

แบบจำลองอุณหภูมิสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

Modeling of Maximum Temperature in Northeast Thailand

ประภาวรรณ เสนาเพ็ง* และ ปิยภัทร บุษบาบดินทร์

Prapawan Senapeng* and Piyapatr Busababodhin

หน่วยวิจัยสถิติและสถิติประยุกต์ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Statistics and Applied Statistics Research Unit, Mathematics Department, Faculty of Science, Mahasarakham University

Received : 22 September 2016

Accepted : 27 December 2016

Published online : 27 January 2017

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสมกับข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value Distribution: GEV) และการแจกแจงพาเรโตวงนัยทั่วไป (Generalized Pareto Distribution: GPD) พร้อมทั้งหาระดับการเกิดซ้ำของอุณหภูมิสูงสุดซึ่งข้อมูลก็นำมาสร้างแบบจำลองอุณหภูมิสูงสุดเป็นข้อมูลระหว่างปี พ.ศ.2528 - 2558 (31 ปี) จำนวน 25 สถานี จากกรมอุตุนิยมวิทยา ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม R จากการศึกษาด้วย GEV พบว่า การแจกแจงไวบูล (Weibull distribution: WD) และการแจกแจงกัมเบล (Gumbel distribution: GBD) เป็นการแจกแจงที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดในสถานีจำนวน 15 และ 10 สถานี ตามลำดับ และการแจกแจงที่เหมาะสมเมื่อศึกษาด้วย GPD ได้แก่ การแจกแจงแกมมา (Gamma Distribution : GMD) จำนวน 24 สถานี และการแจกแจงเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential distribution : ED) จำนวน 1 สถานี เมื่อพิจารณาระดับการเกิดซ้ำในรอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี 10 ปี 25 ปี 50 ปี และ 100 ปี ของอุณหภูมิในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบว่า ระดับการเกิดซ้ำของทุกสถานีมีค่าสูงขึ้นเมื่อจำนวนรอบปีการเกิดซ้ำเพิ่มขึ้นสำหรับทั้ง 2 วิธี โดยเฉพาะสถานีตรวจวัดอากาศจังหวัดหนองคาย มีระดับการเกิดซ้ำสูงกว่าสถานีอื่น ดังนั้น หากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจะทำการป้องกันหรือแก้ไขปัญหากับการเพิ่มสูงขึ้นของอุณหภูมิควรจะให้ความสำคัญกับสถานีตรวจวัดอากาศจังหวัดหนองคาย มากกว่าสถานีอื่น

คำสำคัญ : ค่าสุดขีด, อุณหภูมิสูงสุด, การแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป, การแจกแจงพาเรโตวงนัยทั่วไป, ระดับการเกิดซ้ำ

*Corresponding author. E-mail: prapawan.s07@gmail.com

Abstract

The aim of this study was to find the optimal model of maximum and minimum temperature in central northeast of Thailand by using the Generalized Extreme Value distribution (GEV) and Generalized Pareto distribution (GPD). The return levels for each return period of maximum temperature were also found. Time series data that used in this study were the maximum temperature during 1985 to 2015 from the Meteorological Department of Thailand in 25 meteorological stations from Meteorological Department. An "extreme" package in R program. The results of the study indicate that the optimal model of maximum temperature of stations is Weibull distribution and Gumbel distribution 15 and 10 stations respectively and GPD of maximum temperature of stations is Exponential distribution 22 stations and Pareto Distribution 3 stations. Based on return levels 5-years 10-years 25-years 50-years and 100-years, the temperature in the northeast of Thailand. Nongkhai Meteorological station has the highest return level of maximum temperature for each return period to solve and prevent the temperature increasing problem, Nongkhai Meteorological station should be the first considered

Keywords : Extreme value, Maximum temperature, Generalized extreme value distribution, Generalized pareto distribution, Return level

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศและปริมาณน้ำฝน รวมถึงพายุฤดูร้อน พายุไซโคลนและไต้ฝุ่น ที่มีความรุนแรงเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัว และปรากฏการณ์ "เอลนีโญ" และ "ลานีญา" ที่จะเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดทิศทางของพายุหลงฤดู ซึ่งจะเกิดขึ้นบ่อยครั้งและทวีความรุนแรงไปตามสภาพอากาศที่แปรปรวนแปร ส่งผลให้บางประเทศมีฝนตกชุกและพายุเข้า ขณะที่ประเทศในอาเซียนเป็นแหล่งผลิตอาหารระดับโลกแทบจะไม่มีฝนและร้อนแห้งแล้ง กลายเป็นภาวะน้ำท่วมน้ำขาดแบบไม่รู้จบ ผลลัพธ์ที่ตามมาติด ๆ เมื่ออุณหภูมิในอาเซียนพุ่งสูงขึ้นก็คือข้อจำกัดในการประกอบอาชีพ โดยเฉพาะพืชผลทางการเกษตรที่ไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิของ "น้ำ" ซึ่งร้อนขึ้น ประกอบกับความเป็นไปได้ของอุณหภูมิโดยรวมที่จะสูงเกินกว่า 35 องศาเซลเซียส สำหรับประเทศไทยเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตั้งแต่เริ่มมีการบันทึกข้อมูลโดยกรมอุตุนิยมวิทยา (พ.ศ. 2494 - 2550) พบว่า อุณหภูมิของประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้น ทั้งอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย (Sitthichivapak, 2007) โดยในปี พ.ศ. 2555 กรมอุตุนิยมวิทยาได้ทำการศึกษาสภาพอากาศของประเทศไทยทั้งในภาพรวมของประเทศและจำแนกเป็นรายภาค พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยรายปีในภาพรวมของประเทศสูงกว่าค่าปกติ (ค่าปกติ พ.ศ. 2514-2543 เท่ากับ 27 องศาเซลเซียส) เมื่อจำแนกเป็นรายภาค พบว่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีอุณหภูมิสูงกว่าค่าปกติมากที่สุด (Climatological Center, 2012)

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการพยากรณ์สภาพภูมิอากาศที่ผ่านมาพบว่า ผู้วิจัยส่วนใหญ่พยากรณ์ปริมาณน้ำฝน โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์อนุกรมเวลาซึ่งใช้วิธีแยกส่วนประกอบ (Decomposition Method) วิธีพยากรณ์ของวินเตอร์ (Winter's Method) และเทคนิควิเคราะห์อนุกรมเวลาของบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins) เช่น การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนของจังหวัดหนองคาย (Panichkitkosolkul, 2007) ซึ่งงานวิจัยข้างต้นหรืองานวิจัยส่วนใหญ่อาจมีข้อมูลที่มีค่าสุดขีดเกิดขึ้น โดยปกติในการวิเคราะห์ข้อมูลเมื่อข้อมูลมีค่าสุดขีดเกิดขึ้น ผู้วิจัยส่วนใหญ่จะตัดข้อมูลส่วนนั้นทิ้งไปไม่นำมาพิจารณา แต่ในความเป็นจริงถ้าเราต้องการทราบถึงความน่าจะเป็นหรือต้องการพยากรณ์การเกิดขึ้นของเหตุการณ์ที่มีค่าสูงสุดหรือต่ำสุดซึ่งอยู่ในส่วนของปลายหางซึ่งมีค่าน้อยมาก เครื่องมือทางสถิติที่จะเข้ามามีบทบาทเกี่ยวข้องกับเรื่องนี้คือ การวิเคราะห์ค่าสุดขีด (Extreme Value Analysis) (Busababodhin *et al.*, 2015) วิธีนี้ใช้วิเคราะห์ความเสี่ยงที่ประมาณความเสียหายสุดท้ายที่เกิดขึ้น ตลอดจนการสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นไม่บ่อยหรือเหตุการณ์บางอย่างที่เกิดขึ้นได้ยาก (Embrecht *et al.*, 1997) เช่น ปริมาณน้ำฝนสูงสุด-ต่ำสุด ความเร็วสูงสุด หรืออุณหภูมิสูงสุด - ต่ำสุด เป็นต้น โดยการวิเคราะห์ค่าสุดขีดนี้ได้ใช้ 2 การแจกแจงในการพยากรณ์ คือ การแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป (GEV) ใช้กับข้อมูลที่เป็นแบบรายปี และจะพิจารณาข้อมูลสูงสุดในช่วงเวลาที่กำหนด และการแจกแจงพาราโตวงนัยทั่วไป (GPD) ใช้กับข้อมูลที่เป็นแบบรายวัน จะพิจารณาค่าสุดขีดที่เกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เช่น Panpharisa *et al.*, (2013) ได้สร้างแบบจำลองปริมาณน้ำฝนสูงสุดของภาคเหนือตอนบน โดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป พร้อมทั้งหาระดับการเกิดซ้ำ (return level) ของปริมาณน้ำฝนสูงสุดในรอบปีการเกิดซ้ำ (return period) Kaewmun (2015) ได้สร้างแบบจำลองปริมาณน้ำฝนสูงสุดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลาง โดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป พร้อมทั้งหาระดับการเกิดซ้ำของปริมาณน้ำฝนสูงสุดในรอบปี การเกิดซ้ำ Rattanawan *et al.*, (2014) ได้สร้างแบบจำลองปริมาณน้ำฝนสูงสุดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง โดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไปเพื่อกำหนดตัวแบบของปริมาณน้ำฝนรายเดือน และใช้ GPD มากำหนดตัวแบบของปริมาณน้ำฝนรายวัน และ Charin *et al.*, (2014) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่ำสุดในฤดูหนาว และอุณหภูมิสูงสุดในฤดูร้อนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลางโดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป มากำหนดตัวแบบของค่าสัมบูรณ์ของอุณหภูมิต่ำสุดในฤดูหนาว ค่าสัมบูรณ์ ของอุณหภูมิสูงสุดในฤดูร้อน และนำการแจกแจงพาราโตวงนัยทั่วไปมากำหนดตัวแบบของอุณหภูมิต่ำสุดรายวันในฤดูหนาว และอุณหภูมิสูงสุดรายวันในฤดูร้อน

ดังนั้น เพื่อเป็นสารสนเทศในการวางแผนและเตรียมความพร้อมรับมือกับปัญหาที่จะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ผู้วิจัยจึงสนใจสร้างแบบจำลองอุณหภูมิสูงสุดด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value Distribution: GEV) และการแจกแจงพาราโตวงนัยทั่วไป (Generalized Pareto Distribution: GPD) สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และหาระดับการเกิดซ้ำ (Return Level) ของอุณหภูมิสูงสุดในรอบปีการเกิดซ้ำ 5, 10, 25, 50 และ 100 ปี

วิธีดำเนินการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ คือ ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดรายวันของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จากสำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร รวมทั้งสิ้น 25 สถานี ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2528 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2558 รวมทั้งสิ้น 31 ปี โดยพื้นที่ในการศึกษา คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 20 จังหวัด ประกอบด้วย มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ขอนแก่น กาฬสินธุ์ นครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรี

สะเกษ อุบลราชธานี อำนาจเจริญ มุกดาหาร ยโสธร นครพนม สกลนคร หนองคาย บึงกาฬ เลย ชัยภูมิ หนองบัวลำภู และอุดรธานี ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะนำมาวิเคราะห์หาแบบจำลองค่าสุดขีดโดยใช้โปรแกรม R

ตารางที่ 1 สถิติพื้นฐานของข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดรายเดือน จำแนกตามสถานีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

รหัส	ชื่อสถานี	ค่า	ค่า	ค่า	ควอไทล์ ที่ 99	Jarque-Bera test
		ต่ำสุด	สูงสุด	ความเบ้		
352201	สถานีตรวจวัดอากาศ จ.หนองคาย	15.8	43.3	-0.60	40.3	11063.96*
353201	สถานีตรวจวัดอากาศ จ.เลย	15.3	42.5	-0.33	40.0	3103.785*
353301	สถานีอากาศเกษตร จ.เลย	15.5	43.5	-3.29	40.0	95993.18*
354201	สถานีตรวจวัดอากาศ จ.อุดรธานี	16.0	43.0	-1.59	40.3	85273.16*
356201	สถานีตรวจวัดอากาศ จ.สกลนคร	14.9	41.3	-0.46	39.5	5257.99*
356301	สถานีอากาศเกษตร จ.สกลนคร	15	41.5	-3.01	39.4	56992.36*
357201	สถานีตรวจวัดอากาศ จ.นครพนม	15.6	42.1	-1.41	39.0	57095.63*
357301	สถานีอากาศเกษตร จ.นครพนม	14.9	42.1	-3.14	39.1	73213.17*
383201	สถานีตรวจวัดอากาศ จ.มุกดาหาร	15.8	42.5	-3.54	40.0	227363.80*
381201	สถานีอุตุนิยมวิทยาขอนแก่น จ.ขอนแก่น	15.5	41.9	-0.68	40.1	19455.08*
381301	สถานีอากาศเกษตรท่าพระ จ.ขอนแก่น	15.9	42.6	-3.60	40.0	128802.30*
387401	สถานีอุทกวิทยาโกสุมพิสัย จ.มหาสารคาม	17.2	42.0	-3.51	40.3	377446.30*
405201	สถานีอุตุนิยมวิทยาร้อยเอ็ด จ.ร้อยเอ็ด	18.6	42.2	-2.49	39.3	226233.70*
405301	สถานีอากาศเกษตรร้อยเอ็ด จ.ร้อยเอ็ด	16.6	41.2	-2.92	39.2	47742.85*
403201	สถานีตรวจวัดอากาศ จ.ชัยภูมิ	16.7	42.1	-3.30	39.7	333927.60*
407301	สถานีอากาศเกษตร จ.อุบลราชธานี	20	42.4	-3.40	39.2	88544.47*
407501	ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	19.4	42.0	-0.13	39.5	151.19*
409301	สถานีอากาศเกษตร จ.ศรีสะเกษ	19.2	42.5	-3.44	39.3	96416.08*
431201	สถานีตรวจวัดอากาศ จ.นครราชสีมา	18.1	42.2	-1.03	39.8	28354.52*
431301	สถานีอากาศเกษตรปากช่อง จ.นครราชสีมา	17.3	39.4	-3.73	37.2	135000.30*
431401	สถานีอุตุนิยมวิทยาอุทกโชคชัย จ.นครราชสีมา	17.9	41.1	-0.70	39.1	8230.34*
432201	สถานีตรวจวัดอากาศ จ.สุรินทร์	19.0	41.3	-2.20	38.9	210080.30*
432301	สถานีอากาศเกษตร จ.สุรินทร์	18.0	41.8	-3.53	39.8	111415.00*
432401	สถานีอุตุนิยมวิทยาอุทกท่าตูม จ.สุรินทร์	18.9	42.3	-2.53	39.9	252972.80*
436401	สถานีอุตุนิยมวิทยาอุทกนางรอง จ.บุรีรัมย์	18.7	41.8	-0.34	39.9	1065.53*

* ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 1 พบว่า สถิติพื้นฐานของข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดรายเดือนของแต่ละสถานี เพื่อนำมาวิเคราะห์หาแบบจำลองค่าสุดขีดภายใต้การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป มีค่าอุณหภูมิสูงสุดอยู่ในช่วง 39.4 ถึง 43.5 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิ

ต่ำสุดอยู่ในช่วง 14.9 ถึง 20.0 องศาเซลเซียส ค่าความเบ้ อยู่ในช่วง -3.73 ถึง -0.13 ค่าควอไทล์ อยู่ในช่วง 37.2 ถึง 40.3 และค่าสถิติ Jarque-Bera แสดงให้เห็นว่าข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดของทุกสถานีไม่มีการแจกแจงแบบปกติ ($p < 0.05$) ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับนำทฤษฎีค่าสุดขีดมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว

1. การแจกแจงค่าสุดขีด (Extreme value distribution)

1.1 การแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป (Generalized extreme value distribution: GEV)

การแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไปเหมาะสำหรับวิเคราะห์ค่าสุดขีดในช่วงคาบเวลา ที่สนใจ เช่น รายปี รายเดือน รายไตรมาส หรือรายสัปดาห์ เป็นต้น ซึ่งค่าสังเกตที่รวบรวมได้ควรมีจำนวนมากกว่า 30 ปีขึ้นไป โดยจะเลือกข้อมูลที่สูงสุดในแต่ละช่วงคาบเวลาที่ผู้วิเคราะห์สนใจและการทบทวนวรรณกรรม โดยลักษณะการเลือกข้อมูลค่าสุดขีดดังกล่าวเรียกว่าวิธี Block Maxima (Coles, 2001)

ถ้าให้ X เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไปที่เขียนแทนด้วย $X \sim GEV(\mu, \sigma, \xi)$ ที่มีฟังก์ชันการแจกแจงสะสม ดังนี้

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

และหาฟังก์ชันความน่าจะเป็น ดังนี้

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

เมื่อ $1 + \xi \left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right) > 0$ โดยที่ μ แทน พารามิเตอร์บอกตำแหน่ง (Location parameter) σ แทน พารามิเตอร์บอกขนาด (Scale parameter) และ ξ แทนพารามิเตอร์บอกรูปร่าง (Shape parameter) ซึ่งการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไปแบ่งตามพารามิเตอร์บอกรูปร่าง (ξ) ได้การแจกแจง 3 แบบ สำหรับกรณี $\xi = 0$ เรียกว่า การแจกแจงกัมเบล (Gumbel distribution: GBD) สำหรับกรณี $\xi > 0$ เรียกว่า การแจกแจงฟร็เชท (Fréchet distribution: FD) และกรณี $\xi < 0$ เรียกว่า การแจกแจงไวบูล (Weibull distribution: WD) ทั้งนี้ สำหรับข้อมูลอุณหภูมิกรณีนี้ ξ คลุมค่า 0 การแจกแจงของข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดจะมีการแจกแจงกัมเบล

1.2 การแจกแจงพारेโตวงนัยทั่วไป (Generalized Pareto distribution : GPD)

ถ้ากำหนดให้ y เป็นตัวแปรสุ่มของการแจกแจงโดยพारेโตวงนัยทั่วไป ซึ่งโดยปกติจะเห็นว่าเหตุการณ์ที่เกิดค่าสุดขีด y ที่มีค่าสูงกว่าค่าเกณฑ์กำหนด (Threshold) หรือ u จะทำให้การแจกแจงสะสมของ $y - u$ มีเงื่อนไข คือ $y > u$ เป็นดังสมการที่ (3)

$$H(y) = 1 - \left(1 + \frac{\xi y}{\tilde{\sigma}}\right)^{-1/\xi} \quad (3)$$

เมื่อ $\{y : y > 0, 1 + \xi y / \tilde{\sigma} > 0\}$ จะทำให้

$$\tilde{\sigma} = \sigma + (u - \mu) \quad (4)$$

จากสมการที่ (3) เป็นการแจกแจงที่อยู่ในกลุ่มการแจกแจงเดียวกันกับการแจกแจงพาราเมเตอร์บอกขนาด สำหรับค่าที่กำหนด $u > u_0$ จากสมการที่ (4) พบว่า $\sigma_u = \sigma_{u_0} + \xi(u - u_0)$ ดังนั้น ค่าพาราเมเตอร์บอกขนาดจะเปลี่ยนไป ยกเว้นกรณีที่ $\xi = 0$ การปรับพาราเมเตอร์บอกขนาดจะปรับโดยสมการ $\sigma^* = \tilde{\sigma} - \xi u$ สำหรับค่า u_0 ถูกเลือกจากค่าต่ำสุดของ u โดยที่ตัวประมาณของ σ^* และ ξ เป็นค่าคงที่และหาฟังก์ชันความน่าจะเป็น ดังนี้

$$h(y) = 1 + \left[\xi \left(\frac{y - u}{\sigma}\right)\right]^{-1/\xi} \quad (5)$$

เมื่อ $\sigma > 0$ และ $-\infty < \xi < \infty$ การแจกแจงพาราเมเตอร์บอกขนาด (ξ) ได้การแจกแจง 3 แบบ เมื่อ $\xi \rightarrow 0$ เรียก การแจกแจงพาราเมเตอร์บอกขนาดที่ $\xi \rightarrow 0$ ว่า “การแจกแจงเอกซ์โพเนนเชียล” (Exponential distribution : ED) สำหรับกรณี $\xi > 0$ เรียก การแจกแจงพาราเมเตอร์บอกขนาดที่ $\xi > 0$ ว่า “การแจกแจงพาราเมเตอร์บอกขนาด” (Pareto Distribution : PD) และกรณี $\xi < 0$ เรียก การแจกแจงพาราเมเตอร์บอกขนาดที่ $\xi < 0$ ว่า “การแจกแจงแกมมา” (Gamma Distribution : GMD) ทั้งนี้ หากช่วงความเชื่อมั่นของกรณีที่พาราเมเตอร์ ξ คลุมค่า 0 การแจกแจงของข้อมูลอนุกรมสูงสุดจะมีการแจกแจงเอกซ์โพเนนเชียลได้

2. วิธีการประมาณค่าพาราเมเตอร์ (Parameter Estimation)

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ประมาณค่าพาราเมเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimation: MLE) จากสมการที่ (2) และ (5) พบว่า มีฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นสูงสุดของ GEV และ GPD เป็นดังสมการที่ (6) และ (7) ตามลำดับ

$$L(\mu, \sigma, \xi) = \frac{1}{\sigma^n} \prod_{i=1}^n \left(1 + \xi \frac{x - \mu}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{\xi} + 1} \times \exp\left\{-\sum_{i=1}^n \left(1 + \xi \frac{x - \mu}{\sigma}\right)^{-1/\xi}\right\} \quad (6)$$

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

$$L_A(\mu, \sigma, \xi : Y_1, \dots, Y_N) \propto \exp \left\{ n_y \left[1 + \xi \left(\frac{u - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-\frac{1}{\xi}} \right\} \times \prod_{i=1}^{N(A)} \frac{1}{\sigma} \left[1 + \xi \left(\frac{y_i - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-\frac{1}{\xi-1}} \quad (7)$$

เมื่อ n_y คือ จำนวนของข้อมูลต่อปี (ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาการศึกษา) และ $N(A)$ คือ จำนวนของค่าสุดขีดที่เกินเกณฑ์ที่กำหนด

3. ระดับการเกิดซ้ำ (Return Level)

ในทางอุทกวิทยาขนาดของเหตุการณ์พิบัติภัยหนึ่ง ๆ ที่นำไปใช้ในการออกแบบโครงการทางวิศวกรรมแหล่งน้ำต่าง ๆ มักเรียกว่า ระดับการเกิดซ้ำ (Z_p) ซึ่งก็คือ ตำแหน่งของข้อมูล นั้นเอง เมื่อ p คือ ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่ $Z > \hat{Z}_p$ อาจกล่าวได้ว่า ระดับการเกิดซ้ำคือ ค่าคาดหวังที่จะเกิดเหตุการณ์ $Z > \hat{Z}_p$ โดยเฉลี่ย 1 ครั้งในทุก ๆ T ปี เมื่อ T คือ รอบปีการเกิดซ้ำที่มีความสัมพันธ์กับความน่าจะเป็นของเหตุการณ์โดยที่ $T = \frac{1}{p}$

3.1 ระดับการเกิดซ้ำของการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป

จากสมการที่ (1) จะได้สมการระดับการเกิดซ้ำ ดังสมการที่ (8)

$$\hat{Z}_T = \mu - \frac{\sigma}{\xi} \left\{ 1 - \left[-\log \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]^{-\xi} \right\} \quad (8)$$

เมื่อแทน $\hat{\mu}$, $\hat{\sigma}$ และ $\hat{\xi}$ ลงในสมการ (8) จะประมาณความน่าจะเป็นสูงสุดของระดับการเกิดซ้ำและสามารถหาช่วงความเชื่อมั่น $100(1 - \alpha)\%$ สำหรับ \hat{Z}_T ได้ดังสมการที่ (9)

$$\left\{ \theta : 2 \log \left(\frac{L(\hat{\mu}, \hat{\sigma}, \hat{\xi})}{L_p(\theta)} \right) \right\} < \chi_{1, 1-\alpha}^2 \quad (9)$$

3.2 ระดับการเกิดซ้ำของการแจกแจงพาราโดวงนัยทั่วไป

สมมติให้ GPD มีพารามิเตอร์ σ และ ξ เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีค่าสูงกว่าค่า u นั้นแสดงว่า เมื่อ $Y > u$ สามารถเขียนฟังก์ชันความน่าจะเป็นดังสมการที่ (10)

$$\Pr\{Y > u\} = \zeta_u \left[1 + \xi \left(\frac{y - u}{\sigma} \right) \right]^{-\frac{1}{\xi}} \quad (10)$$

เมื่อ $\zeta_u = \Pr\{Y > u\}$ ดังนั้น ระดับการเกิดซ้ำ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของค่าที่สูงเกินกว่าค่า u ทุก ๆ ค่าสังเกตที่ m

$$\zeta_u \left[1 + \zeta \left(\frac{y_m - u}{\sigma} \right) \right]^{-1/\xi} = \frac{1}{m} \quad (11)$$

จัดรูปสมการใหม่ได้ดังนี้

$$\hat{y}_m = u + \frac{\sigma}{\xi} \left[(m\zeta_u)^\xi - 1 \right], \quad \text{ถ้า } \xi \neq 0 \quad (12)$$

เมื่อ \hat{y}_m คือ ระดับการเกิดซ้ำของทุก ๆ ค่าสังเกตที่ m ถ้าค่าสังเกตจำนวน n_y ต่อปี เมื่อ N เป็นจำนวนปีที่จะคำนวณได้จาก $m = N \times n_y$ ดังนั้น ระดับการเกิดซ้ำของ N ปี ได้จากสมการที่ (11)

$$\hat{Y}_N = u + \frac{\sigma}{\xi} \left[(Nn_y\zeta_u)^\xi - 1 \right], \quad \text{ถ้า } \xi \neq 0$$

4. ตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติ ด้วยสถิติ Jarque - Bera (Charin *et al.*, 2014)

สถิติทดสอบ Jarque - Bera เป็นการนำหลักการของการวัดความเบ้ (Skewness) และการวัดความโด่ง (Kurtosis) โดยใช้โมเมนต์ (Moments) ซึ่งสถิติทดสอบ Jarque - Bera เหมาะสำหรับการทดสอบที่มีตัวอย่างขนาดใหญ่

5. ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ ด้วยสถิติทดสอบ Kolmogorov-Smirnov Statistics (KS Test)

เป็นสถิติทดสอบที่ใช้ทดสอบการแจกแจงว่าเหมาะสมหรือไม่ หลักการของการทดสอบนี้ คือ การเปรียบเทียบค่าฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของข้อมูลตัวอย่างกับค่าฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของข้อมูลภายใต้สมมติฐานว่าประชากรหรือข้อมูลมีการแจกแจงเหมาะสมกับข้อมูลที่ศึกษา ถ้าค่าความแตกต่างต่ำแสดงว่าการแจกแจงนั้นมีความเหมาะสมกับข้อมูล

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล (Results and Discussion)

การประมาณค่าของพารามิเตอร์ μ , σ และ ξ ในการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป การแจกแจงพาเรโตวงนัยทั่วไป จะใช้วิธีภาวะความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimates: MLE) ซึ่งในการคำนวณจะใช้โปรแกรม R โดยในการแสดงผลลัพธ์จะแสดงค่าประมาณของพารามิเตอร์ ค่าความคลาดเคลื่อน ของพารามิเตอร์ μ , σ และ ξ และตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ ด้วยสถิติทดสอบ KS Test ดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3

6. ผลการวิเคราะห์การแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป

ตารางที่ 2 ค่าประมาณพารามิเตอร์และการแจกแจงที่เหมาะสมของพื้นที่ที่ทำการศึกษา โดยวิเคราะห์ด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป

รหัสสถานี	$\hat{\mu}$ (S.E)	$\hat{\sigma}$ (S.E)	$\hat{\xi}$ (S.E)	การแจกแจงที่เหมาะสม	p-value of KS-test
352201	40.49 (0.22)	1.07 (0.17)	-0.21 (0.17)	GBD	0.5685
353201	40.19 (0.24)	1.15 (0.18)	-0.33 (0.18)	GBD	0.9616
353301	40.12 (0.23)	1.12 (0.17)	-0.31 (0.16)	GBD	0.9055
354201	40.51 (0.21)	1.08 (0.15)	-0.35 (0.11)	WD	0.9929
356201	39.81 (0.24)	1.18 (0.23)	-0.77 (0.20)	WD	0.8559
356301	39.79 (0.21)	1.05 (0.17)	-0.57 (0.14)	WD	0.7801
357201	39.04 (0.24)	1.16 (0.19)	-0.23 (0.18)	GBD	0.8547
357301	39.08 (0.24)	1.15 (0.18)	-0.24 (0.17)	GBD	0.8589
383201	40.25 (0.18)	0.90 (0.14)	-0.52 (0.14)	WD	0.8023
381201	40.53 (0.17)	0.83 (0.14)	-0.44 (0.18)	WD	0.9677
381301	40.51 (0.17)	0.85 (0.13)	-0.29 (0.14)	WD	0.7551
387401	40.56 (0.19)	0.87 (0.16)	-0.48 (0.21)	WD	0.6804
405201	39.83 (0.21)	1.01 (0.15)	-0.31 (0.14)	WD	0.7644
405301	39.86 (0.20)	1.00 (0.15)	-0.39 (0.13)	WD	0.9911
403201	39.89 (0.19)	0.91 (0.14)	-0.31 (0.16)	GBD	0.9454
407301	39.84 (0.19)	0.94 (0.14)	-0.23 (0.14)	GBD	0.9877
407501	39.87 (0.19)	0.94 (0.14)	-0.34 (0.15)	WD	0.9855
409301	39.72 (0.19)	0.94 (0.13)	-0.22 (0.10)	WD	0.6897
431201	40.02 (0.21)	1.08 (0.15)	-0.45 (0.10)	WD	0.9753
431301	38.47 (0.19)	0.97 (0.14)	-0.38 (0.12)	WD	0.8902
431401	39.25 (0.15)	0.73 (0.11)	-0.22 (0.16)	GBD	0.9597
432201	39.05 (0.15)	0.76 (0.11)	-0.18 (0.13)	GBD	0.9221
432301	39.91 (0.20)	1.01 (0.16)	-0.46 (0.14)	WD	0.9518
432401	40.42 (0.23)	1.13 (0.17)	-0.24 (0.16)	GBD	0.7503
436401	40.25 (0.20)	1.01 (0.17)	-0.60 (0.17)	WD	0.8013

ค่าในวงเล็บ หมายถึง ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error)

จากตารางที่ 2 พบว่า ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของพารามิเตอร์ที่คำนวณจาก $\hat{\theta} \pm 1.96(S.E)$ เมื่อ $\hat{\theta}$ คือค่าประมาณของพารามิเตอร์ ดังนั้น จากค่าประมาณแบบช่วงของพารามิเตอร์บอกรูปทรง ($\hat{\xi}$) ของพื้นที่ที่ทำการศึกษามีค่าครอบคลุมค่า 0 แสดงว่า การแจกแจงที่เหมาะสม คือ GBD มีทั้งหมด 10 สถานี ได้แก่ สถานี 352201 353201 353301 357201 357301 403201 407301 431401 432201 และ 432401 และพบว่าค่าประมาณแบบช่วงของ $\hat{\xi}$ ครอบคลุมค่าเป็นลบแสดงว่าการ

แจกแจงที่เหมาะสม คือ WD มีอยู่ทั้งหมด 15 ได้แก่ สถานี 354201 356201 356301 381201 381301 383201 387401 405201 405301 407501 409301 431201 431301 432301 และ 436401 และเมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ ด้วยสถิติทดสอบ KS Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยการเปรียบเทียบค่าฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของข้อมูลตัวอย่างกับค่า ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของข้อมูล พบว่า การแจกแจง GMD และ การแจกแจง WD มีความเหมาะสมกับข้อมูลดังผลการ วิเคราะห์

7. ผลการวิเคราะห์การแจกแจงพาราโตวางนัยทั่วไป

ตารางที่ 3 ค่าประมาณพารามิเตอร์และการแจกแจงที่เหมาะสมของพื้นที่ที่ทำการศึกษา โดยวิเคราะห์ด้วยการ แจกแจงพาราโตวางนัยทั่วไป

รหัสสถานี	$\hat{\sigma}$ (S.E)	$\hat{\xi}$ (S.E)	การแจกแจงที่เหมาะสม	p-value of KS-test
352201	1.16 (0.12)	-0.21 (0.06)	GMD	0.8649
353201	1.22 (0.14)	-0.44 (0.08)	GMD	0.9349
353301	0.99 (0.11)	-0.23 (0.06)	GMD	0.9029
354201	1.10 (0.11)	-0.33 (0.05)	GMD	0.8338
356201	1.36 (0.12)	-0.57(0.06)	GMD	0.8268
356301	1.26 (0.12)	-0.49 (0.06)	GMD	0.8929
357201	1.00 (0.11)	-0.27 (0.06)	GMD	0.8689
357301	1.05 (0.11)	-0.30 (0.05)	GMD	0.7297
383201	1.18 (0.14)	-0.42 (0.08)	GMD	0.9109
381201	0.95 (0.10)	-0.48 (0.06)	GMD	0.8468
381301	0.81 (0.10)	-0.25 (0.07)	GMD	0.8779
387401	1.07 (0.11)	-0.48 (0.08)	GMD	0.9019
405201	0.87 (0.08)	-0.20 (0.06)	GMD	0.9339
405301	0.94 (0.09)	-0.39 (0.06)	GMD	0.9219
403201	0.98 (0.07)	-0.28 (0.03)	GMD	0.9720
407301	0.77 (0.08)	-0.09 (0.07)	ED	0.8929
407501	0.10 (0.08)	-0.28 (0.05)	GMD	0.9850
409301	0.89 (0.09)	-0.19 (0.05)	GMD	0.9159
431201	1.07 (0.07)	-0.30 (0.04)	GMD	0.9149
431301	0.81 (0.09)	-0.26 (0.07)	GMD	0.8999
431401	0.90 (0.10)	-0.37 (0.07)	GMD	0.9820
432201	1.01 (0.07)	-0.27 (0.04)	GMD	0.7828
432301	1.30 (0.09)	-0.44 (0.04)	GMD	0.9269
432401	1.12 (0.08)	-0.29 (0.05)	GMD	0.8829
436401	1.19 (0.08)	-0.39 (0.04)	GMD	0.8769

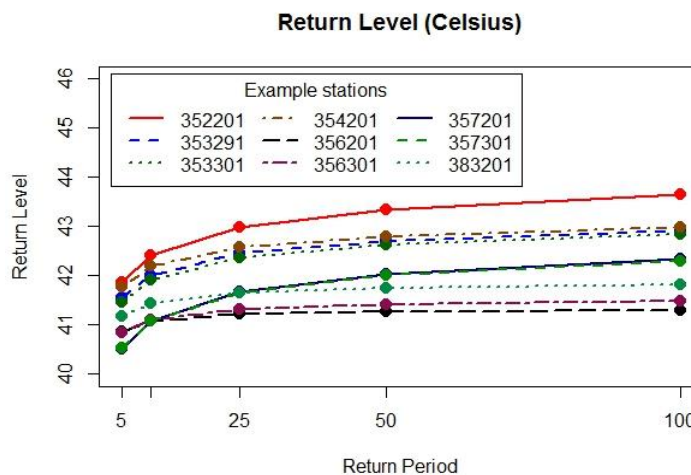
ค่าในวงเล็บ หมายถึง ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error)

จากตารางที่ 3 พบว่า ค่าประมาณแบบช่วงของพารามิเตอร์บอกรูปปร่าง (ξ) ของพื้นที่ที่ทำการศึกษามีค่าครอบคลุมค่าเป็นลบ หมายถึง มีหางเบ้ไปทางด้านซ้าย แสดงว่า การแจกแจงที่เหมาะสม คือ GMD มีอยู่ทั้งหมด 24 สถานี ได้แก่ สถานี 352201 353201 353301 354201 357201 357301 356201 356301 381201 381301 383201 387401 403201 405201 405301 407501 409301 431201 431301 431401 432201 432401 และ 432301 และ 436401 และพบว่า ค่าประมาณแบบช่วงของ ξ มีค่าคลุม 0 หมายถึง การแจกแจงที่เหมาะสม คือ ED มีอยู่ 1 สถานี นั่นคือ สถานี 407301 และเมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ ด้วยสถิติทดสอบ KS Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยการเปรียบเทียบค่าฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของข้อมูลตัวอย่างกับค่าฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของข้อมูล พบว่า การแจกแจง GMD และการแจกแจง ED มีความเหมาะสมกับข้อมูลดังผลการวิเคราะห์

8. การวิเคราะห์ระดับการเกิดซ้ำ (Return level)

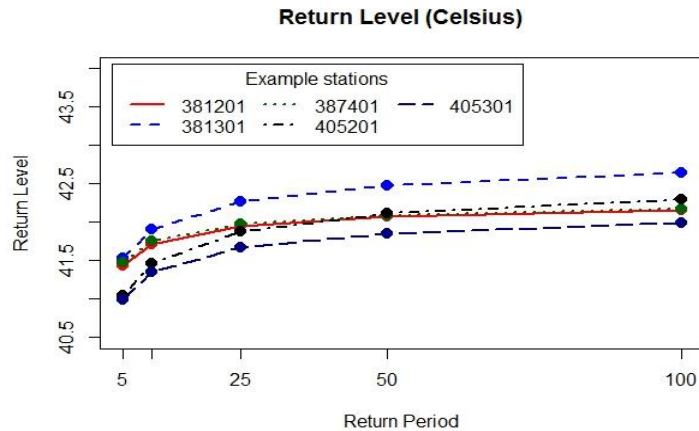
8.1 ระดับการเกิดซ้ำของการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป

หากแบ่งจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นอนุภาคเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ประกอบด้วย อุตรธานี นครพนม บึงกาฬ มุกดาหาร สกลนคร และนครพนม กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลาง ประกอบด้วย กาฬสินธุ์ ขอนแก่น มหาสารคาม และร้อยเอ็ด และกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ประกอบด้วย นครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ สุรินทร์ อุบลราชธานี อำนาจเจริญ ศรีสะเกษ และยโสธร เมื่อพิจารณาระดับการเกิดซ้ำของพื้นที่ที่ทำการศึกษากลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ดังภาพที่ 1



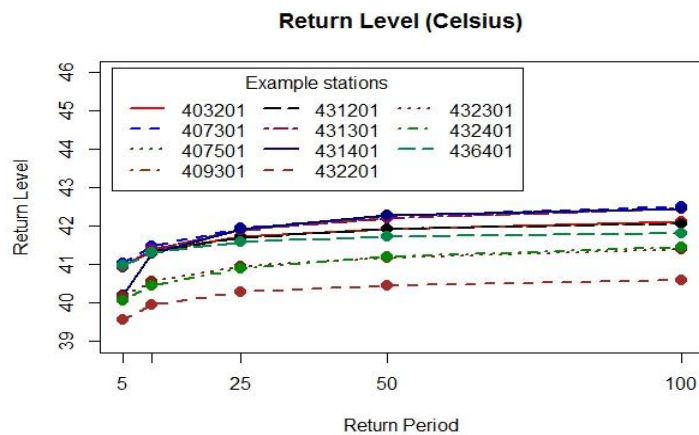
ภาพที่ 1 กราฟระดับการเกิดซ้ำอุณหภูมิสูงสุด (c°) ของกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

จากภาพที่ 1 พบว่า ค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำของกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน เมื่อรอบปีการเกิดซ้ำมีค่าเพิ่มขึ้นในทุกสถานี จะเห็นได้ว่า สถานี 352201 (สถานีตรวจอากาศ จังหวัดหนองคาย) มีระดับการเกิดซ้ำสูงสุด รองลงมาคือ สถานี 354201 (สถานีตรวจวัดอากาศ จังหวัดอุตรธานี) และสถานี 353301 (สถานีอากาศเกษตร จังหวัดเลย) เมื่อพิจารณาระดับการเกิดซ้ำของพื้นที่ที่ทำการศึกษาของกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลาง ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟระดับการเกิดซ้ำอุณหภูมิตั้งสูงสุด (c°) ของกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลาง

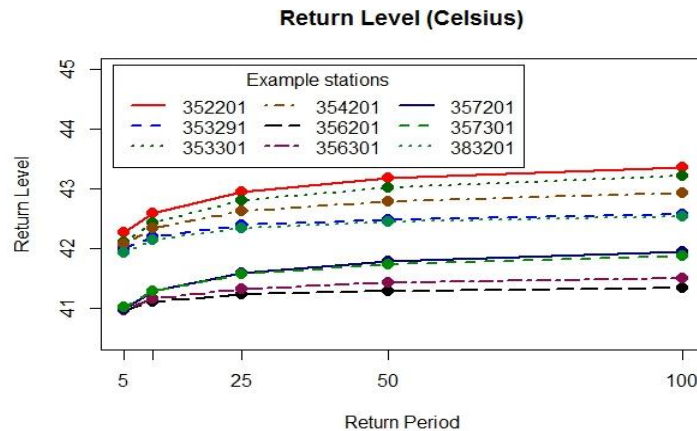
จากภาพที่ 2 พบว่า ค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำของกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลาง เมื่อรอบปีการเกิดซ้ำมีค่าเพิ่มขึ้นในทุกสถานี จะเห็นได้ว่าสถานี 381301 (สถานีอากาศเกษตรท่าพระ จังหวัดขอนแก่น) มีระดับการเกิดซ้ำสูงที่สุด รองลงมาคือสถานี 405301 (สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดร้อยเอ็ด) เมื่อพิจารณาการเกิดซ้ำของพื้นที่ที่ทำการศึกษากลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กราฟระดับการเกิดซ้ำอุณหภูมิตั้งสูงสุด (c°) ของกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

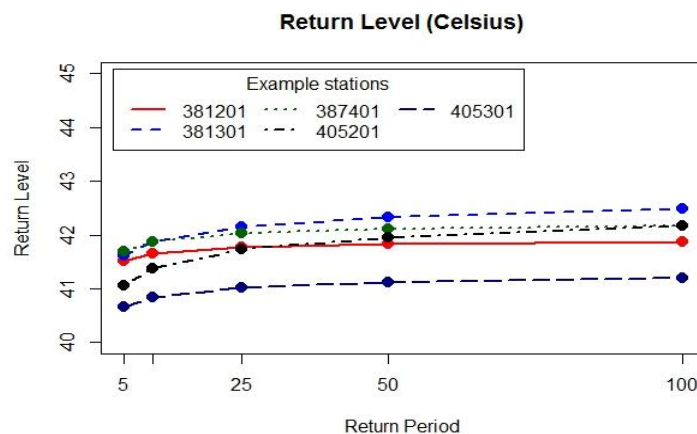
จากภาพที่ 3 พบว่า ค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำของกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง เมื่อรอบปีการเกิดซ้ำมีค่าเพิ่มขึ้นในทุกสถานี จะเห็นได้ว่าสถานี 431401 (สถานีอุตุนิยมวิทยาอุทกโชดชัย จังหวัดนครราชสีมา) มีระดับการเกิดซ้ำสูงกว่าสถานีอื่น

8.2 ระดับการเกิดซ้ำของการแจกแจงพาราโตนวงนัยทั่วไป



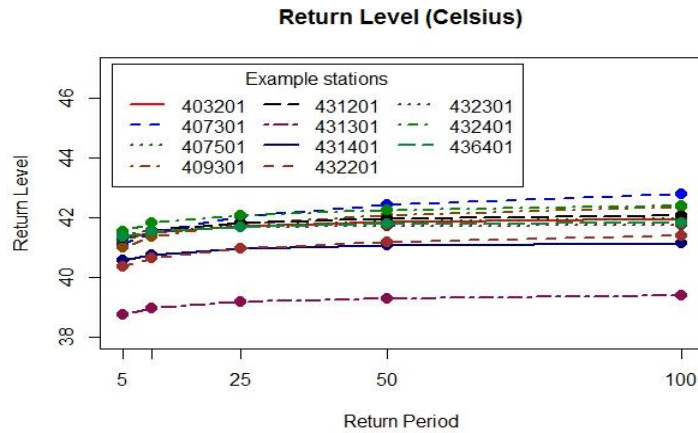
ภาพที่ 4 กราฟระดับการเกิดซ้ำอุณหภูมิสูงสุด (c°) ของกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

จากภาพที่ 4 พบว่า ค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำของกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน เมื่อรอบปีการเกิดซ้ำมีค่าเพิ่มขึ้นในทุกสถานี จะเห็นได้ว่าสถานี 352201 (สถานีตรวจอากาศ จังหวัดหนองคาย) มีระดับการเกิดซ้ำสูงสุด รองลงมาคือ สถานี 354201 (สถานีตรวจวัดอากาศ จังหวัดอุดรธานี) และสถานี 353201 (สถานีอากาศเกษตร จังหวัดเลย) เมื่อพิจารณาระดับการเกิดซ้ำของพื้นที่ที่ทำการศึกษากลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลาง ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 กราฟระดับการเกิดซ้ำอุณหภูมิสูงสุด (c°) ของกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลาง

จากภาพที่ 5 พบว่า ค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำของกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลาง เมื่อรอบปีการเกิดซ้ำมีค่าเพิ่มขึ้นในทุกสถานี จะเห็นได้ว่าสถานี 381301 (สถานีอากาศเกษตรท่าพระ จังหวัดขอนแก่น) มีระดับการเกิดซ้ำสูงสุด รองลงมาคือสถานี 405201 (สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดร้อยเอ็ด) เมื่อพิจารณาระดับการเกิดซ้ำของพื้นที่ที่ทำการศึกษากลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กราฟระดับการเกิดซ้ำอุณหภูมิสูงสุด (c°) ของกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

จากภาพที่ 6 พบว่า ค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำของกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง เมื่อรอบปีการเกิดซ้ำมีค่าเพิ่มขึ้นในทุกสถานี จะเห็นได้ว่าสถานี 404301 (สถานีอากาศเกษตร จังหวัดอุบลราชธานี) มีระดับการเกิดซ้ำสูงกว่าสถานีอื่น

สรุปผลการวิจัย

การสร้างแบบจำลองอุณหภูมิสูงสุดรายปี และรายวัน ในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทยด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวงนัยทั่วไป และการแจกแจงพาเรโตวงนัยทั่วไป ตามลำดับ ถือเป็นทางเลือกที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองโดยพิจารณาข้อมูลในปี พ.ศ. 2528-2558 จากสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาทั้ง 25 สถานี ของข้อมูลที่ถูกเลือกมีความเหมาะสมที่จะนำมาวิเคราะห์ด้วย GEV พบว่า การแจกแจงที่เหมาะสมโดยใช้ GEV คือ GBD มีอยู่ทั้งหมด 9 สถานี และWD มีอยู่ทั้งหมด 16 สถานี และเมื่อนำวิเคราะห์ด้วย GPD พบว่า การแจกแจงที่เหมาะสมโดยใช้ GPD คือ GMD มีอยู่ทั้งหมด 24 สถานี และED มีอยู่ 1 สถานี สำหรับค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำในรอบปี การเกิดซ้ำ 5 ปี 10 ปี 25 ปี 50 ปี และ 100 ปี ของอุณหภูมิในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จะเห็นได้ว่า ระดับการเกิดซ้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อรอบปีการเกิดซ้ำเพิ่มขึ้นในทุกสถานีจากทั้งสองวิธีการ นั่นคือ สถานีที่มีรอบการเกิดซ้ำเพิ่มขึ้นสูงคือ สถานีตรวจวัดอากาศจังหวัดหนองคาย รองลงมาคือ สถานีตรวจวัดอากาศจังหวัดอุดรธานี เนื่องจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือเริ่มได้รับลมตะวันออกเฉียงใต้จากทะเลจีนใต้และจากอ่าวไทย แต่ภูมิภาคนี้อยู่ห่างไกลทะเล อุณหภูมิจึงสูงโดยทั่วไปและแห้งแล้ง จังหวัดที่มีอุณหภูมิสูงสุดคือ อุดรธานี ซึ่งสอดคล้องกับสถิติพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนผ่านประเทศไทยของสำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา คือสถิติพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยในรอบ 48 ปี มีจำนวนทั้งหมด 164 ลูก เมื่อนำมาหาความถี่ที่พายุแต่ละลูกเคลื่อนผ่านในแต่ละพื้นที่ พบว่าบริเวณที่ศูนย์กลางพายุเคลื่อนผ่านมากที่สุดคือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน โดยเฉพาะจังหวัดนครพนม มีพายุเคลื่อนผ่าน 20-25 เปอร์เซ็นต์ของพายุทั้งหมด รองลงมาคือพื้นที่บริเวณจังหวัดมุกดาหาร สกลนคร หนองคาย อุดรธานี กาฬสินธุ์ หนองบัวลำภูและเลย มีพายุเคลื่อนผ่าน 15-20 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนพายุทั้งหมด เมื่อพิจารณาระดับการเกิดซ้ำของพื้นที่ที่ทำการศึกษากลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน เมื่อรอบปีการเกิดซ้ำมีค่าเพิ่มขึ้นในทุกสถานี จะเห็นได้ว่า สถานีตรวจอากาศ จ.หนองคาย มีระดับการเกิดซ้ำสูงที่สุด รองลงมาคือ สถานีตรวจวัดอากาศ

จ.อุดรธานี สถานีอากาศเกษตร จ.เลย เนื่องจากจังหวัดหนองคายมีภูมิประเทศติดกับแม่น้ำโขง ทำให้มีฝนตกชุกในฤดูฝนและพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่สูงอากาศจะร้อนจัด กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลาง เมื่อรอบปีการเกิดซ้ำมีค่าเพิ่มขึ้นในทุกสถานี จะเห็นได้ว่าสถานีอากาศเกษตรท่าพระ จ.ขอนแก่น มีระดับการเกิดซ้ำที่สูงที่สุด โดยสอดคล้องกับบทความของศุภนิวิชัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน มหาวิทยาลัยขอนแก่น คือ เนื่องจากสภาวะภูมิอากาศของจังหวัดขอนแก่นจัดอยู่ในประเภท “ฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดู (Tropical Savannah : Aw)” กล่าวคือ ในรอบปีหนึ่ง ๆ มีระยะเวลาฝนตกชุกช่วงหนึ่ง สลับกับช่วงแล้งอย่างเห็นได้ชัด อากาศร้อนชื้น และมีอุณหภูมิค่อนข้างสูงตลอดปี และกลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง เมื่อรอบปีการเกิดซ้ำมีค่าเพิ่มขึ้นในทุกสถานี จะเห็นได้ว่า สถานีอุตุนิยมวิทยาอุทกโชคชัย จ.นครราชสีมา มีระดับการเกิดซ้ำสูงกว่าสถานีอื่น อาจจะเป็นเนื่องจากลมที่พัดปกคลุมส่วนใหญ่เป็นลมใต้และลมตะวันตก และมักจะมีหย่อมความกดอากาศต่ำเนื่องจากความร้อน (Heat Low) ปกคลุมตลอดฤดู ทำให้มีอากาศร้อนโดยทั่วไป จากสถิติภูมิอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2514-2543) ของจังหวัดนครราชสีมา พบว่า เดือนเมษายนเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนมากที่สุด อุณหภูมิสูงที่สุดที่เคยวัดได้ 42.7 องศาเซลเซียส

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2560 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เอกสารอ้างอิง

- Busababodin,P., Siriboon, M., & Kaewmun, A. (2015). Modeling of Extreme Precipitation in Upper Northeast of Thailand. *Burapha Science Journal*, 20(1), 106-117. (in Thai)
- Charin, B., Srisodaphol, W., & Busababodhin, P. (2014) Modeling for extreme temperature of central northeast region of Thailand, *Proceeding of International Conference on Applied Statistics 2014 (ICAS 2014)*, May 21-24, 2014, Pullman Khon Kaen Raja Orchid, Khon Kaen, Thailand, pp. 67-72.
- Climatological Center. (2012).Retrived September 22, 2016 from <http://joelandchoom.net/tmdsummaries/2012%202555%20Annual%20Summary%20in%20Thai.pdf>
- Coles, S. (2001). *An Introduction to Statistical Modeling of Extremes Values*. Great Britain: Springer-varlag London Limited.
- Embrecht, P., Klüppelberg, C., & Mikosch, T. (1997). *Modelling extremal Events for insurance and finance*.Springer- Verlag,Berlin.
- Keawmun, A., Budchamruei, P., & Busababodhin, P. (2015) “Modeling Monthly Precipitation in Central Northeast of Thailand,” *KKU Science Journal*, 43(1), 137-147. (in Thai)
- Panpharisa, K. Manad K., & Putipong B. (2013). Modeling Annual Extreme Precipitation in upper Northern Region of Thailand. *Burapha Science Journal*, 18(1), 95-104. (in Thai)
- Panichkitkosolkul, W. (2007). *Forecasting Monthly Rainfall of Nong Khai Province by Statistical Forecasting*

- Techniques. University of the Thai Chamber of Commerce Journal, 27(2), 138-150. (in Thai)
- Rattanawan, S., Busababodhin, P., & Kumphon, B. (2014). Modeling for Extreme rainfall in lower Northeastern of Thailand, Proceeding for The Asian Conference on Sustainability, Energy & the Environment (acsee2014), Osaka, Japan, 12-15 June 2014: 162-171.
- Sitthichivapak, K. (2007). Variability and climate change. Retrieved 28, September 2015, from <http://www.tmd.go.th/ncct/article/2550.pdf>