

การประมาณค่าปริมาณฝนสูงสุดที่เป็นไปได้ของประเทศไทยด้วยวิธีทางสถิติ

นิตยา หวังวงศ์โรจน์¹ และ ชัชพล เข้มเงิน²

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณค่าปริมาณฝนสูงสุดที่เป็นไปได้ (Probable Maximum Precipitation, PMP) สำหรับประเทศไทย โดยวิธีการประมาณทางสถิติ โดยใช้ข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 1 วัน จากสถานีตรวจวัดฝนรวมทั้งสิ้น 227 สถานี สถิติปี พ.ศ. 2501–พ.ศ. 2554 ระยะเวลาการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 11 ปี จนถึง 54 ปี ผลการวิเคราะห์ค่าแฟคเตอร์ความถี่ (k_m) เพื่อใช้ประมาณค่า PMP ได้ถูกพัฒนาขึ้นให้มีความเหมาะสมกับลักษณะข้อมูลฝนในประเทศไทย โดยแสดงในรูปแบบของสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าแฟคเตอร์ความถี่ (k_m) กับค่าเฉลี่ยปริมาณฝนสูงสุด (\bar{X}_n) สำหรับผลการประมาณค่า PMP ช่วงเวลา 1 วัน พบว่ามีค่าตั้งแต่ 229–742 มิลลิเมตร การกระจายตามพื้นที่ของค่า PMP สำหรับพื้นที่ตอนบนพบว่ามีค่าสูงบริเวณด้านตะวันออก และมีค่าลดลงไปทางด้านตะวันตก สำหรับในภาคใต้พบว่าบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกมีค่า PMP สูงกว่าชายฝั่งตะวันตกเช่นเดียวกัน

คำสำคัญ : ปริมาณฝนสูงสุดที่เป็นไปได้ / ประเทศไทย / การประมาณทางสถิติ / ค่าแฟคเตอร์ความถี่

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

¹ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

² ผู้ช่วยวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

Estimating Thailand's Probable Maximum Precipitation Using Statistical Method

Nittaya Wangwongwiroj^{1*} and Chatchapol Khemngoen²

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

Abstract

The main objective of this study was to estimate the Probable Maximum Precipitation (PMP) in Thailand for 1-day duration by using a statistical method. The annual maximum 1-day rainfall series during 1958-2011 from 227 rainfall stations in Thailand were analyzed. In order to obtain PMP values, an enveloping frequency factor curve based on the actual rainfall data of stations in the region has been developed. The result of the appropriate frequency factor is presented in the form of a linear equation correlating the frequency factor with the mean annual maximum rainfall series. The result of 1-day PMP varies from 229-742 millimeters. The spatial distribution of the 1-day PMP estimates over the upper area shows that higher values are found along the east and gradually declines towards the west. In the southern area of Thailand, higher PMP values are observed along the coastal regions in the east.

Keywords : Probable Maximum Precipitation / Thailand / Statistical Method / Frequency Factor

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

¹ Associate Professor, Water Resources Engineering Division, Civil Engineering Department.

² Research Assistant, Water Resources Engineering Division, Civil Engineering Department.

1. บทนำ

ปริมาณฝนสูงสุดที่เป็นไปได้ (Probable Maximum Precipitation, PMP) คือความลึกฝนมากที่สุดในทางทฤษฎี สำหรับช่วงเวลาการตกที่กำหนด ซึ่งมีความเป็นไปได้ในทางกายภาพที่จะเกิดขึ้นครอบคลุมพื้นที่พายุฝนที่กำหนด เฉพาะช่วงเวลาหนึ่งของปี [1] ค่า PMP เป็นข้อมูลทางอุทกวิทยาที่สำคัญสำหรับงานออกแบบโครงสร้างอาคารชลศาสตร์ เช่น การกำหนดขนาดความจุของอ่างเก็บน้ำ ขนาดของอาคารระบายน้ำล้นหรืออุโมงค์ระบายน้ำของเขื่อนเก็บกักน้ำ การประมาณค่า PMP สามารถแบ่งได้เป็นสองวิธีหลักคือ 1) วิธีทางกายภาพ (Physical Method) โดยการวิเคราะห์ข้อมูลพายุฝนที่เกิดขึ้นในอดีตในช่วงเวลาต่างๆ ภายใต้หลักการทางอุตุนิยมนิเวศวิทยา ประกอบด้วย การหาค่าสูงสุดของพายุฝน (Storm Maximization) และการเคลื่อนย้ายพายุฝน (Storm Transposition) ซึ่งกระบวนการนี้จำเป็นต้องใช้ข้อมูลทางอุตุนิยมนิเวศวิทยา เช่น ค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง และค่าความเร็วลม โดยข้อมูลเหล่านี้จะมีการบันทึกเฉพาะในบางพื้นที่เท่านั้น และ 2) วิธีทางสถิติ (Statistical Method) โดยคำนวณค่า PMP จากการวิเคราะห์ความถี่ของชุดข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดประจำปีสำหรับช่วงเวลาต่างๆ โดยมีพารามิเตอร์ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญคือ ค่าแฟคเตอร์ความถี่ (k_m) วิธีนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดย Hershfield [2] ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลฝนจำนวน 2,645 สถานี โดยร้อยละ 90 เป็นข้อมูลในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดค่าแฟคเตอร์ความถี่ (k_m) ที่จะใช้ประมาณค่า PMP เท่ากับ 15 ซึ่งการศึกษาต่อมา Hershfield [3] พบว่า ค่า $k_m = 15$ มีค่าสูงเกินไปในพื้นที่ฝนชุก และมีค่าต่ำเกินไปในพื้นที่แห้งแล้ง โดยค่าแฟคเตอร์ความถี่ (k_m) จะแปรผกผันกับค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนสูงสุดของชุดข้อมูล

การประมาณค่า PMP โดยวิธีทางสถิติมีกระบวนการคำนวณที่ไม่ซับซ้อน สามารถคำนวณค่า PMP ได้อย่างรวดเร็ว จึงได้รับความนิยมและถูกนำมาใช้ในงานวิจัยในหลายประเทศ เช่น การศึกษาค่า PMP บริเวณคาบสมุทรอินเดีย ประเทศมาเลเซีย และอิหร่าน [4-8] โดยศึกษาค่าแฟคเตอร์ความถี่ (k_m) ที่เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่ศึกษาเพื่อใช้คำนวณค่า PMP และพบว่าค่า k_m ที่กำหนดให้ใช้กันทั่วไปเท่ากับ 15 [2] เป็นค่าที่สูงเกินไป

งานวิจัยของ Casas และคณะ [9] ได้พัฒนาวิธีการหาค่าแฟคเตอร์ความถี่ (k_m) โดยการหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าแฟคเตอร์ความถี่กับค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนสูงสุด ซึ่งได้ผลลัพธ์อยู่ในรูปกราฟ envelope ของค่าแฟคเตอร์ความถี่ชุดใหม่ (k'_m) ในทำนองเดียวกันงานวิจัยของ Alias และคณะ [10] ได้วิเคราะห์สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าแฟคเตอร์ความถี่กับค่าเฉลี่ยปริมาณฝนสูงสุดของแต่ละสถานีตรวจวัดในลุ่มแม่น้ำโยโดะ จากนั้นจึงนำค่าแฟคเตอร์ความถี่ชุดใหม่ (k'_m) จากกราฟ envelope มาใช้คำนวณค่า PMP ของแต่ละสถานี

นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Casas และคณะ [11] ได้ศึกษาค่า PMP จากการเปรียบเทียบผลการคำนวณระหว่างวิธีทางกายภาพและวิธีทางสถิติ โดยทำการศึกษาในเมืองบาร์เซโลนา ผลการศึกษาพบว่า ค่า PMP สำหรับช่วงเวลาฝนตกตั้งแต่ 5 นาที จนถึง 30 ชั่วโมง จากการคำนวณทั้งสองวิธีให้ค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะค่า PMP ในช่วงเวลา 2-9 ชั่วโมง สำหรับช่วงเวลาฝนตกที่มากกว่า 12 ชั่วโมงขึ้นไป ผลการคำนวณค่า PMP โดยวิธีทางสถิติได้ค่าสูงกว่าผลการคำนวณโดยวิธีทางกายภาพเล็กน้อย

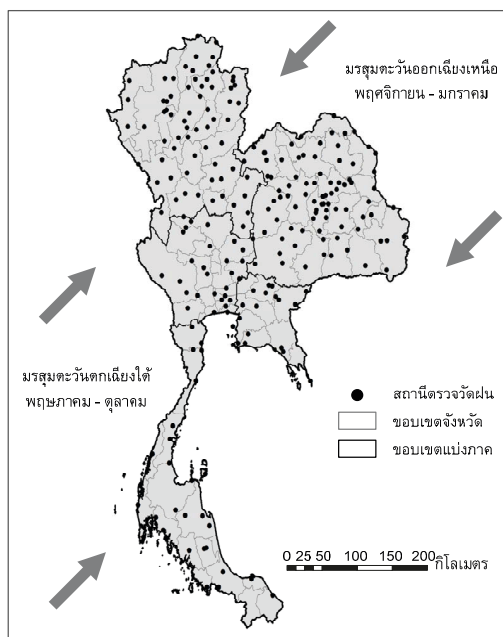
สำหรับประเทศไทย ผู้วิจัยได้ศึกษาค่า PMP ด้วยวิธีทางกายภาพ [12] และพบว่าวิธีนี้ต้องใช้ข้อมูลทางด้านอุตุนิยมนิเวศวิทยาจำนวนมาก ซึ่งบางข้อมูลมีการจัดบันทึกเฉพาะในบางพื้นที่เท่านั้น สำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับการประมาณค่า PMP โดยวิธีทางสถิติพบว่า มีเพียงการศึกษาในเบื้องต้นเท่านั้น เช่น รายงานการศึกษาโครงการเขื่อนแก่งเสือเต้นจากหน่วยงาน FAO [13] ซึ่งศึกษาค่า PMP ในลุ่มน้ำยมสำหรับค่าแฟคเตอร์ความถี่ได้ปรับค่าจากข้อมูลที่กำหนดให้ใช้โดย Hershfield [2] คือค่า $k_m = 15$ โดยสำหรับในพื้นที่เขตร้อน (Tropical Zone) ในกรณีเขื่อนแก่งเสือเต้นได้ปรับค่าลดลงโดยกำหนดให้ $k_m = 13$ ผลการประมาณค่า PMP สำหรับช่วงเวลา 1 วัน 3 วัน และ 5 วัน มีค่าเท่ากับ 526 633 และ 734 มม.ตามลำดับ และงานวิจัยของ Jothityangkoon และคณะ [14] ได้ประมาณค่า PMP ในลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยใช้ข้อมูลฝนรายวันในช่วงปี ค.ศ. 1951-2006 สำหรับค่าแฟคเตอร์ความถี่ได้ทำการอ่านจากกราฟที่พัฒนาขึ้นโดย Hershfield [3] ได้ค่า $k_m = 16.1$ ผลการศึกษาพบว่า ค่า PMP ช่วงเวลา 1 วัน บริเวณเหนือเขื่อนภูมิพลมีค่าเท่ากับ 382 มม.

จากงานวิจัยที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การประมาณค่า PMP ด้วยวิธีทางกายภาพยังมีข้อจำกัดในด้านข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ ดังนั้น วิธีทางสถิติจึงเป็นวิธีการที่น่าสนใจสำหรับการประยุกต์ใช้ในการประมาณค่า PMP โดยข้อมูลสำคัญที่เป็นตัวกำหนดค่า PMP ที่คำนวณโดยวิธีทางสถิติคือค่าแฟคเตอร์ความถี่ (k_m) ซึ่งจากผลการวิจัยที่ผ่านมาพบว่าค่า k_m ที่ใช้กันทั่วไปเท่ากับ 15 นั้น เป็นค่าที่สูงเกินไปสำหรับบางพื้นที่ ดังนั้น หากมีการประมาณค่า PMP โดยวิธีทางสถิติที่ใช้ค่าแฟคเตอร์ความถี่ที่สอดคล้องกับลักษณะของข้อมูลฝนในประเทศไทยจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งแก่การนำไปใช้ออกแบบและวางแผนโครงการพัฒนาแหล่งน้ำในอนาคต งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณค่า PMP ด้วยวิธีทางสถิติ และวิเคราะห์ค่าแฟคเตอร์ความถี่ (k_m) ให้เหมาะสมกับพื้นที่ในแต่ละภาคของประเทศไทย นอกจากนี้ยังได้นำโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS มาใช้เพื่อแสดงผลการประเมินในรูปแบบแผนที่

2. ข้อมูลและพื้นที่ศึกษา

ข้อมูลปริมาณฝนที่ใช้ในงานวิจัยเป็นข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 1 วัน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ปี

พ.ศ. 2501 – พ.ศ. 2554 ระยะเวลาการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 11 ปี จนถึง 54 ปี ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้คัดเลือกจากสถานีตรวจวัดฝนจากทุกภาคของประเทศไทยจำนวนทั้งสิ้น 227 สถานี ประเทศไทยมีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 513,115 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ $5^{\circ}37'$ เหนือ ถึง $20^{\circ}27'$ เหนือ และระหว่างลองจิจูดที่ $97^{\circ}22'$ ตะวันออก ถึง $105^{\circ}37'$ ตะวันออก ประเทศไทยอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมสองชนิด คือ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะพัดปกคลุมประเทศไทยช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ซึ่งจะนำมวลอากาศชื้นจากมหาสมุทรอินเดียมาสู่ประเทศไทย ทำให้มีเมฆมากและฝนตกชุกทั่วไป หลังจากหมดอิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ประมาณกลางเดือนตุลาคมจะมีมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทยจนถึงประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ มรสุมนี้จะพัดพาเอามวลอากาศเย็นเข้ามาปกคลุมประเทศไทย โดยทั่วไปประเทศไทยมีฝนอยู่ในเกณฑ์ดี พื้นที่ส่วนใหญ่มีปริมาณฝน 1,200 - 1,600 มิลลิเมตรต่อปี และมีปริมาณฝนเฉลี่ยทั่วประเทศประมาณ 1,588 มิลลิเมตร [15] รูปที่ 1 แสดงที่ตั้งของประเทศไทยและตำแหน่งของสถานีตรวจวัดฝนที่ใช้ศึกษา



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาและตำแหน่งสถานีตรวจวัดฝน

3. วิธีดำเนินการศึกษา

3.1 การประมาณด้วยวิธีทางสถิติ (Statistical Method)

การประมาณด้วยวิธีทางสถิติ (Statistical Method) ใช้หลักการพื้นฐานของการวิเคราะห์ความถี่โดยทั่วไปสามารถประมาณค่า PMP ได้อย่างรวดเร็ว และเหมาะสมสำหรับพื้นที่มีขนาดเล็กกว่า 1,000 ตารางกิโลเมตร แต่ในปัจจุบันได้มีการนำวิธีนี้ไปใช้กับพื้นที่ขนาดใหญ่อย่างกว้างขวาง [1] ค่า PMP สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$PMP = \bar{X}_n + k_m \sigma_n \quad (1)$$

และ

$$k_m = \frac{X_m - \bar{X}_{n-m}}{\sigma_{n-m}} \quad (2)$$

เมื่อ

PMP คือ ปริมาณฝนสูงสุดที่เป็นไปได้ (มม.)

\bar{X}_n คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนสูงสุดของชุดข้อมูล (มม.)

k_m คือ ค่าแฟคเตอร์ความถี่สูงสุดของชุดข้อมูล

σ_n คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดข้อมูล (มม.)

X_m คือ ค่าปริมาณฝนสูงสุดจากการตรวจวัดของชุดข้อมูล (มม.)

\bar{X}_{n-m} คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนสูงสุดของชุดข้อมูล โดยไม่รวมข้อมูลที่มีค่าสูงสุด (มม.)

σ_{n-m} คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดข้อมูล โดยไม่รวมข้อมูลที่มีค่าสูงสุด (มม.)

สำหรับงานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์ค่าแฟคเตอร์ความถี่ตามสมการที่ (2) และหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าแฟคเตอร์ความถี่กับค่าเฉลี่ยปริมาณฝนสูงสุดของชุดข้อมูลของแต่ละสถานี จากนั้นจะทำการสร้าง envelope curve เพื่อใช้คำนวณค่าแฟคเตอร์ความถี่ชุดใหม่ เพื่อที่จะนำไปใช้คำนวณค่า PMP ของทุกสถานีจากสมการที่ (1)

3.2 การกระจายรายฤดูกาลของปริมาณฝนเฉลี่ยในประเทศไทย

จากสถิติข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยของประเทศไทยในรอบ 30 ปี (พ.ศ. 2524 - 2553) และการกระจายของปริมาณฝนรายฤดูกาลและจำนวนวันที่ฝนตกในแต่ละภาค [15] สรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยรายฤดูกาลของปริมาณฝนในแต่ละภาคของประเทศไทย (มม.)

ภาค	ฤดูหนาว (ต.ค.-ก.พ.)	ฤดูร้อน (ก.พ.-พ.ค.)	ฤดูฝน (พ.ค.-ต.ค.)	จำนวนวันฝนตกตลอดปี
เหนือ	100.4	187.3	943.2	122
ตะวันออกเฉียงเหนือ	76.3	224.4	1,103.8	116
กลาง	127.3	205.4	942.5	116
ตะวันออก	178.4	277.3	1,443.2	130
ใต้				
- ฝั่งตะวันออก	827.9	229.0	680.0	145
- ฝั่งตะวันตก	464.6	411.3	1,841.3	178

จากข้อมูลฝนในตารางที่ 1 เห็นได้ว่าบริเวณภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก มีปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาลและจำนวนวันฝนตกที่ใกล้เคียงกัน แตกต่างจากภาคใต้ที่มีปริมาณฝนตกชุกเกือบตลอดทั้งปี และมีจำนวนวันฝนตกที่มากกว่าบริเวณอื่น จึงมีความเป็นไปได้ว่าค่าแฟคเตอร์ความถี่ (k_m) บริเวณภาคใต้จะมีค่าต่ำกว่าบริเวณอื่น ดังนั้น การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแฟคเตอร์ความถี่กับค่าเฉลี่ยปริมาณฝนสูงสุดของชุดข้อมูล จึงกำหนดเงื่อนไขการคำนวณเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ 1) หาสมการความสัมพันธ์ของค่าแฟคเตอร์ความถี่ชุดใหม่ (k'_m) โดยพิจารณาพื้นที่รวมของทุกภาค และกรณีที่ 2) พิจารณาสมการสำหรับหาค่า (k'_m) ของภาคใต้แยก

เป็นอีกหนึ่งสมการ โดยใช้ข้อมูลเฉพาะที่คำนวณได้จากบริเวณภาคใต้เท่านั้น

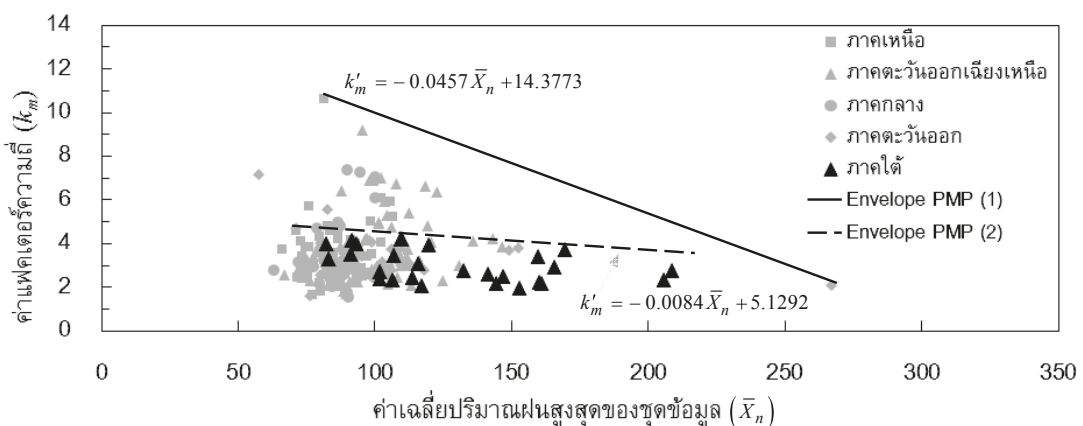
4. ผลการศึกษา

4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าแฟคเตอร์ความถี่

จากข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดที่ช่วงเวลา 1 วัน นำมาคำนวณค่าแฟคเตอร์ความถี่ (k_m) ตามสมการที่ (2) ผลการคำนวณสรุปได้ดังตารางที่ 2 ซึ่งแสดงจำนวนความถี่ของค่า k_m รวมทั้งสิ้น 227 สถานี จากนั้นนำค่า k_m ไปหาความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยปริมาณฝนสูงสุดของชุดข้อมูล (\bar{X}_n) ดังแสดงในรูปที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนความถี่ของค่าแฟคเตอร์ความถี่ (k_m)

ช่วงข้อมูล	ความถี่
1.1-2.0	9
2.1-3.0	94
3.1-4.0	67
4.1-5.0	35
5.1-6.0	7
6.1-7.0	9
7.1-8.0	4
8.1-9.0	-
9.1-10.0	1
10.1-11.0	1



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแฟคเตอร์ความถี่กับค่าเฉลี่ยปริมาณฝนสูงสุดของชุดข้อมูล

ผลการคำนวณพบว่า ค่าแฟคเตอร์ความถี่ (k_m) ของภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคใต้ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 10.6, 9.2, 7.4, 7.1 และ 4.2 ตามลำดับ สำหรับการหาสมการความสัมพันธ์ในกรณีที่ 1) เมื่อพิจารณารูปแบบการกระจายของข้อมูลในรูปแบบที่ 2 จะเห็นได้ว่าค่าขอบบนสุดของชุดข้อมูลเมื่อทำการสร้างเส้น Envelope PMP (1) อยู่ระหว่าง 2.1-10.6 โดยเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้น สำหรับกรณีที่ 2) พิจารณาเฉพาะชุดข้อมูลของภาคใต้พบว่า ลักษณะการกระจายของข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยจะสูงกว่าบริเวณอื่น ซึ่งทำให้ค่า k_m ที่พบต่ำกว่าบริเวณอื่นเป็นอย่างมาก และเมื่อทำการสร้างเส้น Envelope PMP (2) โดยลากเส้นเชื่อมระหว่างค่า k_m เท่ากับ 3.7-4.2 และทำการต่อขยายเส้นกราฟโดยใช้ความสัมพันธ์เชิงเส้นออกไปทั้งสองด้าน

สมการความสัมพันธ์ที่ใช้คำนวณค่าแฟคเตอร์ความถี่

ชุดใหม่ (k'_m) ทั้ง 2 กรณี มีดังนี้

$$k'_m = -0.0457\bar{X}_n + 14.3773 \quad (3)$$

สำหรับใช้คำนวณค่า k'_m ของทุกพื้นที่ตามเงื่อนไขการคำนวณกรณีที่ 1) ส่วนการคำนวณค่า k'_m เฉพาะพื้นที่ภาคใต้ในกรณีที่ 2) สามารถคำนวณตามสมการ

$$k'_m = -0.0084\bar{X}_n + 5.1292 \quad (4)$$

สมการที่ (3) และ (4) จะถูกนำไปใช้คำนวณหาค่าแฟคเตอร์ความถี่ชุดใหม่ (k'_m) ของแต่ละสถานี เพื่อใช้แทนค่า k_m ชุดเดิม จากนั้นจึงนำไปคำนวณเป็นค่า PMP ตามสมการที่ (1) โดยผลการคำนวณค่า k'_m ของสถานีฝนในแต่ละภาค แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าแฟคเตอร์ความถี่ชุดใหม่ (k'_m) ในแต่ละภาค

ภาค		ค่าแฟคเตอร์ความถี่ชุดใหม่ (k'_m)	
		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
เหนือ		9.5	11.3
ตะวันออกเฉียงเหนือ		7.7	11.3
กลาง		9.2	11.5
ตะวันออก		2.2	11.7
ใต้	กรณีที่ 1)	4.8	10.6
	กรณีที่ 2)	3.4	4.4

4.2 ผลการประมาณค่าปริมาณฝนสูงสุดที่เป็นไปได้ช่วงเวลา 1 วัน

ข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 1 วัน ถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อให้ได้เป็นค่า PMP ของสถานีตรวจวัดฝนแต่ละภาคของประเทศไทย ดังแสดงตัวอย่างผลการประมาณค่า PMP ของสถานีตรวจวัดฝนในภาคเหนือตามตารางที่ 4 สำหรับการคำนวณค่า PMP ของสถานีตรวจวัดฝนบริเวณ

ภาคใต้ จะทำการตรวจสอบเพื่อหาสมการสำหรับใช้คำนวณค่าแฟคเตอร์ความถี่ชุดใหม่ (k'_m) ที่เหมาะสมจากทั้ง 2 กรณี โดยแยกผลการคำนวณเป็น PMP_1 คือค่า PMP ที่คำนวณโดยใช้ค่า k'_m ตามสมการที่ (3) และ PMP_2 คือค่า PMP ที่คำนวณโดยใช้ค่า k'_m ตามสมการที่ (4) ผลการประมาณค่า PMP แสดงตามตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ค่า PMP ช่วงเวลา 1 วัน (มม.)
ของสถานีตรวจวัดฝนในภาคเหนือ

สถานี (จำนวนปี)	\bar{X}_n	σ_n	X_m	PMP
07341 (32)	84.9	31.5	177.4	415
07391 (32)	73.5	21.5	119.8	311
12121 (32)	102.3	29.7	228.5	390
16151 (32)	76.0	27.0	159.6	371
300001 (54)	79.7	34.1	187.5	446
300201 (54)	79.8	23.2	128.0	329
300202 (54)	66.3	20.9	135.4	304
303001 (54)	102.2	35.6	199.8	448
303002 (54)	84.7	25.7	148.2	355
303004 (32)	98.6	38.3	238.7	477
303006 (54)	75.5	18.8	122.0	281
303007 (54)	102.2	37.8	276.4	469
303201 (54)	95.8	26.6	157.8	362
310002 (54)	81.0	29.0	181.3	391
310003 (54)	95.3	26.9	166.4	365
310004 (32)	77.2	19.2	107.2	285
310005 (32)	83.0	29.6	150.5	396
310006 (32)	81.6	25.1	150.8	349
310007 (32)	80.2	21.3	115.7	308
327002 (54)	71.6	22.8	123.6	325
327006 (54)	73.0	25.1	142.0	350
327016 (54)	83.8	30.4	200.4	404
327020 (32)	88.6	31.0	172.8	409
327027 (32)	71.2	24.2	155.6	340
328005 (54)	81.3	23.8	156.5	336
328007 (54)	81.5	36.7	300.0	473
328008 (54)	73.6	19.4	125.6	288
328012 (32)	79.6	27.2	171.2	372
328201 (54)	76.0	25.9	191.2	358
329001 (54)	77.7	22.6	140.8	322
329002 (54)	75.5	16.6	112.5	256
329003 (54)	73.1	20.8	147.1	303
329004 (54)	74.5	25.9	143.0	358
330001 (54)	84.6	25.1	157.4	349
330002 (54)	88.5	34.8	170.8	448
330006 (32)	99.7	43.7	285.5	529
330201 (54)	91.2	35.5	218.2	454
331002 (32)	82.2	32.7	167.0	430
331003 (54)	98.8	30.4	193.7	399
331005 (32)	98.1	30.9	170.2	404
331006 (32)	93.8	39.3	180.0	491
331201 (54)	86.7	25.8	189.7	355
331401 (32)	93.5	22.4	141.8	320
331402 (54)	106.8	34.0	250.0	430
351201 (32)	105.6	39.6	263.7	484
36141 (32)	84.5	14.5	114.8	237
373006 (32)	86.3	28.5	163.1	384
376004 (32)	94.2	36.5	179.3	462
376009 (32)	74.8	29.2	183.1	395
376201 (32)	96.5	31.8	175.7	414
379002 (32)	85.6	26.6	154.6	364
379003 (32)	97.1	38.2	187.2	477

ตารางที่ 5 ค่า PMP ช่วงเวลา 1 วัน (มม.) ของ
สถานีตรวจวัดฝนในภาคใต้

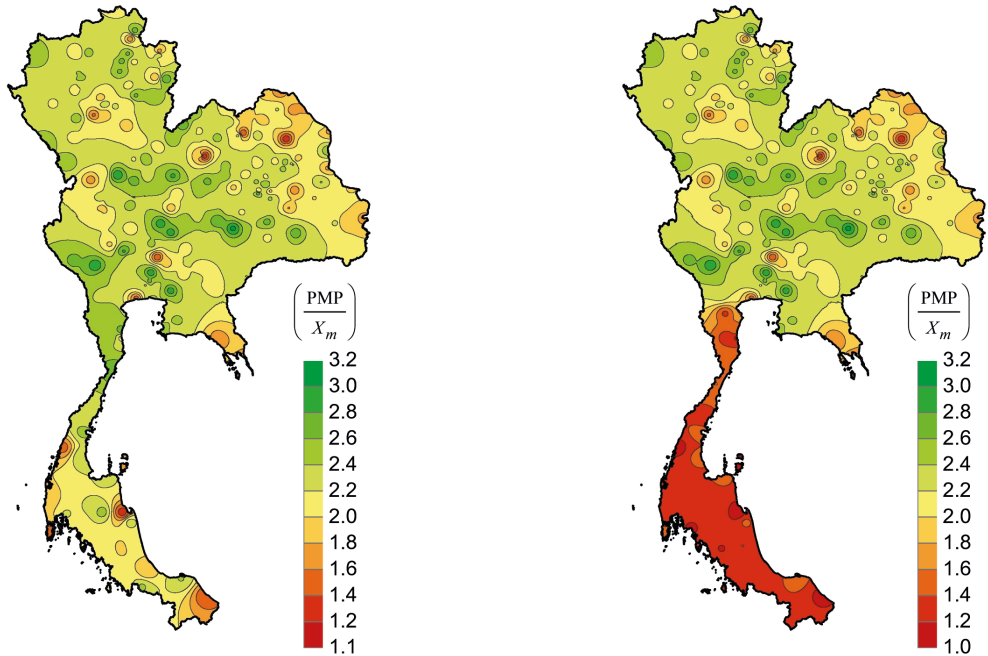
สถานี (จำนวนปี)	X_m	PMP ₁	PMP ₂	$\left(\frac{PMP_1}{X_m}\right)$	$\left(\frac{PMP_2}{X_m}\right)$
35061 (32)	299	646	422	2.2	1.4
35100 (32)	342	638	425	1.9	1.2
465007 (18)	159	403	217	2.5	1.4
465201 (21)	188	505	279	2.7	1.5
500201 (22)	240	664	364	2.8	1.5
500202 (32)	299	642	349	2.1	1.2
500301 (32)	226	561	292	2.5	1.3
517001 (32)	248	564	321	2.3	1.3
517301 (32)	194	478	283	2.5	1.5
532201 (32)	250	381	278	1.5	1.1
551008 (11)	241	580	364	2.4	1.5
551013 (12)	242	577	347	2.4	1.4
551203 (32)	464	742	490	1.6	1.1
551401 (15)	140	311	178	2.2	1.3
552011 (12)	243	550	345	2.3	1.4
552201 (32)	448	582	470	1.3	1.0
552401 (15)	195	484	260	2.5	1.3
561201 (32)	208	374	268	1.8	1.3
564201 (25)	181	451	260	2.5	1.4
566001 (32)	179	361	209	2.0	1.2
566004 (12)	221	490	291	2.2	1.3
567201 (22)	217	443	259	2.0	1.2
568301 (13)	316	579	385	1.8	1.2
570201 (12)	164	348	215	2.1	1.3
580201 (12)	274	660	408	2.4	1.5
58221 (32)	193	467	262	2.4	1.4
583201 (12)	399	584	465	1.5	1.2

จากผลการประมาณค่า PMP ของสถานีตรวจวัดฝนในภาคใต้ตามตารางที่ 5 พบว่า เมื่อใช้เงื่อนไขการคำนวณกรณีที่ 2) คือใช้ค่า k'_m เฉพาะที่คำนวณจากข้อมูลภาคใต้เท่านั้น จะทำให้ค่า PMP ที่คำนวณได้มีค่าต่ำเกินไป เมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนระหว่างค่า PMP₂ และค่าปริมาณฝนสูงสุด แสดงให้เห็นว่า PMP ที่คำนวณได้ยังไม่เหมาะสม เนื่องจากมีค่าต่ำและใกล้เคียงกับปริมาณฝนสูงสุดจากการตรวจวัดมากเกินไป แต่เมื่อใช้เงื่อนไขการคำนวณตามกรณีที่ 1) พบว่า ค่า PMP ของสถานีตรวจวัดฝนในภาคใต้จะสูงกว่าปริมาณฝนสูงสุด (X_m) ทุกสถานี

จากการตรวจสอบอัตราส่วนระหว่างค่า PMP และปริมาณฝนสูงสุดของสถานีฝนในแต่ละภาคดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งแสดงความแตกต่างระหว่างการคำนวณค่า k'_m โดยใช้เงื่อนไขการคำนวณกรณีที่ 1) ในรูปที่ 3 (ก) และใช้

เงื่อนไขการคำนวณกรณีที่ 2) ในรูปที่ 3 (ข) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การคำนวณค่า k'_m สำหรับพื้นที่ภาคใต้ ในกรณีที่ 1) มีค่าอัตราส่วนระหว่าง PMP และปริมาณฝนสูงสุดที่สอดคล้องกับข้อมูลในภาคอื่นๆ นั่นคือ PMP ที่คำนวณได้จะมีค่าสูงกว่าปริมาณฝนสูงสุดที่อัตราส่วนระหว่าง 1.1 จนถึง 3.2 ซึ่งแตกต่างจากการคำนวณในกรณีที่ 2) ที่

พบว่าอัตราส่วนระหว่าง PMP และปริมาณฝนสูงสุดในพื้นที่ภาคใต้มีความแตกต่างกับบริเวณอื่นอย่างชัดเจน อีกทั้งมีค่า PMP ที่ต่ำเกินไป ดังนั้น จึงเสนอให้คำนวณค่าแฟคเตอร์ความถี่ชุดใหม่ ตามเงื่อนไขการคำนวณกรณีที่ 1) หรือใช้สมการที่ (3) สำหรับทุกพื้นที่ของประเทศไทย



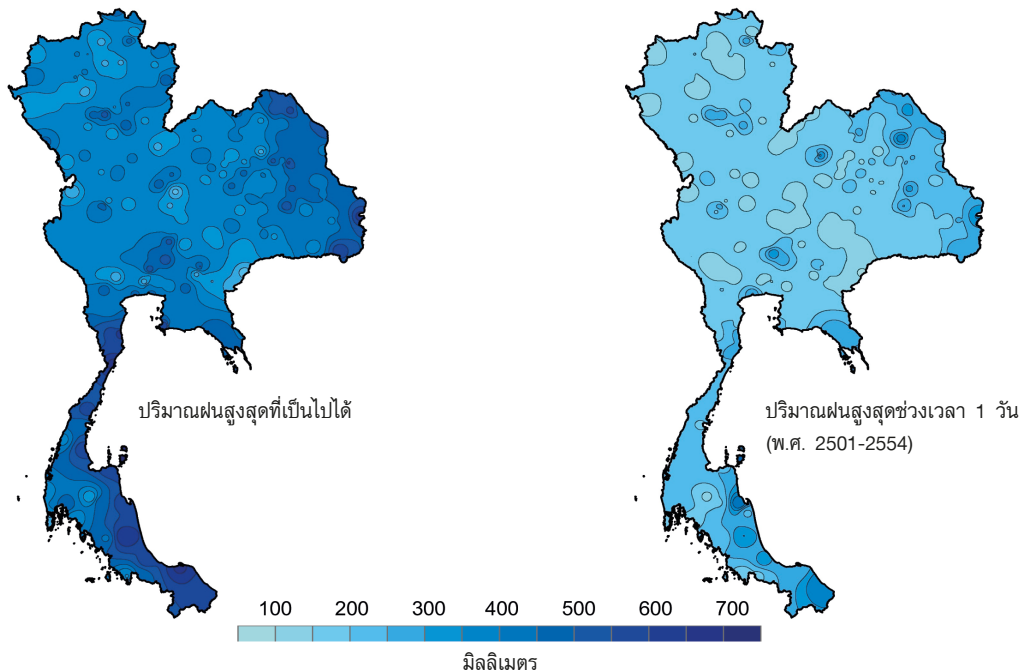
ก) เงื่อนไขการคำนวณกรณีที่ 1)

ข) เงื่อนไขการคำนวณกรณีที่ 2)

รูปที่ 3 อัตราส่วนระหว่างปริมาณฝนสูงสุดที่เป็นไปได้และปริมาณฝนสูงสุดจากการตรวจวัด

นอกจากนี้ เพื่อพิจารณาภาพรวมผลการวิเคราะห์ในพื้นที่ศึกษารวมถึงลักษณะการกระจายตัวตามพื้นที่ของค่า PMP (PMP Spatial Distribution) จึงได้จัดทำแผนที่เส้นชั้นน้ำฝน จากผลการประมาณค่า PMP ของประเทศไทย ดังแสดงในรูปที่ 4 (ก) โดยพบว่าค่า PMP จะมีค่าอยู่ระหว่าง 229 มม. จนถึง 742 มม. โดยมีค่า สูงสุดอยู่ที่สตอ.เกาะสมุย (551203) จ.สุราษฎร์ธานี และค่าต่ำสุดพบที่สถานีฝน อ.ตาพระยา (440003) จ.สระแก้ว และได้เปรียบเทียบผลการประมาณค่า PMP กับลักษณะการกระจายตามพื้นที่ของปริมาณฝนสูงสุดที่ตรวจวัดได้ช่วง

เวลา 1 วัน (ปีพ.ศ.2501-2554) ดังรูปที่ 4 (ข) ผลการศึกษาแสดงถึงความสอดคล้องกันเมื่อพิจารณาในภาพรวมระหว่างค่า PMP กับค่าปริมาณฝนสูงสุดจากการตรวจวัด ซึ่งมีลักษณะการกระจายของปริมาณฝนตามพื้นที่โดยมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันคือ ปริมาณฝนส่วนใหญ่จะอยู่ทางด้านตะวันออก และจะเริ่มลดลงไปทางด้านตะวันตก ซึ่งเห็นได้ชัดเจนบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคใต้



ก) ปริมาณฝนสูงสุดที่เป็นไปได้

ข) ปริมาณฝนสูงสุดจากการตรวจวัด

รูปที่ 4 ปริมาณฝนสูงสุดที่เป็นไปได้และปริมาณฝนสูงสุดจากการตรวจวัด

5. สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาการประมาณค่าปริมาณฝนสูงสุดที่เป็นไปได้ของประเทศไทยด้วยวิธีทางสถิติ (Statistical Method) โดยใช้ข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 1 วัน ช่วงปี พ.ศ. 2501-2554 จากการวิเคราะห์ค่าแฟคเตอร์ความถี่ (k_m) ของสถานีตรวจวัดฝนในแต่ละภาคของประเทศไทย และหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าแฟคเตอร์ความถี่กับค่าเฉลี่ยปริมาณฝนสูงสุด พบว่า สมการสำหรับใช้หาค่าแฟคเตอร์ความถี่ที่เหมาะสมสำหรับทุกพื้นที่ของประเทศไทย คือ $k'_m = -0.0457\bar{X}_n + 14.3773$ ผลการคำนวณค่าปริมาณฝนสูงสุดที่เป็นไปได้ช่วงเวลา 1 วัน มีค่าระหว่าง 229-742 มม. โดยมีลักษณะการกระจายของค่า PMP คือจะมีค่าสูงบริเวณด้านตะวันออกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และมีค่าลดลงไปทางด้านตะวันตกรวมถึงตอนกลางของภาคเหนือและภาคกลาง สำหรับภาคตะวันออก ค่า PMP บริเวณจังหวัดตราดจะสูงกว่าบริเวณอื่น และสำหรับภาคใต้ ค่า

PMP บริเวณด้านชายฝั่งทะเลตะวันออกจะมีค่าสูงกว่าทางด้านฝั่งตะวันตก

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยและวิชาการตามแผนกลยุทธ์เพื่อพัฒนาภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เลขที่ CE-KMUTT 5901 ผู้วิจัยขอขอบคุณกรมชลประทานและกรมอุตุนิยมวิทยาที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลซึ่งเป็นประโยชน์แก่การศึกษาวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

1. World Meteorological Organization, 2009, Manual on Estimation of Probable Maximum Precipitation (PMP), WMO, Geneva, pp. 65-73.
2. Hershfield, D.M., 1961, "Estimating the

Probable Maximum Precipitation,” *Journal of Hydraulics Division*, ASCE, 87, 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. Rakhecha, P.R., Deshpande, N.R. and Soman, M.K., 1992, “Probable Maximum Precipitation for a 2-Day Duration over the Indian Peninsula,” *Theoretical and Applied Climatology*, 45 (4), pp. 277-283.

5. Rakhecha, P.R. and Soman, M.K., 1994, “Estimation of Probable Maximum Precipitation for a 2-day Duration: Part 2-North Indian Region,” *Theoretical and Applied Climatology*, 49 (2), pp. 77-84.

6. Desa, M.M.N., Noriah, A.B. and Rakhecha, P.R., 2001, “Probable Maximum Precipitation for 24-h Duration over Southeast Asian Monsoon Region-Selangor, Malaysia,” *Atmospheric Research*, 58, pp. 41-54.

7. Desa, M.M.N., and Rakhecha, P.R., 2007, “Probable Maximum Precipitation for 24-h Duration over an Equatorial Region: Part 2-Johor, Malaysia,” *Atmospheric Research*, 84, pp. 84-90.

8. Moghaddam, M.N., Ghazanfari, S., Ghahraman, B. and Davari, K., 2009, “Probable Maximum Precipitation for 24-h Duration over Four Central Provinces in Iran,” *Proceedings of the World Environmental and Water Resources Congress 2009, 17-21 May 2009*, Missouri, United States, pp. 6225-6230.

9. Casas, M.C., Rodriguez, R., Nieto, R. and Redano, A., 2008, “The Estimation of Probable Maximum Precipitation the Case of Catalonia,” *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1146, pp. 291-302.

10. Alias, N.E., Luo, P. and Takara, K., 2013, “Probable Maximum Precipitation using Statistical Method for the Yodo River Basin,” *Journal of Japan Society of Civil Engineering*, 69 (4), pp. 157-162.

11. Casas, M.C., Rodriguez, R., Prohom, M., Gazquez, A. and Redano, A., 2010, “Estimation of the Probable Maximum Precipitation in Barcelona (Spain),” *International Journal of Climatology*, 31 (9), pp. 1322-1327.

12. Wangwongwiroj, N. and Khemngoen, C., 2017, “Probable Maximum Precipitation for Northern and Northeastern Parts of Thailand,” *KMUTT Research and Development Journal*, 40 (2), pp. 255-270. (In Thai)

13. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1991, Kaeng Sua Ten Agriculture Dam Project : Working Paper 5, Rome, Italy.

14. 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.

15. Thai Meteorological Department, 2016, Climate of Thailand, Climatological Center, Meteorological Development Bureau, Bangkok.

