉพาะอย่าง)



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายไตรมาสทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ประเภทที่ 5 (กิจการเฉพาะอย่าง)

4.6.11 ผลการวิเคราะห์รายเดือนข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงาน ของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 6 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี

4.6.11.1 Simple Exponential Smoothing Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α) เท่ากับ 0.7484 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 19360.8 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดนี้ไปใช้ในชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.36 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.11.2 Holt's Linear Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β) เท่ากับ 0.7007 และ 0.0359 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 181874 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดนี้ไปใช้ในชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.36 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.11.3 Holt -Winters Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β, γ) เท่ากับ 0.02663 0.0001 และ 0.1943 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 48999.57 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดนี้ไปใช้ในชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.36 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.11.4 Box-Jenkins Method

ตัวแบบพยากรณ์ของตัวแบบ ARIMA $(0,0,0)(0,1,0)_{12}$ มีรูปแบบดังนี้

$$(1 - B^{12})y_t = e_t + c \quad (4.54)$$

หรือ

$$y_t - B^{12}y_t = c + e_t \quad (4.55)$$

$$y_t = c + B^{12}Y_t + e_t \quad (4.56)$$

$$y_t = c + Y_{t-12} + e_t \quad (4.57)$$

จากการประมาณค่าได้พารามิเตอร์ c (Constant) = 1.216 จะปฏิเสธ $H_0: c = 0$ และยอมรับ $H_1: c \neq 0$ ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = 0.820$ ระดับนัยสำคัญ 0.05

การประมาณค่าของพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์มีรูปแบบดังสมการ (4.58)

$$y_t = Y_{t-12} + e_t \quad (4.58)$$

4.6.12 ผลการวิเคราะห์รายไตรมาสข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงาน ของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 6 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี

4.6.12.1 Simple Exponential Smoothing Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α) เท่ากับ 0.09593 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 0.0092 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดนี้มาทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.37 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.12.2 Holt's Linear Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β) เท่ากับ 0.0165 และ 0.001 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 0.3996 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดนี้มาทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.37 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.12.3 Holt -Winters Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β, γ) เท่ากับ 0.4969 0.0401 และ 0.4062 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 177242.2 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดนี้มาทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.37 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.12.4 Box-Jenkins Method

ตัวแบบพยากรณ์ของตัวแบบ ARIMA(2,0,0) มีรูปแบบดังนี้

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2) y_t = e_t + c \quad (4.59)$$

หรือ

$$y_t = c + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + e_t \quad (4.60)$$

จากการประมาณค่าได้พารามิเตอร์ $\phi_1 = -0.024$ ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = -0.121$ ทดสอบสมมติฐาน ϕ_1 จะปฏิเสธ $H_0: \phi_1 = 0$ และยอมรับ $H_0: \phi_1 \neq 0$ ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการประมาณค่าได้พารามิเตอร์ $\phi_2 = -0.673$ ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = -3.750$ ทดสอบสมมติฐานยอมรับ $H_0: \phi_2 = 0$ และปฏิเสธ $H_0: \phi_2 \neq 0$ ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = 0.869$ ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการประมาณค่าได้พารามิเตอร์ c (Constant) = 295.474 จะยอมรับ $H_0: c = 0$ และปฏิเสธ $H_0: c \neq 0$ ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = 133.846$ ระดับนัยสำคัญ 0.05

การประมาณค่าของพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์มีรูปแบบดังสมการ (4.62)

$$y_t = c + \phi_2 y_{t-2} + e_t \quad (4.61)$$

$$y_t = 295.474 - 0.673 y_{t-2} + e_t \quad (4.62)$$

ตารางที่ 4.36 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 6 ชุด Initial Set

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ต.ค.43	102.36	98.31153	102.3652	99.47509	.	ธ.ค.44	86.726	97.57895	98.33185	89.28817	92.7327
พ.ย.43	82.33	98.41194	102.375	97.71776	.	ม.ค.45	79.520	97.3098	97.18162	80.50685	82.81325
ธ.ค.43	91.99	98.0131	100.3809	83.58779	.	ก.พ.45	90.860	96.86861	95.42581	89.78531	89.06331
ม.ค.44	82.15	97.86373	99.55212	76.15571	.	มี.ค.45	103.150	96.7196	94.97958	99.48303	95.81741
ก.พ.44	88.35	97.47403	97.82226	87.26369	.	เม.ย.45	93.290	96.87907	95.80697	94.46298	97.1783
มี.ค.44	95.05	97.24775	96.88539	98.53939	.	พ.ค.45	102.670	96.79007	95.56562	98.99519	96.46257
เม.ย.44	96.4	97.19325	96.7122	89.42059	.	มิ.ย.45	110.940	96.93589	96.28641	104.2745	100.7368
พ.ค.44	95.69	97.17358	96.69133	97.40129	.	ก.ค.45	107.100	97.28319	97.76212	106.5405	104.06345
มิ.ย.44	99.93	97.13679	96.60155	103.0133	.	ธ.ค.45	107.090	97.52665	98.70626	102.4069	96.27104
ก.ค.44	103.23	97.20606	96.94474	104.267	.	ก.ย.45	100.470	97.76382	99.55498	100.9557	101.80536
ธ.ค.44	95.5	97.35545	97.58362	102.6054	.	ต.ค.45	110.000	97.83093	99.65684	108.6965	110.96875
ก.ย.44	100.99	97.30944	97.38561	96.42254	.	พ.ย.45	92.000	98.13272	100.7015	95.71537	92.96758
ต.ค.44	110.080	97.40071	97.7564	103.1033	103.18642	ธ.ค.45	87.000	97.98063	99.8417	90.54114	87.4262
พ.ย.44	92.223	97.71516	98.99911	93.98253	82.99471	ม.ค.46	79.000	97.70831	98.56789	82.15249	80.16202

ตารางที่ 4.36 (ต่อ)

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ก.พ.46	91.000	97.24435	96.62145	92.45348	91.59358	เม.ย.47	92.830	98.14066	98.91378	97.21697	93.75085
มี.ค.46	103.000	97.08949	96.06965	103.3845	103.9828	พ.ค.47	100.340	98.00896	98.31575	105.2864	103.83159
เม.ย.46	93.000	97.23607	96.77304	96.22639	94.0432	มิ.ย.47	105.840	98.06677	98.52853	112.8716	112.90425
พ.ค.46	103.000	97.13101	96.40609	102.7753	103.49893	ก.ค.47	120.860	98.25955	99.27003	112.1769	111.89618
มิ.ย.46	112.000	97.27656	97.07583	109.3111	111.8357	ส.ค.47	111.560	98.82004	101.4394	109.0912	107.86389
ก.ค.46	111.000	97.64171	98.5786	109.1027	107.96469	ก.ย.47	98.410	99.13599	102.4618	104.0521	100.80737
ส.ค.46	107.000	97.97299	99.83109	106.5495	107.95461	ต.ค.47	98.420	99.11798	102.067	110.0503	102.64206
ก.ย.46	100.000	98.19686	100.5583	102.9175	101.28116	พ.ย.47	125.880	99.10067	101.7126	104.9363	113.95265
ต.ค.46	101.820	98.24158	100.5129	111.4943	110.88811	ธ.ค.47	50.710	99.7648	104.1397	96.36331	99.92027
พ.ย.46	113.040	98.33032	100.6539	96.06823	92.74278	ม.ค.48	91.000	98.54824	98.80708	82.18726	79.09346
ธ.ค.46	99.120	98.69512	101.9029	91.17965	87.70241	ก.พ.48	90.640	98.36105	98.03673	95.40826	94.49683
ม.ค.47	78.460	98.70566	101.6349	82.92282	79.63782	มี.ค.48	101.620	98.16956	97.30741	105.0056	100.82753
ก.พ.47	93.740	98.20357	99.32779	94.1367	91.73471	เม.ย.48	101.630	98.25513	97.74902	96.89818	93.57948
มี.ค.47	100.020	98.09287	98.77937	105.7816	103.83159	พ.ค.48	102.560	98.33883	98.14747	105.0201	101.15011

ตารางที่ 4.36 (ต่อ)

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
มิ.ย.48	114.530	98.44352	98.59907	111.9334	106.69452
ก.ค.48	102.950	98.84246	100.2025	117.6634	121.83579
MAPE(%)		9.637	9.948	6.274	5.445

ตารางที่ 4.37 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 6 ชุด Test Set

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ส.ค.48	105.020	98.94433	100.4876	111.667	112.4607	ส.ค.49	103.600	98.94433	100.6118	114.1087	113.36868
ก.ย.48	107.020	98.94433	100.498	103.2772	99.20453	ก.ย.49	102.960	98.94433	100.6222	105.5313	100.00548
ต.ค.48	96.370	98.94433	100.5083	107.0587	99.21461	ต.ค.49	90.120	98.94433	100.6325	109.3911	100.01564
พ.ย.48	100.970	98.94433	100.5187	115.0366	126.89632	พ.ย.49	93.240	98.94433	100.6429	117.5382	127.92084
ธ.ค.48	85.710	98.94433	100.529	79.33384	51.11942	ธ.ค.49	80.100	98.94433	100.6532	81.05597	51.53214
ม.ค.49	83.540	98.94433	100.5394	87.4668	91.73471	ม.ค.50	81.800	98.94433	100.6636	89.36204	92.47535
ก.พ.49	94.200	98.94433	100.5497	95.35271	91.3718	ก.พ.50	88.210	98.94433	100.6739	97.4151	92.10951
มี.ค.49	100.350	98.94433	100.5601	105.7737	102.44045	มี.ค.50	104.400	98.94433	100.6843	108.0574	103.26752
เม.ย.49	88.810	98.94433	100.5704	100.8051	102.45053	เม.ย.50	85.170	98.94433	100.6946	102.9775	103.27768
พ.ค.49	105.900	98.94433	100.5808	106.1231	103.38804	พ.ค.50	94.368	98.94433	100.705	108.4061	104.22276
มิ.ย.49	109.300	98.94433	100.5911	115.2403	115.45468	มิ.ย.50	105.909	98.94433	100.7153	117.715	116.38683
ก.ค.49	99.570	98.94433	100.6015	114.0869	103.78119	ก.ค.50	106.359	98.94433	100.7257	116.5325	104.61909
(MAPE)%								8.631	8.888	9.512	11.824

ตารางที่ 4.38 การเปรียบเทียบค่าการพยากรณ์ล่วงหน้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 6

เดือน	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ส.ค.50	98.94433	100.736	117.2183	114.28398	ส.ค.51	98.94433	100.8602	119.6671	115.20667
ก.ย.50	98.94433	100.7464	110.252	100.81289	ก.ย.51	98.94433	100.8706	112.5512	101.62683
ต.ค.50	98.94433	100.7567	116.4443	100.82314	ต.ค.51	98.94433	100.881	118.8685	101.63715
พ.ย.50	98.94433	100.7671	114.2994	128.95363	พ.ย.51	98.94433	100.8913	116.6748	129.99477
ธ.ค.50	98.94433	100.7774	97.99431	51.9482	ธ.ค.51	98.94433	100.9017	100.0273	52.36761
ม.ค.51	98.94433	100.7878	89.10908	93.22196	ม.ค.52	98.94433	100.912	90.95458	93.97461
ก.พ.51	98.94433	100.7981	101.9459	92.85317	ก.พ.52	98.94433	100.9224	104.0536	93.60284
มี.ค.51	98.94433	100.8085	115.062	104.10127	มี.ค.52	98.94433	100.9327	117.4368	104.94176
เม.ย.51	98.94433	100.8188	104.4443	104.11152	เม.ย.52	98.94433	100.9431	106.5962	104.95208
พ.ค.51	98.94433	100.8292	113.5887	105.06423	พ.ค.52	98.94433	100.9534	115.925	105.91248
มิ.ย.51	98.94433	100.8395	120.1334	117.3265	มิ.ย.52	98.94433	100.9638	122.6001	118.27376
ก.ค.51	98.94433	100.8499	121.62	105.46375	ก.ค.52	98.94433	100.9741	124.113	106.31523

ตารางที่ 4.39 ผลการพยากรณ์รายได้รวมของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 6 ชุด Initialization Set เดือนตุลาคม 2543 – มิถุนายน 2548

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ต.ค.43-ธ.ค.43	276.680	294.690	277.8478	278.2267	295.4739	เม.ย.46-มิ.ย.46	308.000	291.167	300.4943	309.4128	300.3653
ม.ค.44-มี.ค.44	265.550	293.066	280.0773	262.7926	295.9208	ก.ค.46-ก.ย.46	318.000	292.685	303.5038	317.6095	310.3012
เม.ย.44-มิ.ย.44	292.020	290.584	281.0927	294.2459	308.8339	ต.ค.46-ธ.ค.46	313.980	294.968	307.1549	298.4787	286.5081
ก.ค.44-ก.ย.44	299.720	290.714	284.4064	302.3602	315.695	ม.ค.47-มี.ค.47	272.220	296.683	310.1224	283.017	279.8736
ต.ค.44-ธ.ค.44	289.029	291.526	288.1281	284.5241	297.6974	เม.ย.47-มิ.ย.47	299.010	294.477	309.0349	316.262	283.5721
ม.ค.45-มี.ค.45	273.530	291.301	290.5549	269.8528	292.7695	ก.ค.47-ก.ย.47	330.830	294.886	310.4445	324.5401	311.0399
เม.ย.45-มิ.ย.45	306.900	289.698	291.3549	300.9038	300.3331	ต.ค.47-ธ.ค.47	275.010	298.128	314.6064	308.617	292.2534
ก.ค.45-ก.ย.45	314.660	291.249	295.097	309.3303	309.9706	ม.ค.48-มี.ค.48	283.260	296.043	313.3403	285.3199	272.1656
ต.ค.45-ธ.ค.45	289.000	293.361	299.2178	292.8917	287.3279	เม.ย.48-มิ.ย.48	318.720	294.890	312.9027	317.8937	309.5367
ม.ค.44-มี.ค.44	273.000	292.968	300.6521	277.3709	282.7155						
(MAPE)%								5.834	5.562	2.268	4.620

ตารางที่ 4.40 ผลการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 6 ชุด Test Set เดือนตุลาคม 2543 - มีนาคม 2546

และค่าพยากรณ์ล่วงหน้ารายไตรมาส

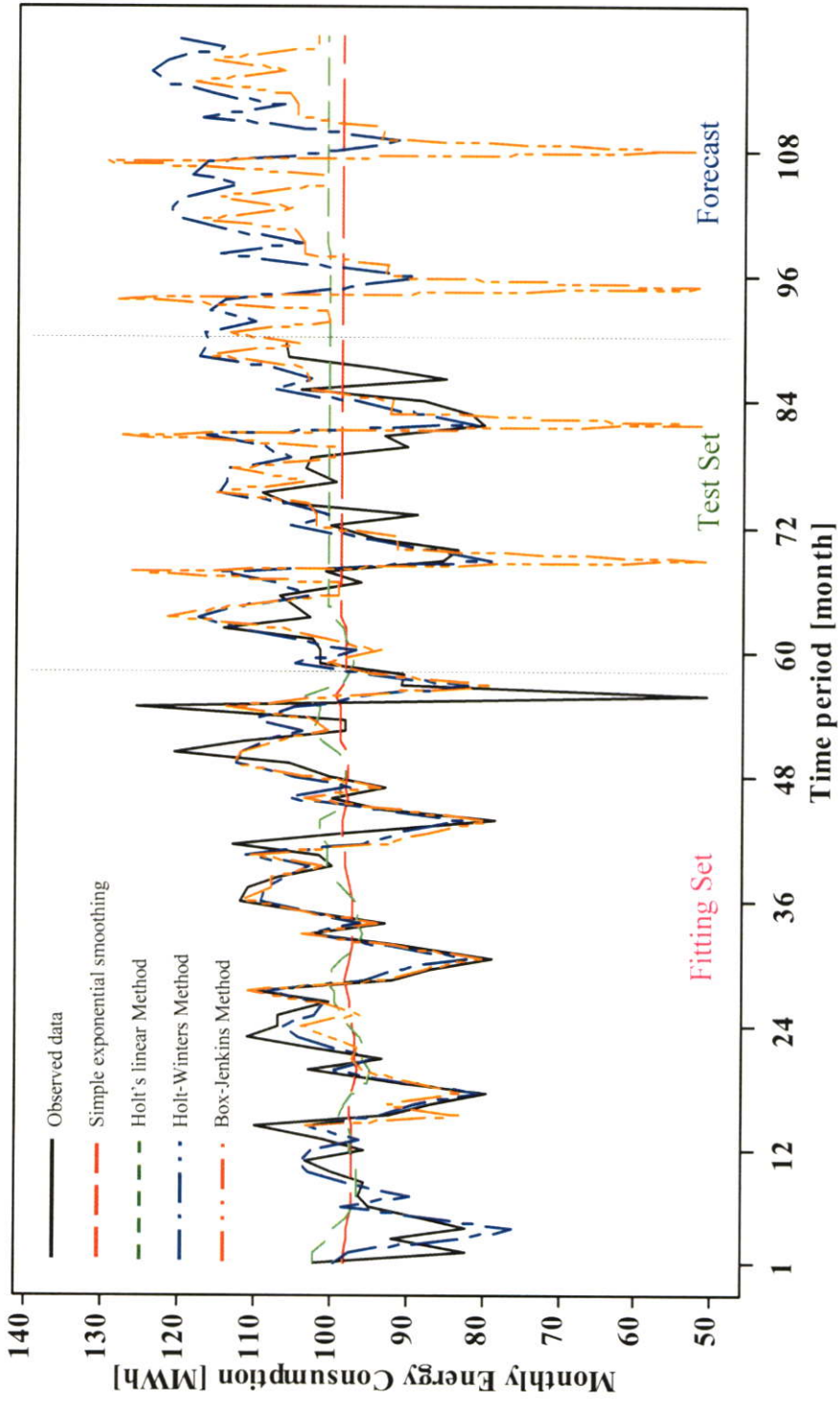
		ผลการพยากรณ์ชุด Test Set					ค่าพยากรณ์รายไตรมาส				
เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	
ก.ค.48-ก.ย.48	318.720	294.890	312.9027	317.8937	309.5367	ก.ค.50-ก.ย.50	297.039	333.8719	346.7498	296.581	
ต.ค.48-ธ.ค.48	314.990	297.039	315.6974	332.2799	303.1412	ต.ค.50-ธ.ค.50	297.039	336.1437	319.8769	292.1049	
ม.ค.49-มี.ค.49	283.050	297.039	317.9693	306.5977	279.6468	ม.ค.51-มี.ค.51	297.039	338.4155	303.6229	294.8089	
เม.ย.49-มิ.ย.49	278.090	297.039	320.2411	291.0835	290.6901	เม.ย.51-มิ.ย.51	297.039	340.6873	338.9982	297.7571	
ก.ค.49-ก.ย.49	304.010	297.039	322.5129	325.0698	306.2394	ก.ค.51-ก.ย.51	297.039	342.9591	353.9847	295.8672	
ต.ค.49-ธ.ค.49	306.130	297.039	324.7847	339.5149	298.4375	ต.ค.51-ธ.ค.51	297.039	345.2309	326.5165	293.9279	
ม.ค.50-มี.ค.50	263.460	297.039	327.0565	313.2373	288.1582	ม.ค.52-มี.ค.52	297.039	347.5027	309.8926	295.246	
เม.ย.50-มิ.ย.50	274.410	297.039	329.3283	297.3532	293.6534	เม.ย.52-มิ.ย.52	297.039	349.7745	345.9624	296.5198	
(MAPE)%		5.97	12.53	9.986	4.297						

ตารางที่ 4.41 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 6

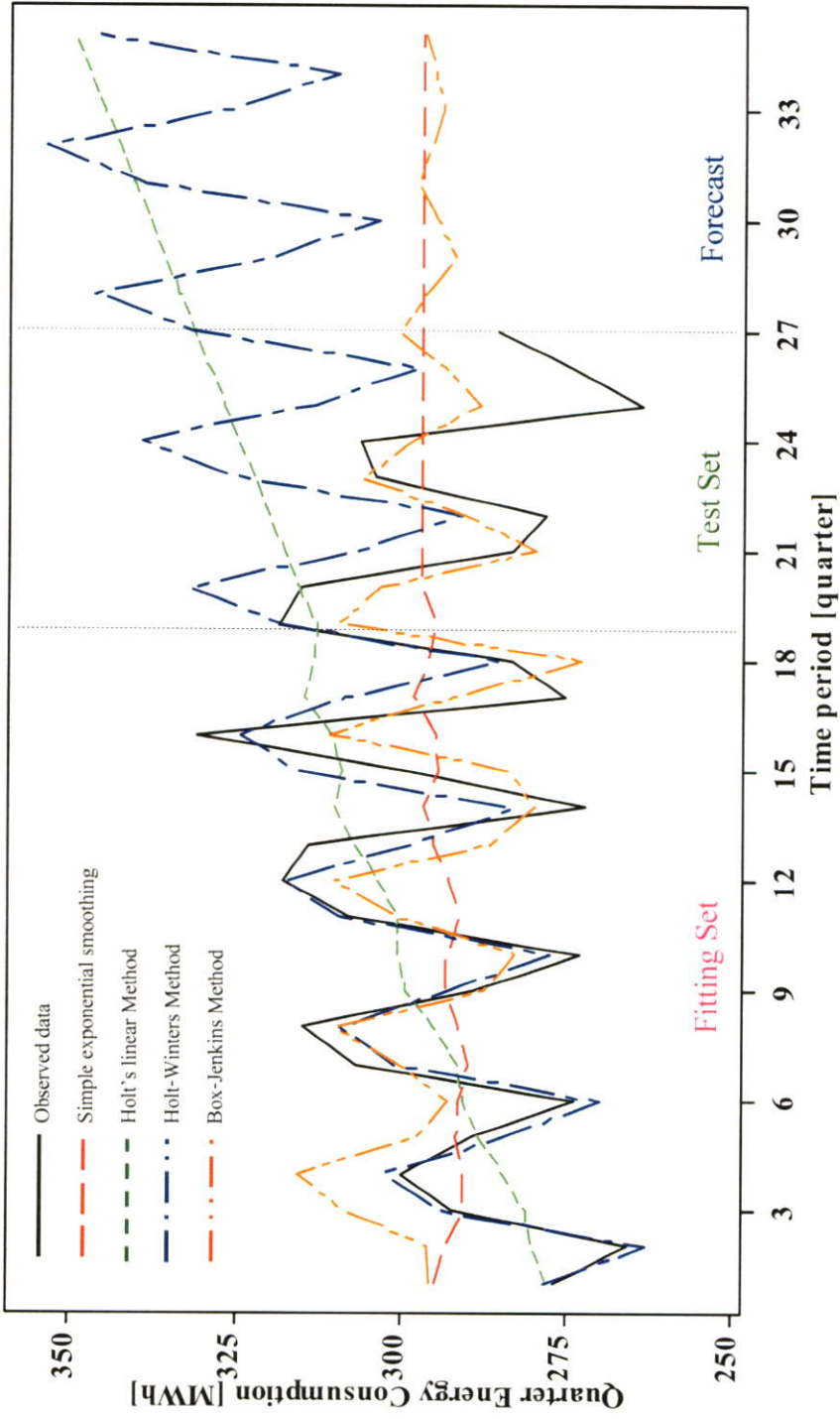
Initial Set										
Simple Exponential Smoothing	MAPE		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins	
	Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	Equation
	α	9.637	α	β	9.948	α	β	γ	$(0,0,0)$	$y_t = Y_{t-12} + e_t$
	0.0248		0.1	0		0.0163	0.001	0.3995	$(0,1,0)_{12}$	
									5.445	6.274
Test Set										
Simple Exponential Smoothing	MAPE		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins	
	Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	Equation
	α	8.631	α	β	8.888	α	β	γ	$(0,0,0)$	$y_t = Y_{t-12} + e_t$
	0.0248		0.1	0		0.0163	0.001	0.3995	$(0,1,0)_{12}$	
									11.824	9.512

ตารางที่ 4.42 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 6

Initial Set										
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins		
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	Equation	
α	5.834	α	β	5.562	α	β	2.268	(2,0,0)	$y_t = 295.474 - 0.673y_{t-2} + e_t$	
0.0902		0.0899	0.0100	0.0299	0.0046	0.2335				
Test Set										
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins		
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	Equation	
α	5.97	α	β	12.53	α	β	9.986	(2,0,0)	$y_t = 295.474 - 0.673y_{t-2} + e_t$	
0.0902		0.0899	0.0100	0.0299	0.0046	0.2335				



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 6 (ราชการองค์กร ไม่แสวงหากำไร)



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายไตรมาสทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 6 (ราชการองค์กรไม่แสวงหากำไร)

4.6.13 ผลการวิเคราะห์รายเดือนข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงาน ของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 7 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี

4.6.13.1 Simple Exponential Smoothing Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α) เท่ากับ 0.7028 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 0.4474 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดนี้ในชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.44 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.13.2 Holt's Linear Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β) เท่ากับ 0.6444 และ 0.0059 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 0.313 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดนี้ในชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.44 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.13.3 Holt -Winters Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β, γ) เท่ากับ 0.5698 0.002035 และ 0.6507 ซึ่งให้ค่า SSE(Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 0.37540 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดนี้ในชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.44 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error)

4.6.13.4 Box-Jenkins Method

ตัวแบบพยากรณ์ของตัวแบบ $ARIMA(1,1,0)_{12}$ มีรูปแบบดังนี้

$$(1 + \phi_1 B^2 - \phi_1 B - B)y_t = c + e_t \quad (4.63)$$

$$y_t = c + \phi_1 B y_t + B y_t - \phi_1 B^2 y_t + e_t \quad (4.64)$$

หรือ

$$y_t = c + \phi_1 y_{t-1} + y_{t-1} - \phi_1 y_{t-2} + e_t \quad (4.65)$$

จากการประมาณค่าได้พารามิเตอร์ $\phi_1 = -0.338$ ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = -2.675$ ทดสอบสมมติฐาน ϕ_1 จะยอมรับ $H_0: \phi_1 = 0$ และปฏิเสธ $H_0: \phi_1 \neq 0$ ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการประมาณค่าได้พารามิเตอร์ c (Constant) = -0.015 จะปฏิเสธ $H_0: c = 0$ และยอมรับ $H_0: c \neq 0$ ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = -1.943$ ระดับนัยสำคัญ 0.05

การประมาณค่าของพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARIMA ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์มีรูปแบบดังสมการ (4.66)

$$y_t = -0.338y_{t-1} + y_{t-1} + 0.338y_{t-2} + e_t \quad (4.66)$$

4.6.14 ผลการวิเคราะห์รายไตรมาสข้อมูลปริมาณความต้องการพลังงาน ของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 7 โดยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี

4.6.14.1 Simple Exponential Smoothing Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α) เท่ากับ 1 ซึ่งให้ค่า SSE (Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 0.15095 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดนี้ในชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.47 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

4.6.14.2 Holt's Linear Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β) เท่ากับ 1 และ 0.4001 ซึ่งให้ค่า SSE (Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 0.8076 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดนี้ในชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.47 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

4.6.14.3 Holt -Winters Method

ทดสอบหาค่าพารามิเตอร์กับชุด Initialization set ด้วยการประมาณค่าเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าน้ำหนัก (α, β, γ) เท่ากับ 1 0 และ 0 ซึ่งให้ค่า SSE (Sum of Square Error) ที่ต่ำที่สุดคือ 1.0389 นำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดนี้ในชุด Initialization set ทดสอบกับชุด test set ผลดังตารางที่ 4.47 และทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ของชุดทดสอบด้วยค่า MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

4.6.14.4 Box-Jenkins Method

ตัวแบบพยากรณ์ของตัวแบบ ARIMA(0,1,0) มีรูปแบบดังนี้

$$(1 - B)y_t = c + e_t \quad (4.67)$$

$$y_t = c + By_t + e_t \quad (4.68)$$

$$y_t = c + y_{t-1} + e_t \quad (4.69)$$

จากการประมาณค่าได้พารามิเตอร์ c (Constant) = -0.009 จะยอมรับ $H_0: c = 0$ และปฏิเสธ $H_0: c \neq 0$ ซึ่งจากการทดสอบสถิติ $t = -2.365$ ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4.43 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 7 ชุด Initialization Set

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ม.ค.41	4.931	4.58941	4.9238	5.01175	.	มี.ค.-42	4.953	4.95294	4.93234	4.82915	4.93184
ก.พ.41	4.931	4.82948	4.91406	4.92108	4.91513	เม.ย.-42	4.954	4.95298	4.93253	5.03953	4.93184
มี.ค.41	4.589	4.90083	4.91067	4.91695	4.90994	พ.ค.-42	4.954	4.9537	4.93333	4.92654	4.93251
เม.ย.41	4.913	4.68168	4.68785	4.71444	4.67832	มิ.ย.-42	4.953	4.95391	4.93369	4.92472	4.93284
พ.ค.41	4.909	4.84425	4.81826	4.7851	4.78385	ก.ค.-42	4.953	4.95327	4.93324	4.93657	4.93217
มิ.ย.41	4.919	4.88976	4.8624	4.85446	4.88934	ส.ค.-42	4.951	4.95308	4.93316	4.93159	4.93184
ก.ค.41	4.937	4.91031	4.88475	4.89191	4.89472	ก.ย.-42	4.951	4.95162	4.93191	4.9049	4.9305
ส.ค.41	4.944	4.92907	4.9045	4.90438	4.91003	ต.ค.-42	4.952	4.95118	4.93154	4.91978	4.92985
ก.ย.41	4.953	4.93956	4.91618	4.87948	4.9206	พ.ย.-42	4.952	4.95176	4.93213	4.93247	4.93052
ต.ค.41	4.951	4.94901	4.92628	4.92212	4.9289	ธ.ค.-42	4.879	4.95193	4.93242	4.91514	4.93085
พ.ย.41	4.951	4.95041	4.92867	4.93658	4.9305	ม.ค.-43	4.879	4.90067	4.88527	4.87046	4.88186
ธ.ค.41	4.953	4.95082	4.92961	4.90719	4.92985	ก.พ.-43	4.879	4.88544	4.86849	4.85508	4.85816
ม.ค.42	4.953	4.95235	4.93132	4.90953	4.93119	มี.ค.-43	4.775	4.88091	4.86256	4.78599	4.85816
ก.พ.42	4.953	4.95281	4.93201	4.91544	4.93184	เม.ย.-43	4.774	4.80648	4.7931	4.85771	4.7883

ตารางที่ 4.43 (ต่อ)

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
พ.ค.43	4.536	4.78365	4.76768	4.77795	4.75393	มิ.ย.44	4.295	4.29677	4.27548	4.29535	4.27665
มิ.ย.43	4.536	4.6096	4.60439	4.62261	4.59296	ก.ค.44	4.294	4.29552	4.27322	4.3012	4.27665
ก.ค.43	4.536	4.55787	4.54607	4.56459	4.51662	ส.ค.44	4.291	4.29445	4.27185	4.28566	4.27598
ส.ค.43	4.517	4.5425	4.52529	4.53407	4.51662	ก.ย.44	4.153	4.29203	4.26951	4.27058	4.27365
ก.ย.43	4.519	4.52458	4.50563	4.49468	4.5039	ต.ค.44	4.145	4.19432	4.1793	4.18784	4.1798
ต.ค.43	4.519	4.52066	4.49997	4.4926	4.49904	พ.ย.44	4.146	4.15966	4.14194	4.15095	4.1299
พ.ย.43	4.519	4.51949	4.49804	4.49723	4.4997	ธ.ค.44	4.146	4.15006	4.12931	4.11522	4.12796
ธ.ค.43	4.519	4.51915	4.49743	4.46748	4.4997	ม.ค.45	4.146	4.14721	4.12489	4.1152	4.12829
ม.ค.44	4.519	4.51904	4.49729	4.48444	4.4997	ก.พ.45	4.146	4.14636	4.12339	4.05672	4.12829
ก.พ.44	4.296	4.51901	4.49733	4.48775	4.4997	มี.ค.45	4.145	4.14611	4.12295	4.07711	4.12829
มี.ค.44	4.295	4.36228	4.35287	4.29313	4.34919	เม.ย.45	4.145	4.14533	4.12223	4.14876	4.12762
เม.ย.44	4.295	4.315	4.30064	4.34349	4.27698	พ.ค.45	4.135	4.1451	4.12206	4.10288	4.12729
พ.ค.44	4.295	4.30094	4.28204	4.243	4.27665	มิ.ย.45	4.115	4.138	4.1156	4.12835	4.1206

ตารางที่ 4.43 (ต่อ)

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ก.ค.45	4.109	4.12184	4.10042	4.12406	4.10394
ส.ค.45	4.109	4.11281	4.09118	4.1072	4.09341
ก.ย.45	4.109	4.11013	4.08797	4.05674	4.09145
ต.ค.45	4.110	4.10934	4.0869	4.09142	4.09145
MAPE(%)		0.8765	0.9065	1.145	0.8892

ตารางที่ 4.44 ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนผู้ใช้งานไฟฟ้าประเภทที่ 7 ชุด Test Set

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
พ.ย.45	4.110	98.94433	4.08726	4.10027	4.09212	พ.ย.46	4.059	4.1098	3.91291	3.88705	3.93793
ธ.ค.45	4.126	98.94433	4.07273	4.07772	4.08047	ธ.ค.46	4.065	4.1098	3.89839	3.86474	3.92525
ม.ค.46	4.125	98.94433	4.0582	4.06042	4.06683	ม.ค.47	4.065	4.1098	3.88386	3.84743	3.91262
ก.พ.46	4.059	98.94433	4.04367	4.00154	4.05391	ก.พ.47	4.065	4.1098	3.86933	3.79071	3.90002
มี.ค.46	4.059	98.94433	4.02914	3.96566	4.0408	มี.ค.47	4.065	4.1098	3.8548	3.75579	3.88747
เม.ย.46	4.049	98.94433	4.01462	3.9774	4.02781	เม.ย.47	4.065	4.1098	3.84027	3.76598	3.87496
พ.ค.46	4.051	98.94433	4.00009	3.94441	4.01484	พ.ค.47	4.065	4.1098	3.82574	3.73381	3.86248
มิ.ย.46	4.059	98.94433	3.98556	3.93834	4.00192	มิ.ย.47	4.090	4.1098	3.81121	3.72713	3.85005
ก.ค.46	4.059	98.94433	3.97103	3.94034	3.98904	ก.ค.47	4.090	4.1098	3.79668	3.72808	3.83766
ส.ค.46	4.059	98.94433	3.9565	3.93627	3.9762	ส.ค.47	4.090	4.1098	3.78216	3.72327	3.82531
ก.ย.46	4.059	98.94433	3.94197	3.89971	3.9634	ก.ย.47	4.090	4.1098	3.76763	3.68773	3.81299
ต.ค.46	4.059	98.94433	3.92744	3.89454	3.95064	ต.ค.47	4.090	4.1098	3.7531	3.68188	3.80072

ตารางที่ 4.44 (ต่อ)

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
พ.ย.-47	4.188	4.1098	3.73857	3.67382	3.78848
ธ.ค.-47	4.188	4.1098	3.72404	3.65177	3.77629
(MAPE)%		1.019	4.3194	5.9974	3.9628

ตารางที่ 4.45 ผลการพยากรณ์รายได้รวมของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 7 ชุด Initialization Set เดือนตุลาคม 2543 – มิถุนายน 2548

เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins
ม.ค.41-มี.ค.41	14.451	13.793	14.392	14.88053	-	ก.ค.43-ก.ย.43	13.572	13.846	13.50297	13.76509	13.72425
เม.ย.41-มิ.ย.41	14.741	14.451	14.3566	14.21916	14.32393	ต.ค.43-ธ.ค.43	13.557	13.572	13.25658	13.45905	13.45266
ก.ค.41-ก.ย.41	14.834	14.741	14.80036	14.66525	14.61138	ม.ค.44-มี.ค.44	13.110	13.557	13.36175	13.33799	13.4378
ต.ค.41-ธ.ค.41	14.855	14.834	14.90682	14.72555	14.70357	เม.ย.44-มิ.ย.44	12.885	13.110	12.81405	12.88484	12.99473
ม.ค.42-มี.ค.42	14.859	14.855	14.90709	14.6304	14.72438	ก.ค.44-ก.ย.44	12.738	12.885	12.61743	12.79855	12.7717
เม.ย.42-มิ.ย.42	14.861	14.859	14.89185	14.62513	14.72835	ต.ค.44-ธ.ค.44	12.437	12.738	12.51866	12.62208	12.626
ก.ค.42-ก.ย.42	14.855	14.861	14.88151	14.78594	14.73033	ม.ค.45-มี.ค.45	12.437	12.437	12.18499	12.22281	12.32764
ต.ค.42-ธ.ค.42	14.783	14.855	14.86491	14.74663	14.72438	เม.ย.45-มิ.ย.45	12.395	12.437	12.2858	12.21519	12.32764
ม.ค.43-มี.ค.43	14.533	14.783	14.76014	14.55871	14.65301	ก.ค.45-ก.ย.45	12.327	12.395	12.28748	12.30572	12.28601
เม.ย.43-มิ.ย.43	13.846	14.533	14.41929	14.30075	14.40521						
(MAPE)%		1.383	1.083	1.3165	1.223						

ตารางที่ 4.46 ผลการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 7 ชุด Test Set เดือนกรกฎาคม 2548 - กันยายน 2550

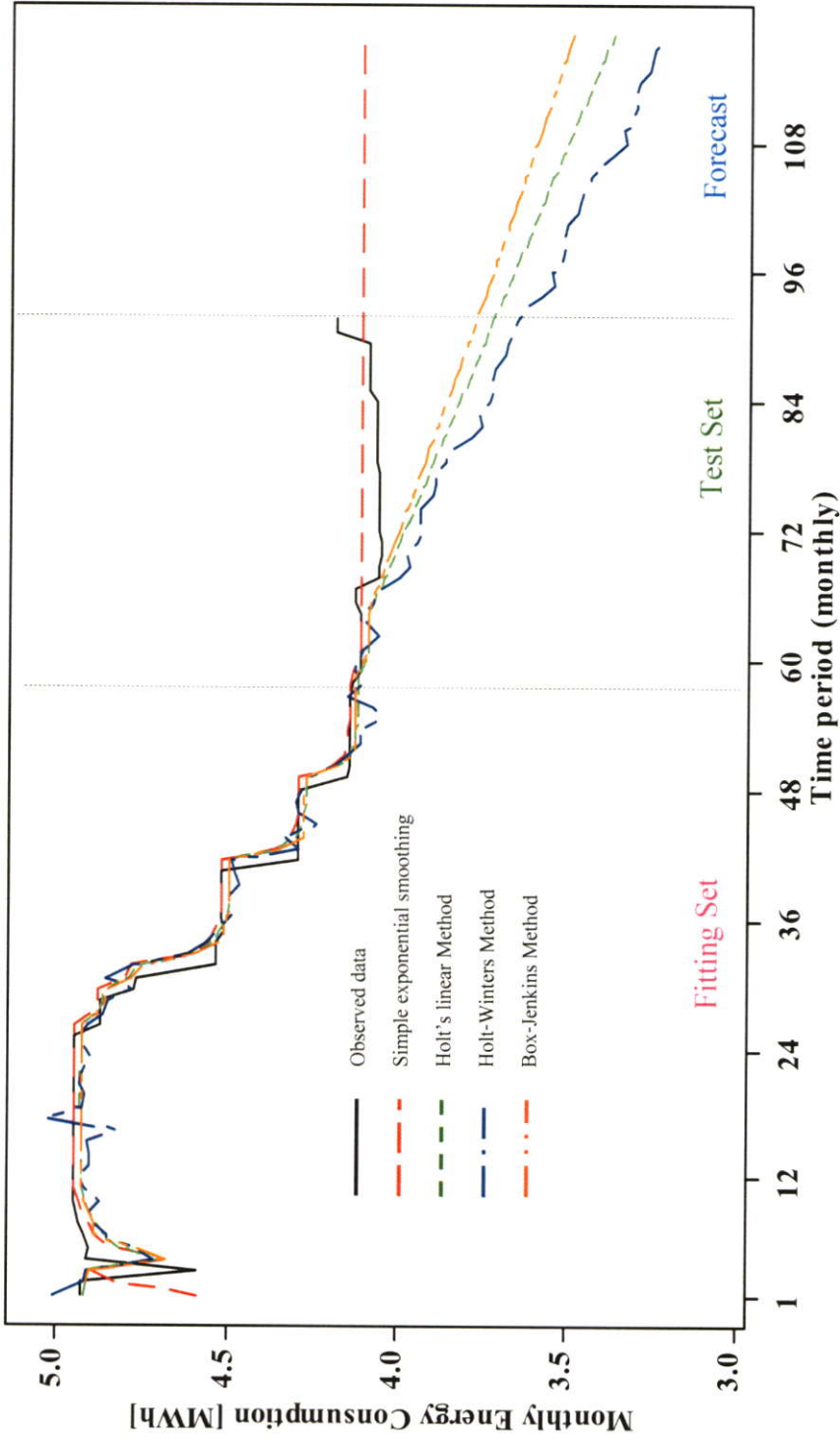
ผลการพยากรณ์ชุด Test Set						
เดือน	ค่าจริง MWh	SES	Holt's linear	Holt- Winters	Box- Jenkins	
ต.ค.45-ธ.ค.45	12.346	12.327	12.23529	12.20961	12.21861	
ม.ค.46-มี.ค.46	12.243	12.327	12.14357	11.9964	12.11117	
เม.ย.46-มิ.ย.46	12.159	12.327	12.05186	11.77679	12.00468	
ก.ค.46-ก.ย.46	12.177	12.327	11.96015	11.68395	11.89913	
ต.ค.46-ธ.ค.46	12.183	12.327	11.86843	11.56427	11.7945	
ม.ค.47-มี.ค.47	12.195	12.327	11.77672	11.35383	11.69079	
เม.ย.47-มิ.ย.47	12.220	12.327	11.68501	11.13742	11.588	
ก.ค.47-ก.ย.47	12.270	12.327	11.59329	11.04089	11.4861	
ต.ค.47-ธ.ค.47	12.466	12.327	11.50158	10.91892	11.38511	
(MAPE)%		0.91	3.11	5.39	3.69	

ตารางที่ 4.47 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 7

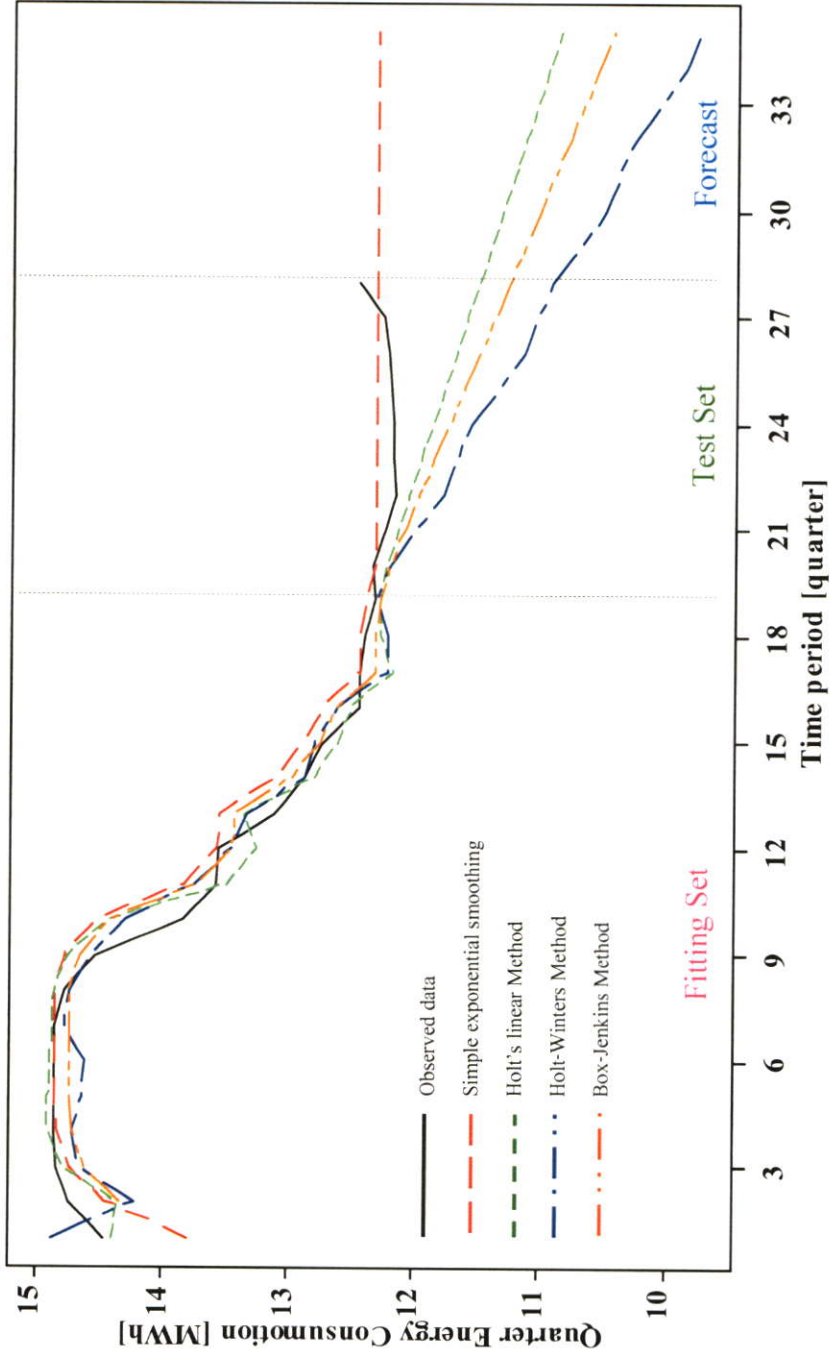
Initial Set										
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins		
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter			Model	MAPE	Equation
α	0.8765	α	β	0.9065	α	β	γ	$(1,1,0)_{12}$	0.8892	$y_t = -0.338y_{t-1} + y_{t-1} + 0.338y_{t-2} + e_t$
0.7028		0.6444	0.0059		0.5698	0.00203	0.6507			
Test Set										
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins		
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter			Model	MAPE	Equation
α	1.019	α	β	4.3194	α	β	γ	$(1,1,0)_{12}$	3.9628	$y_t = -0.338y_{t-1} + y_{t-1} + 0.338y_{t-2} + e_t$
0.7028		0.6444	0.0059		0.5698	0.00203	0.6507			

ตารางที่ 4.48 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 7

Initial Set									
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins	
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	Equation
α	1.383	α	β	1.083	α	β	1.3165	$(0,1,0)_4$	$y_t = c + y_{t-1} + e_t$
1		1	0.4001		1	0			
Test Set									
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins	
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	Equation
α	0.91	α	β	3.11	α	β	5.39	$(0,1,0)_4$	$y_t = c + y_{t-1} + e_t$
1		1	0.4001		1	0			



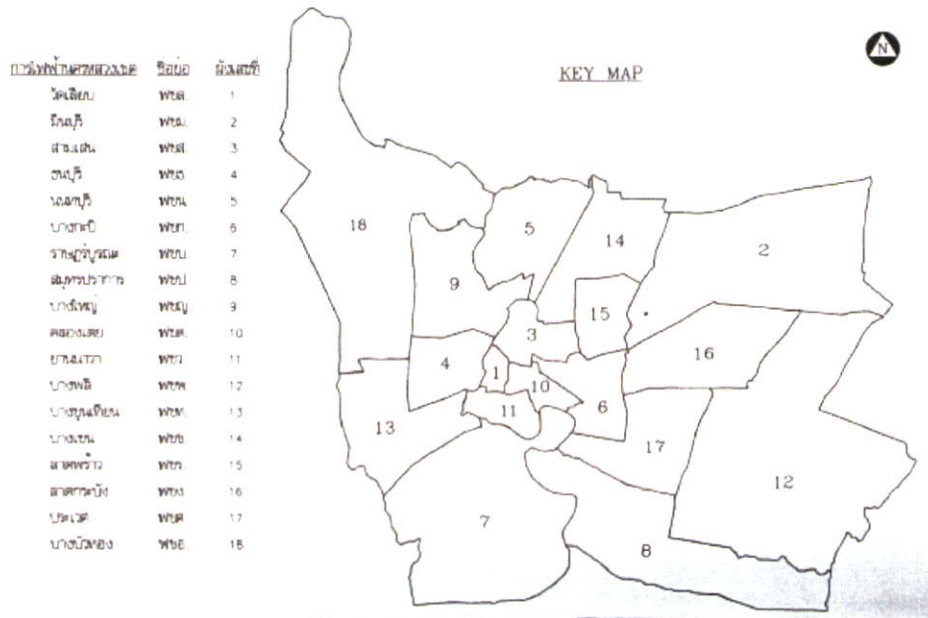
รูปที่ 4.27 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ประเภทที่ 7 (ไฟถนน)



รูปที่ 4.28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายไตรมาสทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 7 (ไฟถนน)

4.7 การวิเคราะห์การพยากรณ์รายเขตของพื้นที่ความรับผิดชอบการไฟฟ้าเขตรายการบุรีรัมย์

ปัจจุบันการการไฟฟ้าเขตรายการบุรีรัมย์มีพื้นที่ความรับผิดชอบ 366.749 ตารางกิโลเมตร และมีสถานีไฟฟ้าย่อยอยู่ในความรับผิดชอบ 11 สถานี ดังรูปที่ 4.25 และตารางที่ 4.33 ซึ่งได้มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟทั้ง 7 ประเภท ซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นการนำประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า 3 ประเภท คือ บ้านอยู่อาศัย กิจการขนาดกลาง กิจการขนาดใหญ่ เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มของลักษณะการใช้ไฟฟ้า โดยวิธี Exponential smoothing และวิธี Box-Jenkins Method ในส่วนของข้อมูลรายเดือน รายไตรมาสและเลือกวิธีที่เหมาะสมกับข้อมูลที่สุคในการพยากรณ์เพื่อใช้ประโยชน์ในการวางแผนระบบจำหน่ายต่อไป



รูปที่ 4.29 พื้นที่เขตความรับผิดชอบของการไฟฟ้านครหลวงทั้ง 18 เขต

ตารางที่ 4.49 จำนวนสถานีไฟฟ้าย่อยและจำนวนลูกค้าของการไฟฟ้านครหลวงทั้ง 18 เขต

ลำดับที่	ชื่อย่อ	พ.ค. (ค.บ.)	ลูกค้า (ค.บ.)	รายชื่อสถานีไฟฟ้าย่อย
1	วัดเขียบ	14.37	73,792	BR,NLG,WL,SD,KN,TB
2	รังษี	359.73	133,977	RT,BCN,WBP,STW
3	สามเสน	49.16	171,287	PP,MC,RD,HK,SM,DDG,SS,YT,MS,KP,SN
4	ธนบุรี	70.86	135,021	RC,BY,PS,BKE
5	นวมินทร์	127.43	192,600	BD,M3,M1,PE,JW,TH,NR,SB,KM,STY
6	บางกะปิ	73.18	152,779	RH,PTN,SV,BA,NN,PA,EM,BG,SE,MA,RPR
7	ราชบุรี/นคร	366.74	153,425	BC,JRN,RB,TBR,KU,PD,BK,KS,KSC,BKD,WKS
8	สมุทรปราการ	268.87	135,135	TK,PJ,SK,PN,SR,SO,TBN,BI,BMU,KO,PR,BU
9	บางใหญ่	133.28	138,535	BRY,NK,SYI,BZ,PC
10	คลองเตย	27.53	88,742	WB,CL,PM,SAM,LN,SU,SY,SRK,SWG,SL,KT,PI,SA,PK
11	ยานนาวา	34.70	119,894	MN,TS,TT,BL,BPP,YNW,YK,MM
12	บางพลี	529.18	94,492	TY,TNK,BJ,BN,SRH,BS,BTR,MC,RTR
13	บางขุนเทียน	137.97	169,495	TWN,NH,BO,KWS,BM,BB,ST,EKC
14	บางเขน	134.68	201,350	SP,DM,WS,LK,KNY,KE,LP,CTJ,SSA,CK
15	ลาดพร้าว	62.64	140,950	WT,GK,KJ
16	ลาดกระบัง	150.65	101,879	MB,LB,CG,RK
17	ประเวศ	126.91	105,500	SG,KI,BP,BRG
18	บางบัวทอง	497.55	130,242	SI,KMS

4.7.1 ขั้นตอนการพยากรณ์

- รวมข้อมูลรายเดือน และรายไตรมาสในการพยากรณ์ของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 3 ประเภท ดังตารางที่ 4.34 4.35 และ 4.36
 - พยากรณ์ค่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ด้วย วิธี Exponential Smoothing Methods และวิธี Box-Jenkins Method โดยการแบ่งชุดข้อมูล เป็น 2 ชุด คือ ชุดค่าเริ่มต้น(Initialization set) ตั้งแต่เดือน มกราคม 2543 ถึง ธันวาคม 2547 และ ชุดทดสอบ (Test set)
 - เปรียบค่าพยากรณ์ทั้ง 3 ประเภท ใน ชุดค่าเริ่มต้น(Initialization set) และ ชุดทดสอบ (Test set) ดังตารางที่ 4.37 4.38 และตารางที่ 4.39
 - พยากรณ์ค่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าล่วงหน้า ตั้งแต่เดือน ธันวาคม 2549 ถึง ธันวาคม 2550
- 4.7.1 การพยากรณ์ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัยด้วย ผลการพยากรณ์ได้พารามิเตอร์ในการทดสอบปรากฏดังตารางที่ 4.34
- เลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า และลักษณะของข้อมูล

ตารางที่ 4.50 ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนเขตรายกฐ์บูรณะของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1
บ้านอยู่อาศัย(MWh)

เดือน	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549
ม.ค.	25.92	30.37	28.47	30.41	32.62	32.57	34.43
ก.พ.	27.30	30.59	30.84	32.64	32.11	36.60	37.38
มี.ค.	32.49	32.57	35.39	36.90	39.56	39.22	44.23
เม.ย.	35.76	40.86	38.60	41.26	43.62	45.67	44.66
พ.ค.	33.93	34.79	37.65	40.53	42.15	45.26	45.02
มิ.ย.	31.64	33.46	36.41	37.28	39.07	42.13	42.78
ก.ค.	31.37	34.49	36.60	36.94	39.20	39.45	41.78
ส.ค.	33.15	33.85	34.50	39.27	39.05	40.42	42.03
ก.ย.	31.55	34.01	34.07	34.70	37.73	39.67	42.60
ต.ค.	29.93	31.94	33.91	36.72	39.30	38.63	40.88
พ.ย.	29.86	28.22	33.56	36.75	38.54	37.17	42.57
ธ.ค.	31.60	27.54	33.61	30.72	30.42	32.48	

ตารางที่ 4.51 ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนเขตรายผู้รับภาระของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3
กิจการขนาดกลาง (MWh)

เดือน	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549
ม.ค.	74.17	69.64	77.95	74.58	68.84	70.29	69.13
ก.พ.	70.46	74.13	76.24	72.30	78.20	67.67	69.88
มี.ค.	78.74	85.33	91.38	89.81	90.73	81.88	82.79
เม.ย.	70.14	71.59	76.59	73.82	71.64	67.03	66.10
พ.ค.	80.13	82.25	86.26	83.78	86.05	79.78	78.60
มิ.ย.	80.34	82.47	87.89	81.17	79.85	79.21	77.91
ก.ค.	77.30	80.97	85.57	78.74	85.04	77.38	77.63
ส.ค.	83.88	81.40	84.14	79.35	79.72	74.98	75.43
ก.ย.	79.30	81.84	83.39	78.82	77.04	77.08	76.52
ต.ค.	77.62	79.43	82.33	79.55	78.51	76.71	74.36
พ.ย.	76.36	80.12	81.64	79.74	75.56	75.76	73.24
ธ.ค.	73.80	81.95	82.89	74.55	71.59	71.24	

ตารางที่ 4.52 ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนเขตรายภูมิจำนวนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4
กิจการขนาดใหญ่ (MWh)

เดือน	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549
ม.ค.	151.00	146.64	148.14	166.02	167.80	168.62	164.15
ก.พ.	131.33	141.93	136.93	157.82	173.82	161.37	162.04
มี.ค.	150.19	165.26	160.40	185.65	186.66	198.42	196.67
เม.ย.	136.50	141.17	145.98	157.72	165.84	171.45	169.75
พ.ค.	154.59	158.98	170.82	174.99	185.30	189.50	190.67
มิ.ย.	148.73	158.14	166.88	180.87	182.95	186.19	184.03
ก.ค.	150.14	160.46	172.62	185.42	184.99	182.12	183.59
ส.ค.	150.45	160.78	167.35	183.86	207.85	185.01	185.46
ก.ย.	154.94	150.93	174.13	178.66	168.48	183.56	180.74
ต.ค.	151.06	154.35	168.69	186.37	206.04	188.06	180.95
พ.ย.	159.82	151.37	171.10	176.64	169.41	182.12	179.39
ธ.ค.	144.15	143.98	166.25	173.12	174.72	193.05	

ตารางที่ 4.53 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายเดือนของปริมาณการใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1

Initial Set										
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins $y_t = c + y_{t-12} + \Theta e_{t-12} + e_t$		
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	MAPE	Equation
α	6.747	α	β	6.31	α	β	3.420	$(0,0,0)$	4.232	$y_t = c + y_{t-12} + 0.536e_{t-12} + e_t$
0.9999		0.9992	0.0149		0.02485	0.00338		0.2901		
Test Set										
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins $y_t = c + y_{t-12} + \Theta e_{t-12} + e_t$		
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	MAPE	Equation
α	23.861	α	β	23.33	α	β	3.008	$(1,1,0)_{12}$	3.150	$y_t = c + y_{t-12} + 0.536e_{t-12} + e_t$
0.9999		0.9992	0.0149		0.02485	0.00338		0.2901		

ตารางที่ 4.55 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3

Initial Set									
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins	
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	Equation
α	5.232	α	β	5.356	α	β	2.9	$(0,1,1)$	$Y_t = c + Y_{t-1} + Y_{t-12}$
0.106		0.0988	0.0132		0.3815	0.001		0.6546	

Test Set									
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins	
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	Equation
α	6.352	α	β	6.702	α	β	2.259	$(0,1,1)$	$Y_t = c + Y_{t-1} + Y_{t-12}$
0.106		0.0988	0.0132		0.3815	0.001		0.6546	

ตารางที่ 4.56 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3

Initial Set									
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins	
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	Equation
α	2.5047	α	β	2.280	α	β	1.8512	$(0,1,0)$	$y_t = y_{t-1} + y_{t-2}$ $-y_{t-5} + e_t$
0.6821		0.7	0.0087		0.8598	0.0123		1	
Test Set									
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins	
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	Equation
α	2.529	α	β	2.718	α	β	2.128	$(0,1,0)$	$y_t = y_{t-1} + y_{t-2}$ $-y_{t-5} + e_t$
0.6821		0.7	0.0087		0.8598	0.0123		1	

ตารางที่ 4.57 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4

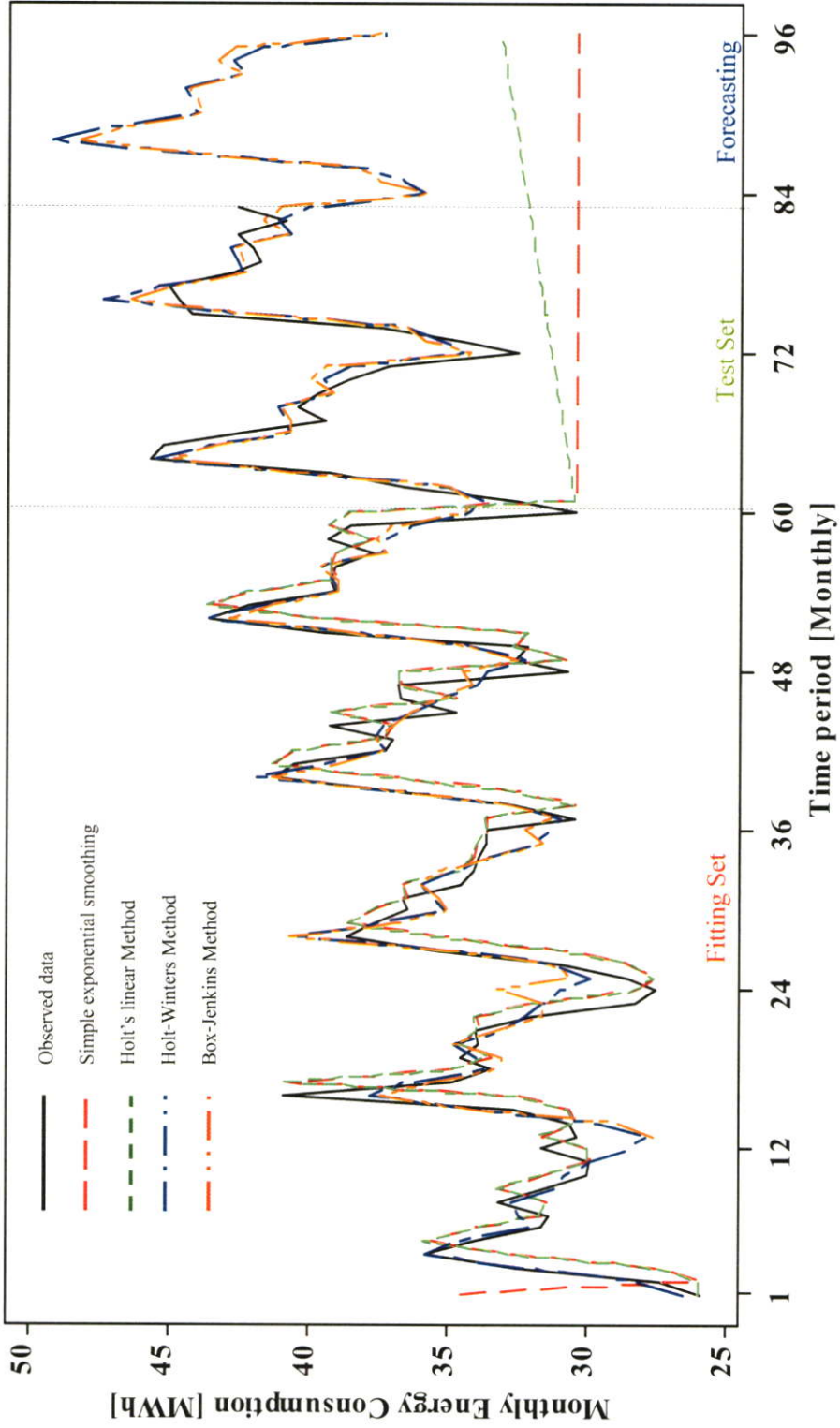
Initial Set									
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins	
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	Equation
α	5.567	α	β	5.375	α	β	3.3	$(1,1,0)$	$Y_t = Y_{t-1} + Y_{t-12} - \phi_1 Y_{t-1} - \phi_2 Y_{t-2}$
0.266		0.0591	0.0005		0.1457	0.0007		0.3614	

Test Set									
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins	
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter		MAPE	Model	Equation
α	4.494	α	β	5.131	α	β	6.892	$(1,1,0)$	$Y_t = Y_{t-1} + Y_{t-12} - \phi_1 Y_{t-1} - \phi_2 Y_{t-2}$
0.266		0.0591	0.0005		0.1457	0.0007		0.3614	

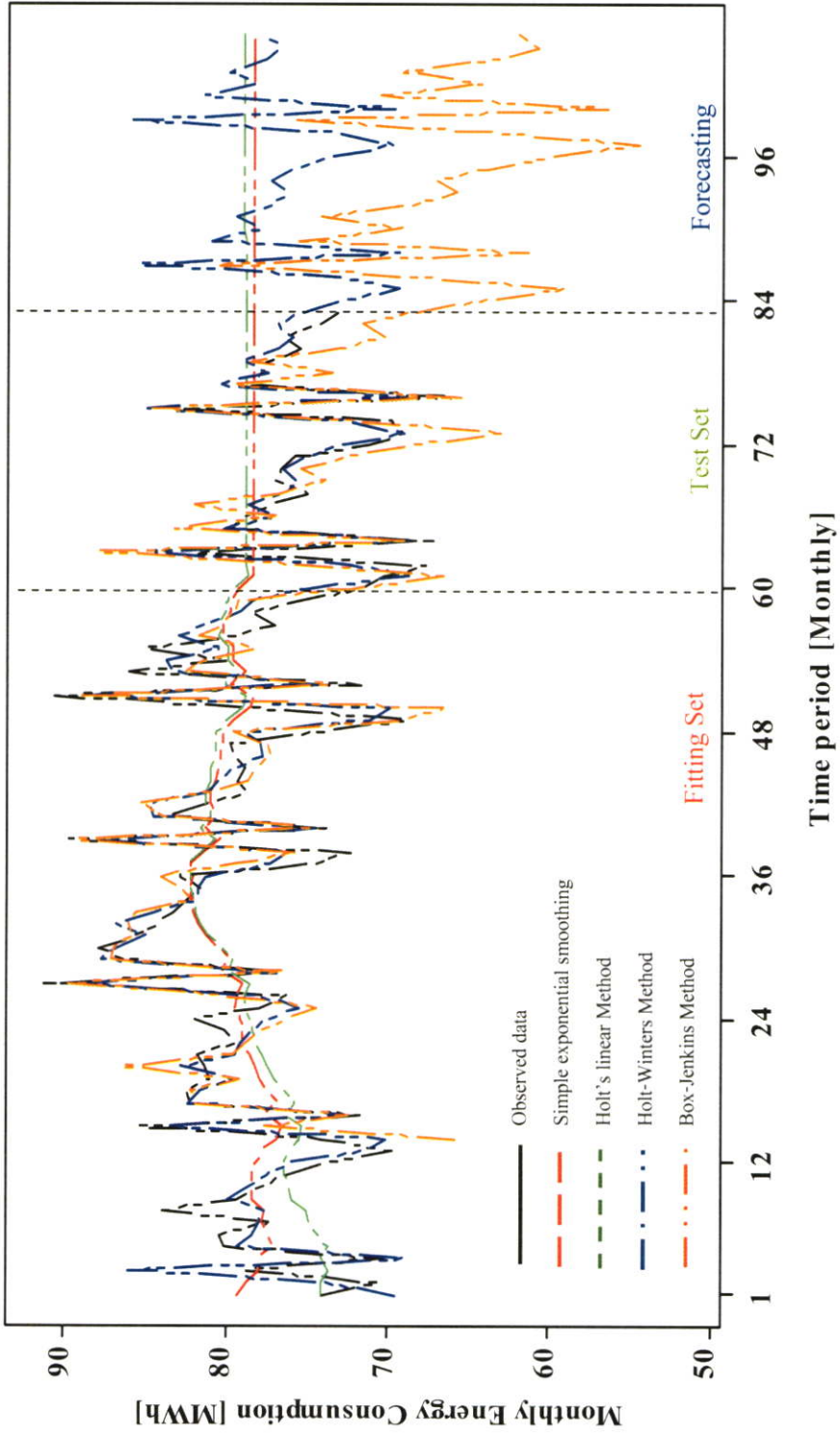
ตารางที่ 4.58 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพยากรณ์รายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4

Initial Set										
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins $y_t = y_{t-1} + y_{t-12} - y_{t-13} + e_t$		
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter			Model	MAPE	Equation
α	3.20	α	β	2.03	α	β	γ	$(0,1,0)$	2.194	$y_t = y_{t-1} + y_{t-12} - y_{t-13} + e_t$
1		0.097	0.0081		0.8994	0.0165	0.9997			

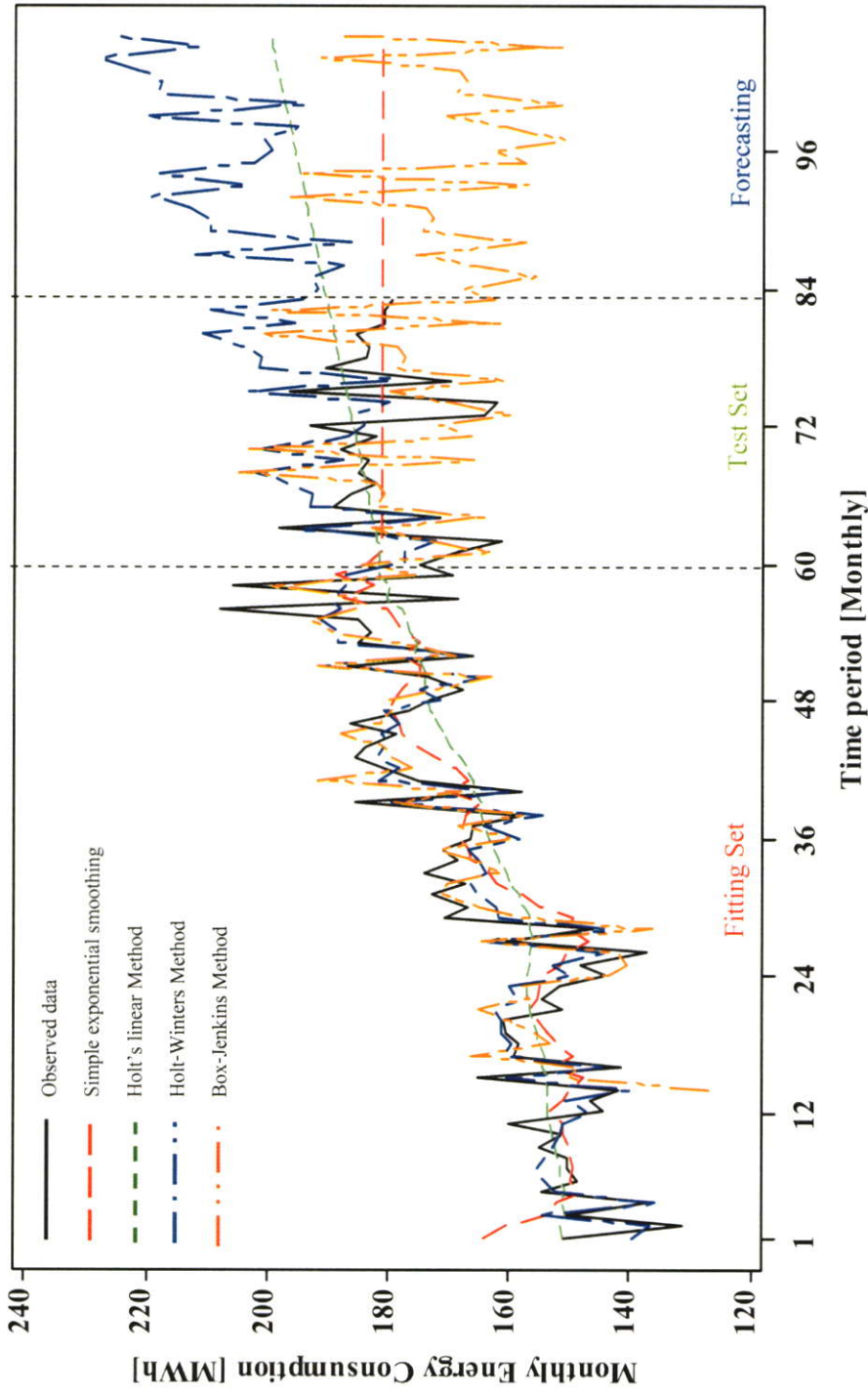
Test Set										
Simple Exponential Smoothing		Holt's linear			Holt-Winters			Box-Jenkins		
Parameter	MAPE	Parameter		MAPE	Parameter			Model	MAPE	Equation
α	1.916	α	β	6.301	α	β	γ	$(0,1,0)$	3.092	$y_t = y_{t-1} + y_{t-12} - y_{t-13} + e_t$
1		0.097	0.0081		0.8994	0.0165	0.9997			



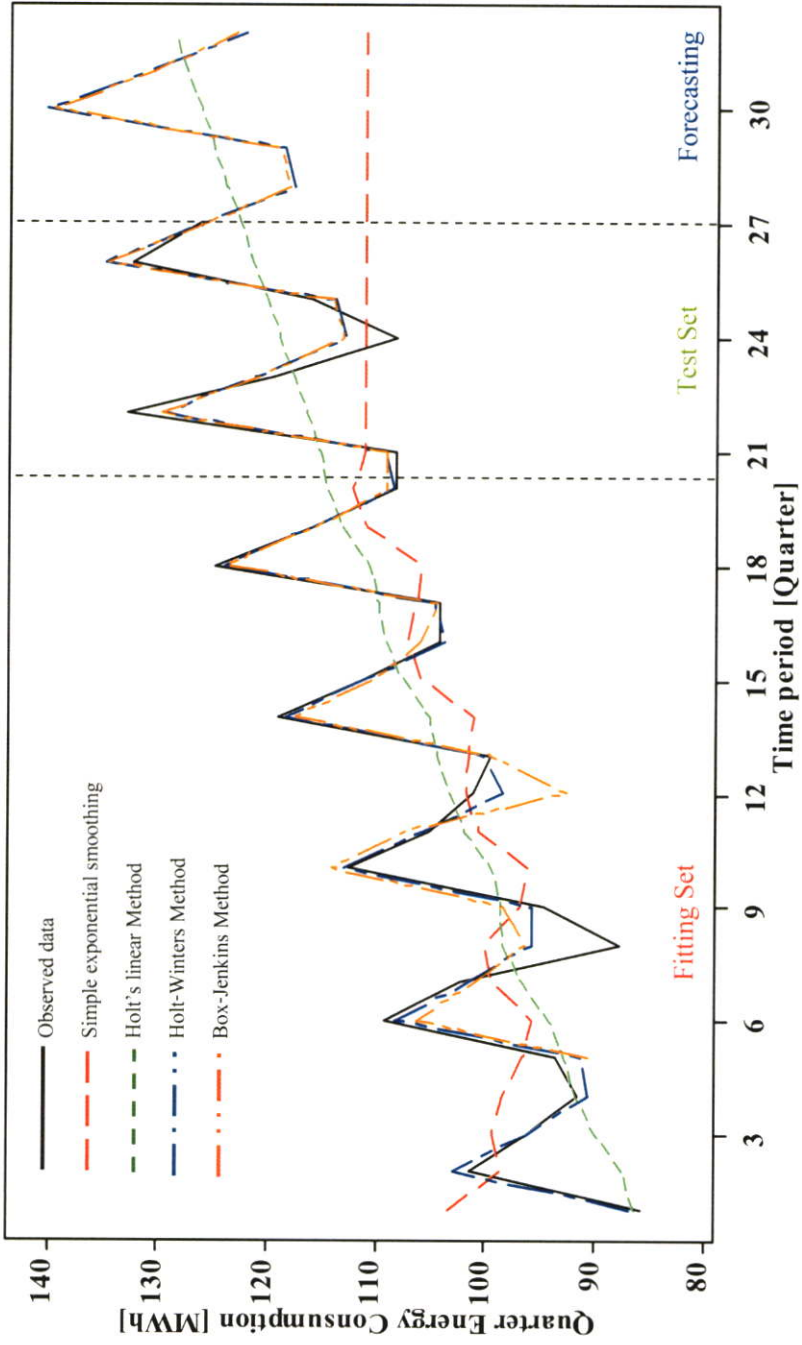
รูปที่ 4.30 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 1 (บ้านอยู่อาศัย)



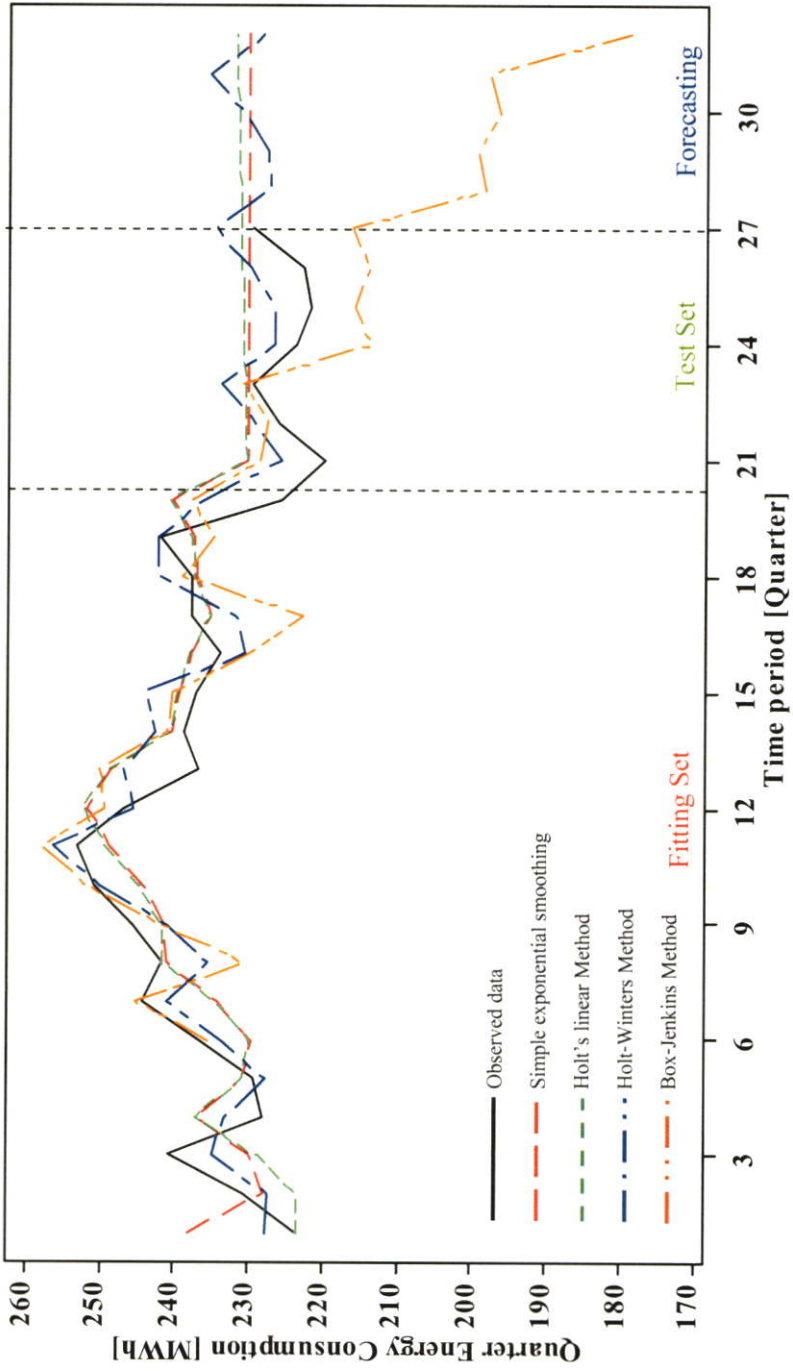
รูปที่ 4.31 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 3 (กิจการขนาดกลาง)



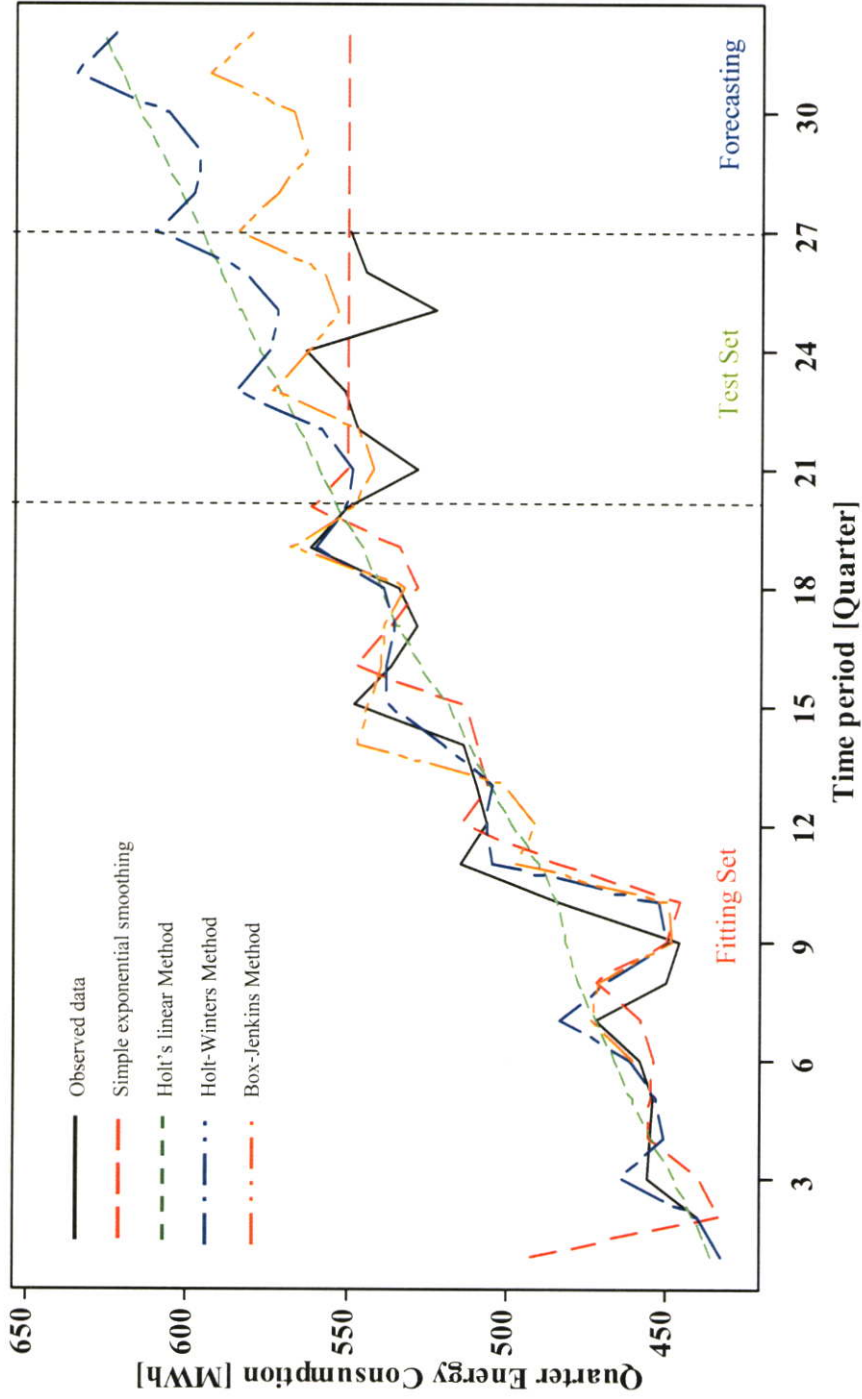
รูปที่ 4.32 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายเดือนทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ประเภทที่ 4 (กิจการขนาดใหญ่)



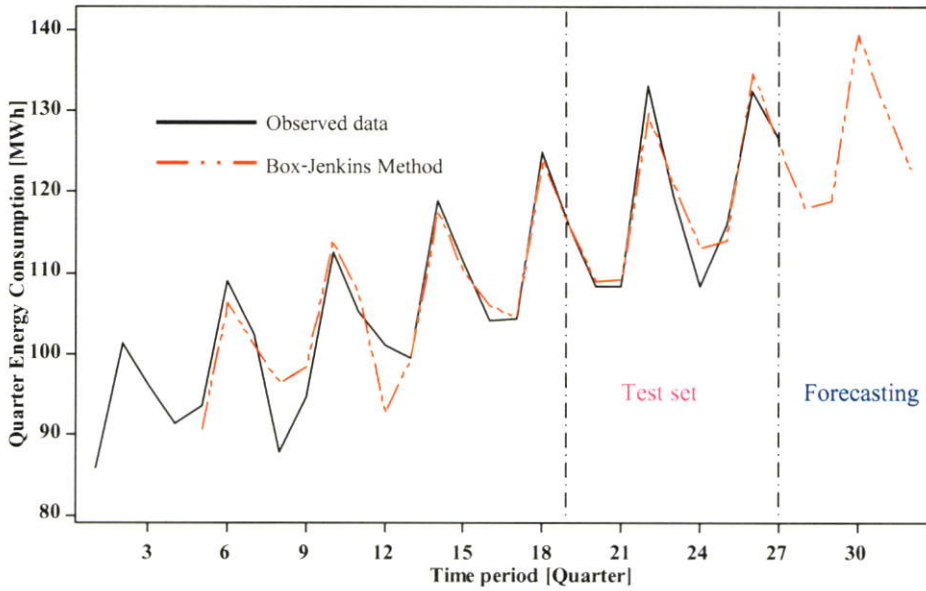
รูปที่ 4.33 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการพยากรณ์ราคาไตรมาสทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 1 (บ้านอยู่อาศัย)



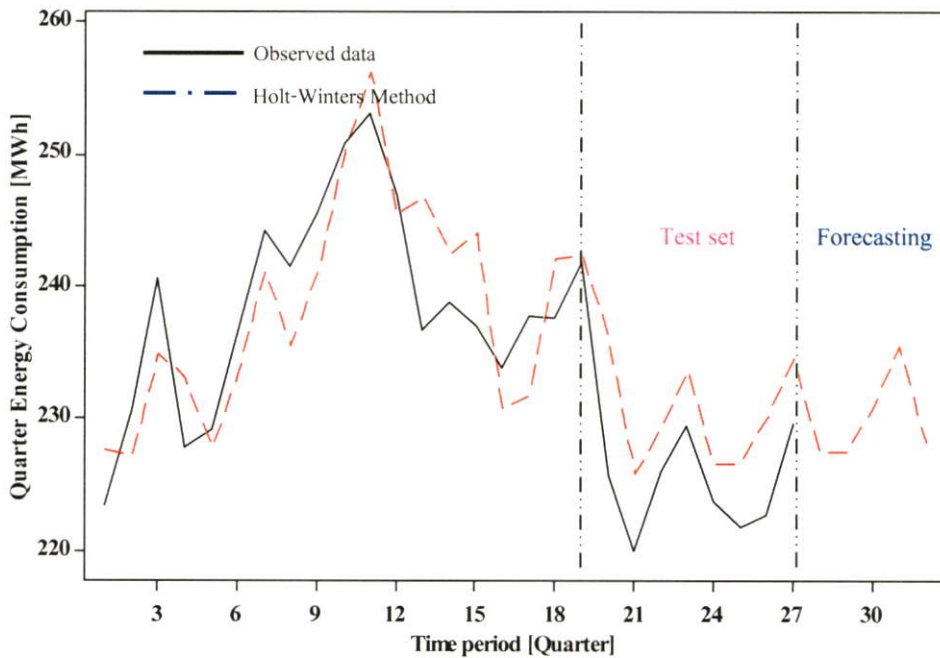
รูปที่ 4.34 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์รายไตรมาสทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้งาน 3 (กิจการขนาดกลาง)



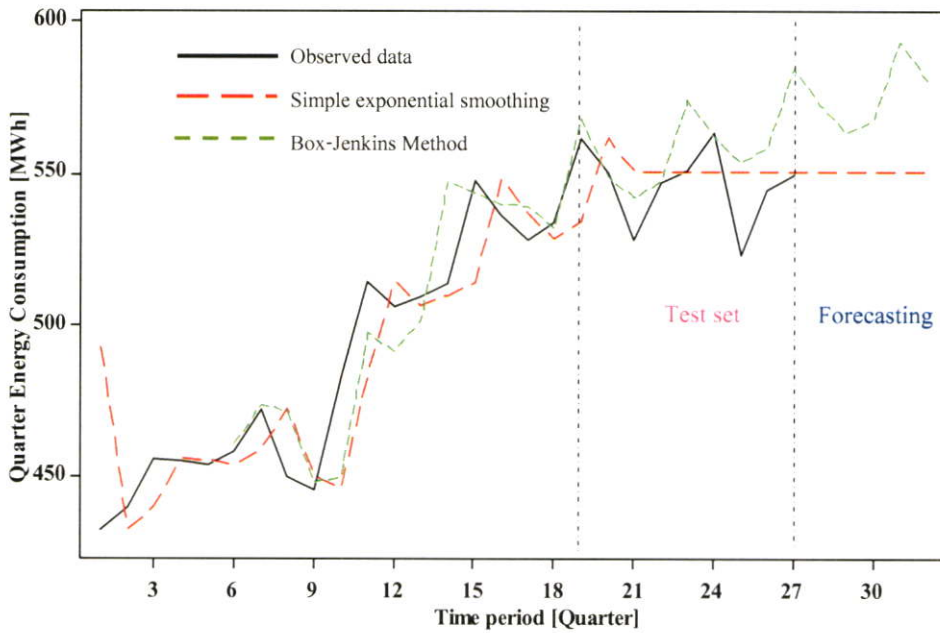
รูปที่ 4.35 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการพยากรณ์รายไตรมาสทั้ง 4 วิธี ของผู้ใช้ประเภทที่ 4 (กิจการขนาดใหญ่)



รูปที่ 4.36 กราฟแสดงแนวโน้มของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1 (บ้านอยู่อาศัย)



รูปที่ 4.37 กราฟแสดงแนวโน้มของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 (กิจการขนาดกลาง)



รูปที่ 4.38 กราฟแสดงแนวโน้มของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4 (กิจการขนาดขนาดใหญ่)

จากรูป 4.32-4.34 เป็นการนำค่าพยากรณ์ของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 3 ประเภท ซึ่งให้ค่าพยากรณ์ที่น้อยที่สุดจากข้อมูลในการพยากรณ์ทั้ง 2 รูปแบบและข้อมูลที่เหมาะสมกับผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งสามประเภทคือ ข้อมูลรายไตรมาส ดังนี้

- ประเภทบ้านอยู่อาศัยวิธีที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือ Box-Jenkins Method
- ประเภทกิจการขนาดกลางวิธีที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือ Holt-Winters Method
- ประเภทกิจการขนาดใหญ่วิธีที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือ Simple exponential smoothing แต่วิธี Box-Jenkins Method ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ควรนำมาประกอบการพิจารณาของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 เนื่องด้วยเหตุผลว่าการพยากรณ์ด้วยวิธี Simple exponential smoothing เหมาะสำหรับข้อมูลที่มีค่าค่อนข้างคงที่ จากรูปที่ 4.34 ในความเป็นจริงแล้วค่าของการพยากรณ์ในอนาคตควรแปรตามองค์ประกอบอื่นด้วย ซึ่งในการพยากรณ์ประเภทนี้จะนำวิธี Box-Jenkins Method มาพิจารณาแนวโน้ม

จากแนวโน้มการพยากรณ์ทั้ง 3 ประเภทเห็นว่ามียอดรวมของการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ซึ่งค่าของการพยากรณ์นี้เป็นพื้นฐานในการเลือกวิธีการพยากรณ์ที่ให้ค่าแนวโน้มที่มีความเป็นไปได้มากที่สุด จากพื้นที่ความรับผิดชอบการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของเขตรัฐบาลบูรณะนั้นเป็นการรองรับการขยายตัวการใช้ไฟฟ้าทั้ง 3 ประเภทที่เพิ่มขึ้นซึ่งเป็นองค์ประกอบในการสร้างสถานีย่อย หรือการ

เพิ่มขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งควรคำนึงถึงหลักทางเศรษฐศาสตร์และทางวิศวกรรมด้วย เพื่อรองรับการขยายตัวในอนาคตที่สอดคล้องการสร้างสถานีไฟฟ้าย่อยเพิ่มเติม ในเขตพื้นที่เขตรายการบูรณะ ดังแผนงานพัฒนาสถานีไฟฟ้าย่อยตามตารางที่ 4.43

ตารางที่ 4.59 เป้าหมายแผนงานพัฒนาระบบสถานีย่อย

รายการ	หน่วย (kV)	เป้าหมายงานเสร็จในแต่ละแผน(เอ็มวีเอ)	
		แผนฯ ที่ 10	แผนฯ ที่ 11
		2551-2554	2555-2559
เพิ่มขนาดสถานีไฟฟ้าย่อย			
ชนบุรีรัมย์	115-24	2x60 เป็น 3x60	
แจรงร้อน	69-24		2x40 เป็น 2x60
คลองสนามชัย	115-24		2x60 เป็น 3x60

จากการพยากรณ์ผู้ใช้ไฟทั้ง 3 ประเภทเขตรายการบูรณะ ทำให้เห็นภาพปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น นั้นเป็นเพียงการพยากรณ์ของผู้ใช้บางประเภทเท่านั้น แสดงให้เห็นอัตราการใช้ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจากตารางที่ 4.59 แสดงให้เห็นว่ามีการเพิ่มขนาดหม้อแปลงของสถานีไฟฟ้าย่อย ในพื้นที่ความรับผิดชอบของเขตรายการบูรณะ ส่วนผู้ใช้ไฟประเภทอื่นควรพยากรณ์เพิ่มเติม งานวิจัยนี้เป็นเพียงการยกตัวอย่างการพยากรณ์บางประเภทให้เห็นแนวโน้ม จึงควรพยากรณ์ทั้งหมดทั้ง 7 ประเภท เพื่อนำไปวิเคราะห์รายละเอียดในทางหลักทางเศรษฐศาสตร์และทางวิศวกรรมในการเพิ่มขนาดของหม้อแปลง หรือสร้างสถานีไฟฟ้าย่อยต่อไป

ซึ่งความสำคัญของการพยากรณ์ไฟฟ้าช่วยในการวางแผนการก่อสร้างระบบผลิต ระบบส่งไฟฟ้า และระบบจำหน่ายไฟฟ้า เพื่อให้มีการใช้ไฟฟ้าอย่างเพียงพอต่อความต้องการไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ค่าพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าประกอบด้วย ค่า peak และค่า energy เนื่องจากการวิจัยนี้เน้นในเรื่องของการพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้า energy ระยะปานกลางทั้งนี้เพื่อดูปริมาณในภาพรวมของผู้ใช้ทั้ง 7 ประเภท ให้เห็นการใช้ไฟฟ้าเพื่อเป็นตัวชี้ว่าการใช้ไฟฟ้าในรอบปีว่ามีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอมากน้อยเพียงใด นอกเหนือจากนั้นสามารถประมาณรายได้ของการไฟฟ้าในภาพรวม และสามารถพิจารณาในส่วนรายเขตของผู้ใช้แต่ละประเภทได้ รวมถึงทราบจำนวนหน่วยประมาณที่ใช้ซึ่งสามารถให้ กฟผ. ทราบเพื่อการวางแผนในการผลิตต่อไป

ตารางที่ 4.60 อัตราการเพิ่ม-ลด ปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายไตรมาส

อัตราการเพิ่ม-ลด ปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1 [บ้านอยู่อาศัย]													
	2543	2544	(%)	2545	(%)	2546	(%)	2547	(%)	2548	(%)	2549	(%)
	85.71	93.53	9.12	94.7	1.26	99.55	5.25	104.29	4.16	108.4	3.94	116.04	6.59
	101.33	109.11	7.69	112.66	3.25	119.07	5.39	124.84	4.62	133.06	6.58	132.46	-0.45
	96.07	99.80	3.88	102.49	2.69	110.69	7.41	116.07	4.64	118.72	2.28	126.41	6.08
	91.39	87.70	-4.03	101.08	15.26	104.19	2.98	108.25	3.75	108.27	0.02	83.46	
อัตราการเพิ่ม-ลด ปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 [กิจการขนาดกลาง]													
	223.37	229.10	2.50	245.57	6.71	236.70	-3.75	237.36	0.45	219.85	-8.15	221.8	0.88
	230.61	236.31	2.41	250.73	5.75	238.77	-5.01	237.54	-0.52	226.02	-5.10	222.61	-1.53
	240.48	244.20	1.52	253.10	3.51	236.91	-6.83	241.80	2.02	229.44	-5.39	229.59	0.07
	227.79	241.51	5.68	246.85	2.16	233.84	-5.56	225.67	-3.62	223.71	-0.88	147.0	
อัตราการเพิ่ม-ลด ปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4 [กิจการขนาดใหญ่]													
	432.52	453.83	4.69	445.46	-1.88	509.49	12.57	528.29	3.56	528.42	0.62	522.85	-1.06
	439.82	458.3	4.03	483.69	5.25	513.58	5.82	534.09	3.84	547.15	2.39	544.46	-0.49
	455.53	5472.17	3.52	514.10	8.16	547.94	6.18	561.31	2.38	550.69	-1.93	549.79	-0.16
	455.03	449.7	-1.19	506.04	11.13	536.12	5.61	550.16	2.55	563.23	2.32	360.34	

4.8 ตัวอย่างรายละเอียดของการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS

4.8.1 การพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าประเภทที่ 1 ด้วยวิธี Simple Exponential smoothing ขั้นตอนในการพยากรณ์

1. กำหนดค่าเริ่มต้นและค่าน้ำหนัก (α) โดยที่ $0 < \alpha < 1$ และให้ค่า SSE (Sum of Square Error) ต่ำที่สุด โดยใช้ข้อมูลของอนุกรมเวลาชุด Initialization เพื่อหาค่าน้ำหนัก (α) ที่ดีที่สุด
2. กำหนดค่าเริ่มต้นของการพยากรณ์ โดยการหาค่าเฉลี่ย โดยใช้ SPSS ผลปรากฏดังนี้

Initial Smoothing State

	VAR00001
Level	636.34905

Smallest Sums of Squared Errors

Series	Model rank	Alpha (Level)	Sums of Squared Errors
VAR00001	1	1.00000	179848.39196
	2	.90000	191206.92888
	3	.80000	204868.27195
	4	.70000	220939.88207
	5	.60000	239492.61669
	6	.50000	260315.15251
	7	.40000	282307.29367
	8	.30000	302580.85123
	9	.20000	316647.12721
	10	.10000	325034.27810

Smoothing Parameters

Series	Alpha (Level)	Sums of Squared Errors	df error
VAR00001	1.00000	179848.39196	57

Shown here are the parameters with the smallest Sums of Squared Errors. These parameters are used to forecast.

4.8.2 การพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าประเภทที่ 1 ด้วยวิธีโฮลท์ (Holt's linear exponential smoothing)

ขั้นตอนการในการพยากรณ์

1. กำหนดค่าเริ่มต้นและค่าน้ำหนัก (α) โดยที่ $0 < \alpha < 1$ และ (β) โดยที่ $0 < \beta < 1$ ให้ค่า SSE (Sum of Square Error) ต่ำที่สุด โดยใช้ข้อมูลของอนุกรมเวลาชุด Initialization เพื่อหาค่าน้ำหนัก (α) และ β ที่ดีที่สุด
2. กำหนดค่าเริ่มต้นของการพยากรณ์ โดยการหาค่าเฉลี่ย โดยใช้ SPSS

Model Description

Model Name		MOD_2
Series	1	VAR00001
Holt's Model	Trend	Linear
	Seasonality	None

Applying the model specifications from MOD_2

Initial Smoothing State

	VAR00001
Level	562.88140
Trend	2.84519

Smallest Sums of Squared Errors

Series	Model rank	Alpha (Level)	Gamma (Trend)	Sums of Squared Errors
VAR00001	1	1.00000	.00000	174198.50425
	2	.90000	.00000	185085.45791
	3	.80000	.00000	198164.69936
	4	1.00000	.20000	202644.61342
	5	.70000	.00000	213487.51345
	6	1.00000	.40000	217921.22084
	7	.90000	.20000	217927.46174
	8	1.00000	.60000	227417.36434
	9	.60000	.00000	231080.19903
	10	.90000	.40000	234985.32014

Smoothing Parameters

Series	Alpha (Level)	Gamma (Trend)	Sums of Squared Errors	df error
VAR00001	1.00000	.00000	174198.50425	56

Shown here are the parameters with the smallest Sums of Squared Errors. These parameters are used to forecast.

4.8.3 การพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1 (บ้านอยู่อาศัย) โดยวิธี Holt-Winters smoothing method

ขั้นตอนการพยากรณ์

1. กำหนดค่าเริ่มต้น
2. กำหนดพารามิเตอร์ที่ให้ค่า SSE ต่ำที่สุด

Model Description

Model Name		MOD_3
Series	1	VAR00001
Winters's Multiplicative Model	Trend	Linear
	Seasonality	Multiplicative
Length of Seasonal Period		12

Initial Smoothing State

		VAR00001
Seasonal Indices	1	97.40728
	2	90.20977
	3	82.97780
	4	82.83439
	5	90.88434
	6	107.78505
	7	118.50211
	8	111.77264
	9	107.24770
	10	105.56107
	11	104.57742
	12	100.24043
Level		604.83790
Trend		1.34336

Smallest Sums of Squared Errors

Series	Model rank	Alpha (Level)	Gamma (Trend)	Delta (Season)	Sums of Squared Errors
VAR00001	1	.10000	.00000	.10000	43791.98197
	2	.20000	.00000	.10000	44513.89057
	3	.30000	.00000	.10000	45910.52533
	4	.40000	.00000	.10000	47278.29483
	5	.00000	1.00000	.10000	47425.00435
	6	.00000	.80000	.10000	47425.00435
	7	.00000	.60000	.10000	47425.00435
	8	.00000	.40000	.10000	47425.00435
	9	.00000	.20000	.10000	47425.00435
	10	.00000	.00000	.10000	47425.00435

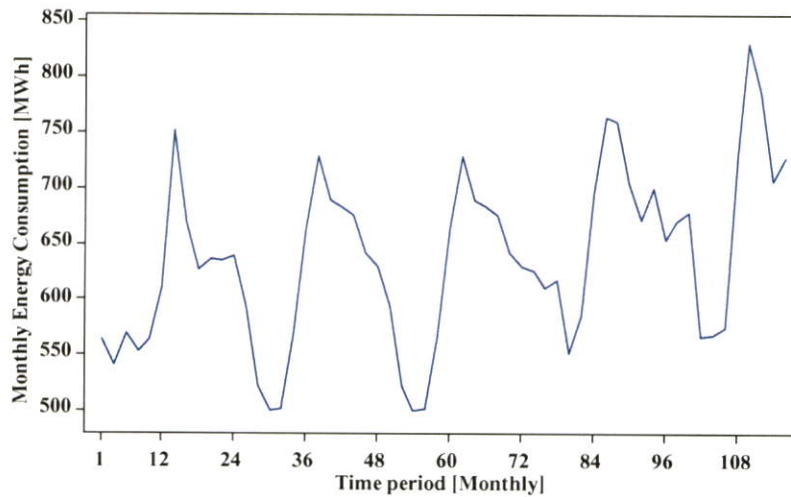
Smoothing Parameters

Series	Alpha (Level)	Gamma (Trend)	Delta (Season)	Sums of Squared Errors	df error
VAR00001	.10000	.00000	.10000	43791.981 97	45

Shown here are the parameters with the smallest Sums of Squared Errors. These parameters are used to forecast.

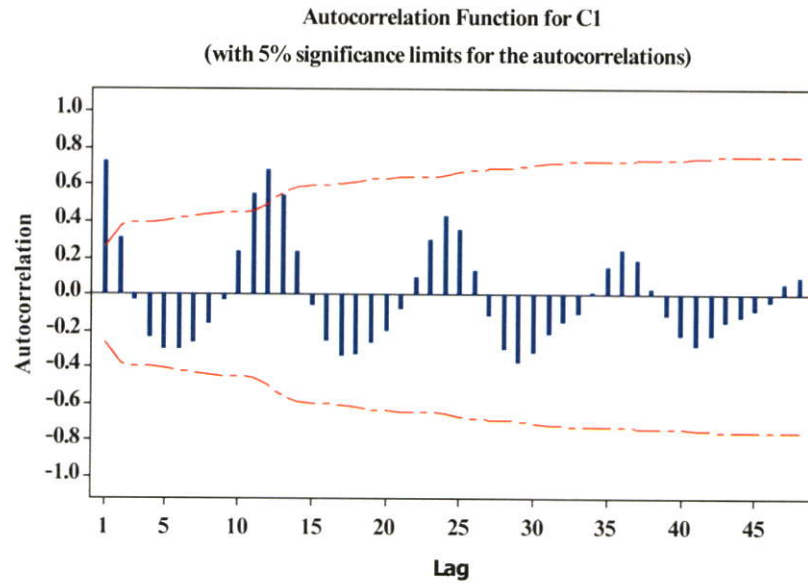
4.8.4 การพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1 (บ้านอยู่อาศัย) โดยวิธี Box-Jenkin method

ขั้นตอนการพยากรณ์

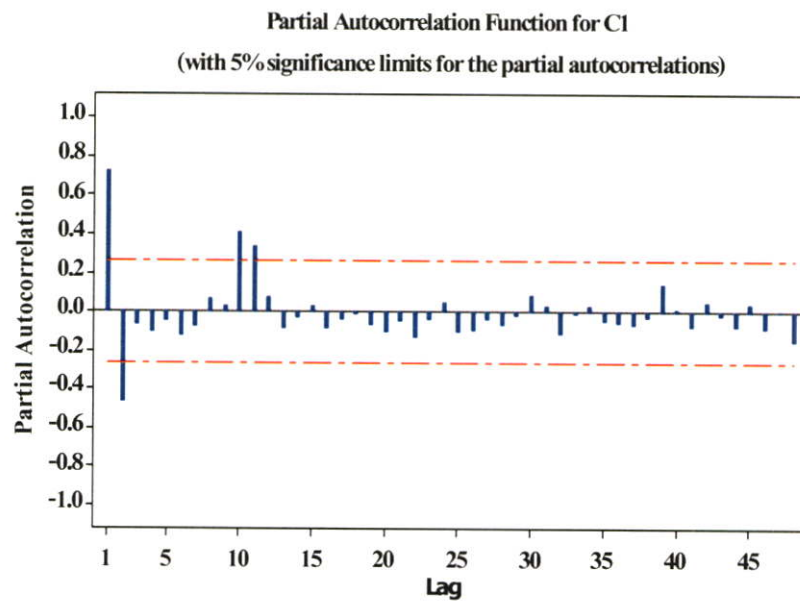


รูปที่ 4.39 รูปแบบของอนุกรมเวลาผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1

2. พิจารณาความสัมพันธ์ของอนุกรมเวลาจาก ACF และ PACF

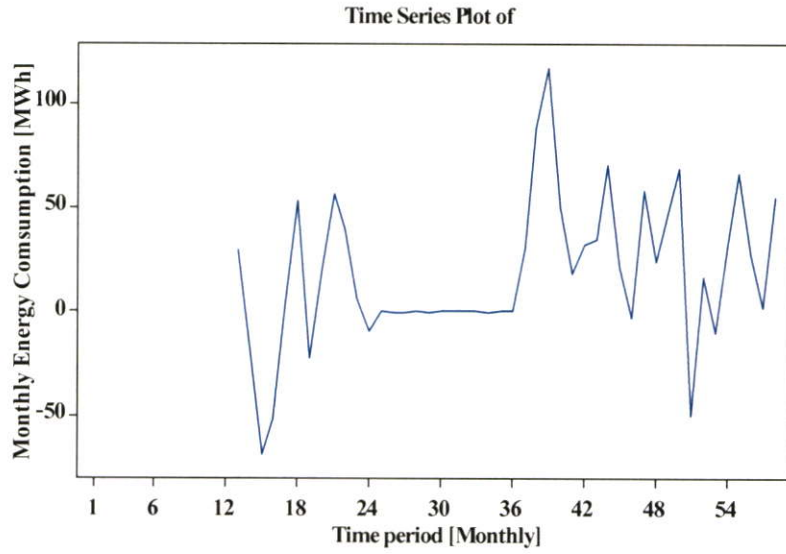


รูปที่ 4.40 แสดงความสัมพันธ์ ACF



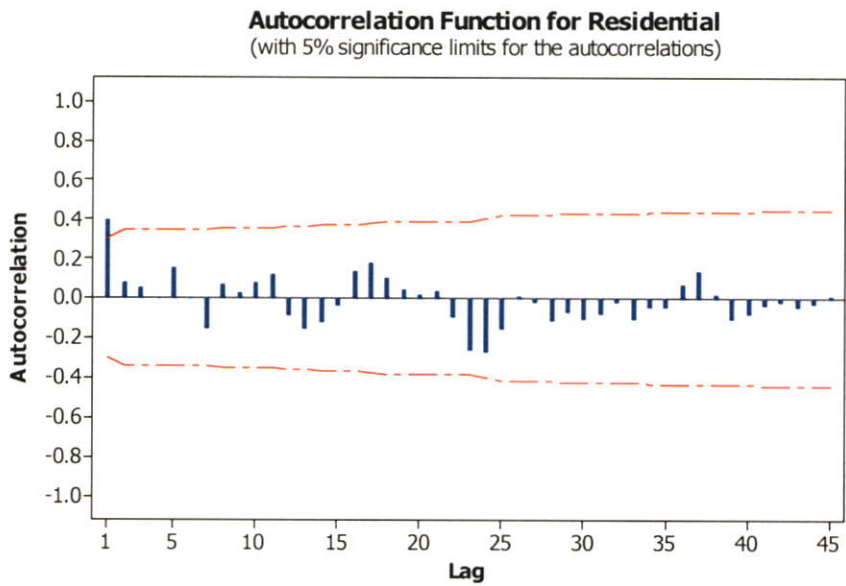
รูปที่ 4.41 แสดงความสัมพันธ์ PACF

3. เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของอนุกรมเวลาจาก ACF สังเกตเห็นว่าจะต้องทำผลต่างเพื่อลดอิทธิพลของฤดูกาลพบว่าอนุกรมมีค่าเฉลี่ยคงที่

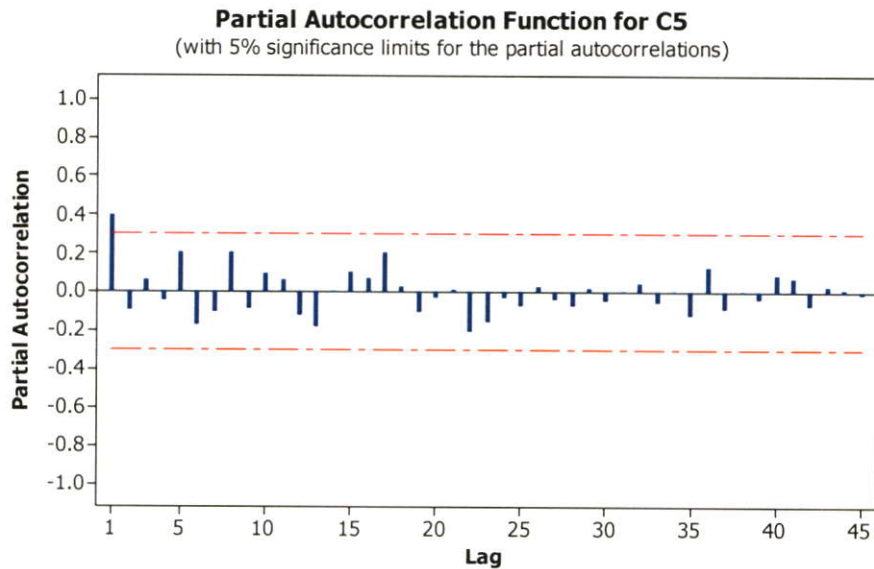


รูปที่ 4.42 แสดงอนุกรมที่ทำผลต่าง

4. พิจารณารูปแบบอนุกรม ARIMA จากความสัมพันธ์ของ ACF และ PACF



รูปที่ 4.43 แสดงความสัมพันธ์ ACF เมื่อมีการทำผลต่างของอนุกรมเวลา



รูปที่ 4.44 แสดงความสัมพันธ์ PACF เมื่อมีการทำผลต่างของอนุกรมเวลา

5. พิจารณารูปแบบอนุกรม ARIMA $(1,0,0)(0,1,0)_{12}$
6. พิจารณาค่าพารามิเตอร์ตัวแบบอนุกรม ARIMA $(1,0,0)(0,1,0)_{12}$ ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยโปรแกรม SPSS ได้ค่าประมาณของพารามิเตอร์ ดังนี้

Parameter Estimates

	Estimates	Std Error	t	Approx Sig
Non-Seasonal Lags AR1	.391	.140	2.792	.008
Constant	18.757	7.986	2.349	.023

Melard's algorithm was used for estimation.

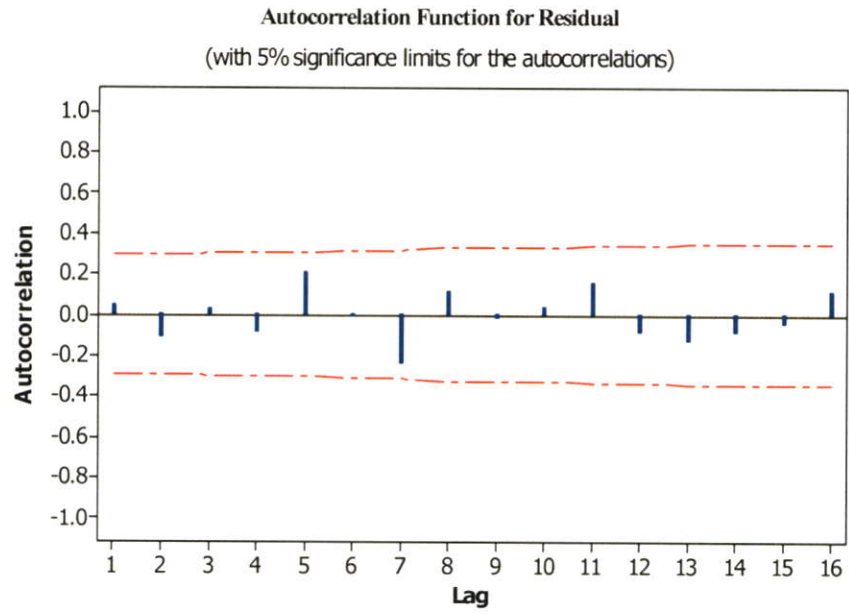
ผลจากการประมาณค่าในตัวแบบ Backshift Operator

$$y_t = 18.757 + 0.391By_t + B^{12}y_t - 0.391B^{13}y_t + e_t$$

จากการประมาณค่าจะเห็นว่าค่าพารามิเตอร์ทุกตัว ทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติการทดสอบ t ไม่เท่ากับศูนย์

เมื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมของตัวแบบ โดยพิจารณาความสัมพันธ์ในตัวเอง ACF จะเห็นว่า $(-2s[r_e(k)], 2s[r_e(k)])$ ยอมรับความสัมพันธ์ทุกค่าเท่ากับศูนย์ และสถิติ Box-Ljung ที่มีค่า p เท่ากับ 0.7039 ($p > 0.05$) แสดงว่าตัวแบบที่เหมาะสม และสามารถเขียนรูปการพยากรณ์ได้คือ

$$y_t = 18.757 + 0.391y_{t-1} + y_{t-12} - 0.391y_{t-13} + e_t$$



รูปที่ 4.45 การทดสอบความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมของการไฟฟ้านครหลวงในภาพรวมซึ่งเป็นการศึกษาหาตัวแบบที่ให้ความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 7 ประเภท โดยพิจารณาข้อมูลออกเป็น 2 ลักษณะคือ

1. ข้อมูลรายเดือน
2. ข้อมูลรายไตรมาส

5.1.1 ผู้ใช้ไฟประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย

ตารางที่ 5.1 ผลการทดสอบผู้ใช้ไฟประเภทที่ 1

ชุดค่าเริ่มต้น Initialization Set							
ข้อมูลรายเดือน			ข้อมูลรายไตรมาส				
Holt's Winter Method			Holt's Winter Method				
Parameter			MAPE	Parameter			MAPE
α	β	α	3.284	α	β	α	1.821
0.1	0	0.1		0.3	0	0	
ชุดทดสอบ Test Set							
ข้อมูลรายเดือน			ข้อมูลรายไตรมาส				
Holt's Winter Method			Holt's Winter Method				
Parameter			MAPE	Parameter			MAPE
α	β	α	3.878	α	β	α	3.001
0.1	0	0.1		0.3	0	0	

จากการทดสอบของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 1 ข้อมูลทั้ง 2 ประเภท จาก 4 วิธีนั้น วิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับผู้ไฟฟ้าประเภทที่ 1 คือ Holt's Winter Method ซึ่งข้อมูลรายไตรมาสให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุด

จากการทดสอบจะเห็นว่าไม่เสมอไปที่ชุดทดสอบ Test Set จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่น้อยกว่า ชุดค่าเริ่มต้น Initialization Set นั้นแสดงให้เห็นว่าข้อมูลชุดของชุดค่าเริ่มต้น Initialization Set เหมาะสำหรับการหาพารามิเตอร์ที่ดีที่เหมาะสมกับชุดทดสอบ Test Set

5.1.2 ผู้ใช้ไฟประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก

ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบผู้ใช้ไฟประเภทที่ 2

ชุดค่าเริ่มต้น Initialization Set			
ข้อมูลรายเดือน		ข้อมูลรายไตรมาส	
Box-Jenkins Method		Box-Jenkins Method	
รูปแบบ(SARIMA)	MAPE	รูปแบบ(SARIMA)	MAPE
(1,0,0)	2.578	(0,0,0)	2.244
(0,1,0) ₁₂		(0,1,0) ₄	
ชุดทดสอบ Test Set			
ข้อมูลรายเดือน		ข้อมูลรายไตรมาส	
Box-Jenkins Method		Box-Jenkins Method	
Parameter(SARIMA)	MAPE	Parameter	MAPE
(1,0,0)	3.258	(0,0,0)	2.586
(0,1,0) ₁₂		(0,1,0) ₄	

ผลจากการทดสอบของผู้ใช้ไฟประเภทที่ 2 ข้อมูลทั้ง 2 ประเภทจาก 4 วิธีนั้น วิธี Box-Jenkins Method เป็นวิธีที่ให้ความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุด ซึ่งข้อมูลที่เหมาะสมกับการพยากรณ์สำหรับผู้ใช้ไฟประเภทที่ 2 คือข้อมูลรายไตรมาส จากตารางจะเห็นว่าเมื่อนำข้อมูลรายไตรมาสมาทดสอบจากรูปแบบของ SARIMA จะเห็นว่าข้อมูลมีผลต่อฤดูกาลอย่างเดียว เมื่อทำผลต่างของฤดูกาลสังเกตว่าความคลาดเคลื่อนลดลงซึ่งแสดงว่าข้อมูลมีค่าคงที่ (Stationary)

5.1.3 ผู้ใช้ไฟประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง

ตารางที่ 5.3 ผลการทดสอบผู้ใช้ไฟประเภทที่ 3

ชุดค่าเริ่มต้น Initialization Set							
ข้อมูลรายเดือน				ข้อมูลรายไตรมาส			
Holt's Winter Method				Holt's Winter Method			
Parameter			MAPE	Parameter			MAPE
α	β	α	1.838	α	β	α	1.39
0.3842	0.0020	0.4282		0.0447	0.003	0.2529	
ชุดทดสอบ Test Set							
ข้อมูลรายเดือน				ข้อมูลรายไตรมาส			
Holt's Winter Method				Holt's Winter Method			
Parameter			MAPE	Parameter			MAPE
α	β	α	2.373	α	β	α	1.63
0.3842	0.0020	0.4282		0.0447	0.003	0.2529	

จากการทดสอบข้อมูลผู้ใช้ไฟประเภทที่ 3 จาก 4 วิธีนั้น วิธี Holt's Winter Method เหมาะสมที่สุดสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 ซึ่งข้อมูลรายไตรมาสให้ค่าความเคลื่อนที่น้อยที่สุด

จากการทดสอบจะเห็นว่าไม่เสมอไปที่ชุดทดสอบ Test Set จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่น้อยกว่า ชุดค่าเริ่มต้น Initialization Set นั้นแสดงให้เห็นว่าข้อมูลชุดของชุดค่าเริ่มต้น Initialization Set เหมาะสำหรับการหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดที่เหมาะสมกับชุดทดสอบ Test Set นั่นคือถ้าชุด Initialization Set ให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำจะมีแนวโน้มที่ชุดทดสอบและค่าพยากรณ์จะให้ค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น

5.1.4 ผู้ใช้ไฟประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่

ตารางที่ 5.4 ผลการทดสอบผู้ใช้ไฟประเภทที่ 4

ชุดค่าเริ่มต้น Initialization Set					
ข้อมูลรายเดือน			ข้อมูลรายไตรมาส		
Holt's Winter Method			Box-Jenkins Method		
Parameter			MAPE	รูปแบบ(SARIMA)	MAPE
α	β	α	2.026	(0,0,0)	4.265
0.476	0.001	0.4229		(0,1,0) _s	
ชุดทดสอบ Test Set					
ข้อมูลรายเดือน			ข้อมูลรายไตรมาส		
Holt's Winter Method			Box-Jenkins Method		
Parameter			MAPE	รูปแบบ(SARIMA)	MAPE
α	β	α	1.807	(0,0,0)	1.184
0.476	0.001	0.4229		(0,1,0) _s	

จากการทดสอบข้อมูลผู้ใช้ไฟประเภทที่ 4 นั้น วิธี Holt's Winter Method ให้ค่าความเคลื่อนที่น้อยที่สุดจาก 4 วิธีสำหรับข้อมูลรายเดือน แต่สำหรับกรณีข้อมูลรายไตรมาส วิธีที่ให้ค่าความเคลื่อนที่น้อยที่สุดจาก 4 วิธี คือวิธี Box-Jenkins Method ซึ่งข้อมูลรายไตรมาสของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4 จะใช้ในการพยากรณ์ค่าที่เกิดขึ้นในอนาคต

จากการทดสอบข้อมูลทั้ง 2 ประเภท แสดงให้เห็นว่าถึงแม้ชุดค่าเริ่มต้น Initialization Set ของการพยากรณ์ด้วยวิธี Holt's Winter Method จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำกว่า แต่เมื่อนำข้อมูลรายเดือนดังกล่าวมาวิเคราะห์ในลักษณะข้อมูลที่เป็นรายไตรมาสด้วยวิธี Box-Jenkins Method จะเห็นว่าชุดค่าเริ่มต้น Initialization Set จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่มากกว่า เมื่อนำไปทดสอบกับชุด Test Set วิธี Box-Jenkins Method นั้นให้ค่าพยากรณ์ที่ใกล้เคียงกับค่าจริงที่เกิดขึ้นมากกว่า นั้นแสดงให้เห็นว่าลักษณะของข้อมูลแต่ละประเภทเหมาะสมสำหรับวิธีที่แตกต่างกัน

5.1.5 ผู้ใช้ไฟประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง

ตารางที่ 5.5 ผลการทดสอบผู้ใช้ไฟประเภทที่ 5

ชุดค่าเริ่มต้น Initialization Set							
ข้อมูลรายเดือน				ข้อมูลรายไตรมาส			
Holt's Winter Method				Holt's Winter Method			
Parameter			MAPE	Parameter			MAPE
α	β	α	2.946	α	β	α	2.363
0.0266	0.0001	0.1943		0.0165	0.001	0.3996	
ชุดทดสอบ Test Set							
ข้อมูลรายเดือน				ข้อมูลรายไตรมาส			
Holt's Winter Method				Holt's Winter Method			
Parameter			MAPE	Parameter			MAPE
α	β	α	2.968	α	β	α	1.758
0.0266	0.0001	0.1943		0.0165	0.001	0.3996	

จากการทดสอบข้อมูลผู้ใช้ไฟประเภทที่ 5 จาก 4 วิธีของข้อมูลทั้ง 2 ประเภทนั้น วิธี Holt's Winter Method เหมาะสมที่สุดสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5 ซึ่งข้อมูลรายไตรมาสให้ค่าความเคลื่อนที่น้อยที่สุดจึงใช้ในการหาค่าพยากรณ์ในอนาคต

จากการทดสอบจะเห็นว่าค่าที่ได้จากการพยากรณ์ของข้อมูลรายเดือนในชุดค่าเริ่มต้น Initialization Set และผลของชุดทดสอบ Test Set จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ใกล้เคียงกันมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถ้าข้อมูลดังกล่าวมีอัตราการเพิ่มหรือแนวโน้มของข้อมูลในอดีตกับปัจจุบันไม่มีความแตกต่างกันมากนักค่าที่ได้จะออกมาใกล้เคียงกัน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่น่ามาใช้ในการวิเคราะห์ก็เป็นส่วนหนึ่งในการพิจารณาเลือกวิธีในการพยากรณ์ที่ถูกต้องและเหมาะสมสำหรับข้อมูลนั้น

5.1.6 ผู้ใช้ไฟประเภทที่ 6 ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร

ตารางที่ 5.6 ผลการทดสอบผู้ใช้ไฟประเภทที่ 6

ชุดค่าเริ่มต้น Initialization Set					
ข้อมูลรายเดือน			ข้อมูลรายไตรมาส		
Holt's Winter Method			Box-Jenkins Method		
Parameter			MAPE	รูปแบบ(ARIMA)	MAPE
α	β	α	6.274	(2,0,0)	4.620
0.0163	0.001	0.3995			
ชุดทดสอบ Test Set					
ข้อมูลรายเดือน			ข้อมูลรายไตรมาส		
Holt's Winter Method			Box-Jenkins Method		
Parameter			MAPE	รูปแบบ(ARIMA)	MAPE
α	β	α	9.512	(2,0,0)	4.297
0.0163	0.001	0.3995			

จากการทดสอบข้อมูลผู้ใช้ไฟประเภทที่ 6 จาก 4 วิธีของข้อมูลทั้ง 2 ประเภทนั้น วิธี Holt's Winter Method เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลที่เป็นรายเดือน และข้อมูลรายไตรมาสให้ค่าความเคลื่อนที่น้อยที่สุดกับการพยากรณ์ด้วยวิธี Box-Jenkins Method จึงใช้ในการหาค่าพยากรณ์ในอนาคต

จากการทดสอบด้วยวิธี Box-Jenkins Method จะเห็นว่ารูปแบบของข้อมูลประเภทที่ 6 ไม่มีลักษณะของแนวโน้มผลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง และไม่มีการทำผลต่างของข้อมูลทำให้เห็นลักษณะของข้อมูลว่าไม่มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่มากนัก

5.1.7 ผู้ใช้ไฟประเภทที่ 7 ไฟถนน

ตารางที่ 5.7 ผลการทดสอบผู้ใช้ไฟประเภทที่ 7

ชุดค่าเริ่มต้น Initialization Set			
ข้อมูลรายเดือน		ข้อมูลรายไตรมาส	
Simple Exponential Smoothing Method		Simple Exponential Smoothing Method	
Parameter	MAPE	Parameter	MAPE
α	0.8765	α	1.383
0.7028		1	
ชุดทดสอบ Test Set			
ข้อมูลรายเดือน		ข้อมูลรายไตรมาส	
Simple Exponential Smoothing Method		Simple Exponential Smoothing Method	
Parameter	MAPE	Parameter	MAPE
α	1.019	α	0.91
0.7028		1	

จากการทดสอบข้อมูลผู้ใช้ไฟประเภทที่ 7 จาก 4 วิธีของข้อมูลทั้ง 2 ประเภทนั้น วิธี Simple Exponential Smoothing Method เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลทั้ง 2 ประเภท และข้อมูลรายไตรมาส ให้ค่าความเคลื่อนที่น้อยที่สุดกับการพยากรณ์ดังนั้นจึงนำไปใช้ในการหาค่าพยากรณ์ในอนาคต

จากพารามิเตอร์ของข้อมูลรายไตรมาสมีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าเราจะให้ความสำคัญแก่ข้อมูลล่าสุดหรือข้อมูลที่เป็นปัจจุบันนั่นเอง วิธีนี้เหมาะสำหรับการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 คาบเวลา

ผลจากการพยากรณ์ของผู้ใช้ไฟทั้ง 7 ประเภท สรุปได้ข้อมูลที่เหมาะสมกับการพยากรณ์ส่วนใหญ่ที่ให้ค่าความถูกต้องใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด คือ ข้อมูลที่เป็นลักษณะรายไตรมาส ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า วิธี Holt's Winter Method เหมาะสมสำหรับผู้ใช้ไฟประเภทที่ 1,3 และ 5 ส่วนวิธี Box-Jenkins Method เหมาะสมสำหรับผู้ใช้ไฟประเภทที่ 2 ,4 และ 6 สำหรับผู้ใช้ไฟประเภทที่ 7 วิธีที่เหมาะสมคือ Simple Exponential Smoothing Method

จากการวิเคราะห์จะเห็นว่ารูปแบบและลักษณะของข้อมูลรายเดือน และรายไตรมาส มีผลต่อการพยากรณ์อย่างที่เห็นได้ชัดในกรณีของการพยากรณ์ด้วยวิธี Holt's Winter Method และ Box-Jenkins Method ผลของฤดูกาลส่งผลถึงการพยากรณ์ของทั้ง 2 วิธี เนื่องจากการกำหนดค่าของ Seasonal factor ที่แตกต่างกัน นั่นคือลักษณะของข้อมูลก็เป็นส่วนที่สำคัญในการพยากรณ์เช่นเดียวกัน นอกจากนั้นพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟ คาบเวลาล่วงหน้าในการพยากรณ์ในการพยากรณ์ก็มีส่วนสำคัญ

เพราะว่าการพยากรณ์บางวิธีมีความถูกต้องสูงในระยะใกล้ ดังนั้นในการเลือกวิธีในการพยากรณ์ต้องคำนึงปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง ความเหมาะสมของข้อมูลและวิธีที่ใช้ในการพยากรณ์

จากวิธีในการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธีพบว่าแต่ละวิธีเหมาะสมกับข้อมูลที่มีลักษณะที่แตกต่างกัน วิธีที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ดีที่สุดอาจไม่ได้บ่งบอกว่าจะให้ค่าพยากรณ์ที่ดีสำหรับข้อมูลทุกประเภท ดังนั้นแต่ละวิธีจึงมีข้อดีและเสียที่แตกต่างกัน จึงสรุปได้ดังนี้

1. วิธี Simple Exponential Smoothing Method (SES)

ข้อดี เหมาะสำหรับการพยากรณ์ระยะสั้นและการพยากรณ์ทำได้ง่าย ข้อเสียคือ การพยากรณ์ค่าได้หนึ่งคาบเวลา และการปรับค่าน้ำหนัก (α) ของข้อมูลเพียงหนึ่งพารามิเตอร์ และถูกจำกัดกับการพยากรณ์ที่มีข้อมูลที่มีลักษณะคงที่

2. วิธี Holt's linear Method

ข้อดี มีความยืดหยุ่นมากกว่าวิธี (SES) เนื่องจากมีการปรับค่าน้ำหนักของข้อมูลด้วยพารามิเตอร์ (α และ β) ซึ่งมีการปรับค่าข้อมูลที่มีลักษณะแนวโน้มด้วย ข้อเสียคือ เนื่องจากวิธีนี้ใช้พารามิเตอร์ (α และ β) ดังนั้นในการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ทำได้ยากกว่าวิธี (SES)

3. วิธี Holt- Winters Method

ข้อดี เนื่องจากรูปแบบของการพยากรณ์ด้วยวิธีนี้เป็นการวิเคราะห์ของข้อมูลที่มีลักษณะแนวโน้มฤดูกาล ดังนั้นผลของการพยากรณ์จะให้ค่าความถูกต้องค่อนข้างสูงเนื่องจากโมเดลของวิธีนี้มีการปรับค่าของข้อมูลด้วยพารามิเตอร์ (α , β และ γ) ในสมการให้สอดคล้องกับข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งทำให้การพยากรณ์ที่เกิดขึ้นมีประสิทธิภาพสูง ข้อเสียคือ เนื่องจากวิธีการพยากรณ์นี้ใช้กับข้อมูลที่มีหลายองค์ประกอบของข้อมูล อาจทำให้การพยากรณ์มีความยุ่งยากและซับซ้อนมากขึ้น

4. วิธี Box-Jenkins Method

ข้อดี เนื่องจากข้อมูลที่นำมาใช้ในปัจจุบันมีองค์ประกอบข้อมูลหลายรูปแบบ ดังนั้นวิธีนี้สามารถกำหนดและพิจารณาลักษณะของข้อมูลได้หลากหลายอยู่ในรูปของโมเดลที่มีส่วนขององค์ประกอบของฤดูกาลและไม่มีส่วนประกอบของฤดูกาลได้ดี รวมทั้งมีการตรวจสอบผลของโมเดลที่นำไปใช้ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ก่อนนำไปใช้งานจริง ข้อเสีย เนื่องจากมีการพิจารณาหลายองค์ประกอบของข้อมูลจึงทำให้มีความซับซ้อน และข้อมูลในการนำมาวิเคราะห์ต้องเพียงพอเพราะถ้าขนาดของข้อมูลน้อยเกินไปการกำหนดรูปแบบของโมเดลที่ใช้ อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ เพราะวิธีนี้รูปแบบของโมเดลเกิดจากการกำหนดจากลักษณะของข้อมูล

จากผลการศึกษานี้เป็นการนำวิธีทางสถิติมาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ ซึ่งเป็นการพยากรณ์อีกวิธี จากหลายๆ วิธี ซึ่งแต่ละวิธีให้ข้อดี ข้อเสีย ที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลที่นำมาใช้ ในการนำหลักสถิตินี้มาช่วยในการพยากรณ์เป็นอีกทางเลือกหนึ่งซึ่งสามารถดูผลของการพยากรณ์ได้ค่อนข้างรวดเร็ว จึงเป็นเครื่องมืออีกตัวหนึ่งที่ช่วยในการวางแผน และการตัดสินใจในการมองภาพปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในอนาคตในระยะเวลาดำเนิน ไปได้ ซึ่งวิธีที่เหมาะสมกับการ

พยากรณ์สำหรับข้อมูลของการไฟฟ้านครหลวงกับผู้ใช้ไฟทั้ง 7 ประเภทนั้น จากผลการวิจัยข้อมูลที่ให้ค่าคลาดเคลื่อนที่ดีเป็นข้อมูลลักษณะรายไตรมาส โดยวิธีที่ให้ค่าการพยากรณ์ที่ดีคือวิธี Holt-Winters Method และวิธี Box-Jenkins Method ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ใช้ที่จะเลือกวิธีในการพยากรณ์

ในการเลือกวิธีการพยากรณ์ข้อมูลในรูปแบบอนุกรมเวลานั้นจะต้องพิจารณาจากหลายปัจจัย ได้แก่ เวลาในการพยากรณ์ ลักษณะของข้อมูล ความแม่นยำหรือความถูกต้อง ค่าใช้จ่ายและการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการพยากรณ์ที่ใช้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์ ซึ่งมีข้อจำกัดในเรื่องของพารามิเตอร์ต่างๆ ในการพยากรณ์ ดังนั้นจากผลการวิจัยในครั้งนี้ พบว่าสามารถสร้างตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการพยากรณ์ปริมาณความต้องการไฟฟ้าในอนาคตได้ ซึ่งค่าที่พยากรณ์ได้นั้นสามารถที่จะคาดคะเนได้ว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟประเภทต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลงมากน้อยเพียงใด สำหรับเป็นข้อมูลในการวางแผนการปรับปรุงระบบไฟฟ้าต่างๆ และการสำรองพลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทั้งในด้านการดำรงชีวิตและความเป็นอยู่ เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจและประเทศต่อไป ซึ่งในการใช้ตัวแบบในการพยากรณ์ ควรมีการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบนั้น เมื่อมีข้อมูลใหม่เพิ่มขึ้นมา โดยตัวแบบที่ใช้อยู่อาจไม่เหมาะสมอีกต่อไป ซึ่งควรพิจารณาข้อมูลใหม่เพิ่มเข้าไป แล้วกลับไปกำหนดตัวแบบที่เหมาะสมใหม่ โดยรูปแบบของตัวแบบพยากรณ์อาจจะเปลี่ยนไป หรืออาจมีรูปแบบเดิมแต่ค่าของพารามิเตอร์อาจเปลี่ยนไป

นอกจากเทคนิคของการพยากรณ์ที่นำมาศึกษาแล้ว อาจจะมีการพิจารณาเทคนิคอื่นๆ ด้วยเช่น เทคนิคการพยากรณ์ร่วม โครงข่ายประสาทเทียม(Artificial Neural networks) Fuzzy Neural networks Wavelet Neural networks หรือ Fuzzy Linear Regression เป็นต้น ควรจะเพิ่มปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น อัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคนิคในการพยากรณ์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] คณะอนุกรรมการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า. รายงานการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. มกราคม 2547
- [2] ศูนย์บริการวิชาการ. การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะยาวของประเทศ. กรุงเทพฯ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์. กุมภาพันธ์ 2549
- [3] ฝ่ายวางแผนและพัฒนาระบบไฟฟ้า. แผนปรับปรุงและขยายระบบจำหน่ายพลังไฟฟ้า ปีงบประมาณ 2547 – 2550. กรุงเทพฯ : การไฟฟ้านครหลวง. กันยายน 2546
- [4] มุกดา แม้นมินทร์. อนุกรมเวลาและการพยากรณ์ พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์ประกายพริก
- [5] กัลยา วานิชย์บัญชา. สถิติ 2545 พิมพ์ครั้งที่ 7 โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [6] ทรงศิริ เต็มบัคิ. การพยากรณ์เชิงปริมาณ กุมภาพันธ์ 2549 พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [7] นางสาวสุมิตรา อมรรพพิภคร์. การเปรียบเทียบการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าส่วนภูมิภาค วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2542
- [8] นางสาวอัจฉราวรรณ ทองไสย. การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ข้อมูล อนุกรมเวลาทางการศึกษาที่มีและไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลระหว่างการพยากรณ์ด้วยวิธีเบย์วิธี บ็อก-เจนกินส์ และวิธีการพยากรณ์ร่วม วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2544
- [9] นางสาวทัศนีย์ อินทนู. การเปรียบเทียบการพยากรณ์ร่วมและการพยากรณ์เดี่ยวในการพยากรณ์ ข้อมูลอนุกรมเวลาทางการศึกษาที่มีและไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2543
- [10] ฝ่ายวางแผนและพัฒนาระบบไฟฟ้า. แผนปรับปรุงและขยายระบบจำหน่ายพลังไฟฟ้า ฉบับที่ 10 (2551-2554) และฉบับที่ 11 (2555-2559) . กรุงเทพฯ : การไฟฟ้านครหลวง.
- [11] คณะอนุกรรมการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า. รายงานการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. กุมภาพันธ์ 2544
- [12] Stephen A. DeLurgio “Forecasting Principles and Application” 1st Ed. United States Copyright Act of 1976. McGraw Hill, Inc. 1998.
- [13] S.M. Al-Alawi and S.M. Islam. “Principles of electricity demand forecasting Part I Methodologies” **IEE Power Engineering Journal**. Vol. 11, No.2, April 1997. PP.139 – 143
- [14] S.C. Tripathy. “Demand Forecasting in Power System” **Energy Conversion and Management**. Vol. 38, No. 14, 1997. PP. 1475 – 1481

- [15] M.S. Kandil, S.M. El – Debeiky and N.E. Hasanien. “Overview and Comparison of Long-term Forecasting Techniques for a fast Eeveloping Utility : Part 1” **Electric Power System Research**. Vol. 58 , No. 1, May 2001. PP. 11 – 17
- [16] M.S. Kandil, S.M. El – Debeiky and N.E. Hasanien. “The Implementantion of Long-term Forecasting Strategies Using and knowledge – based Expert System : Part 2” **Electric Power System Research**. Vol. 58, No. 1, May 2001. PP. 19 – 25
- [17] P.Damrongkulkamjorn , P.Churueang “Monthly Energy Forecasting Using Decomposition Method with Application of Seasonal ARIMA
- [18] M. Gavrilas,I Ciutea and Tanasa “ Medium-Term load forecasting with Artificial Neural Network Models” CIRE2001,18-21 June 2001,Conference Publication No.482,**IEEE 2001**
- [19] Kun-Long Ho, Yuan-Yih Hsu, “Short Term Load Forecasting of Taiwan Power System Using A Knowledge-Based Expert System” **Electrical Power and Energy Systems**. Vol. 5, No. 4, 1990. PP. 1214 – 122.
- [20] S.Civanlar,J.J. Grainger. “Forecasting Distribution Feeder loads modeling and application to VOLT/VAR control ” **IEEE Transaction on Power Delivery** , Vol. 3 , No. 1 , January 1998. PP.255-263.
- [21] Chao-Ming Huang,Chi-Jen Huang,and Ming-Li Wang. “A Particle Swarm Optimization to Identifying the ARMAX Model for Short-Term Load Forecasting” **IEEE Transaction on Power Delivery**. Vol.20 , No. 2 , May 2005.PP.1126-1133.
- [22] Mu G.,Senior Member,CSEE,ChenY.H.,Liu Zh. F.,Fan W.D. “Studies on the Forecasting Error of the Short Term Load Forecast Particle Swarm Optimization to Identifying the ARMAX Model for Short-Term Load Forecasting” **IEEE 2002**. PP.636-640.
- [23] JIAN-Chang Lu,Dong-Xiao Niu , Zheng-Yuan Jia “A Study of Short-Term load Forecasting based on ARIMA-ANN” **IEEE 2004 Proceedings of the Third Internation Conference on Machine Learning and Cybernetics,Shanghai,26-29 August 2004**. PP.3183-3187.
- [24] Javier Contreras,Rosario Espinola,Francisco J. Nogales,and Antonio J.Conejo. “ ARIMA Model to Predict Next-Day Electricity Prices” **IEEE Transaction on Power System**. Vol.18 , No. 3 , August 2003.PP.1014-1020.

- [25] M.Y.Cho,J.C.Hwang,C.S.Chen. “ Customer Short term load Forecasting by using ARIMA Tranfer function model” **IEEE 1995**,.PP.317-322.
- [26] I. Moghram,S. Rahman, “ Analysis and Evaluaion of Five Short-term Load Forecasting Techniques ” **IEEE Transaction on Power System**. Vol.4 , No. 4 , November 1989.PP.1484-1491.
- [27] G.Juberias R.Yunta,J.Garcia Moreno C.Mendivil “A New ARIMA model for hourly load forecasting” **IEEE 1999**,.PP.314-319.
- [28] Adriana Agapie,Alexandru Agapie “Forecasting the Economic Cyces Based on an Extension of the Holt-Winters model.A Genetic Algorithms Approach”.PP.96-99.



ISSN 0125-1724

วิศวกรรม ลาดกระบัง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

LADKRABANG ENGINEERING JOURNAL

ปีที่ 23 ฉบับที่ 4

ธันวาคม 2549

1. การศึกษามลภาวะทดสอบแรงดันอิมพัลส์กับหม้อแปลงไฟฟ้าในกรณีที่เกิดความผิดปกติ
พิสิฐ ศักดิ์จิรรัตน์ ศิริวัฒน์ โพรเวชกุล นรเศรษฐ์ พัฒนเดช 1
2. การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าระยะปานกลางของ กฟน. โดยใช้วิธีเอกซโพเนนเชียล
สมูทติงและวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ 7
พิพัฒน์ บำรุงกาญจน์ สมชาติ จีรวินากร
3. มิติที่เหมาะสมของขั้วต่อสายเคเบิลใต้ดินแรงดันสูงสำหรับทดสอบหาดีเอสอาร์บางส่วน
พิกัด 12/20 (24) kV 240 sq.mm. 13
ธนากร น้ำหอมจันทร์ ศิริวัฒน์ โพรเวชกุล
4. การพยากรณ์ไหลตกระยะสั้นของระบบจำหน่ายโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม
นฤมล ชิงเกียรติตระกูล สมชาติ จีรวินากร 19
5. การถ่ายเทความร้อนและความเสียหายของการไหลแบบราบเรียบในช่องขนานที่มีการเขาระ่อง
ดุสิต บุรณโชคไพศาล พงษ์เจต พรหมวงศ์ 25
6. การเพิ่มการถ่ายเทความร้อนชนิดการไหลแบบราบเรียบในช่องขนานที่มีคريب
ศรัณย์ พิพัฒน์ศาสตร์ พงษ์เจต พรหมวงศ์ 31
7. วงจรคุณลักษณะที่ใช้แหล่งจ่ายแรงดันต่ำ 1 แหล่ง 37
อิทธิพงศ์ ชัยสายัณห์
8. การปลูกและการวิเคราะห์ฟิล์มบาง CdS ที่ปลูกโดยวิธีออบสารละลายเคมี
สุริชัย ชัยสิทธิศักดิ์ 42
9. การศึกษาการย่อยสัฟอลิเมอไรด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต 48
วัชรินทร์ แสงวัชรพันธุ์ รุติพล พัฒนาศิน ศิริพันธ์ เรืองมณีชัชวาล สุรัตน์ อารีรัตน์
10. การขยายกราฟเซ็ดโดยใช้พีชซีเซ็ดสำหรับระบบตรวจจับการบุกรุก 54
ธรรมกร ครองไตรภพ เอื้อน ปิ่นเงิน
11. การบอกทิศทางโดยใช้สัญญาณมือ 60
ทรงวุฒิ ภูขงค์ สนั่น ศรีสุข สุเจตน์ จันทร์ธง



ISSN 0125-1724

วิศวกรรม

ลาดกระบัง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

LADKRABANG ENGINEERING JOURNAL

Volume 23 Number 4

December 2006

1. Case Study of the Impulse Test Results with Transformer Failure 1
P. Sakjirarat S. Potivejkul and N. Pathanadej
2. Medium-Term Electric Energy Demand Forecasting by Exponential Smoothing and
Box-Jenkins Methods for MEA 7
P. Bumrungkarn and S. Jirivipakorn
3. Optimization of Cable Terminator for PD Measurement Rated 12/20 (24) kV 240 sq.mm. 13
T. Namhormchan and S. Potivejkul
4. Short-term Load Forecasting for Distribution System Using Artificial Neural Networks 19
N. Singteintrakul and S. Jiriwibhakorn
5. Heat Transfer and Laminar Flow Friction in a Grooved Channel 25
D. Buranachokphaisan and P. Promvong
6. Laminar Heat Transfer Enhancement in a Ribbed Channel 31
S. Pipatsart and P. Promvong
7. A Single Low Voltage Analog Multiplier 37
I. Chaisayun
8. Deposition and Characterization of CdS Thin Films by Chemical Bath Deposition 42
S. Chaisittisak
9. Study of Dyeing Polymers Using Supercritical Carbon Dioxide 48
W. Sangwatcharapan T. Pattanavasin S. Rengmaneechatchavale and S. Areerat
10. Extended Rough Set Classification Using Fuzzy Set for Intrusion Detection System 54
T. Krongtripop and O. Pinnern
11. Direction Control by Hand Signs 60
T. Puchong S. Srisuk and S. Jantarung

การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าระยะปานกลางของ กฟน. โดยใช้วิธีเอกซ์โพเนนเชียลสมูทติงและวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

Medium-Term Electric Energy Demand Forecasting by Exponential Smoothing and Box-Jenkins Methods for MEA

พิพัฒน์ บำรุงกาญจน์

สมชาติ จิรวิภากร

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า(Electric energy demand) ระยะปานกลาง(Medium-term) ของผู้ใช้ไฟฟ้า 4 ประเภท บ้านพักอาศัย กิจการขนาดเล็ก กิจการขนาดกลาง และกิจการขนาดใหญ่ โดยการศึกษารูปแบบของอนุกรมเวลา(Time series) ซึ่งใช้เทคนิคการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลสมูทติง (Exponential Smoothing Technique) และเทคนิคบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Technique) มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยข้อมูลที่นำมาใช้ในการพยากรณ์ เป็นข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทของการไฟฟ้านครหลวง (MEA) ตั้งแต่เดือนตุลาคม ปี 2543 ถึงเดือนกรกฎาคม ปี 2549 และเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูล โดยทำการหาความคลาดเคลื่อน (error) ของแต่ละวิธีและนำมาพิจารณาเปรียบเทียบ เพื่อเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด แล้วนำเทคนิคการพยากรณ์นั้นมาใช้ในการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าในอนาคต

Abstract

This paper presents the demand forecast of medium-term electric energy consumption by four different types of consumer consisting of Residence, Small General Services, Medium General Services and Large General Services. Time series model will be studied by employing Exponential Smoothing Technique and Box-Jenkins Technique to analyze data collected from Metropolitan Electricity Authority (MEA) on monthly electric energy usage of each consumer type from October 2000 to July 2006. Error arisen from each method will be calculated and compared and an appropriate forecasting method for the data will be selected from one with least possible error. The selected forecasting method will then be applied to forecast the demand of electric energy in the future.

Keywords : Time series , Electric energy demand, Exponential Smoothing Technique , Box-Jenkins Technique

1. บทนำ

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญต่อการพัฒนาประเทศ เนื่องจากพลังงานไฟฟ้า เป็นสิ่งที่จำเป็นให้บริการจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้น ตลอดจนสามารถรองรับพลังงานไฟฟ้าแ

ละปี ดังนั้นการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้าไว้ล่วงหน้าจึงเป็นเรื่องจำเป็นเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนการดำเนินงาน และกำหนดนโยบายต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และให้เห็นถึงการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจ ณ ปัจจุบัน

เทคนิคการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้ามีหลายเทคนิค ดังเช่น การถดถอยพหุคูณ(multiple regression) โครงข่ายประสาทเทียม(neural network models) ซึ่งบทความนี้ได้นำเสนอวิธีการเปรียบเทียบการพยากรณ์ไฟฟ้าระยะปานกลางซึ่งใช้เทคนิควิธีทำให้เรียบแบบ เอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Smoothing Methods) และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์(Box-Jenkins) ซึ่งทั้ง 2 วิธีเป็นการศึกษารูปแบบของอนุกรมเวลาโดยการนำหลักสถิติเชิงปริมาณใช้ในการวิเคราะห์ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง สำหรับวิธีที่มีอยู่ในปัจจุบัน และนำมาใช้กับการพยากรณ์ไฟฟ้าทั้ง 4 ประเภท

2. ประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้า

งานวิจัยนี้เป็นการนำหน่วยพลังงานไฟฟ้าของประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง 4 ประเภทมาทำการพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้า ตามรายละเอียดของลักษณะการใช้แต่ละประเภทดังนี้

1. ประเภทบ้านอยู่อาศัย ลักษณะการใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย วัด และ โบสถ์ของศาสนาต่าง ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง
2. ประเภทกิจการขนาดเล็ก สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรม และหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ ซึ่งมีความต้องการพลังงานเฉลี่ยใน 15 นาที ที่สูงสุด ต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์
3. ประเภทกิจการขนาดกลาง ลักษณะการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยงานรัฐวิสาหกิจตลอดจนสถานที่เกี่ยวข้องซึ่งมีการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 15 นาที สูงสุดตั้งแต่ 30 ถึง 999 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้เฉลี่ย 3 เดือนไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน
4. กิจการขนาดใหญ่ ซึ่งมีลักษณะการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ได้แก่ อุตสาหกรรม ส่วนราชการเป็นอุตสาหกรรม) รัฐวิสาหกิจ และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ การใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน

3. ทฤษฎี

3.1 วิธีเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Smoothing Methods) แบ่งออกเป็น 3 วิธีคือ

3.1.1 วิธีทำให้เรียบแบบง่าย (Simple Exponential Smoothing)

เป็นวิธีการทำให้เรียบแบบง่ายที่ใช้ในการหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักโดยใช้ค่า α (smoothing constant) สำหรับการให้น้ำหนักของข้อมูลหรือความสำคัญแก่ข้อมูล ซึ่งวิธีนี้ใช้เมื่อข้อมูลที่ไม่มีแนวโน้ม(trend)และไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล(seasonality)หรือข้อมูลที่มีการเคลื่อนไหวในระดับคงที่มีสมการดังนี้

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha)F_t \quad (1)$$

โดยที่ Y_t ค่าของข้อมูลที่เวลาต่างๆ

F_t ค่าของการพยากรณ์ที่ต้องการทราบล่วงหน้า

t เวลาที่ต้องการพยากรณ์ที่ต้องการทราบล่วงหน้า

α ค่าคงที่ที่ทำให้เรียบในการปรับค่าพยากรณ์

3.1.2 วิธีทำให้เรียบแบบโฮลท์ (Holt's linear method)

Holt (ปี ค.ศ.1957) ได้ปรับปรุง Simple Exponential Smoothing ให้เป็น linear smoothing method สำหรับการพยากรณ์ข้อมูลที่มีลักษณะเป็นแนวโน้มเชิงเส้น(trend) ซึ่งจะเป็นเทคนิคที่ให้ความสำคัญกับข้อมูลล่าสุดมากที่สุด ดังนั้นจึงมีค่าคงที่ที่ทำให้เรียบ 2 ค่าคือ α และ β วิธีนี้บางทีเรียกว่า Double Exponential Smoothing Method ซึ่งมีสมการดังนี้

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (3)$$

$$F_{t+m} = L_t + b_t m \quad (4)$$

โดยที่

Y_t ค่าของข้อมูลที่เวลาต่างๆ

F_t ค่าของการพยากรณ์ที่ต้องการทราบล่วงหน้า

t เวลาที่ต้องการพยากรณ์ที่ต้องการทราบล่วงหน้า

α ค่าคงที่ที่ทำให้เรียบในการปรับค่าพยากรณ์

β ค่าที่ทำให้เรียบระหว่างแนวโน้มจริงกับค่าประมาณ

ของแนวโน้ม ค่า α และ β จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 ในกรณี
ที่ $\alpha = \beta$ จะเรียกว่า "Brown's Double Exponential Smoothing"

L ค่าประมาณของ level ของ series ที่เวลา t

b ค่าประมาณความชันของ series ที่เวลา t

m จำนวนของคาบที่ต้องการพยากรณ์ล่วงหน้า

3.1.3 วิธีทำให้เรียบแบบโฮลท์วินเตอร์

(Holt-Winters'trend and seasonality method)

วิธีนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นจากวิธี Holt's linear method โดย Winters(ปี ค.ศ.1960)เป็นวิธีที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีแนวโน้ม(trend) และอิทธิพลของฤดูกาล(seasonality) เข้ามาเกี่ยวข้อง จึงเหมาะสมกับระยะสั้นและระยะปานกลาง ดังสมการ (5)-(8)

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1-\alpha)[L_{t-1} + b_{t-1}] \quad (5)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1} \quad (6)$$

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1-\gamma)S_{t-s} \quad (7)$$

$$F_{t+m} = (L_t + b_t m)S_{t-s+m} \quad (8)$$

Y_t ค่าของอนุกรมเวลาที่เวลาต่างๆ

F ค่าของการพยากรณ์ที่ต้องการทราบล่วงหน้า

t เวลาที่ต้องการพยากรณ์ที่ต้องการทราบล่วงหน้า

α ค่าคงที่ที่ทำให้เรียบระหว่างข้อมูลกับค่าพยากรณ์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1

β ค่าที่ทำให้เรียบระหว่างแนวโน้มจริงกับค่าประมาณของแนวโน้มมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1

γ ค่าประมาณของฤดูกาลจริงกับค่าประมาณแนวโน้ม จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1

L ค่าประมาณของ level ของ series ที่เวลา t

b ค่าประมาณของความชันของ series ที่เวลา t

S ส่วนประกอบของ seasonality

s คาบเวลาของ seasonality

3.2 วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

วิธีการพยากรณ์เวลาโดยทั่วไปจะมีข้อสังเกตพื้นฐานข้อหนึ่งคืออนุกรมเวลาไม่มีสหสัมพันธ์กัน ซึ่งวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์เป็นการศึกษาลักษณะของอนุกรมที่มีสหสัมพันธ์กันอยู่ในรูปฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์(Autocorrelation function : ACF) ความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างข้อมูลอนุกรมเวลาชุดเดียวกันที่อยู่ในเวลาที่แตกต่างกันและสหสัมพันธ์บางส่วน(Partial Autocorrelation function : PACF) เป็นความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างข้อมูลอนุกรมเวลาเดียวกันโดยอาศัย ACF และ PACF ซึ่งหาได้จากสมการเป็นตัวกำหนดรูปแบบของสมการและสร้างสมการพยากรณ์อนุกรมเวลาอยู่ในรูปแบบ ARIMA ที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขได้แบ่งเป็น 2 ประเภท

3.2.1 ตัวแบบภายใต้สภาวะคงที่ (Stationary Models)

3.2.1.1 ตัวแบบอัตถดถอย (Autoregressive(AR) Models) ซึ่งเป็นสมการเชิงเส้นดังสมการ (9)

$$Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} - \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t \quad (9)$$

เมื่อ c ค่าคงที่; ϕ_p ค่าพารามิเตอร์ต้องประมาณค่าจากข้อมูล; e_t ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลาต่างๆ ซึ่งสามารถเขียนอยู่ในรูปสมการของตัวถอยหลังเวลา B(backward-shift operator) ดังสมการ (10) และ (11)

$$Y_t - \phi_1 Y_{t-1} - \dots - \phi_p Y_{t-p} = c + e_t \quad (10)$$

$$(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p) Y_t = c + e_t \quad (11)$$

3.2.1.2 ตัวแบบการเคลื่อนที่เฉลี่ย(Moving Average (MA) Models) ซึ่งเป็นสมการเชิงเส้น ดังสมการ (12)

$$Y_t = c + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (12)$$

เมื่อ c ค่าคงที่; θ_q ค่าพารามิเตอร์ต้องประมาณค่าจากข้อมูล; e_{t-k} ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา $t-k$ ซึ่งสามารถเขียนอยู่ในรูปสมการของตัวถอยหลังเวลา B(backward-shift operator) ดังสมการ (13)

$$Y_t = c + (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) e_t \quad (13)$$

3.2.1.3 ตัวแบบผสมอัตถดถอย - ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Autoregressive - Moving Average (ARMA) Models) ซึ่งเป็นสมการเชิงเส้นดังสมการ (14)

$$Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (14)$$

สามารถเขียนอยู่ในรูปสมการของตัวถอยหลังเวลา B(backward-shift operator) ดังสมการ (15)

$$(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p) Y_t = c + (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q) e_t \quad (15)$$

3.2.2 ตัวแบบภายใต้สภาวะไม่คงที่(Nonstationary Models) และตัวแบบ ARIMA

เมื่อข้อมูลอยู่ในสภาพไม่คงที่ของลักษณะอนุกรมทั่วไปหรืออนุกรมที่มีอิทธิพลต่อฤดูกาลต้องทำผลต่าง (16) - (18) เพื่อให้ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ ดังสมการ

$$B^n Y_t = Y_{t-n} \quad (16)$$

$$W'_t = (1-B)^d Y_t \quad (17)$$

$$W^*_t = (1-B^s)^s Y_t \quad (18)$$

Y_t คือ ค่าของอนุกรมเวลาที่เวลาต่างๆ

Y_{t-n} คือ อนุกรมเวลาย้อนหลัง ณ เวลาต่างๆ

W'_t คือ การทำผลต่างของอนุกรมเวลาจำนวน d ครั้ง

W_t^d คือ การทำผลต่างของอนุกรมเวลาที่มีอิทธิพลฤดูกาล จำนวน d ครั้ง

s คือ คาบเวลาของอนุกรมเวลา

$$W_t = \ln(Y_t) \quad (19)$$

W_t คือ อนุกรมเวลาใหม่ที่ทำให้อนุกรมเวลาที่มีความแปรปรวนคงที่โดยการใช้ฟังก์ชันลอการิทึม

เมื่ออนุกรมเวลาเป็นอนุกรมเวลาที่คงที่แล้ว สามารถเขียนอยู่ในรูปแบบทั่วไปได้ และเลือกรูปแบบที่เหมาะสม โดยพิจารณาารูปแบบของ ACF และ PACF ซึ่งสามารถเขียนอยู่ในรูปแบบทั่วไป SARIMA ดังสมการ

$$\text{SARIMA}(p,d,q)(P,D,Q)_s \quad (20)$$

p = อันดับของ autoregressive(AR)

d = อันดับการทำผลต่าง

q = อันดับของ moving average

P = อันดับของอนุกรมเวลาที่มีอิทธิพลของ

ฤดูกาล (seasonal autoregressive(SAR))

D = อันดับการทำผลต่างของอนุกรมเวลาที่มี

อิทธิพลของฤดูกาล (seasonal differencing)

Q = อันดับของอนุกรมเวลาที่มีอิทธิพลของ

ฤดูกาล (seasonal moving average(SMA))

สามารถเขียนอยู่ในรูปของสมการทั่วไปดังสมการ

$$(1 - \phi_p B)(1 - \Phi_p B^p)(1 - B)(1 - B^s)^d Y_t = (1 - \theta_1 B)(1 - \Theta_1 B^s) e_t \quad (21)$$

3.2.3 ขั้นตอนแบบ Seasonal ARIMA Method

3.2.3.1 การกำหนดรูปแบบ(Identification)

พิจารณาจากความสัมพันธ์ของรูปแบบ ACF และ PACF เพื่อพิจารณาารูปแบบของ ARIMA

3.2.3.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์(Estimation)

เป็นการหาค่าประมาณของพารามิเตอร์ในรูปแบบด้วยวิธีกำลังสองที่น้อยที่สุด ค่าประมาณของพารามิเตอร์เป็นค่าที่ทำให้ผลรวมของกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (SSE) มีค่าต่ำที่สุด

$$SSE(\phi, \theta, \Phi, \Theta) = \sum [e_t]^2 \quad (22)$$

เมื่อ SSE คือ ผลรวมของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง e_t คือ ความคลาดเคลื่อนของรูปแบบ ณ ช่วงเวลา t

ϕ คือ สัมประสิทธิ์ autoregressive

θ คือ สัมประสิทธิ์ moving average

Φ คือ สัมประสิทธิ์ที่มีอิทธิพลของฤดูกาล (seasonal autoregressive(SAR))

Θ คือ สัมประสิทธิ์ที่มีอิทธิพลของฤดูกาล (seasonal moving average(SMA))

เมื่อสิ้นสุดการวิเคราะห์ตัวเลขจะได้ค่าประมาณสุดท้ายของพารามิเตอร์และนำไปสร้างสมการพยากรณ์

3.2.3.3 การตรวจสอบตัวแบบ(Diagnostic checking)

การพิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมของความคลาดเคลื่อนโดยความสัมพันธ์ACF ของความคลาดเคลื่อน ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนทุกตัวต้องอยู่ได้เงื่อนไข White noise สามารถประมาณค่าภายใต้การแจกแจงปกติภายใต้ช่วงความเชื่อมั่น 95% นั้นหมายถึงว่าความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขดังสมการ (23) ซึ่งเป็นค่าสถิติในการทดสอบ จึงนำค่ารูปแบบใช้ในการพยากรณ์

$$\text{critical values} = \pm(1.96) / \sqrt{n}, n = \text{จำนวนข้อมูล} \quad (23)$$

ตารางที่ 1. แสดงลักษณะของ ρ_k และ ρ_{ks} สำหรับรูปแบบ SARIMA

รูปแบบอนุกรมของเวลา	ลักษณะของ ρ_k	ลักษณะของ ρ_{ks}
SAR(1) ₁₂	ρ_0, ρ_n ค่าลดลงเร็วเข้าใกล้ 0	$\rho_{ks} = 0$ สำหรับ $k=24, 36, \dots$
SAR(2) ₁₂	ρ_0, ρ_n ค่าลดลงเร็วเข้าใกล้ 0	$\rho_{ks} = 0$ สำหรับ $k=36, 48, \dots$
SMA(1) ₁₂	$\rho_k = 0$ สำหรับ $k=36, 48, \dots$	$\rho_{ks}, \rho_{2s}, \dots$ ค่าลดลงเร็วเข้าใกล้ 0
SMA(2) ₁₂	$\rho_k = 0$ สำหรับ $k=36, 48, \dots$	$\rho_{ks}, \rho_{2s}, \dots$ ค่าลดลงเร็วเข้าใกล้ 0

ตารางที่ 2. แสดงลักษณะของ ρ_k และ ρ_{ks} สำหรับรูปแบบ ARIMA

รูปแบบอนุกรมของเวลา	ลักษณะของ ρ_k	ลักษณะของ ρ_{ks}
ARI(1,1)	ค่าลดลงเร็วเข้าใกล้ 0	ρ_{ks} เป็น 0 สำหรับ $k=2, \dots$
ARI(2,1)	ค่าลดลงเร็วเข้าใกล้ 0	ρ_{ks} เป็น 0 สำหรับ $k=3, \dots$
IMA(1,1)	ρ_k เป็น 0 สำหรับ $k=2, \dots$	ρ_{ks} ค่าลดลงเร็วเข้าใกล้ 0
IMA(2,1)	ρ_k เป็น 0 สำหรับ $k=3, \dots$	ρ_{ks} ค่าลดลงเร็วเข้าใกล้ 0
Random walk(0,0,0)	ทุก ρ_k เป็น 0	ทุก ρ_{ks} เป็น 0
ARIMA(1,1,1)	ค่าลดลงเร็วเข้าใกล้ 0	ค่าลดลงเร็วเข้าใกล้ 0

จากตารางที่ 1. และ 2. ค่าสัมประสิทธิ์ของ ACF(ρ_k) และ PACF(ρ_{ks}) ศึกษาารายละเอียดได้จากเอกสารอ้างอิง[4]

2.2.3.4 การพยากรณ์

จากรูปแบบ SARIMA (p,d,q) (P,D,Q) นำมาสร้างสมการในการพยากรณ์และหาค่าพยากรณ์

4. ขั้นตอนในการพยากรณ์

ข้อมูลอนุกรมเวลา(time series data) เป็นสถิติการใช้ไฟฟ้าของ กฟน.(ฝ่ายเศรษฐกิจพลังงานไฟฟ้า) ประจำเดือนตุลาคม ปี 2543 ถึงเดือน กรกฎาคม 2549 สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 4 ประเภท โดยแต่ละประเภทมีรูปแบบลักษณะการใช้ไฟฟ้าที่แตกต่างกันไปตามแนวโน้ม(trend)และอิทธิพลของฤดูกาล(seasonality)

4.1 เลือกชุดของข้อมูลในการวิเคราะห์

ข้อมูลอนุกรมเวลาจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วนตามอัตราส่วน 63%:37% คือ

- Initialization set(63%) เป็นส่วนของข้อมูลที่ใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์ในการพยากรณ์เบื้องต้นจำนวน 58 เดือน

- Test set(37%) เป็นส่วนของข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบการพยากรณ์เบื้องต้นจำนวน 24 เดือน

จากข้อมูลจำนวนหน่วยการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 4 ประเภท จะแบ่งกลุ่ม Initialization set เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2543 ถึงเดือน กรกฎาคม 2547 ในการหาค่าพารามิเตอร์ของแต่ละวิธี ส่วนกลุ่ม test set จะเริ่มตั้งแต่เดือน สิงหาคม 2547 ถึงเดือน กรกฎาคม 2549

4.2 เลือกวิธีการพยากรณ์ จาก 2 วิธีดังนี้

4.2.1 Exponential Smoothing Methods

4.2.2 Box-Jenkins Methods

4.3 เริ่มทำการพยากรณ์

นำข้อมูลผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 4 ประเภทของ Initialization set หาค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Exponential Smoothing และ Box-Jenkins Method โดยใช้โปรแกรม SPSS Version 13 ในการหาค่าพารามิเตอร์

4.4 ทำการทดสอบ

เมื่อได้พารามิเตอร์และรูปแบบที่เหมาะสมที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดของชุด Initialization set ทั้ง 4 ประเภทแล้วนำพารามิเตอร์ดังกล่าวมาใช้ในการพยากรณ์ค่าและทดสอบค่าพยากรณ์กับข้อมูลจริงในกลุ่ม Test set แล้ว

นำมาหาค่า error ของการพยากรณ์แต่ละวิธี และเลือกวิธีที่เหมาะสมซึ่งให้ค่า error ที่ต่ำที่สุดสำหรับการพยากรณ์

4.5 เลือกวิธีการพยากรณ์

การเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมและนำวิธีที่ให้ค่า MAPE ที่น้อยที่สุด ใช้ในการพยากรณ์สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท ซึ่งค่า MAPE(Mean Absolute Percentage Error) ได้จากสมการ(24)

$$MAPE = \sum ((|e_t| / Y_t) * 100) / n \quad (24)$$

e_t = ค่าจริง-ค่าพยากรณ์, Y_t = ค่าจริง, n = จำนวนข้อมูล

4.6 การทดสอบและการวิเคราะห์ผล

ผลจากการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 4 ประเภทด้วยวิธี Exponential Smoothing Methods และ Box-Jenkins Methods จะพบว่าข้อมูลส่วนใหญ่จะมีแนวโน้มและผลของฤดูกาลดังตารางแสดงผลค่า MAPE แต่ละวิธีในการพยากรณ์

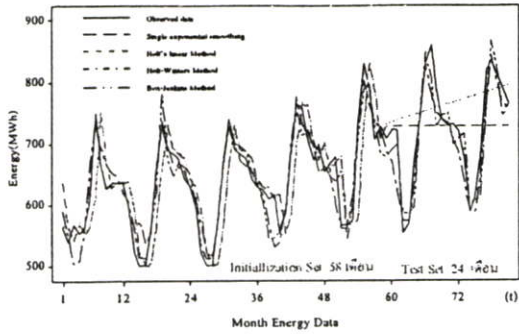
ตารางที่ 3 MAPE ของข้อมูลกลุ่ม Initialization set

ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	MAPE(Mean Absolute Percentage Error)			
	SES	Holt	Holt-Winter	Box-Jenkins (p,d,q)(P,D,Q) ₁
ประเภทที่ 1	6.248 ($\alpha=1$)	6.298($\alpha=0.999$, $\beta=2.4^{*+}$)	3.536($\alpha=0.1119$, $\beta=0.000137$, $\gamma=0.3441$)	4.519 (1,0,0) (0,1,0) ₁₁
ประเภทที่ 2	4.415 ($\alpha=1$)	4.466($\alpha=0.9993$, $\beta=8.93^{*+}$)	2.981($\alpha=0.3006$, $\beta=0.001$, $\gamma=0.3441$)	3.402 (1,1,0) (0,1,1) ₁₂
ประเภทที่ 3	4.674 ($\alpha=0.3988$)	5.027($\alpha=0.2$, $\beta=3.25^{*+}$)	2.301($\alpha=0.1526$, $\beta=1.238$, $\gamma=0.2635$)	2.616 (2,1,0) (0,1,1) ₁₂
ประเภทที่ 4	4.715 ($\alpha=4986$)	4.68($\alpha=0.4$, $\beta=4.08^{*+}$)	2.258($\alpha=0.4137$, $\beta=0.001$, $\gamma=0.3919$)	2.396 (1,1,0) (0,1,1) ₁₂

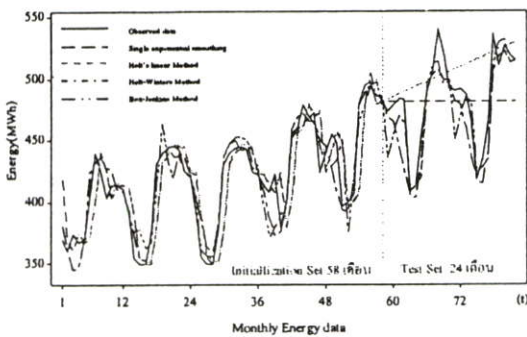
ตารางที่ 4 MAPE ของข้อมูลกลุ่ม Test set

ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	MAPE(Mean Absolute Percentage Error)			
	SES	Holt	Holt-Winter	Box-Jenkins
ประเภทที่ 1	11.943 ($\alpha=1$)	10.172($\alpha=0.999$, $\beta=2.4^{*+}$)	4.125($\alpha=0.1119$, $\beta=0.000137$, $\gamma=0.1718$)	4.965 (1,0,0) (0,1,0) ₁₂
ประเภทที่ 2	8.938 ($\alpha=1$)	6.6297($\alpha=0.9993$, $\beta=8.93^{*+}$)	3.8116($\alpha=0.3006$, $\beta=0.001$, $\gamma=0.3441$)	6.018 (1,1,0) (0,1,1) ₁₂
ประเภทที่ 3	5.353 ($\alpha=0.3988$)	5.367($\alpha=0.2$, $\beta=3.25^{*+}$)	8.403($\alpha=0.1526$, $\beta=1.238$, $\gamma=0.2635$)	6.005 (2,1,0) (0,1,1) ₁₁
ประเภทที่ 4	6.136 ($\alpha=0.4986$)	4.749($\alpha=0.4$, $\beta=4.08^{*+}$)	2.371($\alpha=0.4137$, $\beta=0.001$, $\gamma=0.3919$)	2.516 (1,1,0) (0,1,1)

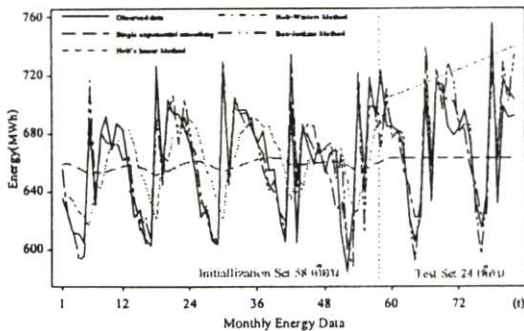
รูปแสดงการเปรียบเทียบการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี



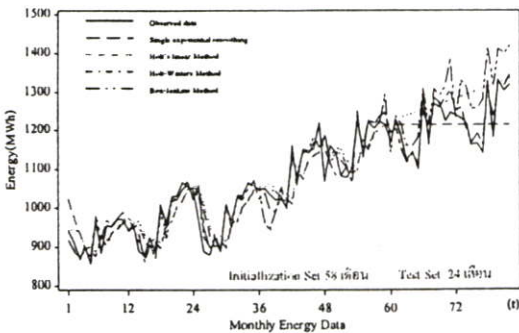
รูปที่ 1 การเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ผู้ใช้ไฟประเภทที่ 1



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ผู้ใช้ไฟประเภทที่ 2



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ผู้ใช้ไฟประเภทที่ 3



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ผู้ใช้ไฟประเภทที่ 4

5. สรุปและวิจารณ์ผล

จากผลการทดสอบดังตารางที่ 4 ของชุดทดสอบ ซึ่งใช้ข้อมูลในการทดสอบทั้งหมด 24 เดือน (Test set) เดือนจะเห็นว่าการพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winter Method ให้ค่าความคลาดเคลื่อน (MAPE) ที่น้อยที่สุดสำหรับผู้ใช้ไฟประเภทที่ 1 (บ้านอยู่อาศัย) และประเภทที่ 4 (กิจการขนาดใหญ่) ที่ค่า 3.882% และ 2.029% ส่วนวิธี Box-Jenkins Method ให้ค่าความคลาดเคลื่อน (MAPE) ที่น้อยที่สุดสำหรับผู้ใช้ไฟประเภทที่ 2 (กิจการขนาดเล็ก) และผู้ใช้ไฟประเภทที่ 3 ที่ค่า 3.338% และ 3.321% จากผลการทดสอบการเลือกใช้วิธีในการพยากรณ์นั้นสรุปได้ว่าไม่มีความจำเป็นที่ผู้ใช้ไฟประเภทเดียวกันจะต้องใช้การพยากรณ์ด้วยวิธีเดียวกัน การพยากรณ์วิธีหนึ่งอาจจะเหมาะสมกับข้อมูลในกลุ่ม (Initialization set 58 เดือน) ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งการพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winter Method ให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุดสำหรับประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 4 ประเภท แต่เมื่อนำข้อมูลการพยากรณ์ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจริง (Test set) อาจจะมีค่าความคลาดเคลื่อน (MAPE) มากกว่าวิธีการพยากรณ์อื่น เพราะฉะนั้นการเลือกวิธีการพยากรณ์ จะพิจารณาจากวิธีการพยากรณ์ที่มีค่า MAPE ที่น้อยที่สุดในกลุ่ม (Test set)

วิธีของการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าทั้งสองวิธีเป็นที่นิยมใช้และสามารถศึกษาได้ง่ายเหมาะสมกับข้อมูลที่มีแนวโน้ม (trend) และมีอิทธิพลต่อฤดูกาล (seasonality) ซึ่งนำหลักการไปใช้ในการวิเคราะห์การพยากรณ์ได้ในระดับเริ่มต้นได้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] S.Makridkis ,S.C.Wheelwrigh, Rob J.Hyndman,Forecasting Method and Application^{3rd}, John Wiley & Jons, Inc.,1998.
- [2] Ibrahim Moghran,Saifur Rahman,“Analysis and Evaluation of Five Short-term Load Forecasting Techniques” IEEE ,Transaction on Power System,Vol. 4 No. 4,October 1989.
- [3] A Knowledge Based System for Medium Term Load Forecasting,M.C. Falvo,R. Lamedica,Member,IEEE,S.Pierazzo,and A.Pierazzo,Member,IEEE
- [4] Stephen A. Delurgio , Forecasting Principles and Applications , International Edition1998,McGraw-Hill

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายพิพัฒน์ บำรุงกาญจน์
วัน เดือน ปีเกิด	30 ตุลาคม 2516 ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช
ที่อยู่	168/57 หมู่บ้านหรรษา ซอยเพชรเกษม 93 ต.สวนหลวง อ.กระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร 74130
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2547 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ประสบการณ์การทำงาน	
พ.ศ.2538 – 2540	การไฟฟ้าการไฟฟ้านครหลวงเขตยานนาวา
พ.ศ.2540 – 2542	บริษัทอิตัลไทยวิศวกรรม
พ.ศ. 2545 – ปัจจุบัน	สำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ