



Modeling Monthly Extreme Rainfall Using the Generalized Extreme Value Distribution for Flood Risk Assessment and Agricultural Planning in Upper Northeastern Thailand

Wuttichai Phoodee^{1,*}, Natthakan Thammo¹, Anantaya Kuekthong¹, Phattaradanai Takpho¹,
Nattawoot Viphanna¹, Pornthip Khempanya¹, Patsorn Somkiattiyod¹ and Orathai Thammo¹

¹Uthen Pattana School, The Secondary Education Service Area Office, Nakhon Phanom

*Email: W.phoodee@gmail.com

Received <10 Feb. 2026>; Revised <7 Apr. 2026>; Accepted <7 Apr. 2026>

Abstract

This study aimed to model monthly extreme rainfall in the upper northeastern region of Thailand using the Generalized Extreme Value (GEV) distribution with parameter estimation based on the Maximum Likelihood Estimation (MLE) method. The dataset comprised daily maximum rainfall records from 1984 to 2025 collected at six meteorological stations, namely Sakon Nakhon Agricultural Station, Sakon Nakhon, Nakhon Phanom, Nakhon Phanom Agricultural Station, Bueng Kan, and Mukdahan. Descriptive analysis indicated that extreme rainfall at all stations exhibited pronounced right-skewed distributions, which are appropriate for extreme value analysis. The goodness-of-fit assessment using the Kolmogorov–Smirnov test and parameter estimates revealed that most stations were well characterized by the GEV framework, predominantly following the Weibull-type distribution, while some stations exhibited Fréchet-type behavior. Return levels were estimated for recurrence intervals of 2, 5, 10, 50, and 100 years, showing a consistent increasing trend with longer return periods across all stations. The highest return levels were observed at the Nakhon Phanom Agricultural Station, with the 100-year return level reaching approximately 281.75 mm, whereas the lowest values were found at the Sakon Nakhon station. Diagnostic plots, including Probability Plots, QQ-Plots, Return Level Plots, and Density Plots, confirmed the strong performance of the GEV model in capturing the empirical behavior of extreme rainfall. The findings provide valuable insights for flood risk assessment, agricultural planning, and water resource management in the upper northeastern region of Thailand under increasing climatic variability.

Keywords: Generalized extreme value distribution; Maximum likelihood estimation; Weibull Distribution; Return level

การสร้างแบบจำลองค่าสุดขีดของปริมาณน้ำฝนรายเดือนด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัย ทั่วไปเพื่อประเมินความเสี่ยงด้านอุทกภัยและการวางแผนการเกษตรในภาค ตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย

วุฒิชัย ภูติ^{1,*}, ณัฐกานต์ ธรรมโม¹, อนันตญา กิกทอง¹, ภัทรดนัย ตักโพธิ์¹, นัฐวุฒิ วิพรรณะ¹,
พรทิพย์ เข้มปัญญา¹, ภัสสร สมเกียรติยศ¹ และ อรทัย ธรรมโม¹

¹โรงเรียนอุเทนพัฒนา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา นครพนม จังหวัดนครพนม

*Email: W.phoodee@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองค่าสุดขีดของปริมาณน้ำฝนรายเดือนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยประยุกต์ใช้การแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไปร่วมกับการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด ข้อมูลที่ใช้เป็นปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนในช่วงปี พ.ศ. 2527–2568 จากสถานีตรวจวัด 6 แห่ง ได้แก่ สกลนคร สกข. สกลนคร นครพนม นครพนม สกข. บึงกาฬ และมุกดาหาร จากผลการวิเคราะห์เชิงพรรณนาพบว่าข้อมูลฝนสุดขีดของทุกสถานีมีลักษณะการกระจายแบบเบ้ขวา ซึ่งเหมาะสมต่อการวิเคราะห์ด้วยทฤษฎีค่าสุดขีด ผลการประมาณพารามิเตอร์และการทดสอบความเหมาะสมด้วยสถิติโคโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟชี้ให้เห็นว่าโดยส่วนใหญ่ข้อมูลสามารถอธิบายได้ดีด้วยการแจกแจง GEV ลักษณะการแจกแจงแบบไวส์บูลล์ ขณะที่บางสถานีแสดงลักษณะใกล้เคียงการแจกแจงแบบฟริเชต์ การวิเคราะห์ระดับการเกิดซ้ำสำหรับคาบอุบัติซ้ำ 2, 5, 10, 50 และ 100 ปี พบว่าแนวโน้มค่าระดับการเกิดซ้ำเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกสถานี โดยสถานี นครพนม สกข. ให้ค่าระดับการเกิดซ้ำสูงสุดในทุกช่วงเวลา โดยเฉพาะในรอบ 100 ปีซึ่งมีค่าประมาณสูงถึงประมาณ 281.75 มิลลิเมตร ขณะที่สถานีสกลนครให้ค่าต่ำที่สุด ผลการตรวจสอบด้วย Probability Plot, QQ-Plot, Return Level Plot และ Density Plot สนับสนุนว่าแบบจำลองค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป มีความเหมาะสมสูงในการอธิบายพฤติกรรมฝนสุดขีดในพื้นที่ศึกษา ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการประเมินความเสี่ยงด้านอุทกภัย การวางแผนการเกษตร และการจัดการทรัพยากรน้ำภายใต้บริบทความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในอนาคต

คำสำคัญ: การแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป; การประมาณค่าภาวะน่าจะเป็นสูงสุด; การแจกแจงแบบไวส์บูลล์; ระดับการเกิดซ้ำ

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรของโลก ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำนวนมาก ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงศตวรรษที่ผ่านมา (Ofremu *et al.*, 2025) ปรากฏการณ์ดังกล่าวนำไปสู่ความถี่และความรุนแรงที่เพิ่มขึ้นของเหตุการณ์สภาพอากาศสุดขั้ว เช่น คลื่นความร้อน ภัยแล้ง น้ำท่วมและพายุรุนแรง ซึ่งส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อระบบนิเวศ เศรษฐกิจ และความเป็นอยู่ของมนุษย์ โดยเฉพาะในภูมิภาคที่มีความเปราะบางสูงต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (Malik and Ford, 2025) นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและรูปแบบปริมาณน้ำฝนยังส่งผลกระทบต่อภาคเกษตรกรรมและความมั่นคงทางอาหาร ซึ่งเป็นฐานทรัพยากรสำคัญของหลายประเทศกำลังพัฒนา (Saleem *et al.*, 2025) สำหรับประเทศไทย แนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องสะท้อนถึงความเสี่ยงจากวิกฤตภูมิอากาศที่ทวีความรุนแรงมากขึ้นในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ทั้งในด้านอุณหภูมิที่สูงขึ้นและความแปรปรวนของสภาพอากาศ โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝนที่มีความไม่แน่นอนสูง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อระบบน้ำและการดำรงชีวิตของประชาชน (Mongkoltharn, 2025)

ลักษณะภูมิประเทศของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยเฉพาะจังหวัดบึงกาฬ นครพนม สกลนครและมุกดาหาร มีความซับซ้อนเชิงภูมิประเทศ ซึ่งประกอบด้วยที่ราบลุ่มแม่น้ำโขง แอ่งตะกอนขนาดใหญ่ เช่น แอ่งสกลนครและแนวเทือกเขาภูพานที่ทำหน้าที่เป็นแนวแบ่งลุ่มน้ำ และกำแพงภูมิประเทศตามธรรมชาติ ความแตกต่างของระดับความสูงและรูปแบบภูมิประเทศดังกล่าว ส่งผลต่อการไหลเวียนของมวลอากาศและกระบวนการก่อตัวของเมฆฝนในระดับพื้นที่ ภายใต้บริบทของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก อุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้บรรยากาศสามารถกักเก็บไอน้ำได้มากขึ้น ซึ่งเพิ่มศักยภาพในการเกิดฝนตกหนักในช่วงเวลาสั้น ๆ เมื่อมวลอากาศขึ้นจากกลุ่มแม่น้ำโขงและทะเลจีนใต้เคลื่อนตัวเข้าสู่พื้นที่และถูกยกตัวโดยแนวภูเขาภูพานหรือเนินเขาหินทรายทางตะวันตกของภูมิภาค จะเกิดกระบวนการยกตัวเชิงภูมิประเทศซึ่งเร่งการควบแน่นและการตกของฝน ส่งผลให้บางพื้นที่มีแนวโน้มเกิดฝนสุดขีดมากกว่าบริเวณที่ราบลุ่มโดยรอบ ในขณะเดียวกันพื้นที่ที่ราบลุ่มริมแม่น้ำโขงและแอ่งสกลนครมีลักษณะการระบายน้ำค่อนข้างช้า เมื่อเผชิญกับเหตุการณ์ฝนตกหนักต่อเนื่องจึงมีความเปราะบางต่อการเกิดน้ำท่วมฉับพลันและน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลานาน การเปลี่ยนแปลงของรูปแบบฝนตามสภาพภูมิอากาศที่ผันผวนยิ่งเพิ่มความถี่และความรุนแรงของเหตุการณ์สุดขีดได้ส่งผลให้เกิดฝนในปริมาณสูง ขณะที่พื้นที่ราบลุ่มกว้างเอื้อต่อการสะสมและการคงอยู่ของน้ำฝนบนผิวดิน ซึ่งมีผลต่อรูปแบบความถี่และความรุนแรงของอุทกภัยและส่งผลต่อการเกษตร งานวิจัยจำนวนมากชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้เพิ่มปริมาณไอน้ำในบรรยากาศและปรับเปลี่ยนพลวัตของฝน ทำให้เหตุการณ์ฝนตกหนักสุดขีดเกิดบ่อยครั้งและรุนแรงมากขึ้นในระดับโลก (Katz, 1999)

อย่างไรก็ตามข้อมูลปริมาณน้ำฝนต่ำสุด-สูงสุดรายวันในรอบเดือน ถือเป็นการเกิดขึ้นของเหตุการณ์เกี่ยวกับทฤษฎีค่าสุดขีด (Extreme Value Theory: EVT) ซึ่งเป็นการอธิบายพฤติกรรมของค่าผันผวนสุดขีดและถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย โดยการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value Distribution: GEVD) ถือเป็นกรอบทางสถิติพื้นฐานสำหรับการสร้างแบบจำลองค่ามากที่สุดแบบช่วงเวลา เช่น ปริมาณฝนสูงสุดรายปี (Hosking, Wallis and Wood, 1985; Coles, 2001) การประยุกต์ใช้ GEV ในด้านอุทกวิทยาช่วยให้สามารถประมาณค่าปริมาณฝนที่มีคาบอุบัติซ้ำ (return levels) สำหรับช่วงเวลาต่าง ๆ ซึ่งมีความสำคัญต่อการประเมินความเสี่ยงและการวางแผนโครงสร้างพื้นฐาน งานวิจัยสมัยใหม่ยังเน้นการพัฒนาแบบจำลอง GEV แบบไม่คงที่ (Nonstationary GEV) โดยเชื่อมโยงพารามิเตอร์ของการแจกแจงเข้ากับตัวแปรภูมิอากาศหรือแนวโน้มระยะยาวจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งส่งผลต่อคุณลักษณะของฝนสุดขีดอย่างมีนัยสำคัญ (Kim *et al.*, 2022; Renteria, Aquino and Polanco, 2026) และได้มีนักวิจัยหลายท่านได้นำทฤษฎีนี้มาประยุกต์ใช้กับปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ต่าง ๆ ในโลก ได้แก่ ประเทศแคนาดา ประเทศเกาหลีใต้ ประเทศกรีซและประเทศมาเลเซีย เป็นต้น (Nguyen, Nguyen and Ashkar, 2002; Nadarajah and Choi, 2007; Koutsoyiannis and Baloutsos, 2000) และในประเทศไทยปี 2015 Kaewmun, Busababodhin and Budchamruei (2015) ได้สร้างแบบจำลองปริมาณน้ำฝนรายเดือนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลางของประเทศไทยและปี 2018 Busababodhin and Papukdee (2018) ได้สร้างแบบจำลองค่าสุดขีดปริมาณน้ำฝนสูงสุดในประเทศไทย จากงานวิจัยที่ศึกษาเป็นการใช้กรอบการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป จึงเป็นแนวทางเชิงระบบและมีความเข้มแข็งทางสถิติในการอธิบายพฤติกรรมของฝนสุดขีด และการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ดังนั้นเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการวางแผนการบริหารจัดการการเกษตรและการป้องกันอุทกภัย ผู้วิจัยสนใจศึกษาปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย เพื่อสร้างแบบจำลองที่เหมาะสมโดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป

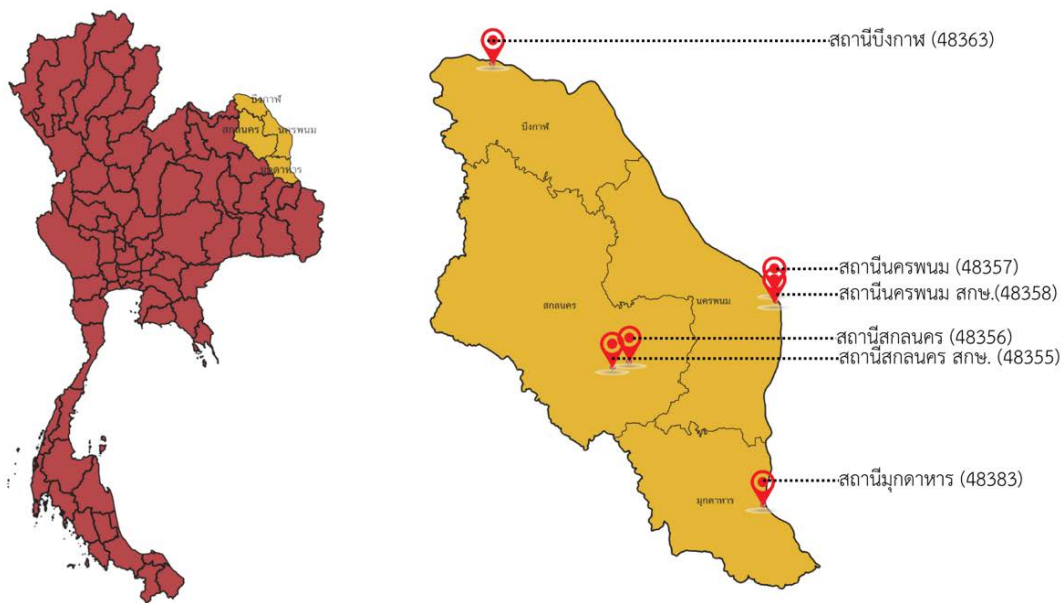
วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองค่าสุดขีดของปริมาณน้ำฝนรายเดือนด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไปเพื่อประเมินความเสี่ยงด้านอุทกภัยและการวางแผนการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

ข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527-2568 จำนวน 6 สถานี ได้แก่ สถานีสกลนคร สกช. (48355) สถานีสกลนคร (48356) สถานีนครพนม (48357) สถานีนครพนม สกช. (48358) สถานีบึงกาฬ (48363) และสถานีมุกดาหาร (48383) โดยได้รับการอนุเคราะห์ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาและหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ข้อมูลเพื่อเกษตรกรรมยั่งยืน (Data Science and sustainable agriculture; Climate Change, Innovation and extreme Risk Assessment (DSSA)) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม คณะผู้วิจัยได้วิเคราะห์แบบจำลองค่าสุดขีดด้วยโปรแกรม R และโปรแกรม QGIS แสดงภาพการศึกษาดังภาพประกอบที่ 1



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษา 4 จังหวัด 6 สถานี

การแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value Distribution: GEVD)

การวิเคราะห์เหตุการณ์สุดขีดวงนัยทั่วไป จะเลือกใช้ข้อมูลที่เป็นค่าสุดขีดมาวิเคราะห์โดยจะใช้ข้อมูลที่มีค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุดที่อยู่ในช่วงเวลาที่น่าสนใจ เช่น ข้อมูลรายปี ข้อมูลรายเดือน ข้อมูลรายสัปดาห์ หรือข้อมูลรายวัน ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน ซึ่งมีช่วงเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527-2568 รวมทั้งสิ้น 42 ปี ในแต่ละสถานีวัดปริมาณน้ำฝน การแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป มีฟังก์ชันความน่าจะเป็น (Coles, 2001; Busababodhin and Papukdee, 2018) ดังนี้

$$f(x) = \frac{1}{\sigma} \left[1 + \xi \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right]^{(1/\xi) - 1} \text{Exp} \left\{ - \left(1 + \xi \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right)^{-1/\xi} \right\}$$

เมื่อ $1 + \xi \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right)$ มีค่าพารามิเตอร์แสดงตำแหน่ง (μ) ซึ่ง $-\infty < \mu < \infty$, ค่าพารามิเตอร์แสดงขนาด (σ) ซึ่ง $\sigma > 0$ และค่าพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (ξ) ซึ่ง $-\infty < \xi < \infty$ และมีฟังก์ชันสะสมความน่าจะเป็น

$$F(x) = \text{Exp} \left\{ - \left(1 + \xi \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right)^{-1/\xi} \right\}$$

การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปสามารถแบ่งลักษณะการแจกแจงแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ โดยพิจารณาจากพารามิเตอร์รูปร่าง ดังนี้

$\xi > 0$ เรียกว่า การแจกแจงแบบฟร็เชต์ (Fréchet Distribution)

$\xi = 0$ เรียกว่า การแจกแจงแบบกัมเบล (Gumbel Distribution)

$\xi < 0$ เรียกว่า การแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull Distribution)

การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood estimates: MLE)

กำหนดให้ $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ เป็นตัวอย่างสุ่มที่มีฟังก์ชันความน่าจะเป็น $f(x; \theta)$ เมื่อ θ เป็นพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า (Coles, 2001; Busababodhin and Papukdee, 2018) โดยการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. หาฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็น (Likelihood function) หรือฟังก์ชันความหนาแน่นรวม $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^n f(x_i; \theta)$$

2. หาค่าลอการิทึมของฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็น

$$l(\theta) = \log L(\theta)$$

3. หาตัวประมาณภาวะความน่าจะเป็นสูงสุด โดยการหาอนุพันธ์ของ $\log L(\theta)$ หรือ $l(\theta)$ เทียบกับพารามิเตอร์ θ และให้สมการมีค่าเท่ากับ 0 จะได้ $\hat{\theta}$ เป็นตัวประมาณแบบภาวะความน่าจะเป็นสูงสุดของ θ

$$\frac{\partial \log L(\theta)}{\partial \theta} = 0 \text{ หรือ } \frac{\partial l(\theta)}{\partial \theta} = 0$$

โดยฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นสำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปเป็นดังนี้

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

เมื่อกำหนดให้ $\hat{\mu}, \hat{\sigma}$ และ $\hat{\xi}$ เป็นตัวประมาณค่าของ μ, σ และ ξ ตามลำดับ

การวิเคราะห์ระดับการเกิดซ้ำ (Return Level)

ระดับการเกิดซ้ำ Z_T คือ ตำแหน่งของข้อมูล เมื่อ T คือ รอบปีการเกิดซ้ำซึ่งมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ P หรือ $T = \frac{1}{P}$ หรือ ระดับการเกิดซ้ำ คือ ค่าความคาดหวังที่เกิดกับเหตุการณ์ที่ $Z > \hat{Z}_P$ โดยเฉลี่ย 1 ครั้งในทุกๆ T ปี (Coles, 2001; Busababodhin and Papukdee, 2018) โดยระดับการเกิดซ้ำของการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปเป็นดังนี้

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

เมื่อกำหนดให้ $\hat{\mu}, \hat{\sigma}$ และ $\hat{\xi}$ เป็นค่าประมาณความน่าจะเป็นสูงสุดของระดับการเกิดซ้ำเมื่อ T คือ รอบปีการเกิดซ้ำซึ่งมีความสัมพันธ์กับความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ P

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527-2568 รวม 42 ปี จำนวน 6 สถานี ใน 4 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของปริมาณน้ำฝนรายเดือนของแต่ละสถานี

สถานี	จำนวนข้อมูล	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ยต่อเดือน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความเบ้	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95
บึงกาฬ (48363)	15115	251.30	103.71	62.58	2.95	144.80
นครพนม (48357)	15115	304.40	126.23	86.22	0.84	237.60
นครพนม สกษ.(48358)	15115	272.60	124.31	80.24	1.06	242.55
สกลนคร (48356)	15115	228.90	117.24	64.44	0.97	194.16
สกลนคร สกษ.(48355)	15115	212.60	114.82	51.31	1.06	171.00
มุกดาหาร (48383)	15115	269.40	107.09	66.63	2.19	177.79

จากตารางที่ 1 พบว่าปริมาณน้ำฝนรายเดือนสูงสุดใน 4 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย ที่สถานีนครพนม (48357) โดยมีปริมาณน้ำฝนสูงสุดอยู่ที่ 304.40 มิลลิเมตร รองลงมาคือ สถานีนครพนม สกษ.(48358) มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดอยู่ที่ 272.60 มิลลิเมตร สถานีมุกดาหาร (48383) มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดอยู่ที่ 269.40 มิลลิเมตร สถานีบึงกาฬ (48363) มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดอยู่ที่ 251.30 มิลลิเมตร สถานีสกลนคร (48356) มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดอยู่ที่ 228.90 มิลลิเมตร และสถานีสกลนคร สกษ.(48355) มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดอยู่ที่ 212.60 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยข้อมูลปริมาณน้ำฝนสุดขีดรายเดือนของทุกสถานีมีค่าความเบ้ (skewness) เป็นบวก ซึ่งแสดงถึงการกระจายแบบเบ้ขวา ลักษณะดังกล่าวสะท้อนถึงพฤติกรรมของเหตุการณ์สุดขีดที่มีค่ามากเกิดขึ้นไม่บ่อยครั้งแต่มีความรุนแรงสูง ส่งผลให้ข้อมูลมีทางด้านขวายาว (Right tail) ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของข้อมูลค่าสุดขีดในทางทฤษฎี Extreme Value Theory (EVT) การกระจายแบบเบ้ขวาจึงมีความเหมาะสมต่อการนำไปวิเคราะห์ด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป (GEV) ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นเพื่ออธิบายพฤติกรรมของค่ามากที่สุด โดยเฉพาะบริเวณหางของการแจกแจง (tail behavior) (Coles, 2001) นอกจากนี้ ลักษณะการกระจายดังกล่าวยังสอดคล้องกับงานวิจัยด้านอุทกวิทยาหลายงานที่พบว่าปริมาณน้ำฝนสุดขีดมักมีการกระจายแบบเบ้ขวาอย่างชัดเจน

การประมาณพารามิเตอร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานสำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไปของแต่ละสถานี ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าประมาณพารามิเตอร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานสำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไปของแต่ละสถานี

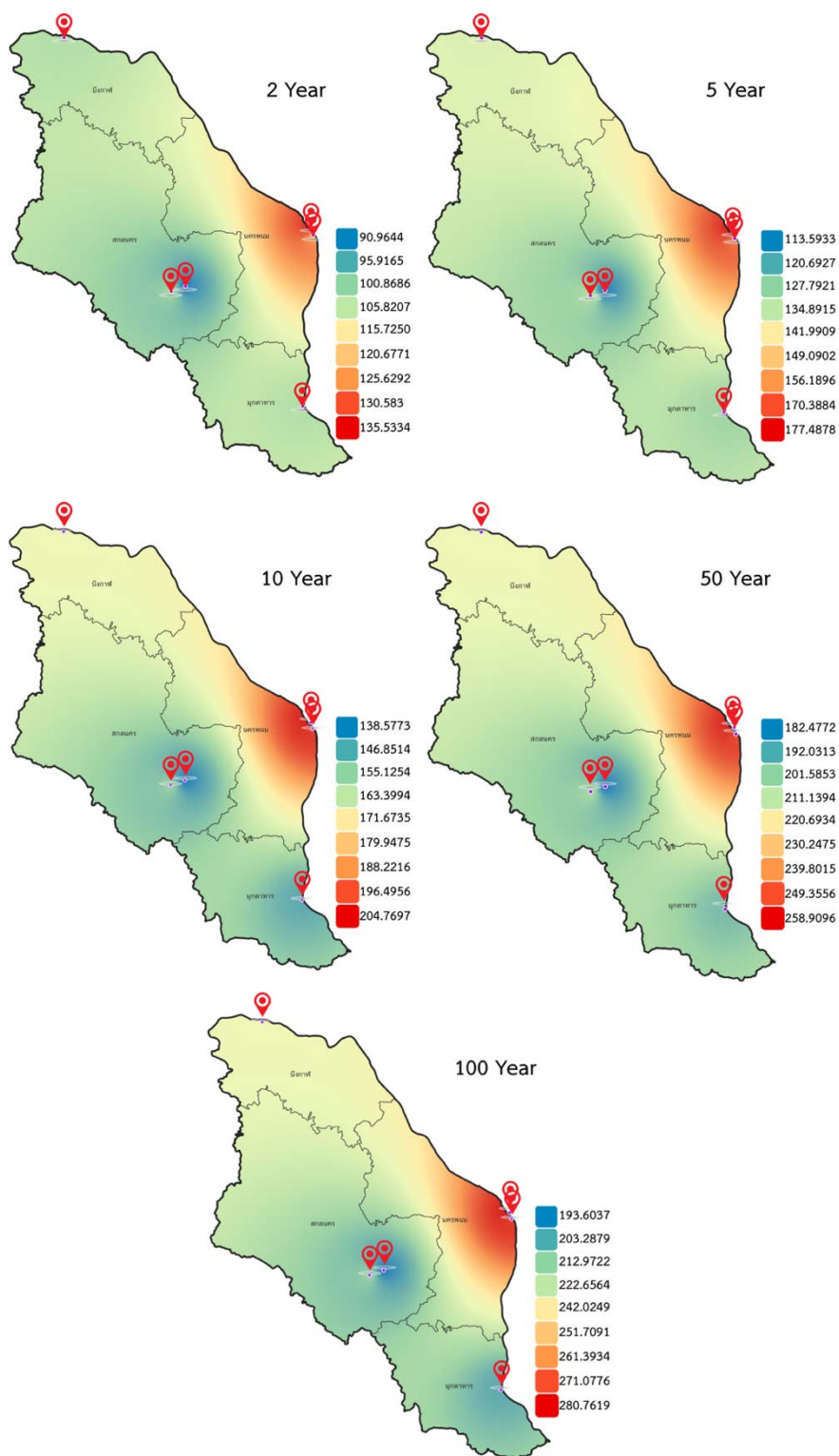
สถานี	$\hat{\mu}(SE)$	$\hat{\sigma}(SE)$	$\hat{\xi}(SE)$	การแจกแจงที่เหมาะสม	KS Test (p-value)
บึงกาฬ (48363)	92.25 (5.36)	31.35 (3.80)	-0.01 (0.10)	การแจกแจงไวล์บูล (Weibull Distribution)	0.10 (0.79)
นครพนม (48357)	109.86 (6.28)	36.77 (4.46)	-0.01 (0.01)	การแจกแจงไวล์บูล (Weibull Distribution)	0.10 (0.75)
นครพนม สกษ.(48358)	122.94 (6.88)	40.11 (4.88)	-0.07 (0.10)	การแจกแจงไวล์บูล (Weibull Distribution)	0.15 (0.27)
สกลนคร (48356)	84.28 (3.01)	17.83 (2.24)	0.12 (0.09)	การแจกแจงฟรีเชต์ (Fréchet Distribution)	0.22 (0.03)
สกลนคร สกษ.(48355)	91.81 (4.53)	27.38 (3.02)	-0.02 (0.06)	การแจกแจงไวล์บูล (Weibull Distribution)	0.15(0.32)
มุกดาหาร (48383)	91.31 (4.34)	25.27 (3.09)	-0.02 (0.10)	การแจกแจงไวล์บูล (Weibull Distribution)	0.13 (0.45)

จากตารางที่ 2 พบว่าค่าประมาณพารามิเตอร์ตำแหน่ง(μ) ขนาด (σ) และรูปร่าง (ξ) พร้อมค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของแต่ละสถานี เมื่อพิจารณาค่าประมาณพารามิเตอร์รูปร่าง (ξ) และสถิติทดสอบโคโมโกรอฟ - สเมอนอฟ (Kolmogorov-Smirnov Test: KS-test) พบว่า ปริมาณน้ำฝนรายเดือนสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทยมีการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไปที่เหมาะสม คือ การแจกแจงไวล์บูล (Weibull Distribution) โดยมีค่าระดับการเกิดซ้ำและช่วงความเชื่อมั่น 95% สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำของแต่ละสถานี ดังตารางที่ 3

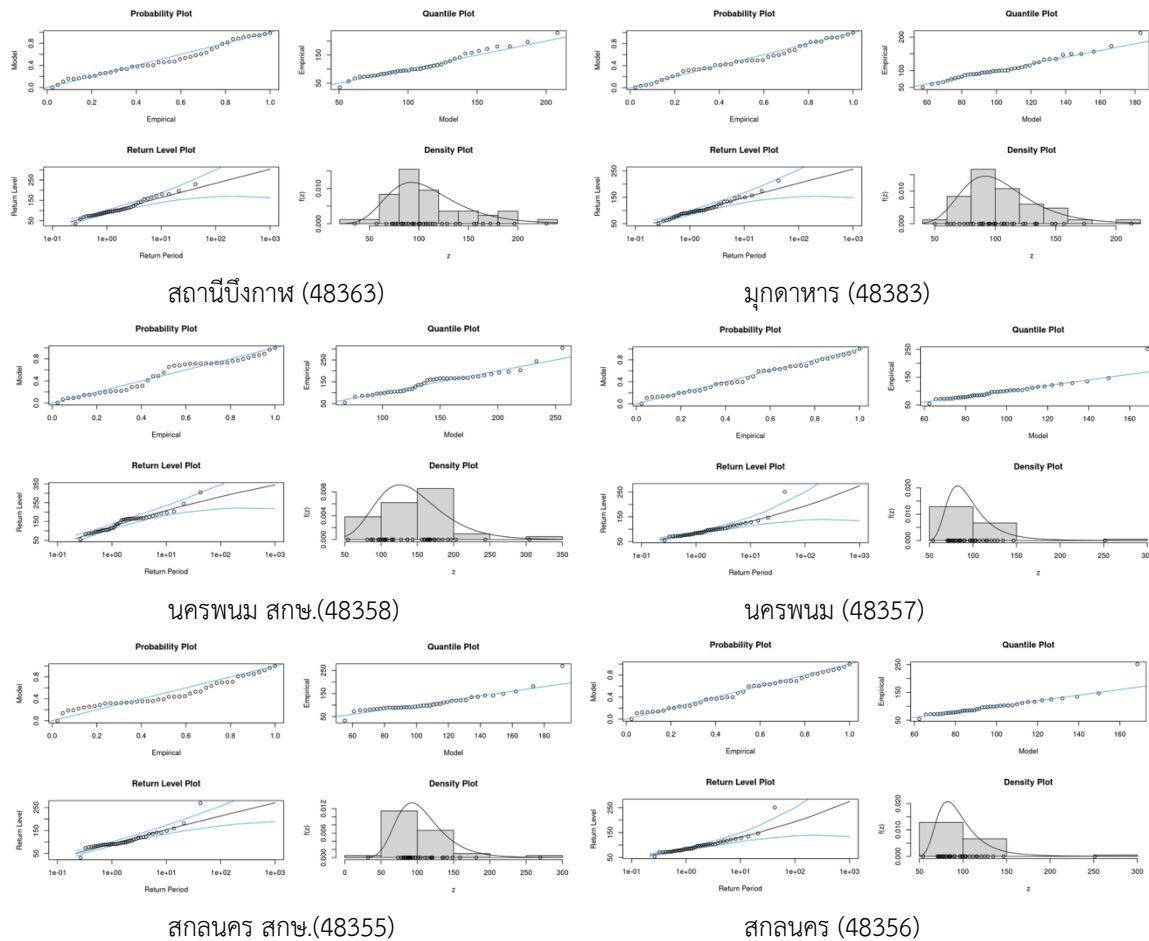
ตารางที่ 3 ค่าประมาณพารามิเตอร์ค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำในรอบ 2 ปี 5 ปี 10 ปี 50 ปี และ 100 ปีของแต่ละสถานีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทยสำหรับการแจกแจงแบบค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป

สถานี	ระดับการเกิดซ้ำ				
	2 ปี	5 ปี	10 ปี	50 ปี	100 ปี
บึงกาฬ (48363)	103.7186	139.0019	162.1990	212.7974	234.0015
นครพนม (48357)	123.3110	164.5397	191.5415	250.1509	274.5944
นครพนม สกษ.(48358)	137.4628	180.1790	206.7307	260.6785	281.7531
สกลนคร (48356)	90.96369	113.56495	130.29671	172.83233	193.48550
สกลนคร สกษ.(48355)	101.8169	132.3783	152.3033	195.3038	213.1364
มุกดาหาร (48383)	100.5475	128.7430	147.1169	186.7463	203.1711

จากตารางที่ 3 แสดงผลการประมาณค่าระดับการเกิดซ้ำ (return levels) ของปริมาณน้ำฝนสุดขีดในรอบ 2, 5, 10, 50 และ 100 ปี สำหรับสถานีตรวจวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยอาศัยการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value Distribution: GEVD) พบว่า ค่าระดับการเกิดซ้ำของทุกสถานีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาการเกิดซ้ำที่ยาวขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะสอดคล้องกับทฤษฎีค่าสุดขีด โดยสถานีในจังหวัดนครพนม โดยเฉพาะสถานีนครพนม สกษ. (48358) แสดงค่าระดับการเกิดซ้ำสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสถานีอื่นในพื้นที่ศึกษา โดยมีค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำในรอบ 100 ปีสูงถึงประมาณ 281.75 มิลลิเมตร รองลงมาคือสถานีนครพนม (48357) ซึ่งมีค่าประมาณในรอบเดียวกันประมาณ 274.59 มิลลิเมตร ผลลัพธ์ดังกล่าวสะท้อนถึงศักยภาพการเกิดเหตุการณ์ฝนสุดขีดรุนแรงในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงตอนบน ซึ่งมีความสำคัญต่อการประเมินความเสี่ยงในระยะยาว ในขณะที่สถานีสกลนคร (48356) ให้ค่าระดับการเกิดซ้ำต่ำที่สุดในทุกช่วงคาบเวลา โดยค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำในรอบ 100 ปีอยู่ที่ประมาณ 193.49 มิลลิเมตร แสดงถึงความรุนแรงของเหตุการณ์ฝนสุดขีดที่ต่ำกว่าเชิงสัมพัทธ์เมื่อเปรียบเทียบกับสถานีอื่น อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาสถานีสกลนคร สกษ. (48355) พบว่าค่าระดับการเกิดซ้ำสูงกว่าสถานีหลักอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลา ซึ่งสะท้อนถึงความแปรปรวนเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนสุดขีดในระดับจุลภาคแม้อยู่ในจังหวัดเดียวกัน สำหรับสถานีบึงกาฬ (48363) และมุกดาหาร (48383) พบว่าค่าระดับการเกิดซ้ำอยู่ในช่วงปานกลาง โดยค่าประมาณในรอบ 100 ปีอยู่ที่ประมาณ 234.00 และ 203.17 มิลลิเมตร ตามลำดับ ทั้งสองสถานีแสดงรูปแบบการเพิ่มของค่าระดับการเกิดซ้ำอย่างค่อยเป็นค่อยไป และมีความสม่ำเสมอของการประมาณค่าในทุกช่วงคาบเวลา ซึ่งบ่งชี้ถึงเสถียรภาพของแบบจำลอง GEV ที่นำมาใช้ โดยสรุป ลำดับความรุนแรงของค่าระดับการเกิดซ้ำในช่วงคาบเวลายาว (50–100 ปี) สามารถจัดเรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ สถานีนครพนม สกษ., สถานีนครพนม, สถานีบึงกาฬ, สถานีสกลนคร สกษ., สถานีมุกดาหาร, สถานีสกลนคร ตามลำดับ ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวสะท้อนอิทธิพลของลักษณะภูมิอากาศเชิงพื้นที่ ประกอบกับการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป ซึ่งมีนัยสำคัญต่อการออกแบบโครงสร้างด้านอุทกวิศวกรรม การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ และการวางแผนการปรับตัวต่อเหตุการณ์ฝนสุดขีดภายใต้บริบทของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต โดยอธิบายผ่านแผนที่ iso-provial ในภาพที่ 2 และกราฟ Probability-Plot, QQ-Plot, Return Level Plot, และ Density Plot ของทั้ง 6 สถานี ในภาพประกอบที่ 3 ดังนี้



ภาพที่ 2 ค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำในรอบ 2 ปี 5 ปี 10 ปี 50 ปี และ 100 ปีของแต่ละสถานีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทยสำหรับการแจกแจงแบบค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป



ภาพที่ 3 Probability-Plot, QQ-Plot, Return Level Plot, และ Density Plot ของทั้ง 6 สถานี

จากภาพที่ 3 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนของทั้ง 6 สถานีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ได้แก่ สถานีบึงกาฬ (48363) สถานีมุกดาหาร (48383) สถานีนครพนม สกษ. (48358) สถานีนครพนม (48357) สถานีสกลนคร สกษ. (48355) และสถานีสกลนคร (48356) โดยอาศัยกราฟ Probability Plot, Quantile-Quantile Plot (QQ-Plot), Return Level Plot และ Density Plot ผ่านการใช้กราฟวินิจฉัยที่อาศัยแนวคิดของ ควอนไทล์ (quantile) ได้แก่ Probability Plot, QQ-Plot และ Return Level Plot เนื่องจากการวิเคราะห์เหตุการณ์สุดขีดให้ความสำคัญกับพฤติกรรมบริเวณหางของการแจกแจง(tail behavior) มากกว่าค่ากลางของข้อมูล การใช้ควอนไทล์จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อมูลเชิงประจักษ์และแบบจำลองเชิงทฤษฎี (Coles, 2001) และเพื่อวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลเชิงประจักษ์กับแบบจำลองเชิงทฤษฎี โดยมีผลจากการวิเคราะห์ 4 กราฟ ดังนี้ 1) Probability Plot พบว่าจุดข้อมูลของทุกสถานีมีแนวโน้มเรียงตัวใกล้เคียงกับเส้นอ้างอิงของแบบจำลองค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป อย่างต่อเนื่องตลอดช่วงความน่าจะเป็น สะท้อนถึงความสามารถของแบบจำลองในการอธิบายรูปแบบการกระจายของค่าสุดขีดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในช่วงค่าความน่าจะเป็นสูงซึ่งสอดคล้องกับเหตุการณ์ฝนตกหนักรุนแรง อันเป็นช่วงที่มีความสำคัญต่อการประเมินความเสี่ยงด้านอุทกวิทยา 2) QQ-Plot ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบควอนไทล์ของข้อมูลจริงกับควอนไทล์ของการแจกแจง GEV โดยจุดข้อมูลส่วนใหญ่กระจายตัวตามแนวเส้นอ้างอิงเชิงเส้น แม้ว่าจะพบการเบี่ยงเบนเล็กน้อยในบริเวณหางบนของการแจกแจงในบางสถานี ซึ่งสะท้อนถึงความผันผวนของเหตุการณ์ฝนตกหนักมากเป็นพิเศษ อย่างไรก็ตาม ความเบี่ยงเบนดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อความเหมาะสมโดยรวมของแบบจำลอง 3) Return Level Plot แสดงให้เห็นว่าเส้นประมาณค่าระดับน้ำฝนตามคาบอุบัติซ้ำจากแบบจำลองค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป สามารถครอบคลุมจุดข้อมูลเชิงประจักษ์ได้อย่างเหมาะสมในช่วงคาบอุบัติซ้ำต่ำถึงปานกลาง ขณะที่ในช่วงคาบอุบัติซ้ำสูงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างไม่เชิงเส้น สะท้อนถึงลักษณะการทวีความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนสุดขีดในระยะยาว ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญต่อการวิเคราะห์ความเสี่ยงอุทกภัย การออกแบบโครงสร้างพื้นฐานด้านน้ำ และการจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อรองรับเหตุการณ์สุดขีดภายใต้บริบทการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และ 4) Density Plot พบว่าการกระจายความหนาแน่นของข้อมูลน้ำฝนรายเดือนมีความสอดคล้องกับฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของแบบจำลองค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป อย่างชัดเจนในทุกสถานี โดยส่วนใหญ่

มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวา ซึ่งเป็นคุณลักษณะเฉพาะของข้อมูลค่าสุดขีดด้านอุทกวิทยา สะท้อนถึงการเกิดเหตุการณ์ฝนปริมาณสูงที่มีความถี่ต่ำแต่มีความรุนแรงสูง

การประเมินผ่านกราฟทั้งสี่ประเภทสนับสนุนอย่างเป็นระบบว่าแบบจำลองค่าสุดขีดวงนัยทั่วไปมีความเหมาะสมสูงในการอธิบายพฤติกรรมของปริมาณน้ำฝนรายเดือนค่าสุดขีดในพื้นที่ศึกษานี้ ทั้งในเชิงการกระจายตัวของข้อมูลและการประมาณระดับฝนตามคาบอุบัติซ้ำ ผลลัพธ์ดังกล่าวชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของแบบจำลองค่าสุดขีดวงนัยทั่วไปในการประยุกต์ใช้เพื่อการวางแผนด้านการเกษตร การจัดการทรัพยากรน้ำ และการประเมินความเสี่ยงจากอุทกภัยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทยอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

อภิปรายผล

ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า ปริมาณน้ำฝนรายเดือนค่าสุดขีดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนมีลักษณะการกระจายแบบเบ้ขวาอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของทฤษฎีค่าสุดขีด (Extreme Value Theory: EVT) ที่ใช้อธิบายพฤติกรรมของค่าสูงสุดในช่วงเวลา (block maxima) การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (MLE) ให้ผลลัพธ์ที่มีเสถียรภาพ และการทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองด้วยสถิติโคโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ รวมถึงกราฟวินิจฉัยต่าง ๆ โดยการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป (GEVD) สามารถอธิบายรูปแบบข้อมูลได้อย่างเหมาะสมในเกือบทุกสถานี ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับงานของ Busababodhin and Papukdee (2018) ที่รายงานว่าคุณสมบัติค่าสุดขีดในประเทศไทยมีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวาและสามารถจำลองได้ดีด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป และงานวิจัยของ Kaewmun, Busababodhin and Budchamruei (2015) ซึ่งพบว่าการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลางของประเทศไทย เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์รูปร่าง (Shape parameter, ξ) พบว่าส่วนใหญ่มีค่าเป็นลบ แสดงถึงลักษณะการแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull-type distribution) ซึ่งบ่งชี้ว่าปริมาณน้ำฝนสุดขีดมีขอบเขตบนจำกัดในช่วงเวลาที่ศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Nadarajah and Choi (2007) ที่รายงานว่าคุณสมบัติฝนสูงสุดรายวันในเกาหลีใต้ส่วนใหญ่มีลักษณะ Weibull-type distribution ขณะที่บางสถานีในงานวิจัยนี้มีค่า ξ เป็นบวก สะท้อนถึงลักษณะการแจกแจงแบบฟรีเชต (Fréchet-type distribution) ซึ่งมีหางขวานหนักกว่า สถานการณ์ดังกล่าวอาจสัมพันธ์กับความแตกต่างเชิงภูมิประเทศและกระบวนการทางบรรยากาศในระดับพื้นที่ โดยเฉพาะอิทธิพลของแนวเทือกเขาภูพานและลุ่มน้ำโขงที่เอื้อต่อการยกตัวของมวลอากาศขึ้นและการก่อตัวของฝนตกหนักในบางบริเวณ ส่งผลให้เกิดเหตุการณ์ฝนสุดขีดที่มีความรุนแรงมากกว่าพื้นที่ราบลุ่มโดยรอบ ซึ่งมีลักษณะสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nguyen, Nguyen and Ashkar (2002) ที่ชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างของพฤติกรรมฝนสุดขีดตามบริบทภูมิประเทศ การวิเคราะห์ระดับการเกิดซ้ำ (return levels) แสดงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนสุดขีดอย่างต่อเนื่องเมื่อคาบอุบัติซ้ำยาวขึ้นในทุกสถานี โดยเฉพาะสถานี นครพนม สกษ. ซึ่งให้ค่าระดับการเกิดซ้ำสูงสุดในทุกช่วงเวลา สะท้อนถึงความเปราะบางต่อความเสี่ยงด้านอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงตอนล่างที่มีลักษณะการระบายน้ำค่อนข้างช้า เมื่อเกิดฝนตกหนักต่อเนื่องจึงมีแนวโน้มเกิดน้ำท่วมฉับพลันและน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน ขณะที่สถานีสกลนครมีค่าระดับการเกิดซ้ำต่ำกว่าสถานีอื่น อาจเนื่องมาจากลักษณะภูมิประเทศและรูปแบบการไหลเวียนของมวลอากาศที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นลักษณะสอดคล้องกับกรอบแนวคิดของ Coles (2001) และสอดคล้องกับงานของ Kim *et al.* (2022) ที่รายงานว่าคุณสมบัติฝนสุดขีดมีแนวโน้มเพิ่มความรุนแรงภายใต้บริบทความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความซับซ้อนเชิงภูมิประเทศ เช่น พื้นที่ลุ่มแม่น้ำหรือพื้นที่ที่มีแนวภูเขาชัน

ผลการศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าทั้งในระดับนานาชาติและในประเทศไทยที่รายงานถึงประสิทธิภาพของแบบจำลอง GEV ในการอธิบายเหตุการณ์ฝนสุดขีดและการเพิ่มขึ้นของระดับการเกิดซ้ำภายใต้บริบทการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้บรรยากาศสามารถกักเก็บไอน้ำได้มากขึ้น ส่งผลให้เกิดฝนตกหนักรุนแรงในช่วงเวลาสั้น ๆ บ่อยครั้งยิ่งขึ้น กลไกดังกล่าวยิ่งทวีความสำคัญในพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศซับซ้อนเช่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย แม้ว่างานวิจัยนี้จะใช้กรอบการวิเคราะห์แบบจำลอง GEV แบบคงที่ (Stationary GEV) ซึ่งเหมาะสมกับการประเมินความเสี่ยงเชิงสถิติในระยะยาว แต่การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันอาจส่งผลให้คุณลักษณะของฝนสุดขีดเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา งานวิจัยในอนาคตจึงควรพัฒนาไปสู่การใช้แบบจำลอง GEV แบบไม่คงที่ (Nonstationary GEV) โดยเชื่อมโยงพารามิเตอร์ของการแจกแจงเข้ากับตัวแปรภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิเฉลี่ย แนวโน้มปริมาณฝน หรือดัชนีสภาพอากาศขนาดใหญ่ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคาดการณ์เหตุการณ์สุดขีดในระยะยาว

ดังนั้นแบบจำลองค่าสุดขีดวงนัยทั่วไปที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้สามารถอธิบายพฤติกรรมของฝนสุดขีดรายเดือนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และให้ข้อมูลเชิงปริมาณที่มีคุณค่าสำหรับการประเมินความเสี่ยงด้านอุทกภัย การวางแผนการเกษตร และการจัดการทรัพยากรน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย ภายใต้บริบทของความแปรปรวนและความไม่แน่นอนของสภาพภูมิอากาศในอนาคต

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าแบบจำลองค่าสุดขีดวงนัยทั่วไปมีศักยภาพสูงในการประเมินความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนสุดขีดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยหน่วยงานด้านการจัดการทรัพยากรน้ำควรนำค่าระดับการเกิดซ้ำจากแบบจำลองไปใช้ประกอบการออกแบบโครงสร้างพื้นฐานและมาตรการป้องกันอุทกภัย โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง เช่น จังหวัดนครพนม ในภาคการเกษตร ข้อมูลฝนสุดขีดสามารถสนับสนุนการวางแผนเพาะปลูกและการจัดการระบบชลประทานเพื่อลดความเสียหายจากเหตุการณ์รุนแรง สำหรับการศึกษาต่อยอดในอนาคตควรพัฒนาแบบจำลองค่าสุดขีดวงนัยทั่วไปแบบไม่คงที่โดยเชื่อมโยงกับตัวแปรภูมิอากาศเพื่อสะท้อนอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างเหมาะสม รวมทั้งขยายขอบเขตเชิงพื้นที่และบูรณาการผลลัพธ์กับแบบจำลองอุทกวิทยาเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประเมินความเสี่ยงระยะยาวและสนับสนุนการวางแผนการปรับตัวต่อสภาพภูมิอากาศอย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ข้อมูลเพื่อเกษตรกรรมยั่งยืน (Data Science and sustainable agriculture; Climate Change, Innovation and extreme Risk Assessment (DSSA)) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และกรมอุตุนิยมวิทยา ที่ได้มอบความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับทฤษฎีค่าสุดขีดพร้อมทั้งข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อสร้างแบบจำลองในครั้งนี้

จริยธรรมการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาที่ใช้ข้อมูลทุติยภูมิด้านปริมาณน้ำฝนซึ่งได้มาจากหน่วยงานราชการ ได้แก่ กรมอุตุนิยมวิทยา และหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ข้อมูลเพื่อเกษตรกรรมยั่งยืน (Data Science and Sustainable Agriculture; DSSA) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดยข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลเชิงสภาพอากาศที่เปิดเผยมุ่งเพื่อการศึกษาและการวิจัย ไม่เกี่ยวข้องกับข้อมูลส่วนบุคคลของมนุษย์ ไม่กระทบต่อสิทธิ ความเป็นส่วนตัว หรือสวัสดิภาพของบุคคลใด และไม่เกี่ยวข้องกับการทดลองในสัตว์หรือสิ่งมีชีวิต โดยคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลภายใต้หลักจริยธรรมทางวิชาการอย่างเคร่งครัด โดยคำนึงถึงความถูกต้อง ความโปร่งใส และความซื่อสัตย์ทางวิชาการในการประมวลผล วิเคราะห์ และนำเสนอผลการวิจัย ทั้งนี้ได้มีการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูลและเอกสารทางวิชาการอย่างถูกต้องตามหลักสากล เพื่อป้องกันการละเมิดลิขสิทธิ์และการคัดลอกผลงานทางวิชาการโดยมิชอบ และเนื่องจากการศึกษานี้ไม่เกี่ยวข้องกับการเก็บข้อมูลจากมนุษย์หรือสัตว์ทดลอง จึงไม่จำเป็นต้องขอรับการรับรองจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ อย่างไรก็ตาม คณะผู้วิจัยได้ยึดถือหลักการพื้นฐานของจริยธรรมการวิจัย ได้แก่ หลักความซื่อสัตย์ทางวิชาการ (Research Integrity) หลักความรับผิดชอบต่อสังคม (Social Responsibility) และหลักการใช้อย่างมีจริยธรรม เพื่อให้ผลการวิจัยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อการวางแผนการเกษตรและการจัดการความเสี่ยงด้านอุทกภัยได้อย่างเหมาะสมและยั่งยืน

References

- Busababodhin, P. and Papukdee, N. (2018). Modeling extreme precipitation in Thailand (in Thai). *KKU Science Journal*, 46(1), 173–185.
- Coles, S. (2001). *An introduction to statistical modeling of extreme values*. London: Springer.
- Hosking, J. R. M., Wallis, J. R. and Wood, E. F. (1985). Estimation of the generalized extreme-value distribution by the method of probability-weighted moments. *Technometrics*, 27(3), 251–261.
- Katz, R. W. (1999). Extreme value theory for precipitation: sensitivity analysis for climate change. *Advances in Water Resources*, 23(2), 133–139.
- Kaewmun, K., Busababodhin, P. and Budchamruei, P. (2015). Modeling monthly precipitation in central northeast of Thailand (in Thai). *KKU Science Journal*, 43(1), 137–147.
- Kim, H., Kim, T., Shin, J. Y. and Heo, J. H. (2022). Improvement of extreme value modeling for extreme rainfall using large-scale climate modes and considering model uncertainty. *Water*, 14(3), 478.
- Koutsoyiannis, D. and Baloutsos, G. (2000). Analysis of a long record of annual maximum rainfall in Athens, Greece, and design rainfall inferences. *Natural Hazards*, 22, 29–48.

- Malik, I. H. and Ford, J. D. (2025). Monitoring climate change vulnerability in the Himalayas. **Ambio**, 54(1), 1–19.
- Mongkoltharn, S. (2025). Thailand's critical climate change years (2025–2026): Be aware, adapt, and cope (in Thai). **IPST Magazine**, 54(257), 48–54.
- Nadarajah, S. and Choi, D. (2007). Maximum daily rainfall in South Korea. **Journal of Earth System Science**, 116(4), 311–320.
- Nguyen, V. T. V., Nguyen, T. D. and Ashkar, F. (2002). Regional frequency analysis of extreme rainfalls. **Water Science and Technology**, 45(2), 75–81.
- Ofremu, G. O., Raimi, B. Y., Yusuf, S. O., Dziwornu, B. A., Nnabuike, S. G., Eze, A. M. and Nnajofofor, C. A. (2025). Exploring the relationship between climate change, air pollutants and human health: Impacts, adaptation, and mitigation strategies. **Green Energy and Resources**, 3(2), 100074.
- Renteria, R., Aquino, R. and Polanco, M. (2026). Modeling extreme rainfall using the generalized extreme value distribution and exceedance analysis in Colima, Mexico. **Sensors**, 26(2), 532.
- Saleem, A., Anwar, S., Nawaz, T., Fahad, S., Saud, S., Rahman, U. T., Khan, M. N. R. and Nawaz, T. (2025). Securing a sustainable future: the climate change threat to agriculture, food security, and sustainable development goals. **Journal of Umm Al-Qura University for Applied Sciences**, 11(3), 595–611.