สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเปรียบเทียบการพยากรณ์ปริมาณน้ำที่กักเก็บของเขื่อนภูมิพล

นายวสันต์ คลังมนตรี
นายวีกิต บุญคุณ
นายศักดา บุพอังกูร
นายสิทธา อำพันทอง

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาสถิติประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

ปพ.
ว 356 ก
R5AA

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 43178
วัน, เดือน, ปี 23 ก.ค. 2545

.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The comparison for forecasting volumn of storage water in Bhumipol Dam

Mr. Wasan Klangmontree
Mr. Weekit Boonkhun
Mr. Sakda Buppaungkul
Mr. Sitta Amphanthong

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

2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าอนุมัติ

หัวข้อ การเปรียบเทียบการพยากรณ์ปริมาณน้ำที่กักเก็บได้ของเขื่อนภูมิพล

1. นายวสันต์ คลังมนตรี
2. นายวีกิต บุญคุณ
3. นายศักดา บุพอังกูร
4. นายสิทธา อำพันทอง

ภาควิชา สถิติประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์อัชฌา อระวีพร

ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับปัญหาพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

(ผศ.ชูใจ คูหารัตนไชย) (หัวหน้าภาควิชา)

คณะกรรมการปัญหาพิเศษ

(อาจารย์อัชฌา อระวีพร) ประธานกรรมการ

(ผศ.หัทยา เชี่ยววัฒกี) กรรมการ

(ผศ.ณหทัย ราตรี) กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การเปรียบเทียบการพยากรณ์ปริมาณน้ำที่กักเก็บของเขื่อนภูมิพล

โดย
1. นายวสันต์ คลังมนตรี
2. นายวีกิต บุญคุณ
3. นายศักดา บุพอังกูร
4. นายสิทธา อำพันทอง

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์อัชฌา อระวีพร

ภาควิชา สถิติประยุกต์

ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของปัญหาพิเศษนี้คือ การเปรียบเทียบเพื่อหาตัวแบบที่ดีที่สุดในการพยากรณ์ปริมาณน้ำที่กักเก็บได้ของเขื่อนภูมิพลและต้องการหาตัวแบบพยากรณ์ที่ให้ค่าพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนต่ำสุด โดยข้อมูลที่ได้มาจากกรมชลประทาน และกรมอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2534 ถึง เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2543 โดยวิเคราะห์ด้วยวิธีต่างๆดังต่อไปนี้ ได้แก่ การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีการปรับแนวโน้มและฤดูกาลของวินเตอร์แบบบวกและแบบคูณ การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคบอกซ์-เจนกินส์ การวิเคราะห์สมการถดถอยด้วยวิธี 3 วิธี ได้แก่ การกำจัดตัวแปรแบบไปข้างหน้า การกำจัดตัวแปรแบบถอยหลัง และการถดถอยแบบขั้นบันได โดยทำการเปรียบเทียบ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539 ถึง พ.ศ. 2543 เป็นระยะเวลา 5 ปี

จากผลการวิเคราะห์ พบว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์มากที่สุด คือ วิธีการวิเคราะห์สมการถดถอย รองลงมาคือ วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคบอกซ์-เจนกินส์ และการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีการปรับแนวโน้มและฤดูกาลของวินเตอร์แบบบวกซึ่งมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ต่ำสุด ดังนั้น แสดงว่าการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีการปรับแนวโน้มและฤดูกาลของวินเตอร์แบบบวกเหมาะสมที่สุดที่ค่า α = 0.999 β = 0.838 และ γ = 0.997 ซึ่งสามารถพยากรณ์ปริมาณน้ำที่กักเก็บได้ของเขื่อนภูมิพลได้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A Special Project Title : The comparison for forecasting volumn of storage water in Bhumipol Dam

Name

1. Mr. Wasan Klangmontree
2. Mr. Weekit Boonkhun
3. Mr. Sakda Buppaungkul
4. Mr. Sitta Amphanthong

Special Project Advisor Miss. Autcha Araveeporn

Department Applied Statistics

Acadamic Year 2001

Abstract

The purpose of this special project is to find the most appropriate statistical model for forecasting volume of storage water in Bhumipol Dam by consideration of the lowest mean square error (MSE). The data was taken from The Royal Irrigation Department and The Department of Meteorology collected from January 1991 to December 2000. The techniques of analyzing data are Winters' Linear and Seasonal Smoothing Method Additive and Multiple Box-Jenkins Technique and Regression Analysis with three assigned models (Forward Elimination Backward Elimination Stepwise Regression) for five years comparison data from 1996 to 2000.

From the study we find that the technique of Regression Analysis has the highest mean absolute percentage error (MAPE), then the technique of Box-Jenkins and the technique of Winters' Additive Seasonal Smoothing, respectively. Then we can conclude that the analysis is the technique of Winters' Additive Seasonal Smoothing, which give $\alpha = 0.999$ $\beta = 0.838$ and $\gamma = 0.997$ is the most appropriate statistical model to forecast volumn of storage water in Bhumipol Dam .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเพราะความกรุณาของบุคคลหลาย ๆ ฝ่าย ที่ให้ความร่วมมือในการทำปัญหาพิเศษชุดนี้ ซึ่งคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณทุก ๆ ท่านไว้ ณ ที่นี้ คือ

อาจารย์อัชฌา อระวีพร อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำต่าง ๆ ตลอดจนตรวจสอบแก้ไข จนทำให้ปัญหาพิเศษนี้เสร็จสมบูรณ์

ผศ.หัทยา เชี่ยววัฒกี ที่ให้คำแนะนำเทคนิคการพยากรณ์ด้วยวิธีต่างๆ และ ผศ.ณหทัย ราตรี กรุณาให้คำปรึกษาชี้แนะเพื่อให้งานชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ตลอดจนอาจารย์ภาควิชาสถิติประยุกต์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้จัดทำปัญหาพิเศษ

ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา ที่ให้การสนับสนุนเป็นกำลังใจแก่ผู้จัดทำปัญหาพิเศษโดยตลอดมา

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กรมชลประทานและกรมอุตุนิยมวิทยาที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

เพื่อน ๆ ทุกคนที่ช่วยเหลือเรื่องต่าง ๆ และคอยให้คำเสนอแนะมาโดยตลอด และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาสถิติประยุกต์ ที่ประสานงานและอำนวยความสะดวกแก่ผู้จัดทำปัญหาพิเศษตลอดการทำงาน

นายวสันต์ คลังมนตรี
นายวีกิต บุญคุณ
นายศักดา บุพอังกูร
นายสิทธา อำพันทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูปภาพ	จ
บทที่ 1บทนำ	
1.1 ประเด็นปัญหาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ที่ศึกษา	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 การดำเนินการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่2 ทฤษฎีและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เทคนิคการปรับเรียบด้วยวิธีการปรับแนวโน้มและฤดูกาลแบบวินเตอร์	5
2.2 เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอกซ์-เจนกินส์	8
2.3 การวิเคราะห์สมการถดถอย	18
2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับเขื่อน	23
บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน	
3.1 ลักษณะข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูล	28
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน	28
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
4.1 วิธีปรับแนวโน้มและฤดูกาลแบบวินเตอร์	36
4.2 เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอกซ์-เจนกินส์	38
4.3 การวิเคราะห์การถดถอย	47
4.4 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบของสมการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี	48
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล	66
5.2 ข้อเสนอแนะ	68
ภาคผนวก	
บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 แสดงผลการวิเคราะห์การพยากรณ์ข้อมูลปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ. 2539	49
4.2 แสดงผลการวิเคราะห์การพยากรณ์ข้อมูลปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ. 2540	52
4.3 แสดงผลการวิเคราะห์การพยากรณ์ข้อมูลปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ. 2541	55
4.4 แสดงผลการวิเคราะห์การพยากรณ์ข้อมูลปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ. 2542	58
4.5 แสดงผลการวิเคราะห์การพยากรณ์ข้อมูลปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ. 2543	61
4.6 แสดงผลของค่า MAPE การพยากรณ์ข้อมูลปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล ตั้งแต่ปี พ.ศ.2539 ถึงปี พ.ศ.2543	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

บทที่ 3

ภาพที่

1 แผนผังแสดงการกำหนดตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์ 30
2 แผนผังแสดงวิธีการพยากรณ์ของวิธีวินเตอร์ 31
3 แผนผังแสดงวิธีพยากรณ์ของบอกซ์-เจนกินส์ 32
4 แผนผังแสดงวิธีพยากรณ์ของสมการถดถอย 33
5 แผนผังแสดงการเปรียบเทียบเพื่อหาสมการพยากรณ์ที่ดีที่สุดจากค่า MAPE ทั้ง 3 วิธี 34

บทที่ 4

ภาพที่

1 ข้อมูลจริงและค่าพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบแนวโน้มและฤดูกาลแบบวินเตอร์ เมื่อข้อมูลมีฤดูกาลแบบคูณ 36
2 ข้อมูลจริงและค่าพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบแนวโน้มและฤดูกาลแบบวินเตอร์ เมื่อข้อมูลมีฤดูกาลแบบบวก 37
3 กราฟแสดงแนวโน้มของข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพล ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2534 – 31ธันวาคม พ.ศ. 2543 38
4 แสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation) ของ ปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพล 39
5 แสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Patial Autocorrelation) ของปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพล 40
6 กราฟแสดงแนวโน้มของข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพล หลังจากหาค่าความแตกต่างแบบไม่มีฤดูกาล 1 ครั้ง ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2534 – 31ธันวาคม พ.ศ. 2543 41
7 แสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation) ของ ปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพลหลังจากหาค่าความแตกต่างแบบไม่มีฤดูกาล 1 ครั้ง 42
8 แสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Patial Autocorrelation) ของปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพลหลังจากหาค่าความแตกต่างแบบไม่มีฤดูกาล 1 ครั้ง 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่(ต่อ) หน้า

9 กราฟแสดงแนวโน้มของข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพล หลังจากหาค่าความแตกต่างแบบไม่มีฤดูกาล 1 ครั้ง และมีฤดูกาล 1 ครั้ง ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2534 – 31ธันวาคม พ.ศ. 2543 44

10 แสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation) ของ ปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพลหลังจากหาค่าความแตกต่างแบบไม่มีฤดูกาล 1 ครั้ง และมีฤดูกาล 1 ครั้ง 45

11 แสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Patial Autocorrelation) ของปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพลหลังจากหาค่าความแตกต่างแบบไม่มีฤดูกาล 1 ครั้ง และมีฤดูกาล 1 ครั้ง 46

12 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำจริงกับค่าพยากรณ์ 3 วิธี ของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ.2539 50

13 แสดงการเปรียบเทียบ APE จากการพยากรณ์ของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ.2539 51

14 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำจริงกับค่าพยากรณ์ 3 วิธี ของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ.2540 53

15 แสดงการเปรียบเทียบ APE จากการพยากรณ์ของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ.2540 54

16 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำจริงกับค่าพยากรณ์ 3 วิธี ของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ.2541 56

17 แสดงการเปรียบเทียบ APE จากการพยากรณ์ของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ.2541 57

18 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำจริงกับค่าพยากรณ์ 3 วิธี ของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ.2542 59

19 แสดงการเปรียบเทียบ APE จากการพยากรณ์ของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ.2542 60

20 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำจริงกับค่าพยากรณ์ 3 วิธี ของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ.2543 62

21 แสดงการเปรียบเทียบ APE จากการพยากรณ์ของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ.2543 63

22 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE ของการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล ตั้งแต่ปี พ.ศ.2539 ถึงปี พ.ศ.2543 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ประเด็นปัญหาและความสำคัญของปัญหา

น้ำมีความสำคัญและมีความจำเป็นอย่างมากสำหรับมนุษย์ สัตว์ และพืช สำหรับใช้ในการดำรงชีวิต โดยเฉพาะประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรมที่ต้องอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก อีกทั้งยังนำน้ำฝนมาใช้ในด้านอุปโภค บริโภค และอุตสาหกรรมอีกด้วย แม้ว่าปริมาณน้ำฝนที่ตกโดยเฉลี่ยในประเทศไทยจะมีปริมาณน้ำฝนค่อนข้างสูงแต่ปริมาณของน้ำฝนที่ตกไม่แน่นอน เช่น ในฤดูแล้งและฤดูหนาวฝนตกค่อนข้างน้อย แต่ในช่วงฤดูฝนจะมีฝนตกชุก ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดผลเสียต่อพืชผลทางการเกษตร การสร้างเขื่อนหรืออ่างเก็บกักน้ำจึงเป็นหนทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นข้างต้น เพื่อบรรเทาความเดือดร้อนที่จะเกิดขึ้นต่อเกษตรกร และยังสามารถบรรเทาอุทกภัยได้เป็นอย่างดี ซึ่งยังมีประโยชน์อีกมากมาย เช่น ในการใช้น้ำทางด้านอุปโภคบริโภค การผลิตกระแสไฟฟ้า ด้านอุตสาหกรรม หากเราทราบปริมาณน้ำที่กักเก็บไว้ก็จะสามารถทำการวางแผนจัดสรรการใช้น้ำได้อย่างมีประโยชน์และมีประสิทธิภาพ จะเห็นได้ว่าเขื่อนและน้ำมีความสำคัญอย่างมากต่อเกษตรกรและสิ่งมีชีวิต

จะเห็นได้ว่าน้ำมีความสำคัญและจำเป็นอย่างมากต่อเกษตรกรและสิ่งมีชีวิตจึงได้มีการสร้างเขื่อนหรืออ่างเก็บกักน้ำตามลุ่มน้ำต่างๆซึ่งเขื่อนภูมิพลในจังหวัดตากเป็นเขื่อนหนึ่งที่มีความสำคัญโดยมีขนาดใหญ่และมีความจุของปริมาณน้ำมากที่สุดของเขื่อนทั้งหมดในประเทศไทยสร้างเพื่อกั้นแม่น้ำปิงก่อนที่จะไหลลงมารวมกับแม่น้ำเจ้าพระยาโดยทำการกักเก็บน้ำฝนที่ตกโดยไม่ปล่อยให้ไหลลงพื้นดินหรือลงทะเลโดยเปล่าประโยชน์และได้นำน้ำที่เก็บกักไว้นำมาใช้ในด้านชลประทานเพื่อช่วยให้เกษตรกรทางภาคเหนือตอนล่างและภาคกลางสามารถมีน้ำใช้ในการเกษตรกรรมและประชาชนสามารถมีน้ำใช้ในการอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมได้อย่างพอเพียงอีกทั้งยังใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าบรรเทาอุทกภัยในทุ่งเจ้าพระยาตลอดจนใช้ในการคมนาคมทางน้ำและป้องกันไม่ให้ น้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำท่าจีนตอนล่างเค็มถึงขีดอันตรายจะเห็นได้ว่าเขื่อนภูมิพลมีความสำคัญมากมายหลายด้านดังนั้นควรจะมีการวางแผนและจัดสรรปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเขื่อนภูมิพลจึงได้มีการพยากรณ์ปริมาณน้ำกักเก็บที่ใช้งานได้ของเขื่อนภูมิพลในแต่ละเดือนเพื่อให้เกิดประโยชน์และประสิทธิภาพสูงสุดโดยพิจารณาปัจจัยที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อการพยากรณ์ปริมาณน้ำในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ที่ศึกษา

ในการศึกษาปริมาณกักเก็บที่ใช้งานได้ของเขื่อนภูมิพลในแต่ละเดือน มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์และพยากรณ์ปริมาณน้ำกักเก็บของเขื่อนภูมิพลในแต่ละเดือน โดยการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time series) วิธีปรับแนวโน้มและฤดูกาลของวินเตอร์ (Winter) และวิธีของบอกซ์-เจนกินส์ (Box – Jenkins)

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์และพยากรณ์ปริมาณน้ำกักเก็บของเขื่อนภูมิพลในแต่ละเดือนโดยการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) โดยเลือกตัวแปรเข้าแบบ Forward Elimination Backward Elimination และ Stepwise Regression

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบหาตัวแบบที่ดีที่สุด ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำกักเก็บของเขื่อนภูมิพล

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลทุติยภูมิ(Secondary Data) โดยเป็นข้อมูลรายเดือนระหว่างปี 2533-2543 ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำไหลเข้า ปริมาณน้ำไหลออก และอุณหภูมิ ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำกักเก็บ และข้อมูลปริมาณน้ำกักเก็บของเขื่อนภูมิพล

1.4 การดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

1.4.1 ศึกษาลักษณะข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำกักเก็บและปริมาณน้ำกักเก็บของเขื่อนภูมิพล เป็นรายเดือนในช่วงปี พ.ศ.2533-2543

1.4.2 จากข้อมูลข้างต้นนำมาสร้างตัวแบบพยากรณ์ต่อไป

1.4.2.1 วิธีการพยากรณ์ของวินเตอร์ (Winters' Forcast Method)

1.4.2.2 วิธีของบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method)

1.4.2.3 วิธีวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)

1.4.3 นำตัวแบบที่ได้ในข้อ 1.4.2 มาเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของค่าพยากรณ์โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$MAPE = \left(\frac{1}{n}\right)\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t}\right| \times 100$$

โดยที่ n = จำนวนเดือนที่ใช้ในการพยากรณ์

Y_t = ค่าจริงของตัวแปรตาม

$\hat{Y}_t$ = ค่าพยากรณ์ของตัวแปรตาม

1.4.4 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เพื่อทราบถึงปริมาณน้ำที่เขื่อนภูมิพลสามารถกักเก็บและใช้การได้ในแต่ละเดือนด้วยวิธีการพยากรณ์แบบต่างๆ

1.5.2 เพื่อประโยชน์ในการวางแผนจัดสรรการใช้น้ำในด้านการชลประทาน ผลิตกระแสไฟฟ้า อุตสาหกรรม ของเขื่อนภูมิพล

1.5.3 เพื่อประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการพยากรณ์ปริมาณน้ำกักเก็บของเขื่อนภูมิพล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ทฤษฎีและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตั้งแต่ปี ค.ศ.1960 เป็นต้นมา เทคนิคการพยากรณ์ได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็ว และก้าวหน้าไปไกลมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความต้องการเกี่ยวกับการพยากรณ์ในปัจจุบันมีมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้การพยากรณ์มีบทบาทสำคัญในกระบวนการตัดสินใจ

การพยากรณ์เชิงปริมาณอาจจำแนกออกตามปรัชญาการพยากรณ์ได้เป็นสองประเภทใหญ่ ได้แก่ ประเภทที่ 1 เป็นวิธีการที่มีแนวคิดว่าพฤติกรรมในอดีตของสิ่งที่พยากรณ์เพียงพอที่จะพยากรณ์พฤติกรรมในอนาคตได้ วิธีการพยากรณ์ในประเภทนี้ ได้แก่ เทคนิคการทำให้เรียบ (Smoothing Method) การพยากรณ์แบบปรับได้ (Adaptive Forcasting Method) อนุกรมเวลาแบบคลาสสิก อนุกรมเวลาแบบบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins) เป็นต้น ส่วนการพยากรณ์ประเภทที่ 2 เป็นวิธีการที่มีแนวความคิดว่าพฤติกรรมของสิ่งที่จะพยากรณ์ถูกกำหนดขึ้นโดยสิ่งอื่นๆที่มีความสัมพันธ์บางลักษณะกับสิ่งที่จะพยากรณ์ วิธีการพยากรณ์ในประเภทนี้ ได้แก่ การพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์สมสมการถดถอย (Regression Analysis) การพยากรณ์เชิงเศรษฐมิติ (Economic Forcasting Method)

จะเห็นได้ว่าการพยากรณ์เชิงปริมาณทั้งสองประเภทนี้มีความแตกต่างกัน โดยการพยากรณ์ประเภทที่ 1 จะใช้ข้อมูลในอดีตของสิ่งที่จะพยากรณ์เท่านั้นไม่ได้ใช้ข้อมูลประเภทอื่น ส่วนการพยากรณ์ประเภทที่ 2 จะต้องอาศัยปัจจัยข้อมูลอื่นๆ ซึ่งคาดว่าจะมีผลกระทบต่อสิ่งที่จะพยากรณ์ ดังนั้น จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์เชิงปริมาณประเภทที่ 1 จึงน้อยกว่า และมักจะเป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่งในการเลือกวิธีการพยากรณ์

ปัจจัยในการพิจารณาเลือกวิธีพยากรณ์

การตัดสินใจเลือกวิธีการพยากรณ์อาจต้องนำประเด็นอื่นมาพิจารณา ทั้งนี้ เนื่องจากวิธีการพยากรณ์วิธีใดวิธีหนึ่งย่อมมีข้อจำกัด ซึ่งเหมาะสมสำหรับลักษณะข้อมูลบางอย่างเท่านั้น และไม่อาจใช้กับข้อมูลทุกรูปแบบเท่านั้น จึงต้องพิจารณาองค์ประกอบ (factor) ดังต่อไปนี้

- กรอบเวลา (the time frame)
- ลักษณะข้อมูล (the pattern of data)
- รูปแบบการพยากรณ์ที่ต้องการ (the forecast from desired)
- ความเข้าใจในวิธีต่างๆที่ทำการวิเคราะห์ (the case of opertion and understanding)
- ข้อมูลที่หาได้ (the availability data)
- ค่าใช้จ่าย (the cost of forecasting)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความถูกต้องแม่นยำ (the accuracy desired)

ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์

สำหรับปัญหาพิเศษฉบับนี้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ต่างๆดังต่อไปนี้

1. เทคนิคการปรับเรียบด้วยวิธีการปรับแนวโน้มและฤดูกาลแบบวินเตอร์ (Winter) เมื่อมีฤดูกาลแบบบวก และเมื่อมีฤดูกาลแบบคูณ
2. เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins)
3. การพยากรณ์การวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression Analysis)

2.1 เทคนิคการปรับเรียบด้วยวิธีการปรับแนวโน้มและฤดูกาลแบบวินเตอร์ (Exponential Smooting : Winters 'Linear and Seasonal Exponential Smooting)

วิธีอนุกรมเวลาแบบปรับเรียบ (Smoothing Time Series Method) เป็นการปรับข้อมูลในอดีตให้เรียบเพื่อกำหนดตัวแทนของค่าแนวโน้ม ณ คาบเวลาหนึ่ง (period) ที่กำหนดให้ โดยการถ่วงน้ำหนักค่าสังเกตต่างๆในอดีตนั้นอาจเป็นน้ำหนักที่เท่าๆกัน ดังเช่น วิธีเฉลี่ยแบบง่าย (Simple average) และวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving average) ซึ่งรวมเรียกว่า วิธีการเฉลี่ยค่า (Average Method) หรือให้น้ำหนักต่างๆกันโดยการถ่วงน้ำหนักค่าที่ใกล้ปัจจุบันมากกว่าค่าที่ห่างไกลออกไป ดังเช่นที่ใช้ใน วิธีปรับเรียบแบบเอกซ์โปเนนเชียล (Exponential Smoothing Method) เป็นต้น ซึ่งวิธีปรับเรียบอนุกรมเวลาที่กล่าวมานั้นเหมาะสมกับข้อมูลที่ไม่มีฤดูกาล หากอนุกรมเวลามีฤดูกาลมาเกี่ยวข้องจะใช้วิธีอนุกรมเวลาแบบปรับเรียบโดยการปรับแนวโน้มและฤดูกาลของวินเตอร์ (Winters' Linear and Seasonal Exponential Smoothing) ซึ่งเหมาะสำหรับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง และความแปรผันฤดูกาล โดยความแปรผันฤดูกาลแบ่งได้สองประเภท ได้แก่ ความแปรผันฤดูกาลแบบคูณ และความแปรผันฤดูกาลแบบบวก

2.1.1 วิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาของวินเตอร์ที่มีฤดูกาลแบบคูณ (Muliplicative Seasonal)

ตัวแบบอนุกรมเวลา

$$X_t = (\beta_0 + \beta_1 t) sn_t + \varepsilon_t$$

เมื่อ X_t คือ ข้อมูล หรือค่าสังเกต ณ เวลา t

β_0, β_1 คือ พารามิเตอร์

sn_t คือ ปัจจัยฤดูกาล (Seasonal factors) เป็นปัจจัยที่ปรับสำหรับฤดูกาล

ε_t คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

S_t , b_t และ I_t คือ ค่าประมาณของ β_0 , β_1 และ sn_t

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการของวินเตอร์แบบคูณประกอบด้วยสมการในการปรับเรียบ 3 สมการ ได้แก่

สมการปรับเรียบโดยส่วนรวม

$$s_t = \alpha \frac{x_t}{I_{t-l}} + (1-\alpha)(s_{t-1} + b_{t-1})$$

สมการปรับเรียบแนวโน้ม

$$b_t = \gamma(s_t - s_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1}$$

สมการปรับฤดูกาล เป็นการหาปัจจัยฤดูกาล

$$I_t = \beta \frac{x_t}{s_t} + (1-\beta)I_{t-L}$$

สมการสำหรับการพยากรณ์

$$F_{t+\tau} = (s_t + b_t \tau)I_{t-L+\tau}$$

เมื่อ L คือ ระยะยาวของฤดูกาล

b_t คือ ความชันของเส้นตรง

I_t คือ ปัจจัยฤดูกาล ณ เวลา t

$F_{t+\tau}$ คือ ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t โดยพยากรณ์ล่วงหน้า τ คาบเวลา

α , β และ γ คือ ค่าคงที่ปรับเรียบ มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1

2.1.2 วิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาของวินเตอร์ที่มีฤดูกาลแบบบวก (Additive Seasonal)

ตัวแบบอนุกรมเวลา

$$X_t = \beta_0 + \beta_1 t + sn_t + \varepsilon_t$$

เมื่อ X_t คือ ข้อมูล หรือค่าสังเกต ณ เวลา t

β_0 , β_1 คือ พารามิเตอร์

sn_t คือ ปัจจัยฤดูกาล (Seasonal factors) เป็นปัจจัยที่ปรับสำหรับฤดูกาล

ε_t คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

S_t , b_t และ I_t คือ ค่าประมาณของ β_0 , β_1 และ sn_t

วิธีการของวินเตอร์แบบบวกประกอบด้วยสมการในการปรับเรียบ 3 สมการ ได้แก่

สมการปรับเรียบโดยส่วนรวม

$$s_t = \alpha(x_t - I_{t-L}) + (1-\alpha)(s_{t-1} + b_{t-1})$$

สมการปรับเรียบแนวโน้ม

$$b_t = \gamma(s_t - s_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการปรับฤดูกาล เป็นการหาปัจจัยฤดูกาล

$$I_t = \beta(x_t - s_t) + (1-\beta)I_{t-L}$$

สมการสำหรับการพยากรณ์

$$F_{t+\tau} = s_t + b_t\tau + I_{t-L-\tau}$$

เมื่อ L คือ ระยะยาวของฤดูกาล

b_t คือ ความชันของเส้นตรง

I_t คือ ปัจจัยฤดูกาล ณ เวลา t

$F_{t+\tau}$ คือ ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t โดยพยากรณ์ล่วงหน้า τ คาบเวลา

α , β และ γ คือ ค่าคงที่ปรับเรียบ มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1

การกำหนดค่า α , β และ γ มีหลักการเดียวกันกับการกำหนด α ในการปรับเรียบแบบเอกโปเนนเชียลทั่วไป คือ α , β และ γ ที่ให้ค่าผลบวกกำลังสองค่าคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ต่ำสุดจะเป็นค่า α , β และ γ ที่ดีที่ใช้ในการปรับเรียบตามวิธีของวินเตอร์ โดยจะเริ่มค่า α , β และ γ ให้อยู่ระหว่าง 0.01ถึง 0.03

ค่าประมาณเริ่มต้น

ในการเริ่มกระบวนการปรับเรียบ จะต้องหาตัวประมาณเริ่มต้น S_t , b_t และ I_t ณ เวลาเริ่มต้นที่ 0 สำหรับ t=1,2,...,L โดยที่ L เป็นจำนวนฤดูกาลที่แตกต่างกัน ที่จะกล่าวต่อไปนี้ฤดูกาลเกิดซ้ำขึ้นทุกๆปี ดังนั้น L เป็นฤดูกาลใน 1 ปี สมมติว่ามีข้อมูลในอดีตจำนวน m ปี

ให้ $\bar{x}_i$ เป็นค่าเฉลี่ยที่สังเกตในปีที่ i ; i = 1,2,...,m

ค่าประมาณเริ่มต้นของสมการแนวโน้ม b_i

$$b_i = \frac{\bar{x}_m - \bar{x}_i}{(m-1)L}$$

ค่าประมาณเริ่มต้นของ S_0

$$s_0 = \bar{x}_i - \frac{L}{2}b_0$$

ค่าประมาณเริ่มต้นของปัจจัยฤดูกาล I_t

$$I_t = \frac{x_t}{\bar{x}_i - \left[\frac{L+1}{2} - j\right]b_0}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเลือกตัวแบบของวิธีวินเตอร์ (Winter) ปรับค่า α , β และ γ จนกว่าจะได้ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) ที่ต่ำที่สุดจึงจะเลือกตัวแบบนั้นสำหรับการพยากรณ์

2.2 เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method)

การวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method) แตกต่างจากเทคนิคทำให้เรียบ คือ ไม่ได้กำหนดตัวแบบก่อนการวิเคราะห์ แต่เลือกตัวแบบจากการพิจารณาลักษณะของสหสัมพันธ์ในตนเอง (Autocorrelation) และ สหสัมพันธ์ในตนเองส่วนย่อย (Patial Autocorrelation) ของอนุกรมเวลาที่อยู่ในสภาวะสมดุลย์ (Stationary Process) โดยบอกซ์-เจนกินส์สร้างตัวแบบเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Model) ตัวแบบถดถอยในตนเอง (Autoregressive Model) และตัวแบบผสมสมการถดถอยในตนเองกับเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Mixed Autoregressive Moving average Model)

อนุกรมเวลา คือ ค่าสังเกต (observation) ชุดหนึ่งที่ถูกกำหนดขึ้น ณ เวลาต่างๆถ้ามีการสังเกตค่าอนุกรมเวลาในลักษณะต่อเนื่องกัน อนุกรมเวลาเช่นนี้จะเรียกว่าอนุกรมเวลาต่อเนื่อง (continous time series) แต่ถ้ามีค่าสังเกตค่า ณ จุดเวลาที่ไม่ต่อเนื่องกัน อนุกรมเวลาเช่นนี้จะเรียกว่าอนุกรมเวลาไม่ต่อเนื่อง (discrete time series) และการศึกษานี้จะจำกัดเฉพาะอนุกรมเวลาไม่ต่อเนื่องซึ่งมีค่าสังเกต ณ จุดเวลาต่างๆที่ห่างเท่ากัน คือ ณ จุดเวลา $t_0 + h, t_0 + 2h, t_0 + 3h, \ldots, t_0 + Nh$ โดยทั่วไป t_0 ไม่มีความหมายใดๆ และมักถูกกำหนดให้เป็นจุดเริ่มต้นของอนุกรมเวลาและให้มีค่าเท่ากับ 0 และให้ค่าสังเกต ณ เวลา t แทนด้วย X_t

ตัวแบบ

ตัวแบบอนุกรมเวลาที่ บอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins) ศึกษาจะเป็นตัวแบบทั่วไปของกระบวนการความน่าจะเป็นแบบเชิงเส้นที่ไม่ต่อเนื่อง (discrete linear stochastic process) ซึ่งอาจเขียนได้เป็น

$$X_t = \mu + u_t + \psi_1 u_{t-1} + \psi_2 u_{t-2} + \psi_3 u_{t-3} + \ldots..$$

โดย μ และ ψ_i เป็นพารามิเตอร์คงที่ และ $u_t, u_{t-1}, \ldots$ เป็นความแปรปรวนสุ่ม (disturbance) ซึ่งเป็นอิสระต่อกัน และมีการแจกแจงความน่าจะเป็นอันเดียวกัน ซึ่งมีค่าคาดหมายเท่ากับ 0 และมีความแปรปรวนเท่ากับ σ_u^2

ในการวิเคราะห์อนุกรมเวลา ข้อมูลต้องอยู่ในสภาวะสมดุลย์ (Stationary process) คือ กระบวนการมีค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนคงที่ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins) โดยพิจารณาจากค่าของ ACF (Autocorrelation Function) และPACF (Patial Autocorrelation Function)

การพิจารณาเพื่อการพยากรณ์ ด้วยการคำนวณหาค่า ACF และPACF เพื่อใช้ในการเลือกตัวแบบโดยการกำหนดให้

ACF แทน ค่าสหสัมพันธ์ในตัวเอง

PACF แทน ค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย

สูตรการหาสหสัมพันธ์ในตัวเอง

$$r_k = \frac{\sum_{t=a}^{n-k}(Z_t - \bar{Z})(Z_{t+k} - \bar{Z})}{\sum_{t=a}^{n}(Z_t - Z)^2}$$

เมื่อ $\bar{Z}$ เป็นค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลา $Z_1, Z_2, Z_3, \ldots, Z_n$

$$\bar{Z} = \frac{\sum_{t=a}^{n} Z_t}{n-a+1}$$

สูตรการหาสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน

$$r_{kk} = r_1 \qquad \text{เมื่อ } k = 1$$

$$r_{kk} = \frac{r_k - \sum_{j=1}^{k-1} r_{k-1,j} r_{k-j}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} r_{k-1,j} r_j} \qquad \text{เมื่อ } k = 2,3,\ldots$$

โดย $r_{kj} = r_{k-1,j} - r_{kk} r_{k-1,j}$ สำหรับ $j = 1,2,\ldots,k-1$

Box-jenkins ได้สร้างตัวแบบพื้นฐาน 3 ประเภท สำหรับกระบวนการความน่าจะเป็นเชิงเส้นที่ไม่ต่อเนื่อง

1. Autoregressive Process of Order p : AR(p)
2. Moving Process of Order q : MA(q)
3. Mixed Autoregressive-Moving Average Process of Order p and q : ARMA (p,q)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 กระบวนการถดถอยในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาลอันดับ p

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

เป็นกระบวนการอนุกรมเวลาที่ค่าปัจจุบัน X_t แทนได้ด้วยฟังก์ชันเชิงเส้นของค่าในอดีตกับค่าความรบกวนสุ่ม a_t โดยอนุกรมเวลา (X_t) เป็นอนุกรมเวลาที่อยู่ในสภาวะสมดุลย์

เมื่อกำหนดให้ $Z_t = X_t - \mu$

จะได้กระบวนการ หรือตัวแบบ (Model) สมการถดถอยในตัวเองไม่มีฤดูกาลอันดับ p คือ

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + ... + \phi_p Z_{t-p} + a_t$$

เมื่อ $\phi_1, \phi_2, ..., \phi_p$ คือ พารามิเตอร์ของสมการถดถอยในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาล

(Autoregressive Parameter)

a_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ คาบเวลา t

Z_t คือ อนุกรมเวลาที่อยู่ในสภาวะสมดุลย์ทั้งความแปรปรวน และค่าเฉลี่ย

ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 1 คาบเวลา

$$\chi_n(1) = (1-\phi_1)\mu + \phi_1 \chi_n$$

ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า k คาบเวลา

$$\chi_n(h) = (1-\phi_1)\mu + \phi_1 \chi_n(h-1) \quad , \text{ h>1}$$

2.2.2 กระบวนการเฉลี่ยเคลื่อนที่ไม่มีฤดูกาลอันดับ q

(Moving Process of Order q : MA(q))

เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลปัจจุบันกับค่าความคลาดเคลื่อนของอนุกรมเวลาในอดีตที่ห่างกัน q หน่วยเวลา

เมื่อกำหนดให้ $Z_t = X_t - \mu$

จะได้กระบวนการ หรือตัวแบบ (Model) การเฉลี่ยเคลื่อนที่ไม่มีฤดูกาลอันดับ q คือ

$$Z_t = \theta_1 a_{t-1} - ... - \theta_q a_{t-q} + a_t$$

เมื่อ $\theta_1, \theta_2, ..., \theta_q$ คือ พารามิเตอร์ของการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาล

(Moving Average Parameter)

a_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ คาบเวลา t

Z_t คือ อนุกรมเวลาที่อยู่ในสภาวะสมดุลย์ทั้งความแปรปรวน และค่าเฉลี่ย

ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 1 คาบเวลา

$$\chi_n(1) = \mu - \theta_1 a_n$$

ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า k คาบเวลา

$$\chi_n(h) = \mu \quad , \text{ h>1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 กระบวนการผสมการถดถอยในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาลอันดับ p กับการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาลอันดับ q

(Mixed Autoregressive-Moving Average Process of Order p and q (ARMA (p,q))

ซึ่งมีรูปแบบ ดังนี้

เมื่อกำหนดให้ $Z_t = X_t - \mu$

จะได้กระบวนการ หรือตัวแบบ (Model) สมการถดถอยในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาลอันดับ p กับการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาลอันดับ q คือ

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \ldots + \phi_p Z_{t-p} - \theta_1 a_{t-1} - \ldots - \theta_q a_{t-q} + a_t$$

เมื่อ $\phi_1, \phi_2, \ldots, \phi_p$ คือ พารามิเตอร์ของสมการถดถอยในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาล

(Autoregressive Parameter)

$\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_q$ คือ พารามิเตอร์ของการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาล

(Moving Average Parameter)

a_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ คาบเวลา t

Z_t คือ อนุกรมเวลาที่อยู่ในสภาวะสมดุลย์ทั้งความแปรปรวน และค่าเฉลี่ย

ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 1 คาบเวลา

$$\chi_n(1) = (1-\phi_1)\mu + \phi_1 \chi_n - \theta_1 \chi_n$$

ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า k คาบเวลา

$$\chi_n(h) = (1-\phi_1)\mu + \phi_1 \chi_n(h-1) \quad , \ h>1$$

สรุปลักษณะแปรผันของค่า ACF และ PACF ได้ดังนี้

ในการเลือกตัวแบบจะทำการเปรียบเทียบค่าของ r_k และ r_{kk} ของกระบวนการ AR ,MA และ ARMA สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการพิจารณา

กระบวนการ	ACF	PACF
AR (p)	ค่า r_k ลดลงแบบเอกซ์โปเนนเชียล หรือ คลื่นรูป sine	ตัดออกหลังช่วงเวลาห่างกัน p
MA (q)	ตัดออกหลังช่วงเวลาห่างกัน q	ค่า r_{kk} ลดลงแบบเอกซ์โปเนนเชียล หรือ คลื่นรูป sine
ARMA (p,q)	ค่า r_k ลดลงแบบเอกซ์โปเนนเชียล หรือ คลื่นรูป sine	ค่า r_{kk} ลดลงแบบเอกซ์โปเนนเชียล หรือ คลื่นรูป sine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ที่ผ่านมานั้นอาจนำไปประยุกต์ใช้กับอนุกรมเวลาที่อยู่ในสภาวะสมดุลย์เท่านั้น แต่ในความเป็นจริงแล้วมีอนุกรมเวลาที่ไม่อยู่ในสภาวะสมดุลย์อยู่ไม่น้อย เช่น อนุกรมเวลาของสินค้าประเภทอุปโภคบริโภค อนุกรมเวลาของราคาหุ้น เป็นต้น จึงสมควรที่จะกล่าวถึงตัวแบบที่อาจนำไปประยุกต์ใช้กับอนุกรมเวลาที่ไม่อยู่ในสภาวะสมดุลย์ด้วย ในที่นี้จะกล่าวถึง อนุกรมเวลาไม่อยู่ในสภาวะสมดุลย์ประเภทที่มีคุณสมบัติเป็นเอกพันธ์ (homogeneous) ในความหมายที่ว่าการเปลี่ยนแปลงของผลต่างของอนุกรมเวลา ณ เวลาต่าง มีลักษณะเชิงสถิติเหมือนกัน ผลต่างนั้นอาจเป็นผลต่างที่หนึ่ง (first difference) ผลต่างที่สอง (second difference) หรือผลต่างในระดับที่สูงกว่าสองก็ได้ ดังนั้น การวิเคราะห์อนุกรมเวลาไม่อยู่ในสภาวะสมดุลย์ ประเภทที่มีคุณสมบัติเป็นเอกพันธ์จะกระทำที่ผลต่างของอนุกรมเวลาแทน โดยใช้ผลต่างของอนุกรมเวลาอนุกรมแรกอยู่ในสภาวะสมดุลย์ ได้แก่ Autoregresstive Integrated Moving – Average of Order p ,d and q (ARIMA (p,d,q))

ในการวิเคราะห์อนุกรมเวลา อนุกรมเวลาต้องอยู่ในสภาวะสมดุลย์ ถ้าขาดคุณสมบัติดังกล่าวจะต้องแปลงกระบวนการให้เป็นแบบอยู่ในสภาวะสมดุลย์ ซึ่งมีได้ 2 กรณี คือ

- **กรณีค่าเฉลี่ยไม่คงที่เปลี่ยนไปตามเวลา** ถ้าอนุกรมเวลามีค่าไม่คงที่เปลี่ยนไปตามเวลาโดยที่ความแปรปรวนคงที่ และอนุกรมเวลานี้ไม่มีฤดูกาล สามารถแปลงอนุกรมเวลานี้ให้เป็นอนุกรมเวลาอยู่ในสภาวะสมดุลย์ โดยการหาค่าแตกต่าง ดังนี้

  ค่าแตกต่างครั้งที่หนึ่ง (First difference) แทนด้วย ∇X_t และ

  $$\nabla X_t = X_t - X_{t-1} \text{ สำหรับ } t=1,2,..,n$$

  ค่าแตกต่างครั้งที่สอง (Second difference) แทนด้วย $\nabla^2 X_t$ และ

  $$\nabla^2 X_t = \nabla(\nabla X_t)$$
  $$= (X_t - X_{t-1}) - (X_{t-1} - X_{t-2}) \text{ สำหรับ } t=3,4,..,n$$

  $\nabla^d X_t$ แทนผลต่างครั้งที่ n ได้จากการหาค่าแตกต่างเป็นลำดับจากค่าแตกต่างครั้งก่อนๆ

  ถ้าอนุกรมเวลามีฤดูกาลด้วย การหาค่าแตกต่างฤดูกาล จะหาค่าแตกต่างของค่าอนุกรมเวลาที่อยู่ห่างกันเท่ากับความยาวของฤดูกาล s และแทนด้วย $\nabla_s X_t$

  ค่าแตกต่างฤดูกาลครั้งที่หนึ่ง คือ

  $$\nabla_s X_t = X_t - X_{t-s}$$

  และค่าแตกต่างฤดูกาลครั้งที่ D แทนด้วย $\nabla^D_s X_t$

  ในบางครั้งอาจต้องหาค่าแตกต่างแบบไม่มีฤดูกาลและแบบมีฤดูกาลด้วย เมื่อค่าเฉลี่ยไม่มีฤดูกาลและมีฤดูกาลมีการเปลี่ยนแปลง กรณีเช่นนี้จะต้องหาค่าแตกต่างทั้งแบบไม่มีฤดูกาลและแบบมีฤดูกาล ค่าแตกต่างครั้งที่ d แบบไม่มีฤดูกาล เมื่อหาร่วมกันกับค่าแตกต่างอย่างมีฤดูกาลครั้งที่ D แทนด้วย สัญลักษณ์ $\nabla^D_s \nabla^d X_t$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ D แทนอันดับของค่าแตกต่างฤดูกาล

d แทนอันดับของค่าแตกต่างไม่มีฤดูกาล

s แทนความยาวของฤดูกาล

สัญลักษณ์ที่ใช้แทน ∇ อีกสัญญลักษณ์หนึ่งคือ 1-B เรียก B ว่า Back Shift Operator โดย

$$BX_t = X_{t-1}$$

$$B^2X_t = B(BX_t) = BX_{t-1} = X_{t-2}$$

เมื่อย้อนหลังไป k หน่วยเวลา จะแทนด้วย

$$B^kX_t = X_{t-k}$$

และค่าแตกต่างครั้งที่ d เท่ากับ $(1-B)^d X_t$

- **กรณีความแปรปรวนเปลี่ยนไปตามเวลา** การเปลี่ยนแปลงกระบวนการที่ความแปรปรวนไม่คงที่แปลงได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของความแปรปรวน ถ้าความแปรปรวนเป็นสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลา โดยที่ค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาเพิ่มขึ้น หรือลดลงคงที่ ก็ควรจะแปลงด้วยล็อกการิทึม ($\ln x_t$) วิธีอื่นๆที่จะแปลงให้ค่าความแปรปรวนคงที่ เช่น แปลงด้วยรากที่สอง แปลงด้วยการกลับเศษเป็นส่วน แปลงด้วยรากที่สี่ เป็นต้น

ในอนุกรมเวลาชุดหนึ่งๆอาจจะมีค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนไม่คงที่ทั้งสองอย่างควรแปลงให้ความแปรปรวนคงที่ก่อนจะแปลงค่าเฉลี่ยให้คงที่

2.2.4 กระบวนการผสมการถดถอยในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาลอันดับ p กับการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาลอันดับ q ที่มีค่าความแตกต่างอย่างไม่มีฤดูกาล (Autoregresstive Integrated Moving – Average of Order p ,d and q (ARIMA (p,d,q))

จะได้กระบวนการหรือตัวแบบสมการถดถอยในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาลอันดับ p กับการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาลอันดับ q ที่มีค่าความแตกต่างอย่างไม่มีฤดูกาล คือ

ตัวแบบทั่วไป คือ ARIMA (p,d,q)

$$\left(1-\phi_1 B-\ldots-\phi_p B^p\right)(1-B)^d X_t = \theta+\left(1-\theta_1 B-\ldots-\theta_q B^q\right)a_t$$

เมื่อ $\phi_1,\phi_2,\ldots,\phi_p$ คือ พารามิเตอร์ของสมการถดถอยในตัวเอง (Autoregressive Parameter)

$\theta_1,\theta_2,\ldots,\theta_q$ คือ พารามิเตอร์ของการเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Parameter)

a_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t

ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 1 คาบเวลา

$$\chi_n(1) = \mu + x_n - \theta_1 a_n$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า k คาบเวลา

$$\chi_n(h) = \mu + x_n(h-1) \quad , \text{ h>1} \quad \text{หรือ}$$

$$\chi_n(h) = x_n(1) + x_n(h-1) \quad , \text{ h>1}$$

กระบวนการที่มีฤดูกาล

กระบวนการที่กล่าวมาข้างต้นเป็นกระบวนการที่ไม่มีฤดูกาล แต่ในชีวิตประจำวันมีเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับฤดูกาลมาก จึงทำให้อนุกรมเวลาจำนวนไม่น้อยที่มีพฤติกรรมคล้ายคลึงกันระหว่างฤดูกาล อนุกรมเวลาเหล่านี้จะมีสหสัมพันธ์ในตัวเองชัดเจน เมื่อช่วงห่างของข้อมูลเท่ากับความยาวฤดูกาล เช่น อนุกรมเวลาราคาผลผลิตทางการเกษตร จำนวนนักท่องเที่ยว ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น

2.2.5 กระบวนการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับ P

(Seasonal Autoregressive Process of Order P : SAR(P))

เป็นกระบวนการอนุกรมเวลาที่ค่าปัจจุบัน X_t แทนได้ด้วยฟังก์ชันเชิงเส้นของค่าความรบกวนสุ่ม a_t โดยอนุกรมเวลา (X_t) เป็นอนุกรมเวลาที่อยู่ในสภาวะสมดุลย์

เมื่อกำหนดให้ $Z_t = X_t - \mu$

จะได้กระบวนการ หรือตัวแบบ (Model) สมการถดถอยในตัวเองอันดับ P คือ

$$Z_t = \Phi_1 Z_{t-1} + \ldots + \Phi_P Z_{t-P} + a_t$$

เมื่อ $\Phi_1, \Phi_2, \ldots, \Phi_P$ คือ พารามิเตอร์ของสมการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Parameter)

a_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ คาบเวลา t

Z_t คือ อนุกรมเวลาที่อยู่ในสภาวะสมดุลย์ ทั้งความแปรปรวนและค่าเฉลี่ย

2.2.6 กระบวนการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาลอันดับ Q

(Seasonal Moving Process of Order Q : SMA(Q))

ซึ่งมีรูปแบบ ดังนี้

เมื่อกำหนดให้ $Z_t = X_t - \mu$

จะได้กระบวนการ หรือตัวแบบ (Model) การเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาลอันดับ Q คือ

$$Z_t = \Theta_1 a_{t-1} - \ldots - \Theta_Q a_{t-Q} + a_t$$

เมื่อ $\Theta_1, \Theta_2, \ldots, \Theta_Q$ คือ พารามิเตอร์ของการเฉลี่ยเคลื่อนที่มีฤดูกาล (Seasonal Moving Average Parameter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ คาบเวลา t

Z_t คือ อนุกรมเวลาที่อยู่ในสภาวะสมดุลย์ ทั้งความแปรปรวน และค่าเฉลี่ย

2.2.7 กระบวนการผสมการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับ P กับการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาลอันดับ Q (Seasonal Mixed Autoregressive-Moving Average Process of Order P and Q (SARMA (P,Q))

ซึ่งมีรูปแบบ ดังนี้

เมื่อกำหนดให้ $Z_t = X_t - \mu$

จะได้กระบวนการ หรือตัวแบบ (Model) สมการถดถอยในตัวเองอันดับ P กับการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาลอันดับ Q คือ

$$Z_t = \Phi_1 Z_{t-1} + \Phi_P Z_{t-P} + \ldots - \Theta_1 a_{t-1} - \ldots - \Theta_Q \Theta_{t-Q} + a_t$$

เมื่อ $\Phi_1, \Phi_2, \ldots, \Phi_P$ คือ พารามิเตอร์ของสมการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Parameter)

$\Theta_1, \Theta_2, \ldots, \Theta_Q$ คือ พารามิเตอร์ของการเฉลี่ยเคลื่อนที่มีฤดูกาล (Seasonal Moving Average Parameter)

a_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ คาบเวลา t

Z_t คือ อนุกรมเวลาที่อยู่ในสภาวะสมดุลย์ ทั้งความแปรปรวน และค่าเฉลี่ย

2.2.8 กระบวนการผสมการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับ P กับการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาลอันดับ Q ที่มีค่าความแตกต่างแบบมีฤดูกาล (Seasonal Autoregresstive Integrated Moving – Average of Order P ,D and Q (SARIMA (P,D,Q))

จะได้กระบวนการหรือตัวแบบสมการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับ P กับการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาลอันดับ Q ที่มีค่าความแตกต่างแบบมีฤดูกาล คือ

ตัวแบบทั่วไป คือ SARIMA (P,D,Q)

$$\left(1 - \Phi_1 B - \ldots - \Phi_P B^P\right)\left(1 - B\right)^D X_t = \Phi_0 + \left(1 - \Theta_1 B - \ldots - \Theta_Q B^Q\right) + a_t$$

เมื่อ $\Phi_1, \Phi_2, \ldots, \Phi_P$ คือ พารามิเตอร์ของสมการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Parameter)

$\Theta_1, \Theta_2, \ldots, \Theta_Q$ คือ พารามิเตอร์ของการเฉลี่ยเคลื่อนที่มีฤดูกาล (Seasonal Moving Average Parameter)

a_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการหาตัวแบบ (Identification) เป็นการกำหนดตัวแบบที่เหมาะกับอนุกรมที่ต้องการพยากรณ์

ขั้นที่ 2 ขั้นการประมาณค่า (Estimation) เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ

ขั้นที่ 3 ขั้นตรวจสอบตัวแบบ (Diagnostic Check) เป็นการตรวจสอบว่าตัวแบบเหมาะสมกับข้อมูลหรือไม่

ขั้นที่ 4 ขั้นพยากรณ์ (Forecasting) ใช้ตัวแบบที่เหมาะสมพยากรณ์ค่าของข้อมูลในอนาคต

ขั้นที่ 1 การค้นหาตัวแบบ

การเลือกตัวแบบอนุกรมเวลาจะพิจารณาจากฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนที่คำนวณได้จากข้อมูล ดังนั้น ค่าของสหสัมพันธ์ในตัวเอง และค่าของสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ซึ่งเป็นเพียงค่าประมาณของค่าฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน(sample autocorrelation and partial autocorrelation) ในประชากร

ขั้นที่ 2 การประมาณค่าพารามิเตอร์

เมื่อได้รูปแบบจากขั้นที่ 1 แล้วโดยเลือกตัวแบบที่เป็นไปได้สำหรับอนุกรมหนึ่งๆช่วงเวลาก็จะทำการประมาณค่า $\phi_1,...,\phi_p$ และ $\theta_1,...,\theta_q$ และความแปรปรวนของ x_t และตัวแปรสุ่ม a_t มีวิธีประมาณพารามิเตอร์ในตัวแบบหลายวิธี ดังเช่น วิธีของโมเมนต์ วิธีกำลังสองน้อยที่สุด และสามารถใช้โปรแกรมสำเร็จรูปประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ด้วย

ขั้นที่ 3 การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ

หลังจากที่ได้ประมาณค่าพารามิเตอร์แล้ว จำเป็นที่จะต้องทำการตรวจสอบว่าตัวแบบที่เลือกนั้นสามารถใช้เป็นตัวแบบในการพยากรณ์ได้ดีหรือไม่ ตรวจสอบโดยใช้สถิติบอกซ์เพียร์ซไคสแควร์ (Box-Pierce Chi-Square Statistics) เป็นการแจกแจงแบบไคสแควร์ของค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อน (Autocorrelation of residual)

สมมติฐานการทดสอบ

H_0 : ไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อนที่ล่ากว่ากัน k คาบเวลา หรือสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

H_1 : มีสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อนที่ล่ากว่ากัน k คาบเวลา หรือสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากับศูนย์

การคำนวณ

สัญลักษณ์ Q แทน สถิติบอกซ์-เพียร์ซ ไคสแควร์

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

Q = (N-D) $\sum_{i=1}^{k} r_i^2\ (e_t)$ กรณีข้อมูลมีความผันแปรของฤดูกาลมาเกี่ยวข้อง

เมื่อ N คือ จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์อนุกรมเวลา

d คือ จำนวนอันดับของการหาค่าความแตกต่างที่ไม่มีฤดูกาลทำให้อนุกรมอยู่ในสภาวะสมดุลย์

k คือ จำนวนคาบเวลาที่ล่ากว่ากันของสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อน

$r^2_i(e_i)$ คือ กำลังสองของสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อน

D คือ จำนวนอันดับของการหาค่าความแตกต่างฤดูกาลทำให้อนุกรมอยู่ในสภาวะสมดุลย์

หากค่า Q ที่คำนวณได้น้อยกว่าที่ $\chi^2_{0.05}$ องศาแห่งความอิสระเท่ากับ k-np จะยอมรับสมมติฐาน H_0 แสดงว่าไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อนที่ช้ากว่ากัน k คาบเวลา แสดงว่าตัวแบบที่ใช้เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนั้น เมื่อ np คือ จำนวนพารามิเตอร์ในตัวแบบที่ต้องประมาณค่า

ขั้นที่ 4 การพยากรณ์

ข้อมูลเมื่อได้ตัวแบบที่เหมาะสมแล้วจึงทำการพยากรณ์ สำหรับวิธีบอกซ์-เจนกินส์ใช้ได้ดีสำหรับการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 คาบเวลา ถ้าคาบเวลาอยู่ที่ n ของการพยากรณ์ล่วงหน้าไป h คาบเวลา ก็คือ ต้องการทราบค่าของค่าสังเกตที่ยังไม่เกิดขึ้น ที่คาบเวลา n+h ค่าสังเกตนั้นแทนด้วย x_{x+h} และค่าพยากรณ์แทนด้วย $x_n(h)$ เช่น h=1 $x_n(1)$ เป็นค่าของการพยากรณ์ล่วงหน้าหนึ่งคาบเวลาของ x_{n+1} เมื่อ x_t เป็นกระบวนการที่สมดุลย์

การพยากรณ์ค่า $\hat{x}_{x+h}$ ทำดังนี้

1. แทนค่าความคลาดเคลื่อนอดีต และปัจจุบัน a_{n+j} ด้วยค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น เมื่อ $j \le 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

43178

2. แทนค่าความคลาดเคลื่อน a_{n+j} อนาคตแต่ละค่า คือ เมื่อ $0 < j \leq h$ ด้วยค่าคาดหมายความคลาดเคลื่อนซึ่งเท่ากับ 0 เพราะว่า a_{n+j} เป็นไวท์นอยส์

3. แทนค่าสังเกตอดีต และปัจจุบัน x_{n+j} เมื่อ $j \leq 0$ ด้วยค่าสังเกตจริง

4. แทนค่าสังเกตอนาคต x_{n+j} แต่ละค่า คือ เมื่อ $0 < j \leq h$ ด้วยค่าพยากรณ์ $\hat{x}_n(j)$ ดังนั้น จะต้องพยากรณ์ค่า $x_{n+1}, x_{n+2}, \ldots, x_{n+h-1}$ จึงจะพยากรณ์ x_{x+h} ได้ หากมีตัวแบบที่สามารถใช้พยากรณ์ข้อมูลได้หลายตัวแบบ จะเลือกตัวแบบที่มีค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อน (MSE)

การพิจารณาตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับพยากรณ์อนุกรมเวลา ต้องคำนึงถึง ค่าสถิติบอกซ์-เพียร์ซ ไคสแควร์ เปรียบเทียบกับค่าไคสแควร์ที่มีระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 และ องศาแห่งความอิสระเท่ากับ k-np ซึ่งได้กล่าวไว้ในหัวข้อการตรวจสอบตัวแบบ

2.3 การวิเคราะห์ถดถอย (Regression Analysis)

การวิเคราะห์สมการถดถอย เป็นวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว หรือมากกว่า 2 ตัว โดยมีตัวแปรกลุ่มหนึ่งที่เรียกว่า ตัวแปรตาม เป็นตัวแปรที่มักจะใช้ในการพยากรณ์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลง และตัวแปรอิสระ การสร้างตัวแบบแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรดังกล่าว เรียกว่า ตัวแบบสมการถดถอยหรือสมการการถดถอย ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อการพยากรณ์

ตัวแบบของการถดถอย

ในการวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปรตาม (y) และตัวแปรอิสระที่มีมากกว่า 1 ตัว ($x_1, x_2, \ldots, x_n$) เราเรียกรูปแบบความสัมพันธ์ว่า ตัวแบบถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ ตัวแบบของสมการถดถอยสามารถเขียนได้เป็น

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \ldots + \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i$$

เมื่อ Y_i เป็น ค่าสังเกตที่ i ของตัวแปรตาม

$x_{1i}, x_{2i}, \ldots, x_{ki}$ เป็น ค่าสังเกตที่ i ของตัวแปรอิสระ

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_k$ เป็น พารามิเตอร์ของตัวแบบ

ε_i เป็น ค่าความคลาดเคลื่อนที่ i

ข้อสมมติเกี่ยวกับ ε_i ในการวิเคราะห์สมการถดถอยมี 4 ประการ

1. ε_i มีการแจกแจงแบบปกติ
2. ε_i มีค่าคาดหมาย (Expected value) เป็น 0 นั่นคือ $E(\varepsilon_i) = 0$
3. ε_i มีความแปรปรวนคงที่ นั่นคือ $V(\varepsilon_i) = \sigma^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ε_i มีความแปรปรวนร่วม (covarience) เป็น 0 นั่นคือ Cov ($\varepsilon_i \varepsilon_j$) = 0 สำหรับ i $\neq$ j ตัว

การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบการถดถอย

จะประมาณค่า $\hat{Y}_i$ ด้วยสมการ

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i} + \ldots + b_k x_{ki}$$

โดย $b_0, b_1, \ldots, b_k$ เป็นตัวประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_k$ ตามลำดับ

ซึ่งจะประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบสมการถดถอยโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด เพื่อที่จะทำให้ผลบวกของความเคลื่อนกำลังสองมีค่าต่ำที่สุด

การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีตัวประมาณแบบกำลังสองน้อยที่สุด $b_0, b_1, \ldots, b_k$ ของ $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_k$ ตามลำดับ คำนวณหาได้โดยการแก้สมการ

$$\frac{\partial Q}{\partial \beta_i} = 0 \qquad i = 0,1,2,\ldots,k$$

โดยที่

$$Q = \sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - b_0 - b_1 x_{i1} - \ldots - b_k x_{ik})^2$$

หรือนั่นคือ โดยการแก้ระบบสมการ

$$nb_0 + b_1 \sum_{i=1}^{n} x_{i1} + b_2 \sum_{i=1}^{n} x_{i2} + \ldots + b_k \sum_{i=1}^{n} x_{ik} = \sum_{i=1}^{n} Y_i$$

$$b_0 \sum_{i=1}^{n} x_{i1} + b_1 \sum_{i=1}^{n} x_{i1}^2 + b_2 \sum_{i=1}^{n} x_{i1} x_{i2} + \ldots + b_k \sum_{i=1}^{n} x_{i1} x_{ik} = \sum_{i=1}^{n} x_{i1} Y_i$$

$$b_0 \sum_{i=1}^{n} x_{i2} + b_1 \sum_{i=1}^{n} x_{i2} x_{i1} + b_2 \sum_{i=1}^{n} x_{i2}^2 + \ldots + b_k \sum_{i=1}^{n} x_{i2} x_{ik} = \sum_{i=1}^{n} x_{i2} Y_i$$

...

$$b_0 \sum_{i=1}^{n} x_{ik} + b_1 \sum_{i=1}^{n} x_{ik} x_{i1} + b_2 \sum_{i=1}^{n} x_{ik} x_{i2} + \ldots + b_k \sum_{i=1}^{n} x_{ik}^2 = \sum_{i=1}^{n} x_{ik} Y_i$$

โดยทั่วไป การวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุคูณ จะใช้เมตริกซ์เป็นเครื่องมือ ซึ่งทำให้การวิเคราะห์สะดวกมากขึ้น ฉะนั้นให้

$$\underline{Y} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} \qquad \underline{X} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \ldots & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \ldots & x_{2k} \\ \vdots & & & & \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \ldots & x_{nk} \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\underline{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} \qquad \underline{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix} \qquad \underline{b} = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ \vdots \\ b_k \end{bmatrix}$$

ดังนั้น $\underline{Y}$ เป็นเมตริกซ์ขนาด nx1 ของตัวแปรสุ่ม หรือเวกเตอร์ขนาด n ของตัวแปรสุ่ม

$\underline{\beta}$ เป็นเวกเตอร์ขนาด k+1 ของพารามิเตอร์

$\underline{\varepsilon}$ เป็นเวกเตอร์ขนาด n ของตัวแปรสุ่มค่าผิดพลาด

$\underline{b}$ เป็นเวกเตอร์ขนาด k+1 ของตัวประมาณของพารามิเตอร์ และ

$\underline{X}$ เป็นเมตริกซ์ขนาด n×(k+1) ของค่าคงที่ และค่าของตัวแปรอิสระ

โดยการใช้สัญลักษณ์เมตริกซ์ข้างต้น เขียนระบบสมการได้ใหม่ดังนี้

$$\underline{Y} = \underline{X}\underline{\beta} + \underline{\varepsilon}$$

และเขียนข้อสมมติของ $\underline{\varepsilon}$ สามารถเขียนได้สั้นๆ ดังนี้

$$\underline{\varepsilon} \sim N_n(\underline{X}\underline{\beta}, \underline{I}\sigma^2)$$

ซึ่งหมายความว่า $\varepsilon_1, \varepsilon_2, ..., \varepsilon_n$ เป็นอิสระต่อกัน และต่างมีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย 0 และความแปรปรวน σ^2 (N (0, σ^2))

จากระบบสมการปกติ เขียนอยู่ในเทอมของเมตริกซ์ได้สั้นๆเป็น

$$(\underline{X'X})^{-1}\underline{X'Y}$$

ซึ่ง $\underline{X'}$ หมายถึง เมตริกซ์สับเปลี่ยน (transposed matrix) ของเมตริกซ์ $\underline{X}$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2k} \\ \vdots & & & & \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nk} \end{bmatrix}$$

การแก้สมการ หา $\underline{b}$ จะสมมติว่าหาเมตริกซ์ผกผันได้ $(\underline{X'X})$ ของเมตริกซ์ $\underline{X'X}$ ได้ ซึ่งเป็นจริงโดยทั่วไปในทางปฏิบัติ เพราะฉะนั้น ตัวประมาณแบบกำลังสองน้อยที่สุด คือ

$$\underline{b} = (\underline{X'X})^{-1}\underline{X'Y}$$

การเลือกสมการถดถอยที่ดีที่สุด

วิธีการเลือกสมการถดถอยที่ดีที่สุด หมายถึง การเลือกว่าตัวแปรอิสระตัวใดควรอยู่ในสมการซึ่งจะทำให้เปอร์เซนต์ของของความแปรปรวนที่อธิบาย(R^2) มีค่าสูงพอ การเลือกสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถดถอยที่ดีที่สุดนั้นอาจมีหลายวิธีแล้วแต่การเลือกใช้ แต่ในปัญหาพิเศษฉบับนี้ได้เลือกวิธีซึ่งเป็นที่นิยมใช้กัน 3 วิธี ได้แก่

- การกำจัดตัวแปรแบบถอยหลัง (Backward Elimination)
- การกำจัดตัวแปรแบบไปข้างหน้า (Forward Elimination)
- การถดถอยแบบขั้นบันได (Stepwise Regression)

2.3.1 การกำจัดตัวแปรแบบถอยหลัง (Backward Elimination)

การเลือกตัวแปรในวิธีนี้เป็นการพิจารณาสมการถดถอยที่มีตัวแปรอิสระที่ควรพิจารณาทั้งหมดในสมการ และพิจารณาว่าตัวแปรอิสระตัวใดที่ไม่ควรอยู่ในสมการให้พิจารณาเอาออกไปทีละตัวจนเหลือเฉพาะตัวแปรอิสระที่เหมาะสม

ขั้นตอนในการพิจารณามีดังนี้

1. สร้างสมการถดถอยที่มีตัวแปรอิสระทั้งหมดที่ควรพิจารณา สมมติว่ามี k ตัว สมการมีดังนี้

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i} + \ldots + b_k x_{ki}$$

2. คำนวณหาค่าเอฟบางส่วนของตัวแปรอิสระแต่ละตัวในสมการ โดยสมมติว่าตัวแปรอิสระแต่ละตัวเป็นตัวสุดท้ายที่เข้ามาในสมการ เลือกค่าเอฟบางส่วนที่มีค่าต่ำสุด สมมติว่ามีค่าเท่ากับ F_j ให้นำ F_j ไปเปรียบเทียบกับค่าเอฟที่เปิดได้จากตารางที่องศาความเป็นอิสระเท่ากับ 1 และ n-p เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ α ซึ่งถ้า F_j น้อยกว่าค่าเอฟตารางให้เอาตัวแปรอิสระ X_j ออกจากสมการ
3. สร้างสมการถดถอยใหม่โดยไม่รวมตัวแปรอิสระ X_j ในสมการแล้วดำเนินการตามข้อที่ 2 โดยที่จำนวนตัวแปรอิสระในสมการจะลดลง 1 ตัว ทุกครั้งที่มีการเอาตัวแปรอิสระออกจากสมการทำเช่นนี้ไปจนค่าเอฟบางส่วนที่มีค่าต่ำสุดมีค่ามากกว่าค่าเอฟที่เปิดตาราง กระบวนการกำจัดตัวแปรแบบถอยหลังจะเสร็จสิ้น

2.3.2 การกำจัดตัวแปรแบบไปข้างหน้า (Forward Elimination)

วิธีนี้เริ่มจากสมการถดถอยที่ไม่มีตัวแปรอิสระ นอกจากเทอมของค่าคงที่ และพยายามที่จะหาสมการถดถอยที่มีตัวแปรอิสระในสมการจำนวนหนึ่ง โดยนำเข้ามาทีละตัว จนกระทั่งไม่มีตัวแปรอิสระที่เหมาะสมเข้ามาในสมการอีก

ขั้นตอนในการพิจารณามีดังนี้

1.พิจารณาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามแต่ละตัว สมมติว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามที่ j r_{yj} มีค่าสูงสุด ดังนั้นตัวแปรตาม X_j ควรอยู่ในสมการถดถอย สมการจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 x_1$$

2. ทดสอบนัยสำคัญของ X_j ซึ่งจะให้ค่าเอฟสูงสุดในบรรดาตัวแปรอิสระทั้งหมด ถ้าการทดสอบนัยสำคัญก็ให้ดำเนินการในข้อที่ 3 แต่ถ้าไม่มีนัยสำคัญแสดงว่าสมการถดถอยมีแต่เทอมของค่าคงที่

3.หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วนระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามแต่ละตัวที่ยังไม่ได้เข้ามาอยู่ในสมการ โดยถือว่าตัวแปรอิสระ X_j ได้ถูกรวมเข้าไว้ในสมการแล้ว

4.ให้พิจารณาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วน สมมติว่า $r_{yl.j}$ มีค่าสูงสุด ให้รวมตัวแปร X_l เข้าไว้ในสมการเป็นตัวแปรตัวใหม่

5.พิจารณาการทดสอบเอฟบางส่วนของตัวแปรอิสระที่เข้ามาใหม่ X_l ถ้ามีค่าสูงกว่า F_α (1,n-m-1) แสดงว่าสมควรรวม X_l ไว้ในสมการ ในที่นี้ m คือ จำนวนตัวแปรอิสระในสมการ และ n คือ ค่าสังเกต

6.กลับไปที่ข้อ 3,4 ,5 อีก โดยถือว่าสมการได้รวมตัวแปรอิสระไว้แล้ว 2 ตัว 3 ตัว เป็นต้น จนการทดสอบเอฟบางส่วนของตัวแปรที่เข้ามาใหม่มีค่าน้อยกว่า F_α (1,n-m-1) ตัวแปรอิสระตัวใหม่จึงไม่ควรอยู่ในสมการ ซึ่งแสดงว่าได้สมการที่เหมาะสมแล้ว

2.3.3 การถดถอยแบบขั้นบันได (Stepwise Regression)

วิธีการนี้คล้ายกับการเลือกตัวแปรแบบไปข้างหน้า แต่แตกต่างกันตรงที่ในแต่ละขั้นตอนมีการเพิ่มตัวแปรอิสระเข้าไปในสมการถดถอยทีละตัว จะมีการคำนวณเอฟบางส่วนของตัวแปรอิสระอื่นๆที่มีอยู่ในสมการเดิมด้วย โดยที่ถือว่าตัวแปรอิสระนั้นๆเข้าไปอยู่ในสมการที่รวมตัวแปรใหม่ด้วยเป็นตัวสุดท้าย การที่ต้องตรวจสอบค่าเอฟบางส่วนของตัวแปรอิสระที่มีอยู่เดิมนั้น เพราะตัวแปรอิสระเดิมบางตัวนั้นอาจไม่เหมาะสมที่จะอยู่ในสมการใหม่ ซึ่งวิธีการเลือกตัวแปรแบบไปข้างหน้าไม่ได้ตรวจสอบในเรื่องนี้

ขั้นตอนในการพิจารณามีดังนี้

1.พิจารณาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามแต่ละตัว r_{yi} ; $i = 1,2,\ldots,k$ เลือกตัวแปรอิสระที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายสูงที่สุด สมมติเป็น X_j สมการจะได้เป็น $\hat{Y}_i = a + b_j X_j$

2.หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามแต่ละตัวที่ยังไม่ได้รวมอยู่ในสมการ โดยถือว่าได้รวมตัวแปรอิสระ X_j ไว้ในสมการแล้ว และเลือกตัวแปรตามที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วนสูงสุด สมมติให้ X_l สมการจะเป็น

$$\hat{Y}_i = a + b_j X_j + b_l X_l$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.พิจารณาค่าเอฟบางส่วนของทั้ง X_i และ X_j ถ้ามีค่ามากกว่า F_α (1,n-3) ทั้ง 2 ตัว ก็รวม X_i และ X_j ไว้ในสมการ ถ้าค่าเอฟบางส่วนของตัวแปรอิสระตัวใดมีค่าน้อยกว่า F_α (1,n-3) จะตัดตัวแปรอิสระตัวนั้นออกจากสมการถดถอย

4.ทำตามข้อ 2 และ 3 โดยที่จะมีตัวแปรอิสระรวมอยู่ในสมการแล้ว 2 ตัว หรือ 3 ตัว เป็นต้น ในแต่ละขั้นต้องพิจารณาค่าเอฟบางส่วนของตัวแปรอิสระทุกตัว ถ้าตัวใดมีค่าน้อยกว่า F_α (1,n-m-1) จะตัดตัวแปรอิสระตัวนั้นออกจากสมการ ทำเช่นนี้จนไม่มีตัวแปรอิสระตัวใดที่รวมไว้ในสมการ และไม่มีตัวใดที่จะถูกตัดออกจากสมการ ในที่นี้ m คือ จำนวนตัวแปรอิสระในสมการในขณะใดขณะหนึ่ง และ n คือ ค่าสังเกต

2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับเขื่อน

รายละเอียดของเขื่อน

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมประชากรส่วนใหญ่มีอาชีพทำการเกษตร เช่น ทำนา ทำสวน ทำไร่ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยน้ำเป็นปัจจัยหลัก ดังนั้นการให้น้ำแก่พืชเพื่อให้พืชรับน้ำได้เพียงพอกับความต้องการ หรือที่เรียกว่าการชลประทาน จึงเป็นกิจการที่มีความสำคัญและจำเป็นสำหรับประเทศเกษตรกรรมอย่างประเทศไทยมาก ซึ่งมีรายละเอียดใน กรมชลประทาน ฝ่ายประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ สำนักงานเลขานุการกรมชลประทาน แนะนำงานชลประทานเพื่อประชาชน 2539 : 54

สำหรับเขื่อนอเนกประสงค์แห่งแรกของประเทศไทยนั้นได้ศึกษามาตั้งแต่ก่อนสงครามโลกครั้งที่สอง แต่เมื่อหลังสงครามโลกเศรษฐกิจของไทยอยู่ในภาวะน่าวิตกเป็นอย่างยิ่ง เมื่อปี พ.ศ. 2491 ประเทศไทยได้เคยจัดทำรายงานโครงงานแก่งเรียง (แม่น้ำแควใหญ่ จังหวัดกาญจนบุรี) เพื่อขอกู้เงินจากธนาคารโลกนำมาก่อสร้างเขื่อนอเนกประสงค์ แต่ไม่ได้รับการอนุมัติ เพราะข้อมูลไม่เพียงพอ ต่อมาในปี พ.ศ. 2494 รัฐบาลโดยกรมชลประทานได้สำรวจแควทั้งสี่ คือ ปิง วัง ยม น่าน อย่างจริงจังและในที่สุดการพิจารณาข้อมูลเกี่ยวกับน้ำของแม่น้ำปิง ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2477 จึงได้เกิด " โครงการยันฮี " ขึ้นที่แม่น้ำปิง อำเภอสามเงา จังหวัดตาก จากการดำเนินงานอย่างเร่งรีบและจริงจัง ในที่สุดประเทศไทยก็ได้เริ่มก่อสร้าง " เขื่อนภูมิพล " เป็นเขื่อนอเนกประสงค์แห่งแรกของประเทศไทย เมื่อปี พ.ศ. 2501 จนกระทั่งแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2507 สามารถอำนวยประโยชน์นานัปการมาจนกระทั่งถึงบัดนี้ และต่อไปในอนาคตอีกยาวนาน

พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุยเดชได้พระราชทานพระปรมาภิไธยให้เป็นชื่อ " เขื่อนภูมิพล " เมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม พ.ศ. 2500 ก่อนงานก่อสร้างเขื่อนจะเริ่มต้นขึ้น และได้เสด็จพระราชดำเนินเยี่ยมชมการเตรียมงานก่อสร้างระหว่างเสด็จประพาสภาคเหนือ ในปี พ.ศ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2501 นอกจากนั้น พระองค์ท่านได้เสด็จพระราชดำเนินวางศิลาฤกษ์ เมื่อวันที่ 24 มิถุนายน พ.ศ. 2504 และเสด็จพระราชดำเนินเปิดเขื่อน เมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม พ.ศ. 2507 จากนั้นเขื่อนภูมิพลก็เป็นสถานที่สำคัญสำหรับต้อนรับอาคันตุกะ

ต่อมาเขื่อนอเนกประสงค์ของไทยก็เพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเขื่อนประเภท " หินถม" และ " ดินถม " ยกเว้นเขื่อนภูมพลแห่งเดียวเท่านั้นที่ก่อสร้างเป็นแบบ " คอนกรีตรูปโค้ง " ในประเทศไทยนั้นเขื่อนที่สูงที่สุดได้แก่ เขื่อนภูมิพล มีความสูง 154 เมตร สำหรับเขื่อนที่มีอ่างเก็บน้ำขนาดความจุมากที่สุด 17,775 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่ให้กำลังผลิตสูงสุด 720,000 กิโลวัตต์ คือ เขื่อนศรีนครินทร์

เขื่อนเก็บกักน้ำสร้างปิดกั้นลำน้ำธรรมชาติระหว่างหุบเขาหรือเนินสูง เพื่อเก็บกักน้ำที่ไหลมาไว้ทางด้านเหนือเขื่อน น้ำที่เก็บไว้นี้สามารถนำออกมาจากตัวเขื่อนได้ทุกเวลาที่ต้องการ โดยอาจจะระบายไปตามลำน้ำให้กับเขื่อนทดน้ำที่สร้างอยู่ด้านล่าง หรืออาจส่งเข้าคลองส่งน้ำสำหรับโครงการชลประทานซึ่งแจกจ่ายน้ำให้กับพื้นที่เพาะปลูกโดยตรง ทำเลที่เหมาะสมสำหรับการสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำจะเป็นบริเวณที่มีเนินสูง ขนาดความสูงของเขื่อนจะกำหนดตามปริมาณน้ำที่ต้องการจะกักเก็บไว้ ซึ่งจะต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำเฉลี่ยทั้งปีที่ไหลลงมา และปริมาณน้ำในแต่ละปีที่ต้องการใช้ในพื้นที่นั้นๆ

เขื่อนเก็บกักน้ำที่สร้างกันโดยทั่วไปมีหลายประเภท หลายขนาดแตกต่างกัน เขื่อนเก็บกักน้ำขนาดใหญ่บางแห่งให้ประโยชน์หลายด้าน เช่น การผลิตไฟฟ้า การชลประทาน การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นต้น ซึ่งเรียกว่า " เขื่อนอเนกประสงค์ " โดยทั่วๆไปจะแบ่งชนิดของเขื่อนตามวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างซึ่งมีอยู่ 2 ชนิดใหญ่ๆ ได้แก่ เขื่อนคอนกรีต และเขื่อนถม

- เขื่อนคอนกรีต มีอยู่ 3 แบบ คือ

1. แบบฐานแผ่ (gravity) โดยอาศัยน้ำหนักคอนกรีตของตัวเขื่อนรับแรงต่างๆเขื่อนเก็บกักน้ำที่สร้างด้วยคอนกรีตแบบต้านแรงดันของน้ำด้วยน้ำหนัก เป็นเขื่อนที่สร้างขึ้นเป็นแนวตรงขวางลำน้ำระหว่างหุบเขา มีรูปร่างคล้ายสามเหลี่ยม ที่มีฐานของเขื่อนกว้างไปตามลำน้ำ เขื่อนประเภทนี้จะต้องอาศัยน้ำหนักของตัวเขื่อนที่กดลงบนฐานรากในแนวดิ่งสำหรับต้านแรงดันที่เกิดจากน้ำซึ่งเก็บกักทางด้านเหนือของเขื่อน
2. แบบโค้ง (arch) โดยอาศัยความโค้งรับแรงที่รับแรงกระทำต่อเขื่อน ซึ่งถ่ายแรงไปยังฐานของเขื่อนแล้วลงบนฐานราก ตัวเขื่อนบางใช้คอนกรีตไม่มาก เป็นเขื่อนที่มีรูปโค้งเป็นส่วนของวงกลมสร้างขวางลำน้ำระหว่างหุบเขา โดยที่ปลายเขื่อนทั้งสองจะฝังแน่นไว้กับบริเวณลาดเขาทั้งสองข้าง เขื่อนที่โค้งเป็นส่วนของวงกลมนี้จะรับแรงดันของน้ำที่กระทำกับตัวเขื่อนได้เป็นอย่างดี เขื่อนประเภทนี้จึงไม่ต้องอาศัยน้ำหนักของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เขื่อนเป็นหลัก ทำให้เขื่อนมีลักษณะบาง และสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการสร้างเขื่อน

3. แบบกลวงหรือครีบ (hollow or buttress) ด้านหน้าเขื่อนเป็นแผ่นคอนกรีต มีโครงสร้างคอนกรีตค้ำยันไว้ด้านหลัง

- **เขื่อนถม** มีอยู่ 2 แบบ คือ

1. แบบดินถม หรือแบบดิน (earthfill) ซึ่งมักจะมีแกนกลางเป็นดินเหนียว เป็นเขื่อนที่สร้างโดยนำดินมาบดอัดให้แน่นด้วยเครื่องจักร หรือแรงคน เขื่อนดินมีลักษณะทึบน้ำหรือน้ำซึมผ่านได้ยาก และมีความมั่นคงแข็งแรง เรานิยมสร้างเขื่อนดินในการเก็บกักน้ำ เพราะสามารถสร้างบนรากฐานได้เกือบทุกประเภทไม่ว่าจะเป็น หิน กรวด ทราย และเขื่อนดินส่วนมากจะมีราคาถูกกว่าเขื่อนคอนกรีต
2. แบบหินถม หรือหินทิ้ง (rockfill) ส่วนใหญ่มีแกนเป็นดินเหนียว ตัวเขื่อนประกอบด้วยหินจำนวนมาก มีรูปร่างเหมือนเขื่อนดินถมบดอัดแน่น แต่เขื่อนหินถมจะสร้างด้วยหินระเบิดเป็นก้อนขนาดเล็กใหญ่ นำมาถมทับแน่นเป็นเปลือกนอกหุ้มแกนดินทึบน้ำบดอัดแน่น (ดินเหนียว) ไว้ทั้งสองด้าน เขื่อนหินถมสามารถออกแบบให้ลาดด้านเหนือน้ำ และลาดด้านท้ายน้ำมีความชันมากกว่าเขื่อนดิน เหมาะสำหรับเขื่อนที่มีขนาดสูงมาก และฐานรากเขื่อนไม่เหมาะสำหรับสร้างเป็นเขื่อนคอนกรีต

นอกจากนี้ยังมีเขื่อนชนิดอื่นๆอีก เช่น เขื่อนไม้ ซึ่งนำมาใช้ทับถมกัน เขื่อนโครงเหล็ก ใช้เหล็กเป็นวัสดุก่อสร้าง และเขื่อนผสม ซึ่งเอาเขื่อนต่างๆมารวมกัน ซึ่งบางกรณีอาจแบ่งชนิดของเขื่อนตามลักษณะการใช้งาน ได้แก่

1. เขื่อนรับน้ำ (intake) สร้างเพื่อยกระดับน้ำให้สูงขึ้นและรับน้ำจากลำน้ำเข้าสู่โรงงานไฟฟ้า เมื่อผ่านการผลิตไฟฟ้าก็ไหลลงสู่ลำน้ำตามเดิมแบบ run-off river
2. เขื่อนเก็บกักน้ำ (storage) เก็บน้ำไว้ในอ่างแล้วควบคุมการปล่อยน้ำให้ไหลเป็นไปตามที่ต้องการ
3. เขื่อนบังคับน้ำ (regulation) สร้างขึ้นเพื่อควบคุมปริมาณน้ำทางด้านท้ายน้ำ เพื่อยกระดับผันเข้า คลองส่งน้ำสำหรับการชลประทาน
4. เขื่อนเก็บกักน้ำเพื่อสูบกลับ (pumped storage) สร้างขึ้นเพื่อทำอ่างเก็บน้ำ เมื่อปล่อยน้ำออกแล้วก็สูบกลับ เขื่อนประเภทนี้อาจไม่ต้องสร้างขวางทางน้ำ หน้าที่สำคัญก็คือคอยเก็บน้ำไว้ปล่อยเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการสูง และเมื่อมีความต้องการใช้ไฟฟ้าน้อยก็ใช้ไฟฟ้าสูบกลับมาไว้

ประโยชน์ของเขื่อน

โดยเหตุที่น้ำเป็นปัจจัยที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อการเพาะปลูก เมื่อฝนไม่ตกหรือในฤดูแล้งพืชขาดน้ำจะเหี่ยวเฉาและไม่เจริญงอกงามตามที่ควร เราจงจำเป็นต้องจัดหาและรวบรวมน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติเก็บไว้เพื่อเป็นแหล่งน้ำต้นทุน เพื่อส่งให้พื้นที่เพาะปลูกให้สามารถมีน้ำใช้ตลอดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ของเขื่อนที่จะได้รับก็คือ ประโยชน์จากน้ำที่เก็บกักไว้จำนวนมากมักจะไม่เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำในฤดูกาลการเพาะปลูกในเขตพื้นที่ที่กำหนด เพราะเขื่อนจะเก็บน้ำในฤดูฝนที่มีมากเกินความต้องการไว้ปล่อยออกมาใช้ในฤดูแล้ง โดยคณะกรรมการเขื่อนใหญ่ของโลก (ICOLD) ได้แบ่งวัตถุประสงค์หลักของเขื่อนไว้ 6 ข้อ คือ

1. ชลประทาน (Irrigation)
2. ไฟฟ้าพลังน้ำ (Hydroelectric)
3. บรรเทาอุทกภัย (Flood Control)
4. คมนาคมทางน้ำ (Navigation)
5. อุปโภคบริโภค (Water Supply)
6. พักผ่อนหย่อนใจ (Recreation)

นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในด้านอื่นๆอีก เช่น การประมง เจือจางน้ำเสีย และผลักดันน้ำเค็ม เป็นต้น

เขื่อนภูมิพล

สร้างปิดกั้นลำน้ำปิง ที่ตำบลเขาแก้ว อำเภอสามเงา จังหวัดตาก เป็นเขื่อนคอนกรีตรูปโค้งขนาดใหญ่ที่สุดแห่งแรกในประเทศไทย สูง 154 เมตร สันเขื่อนยาว 486 เมตร เก็บน้ำได้ 13,462 ล้านลูกบาศก์เมตร เริ่มก่อสร้างเมื่อ พ.ศ. 2501 เสร็จเมื่อ พ.ศ. 2507 สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 553,000 กิโลวัตต์ น้ำที่ปล่อยออกมาหลังจากผลิตกระแสไฟฟ้าแล้วจะไหลลงมาตามลำน้ำปิง และแม่น้ำเจ้าพระยา ใช้ประโยชน์เพื่อการเพาะปลูกในเขตโครงการเจ้าพระยาใหญ่ร่วมกับเขื่อนสิริกิต์ ได้พื้นที่ประมาณ 7,500,000 ไร่ ในฤดูฝน และประมาณ 3,000,000 ไร่ ในฤดูแล้ง นอกจากนี้ยังช่วยบรรเทาอุทกภัยในทุ่งเจ้าพระยา ตลอดจนการใช้ในการคมนาคมทางน้ำ และป้องกันไม่ให้น้ำในแม่-น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำท่าจีนตอนล่างเค็มถึงขีดอันตราย

ข้อมูลจาก กรมชลประทาน ,ฝ่ายประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ สำนักเลขานุการกรมชลประทาน ,แนะนำงานชลประทานเพื่อประชาชน ,2539:54

รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นายฉัตรชัย โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ นางสาวศิริพร เพ็งบุญสม นางสาวอัมพวัน สุจินตนารัตน์ (2536) ศึกษาและวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณน้ำในเขื่อนภูมิพล และเขื่อนสิริกิต์ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการผลิตกระแสไฟฟ้า การควบคุมดูแล และการวางแผนจัดสรรน้ำกับประชาชนให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำที่คาดว่าจะมีใช้ในอนาคต พบว่าปริมาณน้ำที่มีในอ่าง ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า และปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำ ทั้งของเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิต์ วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม คือ เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอกซ์-เจนกินส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายนัฐพร อุดมประเสริฐดี นางสาวเพ็ญพร พัฒนวิชัยกุล นางสาวอรทัย ดำรงสุขนิวัฒน์ (2543) ได้ทำการหาตัวแบบในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนในเขตกรุงเทพมหานคร และภาคต่างๆ ของประเทศไทย โดยได้รับข้อมูลจาก กรมอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2538 ถึงเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2543 พบว่า การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนในภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ และบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันตกเฉียงใต้ วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม คือ การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีปรับแนวโน้มและฤดูกาลของวินเตอร์แบบบวก การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนในเขตกรุงเทพมหานคร และภาคตะวันออก วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม คือ เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอกซ์-เจนกินส์

นายกชกร บุตรรัตน์ นางสาวกิติรัตน์ ถนอมบุญชัย นายอนุชิต ศรีบุญเพ็ง (2542) ได้ทำการหาตัวแบบทางสถิติที่เหมาะสมสำหรับพยากรณ์ปริมาณฝุ่นและก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ในบริเวณ 8 พื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยใช้ข้อมูลจากกองจัดการคุณภาพทางอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ตังแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2542 พบว่า การพยากรณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ในบริเวณ 8 พื้นที่กรุงเทพมหานคร วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม คือ การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีปรับแนวโน้มและฤดูกาลของวินเตอร์ การพยากรณ์ปริมาณฝุ่นในบริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหง เขตบางกระปิ โรงเรียนนนทรีวิทยา เขตยานนาวา และถนนลาดพร้าว เขตลาดพร้าว วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม คือ การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีปรับแนวโน้มและฤดูกาลของวินเตอร์ ส่วนอีกบริเวณ 5 พื้นที่ วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม คือ เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอกซ์-เจนกินส์

วราภรณ์ เล้ารัตนาภรณ์ (2542) ได้ทำการศึกษาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ของกรมชลประทาน และหาตัวแบบพยากรณ์ที่ให้ค่าพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อน โดยศึกษาเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 4 วิธี ได้แก่ วิธีการพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์สมการถดถอย เทคนิคการปรับให้เรียบ วิธีการแยกส่วนประกอบ และวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอกซ์-เจนกินส์ ในการวิจัยนี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่รวบรวมมาจากฝ่ายจัดสรรน้ำ สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน เป็นข้อมูลอนุกรมเวลา ในช่วงปี 2530-2540 ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่า วิธีการที่เหมาะสม คือ วิธีการพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์สมการถดถอยเหมาะสมกว่าวิธีอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินงาน

ในปัญหาพิเศษครั้งนี้วิธีดำเนินงานจะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือส่วนแรกเป็นลักษณะข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูลในส่วนที่สองจะเป็นส่วนของขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ลักษณะข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูล

3.1.1 ลักษณะข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิ โดยเป็นข้อมูลปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพลและปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพลคือ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำไหลเข้า ปริมาณน้ำไหลออก และอุณหภูมิ

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลรายเดือน ระยะเวลา 10 ปีเริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2534 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2543

3.1.2 แหล่งที่มาของข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์นี้คือ ปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิเป็นข้อมูลที่รวบรวมโดยกรมอุตุนิยมวิทยา ส่วนปริมาณน้ำไหลเข้า ปริมาณน้ำไหลออกและปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพลเป็นข้อมูลที่รวบรวมโดยกรมชลประทาน

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์ปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพลแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ ขั้นที่หนึ่งกำหนดตัวแบบที่จะใช้พยากรณ์ ขั้นที่สองสร้างสมการพยากรณ์และขั้นสุดท้ายคือ การนำสมการพยากรณ์ที่หามาได้ทั้งหมดมาทำการเปรียบเทียบเพื่อที่จะหาสมการพยากรณ์ที่ดีที่สุด

3.2.1 กำหนดตัวแบบที่จะใช้พยากรณ์

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้ต้องการสร้างสมการพยากรณ์ปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพลเพื่อเปรียบเทียบหาสมการที่ใช้พยากรณ์ที่ดีที่สุดเมื่อพิจารณาข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์พบว่าแบ่งเป็นสองส่วนคือ ส่วนแรกเป็นข้อมูลปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพลแบบอนุกรมเวลาจึงเลือกใช้วิธีปรับให้เรียบด้วยวิธีวินเตอร์ (Winter) และวิธีบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins) และในส่วนที่สองเป็นข้อมูลของ ปริมาณน้ำไหลเข้า ปริมาณน้ำไหลออก ปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นปัจจัยต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพลเราจึงเลือกใช้วิธีวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)

3.2.2 สร้างสมการพยากรณ์โดยเลือกวิธีที่เหมาะสมมา 3 วิธี

- **วิธีวินเตอร์** นำข้อมูลปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพลมาพล็อตกราฟเพื่อดูลักษณะของกราฟถ้ากราฟมีความชันที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจะเลือกใช้วิธีพยากรณ์ของวินเตอร์แบบคูณ แต่ถ้าความชันเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆจะเลือกใช้วิธีพยากรณ์ของวินเตอร์แบบบวก เมื่อเลือกวิธีได้แล้วก็จะเริ่มต้นจากกำหนด α,β,γ แล้วจึงประมาณค่าเริ่มต้น S_0,b_0,I_t (ที่เวลาเริ่มต้น) เมื่อได้ค่าประมาณเริ่มต้นแล้วก็จะนำไปหา S_t, b_t, I_t ตัวปัจจุบันต่อไป เมื่อทำครบทุกตัวจะทำการตรวจสอบว่าได้ค่า MSE น้อยที่สุดหรือไม่ ถ้าไม่ก็จะกำหนด α,β,γ ใหม่และเริ่มประมาณค่าประมาณเริ่มต้นใหม่จนกระทั่งได้ค่า MSE น้อยที่สุดก็จะได้สมการพยากรณ์

- **วิธีบอกซ์-เจนกินส์** นำข้อมูลปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพลมาตรวจสอบดูว่าข้อมูลอยู่ในสภาวะสมดุลย์หรือไม่ ถ้าสมดุลย์แล้วจะพิจารณาค่า ACF และ PACF แล้วเลือกวิธี AR(p) MA (q)และ ARMA(p,q) แล้วทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบ แล้วนำมาตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ แต่ถ้าข้อมูลยังไม่อยู่ในสภาวะสมดุลย์ต้องนำข้อมูลมาปรับให้สมดุลย์เสียก่อนแล้วตรวจสอบดูว่าข้อมูลมีฤดูกาลหรือไม่ ถ้ามีฤดูกาลจะเลือกใช้วิธี ARIMA $(P,D,Q)_S$ แต่ถ้าไม่มีฤดูกาลจะเลือกใช้วิธี ARIMA (p,d,q) เมื่อเลือกวิธีได้แล้วก็จะทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบแล้วนำมาตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบแล้วจึงจะได้สมการพยากรณ์

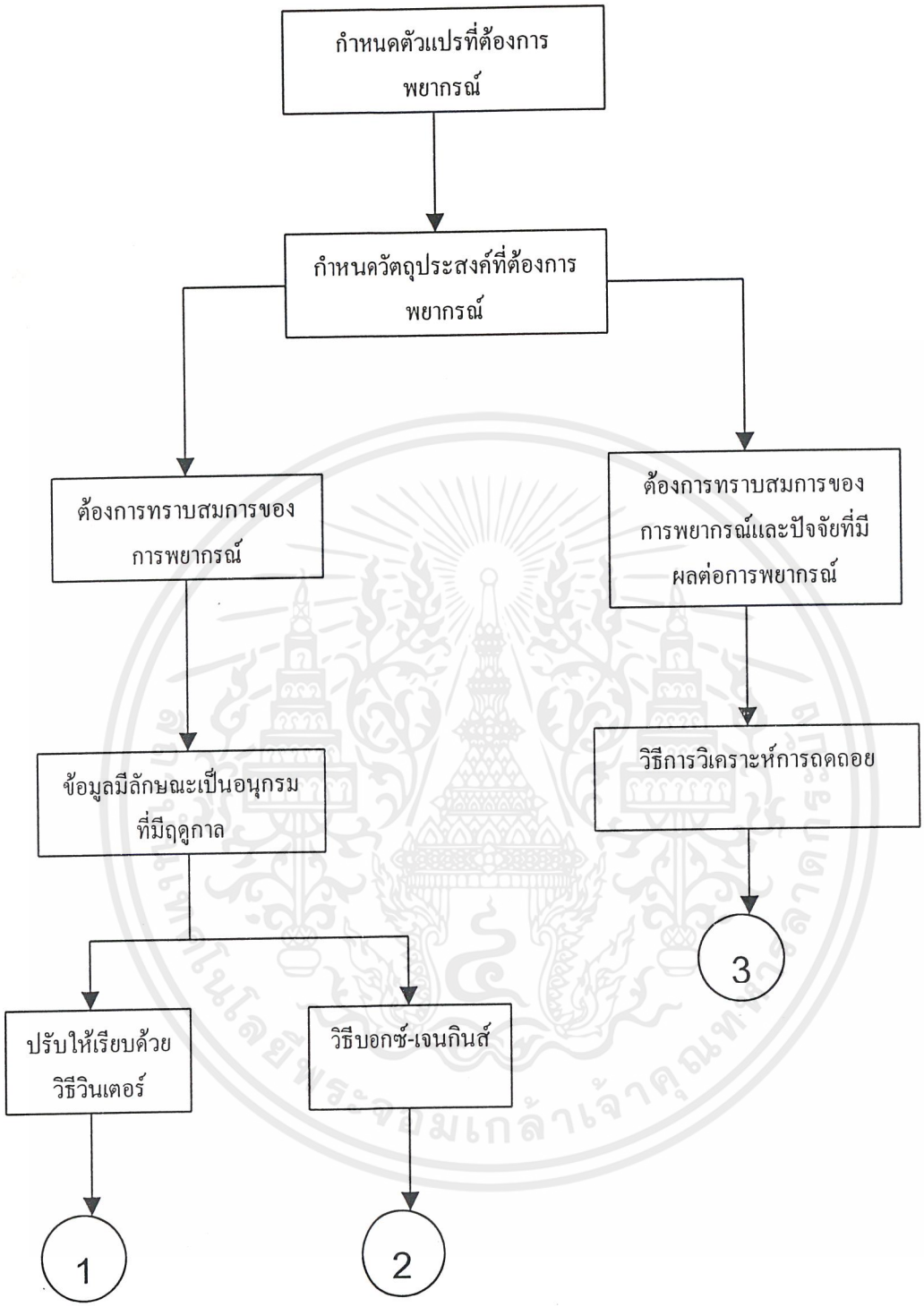
- **วิธีวิเคราะห์การถดถอย** นำข้อมูลที่เลือกมากำหนดตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระ ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ตัวแปรตามคือ ข้อมูลปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพล และตัวแปรอิสระคือ ปริมาณน้ำไหลเข้า ปริมาณน้ำไหลออก ปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิ เมื่อกำหนดตัวแปรได้แล้ว โดยทำการตรวจสอบข้อมูลถ้าข้อมูลตรงตามเงื่อนไขของการวิเคราะห์การถดถอยปกติก็จะประมาณค่าด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด แต่ถ้าข้อมูลไม่ตรงตามเงื่อนไขจะต้องทำการแปลงข้อมูลของตัวแปรตามแล้วนำมาตรวจสอบจนกว่าข้อมูลจะตรงตามเงื่อนไข แล้วจึงประมาณค่าด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด เสร็จแล้วจึงคัดเลือกตัวแบบจากสมการถดถอย 3 วิธีคือ Forward Backward และ Stepwise แล้วจึงเลือกตัวแบบที่ให้ค่า R^2 มากที่สุด และตรวจสอบค่า MSE น้อยที่สุดก็จะได้สมการพยากรณ์

3.2.3 ขั้นตอนการเปรียบเทียบสมการพยากรณ์

นำสมการพยากรณ์ที่หามาได้จากทั้ง 3 วิธีคือ วิธีวินเตอร์ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ และวิธีวิเคราะห์การถดถอย นำสมการพยากรณ์ที่ได้จากทั้งสามวิธีมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์-ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) ที่น้อยที่สุด

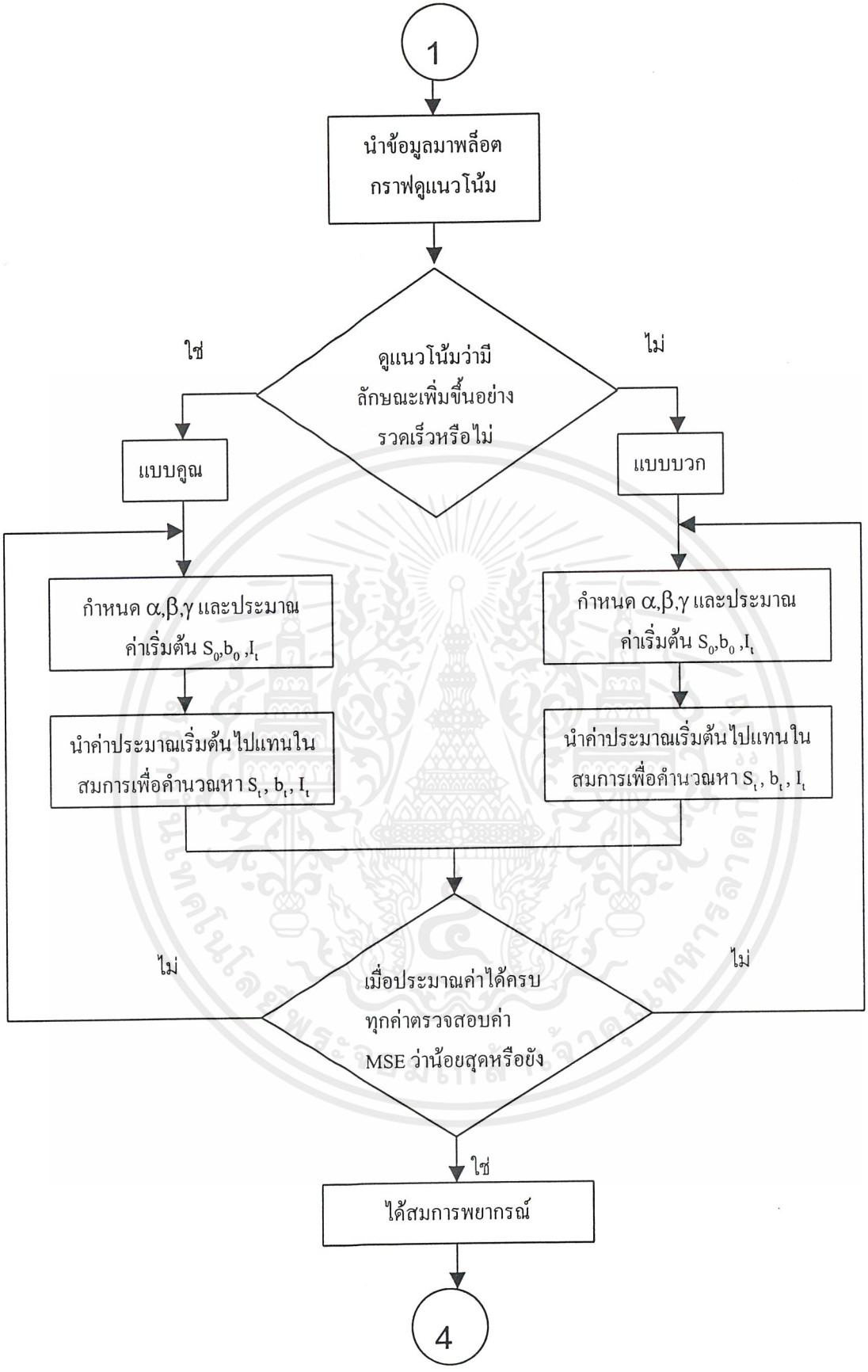
วิธีการทั้งหมดที่กล่าวมานี้แสดงโดยแผนผังในรูปที่ 3.1-3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



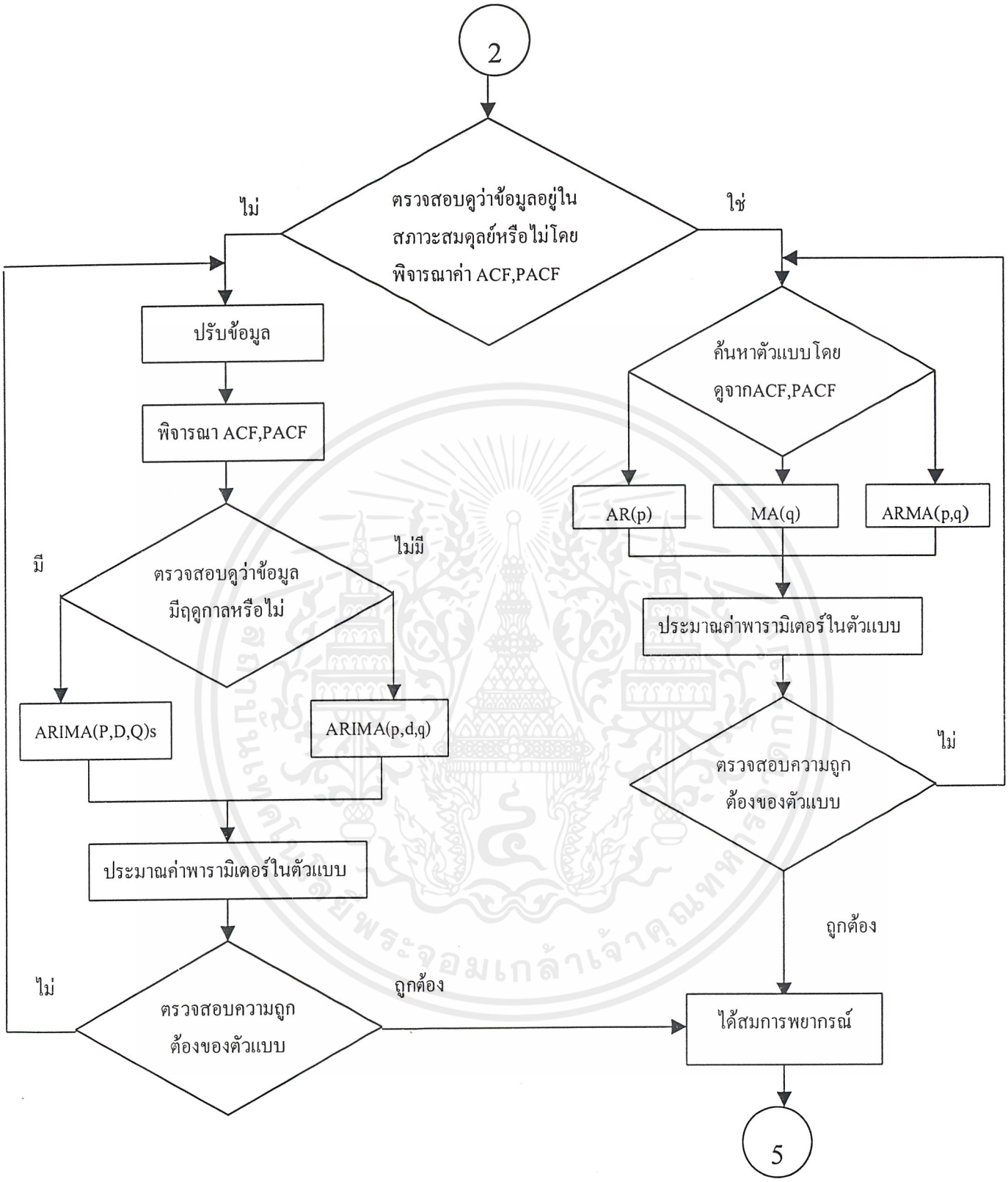
รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงการกำหนดตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



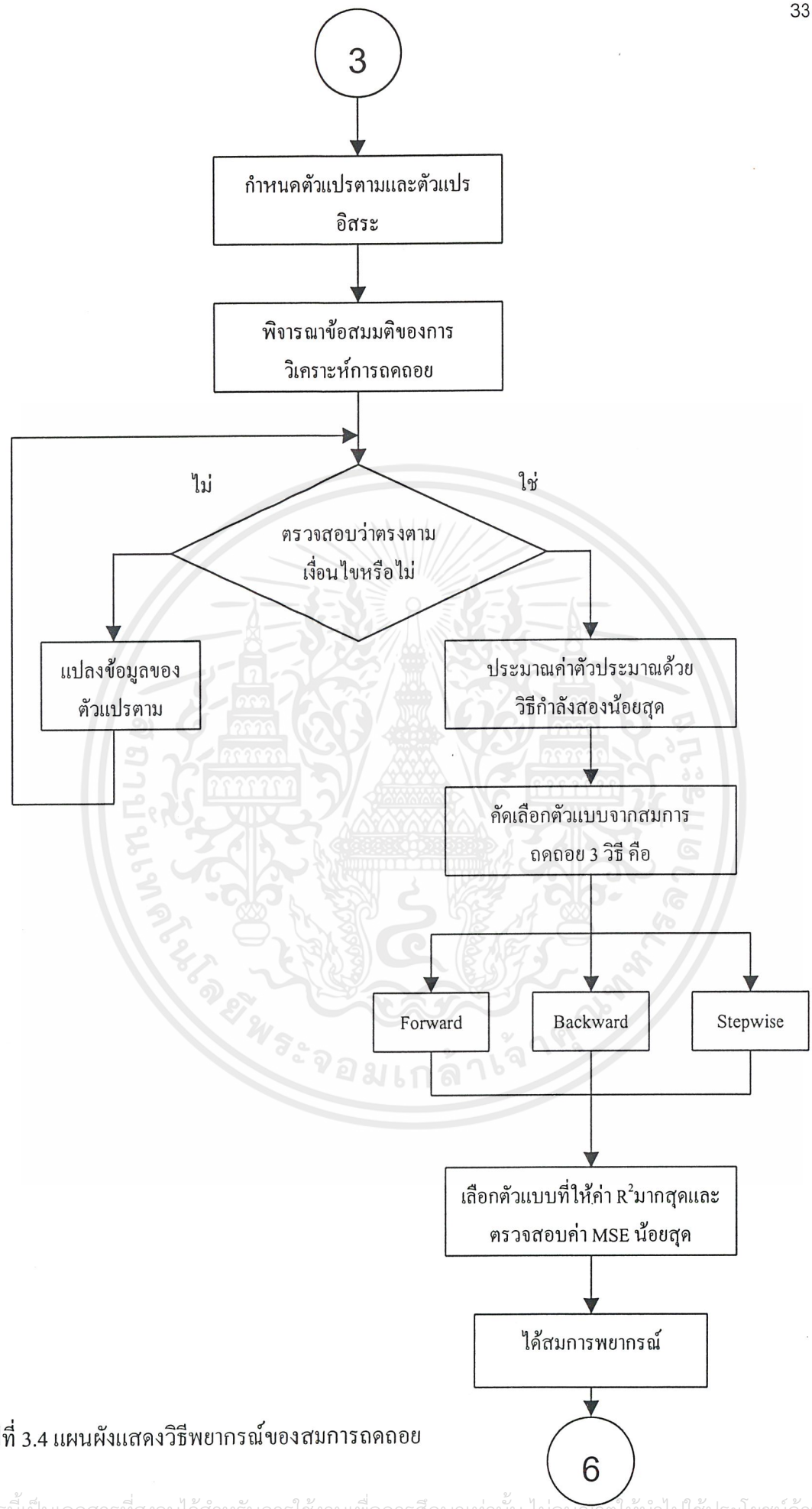
รูปที่ 3.2 แผนผังแสดงวิธีการพยากรณ์ของวิธีวินเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



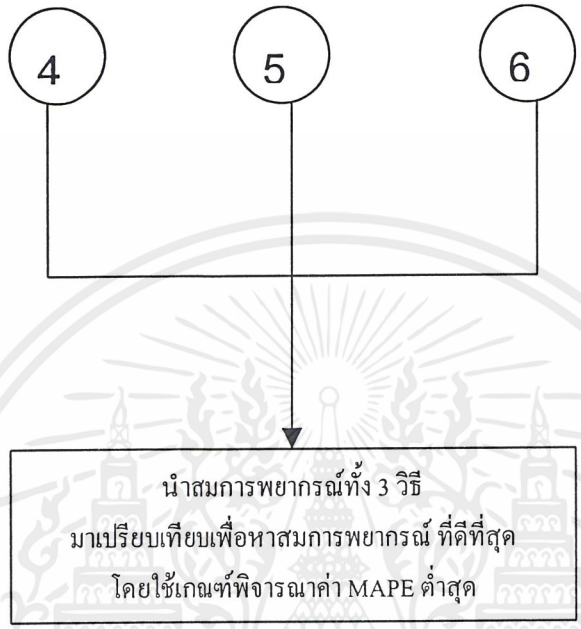
รูปที่ 3.3 แผนผังแสดงวิธีพยากรณ์ของบอกซ์-เจนกินส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แผนผังแสดงวิธีพยากรณ์ของสมการถดถอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แผนผังแสดงการเปรียบเทียบเพื่อหาสมการพยากรณ์ที่ดีที่สุดจากค่า MAPE ทั้ง 3 วิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในปัญหาพิเศษเรื่องการเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์ปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพล ซึ่งใช้เทคนิคในการพยากรณ์เชิงปริมาณในการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วยวิธีวินเตอร์ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ และการวิเคราะห์การถดถอย นำผลการพยากรณ์ที่ได้จากแต่ละวิธีมาเปรียบเทียบ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ พิจารณาว่าวิธีการพยากรณ์ใดให้ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ต่ำสุด เพื่อหาสมการที่ดีที่สุดที่จะใช้พยากรณ์ปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพล ซึ่งในการอธิบายจะใช้สัญลักษณ์แทนความหมายต่างๆดังนี้

Y_t	หมายถึง ปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพล ณ ต้นเดือน t
Y_{t-1}	หมายถึง ปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพลในเดือน t-1
X_1	หมายถึง ปริมาณน้ำไหลเข้า
X_2	หมายถึง ปริมาณน้ำไหลออก
X_3	หมายถึง อุณหภูมิเฉลี่ย
X_4	หมายถึง ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย
α	หมายถึง ค่าคงที่ปรับให้เรียบที่แสดงระดับ โดยวิธีพยากรณ์ของวินเตอร์
β	หมายถึง ค่าคงที่ปรับให้เรียบที่แสดงความชันโดยวิธีพยากรณ์ของวินเตอร์
γ	หมายถึง ค่าคงที่ปรับให้เรียบที่แสดงฤดูกาล โดยวิธีพยากรณ์ของวินเตอร์
t	หมายถึง คาบเวลา 1,2,3,….,n ในที่นี้คาบเวลาคือ เดือน
APE	หมายถึง ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์
MAPE	หมายถึง ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์

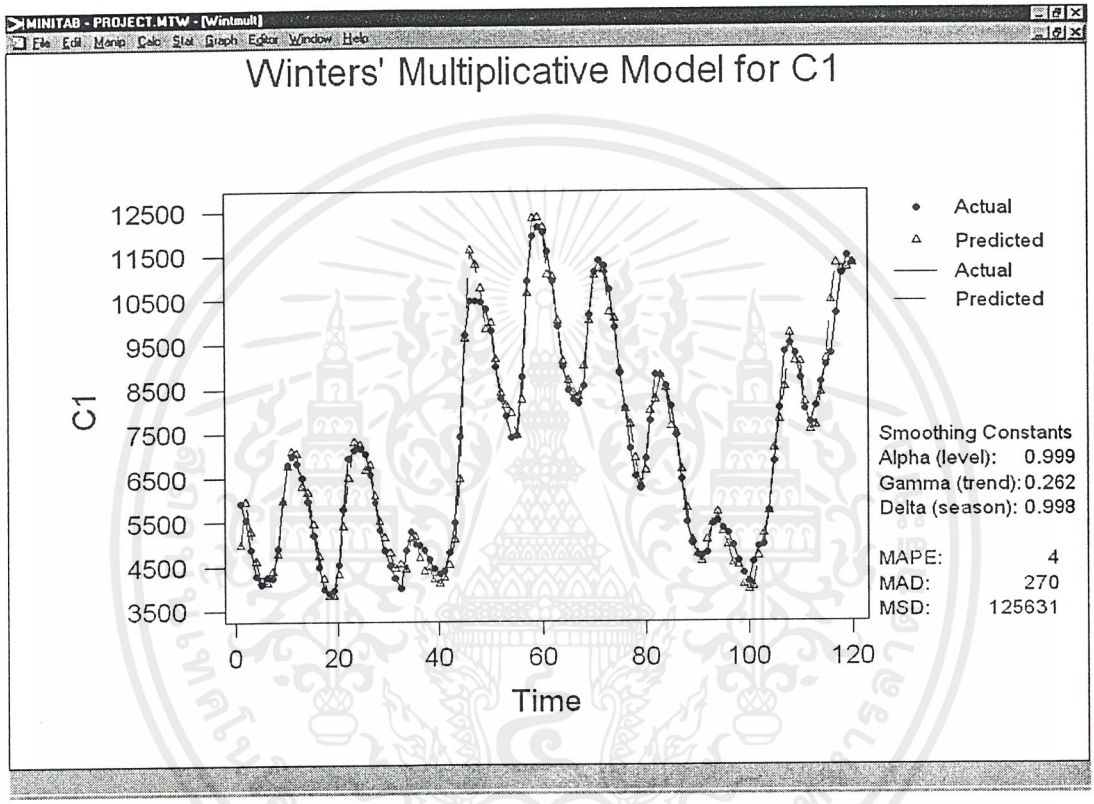
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 วิธีปรับแนวโน้มและฤดูกาลแบบวินเตอร์

(Winters' Linear and Seasonal Exponential Smoothing)

4.1.1 เมื่อมีฤดูกาลแบบคูณ

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสองของค่าคลาดเคลื่อน (MSD) เมื่อกำหนดค่าคงที่ให้เรียบ α γ และ β ขนาดต่างๆพบว่า ค่าคงที่ทำให้เรียบ $\alpha = 0.999$ $\gamma = 0.262$ และ $\beta = 0.998$ ให้ค่า MSD น้อยที่สุด ผลการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 1

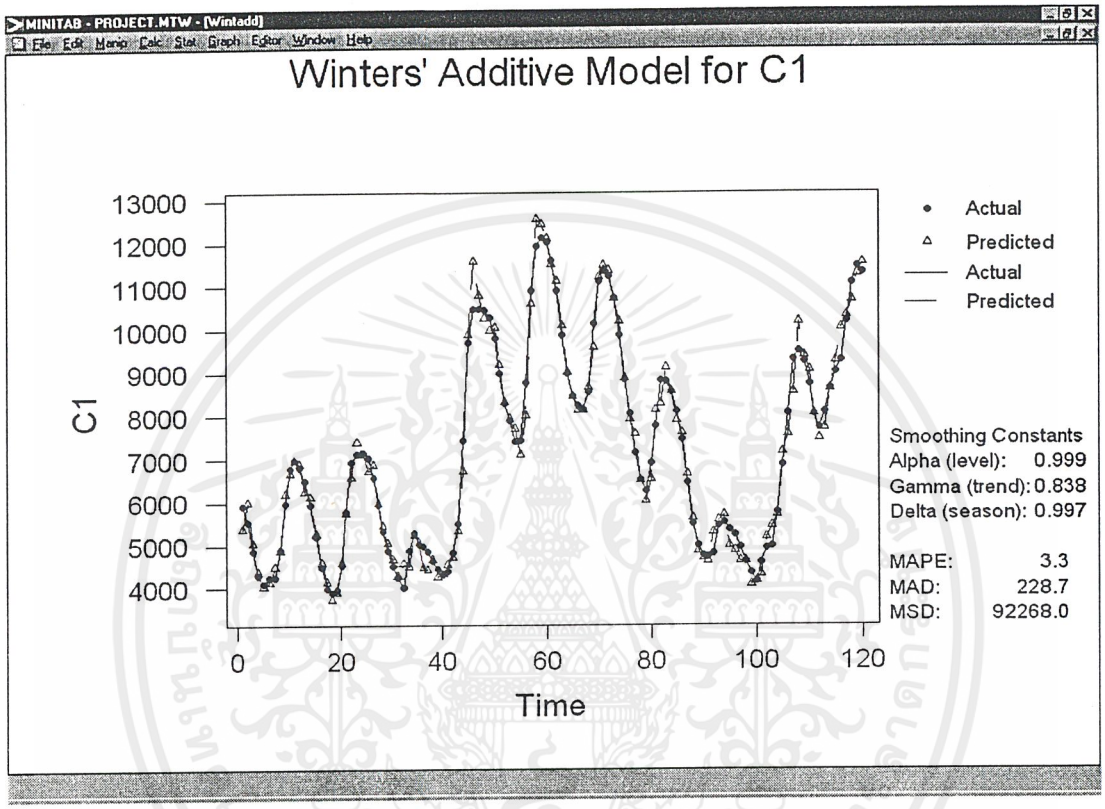


ภาพที่ 1 ข้อมูลจริงและค่าพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบแนวโน้มและฤดูกาลแบบวินเตอร์เมื่อข้อมูลมีฤดูกาลแบบคูณของอนุกรมเวลาปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพลเมื่อ $\alpha = 0.999$ $\gamma = 0.262$ และ $\beta = 0.998$ ความยาวฤดูกาลเท่ากับ 12 ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2534 – 31 ธันวาคม พ.ศ. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 เมื่อมีฤดูกาลแบบบวก

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสองของค่าคลาดเคลื่อน (MSD) เมื่อกำหนดค่าคงที่ให้เรียบ α γ และ β ขนาดต่างๆพบว่า ค่าคงที่ทำให้เรียบ $\alpha = 0.999$ $\gamma = 0.838$ และ $\beta = 0.997$ให้ค่า MSD น้อยที่สุด ผลการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 2



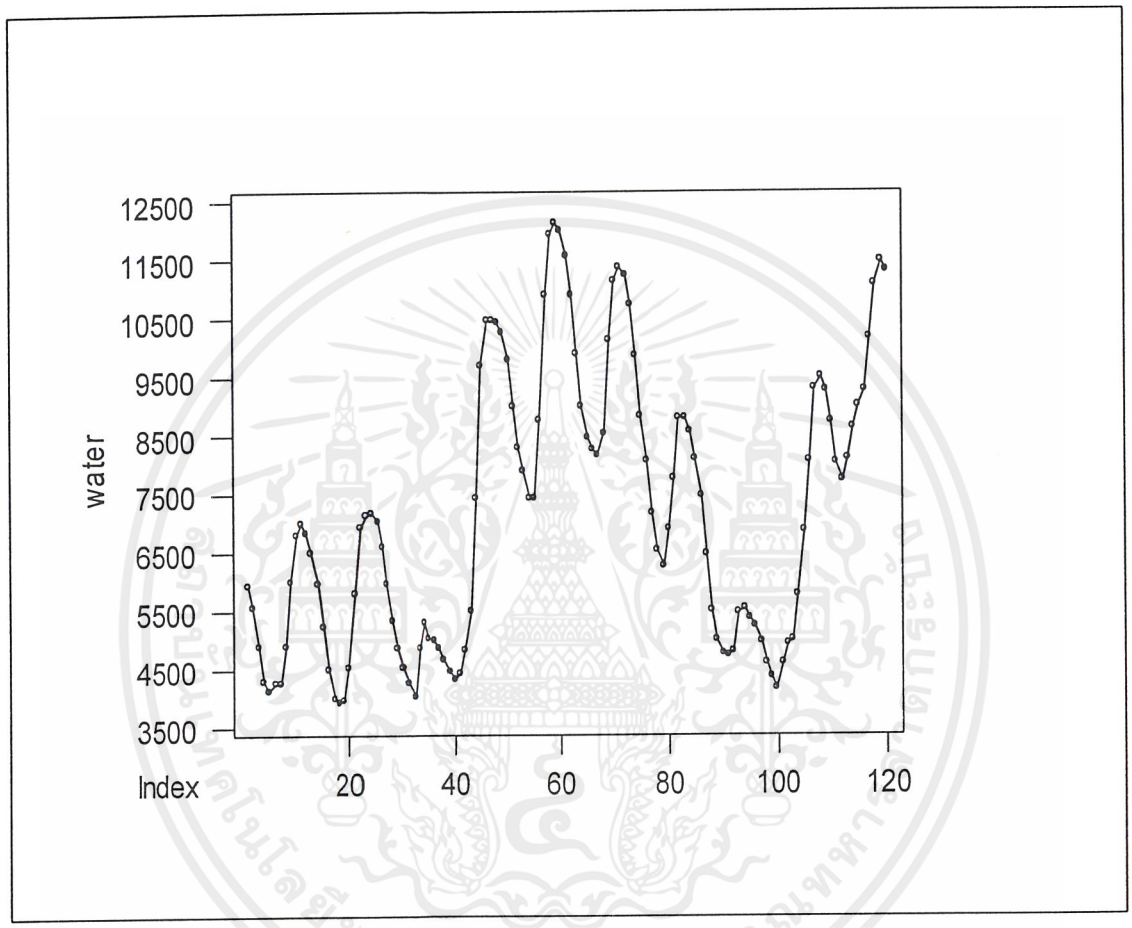
ภาพที่ 2 ข้อมูลจริงและค่าพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบแนวโน้มและฤดูกาลแบบวินเตอร์ เมื่อข้อมูลมีฤดูกาลแบบบวกของอนุกรมเวลาปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพลเมื่อ $\alpha = 0.999$ $\gamma = 0.838$ และ $\beta = 0.997$ ความยาวฤดูกาลเท่ากับ 12 ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2534 – 31ธันวาคม พ.ศ. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอกซ์ – เจนกินส์

(Box – Jenkins Method)

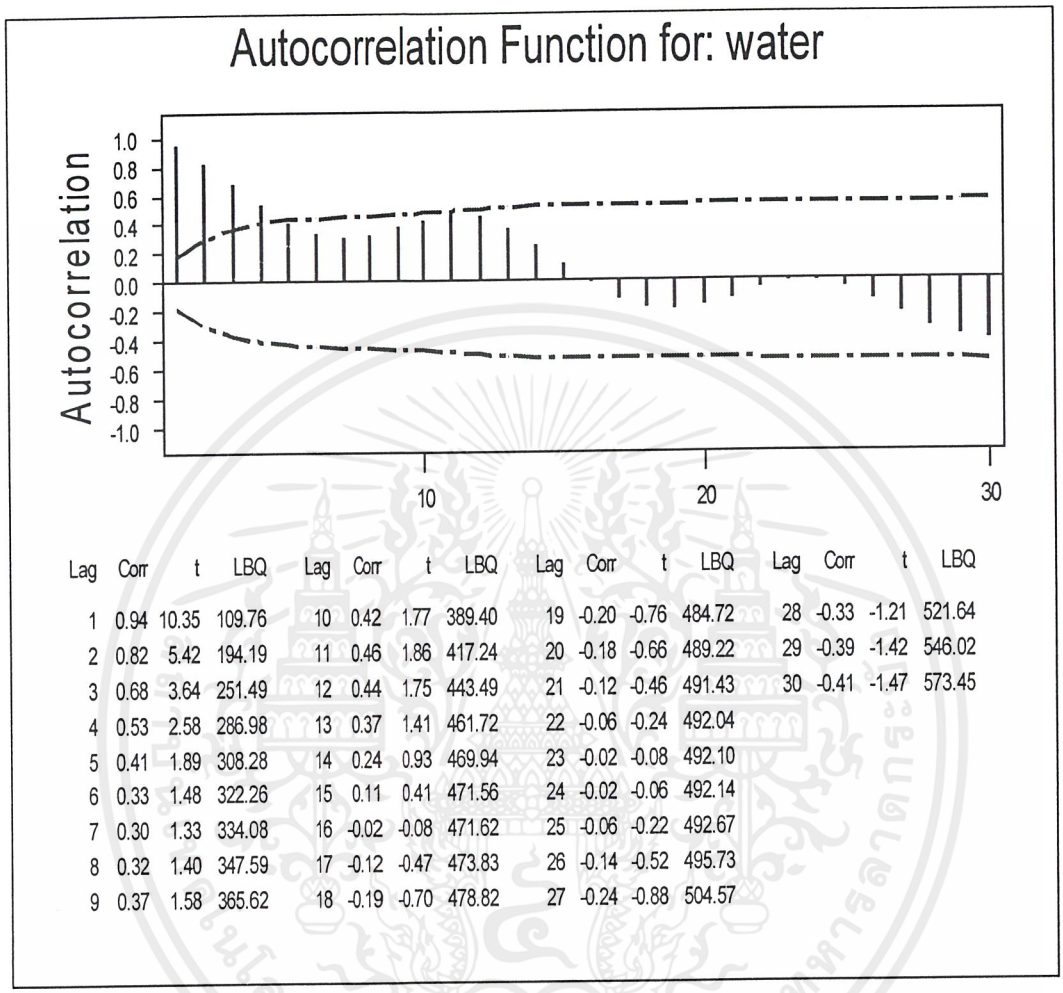
เมื่อพิจารณาข้อมูลจากวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2534 – 31 ธันวาคม พ.ศ. 2543 จำนวน 120 ค่า พบว่าอนุกรมเวลาปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพล มีลักษณะของฤดูกาลอยู่ด้วย ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กราฟแสดงแนวโน้มของข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพล ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2534 – 31ธันวาคม พ.ศ. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำกักเก็บของเขื่อนภูมิพล ด้วยค่าสหสัมพันธ์ในตัวเอง (ACF) ได้ดังภาพที่ 4

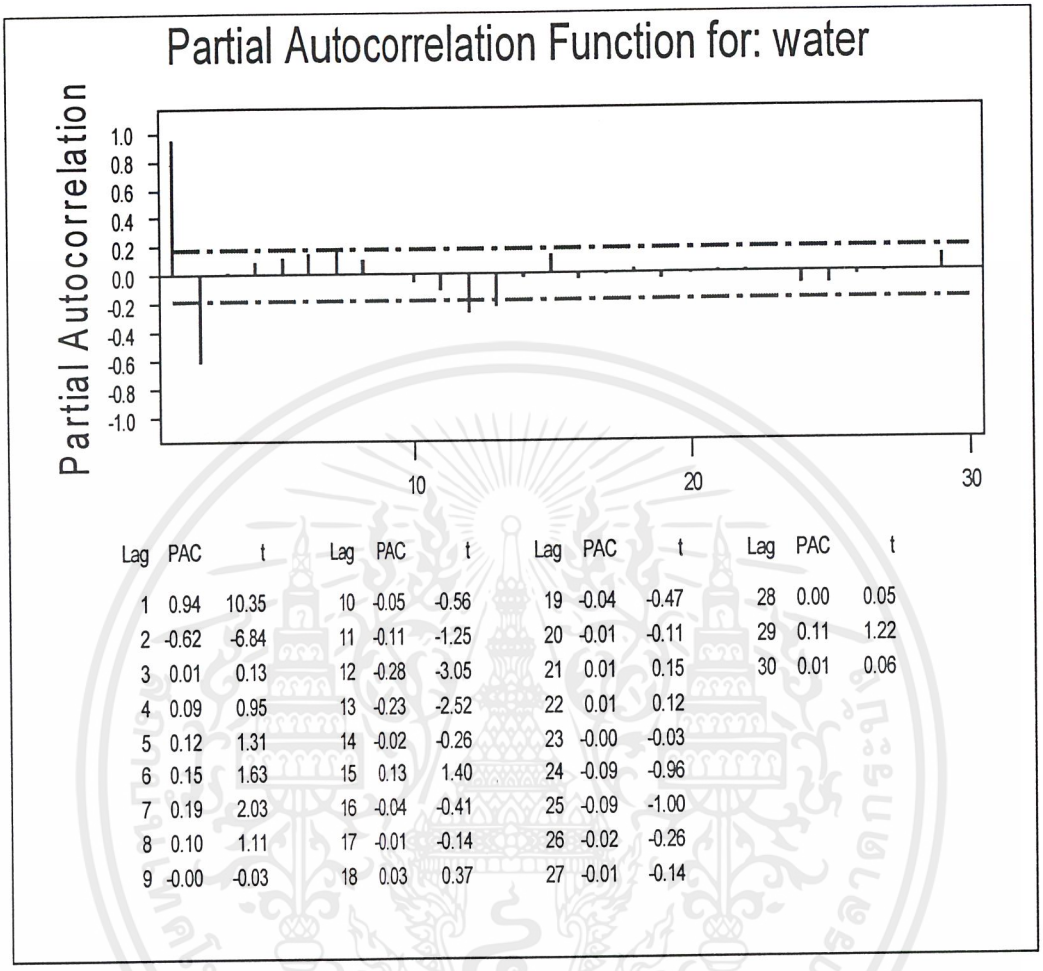


Lag	Corr	t	LBQ	Lag	Corr	t	LBQ	Lag	Corr	t	LBQ	Lag	Corr	t	LBQ
1	0.94	10.35	109.76	10	0.42	1.77	389.40	19	-0.20	-0.76	484.72	28	-0.33	-1.21	521.64
2	0.82	5.42	194.19	11	0.46	1.86	417.24	20	-0.18	-0.66	489.22	29	-0.39	-1.42	546.02
3	0.68	3.64	251.49	12	0.44	1.75	443.49	21	-0.12	-0.46	491.43	30	-0.41	-1.47	573.45
4	0.53	2.58	286.98	13	0.37	1.41	461.72	22	-0.06	-0.24	492.04				
5	0.41	1.89	308.28	14	0.24	0.93	469.94	23	-0.02	-0.08	492.10				
6	0.33	1.48	322.26	15	0.11	0.41	471.56	24	-0.02	-0.06	492.14				
7	0.30	1.33	334.08	16	-0.02	-0.08	471.62	25	-0.06	-0.22	492.67				
8	0.32	1.40	347.59	17	-0.12	-0.47	473.83	26	-0.14	-0.52	495.73				
9	0.37	1.58	365.62	18	-0.19	-0.70	478.82	27	-0.24	-0.88	504.57				

ภาพที่ 4 แสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation) ของ ปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำกักเก็บของเขื่อนภูมิพล ด้วยค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (PACF) ได้ดังภาพที่ 5



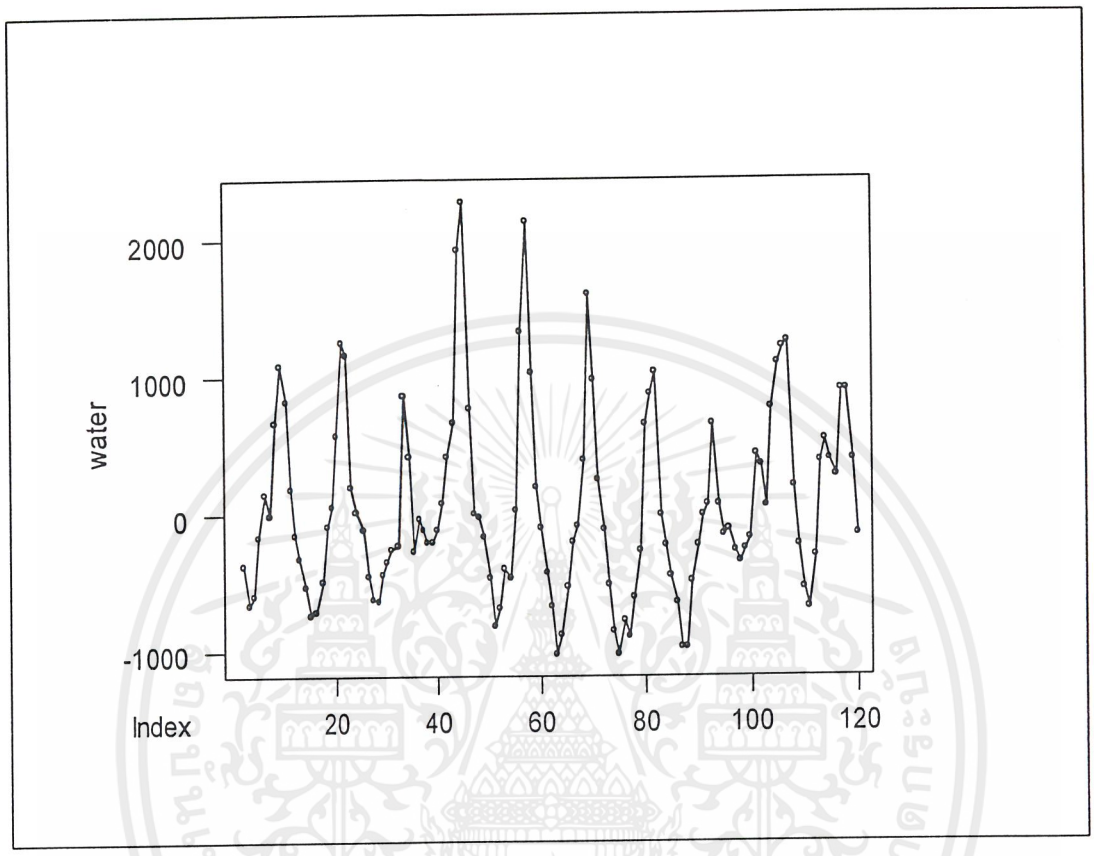
Lag	PAC	t	Lag	PAC	t	Lag	PAC	t	Lag	PAC	t
1	0.94	10.35	10	-0.05	-0.56	19	-0.04	-0.47	28	0.00	0.05
2	-0.62	-6.84	11	-0.11	-1.25	20	-0.01	-0.11	29	0.11	1.22
3	0.01	0.13	12	-0.28	-3.05	21	0.01	0.15	30	0.01	0.06
4	0.09	0.95	13	-0.23	-2.52	22	0.01	0.12			
5	0.12	1.31	14	-0.02	-0.26	23	-0.00	-0.03			
6	0.15	1.63	15	0.13	1.40	24	-0.09	-0.96			
7	0.19	2.03	16	-0.04	-0.41	25	-0.09	-1.00			
8	0.10	1.11	17	-0.01	-0.14	26	-0.02	-0.26			
9	-0.00	-0.03	18	0.03	0.37	27	-0.01	-0.14			

ภาพที่ 5 แสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Patial Autocorrelation) ของ ปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพล

จากภาพที่ 4 และ ภาพที่ 5 เมื่อพิจารณาจากกราฟพบว่าค่า ACF และ PACFในกราฟ ACF และ PACF ลดลงอย่างช้าๆ แสดงให้เห็นว่ายังไม่อยู่ในสภาวะสมดุลย์ (Stationary) ดังนั้นจึงทำการหาค่าความแตกต่างแบบไม่มีฤดูกาล 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

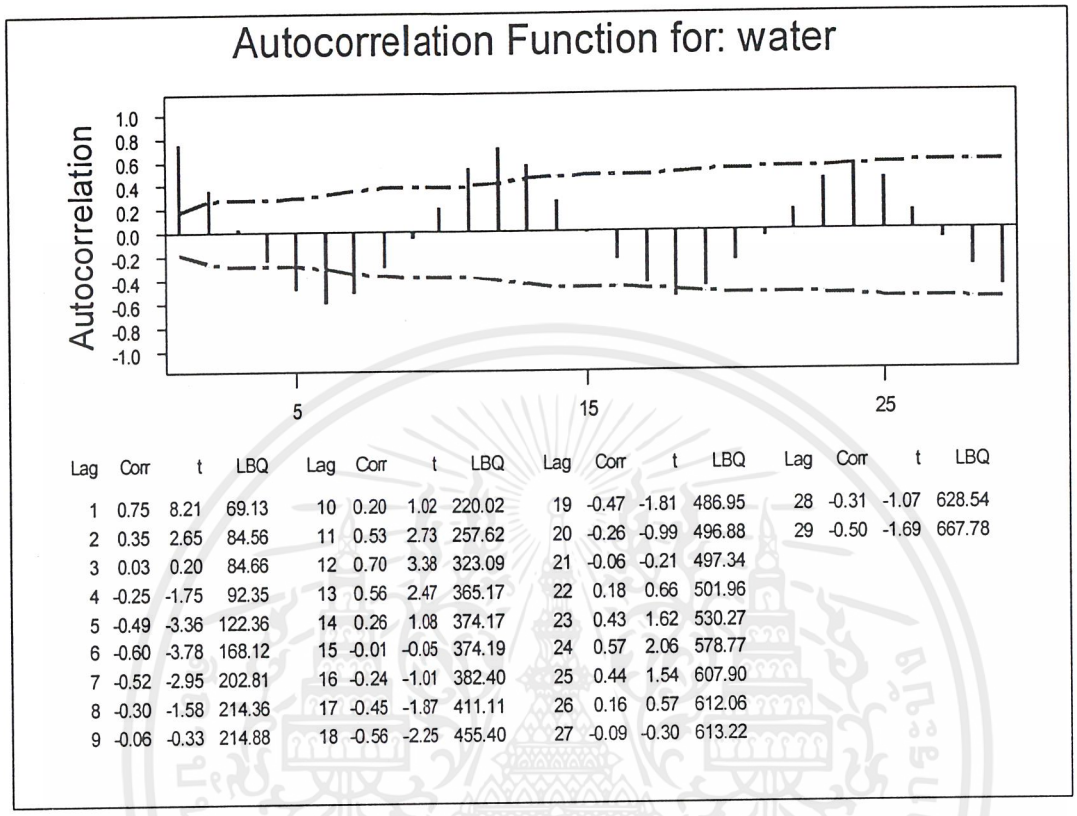
เมื่อทำการหาความแตกต่างแบบไม่มีฤดูกาล 1 ครั้ง พบว่าอนุกรมเวลาปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพล แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กราฟแสดงแนวโน้มของข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพลหลังจากหาค่าความแตกต่างแบบไม่มีฤดูกาล 1 ครั้งตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2534 – 31ธันวาคม พ.ศ. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำกักเก็บของเขื่อนภูมิพล เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างแบบไม่มีฤดูกาล 1 ครั้งด้วยค่าสหสัมพันธ์ในตัวเอง (ACF) ได้ดังภาพที่ 7

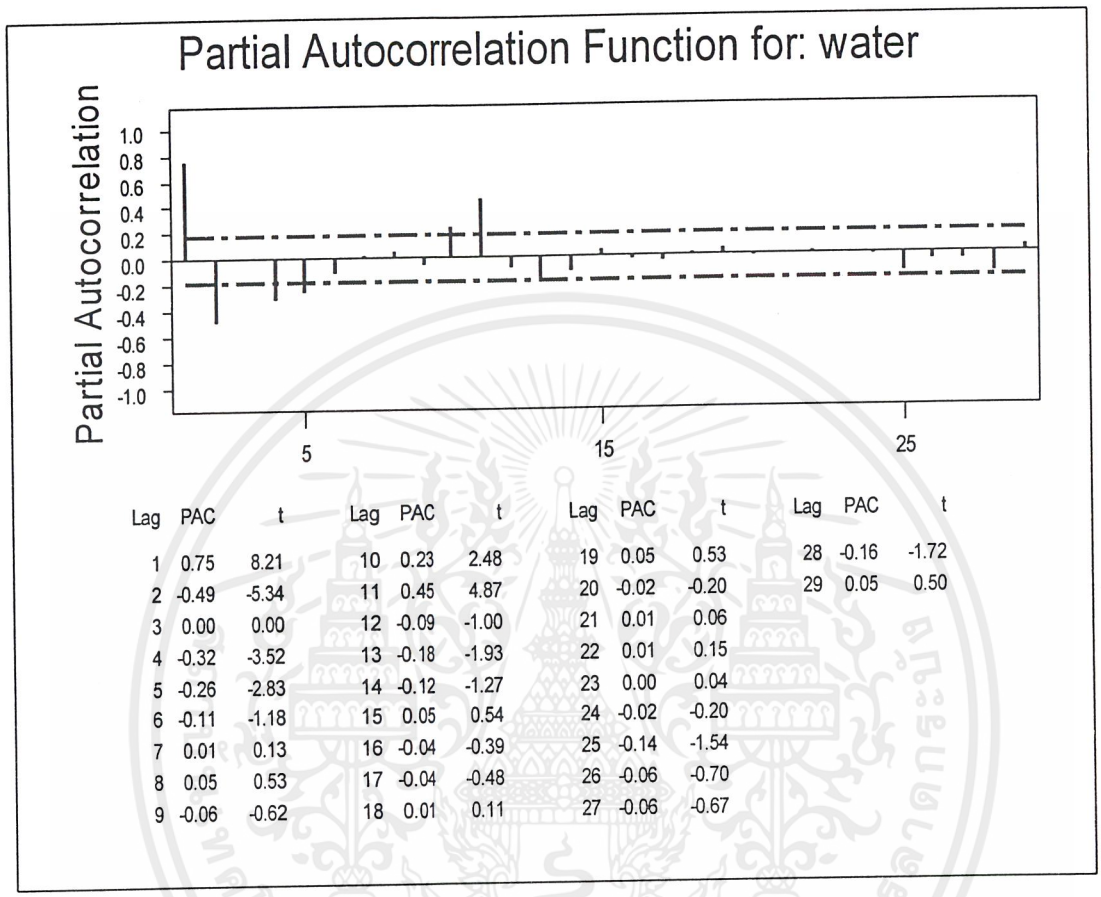


Lag	Corr	t	LBQ	Lag	Corr	t	LBQ	Lag	Corr	t	LBQ	Lag	Corr	t	LBQ
1	0.75	8.21	69.13	10	0.20	1.02	220.02	19	-0.47	-1.81	486.95	28	-0.31	-1.07	628.54
2	0.35	2.65	84.56	11	0.53	2.73	257.62	20	-0.26	-0.99	496.88	29	-0.50	-1.69	667.78
3	0.03	0.20	84.66	12	0.70	3.38	323.09	21	-0.06	-0.21	497.34				
4	-0.25	-1.75	92.35	13	0.56	2.47	365.17	22	0.18	0.66	501.96				
5	-0.49	-3.36	122.36	14	0.26	1.08	374.17	23	0.43	1.62	530.27				
6	-0.60	-3.78	168.12	15	-0.01	-0.05	374.19	24	0.57	2.06	578.77				
7	-0.52	-2.95	202.81	16	-0.24	-1.01	382.40	25	0.44	1.54	607.90				
8	-0.30	-1.58	214.36	17	-0.45	-1.87	411.11	26	0.16	0.57	612.06				
9	-0.06	-0.33	214.88	18	-0.56	-2.25	455.40	27	-0.09	-0.30	613.22				

ภาพที่ 7 แสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation) ของ ปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพลหลังจากหาค่าความแตกต่างแบบไม่มีฤดูกาล 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำกักเก็บของเขื่อนภูมิพล เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างแบบไม่มีฤดูกาล 1 ครั้งด้วยค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (PACF) ได้ดังภาพที่ 8



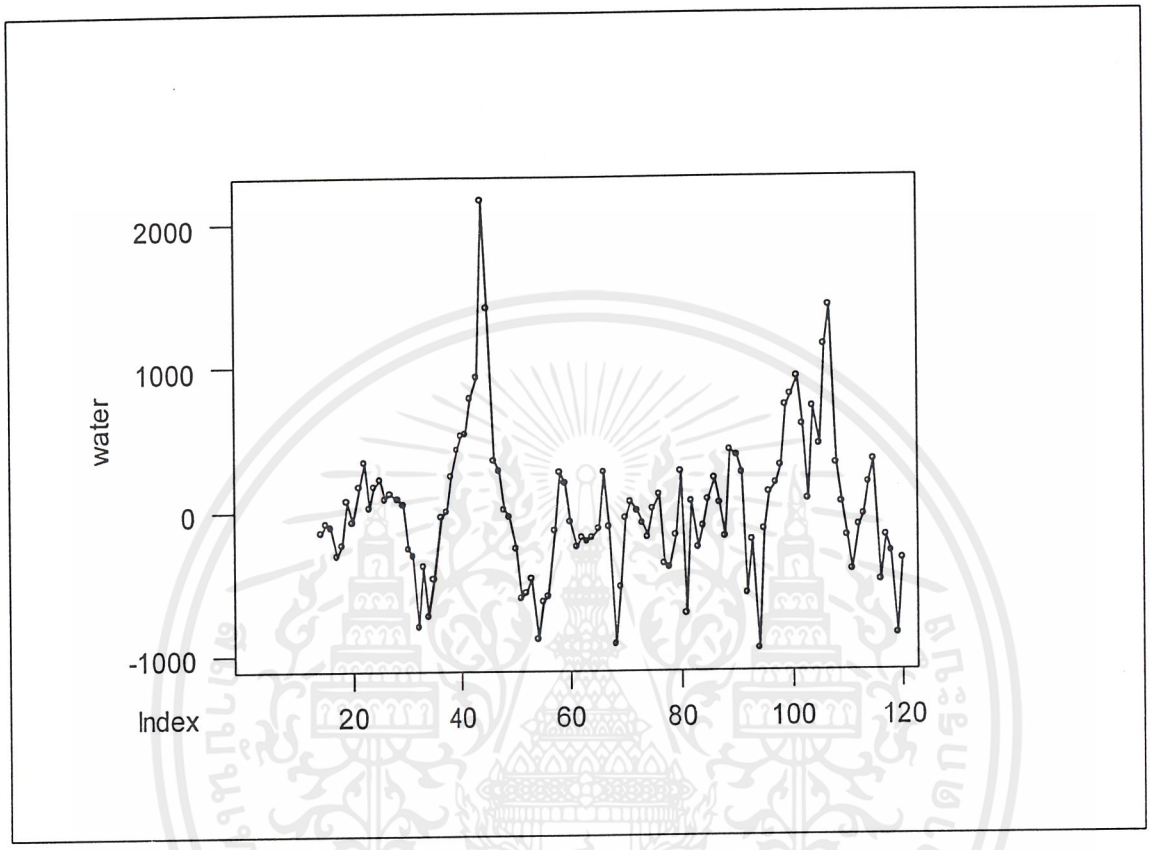
Lag	PAC	t	Lag	PAC	t	Lag	PAC	t	Lag	PAC	t
1	0.75	8.21	10	0.23	2.48	19	0.05	0.53	28	-0.16	-1.72
2	-0.49	-5.34	11	0.45	4.87	20	-0.02	-0.20	29	0.05	0.50
3	0.00	0.00	12	-0.09	-1.00	21	0.01	0.06			
4	-0.32	-3.52	13	-0.18	-1.93	22	0.01	0.15			
5	-0.26	-2.83	14	-0.12	-1.27	23	0.00	0.04			
6	-0.11	-1.18	15	0.05	0.54	24	-0.02	-0.20			
7	0.01	0.13	16	-0.04	-0.39	25	-0.14	-1.54			
8	0.05	0.53	17	-0.04	-0.48	26	-0.06	-0.70			
9	-0.06	-0.62	18	0.01	0.11	27	-0.06	-0.67			

ภาพที่ 8 แสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Patial Autocorrelation) ของ ปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพลหลังจากหาค่าความแตกต่างแบบไม่มีฤดูกาล 1 ครั้ง

จากภาพที่ 7 และ ภาพที่ 8 เมื่อพิจารณาจากกราฟพบว่าค่า ACF และ PACF ในกราฟ ACF และ PACF ลดลงอย่างช้าๆ แสดงให้เห็นว่ายังไม่อยู่ในสภาวะสมดุลย์ (Stationary) ดังนั้นจึงทำการหาความแตกต่างแบบไม่มีฤดูกาล 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

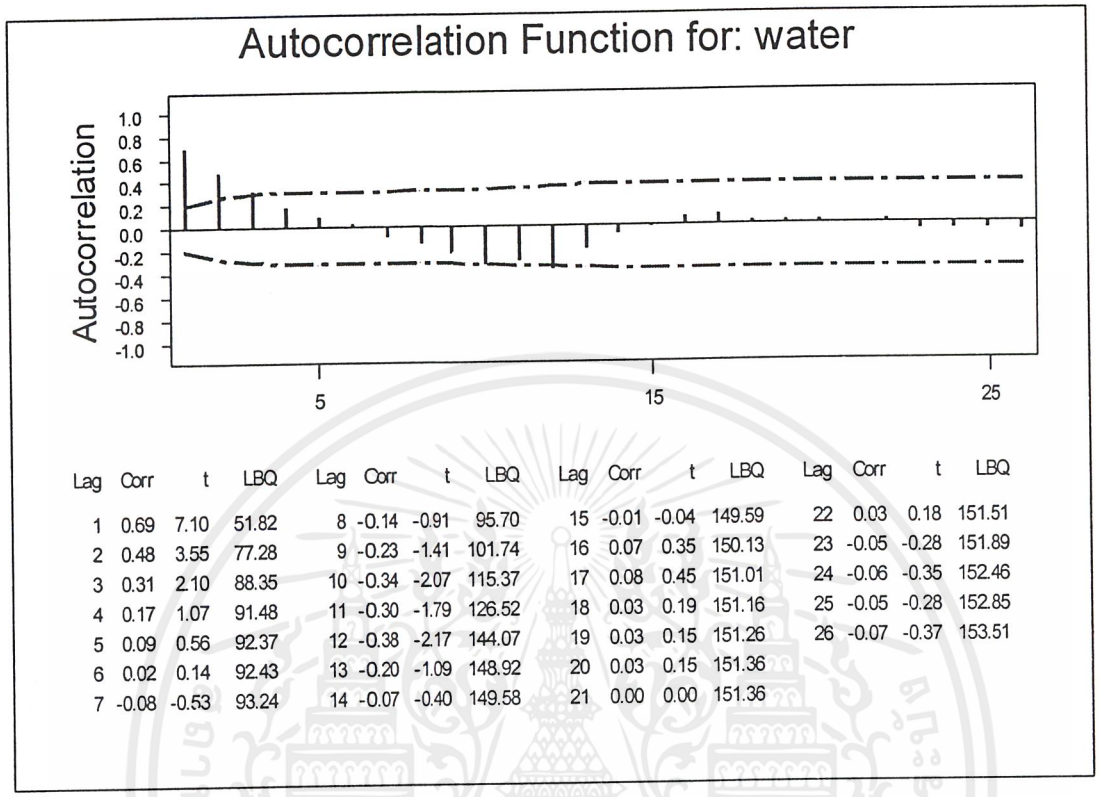
เมื่อทำการหาความแตกต่างแบบไม่มีฤดูกาลและมีฤดูกาล 1 ครั้ง พบว่าอนุกรมเวลาปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพล แสดงดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 กราฟแสดงแนวโน้มของข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพลหลังจากหาค่าความแตกต่างแบบไม่มีฤดูกาล 1 ครั้ง และมีฤดูกาล 1 ครั้งตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2534 – 31 ธันวาคม พ.ศ. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำกักเก็บของเขื่อนภูมิพล เมื่อพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ในตัวเอง (ACF) ได้ดังภาพที่ 10

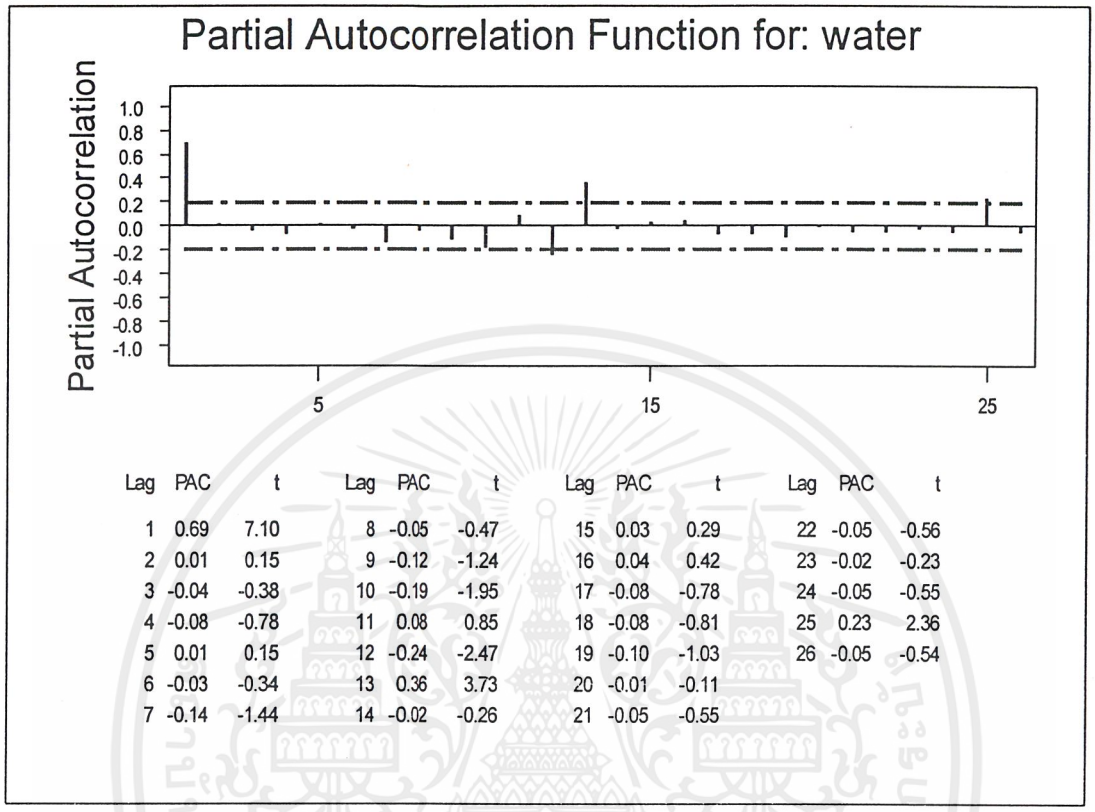


Lag	Corr	t	LBQ	Lag	Corr	t	LBQ	Lag	Corr	t	LBQ	Lag	Corr	t	LBQ
1	0.69	7.10	51.82	8	-0.14	-0.91	95.70	15	-0.01	-0.04	149.59	22	0.03	0.18	151.51
2	0.48	3.55	77.28	9	-0.23	-1.41	101.74	16	0.07	0.35	150.13	23	-0.05	-0.28	151.89
3	0.31	2.10	88.35	10	-0.34	-2.07	115.37	17	0.08	0.45	151.01	24	-0.06	-0.35	152.46
4	0.17	1.07	91.48	11	-0.30	-1.79	126.52	18	0.03	0.19	151.16	25	-0.05	-0.28	152.85
5	0.09	0.56	92.37	12	-0.38	-2.17	144.07	19	0.03	0.15	151.26	26	-0.07	-0.37	153.51
6	0.02	0.14	92.43	13	-0.20	-1.09	148.92	20	0.03	0.15	151.36				
7	-0.08	-0.53	93.24	14	-0.07	-0.40	149.58	21	0.00	0.00	151.36				

ภาพที่ 10 แสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation) ของ ปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพล หลังจากหาค่าความแตกต่างแบบไม่มีฤดูกาล 1 ครั้ง และมีฤดูกาล 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำกักเก็บของเขื่อนภูมิพล เมื่อพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (PACF) ได้ดังภาพที่ 11



Lag	PAC	t	Lag	PAC	t	Lag	PAC	t	Lag	PAC	t
1	0.69	7.10	8	-0.05	-0.47	15	0.03	0.29	22	-0.05	-0.56
2	0.01	0.15	9	-0.12	-1.24	16	0.04	0.42	23	-0.02	-0.23
3	-0.04	-0.38	10	-0.19	-1.95	17	-0.08	-0.78	24	-0.05	-0.55
4	-0.08	-0.78	11	0.08	0.85	18	-0.08	-0.81	25	0.23	2.36
5	0.01	0.15	12	-0.24	-2.47	19	-0.10	-1.03	26	-0.05	-0.54
6	-0.03	-0.34	13	0.36	3.73	20	-0.01	-0.11			
7	-0.14	-1.44	14	-0.02	-0.26	21	-0.05	-0.55			

ภาพที่ 11 แสดงค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Patial Autocorrelation) ของปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพลหลังจากหาค่าความแตกต่างแบบไม่มีฤดูกาล 1 ครั้ง และมีฤดูกาล 1 ครั้ง

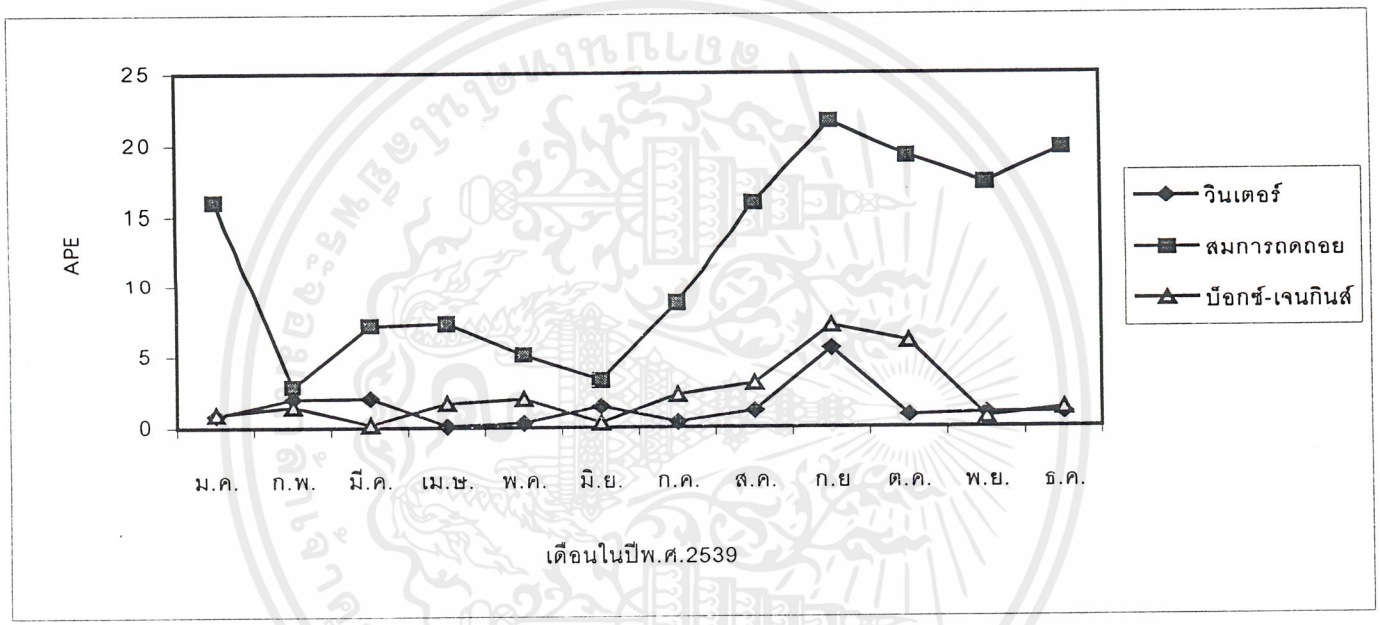
จากภาพที่ 10 และภาพที่ 11 เมื่อพิจารณาจากกราฟพบว่าค่า ACF และ PACF ในกราฟลดลงอย่างรวดเร็ว ACF และ PACF มีลักษณะเป็นรูปแบบแบบเอกโปเนนเชียล แสดงให้เห็นว่ากราฟที่ได้อยู่ในสภาวะสมดุลย์ (Stationary) ดังนั้น จึงทำการค้นหาตัวแบบที่เป็นไปได้และทำการตรวจสอบตัวแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์การพยากรณ์ข้อมูลปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ. 2539

เดือน พ.ศ.2539	ปริมาณน้ำ จริง	ปริมาณน้ำที่ได้จากการพยากรณ์					
		วินเตอร์	APE	สมการถดถอย	APE	บอกซ์-เจนกินส์	APE
มกราคม	11596	11498.57	0.8403	9734.42	16.0500	11492.89	0.8891
กุมภาพันธ์	10921	11138.00	1.9870	10612.90	2.8200	10762.99	1.4468
มีนาคม	9891	10092.63	2.0385	9186.95	7.1200	9872.01	0.1919
เมษายน	8998	9006.66	0.0963	8338.67	7.3300	8846.95	1.6787
พฤษภาคม	8466	8440.78	0.2979	8033.20	5.1100	8295.53	2.0135
มิถุนายน	8252	8131.97	1.4546	8525.93	3.3200	8277.20	0.3053
กรกฎาคม	8157	8126.04	0.3796	7440.16	8.7900	8341.88	2.2665
สิงหาคม	8552	8649.56	1.1407	9917.05	15.9600	8287.87	3.0885
กันยายน	10152	9591.05	5.5255	12344.28	21.5900	9426.99	7.1415
ตุลาคม	11132	11223.94	0.8259	8989.78	19.2400	10460.77	6.0297
พฤศจิกายน	11377	11492.83	1.0181	9407.19	17.3100	11301.22	0.6660
ธันวาคม	11253	11364.02	0.9865	9035.23	19.7100	11402.42	1.3278
MAPE		1.3826		12.0292		2.2538	

ภาพที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบ APE จากการพยากรณ์ของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ.2539

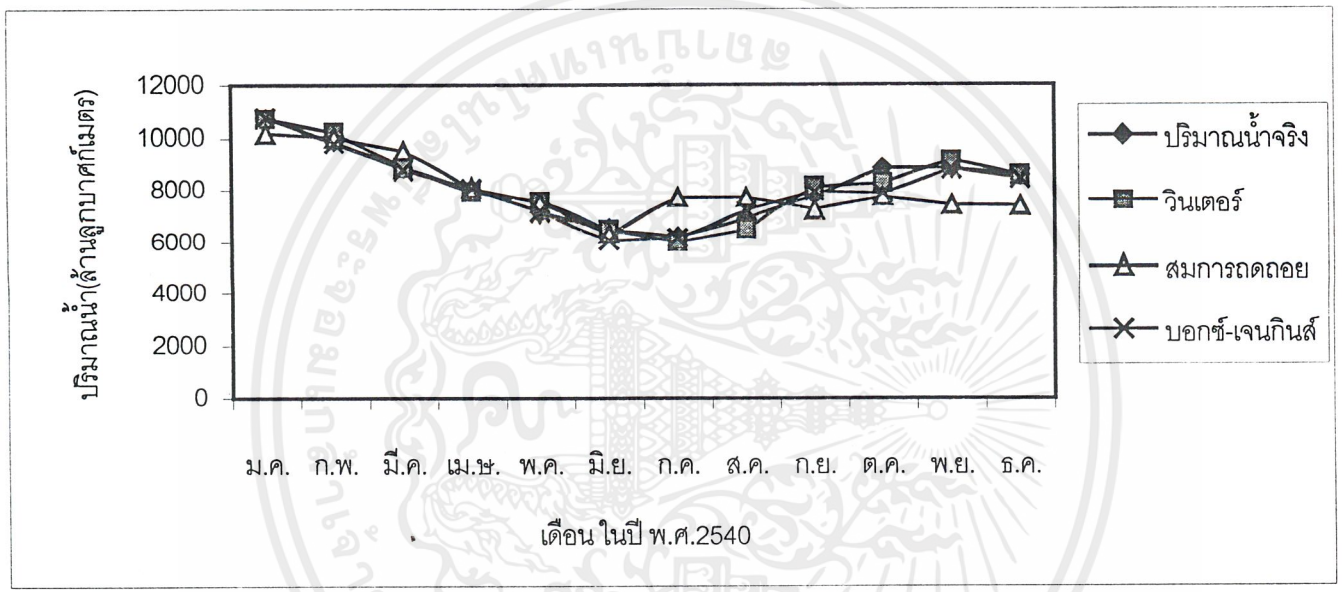


จากภาพที่ 13 พบว่าค่า APE ของการพยากรณ์ด้วยวิธีของสมการถดถอยมีค่ามากกว่าวิธีของวินเตอร์และบอกซ์-เจนกินส์อย่างเห็นได้ชัด แสดงว่าวิธีของสมการถดถอยมีประสิทธิภาพ ในการพยากรณ์น้อยที่สุด

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์การพยากรณ์ข้อมูลปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ. 2540

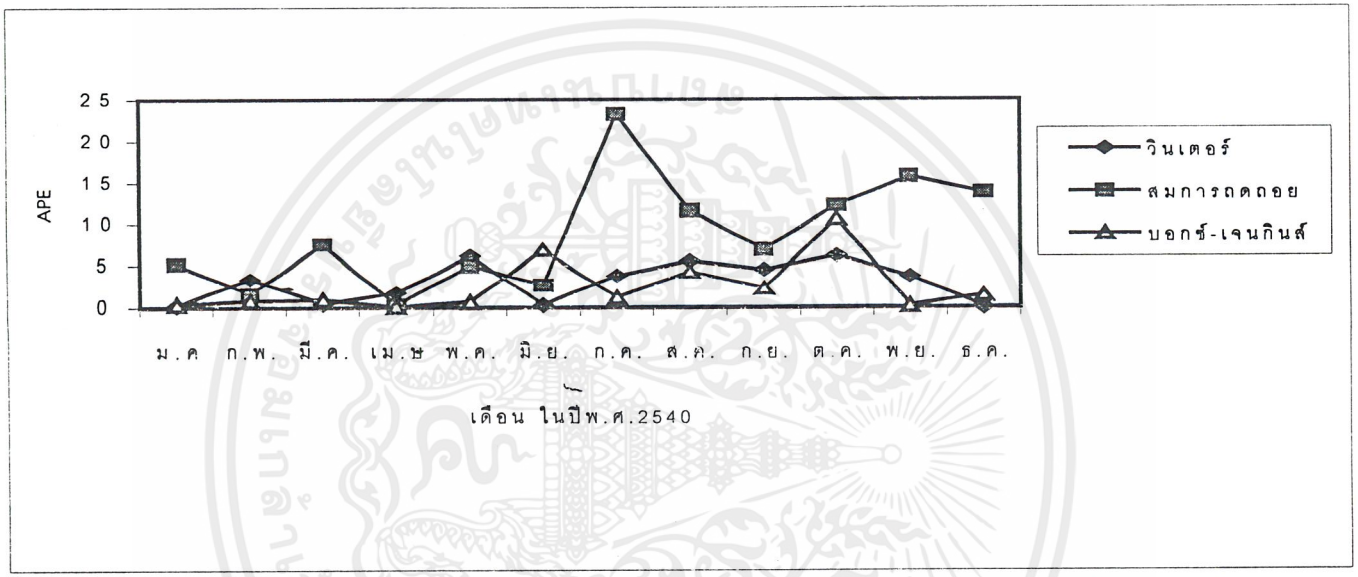
เดือน พ.ศ.2540	ปริมาณน้ำจริง	ปริมาณน้ำที่ได้จากการพยากรณ์					
		วินเตอร์	APE	สมการถดถอย	APE	บอกซ์-เจนกินส์	APE
มกราคม	10732	10717.21	0.1378	10178.29	5.1600	10766.17	0.3183
กุมภาพันธ์	9870	10197.02	3.3133	10016.52	1.4800	9798.82	0.7211
มีนาคม	8839	8872.90	0.3835	9501.10	7.4900	8762.26	0.8681
เมษายน	8055	7926.25	1.5984	8069.46	0.1800	8060.30	0.0657
พฤษภาคม	7147	7584.27	6.1183	7506.12	5.0200	7189.63	0.5964
มิถุนายน	6530	6512.94	0.2612	6361.78	2.5800	6084.35	6.8246
กรกฎาคม	6254	6017.27	3.7853	7708.15	23.2500	6183.51	1.1271
สิงหาคม	6910	6531.70	5.4747	7711.85	11.6000	7207.13	4.3000
กันยายน	7782	8133.08	4.5114	7242.69	6.9300	7951.73	2.1810
ตุลาคม	8815	8274.54	6.1312	7740.76	12.1900	7877.32	10.6373
พฤศจิกายน	8798	9124.63	3.7160	7418.64	15.6800	8781.03	0.1928
ธันวาคม	8557	8558.26	0.0147	7377.46	13.7800	8437.37	1.3980
MAPE		2.9538		8.7783		2.4359	

ภาพที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำจริงกับค่าพยากรณ์ 3 วิธีของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ.2540



จากภาพที่ 14 พบว่าปริมาณน้ำจริงและปริมาณน้ำที่ได้จากการพยากรณ์ทั้ง 3วิธีมีค่าใกล้เคียงกันมาก

ภาพที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบ APE จากการพยากรณ์ของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ.2540

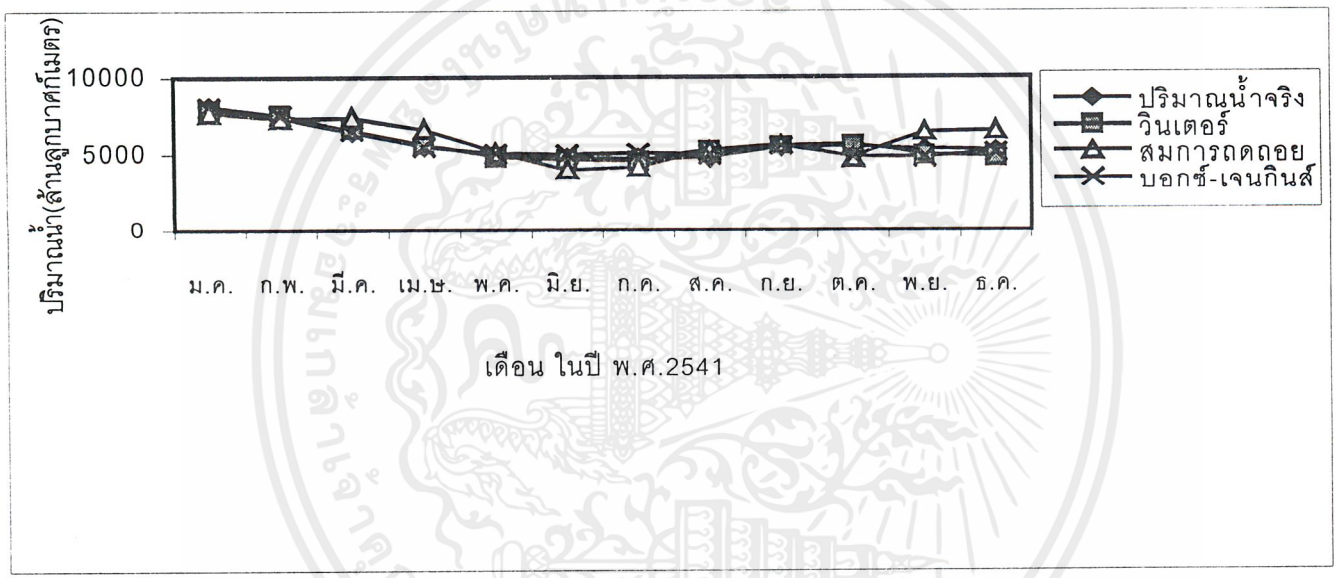


จากภาพที่ 15 พบว่าค่า APE ของการพยากรณ์ด้วยวิธีของสมการถดถอยมีค่ามากกว่าวิธีของวินเตอร์ และบอกซ์-เจนกินส์อย่างเห็นได้ชัด ในช่วงเดือน ก.ค. ถึง ธ.ค.แสดงว่าวิธีของสมการถดถอยมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์น้อยที่สุด

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์การพยากรณ์ข้อมูลปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ. 2541

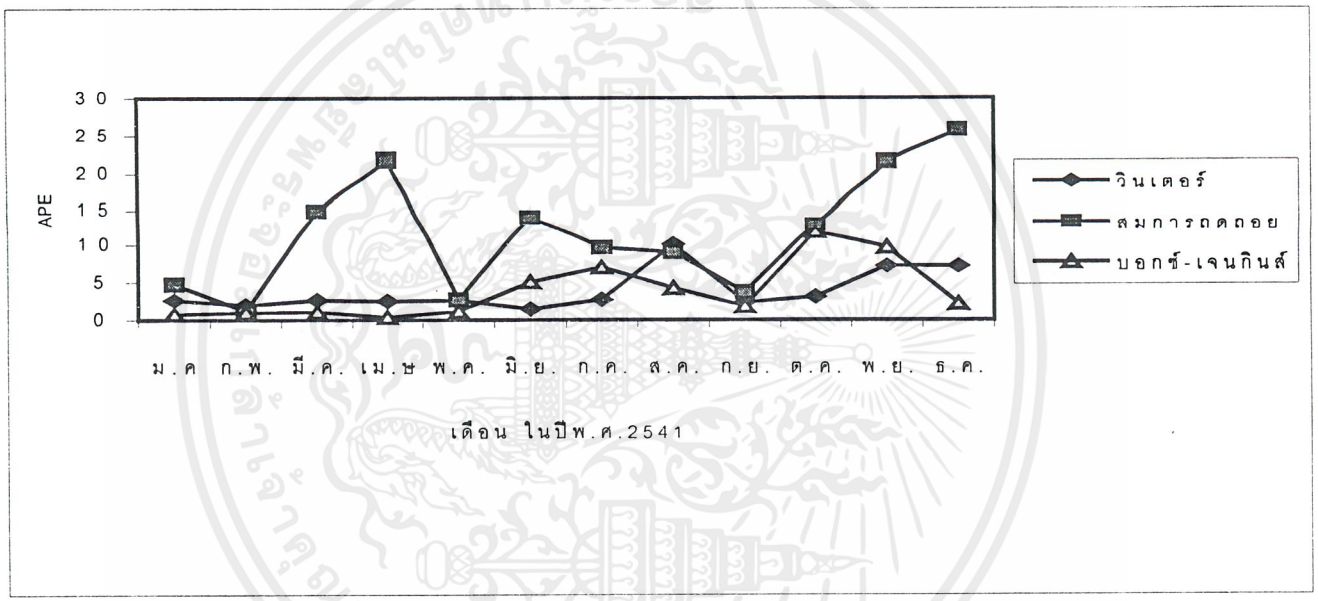
เดือน พ.ศ.2541	ปริมาณน้ำ จริง	ปริมาณน้ำที่ได้จากการพยากรณ์					
		วินเตอร์	APE	สมการถดถอย	APE	บอกซ์-เจนกินส์	APE
มกราคม	8099	7886.13	2.6283	7712.43	4.7700	8037.39	0.7607
กุมภาพันธ์	7449	7594.21	1.9494	7364.92	1.1300	7524.76	1.0170
มีนาคม	6465	6634.94	2.6286	7419.53	14.7600	6530.92	1.0196
เมษายน	5485	5621.59	2.4903	6678.17	21.7500	5464.85	0.3673
พฤษภาคม	4994	4860.88	2.6655	5127.94	2.6800	5050.06	1.1225
มิถุนายน	4752	4684.24	1.4259	4086.83	14.0000	4991.11	5.0317
กรกฎาคม	4734	4606.30	2.6976	4277.60	9.6400	5066.38	7.0211
สิงหาคม	4801	5287.54	10.1341	5234.27	9.0200	5005.18	4.2528
กันยายน	5449	5575.79	2.3269	5650.07	3.6900	5546.86	1.7959
ตุลาคม	5511	5681.54	3.0946	4798.08	12.9400	4859.47	11.8223
พฤศจิกายน	5353	4964.89	7.2503	6504.73	21.5200	4832.52	9.7231
ธันวาคม	5232	4855.59	7.1944	6582.16	25.8100	5117.52	2.1880
MAPE		3.8738		11.8092		3.8435	

ภาพที่ 16 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำจริงกับค่าพยากรณ์ 3 วิธีของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ.2541



จากภาพที่ 16 พบว่าปริมาณน้ำจริงและปริมาณน้ำที่ได้จากการพยากรณ์ทั้ง 3วิธีมีค่าใกล้เคียงกัน

ภาพที่ 17 แสดงการเปรียบเทียบ APE จากการพยากรณ์ของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ.2541

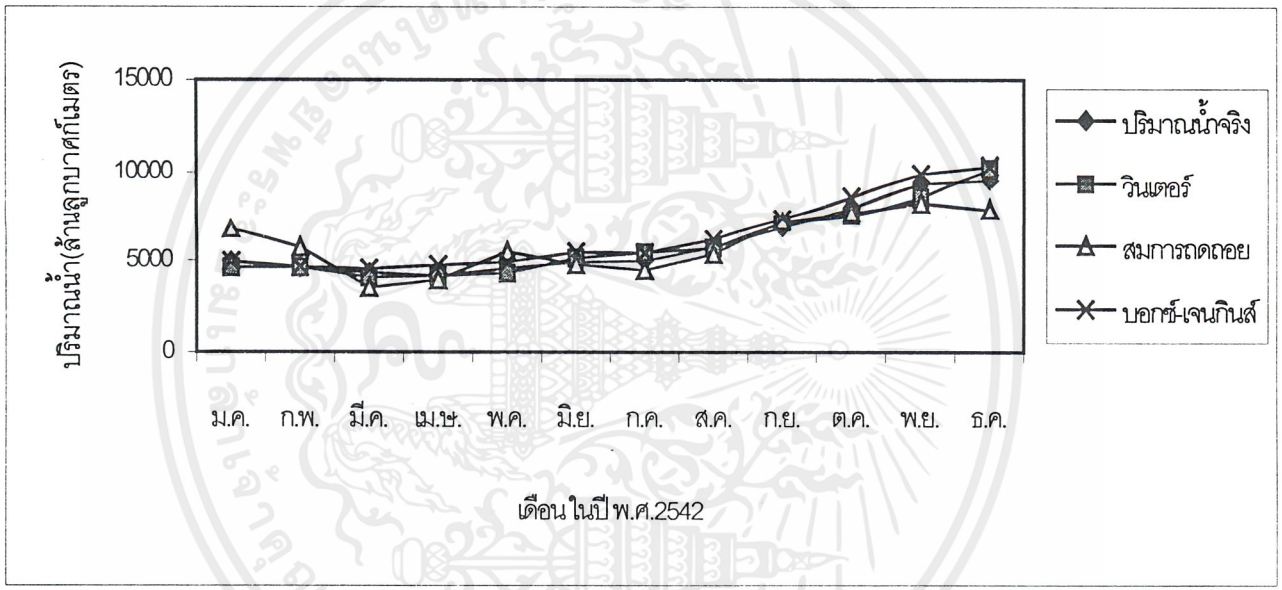


จากภาพที่ 17 พบว่าค่า APE ของการพยากรณ์ด้วยวิธีของสมการถดถอยมีค่ามากกว่าวิธีของวินเตอร์และบอกซ์-เจนกินส์อย่างเห็นได้ชัด ในช่วงเดือน มี.ค. ถึง เม.ษ. และในช่วงเดือน พ.ย. ถึง ธ.ค.แสดงว่าวิธีของสมการถดถอยมีประสิทธิภาพ ในการพยากรณ์น้อยที่สุด

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์การพยากรณ์ข้อมูลปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ. 2542

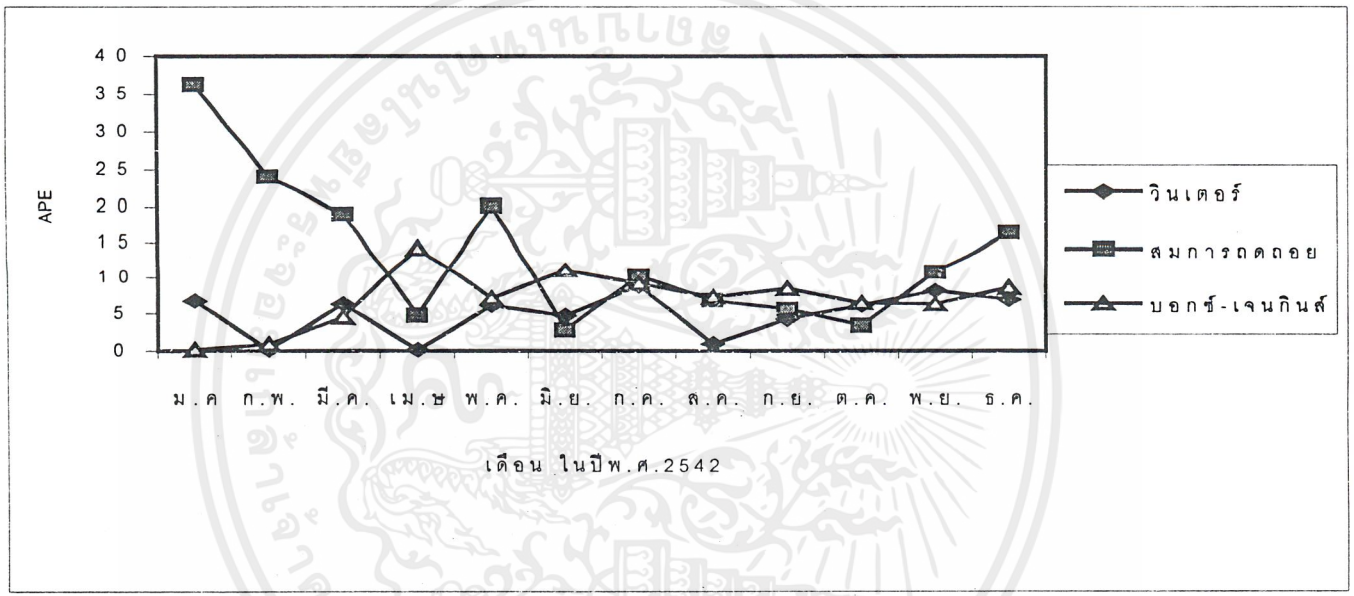
เดือน พ.ศ.2542	ปริมาณน้ำ จริง	ปริมาณน้ำที่ได้จากการพยากรณ์					
		วินเตอร์	APE	สมการถดถอย	APE	บอกซ์-เจนกินส์	APE
มกราคม	4956	4619.86	6.7825	6755.63	36.3100	4946.11	0.1995
กุมภาพันธ์	4604	4612.82	0.1917	5709.82	24.0200	4648.06	0.9569
มีนาคม	4341	4066.05	6.3338	3516.90	18.9800	4538.59	4.5517
เมษายน	4152	4145.90	0.1470	3950.96	4.8400	4744.78	14.2769
พฤษภาคม	4577	4296.19	6.1353	5496.57	20.0900	4905.49	7.1769
มิถุนายน	4925	5158.85	4.7482	4783.00	2.8800	5469.84	11.0627
กรกฎาคม	4978	5418.98	8.8586	4469.30	10.2200	5433.50	9.1502
สิงหาคม	5751	5694.74	0.9783	5356.92	6.8500	6172.18	7.3235
กันยายน	6850	7143.27	4.2812	7236.64	5.6400	7430.64	8.4764
ตุลาคม	8059	7560.96	6.1800	7780.80	3.4500	8581.66	6.4854
พฤศจิกายน	9314	8550.78	8.1943	8310.05	10.7800	9907.76	6.3749
ธันวาคม	9506	10168.28	6.9665	7951.54	16.3500	10327.70	8.6440
MAPE		4.9831		13.3675		7.0566	

ภาพที่ 18 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำจริงกับค่าพยากรณ์ 3 วิธีของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ.2542



จากภาพที่ 18 พบว่าปริมาณน้ำจริงและปริมาณน้ำที่ได้จากการพยากรณ์ทั้ง 3วิธีมีค่าใกล้เคียงกันมาก

ภาพที่ 19 แสดงการเปรียบเทียบ APE จากการพยากรณ์ของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ.2542

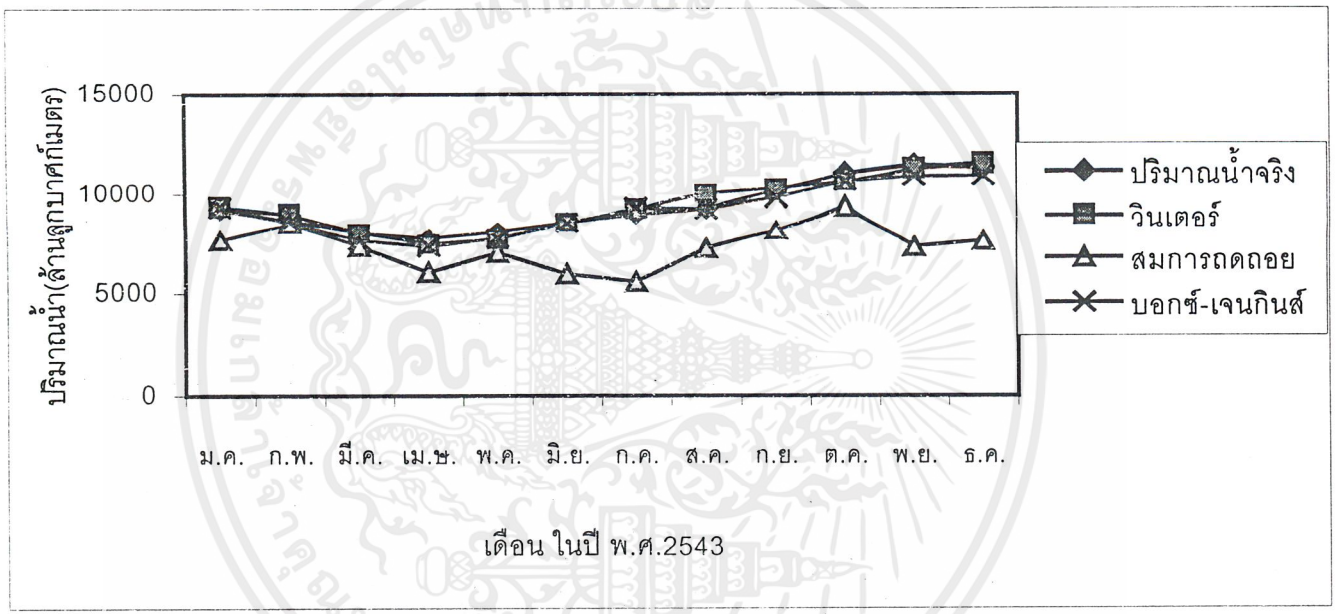


จากภาพที่ 19 พบว่าค่า APE ของการพยากรณ์ด้วยวิธีของสมการถดถอยและวิธีของวินเตอร์และวิธีของบอกซ์-เจนกินส์ มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ในช่วงเดือน ม.ค. ถึง มี.ค. และในเดือน พ.ค. มีค่า APE มากกว่าอย่างเห็นได้ชัด

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์การพยากรณ์ข้อมูลปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ. 2543

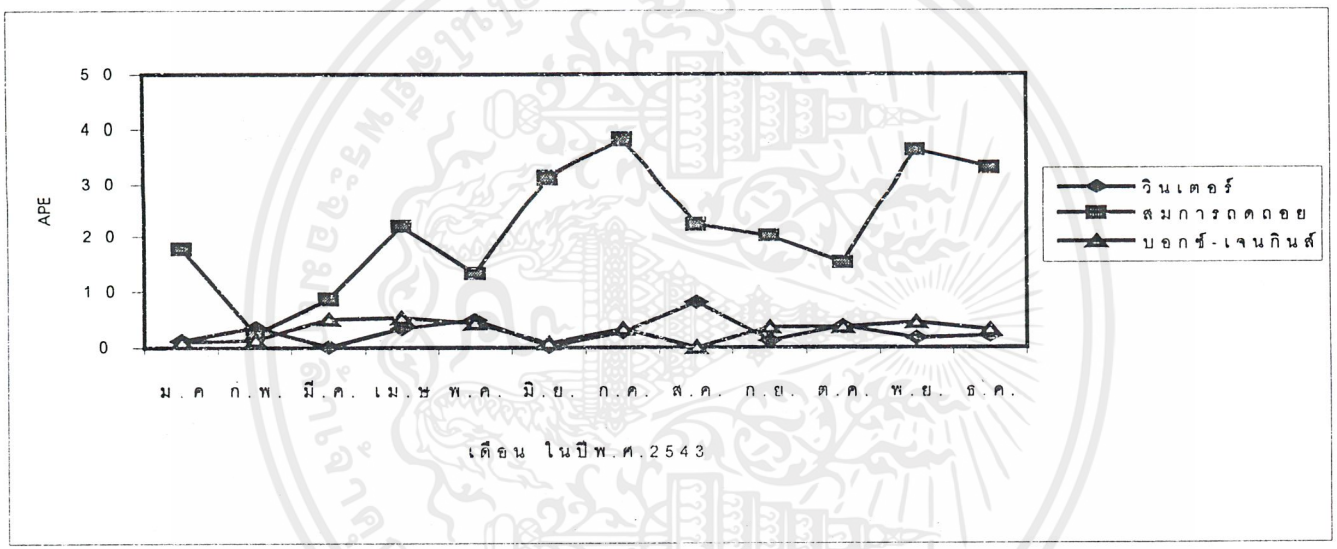
เดือน พ.ศ.2543	ปริมาณน้ำ จริง	ปริมาณน้ำที่ได้จากการพยากรณ์					
		วินเตอร์	APE	สมการถดถอย	APE	บอกซ์-เจนกินส์	APE
มกราคม	9266	9377.38	1.2020	7627.23	17.6900	9350.25	0.9092
กุมภาพันธ์	8723	9030.80	3.5286	8516.98	2.3600	8609.69	1.2989
มีนาคม	8033	8043.21	0.1272	7335.63	8.6800	7626.4	5.0616
เมษายน	7719	7456.77	3.3973	6033.56	21.8300	7311.54	5.2786
พฤษภาคม	8095	7696.48	4.9231	7020.33	13.2800	7750.57	4.2548
มิถุนายน	8625	8608.04	0.1967	5933.43	31.2100	8562.21	0.7280
กรกฎาคม	9013	9260.31	2.7440	5561.18	38.300	9310.02	3.2954
สิงหาคม	9283	10033.96	8.0896	7221.16	22.2100	9279.51	0.0375
กันยายน	10184	10303.87	1.1770	8145.80	20.0100	9822.83	3.5464
ตุลาคม	11083	10668.88	3.7365	9395.60	15.2300	10682.28	3.6156
พฤศจิกายน	11468	11278.18	1.6466	7294.23	36.3900	10954.14	4.4724
ธันวาคม	11310	11542.57	2.0564	7596.18	32.8400	10962.61	3.0715
MAPE		2.7354		23.2192		2.9642	

ภาพที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำจริงกับค่าพยากรณ์ 3 วิธีของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ.2543



จากภาพที่ 20 พบว่าปริมาณน้ำจริงและปริมาณน้ำที่ได้จากการพยากรณ์ของวิธีวินเตอร์และวิธีบอกซ์-เจนกินส์มีค่าใกล้เคียงกันมาก ส่วนวิธีของสมการถดถอยจะให้ค่าที่ต่ำกว่าสองวิธี

ภาพที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบ APE จากการพยากรณ์ของเขื่อนภูมิพล ในปี พ.ศ.2543



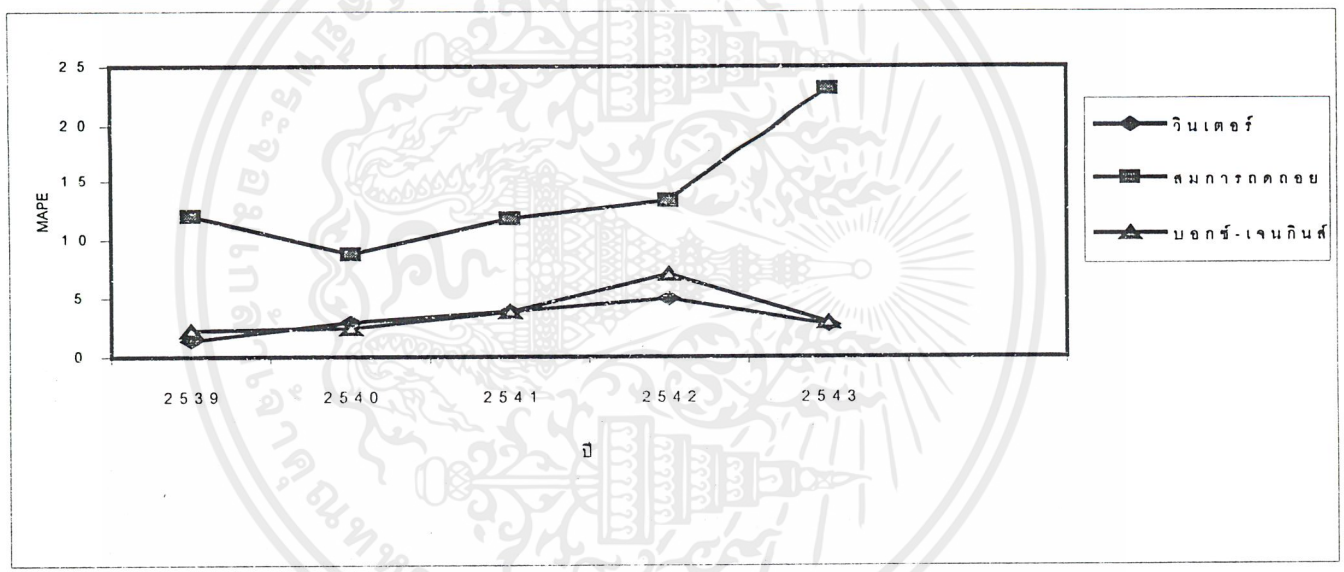
จากภาพที่ 21 พบว่าค่า APE ของการพยากรณ์ด้วยวิธีของสมการถดถอยมีค่ามากกว่าวิธีของวินเตอร์และบอกซ์-เจนกินส์อย่างเห็นได้ชัด แสดงว่าวิธีของสมการถดถอยมีประสิทธิภาพ ในการพยากรณ์น้อยที่สุด

ตารางที่ 4.6 แสดงผลของค่า MAPE การพยากรณ์ข้อมูลปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล ตั้งแต่ปี พ.ศ.2539 ถึงปี พ.ศ.2543

ปี พ.ศ.	MAPE		
	วินเตอร์	สมการถดถอย	บอกซ์-เจนกินส์
2539	1.3826	12.0292	2.2538
2540	2.9538	8.7783	2.4359
2541	3.8738	11.8092	3.8435
2542	4.9831	13.3675	7.0566
2543	2.7354	23.2192	2.9642
MAPE เฉลี่ย(5ปี)	3.1857	13.8406	3.7108

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นว่าค่า MAPE เฉลี่ย(5ปี) ของวิธีสมการถดถอยให้ค่าที่สูงที่สุด รองลงมาคือวิธีของบอกซ์-เจนกินส์ ส่วนวิธีวินเตอร์ให้ค่าต่ำที่สุด แสดงว่าสมการที่ใช้พยากรณ์ปริมาณน้ำกักเก็บที่ดีที่สุดคือวิธีของวินเตอร์

ภาพที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE ของการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล ตั้งแต่ปี พ.ศ.2539 ถึงปี พ.ศ.2543



จากภาพที่ 22 จะเห็นว่าวิธีของสมการถดถอยให้ค่า MAPE มากที่สุด แสดงให้เห็นว่าเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมในการพยากรณ์ปริมาณน้ำกักเก็บในเขื่อนภูมิพล ส่วนวิธีของวินเตอร์และบอกซ์-เจนกินส์จะให้ค่า MAPE ใกล้เคียงกัน

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษาปริมาณน้ำที่กักเก็บของเขื่อนภูมิพล เพื่อหาวิธีการพยากรณ์ที่ เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำที่กักเก็บของเขื่อนภูมิพล และตัวแบบพยากรณ์ที่ให้ค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าจริง ดังนั้นในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้จึงได้นำเอาเทคนิคและทฤษฎีสถิติมาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งประกอบไปด้วยวิธีวินเตอร์ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ และวิธีวิเคราะห์การถดถอย ได้สมการพยากรณ์ของแต่ละวิธีดังต่อไปนี้

5.1.1 วิธีวินเตอร์ แบบบวก (Winters' Additive)

วิธีพยากรณ์โดยใช้วิธีของวินเตอร์แบบบวก ที่ให้ค่า MSE ต่ำสุด เมื่อกำหนดค่าคงที่ทำให้เรียบ คือ $\alpha = 0.999$ $\gamma = 0.838$ และ $\beta = 0.997$ มี ตัวแบบเป็นดังนี้

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + SN_t + \varepsilon_t$$

5.1.2 วิธีบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins)

วิธีพยากรณ์โดยใช้วิธีของบอกซ์-เจนกินส์ โดยตัวแบบเป็นดังนี้

$$(1-0.6983\mathrm{B})\times(1+0.0368\mathrm{B}^{12})\times(1-\mathrm{B})\times(1-\mathrm{B})^{12}\hat{Y}_t = 0.51252-(1-1.0202\mathrm{B})\times(1-1.4005\mathrm{B}^{12}+0.5456\mathrm{B}^{24})\,a_t$$

5.1.3 วิธีวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)

วิธีพยากรณ์โดยใช้วิธีของวิธีวิเคราะห์การถดถอย ให้ตัวแบบเป็นดังนี้

$$\hat{Y}_t = 16996.962 - 469.38(TEMP)_t + 5.63(OUT)_t + 2.546(IN)_t$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 วิธีพบว่าวิธีวินเตอร์ให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด (จากตารางผลการวิเคราะห์ที่ 4.6) แสดงว่าเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดจากวิธีอื่นๆที่นำมาเปรียบเทียบ ผลการพยากรณ์ที่ได้จะแม่นยำจะขึ้นอยู่กับจำนวนของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ ความรู้และความชำนาญของผู้ทำการวิเคราะห์ ดังนั้น ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ปริมาณน้ำในเขื่อนภูมิพลที่เก็บกักได้สามารถสรุปผลได้ดัง นี้

ในปี พ.ศ. 2539 จากผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำจริงกับค่าพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีของวินเตอร์ วิธีของบอกซ์-เจนกินส์ และวิธีของสมการถดถอย พบว่า ปริมาณน้ำจริงกับค่าพยากรณ์ 3 วิธี มีค่าใกล้เคียงกันมาก แต่ในช่วงเดือน ต.ค. ถึง ธ.ค. วิธีวิเคราะห์การถดถอยจะให้ค่าต่ำกว่าวิธีของวินเตอร์ และบอกซ์-เจนกินส์ ส่วนผลการเปรียบเทียบค่า APE จากการพยากรณ์ของเขื่อนภูมิพล พบว่าค่า APE ของการพยากรณ์ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยมีค่ามากกว่าวิธีของวินเตอร์ และบอกซ์-เจนกินส์อย่างเห็นได้ชัด แสดงว่าวิธีวิเคราะห์การถดถอยมีประสิทธิภาพ ในการพยากรณ์น้อยที่สุด

ในปี พ.ศ. 2540 จากผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำจริงกับค่าพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีของวินเตอร์ วิธีของบอกซ์-เจนกินส์ และวิธีของสมการถดถอย พบว่า ปริมาณน้ำจริงและปริมาณน้ำที่ได้จากการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี มีค่าใกล้เคียงกันมาก ส่วนผลการเปรียบเทียบ APE จากการพยากรณ์ของเขื่อนภูมิพล พบว่าค่า APE ของการพยากรณ์ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยมีค่ามากกว่าวิธีของวินเตอร์ และบอกซ์-เจนกินส์อย่างเห็นได้ชัด แสดงว่าวิธีวิเคราะห์การถดถอยมีประสิทธิภาพ ในการพยากรณ์น้อยที่สุด

ในปี พ.ศ. 2541 จากผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำจริงกับค่าพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีของวินเตอร์ วิธีของบอกซ์-เจนกินส์ และวิธีของสมการถดถอย พบว่า ปริมาณน้ำจริงและปริมาณน้ำที่ได้จากการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนการเปรียบเทียบ APE จากการพยากรณ์ของเขื่อนภูมิพลในปี พบว่าค่า APE ของการพยากรณ์ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยมีค่ามากกว่าวิธีของวินเตอร์ และบอกซ์-เจนกินส์อย่างเห็นได้ชัดในช่วงเดือน มี.ค. ถึง เม.ย. และในช่วงเดือน พ.ย. ถึง ธ.ค.แสดงว่าวิธีวิเคราะห์การถดถอยมีประสิทธิภาพ ในการพยากรณ์น้อยที่สุด

ในปี พ.ศ. 2542 จากผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำจริงกับค่าพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีของวินเตอร์ วิธีของบอกซ์-เจนกินส์ และวิธีของสมการถดถอย พบว่า ปริมาณน้ำจริงและปริมาณน้ำที่ได้จากการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนผลการเปรียบเทียบ APE จากการพยากรณ์ของเขื่อนภูมิพล พบว่าค่า APE ของการพยากรณ์ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยและวิธีของวินเตอร์ และบอกซ์-เจนกินส์ มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ในช่วงเดือน ม.ค. ถึง มี.ค. และในเดือน พ.ค. มีค่า APE มากกว่าอย่างเห็นได้ชัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปี พ.ศ. 2543 จากผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำจริงกับค่าพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีของวินเตอร์ วิธีของบอกซ์-เจนกินส์ และวิธีของสมการถดถอย พบว่า ปริมาณน้ำจริงและปริมาณน้ำที่ได้จากการพยากรณ์ของวิธีวินเตอร์ และวิธีบอกซ์-เจนกินส์มีค่าใกล้เคียงกันมากส่วนวิธีวิเคราะห์การถดถอยจะให้ค่าที่ต่ำกว่าทั้งสองวิธี ส่วนการเปรียบเทียบ APE จากการพยากรณ์ของเขื่อนภูมิพลในปี พ.ศ. 2543 พบว่าค่า APE ของการพยากรณ์ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยมีค่ามากกว่าวิธีของวินเตอร์ และบอกซ์-เจนกินส์อย่างเห็นได้ชัด แสดงว่าวิธีวิเคราะห์การถดถอยมีประสิทธิภาพ ในการพยากรณ์น้อยที่สุด

การพยากรณ์ข้อมูลปริมาณน้ำในอ่างกักเก็บน้ำของเขื่อนภูมิพล ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539 ถึงปี พ.ศ. 2543 พบว่าวิธีวิเคราะห์การถดถอยให้ค่า MAPE มากที่สุด แสดงให้เห็นว่าเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสม รองลงมาคือ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ และวิธีวินเตอร์ ซึ่งวิธีวินเตอร์เป็นวิธีที่ให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด แสดงว่าสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำกักเก็บของเขื่อนภูมิพลที่ดีที่สุดคือวิธีวินเตอร์

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 จากการศึกษาค้นคว้าสามารถสร้างตัวแบบพยากรณ์ไปใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำที่กักเก็บได้ของเขื่อนภูมิพล ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539 ถึง พ.ศ. 2543 ซึ่งค่าที่ได้แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำที่กักเก็บได้ว่ามีปริมาณ1มากน้อยเพียงใด โดยปริมาณน้ำที่ได้สามารถนำไปคาดการณ์เกี่ยวกับการวางแผนการจัดสรรน้ำ เพื่อให้การจัดสรรน้ำเพียงพอต่อการอุปโภคบริโภค การเกษตร การอุตสาหกรรม ตลอดจนสามารถใช้น้ำตามวัตถุประสงค์ต่างๆ

5.2.2 สำหรับตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณน้ำที่กักเก็บได้ของเขื่อนภูมิพลนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับตัวแบบพยากรณ์ปริมาณน้ำที่กักเก็บได้ของเขื่อนอื่นๆที่ยังไม่ได้ศึกษา เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบวิธีของวินเตอร์โดยวินิจฉัยความเพียงพอเชิงสถิติจากการตรวจสอบคุณสมบัติความคลาดเคลื่อน ซึ่งตัวแบบการพยากรณ์ที่ได้อาจจะมีค่าแตกต่างกันไป และการพยากรณ์ปริมาณน้ำที่กักเก็บได้ในปีต่อๆไปสามารถทำได้โดยการเพิ่มข้อมูลเข้าไป โดยรูปแบบของตัวแบบการพยากรณ์อาจมีการเปลี่ยนแปลงไป

5.2.3 จากการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเฉพาะปริมาณน้ำที่กักเก็บได้ของเขื่อนภูมิพล ผู้ทำการวิจัยมีความเห็นว่า เทคนิคการพยากรณ์มีประโยชน์อย่างมากในการการคาดการณ์ถึงสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งเทคนิคการพยากรณ์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาทางด้านอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล ตั้งแต่เดือนมกราคม
พ.ศ. 2534 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2543

ปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล (ล้าน ลูกบาศก์เมตร)										
เดือน	ปี พ.ศ.									
	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542	2543
ม.ค.	5926	6494	7036	4853	10285	11596	10732	8099	4956	9266
ก.พ.	5545	5961	6584	4644	9809	10921	9870	7449	4604	8723
มี.ค.	4884	5211	5953	4440	8991	9891	8839	6465	4341	8033
เม.ย.	4286	4494	5318	4324	8293	8998	8055	5485	4152	7719
พ.ค.	4109	3996	4867	4404	7891	8466	7147	4994	4577	8095
มิ.ย.	4254	3902	4507	4822	7415	8252	6530	4752	4925	8625
ก.ค.	4242	3951	4240	5490	7441	8157	6254	4734	4977	9013
ส.ค.	4902	4529	4009	7427	8774	8552	6910	4801	5751	9283
ก.ย.	5983	5776	4871	9709	10912	10152	7782	5449	6850	10184
ต.ค.	6798	6935	5289	10481	11944	11132	8815	5511	8059	11083
พ.ย.	6980	7136	5011	10486	12138	11377	8798	5353	9314	11467
ธ.ค.	6824	7149	4976	10456	12027	11253	8557	5232	9506	11319

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ย ณ เขื่อนภูมิพล(ล้านลูกบาศก์เมตร)
ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2534 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2543

ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ย ณ เขื่อนภูมิพล(ล้านลูกบาศก์เมตร)										
เดือน	ปี พ.ศ.									
	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542	2543
ม.ค.	3.5	6.1	0	0	0	0	0	0	0	0
ก.พ.	0	29.9	0	0	0	30.4	0	0	0	40
มี.ค.	0	0	14.7	34.4	0	11.1	53.1	0	0	0
เม.ย.	10.3	4.3	30.3	0	12	98.8	63.1	0	172.6	162
พ.ค.	68	3.3	145.9	258.8	74.3	194.2	38.6	95.7	337.8	0
มิ.ย.	237.9	50.2	12.4	136.8	29.9	190.6	15.1	26	34.4	100.2
ก.ค.	27.8	145.4	57.9	64	95.3	153.6	124.6	39.9	63.4	.0
ส.ค.	185.2	56.2	65.4	94.6	31.5	192	202.2	116.6	96.5	88.6
ก.ย.	107.1	243.4	183.3	30.9	89	392.3	201.6	231.1	153.9	322.1
ต.ค.	317.2	199.3	150.8	41.4	65.4	109.3	57.1	212.2	270.8	0
พ.ย.	15.9	0	0	5.6	21.9	92.1	43.7	26	81.6	0
ธ.ค.	4.9	58.8	0	0	0	0	0	4.2	7.4	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2534 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2543

ปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล (ล้านลูกบาศก์เมตร)										
เดือน	ปี พ.ศ.									
	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542	2543
ม.ค.	52	102	151	32	168	173	166	83	27	115
ก.พ.	21	35	32	12	88	244	99	58	13	96
มี.ค.	0	6	31	62	91	131	115	34	10	62
เม.ย.	0	0	1	84	46	117	124	37	30	189
พ.ค.	41	1	50	253	234	221	51	42	508	696
มิ.ย.	247	31	69	510	170	444	43	20	370	645
ก.ค.	182	143	73	718	337	392	296	100	148	484
ส.ค.	924	611	174	1997	1453	1003	916	262	871	623
ก.ย.	1227	1305	925	2381	2191	2101	1003	690	1168	1096
ต.ค.	863	1208	612	988	1118	1227	1164	137	1232	949
พ.ย.	505	353	164	441	468	734	334	160	1271	518
ธ.ค.	168	351	102	334	243	247	146	48	251	195

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลปริมาณน้ำระบายจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2534 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2543

ปริมาณน้ำระบายจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล (ล้านลูกบาศก์เมตร)										
เดือน	ปี พ.ศ.									
	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542	2543
ม.ค.	372	411	241	138	307	566	648	506	253	318
ก.พ.	351	529	450	185	516	865	908	664	282	593
มี.ค.	571	669	602	220	848	1088	1076	968	219	682
เม.ย.	482	600	553	168	690	952	851	910	162	435
พ.ค.	196	418	435	150	594	709	909	474	37	281
มิ.ย.	87	103	409	75	620	629	626	224	6	86
ก.ค.	183	84	330	38	294	468	559	105	84	76
ส.ค.	254	22	396	46	102	590	246	185	86	333
ก.ย.	135	48	54	81	33	483	115	32	56	175
ต.ค.	35	35	182	195	62	249	114	64	7	28
พ.ย.	309	137	431	413	249	471	332	215	0	110
ธ.ค.	308	323	127	339	328	350	368	146	39	318

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลอุณหภูมิโดยเฉลี่ย ณ เขื่อนภูมิพล(องศาเซลเซียส)
ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2534 ถึง เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2543

อุณหภูมิโดยเฉลี่ย ณ เขื่อนภูมิพล(องศาเซลเซียส)										
เดือน	ปี พ.ศ.									
	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542	2543
ม.ค.	25.5	22.8	23.2	25.1	24.9	23.2	23.2	26.3	25	24.4
ก.พ.	27.3	25.8	25.2	29.6	26.5	25.3	26.3	28.8	27.5	25.7
มี.ค.	31.9	30.1	30	28.9	31.7	30.4	29.5	32.2	31.4	29.1
เม.ย.	32.4	32.4	31.3	31.7	32.8	30.5	29.9	33.1	29.9	29.6
พ.ค.	31.2	31.6	30.1	29.1	29.5	28.8	31.4	31.2	27.7	28.4
มิ.ย.	27.8	28.9	29.5	27.6	29.1	28	30.4	30.3	28.1	28.1
ก.ค.	28.1	27.7	29.3	27.2	28	28.1	28.1	28.9	28.5	27.9
ส.ค.	27.2	27.7	27.9	26.8	27.6	27.6	27.7	28.7	27.3	28.2
ก.ย.	28.3	27.9	27.5	27.8	27.5	27.1	27.6	28.3	27.8	26.9
ต.ค.	26.6	25	26.5	26.1	27.1	26.7	27.4	27.5	26.4	27.1
พ.ย.	24.4	23.6	25.3	24.9	24.9	25.8	26.2	25.8	25.4	24.8
ธ.ค.	23.2	22.3	23	24.4	21.8	22.5	25.7	24.2	21.1	24.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากวิธีวิเคราะห์การถดถอย

1 . แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วนของตัวแปรอิสระ

จากการทดสอบสมมติฐานที่ $\alpha = 0.05$ พบว่าตัวแปรอิสระไม่มีความสัมพันธ์

-- PARTIAL CORRELATION COEFFI CIENTS --

Controlling for.. WATER

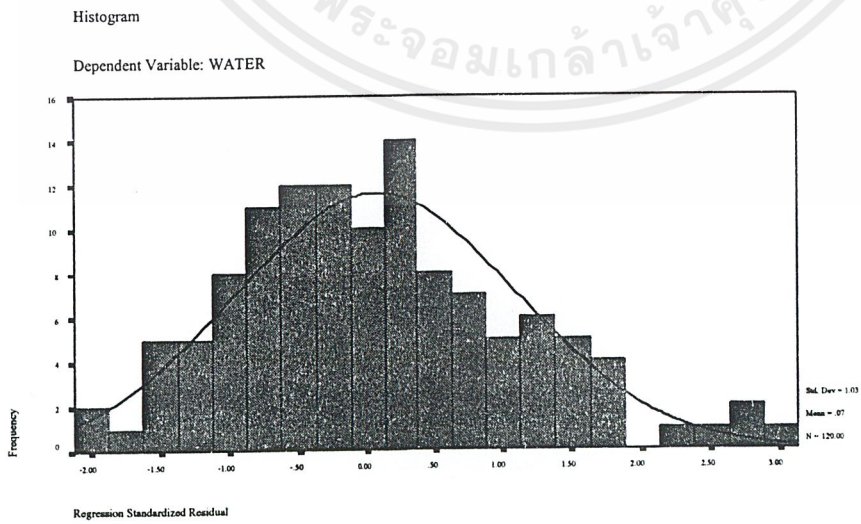
	IN	OUT	RAINFALL	TEMP
IN	1.0000	-.0576	.0483	-.0286
OUT	-.0576	1.0000	-.1024	.0804
RAINFALL	.0483	-.1024	1.0000	.0458
TEMP	-.0286	.0804	.0458	1.0000

* - Signif. LE .05 ** - Signif. LE .01 (2-tailed)

" . " is printed if a coefficient cannot be computed

2 . กราฟแสดงการแจกแจงแบบปกติของค่าคลาดเคลื่อน

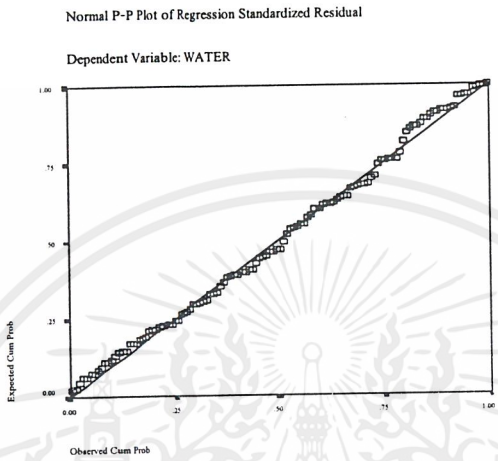
2.1 กราฟการแจกแจงปกติของค่าคลาดเคลื่อน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 กราฟแสดงค่าข้อมูลจริงและค่าคลาดเคลื่อนที่การแจกแจงแบบปกติ

เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าที่คาดไว้จะเป็นเส้นตรง เมื่อค่าคลาดเคลื่อนอยู่รอบๆเส้นตรงอย่างสุ่ม แสดงว่าค่าคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ



2.3 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ด้วย สถิติทดสอบ Kolomogrov-Smirnov

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov[1]		
	Statistic	df	Sig.
Unstandardized Residual	.065	120	.200*

*. This is a lower bound of the true significance.
1. Lilliefors Significance Correction

ผลการทดสอบได้ค่า Kolomogrov-Smirnov = 0.065 ที่มีองศาอิสระ (df) เป็น 120 และได้ค่า Sig.(Significance) = 0.2 ซึ่งมากกว่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

3. ตารางการคัดเลือกตัวแบบด้วยวิธี Forward Elimination

เมื่อพิจารณาค่า Durbin-Watson พบว่ามีค่ามากกว่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่า ค่าคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Model Summary [d]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.412[a]	.169	.162	2125.4344	
2	.572[b]	.328	.316	1920.8301	
3	.763[c]	.582	.571	1520.4779	.492

a. Predictors: (Constant), TEMP

b. Predictors: (Constant), TEMP, OUT

c. Predictors: (Constant), TEMP, OUT, IN

d. Dependent Variable: WATER

Coefficients [a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations		
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part
1	(Constant)	17189.435	2135.560		8.049	.000			
	TEMP	-368.378	77.090	-.412	-4.779	.000	-.412	-.412	-.412
2	(Constant)	19318.536	1974.412		9.784	.000			
	TEMP	-490.760	73.668	-.548	-6.662	.000	-.412	-.534	-.518
	OUT	3.629	.710	.421	5.112	.000	.243	.437	.398
3	(Constant)	16996.962	1588.362		10.701	.000			
	TEMP	-469.380	58.372	-.524	-8.041	.000	-.412	-.608	-.495
	OUT	5.630	.613	.653	9.189	.000	.243	.659	.566
	IN	2.546	.311	.559	8.194	.000	.373	.616	.505

a. Dependent Variable: WATER

4. ตารางการคัดเลือกตัวแบบด้วยวิธี Backward Elimination

เมื่อพิจารณาค่า Durbin-Watson พบว่ามีค่ามากกว่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่า ค่าคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Model Summary[2]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.752[1]	.565	.554	1582.3330	.504

1. Predictors: (Constant), TEMP, IN, OUT
2. Dependent Variable: WATER

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	17916.485	1617.199		11.079	.000	14713.418	21119.551
	IN	2.560	.311	.561	8.225	.000	1.944	3.177
	OUT	5.565	.634	.626	8.778	.000	4.310	6.821
	TEMP	-498.277	59.752	-.541	-8.339	.000	-616.623	-379.932

a. Dependent Variable: WATER

5. ตารางการคัดเลือกตัวแบบด้วยวิธี Stepwise Regression

เมื่อพิจารณาค่า Durbin-Watson พบว่ามีค่ามากกว่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่า ค่าคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน

Model Summary[4]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.412[1]	.169	.162	2125.4344	
2	.572[2]	.328	.316	1920.8301	
3	.763[3]	.582	.571	1520.4779	.492

1. Predictors: (Constant), TEMP
2. Predictors: (Constant), TEMP, OUT
3. Predictors: (Constant), TEMP, OUT, IN
4. Dependent Variable: WATER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	17189.435	2135.560		8.049	.000	12958.096	21420.774
	TEMP	-368.378	77.090	-.412	-4.779	.000	-521.121	-215.634
2	(Constant)	19318.536	1974.412		9.784	.000	15406.107	23230.965
	TEMP	-490.760	73.668	-.548	-6.662	.000	-636.738	-344.783
	OUT	3.629	.710	.421	5.112	.000	2.222	5.035
3	(Constant)	16996.962	1588.362		10.701	.000	13849.201	20144.724
	TEMP	-469.380	58.372	-.524	-8.041	.000	-585.059	-353.701
	OUT	5.630	.613	.653	9.189	.000	4.416	6.844
	IN	2.546	.311	.559	8.194	.000	1.930	3.161

a. Dependent Variable: WATER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

วราภรณ์ เล้ารัตนานุรักษ์. 2542. การพยากรณ์ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ของกรมชลประทาน. คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

หัทยา เชี่ยววัฒกี. 2453. สรุปคำบรรยายวิชาอนุกรมเวลาและดัชนี. คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

วราพร เหลือสินทรัพย์. สรุปคำบรรยายการวิเคราะห์การถดถอย. 2542. คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

วิชิต หล่อจิระชุณห์ สมบูรณ์วัลย์ สัตยารักษ์วิทย์ จิราวัลย์ จิตรถเวช และ อัจฉราวรรณ ปิ่นสุกาญจนะ. 2539. โครงการส่งเสริมเอกสารวิชาการ. สถาบันบัณฑิตพัฒนาบริหารศาสตร์ . กรุงเทพฯ.

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2542. การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

BOVAS ABRAHAM and JOHANNES LEDOLTER. 1983. Statistical Methods for Forecasting. John Wiley &Son.

WILLIAM L.CARLSON and BETTY THORNE. 1997. Applied Statistical Methods. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ – นามสกุล	วสันต์ คลังมนตรี
วัน เดือน ปี เกิด	23 สิงหาคม 2522
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
การศึกษามัธยมต้น	โรงเรียนสุวรรณภูมิพิทยไพศาล
การศึกษามัธยมปลาย	โรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย

ชื่อ – นามสกุล	วีกิต บุญคุณ
วัน เดือน ปี เกิด	12 พฤศจิกายน 2523
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
การศึกษามัธยมต้น	โรงเรียนปานะพันธุ์วิทยา
การศึกษามัธยมปลาย	โรงเรียนโยธินบูรณะ

ชื่อ – นามสกุล	ศักดา บุพอังกูร
วัน เดือน ปี เกิด	5 เมษายน 2523
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
การศึกษามัธยมต้น	โรงเรียนวัดสุทธิวราราม
การศึกษามัธยมปลาย	โรงเรียนวัดสุทธิวราราม

ชื่อ – นามสกุล	สิทธา อำพันทอง
วัน เดือน ปี เกิด	26 กรกฎาคม 2523
สถานที่เกิด	พิษณุโลก
การศึกษามัธยมต้น	โรงเรียนสารวิทยา
การศึกษามัธยมปลาย	โรงเรียนสารวิทยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้