



การสร้างแบบจำลองปริมาณน้ำฝนรายเดือน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลางของประเทศไทย

Modeling Monthly Precipitation in Central Northeast of Thailand

อรุณ แก้วมณี¹ ปิยาพร บุตรจำรวญ¹ และ ปิยภัทร บุชบาบดินทร์^{1*}

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้คือ การสร้างแบบจำลองค่าสุดขีดด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value) สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลาง ได้แก่ จังหวัดขอนแก่น กาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด และมหาสารคาม โดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2530 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2556 จากสถานีอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา ประเทศไทย จำนวน 6 สถานี ผู้วิจัยได้ศึกษารูปแบบของแบบจำลองทั้งหมด 4 รูปแบบด้วยกัน ได้แก่ รูปแบบ 1 คือ พารามิเตอร์ตำแหน่ง ขนาด และรูปร่างของแบบจำลองมีการเปลี่ยนแปลงคงที่ รูปแบบ 2 คือ พารามิเตอร์ตำแหน่ง มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาเชิงเส้นตรง รูปแบบ 3 คือ พารามิเตอร์ตำแหน่งมีการเปลี่ยนแปลงในเชิงกำลังสอง และรูปแบบ 4 คือ พารามิเตอร์ตำแหน่งมีการเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นตรงและพารามิเตอร์ขนาดมีการเปลี่ยนแปลงในรูปของเอ็กซ์โปเนนเชียล นอกจากนั้นผู้วิจัยประมาณระดับการเกิดซ้ำ (Return Level) และใช้เกณฑ์การทดสอบภาวะควรจะเป็น (Likelihood Ratio Test) ในการเลือกรูปแบบที่ดีที่สุดในพื้นที่ต่าง ๆ ที่ทำการศึกษา ผลการศึกษาพบว่า เมื่อพารามิเตอร์ของแบบจำลองอยู่ในรูปแบบ 1 การแจกแจงที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนของทุกสถานี คือ การแจกแจงฟริเชต (Fréchet Distribution) และสถานีอุตุนิยมวิทยากาฬสินธุ์ (อุทกมลาไสย) มีระดับการเกิดซ้ำในแต่ละรอบปีการเกิดซ้ำสูงกว่าสถานีอื่น ดังนั้นในการพิจารณาป้องกันอุทกภัย ควรให้ความสำคัญกับสถานีดังกล่าว และผู้วิจัยได้เปรียบเทียบรูปแบบของแบบจำลองที่พารามิเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา ผลการศึกษาพบว่า มีเพียงสถานีอุตุนิยมวิทยาร้อยเอ็ดที่รูปแบบ 1 มีความเหมาะสม ในขณะที่รูปแบบที่ 4 เป็นรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนสำหรับสถานีอื่น ๆ

¹ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44150

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

ABSTRACT

The purpose of this research is to model monthly extreme precipitation in central northeast of Thailand; Khon Kean, Kalasin, Roi-Et and Mahasarakham Provinces, by using the Generalized Extreme Value distribution. The maxima monthly rainfall, which are obtained from the Meteorological Department of Thailand, during January 1987 to September 2013; from six stations in the central northeast of Thailand were studied. There are four models via Generalized Extreme Value distribution with stationary (Form 1), the Generalized Extreme Value distribution in which the location parameter changes depending on linear trend (Form 2), the Generalized Extreme Value distribution in which the location parameter changes depending on quadratic trend (Form 3) and the Generalized Extreme Value distribution in which the location parameter changes depending on linear trend and the scale parameter changes depending on exponential (Form 4). The return levels for various return periods are estimated and the likelihood-Ratio test is evaluated as a criterion to find the best form. The study found that the Fréchet distribution is best fitted for all location when the process is stationary. Since the Kamalasai station of Kalasin province has the highest return level among various return periods, so it should be the first to be considered station in preventing or reducing the severity of floods. Furthermore, if the process is non-stationary there is only the Roi-et Station at Muang district of Roi-et province is form 1, and the rest are form 4.

คำสำคัญ: ค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป รอบปีการเกิดซ้ำ ระดับการเกิดซ้ำ การทดสอบภาวะควรจะเป็น

Keywords: Generalized extreme value, Return period, Return level, Likelihood ratio test

1. บทนำ

อิทธิพลของปรากฏการณ์เอนโซ (ENSO) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เรียกรวมถึงภาวะเอลนีโญและลานีญา ปรากฏการณ์เอนโซเป็นแหล่งสำคัญของการผันแปรในระหว่างช่วง 10 ปี ของอุณหภูมิอากาศในประเทศไทย ช่วงระยะเวลาในระหว่างปีอุณหภูมิอากาศในประเทศไทยเป็นค่าผิดปกติที่สูงกว่าปกติและต่ำกว่าปกติในช่วงปีของภาวะเอลนีโญและลานีญาตามลำดับ (Limsakul and Goes, 2008) ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าของแม่น้ำโขงที่ลดลงเนื่องจากความแห้งแล้งทางตอนใต้ของประเทศไทย (Siripong and Purimatikant, 1995) โดยในระหว่างปีที่เกิดภาวะเอลนีโญ ปริมาณน้ำฝน การระเหย ปริมาณเมฆ ความชื้นสัมพัทธ์ ระดับน้ำทะเลและการเกิดฝนฟ้าคะนองโดยทั่วไปแล้วจะต่ำกว่าค่าเฉลี่ย แต่ความกดอากาศและอุณหภูมิจะสูงกว่าค่าปานกลาง จากข้อมูลดาวเทียม LANDSAT พบว่าในช่วงภาวะเอลนีโญฝนจะแล้ง อุณหภูมิอากาศจะสูงกว่าปกติส่งผลทำให้อุณหภูมิผิวน้ำทะเลสูงขึ้นทำให้เพิ่มความถี่ของพายุหมุนเขตร้อนเนื่องจากอุณหภูมิผิวน้ำทะเลสูงขึ้นและทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นกว่าค่าเฉลี่ย จากการศึกษาของมณฑนาและสุตาพร (2542) ได้ศึกษาถึงปริมาณน้ำฝนที่เกิดจากภาวะลานีญารุนแรงใน

บริเวณทุกภาคของประเทศไทยพบว่าในช่วงปีภาวะลานินญาที่รุนแรงจะส่งผลทำให้ประเทศไทยส่วนใหญ่มีฝนสูงกว่าปกติ ขณะที่อุณหภูมิอากาศจะต่ำกว่าปกติในเกือบทุกฤดูกาล จากปรากฏการณ์ที่กล่าวมาข้างต้นก่อให้เกิดอุทกภัยครั้งยิ่งใหญ่ในประเทศไทย พ.ศ. 2554 ที่ส่งผลกระทบต่อบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำโขง เริ่มตั้งแต่ปลายเดือนกรกฎาคมและสิ้นสุดเมื่อวันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2555 มีราษฎรได้รับผลกระทบกว่า 12.8 ล้านคน ธนาคารโลกประเมินมูลค่าความเสียหายสูงถึง 1.44 ล้านล้านบาท ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2554 เป็นภัยพิบัติที่สร้างความเสียหายมากที่สุดในอันดับสี่ของโลก โดยอุทกภัยดังกล่าวทำให้พื้นดินกว่า 150 ล้านไร่ (6 ล้านเฮกตาร์) ซึ่งในจำนวนนี้เป็นทั้งพื้นที่เกษตรกรรมและอุตสาหกรรมใน 65 จังหวัด 684 อำเภอ ราษฎรได้รับความเดือดร้อน 4,086,138ครัวเรือน 13,595,192 คน บ้านเรือนเสียหายทั้งสิ้น 2,329 หลัง บ้านเรือนเสียหายบางส่วน 96,833 หลัง พื้นที่การเกษตรคาดว่าจะได้รับความเสียหาย 11.20 ล้านไร่ สำหรับพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยซึ่งมีแม่น้ำสามสายหลัก คือ แม่น้ำโขง มูล และชี ซึ่งทุกสายเกิดอุทกภัยในปีนี้ด้วยเช่นกัน เฉพาะในจังหวัดขอนแก่นเพียงจังหวัดเดียว น้ำท่วมพื้นที่เกือบ 350,000 ไร่ จังหวัดมหาสารคามได้รับผลกระทบน้ำท่วมใน 4 อำเภอ น้ำชีท่วมขังไร่นาส่งผลให้หญ้าที่ใช้เลี้ยงสัตว์ขาดแคลน ในปี พ.ศ. 2556 ผลกระทบจากร่องมรสุมที่พัดผ่านภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้ฝนตกลงในพื้นที่ จังหวัดร้อยเอ็ด ปริมาณน้ำจากลำน้ำยังเพิ่มสูงขึ้น ท่วมพื้นที่ทางการเกษตรและบ้านเรือนได้รับความเสียหาย ในขณะเดียวกันส่งผลทำให้เกิดน้ำท่วมในอำเภอเมืองขอนแก่นเนื่องจากฝนตกหนักและทำให้น้ำจากลำน้ำพองเอ่อล้นเนื่องจากมีการระบายน้ำจากเขื่อนอุบลรัตน์วันละ 45 ล้านลูกบาศก์เมตร ในขณะที่จังหวัดกาฬสินธุ์ได้นำน้ำป่าจากเทือกเขาภูพานไหลเข้าท่วมพื้นที่นาข้าวได้รับความเสียหาย โดยเฉพาะพื้นที่อำเภอกมลาไสยและห้องชัยอยู่ในขั้นวิกฤติหนัก ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงมีการศึกษาการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์จากการใช้เทคนิคการพยากรณ์ด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น วิธีแยกส่วนประกอบ (Decomposition Method) วิธีพยากรณ์ของวินเตอร์ (Winter's Method) และเทคนิควิเคราะห์อนุกรมเวลาบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins) เป็นต้น (รายละเอียดเพิ่มเติม วราฤทธิ์, 2552) แต่ยังไม่เคยมีงานวิจัยใดที่นำการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลปริมาณน้ำฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมาก่อน

อย่างไรก็ตามข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุด-ต่ำสุดในรอบเดือน ความเร็วลมสูงสุดในรอบเดือน อุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุดในแต่ละวัน ถือเป็น การเกิดขึ้นของเหตุการณ์เกี่ยวกับค่าสุดขีด (Extreme Value) โดยปกติการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้จะถูกตัดทิ้งไปไม่นำมาพิจารณา แต่ในความเป็นจริงถ้าต้องการทราบความน่าจะเป็นการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ที่ค่าสูงสุดหรือต่ำสุดซึ่งอยู่ในส่วนของปลายหางซึ่งมีจำนวนน้อยมากสามารถทำได้โดยการวิเคราะห์ด้วยทฤษฎีค่าสุดขีด (Extreme Theory) ซึ่งถูกเสนอขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1928 โดย Fisher และ Tippet สำหรับการพิจารณาการแจกแจงข้อมูลด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value Distribution: GEVD) ถือเป็นหนึ่งในทฤษฎีค่าสุดขีดที่มีความเหมาะสมสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลที่มีการกระจายในรูปของความเบ้ (Skewness) และในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มีนักวิจัยหลายท่านได้ประยุกต์การแจกแจงนี้กับข้อมูลปริมาณน้ำฝนของพื้นที่ต่าง ๆ ทั่วโลก อาทิเช่น ค.ศ. 1998 และ ค.ศ. 2002 Nguyen และคณะ ได้วิเคราะห์วิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนของประเทศแคนาดาการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป ใน ค.ศ. 2000 Koutsoyiannis และ Baloutsos ได้ใช้การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปศึกษาข้อมูลปริมาณน้ำฝนของประเทศ

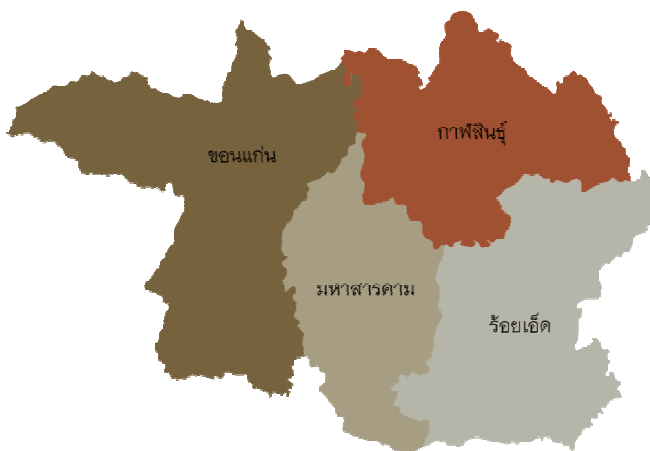
กรีซ ในปี ค.ศ. 1993 Ferro และ ในปี ค.ศ. 1999 Parida ได้ศึกษาการแจกแจงนี้กับข้อมูลปริมาณน้ำฝนในประเทศอินเดีย ในปี ค.ศ.1995 Cannarozzo และคณะ ปี ค.ศ. 2002 Aronica และคณะ และ ปี ค.ศ. 2002 Crisci ใช้การแจกแจงนี้ศึกษาข้อมูลปริมาณน้ำฝนในประเทศอิตาลี ในปี ค.ศ. 2002 Zalina และคณะ ได้ศึกษาการแจกแจงนี้กับข้อมูลในประเทศมาเลเซีย (อ้างอิงใน Nadarajah and Choi, 2007) ในขณะที่การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการแจกแจงค่าสุดขีดกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนของประเทศไทยนั้นยังมีน้อย เช่น พันธ์ิภาวิไลและคณะ (2556) ได้สร้างแบบจำลองค่าสุดขีดปริมาณน้ำฝนประจำปีในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย เป็นต้น

ดังนั้นเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการวางแผนการบริหารจัดการการใช้น้ำในเกษตรและทางชลประทานสามารถนำข้อมูลนี้ไปใช้ในการวางแผนการส่งน้ำล่วงหน้า ผู้วิจัยสนใจศึกษาปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลาง เพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสมโดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป

2. ข้อมูลและการดำเนินการวิจัย

2.1 ข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดรายเดือนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลางของประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 - 2556 จำนวน 5 สถานี ได้แก่ สถานีอุตุนิยมวิทยาขอนแก่น (KK) สถานีอากาศเกษตรท่าพระจังหวัดขอนแก่น (TK) สถานีอุตุนิยมวิทยามหาสารคาม (อุทกโกสมพิสัย) (KS) สถานีอุตุนิยมวิทยาร้อยเอ็ด (RE1) และ สถานีอากาศเกษตรร้อยเอ็ด (RE2) และข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 - 2556 รวม จำนวน 1 สถานี คือ สถานีอุตุนิยมวิทยากาฬสินธุ์ (อุทกกมลาลัย) (KMS) โดยได้รับอนุเคราะห์ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา ประเทศไทย ผู้วิจัยวิเคราะห์หาแบบจำลองค่าสุดขีดของข้อมูลด้วยโปรแกรม R เวอร์ชัน 3.01 แสดงพื้นที่ที่ทำการศึกษาดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 พื้นที่ที่ทำการศึกษา 4 จังหวัด มีทั้งสิ้น 6 สถานีอุตุนิยมวิทยา

2.2 การแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value Distribution: GEVD)

ทฤษฎีค่าสุดขีดสนใจค่าสูงสุดของตัวอย่างสุ่ม $Z = \max(X_1, X_2, \dots, X_n)$ โดยที่ Z มีการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป จากทฤษฎีค่าดังกล่าวกำหนดให้ Z เป็นค่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน สามารถเขียนแทนด้วย $Z: GEVD(\mu, \sigma, \xi)$ ซึ่งมีฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability Density Function: pdf) และฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative Density Function: cdf) (Coles, 2001) ตามลำดับดังนี้

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

และ

$$F(z) = \exp \left(- \left(1 + \xi \left(\frac{z - \mu}{\sigma} \right) \right)^{-1/\xi} \right) \quad (2)$$

เมื่อ $1 + \xi \left(\frac{z - \mu}{\sigma} \right) > 0$ โดยที่ μ แทนพารามิเตอร์ตำแหน่ง (Location) σ แทน พารามิเตอร์ขนาด (Scale) และ ξ แทนพารามิเตอร์รูปร่าง (Shape) สามารถเขียนฟังก์ชันการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไปได้ 3 การแจกแจงตามลักษณะของพารามิเตอร์รูปร่าง (ξ) ได้แก่ เมื่อ $\xi = 0$ เรียกว่า การแจกแจงกัมเบล (Gumbel Distribution) เมื่อ $\xi > 0$ เรียกว่า การแจกแจงฟร็เชต (Fréchet Distribution) และเมื่อ $\xi < 0$ เรียกว่า การแจกแจงไวบูลล์ (Weibull Distribution)

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดรูปแบบของแบบจำลองเมื่อพารามิเตอร์ของแบบจำลองมีการเปลี่ยนแปลง กำหนดให้ Z_t แทนปริมาณน้ำฝนสูงสุดในเดือนที่ t เมื่อ $t = 1, 2, \dots$ ดังนี้

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบรูปแบบของแบบจำลองที่ศึกษา

รูปแบบ	μ	σ	ξ
1. $Z_t : GEVD(\mu, \sigma, \xi)$	ค่าคงที่	ค่าคงที่	ค่าคงที่
2. $Z_t : GEVD(\mu(t), \sigma, \xi)$	$\beta_0 + \beta_1 t$	ค่าคงที่	ค่าคงที่
3. $Z_t : GEVD(\mu(t), \sigma, \xi)$	$\beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2$	ค่าคงที่	ค่าคงที่
4. $Z_t : GEVD(\mu(t), \sigma(t), \xi)$	$\beta_0 + \beta_1 t$	$\exp(\alpha_0 + \alpha_1 t)$	ค่าคงที่

การประมาณค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไปนั้น ผู้วิจัยใช้วิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation: MLE) โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน และจะได้ฟังก์ชัน Log-likelihood ของสมการที่ (1) ดังนี้ (Coles, 2001)

$$L(\mu, \sigma, \xi) = \frac{1}{\sigma^n} \prod_{i=1}^n \left(1 + \xi \left(\frac{z - \mu}{\sigma} \right) \right)^{-1/\xi - 1} \exp \left(- \sum_{i=1}^n \left(1 + \xi \left(\frac{z - \mu}{\sigma} \right) \right)^{-1/\xi} \right) \quad (3)$$

เมื่อกำหนดให้ $\hat{\mu}$ แทนตัวประมาณของ μ $\hat{\sigma}$ แทนตัวประมาณของ σ และ $\hat{\xi}$ แทนตัวประมาณของ ξ ซึ่งค่าเหล่านี้จะถูกประมาณด้วยวิธี MLE จากสมการที่ (3)

2.3 การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบ (Form)

การเลือกรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแบบจำลองพิจารณาจากการทดสอบภาวะควรจะเป็น (Likelihood Ratio Test) (Wald, 1943) โดยมีสถิติทดสอบคือ $\lambda = -2\log(L_j/L_i)$ ซึ่งมีการแจกแจงไคกำลังสอง (Chi-square Distribution) มีองศาความเป็นอิสระ (Degree of Freedom: d.f.) เท่ากับผลต่างของจำนวนพารามิเตอร์ของตัวแบบ เมื่อ L_i, L_j แทน ค่า Log-likelihood ของรูปแบบที่ต้องการทดสอบ เมื่อ $i, j = 1, 2, 3, \dots$ และ $i \neq j$

2.4 การวิเคราะห์ระดับการเกิดซ้ำ (Return Level)

ในทางอุทกวิทยา ขนาดของเหตุการณ์พิบัติภัยหนึ่ง ๆ ที่นำไปใช้ในการออกแบบโครงการทางวิศวกรรมแหล่งน้ำ เรียกว่า ระดับการเกิดซ้ำ (Z_T) หรือตำแหน่งของข้อมูล นั้นเอง อาจกล่าวได้ว่า ระดับการเกิดซ้ำ คือ ค่าคาดหวังที่จะเกิดเหตุการณ์ $Z > \hat{Z}_T$ โดยเฉลี่ย 1 ครั้งในทุก ๆ T ปี จากสมการที่ (1) สามารถคำนวณระดับการเกิดซ้ำได้ดังนี้

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

เมื่อ T คือ รอบปีการเกิดซ้ำที่มีความสัมพันธ์กับความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ (P) หรือกล่าวได้ว่า $T = \frac{1}{P}$ และสามารถคำนวณช่วงความเชื่อมั่น $100(1-\alpha)\%$ สำหรับ $\hat{Z}_T$ ดังนี้

$$\left(\hat{Z}_T - Z_{\alpha/2} \sqrt{V(\hat{Z}_T)}, \hat{Z}_T + Z_{\alpha/2} \sqrt{V(\hat{Z}_T)} \right)$$

เมื่อ $Z_{\alpha/2}$ คือค่าปกติมาตรฐาน และ $V(\hat{Z}_T)$ คือความแปรปรวนของระดับการเกิดซ้ำ

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของปริมาณน้ำฝนรายเดือนของแต่ละสถานที่ศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สถิติเบื้องต้นของปริมาณน้ำฝนรายเดือนในแต่ละสถานที่

สถานี	จำนวนข้อมูล	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย ต่อเดือน	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ความเบ้	เปอร์เซ็นต์ไทล์ ที่ 95
KK	321	221.9	34.091	32.096	1.563	89.570
TK	321	200.4	33.153	33.018	1.508	94.490
KS	321	182.3	33.774	32.290	1.280	93.180
RE1	321	198.6	33.652	31.076	1.065	88.230
RE2	321	128.1	33.952	31.210	0.792	97.980
KMS	177	188.1	38.668	39.660	1.331	115.410

จากตารางที่ 2 แสดงสถิติเบื้องต้นของปริมาณน้ำฝนรายเดือน (หน่วย มิลลิเมตร) ในแต่ละสถานี พบว่าการกระจายของข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนทั้ง 6 สถานีมีการกระจายในรูปของความเบ้ขวา ซึ่งเหมาะที่จะนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป

การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะความน่าจะเป็นสูงสุด สำหรับรูปแบบ 1 เมื่อพารามิเตอร์ของแบบจำลองมีการเปลี่ยนแปลงคงที่ หรือ $Z_T : GEVD(\mu, \sigma, \xi)$ ผลการวิเคราะห์เป็นดังนี้

ตารางที่ 3 ค่าประมาณพารามิเตอร์ ค่าความคลาดเคลื่อน และช่วงความเชื่อมั่น 95% ในแต่ละสถานี

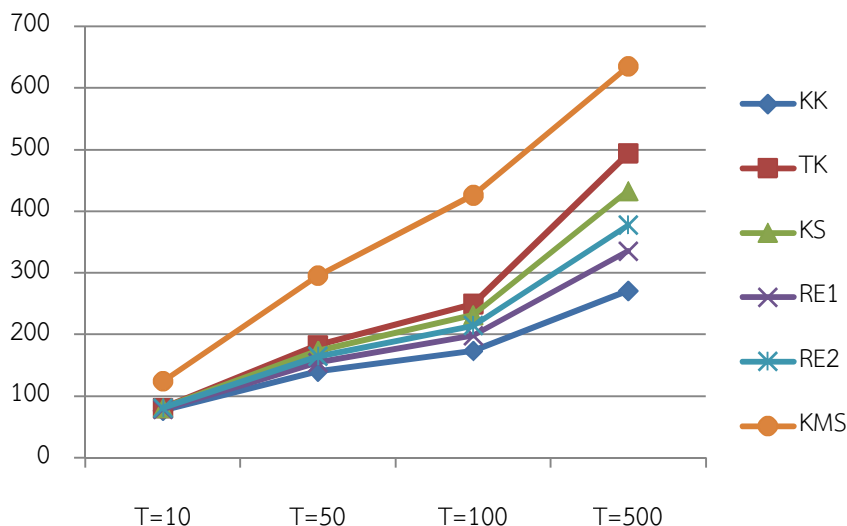
สถานี	ค่าประมาณพารามิเตอร์		
	$\hat{\mu}(s.e.)(CI95\%)$	$\hat{\sigma}(s.e.)(CI95\%)$	$\hat{\xi}(s.e.)(CI95\%)$
KK	17.71 (1.53) (14.71,20.70)	20.95 (1.27) (18.46,23.43)	0.19 (0.08) (0.04,0.35)
TK	14.63 (1.52) (11.65, 17.61)	18.50 (1.35) (15.85, 21.15)	0.39 (0.11) (0.17, 0.60)
KS	15.61 (1.58) (12.20, 18.70)	19.25 (1.38) (16.54, 21.97)	0.34 (0.11) (0.14, 0.55)
RE1	16.50 (1.63) (13.30, 19.70)	20.17 (1.40) (17.42, 22.92)	0.27 (0.10) (0.06, 0.47)
RE2	16.16 (1.68) (12.87, 19.46)	20.14 (1.46) (17.28, 23.01)	0.30 (0.11) (0.08, 0.51)
KMS	12.08 (2.92) (6.36, 17.80)	17.58 (2.84) (12.01, 23.15)	0.80 (0.29) (0.24,1.37)

จากตารางที่ 3 แสดงค่าประมาณพารามิเตอร์ ค่าความคลาดเคลื่อน และช่วงความเชื่อมั่นของค่าประมาณพารามิเตอร์ (หน่วย มิลลิเมตร) ในแต่ละสถานี สำหรับรูปแบบ 1 เมื่อพารามิเตอร์ของแบบจำลองมีการเปลี่ยนแปลงคงที่ และเมื่อพิจารณาค่าประมาณพารามิเตอร์รูปร่าง ของทั้ง 6 สถานี พบว่า การแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไปที่เหมาะสม คือ การแจกแจงฟรีเชต (Fréchet Distribution) โดยมีค่าระดับการเกิดซ้ำและช่วงความเชื่อมั่น 95% สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำของแต่ละสถานี ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำและช่วงความเชื่อมั่น 95% สำหรับ $T = 10, 50, 100$ และ 500 ปี

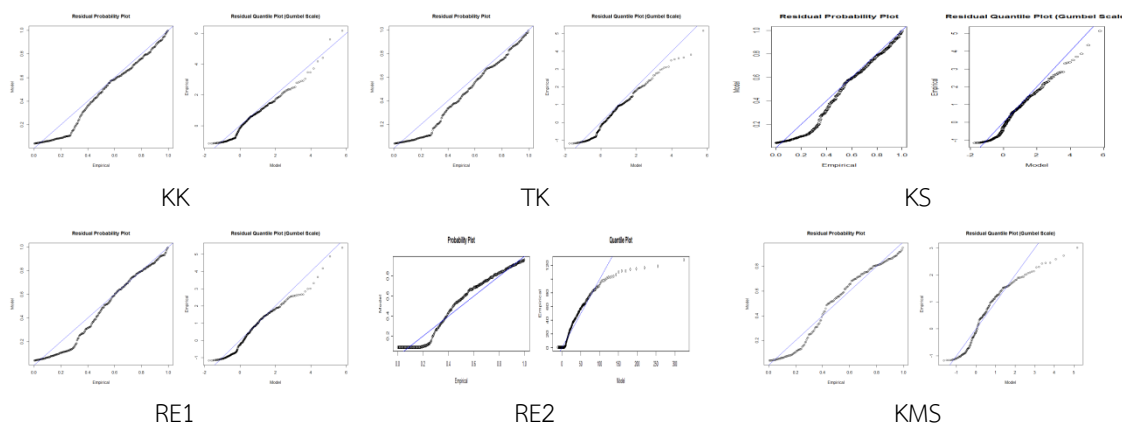
สถานี	ระดับการเกิดซ้ำ Z_T (ช่วงความเชื่อมั่น 95%)			
	$T = 10$	$T = 50$	$T = 100$	$T = 500$
KK	76.87 (68.54,89.51)	140.13 (114.09,194.93)	173.63 (134.47,263.80)	270.93 (184.74, 513.05)
TK	80.92 (69.23, 101.79)	182.70 (132.15, 311.95)	249.46 (165.36, 493.11)	493.56 (262.53, 724.59)
KS	80.97 (69.89, 100.25)	173.64 (127.86, 285.32)	231.64 (156.98, 436.29)	433.07 (237.96, 628.18)
RE1	78.58 (68.86, 95.11)	154.48 (117.89, 241.70)	198.01 (140.44, 350.87)	335.51 (197.94, 809.56)
RE2	80.64 (70.14, 99.32)	164.33 (122.28, 270.08)	214.06 (146.78, 404.26)	377.22 (210.66, 543.78)
KMS	123.87 (84.89, 162.85)	295.12 (244.57, 345.29)	425.84 (341.74, 509.94)	635.14 (404.11, 866.17)

จากตารางที่ 4 แสดงค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำและช่วงความเชื่อมั่น 95% (หน่วย มิลลิเมตร) สำหรับ $T = 10, 50, 100$ และ 500 ปี สำหรับรูปแบบ 1 เมื่อพารามิเตอร์ของแบบจำลองมีการเปลี่ยนแปลงคงที่ พบว่าระดับการเกิดซ้ำในรอบปีการเกิดซ้ำ 10 50 100 และ 500 ปี ของสถานีอุทกวิทยาภาหสนธุ์ (อุทกมลาไสย) (KMS) มีระดับการเกิดซ้ำสูงกว่าสถานีอื่น แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเกิดซ้ำในรอบปีการเกิดซ้ำ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเกิดซ้ำและรอบปีการเกิดซ้ำทั้ง 6 สถานี

และเมื่อพิจารณา Probability-Plot และ QQ-Plot ของทั้ง 6 สถานี ดังแสดงในรูปที่ 3 พบว่า ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนของทุกสถานีน่าจะมีแนวโน้มและความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน จึงทำให้รูปแบบ 1 ยังไม่เหมาะสมสำหรับข้อมูลนี้ ดังนั้น ผู้วิจัยได้วิเคราะห์แนวโน้มและความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกันหรือไม่ ด้วยการทดสอบของ Von Neumann (ทรงศิริ, 2549) พบว่าข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนสูงสุดของทุกสถานีมีแนวโน้มและความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน



รูปที่ 3 Probability-Plot และ QQ-Plot ของทั้ง 6 สถานี

และจากการเปรียบเทียบรูปแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน ทั้ง 4 รูปแบบ โดยพิจารณาจากทดสอบอัตราส่วนควรจะเป็น สรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 5 รูปแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลางของประเทศไทยจำแนกตามพื้นที่ที่ทำการศึกษา

สถานี	- Log - likelihood				Likelihood Ratio Test			
	รูปแบบ 1	รูปแบบ 2	รูปแบบ 3	รูปแบบ 4	รูปแบบ 1 และ 2	รูปแบบ 1 และ 3	รูปแบบ 1 และ 4	รูปแบบที่เหมาะสม
KK	1518.671	1518.663	1518.663	1529.161	0.016	0.018	20.980	รูปแบบ 4
TK	1510.962	1510.945	1510.939	1527.482	0.034	0.046	33.040	รูปแบบ 4
KS	1516.732	1516.729	1516.437	1530.348	0.006	0.590	27.232	รูปแบบ 4
RE1	1518.620	1518.402	1518.338	1528.321	0.436	0.564	19.402	รูปแบบ 4
RE2	1523.625	1523.443	1523.426	1522.943	0.364	0.398	1.364	รูปแบบ 1
KMS	860.122	860.042	859.880	865.592	0.160	0.484	10.940	รูปแบบ 4

จากตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่าสถิติทดสอบอัตราส่วนควรจะเป็นกับค่าไคกำลังสองที่เปิดจากตารางกำหนดระดับนัยสำคัญ (α) เท่ากับ 0.05 ดังนั้นกรณีเปรียบเทียบรูปแบบ 1 กับ รูปแบบ 2 3 และ 4 จะใช้ค่าไคกำลังสองตามลำดับ ดังนี้ $\chi^2_{1,0.95} = 3.84$ $\chi^2_{2,0.95} = 5.99$ และ $\chi^2_{3,0.95} = 7.38$ ผลการศึกษาพบว่ามีเพียง 1 สถานีที่รูปแบบ 1 มีความเหมาะสม คือ สถานีอุทกวิทยาอากาศเกษตรร้อยเอ็ด (RE2) สำหรับอีก 5 สถานี คือ สถานีอุตุนิยมวิทยาขอนแก่น (KK) สถานีอุตุนิยมวิทยาทาพระ (TK) สถานีอุทกวิทยาโกสุมพิสัย (KS) สถานีอุตุนิยมวิทยาร้อยเอ็ด (RE1) และสถานีอุตุนิยมวิทยาภาพสินธุ์ (อุทกวิทยากมลาไสย) (KMS) มีรูปแบบ 4 เป็นรูปแบบที่เหมาะสม แสดงรายละเอียดพารามิเตอร์ของรูปแบบที่เหมาะสมในแต่ละสถานี ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าประมาณพารามิเตอร์ของรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนสูงสุดของแต่ละสถานี

สถานี	รูปแบบเหมาะสม	ค่าประมาณพารามิเตอร์ของรูปแบบที่เหมาะสม
KK	รูปแบบที่ 4	$\hat{\mu}(t) = 23.5874 + 7.7383t$, $\hat{\sigma}(t) = \exp(3.1854 + 0.1667(t))$, $\hat{\xi} = 0.0879$
TK	รูปแบบที่ 4	$\hat{\mu}(t) = 22.1906 + 7.9064t$, $\hat{\sigma}(t) = \exp(3.1595 + 0.1897(t))$, $\hat{\xi} = 0.1914$
KS	รูปแบบที่ 4	$\hat{\mu}(t) = 22.1904 + 8.1455t$, $\hat{\sigma}(t) = \exp(3.1608 + 0.1998(t))$, $\hat{\xi} = 0.1660$
RE1	รูปแบบที่ 4	$\hat{\mu}(t) = 22.4849 + 9.560t$, $\hat{\sigma}(t) = \exp(3.1665 + 0.2136(t))$, $\hat{\xi} = 0.1062$
RE2	รูปแบบที่ 1	$\hat{\mu} = 16.1646$, $\hat{\sigma} = 20.1442$, $\hat{\xi} = 0.2967$
KMS	รูปแบบที่ 4	$\hat{\mu}(t) = 14.4993 + 9.1743t$, $\hat{\sigma}(t) = \exp(2.9702 + 0.6620(t))$, $\hat{\xi} = 0.8466$

จากตารางที่ 6 ผู้วิจัยเขียนสมการของสถานีที่พารามิเตอร์ของแบบจำลองมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาดังรูปแบบ 4 ได้ดังนี้ เช่น

สถานีอุตุนิยมวิทยาขอนแก่น (KK) เขียนได้ว่า $Z_t : GEVD(\hat{\mu}(t), \hat{\sigma}(t), 0.0879)$ เมื่อ

$$\hat{\mu}(t) = 23.5874 + 7.7383t \text{ และ } \hat{\sigma}(t) = \exp(3.1854 + 0.1667(t))$$

หมายความว่า ข้อมูลมีการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไปที่ $\hat{\mu}$ มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในเชิงเส้นตรง และ $\hat{\sigma}$ มีการเปลี่ยนแปลงในรูปของเอ็กโปเนนเชียล และมีค่า $\hat{\xi}$ เท่ากับ 0.0879 ซึ่งสามารถประมาณค่า $\hat{\mu}(t)$ และ $\hat{\sigma}(t)$ โดยใช้สมการดังแสดงในตารางที่ 5 (สถานี TK, KS, RE1 และ KSM สามารถอธิบายความหมายได้ในลักษณะเดียวกัน)

ขณะที่สถานี RE2 ที่พารามิเตอร์ของแบบจำลองมีการเปลี่ยนแปลงคงที่ ได้ดังนี้ $Z_i : GEVD(16.1646, 20.1442, 0.2967)$ อธิบายได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไปที่มีค่า $\hat{\mu}$ เท่ากับ 16.1646 มิลลิเมตร มีค่า $\hat{\sigma}$ เท่ากับ 20.1442 มิลลิเมตร และมีค่า $\hat{\xi}$ เท่ากับ 0.2967

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการสร้างแบบจำลองค่าสุดขีดปริมาณฝนรายเดือนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลางของประเทศไทย โดยอาศัยข้อมูลสถิติภูมิของปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากกรมอุตุนิยมวิทยา จากทั้งหมด 6 สถานี ใน 4 จังหวัด พบว่า การแจกแจงที่เหมาะสมโดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป เมื่อกระบวนการคงที่ คือ การแจกแจงฟรีเชท (Fréchet Distribution) เมื่อพิจารณาระดับการเกิดซ้ำในรอบปีการเกิดซ้ำต่าง ๆ ของทั้ง 6 สถานี พบว่าระดับการเกิดซ้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อรอบปีการเกิดซ้ำเพิ่มขึ้น และเป็นที่น่าสังเกตว่าสถานีอุทกวิทยากมลาไสย มีระดับการเกิดซ้ำสูงกว่าสถานีอื่น ๆ ในขณะที่สถานีอุตุนิยมวิทยาขอนแก่นมีระดับการเกิดซ้ำต่ำที่สุด ดังนั้นการพิจารณาระดับการเกิดซ้ำควรพิจารณาค่าผลกระทบจากเวลาด้วย จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการพิจารณาแนวทางในการบริหารจัดการและตัดสินใจเพื่อป้องกันหรือช่วยลดความรุนแรงในการเกิดอุทกภัยควรคำนึงถึงสถานีอุทกวิทยากมลาไสยในลำดับแรก และลดหลั่นลงมาตามลำดับของค่าระดับการเกิดซ้ำ และจากการเปรียบเทียบรูปแบบที่เหมาะสม โดยใช้การทดสอบอัตราส่วนความน่าจะเป็นมีเพียง 1 สถานีคือสถานีอุทกนิคมวิทยาอากาศเกษตรร้อยเอ็ด (RE2) มีการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไปที่มีพารามิเตอร์ของแบบจำลองมีการเปลี่ยนแปลงคงที่ และมี 5 สถานี คือ สถานีอุตุนิยมวิทยาขอนแก่น (KK) สถานีอุตุนิยมวิทยาท่าพระ (TK) สถานีอุทกวิทยาโกสุมพิสัย (KS) สถานีอุตุนิยมวิทยาร้อยเอ็ด (RE1) และสถานีอุตุนิยมวิทยากาฬสินธุ์ (อุทกวิทยากมลาไสย) (KMS) มีการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไปที่พารามิเตอร์ μ มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาในเชิงเส้นตรงและพารามิเตอร์ σ อยู่ในรูปแบบเอ็กโปเนนเชียล

อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงอาจมีปัจจัยอื่นที่มีผลต่อปริมาณน้ำฝนสูงสุดซึ่งในที่นี้ไม่ได้พิจารณาร่วมด้วย และในอนาคตอาจขยายขอบเขตงานเพิ่มสถานีในการวิเคราะห์รวมถึงการวิเคราะห์ในภูมิภาคอื่นด้วยก็เป็นไปได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกรมอุตุนิยมวิทยา ประเทศไทย ที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- วรฤทธิ์ พานิชกิจโกศล. (2552). การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนของสถานีอุตุนิยมวิทยาและสถานีอากาศเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 17(2): 1-12.
- มณฑนา พงษ์ชนะวัน และ สุดาพร นิ่มมา. (2542). ผลกระทบลานินญาที่มีต่อฝนและอุณหภูมิของประเทศไทย. ฝ่ายวิชาการภูมิอากาศ กองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา, กรุงเทพฯ. 24.
- พัฒนัภริษา ของทิพย์. (2556). การสร้างแบบจำลองค่าสุดขีดปริมาณน้ำฝนประจำปีในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 18(1): 95-104.
- ทรงศิริ แท้สมบัติ. (2549). การพยากรณ์เชิงปริมาณ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Coles, S. (2001). An introduction to statistical modeling of extreme values, page numbers. London: Springer Verlag.
- Nadarajah, S., and Choi, D. (2007). Maximum daily rainfall in South Korea. Journal of Earth System and Science 116(4): 311-320.
- Limsakul, A., and Goes, J.I. (2008). Empirical Evidence for Interannual and Longer Period Variability in Thailand Surface Air Temperature. Atmospheric Research 87: 89-102.
- R Core Team (2013). R: A language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>
- Siripong, A. and Purimatikant, P. (1995). The Long-term Fluctuation of Mekong River Runoff at Vientian and Its Correlation to the Climate Change and ENSO at Nong Khai, Chulalongkorn University, Bangkok. 25.
- Wald, A. (1943). Test of Statistical Hypotheses Concerning Several Parameters when the Number of Observations is Large. Tans. Am. Math. Soc. 54: 426.

