

ปริมาณฝนสูงสุดที่เป็นไปได้สำหรับภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย

นิตยา หวังวงศ์วิโรจน์¹ และ ชัชพล เข้มเงิน²

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณค่าปริมาณฝนสูงสุดที่เป็นไปได้ (Probable Maximum Precipitation, PMP) สำหรับภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยวิธีการประมาณแบบทั่วไปทั้งภูมิภาค (Generalized Estimates) โดยใช้ข้อมูลปริมาณฝนรายวันของภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือจากสถานีตรวจวัดรวมทั้งสิ้น 155 สถานี สถิติปี พ.ศ. 2494-2557 และข้อมูลอุณหภูมิจุดน้ำค้างราย 3 ชั่วโมง ของสถานีตรวจอากาศจำนวน 42 สถานี สถิติปี พ.ศ. 2524-2557 จากผลการศึกษาได้แสดงค่า PMP ในรูปแบบของแผนที่ โดยพบว่า ค่า PMP ช่วงเวลา 1 วัน ของพื้นที่ขนาด 25 ตารางกิโลเมตร บริเวณภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าอยู่ระหว่าง 411-788 มิลลิเมตร และมีแนวโน้มว่าค่า PMP จะมีค่าสูงทางด้านตะวันออกและลดลงไปทางด้านตะวันตก นอกจากนี้ผลการศึกษาได้แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของความลึกฝน-พื้นที่-ช่วงเวลา ของปริมาณฝนที่ปรับเป็นค่าสูงสุดช่วงเวลา 1 วัน พื้นที่ 25 ตารางกิโลเมตร เพื่อใช้ประมาณค่า PMP ช่วงเวลา 1-3 วัน ของขนาดพื้นที่ตั้งแต่ 25-50,000 ตารางกิโลเมตร สำหรับพื้นที่ในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

คำสำคัญ : ปริมาณฝนสูงสุดที่เป็นไปได้ / ภาคเหนือ / ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ / การประมาณแบบทั่วไป
ทั้งภูมิภาค

* Corresponding Author : nittaya.wan@kmutt.ac.th

¹ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

² นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

Probable Maximum Precipitation for Northern and Northeastern Parts of Thailand

Nittaya Wangwongwiroj^{1*} and Chatchapol Khemngoen²

King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod, Tungkru, Bangkok 10140

Abstract

This study aimed to estimate the Probable Maximum Precipitation (PMP) over the Northern and Northeastern Parts of Thailand using the Generalized Estimates method. The study analyzed daily rainfall data belonging to the Northern and Northeastern regions of Thailand during 1951-2014, collected from 155 rainfall stations throughout the area, and dew point temperature for every 3-hour interval during 1981-2014, collected from 42 stations. PMP values are then presented in a map form. Results indicated that the 1-day PMP from an area of 25 km² over the Northern and Northeastern regions varied from 411 to 788 millimeters, and there is a tendency for the PMP to be higher in the eastern regions, decreasing westward. The results also displayed the relationship between depth-area-duration values as percentage of the 1-day PMP from an area of 25 km², which was then used to estimate the PMP for 1-3 day intervals for different catchment sizes between 25 and 50,000 km² in the Northern and Northeastern Parts of Thailand.

Keywords : Probable Maximum Precipitation / Northern Region / Northeastern Region / Generalized Estimates

* Corresponding Author : nittaya.wan@kmutt.ac.th

¹ Associate Professor, Civil Engineering Department, Faculty of Engineering.

² Graduate Student, Civil Engineering Department, Faculty of Engineering.

1. บทนำ

ปริมาณฝนสูงสุดที่เป็นไปได้ (Probable Maximum Precipitation, PMP) คือความลึกของปริมาณฝนมากที่สุดในทางทฤษฎี สำหรับช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งมีความเป็นไปได้ในทางกายภาพที่จะเกิดขึ้นเหนือพื้นที่ที่มีพายุฝน [1] ค่า PMP เป็นค่าปริมาณฝนที่ใช้ในการออกแบบอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนเก็บกักน้ำ สำหรับภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเป็นที่ตั้งของเขื่อนเก็บกักน้ำขนาดใหญ่หลายแห่ง ดังนั้น หากมีการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณฝนสูงสุดที่เป็นไปได้ (PMP) จะเป็นประโยชน์แก่การนำไปใช้ทบทวนการบริหารจัดการน้ำในเขื่อน เช่น การตรวจสอบความสามารถในการระบายน้ำออกจากเขื่อน การจำลองการพิบัติของเขื่อน และการประเมินปริมาณการสะสมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำ

การประมาณค่า PMP สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธีหลัก [1] วิธีแรกคือ วิธีทางสถิติ (Statistical Estimates) เป็นวิธีที่พัฒนาขึ้นโดย Hershfield [2, 3] แต่มีข้อจำกัดที่สำคัญเช่น เหมาะกับพื้นที่เล็กกว่า 1,000 ตร.กม. และการหาค่าแพคเตอร์ความถี่ที่เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่ [1] สำหรับวิธีที่สองคือ วิธีการประมาณเฉพาะลุ่มน้ำ (Local Estimates) เป็นการประมาณค่า PMP จากพายุฝนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษา และวิธีที่สามคือ วิธีการประมาณแบบทั่วไปทั้งภูมิภาค (Generalized Estimates) เป็นวิธีการประมาณค่า PMP ทั้งภูมิภาค โดยนำข้อมูลพายุฝนจากพื้นที่โดยรอบจำนวนหลายลูกมาวิเคราะห์

จากการศึกษางานวิจัยในอดีตพบว่า มีงานวิจัยหลายฉบับที่ศึกษาค่า PMP ทั้งการใช้วิธีประมาณเฉพาะลุ่มน้ำ และการใช้วิธีประมาณแบบทั่วไปทั้งภูมิภาค เช่น การใช้วิธีประมาณเฉพาะลุ่มน้ำเพื่อหาค่า PMP โดยนำข้อมูลพายุฝนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษามาวิเคราะห์ และพิจารณาสภาพแวดล้อมของการเกิดพายุฝนเฉพาะในพื้นที่ศึกษา [4-8] สำหรับงานวิจัยที่ใช้วิธีการประมาณแบบทั่วไปทั้งภูมิภาค โดยเฉพาะในเขตภูมิอากาศร้อน เช่น การศึกษาค่า PMP บริเวณลุ่มน้ำโขง ของ U.S. Weather Bureau [9] โดยนำข้อมูลพายุฝนที่เกิดขึ้นในพื้นที่และบริเวณอื่นมาวิเคราะห์ ซึ่งจำเป็นต้องพิจารณาความแตกต่างทางภูมิประเทศและภูมิอากาศ โดยขั้นตอนที่เรียกว่า การเคลื่อนย้ายพายุฝน (Storm Transposition) นอกจากนี้ยัง

มีอีกหลายงานวิจัยที่ทำการประมาณค่า PMP ด้วยวิธีการเดียวกันนี้แต่จะพิจารณาใช้ดัชนีปรับแก้การเคลื่อนย้ายพายุฝนแตกต่างกันไปตามพื้นที่ [10, 11] สำหรับการศึกษากับค่า PMP ในประเทศไทยที่ผ่านมาพบว่า ส่วนใหญ่จะประมาณค่า PMP โดยวิธีการประมาณเฉพาะลุ่มน้ำ ซึ่งนำข้อมูลพายุฝนมาใช้เพียงหนึ่งหรือสองลูกเท่านั้น เนื่องจากข้อมูลที่ทำการบันทึกได้ในขณะนั้นมีจำกัด [12-14] อย่างไรก็ตาม ได้มีนักวิจัยอีกหลายท่านที่พยายามทำการศึกษาค่า PMP โดยวิธีการประมาณแบบทั่วไปทั้งภูมิภาค เช่น งานวิจัยของ Sarmwung [15] ที่ศึกษาค่า PMP บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย นอกจากนี้ Jothityangkoon และคณะ [16, 17] ได้ศึกษาค่า PMP ในลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยเลือกใช้วิธีทางสถิติกับวิธีการประมาณแบบทั่วไปทั้งภูมิภาค ผลการศึกษาพบว่า ค่า PMP ที่ประมาณได้จากทั้งสองวิธียังมีความแตกต่างกันอยู่เล็กน้อย

จากงานวิจัยที่ได้กล่าวมา สรุปได้ว่าการศึกษากับค่า PMP ที่ผ่านมา มีทั้งการใช้วิธีประมาณเฉพาะลุ่มน้ำ และวิธีการประมาณแบบทั่วไปทั้งภูมิภาค แต่สำหรับประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็นการประมาณค่า PMP เฉพาะในลุ่มน้ำ โดยการวิเคราะห์จากพายุฝนเพียงหนึ่งหรือสองลูก ซึ่งอาจได้ผลที่ผิดพลาดมากกว่าการพิจารณาจากพายุฝนหลายลูก และหลายพื้นที่ที่มีสภาพอากาศคล้ายคลึงกัน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้วิธีการประมาณแบบทั่วไปทั้งภูมิภาค เพื่อประมาณค่า PMP สำหรับภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งบริเวณนี้เป็นที่ตั้งของเขื่อนเก็บกักน้ำขนาดใหญ่ที่มีความสำคัญหลายแห่ง นอกจากนี้ยังนำโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS มาใช้ในการวิเคราะห์และแสดงผลการประมาณค่า PMP ซึ่งทำให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำและนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวางมากยิ่งขึ้น

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประมาณแบบทั่วไปทั้งภูมิภาค (Generalized Estimates) ต้องใช้ข้อมูลพายุฝนทั้งในและนอกพื้นที่ศึกษาในการประมาณค่า PMP โดยพิจารณาถึงความแตกต่างทางสภาพภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศที่มีอิทธิพลต่อการเกิดพายุฝนในระดับพื้นที่ขนาดใหญ่ โดยมีขั้นตอน

ในการหาค่า PMP 3 ขั้นตอน คือ การหาค่าสูงสุดของพายุฝน (Storm Maximization) การเคลื่อนย้ายพายุฝน (Storm Transposition) และการหาค่าสูงสุดจากความสัมพันธ์ของกราฟ (Envelopment) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การหาค่าสูงสุดของพายุฝน (Storm Maximization)

โดยทั่วไปกระบวนการที่ทำให้เกิดฝนในบรรยากาศไม่สามารถวิเคราะห์หาค่าสูงสุดของพายุฝนได้อย่างแน่นอน แต่สามารถตั้งสมมุติฐานได้ว่า พายุฝนอาจมีปริมาณฝนที่เปลี่ยนแปลงไป ถ้าสภาพแวดล้อมหรือตัวการที่ทำให้เกิดฝนนั้นมีสภาพเปลี่ยนแปลง การปรับสภาพแวดล้อมที่ทำให้เกิดพายุฝนตกหนักขึ้นเรียกว่า การหาค่าสูงสุดของพายุฝน ซึ่งใช้สมมุติฐานที่ว่าพายุฝนสามารถทำให้เกิดปริมาณฝนได้มากขึ้น ถ้าปริมาณความชื้นจำเพาะ (Specific Humidity) หรือปริมาณน้ำในอากาศ (Precipitable Water) มีค่าสูงขึ้น [1] และเนื่องจากปริมาณฝนจากพายุที่เกิดในเขตร้อนมีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นในอากาศโดยเฉพาะในช่วงฤดูลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้หรือฤดูฝน ดังนั้นในการหาค่าสูงสุดของพายุฝนจึงต้องทำการปรับด้วยความชื้นโดยคำนวณได้จากสมการ

$$R_2 = R_1 \times \frac{W_1}{W_S} \quad (1)$$

เมื่อ

R_2 คือ ปริมาณฝนที่ปรับเป็นค่าสูงสุดด้วยความชื้น (มม.)

R_1 คือ ปริมาณฝนที่ตรวจวัด (มม.)

W_1 คือ ปริมาณน้ำในอากาศสูงสุดบริเวณพายุฝน (มม.)

W_S คือ ปริมาณน้ำในอากาศขณะเกิดพายุฝน (มม.)

2.2 การเคลื่อนย้ายพายุฝน (Storm Transposition)

การประมาณค่า PMP จำเป็นต้องศึกษาจากข้อมูลพายุฝนที่ทำการบันทึกในพื้นที่ให้มากที่สุด ซึ่งบางครั้งข้อมูลพายุฝนที่สำคัญอาจเกิดขึ้นบริเวณใกล้เคียง ดังนั้นการนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในพื้นที่ศึกษาจะต้องคำนึงถึงความแตกต่างของลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศระหว่างสองพื้นที่และทำการปรับแก้โดยค่าดัชนีต่างๆ จากการรวบรวมข้อมูลงานวิจัย [1, 9-11, 15-17] พบว่าดัชนีปรับแก้การเคลื่อนย้ายพายุฝนที่ใช้กันบริเวณเขตภูมิอากาศร้อน ประกอบด้วย ดัชนีปรับแก้ความชื้น ดัชนี

ปรับแก้ค่าระดับ ดัชนีปรับแก้ระยะทางจากชายฝั่ง ดัชนีปรับแก้จากละติจูด และดัชนีปรับแก้จากลิ่งกิตขวาง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 ดัชนีปรับแก้ความชื้น

เป็นการปรับแก้ความชื้นบริเวณที่เคลื่อนย้ายพายุฝนและบริเวณที่เกิดพายุฝน โดยคำนวณอัตราส่วนปรับแก้ได้ตามสมการ

$$r_1 = \frac{W_2}{W_1} \quad (2)$$

เมื่อ

r_1 คือ อัตราส่วนการปรับแก้ความชื้น

W_2 คือ ปริมาณน้ำในอากาศสูงสุดบริเวณที่เคลื่อนย้ายพายุฝน (มม.)

W_1 คือ ปริมาณน้ำในอากาศสูงสุดบริเวณพายุฝน (มม.)

จากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า แหล่งความชื้นหรือปริมาณน้ำในอากาศเป็นตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพลต่อปริมาณฝนจากพายุ เช่น งานวิจัยในประเทศอินเดีย คาบสมุทรมาเลเซีย และประเทศไทย [10, 11, 15-17] ได้พิจารณาใช้ดัชนีปรับแก้ความชื้น ซึ่งเป็นการปรับแก้ค่าความชื้นที่แตกต่างกันของบริเวณที่เคลื่อนย้ายพายุฝนและบริเวณที่เกิดพายุฝน

2.2.2 ดัชนีปรับแก้ค่าระดับ

เป็นการพิจารณาความแตกต่างของระดับความสูงบริเวณที่เกิดพายุฝนกับบริเวณที่เคลื่อนย้ายพายุฝน โดยคำนวณอัตราส่วนปรับแก้ได้ตามสมการ

$$r_2 = \frac{(W_2)_{el}}{W_2} \quad (3)$$

เมื่อ

r_2 คือ อัตราส่วนการปรับแก้ค่าระดับ

$(W_2)_{el}$ คือ ปริมาณน้ำในอากาศสูงสุดบริเวณที่เคลื่อนย้ายพายุฝน ที่ระดับสถานี (มม.)

W_2 คือ ปริมาณน้ำในอากาศสูงสุดบริเวณที่เคลื่อนย้ายพายุฝน (มม.)

สำหรับการปรับแก้ค่าระดับจะเกี่ยวข้องกับปริมาณความชื้นเช่นเดียวกัน เนื่องจากปริมาณความชื้นจะแปรผกผันกับค่าระดับความสูง เช่น เมื่อค่าระดับเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ปริมาณความชื้นมีค่าลดลง งานวิจัยหลายฉบับได้พิจารณาใช้ดัชนีปรับแก้ค่าระดับ [9, 10, 15] ซึ่งคำนึงถึงความแตกต่างของระดับความสูงบริเวณที่เกิดพายุฝนกับบริเวณที่เคลื่อนย้ายพายุฝนที่จะส่งผลให้ค่าปริมาณน้ำในอากาศนั้นแตกต่างกันตามไปด้วย

2.2.3 ดัชนีปรับแก้ระยะทางจากชายฝั่ง

เป็นการพิจารณาว่าพื้นที่ที่ทำการเคลื่อนย้ายพายุฝนอยู่ใกล้หรือไกลจากแหล่งความชื้น เนื่องจากปริมาณฝนจะลดลงตามระยะทางที่ห่างจากชายฝั่งทะเล จากการศึกษาของ U.S. Weather Bureau [9] แสดงให้เห็นว่า สำหรับประเทศไทยปริมาณฝนจากพายุไต้ฝุ่นที่พัดขึ้นฝั่งบริเวณชายฝั่งทะเลเวียดนามจะลดลงเมื่อเคลื่อนเข้าสู่แผ่นดิน และในงานวิจัยของ Rakhecha และ Kennedy [10] ได้ใช้ดัชนีปรับแก้ระยะทางจากชายฝั่ง โดยพิจารณาค่าปรับแก้จากปริมาณฝนที่ลดลงตามระยะทางที่เคลื่อนเข้าสู่แผ่นดินของพายุฝนลูกใหญ่บริเวณประเทศอินเดีย นอกจากนี้ งานวิจัยของ Jothityangkoon และคณะ [16, 17] ได้นำค่าดัชนีปรับแก้ระยะทางจากชายฝั่งจากการศึกษาในกลุ่มน้ำโขง [9] มาใช้ประมาณค่า PMP บริเวณลุ่มน้ำโขงตอนบน สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ค่าดัชนีปรับแก้ระยะทางจากชายฝั่งจากการศึกษาของ U.S. Weather Bureau [9] โดยกำหนดให้ r_3 คือ ดัชนีปรับแก้ระยะทางจากชายฝั่ง

2.2.4 ดัชนีปรับแก้จากละติจูด

เป็นการปรับปริมาณฝนจากพายุในตำแหน่งที่เคลื่อนย้ายพายุฝน เนื่องจากอิทธิพลของตำแหน่งละติจูดในเขตภูมิอากาศร้อนมีผลต่อแหล่งกำเนิดพายุฝน จากการศึกษาเกี่ยวกับพายุโซนร้อนบริเวณภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ Gray [18] พบว่าปริมาณฝนจากพายุไต้ฝุ่นจะมีประสิทธิภาพต่ำสุดหรือมีค่าลดลงเป็นศูนย์ที่ประมาณละติจูด 5° เหนือ และ U.S. Weather Bureau [9] พบว่าปริมาณฝนจะลดลงร้อยละ 2.5 ทุก 1° ระหว่างละติจูด 15° เหนือถึง 10° เหนือ งานวิจัยนี้ได้พิจารณาดัชนี

ปรับแก้จากละติจูดโดยอ้างอิงจากผลการศึกษาดังกล่าว โดยกำหนดให้ r_4 คือ ดัชนีปรับแก้จากละติจูด

2.2.5 ดัชนีปรับแก้จากสิ่งกีดขวาง

สำหรับดัชนีปรับแก้จากสิ่งกีดขวาง เป็นการปรับแก้พายุฝนจากด้านรับลมหรือด้านหน้าแนวภูเขาไปยังด้านหลังแนวภูเขาซึ่งมีแนวภูเขากีดขวาง จะต้องทำการปรับแก้ความสูงของสิ่งกีดขวางนั้นด้วย จากงานวิจัยที่ผ่านมาที่ใช้ดัชนีปรับแก้จากสิ่งกีดขวาง [1, 9, 10] แสดงให้เห็นว่าการเคลื่อนย้ายพายุฝนข้ามสิ่งกีดขวางที่สูงกว่า 800 ม. จะไม่ทำการปรับแก้ สำหรับภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีแนวภูเขาสูงสลับซับซ้อน โดยเฉพาะบริเวณภาคเหนือและด้านตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยบางแห่งมีความสูงมากกว่า 1,000 ม. ซึ่งทำให้ยากต่อการพิจารณาใช้ดัชนีปรับแก้จากสิ่งกีดขวาง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงไม่นำดัชนีการปรับแก้จากสิ่งกีดขวางมาพิจารณา สรุปได้ว่างานวิจัยนี้จะใช้ดัชนีปรับแก้การเคลื่อนย้ายพายุฝนทั้งหมด 4 ดัชนี ได้แก่ ดัชนีปรับแก้ความชื้น ดัชนีปรับแก้ค่าระดับ ดัชนีปรับแก้ระยะทางจากชายฝั่ง และดัชนีปรับแก้จากละติจูด

2.3 การหาค่าสูงสุดจากความสัมพันธ์ของกราฟ (Envelopment)

กระบวนการนี้เป็นการสร้างเส้นโค้งความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลที่มีค่าสูงสุด โดยวิธีการนี้ได้นำไปใช้ในการหาค่าสูงสุดของพายุฝน จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง ความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลาของพายุฝน

3. ข้อมูลและวิธีการดำเนินงานวิจัย

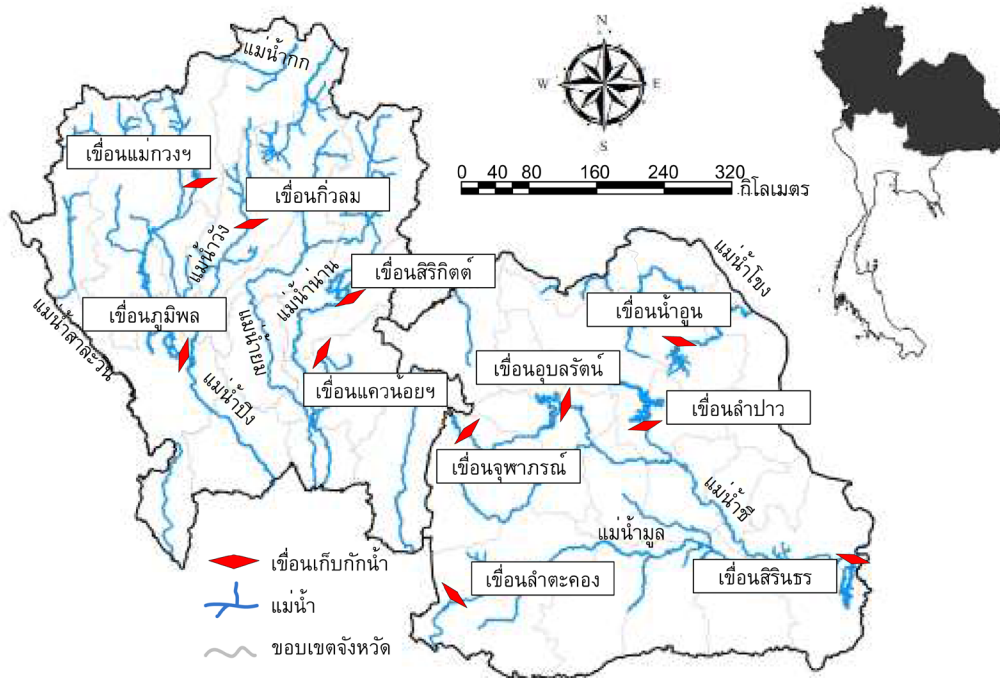
3.1 พื้นที่ศึกษา

ภาคเหนือของประเทศไทยมีพื้นที่ประมาณ 156,000 ตร.กม. ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำโขง วัง ยม น่าน กก สาละวิน และโขงบางส่วน ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นเทือกเขามิฎเขาติดกันเป็นพืดในแนวเหนือจรดใต้สลับกับหุบเขาทั้งแคบและกว้างมากมาย นอกจากนี้ ยังมีเขื่อนเก็บกักน้ำขนาดใหญ่หลายแห่ง เช่น เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ และเขื่อนแควน้อยบำรุงแดน เป็นต้น

ส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ประมาณ

168.000 ตร.กม. ลักษณะภูมิประเทศประกอบด้วย เทือกเขาสูงทางด้านตะวันตกและด้านใต้ ถัดลงไปเป็นแอ่งแผ่นดินรูปกระทะและเป็นที่ราบลาดเทลงสู่แม่น้ำโขง ทรัพยากรน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีแหล่งน้ำ

ธรรมชาติซึ่งประกอบด้วยลุ่มน้ำหลัก 3 ลุ่มน้ำคือ ลุ่มน้ำโขง ชี และมูล และยังมีเขื่อนเก็บกักน้ำที่สำคัญหลายแห่ง (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา

3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

3.2.1 ข้อมูลปริมาณฝน

ข้อมูลปริมาณฝนในพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ใช้วิเคราะห์เป็นข้อมูลรายวัน จากสถานีตรวจวัดฝนจำนวน 155 สถานี โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494-2557 รวมระยะเวลา 64 ปี รวมทั้งข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 1-3 วัน เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกพายุฝน และเพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดที่ใช้ เกิดขึ้น ณ ช่วงเวลาของพายุฝนลูกนั้นจริง จะต้องนำมาตรวจสอบกับรายงานทางเดินพายุหมุนเขตร้อนในประเทศไทยรอบ 64 ปี (พ.ศ. 2494-2557) [19]

3.2.2 ข้อมูลอุณหภูมิจุดน้ำค้าง

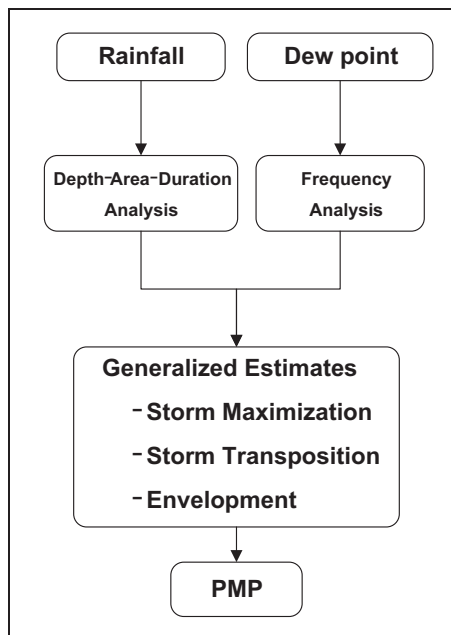
การหาค่าสูงสุดของปริมาณน้ำในอากาศ โดยทั่วไปจะใช้ค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง ที่ระดับ 1,000-hPa [1, 20] โดยข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลราย 3 ชั่วโมง จากสถานีตรวจอากาศจำนวน 42 สถานี ในช่วงปี พ.ศ. 2524-2557 มีความยาวข้อมูลตั้งแต่ 10 ปี จนถึง 34 ปี สำหรับการเปลี่ยนอุณหภูมิจุดน้ำค้างที่ตรวจวัดให้อยู่ที่ระดับ 1,000-hPa จะทำการอ่านค่าจากโต๊ะแกรมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแนวตั้งแบบอากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำ (saturated pseudo-adiabatic diagram) [1]

3.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

การประมาณค่า PMP ต้องเริ่มจากการคัดเลือกพายุฝน และนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ส่วนการจะปรับแก้พายุฝนให้มีปริมาณฝนมากที่สุด จะดำเนินการตามแนวทางในคู่มือการประมาณค่า PMP ของ WMO [1] ซึ่งจำเป็นต้องใช้ข้อมูลอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชม. ที่ระดับ 1,000-hPa แต่การปรับแก้พายุฝนนั้น จำเป็นต้องใช้ข้อมูลอุณหภูมิจุดน้ำค้างที่บันทึกไว้อย่างน้อย 50 ปี ดังนั้น จึงต้องนำข้อมูลมาวิเคราะห์แจกแจงความถี่เสียก่อน

นอกจากนี้ การคำนวณดัชนีปรับแก้การเคลื่อนย้ายพายุฝนทั้ง 4 ดัชนี จะใช้โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS ในการคำนวณและสร้างข้อมูลเชิงแผนที่ และเพื่อให้สะดวกต่อการนำไปใช้หาค่า PMP จึงได้ทำการรวมดัชนีปรับแก้ทั้ง 4 ดัชนีเข้าด้วยกัน โดยการนำค่าอัตราส่วน r_1 , r_2 , r_3 , และ r_4 มาคูณรวมกันจะได้เป็นค่าดัชนีปรับแก้รวมของแต่ละสถานีตรวจอากาศ จากนั้น จะทำการประมาณค่าในช่วง (interpolation) ด้วยวิธี Inverse Distance Weighted ค่าดัชนีปรับแก้การเคลื่อนย้ายพายุฝนของสถานีตรวจอากาศไปยังสถานีตรวจวัดฝนในแต่ละตำแหน่ง โดยโปรแกรม ArcGIS

ในขั้นตอนการสร้างพายุฝนออกแบบเพื่อจะประมาณค่า PMP ต้องคำนวณปริมาณฝนที่ปรับเป็นค่าสูงสุดด้วยความชื้น (R_2) ตามสมการที่ (1) และนำปริมาณฝนนี้ไปรวมกับดัชนีปรับแก้รวมของพายุฝนที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลางพายุฝนแต่ละลูก จะได้เป็นปริมาณฝนของพายุแต่ละลูกที่ปรับเป็นค่าสูงสุดเพื่อนำไปใช้หาค่า PMP โดยจะแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ของพายุฝนที่ปรับเป็นค่าสูงสุด พร้อมลากเส้น envelope curve ซึ่งเป็นเส้นโค้งขอบบนสุดของค่าปริมาณฝนทั้งหมดแต่ละช่วงเวลา สำหรับค่า PMP ที่ใช้แสดงผลในรูปของแผนที่ เป็นค่า PMP ช่วงเวลา 1 วัน ของพื้นที่ 25 ตร.กม. โดยกระบวนการดำเนินงานสรุปได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กระบวนการดำเนินงาน

4. ผลการศึกษา

4.1 ข้อมูลพายุฝนและอุณหภูมิจุดน้ำค้างตัวแทนพายุฝน

การเลือกพายุฝนพิจารณาจากปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 3 วัน มีค่ามากกว่า 400 มม. และได้นำข้อมูลพายุฝนจากงานวิจัยของ U.S. Weather Bureau [9] และ Sukklam [21] มาวิเคราะห์ร่วมด้วย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความละเอียดยิ่งขึ้น สำหรับพายุฝนที่ใช้ในการศึกษานี้มีจำนวนทั้งสิ้น 8 ลูก ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของพายุฝนแสดงดังรูปที่ 3

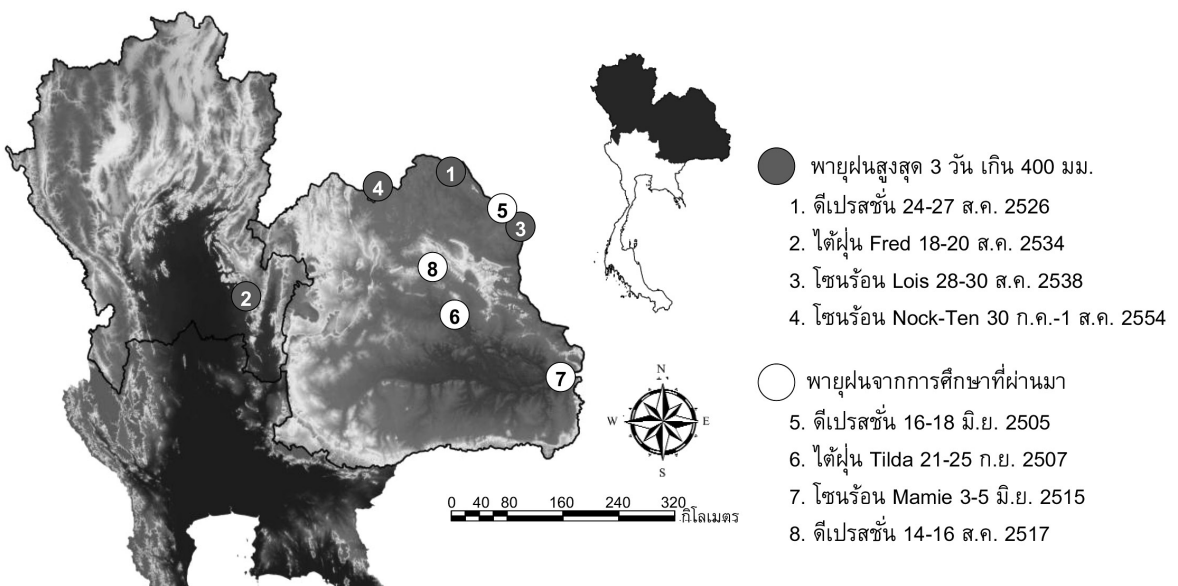
จากพายุฝนที่นำมาศึกษาทำให้ทราบช่วงเวลาการเกิดพายุฝนแต่ละลูก จากนั้นหาค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชม. ที่เกิดขึ้นในแต่ละวันของพายุฝน และเลือกค่าสูงสุดเพียงค่าเดียวจากสถานีตรวจอากาศที่อยู่ใกล้บริเวณที่เกิดพายุฝนลูกนั้น แต่เนื่องจากค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชม. ที่เป็นตัวแทนของพายุฝน

จากสถานีตรวจอากาศเพียงสถานีเดียวอาจมีค่าสูงเกินไป ดังนั้นจึงใช้ค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชม. จากค่าเฉลี่ยหลายสถานี โดยพิจารณาจากพื้นที่โดยรอบ พายุฝนที่มีระยะทางจากศูนย์กลางของพายุฝนถึงสถานีไม่เกิน 1,600 กม. และต้องอยู่ในทิศทางที่พายุเคลื่อน

ผ่าน เมื่อหาค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชม. ตัวแทนของพายุฝนได้แล้วจึงทำการลดระดับค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างให้อยู่ที่ระดับ 1,000-hPa หรือที่ระดับผิวโลก ผลการศึกษาค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างซึ่งเป็นตัวแทนของ พายุฝน แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พายุฝนที่ใช้ในการศึกษาและอุณหภูมิจุดน้ำค้าง ตัวแทนของพายุฝน

ชื่อพายุ	ปริมาณฝน (มม.)	จุดน้ำค้าง (°C)
ดีเปรสชัน 2526	540.7	25.37
ไต้ฝุ่น Fred	424.5	23.93
โซนร้อน Lois	510.7	25.89
โซนร้อน Nock-Ten	451.2	24.34
ดีเปรสชัน 2505	544.6	25.20
ไต้ฝุ่น Tilda	470.0	24.20
โซนร้อน Mamie	611.6	24.80
ดีเปรสชัน 2517	647.4	24.63

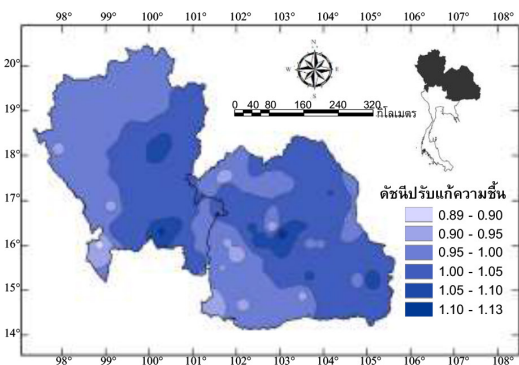


รูปที่ 3 ตำแหน่งจุดศูนย์กลางพายุฝน

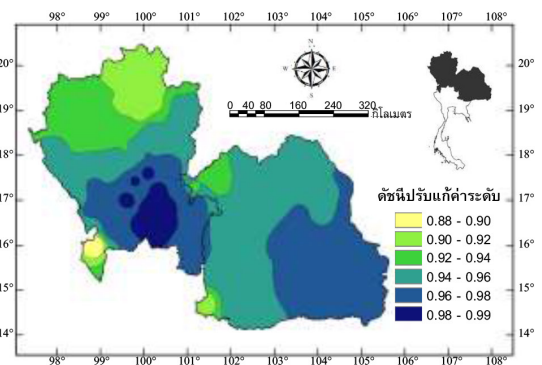
4.2 การเคลื่อนย้ายพายุฝน

การเคลื่อนย้ายพายุฝนไปใช้สำหรับประมาณค่า PMP ในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จะพิจารณาดัชนีปรับแก้การเคลื่อนย้ายพายุฝนทั้งหมด 4 ดัชนี ได้แก่ (ก) ดัชนีการปรับแก้ความชื้น (ข) ดัชนีการปรับแก้ค่าระดับ (ค) ดัชนีการปรับแก้ระยะทางจากชายฝั่ง (ง) ดัชนีการปรับแก้จากละติจูด ซึ่งทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีปรับแก้แต่ละตัวด้วยโปรแกรม ArcGIS สำหรับดัชนีปรับแก้ความชื้นและค่าระดับจะต้องใช้ค่าปริมาณน้ำในอากาศจากอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชม. ส่วนดัชนีปรับแก้ระยะทางจากชายฝั่งและละติจูดงานวิจัยนี้ได้ใช้เกณฑ์พิจารณาเช่นเดียวกับการศึกษาค่า PMP บริเวณลุ่มน้ำโขง [9] สำหรับค่าดัชนีปรับแก้แต่ละตัวแสดงดังรูปที่ 4 จากรูปที่ 4(ก) พบว่า ดัชนีปรับแก้ความชื้นมีค่าตั้งแต่

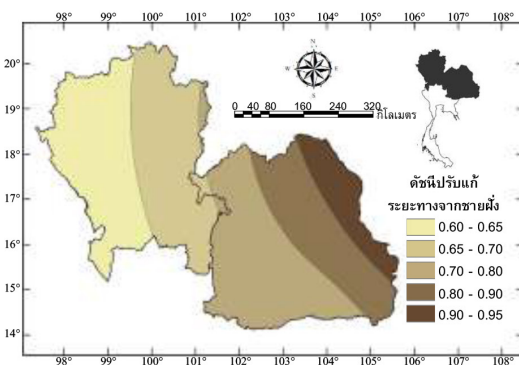
0.89-1.13 โดยที่ด้านตะวันออกของทั้งสองภาคจะมีค่าสูงกว่าด้านตะวันตก และจากรูปที่ 4(ข) พบว่า ดัชนีปรับแก้ค่าระดับมีค่าอยู่ระหว่าง 0.88-0.99 โดยบริเวณด้านตะวันตกเฉียงใต้ของทั้งสองภาคจะมีค่าน้อยกว่าบริเวณอื่น เนื่องจากบริเวณนี้เป็นแนวเทือกเขาสูงสลับซับซ้อนจึงทำให้มีความแตกต่างของค่าระดับค่อนข้างมาก จากรูปที่ 4(ค) พบว่า ดัชนีปรับแก้ระยะทางจากชายฝั่งมีค่าตั้งแต่ 0.60-0.95 ซึ่งเห็นได้ว่าด้านตะวันออกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีค่าสูงสุด เพราะเป็นบริเวณที่อยู่ใกล้ชายฝั่งทะเลเวียดนาม และจากรูปที่ 4(ง) แสดงค่าดัชนีปรับแก้จากละติจูด โดยบริเวณที่อยู่เหนือเส้นละติจูด 15° เหนือจะมีค่าเป็น 100 เปอร์เซ็นต์หรือเท่ากับ 1.00 และบริเวณที่อยู่ใต้เส้นละติจูด 15° เหนือ จะลดลง 2.5 เปอร์เซ็นต์คือเหลือเท่ากับ 97.5 เปอร์เซ็นต์ หรือ 0.975



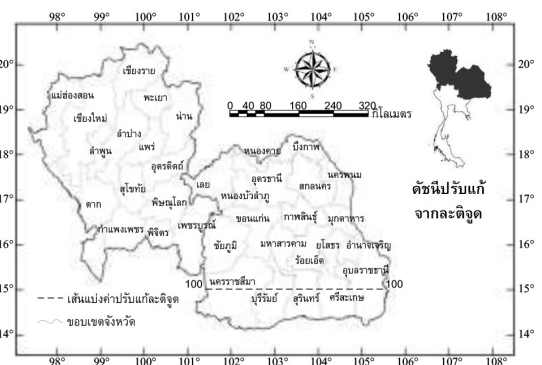
(ก) ดัชนีปรับแก้ความชื้น



(ข) ดัชนีปรับแก้ค่าระดับ



(ค) ดัชนีปรับแก้ระยะทางจากชายฝั่ง



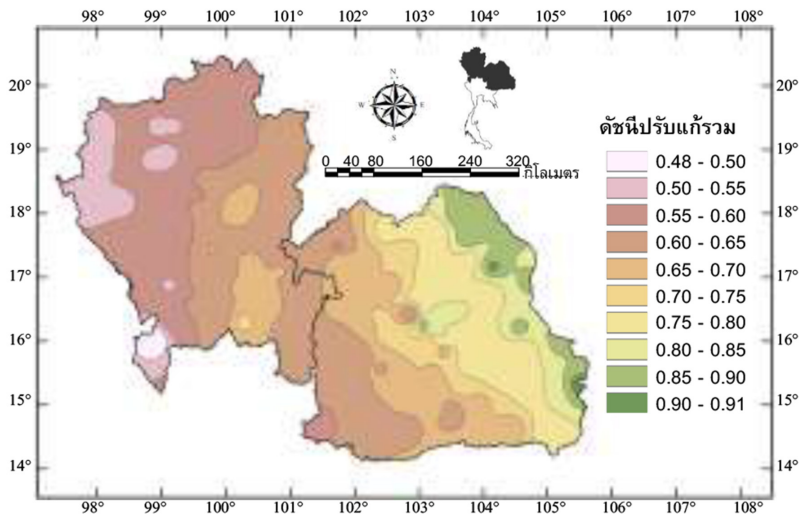
(ง) ดัชนีปรับแก้จากละติจูด

รูปที่ 4 ดัชนีปรับแก้การเคลื่อนย้ายพายุฝน

สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีปรับแก้รวมพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.48 จนถึง 0.91 กล่าวคือ ค่า PMP จะมีค่าตั้งแต่ 48 เปอร์เซ็นต์ จนถึง 91 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณฝนสูงสุดที่ใช้เป็นค่าออกแบบ ดัชนีปรับแก้รวมแสดงดังรูปที่ 5

4.3 การหาค่าสูงสุดของพายุฝน

การหาค่าสูงสุดของพายุฝน เริ่มจากการเปลี่ยนค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างเป็นปริมาณน้ำในอากาศทั้งบริเวณที่เกิดพายุฝน (W_1) และในขณะเกิดพายุฝน (W_s) โดยคำนวณตามสมการที่ (1) และนำอัตราส่วนที่ได้ไปคูณกับปริมาณฝนจากพายุที่ช่วงเวลา 1-3 วัน ตามขนาดพื้นที่ต่างๆ



รูปที่ 5 ดัชนีปรับแก้รวม

(R_1) จะได้เป็นปริมาณฝนที่ทำการปรับให้เป็นค่าสูงสุด (R_2) ดังแสดงตัวอย่างผลการคำนวณค่าสูงสุดของพายุฝนลูกต่างๆ ที่ช่วงเวลา 1 วันของพื้นที่ 25 ตร.กม. ในตารางที่ 2

สำหรับค่าดัชนีปรับแก้การเคลื่อนย้ายพายุฝน ทำการอ่านค่าบริเวณจุดศูนย์กลางพายุฝนโดยนำมาคิดเป็นส่วนกลับ เพื่อปรับให้พายุแต่ละลูกมีปริมาณฝนเทียบเท่ากับขนาดที่เกิดบริเวณชายฝั่งทะเลเวียดนาม ดังแสดง

ในตารางที่ 3 หลังจากให้นำค่าดัชนีปรับแก้รวมไปคูณกับปริมาณฝนที่ทำการปรับให้เป็นค่าสูงสุด (R_2) จะได้เป็นปริมาณฝนของพายุแต่ละลูก เพื่อใช้ออกแบบค่า PMP ผลการวิเคราะห์จะแสดงในรูปของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ของพายุฝนที่ปรับเป็นค่าสูงสุด และสร้างเส้น envelope curve ซึ่งเป็นเส้นโค้งขอบบนสุดของค่าปริมาณฝนทั้งหมด แสดงดังรูปที่ 6

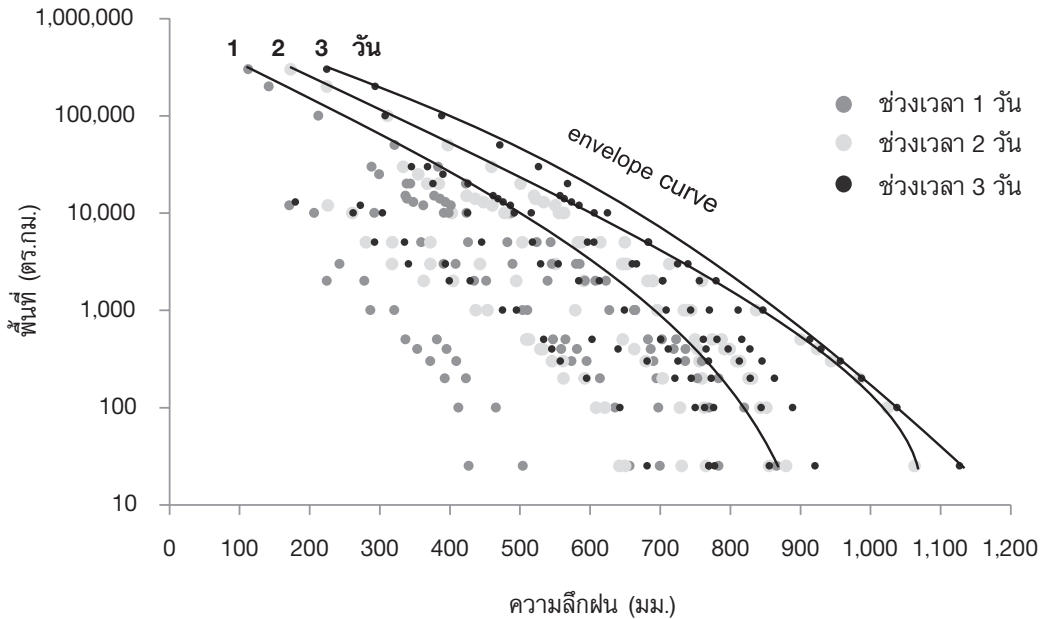
ตารางที่ 2 ค่าสูงสุดของพายุฝนช่วงเวลา 1 วัน ของพื้นที่ขนาด 25 ตร.กม.

ชื่อพายุฝน	การปรับพายุฝนสูงสุดด้วยความชื้น			
	R_1 (มม.)	W_1 (มม.)	W_S (มม.)	R_2 (มม.)
ดีเปรสชัน 2526	300.0	103.2	83.4	371.2
ไต้ฝุ่น Fred	388.5	96.2	73.8	506.4
ไซนร็อน Lois	377.7	103.9	87.2	450.0
ไซนร็อน Nock-Ten	405.9	103.2	76.5	547.6
ดีเปรสชัน 2505	459.2	103.9	82.2	580.4
ไต้ฝุ่น Tilda	385.0*	98.4	75.6	501.1*
ไซนร็อน Mamie	436.0	109.0	79.5	597.8
ดีเปรสชัน 2517	497.5	106.3	78.4	674.5

* = ปริมาณฝนช่วงเวลา 1 วัน พื้นที่ 1,000 ตร.กม.

ตารางที่ 3 ดัชนีปรับแก้การเคลื่อนย้ายพายุฝน

ชื่อพายุฝน	ดัชนีปรับแก้การเคลื่อนย้ายพายุฝน				ดัชนีปรับแก้รวม
	ความชื้น	ระดับ	ระยะทาง	ละติจูด	
ดีเปรสชัน 2526	0.99	1.04	1.11	1.00	1.14
ไต้ฝุ่น Fred	0.98	1.02	1.54	1.00	1.54
ไซนร็อน Lois	0.97	1.04	1.11	1.00	1.12
ไซนร็อน Nock-Ten	0.98	1.05	1.25	1.00	1.29
ดีเปรสชัน 2505	0.97	1.04	1.11	1.00	1.12
ไต้ฝุ่น Tilda	1.02	1.04	1.25	1.00	1.33
ไซนร็อน Mamie	0.96	1.03	1.11	1.00	1.10
ดีเปรสชัน 2517	0.98	1.05	1.25	1.00	1.28



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึก-พื้นที่-ช่วงเวลา ของพายุฝนที่ปรับเป็นค่าสูงสุด

ผลการศึกษาพบว่า พายุฝนจำนวน 3 ลูก ที่มีค่าปริมาณฝนสูงสุดอยู่บนเส้น envelope curve คือ พายุดีเปรสชัน วันที่ 14-16 สิงหาคม พ.ศ. 2517 พายุโซนร้อน Nock-Ten วันที่ 30 กรกฎาคม-1 สิงหาคม พ.ศ. 2554 และพายุไต้ฝุ่น Tilda วันที่ 21-25 กันยายน พ.ศ. 2507

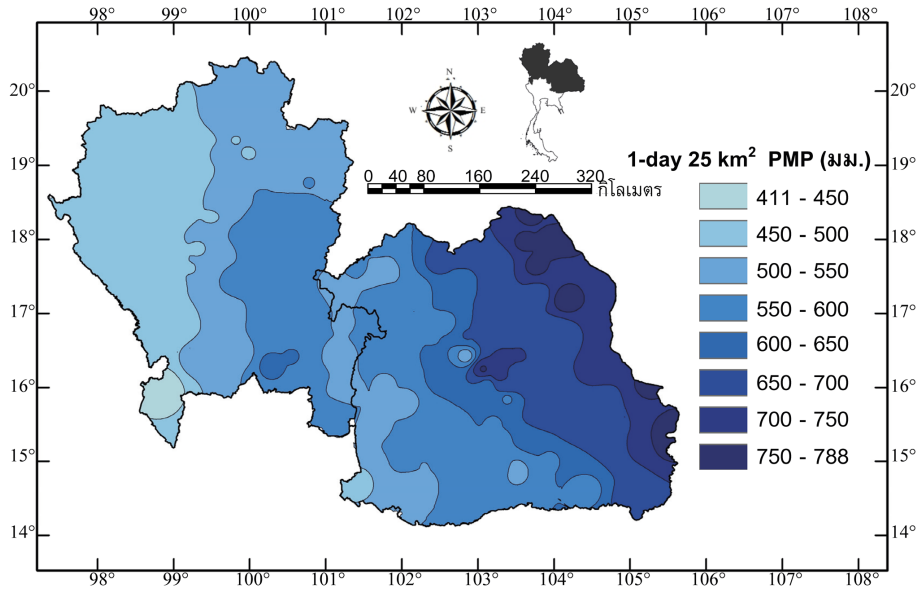
4.4 ปริมาณฝนสูงสุดที่เป็นไปได้ ช่วงเวลา 1 วันของพื้นที่ 25 ตร.กม.

ค่า PMP จะคำนวณโดยใช้ค่าปริมาณฝนจากพายุที่ปรับเป็นค่าสูงสุด (รูปที่ 6) นำไปคูณกับค่าดัชนีปรับแก้รวมที่สถานีตรวจวัดทั่วทั้งพื้นที่ โดยจะเลือกใช้ค่าปริมาณฝนช่วงเวลา 1 วัน ของพื้นที่ 25 ตร.กม. ที่อ่านได้จากรูปที่ 6 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 866 มม. จากการประยุกต์ใช้โปรแกรม ArcGIS ในการวิเคราะห์และสร้างข้อมูลเชิงแผนที่ ทำให้ได้แผนที่ค่า PMP ช่วงเวลา 1 วัน ของพื้นที่

25 ตร.กม. สำหรับภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แสดงดังรูปที่ 7 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า PMP มีค่าตั้งแต่ 411-788 มม. นอกจากนี้ยังพบว่า ลักษณะการกระจายตัวของค่า PMP จะมีค่าสูงสุดบริเวณด้านตะวันออกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และลดลงไปทางด้านตะวันตกจนถึงภาคเหนือ

4.5 ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่เป็นไปได้ของเขื่อนเก็บกักน้ำ

ค่าปริมาณฝนช่วงเวลา 1-3 วัน ของขนาดพื้นที่ตั้งแต่ 25-50,000 ตร.กม. จากรูปที่ 6 สามารถนำมาคำนวณเป็นร้อยละของความลึกฝน จากค่าปริมาณฝนที่ปรับเป็นค่าสูงสุดช่วงเวลา 1 วัน ของพื้นที่ 25 ตร.กม. ซึ่งมีค่าเท่ากับ 866 มม. ได้แสดงในตารางที่ 4 เพื่อใช้ในการประมาณค่า PMP ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ภายในพื้นที่ศึกษา ซึ่งสามารถทำได้โดยการอ่านค่า PMP เหนือบริเวณพื้นที่



รูปที่ 7 ปริมาณฝนสูงสุดที่เป็นไปได้ช่วงเวลา 1 วัน ของพื้นที่ 25 ตร.กม

ลุ่มน้ำจากรูปที่ 7 นำไปคูณกับค่าร้อยละของปริมาณฝนแต่ละช่วงเวลาตามขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำจากรายที่ 4 จะได้ค่า PMP เฉลี่ยของพื้นที่ลุ่มน้ำที่ต้องการ

ผลการศึกษานำมาประยุกต์ใช้กับพื้นที่ลุ่มน้ำบริเวณเหนือเขื่อนที่อยู่ในความดูแลของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ได้แก่ เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ และเขื่อนอุบลรัตน์ โดยจะทำการประมาณค่า PMP ของเขื่อนเก็บกักน้ำทั้ง 3 แห่งนี้ และเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดที่เป็นไปได้ที่ใช้ออกแบบอาคารระบายน้ำล้นของแต่ละเขื่อน จากรายงานการศึกษา [12, 14, 22] ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 5

เมื่อเปรียบเทียบผลการประมาณค่า PMP แต่ละเขื่อนพบว่า เขื่อนภูมิพลและเขื่อนอุบลรัตน์มีค่า PMP ที่ใกล้เคียงและต่ำกว่าค่าที่ใช้ออกแบบเดิม สำหรับเขื่อน

สิริกิติ์ค่า PMP จากการศึกษา มีค่าสูงกว่าค่าที่ใช้ออกแบบ และเมื่อทำการตรวจสอบข้อมูลที่ใช้ออกแบบค่า PMP ในอดีต จากรายงานการศึกษาด้านอุตุ-อุทกวิทยาของโครงการลุ่มน้ำน่าน [12] พบว่า ข้อมูลพายุฝนที่นำมาประมาณค่า PMP มีจำนวนเพียง 2 ลูก คือ พายุไต้ฝุ่น Tilda ปี 2507 และพายุดีเปรสชัน ปี 2505 โดยเป็นการพิจารณาสภาพแวดล้อมของการเกิดพายุฝนเฉพาะภายในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน ซึ่งจากการศึกษานี้พบว่า ยังมีพายุฝนขนาดใหญ่ที่สามารถนำมาใช้ประมาณค่า PMP นอกเหนือจากพายุฝนดังกล่าว ได้แก่

ตารางที่ 4 ร้อยละของความลึกฝน-พื้นที่-ช่วงเวลากับค่าปริมาณฝนที่ปรับเป็นค่าสูงสุดช่วงเวลา 1 วัน ของพื้นที่ขนาด 25 ตร.กม.

พื้นที่ (ตร.กม.)	ความลึกฝน (มม.)			ความลึกฝน* (%)		
	1 วัน	2 วัน	3 วัน	1 วัน	2 วัน	3 วัน
25	866	1,063	1,127	100	123	130
100	820	1,024	1,038	95	118	120
300	761	944	970	88	109	112
500	736	900	930	85	104	107
1,000	690	845	880	80	98	102
3,000	611	739	780	71	85	90
5,000	565	682	730	65	79	84
10,000	500	605	660	58	70	76
15,000	461	557	620	53	64	72
30,000	390	473	540	45	55	62
50,000	332	410	471	38	47	54

* ร้อยละความลึกฝน = {ความลึกฝนใดๆ / ความลึกฝน 1 วัน 25 ตร.กม. (= 866)} × 100

ตารางที่ 5 ปริมาณฝนสูงสุดที่เป็นไปได้ของเขื่อนเก็บกักน้ำ

เขื่อน	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	PMP (มม.)		ระยะเวลาฝนตก (วัน)
		ที่ใช้ออกแบบ	ผลการศึกษา	
ภูมิพล	26,386	380.0	306.6	3
สิริกิติ์	13,130	240.0	402.1	3
อุบลรัตน์	12,000	478.1	433.7	3

พายุดีเปรสชัน ปี 2517 และพายุโซนร้อน Nock-Ten ปี 2554 ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากที่ได้ทำการออกแบบเขื่อนไปแล้ว อีกทั้งวิธีการประมาณค่า PMP จากการศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณาถึงความแตกต่างของลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศของพื้นที่โดยรอบ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมของการเกิดพายุฝน

5. สรุปผลและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ประมาณค่า PMP สำหรับภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยวิธีการ

ประมาณแบบทั่วไปทั้งภูมิภาค (Generalized Estimates) สำหรับดัชนีปรับแก้การเคลื่อนย้ายพายุฝนที่นำมาพิจารณามีทั้งหมด 4 ดัชนี ได้แก่ ดัชนีปรับแก้ความชื้น ดัชนีปรับแก้ค่าระดับ ดัชนีปรับแก้ระยะทางจากชายฝั่ง และดัชนีปรับแก้จากละติจูด โดยที่ดัชนีปรับแก้ความชื้นและค่าระดับจะพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นที่มีอิทธิพลต่อปริมาณฝนจากพายุทั้งด้านสภาพอากาศและสภาพภูมิประเทศ สำหรับดัชนีปรับแก้ระยะทางจากชายฝั่งและค่าละติจูดจะเป็นการพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนที่ลดลงเมื่ออยู่ห่างจากแหล่งความชื้นรวมถึง

ตำแหน่งของละติจูดที่มีผลต่อแหล่งกำเนิดพายุฝน ซึ่งทั้ง 2 ดัชนี จะอ้างอิงจากผลการศึกษาริเวณลุ่มน้ำโขง [9] ผลการประมาณค่า PMP ช่วงเวลา 1 วัน ของพื้นที่ขนาด 25 ตร.กม. พบว่า มีค่าตั้งแต่ 411-788 มม.

นอกจากนี้ ผลการประมาณค่า PMP ของเขื่อนภูมิพล และเขื่อนอุบลรัตน์ แสดงให้เห็นว่ามีความใกล้เคียงกับค่าที่ใช้ออกแบบเดิม อย่างไรก็ตาม สำหรับเขื่อนสิริกิติ์ ค่า PMP ที่ประมาณได้สูงกว่าค่าที่ใช้ออกแบบเดิมอยู่มาก แต่ยังไม่สามารถสรุปได้ว่า ค่า PMP ที่ประมาณได้ จะทำให้เกิดปริมาณน้ำหลากที่เกินความสามารถในการระบายน้ำของเขื่อนสิริกิติ์ ดังนั้น ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อตรวจสอบความสามารถในการระบายน้ำออกจากเขื่อนต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยและวิชาการตามแผนกลยุทธ์เพื่อพัฒนาภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เลขที่ CE-KMUTT 5901 ผู้วิจัยขอขอบคุณ กรมชลประทานที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลปริมาณฝน และขอขอบคุณกรมอุตุฯนิยมหาวิทยาลัยอุทกศาสตร์ที่อนุเคราะห์ข้อมูลปริมาณฝนข้อมูลอุณหภูมิจุดน้ำค้าง ซึ่งเป็นประโยชน์แก่งานวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

1. World Meteorological Organization, 2009, Manual on Estimation of Probable Maximum Precipitation (PMP), WMO, Geneva, pp. 75-217.
2. Hershfield, D.M., 1961, "Estimating the Probable Maximum Precipitation," *Journal of Hydraulics Division*, ASCE, 187, pp. 99-106.
3. Hershfield, D.M., 1965, "Method for Estimating Probable Maximum Precipitation," *Journal of the American Waterworks Association*, 57, pp. 965-972.
4. Svensson, C. and Rakhecha, P.R., 1998, "Estimation of Probable Maximum Precipitation for Dams in the Hongru River Catchment, China," *Theoretical and Applied Climatology*, 59, pp. 79-91.
5. Casas, M.C., Rodriguez, R., Prohom, M.,

Gazquez, A. and Redano, A., 2011, "Estimation of the Probable Maximum Precipitation in Barcelona (Spain)," *International Journal of Climatology*, 31 (9), pp. 1322-1327.

6. Beauchamp, J., Leconte, R., Trudel, M. and Brissette, F., 2013, "Estimation of the Summer-Fall PMP and PMF of a Northern Watershed Under a Changed Climate," *Water Resources Research*, 49 (6), pp. 3852-3862.

7. Afrooz, A.H., Akbari, H., Rakhshandehroo, G.R. and Pourtouserani, A., 2015, "Climate Change Impact on Probable Maximum Precipitation in Chenar-Rahdar River Basin," *Watershed Management*, ASCE, pp. 36-47.

8. Chavan, S.R. and Srinivas, V.V., 2015, "Probable Maximum Precipitation Estimation for Catchments in Mahanadi River Basin," *Proceeding of the 17th International Conference on Water Resources, Coastal and Ocean Engineering*, 12-13 February 2015, Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 892-899.

9. United States Weather Bureau, 1970, Probable Maximum Precipitation, Mekong River Basin, Hydrometeorological Report No. 46, United States Department of Commerce, Washington, D.C.

10. Rakhecha, P.R. and Kennedy, M.R., 1985, "A Generalized Technique for the Estimation of Probable Maximum Precipitation in India," *Journal of Hydrology*, 78, pp. 345-359.

11. Al-Mamun, A. and Hashim, A., 2004, "Generalised Long Duration Probable Maximum Precipitation (PMP) : Isohyetal map for Peninsular Malaysia," *Journal of Spatial Hydrology*, 4 (1), pp. 20-35.

12. Engineering Consultants Incorporated, 1969, Nan River Multipurpose Project : Nan River Basin Hydrometeorological Report, Denver,

Colorado.

13. Harza Engineering Company, 1970, Nam Mun Project, Thailand : Feasibility Investigations, The Company, Chicago, Illinois.

14. CES Consulting Engineers Salzgitter GmbH, 1997, Flood Management and Safety Review of the Ubol Ratana Dam : Final Report, Bangkok.

15. Sarmwung, W., 2000, Generalized Estimates of Probable Maximum Precipitation for the Eastern Part of Thailand, Master of Engineering Thesis, School of Civil Engineering, Asian Institute of Technology.

16. Jothityangkoon, C. and Hirunteeyakul, C., 2009, "Estimation on Probable Maximum Precipitation for Upper Ping River Basin," *Proceedings of the 14th National Convention on Civil Engineering*, 13-15 May 2009, Nakhon Ratchasima, Thailand, pp. 1189-1194. (In Thai)

17. Jothityangkoon, C., Hirunteeyakul, C., Boonrawd, K. and Sivapalan, M., 2013, "Assessing the Impact of Climate and Land Use Changes on

Extreme Floods in a Large Tropical Catchment," *Journal of Hydrology*, 490, pp. 88-105.

18. Gray, W.M., 1968, "Global View of the Origin of Tropical Disturbances and Storms," *Monthly Weather Review*, 96 (10), pp. 669-700.

19. Thai Meteorological Department, 2015, Tropical Cyclone Tracks Map During the Period of (1951-2014)[Online], Available : <http://www.tmd.go.th/climate/climate.php?FileID=8> [5 January 2016].

20. Wiesner, C.J., 1970, Hydrometeorology, Chapman and Hall Ltd, London.

21. Sukklam, P., 1990, Probable Maximum Precipitation for Spillway Design of Storage Dam, Master of Engineering Thesis, Department of Water Resources Engineering, Kasetsart University. (In Thai)

22. United States Department of the Interior, 1955, Report on Yanhee Project, Thailand, for Power, Irrigation, Flood Control and Navigation Volume II, Bureau of Reclamation, Washington, D.C.