การเปรียบเทียบตัวแบบการวิเคราะห์ค่าสุดขีดสำหรับปริมาณน้ำฝนสูงสุดในภาคตะวันออกของประเทศไทย

A COMPARISON OF MODELLING EXTREME VALUE ANALYSIS OF RAINFALL VOLUME IN EASTERN THAILAND PROVINCES

มินตรา ชิณโสม

MINTRA CHINNASOM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2567

KMITL-2024-SC-M-050-017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A COMPARISON OF MODELLING EXTREME VALUE ANALYSIS OF RAINFALL VOLUME IN EASTERN THAILAND PROVINCES

MINTRA CHINNASOM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN APPLIED SATATISTICS

DEPARTMENT OF SATATISTICS SCHOOL OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2024

KMITL-2024-SC-M-050-017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2024

SCHOOL OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การเปรียบเทียบตัวแบบการวิเคราะห์ค่าสุดขีดสำหรับปริมาณน้ำฝนสูงสุดในภาคตะวันออกของประเทศไทย
ชื่อนักศึกษา นางสาวมินตรา ชิณโสม
รหัสประจำตัว 65056073
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สถิติประยุกต์)
ภาควิชา สถิติ
พ.ศ. 2567
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.อัชฌา อระวีพร

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบตัวแบบการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี และการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไปสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของจังหวัดในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุด ตั้งแต่พ.ศ.2536-2565 เพื่อหาค่าประมาณพารามิเตอร์ของการแจกแจงด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดและวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป ซึ่งมีการกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์มีค่าคงที่และไม่คงที่โดยมีเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาที่แตกต่างกัน 8 ตัวแบบ และใช้เกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบโดยข้อสนเทศของอาไคเคะ ผลการศึกษาพบว่า ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี มีความเหมาะสมที่จะนำมาวิเคราะห์โดยการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป มี 2 จังหวัด ได้แก่ จันทบุรีและตราด มีการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปเมื่อกระบวนการคงที่ และ 4 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ปราจีนบุรี ระยองและสระแก้วมีการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปเมื่อกระบวนการไม่คงที่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน มีความเหมาะสมที่จะนำมาวิเคราะห์โดยการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป ทั้ง 6 จังหวัด มีการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไปเมื่อกระบวนการคงที่ สำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของทั้งสองการแจกแจง พบว่า วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไปให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบโดยใช้เกณฑ์ข้อสนเทศของอาไคเคะ นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝน พบว่า จังหวัดตราดและจันทบุรีมีระดับการเกิดซ้ำสูงกว่าจังหวัดอื่น โดยมีโอกาสเกิดปริมาณน้ำฝนสูงสุดมากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทั้งสองจังหวัดมีแนวโน้มในการเกิดอุทกภัยรุนแรง จึงควรให้ความสำคัญในการป้องกันปัญหาการเกิดอุทกภัยในจังหวัดจันทบุรีและตราดมากกว่าจังหวัดอื่น

คำสำคัญ : การแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป การแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป ค่าสุดขีด ระดับการเกิดซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	A Comparison of Modelling Extreme Value Analysis of Rainfall Volume in Eastern Thailand Provinces
Student Name	Mintra Chinnasom
Student ID	65056073
Degree	Master of Science (Applied Statistics)
Department	Statistics
Year	2024
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Autcha Araveeporn

Abstract

This research aims to study and compare the Generalized Extreme Value Distribution (GEVD) model for annual maximum rainfall data and the Generalized Pareto Distribution (GPD) model for monthly maximum rainfall data in the eastern region of Thailand. The study uses maximum rainfall volume from 1993 to 2022 to estimate distribution parameters using the Maximum Likelihood Estimation (MLE) and the Generalized Maximum Likelihood Estimation (GMLE) methods. These methods assume the parameters can be under stationary and non-stationary processes or time-varying across eight models. The model selection is based on the Akaike Information Criterion (AIC). The study found that for annual maximum rainfall data, the GEV distribution is suitable for two provinces, Chantaburi and Trat, under the stationary process and in four provinces, Chonburi, Prachinburi, Rayong, and Sakaew, under the non-stationary process. The GP distribution is suitable for all six provinces under the stationary process for monthly maximum rainfall data. When comparing the efficiency of the parameter estimation methods for both distributions, it is found that the GMLE method performs better than the MLE method, according to the AIC. Additionally, considering the return level of rainfall, Trat and Chantaburi provinces have higher the return level than others, indicating a higher likelihood of experiencing maximum rainfall events. It can suggest that these two provinces are more prone to severe flooding and should be prioritized in flood prevention efforts over other provinces.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Keywords : Generalized Extreme Value Distribution, Generalized Pareto Distribution, Extreme Value, Return Level

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากรศ.ดร.อัชฌา อระวีพร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ในการให้คำแนะนำ ปรึกษา รวมทั้งตรวจสอบงานการวิจัยในด้านความถูกต้องของเนื้อหา ตลอดจนติดตามการทำวิจัยจนทำให้การทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์มากที่สุด จึงขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ประธานกรรมการ รศ.ดร. วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต) และอาจารย์บัณฑิตประจำ ผศ.ดร. สมศรี บัณฑิตวิไล อาจารย์ประจำ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เสียสละเวลาในการให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาเนื้อหาวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น สำเร็จลุล่วงสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวของข้าพเจ้า ที่คอยเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกเรื่องด้วยดีเสมอมา และขอขอบคุณเพื่อน พี่ น้องที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือให้การทำงานมาโดยตลอด จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ คณาจารย์ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง รวมทั้งบุคคลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ที่ให้การช่วยเหลือในการศึกษาจนกระทั่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

มินตรา ชิณโสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ฌ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 4
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 5
1.4 เกณฑ์การตัดสินใจ 6
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6
1.6 นิยามศัพท์ 7
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 8
2.1.1 สถิติเชิงพรรณนา 8
2.1.2 การทดสอบความคงที่ของอนุกรมเวลา 11
2.1.3 การวิเคราะห์ค่าสุดขีด 14
2.2 วิธีประมาณค่าพารามิเตอร์ 18
2.2.1 วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด 18
2.2.2 วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป 28
2.3 เกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบ 38
2.4 การพิจารณาลักษณะของตัวแบบ 38
2.5 ระดับการเกิดซ้ำ 39
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 40
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 44
3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล 44
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล 49
3.3 การพยากรณ์ระดับการเกิดซ้ำ 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การสรุปและอภิปรายผล 51

บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 56

4.1 วิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีโดยการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป 56

4.1.1 ค่าสถิติเบื้องต้นของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี 56

4.1.2 การทดสอบความคงที่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี 57

4.1.3 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี 58

4.1.4 ระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี 67

4.2 วิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนโดยการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป 68

4.2.1 ค่าสถิติเบื้องต้นของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน 68

4.2.2 การทดสอบความคงที่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน 69

4.2.3 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน 70

4.2.4 ระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน 76

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 78

5.1 สรุปผลการวิจัย 78

5.1.1 ตัวแบบการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี 78

5.1.2 ตัวแบบการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน 78

5.2 ข้อเสนอแนะ 79

บรรณานุกรม 80

ภาคผนวก 83

ภาคผนวก ก 84

ภาคผนวก ข 98

ประวัติผู้เขียน 116

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ค่าสถิติเบื้องต้นสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565 จำแนกรายจังหวัด 56
4.2 การทดสอบความคงที่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565 จำแนกรายจังหวัด ด้วยสถิติทดสอบ Augmented Dickey-Fuller Test 58
4.3 ค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดจันทบุรี 58
4.4 ค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดชลบุรี 59
4.5 ค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดปราจีนบุรี 60
4.6 ค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดระยอง 61
4.7 ค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดสระแก้ว 62
4.8 ค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดตราด 62
4.9 สรุปวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์และตัวแบบที่ดีที่สุดของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี โดยการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป จำแนกรายจังหวัด 63
4.10 ค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป 64
4.11 ค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี (มม.) ตามรอบปีการเกิดซ้ำ 2 5 10 20 และ 100 ปี จำแนกรายจังหวัด 67
4.12 ค่าสถิติเบื้องต้นสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565 จำแนกรายจังหวัด 68
4.13 การทดสอบความคงที่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีเดือน ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565 จำแนกรายจังหวัด ด้วยสถิติทดสอบ Augmented Dickey-Fuller Test 70
4.14 ค่าเกณฑ์ที่กำหนดโดยตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์และเกณฑ์ปริมาณน้ำฝนโดยกรมอุตุนิยมวิทยาและจำนวนที่มีค่ามากกว่าค่าเกณฑ์ 71
4.15 ค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไปของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน โดยใช้ค่าเกณฑ์เปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 จำแนกรายจังหวัด 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.16 ค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไปของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน โดยใช้ค่าเกณฑ์เปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 จำแนกรายจังหวัด 72

4.17 ค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไปของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน โดยใช้เกณฑ์ปริมาณน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา จำแนกรายจังหวัด 72

4.18 สรุปวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์และตัวแบบที่ดีที่สุดของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน โดยการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป จำแนกรายจังหวัด 73

4.19 ค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป 73

4.20 ค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน (มม.) ตามรอบปีการเกิดซ้ำ 2 5 10 20 และ 100 ปี จำแนกรายจังหวัด 76

ก1 ค่าวิกฤตของสถิติทดสอบ ADF (Augmented Dickey-Fuller test) 84

ก2 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีของจังหวัดบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย จำนวน 30 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565 85

ก3 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของจังหวัดบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย จำนวน 360 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2536- ธันวาคม พ.ศ. 2565 86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ลักษณะการกระจายของข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปรกติ การแจกแจงแบบเบ้ขวา และการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย	10
2.2	แผนภาพการแจกแจง 3 ลักษณะตามค่า Excess Kurtosis	11
2.3	ลักษณะการเลือกค่าสุดขีดโดยวิธีค่าสูงสุดในบล็อก (Block maxima: BM) และวิธีกำหนดค่าเหนือค่าเกณฑ์ (Peak Over Threshold: POT)	14
2.4	การแจกแจงไวบูล กัมเบล และฟรีเชท	16
2.5	การแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป เมื่อกำหนดพารามิเตอร์บ่งรูปร่างมีค่าต่าง ๆ	18
3.1	ที่ตั้งของสถานีอุตุนิยมวิทยาทั้ง 6 สถานี	45
3.2	แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดจันทบุรี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565	45
3.3	แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565	46
3.4	แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดปราจีนบุรี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565	46
3.5	แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดระยอง ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565	46
3.6	แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดสระแก้ว ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565	47
3.7	แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดตราด ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565	47
3.8	แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จังหวัดจันทบุรี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565	47
3.9	แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565	48
3.10	แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จังหวัดปราจีนบุรี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565	48
3.11	แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จังหวัดระยอง ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565	48
3.12	แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จังหวัดสระแก้ว ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565	49
3.13	แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จังหวัดตราด ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565	49
4.1	ฮิสโตแกรมของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จำแนกรายจังหวัด	57
4.2	แผนภาพ Diagnostic Plot ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดจันทบุรี	65
4.3	แผนภาพ Diagnostic Plot ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดชลบุรี	65
4.4	แผนภาพ Diagnostic Plot ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดปราจีนบุรี	65
4.5	แผนภาพ Diagnostic Plot ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดระยอง	66
4.6	แผนภาพ Diagnostic Plot ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดสระแก้ว	66
4.7	แผนภาพ Diagnostic Plot ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดตราด	66
4.8	กราฟระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี (มม.) ตามรอบปีการเกิดซ้ำ 2 5 10 20 และ 100 ปี จำแนกรายจังหวัด	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.9	ฮิสโตแกรมของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จำแนกรายจังหวัด.....	69
4.10	แผนภาพ Diagnostic Plot ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จังหวัดจันทบุรี.....	74
4.11	แผนภาพ Diagnostic Plot ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จังหวัดชลบุรี	74
4.12	แผนภาพ Diagnostic Plot ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จังหวัดปราจีนบุรี....	75
4.13	แผนภาพ Diagnostic Plot ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จังหวัดระยอง	75
4.14	แผนภาพ Diagnostic Plot ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จังหวัดสระแก้ว	75
4.15	แผนภาพ Diagnostic Plot ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จังหวัดตราด	76
4.16	กราฟระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน (มม.) ตามรอบปีการเกิดซ้ำ 2 5 10 20 และ 100 ปี จำแนกรายจังหวัด.....	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุทกภัยเป็นภัยธรรมชาติที่เกิดจากน้ำ ในสภาพของน้ำท่วมซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินรวมถึงความเสียหายทางเศรษฐกิจด้วย หลายพื้นที่ของประเทศไทยประสบปัญหาอุทกภัยเป็นประจำทุกปี เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมประจำฤดูและร่องความกดอากาศต่ำที่พาดผ่านประเทศ รวมถึงพายุหมุนเขตร้อน สภาพอากาศแปรปรวนที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและทวีความรุนแรงขึ้น มีโอกาสเกิดฝนตกหนักและต่อเนื่อง เกิดปริมาณน้ำฝนสะสมปริมาณมาก อีกทั้งการขยายตัวของเมืองและระบบระบายน้ำที่ไม่สอดคล้องกัน ทำให้ไม่สามารถระบายปริมาณน้ำได้ทันจึงมีการท่วมขังในพื้นที่สร้างความเสียหายแก่ทรัพย์สินของประชาชนทั้งบ้านเรือน โรงงาน และพื้นที่เกษตรกรรม

ภาคตะวันออก ประกอบด้วย 8 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ตราด ฉะเชิงเทรา นครนายก ปราจีนบุรี และสระแก้ว มีพื้นที่รวม 22.81 ล้านไร่ หรือร้อยละ 7.1 ของประเทศ ลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ภูเขาสูงและป่าไม้ โดยตอนกลางเป็นที่ราบสลับภูเขา ตอนล่างเป็นที่ราบลุ่มน้ำและที่ราบชายฝั่งทะเล ลักษณะภูมิอากาศ ทางตอนบนของภาค คือ ปราจีนบุรี นครนายก สระแก้ว ชลบุรี ระยอง และฉะเชิงเทราจะมีลักษณะอากาศแบบสะวันนา ส่วนทางตอนล่าง คือ จันทบุรีและตราด จะมีลักษณะอากาศแบบร้อนชื้นแบบมรสุม คือ มีฝนตกชุก อากาศร้อนชื้น จังหวัดที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดคือ ตราด ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 4,926.6 มิลลิเมตรต่อปี และจังหวัดที่มีฝนตกน้อยที่สุดคือ ชลบุรี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 1,518.6 มิลลิเมตรต่อปี (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2562)

ภาคตะวันออกถือได้ว่ามีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ เป็นศูนย์รวมที่ตั้งของอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศ และมีแนวโน้มที่จะเติบโตเป็นศูนย์กลางอุตสาหกรรมสมัยใหม่ของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เนื่องจากได้มีการลงทุนอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ และเป็นอุตสาหกรรมหลักที่สำคัญของประเทศและภูมิภาคอาเซียน ได้แก่ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมอิเล็กโทรนิกส์และเครื่องใช้ไฟฟ้า รวมถึงอุตสาหกรรมแปรรูปการเกษตรในพื้นที่สืบเนื่องตอนในของจังหวัดระยอง เป็นแหล่งส่งออกทางน้ำที่สำคัญ มีท่าเรือน้ำลึกและระบบโครงข่ายการขนส่งทางถนน และรถไฟที่สนับสนุนการเปิดประตูการขนส่งของประเทศเข้าสู่ระบบโครงข่ายการเดินเรือนานาชาติ รองรับการพัฒนาอุตสาหกรรม และเปิดตลาดการค้าไปสู่ภูมิภาคต่าง ๆ ของโลก เช่น สหรัฐอเมริกา และยุโรป โดยอาศัยการขนส่งเชื่อมโยงกันในรูปแบบของการขนส่งต่อเนื่องระหว่าง ถนน รถไฟ และท่าเรือน้ำลึก เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญและเป็นที่รู้จักแพร่หลายในระดับชาติและนานาชาติ โดยเฉพาะพัทยา-บางแสน ซึ่งเป็นเมืองท่องเที่ยวที่รู้จักกันในระดับนานาชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ ยังมีเกาะช้างและเกาะเสม็ด ที่กำลังได้รับความนิยม อีกทั้ง ภาคตะวันออกยังมีทรัพยากรธรรมชาติประเภทป่าเขา น้ำตก อุทยานแห่งชาติ และทะเล ที่จะดึงดูดและให้บริการนักท่องเที่ยวได้ เป็นแหล่งเพาะปลูกผลไม้หลักของประเทศ โดยเฉพาะทุเรียน มังคุดและเงาะ ซึ่งมีปริมาณการผลิตมากพอสำหรับใช้บริโภคภายในประเทศ และส่งออกไปยังต่างประเทศ สามารถสร้างรายได้ให้แก่ท้องถิ่นจำนวนมาก นอกจากนี้ พื้นที่นี้ยังมีพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่เหมาะแก่การทำประมงน้ำลึก และการเพาะเลี้ยง สัตว์น้ำชายฝั่ง จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญของการป้องกันปัญหาน้ำท่วมในภาคตะวันออก ซึ่งส่งผลกระทบต่อภาคเศรษฐกิจของประเทศ และสร้างความเดือดร้อนแก่ประชาชน เกษตรกร หรือผู้ประกอบการการท่องเที่ยว โดยใช้การวิเคราะห์ค่าสุดขีดโดยการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value Distribution) และการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป (Generalized Pareto Distribution)

การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศได้ส่งผลกระทบไปทั่วโลกและส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำฝน ทำให้รูปแบบการเกิดฝนและการกระจายตัวของฝนตามพื้นที่ต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมอย่างมาก ทั้งการขาดแคลนน้ำเนื่องจากฝนตกน้อยเกินไปและการเกิดน้ำท่วมฉับพลันเนื่องจากฝนตกมากเกินไป ในช่วงต้นเดือนตุลาคม 2553 มีกลุ่มเมฆค่อนข้างหนาปกคลุมบริเวณภาคตะวันออก จากภาพถ่ายดาวเทียมและแผนที่อากาศกรมอุตุนิยมวิทยา พบว่ามีร่องความกดอากาศต่ำหรือร่องฝนพาดผ่านบริเวณตอนกลางของประเทศอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดฝนตกค่อนข้างมากบริเวณภาคกลางและภาคตะวันออก จนเกิดน้ำท่วมขึ้นในหลายพื้นที่ของจังหวัดปราจีนบุรี สระแก้ว ชลบุรี ระยองและตราดด้วย และวันที่ 15 กันยายน 2558 พายุดีเปรสชันหว่ามก๋อพัดเข้าสู่ประเทศไทย ทำให้เกิดฝนตกหนักในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก และวันต่อมาพายุดังกล่าวอ่อนกำลังลงเป็นหย่อมความกดอากาศต่ำเคลื่อนลงมาปกคลุมบริเวณภาคตะวันออก โดยเฉพาะเมืองพัทยาซึ่งเป็นเมืองท่องเที่ยวสำคัญ เกิดฝนตกหนักต่อเนื่องจนทำให้เกิดน้ำท่วมหนักหลากเข้าท่วมถนนสุขุมวิท สร้างความเสียหายต่อรถยนต์ที่สัญจรไปมาและชุมชนบ้านเรือนในบริเวณดังกล่าว จากเหตุการณ์ดังกล่าวจึงควรมีการศึกษาปริมาณน้ำฝนเพื่อลดความรุนแรงของการเกิดอุทกภัย

ปริมาณน้ำฝนเป็นข้อมูลจากการตรวจวัดทางอุตุนิยมวิทยาหนึ่งที่สำคัญ ทั้งทางด้านอุตุนิยมวิทยา อุทกวิทยา และภูมิอากาศ ซึ่งมีงานวิจัยที่ศึกษาวิเคราะห์อย่างแพร่หลายตลอดช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นทำให้ฝนตกหนักจนเกิดน้ำท่วมอย่างรุนแรง หรืออาจทำให้ฝนไม่ตกตามฤดูกาลทำให้เกิดภัยแล้ง ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ส่วนใหญ่มักจะมีค่าสุดขีด (Extreme Value) เกิดขึ้น โดยปรกติแล้วในการวิเคราะห์ข้อมูลเมื่อข้อมูลมีค่าสุดขีดเกิดขึ้น นักวิเคราะห์ส่วนใหญ่จะตัดข้อมูลส่วนนั้นทิ้งไปไม่นำมาพิจารณา แต่ในความเป็นจริงถ้าต้องการทราบถึงความน่าจะเป็นในการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ที่มีค่าสูงสุดหรือต่ำสุดซึ่งอยู่ในส่วนของปลายหางซึ่งมีค่าน้อยมาก (ปิยภัทร, 2558) เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจและหาแนวทางในการป้องกันและแก้ไขสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ตามมา เครื่องมือทางสถิติที่จะเข้ามามีบทบาทเกี่ยวข้องในเรื่องนี้ คือ ทฤษฎีค่าสุดขีด (Extreme Value Theory) (Rajaram, 2006) โดยการวิเคราะห์ค่าสุดขีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Extreme Value Analysis) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาระดับการเกิดซ้ำ (Return Level) เพื่อหาปริมาณของค่าสุดขีดของเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในคาบเวลาของการเกิดซ้ำ

งานวิจัยในช่วงสิบปีที่ผ่านมา มีการศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ค่าสุดขีดจำนวนมาก ในด้านอุตุนิยมวิทยา พัณณิ์ภาริษา และคณะ (2556) ได้ศึกษาการสร้างตัวแบบค่าสุดขีดของปริมาณน้ำฝนในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป พร้อมทั้งหาระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดในรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดในรอบปีของข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนประจำปี พ.ศ. 2500-2552 จาก 26 สถานีมาวิเคราะห์หาแบบจำลองที่เหมาะสมโดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปเมื่อกระบวนการคงที่ และไม่คงที่ ผลการศึกษาพบว่า 23 สถานีจาก 26 สถานีมีการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปที่กระบวนการคงที่ ปิยภัทร และคณะ (2558) ได้ศึกษาตัวแบบค่าสุดขีดสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทยรายเดือนและรายปี ด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปภายใต้กระบวนการคงที่และไม่คงที่ Pandey et al. (2022) ได้ศึกษาการวิเคราะห์ค่าสุดขีดของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิบริเวณรัฐอุตตรขัณฑ์ ประเทศอินเดีย โดยใช้ข้อมูลสูงสุดรายเดือนตั้งแต่ปี จำนวนย้อนหลัง 102 ปี มาวิเคราะห์การแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป โดยมีการทดสอบความคงที่ของข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ และเลือกเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์หลาย ๆ วิธี

ธนโชติ และคณะ (2563) ได้ศึกษาข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนบริเวณลุ่มน้ำปิงตอนบน จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้การแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป พร้อมหาระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนรายเดือน ในรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2549 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 ผลการศึกษาพบว่า 5 จาก 6 สถานีเหมาะสมกับตัวแบบการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไปที่กระบวนการคงที่ และมีเพียง 1 สถานีที่เหมาะสมกับตัวแบบเมื่อพารามิเตอร์บ่งตำแหน่งเปลี่ยนแปลงในเชิงชี้กำลัง Martins et al. (2020) ได้ศึกษาปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ตกในเมืองอุรูไกนา รัฐริโอแกรนเดอดูซัล ประเทศบราซิล โดยใช้การแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป ผลการศึกษาพบว่า การแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไปและการแจกแจงเลขชี้กำลังเหมาะสมสำหรับข้อมูลทุกเดือน Singirankabo and Iyamuremye (2022) ได้ศึกษาการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไปโดยวิธีจุดสูงกว่าระดับค่าเกณฑ์ ในการวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศ จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันจากสถานีอากาศเมืองกิลากิ ประเทศรวันดา ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990 - 2019 ผลการวิเคราะห์พบว่า ตัวแบบที่ดี คือ การแจกแจงฟรีเซท หรือกรณีที่พารามิเตอร์บ่งรูปร่างเป็นบวก

ประภาวรรณ และปิยภัทร (2560) ได้ศึกษาข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปและการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป พร้อมทั้งหาระดับการเกิดซ้ำของอุณหภูมิสูงสุด โดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดจำนวน 30 ปี จากจำนวน 25 สถานีของกรมอุตุนิยมวิทยา วิกานดา และคณะ (2566) ได้ศึกษาข้อมูลความสูงของคลื่นทะเลสูงสุดบริเวณรอบ ๆ ชายฝั่งอ่าวไทย 3 จังหวัด ได้แก่ ตราด เพชรบุรีและสุราษฎร์ธานี รายสัปดาห์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ถึง 2562 โดยเปรียบเทียบ 2 การแจกแจงคือ การแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป และการแจกแจง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พาเรโตนัยทั่วไป และใช้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด Tabari (2021) ได้เลือกใช้การจำลองข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันจากแบบจำลองสภาพอากาศ 24CMIP5 GCMs เพื่อวิเคราะห์แบบจำลองค่าสุดขีดโดยการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปและการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป เช่นเดียวกับ Singirankabo et al. (2023) ได้ศึกษาตัวแบบทางสถิติของอุณภูมิสูงสุดรายวันของประเทศรวันดา ตั้งแต่เดือนมกราคม ค.ศ. 2000 ถึงเดือนธันวาคม ค.ศ. 2017 จาก 9 สถานี โดยวิธีที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลคือ วิธีค่าสูงสุดในบล็อกและจุดสูงกว่าระดับค่าเกณฑ์ของการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป และการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป จากผลการศึกษาพบว่าตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับอุณหภูมิสูงสุดรายวัน คือ การแจกแจงกัมเบลและบีตา

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญของการทฤษฎีค่าสุดขีด โดยทำการศึกษาการวิเคราะห์การแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปและการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป และการวิเคราะห์การเกิดเหตุการณ์ซ้ำของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีและรายเดือนของจังหวัดในภาคตะวันออก โดยเปรียบเทียบตัวแบบที่กำหนดพารามิเตอร์ให้เป็นค่าคงที่และไม่คงที่ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นตรง เชิงกำลังสองและเชิงชี้กำลังที่แตกต่างกันทั้งหมด 8 ตัวแบบ จากนั้นคัดเลือกตัวแบบที่มีความเหมาะสมมากที่สุด พร้อมทั้งหาระดับการเกิดซ้ำที่รอบการเกิดซ้ำ 2 ปี 5 ปี 10 ปี 20 ปี และ 100 ปี เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนบริหารจัดการและตัดสินใจเพื่อป้องกันหรือบรรเทาปัญหาการเกิดอุทกภัยในพื้นที่

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อศึกษาวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value Distribution : GEVD) และการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป (Generalized Pareto Distribution : GPD) ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood estimation : MLE) และวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป (Generalized Maximum likelihood estimation : GMLE)

2) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดและวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไปของตัวแบบที่กำหนดพารามิเตอร์แบบคงที่และไม่คงที่โดยเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาที่แตกต่างกัน 8 ตัวแบบ

3) เพื่อพยากรณ์ระดับการเกิดซ้ำของข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่รอบการเกิดซ้ำ 2 ปี 5 ปี 10 ปี 20 ปีและ 100 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1) ศึกษาข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี ของจังหวัดบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย ประกอบด้วย จังหวัดจันทบุรี ชลบุรี ปราจีนบุรี ระยอง สระแก้ว และตราด ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536-2565 จำนวน 30 ปี โดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป (GEVD) ซึ่งมีฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น (Probability Density Function: pdf) (Beirlant et al., 2004) ของ GEVD ดังนี้

$$f(x;\mu,\sigma,\xi)=\begin{cases}\dfrac{1}{\sigma}\left[1+\xi\left(\dfrac{x-\mu}{\sigma}\right)\right]^{(-1/\xi)-1}\exp\left\{-\left(1+\xi\left(\dfrac{x-\mu}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi}\right\} & ,\xi\neq 0\\ \dfrac{1}{\sigma}\exp\left(\dfrac{x-\mu}{\sigma}\right)^{-1}\exp\left\{-\exp\left(\dfrac{x-\mu}{\sigma}\right)\right\} & ,\xi=0\end{cases} \quad (1.1)$$

สำหรับ $\left\{1+\xi\left(\dfrac{x-\mu}{\sigma}\right)\right\}>0,\ -\infty<\mu,\xi<\infty,\sigma>0$ (Coles, 2001)

โดยที่ μ เป็น พารามิเตอร์บ่งตำแหน่ง (Location Parameter)

σ เป็น พารามิเตอร์บ่งขนาด (Scale Parameter) และ

ξ เป็น พารามิเตอร์บ่งรูปร่าง (Shape Parameter)

2) ศึกษาข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน ของจังหวัดบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย ประกอบด้วยจังหวัด จันทบุรี ชลบุรี ปราจีนบุรี ระยอง สระแก้ว และตราด ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2536 ถึงเดือนธันวาคม 2565 จำนวน 360 เดือน โดยใช้การแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป (GPD) ซึ่งมีฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น (Probability Density Function: pdf) ของ GPD ได้ดังนี้

$$g(y;\sigma,\xi,\mu)=\begin{cases}\dfrac{1}{\sigma}\left[1+\xi\left(\dfrac{y-\mu)}{\sigma}\right)\right]^{-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)} & ,y\geq 0 \quad ,\xi\neq 0\\ \dfrac{1}{\sigma}\exp\left(-\dfrac{y-\mu}{\sigma}\right) & ,0\leq y\leq\dfrac{1}{|\xi|} \quad ,\xi=0\end{cases} \quad (1.2)$$

3) ศึกษาสถิติพื้นฐานของข้อมูล และทำการทดสอบความคงที่ของข้อมูล (Stationary)

4) กำหนดรูปแบบให้พารามิเตอร์บ่งตำแหน่งและพารามิเตอร์บ่งขนาดมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในเชิงเส้นตรง เชิงกำลังสอง และเชิงชี้กำลัง ที่แตกต่างกัน 8 ตัวแบบ ดังนี้

เมื่อกระบวนการคงที่

ตัวแบบที่ 1 : μ,σ และ ξ เป็นค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกระบวนการไม่คงที่

ตัวแบบที่ 2 : $\mu(t) = \beta_0 + \beta_1 t$, σ และ ξ เป็นค่าคงที่

ตัวแบบที่ 3 : $\mu(t) = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2$, σ และ ξ เป็นค่าคงที่

ตัวแบบที่ 4 : $\mu(t) = \exp(\beta_0 + \beta_1 t)$, σ และ ξ เป็นค่าคงที่

ตัวแบบที่ 5 : $\sigma(t) = \exp(\phi_0 + \phi_1 t)$, μ และ ξ เป็นค่าคงที่

ตัวแบบที่ 6 : $\sigma(t) = \exp(\phi_0 + \phi_1 t)$, $\mu(t) = \beta_0 + \beta_1 t$, และ ξ เป็นค่าคงที่

ตัวแบบที่ 7 : $\sigma(t) = \exp(\phi_0 + \phi_1 t)$, $\mu(t) = \beta_0 + \beta_1 t$, และ ξ เป็นค่าคงที่

ตัวแบบที่ 8 : $\sigma(t) = \exp(\phi_0 + \phi_1 t)$, $\mu(t) = \exp(\beta_0 + \beta_1 t)$, และ ξ เป็นค่าคงที่

โดยที่ β_0, β_1 และ β_2 เป็นค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันต่าง ๆ ของพารามิเตอร์บ่งตำแหน่ง

ϕ_0 และ ϕ_1 เป็นค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันต่าง ๆ ของพารามิเตอร์บ่งขนาด

5) ใช้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (MLE) และวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป (GMLE)

6) เปรียบเทียบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้เกณฑ์การตัดสินใจ คือ เกณฑ์ข้อสนเทศของอาไคเคะ (Akaike Information Criterion: AIC) เพื่อหาตัวแบบที่ดีที่สุด

7) พิจารณาลักษณะของตัวแบบด้วย Diagnostic plot

8) คำนวณระดับการเกิดซ้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ได้แก่ 2 ปี 5 ปี 10 ปี 20 ปีและ 100 ปี

9) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมอาร์ R เวอร์ชัน 4.3.1 และใช้ package extRemes 2.0

1.4 เกณฑ์การตัดสินใจ

เกณฑ์ข้อสนเทศของอาไคเคะ (Akaike Information Criterion: AIC) ตัวแบบที่ให้ค่า AIC ต่ำที่สุดจะเป็นตัวแบบที่ดีที่สุด

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้ตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี และรายเดือน ของจังหวัดในภาคตะวันออก ของประเทศไทย

2) ทราบประสิทธิภาพการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดและวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป สำหรับตัวแบบที่กำหนดพารามิเตอร์ให้เปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาที่แตกต่างกัน 8 ตัวแบบ

3) ระดับการเกิดซ้ำของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีและรายเดือน รอบการเกิดซ้ำ 2 ปี 5 ปี 10 ปี 20 ปี และ 100 ปี เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและป้องกันปัญหาอุทกภัยในพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 นิยามศัพท์

1) Generalized Extreme Value Distribution (GEVD)

หมายถึง การแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป เป็นการแจกแจงที่ใช้กับแบบจำลอง Block Maxima ซึ่งใช้กับข้อมูลในช่วงคาบเวลาที่สนใจ เช่น รายสัปดาห์ รายเดือน หรือรายปี เป็นต้น โดยจะเลือกข้อมูลที่สูงสุดหรือต่ำสุดในแต่ละช่วงคาบเวลาที่สนใจมาวิเคราะห์

2) Generalized Pareto Distribution (GPD)

หมายถึง การแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป เป็นการแจกแจงที่ใช้กับแบบจำลอง Peak Over Threshold โดยกำหนดค่าเกณฑ์ หรือ threshold ในการพิจารณาค่าสุดขีด แล้วเลือกค่าสังเกตจากค่าที่มีค่าสูงกว่าค่าเกณฑ์มาวิเคราะห์ เหมาะกับการวิเคราะห์การแจกแจงของปลายหางของข้อมูลเมื่อข้อมูลมีจำนวนมาก

3) Return Level

ระดับการเกิดซ้ำ หมายถึง ปริมาณของค่าสุดขีดของเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในคาบเวลาของการเกิดซ้ำที่กำหนด เช่น 2 ปี 5 ปี 10 ปี 20 ปี หรือ 100 ปี

4) Block Maxima (BM)

หมายถึง วิธีค่าสูงสุดในบล็อก ใช้กับข้อมูลคาบเวลา ได้แก่ รายสัปดาห์ รายเดือน หรือรายปี โดยพิจารณาค่าสูงสุดหรือต่ำสุดที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่เราสนใจ ซึ่งเหมาะสำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป (GEVD)

5) Peak Over Threshold (POT)

หมายถึง วิธีกำหนดค่าเหนือค่าเกณฑ์ โดยกำหนดค่าเกณฑ์ หรือ threshold แล้วเลือกข้อมูลที่เกินค่าเกณฑ์มาวิเคราะห์ ซึ่งเหมาะสำหรับการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป (GPD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเปรียบเทียบตัวแบบการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี และการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไปสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของจังหวัดบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย เพื่อหาค่าประมาณพารามิเตอร์ของการแจกแจงด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดและวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป โดยมีการกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์มีค่าคงที่และไม่คงที่ โดยมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งจะใช้เกณฑ์ค่า AIC ต่ำที่สุดในการคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ รวมถึงการพยากรณ์ระดับการเกิดซ้ำตามรอบปีการเกิดซ้ำที่กำหนดขึ้น ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- 2.1.1 สถิติเชิงพรรณนา
- 2.1.2 การทดสอบความนิ่งของอนุกรมเวลา
- 2.1.3 การวิเคราะห์ค่าสุดขีด

2.2 วิธีประมาณค่าพารามิเตอร์
- 2.2.1 วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด
- 2.2.2 วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป

2.3 เกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบ

2.4 การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ

2.5 ระดับการเกิดซ้ำ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการอธิบายและสรุปผลลัพธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ โดยมุ่งเน้นการอธิบายลักษณะทางความสัมพันธ์ การกระจายตัว และลักษณะอื่น ๆ ของข้อมูล โดยใช้ตัวชี้วัดหรือค่าสถิติที่สามารถสรุปเป็นข้อมูลที่เข้าใจง่ายและช่วยในการวิเคราะห์ในลักษณะต่าง ๆ โดยกำหนดให้ $X=(x_1,x_2,...,x_n)$ เป็นกลุ่มตัวอย่างของประชากรที่สนใจ (ปภังกร, 2564)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) เป็นตัวชี้วัดที่ใช้บ่งบอกถึงความเฉลี่ยหรือค่าที่อยู่ในตรงกลางของข้อมูล โดยคำนวณจากนำค่าผลบวกของค่าข้อมูลทั้งหมดหารด้วยจำนวนข้อมูล สามารถหาได้จากสมการที่ (2.1)

$$\overline{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \tag{2.1}$$

2.1.1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) เป็นค่าวัดทางสถิติที่บ่งบอกถึงการกระจายของค่าข้อมูลจากค่าเฉลี่ยไปทางด้านซ้ายหรือด้านขวา ซึ่งเป็นระยะห่างเฉลี่ยกำลังสองของค่าข้อมูลทุกค่าจากค่าเฉลี่ย สามารถหาได้จากสมการที่ (2.2)

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \overline{x})^2}{n-1}} \tag{2.2}$$

2.1.1.3 ความเบ้ (Skewness) เป็นความไม่สมมาตรของลักษณะการแจกแจงของข้อมูล สามารถแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ ได้แก่ การแจกแจงแบบเบ้ขวา (Positive Skewness) และการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย (Negative Skewness) แสดงลักษณะเส้นโค้งจากการแจกแจงแบบเบ้ขวาและเบ้ซ้าย ดังรูปที่ 2.1 การระบุความเบ้ของลักษณะการแจกแจงของค่าตัวแปรได้จากการสังเกตจากค่ากลางของข้อมูล และยังสามารถระบุได้จากการวัดค่า สัมประสิทธิ์ความเบ้ (coefficient of skewness) ซึ่งมีการคำนวณด้วยกันหลายวิธี ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะการวัดค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ด้วยวิธีโมเมนต์ แทนด้วยสัญลักษณ์ g_1 สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.3)

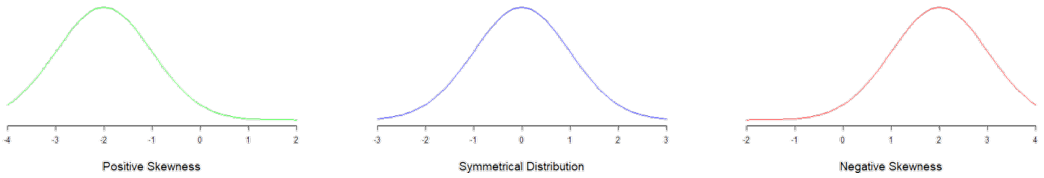
$$g_1 = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} (x_i - \overline{x})^3}{\left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} (x_i - \overline{x})^2\right]^{\frac{3}{2}}} \tag{2.3}$$

เมื่อ $\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} (x_i - \overline{x})^3$ คือ โมเมนต์ศูนย์กลาง ที่ 3 ของตัวแปร X_i และ

$\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} (x_i - \overline{x})^2$ คือ โมเมนต์ศูนย์กลาง ที่ 2 ของตัวแปร X_i

ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ เท่ากับ 0 แสดงว่า ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงสมมาตร ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ มีค่าน้อยกว่า 0 แสดงว่า ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย ในขณะที่ถ้าสัมประสิทธิ์ความเบ้ มีค่ามากกว่า 0 แสดงว่า ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ลักษณะการกระจายของข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบสมมาตร การแจกแจงแบบเบ้ขวา และการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย

2.1.1.4 ความโด่ง (Kurtosis) เป็นค่าสถิติที่อธิบายรูปร่างของลักษณะการแจกแจงอีกค่าหนึ่ง ที่แสดงถึงความหนาของปลายหางทั้งสองข้างของโค้งการแจกแจงข้อมูล แทนด้วยสัญลักษณ์ g_2 สามารถคำนวณโดยวิธีโมเมนต์ได้จากสมการที่ (2.4)

$$g_2 = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^4}{\left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2\right]^2} - 3 \qquad (2.4)$$

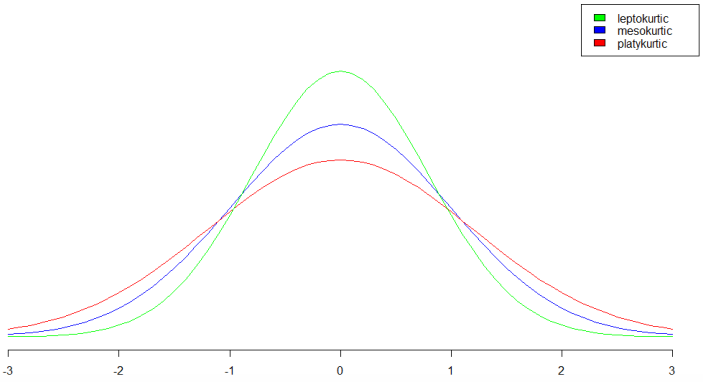
เมื่อ $\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^4$ คือ โมเมนต์ศูนย์กลาง ที่ 4 ของตัวแปร X_i และ

$\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2$ คือ โมเมนต์ศูนย์กลาง ที่ 2 ของตัวแปร X_i

ค่าความโด่งที่คำนวณได้จากสมการที่ (2.4) เรียกว่า สัมประสิทธิ์ความโด่ง (coefficient of kurtosis) ลักษณะความโด่งของโค้งการแจกแจง แบ่งออกได้ 3 ลักษณะ ตามค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งแสดงดังรูปที่ 2.2 ดังนี้

- พลาติเคอร์ติก (platykurtic) เป็นการแจกแจงที่มีความโด่งต่ำกว่าความโด่งของการแจกแจงปรกติ ซึ่งจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง น้อยกว่า 0
- เมโซเคอร์ติก (mesokurtic) เป็นการแจกแจงที่มีความโด่งเท่ากับความโด่งของการแจกแจงปรกติ ซึ่งจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง เท่ากับ 0
- เลปโทเคอร์ติก (leptokurtic) เป็นการแจกแจงที่มีความโด่งมากกว่าความโด่งของการแจกแจงปรกติ ซึ่งจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง มากกว่า 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แผนภาพการแจกแจง 3 ลักษณะตามค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง

2.1.2 การทดสอบความคงที่ของอนุกรมเวลา (Augmented Dickey-Fuller Test)

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการทดสอบยูนิทรูท (Unit Root Test) เป็นการทดสอบความนิ่งหรือความคงที่ (Stationary) ของอนุกรมเวลา โดยการทดสอบ ADF (Augmented Dickey-Fuller Test) ซึ่งมีพื้นฐานมาจากการทดสอบ DF (Dickey-Fuller Test) (Dickey and Fuller, 1979) โดยสมมติฐานของการทดสอบ ADF คือ

H_0 : ข้อมูลไม่มีความคงที่ (Non Stationary)

H_1 : ข้อมูลมีความคงที่ (Stationary)

จากสมการ $$Y_t = \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t \tag{2.5}$$

ซึ่งเรียกว่า การทดสอบยูนิทรูท โดยที่ Y_t จะมีลักษณะมีความคงที่ เมื่อ $|\rho| < 1$ และ Y_t จะมีลักษณะไม่คงที่ เมื่อ $\rho = 1$ อย่างไรก็ตาม การทดสอบยูนิทรูทนี้ สามารถทำได้อีกทางหนึ่งซึ่งเหมือนกับสมการที่ (2.5) โดยการลบ Y_{t-1} ออกทั้งสองข้างของสมการ ดังต่อไปนี้

$$Y_t - Y_{t-1} = \Delta Y_t = (\rho - 1)Y_{t-1} + \varepsilon_t \tag{2.6}$$

โดยที่ $\rho - 1 = \theta$ หรือ $\rho = 1 + \theta$ และ ΔY_t คือ ผลต่างอันดับที่ 1

$$Y_t = (1 + \theta)Y_{t-1} + \varepsilon_t \tag{2.7}$$

จากสมการที่ (2.7) การทดสอบสมมติฐานหลัก $H_0 : \theta = 0$ ถ้า $\theta = 0$ เมื่อ $\rho = 1$ ซึ่งหมายความว่า Y_t จะมีลักษณะไม่คงที่ หรือมียูนิทรูทนั่นเอง ในทางตรงกันข้าม ถ้า $\theta < 0$ ซึ่งหมายความว่า $\rho < 1$ ดังนั้น จะปฏิเสธ $H_0 : \theta = 0$ และยอมรับ $H_1 : \theta \neq 0$ และเมื่อ Y_t มีการบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของอันดับศูนย์ (Integration of Order Zero) นั่นคือ Y_t มีลักษณะคงที่ อย่างไรก็ตาม จากสมการที่ (2.7) ถ้า $\theta = 0$ แล้วจะได้

$$Y_t - Y_{t-1} = \Delta Y_t = \varepsilon_t \tag{2.8}$$

ซึ่ง ε_t เป็นค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม (White Noise) ซึ่งจะมีความคงที่ (Weak Stationary) จากสมการข้างต้นจะสังเกตได้ว่า ในขณะที่ Y_t ซึ่งเป็นแนวเดินเชิงสุ่ม (Random Walk) ที่มีความไม่คงที่ แต่ผลต่างอันดับที่ 1 จะมีความคงที่ หรือสามารถกล่าวได้ว่า ผลต่างอันดับที่ 1 ของอนุกรมเวลาเดินเชิงสุ่มจะมีความนิ่ง

ถ้า Y_t เป็นแนวเดินเชิงสุ่มและมีความโน้มเอียงทั่วไปรวมอยู่ด้วย (Random Walk with Drift) จะสามารถเขียนแบบจำลอง ได้ดังนี้

$$\Delta Y_t = \alpha + \theta Y_{t-1} + \varepsilon_t \tag{2.9}$$

และถ้า Y_t เป็นแนวเดินเชิงสุ่มซึ่งมีความโน้มเอียงทั่วไปรวมอยู่ด้วย และมีแนวโน้มตามเวลา (Time Trend) จะสามารถเขียนแบบจำลอง ได้ดังนี้

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta t + \theta Y_{t-1} + \varepsilon_t \tag{2.10}$$

โดยที่ t = เวลา ซึ่งก็จะทำการทดสอบ $H_0 : \theta = 0$ โดยมี $H_1 : \theta \neq 0$ เช่นเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น โดยสรุปแล้วสามารถพิจารณาสมการถดถอยได้ 3 รูปแบบที่แตกต่างกันในการทดสอบยูนิทรูท สามารถสรุปได้ 3 สมการ ดังนี้

$$\Delta Y_t = \theta Y_{t-1} + \varepsilon_t \tag{2.11}$$

$$\Delta Y_t = \alpha + \theta Y_{t-1} + \varepsilon_t \tag{2.12}$$

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta t + \theta Y_{t-1} + \varepsilon_t \tag{2.13}$$

สมการที่ (2.11) - (2.13) เป็นสมการที่ Y_t เป็นแนวเดินเชิงสุ่ม Y_t เป็นแนวเดินเชิงสุ่มและมีความโน้มเอียงทั่วไปรวมอยู่ด้วย หรือมีจุดตัดแกน (Intercept) และ Y_t เป็นแนวเดินเชิงสุ่มซึ่งมีความโน้มเอียงทั่วไปรวมอยู่และมีแนวโน้มตามเวลา (Random Walk with Drift around a Stochastic Trend) ตามลำดับ โดยมีพารามิเตอร์ที่อยู่ในความสนใจของทุกสมการ คือ θ นั่นคือ ถ้า $\theta = 0$ แล้ว Y_t จะมียูนิทรูท หรืออนุกรมเวลานั้นจะมีความไม่นิ่ง (Non Stationary) โดยการเปรียบเทียบค่าสถิติที (t-Statistics) ที่คำนวณได้กับค่าวิกฤต (Critical Value) ที่เหมาะสมแล้วแต่กรณีที่อยู่ในตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dickey-Fuller Tables (Enders, 1995) หรือกับค่าวิกฤต MacKinnon (MacKinnon Critical Value) ค่าวิกฤตจะมีค่าที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับรูปแบบของสมการทั้งสาม (Gujarati, 1995)

การตั้งสมมติฐานดังที่กล่าวมาข้างต้น คือ การทดสอบยูนิทรูทโดยใช้การทดสอบ DF หากแบบจำลองที่ใช้ในการทดสอบมีปัญหาสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation) ก็จะทำให้ค่าสถิติที่ได้มานั้นไม่สามารถนำมาใช้ได้อย่างถูกต้อง ดังนั้น เพื่อแก้ปัญหาสหสัมพันธ์ในตัวเองจึงเพิ่มกระบวนการถดถอยในตัวเอง (Autoregressive processes) เข้าไปในสมการที่ (2.11) – (2.13) ซึ่งวิธีการนี้เรียกว่า การทดสอบ ADF (Augmented Dickey-Fuller Test) ดังนี้

$$\Delta Y_t = \theta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{k} \phi_i \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \tag{2.14}$$

$$\Delta Y_t = \alpha + \theta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{k} \phi_i \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \tag{2.15}$$

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta t + \theta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{k} \phi_i \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \tag{2.16}$$

โดยที่ Y_t แทน ข้อมูลอนุกรมเวลา ณ เวลา t

Y_{t-1} แทน ข้อมูลอนุกรมเวลา ณ เวลา $t-1$

$\alpha, \beta, \theta, \phi$ แทน ค่าพารามิเตอร์

t แทน ค่าหน่วยเวลา

ε_t แทน ความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

Enders (1995) และ Gujarati (1995) เสนอว่า จำนวนของ Lagged difference terms ที่จะนำเข้ามารวมในสมการนั้นจะต้องมีมากพอที่จะทำให้พจน์ ε_t หรือความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม (Error Terms) มีลักษณะเป็นอิสระกัน โดยค่าสถิติของการทดสอบ ADF (ADF Test Statistics) มีการแจกแจงเชิงเส้นกำกับ (Asymptotic Distribution) เหมือนกับสถิติของการทดสอบ DF (DF Test Statistics) ดังนั้น สามารถใช้ค่าวิกฤตแบบเดียวกัน

พิจารณาสมการที่ (2.16) เมื่อ Y_t เป็นข้อมูลอนุกรมเวลา ที่เวลา $t = 1,2,...,n$, θ คือ สัมประสิทธิ์การถดถอย ϕ คือ สัมประสิทธิ์ของผลต่างอันดับที่ $k = (n-1)^{1/3}$ และ ε_t คือ ความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม แล้วจะได้ตัวสถิติทดสอบของการทดสอบ ADF ดังนี้

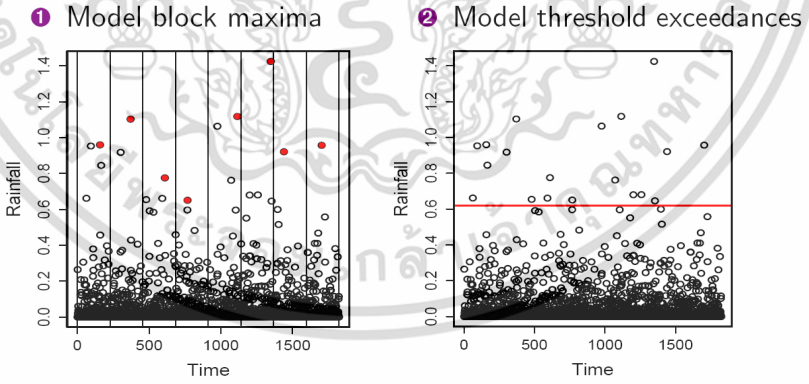
$$ADF = \frac{\hat{\theta}}{SE(\hat{\theta})} \tag{2.17}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $SE(\hat{\theta})$ คือ ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวประมาณการถดถอย (Standard error of regression estimate) ถ้าค่าสถิติของการทดสอบ ADF มีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤตที่ได้จากตาราง ก1 (ภาคผนวก ก) จะสามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก และสรุปได้ว่า อนุกรมเวลามีความคงที่ (Stationary)

2.1.3 การวิเคราะห์ค่าสุดขีด (Extreme Value Analysis)

การศึกษาทฤษฎีค่าสุดขีด เริ่มต้นมาตั้งแต่ทศวรรษที่ 19 และได้ถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง โดยนักคณิตศาสตร์ Kotz and Nagaraja (2000) ได้กล่าวว่า การแจกแจงค่าสุดขีด ถูกค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1709 โดย Bernulli และถูกประยุกต์ใช้ครั้งแรกโดย Fuller ในปี ค.ศ. 1914 การวิเคราะห์ตัวแบบด้วยทฤษฎีค่าสุดขีด สามารถแบ่งได้ 2 วิธี ตามลักษณะของการเลือกข้อมูลค่าสุดขีดที่นำมาวิเคราะห์ ได้แก่ วิธีค่าสูงสุดในบล็อก (Block maxima: BM) เป็นวิธีกำหนดช่วงคาบเวลาที่สนใจ เช่น รายปี รายเดือน รายไตรมาสหรือรายสัปดาห์ เป็นต้น แล้วเลือกค่าสูงสุดหรือต่ำสุดในคาบเวลาที่สนใจมาวิเคราะห์ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งค่าสังเกตที่รวบรวมไว้ควรจะมีจำนวนมากกว่า 30 ปีขึ้นไป เพื่อใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์โดยแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value Distribution: GEVD) โดยพิจารณาค่าที่สูงที่สุดในแต่ละคาบเวลาที่สนใจ (จุดสีแดง) และวิธีกำหนดค่าเหนือค่าเกณฑ์ (Peak Over Threshold: POT) เป็นวิธีที่กำหนดค่าเกณฑ์หรือค่าวิกฤต (Threshold: u) ที่เหมาะสม (เส้นสีแดง) และคัดเลือกข้อมูลค่าสังเกตที่มีค่ามากกว่าค่าเกณฑ์มาสร้างตัวแบบ จะใช้กับข้อมูลปริมาณมาก เช่น ข้อมูลรายชั่วโมง รายวัน เพื่อใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์โดยใช้การแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป (Generalized Pareto Distribution: GPD)



รูปที่ 2.3 ลักษณะการเลือกค่าสุดขีดโดยวิธีค่าสูงสุดในบล็อก (Block maxima: BM) และวิธีกำหนดค่าเหนือค่าเกณฑ์ (Peak Over Threshold: POT)

2.1.3.1 การแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value Distribution: GEVD)

การแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value Distribution: GEVD) เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ค่าสุดขีดในช่วงคาบเวลาที่สนใจ เช่น รายสัปดาห์ รายเดือน หรือรายปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นต้น โดยจะเลือกข้อมูลที่สูงสุดในแต่ละช่วงคาบเวลาที่ผู้ศึกษาสนใจ โดยจะใช้วิธีค่าสูงสุดในบล็อก (Block Maxima) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้อย่างแพร่หลายและเหมาะสมกับข้อมูลที่มีลักษณะการแจกแจง GEVD (Jenkinson, 1955)

ให้ $X_1,...,X_n$ เป็นตัวแปรสุ่มที่อิสระกันและมีฟังก์ชันการแจกแจงสะสม $F(x;\theta)$ แบบเดียวกัน โดยกำหนดค่าสูงสุดของตัวแปรสุ่มคือ $X_{(n)} = \max(X_1,...,X_n)$ การแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป ซึ่งเขียนแทนด้วย $X \sim \text{GEVD}(\mu,\sigma,\xi)$ Galambos (2016) ได้สร้างฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (Cumulative Density Function: CDF) ของ GEVD คือ

$$F(x;\mu,\sigma,\xi)=\begin{cases}\exp\left\{-\left(1+\xi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi}\right\} & ,\xi\neq 0\\ \exp\left\{-\exp\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right\} & ,\xi=0\end{cases} \tag{2.18}$$

และฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น (Probability Density Function: pdf) (Beirlant et al., 2004) ของ GEVD คือ

$$f(x;\mu,\sigma,\xi)=\begin{cases}\frac{1}{\sigma}\left[1+\xi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right]^{(-1/\xi)-1}\exp\left\{-\left(1+\xi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi}\right\} & ,\xi\neq 0\\ \frac{1}{\sigma}\exp\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^{-1}\exp\left\{-\exp\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right\} & ,\xi=0\end{cases} \tag{2.19}$$

สำหรับ $\left\{1+\xi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right\}>0,\ -\infty<\mu,\xi<\infty,\sigma>0$ (Coles, 2001)

โดยที่ μ เป็น พารามิเตอร์บ่งตำแหน่ง (Location Parameter)

σ เป็น พารามิเตอร์บ่งขนาด (Scale Parameter) และ

ξ เป็น พารามิเตอร์บ่งรูปร่าง (Shape Parameter)

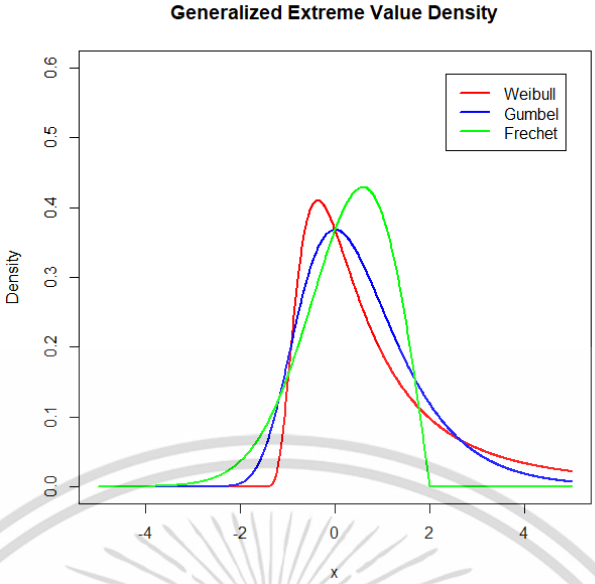
ซึ่ง GEVD สามารถแบ่งเป็น 3 รูปแบบ ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์บ่งรูปร่าง

กรณี $\xi=0$ เรียกว่า การแจกแจงกัมเบล (Gumbel Distribution)

กรณี $\xi>0$ เรียกว่า การแจกแจงฟรีเชท (Frechet Distribution) และ

กรณี $\xi<0$ เรียกว่า การแจกแจงไวบูล (Weibull Distribution)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การแจกแจงไวบูล กัมเบล และฟรีเชท

โดยมีค่าเฉลี่ย และความแปรปรวน ดังนี้

$$E(X) = \begin{cases} \mu - \frac{\sigma}{\xi} + \frac{\sigma}{\xi}\Gamma(1-\xi) & ,\xi \neq 0, \xi < 1 \\ \mu + \sigma\gamma & ,\xi = 0 \\ \infty & ,\xi \geq 1 \end{cases} \quad (2.20)$$

เมื่อ γ คือ ค่าคงที่ของออยเลอร์ (Euler's Constant)

$$Var(X) = \begin{cases} \frac{\sigma}{\xi}\left[\Gamma(1-2\xi) - (\Gamma(1-\xi))^2\right] & ,\xi \neq 0, \xi < \frac{1}{2} \\ \frac{\sigma^2\pi^2}{6} & ,\xi = 0 \\ \infty & ,\xi \geq \frac{1}{2} \end{cases} \quad (2.21)$$

2.1.3.2 การแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป (Generalized Pareto Distribution: GPD)

การแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป (Generalized Pareto Distribution: GPD) เป็นการแจกแจงที่จะอาศัยค่าเกณฑ์ (Threshold หรือ u) ที่เหมาะสมในการพิจารณาค่าสุดขีด สำหรับการเลือกค่าสังเกตจะคัดเลือกจากค่าสังเกตที่มีค่าสูงกว่าค่าเกณฑ์ที่กำหนดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ $Y_1,...,Y_k$ เป็นตัวแปรสุ่มที่อิสระกันและมีฟังก์ชันการแจกแจงสะสม $G(y;\theta)$ แบบเดียวกัน โดยที่ $Y > u$ ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (Cumulative Density Function: CDF) ของ GPD คือ

$$G(y;\sigma,\xi,\mu)=\begin{cases}1-\left[1+\xi\left(\frac{y-\mu)}{\sigma}\right)\right]^{-\frac{1}{\xi}} & ,\xi\neq 0\\ 1-\exp\left(-\frac{y-\mu}{\sigma}\right) & ,\xi=0\end{cases} \tag{2.22}$$

โดยที่ μ เป็น พารามิเตอร์บ่งตำแหน่ง (Location Parameter)

σ เป็น พารามิเตอร์บ่งขนาด (Scale Parameter) และ

ξ เป็น พารามิเตอร์บ่งรูปร่าง (Shape Parameter)

และสามารถเขียนฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น (Probability Distribution Function: pdf) ของ GPD ได้ดังนี้

$$g(y;\sigma,\xi,\mu)=\begin{cases}\frac{1}{\sigma}\left[1+\xi\left(\frac{y-\mu)}{\sigma}\right)\right]^{-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)} & ,y\geq 0 \quad ,\xi\neq 0\\ \frac{1}{\sigma}\exp\left(-\frac{y-\mu}{\sigma}\right) & ,0\leq y\leq\frac{1}{|\xi|} \quad ,\xi=0\end{cases} \tag{2.23}$$

โดยมีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน ดังนี้

$$E(Y) = \mu+\frac{\sigma}{1-\xi} \quad ,\xi<1 \tag{2.24}$$

$$Var(Y) = \frac{\sigma^2}{(1-2\xi)(1-\xi)^2} \quad ,\xi<\frac{1}{2} \tag{2.25}$$

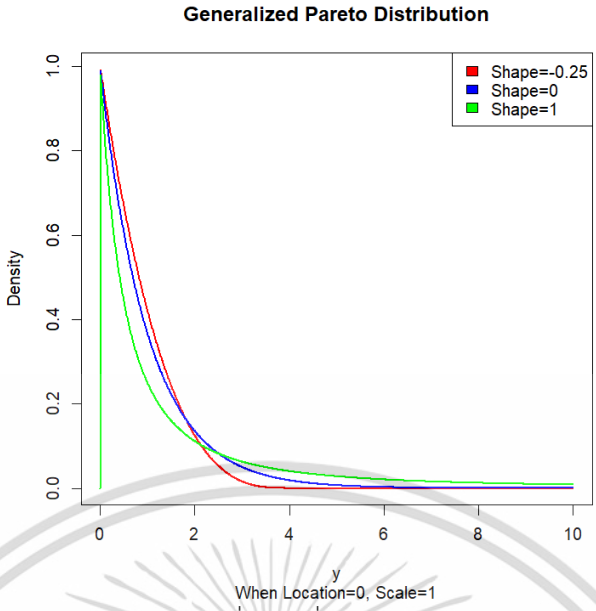
ซึ่ง GPD สามารถแบ่งเป็น 3 รูปแบบ ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์บ่งรูปร่าง

กรณี $\xi=0$ จะมีลักษณะแบบหางกลาง (Medium-tail) แบบเลขชี้กำลัง (Exponential Distribution)

กรณี $\xi>0$ จะมีลักษณะแบบหางหนา (Heavy-tail) และ

กรณี $\xi<0$ จะมีลักษณะแบบหางสั้น (Short-tail)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 การแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป เมื่อกำหนดพารามิเตอร์บ่งรูปร่างมีค่าต่าง ๆ

2.2 วิธีประมาณค่าพารามิเตอร์

เป็นกระบวนการทางสถิติที่ใช้ในการหาค่าของพารามิเตอร์ในการแจกแจงหรือตัวแบบ การเลือกใช้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะทำให้ได้ตัวแบบที่มีประสิทธิภาพ โดยวิธีการที่นิยมใช้คือ วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดและวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

2.2.1 วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Method: MLE)

การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดเป็นวิธีที่ใช้กันมากและเป็นวิธีที่ง่าย เพราะวิธีนี้เป็นวิธีการหาตัวประมาณค่าที่ทำให้ฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็น (Likelihood Function) มีค่าสูงสุด และตัวประมาณค่าที่หาได้ด้วยวิธีนี้จะเรียกว่า ตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุด

นิยามที่ 1 ให้ $X_1,...,X_n$ เป็นตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่มีฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น $f(x;\theta)$ ฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็น (Likelihood Function) ของตัวอย่างสุ่ม คือ ฟังก์ชันความน่าจะเป็นร่วมของ $X_1,...,X_n$ โดยที่เป็นฟังก์ชันของพารามิเตอร์ θ ฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็น เขียนแทนด้วย L หรือ หรือ $L(\theta;X_1,...,X_n)$ นั่นคือ

$$\begin{aligned} L(\theta) &= L(\theta; X_1,...,X_n) = f(X_1,...,X_n;\theta) \\ &= f(X_1;\theta)...f(X_n;\theta) \\ &= \prod_{i=1}^{n} f(X_i;\theta) \end{aligned}$$

นิยามที่ 2 ตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimator) ของพารามิเตอร์ θ คือ $\hat{\theta}=\hat{\theta}(X_1,...,X_n)$ ที่ทำให้ฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็น $L(\theta)$ มีค่าสูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดรูปแบบให้พารามิเตอร์บ่งตำแหน่งและพารามิเตอร์บ่งขนาดมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในเชิงเส้นตรง เชิงกำลังสอง และเชิงชี้กำลัง ที่แตกต่างกัน 8 ตัวแบบ ดังนี้

ตัวแบบที่ 1 : μ, σ และ ξ เป็นค่าคงที่

ตัวแบบที่ 2 : $\mu(t) = \beta_0 + \beta_1 t$, σ และ ξ เป็นค่าคงที่

ตัวแบบที่ 3 : $\mu(t) = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2$, σ และ ξ เป็นค่าคงที่

ตัวแบบที่ 4 : $\mu(t) = \exp(\beta_0 + \beta_1 t)$, σ และ ξ เป็นค่าคงที่

ตัวแบบที่ 5 : $\sigma(t) = \exp(\phi_0 + \phi_1 t)$, μ และ ξ เป็นค่าคงที่

ตัวแบบที่ 6 : $\sigma(t) = \exp(\phi_0 + \phi_1 t)$, $\mu(t) = \beta_0 + \beta_1 t$, และ ξ เป็นค่าคงที่

ตัวแบบที่ 7 : $\sigma(t) = \exp(\phi_0 + \phi_1 t)$, $\mu(t) = \beta_0 + \beta_1 t$, และ ξ เป็นค่าคงที่

ตัวแบบที่ 8 : $\sigma(t) = \exp(\phi_0 + \phi_1 t)$, $\mu(t) = \exp(\beta_0 + \beta_1 t)$, และ ξ เป็นค่าคงที่

โดยที่ β_0, β_1 และ β_2 เป็นค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันต่าง ๆ ของพารามิเตอร์บ่งตำแหน่ง

ϕ_0 และ ϕ_1 เป็นค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันต่าง ๆ ของพารามิเตอร์บ่งขนาด

มีขั้นตอนการประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (MLE) สำหรับการแจกแจง GEVD ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่ม X จากสมการที่ (2.19)

ขั้นตอนที่ 2 สร้างฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็น (Likelihood function) ของตัวแปรสุ่มจากการแจกแจง GEVD เมื่อ $\xi = 0$

สำหรับตัวแบบที่ 1 $L(\mu,\sigma,\xi)$ จะได้

$$L(\mu,\sigma,\xi) = \frac{1}{\sigma^n}\prod_{i=1}^{n}\left[1+\xi\left(\frac{x_i-\mu}{\sigma}\right)\right]^{(-1/\xi)-1} \exp\left\{-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-\mu}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi}\right\}$$

สำหรับตัวแบบที่ 2 $L(\mu(t),\sigma,\xi)$ จะได้

$$L(\mu(t),\sigma,\xi) = \frac{1}{\sigma^n}\prod_{i=1}^{n}\left[1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t)}{\sigma}\right)\right]^{(-1/\xi)-1} \exp\left\{-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t)}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi}\right\}$$

สำหรับตัวแบบที่ 3 $L(\mu(t),\sigma,\xi)$ จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L(\mu(t),\sigma,\xi)=\frac{1}{\sigma^n}\prod_{i=1}^{n}\left[1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2)}{\sigma}\right)\right]^{(-1/\xi)-1}$$
$$\exp\left\{-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2)}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi}\right\}$$

สำหรับตัวแบบที่ 4 $L(\mu(t),\sigma,\xi)$ จะได้

$$L(\mu(t),\sigma,\xi)=\frac{1}{\sigma^n}\prod_{i=1}^{n}\left[1+\xi\left(\frac{x_i-\exp(\beta_0+\beta_1 t)}{\sigma}\right)\right]^{(-1/\xi)-1}$$
$$\exp\left\{-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-\exp(\beta_0+\beta_1 t)}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi}\right\}$$

สำหรับตัวแบบที่ 5 $L(\mu,\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$L(\mu,\sigma(t),\xi)=\frac{1}{\sigma^n}\prod_{i=1}^{n}\left[1+\xi\left(\frac{x_i-\mu)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right]^{(-1/\xi)-1}\exp\left\{-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-\mu}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right)^{-1/\xi}\right\}$$

สำหรับตัวแบบที่ 6 $L(\mu(t),\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$L(\mu(t),\sigma(t),\xi)=\frac{1}{\sigma^n}\prod_{i=1}^{n}\left[1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right]^{(-1/\xi)-1}$$
$$\exp\left\{-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right)^{-1/\xi}\right\}$$

สำหรับตัวแบบที่ 7 $L(\mu(t),\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$L(\mu(t),\sigma(t),\xi)=\frac{1}{\sigma^n}\prod_{i=1}^{n}\left[1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right]^{(-1/\xi)-1}$$
$$\exp\left\{-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right)^{-1/\xi}\right\}$$

สำหรับตัวแบบที่ 8 $L(\mu(t),\sigma(t),\xi)$ จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L(\mu(t),\sigma(t),\xi)=\frac{1}{\sigma^n}\prod_{i=1}^{n}\left[1+\xi\left(\frac{x_i-\exp(\beta_0+\beta_1 t)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right]^{(-1/\xi)-1}$$
$$\exp\left\{-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-\exp(\beta_0+\beta_1 t)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right)^{-1/\xi}\right\}$$

ขั้นตอนที่ 3 สร้างฟังก์ชันลอกภาวะน่าจะเป็น (Log-likelihood Function) ของตัวแปรสุ่มจากการแจกแจง GEVD

สำหรับตัวแบบที่ 1 $l(\mu,\sigma,\xi)$ จะได้

$$l(\mu,\sigma,\xi)=-n\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{n}\log\left[1+\xi\left(\frac{x_i-\mu}{\sigma}\right)\right]-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-\mu}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi}$$

สำหรับตัวแบบที่ 2 $l(\mu(t),\sigma,\xi)$ จะได้

$$l(\mu(t),\sigma,\xi)=-n\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{n}\log\left[1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t)}{\sigma}\right)\right]$$
$$-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t)}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi}$$

สำหรับตัวแบบที่ 3 $l(\mu(t),\sigma,\xi)$ จะได้

$$l(\mu(t),\sigma,\xi)=-n\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{n}\log\left[1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2)}{\sigma}\right)\right]$$
$$-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2)}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi}$$

สำหรับตัวแบบที่ 4 $l(\mu(t),\sigma,\xi)$ จะได้

$$l(\mu(t),\sigma,\xi)=-n\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{n}\log\left[1+\xi\left(\frac{x_i-\exp(\beta_0+\beta_1 t)}{\sigma}\right)\right]$$
$$-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-\exp(\beta_0+\beta_1 t)}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi}$$

สำหรับตัวแบบที่ 5 $l(\mu,\sigma(t),\xi)$ จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l(\mu,\sigma(t),\xi)=-n\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{n}\log\left[1+\xi\left(\frac{x_i-\mu}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right]$$
$$-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-\mu}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right)^{-1/\xi}$$

สำหรับตัวแบบที่ 6 $l(\mu(t),\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$l(\mu(t),\sigma(t),\xi)=-n\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{n}\log\left[1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right]$$
$$-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right)^{-1/\xi}$$

สำหรับตัวแบบที่ 7 $l(\mu(t),\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$l(\mu(t),\sigma(t),\xi)=-n\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{n}\log\left[1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right]$$
$$-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right)^{-1/\xi}$$

สำหรับตัวแบบที่ 8 $l(\mu(t),\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$l(\mu(t),\sigma(t),\xi)=-n\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{n}\log\left[1+\xi\left(\frac{x_i-\exp(\beta_0+\beta_1 t)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right]$$
$$-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-\exp(\beta_0+\beta_1 t)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right)^{-1/\xi}$$

ขั้นตอนที่ 4 ประมาณค่าพารามิเตอร์ ด้วยการอนุพันธ์ย่อย (Partial Derivative) จากฟังก์ชันที่ได้ใน ขั้นตอนที่ 3

สำหรับตัวแบบที่ 1 จะได้ตัวประมาณแบบ MLE ของ $\hat{\mu},\hat{\sigma},\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l(\mu,\sigma,\xi)}{\partial \mu}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu,\sigma,\xi)}{\partial \sigma}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu,\sigma,\xi)}{\partial \xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 2 จะได้ตัวประมาณแบบ MLE ของ $\hat{\mu}(t),\hat{\sigma},\hat{\xi}$ จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{\partial l(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \mu(t)}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \sigma}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 3 จะได้ตัวประมาณแบบ MLE ของ $\hat{\mu}(t),\hat{\sigma},\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \mu(t)}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \sigma}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 4 จะได้ตัวประมาณแบบ MLE ของ $\hat{\mu}(t),\hat{\sigma},\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \mu(t)}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \sigma}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 5 จะได้ตัวประมาณแบบ MLE ของ $\hat{\mu},\hat{\sigma}(t),\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l(\mu,\sigma(t),\xi)}{\partial \mu}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu,\sigma(t),\xi)}{\partial \sigma(t)}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu,\sigma(t),\xi)}{\partial \xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 6 จะได้ตัวประมาณแบบ MLE ของ $\hat{\mu}(t),\hat{\sigma}(t),\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \mu(t)}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \sigma(t)}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 7 จะได้ตัวประมาณแบบ MLE ของ $\hat{\mu}(t),\hat{\sigma}(t),\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \mu(t)}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \sigma(t)}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 8 จะได้ตัวประมาณแบบ MLE ของ $\hat{\mu}(t),\hat{\sigma}(t),\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \mu(t)}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \sigma(t)}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \xi}=0$$

จากการอนุพันธ์ย่อยเพื่อที่จะทำให้ฟังก์ชันลอกภาวะน่าจะเป็นสูงสุด ทำได้ยากเนื่องจากสมการมีความซับซ้อนและไม่สามารถแก้สมการภาวะน่าจะเป็นได้ จึงใช้การประมาณค่าด้วยวิธีการการวิเคราะห์เชิงตัวเลข (Numerical Analysis) ด้วยวิธีการของนิวตัน-ราฟสัน (Newton - Rapson) (J. Nocedal and S. J. Wright, 1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาเป็นขั้นตอนการประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (MLE) สำหรับการแจกแจง GPD ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนเช่นเดียวกัน มีดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่ม Y จากสมการที่ (2.23)

ขั้นตอนที่ 2 สร้างฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็น (Likelihood function) ของตัวแปรสุ่มจากการแจกแจง GPD เมื่อ $\xi \neq 0$ และ k คือ จำนวนของข้อมูลที่มีค่าเกินเกณฑ์

สำหรับตัวแบบที่ 1 $L(\mu,\sigma,\xi)$ จะได้

$$L(\mu,\sigma,\xi)=\frac{1}{\sigma^k}\prod_{i=1}^{k}\left[\left(1+\xi\left(\frac{y_i-\mu}{\sigma}\right)\right)^{-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)}\right]$$

สำหรับตัวแบบที่ 2 $L(\mu(t),\sigma,\xi)$ จะได้

$$L(\mu(t),\sigma,\xi)=\frac{1}{\sigma^k}\prod_{i=1}^{k}\left[\left(1+\xi\left(\frac{y_i-(\beta_0+\beta_1 t)}{\sigma}\right)\right)^{-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)}\right]$$

สำหรับตัวแบบที่ 3 $L(\mu(t),\sigma,\xi)$ จะได้

$$L(\mu(t),\sigma,\xi)=\frac{1}{\sigma^k}\prod_{i=1}^{k}\left[\left(1+\xi\left(\frac{y_i-(\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2)}{\sigma}\right)\right)^{-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)}\right]$$

สำหรับตัวแบบที่ 4 $L(\mu(t),\sigma,\xi)$ จะได้

$$L(\mu(t),\sigma,\xi)=\frac{1}{\sigma^k}\prod_{i=1}^{k}\left[\left(1+\xi\left(\frac{y_i-\exp(\beta_0+\beta_1 t)}{\sigma}\right)\right)^{-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)}\right]$$

สำหรับตัวแบบที่ 5 $L(\mu,\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$L(\mu,\sigma(t),\xi)=\frac{1}{\sigma^k}\prod_{i=1}^{k}\left[\left(1+\xi\left(\frac{y_i-\mu}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right)^{-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)}\right]$$

สำหรับตัวแบบที่ 6 $L(\mu(t),\sigma(t),\xi)$ จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L(\mu(t),\sigma(t),\xi)=\frac{1}{\sigma^k}\prod_{i=1}^{k}\left[\left(1+\xi\left(\frac{y_i-(\beta_0+\beta_1 t)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right)^{-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)}\right]$$

สำหรับตัวแบบที่ 7 $L(\mu(t),\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$L(\mu(t),\sigma(t),\xi)=\frac{1}{\sigma^k}\prod_{i=1}^{k}\left[\left(1+\xi\left(\frac{y_i-(\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right)^{-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)}\right]$$

สำหรับตัวแบบที่ 8 $L(\mu(t),\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$L(\mu(t),\sigma(t),\xi)=\frac{1}{\sigma^k}\prod_{i=1}^{k}\left[\left(1+\xi\left(\frac{y_i-\exp(\beta_0+\beta_1 t)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right)^{-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)}\right]$$

ขั้นตอนที่ 3 สร้างฟังก์ชันลอกภาวะน่าจะเป็น (Log-likelihood Function) ของตัวแปรสุ่มจากการแจกแจง GPD

สำหรับตัวแบบที่ 1 $l(\mu,\sigma,\xi)$ จะได้

$$l(\mu,\sigma,\xi)=-k\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{k}\log\left[1+\xi\left(\frac{y_i-\mu}{\sigma}\right)\right]$$

สำหรับตัวแบบที่ 2 $l(\mu(t),\sigma,\xi)$ จะได้

$$l(\mu(t),\sigma,\xi)=-k\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{k}\log\left[1+\xi\left(\frac{y_i-(\beta_0+\beta_1 t)}{\sigma}\right)\right]$$

สำหรับตัวแบบที่ 3 $l(\mu(t),\sigma,\xi)$ จะได้

$$l(\mu(t),\sigma,\xi)=-k\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{k}\log\left[1+\xi\left(\frac{y_i-(\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2)}{\sigma}\right)\right]$$

สำหรับตัวแบบที่ 4 $l(\mu(t),\sigma,\xi)$ จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l(\mu(t),\sigma,\xi)=-k\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{k}\log\left[1+\xi\left(\frac{y_i-\exp(\beta_0+\beta_1 t)}{\sigma}\right)\right]$$

สำหรับตัวแบบที่ 5 $l(\mu,\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$l(\mu,\sigma(t),\xi)=-k\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{k}\log\left[1+\xi\left(\frac{y_i-\mu}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right]$$

สำหรับตัวแบบที่ 6 $l(\mu(t),\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$l(\mu(t),\sigma(t),\xi)=-k\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{k}\log\left[1+\xi\left(\frac{y_i-(\beta_0+\beta_1 t)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right]$$

สำหรับตัวแบบที่ 7 $l(\mu(t),\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$l(\mu(t),\sigma(t),\xi)=-k\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{k}\log\left[1+\xi\left(\frac{y_i-(\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right]$$

สำหรับตัวแบบที่ 8 $l(\mu(t),\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$l(\mu(t),\sigma(t),\xi)=-k\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{k}\log\left[1+\xi\left(\frac{y_i-\exp(\beta_0+\beta_1 t)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right]$$

ขั้นตอนที่ 4 ประมาณค่าพารามิเตอร์ ด้วยการอนุพันธ์ย่อย (Partial Derivative) จากฟังก์ชันที่ได้ใน ขั้นตอนที่ 3

สำหรับตัวแบบที่ 1 จะได้ตัวประมาณแบบ MLE ของ $\hat{\mu},\hat{\sigma},\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l(\mu,\sigma,\xi)}{\partial\mu}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu,\sigma,\xi)}{\partial\sigma}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu,\sigma,\xi)}{\partial\xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 2 จะได้ตัวประมาณแบบ MLE ของ $\hat{\mu}(t),\hat{\sigma},\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial\mu(t)}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial\sigma}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial\xi}=0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับตัวแบบที่ 3 จะได้ตัวประมาณแบบ MLE ของ $\hat{\mu}(t),\hat{\sigma},\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \mu(t)}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \sigma}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 4 จะได้ตัวประมาณแบบ MLE ของ $\hat{\mu}(t),\hat{\sigma},\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \mu(t)}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \sigma}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 5 จะได้ตัวประมาณแบบ MLE ของ $\hat{\mu},\hat{\sigma}(t),\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l(\mu,\sigma(t),\xi)}{\partial \mu}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu,\sigma(t),\xi)}{\partial \sigma(t)}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu,\sigma(t),\xi)}{\partial \xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 6 จะได้ตัวประมาณแบบ MLE ของ $\hat{\mu}(t),\hat{\sigma}(t),\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \mu(t)}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \sigma(t)}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 7 จะได้ตัวประมาณแบบ MLE ของ $\hat{\mu}(t),\hat{\sigma}(t),\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \mu(t)}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \sigma(t)}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 8 จะได้ตัวประมาณแบบ MLE ของ $\hat{\mu}(t),\hat{\sigma}(t),\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \mu(t)}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \sigma(t)}=0, \qquad \frac{\partial l(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \xi}=0$$

จากการอนุพันธ์ย่อยเพื่อที่จะทำให้ฟังก์ชันลอกภาวะน่าจะเป็นสูงสุด ทำได้ยากเนื่องจากสมการมีความซับซ้อนและไม่สามารถแก้สมการภาวะน่าจะเป็นได้ จึงใช้การประมาณค่าด้วยวิธีการการวิเคราะห์เชิงตัวเลขด้วยวิธีการของนิวตัน-ราฟสัน (Newton - Rapson)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป (Generalized Maximum Likelihood Method: GMLE)

วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป (Generalized Maximum Likelihood Method: GMLE) นำเสนอโดย Kiefer and Wolfowitz (1956) เป็นวิธีที่ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ในกรณีที่ไม่เป็นไปตามสมติฐานของวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (MLE) ซึ่งมักถูกสมมติว่าข้อมูลเป็นไปตามการแจกแจงที่เฉพาะเจาะจง เช่น การแจงแจงปรกติ การแจกแจงทวินาม หรืออาจไม่ทราบการแจกแจงของข้อมูล แต่ GMLE จะสมมติให้ข้อมูลเป็นฟังก์ชันที่ยืดหยุ่นมากขึ้น สามารถใช้ได้กับรูปแบบการกระจายข้อมูลที่หลากหลาย รวมถึงสถิติที่ไม่อิงพารามิเตอร์ บางบทความจะเรียกวิธี GMLE ว่า ตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดไม่อิงพารามิเตอร์ (Nonparametric Maximum Likelihood Estimator) หรือ NPMLE หลักการของวิธี GMLE เหมือนกับ MLE คือ การหาพารามิเตอร์ที่ทำให้ตัวประมาณแบบภาวะน่าจะเป็นทั่วไปมีค่าสูงที่สุด โดยมีวิธีการต่าง ๆ เช่น วิธีภาวะน่าจะเป็นเชิงประจักษ์ (Empirical likelihood) วิธีกึ่งภาวะน่าจะเป็น (quasi-likelihood) หรือสมการการประมาณค่า (Greenshtein and Ritov, 2022)

Martins and Stedinger (2000) ได้นำเสนอในกรณีของข้อมูลทางด้านอุทกศาสตร์ โดยเพิ่มข้อจำกัดเกี่ยวกับการแจกแจกแจงของพารามิเตอร์บ่งรูปร่าง ξ โดยกำหนดให้พารามิเตอร์บ่งรูปร่างมีความน่าจะเป็นก่อน (Prior Density) $\pi(\xi)$ เท่ากับ การแจกแจงบีตา (Beta Distribution) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$\pi(\xi)=\frac{(0.5+\xi)^{u-1}(0.5-\xi)^{v-1}}{B(u,v)}, \qquad -0.5\le\xi\le 0.5, \qquad u=6,\, v=9 \tag{2.26}$$

เมื่อ $B(u,v)=\dfrac{\Gamma(u)\Gamma(v)}{\Gamma(u+v)}$ โดยมีค่าเฉลี่ย $E(\xi)=-0.1$ และความแปรปรวน $Var(\xi)=0.015$

ซึ่งตัวประมาณค่าพารามิเตอร์ของวิธี GMLE นั้นเหมือนกับวิธี MLE โดยที่ฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นทั่วไป (Generalized Likelihood Function) มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีของเบส์ เขียนแทนด้วย

$$GL(X;\mu,\sigma,\xi)=L(X;\mu,\sigma,\xi)\pi(\xi) \tag{2.27}$$

ดังนั้น ฟังก์ชันลอกภาวะน่าจะเป็นทั่วไป (Generalized Log-Likelihood Function) เขียนแทนด้วย l_G สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.28)

$$l_G=\log(L(X\mid\theta_i))+\log\{\pi(\xi)\} \tag{2.28}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $L(X|\theta_i)$ เป็นฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็น ในขั้นตอนที่ 2 จากนั้นหาอนุพันธ์ย่อยเพื่อทำให้ฟังก์ชันลอกภาวะน่าจะเป็นทั่วไปมีค่าสูงที่สุด ซึ่งการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้ฟังก์ชันลอกภาวะน่าจะเป็นทั่วไปมีค่าสูงที่สุดสามารถใช้การวิเคราะห์เชิงตัวเลขด้วยวิธีการของนิวตัน-ราฟสัน (Newton- Rapson) ได้เช่นเดียวกันกับวิธี MLE (Yoon et al., 2010)

ขั้นตอนการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป (GMLE) สำหรับการแจกแจง GEVD มี 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่ม X จากสมการที่ (2.19) และความน่าจะเป็นก่อน $\pi(\xi)$ จากสมการที่ (2.26)

ขั้นตอนที่ 2 สร้างฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นทั่วไป (Generalized Likelihood function) ของตัวแปรสุ่มจากการแจกแจง GEVD เมื่อ $\xi \neq 0$

สำหรับตัวแบบที่ 1 $GL(\mu,\sigma,\xi)$ จะได้

$$GL(\mu,\sigma,\xi)=\frac{1}{\sigma^n}\prod_{i=1}^{n}\left[1+\xi\left(\frac{x_i-\mu}{\sigma}\right)\right]^{(-1/\xi)-1}\exp\left\{-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-\mu}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi}\right\}\pi(\xi)$$

สำหรับตัวแบบที่ 2 $GL(\mu(t),\sigma,\xi)$ จะได้

$$GL(\mu(t),\sigma,\xi)=\frac{1}{\sigma^n}\prod_{i=1}^{n}\left[1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t)}{\sigma}\right)\right]^{(-1/\xi)-1}\exp\left\{-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t)}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi}\right\}\pi(\xi)$$

สำหรับตัวแบบที่ 3 $GL(\mu(t),\sigma,\xi)$ จะได้

$$GL(\mu(t),\sigma,\xi)=\frac{1}{\sigma^n}\prod_{i=1}^{n}\left[1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2)}{\sigma}\right)\right]^{(-1/\xi)-1}\exp\left\{-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2)}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi}\right\}\pi(\xi)$$

สำหรับตัวแบบที่ 4 $GL(\mu(t),\sigma,\xi)$ จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$GL(\mu(t),\sigma,\xi)=\frac{1}{\sigma^n}\prod_{i=1}^{n}\left[1+\xi\left(\frac{x_i-\exp(\beta_0+\beta_1 t)}{\sigma}\right)\right]^{(-1/\xi)-1}$$
$$\exp\left\{-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-\exp(\beta_0+\beta_1 t)}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi}\right\}\pi(\xi)$$

สำหรับตัวแบบที่ 5 $GL(\mu,\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$GL(\mu,\sigma(t),\xi)=\frac{1}{\sigma^n}\prod_{i=1}^{n}\left[1+\xi\left(\frac{x_i-\mu)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right]^{(-1/\xi)-1}$$
$$\exp\left\{-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-\mu}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right)^{-1/\xi}\right\}\pi(\xi)$$

สำหรับตัวแบบที่ 6 $GL(\mu(t),\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$GL(\mu(t),\sigma(t),\xi)=\frac{1}{\sigma^n}\prod_{i=1}^{n}\left[1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right]^{(-1/\xi)-1}$$
$$\exp\left\{-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right)^{-1/\xi}\right\}\pi(\xi)$$

สำหรับตัวแบบที่ 7 $GL(\mu(t),\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$GL(\mu(t),\sigma(t),\xi)=\frac{1}{\sigma^n}\prod_{i=1}^{n}\left[1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right]^{(-1/\xi)-1}$$
$$\exp\left\{-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right)^{-1/\xi}\right\}\pi(\xi)$$

สำหรับตัวแบบที่ 8 $GL(\mu(t),\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$GL(\mu(t),\sigma(t),\xi)=\frac{1}{\sigma^n}\prod_{i=1}^{n}\left[1+\xi\left(\frac{x_i-\exp(\beta_0+\beta_1 t)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right]^{(-1/\xi)-1}$$
$$\exp\left\{-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-\exp(\beta_0+\beta_1 t)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right)^{-1/\xi}\right\}\pi(\xi)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 สร้างฟังก์ชันลอกภาวะน่าจะเป็น (Log-likelihood Function) ของตัวแปรสุ่มจากการแจกแจง GEVD

สำหรับตัวแบบที่ 1 $l_G(\mu,\sigma,\xi)$ จะได้

$$l_G(\mu,\sigma,\xi)=-n\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{n}\log\left[1+\xi\left(\frac{x_i-\mu}{\sigma}\right)\right]$$
$$-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-\mu}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi}+\log\{\pi(\xi)\}$$

สำหรับตัวแบบที่ 2 $l_G(\mu(t),\sigma,\xi)$ จะได้

$$l_G(\mu(t),\sigma,\xi)=-n\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{n}\log\left[1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t)}{\sigma}\right)\right]$$
$$-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t)}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi}+\log\{\pi(\xi)\}$$

สำหรับตัวแบบที่ 3 $l_G(\mu(t),\sigma,\xi)$ จะได้

$$l_G(\mu(t),\sigma,\xi)=-n\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{n}\log\left[1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2)}{\sigma}\right)\right]$$
$$-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2)}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi}+\log\{\pi(\xi)\}$$

สำหรับตัวแบบที่ 4 $l_G(\mu(t),\sigma,\xi)$ จะได้

$$l_G(\mu(t),\sigma,\xi)=-n\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{n}\log\left[1+\xi\left(\frac{x_i-\exp(\beta_0+\beta_1 t)}{\sigma}\right)\right]$$
$$-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-\exp(\beta_0+\beta_1 t)}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi}+\log\{\pi(\xi)\}$$

สำหรับตัวแบบที่ 5 $l_G(\mu,\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$l_G(\mu,\sigma(t),\xi)=-n\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{n}\log\left[1+\xi\left(\frac{x_i-\mu}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right]$$
$$-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-\mu}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right)^{-1/\xi}+\log\{\pi(\xi)\}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับตัวแบบที่ 6 $l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)=-n\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{n}\log\left[1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right]$$
$$-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right)^{-1/\xi}+\log\{\pi(\xi)\}$$

สำหรับตัวแบบที่ 7 $l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)=-n\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{n}\log\left[1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right]$$
$$-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-(\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right)^{-1/\xi}+\log\{\pi(\xi)\}$$

สำหรับตัวแบบที่ 8 $l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)=-n\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{n}\log\left[1+\xi\left(\frac{x_i-\exp(\beta_0+\beta_1 t)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right]$$
$$-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-\exp(\beta_0+\beta_1 t)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right)^{-1/\xi}+\log\{\pi(\xi)\}$$

ขั้นตอนที่ 4 ประมาณค่าพารามิเตอร์ ด้วยการอนุพันธ์ย่อย (Partial Derivative) จากฟังก์ชันที่ได้ใน ขั้นตอนที่ 3

สำหรับตัวแบบที่ 1 จะได้ตัวประมาณแบบ GMLE ของ $\hat{\mu},\hat{\sigma},\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l_G(\mu,\sigma,\xi)}{\partial\mu}=0,\qquad \frac{\partial l_G(\mu,\sigma,\xi)}{\partial\sigma}=0,\qquad \frac{\partial l_G(\mu,\sigma,\xi)}{\partial\xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 2 จะได้ตัวประมาณแบบ GMLE ของ $\hat{\mu}(t),\hat{\sigma},\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial\mu(t)}=0,\qquad \frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial\sigma}=0,\qquad \frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial\xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 3 จะได้ตัวประมาณแบบ GMLE ของ $\hat{\mu}(t),\hat{\sigma},\hat{\xi}$ จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \mu(t)}=0, \qquad \frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \sigma}=0, \qquad \frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 4 จะได้ตัวประมาณแบบ GMLE ของ $\hat{\mu}(t),\hat{\sigma},\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \mu(t)}=0, \qquad \frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \sigma}=0, \qquad \frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 5 จะได้ตัวประมาณแบบ GMLE ของ $\hat{\mu},\hat{\sigma}(t),\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l_G(\mu,\sigma(t),\xi)}{\partial \mu}=0, \qquad \frac{\partial l_G(\mu,\sigma(t),\xi)}{\partial \sigma(t)}=0, \qquad \frac{\partial l_G(\mu,\sigma(t),\xi)}{\partial \xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 6 จะได้ตัวประมาณแบบ GMLE ของ $\hat{\mu}(t),\hat{\sigma}(t),\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \mu(t)}=0, \quad \frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \sigma(t)}=0, \quad \frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 7 จะได้ตัวประมาณแบบ GMLE ของ $\hat{\mu}(t),\hat{\sigma}(t),\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \mu(t)}=0, \quad \frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \sigma(t)}=0, \quad \frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 8 จะได้ตัวประมาณแบบ GMLE ของ $\hat{\mu}(t),\hat{\sigma}(t),\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \mu(t)}=0, \quad \frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \sigma(t)}=0, \quad \frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \xi}=0$$

จากการอนุพันธ์ย่อยเพื่อที่จะทำให้ฟังก์ชันลอกภาวะน่าจะเป็นทั่วไปมีค่าสูงที่สุด ทำได้ยาก เนื่องจากสมการมีความซับซ้อนและไม่สามารถแก้สมการภาวะน่าจะเป็นได้ จึงใช้การประมาณค่าด้วยวิธีการการวิเคราะห์เชิงตัวเลขด้วยวิธีการของนิวตัน-ราฟสัน (Newton - Rapson)

ต่อมาขั้นตอนการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป (GMLE) สำหรับการแจกแจง GPD มี 4 ขั้นตอนเช่นเดียวกัน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่ม Y จากสมการที่ (2.23) และความน่าจะเป็นก่อน $\pi(\xi)$ จากสมการที่ (2.26)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 สร้างฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็น (Likelihood function) ของตัวแปรสุ่มจากการแจกแจง GPD เมื่อ $\xi \neq 0$ และ k คือ จำนวนของข้อมูลที่มีค่าเกินเกณฑ์

สำหรับตัวแบบที่ 1 $GL(\mu,\sigma,\xi)$ จะได้

$$GL(\mu,\sigma,\xi)=\frac{1}{\sigma^k}\prod_{i=1}^{k}\left[\left(1+\xi\left(\frac{y_i-\mu}{\sigma}\right)\right)^{-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)}\right]\pi(\xi)$$

สำหรับตัวแบบที่ 2 $GL(\mu(t),\sigma,\xi)$ จะได้

$$GL(\mu(t),\sigma,\xi)=\frac{1}{\sigma^k}\prod_{i=1}^{k}\left[\left(1+\xi\left(\frac{y_i-(\beta_0+\beta_1 t)}{\sigma}\right)\right)^{-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)}\right]\pi(\xi)$$

สำหรับตัวแบบที่ 3 $GL(\mu(t),\sigma,\xi)$ จะได้

$$GL(\mu(t),\sigma,\xi)=\frac{1}{\sigma^k}\prod_{i=1}^{k}\left[\left(1+\xi\left(\frac{y_i-(\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2)}{\sigma}\right)\right)^{-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)}\right]\pi(\xi)$$

สำหรับตัวแบบที่ 4 $GL(\mu(t),\sigma,\xi)$ จะได้

$$GL(\mu(t),\sigma,\xi)=\frac{1}{\sigma^k}\prod_{i=1}^{k}\left[\left(1+\xi\left(\frac{y_i-\exp(\beta_0+\beta_1 t)}{\sigma}\right)\right)^{-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)}\right]\pi(\xi)$$

สำหรับตัวแบบที่ 5 $GL(\mu,\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$GL(\mu,\sigma(t),\xi)=\frac{1}{\sigma^k}\prod_{i=1}^{k}\left[\left(1+\xi\left(\frac{y_i-\mu}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right)^{-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)}\right]\pi(\xi)$$

สำหรับตัวแบบที่ 6 $GL(\mu(t),\sigma(t),\xi)$ จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$GL(\mu(t),\sigma(t),\xi)=\frac{1}{\sigma^k}\prod_{i=1}^{k}\left[\left(1+\xi\left(\frac{y_i-(\beta_0+\beta_1 t)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right)^{-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)}\right]\pi(\xi)$$

สำหรับตัวแบบที่ 7 $GL(\mu(t),\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$GL(\mu(t),\sigma(t),\xi)=\frac{1}{\sigma^k}\prod_{i=1}^{k}\left[\left(1+\xi\left(\frac{y_i-(\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right)^{-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)}\right]\pi(\xi)$$

สำหรับตัวแบบที่ 8 $GL(\mu(t),\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$GL(\mu(t),\sigma(t),\xi)=\frac{1}{\sigma^k}\prod_{i=1}^{k}\left[\left(1+\xi\left(\frac{y_i-\exp(\beta_0+\beta_1 t)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right)^{-\left(\frac{1}{\xi}-1\right)}\right]\pi(\xi)$$

ขั้นตอนที่ 3 สร้างฟังก์ชันลอกภาวะน่าจะเป็น (Log-likelihood Function) ของตัวแปรสุ่มจากการแจกแจง GPD

สำหรับตัวแบบที่ 1 $l_G(\mu,\sigma,\xi)$ จะได้

$$l_G(\mu,\sigma,\xi)=-k\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{k}\log\left[1+\xi\left(\frac{y_i-\mu}{\sigma}\right)\right]+\log\{\pi(\xi)\}$$

สำหรับตัวแบบที่ 2 $l_G(\mu(t),\sigma,\xi)$ จะได้

$$l_G(\mu(t),\sigma,\xi)=-k\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{k}\log\left[1+\xi\left(\frac{y_i-(\beta_0+\beta_1 t)}{\sigma}\right)\right]+\log\{\pi(\xi)\}$$

สำหรับตัวแบบที่ 3 $l_G(\mu(t),\sigma,\xi)$ จะได้

$$l_G(\mu(t),\sigma,\xi)=-k\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{k}\log\left[1+\xi\left(\frac{y_i-(\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2)}{\sigma}\right)\right]+\log\{\pi(\xi)\}$$

สำหรับตัวแบบที่ 4 $l_G(\mu(t),\sigma,\xi)$ จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l_G(\mu(t),\sigma,\xi)=-k\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{k}\log\left[1+\xi\left(\frac{y_i-\exp(\beta_0+\beta_1 t)}{\sigma}\right)\right]+\log\{\pi(\xi)\}$$

สำหรับตัวแบบที่ 5 $l_G(\mu,\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$l_G(\mu,\sigma(t),\xi)=-k\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{k}\log\left[1+\xi\left(\frac{y_i-\mu}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right]+\log\{\pi(\xi)\}$$

สำหรับตัวแบบที่ 6 $l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)=-k\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{k}\log\left[1+\xi\left(\frac{y_i-(\beta_0+\beta_1 t)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right]+\log\{\pi(\xi)\}$$

สำหรับตัวแบบที่ 7 $l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)=-k\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{k}\log\left[1+\xi\left(\frac{y_i-(\beta_0+\beta_1 t+\beta_2 t^2)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right]+\log\{\pi(\xi)\}$$

สำหรับตัวแบบที่ 8 $l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)$ จะได้

$$l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)=-k\log(\sigma)-\left(1+\frac{1}{\xi}\right)\sum_{i=1}^{k}\log\left[1+\xi\left(\frac{y_i-\exp(\beta_0+\beta_1 t)}{\exp(\phi_0+\phi_1 t)}\right)\right]+\log\{\pi(\xi)\}$$

ขั้นตอนที่ 4 ประมาณค่าพารามิเตอร์ ด้วยการอนุพันธ์ย่อย (Partial Derivative) จากฟังก์ชันที่ได้ใน ขั้นตอนที่ 3

สำหรับตัวแบบที่ 1 จะได้ตัวประมาณแบบ GMLE ของ $\hat{\mu},\hat{\sigma},\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l_G(\mu,\sigma,\xi)}{\partial\mu}=0,\qquad \frac{\partial l_G(\mu,\sigma,\xi)}{\partial\sigma}=0,\qquad \frac{\partial l_G(\mu,\sigma,\xi)}{\partial\xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 2 จะได้ตัวประมาณแบบ GMLE ของ $\hat{\mu}(t),\hat{\sigma},\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial\mu(t)}=0,\qquad \frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial\sigma}=0,\qquad \frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial\xi}=0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับตัวแบบที่ 3 จะได้ตัวประมาณแบบ GMLE ของ $\hat{\mu}(t),\hat{\sigma},\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \mu(t)}=0, \qquad \frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \sigma}=0, \qquad \frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 4 จะได้ตัวประมาณแบบ GMLE ของ $\hat{\mu}(t),\hat{\sigma},\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \mu(t)}=0, \qquad \frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \sigma}=0, \qquad \frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma,\xi)}{\partial \xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 5 จะได้ตัวประมาณแบบ GMLE ของ $\hat{\mu},\hat{\sigma}(t),\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l_G(\mu,\sigma(t),\xi)}{\partial \mu}=0, \qquad \frac{\partial l_G(\mu,\sigma(t),\xi)}{\partial \sigma(t)}=0, \qquad \frac{\partial l_G(\mu,\sigma(t),\xi)}{\partial \xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 6 จะได้ตัวประมาณแบบ GMLE ของ $\hat{\mu}(t),\hat{\sigma}(t),\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \mu(t)}=0, \qquad \frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \sigma(t)}=0, \qquad \frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 7 จะได้ตัวประมาณแบบ GMLE ของ $\hat{\mu}(t),\hat{\sigma}(t),\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \mu(t)}=0, \qquad \frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \sigma(t)}=0, \qquad \frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \xi}=0$$

สำหรับตัวแบบที่ 8 จะได้ตัวประมาณแบบ GMLE ของ $\hat{\mu}(t),\hat{\sigma}(t),\hat{\xi}$ จาก

$$\frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \mu(t)}=0, \qquad \frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \sigma(t)}=0, \qquad \frac{\partial l_G(\mu(t),\sigma(t),\xi)}{\partial \xi}=0$$

จากการอนุพันธ์ย่อยเพื่อที่จะทำให้ฟังก์ชันลอกภาวะน่าจะเป็นทั่วไปมีค่าสูงที่สุด ทำได้ยาก เนื่องจากสมการมีความซับซ้อนและไม่สามารถแก้สมการภาวะน่าจะเป็นได้ จึงใช้การประมาณค่าด้วยวิธีการการวิเคราะห์เชิงตัวเลขด้วยวิธีการของนิวตัน-ราฟสัน (Newton - Rapson)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบ

ในการศึกษาครั้งนี้ จะใช้เกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบโดยข้อสนเทศของอาไคเคะ (Akaike Information Criterion: AIC) เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกตัวแบบ ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่คิดค้นขึ้นในปี ค.ศ. 1973 โดยอาไคเคะ (Akaike, 1973) ได้เสนอเกณฑ์ในการคัดเลือกตัวแบบเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการหาตัวแบบที่ให้ค่าพยากรณ์แม่นยำที่สุด โดยพิจารณาจากการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนรวมเข้ากับข้อสนเทศของค่าสังเกตและใช้แนวคิดจากการหาค่าต่ำสุดของข้อสนเทศด้วยหลักการคูลส์แบล็ค-ไลท์เบอร์ (Kulback-Leibler, 1951) เพื่อนำมาใช้ในการปรับค่าประมาณของการพยากรณ์ให้มีความแม่นยำมากขึ้น เกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบนี้ มีข้อตกลงเบื้องต้นที่สำคัญ คือ ตัวประมาณได้มาจากวิธีการประมาณค่าของฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นสูงสุดและข้อมูลที่นำมาใช้ในการพิจารณาไม่จำเป็นต้องมีการแจกแจงแบบปรกติ เกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบโดยข้อสนเทศของอาไคเคะ มีสูตรที่ใช้ในการคำนวณ ดังต่อไปนี้

$$AIC = 2k - 2\ln L \tag{2.29}$$

โดยที่ k แทน จำนวนพารามิเตอร์ในตัวแบบ

L แทน ค่าของฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นสูงสุด

ซึ่งตัวแบบที่ให้ค่า AIC ต่ำที่สุดจะเป็นตัวแบบที่ดีที่สุด

2.4 การพิจารณาลักษณะของตัวแบบ

เมื่อได้ตัวแบบที่ดีที่สุดสำหรับข้อมูลแล้ว ขั้นตอนถัดมาคือ การทดสอบภาวะสารูปสนิทดี (Goodness-of-fit Test) สามารถพิจารณาจาก Diagnostic plots เป็นการพิจารณาว่าข้อมูลตัวอย่างสุ่มที่ถูกเลือก เป็นไปตามหรือถูกสุ่มมาจากการแจกแจงที่สนใจ (Ramachandran and Tsokos, 2021)

1) P-P Probability plot เป็นวิธีที่ใช้ในการพิจารณาชุดข้อมูลที่ทำการทดสอบมีความเหมาะสมกับการแจกแจง เป็นการเปรียบเทียบค่าฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของข้อมูลที่สนใจกับการแจกแจงที่ต้องการทดสอบ ถ้ากราฟมีลักษณะใกล้เคียงกับเส้นตรง แสดงว่า ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจงแจงที่ศึกษามีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้กับข้อมูลที่สนใจ

2) Q-Q probability plot เป็นวิธีที่ใช้ในการพิจารณาว่าชุดข้อมูลสองชุดมาจากประชากรที่มีการแจกแจงเดียวกัน เป็นการพล็อตควอนไทล์ของข้อมูลชุดที่หนึ่งกับข้อมูลชุดที่สอง โดยกราฟที่ได้จากการพล็อตจะมีกราฟที่ใกล้เคียงกับเส้นตรง แสดงว่า ข้อมูลที่ต้องการทดสอบการแจกแจงมีความเหมาะสม ในกรณีที่รูปกราฟไม่เป็นเชิงเส้นตรง แสดงว่า ข้อมูลที่สนใจมีการแจกแจงไม่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น จึงอาจใช้การแปลงข้อมูล แล้วลองพล็อตกราฟดูใหม่ ว่าข้อมูลใหม่ที่เกิดจากการแปลงข้อมูลเดิมนั้นมีการแจกแจงที่เหมาะสม

3) Density Plot มีลักษณะเป็นฮิสโตแกรม (Histogram) ของข้อมูลนำมาเปรียบเทียบกับกราฟฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบว่าใกล้เคียงกับการแจกแจงที่ทำการทดสอบ โดยทำการลากเส้นผ่านจุดกึ่งกลางของแต่ละช่วงอันตรภาคชั้น เพื่อหาการแจกแจงที่มีรูปร่างการกระจายใกล้เคียงกัน

2.5 ระดับการเกิดซ้ำ

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลในอดีตเพื่อวิเคราะห์ความถี่เหตุการณ์ค่าสุดขีดในรูปแบบความน่าจะเป็นเพื่อหาโอกาสที่เหตุการณ์เหล่านั้นจะเกิดซ้ำอีก โดยใช้หลักทฤษฎีค่าสุดขีดเพื่อหาปริมาณของค่าสุดขีดของเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในคาบเวลาของการเกิดซ้ำ (Return Period)

การคำนวณระดับการเกิดซ้ำ (x_T) ซึ่งก็คือตำแหน่งของข้อมูล โดยกำหนดให้ p คือความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่ $x > x_T$ โดยเฉลี่ย 1 ครั้ง ในรอบปี T ซึ่ง T คือ คาบเวลาหรือรอบปีในการเกิดซ้ำที่มีความสัมพันธ์กับความน่าจะเป็นของเหตุการณ์โดยที่ $T = \frac{1}{p}$ หมายความว่า รอบการเกิดซ้ำ T ปี คือ จำนวนรอบปีที่เกิดค่าสุดขีดหรือเกิดภัยพิบัติ $x > x_T$ เกิดขึ้นเฉลี่ย 1 ครั้ง สามารถคำนวณระดับการเกิดซ้ำสำหรับการแจกแจง GEVD เมื่อกระบวนการคงที่ ได้ดังนี้

$$\hat{x}_T^{GEVD} = \hat{\mu} - \frac{\hat{\sigma}}{\hat{\xi}}\left\{1 - \left[-\log\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right]^{-\hat{\xi}}\right\} \tag{2.30}$$

และเมื่อกระบวนการไม่คงที่ สามารถหาระดับการเกิดซ้ำของการแจกแจง GEVD ได้จากสมการที่ (2.31)

$$\hat{x}_T^{GEVD} = \hat{\mu}(t) - \frac{\hat{\sigma}(t)}{\hat{\xi}}\left\{1 - \left[-\log\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right]^{-\hat{\xi}}\right\} \tag{2.31}$$

สำหรับการแจกแจง GPD ซึ่งมีพารามิเตอร์ σ และ ξ เมื่อมีข้อมูลที่มีค่าเกินเกณฑ์ u แสดงว่า $Y > u$ ซึ่งสามารถเขียนสมการทั่วไปสำหรับโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว ได้ดังนี้

$$\Pr(Y > u) = \zeta_u\left(1 + \xi\left(\frac{y-u}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi} \tag{2.32}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยกำหนดให้ $\zeta_u = \Pr(Y > u)$ ดังนั้น ระดับการเกิดซ้ำ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของค่าที่สูงเกินกว่าค่า u ทุก ๆ ค่าสังเกต ณ คาบเวลา m ที่สนใจ นั่นคือ

$$\zeta_u \left(1+\xi\left(\frac{y-u}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi} = \frac{1}{m} \tag{2.33}$$

และสามารถจัดรูปสมการระดับการเกิดซ้ำ สำหรับการแจกแจง GPD ซึ่งแทนด้วย $\hat{y}_m$ ได้ดังนี้

$$\hat{y}_m^{GPD} = \hat{\mu} - \frac{\hat{\sigma}}{\hat{\xi}}\left(\left(m\zeta_u\right)^{\xi} - 1\right) \tag{2.34}$$

เมื่อ $\hat{y}_m$ คือ ระดับการเกิดซ้ำของทุก ๆ ค่าสังเกตที่ m เมื่อ n_y คือ จำนวนค่าสังเกตต่อปี และ T คือจำนวนปี จะได้ $m = T \times n_y$

$$\hat{Y}_T^{GPD} = \hat{\mu} - \frac{\hat{\sigma}}{\hat{\xi}}\left(\left(Tn_y\zeta_u\right)^{\xi} - 1\right) \tag{2.35}$$

และเมื่อกระบวนการไม่คงที่ สามารถหาระดับการเกิดซ้ำของการแจกแจง GPD ได้จากสมการที่ (2.36)

$$\hat{Y}_T^{GPD} = \hat{\mu}(t) - \frac{\hat{\sigma}(t)}{\hat{\xi}}\left(\left(Tn_y\zeta_u\right)^{\xi} - 1\right) \tag{2.36}$$

เมื่อแทนค่าตัวประมาณพารามิเตอร์จากการแจกแจง GEVD และ GPD จะสามารถประมาณค่าความน่าจะเป็นสูงสุดของระดับการเกิดซ้ำได้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พัณณ์ภาริษา และคณะ (2556) ได้ศึกษาการสร้างตัวแบบค่าสุดขีดของปริมาณน้ำฝนประจำปีในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป พร้อมทั้งหาระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดในรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดในรอบปีของข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนประจำปี พ.ศ. 2500-2552 จาก 26 สถานีมาวิเคราะห์หาตัวแบบที่เหมาะสมโดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปเมื่อกระบวนการคงที่ เมื่อพารามิเตอร์บ่งตำแหน่งมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในเชิงเส้นตรง และเชิงกำลังสอง ผลการศึกษาพบว่า มีเพียง 1 สถานี ได้แก่ อ.เชียงของ จ.เชียงรายที่มีการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปที่พารามิเตอร์บ่งตำแหน่งมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในเชิงเส้นตรง และมี 2 สถานีที่มีการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พารามิเตอร์บ่งตำแหน่งมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในเชิงกำลังสอง ส่วนอีก 23 สถานีที่มีการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปที่กระบวนการคงที่ และเมื่อพิจารณาระดับการเกิดซ้ำ พบว่า สถานี อ.แม่สาย จ.เชียงราย มีระดับการเกิดซ้ำสูงกว่าสถานีอื่น ดังนั้น ในการพิจารณาป้องกันอุทกภัย ควรให้ความสำคัญกับสถานีดังกล่าวมากกว่าสถานีอื่น

ปิยภัทร และคณะ (2558) ได้ศึกษาตัวแบบค่าสุดขีดสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทยรายเดือนและรายปี ด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป ผลการศึกษาพบว่า ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนภายใต้กระบวนการคงที่ การแจกแจงฟรีเชทแจกแจงที่เหมาะสมเกือบทุกสถานี และภายใต้กระบวนการไม่คงที่ มีเพียงสถานีอุตุนิยมวิทยาเลยสถานีเดียวที่มีการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป เมื่อพารามิเตอร์บ่งตำแหน่งเปลี่ยนแปลงในเชิงเส้นเส้นตรง สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี มีเพียง 3 สถานีที่เหมาะจะนำมาวิเคราะห์ ได้แก่ หนองคาย อุดรธานี และนครพนม โดยพบว่า ภายใต้กระบวนการคงที่ การแจกแจงกัมเบลเป็นการแจกแจงที่เหมาะสมที่สุด และภายใต้กระบวนการไม่คงที่ พบว่าการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป เมื่อพารามิเตอร์บ่งตำแหน่งเปลี่ยนแปลงในเชิงเส้นตรงเหมาะสมกับทั้งสามสถานี สำหรับสถานีนครพนมและอุดรธานีมีระดับการเกิดซ้ำสูงกว่าสถานีอื่น ๆ ในทุกรอบปีการเกิดซ้ำ ทั้งข้อมูลรายเดือนและรายปี ดังนั้น ในการพิจารณาป้องกันอุทกภัย ควรให้ความสำคัญกับสถานีดังกล่าวมากกว่าสถานีอื่น

ประภาวรรณ และปิยภัทร (2560) ได้ศึกษาแบบจำลองที่เหมาะสมกับข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปและการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป พร้อมทั้งหาระดับการเกิดซ้ำของอุณหภูมิสูงสุด โดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด ระหว่างปี พ.ศ. 2528-2558 (31 ปี) จำนวน 25 สถานี จากกรมอุตุนิยมวิทยา ผลการศึกษาพบว่า สำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป มี 15 สถานี ที่ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดเหมาะสมกับการแจกแจงไวบูล และมี 10 สถานี เหมาะสมกับการแจกแจงกัมเบล ส่วนการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป มี 24 สถานี ที่ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดเหมาะสมกับการแจกแจงแกมมา และมีเพียง 1 สถานี เหมาะสมกับการแจกแจงเอกซ์โพเนียนเชียล เมื่อพิจารณาระดับการเกิดซ้ำในรอบการเกิดซ้ำ 5 ปี 10 ปี 25 ปี 50 ปี และ 100 ปี ของข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า ระดับการเกิดซ้ำของทุกสถานีมีการเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนรอบปีการเกิดซ้ำสูงขึ้น โดยเฉพาะจังหวัดหนองคาย มีระดับการเกิดซ้ำสูงกว่าสถานีอื่น ดังนั้น ควรให้ความสำคัญในการป้องกันและแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของจังหวัดหนองคายมากกว่าจังหวัดอื่น

ธนโชติ และคณะ (2563) ได้ศึกษาตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนบริเวณลุ่มน้ำปิงตอนบน จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้การแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไปและหาระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนรายเดือน ในรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2549 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 จำนวน 6 สถานี ได้แก่ สถานีเวียงแหง แม่แตง สันทราย ดอยสะเก็ด เมือง และแม่วาง ผลการศึกษาพบว่า โดยส่วนใหญ่เกือบทุกสถานีเหมาะสมกับตัวแบบการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไปที่กระบวนการคงที่ และมีเพียง 1 สถานี ได้แก่ แม่แตง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสมกับตัวแบบการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไปเมื่อพารามิเตอร์บ่งตำแหน่งเปลี่ยนแปลงในเชิงชี้กำลัง สำหรับค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนรายเดือน สถานีแม่วาง มีระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนมากที่สุด จึงควรให้ความสำคัญต่อการป้องกันปัญหาอุทกภัยที่สถานีแม่วางเป็นลำดับแรก

วิกานดา และคณะ (2566) ได้วิเคราะห์หาตัวแบบจำลองที่มีความเหมาะสมจากทฤษฎีค่าสุดขีด สำหรับข้อมูลความสูงของคลื่นทะเลสูงสุดบริเวณรอบ ๆ ชายฝั่งอ่าวไทย 3 จังหวัด ได้แก่ ตราด เพชรบุรีและสุราษฎร์ธานี รายสัปดาห์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ถึง 2562 โดยเปรียบเทียบ 2 การแจกแจง คือ การแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป และการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป และใช้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด และคาดการณ์ระดับการเกิดซ้ำค่าสุดขีดของความสูงคลื่นทะเลในอีก 2 ปี 5 ปี 10 ปี และ 20 ปีข้างหน้า โดยใช้เกณฑ์สารสนเทศของอาไคเคะเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกตัวแบบ ผลการวิจัยพบว่า ข้อมูลความสูงคลื่นทะเลรอบ ๆ ชายฝั่งบริเวณที่คัดเลือกรายสัปดาห์เหมาะสมกับการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป ซึ่งแบบจำลองที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการและป้องกันปัญหาพื้นที่ชายฝั่งทะเลสำหรับการกัดเซาะของคลื่นทะเล

Martins et al. (2020) ได้ศึกษาปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ตกในเมืองอุรูไกนา รัฐริโอแกรนเดอดูซัล ประเทศบราซิล โดยใช้ทฤษฎีการวิเคราะห์สุดขีดโดยการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป ซึ่งไม่เพียงแต่ส่งผลต่อระบบนิเวศของน้ำแต่ยังมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคมอีกด้วย จากผลการศึกษาพบว่า การแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไปและการแจกแจงเลขชี้กำลังเหมาะสมสำหรับข้อมูลทุกเดือน และเมื่อทำการจำลองข้อมูล พบว่า การแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไปเหมาะสมสำหรับเดือนกันยายนและพฤศจิกายน อย่างไรก็ตามในเดือนมกราคม มีนาคม เมษายน และสิงหาคม การแจกแจงเลขชี้กำลังมีความเหมาะสมมากกว่า และในเดือนอื่น ๆ สามารถใช้ทั้งคู่ได้

Riaman et al. (2021) ได้ทำการวิเคราะห์การตัดสินใจสำหรับการประเมินความเสี่ยงทางการเกษตรโดยประยุกต์กับทฤษฎีค่าสุดขีด โดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิ ความเร็วลม ค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด และปริมาณน้ำฝน กับวิธีการค่าสูงสุดในบล็อก (Block Maxima) โดยการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปและจุดสูงกว่าระดับค่าค่าเกณฑ์ (Peak Over Threshold) โดยการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป

Tabari (2021) ได้เลือกใช้การจำลองข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันจากแบบจำลองสภาพอากาศ 24CMIP5 GCMs เพื่อศึกษาการวิเคราะห์ค่าสุดขีดสำหรับการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศต่อน้ำท่วมระดับโลกและการเกิดฝนตกสูงสุด กับวิธีการค่าสูงสุดในบล็อกและจุดสูงกว่าระดับค่าเกณฑ์ ในการวิเคราะห์ค่าสุดขีด เพื่อหาตัวแบบสำหรับพยากรณ์อุณหภูมิในอนาคตเพื่อประเมินสภาพอากาศ

Pandey et al. (2022) ได้ศึกษาการวิเคราะห์ค่าสุดขีดของปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิบนรัฐอุตตรขัณฑ์ซึ่งตั้งอยู่ทางภาคตะวันตกของเทือกเขาหิมาลัย ประเทศอินเดีย โดยใช้ข้อมูลสูงสุดรายเดือนตั้งแต่ปี ค.ศ. 1901-2002 จากการวิเคราะห์ค่าสุดขีด โดยการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พยากรณ์การเกิดเหตุการณ์ซ้ำใน 50 100 200 300 และ 500 ปี เพื่อใช้วางแผนจัดการการเกิดภัยธรรมชาติในพื้นที่ในอนาคต

Singirankabo and Iyamuremye (2022) ได้ศึกษาการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไปโดยวิธีจุดสูงกว่าระดับค่าเกณฑ์ ในการวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศ จากปริมาณน้ำฝนรายวันจากสถานีอากาศเมืองกิลากิ ประเทศรวันดา ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990 - 2019 เพื่อสำรวจปริมาณน้ำฝนที่เกินเกณฑ์ซึ่งส่งผลกระทบต่อทรัพย์สิน พลเมืองและโครงสร้างพื้นฐานของเมือง ผลการวิเคราะห์พบว่า ในอนาคตการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนในเมืองกิลากิจะเพิ่มขึ้น โดยตัวแบบที่ดี คือ การแจกแจงฟรีเชท หรือเมื่อพารามิเตอร์บ่งรูปร่างเป็นบวก

Singirankabo et al. (2023) ได้ศึกษาตัวแบบทางสถิติของอุณภูมิสูงสุดรายวันของประเทศรวันดา ตั้งแต่เดือนมกราคม ค.ศ. 2000 ถึงเดือนธันวาคม ค.ศ. 2017 จาก 9 สถานี โดยวิธีที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลคือ วิธีค่าสูงสุดในบล็อกและจุดสูงกว่าระดับค่าเกณฑ์ของการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป และการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป จากผลการศึกษาพบว่าตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับอุณหภูมิสูงสุดรายวัน คือ การแจกแจงกัมเบลและบีตา นอกจากนี้ยังวิเคราะห์การเกิดซ้ำเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

Garba and Abdourahamane (2023) ได้ศึกษาปริมาณน้ำฝนสูงสุดซึ่งเป็นสาเหตุของน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในเมืองอาเมย ประเทศไนเจอร์ เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและมีประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยข้อมูลที่ใช้เป็นปริมาณน้ำฝนในช่วงปี ค.ศ. 1992-2015 โดยข้อมูลนี้จะนำมาวิเคราะห์หาค่าจุดสูงกว่าระดับค่าเกณฑ์ สำหรับการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป จากผลการวิเคราะห์พบว่าการวิเคราะห์ของชุดข้อมูลปริมาณน้ำฝนตกสูงสุดไม่มีผลต่อในปริมาณและความถี่ นอกจากนี้ผลกระทบของอุณหภูมิอากาศในปริมาณน้ำฝนสูงสุดมีผลน้อยต่อการเจริญเติบโตของเมืองที่รวดเร็วและการเพิ่มขึ้นของประชากร โดยในปี ค.ศ. 2040 เมื่อฝนตกเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จะส่งผลให้มีปริมาณน้ำฝนสูงถึง 20 มม. ซึ่งสามารถถือว่าเป็นฝนสูงสุดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value Distribution: GEVD) และการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป (Generalized Pareto Distribution: GPD) ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation: MLE) และวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป (Generalized Maximum Likelihood Estimation: GMLE) สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีและรายเดือนของจังหวัดบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย เนื่องจากข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยาส่วนใหญ่มักได้รับอิทธิพลจากตัวแปรอื่น ๆ เช่น ข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาเปลี่ยนไป หรือข้อมูลมีแนวโน้ม ซึ่งทำให้ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลที่อยู่ภายใต้กระบวนการไม่คงที่ ดังนั้น จึงมีตัวแบบของพารามิเตอร์ที่สามารถเป็นไปได้หลายแบบ โดยในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดให้พารามิเตอร์ของการแจกแจงทั้งสองนั้น อยู่ในกระบวนคงที่และไม่คงที่ที่แตกต่างกัน 8 ตัวแบบ ซึ่งขั้นตอนการดำเนินงานประกอบด้วย

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล
3.3 การพยากรณ์ระดับการเกิดซ้ำ
3.4 การสรุปและอภิปรายผล

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

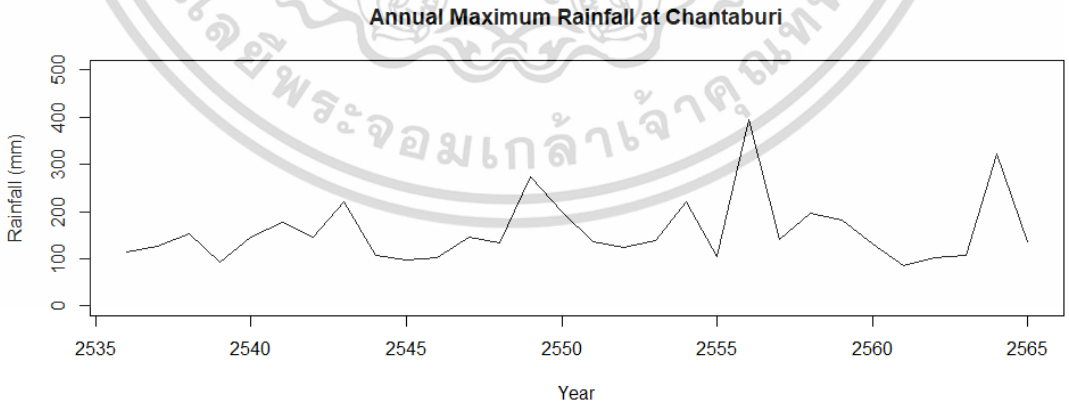
การเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยนี้ เป็นการนำข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ซึ่งถูกเก็บรวบรวมโดยกรมอุตุนิยมวิทยามาใช้ในการศึกษา โดยเป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนสะสมในรอบ 24 ชั่วโมง ซึ่งมากที่สุดในรอบหนึ่งเดือนซึ่งตรวจวัด ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2536 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 รวม 360 เดือน ณ สถานีอุตุนิยมวิทยาประจำจังหวัด 6 แห่ง ได้แก่ จันทบุรี ชลบุรี ปราจีนบุรี ระยอง สระแก้ว และตราด สำหรับนครนายกและฉะเชิงเทราเป็นสถานีฯ ที่ก่อตั้งใหม่ ทำให้มีข้อมูลย้อนหลังไม่ครบ 30 ปี จึงไม่ได้นำมาใช้ในการวิเคราะห์ค่าสุดขีด ซึ่งตำแหน่งของสถานีอุตุนิยมวิทยาแต่ละแห่งแสดงดังรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 ที่ตั้งของสถานีอุตุนิยมวิทยาทั้ง 6 สถานี

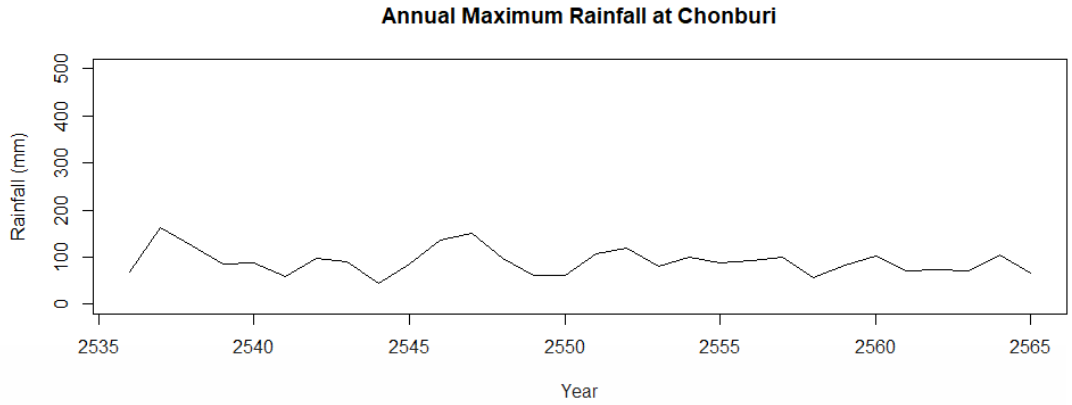
โดยจะพิจารณาการประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง 2 การแจกแจง ได้แก่ การแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปและการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป จึงกำหนดการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเป็น 2 ชุด ดังนี้

3.1.1กำหนดข้อมูลชุดที่ 1 เป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536–2565 จำนวน 30 ปี เพื่อวิเคราะห์ตัวแบบสำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป โดยวิธีค่าสูงสุดในบล็อก ดังรูปที่ 3.2-3.7

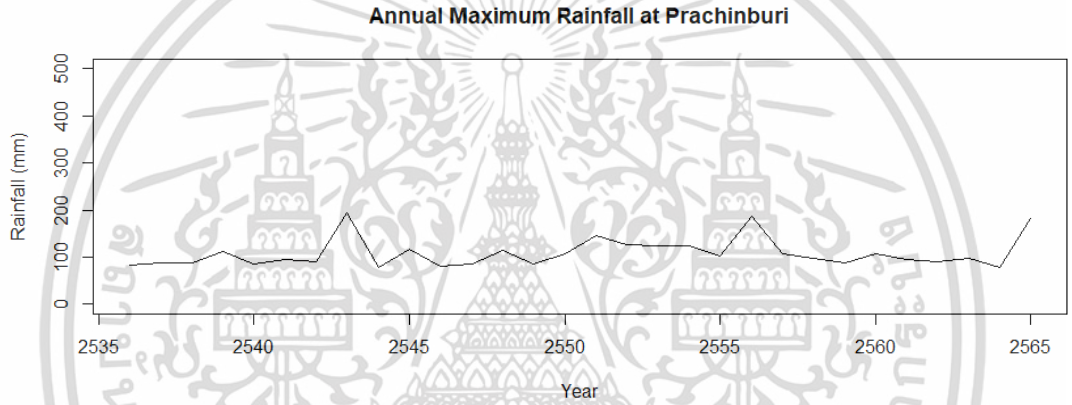


รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดจันทบุรี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565

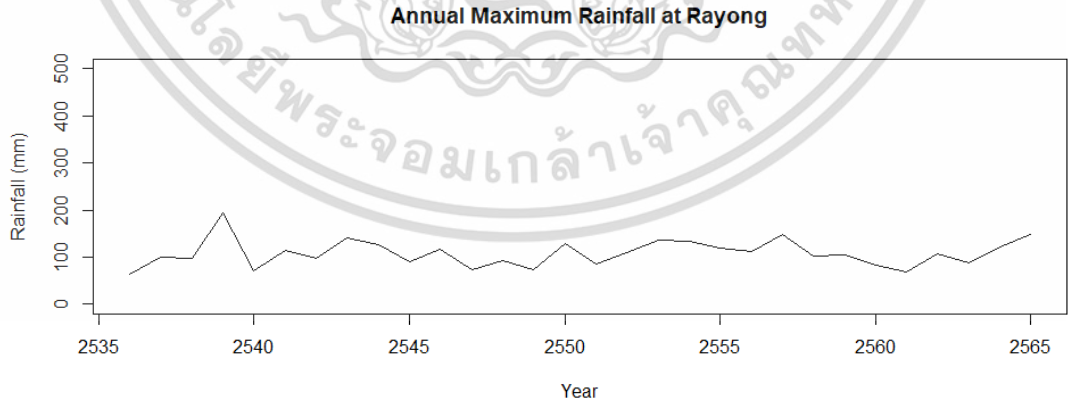
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565

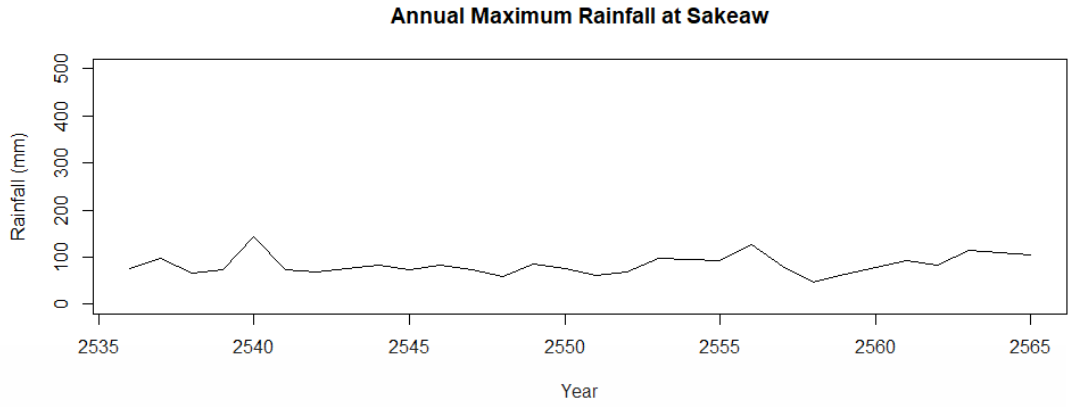


รูปที่ 3.4 แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดปราจีนบุรี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565

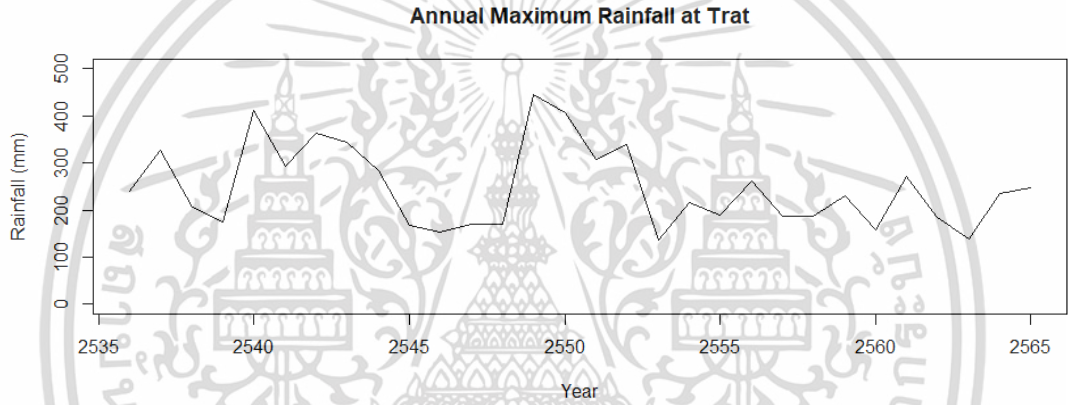


รูปที่ 3.5 แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดระยอง ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

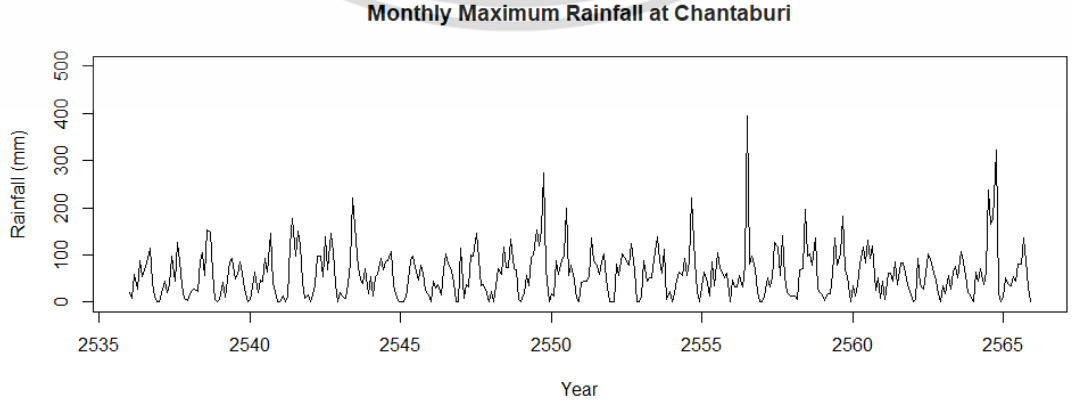


รูปที่ 3.6 แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดสระแก้ว ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565



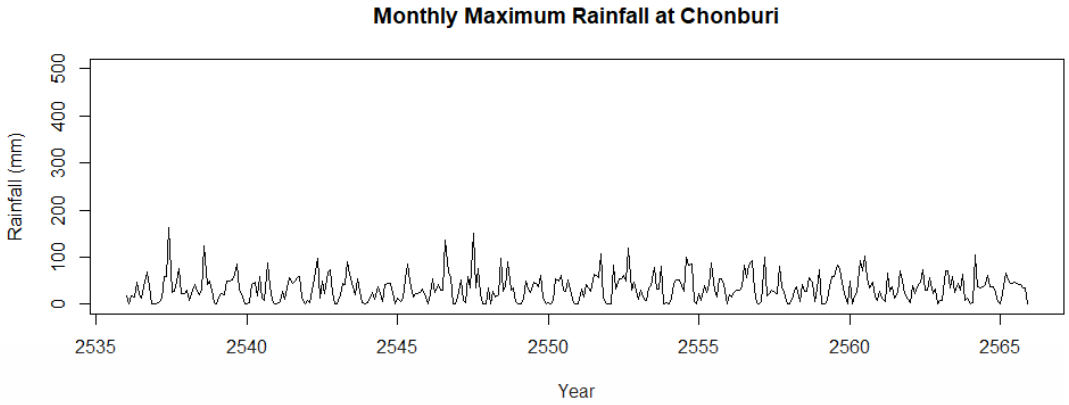
รูปที่ 3.7 แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดตราด ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565

3.1.2 กำหนดข้อมูลชุดที่ 2 เป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2536 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 รวม 360 เดือน เพื่อวิเคราะห์ตัวแบบสำหรับการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป โดยวิธีกำหนดค่าเหนือค่าเกณฑ์ ดังรูปที่ 3.8-3.13

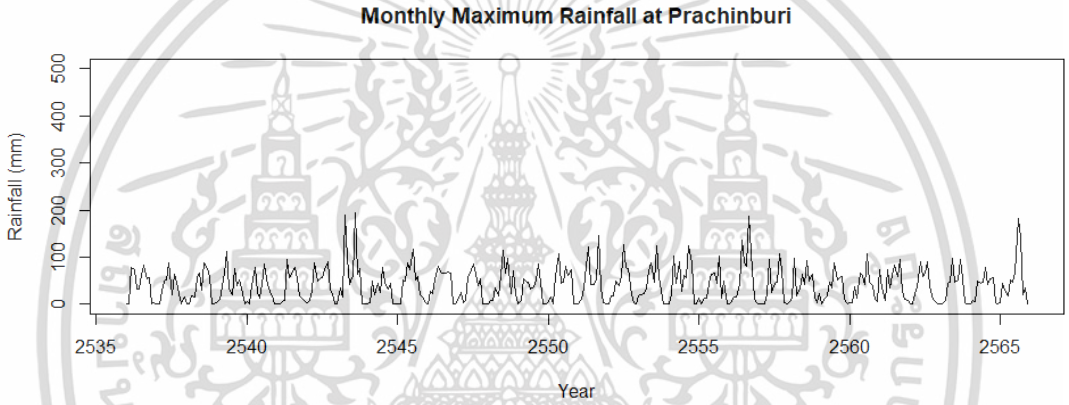


รูปที่ 3.8 แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จังหวัดจันทบุรี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565

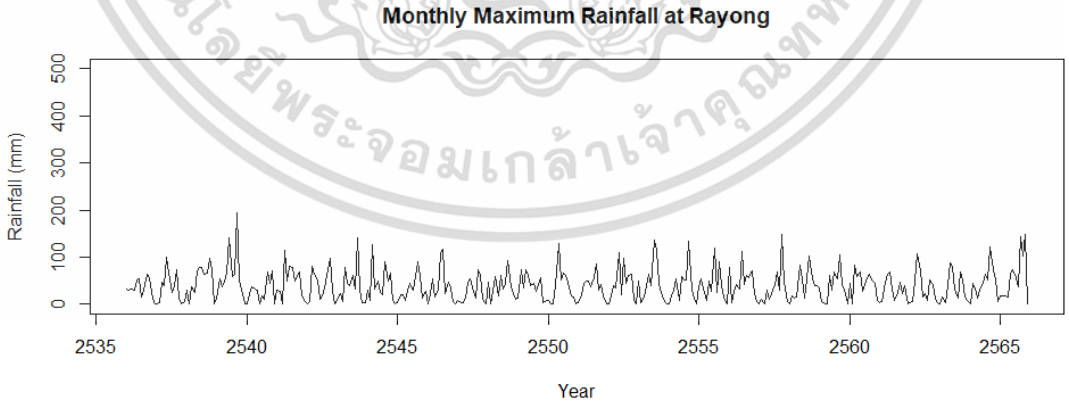
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565

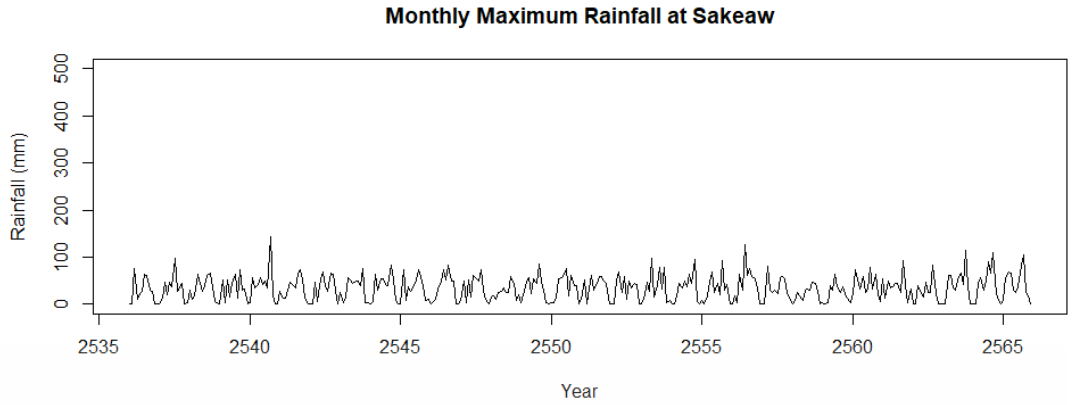


รูปที่ 3.10 แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จังหวัดปราจีนบุรี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565

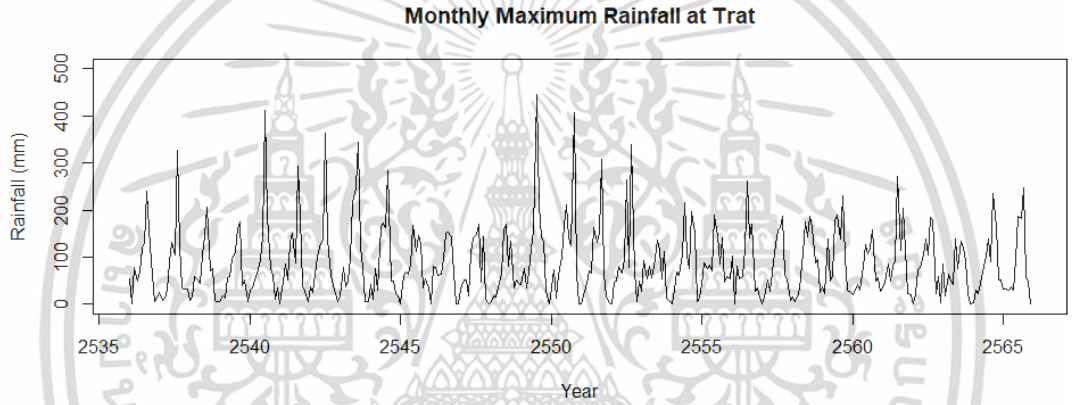


รูปที่ 3.11 แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จังหวัดระยองตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จังหวัดสระแก้ว ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565



รูปที่ 3.13 แผนภาพแสดงปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จังหวัดตราด ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเบื้องต้น ได้แก่ ค่าสูงสุด-ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเบ้และความโด่ง

3.2.2 การทดสอบความคงที่ (Stationary) ของข้อมูล โดยวิธี Augmented Dickey-Fuller Test (ADF Test)

3.2.3 กำหนดตัวแบบสำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์ค่าสุดขีด เมื่อกระบวนการคงที่ (Stationary Process) และเมื่อกระบวนการไม่คงที่ (Non Stationary Process) โดยให้พารามิเตอร์บ่งตำแหน่งมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในเชิงเส้นตรง เชิงกำลังสองและเชิงชี้กำลัง และพารามิเตอร์บ่งขนาดมีการเปลี่ยนแปลงเชิงชี้กำลัง ที่แตกต่างกัน 8 ตัวแบบ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกระบวนการคงที่

ตัวแบบที่ 1 : μ, σ และ ξ เป็นค่าคงที่

เมื่อกระบวนการไม่คงที่

ตัวแบบที่ 2 : $\mu(t) = \beta_0 + \beta_1 t$, σ และ ξ เป็นค่าคงที่

ตัวแบบที่ 3 : $\mu(t) = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2$, σ และ ξ เป็นค่าคงที่

ตัวแบบที่ 4 : $\mu(t) = \exp(\beta_0 + \beta_1 t)$, σ และ ξ เป็นค่าคงที่

ตัวแบบที่ 5 : $\sigma(t) = \exp(\phi_0 + \phi_1 t)$, μ และ ξ เป็นค่าคงที่

ตัวแบบที่ 6 : $\sigma(t) = \exp(\phi_0 + \phi_1 t)$, $\mu(t) = \beta_0 + \beta_1 t$, และ ξ เป็นค่าคงที่

ตัวแบบที่ 7 : $\sigma(t) = \exp(\phi_0 + \phi_1 t)$, $\mu(t) = \beta_0 + \beta_1 t$, และ ξ เป็นค่าคงที่

ตัวแบบที่ 8 : $\sigma(t) = \exp(\phi_0 + \phi_1 t)$, $\mu(t) = \exp(\beta_0 + \beta_1 t)$, และ ξ เป็นค่าคงที่

โดยที่ β_0, β_1 และ β_2 เป็นค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันต่าง ๆ ของพารามิเตอร์บ่งตำแหน่ง

ϕ_0 และ ϕ_1 เป็นค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันต่าง ๆ ของพารามิเตอร์บ่งขนาด

3.2.4 ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565 (30 ค่าสังเกต) ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด และวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป โดยกำหนดให้พารามิเตอร์ของการแจกแจงอยู่ภายใต้กระบวนการคงที่และไม่คงที่แตกต่างกัน 8 ตัวแบบ โดยใช้ชุดคำสั่ง extRemes 2.0 (E. Gilleland and R. W. Katz, 2016) ในโปรแกรม R

3.2.5 ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565 (360 ค่าสังเกต) ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด และวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป โดยกำหนดให้พารามิเตอร์ของการแจกแจงอยู่ภายใต้กระบวนการคงที่และไม่คงที่แตกต่างกัน 8 ตัวแบบ โดยใช้ชุดคำสั่ง extRemes 2.0 (E. Gilleland and R. W. Katz, 2016) ในโปรแกรม R

3.2.6 ได้ค่าประมาณพารามิเตอร์ของการแจกแจง $\hat{\mu}, \hat{\sigma}, \hat{\xi}$ จากข้อ 3.2.4 และ 3.2.5 โดยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด และวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป แล้วนำไปสร้างตัวแบบพยากรณ์

3.2.7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบ โดยใช้เกณฑ์ AIC และคัดเลือกตัวแบบที่ได้ค่า AIC ที่ต่ำที่สุดเป็นตัวแบบที่ดีที่สุด

3.2.8 พิจารณาลักษณะของตัวแบบการแจกแจงด้วย Diagnostic Plot เป็นกราฟที่แสดงค่าเบี่ยงเบนหรือค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าคาดหวังภายใต้การแจกแจงที่พิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การพยากรณ์ระดับการเกิดซ้ำ

เมื่อได้ตัวแบบที่ดีที่สุดจากข้อ 3.2 แล้ว นำค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้โดยการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปและพาเรโตนัยทั่วไป สำหรับแต่ละจังหวัดมาคำนวณระดับการเกิดซ้ำ โดยกำหนดรอบการเกิดซ้ำ 2 ปี 5 ปี 10 ปี 20 ปี และ 100 ปี

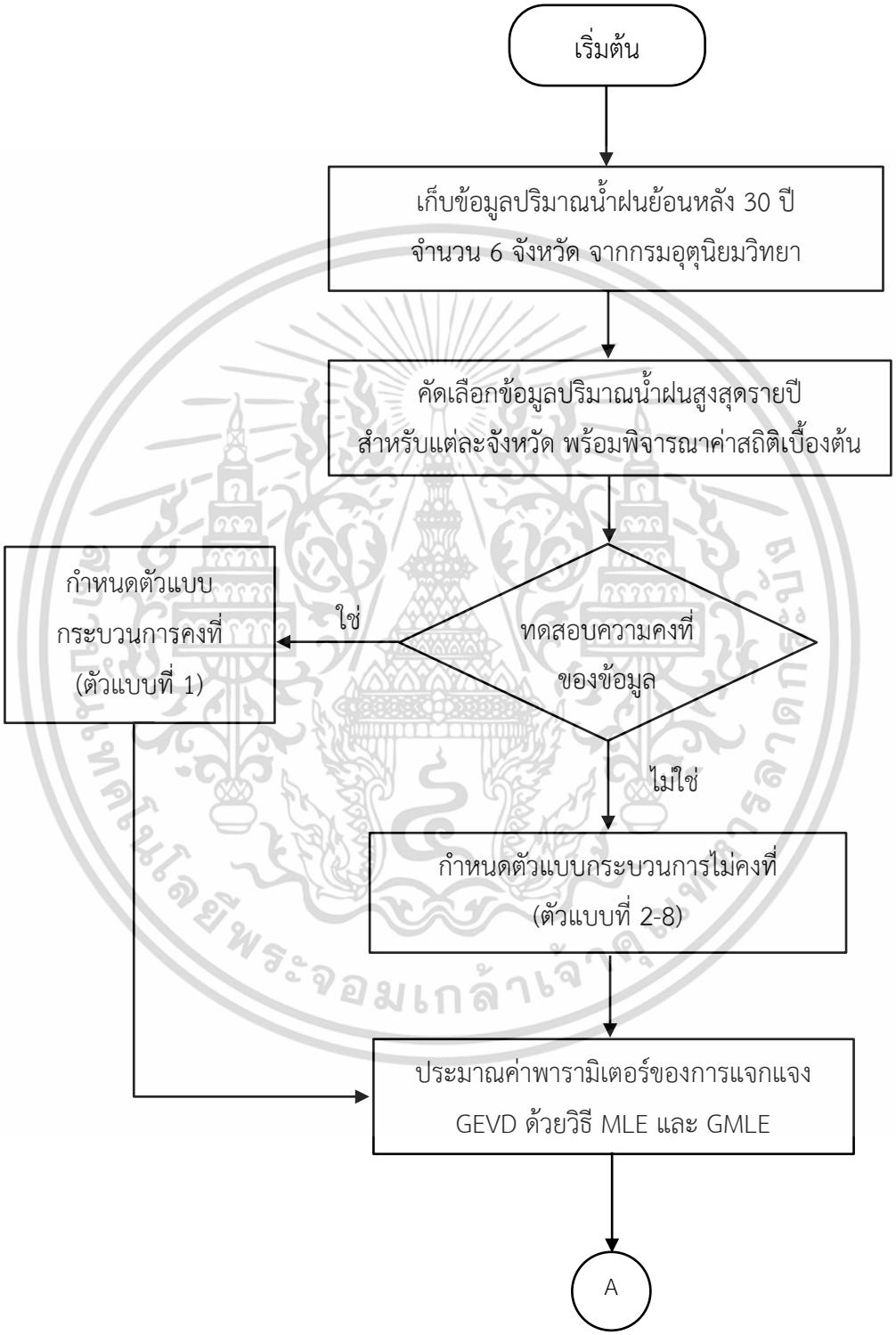
3.4 การสรุปและอภิปรายผล

สรุปผลตัวแบบที่ดีที่สุดโดยการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี และการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนแต่ละจังหวัด รวมไปถึงการคำนวณระดับการเกิดซ้ำที่รอบการเกิดซ้ำต่าง ๆ ตามที่กำหนด เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำทั้งในระยะใกล้และระยะนาน สำหรับหน่วยงานภาครัฐเพื่อป้องกันปัญหาอุทกภัยในพื้นที่ การเกษตรเพื่อวางแผนจัดเก็บหรือระบายน้ำเพื่อการเพาะปลูก หรือการวางรากฐานโครงสร้างวิศวกรรมเพื่อออกแบบโครงสร้างชลประทานต่าง ๆ

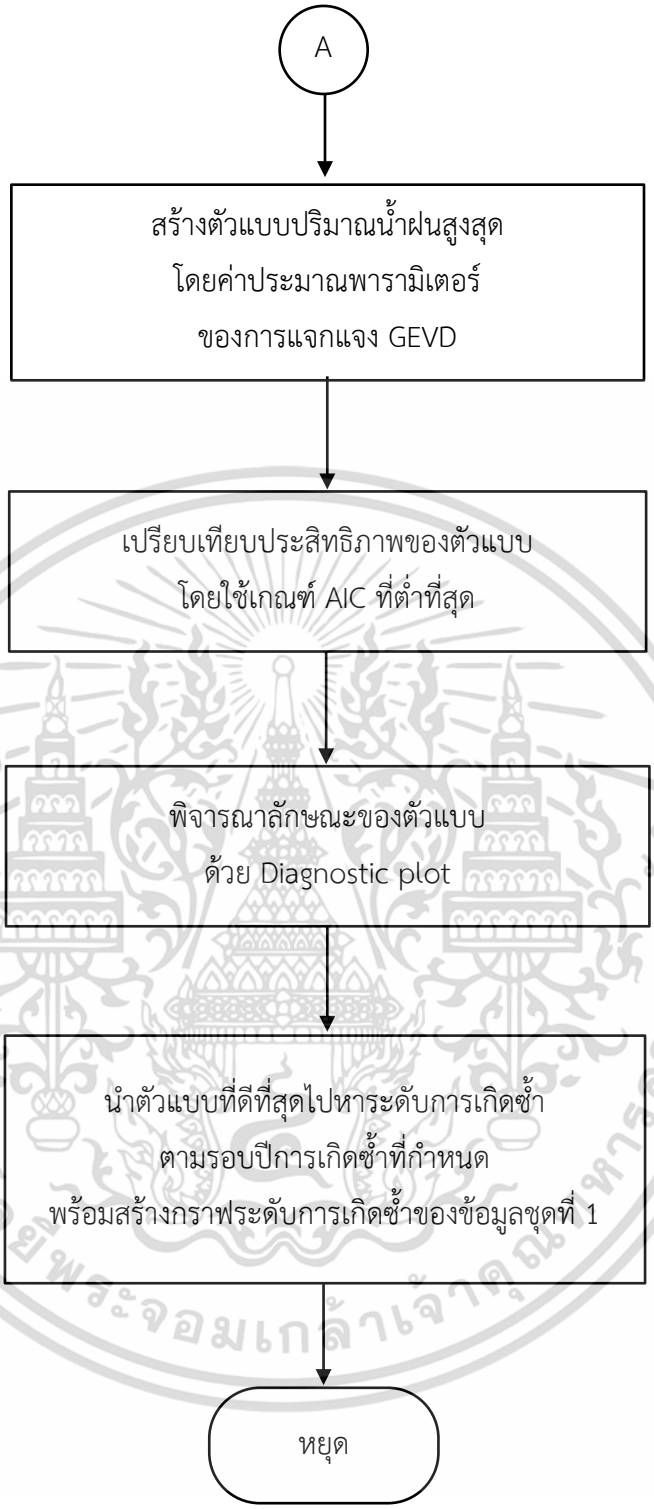
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลชุดที่ 1 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จำนวน 30 ปี เพื่อวิเคราะห์ตัวแบบสำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป

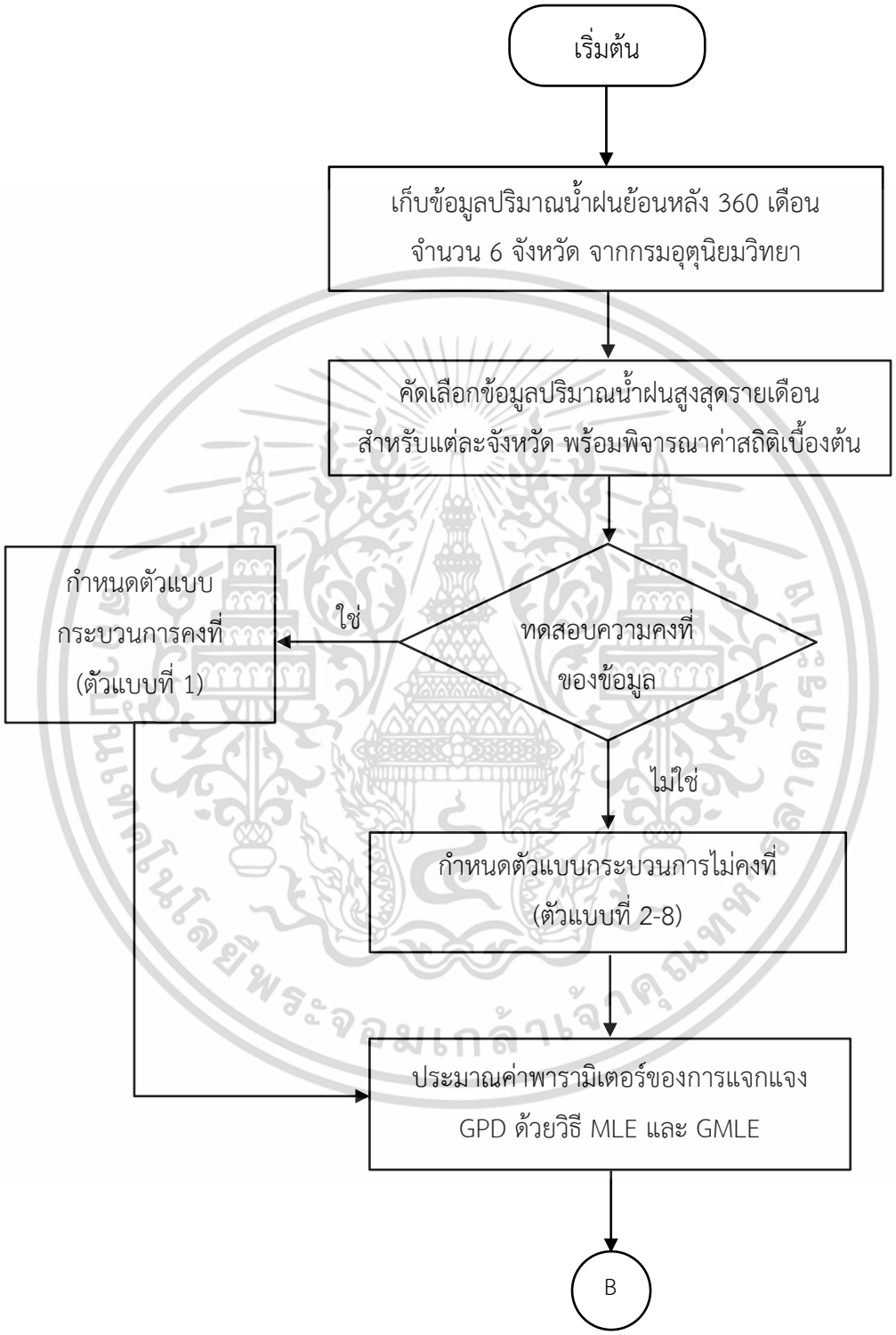


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

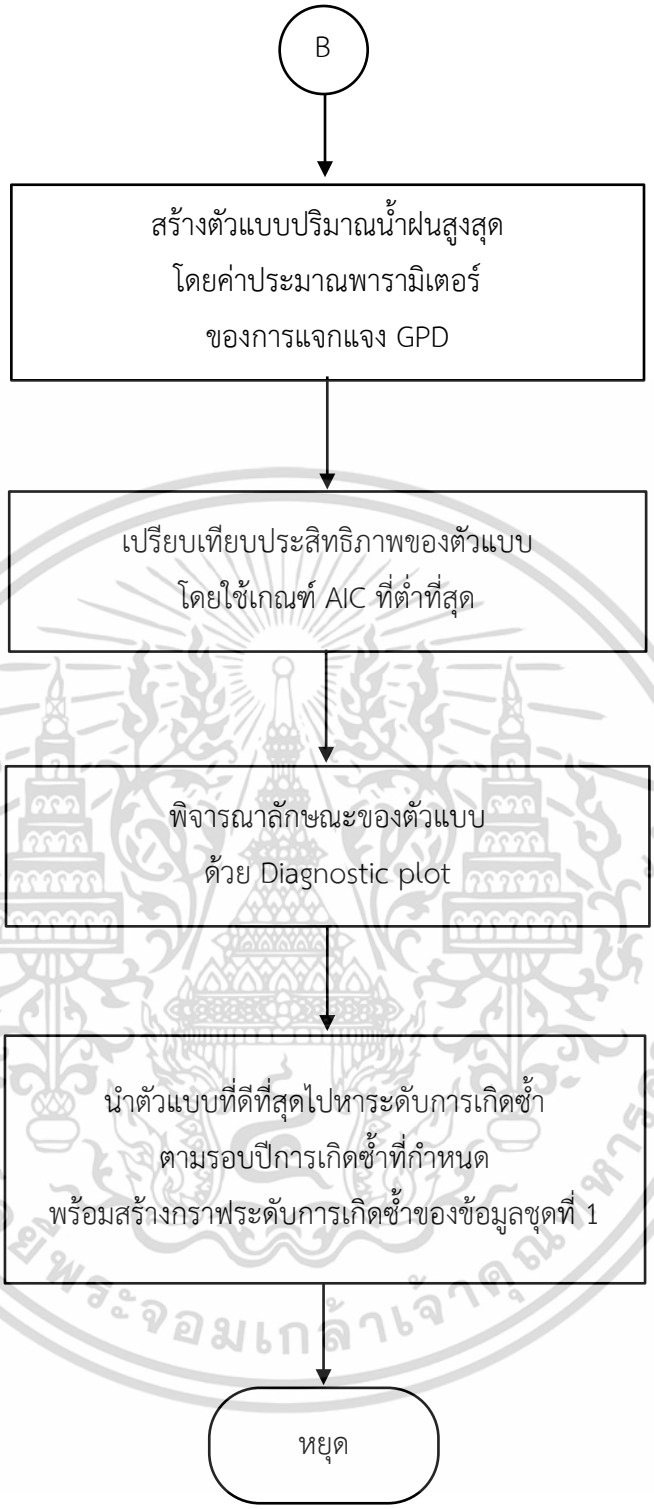


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลชุดที่ 2 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จำนวน 360 เดือน เพื่อวิเคราะห์ตัวแบบสำหรับการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี โดยการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป และข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน โดยการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป ของจังหวัดจันทบุรี ชลบุรี ปราจีนบุรี ระยอง สระแก้ว และตราด ประกอบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเบื้องต้น การทดสอบความคงที่ของข้อมูล การประมาณค่าพารามิเตอร์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ และการหาระดับการเกิดซ้ำของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดสำหรับแต่ละจังหวัด

4.1 วิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีโดยการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536–2565 จำนวน 30 ปี ของจังหวัดจันทบุรี ชลบุรี ปราจีนบุรี ระยอง สระแก้ว และตราด เพื่อวิเคราะห์ตัวแบบสำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป โดยวิธีค่าสูงสุดในบล็อก ประกอบด้วยค่าสถิติเบื้องต้น การทดสอบความคงที่ของข้อมูล การประมาณค่าพารามิเตอร์ และระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีของแต่ละจังหวัด

4.1.1 ค่าสถิติเบื้องต้นของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี

ค่าสถิติเบื้องต้นของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี ประกอบด้วยค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์ความเบ้และสัมประสิทธิ์ความโด่ง แสดงได้ดังตารางที่ 4.1

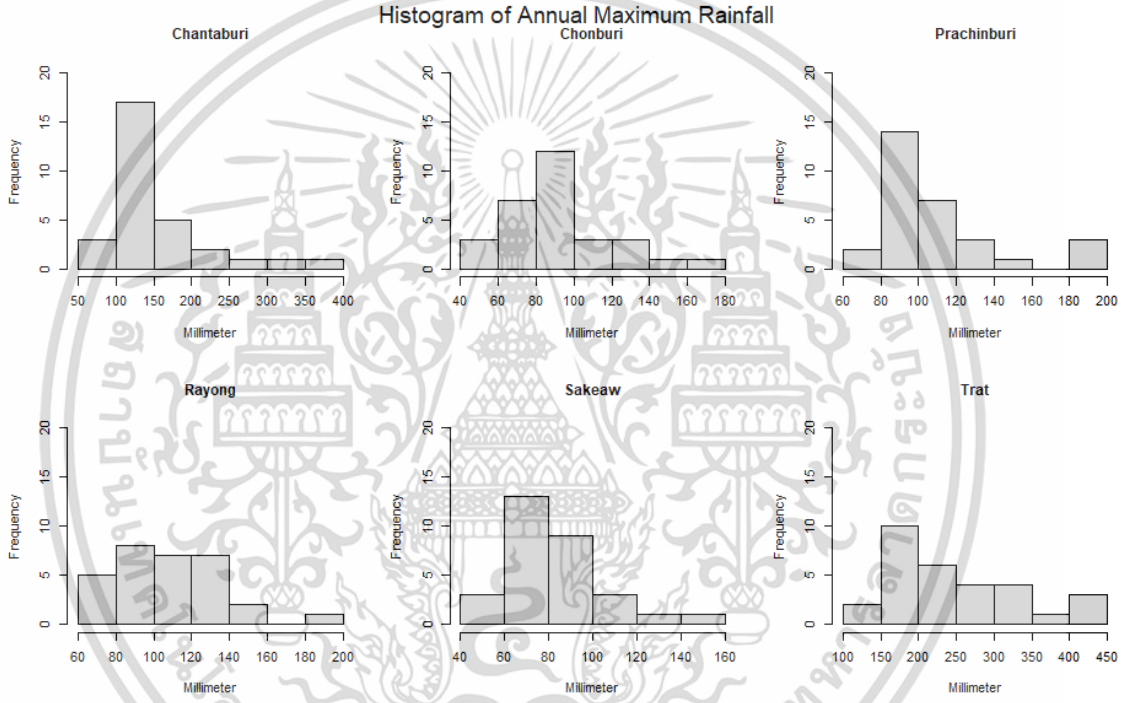
ตารางที่ 4.1 ค่าสถิติเบื้องต้นสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565 จำแนกรายจังหวัด

จังหวัด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความเบ้	ความโด่ง
จันทบุรี	84.70	394.90	158.60	70.4610	**1.7869**	**3.0392**
ชลบุรี	**44.80**	163.40	90.90	27.6848	0.8000	0.3950
ปราจีนบุรี	77.80	194.90	108.62	31.6679	1.5810	1.6796
ระยอง	62.70	193.00	108.14	28.8164	0.7138	0.7416
สระแก้ว	45.70	**142.80**	**83.83**	**20.9585**	0.8957	0.8030
ตราด	**135.80**	**445.30**	**248.20**	**87.1624**	**0.6832**	**-0.5697**

หมายเหตุ ตัวเข้ม หมายถึง ค่าน้อยที่สุดและค่ามากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่า ชลบุรีมีค่าต่ำสุดของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีน้อยที่สุด ขณะที่ตราดมีค่าสูงสุดของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีมากที่สุด สระแก้วมีค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีน้อยที่สุด ขณะที่ตราดมีค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีมากที่สุด เช่นเดียวกับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ของทุกจังหวัดมีค่ามากกว่าศูนย์ แสดงว่า ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีมีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวา โดยที่จันทบุรีเป็นจังหวัดที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้มากที่สุด และทุกจังหวัดมีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งมากกว่าศูนย์ แสดงว่า ข้อมูลมีความโด่งมากกว่าความโด่งของการแจกแจงปรกติ ยกเว้นตราดที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งน้อยกว่าศูนย์ แสดงว่า ข้อมูลมีความโด่งต่ำกว่าความโด่งของการแจกแจงปรกติ แสดงดังรูป 4.1



รูปที่ 4.1 ฮิสโตแกรมข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จำแนกรายจังหวัด

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นว่า จังหวัดจันทบุรีมีสัมประสิทธิ์ความโด่งและความเบ้มากกว่าจังหวัดอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับค่าสถิติเบื้องต้นในตารางที่ 4.1 และยังแสดงลักษณะของข้อมูลสุดขีดได้ชัดเจนมากกว่าจังหวัดอื่น ๆ

4.1.2 การทดสอบความคงที่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี

ทำการทดสอบความคงที่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี โดยการทดสอบ ADF (Augmented Dickey-Fuller Test) โดยค่าสถิติทดสอบและค่าพี แสดงดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การทดสอบความคงที่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565 จำแนกรายจังหวัด ด้วยสถิติทดสอบ Augmented Dickey-Fuller Test

จังหวัด	ADF	p-value
จันทบุรี	-3.7107	0.041*
ชลบุรี	-3.5271	0.058
ปราจีนบุรี	-2.5007	0.380
ระยอง	-2.2502	0.477
สระแก้ว	-2.5804	0.350
ตราด	-5.2414	0.01*

หมายเหตุ * หมายถึง มีการปฏิเสธสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 4.2 ซึ่งเป็นการทดสอบความคงที่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี โดยมีสมมติฐานหลัก คือ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีไม่คงที่ (Non-stationary) ดังนั้น จะสามารถปฏิเสธสมมติหลักและสรุปได้ว่า จันทบุรีและตราด เป็นข้อมูลคงที่ (Stationary) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (p-value < 0.05) ดังนั้น จะกำหนดการวิเคราะห์ตัวแบบสำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปด้วยกระบวนการคงที่ (ตัวแบบที่ 1) ส่วนชลบุรี ปราจีนบุรี ระยอง และสระแก้ว ไม่สามารถปฏิเสธสมมติหลัก และสรุปได้ว่า เป็นข้อมูลไม่คงที่ (Non-stationary) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (p-value > 0.05) ดังนั้น จะกำหนดการวิเคราะห์ตัวแบบสำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปด้วยกระบวนการไม่คงที่ (ตัวแบบที่ 2-8)

4.1.3 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี

ทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี ซึ่งประกอบด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดและวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป ค่าประมาณพารามิเตอร์ของการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป และค่า AIC ซึ่งจำแนกรายจังหวัด แสดงดังตารางที่ 4.3-4.8

ตารางที่ 4.3 ค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดจันทบุรี

ตัวแบบที่	วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด				วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป			
	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\xi}$	AIC	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\xi}$	AIC
1	123.3202	34.0508	0.3577	324.5891	123.3678	34.0275	0.3546	**324.5861**

หมายเหตุ ตัวเข้ม หมายถึง มีค่า AIC ต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่า ค่า AIC ของวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไปมีค่าต่ำกว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด แสดงว่า วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไปมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด

ตารางที่ 4.4 ค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดชลบุรี

ตัวแบบที่	วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด								
	$\hat{\mu}$	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\phi}_0$	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\xi}$	AIC
2		81.9082	-0.1795		22.4791			-0.0604	287.4210
3		80.5030	0.0726	-0.0080	22.4499			-0.0603	289.4043
4		83.0854	-1.6413		22.3358			-0.0520	287.4289
5	78.6933					3.9409	-0.3396	-0.1292	**284.3894**
6		87.3289	-0.4227			3.9868	-0.3523	-0.1704	285.7730
7		78.3244	0.9144	-0.0384		4.0411	-0.3719	-0.1868	287.4875
8		92.3963	-4.7487			3.9522	-0.3424	-0.1494	285.9037
ตัวแบบที่	**วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป**								
	$\hat{\mu}$	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\phi}_0$	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\xi}$	AIC
2		83.9626	-0.2737		22.9744			-0.1047	281.2791
3		81.9591	0.0597	-0.0102	23.0149			-0.1043	283.2599
4		85.8427	-2.4823		22.9151			-0.1023	281.3252
5	78.5576					3.9311	-0.3381	-0.1180	**278.1578**
6		85.6365	-0.3610			3.9585	-0.3495	-0.1253	279.6306
7		77.9431	0.7530	-0.0318		4.0000	-0.3665	-0.1285	281.4148
8		91.3879	-4.4984			3.9371	-0.3416	-0.1220	279.7058

หมายเหตุ ตัวเข้ม หมายถึง มีค่า AIC ต่ำที่สุด

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นว่า สำหรับวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด ค่า AIC ที่ต่ำที่สุด ได้แก่ ตัวแบบที่ 5 มีค่าเท่ากับ 284.3894 และสำหรับวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป ค่า AIC ที่ต่ำที่สุด ได้แก่ ตัวแบบที่ 5 เช่นเดียวกัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 278.1578 จะเห็นว่า วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไปมีค่า AIC ที่ต่ำว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด แสดงว่า วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไปมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด และตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดชลบุรี ได้แก่ ตัวแบบที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดปราจีนบุรี

ตัวแบบที่	วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด								
	$\hat{\mu}$	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\phi}_0$	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\xi}$	AIC
2		90.4079	0.1095		14.2108			0.4463	277.0215
3		83.0035	1.3652	-0.0357	14.3124			0.3969	277.8689
4		88.3979	1.5919		14.3188			0.4260	276.8502
5	90.7887					2.3534	0.1033	0.4834	276.9132
6		82.6686	0.6739			0.8332	0.6979	0.4324	**273.8114**
7		82.5789	0.8493	-0.0080		0.9804	0.6447	0.4097	275.6819
8		83.1179	3.7215			1.1440	0.5904	0.3517	274.5209
ตัวแบบที่	**วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป**								
	$\hat{\mu}$	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\phi}_0$	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\xi}$	AIC
2		90.4059	0.1096		14.2108			0.4462	277.0215
3		83.0340	1.3663	-0.0358	14.3099			0.3957	277.8688
4		88.3982	1.5919		14.3186			0.4260	276.8501
5	91.3247					2.4265	0.0910	0.4991	276.9624
6		82.6686	0.6740			0.8331	0.6980	0.4324	**273.8114**
7		82.5763	0.8529	-0.0081		0.9813	0.6445	0.4090	275.6819
8		88.3356	2.1982			2.1261	0.2476	0.4995	277.1735

หมายเหตุ ตัวเข้ม หมายถึง มีค่า AIC ต่ำที่สุด

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นว่า สำหรับวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด ค่า AIC ที่ต่ำที่สุด ได้แก่ ตัวแบบที่ 6 มีค่าเท่ากับ 273.8114 และสำหรับวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป ค่า AIC ที่ต่ำที่สุด ได้แก่ ตัวแบบที่ 6 เช่นเดียวกัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 273.8114 แสดงว่า ทั้งสองวิธีการประมาณค่ามีประสิทธิภาพเท่ากัน โดยสังเกตได้ว่าค่าประมาณพารามิเตอร์มีค่าไม่แตกต่างกันมาก และตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดปราจีนบุรี ได้แก่ ตัวแบบที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดระยอง

ตัวแบบที่	วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด								
	$\hat{\mu}$	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\phi}_0$	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\xi}$	AIC
2		88.5516	0.4557		23.3825			-0.0430	290.2734
3		80.7221	1.9413	-0.0490	22.8178			-0.0200	291.6906
4		80.5234	6.0641		22.8551			-0.0293	**289.3390**
5	97.3672					3.5951	-0.1671	-0.1157	289.8303
6		93.0562	0.2469			3.5253	-0.1421	-0.1033	291.6338
7		85.8446	1.3423	-0.0331		3.4020	-0.1009	-0.0685	293.4691
8		83.4319	5.0624			3.3249	-0.0723	-0.0631	291.2475
ตัวแบบที่	**วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป**								
	$\hat{\mu}$	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\phi}_0$	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\xi}$	AIC
2		89.6786	0.4299		24.0354			-0.0944	284.2794
3		82.8596	1.7552	-0.0436	23.6652			-0.0877	285.8579
4		81.6444	5.9527		23.6016			-0.0894	**283.4544**
5	97.5485					3.5955	-0.1671	-0.1150	283.5909
6		93.2256	0.2447			3.5433	-0.1474	-0.1132	285.4001
7		88.1467	1.0789	-0.0255		3.4953	-0.1302	-0.1081	287.2888
8		85.5577	4.4721			3.4469	-0.1121	-0.1071	285.0829

หมายเหตุ ตัวเข้ม หมายถึง มีค่า AIC ต่ำที่สุด

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นว่า สำหรับวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด ค่า AIC ที่ต่ำที่สุด ได้แก่ ตัวแบบที่ 4 มีค่าเท่ากับ 289.3390 และสำหรับวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป ค่า AIC ที่ต่ำที่สุด ได้แก่ ตัวแบบที่ 4 เช่นเดียวกัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 283.4544 จะเห็นว่า วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไปมีค่า AIC ที่ต่ำว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด แสดงว่า วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไปมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด และตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดระยอง ได้แก่ ตัวแบบที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดสระแก้ว

ตัวแบบที่	วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด								
	$\hat{\mu}$	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\phi}_0$	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\xi}$	AIC
2		71.5370	0.2380		17.1749			-0.0748	270.3485
3		85.4432	-2.5026	0.0922	16.3993			-0.0776	269.2825
4		74.0999	0.3152		16.9438			-0.0519	270.6340
5	73.6207					1.6181	0.4281	0.1154	**267.3397**
6		73.3957	0.0281			1.6186	0.4294	0.1125	269.3314
7		78.3097	-1.3771	0.0561		1.8503	0.3414	0.0492	269.9065
8		74.4918	-0.5505			1.6055	0.4289	0.1226	269.2799
ตัวแบบที่	**วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป**								
	$\hat{\mu}$	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\phi}_0$	$\hat{\phi}_1$	$\hat{\xi}$	AIC
2		71.2676	0.2735		17.3904			-0.1012	264.2053
3		85.3581	-2.4714	0.0917	16.5672			-0.1002	**263.1392**
4		73.3444	0.7992		17.3281			-0.0961	264.5953
5	74.9099					2.1867	0.2388	-0.0546	263.1463
6		73.2969	0.1404			2.2213	0.2283	-0.0591	264.9974
7		82.4212	-2.0016	0.0773		2.4177	0.1442	-0.0768	264.6508
8		74.8921	0.0136			2.1875	0.2386	-0.0547	265.1462

หมายเหตุ ตัวเข้ม หมายถึง มีค่า AIC ต่ำที่สุด

จากตารางที่ 4.7 จะเห็นว่า สำหรับวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด ค่า AIC ที่ต่ำที่สุด ได้แก่ ตัวแบบที่ 5 มีค่าเท่ากับ 267.3397 ขณะที่วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป ค่า AIC ที่ต่ำที่สุด ได้แก่ ตัวแบบที่ 3 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 263.1392 จะเห็นว่า วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไปมีค่า AIC ที่ต่ำว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด แสดงว่า วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไปมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด และตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดสระแก้ว ได้แก่ ตัวแบบที่ 3

ตารางที่ 4.8 ค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดตราด

ตัวแบบที่	วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด				วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป			
	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\xi}$	AIC	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\xi}$	AIC
1	202.9871	60.3387	0.1698	352.5604	211.6942	69.3201	-0.0809	**347.8347**

หมายเหตุ ตัวเข้ม หมายถึง มีค่า AIC ต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.8 จะเห็นว่า ค่า AIC ของวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไปมีค่าต่ำกว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด แสดงว่า วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไปมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด

จากผลการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี ของทั้ง 6 จังหวัด สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 สรุปวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์และตัวแบบที่ดีที่สุดของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี โดยการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป จำแนกรายจังหวัด

จังหวัด	วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์	ตัวแบบที่	AIC
จันทบุรี	วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป	1	324.5861
ชลบุรี	วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป	5	278.1578
ปราจีนบุรี	วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด และ วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป	6	273.8114
ระยอง	วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป	4	283.4544
สระแก้ว	วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป	3	263.1392
ตราด	วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป	1	347.8347

จากตารางที่ 4.9 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ตัวแบบของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีโดยการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป จะเห็นว่า วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป สามารถให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ดีกว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดสำหรับทุก ๆ จังหวัด เมื่อเปรียบเทียบโดยใช้ค่า AIC ที่ต่ำที่สุด จันทบุรีและตราด เหมาะสมกับตัวแบบเมื่อกระบวนการคงที่ ส่วนชลบุรีเหมาะสมกับตัวแบบที่ 5 นั่นคือ พารามิเตอร์บ่งขนาดมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในเชิงชี้กำลัง ขณะที่พารามิเตอร์อื่น ๆ เป็นค่าคงที่ ปราจีนบุรีเหมาะสมกับตัวแบบที่ 6 นั่นคือ พารามิเตอร์บ่งตำแหน่งมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในเชิงเส้น พารามิเตอร์บ่งขนาดมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในเชิงชี้กำลัง และพารามิเตอร์บ่งรูปร่างเป็นค่าคงที่ ระยองเหมาะสมกับตัวแบบที่ 4 นั่นคือ พารามิเตอร์บ่งตำแหน่งมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในเชิงชี้กำลัง ขณะที่พารามิเตอร์อื่น ๆ เป็นค่าคงที่ และสระแก้วเหมาะสมกับตัวแบบที่ 3 นั่นคือ พารามิเตอร์บ่งตำแหน่งมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในเชิงกำลังสอง ขณะที่พารามิเตอร์อื่น ๆ เป็นค่าคงที่ โดยสามารถเขียนสมการประมาณค่า ได้ดังตารางที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป

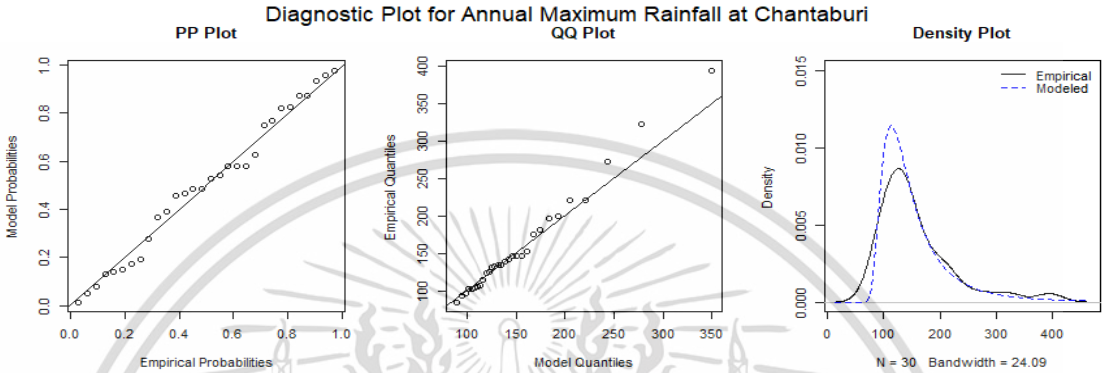
จังหวัด	ตัวแบบค่าสุดขีดนัยทั่วไป
จันทบุรี	$X_t \sim GEVD(123.3678,\ 34.0275,\ 0.3546)$
ชลบุรี	$X_t \sim GEVD(78.5576,\ \hat{\sigma}(t),\ -0.1180)$ เมื่อ $\hat{\sigma}(t) = \exp(3.9311 - 0.3381t)$
ปราจีนบุรี	$X_t \sim GEVD(\hat{\mu}(t),\ \hat{\sigma}(t),\ 0.4324)$ เมื่อ $\hat{\mu}(t) = 82.6686 + 0.6740t$ และ $\hat{\sigma}(t) = \exp(0.8331 + 0.6980t)$
ระยอง	$X_t \sim GEVD(\hat{\mu}(t),\ 23.6016,\ -0.0894)$ เมื่อ $\hat{\mu}(t) = \exp(81.6444 + 5.9527t)$
สระแก้ว	$X_t \sim GEVD(\hat{\mu}(t),\ 16.5672,\ -0.1002)$ เมื่อ $\hat{\mu}(t) = 85.3581 - 2.4714t + 0.0917t^2$
ตราด	$X_t \sim GEVD(211.6942,\ 69.3201,\ -0.0809)$

จากตารางที่ 4.10 สามารถอธิบายได้ว่า ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีของจันทบุรี มีการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป เมื่อกระบวนการคงที่ โดยที่พารามิเตอร์บ่งตำแหน่ง พารามิเตอร์บ่งขนาด และพารามิเตอร์บ่งรูปร่าง มีค่าเท่ากับ 123.3678 34.0275 และ 0.3546 ตามลำดับ ส่วนข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีของชลบุรี มีการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป เมื่อกระบวนการคงไม่คงที่ โดยที่พารามิเตอร์บ่งตำแหน่ง มีค่าเท่ากับ 123.3678 พารามิเตอร์บ่งขนาดมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในเชิงชี้กำลัง เมื่อ $\hat{\sigma}(t) = \exp(3.9311 - 0.3381t)$ และพารามิเตอร์บ่งรูปร่าง มีค่าเท่ากับ -0.1180 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีของปราจีนบุรี มีการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป เมื่อกระบวนการคงไม่คงที่ โดยที่พารามิเตอร์บ่งตำแหน่งมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในเชิงเส้น เมื่อ $\hat{\mu}(t) = 82.6686 + 0.6740t$ พารามิเตอร์บ่งขนาดมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในเชิงชี้กำลัง เมื่อ $\hat{\sigma}(t) = \exp(0.8331 + 0.6980t)$ และพารามิเตอร์บ่งรูปร่าง มีค่าเท่ากับ 0.4324 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีของระยอง มีการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป เมื่อกระบวนการคงไม่คงที่ โดยที่พารามิเตอร์บ่งตำแหน่งมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในเชิงชี้กำลัง เมื่อ $\hat{\mu}(t) = \exp(81.6444 + 5.9527t)$ พารามิเตอร์บ่งขนาด และพารามิเตอร์บ่งรูปร่าง เป็นค่าคงที่ มีค่าเท่ากับ 23.6016 และ -0.0894 ตามลำดับ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีของสระแก้ว มีการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป เมื่อกระบวนการคงไม่คงที่ โดยที่พารามิเตอร์บ่งตำแหน่งมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในเชิงกำลังสอง เมื่อ $\hat{\mu}(t) = 85.3581 - 2.4714t + 0.0917t^2$ พารามิเตอร์บ่งขนาด และพารามิเตอร์บ่งรูปร่างเป็นค่าคงที่ มีค่าเท่ากับ 16.5672 และ -0.1002 ตามลำดับ และข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีของตราดมีการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป เมื่อกระบวนการคงที่ โดยที่พารามิเตอร์บ่งตำแหน่ง พารามิเตอร์บ่งขนาด และพารามิเตอร์บ่งรูปร่าง มีค่าเท่ากับ 211.6942 69.3201 และ -0.0809 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์บ่งรูปร่าง จะเห็นว่า จังหวัดจันทบุรีและปราจีนบุรี มีค่าพารามิเตอร์บ่งรูปร่าง

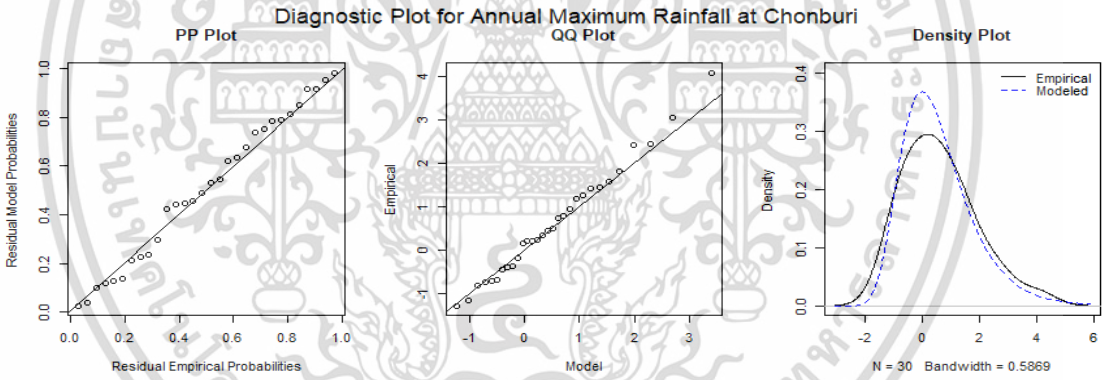
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่าศูนย์ แสดงว่า มีรูปแบบเป็นการแจกแจงฟรีเซท ส่วนจังหวัดชลบุรี ระยอง สระแก้ว และตราด มีค่าพารามิเตอร์บ่งรูปร่างน้อยกว่าศูนย์ แสดงว่า มีรูปแบบเป็นการแจกแจงไวบูล

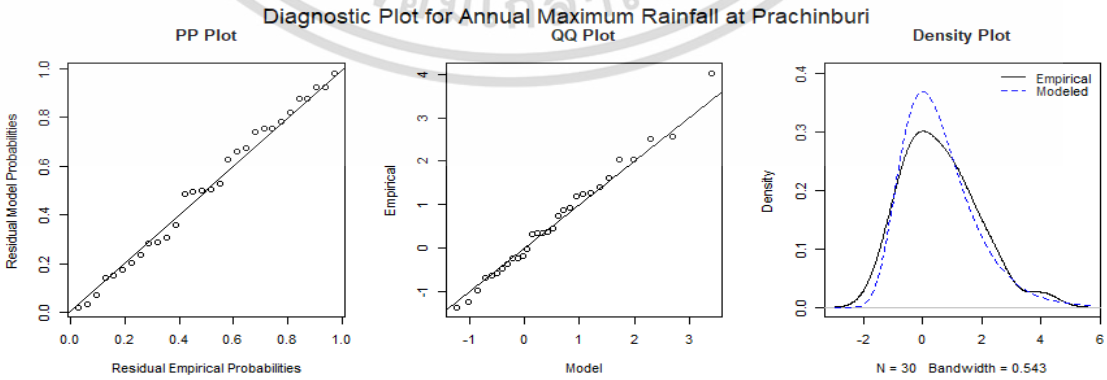
เมื่อได้ตัวแบบที่ดีที่สุด ต่อมาผู้วิจัยได้พิจารณาลักษณะของตัวแบบโดยการพิจารณาแผนภาพ Diagnostic Plots ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีแต่ละจังหวัด ดังรูปที่ 4.2-4.7



รูปที่ 4.2 แผนภาพ Diagnostic Plot ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดจันทบุรี

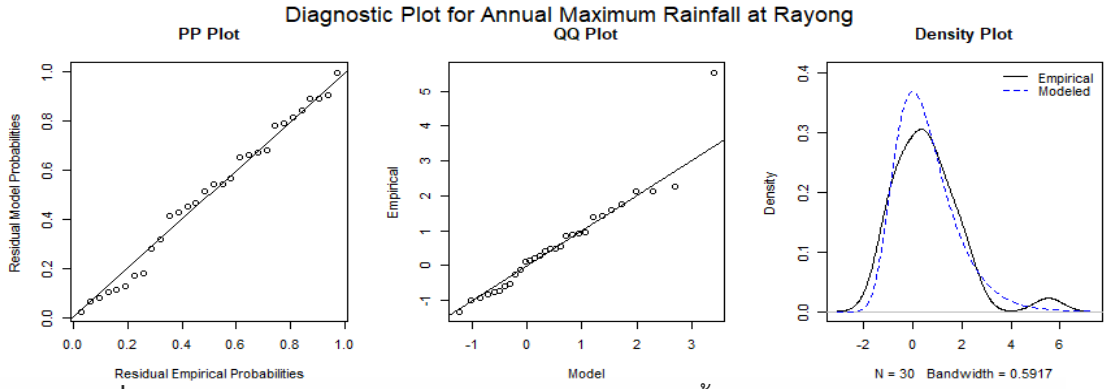


รูปที่ 4.3 แผนภาพ Diagnostic Plot ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดชลบุรี

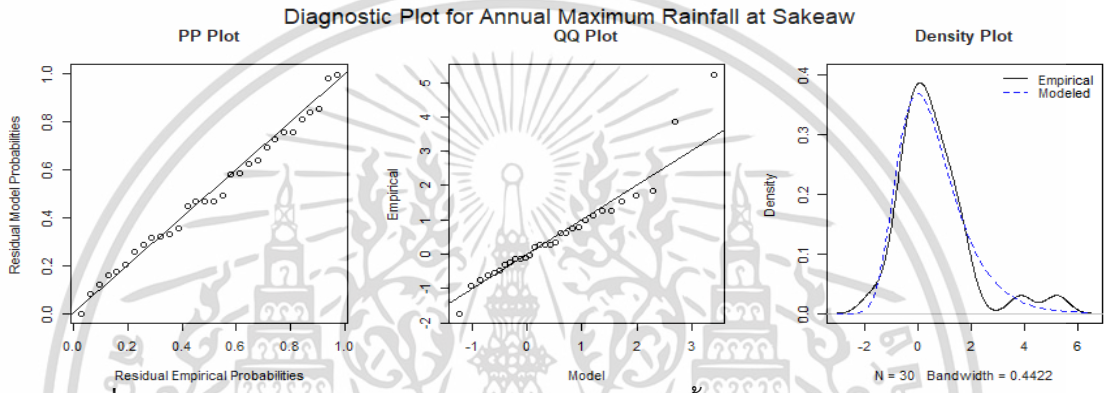


รูปที่ 4.4 แผนภาพ Diagnostic Plot ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดปราจีนบุรี

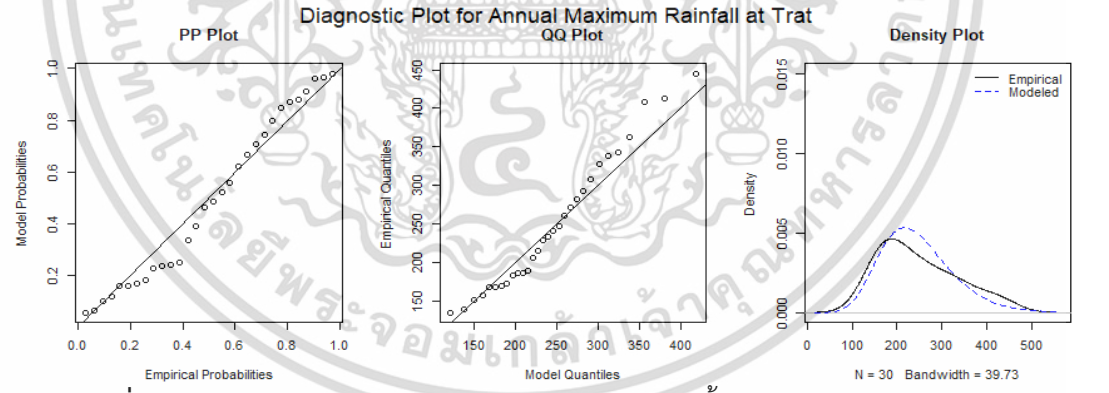
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แผนภาพ Diagnostic Plot ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดระยอง



รูปที่ 4.6 แผนภาพ Diagnostic Plot ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดสระแก้ว



รูปที่ 4.7 แผนภาพ Diagnostic Plot ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จังหวัดตราด

จากรูปที่ 4.2-4.7 เมื่อพิจารณาแผนภาพ PP Plot QQ Plot และ Density Plot จะเห็นว่าข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์การแจกแจง มีลักษณะการกระจายใกล้เคียงกับการแจกแจงที่ทำการทดสอบจังหวัดสระแก้ว ซึ่งมีค่า AIC ต่ำกว่าจังหวัดอื่น ๆ จะมีลักษณะแผนภาพ PP Plot ของข้อมูลจริงเป็นไปตามเส้นทแยงมุม เช่นเดียวกันกับแผนภาพ QQ Plot ส่วนแผนภาพ Density Plot ก็จะเห็นว่าลักษณะการกระจายของข้อมูลจริงเป็นไปตามลักษณะการกระจายของเส้นโค้งของการแจกแจงที่ทดสอบด้วย จันทบุรีและตราด ซึ่งมีค่า AIC สูงกว่าจังหวัดอื่น จะเห็นว่า มีลักษณะแผนภาพ PP Plot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

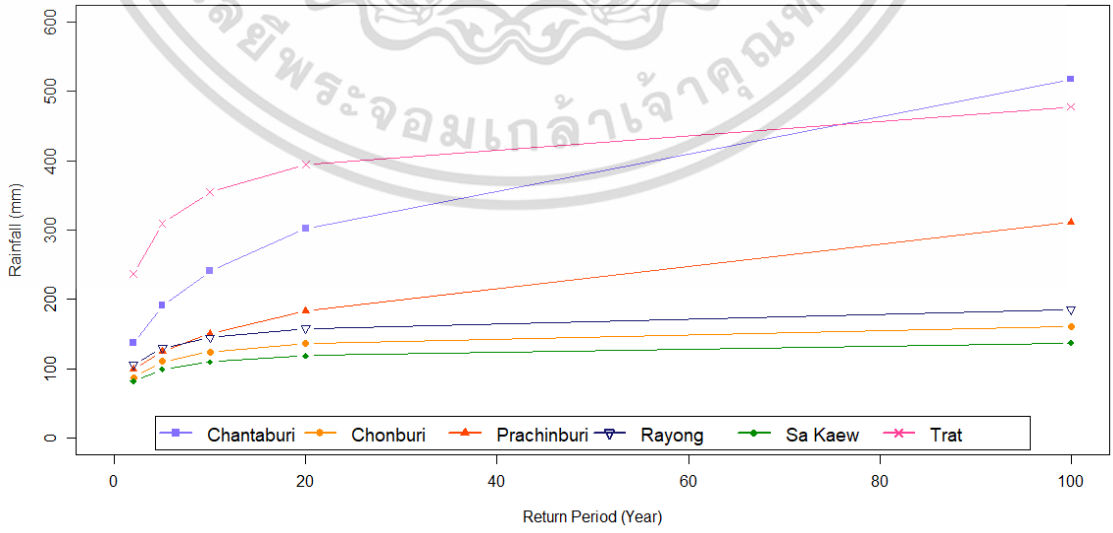
ของข้อมูลจริงไม่เป็นไปตามเส้นทแยงมุม เช่นเดียวกันกับแผนภาพ QQ Plot ซึ่งมีบางจุดที่ค่อนข้างไม่เป็นไปตามเส้นทแยงมุม ส่วนแผนภาพ Density Plot ก็จะเห็นว่าลักษณะการกระจายของข้อมูลจริงยังไม่เป็นไปตามลักษณะการกระจายของเส้นโค้งของการแจกแจงที่ทดสอบเท่าที่ควร

4.1.4 ระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี

เมื่อได้ตัวแบบที่ดีที่สุดและค่าประมาณพารามิเตอร์ของการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีแต่ละจังหวัด ทำการหาระดับการเกิดซ้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 5 10 20 และ 100 ปี แสดงดังตารางที่ 4.11 และได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเกิดซ้ำและรอบปีการเกิดซ้ำ ดังรูปที่ 4.8

ตารางที่ 4.11 ค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี (มม.) ตามรอบปีการเกิดซ้ำ 2 5 10 20 และ 100 ปี จำแนกรายจังหวัด

จังหวัด	ระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนรายปี (มม.)				
	2 ปี	5 ปี	10 ปี	20 ปี	100 ปี
จันทบุรี	136.69	190.75	240.55	302.53	517.82
ชลบุรี	86.80	110.15	123.98	136.14	160.14
ปราจีนบุรี	99.05	124.68	150.03	183.44	311.27
ระยอง	104.97	129.59	144.57	158.02	185.48
สระแก้ว	81.91	99.02	109.33	118.51	137.01
ตราด	236.73	309.61	354.32	394.72	477.97



รูปที่ 4.8 กราฟระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี (มม.) ตามรอบปีการเกิดซ้ำ 2 5 10 20 และ 100 ปี จำแนกรายจังหวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.8 พบว่า ในรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี ตราดมีระดับการเกิดปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีประมาณ 236.73 มิลลิเมตร ด้วยความน่าจะเป็น 0.5 (T=2, p=0.5) ถัดมาได้แก่ จันทบุรี ระยอง ปราจีนบุรี ชลบุรี และสระแก้ว ตามลำดับ ในรอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี ตราดมีระดับการเกิดปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีประมาณ 309.61 มิลลิเมตร ด้วยความน่าจะเป็น 0.2 (T=5, p=0.2) ถัดมาได้แก่ จันทบุรี ระยอง ปราจีนบุรี ชลบุรี และสระแก้ว ตามลำดับ ส่วนรอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี และ 20 ปี พบว่า ตราดมีระดับการเกิดปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีประมาณ 354.32 และ 394.72 มิลลิเมตร ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ จันทบุรี ปราจีนบุรี ระยอง ชลบุรี และสระแก้ว ตามลำดับ ด้วยความน่าจะเป็น 0.1 และ 0.05 (T=10, p=0.1 และ T=20, p=0.05) จะเห็นว่า ปราจีนบุรีมีปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีสูงกว่าจังหวัดระยองในรอบปีการเกิดซ้ำที่กล่าว และสำหรับในรอบ 100 ปี จันทบุรีมีโอกาสเกิดปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีมากกว่าจังหวัดอื่น โดยพบว่ามีระดับการเกิดปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีในรอบ 100 ปี สูงถึง 517.82 มิลลิเมตร ด้วยความน่าจะเป็น 0.01 (T=100, p=0.01)

4.2 วิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีโดยการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2536 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 จำนวน 360 เดือน ของจังหวัดจันทบุรี ชลบุรี ปราจีนบุรี ระยอง สระแก้ว และตราด เพื่อวิเคราะห์ตัวแบบสำหรับการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป โดยวิธีกำหนดค่าเหนือค่าเกณฑ์ ประกอบด้วย ค่าสถิติเบื้องต้น การทดสอบความคงที่ของข้อมูล การประมาณค่าพารามิเตอร์ และระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของแต่ละจังหวัด

4.2.1 ค่าสถิติเบื้องต้นของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน

ค่าสถิติเบื้องต้นของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน ประกอบด้วย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์ความเบ้และสัมประสิทธิ์ความโด่ง แสดงได้ดังตารางที่ 4.12

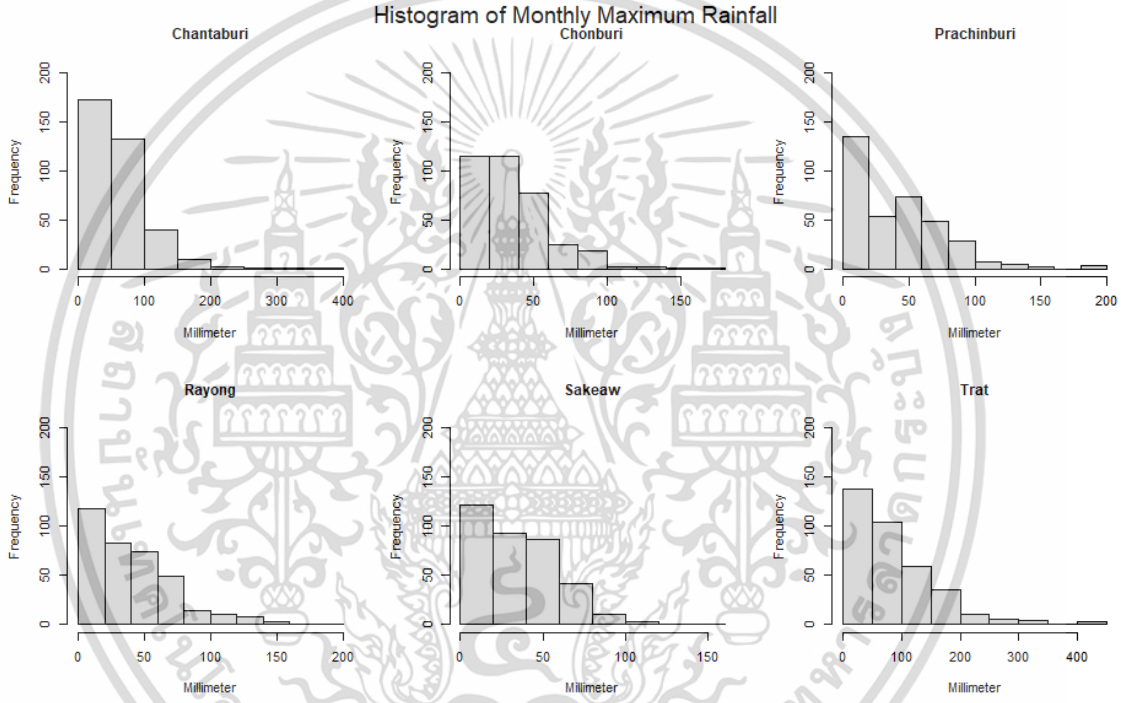
ตารางที่ 4.12 ค่าสถิติเบื้องต้นสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565 จำแนกรายจังหวัด

จังหวัด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความเบ้	ความโด่ง
จันทบุรี	0.00	394.90	59.64	51.4066	**1.8849**	**7.0872**
ชลบุรี	0.00	163.40	34.13	28.0510	1.1446	1.9184
ปราจีนบุรี	0.00	194.90	40.30	36.6873	1.1155	1.7766
ระยอง	0.00	193.00	39.88	**26.4752**	1.1402	1.6220
สระแก้ว	0.00	**142.80**	**34.07**	33.3658	**0.6608**	**0.4116**
ตราด	0.00	**445.30**	**85.71**	**75.2160**	1.6163	3.5799

หมายเหตุ ตัวเข้ม หมายถึง ค่าน้อยสุดและค่ามากสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.12 จะเห็นว่า ค่าต่ำสุดของทุกจังหวัดเท่ากับศูนย์ หมายถึง ทุกจังหวัดจะมีบางเดือนที่ไม่มีฝนตก และค่าสูงสุดจะสอดคล้องกับตารางที่ 4.1 ซึ่งเป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี โดยตราดมีค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนมากที่สุด ขณะที่สระแก้วมีค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนน้อยที่สุด อีกทั้งพบว่าตราดมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมากที่สุด ขณะที่ระยองมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ของทุกจังหวัดมีค่ามากกว่าศูนย์ แสดงว่าข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวา โดยที่จันทบุรีเป็นจังหวัดที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้มากที่สุด และทุกจังหวัดมีค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง มากกว่าศูนย์ แสดงว่า ข้อมูลมีความโด่งมากกว่าความโด่งของการแจกแจงปรกติ แสดงดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ฮิสโตแกรมของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จำแนกรายจังหวัด

จากรูป 4.9 จะเห็นว่า จังหวัดจันทบุรีมีสัมประสิทธิ์ความโด่งและความเบ้มากกว่าจังหวัดอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับค่าสถิติเบื้องต้นในตารางที่ 4.12 และยังแสดงลักษณะของข้อมูลสุดขีดได้ชัดเจนมากกว่าจังหวัดอื่น ๆ

4.2.2 การทดสอบความคงที่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน

การทดสอบความคงที่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน โดยการทดสอบ ADF (Augmented Dickey-Fuller Test) โดยค่าสถิติทดสอบและค่าพี แสดงดังตารางที่ 4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 การทดสอบความคงที่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565 จำแนกรายจังหวัด ด้วยสถิติทดสอบ Augmented Dickey-Fuller Test

จังหวัด	ADF	p-value
จันทบุรี	-10.358	0.01*
ชลบุรี	-10.984	0.01*
ปราจีนบุรี	-11.904	0.01*
ระยอง	-9.726	0.01*
สระแก้ว	-12.198	0.01*
ตราด	-12.616	0.01*

หมายเหตุ * หมายถึง มีการปฏิเสธสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 4.13 ซึ่งเป็นการทดสอบความคงที่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน โดยมีสมมติฐานหลัก คือ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนไม่คงที่ (Non-stationary) ดังนั้น จะสามารถปฏิเสธสมมติหลักและสรุปได้ว่า ทุกจังหวัดเป็นข้อมูลคงที่ (Stationary) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (p-value < 0.05) ดังนั้น จะกำหนดการวิเคราะห์ตัวแบบสำหรับการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไปด้วยกระบวนการคงที่ (ตัวแบบที่ 1)

4.2.3 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน

การประมาณค่าพารามิเตอร์ของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน ซึ่งประกอบด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดและวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป โดยกำหนดค่าเกณฑ์ (Threshold: u) ขึ้นโดยใช้ค่าตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 (u_0) และ 90 (u_1) นอกจากนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้เกณฑ์ปริมาณน้ำฝน (u_2) ซึ่งแนะนำโดยกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อใช้เป็นค่าเกณฑ์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง โดยเกณฑ์ปริมาณน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา มีดังนี้

1. ฝนเล็กน้อย (Light Rain) ฝนตกมีปริมาณตั้งแต่ 0.1 มิลลิเมตรถึง 10.0 มิลลิเมตร
2. ฝนปานกลาง (Moderate Rain) ฝนตกมีปริมาณตั้งแต่ 10.1 มิลลิเมตรถึง 35.0 มิลลิเมตร
3. ฝนหนัก (Heavy Rain) ฝนตกมีปริมาณตั้งแต่ 35.1 มิลลิเมตรถึง 90.0 มิลลิเมตร
4. ฝนหนักมาก (Very Heavy Rain) ฝนตกมีปริมาณตั้งแต่ 90.1 มิลลิเมตร ขึ้นไป

โดยค่าเกณฑ์และจำนวนที่มีค่าเกินเกณฑ์ (k) แสดงดังตารางที่ 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ค่าเกณฑ์ที่กำหนดโดยตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์และเกณฑ์ปริมาณน้ำฝนโดยกรมอุตุนิยมวิทยาและจำนวนที่มีค่ามากกว่าค่าเกณฑ์

จังหวัด	95th percentile		90th percentile		เกณฑ์ฝนหนักมาก	
	u_0	k	u_1	k	u_2	k
จันทบุรี	146.315	18	118.95	36	90.1	76
ชลบุรี	85.795	18	71.17	36	90.1	14
ปราจีนบุรี	101.485	18	87.29	36	90.1	30
ระยอง	106.46	18	80.08	36	90.1	28
สระแก้ว	77.835	18	66.10	36	90.1	11
ตราด	217.15	18	174.69	36	90.1	131

จากตารางที่ 4.14 นำค่าเกณฑ์ที่กำหนดไปประมาณพารามิเตอร์ของการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป และค่า AIC ซึ่งจำแนกรายจังหวัด แสดงดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไปของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน โดยใช้ค่าเกณฑ์เปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 จำแนกรายจังหวัด

จังหวัด	วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด				วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป			
	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\xi}$	AIC	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\xi}$	AIC
จันทบุรี	126.6062	35.7876	0.2996	241.5377	112.5296	68.0535	-0.0888	**236.7374**
ชลบุรี	74.1035	22.9261	-0.0258	207.9416	72.9755	26.1892	-0.1103	**201.7545**
ปราจีนบุรี	76.4505	53.0310	-0.0358	222.9001	81.7090	40.2370	-0.1216	**216.9140**
ระยอง	90.7348	32.1871	-0.1970	210.5572	92.2494	28.7668	-0.1247	**204.4388**
สระแก้ว	66.0398	24.1230	-0.1660	201.9869	66.7348	10.8469	0.2868	**195.7836**
ตราด	142.7592	176.0587	-0.5331	254.8283	163.8960	105.3226	-0.1397	**250.9221**

หมายเหตุ ตัวเข้ม หมายถึง มีค่า AIC ต่ำที่สุด

จากตารางที่ 4.15 จะเห็นว่าค่า AIC ของวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไปมีค่าต่ำกว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด แสดงว่า วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไปมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดสำหรับทุกจังหวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไปของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน โดยใช้ค่าเกณฑ์เปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 จำแนกรายจังหวัด

จังหวัด	วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด				วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป			
	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\xi}$	AIC	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\xi}$	AIC
จันทบุรี	126.1402	40.2407	0.2159	415.9666	128.4508	52.0068	-0.0417	**412.7222**
ชลบุรี	75.5066	23.6830	-0.0660	360.8463	75.6975	24.5938	-0.1065	**354.6807**
ปราจีนบุรี	91.3483	22.6363	0.2108	373.8286	92.7024	29.4917	-0.0728	**369.5578**
ระยอง	87.2219	38.3228	-0.2737	383.2699	86.5609	34.2474	-0.1464	**377.9893**
สระแก้ว	69.3757	21.0402	-0.1209	341.3015	69.3633	20.9489	-0.1164	**335.0645**
ตราด	188.1734	73.9539	0.0000	448.5548	189.9851	83.1518	-0.1121	**442.1922**

หมายเหตุ ตัวเข้ม หมายถึง มีค่า AIC ต่ำที่สุด

จากตารางที่ 4.16 จะเห็นว่าค่า AIC ของวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไปมีค่าต่ำกว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด แสดงว่า วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไปมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดสำหรับทุกจังหวัด

ตารางที่ 4.17 ค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไปของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน โดยใช้เกณฑ์ปริมาณน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา จำแนกรายจังหวัด

จังหวัด	วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด				วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป			
	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\xi}$	AIC	$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\xi}$	AIC
จันทบุรี	124.7565	41.2183	0.2176	736.5680	128.3214	42.0107	0.0441	**735.3154**
ชลบุรี	72.9630	22.4853	0.0000	171.5412	69.5900	28.3082	-0.1166	**165.1365**
ปราจีนบุรี	90.0994	27.0506	0.0853	329.0065	90.2580	33.0288	-0.0962	**323.3754**
ระยอง	88.2142	37.4749	-0.2652	309.2015	87.8733	32.5254	-0.1390	**303.6646**
สระแก้ว	73.7265	16.6073	-0.0228	133.0742	70.9954	20.1762	-0.1134	**126.8548**
ตราด	196.4272	70.2749	-0.0557	1270.2090	201.3629	70.5664	-0.0917	**1264.0050**

หมายเหตุ ตัวเข้ม หมายถึง มีค่า AIC ต่ำที่สุด

จากตารางที่ 4.17 จะเห็นว่าค่า AIC ของวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไปมีค่าต่ำกว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด แสดงว่า วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไปมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดสำหรับทุกจังหวัด ดังนั้น จากตารางที่ 4.15-4.17 ค่า AIC ที่ต่ำที่สุดในแต่ละจังหวัดของวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป นำมาสรุปได้ดังตารางที่ 4.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 สรุปวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์และตัวแบบที่ดีที่สุดของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนโดยการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป จำแนกรายจังหวัด

จังหวัด	วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์	ค่าเกณฑ์	AIC
จันทบุรี	วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป	146.315	236.7374
ชลบุรี	วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป	90.1	165.1365
ปราจีนบุรี	วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป	101.485	216.9140
ระยอง	วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป	106.46	204.4388
สระแก้ว	วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป	90.1	126.8548
ตราด	วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป	217.15	250.9221

จากตารางที่ 4.18 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ตัวแบบของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนโดยการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป จะเห็นว่า วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป สามารถให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ดีกว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดสำหรับทุก ๆ จังหวัด เมื่อเปรียบเทียบโดยใช้ค่า AIC ที่ต่ำที่สุด จังหวัดจันทบุรี ปราจีนบุรี ระยอง และตราด มีค่าเกณฑ์ที่เหมาะสมได้แก่ ตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 ส่วนจังหวัดชลบุรีและสระแก้ว มีค่าเกณฑ์ที่เหมาะสม ได้แก่ เกณฑ์ฝนตกหนักของกรมอุตุนิยมวิทยา โดยสามารถเขียนสมการประมาณค่า ได้ดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ค่าประมาณพารามิเตอร์สำหรับการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป

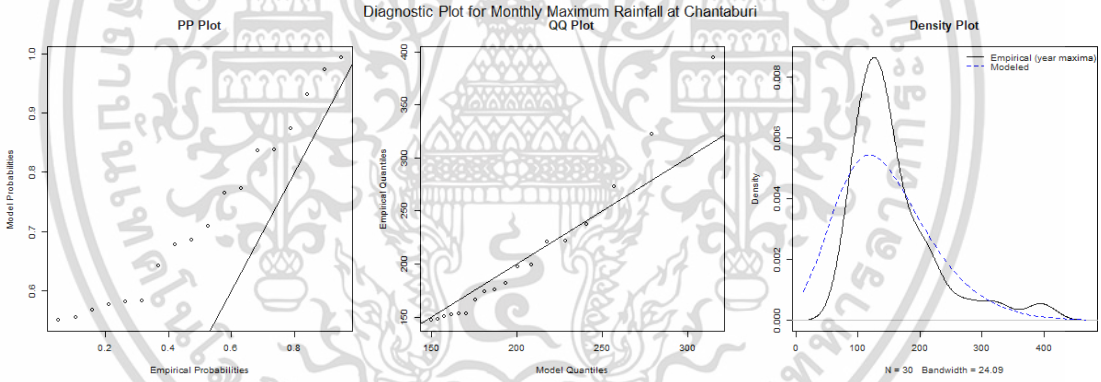
จังหวัด	ตัวแบบพาเรโตนัยทั่วไป
จันทบุรี	$Y_t \sim GPD(112.5296,\ 68.0535,\ -0.0888)$
ชลบุรี	$Y_t \sim GPD(69.5900,\ 28.3082,\ -0.1166)$
ปราจีนบุรี	$Y_t \sim GPD(81.7090,\ 40.2370,\ -0.1216)$
ระยอง	$Y_t \sim GPD(92.2494,\ 28.7668,\ -0.1247)$
สระแก้ว	$Y_t \sim GPD(70.9954,\ 20.1762,\ -0.1134)$
ตราด	$Y_t \sim GPD(163.8960,\ 105.3226,\ -0.1397)$

จากตารางที่ 4.19 สามารถอธิบายได้ว่า ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของจันทบุรี มีการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป เมื่อกระบวนการคงที่ โดยที่พารามิเตอร์บ่งตำแหน่ง มีค่าเท่ากับ 112.5296พารามิเตอร์บ่งขนาด มีค่าเท่ากับ 68.0535 และพารามิเตอร์บ่งรูปร่าง มีค่าเท่ากับ -0.0888 ส่วนข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของชลบุรี มีการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป เมื่อกระบวนการคงที่ โดยที่พารามิเตอร์บ่งตำแหน่ง มีค่าเท่ากับ 69.5900 พารามิเตอร์บ่งขนาด มีค่าเท่ากับ 28.3082 และพารามิเตอร์บ่งรูปร่าง มีค่าเท่ากับ -0.1166 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของปราจีนบุรี มี

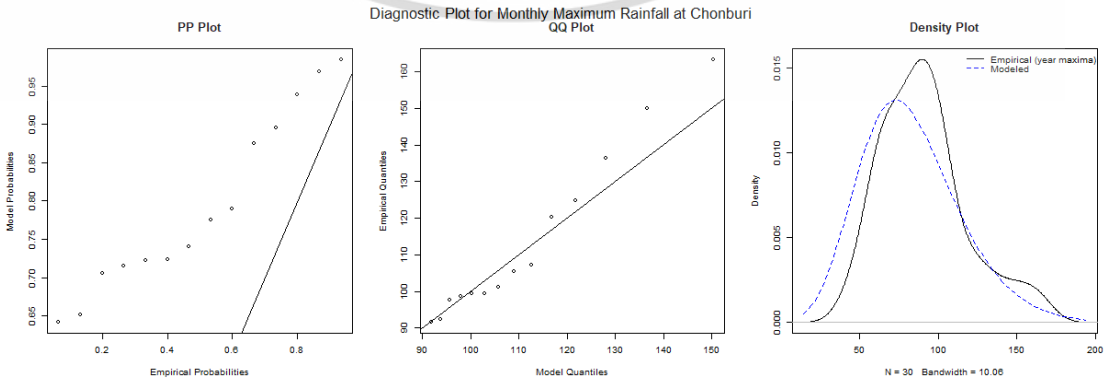
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป เมื่อกระบวนการคงที่ โดยที่พารามิเตอร์บ่งตำแหน่ง มีค่าเท่ากับ 81.7090 พารามิเตอร์บ่งขนาด มีค่าเท่ากับ 40.2370 และพารามิเตอร์บ่งรูปร่าง มีค่าเท่ากับ -0.1216 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของระยอง มีการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป เมื่อกระบวนการคงที่ โดยที่พารามิเตอร์บ่งตำแหน่ง มีค่าเท่ากับ 92.2494 พารามิเตอร์บ่งขนาด มีค่าเท่ากับ 28.7668 และพารามิเตอร์บ่งรูปร่าง มีค่าเท่ากับ -0.1247 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของสระแก้ว มีการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป เมื่อกระบวนการคงที่ โดยที่พารามิเตอร์บ่งตำแหน่ง มีค่าเท่ากับ 70.9954 พารามิเตอร์บ่งขนาด มีค่าเท่ากับ 20.1762 และพารามิเตอร์บ่งรูปร่าง มีค่าเท่ากับ -0.1134 และข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของตราด มีการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป เมื่อกระบวนการคงที่ โดยที่พารามิเตอร์บ่งตำแหน่ง มีค่าเท่ากับ 163.8960 พารามิเตอร์บ่งขนาด มีค่าเท่ากับ 105.3226 และพารามิเตอร์บ่งรูปร่าง มีค่าเท่ากับ -0.1397 โดยทุกวิธีมีค่าพารามิเตอร์บ่งรูปร่างน้อยกว่าศูนย์ แสดงว่า การแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไปมีลักษณะหางสั้น

เมื่อได้ตัวแบบที่ดีที่สุด ต่อมาผู้วิจัยได้พิจารณาลักษณะของตัวแบบโดยการพิจารณาแผนภาพ Diagnostic Plots ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนแต่ละจังหวัด ดังรูปที่ 4.10-4.15

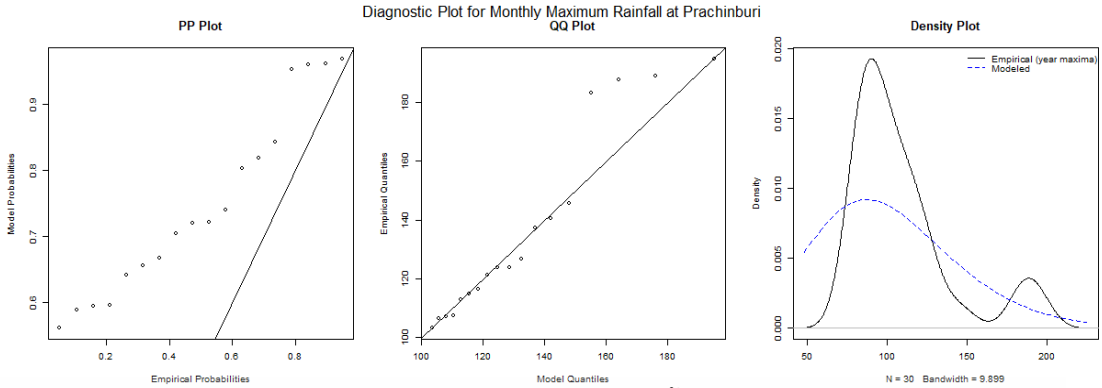


รูปที่ 4.10 แผนภาพ Diagnostic Plot ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จังหวัดจันทบุรี

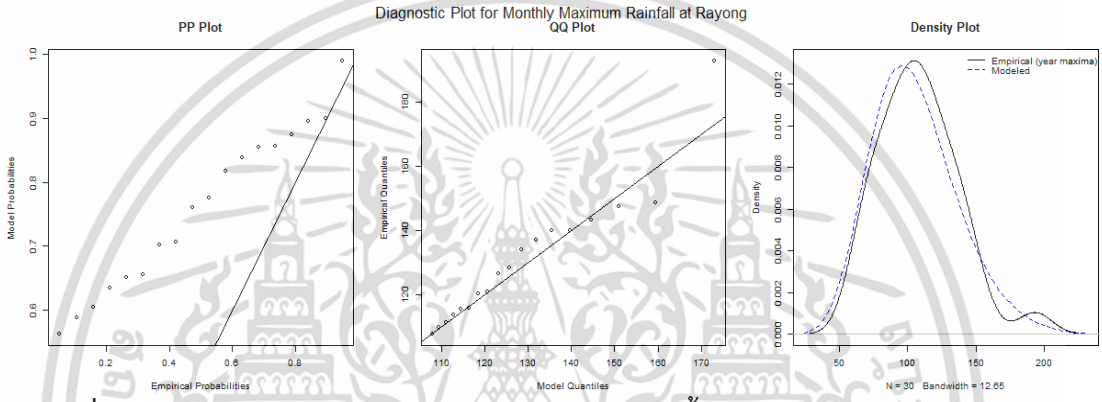


รูปที่ 4.11 แผนภาพ Diagnostic Plot ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จังหวัดชลบุรี

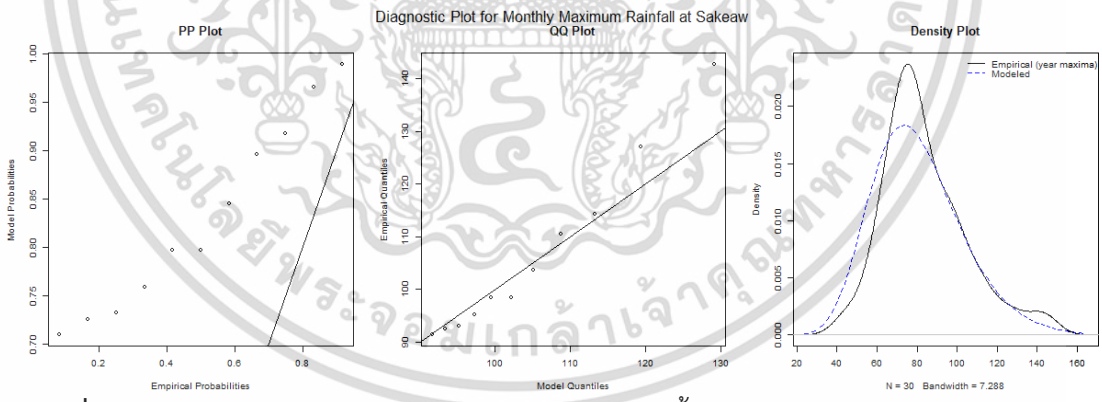
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แผนภาพ Diagnostic Plot ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จังหวัดปราจีนบุรี

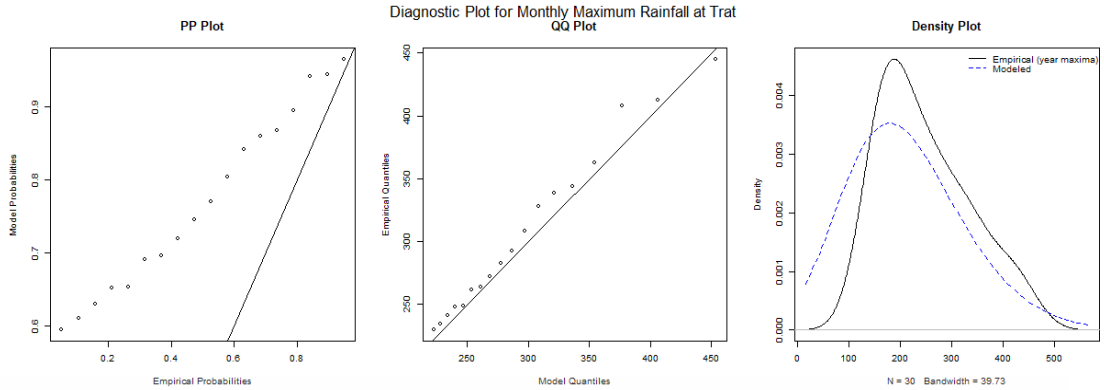


รูปที่ 4.13 แผนภาพ Diagnostic Plot ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จังหวัดระยอง



รูปที่ 4.14 แผนภาพ Diagnostic Plot ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จังหวัดสระแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 แผนภาพ Diagnostic Plot ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จังหวัดตราด

จากรูปที่ 4.10-4.15 เมื่อพิจารณาแผนภาพ PP Plot พบว่าการกระจายของข้อมูลไม่เกาะกับเส้นทแยงมุม เนื่องจากข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลที่มากกว่าค่าเกณฑ์และจำนวนที่มีค่าเกินเกณฑ์มีจำนวนน้อยทำให้ไม่สามารถเกาะกับเส้นทแยงมุมของเส้นการแจกแจงความน่าจะเป็นได้ ส่วนแผนภาพ QQ Plot พบว่าการกระจายของข้อมูลเกาะกับเส้นทแยงมุม และแผนภาพ Density Plot เส้นโค้ง แสดงว่า ข้อมูลมีลักษณะการกระจายใกล้เคียงกับการแจกแจงที่ทำการทดสอบ

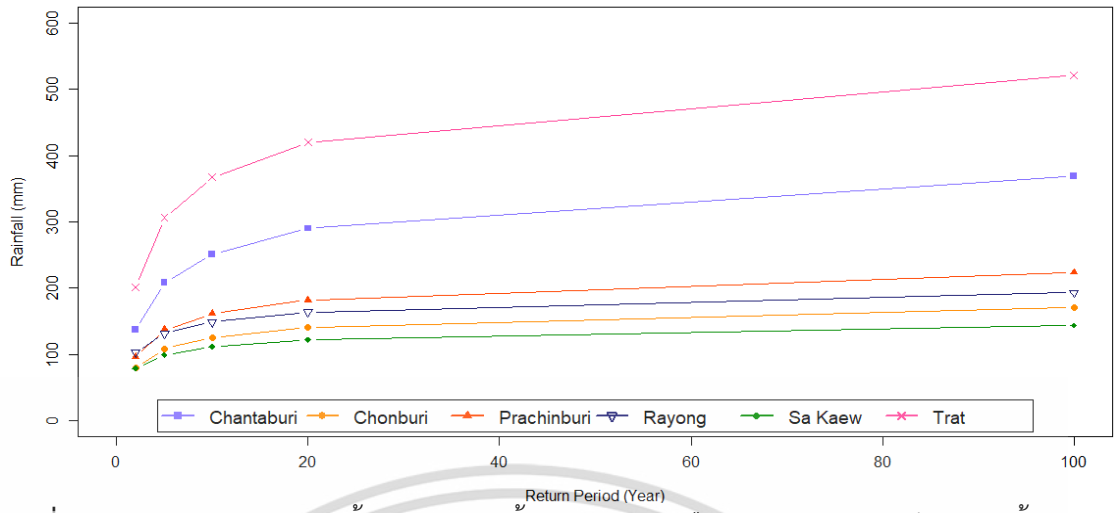
4.2.4 ระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน

เมื่อได้ตัวแบบที่ดีที่สุดและค่าประมาณพารามิเตอร์ของการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนแต่ละจังหวัด ทำการหาระดับการเกิดซ้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2 5 10 20 และ 100 ปี แสดงดังตารางที่ 4.20 และได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเกิดซ้ำและรอบปีการเกิดซ้ำ ดังรูปที่ 4.16

ตารางที่ 4.20 ค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน (มม.) ตามรอบปีการเกิดซ้ำ 2 5 10 20 และ 100 ปี จำแนกรายจังหวัด

จังหวัด	ระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนรายเดือน (มม.)				
	2 ปี	5 ปี	10 ปี	20 ปี	100 ปี
จันทบุรี	137.07	208.10	251.35	290.21	369.54
ชลบุรี	79.75	108.55	125.62	140.66	170.38
ปราจีนบุรี	96.13	136.88	160.93	182.02	223.49
ระยอง	102.56	131.60	148.69	163.65	192.95
สระแก้ว	78.24	98.83	111.07	121.88	143.32
ตราด	201.53	306.42	367.27	419.95	521.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 กราฟระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน (มม.) ตามรอบปีการเกิดซ้ำ 2 5 10 20 และ 100 ปี จำแนกรายจังหวัด

จากตารางที่ 4.20 และรูปที่ 4.16 ซึ่งแสดงค่าระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนรายเดือนสูงสุด พบว่า ในรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี ตราดมีระดับการเกิดปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนประมาณ 201.53 มิลลิเมตร ด้วยความน่าจะเป็น 0.5 (T=2, p=0.5) ถัดมาได้แก่ จันทบุรี ระยอง ปราจีนบุรี ชลบุรี และสระแก้ว ตามลำดับ ในรอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี ตราดมีระดับการเกิดปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนประมาณ 306.42 มิลลิเมตร ด้วยความน่าจะเป็น 0.2 (T=5, p=0.2) ถัดมาได้แก่ จันทบุรี ปราจีนบุรี ระยอง ชลบุรี และสระแก้ว ตามลำดับ ส่วนรอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี พบว่า ตราดมีระดับการเกิดปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนประมาณ 367.27 มิลลิเมตร รองลงมาได้แก่ จันทบุรี ปราจีนบุรี ระยอง ชลบุรี และสระแก้ว ตามลำดับ ด้วยความน่าจะเป็น 0.1 (T=10, p=0.1) รอบปีการเกิดซ้ำ 20 ปี พบว่า ตราดมีระดับการเกิดปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนประมาณ 419.95 มิลลิเมตร รองลงมาได้แก่ จันทบุรี ปราจีนบุรี ระยอง ชลบุรี และสระแก้ว ตามลำดับ ด้วยความน่าจะเป็น 0.05 (T=20, p=0.05) และในรอบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี พบว่า ตราดยังคงมีระดับการเกิดปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนมากกว่าจังหวัดอื่น ประมาณ 521.34 มิลลิเมตร รองลงมาได้แก่ จันทบุรี ปราจีนบุรี ระยอง ชลบุรี และสระแก้ว ตามลำดับ ด้วยความน่าจะเป็น 0.01 (T=100, p=0.01) จะเห็นว่าทุก ๆ รอบปีการเกิดซ้ำ จังหวัดตราดมีระดับการเกิดซ้ำสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ จันทบุรี ปราจีนบุรี ระยอง ชลบุรี และสระแก้ว มีเพียงรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี ที่จังหวัดระยองมีระดับการเกิดซ้ำสูงกว่าปราจีนบุรีเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการเปรียบเทียบตัวแบบการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี และการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไปสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของจังหวัดบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดและวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไป โดยมีการกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์มีค่าคงที่และไม่คงที่ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในรูปแบบต่าง ๆ และใช้เกณฑ์ค่า AIC ต่ำที่สุดในการคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด พร้อมทั้งหาระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุด ในรอบปีการเกิดซ้ำ 2 5 10 20 และ 100 ปี สามารถสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ตัวแบบการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี

จากการศึกษาเปรียบเทียบการแจกแจงที่มีความเหมาะสมของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีของจังหวัดบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย จำนวนย้อนหลัง 30 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565 พบว่า ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี สอดคล้องเหมาะสมที่จะนำมาวิเคราะห์โดยแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป และวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไปมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดสำหรับทุกจังหวัด ยกเว้นปราจีนบุรีที่ทั้งสองวิธีให้ค่าประมาณพารามิเตอร์เท่า ๆ กัน ทำให้ประสิทธิภาพการประมาณค่าของทั้งสองวิธีเท่ากัน

จังหวัดจันทบุรีและตราดเหมาะสมกับตัวแบบเมื่อกระบวนการคงที่ ส่วนจังหวัดชลบุรี ปราจีนบุรี ระยองและสระแก้วเหมาะสมกับตัวแบบเมื่อกระบวนการไม่คงที่ โดยมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในรูปแบบต่าง ๆ และเมื่อนำค่าประมาณพารามิเตอร์ของการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปไปคำนวณหาระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี โดยกำหนดรอบปีการเกิดซ้ำ 2 5 10 20 และ 100 ปี พบว่า จังหวัดตราดมีระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีในรอบปีการเกิดซ้ำ 2 5 10 และ 20 ปีสูงกว่าทุกจังหวัด ยกเว้นรอบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี จันทบุรี มีระดับการเกิดซ้ำสูงที่สุดถึง 517.82 มิลลิเมตร ส่วนปราจีนบุรีที่สำหรับรอบการเกิดซ้ำ 2 และ 5 ปี มีระดับการเกิดซ้ำใกล้เคียงกับจังหวัดระยอง แต่ในรอบ 10 20 และ 100 ปี มีโอกาสการเกิดปริมาณน้ำฝนสูงสุดสูงมากขึ้น

5.1.2 ตัวแบบการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน

จากการศึกษาเปรียบเทียบการแจกแจงที่มีความเหมาะสมของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของจังหวัดบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย จำนวนย้อนหลัง 360 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2536 – ธันวาคม พ.ศ. 2565 พบว่า ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสมที่จะนำมาวิเคราะห์โดยแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป และวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไปมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดสำหรับทุกจังหวัด อีกทั้ง ทุกจังหวัด เหมาะสมกับตัวแบบเมื่อกระบวนการคงที่ เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์บ่งรูปร่าง จะเห็นว่า ทุกจังหวัด มีค่าพารามิเตอร์บ่งรูปร่างน้อยกว่าศูนย์ แสดงว่า มีรูปแบบเป็นการแจกแกมมา และเมื่อนำค่าประมาณพารามิเตอร์ของการแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป ไปคำนวณหาระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน โดยกำหนดรอบปีการเกิดซ้ำ 2 5 10 20 และ 100 ปี พบว่า จังหวัดตราดมีระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนในทุกรอบปีการเกิดซ้ำสูงกว่าทุกจังหวัด

จากข้อ 5.1.1 และ 5.1.2 พบว่า จังหวัดตราดมีระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีและรายเดือนมากที่สุด เนื่องจากลักษณะภูมิอากาศที่มีฝนตกเกือบตลอดทั้งปี ทำให้ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนสูงกว่าจังหวัดอื่น ๆ ในภาค จึงมีระดับการเกิดซ้ำสูงกว่าด้วย ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรให้ความสำคัญกับการป้องกันปัญหาอุทกภัยของจังหวัดตราดมากกว่าจังหวัดอื่น แต่สำหรับในรอบ 100 ปี จังหวัดจันทบุรีซึ่งมีลักษณะภูมิอากาศที่มีฝนตกเกือบตลอดทั้งปีเช่นเดียวกับตราด มีแนวโน้มในการเกิดเหตุการณ์รุนแรงที่มากกว่าจังหวัดอื่น ๆ เมื่อพิจารณาข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดโดยการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป ผู้วิจัยเล็งเห็นว่า จันทบุรีมีการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างมาก มีการขยายตัวของชุมชนและเมือง การใช้พลังงานและกิจกรรมของมนุษย์ ที่มีผลทำให้ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง และอีกทั้งลักษณะภูมิอากาศและลักษณะภูมิประเทศแบบภูเขาสลับที่ราบชายฝั่งทะเล จึงมีการพัดพาความชื้นจากทะเลและก่อให้เกิดฝนปะทะภูเขา (Orographic Rain) ที่มีความรุนแรงเกิดในพื้นที่ได้ รวมถึงปราจีนบุรีที่สำหรับรอบการเกิดซ้ำ 10 20 และ 100 ปี มีโอกาสเกิดปริมาณน้ำฝนสูงสุดเพิ่มมากขึ้น แสดงให้เห็นว่า ทั้งสองจังหวัด ได้แก่ จันบุรีและปราจีนบุรี มีแนวโน้มการเกิดเหตุการณ์ปริมาณน้ำฝนสูงสุดที่รุนแรงมากกว่าจังหวัดอื่น ๆ ซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ดังนั้น ควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อวิเคราะห์สาเหตุการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจช่วยในการป้องกันการเกิดสภาพอากาศรุนแรงในอนาคตได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ตำแหน่งสถานีที่นำมาวิเคราะห์มีระยะห่างกันมากเกินไป อาจไม่สามารถเป็นตัวแทนข้อมูลของทั้งจังหวัดได้ จึงควรเพิ่มสถานีตรวจวัด โดยอาจใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอัตโนมัติหลาย ๆ สถานี และวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลในพื้นที่

2) ในงานวิจัยนี้ พบว่า วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดทั่วไปสามารถให้ประสิทธิภาพการประมาณค่าที่ดีกว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก ดังนั้น อาจมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ธนโชติ ไชยโต และมานัดถุ์ คำกอง. 2563. “ตัวแบบค่าสุดขีดของปริมาณฝนรายเดือนบริเวณลุ่มน้ำปิงตอนบน จังหวัดเชียงใหม่.” *วารสารสถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศ.* 5(1) : 32-44.

ปภังกร อิ่นแก้ว. 2564. **วิทยาการข้อมูลเบื้องต้น.** เชียงใหม่ : หน่วยพิมพ์เอกสาร งานบริการการศึกษาและพัฒนาคุณภาพนักศึกษา.

ประภาวรรณ เสนาเพ็ง และปิยภัทร บุษบาบดินทร์. 2560. “แบบจำลองอุณหภูมิสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย.” *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา.* 22(1) : 92-107.

ปิยภัทร บุษบาบดินทร์ และอรุณ แก้วมั่น. 2558. “สถิติค่าสุดขีด.” *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.* 25(2) : 315-324.

ปิยภัทร บุษบาบดินทร์, มาลา ศิริบูรณ์และอรุณ แก้วมั่น. 2558. “แบบจำลองค่าสุดขีดปริมาณน้ำฝนสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ของประเทศไทย.” *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา.* 20(1) : 106- 117.

พัณณิ์ภาริษา ของทิพย์, มานัดถุ์ คำกองและพุฒิพงษ์ พุกกะมาน. 2556. “การสร้างแบบจำลองค่าสุดขีดปริมาณฝนประจำปีในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย.” *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา.* 18(1) : 95- 104.

วิกานดา ผาพันธ์, ดั่งหทัย กระแสร์ชล, เบญญาภา จ่างแสง, กมลอร มุ4ลเมฆและเฉลิมรัช นนทะภา. 2566. “การวิเคราะห์ค่าสุดขีดของคลื่นทะเลบริเวณรอบชายฝั่งอ่าวไทยในจังหวัดตราด เพชรบุรี และสุราษฎร์ธานี.” *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.* 9(1) : 8-27.

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2562**. แผนพัฒนาภาคตะวันออก พ.ศ. 2560-2565 ฉบับทบทวน.** [Online]. Available : https://www.nesdc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=10196&filename=index.

Akaike, H. 1973. "Information theory and an extension of the maximum likelihood principle." 267–28. in Petrov, B. N.; Csáki, F. (eds.). **International Symposium on Information Theory**. 2nd. Budapest.

Beirlant, J. Goegebeur, Y. Teugels, J. and Segers, J. 2004. **Statistics of Extremes: Theory and Applications.** Wiley Series in Probability and Statistics4. New York : John Wiley & Sons.

Coles, S. 2001. **An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values.** London : Springer-Varlag.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dickey, D.A. and Fuller, W.A. 1979 "Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root." *Journal of the American Statistical Association*. 74(366) : 427–431.

Enders, W. 1995. **Applied Econometric Time Series**. New York : John Wiley & Sons.

Galambos, J. 1978. **The Asymptotic Theory of Extreme Order Statistics.** New York : Wiley.

Garba, I. and Abdourahamane, Z.S. 2023. "Extreme Rainfall Characterization under Climate Change and Rapid Population Growth in the City of Niamey, Niger." *Heliyon.* 9(2).

Gilleland, E. and Katz, R.W. 2016. "extRemes 2.0: An Extreme Value Analysis Package in R." *Journal of Statistical Software.* 72(8) : 1-39.

Greenshtein, E. and Ritov, Y. 2022. "Generalized maximum likelihood estimation of the mean of parameters of mixtures. With applications to sampling and to observational studies." *Electronic Journal of Statistics*. 16(2) : 5934-5954.

Gujarati, D.N. 1995. **Econometrics.** 3rd ed. New York : McGraw-Hill, Inc.

Jenkinson, A.F. 1955. "The Frequency Distribution of the Annual Maximum (or minimum) Values of Meteorological Elements." *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society.* 81 : 158-171.

Kiefer, J. and Wolfowitz, J. 1956. "Consistency of the maximum likelihood estimator in the presence of infinitely many incidental parameters." *The Annals of Mathematical Statistics*. 27(4) : 887-906.

Kotz, S. and Nadaraja, S. 2000. **Extreme Value Distributions: Theory and Applications.** Singapore : Imperial College Press.

Kullback, S. and Leibler, R A. 1951. "On information and sufficiency." *The Annals of Mathematical Statistics*. 22 : 79–86.

Martins A.L.A. Liska G.R. Beijo, L.A. Menezes, F and Cirillo, M. 2020. "Generalized Pareto Distribution Applied to the Analysis of Maximum Rainfall Events in Uruguaiana, RS, Brazil." *SN Applied Sciences*. 2 : 1-13.

Martins, E.S. and Stedinger, J.R. 2000. "Generalized maximum likelihood GEV quantile estimators for hydrologic data." *Water Resources Research.* 36(3) : 737–744.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nocedal, J. and Wright, S.J. 1999. **Numerical Optimization.** 2nd ed. New York : Springer.

Pandey, C.P. Ahuja V. Joshi L. K., and Nandan H. 2023. "Extreme Value Analysis of Precipitation and Temperature over Western Indian Himalayan State, Uttarakhand." *Journal of Earth System Science.* 132(48) : 1-20.

Rajaram, L. 2006. "Statistical Models in Environmental and Life Sciences." Ph. D. Mathematics, University of South Florida.

Ramachandran, K.M. and Tsokos, C.P. 2021. "Categorical data analysis and goodness-of-fit tests and applications." 461-490. In Ramachandran, K. M. and Tsokos, C.P. (Eds.). **Mathematical Statistics with Applications in R.** 3rd ed. Academic Press.

Riaman, R. Sukono, S. Supian, S and Ismail, N. 2021. "Analysing the decision making for agricultural risk assessment: An application of extreme value theory." *Decision Science Letters*. 10(3) : 351-360.

Singirankabo, E. and Iyamuremye, E. 2022. "Modelling Extreme Rainfall Events in Kigali City using Generalized Pereto distribution." *Meteorological Applications Science and Technology for Weather and Climate*. 10 : 1-12.

Singirankabo, E. Iyamuremye, E. Habineza, A. and Nelson, Y. 2022. "Statistical modelling of maximum temperature in Rwanda using extreme value analysis." *Open Journal of Mathematical Sciences.* 7 : 180-195.

Tabari, H. 2021. "Extreme Value Analysis Dilemma for Climate Change Impact Assessment on Global Flood and Extreme Precipitation." *Journal of Hydrology*. 593 : 1-16.

Yoon, S. Cho, W. Heo JH. and Kim C. E. 2010. "A full Bayesian approach to generalized maximum likelihood estimation of generalized extreme value distribution." *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment.* 24 : 761–770.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตาราง ก1 ค่าวิกฤตของสถิติทดสอบ ADF (Augmented Dickey-Fuller test)

Sample	Critical level							
sizes	**0.01**	**0.025**	**0.05**	**0.1**	**0.9**	**0.95**	**0.975**	**0.99**
25	-4.38	-3.95	-3.6	-3.24	-1.14	-0.8	-0.5	-0.15
50	-4.15	-3.80	-3.5	-3.18	-1.19	-0.87	-0.58	-0.24
100	-4.04	-3.73	-3.45	-3.14	-1.22	-0.90	-0.62	-0.28
250	-3.99	-3.69	-3.43	-3.13	-1.23	-0.92	-0.64	-0.31
500	-3.98	-3.68	-3.42	-3.12	-1.24	-0.93	-0.65	-0.32
∞	-3.96	-3.66	-3.41	-3.11	-1.25	-0.94	-0.66	-0.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก2 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีของจังหวัดบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย จำนวน 30 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2565

ปี พ.ศ.	ปริมาณน้ำฝนสูงสุด (มม.)					
	จันทบุรี	ชลบุรี	ปราจีนบุรี	ระยอง	สระแก้ว	ตราด
2536	240.9	115.2	68.8	82	62.7	75.1
2537	327.8	125.5	163.4	88.3	98.8	98.5
2538	205.9	152.9	124.7	86.7	97.6	66.1
2539	173.7	92.7	85	112.9	193	73.2
2540	412.4	146.1	88.4	84.5	71.1	142.8
2541	292.6	176.1	58.5	95.3	113.8	73.3
2542	362.7	146.3	98.6	90.9	97	67.5
2543	343.8	221.8	89.7	194.9	140	75
2544	282.6	107.6	44.8	77.8	126.6	82.6
2545	168.3	96.6	84.2	116.3	89.4	74.4
2546	152.2	102	136.5	80.4	115.8	82
2547	169	146.6	150	86.4	73.5	73.4
2548	170.7	133.1	97.7	114.8	93.8	58.5
2549	445.3	273	62.1	84.9	72.7	84.4
2550	408	199.4	60.7	106.4	128.4	74.6
2551	308.4	135	107.2	145.6	85.1	60
2552	338.9	123.4	120.3	126.6	109.8	67.8
2553	135.8	139.6	81.4	123.7	137.1	98.5
2554	216	221.2	99.4	123.9	134.1	95.2
2555	189.2	103.6	87.6	103.1	120.3	92.5
2556	261.5	394.9	91.5	187.6	111.2	127.1
2557	186.2	141.5	99.5	107.3	148.7	79.9
2558	187.3	197.1	56.5	97.6	103.1	45.7
2559	229.5	181.7	82.2	87.2	105.9	63
2560	157.9	131.9	101.3	107	83.3	78.5
2561	272.4	84.7	71.8	95.5	67.9	93
2562	184.4	102.9	72.3	91.1	107.6	83.9
2563	139.2	106.2	71.1	97.8	87.5	114.2
2564	234.4	322.9	105.4	79	120.8	110.5
2565	248.3	135	66.4	183.2	147.5	103.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก3 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของจังหวัดบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย จำนวน 360 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2536- ธันวาคม พ.ศ. 2565

ปี พ.ศ.	เดือน	ปริมาณน้ำฝนสูงสุด (มม.)					
		จันทบุรี	ชลบุรี	ปราจีนบุรี	ระยอง	สระแก้ว	ตราด
2536	มกราคม	21.2	18.0	0.4	32.0	0.1	53.6
	กุมภาพันธ์	7.2	0.0	0.3	28.6	0.0	0.4
	มีนาคม	58.8	16.7	78.0	33.0	75.1	77.3
	เมษายน	27.6	14.5	73.7	29.5	10.3	50.0
	พฤษภาคม	88.5	47.5	33.0	51.7	23.7	68.3
	มิถุนายน	54.1	23.0	31.2	53.1	27.2	120.3
	กรกฎาคม	69.1	13.0	60.4	14.4	62.4	127.9
	สิงหาคม	84.0	37.4	82.0	28.6	60.3	240.9
	กันยายน	115.2	68.8	54.5	62.7	29.1	124.7
	ตุลาคม	42.9	35.9	56.4	57.2	26.6	62.2
	พฤศจิกายน	12.3	1.6	0.0	24.6	0.5	6.5
	ธันวาคม	0.2	1.1	2.2	3.1	1.5	12.5
2537	มกราคม	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.2
	กุมภาพันธ์	28.3	4.5	0.8	3.0	12.0	8.9
	มีนาคม	44.0	12.4	27.4	46.9	45.9	12.1
	เมษายน	19.8	59.8	48.0	39.0	19.7	30.9
	พฤษภาคม	36.9	59.6	50.9	98.8	47.6	90.1
	มิถุนายน	96.5	163.4	88.3	66.2	36.2	131.5
	กรกฎาคม	44.5	24.4	21.1	25.9	98.5	104.8
	สิงหาคม	125.5	27.3	63.5	38.5	26.3	327.8
	กันยายน	86.6	48.7	45.6	73.9	34.9	123.7
	ตุลาคม	34.6	75.6	21.5	11.9	45.4	34.6
	พฤศจิกายน	9.0	23.1	0.0	1.8	0.9	32.1
	ธันวาคม	3.1	21.4	14.9	6.0	2.0	31.0
2538	มกราคม	18.8	29.7	1.9	29.6	29.4	9.0
	กุมภาพันธ์	24.0	7.0	0.2	0.9	11.0	15.5
	มีนาคม	26.7	22.9	17.2	37.3	17.4	57.7
	เมษายน	23.3	43.0	16.0	24.2	64.8	50.5
	พฤษภาคม	86.7	28.4	55.9	71.0	43.2	43.2
	มิถุนายน	103.5	20.3	66.5	77.4	27.2	103.9
	กรกฎาคม	57.5	29.0	30.9	77.3	40.3	146.0
	สิงหาคม	152.9	124.7	86.7	64.4	61.8	205.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก3(ต่อ) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของจังหวัดบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย จำนวน 360 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2536- ธันวาคม พ.ศ. 2565

ปี พ.ศ.	เดือน	ปริมาณน้ำฝนสูงสุด (มม.)					
		จันทบุรี	ชลบุรี	ปราจีนบุรี	ระยอง	สระแก้ว	ตราด
	กันยายน	147.6	42.2	76.8	66.1	66.1	70.2
	ตุลาคม	64.7	48.6	57.7	97.6	35.8	75.6
	พฤศจิกายน	5.1	30.1	0.8	73.4	4.6	8.8
	ธันวาคม	1.9	2.1	0.5	1.0	3.0	5.7
2539	มกราคม	5.1	0.3	2.0	10.0	0.0	5.8
	กุมภาพันธ์	41.6	20.2	11.2	53.4	50.7	16.7
	มีนาคม	9.8	23.6	37.0	37.6	2.5	13.4
	เมษายน	47.8	21.0	66.7	45.6	51.2	56.5
	พฤษภาคม	84.7	50.2	112.9	66.6	14.7	59.0
	มิถุนายน	92.7	50.3	32.7	139.9	44.5	95.4
	กรกฎาคม	49.0	51.5	20.8	58.8	64.3	111.1
	สิงหาคม	59.5	63.5	76.8	63.2	12.9	159.6
	กันยายน	86.3	85.0	39.4	193.0	73.2	173.7
	ตุลาคม	60.1	31.9	52.7	50.8	28.9	39.9
	พฤศจิกายน	28.1	22.4	35.7	33.2	33.0	50.6
	ธันวาคม	0.0	1.3	0.0	0.5	0.1	4.8
2540	มกราคม	6.6	0.0	6.2	0.0	2.8	30.8
	กุมภาพันธ์	31.8	2.2	0.0	22.5	55.8	33.8
	มีนาคม	64.7	42.1	40.4	35.8	35.5	50.7
	เมษายน	21.1	46.2	77.4	31.8	41.1	72.3
	พฤษภาคม	47.5	17.0	24.4	29.0	55.7	94.0
	มิถุนายน	43.6	58.7	13.9	1.7	40.9	142.4
	กรกฎาคม	92.9	12.4	41.2	17.2	50.1	412.4
	สิงหาคม	63.7	7.8	84.5	11.1	34.5	185.7
	กันยายน	146.1	88.4	42.1	68.3	142.8	76.3
	ตุลาคม	38.7	40.5	27.4	43.4	20.0	60.3
	พฤศจิกายน	23.1	9.6	17.6	71.1	0.5	11.5
	ธันวาคม	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.5
2541	มกราคม	0.0	0.0	0.0	30.2	26.3	0.5
	กุมภาพันธ์	13.0	5.9	0.4	28.0	13.8	50.0
	มีนาคม	1.5	26.5	6.5	1.0	12.0	85.1
	เมษายน	10.1	10.4	9.2	113.8	28.8	51.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก3(ต่อ) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของจังหวัดบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย จำนวน 360 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2536- ธันวาคม พ.ศ. 2565

ปี พ.ศ.	เดือน	ปริมาณน้ำฝนสูงสุด (มม.)					
		จันทบุรี	ชลบุรี	ปราจีนบุรี	ระยอง	สระแก้ว	ตราด
	พฤษภาคม	120.9	33.4	95.3	50.2	45.9	131.5
	มิถุนายน	176.1	56.2	55.8	80.0	42.0	151.2
	กรกฎาคม	96.6	44.9	67.7	78.0	33.6	87.6
	สิงหาคม	150.3	48.4	77.5	49.1	63.2	292.6
	กันยายน	121.4	55.3	54.0	60.0	73.3	187.6
	ตุลาคม	40.7	58.5	17.9	68.0	53.7	40.5
	พฤศจิกายน	7.5	14.9	12.5	20.5	16.0	27.7
	ธันวาคม	15.0	0.3	5.7	4.5	0.0	5.2
2542	มกราคม	0.8	8.3	2.7	1.2	1.7	37.9
	กุมภาพันธ์	14.9	2.3	8.4	4.9	0.8	26.1
	มีนาคม	37.0	30.5	30.1	80.8	45.5	63.1
	เมษายน	97.9	54.5	88.4	62.5	6.0	99.8
	พฤษภาคม	97.5	98.6	48.3	52.0	53.5	128.9
	มิถุนายน	53.0	13.1	53.0	10.0	67.5	136.8
	กรกฎาคม	137.9	50.1	55.2	18.6	38.6	362.7
	สิงหาคม	67.4	21.3	74.4	33.6	28.5	139.6
	กันยายน	146.3	68.4	90.9	73.0	66.1	60.3
	ตุลาคม	106.6	73.6	29.7	97.0	63.2	39.1
	พฤศจิกายน	39.1	23.9	22.8	28.9	28.7	21.5
	ธันวาคม	0.3	0.0	0.1	0.8	1.8	5.8
2543	มกราคม	20.2	0.0	0.0	7.2	24.8	17.2
	กุมภาพันธ์	11.2	20.8	35.2	22.8	2.2	78.9
	มีนาคม	8.7	44.6	15.3	6.0	15.3	37.1
	เมษายน	39.2	43.0	189.0	78.5	56.3	50.0
	พฤษภาคม	83.9	89.7	96.8	43.9	51.9	97.2
	มิถุนายน	221.8	63.1	42.3	40.4	44.3	216.5
	กรกฎาคม	132.1	37.2	60.8	61.1	49.0	248.5
	สิงหาคม	74.1	21.0	194.9	33.0	48.2	343.8
	กันยายน	49.8	52.8	62.8	140.0	38.7	122.1
	ตุลาคม	38.8	26.3	76.8	32.0	75.0	78.2
	พฤศจิกายน	70.3	3.8	0.3	2.5	2.5	4.6
	ธันวาคม	18.2	0.0	0.0	2.4	2.3	5.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก3(ต่อ) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของจังหวัดบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย จำนวน 360 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2536- ธันวาคม พ.ศ. 2565

ปี พ.ศ.	เดือน	ปริมาณน้ำฝนสูงสุด (มม.)					
		จันทบุรี	ชลบุรี	ปราจีนบุรี	ระยอง	สระแก้ว	ตราด
2544	มกราคม	54.0	3.5	0.0	29.7	1.0	42.7
	กุมภาพันธ์	12.0	13.6	3.0	7.5	6.4	10.5
	มีนาคม	53.8	24.6	49.7	126.6	62.4	75.6
	เมษายน	58.9	9.5	20.1	32.4	29.6	29.0
	พฤษภาคม	92.4	37.2	43.2	48.8	53.4	164.4
	มิถุนายน	69.1	21.5	25.7	25.8	53.2	172.6
	กรกฎาคม	86.4	5.8	77.8	19.6	41.7	162.0
	สิงหาคม	88.0	42.2	46.9	90.0	39.9	282.6
	กันยายน	107.6	44.8	32.7	48.2	82.6	49.9
	ตุลาคม	36.0	44.6	44.4	65.2	51.0	48.5
	พฤศจิกายน	18.5	26.0	1.1	7.1	9.1	21.5
	ธันวาคม	2.9	0.0	1.2	0.0	1.9	17.5
2545	มกราคม	1.1	14.0	0.5	3.8	0.0	0.7
	กุมภาพันธ์	1.4	6.2	0.0	20.9	72.2	58.1
	มีนาคม	10.3	11.9	52.1	21.0	8.8	69.5
	เมษายน	46.7	54.8	49.4	8.2	36.6	64.4
	พฤษภาคม	88.0	84.2	87.1	30.3	26.2	82.2
	มิถุนายน	96.6	49.5	73.1	44.6	33.4	168.3
	กรกฎาคม	63.8	16.0	116.3	28.9	51.3	112.3
	สิงหาคม	47.7	21.9	52.7	58.6	74.4	146.8
	กันยายน	77.7	23.7	58.1	89.4	58.8	129.3
	ตุลาคม	60.0	25.6	20.6	58.6	39.3	34.4
	พฤศจิกายน	24.5	32.3	15.9	11.8	7.8	52.9
	ธันวาคม	15.4	15.2	2.0	28.3	9.5	35.4
2546	มกราคม	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	กุมภาพันธ์	43.6	22.2	26.2	23.3	6.6	81.2
	มีนาคม	30.0	53.3	23.5	54.5	11.0	77.7
	เมษายน	36.9	25.0	53.1	15.9	33.0	61.7
	พฤษภาคม	16.3	42.5	80.4	30.7	50.1	62.9
	มิถุนายน	68.3	28.8	69.0	106.4	73.9	97.9
	กรกฎาคม	102.0	29.0	65.5	115.8	51.9	149.8
	สิงหาคม	82.3	136.5	65.1	21.3	82.0	152.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก3(ต่อ) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของจังหวัดบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย จำนวน 360 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2536- ธันวาคม พ.ศ. 2565

ปี พ.ศ.	เดือน	ปริมาณน้ำฝนสูงสุด (มม.)					
		จันทบุรี	ชลบุรี	ปราจีนบุรี	ระยอง	สระแก้ว	ตราด
	กันยายน	64.9	69.1	69.0	47.0	50.1	142.6
	ตุลาคม	42.7	56.9	65.8	33.9	48.1	66.3
	พฤศจิกายน	0.4	0.0	0.3	6.1	0.0	1.1
	ธันวาคม	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2547	มกราคม	113.8	15.6	7.4	7.2	8.9	32.1
	กุมภาพันธ์	7.9	52.6	24.8	2.9	49.3	52.3
	มีนาคม	36.9	8.9	4.3	3.6	2.4	50.5
	เมษายน	32.1	4.1	7.5	11.7	51.0	18.4
	พฤษภาคม	99.8	58.5	55.8	45.8	15.4	110.2
	มิถุนายน	97.4	34.2	65.5	54.7	62.1	140.2
	กรกฎาคม	146.6	150.0	86.4	26.8	54.1	149.0
	สิงหาคม	92.8	33.6	62.5	13.4	50.3	169.0
	กันยายน	35.4	75.4	39.7	73.5	73.4	47.8
	ตุลาคม	38.2	21.8	53.1	60.3	30.1	144.3
	พฤศจิกายน	27.2	0.1	0.0	11.4	9.6	11.0
	ธันวาคม	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2548	มกราคม	23.4	34.0	0.0	45.9	15.9	6.2
	กุมภาพันธ์	0.6	0.0	7.1	0.0	17.3	18.6
	มีนาคม	33.8	26.2	8.6	27.6	10.1	14.4
	เมษายน	70.2	14.2	33.9	59.7	23.9	34.4
	พฤษภาคม	59.4	20.3	17.5	17.5	26.3	65.7
	มิถุนายน	115.8	97.7	60.5	62.1	34.0	156.8
	กรกฎาคม	72.1	27.1	114.8	32.5	23.9	170.7
	สิงหาคม	72.5	37.3	65.3	44.5	25.7	80.5
	กันยายน	133.1	89.9	98.6	93.8	58.5	134.2
	ตุลาคม	70.2	29.2	21.9	37.4	44.3	33.9
	พฤศจิกายน	67.6	33.5	72.0	23.0	8.4	52.2
	ธันวาคม	5.0	5.1	22.1	11.0	20.7	43.8
2549	มกราคม	0.0	0.0	0.0	12.0	2.0	41.0
	กุมภาพันธ์	21.1	0.0	8.7	72.7	27.9	76.7
	มีนาคม	55.9	13.6	53.3	34.8	46.0	35.3
	เมษายน	33.5	48.0	50.2	72.6	56.0	69.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก3(ต่อ) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของจังหวัดบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย จำนวน 360 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2536- ธันวาคม พ.ศ. 2565

ปี พ.ศ.	เดือน	ปริมาณน้ำฝนสูงสุด (มม.)					
		จันทบุรี	ชลบุรี	ปราจีนบุรี	ระยอง	สระแก้ว	ตราด
	พฤษภาคม	95.5	31.6	46.9	60.7	22.8	116.5
	มิถุนายน	100.6	25.5	32.7	38.7	53.4	155.0
	กรกฎาคม	153.2	46.4	37.3	43.3	43.4	445.3
	สิงหาคม	118.9	45.3	51.7	26.2	84.4	211.3
	กันยายน	151.9	37.4	84.9	42.4	48.4	141.0
	ตุลาคม	273.0	62.1	46.1	56.8	30.9	133.1
	พฤศจิกายน	67.6	16.2	0.2	2.3	3.4	29.9
	ธันวาคม	1.3	0.0	0.0	7.0	0.4	0.0
2550	มกราคม	17.3	2.8	5.2	7.4	4.0	35.0
	กุมภาพันธ์	12.3	0.3	14.9	0.0	3.6	73.3
	มีนาคม	88.9	7.2	1.3	1.6	11.8	12.5
	เมษายน	58.4	53.5	59.2	39.4	53.0	60.0
	พฤษภาคม	87.3	49.6	106.4	128.4	56.5	98.9
	มิถุนายน	100.9	60.7	43.6	51.6	62.6	166.4
	กรกฎาคม	199.4	30.0	47.4	65.7	74.6	210.2
	สิงหาคม	57.2	27.6	80.9	61.2	18.2	142.3
	กันยายน	77.9	52.7	61.7	47.7	60.3	123.7
	ตุลาคม	47.0	21.7	73.7	18.5	40.4	408.0
	พฤศจิกายน	7.9	2.8	1.0	15.6	38.7	63.8
	ธันวาคม	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
2551	มกราคม	42.8	0.0	0.0	2.8	9.7	0.8
	กุมภาพันธ์	44.5	31.6	9.5	21.1	52.0	28.4
	มีนาคม	44.2	14.6	34.9	43.7	1.7	45.1
	เมษายน	54.2	41.0	79.9	48.8	35.1	70.1
	พฤษภาคม	135.0	34.7	121.3	49.1	60.0	66.3
	มิถุนายน	88.0	27.1	40.8	38.2	30.9	161.6
	กรกฎาคม	78.8	62.7	41.6	56.0	43.4	131.9
	สิงหาคม	58.6	61.8	51.3	85.1	57.8	150.6
	กันยายน	84.2	56.4	145.6	29.5	59.4	308.4
	ตุลาคม	102.5	107.2	35.1	41.1	50.1	64.2
	พฤศจิกายน	49.4	12.7	4.2	16.8	45.1	18.3
	ธันวาคม	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก3(ต่อ) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของจังหวัดบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย จำนวน 360 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2536- ธันวาคม พ.ศ. 2565

ปี พ.ศ.	เดือน	ปริมาณน้ำฝนสูงสุด (มม.)					
		จันทบุรี	ชลบุรี	ปราจีนบุรี	ระยอง	สระแก้ว	ตราด
2552	มกราคม	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
	กุมภาพันธ์	0.1	0.4	17.2	18.2	1.8	46.4
	มีนาคม	79.5	83.9	18.5	38.9	50.9	48.7
	เมษายน	56.3	32.4	49.3	35.2	67.8	81.4
	พฤษภาคม	101.5	54.9	38.7	109.8	25.0	66.6
	มิถุนายน	95.0	54.2	60.9	20.4	59.1	96.4
	กรกฎาคม	87.2	60.0	126.6	97.3	10.0	263.6
	สิงหาคม	79.3	49.4	78.9	44.5	49.8	78.1
	กันยายน	123.4	120.3	74.9	62.2	35.6	338.9
	ตุลาคม	68.2	28.8	21.2	64.6	43.4	67.5
	พฤศจิกายน	0.5	45.6	2.6	10.0	41.1	4.9
	ธันวาคม	0.0	29.3	0.0	1.5	1.0	50.3
2553	มกราคม	13.9	9.8	18.3	48.0	1.1	28.3
	กุมภาพันธ์	88.5	30.7	19.8	4.3	10.8	91.8
	มีนาคม	43.4	10.2	21.9	16.0	47.8	55.0
	เมษายน	50.9	7.9	33.5	39.2	26.8	81.2
	พฤษภาคม	50.7	35.1	71.5	63.6	98.5	55.7
	มิถุนายน	91.4	39.6	88.1	39.5	14.1	80.6
	กรกฎาคม	139.6	77.8	46.0	137.1	38.9	135.8
	สิงหาคม	89.1	31.3	123.7	115.4	77.3	113.5
	กันยายน	60.2	31.3	59.4	43.2	32.4	53.6
	ตุลาคม	112.0	81.4	27.9	23.8	77.8	111.3
	พฤศจิกายน	5.7	0.0	0.6	11.2	3.6	13.6
	ธันวาคม	22.3	3.4	0.0	0.0	7.7	6.4
2554	มกราคม	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	กุมภาพันธ์	17.2	12.0	20.3	18.2	1.0	32.0
	มีนาคม	46.7	44.6	101.4	30.1	17.7	67.5
	เมษายน	64.0	52.0	45.1	55.1	45.1	61.4
	พฤษภาคม	55.4	50.6	89.1	8.5	33.5	103.8
	มิถุนายน	92.5	40.3	28.5	59.5	48.4	216.0
	กรกฎาคม	55.2	26.4	62.3	50.6	38.1	104.7
	สิงหาคม	86.2	99.4	57.2	50.6	62.6	76.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก3(ต่อ) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของจังหวัดบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย จำนวน 360 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2536- ธันวาคม พ.ศ. 2565

ปี พ.ศ.	เดือน	ปริมาณน้ำฝนสูงสุด (มม.)					
		จันทบุรี	ชลบุรี	ปราจีนบุรี	ระยอง	สระแก้ว	ตราด
	กันยายน	221.2	83.0	123.9	134.1	45.1	197.2
	ตุลาคม	84.3	85.7	87.1	31.4	95.2	153.6
	พฤศจิกายน	23.4	5.5	0.0	12.1	4.8	6.5
	ธันวาคม	0.0	0.0	0.0	0.6	0.4	13.4
2555	มกราคม	32.9	23.1	12.6	36.8	9.0	41.8
	กุมภาพันธ์	63.6	7.8	0.0	54.7	1.4	86.6
	มีนาคม	40.8	38.4	13.8	26.1	18.6	75.3
	เมษายน	12.4	25.0	11.9	7.3	47.6	82.0
	พฤษภาคม	85.9	42.4	43.5	50.0	67.7	69.7
	มิถุนายน	35.1	87.6	63.7	27.2	24.2	189.2
	กรกฎาคม	103.6	30.8	66.6	120.3	44.2	145.6
	สิงหาคม	70.2	16.3	44.0	25.4	20.2	85.1
	กันยายน	64.8	53.9	103.1	90.5	92.5	142.0
	ตุลาคม	52.6	54.8	13.1	38.9	30.7	46.5
	พฤศจิกายน	61.3	42.8	49.6	15.3	42.3	59.9
	ธันวาคม	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	52.9
2556	มกราคม	47.5	20.9	0.9	78.8	0.1	102.4
	กุมภาพันธ์	31.5	14.2	5.0	3.4	18.8	0.8
	มีนาคม	31.3	25.5	15.8	27.7	4.2	81.7
	เมษายน	56.7	30.4	15.0	42.3	64.5	54.9
	พฤษภาคม	31.3	28.6	42.4	31.6	29.4	58.7
	มิถุนายน	79.1	36.0	137.3	111.2	127.1	118.7
	กรกฎาคม	394.9	82.7	89.1	42.6	61.3	261.5
	สิงหาคม	81.1	57.5	80.7	62.1	75.8	140.6
	กันยายน	98.1	83.4	187.6	55.5	59.3	170.0
	ตุลาคม	71.6	91.5	72.8	69.8	53.8	26.8
	พฤศจิกายน	22.7	30.4	12.7	22.8	33.8	35.0
	ธันวาคม	1.9	4.0	4.2	5.0	0.0	14.4
2557	มกราคม	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	กุมภาพันธ์	12.0	5.2	0.0	11.2	1.0	16.3
	มีนาคม	50.8	99.5	0.4	1.0	79.9	52.4
	เมษายน	31.6	17.2	22.4	29.0	30.2	27.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก3(ต่อ) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของจังหวัดบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย จำนวน 360 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2536- ธันวาคม พ.ศ. 2565

ปี พ.ศ.	เดือน	ปริมาณน้ำฝนสูงสุด (มม.)					
		จันทบุรี	ชลบุรี	ปราจีนบุรี	ระยอง	สระแก้ว	ตราด
	พฤษภาคม	51.9	22.7	94.7	9.3	24.5	69.2
	มิถุนายน	125.4	29.1	25.8	23.6	30.4	110.6
	กรกฎาคม	116.9	26.1	44.6	42.6	21.9	157.0
	สิงหาคม	55.2	23.1	45.7	69.1	56.6	161.6
	กันยายน	141.5	79.8	107.3	30.1	58.4	186.2
	ตุลาคม	53.1	37.7	74.3	148.7	53.6	64.8
	พฤศจิกายน	20.7	26.0	4.1	45.8	24.2	54.5
	ธันวาคม	12.3	1.5	1.2	4.5	10.4	8.2
2558	มกราคม	11.9	0.0	6.0	1.3	0.0	16.2
	กุมภาพันธ์	12.7	10.3	13.7	16.6	7.7	5.8
	มีนาคม	5.9	27.6	97.6	12.5	24.1	15.2
	เมษายน	67.6	38.2	18.1	16.3	18.5	31.0
	พฤษภาคม	70.5	5.0	32.4	84.0	7.9	109.9
	มิถุนายน	197.1	41.9	63.7	53.5	30.6	174.4
	กรกฎาคม	97.5	27.6	42.4	12.6	33.2	143.0
	สิงหาคม	101.6	27.4	92.3	54.7	29.4	187.3
	กันยายน	79.2	56.5	49.1	103.1	45.7	162.5
	ตุลาคม	135.3	47.6	64.2	54.0	44.4	88.0
	พฤศจิกายน	30.0	6.7	14.1	40.3	28.0	96.0
	ธันวาคม	19.2	31.7	2.5	40.2	0.0	25.2
2559	มกราคม	14.7	74.0	22.7	33.8	2.4	37.1
	กุมภาพันธ์	3.3	0.0	0.0	5.3	0.0	22.5
	มีนาคม	18.2	1.4	12.9	1.0	4.1	138.2
	เมษายน	16.9	8.5	17.2	0.0	40.0	49.5
	พฤษภาคม	60.0	37.3	46.3	61.7	28.8	60.5
	มิถุนายน	135.4	59.1	34.6	30.3	63.0	177.3
	กรกฎาคม	79.2	59.3	87.2	68.1	37.8	189.7
	สิงหาคม	101.8	82.2	52.1	53.6	24.5	139.0
	กันยายน	181.7	76.1	56.4	105.9	38.2	229.5
	ตุลาคม	67.7	46.0	58.1	42.8	23.0	99.1
	พฤศจิกายน	54.0	23.1	10.1	32.2	13.4	29.7
	ธันวาคม	0.5	0.0	0.0	0.6	2.7	25.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก3(ต่อ) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของจังหวัดบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย จำนวน 360 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2536- ธันวาคม พ.ศ. 2565

ปี พ.ศ.	เดือน	ปริมาณน้ำฝนสูงสุด (มม.)					
		จันทบุรี	ชลบุรี	ปราจีนบุรี	ระยอง	สระแก้ว	ตราด
2560	มกราคม	34.7	48.7	3.0	45.4	23.6	19.7
	กุมภาพันธ์	12.1	0.5	4.2	0.8	73.8	29.3
	มีนาคม	36.5	17.9	36.5	83.3	53.0	41.9
	เมษายน	79.7	25.0	12.7	59.4	32.7	29.9
	พฤษภาคม	116.9	92.4	66.8	69.3	59.0	79.8
	มิถุนายน	82.2	70.9	61.5	27.3	25.6	126.8
	กรกฎาคม	131.9	101.3	42.3	41.2	31.4	107.7
	สิงหาคม	92.3	56.8	107.0	56.0	78.5	119.2
	กันยายน	119.4	34.5	46.3	64.5	31.2	157.9
	ตุลาคม	24.7	46.4	39.8	49.4	64.7	48.5
	พฤศจิกายน	51.1	14.5	10.5	44.6	19.6	56.7
	ธันวาคม	7.5	7.1	5.7	7.2	4.6	26.5
2561	มกราคม	44.4	27.2	72.9	2.2	55.0	33.6
	กุมภาพันธ์	5.1	13.8	34.7	6.5	12.0	45.9
	มีนาคม	61.2	6.2	7.5	46.7	48.8	85.1
	เมษายน	60.9	66.4	72.7	63.4	35.1	49.1
	พฤษภาคม	43.2	28.1	33.8	67.9	37.6	79.5
	มิถุนายน	84.7	37.8	61.7	32.9	43.5	92.8
	กรกฎาคม	38.1	12.4	83.1	7.0	44.0	272.4
	สิงหาคม	82.1	25.1	58.7	26.1	25.7	113.3
	กันยายน	83.5	71.8	95.5	46.2	93.0	203.4
	ตุลาคม	60.7	50.4	28.1	23.2	41.9	115.9
	พฤศจิกายน	36.0	22.0	9.7	38.7	3.2	23.6
	ธันวาคม	14.8	10.4	8.8	1.4	33.3	19.7
2562	มกราคม	0.0	3.6	0.0	4.1	0.0	1.0
	กุมภาพันธ์	6.2	40.6	0.8	6.0	0.1	22.5
	มีนาคม	93.0	21.9	22.4	50.2	39.2	72.1
	เมษายน	36.3	37.7	36.7	107.6	30.4	77.7
	พฤษภาคม	27.1	46.5	89.7	71.9	14.9	103.9
	มิถุนายน	60.5	72.3	59.3	15.3	47.0	139.4
	กรกฎาคม	102.9	30.0	65.4	22.9	24.7	105.9
	สิงหาคม	93.6	28.6	91.1	7.2	24.1	184.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก3(ต่อ) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของจังหวัดบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย จำนวน 360 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2536- ธันวาคม พ.ศ. 2565

ปี พ.ศ.	เดือน	ปริมาณน้ำฝนสูงสุด (มม.)					
		จันทบุรี	ชลบุรี	ปราจีนบุรี	ระยอง	สระแก้ว	ตราด
	กันยายน	70.4	56.6	38.3	51.1	83.9	180.2
	ตุลาคม	46.4	23.3	10.3	42.4	21.7	22.4
	พฤศจิกายน	18.1	31.9	4.9	12.1	0.7	57.8
	ธันวาคม	0.0	0.0	0.0	3.5	0.0	2.2
2563	มกราคม	33.7	7.0	0.0	1.7	0.0	85.0
	กุมภาพันธ์	18.4	7.6	0.0	14.9	0.0	16.8
	มีนาคม	56.0	70.2	7.7	2.0	61.5	63.6
	เมษายน	26.3	71.1	43.6	38.9	62.2	49.1
	พฤษภาคม	63.4	35.1	46.2	87.5	33.8	42.0
	มิถุนายน	75.4	59.7	97.8	81.2	30.4	139.2
	กรกฎาคม	52.3	25.3	45.7	31.3	50.7	75.7
	สิงหาคม	106.2	44.4	51.9	11.7	65.8	133.4
	กันยายน	85.4	29.1	95.3	68.1	41.8	120.0
	ตุลาคม	56.9	62.6	53.5	50.8	114.2	92.6
	พฤศจิกายน	21.1	6.8	4.0	15.1	39.0	22.8
	ธันวาคม	15.4	13.1	0.0	8.8	0.0	1.2
2564	มกราคม	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1
	กุมภาพันธ์	64.4	3.5	8.1	44.7	0.0	28.7
	มีนาคม	43.9	105.4	5.2	34.1	43.8	23.0
	เมษายน	71.7	37.7	49.9	13.7	57.3	44.4
	พฤษภาคม	36.1	34.2	43.9	37.8	29.5	81.2
	มิถุนายน	62.6	38.2	45.8	44.0	49.7	101.4
	กรกฎาคม	237.2	41.0	79.0	64.0	91.3	138.5
	สิงหาคม	166.1	60.7	40.9	51.6	65.1	89.4
	กันยายน	174.1	38.1	53.3	120.8	110.5	234.4
	ตุลาคม	322.9	37.6	57.0	72.6	23.5	165.0
	พฤศจิกายน	16.7	24.8	3.8	50.9	8.0	52.3
	ธันวาคม	1.6	5.3	0.0	5.4	0.0	50.9
2565	มกราคม	9.8	1.4	4.3	17.1	9.2	31.0
	กุมภาพันธ์	52.3	21.6	45.2	18.5	55.7	31.8
	มีนาคม	37.0	66.4	24.4	18.4	67.4	29.2
	เมษายน	34.2	51.1	16.8	15.8	65.6	37.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก3(ต่อ) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของจังหวัดบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย จำนวน 360 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2536- ธันวาคม พ.ศ. 2565

ปี พ.ศ.	เดือน	ปริมาณน้ำฝนสูงสุด (มม.)					
		จันทบุรี	ชลบุรี	ปราจีนบุรี	ระยอง	สระแก้ว	ตราด
	พฤษภาคม	52.8	43.9	51.0	67.0	30.4	30.0
	มิถุนายน	43.1	45.0	46.5	72.3	24.4	95.4
	กรกฎาคม	81.6	46.6	69.1	62.4	36.7	186.7
	สิงหาคม	80.5	41.4	183.2	37.1	83.9	182.6
	กันยายน	135.0	40.8	140.6	143.4	103.6	248.3
	ตุลาคม	87.5	34.1	20.0	103.4	25.6	59.8
	พฤศจิกายน	32.0	35.1	34.8	147.5	18.1	47.7
	ธันวาคม	0.3	0.0	0.0	0.0	0.2	0.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

คำสั่งโปรแกรมอาร์ที่ใช้ในงานวิจัย

```
library(readxl)                          #ดาวน์โหลดแพ็คเกจ readxl
ymax <- read_excel("Ymax.xlsx")          #เรียกข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี 30ปี
attach(ymax)                             #ymax เป็น dataframe
#-----------------------------------------------------------------------------------------------------------
#การกำหนดตัวแปรข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์การแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป GEV
#Chantaburi คือ ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี ตั้งแต่พ.ศ. 2536–2565 จำนวน30ปี จังหวัดจันทบุรี
#Chonburi คือ ขปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี ตั้งแต่พ.ศ. 2536–2565 จำนวน30ปี จังหวัดชลบุรี
#Prachinburi คือ ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี ตั้งแต่พ.ศ. 2536–2565 จำนวน30ปี จังหวัดปราจีนบุรี
#Rayong คือ ขปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536–2565 จำนวน 30 ปี จังหวัดระยอง
#Sakeaw คือ ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536–2565 จำนวน30ปี จังหวัดสระแก้ว
#Trat คือ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536–2565 จำนวน30ปี จังหวัดตราด
#-----------------------------------------------------------------------------------------------------------
#พล็อตกราฟอนุกรมเวลา สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี จำนวน 30 ปี แต่ละจังหวัด
#จันทบุรี ชลบุรี ปราจีนบุรี ระยอง สระแก้ว ตราด
df.ts = ts(Chantaburi,  start = c(2536, 1))
plot.ts(df.ts, type = "l", col = "black", ylim = c(0,500), lwd = 1.5, cex.lab = 1.25,
        main = "Annual Maximum Rainfall at Chantaburi", xlab = "Year", ylab =
        "Rainfall (mm)")
df.ts = ts(Chonburi,  start = c(2536, 1))
plot.ts(df.ts, type = "l", col = "black", ylim = c(0,500), lwd = 1.5, cex.lab = 1.25,
        main = "Annual Maximum Rainfall at Chonburi", xlab = "Year", ylab = "Rainfall
        (mm)")
df.ts = ts(Prachinburi,  start = c(2536, 1))
plot.ts(df.ts, type = "l", col = "black", ylim = c(0,500), lwd = 1.5, cex.lab = 1.25,
        main = "Annual Maximum Rainfall at Prachinburi", xlab = "Year", ylab =
        "Rainfall (mm)")
df.ts = ts(Rayong,  start = c(2536, 1))
plot.ts(df.ts, type = "l", col = "black", ylim = c(0,500), lwd = 1.5, cex.lab = 1.25,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        main = "Annual Maximum Rainfall at Rayong", xlab = "Year", ylab = "Rainfall
        (mm)")
df.ts = ts(Sakeaw,  start = c(2536, 1))
plot.ts(df.ts, type = "l", col = "black", ylim = c(0,500), lwd = 1.5, cex.lab = 1.25,
        main = "Annual Maximum Rainfall at Sakeaw", xlab = "Year", ylab = "Rainfall
        (mm)")
df.ts = ts(Trat,  start = c(2536, 1))
plot.ts(df.ts, type = "l", col = "black", ylim = c(0,500), lwd = 1.5, cex.lab = 1.25,
        main = "Annual Maximum Rainfall at Trat", xlab = "Year", ylab = "Rainfall
        (mm)")
#-------------------------------------------------------------------------------------------------------
#การคำนวณค่าสถิติเบื้องต้น ข้อมูลรายปี
library(moments)                    #ดาวน์โหลดแพ็คเกจ moments
summary(ymax)                       #ค่าสูงสุด-ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของทุกจังหวัด
sd(Chantaburi)                      #ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
sd(Chonburi)
sd(Prachinburi)
sd(Sakeaw)
sd(Rayong)
sd(Trat)
skewness(ymax)                      #ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ ของทุกจังหวัด
kurtosis(ymax)                      #ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง ของทุกจังหวัด
#-------------------------------------------------------------------------------------------------------
#สร้าง Histogram ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี
par(mfrow = c(2,3))
hist(Chantaburi, main = "Chantaburi", xlab = "Millimeter", cex.main = 1.1,
        ylim = c(0,20))
hist(Chonburi, main = "Chonburi", xlab = "Millimeter", cex.main = 1.1,
        ylim = c(0,20))
hist(Prachinburi, main = "Prachinburi", xlab = "Millimeter", cex.main = 1.1,
        ylim = c(0,20))
hist(Rayong, main = "Rayong", xlab = "Millimeter", cex.main = 1.1,
        ylim = c(0,20))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
hist(Sakeaw, main = "Sakeaw", xlab = "Millimeter", cex.main = 1.1,
        ylim = c(0,20))
hist(Trat, main = "Trat", xlab = "Millimeter", cex.main = 1.1,
        ylim = c(0,20))
mtext("Histogram of Annual Maximum Rainfall", outer = TRUE, side = 3,
        line = -1.6, cex = 1.1)
#-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
#ทดสอบความคงที่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี โดยสถิติทดสอบ ADF Test
library(tseries)                                    #ดาวน์โหลดแพ็คเกจ tseries
adf.test(Chantaburi, alternative = "stationary")
adf.test(Chonburi, alternative = "stationary")
adf.test(Prachinburi, alternative = "stationary")
adf.test(Rayong, alternative = "stationary")
adf.test(Sakeaw, alternative = "stationary")
adf.test(Trat, alternative = "stationary")
#-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
#การประมาณค่าพารามิเตอร์
library(extRemes)                   #ดาวน์โหลดแพ็คเกจ extRemes
#การกำหนดฟังก์ชันสำหรับตัวแบบเมื่อกระบวนการไม่คงที่
n = length(Chantaburi)
t = seq(1,n)                        # beta0+beta1*t #ฟังก์ชันเชิงเส้น
t_t  = data.frame(t,t^2)
tt = as.matrix(t_t)                 # beta0+beta1*t+beta2*t^2 #ฟังก์ชันเชิงกำลังสอง
l_t = log(t)                        # exp(beta0+beta1*t)  #ฟังก์ชันเชิงชี้กำลัง
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง GEV สำหรับจันทบุรี ตัวแบบที่1 เมื่อกระบวนการคงที่
#โดยวิธี MLE (แทนด้วย changev_M1_M) #โดยวิธี GMLE (แทนด้วย changev_M1_G)
(changev_M1_M <- fevd(Chantaburi, type = "GEV", method = "MLE",  units = "mm"))
(changev_M1_G <- fevd(Chantaburi, type = "GEV", method = "GMLE", units = "mm"))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง GEV สำหรับจังหวัดชลบุรี (แทนด้วย chongev)
#ตัวแบบที่ 2-8 (แทนด้วย M2-M8) เมื่อกระบวนการไม่คงที่ โดยวิธี MLE (แทนด้วย M)
(chongev_M2_M <- fevd(Chonburi, type = "GEV", location.fun = ~t,
        method = "MLE", units = "mm"))
(chongev_M3_M <- fevd(Chonburi, type = "GEV", location.fun = ~tt,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        method = "MLE", units = "mm"))
(chongev_M4_M <- fevd(Chonburi, type = "GEV", location.fun = ~l_t, use.phi = TRUE,
        method = "MLE", units = "mm"))
(chongev_M5_M <- fevd(Chonburi, type = "GEV", location.fun = ~1, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "MLE", units = "mm"))
(chongev_M6_M <- fevd(Chonburi, type = "GEV", location.fun = ~t, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "MLE", units = "mm"))
(chongev_M7_M <- fevd(Chonburi, type = "GEV", location.fun = ~tt, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "MLE", units = "mm"))
(chongev_M8_M <- fevd(Chonburi, type = "GEV", location.fun = ~l_t, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "MLE", units = "mm"))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง GEV สำหรับจังหวัดชลบุรี (แทนด้วย chongev)
#ตัวแบบที่ 2-8 (แทนด้วย M2-M8) เมื่อกระบวนการไม่คงที่ โดยวิธี GMLE (แทนด้วย G)
(chongev_M2_G <- fevd(Chonburi, type = "GEV", location.fun = ~t,
        method = "GMLE", units = "mm"))
(chongev_M3_G <- fevd(Chonburi, type = "GEV", location.fun = ~tt,
        method = "GMLE", units = "mm"))
(chongev_M4_G <- fevd(Chonburi, type = "GEV", location.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "GMLE", units = "mm"))
(chongev_M5_G <- fevd(Chonburi, type = "GEV", location.fun = ~1, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "GMLE", units = "mm"))
(chongev_M6_G <- fevd(Chonburi, type = "GEV", location.fun = ~t, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "GMLE", units = "mm"))
(chongev_M7_G <- fevd(Chonburi, type = "GEV", location.fun = ~tt, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "GMLE", units = "mm"))
(chongev_M8_G <- fevd(Chonburi, type = "GEV", location.fun = ~l_t, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "GMLE", units = "mm"))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง GEV สำหรับจังหวัดปราจีนบุรี (แทนด้วย pragev)
#ตัวแบบที่ 2-8 (แทนด้วย M2-M8) เมื่อกระบวนการไม่คงที่ โดยวิธี MLE (แทนด้วย M)
(pragev_M2_M <- fevd(Prachinburi, type = "GEV", location.fun = ~t,
        method = "MLE", units = "mm"))
(pragev_M3_M <- fevd(Prachinburi, type = "GEV", location.fun = ~tt,
        method = "MLE", units = "mm"))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
(pragev_M4_M <- fevd(Prachinburi, type = "GEV", location.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "MLE", units = "mm"))
(pragev_M5_M <- fevd(Prachinburi, type = "GEV", location.fun = ~1, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "MLE", units = "mm"))
(pragev_M6_M <- fevd(Prachinburi, type = "GEV", location.fun = ~t, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "MLE", units = "mm"))
(pragev_M7_M <- fevd(Prachinburi, type = "GEV", location.fun = ~tt, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "MLE", units = "mm"))
(pragev_M8_M <- fevd(Prachinburi, type = "GEV", location.fun = ~l_t, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "MLE", units = "mm"))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง GEV สำหรับจังหวัดปราจีนบุรี (แทนด้วย pragev)
#ตัวแบบที่ 2-8 (แทนด้วย M2-M8) เมื่อกระบวนการไม่คงที่ โดยวิธี GMLE (แทนด้วย G)
(pragev_M2_G <- fevd(Prachinburi, type = "GEV", location.fun = ~t,
        method = "GMLE", units = "mm"))
(pragev_M3_G <- fevd(Prachinburi, type = "GEV", location.fun = ~tt,
        method = "GMLE", units = "mm"))
(pragev_M4_G <- fevd(Prachinburi, type = "GEV", location.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "GMLE", units = "mm"))
(pragev_M5_G <- fevd(Prachinburi, type = "GEV", location.fun = ~1, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "GMLE", units = "mm"))
(pragev_M6_G <- fevd(Prachinburi, type = "GEV", location.fun = ~t, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "GMLE", units = "mm"))
(pragev_M7_G <- fevd(Prachinburi, type = "GEV", location.fun = ~tt, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "GMLE", units = "mm"))
(pragev_M8_G <- fevd(Prachinburi, type = "GEV", location.fun = ~l_t, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "GMLE", units = "mm"))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง GEV สำหรับจังหวัดระยอง (แทนด้วย raygev)
#ตัวแบบที่ 2-8 (แทนด้วย M2-M8) เมื่อกระบวนการไม่คงที่ โดยวิธี MLE (แทนด้วย M)
(raygev_M2_M <- fevd(Rayong, type = "GEV", location.fun = ~t,
        method = "MLE", units = "mm"))
(raygev_M3_M <- fevd(Rayong, type = "GEV", location.fun = ~tt,
        method = "MLE", units = "mm"))
(raygev_M4_M <- fevd(Rayong, type = "GEV", location.fun = ~l_t,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        use.phi = TRUE, method = "MLE", units = "mm"))
(raygev_M5_M <- fevd(Rayong, type = "GEV", location.fun = ~1, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "MLE", units = "mm"))
(raygev_M6_M <- fevd(Rayong, type = "GEV", location.fun = ~t, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "MLE", units = "mm"))
(raygev_M7_M <- fevd(Rayong, type = "GEV", location.fun = ~tt, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "MLE", units = "mm"))
(raygev_M8_M <- fevd(Rayong, type = "GEV", location.fun = ~l_t, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "MLE", units = "mm"))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง GEV สำหรับจังหวัดระยอง (แทนด้วย raygev)
#ตัวแบบที่ 2-8 (แทนด้วย M2-M8) เมื่อกระบวนการไม่คงที่ โดยวิธี GMLE (แทนด้วย G)
(raygev_M2_G <- fevd(Rayong, type = "GEV", location.fun = ~t,
        method = "GMLE", units = "mm"))
(raygev_M3_G <- fevd(Rayong, type = "GEV", location.fun = ~tt,
        method = "GMLE", units = "mm"))
(raygev_M4_G <- fevd(Rayong, type = "GEV", location.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "GMLE", units = "mm"))
(raygev_M5_G <- fevd(Rayong, type = "GEV", location.fun = ~1, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "GMLE", units = "mm"))
(raygev_M6_G <- fevd(Rayong, type = "GEV", location.fun = ~t, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "GMLE", units = "mm"))
(raygev_M7_G <- fevd(Rayong, type = "GEV", location.fun = ~tt, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "GMLE", units = "mm"))
(raygev_M8_G <- fevd(Rayong, type = "GEV", location.fun = ~l_t, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "GMLE", units = "mm"))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง GEV สำหรับจังหวัดสระแก้ว (แทนด้วย sakgev)
#ตัวแบบที่ 2-8 (แทนด้วย M2-M8) เมื่อกระบวนการไม่คงที่ โดยวิธี MLE (แทนด้วย M)
(sakgev_M2_M <- fevd(Sakeaw, type = "GEV", location.fun = ~t,
        method = "MLE", units = "mm"))
(sakgev_M3_M <- fevd(Sakeaw, type = "GEV", location.fun = ~tt,
        use.phi = TRUE, method = "MLE", units = "mm"))
(sakgev_M4_M <- fevd(Sakeaw, type = "GEV", location.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "MLE", units = "mm"))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
(sakgev_M5_M <- fevd(Sakeaw, type = "GEV", location.fun = ~1, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "MLE", units = "mm"))
(sakgev_M6_M <- fevd(Sakeaw, type = "GEV", location.fun = ~t, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "MLE", units = "mm"))
(sakgev_M7_M <- fevd(Sakeaw, type = "GEV", location.fun = ~tt, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "MLE", units = "mm"))
(sakgev_M8_M <- fevd(Sakeaw, type = "GEV", location.fun = ~l_t, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "MLE", units = "mm"))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง GEV สำหรับจังหวัดสระแก้ว (แทนด้วย sakgev)
#ตัวแบบที่ 2-8 (แทนด้วย M2-M8) เมื่อกระบวนการไม่คงที่ โดยวิธี GMLE (แทนด้วย G)
(sakgev_M2_G <- fevd(Sakeaw, type = "GEV", location.fun = ~t,
        method = "GMLE", units = "mm"))
(sakgev_M3_G <- fevd(Sakeaw, type = "GEV", location.fun = ~tt,
        use.phi = TRUE, method = "GMLE", units = "mm"))
(sakgev_M4_G <- fevd(Sakeaw, type = "GEV", location.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "GMLE", units = "mm"))
(sakgev_M5_G <- fevd(Sakeaw, type = "GEV", location.fun = ~1, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "GMLE", units = "mm"))
(sakgev_M6_G <- fevd(Sakeaw, type = "GEV", location.fun = ~t, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "GMLE", units = "mm"))
(sakgev_M7_G <- fevd(Sakeaw, type = "GEV", location.fun = ~tt, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "GMLE", units = "mm"))
(sakgev_M8_G <- fevd(Sakeaw, type = "GEV", location.fun = ~l_t, scale.fun = ~l_t,
        use.phi = TRUE, method = "GMLE", units = "mm"))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง GEV สำหรับตราด ตัวแบบที่1 เมื่อกระบวนการคงที่
#โดยวิธี MLE (แทนด้วย trtgev_M1_M) #โดยวิธี GMLE (แทนด้วย trtgev_M1_G)
(trtgev_M1_M <- fevd(Trat, type = "GEV", method = "MLE",  units = "mm"))
(trtgev_M1_G <- fevd(Trat, type = "GEV", method = "GMLE", units = "mm"))
#-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
#คัดเลือกตัวแบบที่ดีที่สุดโดยเกณฑ์ AIC แต่ละจังหวัด
changev_M1_G
chongev_M5_G
pragev_M6_G
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
raygev_M4_G
sakgev_M3_G
trtgev_M1_G
#-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
#พล็อตกราฟ Diagnostic Plot (PP, QQ, Density Plot) ของตัวแบบที่ดีที่สุดสำหรับแต่ละจังหวัด
#จันทบุรี ชลบุรี ปราจีนบุรี ระยอง สระแก้ว ตราด
par(mfrow = c(1,3))
plot(changev_M1_G, main = "PP Plot", type = "probprob")
plot(changev_M1_G, main = "QQ Plot", type = "qq" )
plot(changev_M1_G, main = "Density Plot", type = "density", ylim = c(0,0.015))
mtext("Diagnostic Plot for Annual Maximum Rainfall at Chantaburi",
      outer = TRUE, side = 3, line = -1.5, cex = 1.1)
plot(chongev_M5_G, main = "PP Plot", type = "probprob")
plot(chongev_M5_G, main = "QQ Plot", type = "qq")
plot(chongev_M5_G, main = "Density Plot", type = "density", ylim = c(0,0.40))
mtext("Diagnostic Plot for Annual Maximum Rainfall at Chonburi",
      outer = TRUE, side = 3, line = -1.5, cex = 1.1)
plot(pragev_M6_G, main = "PP Plot", type = "probprob")
plot(pragev_M6_G, main = "QQ Plot", type = "qq")
plot(pragev_M6_G, main = "Density Plot", type = "density", ylim = c(0,0.40))
mtext("Diagnostic Plot for Annual Maximum Rainfall at Prachinburi",
      outer = TRUE, side = 3, line = -1.5, cex = 1.1)
plot(raygev_M4_G, main = "PP Plot", type = "probprob")
plot(raygev_M4_G, main = "QQ Plot" , type = "qq")
plot(raygev_M4_G, main = "Density Plot", type = "density", ylim = c(0,0.40))
mtext("Diagnostic Plot for Annual Maximum Rainfall at Rayong",
      outer = TRUE, side = 3, line = -1.5, cex = 1.1)
plot(sakgev_M3_G, main = "PP Plot", type = "probprob")
plot(sakgev_M3_G, main = "QQ Plot", type = "qq")
plot(sakgev_M3_G, main = "Density Plot", type = "density", ylim = c(0,0.40))
mtext("Diagnostic Plot for Annual Maximum Rainfall at Sakeaw",
      outer = TRUE, side = 3, line = -1.5, cex = 1.1)
plot(trtgev_M1_G, main = "PP Plot", type = "probprob")
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
plot(trtgev_M1_G, main = "QQ Plot", type = "qq")
plot(trtgev_M1_G, main = "Density Plot", type = "density", ylim = c(0,0.015))
mtext("Diagnostic Plot for Annual Maximum Rainfall at Trat",
      outer = TRUE, side = 3, line = -1.5, cex = 1.1)
#-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
#นำตัวแบบที่ดีที่สุดของแต่ละจังหวัด มาคำนวณระดับการเกิดซ้ำ
#จันทบุรี ชลบุรี ปราจีนบุรี ระยอง สระแก้ว ตราด
return.level(changev_M1_G, return.period = c(2, 5, 10, 20, 100), method = c("normal"),
      do.ci = FALSE, verbose = FALSE, qcov = NULL, qcov.base = NULL)
return.level(chongev_M5_G, return.period = c(2, 5, 10, 20, 100), method = c("normal"),
      do.ci = FALSE, verbose = FALSE, qcov = NULL, qcov.base = NULL)
return.level(pragev_M6_G, return.period = c(2, 5, 10, 20, 100), method = c("normal"),
      do.ci = FALSE, verbose = FALSE, qcov = NULL, qcov.base = NULL)
return.level(raygev_M4_G, return.period = c(2, 5, 10, 20, 100), method = c("normal"),
      do.ci = FALSE, verbose = FALSE, qcov = NULL, qcov.base = NULL)
return.level(sakgev_M3_G, return.period = c(2, 5, 10, 20, 100), method = c("normal"),
      do.ci = FALSE, verbose = FALSE, qcov = NULL, qcov.base = NULL)
return.level(trtgev_M1_G, return.period = c(2, 5, 10, 20, 100), method = c("normal"),
      do.ci = FALSE, verbose = FALSE, qcov = NULL, qcov.base = NULL)
#สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเกิดซ้ำและรอบปีการเกิดซ้ำ (รายปี)
#กำหนดรอบปีการเกิดซ้ำ
par(mfrow = c(1,1))
period = c(2, 5, 10 ,20 ,100)
#สร้างตัวแปรรับค่าระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี ของแต่ละจังหวัด
chan=c(136.69, 190.75, 240.55, 302.53, 517.82)
chon=c(86.80, 110.15, 123.98, 136.14, 160.14)
pra =c(99.05, 124.68, 150.03, 183.44, 311.27)
ray =c(104.97, 129.59, 144.57, 158.02, 185.48)
sak =c(81.91, 99.02, 109.33, 118.51, 137.01)
trat=c(236.73, 309.61, 354.32, 394.72, 477.97)
plot(period, chan, type = 'b', lty = 1, lwd = 1.5, xlim = c(0,100), ylim = c(0,600),
      col = "slateblue1", xlab = 'Return Period (Year)', ylab = 'Rainfall (mm)', pch =
      15)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
lines(period, chon, type = 'b', col = "darkorange", lty = 1, lwd = 1.5, pch = 16)
lines(period, pra, type = 'b', col = "orangered", lty = 1, lwd = 1.5, pch = 17)
lines(period, ray, type = 'b', col = "midnightblue", lty = 1, lwd = 1.5, pch = 25)
lines(period, sak, type = 'b', col = "green4", lty = 1, lwd = 1.5, pch = 18)
lines(period, trat, type = 'b', col = "violetred1", lty = 1, lwd = 1.5, pch = 4)
labels = c("Chantaburi", "Chonburi", "Prachinburi", "Rayong", "Sakaew", "Trat")
pchset = c(15, 16, 17, 25, 18, 4)
colorset = c("slateblue1", "darkorange", "orangered", "midnightblue", "green4",
        "violetred1")
legend("bottom", horiz = TRUE, inset = .01, labels, lwd = 2, lty = 1, pch = pchset,
col = colorset, cex = 1.2)
#-------------------------------------------------------------------------------------------------------
ymon <- read_excel("Ymonth.xlsx")       #เรียกข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน 360เดือน
attach(ymon)                            #ymon เป็น dataframe
#การกำหนดตัวแปรข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์การแจกแจงพาเรโตนัยทั่วไป GP
#Chan คือ ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน ตั้งแต่พ.ศ. 2536–2565 จำนวน 360 เดือน จังหวัดจันทบุรี
#Chon คือ ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน ตั้งแต่พ.ศ. 2536–2565 จำนวน 360 เดือน จังหวัดชลบุรี
#Pra คือ ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน ตั้งแต่พ.ศ. 2536–2565 จำนวน 360 เดือน จังหวัดปราจีนบุรี
#Ray คือ ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน ตั้งแต่พ.ศ. 2536–2565 จำนวน 360 เดือน จังหวัดระยอง
#Sak คือ ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน ตั้งแต่พ.ศ. 2536–2565 จำนวน 360 เดือน จังหวัดสระแก้ว
#Trt คือ ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน ตั้งแต่พ.ศ. 2536–2565 จำนวน 360 เดือน จังหวัดตราด
#-------------------------------------------------------------------------------------------------------
#พล็อตกราฟอนุกรมเวลา สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน จำนวน360เดือน แต่ละจังหวัด
#จันทบุรี ชลบุรี ปราจีนบุรี ระยอง สระแก้ว ตราด
df.ts = ts(Chan, frequency = 12, start = c(2536, 1))
plot.ts(df.ts, type = "l", col = "black", lwd = 1.5, cex.lab = 1.25, main = "Monthly
        Maximum Rainfall at Chantaburi", xlab = "Year", ylab = "Rainfall (mm)")
df.ts = ts(Chon, frequency = 12, start = c(2536, 1))
plot.ts(df.ts, type = "l", col = "black", lwd = 1.5, cex.lab = 1.25, main = "Monthly
        Maximum Rainfall at Chonburi", xlab = "Year", ylab = "Rainfall (mm)")
df.ts = ts(Pra, frequency = 12, start = c(2536, 1))
plot.ts(df.ts, type = "l", col = "black", lwd = 1.5, cex.lab = 1.25, main = "Monthly
        Maximum Rainfall at Prachinburi", xlab = "Year", ylab = "Rainfall (mm)")
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
df.ts = ts(Ray, frequency = 12, start = c(2536, 1))
plot.ts(df.ts, type = "l", col = "black", lwd = 1.5, cex.lab = 1.25, main = "Monthly
        Maximum Rainfall at Rayong", xlab = "Year", ylab = "Rainfall (mm)")
df.ts = ts(Sak, frequency = 12, start = c(2536, 1))
plot.ts(df.ts, type = "l", col = "black", lwd = 1.5, cex.lab = 1.25, main = "Monthly
        Maximum Rainfall at Sakeaw", xlab = "Year", ylab = "Rainfall (mm)")
df.ts = ts(Trt, frequency = 12, start = c(2536, 1))
plot.ts(df.ts, type = "l", col = "black", lwd = 1.5, cex.lab = 1.25, main = "Monthly
        Maximum Rainfall at Trat", xlab = "Year", ylab = "Rainfall (mm)")
#-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
#การคำนวณค่าสถิติเบื้องต้น ข้อมูลรายเดือน
summary(ymon)                          #ค่าสูงสุด-ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของทุกจังหวัด
sd(Chan)                               #ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
sd(Chan)
sd(Chon)
sd(Pra)
sd(Sak)
sd(Ray)
sd(Trt)
skewness(ymon)                         #ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ ของทุกจังหวัด
kurtosis(ymon)                         #ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่ง ของทุกจังหวัด
#-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
#สร้าง Histogram ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน
par(mfrow = c(2,3))
hist(Chan, main = "Chantaburi", xlab = "Millimeter", cex.main = 1.1, ylim = c(0,200))
hist(Chon, main = "Chonburi", xlab = "Millimeter", cex.main = 1.1, ylim = c(0,200))
hist(Pra, main = "Prachinburi", xlab = "Millimeter", cex.main = 1.1, ylim = c(0,200))
hist(Ray, main = "Rayong", xlab = "Millimeter", cex.main = 1.1, ylim = c(0,200))
hist(Sak, main = "Sakeaw", xlab = "Millimeter", cex.main = 1.1, ylim = c(0,200))
hist(Trt, main = "Trat", xlab = "Millimeter", cex.main = 1.1, ylim = c(0,200))
mtext("Histogram of Monthly Maximum Rainfall", outer = TRUE, side = 3,
        line = -1.6, cex = 1.2)
#-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#ทดสอบความคงที่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน โดยสถิติทดสอบ ADF Test
adf.test(Chan, alternative = "stationary")
adf.test(Chon, alternative = "stationary")
adf.test(Pra, alternative = "stationary")
adf.test(Ray, alternative = "stationary")
adf.test(Sak, alternative = "stationary")
adf.test(Trt, alternative = "stationary")
#-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
#การประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง GPD
#กำหนดค่าเกณฑ์ Threshold (u0) เป็นค่าตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95
(uChan95 = quantile(Chan, 0.95))
(uChon95 = quantile(Chon, 0.95))
(uPra95 = quantile(Pra, 0.95))
(uRay95 = quantile(Ray, 0.95))
(uSak95 = quantile(Sak, 0.95))
(uTrt95 = quantile(Trt, 0.95))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงgpd จันทบุรี โดยวิธี MLE (แทนด้วย changp_u95_M)
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd จันทบุรี โดยวิธี GMLE (แทนด้วย changp_u95_G)
(changp_u95_M <- fevd(Chan, threshold = uChan95, type = "PP", method = "MLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
(changp_u95_G <- fevd(Chan, threshold = uChan95, type = "PP", method = "GMLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd ชลบุรี โดยวิธี MLE (แทนด้วย chongp_u95_M)
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd ชลบุรี โดยวิธี GMLE (แทนด้วย chongp_u95_G)
(chongp_u95_M <- fevd(Chon, threshold = uChon95, type = "PP", method = "MLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
(chongp_u95_G <- fevd(Chon, threshold = uChon95, type = "PP", method = "GMLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd ปราจีนบุรี โดยวิธี MLE (แทนด้วย pragp_u95_M)
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd ปราจีนบุรี โดยวิธี GMLE (แทนด้วย pragp_u95_G)
(pragp_u95_M <- fevd(Pra, threshold = uPra95,  type = "PP", method = "MLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
(pragp_u95_G <- fevd(Pra, threshold = uPra95,  type = "PP", method = "GMLE", units =
        "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd ระยอง โดยวิธี MLE (แทนด้วย raygp_u95_M)
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd ระยอง โดยวิธี GMLE (แทนด้วย raygp_u95_G)
(raygp_u95_M <- fevd(Ray, threshold = uRay95,  type = "PP", method = "MLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
(raygp_u95_G <- fevd(Ray, threshold = uRay95,  type = "PP", method = "GMLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd สระแก้ว โดยวิธี MLE (แทนด้วย sakgp_u95_M)
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd สระแก้ว โดยวิธี GMLE (แทนด้วย sakgp_u95_G)
(sakgp_u95_M <- fevd(Sak, threshold = uSak95,  type = "PP", method = "MLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
(sakgp_u95_G <- fevd(Sak, threshold = uSak95,  type = "PP", method = "GMLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd ตราด โดยวิธี MLE (แทนด้วย trtgp_u95_M)
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd ตราด โดยวิธี GMLE (แทนด้วย trtgp_u95_G)
(trtgp_u95_M <- fevd(Trt, threshold = uTrt95,  type = "PP", method = "MLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
(trtgp_u95_G <- fevd(Trt, threshold = uTrt95,  type = "PP", method = "GMLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
#กำหนดค่าเกณฑ์ Threshold (u1) เป็นค่าตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 90
(uChan90 = quantile(Chan, 0.90))
(uChon90 = quantile(Chon, 0.90))
(uPra90 = quantile(Pra, 0.90))
(uRay90 = quantile(Ray, 0.90))
(uSak90 = quantile(Sak, 0.90))
(uTrt90 = quantile(Trt, 0.90))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd จันทบุรี โดยวิธี MLE (แทนด้วย changp_u90_M)
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd จันทบุรี โดยวิธี GMLE (แทนด้วย changp_u90_G)
(changp_u90_M <- fevd(Chan, threshold = uChan90, type = "PP", method = "MLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
(changp_u90_G <- fevd(Chan, threshold = uChan90, type = "PP", method = "GMLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd ชลบุรี โดยวิธี MLE (แทนด้วย chongp_u90_M)
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd ชลบุรี โดยวิธี GMLE (แทนด้วย chongp_u90_G)
(chongp_u90_M <- fevd(Chon, threshold = uChon90, type = "PP", method = "MLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
(chongp_u90_G <- fevd(Chon, threshold = uChon90, type = "PP", method = "GMLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd ปราจีนบุรี โดยวิธี MLE (แทนด้วย pragp_u90_M)
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd ปราจีนบุรี โดยวิธี GMLE (แทนด้วย pragp_u90_G)
(pragp_u90_M <- fevd(Pra, threshold = uPra90,  type = "PP", method = "MLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
(pragp_u90_G <- fevd(Pra, threshold = uPra90,  type = "PP", method = "GMLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd ระยอง โดยวิธี MLE (แทนด้วย raygp_u90_M)
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd ระยอง โดยวิธี GMLE (แทนด้วย raygp_u90_G)
(raygp_u90_M <- fevd(Ray, threshold = uRay90,  type = "PP", method = "MLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
(raygp_u90_G <- fevd(Ray, threshold = uRay90,  type = "PP", method = "GMLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd สระแก้ว โดยวิธี MLE (แทนด้วย sakgp_u90_M)
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd สระแก้ว โดยวิธี GMLE (แทนด้วย sakgp_u90_G)
(sakgp_u90_M <- fevd(Sak, threshold = uSak90,  type = "PP", method = "MLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
(sakgp_u90_G <- fevd(Sak, threshold = uSak90,  type = "PP", method = "GMLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd ตราด โดยวิธี MLE (แทนด้วย trtgp_u90_M)
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd ตราด โดยวิธี GMLE (แทนด้วย trtgp_u90_G)
(trtgp_u90_M <- fevd(Trt, threshold = uTrt90,  type = "PP", method = "MLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
(trtgp_u90_G <- fevd(Trt, threshold = uTrt90,  type = "PP", method = "GMLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
#กำหนดค่าเกณฑ์ threshold (u2) เป็นเกณฑ์ฝนตกหนักโดยกรมอุตุนิยมวิทยา
uhvy = 90.1
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd จันทบุรี โดยวิธี MLE (แทนด้วย changp_hvy_M)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd จันทบุรี โดยวิธี GMLE (แทนด้วย changp_hvy_G)
(changp_hvy_M <- fevd(Chan, threshold = uhvy, type = "PP", method = "MLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
(changp_hvy_G <- fevd(Chan, threshold = uhvy, type = "PP", method = "GMLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd ชลบุรี โดยวิธี MLE (แทนด้วย chongp_hvy_M)
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd ชลบุรี โดยวิธี GMLE (แทนด้วย chongp_hvy_G)
(chongp_hvy_M <- fevd(Chon, threshold = uhvy, type = "PP", method = "MLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
(chongp_hvy_G <- fevd(Chon, threshold = uhvy, type = "PP", method = "GMLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd ปราจีนบุรี โดยวิธี MLE (แทนด้วย pragp_hvy_M)
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd ปราจีนบุรี โดยวิธี GMLE (แทนด้วย pragp_hvy_G)
(pragp_hvy_M <- fevd(Pra, threshold = uhvy,  type = "PP", method = "MLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
(pragp_hvy_G <- fevd(Pra, threshold = uhvy,  type = "PP", method = "GMLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd ระยอง โดยวิธี MLE (แทนด้วย raygp_hvy_M)
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd ระยอง โดยวิธี GMLE (แทนด้วย raygp_hvy_G)
(raygp_hvy_M <- fevd(Ray, threshold = uhvy,  type = "PP", method = "MLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
(raygp_hvy_G <- fevd(Ray, threshold = uhvy,  type = "PP", method = "GMLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd สระแก้ว โดยวิธี MLE (แทนด้วย sakgp_hvy_M)
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd สระแก้ว โดยวิธี GMLE (แทนด้วย sakgp_hvy_G)
(sakgp_hvy_M <- fevd(Sak, threshold = uhvy,  type = "PP", method = "MLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
(sakgp_hvy_G <- fevd(Sak, threshold = uhvy,  type = "PP", method = "GMLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd ตราด โดยวิธี MLE (แทนด้วย trtgp_hvy_M)
#ประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง gpd ตราด โดยวิธี GMLE (แทนด้วย trtgp_hvy_G)
(trtgp_hvy_M <- fevd(Trt, threshold = uhvy,  type = "PP", method = "MLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
(trtgp_hvy_G <- fevd(Trt, threshold = uhvy,  type = "PP", method = "GMLE",
        units = "mm", time.units = "months", period.basis = "year"))
#-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
#คัดเลือกตัวแบบที่ดีที่สุดโดยเกณฑ์ AIC แต่ละจังหวัด
changp_u95_G
chongp_hvy_G
pragp_u95_G
raygp_u95_G
sakgp_hvy_G
trtgp_u95_G
#-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
#พล็อตกราฟ Diagnostic Plot (PP, QQ, Density Plot) ของตัวแบบที่ดีที่สุดสำหรับแต่ละจังหวัด
#จันทบุรี ชลบุรี ปราจีนบุรี ระยอง สระแก้ว ตราด
par(mfrow = c(1,3))
plot(changp_u95_G, main = "PP Plot", type = "probprob")
plot(changp_u95_G, main = "QQ Plot", type = "qq")
plot(changp_u95_G, main = "Density Plot", type = "density")
mtext("Diagnostic Plot for Monthly Maximum Rainfall at Chantaburi",
        outer = TRUE, side = 3, line = -1.5, cex = 1.1)
plot(chongp_hvy_G, main = "PP Plot", type = "probprob")
plot(chongp_hvy_G, main = "QQ Plot", type = "qq")
plot(chongp_hvy_G, main = "Density Plot", type = "density")
mtext("Diagnostic Plot for Monthly Maximum Rainfall at Chonburi",
        outer = TRUE, side = 3, line = -1.5, cex = 1.1)
plot(pragp_u95_G, main = "PP Plot", type = "probprob")
plot(pragp_u95_G, main = "QQ Plot", type = "qq")
plot(pragp_u95_G, main = "Density Plot", type = "density")
mtext("Diagnostic Plot for Monthly Maximum Rainfall at Prachinburi",
        outer = TRUE, side = 3, line = -1.5, cex = 1.1)
plot(raygp_u95_G, main = "PP Plot", type = "probprob")
plot(raygp_u95_G, main = "QQ Plot", type = "qq")
plot(raygp_u95_G, main = "Density Plot", type = "density")
mtext("Diagnostic Plot for Monthly Maximum Rainfall at Rayong",
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        outer = TRUE, side = 3, line = -1.5, cex = 1.1)
plot(sakgp_hvy_G, main = "PP Plot", type = "probprob")
plot(sakgp_hvy_G, main = "QQ Plot", type = "qq")
plot(sakgp_hvy_G, main = "Density Plot", type = "density")
mtext("Diagnostic Plot for Monthly Maximum Rainfall at Sakeaw",
        outer = TRUE, side = 3, line = -1.5, cex = 1.1)
plot(trtgp_u95_G, main = "PP Plot", type = "probprob")
plot(trtgp_u95_G, main = "QQ Plot", type = "qq")
plot(trtgp_u95_G, main = "Density Plot", type = "density")
mtext("Diagnostic Plot for Monthly Maximum Rainfall at Trat",
        outer = TRUE, side = 3, line = -1.5, cex = 1.1)
#-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
#นำตัวแบบที่ดีที่สุดของแต่ละจังหวัดมาคำนวณระดับการเกิดซ้ำ
#จันทบุรี ชลบุรี ปราจีนบุรี ระยอง สระแก้ว ตราด
return.level(chongp_u95_G, return.period = c(2, 5, 10, 20, 100), method = c("normal"),
        do.ci = FALSE, verbose = FALSE, qcov = NULL, qcov.base = NULL)
return.level(chongp_hvy_G, return.period = c(2, 5, 10, 20, 100), method = c("normal"),
        do.ci = FALSE, verbose = FALSE, qcov = NULL, qcov.base = NULL)
return.level(pragp_u95_G, return.period = c(2, 5, 10, 20, 100), method = c("normal"),
        do.ci = FALSE, verbose = FALSE, qcov = NULL, qcov.base = NULL)
return.level(raygp_u95_G, return.period = c(2, 5, 10, 20, 100), method = c("normal"),
        do.ci = FALSE, verbose = FALSE, qcov = NULL, qcov.base = NULL)
return.level(sakgp_hvy_G, return.period = c(2, 5, 10, 20, 100), method = c("normal"),
        do.ci = FALSE, verbose = FALSE, qcov = NULL, qcov.base = NULL)
return.level(trtgp_u95_G, return.period = c(2, 5, 10, 20, 100), method = c("normal"),
        do.ci = FALSE, verbose = FALSE, qcov = NULL, qcov.base = NULL)
#สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเกิดซ้ำและรอบปีการเกิดซ้ำ (รายเดือน)
#สร้างตัวแปรรับค่าระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน ของแต่ละจังหวัด
par(mfrow = c(1,1))
period = c(2, 5, 10 ,20 ,100)
chann = c(137.07, 208.10, 251.35, 290.21, 369.54)
chonn = c(79.75, 108.55, 125.62, 140.66, 170.38)
praa = c(96.13, 136.88, 160.93, 182.02, 223.49)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
rayy = c(102.56, 131.60, 148.69, 163.65, 192.95)
sakk = c(78.24, 98.83, 111.07, 121.88, 143.32)
tratt = c(201.53, 306.42, 367.27, 419.95, 521.34)
plot(period, chann, type = 'b', lty = 1, lwd = 1.5, xlim = c(0,100), ylim = c(0,600),
     col = "slateblue1", xlab = 'Return Period (Year)', ylab = 'Rainfall (mm)', pch =
     15)
lines(period, chonn, type = 'b', col = "darkorange", lty = 1, lwd = 1.5, pch = 16)
lines(period, praa, type = 'b', col = "orangered", lty = 1, lwd = 1.5, pch = 17)
lines(period, rayy, type = 'b', col = "midnightblue", lty =1, lwd = 1.5, pch = 25)
lines(period, sakk, type = 'b', col = "green4", lty = 1, lwd = 1.5, pch = 18)
lines(period, tratt, type = 'b', col = "violetred1", lty = 1, lwd = 1.5, pch = 4)
labels = c("Chantaburi", "Chonburi", "Prachinburi", "Rayong", "Sakaew", "Trat")
pchset = c(15, 16, 17, 25, 18, 4)
colorset = c("slateblue1", "darkorange", "orangered", "midnightblue", "green4",
     "violetred1")
legend("bottom", horiz = TRUE, inset = .01, labels, lwd = 2, lty = 1, pch = pchset,
     col=colorset, cex=1.2)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวมินตรา ชิณโสม
วัน เดือน ปีเกิด	20 เมษายน 2535
ที่อยู่ปัจจุบัน	61 ถ.เทศบาล 3 ต.บางพระ อ.เมืองตราด จ.ตราด 23000
ประวัติการศึกษา	(2557) วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ เกรดเฉลี่ย 3.12 (มหาวิทยาลัยมหิดล)
	(2567) วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถิติประยุกต์ เกรดเฉลี่ย 4.00 (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง)
ผลงานทางวิชาการ	มินตรา ชิณโสม และ อัชฌา อระวีพร. 2567. “การเปรียบเทียบตัวแบบการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปของปริมาณน้ำฝนในจังหวัดภาคตะวันออกของประเทศไทย” จัดพิมพ์ลงในวารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 35 ฉบับที่ 3 เดือนกรกฎาคม–กันยายน 2568
สถานที่ทำงาน	กรมอุตุนิยมวิทยา
ประสบการณ์การทำงาน	มิถุนายน 2560 ถึงปัจจุบัน นักอุตุนิยมวิทยา ปฏิบัติการ ส่วนอากาศการบินตราด กองตรวจและเฝ้าระวังสภาวะอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้