



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (สถิติ)

ปริญญา

สถิติ

สถิติ

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการแบ่งแยกส่วนประกอบในการพยากรณ์ข้อมูล
อนุกรมเวลาที่มีและไม่มี การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

A Comparative Study of Decomposition Methods in Time Series Data Forecasting
with Seasonal and Nonseasonal Variation

นามผู้วิจัย นางสาวสุจารี คำศรี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พัทฒพงษ์, พ.บ.ม.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์อภิัญญา หิรัญวงษ์, ศศ.ค.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ปรียานุช อภิบุญโยภาส, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์สายสุดา สมชิต, M.S.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อัจจงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 30 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2549

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการแบ่งแยกส่วนประกอบในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา
ที่มีและไม่มี การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

A Comparative Study of Decomposition Methods in Time Series Data Forecasting
with Seasonal and Nonseasonal Variation

โดย

นางสาวสุจารี คำศรี

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติ)

พ.ศ. 2549

ISBN 974-16-1372-5

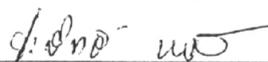
สุจารี คำศรี 2549: การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการแบ่งแยกส่วนประกอบในการพยากรณ์
ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีและไม่มี การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติ) สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ ปรธานกรรมการ
ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พัทฒพงษ์, พบ.ม. 117 หน้า
ISBN 974-16-1372-5

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการแยกส่วนประกอบ 5 วิธี ได้แก่
วิธีการวิเคราะห์การถดถอย วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีสัดส่วนกับแนวโน้ม วิธี Theta
และวิธี Census II การเปรียบเทียบทั้ง 5 วิธีใช้ค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่า ได้แก่
MAPE, MSE, MAD และ MRAE เป็นเกณฑ์เพื่อหาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม ทำการตรวจสอบ
ความถูกต้องของการพยากรณ์โดยใช้ Tracking Signals 3 ค่า ได้แก่ e_t , SUM_t/\sqrt{t} และ MTE_t

ข้อมูลที่น่าสนใจมาเป็นข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือน ที่มีลักษณะแนวโน้มและฤดูกาลแตกต่างกันจำนวน 4 ชุด ได้แก่ มูลค่าส่งออกสินค้าทั้งหมด ดัชนีราคาผู้บริโภคประเภทอาหาร และ
เครื่องดื่ม ปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด และผลผลิตภาคอุตสาหกรรมประเภทคอมพิวเตอร์ โดยเก็บรวบรวมตั้งแต่เดือนมกราคม 2538 ถึงเดือนธันวาคม 2547 ซึ่งนำมาจัดขนาดเป็น 2
ขนาด คือ อนุกรมเวลาขนาด 5 ปี (พ.ศ.2542- พ.ศ.2546) และอนุกรมเวลาขนาด 8 ปี (พ.ศ.2539-
พ.ศ.2546) ใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาเดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนธันวาคม 2547 สำหรับการตรวจสอบ
ความถูกต้องของการพยากรณ์

ผลการวิจัยพบว่า วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมของข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือนจำนวน 4
ชุด คือ Theta ยกเว้นวิธีการวิเคราะห์การถดถอย เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณการผลิตไฟฟ้า ขนาด
5 ปี เมื่อวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ ได้ว่าวิธี Theta มีช่วงการพยากรณ์ที่เหมาะสม ได้แก่ 1, 2
และ 5 เดือน ส่วนวิธีการวิเคราะห์การถดถอยมีช่วงการพยากรณ์ที่เหมาะสมคือ 2 เดือน

สุจารี คำศรี
ลายมือชื่อนิติ


ลายมือชื่อประธานกรรมการ

28 / 12 / 2549

Sujaree Damsri 2006: A Comparative Study of Decomposition Methods in Time Series Data Forecasting with Seasonal and Nonseasonal Variation. Master of Science (Statistics), Major Field: Statistics, Department of Statistics. Thesis Advisor: Associated Professor Prasit Payakkapong, M.S. 117 pages. ISBN 974-16-1372-5

This research aimed to compare 5 decomposition methods: Regression Analysis, Ratio-to-Moving Average, Ratio-to-Trend, Theta and Census II by using 4 accuracy values of forecasting: MAPE, MSE, MAD and MRAE as criteria to find the suitable forecasting methods. The forecasting accuracy was investigated by using 3 tracking signals: e_t , SUM_t/\sqrt{t} , and MTE_t .

The studied data were monthly time series with 4 different trends and seasonal variation: Total Value of Exports, Consumer Price Index (food and beverages), Quantity of the highest Electric Power Requirement, and Production of Manufactured Goods (compressor), from January 1996 to December 2004. Each time series data was formed into two periods of 5 years (1999 to 2003) and 8 years (1996 to 2003). Data from January 2004 to December 2004 were kept to investigate the accuracy of forecasting.

Based on the study, the optimum forecasting method of these data was Theta except for Regression Analysis which is suitable for Quantity of Electricity Production with sizes of 5 years. From investigation of the forecasting accuracy, the optimum periods of Theta are 1, 2 and 5 months and the optimum period of Regression Analysis is 2 months.

Sujaree Damsri
Student's signature

Prasit Payakkapong 28 / 03 / 2006
Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พยัคฆพงษ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนการให้คำปรึกษา แนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อภิญา หิรัญวงษ์ กรรมการสาขาวิชาเอก รองศาสตราจารย์ ดร.ปรียานุช อภิญาโยภาส กรรมการสาขาวิชารอง และอาจารย์วรัทยา ธรรมกิตติภพ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ เพื่อนๆ และพี่ๆทุกคน ที่คอยส่งเสริม สนับสนุน ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์มา ณ โอกาสนี้

ศุจารี คำศรี

มีนาคม 2549

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(9)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
ขอบเขตการวิจัย	5
การตรวจเอกสาร	6
ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
วิธีการทางสถิติ	9
อุปกรณ์และวิธีการ	35
อุปกรณ์	35
วิธีการ	36
สถานที่และระยะเวลาที่ทำการวิจัย	40
ผลการวิจัย	41
สรุปผลและข้อเสนอแนะ	92
สรุปผล	92
ข้อเสนอแนะ	97
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	98
ภาคผนวก	100
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	117

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การแปลผลค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์สัมบูรณ์ของค่าความคลาดเคลื่อน(MAPE)	29
2	แสดง Tracking Signal และ Control Limits สำหรับการตรวจสอบค่าพยากรณ์	34
3	ผลการตรวจสอบแนวโน้มและฤดูกาล	45
4	ค่า R ² ประกอบการพิจารณาเลือกลักษณะการรวมตัวแบบของอนุกรมเวลา	46
5	การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบแนวโน้มโดยใช้ค่า MAPE	47
6	รูปแบบแนวโน้มที่เหมาะสมของอนุกรมเวลาแต่ละขนาด	47
7	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี เมื่อใช้วิธีแยกส่วนประกอบทั้ง 5 วิธี	49
8	แสดงการเปรียบเทียบค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่าของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี	50
9	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 8 ปี เมื่อใช้วิธีแยกส่วนประกอบทั้ง 5 วิธี	53
10	แสดงการเปรียบเทียบค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่าของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี	54
11	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 5 ปี เมื่อใช้วิธีแยกส่วนประกอบทั้ง 5 วิธี	57
12	แสดงการเปรียบเทียบค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่าของอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 5 ปี	58
13	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 8 ปี เมื่อใช้วิธีแยกส่วนประกอบทั้ง 5 วิธี	61
14	แสดงการเปรียบเทียบค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่าของอนุกรมเวลา ชุดที่ 2 ขนาด 8 ปี	62
15	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 5 ปี เมื่อใช้วิธีแยกส่วนประกอบทั้ง 5 วิธี	65
16	แสดงการเปรียบเทียบค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่าของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 5 ปี	66

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
17	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปี เมื่อใช้วิธีแยกส่วนประกอบทั้ง 5 วิธี	70
18	แสดงการเปรียบเทียบค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่าของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปี	71
19	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 5 ปี เมื่อใช้วิธีแยกส่วนประกอบทั้ง 5 วิธี	74
20	แสดงการเปรียบเทียบค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่าของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 5 ปี	75
21	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 8 ปี เมื่อใช้วิธีแยกส่วนประกอบทั้ง 5 วิธี	78
22	แสดงการเปรียบเทียบค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่าของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 8 ปี	79
23	สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีแยกส่วนประกอบ	82
24	แสดงการคำนวณค่าวัดความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 3 ค่า สำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี	84
25	แสดงการคำนวณค่าวัดความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 3 ค่า สำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 8 ปี	85
26	แสดงการคำนวณค่าวัดความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 3 ค่า สำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 5 ปี	86
27	แสดงการคำนวณค่าวัดความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 3 ค่า สำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 8 ปี	87
28	แสดงการคำนวณค่าวัดความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 3 ค่า สำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 5 ปี	88
29	แสดงการคำนวณค่าวัดความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 3 ค่า สำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปี	89

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
30	แสดงการคำนวณค่าวัดความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 3 ค่า สำหรับ อนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 5 ปี	90
31	แสดงการคำนวณค่าวัดความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 3 ค่า สำหรับ อนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 8 ปี	91
ตารางผนวกที่		
1	มูลค่าส่งออกสินค้าทั้งหมดเป็นรายเดือน	101
2	ดัชนีราคาผู้บริโภคประเภทอาหารและเครื่องดื่ม	102
3	ปริมาณความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด	103
4	ผลผลิตภาคอุตสาหกรรมประเภทคอมพิวเตอร์	104

สารบัญญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่มีความผันแปรเนื่องจากอิทธิพลของแนวโน้มและฤดูกาลแบบบวกและแบบคูณ	14
2	ลักษณะส่วนโค้งของอนุกรมเวลาเมื่อ $\theta = 0$	18
3	ลักษณะส่วนโค้งของอนุกรมเวลาเมื่อ $\theta < 1$	19
4	ลักษณะส่วนโค้งของอนุกรมเวลาเมื่อ $\theta > 1$	19
5	ลักษณะการกระจายของค่าความคลาดเคลื่อน	32
6	กราฟมูลค่าส่งออกสินค้าทั้งหมดเป็นรายเดือน	36
7	กราฟดัชนีราคาผู้บริโภคประเภทอาหารและเครื่องดื่ม	37
8	กราฟปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด	37
9	กราฟผลผลิตภาคอุตสาหกรรมประเภทคอมพิวเตอร์	38
10	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบอัตโนมัติของมูลค่าส่งออกสินค้าทั้งหมดเป็นรายเดือน	42
11	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบอัตโนมัติของดัชนีราคาผู้บริโภคประเภทอาหารและเครื่องดื่ม	42
12	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบอัตโนมัติของปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด	43
13	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบอัตโนมัติของผลผลิตภาคอุตสาหกรรมประเภทคอมพิวเตอร์	43
14	แสดงค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่คงที่ด้วยวิธีสกัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี	48
15	วิเคราะห์อนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี ด้วยวิธี Theta และค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน	51
16	แสดงค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี	52
17	วิเคราะห์อนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 8 ปี ด้วยวิธี Theta และค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน	55

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
18	แสดงค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของ อนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 8 ปี	56
19	วิเคราะห์อนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 5 ปี ด้วยวิธี Theta และค่าพยากรณ์ ล่วงหน้า 12 เดือน	59
20	แสดงค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของ อนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 5 ปี	60
21	วิเคราะห์อนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 8 ปี ด้วยวิธี Theta และค่าพยากรณ์ ล่วงหน้า 12 เดือน	63
22	แสดงค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของ อนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 8 ปี	64
23	วิเคราะห์อนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 5 ปี ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย และค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน	67
24	แสดงค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีการวิเคราะห์ การถดถอยของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 5 ปี	68
25	แสดงค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนที่ไม่คงที่ด้วย วิธีการวิเคราะห์การถดถอยของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปี	69
26	วิเคราะห์อนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปี ด้วยวิธี Theta และค่าพยากรณ์ ล่วงหน้า 12 เดือน	72
27	แสดงค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของ อนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปี	73
28	วิเคราะห์อนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 5 ปี ด้วยวิธี Theta และค่าพยากรณ์ ล่วงหน้า 12 เดือน	76
29	แสดงค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของ อนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 5 ปี	77
30	วิเคราะห์อนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 8 ปี ด้วยวิธี Theta และค่าพยากรณ์ ล่วงหน้า 12 เดือน	80

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
31	แสดงค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 8 ปี	81
ภาพผนวกที่		
1	แสดงการวิเคราะห์ความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี	105
2	แสดงการวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี	105
3	แสดงการวิเคราะห์ความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 8 ปี	106
4	แสดงการวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 8 ปี	106
5	แสดงการวิเคราะห์ความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 5 ปี	107
6	แสดงการวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 5 ปี	107
7	แสดงการวิเคราะห์ความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 8 ปี	108
8	แสดงการวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 8 ปี	108
9	แสดงการวิเคราะห์ความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 5 ปี	109
10	แสดงการวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 5 ปี	109

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
11	แสดงการวิเคราะห์ความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปี	110
12	แสดงการวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีสัดส่วนกับแนวโน้ม ของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปี	110
13	แสดงการวิเคราะห์ความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีสัดส่วนกับแนวโน้ม ของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 5 ปี	111
14	แสดงการวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีสัดส่วนกับแนวโน้ม ของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 5 ปี	111
15	แสดงการวิเคราะห์ความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีสัดส่วนกับแนวโน้ม ของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 8 ปี	112
16	แสดงการวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีสัดส่วนกับแนวโน้ม ของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 8 ปี	112
17	ผลการวิเคราะห์การตรวจสอบแนวโน้มและฤดูกาลของอนุกรมเวลาชุดที่ 1	113

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

RG	วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)
MA	วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Ratio-to-Moving Average)
TREND	วิธีสัดส่วนกับแนวโน้ม (Ratio-to-Trend)
THETA	วิธี Theta
CENSUS II	วิธี Census II
T	แนวโน้ม (Trend)
S	ฤดูกาล (Seasonal)
C	วัฏจักร (Cycle)
I	เหตุการณ์ที่ผิดปกติ (Irregular)
Q	เส้นโค้ง (Quadratic)
L	เส้นตรง (Linear)
t	เวลา
\hat{Y}_t	ค่าพยากรณ์
α	ค่าคงที่ของการทำให้เรียบ
ε_t	ค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลประชากร
e_t	ค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลตัวอย่าง ณ เวลา t (TS _{1t})
$\sum e_t^2$	ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนของข้อมูลตัวอย่าง
SUM_t / \sqrt{t}	เป็นค่าผลรวมสะสม ณ เวลา t (TS _{2t})
MTE_t	เป็นค่าผลรวม ณ เวลา t ของค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ครั้งละ k ค่า (TS _{3t})
$\hat{\sigma}_e$	ค่าวัดความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
TS _{1t}	Tracking Signal ตัวที่หนึ่ง ณ เวลา t
TS _{2t}	Tracking Signal ตัวที่สอง ณ เวลา t
TS _{3t}	Tracking Signal ตัวที่สาม ณ เวลา t
MAPE	เปอร์เซ็นต์สัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error)
MSE	ผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error)

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

MAD	ค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Deviation)
MRAE	ค่าสัมบูรณ์สัมพัทธ์ของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean Relative Absolute Error)
Control Limits	ขีดจำกัดควบคุม
อนุกรมเวลาชุดที่ 1	มูลค่าส่งออกสินค้าทั้งหมดเป็นรายเดือน (ล้านบาท)
อนุกรมเวลาชุดที่ 2	ดัชนีราคาผู้บริโภคประเภทอาหารและเครื่องดื่ม
อนุกรมเวลาชุดที่ 3	ปริมาณความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (เมกะวัตต์)
อนุกรมเวลาชุดที่ 4	ผลผลิตภาคอุตสาหกรรมประเภทคอมพิวเตอร์ (1000 หน่วย)
วิธีการพยากรณ์	วิธีการพยากรณ์เชิงปริมาณที่ใช้ในการศึกษาวิจัย
ขนาดอนุกรมเวลา	จำนวนปีที่มีการเก็บรวบรวมค่าสังเกตในอนุกรมเวลา
ช่วงเวลาการพยากรณ์	จำนวนเดือนที่มีการพยากรณ์ค่าล่วงหน้า

การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการแบ่งแยกส่วนประกอบในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา ที่มีและไม่มี การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

A Comparative Study of Decomposition Methods in Time Series Data Forecasting with Seasonal and Nonseasonal Variation

คำนำ

การพยากรณ์เป็นระเบียบวิธีการทางสถิติที่มีความสำคัญยิ่ง ในการวางแผนและการตัดสินใจดำเนินงานทุกสาขาอาชีพ และขององค์กรหลายๆองค์กรเพื่อคาดคะเนหรือทำนายการเกิดของเหตุการณ์ในอนาคต การคาดคะเนเหตุการณ์หรือสภาพการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตด้วยความเชื่อมั่นระดับหนึ่ง จะทำให้การกำหนดนโยบายหรือการวางแผนงาน ในการตัดสินใจดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันนี้ ได้มีผู้เสนอแนะวิธีการพยากรณ์ขึ้นเป็นจำนวนมาก ซึ่งแต่ละวิธีการพยากรณ์จะมีความเหมาะสม กับการพยากรณ์เหตุการณ์ในอนาคตในลักษณะที่ต่างกัน และให้ความถูกต้องแม่นยำต่างกัน เทคนิคการพยากรณ์เชิงปริมาณเป็นเทคนิคที่ได้นำมาใช้กันอย่างแพร่หลายซึ่งเน้นการใช้รายละเอียดของข้อมูลในอดีตมาเป็นแนวทางในการพยากรณ์ โดยจะทำการศึกษาแนวโน้มและรูปแบบของการเกิดเหตุการณ์จากข้อมูลในอดีตเพื่อเตรียมสำหรับการพยากรณ์ค่าในอนาคต เทคนิคการพยากรณ์เชิงปริมาณได้รับการพัฒนาเรื่อยมา และเนื่องจากแต่ละวิธีมีความยุ่งยากในขั้นตอนการพยากรณ์ ดังนั้นนักสถิติและนักคอมพิวเตอร์หลายท่าน ได้ร่วมกันพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้กับการพยากรณ์อนุกรมเวลา เช่น โปรแกรมสำเร็จรูป SAS/ETS (Statistical Analysis System/Econometrics and Time Series Library) และโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistical Packages for the Social Sciences) เป็นต้น

การวิเคราะห์อนุกรมเวลา เป็นการศึกษาส่วนประกอบของอนุกรมเวลา 4 ส่วน คือ แนวโน้ม (Trend) ฤดูกาล (Seasonal) วัฏจักร (Cycle) และเหตุการณ์ที่ผิดปกติ (Irregular) เนื่องจากลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลามีผลเนื่องมาจากลักษณะของส่วนประกอบของอนุกรมเวลา วิธีการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลามีหลากหลายวิธี โดยแต่ละวิธีจะเหมาะสมกับอนุกรมเวลาในแต่ละแบบ โดยวิธีการพยากรณ์ที่นิยมใช้และมีโปรแกรมสำเร็จรูปช่วยในการวิเคราะห์ เช่น วิธีโซลท์และวินเทอร์ (Holt-Winters Method) เหมาะสำหรับอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจาก

อิทธิพลของฤดูกาล ทั้งกรณีที่มีแนวโน้มและไม่มีแนวโน้ม วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ (Box-Jenkins Method) เป็นวิธีที่ให้ค่าพยากรณ์จากตัวแบบ ARIMA ที่สร้างขึ้นวิธีนี้จะให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแม่นยำสูง โดยเฉพาะกับการพยากรณ์ระยะสั้น แต่เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ค่อนข้างยุ่งยากในการสร้างสมการการพยากรณ์ วิธีแยกส่วนประกอบ (Decomposition Method) เป็นวิธีที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่ต้องการพยากรณ์ระยะสั้น และเป็นการแยกส่วนของอนุกรมเวลาตามส่วนประกอบของอนุกรมเวลา ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาเฉพาะวิธีแยกส่วนประกอบ โดยพิจารณาเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธีแยกส่วนประกอบ 5 วิธี คือ วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Ratio-to-Moving Averages) วิธีสัดส่วนกับแนวโน้ม (Ratio-to-trend) วิธี Theta และวิธี Census II ซึ่งวิธีแยกส่วนประกอบแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

วิธีการวิเคราะห์การถดถอย เป็นวิธีแยกส่วนประกอบที่ใช้หลักการของการวิเคราะห์การถดถอย โดยมีการวัดอิทธิพลเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาล การวัดแนวโน้มทำได้โดยการสร้างสมการแนวโน้มที่มีตัวแปรเวลาเป็นตัวแปรอิสระ ส่วนการวัดอิทธิพลของฤดูกาลจะทำได้ในทำนองเดียวกัน ตัวแปรที่สร้างขึ้นเพื่อวัดอิทธิพลของฤดูกาลจะเป็นตัวแปรดัมมี่ของฤดูกาล (Seasonal Dummy Variables) ซึ่งตัวแปรดัมมี่เหล่านี้จะแทนแต่ละฤดูกาลของข้อมูลอนุกรมเวลา

วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ มีวัตถุประสงค์ที่จะจัดการเคลื่อน ไหวเนื่องจากฤดูกาล ออกจากอนุกรมเวลา โดยวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่ก่อน จะได้ค่าสัดส่วนประกอบของแนวโน้มและวัฏจักร นำค่าสัดส่วนประกอบที่ได้ไปปรับออกจากอนุกรมเวลาเดิม แล้วจึงหาค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลจากอนุกรมเวลาที่ปรับแนวโน้มและวัฏจักรแล้ว

วิธีสัดส่วนกับแนวโน้ม วิธีนี้จะสร้างสมการแนวโน้มจากค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาแต่ละปีก่อน จะได้ค่าสัดส่วนประกอบของฤดูกาลและวัฏจักร นำค่าสัดส่วนประกอบที่ได้ไปปรับออกจากอนุกรมเวลาเดิม แล้วจึงหาค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลและกำจัดฤดูกาลออกจากอนุกรมเวลา

วิธี Theta เป็นการเปลี่ยนแปลงส่วนโค้งของอนุกรมเวลา การเปลี่ยนแปลงของส่วนโค้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าค่าสัมประสิทธิ์ของ Theta (เป็นสัญลักษณ์ที่ได้จากตัวอักษรของกรีก) จะทำการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาโดยแบ่งข้อมูลอนุกรมเวลาออกเป็นเส้น Theta-lines สองเส้น แต่ละเส้นก็จะนำมาอนุมานค่าแยกกัน และจะนำค่ามารวมกันอีกครั้งเพื่อพยากรณ์ค่าของข้อมูลอนุกรมเวลาในภายหลัง

วิธี Census II เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีประวัติศาสตร์ที่ยาวนาน โดยในช่วงก่อนที่จะมีการพัฒนาทางด้านคอมพิวเตอร์ การคำนวณวิธีแยกส่วนประกอบจะทำด้วยมือและมีข้อจำกัด การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อแบ่งแยกอนุกรมเวลาได้รับการพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1955 โดย Julius Shiskin ซึ่งเป็นนักสถิติเศรษฐศาสตร์ที่สำนักงานสถิติแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับโปรแกรมที่ได้พัฒนาและนำไปใช้ในปัจจุบันเรียกว่า X-12-ARIMA วิธีแยกส่วนประกอบวิธีนี้ได้มีการนำไปใช้อย่างกว้างขวาง ทั้งในหน่วยงานของรัฐและองค์กรเอกชนของสหรัฐอเมริกา และอีกหลายประเทศ วิธี Census II มีหลักการสำคัญที่เพิ่มเติมจากวิธีแยกส่วนประกอบอื่นๆ คือ มีการกำจัดอิทธิพลของวันทำการ (Trading day) และการกำจัดค่าผิดปกติ ในแต่ละขั้นตอนของการวิเคราะห์ก่อนทำการเคลื่อนที่

งานวิจัยนี้ใช้วิธีแยกส่วนประกอบทั้ง 5 วิธี สำหรับอนุกรมเวลารายเดือนจำนวน 4 ชุด ซึ่งครอบคลุมงานทางด้านเศรษฐกิจ และพลังงาน ข้อมูลมีการเก็บรวบรวมอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เดือนมกราคม 2539 ถึง ธันวาคม 2547 อนุกรมเวลาที่เก็บรวบรวมนี้มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากอิทธิพลของแนวโน้ม และอิทธิพลของฤดูกาล เพื่อนำมาเปรียบเทียบวิธีการแยกส่วนประกอบทั้ง 5 วิธี โดยข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2539 ถึง ธันวาคม 2546 นำมาสร้างสมการพยากรณ์ 2 ขนาด ได้แก่ อนุกรมเวลาขนาด 5 และ 8 ปี โดยขนาดที่กำหนดเป็นอนุกรมเวลาที่นิยมใช้ (พรภพ, 2543) และข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2547 ถึง ธันวาคม 2547 นำมาใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของการพยากรณ์ และพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีแยกส่วนประกอบทั้ง 5 วิธี จะใช้ค่า MAPE (Mean Absolute Percentage Error) , MSE (Mean Square Error) , MAD (Mean Absolute Deviation) และ MRAE (Mean Relative Absolute Error) ในการเปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อความถูกต้องของการพยากรณ์ได้แก่ วิธีการพยากรณ์ ขนาดของอนุกรมเวลา และช่วงเวลาของการพยากรณ์ โดยพิจารณาว่าวิธีแยกส่วนประกอบใดที่มีความเหมาะสมกับขนาดของอนุกรมเวลาและช่วงเวลาการพยากรณ์ที่แตกต่างกัน วิธีการพยากรณ์ใดที่เหมาะสมโดยให้ค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ต่ำที่สุด

วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยได้แก่

1. ศึกษาวิธีการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาเพื่อการพยากรณ์ โดยวิธีแยกส่วนประกอบ 5 วิธี คือ วิธีการวิเคราะห์การถดถอย วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีสัดส่วนกับแนวโน้ม วิธี Theta และ วิธี Census II กับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีและไม่มีเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล
2. เปรียบเทียบวิธีแยกส่วนประกอบทั้ง 5 วิธี ด้วยค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่าได้แก่ค่า MAPE, MSE, MAD และ MRAE

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงความแตกต่างของวิธีการแยกส่วนประกอบทั้ง 5 วิธี ได้แก่ วิธีการวิเคราะห์การถดถอย วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีสัดส่วนกับแนวโน้ม วิธี Theta และ วิธี Census II
2. สามารถเลือกใช้วิธีแยกส่วนประกอบในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาได้อย่างเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลา ขนาดของข้อมูลอนุกรมเวลา และช่วงเวลาการพยากรณ์
3. ได้รูปแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 4 ชุดที่มีและไม่มี ความผันแปรเนื่องจากอิทธิพลของฤดูกาล

ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยมีดังนี้

1. อนุกรมเวลาที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบประกอบด้วยข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือนที่มีแนวโน้มและฤดูกาลรวม 4 ชุด ซึ่งครอบคลุมงานทางด้านการเศรษฐกิจ และพลังงาน ข้อมูลมีการเก็บรวบรวมอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เดือนมกราคม 2539 ถึง ธันวาคม 2547 จากหน่วยงานของรัฐ ได้แก่ ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
2. อนุกรมเวลาที่นำมาใช้ในการสร้างสมการพยากรณ์ ประกอบด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาตั้งแต่เดือนมกราคม 2539 ถึง ธันวาคม 2546 ส่วนอนุกรมเวลาที่นำมาตรวจสอบความถูกต้องของค่าพยากรณ์ใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาเดือนมกราคม 2547 ถึง ธันวาคม 2547
3. วิธีการพยากรณ์ที่นำมาใช้กับอนุกรมเวลาที่มีและไม่มีเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ประกอบด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีสัดส่วนกับแนวโน้ม วิธี Theta และ วิธี Census II
4. จัดอนุกรมเวลารายเดือนเป็น 2 ขนาด ได้แก่ อนุกรมเวลาขนาด 5 ปี (พ.ศ.2542-พ.ศ. 2546) และ 8 ปี (พ.ศ.2539-พ.ศ.2546)
5. ทำการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาล่วงหน้า 12 เดือน
6. ค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการศึกษาเปรียบเทียบ 4 ค่า คือ MAPE, MSE, MAD และ MRAE ซึ่งใช้ในการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี
7. ค่าวัดความถูกต้องของค่าพยากรณ์จะใช้ค่า Tracking Signals 3 ค่า คือ e_t , $\frac{\text{SUM}_t}{\sqrt{t}}$ และ MTE_t

การตรวจเอกสาร

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นงนุช (2534) ได้ศึกษาหารูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ราคาสินค้าทางการเกษตร ได้แก่ ราคาข้าว มันสำปะหลัง และถั่วเขียวที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา โดยพิจารณาการพยากรณ์ 2 วิธี คือ วิธีแยกส่วนประกอบและวิธีบ็อกซ์เจนกินส์ พบว่าวิธีแยกส่วนประกอบของราคาสินค้าทางการเกษตรทั้ง 3 สินค้า มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงโพลีโนเมียลลำดับที่ 3 และสำหรับวิธีบ็อกซ์เจนกินส์พบว่าอนุกรมเวลาราคาข้าว เปลือกเจ้า 5% มีรูปแบบ ARIMA(0,1,1) ราคาข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดขาวมีรูปแบบ ARIMA(2,1,0) ราคาหัวมันสำปะหลังสดคละมีรูปแบบ ARIMA(1,1,0) และถั่วเขียวผิวมันเมล็ดใหญ่ชนิดคละมีรูปแบบเป็น ARIMA(1,1,1) จากการเปรียบเทียบค่าพยากรณ์สรุปได้ว่า วิธีแยกส่วนประกอบเหมาะสมกับการพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดขาว และราคามันสำปะหลังสดคละ ส่วนวิธีบ็อกซ์เจนกินส์เหมาะสมกับการพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเจ้า 5% และราคาถั่วเขียวผิวมันเมล็ดใหญ่ชนิดคละ

ศศิกร (2535) ศึกษาหารูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์มูลค่าสินค้าส่งออกที่สำคัญ 10 ประเภท โดยพิจารณาวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีแยกส่วนประกอบ วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลและวิธีบ็อกซ์เจนกินส์ พบว่าวิธีแยกส่วนประกอบเป็นรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์มูลค่าส่งออกเสื้อผ้าสำเร็จรูป วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลเป็นรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์มูลค่าส่งออกอัญมณีและเครื่องประดับ ข้าว ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง ยางพารา อาหารทะเลกระป๋อง ผงวงจรรไฟฟ้า กุ้งสดแช่เย็น รองเท้าและน้ำตาล ส่วนวิธีบ็อกซ์เจนกินส์ไม่เป็นรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์มูลค่าส่งออกสินค้าทั้ง 10 ประเภท

กานต์พิชชา (2538) ศึกษาและเปรียบเทียบวิธีแยกส่วนประกอบ 3 วิธี ได้แก่ วิธีเฉลี่ยอย่างง่าย วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่และวิธี Census II กับอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากอิทธิพลของแนวโน้มและฤดูกาลสำหรับการรวมกันแบบบวกและแบบคูณ โดยสร้างอนุกรมเวลาขนาด 36 และ 60 สำหรับรูปแบบบวกกำหนดค่า σ^2 เท่ากับ 1 และ 25 และค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลระดับสูงและระดับต่ำรวม 32 ลักษณะ ลักษณะละ 100 ชุด โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล การพิจารณาเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมจะให้ค่าผลรวมกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าวิธีอื่น จากการศึกษาพบว่าวิธีเฉลี่ยอย่างง่ายจะเหมาะสมในการสร้างสมการพยากรณ์สำหรับอนุกรมเวลาที่มีการรวมกันแบบบวกทุกกรณีที่มีค่าความแปรปรวนสูง ส่วนวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่เหมาะสมในการสร้างสมการ

พยากรณ์สำหรับอนุกรมเวลาที่มีการรวมกันแบบคูณในกรณีที่มีค่าความแปรปรวนต่ำ และวิธี Census II เหมาะสมในการสร้างสมการพยากรณ์สำหรับอนุกรมเวลาที่มีการรวมกันแบบบวก แต่ไม่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากแนวโน้ม

พรกพ (2543) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความถูกต้องของการพยากรณ์ ประกอบด้วย วิธีการพยากรณ์ ขนาดของอนุกรมเวลา และช่วงเวลาการพยากรณ์ วิธีการพยากรณ์ที่นำมาศึกษามี 7 วิธี ได้แก่ วิธีการวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรคัมมี วิธีการวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรตรีโกณมิติ วิธีการวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรคัมมีและค่าความคลาดเคลื่อนมีสหสัมพันธ์แบบอัตโนมัติ วิธีแยกส่วนประกอบ วิธี Census II วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลของโฮลท์และวินเทอร์ และวิธีบ็อกซ์เจนกินส์โดยแต่ละวิธีกำหนดลักษณะแนวโน้มและฤดูกาลทั้งแบบบวกและแบบคูณ การพิจารณาเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมใช้ค่า MAPE เป็นค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ผลจากการวิเคราะห์สรุปได้ว่า ในการพยากรณ์ระยะสั้น วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลของโฮลท์และวินเทอร์แบบบวกจะเหมาะสมกับอนุกรมเวลาขนาด 3 และ 4 ปี วิธีแยกส่วนประกอบแบบคูณจะเหมาะสมกับอนุกรมเวลาขนาด 5 และ 7 ปี และสำหรับอนุกรมเวลาขนาด 9 ปี วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมมี 3 วิธี ได้แก่ วิธีการวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรคัมมีและค่าความคลาดเคลื่อนมีสหสัมพันธ์แบบอัตโนมัติ วิธี Census II และวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลของโฮลท์และวินเทอร์แบบคูณ และสำหรับอนุกรมเวลาขนาด 7 และ 9 ปี วิธีแยกส่วนประกอบแบบคูณจะเป็นวิธีที่เหมาะสม ในการพยากรณ์ระยะยาว สำหรับอนุกรมเวลาขนาด 3 ปี วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมได้แก่ วิธีการวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรคัมมีแบบบวก แต่สำหรับอนุกรมเวลาขนาด 4, 5, 7 และ 9 ปี วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมได้แก่ วิธีการวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรคัมมีและค่าความคลาดเคลื่อนมีสหสัมพันธ์แบบอัตโนมัติแบบบวก

นงลักษณ์ (2544) ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการพยากรณ์ร่วม โดยพิจารณาหาวิธีการพยากรณ์เดี่ยวและวิธีการพยากรณ์ร่วมที่เหมาะสมกับขนาดของอนุกรมเวลาและช่วงเวลาการพยากรณ์ ค่า MAPE เป็นค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่ใช้พิจารณาเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม วิธีการพยากรณ์เดี่ยวสำหรับอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากอิทธิพลของแนวโน้มมี 4 วิธี ได้แก่ วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่ซ้ำสองครั้ง วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลซ้ำสองครั้ง วิธีการวิเคราะห์การถดถอยและวิธีบ็อกซ์เจนกินส์ สำหรับอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากอิทธิพลของแนวโน้มและฤดูกาลมี 4 วิธี ได้แก่ วิธีการวิเคราะห์การถดถอย วิธีแยกส่วนประกอบ วิธีโฮลท์และวินเทอร์ และวิธีบ็อกซ์เจนกินส์ วิธีการพยากรณ์ร่วมที่นำมาพิจารณามี 4 วิธี ได้แก่ วิธีเฉลี่ยอย่างง่าย วิธีเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก วิธีเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักซึ่งน้ำหนักผูกพันกับค่าผลบวก

กำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อนและวิธีเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักซึ่งค่าน้ำหนักได้จากการวิเคราะห์การถดถอย จากการศึกษาพบว่าวิธีการพยากรณ์ร่วมให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธีการพยากรณ์เดี่ยว โดยวิธีเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักซึ่งค่าน้ำหนักได้จากการวิเคราะห์การถดถอยเหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากอิทธิพลของแนวโน้ม ขนาด 4, 5 และ 6 ปี ในช่วงเวลาการพยากรณ์ 6, 12, 18, 24 เดือน และเหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากอิทธิพลของแนวโน้มและฤดูกาล ขนาด 4, 5, และ 6 ปี ในช่วงเวลาการพยากรณ์ 6, 12, 18 และ 24 เดือน

Assimakopoulos and Nikolopoulos (2000) เสนอวิธีการพยากรณ์แบบแยกส่วนประกอบที่มีแนวคิดในการปรับส่วนโค้งของข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ θ ซึ่งเป็นตัวอักษรในภาษากรีก โดยอนุกรมเวลาที่ปรับแล้วจะยังคงมีค่าเฉลี่ยและความชันเท่ากับข้อมูลเดิม ยกเว้นส่วนโค้งซึ่งจะเปลี่ยนไปตามค่าสัมประสิทธิ์ θ โดยเรียกอนุกรมเวลาที่ปรับค่าว่า Theta-lines วัตถุประสงค์ของตัวแบบTheta คือการแบ่งแยกลักษณะของอนุกรมเวลาเดิมออกเป็น 2 ลักษณะได้แก่ค่า $\theta = 0$ จะแสดงลักษณะระยะยาว (Long Term) ของแนวโน้ม และค่า $\theta = 2$ จะแสดงลักษณะระยะสั้น (Short Term) ของแนวโน้ม โดยทำการอนุมานค่าของทั้งสองลักษณะนี้แยกกัน ค่าพยากรณ์ของอนุกรมเวลาจะได้จากการนำค่า Theta-lines มารวมกัน โดยให้ค่าน้ำหนักเท่ากัน จากการศึกษาพบว่าวิธี Theta เหมาะสมกับอนุกรมเวลารายเดือน และเหมาะสมกับข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์จุลภาค (Microeconomic)

Hyndman and Billah (2003) ศึกษาวิธี Theta ซึ่งเป็นวิธีการพยากรณ์ที่แยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลาเพื่อหาสมการพยากรณ์ ที่เข้าใจง่ายกว่าสมการพยากรณ์ที่มีผู้แนะนำเอาไว้ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าค่าพยากรณ์ที่ได้จะสมมูลกับการพยากรณ์แบบจุด ของวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลอย่างง่ายกับค่าคงที่ค่าหนึ่ง (Simple Exponential Smoothing with Drift)

วิธีการทางสถิติ

วิธีการทางสถิติที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลา โดยแบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ วิธีการพยากรณ์ด้วยเทคนิคการแยกส่วนประกอบ การทดสอบลักษณะอนุกรมเวลา ค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบ และการตรวจสอบค่าพยากรณ์

วิธีการพยากรณ์ด้วยเทคนิคการแยกส่วนประกอบ

การพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากอิทธิพลของแนวโน้ม และข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากอิทธิพลของแนวโน้มและฤดูกาลมีหลายวิธี ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการแยกส่วนประกอบ 5 วิธี คือ วิธีการวิเคราะห์การถดถอย วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีสัดส่วนกับแนวโน้ม วิธี Theta และวิธี Census II

วิธีการวิเคราะห์การถดถอย

เป็นวิธีแยกส่วนประกอบที่วัดอิทธิพลเนื่องจากแนวโน้มและ/หรือฤดูกาล โดยใช้หลักการวิเคราะห์การถดถอย โดยมีอนุกรมเวลาเป็นตัวแปรตาม และมีตัวแปรอิสระดังนี้ (ทรงศิริ, 2539)

4.1 ตัวแปรเวลา (t) เป็นตัวแปรที่ใช้เมื่อพิจารณาแล้วว่าอนุกรมเวลามีแนวโน้ม ค่าของตัวแปรเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์จะเป็นค่าลำดับ ที่ทำให้การคำนวณทำได้ง่าย รวดเร็ว และสามารถอธิบายสมการแนวโน้มได้ง่าย รูปแบบแนวโน้มของอนุกรมเวลามีหลายแบบขึ้นอยู่กับลักษณะของอนุกรมเวลา

4.2 ตัวแปรคัมมี (X_{nt}) เป็นตัวแปรที่กำหนดขึ้นเพื่อบอกว่าค่าสังเกตในอนุกรมเวลาเกิดขึ้นในฤดูกาลใด นั่นคือค่าของตัวแปรคัมมีจะเป็น 0 หรือ 1 ถ้าค่าสังเกตอยู่ในฤดูกาลที่กำหนดค่าคัมมีจะเป็น 1 แต่ถ้าค่าสังเกตไม่อยู่ในฤดูกาลที่กำหนดค่าคัมมีจะเป็น 0 ตัวแปรคัมมีจะมีจำนวนเท่ากับ $L-1$ โดย L เป็นจำนวนฤดูกาลต่อปี กรณีอนุกรมเวลารายเดือนหนึ่งปีจะมี 12 ฤดูกาลหรือ 12 เดือน L จะเท่ากับ 12 และเมื่อเป็นอนุกรมเวลารายไตรมาสหนึ่งปีจะมี 4 ฤดูกาลหรือ 4 ไตรมาส L จะเท่ากับ 4 หรือกล่าวได้ว่า ตัวแปรคัมมีจะมีน้อยกว่าจำนวนฤดูกาลอยู่ 1

อนุกรมเวลารูปแบบบวก

$$Y_t = T_t + S_t + I_t$$

$$T_t = \beta_0 \quad \text{เมื่อไม่มีแนวโน้มเส้นตรง}$$

$$T_t = \beta_0 + \beta_1 t \quad \text{เมื่อมีแนวโน้มเส้นตรง}$$

$$T_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 \quad \text{เมื่อมีแนวโน้มเส้นโค้ง}$$

$$S_t = S_1 X_{1t} + \dots + S_L X_{Lt}$$

เมื่อ T_t เป็นค่าวัดอิทธิพลของแนวโน้ม

$S_1 \dots S_L$ เป็นค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลที่ L

X_{it} เป็นตัวแปรคัมมีแทนฤดูกาลที่ i ณ เวลาที่ t ซึ่ง

$$X_{it} = \begin{cases} 1 & \text{เมื่อค่าสังเกต } Y_t \text{ อยู่ในฤดูกาลที่ } i \\ 0 & \text{เมื่อค่าสังเกต } Y_t \text{ ไม่อยู่ในฤดูกาลที่ } i \end{cases}$$

และ $I_t = \varepsilon_t$ เป็นค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลาที่ t

รูปแบบบวกใหม่สำหรับแนวโน้มเส้นตรงเป็น

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + S_1 X_{1t} + \dots + S_L X_{Lt} + \varepsilon_t$$

ในกรณีที่กำหนดให้ S_L เป็น 0 หมายความว่ากำหนดให้ L เป็นฤดูกาล S_L, \dots, S_{L-1} จะเป็นค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลที่เทียบกับฤดูกาล L รูปแบบจะเปลี่ยนเป็น

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 t + s_1 x_{1t} + \dots + s_{L-1} x_{L-1,t} + \varepsilon_t$$

ดังนั้นกรณีรูปแบบบวกของอนุกรมเวลารายเดือนสำหรับแนวโน้มเส้นตรง

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 t + s_1 x_{1t} + \dots + s_{11} x_{11t} + \varepsilon_t$$

อนุกรมเวลารูปแบบคูณ

$$y_t = T_t S_t I_t$$

ซึ่ง $T_t = \beta_0 \beta_1^t$ เมื่อมีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

$$S_t = s_1^{x_{1t}} \dots s_L^{x_{Lt}}$$

$$I_t = \varepsilon_t$$

รูปแบบคูณใหม่สำหรับแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลเป็น

$$y_t = \beta_0 \beta_1^t s_1^{x_{1t}} \dots s_L^{x_{Lt}} \varepsilon_t$$

ในกรณีที่กำหนดให้ s_L เป็น 1 หมายความว่ากำหนดให้ L เป็นฤดูกาล s_L, \dots, s_{L-1} จะเป็นค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลที่เทียบกับฤดูกาล L รูปแบบจะเปลี่ยนเป็น

$$y_t = \beta_0 \beta_1^t s_1^{x_{1t}} \dots s_{L-1}^{x_{L-1,t}} \varepsilon_t$$

ดังนั้นกรณีรูปแบบคูณของอนุกรมเวลารายเดือนสำหรับแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

$$y_t = \beta_0 \beta_1^t s_1^{x_{1t}} \dots s_{11}^{x_{11t}} \varepsilon_t$$

จะแปลงให้เป็นรูปแบบบวกโดยใช้ลอการิทึม

$$\ln Y_t = (\ln \beta_0) + (\ln \beta_1)t + (\ln S_1)X_{1t} + \dots + (\ln S_{L-1})X_{L-1,t} + \ln \varepsilon_t$$

$$\text{หรือ } Y'_t = \beta'_0 + \beta'_1 t + S'_1 X_{1t} + \dots + S'_{L-1} X_{L-1,t} + \varepsilon'_t$$

วิธีตัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (ทรงศิริ, 2539)

เป็นวิธีแยกส่วนประกอบวิธีหนึ่งที่วิเคราะห์อนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวขึ้นอยู่กับอิทธิพลของส่วนประกอบต่างๆ ได้แก่

1. แนวโน้ม (T) เป็นลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาในระยะยาว ซึ่งการเคลื่อนไหวจะเป็นไปในทิศทางที่เพิ่มขึ้น (Upward Trend) หรือลดลง (Downward Trend) แนวโน้มจะสะท้อนให้เห็นถึงความเจริญและความเสื่อมถอยของเหตุการณ์ต่างๆ เช่น จำนวนคนว่างงาน การเติบโตของตลาด เป็นต้น ลักษณะของแนวโน้มอาจเป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้งก็ได้
2. ฤดูกาล (S) เป็นลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่มีผลสืบเนื่องจากความผันแปรของฤดูกาลโดยการเปลี่ยนแปลงนี้ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นภายในระยะเวลา 1 ปี อิทธิพลของฤดูกาลจะทำให้เกิดการเคลื่อนไหวซ้ำแล้วซ้ำอีกในช่วงเวลาหนึ่ง ลักษณะความผันแปรของฤดูกาลแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ ฤดูกาลคงที่ เป็นความผันแปรของฤดูกาลที่เกิดขึ้นทุกๆปีด้วยรูปแบบที่คงที่ ในช่วงเวลานั้นๆ และฤดูกาลเปลี่ยนแปลง เป็นความผันแปรของฤดูกาลที่มีรูปแบบซึ่งเปลี่ยนไปเรื่อยๆ อย่างช้าๆ ในช่วงเวลาหนึ่งๆ บางครั้งอาจจะมีรูปแบบของฤดูกาลคงที่อยู่เป็นเวลาหลายปีแล้วก็เปลี่ยนไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง โดยทั่วไปสามารถวัดความผันแปรของฤดูกาลในรูปของดัชนีกรรมรูปแบบคูณเรียกว่า ดัชนีฤดูกาล (Seasonal Index) และสำหรับรูปแบบบวกเรียกว่า ค่าวัดดัชนีฤดูกาล (Seasonal Factor)
3. วัฏจักร (C) เป็นลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่มีลักษณะทำนองเดียวกันกับการเคลื่อนไหวเนื่องจากความผันแปรของฤดูกาล แต่รอบของวัฏจักรหนึ่งจะครอบคลุมระยะเวลาหลายปี และแต่ละช่วงจะมีการเคลื่อนไหวไม่แตกต่างกันมากนัก โดยทั่วไปวัฏจักรมักจะปรากฏในอนุกรมเวลาทางธุรกิจ ซึ่งจะประกอบไปด้วยช่วงระยะเวลาที่รุ่งเรือง (Prosperity) แล้วค่อยตกต่ำลง (Depression) และจะกลับเข้าสู่ระยะที่รุ่งเรืองอีกครั้ง ในเวลาต่อมา

4. เหตุการณ์ที่ผิดปกติ (I) เป็นลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่ไม่มรูปแบบเฉพาะ โดยส่วนใหญ่จะเป็นเหตุการณ์ที่ไม่ได้คาดคิดมาก่อนหรือไม่เกิดบ่อยครั้ง เช่น สงคราม น้ำท่วม อุบัติเหตุ เป็นต้น รวมถึงปัจจัยอื่นๆที่ไม่ได้เนื่องจากแนวโน้ม ฤดูกาล และวัฏจักร

รูปแบบของอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากความผันแปร แบ่งออกได้ดังนี้ (ทรงศิริ, 2539)

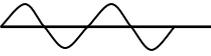
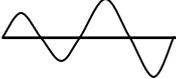
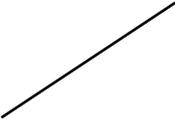
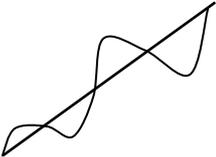
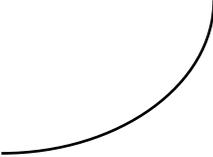
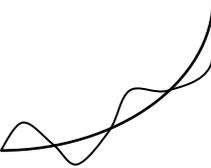
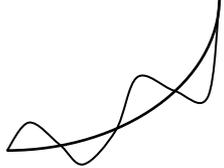
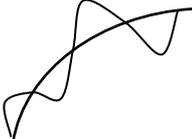
1. อนุกรมเวลารูปแบบคูณ (Multiplicative Model)

$$Y = T \times S \times C \times I$$

2. อนุกรมเวลารูปแบบบวก (Additive Model)

$$Y = T + S + C + I$$

ก่อนการวิเคราะห์อนุกรมเวลา จะต้องพิจารณารูปแบบของอนุกรมเวลาที่เป็นรูปแบบคูณหรือรูปแบบบวก โดยดูจากการพล็อตอนุกรมเวลาซึ่งจะทำให้เห็นลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาว่ามีการเคลื่อนไหวเนื่องจากแนวโน้มและ/หรือฤดูกาล และลักษณะการรวมส่วนประกอบเป็นแบบคูณหรือแบบบวก ได้ดังภาพที่ 1

	อนุกรมเวลาที่มี แนวโน้ม	อนุกรมเวลาที่มี แนวโน้มและมี ความผันแปรของ ฤดูกาลแบบบวก	อนุกรมเวลาที่มี แนวโน้มและมี ความผันแปรของ ฤดูกาลแบบคูณ
แนวโน้มคงที่			
แนวโน้มเป็นเส้นตรง			
แนวโน้มเป็นเส้นโค้ง			
			

ภาพที่ 1 ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่มีความผันแปรเนื่องจากอิทธิพลของแนวโน้ม และฤดูกาลแบบบวกและแบบคูณ

ที่มา: ทรงศิริ (2525)

กรณีอนุกรมเวลารูปแบบคูณ มีวิธีการดังนี้

1. ปรับอนุกรมเวลาเดิม (Y_t) ด้วยค่าแนวโน้มที่วัดโดยการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่กลาง 12 เดือน (Centered 12-Month Moving Averages) สำหรับอนุกรมเวลารายเดือนที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (MA_t) นำไปปรับแนวโน้ม (Y_t/MA_t) ซึ่งอนุกรมเวลาใหม่จะเป็นอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากฤดูกาลและเหตุการณ์ที่ผิดปกติ

2. หาดัชนีฤดูกาลโดยการเฉลี่ยอนุกรมเวลาที่ได้ในขั้นตอนที่ 1 แยกตามฤดูกาล ดัชนีฤดูกาลที่ได้ (\hat{S}_i) มักจะมีผลรวมไม่เท่ากับ L การปรับให้มีผลรวมของดัชนีฤดูกาลเป็น L ทำได้โดยนำค่าเฉลี่ยของดัชนีฤดูกาลเดิม (\bar{S}) มาหาร นั่นคือ $\hat{S}_i^* = \hat{S}_i / \bar{S}$ ที่มี $\sum \hat{S}_i^* = L$

3. หาอนุกรมเวลาปรับฤดูกาล โดยนำดัชนีฤดูกาลที่ได้ในข้อ 2 ไปหารค่าสังเกตในอนุกรมเวลาเดิม และนำอนุกรมเวลาปรับฤดูกาลนี้ไปสร้างสมการแนวโน้มโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

กรณีแนวโน้มเส้นตรง

สมการแนวโน้มคือ $\hat{t}_t = b_0 + b_1t$ จะได้สมการพยากรณ์เป็น

$$\hat{Y}_t = (b_0 + b_1t) \times \hat{S}_i^*$$

กรณีแนวโน้มเส้นโค้ง

สมการแนวโน้มคือ $\hat{t}_t = b_0 + b_1t + b_2t^2$ จะได้สมการพยากรณ์เป็น

$$\hat{Y}_t = (b_0 + b_1t + b_2t^2) \times \hat{S}_i^*$$

กรณีแนวโน้มเอ็กซ์โปเนนเชียล

สมการแนวโน้มคือ $\hat{t}_t = b_0b_1^t$ จะได้สมการพยากรณ์เป็น

$$\hat{Y}_t = (b_0 b_1^t) \times \hat{S}_i^*$$

กรณีอนุกรมเวลารูปแบบบวก มีวิธีการดังนี้

1. ปรับอนุกรมเวลาเดิม (Y_t) ด้วยค่าแนวโน้มที่วัดโดยการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่กลาง 12 เดือน สำหรับอนุกรมเวลารายเดือนที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (MA_t) นำไปปรับแนวโน้มโดยหัก MA_t ออกจาก Y_t ซึ่งอนุกรมเวลาใหม่ ($Y_t - MA_t$) จะเป็นอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากฤดูกาลและเหตุการณ์ที่ผิดปกติ

2. หาค่าดัชนีฤดูกาล โดยการเฉลี่ยอนุกรมเวลาที่ได้ในขั้นตอนที่ 1 แยกตามฤดูกาล ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลที่ได้ (\hat{S}_i) มักจะมีผลรวมไม่เท่ากับ 0 การปรับให้มีผลรวมเป็น 0 ทำได้โดยนำค่าเฉลี่ยของดัชนีฤดูกาลเดิม (\bar{S}) มาลบออก นั่นคือ \hat{S}_i^* เป็นค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลใหม่ที่ i ซึ่ง $\hat{S}_i^* = \hat{S}_i - \bar{S}$ ที่มี $\sum \hat{S}_i^* = 0$

3. หาอนุกรมเวลาปรับฤดูกาล โดยนำดัชนีฤดูกาลที่ได้ในข้อ 2 ไปหักออกจากค่าสังเกตในอนุกรมเวลาเดิม และนำอนุกรมเวลาปรับฤดูกาลนี้ไปสร้างสมการแนวโน้มโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

กรณีแนวโน้มเส้นตรง

สมการแนวโน้มคือ $\hat{t}_t = b_0 + b_1 t$ จะได้สมการพยากรณ์เป็น

$$\hat{Y}_t = (b_0 + b_1 t) + \hat{S}_i^*$$

กรณีแนวโน้มเส้นโค้ง

สมการแนวโน้มคือ $\hat{t}_t = b_0 + b_1 t + b_2 t^2$ จะได้สมการพยากรณ์เป็น

$$\hat{Y}_t = (b_0 + b_1 t + b_2 t^2) + \hat{S}_i^*$$

วิธีตัดส่วนกับแนวนอน

John et al. (2001) กล่าวว่า เป็นวิธีแยกส่วนประกอบวิธีหนึ่งที่วิเคราะห์อนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวขึ้นอยู่กับอิทธิพลของส่วนประกอบต่างๆ เช่นเดียวกับวิธีตัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ แต่มีขั้นตอนที่แตกต่างกัน

กรณีอนุกรมเวลารูปแบบคูณ มีวิธีการดังนี้

1. พิจารณาลักษณะแนวนอนของอนุกรมเวลา และสร้างสมการแนวนอนของอนุกรมเวลา เพื่อหาค่าแนวนอน

2. ปรับอนุกรมเวลาเดิม (Y_t) ด้วยค่าแนวนอน (T_t) ซึ่งอนุกรมเวลาใหม่ (Y_t/T_t) จะเป็นอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากฤดูกาลและเหตุการณ์ที่ผิดปกติ

3. หาดัชนีฤดูกาลโดยการเฉลี่ยอนุกรมเวลาที่ได้ในขั้นตอนที่ 2 แยกตามฤดูกาล ดัชนีฤดูกาลที่ได้ (\hat{S}_i) มักจะมีผลรวมไม่เท่ากับ L การปรับให้มีผลรวมของดัชนีฤดูกาลเป็น L ทำได้โดยนำค่าเฉลี่ยของดัชนีฤดูกาลเดิม (\bar{S}) มาหาร นั่นคือ \hat{S}_i^* เป็นดัชนีฤดูกาลใหม่ที่ i ซึ่ง $\hat{S}_i^* = \hat{S}_i / \bar{S}$ ที่มี $\sum \hat{S}_i^* = L$

กรณีอนุกรมเวลารูปแบบบวก มีวิธีการดังนี้

1. พิจารณาลักษณะแนวนอนของอนุกรมเวลา และสร้างสมการแนวนอนของอนุกรมเวลา เพื่อหาค่าแนวนอน

2. ปรับอนุกรมเวลาเดิม (Y_t) ด้วยค่าแนวนอน (T_t) ซึ่งอนุกรมเวลาใหม่ ($Y_t - T_t$) จะเป็นอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากฤดูกาลและเหตุการณ์ที่ผิดปกติ

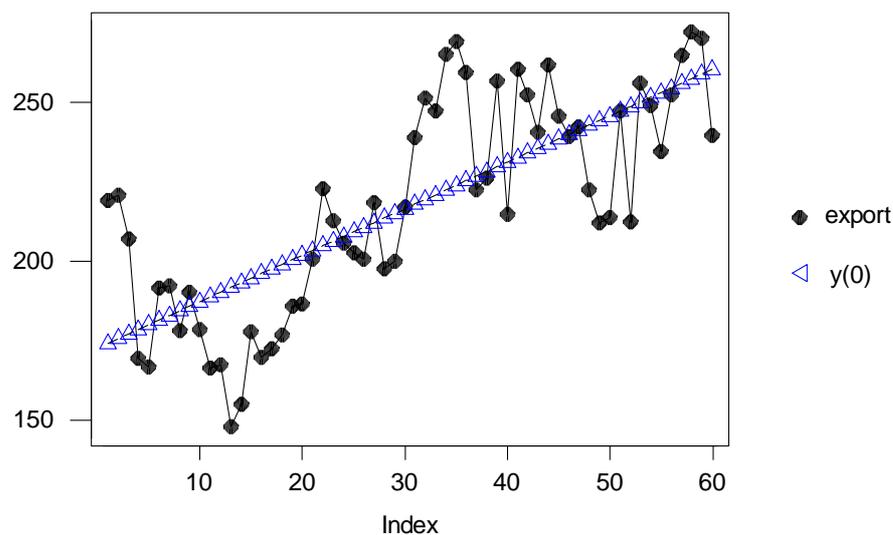
3. หาดัชนีฤดูกาลโดยการเฉลี่ยอนุกรมเวลาที่ได้ในขั้นตอนที่ 2 แยกตามฤดูกาล ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลที่ได้ (\hat{S}_i) มักจะมีผลรวมไม่เท่ากับ 0 การปรับให้มีผลรวมเป็น 0 ทำได้โดยนำค่าเฉลี่ยของดัชนีฤดูกาลเดิม (\bar{S}) มาลบออก นั่นคือ \hat{S}_i^* เป็นค่าวัดอิทธิพลฤดูกาลใหม่ที่ i ซึ่ง $\hat{S}_i^* = \hat{S}_i - \bar{S}$ ที่มี $\sum \hat{S}_i^* = 0$

วิธี Theta

Assimakopoulos and Nikolopoulos (2000) กล่าวว่าตัวแบบนี้มีพื้นฐานแนวคิดจากการเปลี่ยนแปลงส่วนโค้งของอนุกรมเวลา การเปลี่ยนแปลงของส่วนโค้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าค่าสัมประสิทธิ์ของ Theta จะทำการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาซึ่งจัดอิทธิพลของฤดูกาล โดยแบ่งข้อมูลอนุกรมเวลาออกเป็นเส้นTheta-lines สองเส้น แต่ละเส้นก็จะนำมาอนุมานค่าแยกกัน และจะนำค่ามารวมกันอีกครั้งเพื่อพยากรณ์ค่าของข้อมูลอนุกรมเวลาในภายหลัง กรณีอย่างง่ายของวิธีการพยากรณ์แบบ Theta จะแบ่งข้อมูลอนุกรมเวลาออกเป็นเส้นTheta-lines สองเส้น โดยกำหนด $\theta = 0$ ซึ่งเป็นเส้นตรง และ $\theta = 2$ ซึ่งเป็นเส้นโค้งตามลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลานั้นๆ

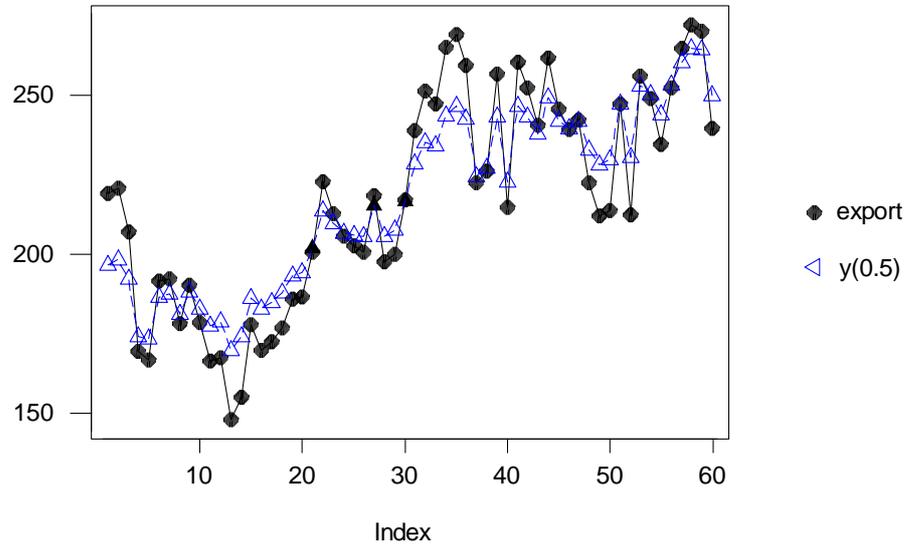
อนุกรมเวลาที่นำมาแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของส่วนโค้งเป็นอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี โดยค่าของข้อมูลอนุกรมเวลาแสดงในภาพผนวกที่ 1 และลักษณะการเปลี่ยนแปลงของส่วนโค้งมีรายละเอียดดังนี้

1. $\theta = 0$ จะเป็นเส้นการถดถอยเชิงเส้นตรงของอนุกรมเวลา และแสดงลักษณะระยะยาว (Long Term) ของแนวโน้ม ดังแสดงในภาพที่ 2



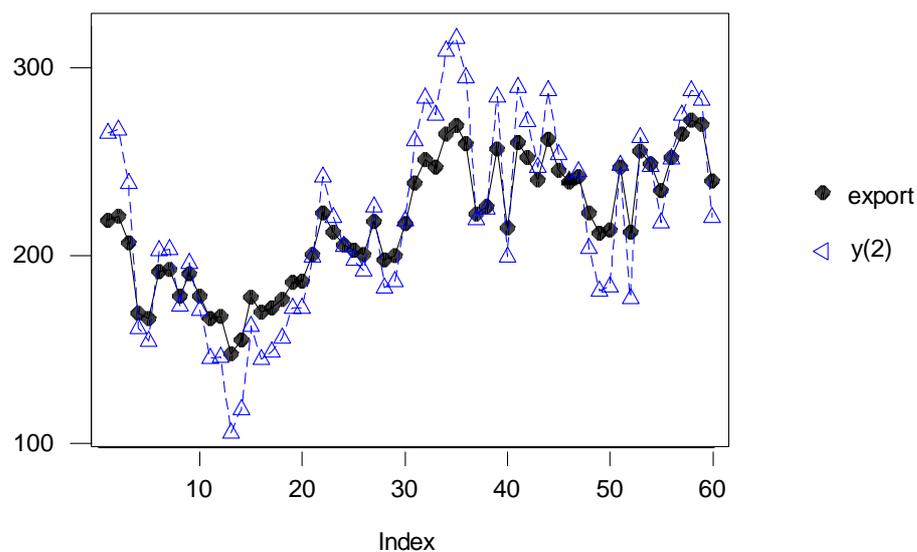
ภาพที่ 2 ลักษณะส่วนโค้งของอนุกรมเวลาเมื่อ $\theta = 0$

2. $\theta < 1$ ลักษณะของส่วนโค้งจะค่อยๆลดลง กรณีที่อนุกรมเวลาเดิมมีค่าสูงหรือต่ำมาก ค่าสัมประสิทธิ์ของ Theta ที่มีค่าน้อยจะส่งผลให้อนุกรมเวลาแบนราบลง ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ลักษณะส่วนโค้งของอนุกรมเวลาเมื่อ $\theta < 1$

3. $\theta > 1$ ลักษณะของส่วนโค้งจะค่อยๆเพิ่มขึ้น จะเป็นการขยายลักษณะระยะสั้น (Short Term) ของแนวโน้ม ซึ่งจะส่งผลให้อนุกรมเวลากว้างขึ้น เช่น ข้อมูลอนุกรมเวลาเดิมตำแหน่งที่ 13 มีค่าเท่ากับ 148.15 ค่าอนุกรมเวลาใหม่จะมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 105.90 ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ลักษณะส่วนโค้งของอนุกรมเวลาเมื่อ $\theta > 1$

ลักษณะของเส้น Theta Lines ของอนุกรมเวลา แบ่งออกเป็น

1. Theta Lines เมื่อกำหนด $\theta = 0$ เป็นเส้นการถดถอยเชิงเส้นของข้อมูลอนุกรมเวลา
อนุমানข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยแนวโน้มเส้นตรง
2. Theta Lines เมื่อกำหนด $\theta = 2$ จะแสดงส่วนโค้งที่ขยายลักษณะระยะสั้น (Short Term)
ของแนวโน้มและอนุमानโดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลอย่างง่าย

ขั้นตอนการพยากรณ์ค่าข้อมูลอนุกรมเวลา

1. ทดสอบอิทธิพลของฤดูกาล ขั้นตอนแรกนำข้อมูลอนุกรมเวลามาทดสอบทางสถิติ เพื่อ
ตรวจสอบส่วนประกอบของฤดูกาล โดยใช้สถิติทดสอบคือ t-test สำหรับค่า Autocorrelation
function ด้วย lag 1 คาบเวลา กรณีที่อนุกรมเวลามีฤดูกาล จะมีการเกิดของรูปแบบที่ซ้ำๆกัน
ในช่วงเวลาหนึ่ง นั่นคือค่าสังเกตในตำแหน่งเดียวกันของคาบเวลาที่ต่างกันจะมีความสัมพันธ์กัน(ถ้า
เป็นอนุกรมเวลารายเดือนที่มีอิทธิพลของฤดูกาลจะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองเกินช่วง
ความเชื่อมั่นที่ lag 12 ส่วนอนุกรมเวลารายไตรมาสที่มีอิทธิพลของฤดูกาล จะมีค่าสัมประสิทธิ์
สหสัมพันธ์แบบอัตโนมัติเกินช่วงความเชื่อมั่นที่ lag 4)

ทดสอบสมมติฐาน

$$H_0: \rho_k = 0$$

$$H_1: \rho_k \neq 0$$

ตัวทดสอบสถิติ $t = \frac{r_k - \rho_k}{SE(r_k)}$

ซึ่ง
$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2}$$

$$SE(r_k) = \sqrt{\frac{1 + 2 \sum_{i=1}^{k-1} r_i^2}{n}}$$

โดยที่ r_k แทนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบอัตโนมัติสำหรับ lag k

$SE(r_k)$ แทนค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานที่ lag k

การรับหรือปฏิเสธ H_0 จะใช้ช่วงวิกฤต $CR: |t| \geq t_{\alpha/2, n-1}$ ถ้าปฏิเสธ H_0 นั่นคืออนุกรมเวลานี้มีอิทธิพลเนื่องจากฤดูกาล

2. ขจัดอิทธิพลของฤดูกาลด้วยวิธี Classical Decomposition โดยการหาดัชนีฤดูกาลด้วยวิธี สัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ และนำไปลบออกจากข้อมูลเดิมกรณีเป็นอนุกรมเวลารูปแบบบวก ส่วนอนุกรมเวลารูปแบบคูณจะนำไปหารออกจากข้อมูลเดิม ซึ่งจะได้ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ทำการ ขจัดอิทธิพลของฤดูกาลแล้ว

3. แบ่งแยกส่วนประกอบ แบ่งข้อมูลอนุกรมเวลาออกเป็นเส้น Theta Lines สองเส้น คือ เส้นการถดถอยเชิงเส้น เมื่อกำหนด $\theta = 0$ และเส้นโค้งเมื่อกำหนด $\theta = 2$ อนุমানค่า กรณีที่เส้น Theta Lines ($\theta = 0$) เป็นเส้นการถดถอยเชิงเส้นตรงที่จะอนุমানค่าแบบเชิงเส้น ในขณะที่เส้น Theta Lines ($\theta = 2$) อนุমানค่าโดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลอย่างง่าย (Simple Exponential Smoothing) การอนุমানค่าทำได้ดังนี้ Hyndman and Billah (2003)

กำหนดให้ $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ แทนค่าสังเกตอนุกรมเวลาซึ่งขจัดอิทธิพลของฤดูกาล

และ $\{Y_1(\theta), Y_2(\theta), \dots, Y_n(\theta)\}$ เป็นอนุกรมเวลาใหม่ที่สร้างขึ้นเพื่อนำไปหาเส้น Theta Lines

แสดงได้ดังนี้

$$Y_t(\theta) = a_\theta + b_\theta(t-1) + \theta X_t$$

ใช้วิธี Least Square หา $\hat{a}_\theta, \hat{b}_\theta$ ได้ค่าดังนี้

$$\hat{b}_\theta = \frac{6(1-\theta)}{n^2-1} \left[\frac{2}{n} \sum_{t=1}^n tX_t - (n+1)\bar{X} \right]$$

$$\hat{a}_\theta = (1-\theta)\bar{X} - \hat{b}_\theta \frac{(n-1)}{2}$$

กรณี $\theta = 0$

$$Y_t(0) = a_0 + b_0(t-1)$$

สมการพยากรณ์เส้น Theta Lines ($\theta = 0$)

$$\hat{Y}_{n/h}(0) = \hat{a}_{0,n} + \hat{b}_{0,n}(n+h-1)$$

กรณี $\theta = 2$

$$Y_t(2) = a_2 + b_2(t-1) + 2X_t$$

อนุมานค่าโดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลอย่างง่าย ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_{n+h}(2) = \alpha Y_n(2) + (1-\alpha)\hat{Y}_n(2)$$

แทนค่าพยากรณ์ซ้ำๆ ในสมการ จะได้

$$\begin{aligned} \hat{Y}_{n/h}(2) = & \alpha Y_n + \alpha(1-\alpha)Y_{n-1} + \alpha(1-\alpha)^2 Y_{n-2} + \dots + \\ & \alpha(1-\alpha)^{n-1} Y_1 + (1-\alpha)^n Y_1(2) \end{aligned}$$

สมการพยากรณ์เส้น Theta Lines ($\theta = 2$)

$$\hat{Y}_{n/h}(2) = \alpha \sum_{i=0}^{n-1} (1-\alpha)^i Y_{n-i}(2) + (1-\alpha)^n Y_1(2)$$

โดยที่ $\hat{Y}_{n/h}(\theta)$ แทนค่าที่ได้ของอนุกรมเวลา

n แทนจำนวนค่าสังเกตของข้อมูลอนุกรมเวลาทั้งหมด

h แทนจำนวนเวลาที่ต้องการพยากรณ์ล่วงหน้า

α แทนค่าคงที่การทำให้เรียบซึ่งหาโดยวิธี Maximum Likelihood ;

$$0 < \alpha < 1$$

4. การรวมค่า ค่าพยากรณ์ที่ได้จากการอนุมานเส้น Theta Lines ทั้งสองเส้น นำมารวมกัน
อย่างง่าย โดยให้ค่าน้ำหนักเส้นทั้งสองเส้นเท่ากัน

สมการพยากรณ์

$$\hat{X}_{n/h} = \frac{(\hat{Y}_{n/h}(0) + \hat{Y}_{n/h}(2))}{2}$$

จากสมการ

$$\hat{Y}_{n/h}(2) = \alpha \sum_{i=0}^{n-1} (1-\alpha)^i Y_{n-i}(2) + (1-\alpha)^n Y_1(2)$$

$$\hat{Y}_{n/h}(2) = \alpha \sum_{i=0}^{n-1} (1-\alpha)^i (\hat{a}_{2,n} + \hat{b}_{2,n}(n-i-1) + 2X_{n-i} + (1-\alpha)^n)(\hat{a}_{2,n} + 2X_1)$$

$$\hat{Y}_{n/h}(2) = \hat{a}_{2,n} + \hat{b}_{2,n} \left[n - \frac{1}{\alpha} + \frac{(1-\alpha)^n}{\alpha} \right] + 2\tilde{X}_{n/h}$$

ดังนั้นสมการพยากรณ์ใหม่

$$\hat{X}_{n/h} = \tilde{X}_{n/h} + \frac{1}{2}\hat{b}_{0,n} \left[h - 1 + \frac{1}{\alpha} - \frac{(1-\alpha)^n}{\alpha} \right]$$

กรณี n มีขนาดใหญ่

$$\hat{X}_{n/h} = \tilde{X}_{n/h} + \frac{1}{2}\hat{b}_{0,n} \left[h - 1 + \frac{1}{\alpha} \right]$$

โดยที่

$$\tilde{X}_{n/h} = \alpha X_n + (1-\alpha)\hat{X}_n$$

5. เพิ่มอิทธิพลของฤดูกาลในอนุกรมเวลาในขั้นตอนที่ 4 และจะทำให้ได้มาซึ่งค่าพยากรณ์ที่ต้องการ

วิธี Census II

Makridakis et al. (1998) กล่าวว่า การแยกส่วนประกอบด้วยวิธีนี้ จะมีขั้นตอนการวิเคราะห์ที่คำนึงถึงจำนวนวันทำการ (Trading day) และค่าที่ผิดปกติที่เกิดขึ้นเพิ่มจากวิธีแยกส่วนประกอบเดิมที่ได้จากการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบคลาสสิก (Classical time series analysis) ดังนี้

1. จากอนุกรมเวลาเดิม (Y_t) ปรับค่า Y_t ด้วยอิทธิพลของวันทำการ เนื่องจากในแต่ละเดือนอาจมีวันที่ทำการไม่เท่ากันทุกเดือน จึงต้องมีการปรับอิทธิพลของวันทำการออกเพื่อให้จำนวนวันทำการในแต่ละเดือนเท่ากัน จะได้อนุกรมเวลา X_t

$$X_t = Y_t \left(\frac{D_t}{\bar{D}_i} \right)$$

เมื่อ D_t เป็นจำนวนวันทำการ ณ เวลา t

\bar{D}_i เป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนวันทำการของเดือนที่ i ที่สัมพันธ์กับเวลา t

2. หาค่าแนวโน้มที่ได้จากค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่กลาง 12 เดือนได้ (MA_t) แล้วหาอนุกรมเวลาปรับแนวโน้ม (X_t/MA_t) เรียกว่าอนุกรมเวลา (R_t) โดย $R_t = X_t/MA_t$

3. ปรับอนุกรมเวลาปรับแนวโน้ม (R_t) ให้เรียบโดยการทำเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบ 3*3 อนุกรมเวลาใหม่ที่ได้จะเป็นอนุกรมเวลาที่แสดงอิทธิพลของฤดูกาลและเหตุการณ์ที่ผิดปกติที่ไม่มีค่าผิดปกติเรียกอนุกรมเวลาที่ได้ในขั้นตอนนี้ว่า (R'_t)

4. พิจารณาว่าอนุกรมเวลา (R_t) มีค่าผิดปกติหรือไม่ด้วยการเปรียบเทียบอนุกรมเวลา (R_t) และ (R'_t) โดยพิจารณาแยกแต่ละฤดูกาลว่า $R_t - R'_t$ มีค่าอยู่ในช่วง $\pm 2s_R$ หรือไม่ โดยใช้สมการ

$$s_R = \sqrt{\frac{\sum (R_t - R'_t)^2}{m}}, m = \text{จำนวนค่าสังเกตในฤดูกาลที่พิจารณา ถ้า } R_t - R'_t \text{ อยู่ในช่วง}$$

แสดงว่าค่า R_t เป็นค่าผิดปกติ แต่ถ้า $R_t - R'_t$ อยู่ในช่วงแสดงว่าค่า R_t ไม่เป็นค่าผิดปกติ ถ้า R_t เป็นค่าผิดปกติ ให้ตัดค่า R_t นั้นออกและประมาณค่า R_t ใหม่ ด้วยค่าเฉลี่ยของปีข้างเคียง

5. จากอนุกรมเวลาปรับแนวโน้ม (R_t) ที่ได้ในขั้นตอนที่ 2 ประมาณค่าที่ขาดหายไป 6 เดือนแรกและ 6 เดือนสุดท้ายที่เกิดจากการเฉลี่ยเคลื่อนที่กลาง 12 เดือนด้วยค่าของเดือนเดียวกันในปีใกล้เคียง และแทนค่าผิดปกติด้วยค่าประมาณที่หาได้ในขั้นตอนที่ 4 เรียกอนุกรมเวลาใหม่ที่ได้เป็น \hat{R}_t

6. จากอนุกรมเวลา (\hat{R}_t) ที่มีการเลื่อนไหวเนื่องจากฤดูกาลและเหตุการณ์ที่ผิดปกติ ปรับค่าในแต่ละปีเพื่อให้ผลรวมของค่า \hat{R}_t ในแต่ละปีเป็น 1200 และหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบ 3*3 กับอนุกรมเวลา (\hat{R}_t) เพื่อปรับเหตุการณ์ที่ผิดปกติออก ได้อนุกรมเวลาใหม่เป็น (\hat{R}''_t) แต่ละค่าที่ได้จะเป็นดัชนีฤดูกาลในเดือนและปีนั้น

7. จากดัชนีฤดูกาลของเดือนและปีต่างๆที่ได้ (\hat{R}_t'') นำไปปรับอนุกรมเวลาเดิม (X_t) โดยการหาร จะได้อนุกรมเวลาใหม่เป็น (PS) ซึ่ง $PS_t = X_t / \hat{R}_t''$ จะเรียกอนุกรมเวลานี้ว่าอนุกรมเวลาปรับฤดูกาล (Preliminary Seasonally Adjusted Series)

8. จากอนุกรมเวลาปรับฤดูกาล (PS) ที่ได้ กำจัดเหตุการณ์ที่ผิดปกติออกจากอนุกรมเวลาปรับฤดูกาล โดยการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ครั้งละ 15 เดือน ซึ่งเป็นการให้นำหน้ากับค่าสังเกต 15 ค่า ดังนี้ $-0.009, -0.019, -0.016, 0.009, 0.066, 0.144, 0.209, 0.231, 0.209, 0.144, 0.066, 0.009, -0.016, -0.019, -0.009$ จะได้อนุกรมเวลาปรับฤดูกาลใหม่ที่ปรับเหตุการณ์ที่ผิดปกติออกแล้ว นั่นคือจะได้อนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากแนวโน้มเรียกอนุกรมเวลาใหม่นี้ว่า \hat{M}_t'

9. หาอนุกรมเวลาปรับแนวโน้ม โดยการนำอนุกรมเวลาที่วัดแนวโน้มไปปรับอนุกรมเวลาเดิมได้ (X_t / \hat{M}_t') จากนั้นตรวจสอบว่าในอนุกรมเวลา (X_t / \hat{M}_t') ยังคงมีค่าผิดปกติเหลืออยู่อีกหรือไม่ ซึ่งจะทำโดยวิธีการทำนองเดียวกันกับที่ได้ทำในขั้นตอนที่ 3 และ 4 หากมีค่าผิดปกติก็จะประมาณค่าขึ้นจากค่าในปีใกล้เคียง

10. จากอนุกรมเวลาที่ได้ในขั้นตอนที่ 9 ซึ่งมีการเคลื่อนไหวเนื่องจากฤดูกาลและเหตุการณ์ที่ผิดปกติ เพื่อปรับเหตุการณ์ที่ผิดปกติออกจากอนุกรมเวลาปรับแนวโน้มจะทำได้โดยหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบ 3×3 กับอนุกรมเวลาปรับแนวโน้มเพื่อปรับเหตุการณ์ที่ผิดปกติออก อนุกรมเวลาที่ได้จะมีการเคลื่อนไหวเนื่องจากฤดูกาลเพียงอย่างเดียว ดัชนีฤดูกาลใหม่จะได้จากการเฉลี่ยดัชนีฤดูกาลในเดือนเดียวกันหรืออาจจะหาจากดัชนีฤดูกาลเฉพาะใน 2 ปีสุดท้าย ซึ่งเป็นดัชนีฤดูกาลที่เป็นปัจจุบันที่สุด

11. จะหาสมการแนวโน้มจากอนุกรมเวลาที่ปรับฤดูกาลแล้ว โดยการหารค่าสังเกตด้วยดัชนีฤดูกาลในเดือนและปีเดียวกัน

สมการแนวโน้มและสมการพยากรณ์จะเขียนได้ในทำนองเดียวกันกับสมการแนวโน้มและสมการพยากรณ์ที่ได้จากวิธีแยกส่วนประกอบ

การทดสอบลักษณะอนุกรมเวลา

การพิจารณาว่าอนุกรมเวลามีการเคลื่อนไหวเนื่องจากแนวโน้มหรือฤดูกาลหรือไม่นั้นสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้ การพิจารณากราฟ การวิเคราะห์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบอัตโนมัติที่ช่วง k ต่างๆ และการทดสอบสมมติฐาน ซึ่งการวิเคราะห์ลักษณะอนุกรมเวลารายเดือนมีขั้นตอนดังนี้ (ทรงศิริ, 2539)

1. การวิเคราะห์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบอัตโนมัติที่ช่วง k ต่างๆ (r_k)

1.1 อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม จะเกิดในกรณีที่ r_k มีค่าใกล้เคียงศูนย์ทุกค่าของช่วง k ใดๆ นั่นคือ ข้อมูลอนุกรมเวลานั้นไม่มีความสัมพันธ์แบบอัตโนมัติ

1.2 อนุกรมเวลามีแนวโน้ม เมื่อค่า r_k แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญในช่วงแรกของ k และจะมีค่าลดลงเรื่อยๆ เข้าใกล้ศูนย์ เมื่อช่วงของ k เพิ่มขึ้น โดยทั่วไปค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบอัตโนมัติที่ช่วง k เท่ากับ 1 จะมีค่ามากที่สุดใกล้เคียง 1 และที่ช่วง k เท่ากับ 2 ก็จะมีค่ามากเช่นกัน แต่จะน้อยกว่าค่าที่ช่วง k เท่ากับ 1

1.3 อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้มแต่มีการเคลื่อนไหวของฤดูกาล กรณีนี้ r_k มีค่ามาก เมื่อ $k = 12, 24, \dots$ สำหรับอนุกรมเวลารายเดือน และ $k = 4, 8, \dots$ สำหรับอนุกรมเวลารายไตรมาส ส่วนค่า r_k ที่ตำแหน่ง k อื่นๆ จะมีค่าขึ้นอยู่กับ การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา

2. การทดสอบสมมติฐาน เพื่อทดสอบว่าอนุกรมเวลามีการเคลื่อนไหวจากแนวโน้มและฤดูกาลหรือไม่ มีขั้นตอนดังนี้

2.1 จากรูปแบบแนวโน้มและฤดูกาล ทดสอบว่าอนุกรมเวลามีการเคลื่อนไหวเนื่องจากแนวโน้มหรือไม่ โดยมีรูปแบบดังนี้

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 x_{1t} + \dots + \beta_{12} x_{11t} + \epsilon_t$$

โดยที่	β_0	เป็นค่าจุดตัด(y-intercept)
	β_1	เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของแนวโน้ม

$\beta_2 \dots \beta_{12}$	เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของฤดูกาล
X_{it}	เป็นตัวแปรคัมมีแทนฤดูกาลที่ i ณ เวลาที่ t
ε_t	เป็นค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลาที่ t

สมมติฐาน $H_0 : \beta_1 = 0$
 $H_1 : \beta_1 \neq 0$

ด้วยการทดสอบแบบ t บางส่วน (partial t test) ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ α และมีช่วงวิกฤติ $CR : |t| \geq t_{\alpha/2, (n-13)}$ กรณียอมรับ H_0 สรุปว่าการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาไม่มีอิทธิพล เนื่องจากแนวโน้ม ส่วนกรณีปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลามีแนวโน้ม ทำการทดสอบในขั้นตอนที่ 2.2 ว่าเมื่อมีการเคลื่อนไหวเนื่องจากแนวโน้มแล้วมีการเคลื่อนไหวเนื่องจากฤดูกาลด้วยหรือไม่

2.2 จากรูปแบบแนวโน้มและฤดูกาล ทดสอบว่าการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาเมื่อมีอิทธิพลของแนวโน้มแล้วจะมีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยหรือไม่โดยทดสอบ

$$H_0 : \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_{12} = 0 \text{ หรือไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล}$$

$$H_1 : \beta_i \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ } 0 \text{ หรือมีอิทธิพลของฤดูกาล}$$

ด้วยการทดสอบแบบ F บางส่วน (partial F test) จากรูปแบบแนวโน้มหาค่า $SSR(t)$ และ $SSE(t)$ และจากรูปแบบแนวโน้มและฤดูกาลหาค่า $SSR(t, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_{12})$ และ $SSE(t, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_{12})$ ได้ค่าของตัวทดสอบสถิติ

$$F = \frac{[SSR(t, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_{12}) - SSR(t)]/11}{SSE(t, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_{12})/(n-13)}$$

$$= \frac{[SSE(t) - SSE(t, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_{12})]/11}{SSE(t, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_{12})/(n-13)}$$

ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ α และมีช่วงวิกฤติ $CR: F \geq F_{\alpha, (11, n-13)}$ กรณีปฏิเสธ H_0 สรุปว่าอนุกรมเวลามีการเคลื่อนไหวเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาล

ค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์

กรณีที่ค่าพยากรณ์มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงมาก การพยากรณ์นั้นก็มีความถูกต้องสูง ดังนั้นจึงต้องมีการวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ ซึ่งค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่นิยมใช้ได้แก่ ค่าผลบวกกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อน (SSE) ค่าเฉลี่ยของผลบวกกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อน (MSE) ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์สัมบูรณ์ของค่าความคลาดเคลื่อน (MAPE) เป็นต้น สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้ค่าวัดความถูกต้องทั้งหมด 4 ค่าดังนี้

1. ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์สัมบูรณ์ของค่าความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) ค่าวัดความถูกต้องนี้เป็นค่าที่ไม่มีหน่วยจึงใช้ได้กับการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีหน่วยแตกต่างกัน

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{e_t}{Y_t} \right| \times 100}{n}$$

Lewis (1982) ใช้เกณฑ์ในการพิจารณาความเหมาะสมของค่า MAPE ดังนี้

ตารางที่ 1 การแปลผลค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์สัมบูรณ์ของค่าความคลาดเคลื่อน (MAPE)

ค่า MAPE ที่ได้	การแปลผล
น้อยกว่า 10%	มีความถูกต้องสูง
10-20%	มีความถูกต้อง
20-50%	ยังยอมรับได้
มากกว่า 50%	ไม่มีความถูกต้อง

2. ค่าเฉลี่ยของผลบวกกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อน (Mean Square Error: MSE) เป็นค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่วัดจากค่าความคลาดเคลื่อน ค่านี้จะไวต่อความคลาดเคลื่อนที่มีขนาดใหญ่ เพราะได้จากการนำค่าความคลาดเคลื่อนแต่ละค่ามายกกำลังสอง

$$\text{MSE} = \frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n}$$

3. ค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Deviation: MAD) เป็นค่าที่วัดความคลาดเคลื่อนโดยไม่คำนึงถึงทิศทางของความคลาดเคลื่อนและมีหน่วยวัดเดียวกับค่าสังเกต

$$\text{MAD} = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n}$$

4. ค่าสัมบูรณ์สัมพัทธ์ของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean Relative Absolute Error: MRAE) เป็นค่าที่วัดความคลาดเคลื่อนโดยไม่คำนึงถึงทิศทางของความคลาดเคลื่อน

$$\text{MRAE} = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t| / Y_t}{n}$$

เกณฑ์ที่ใช้

วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับอนุกรมเวลา จะให้ค่า MAPE, MSE, MAD และ MRAE ที่ต่ำที่สุดในแต่ละขนาดของอนุกรมเวลาและแต่ละช่วงของการพยากรณ์

การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบ

พิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนซึ่งได้จากการนำค่าพยากรณ์หักออกจากค่าของข้อมูลจริง โดยการตรวจสอบสามารถทำได้ดังนี้ (ทรงศิริ, 2539)

1. ความเป็นอิสระ (Independence) ข้อกำหนดความเป็นอิสระกล่าวว่าค่าความคลาดเคลื่อนจะไม่แสดงสหสัมพันธ์แบบอัตโนมัติ นั่นคือค่าความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นด้วยรูปแบบอย่างสุ่ม (Random Pattern) การตรวจสอบทำได้ดังนี้

1.1 พล็อตกราฟของความคลาดเคลื่อนกับเวลา ถ้ากราฟแสดงลักษณะอย่างสุ่มไม่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถสรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระจากกัน

1.2 ตรวจสอบจากกราฟสหสัมพันธ์แบบอัตโนมัติของค่าความคลาดเคลื่อน กรณีค่าใกล้เคียง 0 และไม่เกินช่วงที่กำหนด สรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนแสดงลักษณะอย่างสุ่ม หรือตรวจสอบสมมติฐานโดยพิจารณาจากค่าสถิติ Ljung-Box Q ร่วมด้วย

ทดสอบสมมติฐาน

$$H_0: \rho_1 = \rho_2 \dots = \rho_k = 0$$

$$H_1: \rho_i \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ } 0; i = 1, 2, 3, \dots, k$$

$$\text{ตัวทดสอบสถิติ} \quad Q = n(n+2) \sum_{k=1}^m \frac{r_k^2}{n-k}$$

โดยที่ r_k แทนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบอัตโนมัติสำหรับ lag k

n จำนวนค่าสังเกตในอนุกรมเวลา

m จำนวนของ lag ที่ทำการตรวจสอบ

การรับหรือปฏิเสธ H_0 จะใช้ช่วงวิกฤต CR: $Q \geq \chi^2_{\alpha, m-p}$ ถ้าปฏิเสธ H_0 นั่นคือค่าความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระจากกัน

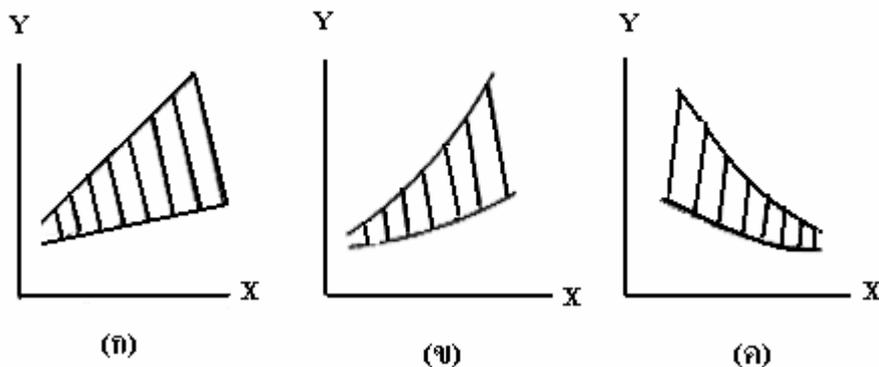
2. การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) การตรวจสอบทำได้ดังนี้

2.1 พิจารณาการแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อน โดยทำ Histogram ของค่าความคลาดเคลื่อน โดยรูปแบบที่ได้จะมีลักษณะรูประฆังคว่ำ (Bell Shape) , Box Plot พิจารณาค่ามัธยฐานถ้าอยู่ตำแหน่งกึ่งกลาง แสดงว่าการแจกแจงของข้อมูลมีความสมมาตร, Stem and Leaf Plot เป็นวิธีการตรวจสอบข้อมูลที่ทำให้รายละเอียดมากกว่า Histogram เนื่องจากให้ค่าของข้อมูลจริงทุกค่า ทำให้สามารถเห็นลักษณะการแจกแจงของข้อมูลว่าเป็นแบบสมมาตร เบ้ซ้าย เบ้ขวา มีความโค้งมากหรือน้อย เป็นต้น

2.2 พล็อต Normal Probability Plot เป็นกราฟที่พล็อตค่าของข้อมูลจริงกับค่าที่คาดไว้ (Expected Value) เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ถ้าจุดที่พล็อตได้ในแผนภาพการกระจายอยู่ในแนวเส้นตรงอย่างสลับ จะสรุปว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

3. ค่าความแปรปรวนคงที่ (Constant Variance) การตรวจสอบทำได้ดังนี้

3.1 พล็อตค่าความคลาดเคลื่อนกับเวลาหรือค่าพยากรณ์ ถ้าแสดงลักษณะการกระจายของค่าความคลาดเคลื่อนไม่คงที่ เช่น มีลักษณะเพิ่มขึ้นหรือลดลง นั่นคือความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนไม่คงที่ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ลักษณะการกระจายของค่าความคลาดเคลื่อน

ที่มา: ทรงศิริ(2539)

จากภาพที่ 5 (ก) จะแปลง Y เป็น \sqrt{Y} (ข) จะแปลง Y เป็น $\ln Y$ และ (ค) จะแปลง Y เป็น $1/Y$

การตรวจสอบค่าพยากรณ์

การพยากรณ์ค่าในอนาคตควรมีการตรวจสอบอยู่ตลอดเวลา ว่าสมการพยากรณ์ที่ใช้อยู่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการพยากรณ์ต่อไปได้หรือไม่ และนอกเหนือจากนั้นการตรวจสอบค่าพยากรณ์ทำให้สามารถทราบว่าวิธีการพยากรณ์ที่ใช้ เหมาะสมกับการพยากรณ์สำหรับช่วงเวลาใด การตรวจสอบค่าพยากรณ์จะพิจารณาจากค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ได้แก่ $e_t, \text{SUM}_t, \text{MTE}_t$ เป็นต้นค่าเหล่านี้เป็นค่าประมาณที่มีความผันแปร จึงต้องทำการพิจารณาค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เพื่อใช้ปรับค่าความคลาดเคลื่อน โดยมีรายละเอียดดังนี้ (ทรงศิริ, 2539)

1. e_t เป็นค่าคลาดเคลื่อน ณ เวลา t คำนวณค่าได้จากผลต่างของค่าจริงและค่าพยากรณ์ ณ เวลาที่ t

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t$$

2. SUM_t เป็นค่าผลรวมสะสม ณ เวลา t ซึ่งได้จากการหาผลรวมของค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์จนถึงเวลา t

$$\text{SUM}_t = e_1 + e_2 + \dots + e_t$$

3. MTE_t เป็นค่าผลรวม ณ เวลา t ของค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ครั้งละ k ค่า

$$\text{MTE}_t = e_t + e_{t-1} + \dots + e_{t-k+1}$$

สำหรับการประมาณค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ทำได้ดังนี้

เมื่อมีอนุกรมเวลาในอดีตขนาด n และค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ในอดีต สำหรับ $t=1, \dots, n$ จะประมาณ σ_e โดย

$$\hat{\sigma}_e = s_e = \sqrt{\frac{\sum e_t^2}{n}}$$

ทำการตรวจสอบค่าพยากรณ์ว่าการพยากรณ์อยู่ในการควบคุมหรือไม่ โดยพิจารณา Control Limits ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดง Tracking Signal และ Control Limits สำหรับการตรวจสอบค่าพยากรณ์

Tracking Signal (TS)	Control Limits
$TS_1 = e_t$	$\pm 2\hat{\sigma}_{TS_1}$ หรือ $\pm 2\hat{\sigma}_e$
$TS_2 = \text{SUM}_t / \sqrt{t}$	$\pm 2\hat{\sigma}_{TS_2}$ หรือ $\pm 2\hat{\sigma}_e$
$TS_3 = \text{MTE}_t$	$\pm 2\hat{\sigma}_{TS_3}$ หรือ $\pm 2\hat{\sigma}_e \sqrt{k}$

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อนุกรมเวลารายเดือนที่มีอิทธิพลเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาล ได้เก็บรวบรวมไว้โดยหน่วยงานของภาครัฐและรัฐวิสาหกิจ ได้แก่ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ธนาคารแห่งประเทศไทย การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งครอบคลุมงานหลายสาขา ประกอบด้วยข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจ และพลังงาน โดยเก็บรวบรวมตั้งแต่เดือนมกราคม 2539 ถึง เดือนธันวาคม 2547 เป็นจำนวนทั้งหมด 4 ชุด ได้แก่

ชุดที่ 1 มูลค่าส่งออกสินค้าทั้งหมดเป็นรายเดือน (ล้านบาท)

ชุดที่ 2 ดัชนีราคาผู้บริโภคประเภทอาหารและเครื่องดื่ม

ชุดที่ 3 ปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (เมกะวัตต์)

ชุดที่ 4 ผลผลิตภาคอุตสาหกรรมประเภทคอมพิวเตอร์ (1000 หน่วย)

2. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ของภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

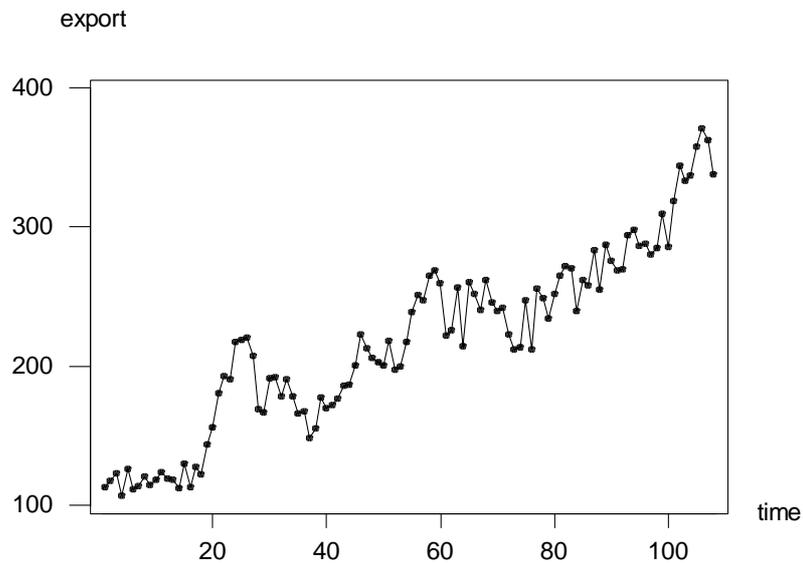
3. โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SAS (Statistical Analysis System) version 9.1 และโปรแกรมสำเร็จรูป R version 2.0.1

วิธีการ

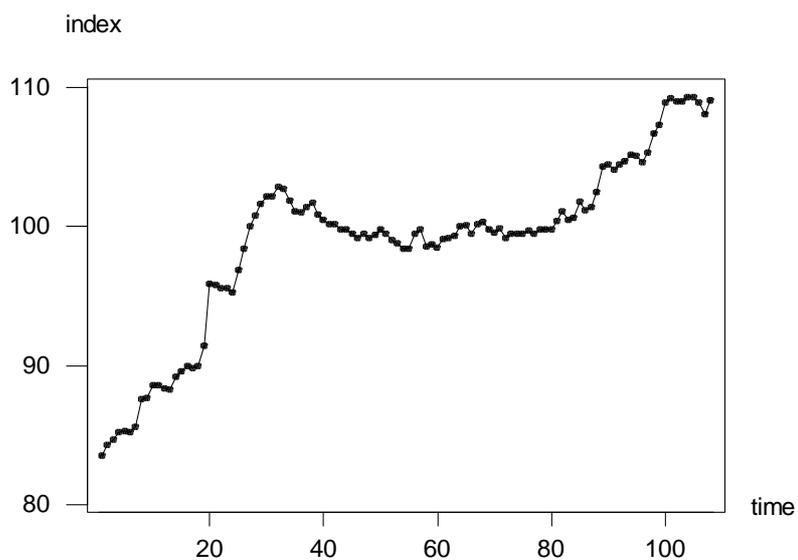
ขั้นตอนของการศึกษาวิจัยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งเป็นข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือนชุดต่างๆของประเทศไทยที่ได้ทำการจัดเก็บตั้งแต่เดือนมกราคม 2539 ถึงเดือนธันวาคม 2547 จำนวนทั้งหมด 4 ชุด โดยพิจารณาเลือกอนุกรมเวลาที่มีลักษณะต่างกัน ค่าสังเกตในอนุกรมเวลาแสดงในตารางผนวกที่ 1 ถึง 4

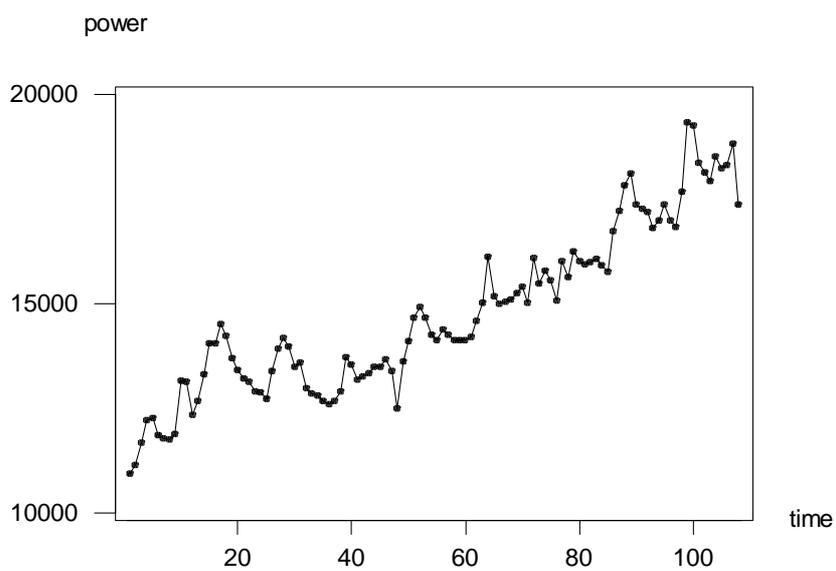
2. นำข้อมูลอนุกรมเวลาทั้งหมด 4 ชุด มาพล็อตกราฟเพื่อดูลักษณะของข้อมูลเบื้องต้น



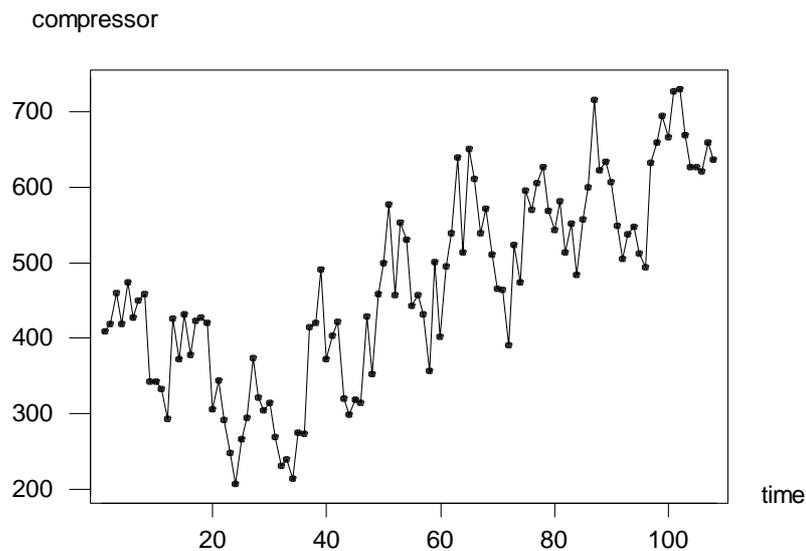
ภาพที่ 6 กราฟมูลค่าส่งออกสินค้าทั้งหมดเป็นรายเดือน



ภาพที่ 7 กราฟดัชนีราคาผู้บริโภคประเภทอาหารและเครื่องดื่ม



ภาพที่ 8 กราฟปริมาณความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด



ภาพที่ 9 กราฟผลผลิตภาคอุตสาหกรรมประเภทคอมเพรสเซอร์

พบว่าอนุกรมเวลาทั้ง 4 ชุด มีการเคลื่อนไหวไปในทิศทางที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของแนวโน้มและมีอนุกรมเวลาจำนวน 2 ชุด ที่มีการเคลื่อนไหวซ้ำแล้วซ้ำอีกในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งเนื่องมาจากอิทธิพลของฤดูกาล อนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากอิทธิพลของแนวโน้มได้แก่ อนุกรมเวลาชุดที่ 1 และ ชุดที่ 2 สำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 3 และ ชุดที่ 4 มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากอิทธิพลของแนวโน้มและฤดูกาล วิเคราะห์จากกราฟค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบอัตโนมัติที่ช่วง k ต่างๆ เพื่อพิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา และทำการทดสอบสมมติฐานจากการวิเคราะห์การถดถอย โดยการพิจารณาการรวมกันของตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ชุด ทั้งรูปแบบบวกและรูปแบบคูณ สำหรับอนุกรมเวลารายเดือนที่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากฤดูกาลแบบบวก

กำหนดรูปแบบฤดูกาลเป็น

$$y_t = \beta_0 + \beta_2 x_{1t} + \beta_3 x_{2t} \dots + \beta_{12} x_{11t} + \varepsilon_t$$

ดังนั้นรูปแบบแนวโน้มและฤดูกาลสำหรับการทดสอบสมมติฐาน คือ

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 x_{1t} + \beta_3 x_{2t} + \dots + \beta_{12} x_{11t} + \varepsilon_t$$

สำหรับอนุกรมเวลารายเดือนที่มีการเคลื่อนไหวเนื่องจากฤดูกาลแบบคูณ

กำหนดรูปแบบฤดูกาลเป็น

$$Y_t = \beta_0 \beta_2^{X_{1t}} \beta_3^{X_{2t}} \dots \beta_{12}^{X_{11t}} \varepsilon_t$$

ดังนั้นรูปแบบแนวโน้มและฤดูกาลสำหรับการทดสอบสมมติฐาน คือ

$$Y_t = \beta_0 \beta_1^t \beta_2^{X_{1t}} \beta_3^{X_{2t}} \dots \beta_{12}^{X_{11t}} \varepsilon_t$$

สำหรับรูปแบบการคูณ ต้องแปลงให้อยู่ในรูปแบบการบวก โดยการหาลอการิทึม(logarithm) คือ แปลง Y_t ให้เป็น $\ln Y_t$ หรือ Y'_t ดังนี้

$$\ln Y_t = \ln(\beta_0) + \ln(\beta_1)t + \ln(\beta_2)X_{1t} + \ln(\beta_3)X_{2t} + \dots + \ln(\beta_{12})X_{11t} + \ln(\varepsilon_t)$$

$$Y'_t = \beta'_0 + \beta'_1 t + \beta'_2 X_{1t} + \beta'_3 X_{2t} + \dots + \beta'_{12} X_{11t} + \varepsilon'_t$$

3. นำข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม 2539 ถึงเดือนธันวาคม 2546 ของแต่ละชุด มาจัดขนาดของอนุกรมเวลาเป็น 2 ขนาด ได้แก่ อนุกรมเวลาขนาด 5 และ 8 ปี และพิจารณาหารูปแบบแนวโน้ม ซึ่งได้จากการสร้างสมการแนวโน้มจากรูปแบบที่เป็นไปได้ สำหรับอนุกรมเวลาซึ่งมีการเคลื่อนไหวเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาล จะต้องขจัดฤดูกาลออกจากอนุกรมเวลาออกก่อนที่จะทำการวิเคราะห์หารูปแบบแนวโน้มที่เหมาะสม ซึ่งรูปแบบแนวโน้มที่เหมาะสมจะพิจารณาจากค่า MAPE ที่มีค่าต่ำที่สุด และสำหรับกรณีที่ค่า MAPE มีค่าใกล้เคียงกัน ก็จะพิจารณาเลือกรูปแบบที่ง่ายกว่าเป็นรูปแบบแนวโน้มที่เหมาะสม รูปแบบที่เหมาะสมแสดงในตารางที่ 6

4. จากอนุกรมเวลาที่ผ่านการทดสอบในข้อ 3 นำมาสร้างสมการพยากรณ์ด้วยวิธีแยกส่วนประกอบทั้ง 5 วิธี ได้แก่ วิธีการวิเคราะห์การถดถอย วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีสัดส่วนกับแนวโน้ม วิธี Theta และวิธี Census II และหาค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือนตั้งแต่เดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนธันวาคม 2547

5. จากค่าพยากรณ์ที่ได้ในข้อ 4 หาค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์โดยหาผลต่างของค่าพยากรณ์กับค่าจริง และหาค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่า ได้แก่ค่า MAPE, MSE, MAD, MRAE จากค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ และพิจารณาเปรียบเทียบว่าวิธีการ

พยากรณ์ โดยการแยกส่วนประกอบวิธีใดเหมาะสมที่สุดกับอนุกรมเวลาแต่ละชุด แต่ละขนาดหลังจากนั้นจึงทำการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการพยากรณ์ โดยการทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าสถิติ Ljung-Box Q วิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อนว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ โดยคำนวณค่า Pearson correlation coefficient และพิจารณาค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน กรณีตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบแล้วพบว่ามีความสัมพันธ์ไม่ตรงตามข้อกำหนด จะต้องทำการแปลงข้อมูล และหารูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมใหม่

6. หาค่าวัดความถูกต้องของค่าพยากรณ์ จากค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ โดยหาผลต่างของค่าพยากรณ์ 12 ค่าล่วงหน้าตั้งแต่เดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนธันวาคม 2547 กับค่าจริงของอนุกรมเวลาเดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนธันวาคม 2547 มาพิจารณาเปรียบเทียบว่าวิธีการพยากรณ์ โดยการแยกส่วนประกอบวิธีใดเหมาะสมที่สุด กับอนุกรมเวลาแต่ละช่วงเวลาของการพยากรณ์ โดยใช้ค่า Tracking Signals 3 ค่าได้แก่ e_t , $\frac{\text{SUM}_t}{\sqrt{t}}$, MTE_t

สถานที่และระยะเวลาที่ทำการวิจัย

ดำเนินการวิจัยที่ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมีระยะเวลาทำการวิจัยตั้งแต่เดือน พฤษภาคม 2548 ถึงเดือนมกราคม 2549

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาวิธีการแบ่งแยกส่วนประกอบ 5 วิธี ในการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีและไม่มี การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยใช้เกณฑ์ในการเปรียบเทียบจากค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่า และค่าวัดความถูกต้องของค่าพยากรณ์ 3 ค่าในการพิจารณาอนุกรมเวลาจำนวน 4 ชุดที่แยกตามขนาดอนุกรมเวลา 2 ขนาด และทำการพยากรณ์เวลาล่วงหน้า 12 เดือน การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยแยกนำเสนอเป็น 4 ตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลาเบื้องต้น

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะแนวโน้มของข้อมูลอนุกรมเวลาแต่ละขนาด

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีแยกส่วนประกอบทั้ง 5 วิธี กับอนุกรมเวลาแต่ละขนาด

ตอนที่ 4 ผลการตรวจสอบค่าพยากรณ์

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลาเบื้องต้น

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยในตอนี้ เพื่อให้ทราบถึงลักษณะการเคลื่อนไหวเบื้องต้นของอนุกรมเวลาทั้ง 4 ชุด ที่เก็บรวบรวมไว้ตั้งแต่เดือนมกราคม 2539 ถึงเดือนธันวาคม 2547 โดยผู้วิจัยแยกนำเสนอเป็น 3 ส่วน คือส่วนที่ 1 เป็นการตรวจสอบโดยการพล็อตกราฟ ส่วนที่ 2 เป็นการตรวจสอบด้วยค่า Autocorrelation Coefficient และส่วนที่ 3 ตรวจสอบโดยการทดสอบสมมติฐานจากการวิเคราะห์การถดถอย มีรายละเอียดดังนี้

1.1 ผลการตรวจสอบโดยการพล็อตกราฟ

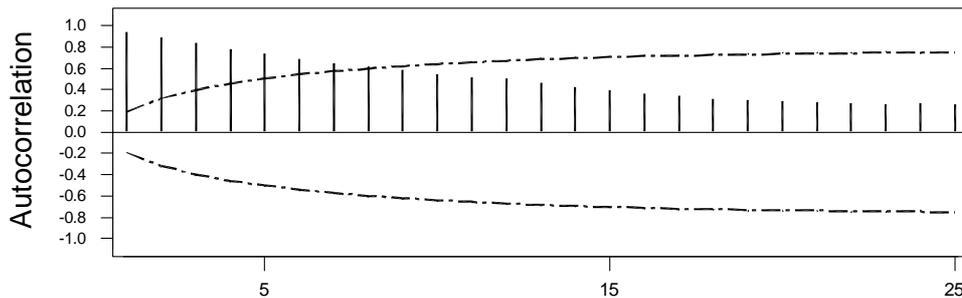
การตรวจสอบในส่วนนี้ เป็นการนำค่าสังเกตของอนุกรมเวลาแต่ละชุดรวม 4 ชุด ที่ได้ นำเสนอไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1 ถึง 4 มาพล็อตกราฟแสดงการเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาจากการพล็อตกราฟพบว่า อนุกรมเวลาทั้ง 4 ชุดมีรูปแบบที่ไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดง

แนวโน้ม ส่วนอนุกรมเวลาชุดที่ 3 และ 4 มีลักษณะการเคลื่อนไหวเนื่องจากฤดูกาลด้วย ซึ่งกราฟของอนุกรมเวลาทั้ง 4 ชุดแสดงในภาพที่ 6 ถึง 9

1.2 ผลการทดสอบด้วยค่า Autocorrelation Coefficient

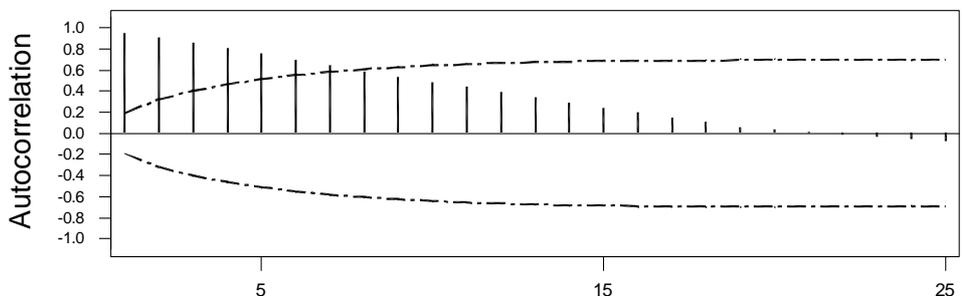
จากการพิจารณารูป Autocorrelation Coefficient ของอนุกรมเวลาทั้ง 4 ชุดแสดงในภาพที่ 10 ถึง 13 พบว่า r_k มีค่ามากที่สุดที่ lag แรกและมีค่าลดลงเรื่อยๆ เมื่อ lag มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งลักษณะของอนุกรมเวลาเช่นนี้ แสดงว่าอนุกรมเวลาทั้ง 4 ชุดมีการเคลื่อนไหวเนื่องจากอิทธิพลของแนวโน้ม แต่ไม่สามารถระบุการเคลื่อนไหวเนื่องจากอิทธิพลของฤดูกาลได้ โดยการพิจารณาจากกราฟ ดังนั้นจึงต้องทำการทดสอบในขั้นตอนต่อไป

Autocorrelation Function for export



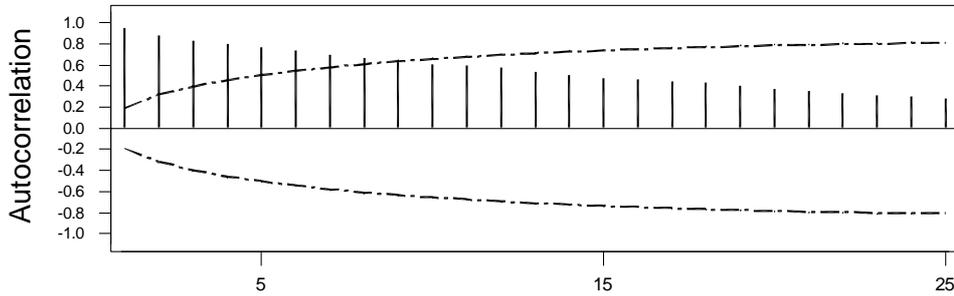
ภาพที่ 10 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบอัตโนมัติของมูลค่าส่งออกสินค้าทั้งหมด (รายเดือน)

Autocorrelation Function for index



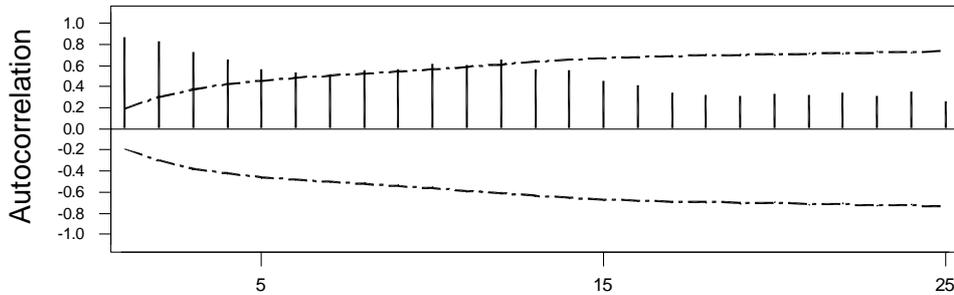
ภาพที่ 11 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบอัตโนมัติของดัชนีราคาผู้บริโภคประเภทอาหารและเครื่องดื่ม

Autocorrelation Function for power



ภาพที่ 12 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบอัตโนมัติของปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด

Autocorrelation Function for compressor



ภาพที่ 13 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบอัตโนมัติของผลผลิตภาคอุตสาหกรรมประเภทคอมเพรสเซอร์

1.3 ผลการตรวจสอบโดยการทดสอบสมมติฐานจากการวิเคราะห์การถดถอย

การตรวจสอบในขั้นตอนนี้ จะสามารถตรวจสอบได้ชัดเจนว่าอนุกรมเวลาทั้ง 4 ชุด มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลหรือไม่ และเพื่อเป็นการตรวจสอบกลับไปยังขั้นตอนการพล็อตกราฟอนุกรมเวลาทั้ง 4 ชุดด้วย

การวิจัยในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ซึ่งมีขั้นตอนในการตรวจสอบดังนี้

1.3.1 ตรวจสอบว่าอนุกรมเวลามีการเคลื่อนไหวเนื่องจากแนวโน้มหรือไม่ ด้วยการทดสอบแบบ t บางส่วน (partial t-test) เพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า

$$H_0 : \beta_1 = 0 \text{ (ข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม)}$$

$$H_1 : \beta_1 \neq 0 \text{ (ข้อมูลอนุกรมเวลามีแนวโน้ม)}$$

จากการตรวจสอบรูปแบบที่เป็นแบบบวก พบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 4 ชุด ปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าอนุกรมเวลาทั้ง 4 ชุดมีแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากการตรวจสอบรูปแบบที่เป็นแบบคูณ โดยการทดสอบแบบ t บางส่วน (partial t-test) พบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 4 ชุดปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าอนุกรมเวลาทั้ง 4 ชุดมีแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.3.2 ตรวจสอบว่าอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลด้วยหรือไม่ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มแล้ว ด้วยสถิติทดสอบแบบ F บางส่วน (partial F-test) เพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า

$$H_0 : \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_{12} = 0 \text{ (ข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีฤดูกาล)}$$

$$H_1 : \beta_i \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ } 0 \text{ (ข้อมูลอนุกรมเวลามีฤดูกาล)}$$

จากการตรวจสอบรูปแบบที่เป็นแบบบวก โดยใช้การทดสอบแบบ F บางส่วน (partial F-test) พบว่าอนุกรมเวลาชุดที่ 1 และ 2 ขอมรับสมมติฐานหลัก แสดงว่าอนุกรมเวลาชุดที่ 1 และ 2 มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเพียงอย่างเดียว ส่วนอนุกรมเวลาชุดที่ 3 และ 4 ปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าอนุกรมเวลาชุดที่ 3 และ 4 มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากการตรวจสอบรูปแบบที่เป็นแบบคูณ โดยใช้การทดสอบแบบ F บางส่วน (partial F-test) พบว่าอนุกรมเวลาชุดที่ 1 และ 2 ขอมรับสมมติฐานหลัก แสดงว่าอนุกรมเวลาชุดที่ 1 และ 2 มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเพียงอย่างเดียว ส่วนอนุกรมเวลาชุดที่ 3 และ 4 ปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าอนุกรมเวลาชุดที่ 3 และ 4 มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

รายละเอียดของการตรวจสอบแนวโน้มและฤดูกาลของข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 4 ชุด
แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการตรวจสอบแนวโน้มและฤดูกาล

อนุกรมเวลา ชุดที่	แบบบวก		แบบคูณ	
	แนวโน้ม	ฤดูกาล	แนวโน้ม	ฤดูกาล
	(partial t-test)	(partial F-test)	(partial t-test)	(partial F-test)
1	28.02*	1.89	25.36*	1.40
2	15.43*	0.14	15.03*	0.14
3	28.09*	2.78*	29.33*	3.08*
4	15.99*	6.60*	13.49*	5.25*

หมายเหตุ: * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อตรวจสอบการรวมกันของตัวแบบโดยการพิจารณาจากค่า R^2 ดังตารางที่ 4 พบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 1, 2 และ 4 มีการรวมกันของตัวแบบเป็นแบบบวก ซึ่งตัวแบบที่เป็นแบบบวกสามารถอธิบายการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 และ 2 ซึ่งมีเพียงอิทธิพลของแนวโน้มได้ 87.5% และ 71.6% ตามลำดับ และสามารถอธิบายการเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ซึ่งมีอิทธิพลของแนวโน้มและฤดูกาลได้ 76.4% ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 3 มีการรวมกันของตัวแบบเป็นแบบคูณ ซึ่งตัวแบบที่เป็นแบบคูณสามารถอธิบายการเคลื่อนไหวได้ 90.4%

ตารางที่ 4 ค่า R^2 ประกอบการพิจารณาเลือกลักษณะการรวมตัวแบบของอนุกรมเวลา

อนุกรมเวลา ชุดที่	แบบบวก		แบบคูณ	
	แนวโน้ม	แนวโน้มและ ฤดูกาล	แนวโน้ม	แนวโน้มและ ฤดูกาล
1	0.875	0.898	0.858	0.878
2	0.716	0.720	0.705	0.710
3	0.862	0.896	0.869	0.904
4	0.584	0.764	0.521	0.702

หมายเหตุ: แนวโน้ม หมายถึง การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้ม

แนวโน้มและฤดูกาล หมายถึง การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาล

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะแนวโน้มของข้อมูลอนุกรมเวลาแต่ละขนาด

จากการวิเคราะห์ลักษณะอนุกรมเวลาเบื้องต้นเป็นการตรวจสอบว่าอนุกรมเวลาที่เก็บรวบรวมมามีลักษณะการเคลื่อนไหวที่มีและไม่มีฤดูกาลหรือไม่ และมีการรวมของตัวแบบอย่างไร เพราะจุดมุ่งหมายในงานวิจัยนี้ คือต้องการศึกษาวิธีแยกส่วนประกอบทั้ง 5 วิธี ดังนั้นจึงต้องเลือกอนุกรมเวลาที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกัน นำอนุกรมเวลาทั้ง 4 ชุด มาจัดขนาดของอนุกรมเวลาออกเป็น 2 ขนาด ได้แก่อนุกรมเวลาขนาด 5 และ 8 ปี เมื่อขนาดของอนุกรมเวลาเปลี่ยนไปก็จะส่งผลต่อลักษณะแนวโน้มเช่นกัน ผู้วิจัยจึงต้องพิจารณารูปแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมสำหรับอนุกรมเวลาแต่ละขนาด โดยการสร้างสมการแนวโน้มจากรูปแบบที่เป็นไปได้ ทำการทดสอบความเหมาะสมของรูปแบบ และเลือกรูปแบบที่เหมาะสมเพียงรูปแบบเดียว รายละเอียดการทดสอบความเหมาะสมของรูปแบบ และรูปแบบแนวโน้มที่เหมาะสมสำหรับอนุกรมเวลาแต่ละขนาด แสดงในตารางที่ 5 และ 6 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบแนวโน้มโดยใช้ค่า MAPE

อนุกรมเวลา ชุดที่	รูปแบบแนวโน้ม					
	เส้นตรง		เส้นโค้งควอดราติก		เอ็กโปเนนเชียล	
	5 ปี	8 ปี	5 ปี	8 ปี	5 ปี	8 ปี
1	10.3	8.8	10.3	8.7	10.8	9.7
2	3.2	2.9	1.4	2.4	3.2	2.9
3	1.6	3.5	1.5	3.0	1.5	3.4
4	7.2	13.5	6.2	11.9	7.7	13.2

ตารางที่ 6 รูปแบบแนวโน้มที่เหมาะสมของอนุกรมเวลาแต่ละขนาด

ขนาดอนุกรม (ปี)	อนุกรมเวลาชุดที่			
	1	2	3	4
5	L	Q	L	Q
8	L	Q	Q	Q

หมายเหตุ: Q หมายถึง แนวโน้มเส้นโค้งควอดราติก (Quadratic)

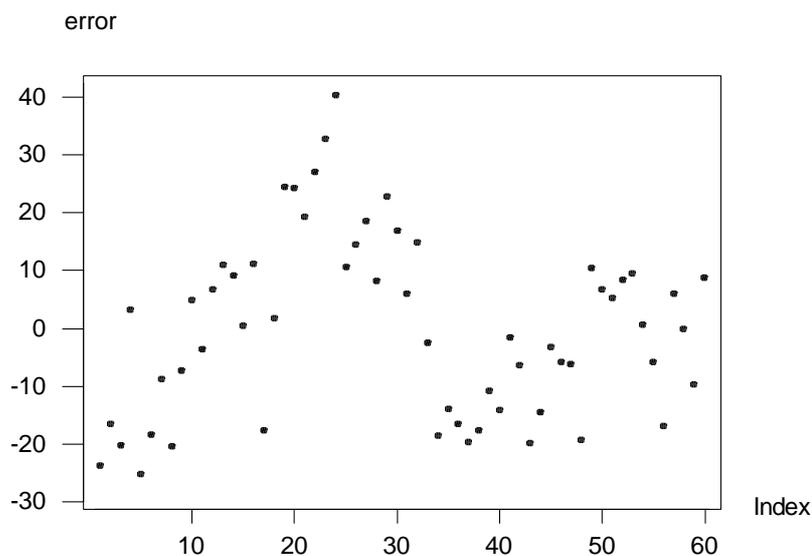
L หมายถึง แนวโน้มเส้นตรง (Linear)

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีแยกส่วนประกอบทั้ง 5 วิธีกับอนุกรมเวลาแต่ละขนาด

3.1 ผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลาชุดที่ 1

3.1.1 อนุกรมเวลาขนาด 5 ปี

ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี มีอิทธิพลของแนวโน้มเส้นตรง จากการพิจารณาค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ วิธีที่เหมาะสมคือ วิธี สัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ แต่เมื่อทำการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการพยากรณ์ พบว่าค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนไม่คงที่ (ภาพที่ 14) ดังนั้นจึงทำการแปลงค่าของข้อมูลอนุกรมเวลาเดิมเป็น $\ln X$ และวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดคือ วิธี Theta



ภาพที่ 14 แสดงค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนที่ไม่คงที่ด้วยวิธี สัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี เมื่อใช้วิธีแยกส่วนประกอบ
ทั้ง 5 วิธี

วิธีการ พยากรณ์	ตัวแบบการพยากรณ์
RG	$\hat{Y}'_t = 5.21 + 7.79 \times 10^{-3}t; Y'_t = \ln Y_t$
MA	$\hat{Y}'_t = (5.22177 + 7.43 \times 10^{-3}t) + \hat{S}_t; Y'_t = \ln Y_t$ \hat{S}_t เป็น -0.0616, -0.070, 0.035, -0.106, 0.0156, 0.004, -0.004, 0.038, 0.038, 0.073, 0.057, -0.021
TREND	$\hat{Y}'_t = (5.21057 + 7.79 \times 10^{-3}t) + \hat{S}_t; Y'_t = \ln Y_t$ \hat{S}_t เป็น -0.153, -0.105, -0.087, 0.008, -0.151, -0.0899, -0.035, -0.083, -0.0123, 0.039, 0.0177, 0.052
THETA	$\hat{Y}'_{n+h} = \left[\alpha X_n + (1 - \alpha) \hat{X}_n + 0.003896805 \left(h - 1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right]; Y'_t = \ln Y_t$ เมื่อ $h = 1, 2, 3, \dots$ และ $\alpha = 0.6225$
CENSUS II	$\hat{Y}'_t = (5.22277 + 7.4 \times 10^{-3}t) + \hat{S}_t; Y'_t = \ln Y_t$ \hat{S}_t เป็น -0.072, -0.077, 0.034, -0.104, 0.053, 0.017, -0.018, 0.035, 0.048, 0.054, 0.038, -0.005

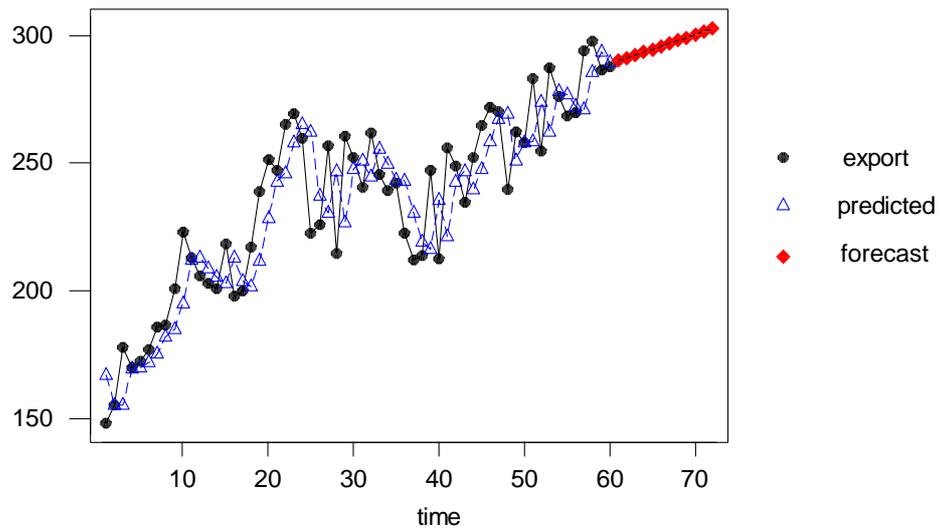
ตารางที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่า ของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี

วิธีการ พยากรณ์	ค่าวัดความถูกต้อง			
	MAPE(%)	MSE	MAD	MRAE
RG	1.27	0.008 ²	0.0684	0.01 ¹
MA	1.09 ¹	0.005 ¹	0.0598 ²	0.01 ¹
TREND	1.14	0.005 ¹	0.0618	0.01 ¹
THETA	1.09 ¹	0.005 ¹	0.0594 ¹	0.01 ¹
CENSUS II	1.11 ²	0.005 ¹	0.0599	0.01 ¹

หมายเหตุ: ¹ หมายถึง มีค่าน้อยที่สุด

² หมายถึง มีค่าน้อยเป็นอันดับที่สอง

เมื่อพิจารณาค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ จากตารางที่ 8 เป็นการคำนวณค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่า ของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี จำนวน 60 ข้อมูล พบว่าวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ และวิธี Theta ให้ค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ MAPE, MSE, MAD, MRAE ใกล้เคียงกัน ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปีคือวิธี Theta สำหรับการเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือนสำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี ด้วยวิธี Theta แสดงในภาพที่ 15



ภาพที่ 15 วิเคราะห์อนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี ด้วยวิธี Theta และค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน

การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการพยากรณ์ด้วยวิธี Theta โดยทำการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี มีรายละเอียดดังนี้

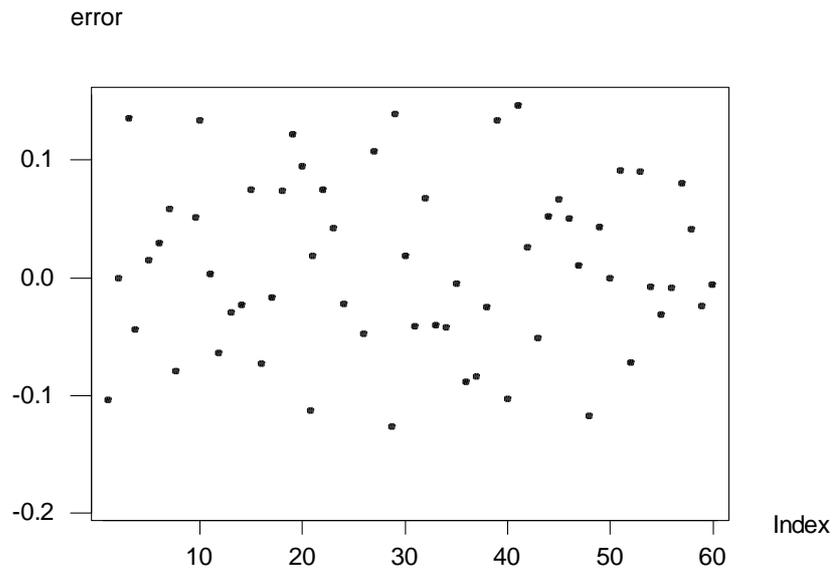
การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อน โดยใช้สถิติ Ljung-Box Q ทดสอบสมมติฐาน

$$H_0: \rho_1 = \rho_2 \dots = \rho_{10} = 0$$

$$H_1: \rho_i \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ } 0; i = 1, 2, 3, \dots, 10$$

จากภาพผนวกที่ 1 ค่าสถิติ Ljung-Box Q ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีค่าเท่ากับ 4.32 ซึ่งน้อยกว่าค่า $\chi^2_{0.05, 8}$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 15.51 ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 นั่นคือค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระจากกัน

ทำการวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อนโดยคำนวณค่า Pearson correlation coefficient ซึ่งค่านี้จะอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 ถ้าค่าที่คำนวณได้มีค่าใกล้เคียง 1 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งจากภาพผนวกที่ 2 ค่า Pearson correlation coefficient เท่ากับ 0.994 นั่นคือค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ



ภาพที่ 16 แสดงค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี

จากภาพที่ 16 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี มีคุณสมบัติตามข้อกำหนด นั่นคือมีค่าความแปรปรวนคงที่

3.1.2 อนุกรมเวลาขนาด 8 ปี

ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 8 ปี ไม่คงที่คือมีอิทธิพลของแนวโน้มเส้นตรง จากตารางที่ 10 พิจารณาค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ วิธีที่เหมาะสมคือ วิธี Theta

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 8 ปี เมื่อใช้วิธีแยกส่วนประกอบ
ทั้ง 5 วิธี

วิธีการพยากรณ์	ตัวแบบการพยากรณ์
RG	$\hat{Y}_t = 116.895 + 1.7963t$
MA	$\hat{Y}_t = (118.129 + 1.77087t) + \hat{S}_t$ \hat{S}_t เป็น -7.409, -9.041, 8.074, -20.969, -3.205, -3.094, -1.482, 4.958, 8.547, 13.148, 9.333, 1.141
TREND	$\hat{Y}_t = (116.895 + 1.7963t) + \hat{S}_t$ \hat{S}_t เป็น -3.885, -11.707, 8.523, -22.233, -7.175, 0.477, -1.263, 2.438, 9.555, 15.546, 9.861, -0.138
THETA	$\hat{Y}_{n+h} = \left[\alpha X_n + (1 - \alpha) \hat{X}_n + 0.8981496 \left(h - 1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right]$ เมื่อ $h = 1, 2, 3, \dots$ และ $\alpha = 0.74$
CENSUS II	$\hat{Y}_t = (118.134 + 1.76971t) + \hat{S}_t$ \hat{S}_t เป็น -12.223, -18.733, 8.443, -25.003, 13.017, 3.341, -4.783, 2.486, 11.572, 13.074, 9.138, -0.329

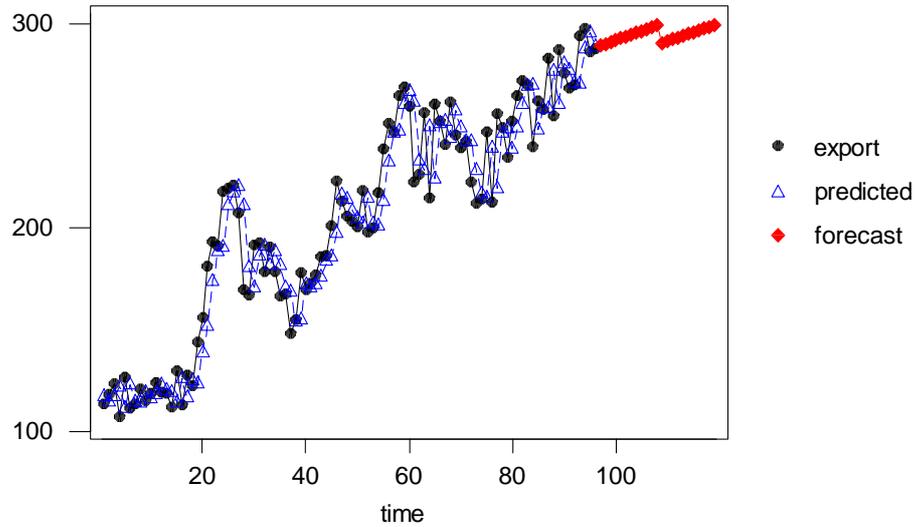
ตารางที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่า ของอนุกรมเวลาชุดที่
ขนาด 8 ปี

วิธีการ พยากรณ์	ค่าวัดความถูกต้อง			
	MAPE(%)	MSE	MAD	MRAE
RG	8.84	464.43	16.65	0.09
MA	8.08 ²	389.90 ²	15.01 ²	0.08 ²
TREND	8.17	396.79	15.22	0.08 ²
THETA	6.40 ¹	267.02 ¹	12.80 ¹	0.06 ¹
CENSUS II	8.64	426.78	15.89	0.09

หมายเหตุ: ¹ หมายถึง มีค่าน้อยที่สุด

² หมายถึง มีค่าน้อยเป็นอันดับที่สอง

เมื่อพิจารณาค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ จากตารางที่ 10 เป็นการ
คำนวณค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่า ของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 8 ปี จำนวน 96
ข้อมูล พบว่าวิธี Theta ให้ค่า MAPE, MSE, MAD, MRAE น้อยที่สุด น้อยที่สุด ส่วนวิธีสัดส่วนกับ
ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ให้ค่าน้อยเป็นอันดับที่สอง ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดของอนุกรม
เวลาชุดที่ 1 ขนาด 8 ปีคือวิธี Theta สำหรับการเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน
สำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 8 ปี ด้วยวิธี Theta แสดงในภาพที่ 17



ภาพที่ 17 วิเคราะห์อนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 8 ปีด้วยวิธี Theta และค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน

การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการพยากรณ์ด้วยวิธี Theta โดยทำการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 8 ปี มีรายละเอียดดังนี้

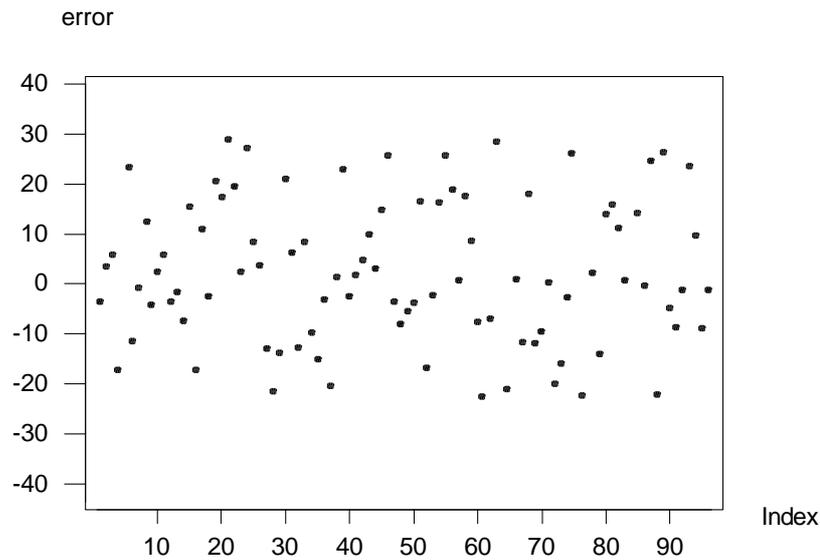
การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อน โดยใช้สถิติ Ljung-Box Q

ทดสอบสมมติฐาน $H_0: \rho_1 = \rho_2 \dots = \rho_{10} = 0$

$H_1: \rho_i$ อย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ 0; $i = 1, 2, 3, \dots, 10$

จากภาพผนวกที่ 3 ค่าสถิติ Ljung-Box Q ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีค่าเท่ากับ 4.29 ซึ่งน้อยกว่าค่า $\chi^2_{0.05, 8}$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 15.51 ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 นั่นคือค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระจากกัน

ทำการวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อนโดยคำนวณค่า Pearson correlation coefficient จากภาพผนวกที่ 4 ค่า Pearson correlation coefficient เท่ากับ 0.994 นั่นคือค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ



ภาพที่ 18 แสดงค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 8 ปี

จากภาพที่ 18 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 8 ปี มีคุณสมบัติตามข้อกำหนด นั่นคือมีค่าความแปรปรวนคงที่

3.2 ผลการวิเคราะห์ห้อนุกรมเวลาชุดที่ 2

3.2.1 อนุกรมเวลาขนาด 5 ปี

ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 5 ปี มีอิทธิพลของแนวโน้มเส้นโค้งควอดราติก จากตารางที่ 12 พิจารณาค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ วิธีที่เหมาะสมคือ วิธี Theta

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 5 ปี เมื่อใช้วิธีแยกส่วนประกอบ
ทั้ง 5 วิธี

วิธีการพยากรณ์	ตัวแบบการพยากรณ์
RG	$\hat{Y}_t = 101.519 - 0.226107t + 4.78 \times 10^{-3}t^2$
MA	$\hat{Y}_t = (101.512 - 0.226638t + 4.8 \times 10^{-3}t^2) + \hat{S}_t$ \hat{S}_t เป็น 0.036, -0.083, -0.186, 0.072, 0.327, 0.087, -0.098, 0.203, 0.228, -0.048, -0.087, -0.449
TREND	$\hat{Y}_t = (101.519 - 0.226107t + 4.78 \times 10^{-3}t^2) + \hat{S}_t$ \hat{S}_t เป็น 0.103, -0.047, -0.016, 0.020, 0.234, -0.001, -0.139, 0.336, 0.165, -0.130, -0.072, -0.453
THETA	$\hat{Y}_{n+h} = \left[\alpha X_n + (1 - \alpha) \hat{X}_n - 0.03271603 \left(h - 1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right]$ เมื่อ $h = 1, 2, 3, \dots$ และ $\alpha = 0.95$
CENSUS II	$\hat{Y}_t = (101.482 - 0.225066t + 4.78 \times 10^{-3}t^2) + \hat{S}_t$ \hat{S}_t เป็น 0.081, -0.035, 0.004, 0.137, 0.146, -0.023, 0.101, 0.191, 0.064, -0.031, -0.077, -0.556

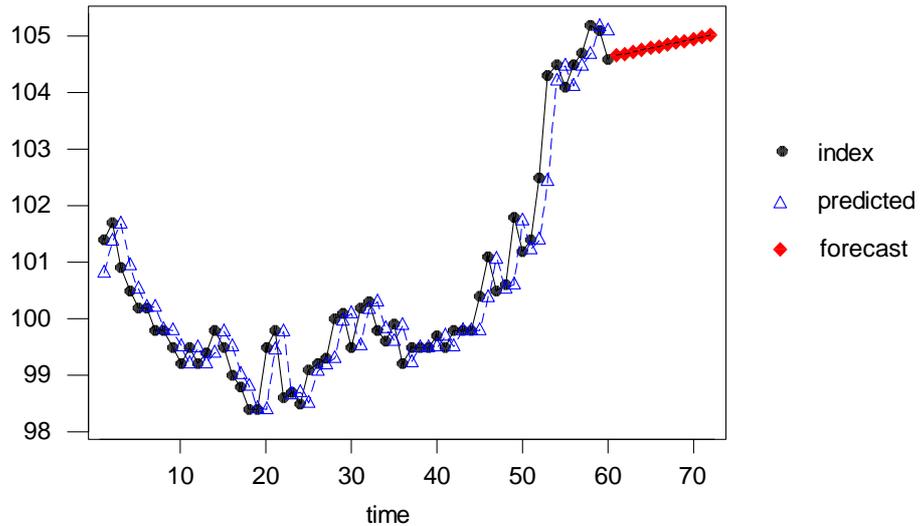
ตารางที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่า ของอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 5 ปี

วิธีการ พยากรณ์	ค่าวัดความถูกต้อง			
	MAPE(%)	MSE	MAD	MRAE
RG	0.51	0.38	0.52	0.005 ²
MA	0.49	0.35 ²	0.49	0.005 ²
TREND	0.48 ²	0.35 ²	0.48 ²	0.005 ²
THETA	0.39 ¹	0.27 ¹	0.39 ¹	0.004 ¹
CENSUS II	0.49	0.35 ²	0.49	0.005 ²

หมายเหตุ: ¹ หมายถึง มีค่าน้อยที่สุด

² หมายถึง มีค่าน้อยเป็นอันดับที่สอง

เมื่อพิจารณาค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ จากตารางที่ 12 เป็นการคำนวณค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่า ของอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 5 ปี จำนวน 60 ข้อมูล พบว่าวิธี Theta ให้ค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ MAPE, MSE, MAD, MRAE น้อยที่สุด ส่วนวิธีสัดส่วนกับแนวโน้ม ให้ค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ MAPE, MSE, MAD, MRAE น้อยเป็นอันดับที่สอง ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดของอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 5 ปีคือวิธี Theta สำหรับการเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือนสำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 5 ปี ด้วยวิธี Theta แสดงในภาพที่ 19



ภาพที่ 19 วิเคราะห์อนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 5 ปีด้วยวิธี Theta และค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน

การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการพยากรณ์ด้วยวิธี Theta โดยทำการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนของอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 5 ปี มีรายละเอียดดังนี้

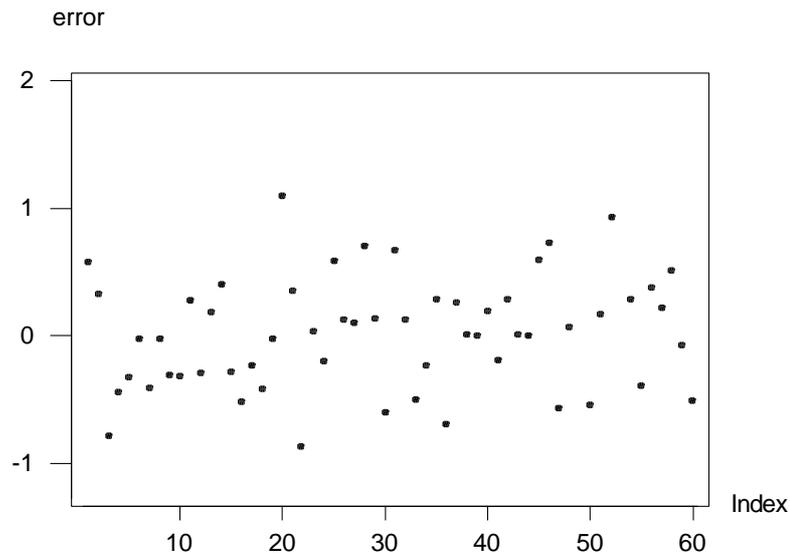
การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อน โดยใช้สถิติ Ljung-Box Q ทดสอบสมมติฐาน

$$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_{10} = 0$$

$$H_1: \rho_i \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ } 0; i = 1, 2, 3, \dots, 10$$

จากภาพผนวกที่ 5 ค่าสถิติ Ljung-Box Q ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีค่าเท่ากับ 7.88 ซึ่งน้อยกว่าค่า $\chi^2_{0.05, 8}$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 15.51 ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 นั่นคือค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระจากกัน

ทำการวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อน โดยคำนวณค่า Pearson correlation coefficient จากภาพผนวกที่ 6 ค่า Pearson correlation coefficient เท่ากับ 0.98 นั่นคือค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ



ภาพที่ 20 แสดงค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 5 ปี

จากภาพที่ 20 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนของอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 5 ปี มีคุณสมบัติตามข้อกำหนด นั่นคือมีค่าความแปรปรวนคงที่

3.2.1 อนุกรมเวลาขนาด 8 ปี

ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 8 ปี มีอิทธิพลของแนวโน้มเส้นโค้งควอดราติก จากตารางที่ 14 พิจารณาค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ วิธีที่เหมาะสมคือ วิธี Theta

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 8 ปี เมื่อใช้วิธีแยกส่วนประกอบ
ทั้ง 5 วิธี

วิธีการพยากรณ์	ตัวแบบการพยากรณ์
RG	$\hat{Y}_t = 85.2492 + 0.457851t - 3.11 \times 10^{-3} t^2$
MA	$\hat{Y}_t = (85.2606 + 0.457335t - 3.11 \times 10^{-3} t^2) + \hat{S}_t$ \hat{S}_t เป็น -0.243, -0.083, -0.113, 0.015, 0.076, -0.076, -0.248, 0.742, 0.528, 0.168, -0.148, -0.618
TREND	$\hat{Y}_t = (85.2492 + 0.457851t - 3.11 \times 10^{-3} t^2) + \hat{S}_t$ \hat{S}_t เป็น -0.128, -0.145, -0.078, 0.009, -0.111, -0.053, -0.211, 0.634, 0.526, 0.276, -0.286, -0.432
THETA	$\hat{Y}_{n+h} = \left[\alpha X_n + (1-\alpha) \hat{X}_n + 0.0779083 \left(h - 1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right]$ เมื่อ $h = 1, 2, 3, \dots$ และ $\alpha = 0.95$
CENSUS II	$\hat{Y}_t = (85.2894 + 0.455672t - 3.09 \times 10^{-3} t^2) + \hat{S}_t$ \hat{S}_t เป็น 0.059, -0.046, 0.007, 0.140, 0.148, -0.047, 0.111, 0.217, 0.092, -0.035, -0.086, -0.561

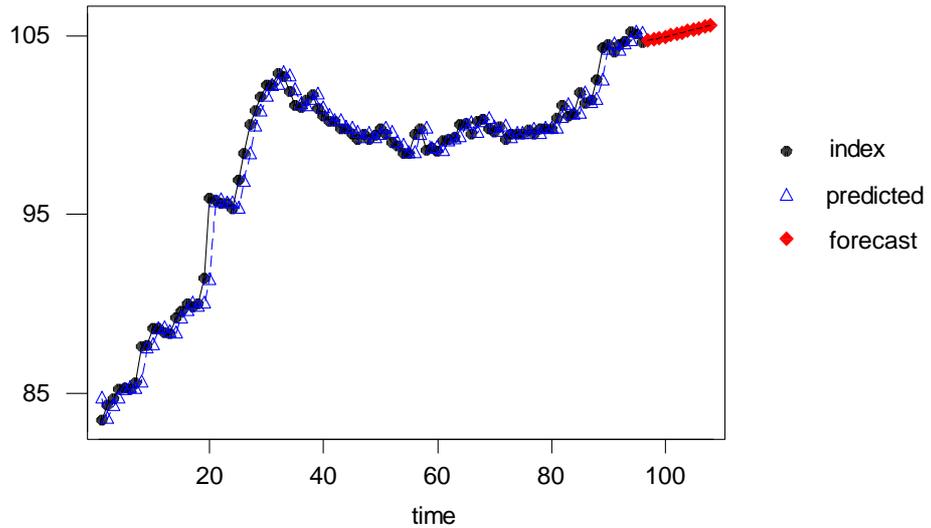
ตารางที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่า ของอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 8 ปี

วิธีการ พยากรณ์	ค่าวัดความถูกต้อง			
	MAPE(%)	MSE	MAD	MRAE
RG	2.36	7.18	2.32	0.02 ²
MA	2.35	7.08 ²	2.31 ²	0.02 ²
TREND	2.34 ²	7.08 ²	2.31 ²	0.02 ²
THETA	0.52 ¹	0.62 ¹	0.51 ¹	0.005 ¹
CENSUS II	2.36	7.19	2.32	0.02 ²

หมายเหตุ: ¹ หมายถึง มีค่าน้อยที่สุด

² หมายถึง มีค่าน้อยเป็นอันดับที่สอง

เมื่อพิจารณาค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ จากตารางที่ 14 เป็นการคำนวณค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่า ของอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 8 ปี จำนวน 96 ข้อมูล พบว่าวิธี Theta ให้ค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ MAPE, MSE, MAD, MRAE น้อยที่สุด ส่วนวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่และวิธีสัดส่วนกับแนวโน้ม ให้ค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ MAPE, MSE, MAD, MRAE ใกล้เคียงกันมาก ซึ่งวิธีสัดส่วนกับแนวโน้มให้ค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่มีค่าน้อยกว่า ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดของอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 8 ปีคือวิธี Theta สำหรับการเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือนสำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 8 ปี ด้วยวิธี Theta แสดงในภาพที่ 21



ภาพที่ 21 วิเคราะห์อนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 8 ปีด้วยวิธี Theta และค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน

การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการพยากรณ์ด้วยวิธี Theta โดยทำการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนของอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 8 ปี มีรายละเอียดดังนี้

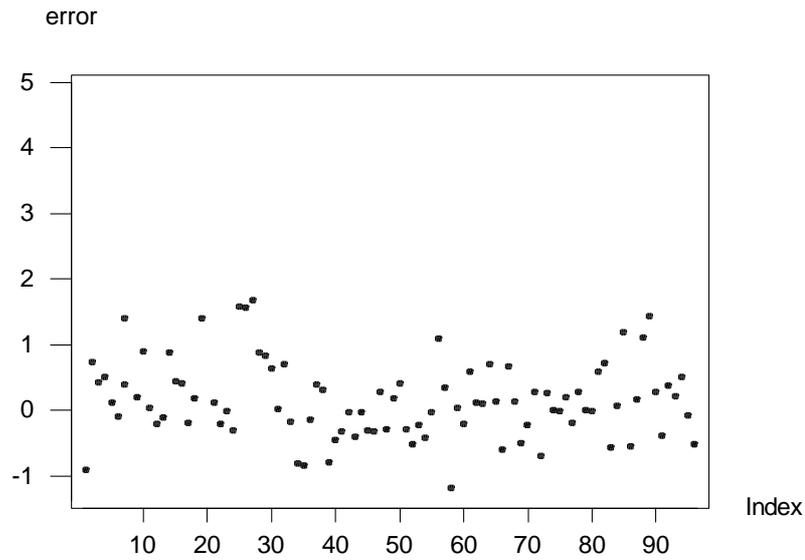
การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อน โดยใช้สถิติ Ljung-Box Q

ทดสอบสมมติฐาน $H_0: \rho_1 = \rho_2 \dots = \rho_{10} = 0$

$H_1: \rho_i$ อย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ 0; $i = 1, 2, 3, \dots, 10$

จากภาพผนวกที่ 7 ค่าสถิติ Ljung-Box Q ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีค่าเท่ากับ 13.59 ซึ่งน้อยกว่าค่า $\chi^2_{0.05, 8}$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 15.51 ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 นั่นคือค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระจากกัน

ทำการวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อน โดยคำนวณค่า Pearson correlation coefficient จากภาพผนวกที่ 8 ค่า Pearson correlation coefficient เท่ากับ 0.916 นั่นคือค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ



ภาพที่ 22 แสดงค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 8 ปี

จากภาพที่ 22 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนของอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 8 ปี มีคุณสมบัติตามข้อกำหนด นั่นคือมีค่าความแปรปรวนคงที่

3.3 ผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลาชุดที่ 3

3.3.1 อนุกรมเวลาขนาด 5 ปี

ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 5 ปี มีอิทธิพลของแนวโน้มเส้นตรงและฤดูกาลแบบคูณ จากตารางที่ 16 พิจารณาค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์วิธีที่เหมาะสม คือ วิธีการวิเคราะห์การถดถอย

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 5 ปี เมื่อใช้วิธีแยกส่วนประกอบ
ทั้ง 5 วิธี

วิธีการพยากรณ์	ตัวแบบการพยากรณ์
RG	$\hat{Y}_t = 12348 + 77.2t + 75X_{1t} + 467X_{2t} + 801X_{3t} + 988X_{4t} + 851X_{5t} + 439X_{6t} + 469X_{7t} + 420X_{8t} + 256X_{9t} + 267X_{10t} + 147X_{11t}$
MA	$\hat{Y}'_t = (12782.3 + 77.2096t) \times \hat{S}_t$ $\hat{S}_t \text{ เป็น } 0.974, 1.003, 1.019, 1.039, 1.033, 0.999, 1.001, 0.999, 0.994, 0.993, 0.977, 0.969$
TREND	$\hat{Y}'_t = (12831.7 + 75.493t) \times \hat{S}_t;$ $\hat{S}_t \text{ เป็น } 0.975, 1.004, 1.018, 1.056, 1.026, 0.997, 0.994, 1.003, 0.992, 0.994, 0.976, 0.965$
THETA	$\hat{Y}'_{n+h} = \left[\alpha X_n + (1-\alpha) \hat{X}_n + 38.60487 \left(h-1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right] \times \hat{S}_t$ $\text{เมื่อ } h = 1, 2, 3, \dots \text{ และ } \alpha = 0.599 \hat{S}_t \text{ เป็น } 0.974, 1.003, 1.019, 1.039, 1.033, 0.999, 1.001, 0.999, 0.994, 0.993, 0.977, 0.969$
CENSUS II	$\hat{Y}'_t = (12790.4 + 76.8555t) \times \hat{S}_t$ $\hat{S}_t \text{ เป็น } 0.975, 1.002, 1.014, 1.038, 1.030, 0.997, 0.995, 0.999, 0.989, 0.9896, 0.995, 0.977$

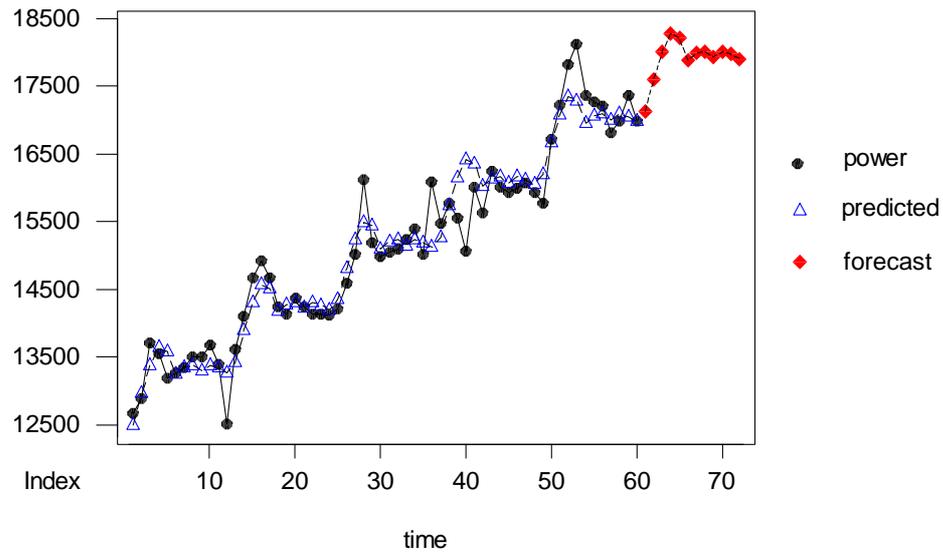
ตารางที่ 16 แสดงการเปรียบเทียบค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่า ของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 5 ปี

วิธีการ พยากรณ์	ค่าวัดความถูกต้อง			
	MAPE(%)	MSE	MAD	MRAE
RG	1.61 ¹	120531.5 ¹	245.49 ²	0.02 ¹
MA	1.62 ²	124146.0 ²	247.26	0.02 ¹
TREND	2.00	135495.0	242.00 ¹	0.02 ¹
THETA	1.88	150686.1	285.05	0.02 ¹
CENSUS II	1.71	127818.2	258.37	0.02 ¹

หมายเหตุ: ¹ หมายถึง มีค่าน้อยที่สุด

² หมายถึง มีค่าน้อยเป็นอันดับที่สอง

เมื่อพิจารณาค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ จากตารางที่ 16 เป็นการคำนวณค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่า ของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 5 ปี จำนวน 60 ข้อมูล พบว่าวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 5 ปีคือวิธีการวิเคราะห์การถดถอย สำหรับการเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือนสำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 5 ปี แสดงในภาพที่ 23

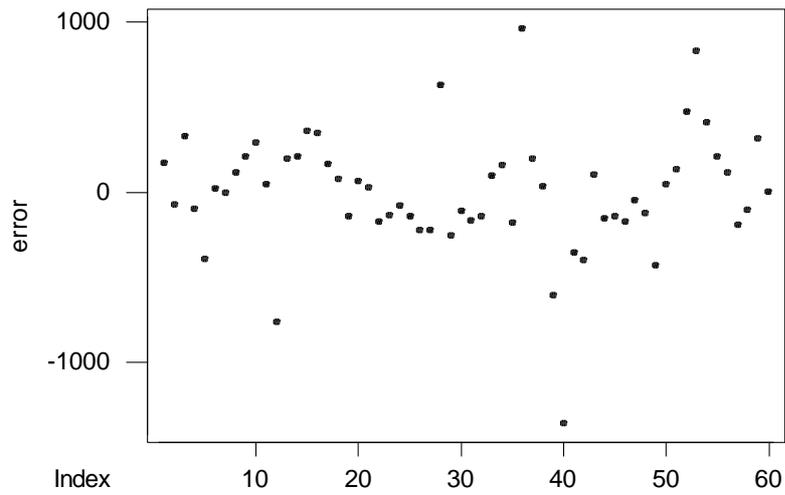


ภาพที่ 23 วิเคราะห์อนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 5 ปีด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย และค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน

การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย โดยทำการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 5 ปี มีรายละเอียดดังนี้

การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อน โดยทำการพิจารณาจากภาพผนวกที่ 9 พบว่าไม่มีค่า lag ใดเกินช่วงความเชื่อมั่น นั่นคือค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระจากกัน

ทำการวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อน โดยคำนวณค่า Pearson correlation coefficient จากภาพผนวกที่ 10 ค่า Pearson correlation coefficient เท่ากับ 0.957 นั่นคือค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

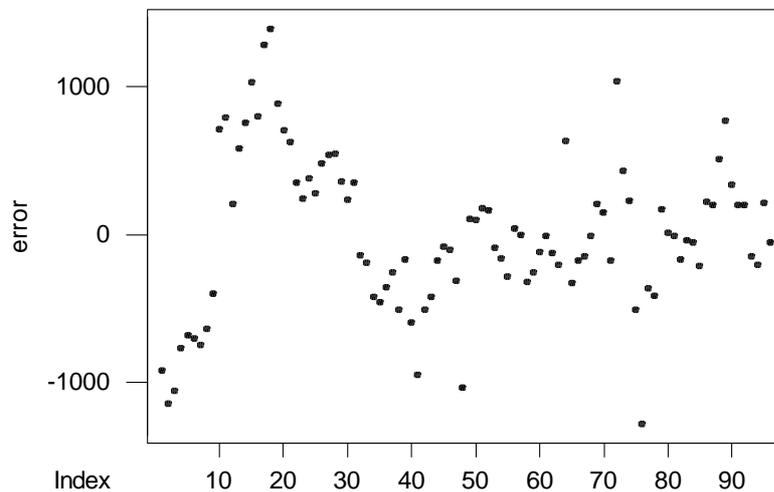


ภาพที่ 24 แสดงค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย
ของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 5 ปี

จากภาพที่ 24 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 5 ปี มี
คุณสมบัติตามข้อกำหนด นั่นคือมีค่าความแปรปรวนคงที่

3.3.2 อนุกรมเวลาขนาด 8 ปี

ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปี มีอิทธิพลของแนวโน้มเส้นตรงและฤดูกาลแบบบวก จากการพิจารณาค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ วิธีที่เหมาะสมคือวิธี การวิเคราะห์การถดถอย แต่เมื่อทำการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการพยากรณ์ พบว่าค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนไม่คงที่ (ภาพที่ 25) ดังนั้นจึงทำการแปลงค่าของข้อมูลอนุกรมเวลาเดิมเป็น $\frac{1}{Y}$ และวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดคือ วิธี Theta



ภาพที่ 25 แสดงค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนที่ไม่คงที่ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปี

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปี เมื่อใช้วิธีแยกส่วนประกอบ
ทั้ง 5 วิธี

วิธีการพยากรณ์	ตัวแบบการพยากรณ์
RG	$\hat{Y}'_t = 8.446 \times 10^{-5} - 1.9 \times 10^{-7} t + 5 \times 10^{-7} X_{1t} - 1.75 \times 10^{-6} X_{2t} - 4.1 \times 10^{-6} X_{3t}$ $- 5.05 \times 10^{-6} X_{4t} - 4.74 \times 10^{-6} X_{5t} - 2.82 \times 10^{-6} X_{6t} - 2.52 \times 10^{-6} X_{7t}$ $- 1.75 \times 10^{-6} X_{8t} - 1.16 \times 10^{-6} X_{9t} - 2.03 \times 10^{-6} X_{10t} - 1.29 \times 10^{-6} X_{11t}; Y'_t = \frac{1}{Y_t}$
MA	$\hat{Y}'_t = (8.24 \times 10^{-5} - 1.91 \times 10^{-7} t - 7.39 \times 10^{-10} t^2) \times \hat{S}_t; Y'_t = \frac{1}{Y_t}$ <p>\hat{S}_t เป็น 1.031, 0.999, 0.970, 0.961, 0.965, 0.990, 0.997, 1.009, 1.016, 1.005, 1.020, 1.036</p>
TREND	$\hat{Y}'_t = (8.22 \times 10^{-5} - 1.86 \times 10^{-7} t - 7.53 \times 10^{-10} t^2) \times \hat{S}_t; Y'_t = \frac{1}{Y_t}$ <p>\hat{S}_t เป็น 0.184, 0.908, 0.260, 1.340, 0.886, 1.565, 1.033, 0.572, 1.002, 2.453, 1.688, 0.109</p>
THETA	$\hat{Y}'_{n+h} = \left[\alpha X_n + (1 - \alpha) \hat{X}_n - 1.310523 \times 10^{-7} \left(h - 1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right] \times \hat{S}_t; Y'_t = \frac{1}{Y_t}$ <p>เมื่อ $h = 1, 2, 3, \dots$ และ $\alpha = 0.774$ \hat{S}_t เป็น 1.031, 0.999, 0.970, 0.961, 0.965, 0.990, 0.997, 1.009, 1.016, 1.005, 1.020, 1.036</p>
CENSUS II	$\hat{Y}'_t = (8.16 \times 10^{-5} - 1.89 \times 10^{-7} t - 7.6 \times 10^{-10} t^2) \times \hat{S}_t; Y'_t = \frac{1}{Y_t}$ <p>\hat{S}_t เป็น 1.024, 0.996, 0.986, 0.961, 0.971, 1.003, 1.006, 1.001, 1.012, 1.010, 1.007, 1.025</p>

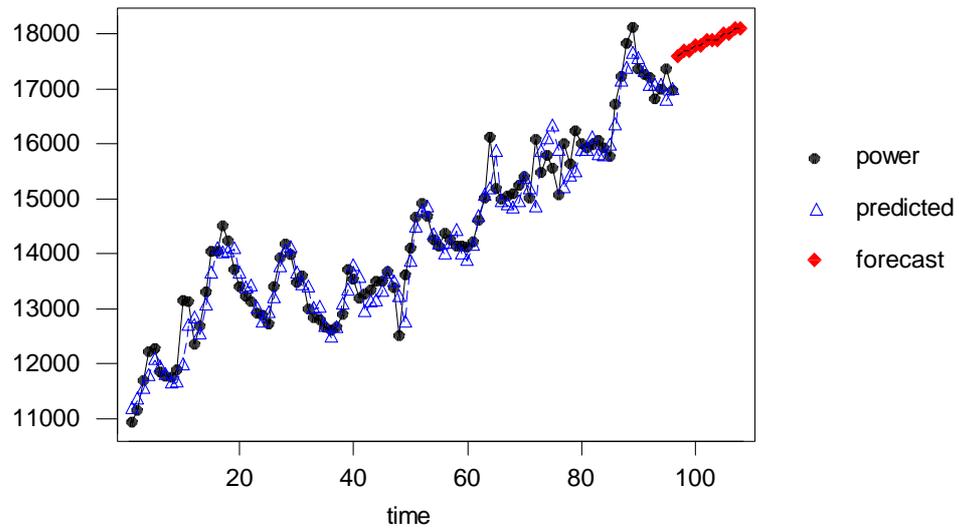
ตารางที่ 18 แสดงการเปรียบเทียบค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่า ของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปี

วิธีการ พยากรณ์	ค่าวัดความถูกต้อง			
	MAPE(%)	MSE	MAD	MRAE
RG	2.965	$8.36 \times 10^{-12}{}^2$	2.18×10^{-6}	0.03^2
MA	2.945^2	$8.36 \times 10^{-12}{}^2$	$2.17 \times 10^{-6}{}^2$	0.03^2
TREND	5.176	2.23×10^{-9}	3.67×10^{-5}	0.05
THETA	1.924^1	$3.39 \times 10^{-12}{}^1$	$1.35 \times 10^{-6}{}^1$	0.02^1
CENSUS II	2.976	8.52×10^{-12}	2.23×10^{-6}	0.03^2

หมายเหตุ: ¹ หมายถึง มีค่าน้อยที่สุด

² หมายถึง มีค่าน้อยเป็นอันดับที่สอง

เมื่อพิจารณาค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ จากตารางที่ 18 เป็นการคำนวณค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่า ของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปี จำนวน 96 ข้อมูล พบว่าวิธี Theta ให้ค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ MAPE, MSE, MAD, MRAE น้อยที่สุด ส่วนวิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ให้ค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ MAPE, MSE, MAD, MRAE น้อยเป็นอันดับที่สอง ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปีคือวิธี Theta สำหรับการเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือนสำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปี ด้วยวิธี Theta แสดงในภาพที่ 26



ภาพที่ 26 วิเคราะห์อนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปีด้วยวิธี Theta และค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน

การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการพยากรณ์ด้วยวิธี Theta โดยทำการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปี มีรายละเอียดดังนี้

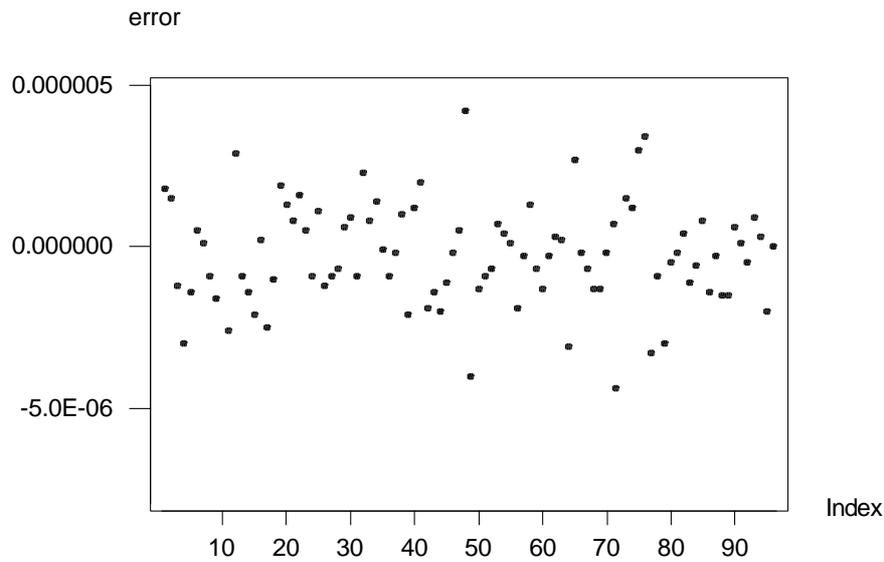
การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อน โดยใช้สถิติ Ljung-Box Q ทดสอบสมมติฐาน

$$H_0: \rho_1 = \rho_2 \dots = \rho_{10} = 0$$

$$H_1: \rho_i \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ } 0; i = 1, 2, 3, \dots, 10$$

จากภาพผนวกที่ 11 ค่าสถิติ Ljung-Box Q ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีค่าเท่ากับ 9.92 ซึ่งน้อยกว่าค่า $\chi^2_{0.05, 7}$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 14.067 ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 นั่นคือค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระจากกัน

ทำการวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อน โดยคำนวณค่า Pearson correlation coefficient จากภาพผนวกที่ 12 ค่า Pearson correlation coefficient เท่ากับ 0.975 นั่นคือค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ



ภาพที่ 27 แสดงค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปี

จากภาพที่ 27 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปี มีคุณสมบัติตามข้อกำหนด นั่นคือมีค่าความแปรปรวนคงที่

3.4 ผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลาชุดที่ 4

3.4.1 อนุกรมเวลาขนาด 5 ปี

ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 5 ปี มีอิทธิพลของแนวโน้มเส้นโค้งควอดราติกและฤดูกาลแบบบวก จากตารางที่ 20 พิจารณาค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ วิธีที่เหมาะสม คือวิธี Theta

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 5 ปี เมื่อใช้วิธีแยกส่วนประกอบ
ทั้ง 5 วิธี

วิธีการพยากรณ์	ตัวแบบการพยากรณ์
RG	$\hat{Y}_t = 240 + 8.35t - 0.0731t^2 + 108X_{1t} + 120X_{2t} + 213X_{3t} + 112X_{4t} + 169X_{5t} + 156X_{6t} + 76.8X_{7t} + 64.1X_{8t} + 61X_{9t} + 21.3X_{10t} + 69.9X_{11t}$
MA	$\hat{Y}_t = (339.149 + 8.26381t - 7.23 \times 10^{-2} t^2) + \hat{S}_t$ <p>\hat{S}_t เป็น -3.804, 10.955, 110.540, 14.931, 81.064, 62.272, -17.987, -21.621, -33.120, -85.759, -17.037, -100.434</p>
TREND	$\hat{Y}_t = (351.057 + 8.01089t - 7.57 \times 10^{-2} t^2) + \hat{S}_t$ <p>\hat{S}_t เป็น -12.532, 18.156, 115.912, 11.643, 71.667, 65.422, -15.966, -22.432, -37.066, -78.982, -14.551, -101.271</p>
THETA	$\hat{Y}_{n+h} = \left[\alpha X_n + (1 - \alpha) \hat{X}_n + 1.925529 \left(h - 1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right] + \hat{S}_t$ <p>เมื่อ $h = 1, 2, 3, \dots$ และ $\alpha = 0.754$</p> <p>\hat{S}_t เป็น -3.804, 10.955, 110.540, 14.931, 81.064, 62.272, -17.987, -21.621, -33.120, -85.759, -17.037, -100.434</p>
CENSUS II	$\hat{Y}_t = (337.838 + 8.33988t - 7.33 \times 10^{-2} t^2) + \hat{S}_t$ <p>\hat{S}_t เป็น -10.089, 14.026, 104.369, 21.399, 76.499, 61.612, -3.617, -30.402, -16.368, -67.150, -45.597, -104.683</p>

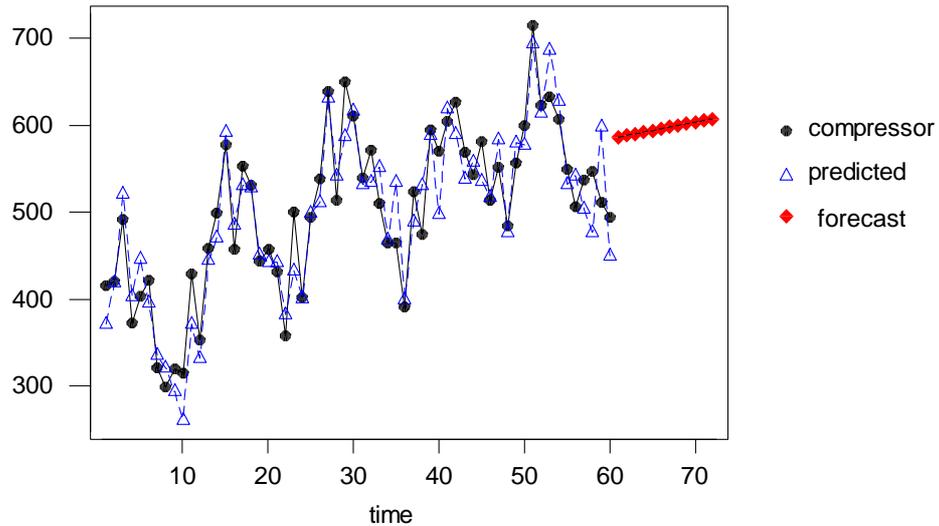
ตารางที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่า ของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 5 ปี

วิธีการ พยากรณ์	ค่าวัดความถูกต้อง			
	MAPE(%)	MSE	MAD	MRAE
RG	6.10 ²	1244.71 ²	28.51 ²	0.06 ¹
MA	6.29	1312.38	29.24	0.06 ¹
TREND	6.36	1382.98	29.11	0.06 ¹
THETA	5.72 ¹	1217.37 ¹	28.18 ¹	0.06 ¹
CENSUS II	6.79	1398.47	31.05	0.07 ²

หมายเหตุ: ¹ หมายถึง มีค่าน้อยที่สุด

² หมายถึง มีค่าน้อยเป็นอันดับที่สอง

เมื่อพิจารณาค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ จากตารางที่ 20 เป็นการคำนวณค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่า ของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 5 ปี จำนวน 60 ข้อมูล พบว่าวิธี Theta ให้ค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ทั้ง 4 ค่า คือ MAPE, MSE, MAD, MRAE น้อยที่สุด ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 5 ปีคือวิธี Theta สำหรับการเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือนสำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 5 ปี แสดงในภาพที่ 28



ภาพที่ 28 วิเคราะห์อนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 5 ปีด้วยวิธี Theta และค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน

การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย โดยทำการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 5 ปี มีรายละเอียดดังนี้

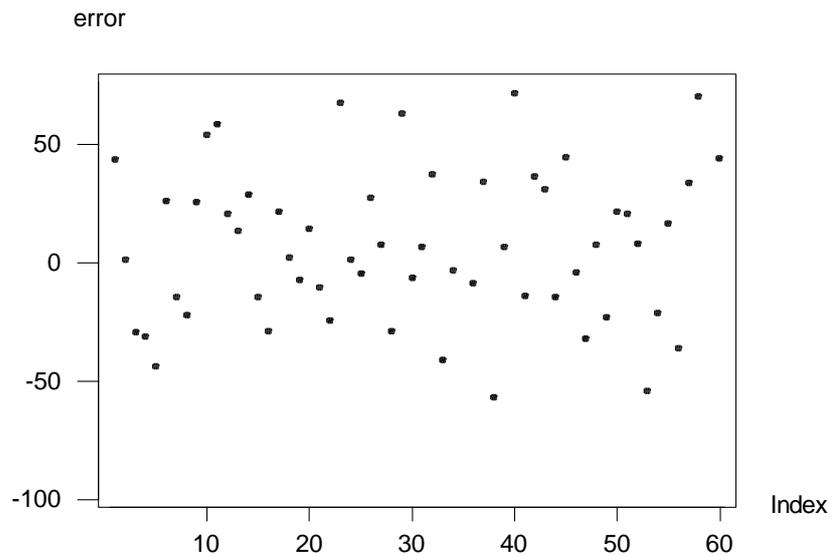
การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อน โดยใช้สถิติ Ljung-Box Q

ทดสอบสมมติฐาน $H_0: \rho_1 = \rho_2 \dots = \rho_{10} = 0$

$H_1: \rho_i$ อย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ 0; $i = 1, 2, 3, \dots, 10$

จากภาพผนวกที่ 13 ค่าสถิติ Ljung-Box Q ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีค่าเท่ากับ 14.01 ซึ่งน้อยกว่าค่า $\chi^2_{0.05, 7}$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 14.067 ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 นั่นคือค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระจากกัน

ทำการวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อน โดยคำนวณค่า Pearson correlation coefficient จากภาพผนวกที่ 14 ค่า Pearson correlation coefficient เท่ากับ 0.996 นั่นคือค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ



ภาพที่ 29 แสดงค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 5 ปี

จากภาพที่ 29 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 5 ปี มีคุณสมบัติตามข้อกำหนด นั่นคือมีค่าความแปรปรวนคงที่

3.4.2 อนุกรมเวลาขนาด 8 ปี

ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 8 ปี มีอิทธิพลของแนวโน้มเส้นโค้งควอดราติกและฤดูกาลแบบคูณ จากตารางที่ 22 พิจารณาว่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์วิธีที่เหมาะสม คือวิธี Theta

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 8 ปี เมื่อใช้วิธีแยกส่วนประกอบ
ทั้ง 5 วิธี

วิธีการ พยากรณ์	ตัวแบบการพยากรณ์
RG	$\hat{Y}_t = 266 - 1.05t + 0.0417t^2 + 115X_{1t} + 120X_{2t} + 201X_{3t}$ $+ 119X_{4t} + 166X_{5t} + 153X_{6t} + 99.1X_{7t} + 72.5X_{8t}$ $+ 60.9X_{9t} - 25.4X_{10t} + 55.5X_{11t}$
MA	$\hat{Y}_t = (365.057 - 1.07807t + 4.17 \times 10^{-2}t^2) + \hat{S}_t$ $\hat{S}_t \text{ เป็น } 8.598, 15.585, 97.316, 16.740, 59.393, 52.893, 3.706,$ $-17.357, -32.953, -71.145, -32.920, -87.855$
TREND	$\hat{Y}_t = (373.773 - 1.20802t + 4.13 \times 10^{-2}t^2) + \hat{S}_t$ $\hat{S}_t \text{ เป็น } -4.571, 21.685, 116.056, 16.675, 59.646, 61.428, 6.160,$ $-19.592, -48.985, -64.223, -47.380, -96.899$
THETA	$\hat{Y}_{n+h} = \left[\alpha X_n + (1 - \alpha) \hat{X}_n + 1.491624 \left(h - 1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right] + \hat{S}_t$ $\text{เมื่อ } h = 1, 2, 3, \dots \text{ และ } \alpha = 0.694 \hat{S}_t \text{ เป็น } 8.598, 15.585, 97.316, 16.740, 59.393, 52.893,$ $3.706, -17.357, -32.953, -71.145, -32.920, -87.855$
CENSUS II	$\hat{Y}_t = (364.682 - 1.04699t + 4.17 \times 10^{-2}t^2) + \hat{S}_t$ $\hat{S}_t \text{ เป็น } -0.887, 19.493, 106.819, 18.154, 79.603, 61.072, -4.670,$ $-32.106, -18.300, -69.091, -52.805, -107.283$

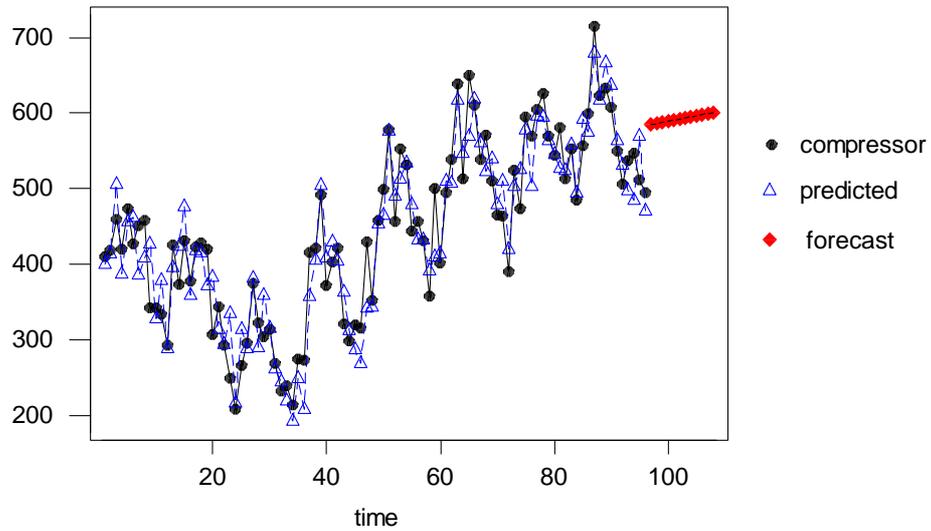
ตารางที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่า ของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 8 ปี

วิธีการ พยากรณ์	ค่าวัดความถูกต้อง			
	MAPE(%)	MSE	MAD	MRAE
RG	11.95 ²	3235.34 ²	46.43 ²	0.12 ²
MA	12.06	3278.00	46.76	0.12 ²
TREND	12.38	3349.77	47.91	0.12 ²
THETA	7.19 ¹	1397.32 ¹	30.17 ¹	0.07 ¹
CENSUS II	12.07	3331.12	47.06	0.12 ²

หมายเหตุ: ¹ หมายถึง มีค่าน้อยที่สุด

² หมายถึง มีค่าน้อยเป็นอันดับที่สอง

เมื่อพิจารณาค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ จากตารางที่ 22 เป็นการคำนวณค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 4 ค่า ของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 8 ปี จำนวน 96 ข้อมูล พบว่าวิธี Theta ให้ค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ทั้ง 4 ค่า คือ MAPE, MSE, MAD, MRAE น้อยที่สุด ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 8 ปีคือ วิธี Theta สำหรับการเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือนสำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 8 ปี แสดงในภาพที่ 30



ภาพที่ 30 วิเคราะห์อนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 8 ปีด้วยวิธี Theta และค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน

การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการพยากรณ์ด้วยวิธี Theta โดยทำการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 8 ปี มีรายละเอียดดังนี้

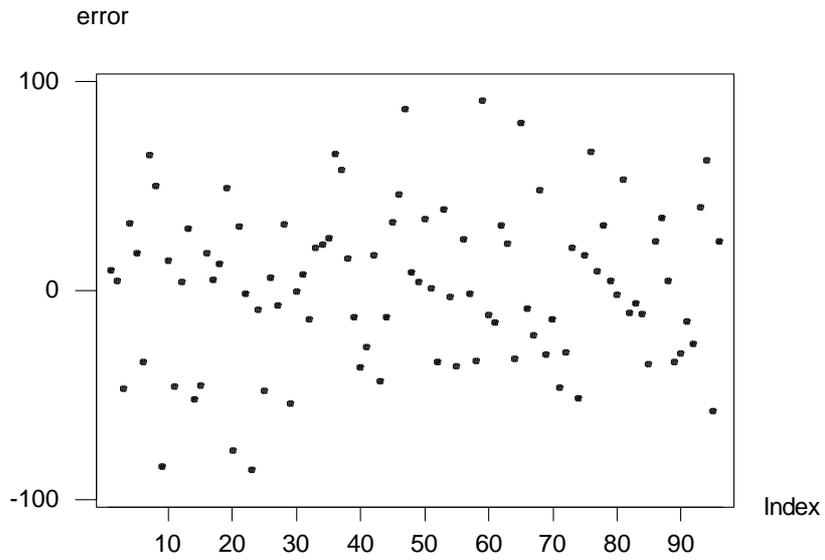
การทดสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อน โดยใช้สถิติ Ljung-Box Q

ทดสอบสมมติฐาน $H_0: \rho_1 = \rho_2 \dots = \rho_{10} = 0$

$H_1: \rho_i$ อย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ 0; $i = 1, 2, 3, \dots, 10$

จากภาพผนวกที่ 15 ค่าสถิติ Ljung-Box Q ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีค่าเท่ากับ 10.92 ซึ่งน้อยกว่าค่า $\chi^2_{0.05, 7}$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 14.067 ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 นั่นคือค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระจากกัน

ทำการวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อนโดยคำนวณค่า Pearson correlation coefficient จากภาพผนวกที่ 16 ค่า Pearson correlation coefficient เท่ากับ 0.997 นั่นคือค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ



ภาพที่ 31 แสดงค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 8 ปี

จากภาพที่ 31 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 8 ปี มีคุณสมบัติตามข้อกำหนด นั่นคือมีค่าความแปรปรวนคงที่

ตารางที่ 23 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีการแยกส่วนประกอบ

ข้อมูล	รูป	ขนาด	วิธีการ	ตัวแบบ
อนุกรมเวลา	แบบ			
ชุดที่				
1. มูลค่าส่งออกสินค้าทั้งหมดเป็นรายเดือน	บวก	5	Theta	$\hat{Y}'_{n+h} = \left[\alpha X_n + (1-\alpha) \hat{X}_n + 0.003896805 \left(h-1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right]$ <p>เมื่อ $h = 1, 2, 3, \dots$ และ $\alpha = 0.6225$; $Y'_t = \ln Y_t$</p>
	บวก	8	Theta	$\hat{Y}_{n+h} = \left[\alpha X_n + (1-\alpha) \hat{X}_n + 0.8981496 \left(h-1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right]$ <p>เมื่อ $h = 1, 2, 3, \dots$ และ $\alpha = 0.74$</p>
2. ดัชนีราคาผู้บริโภคประเภทอาหารและเครื่องดื่ม	บวก	5	Theta	$\hat{Y}_{n+h} = \left[\alpha X_n + (1-\alpha) \hat{X}_n - 0.03271603 \left(h-1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right]$ <p>เมื่อ $h = 1, 2, 3, \dots$ และ $\alpha = 0.95$</p>
	บวก	8	Theta	$\hat{Y}_{n+h} = \left[\alpha X_n + (1-\alpha) \hat{X}_n + 0.0779083 \left(h-1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right]$ <p>เมื่อ $h = 1, 2, 3, \dots$ และ $\alpha = 0.95$</p>
3. ปริมาณความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด	คูณ	5	RG	$\hat{Y}_t = 12348 + 77.2t + 75X_{1t} + 467X_{2t} + 801X_{3t} + 988X_{4t} + 851X_{5t} + 439X_{6t} + 469X_{7t} + 420X_{8t} + 256X_{9t} + 267X_{10t} + 147X_{11t}$
	คูณ	8	Theta	$\hat{Y}'_{n+h} = \left[\alpha X_n + (1-\alpha) \hat{X}_n - 1.310523 \times 10^{-7} \left(h-1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right]$ <p>เมื่อ $h = 1, 2, 3, \dots$ และ $\alpha = 0.774$; $Y'_t = \frac{1}{Y_t}$ \hat{S}_t เป็น 1.031, 0.999, 0.970, 0.961, 0.965, 0.990, 0.997, 1.009, 1.016, 1.005, 1.020, 1.036</p>
4. ผลผลิตภาคอุตสาหกรรมประเภทคอมพิวเตอร์	บวก	5	Theta	$\hat{Y}_{n+h} = \left[\alpha X_n + (1-\alpha) \hat{X}_n + 1.925529 \left(h-1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right] + \hat{S}_t$ <p>เมื่อ $h = 1, 2, 3, \dots$ และ $\alpha = 0.754$ \hat{S}_t เป็น -3.804, 10.955, 110.540, 14.931, 81.064, 62.272, -17.987, -21.621, -33.120, -85.759, -17.037, -100.434</p>
	บวก	8	Theta	$\hat{Y}_{n+h} = \left[\alpha X_n + (1-\alpha) \hat{X}_n + 1.491624 \left(h-1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right] + \hat{S}_t$ <p>เมื่อ $h = 1, 2, 3, \dots$ และ $\alpha = 0.694$ \hat{S}_t เป็น 8.598, 15.585, 97.316, 16.740, 59.393, 52.893, 3.706, -17.357, -32.953, -71.145, -32.920, -87.855</p>

ตอนที่ 4 ผลการตรวจสอบค่าพยากรณ์

เป็นการนำค่าพยากรณ์ที่ได้จากตัวแบบต่างๆ ไปเปรียบเทียบกับใกล้เคียงกับค่าของข้อมูลจริงที่เก็บไว้มากน้อยเพียงใด ถ้าค่าจริงและค่าพยากรณ์ไม่ต่างกันมาก จะถือว่าค่าพยากรณ์อยู่ในการควบคุม (in control) แต่ถ้าค่าพยากรณ์ต่างจากค่าจริงมาก จะถือว่าค่าพยากรณ์ไม่อยู่ในการควบคุม (out of control) ซึ่งมีรายละเอียดในการตรวจสอบดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลาชุดที่ 1

4.1.1 อนุกรมเวลาขนาด 5 ปี

อนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี เมื่อทำการพยากรณ์ค่าล่วงหน้า และทำการตรวจสอบค่าพยากรณ์ จากค่าวัดความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Tracking Signal) 3 ค่า โดยพิจารณาว่าค่าพยากรณ์อยู่ในการควบคุมหรือไม่ ซึ่ง Control Limits ของ TS_{1t} และ TS_{2t} จะมีค่าเท่ากันคือ $\pm 2\hat{\sigma}_e$ ส่วน Control Limits ของ TS_{3t} จะมีค่าเท่ากับ $\pm 2\hat{\sigma}_e \sqrt{k}$ โดยกำหนดค่า $k=4$ จากการคำนวณจะได้ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ $\hat{\sigma}_e = \sqrt{(\sum_{i=1}^{60} e_i^2 / 60)} = 17.13$ ดังนั้น Control Limits ของ TS_{1t} และ TS_{2t} คือ ± 34.25 ส่วน Control Limits ของ TS_{3t} มีค่าเท่ากับ ± 68.50 เมื่อทำการพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน จากการพิจารณา Tracking Signal ทั้ง 3 ค่าเทียบกับ Control Limits พบว่า TS_{1t} , TS_{2t} และ TS_{3t} จะมีค่าอยู่นอก Control Limits เมื่อเดือนมิถุนายน 2547 เดือนกรกฎาคม 2547 และเดือนสิงหาคม 2547 ตามลำดับ แสดงว่า ณ เวลานั้นมีสัญญาณเตือนว่าควรมีการปรับปรุงสมการพยากรณ์ เพราะค่าพยากรณ์เริ่มห่างจากค่าจริงมาก จะเห็นได้ชัดว่าการใช้ Tracking Signal ต่างกันก็จะให้สัญญาณเตือน ณ เวลาที่ต่างกัน ดังนั้นเพื่อความเหมาะสมควรเลือกสัญญาณเตือนก่อนในการปรับสมการ ซึ่งจากอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี TS_{1t} จะให้สัญญาณเตือนเมื่อเดือนมิถุนายน 2547 ซึ่งเป็นสัญญาณเตือนที่เกิดขึ้นก่อน Tracking Signal ค่าอื่น ดังนั้นข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ค่าได้ถึงเดือนพฤษภาคม 2547 ถ้าต้องการพยากรณ์ด้วยระยะเวลาที่มากขึ้น จะต้องทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม และหาตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสม

ตารางที่ 24 แสดงการคำนวณค่าวัดความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 3 ค่า สำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี

เดือน ปี	\hat{Y}_t	$e_t (TS_{1t})$	$SUM_t / \sqrt{t} (TS_{2t})$	$MTE_t (TS_{3t})$
มค. 2547	290.040	-9.850	-9.85	-
กพ. 2547	291.173	-5.893	-11.132	-
มีค. 2547	292.310	16.950	0.696862	-
เมย. 2547	293.451	-7.341	-3.067	-23.3521
พค. 2547	294.615	23.825	7.911656	-5.59046
มิย. 2547	295.747	48.033*	26.83171	32.37323
กค. 2547	296.902	36.748	38.73078*	70.40714
สค. 2547	298.061	38.909	49.98573	123.4599*
กย. 2547	299.224	58.516	66.63233	182.1806
ตค. 2547	300.393	70.287	85.43968	240.7885
พย. 2547	301.566	61.024	99.86297	301.9207
ธค. 2547	302.743	34.967	105.7056	357.6406

หมายเหตุ: * หมายถึง การเตือนว่าค่าพยากรณ์ไม่อยู่ในควบคุม

4.1.2 อนุกรมเวลาขนาด 8 ปี

$$\text{อนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 8 ปี มีค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน } \hat{\sigma}_e = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{96} e_i^2 / 96\right)}$$

เท่ากับ 16.34 ซึ่งค่า Control Limits ของ TS_{1t} และ TS_{2t} คือ ± 32.68 ส่วน Control Limits ของ TS_{3t} มีค่าเท่ากับ ± 65.36 จากการพิจารณา Tracking Signal ทั้ง 3 ค่าเทียบกับ Control Limits พบว่า TS_{1t} จะมีค่าอยู่นอก Control Limits เมื่อเดือนมิถุนายน 2547 ส่วน TS_{2t} และ TS_{3t} จะมีค่าอยู่นอก Control Limits เมื่อเดือนกรกฎาคม 2547

ตารางที่ 25 แสดงการคำนวณค่าวัดความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 3 ค่าสำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 8 ปี

เดือน ปี	\hat{Y}_t	e_t (TS _{1t})	SUM_t / \sqrt{t} (TS _{2t})	MTE _t (TS _{1t})
มค. 2547	289.2901	-9.100	-9.100	-
กพ. 2547	290.1882	-4.908	-9.905	-
มีค. 2547	291.0864	18.174	2.405	-
เมย. 2547	291.9845	-5.875	-0.855	-17.501
พค. 2547	292.8827	25.557	10.665	2.264
มิย. 2547	293.7808	49.999*	30.148	42.317
กค. 2547	294.679	38.971	42.641*	82.553*
สค. 2547	295.5771	41.393	54.522	137.929
กย. 2547	296.4753	61.265	71.825	199.090
ตค. 2547	297.3734	73.307	91.321	260.263
พย. 2547	298.2716	64.318	106.464	324.086
ธค. 2547	299.1697	38.540	113.057	394.502

หมายเหตุ: * หมายถึง การเตือนว่าค่าพยากรณ์ไม่อยู่ในควบคุม

4.2 ผลการวิเคราะห์ห้อนุกรมเวลาชุดที่ 2

4.2.1 อนุกรมเวลาขนาด 5 ปี

อนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 5 ปี มีค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\hat{\sigma}_e$) เท่ากับ 0.52 ซึ่งค่า Control Limits ของ TS_{1t} และ TS_{2t} คือ ± 1.04 ส่วน Control Limits ของ TS_{3t} มีค่าเท่ากับ ± 2.08 จากการพิจารณา Tracking Signal ทั้ง 3 ค่าเทียบกับ Control Limits พบว่า TS_{1t} และ TS_{2t} จะมีค่าอยู่นอก Control Limits เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2547 ส่วน TS_{3t} จะมีค่าอยู่นอก Control Limits เมื่อเดือนเมษายน 2547

ตารางที่ 26 แสดงการคำนวณค่าวัดความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 3 ค่า สำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 5 ปี

เดือน ปี	\hat{Y}_t	$e_t (TS_{1t})$	$SUM_t / \sqrt{t} (TS_{2t})$	$MTE_t (TS_{3t})$
มก. 2547	104.6596	0.640	0.640	-
กพ. 2547	104.6923	2.008*	1.872*	-
มีค. 2547	104.7251	2.575	3.016	-
เมย. 2547	104.7578	4.142	4.683	10.210*
พค. 2547	104.7905	4.410	6.160	15.731
มิย. 2547	104.8232	4.177	7.329	21.187
กค. 2547	104.8559	4.144	8.352	26.523
สค. 2547	104.8886	4.411	9.372	31.212
กย. 2547	104.9214	4.379	10.295	35.347
ตค. 2547	104.9541	3.946	11.015	39.033
พย. 2547	104.9868	3.113	11.441	42.123
ธค. 2547	105.0195	4.081	12.132	44.883

หมายเหตุ: * หมายถึง การเตือนว่าค่าพยากรณ์ไม่อยู่ในควบคุม

4.2.2 อนุกรมเวลาขนาด 8 ปี

อนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 8 ปี อนุกรมเวลานี้จะมีค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\hat{\sigma}_e$) เท่ากับ 0.79 ซึ่งค่า Control Limits ของ TS_{1t} และ TS_{2t} คือ ± 1.57 ส่วน Control Limits ของ TS_{3t} มีค่าเท่ากับ ± 3.15 จากการพิจารณา Tracking Signal ทั้ง 3 ค่าเทียบกับ Control Limits พบว่า TS_{1t} และ TS_{2t} จะมีค่าอยู่นอก Control Limits เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2547 ส่วน TS_{3t} จะมีค่าอยู่นอก Control Limits เมื่อเดือนเมษายน 2547

ตารางที่ 27 แสดงการคำนวณค่าวัดความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 3 ค่า สำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 8 ปี

เดือน ปี	\hat{Y}_t	$e_t (TS_{1t})$	$SUM_t / \sqrt{t} (TS_{2t})$	$MTE_t (TS_{3t})$
มก. 2547	104.7072	0.593	0.593	-
กพ. 2547	104.7851	1.915*	1.773*	-
มีค. 2547	104.863	2.437	2.855	-
เมย. 2547	104.9409	3.959	4.452	9.673*
พค. 2547	105.0188	4.181	5.852	14.932
มิย. 2547	105.0967	3.903	6.935	20.094
กค. 2547	105.1746	3.825	7.867	25.106
สค. 2547	105.2526	4.047	8.789	29.443
กย. 2547	105.3305	3.970	9.610	33.201
ตค. 2547	105.4084	3.492	10.221	36.487
พย. 2547	105.4863	2.614	10.534	39.154
ธค. 2547	105.5642	3.536	11.106	41.471

หมายเหตุ: * หมายถึง การเตือนว่าค่าพยากรณ์ไม่อยู่ในควบคุม

4.3 ผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลาชุดที่ 3

4.3.1 อนุกรมเวลาขนาด 5 ปี

อนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 5 ปี มีค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\hat{\sigma}_e$) เท่ากับ 347.18 ซึ่งค่า Control Limits ของ TS_{1t} และ TS_{2t} คือ ± 694.35 ส่วน Control Limits ของ TS_{3t} มีค่าเท่ากับ ± 1388.71 จากการพิจารณา Tracking Signal ทั้ง 3 ค่าเทียบกับ Control Limits พบว่า TS_{1t} จะมีค่าอยู่นอก control limits เมื่อเดือนมีนาคม 2547 ส่วน TS_{2t} และ TS_{3t} จะมีค่าอยู่นอก control limits เมื่อเดือนเมษายน 2547

ตารางที่ 28 แสดงการคำนวณค่าวัดความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 3 ค่า สำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 5 ปี

เดือน ปี	\hat{Y}_t	e_t (TS _{1t})	SUM_t / \sqrt{t} (TS _{2t})	MTE _t (TS _{3t})
มค. 2547	17132.2	-300.5	-300.5	-
กพ. 2547	17601.4	70.9	162.352	-
มีค. 2547	18012.6	1313.2*	625.617	-
เมย. 2547	18276.8	975.3	1029.450*	1516.918*
พค. 2547	18217.0	156.5	990.757	2808.175
มิย. 2547	17882.2	249.1	1006.128	3651.952
กค. 2547	17989.4	-59.1	909.156	3935.491
สค. 2547	18017.6	508.6	1030.254	3936.295
กย. 2547	17930.8	298.9	1070.967	4016.505
ตค. 2547	18019.0	290.5	1107.872	4118.249
พย. 2547	17976.2	849.8	1312.539	4521.633
ธค. 2547	17906.4	-538.4	1101.238	4592.616

หมายเหตุ: * หมายถึง การเตือนว่าค่าพยากรณ์ไม่อยู่ในควบคุม

4.3.2 อนุกรมเวลาขนาด 8 ปี

อนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปี มีค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\hat{\sigma}_e$) เท่ากับ 369.56 ซึ่งค่า Control Limits ของ TS_{1t} และ TS_{2t} คือ ± 739.13 ส่วน Control Limits ของ TS_{3t} มีค่าเท่ากับ ± 1478.26 จากการพิจารณา Tracking Signal ทั้ง 3 ค่าเทียบกับ Control Limits พบว่า TS_{1t} TS_{2t} และ TS_{3t} มีค่าอยู่นอก Control Limits เมื่อเดือนมีนาคม 2547 เดือนเมษายน 2547 และเดือนพฤษภาคม 2547 ตามลำดับ

ตารางที่ 29 แสดงการคำนวณค่าวัดความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 3 ค่า สำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปี

เดือน ปี	\hat{Y}_t	$e_t (TS_{1t})$	$SUM_t / \sqrt{t} (TS_{2t})$	$MTE_t (TS_{3t})$
มค. 2547	17600	-738.3	-738.30	-
กพ. 2547	17700	-27.7	-562.86	-
มีค. 2547	17700	1625.8*	479.09	-
เมย. 2547	17800	1452.1	1140.95*	288.88
พค. 2547	17800	573.5	1276.97	2334.15*
มิย. 2547	17900	231.3	1260.14	4157.15
กค. 2547	17900	30.3	1178.12	4856.18
สค. 2547	17900	626.2	1323.42	5038.65
กย. 2547	18000	229.7	1324.30	5085.98
ตค. 2547	18000	309.7	1354.28	5180.11
พย. 2547	18100	726	1510.15	5512.15
ธค. 2547	18100	-732	1234.55	5423.27

หมายเหตุ: * หมายถึง การเตือนว่าค่าพยากรณ์ไม่อยู่ในควบคุม

4.4 ผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลาชุดที่ 4

4.4.1 อนุกรมเวลาขนาด 5 ปี

อนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 5 ปี มีค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\hat{\sigma}_e$) เท่ากับ 34.89 ซึ่งค่า Control Limits ของ TS_{1t} และ TS_{2t} คือ ± 69.78 ส่วน Control Limits ของ TS_{3t} มีค่าเท่ากับ ± 139.56 จากการพิจารณา Tracking Signal ทั้ง 3 ค่าเทียบกับ Control Limits พบว่า TS_{1t} และ TS_{2t} มีค่าอยู่นอก Control Limits เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2547 ส่วน TS_{3t} มีค่าอยู่นอก Control Limits เมื่อเดือนเมษายน 2547

ตารางที่ 30 แสดงการคำนวณค่าวัดความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 3 ค่า สำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 5 ปี

เดือน ปี	\hat{Y}_t	e_t (TS _{1t})	SUM_t / \sqrt{t} (TS _{2t})	MTE _t (TS _{3t})
มค. 2547	586.2613	45.309	45.309	-
กพ. 2547	588.1868	70.493*	81.884*	-
มีค. 2547	590.1123	103.208	126.445	-
เมย. 2547	592.0379	74.002	146.506	400.145*
พค. 2547	593.9634	132.697	190.383	545.219
มิย. 2547	595.8889	133.241	228.190	691.525
กค. 2547	597.8145	70.146	237.776	802.855
สค. 2547	599.74	26.05	231.629	887.978
กย. 2547	601.6655	24.815	226.654	924.249
ตค. 2547	603.591	17.209	220.465	916.523
พย. 2547	605.5166	53.783	226.421	905.168
ธค. 2547	607.4421	28.268	224.942	898.481

หมายเหตุ: * หมายถึง การเตือนว่าค่าพยากรณ์ไม่อยู่ในควบคุม

4.4.2 อนุกรมเวลาขนาด 8 ปี

อนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 8 ปี มีค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\hat{\sigma}_e$) เท่ากับ 37.38 ซึ่งค่า Control Limits ของ TS_{1t} และ TS_{2t} คือ ± 74.76 ส่วน Control Limits ของ TS_{3t} มีค่าเท่ากับ ± 149.52 จากการพิจารณา Tracking Signal ทั้ง 3 ค่าเทียบกับ Control Limits พบว่า TS_{1t} TS_{2t} และ TS_{3t} จะมีค่าอยู่นอก Control Limits เมื่อเดือนมีนาคม 2547 เดือนกุมภาพันธ์ 2547 และเดือนเมษายน 2547 ตามลำดับ

ตารางที่ 31 แสดงการคำนวณค่าวัดความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 3 ค่า สำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 8 ปี

เดือน ปี	\hat{Y}_t	e_t (TS _{1t})	SUM_t / \sqrt{t} (TS _{2t})	MTE_t (TS _{3t})
มก. 2547	584.4715	47.099	47.099	-
กพ. 2547	585.9631	72.717	84.723*	-
มีค. 2547	587.4547	105.865*	130.297	-
เมย. 2547	588.9463	77.094	151.388	413.506*
พค. 2547	590.438	136.222	196.325	562.733
มิย. 2547	591.9296	137.2	235.231	713.241
กค. 2547	593.4212	74.539	245.955	828.899
สค. 2547	594.9128	30.877	240.987	918.499
กย. 2547	596.4045	30.076	237.230	959.403
ตค. 2547	597.8961	22.904	232.299	956.470
พย. 2547	599.3877	59.912	239.552	950.067
ธค. 2547	600.8793	34.831	239.409	948.489

หมายเหตุ: * หมายถึง การเตือนว่าค่าพยากรณ์ไม่อยู่ในควบคุม

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผล

จากการวิจัยเพื่อศึกษาวิธีการแบ่งแยกส่วนประกอบ 5 วิธี ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีและไม่มี การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล สรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

การวิเคราะห์ลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลา

การวิเคราะห์ลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลาเบื้องต้น เป็นขั้นตอนที่จำเป็นมากในการวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยเป็นการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยการพล็อตกราฟ การตรวจสอบด้วยค่า Autocorrelation Coefficient และการทดสอบสมมติฐานจากการถดถอย วิธีการตรวจสอบอนุกรมเวลาที่ง่ายที่สุดคือ การพล็อตกราฟซึ่งทำให้สามารถคาดเดาลักษณะแนวโน้มของอนุกรมเวลาแต่ละชุด แต่การตรวจสอบโดยการพล็อตกราฟ อาจไม่เพียงพอ เพราะเป็นการประมาณ โดยอาศัยการสังเกตจากตัวผู้วิจัยเอง อีกทั้งการตรวจสอบด้วยค่า Autocorrelation Coefficient ก็ไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจนจึงต้องอาศัยการคำนวณทางสถิติ เพื่อเป็นการยืนยันว่าอนุกรมเวลาที่ตรวจสอบโดยการพล็อตกราฟ และตรวจสอบด้วยค่า Autocorrelation Coefficient จะมีลักษณะเช่นเดียวกันเมื่อทำการตรวจสอบด้วยการคำนวณทางสถิติ ในการวิจัยนี้เลือกใช้การวิเคราะห์การถดถอย เนื่องจากสามารถตรวจสอบได้ว่าอนุกรมเวลามีแนวโน้ม หรือมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล และผู้วิจัยใช้วิธีแยกส่วนประกอบ 5 วิธี ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวน 4 ชุดจึงต้องทราบว่าข้อมูลอนุกรมเวลามีส่วนประกอบใดบ้าง จากการวิเคราะห์อนุกรมเวลาเบื้องต้นดังกล่าว ทำให้ทราบว่าอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม 2 ชุด คือ อนุกรมเวลาชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ส่วนอนุกรมเวลาชุดที่ 3 และชุดที่ 4 มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอิทธิพลของแนวโน้มและฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อทำการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา ก็จะต้องกำหนดรูปแบบการรวมส่วนประกอบของอนุกรมเวลาด้วยว่าเป็นแบบบวกหรือแบบคูณ โดยพิจารณาจากค่า R^2 ซึ่งพบว่าอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 4 เป็นอนุกรมเวลารูปแบบบวก ส่วนอนุกรมเวลาชุดที่ 3 เป็นอนุกรมเวลารูปแบบคูณ

การวิเคราะห์ลักษณะแนวโน้มของข้อมูลอนุกรมเวลา

การวิเคราะห์ลักษณะแนวโน้มของข้อมูลอนุกรมเวลาแต่ละขนาด เป็นการพิจารณาหา รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของแนวโน้มที่เหมาะสม สำหรับอนุกรมเวลาขนาด 5 ปีและ 8 ปี เนื่องจาก ขนาดของอนุกรมเวลาที่ต่างกัน ส่งผลให้ลักษณะของแนวโน้มต่างกัน งานวิจัยนี้พิจารณาสร้าง สมการแนวโน้ม 3 รูปแบบ ได้แก่ แนวโน้มเส้นตรง แนวโน้มเส้นโค้งควอดราติก และแนวโน้ม เอ็กซ์โปเนนเชียล การทดสอบความเหมาะสมของรูปแบบแนวโน้มทั้ง 3 รูปแบบ พิจารณาเลือก รูปแบบที่เหมาะสมที่มีค่า MAPE น้อยที่สุด เพื่อใช้ในการสร้างรูปแบบสมการของการพยากรณ์เป็น ลำดับถัดไป สำหรับกรณีที่อนุกรมเวลามีการเคลื่อนไหวเนื่องมาจากอิทธิพลของแนวโน้มและ ฤดูกาล ต้องขจัดอิทธิพลเนื่องจากฤดูกาลออกจากอนุกรมเวลา ก่อนวิเคราะห์ลักษณะแนวโน้ม เพราะการที่มีอิทธิพลเนื่องจากฤดูกาลในข้อมูลอนุกรมเวลาที่จะนำมาวิเคราะห์ลักษณะของ แนวโน้ม จะส่งผลให้การวิเคราะห์ลักษณะของแนวโน้มมีความผิดพลาด

การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีการแบ่งแยกส่วนประกอบ 5 วิธี

การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีการแบ่งแยกส่วนประกอบทั้ง 5 วิธี กับอนุกรมเวลารายเดือน ที่มีและไม่มีอิทธิพลเนื่องจากฤดูกาล โดยแบ่งขนาดอนุกรมเวลาออกเป็น 2 ขนาด ได้แก่ อนุกรม เวลาขนาด 5 ปีและ 8 ปี มีรูปแบบสมการพยากรณ์ที่เหมาะสมดังนี้

ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี เมื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี พบว่าวิธีการ พยากรณ์ที่เหมาะสมซึ่งพิจารณาค่าวัดความคลาดเคลื่อน และตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบ คือวิธี Theta สมการพยากรณ์ $\hat{Y}_{n+h} = \left[\alpha X_n + (1-\alpha) \hat{X}_n + 0.003896805 \left(h-1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right]$; $Y'_t = \ln Y_t$ เมื่อ $h = 1, 2, 3, \dots$ และ $\alpha = 0.6225$ และค่าพยากรณ์ 12 เดือนล่วงหน้าในเดือนมกราคม 2547 ถึงเดือน ธันวาคม 2547 คือ 290.040, 291.173, 292.310, 293.451, 294.615, 295.747, 296.902, 298.061, 299.224, 300.393, 301.566, 302.743 ล้านบาท

ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 8 ปี เมื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี พบว่าวิธีการ พยากรณ์ที่เหมาะสมซึ่งพิจารณาค่าวัดความคลาดเคลื่อน และตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบ คือวิธี Theta สมการพยากรณ์คือ $\hat{Y}_{n+h} = \left[\alpha X_n + (1-\alpha) \hat{X}_n + 0.8981496 \left(h-1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right]$

เมื่อ $h = 1, 2, 3, \dots$ และ $\alpha = 0.74$ และค่าพยากรณ์ 12 เดือนล่วงหน้าในเดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนธันวาคม 2547 คือ 289.290, 290.188, 291.086, 291.984, 292.883, 293.781, 294.679, 295.577, 296.475, 297.373, 298.272, 299.169 ล้านบาท

ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 5 ปี เมื่อเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี พบว่าวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมซึ่งพิจารณาค่าวัดความคลาดเคลื่อน และตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบ

$$\text{คือ วิธี Theta ได้สมการพยากรณ์คือ } \hat{Y}_{n+h} = \left[\alpha X_n + (1-\alpha) \hat{X}_n - 0.03271603 \left(h-1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right]$$

เมื่อ $h = 1, 2, 3, \dots$ และ $\alpha = 0.95$ และค่าพยากรณ์ 12 เดือนล่วงหน้าในเดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนธันวาคม 2547 คือ 104.659, 104.692, 104.725, 104.758, 104.791, 104.823, 104.856, 104.889, 104.921, 104.954, 104.987, 105.019

ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 8 ปี เมื่อเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี พบว่าวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมซึ่งพิจารณาค่าวัดความคลาดเคลื่อน และตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบ

$$\text{คือ วิธี Theta ได้สมการพยากรณ์คือ } \hat{Y}_{n+h} = \left[\alpha X_n + (1-\alpha) \hat{X}_n + 0.0779083 \left(h-1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right]$$

เมื่อ $h = 1, 2, 3, \dots$ และ $\alpha = 0.95$ และค่าพยากรณ์ 12 เดือนล่วงหน้าในเดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนธันวาคม 2547 คือ 104.707, 104.785, 104.863, 104.941, 105.019, 105.097, 105.175, 105.253, 105.331, 105.408, 105.486, 105.564

ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 5 ปี เมื่อเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี พบว่าวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมซึ่งพิจารณาค่าวัดความคลาดเคลื่อน และตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบ

คือวิธีการวิเคราะห์การถดถอยได้สมการพยากรณ์คือ $\hat{Y}_t = 12348 + 77.2t + 75X_{1t} + 467X_{2t} + 801X_{3t} + 988X_{4t} + 851X_{5t} + 439X_{6t} + 469X_{7t} + 420X_{8t} + 256X_{9t} + 267X_{10t} + 147X_{11t}$ และค่าพยากรณ์ 12 เดือนล่วงหน้า ในเดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนธันวาคม 2547 คือ 17132.2, 17601.4, 18012.6, 18276.8, 18217.0, 17882.2, 17989.4, 18017.6, 17930.8, 18019.0, 17976.2, 17906.4 เมกะวัตต์

ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปี เมื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี พบว่าวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมซึ่งพิจารณาค่าวัดความคลาดเคลื่อน และตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบคือ วิธี Theta ได้สมการพยากรณ์คือ

$$\hat{Y}'_{n+h} = \left[\alpha X_n + (1-\alpha) \hat{X}_n - 1.310523 \times 10^{-7} \left(h-1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right] \times \hat{S}_t; Y'_t = \frac{1}{Y_t} \text{ เมื่อ } h = 1, 2, 3, \dots \text{ และ}$$
 $\alpha = 0.774$ \hat{S}_t เป็น 1.031, 0.999, 0.970, 0.961, 0.965, 0.990, 0.997, 1.009, 1.016, 1.005, 1.020, 1.036 และค่าพยากรณ์ 12 เดือนล่วงหน้า ในเดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนธันวาคม 2547 คือ 17600, 17700, 17700, 17800, 17800, 17900, 17900, 18000, 18000, 18100, 18100 เมกะวัตต์

ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 5 ปี เมื่อเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี พบว่าวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมซึ่งพิจารณาค่าวัดความคลาดเคลื่อน และตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบคือวิธี Theta ได้สมการพยากรณ์คือ
$$\hat{Y}_{n+h} = \left[\alpha X_n + (1-\alpha) \hat{X}_n + 1.925529 \left(h-1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right] + \hat{S}_t$$
 เมื่อ $h = 1, 2, 3, \dots$ และ $\alpha = 0.754$ โดย \hat{S}_t เป็น -3.804, 10.955, 110.540, 14.931, 81.064, 62.272, -17.987, -21.621, -33.120, -85.759, -17.037, -100.434 และค่าพยากรณ์ 12 เดือนล่วงหน้าในเดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนธันวาคม 2547 คือ 586.2613, 588.1868, 590.1123, 592.0379, 593.9634, 595.8889, 597.8145, 599.74, 601.6655, 603.591, 605.5166, 607.4421 (1000) หน่วย

ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 8 ปี เมื่อเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี พบว่าวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมซึ่งพิจารณาค่าวัดความคลาดเคลื่อน และตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบคือวิธี Theta ได้สมการพยากรณ์คือ
$$\hat{Y}_{n+h} = \left[\alpha X_n + (1-\alpha) \hat{X}_n + 1.491624 \left(h-1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right] + \hat{S}_t$$
 เมื่อ $h = 1, 2, 3, \dots$ และ $\alpha = 0.694$ \hat{S}_t เป็น 8.598, 15.585, 97.316, 16.740, 59.393, 52.893, 3.706, -17.357, -32.953, -71.145, -32.920, -87.855 และค่าพยากรณ์ 12 เดือนล่วงหน้า ในเดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนธันวาคม 2547 คือ 584.4715, 585.9631, 587.4547, 588.9463, 590.438, 591.9296, 593.4212, 594.9128, 596.4045, 597.8961, 599.3877, 600.8793 (1000) หน่วย

จากการวิเคราะห์รูปแบบสมการพยากรณ์ที่เหมาะสมดังกล่าวพบว่า วิธี Theta เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาเกือบทุกชุด เนื่องจากเป็นวิธีที่มีการหาอิทธิพลของแนวโน้มจากการรวมกันของสมการที่แสดงลักษณะระยะสั้น (short term) และสมการที่แสดงลักษณะระยะยาว (long term) ของข้อมูลอนุกรมเวลา ในขณะที่วิธีการแยกส่วนประกอบวิธีอื่นจะหาอิทธิพลของแนวโน้มจากรูปแบบสมการแนวโน้มเพียงรูปแบบเดียว และวิธีการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีอิทธิพลเนื่องจากฤดูกาล 3 วิธี ได้แก่ วิธีสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีสัดส่วนกับแนวโน้ม และวิธี Census II สำหรับวิธี Theta วิธีการวิเคราะห์การถดถอย เป็นวิธีการ

พยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีอิทธิพลเนื่องจากแนวโน้มเพียงอิทธิพลเดียว และเหมาะสมกับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีอิทธิพลเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาล เมื่อพิจารณาถึงค่าผิดพลาด พบว่าวิธี Census II เป็นวิธีการพยากรณ์แบบแยกส่วนประกอบที่มีการกำจัดค่าผิดพลาดเพียงวิธีเดียว

การตรวจสอบค่าพยากรณ์

การตรวจสอบค่าพยากรณ์ เป็นการพิจารณาว่าการพยากรณ์ด้วยวิธีแยกส่วนประกอบทั้ง 5 วิธีที่ได้ทำการกล่าวถึงแล้วนั้น เหมาะสมกับการพยากรณ์ในช่วงเวลาใด สำหรับช่วงเวลาการพยากรณ์ในอนาคตแบ่งออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่ ระยะใกล้ (น้อยกว่า 1 เดือน) ระยะสั้น (1-3 เดือน) ระยะกลาง (3-24 เดือน) และระยะยาว (มากกว่า 24 เดือน) การตรวจสอบค่าพยากรณ์จะพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ งานวิจัยนี้ใช้ค่า Tracking Signals 3 ค่า ได้แก่ e_t , SUM_t / \sqrt{t} และ MTE_t จากการวิเคราะห์ได้ข้อสรุปดังนี้

ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ซึ่งพยากรณ์ด้วยวิธี Theta จะมีช่วงเวลาของการพยากรณ์ที่เหมาะสมเมื่อพยากรณ์ล่วงหน้า 5 ค่า

ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ซึ่งพยากรณ์ด้วยวิธี Theta จะมีช่วงเวลาของการพยากรณ์ที่เหมาะสมเมื่อพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ค่า

ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 5 ปี ซึ่งพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย จะมีช่วงเวลาของการพยากรณ์ที่เหมาะสมเมื่อพยากรณ์ล่วงหน้า 2 ค่า และข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปี ซึ่งพยากรณ์ด้วยวิธี Theta จะมีช่วงเวลาของการพยากรณ์ที่เหมาะสมเมื่อพยากรณ์ล่วงหน้า 2 ค่า

ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ซึ่งพยากรณ์ด้วยวิธี Theta จะมีช่วงเวลาของการพยากรณ์ที่เหมาะสมเมื่อพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ค่า

จากข้อสรุปการตรวจสอบค่าพยากรณ์เบื้องต้นพบว่า วิธีแยกส่วนประกอบทั้ง 5 วิธี เหมาะสมในการพยากรณ์ 2 ระยะ ได้แก่ ระยะใกล้ (น้อยกว่า 1 เดือน) และระยะสั้น (1-3 เดือน)

ข้อเสนอแนะ

สำหรับผู้ใช้งานวิจัยไปใช้

1. ควรมีการตรวจสอบลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลา และรูปแบบการรวมกันของข้อมูล ก่อนดำเนินการวิเคราะห์ เพื่อความถูกต้องของการพยากรณ์
2. ผู้ที่สนใจจะนำวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลอนุกรมเวลาอื่นนั้น ควรนำไปใช้กับข้อมูลที่มีการเก็บรวบรวมไว้อย่างสม่ำเสมอ เช่น ข้อมูลรายวัน รายไตรมาส รายเดือน เป็นต้น
3. ระยะเวลาของการพยากรณ์โดยวิธีแยกส่วนประกอบ เหมาะที่จะใช้พยากรณ์ระยะใกล้ (น้อยกว่า 1 เดือน) และระยะสั้น (1-3 เดือน) เท่านั้น ดังนั้นถ้าผู้สนใจต้องการพยากรณ์ล่วงหน้า นอกเหนือไปจากนี้ แนะนำให้พยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential trend models) เป็นต้น

สำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

ควรศึกษาวิธีการพยากรณ์โดยวิธีการแยกส่วนประกอบที่ต่างจากงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

1. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการพยากรณ์เพิ่มเติม เช่น ข้อจำกัดของแต่ละวิธีการพยากรณ์ โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล
2. ศึกษาศึกษาลักษณะรูปแบบของอนุกรมเวลาที่ต่างจากงานวิจัยครั้งนี้ เช่น อนุกรมเวลาที่มีอิทธิพลของแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลและมีอิทธิพลของฤดูกาล เป็นต้น
3. ข้อมูลอนุกรมเวลาที่นำมาศึกษาควรครอบคลุมงานหลายด้านทั้งหน่วยงานของรัฐ และของเอกชน ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ใช้ข้อมูลของรัฐด้านเศรษฐกิจ และพลังงาน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กานต์พิชชา แต่งอ่อน. 2538. การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการแยกส่วนประกอบ 3 วิธี เพื่อการพยากรณ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กระทรวงพลังงาน. รายงานประจำปี 2539-2547.
- ทรงศิริ แต่สมบัติ. 2525. การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา. เอกสารประกอบการสอนวิชาสถิติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ทรงศิริ แต่สมบัติ. 2539. เทคนิคการพยากรณ์เชิงปริมาณ. ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ.
- ธนาคารแห่งประเทศไทย กระทรวงการคลัง. 2548. ดัชนีราคาผู้บริโภคประเภทอาหารและเครื่องดื่ม. ภาคเศรษฐกิจจริง. แหล่งที่มา: <http://www.bot.or.th/bothomepage/databank/EconData/EconFinance/Download/Tab77.xls>, 15 กุมภาพันธ์ 2548.
- ธนาคารแห่งประเทศไทย กระทรวงการคลัง. 2548. ผลผลิตภาคอุตสาหกรรมประเภทคอมพิวเตอร์. ภาคเศรษฐกิจจริง. แหล่งที่มา: <http://www.bot.or.th/bothomepage/databank/EconData/EconFinance/Download/Tab66.xls>, 15 กุมภาพันธ์ 2548.
- นนุช ดีแท้. 2534. การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบเทคนิคการพยากรณ์ ราคาข้าว มันสำปะหลัง และถั่วเขียวที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นงลักษณ์ กสิบบัว. 2544. การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการพยากรณ์ร่วม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พรภพ แสงทอง. 2543. ปัจจัยที่มีผลต่อความถูกต้องของการพยากรณ์เชิงปริมาณ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศศิกร จันทชุม. 2535. **รูปแบบสำหรับการพยากรณ์มูลค่าสินค้าส่งออกที่สำคัญ 10 ประเภท.**

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2547. **มูลค่าส่งออกและนำเข้าสินค้า**

ทั้งหมดเป็นรายเดือน. สถิติการนำเข้าและส่งออก. แหล่งที่มา:

<http://www.oae.go.th/statistic/export/1301Vul-W.xls>, 15 กุมภาพันธ์ 2548.

Assimakopoulos, V. and Nikolopoulos, K. 2000. **The theta method: a Decomposition**

Approach to Forecasting. International Journal of Forecasting 16: 521-530.

Hyndman, R.J. and Billah, B. 2003. **Unmasking the Theta method.** International Journal of

Forecasting 19: 287-290.

John, E.H., Arthur, G.R. and Dean, W.W. 2001. **Business Forecasting. 7th ed.,** Prentice – Hall,

Inc., New Jersey.

Lewis, C.D. 1982. **Scientific Inventory Control. 2nd ed.,** London: Butterworths.

Makridakis, S., Wheelwright, S.C. and Hyndman, R.J. 1998. **Forecasting Methods and**

Applications. 3rd ed., John Wiley&Sons, Inc., NewYork.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 มูลค่าส่งออกสินค้าทั้งหมดเป็นรายเดือน

(หน่วย: พันล้านบาท)

เดือน	2539	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547
มค.	113.46	118.9	219.13	148.15	202.83	222.47	212.05	262.11	280.19
กพ.	118.11	112.14	220.86	155.13	200.67	226.02	213.84	258.22	285.28
มีค.	123.34	129.77	207.17	177.91	218.51	256.63	247.16	283.20	309.26
เมย.	107.32	113.07	169.46	169.80	197.72	214.64	212.39	254.88	286.11
พค.	126.57	127.65	166.76	172.49	200.09	260.43	255.94	287.17	318.44
มิย.	111.46	122.53	191.53	176.97	217.12	252.17	248.94	275.84	343.78
กค.	113.83	143.96	192.49	185.81	238.91	240.58	234.53	268.63	333.65
สค.	120.77	156.23	178.30	186.52	251.24	261.84	252.32	269.93	336.97
กย.	115.07	180.95	190.39	200.76	247.29	245.60	264.78	293.94	357.74
ตค.	118.78	193.1	178.68	222.87	264.98	239.40	272.05	297.73	370.68
พย.	124.16	190.81	166.45	212.84	269.18	242.34	270.21	286.54	362.59
ธค.	119.26	217.6	167.54	205.91	259.52	222.62	239.74	287.83	337.71

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร โดยความร่วมมือของ กรมศุลกากร

ตารางผนวกที่ 2 ดัชนีราคาผู้บริโภคประเภทอาหารและเครื่องดื่ม

เดือน	2539	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547
มค.	83.50	88.30	96.90	101.40	99.40	99.10	99.50	101.80	105.3
กพ.	84.30	89.20	98.40	101.70	99.80	99.20	99.50	101.20	106.7
มีค.	84.70	89.60	100.00	100.90	99.50	99.30	99.50	101.40	107.3
เมย.	85.20	90.00	100.80	100.50	99.00	100.00	99.70	102.50	108.9
พค.	85.30	89.80	101.60	100.20	98.80	100.10	99.50	104.30	109.2
มิย.	85.20	90.00	102.20	100.20	98.40	99.50	99.80	104.50	109
กค.	85.60	91.40	102.20	99.80	98.40	100.20	99.80	104.10	109
สค.	87.60	95.90	102.90	99.80	99.50	100.30	99.80	104.50	109.3
กย.	87.70	95.80	102.70	99.50	99.80	99.80	100.40	104.70	109.3
ตค.	88.60	95.60	101.90	99.20	98.60	99.60	101.10	105.20	108.9
พย.	88.60	95.60	101.10	99.50	98.70	99.90	100.50	105.10	108.1
ธค.	88.40	95.30	101.00	99.20	98.50	99.20	100.60	104.60	109.1

ที่มา: ธนาคารแห่งประเทศไทย

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณการผลิตไฟฟ้า กรณีปริมาณพลังงานไฟฟ้าสูงสุด

(หน่วย: เมกะวัตต์)

เดือน	2539	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547
มค.	10939.2	12677.6	12732.1	12674.4	13620.7	14211.8	15477.9	15777.5	16831.7
กพ.	11159.2	13305.6	13402.9	12897.8	14105.2	14600.8	15783.1	16723.5	17672.3
มีค.	11693.9	14043.5	13927.3	13712.4	14667.2	15012.9	15554.2	17222.2	19325.8
เมย.	12210.8	14043.4	14179.9	13547.3	14918.3	16126.4	15069.2	17826.4	19252.1
พค.	12267.9	14506.3	13981.4	13192.8	14676.7	15187.8	16011.9	18121.4	18373.5
มิย.	11851.7	14234.5	13484.1	13269.8	14255.1	14992.3	15630.5	17368.6	18131.3
กค.	11781.5	13709.1	13593.2	13352.7	14139.9	15045.1	16240.7	17271.8	17930.3
สค.	11761.8	13409.8	12994.0	13500.3	14375.5	15096.7	16011.9	17205.2	18526.2
กย.	11882.6	13226.1	12849.3	13507.0	14252.0	15247.3	15935.6	16816.2	18229.7
ตค.	13153.7	13126.9	12795.1	13678.0	14139.3	15401.7	15992.3	16988.9	18309.5
พย.	13129.3	12917.3	12673.8	13390.4	14133.9	15018.4	16074.2	17369.4	18826
ธค.	12356.6	12879.6	12604.9	12510.8	14124.6	16088.2	15929.7	16982.8	17368

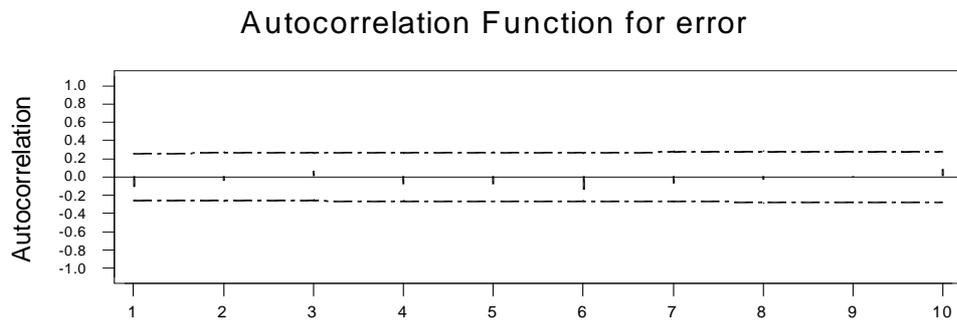
ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ตารางผนวกที่ 4 ผลผลิตภาคอุตสาหกรรมประเภทคอมพิวเตอร์

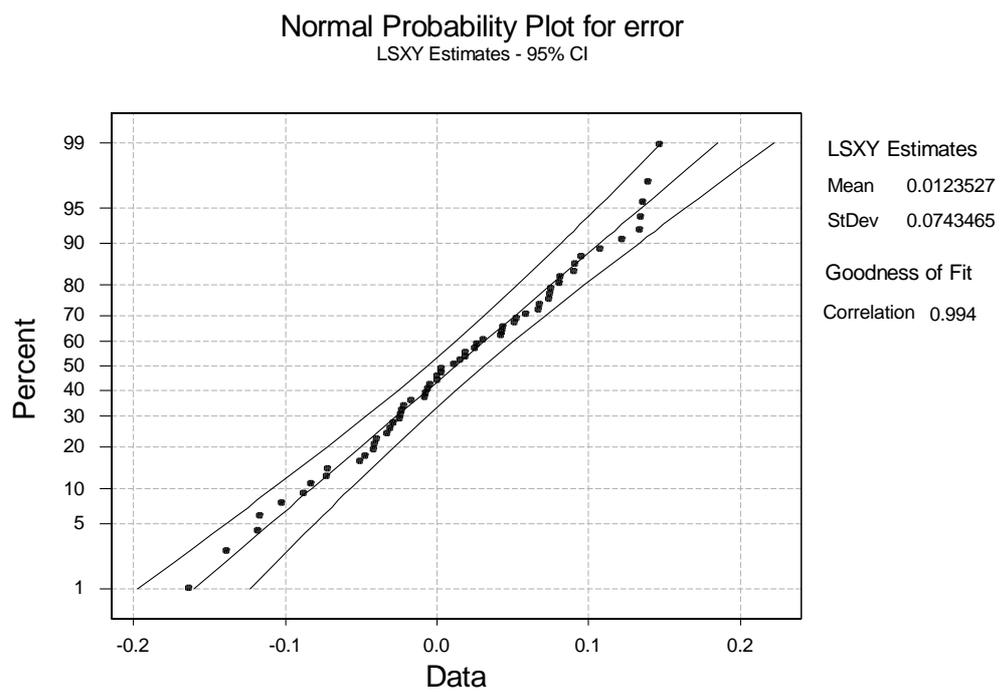
(หน่วย: พันหน่วย)

เดือน	2539	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547
มค.	409.80	425.76	266.72	415.15	458.28	494.54	523.92	556.82	631.575
กพ.	419.25	372.71	295.50	420.89	498.92	538.43	474.12	599.23	658.686
มีค.	459.39	431.61	374.54	491.50	577.57	639.42	594.89	714.85	693.326
เมย.	419.52	377.43	322.26	372.43	456.95	513.59	569.92	622.58	666.041
พค.	473.81	423.18	304.91	403.03	552.51	650.28	634.82	633.06	726.668
มิย.	427.58	427.84	314.26	421.76	530.95	610.36	626.50	607.03	729.138
กค.	450.39	420.32	269.54	320.95	443.52	538.99	569.02	549.15	667.967
สค.	458.63	306.52	231.56	299.27	456.67	571.65	543.69	505.74	625.791
กย.	342.98	344.22	239.65	319.32	431.50	510.20	581.00	537.27	626.481
ตค.	342.47	292.55	214.60	314.98	357.52	465.06	513.64	546.91	620.800
พย.	333.67	248.98	274.58	429.21	500.44	464.39	552.05	511.76	659.309
ธค.	293.52	207.63	273.43	352.61	402.34	390.40	484.46	494.26	635.719

ที่มา: ธนาคารแห่งประเทศไทย

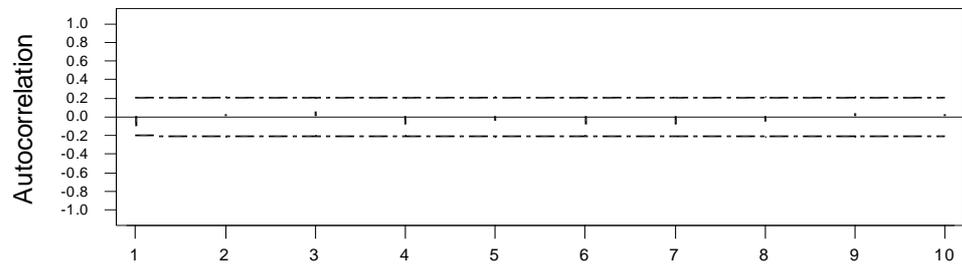


ภาพผนวกที่ 1 แสดงการวิเคราะห์หาค่าความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ที่ของอนุกรม เวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี



ภาพผนวกที่ 2 แสดงการวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 5 ปี

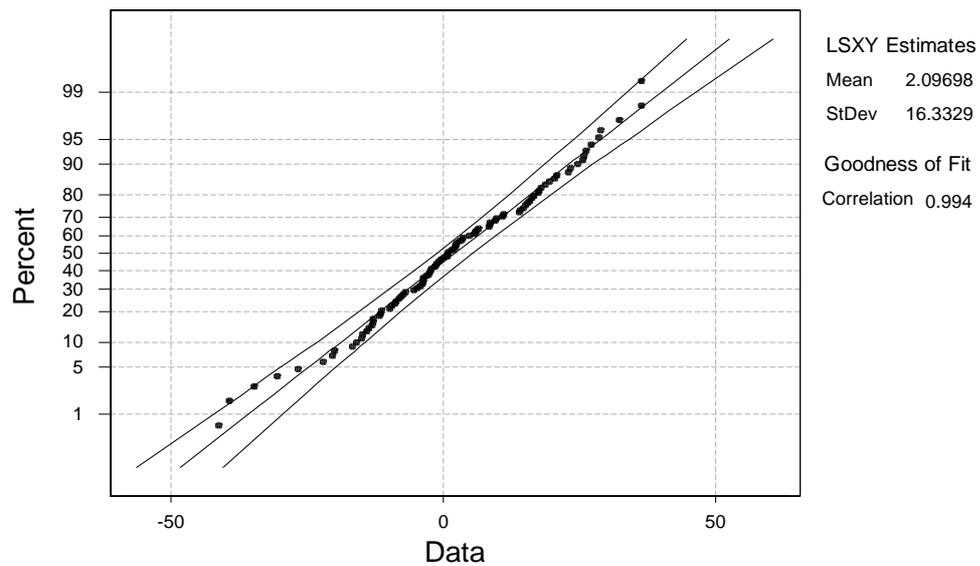
Autocorrelation Function for error



ภาพผนวกที่ 3 แสดงการวิเคราะห์ความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 8 ปี

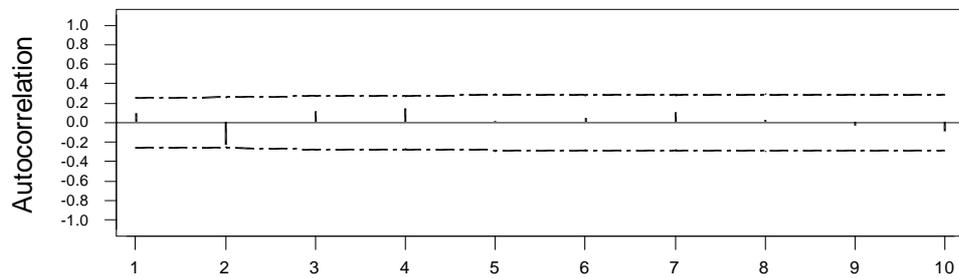
Normal Probability Plot for error

LSXY Estimates - 95% CI



ภาพผนวกที่ 4 แสดงการวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาด 8 ปี

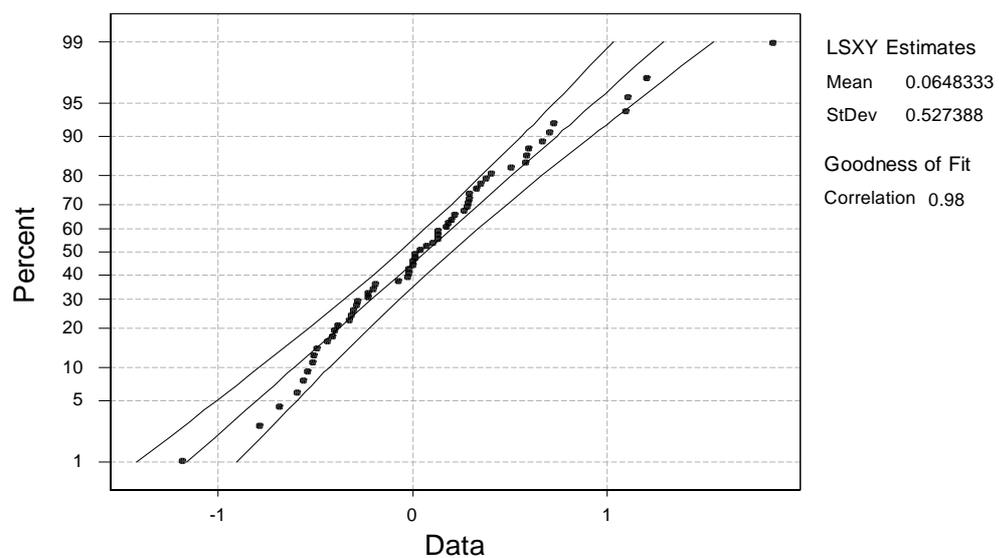
Autocorrelation Function for error



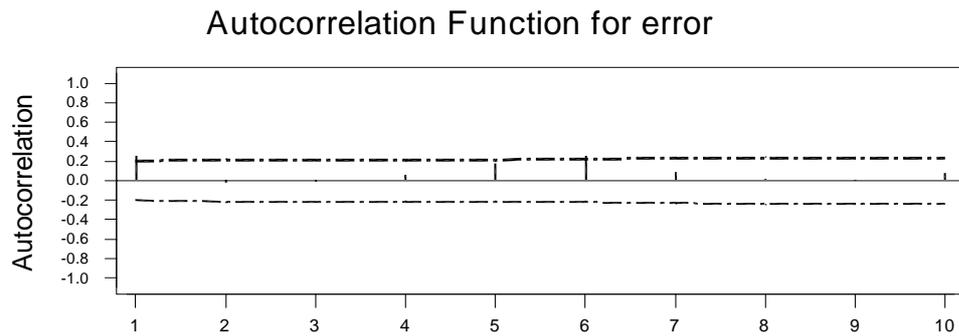
ภาพผนวกที่ 5 แสดงการวิเคราะห์ความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 5 ปี

Normal Probability Plot for error

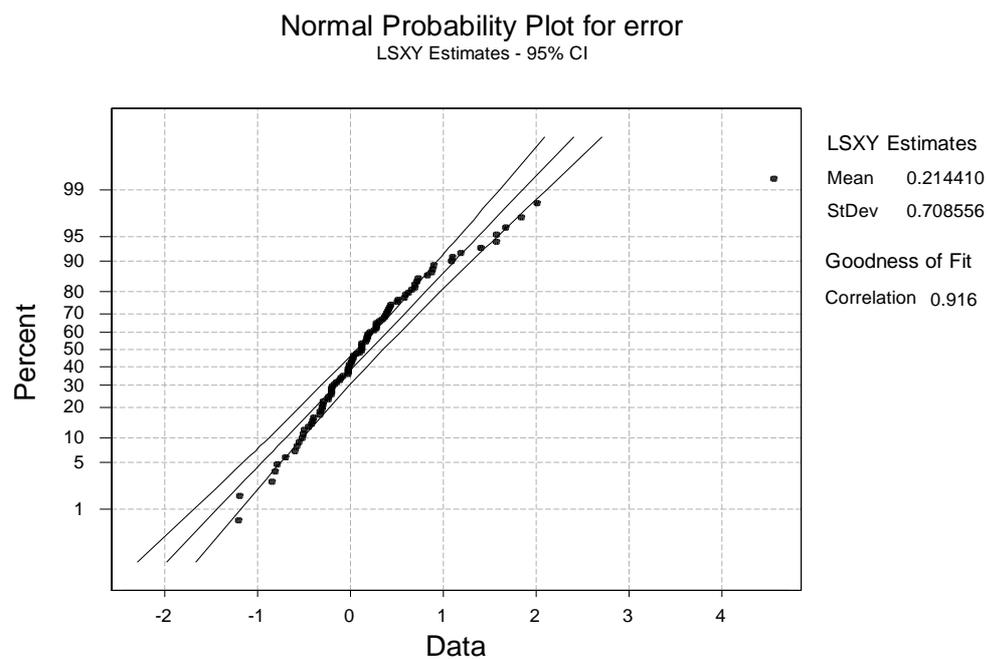
LSXY Estimates - 95% CI



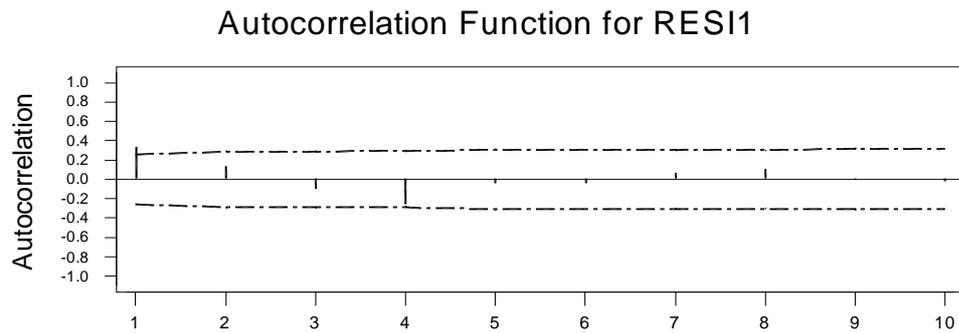
ภาพผนวกที่ 6 แสดงการวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 5 ปี



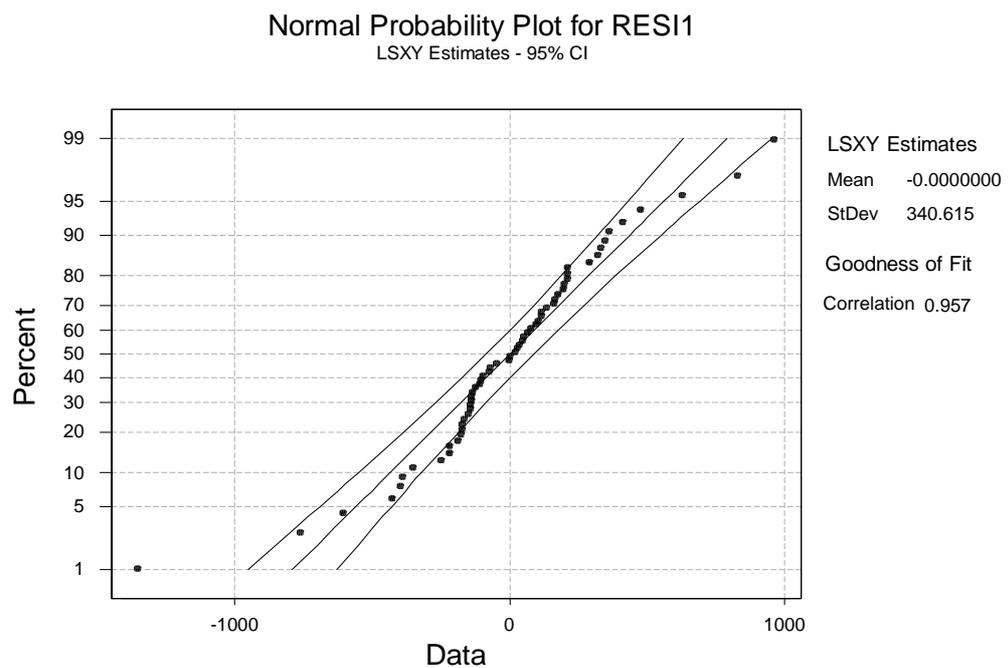
ภาพผนวกที่ 7 แสดงการวิเคราะห์ความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 8 ปี



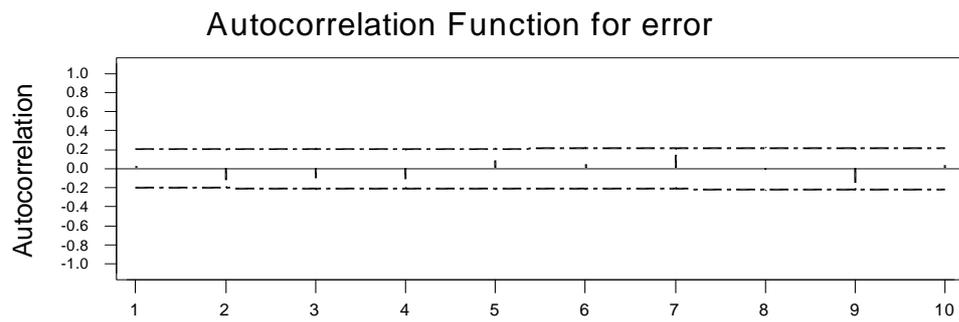
ภาพผนวกที่ 8 แสดงการวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 2 ขนาด 8 ปี



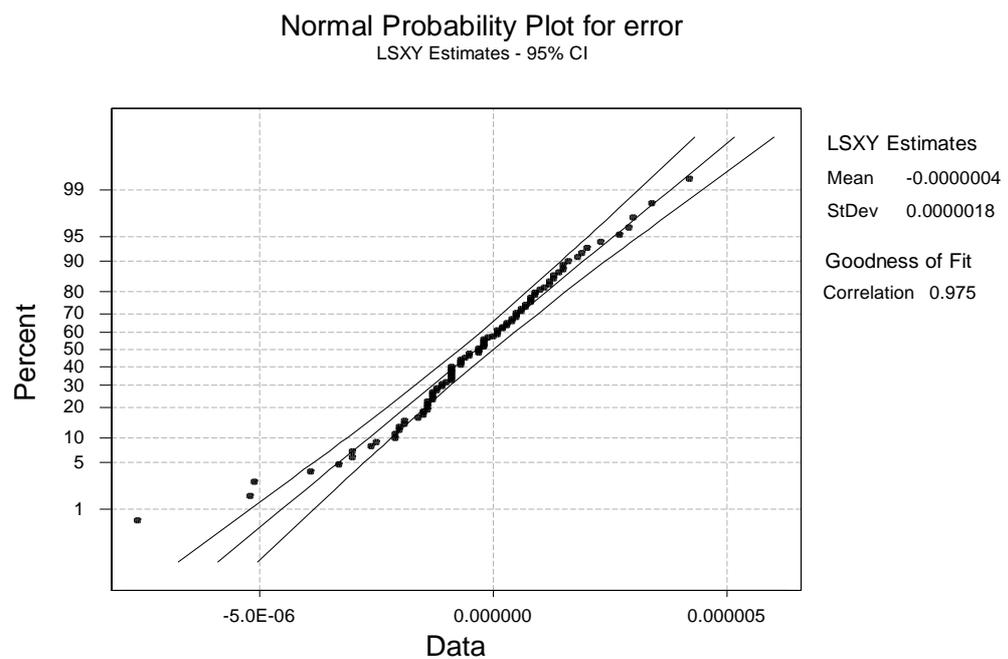
ภาพผนวกที่ 9 แสดงการวิเคราะห์ความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 5 ปี



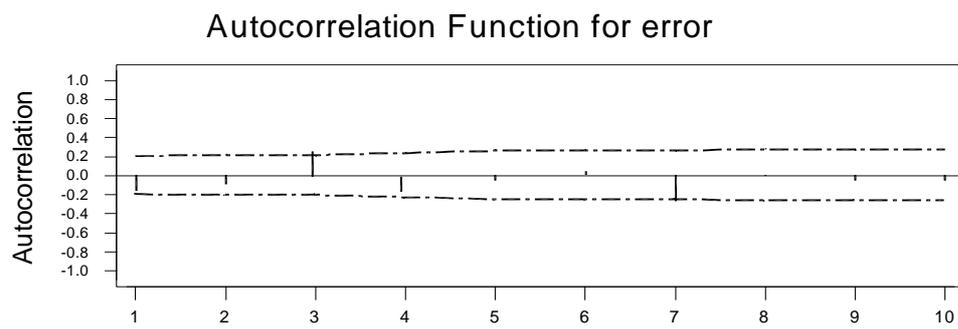
ภาพผนวกที่ 10 แสดงการวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 5 ปี



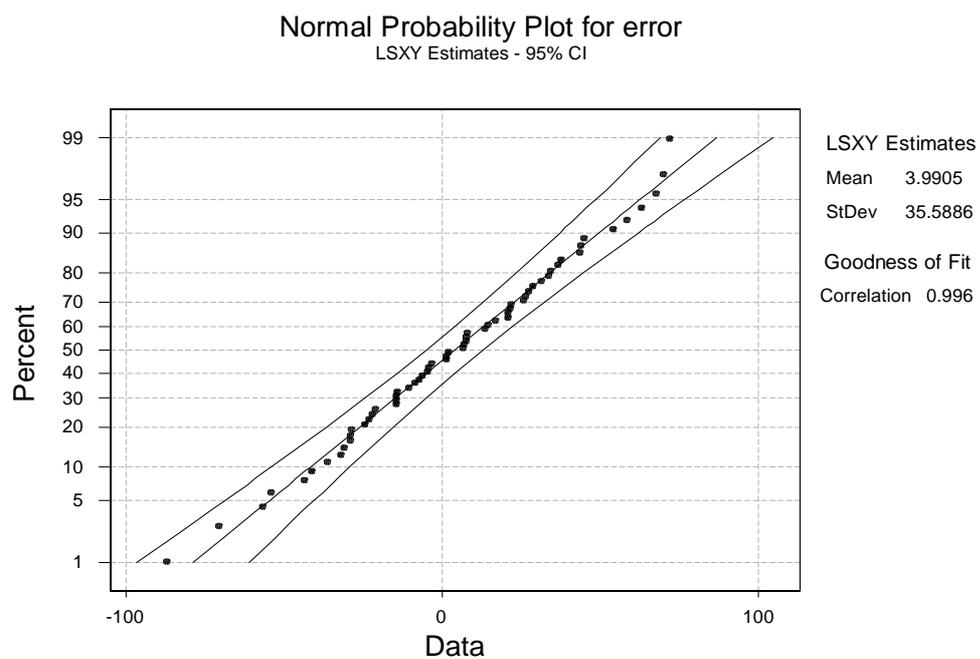
ภาพผนวกที่ 11 แสดงการวิเคราะห์ความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปี



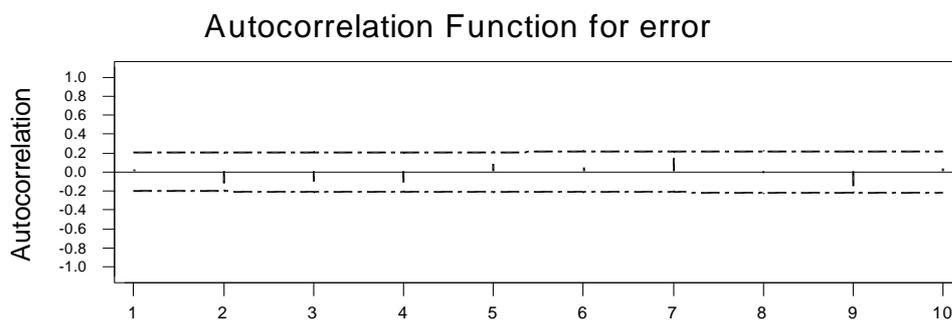
ภาพผนวกที่ 12 แสดงการวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 3 ขนาด 8 ปี



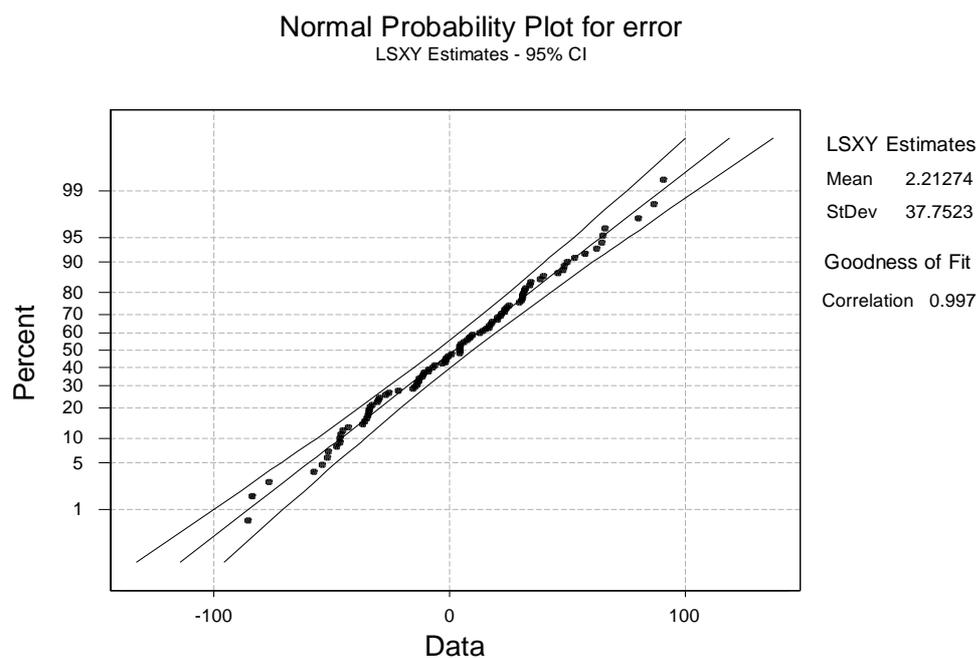
ภาพผนวกที่ 13 แสดงการวิเคราะห์ความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 5 ปี



ภาพผนวกที่ 14 แสดงการวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 5 ปี



ภาพผนวกที่ 15 แสดงการวิเคราะห์ความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 8 ปี



ภาพผนวกที่ 16 แสดงการวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Theta ของอนุกรมเวลาชุดที่ 4 ขนาด 8 ปี

ภาพผนวกที่ 17 ผลการวิเคราะห์การตรวจสอบแนวโน้มและฤดูกาลของอนุกรมเวลาชุดที่ 1

Regression Analysis: export versus t, x1, ...

The regression equation is

$$\text{export} = 113 + 1.92 t - 9.8 x1 - 10.5 x2 + 5.7 x3 - 21.5 x4 - 2.3 x5 - 1.5 x6 - 2.1 x7 + 2.8 x8 + 10.1 x9 + 15.0 x10 + 9.4 x11$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	113.227	8.442	13.41	0.000
t	1.92349	0.06865	28.02	0.000
x1	-9.78	10.45	-0.94	0.352
x2	-10.48	10.44	-1.00	0.318
x3	5.67	10.44	0.54	0.588
x4	-21.54	10.44	-2.06	0.042
x5	-2.33	10.43	-0.22	0.823
x6	-1.50	10.43	-0.14	0.886
x7	-2.09	10.43	-0.20	0.842
x8	2.85	10.42	0.27	0.785
x9	10.08	10.42	0.97	0.336
x10	15.02	10.42	1.44	0.153
x11	9.41	10.42	0.90	0.369

S = 22.11 R-Sq = 89.8% R-Sq(adj) = 88.5%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	12	407671	33973	69.52	0.000
Residual Error	95	46422	489		
Total	107	454092			

Regression Analysis: export versus t

The regression equation is

$$\text{export} = 112 + 1.95 t$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	111.609	4.478	24.93	0.000
t	1.94600	0.07132	27.29	0.000

S = 23.11 R-Sq = 87.5% R-Sq(adj) = 87.4%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	397503	397503	744.58	0.000
Residual Error	106	56589	534		
Total	107	454092			

การตรวจสอบแนวโน้มของตัวแบบรูปแบบบวก

ตัวแบบบวก $Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 x_{1t} + \dots + \beta_{12} x_{11t} + \varepsilon_t$

สมมติฐาน $H_0 : \beta_1 = 0$

$H_1 : \beta_1 \neq 0$

สถิติทดสอบ Partial t test

ค่าวิกฤต $CR : |t| \geq t_{\alpha/2, (n-13)}$

ค่า Partial t test มีค่าเท่ากับ 28.02 ซึ่งมีค่ามากกว่า $t_{0.025, 95} = 1.98$ จึงปฏิเสธ $H_0 : \beta_1 = 0$ และสรุปว่าข้อมูลอนุกรมเวลานี้มีแนวโน้ม

การตรวจสอบฤดูกาลของตัวแบบรูปแบบบวก

สมมติฐาน $H_0 : \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_{12} = 0$ หรือไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล

$H_1 : \beta_i$ อย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ 0 หรือมีอิทธิพลของฤดูกาล

สถิติทดสอบ Partial F test

ค่าวิกฤต $CR : F \geq F_{\alpha, (11, n-13)}$

ค่า Partial t test มีค่าเท่ากับ 1.89 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า $F_{0.05, (11, 95)} = 1.8975$ จึงยอมรับ $H_0 : \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_{12} = 0$ นั่นคือข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล

Regression Analysis: ln(export) versus t, x1, ...

The regression equation is

$$\ln(\text{export}) = 4.83 + 0.00941 t - 0.0482 x_1 - 0.0518 x_2 + 0.0268 x_3 - 0.109 x_4 \\ - 0.0180 x_5 - 0.0214 x_6 - 0.0121 x_7 + 0.0109 x_8 + 0.0405 x_9 \\ + 0.0596 x_{10} + 0.0364 x_{11}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	4.82894	0.04562	105.86	0.000
t	0.0094084	0.0003710	25.36	0.000
x1	-0.04820	0.05646	-0.85	0.395
x2	-0.05181	0.05643	-0.92	0.361
x3	0.02682	0.05641	0.48	0.636
x4	-0.10902	0.05639	-1.93	0.056
x5	-0.01797	0.05637	-0.32	0.751
x6	-0.02137	0.05635	-0.38	0.705
x7	-0.01206	0.05634	-0.21	0.831
x8	0.01088	0.05633	0.19	0.847
x9	0.04048	0.05632	0.72	0.474
x10	0.05959	0.05631	1.06	0.293
x11	0.03642	0.05631	0.65	0.519

S = 0.1195 R-Sq = 87.8% R-Sq(adj) = 86.2%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	12	9.71541	0.80962	56.74	0.000
Residual Error	95	1.35549	0.01427		
Total	107	11.07091			

Regression Analysis: ln(export) versus t

The regression equation is

$$\ln(\text{export}) = 4.82 + 0.00951 t$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	4.81616	0.02363	203.86	0.000
t	0.0095112	0.0003763	25.28	0.000

S = 0.1219 R-Sq = 85.8% R-Sq(adj) = 85.6%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	9.4956	9.4956	638.93	0.000
Residual Error	106	1.5753	0.0149		
Total	107	11.0709			

การตรวจสอบแนวโน้มของตัวแปรรูปแบบคูณ

ตัวแบบคูณ $\ln(Y_t) = \ln(\beta_0) + \ln(\beta_1)t + \ln(\beta_2)X_{1t} + \dots + \ln(\beta_{12})X_{11t} + \ln(\varepsilon_t)$

สมมติฐาน $H_0 : \beta_1 = 0$

$H_1 : \beta_1 \neq 0$

สถิติทดสอบ Partial t test

ค่าวิกฤต $CR : |t| \geq t_{\alpha/2, (n-13)}$

ค่า Partial t test มีค่าเท่ากับ 25.36 ซึ่งมีค่ามากกว่า $t_{0.025, 95} = 1.98$ จึงปฏิเสธ $H_0 : \beta_1 = 0$ และสรุปว่าข้อมูลอนุกรมเวลานี้มีแนวโน้ม

การตรวจสอบฤดูกาลของตัวแปรรูปแบบบวก

สมมติฐาน $H_0 : \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_{12} = 0$ หรือไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล

$H_1 : \beta_i$ อย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ 0 หรือมีอิทธิพลของฤดูกาล

สถิติทดสอบ Partial F test

ค่าวิกฤต $CR : F \geq F_{\alpha, (11, n-13)}$

ค่า Partial t test มีค่าเท่ากับ 1.40 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า $F_{0.05, (11, 95)} = 1.8975$ จึงยอมรับ $H_0 : \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_{12} = 0$ นั่นคือข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวสุจารี คำศรี
วัน เดือน ปีที่เกิด	18 กันยายน 2523
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดสตูล
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (สถิติ) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (พ.ศ. 2546)