

ตัวแบบค่าสุดขีดของปริมาณฝนรายเดือนบริเวณลุ่มน้ำปิงตอนบน จังหวัดเชียงใหม่

ธนโชติ ไชยโต^{1,2,*} และ มานัดถ์ คำทอง²

Received: 1 September 2020; Revised: 9 November 2020; Accepted: 11 November 2020

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนบริเวณลุ่มน้ำปิงตอนบน จังหวัดเชียงใหม่ โดยการใช้การแจกแจงพารามิเตอร์ทั่วไปและเพื่อหาระดับการเกิดซ้ำของปริมาณฝนรายเดือนในรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ การศึกษานี้ใช้ข้อมูลปริมาณฝนรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2549 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 จำนวน 6 สถานี ได้แก่ สถานีอำเภอเวียงแหง สถานีอำเภอแม่แตง สถานีอำเภอสันทราย สถานีอำเภอดอยสะเก็ด สถานีอำเภอเมืองและสถานีอำเภอแม่ว้าง ผลการศึกษาพบว่า สถานีอำเภอเวียงแหง สถานีอำเภอสันทราย สถานีอำเภอดอยสะเก็ด สถานีอำเภอเมืองและสถานีอำเภอแม่ว้าง ตัวแบบการแจกแจงพารามิเตอร์ทั่วไปที่กระบวนการคงที่เหมาะสมมากที่สุด ขณะที่สถานีอำเภอแม่แตง ตัวแบบการแจกแจงพารามิเตอร์ทั่วไปเมื่อพารามิเตอร์แสดงตำแหน่งเปลี่ยนแปลงในเชิงฟังก์ชันแบบเลขชี้กำลังเหมาะสมมากที่สุด สำหรับค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำของปริมาณรายเดือน สถานีอำเภอแม่ว้างมีระดับการเกิดซ้ำของปริมาณฝนรายเดือนมากที่สุด ในทุก ๆ รอบปีการเกิดซ้ำ ดังนั้น สถานีอำเภอแม่ว้างควรจะมีการให้ความสำคัญในเรื่องการป้องกันการเกิดอุทกภัยเนื่องจากมีระดับการเกิดซ้ำของปริมาณฝนรายเดือนมากที่สุด

คำสำคัญ: การแจกแจงพารามิเตอร์ทั่วไป, ค่าสุดขีด, ระดับการเกิดซ้ำ, ปริมาณฝนรายเดือน, ลุ่มน้ำปิงตอนบน

* Corresponding Author: tanachot.boy@gmail.com

¹ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

² ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Extreme Value Model for Monthly Rainfall in the Upper Ping River Basin of Chiang Mai Province

Tanachot Chaito^{1,2,*} and Manad Khamkong²

Received: 1 September 2020; Revised: 9 November 2020; Accepted: 11 November 2020

Abstract

The purposes of this study are to find the optimal model of extreme monthly rainfall data in the upper Ping basin of Chiang Mai province by using the Generalize Pareto (GP) distribution and to estimate return level for various return periods. This study used monthly rainfall data from January 2006 to December 2019 of 6 rain gauging stations: Wiang Haeng, Mae Taeng, San Sai, Doi Saket, Muang, and Mae Wang. The result of this study found that the GP distribution with stationary is fitted for Wiang Haeng, San Sai, Doi Saket, Muang, and Mae Wang stations. For Mae Taeng station, the GP distribution with non-stationary when the scale parameter changed depending on the exponential trend was the most appropriate. Mae Wang station had a higher return level than other stations for each return period in monthly rainfall data. Therefore, Mae Wang station should give priority to flood prevention as it has higher return level.

Keywords: Generalize Pareto Distribution, Extreme Values, Return Level, Monthly Rainfall, Upper Ping River Basin

* Corresponding Author: tanachot.boy@gmail.com

¹ Graduate School, Chiang Mai University, Chiang Mai

² Department of Statistics, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai

1. บทนำ

ปรากฏการณ์ทางอุทกวิทยา (Hydrologic Phenomenon) เป็นปรากฏการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำในวัฏจักรอุทกวิทยา ซึ่งสามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจนทั้งปริมาณและเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป ยกตัวอย่างเช่น เหตุการณ์ฝนตกหนักติดต่อกันจนเกิดน้ำท่วมอย่างรุนแรง หรือเหตุการณ์ฝนไม่ตกตามฤดูกาลทำให้เกิดภัยแล้งเป็นบริเวณกว้างในหลายพื้นที่ เป็นต้น (อารียา ฤทธิมา, 2561) อุทกภัยเป็นปรากฏการณ์ทางอุทกวิทยารูปแบบหนึ่งและสร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน รวมถึงสิ่งปลูกสร้างและเศรษฐกิจ สำหรับประเทศไทยได้เกิดอุทกภัยที่มีความรุนแรงในหลายครั้ง ยกตัวอย่างเช่น ในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยได้รับผลกระทบจากอุทกภัยอย่างรุนแรงและมีพื้นที่ได้รับผลกระทบกระจายในทุกภาคของประเทศ โดยเฉพาะพื้นที่ภาคเหนือและภาคกลางที่เกิดน้ำท่วมหนักเป็นระยะเวลานาน อุทกภัยในครั้งนี้ส่งผลให้เกิดความเสียหายทั้งภาคการเกษตร อุตสาหกรรมและเศรษฐกิจ (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ, 2559)

จังหวัดเชียงใหม่เป็นพื้นที่ที่มีสำคัญเป็นอย่างมากเนื่องจากเป็นศูนย์กลางที่มีความเจริญในทุก ๆ ด้านและเป็นเมืองใหญ่อันดับสองรองจากกรุงเทพมหานคร แต่พื้นที่ดังกล่าวยังประสบกับปัญหาอุทกภัยอย่างต่อเนื่องซึ่งส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรมในพื้นที่ ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดอุทกภัยคือปริมาณฝนที่มีค่าสูง สำหรับแนวทางที่จะช่วยในการป้องกันหรือช่วยลดความรุนแรงในการเกิดอุทกภัยคือการเฝ้าระวังตามจุดเสี่ยงที่จะเกิดอุทกภัย (ทิพย์ธิดา ปลัดทอง, 2562) หรือหาตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพิจารณาระดับการเกิดซ้ำ (Return Level) ของปริมาณน้ำฝนสูงสุดในรอบปีการเกิดซ้ำ (ชวลิต ชาลวิชัยตระกูล, 2551; พันธนิ์ภาริษา ของทิพย์ และคณะ, 2556)

ข้อมูลปริมาณฝนส่วนใหญ่มักจะมีค่าสุดขีด (Extreme Value) เกิดขึ้นหรือเป็นข้อมูลที่มีการแจกแจงที่มีลักษณะหางหนา (Heavy-tailed Distribution) ซึ่งโดยปกติการวิเคราะห์ข้อมูลในลักษณะนี้ นักวิเคราะห์ส่วนใหญ่จะตัดข้อมูลที่มีค่าสุดขีดทิ้งและไม่นำมาพิจารณา แต่ในความเป็นจริงถ้าต้องการทราบความน่าจะเป็นหรือต้องการทำนายการเกิดของเหตุการณ์ที่มีค่าสูงสุดหรือต่ำสุด เช่น ปริมาณฝนสูงสุด-ต่ำสุด น้ำท่าสูงสุด-ต่ำสุด และอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด เป็นต้น ซึ่งนักวิจัยส่วนใหญ่จะอาศัยทฤษฎีค่าสุดขีด (Extreme Value Theory) มาประยุกต์ใช้สำหรับการทำนายการเกิดของเหตุการณ์ที่มีค่าสูงสุดหรือต่ำสุด (พันธนิ์ภาริษา ของทิพย์ และคณะ, 2556; อรุณ แก้วมัน และคณะ, 2557) สำหรับประเทศไทยทฤษฎีค่าสุดขีดถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายกับข้อมูลทางอุทกวิทยา เช่น พันธนิ์ภาริษา ของทิพย์ และคณะ (2556) ได้ทำการศึกษาเพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนของภาคเหนือตอนบนประเทศ โดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value Distribution: GEV) และหาระดับการเกิดซ้ำของปริมาณฝนสูงสุดในรอบปีเกิดซ้ำต่าง ๆ ต่อมาในปี พ.ศ. 2557 อรุณ แก้วมัน และคณะ ได้สร้างตัวแบบค่าสุดขีดของปริมาณฝนสูงสุดรายวันของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างโดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปและการแจกแจงพारेโตนัยทั่วไป (Generalized Pareto Distribution: GP) และหาระดับการเกิดซ้ำของปริมาณฝนสูงสุดรายวันในรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2558 ปิยภัทร บุษบาบดินทร์ และคณะ ได้สร้างตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดรายเดือนและรายปีด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย และในปี พ.ศ. 2562 ทิพย์ธิดา ปลัดทอง และคณะ ได้ทำการศึกษาเพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณฝนรายวันในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑลโดยใช้การแจกแจงพारेโตนัยทั่วไปและหาระดับการเกิดซ้ำของปริมาณฝนสูงสุดรายวันในรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องยังไม่มียานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับตัวแบบปริมาณฝนสูงสุดรายเดือนบริเวณลุ่มน้ำปิงตอนบน จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้การแจกแจงพारेโตนัยทั่วไป ซึ่งการศึกษาดังกล่าวถือว่าเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องซึ่งสามารถนำผลการศึกษางานวิจัยนี้มาใช้ประกอบการวางแผนเพื่อการป้องกันหรือช่วยลดความรุนแรงในการเกิดอุทกภัยในพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำปิงตอนบน จังหวัดเชียงใหม่ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนบริเวณลุ่มน้ำปิงตอนบน จังหวัดเชียงใหม่ โดย

ใช้การแจกแจงพารेटไนต์นัยทั่วไป และเพื่อหาระดับการเกิดซ้ำของปริมาณฝนรายเดือน ในรอบการเกิดซ้ำที่ 2 5 10 15 20 25 30 50 และ 100 ปี

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การแจกแจงของค่าสุดขีด

สำหรับการวิเคราะห์ค่าสุดขีดสามารถแบ่งลักษณะของการแจกแจงได้ 2 รูปแบบ ดังต่อไปนี้

1) การแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไป เมื่อกำหนดให้ X_m แทนค่าสูงสุดของตัวแปรสุ่ม $X_m = \max(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$ ดังนั้นการแจกแจง GEV จะมีฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (Cumulative Distribution Function) (Haugh M., 2013; ปิยภัทร บุษบาบดินทร์ และ อรุณ แก้วมั้น, 2558) ดังนี้

$$F(x_m) = \exp \left[- \left(1 + \xi \left(\frac{x_m - \mu}{\sigma} \right) \right)^{-1/\xi} \right] \quad (1)$$

และมีฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น (Probability Density Function) ดังนี้

$$f(x_m) = \frac{1}{\sigma} \left[1 + \xi \left(\frac{x_m - \mu}{\sigma} \right) \right]^{\left(\frac{1}{\xi} \right) - 1} \exp \left[- \left(1 + \xi \left(\frac{x_m - \mu}{\sigma} \right) \right)^{-1/\xi} \right] \quad (2)$$

โดยที่ μ แทน พารามิเตอร์แสดงตำแหน่ง (Location Parameter) σ แทน พารามิเตอร์แสดงขนาด (Scale Parameter) และ ξ แทน พารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (Shape Parameter)

เมื่อ $\xi = 0$ จะเรียกการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปว่าการแจกแจงกัมเบล (Gumbel Distribution)

$\xi > 0$ จะเรียกการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปว่าการแจกแจงฟรีเชต (Frechet Distribution)

$\xi < 0$ จะเรียกการแจกแจงค่าสุดขีดนัยทั่วไปว่าการแจกแจงไวบูล (Weibull Distribution)

2) การแจกแจงพารेटไนต์นัยทั่วไปมี 2 พารามิเตอร์ ซึ่งการแจกแจง GP เป็นการแจกแจงที่จะอาศัยค่าเกณฑ์ (Threshold (u)) ในการพิจารณาค่าสุดขีด สำหรับการเลือกค่าสังเกตจะคัดเลือกจากค่าสังเกตที่มีค่าสูงกว่าค่าเกณฑ์ ซึ่งการแจกแจง GP มีฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของ $X - u$ ภายใต้เงื่อนไข $X > u$ (Haugh M., 2013; ปิยภัทร บุษบาบดินทร์ และ อรุณ แก้วมั้น, 2558) ดังนี้

$$F(x; \sigma, \xi) = 1 - \left(1 + \xi \left(\frac{x}{\tilde{\sigma}} \right) \right)^{-1/\xi} \quad (3)$$

และมีฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นดังนี้

$$f(x) = 1 + \left[\xi \left(\frac{x - u}{\sigma} \right) \right]^{\frac{1}{\xi}} \quad (4)$$

โดยที่ $\tilde{\sigma} = \sigma + \xi(u - \mu)$ σ แทน พารามิเตอร์แสดงขนาด ξ แทน พารามิเตอร์แสดงรูปร่าง μ แทน พารามิเตอร์แสดงตำแหน่ง และ u แทน ค่าเกณฑ์

2.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์

ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation: MLE) (ปิยภัทร บุษบาบดินทร์ และอรุณ แก้วมัน, 2558) ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. สร้างฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็น (Likelihood Function) โดยอาศัยฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการแจกแจงพารेटไนต์ทั่วไปในสมการที่ (4) ดังนั้น ฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นสามารถเขียนสมการได้ดังต่อไปนี้

$$L(\sigma, \xi) = \prod_{i=1}^k \left\{ \frac{1}{\sigma} \left(1 + \xi \left(\frac{x}{\sigma} \right) \right)^{-\left(\frac{1}{\xi} + 1 \right)} \right\} \quad (5)$$

2. สร้างฟังก์ชันลอกลักษณะน่าจะเป็น (Log-likelihood Function) ของการแจกแจงพารेटไนต์ทั่วไปมีสมการดังต่อไปนี้

$$\log L(\sigma, \xi) = -k \log \sigma - \left(\frac{1}{\xi} + 1 \right) \sum_{i=1}^k \log \left(1 + \xi \frac{x_i}{\sigma} \right) \quad (6)$$

โดยที่ k แทน จำนวนค่าของข้อมูลที่มากกว่าค่าเกณฑ์

3. ประมาณค่าพารามิเตอร์สามารถประมาณได้ด้วยการหาอนุพันธ์ย่อย (Partial Derivative) ของฟังก์ชันลอกลักษณะน่าจะเป็น

2.3 การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ

การทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบผู้วิจัยได้ใช้วิธีเกณฑ์สารสนเทศของอะกะอิเกะ (Akaike Information Criterion: AIC) และวิธีเกณฑ์สารสนเทศของเบส์ (Bayesian Information Criterion: BIC) สำหรับการคัดเลือกตัวแบบโดยใช้เกณฑ์ AIC และ BIC ถ้าหากตัวแบบใดที่ให้ค่า AIC และ BIC ต่ำที่สุดจะถือว่าเป็นตัวแบบที่ดีที่สุด ซึ่งเกณฑ์ AIC (Akaike H., 1973) มีสมการ ดังต่อไปนี้

$$AIC = 2k - 2 \ln L \quad (7)$$

โดยที่ k แทน จำนวนพารามิเตอร์ในตัวแบบ

L แทน ค่าของฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นสูงสุด

และเกณฑ์ BIC (Schwarz G., 1978) มีสมการดังต่อไปนี้

$$BIC = k \ln(n) - 2 \ln L \quad (8)$$

โดยที่ k แทน จำนวนพารามิเตอร์ในตัวแบบ

n แทน ขนาดตัวอย่าง

L แทน ค่าของฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นสูงสุด

2.4 ระดับการเกิดซ้ำ

ระดับการเกิดซ้ำคือการประเมินสิ่งที่จะเกิดขึ้นหนึ่งครั้งในระยะเวลาทุก ๆ คาบเวลาที่สนใจเพื่อหาค่าปริมาณค่าสุดขีดที่เกิดขึ้นที่คาบเวลาการเกิดซ้ำ (ทฤษฎีดา ปลัดทอง และคณะ, 2562) ซึ่งระดับการเกิดซ้ำ (Z_T) คือ ตำแหน่งของข้อมูล เมื่อ T คือ คาบเวลาที่สนใจการเกิดซ้ำซึ่งมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ p หรือกล่าวได้ว่า $T = \frac{1}{p}$ สำหรับการประมาณค่าระดับการเกิดซ้ำของการแจกแจงพาราเรโตนัยทั่วไปเมื่อมีข้อมูลที่สูงกว่าค่าเกณฑ์ ($X > u$) (อรุณ แก้วมื่น และคณะ, 2557) มีสมการ ดังต่อไปนี้

$$Z_T = u + \frac{\sigma}{\xi} \left((T\xi_u)^\xi - 1 \right) \text{ เมื่อ } \xi \neq 0 \quad (9)$$

โดยที่ ξ_u แทน ความน่าจะเป็นของข้อมูลที่มากกว่าค่า u ($\Pr(X > u)$)
 u แทน ค่าเกณฑ์ที่กำหนด (Threshold)
 T แทน คาบเวลาที่สนใจการเกิดซ้ำ

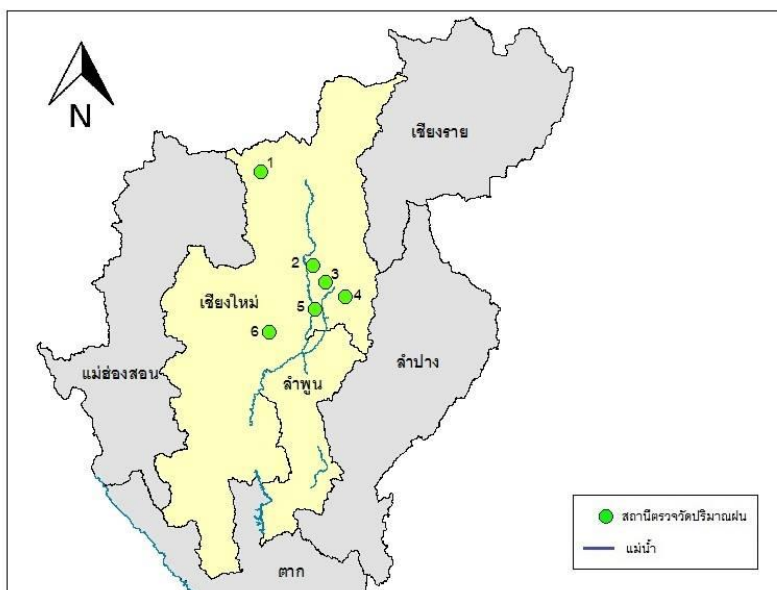
3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ข้อมูลปริมาณฝน

การศึกษานี้ได้รวบรวมข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนบริเวณลุ่มน้ำปิงตอนบน จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2549 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 จากสถานีสำรวจปริมาณฝนของศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคเหนือตอนบน กรมชลประทาน จำนวน 6 สถานี ประกอบด้วย

1. สถานี P.65 อำเภอเวียงแหง จังหวัดเชียงใหม่
2. สถานีห้วยนางแม่แตง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่
3. สถานีโครงการแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่
4. สถานี P.25 อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่
5. สถานีสำนักงานชลประทานที่ 1 อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่
6. สถานีโครงการหลวงทุ่งหลวง อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่

สำหรับที่ตั้งของสถานีตรวจวัดปริมาณฝนของทั้ง 6 สถานีแสดงดังรูปภาพที่ 1 และการศึกษาครั้งนี้วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม R เวอร์ชัน 3.6.3



รูปที่ 1 ที่ตั้งของสถานีตรวจวัดปริมาณฝนที่ทำการศึกษา
(ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคเหนือตอนบน กรมชลประทาน, 2563)

3.2 วิธีการวิจัย

การสร้างตัวแบบปริมาณฝนรายเดือนบริเวณลุ่มน้ำปิงตอนบน จังหวัดเชียงใหม่ มีขั้นตอนในการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. รวบรวมข้อมูลปริมาณฝนรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2549 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2562
2. ตรวจสอบการแจกแจงของปริมาณฝนรายเดือนว่ามีการแจกแจง GEV หรือ การแจกแจง GP เพื่อหาการแจกแจงที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณฝนของแต่ละสถานี โดยใช้เกณฑ์ AIC และ BIC ถ้าหากการแจกแจงใดให้ค่า AIC และ BIC ต่ำที่สุด แสดงว่าการแจกแจงนั้นเป็นการแจกแจงที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนมากที่สุด
3. หาค่าเกณฑ์ของแต่ละสถานี สำหรับการศึกษาได้กำหนดค่าเกณฑ์โดยใช้ตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 ของข้อมูลปริมาณฝนรายเดือน
4. สร้างตัวแบบข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนด้วยตัวแบบ 3 รูปแบบ ดังต่อไปนี้

รูปแบบที่ 1: σ และ ξ คงตัว

รูปแบบที่ 2: $\sigma(t) = \beta_0 + \beta_1 t$ และ ξ คงตัว

รูปแบบที่ 3: $\sigma(t) = \exp(\beta_0 + \beta_1 t)$ และ ξ คงตัว

โดยที่ t มีหน่วยเป็นรายเดือน จากตัวแบบจะเห็นได้ว่า ξ เป็นค่าคงตัว เนื่องจากถ้ากำหนดให้ค่า ξ เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาจะทำให้การประมาณค่าพารามิเตอร์ไม่แม่นยำ (Coles S., 2001) หลังจากนั้นจะประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 รูปแบบด้วยวิธี MLE

5. หลังจากได้ตัวแบบทั้ง 3 รูปแบบในขั้นตอนที่ 4 จะทำการทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้เกณฑ์ AIC ถ้าตัวแบบใดให้ค่า AIC ต่ำที่สุดจะให้ตัวแบบนั้นเป็นตัวแบบที่ดีที่สุด
6. จากขั้นตอนที่ 5 เมื่อได้ตัวแบบที่เหมาะสมจะหาค่าประมาณของระดับการซ้ำด้วยตัวแบบที่เหมาะสมของแต่ละสถานีตรวจวัดปริมาณฝน

4. ผลการวิจัย

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของปริมาณฝนรายเดือน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนเบื้องต้น ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2549 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 ของทั้ง 6 สถานี (ตารางที่ 1) จะเห็นได้ว่า สถานีอำเภอแม่วางมีปริมาณรายเดือนสูงสุดมากที่สุด 646.40 มิลลิเมตร ขณะที่สถานีอำเภอเวียงแหงมีปริมาณฝนรายเดือนสูงสุคน้อยที่สุด 340.00 มิลลิเมตร สถานีอำเภอแม่วางมีปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยมากที่สุด 129.20 มิลลิเมตร และสถานีอำเภอเมืองมีปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยน้อยที่สุด 89.30 มิลลิเมตร และทุกสถานีข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนมีลักษณะที่เบ้ขวา

ตารางที่ 1 ข้อมูลปริมาณฝนรายเดือน (มม.) จำแนกตามสถานีตรวจวัดปริมาณฝน

สถานี	ปริมาณฝน		ค่าเฉลี่ย	SD	ควอไทล์			ความเบ้	ความโด่ง
	ต่ำสุด	สูงสุด			1	2	3		
เวียงแหง	0.00	340.00	93.60	88.92	12.72	79.60	154.68	0.7501	2.5512
แม่แตง	0.00	458.90	105.27	102.46	8.98	72.90	173.40	0.8510	3.0820
สันทราย	0.00	361.50	90.90	92.20	6.47	65.65	147.03	0.8952	2.9354
ดอยสะเก็ด	0.00	500.90	97.02	100.89	11.60	69.20	158.05	1.1968	4.3315
เมือง	0.00	391.20	89.30	90.98	12.22	57.80	152.75	1.0568	3.6425
แม่วาง	0.00	646.40	129.20	137.66	4.03	94.05	226.70	1.1485	4.0085

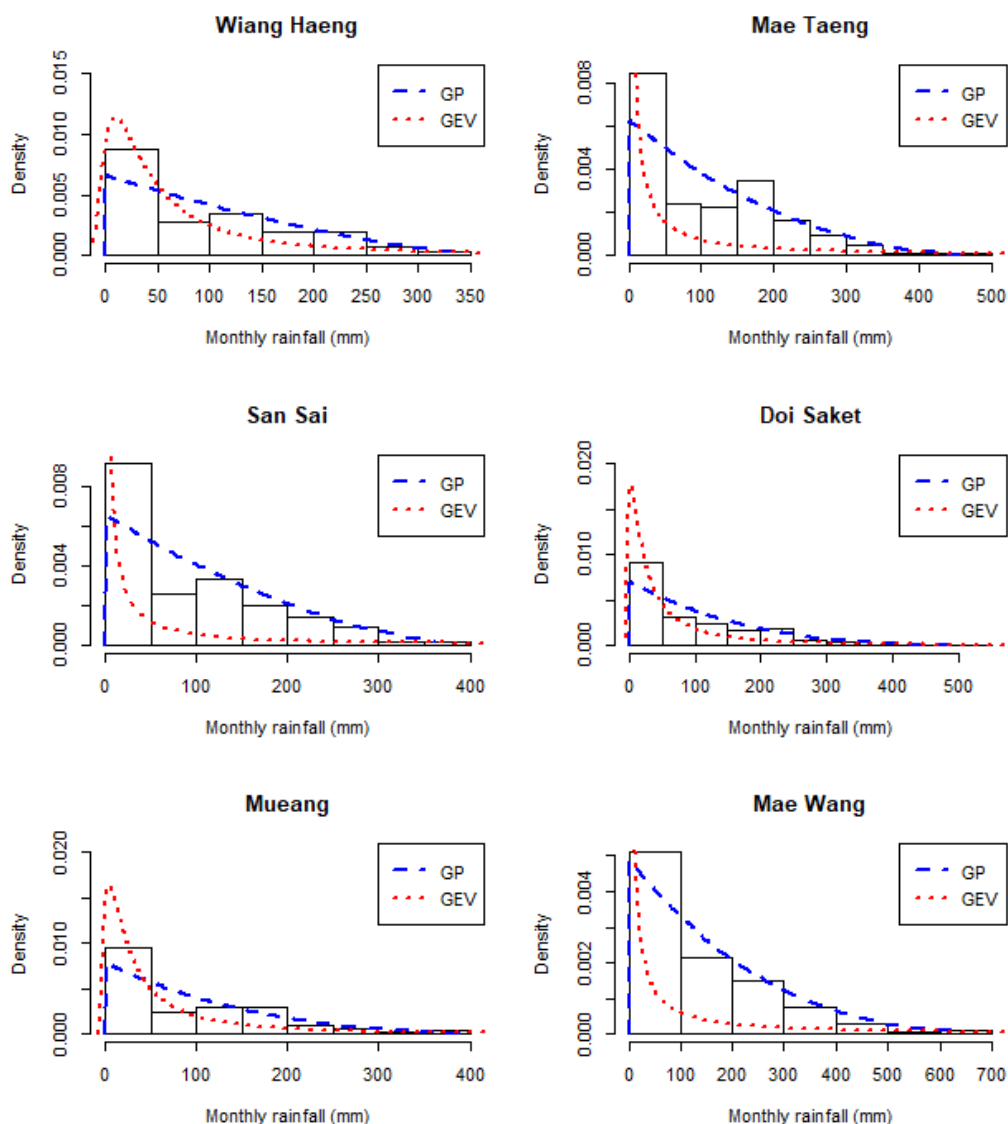
หมายเหตุ มม. คือ มิลลิเมตร SD คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทดสอบการแจกแจงของปริมาณฝนรายเดือนระหว่างการแจกแจงค่าสุดขีดน้อยทั่วไปและการแจกแจงพาเรโตน้อยทั่วไปจะเห็นได้ว่าข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนของทุกสถานีมีการแจกแจงพาเรโตน้อยทั่วไป (ตารางที่ 2 และรูปภาพที่ 2)

ตารางที่ 2 การทดสอบการแจกแจงของข้อมูลปริมาณฝนรายเดือน จำแนกตามสถานีตรวจวัดปริมาณฝน

สถานี	การแจกแจงค่าสุดขีดน้อยทั่วไป			การแจกแจงพาเรโตน้อยทั่วไป		
	LL	AIC	BIC	LL	AIC	BIC
เวียงแหง	965.72	1937.44	1946.81	827.00	1657.99	1663.97
แม่แตง	971.53	1949.06	1958.43	831.80	1667.60	1673.54
สันทราย	887.94	1781.88	1791.26	782.00	1567.99	1573.85
ดอยสะเก็ด	967.15	1940.29	1949.66	793.80	1591.59	1597.45
เมือง	953.34	1912.69	1922.06	810.40	1624.80	1630.73
แม่วาง	901.93	1809.86	1819.23	802.10	1608.20	1613.97

หมายเหตุ LL คือ ค่าของฟังก์ชันล็อกภาวะน่าจะเป็น



รูปภาพที่ 2 การเปรียบเทียบฮิสโตแกรมกับเส้นโค้งความน่าจะเป็นของการแจกแจงค่าสุดขีดน้อยทั่วไป (GEV) และการแจกแจงพาเรโตน้อยทั่วไป (GP) สำหรับข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนจำแนกตามสถานีตรวจวัดปริมาณฝน

4.2 ตัวแบบปริมาณฝนรายเดือน

สำหรับการสร้างตัวแบบปริมาณฝนรายเดือนโดยอาศัยการแจกแจงพาเรโตน้อยทั่วไป จะต้องมีการกำหนดค่าเกณฑ์ (u) สำหรับการศึกษานี้ได้กำหนดค่าเกณฑ์โดยวิธีการกำหนดตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 พบว่า ค่าเกณฑ์สำหรับทุกสถานีตรวจวัดปริมาณฝนมีค่าอยู่ระหว่าง 202.47 – 310.85 มิลลิเมตร ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเกณฑ์ (มม.) และจำนวนของข้อมูลที่มีค่าเกณฑ์ จำแนกตามสถานีตรวจวัดปริมาณฝน

	สถานี					
	เวียงแหง	แม่แตง	สันทราย	ดอยสะเก็ด	เมือง	แม่วาง
ค่าเกณฑ์ (u)	226.59	248.10	230.22	232.38	202.47	310.85

หมายเหตุ มม. คือ มิลลิเมตร

จากการวิเคราะห์ค่าเกณฑ์จะเห็นได้ว่าแต่ละสถานที่มีข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนที่สูงเกินเกณฑ์ ดังนั้นการสร้างตัวแบบปริมาณฝนรายเดือนจะอาศัยทฤษฎีค่าสุดขีดด้วยการแจกแจงพาราโตไนท์ทั่วไป ซึ่งจะเลือกวิเคราะห์ข้อมูลเฉพาะข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนที่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ (เปอร์เซนไทล์ที่ 90) ของแต่ละสถานี ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของตัวแบบและค่าประมาณพารามิเตอร์ของปริมาณฝนรายเดือนแสดงในตารางที่ 4 สำหรับการพิจารณาตัวแบบที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลปริมาณฝน ผู้วิจัยจะคัดเลือกตัวแบบที่ให้ค่า AIC น้อยที่สุดเป็นตัวแบบที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลมากที่สุด จากตารางที่ 4 พบว่า สถานีอำเภอเวียงแหง สถานีอำเภอสันทราย สถานีอำเภอดอยสะเก็ด สถานีอำเภอเมืองและสถานีอำเภอแม่แตง ตัวแบบที่มีความเหมาะสมมากที่สุดคือ การแจกแจงพาราโตไนท์ทั่วไปที่กระบวนการคงที่ (รูปแบบที่ 1) ขณะที่สถานีอำเภอแม่แตง ตัวแบบที่มีความเหมาะสมมากที่สุดคือ การแจกแจงพาราโตไนท์ทั่วไปเมื่อพารามิเตอร์แสดงตำแหน่งเปลี่ยนแปลงในเชิงฟังก์ชันแบบเลขชี้กำลัง (รูปแบบที่ 3) ในที่นี้จะแสดงตัวอย่างการเขียนสมการของตัวแบบ 2 รูปแบบ ดังนี้ต่อไป

1) ตัวแบบรูปแบบที่ 1 ของสถานีอำเภอเวียงแหงเป็นตัวแบบเมื่อพารามิเตอร์ของตัวแบบมีการเปลี่ยนแปลงคงตัว $X \sim GP(66.3516, -0.5247)$ หมายความว่า ข้อมูลมีการแจกแจงพาราโตไนท์ทั่วไปมีค่า $\hat{\sigma} = 66.3516$ และ $\hat{\xi} = -0.5247$

2) ตัวแบบรูปแบบที่ 3 ของสถานีอำเภอแม่แตงเป็นตัวแบบเมื่อพารามิเตอร์แสดงตำแหน่งมีการเปลี่ยนแปลงในเชิงฟังก์ชันแบบเลขชี้กำลัง $X_t \sim GP(\hat{\sigma}(t), -1.0844)$ เมื่อ $\hat{\sigma}(t) = \exp(5.5279 + (0.0066 * t))$ หมายความว่า ข้อมูลมีการแจกแจงพาราโตไนท์ทั่วไปเมื่อพารามิเตอร์ σ มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในเชิงฟังก์ชันแบบเลขชี้กำลัง และค่า $\hat{\xi} = -1.0844$

ตารางที่ 4 การทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบและค่าประมาณพารามิเตอร์ของปริมาณฝนรายเดือน จำแนกตามสถานีตรวจวัดปริมาณฝน

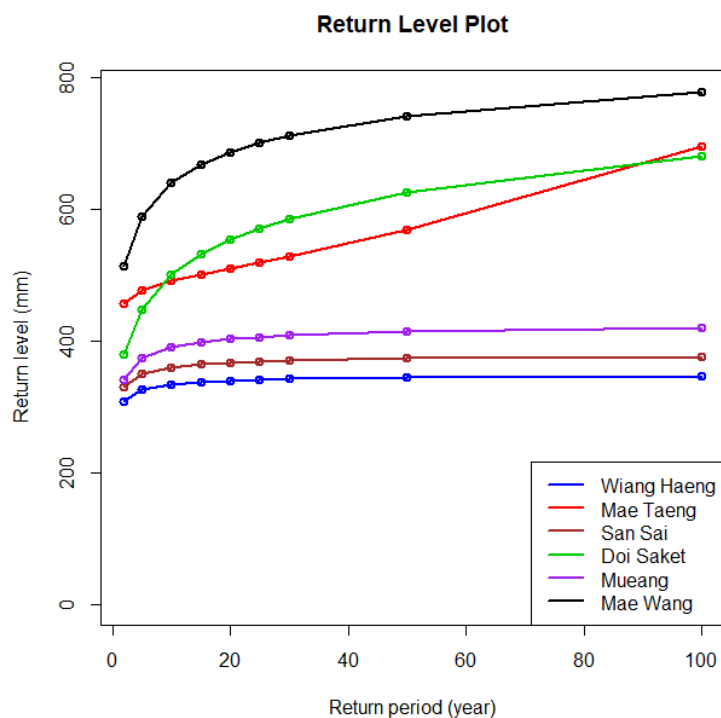
สถานี	รูปแบบ	ค่าพารามิเตอร์				LL	AIC	รูปแบบที่เหมาะสม
		$\hat{\sigma}$	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\xi}$			
เวียงแหง	1	66.3516			-0.5247	79.4737	162.9473	
	2		100.5412	-0.2611	-0.7324	79.2137	164.4274	1
	3		5.0216	-0.0051	-1.0028	78.7111	163.4222	
แม่แตง	1	59.6655			0.00001	86.4248	176.8496	
	2		128.8521	-0.5131	-0.4939	84.1635	174.3271	3
	3		5.5279	0.0066	-1.0844	81.3794	168.7588	
สันทราย	1	79.9627			-0.5218	82.6964	169.3927	
	2		95.2775	-0.2375	-0.4108	82.2532	170.5063	1
	3		4.5653	-0.0028	-0.4352	82.2983	170.5965	
ดอยสะเก็ด	1	72.6070			0.0152	90.0540	184.1080	
	2		93.6592	-0.2698	0.0695	89.7456	185.4912	1
	3		4.5817	-0.0039	0.0599	89.7779	185.5559	
เมือง	1	106.8125			-0.4581	89.3056	182.6112	
	2		138.8747	0.0578	-0.7266	89.1343	184.2685	1
	3		5.2141	0.0002	-1.0000	88.8955	183.7910	

สถานี	รูปแบบ	ค่าพารามิเตอร์				LL	AIC	รูปแบบที่เหมาะสม
		$\hat{\sigma}$	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\xi}$			
แม่วาง	1	117.0531			-0.1426	95.8376	195.6751	1
	2		136.6485	-0.3122	-0.1487	95.4542	196.9083	
	3		5.4048	-0.0064	-0.3117	95.1625	196.3249	

การประมาณค่าระดับการเกิดซ้ำในรอบปีการเกิดซ้ำที่ 2 5 10 15 20 25 30 50 และ 100 ปี แสดงดังตารางที่ 5 และรูปที่ 3 ซึ่งจะเห็นได้ว่า สถานีอำเภอแม่วางมีระดับการเกิดซ้ำของปริมาณฝนรายเดือนสูงกว่าสถานีอื่น ๆ ในทุก ๆ รอบปีการเกิดซ้ำ ขณะที่สถานีอำเภอเวียงแหงมีระดับการเกิดซ้ำของปริมาณฝนรายเดือนต่ำกว่าสถานีอื่น ๆ ในทุก ๆ รอบปีการเกิดซ้ำ

ตารางที่ 5 ระดับการเกิดซ้ำของปริมาณฝนรายเดือน (มม.) จำแนกตามสถานีตรวจวัดปริมาณฝน

สถานี	รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)								
	2	5	10	15	20	25	30	50	100
เวียงแหง	308.50	325.50	333.90	337.57	339.74	341.21	342.29	344.82	347.33
แม่แตง	456.00	477.64	490.95	500.94	510.35	519.71	529.20	569.71	696.29
สันทราย	329.17	349.81	360.02	364.49	367.14	368.93	370.25	373.34	376.41
ดอยสะเก็ด	378.97	448.02	500.90	532.09	554.33	571.66	585.85	625.84	680.60
เมือง	341.87	374.01	390.78	398.38	402.98	406.15	408.52	414.17	420.01
แม่วาง	513.52	589.24	640.30	667.90	686.54	700.49	711.55	741.07	777.83



รูปภาพที่ 3 ระดับการเกิดซ้ำของปริมาณฝนรายเดือน (มม.) ที่คาบเวลาการเกิดซ้ำที่ 2 5 10 15 20 25 30 50 และ 100 ปี จำแนกตามสถานีตรวจวัดปริมาณฝน

5. สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์การแจกแจงที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณฝนรายเดือน พบว่า ข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนทั้ง 6 สถานี มีการแจกแจงพาเรโตน้อยทั่วไป ดังนั้นการสร้างตัวแบบปริมาณฝนรายเดือนบริเวณลุ่มน้ำปิงตอนบน จังหวัดเชียงใหม่ จะอาศัยทฤษฎีค่าสุดขีดด้วยการแจกแจงพาเรโตน้อยทั่วไปในการสร้างตัวแบบ ซึ่งการสร้างตัวแบบโดยอาศัยทฤษฎีค่าสุดขีดด้วยการแจกแจงพาเรโตน้อยทั่วไปมีความจำเป็นจะต้องมีการพิจารณาค่าเกณฑ์ จากการวิเคราะห์ค่าเกณฑ์ของปริมาณฝนรายเดือนของทุกสถานีตรวจวัดปริมาณฝนจะมีค่าเกณฑ์อยู่ระหว่าง 202.47 – 310.85 มิลลิเมตร (ตำแหน่งเปอร์เซนไทล์ที่ 90) ตัวแบบที่เหมาะสมของแต่ละสถานีสามารถสรุปได้ดังนี้ สถานีอำเภอเวียงแหง สถานีอำเภอสันทราย สถานีอำเภอดอยสะเก็ด สถานีอำเภอเมืองและสถานีอำเภอแม่วาง ตัวแบบการแจกแจงพาเรโตน้อยทั่วไปที่กระบวนการคงที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ขณะที่สถานีอำเภอแม่แตงตัวแบบการแจกแจงพาเรโตน้อยทั่วไปเมื่อพารามิเตอร์แสดงตำแหน่งเปลี่ยนแปลงในเชิงฟังก์ชันแบบเลขชี้กำลังมีความเหมาะสมมากที่สุด สำหรับค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำของปริมาณรายเดือน สถานีอำเภอแม่วางมีระดับการเกิดซ้ำของปริมาณฝนรายเดือนมากที่สุด ในทุก ๆ รอบปีการเกิดซ้ำ และสถานีอำเภอเวียงแหงมีระดับการเกิดซ้ำของปริมาณฝนรายเดือนน้อยที่สุดในทุก ๆ รอบปีการเกิดซ้ำ ดังนั้นการป้องกันอุทกภัยควรที่จะให้ความสำคัญกับสถานีแม่วาง เนื่องจากมีระดับการเกิดซ้ำของปริมาณฝนมากที่สุด อย่างไรก็ตามการศึกษาในครั้งนี้มีข้อจำกัดในเรื่องของข้อมูลปริมาณฝนทำให้การศึกษาในครั้งนี้ใช้ข้อมูลปริมาณฝนเพียง 14 ปี ซึ่งอาจจะทำให้ตัวแบบและการประมาณค่าระดับการเกิดซ้ำมีความผิดพลาดเกิดขึ้นได้เนื่องจากจำนวนข้อมูลไม่เพียงพอ ดังนั้นการศึกษาครั้งต่อไปอาจจะต้องเพิ่มจำนวนข้อมูลเพื่อให้ตัวแบบมีความแม่นยำมากขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่จัดสรรทุนผู้ช่วยสอน/ผู้ช่วยวิจัย และขอขอบพระคุณ ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคเหนือตอนบน กรมชลประทาน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ชวลิต ชาลีรักษ์ตระกูล. (2551) การวิเคราะห์ความถี่ของอุทกภัย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ทิพย์ธิดา ปลัดทอง, พิมพ์วิรัชญ์ นันทพฤทธิ์ และ กุณฑลีย์ ไชยสี. (2562). การวิเคราะห์ค่าสุดขีดและประมาณระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนในเขตกรุงเทพมหานคร. การประชุมวิชาการระดับปริญญาตรี สาขาสถิติ ระดับชาติ ครั้งที่ 2, 119 – 127.
- ปิยภัทร บุษบาบดินทร์ และ อรุณ แก้วมัน. (2558). สถิติค่าสุดขีด. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 25(2), 315-324.
- ปิยภัทร บุษบาบดินทร์, มาลา ศิริบุรณ์ และ อรุณ แก้วมัน. (2558). แบบจำลองค่าสุดขีดปริมาณน้ำฝนสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 20(1), 106 – 117.
- พัฒนภาริษา ของทิพย์, มานัดถ์ คำกอง และ พุฒิพงษ์ พุกกะมาณ. (2556). การสร้างแบบจำลองค่าสุดขีดปริมาณฝนประจำปีในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 18(1), 95 - 104.
- ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคเหนือตอนบน กรมชลประทาน. (2563). สภาพน้ำฝน. ค้นเมื่อ 5 สิงหาคม 2563 จาก <http://www.hydro-1.net/>

- สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน). (2559). บันทึกเหตุการณ์น้ำ. ค้นเมื่อ 5 สิงหาคม 2563 จาก <http://www.hydro-1.net/>
- อรุณ แก้วมัน, เสาวนีย์ รัตนะวัน, ปิยะภัทร บุษบาบดินทร์ และ บังอร กุมพล. (2557). การสร้างแบบจำลองค่าสุดขีดปริมาณฝนสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย. *วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์*, 13(2), 55 – 65.
- อารียา ฤทธิมา. (2561). เอกสารประกอบการสอนอุทกวิทยา (Hydrology), นครปฐม: มหาวิทยาลัยมหิดล.
- Akaike, H. (1973). Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. **The 2nd International Symposium on Information Theory**, 267-281.
- Coles, S. (2001). *An Introduction to Statistical Modeling of Extremes Values*. Great Britain: Springer-varlag London Limited.
- Haugh, M. (2013). **Extreme Value Theory**. ค้นเมื่อ 5 สิงหาคม 2563 จาก http://www.columbia.edu/~mh2078/QR/EVT_MasterSlides.pdf
- R Development Core Team. (2009). *A Language and Environment for Statistical Computing*, R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Schwarz, G. (1978). Estimating the dimension of a model. **Annals of Statistics**, 6(2), 461-464.