สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตัวแบบสำหรับพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน ในแต่ละภาคของประเทศไทย

นายเจษฎา ขมสวาท
นางสาวอรรยา อุทัยเสวก
นายติวรักษ์ วิริยะพงษ์
นางสาวหทัยชนก นรารักษ์

QA
276.5
.C7
2549

เลขหมู่ 74581
เลขทะเบียน
วัน,เดือน,ปี - 3 ต.ค. 2550

b 11811500
i

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาสถิติประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RAINFALL FORECAST MODEL
IN EACH REGION OF THAILAND

Chetsada Komsawart
Unya Utaisawake
Siwarux Wiriyapong
Hataichanok Nararak

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

Acedemic Year 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษเรื่อง ตัวแบบสำหรับพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนในแต่ละภาคของประเทศไทย

นักศึกษา นายเจษฎา ขมสวาท
นางสาวอรรยา อุทัยเสวก
นายศิวรักษ์ วิริยะพงษ์
นางสาวหทัยชนก นรารักษ์

ภาควิชา สถิติประยุกต์
สาขาวิชา สถิติประยุกต์

ปีการศึกษา 2549

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. น้อมจิต กิตติโชติพาณิชย์

ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ ดร. น้อมจิต กิตติโชติพาณิชย์ กรรมการ อ. สุจิตรา สุคนธมัต กรรมการ รศ. อุมาพร จันทศร	

.....

(ผศ.ดร.มนัส ไพฑูรย์เจริญลาภ)
หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษเรื่อง **ตัวแบบสำหรับพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนในแต่ละภาคของประเทศไทย**

นักศึกษา นายเจษฎา ขมสวาท
นางสาวอรรยา อุทัยเสวก
นายศิวรักษ์ วิริยะพงษ์
นางสาวหทัยชนก นรารักษ์

ภาควิชา **สถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์**
สาขาวิชา **สถิติประยุกต์**
ปีการศึกษา **2549**
อาจารย์ที่ปรึกษา **ดร. น้อมจิต กิตติโชติพาณิชย์**

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของปัญหาพิเศษนี้คือ หาตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนต่อเดือนในแต่ละภาคของประเทศไทย โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ (Multiple Linear Regression Analysis) ในการวิเคราะห์ข้อมูลตัวแปรที่ศึกษาเป็นสารประกอบอุตุนิยมวิทยาในแต่ละภาคของประเทศไทยซึ่งประกอบไปด้วย ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคใต้ฝั่งตะวันออก และภาคใต้ฝั่งตะวันตก ที่เก็บรวบรวมโดยกรมอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2539 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2548 โดยตัวแปรอิสระที่ศึกษามีทั้งสิ้น 33 ตัวแปร เช่น หมอก ฟ้าหลัว จำนวนเมฆในท้องฟ้า จำนวนวันที่มีฝนตก เป็นต้น และตัวแปรตามได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อเดือนในแต่ละภาคของประเทศไทย โดยใช้วิธีการเลือกตัวแปรอิสระ 3 วิธี คือ วิธีลดตัวแปรอิสระ (Backward Elimination Procedure) วิธีเพิ่มตัวแปรอิสระ (Forward Selection Procedure) และวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression Procedure) และเลือกตัวแบบที่ไม่มีปัญหาความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ (Multicollinearity) และมีค่า R^2 สูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Problem	Rainfall Forecast Model in each region of Thailand

Name	**Chetsada Komsawart**
	Unya Uthaisawak
	Siwarux Wiriyapong
	Hataichanok Nararak

Department	**Applied Statistics**
Program	**Applied Statistics**
Academic Year	**2006**
Special Problem Advisor	**Dr. Nomchit Kittichoyipanit**

ABSTRACT

The purpose for this project is to find the appropriate model for forecasting the monthly rainfall observation in each region of Thailand by applying multiple linear regression analysis. Factors used in this project are meteorological elements in each region of Thailand, including; Central, Northern, Northeastern, Eastern, South Eastern and South Western. The dataset was collected by Thai Meteorological Department (TMD) during January 1996 to December 2005. There are 33 independent factors such as fog, dimmy sky, amount of clouds, days of rainfall and dependent factor is monthly rainfall observation in each region. There are 3 methods used for choosing the independent factors; Backward Elimination Procedure, Forward Selection Procedure and Stepwise Regression Procedure. The selected model is the model does not have Multicollinearity and have the highest R^2.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความกรุณาของบุคคลหลายๆฝ่าย ที่ให้ความร่วมมือในการทำปัญหาพิเศษชุดนี้ ซึ่งทางคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณทุกๆท่าน ไว้ ณ ที่นี้คือ

เจ้าหน้าที่ของกรมอุตุนิยมวิทยาทุกท่านที่ให้คำแนะนำและความร่วมมือกับการจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

ดร.น้อมจิต กิตติโชติพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษที่กรุณาให้คำปรึกษาคำแนะนำต่างๆ ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไข จนทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สมบูรณ์

อาจารย์ สุจิตรา สุคนธมัต และ อาจารย์ อุมาพร จันทศร ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ชี้ข้อบกพร่อง และแก้ไขข้อผิดพลาด

คณาจารย์ภาควิชาสถิติประยุกต์ทุกท่านที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทความรู้และให้คำแนะนำต่างๆมาโดยตลอด

คุณพ่อ คุณแม่ของพวกเราทุกคนที่ให้การสนับสนุนและคอยเป็นกำลังใจให้พวกเราเสมอมา

และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติงานคอมพิวเตอร์และเจ้าหน้าที่ฝ่ายธุรการภาควิชาสถิติประยุกต์ที่ช่วยประสานงานและอำนวยความสะดวกให้พวกเราตลอดการทำงาน

นายเจษฎา ขมสวาท
นางสาวอรรยา อุทัยเสวก
นายศิวรักษ์ วิริยะพงษ์
นางสาวหทัยชนก นรารักษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของปัญหาพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับฝน	4
2.2 สารประกอบอุตุนิยมวิทยา (Meteorological elements)	13
2.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	17
2.4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล	41
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน	41
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
4.1 ผลการวิเคราะห์ในการสร้างตัวแบบ สำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคเหนือโดยใช้เทคนิค การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ	44
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการสร้างตัวแบบ สำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการสร้างตัวแบบ
สำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคตะวันออกโดยใช้เทคนิค
การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ 62
4.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการสร้างตัวแบบ
สำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคกลางโดยใช้เทคนิค
การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ 72
4.5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการสร้างตัวแบบ
สำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้ฝั่งตะวันออกโดยใช้เทคนิค
การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ 81
4.6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการสร้างตัวแบบ
สำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้ฝั่งตะวันตกโดยใช้เทคนิค
การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ 91

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิเคราะห์ 103
5.2 ข้อเสนอแนะ 106

เอกสารอ้างอิง (บรรณานุกรม) 107

ภาคผนวก 108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
บทที่ 2	
2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ	24
บทที่ 4	
4.1 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า *VIF* โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบลดตัวแปรอิสระ ของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคเหนือ	44
4.2 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า *VIF* โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระ ของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคเหนือ	47
4.3 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า *VIF* โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระ แบบขั้นตอนของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคเหนือ	50
4.4 ตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการ พร้อมทั้งสัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า $P-value$ ของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคเหนือ	51
4.5 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า *VIF* โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบลดตัวแปรอิสระ ของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	55
4.6 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า *VIF* โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระ ของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ (ต่อ) หน้า

4.7 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง
สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t
และค่า *VIF* โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระ
แบบขั้นตอนของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 61

4.8 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง
สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t
และค่า *VIF* โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบลดตัวแปรอิสระ
ของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคตะวันออก 63

4.9 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง
สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t
และค่า *VIF* โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระ
ของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคตะวันออก 66

4.10 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง
สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t
และค่า *VIF* โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระ
แบบขั้นตอนของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคตะวันออก 69

4.11 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง
สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t
และค่า *VIF* โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบลดตัวแปรอิสระ
ของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคกลาง 73

4.12 ตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการ พร้อมทั้งสัมประสิทธิ์การถดถอย
ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า $P-value$
ของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคกลาง 74

4.13 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง
สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t
และค่า *VIF* โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระ
ของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคกลาง 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ (ต่อ) หน้า

4.14 ตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการ พร้อมทั้งสัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อน มาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า $P-value$ ของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคกลาง 77

4.15 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า VIF โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระ แบบขั้นตอนของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคกลาง 80

4.16 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า VIF โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบลดตัวแปรอิสระ ของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้ฝั่งตะวันออก 82

4.17 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า VIF โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระ ของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้ฝั่งตะวันออก 85

4.18 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า VIF โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระ แบบขั้นตอนของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้ฝั่งตะวันออก 88

4.19 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า VIF โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบลดตัวแปรอิสระ ของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้ฝั่งตะวันตก 92

4.20 ตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการ พร้อมทั้งสัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า $P-value$ ของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้ฝั่งตะวันตก 92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ (ต่อ) หน้า

4.21 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง
สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t
และค่า *VIF* โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระ
ของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้ฝั่งตะวันตก 95

4.22 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง
สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t
และค่า *VIF* โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระ
แบบขั้นตอนของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้ฝั่งตะวันตก 98

4.23 ตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการ พร้อมทั้งสัมประสิทธิ์การถดถอย
ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า $P-value$
ของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้ฝั่งตะวันตก 99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
บทที่ 2	
2.1 แสดงลักษณะของความคลาดเคลื่อนกรณีค่าความแปรปรวนคงที่	36
2.2 แสดงลักษณะของความคลาดเคลื่อนกรณีค่าความแปรปรวนคงเพิ่มขึ้น	37
2.3 แสดงลักษณะของความคลาดเคลื่อนกรณีค่าความแปรปรวนลดลง	37
บทที่ 3	
3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ X ที่ต้องแปลงตัวแปรอิสระเป็น $\ln X$	41
3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ X ที่ต้องแปลงตัวแปรอิสระเป็น X^2 หรือ e^x	42
3.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ X ที่ต้องแปลงตัวแปรอิสระเป็น X^{-1}	42
บทที่ 4	
4.1 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระของภาคเหนือ	45
4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระของภาคเหนือ	46
4.3 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระของภาคเหนือ	48
4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระของภาคเหนือ	49
4.5 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของภาคเหนือ	51
4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของภาคเหนือ	53
4.7 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	56
4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ (ต่อ)	หน้า
4.9 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	59
4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	60
4.11 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระของตะวันออก	64
4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระของภาคตะวันออก	65
4.13 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระของภาคตะวันออก	67
4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระของภาคตะวันออก	68
4.15 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของภาคตะวันออก	70
4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของภาคตะวันออก	71
4.17 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระของภาคกลาง	74
4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการตัวแปรอิสระของภาคกลาง	76
4.19 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระของภาคกลาง	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ (ต่อ)	หน้า
4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระของภาคกลาง	79
4.21 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระของภาคใต้ฝั่งตะวันออก	83
4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระของภาคใต้ฝั่งตะวันออก	84
4.23 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระของภาคใต้ฝั่งตะวันออก	86
4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระของภาคใต้ฝั่งตะวันออก	87
4.25 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของภาคใต้ฝั่งตะวันออก	89
4.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของภาคใต้ฝั่งตะวันออก	90
2.27 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระของภาคใต้ฝั่งตะวันตก	93
4.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระของภาคใต้ฝั่งตะวันตก	94
4.29 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระของภาคใต้ฝั่งตะวันตก	96
4.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระของภาคใต้ฝั่งตะวันตก	97
4.31 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนภาคใต้ฝั่งตะวันตก	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ (ต่อ) หน้า

4.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของภาคใต้ฝั่งตะวันตก 101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหาพิเศษ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย ซึ่งสามารถแบ่งเป็นภาคตามหลักของอุตุนิยมวิทยาได้ 6 ภาคด้วยกันคือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ฝั่งตะวันออก และภาคใต้ฝั่งตะวันตก โดยแต่ละภาคจะมีลักษณะภูมิศาสตร์ และภูมิอากาศที่แตกต่างกันออกไป

การเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศซึ่งมีอิทธิพลต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์และกิจกรรมในด้านต่างๆ อาจจะจำแนกออกได้เป็น 3 ส่วนคือ อุณหภูมิ ฝนและลม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตต่างๆ ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ฝน และลมจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

ดังที่ได้ทราบกันอยู่แล้วว่า " น้ำฝน " เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อเกษตรกรในประเทศไทย เพราะประเทศไทยเป็นประเทศกสิกรรมที่ยังต้องใช้น้ำฝนอยู่ และน้ำฝนเป็นปัจจัยที่จำเป็นมากกว่าปัจจัยอื่นๆ การเพาะปลูกกว่า 80% ยังคงต้องอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก เนื่องจากระบบจัดการน้ำหรือชลประทานยังมีพื้นที่ค่อนข้างจำกัด การปลูกพืชของเกษตรกรจึงต้องมีอัตราเสี่ยงต่อความผันแปรของปริมาณและการกระจายของฝนในแต่ละปี และนอกเหนือจากการใช้ในด้านการเกษตรแล้ว น้ำฝนยังมีประโยชน์ในด้านพลังงาน ด้านอุตสาหกรรม และการชลประทานอีกด้วย

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ได้รับจากฝนที่ตกเป็นประจำทุกปี บางปีมาก บางปีน้อย บางปีก็พอดีไม่แน่นอน ผันแปรไปตามปรากฏการณ์ทางธรรมชาติในแต่ละปี ดังนั้นประเทศไทยจึงต้องประสบกับสภาวะภัยแล้งในปีที่มีฝนตกน้อย และน้ำท่วมในปีที่มีฝนตกมากโดยเฉพาะช่วงที่มีฝนตกหนักติดต่อกันหลายวัน ไม่ว่าจะน้ำท่วมหรือฝนแล้งก็ตามที มักก่อให้เกิดความเสียหายในหลายๆด้านด้วยกัน

เพื่อลดปัญหาและความเสียหายที่เกิดขึ้น อันจะมีผลกระทบต่อผลผลิต สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม หากเราสามารถสร้างตัวแบบพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของประเทศไทยที่เหมาะสมได้แล้ว เราก็สามารถนำมาเป็นเครื่องมือในการประเมินอย่างคร่าวๆเกี่ยวกับการวางแผนในการปลูกพืช และการวางแผนในด้านอื่นๆตามปริมาณฝนในแต่ละภาคได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนต่อเดือนในแต่ละภาคของประเทศไทย

1.3 ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ ต้องการศึกษาเกี่ยวกับตัวแบบสำหรับพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนต่อเดือนในแต่ละภาคของประเทศไทย ซึ่งประกอบไปด้วย ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคใต้ฝั่งตะวันออก และภาคใต้ฝั่งตะวันตก

ข้อมูลที่ศึกษาเป็นข้อมูลรายเดือน ระยะเวลา 10 ปี ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2539 ถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2548 โดยสารประกอบทางอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในการศึกษามีดังนี้

1. หมอก (จำนวนครั้งต่อเดือน)
2. ฟ้าหลัว (จำนวนครั้งต่อเดือน)
3. จำนวนเมฆในท้องฟ้า (เปอร์เซ็นต์)
4. ปริมาณฝนมากที่สุดใน 1 วัน (มิลลิเมตร)
5. ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
6. ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุด (เปอร์เซ็นต์)
7. ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำสุด (เปอร์เซ็นต์)
8. ทัศนวิสัย (กิโลเมตร)
9. ความยาวนานแสงแดด (ชั่วโมง)
10. อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
11. อุณหภูมิอากาศสูงสุดเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
12. อุณหภูมิอากาศต่ำสุดเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
13. อุณหภูมิอากาศสูงสุด (องศาเซลเซียส)
14. อุณหภูมิอากาศต่ำสุด (องศาเซลเซียส)
15. อุณหภูมิยอดหญ้าต่ำสุดเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
16. อุณหภูมิยอดหญ้าต่ำสุด (องศาเซลเซียส)
17. อุณหภูมิน้ำเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
18. อุณหภูมิน้ำสูงสุดเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19. อุณหภูมิน้ำต่ำสุดเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)
20. อุณหภูมิเฉลี่ยที่พื้นดิน (องศาเซลเซียส)
21. อุณหภูมิเฉลี่ยที่ความสูง 5 เซนติเมตร (องศาเซลเซียส)
22. อุณหภูมิเฉลี่ยที่ความสูง 10 เซนติเมตร (องศาเซลเซียส)
23. อุณหภูมิเฉลี่ยที่ความสูง 20 เซนติเมตร (องศาเซลเซียส)
24. อุณหภูมิเฉลี่ยที่ความสูง 50 เซนติเมตร (องศาเซลเซียส)
25. อุณหภูมิเฉลี่ยที่ความสูง 100 เซนติเมตร (องศาเซลเซียส)
26. อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (องศาเซลเซียส)
27. ความเร็วลมเฉลี่ย (เมตรต่อวินาที)
28. ทิศทางลม
29. ลูกเห็บ (ครั้ง)
30. ความกดอากาศ (เฮกโตปาสคาล)
31. น้ำระเหย (มิลลิเมตร)
32. พายุ
33. เดือน
34. ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบว่าปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละภาคของประเทศไทย ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางอุตุนิยมวิทยาใดบ้าง

2. ผลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่ต้องการข้อมูลฝน อาทิ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงหมาดไทย หน่วยงานอื่นๆ และบุคคลทั่วไปที่สนใจ

3. เพื่อที่จะได้นำตัวแบบจำลองการพยากรณ์ไปใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนในแต่ละภาคของประเทศไทย

4. ทำให้ทราบความเป็นไปของสภาวะฝนว่า เกิดขึ้น และเกิดการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรในช่วงแต่ละปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับฝน

2.1.1 การพยากรณ์อากาศ

การพยากรณ์อากาศ ได้แก่ การคาดหมายสภาวะของลมฟ้าอากาศรวมทั้งปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาข้างหน้า ตัวอย่างเช่น การคาดหมายว่าในวันพรุ่งนี้หรืออีกสามวันข้างหน้าลมฟ้าอากาศจะมีลักษณะอย่างไร อาทิเช่น ท้องฟ้ามีลักษณะอย่างไร มีเมฆมากน้อยกี่ส่วน จะมีฝนหรือฝนฟ้าคะนองได้ไหม ลมจะพัดทิศอะไร ด้วยความเร็วขนาดไหน การคาดการณ์ปรากฏการณ์ธรรมชาติเหล่านี้ เรียกว่า " การพยากรณ์อากาศ "

เมื่อต้องการพยากรณ์อากาศบริเวณใด จำเป็นต้องทราบสภาวะของบรรยากาศที่ครอบคลุมบริเวณนั้นว่าประกอบด้วยระบบของของลมฟ้าอากาศเช่นไร และระบบลมฟ้าอากาศเหล่านั้นจะมีการเคลื่อนที่หรือเปลี่ยนแปลงความรุนแรงไปอย่างไร ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นจะก่อให้เกิดลักษณะอากาศประเภทใด

สภาวะของบรรยากาศในบริเวณหนึ่งๆ รู้ได้ด้วยการใช้เครื่องมือทางอุตุนิยมวิทยาตรวจวัด เนื่องจากบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกเรามีความหนาหลายร้อยไมล์ ฉะนั้น การตรวจบรรยากาศจึงต้องทำการตรวจบรรยากาศทั้งที่ผิวโลก และในระดับสูงจากพื้นโลกขึ้นไป เพื่อนำผลการตรวจมาเขียนแผนที่อากาศแบบต่างๆ เช่น พื้นที่อากาศผิวพื้น แผนที่อากาศชั้นบน ฯลฯ ณ ศูนย์พยากรณ์อากาศ ซึ่งเป็นที่รวบรวมผลการตรวจบรรยากาศทั้งที่ระดับพื้นดิน และบรรยากาศในระดับสูงๆ นำมาเขียนแผนที่อากาศต่างๆ เพื่อให้เป็นข้อมูลในการพยากรณ์อากาศ ฉะนั้น การพยากรณ์อากาศจึงประกอบด้วยระบบที่สำคัญๆ ดังนี้

1. ระบบการตรวจอากาศ
2. ระบบสื่อสาร
3. ศูนย์พยากรณ์อากาศ

2.1.2 ข้อมูลทั่วไปของการตรวจอากาศ

บรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย บรรยากาศก่อให้เกิดธรรมชาติและปรากฏการณ์ทางอุตุนิยมวิทยาและมีการเปลี่ยนแปลงเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา ส่วนภูมิอากาศเป็นลักษณะบรรยากาศระยะยาวซึ่งในปัจจุบันมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงที่แตกต่างไปจากอดีตมาก จึงส่งผลกระทบต่อชีวิตและความเป็นอยู่ของมนุษย์รวมทั้งสิ่งมีชีวิตต่างๆ ด้วย ดังนั้นการตรวจวัดสภาพอากาศอย่างเป็นระบบจึงเป็นวิธีการแรกที่จะทำให้เข้าใจถึงสภาวะและความเป็นไปได้ของสภาพอากาศ โดยเฉพาะลักษณะที่ส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ รวมทั้งสภาวะแวดล้อม จึงมีการนำปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่ได้จากการตรวจวัดประเภทต่างๆ นั้นไปศึกษาและวิเคราะห์เพื่อให้ได้การพยากรณ์อากาศและเตือนภัยธรรมชาติ

2.1.3 ระบบการตรวจอากาศ

ในการตรวจอากาศทุกประเทศจะจัดตั้งข่ายสถานีตรวจอากาศ โดยมีเกณฑ์ว่า สถานีแต่ละแห่งไม่ควรอยู่ไกลกันเกินกว่า 150 กิโลเมตรสำหรับสถานีตรวจอากาศบนบก ส่วนสถานีตรวจอากาศชั้นบนอยู่ห่างกันไม่เกิน 300 กิโลเมตร เมื่อรวมสถานีตรวจอากาศของทุกๆประเภทเข้าด้วยกันก็จะได้สถานีตรวจอากาศเป็นตาข่ายครอบคลุมส่วนของโลกที่เป็นพื้นดินสำหรับลมฟ้าอากาศในบริเวณทะเลและมหาสมุทร นอกจากนั้นเครื่องบินพาณิชย์ที่บินระหว่างประเทศยังทำหน้าที่ตรวจอากาศชั้นบนให้อีกด้วย กล่าวได้ว่าทั่วทั้งโลกมีสถานีตรวจอากาศบนบก 8,000 แห่ง สถานีตรวจอากาศทะเลจากเรือ 4,000 ลำ และเครื่องบิน 2,000 ลำ ทำการตรวจอากาศประจำวัน สำหรับประเทศไทยมีสถานีตรวจอากาศบนบก 50 แห่ง นอกจากนั้นในบริเวณที่เป็นป่าดงดิบหรือในมหาสมุทรที่ไม่มีการสัญจรผ่านไปมาก็อาจทราบสภาวะลมฟ้าอากาศโดยวิธีติดตั้งเครื่องมือแบบอัตโนมัติ สามารถทำการตรวจสอบข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ทิศทางความเร็วลม รวมทั้งปริมาณน้ำฝน แล้วรายงานให้ทางสถานีทราบได้ทันทีโดยระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

2.1.4 เวลาในการตรวจอากาศ

ในการตรวจอากาศอุตุนิยมวิทยา สมาชิกขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization : WMO) รวมทั้งประเทศไทย มีมติให้ทำการตรวจอากาศตามเวลามาตรฐาน (Universal Time Co-ordinate : UTC) วันละ 8 เวลา ทุกๆ 3 ชั่วโมง ซึ่งตรงกับเวลาในประเทศไทยคือ 01:00, 04:00, 07:00, 10:00, 13:00, 16:00, 19:00, และ 22:00 นาฬิกา (ยกเว้น การตรวจอากาศชั้นบนที่กำหนดให้มีการตรวจอากาศในเวลา 01:00, 07:00, 13:00, 19:00 นาฬิกา ตามเวลาในประเทศไทย)

2.1.5 สถานีตรวจอากาศ

แบ่งออกได้เป็น 5 ชนิด คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. สถานีเพื่อการพยากรณ์อากาศ (Synoptic Station) หมายถึง สถานีทั้งบนบกและในทะเล แบ่งย่อยออกเป็นสถานีพื้นผิว และสถานีตรวจอากาศชั้นบน

2. สถานีตรวจอากาศประจำวัน (Climatological Stations) ได้แก่ สถานีหลัก และสถานีธรรมดา สถานีฝน และสถานีตรวจเพื่อความมุ่งหมายโดยเฉพาะ

3. สถานีตรวจอากาศเกษตร (Agricultural Meteorological Stations) ได้แก่ สถานีหลัก สถานีธรรมดาหรือสถานีช่วย และสถานีตรวจเพื่อความมุ่งหมาย และสถานีตรวจเพื่อความมุ่งหมายโดยเฉพาะ

4. สถานีตรวจอากาศการบิน (Aeronautical Meteorological Stations)

5. สถานีพิเศษ (Special Stations) ได้แก่ สถานีตรวจอากาศที่ตั้งขึ้นเป็นพิเศษรวมทั้งสถานีที่ทำการตรวจบรรยากาศ เรดาร์ตรวจเมฆและน้ำฝน อุทกวิทยา การตรวจเรดิเอชัน และโอโซน การตรวจสารประกอบอุตุนิยมวิทยาใกล้พื้นดิน การตรวจสารเคมีในบรรยากาศ การตรวจไฟฟ้าในบรรยากาศ การตรวจสิ่งสกปรกในบรรยากาศ และการตรวจเพื่อการพยากรณ์

ข่ายการตรวจเพื่อการพยากรณ์อากาศทั้งหมด ต้องทำการตรวจสารประกอบอุตุนิยมวิทยาดังต่อไปนี้

- ลักษณะอากาศปัจจุบันที่ผ่านมา
- ทิศทางและความเร็วของลม
- จำนวน ชนิด และความสูงของเมฆ
- ทัศนวิสัย
- อุณหภูมิอากาศ
- ความชื้น
- ความกดของบรรยากาศ

สถานีบนบกต้องตรวจสิ่งต่อไปนี้เพิ่มเติม ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศ อุณหภูมิสูงสุด – ต่ำสุด ปริมาณหยาดน้ำฟ้า ลักษณะของพื้นดิน ทิศทางของเมฆ ปรากฏการณ์ธรรมชาติพิเศษ

ณ สถานีที่อยู่ในทะเล (เรือ) ต้องตรวจสารประกอบอุตุนิยมวิทยาเพิ่มเติมดังนี้ คือ ทิศทางเดินเรือและความเร็วของเรือ อุณหภูมิของน้ำทะเล ทิศทางช่วงระยะและความสูงของคลื่น น้ำแข็ง ปรากฏการณ์ธรรมชาติพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 ระบบการสื่อสาร

ระบบการสื่อสารนับว่ามีความสำคัญมากในการรวบรวมข้อมูลจากสถานีต่างๆ ส่งให้ศูนย์พยากรณ์เพื่อทำการวิเคราะห์และสรุปผล ในขณะเดียวกันก็จำเป็นต้องกระจายข่าวพยากรณ์อากาศให้สื่อสารมวลชนได้ทราบทั่วกัน เพราะถ้าการพยากรณ์อากาศไม่ถึงมือผู้ใช้ การพยากรณ์อากาศนั้นก็ไม่มีประโยชน์แต่อย่างใดเลย ในปัจจุบันนี้การติดต่อสื่อสารระหว่างสถานีตรวจอากาศและศูนย์พยากรณ์อากาศใช้วิทยุโทรพิมพ์ (Teletype) และโทรสำเนา (Facsimile) ซึ่งสามารถส่งรายงานได้รวดเร็วมาก สำหรับประเทศไทยเครื่องมือสื่อสารระหว่างสถานีตรวจอากาศ และศูนย์พยากรณ์อากาศใช้เครื่องวิทยุโทรศัพท์ โดยมีศูนย์รวมการสื่อสารอุตุนิยมวิทยาตั้งอยู่ที่กองการสื่อสาร กรมอุตุนิยมวิทยากรุงเทพฯลฯ ศูนย์การสื่อสารจะรวบรวมผลการตรวจอากาศภายในประเทศ และจากประเทศข้างเคียงให้กับศูนย์พยากรณ์อากาศของประเทศ

การพยากรณ์อากาศแบ่งออกเป็น 3 อย่าง โดยถือช่วงเวลาที่พยากรณ์ดังต่อไปนี้ คือ

ก. การพยากรณ์อากาศระยะสั้น ซึ่งเป็นการพยากรณ์อากาศในช่วงเวลาไม่เกิน 48 ชั่วโมง

ข. การพยากรณ์อากาศระยะปานกลาง ซึ่งเป็นการพยากรณ์อากาศในช่วงเวลามานกว่าการพยากรณ์อากาศระยะสั้นแต่ไม่เกิน 1 สัปดาห์

ค. การพยากรณ์อากาศระยะยาว ซึ่งเป็นการพยากรณ์อากาศนานเป็นเดือน หรือพยากรณ์อากาศทั้งฤดู

2.1.7 การพยากรณ์อากาศระยะสั้น

การพยากรณ์อากาศแบบนี้เป็นการพยากรณ์อากาศที่ปฏิบัติกันตามศูนย์พยากรณ์อากาศทั่วๆไป มีวิธีการเป็นขั้นๆดังนี้คือ

1. การเขียนแผนที่ พนักงานเขียนแผนที่ของศูนย์พยากรณ์อากาศ จะเขียนแผนที่อากาศตามแบบที่องค์การอุตุนิยมวิทยาโลกกำหนดขึ้น โดยการเขียนเป็นตัวเลข และสัญลักษณ์ตามตำแหน่งต่างๆที่กำหนดไว้ ตัวเลขและสัญลักษณ์เหล่านี้จะเขียนบนแผนที่ตรงบริเวณที่มีการตรวจอากาศแสดงสภาวะของลมฟ้าอากาศในจังหวัดที่สถานีตรวจอากาศตั้งอยู่บนแผนที่อากาศ แผนที่อากาศเหล่านี้ มีทั้งแผนที่อากาศผิวพื้น แผนที่อากาศชั้นบน และแผนที่อากาศประกอบอื่นๆ

2. การวิเคราะห์แผนที่อากาศต่างๆ ซึ่งเขียนด้วยตัวเลขและสัญลักษณ์เสร็จแล้ว จะถูกส่งให้ผู้วิเคราะห์แผนที่อากาศทำการวิเคราะห์ตามหลักวิชาและวิธีการของแผนที่อากาศประเภทนั้นๆ เมื่อวิเคราะห์เสร็จแล้วก็จะทราบระบบอากาศต่างๆ เช่น บริเวณความกดอากาศสูง ความกดอากาศต่ำ แนวปะอากาศต่างๆเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การพยากรณ์อากาศ แผนที่อากาศระดับต่างๆซึ่งวิเคราะห์แล้ว เป็นเครื่องมือสำหรับผู้พยากรณ์อากาศใช้พิจารณาว่า ระบบอากาศปัจจุบันจะวิวัฒนาการอย่างไรในช่วงเวลาที่จะพยากรณ์ต่อไปข้างหน้า เช่น จะทำการพยากรณ์อากาศในระยะ 24 ชั่วโมงข้างหน้าก็จะต้องพิจารณาว่าเมื่อถึง 24 ชั่วโมงนั้นแล้วระบบอากาศจะเป็นอย่างไร ในการนี้ผู้พยากรณ์จะต้องคาดหมายว่าระบบอากาศจะเคลื่อนที่หรือไม่ เคลื่อนไปทางไหน เคลื่อนช้าหรือเร็วเท่าใด นอกจากนี้จะต้องพิจารณาด้วยว่าระบบอากาศดังกล่าวจะมีกำลังเปลี่ยนแปลงอย่างไร เช่น จะมีกำลังเท่าเดิมหรือทวีกำลังแรงขึ้นหรืออ่อนลง จากการพิจารณาเหล่านี้ผู้พยากรณ์จะเขียนแผนที่พยากรณ์ในระดับต่างๆ สำหรับเวลาที่ต้องการพยากรณ์ว่ามีระบบอากาศอย่างไร แล้วจัดทำเป็นพยากรณ์อากาศให้มีสารประกอบทางอุตุนิยมวิทยาที่เหมาะสม และเพียงพอกับความต้องการในแขนงต่างๆต่อไป

2.1.8 สาเหตุของการเกิดฝน

ฝนที่ตกในประเทศไทยสามารถจำแนกออกตามสาเหตุของการเกิดได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. ฝนภูเขา (Orographic rain) เป็นฝนที่เกิดจากกระแสลมพัดพาเอาความชุ่มชื้นมาปะทะกับภูเขาและถูกผลักดันให้ลอยขึ้นไปตามลาดเขา มวลอากาศนี้จะเย็นลงเมื่อลอยสูงขึ้นไปตามลาดเขาด้วยอัตรา 1 องศาเซลเซียสต่อความสูง 100 เมตร เมื่อมวลอากาศเย็นลงจนถึงจุดหนึ่งแล้วไอน้ำจะกลั่นตัวเป็นเมฆและฝนตกลงมาทางด้านต้นลมของภูเขา (windward side) ฝนประเภทนี้ส่วนมากจะตกเพียงเบาบางทางด้านต้นลมของภูเขา แต่จะมีฝนตกหนักถึงหนักมากถ้ามีลักษณะของกระแสลมวน (cyclonic) กำลังแรงหรือการยกตัวของอากาศขึ้นสู่เบื้องบน (upward motion) อย่างรวดเร็วเข้ามาประกอบด้วย

2. ฝนจากกระแสอากาศไหลลอยขึ้นในแนวดิ่งหรือฝนเนื่องจากความร้อน (Convectional rain) เกิดจากการระเหยของไอน้ำ และไหลลอยขึ้นของกระแสอากาศในแนวดิ่งที่เรียกว่า การพาความร้อน (convection) ซึ่งพื้นโลกได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ฝนประเภทนี้เป็นฝนที่ตกในช่วงเวลาสั้นๆ อาจตกหนักได้แต่ก็หยุดเร็ว และตกเพียงเฉพาะแห่งในบริเวณแคบๆ ไม่กว้างขวาง มักเกิดในช่วงฤดูร้อน ซึ่งตอนกลางคืนท้องฟ้าโปร่งแจ่มใส แต่ตอนกลางวันพื้นดินได้รับความร้อน ทำให้อากาศที่ปกคลุมอยู่เหนือพื้นดินลอยตัวขึ้น และไม่มีเสถียรภาพ (unstable) ประกอบกับลักษณะอากาศในทางดิ่งนั้นค่อนข้างชื้น จึงก่อให้เกิดเมฆทวีมากขึ้นในเวลากลางวัน และมียอดเมฆสูงขึ้นจนกลายเป็นเมฆฝนในตอนบ่ายและค่ำ

3. ฝนจากพายุหมุนเขตร้อน (cyclonic rain) ลักษณะของพายุหมุนเขตร้อนนั้นจะมีลมพัดเวียนเข้าศูนย์กลางคล้ายวงก้นหอยในทิศทวนเข็มนาฬิกาสำหรับพายุที่เกิดในซีกโลกเหนือ (ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พายุที่เกิดในซีกโลกใต้ลมจะพัดเวียนเข้าศูนย์กลางในทิศตามเข็มนาฬิกา) ที่ศูนย์กลางพายุเป็นบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำที่สุด (low pressure cell หรือ disturbance) เมื่อเทียบกับบริเวณใกล้เคียงในระดับเดียวกัน หย่อมความกดอากาศต่ำนี้สามารถเห็นได้ในแผนที่อากาศผิวพื้นมีเมฆขั้นต่ำปกคลุมและมีฝนตกได้ ในระยะแรกที่เริ่มก่อตัวเป็นหย่อมความกดอากาศต่ำจะไม่มีความรุนแรงมากนัก ความเร็วลมที่ศูนย์กลางยังอ่อนและอาจปกคลุมอยู่เหนือบริเวณใดบริเวณหนึ่งได้นานเป็นเวลาหลายวัน ต่อมาเมื่อความกดอากาศที่บริเวณศูนย์กลางลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว มีลมแรงขึ้นมีพลังความร้อนจากการกลั่นตัวของไอน้ำมากขึ้น หย่อมความกดอากาศต่ำนี้จะทวีกำลังแรงขึ้นเป็นพายุดีเปรสชั่น (Tropical depression) โดยถือเอาเกณฑ์ความเร็วลมสูงสุดใกล้บริเวณศูนย์กลางไม่เกิน 34 นอต (63 km/hr) แต่ถ้าพายุยังคงทวีกำลังแรงขึ้นเป็นลำดับ และวัดความเร็วสูงสุดใกล้ศูนย์กลางได้ตั้งแต่ 34-64 นอต (64-118 km/hr) เรียกเป็นพายุโซนร้อน (Tropical storm) และวัดได้ตั้งแต่ 64 นอต ขึ้นไปเรียกพายุไต้ฝุ่น (Typhoon)

4. ฝนจากแนวประทะเขตร้อน (Monsoon Trough) แนวประทะเขตร้อนนี้เป็นแนวปะทะระหว่างอากาศซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ที่คาดไปรอบๆโลกคล้ายกับเป็นอิเควเตอร์ของอากาศ เกิดขึ้นเนื่องจากโลกที่หมุนจากตะวันตกไปตะวันออก และละติจูดต่ำประมาณ 0-30 องศาเหนือและใต้นั้น โลกจะหมุนเร็วกว่าอากาศที่ห่อหุ้มโลกอยู่ จึงเกิดลักษณะลมจากฝ่ายตะวันออกขึ้นเรียกว่าลมสินค้า (trade wind) จากเส้นศูนย์สูตรขึ้นไปทางซีกโลกเหนือเรียกว่า ลมสินค้าตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนในซีกโลกใต้เรียกว่า ลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้ ลมทั้งสองชนิดนี้จะพัดเข้าหากันเป็นแนวตรงเส้นศูนย์สูตร แต่แนวนี้เคลื่อนที่ไปมาได้ตามแนวดิดลิกชั่นของดวงอาทิตย์ ดังนั้นจึงมักเรียกแนวนี้ได้อีกอย่างหนึ่งว่า "แนวสอบเข้าหากันเขตร้อน" (International convergence zone) หรือร่องมรสุม (Monsoon Trough) หรือร่องความกดอากาศต่ำ (low pressure trough) เพราะเป็นแนวที่มีความกดอากาศต่ำ และแบ่งมรสุมออกเป็นสองฝ่าย คือลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือกับลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งชื่อนี้เป็นที่นิยมใช้เรียกกันมากที่สุดในย่านนี้ และมักจะมีฝนตกชุกเพราะมีการยกตัวของอากาศขึ้นสู่เบื้องบน มีการก่อตัวของเมฆก่อให้เกิดสภาพอากาศเลวเป็นบริเวณกว้าง โดยเฉพาะเมื่อมีกระแสมวนอยู่ในแนวนี้ด้วยจะทำให้มีฝนตกหนักได้

การจำแนกการเกิดฝนออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ๆดังกล่าวข้างต้นเป็นการเกิดฝนอย่างกว้างๆทั่วไป แต่ตามความเป็นจริงแล้วยังมีองค์ประกอบอื่นๆ อีกหลายประการ ที่เกิดขึ้นผสมผสานควบคู่กัน หรือสนับสนุนซึ่งกันและกันแล้วทำให้มีฝนตกได้ ที่นับว่าสำคัญและเกิดขึ้นเป็นประจำในประเทศไทยสรุปได้ดังนี้

1. ลมมรสุม ดังได้กล่าวแล้วว่าประเทศไทยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุม 2 ชนิด คือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดจากมหาสมุทรอินเดีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง กลางเดือนตุลาคม นับเป็นช่วงฤดูฝน เพราะมีฝนตกชุกต่อเนื่องในช่วงดังกล่าว โดยเฉพาะถ้าลมมรสุมนี้มีกำลังแรง จะยิ่งมีอิทธิพลต่อฝนมากยิ่งขึ้น ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีกำลังแรงขึ้นนั้นจะสัมพันธ์กันกับความกดอากาศสูงในซีกโลกใต้ซึ่งปกคลุมบริเวณทวีปออสเตรเลีย เมื่อมันมีกำลังแรงจะทำให้ลมที่พัดเวียนออกจากศูนย์กลางข้ามเส้นศูนย์สูตรเป็นลมตะวันตกเฉียงใต้มีกำลังแรงตามไปด้วย

2. คลื่นกระแสลมฝ่ายตะวันตก (Westerly Wave) เป็นคลื่นที่เกิดอยู่ในกระแสลมฝ่ายตะวันตกที่พัดล้อมรอบขั้วโลกเหนือ ที่บริเวณละติจูดกลางจะมีกำลังแรงและเคลื่อนต่ำลงมาได้ในช่วงฤดูหนาวคลื่นนี้จะอ่อนกำลังลง เลื่อนขึ้นไปทางเหนือในฤดูร้อนทางด้านหน้าของคลื่นนี้กระแสลมชั้นบนจะเป็นลมทิศตะวันตกเฉียงใต้ส่วนทางด้านหลังของคลื่น จะเป็นกระแสลมตะวันตกเฉียงเหนือ เมื่อคลื่นอากาศเคลื่อนผ่านลมจะเปลี่ยนทิศทางตะวันตกเฉียงใต้เป็นตะวันตกเฉียงเหนือทันทีถ้าอากาศมีความชื้นเพียงพอ

3. คลื่นกระแสลมฝ่ายตะวันออก (Easterly Wave) ฝนประเภทนี้มีอยู่ในกระแสลมสินค้าเห็นได้ชัดเจนในมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือ ซึ่งเป็นแถบของกระแสลมสินค้าตะวันออกเฉียงเหนือ หรือกระแสลมฝ่ายตะวันออกโดยมีลักษณะเป็นคลื่นในแนวเหนือ-ใต้ แทนที่จะพัดเป็นเส้นตรง จึงเรียกว่า “คลื่นกระแสลมฝ่ายตะวันออก” เคลื่อนมาทางทิศตะวันตกเช่นเดียวกับคลื่นกระแสลมฝ่ายตะวันตกแต่กลับทิศทางกัน

4. หย่อมความกดอากาศต่ำ (Low pressure cell) คือบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำกว่าบริเวณใกล้เคียงในระดับเดียวกัน มีลักษณะกระแสลมวนเข้าสู่ศูนย์กลางในทิศทวนเข็มนาฬิกาดังในหัวห้อพายุหมุนเขตร้อน เพียงแต่ย่อมความกดอากาศต่ำนี้ยังไม่มีกำลังแรงถึงขั้นพายุดีเปรสชั่น แต่สามารถเห็นการหมุนวนของลมได้ในระดับสูง ซึ่งอาจสูงกว่า 1,000 ฟุต และถ้าพิจารณาภาพถ่ายเมฆจากดาวเทียมประกอบจะเห็นเป็นลักษณะกลุ่มเมฆชั้นต่ำปกคลุม แต่เมฆในลักษณะนี้จะยังไม่เห็นการหมุนเวียนเหมือนลักษณะของพายุหมุนเขตร้อน หย่อมความกดอากาศต่ำนี้จะทำให้มีฝนตกหรือตกหนักได้เช่นเดียวกัน

2.1.9 ลักษณะของฝน

ฝนที่ตกลงมานั้นพิจารณาตามกระบวนการเกิดของฝนแล้วสามารถแบ่งออกดังนี้

1. ฝนละออง (Drizzle) เป็นละอองหรือหยดน้ำที่เล็กมากมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 mm หรือเล็กกว่า เกิดจากเมฆตระกูลเมฆแผ่น (Stratiform) คือเมฆสเตรตัส (Stratus) ที่อยู่ในระดับต่ำๆใกล้ผิวพื้น บางครั้งแทบจะสัมผัสกับพื้นดิน(fog) ฝนประเภทนี้แสดงให้เห็นถึงความมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสถียรภาพ (Stable) ของอากาศ ฝนละอองจะมีปริมาณไม่มากนัก และตกมาอย่างเป็นระเบียบ บางครั้งอาจวัดปริมาณไม่ได้ แต่บางครั้งอาจวัดได้ถึง 1 mm/hr โดยเฉพาะชายฝั่งทะเลและภูเขา

2. ฝนซู่ (Shower) เป็นฝนที่ตกในช่วงเวลาสั้นๆ บนเนื้อที่ไม่กว้างขวางมาก เริ่มตกและหยุดได้ในทันทีทันใดและมีการเปลี่ยนแปลงความแรงของฝนอย่างรวดเร็ว ฝนประเภทนี้ตกจากเมฆประเภทเมฆก้อน (Cumuliform)ที่หนา เช่น เมฆคิวมูโลนิมบัส จึงเป็นลักษณะที่แสดงให้เห็นถึงความไม่มีเสถียรภาพ และอาจมีลูกเห็บตกลงมาด้วย ในกรณีที่มีการยกตัวของอากาศขึ้นสู่เบื้องบนอย่างรวดเร็ว โดยทั่วไปหยดน้ำและอนุภาคของแข็งที่ตกลงมาจะมีขนาดใหญ่

3. ฝนตกเป็นระยะๆ (Intermittent rain) เป็นฝนที่ตกไม่ต่อเนื่องกัน โดยตกเป็นระยะๆ ตกแล้วหยุด หยุดแล้วตกอีก ฝนประเภทนี้เกิดจากเมฆแผ่น เช่น อัลโตสเตรตัส (Altostratus) และนิมโบสเตรตัส (Nimbostratus) ที่ปกคลุมฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานกินอาณาเขตกว้าง และมีการยกตัวของอากาศค่อนข้างช้า นอกจากนี้ยังมีลักษณะสำคัญที่แตกต่างจากฝนซู่ คือ ไม่เริ่มต้นและสิ้นสุดอย่างทันทีทันใด และไม่มีการกระจ่างของเมฆจนกว่าฝนประเภทนี้จะหยุดไปโดยสิ้นเชิง ลักษณะของอากาศแบบนี้ปกติจะสัมพันธ์กับแนวประทะอากาศหรือพายุหมุนที่ไม่ได้ผ่านบริเวณนี้โดยตรง

4. ฝนตกอย่างต่อเนื่อง (Continuous rain) เป็นฝนที่ตกต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลานานๆ อาจตกตลอดวันตลอดคืน ฝนหนักบ้าง เบาบ้าง มักเกิดในขณะที่มีพายุหมุนพัดผ่าน หรือลมมรสุมกำลังแรง หรือเวลาที่มีร่องความกดอากาศต่ำกำลังแรงพาดผ่าน

2.1.10 ปริมาณน้ำฝนหรือปริมาณฝน คือ ปริมาณของฝนที่ตกสะสมลงบนพื้นดิน และสามารถวัดได้ด้วยเครื่องวัดฝน สำหรับประเทศไทยรายงานฝนประจำวันเป็นการรายงานจำนวนน้ำฝนที่ตกรวมภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ตั้งแต่ 07.00 น. ของวันหนึ่งไปถึง 07.00 น. ของวันถัดไป โดยมีเกณฑ์กำหนดตามลักษณะของฝนที่ตกในย่านมรสุมไว้ด้วยดังนี้

ฝนวัดจำนวนไม่ได้ (trace)	มีปริมาณฝนไม่ถึง	0.1 mm
ฝนเล็กน้อย (Slight rain)	มีปริมาณฝนตั้งแต่	0.1-10.0 mm
ฝนปานกลาง (Moderate rain)	มีปริมาณฝนตั้งแต่	10.1-35.0 mm
ฝนหนัก (Heavy rain)	มีปริมาณฝนตั้งแต่	35.1-90.0 mm
ฝนหนักมาก (Very heavy rain)	มีปริมาณฝนมากกว่า	90.0 mm

การวัดปริมาณฝนอาจมีการวัดทุกระยะ 3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง หรือ 24 ชั่วโมง แล้วรวบรวมปริมาณฝนตกของแต่ละตำบลที่เป็น 1 วัน 1 สัปดาห์ หรือ 1 เดือน หรือ 1 ปี แล้วแต่ความประสงค์ ที่จะนำเอาไปประกอบการพิจารณาในการดำเนินงานแต่ละอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.11 *เกณฑ์การพยากรณ์ฝน*

ในการพยากรณ์ฝนแต่ละวัน เพื่อให้มีความถูกต้องมากที่สุดจึงได้วางหลักเกณฑ์ในการพยากรณ์ฝนแต่ละวันตามลักษณะพื้นที่ที่ฝนตกไว้ดังนี้

ฝนบางแห่ง (Isolated rainfall)	จะมีฝนตกน้อยกว่า 30% ของพื้นที่
ฝนกระจาย (Scattered rainfall)	จะมีฝนตกมากกว่า 30% ของพื้นที่ แต่ไม่เกิน 60% ของพื้นที่
ฝนกระจายเกือบทั่วไป (Almost widespread rainfall)	จะมีฝนตกมากกว่า 60% ของพื้นที่ แต่ไม่เกิน 80% ของพื้นที่
ฝนทั่วไปหรือฝนบริเวณกว้าง (Widespread rainfall)	จะมีฝนตกมากกว่า 80% ของพื้นที

หมายเหตุ ในทางปฏิบัติจำนวนเปอร์เซ็นต์ให้เป็นหน่วยแค่สิบเปอร์เซ็นต์ ไม่ให้เป็นเศษ

2.1.12 การวัดปริมาณน้ำฝน

จุดประสงค์ของการวัดปริมาณน้ำฝนก็เพื่อจะทราบจำนวนของฝนที่ตกลงจากบรรยากาศ ลงสู่พื้นดิน โดยวัดเป็นความสูงของน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นระดับเรียบ ในที่โล่งแจ้ง ไม่มีอะไรปิดบัง และน้ำฝนที่ตกลงมาไม่มีการระเหย หรือไหลซึมไปไหน การวัดไม่จำเป็นต้องเป็นบริเวณที่ฝนตกลงมาทั้งหมด

เครื่องวัดฝนหรือถังวัดฝน (Rain gauge) เป็นเครื่องวัดฝนแบบธรรมดาที่ใช้กันทั่วไปเป็นถังรูปทรงกระบอก ประกอบด้วยถัง 2 ชั้น ชั้นในเป็นที่รองรับน้ำฝน ปากด้านในของถังใบนอกทำเป็นกรวยให้น้ำฝนไหลลงในถังชั้นใน ครื่องวัดฝนชนิดธรรมดาแบบมาตรฐานมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปากถังชั้นนอกกว้าง 20 เซนติเมตร หรือ 8 นิ้ว ฝนจะตกผ่านปากกระบอกลงไปตามท่อกรวยสู่ภาชนะรองรับน้ำฝนไว้ เมื่อเราต้องการทราบปริมาณน้ำฝนเราก็ใช้ไม้บรรทัดหยั่งความลึกของฝนหรือใช้แก้วตวงที่มีมาตราส่วนแบ่งไว้สำหรับอ่านปริมาณน้ำฝนเป็นนิ้วหรือเป็นมิลลิเมตร

สำหรับประเทศไทยวันที่มีฝนตก ณ แห่งใด หมายความว่า มีปริมาณฝนตกที่นั่นอย่างน้อย 0.1 มิลลิลิตรขึ้นไป เพราะฉะนั้นในเดือนที่มีฝนตกโดยมีจำนวนวันฝนตกเท่ากัน ก็ไม่จำเป็นจะต้องมีปริมาณน้ำฝนเท่ากัน และควรจะทราบด้วยว่าเมื่อทราบความสูงของน้ำฝน ณ ที่ใดแล้ว ก็อาจประมาณจำนวนลูกบาศก์เมตรของน้ำฝนได้ถ้าทราบเนื้อที่ของบริเวณที่มีฝนตก

เครื่องวัดน้ำฝนมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน เช่น

- เครื่องวัดฝนแบบธรรมดา หรือแบบแก้วตวง (Ordinary Raingage)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เครื่องวัดฝนแบบบันทึก (Recording Raingage) เป็นชนิดที่มีปากกาเขียนด้วยหมึก สำหรับบันทึกปริมาณน้ำฝนไว้เป็น 24 ชั่วโมง หรือตลอดสัปดาห์ หรือนานกว่านี้ ซึ่งมีทั้งแบบชั่ง (Weighing Raingage) และแบบกาลักน้ำ (Siphon Raingage)

2.2 สารประกอบอุตุนิยมวิทยา (Meteorological elements)

2.2.1 การตรวจอากาศ หมายถึง การตรวจวัดปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของลมฟ้าอากาศ เราเรียกปัจจัยเหล่านี้ว่า สารประกอบอุตุนิยมวิทยา (Meteorological elements) สารประกอบอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในการตรวจวัดแบ่งออกเป็น 9 ปัจจัยหลักๆ ดังนี้

1. ความกดอากาศ (Atmospheric pressure)
2. อุณหภูมิ (Temperature)
3. ความชื้นอากาศ (Humidity)
4. การระเหยของน้ำ (Evaporation)
5. ลม (Wind)
6. เมฆ (Cloud)
7. น้ำฟ้า (Precipitation)
8. พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar radiation)
9. ทัศนวิสัย (Visibility)

2.2.2 ความกดอากาศ (Atmospheric pressure)

ความกดอากาศ คือ แรงกดอากาศซึ่งเกิดจากมวลอากาศ และแรงเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางของโลกกดลงพื้นผิวโลก กล่าวคือ บรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกซึ่งมีน้ำหนักมากถูกแรงดึงดูดของโลกดึงสู่ศูนย์กลางของโลก จึงมีผลให้เกิดเป็นแรงกดกระจายบนพื้นผิวโลก หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่า " ความกดอากาศ คือ แรงที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ " แต่ค่าความกดอากาศจะไม่เท่ากันทุกจุดของพื้นโลก ด้วยสาเหตุ 2 ประการ คือ รูปร่างของโลกซึ่งมีผิวขรุขระสูงต่ำไม่เหมือนกันและภูมิอากาศทั่วโลกไม่เท่ากัน เครื่องมือที่ใช้วัดความกดอากาศเรียกว่า " บาโรมิเตอร์ (Barometor) "

2.2.3 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิ หมายถึง ระดับหรือสถานะความร้อนหรือความเย็นของวัตถุหรือสสาร การที่วัตถุมีความร้อนหรือความเย็นต่างกันนั้น มีสาเหตุเนื่องมาจากวัตถุนั้นมีพลังงานที่ได้จากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลื่อนไหวหรือสั่นสะเทือนของอณูที่ประกอบขึ้นเป็นวัตถุนั้นแตกต่างกัน นั่นคือ อุณหภูมิเป็นค่าเฉลี่ยของความเร็วที่วัดได้จากการเคลื่อนที่ของอณู หน่วยที่ใช้วัดอุณหภูมิคือ

องศาเซลเซียส (Celsius : C)

ฟาเรนไฮท์ (Fahrenheit : F)

ในการตรวจอากาศกำหนดให้ทำการตรวจวัดอุณหภูมิตามประเภทของการตรวจ ดังนี้

อุณหภูมิอากาศ (Free air temperature)

อุณหภูมิสูงสุดอากาศ (Maximum temperature)

อุณหภูมิต่ำสุดอากาศ (Minimum temperature)

อุณหภูมิต่ำสุดยอดหญ้า (Grass minimum temperature)

อุณหภูมิดิน (Soil temperature) 6 ระดับความลึก คือ 0 (ผิวพื้น), 5, 10, 20, 50 และ 100 ซม.

อุณหภูมิน้ำ (Float maximum-minimum temperature)

อุณหภูมิอากาศ 7 ระดับความสูง ได้แก่ 5, 10, 20, 50, 100, 200, และ 400 ซม.

2.2.4 ความชื้นอากาศ (Atmospheric humidity)

ความชื้นอากาศ คือ ไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศเหนือพื้นผิวโลก ตามปกติอากาศในธรรมชาติจะมีไอน้ำปนอยู่โดยเฉลี่ยประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักจำนวนไอน้ำในอากาศเพิ่มขึ้นโดยการระเหยของน้ำและการคายน้ำของพืช (Evapotranspiration) จำนวนไอน้ำในอากาศลดลงโดยการกลั่นตัวของไอน้ำเกิดขึ้นเป็น เมฆ หมอก และน้ำค้าง ไอน้ำในอากาศเป็นองค์ประกอบที่สำคัญยิ่งในบรรยากาศ เนื่องจากไอน้ำในอากาศเป็นปัจจัยที่ควบคุมการระเหยและคายน้ำของพืช ความชื้นอากาศมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) และกำหนดให้ตรวจวัดความชื้นอากาศตามประเภทการตรวจดังนี้

ความชื้นสัมพัทธ์อากาศปกติ

ความชื้นสัมพัทธ์ที่ระดับความสูง 5, 10, 20, 50, 100, 200, และ 400 เซนติเมตร

2.2.5 การระเหยของน้ำ (Evaporation)

การระเหยของน้ำเป็นการเพิ่มไอน้ำให้แก่อากาศ ด้วยการเปลี่ยนสถานะของน้ำจากรูปของเหลวให้ไปอยู่ในรูปของไอน้ำ อาจจะระเหยไปได้โดยตรงจากผิวน้ำ หรืออาจระเหยมาจากผิวดินที่ยังมีปริมาณน้ำที่สามารถจะระเหยได้ การระเหยของน้ำจะเกิดขึ้นได้เร็วหรือช้าขึ้นกับปัจจัยหลักดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar radiation) เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดของการระเหยของน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นปัจจัยขั้นพื้นฐานที่ทำให้เกิดพลังงานรูปอื่นๆ

2. อุณหภูมิผิวน้ำหรือผิวดิน มีผลต่อการระเหยของน้ำกล่าวคือ อุณหภูมิสูงทำให้น้ำระเหยเร็วขึ้น และเมื่ออากาศมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น อากาศนั้นจะเพิ่มการรับไอน้ำไว้ได้มากขึ้น

3. ความแตกต่างของแรงดันไอน้ำในอากาศกับผิวน้ำ (Vapor pressure gradient) ถ้าในอากาศมีไอน้ำน้อย อากาศจะมีความแตกต่างของแรงดันไอน้ำมาก น้ำก็จะระเหยได้มาก

4. ลม (Wind) คือ อากาศที่เคลื่อนย้ายถ่ายเทมีผลต่อการพาเอาไอน้ำจากแหล่งหนึ่งไปสู่อีกแหล่งหนึ่ง และมีผลโดยตรงต่อการระเหยของน้ำ

หน่วยวัดการระเหยของน้ำ ได้แก่ เซนติเมตร มิลลิเมตร นิ้ว

2.2.6 ลม (Wind)

ลม หมายถึง อากาศที่เคลื่อนไหวตามแนวนอน ซึ่งเกิดขึ้นได้เนื่องจากการสูญเสียความสมดุลทางธรรมชาติของอากาศ กล่าวคือ อากาศได้รับพลังงานเข้ามาในระบบไม่เท่ากัน เป็นผลทำให้อากาศร้อนขึ้นและขยายตัวไม่เท่ากัน อากาศบริเวณที่ร้อนกว่าจะขยายตัวและลอยตัวสูงขึ้นทำให้บริเวณนั้นมีอากาศเบาบาง ความกดอากาศต่ำ (Low pressure area) อากาศบริเวณข้างเคียงซึ่งได้รับพลังงานน้อยกว่า เย็นกว่า และมีความหนาแน่นมากกว่าจะเคลื่อนที่เข้ามาแทนที่ ทำให้เกิดลมพัด การตรวจวัดลมจะได้ 3 ค่า คือ

1. ความเร็วลม (Wind speed or Force) มีหน่วยวัด ดังนี้
   น็อต (หรือ ไมล์ทะเล ต่อ ชั่วโมง)
   เมตร ต่อ วินาที
   กิโลเมตร ต่อ ชั่วโมง
   ไมล์ ต่อ ชั่วโมง
   ฟุต ต่อ วินาที

2. ทิศทางลม (Wind direction) มีหน่วยเป็น องศา โดยนับทิศเหนือจริงเป็นหลักจาก 0 – 360 องศา

3. ระยะทางลม (Wind run) มีหน่วยเป็น กิโลเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7 เมฆ (Cloud)

เมฆ คือ กลุ่มละอองน้ำ (Droplets) ที่รวมตัวกันเป็นปริมาณมากลอยอยู่ในอากาศเหนือพื้นดินและสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ละอองน้ำเหล่านี้อาจมีสถานะเป็นเม็ดน้ำหรือน้ำแข็ง เมฆเป็นปัจจัยหนึ่งของฟ้าอากาศที่แสดงการเปลี่ยนแปลงทางฟิสิกส์ของบรรยากาศอย่างชัดเจน ความถูกต้องในการตรวจลักษณะ (ชนิด) และจำนวนเมฆจะช่วยในการวิเคราะห์ลมฟ้าอากาศ ตลอดจนการพยากรณ์อากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ การตรวจเมฆจะทำได้ 3 ค่า คือ

1. ชนิดเมฆ
2. ความสูงเมฆ
3. จำนวนเมฆในท้องฟ้า

2.2.8 น้ำฟ้า (Precipitation)

น้ำฟ้า คือ ปรากฏการณ์ที่เมืดน้ำในอากาศ (Droplets) ตกลงสู่พื้นด้วยรูปร่างและสถานะแตกต่างกัน เช่นของเหลว หรือ ของแข็ง ประเทศไทยมีการตรวจวัดน้ำฟ้าลักษณะต่างๆ กัน คือ

ฝน (Rain) หน่วยวัดเป็นมิลลิเมตร หรือ นิ้ว
น้ำค้าง (Dew) หน่วยวัดเป็นมิลลิเมตร
น้ำค้างแข็ง (Frost) (แม่คะนิ้ง หรือ แม่คะนิ้ง)
ลูกเห็บ (Hail)
หมอก (Fog)

2.2.9 พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar radiation)

1. ความเข้มแสงอาทิตย์ (Intensity of solar radiation) โดยปกติแล้วพลังงานที่มีในโลกเรานี้มีมากกว่า 99% เป็นพลังงานที่ได้มาจากแสงอาทิตย์ (Solar radiation) มีเพียงส่วนน้อย (น้อยกว่า 1%) เป็นพลังงานที่ได้มาจากภายในโลกและจากสารกัมมันตภาพรังสี (Radio isotope) พลังงานจากดวงอาทิตย์ดังที่กล่าวนี้เป็นพลังงานที่โลกได้รับมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic wave) และ 99% เป็นคลื่นสั้น (Short wave radiation) ที่สามารถให้พลังงานได้มาก พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่โลกได้รับ ณ พื้นผิวดินทั้งหมด เรียกว่า Insulation และโลกได้นำเอาไปใช้ในขบวนการต่างๆ ดังนี้

ใช้ในขบวนการสังเคราะห์แสง
ใช้ในขบวนการเพิ่มอุณหภูมิดิน
ใช้ในขบวนการเพิ่มอุณหภูมิอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ใช้ในการระเหยของน้ำ

ขบวนการต่างๆ ดังกล่าว จะเกิดขึ้นได้มากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความเข้มแสงอาทิตย์ (Solar radiation intensity) ที่ตกลงบนพื้นผิวของวัตถุนั้นๆมีหน่วยวัด คือ แคลลอรี่ต่อตารางเซนติเมตรต่อนาที หรือ จูลต่อตารางเซนติเมตรต่อนาที หรือ เอิกต่อตารางเซนติเมตรต่อนาที

2. ความยาวนานแสงแดด (Sunshine duration) เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำการตรวจวัด เพื่อให้ได้ข้อมูลแสงแดดในวันหนึ่งๆว่ามีจำนวนเท่าใด ทั้งนี้ เพราะจำนวนแสงแดดในแต่ละวันมีไม่เท่ากัน เนื่องจากแสงอาทิตย์ถูกบดบังด้วยเมฆ หรือหมอกในบางช่วง หน่วยที่ใช้ในการวัดความยาวนานแสงแดด คือ ชั่วโมงต่อวัน

2.2.10 ทัศนวิสัย (Visibility)

ทัศนวิสัย คือ เกณฑ์การมองเป้าหมายที่เป็นวัตถุ ซึ่งมีระยะไกลที่สุดที่สามารถมองเห็นได้ด้วยสายตาปกติ วัตถุที่เป็นเหมายนั้นควรเป็นสีดำและมีขนาดพอสมควร หน่วยที่ใช้ในการตรวจวัดทัศนวิสัย คือ เมตร หรือ กิโลเมตร

2.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.3.1 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis)

เป็นการศึกษาว่าลักษณะสองลักษณะของประชากร ที่แทนด้วยตัวแปรสองตัวแปรได้แก่ X และ Y มีความสัมพันธ์กันแบบเส้นตรงหรือไม่ และถ้าหากมีความสัมพันธ์กันแบบเส้นตรงแล้ว ขนาดของความสัมพันธ์นั้นมีมากน้อยเพียงใด รวมทั้งมีทิศทางเดียวกันหรือไม่ โดยที่ตัวแปรสุ่ม X และ Y ต้องมีการแจกแจงแบบปกติ ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson ซึ่งใช้กับข้อมูลที่วัดด้วยช่วงสเกลขึ้นไปและตัวแปรทั้งสองตัวจะต้องมีการแจกแจงแบบปกติ โดยจะแทนความสัมพันธ์นั้นด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ของประชากรซึ่งจะใช้สัญลักษณ์ ρ โดยมีสูตรดังนี้

$$\rho = \frac{COV(X,Y)}{\sqrt{V(X)V(Y)}}$$

โดยที่ ρ เป็นสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสุ่ม X และ Y ของประชากร โดยมีค่าตั้งแต่ -1 ถึง 1

74581

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$COV(X,Y)$ เป็นความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรสุ่ม X และ Y ของประชากร

V(X) และ V(Y) เป็นความแปรปรวนของตัวแปรสุ่ม X และ Y ของประชากรตามลำดับ แต่เนื่องจากไม่ทราบค่า ρ จึงใช้ r เป็นตัวประมาณค่า ρ โดยมีสูตรดังนี้คือ

$$r = \frac{\sum (X-\bar{X})(Y-\bar{Y})}{\sqrt{\sum (X-\bar{X})^2 \sum (Y-\bar{Y})^2}} = \frac{\sum xy}{\sum x^2 \sum y^2}$$

เมื่อ $x = (X-\bar{X})$ และ $y = (Y-\bar{Y})$

โดยที่

1. เครื่องหมายของ r บอกทิศทางของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X และ Y นั่นคือ ถ้า r มีค่าน้อยกว่า 0 แสดงว่า X และ Y มีความสัมพันธ์ทางตรงข้าม กล่าวคือเมื่อ X มีค่าเพิ่มขึ้น ค่าของ Y จะลดลง ถ้า r มีค่ามากกว่า 0 แสดงว่า X และ Y มีสหสัมพันธ์ทางเดียวกัน กล่าวคือเมื่อ X มีค่าเพิ่มขึ้น Y จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

2. ขนาดของ r จะบอกว่าตัวแปร X และ Y มีความสัมพันธ์กันแบบเส้นตรงมากหรือน้อยเพียงใด ถ้า $|r|$ มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแปร X และ Y มีความสัมพันธ์กันแบบเส้นตรงสูงมาก ในทางกลับกันถ้า $|r|$ มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าตัวแปร X และ Y มีความสัมพันธ์กันแบบเส้นตรงน้อยมาก

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่าง r ภายใต้สมมติฐาน $H_0 : \rho = 0$ จะมีการแจกแจงใกล้เคียงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และค่าความแปรปรวนเป็น σ_r^2 และเนื่องจาก σ_r^2 ไม่ทราบค่า ดังนั้นในการทดสอบสมมติฐานจึงใช้สถิติทดสอบ คือ

$$t = \frac{r}{s_r} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad \text{ซึ่ง} \quad s_r^2 = \frac{1-r^2}{n-2}$$

โดยที่ $t \sim t_{(n-2)}$ และตั้งสมมติฐานได้ดังนี้คือ

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_1 : \rho \neq 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เขตปฏิเสธสมมติฐาน H_0 จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้า $t < -t_{1-\alpha/2;n-2}$ หรือ $t > t_{1-\alpha/2;n-2}$
หรือกล่าวว่าจะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้า $|t| > t_{1-\alpha/2;n-2}$

ก. ถ้ายอมรับสมมติฐาน H_0 แสดงว่าตัวแปร X และ Y ไม่มีความสัมพันธ์กันแบบเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญ

ข. ถ้าปฏิเสธสมมติฐาน H_0 แสดงว่าตัวแปร X และ Y มีความสัมพันธ์กันแบบเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญ

2.3.2 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ (Multiple Linear Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ เป็นวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ในกรณีที่มีตัวแปรหนึ่งเกี่ยวข้องกับตัวแปรอื่นๆหลายตัว โดยการวิเคราะห์การถดถอยจะกำหนดตัวแปรที่สนใจศึกษาความผันแปรเป็นตัวแปรตาม และตัวแปรตัวอื่นที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามเป็นตัวแปรอิสระ โดยตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุจะเขียนได้เป็นฟังก์ชันเส้นตรงของพารามิเตอร์ (β_j) ดังนี้

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

โดยที่ $i = 1,2,\ldots,N$ และ $j = 1,2,\ldots,k$

เมื่อ Y_i คือ ค่าสังเกตที่ i ของตัวแปรตามของประชากร

X_{ji} คือ ค่าสังเกตที่ i ของตัวแปรอิสระที่ j ของประชากร

β_0 คือ จุดตัดแกน Y หรือค่าของตัวแปรตาม Y เมื่อไม่มีอิทธิพลของตัวแปรอิสระ $X_1, X_2, \ldots, X_k$

β_j คือ สัมประสิทธิ์การถดถอยบางส่วน (Partial Regression Coefficient) ที่ j ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม Y เมื่อตัวแปรอิสระ X_{ji} เปลี่ยนไป 1 หน่วย โดยกำหนดให้ตัวแปรอิสระอื่นๆคงที่ โดยทั่วไปจะเรียกค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยแทนสัมประสิทธิ์การถดถอยบางส่วน

ε_i คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ i

ซึ่งตัวแบบสมการนี้จะเรียกว่าตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ (Multiple Linear Regression model) ของประชากร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อกำหนดของความคลาดเคลื่อนมีดังนี้

1. ε_i มีการแจกแจงแบบปกติ
2. ε_i มีค่าคาดหมาย (Expected value) เป็น 0 นั่นคือ $E(\varepsilon_i) = 0$
3. ε_i มีความแปรปรวนคงที่นั่นคือ $V(\varepsilon_i) = \sigma^2$
4. ค่า ε_i และ ε_j สำหรับ $i \neq j$ ต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน นั่นคือ $COV(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$

2.3.3 การประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบการถดถอย

จะประมาณค่า Y_i ด้วย $\hat{Y}_i$ ซึ่งหาได้จากสมการ

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 X_{1i} + b_2 X_{2i} + \ldots\ldots b_k X_{ki} \quad , \quad i = 1,2,3\ldots\ldots n$$

และสมการนี้เรียกว่าสมการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุของตัวอย่างสุ่ม โดยที่ $\hat{Y}_i$ เป็นค่าประมาณของ Y_i และ $b_0, b_1, b_2 \ldots\ldots b_k$ เป็นค่าประมาณของ $\beta_0, \beta_1, \beta_2 \ldots\ldots \beta_k$ ตามลำดับ

ในการหาตัวประมาณค่า $b_0, b_1, b_2 \ldots\ldots b_k$ ของพารามิเตอร์ $\beta_0, \beta_1, \beta_2 \ldots\ldots \beta_k$ จะหาโดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Method of Least Squares) ซึ่งเป็นวิธีการที่ทำให้ผลบวกของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองมีค่าต่ำที่สุด หรือ $\sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i^2$ หรือ $\sum_{i=1}^{n} (Y_i - \hat{Y}_i)^2$ มีค่าน้อยที่สุด และตัวประมาณค่า $b_0, b_1, b_2 \ldots\ldots b_k$ ที่หาได้ด้วยวิธีนี้จะเป็นตัวประมาณค่าที่ดีที่สุดของพารามิเตอร์ $\beta_0, \beta_1, \beta_2 \ldots\ldots \beta_k$ นั่นคือเป็นตัวประมาณค่าที่มีคุณสมบัติเป็นตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียงและมีความแปรปรวนต่ำสุด (Best Linear Unbiased Estimator : BLUE) แต่เนื่องจากค่า ε_i นั้นไม่ทราบค่าจึงใช้ $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$ เรียกว่า ตัวเศษเหลือ (residual) ประมาณค่า ε_i ซึ่งจะได้ว่า

$$e_i = Y_i - (b_0 + b_1 X_{1i} + \ldots + b_k X_{ki})$$

และ

$$\sum_{i=1}^{n} e_i^2 = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - b_0 - b_1 X_{1i} - \ldots - b_k X_{ki})^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเป็นค่าผลบวกกำลังสองของผลต่างของค่าสังเกตกับค่าประมาณ โดยตัวประมาณค่า $b_0, b_1, b_2 \ldots\ldots\ldots b_k$ นี้จะทำให้ $\sum_{i=1}^{n} e_i^2$ มีค่าต่ำสุด ซึ่งจะหาได้ดังนี้

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^{n} e_i^2}{\partial b_0} = -2\sum_{i=1}^{n}(Y_i - b_0 - b_1 X_{1i} - \ldots. - b_k X_{ki}) = 0$$

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^{n} e_i^2}{\partial b_1} = -2\sum_{i=1}^{n} X_{1i}(Y_i - b_0 - b_1 X_{1i} - \ldots. - b_k X_{ki}) = 0$$

$$\vdots \qquad\qquad \vdots$$

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^{n} e_i^2}{\partial b_k} = -2\sum_{i=1}^{n} X_{ki}(Y_i - b_0 - b_1 X_{1i} - \ldots. - b_k X_{ki}) = 0$$

นั่นคือถ้ามีตัวแปรอิสระ k ตัวในสมการจะได้สมการปกติ (Normal equation) จำนวน k+1 สมการ ดังต่อไปนี้

$$nb_0 + b_1\sum_{i=1}^{n} X_{1i} + b_2\sum_{i=1}^{n} X_{2i} + \ldots.. + b_k\sum_{i=1}^{n} X_{ki} = \sum_{i=1}^{n} Y_i \qquad (1)$$

$$b_0\sum_{i=1}^{n} X_{1i} + b_1\sum_{i=1}^{n} X_{1i}^{\ 2} + b_2\sum_{i=1}^{n} X_{1i}X_{2i} + \ldots.. + b_k\sum_{i=1}^{n} X_{1i}X_{ki} = \sum_{i=1}^{n} X_{1i}Y_i \qquad (2)$$

$$b_0\sum_{i=1}^{n} X_{2i} + b_1\sum_{i=1}^{n} X_{2i}X_{1i} + b_2\sum_{i=1}^{n} X_{2i}^2 + \ldots.. + b_k\sum_{i=1}^{n} X_{2i}X_{ki} = \sum_{i=1}^{n} X_{2i}Y_i \qquad (3)$$

$$\vdots$$

$$b_0\sum_{i=1}^{n} X_k + b_1\sum_{i=1}^{n} X_k X_1 + b_2\sum_{i=1}^{n} X_k X_2 + \ldots.. + b_k\sum_{i=1}^{n} X_k^{\ 2} = \sum_{i=1}^{n} X_k Y_i \qquad (k+1)$$

ตัวประมาณ $b_0, b_1, b_2 \ldots\ldots\ldots b_k$ จะหาได้โดยการแก้สมการปกติ

โดยทั่วไปในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุจะใช้เมตริกซ์เป็นเครื่องมือ ซึ่งทำให้การวิเคราะห์สะดวกมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

$\underline{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix}$ $\underline{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \varepsilon_0 \\ \varepsilon_1 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$ $\underline{b} = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ \vdots \\ b_k \end{bmatrix}$

โดยที่ $\underline{Y}$ เป็นเวกเตอร์ขนาด n ของตัวแปรตาม

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

$\underline{\varepsilon}$ เป็นเวกเตอร์ขนาด $n+1$ ของค่าความคลาดเคลื่อน

$\underline{b}$ เป็นตัวแปรสุ่มขนาด $k+1$ ของตัวประมาณของพารามิเตอร์

และ $\underline{X}$ เป็นเมตริกซ์ขนาด $n \times (k+1)$ ของตัวแปรอิสระ ดังนั้นตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุสามารถเขียนในรูปเมตริกซ์ได้ดังนี้

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

และข้อกำหนดของ $\underline{\varepsilon}$ สามารถเขียนได้ดังนี้

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

ซึ่งหมายความว่า $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \cdots \varepsilon_n$ มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย 0 และความแปรปรวน σ^2 และเป็นอิสระกัน ซึ่งสมการปกติในเทอมของเมตริกซ์จะเขียนได้ดังนี้

$$\underline{X}'\underline{X}\underline{b} = \underline{X}'\underline{Y}$$

การแก้สมการหา $\underline{b}$ จะสมมติว่าหาเมตริกซ์ผกผันของเมตริกซ์ $(\underline{X}'\underline{X})$ ได้ ซึ่งเป็นจริงโดยทั่วไปในทางปฏิบัติ เพราะฉะนั้นตัวประมาณแบบกำลังสองน้อยที่สุดคือ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 การทดสอบสมมติฐาน

การทดสอบสมมติฐานนี้จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) เป็นเครื่องมือในการทดสอบ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน มีแนวความคิดพื้นฐานในการทดสอบคือ เปรียบเทียบค่าความผันแปรที่อธิบายได้ด้วยสมการการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ กับค่าความผันแปรที่อธิบายไม่ได้ด้วยสมการการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างค่าทั้งสองสรุปได้ดังนี้

$$Y_i - \bar{Y} = (\hat{Y}_i - \bar{Y}) + (Y_i - \hat{Y}_i)$$

ยกกำลังสองทั้งสองข้างจะได้

$$(Y_i - \bar{Y})^2 = [(\hat{Y}_i - \bar{Y}) + (Y_i - \hat{Y}_i)]^2$$

$$\sum(Y_i - \bar{Y})^2 = \sum[(\hat{Y}_i - \bar{Y}) + (Y_i - \hat{Y}_i)]^2$$

$$= \sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 + \sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2 + 2\sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})(Y_i - \hat{Y}_i)$$

แต่ $\sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})(Y_i - \hat{Y}) = \sum(a + bX_i - \bar{Y})(Y_i - a - bX_i)$

$$= a\sum(Y_i - a - bX_i) + b\sum X_i(Y_i - a - bX_i) - \bar{Y}\sum(Y_i - a - bX_i)$$

ซึ่ง $\sum(Y_i - a - bX_i) = 0 \quad [\because \sum Y_i = na + b\sum X_i]$

และ $\sum X_i(Y_i - a - bX_i) = 0 \quad [\because \sum X_iY_i = a\sum X_i + b\sum X_i^2]$

ดังนั้นค่า $\sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})(Y_i - \hat{Y}) = 0$

จะได้ว่า $\sum(Y_i - \bar{Y})^2 = \sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 + \sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2$

หรือ $SST = SSR + SSE$

โดยที่ SST (Sum Square of Total) คือค่าความผันแปรทั้งหมดของ Y โดยเป็นผลรวมกำลังสองของผลต่างของค่าสังเกตและค่าเฉลี่ยซึ่งใช้วัดความผันแปรของแต่ละค่าสังเกตที่ต่างจากค่าเฉลี่ย เรียก SST ว่าผลรวมกำลังสองรวมหรือผลรวมกำลังสองของความผันแปร โดยที่

$$SST = \sum(Y_i - \bar{Y})^2 = \sum y^2$$

SSR (Sum Square of Regression) คือค่าความผันแปรที่อธิบายได้ หรือ ค่าความแปรปรวนของ Y ที่เกิดจากอิทธิพลของ $X_1, X_2, \ldots\ldots X_k$ โดยเป็นผลรวมกำลังสองของผลต่างของค่าประมาณและค่าเฉลี่ยซึ่งใช้วัดความผันแปรของแต่ละค่าประมาณจากค่าเฉลี่ย เรียก SSR ว่าผล รวมกำลังสองของความผันแปรเนื่องจากการถดถอย โดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$SSR = \sum (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$$

SSE (Sum Square of Error) คือค่าความผันแปรอธิบายไม่ได้ หรือ ค่าความแปรปรวนของ Y ที่เกิดจากอิทธิพลอื่นๆที่ไม่ใช่ตัวแปรอิสระที่กำลังพิจารณา หรือเรียกว่าค่าความผันแปรอย่างสุ่ม โดยเป็นผลรวมกำลังสองของผลต่างของค่าสังเกตและค่าประมาณ เรียก SSE ว่าผลรวมกำลังสองของความผันแปรไม่ใช่เนื่องจากการถดถอย โดยที่

$$SSE = \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

อย่างไรก็ตาม การเปรียบเทียบ SSR กับ SSE โดยตรงนั้น เป็นการเปรียบเทียบที่เอนเอียง (Biased) เนื่องจากค่าทั้งสองมีระดับความเป็นอิสระที่ต่างกัน ดังนั้นค่าทางสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุในการวิเคราะห์ค่าความผันแปรนี้จึงใช้ค่าความผันแปรที่ปรับด้วยระดับความเป็นอิสระแล้ว เรียกว่า ค่าความผันแปรเฉลี่ย (Mean square) โดยที่

ค่าความผันแปรที่อธิบายได้เฉลี่ย (Mean square Regression) = MSR = SSR/(k-1)

ค่าความผันแปรที่อธิบายไม่ได้เฉลี่ย (Mean square Error) = MSE = SSE/(n-k-1)

และค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ จึงเป็น

$$F = \frac{MSR}{MSE}$$

โดยที่ $F \sim F_{(k-1,n-k-1)}$

แหล่งความแปรปรวน (SV)	องศาความเป็นอิสระ (DF)	ผลบวกกำลังสอง (SS)	ผลบวกกำลังสองเฉลี่ย (MS)	F
ความถดถอย (Regression)	k	SSR	$MSR = \frac{SSR}{k}$	$F = \frac{MSR}{MSE}$
ความคลาดเคลื่อน (Error)	$n-k-1$	SSE	$MSE = \frac{SSE}{(n-k-1)}$	
ผลรวม (Total)	$n-1$	SST		

ตารางที่ 2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานคือ

$$H_0: \quad \beta_1 = \beta_2 = ...\beta_k = 0$$

H_1 : มี β_i สำหรับ i = 1,2,....k อย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เป็น 0

สถิติทดสอบคือ $F = \frac{MSR}{MSE}$

เขตปฏิเสธ จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้า $F > F_{k,n-k-1;1-\alpha}$

ก. ถ้ายอมรับสมมติฐาน $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = ...\beta_k = 0$ ซึ่งสรุปได้ว่าตัวแปรอิสระ X_i ทุกตัวรวมกันไม่มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y

ข. ถ้าปฏิเสธสมมติฐาน H_0 อธิบายได้ว่ามีอย่างน้อยหนึ่งตัวแปรอิสระมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y จึงต้องทำการทดสอบต่อไปว่า X_i ตัวใดมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y โดยใช้การทดสอบ F บางส่วน

2.3.5 การทดสอบ F บางส่วน (Partial F Test)

จากตัวแบบ $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + ...\beta_k X_{ki} + \varepsilon$ ถ้าต้องการทดสอบว่าตัวแปรอิสระตัวใดหนึ่งตัวในตัวแบบมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y เมื่อมีตัวแปรอิสระตัวอื่นๆอยู่ในตัวแบบการถดถอยแล้วหรือไม่จะทดสอบได้โดยการใช้การทดสอบ F บางส่วน โดยตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

$$H_0: \ \beta_j = 0$$

H_1 : $\beta_j \neq 0$ สำหรับ $j = 1,2,\ldots,k$

ก. ถ้ายอมรับสมมติฐาน H_0 แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_j สำหรับ $j = 1,2,\ldots,k$ ไม่มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y เมื่อมีตัวแปรอิสระตัวอื่นๆอยู่ในตัวแบบการถดถอยแล้ว

ข. ถ้าปฏิเสธสมมติฐาน H_0 แสดงว่าจะเพิ่มตัวแปรอิสระ X_j สำหรับ $j = 1,2,\ldots,k$ ในตัวแบบการถดถอยได้ นั่นคือ X_j มี มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y เมื่อมีตัวแปรอิสระตัวอื่นๆอยู่ในตัวแบบการถดถอยแล้ว

2.3.6 ค่าวัดความเหมาะสมของตัวแบบ

การแบ่งส่วน SST ออกเป็น SSR และ SSE จะนำไปสู่ค่าสถิติที่สำคัญที่ใช้ในการอธิบายว่าตัวแปรอิสระ X ทุกตัวรวมกันมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y มากน้อยเพียงใดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6.1. ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (Coefficient of Determination :R^2) เป็นค่าวัดความเหมาะสมของตัวแบบที่แสดงสัดส่วนหรือเปอร์เซ็นต์ที่ตัวแปรอิสระ X ทุกตัวรวมกันมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y นั่นคือ ค่า R^2 จะหาได้จาก

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} \quad \text{หรือ} \quad R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST}$$

ค่า R^2 จะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 เมื่อ R^2 มีค่าเข้าใกล้ 1 หมายความว่า SSR มีค่าใกล้ค่า SST ซึ่งเป็นการแสดงว่าตัวแปรอิสระ X ทุกตัวรวมกันมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y สูง และเมื่อ R^2 มีค่าเข้าใกล้ 0 นั่นคือ SSR มีค่าห่างจากค่า SST มาก แสดงว่าตัวแปรอิสระ X ทุกตัวรวมกันมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y น้อย

2.3.7 การเลือกตัวแบบการถดถอยที่ดีที่สุด (Selecting the Best regression Equation)

การเลือกตัวแปรอิสระ ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุนั้นการใช้ตัวแปรอิสระทุกตัวที่คาดว่ามีอิทธิต่อตัวแปรตามนั้น บางครั้งทำให้เกิดความยุ่งยากทั้งในด้านเตรียมข้อมูลให้ครบถ้วนสมบูรณ์ทั้งที่ตัวแปรอิสระบางตัวอาจมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามอย่างไม่มีนัยสำคัญ ความผิดพลาดในการเก็บข้อมูล การใส่ข้อมูลผิดซึ่งทำให้ผลการพยากรณ์ผิดพลาด นอกจากนี้ยังทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและเสียเวลาอีกด้วย ดังนั้น ในทางปฏิบัติจึงเลือกตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญให้คงอยู่ในตัวแบบเท่านั้น วิธีการเลือกตัวแปรอิสระที่อิทธิพลต่อตัวแปรตามมีหลายวิธีด้วยกันในที่นี้จะเลือกใช้ 3 วิธี คือ

2.3.7.1 วิธีลดตัวแปรอิสระ (Backward Elimination Procedure)

2.3.7.2 วิธีเพิ่มตัวแปรอิสระ (Forward Selection Procedure)

2.3.7.3 วิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression Procedure)

2.3.7.1 วิธีลดตัวแปรอิสระ (The Backward Elimination Procedure) เริ่มจากตัวแบบซึ่งประกอบด้วยตัวแปรอิสระทุกตัว แล้วทำการลดตัวแปรอิสระ X_i ที่ไม่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม Y ออกไปทีละตัว จนกระทั่งเหลือตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามโดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ ดังนี้

ขั้นที่ 1 สร้างสมการถดถอย ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรอิสระทุกตัว เช่น กรณีมีตัวแปรอิสระ 3 ตัว มีตัวแบบดังนี้ $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$ ทำการพิจารณาว่าตัวแปรอิสระใดมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y น้อยที่สุดในขณะที่มีตัวแปรอิสระตัวอื่นๆอยู่ในตัวแบบโดยการเลือกค่า F บางส่วนต่ำที่สุด สมมติว่าตัวแปร X_3 เป็นตัวแปรอิสระที่มีค่า F บางส่วนต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุดเมื่อมีตัวแปรอิสระ X_1 และ X_2อยู่ในตัวแบบ ($F_{3|12}$ ให้ค่าต่ำสุด) และทำการตรวจสอบว่า X_3 มีนัยสำคัญเพียงพอที่จะอธิบาย Y หรือไม่เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_1 และ X_2 อยู่ในตัวแบบโดยการทดสอบค่า F บางส่วนภายใต้สมมติฐาน $H_0 : \beta_3 = 0$ กับ $H_1 : \beta_3 \neq 0$

(1) ถ้าปฏิเสธ H_0 แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_3 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น จึงไม่สามารถตัดตัวแปรอิสระ X_3 ออกจากตัวแบบแล้วหยุดทำการพิจารณาและได้ตัวแบบการถดถอยเป็น

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

(2) ถ้ายอมรับ H_0 แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_3 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_1 และ X_2 อยู่ในรูปแบบอย่างไม่มีนัยสำคัญ ดังนั้น จึงตัดตัวแปรอิสระ X_3 ออกจากตัวแบบแล้วทำขั้นที่ 2 ต่อไปและได้ตัวแบบการถดถอยเป็น

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$$

ขั้นที่ 2 จากตัวแบบ $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$ ทำการพิจารณาว่าตัวแปรอิสระที่เหลือตัวใดมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y น้อยที่สุดเมื่อมีตัวแปรอิสระอื่นๆอยู่ในตัวแบบ โดยเลือกจากค่า F บางส่วนต่ำสุด สมมติว่าตัวแปรอิสระ X_2 ให้ค่า F บางส่วนต่ำที่สุดเมื่อมีตัวแปรอิสระ X_1 อยู่ในตัวแบบ ($F_{2|1}$ ให้ค่าต่ำสุด) และทำการทดสอบว่าตัวแปรอิสระ X_2 มีนัยสำคัญเพียงพอที่จะอธิบาย Y หรือไม่ โดยการทดสอบค่า F บางส่วนภายใต้สมมติฐาน $H_0 : \beta_2 = 0$ กับ $H_1 : \beta_2 \neq 0$

(1) ถ้าปฏิเสธ H_0 แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_2 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น จึงไม่สามารถตัดตัวแปรอิสระ X_2 ออกจากตัวแบบแล้วหยุดทำการพิจารณาและได้ตัวแบบการถดถอยเป็น

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$$

(2) ถ้ายอมรับ H_0 แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_2 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_1 อยู่ในตัวแบบอย่างไม่มีนัยสำคัญ ดังนั้น จึงตัดตัวแปรอิสระ X_2 ออกจากตัวแบบแล้วทำขั้นที่ 3 ต่อไปและได้ตัวแบบการถดถอยเป็น

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon$$

ขั้นที่ 3 จากตัวแบบ $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon$ จะเหลือเพียงตัวแปรอิสระ X_1 ทำการพิจารณาค่า F ของตัวแปรอิสระ X_1 ว่าตัวแปรอิสระ X_1 มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม Y อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยการทดสอบค่า F ภายใต้สมมติฐาน $H_0 : \beta_1 = 0$ กับ $H_1 : \beta_1 \neq 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) ถ้าปฏิเสธ H_0 แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_1 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น จึงไม่สามารถตัดตัวแปรอิสระ X_1 ออกจากตัวแบบแล้วหยุดทำการพิจารณาและได้ตัวแบบการถดถอยเป็น

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon$$

(2) ถ้ายอมรับ H_0 แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_1 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y อย่างไม่มีนัยสำคัญดังนั้น จึงตัดตัวแปรอิสระ X_1 ออกจากตัวแบบแสดงว่าไม่มีตัวแปรอิสระใดที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม Y อย่างมีนัยสำคัญแล้วหยุดทำการพิจารณาจะได้ตัวแบบการถดถอยเป็น

$$Y = \beta_0 + \varepsilon$$

ขั้นตอนของวิธีการลดตัวแปรอิสระเสร็จสิ้นเมื่อตัดตัวแปรอิสระออกจากตัวแบบการถดถอยไม่ได้อีกแล้ว ตัวแบบการถดถอยสุดท้ายจะเป็นตัวแบบที่ใช้ในการสร้างสมการถดถอยที่ดีที่สุดของวิธีลดตัวแปรอิสระ กรณีการวิเคราะห์การถดถอยวิธีลดตัวแปรอิสระมากกว่า 3 ตัวแปรสามารถทำได้ในลักษณะเดียวกัน การใช้ระดับนัยสำคัญที่ต่างกันมีผลต่อการทดสอบสมมติฐานนั่นคือ ตัวแบบการถดถอยที่ดีที่สุดอาจต่างกัน

2.3.7.2 วิธีเพิ่มตัวแปรอิสระ (The Forward Selection Procedure) เริ่มต้นจากตัวแบบการถดถอยที่ไม่มีตัวแปรอิสระใดเลย $Y = \beta_0 + \varepsilon$ แล้วทำการเพิ่มตัวแปรอิสระจากที่มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y มากที่สุด จนกระทั่งไม่มีตัวแปรอิสระใดที่มีนัยสำคัญเพียงพอที่จะอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำการพิจารณาว่าตัวแปรอิสระใดมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y มากที่สุดโดยการเลือกจากค่าสูงสุดของ F ที่ได้จากตัวแบบการถดถอยเชิงเดียวแบบเส้นตรงของตัวแปรอิสระ X_i แต่ละตัวกับตัวแปรตาม Y สมมติว่าเป็น X_3 ที่ให้ค่า F สูงสุด ทำการทดสอบว่าตัวแปรอิสระ X_3 มีนัยสำคัญเพียงพอที่จะอธิบายตัวแปรตาม Y หรือไม่ โดยการทดสอบค่า F ภายใต้สมมติฐาน $H_0 : \beta_3 = 0$ กับ $H_1 : \beta_3 \neq 0$

(1) ถ้าปฏิเสธ H_0 แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_3 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น จึงไม่สามารถตัดตัวแปรอิสระ X_3 ออกจากตัวแบบและได้ตัวแบบการถดถอยเป็น

$$Y = \beta_0 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

แล้วทำขั้นที่ 2 ต่อไป

(2) ถ้ายอมรับ H_0 แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_3 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y อย่างไม่มีนัยสำคัญ ดังนั้น จึงตัดตัวแปรอิสระ X_3 ออกจากตัวแบบแล้วหยุดทำการพิจารณาจะได้ตัวแบบการถดถอยเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Y = \beta_0 + \varepsilon$$

ขั้นที่ 2 จากตัวแบบ $Y = \beta_0 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$ ทำการพิจารณาว่าตัวแปรอิสระที่เหลือตัวใดมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y มากที่สุดเมื่อมีตัวแปรอิสระ X_3 อยู่ในตัวแบบแล้ว โดยเลือกจากค่า F บางส่วนสูงสุดสมมติว่าเป็น X_2 ที่ให้ค่า F บางส่วนเมื่อมีตัวแปรอิสระ X_3 อยู่ในตัวแบบสูงสุด (พิจารณา $F_{2|3}$ ให้ค่าสูงสุดจาก $F_{i|3}$,i=1,2) ทำการตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระ X_2 มีส่วนที่จะอธิบายตัวแปรตาม Y อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_3 อยู่ในตัวแบบ โดยการทดสอบค่า F บางส่วนภายใต้สมติฐาน $H_0 : \beta_2 = 0$ กับ $H_1 : \beta_2 \neq 0$

(1) ถ้าปฏิเสธ H_0 แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_2 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น จึงไม่สามารถตัดตัวแปรอิสระ X_2 ออกจากตัวแบบและได้ตัวแบบการถดถอยเป็น

$$Y = \beta_0 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

แล้วทำขั้นที่ 3 ต่อไป

(2) ถ้ายอมรับ H_0 แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_2 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y อย่างไม่มีนัยสำคัญ ดังนั้น จึงตัดตัวแปรอิสระ X_2 ออกจากตัวแบบแล้วหยุดทำการพิจารณาจะได้ตัวแบบการถดถอยเป็น

$$Y = \beta_0 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

ขั้นที่ 3 จากตัวแบบ $Y = \beta_0 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$ จะเหลือเพียงตัวแปรอิสระ X_1 ทำการตรวจสอบว่า X_1 มีนัยสำคัญเพียงพอที่จะอธิบาย Y หรือไม่เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_2 และ X_3 อยู่ในตัวแบบ (พิจารณา $F_{1|2\,3}$) โดยการทดสอบค่าFบางส่วนภายใต้สมมติฐาน $H_0 : \beta_1 = 0$ กับ $H_1 : \beta_1 \neq 0$

(1) ถ้าปฏิเสธ H_0 แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_1 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น จึงไม่สามารถตัดตัวแปรอิสระ X_1 ออกจากตัวแบบและได้ตัวแบบการถดถอยเป็น

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

แล้วหยุดการพิจารณา

(2) ถ้ายอมรับ H_0 แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_1 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y อย่างไม่มีนัยสำคัญ ดังนั้น จึงตัดตัวแปรอิสระ X_1 ออกจากรูปแบบและได้ตัวแบบการถดถอยเป็น

$$Y = \beta_0 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

แล้วหยุดการพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนของวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระจะเสร็จสิ้นเมื่อเพิ่มตัวแปรอิสระ เข้าในตัวแบบการถดถอยไม่ได้อีกแล้ว ตัวแบบการถดถอยสุดท้ายจะเป็นตัวแบบที่ใช้ในการสร้างตัวแบบถดถอยที่ดีที่สุดของวิธีลดตัวแปรอิสระ กรณีการวิเคราะห์การถดถอยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระที่มีมากกว่า 3 ตัวแปร สามารถทำได้ในลักษณะเดียวกัน การใช้ระดับนัยสำคัญที่ต่างกันมีผลต่อการทดสอบ สมมติฐาน นั่นคือ ตัวแบบการถดถอยที่ดีที่สุดอาจต่างกัน

2.3.7.3 วิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (The Stepwise Regression Procedure) วิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression Procedure) ซึ่งเป็นวิธีการเลือกตัวแปรอิสระเข้าในตัวแบบการถดถอยครั้งละหนึ่งตัวโดยเริ่มจากตัวแบบที่ไม่มีตัวแปรอิสระเลย $Y = \beta_0 + \varepsilon$ ตัวแปรใดที่เข้าอยู่ในตัวแบบการถดถอยแล้วอาจจะถูกตัดออกไปได้ภายหลัง นั่นคือต้องทดสอบว่าตัวแปรอิสระตัวนี้มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y อย่ามีนัยสำคัญหรือไม่ ขณะที่มีตัวแปรอิสระตัวอื่นอยู่ในตัวแบบการถดถอย วิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนจึงเป็นวิธีที่รวมทั้งวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระ (Forward Selection Procedure) และลดตัวแปรอิสระ (Backward Elimination Procedure) เข้าด้วยกัน ตัวอย่างกรณีตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร X_1, X_2 และ X_3 ขั้นตอนในการเลือกตัวแปรอิสระเข้าในรูปแบบดังนี้

ขั้นที่ 1 เลือกตัวแปรอิสระตัวแรกเข้าในตัวแบบการถดถอยโดยเลือกตัวแปรอิสระที่ให้ค่า F ซึ่งได้จากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเดียวแบบเส้นตรงของตัวแปรอิสระ X_i แต่ละตัวกับตัวแปรตาม Y สูงที่สุด นั่นคือ เลือกตัวแปรอิสระ X_i ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม Y สูงที่สุด สมมติว่าตัวแปรอิสระ X_3 เป็นตัวแปรที่ ให้ F สูงที่สุด

ขั้นที่ 2 จากตัวแบบ $Y = \beta_0 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$ ทดสอบ $H_0 : \beta_3 = 0$ กับ $H_1 : \beta_3 \neq 0$ โดยการทดสอบแบบ F

(1) ถ้ายอมรับ H_0 แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_3 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y อย่างไม่มีนัยสำคัญและกระบวนการเลือกตัวแปรโดยวิธีนี้จะสิ้นสุด นั่นคือจะสรุปว่าไม่มีตัวแปรอิสระตัวใดที่เหมาะสมในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y แล้วได้ตัวแบบการถดถอยเป็น

$$Y = \beta_0 + \varepsilon$$

(2) ถ้าปฏิเสธ H_0 แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_3 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y อย่างมีนัยสำคัญแล้วได้ตัวแบบการถดถอย คือ

$$Y = \beta_0 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

ทำขั้นที่ 3 ต่อไปเพื่อหาตัวแปรอิสระตัวใหม่เข้าในตัวแบบการถดถอย ในที่นี้สมมติว่าปฏิเสธสมมติฐาน H_0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 3 เลือกตัวแปรอิสระตัวที่สองเข้าในตัวแบบการถดถอยด้วยการพิจารณาจากค่า F บางส่วนของตัวแปรอิสระ $X_i, i = 1,2$ โดยที่ตัวแปรอิสระ X_3 อยู่ในตัวแบบการถดถอย เป็นตัวแปรอิสระที่ให้ค่า F บางส่วนสูงที่สุดเมื่อมีตัวแปรอิสระ X_3 อยู่ในตัวแบบการถดถอย สมมติว่าเลือกตัวแปรอิสระ X_2 เข้าในตัวแบบการถดถอยเพราะค่าของตัวทดสอบสถิติ F บางส่วนสูงที่สุด ดังนั้น ตัวแบบการถดถอยคือ

$$Y = \beta_0 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

ขั้นที่ 4 ทำการทดสอบ 2 การทดสอบ คือ $H_0 : \beta_i = 0$ กับ $H_1 : \beta_i \neq 0$ สำหรับ i=2,3 โดยทำการทดสอบ $H_0 : \beta_2 = 0$ กับ $H_1 : \beta_2 \neq 0$ เป็นการพิจารณาตัวแปรอิสระ X_2 ที่เข้ามาใหม่ ว่ามีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม Y อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_3 อยู่ในตัวแบบด้วยการทดสอบแบบ F บางส่วนก่อน

(1) ถ้ายอมรับ $H_0 : \beta_2 = 0$ แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_2 ที่เลือกเข้ามาในขั้นตอนที่ 3 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_3 อยู่ในตัวแบบการถดถอยแล้วอย่างไม่มีนัยสำคัญ เพราะฉะนั้นกระบวนการเลือกตัวแปรโดยวิธีนี้จะสิ้นสุด และตัวแบบการถดถอยนี้มีเพียงตัวแปรอิสระ X_3 เท่านั้นที่อธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y ได้อย่างมีนัยสำคัญ เพราะค่าของตัวทดสอบสถิติ F บางส่วนระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ X_2 เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_3 อยู่ในตัวแบบการถดถอยแล้วมีค่าสูงที่สุดยังอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y ได้อย่างไม่มีนัยสำคัญเพราะฉะนั้นตัวแปรอิสระที่เหลือก็จะอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y ได้อย่างไม่มีนัยสำคัญด้วยแล้วได้ตัวแบบการถดถอยเป็น

$$Y = \beta_0 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

(2) ถ้าปฏิเสธ $H_0 : \beta_2 = 0$ แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_2 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_3 อยู่ในตัวแบบการถดถอยแล้วอย่างมีนัยสำคัญ และถ้าปฏิเสธสมมติฐาน $H_0 : \beta_2 = 0$ แล้วต้องทำการทดสอบ $H_0 : \beta_3 = 0$ กับ $H_1 : \beta_3 \neq 0$ เพื่อพิจารณาว่า ตัวแปรอิสระ X_3 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_2 อยู่ในตัวแบบการถดถอย

- ถ้ายอมรับ $H_0 : \beta_3 = 0$ แสดงว่าเมื่อทีตัวแปรอิสระ X_2 อยู่ในตัวแบบแล้วตัวแปรอิสระ X_3 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y อย่างไม่มีนัยสำคัญสรุปว่าต้องตัดตัวแปรอิสระ X_3 ออกจากตัวแบบการถดถอย หรือตัวแบบการถดถอยนี้มีเพียงตัวแปรอิสระ X_2 เท่านั้นที่มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y ได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น กระบวนการเลือกตัวแปรโดยวิธีนี้จึงสิ้นสุด แล้วได้ตัวแบบการถดถอย คือ

$$Y = \beta_0 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ถ้าปฏิเสธ $H_0 : \beta_3 \neq 0$ แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_3 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_2 อยู่ในตัวแบบแล้วอย่างมีนัยสำคัญ แล้วได้ตัวแบบการถดถอย คือ

$$Y = \beta_0 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

ในที่นี้สมมติว่าปฏิเสธ H_0 ทั้ง 2 กรณี

ขั้นที่ 5 ตัวแปรอิสระตัวสุดท้ายที่เข้ามาในตัวแบบการถดถอย ได้แก่ ตัวแปรอิสระ X_1 จากตัวแบบเต็ม $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$ จะต้องทำการทดสอบ 3 การทดสอบ คือ $H_0 : \beta_i = 0$ กับ $H_1 : \beta_i \neq 0$ สำหรับ i = 1,2,3 โดยที่ทำการทดสอบ $H_0 : \beta_1 = 0$ กับ $H_1 : \beta_1 \neq 0$ ซึ่งเป็นการพิจารณาตัวแปรอิสระ X_1 ที่เข้ามาใหม่ก่อน ด้วยการทดสอบแบบ F บางส่วน

(1) ถ้ายอมรับ $H_0 : \beta_1 = 0$ แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_1 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_2 และ X_3 อยู่ในตัวแบบการถดถอยอย่างไม่มีนัยสำคัญ กระบวนการเลือกตัวแปรโดยวิธีนี้จะสิ้นสุดเนื่องจากไม่มีตัวแปรอิสระตัวใหม่เข้ามาในตัวแบบ แล้วได้ตัวแบบการถดถอย คือ

$$Y = \beta_0 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

(2) ถ้าปฏิเสธ $H_0 : \beta_1 = 0$ แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_1 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_2 และ X_3 อยู่ในตัวแบบการถดถอยอย่างมีนัยสำคัญ แล้วทำการทดสอบสมมติฐาน $H_0 : \beta_i = 0$ กับ $H_1 : \beta_i \neq 0$ สำหรับ i = 2,3 โดยทดสอบ $H_0 : \beta_2 = 0$ กับ $H_1 : \beta_2 \neq 0$ เพื่อพิจารณาว่า ตัวแปรอิสระ X_2 ที่อยู่ในตัวแบบการถดถอยจะยังคงมีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_1 กับ X_3 อยู่ในตัวแบบการถดถอย

(2.1) ถ้ายอมรับ $H_0 : \beta_2 = 0$ จะตัดตัวแปรอิสระ X_2 ออกไปจากตัวแบบ แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_2 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_3 อยู่ในตัวแบบอย่างไม่มีนัยสำคัญ แล้วทำการทดสอบ $H_0 : \beta_1 = 0$ กับ $H_1 : \beta_1 \neq 0$ เพื่อพิจารณาว่าตัวแปรอิสระ X_1 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_3 อยู่ในตัวแบบการถดถอย

- ถ้ายอมรับ $H_0 : \beta_3 = 0$ จะตัดตัวแปรอิสระ X_3 ออจากตัวแบบการถดถอย แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_3 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_1 อยู่ในตัวแบบการถดถอยอย่างมีไม่นัยสำคัญ แล้วได้ตัวแบบการถดถอย คือ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ถ้าปฏิเสธ $H_0 : \beta_3 = 0$ แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_3 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_1 อยู่ในตัวแบบการถดถอยอย่างมีนัยสำคัญ แล้วได้ตัวแบบการถดถอย คือ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

(2.2) ถ้าปฏิเสธ $H_0 : \beta_2 = 0$ แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_2 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_1 อยู่ในตัวแบบการถดถอยอย่างมีนัยสำคัญ แล้วทำการทดสอบ$H_0 : \beta_3 =$ กับ $H_1 : \beta_3 \neq 0$ เพื่อพิจารณาว่าตัวแปรอิสระ X_3 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_1 และ X_2 อยู่ในตัวแบบการถดถอย

- ถ้ายอมรับ $H_0 : \beta_3 = 0$ จะตัดตัวแปรอิสระ X_3 ออกไปจากตัวแบบการถดถอย นั่นคือ ตัวแปรอิสระ X_3 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_1 และ X_2 อยู่ในตัวแบบการถดถอยอย่างไม่มีนัยสำคัญ แล้วได้ตัวแบบการถดถอย คือ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$$

- ถ้าปฏิเสธ $H_0 : \beta_3 = 0$ แสดงว่าตัวแปรอิสระ X_3 มีส่วนในการอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม Y เมื่อมีตัวแปรอิสระ X_1 และ X_2 อยู่ในตัวแบบการถดถอยอย่างมีนัยสำคัญ แล้วได้ตัวแบบการถดถอย คือ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

วิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนจะเสร็จสิ้นเมื่อเพิ่มตัวแปรอิสระเข้ามาในตัวแบบการถดถอยไม่ได้อีกแล้ว กรณีมีตัวแปรอิสระมากกว่า 3 ตัว การเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีนี้จะทำได้ในลักษณะเดียวกัน โดยเลือกตัวแปรอิสระเข้าในรูปแบบครั้งละหนึ่งตัวแปร ตัวแปรอิสระที่เข้ามาในตัวแบบการถดถอยแล้วอาจจะถูกตัดออกจากตัวแบบได้ถ้ามีตัวแปรอิสระตัวอื่นที่เข้ามาทีหลังอธิบายตัวแปรตาม Y ได้ดีกว่า

2.3.8 ปัญหาของการวิเคราะห์การถดถอย

ในการวิเคราะห์การถดถอย ข้อกำหนดของความคลาดเคลื่อนมีความสำคัญยิ่งต่อการทดสอบสมมติฐานและการประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบ หากข้อกำหนดข้อใดข้อหนึ่งไม่เป็นจริงจะมีผลทำให้ตัวประมาณที่ได้ไม่มีคุณสมบัติเป็นตัวประมาณที่ดี และการสรุปผลจากการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์จะผิดพลาด แต่เนื่องจากความคลาดเคลื่อนไม่ทราบค่า จึงทำการทดสอบข้อกำหนดของความคลาดเคลื่อนโดยใช้ $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$ ที่เป็นตัวประมาณของค่าความคลาดเคลื่อนแทนดังนี้คือ

1. การทดสอบการแจกแจงแบบปกติของความคลาดเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทดสอบความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน

3. การทดสอบความคงที่ของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน

1). การทดสอบการแจกแจงแบบปกติของความคลาดเคลื่อน

จากการวิเคราะห์การถดถอยหากพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ จะส่งผลให้การประมาณแบบช่วงและการการทดสอบสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์ในตัวแบบจะไม่ถูกต้อง ผลสรุปที่ได้จะผิดพลาด ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้จะใช้การทดสอบ 2 วิธีคือ

1.1). การพล็อตแบบ NPP (Normal Probability Plot) เป็นการพล็อตค่าตัวเศษเหลือ (e_i) โดยทำการเรียงลำดับค่า e_i จากน้อยไปหามาก จะได้ค่า $e_{(i)}$ เป็นค่าเศษเหลือที่เรียงลำดับที่ i (ordered observation) ของค่าตัวเศษเหลือ (residual) ในการพล็อตกราฟจะกำหนดให้ $e_{(i)}$ เป็นแกนตั้ง ส่วนแกนนอนจะเป็นค่าคาดหวังของ $e_{(i)}$ หรือ $E(e_{(i)})$ ซึ่งหาได้จากสมการ

$$E(e_{(i)}) = \sqrt{MSE}.Z\left(\frac{i-0.375}{n+0.25}\right)$$

โดยที่ $\sqrt{MSE}$ เป็นค่าประมาณของ σ^2 เมื่อ $MSE = \frac{\sum e_i^2}{n-2}$

Z(A) เป็นค่า Z ที่เปอร์เซนต์ไทล์ที่ A ของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

N เป็นจำนวนค่าความคลาดเคลื่อน

การพิจารณาว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่พิจารณาจากจุด $(E(e_{(i)}), e_{(i)})$ ที่ได้จากการพล็อตในแผนภาพการกระจาย (scatter) คือ ถ้าจุด $(E(e_{(i)}), e_{(i)})$ อยู่ในแนวเส้นตรงจะสรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ แต่ถ้าจุด $(E(e_{(i)}), e_{(i)})$ ไม่อยู่ในแนวเส้นตรงจะสรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนจะไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

1.2). การทดสอบของ Lilliefors เป็นการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลตัวอย่าง (X_i) ว่าเป็นไปตามการแจกแจงปกติหรือไม่ ซึ่งทำการทดสอบดังนี้

สมมติฐานของการทดสอบ

H_0 : ค่าคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ค่าคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

สถิติของการทดสอบคือ

$$D = \max|F_0(Z_i) - S(Z_i)|$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตร $\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N}$

และ $S = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \sum_{i=1}^{N} (X_i - \overline{X})^2}$

และแปลงค่า X_i เป็น Z_i ด้วยสูตร $Z_i = \frac{X_i - \overline{X}}{S}$,$i = 1,2,...,N$ การคำนวณหาสถิติทดสอบจะคำนวณจากค่า Z_i แทน X_i ซึ่งเป็นข้อมูลดิบนั่นคือหาค่า

$S(Z_i) = \frac{k}{N}$ เมื่อ $k =$ จำนวนข้อมูลค่า Z ที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ Z_i

$F_0(Z_i)$ คือ ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสมของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน (Standardized Normal Cumulative Distribution Function)

ค่าวิกฤตของ D หาได้จากตารางค่าวิกฤตของ Lilliefors และจะทำการปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อ $D >$ ค่าวิกฤต

2). การทดสอบความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน

การทดสอบการสุ่มของข้อมูลหรือการทดสอบว่าค่าสังเกตในข้อมูลมีลักษณะการเกิดที่เป็นอิสระกันหรือไม่ โดยใช้การทดสอบสหสัมพันธ์ต่อเนื่องของ Durbin - Watson ซึ่งเป็นการทดสอบว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีความเป็นอิสระกันหรือมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ โดยใช้ตัวสถิติทดสอบคือ

$$DW = d = \frac{\sum_{2}^{n} (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{1}^{n} e_t^2}$$

โดยที่ $0 \le d \le 4$ และมีคุณสมบัติดังนี้

1. ถ้าค่าคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกันหรือมีความสัมพันธ์กันค่า d จะมีค่าใกล้ 2
2. ถ้า $d < 2$ แสดงว่าความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันทางบวก และถ้า d มีค่าเข้าใกล้ศูนย์แสดงว่าคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันมาก
3. ถ้า $d > 2$ แสดงว่าความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันทางลบ และถ้า d มีค่าเข้าใกล้ 4 แสดงว่าคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันมาก

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H_0 : ความคลาดเคลื่อนไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : ความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กัน

หรือสามารถเขียนในเทอมของ ρ ได้ดังนี้คือ

$H_0 : \rho = 0$

$H_1 : \rho \neq 0$

โดยที่ ρ คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความเคลื่อน

ที่ระดับนัยสำคัญ α

ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้า $DW < d_L$ หรือ $DW > 4 - d_L$

ยอมรับสมมติฐาน H_0 ถ้า $d_U < DW < 4 - d_U$

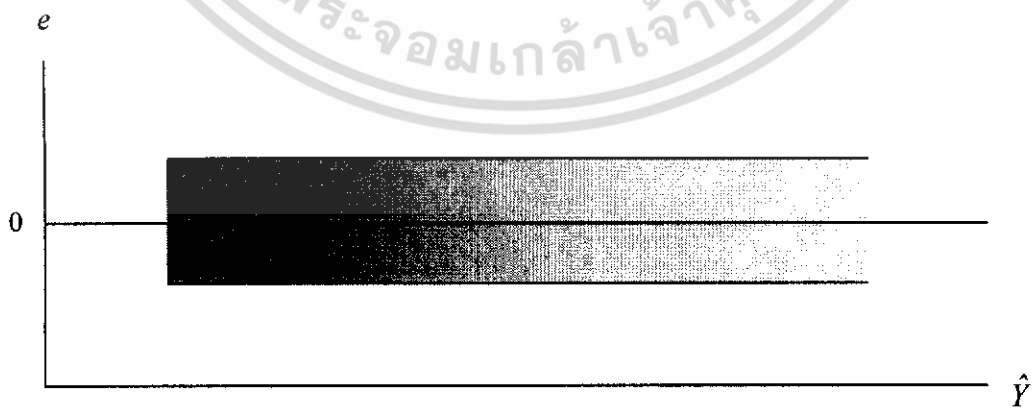
และช่วงตัดสินไม่ได้ถ้า $d_L \leq DW \leq d_U$ หรือ $4 - d_U \leq DW \leq 4 - d_L$

โดยที่ ค่าวิกฤต d_L และ d_U ได้จากตารางค่าวิกฤตสำหรับการทดสอบของ Durbin-Watson

3). การทดสอบความคงที่ของความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน (Heteroscedas - ticity)

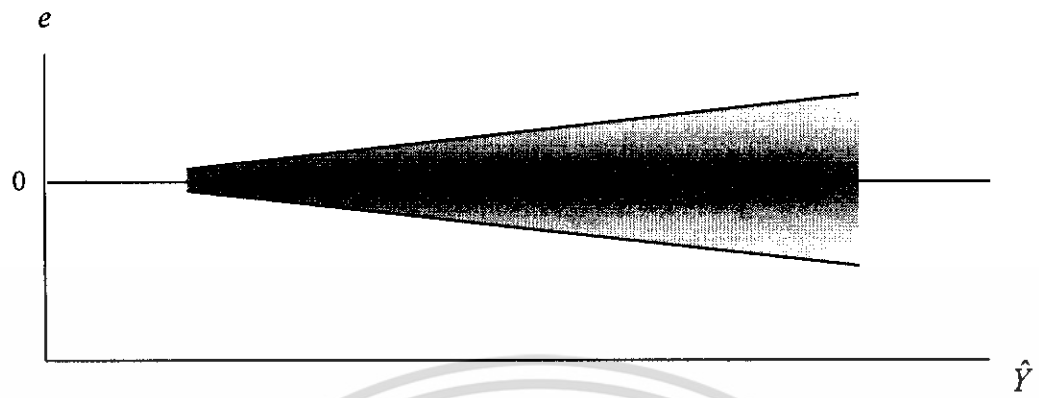
การที่ความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนไม่คงที่ นั่นคือ $V(\varepsilon_i) = \sigma_i^2$ สำหรับ i = 1,2,….,n ซึ่งจะมีผลทำให้การหาช่วงความเชื่อมั่นและการทดสอบสมมติฐานทำได้ไม่ถูกต้อง ดังนั้นในการวิเคราะห์การถดถอยทุกครั้งต้องตรวจสอบดูว่าค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนคงที่หรือไม่ซึ่งจะทำได้ดังนี้

พล๊อตกราฟระหว่างค่ามาตรฐานของตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณ $\hat{Y}_i$ ถ้าพบว่าจุดต่างๆ ในแผนภาพการกระจายเป็นแกนขนานดังแสดงในรูปที่ 2.1 คือมีการมีการกระจายอย่างสุ่มรอบเส้นศูนย์ และมีลักษณะเป็นแถบขนานไปกับแกน Y สรุปได้ว่าความแปรปรวนคงที่ แต่ถ้าพบเป็นรูปทรงอื่นๆ ดังแสดงในรูป 2.2 และ 2.3 สรุปได้ว่าความแปรปรวนไม่คงที่

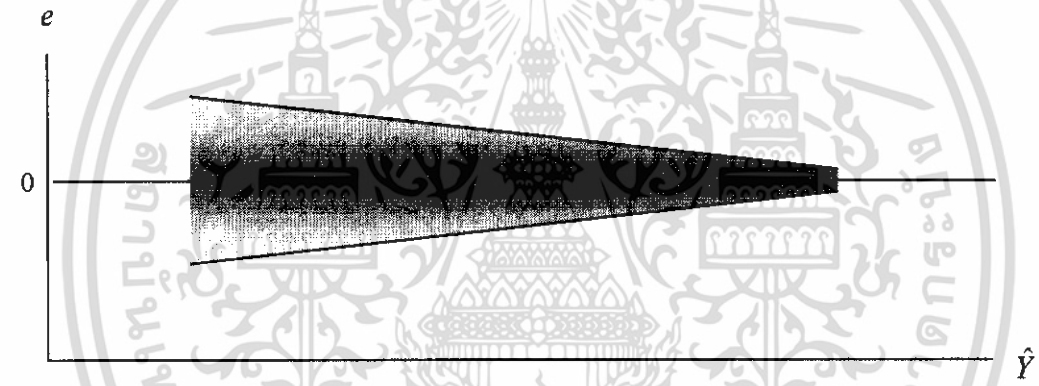


รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของความคลาดเคลื่อนกรณีค่าความแปรปรวนคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะของความคลาดเคลื่อนกรณีค่าความแปรปรวนเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของความคลาดเคลื่อนกรณีค่าความแปรปรวนลดลง

2.3.9 ค่าสถิติในการเลือกตัวแบบการถดถอยที่ดีที่สุด

ค่า VIF (Variance Inflation Factor) เป็นค่าที่ใช้วัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระตัวแบบการถดถอยที่ดีตามข้อสมมติของตัวแบบการถดถอยเป็นตัวแบบที่ตัวตัวแปรเป็นอิสระกัน โดยมีสูตรดังนี้

$$(VIF)_j = \frac{1}{1-R_j^2} \quad \text{สำหรับ } j = 1, \cdots, k$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ R_j^2 คือ ค่าสัมประสิทธิตัวกำหนดที่ใช้วัดส่วนของความผันแปรของตัวแปรอิสระ X_j ที่อธิบายได้ด้วยตัวแปรอิสระที่เหลือ ถ้า R_j^2 มีค่าสูงแสดงว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดที่ไม่รวม X_j มีส่วนในการอธิบายความผันแปรรวมของตัวแปรอิสระ X_j มาก

โดยค่า $(VIF)_j$ มีค่าระหว่าง 1 ถึง ∞ และค่าที่เข้าใกล้ ∞ หมายถึงตัวแปรอิสระตัวนั้นมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระอื่นๆในตัวแบบอย่างสูง โดยที่ตำราบางเล่ม เช่น APPLIED REGRESSION ANALYSIS THIED EDITION ของ NORMAN R.DRAPPER, HARRY SMITHN , และ APPLIED LINEAR REGRESSION MODELS : FOURTH EDITION ของ KUTNER NACHTSHEIM NETER และเวปไซต์ http://www.med.cmu.ac.th, http://www.watpon.com กล่าวถึงเกณฑ์ในการพิจารณาว่าจะขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้วิจัย และเสนอว่าควรสนใจในตัวแปรอิสระที่มีค่า $(VIF)_j$ ตั้งแต่ 10 ขึ้นไป

2.4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

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

ศรัณยา พงศ์ประยูร (2545) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝนกับตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยา และภูมิศาสตร์ตามแนวที่พายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนตัวผ่าน : กรณีศึกษาพายุหมุนเขตร้อนในประเทศไทย โดยตัวแปรที่ใช้ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ความเร็วลมสูงสุดรอบศูนย์กลางพายุหมุนเขตร้อน ความเร็วในการเคลื่อนตัวของพายุหมุนเขตร้อน ระยะจากศูนย์กลางพายุถึงทะเล ระดับความสูงของสถานีตรวจอากาศ โดยศึกษาทุกภาคของประเทศไทย ยกเว้นภาคใต้ ได้รับข้อมูลพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยจากกรมอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 ถึง พ.ศ. 2542 จำนวน 14 ลูก จากการศึกษาพบว่า ความเร็วลมรอบศูนย์กลางพายุหมุนเขตร้อนมีความสัมพันธ์กับปริมาณฝน และความเร็วในการเคลื่อนตัวของพายุหมุนเขตร้อน ระยะจากจุดศูนย์กลางพายุถึงทะเล ระดับความสูงของสถานีตรวจอากาศไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดจากพายุหมุนเขตร้อน และจากการพิจารณาสหสัมพันธ์พหุคูณ พบว่า ความเร็วลมรอบศูนย์กลางพายุ และระยะจากจุดศูนย์กลางพายุถึงทะเล ช่วยสนับสนุนกันในการเป็นตัวพยากรณ์ปริมาณฝนที่เกิดจากพายุหมุนเขตร้อน เนื่องจากเมื่อพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนห่างไกลมาจากทะเลที่เป็นแหล่งกำเนิดไอน้ำ ความเร็วลมรอบศูนย์กลางพายุหมุนเขตร้อนจะลดลง ปริมาณฝนที่เกิดจากพายุก็จะลดลงไปด้วย

วาริธร ร่วมรักษ์ (2547) ทำการศึกษาปัจจัยทางเศรษฐกิจที่มีกระทบต่อดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย เพื่อศึกษาปัจจัยทางเศรษฐกิจ ซึ่งประกอบด้วย ดัชนีราคาผู้บริโภครายเดือน ดัชนีการลงทุนภาคเอกชนรายเดือน อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ที่ธนาคารพาณิชย์เรียกเก็บจากลูกค้ารายย่อยชั้นดีขั้นต่ำรายเดือน (MRR) อัตราเงินปันผลตอบแทนรายเดือน และดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยเดือนที่ผ่านมา ว่ามีผลกระทบอย่างไรต่อดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยรายเดือน ในช่วงเวลาตั้งแต่เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2536 จนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2546 โดยเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิแบบอนุกรมเวลา (Secondary TimSeries Data) และในการคำนวณหาค่าทางสถิติของความสัมพันธ์ต่างๆ ใช้สมการถดถอยพหุคูณเชิงซ้อน (Multiple Linear regression) และใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบธรรมดา (Ordinary Least Square) โดยจากการศึกษาพบว่า ดัชนีผู้บริโภครายเดือน และดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยเดือนที่ผ่านมา มีความสัมพันธ์กับดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยรายเดือน และอัตราเงินเงินปันผลตอบแทนรายเดือนมีความสัมพันธ์กับดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยรายเดือน ยกเว้นดัชนีการลงทุนภาคเอกชนรายเดือน และอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ที่ธนาคารพาณิชย์เรียกเก็บจากลูกค้ารายย่อยชั้นดีขั้นต่ำรายเดือน ไม่มีความสัมพันธ์ต่อดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยรายเดือน

ประสาน สังวาลเดช (2539) ทำการวิเคราะห์รูปแบบฝนในประเทศไทยอันเนื่องมาจากลักษณะภูมิประเทศ โดยการศึกษาหารูปแบบฝนของประเทศไทยได้ใช้ทฤษฎีทางสถิติ 2 ทฤษฎี คือ ทฤษฎี REGRESSION ANALYSIS และ ทฤษฎี CORRELATION ANALYSIS ซึ่งมีตัวแปรที่สำคัญ 4 ตัวแปรคือ Latitude, Longitude, Altitude และฝนเฉลี่ยรายเดือนและรายปี ได้รับข้อมูลจากฝ่ายกรรมวิธีข้อมูล กองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา โดยเลือกสถานีตัวอย่าง 74 สถานี ทำให้ทราบรูปแบบของฝนที่ตกในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทย ซึ่งการพยากรณ์ฝนเฉลี่ยรายปี และรายเดือนพบว่าในช่วงฤดูฝนมีค่าความคลาดเคลื่อนค่อนข้างมาก เนื่องจากในช่วงดังกล่าวมีตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำคัญอื่นๆ ที่มีผลต่อการเกิดฝนในประเทศไทย เช่น ลมมรสุม พายุที่พัดผ่าน แนวร่องความกดอากาศต่ำ และอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

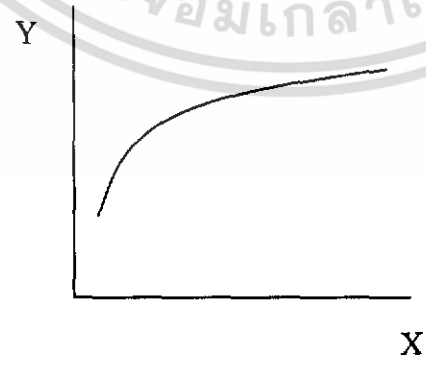
3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นข้อมูลสารประกอบอุตุนิยมวิทยาในแต่ละภาคของประเทศไทย ซึ่งประกอบไปด้วย ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคใต้ฝั่งตะวันออก และภาคใต้ฝั่งตะวันตก ซึ่งเป็นข้อมูลประเภททุติยภูมิ ที่เก็บรวบรวมโดยกรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โดยข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลรายเดือนระยะเวลา 10 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2539 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2548

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระทุกตัวทีละคู่โดยการสร้างแผนภาพการกระจายว่ามีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้นตรงหรือไม่ ถ้าพบว่าตัวแปรตามและตัวแปรอิสระไม่มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นตรงแล้ว จะกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ใหม่โดยแปลงตัวแปรอิสระ X ตามลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างระวังตัวแปรอิสระ X และตัวแปรตาม Y ดังนี้

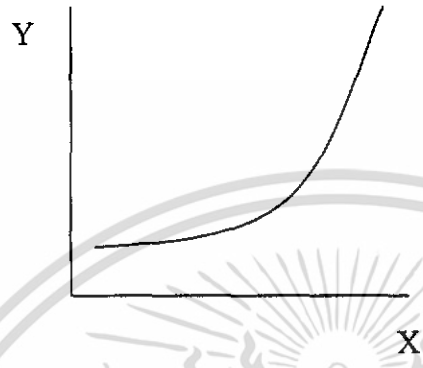
ก. เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแปรอิสระ X และตัวแปรตาม Y มีลักษณะดังรูปที่ 3.1 จะกำหนดฟังก์ชันของ X เป็น $\ln(X)$



รูปที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ X ที่ต้องแปลงตัวแปรอิสระเป็น $\ln X$

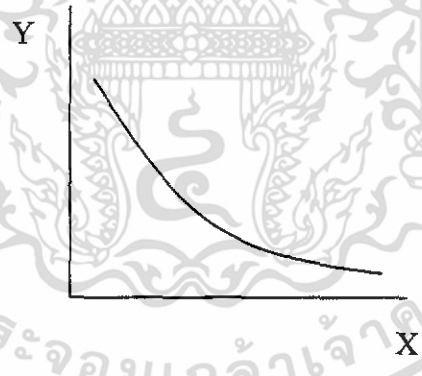
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแปรอิสระ X และตัวแปรตาม Y มีลักษณะดังรูปที่ 3.2 จะกำหนดฟังก์ชันของ X เป็น X^2 หรือ e^X



รูปที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ X ที่ต้องแปลงตัวแปรอิสระเป็น X^2 หรือ e^x

ค. เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแปรอิสระ X และตัวแปรตาม Y มีลักษณะดังรูปที่ 3.3 จะกำหนดฟังก์ชันของ X เป็น X^{-1}



รูปที่ 3.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ X ที่ต้องแปลงตัวแปรอิสระเป็น X^{-1}

2. ทำการตัดตัวแปรอิสระที่มีค่าสูญหาย (Missing Values) เป็นจำนวนมากออก และตัดข้อมูลในแถวที่มีค่าสูญหาย (Missing Values) ออกทั้งแถว

3. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ (Multiple Linear Regression Analysis) เพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนต่อเดือนในแต่ละภาคของประเทศไทย โดยการเลือกตัวแปรอิสระจะเลือกใช้ 3 วิธี คือ

1) วิธีลดตัวแปรอิสระ (Backward Elimination Procedure)

2) วิธีเพิ่มตัวแปรอิสระ (Forward Selection Procedure)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) วิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression Procedure)

4. ทำการตรวจสอบข้อสมมติของค่าความคลาดเคลื่อนดังนี้

4.1 การทดสอบการแจงแจงแบบปกติ (Tests of Normality) ของค่าเศษเหลือ (e_i)

1) โดยการพล๊อตกราฟ NPP

2) โดยการทดสอบของ Kolmogorov-Smirnov ตามสมการ

4.2 ทำการทดสอบความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน โดยดูจากค่า Durbin - Watson

4.3 ตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน

โดยการพล๊อตกราฟระหว่างค่ามาตรฐานของตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณ $\hat{Y}_i$ ถ้าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่ กราฟที่ได้จะต้องมีการกระจายอย่างสุ่มรอบเส้นศูนย์และมีลักษณะเป็นแถบขนานไปกับแกน Y

ถ้ากราฟระหว่างค่ามาตรฐานของตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณ $\hat{Y}_i$ มีค่าผิดปกติ (outlier) คือมีค่าแตกต่างจากข้อมูลส่วนใหญ่ จะตัดค่านั้นทิ้ง และคำนวณตามขั้นตอนที่ 2 อีกครั้ง

6. ตรวจสอบตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ (Multicollinearity) โดยดูจากค่า VIF (Variance Inflation Factor)

7. เลือกตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดที่จะใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนโดยดูจากค่า R^2 ของทั้ง 3 วิธี คือ

1) วิธีลดตัวแปรอิสระ (Backward Elimination Procedure)

2) วิธีเพิ่มตัวแปรอิสระ (Forward Selection Procedure)

3) วิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression Procedure)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการวิเคราะห์ในการสร้างตัวแบบสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคเหนือ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ

ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุนี้จะประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด โดยที่ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิเคราะห์มี 52 ตัวแปรและใช้วิธีเลือกตัวแปรอิสระที่ดีที่สุดทั้ง 3 วิธี ดังนี้

4.1.1 วิธีการลดตัวแปรอิสระ (Backward Elimination Procedure)

ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ คือ 101 จากทั้งหมด 120 เนื่องมาจากการเกิดปัญหาข้อมูลสูญหายและข้อมูลผิดปกติ ซึ่งได้ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการดังตารางที่ 4.1

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	267.973	133.724		2.004	.048		
	X3	14.925	2.820	.416	5.292	.000	.041	24.114
	X4	.226	.050	.121	4.515	.000	.359	2.786
	X7	-27.236	3.205	-2.940	-8.498	.000	.002	467.251
	X7_pow2	.337	.030	3.177	11.084	.000	.003	320.628
	X8_exp	-.001	.000	-.115	-4.195	.000	.340	2.939
	X10	-34.790	4.582	-.979	-7.593	.000	.015	64.956
	X12	15.293	1.887	.462	8.103	.000	.079	12.687
	X23	-15.413	7.209	-.356	-2.138	.035	.009	108.432
	X24	24.424	5.503	.485	4.438	.000	.021	46.633
	X26	21.612	4.243	.774	5.094	.000	.011	90.220
	X28	55.406	25.177	.040	2.201	.030	.765	1.308
	X30_powd1	-11527.6	3707.478	-.222	-3.109	.003	.050	19.839
	D34	70.425	14.994	.082	4.697	.000	.830	1.204
	D44	11.149	4.725	.053	2.360	.021	.516	1.938
	D50	-6.237	3.040	-.036	-2.052	.043	.819	1.220

a. Dependent Variable: Y

ตารางที่ 4.1 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า VIF โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบลดตัวแปรอิสระของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคเหนือ

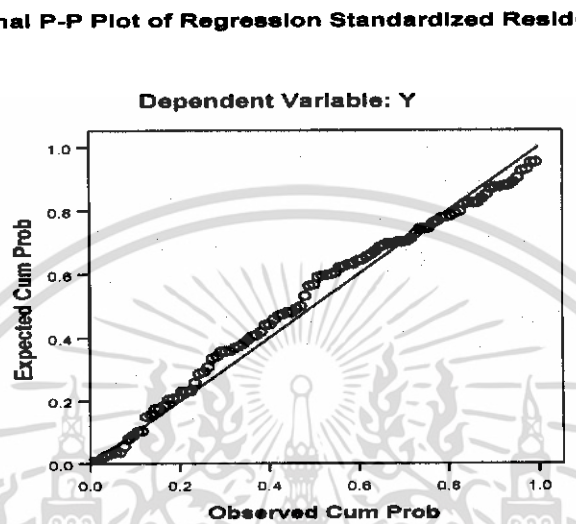
4.3.1.1 ตรวจสอบตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าตัวแปรอิสระ $X_3, X_7, X_7^2, X_{10}, X_{23}, X_{24}, X_{26}, X_{30}^{-1}$ มีค่า VIF สูง ซึ่งแสดงว่าตัวแปรอิสระเหล่านี้มีความสัมพันธ์กัน นั่นคือ เกิดความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ ในการวิเคราะห์การถดถอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.2 ตรวจสอบข้อสมมติของค่าความคลาดเคลื่อน

1) การแจกแจงแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อน

1.1) กราฟ NPP



รูปที่ 4.1 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระของภาคเหนือ

จากรูปที่ 4.1 กราฟที่ได้มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง จึงสรุปได้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

1.2) การทดสอบของ Lilliefors

สมมติฐานของการทดสอบ

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

สถิติทดสอบ

$$D = \max|F_0(Z_i) - S(Z_i)| = 0.094$$

ค่า $P-value = 0.028$ มีค่ามากกว่า $\alpha = 0.01$ จึงยอมรับ H_0

สรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

2) ความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน

ผลการทดสอบของ Durbin-Watson ได้ผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานของการทดสอบสถิติ

H_0 :ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

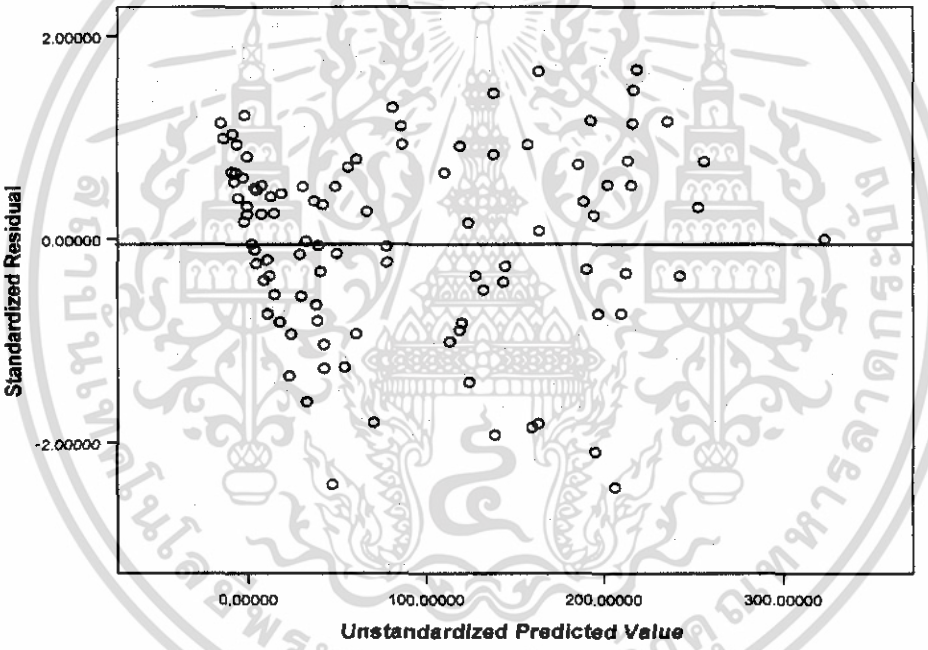
H_1 :ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

สถิติทดสอบ

$$DW = d = \frac{\sum_{2}^{n}(e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{1}^{n} e_t^2} = 2.078$$

จากตาราง Durbin-Watson ที่ $\alpha = 0.01$ จะได้ค่า $d_L = 1.11$ และ $DW < 4 - d_L$ จึงยอมรับ H_0 สรุปได้ว่า ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

3) ความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระของภาคเหนือ

จากรูปที่ 4.2 พบว่ามีการกระจายอย่างสุ่มอยู่รอบเส้นศูนย์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบขนานกับแกน $\hat{Y}$ จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ จากรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าค่าตัวเศษเหลือมีค่าสูงหรือต่ำกว่า 0 ไม่มากนัก และมีการเคลื่อนไหวอยู่ในแนวขนานกับแกน $\hat{Y}$ แสดงว่ารูปแบบการถดถอยเหมาะสมแล้ว

จากผลลัพธ์ของตารางที่ 4.1 จะได้ตัวแบบดังนี้

$$\hat{Y} = 276.973 + 14.925X_3 + 0.226X_4 - 27.236X_7 + 0.337X_7^2 - 0.001e^{X_8} - 34.79X_{10} + 15.293X_{12} - 15.413X_{23} + 24.424X_{24} + 21.612X_{26} + 55.406X_{28} - 11527.6X_{30}^{-1} + 70.425D_{34} + 11.149D_{44} - 6.237D_{50}$$

และมีค่า $R^2 = 0.978$

4.1.2 วิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระ (Forward Selection Procedure)

ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ คือ 88 จากทั้งหมด 120 เนื่องมาจากการเกิดปัญหาข้อมูลสูญหายและข้อมูลผิดปกติ ซึ่งได้ตัวแปรเข้ามาอยู่ในตัวแบบดังตารางที่ 4.2

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
1	(Constant)	-97.842	5.718		-17.111	.000		
	X3	30.300	1.379	.833	21.969	.000	.244	4.091
	X4	.187	.116	.103	1.616	.110	.087	11.510
	X4_pow2	.001	.000	.122	2.262	.026	.120	8.315
	X8_exp	-.001	.000	-.180	-6.270	.000	.425	2.353
	D34	117.260	15.268	.148	7.680	.000	.940	1.064
	D44	21.107	4.665	.102	4.525	.000	.695	1.439
	D48	17.717	4.157	.106	4.262	.000	.572	1.748
	D51	31.150	11.229	.055	2.774	.007	.879	1.138

a. Dependent Variable: Y

ตารางที่ 4.2 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในตัวแบบพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า VIF โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคเหนือ

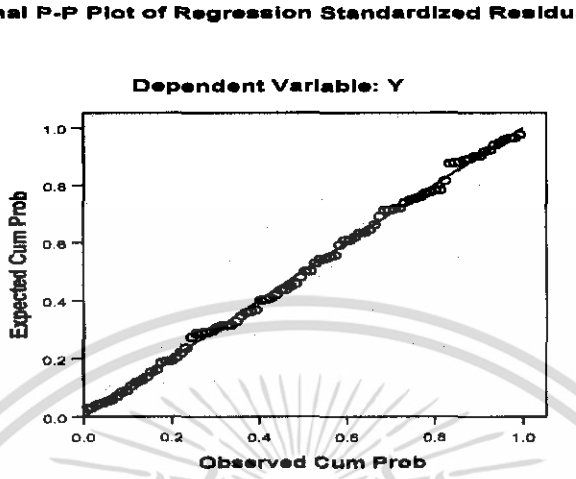
4.1.2.1 ตรวจสอบตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าตัวแปรอิสระทุกตัวมีค่า VIF ไม่สูง ซึ่งแสดงว่าตัวแปรอิสระเหล่านี้ไม่มีความสัมพันธ์ นั่นคือ ไม่เกิดความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ ในการวิเคราะห์การถดถอย

4.1.2.2 ตรวจสอบข้อสมมติของค่าความคลาดเคลื่อน

1) การแจกแจงแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1) กราฟ NPP



รูปที่ 4.3 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระของภาคเหนือ

จากรูปที่ 4.3 จะเห็นว่ากราฟที่ได้มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง จึงสรุปได้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

1.2) ผลการทดสอบของ Lilliefors

สมมติฐานของการทดสอบ

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

สถิติทดสอบ

$$D = \max\left|F_0(Z_i) - S(Z_i)\right| = 0.056$$

ค่า $P-value = 0.20$ มีค่ามากกว่า $\alpha = 0.01$ จึงยอมรับ H_0

สรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

2) ความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน

ผลการทดสอบของ Durbin-Watson ได้ผลดังนี้

สมมติฐานของการทดสอบสถิติ

H_0 : ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

H_1 : ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

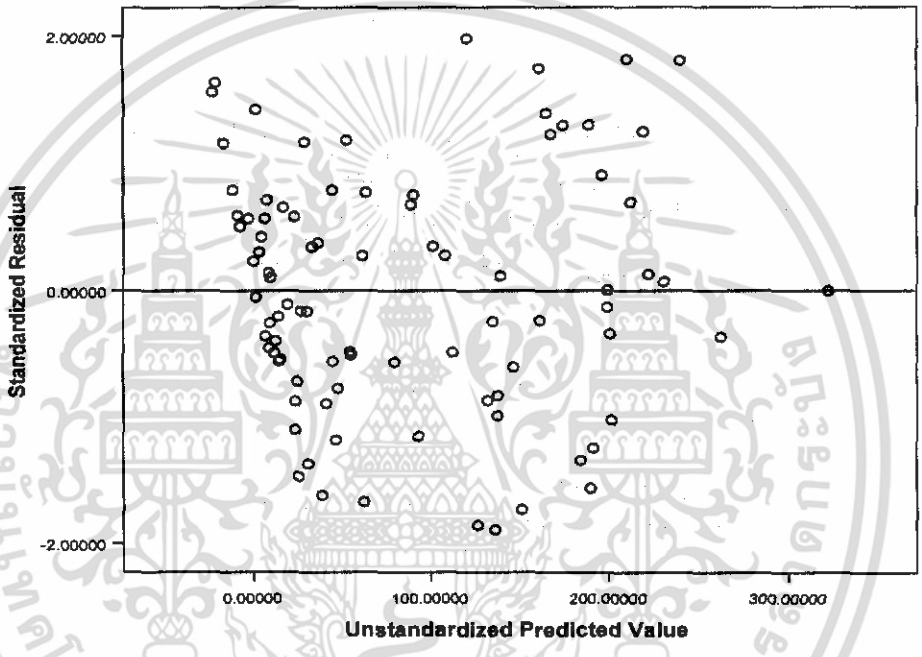
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถิติทดสอบ

$$DW = d = \frac{\sum_{2}^{n}(e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{1}^{n} e_t^2} = 1.546$$

จากตาราง Durbin-Watson ที่ $\alpha = 0.01$ จะได้ค่า $d_L = 1.04$ และ $DW < 4 - d_L$ จึงยอมรับ H_0 สรุปได้ว่า ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

3) ความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระของภาคเหนือ

จากรูปที่ 4.4 พบว่ามีการกระจายอย่างสุ่มรอบเส้นศูนย์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบขนานกับแกน $\hat{Y}$ จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่

4) ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ จากรูปที่4.4 จะเห็นว่าค่าตัวเศษเหลือมีค่าสูงหรือต่ำกว่า 0 ไม่มากนัก และมีการเคลื่อนไหวอยู่ในแนวขนานกับแกนนอน แสดงว่ารูปแบบการถดถอยเหมาะสมแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลลัพธ์ของตารางที่ 4.2 จะได้สมการดังนี้

$$\hat{Y} = -97.842 + 30.3X_3 + 0.187X_4 + 0.001X_4^2 - 0.001e^{X_8} + 117.26D_{34} + 21.107D_{44} + 17.717D_{48} + 31.15D_{51}$$

และมีค่า $R^2 = 0.972$

4.1.3 วิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression Procedure)

ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ คือ 98 จากทั้งหมด 120 เนื่องมาจากการเกิดปัญหาข้อมูลสูญหายและข้อมูลผิดปกติ ซึ่งได้ตัวแปรเข้ามาอยู่ในสมการดังตารางที่ 4.3

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
1	(Constant)	-631.633	148.407		-4.256	.000		
	X2_powd1	1.978	.874	.063	2.262	.026	.570	1.754
	X3	30.812	1.503	.863	20.502	.000	.249	4.023
	X4_pow2	.002	.000	.168	6.402	.000	.637	1.569
	X5	5.789	1.689	.135	3.427	.001	.284	3.524
	X8_exp	-.001	.000	-.202	-6.036	.000	.394	2.537
	X30	.549	.108	.182	5.091	.000	.346	2.888
	D34	122.615	17.892	.149	6.853	.000	.937	1.067
	D44	17.900	5.051	.089	3.543	.001	.705	1.418
	D51	27.868	13.006	.048	2.143	.035	.896	1.116

a. Dependent Variable: Y

ตารางที่ 4.3 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า VIF โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคเหนือ

4.1.2.1 ตรวจสอบตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ จากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าตัวแปรอิสระทุกตัวมีค่า VIF ไม่สูง ซึ่งแสดงว่าตัวแปรอิสระเหล่านี้ไม่มีความสัมพันธ์กัน นั่นคือ ไม่เกิดความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ ในการวิเคราะห์การถดถอย แต่เนื่องจากตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระนี้ มีตัวแปรอิสระ X_4^2 โดยที่ไม่มี X_4 ดังนั้น จึงเพิ่มตัวแปรอิสระ X_4 ให้อยู่ในสมการ ซึ่งผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	-646.103	150.595		-4.290	.000		
	X2_powd1	1.954	.878	.062	2.225	.029	.569	1.758
	X3	31.446	1.801	.881	17.462	.000	.174	5.738
	X4	-.090	.139	-.049	-.643	.522	.076	13.243
	X4_pow2	.002	.001	.205	3.247	.002	.111	9.012
	X5	5.936	1.710	.138	3.471	.001	.279	3.588
	X8_exp	-.001	.000	-.208	-5.951	.000	.362	2.759
	X30	.577	.117	.191	4.938	.000	.296	3.376
	D34	122.376	17.956	.148	6.815	.000	.937	1.068
	D44	17.868	5.069	.088	3.525	.001	.705	1.418
	D51	28.377	13.074	.048	2.171	.033	.892	1.121

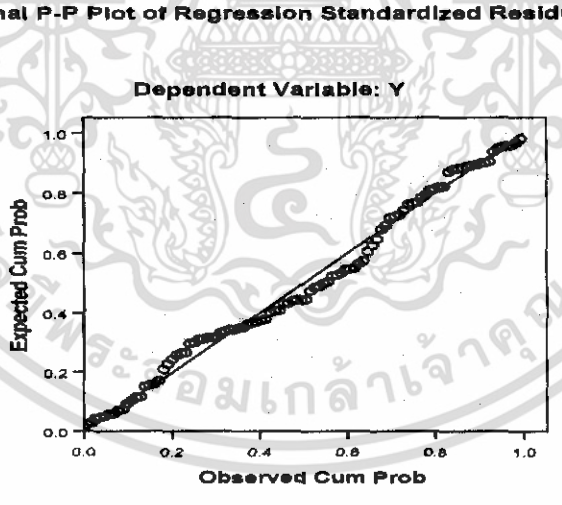
a. Dependent Variable: Y

ตารางที่ 4.4 ตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการ พร้อมทั้งสัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า $P-value$ ของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคเหนือ

4.1.2.2 ตรวจสอบข้อสมมติของค่าความคลาดเคลื่อน

1) การแจกแจงแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อน

1.1) กราฟ NPP



รูปที่ 4.5 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของภาคเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.5 จะเห็นว่ากราฟที่ได้มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง จึงสรุปได้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

1.2) ผลการทดสอบของ Lilliefors

สมมติฐานของการทดสอบ

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

สถิติทดสอบ

$$D = \max|F_0(Z_i) - S(Z_i)| = 0.068$$

ค่า $P-value = 0.20$ มีค่ามากกว่า $\alpha = 0.01$ จึงยอมรับ H_0

สรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

2) ความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน

โดยใช้การทดสอบของ Durbin-Watson ได้ผลดังนี้

สมมติฐานของการทดสอบสถิติ

H_0 : ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

H_1 : ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

สถิติทดสอบ

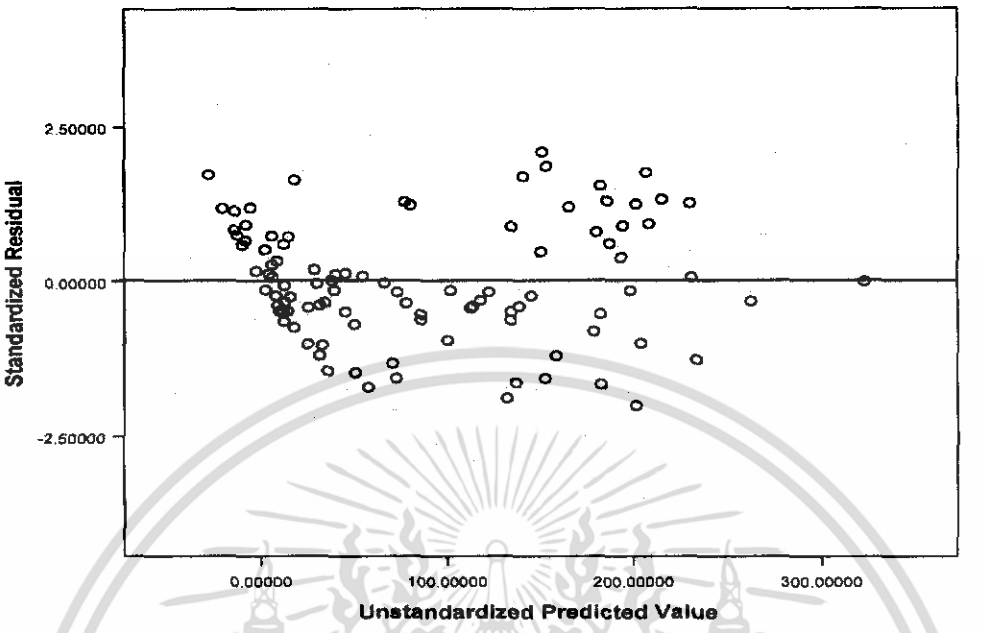
$$DW = d = \frac{\sum_{2}^{n}(e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{1}^{n} e_t^2} = 1.866$$

จากตาราง Durbin-Watson ที่ $\alpha = 0.01$ จะได้ค่า $d_L = 1.11$ และ $DW < 4 - d_L$ จึงยอมรับ H_0

สรุปได้ว่า ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ผลการตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของภาคเหนือ

จากรูปที่ 4.6 พบว่ามีการกระจายอย่างสุ่มอยู่รอบเส้นศูนย์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบขนานกับแกน $\hat{Y}$ จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่

4) ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ จากรูปที่ 4.6 จะเห็นว่าค่าตัวเศษเหลือมีค่าสูงหรือต่ำกว่า 0 ไม่มากนัก และมีการเคลื่อนไหวอยู่ในแนวขนานกับแกนนอน แสดงว่ารูปแบบการถดถอยเหมาะสมแล้ว

จากผลลัพธ์ของตารางที่ 4.4 จึงได้สมการดังนี้

$$\hat{Y} = -646.103 + 1.954X_2^{-1} + 31.446X_3 - 0.09X_4 + 0.002X_4^2 + 5.936X_5 - 0.001e^{X_9} + 0.577X_{30} + 122.376D_{34} + 17.868D_{44} + 28.377D_{51}$$

และมีค่า $R^2 = 0.961$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวิธีการเลือกตัวแปรอิสระทั้ง 3 วิธี จะเห็นได้ว่าสมการการถดถอยที่ได้จากวิธีการลดตัวแปรอิสระ จะให้ค่า $R^2 = 0.978$ ซึ่งเป็นค่า R^2 ที่มากที่สุดใน 3 วิธี แต่เนื่องจากสมการการถดถอยที่ได้จากวิธีการลดตัวแปรอิสระ นั้นมีปัญหา คือ ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ ดังนั้นจะไม่สามารถใช้สมการการถดถอยที่ได้จากวิธีนี้ได้ และเนื่องจากสมการการถดถอยที่ได้จากวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระ ที่ให้ค่า $R^2 = 0.972$ ซึ่งสูงกว่าสมการการถดถอยที่ได้จากวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน ได้ค่า $R^2 = 0.961$ และทั้งสองวิธีไม่มีปัญหาความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุเกิดขึ้น จึงเลือกสมการการถดถอยที่ได้จากวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระมาใช้ในการพยากรณ์ โดยสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคเหนือ คือ

$$\hat{Y} = -97.842 + 30.3X_3 + 0.187X_4 + 0.001X_4^2 - 0.001e^{X_8} + 117.26D_{34} + 21.107D_{44} + 17.717D_{48} + 31.15D_{51}$$

และมีค่า $R^2 = 0.972$

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการสร้างตัวแบบสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ

ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุนี้จะประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด โดยที่ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิเคราะห์มี 51 ตัวแปร และใช้วิธีเลือกตัวแปรอิสระที่ดีที่สุดทั้ง 3 วิธี ดังนี้

4.3.1 วิธีการลดตัวแปรอิสระ (Backward Elimination Procedure)

ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ คือ 111 จากทั้งหมด 120 เนื่องมาจากการเกิดปัญหาข้อมูลสูญหายและข้อมูลผิดปกติ ซึ่งได้ตัวแปรอิสระเข้ามาอยู่ในสมการดังตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	-94.736	79.208		-1.196	.235		
	X3	-25.368	7.933	-.519	-3.198	.002	.011	87.031
	X3_pow2	5.756	.758	1.243	7.595	.000	.011	88.556
	X4	.851	.142	.464	5.999	.000	.051	19.734
	X4_pow2	-.002	.001	-.225	-3.612	.000	.078	12.764
	X8_exp	-.001	.000	-.144	-3.845	.000	.214	4.663
	X9	.728	.169	.335	4.308	.000	.050	19.924
	X11	-20.414	6.092	-.407	-3.351	.001	.021	48.642
	X12	6.777	2.417	.150	2.804	.006	.105	9.483
	X13_exp	-2.5E-010	.000	-.082	-2.696	.008	.326	3.072
	X20	16.356	5.768	.283	2.836	.006	.030	32.855
	X26_exp	2.19E-009	.000	.274	5.217	.000	.110	9.100
	X27	.906	.403	.074	2.246	.027	.282	3.551
	X28	-102.997	51.325	-.050	-2.007	.048	.492	2.034
	X30	-.563	.273	-.104	-2.059	.042	.120	8.350
	D34	20.265	9.714	.041	2.086	.040	.778	1.285
	D38	-17.726	6.238	-.085	-2.841	.006	.342	2.923
	D43	-69.186	27.765	-.064	-2.492	.015	.459	2.178
	D44	22.109	7.711	.104	2.867	.005	.228	4.383
	D45	13.856	6.330	.046	2.189	.031	.675	1.482
	D50	22.830	8.844	.054	2.582	.011	.684	1.463

a. Dependent Variable: Y

ตารางที่ 4.5 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า *VIF* โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบลดตัวแปรอิสระของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

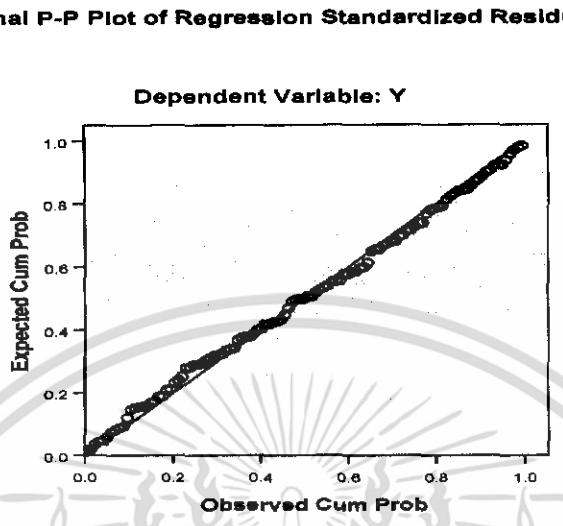
4.1.2.1 ตรวจสอบตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ จากตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าตัวแปรอิสระ $X_3, X_3^2, X_{11}, X_{20}$ มีค่า *VIF* สูง ซึ่งแสดงว่าตัวแปรอิสระเหล่านี้มีความสัมพันธ์กัน นั่นคือ เกิดความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ ในการวิเคราะห์การถดถอย

4.1.2.2 ตรวจสอบข้อสมมติของค่าความคลาดเคลื่อน

1) การแจกแจงแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1) กราฟ NPP



รูปที่ 4.7 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จากรูปที่ 4.7 จะเห็นว่ากราฟที่ได้มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง จึงสรุปได้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

1.2) ผลการทดสอบของ Lilliefors

สมมติฐานของการทดสอบ

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

สถิติทดสอบ

$$D = \max|F_0(Z_i) - S(Z_i)| = 0.034$$

ค่า $P-value = 0.20$ มีค่ามากกว่า $\alpha = 0.01$ จึงยอมรับ H_0

สรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

2) ความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน

โดยใช้การทดสอบของ Durbin-Watson ได้ผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานของการทดสอบสถิติ

H_0 : ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

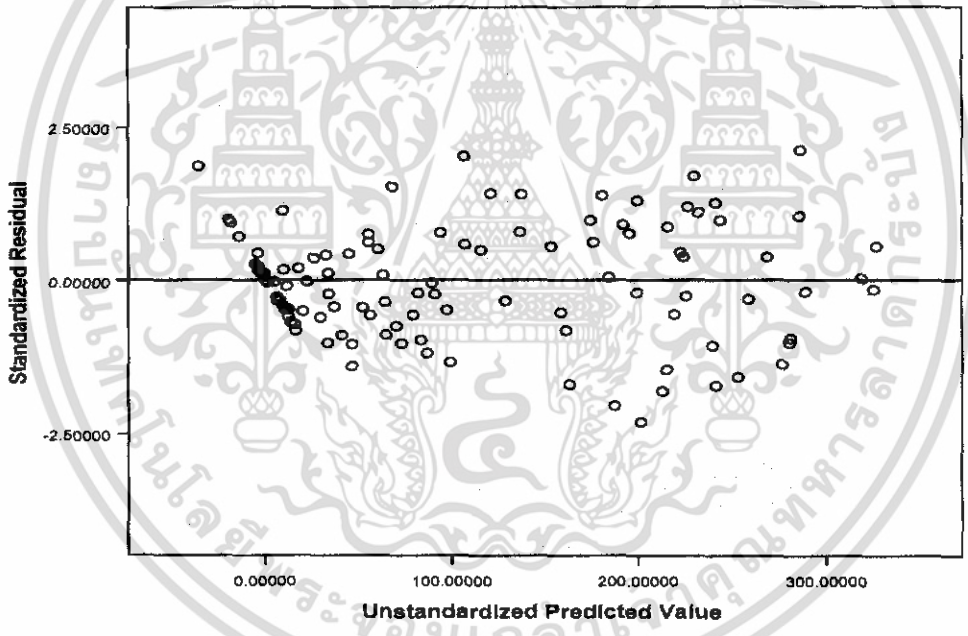
H_1 : ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

สถิติทดสอบ

$$DW = d = \frac{\sum_{2}^{n}(e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{1}^{n} e_t^2} = 2.408$$

จากตาราง Durbin-Watson ที่ $\alpha = 0.01$ จะได้ค่า $d_L = 1.11$ และ $DW < 4 - d_L$ จึงยอมรับ H_0 สรุปได้ว่า ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

3) ผลการตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จากรูปที่ 4.8 พบว่ามีการกระจายอย่างสุ่มอยู่รอบเส้นศูนย์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบขนานกับแกน $\hat{Y}$ จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ จากรูปที่ 4.8 จะเห็นว่าค่าตัวเศษเหลือมีค่าสูงหรือต่ำกว่า 0 ไม่มากนัก และมีการเคลื่อนไหวอยู่ในแนวขนานกับแกน $\hat{Y}$ แสดงว่ารูปแบบการถดถอยเหมาะสมแล้ว

จากผลลัพธ์ของตารางที่ 4.5 ได้สมการ ดังนี้

$$\hat{Y} = -34.641 - 27.196X_3 + 5.863X_3^2 + 0.861X_4 - 0.002X_4^2 - 0.001e^{X_8} + 0.645X_9 - 18.353X_{11} + 5.553X_{12} + 10^{-4.5}e^{X_{13}} + 13.895X_{20} + 10^{3.48}e^{X_{25}} + 10^{1.98}e^{X_{26}} + 0.931X_{27} - 111.885X_{28} - 0.583X_{30} + 11.645D_{33} + 27.56D_{34} - 16.127D_{38} - 67.208D_{43} + 23.277D_{44} + 12.078D_{45} + 26.157D_{50}$$

และมีค่า $R^2 = 0.973$

4.2.2 วิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระ (Forward Selection Procedure)

ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ คือ 109 จากทั้งหมด 120 เนื่องมาจากการเกิดปัญหาข้อมูลสูญหายและข้อมูลผิดปกติ ซึ่งได้ตัวแปรอิสระเข้ามาอยู่ในสมการดังตารางที่ 4.6

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
1	(Constant)	22.580	15.227		1.483	.141		
	X3	-26.904	6.851	-.553	-3.927	.000	.017	59.682
	X3_pow2	5.200	.638	1.131	8.152	.000	.017	57.859
	X4	.754	.120	.415	6.271	.000	.076	13.142
	X4_pow2	-.002	.000	-.194	-3.546	.001	.111	8.999
	X8_exp	-.001	.000	-.105	-2.697	.008	.221	4.535
	X15_exp	-1.5E-009	.000	-.121	-2.821	.006	.181	5.532
	X26_exp	3.15E-009	.000	.396	7.166	.000	.109	9.195
	D38	-11.993	5.466	-.057	-2.194	.031	.489	2.044
	D40	14.440	7.131	.058	2.025	.046	.409	2.445
	D50	27.330	8.508	.066	3.212	.002	.796	1.256

a. Dependent Variable: Y

ตารางที่ 4.6 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า *VIF* โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

4.1.2.1 ตรวจสอบตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ จากตารางที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าตัวแปรอิสระ X_3, X_3^2 มีค่า *VIF* สูง ซึ่งแสดงว่าตัวแปรอิสระเหล่านี้มีความสัมพันธ์กัน นั่นคือ เกิดความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุในการวิเคราะห์การถดถอย แต่เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

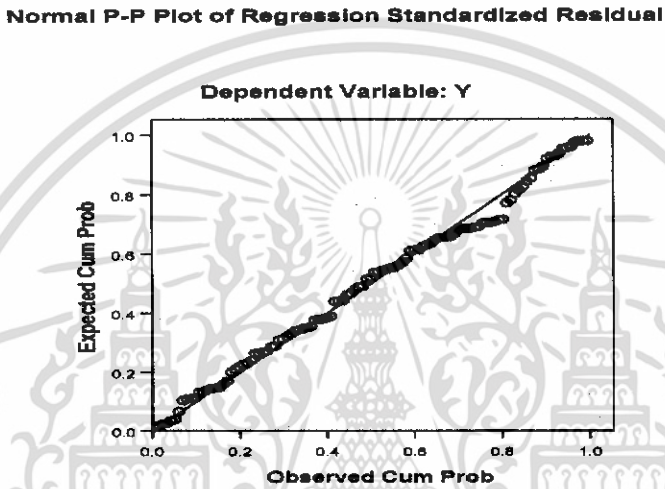
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิสระ X_3 และตัวแปรตาม Y เป็นโพลิโนเมียลกำลังสอง จึงต้องมีการแปลงตัวแปรอิสระ X_3 โดยเพิ่ม X_3^2 ดังนั้น X_3, X_3^2 จึงมีความสัมพันธ์กัน

4.1.2.2 ตรวจสอบข้อสมมติของค่าความคลาดเคลื่อน

1) การแจกแจงแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อน

1.1) กราฟ NPP



รูปที่ 4.9 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จากรูปที่ 4.9 จะเห็นว่ากราฟที่ได้มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง จึงสรุปได้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

1.2) ผลการทดสอบของ Lilliefors

สมมติฐานของการทดสอบ

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

สถิติทดสอบ

$$D = \max\left|F_0(Z_i) - S(Z_i)\right| = 0.082$$

ค่า $P-value = 0.20$ มีค่ามากกว่า $\alpha = 0.01$ จึงยอมรับ H_0

สรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน

โดยใช้การทดสอบของ Durbin-Watson ได้ผลดังนี้

สมมติฐานของการทดสอบสถิติ

H_0 : ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

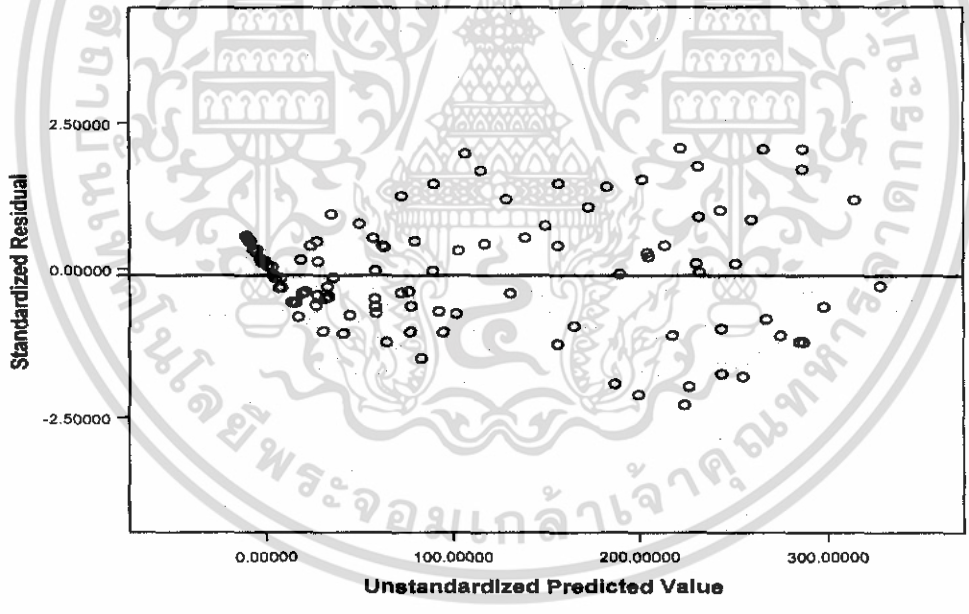
H_1 : ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

สถิติทดสอบ

$$DW = d = \frac{\sum_{2}^{n}(e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{1}^{n} e_t^2} = 2.447$$

จากตาราง Durbin-Watson ที่ $\alpha = 0.01$ จะได้ค่า $d_L = 1.11$ และ $DW < 4 - d_L$ จึงยอมรับ H_0 สรุปได้ว่า ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

3) ผลการตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.10 พบว่ามีการกระจายอย่างสุ่มอยู่รอบเส้นศูนย์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบขนานกับแกน $\hat{Y}$ จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่

4) ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ จากรูปที่ 4.10 จะเห็นว่าค่าตัวเศษเหลือมีค่าสูงหรือต่ำกว่า 0 ไม่มากนัก และมีการเคลื่อนไหวอยู่ในแนวขนานกับแกนนอน แสดงว่ารูปแบบการถดถอยเหมาะสมแล้ว

จากผลลัพธ์ของตารางที่ 4.6 จะได้สมการดังนี้

$$\hat{Y} = 22.58 - 26.904X_3 + 5.2X_3^2 + 0.754X_4 - 0.002X_4^2 - 0.001e^{X_8} - 1.5\times10^{-9}e^{X_{15}} + 3.15\times10^{-9}e^{X_{26}} - 11.993D_{38} + 14.440D_{40} + 27.33D_{50}$$

และมีค่า $R^2 = 0.967$

4.2.3 วิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression Procedure)

ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ คือ 109 จากทั้งหมด 120 เนื่องมาจากการเกิดปัญหาข้อมูลสูญหายและข้อมูลผิดปกติ ซึ่งได้ตัวแปรอิสระเข้ามาอยู่ในสมการดังตารางที่ 4.7

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
1	(Constant)	22.580	15.227		1.483	.141		
	X3	-26.904	6.851	-.553	-3.927	.000	.017	59.682
	X3_pow2	5.200	.638	1.131	8.152	.000	.017	57.859
	X4	.754	.120	.415	6.271	.000	.076	13.142
	X4_pow2	-.002	.000	-.194	-3.546	.001	.111	8.999
	X8_exp	-.001	.000	-.105	-2.697	.008	.221	4.535
	X15_exp	-1.5E-009	.000	-.121	-2.821	.006	.181	5.532
	X26_exp	3.15E-009	.000	.396	7.166	.000	.109	9.195
	D38	-11.993	5.466	-.057	-2.194	.031	.489	2.044
	D40	14.440	7.131	.058	2.025	.046	.409	2.445
	D50	27.330	8.508	.066	3.212	.002	.796	1.256

a. Dependent Variable: Y

ตารางที่ 4.7 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า *VIF* โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จากตารางที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าผลสมการที่ได้จะเหมือนกับวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระ ซึ่งได้ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกเข้ามาอยู่ในสมการ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\hat{Y} = 22.58 - 26.904X_3 + 5.2X_3^2 + 0.754X_4 - 0.002X_4^2 - 0.001e^{X_8} - 1.5\times10^{-9}e^{X_{15}} + 3.15\times10^{-9}e^{X_{26}} - 11.993D_{38} + 14.440D_{40} + 27.33D_{50}$$

และมีค่า $R^2 = 0.967$

วิธีการเลือกตัวแปรอิสระทั้ง 3 วิธี จะเห็นได้ว่า สมการการถดถอยที่ได้จากวิธีการลดตัวแปรอิสระ ให้ค่า $R^2 = 0.973$ ซึ่งเป็นค่าสูงที่สุดใน 3 วิธี แต่เนื่องจากสมการการถดถอยที่ได้จากวิธีการลดตัวแปรอิสระ นั้น ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ จึง ไม่เลือกใช้สมการการถดถอยที่ได้จากวิธีนี้แต่จะเลือกสมการการถดถอยที่ได้จากวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระ หรือ สมการการถดถอยที่ได้จากวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนซึ่งให้ผลเหมือนกันมาใช้ในการพยากรณ์นั่นคือ สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือ

$$\hat{Y} = 22.58 - 26.904X_3 + 5.2X_3^2 + 0.754X_4 - 0.002X_4^2 - 0.001e^{X_8} - 1.5\times10^{-9}e^{X_{15}} + 3.15\times10^{-9}e^{X_{26}} - 11.993D_{38} + 14.440D_{40} + 27.33D_{50}$$

ซึ่งมีค่า $R^2 = 0.967$

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการสร้างตัวแบบสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคตะวันออกโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ

ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุนี้จะประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด โดยโดยที่ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิเคราะห์มี 52 ตัวแปร และใช้วิธีเลือกตัวแปรอิสระที่ดีที่สุดทั้ง 3 วิธี ดังนี้

4.3.1 วิธีการลดตัวแปรอิสระ (Backward Elimination Procedure)

ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ คือ 106 จากทั้งหมด 120 เนื่องมาจากการเกิดปัญหาข้อมูลสูญหายและข้อมูลผิดปกติ ซึ่งได้ตัวแปรอิสระเข้ามาอยู่ในสมการดังตารางที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	-148.132	119.444		-1.240	.219		
	X2_powd1	7.778	2.024	.069	3.843	.000	.468	2.135
	X3	30.291	4.594	.484	6.594	.000	.028	35.954
	X4	.804	.086	.534	9.335	.000	.046	21.810
	X4_pow2	-.001	.000	-.138	-2.913	.005	.066	15.041
	X7	-13.344	3.495	-.792	-3.818	.000	.003	286.686
	X7_pow2	.198	.048	.897	4.155	.000	.003	310.406
	X9	.237	.106	.103	2.229	.029	.071	14.143
	X10	-39.999	8.579	-.441	-4.662	.000	.017	59.669
	X11	41.188	7.362	.434	5.595	.000	.025	40.062
	X12	-7.015	2.098	-.104	-3.344	.001	.156	6.417
	X13_exp	-3.6E-010	.000	-.251	-7.665	.000	.140	7.165
	X15_exp	-1.4E-009	.000	-.188	-4.243	.000	.077	13.069
	X17	-10.217	3.001	-.445	-3.404	.001	.009	113.651
	X19	19.418	4.522	.627	4.294	.000	.007	142.199
	X24	-36.191	11.373	-.305	-3.182	.002	.016	61.346
	X25	40.181	10.495	.295	3.829	.000	.025	39.480
	X26_exp	1.65E-009	.000	.411	8.186	.000	.060	16.788
	D35	17.559	6.505	.048	2.699	.008	.472	2.119
	D36	-16.177	5.378	-.055	-3.008	.004	.456	2.195
	D37	31.714	11.379	.039	2.787	.007	.775	1.290
	D44	15.463	4.298	.066	3.597	.001	.448	2.231
	D45	-19.143	9.527	-.029	-2.009	.048	.744	1.344
	D48	10.800	4.909	.032	2.200	.031	.716	1.396
	D49	45.821	15.883	.040	2.885	.005	.788	1.269
	D50	23.743	9.184	.035	2.585	.012	.801	1.249

a. Dependent Variable: Y

ตารางที่ 4.8 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า VIF โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบลดตัวแปรอิสระของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคตะวันออก

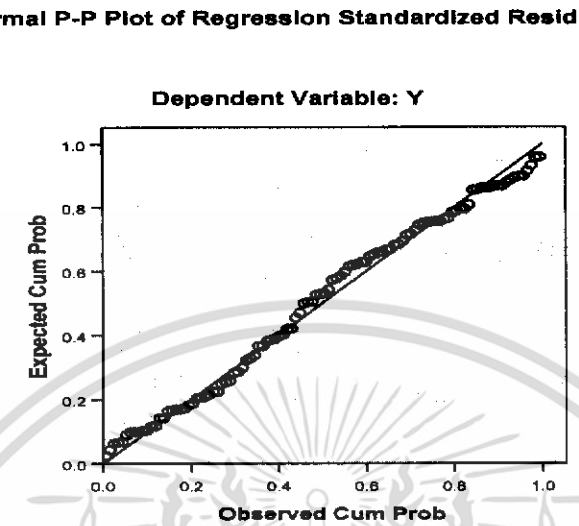
4.1.2.1 ตรวจสอบตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ จากตารางที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าตัวแปรอิสระ $X_3, X_7, X_7^2, X_{10}, X_{11}, X_{17}, X_{19}, X_{24}, X_{25}$ มีค่า VIF สูงมาก ซึ่งแสดงว่าตัวแปรอิสระเหล่านี้มีความสัมพันธ์กัน นั่นคือ เกิดความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ ในการวิเคราะห์การถดถอย

4.1.2.2 ตรวจสอบข้อสมมติของค่าความคลาดเคลื่อน

1) การแจกแจงแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1) กราฟ NPP



รูปที่ 4.11 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระของตะวันออก

จากรูปที่ 4.11 จะเห็นว่ากราฟที่ได้มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง จึงสรุปได้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

1.2) ผลการทดสอบของ Lilliefors

สมมติฐานของการทดสอบ

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

สถิติทดสอบ

$$D = \max\left|F_0(Z_i) - S(Z_i)\right| = 0.075$$

ค่า $P-value = 0.171$ มีค่ามากกว่า $\alpha = 0.01$ จึงยอมรับ H_0

สรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

2) ความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน

โดยใช้การทดสอบของ Durbin-Watson ได้ผลดังนี้

สมมติฐานของการทดสอบสถิติ

H_0 : ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

H_1 : ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

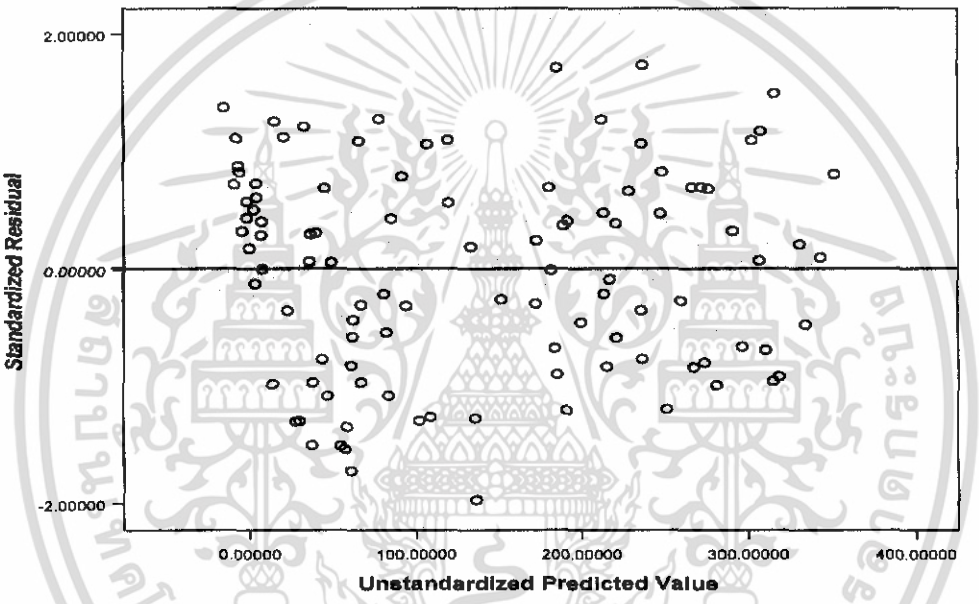
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถิติทดสอบ

$$DW = d = \frac{\sum_{2}^{n}(e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{1}^{n} e_t^2} = 1.993$$

จากตาราง Durbin-Watson ที่ $\alpha = 0.01$ จะได้ค่า $d_L = 1.11$ และ $DW < 4 - d_L$ จึงยอมรับ H_0 สรุปได้ว่า ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

3) ผลการตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระของภาคตะวันออก

จากรูปที่ 4.12 พบว่ามีการกระจายอย่างสุ่มอยู่รอบเส้นศูนย์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบขนานกับแกน $\hat{Y}$ จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่

4) ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ จากรูปที่ 4.12 จะเห็นว่าค่าตัวเศษเหลือมีค่าสูงหรือต่ำกว่า 0 ไม่มากนัก และมีการเคลื่อนไหวอยู่ในแนวขนานกับแกน $\hat{Y}$ แสดงว่ารูปแบบการถดถอยเหมาะสมแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลลัพธ์ของตารางที่ 4.8 จะได้สมการดังนี้

$$\hat{Y} = -148.132 + 7.778X_2^{-1} + 30.291X_3 + 0.804X_4 - 0.001X_4^2 - 13.344X_7 + 0.198X_7^2 + 0.237X_9 - 39.999X_{10} + 41.188X_{11} - 7.015X_{12} - 3.6\times10^{-10}e^{X_{13}} + 0.237\times10^{-9}e^{X_{15}} - 10.217X_{17} + 19.418X_{19} - 36.191X_{24} + 40.181X_{25} + 1.65\times10^{-9}e^{X_{26}} + 17.599D_{35} - 16.177D_{36} + 31.714D_{37} + 15.463D_{44} - 19.143D_{45} + 10.8D_{48} + 45.821D_{49} + 23.743D_{50}$$

และมีค่า $R^2 = 0.988$

4.3.2 วิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระ (Forward Selection Procedure)

ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ คือ 112 จากทั้งหมด 120 เนื่องมาจากการเกิดปัญหาข้อมูลสูญหายและข้อมูลผิดปกติ ซึ่งได้ตัวแปรอิสระเข้ามาอยู่ในสมการดังแสดงตารางที่ 4.9

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
1	(Constant)	-147.802	122.436		-1.207	.230		
	X3	28.086	2.898	.444	9.691	.000	.167	5.992
	X4	.614	.048	.403	12.716	.000	.349	2.869
	X12	-9.639	2.343	-.140	-4.115	.000	.300	3.330
	X13_exp	-4.6E-010	.000	-.315	-6.738	.000	.160	6.261
	X15_exp	-1.7E-009	.000	-.230	-3.669	.000	.089	11.247
	X17	-.182	.578	-.008	-.315	.754	.554	1.806
	X25	15.803	4.562	.115	3.464	.001	.315	3.172
	X26_exp	2.35E-009	.000	.577	9.276	.000	.090	11.059
	X27	.762	.382	.052	1.997	.049	.511	1.957
	D35	19.345	9.107	.052	2.124	.036	.591	1.693
	D44	15.214	5.834	.065	2.608	.011	.562	1.780
	D48	17.955	6.694	.055	2.682	.009	.835	1.198

a. Dependent Variable: Y

ตารางที่ 4.9 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า *VIF* โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคตะวันออก

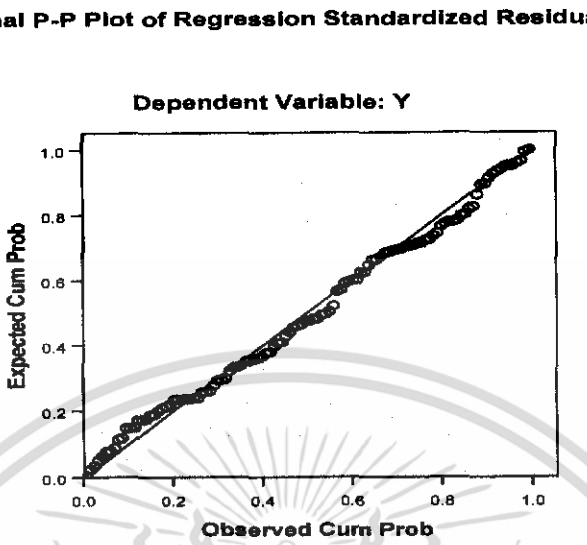
4.1.2.1 ตรวจสอบตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ จากตารางที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าตัวแปรอิสระทุกตัวมีค่า *VIF* ไม่สูง ซึ่งแสดงว่าตัวแปรอิสระเหล่านี้ไม่มีความสัมพันธ์กัน นั่นคือ ไม่เกิดความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ ในการวิเคราะห์การถดถอย

4.1.2.2 ตรวจสอบข้อสมมติของค่าความคลาดเคลื่อน

1) การแจกแจงแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อน

1.1) กราฟ NPP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระของภาคตะวันออก

จากรูปที่ 4.13 จะเห็นว่ากราฟที่ได้มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง จึงสรุปได้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

1.2) ผลการทดสอบของ Lilliefors

สมมติฐานของการทดสอบ

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

สถิติทดสอบ

$$D = \max|F_0(Z_i) - S(Z_i)| = 0.049$$

ค่า $P-value = 0.20$ มีค่ามากกว่า $\alpha = 0.01$ จึงยอมรับ H_0

สรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

2) ความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน

โดยใช้การทดสอบของ Durbin-Watson ได้ผลดังนี้

สมมติฐานของการทดสอบสถิติ

H_0 : ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

H_1 : ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

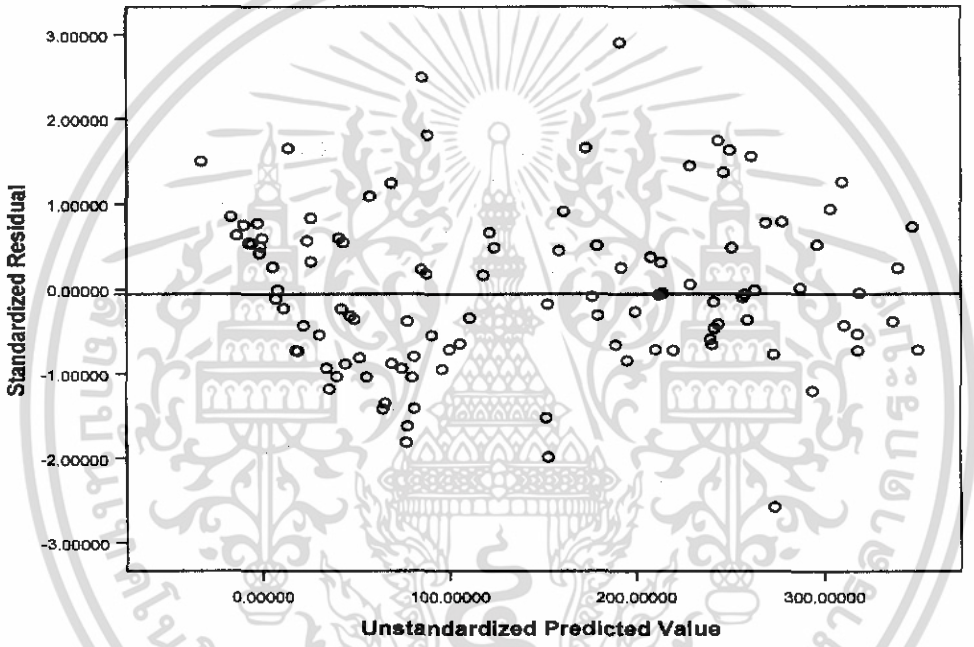
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถิติทดสอบ

$$DW = d = \frac{\sum_{2}^{n}(e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{1}^{n} e_t^2} = 2.103$$

จากตาราง Durbin-Watson ที่ $\alpha = 0.01$ จะได้ค่า $d_L = 1.11$ และ $DW < 4 - d_L$ จึงยอมรับ H_0 สรุปได้ว่า ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

3) ผลการตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระของภาคตะวันออก

จากรูปที่ 4.14 พบว่ามีการกระจายอย่างสุ่มอยู่รอบเส้นศูนย์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบขนานกับแกน $\hat{Y}$ จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ จากรูปที่ 4.14 จะเห็นว่าค่าตัวเศษเหลือมีค่าสูงหรือต่ำกว่า 0 ไม่มากนัก และมีการเคลื่อนไหวอยู่ในแนวขนานกับแกนนอน แสดงว่ารูปแบบการถดถอยเหมาะสมแล้ว

จากผลลัพธ์ของตารางที่ 4.9 จะได้สมการดังนี้

$$\hat{Y} = -147.802 + 28.086X_3 + 0.614X_4 - 9.639X_{12} - 4.6\times10^{-10}e^{X_{13}} - 1.7\times10^{-9}e^{X_{15}} - 0.182X_{17} + 15.803X_{25} + 2.35\times10^{-9}e^{X_{26}} + 0.762X_{27} + 19.345D_{35} + 15.214D_{44} + 17.955D_{48} \quad (4.8)$$

และมีค่า $R^2 = 0.965$

4.3.3 วิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression Procedure)

ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ คือ 107 จากทั้งหมด 120 เนื่องมาจากการเกิดปัญหาข้อมูลสูญหายและข้อมูลผิดปกติ ซึ่งได้ตัวแปรอิสระเข้ามาอยู่ในสมการดังตารางที่ 4.10

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
1	(Constant)	-237.817	97.807		-2.432	.017		
	X2_powd1	5.907	2.154	.052	2.743	.007	.639	1.565
	X3	28.332	2.148	.450	13.192	.000	.195	5.119
	X4	.615	.041	.407	15.043	.000	.311	3.214
	X12	-8.955	1.862	-.127	-4.811	.000	.328	3.047
	X13_exp	-6.5E-010	.000	-.400	-9.937	.000	.141	7.116
	X15_exp	-1.8E-009	.000	-.237	-4.681	.000	.089	11.280
	X25	19.220	3.495	.136	5.500	.000	.371	2.698
	X26_exp	2.81E-009	.000	.680	14.781	.000	.107	9.324
	X28	322.404	134.905	.039	2.390	.019	.852	1.174
	D44	15.062	4.567	.064	3.298	.001	.603	1.659
	D48	12.829	5.514	.037	2.327	.022	.876	1.141

a. Dependent Variable: Y

ตารางที่ 4.10 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า *VIF* โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคตะวันออก

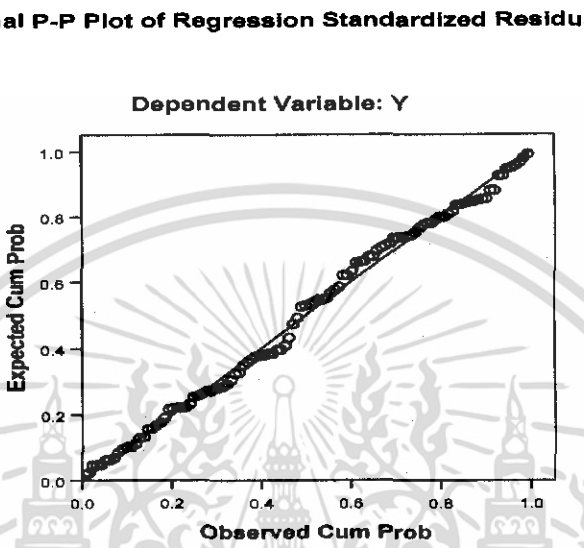
4.1.2.1 **ตรวจสอบตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ จากตารางที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าตัวแปรอิสระมีค่า *VIF* ไม่สูง ซึ่งแสดงว่าตัวแปรอิสระเหล่านี้ไม่มีความสัมพันธ์กัน นั่นคือ ไม่เกิดความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ ในการวิเคราะห์การถดถอย**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.2 ตรวจสอบข้อสมมติของค่าความคลาดเคลื่อน

1) การแจกแจงแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อน

1.1) กราฟ NPP



รูปที่ 4.15 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของภาคตะวันออก

จากรูปที่ 4.15 จะเห็นว่ากราฟที่ได้มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง จึงสรุปได้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

1.2) ผลการทดสอบของ Lilliefors

สมมติฐานของการทดสอบ

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

สถิติทดสอบ

$$D = \max|F_0(Z_i) - S(Z_i)| = 0.06$$

ค่า $P-value = 0.20$ มีค่ามากกว่า $\alpha = 0.01$ จึงยอมรับ H_0

สรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน

โดยใช้การทดสอบของ Durbin-Watson ได้ผลดังนี้

สมมติฐานของการทดสอบสถิติ

H_0 : ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

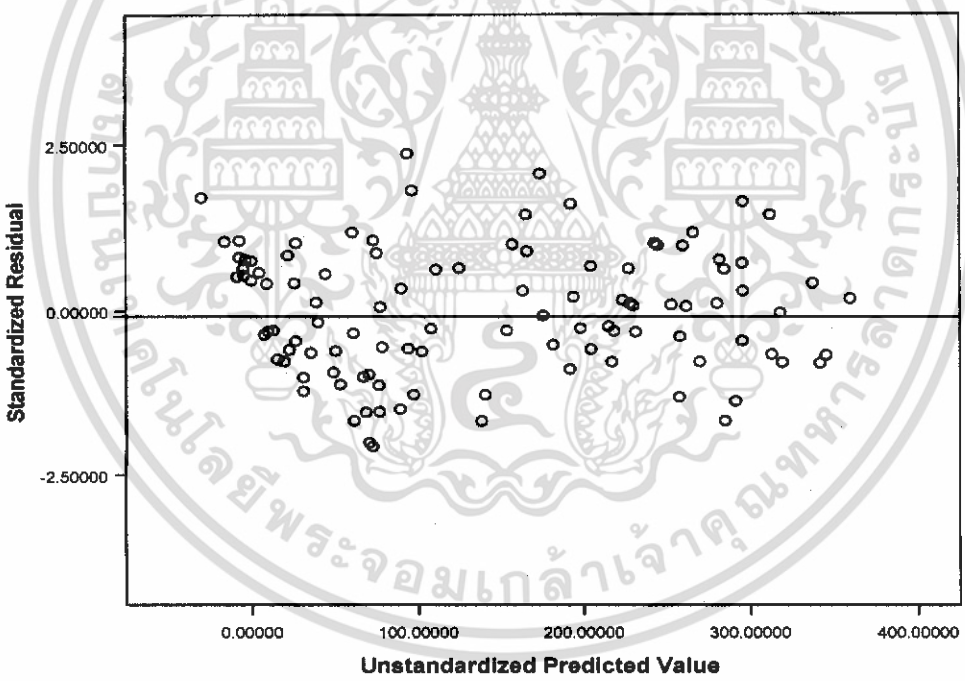
H_1 : ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

สถิติทดสอบ

$$DW = d = \frac{\sum_{2}^{n}(e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{1}^{n} e_t^2} = 2.165$$

จากตาราง Durbin-Watson ที่ $\alpha = 0.01$ จะได้ค่า $d_L = 1.11$ และ $DW < 4 - d_L$ จึงยอมรับ H_0 สรุปได้ว่า ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

3) ผลการตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของภาคตะวันออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.16 พบว่ามีการกระจายอย่างสุ่มอยู่รอบเส้นศูนย์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบขนานกับแกน $\hat{Y}$ จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่

4) ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ จากรูปที่ 4.16 จะเห็นว่าค่าตัวเศษเหลือมีค่าสูงหรือต่ำกว่า 0 ไม่มากนัก และมีการเคลื่อนไหวอยู่ในแนวขนานกับแกนนอน แสดงว่ารูปแบบการถดถอยเหมาะสมแล้ว

จากผลลัพธ์ของตารางที่ 4.10 จะได้สมการดังนี้

$$\hat{Y} = -237.817 + 5.907X_2^{-1} + 28.332X_3 + 0.615X_4 - 8.9551X_{12} - 6.5\times10^{-10}e^{X_{13}} - 1.8\times10^{-9}e^{X_{15}} + 19.22X_{25} + 2.81\times10^{-9}e^{X_{26}} + 322.404X_{28} + 15.062D_{44} + 12.829D_{48}$$

และมีค่า $R^2 = 0.978$

จากวิธีการเลือกตัวแปรอิสระทั้ง 3 วิธี จะเห็นได้ว่า สมการการถดถอยที่ได้จากวิธีการลดตัวแปรอิสระ จะให้ค่า $R^2 = 0.988$ ซึ่งเป็นค่า R^2 ที่มากที่สุดใน 3 วิธี แต่เนื่องจากสมการการถดถอยที่ได้จากวิธีการลดตัวแปรอิสระ นั้นมีปัญหา คือ ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ ดังนั้นจึงไม่ใช้สมการที่ได้จากวิธีนี้ และเนื่องจากสมการการถดถอยที่ได้จากวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระ ได้ค่า $R^2 = 0.965$ ซึ่งต่ำกว่าวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน ได้ค่า $R^2 = 0.978$ และทั้งสองวิธีไม่มีปัญหาความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุเกิดขึ้น จึงเลือกสมการการถดถอยที่ได้จากวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนมาใช้ในการพยากรณ์ โดยสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคตะวันออก คือ

$$\hat{Y} = -237.817 + 5.907X_2^{-1} + 28.332X_3 + 0.615X_4 - 8.9551X_{12} - 6.5\times10^{-10}e^{X_{13}} - 1.8\times10^{-9}e^{X_{15}} + 19.22X_{25} + 2.81\times10^{-9}e^{X_{26}} + 322.404X_{28} + 15.062D_{44} + 12.829D_{48}$$

ซึ่งมีค่า $R^2 = 0.978$

4.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการสร้างตัวแบบสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคกลาง โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ

ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุนี้จะประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด โดยโดยที่ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิเคราะห์มี 51 ตัวแปร และใช้วิธีเลือกตัวแปรอิสระที่ดีที่สุดทั้ง 3 วิธี ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1 วิธีการลดตัวแปรอิสระ (Backward Elimination Procedure)

ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ คือ 117 จากทั้งหมด 120 เนื่องมาจากการเกิดปัญหาข้อมูลสูญหายและข้อมูลผิดปกติ ซึ่งได้ตัวแปรอิสระเข้ามาอยู่ในสมการดังตารางที่ 4.11

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
1	(Constant)	-747.302	115.119		-6.492	.000		
	X3	23.861	2.785	.564	8.567	.000	.104	9.597
	X4_pow2	.004	.000	.292	10.559	.000	.593	1.685
	X5	5.156	1.229	.112	4.196	.000	.632	1.582
	X10	-35.970	11.142	-.635	-3.228	.002	.012	85.499
	X11	36.875	10.705	.651	3.445	.001	.013	78.974
	X13_exp	-1.4E-010	.000	-.132	-3.122	.002	.252	3.973
	X17	-25.590	11.155	-.779	-2.294	.024	.004	254.985
	X18	30.647	12.753	.887	2.403	.018	.003	300.882
	X26_exp	1.63E-009	.000	.320	6.846	.000	.207	4.840
	D31	1.308	.448	.103	2.917	.004	.366	2.732
	D35	31.062	15.719	.045	1.976	.051	.869	1.150
	D36	30.050	7.967	.166	3.772	.000	.234	4.280
	D39	41.119	16.064	.060	2.560	.012	.833	1.201
	D44	23.919	8.025	.128	2.980	.004	.246	4.062
	D50	32.146	9.392	.091	3.423	.001	.642	1.557

a. Dependent Variable: Y

ตารางที่ 4.11 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า *VIF* โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบลดตัวแปรอิสระของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคกลาง

4.1.2.1 ตรวจสอบตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ จากตารางที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าตัวแปรอิสระ $X_{10}, X_{11}, X_{17}, X_{18}$ มีค่า *VIF* สูงมาก ซึ่งแสดงว่าตัวแปรอิสระเหล่านี้มีความสัมพันธ์กัน นั่นคือ เกิดความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ ในการวิเคราะห์การถดถอย แต่เนื่องจากตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระนี้ มีตัวแปรอิสระ X_4^2 โดยที่ไม่มี X_4 ดังนั้น จึงเพิ่มตัวแปรอิสระ X_4 ให้อยู่ในสมการ ซึ่งผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
1	(Constant)	-693.142	117.940		-5.877	.000		
	X3	22.856	2.814	.541	8.123	.000	.100	10.003
	X4	.325	.183	.148	1.773	.079	.063	15.799
	X4_pow2	.002	.001	.183	2.726	.008	.098	10.158
	X5	4.714	1.241	.103	3.797	.000	.607	1.649
	X10	-38.646	11.129	-.682	-3.473	.001	.011	87.100
	X11	38.610	10.638	.682	3.630	.000	.013	79.648
	X13_exp	-1.5E-010	.000	-.137	-3.250	.002	.251	3.985
	X17	-23.932	11.078	-.729	-2.160	.033	.004	256.815
	X18	28.358	12.686	.820	2.235	.028	.003	304.028
	X26_exp	1.68E-009	.000	.331	7.091	.000	.203	4.926
	D31	1.413	.448	.111	3.156	.002	.360	2.780
	D35	32.869	15.588	.048	2.109	.037	.866	1.155
	D36	29.061	7.904	.161	3.677	.000	.232	4.302
	D39	39.339	15.928	.057	2.470	.015	.829	1.206
	D44	23.764	7.942	.127	2.992	.003	.246	4.062
	D50	30.821	9.324	.087	3.306	.001	.638	1.567

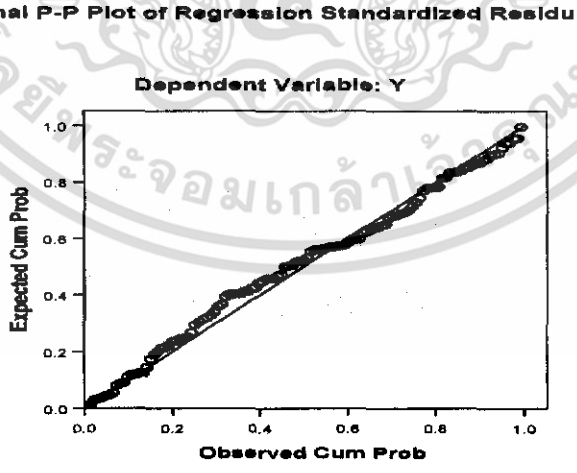
a. Dependent Variable: Y

ตารางที่ 4.12 ตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการ พร้อมทั้งสัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า $P-value$ ของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคกลาง

4.1.2.2 ตรวจสอบข้อสมมติของค่าความคลาดเคลื่อน

1) การแจกแจงแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อน

1.1) กราฟ NPP



รูปที่ 4.17 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระของภาคกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.17 จะเห็นว่ากราฟที่ได้มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง จึงสรุปได้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

1.2) ผลการทดสอบของ Lilliefors

สมมติฐานของการทดสอบ

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

สถิติทดสอบ

$$D = \max|F_0(Z_i) - S(Z_i)| = 0.07$$

ค่า $P-value = 0.20$ มีค่ามากกว่า $\alpha = 0.01$ จึงยอมรับ H_0

สรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

2) ความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน

โดยใช้การทดสอบของ Durbin-Watson ได้ผลดังนี้

สมมติฐานของการทดสอบสถิติ

H_0 : ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

H_1 : ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

สถิติทดสอบ

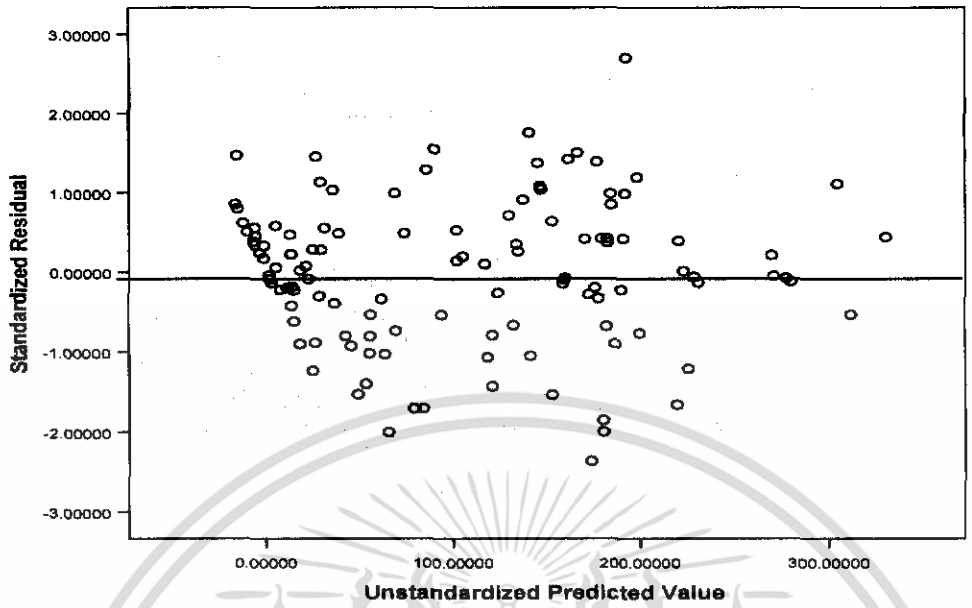
$$DW = d = \frac{\sum_{2}^{n}(e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{1}^{n} e_t^2} = 1.926$$

จากตาราง Durbin-Watson ที่ $\alpha = 0.01$ จะได้ค่า $d_U = 1.11$ และ $DW < 4 - d_L$ จึงยอมรับ H_0

สรุปได้ว่า ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

3) ผลการตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการตัวแปรอิสระของภาคกลาง

จากรูปที่ 4.18 พบว่ามีการกระจายอย่างสุ่มอยู่รอบเส้นศูนย์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบขนานกับแกน $\hat{Y}$ จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่

4) ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ จากรูปที่ 4.18 จะเห็นว่าค่าตัวเศษเหลือมีค่าสูงหรือต่ำกว่า 0 ไม่มากนัก และมีการเคลื่อนไหวอยู่ในแนวขนานกับแกน $\hat{Y}$ แสดงว่ารูปแบบการถดถอยเหมาะสมแล้ว

จากผลลัพธ์ของตารางที่ 4.12 จะได้สมการดังนี้

$$\hat{Y} = -693.142 + 22.856X_3 + 0.325X_4 + 0.002X_4^2 + 4.714X_5 - 38.646X_{10} +$$
$$38.61X_{11} - 1.5\times10^{-10}e^{X_{13}} - 23.932X_{17} + 28.358X_{18} + 1.68\times10^{-9}e^{X_{26}} + .$$
$$1.413D_{31} + 32.869D_{35} + 29.061D_{36} + 39.339D_{39} + 23.764D_{44} + 30.821D_{50}$$

และมีค่า $R^2 = 0.956$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 วิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระ (Forward Selection Procedure)

ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ คือ 116 จากทั้งหมด 120 เนื่องมาจากการเกิดปัญหาข้อมูลสูญหายและข้อมูลผิดปกติ ซึ่งได้ตัวแปรอสระเข้ามาอยู่ในสมการดังตารางที่ 4.13

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
1	(Constant)	-280.253	60.268		-4.650	.000		
	X3	13.320	1.934	.314	6.887	.000	.256	3.907
	X4_pow2	.004	.000	.283	9.575	.000	.607	1.648
	X6	4.207	1.093	.154	3.849	.000	.331	3.026
	X13_exp	-8.9E-011	.000	-.082	-2.649	.009	.553	1.807
	X26_exp	1.79E-009	.000	.345	7.280	.000	.236	4.230
	D50	48.786	9.252	.138	5.273	.000	.777	1.288

a. Dependent Variable: Y

ตารางที่ 4.13 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า *VIF* โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคกลาง

4.1.2.1 ตรวจสอบตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ จากตารางที่ 4.13 จะเห็นได้ว่าตัวแปรอิสระทุกตัวมีค่า *VIF* ไม่สูง ซึ่งแสดงว่าตัวแปรอิสระเหล่านี้ไม่มีความสัมพันธ์กัน นั่นคือไม่เกิดความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ ในการวิเคราะห์การถดถอย แต่เนื่องจากตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระนี้ มีตัวแปรอิสระ X_4^2 โดยที่ไม่มี X_4 ดังนั้น จึงเพิ่มตัวแปรอิสระ X_4 ให้อยู่ในสมการ ซึ่งผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.14

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
1	(Constant)	-254.329	61.252		-4.152	.000		
	X3	12.246	2.000	.288	6.124	.000	.234	4.269
	X4	.314	.170	.143	1.844	.068	.086	11.569
	X4_pow2	.002	.001	.176	2.704	.008	.123	8.159
	X6	3.702	1.115	.136	3.319	.001	.311	3.220
	X13_exp	-1.2E-010	.000	-.106	-3.186	.002	.469	2.134
	X26_exp	1.84E-009	.000	.354	7.513	.000	.234	4.277
	D50	47.994	9.162	.136	5.238	.000	.775	1.290

a. Dependent Variable: Y

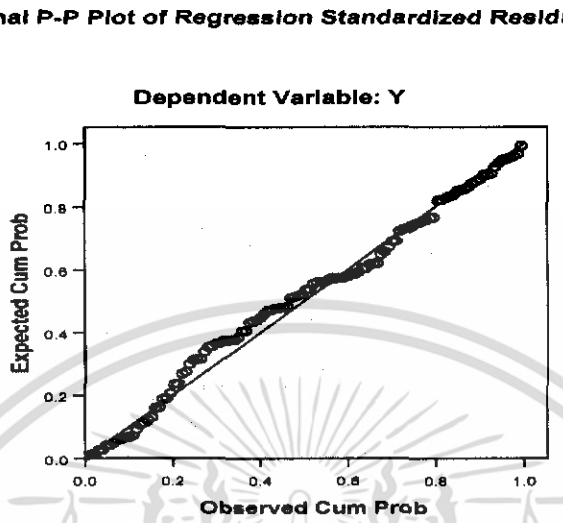
ตารางที่ 4.14 ตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการ พร้อมทั้งสัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า $P-value$ ของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคกลาง

4.1.2.2 ตรวจสอบข้อสมมติของค่าความคลาดเคลื่อน

1) การแจกแจงแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1) กราฟ NPP



รูปที่ 4.19 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระของภาคกลาง

จากรูปที่ 4.19 จะเห็นว่ากราฟที่ได้มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง จึงสรุปได้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

1.2) ผลการทดสอบของ Lilliefors

สมมติฐานของการทดสอบ

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

สถิติทดสอบ

$$D = \max|F_0(Z_i) - S(Z_i)| = 0.072$$

ค่า $P-value = 0.193$ มีค่ามากกว่า $\alpha = 0.01$ จึงยอมรับ H_0

สรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

2) ความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน

โดยใช้การทดสอบของ Durbin-Watson ได้ผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานของการทดสอบสถิติ

H_0 : ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

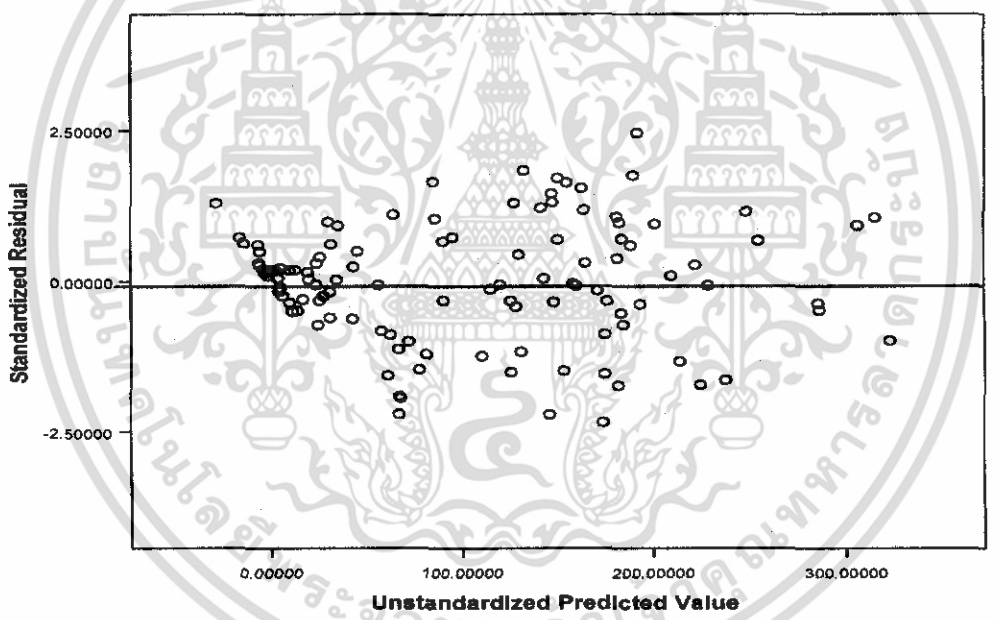
H_1 : ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

สถิติทดสอบ

$$DW = d = \frac{\sum_{2}^{n}(e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{1}^{n} e_t^2} = 1.974$$

จากตาราง Durbin-Watson ที่ $\alpha = 0.01$ จะได้ค่า $d_U = 1.11$ และ $DW < 4 - d_L$ จึงยอมรับ H_0 สรุปได้ว่า ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

3) ผลการตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระของภาคกลาง

จากรูปที่ 4.20 พบว่ามีการกระจายอย่างสุ่มอยู่รอบเส้นศูนย์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบขนานกับแกน $\hat{Y}$ จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ จากรูปที่ 4.20 จะเห็นว่าค่าตัวเศษเหลือมีค่าสูงหรือต่ำกว่า 0 ไม่มากนัก และมีการเคลื่อนไหวอยู่ในแนวขนานกับแกนนอน แสดงว่าตัวแบบการถดถอยเหมาะสมแล้ว

จากผลลัพธ์ของตารางที่ 4.14 จะได้สมการดังนี้

$$\hat{Y} = -254.329 + 12.246X_3 + 0.314X_4 + 0.002X_4^2 + 3.702X_6 - 1.2\times10^{-10}e^{X_{13}} + 1.84\times10^{1.83}e^{X_{26}} + 47.994D_{50}$$

และมีค่า $R^2 = 0.944$

4.4.3 วิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression Procedure)

ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ คือ 116 จากทั้งหมด 120 เนื่องมาจากการเกิดปัญหาข้อมูลสูญหายและข้อมูลผิดปกติ ซึ่งได้ตัวแปรอสระเข้ามาอยู่ในสมการดังตารางที่ 4.15

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
1	(Constant)	-254.329	61.252		-4.152	.000		
	X3	12.246	2.000	.288	6.124	.000	.234	4.269
	X4	.314	.170	.143	1.844	.068	.086	11.569
	X4_pow2	.002	.001	.176	2.704	.008	.123	8.159
	X6	3.702	1.115	.136	3.319	.001	.311	3.220
	X13_exp	-1.2E-010	.000	-.106	-3.186	.002	.469	2.134
	X26_exp	1.84E-009	.000	.354	7.513	.000	.234	4.277
	D50	47.994	9.162	.136	5.238	.000	.775	1.290

a. Dependent Variable: Y

ตารางที่4.15 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า VIF โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคกลาง

จากตางที่ 4.15 จะเห็นได้ว่าวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนจะให้ผลลัพธ์เหมือนกับวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระ ซึ่งได้สมการดังนี้

$$\hat{Y} = -254.329 + 12.246X_3 + 0.314X_4 + 0.002X_4^2 + 3.702X_6 - 1.2\times10^{-10}e^{X_{13}} + 1.84\times10^{1.83}e^{X_{26}} + 47.994D_{50}$$

และมีค่า $R^2 = 0.944$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการเลือกตัวแปรอิสระทั้ง 3 วิธี จะเห็นได้ว่า สมการการถดถอยที่ได้จากวิธีการลดตัวแปรอิสระ ที่ให้ค่า $R^2 = 0.956$ ซึ่งเป็นค่าสูงที่สุดใน 3 วิธี แต่เนื่องจากสมการการถดถอยที่ได้จากวิธีการลดตัวแปรอิสระ นั้น ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุจึงไม่ใช้สมการการถดถอยที่ได้จากวิธีนี้ แต่จะเลือกสมการการถดถอยที่ได้จากวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระ หรือ วิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนซึ่งให้ผลเหมือนกันมาใช้ในการพยากรณ์ โดยสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคกลาง คือ

$$\hat{Y} = -254.329 + 12.246X_3 + 0.314X_4 + 0.002X_4^2 + 3.702X_6 - 1.2\times10^{-10}e^{X_{13}} + 1.84\times10^{1.83}e^{X_{26}} + 47.994D_{50}$$

ซึ่งมีค่า $R^2 = 0.944$

4.5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการสร้างตัวแบบสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้ฝั่งตะวันออก โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ

ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุนี้จะประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด โดยโดยที่ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิเคราะห์มี 52 ตัวแปร และใช้วิธีเลือกตัวแปรอิสระที่ดีที่สุดทั้ง 3 วิธี ดังนี้

4.5.1 วิธีการลดตัวแปรอิสระ (Backward Elimination Procedure)

ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ คือ 90 จากทั้งหมด 120 เนื่องมาจากการเกิดปัญหาข้อมูลสูญหายและข้อมูลผิดปกติ ซึ่งได้ตัวแปรอิสระเข้ามาอยู่ในสมการดังตารางที่ 4.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	945.039	239.272		3.950	.000		
	X1_powd1	-3.217	1.310	-.056	-2.455	.017	.649	1.541
	X2	-6.245	1.494	-.267	-4.181	.000	.082	12.269
	X3	-12.081	5.567	-.189	-2.170	.033	.044	22.909
	X4	.215	.036	.180	6.038	.000	.374	2.676
	X8_powd1	1936.208	503.978	.267	3.842	.000	.069	14.575
	X12	-7.310	2.595	-.134	-2.817	.006	.146	6.836
	X13_powd1	-10676.9	3288.160	-.193	-3.247	.002	.094	10.671
	X14	-4.442	1.566	-.112	-2.836	.006	.212	4.728
	X21	-11.586	3.531	-.163	-3.282	.002	.135	7.399
	X24	12.832	4.562	.164	2.813	.006	.098	10.246
	X29	-11.255	2.391	-.200	-4.707	.000	.184	5.436
	X30	-.581	.262	-.133	-2.221	.030	.092	10.871
	D31	7.500	.463	.589	16.214	.000	.252	3.972
	D34	62.524	9.107	.168	6.865	.000	.551	1.815
	D40	21.524	5.094	.126	4.226	.000	.373	2.684
	D46	28.420	8.845	.166	3.213	.002	.124	8.056
	D48	-15.541	6.645	-.091	-2.339	.022	.219	4.567
	D50	38.390	6.588	.129	5.827	.000	.682	1.466
	D51	-77.638	18.571	-.096	-4.181	.000	.633	1.580

a. Dependent Variable: Y

ตารางที่ 4.16 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า *VIF* โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบลดตัวแปรอิสระของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้ฝั่งตะวันออก

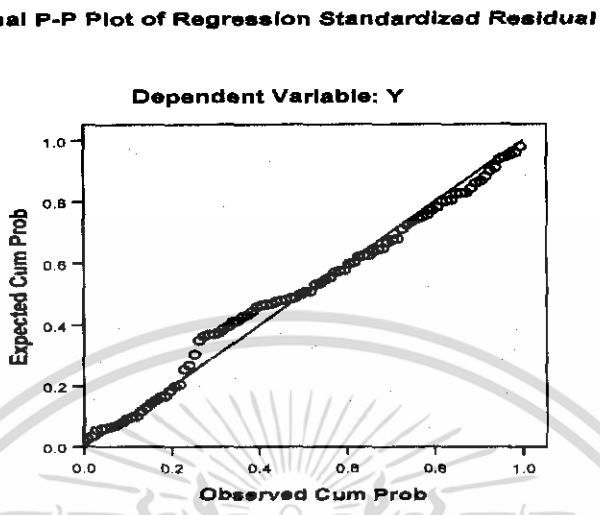
4.1.2.1 ตรวจสอบตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ จากตารางที่ 4.16 จะเห็นได้ว่าตัวแปรอิสระทุกตัวมีค่า *VIF* ไม่สูง ซึ่งแสดงว่าตัวแปรอิสระเหล่านี้ไม่มีความสัมพันธ์กัน นั่นคือไม่เกิดความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ ในการวิเคราะห์การถดถอย

4.1.2.2 ตรวจสอบข้อสมมติของค่าความคลาดเคลื่อน

1) การแจกแจงแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1) กราฟ NPP



รูปที่ 4.21 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระของภาคใต้ฝั่งตะวันออก

จากรูปที่ 4.21 จะเห็นว่ากราฟที่ได้มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง จึงสรุปได้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

1.2) ผลการทดสอบของ Lilliefors

สมมติฐานของการทดสอบ

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

สถิติทดสอบ

$$D = \max|F_0(Z_i) - S(Z_i)| = 0.08$$

ค่า $P-value = 0.20$ มีค่ามากกว่า $\alpha = 0.01$ จึงยอมรับ H_0

สรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

2) ความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน

โดยใช้การทดสอบของ Durbin-Watson ได้ผลดังนี้

สมมติฐานของการทดสอบสถิติ

H_0 : ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

H_1 : ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

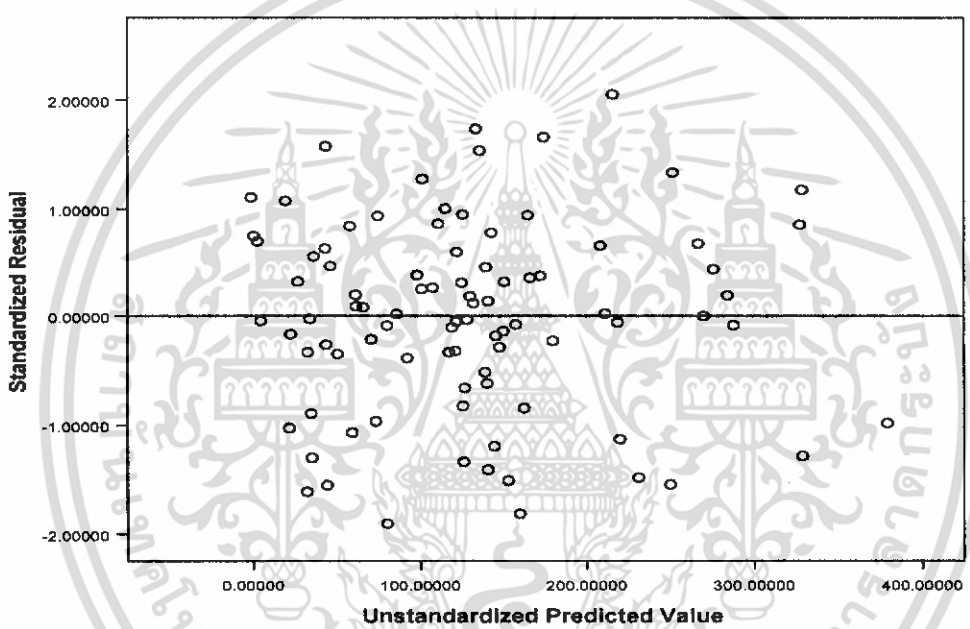
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถิติทดสอบ

$$DW = d = \frac{\sum_{2}^{n}(e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{1}^{n} e_t^2} = 1.993$$

จากตาราง Durbin-Watson ที่ $\alpha = 0.01$ จะได้ค่า $d_L = 1.04$ และ $DW < 4 - d_L$ จึงยอมรับ H_0 สรุปได้ว่า ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

3) ผลการตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระของภาคใต้ฝั่งตะวันออก

จากรูปที่ 4.22 พบว่ามีการกระจายอย่างสุ่มอยู่รอบเส้นศูนย์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบขนานกับแกน $\hat{Y}$ จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่

4) ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ จากรูปที่ 4.22 จะเห็นว่าค่าตัวเศษเหลือมีค่าสูงหรือต่ำกว่า 0 ไม่มากนัก และมีการเคลื่อนไหวอยู่ในแนวขนานกับแกน $\hat{Y}$ แสดงว่ารูปแบบการถดถอยเหมาะสมแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลลัพธ์ของตารางที่ 4.16 จะได้สมการดังนี้

$$\hat{Y} = 945.039 - 3.217X_1^{-1} - 6.245X_2 - 12.081X_3 + 0.215X_4 + 1936X_8^{-1} - 4.442X_{14} - 11.586X_{21} + 12.832X_{24} - 11.255X_{29} - 0.581X_{30} + 7.5D_{31} + 62.524D_{34} + 21.524D_{40} + 28.42D_{46} - 15.541D_{48} + 38.39D_{50} - 77.638D_{51}$$

และมีค่า $R^2 = 0.977$

4.5.2 วิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระ (Forward Selection Procedure)

ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ คือ 92 จากทั้งหมด 120 เนื่องมาจากการเกิดปัญหาข้อมูลสูญหายและข้อมูลผิดปกติ ซึ่งได้ตัวแปรอิสระเข้ามาอยู่ในสมการดังตารางที่ 4.17

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
1	(Constant)	-157.231	29.068		-5.409	.000		
	X2	-1.860	.833	-.090	-2.232	.028	.320	3.125
	X3	15.030	2.987	.269	5.032	.000	.181	5.510
	X4	.528	.038	.401	13.751	.000	.610	1.639
	X7	2.673	.520	.160	5.143	.000	.537	1.862
	D31	4.495	.471	.372	9.546	.000	.342	2.925
	D35	-12.938	4.834	-.064	-2.677	.009	.913	1.095
	D40	33.392	5.244	.223	6.367	.000	.425	2.353
	D42	-12.313	5.969	-.073	-2.063	.042	.413	2.423
	D44	14.089	5.173	.066	2.723	.008	.896	1.116
	D50	46.569	6.727	.165	6.922	.000	.915	1.093

a. Dependent Variable: Y

ตารางที่ 4.17 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า *VIF* โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้ฝั่งตะวันออก

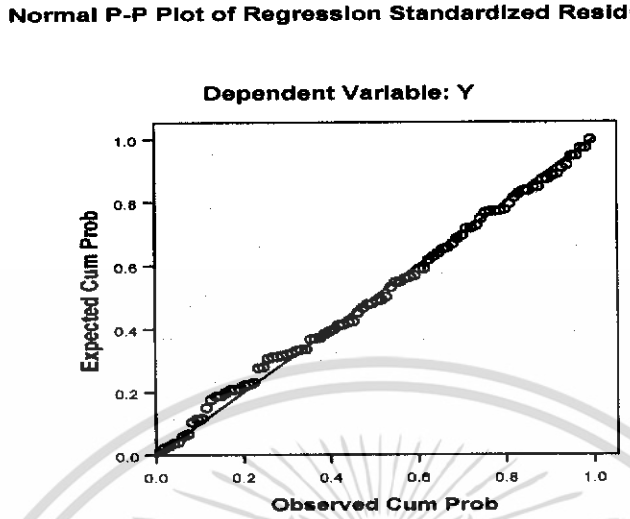
4.1.2.1 ตรวจสอบตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ จากตารางที่ 4.17 จะเห็นได้ว่าตัวแปรอิสระมีค่า *VIF* ไม่สูง ซึ่งแสดงว่าตัวแปรอิสระเหล่านี้ไม่มีความสัมพันธ์กัน นั่นคือ ไม่เกิดความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ ในการวิเคราะห์การถดถอย

4.1.2.2 ตรวจสอบข้อสมมติของค่าความคลาดเคลื่อน

1) การแจกแจงแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อน

1.1) กราฟ NPP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระของภาคใต้ฝั่งตะวันออก

จากรูปที่ 4.23 จะเห็นว่ากราฟที่ได้มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง จึงสรุปได้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

1.2) ผลการทดสอบของ Lilliefors

สมมติฐานของการทดสอบ

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

สถิติทดสอบ

$$D = \max|F_0(Z_i) - S(Z_i)| = 0.047$$

ค่า $P-value = 0.20$ มีค่ามากกว่า $\alpha = 0.01$ จึงยอมรับ H_0

สรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

2) ความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน

โดยใช้การทดสอบของ Durbin-Watson ได้ผลดังนี้

สมมติฐานของการทดสอบสถิติ

H_0 : ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

H_1 : ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

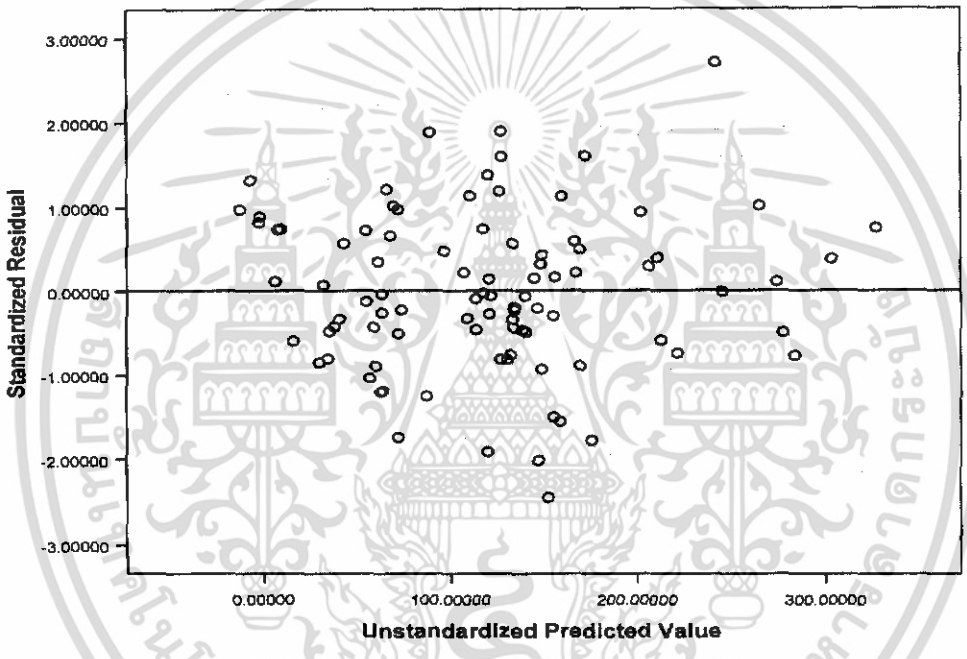
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถิติทดสอบ

$$DW = d = \frac{\sum_{2}^{n}(e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{1}^{n} e_t^2} = 1.794$$

จากตาราง Durbin-Watson ที่ $\alpha = 0.01$ จะได้ค่า $d_L = 1.04$ และ $DW < 4 - d_L$ จึงยอมรับ H_0 สรุปได้ว่า ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

3) ผลการตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_t) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระของภาคใต้ฝั่งตะวันออก

จากรูปที่ 4.24 พบว่ามีการกระจายอย่างสุ่มอยู่รอบเส้นศูนย์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบขนานกับแกน $\hat{Y}$ จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ จากรูปที่ 4.24 จะเห็นว่าค่าตัวเศษเหลือมีค่าสูงหรือต่ำกว่า 0 ไม่มากนัก และมีการเคลื่อนไหวอยู่ในแนวขนานกับแกนนอน แสดงว่ารูปแบบการถดถอยเหมาะสมแล้ว

จากผลลัพธ์ของตารางที่ 4.17 จะได้สมการดังนี้

$$\hat{Y} = -157.231 - 1.86X_2 + 15.03X_3 + 0.528X_4 + 2.673X_7 + 4.495D_{31} - 12.938D_{35} + 33.392D_{40} - 12.313D_{42} + 14.089D_{44} + 46.569D_{50}$$

และมีค่า $R^2 = 0.958$

4.5.3 วิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression Procedure)

ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ คือ 91 จากทั้งหมด 120 เนื่องมาจากการเกิดปัญหาข้อมูลสูญหายและข้อมูลผิดปกติ ซึ่งได้ตัวแปรอิสระเข้ามาอยู่ในสมการดังตารางที่ 4.18

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
1	(Constant)	-170.620	29.876		-5.711	.000		
	X3	12.801	3.901	.226	3.281	.002	.110	9.130
	X4	.507	.038	.410	13.180	.000	.535	1.870
	X7	3.589	.600	.219	5.983	.000	.387	2.581
	X29	-6.482	1.930	-.129	-3.359	.001	.350	2.859
	D31	3.146	.480	.266	6.560	.000	.316	3.169
	D38	48.730	7.759	.321	6.280	.000	.198	5.042
	D46	42.563	9.297	.280	4.578	.000	.139	7.211
	D50	46.528	7.169	.164	6.490	.000	.813	1.230
	D51	-49.331	18.848	-.068	-2.617	.011	.769	1.301

a. Dependent Variable: Y

ตารางที่ 4.18 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า *VIF* โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้ฝั่งตะวันออก

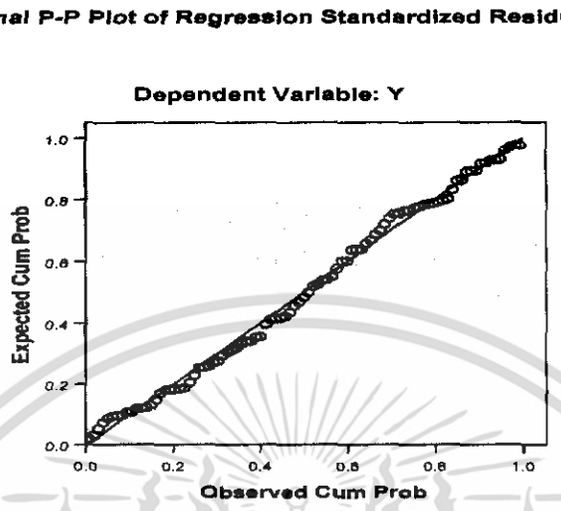
4.1.2.1 ตรวจสอบตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ จากตารางที่ 4.18 จะเห็นได้ว่าตัวแปรอิสระทุกตัวมีค่า *VIF* ไม่สูง ซึ่งแสดงว่าตัวแปรอิสระเหล่านี้ไม่มีความสัมพันธ์กัน นั่นคือไม่เกิดความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ ในการวิเคราะห์การถดถอย

4.1.2.2 ตรวจสอบข้อสมมติของค่าความคลาดเคลื่อน

1) การแจกแจงแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1) กราฟ NPP



รูปที่ 4.25 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของภาคใต้ฝั่งตะวันออก

จากรูปที่ 4.25 จะเห็นว่ากราฟที่ได้มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง จึงสรุปได้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

1.2) ผลการทดสอบของ Lilliefors

สมมติฐานของการทดสอบ

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

สถิติทดสอบ

$$D = \max|F_0(Z_i) - S(Z_i)| = 0.059$$

ค่า $P-value = 0.20$ มีค่ามากกว่า $\alpha = 0.01$ จึงยอมรับ H_0

สรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

2) ความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน

โดยใช้การทดสอบของ Durbin-Watson ได้ผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานของการทดสอบสถิติ

H_0 : ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

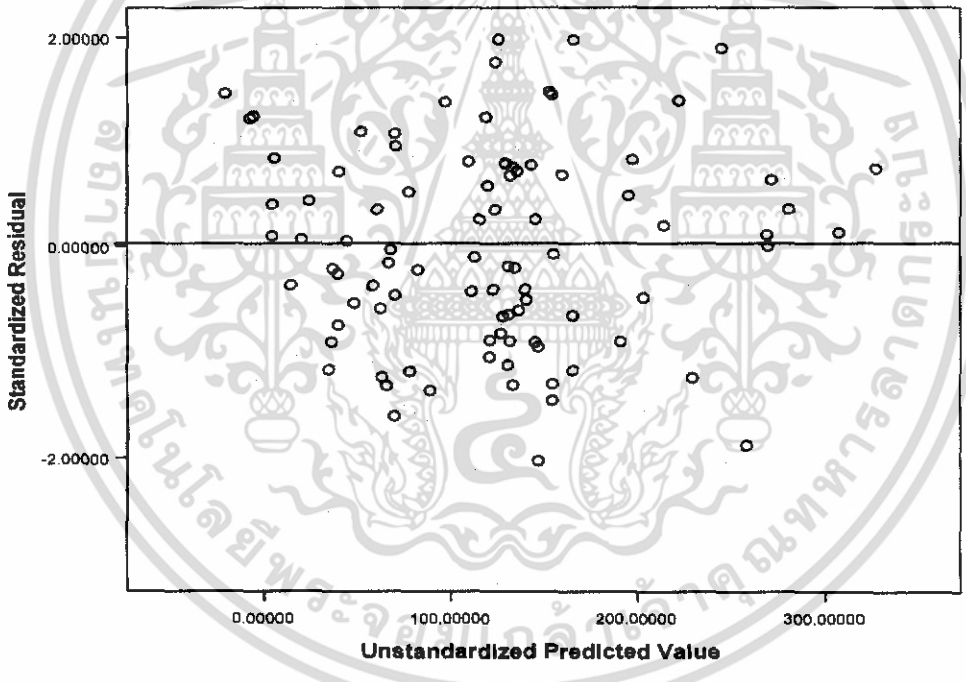
H_1 : ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

สถิติทดสอบ

$$DW = d = \frac{\sum_{2}^{n}(e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{1}^{n} e_t^2} = 2.121$$

จากตาราง Durbin-Watson ที่ $\alpha = 0.01$ จะได้ค่า $d_L = 1.04$ และ $DW < 4 - d_L$ จึงยอมรับ H_0 สรุปได้ว่า ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

3) ผลการตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของภาคใต้ฝั่งตะวันออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.26 พบว่ามีการกระจายอย่างสุ่มอยู่รอบเส้นศูนย์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบขนานกับแกน $\hat{Y}$ จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่

4) ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ จากรูปที่ 4.26 จะเห็นว่าค่าตัวเศษเหลือมีค่าสูงหรือต่ำกว่า 0 ไม่มากนัก และมีการเคลื่อนไหวอยู่ในแนวขนานกับแกนนอน แสดงว่ารูปแบบการถดถอยเหมาะสมแล้ว

จากผลลัพธ์ของตารางที่ 4.18 จะได้สมการดังนี้

$$\hat{Y} = -170.62 - 12.801X_3 + 0.507X_4 + 3.589X_7 - 6.482X_{29} + 3.146D_{31} + 48.73D_{38} + 42.563D_{46} + 46.528D_{50} - 49.331D_{51}$$

และมีค่า $R^2 = 0.958$

จากวิธีการเลือกตัวแปรอิสระทั้ง 3 วิธี จะเห็นได้ว่าสมการการถดถอยที่ได้จากวิธีการลดตัวแปรอิสระ ที่ให้ค่า $R^2 = 0.977$ ซึ่งเป็นค่า R^2 ซึ่งเป็นค่าสูงที่สุดใน 3 วิธี และไม่มีปัญหาความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ ดังนั้นจึงเลือกใช้สมการการถดถอยที่ได้จากวิธีการลดตัวแปรอิสระโดยสมการถดถอยที่ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้ฝั่งตะวันออก คือ

$$\hat{Y} = 945.039 - 3.217X_1^{-1} - 6.245X_2 - 12.081X_3 + 0.215X_4 + 1936X_8^{-1} - 4.442X_{14} - 11.586X_{21} + 12.832X_{24} - 11.255X_{29} - 0.581X_{30} + 7.5D_{31} + 62.524D_{34} + 21.524D_{40} + 28.42D_{46} - 15.541D_{48} + 38.39D_{50} - 77.638D_{51}$$

ซึ่งมีค่า $R^2 = 0.977$

4.6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการสร้างตัวแบบสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้ฝั่งตะวันตก โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ

ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุนี้จะประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด โดยที่ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิเคราะห์มี 34 ตัวแปร และใช้วิธีเลือกตัวแปรอิสระที่ดีที่สุดทั้ง 3 วิธี ดังนี้

4.6.1 วิธีการลดตัวแปรอิสระ (Backward Elimination Procedure)

ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ คือ 90 จากทั้งหมด 120 เนื่องมาจากการเกิดปัญหาข้อมูลสูญหายและข้อมูลผิดปกติ ซึ่งได้ตัวแปรอิสระเข้ามาอยู่ในสมการดังตารางที่ 4.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	442.783	208.412		2.125	.037		
	X2_powd1	12.755	2.256	.152	5.654	.000	.543	1.841
	X3	-50.871	17.779	-.563	-2.861	.005	.010	99.370
	X3_pow2	7.153	1.627	.935	4.397	.000	.009	115.844
	X4	.720	.099	.242	7.277	.000	.353	2.836
	X5	2.579	.907	.060	2.843	.006	.877	1.140
	X10	-36.634	7.356	-.232	-4.980	.000	.180	5.567
	X16_pow2	.201	.050	.169	4.035	.000	.223	4.488
	X17	11.421	2.852	.163	4.004	.000	.235	4.261
	X26_exp	8.66E-010	.000	.128	3.001	.004	.216	4.636

a. Dependent Variable: Y

ตารางที่ 4.19 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า VIF โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบลดตัวแปรอิสระของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้ฝั่งตะวันตก

4.1.2.1 ตรวจสอบตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ จากตารางที่ 4.19 จะเห็นได้ว่าตัวแปรอิสระ X_3, X_3^2 มีค่า VIF สูง ซึ่งแสดงว่าตัวแปรอิสระเหล่านี้มีความสัมพันธ์กัน นั่นคือเกิดความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ ในการวิเคราะห์การถดถอย แต่เนื่องจากตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระนี้ มีตัวแปรอิสระ X_{16}^2 โดยที่ไม่มี X_{16} ดังนั้น จึงเพิ่มตัวแปรอิสระ X_{16} ให้อยู่ในสมการ ซึ่งผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.19

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	462.638	208.724		2.217	.030		
	X2_powd1	13.038	2.265	.155	5.756	.000	.537	1.863
	X3	-50.421	17.749	-.558	-2.841	.006	.010	99.419
	X3_pow2	7.114	1.624	.930	4.381	.000	.009	115.895
	X4	.719	.099	.242	7.275	.000	.353	2.837
	X5	2.570	.905	.060	2.838	.006	.877	1.140
	X10	-35.749	7.382	-.226	-4.843	.000	.178	5.628
	X16	-7.312	6.379	-.192	-1.146	.255	.014	71.945
	X16_pow2	.434	.209	.365	2.073	.041	.013	79.679
	X17	11.750	2.861	.168	4.107	.000	.232	4.304
	X26_exp	7.77E-010	.000	.115	2.606	.011	.201	4.970

a. Dependent Variable: Y

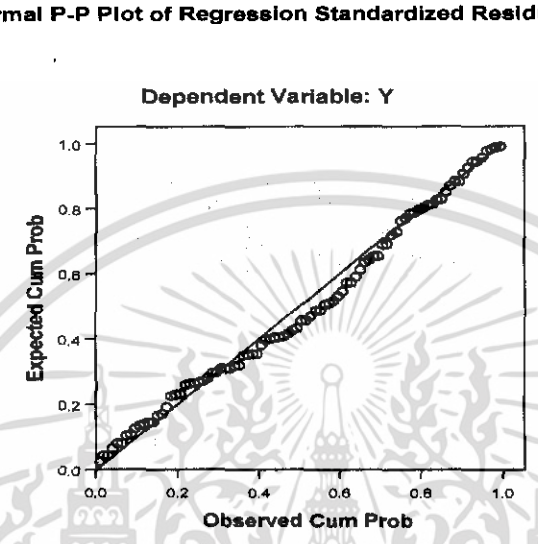
ตารางที่ 4.20 ตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการ พร้อมทั้งสัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า $P-value$ ของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้ฝั่งตะวันตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.2 ตรวจสอบข้อสมมติของค่าความคลาดเคลื่อน

1) การแจกแจงแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อน

1.1) กราฟ NPP



รูปที่ 4.27 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระของภาคใต้ฝั่งตะวันตก

จากรูปที่ 4.27 จะเห็นว่ากราฟที่ได้มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง จึงสรุปได้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

1.2) ผลการทดสอบของ *Lilliefors*

สมมติฐานของการทดสอบ

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

สถิติทดสอบ

$$D = \max\left|F_0(Z_i) - S(Z_i)\right| = 0.072$$

ค่า $P-value = 0.20$ มีค่ามากกว่า $\alpha = 0.01$ จึงยอมรับ H_0

สรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

2) ความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน

โดยใช้การทดสอบของ Durbin-Watson ได้ผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานของการทดสอบสถิติ

H_0 : ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

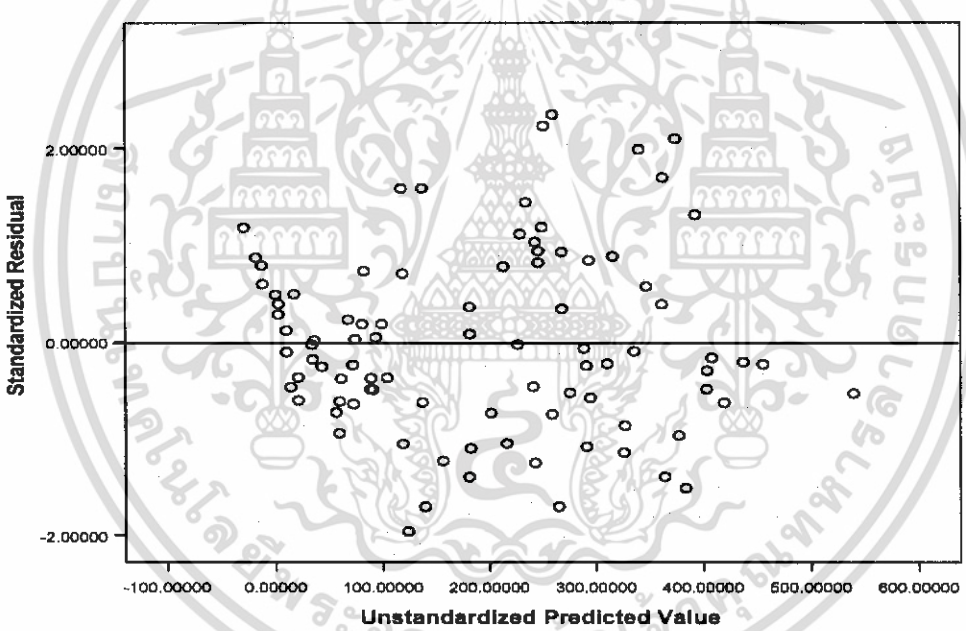
H_1 : ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

สถิติทดสอบ

$$DW = d = \frac{\sum_{2}^{n}(e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{1}^{n} e_t^2} = 2.12$$

จากตาราง Durbin-Watson ที่ $\alpha = 0.01$ จะได้ค่า $d_L = 1.04$ และ $DW < 4 - d_L$ จึงยอมรับ H_0 สรุปได้ว่า ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

3) ผลการตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระของภาคใต้ฝั่งตะวันตก

จากรูปที่ 4.28 พบว่ามีการกระจายอย่างสุ่มอยู่รอบเส้นศูนย์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบขนานกับแกน $\hat{Y}$ จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่

4) ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ จากรูปที่ 4.28 จะเห็นว่าค่าตัวเศษเหลือมีค่าสูงหรือต่ำกว่า 0 ไม่มากนัก และมีการเคลื่อนไหวอยู่ในแนวขนานกับแกน $\hat{Y}$ แสดงว่ารูปแบบการถดถอยเหมาะสมแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลลัพธ์ของตารางที่ 4.20 จะได้สมการดังนี้

$$\hat{Y} = 462.638 + 13.038X_2^{-1} - 50.421X_3 + 7.114X_3^2 + 0.719X_4 + 2.57X_5 - 35.749X_{10} - 7.312X_{16} + 0.434X_{16}^2 + 11.75X_{17} + 10^{7.77}e^{X_{26}}$$

และมีค่า $R^2 = 0.969$

4.6.2 วิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระ (Forward Selection Procedure)

ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ คือ 87 จากทั้งหมด 120 เนื่องมาจากการเกิดปัญหาข้อมูลสูญหายและข้อมูลผิดปกติ ซึ่งได้ตัวแปรอิสระเข้ามาอยู่ในสมการดังตารางที่ 4.21

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
1	(Constant)	540.207	156.513		3.452	.001		
	X1	7.772	6.827	.029	1.138	.259	.543	1.840
	X2_powd1	9.909	2.142	.117	4.626	.000	.535	1.869
	X3	-62.757	15.694	-.706	-3.999	.000	.011	90.502
	X3_pow2	8.365	1.444	1.109	5.793	.000	.009	106.229
	X4	.732	.094	.252	7.809	.000	.332	3.016
	X10	-26.425	6.741	-.172	-3.920	.000	.179	5.600
	X14_exp	9.63E-009	.000	.107	3.649	.000	.401	2.493
	X16	-8.996	5.758	-.240	-1.562	.122	.015	68.190
	X16_pow2	.486	.189	.414	2.572	.012	.013	75.100
	X17	9.950	2.759	.146	3.607	.001	.209	4.779

a. Dependent Variable: Y

ตารางที่ 4.21 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า VIF โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้ฝั่งตะวันตก

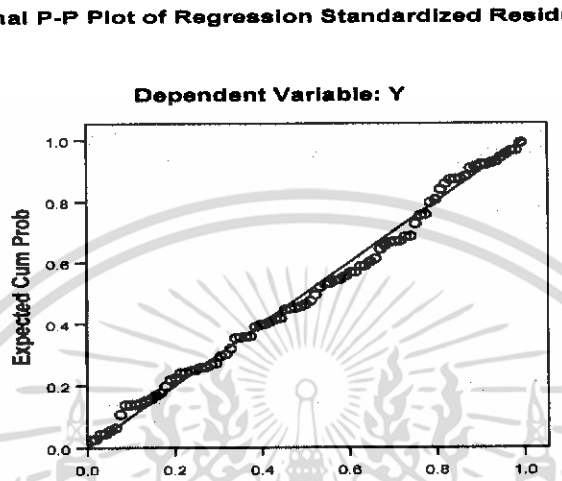
4.1.2.1 ตรวจสอบตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ จากตารางที่ 4.21 จะเห็นได้ว่าตัวแปรอิสระ $X_3, X_3^2, X_{16}, X_{16}^2$ มีค่า VIF สูง ซึ่งแสดงว่าตัวแปรอิสระเหล่านี้มีความสัมพันธ์กัน นั่นคือ เกิดความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ ในการวิเคราะห์การถดถอย แต่เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ X_3, X_{16} และตัวแปรตาม Y เป็นโพลิโนเมียลกำลังสอง จึงต้องมีการแปลงตัวแปรอิสระ X_3, X_{16} โดยเพิ่ม X_3^2, X_{16}^2 ดังนั้น X_3, X_3^2 และ X_{16}, X_{16}^2 จึงมีความสัมพันธ์กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.2 ตรวจสอบข้อสมมติของค่าความคลาดเคลื่อน

1) การแจกแจงแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อน

1.1) กราฟ NPP



รูปที่ 4.29 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระของภาคใต้ฝั่งตะวันตก

จากรูปที่ 4.29 จะเห็นว่ากราฟที่ได้มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง จึงสรุปได้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

1.2) ผลการทดสอบของ Lilliefors

สมมติฐานของการทดสอบ

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

สถิติทดสอบ

$$D = \max|F_0(Z_i) - S(Z_i)| = 0.057$$

ค่า $P-value = 0.20$ มีค่ามากกว่า $\alpha = 0.01$ จึงยอมรับ H_0

สรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

2) ความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน

โดยใช้การทดสอบของ Durbin-Watson ได้ผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานของการทดสอบสถิติ

H_0 : ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

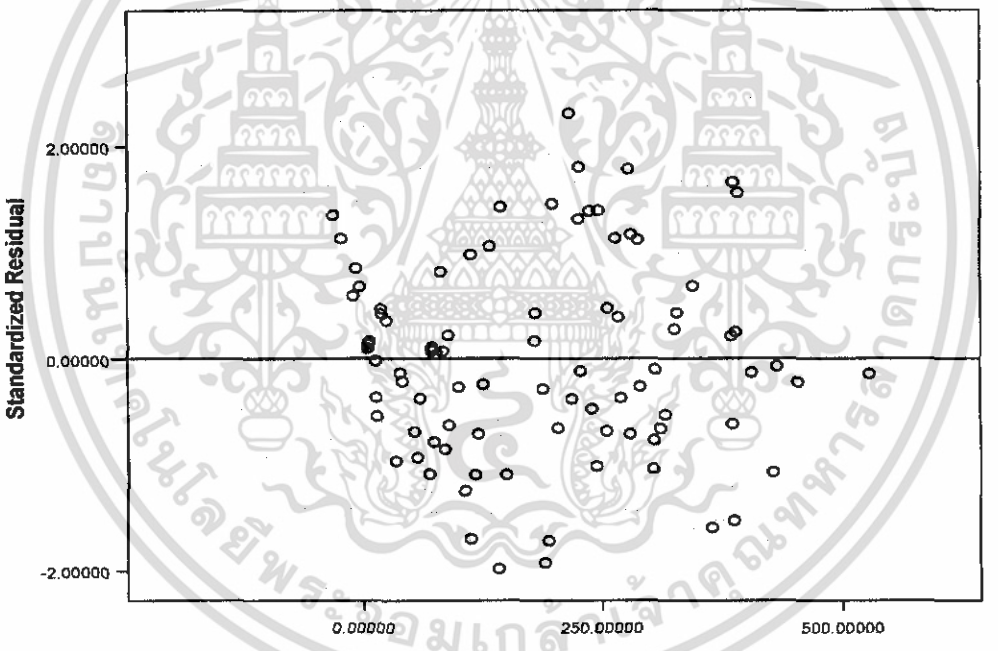
H_1 : ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

สถิติทดสอบ

$$DW = d = \frac{\sum_{2}^{n}(e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{1}^{n} e_i^2} = 2.475$$

จากตาราง Durbin-Watson ที่ $\alpha = 0.01$ จะได้ค่า $d_L = 1.00$ และ $DW < 4 - d_L$ จึงยอมรับ H_0 สรุปได้ว่า ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

3) ผลการตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระของภาคใต้ฝั่งตะวันตก

จากรูปที่ 4.30 พบว่ามีการกระจายอย่างสุ่มอยู่รอบเส้นศูนย์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบขนานกับแกน $\hat{Y}$ จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ จากรูปที่ 4.30 จะเห็นว่าค่าตัวเศษเหลือมีค่าสูงหรือต่ำกว่า 0 ไม่มากนัก และมีการเคลื่อนไหวอยู่ในแนวขนานกับแกนนอน แสดงว่ารูปแบบการถดถอยเหมาะสมแล้ว

จากผลลัพธ์ของตารางที่ 4.20 จะได้สมการดังนี้

$$\hat{Y} = 540.207 + 7.772X_1 + 9.909X_2^{-1} - 62.757X_3 + 8.365X_3^2 + 0.732X_4 - 26.425X_{10} + 9.63\times10^{-9}e^{X_{14}} - 8.996X_{16} + 0.486X_{16}^2 + 9.95X_{17} \quad (4.17)$$

และมีค่า $R^2 = 0.974$

4.6.3 วิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression Procedure)

ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ คือ 87 จากทั้งหมด 120 เนื่องมาจากการเกิดปัญหาข้อมูลสูญหายและข้อมูลผิดปกติ ซึ่งได้ตัวแปรอิสระเข้ามาอยู่ในสมการดังตารางที่ 4.22

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	536.053	164.864		3.251	.002		
	X2_powd1	10.648	2.340	.126	4.551	.000	.526	1.903
	X3	-61.035	17.525	-.676	-3.483	.001	.011	92.790
	X3_pow2	8.485	1.608	1.109	5.275	.000	.009	108.859
	X4	.642	.102	.216	6.321	.000	.348	2.873
	X10	-30.543	6.936	-.193	-4.403	.000	.210	4.758
	X14_exp	8.88E-009	.000	.099	3.156	.002	.414	2.417
	X16_pow2	.217	.050	.182	4.318	.000	.227	4.396
	X17	11.259	2.861	.161	3.935	.000	.243	4.120

a. Dependent Variable: Y

ตารางที่ 4.22 ตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกให้อยู่ในสมการพร้อมทั้ง สัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า *VIF* โดยวิธีการเลือกตัวแบบการถดถอยแบบเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้ฝั่งตะวันตก

4.1.2.1 ตรวจสอบตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ จากตารางที่ 4.22 จะเห็นได้ว่าตัวแปรอิสระ X_3, X_3^2 มีค่า *VIF* สูง ซึ่งแสดงว่าตัวแปรอิสระเหล่านี้มีความสัมพันธ์กัน นั่นคือเกิดความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ ในการวิเคราะห์การถดถอย แต่เนื่องจากตัวแปรอิสระที่ถูกเลือกโดยวิธีการลดตัวแปรอิสระนี้ มีตัวแปรอิสระ X_{16}^2 โดยที่ไม่มี X_{16} ดังนั้น จึงเพิ่มตัวแปรอิสระ X_{16} ให้อยู่ในสมการ ซึ่งผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	577.480	153.344		3.766	.000		
	X2_powd1	10.185	2.132	.121	4.777	.000	.542	1.845
	X3	-62.661	15.723	-.705	-3.985	.000	.011	90.499
	X3_pow2	8.428	1.446	1.117	5.830	.000	.009	106.071
	X4	.717	.093	.247	7.711	.000	.338	2.957
	X10	-29.316	6.257	-.191	-4.686	.000	.208	4.805
	X14_exp	1.02E-008	.000	.114	3.952	.000	.418	2.391
	X16	-7.937	5.693	-.211	-1.394	.167	.015	66.411
	X16_pow2	.449	.186	.382	2.407	.018	.014	72.840
	X17	11.046	2.591	.163	4.264	.000	.238	4.198

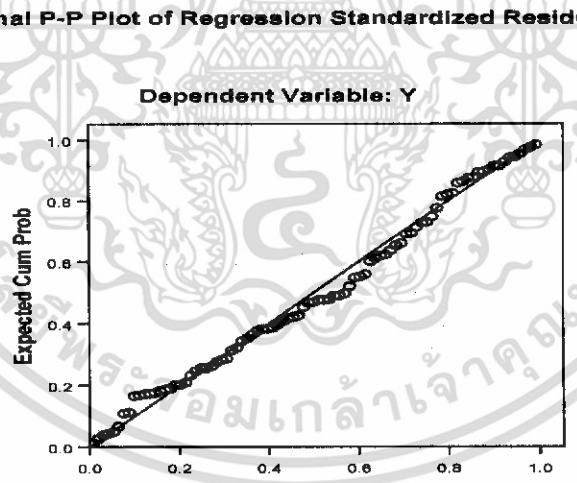
a. Dependent Variable: Y

ตารางที่ 4.22 ตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการ พร้อมทั้งสัมประสิทธิ์การถดถอย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติ t และค่า $P-value$ ของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้ฝั่งตะวันตก

4.1.2.2 ตรวจสอบข้อสมมติของค่าความคลาดเคลื่อน

1) การแจกแจงแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อน

1.1) กราฟ NPP



รูปที่ 4.31 กราฟ NPP ของค่าตัวเศษเหลือของสมการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนภาคใต้ฝั่งตะวันตก

จากรูปที่ 4.31 จะเห็นว่ากราฟที่ได้มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง จึงสรุปได้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2) ผลการทดสอบของ Lilliefors

สมมติฐานของการทดสอบ

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

สถิติทดสอบ

$$D = \max\left|F_0(Z_i) - S(Z_i)\right| = 0.066$$

ค่า $P-value = 0.20$ มีค่ามากกว่า $\alpha = 0.01$ จึงยอมรับ H_0

สรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

2) ความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน

โดยใช้การทดสอบของ Durbin-Watson ได้ผลดังนี้

สมมติฐานของการทดสอบสถิติ

H_0 : ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

H_1 : ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

สถิติทดสอบ

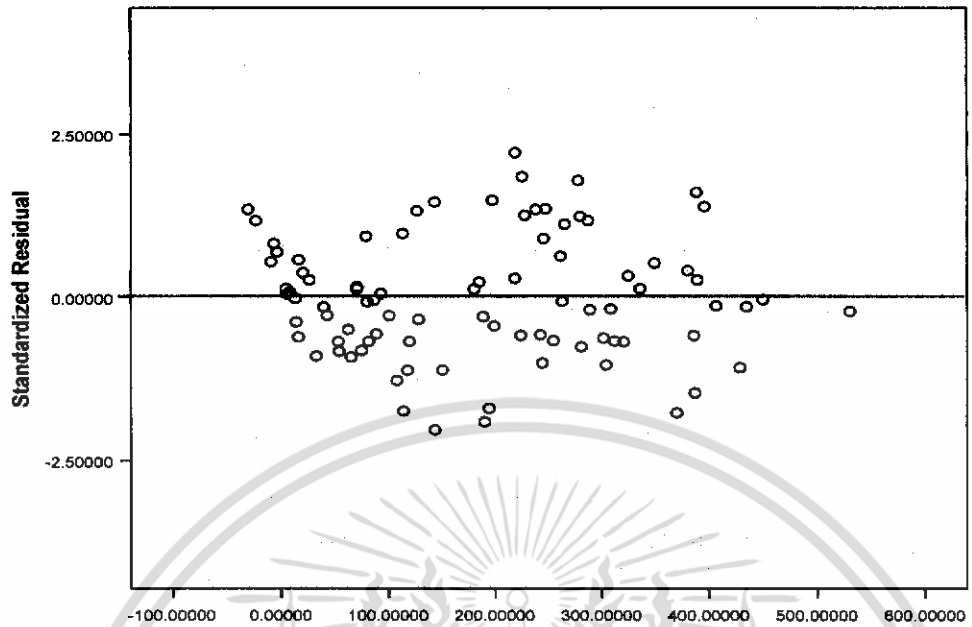
$$DW = d = \frac{\sum_{2}^{n}(e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{1}^{n} e_t^2} = 2.433$$

จากตาราง Durbin-Watson ที่ $\alpha = 0.01$ จะได้ค่า $d_L = 1.00$ และ $DW < 4 - d_L$ จึงยอมรับ H_0

สรุปได้ว่า ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

3) ผลการตรวจสอบความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเศษเหลือ (e_i) กับค่าประมาณของตัวแปรตาม Y ($\hat{Y}$) ของสมการการถดถอยโดยวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนของภาคใต้ฝั่งตะวันตก

จากรูปที่ 4.32 พบว่ามีการกระจายอย่างสุ่มอยู่รอบเส้นศูนย์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบขนานกับแกน $\hat{Y}$ จึงสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่

4) ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ จากรูปที่ 4.32 จะเห็นว่าค่าตัวเศษเหลือมีค่าสูงหรือต่ำกว่า 0 ไม่มากนัก และมีการเคลื่อนไหวอยู่ในแนวขนานกับแกน $\hat{Y}$ แสดงว่ารูปแบบการถดถอยเหมาะสมแล้ว

จากผลลัพธ์ของตารางที่ 4.22 จะได้สมการดังนี้

$$\hat{Y} = 577.48 + 10.158X_2^{-1} - 62.661X_3 + 8.484X_3^2 + 0.717X_4 - 29.316X_{10} + 1.02\times10^{-8}e^{X_{14}} - 7.937X_{16} + 0.449X_{16}^2 + 11.046X_{17}$$

ซึ่งมีค่า $R^2 = 0.973$

จากวิธีการเลือกตัวแปรอิสระทั้ง 3 วิธี จะเห็นได้ว่าสมการการถดถอยที่ได้จากวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระ ที่ให้ค่า $R^2 = 0.974$ ซึ่งเป็นค่า R^2 ซึ่งเป็นค่าสูงที่สุดใน 3 วิธี จึงเลือกใช้สมการที่ได้จากวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระโดยสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้ฝั่งตะวันตก คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\hat{Y} = 540.207 + 7.772X_1 + 9.909X_2^{-1} - 62.757X_3 + 8.365X_3^2 + 0.732X_4 - 26.425X_{10} + 9.63 \times 10^{-9} e^{X_{14}} - 8.996X_{16} + 0.486X_{16}^2 + 9.95X_{17}$$

และมีค่า $R^2 = 0.974$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิเคราะห์

จากผลการวิเคราะห์ เพื่อหาตัวแบบทางสถิติที่เหมาะสม สำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อเดือนในแต่ละภาคของประเทศไทย โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ เพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับพยากรณ์ โดยใช้วิธีการเลือกตัวแปรอิสระ 3 วิธี คือ

1) วิธีลดตัวแปรอิสระ

2) วิธีเพิ่มตัวแปรอิสระ

3) วิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน

หลังจากนั้นทำการตรวจสอบตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ (Multicollinearity) หรือไม่ โดยดูจากค่า VIF และเลือกตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนโดยพิจารณาจากค่า R^2 ที่มีค่าสูงสุดจากสมการที่ไม่มีปัญหาความสัมพันธ์ร่วมเชิงพหุ โดยในแต่ละวิธีสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

ตัวแบบทางสถิติที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อเดือนในแต่ละภาคของประเทศไทย

1. ภาคเหนือ

สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคเหนือเป็นสมการถดถอยที่ได้มาจากการเลือกตัวแปรอิสระแบบวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระ โดยที่ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิเคราะห์มี 52 ตัวแปร และขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ คือ 88 ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$\hat{Y} = -97.842 + 30.3X_3 + 0.187X_4 + 0.001X_4^2 - 0.001e^{X_8} + 117.26D_{34} + 21.107D_{44} + 17.717D_{48} + 31.15D_{51}$$

และมีค่า $R^2 = 0.972$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นถดถอย สมการที่ได้มาจากการเลือกตัวแปรอิสระแบบวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระ หรือ สมการการถดถอยที่ได้จากวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนซึ่งให้ผลเหมือนกันมาใช้ในการพยากรณ์ โดยที่ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิเคราะห์มี 51 ตัวแปร และขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ คือ 111 ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$\hat{Y} = 22.58 - 26.904X_3 + 5.2X_3^2 + 0.754X_4 - 0.002X_4^2 - 0.001e^{X_8} - 1.5\times10^{-9}e^{X_{15}} + 3.15\times10^{-9}e^{X_{26}} - 11.993D_{38} + 14.440D_{40} + 27.33D_{50}$$

ซึ่งมีค่า $R^2 = 0.967$

3. ภาคตะวันออก

สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคตะวันออกเป็นสมการถดถอยที่ได้มาจากการเลือกตัวแปรอิสระแบบวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน โดยที่ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิเคราะห์มี 52 ตัวแปร และขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ คือ 112 ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$\hat{Y} = -237.817 + 5.907X_2^{-1} + 28.332X_3 + 0.615X_4 - 8.9551X_{12} - 6.5\times10^{-10}e^{X_{13}} - 1.8\times10^{-9}e^{X_{15}} + 19.22X_{25} + 2.81\times10^{-9}e^{X_{26}} + 322.404X_{28} + 15.062D_{44} + 12.829D_{48}$$

ซึ่งมีค่า $R^2 = 0.978$

4. ภาคกลาง

สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคกลางเป็นสมการการถดถอยที่ได้มาจากการเลือกตัวแปรอิสระแบบวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระ หรือ สมการการถดถอยที่ได้จากวิธีการเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอนซึ่งให้ผลเหมือนกันมาใช้ในการพยากรณ์ โดยที่ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิเคราะห์มี 51 ตัวแปร และขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ คือ 116 ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$\hat{Y} = -254.329 + 12.246X_3 + 0.314X_4 + 0.002X_4^2 + 3.702X_6 - 1.2\times10^{-10}e^{X_{13}} + 1.84\times10^{1.83}e^{X_{26}} + 47.994D_{50}$$

ซึ่งมีค่า $R^2 = 0.944$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ภาคใต้ฝั่งตะวันออก

สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้ฝั่งตะวันออกเป็นสมการการถดถอยที่ได้มาจากการเลือกตัวแปรอิสระแบบวิธีลดตัวแปรอิสระ โดยที่ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิเคราะห์มี 52 ตัวแปร และขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ คือ 90 ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$\hat{Y} = 945.039 - 3.217X_1^{-1} - 6.245X_2 - 12.081X_3 + 0.215X_4 + 1936X_8^{-1} - 4.442X_{14} - 11.586X_{21} + 12.832X_{24} - 11.255X_{29} - 0.581X_{30} + 7.5D_{31} + 62.524D_{34} + 21.524D_{40} + 28.42D_{46} - 15.541D_{48} + 38.39D_{50} - 77.638D_{51}$$

ซึ่งมีค่า $R^2 = 0.977$

6. ภาคใต้ฝั่งตะวันตก

สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนของภาคใต้ฝั่งตะวันตกเป็นสมการการถดถอยที่ได้มาจากการเลือกตัวแปรอิสระแบบวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระ โดยที่ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิเคราะห์มี 34 ตัวแปร และขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ คือ 90 ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$\hat{Y} = 540.207 + 7.772X_1 + 9.909X_2^{-1} - 62.757X_3 + 8.365X_3^2 + 0.732X_4 - 26.425X_{10} + 9.63 \times 10^{-9} e^{X_{14}} - 8.996X_{16} + 0.486X_{16}^2 + 9.95X_{17}$$

และมีค่า $R^2 = 0.974$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาการวิจัยเกี่ยวกับปริมาณน้ำฝน ทางคณะผู้จัดทำมีข้อเสนอแนะแนวทางบางประการ สำหรับผู้ที่จะนำไปศึกษาต่อ เพื่อที่จะได้นำไปพัฒนาและใช้ให้เกิดประโยชน์ ดังนี้

1.ในส่วนของการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน ควรจะทำการศึกษาในช่วงฤดูฝนซึ่งมีฝนตกชุกเท่านั้น คือ ในช่วงประมาณเดือน กรกฎาคม ถึง เดือน ธันวาคม เพราะจะได้สมการพยากรณ์ที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

2.ควรทำการศึกษาปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ที่มีปัญหาหรือที่น่าสนใจ เนื่องจากการศึกษาในแต่ละภาคมีขอบเขตที่กว้างเกินไป

3.ทำการแยกตัวแปรเป็นหมวดหมู่เพื่อให้ง่ายต่อการศึกษาหรืออาจใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) ในการรวมกลุ่มตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในกลุ่มเดียวกัน

4.ควรทำการศึกษาตัวแปรอื่น ๆ ที่คาดว่าจะมีผลต่อการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน

5.ข้อมูลที่นำมาศึกษา เป็นข้อมูลที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งเป็นสถานที่ที่ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาไว้ ดังนั้นถ้ากรมอุตุนิยมวิทยามีเครื่องมือที่ทันสมัย ในการตรวจวัดปริมาณฝน และข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาตัวอื่น ๆ ได้ละเอียดมากขึ้น ก็จะทำให้ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น เพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาทางด้านอุตุนิยมวิทยาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2538. การพยากรณ์อากาศ. กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์กรมอุตุนิยมวิทยา.

เฉลิมชัย เอกกก้านตรง.1998. การตรวจอากาศเพื่อพยากรณ์อากาศและเตือนภัยธรรมชาติ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์กรมอุตุนิยมวิทยา.

ทรงศิริ แต้สมบัติ. 2539. การวิเคราะห์การถดถอย. กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์เกษตรศาสตร์

นาวาโทบำรุง สริดคานนท์. 2518. ตำราอุตุนิยมวิทยาทั่วไประดับพนักงานกรมอุตุนิยมวิทยา1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์กรมอุตุนิยมวิทยา.

นาวาโทไสว สุวรรณพงษ์. 2527. เครื่องมือตรวจอากาศ. กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์กรมอุตุนิยมวิทยา.

สมบัติ เจริญวงศ์. 2530. ฟิสิกส์ในเมฆและการหว่านผงเคมีในเมฆ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์กรมอุตุนิยมวิทยา.

อุมาพร จันทรศร. 2542. สถิติไม่ใช่พารามิเตอร์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2541. การวิเคราะห์สถิติ: สถิติสำหรับการบริหารและวิจัย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2544. การใช้ SPSS FOR WINDOWS ในการวิเคราะห์ข้อมูล. กรุงเทพฯ: โรง พิมพ์บริษัทธรรมสารจำกัด

ทัศนีย์ ชังเทศ และสมภพ ถาวรยิ่ง. 2533. การวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Kutner, Micheal H. et.al. 2004. Applied Linear Regression Models. 4th edition. Singapore.McGraw-Hill Education

Norman R. Draper et.al. 1998. Applied Regression Analysis. 3rd edition. Canada. A Wiley-Interscience Publication

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก รายชื่อตัวแปรเทียบกับสารประกอบทางอุตุนิยมวิทยา

Y	ปริมาณฝน
X1	หมอก
X2	ฟ้าหลัว
X3	จำนวนเมฆในท้องฟ้า
X4	ปริมาณฝนมากที่สุดใน 1 วัน
X5	ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย
X6	ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุด
X7	ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำสุด
X8	ทัศนวิสัย
X9	ความยาวนานแสงแดด
X10	อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย
X11	อุณหภูมิอากาศสูงสุดเฉลี่ย
X12	อุณหภูมิอากาศต่ำสุดเฉลี่ย
X13	อุณหภูมิอากาศสูงสุด
X14	อุณหภูมิอากาศต่ำสุด
X15	อุณหภูมิยอดหญ้าต่ำสุดเฉลี่ย
X16	อุณหภูมิยอดหญ้าต่ำสุด
X17	อุณหภูมิน้ำเฉลี่ย
X18	อุณหภูมิน้ำสูงสุดเฉลี่ย
X19	อุณหภูมิน้ำต่ำสุดเฉลี่ย
X20	อุณหภูมิเฉลี่ยที่พื้นดิน
X21	อุณหภูมิเฉลี่ยที่ความลึก 5 เซนติเมตร
X22	อุณหภูมิเฉลี่ยที่ความลึก 10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก รายชื่อตัวแปรเทียบกับสารประกอบทางอุตุนิยมวิทยา (ต่อ)

X23	อุณหภูมิเฉลี่ยที่ความลึก 20 เซนติเมตร
X24	อุณหภูมิเฉลี่ยที่ความลึก 50 เซนติเมตร
X25	อุณหภูมิเฉลี่ยที่ความลึก 100 เซนติเมตร
X26	อุณหภูมิจุดน้ำค้าง
X27	ความเร็วลมเฉลี่ย
X28	ลูกเห็บ
X29	ความกดอากาศ
X30	น้ำระเหย
D31	เดือน -11 = มกราคม - 9 = กุมภาพันธ์ - 7 = มีนาคม - 5 = เมษายน - 3 = พฤษภาคม - 1 = มิถุนายน 1 = กรกฎาคม 3 = สิงหาคม 5 = กันยายน 7 = ตุลาคม 9 = พฤศจิกายน 11 = ธันวาคม
D32	พายุดีเปรสชั่น 1 = มีพายุดีเปรสชั่น 0 = ไม่มีพายุดีเปรสชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก รายชื่อตัวแปรเทียบกับสารประกอบทางอุตุนิยมวิทยา (ต่อ)

D33	พายุโซนร้อน 1 = มีพายุโซนร้อน 0 = ไม่มีพายุโซนร้อน
D34	พายุใต้ฝุ่น 1 = มีพายุใต้ฝุ่น 0 = ไม่มีพายุใต้ฝุ่น
D35	ลมสงบ 1 =ลมสงบ 0 = ลมไม่สงบ
D36	ลมทิศทางN 1 = มีลมทิศทางN 0 = ไม่มีลมทิศทางN
D37	ลมทิศทางNNE 1 = มีลมทิศทางNNE 0 = ไม่มีลมทิศทางNNE
D38	ลมทิศทางNE 1 = มีลมทิศทางNE 0 = ไม่มีลมทิศทางNE
D39	ลมทิศทางENE 1 = มีลมทิศทางENE 0 = ไม่มีลมทิศทางENE
D40	ลมทิศทางE 1 = มีลมทิศทางE 0 = ไม่มีลมทิศทาE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก รายชื่อตัวแปรเทียบกับสารประกอบทางอุตุนิยมวิทยา (ต่อ)

D40	ลมทิศทางE 1 = มีลมทิศทางE 0 = ไม่มีลมทิศทาE
D41	ลมทิศทางESE 1 = มีลมทิศทางESE 0 = ไม่มีลมทิศทางESE
D42	ลมทิศทางSE 1 = มีลมทิศทางSE 0 = ไม่มีลมทิศทางSE
D43	ลมทิศทางSSE 1 = มีลมทิศทางSSE 0 = ไม่มีลมทิศทางSSE
D44	ลมทิศทางS 1 = มีลมทิศทางS 0 = ไม่มีลมทิศทางS
D45	ลมทิศทางSSW 1 = มีลมทิศทางSSW 0 = ไม่มีลมทิศทางSSW
D46	ลมทิศทางSW 1 = มีลมทิศทางSW 0 = ไม่มีลมทิศทางSW
D47	ลมทิศทางWSW 1 = มีลมทิศทางWSW 0 = ไม่มีลมทิศทางWSW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

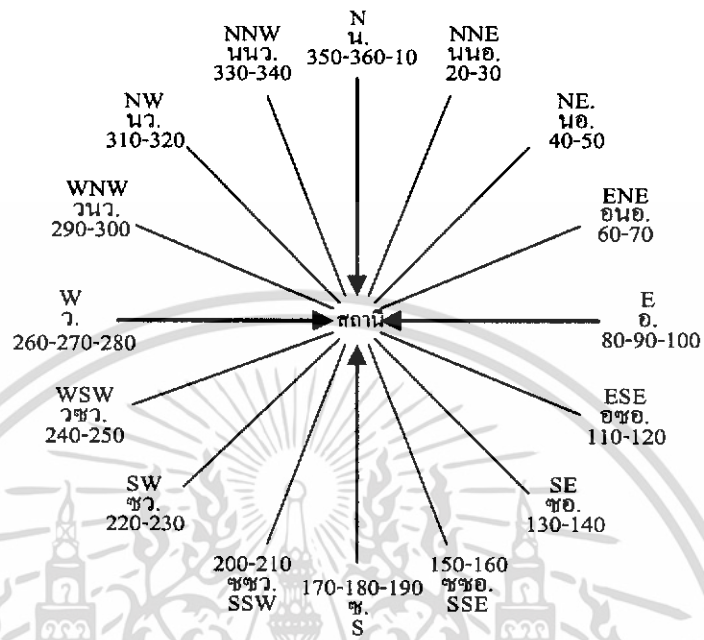
ภาคผนวก ก รายชื่อตัวแปรเทียบกับสารประกอบทางอุตุนิยมวิทยา (ต่อ)

D48	ลมทิศทางW 1 = มีลมทิศทางW 0 = ไม่มีลมทิศทางW
D49	ลมทิศทางWNW 1 = มีลมทิศทางWNW 0 = ไม่มีลมทิศทางWNW
D50	ลมทิศทางNW 1 = มีลมทิศทางNW 0 = ไม่มีลมทิศทางNW
D51	ลมทิศทางNNW 1 = มีลมทิศทางNNW 0 = ไม่มีลมทิศทางNNW
D52	ลมผันผวน 1 = ลมผันผวน 0 = ลมไม่ผันผวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข ทิศลมที่ใช้ในการตรวจอากาศผิวพื้น ทุก 10 องศา

ทิศทางของลมผิวพื้นที่ตรวจได้เป็นทิศที่ลมพัดเข้าหาสถานี และแบ่งเป็น 16 ทิศ ดังนี้



อักษรย่อ		ความหมาย	ทิศเป็นองศา
น	N	ทิศเหนือ	350 - 010
นนอ	NNE	ทิศเหนือค่อนไปทางตะวันออก	020 - 030
นอ	NE	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	040 - 050
อนอ	ENE	ทิศตะวันออกค่อนไปทางเหนือ	060 - 070
อ	E	ทิศตะวันออก	080 - 100
อซอ	ESE	ทิศตะวันออกค่อนไปทางใต้	110 - 120
ซอ	SE	ทิศตะวันออกเฉียงใต้	130 - 140
ซซอ	SSE	ทิศใต้ค่อนไปทางตะวันออก	150 - 160
ซ	S	ทิศใต้	170 - 190
ซซว	SSW	ทิศใต้ค่อนไปทางตะวันตก	200 - 210
ซว	SW	ทิศตะวันตกเฉียงใต้	220 - 230
วซว	WSW	ทิศตะวันตกค่อนไปทางใต้	240 - 250
ว	W	ทิศตะวันตก	260 - 280
วนว	WNW	ทิศตะวันตกค่อนไปทางเหนือ	290 - 300
นว	NW	ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	310 - 320
นนว	NNW	ทิศเหนือค่อนไปทางตะวันตก	330 - 340

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้