แบบจำลองค่าสุดขีดปริมาณน้ำฝนสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย

Modeling of Extreme Precipitation in Upper Northeast of Thailand

ปิยภัทร บุษบาบดินทร์* มาลา ศิริบูรณ์ และอรุณ แก้วมั่น

Piyapatr Busababodhin , Mala Siriboon and Arun Kaewmun

ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Mathematics Department, Faculty of Science, Mahasarakham University

วันที่รับบทความ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558

วันที่ตอบรับตีพิมพ์ 25 มีนาคม พ.ศ. 2558

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนและรายปีด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่า ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนภายใต้กระบวนการคงที่การแจกแจงฟรีเชตเป็นการแจกแจงที่เหมาะสมเกือบทุกสถานี และภายใต้กระบวนการไม่คงที่ มีเพียงสถานีอุตุนิยมวิทยาเลยสถานีเดียวที่มีการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป เมื่อพารามิเตอร์บอกตำแหน่งเปลี่ยนแปลงในเชิงเส้นตรงเป็นรูปแบบที่เหมาะสม สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีมีเพียง 3 สถานีที่มีความเหมาะสมที่จะนำมาวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ สถานีอุตุนิยมวิทยาหนองคาย สถานีอุตุนิยมวิทยาอุดรธานี และสถานีอากาศเกษตรนครพนม ผลการศึกษาพบว่า ภายใต้กระบวนการคงที่ การแจกแจงกัมเบลเป็นการแจกแจงที่เหมาะสมที่สุด และภายใต้กระบวนการไม่คงที่ พบว่า การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป เมื่อพารามิเตอร์บอกตำแหน่งเปลี่ยนแปลงในเชิงเส้นตรงมีความเหมาะสมสำหรับสถานีอุตุนิยมวิทยาหนองคาย และสถานีอากาศเกษตรนครพนม และเป็นที่น่าสังเกตว่า สถานีอากาศเกษตรนครพนม และ สถานีอุตุนิยมวิทยาอุดรธานี มีระดับการเกิดซ้ำสูงกว่าสถานีอื่น ๆ ในทุก ๆ รอบปีการเกิดซ้ำ ทั้งข้อมูลรายเดือนและรายปี ดังนั้นในการป้องกันอุทกภัยควรให้ความสำคัญกับสถานีดังกล่าวมากกว่าสถานีอื่น

คำสำคัญ : การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป ระดับการเกิดซ้ำ รอบปีการเกิดซ้ำ

Abstract

This study aimed to build the optimal modeling for monthly and yearly maximum precipitation data in upper northeast of Thailand by the Generalized Extreme Value (GEV) distribution. The results of study were found as follows. For the stationary of monthly rainfall data, the Fréchet distribution was fitted for almost stations while there was only one station, Loei, showed the GEV was appropriated for non-stationary when the location parameter changed with fitted trend. For the stationary of annual rainfall data, the Gumbel distribution was fitted only three stations, namely Nong Khai, Udon Thani and Nakhon Phanom Agromet. However, Nong Khai and Nakhon Phanom Agromet stations showed the GEV was appropriate for non-stationary when the location parameter changed with fitted trend. It is noteworthy that Nakhon Phanom Agromet and UdonThani stations had the higher return level than other stations for each return period in monthly and annual data. Hence, the two stations should be more emphasized for flood prevention.

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

*Corresponding author. E-mail : piyapatr.b@msu.ac.th

บทนำ

การเข้าใจในเรื่องปริมาณน้ำฝน และกระบวนการที่เกี่ยวข้องมีประโยชน์ต่อกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เช่น การวางแผนด้านการเกษตร การจัดการด้านแหล่งทรัพยากรไฟฟ้าพลังงานน้ำ การจัดการสาธารณูปโภคด้านการใช้น้ำ ทั้งหมดขึ้นอยู่กับความสามารถในการทำนาย หรือคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนเมื่อฝนไม่ตกตามฤดูกาลจนเกิดภาวะภัยแล้ง หรือฝนตกมากจนทำให้เกิดน้ำท่วม ความผันแปรเหล่านี้ล้วนทำให้เกิดความเสียหายต่อสังคม และเศรษฐกิจของประเทศ (สุรภี อิงคากุล, 2545) พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย ประกอบด้วย 8 จังหวัด ได้แก่ จังหวัด เลย หนองคาย บึงกาฬ หนองบัวลำภู อุดรธานี มุกดาหาร นครพนม และสกลนคร มีลักษณะภูมิประเทศโดยรวมเป็นที่ราบสูงสลับภูเขา และได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมจึงทำให้เกิดน้ำท่วมฉับพลันตามฤดูกาลได้ ล่าสุดในปี พ.ศ. 2554 เกิดอุทกภัยครั้งร้ายแรงที่สุดในประเทศไทยทั้งในแง่ของปริมาณน้ำ และจำนวนผู้ได้รับผลกระทบซึ่งอุทกภัยครั้งนี้เกิดขึ้นระหว่างฤดูมรสุม เมื่อพายุหมุนนกเตนขึ้นฝั่งทางตอนเหนือของเวียดนามส่งผลให้เกิดฝนตกหนักทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และทำให้เกิดอุทกภัยในหลายจังหวัด โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนได้รับอิทธิพลจากพายุนกเตนก่อให้เกิดความเสียหายมาก จึงมีนักวิจัยหลายท่านได้นำวิธีทางสถิติต่าง ๆ มาวิเคราะห์ข้อมูลด้านอุทกวิทยาของประเทศไทย เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ปริมาณน้ำท่า และความชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น

ในปัจจุบันทฤษฎีทางสถิติที่มีความเหมาะสม สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบมีหางที่หนา (Heavy-tailed Distribution) โดยเฉพาะข้อมูลด้านอุทกวิทยา ได้แก่ ทฤษฎีค่าสุดขีด (Extreme Value Theory: EVT) เช่น Saraless Nadarajah และ Dongseok Choi (2007) ได้ศึกษาปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายวันในประเทศเกาหลีใต้ โดยสร้างตัวแบบของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายวันในรอบปีของช่วงปี ค.ศ. 1961 ถึง ค.ศ.2001 โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value Distribution: GEV) เพื่ออธิบายค่าสุดขีดของปริมาณน้ำฝนและพยากรณ์ลักษณะของปริมาณน้ำฝนสูงสุดในอนาคต ต่อมา Miroslava Unkasevic และ Ivana Tosic (2009) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่ำสุดในฤดูหนาวและอุณหภูมิสูงสุดในฤดูร้อนของเมืองเบลเกรด ประเทศเซอร์เบีย โดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปมากำหนดตัวแบบของค่าสัมบูรณ์ของอุณหภูมิต่ำสุดในฤดูหนาว ค่าสัมบูรณ์ของอุณหภูมิสูงสุดในฤดูร้อน และการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป (Generalized Pareto Distribution : GPD) เพื่อกำหนดตัวแบบของอุณหภูมิต่ำสุดรายวันในฤดูหนาว และอุณหภูมิสูงสุดรายวันในฤดูร้อน พบว่าการแจกแจงทั้งสองแบบมีความเหมาะสมในการกำหนดตัวแบบ สำหรับประเทศไทยการใช้ทฤษฎีค่าสุดขีดกับข้อมูลด้านอุทกวิทยาถูกนำมาใช้อย่างต่อเนื่อง เช่น ปริญญา ของทิพย์ และมานัดถุ์ คำกอง (2555) ได้สร้างแบบจำลองปริมาณน้ำฝนสูงสุดของภาคเหนือตอนบน โดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป พร้อมทั้งหาระดับการเกิดซ้ำ (return level) ของปริมาณน้ำฝนสูงสุดในรอบปีการเกิดซ้ำ (return period) อรุณ แก้วมั่น และคณะ (2557) ได้สร้างแบบจำลองปริมาณน้ำฝนสูงสุดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลาง โดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป พร้อมทั้งหาระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดในรอบปีการเกิดซ้ำ เสาวนีย์ รัตนวัน และคณะ (2557) ได้สร้างแบบจำลองปริมาณน้ำฝนสูงสุดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง โดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปเพื่อกำหนดตัวแบบของปริมาณน้ำฝนรายเดือน และใช้การแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไป (Generalized Pareto Distribution: GPD) มากำหนดตัวแบบของปริมาณน้ำฝนรายวัน และ เบญจวรรณ ชารินทร์ และคณะ (2557) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่ำสุดในฤดูหนาว และอุณหภูมิสูงสุดในฤดูร้อนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลาง โดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป มากำหนดตัวแบบของค่าสัมบูรณ์ของอุณหภูมิต่ำสุดในฤดูหนาว ค่าสัมบูรณ์

ของอุณหภูมิสูงสุดในฤดูร้อน และนำการแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไปมากำหนดตัวแบบของอุณหภูมิต่ำสุดรายวันในฤดูหนาว และอุณหภูมิสูงสุดรายวันในฤดูร้อน

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดอธิบายลักษณะของปริมาณน้ำฝนสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยการสร้างแบบจำลองปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน และรายปีด้วยทฤษฎีการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป พร้อมทั้งหาระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนและรายปี ในรอบการเกิดซ้ำที่ 10 25 50 และ 100 ปี เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนการบริหารด้านการใช้น้ำในเกษตรและในด้านชลประทานต่อไป โดยข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายวันจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 9 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย ได้แก่ สถานีอากาศเกษตรเลย (LA) สถานีอุตุนิยมวิทยาเลย (L) สถานีอุตุนิยมวิทยาหนองคาย (NK) สถานีอุตุนิยมวิทยาอุดรธานี (UD) สถานีอากาศเกษตรสกลนคร (SKA) สถานีอุตุนิยมวิทยาสกลนคร (SK) สถานีอากาศเกษตรนครพนม (NPA) สถานีอุตุนิยมวิทยานครพนม (NP) และสถานีอุตุนิยมวิทยามุกดาหาร (MD) ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2542 ถึงวันที่ 30 พฤษภาคม พ.ศ.2557

ภาพที่ 1 แผนที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

เนื่องจากการสร้างแบบจำลองด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป เป็นการพิจารณาแจกแจงของค่าสูงสุดในช่วงเวลาที่สนใจศึกษา เมื่อกำหนดช่วงเวลาเป็น ปี จะมีค่าข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีเพียงแค่ 16 ค่าเท่านั้น ซึ่งมีจำนวนน้อยเกินไปสำหรับการสร้างแบบจำลองด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป ดังนั้นผู้วิจัยได้กำหนดช่วงเวลาเป็นรายเดือนเพื่อเพิ่มจำนวนข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ให้มีความเหมาะสม

การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value Distribution: GEV)

ทฤษฎีค่าสุดขีดแตกต่างจากเทคนิคทางสถิติชนิดอื่น ๆ เนื่องจากมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่มีค่าสูงหรือต่ำมากในช่วงเวลาที่ศึกษา โดยทั่วไปแล้วทฤษฎีค่าสุดขีดต้องการหาความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่จะเกิดค่าข้อมูลสูงหรือต่ำมากกว่าค่าสังเกตุทั่วไป การวิเคราะห์ค่าสุดขีดเหมาะสำหรับข้อมูลที่ไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติสามารถแบ่งลักษณะของการแจกแจงได้เป็น 2 วงศ์ ตามลักษณะการเลือกค่าสุดขีดมาวิเคราะห์ ได้แก่ การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปโดยจะวิเคราะห์ข้อมูลที่มีค่าสูงสุดในช่วงเวลาที่สนใจ เช่น รายปี รายเดือน หรือรายสัปดาห์ เป็นต้น ในขณะที่การแจกแจงพาเรโตวางนัยทั่วไปจะวิเคราะห์ข้อมูลที่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ (Threshold) ที่กำหนด

ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป (Coles, 2001) ดังนี้

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

และมีฟังก์ชันความน่าจะเป็น ดังนี้

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

เมื่อ $1+\xi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)>0$ โดย μ แทน พารามิเตอร์บอกตำแหน่ง (Location Parameter) σ แทน พารามิเตอร์บอกขนาด (Scale Parameter) และ ξ แทน พารามิเตอร์บอกรูปร่าง (Shape Parameter) การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปสามารถแบ่งลักษณะการแจกแจงได้ 3 แบบตามพารามิเตอร์บอกรูปร่าง ได้แก่ การแจกแจงกัมเบล (Gumbel Distribution) เมื่อ $\xi=0$ การแจกแจงฟรีเชต (Fréchet Distribution) เมื่อ $\xi>0$ และการแจกแจงไวล์บูลล์ (Weibull Distribution) เมื่อ $\xi<0$

วิธีการวิจัย

การสร้างแบบจำลองปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน และรายปีในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทยด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1. พิจารณาข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายวันตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2542 ถึงวันที่ 30 พฤษภาคม พ.ศ.2557 และคัดเลือกข้อมูลตามคาบเวลาที่สนใจ ได้แก่ คาบเวลาเป็นรายเดือนและรายปี พร้อมทั้งศึกษาคุณสมบัติของข้อมูลเบื้องต้น ได้แก่ ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD.) ค่าสัมประสิทธิ์ความผกผัน (Coefficient of Variation: CV.) ค่าความเบ้ (Skewness: SK.) และการตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติด้วยสถิติทดสอบจาร์คิว-เบอร์รา (Jarque-Bera Test Statistics: JB.)

2. ทดสอบการทดสอบความคงที่ (Stationary) และแนวโน้ม (Trend) ของข้อมูลที่ได้คัดเลือกแล้ว เนื่องจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนเป็นข้อมูลอนุกรมเวลา (Times Series Data) ทำการทดสอบคุณสมบัติความคงที่ของข้อมูลด้วยสถิติทดสอบออกเมนเต็ด ดิกกี ฟูลเลอร์ (Augmented Dickey Fuller : ADF) ขณะเดียวกันทำการทดสอบแนวโน้มของข้อมูลด้วยสถิติแมน-เคนดัลล์ (Mann Kendall Test: MK) ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสำหรับทดสอบแนวโน้มของข้อมูลที่ไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ

3. กำหนดแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน และรายปี จากแบบจำลอง 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบจำลองที่ 1 เป็นรูปแบบขั้นพื้นฐานที่มีพารามิเตอร์ทุกตัวเป็นค่าคงที่ แบบจำลองที่ 2 เป็นรูปแบบที่มีพารามิเตอร์สี่ตัว โดย μ เปลี่ยนแปลงในเชิงเส้นตรงกับเวลา ขณะที่พารามิเตอร์อื่น ๆ เป็นค่าคงที่ และแบบจำลองที่ 3 เป็นรูปแบบที่ σ เป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลของเวลา ขณะที่พารามิเตอร์อื่นๆ เป็นค่าคงที่ สามารถสรุปแบบจำลองได้ดังนี้

แบบจำลองที่ 1 (M1): μ , σ และ ξ เป็นค่าคงที่

แบบจำลองที่ 2 (M2): $\mu(t)=\beta_0+\beta_1 t$, σ และ ξ เป็นค่าคงที่

แบบจำลองที่ 3 (M3): $\sigma(t)=\exp(\beta_0+\beta_1 t)$, μ และ ξ เป็นค่าคงที่

เมื่อ t มีหน่วยเป็นรายเดือน สำหรับช่วงเวลาที่เลือกเป็นรายเดือน และหน่วยเป็นปีสำหรับช่วงเวลาที่เลือกเป็นรายปี จะเห็นได้ว่าแบบจำลองทั้งสาม มี ξ เป็นค่าคงที่ เนื่องจากถ้าหากกำหนด ξ เป็นฟังก์ชันที่เปลี่ยนไปตามเวลาจะทำให้การประมาณค่าพารามิเตอร์ไม่แม่นยำ (Coles, 2001) และการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับ GEV ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้งสามในแต่ละแบบจำลองโดยการประมาณค่าแบบจุด (Point Estimation) ด้วยวิธีความควรจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation: MLE)

4. จากขั้นตอนที่ 3 ในแต่ละสถานีจะมีแบบจำลองทั้งหมด 3 แบบด้วยกัน ดังนั้นการเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุดในแต่ละสถานีสำหรับแต่ละช่วงเวลาที่ศึกษา ผู้วิจัยใช้เกณฑ์สารสนเทศของอาไคเคะ (Akaike Information Criteria: AIC)

5. เมื่อได้แบบจำลองที่ดีที่สุดจากขั้นตอนที่ 4 ผู้วิจัยทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองด้วยสถิติทดสอบแอนเดอรสัน-ดาร์ลิง (Anderson-Darling Test Statistic: AD)

6. การหาค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำของการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นโดยเฉลี่ยทุก ๆ ช่วงเวลา t ในการศึกษาครั้งนี้ระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุด จะกำหนดให้จำนวน t สอดคล้องกับช่วงเวลาที่เลือกศึกษา คือ รายเดือนและรายปี เนื่องจากระดับการเกิดซ้ำมีความสำคัญสำหรับการคาดการณ์ และการวางแผนเพื่อที่จะสามารถหาค่าประมาณพารามิเตอร์จากแบบจำลอง โดยระดับการเกิดซ้ำของการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปสามารถจำแนกได้ตามความคงที่ของกระบวนการ ดังนี้

6.1 เมื่อกระบวนการคงที่ สำหรับรูปแบบที่ 1 จะได้สมการระดับการเกิดซ้ำ ดังนี้

$$\hat{Z}_r = \hat{\mu} - \frac{\hat{\sigma}}{\hat{\xi}}\left[\left(-log\left(1-r^{-1}\right)\right)^{-\xi} - 1\right] \qquad \text{.....(3)}$$

6.2 เมื่อกระบวนการไม่คงที่ สำหรับรูปแบบที่ 2 และ 3 หาระดับการเกิดซ้ำ ดังนี้

$$\hat{Z}_r(t) = \hat{\mu} - \frac{\hat{\sigma}}{\hat{\xi}}\left[\left(-log\left(1-r^{-1}\right)\right)^{-\xi} - 1\right] \qquad \text{.....(4)}$$

เมื่อ r คือ รอบปีการเกิดซ้ำ t คือ เวลาที่ต้องการพยากรณ์ $\hat{\mu}$ คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์บอกตำแหน่ง $\hat{\sigma}$ คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์บอกขนาด $\hat{\xi}$ คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์บอกรูปร่าง

และเมื่อแทน $\hat{\mu}$, $\hat{\sigma}$ และ $\hat{\xi}$ ลงในสมการ (3) หรือ (4) จะสามารถประมาณความน่าจะเป็นสูงสุดของระดับการเกิดซ้ำและคำนวณช่วงความน่าจะเป็น $(1-\alpha)100\%$ สำหรับ $\hat{Z}_r$ ได้ดังนี้

$$I_{\hat{Z}_r} : \hat{Z}_r \pm \hat{Z}_{\frac{\alpha}{2}}\left(\sqrt{V(\hat{Z}_r)}\right) \qquad \text{.....(5)}$$

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

จากผลการวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายวัน (หน่วยเป็น มิลลิเมตร) ในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย ระหว่าง พ.ศ.2542 – 2557 โดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป ได้ผลสรุป ดังนี้

ตารางที่ 1 สรุปข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนและรายปีเบื้องต้น จำแนกตามสถานีที่ศึกษา

ช่วงเวลา	สถานี	จำนวนข้อมูล	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	S.D	CV.	S.K	JB.
รายเดือน	LA	182	128.3000	32.6769	31.1787	95.4149	1.0940	41.2198*
	L	183	152.0000	41.3322	33.0890	80.0562	0.6800	13.9403*
	NK	183	**405.9000**	39.2235	43.4694	**110.825**	**3.6250**	5576.2590*
	UD	183	274.5000	35.1246	37.6532	107.199	2.2580	812.5043*
	SKA	182	173.9000	37.5214	35.3618	94.2443	1.0520	44.3533*
	SK	184	196.6000	39.8880	38.4778	96.4644	1.1030	46.7462*
	NPA	156	243.6000	**47.8756**	40.8573	85.3404	1.2264	80.1296*
	NP	184	243.7000	46.3973	46.6612	100.569	1.2020	60.9429*
	MD	155	141.1000	41.9174	32.2945	77.0431	0.5870	9.4245*
รายปี	LA	16	128.3000	86.0437	24.2657	28.2016	0.3640	0.8517
	L	16	152.0000	91.2125	25.6045	28.0713	0.8000	1.7097
	NK	16	**405.5000**	108.5125	83.6461	**77.0843**	**3.3240**	**71.5344***
	UD	16	274.5000	110.6063	56.3721	50.9664	1.9000	**12.4185***
	SKA	16	173.9000	104.3375	35.1422	33.6813	0.4980	0.5899
	SK	16	196.6000	113.4625	38.3815	33.8275	0.2620	0.1653
	NPA	16	243.6000	**121.8250**	40.8427	33.5257	1.9230	**13.7036***
	NP	16	243.7000	135.3438	48.6074	35.9140	0.5450	2.70896
	MD	16	141.1000	96.9375	21.7125	22.3985	0.3660	0.35596

* ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

S.D แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน CV. แทน ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน S.K แทน ค่าความเบ้

JB. แทน สถิติทดสอบจาร์คิว-เบอร์รา (Jarque-Bera Test)

1. จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนและรายปีเบื้องต้น ดังตารางที่ 1 ผลพบว่า สถานีอุตุนิยมวิทยาหนองคาย (NK) มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนและรายปีมากที่สุดเท่ากับ 405.5000 มิลลิเมตร ในขณะที่สถานีอากาศเกษตรนครพนม (NPA) มีปริมาณน้ำฝนสุงสุดรายเดือนและรายปีโดยเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 47.8756 และ 121.8250 มิลลิลิตร ตามลำดับ และสถานีอุตุนิยมวิทยาหนองคาย (NK) มีค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของประมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนและรายปีมากที่สุดเท่ากับ 110.825 และ 77.0843 มิลลิเมตร ข้อสังเกตที่ได้จากการแบ่งข้อมูลออกเป็นช่วงเวลาที่แตกต่างกันพบว่าเมื่อช่วงเวลาที่เลือกมีจำนวนลดลง ความแตกต่างระหว่างค่าต่ำสุด และสูงสุดมีขนาดเล็กและค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรเพิ่มขึ้น บ่งชี้ว่าข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดที่แยกย่อยออกมาจากช่วงเวลาที่เลือกจะมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น สำหรับค่าความเบ้ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน และรายปีมีค่าเป็นบวก และเป็นที่น่าสังเกตว่าค่าความเบ้เพิ่มขึ้นเมื่อช่วงเวลาที่เลือกมีความถี่เพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้นการทดสอบว่าข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนและรายปีมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ด้วยสถิติทดสอบจาร์คิว-บีรา พบว่าข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของทุกสถานีไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ ในขณะที่ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีอุตุนิยมวิทยาหนองคาย (NK) อุตุนิยมวิทยาอุดรธานี (UD) และสถานีอากาศเกษตรนครพนม (NPA) ไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้นเมื่อข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติจึงมีความเหมาะสมที่จะวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวด้วยทฤษฎีค่าสุดขีด

2. ผลจากข้อที่ 1 ผู้วิจัยได้ทดสอบความคงที่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนและรายปีด้วยสถิติออกเมนเต็ด ดิกกี ฟูลเลอร์ (Augmented Dickey Fuller : ADF) ดังตารางที่ 2 และได้ตรวจสอบแนวโน้มของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนและรายปีด้วยสถิติแมน-เคนดัลล์ (Mann Kendall Test: MK) ดังตารางที่ 3 ผลพบว่า ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน มีเพียงสถานีอุตุนิยมวิทยาเลย (L) ที่ข้อมูลมีลักษณะไม่คงที่และมีแนวโน้ม ในขณะที่ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปี มีเพียงสถานีอุตุนิยมวิทยาอุดรธานี (UD) ที่ข้อมูลมีลักษณะไม่คงที่และมีแนวโน้ม

ตารางที่ 2 การทดสอบความคงที่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนและรายปี จำแนกตามสถานีที่ศึกษา

ช่วงเวลา	สถานี	การทดสอบ	ค่าวิกฤติของสถิติทดสอบ			ค่าสถิติทดสอบ	p-value
			1%	5%	10%		
รายเดือน	LA	ADF	-3.4666	-2.8774	-2.5753	-9.4045	0.0000*
	L	**ADF**	**-3.4687**	**-2.8783**	**-2.5758**	**-1.3393**	**0.6107**
	NK	ADF	-3.4672	-2.8776	-2.5754	-8.1943	0.0000*
	UD	ADF	-3.4679	-2.8779	-2.5756	-8.7620	0.0000*
	SKA	ADF	-3.4676	-2.8778	-2.5755	-8.8088	0.0000*
	SK	ADF	-3.4674	-2.8777	-2.5755	-9.9233	0.0000*
	NPA	ADF	-3.4685	-2.8782	-2.5757	-4.3168	0.0006*
	NP	ADF	-3.4674	-2.8777	-2.5755	-10.8685	0.0000*
	MD	ADF	-3.4674	-2.8777	-2.5755	-9.6201	0.0000*
รายปี	NK	ADF	-3.9592	-3.0810	-2.6813	-3.5903	0.0198*
	UD	**ADF**	**-3.9592**	**-3.0810**	**-2.6813**	**-2.4261**	**0.1515**
	NPA	ADF	-3.9592	-3.0810	-2.6813	-3.7781	0.0140*

* ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 3 การทดสอบแนวโน้มของข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนและรายปี จำแนกตามสถานีที่ศึกษา

ช่วงเวลา	สถานี	ค่าสถิติทดสอบ MK	p-value
รายเดือน	LA	0.0202	0.6885
	L	**0.1930**	**0.0001***
	NK	0.0143	0.7765
	UD	-0.0156	0.7563
	SKA	0.0339	0.5031
	SK	0.0221	0.6599
	NPA	0.0072	0.8875
	NP	-0.0112	0.8236
	MD	0.0077	0.8789
รายปี	NK	-0.1500	0.4440
	UD	**-0.3830**	**0.0428***
	NPA	-0.2830	0.1374

* ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. ผลจากข้อ 2 กำหนดแบบจำลองสามรูปแบบตามลักษณะข้อมูล และประมาณค่าพารามิเตอร์ปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนและรายปีเพื่อพิจารณาแบบจำลองทั้งสามด้วยวิธีความควรจะเป็นสูงสุด และเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุดสำหรับแต่ละสถานีและช่วงเวลาที่ศึกษาด้วยเกณฑ์ AIC ดังตารางที่ 4 ผลพบว่า ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนภายใต้กระบวนการคงที่ การแจกแจงฟรีเซตเป็นการแจกแจงที่เหมาะสมสำหรับสถานีอากาศเกษตรเลย (LA) สถานีกรมอุตุนิยมวิทยาหนองคาย (NK) สถานีอุตุนิยมวิทยาอุดรธานี (UD) สถานีอากาศเกษตรสกลนคร (SKA) สถานีกรมอุตุนิยมวิทยาสกลนคร (SK) และสถานีอุตุนิยมวิทยานครพนม (NP) การแจกแจงกัมเบลเป็นการแจกแจงที่เหมาะสมสำหรับสถานีอากาศเกษตรนครพนม (NPA) และสถานีอุตุนิยมวิทยามุกดาหาร (MD) ส่วนภายใต้กระบวนการไม่คงที่ สถานีอุตุนิยมวิทยาเลย (L) มีการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปเมื่อพารามิเตอร์บอกตำแหน่งเปลี่ยนแปลงในเชิงเส้นตรงเป็นรูปแบบที่เหมาะสม (M2) และแบบจำลองค่าสุดขีดของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีพบว่า ภายใต้กระบวนการคงที่ การแจกแจงกัมเบลเป็นการแจกแจงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับทั้งสามสถานีและภายใต้กระบวนการไม่คงที่ พบว่า การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปเมื่อพารามิเตอร์บอกตำแหน่งเปลี่ยนแปลงในเชิงเส้นตรง (M2) มีความเหมาะสมสำหรับสถานีอุตุนิยมวิทยาหนองคาย (NK) และสถานีอากาศเกษตรนครพนม (NPA)

ตัวอย่างการเขียนสมการของสถานีที่พารามิเตอร์ของแบบจำลองมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาดังรูปแบบ 2 ดังนี้ เช่น สถานีอุตุนิยมวิทยาเลย (L) เขียนได้ว่า $Z_t : GEV(\hat{\mu}(t), 26.114, 0.0169)$ เมื่อ $\hat{\mu}(t) = 15.68413 + 0.1194t$ หมายความว่าข้อมูลมีการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปที่พารามิเตอร์ μ มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในเชิงเส้นตรง ค่า $\hat{\sigma} = 26.032$ และ $\hat{\xi} = -0.0242$ และสมการของสถานีอากาศเกษตรเลย (LA) ที่พารามิเตอร์ของแบบจำลองมีการเปลี่ยนแปลงคงที่เป็นดังนี้ $Z_t \sim \mathrm{GEV}(14.489, 17.9732, 0.4017)$ หมายความว่าข้อมูลมีการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปมีค่า $\hat{\mu} = 14.489$, $\hat{\sigma} = 17.9732$ และ $\hat{\xi} = 0.4017$

4. ผลจากข้อที่ 3 เมื่อได้แบบจำลองที่ดีที่สุดสำหรับแต่ละสถานี ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองดังกล่าวด้วยสถิติทดสอบแอนเดอรสัน-ดาร์ลิง ดังตารางที่ 5 ผลพบว่า แบบจำลองมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองของข้อมูล เนื่องจากค่าสถิติทดสอบแอนเดอรสัน-ดาร์ลิงของแต่ละสถานีในแต่ละช่วงเวลา น้อยกว่าค่าวิกฤต 2.492 (Anderson & Darling, 1954) ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลเป็นไปตามการแจกแจงที่ระบุไว้สำหรับข้อมูลสูงสุดรายเดือนและรายปี

5. ทำการหาค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำในรอบปีการเกิดซ้ำ 10 20 50 และ 100 ปี ดังตารางที่ 6 ผลพบว่าในรอบปีการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน พบว่าสถานีอุตุนิยมวิทยานครพนม (NP) จังหวัดนครพนม มีระดับการเกิดซ้ำสูงกว่าสถานีอื่นในทุก ๆ รอบปีการเกิดซ้ำ รองลงมาเป็นสถานีอุตุนิยมวิทยาอุดรธานี (UD) เมื่อพิจารณาระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดในรอบปีการเกิดซ้ำ พบว่าสถานีอุตุนิยมวิทยาอุดรธานี (UD) มีระดับการเกิดซ้ำสูงที่สุด รองลงมาคือ สถานีอากาศเกษตรนครพนม (NPA) ตามลำดับ และเป็นที่น่าสังเกตว่า สถานีอากาศเกษตรนครพนม (NPA) และ สถานีอุตุนิยมวิทยาอุดรธานี (UD) มีระดับการเกิดซ้ำสูงกว่าสถานีอื่น ๆ ในทุก ๆ รอบปีการเกิดซ้ำ ทั้งข้อมูลรายเดือนและรายปี ดังนั้นในการป้องกันอุทกภัยควรให้ความสำคัญกับสถานีดังกล่าวมากกว่าสถานีอื่น ๆ

ตารางที่ 4 ค่าประมาณพารามิเตอร์ของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนและรายปี จำแนกตามสถานีที่ศึกษา

ช่วงเวลา	สถานี	แบบจำลอง	ค่าประมาณพารามิเตอร์					LLV	AIC
			$\hat{\mu}$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\xi}$	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$		
รายเดือน	LA	**M1**	14.4889	17.9732	0.4017	-	-	-852.9558	**1711.9120**
		M2	35.7087	17.9470	0.4030	13.4822	0.0109	-852.7984	1713.5970
		M3	-	-	-0.0762	3.5070	-0.0009	-852.8636	1795.7340
	L	M1	25.6855	26.1139	0.01685	-	-	-888.5984	1783.1970
		M2	-	26.0320	-0.0242	15.6841	0.1199	-883.6831	**1775.3660**
		M3	25.0882	-	-0.0156	22.9486	0.0383	-887.7962	1783.5920
	NK	**M1**	16.0028	20.6647	0.48093	-	-	-890.3278	**1786.6560**
		M2	-	20.6964	0.4776	15.4426	0.0065	-890.2769	1788.5540
		M3	16.0122	-	0.4804	20.7070	-0.0003	-890.3277	1788.6550
	UD	**M1**	12.2333	16.8754	0.6776	-	-	-870.5367	**1747.073**
		M2	-	16.8734	0.6768	12.2496	-0.0001	-870.5367	1749.073
		M3	12.2241	-	0.6775	16.8394	0.0003	-870.5365	1749.073
	SKA	**M1**	17.4766	22.0333	0.3195	-	-	-882.1736	**1770.3470**
		M2	-	21.9953	0.3211	16.3574	0.0121	-882.0540	1772.1080
		M3	17.4828	-	0.3205	22.4029	-0.0041	-882.1590	1772.3180
	SK	**M1**	16.3626	21.2142	0.4897	-	-	-900.7999	**1807.6000**
		M2	-	21.2267	0.4869	15.6697	0.0078	-900.7223	1809.4450
		M3	16.3745	-	0.4905	21.5163	-0.0033	-900.7898	1809.5800
	NPA	M1	26.9414	27.3453	0.1794	-	-	-778.4923	1562.9850
		M2	-	27.3524	0.1787	26.5200	0.0056	-778.4849	**1564.9700**
		M3	26.9494	-	0.1788	27.3547	-0.0001	-778.4924	1564.9850
	NP	**M1**	13.0444	19.8128	0.94700	-	-	-928.1231	**1862.246**
		M2	-	19.8481	0.9437	12. 7926	0.0031	-928.0872	1864.174
		M3	13.2219	-	0.9301	20.4540	-0.0052	-928.0725	1864.145
	MD	**M1**	26.75901	25.8340	0.0018	-	-	-749.8951	**1505.790**
		M2	-	25.8411	0.0009	28.1884	0.0181	-749.8126	1507.6250
		M3	26.7504	-	0.0019	25.8963	-0.0008	-749.8948	1507.7900
รายปี	NK	M1	77.3178	34.3252	0.2107	-	-	-83.6827	173.3654
		M2	-	26.9890	0.3757	95.4857	-2.3448	-81.3931	**170.7861**
		M3	78.1232	-	0.3443	8.2415	2.3784	-81.5590	171.1179
	UD	M1	84.8273	31.1197	0.2038	-	-	-82.1546	170.3093
		M2	-	17.8592	0.6596	110.8948	-3.2598	-77.2051	**162.4102**
		M3	94.9878	-	0.7751	5.6035	3.2456	-80.8265	169.6531
	NPA	M1	100.6549	19.0959	0.4305	-	-	-76.2594	158.5188
		M2	-	17.2579	0.4272	119.7159	-2.0312	-74.6522	**157.3044**
		M3	98.2256	-	0.4163	23.0182	-0.5176	-76.1805	160.3610

LLV คือ ค่า Log-Likelihood Value

AIC คือ เกณฑ์สารสนเทศของอาไคเคะ

ตารางที่ 5 การทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองของข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนและรายปี จำแนกตามสถานีที่ศึกษา ด้วยสถิติทดสอบ AD

ช่วงเวลา	สถานี	ค่าสถิติทดสอบ Anderson Darling
รายเดือน	LA	-197.6420
	L	-132.5320
	NK	-109.0640
	UD	-57.3361
	SKA	-103.6560
	SK	-121.4220
	NPA	-19.8000
	NP	-105.5040
	MD	-62.4129
รายปี	NK	0.8355
	UD	-25.5010
	NPA	0.9112

* ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 6 ระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนและรายปี จำแนกตามสถานีที่ศึกษา

ช่วงเวลา	สถานี	รูปแบบที่เหมาะสม	ระดับการเกิดซ้ำ (ปี)			
			10	25	50	100
รายเดือน	LA	M1	80.2365	131.4596	184.2654	253.7217
	L	M2	94.7660	117.8723	134.6742	151.0711
	NK	M1	99.8497	173.1175	253.6598	365.6421
	UD	**M1**	**101.7531**	**204.8725**	**337.7141**	**549.6919**
	SKA	M1	90.0451	140.1179	188.3951	248.3379
	SK	M1	103.4436	180.4987	265.8066	385.1439
	NPA	M1	102.7559	145.0783	181.4697	222.4316
	NP	**M1**	**168.3692**	**424.7159**	**834.2421**	**1623.414**
	MD	M1	85.0148	109.6321	127.9223	146.1007
รายปี	NK	M2	151.1039	222.7094	294.9845	388.3337
	UD	**M2**	**147.8657**	**251.6838**	**383.506**	**591.2233**
	NPA	M2	150.4351	203.1895	258.7085	333.0460

* ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สรุปผลการวิจัย

การสร้างแบบจำลองปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนและรายปีในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทยด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป ถือเป็นทางเลือกที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองโดยพิจารณาข้อมูลในปี พ.ศ. 2542-2557 จากสถานีตรวจวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาทั้ง 9 สถานี พบว่าช่วงเวลาของข้อมูลที่ถูกเลือกมีความ

เหมาะสมที่จะนำมาวิเคราะห์ด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป แบบจำลองที่ดีที่สุดสำหรับแต่ละสถานีสรุปดังนี้ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนภายใต้กระบวนการคงที่ การแจกแจงฟรีเซตเป็นการแจกแจงที่เหมาะสมสำหรับสถานีอากาศเกษตรเลย (LA) สถานีกรมอุตุนิยมวิทยาหนองคาย (NK) สถานีอุตุนิยมวิทยาอุดรธานี (UD) สถานีอากาศเกษตรสกลนคร (SKA) สถานีกรมอุตุนิยมวิทยาสกลนคร (SK) และสถานีอุตุนิยมวิทยานครพนม (NP) การแจกแจงกัมเบลเป็นการแจกแจงที่เหมาะสมสำหรับสถานีอากาศเกษตรนครพนม (NPA) และสถานีอุตุนิยมวิทยามุกดาหาร (MD) ส่วนภายใต้กระบวนการไม่คงที่ สถานีอุตุนิยมวิทยาเลย (L) มีการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปเมื่อพารามิเตอร์บอกตำแหน่งเปลี่ยนแปลงในเชิงเส้นตรงเป็นรูปแบบที่เหมาะสม (M2) และแบบจำลองค่าสุดขีดของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีพบว่า ภายใต้กระบวนการคงที่ การแจกแจงกัมเบลเป็นการแจกแจงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับทั้งสามสถานีและภายใต้กระบวนการไม่คงที่ พบว่า การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปเมื่อพารามิเตอร์บอกตำแหน่งเปลี่ยนแปลงในเชิงเส้นตรง (M2) มีความเหมาะสมสำหรับสถานีอุตุนิยมวิทยาหนองคาย (NK) และสถานีอากาศเกษตรนครพนม (NPA) สำหรับค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำในรอบปีการเกิดซ้ำ 10 20 50 และ 100 ปี ของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน พบว่า สถานีอุตุนิยมวิทยานครพนม (NP) จังหวัดนครพนม มีระดับการเกิดซ้ำสูงกว่าสถานีอื่นในทุก ๆ รอบปีการเกิดซ้ำ รองลงมาเป็นสถานีอุตุนิยมวิทยาอุดรธานี (UD) เมื่อพิจารณาระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายปีพบว่าสถานีอุตุนิยมวิทยาอุดรธานี (UD) มีระดับการเกิดซ้ำสูงที่สุดรองลงมาคือ สถานีอากาศเกษตรนครพนม (NPA) ตามลำดับ และเป็นที่น่าสังเกตว่า สถานีอากาศเกษตรนครพนม (NPA) และ สถานีอุตุนิยมวิทยาอุดรธานี (UD) มีระดับการเกิดซ้ำสูงกว่าสถานีอื่น ๆ ในทุก ๆ รอบปีการเกิดซ้ำ ทั้งข้อมูลรายเดือน และรายปี ดังนั้นในการป้องกันอุทกภัยควรให้ความสำคัญกับสถานีดังกล่าวมากกว่าสถานีอื่น ๆ กล่าวโดยสรุปได้ว่า การสร้างแบบจำลองปริมาณน้ำฝนสูงสุดด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปมีความเหมาะสมถึงแม้จะมีข้อมูลเพียง 16 ปีก็ตาม

เอกสารอ้างอิง

เบญจวรรณ ชารินทร์. (2557). *แบบจำลองค่าสุดขีดของอุณหภูมิในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลางของประเทศไทย.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปริญญา ของทิพย์ และมานัดถุ์ คำกอง. (2555). การสร้างแบบจำลองค่าสุดขีดปริมาณฝนในภาคเหนือ ตอนบนของประเทศไทยโดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป.ใน *การประชุมวิชาการสถิติและสถิติประยุกต์ระดับชาติ ครั้งที่ 13 ประจำปี 2555*. (หน้า 20-27). กรุงเทพฯ: ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สุรภี อิงคากุล. (2545). *การวิเคราะห์ความผันแปร ของปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย*. (42). กรุงเทพฯ: ภาควิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

เสาวนีย์ รัตนวัน และคณะ (2557). *การสร้างแบบจำลองค่าสุดขีดปริมาณน้ำฝนรายเดือนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

อรุณ แก้วมั่น และคณะ. (2558). การสร้างแบบจำลองค่าสุดขีดปริมาณน้ำฝนรายเดือนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลางของประเทศไทย. *วารสารวิทยาศาสตร์ มข*., *43*(1), 137-147.

Anderson, T.W., and Darling D.A. (1954). A test of goodness of fit. *Journal of the American statistical Association*, *49*, 765-769.

Coles S. (2001). *An Introduction to Statistical Modeling of Extremes Values*. Great Britain: Springer-varlag London Limited.

Miroslava Unkasevic and Ivana Tosic. (2009). Changes in extreme daily winter and summer temperatures in Belgrade. *Theoretical and Applied Climatology*, *95*, 27-38.

Saraless Nadarajah and Dongseok Choi. (2007). Maximum daily rainfall in South Korea. *Journal of Earth System and Science*, *116*(4), 7311-320.