

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพำนักปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์



นายฉัตรชัย ไรจนฤกษ์มีไชย
นางสาวศิริพร เฟื่องหลอม
นางสาวอัมพวัน สัจฉนารัตน์

๔๓๖.

๘๒๘๒๗

๒๕๓๖

612524700

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาสถิติประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา ๒๕๓๖

**The forecasting technic for the prediction of water
level in the reservior above Bhumiphol and Sirikit Dam**

Mr.Chatchai Rojaneritpichet

Miss Siriporn Pengboonson

Miss Ampawan Sujintanarat

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the

Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Statistics

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1993

หัวข้อวิทยานิพนธ์พิเศษ การพยากรณ์ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์
 โดย นายฉัตรชัย โรจนฤทธิณี เชษฐ์
 นางสาวศิริพร เฟื่องบุญสม
 นางสาวอัมพวัน สัจจินตนาวัฒน์
 ภาควิชา สถิติประยุกต์
 อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์พรชัย หลายนพล

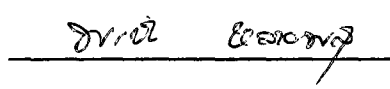
ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
 ลาดกระบัง อนุมัติให้รับโครงการพิเศษฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
 วิทยาศาสตร์บัณฑิต



(ผศ. วีรศักดิ์ สุรนพันธ์)

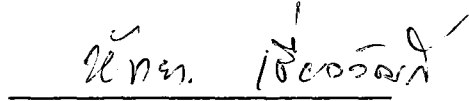
หัวหน้าภาควิชา

คณะกรรมการโครงการพิเศษ



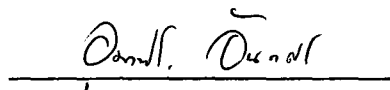
(อาจารย์พรชัย หลายนพล)

ประธานกรรมการ



(ผศ. พัทธยา เชื้อววัฒน์)

กรรมการ



(ผศ. อุมพร จันทกร)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การพยากรณ์ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์	
โดย	นายฉัตรชัย	โรจนฤทธิณีเชษฐ์
	นางสาวศิริพร	เพ็งบุญสม
	นางสาวอัมวัน	สุจินตนารัตน์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์พรชัย	หลายผล
ภาควิชา	สถิติประยุกต์	
ปีการศึกษา	2536	

บทคัดย่อ

ประเทศไทยในปัจจุบัน ปัญหาการขาดแคลนน้ำกำลังเป็นปัญหาสำคัญและส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคมของประเทศอย่างมากมาหลายทศวรรษ การศึกษาและวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณน้ำใน เขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ ซึ่งเป็นตัวจักรสำคัญในการควบคุมน้ำของลุ่มน้ำเจ้าพระยา จะเป็นประโยชน์ในการวางแผนการผลิตกระแสไฟฟ้าการควบคุมดูแล และวางแผนจัดสรรน้ำให้กับประชาชนให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำที่คาดว่าจะมีใช้ในอนาคต เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าและน้ำที่จะเกิดขึ้น

การพยากรณ์ปริมาณน้ำใน เขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ อันได้แก่ ปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าและปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำ ล้วนเป็นข้อมูลที่มีความผันแปรตามฤดูกาลทั้งสิ้น จะวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีการปรับแนวโน้มและฤดูกาลของวินเตอร์ และเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์และเจนกินส์

ผลการวิเคราะห์สรุปได้ว่า ปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าและปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำ ทั้งของเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ วิสัยพยากรณ์ที่เหมาะสม คือ เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์และเจนกินส์

and Seasonal Exponential Smoothing and the Box-Jenkins method be applied.

It is likely to conclude from the result of the study that the Box-Jenkins method indicates a more precise outcome and should be adopted for this purpose.

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์พรชัย หลายนล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งกรุณาให้ความช่วยเหลือ สละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำและคำปรึกษาต่าง ๆ ตลอดจน หนังสืออ้างอิงต่าง ๆ มากมาย จนกระทั่งวิทยานิพนธ์นี้ลุล่วงไปได้ดี และขอกราบขอบคุณ อาจารย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทวิชา ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่าง ๆ มาโดยตลอด

ขอขอบคุณ คุณสุนจน์ เจริญพาณิชย์ หัวหน้ากองสารสนเทศ การไฟฟ้าฝ่ายผลิต แห่งประเทศไทย และคุณนิคม ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในด้านข้อมูลและความรู้เกี่ยวกับ ปริมาณน้ำในเขื่อน

ขอขอบคุณ คุณอัจฉรา ทองขวัญ คุณอนงค์ ศรีสังข์จ้ง คุณสุรัตน์ ศรีเมธาวดี เจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาสถิติประยุกต์ที่คอยให้บริการและเป็นธุระช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ

และสุดท้าย ขอขอบคุณคุณพ่อและคุณแม่ที่มอบกำลังใจและกำลังทรัพย์ ทำให้มีชีวิตและเรี่ยวแรงในการทำงานให้ลุล่วงไป และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่คอยให้กำลังใจและช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ด้วยดีมาโดยตลอด

นายฉัตรชัย โรจนฤทธิณีเชษฐ์

นางสาวศิริพร เฝิงบุญสม

นางสาวอัมพวัน สุจินตนารัตน์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญตาราง.....	จ
สารบัญรูป.....	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	4
1.4 แหล่งที่มาของข้อมูล.....	4
1.5 วิธีดำเนินการ.....	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.7 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย.....	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์.....	8
2.2 การเปรียบเทียบการพยากรณ์.....	8
2.3 การตรวจสอบการผันแปรตามฤดูกาลของข้อมูลอนุกรมเวลา.....	10
2.4 เทคนิคในการวิเคราะห์อนุกรมเวลา.....	11
บทที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูล	
3.1 แหล่งที่มาของข้อมูล.....	31
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีการปรับแนวโน้ม และฤดูกาลของวินเตอร์.....	31
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลา แบบบ็อกซ์และเจนกินส์.....	35
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์.....	57

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอนั้น.....	68
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ข การใช้โปรแกรมสำเร็จรูป STATGRAPHICS ในการวิเคราะห์ถ้อยกรรมเวลา.....	83
ภาคผนวก ค การใช้โปรแกรม INSET.....	101
ภาคผนวก ง การใช้โปรแกรมสำเร็จรูป MICROTSP.....	104
ภาคผนวก จ การใช้โปรแกรมสำเร็จรูป QSB.....	112
บรรณานุกรม	119
ประวัตินักศึกษา	

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2-1 คุณสมบัติของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตนเองและฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง บางส่วนของอนุกรมเวลาที่มีความผันแปรตามฤดูกาล สำหรับค่า p และ q น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 ส่วน P และ Q น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.....	28
3-1 แสดงผลการทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบจากเทคนิคการวิเคราะห์ อนุกรมเวลาด้วยวิธีการปรับแนวโน้มและฤดูกาลของวินเตอร์.....	32
3-2 แสดงค่าเปรียบเทียบประสิทธิภาพต่างๆ ที่ได้จากตัวแบบ.....	41
3-3 แสดงค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 คาบเวลาของข้อมูลปริมาณน้ำที่มีใน อ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล.....	42
4-1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล.....	58
4-2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล.....	59
4-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนภูมิพล....	60
4-4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำของเขื่อนภูมิพล....	61
4-5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนสิริกิติ์.....	62
4-6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของเขื่อนสิริกิติ์.....	63
4-7 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนสิริกิติ์....	64
4-8 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำของเขื่อนสิริกิติ์... 65	
4-9 แสดงการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยจากการพยากรณ์ ของข้อมูลปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล.....	66
4-10 แสดงค่าผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยจากการพยากรณ์ ของข้อมูลแต่ละชุด.....	67
5-1 ตารางเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 คาบเวลากับค่าสังเกตจริง ของปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล.....	67
5-2 ตารางเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 คาบเวลากับค่าสังเกตจริง ของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล.....	68

	หน้า
5-3 ตารางเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ล่องหน้า 12 คาบเวลากับค่าสังเกตจริง ของปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนภูมิพล.....	69
5-4 ตารางเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ล่องหน้า 12 คาบเวลากับค่าสังเกตจริง ของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำของเขื่อนภูมิพล.....	70
5-5 ตารางเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ล่องหน้า 12 คาบเวลากับค่าสังเกตจริง ของปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์.....	71
5-6 ตารางเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ล่องหน้า 12 คาบเวลากับค่าสังเกตจริง ของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์.....	72
5-7 ตารางเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ล่องหน้า 12 คาบเวลากับค่าสังเกตจริง ของปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนสิริกิติ์.....	73
5-8 ตารางเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ล่องหน้า 12 คาบเวลากับค่าสังเกตจริง ของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำของเขื่อนสิริกิติ์.....	74

สารบัญรูป

รูป	หน้า
2-1	กราฟแสดงค่าสิ่งเกิดและค่าเฉลี่ยในแต่ละปี..... 10
3-1	กราฟแสดงข้อมูลปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล..... 36
3-1ก	กราฟแสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองของปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำ เขื่อนภูมิพล..... 37
3-1ข	กราฟแสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน of ปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำ เขื่อนภูมิพล..... 37
3-2ก	กราฟแสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองของผลต่างอันดับที่หนึ่งแบบไม่มีฤดูกาลของปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำ เขื่อนภูมิพล..... 38
3-2ข	กราฟแสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน of ผลต่างอันดับที่หนึ่งแบบไม่มีฤดูกาลของปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำ เขื่อนภูมิพล..... 38
3-3ก	กราฟแสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองของผลต่างอันดับที่สองแบบไม่มีฤดูกาลของปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำ เขื่อนภูมิพล..... 39
3-3ข	กราฟแสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน of ผลต่างอันดับที่สองแบบไม่มีฤดูกาลของปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำ เขื่อนภูมิพล..... 39
3-4	กราฟข้อมูลที่อยู่ในสภาวะสมตลยของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ เขื่อนภูมิพล..... 42
3-4ก	กราฟแสดงฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ เขื่อนภูมิพล..... 43
3-4ข	กราฟแสดงฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน of ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ เขื่อนภูมิพล..... 43
3-5	กราฟข้อมูลที่อยู่ในสภาวะสมตลยของปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนภูมิพล..... 44

	หน้า
3-5ก กราฟแสดงฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองของปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิต กระแสไฟฟ้าของเขื่อนภูมิพล.....	45
3-5ข กราฟแสดงฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของปริมาณน้ำที่ใช้ในการ ผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนภูมิพล.....	45
3-6 กราฟข้อมูลที่อยู่ในสภาวะสมดุลย์ของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก พลังน้ำของเขื่อนภูมิพล.....	46
3-6ก กราฟแสดงฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ จากพลังน้ำของเขื่อนภูมิพล.....	47
3-6ข กราฟแสดงฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของปริมาณกระแสไฟฟ้า ที่ผลิตได้จากพลังน้ำของเขื่อนภูมิพล.....	47
3-7 กราฟข้อมูลที่อยู่ในสภาวะสมดุลย์ของปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำของ เขื่อนสิริกิติ์.....	48
3-7ก กราฟแสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองของผลต่างอันดับหนึ่งแบบไม่มีฤดูกาล ของปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำ เขื่อนสิริกิติ์.....	49
3-7ข กราฟแสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของผลต่างอันดับหนึ่งแบบ ไม่มีฤดูกาลของปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำ เขื่อนสิริกิติ์.....	49
3-8 กราฟข้อมูลที่อยู่ในสภาวะสมดุลย์ของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ เขื่อนสิริกิติ์.....	50
3-8ก กราฟแสดงฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง เก็บน้ำ เขื่อนสิริกิติ์.....	51
3-8ข กราฟแสดงฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของปริมาณน้ำไหล เข้าอ่างเก็บน้ำ เขื่อนสิริกิติ์.....	51
3-9 กราฟข้อมูลที่อยู่ในสภาวะสมดุลย์ของปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแส ไฟฟ้าของเขื่อนสิริกิติ์.....	52
3-9ก กราฟแสดงฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองของผลต่างอันดับหนึ่งแบบไม่มี ฤดูกาลของปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนสิริกิติ์.....	53

3-9ข	กราฟแสดงฟังก์ชันสลับพจน์ในตัวเองบางส่วนของผลต่างอันดับ หนึ่งแบบ ไม่มีฤดูกาลของปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ของเขื่อนสิริกิติ์.....	53
3-10	กราฟข้อมูลที่อยู่ในสภาวะสมดุลของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก พลังงานของเขื่อนสิริกิติ์.....	54
3-10ก	กราฟแสดงฟังก์ชันสลับพจน์ในตัวเองของผลต่างอันดับหนึ่งแบบ ไม่มี ฤดูกาลของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานของ เขื่อนสิริกิติ์.....	55
3-10ข	กราฟแสดงฟังก์ชันสลับพจน์ในตัวเองบางส่วนของผลต่างอันดับหนึ่ง แบบ ไม่มีฤดูกาลของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานของ เขื่อนสิริกิติ์.....	55

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความจำเป็นและความสำคัญของน้ำ

น้ำเป็นทรัพยากรที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย มนุษย์จำเป็นต้องใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค นอกจากนี้น้ำยังเป็นแหล่งเพื่อการสันนาการ แหล่งอาหารที่สำคัญ เป็นเส้นทางคมนาคม รวมทั้งยังพัฒนาให้เป็นแหล่งพลังงานได้อีกด้วย

ประเทศไทยในปัจจุบัน เป็นประเทศกำลังพัฒนาที่มีการพัฒนาทางอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว ประกอบกับประชากรในประเทศไทยมีจำนวนเพิ่มขึ้น ทำให้มีความต้องการใช้น้ำในการอุปโภคบริโภคและในอุตสาหกรรม ตลอดจนพลังงานด้านต่าง ๆ เช่น พลังงานไฟฟ้า เพิ่มขึ้นเป็นเงาตามตัว แต่แหล่งน้ำที่มีอยู่ตามธรรมชาติไม่เพียงพอกับความต้องการที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรมีการเร่งดำเนินการปรับปรุงแหล่งน้ำให้เกิดประโยชน์มากที่สุด หรือเรียกว่า การพัฒนาแหล่งน้ำ

การสร้างเขื่อนเพื่อเก็บกักน้ำ เป็นการพัฒนาแหล่งน้ำที่ดีที่สุดในวิธีหนึ่ง กล่าวคือ เขื่อนจะเก็บกักน้ำฝนที่มีปริมาณมากไว้ในอ่างเก็บน้ำ แล้วปล่อยออกมาใช้ประโยชน์ด้านการเกษตรและการอุปโภค บริโภค ในฤดูแล้ง โดยให้น้ำไหลผ่านเครื่องผลิตไฟฟ้า ได้พลังงานไฟฟ้าออกมาเป็นผลพลอยได้อีกด้วย ซึ่งเขื่อนที่ใช้วิธีเก็บกักน้ำไว้ในอ่างแล้วควบคุมการปล่อยน้ำให้เป็นไปตามต้องการนี้ เรียกว่า เขื่อนกักเก็บน้ำ ในประเทศไทยมีเขื่อนกักเก็บน้ำหลายแห่ง อาทิ เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนเขาแหลม เป็นต้น

สภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนต่างๆ ในปัจจุบันมีปริมาณน้อยลง ทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำขึ้น สภาพน้ำในเขื่อนใหญ่ ๆ ของประเทศได้ชี้ให้เห็นสภาพการณ์ที่ไม่ดีขึ้นจากปีที่ผ่านมา บทเรียนในปี 2535 เป็นเครื่องกระตุ้นเตือนให้หน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้องเริ่มต้นตัวกับปัญหานี้อย่างจริงจัง ทั้งนี้เพราะความรุนแรงที่เกิดขึ้นได้สร้างความเสียหายให้กับส่วนรวมมากขึ้นทุกขณะ การที่น้ำไม่เพียงพอแก่ความต้องการ มีสาเหตุจากสองประการ

ประการคือ การเกิดภัยแล้งและการต้องการน้ำที่เพิ่มมากขึ้นด้วยการขยายการเพาะปลูก การใช้น้ำเพื่อการอุปโภค บริโภคของกิจกรรมต่างๆ อาทิ อุตสาหกรรม เมือง การเกษตร กอล์ฟ รีสอร์ท

จากสถานการณ์น้ำในปีที่ผ่านมา ปัญหาการขาดแคลนน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา ได้สร้างความเสียหายเป็นอันมากให้กับเกษตรกร ไร่นาและพืชผลทางการเกษตร และเนื่องจากลุ่มน้ำเจ้าพระยา ประกอบด้วยพื้นที่ 22 จังหวัดในภาคกลางรวมทั้งกรุงเทพมหานครด้วย การขาดแคลนน้ำจะส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคมของประเทศอย่างมากมาฆมหาศาล รัฐ จึงให้ความสำคัญต่อภาวะการขาดแคลนน้ำในลุ่มน้ำนี้มาก ลุ่มน้ำนี้มีเขื่อนอยู่ 2 เขื่อน คือ เขื่อนภูมิพล และเขื่อนสิริกิติ์ ที่เป็นตัวจักรสำคัญในการควบคุมน้ำของลุ่มน้ำ

ปัญหาการขาดแคลนน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยานั้น เป็นปัญหาสะสมมาเป็นระยะเวลาหลายปี และเริ่มรุนแรงมาในราว 5-6 ปี สถิติน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์โดยเฉลี่ย บ่งบอกถึงปัญหาที่เริ่มสะสมมากขึ้น กล่าวคือ สถิตีย้อนหลัง 15 ปี น้ำไหลเข้าอ่างทั้งสองเฉลี่ยราวปีละ 10,000 ล้านลูกบาศก์เมตร(ลบ.ม.) และมีปริมาณลดลงมาเรื่อยๆ ค่าเฉลี่ยใน 10 ปี มีค่า 9,400 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี และค่าเฉลี่ย 5 ปีหลังเพียง 8,500 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี ซึ่งการจัดสรรน้ำเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ นั้น จะดูจากปริมาณน้ำที่มีในเขื่อนเป็นตัวกำหนด

ปัจจุบัน กรมชลประทานซึ่งมีหน้าที่ในการวางแผนการจัดสรรน้ำ ได้คาดว่า ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนทั้งสองจะมีน้ำใช้การได้ประมาณ 2,500-3,000 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งน้อยกว่าปีที่ผ่านมา ซึ่งจะไม่ส่งผลกระทบปริมาณน้ำที่เก็บไว้เพื่อใช้ประโยชน์ในการเกษตร อุตสาหกรรมและการอุปโภคบริโภคของประชากรจะมีปริมาณที่น้อยลงเท่านั้น ยังส่งผลถึงกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าจะมีปริมาณน้อยด้วยเช่นกัน ซึ่งจะทำให้เกิดการขาดแคลนปริมาณน้ำและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ

เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าและน้ำที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ทางรัฐบาล ได้วางแผนงานในการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำ อันประกอบด้วยแผนระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาว ดังนี้

สาระสำคัญของแผนระยะสั้น คือ

1. ผนวกรวมให้มีการประหยัดการใช้น้ำอย่างจริงจัง
2. มาตรการให้ความช่วยเหลือเกษตรกรในเขตชลประทาน

ส่วนมาตรการระยะกลางและระยะยาวที่ควรเร่งดำเนินการ คือ

1. โครงการทำฝนหลวงในลุ่มเจ้าพระยา
2. โครงการปรับระบบการเกษตรในเขตชลประทาน
3. การจัดทำแผนแม่บทการพัฒนาลุ่มน้ำที่วราชอาณาจักร
4. โครงการเพิ่มเติมน้ำใน เขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์
5. การเร่งจัดหาน้ำดิบเพื่อผลิตน้ำประปา
6. โครงการเพิ่มประสิทธิภาพโครงการชลประทาน

ดังนั้น การศึกษาและวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำเขื่อน, ปริมาณน้ำที่ไหลเข้า และปริมาณน้ำที่ปล่อยเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าและการชลประทาน เพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำที่จะไหลเข้า เขื่อนและปริมาณน้ำที่สามารถปล่อยเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าในอนาคตจะเป็นประโยชน์ในการวางแผนการผลิตกระแสไฟฟ้า การควบคุมดูแลและวางแผนจัดสรรน้ำให้กับประชาชนให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำที่คาดว่าจะมีใช้ในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

จากปัญหาการขาดแคลนน้ำซึ่งเป็นปัญหาสำคัญของประเทศ เนื่องจากประชากรเพิ่มมากขึ้น บ้านเมืองเจริญขึ้น ความต้องการในการใช้น้ำวันจะเพิ่มมากขึ้น มาตรการต่างๆ ในการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำจะประสบความสำเร็จได้ จะต้องมีการศึกษาปริมาณน้ำให้ได้ตัวเลขที่ถูกต้องเป็นจริง ดังนั้น ทางคณะผู้จัดทำจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเพื่อ

1. วิเคราะห์แนวโน้มและสร้างสมการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล
2. วิเคราะห์แนวโน้มและสร้างสมการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล
3. วิเคราะห์แนวโน้มและสร้างสมการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับปริมาณน้ำที่ปล่อยเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าและการชลประทานของ เขื่อนภูมิพล
4. วิเคราะห์แนวโน้มและสร้างสมการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล

5. วิเคราะห์แนวโน้มและสร้างสมการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนสิริกิติ์

6. วิเคราะห์แนวโน้มและสร้างสมการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของเขื่อนสิริกิติ์

7. วิเคราะห์แนวโน้มและสร้างสมการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับปริมาณน้ำที่ปล่อยเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าและการชลประทานของเขื่อนสิริกิติ์

8. วิเคราะห์แนวโน้มและสร้างสมการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนสิริกิติ์

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณต่างๆ ของเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ ดังนี้คือ

1. ปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำ
2. ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ
3. ปริมาณน้ำที่ปล่อยเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าและการชลประทาน
4. ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำในอ่างเก็บน้ำ

โดยใช้ข้อมูลรายเดือน เริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ.2528 - เดือนกันยายน พ.ศ. 2536 รวมทั้งสิ้น 96 เดือน นำไปวิเคราะห์เพื่อหาเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมในการพยากรณ์ข้อมูล จำนวน 84 เดือน ที่เหลือ 12 เดือน เก็บไว้สำหรับหาผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยจากค่าพยากรณ์

1.4 แหล่งที่มาของข้อมูล

ข้อมูลที่น่ามาศึกษาในปัญหาพิเศษนี้เป็นประเภททุติยภูมิ คือปริมาณน้ำต่างๆ ของเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ ได้จากการเก็บรวบรวมเป็นรายเดือนของฝ่ายสารนิเทศ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย อ.บางกรวย จ.นนทบุรี

1.5 วิธีดำเนินการ

นำข้อมูลที่ต้องการศึกษาซึ่งได้จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เป็นข้อมูลรายเดือน จำนวน 84 เดือน รวม 8 ชุด นำข้อมูลที่ได้นี้แต่ละชุดมาวาดกราฟ เพื่อพิจารณาว่าข้อมูลมีลักษณะอย่างไร คือมีแนวโน้มเป็นอย่างไร มีความผันแปรตามฤดูกาลหรือไม่ โดยหาค่า AUTO CORRELATION เพื่อประกอบการวิเคราะห์ว่าควรจะใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบใด จึงจะเหมาะสมกับข้อมูลแต่ละชุด

สำหรับการเลือกใช้เทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลนั้น ถ้าข้อมูลมีแนวโน้มแต่ไม่มีความผันแปรตามฤดูกาล จะเลือกเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล (Exponential Smoothing) และการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์และเจนกินส์ (Box and Jenkins) ส่วนข้อมูลที่มีแนวโน้มและมีความผันแปรตามฤดูกาล จะเลือกใช้วิธีการปรับแนวโน้มและฤดูกาลของวินเตอร์และวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์และเจนกินส์ โดยการวิเคราะห์จะหาตัวแบบสมการพยากรณ์จากเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูล แล้วหาค่าเปรียบเทียบประสิทธิภาพ (MSE, ME, MPE, MAE, MAPE) จากแต่ละตัวแบบ นำมาเปรียบเทียบเพื่อดูว่าตัวแบบใดให้ค่าเปรียบเทียบประสิทธิภาพต่ำกว่า เป็นจำนวนมากที่สุด ตัวแบบนั้นจะเป็นตัวแบบจากเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูล

หลังจากที่ได้เทคนิคและสมการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ข้อมูล หาค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 ค่า จากสมการพยากรณ์เปรียบเทียบกับค่าสังเกตที่เก็บไว้ 12 เดือน คำนวณหาค่าผลรวมคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยจากการพยากรณ์ได้ ซึ่งจะแสดงให้เห็นความเหมาะสมของเทคนิคการพยากรณ์ที่เลือกใช้มากขึ้น

การวิเคราะห์ในปัญหาพิเศษนี้ จะอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป STATGRAPHICS ช่วยในการวิเคราะห์ผลและสร้างสมการพยากรณ์และใช้โปรแกรมสำเร็จรูป QSB, FORECAST PLUS และ MICROTSP ประกอบในการวิเคราะห์ข้อมูล

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่เลือกใช้ในการศึกษาครั้งนี้ มี

ความเหมาะสมที่จะใช้กับอนุกรมเวลาลักษณะใด การเลือกเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่เหมาะสมมาพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลานั้นสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือประกอบการตัดสินใจที่ดีได้

2. การใช้ค่าพยากรณ์ปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำและปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำ จากสมการพยากรณ์ที่ได้มาจากเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่เหมาะสมจะเป็นประโยชน์ในการวางแผนการผลิตกระแสไฟฟ้า การควบคุมดูแลและวางแผนจัดสรรน้ำให้กับประชาชนให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำที่คาดว่าจะมีใช้ในอนาคต เพื่อลดปัญหาขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าและน้ำที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต

3. เพื่อเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่ต้องการศึกษาหรือค้นคว้าเพิ่มเติมในเรื่องที่เกี่ยวข้อง

1.7 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำ หมายถึง ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนซึ่งวัดเมื่อวันสิ้นเดือนของแต่ละเดือน

ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ หมายถึง ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ไหลเข้าภายในอ่างเก็บน้ำภายในแต่ละเดือน

ปริมาณน้ำที่ปล่อยเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าและการชลประทาน หมายถึง ปริมาณน้ำที่ปล่อยเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้ารวมทั้งหมดภายในเดือน ซึ่งปริมาณน้ำที่ปล่อยนี้ ก็จะถูกนำไปใช้ในการชลประทานได้ด้วย แต่ปริมาณน้ำที่ปล่อยเพื่อใช้ในการชลประทานนั้นจะไม่ผ่านขบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า

ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำในอ่างเก็บน้ำ หมายถึง ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากการนำน้ำไปผ่านขบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าซึ่งจะได้พลังงานไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลในอดีตที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ ข้อมูลอนุกรมเวลา

อนุกรมเวลา (time series) คือ ค่าสังเกต (observation) ชุดหนึ่ง ซึ่งถูกกำหนดขึ้น ณ เวลาต่างๆ ถ้าค่าสังเกตกระทำในเวลาต่อเนื่องกัน อนุกรมเวลาเช่นนั้นจะเรียกว่า อนุกรมเวลาต่อเนื่อง (continuous time series) แต่ถ้าค่าสังเกตกระทำ ณ จุดเวลาที่ไม่ต่อเนื่องกัน อนุกรมเวลาเช่นนั้นเรียกว่าอนุกรมเวลาไม่ต่อเนื่อง (discrete time series) และข้อมูลที่ใช้ในปัญหานี้ เป็นอนุกรมเวลาไม่ต่อเนื่อง ซึ่งมีค่าสังเกต ณ จุดเวลาต่าง ๆ ที่ห่างเท่ากัน คือ ณ จุดเวลา $t_0+h, t_0+2h, \dots, t_0+jh, \dots, t_0+Nh$ โดยทั่วไป t_0 ไม่มีความหมายใดๆ และมักถูกกำหนดให้เป็นจุดเริ่มต้นของอนุกรมเวลาและให้มีค่าเท่ากับ 0 และให้ค่าสังเกต ณ เวลา t แทนด้วย z_t

สถิติที่ใช้วิเคราะห์

ใช้วิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลา ซึ่งเป็นการพยากรณ์เชิงปริมาณด้วยตัวแบบจำลองพยากรณ์อนุกรมเวลา โดยมีแนวความคิดว่า พฤติกรรมในอดีตของสิ่งที่จะพยากรณ์ ควรจะเพียงพอที่จะพยากรณ์พฤติกรรมในอนาคตได้ ซึ่งจะใช้ข้อมูลในอดีตของสิ่งที่จะพยากรณ์

การวิเคราะห์อนุกรมเวลามีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ตัวแบบจำลอง (Model) ที่สามารถอธิบายลักษณะของอนุกรมเวลา โดยมีข้อสมมติว่ารูปแบบของข้อมูลในอดีตจะดำเนินต่อไปในอนาคต ซึ่งเป็นข้อกำหนด (Assumption) ที่เกี่ยวกับความต่อเนื่อง (continue) ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเทคนิคการพยากรณ์ไม่สามารถให้ผลพยากรณ์ที่ดีได้ หากข้อกำหนดไม่เป็นจริง

การเลือกเทคนิคการพยากรณ์สำหรับอนุกรมเวลาแต่ละชุดนั้น ต้องพิจารณาองค์ประกอบ (factor) ดังต่อไปนี้

- รูปแบบการพยากรณ์ที่ต้องการ (the forecast from desired)
- กรอบเวลา (the time frame)
- รูปแบบของข้อมูล (the pattern of data)

- ความแม่นยำที่ต้องการ (the accuracy desired)
- ข้อมูลที่ได้ (the availability of data)
- ความเข้าใจในวิธีต่าง ๆ ที่ทำการวิเคราะห์ (the case of operation and understanding)
- ค่าใช้จ่าย (the cost of forecasting)

2.1 ความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ (Error in forecasting)

แหล่งของความคลาดเคลื่อน ในการพยากรณ์มีผลมาจากส่วนประกอบไม่ปกติ (Irregular component) และการเลือกเทคนิคการพยากรณ์ไม่เหมาะสม ดังนั้นหากเกิดความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์สูง แสดงว่าส่วนประกอบไม่ปกติมีค่ามากและเทคนิคการพยากรณ์ไม่เหมาะสมกับข้อมูล

การวัดค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ คือ

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

เมื่อ e_t = ความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ (forecast error)

Y_t = ค่าสังเกตที่สนใจ ณ เวลา t

\hat{Y}_t = ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

การพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนสามารถเป็นเครื่องบ่งชี้ว่า เทคนิคการพยากรณ์ (Forecasting technique) ที่ใช้นั้นเหมาะสมกับข้อมูลหรือไม่ หากเลือกเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสม ค่าความคลาดเคลื่อนก็จะมาจากส่วนประกอบที่ไม่ปกติเท่านั้น ดังนั้นความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ก็จะป็นอิสระอย่างแท้จริง (pure random)

2.2 การเปรียบเทียบการพยากรณ์ (Forecast comparison)

วิธีตรวจสอบเพื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ที่แตกต่างกัน นิยามจากค่าต่อไปนี้

1. Mean Error (ME)

$$ME = \frac{\sum_{t=1}^m e_{n+t}}{m}$$

2. Mean Percent Error (MPE)

$$MPE = \frac{100}{m} * \left\{ \sum_{t=1}^m \left(\frac{e_{n+t}}{Z_{n+t}} \right) \right\}$$

3. Mean Square Error (MSE)

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^m (e_{n+t})^2}{m}$$

4. Mean Absolute Error (MAE)

$$MAE = \frac{\sum_{t=1}^m |e_{n+t}|}{m}$$

5. Mean Absolute Percent Error (MAPE)

$$MAPE = \frac{100}{m} * \left\{ \sum_{t=1}^m \left| \frac{e_{n+t}}{Z_{n+t}} \right| \right\}$$

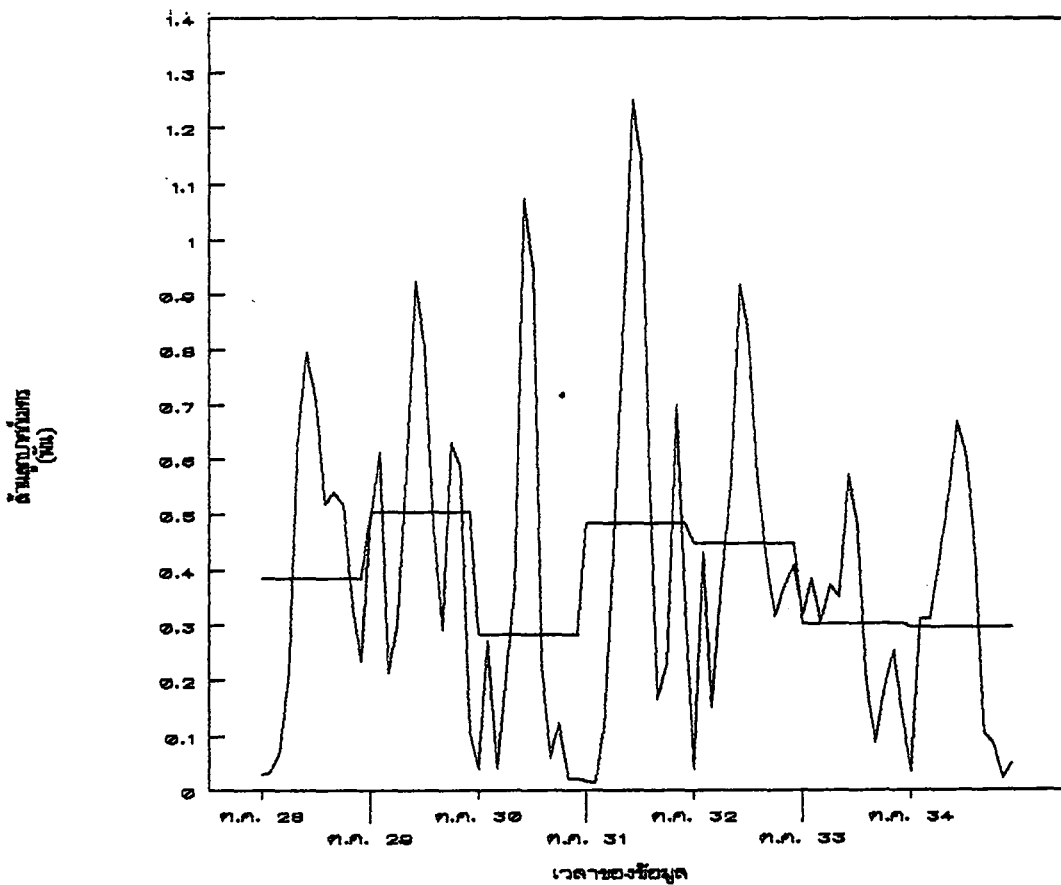
ค่า ME และ MPE เป็นการวัดความเอนเอียง (bias) ควรมีค่าใกล้ศูนย์ ส่วนที่
เหลือเป็นการวัดความแม่นยำ (accuracy) ควรมีค่าน้อย ๆ สำหรับตัวแบบที่จะเลือก

2.3 การตรวจสอบการผันแปรตามฤดูกาลของข้อมูลอนุกรมเวลา

ในที่นี้ใช้ 2 วิธี คือ

วิธีที่ 1 การเปรียบเทียบค่าข้อมูลกับค่าเฉลี่ย

วิธีนี้เป็นการเปรียบเทียบ ค่าข้อมูลในแต่ละเดือนกับค่าเฉลี่ยในแต่ละปีนั้นๆ จะเห็นได้ชัดเจนเมื่อพิจารณากราฟ โดยพิจารณาจากค่าสังเกตว่ามี การขึ้นลงรอบค่าเฉลี่ย ในแต่ละปีเป็นลักษณะเดียวกันหรือไม่ ถ้าเป็นลักษณะเดียวกัน จะสรุปว่าข้อมูลนั้นมีการผันแปรตามฤดูกาล ดังแสดงในรูป 2-1



รูปที่ 2-1 กราฟแสดงค่าสังเกตและค่าเฉลี่ยในแต่ละปี

วิธีที่ 2 การใช้ค่าสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation)

นำค่าสังเกตมาเขียนกราฟ ตรวจสอบว่าอยู่ในสภาวะสมดุลง (stationary) หรือไม่ ถ้าไม่ ต้องทำการแปลงก่อน จากนั้นนำข้อมูลในสภาวะสมดุลงมาหาค่าสหสัมพันธ์ในตัวเอง เขียนกราฟค่าสหสัมพันธ์ในตัวเอง พิจารณาค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองที่มีค่าสูง ว่ามีการเกิดห่างกันเป็นจำนวนเท่าของคาบเวลาที่ต่ำกว่ากันจากจุดแรกหรือไม่ เช่น ถ้าค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองของข้อมูลที่ต่ำกว่ากัน 12 คาบเวลามีค่าสูงและค่าสังเกตทุกหน่วยเวลาที่ต่ำกว่ากันเป็นจำนวนเท่าของ 12 ก็มีค่าสูง แสดงว่าข้อมูลชุดนี้มีความผันแปรฤดูกาล

2.4 เทคนิคในการวิเคราะห์อนุกรมเวลา

ตัวแบบ (Model) สำหรับการพยากรณ์ แบ่งเป็น

2.4.1 ตัวแบบอนุกรมเวลา (Time Series Model) ตัวแบบอนุกรมเวลาเป็นฟังก์ชันแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอนุกรมเวลากับค่าอนุกรมเวลาในอดีต

2.4.2 ตัวแบบเศรษฐศาสตร์ (Economics Model) ตัวแบบเศรษฐศาสตร์ เป็นตัวแบบที่ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าทางเศรษฐศาสตร์กับอนุกรมเวลา

2.4.3 ตัวแบบพยากรณ์เชิงคุณภาพ (Qualitative Forecasting Model) เมื่อกลุ่มข้อมูลมีความสัมพันธ์กันไม่สามารถนำมาใช้ได้ เช่น ในกรณีสินค้าใหม่ซึ่งจะถูกนำออกสู่ตลาด วิธีการและโมเดลเชิงคุณภาพสามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบวัตถุประสงค์และการตัดสินใจได้โดยมีพื้นฐานจากการพยากรณ์ตลาดสินค้า

ในปัญหาพิเศษนี้ มีเพียงตัวแบบอนุกรมเวลาเพียงตัวแบบเดียว

2.4.1 ตัวแบบอนุกรมเวลา (Time Series Model)

2.4.1.1 วิธีการปรับแนวโน้มและฤดูกาลของวินเตอร์ (Tripple Exponential Smoothing : Winter' Linear and Seasonal Exponential Smoothing)

วิธีการปรับแนวโน้มและฤดูกาลของวินเตอร์ เหมาะสมสำหรับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงและ ความผันแปรฤดูกาลแบบคูณและแบบบวก

ในการพิจารณาว่าอนุกรมเวลามีฤดูกาลเป็นแบบใด ให้พิจารณาการเพิ่มของข้อมูลในช่วงระยะเวลาเดียวกัน ว่ามีการเพิ่มของข้อมูลเป็นอย่างไร ถ้าหากการเพิ่มของข้อมูลมีค่าเพิ่มหรือลดอย่างคงที่ แสดงว่าข้อมูลชุดนั้นมีฤดูกาลแบบขวง ถ้าการเพิ่มหรือลดของข้อมูลนั้นเป็นอัตราส่วนกับแนวโน้ม แสดงว่าข้อมูลนั้นมีฤดูกาลแบบคูณ

ตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาลแบบคูณ

$$x_t = (\beta_0 + \beta_1 t) * SN_t + e_t$$

ตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาลแบบขวง

$$x_t = \beta_0 + \beta_1 t + SN_t + e_t$$

เมื่อ x_t คือ ข้อมูลหรือค่าสังเกต ณ เวลา t

β_0, β_1 คือ พารามิเตอร์

SN_t คือ ปัจจัยฤดูกาล (seasonal factor) เป็นปัจจัยที่ปรับสำหรับฤดูกาล

e_t คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

S_t, b_t, I_t เป็นค่าประมาณของ $\beta_0, \beta_1 t$ และ SN_t ตามลำดับ

วิธีการของวินเตอร์ ประกอบด้วยสมการ 3 สมการในการปรับเรียบ คือ

- สมการสำหรับปรับเรียบโดยส่วนรวม

$$S_t = (\alpha * x_t / I_{t-L}) + (1-\alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \text{ -----(2.1)}$$

- สมการสำหรับปรับเรียบแนวโน้ม

$$b_t = \delta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \delta)b_{t-1} \text{ -----(2.2)}$$

- สมการสำหรับการปรับเรียบฤดูกาล เป็นการหาปัจจัยฤดูกาล

$$I_t = (p * x_t / S_t) + (1-p) I_{t-L} \quad \text{-----}(2.3)$$

สมการสำหรับพยากรณ์

$$F_{t+m} = (S_t + b_t m) I_{t-L+m} \quad \text{-----}(2.4)$$

- เมื่อ
- L - ระยะยาวฤดูกาล
 - b_t - ความชันของเส้นตรง
 - I_t - ปัจจัยฤดูกาล ณ เวลา t
 - F_{t+m} - ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาอนาคต m
 - α, β, δ - ค่าคงที่ปรับเรียบ มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1

ข้อกำหนดสำหรับปัจจัยฤดูกาล และค่าประมาณของปัจจัยฤดูกาลเริ่มต้น คือ

$$\sum_{t=1}^L S_{N_t} = L \quad \text{และ} \quad \sum_{t=1}^L I_t \text{ (ณ จุดเริ่มต้น)} = L$$

I_{t-L} คือ ค่าประมาณตัวท้ายสุดของปัจจัยฤดูกาลที่ทำให้เป็นปัจจุบัน
คำนวณจาก L คาบเวลาที่ผ่านไป

ค่าประมาณเริ่มต้น

ในการเริ่มขบวนการปรับเรียบ จะต้องหาค่าประมาณเริ่มต้น S_t , b_t และ I_t ณ เวลาเริ่มต้น 0 สำหรับ $t = 1, 2, \dots, L$ โดย L เป็นจำนวนฤดูกาลที่แตกต่างกันที่จะกล่าวต่อไปนี้ฤดูกาลเกิดขึ้นทุก ๆ ปี ดังนั้น L เป็นจำนวนฤดูกาลใน 1 ปี สมมติว่ามีข้อมูลในอดีตจำนวน m ปี

ค่าประมาณเริ่มต้นของส่วนประกอบแนวโน้ม b_t คือ

$$b_0 = (x_m - x_1) / (m - 1)L$$

ค่าประมาณเริ่มต้นของ s_c คือ

$$s_0 = x_c - (L/2)b_0$$

และค่าประมาณเริ่มต้นสำหรับปัจจัยฤดูกาล L ค่า คือ

$$I_c = \frac{x_c}{x_c - [(L+1)/2 - j]b_0} \quad \text{-----(2.5)}$$

เมื่อ x_c เป็นค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตในปีที่ i โดย i มีค่าเท่ากับ $1, 2, \dots, m$

x_m เป็นค่าเฉลี่ยค่าสังเกตในปีที่ m

j แทนตำแหน่งของฤดูกาล t ภายในปี ถ้าอนุกรมเวลาประกอบด้วยข้อมูลรายเดือน ดังนั้น $j = 1$ สำหรับเดือนมกราคม $j = 2$ สำหรับเดือนกุมภาพันธ์ เป็นต้น

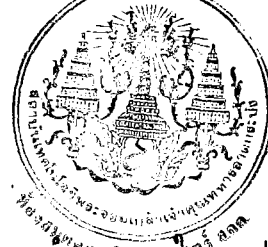
I_c ในสมการ (2.5) จะให้ค่าประมาณ m ค่าสำหรับแต่ละปัจจัยฤดูกาลที่ต่าง ๆ กัน ค่าหนึ่งสำหรับปีหนึ่ง ถ้าอนุกรมเวลาเป็นรายเดือน จะได้ค่าประมาณปัจจัยฤดูกาล m ค่าสำหรับแต่ละเดือน ค่าประมาณ m ค่านี้อาจเฉลี่ยได้ค่าประมาณหนึ่งค่าสำหรับแต่ละฤดูกาลที่ต่างกัน คือ

$$I_c = \frac{1}{m} \sum_{k=0}^{m-1} I_{c+kL} \quad \text{สำหรับ } c = 1, 2, \dots, L$$

ซึ่งเป็นดัชนีฤดูกาลเฉลี่ยสำหรับแต่ละฤดูกาลที่แตกต่างกัน

ปัจจัยฤดูกาลที่คำนวณได้นี้ จะต้องปรับค่าให้ผลบวกเท่ากับ L คือ

$$I_c \text{ (ที่เวลาเริ่มต้น)} = \frac{L}{\sum_{c=1}^L I_c}$$



การกำหนดค่า α , β และ δ มีหลักเช่นเดียวกับการกำหนด α ในการปรับ
 เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียลทั่วไป คือ α , β และ δ ที่ให้ค่าผลบวกกำลังสองค่าคลาด
 เคลื่อนในการพยากรณ์ต่ำสุด จะเป็นค่า α , β และ δ ที่ดีที่สุดที่ใช้ในการปรับเรียบ
 ตามวิธีของวินเตอร์ โดยจะเริ่มค่า α , β และ δ ให้อยู่ระหว่าง 0.01 และ 0.30
 ในการหา α , β และ δ จะเริ่มด้วยการคำนวณค่าเริ่มต้น S_0 , b_0 , I_0 สำหรับ
 $t = 1, 2, \dots, m$ โดยใช้ข้อมูล m ปีแรกจากที่มีอยู่ m ปี การกำหนดค่า α ,
 β , δ นี้ทำโดยการลองผิดลองถูก ซึ่งต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายสูง

การคำนวณโดยวิธีของวินเตอร์

1. ประมาณค่าเริ่มต้นของ S_0 , b_0 และ I_0 และกำหนดค่า α , β , δ

2. นำค่าประมาณเริ่มต้นแทนในสมการ (2.1), (2.2), (2.3) และ (2.4)

คำนวณ S_t , b_t , I_t ที่เป็นปัจจุบัน เมื่อครบทุกคาบเวลาแล้ว คำนวณค่าผลบวกกำลังสอง
 คลาดเคลื่อนต่ำสุด

3. เปลี่ยนค่า α , β , δ เริ่มต้นคำนวณใหม่จนกว่าจะได้ α , β , δ ที่ให้ค่า
 ผลบวกกำลังสองคลาดเคลื่อนต่ำสุด จึงใช้ค่าเหล่านั้นในการพยากรณ์ค่าอนุกรมเวลา ณ
 คาบเวลาต่าง ๆ ในอนาคตต่อไป

ในปัญหาพิเศษนี้ ใช้โปรแกรม FORCAST PLUS , MICROTSP , QSB ในการค้นหา
 α , β , δ ที่ให้ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองน้อยที่สุดจากแต่ละโปรแกรมแล้วนำ α , β , δ
 ที่ได้จากแต่ละโปรแกรม นำมาใช้ในโปรแกรม STATGRAPHICS แล้วเลือกใช้ α , β , δ
 ที่ให้ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองน้อยที่สุด มาใช้ในการพยากรณ์

2.4.1.2 วิธีเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์และเจนกินส์

(Box and Jenkins Method)

การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคของ บ็อกซ์และเจนกินส์ แตกต่างจากเทคนิค
 ทำให้เรียบ คือไม่ได้กำหนดตัวแบบก่อนการวิเคราะห์ แต่เลือกตัวแบบจากการพิจารณา
 ลักษณะของสหสัมพันธ์ในตัวเอง (autocorrelation) และสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน
 (partial autocorrelation) ของอนุกรมเวลาที่อยู่ในสภาวะสมดุลย์ (stationary)
 เนื่องจากการพยากรณ์ที่ใช้ความถดถอย (regression) และการทำให้เรียบแบบ

เอกซ์โปเนนเชียล (exponential smoothing method) นั้นมีข้อสมมติว่า ส่วนประกอบของความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม (random error) ในตัวแบบอนุกรมเวลา

$$y_t = f(p_0, p_1, \dots, p_n; t) + e_t$$

คือ e_t นั้นเป็นอิสระกันในเชิงสถิติ ในตัวแบบเช่นนี้ ถ้าความคลาดเคลื่อนที่อยู่ติดกันเป็นอิสระกัน ค่าสังเกตที่อยู่ติดกันก็เป็นอิสระกันด้วย แต่ถ้าความคลาดเคลื่อนที่อยู่ติดกันไม่เป็นอิสระกันค่าสังเกตที่อยู่ติดกันก็ไม่เป็นอิสระเช่นกัน เรียกว่า ค่าของอนุกรมเวลามีสหสัมพันธ์ในตัวเอง เทคนิคการพยากรณ์แบบบอซ์และเจนกินส์ จะให้ค่าพยากรณ์ที่แม่นยำกว่าวิธีถดถอยหรือวิธีทำให้เรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล เมื่อค่าอนุกรมเวลาไม่เป็นอิสระกันซึ่งมีตัวแบบดังนี้

$$y_t = \mu + \sigma_0 E_t + \sigma_1 E_{t-1} + \sigma_2 E_{t-2} + \dots$$

เมื่อ E_t คือความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

$\mu, \sigma_0, \sigma_1, \sigma_2, \dots$ คือค่าพารามิเตอร์

นอกจากนี้ อนุกรมเวลาต้องอยู่ในสภาวะสมตลย์อีกด้วย คือค่าของอนุกรมเวลาไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อจุดเริ่มต้นของเวลาเปลี่ยนแปลงไป หรืออีกนัยหนึ่งค่าของอนุกรมเวลาจะเปลี่ยนแปลงขึ้นลงรอบค่าเฉลี่ยคงที่ μ หากค่าอนุกรมเวลาไม่อยู่ในสภาวะสมตลย์ จะต้องแปลงให้อยู่ในสภาวะสมตลย์เสียก่อน จึงจะใช้วิธีของบอซ์และเจนกินส์ได้

กระบวนการเชิงความน่าจะเป็น

กระบวนการเชิงความน่าจะเป็น (Stochastic Process) คือ ปรากฏการณ์สถิติซึ่งเกิดขึ้นในเวลาตามกฎความน่าจะเป็น (probability laws) และมักจะเรียกสั้น ๆ ว่า กระบวนการ (process)

1. การแปลงอนุกรมเวลาให้อยู่ในสภาวะสมตลย์

สภาวะสมตลย์ มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคบอซ์และเจนกินส์ ถ้าขาดคุณสมบัติดังกล่าว จะต้องแปลงอนุกรมเวลาให้มีสภาวะสมตลย์

Stationary process คือ กระบวนการที่อยู่ในสภาวะสมดุลเชิงสถิติ (Statistical equilibrium) กระบวนการที่เรียกว่า strictly stationary คือ กระบวนการที่มีคุณสมบัติไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อจุดเริ่มต้นของเวลา (time origin) เปลี่ยนแปลงไป

ค่าคาดหวังและความแปรปรวนของกระบวนการที่อยู่ในสภาวะสมดุล มีค่าคงที่และเท่ากับ

$$E(z_t) = \int_{-\infty}^{+\infty} z f(z) dz$$

$$V(z_t) = E(z_t - \mu)^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} (z - \mu)^2 f(z) dz$$

ค่าคาดหวัง $E(z_t)$ บอกถึงระดับของอนุกรมเวลาและความแปรปรวน $V(z_t)$ แสดงถึงการกระจายของอนุกรมเวลารอบค่าคาดหวัง

ค่าคาดหวังและความแปรปรวนของกระบวนการที่อยู่ในสภาวะสมดุลแบบ strictly ในทางปฏิบัติจริง ไม่สามารถคำนวณได้ อาจประมาณค่ามาจากค่าสังเกต z_1, z_2, \dots, z_n เมื่อ n คือจำนวนค่าสังเกต

$$\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n z_t$$

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (z_t - \bar{z})^2$$

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการแปลงอนุกรมเวลา คือ B หรือ ตัวกระทำย้อนกลับ (Backward shift operator)

$$Bx_t = x_{t-1}$$

ซึ่ง B นี้จะเป็นตัวกระทำย้อนกลับกับ x_t ที่มีผลกระทบเป็นค่าย้อนกลับไป 1 คาบเวลา

ดังนั้น $B^k(x_t) = x_{t-k}$

ซึ่ง x_t จะมีค่าย้อนกลับไป k คาบเวลา

สำหรับอนุกรมเวลาที่มีการรวบรวมค่าข้อมูลเป็นรายเดือน ถ้าต้องการที่จะทราบค่าข้อมูลของเดือนที่เหมือนกันในปีที่แล้ว จะใช้ตัวกระทำย้อนกลับ B^{-1} ซึ่ง $B^{-1}x_t = x_{t-1}$ เป็นต้น

การพิจารณาว่าอนุกรมเวลาอยู่ในสภาวะสมดุลง่ายหรือไม่ วิธีที่ง่ายที่สุดคือการเขียนกราฟแสดงค่าสังเกตและฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองของอนุกรมเวลานั้นมาพิจารณา อนุกรมเวลาที่อยู่ในสภาวะสมดุลง่าย ค่าของอนุกรมเวลาจะเปลี่ยนแปลงขึ้นลงรอบค่าเฉลี่ยคงที่และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเมื่อคาบเวลาที่ลากว่ากันเพิ่มมากขึ้น หากอนุกรมเวลาไม่อยู่ในสภาวะสมดุลง่าย จะต้องทำการแปลงอนุกรมเวลาให้อยู่ในสภาวะสมดุลง่าย ซึ่งการแปลงอนุกรมเวลาให้อยู่ในสภาวะสมดุลง่าย มีสองกรณี คือ

1.1 กรณีค่าเฉลี่ยไม่คงที่เปลี่ยนไปตามเวลา

1.1.1 อนุกรมเวลาเดิมไม่มีความผันแปรตามฤดูกาล

ถ้าอนุกรมเวลา x_1, \dots, x_n มีค่าเฉลี่ยเปลี่ยนไปตามเวลาโดยที่ความแปรปรวนคงที่ และอนุกรมเวลานี้ไม่มีฤดูกาล สามารถแปลงอนุกรมเวลานี้ให้เป็นอนุกรมเวลาที่อยู่ในสภาวะสมดุลง่ายโดยการหาค่าแตกต่าง ดังนี้

ค่าแตกต่างแรก (First Difference) แทนด้วย ∇x_t และ

$$\nabla x_t = x_t - x_{t-1} \quad \text{สำหรับ } t = 2, 3, \dots, n$$

สามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\nabla = 1 - B$$

นั่นคือ

$$\begin{aligned} \nabla x_t &= (1 - B)x_t = x_t - Bx_t \\ &= x_t - x_{t-1} \end{aligned}$$

โดยปกติจะอยู่ในสภาวะสมดุลง่าย แต่อย่างไรก็ดี หากยังอยู่ในสภาวะไม่สมดุลง่าย จะต้องหาความแตกต่างครั้งที่สอง

ค่าแตกต่างครั้งที่สอง (Second Differences) แทนด้วย $\nabla^2 x_t$ และ

$$\begin{aligned} \nabla^2 x_t &= \nabla(\nabla x_t) \\ &= (x_t - x_{t-1}) - (x_{t-1} - x_{t-2}) \\ &= x_t - 2x_{t-1} + x_{t-2} \quad , \text{สำหรับ } t = 3, 4, \dots, n \\ &= (1-B)^2 x_t \end{aligned}$$

ค่าความแตกต่างอันดับที่ d สามารถเขียนรูปทั่วไปคือ

$$\nabla^d x_t = (1-B)^d x_t$$

เมื่อ d คือระดับความแตกต่างที่ไม่มีฤดูกาล (degree of nonseasonal differencing)

1.1.2 อนุกรมเวลาเดิมมีความผันแปรตามฤดูกาล

ถ้าอนุกรมเวลามีฤดูกาลด้วย การหาค่าแตกต่างฤดูกาล จะหาค่าแตกต่างของค่าอนุกรมเวลาที่อยู่ห่างกันเท่ากับความยาวของฤดูกาล s และแทนด้วย $\nabla_s x_t$

ค่าแตกต่างฤดูกาลแรก คือ

$$\nabla_s x_t = x_t - x_{t-s}$$

เช่น ข้อมูลรายงวด s = 4

ค่าแตกต่างครั้งที่หนึ่ง คือ $\nabla_4 x_t = x_t - x_{t-4}$

ค่าแตกต่างครั้งที่สอง คือ $\nabla_4^2 x_t = \nabla_4(x_t - x_{t-4})$

$$\begin{aligned} &= (x_t - x_{t-4}) - (x_{t-4} - x_{t-8}) \\ &= x_t - 2x_{t-4} + x_{t-8} \end{aligned}$$

และค่าแตกต่างฤดูกาลครั้งที่ D แทนด้วย $\nabla^D x_t$

ในบางครั้งอาจต้องหาค่าแตกต่างแบบไม่มีฤดูกาลและแบบมีฤดูกาลด้วย เมื่อค่าเฉลี่ยไม่มีฤดูกาลและมีฤดูกาลมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป กรณีเช่นนี้ จะต้องหาค่าแตกต่างทั้งแบบไม่มีฤดูกาลและแบบมีฤดูกาล โดยจะหาค่าแตกต่างแบบใดก่อนก็ได้

ค่าแตกต่างครั้งที่ d แบบไม่มีฤดูกาล เมื่อหาร่วมกันกับค่าแตกต่างอย่างมีฤดูกาลครั้งที่ D แทนด้วยสัญลักษณ์

$$\nabla^D \nabla^d x_t$$

- เมื่อ D แทนอันดับของค่าแตกต่างฤดูกาล
- d แทนอันดับของค่าแตกต่างไม่มีฤดูกาล
- s แทนความยาวของฤดูกาล

1.2 กรณีความแปรปรวนเปลี่ยนไปตามเวลา

การแปลงกระบวนการที่ความแปรปรวนไม่คงที่ แปลงได้หลายวิธี ขึ้นกับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของความแปรปรวน ถ้าความแปรปรวนเป็นสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลา โดยที่ค่าเฉลี่ยอนุกรมเวลาเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างคงที่ ก็ควรจะแปลงด้วยลอการิทึม $\ln x_t$ วิธีอื่น ๆ ที่จะแปลงให้ค่าความแปรปรวนคงที่ เช่น $\sqrt{x_t}$, $1/x_t$

ในอนุกรมเวลาชุดหนึ่ง ๆ อาจมีค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนไม่คงที่ทั้งสองอย่าง ควรจะแปลงให้ค่าความแปรปรวนคงที่ก่อน จะแปลงค่าเฉลี่ยให้คงที่

2. การวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์และเจนกินส์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การตรวจค้นหาตัวแบบ (Identification) : เป็นการกำหนดตัวแบบ (model) ที่เหมาะสมสำหรับอนุกรมเวลาที่ต้องการพยากรณ์

ขั้นที่ 2 การประมาณค่า (Estimation) : เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ

ขั้นที่ 3 การตรวจสอบความเหมาะสม (Diagnostic checking) : เป็นการตรวจสอบตัวแบบว่าเหมาะสมกับอนุกรมเวลานั้นหรือไม่

ขั้นที่ 4 การพยากรณ์ (Forecasting) : เป็นการใช้ตัวแบบที่เหมาะสมแล้วใช้พยากรณ์ค่าของข้อมูลในอนาคต

ขั้นที่ 1 การตรวจค้นหาตัวแบบ

ในการพิจารณาตัวแบบ สามารถแยกย่อยได้อีก 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. เขียนกราฟอนุกรมเวลาและเลือกรูปแบบของการแปลงค่า

นำข้อมูลมาเขียนกราฟ เพื่อพิจารณาว่าอนุกรมชุดนั้นประกอบด้วยส่วนประกอบแนวโน้ม, ฤดูกาล, รูปแบบไม่ปกติ อนุกรมอยู่ในสถานะสมดุลหรือไม่ จากนั้นเลือกวิธีการแปลงที่เหมาะสม อนุกรมที่มีความแปรปรวนไม่คงที่ที่ต้องการแปลงโดยใช้ลอการิทึมธรรมชาติ

หรืออาจใช้วิธีอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับลักษณะของความแปรปรวน .

2. ถ้าค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองลดลงอย่างช้า ๆ โดยใช้วิธีทดสอบว่าสามารถตัดออกได้หลัง lag k และค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนตัดออกได้หลังคาบเวลาที่ล่ากว่ากัน 1 ต้องหาค่าผลต่างอันดับหนึ่ง ถ้ายังไม่สมตลย์ การทำการหาผลต่างต้องหาผลต่างอันดับสูงขึ้นไปอีก

3. คำนวณค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองและสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของอนุกรมที่อยู่ในสภาวะสมตลย์ เพื่อนำมาพิจารณาในการเลือกตัวแบบ

ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองของตัวอย่าง (sample autocorrelation function)

ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง r_k สามารถประมาณค่าได้จากอนุกรมเวลาชุดหนึ่งซึ่งมีจำนวนจำกัด x_1, x_2, \dots, x_n ค่าประมาณนี้ เรียกว่า ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองของตัวอย่าง (sample autocorrelation function หรือ SACF) แทนด้วยสัญลักษณ์ r_k โดย

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (x_t - \bar{x})(x_{t+k} - \bar{x})}{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2}, k=0, 1, 2, \dots$$

เมื่อ $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n+1} x_t$ เป็นเฉลี่ยตัวอย่างของอนุกรม

ในการหา r_k ค่า k ไม่ควรเกิน n/4 เพื่อจะได้ค่าประมาณที่ดี

ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของตัวอย่าง (sample partial autocorrelation function)

ค่าประมาณของ ϕ_{kk} แทนด้วย r_{kk} เรียกว่า ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน
ของตัวอย่าง

ดอร์บิน (Durbin 1960) ได้ให้สูตรสำหรับประมาณค่า ϕ_{kk} ดังนี้

$$r_{kk} = \begin{cases} r_k & \text{ถ้า } k=1 \\ k-1 \\ r_k - \sum_{j=1}^{k-1} r_{k-1,j} r_{k-j} & \\ \\ \hline k-1 \\ 1 - \sum_{j=1}^{k-1} r_{k-1,j} r_j & \text{ถ้า } k=2,3,\dots \end{cases}$$

โดย $r_{kj} = r_{k-1,j} - r_{kk} r_{k-1,k-j} \quad , j=1,2,\dots,k-1$

ค่าของ r_{kk} จะลดลงอย่างรวดเร็วเข้าใกล้ศูนย์ถ้าหากว่ากระบวนการอยู่ในสถานะ
สมตลลย์ ซึ่งพิจารณาจากสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของตัวอย่าง (SPACF)

3. ตัวแบบสำหรับการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอซ์และเจนกินส์

3.1 อนุกรมเวลาไม่มีการผันแปรตามฤดูกาล

3.2 อนุกรมเวลามีการผันแปรตามฤดูกาล

ในปัญหาพิเศษนี้ ใช้เพียงตัวแบบอนุกรมเวลามีการผันแปรตามฤดูกาล

3.1 อนุกรมเวลาไม่มีการผันแปรตามฤดูกาล จำแนกได้เป็น 4 ประเภท คือ

3.1.1 กระบวนการถดถอยในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาลอันดับ p

(Nonseasonal Autoregressive Process of Order p (AR(p)))

เป็นกระบวนการอนุกรมเวลาที่ค่าปัจจุบัน x_t แทนได้ด้วยฟังก์ชันเชิงเส้นของค่าใน
อดีตกับค่าความรบกวน a_t โดยที่อนุกรมเวลา $\{x_t\}$ เป็นอนุกรมเวลาที่อยู่ในสถานะสมตลลย์

เมื่อกำหนดให้ $z_t = x_t - \mu$

จะได้กระบวนการหรือตัวแบบการถดถอยในตัวเองอันดับ p คือ

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + \dots + \phi_p z_{t-p} + a_t$$

หรือ $(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) z_t = a_t$

หลักเกณฑ์ในการพิจารณาตัวแบบการถดถอยในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาล อันดับ p

- ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองของตัวอย่าง r_k เมื่อ k เพิ่มขึ้น มีการลดลงแบบเอกซโปเนนเชียลหรือรูปคลื่นแบบไซน์ หรือทั้งสองแบบรวมกัน
 - ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของตัวอย่าง r_{kk} จะมีการลดลงอย่างรวดเร็วโดย ค่า r_{kk} มีค่าเข้าใกล้ศูนย์หลังคาบเวลาที่ต่ำกว่ากัน p
- ในทางปฏิบัติ อันดับของกระบวนการ AR มักไม่เกิน 2

3.1.2 กระบวนการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาลอันดับ q
 (Nonseasonal Moving Average Process of Order q (MA(q)))

เป็นกระบวนการอนุกรมเวลาที่ค่าปัจจุบัน x_t แทนได้ด้วยฟังก์ชันเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลปัจจุบันกับความคลาดเคลื่อนของอนุกรมเวลาในอดีต โดยที่อนุกรมเวลา $\{x_t\}$ เป็นอนุกรมเวลาที่อยู่ในสภาวะสมตลย เมื่อกำหนดให้ $z_t = x_t - \mu$

จะได้กระบวนการหรือตัวแบบการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาลอันดับ q คือ

$$z_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}$$

หรือ $= (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) a_t$

หลักเกณฑ์ในการพิจารณาตัวแบบการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาล อันดับ q

- ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองของตัวอย่าง r_k เมื่อ k เพิ่มขึ้น จะมีการลดลงอย่างรวดเร็วโดย ค่า r_k มีค่าเข้าใกล้ศูนย์หลังคาบเวลาที่ต่ำกว่ากัน q
 - ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของตัวอย่าง r_{kk} มีการลดลงแบบเอกซโปเนนเชียลหรือรูปคลื่นแบบไซน์ หรือทั้งสองแบบรวมกัน
- ในทางปฏิบัติ อันดับของกระบวนการ MA มักไม่เกิน 2

3.1.3 กระบวนการถดถอยในตัวเองเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ p และ q
 (Mixed Autoregressive Moving Average Process order p and q)

กระบวนการถดถอยในตัวเองอันดับที่ p ผสมกับกระบวนการเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับ q แทนด้วย ARMA (p, q) คือ

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + \dots + \phi_p z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}$$

เมื่อ $z_t = x_t - \mu$

x_t คือ ค่าสังเกต

โดย p คือจำนวนพารามิเตอร์การถดถอยในตัวเอง (autoregressive parameters)

q คือจำนวนพารามิเตอร์เฉลี่ยเคลื่อนที่ (moving average parameters)

หลักเกณฑ์ในการพิจารณาตัวแบบการถดถอยในตัวเองเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาล

อันดับ q

- ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองและฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของตัวอย่าง มีการลดลงแบบเอกซโปเนนเชียลหรือรูปคลื่นแบบไซน์ หรือทั้งสองแบบรวมกัน

3.1.4 กระบวนการ ARIMA(p, d, q)

(Autoregressive Integrated Moving Average Process)

เป็นกระบวนการผสมระหว่างการถดถอยในตัวเองกับกระบวนการเฉลี่ยเคลื่อนที่ ที่เป็นอนุกรมเวลาที่อยู่ในสภาวะสมตลย์จากการหาค่าแตกต่างอันดับ d ของอนุกรมเวลาที่ไม่มีอยู่ในสภาวะสมตลย์ โดยมีตัวแบบ

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) (1 - B)^d x_t = \epsilon_t + (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) a_t$$

เมื่อให้ $w_t = (1 - B)^d x_t$

w_t เป็นค่าอนุกรมของค่าแตกต่างอนุกรมเดิม x_t โดย w_t เป็นอนุกรมเวลาที่อยู่ในสภาวะสมตลย์ ดังนั้นจะเขียนสมการได้ใหม่ ดังนี้

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) w_t = \epsilon_t + (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) a_t$$

การพิจารณาตัวแบบ ARIMA(p, d, q) มีหลักการพิจารณาเช่นเดียวกับ ARMA(p, q) โดยพิจารณา ACF และ PACF ของ w_t แทน x_t

3.2 อนุกรมเวลาที่มีการผันแปรตามฤดูกาล

อนุกรมเวลารายงวดหรือรายเดือนมักจะมีรูปแบบฤดูกาลขึ้นอยู่กับ ความสูงและต่ำของอนุกรมมีแนวโน้มที่จะเกิดในงวดเดียวกันหรือเดือนเดียวกันของปีที่ต่อเนื่องกัน เช่นปริ-

มาฆษาของร้านสรรพสินค้ามีค่าสูงในเดือนธันวาคมทุกปี สามารถใช้ตัวแบบ ARIMA อธิบายความผันแปรฤดูกาลได้ สามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภทคือ

3.2.1 ตัวแบบถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาล

(Seasonal Autoregressive Models)

อนุกรมเวลารายงวด จะเป็นกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ P ถ้าหากว่าค่าปัจจุบันของอนุกรม z_t แสดงได้ด้วย ฟังก์ชันเชิงเส้นของค่าอนุกรมที่เกิดขึ้น P ปีที่แล้ว คือ z_{t-s} (s=ความยาวฤดูกาล) และการรบกวนลุ่มหนึ่ง a_t มีตัวแบบเป็น AR(P) คือตัวแบบการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาล อันดับ P แทนด้วย

$$\begin{aligned} \mathbb{B}(B^s)w_t &= a_t \\ \text{เมื่อ } \mathbb{B}(B^s) &= 1 - \mathbb{B}_1 B^s - \mathbb{B}_2 B^{2s} - \dots - \mathbb{B}_P B^{Ps} \\ w_t &= \nabla^D \nabla^d z_t \end{aligned}$$

∇^D ค่าแตกต่างอันดับ D แบบมีฤดูกาล โดยความยาวฤดูกาล = s

∇^d ค่าแตกต่างอันดับ d แบบไม่มีฤดูกาล

ใช้ ∇^D และ ∇^d ทำให้อนุกรมเวลาอยู่ในสภาวะสมดุลง่าย

ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองของตัวแบบการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาล มีลักษณะคล้ายคลึงกับตัวแบบการถดถอยในตัวเองแบบปกติ ต่างกันที่ค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองแบบมีฤดูกาล จะปรากฏที่ตำแหน่งทวีคูณของระยะความยาวของฤดูกาล

3.2.2 ตัวแบบเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาล

(Seasonal Moving Average Models)

อนุกรมเวลาที่อยู่ในสภาวะสมดุลง่าย จะเป็นกระบวนการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาลอันดับที่หนึ่ง ถ้าค่าปัจจุบันของอนุกรม z_t แทนได้ด้วยความคลาดเคลื่อนปัจจุบัน a_t กับความคลาดเคลื่อนที่เกิดในค่าสังเกต s คาบเวลาที่แล้ว คือ a_{t-s} เมื่อ s ระยะของฤดูกาล ตัวแบบคือ

$$Z_t = a_t - \theta_1 a_{t-1}$$

$$Z_t = (1 - \theta_1 B^1) a_t$$

เมื่อ θ เป็นพารามิเตอร์เฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาล ตัวแบบแทนด้วยสัญลักษณ์ MA(1) หรือ SMA(1)

และ MA(Q) แทนด้วย

$$w_t = \theta(B^m) a_t$$

เมื่อ $\theta(B^m) = 1 - \theta_1 B^m - \theta_2 B^{2m} - \dots - \theta_p B^{pm}$

$$w_t = \nabla^D \nabla^d Z_t$$

ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองของตัวแบบเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาล มีลักษณะคล้ายกับ ACF ของตัวแบบเฉลี่ยเคลื่อนที่ปกติ ต่างกันที่ค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองจะปรากฏที่คาบเวลาทวีคูณของระยะฤดูกาล s

ตัวแบบ SMA อันดับสูง จะมีค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองจำนวนเท่ากับอันดับของกระบวนการและปรากฏที่คาบเวลาทวีคูณของ s

3.2.3 ตัวแบบฤดูกาลผสม (Mixed Seasonal Models)

ตัวแบบผสมแทนด้วย

$$\theta(B^m) w_t = \theta(B^m) a_t$$

เมื่อ $\theta(B^m) = 1 - \theta_1 B^m - \theta_2 B^{2m} - \dots - \theta_p B^{pm}$

$$\theta(B^m) = 1 - \theta_1 B^m - \theta_2 B^{2m} - \dots - \theta_p B^{pm}$$

$$w_t = \nabla^D \nabla^d Z_t$$

สหสัมพันธ์ในตัวเองของตัวแบบฤดูกาลผสม เช่นเดียวกับสหสัมพันธ์ในตัวเองของตัวแบบผสมไม่มีฤดูกาล ต่างกันที่คาบเวลาที่ปรากฏค่าสหสัมพันธ์ในตัวเอง คือ ปรากฏที่ $s, 2s, 3s, \dots$

ARIMA(P, D, Q) เป็นตัวแบบฤดูกาลผสมอันดับที่ P และ Q ที่การหาค่าแตกต่าง
อันดับที่ D ของอนุกรม เพื่อให้อนุกรมเวลาอยู่ในสภาวะสมดุลย์

- โดย P = อันดับของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาล
- D = อันดับของการหาค่าแตกต่างฤดูกาล
- Q = อันดับของกระบวนการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาล
- s = ความยาวของฤดูกาล

ตัวแบบฤดูกาลแบบคูณ (General Multiplicative Seasonal Models)

ตัวแบบผสมของทุกตัวแบบดังกล่าวมาแล้ว แทนได้ด้วยสัญลักษณ์

ARIMA(p, d, q)*(P, D, Q) จะเขียนตัวแบบได้ดังนี้

$$\phi(B)\Psi(B^s)w_t = \theta(B)\Theta(B^s)a_t$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} \phi(B) &= 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p \\ \Psi(B^s) &= 1 - \psi_1 B^s - \psi_2 B^{2s} - \dots - \psi_P B^{Ps} \\ \theta(B) &= 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q \\ \Theta(B^s) &= 1 - \omega_1 B^s - \omega_2 B^{2s} - \dots - \omega_Q B^{Qs} \end{aligned}$$

และ

$$w_t = \nabla^D \nabla^d z_t$$

ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองและสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของตัวแบบฤดูกาล

กระบวนการ	สหสัมพันธ์ในตัวเอง	สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน
AR(p), SAR(P)	ลดลงแบบเอกซ์โปเนนเชียลหรือคลิ่นรูปชายน์	ตัดออกหลังคาบเวลาที่เล็กกว่ากัน $p+sP$
MA(q), SMA(Q)	ตัดออกหลังคาบเวลาที่เล็กกว่ากัน $q+sQ$	ลดลงแบบเอกซ์โปเนนเชียลหรือคลิ่นรูปชายน์
Mixed Models	ลดลงแบบเอกซ์โปเนนเชียลหรือคลิ่นรูปชายน์หรือทั้งสองแบบรวมกัน	ลดลงแบบเอกซ์โปเนนเชียลหรือคลิ่นรูปชายน์หรือทั้งสองแบบรวมกัน

ตาราง 2-1 คุณสมบัติของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองและฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของอนุกรมเวลาที่มีความผันแปรตามฤดูกาล สำหรับค่า p และ q น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 ส่วน P และ Q น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1

ขั้นที่ 2 การประมาณค่าพารามิเตอร์

เมื่อได้รูปแบบมาแล้วจากขั้นที่ 1 จากนั้นก็ทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบนิยมใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ขั้นที่ 3 การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ

หลังจากที่ประมาณค่าพารามิเตอร์แล้ว จำเป็นที่จะต้องทำการตรวจสอบว่าตัวแบบที่เลือกนั้น สามารถใช้เป็นตัวแบบในการพยากรณ์ได้ดีหรือไม่
มีวิธีตรวจสอบดังนี้

1. โดยดูจากค่าความคลาดเคลื่อน

ค่าความคลาดเคลื่อนภายหลังการพยากรณ์ ควรจะเป็นอิสระอย่างแท้จริง (Random noise) โดยใช้สถิติบ็อกซ์-เพียร์ส ไคสแควร์ (Box-Pierce Chi-Square Statistics) เป็นสถิติการแจกแจงแบบไคสแควร์ของค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อน (Autocorrelation of Residual)

สมมติฐานของการทดสอบ

H_0 : ไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อนที่ล่าช้ากว่ากัน k คาบเวลา หรือ สหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับศูนย์

H_1 : มีสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อนที่ล่าช้ากว่ากัน k คาบเวลา หรือ สหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากับศูนย์

สถิติที่ใช้ทดสอบ

$$Q = (N-d) \sum_{i=1}^k r_i^2 (E_i)$$

เมื่อ N คือ จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ห่อนุกรมเวลา

d คือ จำนวนอันดับของการหาค่าความแตกต่างแบบไม่มีฤดูกาลที่ทำให้ห่อนุกรมอยู่ในสภาวะสมดุลย์

k คือ จำนวนคาบเวลาที่ล่าช้ากว่ากันของสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อน

$r_i^2 (E_i)$ คือ กำลังสองของสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อน

กรณีห่อนุกรมเวลามีฤดูกาล

$$Q = (N-d-DL) \sum_{i=1}^k r_i^2 (E_i)$$

เมื่อ N คือ จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ห่อนุกรมเวลา

d, D คือ จำนวนอันดับของการหาค่าความแตกต่างแบบมีฤดูกาลและไม่มี
ฤดูกาลที่ทำให้อนุกรมอยู่ในสภาวะสมดุลย์ ตามลำดับ

k คือ จำนวนคาบเวลาที่ต่ำกว่ากันของสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่า
ความคลาดเคลื่อน

$r^2_{(E)}$ คือ กำลังสองของสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อน

L คือ จำนวนระยะเวลาของฤดูกาลในแต่ละปี

หากค่า Q ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า X^2 ที่องศาแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ
 $k-np$ จะยอมรับสมมติฐาน H_0 แสดงว่าไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อน
ที่ต่ำกว่ากัน k คาบเวลา แสดงว่าตัวแบบที่ใช้เหมาะสมกับอนุกรมเวลานั้น เมื่อ np คือ
จำนวนพารามิเตอร์ในตัวแบบ

ขั้นที่ 4 การพยากรณ์ข้อมูล

เมื่อได้ตัวแบบที่เหมาะสมแล้วจึงทำการพยากรณ์สำหรับวิธีบอกซ์และเจนกินส์ ใช้ได้ดี
สำหรับการพยากรณ์ล่วงหน้าระยะสั้น

บทที่ 3

การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 แหล่งที่มาของข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ เป็นข้อมูลรายเดือนประเภทตุลุมิ ซึ่งฝ่ายสารสนเทศ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ได้เก็บรวบรวมไว้

สาเหตุที่ใช้ข้อมูลตุลุมิในปัญหาพิเศษนี้ เพราะว่าการพยากรณ์ข้อมูลในอนาคตนั้น เราจะต้องนำข้อมูลในอดีตมาศึกษาถึงรูปแบบ ปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและแนวโน้มของข้อมูล ข้อมูลของปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำ จะเป็นข้อมูลรายเดือน ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2528 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2535 จำนวน 84 เดือน

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีการปรับแนวโน้มและฤดูกาลของวินเตอร์

เนื่องจากข้อมูลทั้งหมดที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลแบบมีฤดูกาล จากการใช้โปรแกรม FORECAST PLUS เพื่อจำแนกว่าข้อมูลเป็นข้อมูลฤดูกาลแบบขวกหรือแบบคณ ซึ่งจะทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบจากวิธีบอกซ์-เพ็สเซิล ไคสแควร์ ดังนี้

ตาราง 3-1 แสดงผลการทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบจากวิธีวิเคราะห์ห่อแกรม
เวลาแบบปรับเรียบแนวโน้มและฤดูกาลของวินเตอร์

ข้อมูล	ตัวแบบบวก		ตัวแบบคูณ	
	X ²	p-value	X ²	p-value
เชื่อนภูมิพล				
ปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำ	148.1	0	263.3	0
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ	26.1	0.568	-*	-*
ปริมาณน้ำที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า	54.9	0.002	70.3	0
ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำ	54.1	0.002	63.5	0
เชื่อนสิริกิติ์				
ปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำ	56.3	0.001	173.8	0
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ	29.1	0.405	35.2	0.164
ปริมาณน้ำที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า	53	0.003	71.6	0
ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำ	60.5	0	71.8	0

* ไม่สามารถคำนวณตัวแบบฤดูกาลแบบคูณได้ เนื่องจากข้อมูลบางค่าเป็นศูนย์

จากการวิเคราะห์ จะได้

- ยอมรับว่าข้อมูลมีตัวแบบฤดูกาลแบบบวก คือปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของเชื่อนภูมิพล

- ไม่ยอมรับตัวแบบทั้งแบบคูณและแบบบวก คือ ปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำ เชื่อนภูมิพล และเชื่อนสิริกิติ์ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของ เชื่อนภูมิพลและเชื่อนสิริกิติ์ และปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำของ เชื่อนภูมิพลและเชื่อนสิริกิติ์

- ยอมรับทั้งตัวแบบฤดูกาลแบบคูณและแบบบวก คือ ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของเชื่อนสิริกิติ์

- ยอมรับทั้งตัวแบบฤดูกาลแบบคุณและแบบขวก หมายความว่า ข้อมูลสามารถใช้ได้ทั้งตัวแบบฤดูกาลแบบขวกและแบบคุณ ได้แก่ ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของเขื่อนสิริกิติ์

เนื่องจากในการทำปัญหาพิเศษนี้ ได้ถือเอาโปรแกรมสำเร็จรูป STATGRAPHICS เป็นโปรแกรมหลักที่ใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งมีข้อจำกัดในเทคนิคการวิเคราะห์ด้วยวิธีปรับเรียบแนวโน้มและฤดูกาลของวินเตอร์ เพราะโปรแกรมจะทำการวิเคราะห์โดยใช่เป็นตัวแบบฤดูกาลแบบคุณเท่านั้น

ดังนั้นจะยกตัวอย่างวิธีดำเนินงานของอนุกรมเวลาที่มีความผันแปรตามฤดูกาลแบบคุณเพียง 1 ตัวอย่าง

ตัวอย่างการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีการปรับแนวโน้มและฤดูกาลของวินเตอร์ เมื่อความผันแปรฤดูกาลเป็นแบบคุณ ซึ่งจะใช้ข้อมูลจากปริมาณน้ำที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนภูมิพล โดยมีข้อมูลตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ.2528 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ.2535 ดังนี้

	พ.ศ. 2528	2529	2530	2531	2532
มกราคม		213.4704	297.0879	204.8683	420.5719
กุมภาพันธ์		634.4850	592.5952	364.4649	812.4805
มีนาคม		796.9644	925.6207	1074.1102	1252.7400
เมษายน		703.7851	806.4264	943.7265	1140.4200
พฤษภาคม		518.2162	487.1285	225.2417	579.2300
มิถุนายน		539.0236	289.5928	59.6833	165.8300
กรกฎาคม		516.1526	628.5346	123.9368	230.8000
สิงหาคม		335.1659	587.1984	20.6050	699.0900
กันยายน		234.3147	109.1637	-21.3033	355.7600
ตุลาคม	27.7386	485.9768	37.5007	17.3575	38.6700
พฤศจิกายน	33.7149	613.0329	270.2513	14.6093	430.0100
ธันวาคม	73.3055	212.8733	42.0813	118.1205	151.5900

พ.ศ.	2533	2534	2535
มกราคม	362.5800	372.0500	410.7200
กุมภาพันธ์	551.9000	351.4600	528.5400
มีนาคม	919.4400	570.8900	668.6400
เมษายน	823.9500	481.6000	599.6500
พฤษภาคม	572.1200	195.6500	418.3600
มิถุนายน	416.1100	86.9100	103.1600
กรกฎาคม	314.2500	183.000	84.3200
สิงหาคม	367.9200	254.0300	22.2900
กันยายน	409.6300	134.8200	48.4600
ตุลาคม	317.2900	34.5300	
พฤศจิกายน	385.0700	309.0400	
ธันวาคม	305.0900	308.5000	

ขั้นที่ 1 หาค่าประมาณเริ่มต้น คือ b_0 และ s_0 จากสูตร 2.5 และ 2.6 ตามลำดับ สามารถหาค่าได้คือ $b_0 = -1.26172$ และ $s_0 = 393.0983$

ขั้นที่ 2 หาค่าประมาณเริ่มต้นสำหรับปัจจัยฤดูกาล L ค่า ซึ่งในตัวอย่างนี้ L = 12 จากสูตร 2.7 และ 2.8 สามารถหาค่าได้ทั้งหมด 12 ค่า จากนั้นนำค่าประมาณเริ่มต้นไปปรับให้เป็นเวลาปัจจุบันด้วยสูตร 2.9 ได้ค่าดังนี้

$I_1 = 0.3447$	$I_7 = 2.0897$
$I_2 = 0.7840$	$I_8 = 1.0994$
$I_3 = 0.4796$	$I_9 = 0.5902$
$I_4 = 0.8742$	$I_{10} = 0.7369$
$I_5 = 1.4193$	$I_{11} = 0.7667$
$I_6 = 2.3556$	$I_{12} = 0.4598$

สามารถหาค่าพารามิเตอร์ล่วงหน้าในเดือนตุลาคม พ.ศ.2535 เชื้อนภูมิพลจะมีปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าประมาณ 12.914 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งคำนวณได้จากสูตร 2.4 สามารถหาค่าพารามิเตอร์ได้ดังนี้ $\alpha = 0.99$ $\beta = 0.05$ $\delta = 0.8$ และสามารถหาค่า Mean Square Error ได้เท่ากับ 84551.3

3.3 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาด้วยวิธีวิเคราะห์หอนุกรมเวลาแบบบอซซ์และเจนกินส์

วิธีวิเคราะห์หอนุกรมเวลาแบบบอซซ์และเจนกินส์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

1. การหาตัวแบบ (Model) ที่เหมาะสมสำหรับหอนุกรมเวลา

- หอนุกรมเวลาจะต้องอยู่ในสถานะสมตลยเสียก่อนจึงจะค้นหาตัวแบบ
- การค้นหาตัวแบบทำได้โดยพิจารณากราฟของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองและฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ว่ามีลักษณะอย่างไร ซึ่งหลักการพิจารณาตัวแบบได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 แล้ว

2. ประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ

ใช้วิธีการค้นหาค่าผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสองน้อยที่สุด (Sum Square Error) โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

3. ตรวจสอบตัวแบบว่าดีเหมาะสมกับข้อมูลแล้ว

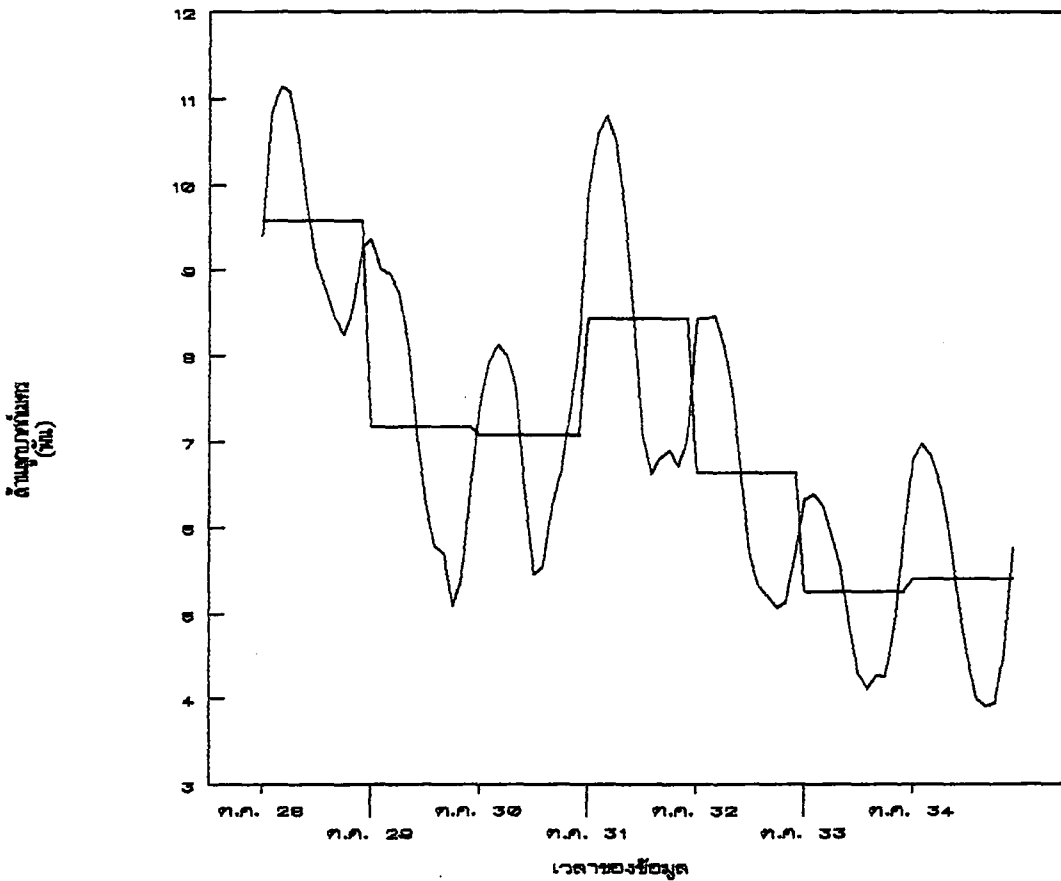
เมื่อได้ตัวแบบและพารามิเตอร์ จากนั้นก็ทำการตรวจสอบตัวแบบ โดยใช้สถิติบอซซ์และเพียร์ส ไคสแควร์

4. พยากรณ์ เมื่อได้ตัวแบบที่เหมาะสม

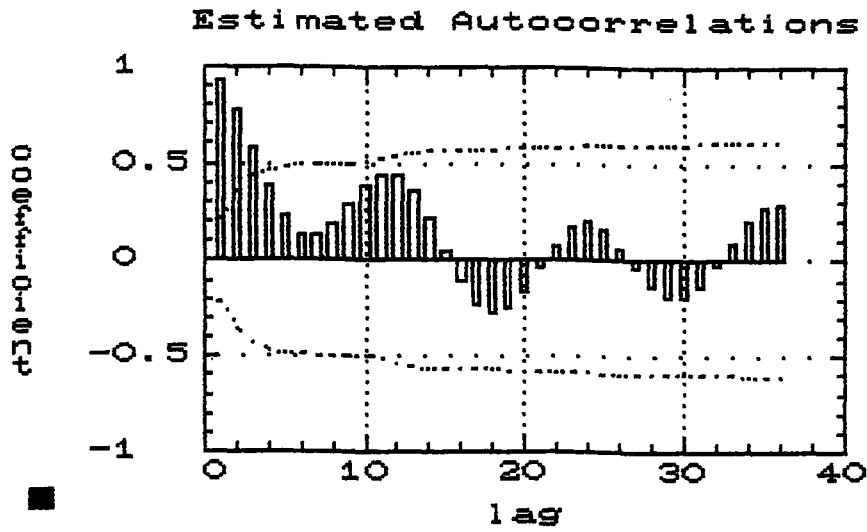
การพยากรณ์จะมีประสิทธิภาพมากเมื่อพยากรณ์ในช่วงเวลาสั้น และมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อพยากรณ์ในระยะยาว

เนื่องจากการวิเคราะห์แต่ละขั้นตอน มีวิธีการดำเนินงานที่เหมือนกัน ดังนั้น จะยกตัวอย่างวิธีการดำเนินงานของหอนุกรมเวลาปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพลเพียง 1 ตัวอย่างเท่านั้น

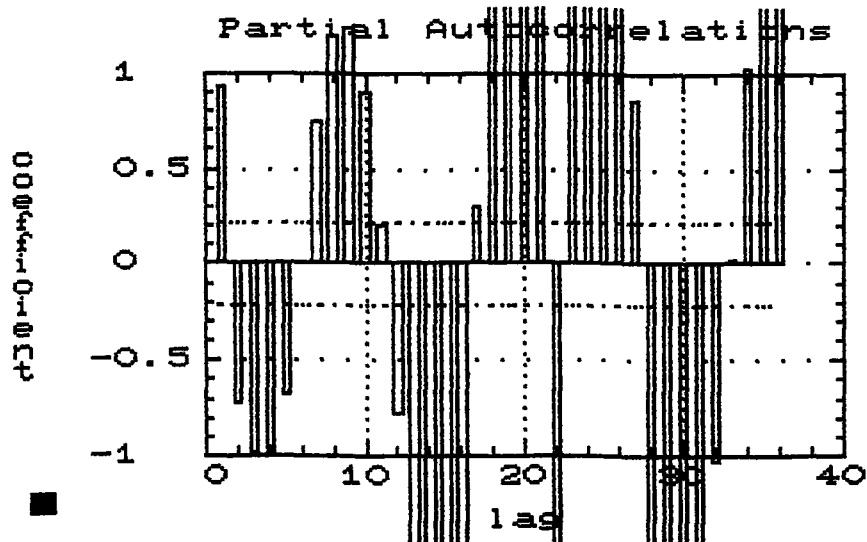
ขั้นที่ 1 เป็นการค้นหาตัวแบบ (Model) ที่เหมาะสมสำหรับอนุกรมเวลา



รูปที่ 3-1 กราฟแสดงข้อมูลปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล
จากรูปที่ 3-1 แสดงให้เห็นว่าอนุกรมเวลาที่มีความผันแปรตามฤดูกาล เนื่องจาก
กราฟอนุกรมเวลาขึ้น-ลงในลักษณะเดียวกัน เมื่อคาบเวลาตรงกัน

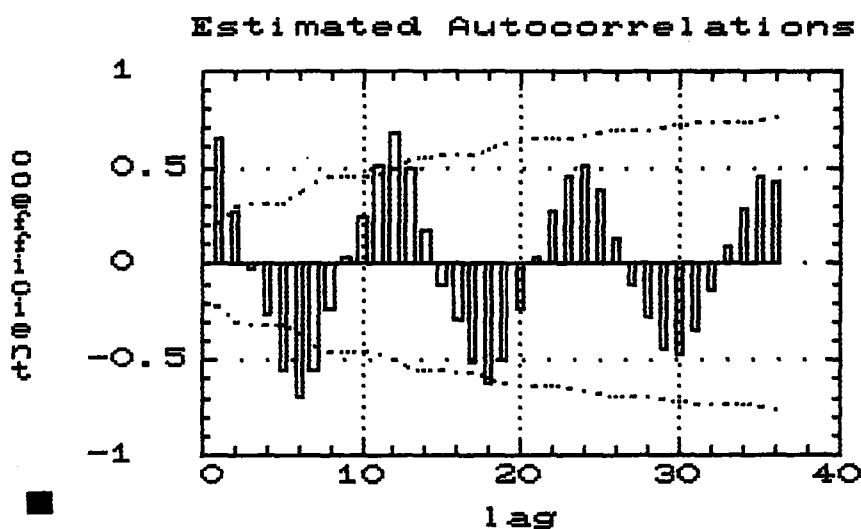


รูปที่ 3-1ก กราฟแสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองของปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล

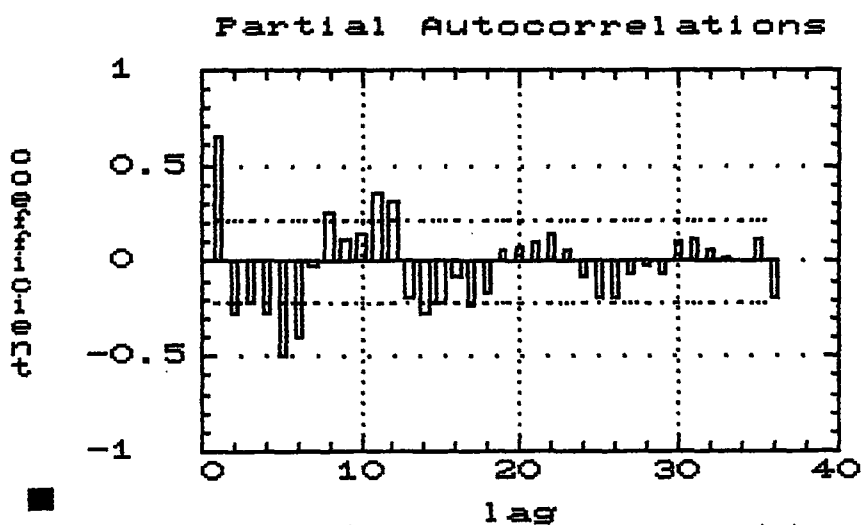


รูปที่ 3-1ข กราฟแสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน of ปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล

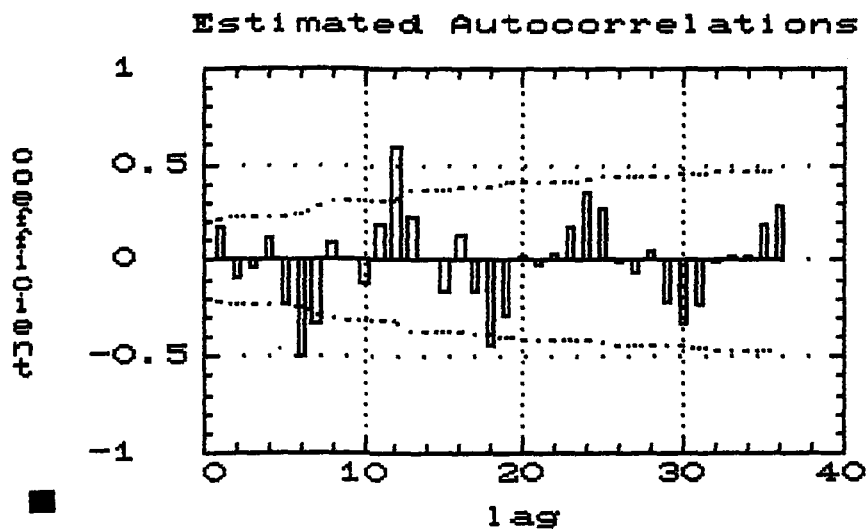
จากรูปที่ 3-1ก จะเห็นว่าอนุกรมเวลายังไม่อยู่ในสภาวะสมตลย์ ดังนั้นต้องทำการแปลงอนุกรมเวลาให้อยู่ในสภาวะสมตลย์ โดยการหาค่าต่างอันดับต่าง ๆ ทั้งแบบมีฤดูกาลและแบบไม่มีฤดูกาล เนื่องจากการแปลงอนุกรมเวลาให้อยู่ในสภาวะสมตลย์ทำได้หลายวิธี ดังนั้นต้องนำอนุกรมเวลาจากการแปลงค่าแล้วทุกวิธีมาพิจารณาว่ามีอนุกรมเวลาใดบ้างที่อยู่ในสภาวะสมตลย์



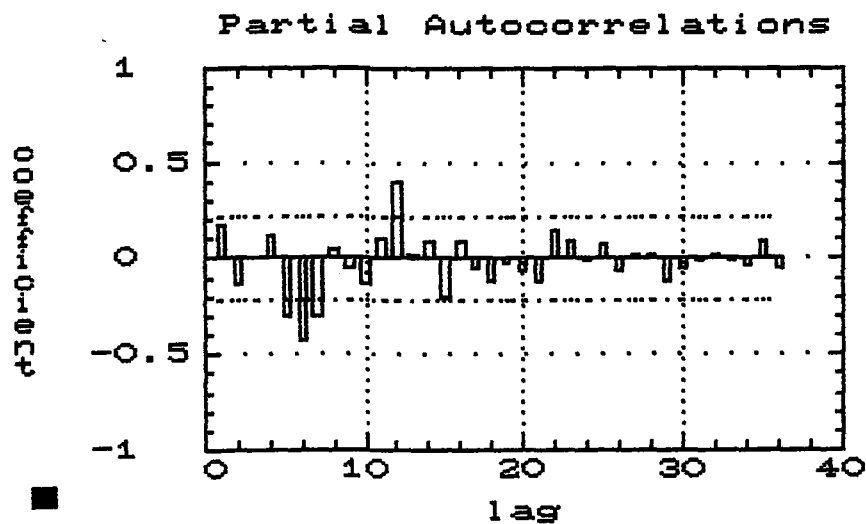
รูปที่ 3-2ก กราฟแสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองของผลต่างอันดับที่หนึ่งแบบไม่มีฤดูกาลของปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล



รูปที่ 3-2ข กราฟแสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของผลต่างอันดับที่หนึ่งแบบไม่มีฤดูกาลของปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล



รูปที่ 3-3ก กราฟแสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองของผลต่างอันดับที่สองแบบไม่มีฤดูกาล
ของปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล



รูปที่ 3-3ข กราฟแสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของผลต่างอันดับที่สองแบบไม่มี
ฤดูกาลของปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล

หาค่าสหสัมพันธ์ในตัวเอง เพื่อนำมาพิจารณาตัวแบบ

จากข้อมูลปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล จะได้ตัวแบบ

- ARIMA (1, 1, 0)(2, 0, 0)_๕

- ARIMA (1, 1, 0)(1, 0, 0)_๕

- ARIMA (1, 2, 0)(2, 0, 0)_๕

ขั้นที่ 2 เมื่อได้ตัวแบบแล้วทำการประมาณค่าพารามิเตอร์โดยค้นหาค่าผลรวมของความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ซึ่งจะได้จากโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้

ขั้นที่ 3 ตรวจสอบตัวแบบว่าดีเหมาะสมกับข้อมูลแล้ว ด้วยวิธีบอกซ์-เพียร์ส ไคสแควร์ โดยการหาค่า Q จะได้

ค่า Q ของ ARIMA (1, 1, 0)(2, 0, 0)_๕ = 5.986 < X^๒ ที่องศาแห่งความอิสระเท่ากับ 9

ค่า Q ของ ARIMA (1, 1, 0)(1, 0, 0)_๕ = 12.731 < X^๒ ที่องศาแห่งความอิสระเท่ากับ 10

ค่า Q ของ ARIMA (1, 2, 0)(2, 0, 0)_๕ = 8.607 < X^๒ ที่องศาแห่งความอิสระเท่ากับ 9

แสดงว่าตัวแบบที่นำมาทดสอบมีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลา เมื่อมีตัวแบบหลายแบบ ตัวแบบที่ดีที่สุดนั้น เลือกจากการพิจารณาค่าเปรียบเทียบต่าง ๆ ตามลำดับดังนี้

1. เลือกตัวแบบให้ค่า MSE น้อยที่สุด
2. ถ้ามีหลายตัวแบบที่มี MSE ใกล้เคียงกันจะเลือกใช้ตัวแบบที่ต้องประมาณค่าพารามิเตอร์น้อยตัวที่สุด

3. ถ้าในกรณี ข้อ 2 ยังตัดสินไม่ได้ จะใช้ค่าเปรียบเทียบอื่นๆ ซ้ำๆ คือเลือกตัวแบบที่มี MAE, MAPE น้อยสุดและ ME, MPE มีค่าใกล้เคียงศูนย์มากที่สุด

ตาราง 3-2 แสดงค่าเปรียบเทียบประสิทธิภาพต่างๆ ที่ได้จากตัวแบบ

ARIMA (p,d,q)(P,D,Q) _z	ME	MSE	MAE	MPE(%)	MAPE(%)
(1,1,0)(2,0,0) _z	-15.858	110034.2	249.285	-0.001	3.782
(1,1,0)(1,0,0) _z	<u>-4.271</u>	132587.2	281.501	0.039	4.201
(1,2,0)(2,0,0) _z	38.487	125249.7	263.243	0.76	3.98

ตัวแบบที่ดีที่สุด คือ ตัวแบบอันดับ 1 ของการถดถอยในตนเองและการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาล เพราะว่า MSE จากทั้งสามตัวแบบใกล้เคียงกัน แต่ตัวแบบนี้มีจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่าน้อยที่สุด จึงเป็นตัวแบบที่ดีกว่า

สมการพยากรณ์ คือ

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + \theta_1 z_{t-12}$$

โดย $\phi_1 = 0.39834$

$$\theta_1 = -0.52236$$

$$z_t = x_t - x_{t-1}$$

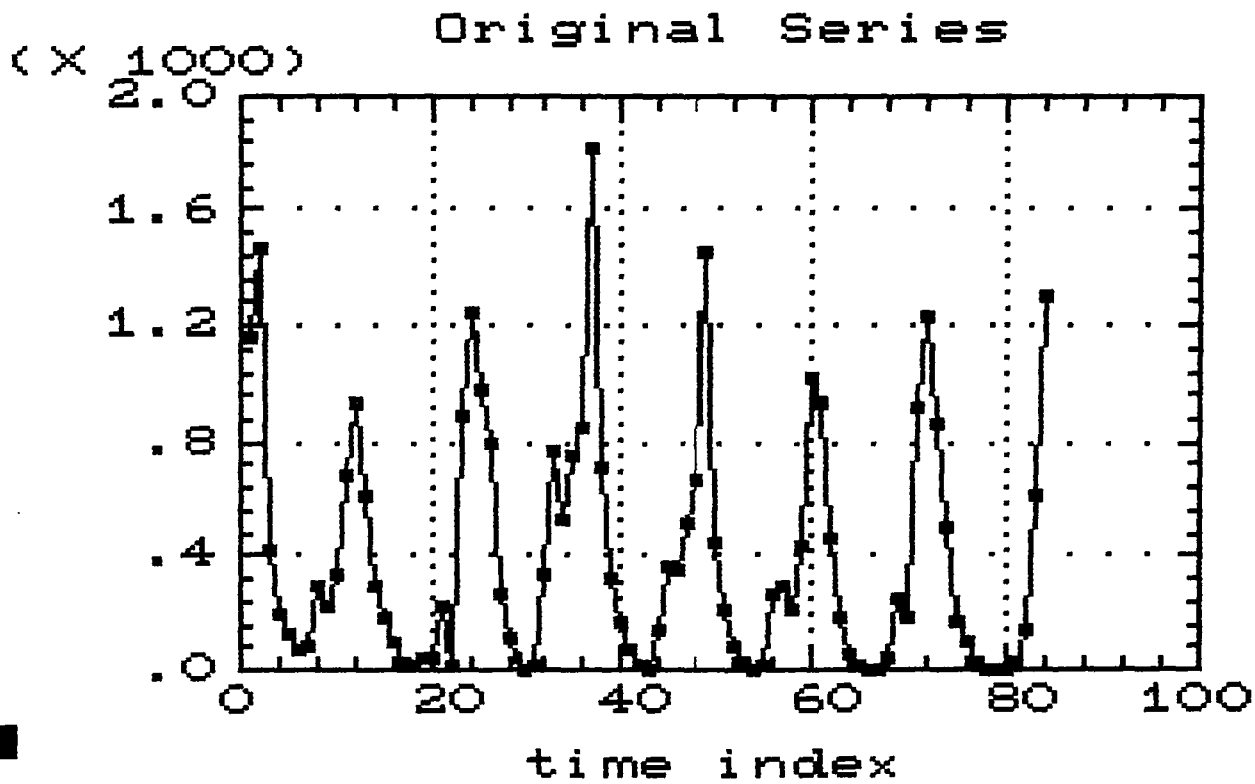
ขั้นที่ 4 พยากรณ์ข้อมูลล่วงหน้า 12 ค่า จากตัวแบบข้างต้น จะได้

ตาราง 3-3 แสดงค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 คาบเวลาของข้อมูลปริมาณน้ำที่มีใน
อ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล

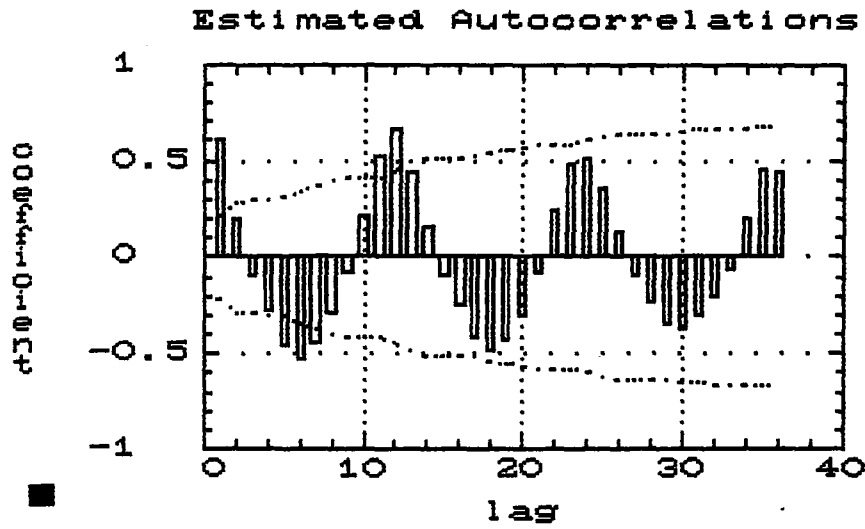
คาบเวลา	ค่าพยากรณ์
2535 ตุลาคม	6607.24
พฤศจิกายน	7158.82
ธันวาคม	7388.28
2536 มกราคม	7414.39
กุมภาพันธ์	7083.03
มีนาคม	6260.08
เมษายน	5458.18
พฤษภาคม	4810.93
มิถุนายน	4393.55
กรกฎาคม	4713.95
สิงหาคม	4219.86
กันยายน	4628.33

จากวิธีดำเนินงานที่เหมือนกัน จะได้ตัวแบบของวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอกรีต และเจนกินส์ ซึ่งจะแสดงกราฟข้อมูล ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองและฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของข้อมูลชุดอื่นๆ ดังนี้

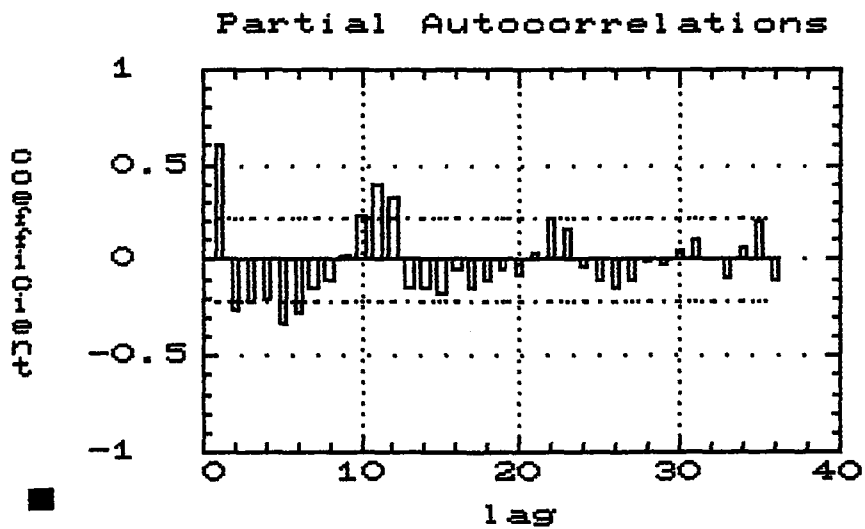
จากวิธีดำเนินงานที่เหมือนกัน จะได้ตัวแบบของวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์
และเจนกินส์ ซึ่งจะแสดงกราฟข้อมูล ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองและฟังก์ชันสหสัมพันธ์ใน
ตัวเองบางส่วนของข้อมูลชุดอื่นๆ ดังนี้



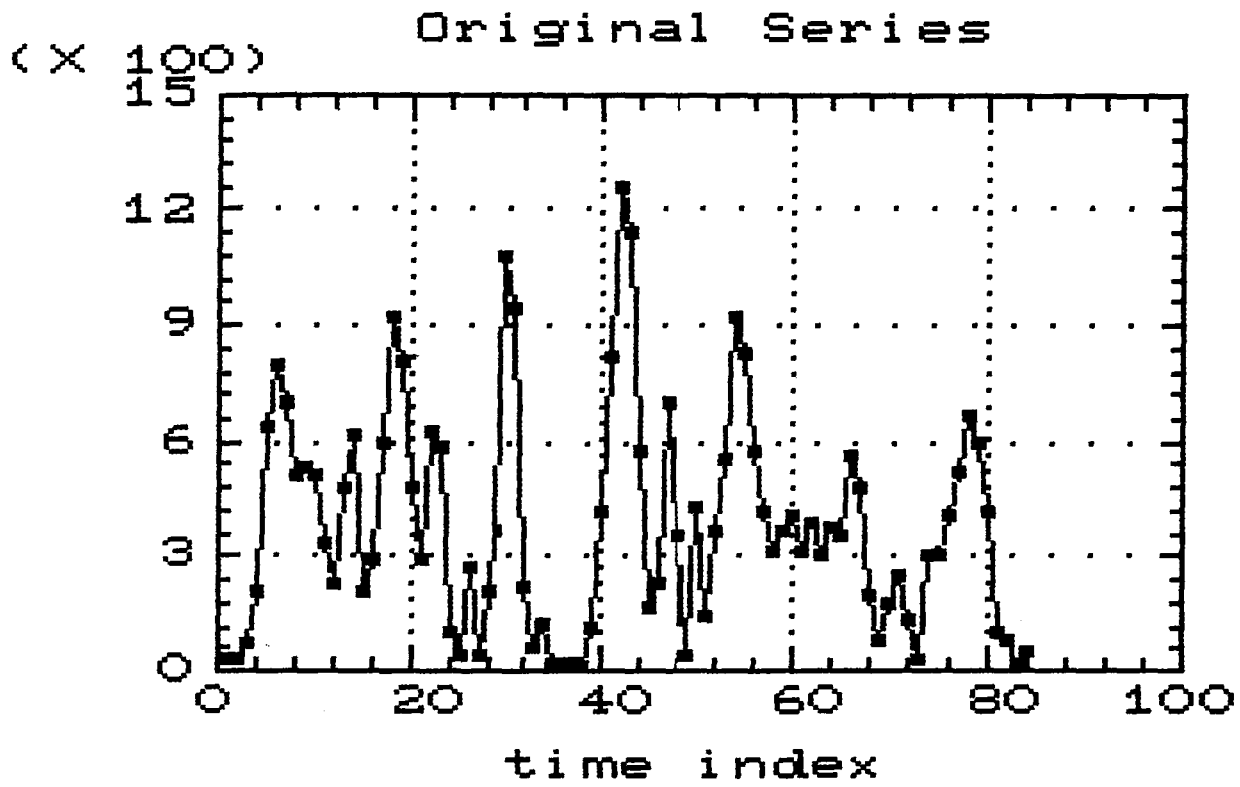
รูปที่ 3-4 กราฟข้อมูลที่อยู่ในสภาวะสมคลุ้ยของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล



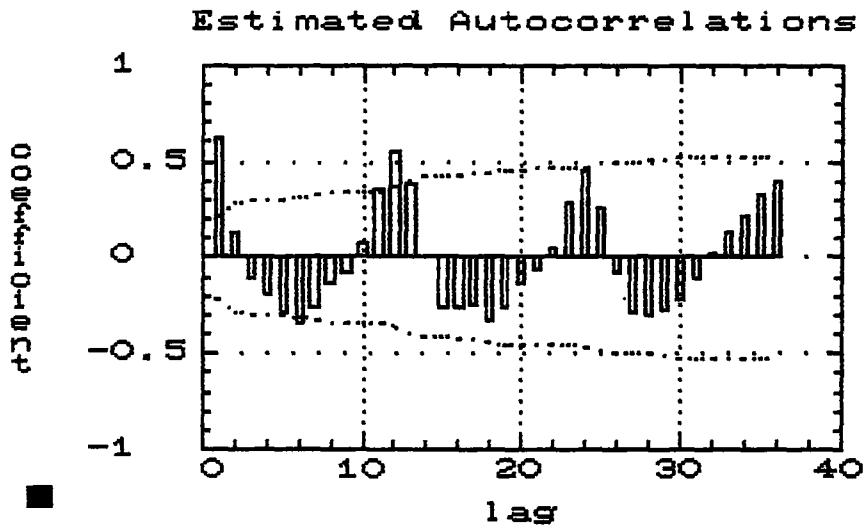
รูปที่ 3-4ก กราฟแสดงฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล



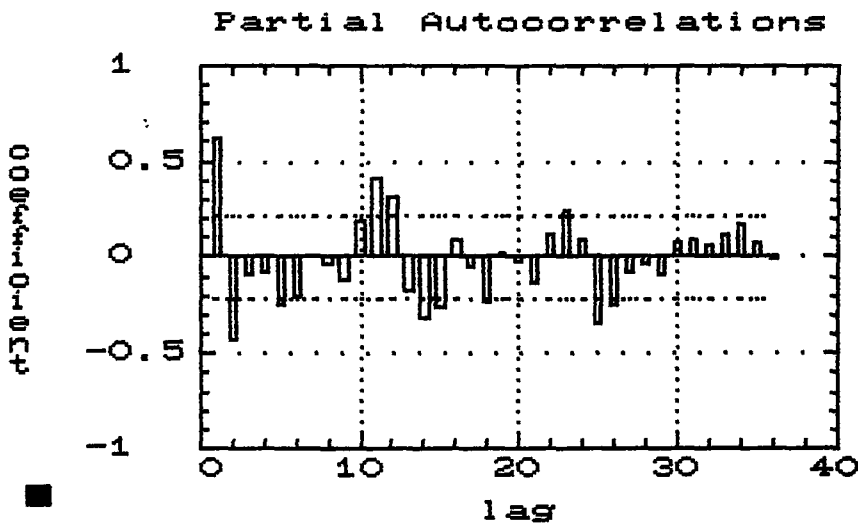
รูปที่ 3-4ข กราฟแสดงฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน of ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล



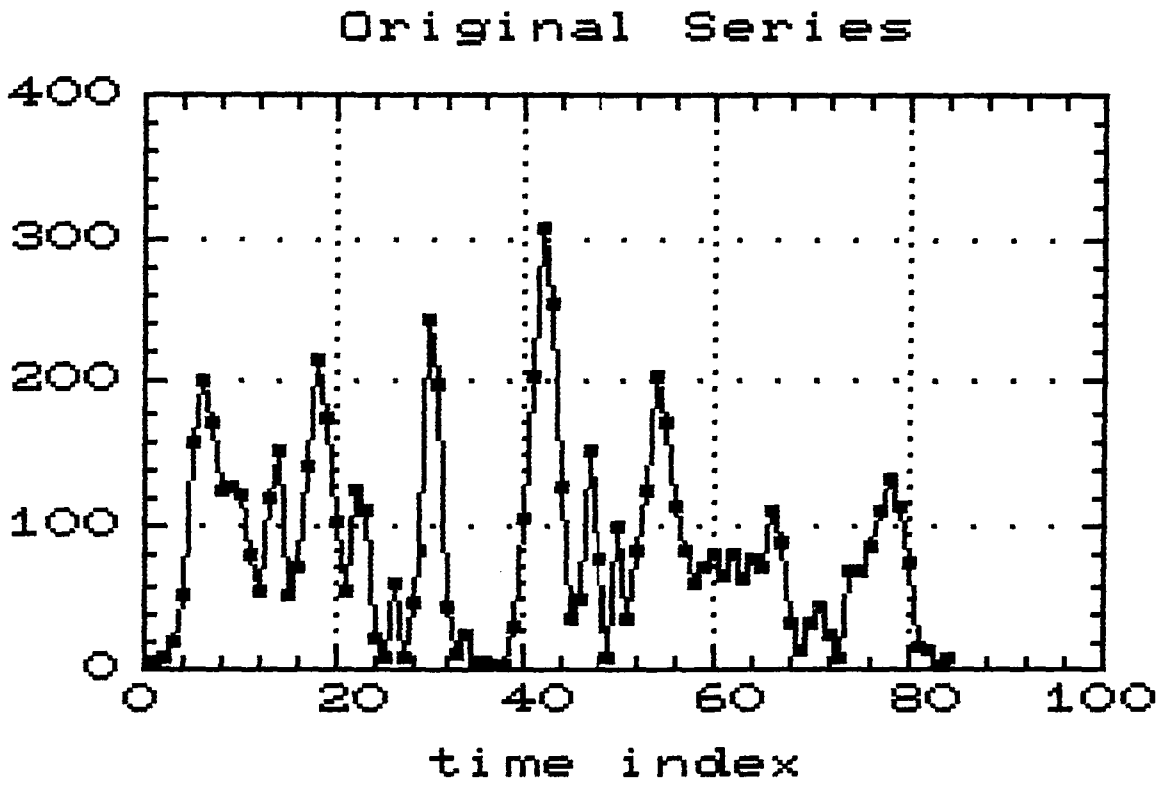
รูปที่ 3-5 กราฟข้อมูลที่อยู่ในสภาวะสมดุลของปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนภูมิพล



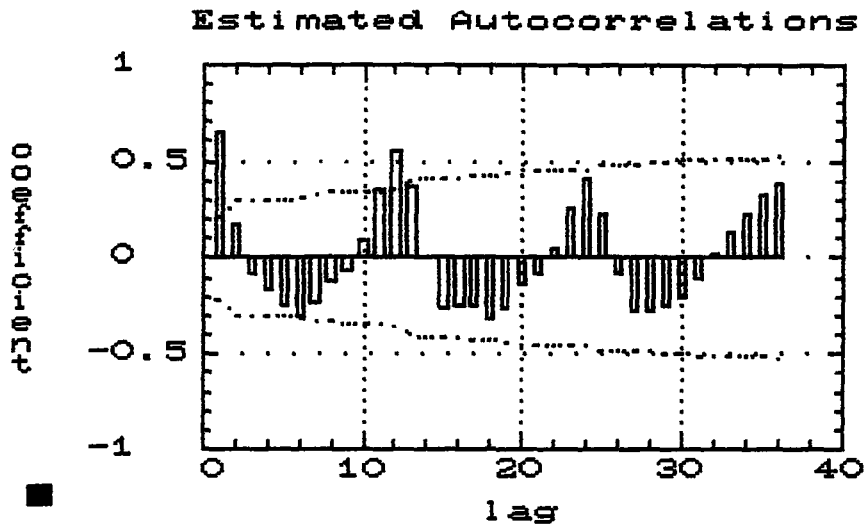
รูปที่ 3-5ก กราฟแสดงฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองของปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนภูมิพล



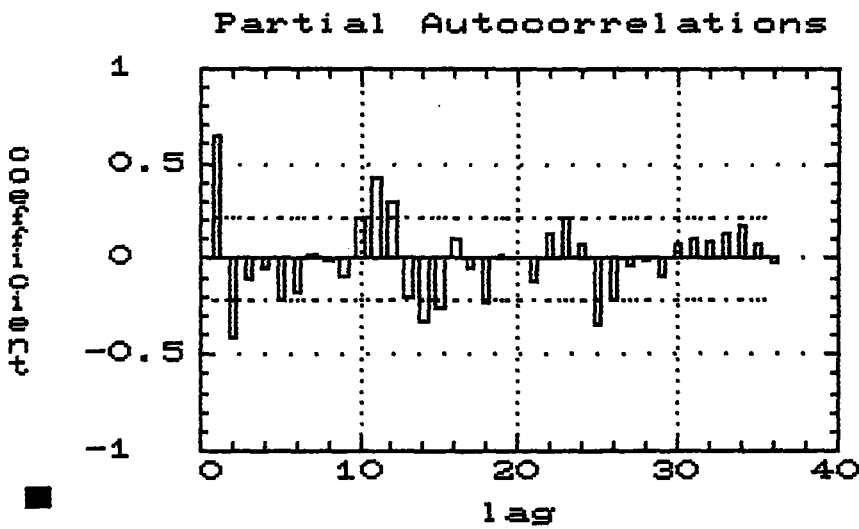
รูปที่ 3-5ข กราฟแสดงฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนภูมิพล



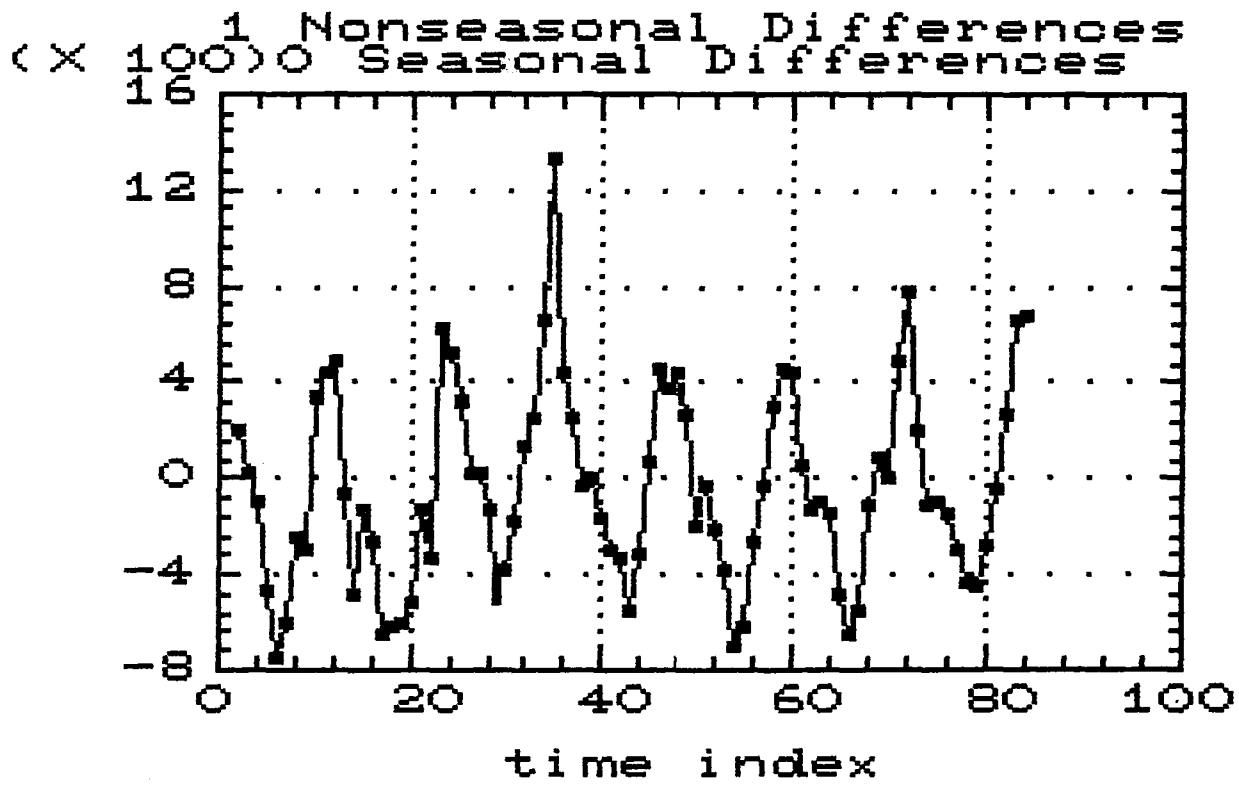
รูปที่ 3-6 กราฟข้อมูลที่อยู่ในสภาวะสมดุลของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำของ
เขื่อนภูมิพล



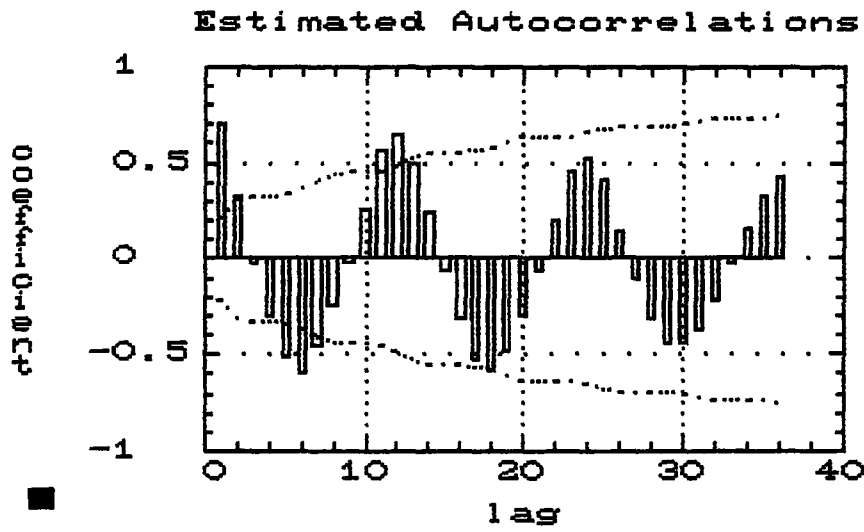
รูปที่ 3-6ก กราฟแสดงฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก
พลังงานของเขื่อนภูมิพล



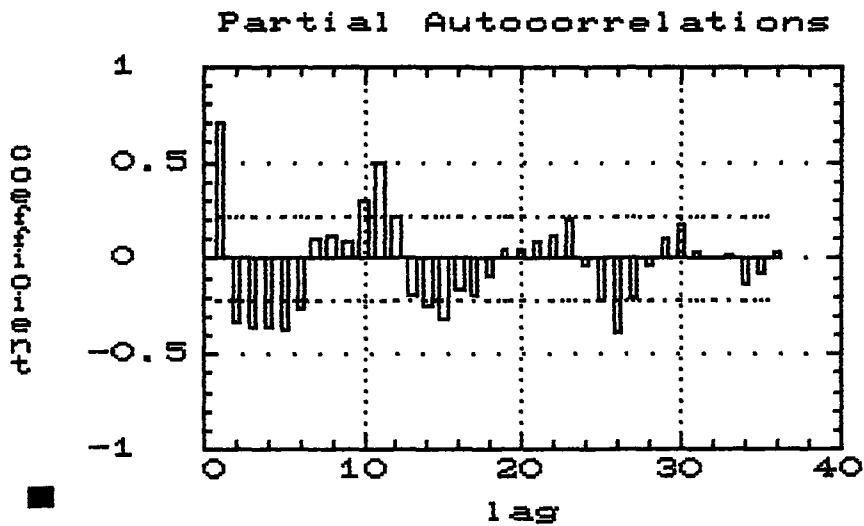
รูปที่ 3-6ข กราฟแสดงฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน of ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้
จากพลังงานของเขื่อนภูมิพล



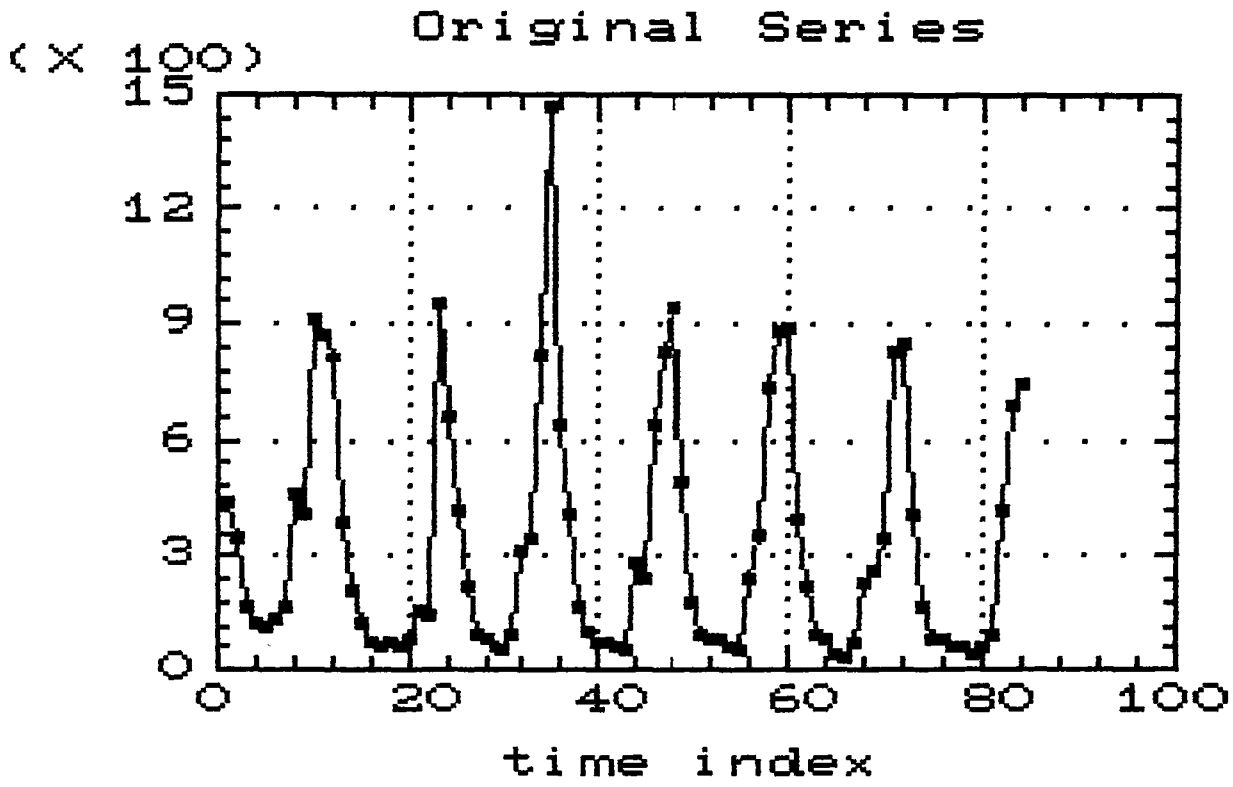
รูปที่ 3-7 กราฟข้อมูลที่อยู่ในสภาวะสมคลุ้ยของปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์



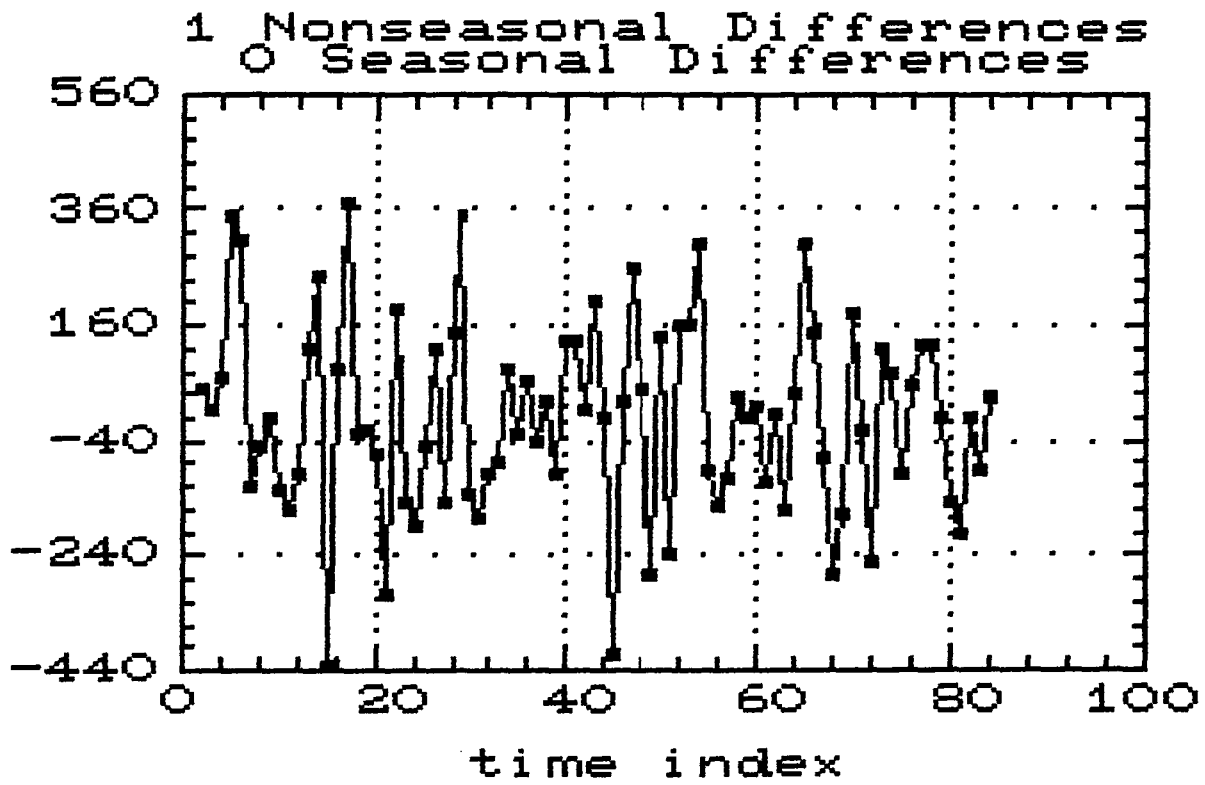
รูปที่ 3-7ก กราฟแสดงฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองของผลต่างอันดับหนึ่งแบบไม่มีฤดูกาลของปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์



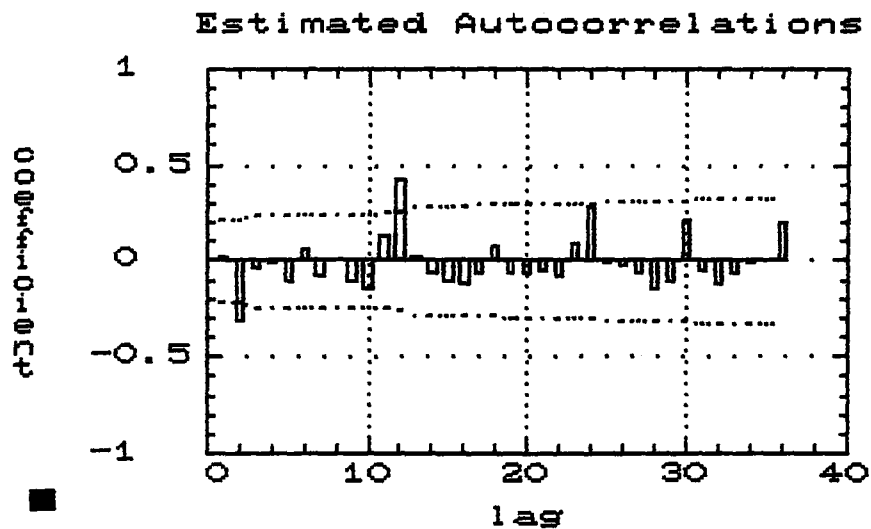
รูปที่ 3-7ข กราฟแสดงฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของผลต่างอันดับหนึ่งแบบไม่มีฤดูกาลของปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์



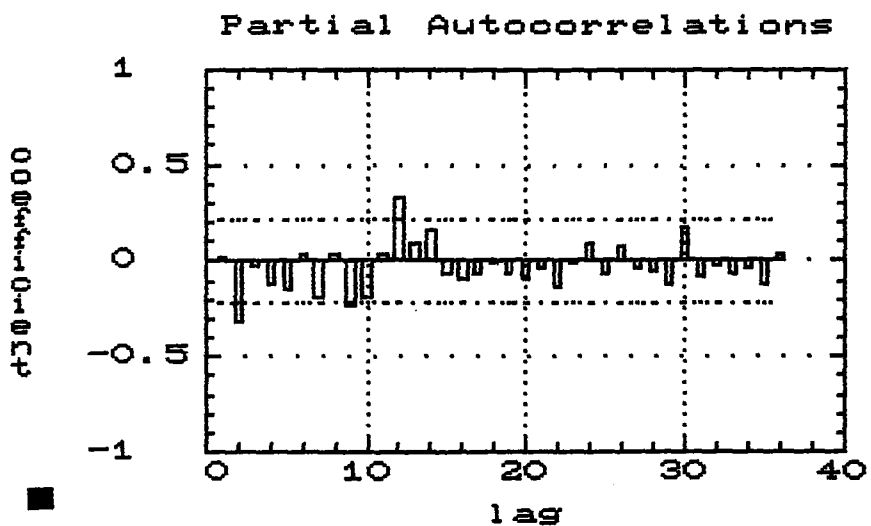
รูปที่ 3-8 กราฟข้อมูลที่อยู่ในสถานะสมดุลของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์



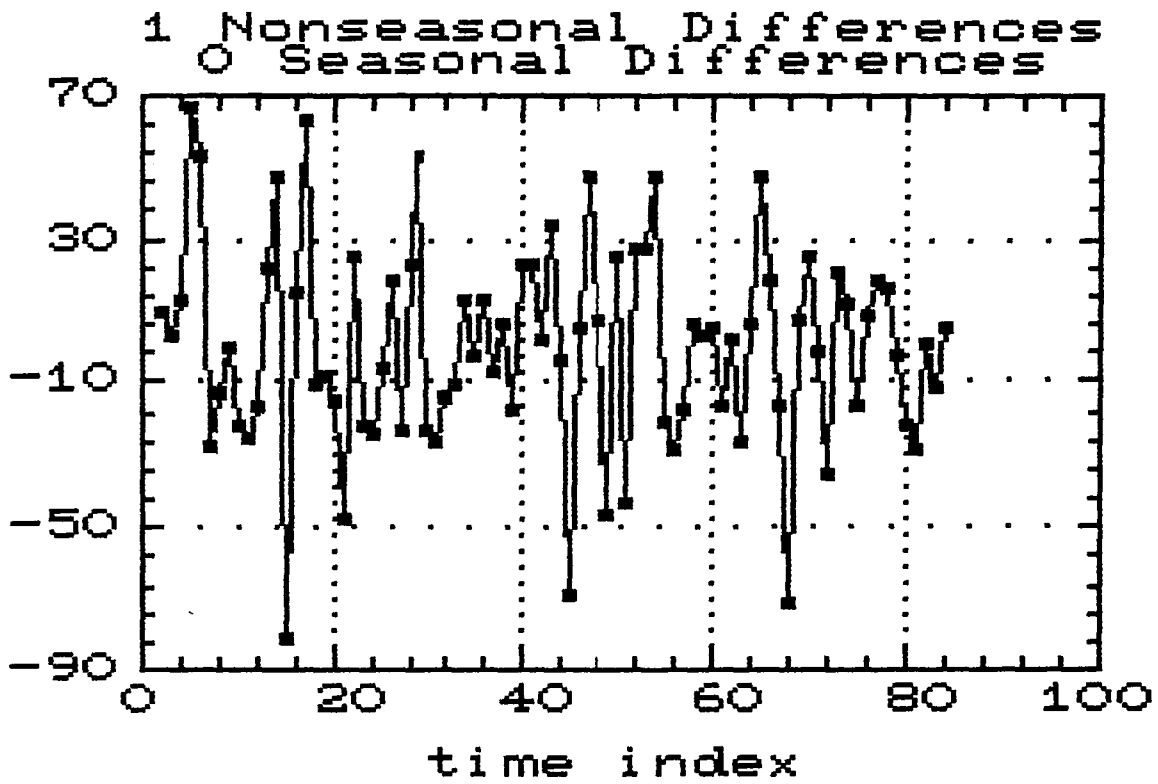
รูปที่ 3-9 กราฟข้อมูลที่อยู่ในสภาวะสมดุลย์ของปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของ
เขื่อนลลิตกิต



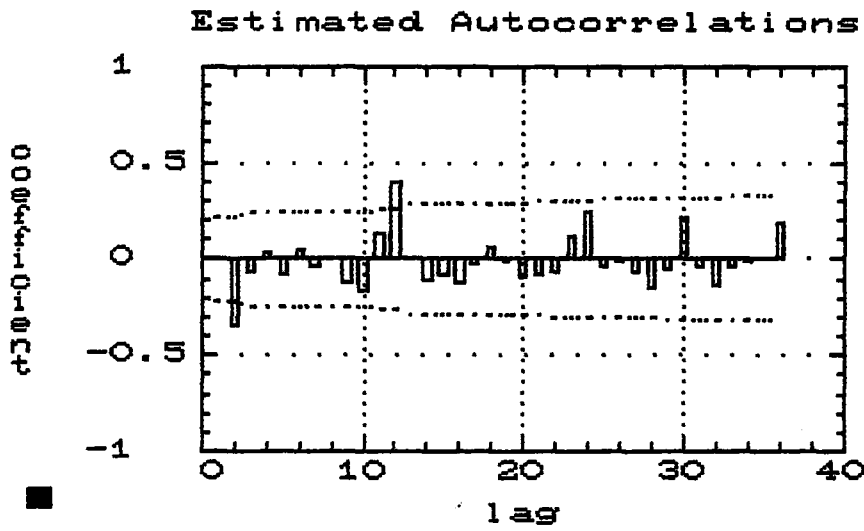
รูปที่ 3-9ก กราฟแสดงฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองของผลต่างอันดับหนึ่งแบบไม่มีฤดูกาลของปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของ เขื่อนสิริกิติ์



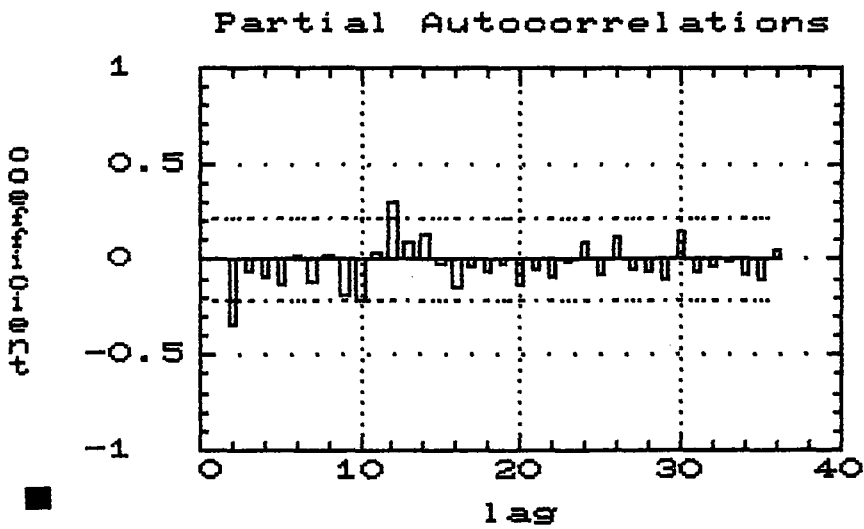
รูปที่ 3-9ข กราฟแสดงฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของผลต่างอันดับหนึ่งแบบไม่มีฤดูกาลของปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของ เขื่อนสิริกิติ์



รูปที่ 3-10 กราฟข้อมูลที่อยู่ในสถานะสมดุลของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำของเขื่อนสิริกิติ์



รูปที่ 3-10ก กราฟแสดงฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองของผลต่างอันดับหนึ่งแบบไม่มีฤดูกาลของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำของเขื่อนภูมิพล



รูปที่ 3-10ข กราฟแสดงฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของผลต่างอันดับหนึ่งแบบไม่มีฤดูกาลของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำของเขื่อนภูมิพล

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์

จากข้อมูลปริมาณน้ำและปริมาณกระแสไฟฟ้าของเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ พบว่าข้อมูลทั้งหมดเป็นอนุกรมเวลาที่มีความผันแปรตามฤดูกาล ตามที่ได้วิเคราะห์แล้วในบทที่ 3

การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ นิยามจากค่าต่อไปนี้ คือ

1. Mean Square Error (MSE)
2. Mean Error (ME)
3. Mean Absolute Error (MAE)
4. Mean Percent Error (MPE)
5. Mean Absolute Percent Error (MAPE)

ซึ่งการคำนวณค่าเปรียบเทียบเหล่านี้ได้จากสูตรที่กล่าวไว้แล้ว ในบทที่ 2

วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมจะให้ค่า MSE , MAE และ MAPE น้อยที่สุด และให้ค่า ME และ MPE ใกล้ศูนย์ที่สุด

ดังนั้น การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ระหว่างวิธีการปรับแนวโน้มและฤดูกาลของวินเตอร์และวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์และเจนกินส์ จะนิยามความคลาดเคลื่อนที่ได้จากทั้งสองวิธี วิธีการพยากรณ์ที่ให้ค่า MSE , MAE ,MAPE , ME และ MPE ต่ำกว่าเป็นจำนวน มากที่สุด จะเป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมในการพยากรณ์ข้อมูลนั้นๆ

ตาราง 4-1 ผลวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล

วิธีการพยากรณ์	ME	MSE	MAE	MAPE	MPE
Winter ($\alpha=0.6$, $\beta=0.05, \gamma=0.99$)	65.543	481950	512.556	7.492	0.188
Box-Jenkins ARIMA (1,1,0)(1,0,0) ₆	-4.271	132587.2	281.501	0.039	4.201

จากตาราง 4-1 เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ต่างๆ ของปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพลด้วยค่าเปรียบเทียบต่างๆ พบว่าวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอซ์และเจนกินส์ ให้ MSE, MAE, MAPE น้อยที่สุดและให้ ME ใกล้ศูนย์มากกว่า ดังนั้น วิธีเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอซ์และเจนกินส์ จะใช้พยากรณ์ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพลได้ดีที่สุด ซึ่งมีตัวแบบฤดูกาลแบบคง คือ การถดถอยในตัวเองแบบปกติอันดับที่ 1 และการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ 1 และ

สมการพยากรณ์ คือ

$$z_t = \mu + \phi_1 z_{t-1} + \theta_1 z_{t-6} + e_t$$

โดย ϕ_1 คือ พารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบปกติอันดับที่ 1

θ_1 คือ พารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ 1

$$z_t = x_t - x_{t-1}$$

จะได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$z_t = 0.39834 z_{t-1} - 0.52236 z_{t-6}$$

ตาราง 4-2 ผลวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล

เทคนิคการพยากรณ์	ME	MSE	MAE	MAPE	MPE
Winter ($\alpha=0.2$, $\beta=0.10, \delta=0.10$)	86.643	111293	206.507	-	-
Box-Jenkins ARIMA (2,0,0)(1,0,0) ₁₂	-29.761	58583.79	167.009	-	-

จากตาราง 4-2 เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ต่างๆ ของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพลด้วยค่าเปรียบเทียบต่างๆ พบว่าวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอซ์และเจนกินส์ ให้ MSE, MAE น้อยกว่าและให้ค่า ME ใกล้ศูนย์มากกว่า ดังนั้น วิธีเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาบอซ์และเจนกินส์ จะให้พยากรณ์ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพลได้ดีที่สุด ซึ่งมีตัวแบบฤดูกาลแบบคงคือ การถดถอยในตัวเองแบบปกติอันดับที่ 2 และการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ 1 และ

สมการพยากรณ์ คือ

$$z_t = \mu + \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + \theta_1 z_{t-12} + e_t$$

โดย ϕ_1 คือ พารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบปกติอันดับที่ 1
 ϕ_2 คือ พารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบปกติอันดับที่ 2
 θ_1 คือ พารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ 1
 $z_t = x_t$
 จะได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$z_t = 0.49479 z_{t-1} - 0.20125 z_{t-2} + 0.54255 z_{t-12}$$

หมายเหตุ ไม่สามารถหา MAPE และ MPE ของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพลได้ เนื่องจากมีข้อมูลบางค่าที่เป็นศูนย์

ตาราง 4-3 ผลวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนภูมิพล

เทคนิคการพยากรณ์	ME	MSE	MAE	MAPE	MPE
Winter ($\alpha=0.99$, $\beta=0.05$, $\gamma=0.8$)	-46.117	84551.3	211.17	93.983	-51.127
Box-Jenkins ARIMA (1,0,0)(1,0,0) ₁₂	<u>-3.046</u>	<u>37675.13</u>	<u>147.462</u>	127.479	-101.41

จากตาราง 4-3 เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ต่างๆ ของปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าเขื่อนภูมิพลด้วยค่าเปรียบเทียบต่างๆ พบว่าวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอซซ์และเจนกินส์ ให้ MSE, MAE น้อยกว่า และให้ค่า ME ใกล้เคียงศูนย์มากกว่า ดังนั้น วิธีเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาบอซซ์และเจนกินส์ จะใช้พยากรณ์ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนภูมิพลได้ดีที่สุด ซึ่งมีตัวแบบฤดูกาลแบบคงคือการถดถอยในตัวเองแบบปกติอันดับที่ 1 และการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ 1 และ สมการพยากรณ์ คือ

$$z_t = \mu + \phi_1 z_{t-1} + \theta_1 z_{t-12} + e_t$$

โดย ϕ_1 คือ พารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบปกติอันดับที่ 1

θ_1 คือ พารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ 1

$$z_t = x_t$$

จะได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$z_t = 0.49333 z_{t-1} + 0.429 z_{t-12}$$

ตาราง 4-4 ผลวิเคราะห์ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำของเขื่อนภูมิพล

เทคนิคการพยากรณ์	ME	MSE	MAE	MAPE	MPE
Winter ($\alpha=0.99$, $\beta=0.01$, $\delta=0.95$)	-17.857	4348.3	45.245	98.049	-66.486
Box-Jenkins ARIMA (1,0,0)(1,0,0) ₁₂	<u>-1.957</u>	<u>1958.681</u>	<u>33.104</u>	128.679	-104.29

จากตาราง 4-4 เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ต่างๆ ของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพลด้วยค่าเปรียบเทียบต่างๆ พบว่าวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอซและเจนกินส์ มี MSE, MAE น้อยกว่าและให้ค่า ME ใกล้ศูนย์มากกว่า ดังนั้น วิธีเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาบอซและเจนกินส์ จะใช้พยากรณ์ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำของเขื่อนภูมิพลได้ดีที่สุดซึ่งมีตัวแบบฤดูกาลแบบคงคือ การถดถอยในตัวเองแบบปกติอันดับที่ 1 และการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ 1 และ สมการพยากรณ์ คือ

$$z_t = \mu + \phi_1 z_{t-1} + \theta_1 z_{t-12} + e_t$$

โดย ϕ_1 คือ พารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบปกติอันดับที่ 1

θ_1 คือ พารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ 1

$$z_t = x_t$$

จะได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$z_t = 0.51726 z_{t-1} + 0.39711 z_{t-12}$$

ตาราง 4-5 ผลวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนลิริกิต์

เทคนิคการพยากรณ์	ME	MSE	MAE	MAPE	MPE
Winter ($\alpha=0.7$, $\beta=0.05, \gamma=0.99$)	59.136	122458	270.752	5.728	0.859
Box-Jenkins ARIMA (1,1,0)(1,0,0) _{1,2}	<u>10.836</u>	<u>57120.33</u>	<u>171.569</u>	<u>3.715</u>	<u>0.429</u>

จากตาราง 4-5 เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ต่างๆ ของปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนลิริกิต์ด้วยค่าเปรียบเทียบต่างๆ พบว่าวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอซ์และเจนกินส์ ให้ MSE, MAE, MAPE น้อยกว่าและให้ค่า ME, MPE ใกล้เคียงมากกว่า ดังนั้น วิธีเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาบอซ์และเจนกินส์จะใช้พยากรณ์ปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนลิริกิต์ได้ดีที่สุด ซึ่งมีตัวแบบฤดูกาลแบบคง คือ การถดถอยในตัวเองแบบปกติอันดับที่ 1 และการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ 1 และ สมการพยากรณ์ คือ

$$z_t = \mu + \phi_1 z_{t-1} + \theta_1 z_{t-12} + \epsilon_t$$

โดย ϕ_1 คือ พารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบปกติอันดับที่ 1

θ_1 คือ พารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ 1

$$z_t = x_t - x_{t-1}$$

จะได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$z_t = 0.47882 z_{t-1} + 0.44296 z_{t-12}$$

ตาราง 4-6 ผลวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของเขื่อนสิริกิติ์

เทคนิคการพยากรณ์	ME	MSE	MAE	MAPE	MPE
Winter ($\alpha=0.25$, $\beta=0.20$, $\gamma=0.85$)	-5.744	47767.3	103.327	48.37	-27.581
Box-Jenkins ARIMA (1,0,0)(2,0,0) ₁₂	-6.198	<u>17510.74</u>	<u>83.346</u>	<u>31.065</u>	<u>-10.826</u>

จากตาราง 4-6 เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ต่างๆ ของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของเขื่อนสิริกิติ์ด้วยค่าเปรียบเทียบต่างๆ พบว่าวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์และเจนกินส์ ให้ MSE, MAE, MAPE น้อยกว่าและให้ค่า MPE ใกล้ศูนย์มากกว่า ยกเว้น ME ที่วิธีการปรับแนวโน้มและฤดูกาลของวินเตอร์ให้ค่าที่ใกล้ศูนย์มากกว่า ดังนั้น เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์และเจนกินส์ จะใช้พยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของเขื่อนสิริกิติ์ได้ดีที่สุด ซึ่งมีตัวแบบฤดูกาลแบบคนคือ การถดถอยในตัวเองแบบปกติอันดับที่ 1 และการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ 2 และสมการพยากรณ์ คือ

$$z_t = \mu + \phi_1 z_{t-1} + \theta_1 z_{t-12} + \theta_2 z_{t-24} + e_t$$

โดย ϕ_1 คือ พารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบปกติอันดับที่ 1

θ_1 คือ พารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ 1

θ_2 คือ พารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ 2

$$z_t = x_t$$

จะได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$z_t = 0.32931 z_{t-1} + 0.38373 z_{t-12} + 0.33301 z_{t-24}$$

ตาราง 4-7 ผลวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนสิริกิติ์

เทคนิคการพยากรณ์	ME	MSE	MAE	MAPE	MPE
Winter ($\alpha=0.90$, $\rho=0.10$, $\delta=0.85$)	-15.897	20992.9	108.689	48.726	-18.488
Box-Jenkins	<u>-8.353</u>	<u>19481.54</u>	<u>107.820</u>	58.884	-25.233
ARIMA (2, 1, 0)(1, 0, 0) ₁₂					

จากตาราง 4-7 เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ต่างๆ ของปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าเขื่อนสิริกิติ์ด้วยค่าเปรียบเทียบต่างๆ พบว่าวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอซซ์และเจนกินส์ ให้ MSE, MAE น้อยกว่าและให้ค่า ME ใกล้ศูนย์มากกว่า ดังนั้น วิธีเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาบอซซ์และเจนกินส์ จะให้พยากรณ์ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนสิริกิติ์ได้ดีที่สุด ซึ่งมีตัวแบบฤดูกาลแบบคูณคือ การถดถอยในตัวเองแบบปกติอันดับที่ 2 และการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ 1 และ สมการพยากรณ์ คือ

$$z_t = \mu + \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + \theta_1 z_{t-12} + e_t$$

- โดย ϕ_1 คือ พารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบปกติอันดับที่ 1
 ϕ_2 คือ พารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบปกติอันดับที่ 2
 θ_1 คือ พารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ 1
 $z_t = x_t - x_{t-1}$

จะได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$z_t = -0.02568 z_{t-1} - 0.26014 z_{t-2} + 0.41867 z_{t-12}$$

ตาราง 4-8 ผลวิเคราะห์ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำของเขื่อนสิริกิติ์

เทคนิคการพยากรณ์	ME	MSE	MAE	MAPE	MPE
Winter ($\alpha=0.9$, $\rho=0.1$, $\delta=0.8$)	-3.094	636.076	18.38	56.034	-22.763
Box-Jenkins ARIMA (2,1,0)(1,0,0) ₁₂	<u>-1.458</u>	<u>563.502</u>	<u>17.602</u>	65.549	-30.845

จากตาราง 4-8 เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ต่างๆ ของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนสิริกิติ์ด้วยค่าเปรียบเทียบต่างๆ พบว่าวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอว์กซ์และเจนกินส์ ให้ MSE, MAE น้อยกว่าและให้ค่า ME ใกล้ศูนย์มากกว่า ดังนั้น วิธีเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอว์กซ์และเจนกินส์ จะใช้พยากรณ์ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำของเขื่อนสิริกิติ์ได้ดีที่สุด ซึ่งมีตัวแบบฤดูกาลแบบคูณคือ การถดถอยในตัวเองแบบปกติอันดับที่ 2 และการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ 1 และ สมการพยากรณ์ คือ

$$z_t = \mu + \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + \theta_1 z_{t-12} + e_t$$

- โดย ϕ_1 คือ พารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบปกติอันดับที่ 1
 ϕ_2 คือ พารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบปกติอันดับที่ 2
 θ_1 คือ พารามิเตอร์ของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ 1
 $z_t = x_t - x_{t-1}$

จะได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$z_t = -0.04364 z_{t-1} - 0.28014 z_{t-2} + 0.37877 z_{t-12}$$

จากการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีการปรับแนวโน้มและฤดูกาลของวินเตอร์และ
 วิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาของบอซและเจนกินส์ นำมาหาค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 ค่า เพื่อ
 หาความแตกต่างจากค่าสังเกตที่เกิดขึ้นจริง 12 เดือนที่ได้เก็บไว้ แล้วคำนวณค่าผลรวม
 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย แสดงวิธีการคำนวณดังนี้

ตาราง 4-9 แสดงการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยจากการพยากรณ์
 ของข้อมูลปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำเขื่อนของภูมิพล

ค่าสังเกตจริง	y_1	y_2	e_1	e_2	e^2_1	e^2_2
6934.7813	6019.9621	6607.2354	914.8192	327.5459	836894.2	107286.3
7135.6555	5860.8004	7158.8201	1274.8551	-23.1646	1625255.5	536.6
7148.7698	5478.9002	7388.2782	1669.8696	-239.5080	2788464.5	57364.3
7035.8135	5030.0484	7414.3890	2005.7651	-378.5750	4023093.6	143319.4
6584.1693	4555.9687	7083.0285	2028.2006	-498.8590	4113597.7	248860.5
5953.2526	3954.9777	6260.0809	1998.2749	-306.8280	3993102.6	94143.6
5317.5744	3443.8349	5458.1838	1873.7395	-140.6090	3510899.7	19771.0
4866.7446	3260.1282	4810.9316	1606.6164	55.8130	2581216.3	3115.1
4507.4674	3435.8696	4393.5468	1071.5978	113.9206	1148321.8	12977.9
4239.8787	3638.2520	4713.9475	601.6267	65.9312	361954.7	4346.9
4008.6952	4147.8164	4219.8628	-139.1212	-211.1670	19354.7	44591.8
4870.9608	4910.6173	4628.3285	-39.6565	242.6323	1572.6	58870.4
ผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย					2083643.99	66265.31

y_1, y_2 คือ ค่าพยากรณ์ล่วงหน้าจากวิธีการปรับแนวโน้มและฤดูกาลของวินเตอร์ และจากวิธีวิเคราะห์แบบบอซและเจนกินส์ ตามลำดับ

e_1, e_2 คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าพยากรณ์จากค่าสังเกตจริงของวิธีการปรับแนวโน้มและฤดูกาลของวินเตอร์และจากวิธีวิเคราะห์แบบบอซและเจนกินส์ ตามลำดับ

ตาราง 4-10 แสดงค่าผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยจากการพยากรณ์ของข้อมูลแต่ละชุด

ข้อมูล	Winter	Box-Jenkins
เขื่อนภูมิพล		
ปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำ	2083644	66265.3
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ	70905.1	19569.2
ปริมาณน้ำที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า	164444.1	10182.0
ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำ	1346.7	354.2
เขื่อนสิริกิติ์		
ปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำ	697312.3	220376.2
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ	58084.7	22780.1
ปริมาณน้ำที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า	137926.6	64302.8
ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำ	3177.8	1421.8

จากตาราง 4-10 พบว่า ผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยจากการพยากรณ์ที่ได้จากวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอซและเจนกินส์ มีค่าน้อยกว่าที่ได้จากวิธีการปรับแนวโน้มและฤดูกาลของวินเตอร์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ตัวแบบที่ได้จากวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอซและเจนกินส์ เป็นตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์

บทที่ 5

สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์หอนุกรมเวลา เพื่อหาวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำที่ไหลเข้า ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า และปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำจากเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ ซึ่งจะเป็น ประโยชน์ในการวางแผนการจัดสรรน้ำเพื่อการบริโภคและอุปโภค ด้วยวิธีการพยากรณ์ ดังต่อไปนี้คือ การวิเคราะห์ข้อมูลหอนุกรมเวลาด้วยการปรับเรียบแนวโน้มและฤดูกาลของวิธี วินเตอร์และเทคนิคการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์และเจนกินส์

จากการวิเคราะห์สรุปผลได้ดังนี้

แนวโน้มปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล พยากรณ์โดยใช้วิธีเทคนิคการ วิเคราะห์หอนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์และเจนกินส์ ถ้าสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง คาดว่า ปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำในเดือนตุลาคม พ.ศ.2535 จะมีประมาณ 6607.2 ล้านลูกบาศก์เมตร

แนวโน้มปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล พยากรณ์โดยใช้วิธีเทคนิค การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์และเจนกินส์ ถ้าสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง คาดว่า ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในเดือนตุลาคม พ.ศ.2535 จะมีประมาณ 1066.673 ล้านลูกบาศก์เมตร

แนวโน้มปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนภูมิพล พยากรณ์โดยใช้วิธี การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์และเจนกินส์ ถ้าสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง คาดว่า ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าในเดือน ตุลาคม พ.ศ.2535 จะมีประมาณ 63.9463 ล้านลูกบาศก์เมตร

แนวโน้มปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังน้ำจากเขื่อนภูมิพล พยากรณ์โดยใช้วิธีการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาแบบบอซซ์และเจนกินส์ ถ้าสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง คาดว่า ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ในเดือน ตุลาคม พ.ศ.2535 จะมีประมาณ 14.0501 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง

แนวโน้มปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนสิริกิติ์ พยากรณ์โดยใช้วิธีเทคนิคการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาแบบบอซซ์และเจนกินส์ ถ้าสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง คาดว่า ปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำในเดือนตุลาคม พ.ศ.2535 จะมีประมาณ 5007.9 ล้านลูกบาศก์เมตร

แนวโน้มปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของเขื่อนสิริกิติ์ พยากรณ์โดยใช้วิธีเทคนิคการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาแบบบอซซ์และเจนกินส์ ถ้าสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง คาดว่า ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในเดือนตุลาคม พ.ศ.2535 จะมีประมาณ 517.344 ล้านลูกบาศก์เมตร

แนวโน้มปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนสิริกิติ์ พยากรณ์โดยใช้วิธีการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาแบบบอซซ์และเจนกินส์ ถ้าสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง คาดว่า ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าในเดือน ตุลาคม พ.ศ.2535 จะมีประมาณ 134.015 ล้านลูกบาศก์เมตร

แนวโน้มปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังน้ำจากเขื่อนสิริกิติ์ พยากรณ์โดยใช้วิธีการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาแบบบอซซ์และเจนกินส์ ถ้าสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ไม่เปลี่ยนแปลง คาดว่า ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ในเดือน ตุลาคม พ.ศ.2535 จะมีประมาณ 19.437 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง

ตาราง 5-1 เปรียบเทียบค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 คาบเวลากับค่าสังเกตจริง
ของข้อมูลปริมาณน้ำที่มีในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล

คาบเวลา	ค่าสังเกตจริง	ค่าพยากรณ์
2535 ตุลาคม	6934.7813	6607.2354
พฤศจิกายน	7135.6555	7158.8201
ธันวาคม	7148.7698	7388.2782
2536 มกราคม	7035.8135	7414.3890
กุมภาพันธ์	6584.1693	7083.0285
มีนาคม	5953.2526	6260.0809
เมษายน	5317.5744	5458.1838
พฤษภาคม	4866.7446	4810.9316
มิถุนายน	4507.4674	4393.5468
กรกฎาคม	4239.8787	4713.9475
สิงหาคม	4008.6952	4219.8628
กันยายน	4870.9608	4628.3285

ตาราง 5-2 เปรียบเทียบค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 คาบเวลากับค่าสังเกตจริง
ของข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล

คาบเวลา	ค่าสังเกตจริง	ค่าพยากรณ์
2535 ตุลาคม	1207.5857	1066.673
พฤศจิกายน	353.3312	614.574
ธันวาคม	350.9220	255.916
2536 มกราคม	151.4670	134.014
กุมภาพันธ์	31.7884	103.895
มีนาคม	30.7011	102.711
เมษายน	0.2396	105.470
พฤษภาคม	48.4781	107.613
มิถุนายน	67.8424	124.265
กรกฎาคม	73.4344	193.059
สิงหาคม	174.3274	477.369
กันยายน	925.3607	981.152

ตาราง 5-3 เปรียบเทียบค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 คาบเวลากับค่าสังเกตจริง
ของข้อมูลปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนภูมิพล

คาบเวลา	ค่าสังเกตจริง	ค่าพยากรณ์
2535 ตุลาคม	35.2	63.9463
พฤศจิกายน	137.46	189.3518
ธันวาคม	322.87	250.9860
2536 มกราคม	240.88	325.2446
กุมภาพันธ์	450.1	412.4234
มีนาคม	601.68	515.5344
เมษายน	553.43	536.8049
พฤษภาคม	435.43	469.5241
มิถุนายน	409.19	301.1109
กรกฎาคม	330.43	209.9458
สิงหาคม	395.71	138.3605
กันยายน	53.65	114.2726

ตาราง 5-4 เปรียบเทียบค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 คาบเวลากับค่าสังเกตจริง
ของข้อมูลปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานของเขื่อนภูมิพล

คาบเวลา	ค่าสังเกตจริง	ค่าพยากรณ์
2535 ตุลาคม	7.395	14.0501
พฤศจิกายน	29.391	41.3126
ธันวาคม	72.524	55.3319
2536 มกราคม	53.944	69.8519
กุมภาพันธ์	101.602	86.5349
มีนาคม	131.626	104.4253
เมษายน	114.524	106.0951
พฤษภาคม	85.626	91.3787
มิถุนายน	77.844	60.8398
กรกฎาคม	60.608	43.7395
สิงหาคม	70.642	30.6307
กันยายน	9.513	25.9329

ตาราง 5-5 เปรียบเทียบค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 คาบเวลากับค่าสังเกตจริง
ของข้อมูลปริมาณน้ำที่มิในอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์

คาบเวลา	ค่าสังเกตจริง	ค่าพยากรณ์
2535 ตุลาคม	4979.0918	5007.9
พฤศจิกายน	4926.7125	5152.9
ธันวาคม	4845.0698	5178.9
2536 มกราคม	4769.7368	5121.0
กุมภาพันธ์	4502.1602	4958.9
มีนาคม	4140.6419	4689.9
เมษายน	3765.3053	4361.0
พฤษภาคม	3510.8188	4073.9
มิถุนายน	3402.3057	3913.7
กรกฎาคม	3746.8239	3957.7
สิงหาคม	3639.0669	4265.6
กันยายน	4015.6840	4706.3

ตาราง 5-6 เปรียบเทียบค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 คาบเวลากับค่าสังเกตจริง
ของข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์

คาบเวลา	ค่าสังเกตจริง	ค่าพยากรณ์
2535 ตุลาคม	440.1216	517.344
พฤศจิกายน	176.4708	290.729
ธันวาคม	150.9018	143.882
2536 มกราคม	93.6729	90.518
กุมภาพันธ์	49.9135	53.094
มีนาคม	75.2542	34.803
เมษายน	69.7672	34.457
พฤษภาคม	125.5178	92.170
มิถุนายน	205.6114	135.059
กรกฎาคม	787.2381	303.617
สิงหาคม	643.0294	624.366
กันยายน	649.7516	754.931

ตาราง 5-7 เปรียบเทียบค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 คาบเวลากับค่าสังเกตจริง
ของข้อมูลปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนสิริกิติ์

คาบเวลา	ค่าสังเกตจริง	ค่าพยากรณ์
2535 ตุลาคม	39.18	134.015
พฤศจิกายน	208.3	158.985
ธันวาคม	210.07	98.278
2536 มกราคม	148.89	118.679
กุมภาพันธ์	292.12	188.309
มีนาคม	411.01	235.889
เมษายน	417.45	218.315
พฤษภาคม	353.19	147.877
มิถุนายน	295.02	72.096
กรกฎาคม	426.17	94.307
สิงหาคม	735.7	76.514
กันยายน	257.66	86.799

ตาราง 5-8 เปรียบเทียบค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 คาบเวลากับค่าสังเกตจริง
ของข้อมูลปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำของเขื่อนสิริกิติ์

คาบเวลา	ค่าสังเกตจริง	ค่าพยากรณ์
2535 ตุลาคม	5.92	19.437
พฤศจิกายน	31.5	22.462
ธันวาคม	32.47	13.146
2536 มกราคม	22.78	16.116
กุมภาพันธ์	45.34	25.877
มีนาคม	62.33	31.169
เมษายน	60.49	27.234
พฤษภาคม	49.24	17.925
มิถุนายน	39.6	9.1192
กรกฎาคม	60.22	12.385
สิงหาคม	105.92	10.559
กันยายน	36.93	11.782

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีโปรแกรมและคู่มือทางสถิติที่ทันสมัย มีความเหมาะสมกับขบวนการเวลา
2. ลักษณะข้อมูลในอดีตมีความแตกต่างจากข้อมูลในปัจจุบัน ทำให้การพยากรณ์เกิดความคลาดเคลื่อน ดังนั้นการพยากรณ์จึงไม่ควรพยากรณ์ในระยะยาว

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับเชื่อบุคคลและเชื่อบริษัท

เขื่อนภูมิพล

เขื่อนภูมิพลกั้นแม่น้ำปิงที่เขากแก้ว อำเภอสามเงา จังหวัดตาก เดิมชื่อเขื่อนยันฮี ตามชื่อเขาซึ่งเลือกเป็นที่ตั้งครั้งแรก อยู่เหนือเขากแก้วขึ้นไป 1 กม. มีพื้นที่รับน้ำเหนือเขื่อน 26,386 ตร.กม. ปริมาณน้ำผ่านเฉลี่ยปีละ 8,600 ล้านลบ.ม. เป็นเขื่อนคอนกรีตรูปโค้ง สูง 154 ม. สันเขื่อนยาว 486 ม. กว้าง 6 ม. ฐานตอนกว้างที่สุด 52.20 ม. คอนกรีตที่ใช้สร้าง 997,000 ลบ.ม. อุโมงค์ระบายน้ำล้นอยู่ทางฝั่งขวา ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11.30 ม. 2 อุโมงค์ ระบายน้ำได้สูงสุด 6,000 ลบ.ม. ต่อวินาที ตอนกลางของตัวเขื่อนมีท่อส่งน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.50 ม. 8 ท่อ เพื่อส่งน้ำเข้าเครื่องกังหันน้ำ 7 ท่อ และส่งน้ำลงด้านท้ายน้ำอีก 1 ท่อ โรงไฟฟ้าพลังน้ำติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 70,000 กิโลวัตต์ 6 เครื่อง และขนาด 115,000 กิโลวัตต์อีก 1 เครื่อง

อ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนมีเนื้อที่ 187,500 ไร่ เก็บน้ำได้ 13,400 ล้านลบ.ม. เป็นปริมาณน้ำใช้งาน 9,800 ล้านลบ.ม. เพื่อ

1. ผลิตไฟฟ้าได้ 535,000 กิโลวัตต์

2. ใช้เพาะปลูกในลุ่มน้ำปิงในฤดูฝนได้ 1,500,000 ไร่ ในฤดูแล้ง 500,000 ไร่ กับในทุ่งเจ้าพระยาอีก 2,000,000 ไร่ รวม 2,500,000 ไร่

3. ป้องกันน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาในกรุงเทพฯ และจังหวัดนนทบุรี กับแม่น้ำท่าจีนในจังหวัดนครปฐมไม่ให้เค็มในฤดูแล้ง

4. บรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำปิง และร่วมกับเขื่อนสิริกิติ์บนแม่น้ำน่านที่จังหวัดอุตรดิตถ์ บรรเทาอุทกภัยในทุ่งเจ้าพระยาให้ลดน้อยลง ซึ่งอุทกภัยนี้เคยทำความเสียหายให้แก่พื้นที่เพาะปลูก บ้านเมือง และทางคมนาคมเป็นประจำอยู่เสมอมา

5. เมื่อได้ขุดลอกแม่น้ำปิงบางตอนแล้ว จะใช้เป็นทางคมนาคมจากจังหวัดนครสวรรค์ขึ้นไปถึงเขื่อนภูมิพลได้ตลอดปี

นอกจากนี้ อ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนยังใช้เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ปลา และเป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

เขื่อนภูมิพล และโรงไฟฟ้าพลังน้ำระยะแรกสร้างเสร็จเมื่อ พ.ศ. 2507

เขื่อนสิริกิติ์

เขื่อนสิริกิติ์ เดิมชื่อเขื่อนผาช่อม กั้นแม่น้ำน่านที่ผาช่อม อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ มีพื้นที่รับน้ำเหนือเขื่อน 13,300 ตร.กม. ปริมาณน้ำผ่านเฉลี่ยปีละ 7,006 ล้านลบ.ม. เป็นเขื่อนดินสูง 113.60 ม. สันเขื่อนยาว 810 ม. กว้าง 12 ม. ฐานตอนกว้างที่สุด 630 ม. ดินและวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้สร้าง 9,800,000 ลบ.ม. อาคารประกอบอยู่ฝั่งขวาทั้งหมด คือ อุโมงค์ระบายน้ำสันเป็นรูปเกือกม้า ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11 ม. 2 อุโมงค์ ระบายน้ำใต้สูงสุด 3,250 ลบ.ม.ต่อวินาที อุโมงค์ส่งน้ำลงด้านท้ายน้ำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 ม. และอุโมงค์ส่งน้ำเข้าเครื่องกังหันน้ำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.50 ม. 2 อุโมงค์ โรงไฟฟ้าพลังน้ำติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 125,000 กิโลวัตต์ 4 เครื่อง

นอกจากนี้ยังมีเขื่อนดินปิดช่องเขาต่ำ อยู่ห่างจากเขื่อนไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ 20 กม. รวม 5 แห่ง มีความยาวต่อเนื่องกันไปประมาณ 5,000 ม. ส่วนสูงที่สุด 30 ม. ดินและวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้สร้าง 3,000,000 ลบ.ม. และมีท่อส่งน้ำลงด้านท้ายน้ำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.50 ม.

อ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนมีเนื้อที่ 178,000 ไร่ เก็บน้ำได้ 9,500 ล้านลบ.ม. เป็นปริมาณน้ำใช้งาน 8,800 ล้านลบ.ม. เพื่อ

1. บรรเทาอุทกภัยในทุ่งราบสองฝั่งแม่น้ำน่าน และร่วมกับเขื่อนภูมิพลที่จังหวัดตาก บรรเทาอุทกภัยในทุ่งเจ้าพระยาให้ลดน้อยลง

2. ใช้เพาะปลูกในลุ่มน้ำน่านในฤดูฝนได้ 1,775,000 ไร่ ในฤดูแล้ง 300,000 ไร่ กับในทุ่งเจ้าพระยาอีก 1,500,000 ไร่ รวม 1,800,000 ไร่

3. ผลิตไฟฟ้าได้ 500,000 กิโลวัตต์ ติดตั้งแล้ว 375,000 กิโลวัตต์

4. เมื่อขุดลอกแม่น้ำน่านบางตอนแล้ว จะใช้เป็นทางคมนาคมจากจังหวัดนครสวรรค์ ขึ้นไปถึงจังหวัดอุตรดิตถ์ได้ตลอดปี

เขื่อนสิริกิติ์ สร้างเสร็จเมื่อ พ.ศ. 2515 โรงไฟฟ้าพลังน้ำระยะแรกเมื่อพ.ศ. 2517

ภาคผนวก ข.
วิธีการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป STATGRAPHICS
ในการวิเคราะห์ข้อมูล

STATGRAPHICS

Statistical Graphics System

Press ENTER to begin.

4. กด <Enter> ได้ดังรูปที่ 1.3

WORKAREA AVAILABLE: 184 KB
MATH CO-PROCESSOR AVAILABLE: NO

PLEASE PLACE:

- EITHER STATGRAPHICS PROGRAM DISK INTO DRIVE C
- YOUR DATA DISK INTO DRIVE C

Then press ENTER to continue.

5. กด <Enter> ได้ดังรูปที่ 1.4 ซึ่งเป็นเมนูหลักของโปรแกรม

STATGRAPHICS Statistical Graphics System

DATA HANDLING AND SYSTEM UTILITIES

- A. Data Management
- B. System Environment
- C. Report Writer and Graphics Replay
- D. Plotter Interface

TIME SERIES PROCEDURES

- L. Forecasting
- M. Quality Control
- N. Smoothing
- O. Time Series Analysis

PLOTTING AND DESCRIPTIVE STATISTICS

- E. Plotting Functions
- F. Descriptive Methods
- G. Estimation and Testing
- H. Distribution Functions
- I. Exploratory Data Analysis

ADVANCED PROCEDURES

- P. Categorical Data Analysis
- Q. Multivariate Methods
- R. Nonparametric Methods
- S. Sampling
- T. Experimental Design

ANOVA AND REGRESSION ANALYSIS

- J. Analysis of Variance
- K. Regression Analysis

MATHEMATICAL PROCEDURES

- U. Numerical Analysis
- V. Mathematical Functions

Use cursor keys to highlight desired section. Then press ENTER.

HELP	2 LABEL	3 SAUSE	4 RECORD	5	6	7	8	9 REVIEW	10 QUIT
INPUT	MON MAR 14	1994 09:38:00 PM	VERSION	1.2				REC:OFF	

จะสังเกตเห็นได้ว่า ในเมนูหลักนั้นมีฟังก์ชันให้เลือก ตั้งแต่ A-V โดยทำการเลือกฟังก์ชันทำได้โดย การกดแป้นพิมพ์ตัวอักษร A-V ตามฟังก์ชันที่ต้องการหรือใช้แป้นพิมพ์ลูกศรเพื่อเคลื่อนแถบสว่างไปยังตำแหน่งของฟังก์ชันที่ต้องการ

ในภาคผนวกอธิบายเฉพาะฟังก์ชันที่ใช้ในปัญหาพิเศษนี้เท่านั้น

1. การจัดการเกี่ยวกับข้อมูล

การจัดการเกี่ยวกับข้อมูลสำหรับ STATGRAPHICS นั้นสามารถนำเข้าข้อมูลที่เป็นไฟล์ข้อความ (ASCII FILE) ที่ถูกสร้างขึ้นจาก Editor ทั่วไปได้ เช่น SK, QEDIT เป็นต้น เพื่อใช้งานในโปรแกรม หรือ ข้อมูลที่สร้างจาก Worksheet ของโปรแกรม Lotus รวมทั้งสร้างข้อมูลจากโปรแกรมเองได้ ในที่นี้จะอธิบายเฉพาะการนำเข้าข้อมูลที่เป็นไฟล์ข้อความ (ASCII FILE) เท่านั้น โดยทำตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 จากเมนูหลัก ดังรูปที่ 1.4 เลื่อนแถบสว่างไปที่

A. Data Management

กด <Enter> ได้ดังรูปที่ 1.5

DATA MANAGEMENT

1. Manipulate Defined Variables
2. Full-Screen Data Editor
3. Read Variable Definitions from SG File
4. Write to STATGRAPHICS File
5. Import Data from ASCII Data File
6. Export Data to ASCII Data File
7. Import Data from DIF File
8. Export Data to DIF File
9. Import Lotus 1-2-3 Worksheet
10. Export Lotus 1-2-3 Worksheet
11. Recode Missing Values

Use cursor keys to highlight desired procedure.
Then press ENTER.

HELP	2 LABEL	3 SAUSC	4 RECORD	5	6	7	8	9 REQUIT	10 QUIT
INPUT	MON MAR 14	1994	10:13:00 PM	VERSION	1.2				REC:OFF

1.2 ครั้งแรกของการใช้ข้อมูลชุดนั้น ต้องทำการนำข้อมูลเข้ามาในส่วนของโปรแกรมก่อน เมื่ออยู่ในหน้าจอดังรูปที่ (5) เลื่อนแถบสว่างไปที่

5. Import Data from ASCII Data File

กด <Enter> ได้ดังรูปที่ 1.6

DO YOU WISH TO READ AS A FORMATTED OR UNFORMATTED FILE (F/U): █

```
1HELP 2LABEL 3SAVSC 4RECORD 5 6 7 8 9REULEN 10QUIT
INPUT MON MAR 14 1994 10:18:00 PM VERSION 1.2 REC:OFF
```

1.3 กดแป้นพิมพ์ตัวอักษร F ในกรณีที่ไฟล์ข้อมูลที่ต้องการนำเข้าเป็นไฟล์ที่มีรูปแบบ (FORMATTED FILE) ดังรูปที่ 1.7

Import ASCII Files

Enter the name of the ASCII file to read (Display Files): qc.dat
Enter the maximum record width (Quit): 98
Enter the STATGRAPHICS File name (Up to 8 Characters): qc

```
1HELP 2LABEL 3SAVSC 4RECORD 5 6 7 8 9REULEN 10QUIT
INPUT MON MAR 14 1994 10:26:00 PM VERSION 1.2 REC:OFF
```

1.4 ใส่ข้อมูลตามที่โปรแกรมต้องการ เมื่อให้ข้อมูลครบแล้วได้ดังรูปที่ 1.8

```

Import ASCII Files
File: C:\QC.DAT Record Size: 98 STATGRAPHICS File: QC
Name Type Start End Name Type Start End
qc1 N 6 10 qc2 N 16 20

```

Enter field information, F5 to display, F6 to extract names from first record.

```

*1HELP 2 3 4 5DISPLY 6EXTRACT 7 8 9 10QUIT
INPUT MON MAR 14 1994 10:30:00 PM VERSION 1.2 REC-OFF

```

1.5 ใส่ข้อมูลตามที่โปรแกรมต้องการ เมื่อให้ข้อมูลครบแล้วได้ดังรูปที่ 1.9

```

Import ASCII Files
File processing complete. STATGRAPHICS File Directory is:
VARIABLE NAME TYPE RANK LENGTH DATE TIME COMMENT
qc1 N 1 48 3/14/94 22:36
qc2 N 1 48 3/14/94 22:36
Press ENTER to continue.

```

```

1HELP 2LABEL 3SAVSC 4RECORD 5 6 7 8 9REVIEW 10QUIT
INPUT MON MAR 14 1994 10:36:00 PM VERSION 1.2 REC-OFF

```

1.6 เมื่อกด <Enter> จะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ 1.5

หมายเหตุ : ขั้นตอน 1.2-1.6 ทำเฉพาะครั้งแรกที่ใช้ข้อมูลชุดนั้น ในการทำงานครั้งต่อไปกับข้อมูลชุดนั้นไม่จำเป็นต้องทำให้ข้ามไปทำในขั้นตอน 1.7)

1.7 เลื่อนแถบสว่างไปที่

3. Read Variable Definitions from SG File

กด <Enter> ได้ดังรูปที่ 1.10

THE FOLLOWING FILES ARE AVAILABLE:

FILENAME	DISK	FILENAME	DISK
A	C	PHRIPOL	C
C298	C	QC	C
CARDATA	C	QCADATA	C
CCHART	C	RANDOM	C
CUTUSA	C	RSCDATA	C
DATA	C	SAMP	C
DATAFH1	C	SIRIXIT	C
IRONORE	C	SQCZZ	C
K292	C	TEAST	C
K295	C	TEST1	C
K296	C	TEST2	C
K298	C	TESTQC	C
K8	C	TIME	C
NAM1	C	TOT1	C
NONLIM	C	TOTAL	C
PCU	C	TSDATA	C
PDATA1	C	TTOTAL	C

USE CURSOR KEYS TO HIGHLIGHT DESIRED FILE. THEN PRESS ENTER.

```

HELP 2LABEL 3PAUSE 4RECORD 5 6 7 8 9REVIEW 10QUIT
INPUT MON MAR 14 1994 10:40:00 PM VERSION 1.2 REC:OFF

```

1.8 เลือกชื่อไฟล์ที่ต้องการวิเคราะห์ ด้วยการกด <Enter> ที่ชื่อไฟล์ที่

ต้องการได้ดังรูปที่ 1.11

THE FOLLOWING VARIABLES ARE CURRENTLY IN FILE C:QC:

VARIABLE NAME	TYPE	RANK	LENGTH	DATE	TIME	COMMENT
FDIRECTORY				3/14/94	22:36	FILE DIRECTORY
qc1	N	1	48	3/14/94	22:36	
qc2	N	1	48	3/14/94	22:36	

USE CURSOR KEYS TO HIGHLIGHT DESIRED VARIABLE. THEN PRESS:

A=READ ALL VARIABLES D=DISPLAY SELECTED VARIABLE R=READ SELECTED VARIABLE

```

HELP 2LABEL 3PAUSE 4RECORD 5 6 7 8 9REVIEW 10QUIT
INPUT MON MAR 14 1994 10:44:00 PM VERSION 1.2 REC:OFF

```

1.9 เลื่อนแถบสว่างลงมาและทำการกด <Enter> เพื่อเลือกชื่อตัวแปร

ข้อมูลที่ต้องการ แล้วกดแป้นพิมพ์ตัวอักษร R เพื่ออ่านค่าตัวแปรเข้าสู่โปรแกรม และสามารถดูค่าตัวแปรที่ตำแหน่งแถบสว่างอยู่ทุกค่า ในกรณีที่ต้องการทุกตัวแปรข้อมูลที่อยู่ในไฟล์สามารถกดแป้นตัวอักษร A เพื่อการนี้

1.10 เมื่อสิ้นสุดการนำค่าตัวแปรข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม สามารถกด <F10>

เพื่อออกจากเมนูฟังก์ชันย่อยที่ใช้งานจนกระทั่งถึงเมนูหลัก

1.11 หากต้องการดูรายชื่อตัวแปรที่ถูกรับเข้าในโปรแกรมแล้ว รวมทั้งข้อมูลที่เกิดจากการอ่านและ การคำนวณของโปรแกรม เลื่อนแถบสว่างไปที่

1. Manipulate Defined Variables

กด <Enter> ได้ดังรูปที่ 1.12

THE FOLLOWING VARIABLES ARE CURRENTLY DEFINED:

VARIABLE NAME	DISK	FILENAME	TYPE	RANK	LENGTH
qc1	C	QC	N	1	48
qc2	C	QC	N	1	48

USE CURSOR KEYS TO HIGHLIGHT DESIRED VARIABLE. THEN PRESS:

A=ASSIGN C=COPY D=DISPLY E=ERASE F=CHAR M=NUM N=NEW R=RENAME S=RESHAPE U=VERIFY
 LABEL 2 LABEL 3 4RECORD 5 6 7 8 9RECORD 10QUIT
 INPUT TUE MAR 15 1994 01:28:00 AM VERSION 1.2 REC:OFF

1.12 เลือกชื่อตัวแปรที่ต้องการวิเคราะห์ เลื่อนแถบสว่างลงมาที่ตัวแปรที่

ต้องการแล้วกดแป้นตัวอักษร D เพื่อทำการแสดงข้อมูลทั้งหมด (D=DISPLAY) ได้ดังรูปที่

1.13

```
qc1
200 201.3 199.8 200.4 204.4 198.7 204.1 203.1 207.2 205.6 202.4 202.8 207.6
    202.6 204.2 204.9 201.6 203 202.2 201.8 203.8 202.2 200.6 200.1 204.4 203
    204.8 203.8 205.1 204.1 204.9 199.6 204.5 203.4 202.9 204.9 207.5 207.2
    205.9 205.1 205.4 203.5 201.8 202.4 204.3 201.8 202.5 202.2
```

LABEL 2 LABEL 3 4RECORD 5 6 7 8 9RECORD 10QUIT
 INPUT TUE MAR 15 1994 01:23:00 AM VERSION 1.2 REC:OFF

2. การพยากรณ์ (Forecasting)

จากเมนูหลัก ดังรูปที่ 1.4 เลื่อนแถบสว่างไปที่

L. Forecasting

กด <Enter> ได้ดังรูปที่ 1.14

FORECASTING

1. Brown's Exponential Smoothing
2. Holt's Linear Exponential Smoothing
3. Winter's Seasonal Smoothing
4. Simple Trend Analysis
5. Exponential Power Curve
6. Life-Cycle Fitting
7. Seasonal Decomposition

Use cursor keys to highlight desired procedure.
Then press ENTER.

HELP	Z LABEL	ERASE	RECORD S	G	?	H	PRINTED	QUIT
INPUT	TUE MAR 15	1994 01:34:00 AM	VERSION 1.2				REC-OUT	

จากรูปที่ 1.14 แสดงให้เห็นถึงวิธีที่ใช้ในการพยากรณ์ของโปรแกรมสำเร็จรูป Statgraphic ที่สามารถทำได้

เมื่อต้องการพยากรณ์อนุกรมด้วยอนุกรมเวลาด้วยวิธีใดทำได้โดยเลื่อนแถบสว่างไปที่หัวข้อที่สนใจ กด <Enter> ในที่นี้กล่าวถึงเฉพาะวิธีที่ใช้ในปัญหาพิเศษนี้ ซึ่งได้แก่

2.1 Winter's Seasonal Exponential Smoothing

2.2 Simple Trend Analysis

2.3 Exponential Power Curve

2.4 Life Cycle Curve Fitting

2.5 Seasonal Decomposition

2.1 Winter's Seasonal Exponential Smoothing

ฟังก์ชันนี้ใช้วิธี Winter's linear and exponential smoothing ในวิธีการนี้ อนุกรมเวลาที่เป็นข้อมูลจะถูกปรับเรียบ 3 ครั้งโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ปรับเรียบ 3 ค่า คือ ค่าอัลฟา (สำหรับระดับ), ค่าเบต้า (สำหรับแนวโน้ม), และค่าแกมมา (สำหรับอิทธิพลฤดูกาล) ค่าปรับเรียบแล้วจะถูกสร้างกราฟเส้นทึบไปพร้อมกับค่าข้อมูลพื้นฐาน, และค่าเศษตกค้างจะถูกพิมพ์เป็นค่าสถิติสรุป (one-step ahead forecast errors)

ค่าข้อมูลที่ต้องการ

- (1) ชื่อของตัวแปรที่บรรจุข้อมูลอนุกรมเวลาที่ถูกนำเข้าไปในโปรแกรมแล้ว
- (2) จำนวนค่าพยากรณ์ที่ต้องการ

- (3) ค่าคงที่ปรับเรียบ alpha ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 กับ 1
- (4) ค่าคงที่ปรับเรียบเชิงเส้นตรง beta ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 กับ 1
- (5) ค่าคงที่ปรับเรียบฤดูกาล gamma ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 กับ 1

```

ENTER THE NAME OF THE VARIABLE CONTAINING YOUR DATA: volume
ENTER THE NUMBER OF FORECASTS DESIRED (12):
ENTER A VALUE FOR THE SMOOTHING CONSTANT  $\alpha$  (0.1): 0.2
ENTER A VALUE FOR THE LINEAR CONSTANT  $\beta$  (0.1): 0.3
ENTER A VALUE FOR THE SEASONAL CONSTANT  $\gamma$  (0.1): 0.1
ENTER THE LENGTH OF SEASONALITY (12): 12

```

```

HELP LABEL 3SOURCE 4RECORD 5 6 7 8 9REPORT 10QUIT
INPUT TUE MAR 15 1994 01:39:00 AM VERSION 1.2 REC:OFF

```

รูป 1.15 แสดงการป้อนข้อมูลในการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบ Winter's Seasonal Exponential Smoothing

ค่าผลลัพธ์ที่ได้

ค่าข้อมูลที่ปรับเรียบแล้วจะถูกบรรจุในตัวแปร SMOOTHS ในขณะที่ค่าพยากรณ์ จะถูกบรรจุในตัวแปร FORECASTS

```

WINTERS LINEAR AND SEASONAL EXPONENTIAL SMOOTHING
WITH ALPHA = 0.2, BETA = 0.3 AND GAMMA = 0.1
WITH LENGTH OF SEASONALITY = 12
Residual summary
AVERAGE ERROR (ME) = 4.01089
MEAN SQUARED ERROR (MSE) = 1.26243E6
MEAN ABSOLUTE ERROR (MAE) = 859.911
MEAN ABSOLUTE PERCENTAGE ERROR (MAPE) = 12.8353
MEAN PERCENTAGE ERROR (MPE) OR BIAS = -1.49701

SMOOTHED VALUES PLACED IN SMOOTHS FOR PERIODS 14-84
FORECASTS PLACED IN FORECASTS FOR PERIODS 85-96

Press ENTER to continue.

```

```

HELP LABEL 3SOURCE 4RECORD 5 6 7 8 9REPORT 10QUIT
INPUT TUE MAR 15 1994 01:42:00 AM VERSION 1.2 REC:OFF

```

รูป 1.16 ผลลัพธ์ค่าคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบ Winter's Seasonal Exponential Smoothing

2.2 Simple Trend Analysis

2.3 Exponential Power Curve

2.4 Life Cycle Curve Fitting

ทั้งสามฟังก์ชันนี้จะมีลักษณะคล้ายคลึงกันในเรื่องเป็นฟังก์ชันประมาณค่า และพยากรณ์ ตลอดจนการแสดงผลที่เหมือนกัน ต่างกันที่แต่ละฟังก์ชันใช้สมการที่ต่างกัน คือ

Simple Trend Analysis จะใช้สมการ $a+bt$

Exponential Power Curve จะใช้สมการ $\exp(a+bt)$

Life Cycle Curve Fitting จะใช้สมการ $\exp(a+b/t)$

โดยที่ t เป็นหน่วยของเวลา

โดยจะแสดงค่าข้อมูลที่ปรับเรียบแล้วจะถูกสร้างกราฟเป็นเส้นทึบไปพร้อมกับค่าข้อมูล เดิมและค่าเศษตกค้างต่าง ๆ จะถูกพิมพ์เป็นค่าสถิติสรุป (one-step ahead forecast errors)

ค่าข้อมูลที่ต้องการ

- (1) ชื่อของตัวแปรที่บรรจุข้อมูลอนุกรมเวลา
- (2) จำนวนค่าพยากรณ์ที่ต้องการ

ENTER THE NAME OF THE VARIABLE CONTAINING YOUR DATA: qc1
ENTER THE NUMBER OF FORECASTS DESIRED (12): 12

HELP LABEL STATUS RECORD 5 6 7 8 DREQUIT IQUIT
(QUIT) MON MAR 14 1994 11:03:00 PM VERSION 1.2 REC:OFF

รูป 1.17 แสดงการป้อนข้อมูลในการคำนวณแนวโน้มแบบ Simple Trend Analysis ในโปรแกรม STATGRAPHICS

ค่าผลลัพธ์ที่ได้

ค่าข้อมูลที่ปรับเรียบแล้วจะถูกบรรจุในตัวแปร SMOOTHS ในขณะที่ค่าพยากรณ์
จะถูกบรรจุในตัวแปร FORECASTS

ESTIMATED FUNCTION IS (282.42+0.8367781T)
Residual summary
AVERAGE ERROR (ME) = -0.20967E-15
MEAN SQUARED ERROR (MSE) = 4.14622
MEAN ABSOLUTE ERROR (MAE) = 1.65432
MEAN ABSOLUTE PERCENTAGE ERROR (MAPE) = 0.813542
MEAN PERCENTAGE ERROR (MPE) OR BIAS = -0.8188249

SMOOTHED VALUES PLACED IN SMOOTHS FOR PERIODS 1-48
FORECASTS PLACED IN FORECASTS FOR PERIODS 49-68

Press ENTER to continue.

```
HELP ZLABEL DEASC RECORD L 6 7 8 CREDIT QQUIT  
INPUT MON MAR 14 1994 11:06:08 PM VERSION 1.2 REC:OUT
```

รูป 1.18 ผลลัพธ์ค่าคลาดเคลื่อนจากการคำนวณแนวโน้มแบบ Simple
Trend Analysis ในโปรแกรม STATGRAPHICS

2.5 Seasonal Decomposition

ฟังก์ชันจะใช้ในการแยกส่วนประกอบฤดูกาล (Seasonal Decomposition) โดยวิธี อัตราส่วนต่อค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (ratio to moving average method) โดยการวิเคราะห์จะสร้างดัชนีฤดูกาล (seasonal indices) และค่าข้อมูลที่ปรับฤดูกาลแล้ว (seasonal adjusted data) ที่เป็นตัวแบบแบบคูณ (multiplicative model) ผู้ใช้สามารถสร้างกราฟที่มีค่าข้อมูลพื้นฐาน กับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แรกเริ่มเป็นข้อมูลของกราฟ (original data with initial moving average) หรือ กราฟดัชนีฤดูกาลหรือ กราฟเศษตกค้าง (residual component) หรือ กราฟดัชนีฤดูกาล (seasonal indices) หรือ กราฟข้อมูลที่ปรับฤดูกาลแล้วเพียงอย่างเดียว (seasonally adjust data) หรืออาจรวมกับดัชนีฤดูกาล ข้อมูลอนุกรมเวลาจะมีข้อมูลอย่างน้อยที่สุด 4 ฤดูกาลอย่างครบถ้วน

ข้อมูลที่ต้องการ

- (1) ชื่อตัวแปรที่บรรจุค่าอนุกรมเวลา
- (2) ความยาวของฤดูกาล

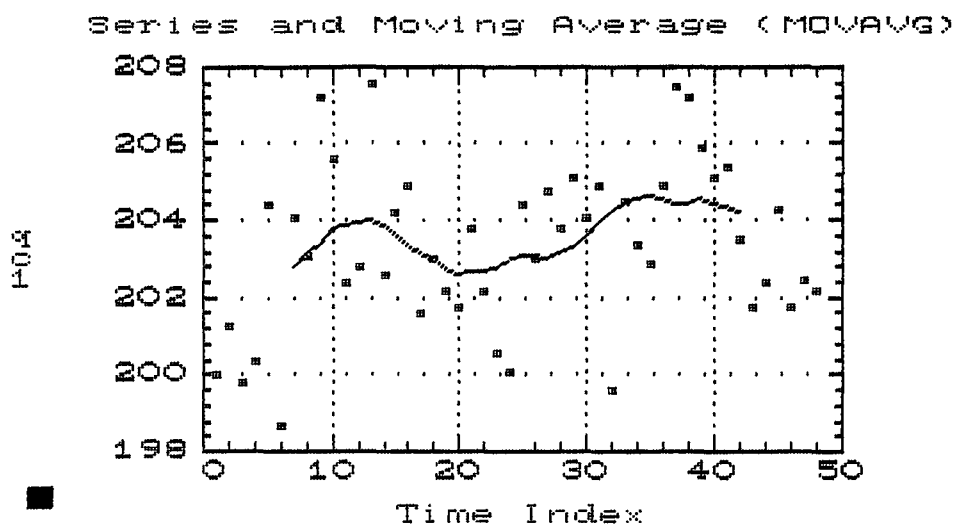
ENTER THE NAME OF THE VARIABLE CONTAINING YOUR DATA: `yc1`
ENTER THE LENGTH OF SEASONALITY (12): `12`

```
HELP  RETURN  ENDUSE  RECORD 5  6  7  8  9  0  ORQUIT  INPUT  
INPUT  MON MAR 14 1994 11:18:08 PM  VERSION 1.2  REC:OFF
```

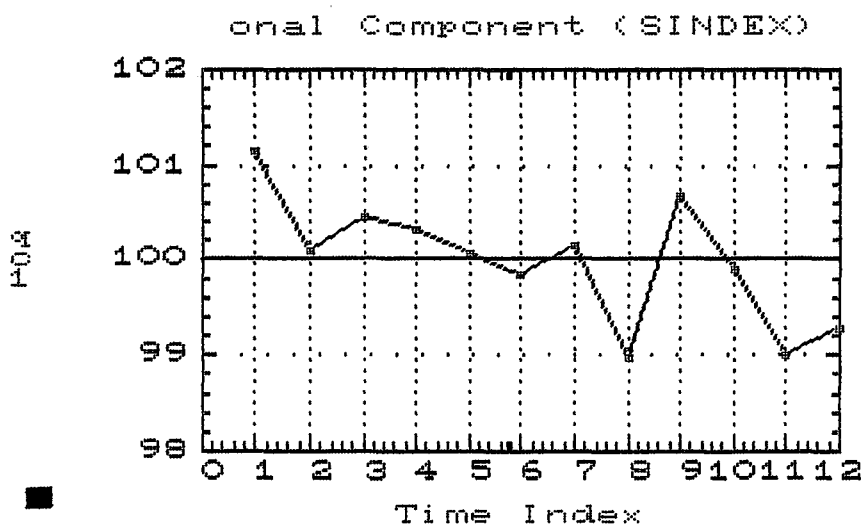
รูป 1.19 แสดงการป้อนข้อมูลในการแยกส่วนประกอบฤดูกาล

ผลลัพธ์ที่ได้

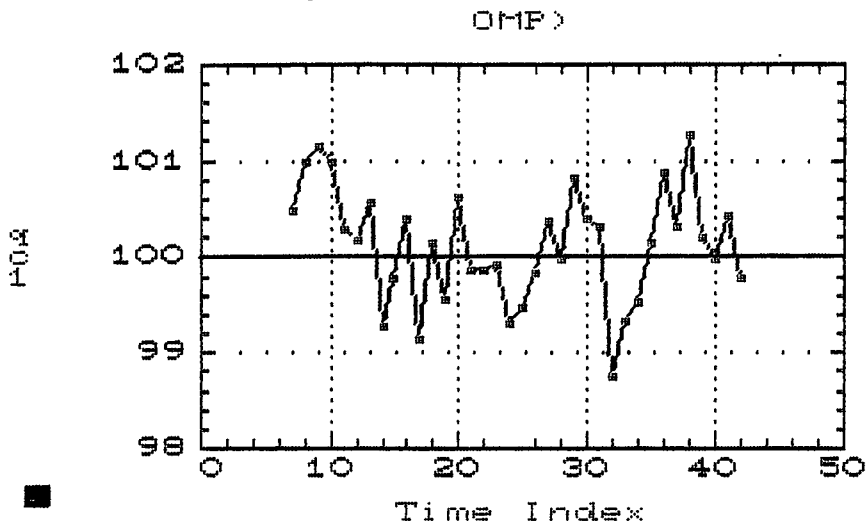
- (1) ลำดับค่าสังเกตแรกเริ่มและค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Original Seasonal and Moving Average (MOVAVG))
- (2) ค่าประมาณดัชนีฤดูกาล (Estimated Seasonal Component (SINDEX))
- (3) ค่าส่วนประกอบของเศษตกค้าง (Residual Component (RESCOMP))
- (4) ค่าข้อมูลที่ปรับฤดูกาลแล้ว (Seasonal Adjusted Data (SADJUST))



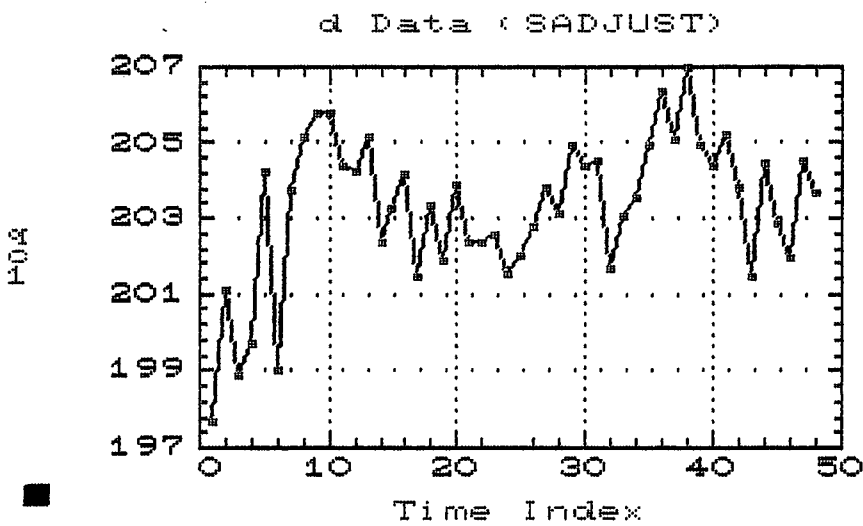
รูป 1.20 แสดงรูปภาพของค่าสังเกตและค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่



รูป 1.21 แสดงรูปภาพของดัชนีฤดูกาล



รูป 1.22 แสดงรูปภาพของค่าส่วนประกอบเศษตกค้าง



รูป 1.23 แสดงรูปภาพของค่าข้อมูลที่ปรับฤดูกาลแล้ว

4. การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis)

จากเมนูหลัก ดังรูปที่ 1.4 เลื่อนแถบสว่างไปที่

0. Time series Analysis

กด <Enter> ได้ดังรูปที่ 1.24

จากรูปที่ 1.24 แสดงให้เห็นถึงวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของโปรแกรมสำเร็จรูป STATGRAPHIC ที่สามารถทำได้

เมื่อต้องการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีใดทำได้โดย เลื่อนแถบสว่างไปที่หัวข้อที่สนใจ กด <Enter>

TIME SERIES ANALYSIS

1. Horizontal Time Sequence Plot
2. Vertical Time Sequence Plot
3. Seasonal Subseries Plot
4. Autocorrelation Function
5. Partial Autocorrelation Function
6. Cross-Correlation Function
7. Simple or Seasonal Differencing
8. Mean or Trend Removal
9. Box-Cox Transformation
10. Periodogram
11. Integrated Periodogram
12. Data Tapering
13. Plotting vs. Fourier Frequencies
14. Box-Jenkins ARIMA Modeling
15. Cross-Correlation Matrix Plotting

Use cursor keys to highlight desired procedure.
Then press ENTER.

HELP	ZLABEL	STATUS	RECORD 5	6	7	8	9	PRINTED	QUIT
INPUT	MON MAR 14	1994 11:28:00 PM	VERSION 1.2						REC:OFF

ในปัญหาพิเศษนี้จะอธิบายเฉพาะคำสั่ง Box-Jenkins ARIMA

Modeling

Box-Jenkins ARIMA Modeling

ฟังก์ชันนี้จะทำการประมาณตัวแบบ ARIMA ชนิดหลายตัวแปรด้วยวิธี Box and Jenkins การเลือกตัวแบบสามารถกำหนดตามที่ต้องการด้วยหน้าจอรับค่าของโปรแกรม ในขณะที่การแสดงผลกราฟต่าง ๆ สามารถทำได้โดยการรับค่าจากแป้นพิมพ์ ฟังก์ชัน (F keys) นอกจากนี้ฟังก์ชันสามารถประมาณได้ทั้งตัวแบบที่มีฤดูกาลหรือไม่มีฤดูกาล รวมทั้งไม่จำกัด term ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (moving average) และ autoregressive

ค่าข้อมูลที่ต้องการ

- (1) ชื่อตัวแปรอนุกรมเวลาหรือการแปลงที่ถูกต้องตามต้องการ
- (2) order ของความแตกต่างของการไม่มีฤดูกาลและการมีฤดูกาล
- (3) whether or not a constant is concluded in the model
- (4) จำนวน order ของการไม่มีฤดูกาลและมีฤดูกาลของ AR และ MA

terms

- (5) ความยาวของฤดูกาล เช่น 12 สำหรับข้อมูลรายเดือน
- (6) ความยาวมากที่สุดของ lag สำหรับ acf และ pacf plots
- (7) จำนวน terms ของการทดสอบ chisquare บน res.

autocorrel

- (8) ค่าวิกฤตของการทำซ้ำและค่าต่ำสุดของกำลังสองของความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์

ENTER THE NAME OF THE VARIABLE CONTAINING YOUR TIME SERIES DATA: qc1

HELP	2 LABEL	3 STATUS	4 RECORD	5	6	7	8	9	0	PRINT	QUIT
INPUT	MON MAR 14	1994 11:32:00 PM	VERSION	1.2							REC:OFF

รูป 1.25 การกรอกชื่อตัวแปรข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์อนุกรมเวลา

GENERAL UNIVARIATE ARIMA MODEL FITTING

Output time series:

Order of nonseasonal diff.: <input type="checkbox"/>	Order of seasonal diff.: <input type="checkbox"/>
Constant contained in model: <input type="checkbox"/>	Length of seasonality: <input type="checkbox"/>
Order of nonseasonal MA factor: <input type="checkbox"/>	Order of seasonal MA factor: <input type="checkbox"/>
Order of nonseasonal MA factor: <input type="checkbox"/>	Order of seasonal MA factor: <input type="checkbox"/>
Maximum lag for acf plots: <input type="checkbox"/>	Maximum lag for PACF plots: <input type="checkbox"/>
Lags for Chi-square test: <input type="checkbox"/>	Number of forecasts desired: <input type="checkbox"/>
Backforecasting: <input type="checkbox"/>	
Maximum iterations: <input type="checkbox"/>	
Stopping criterion 1: <input type="checkbox"/>	
Stopping criterion 2: <input type="checkbox"/>	

PRESS ENTER TO UPDATE PANEL, THEN DESIRED PF KEY.

HELP	SERIES	CONF	ACF	TESTS	GRACE	PRPACF	SINTPEB	FORECAST	QUIT
INPUT	MON MAR 14	1994 11:35:00 PM	VERSION 1.2						REC:OFF

รูป 1.26 แผงผังการกรอกข้อมูลรายละเอียดการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบ

Box-Jenkins ARIMA Modeling

ภาคผนวก ค
การใช้โปรแกรม INSET

โปรแกรม INSET

โปรแกรม INSET เป็นโปรแกรมฝังตัวในหน่วยความจำที่มีขีดความสามารถในการจัดการพิมพ์ภาพกราฟิกที่ปรากฏบนหน้าจอตามต้องการเช่น ในโปรแกรม STATGRAPHICS เมื่อต้องการพิมพ์กราฟจำเป็นต้องใช้โปรแกรม INSET ช่วยในการพิมพ์กราฟออกทางเครื่องพิมพ์

เมื่อมีโปรแกรม INSET ใน Harddisk แล้ว สามารถเรียกใช้โปรแกรมได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

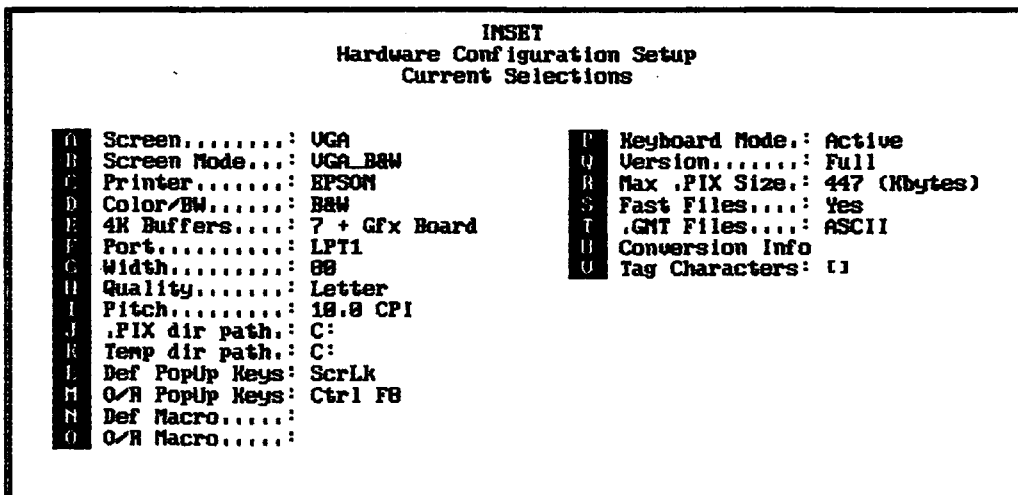
1. เมื่อนำจออยู่ในสถานะ c:\> ให้พิมพ์ cd inset ได้ดังนี้

```
c:\>cd inset <Enter>
```

```
c:\inset>
```

2. เมื่อเริ่มใช้โปรแกรม INSET ครั้งแรก ต้องทำการ SETUP โดยพิมพ์ setup ได้ดังนี้

```
c:\inset>setup <Enter>
```



Enter letter to change : [A-Z] for All; [F10] to Save; [Esc] to Quit []

3. ได้ดังรูปที่ 2.1 และทำการแก้ไขฟังก์ชันต่าง ๆ ให้ตรงตาม Hardware ที่ใช้ขณะนั้น เมื่อทำการ SETUP เรียบร้อยแล้ว กด <F10> เพื่อจัดเก็บข้อมูลที่เปลี่ยนแปลง และออกจากการ SETUP

4. เมื่อต้องการใช้ inset ให้พิมพ์ inset ได้ดังนี้

c:\inset>inset <Enter>



Release 2.2 A
Full System Installed. Use /S for Small system, /C for Capture only.
Screen driver installed...: VGA.EXE
Printer driver installed...: EPSON.PRN
Default Pop-Up key(s).....: Scroll_Lock
Override Pop-Up key(s).....: Ctrl F8

C:\INSET>

5. ได้ดังรูปที่ 2.2 ซึ่งรูปที่ 2.2 เป็นสภาวะที่แสดงให้เห็นว่า โปรแกรม inset ได้ถูกเรียก (load) ลงในหน่วยความจำของเครื่องเรียบร้อยแล้ว เมื่อต้องการใช้ inset ให้กดคีย์ตาม Default Pop-up key(s) หรือ Override Pop-up key(s) เช่น ในรูปที่ 2 เมื่อต้องการใช้ inset กด <Scroll Lock> หรือ <Ctrl><F8>

6. เลื่อนแถบสว่างไปที่คำสั่ง Print หรือกดแป้นพิมพ์ <P> เพื่อเลือกคำสั่งพิมพ์ภาพหรือตัวอักษรที่แสดงอยู่บนหน้าจอขณะนั้นออกจากเครื่องพิมพ์

7. เลื่อนแถบสว่างไปที่คำสั่ง Go หรือกดแป้นพิมพ์ <G> เพื่อทำการพิมพ์ออกเครื่องพิมพ์

ภาคผนวก ง
การใช้โปรแกรม MICROTSP

การใช้งานโปรแกรม MICROTSP

โปรแกรม MICROTSP เป็นโปรแกรมทางสถิติที่มีขีดความสามารถในการคำนวณ regression และ forecasting บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล IBM ซึ่งสามารถใช้ในประเภทงานต่อไปนี้

- การพยากรณ์การขาย (Sales forecasting)
- การวิเคราะห์และพยากรณ์ราคาขาย (Cost analysis and forecasting)
- การวิเคราะห์การเงิน (Financial analysis)
- การพยากรณ์เศรษฐกิจแบบมหภาค (Macroeconomic forecasting)
- การจำลองตัวแบบ (Simulation)
- การวิเคราะห์ค่าข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และการตีราคา (Scientific data analysis and evaluation)

ในที่นี้จะกล่าวถึงส่วนของโปรแกรมที่ใช้งานในปัญหาพิเศษนี้เท่านั้น ซึ่งในการวิเคราะห์ผลของปัญหาพิเศษใช้โปรแกรมเพื่อจุดประสงค์ในการสร้างกราฟค่าของข้อมูล และการค้นหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดของการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบมีฤดูกาลของ Winter คือ ค่าของอัลฟา (alpha) , แกมมา (gamma) และ เบต้า (beta)

การเข้าใช้งานโปรแกรม TSP เมื่อโปรแกรมอยู่ใน Harddisk ทำได้โดย

1. เมื่ออยู่ในเครื่องหมาย c:\ ให้พิมพ์ cd tsp ได้ดังนี้

```
c:\cd tsp <Enter>
```

```
c:\tsp>
```

2. พิมพ์ qtsp เพื่อเข้าสู่โปรแกรม ได้ดังนี้

```
c:\statgraf\qtsp <Enter>
```



by David M. Lilien

Copyright (C) 1983-1989
Quantitative Micro Software
All Rights Reserved

SN 688888

3. ได้ดังรูป 3.1 จะปรากฏอยู่สักครู่หนึ่ง แล้วจะเข้าสู่หน้าต่างคำสั่ง ดัง

รูป 3.2

name:	series:	current:	max limit:	output: LPT1.
No work file in memory - Use CREATE or LOAD command				
current: SHPL	path: /c:		print: PUFF	

>

F1: BREAK	F2: LAST COMMAND	F3: FILES	F4: DATA	F5: STATISTICS	F6: TSP CONTROL
-----------	------------------	-----------	----------	----------------	-----------------

4. การเรียกใช้คำสั่งฟังก์ชันต่าง ๆ ของโปรแกรมทำได้ 2 วิธีคือ

4.1 การพิมพ์ชื่อคำสั่งฟังก์ชันที่หน้าต่างฟังก์ชัน

4.2 การกดแป้นพิมพ์ฟังก์ชัน (F keys) แล้วเลื่อนแถบสว่างไปยังคำ

สั่งที่ต้องการ แป้นฟังก์ชันที่ใช้มีดังนี้

- การกดแป้น F3 เรียกส่วนคำสั่งประเภทเกี่ยวกับไฟล์
- การกดแป้น F4 เรียกส่วนคำสั่งประเภทการจัดการข้อมูล
- การกดแป้น F5 เรียกส่วนคำสั่งประเภทการคำนวณทางสถิติ
- การกดแป้น F6 เรียกส่วนคำสั่งควบคุมโปรแกรม TSP

1 การนำข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม TSP

ขั้นตอนการนำข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม TSP โดยที่แฟ้มข้อมูลที่ต้องการนำเข้ามาเป็นแฟ้มข้อมูลตัวอักษร (ASCII File) มีดังนี้

3.1.1 กำหนดขนาดของแฟ้มข้อมูลที่ต้องการนำเข้าไปในโปรแกรม ด้วยคำสั่ง Create โดยต้องกำหนดประเภทของข้อมูลและจำนวนความยาวของข้อมูล ดังรูป 3.3

```
sample 1 84 series constant 0 data factor 0.01 output TPT1
No series in work file
current SAMP 1 84 path C:\ print PUFF
```

```
>create
Frequency // Undated
Maximum observations // 84
```

>

```
F1 BREAK F2 LAST COMMAND F3 FILES F4 DATA F5 STATISTICS F6 TSP CONTROL
```

3.1.2 อ่านข้อมูลจากดิสก์เข้าสู่โปรแกรมด้วยคำสั่ง read ซึ่งต้องกำหนดชื่อและ disk drive ของแฟ้มข้อมูล , ประเภทลักษณะของข้อมูลในแฟ้มข้อมูล และชื่อที่ใช้เรียกแฟ้มข้อมูลในโปรแกรม (Series list) ดังรูป 3.4 ซึ่งสามารถทราบว่าโปรแกรมมีการอ่านแฟ้มข้อมูลได้บ้างด้วยการสังเกตชื่อที่ปรากฏในกรอบหน้าต่างส่วนบนของหน้าจอโปรแกรม

```
range: 1 - 84 series: current=1 maximum=250 output: LPT1  
DAT11  
current: SMPL 1 - 84 path: print: POF
```

```
>create  
Frequency // Undated  
Maximum observations // 84  
  
>read a:dat11  
Data File Format // Data ordered by series  
Series list // DAT11  
  
>
```

```
F1-BREAK F2-LAST COMMAND F3-FILES F4-DATA F5-STATISTICS F6-TSP CONTROL
```

2 การสร้างกราฟข้อมูล

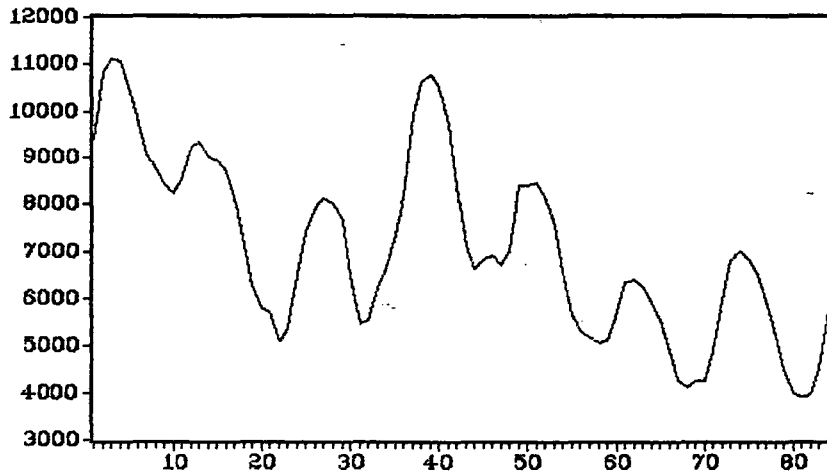
การสร้างกราฟข้อมูลด้วยวิธีการเรียกคำสั่ง Plot ซึ่งต้องกำหนดชื่อของแฟ้มข้อมูลที่ใช้ในโปรแกรม (Series list) จะปรากฏเมนูดังรูป 3.5 ซึ่งสามารถกำหนดตัวเลือกต่าง ๆ ของกราฟในคำสั่ง Set Options ถ้าเป็นกราฟปกติทั่วไป ใช้คำสั่ง Automatic แล้วจะปรากฏรูปลักษณะกราฟดังรูป 3.6 ซึ่งสามารถพิมพ์ออกเครื่องพิมพ์ด้วยการกดแป้นพิมพ์ P และกดแป้นพิมพ์ X เพื่อออกจากโปรแกรม

```
range: 1 - 84 series: current=1 maximum=250 output: LPT1  
DAT11  
current: SMPL 1 - 84 path: print: POF
```

```
>plot dat11  
Sealing Method  
(A) Automatic - single scale  
(M) Manual - single scale  
(N) Normalized  
(D) Dual scale - no crossing  
(X) Dual scale - lines cross  
(R) Residuals with S.E. bands  
(S) Set options  
F1 Break - cancel procedure
```

```
F1-BREAK
```

รูป 3.5 แสดงเมนูของคำสั่ง plot ในโปรแกรม MICROTSP



— DAT11

(T)-Type (P)-Print (S)-Save (O)-Options (F)-Plotter & HPGL (R)-pReview (X)-eXit

รูป 3.6 แสดงรูปภาพที่ถูกสร้างจากคำสั่ง plot จาก MICROTSP

3 การวิเคราะห์หอนกรมเวลาด้วยวิธี Holt Winters

การวิเคราะห์หอนกรมเวลาด้วยวิธี Holt Winters ในโปรแกรม TSP เพื่อจุดประสงค์หาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดของตัวแบบพยากรณ์แบบ Winter ซึ่งก็คือ ค่าอัลฟา (alpha), ค่าแกมมา (gamma) และ ค่าเบต้า (beta) ในการทำงานของฟังก์ชันนี้จะต้องเลือกว่าจะใช้ Holt Winters แบบฤดูกาลบวก (additive seasonal) หรือแบบคูณ (multiplicative seasonal) และกำหนดชื่อของแฟ้มข้อมูลที่ใช้ในโปรแกรม (Series list), ชื่อแฟ้มข้อมูลที่เก็บค่าพยากรณ์ และขนาดของฤดูกาล รวมทั้งโปรแกรมถามว่าต้องการให้โปรแกรมค้นหาค่าพารามิเตอร์ให้หรือไม่ ดังรูป 3.7 ซึ่งผลการวิเคราะห์จะปรากฏขึ้น ดังรูป 3.8

```

range 1 84 series: current-1 maximum 258 output LPT1:
DAT11
current SMPL 1 84 path 0: print POFF

```

```

>smooth
Smoothing Method // Holt-Winters additive seasonal
Series to smooth // DAT11
Name for forecast series // FORED11
Cycle for seasonal // 12
Estimate all smoothing parameters ? (y/n)

```

F1 BREAK

รูป 3.7 แสดงการกรอกค่าข้อมูลเพื่อวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบ Holt Winter แบบฤดูกาลบวก

```

Number of observations: 84
Smoothing Method: Holt-Winters - additive seasonal
Original Series: DAT11 Forecast Series: FORED11

```

Parameters: ALPHA		1.000
BETA (trend)		0.000
GAMMA (seasonal)		0.000
Sum of squared residuals		10049797
Root mean squared error		345.8908
End of period levels: MEAN		5626.052
TREND		-57.90957
SEASONALS		835.7545
	73	1250.445
	74	1369.377
	75	1187.601
	76	699.6049
	77	-203.6428
	78	-1002.078
	79	-1252.502
	80	-1144.414
	81	-1146.471
	82	-742.4777
	83	149.6013
	84	

Repeat the output ? (P,S,ENTER)

รูป 3.8 แสดงผลลัพธ์จากการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบ Holt Winter แบบฤดูกาลบวก

เมื่อต้องการออกจากโปรแกรม MICROTSP ด้วยการพิมพ์คำสั่ง EXIT
ที่บรรทัดรับคำสั่งในหน้าจอของโปรแกรมดังรูป 3.9

```
range 1 - 04 series: current=2 maximum=250 output LPT1:  
DAT11 FOHED11  
current: SMPL 1 - 04 path: 0: print: POFF
```

>exit -

Abandon the current work file ? (y/n)

```
FI BREAK
```

ภาคผนวก จ
การใช้โปรแกรม QSB+

การใช้งานโปรแกรม QSB+

โปรแกรม QSB+ เป็นโปรแกรมใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณตัวเลขเชิงสถิติในธุรกิจต่างๆในปัญหาพิเศษนี้ใช้โปรแกรม QSB+ เพื่อจุดประสงค์ในการค้นหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดของวิธี Winter ในภาคผนวกนี้จะกล่าวเฉพาะการทำงานที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบ Winter เท่านั้น

การเข้าใช้งานโปรแกรม QSB+ เมื่อโปรแกรมอยู่ใน Harddisk ทำได้โดย

1. เมื่ออยู่ในเครื่องหมาย c:\ ให้พิมพ์ cd qsb ได้ดังนี้

```
c:\cd qsb <Enter>
```

```
c:\qsb>
```

2. พิมพ์ qsb เพื่อเข้าสู่โปรแกรม ได้ดังนี้

```
c:\qsb\qsb <Enter>
```

The logo consists of the letters 'Q', 'S', and 'B' in a large, bold, pixelated font, followed by a plus sign '+'. The letters are black with a white outline, giving them a blocky, digital appearance.

Quantitative Systems for Business Plus
Version 1.0

by

Yih-Long Chang and
Robert S. Sullivan

Copyright (C) Prentice-Hall, Inc., 1986, 1987, 1988
BASRUN20.EXE Version 2.0 Copyright (C) IBM Corp., 1985

Press any key to continue.

3. ได้ดังรูป 4.1 ซึ่งเป็นเมนูหลักของโปรแกรม QSB+ แล้วทำการเลือกคำสั่ง Time series forecasting ด้วยการเลื่อนแถบสว่างหรือกดแป้นพิมพ์ <E> เพื่อเข้าสู่เมนูหลักของคำสั่งนี้ ดังรูป 4.2

Welcome to QSB+ (Quantitative Systems for Business Plus)? You may choose from following management science decision support systems:			
Code No.	Program	Code No.	Program
→1	Linear programming	9	Inventory theory
2	Integer linear programming	A	Queuing theory
3	Transshipment problem	B	Queuing system simulation
4	Assignment/Travel-salesman	C	Decision/probability theory
5	Network modeling	D	Markov process
6	Project scheduling — CPM	E	Time series forecasting
7	Project scheduling — PERT	F	Specify printer/display adapter
8	Dynanic programming	G	Exit from QSB+

Note: Use option F to specify if you do not have an IBM graphics printer or color/graphics adapter. This will make screen/outputs less confusing. Programs 1 to 4 are in QSB+(I), Programs 5 to E are in QSB+(II).

Press the up or down key to locate the desired option. Then press ENTER.

1. การนำเข้าข้อมูลสู่โปรแกรม QSB+

การนำเข้าข้อมูลสู่โปรแกรม QSB+ ทำได้ 2 วิธีคือ

1. การสร้างข้อมูลใหม่ในโปรแกรม QSB+
2. การเรียกใช้ (load) แฟ้มข้อมูลจากดิสก์

1.1 การสร้างข้อมูลใหม่ในโปรแกรม QSB+ ทำได้โดยการเลือกคำสั่ง

2 ---- Enter new problem

จะปรากฏคำถามที่เกี่ยวกับการกำหนดชื่อตัวแปรข้อมูลที่สร้างขึ้นใหม่และจำนวนแถวของข้อมูลทั้งหมด

Please name your problem using up to 20 characters ?

How many observation are there in ชื่อตัวแปร ?

ภายหลังการตอบคำถามแล้ว จะปรากฏหน้าจอสำหรับการกรอกข้อมูล

ดังรูป 4.3

Read Existing Problem from Disk(ette)

Type x:xxxxxxxx.xxx for your file name (e.g., A:XYZ.DAT).

What is your file name (Type A:, B:, or C: to see all the files) ? a:qdata11.

Your problem has been read. Press any key to continue.

1.2 การเรียกใช้ (load) แฟ้มข้อมูลจากดิสก์

ทำได้โดยการเลือกคำสั่ง

3 ---- Read existing problem from disk(ette)

แฟ้มข้อมูลที่สามารถเรียกใช้ด้วยคำสั่งนี้จะต้องเป็นแฟ้มข้อมูลที่สร้างจากโปรแกรม QSB+ มาก่อน ภายหลังการเลือกคำสั่งดังกล่าวปรากฏหน้าจอ ดังรูปที่ 4.4

TSFC Historical Data Entry for data1

No.	His.	Data	No.	His.	Data	No.	His.	Data	No.	His.	Data	No.	His.	Data					
1	<		>	2	<		>	3	<		>	4	<		>	5	<		>
6	<		>	7	<		>	8	<		>	9	<		>	10	<		>
11	<		>	12	<		>	13	<		>	14	<		>	15	<		>
16	<		>	17	<		>	18	<		>	19	<		>	20	<		>
21	<		>	22	<		>	23	<		>	24	<		>	25	<		>
26	<		>	27	<		>	28	<		>	29	<		>	30	<		>
31	<		>	32	<		>	33	<		>	34	<		>	35	<		>
36	<		>	37	<		>	38	<		>	39	<		>	40	<		>
41	<		>	42	<		>	43	<		>	44	<		>	45	<		>
46	<		>	47	<		>	48	<		>	49	<		>	50	<		>
51	<		>	52	<		>	53	<		>	54	<		>	55	<		>
56	<		>	57	<		>	58	<		>	59	<		>	60	<		>
61	<		>	62	<		>	63	<		>	64	<		>	65	<		>
66	<		>	67	<		>	68	<		>	69	<		>	70	<		>
71	<		>	72	<		>	73	<		>	74	<		>	75	<		>
76	<		>	77	<		>	78	<		>	79	<		>	80	<		>
81	<		>	82	<		>	83	<		>	84	<		>				

Esc — Previous page, / — Next page.

2. การพยากรณ์อนุกรมเวลา

ทำได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การเลือกคำสั่ง Perform forecasting ในเมนูหลักของ Time

Series Forecasting ดังรูป 4.5

Welcome to your Time Series Forecasting (TSFC) Decision Support System!	
The options available for TSFC are as follows.	
If you are a first-time user, you might benefit from option 1.	
Option	Function
1	Overview of TSFC Decision Support System
2	Enter new problem
3	Read existing problem from disk(ette)
4	Show input data
→5	Perform forecasting
6	Save problem on disk(ette)
7	Modify problem
8	Show final solution
9	Return to the program menu
0	Exit from QSB+

Press the up or down key to locate the desired option. Then press ENTER.

2. จะปรากฏเมนู ดังรูปที่ 4.6 ซึ่งเป็นเมนูหลักของ Perform

Forecasting

```
Option Menu to Perform Forecasting for DATA11
You have the following options for making time series forecasting. The
program will ask you for the appropriate parameters for the selected model.

Option
->1  --- Simple average
    2  --- Weighted moving average
    3  --- Moving average with linear trend
    4  --- Single exponential smoothing
    5  --- Exponential smoothing with linear trend
    6  --- Double exponential smoothing
    7  --- Double exponential smoothing with linear trend
    8  --- Adaptive exponential smoothing
    9  --- Linear regression
    0  --- Winter's model
    B  --- Return to the function menu
```

Press the up or down key to locate the desired option. Then press ENTER.

3. จากนั้นทำการเลือกคำสั่งหมายเลข 0 Winter's model แล้วจะ
ปรากฏคำถามต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการกำหนดค่าพารามิเตอร์บนหน้าจอ ดังรูป 4.7

```
For how many periods do you want to forecast (<= 36) ? 12
Do you want TSFC to search the best parameters (Y/N) ? y
Enter the search starting value for  $\alpha$  (alpha) (default = 0)? 0.8
Enter the search ending value for  $\alpha$  (alpha) (default = 1.0)?
Enter the search step value for  $\alpha$  (alpha) (default = 0.05)?
Enter the search starting value for  $\rho$  (beta) (default = 0)? 0.8
Enter the search ending value for  $\rho$  (beta) (default = 1.0)?
Enter the search step value for  $\rho$  (beta) (default = 0.05)?
Enter the search starting value for  $\Gamma$  (gamma) (default = 0)? 0.8
Enter the search ending value for  $\Gamma$  (gamma) (default = 1.0)?
Enter the search step value for  $\Gamma$  (gamma) (default = 0.05)?
Specify the performance measure for the search (1:MAD, 2:MSE, 3:Bias) ? 2
How many periods has the length of the seasonal cycle ? 12
Do you want to enter the estimated seasonal factors (Y/N) ? n
```

Forecasting complete. Press any key to continue.

4. เมื่อทำการคำนวณค่าเสร็จสิ้น จะปรากฏเมนูของการแสดงผล
 (Show the Final Solution) ดังรูป 4.8 ซึ่งแสดงถึงตัวเลือกต่าง ๆ ของการแสดงผล
 ผลลัพธ์ที่ได้ของโปรแกรม

Option Menu to Show the Final Solution of DATA11	
You have the following options available to show the final solution. If you want to print the solution, make sure that the printer is ready.	
Option	
→1	— Display the final results only
2	— Display and print the final results
3	— Plot the final results
4	— Plot and print the final results
5	— Display and plot the final results
6	— Display, plot, and print the final results
7	— Send the final results to an ASCII file
8	— Return to the function menu

Press the up or down key to locate the desired option. Then press ENTER.

5. ถ้าเลือกคำสั่งหมายเลข 1 Display the final results
 only ซึ่งเป็นคำสั่งแสดงผลจากการวิเคราะห์ทางหน้าจอเพียงอย่างเดียว ผลลัพธ์
 จะถูกแสดงในตาราง ดังรูป 4.9

Winter's model for DATA11						Page: 6
Period	Act. Demand	F(t)	I(t)/W(t)	I(t)	Forecast	Error
81	+3982	+4366	0	+893558	+4149	+246.984
82	+3951	+4498	0	+879841	+3823	-127.448
83	+4529	+4915	0	+921364	+4875	-454.824
84	+5776	+5668	0	+1.01984	+4894	-881.256
85					+6814	
86					+6133	
87					+6298	
88					+6383	
89					+6858	
90					+5482	
91					+4993	
92					+4925	
93					+5864	
94					+4987	
95					+5222	
96					+5776	

MAD = 392.810 MSE = 256808 Bias = 76.8344 a = 0.850 b = 0.800 c = 1.000

Press any key to continue.

บรรณานุกรม

- ข่าวสาร กฟผ., ปีที่ 23 ฉบับที่ 1 , มกราคม 2536 , หน้า 7-12.
- บัวศรี แก้วเข้ม ,หนังสือพิมพ์ " เดลินิวส์ " ฉบับวันอังคารที่ 2 พฤศจิกายน 2536.
- นิพนธ์ สมิตินันท์ ยุวดี ขจรเดชากุล และวุฒิศาล วรณภิญโญชีพ, "การวิเคราะห์แนวโน้ม
เพื่อพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของประเทศไทย ในปีพ.ศ. 2533", ปัญหาพิเศษปริญญาบัณฑิต ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง 2532.
- วันชัย ตันติวิทยานิกษ์ ,นิตยสาร "สารคดี" ฉบับที่ 98 ปีที่ 9 , เดือนเมษายน 2536
หน้า 121-133.
- วิจิต หล่อจิระชนท์กุลและคณะ เทคนิคการพยากรณ์เชิงสถิติ , กรุงเทพมหานคร, เรือน
แก้วการพิมพ์, พฤษภาคม 2524.
- ศิริลักษณ์ สุวรรณวงศ์ ผศ., 2535, การวิเคราะห์อนุกรมเวลา, สุวีริยาสาส์น.
- หัตยา เขียววัณทิ เอกสารประกอบการเรียนวิชาอนุกรมเวลาและดัชนี.
- เอกชัย ชัยประเสริฐลิขิต , 2527, การวิเคราะห์อนุกรมเวลา พิมพ์ครั้งที่ 4, กรุงเทพ
มหานคร, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- เอกสารประกอบเกี่ยวกับเขื่อน และพลังงานกระแสไฟฟ้า จากฝ่ายประชาสัมพันธ์ การ
ไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.
- Wei, W Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods.
pp. 104-180, Addison-Wesley Publishing Co., California,
1990.

ประวัตินักศึกษา

ชื่อ-นามสกุล นายฉัตรชัย โรจนฤทธิพิเชษฐ์
วัน เดือน ปีเกิด 29 ธันวาคม 2513
สถานที่เกิด จ.ชลบุรี
สำเร็จมัธยมศึกษาตอนต้นจาก โรงเรียนคาราสุมทร จ.ชลบุรี
สำเร็จมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนสาธิตนิบลุย์บำเพ็ญ จ.ชลบุรี

ชื่อ-นามสกุล นางสาวศิริพร เฟื่องบุญสม
วัน เดือน ปีเกิด 8 สิงหาคม 2515
สถานที่เกิด จ.สระแก้ว
สำเร็จมัธยมศึกษาตอนต้นจาก โรงเรียนสำเร็จวิทยา จ.สระแก้ว
สำเร็จมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนปราจีนราษฎร์บำรุง จ.ปราจีนบุรี

ชื่อ-นามสกุล นางสาวอัมวัน สุจินตนารัตน์
วัน เดือน ปีเกิด 11 เมษายน 2515
สถานที่เกิด จ.ชลบุรี
สำเร็จมัธยมศึกษาตอนต้นจาก โรงเรียนชลกันยานุกูล จ.ชลบุรี
สำเร็จมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนชลกันยานุกูล จ.ชลบุรี