วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 30, ฉบับที่ 3 ก.ค.–ก.ย. 2563
The Journal of KMUTNB., Vol. 30, No. 3, Jul.–Sep. 2020

บทความวิจัย

การประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนรัชชประภา และเขื่อนบางลาง

อภิญญาภรณ์ อินทวงษ์ และ ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์*
ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0 3435 1897 อีเมล: fengcpth@ku.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2020.05.003
รับเมื่อ 14 กันยายน 2562 แก้ไขเมื่อ 6 ธันวาคม 2562 ตอบรับเมื่อ 20 ธันวาคม 2562 เผยแพร่ออนไลน์ 22 พฤษภาคม 2563
© 2020 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (Probable Maximum Precipitation; PMP) โดยวิธีการเคลื่อนย้ายพายุฝน และวิธีทางสถิติในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย โดยทำการศึกษาในพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนรัชชประภา จังหวัดสุราษฎร์ธานี และเขื่อนบางลาง จังหวัดยะลา และทำการเปรียบเทียบผลการประเมินค่า PMP ทั้งสองวิธี และผลการศึกษาในอดีต ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย ข้อมูลพายุที่เคยเกิดขึ้น และมีอิทธิพลสูงสุดต่อพื้นที่ภาคใต้ รวมจำนวน 14 ลูก และพิจารณาร่วมกับข้อมูลอุณหภูมิจุดน้ำค้าง เพื่อคำนวณหาค่าปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นไปได้สูงสุด และข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน ที่สถานีวัดน้ำฝน สำหรับผลการศึกษาประเมิน PMP โดยวิธีเคลื่อนย้ายพายุฝนพบว่า พายุฝนที่ให้ค่า PMP สูงสุดสำหรับช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน ได้แก่ พายุดีเปรสชัน รหัส 076 เกิดระหว่างวันที่ 31 ตุลาคม ถึงวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2512 โดยมีศูนย์กลางพายุใกล้กับ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เมื่อเคลื่อนย้ายพายุดังกล่าวไปยังเขื่อนรัชชประภาให้ค่า PMP เท่ากับ 892.74, 1,254.45 และ 1,510.91 มิลลิเมตร ตามลำดับ และเมื่อเคลื่อนย้ายพายุฝนไปยังเขื่อนบางลางให้ค่า PMP เท่ากับ 575.13, 808.15 และ 973.38 มิลลิเมตร ตามลำดับ สำหรับผลการศึกษาประเมิน PMP โดยวิธีทางสถิติพบว่า สถานีวัดน้ำฝนรหัส 610062 ตำบลท่าขนอน อำเภอคีรีรัฐนิคม จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นสถานีที่ให้ค่า PMP สูงสุดสำหรับช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน สำหรับพื้นที่รับน้ำของเขื่อนรัชชประภา มีค่าเท่ากับ 734.90, 1,205.13 และ 1,829.36 มิลลิเมตร และสถานีวัดน้ำฝนรหัส 710101 ตำบลบาเจาะ อำเภอบันนังสตา จังหวัดยะลา เป็นสถานีที่ให้ค่า PMP สูงสุดสำหรับช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน ของพื้นที่รับน้ำเขื่อนบางลาง มีค่าเท่ากับ 612.80, 960.06 และ 1,292.97 มิลลิเมตร เมื่อทำการเปรียบเทียบผลทั้งสองวิธีพบว่า การประเมิน PMP โดยวิธีทางสถิติให้ค่า PMP ที่สูงกว่าวิธีเคลื่อนย้ายพายุฝน คิดเป็นร้อยละ 21.08 สำหรับเขื่อนรัชชประภา และร้อยละ 32.83 สำหรับเขื่อนบางลาง และเมื่อทำการเปรียบเทียบผลการศึกษา PMP เดิม ของเขื่อนรัชชประภา และเขื่อนบางลาง พบว่า วิธีทางสถิติยังคงให้ค่าที่สูงกว่า วิธีเคลื่อนย้ายพายุฝน จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า สำหรับพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งปริมาณฝนโดยมากเกิดจากอิทธิพลของร่องความกดอากาศต่ำ มากกว่าพายุฝน การใช้วิธีทางสถิติในการประเมินค่า PMP ให้ค่าที่เหมาะสมต่อการนำไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (Probable Maximum Flood; PMF) มากกว่าวิธีการเคลื่อนย้ายพายุฝน เนื่องจากโดยทั่วไปการออกแบบอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนของใหญ่ที่ต้องการความปลอดภัยสูง การประเมินปริมาณน้ำหลากจะพิจารณาในกรณีที่เกิดภาวะวิกฤติสูงสุด (Extreme Flood Event)

คำสำคัญ: วิธีการเคลื่อนย้ายพายุฝน วิธีทางสถิติ อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้สูงสุด

การอ้างอิงบทความ: อภิญญาภรณ์ อินทวงษ์ และ ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์, "การประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนรัชชประภา และเขื่อนบางลาง," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 30, ฉบับที่ 3, หน้า 372–388, ก.ค.–ก.ย. 2563.

Research Article

Estimate of Probable Maximum Precipitation (PMP) of Rajjaprabha Dam and Bang Lang Dam

Apinyaporn Intavong and Chaiyapong Thepprasit*
Department of Irrigation Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 0 3435 1897, E–mail: fengcpth@ku.ac.th
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2020.05.003
Received 14 September 2019; Revised 6 December 2019; Accepted 20 December 2019; Published online: 22 May 2020
© 2020 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

This study aims to examine the estimation of Probable Maximum Precipitation (PMP) by using transposition and statistical method in southern of Thailand scoped with the catchment area of Rajjaprabha dam in Surat Thani province and Bang Lang dam in Yala province. The PMP results from both methods are compared with those derived of earlier studies. Data used consists of 14 previous and most influential storm events in conjunction with dew point temperature, allowing the computation of the maximum probable water in the atmosphere, and one, two and three-day maximum precipitation at rain station. According to the estimation results using transposition method, it was found that the highest PMP rainstorm during 1, 2 and 3 days is Depression 076 during 31st October – 4th November 1969. The storm center was near Hua-Hin district, Prachuap Khiri Khan province. When transposing the storm to Rajjaprabha dam, 892.74, 1,254.45 and 1,510.91 millimeters of PMP were provided, respectively. In addition, storm transposition to Bang Lang dam provided 575.13, 808.15, and 973.39 millimeters of PMP, respectively. Regarding to the estimation results of PMP by using statistical method, it was found that Station 610062 in Thakanorn sub-district, Kiriratnikom district, Surat Thani province was the highest PMP station during 1, 2, and 3 days in the catchment area of Rajjaprabha dam. The PMP results were 734.90, 1,205.13, and 1,829.36 millimeters while Station 710101 in Bachao district, Bannangsta district, Yala province was the highest PMP station during 1,2, and 3 days in the catchment area of Bang Lang dam. The PMP results were 612.80, 960.06 and 1,292.97 millimeters. The comparison of both methods shows that PMP estimation using the statistical method provides higher PMP results than the PMP from transposition method, which accounted for 21.08 percent for Rajjaprabha dam and 32.83 percent for Bang Lang dam. The comparison of previous PMP between Rajjaprabha and Bang Lang Dam demonstrates that the statistical method still gives higher PMP estimates. The study results show that precipitation in southern part of Thailand is mostly caused by the impact of intertropical convergence zone rather than the rainstorm. Using a statistical method for PMP estimation exhibits a more appropriate value for the analysis of Probable Maximum Flood (PMF) than using transposition method. Undeniably, in spillway design emphasizing dam safety and security, extreme flood events need to be taken into consideration for estimating future runoff.

Keywords: Transposition Method, Statistical Method, Dew Point Temperature, Probable Maximum Precipitation

Please cite this article as: A. Intavong and C. Thepprasit, "Estimate of Probable Maximum Precipitation (PMP) of Rajjaprabha dam and Bang Lang dam," *The Journal of KMUTNB*, vol. 30, no. 3, pp. 372–388, Jul.–Sep. 2020 (in Thai).

1. บทนำ

การประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (Probable Maximum Precipitation; PMP) เป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับนำไปใช้ในการออกแบบกราฟน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (Probable Maximum Flood; PMF) เพื่อใช้สำหรับออกแบบอาคารชลศาสตร์ต่างๆ โดยองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (WMO) [1] ได้แนะนำการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้สามารถทำได้หลายวิธี เช่น วิธีการเคลื่อนย้าย (Transposition Method) เป็นวิธีที่ใช้การวิเคราะห์จากพายุฝนที่เคยเกิดทำเป็นค่าสูงสุด และเคลื่อนย้ายพายุฝนจากพื้นที่ใกล้เคียงมายังพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในประเทศไทย และวิธีทางสถิติ (Statistical Method) เป็นการใช้วิธีทางสถิติประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ วิธีนี้สามารถทำได้อย่างรวดเร็วเหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีข้อมูลปริมาณน้ำฝนมากเพียงพอ แต่ไม่มีข้อมูลภูมิอากาศอื่นๆ เช่น ข้อมูลอุณหภูมิจุดน้ำค้าง และความเร็วลม

จากวิธีการประเมินปริมาณฝนที่อาจเป็นไปได้ข้างต้น ซึ่งแต่ละวิธีเหมาะสมกับสถานการณ์ที่ต่างกันนั้นประกอบกับสภาพภูมิอากาศในภาคใต้ของประเทศไทย เป็นแบบร้อนชื้นแถบมรสุม คือมีฝนตกชุกสลับกับฤดูแล้งสั้นๆ จึงได้ทำศึกษาการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ทั้ง 2 วิธี และนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้อย่างเหมาะสมสำหรับพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย

ฉัตรชัย และคณะ [2] ได้ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและการใช้ที่ดินกรณีที่เกิดภาวะวิกฤตสุดโดยใช้แบบจำลองปริมาณน้ำฝน-น้ำท่า โดยมีภาวะวิกฤตสุดเป็นเงื่อนไขของการประเมินปริมาณน้ำหลากที่อาจเป็นไปได้สูงสุด (PMF) สำหรับการเก็กกักน้ำในแม่น้ำปิงตอนบนในภาคเหนือของประเทศไทย และต้นน้ำของเขื่อนภูมิพล โดยแบบจำลองประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกคือการสมดุลน้ำอย่างต่อเนื่องขึ้นอยู่กับการประมาณพารามิเตอร์จากสภาพภูมิอากาศ ข้อมูลดิน ข้อมูลพืชพรรณ ส่วนที่สองคือการกระจายการเคลื่อนที่น้ำหลาก ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างการเก็บกัก–การระบายของการไหลในแม่น้ำภายใต้เงื่อนไขเมื่อเกิดน้ำหลากสูงสุด แบบจำลองดังกล่าว มีการดำเนินการหลายทางเลือกเกี่ยวกับการประเมิน PMP ซึ่งผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มความลึก PMP 5% อาจทำให้ PMF เพิ่มขึ้น 7.5% การตัดไม้ทำลายป่า 10%, 20% และ 30% สามารถทำให้ PMF เพิ่มขึ้น 3.1%, 6.2% และ 9.2% ตามลำดับ

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

2.1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้โดยวิธีการเคลื่อนย้าย และวิธีทางสถิติ และเปรียบเทียบผลการประเมินปริมาณฝนที่อาจเป็นไปได้ทั้ง 2 วิธี

สำหรับพื้นที่ศึกษา วิเคราะห์ปริมาณฝนในพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนรัชชประภา จังหวัดสุราษฎร์ธานี และเขื่อนบางลาง จังหวัดยะลา ในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย

2.2 วิธีการวิจัย

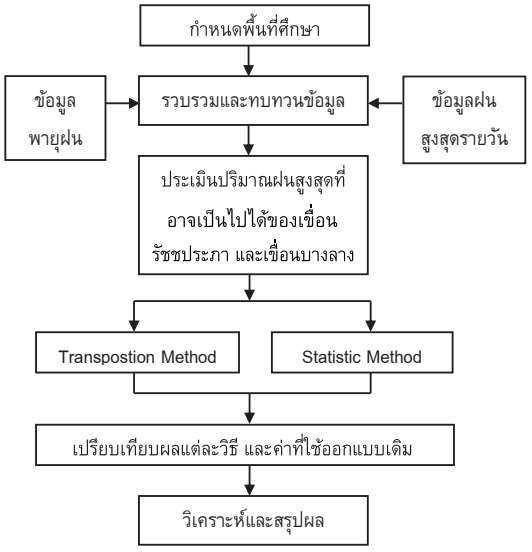
วิธีการวิจัยประกอบด้วย การรวบรวมข้อมูลพายุฝนที่พัดผ่านพื้นที่ภาคใต้ ข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดรายวันในพื้นที่ช่วงเวลา 1 วันถึง 3 วัน จากนั้นทำการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ทั้ง 2 วิธี ของเขื่อนรัชชประภาและเขื่อนบางลาง เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ ในอดีตที่ใช้ออกแบบเขื่อน และปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ จากผลการวิจัยนี้ทั้ง 2 วิธี โดยสรุปขั้นตอนการศึกษาได้ดังรูปที่ 1

2.2.1 รวบรวมและทบทวนข้อมูล

ข้อมูลจากกรมชลประทาน ได้แก่ ปริมาณฝนสูงสุดรายวันช่วงเวลา 1, 2 และ 3 วัน รวมทั้งสิ้น 340 สถานี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2465 ถึงปี พ.ศ. 2559

ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ข้อมูลภูมิอากาศและอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง และข้อมูลพายุฝนรวมทั้งสิ้น 33 ลูก ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2494 ถึงปี พ.ศ. 2558

กรมอุตุนิยมวิทยา [3] ได้กล่าวว่าพายุหมุนเขตร้อนเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่สามารถทำความเสียหายได้รุนแรง และเป็นบริเวณกว้าง มีลักษณะเด่น คือ มีศูนย์กลาง



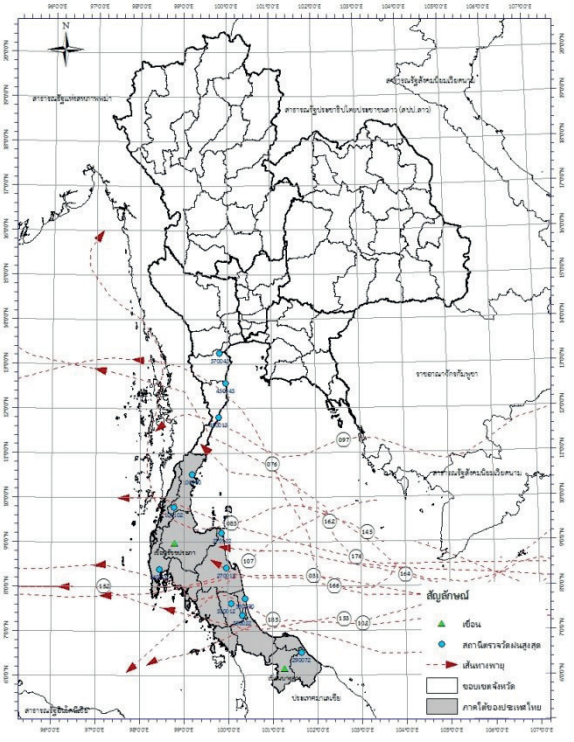
รูปที่ 1 ขั้นตอนการศึกษา

หรือที่เรียกว่า ตาพายุ เป็นบริเวณที่มีลมสงบ อากาศโปร่งใส โดยอาจมีเมฆและฝนบ้างเล็กน้อยล้อมรอบด้วยพื้นที่บริเวณกว้าง มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณตั้งแต่ 100 กิโลเมตรขึ้นไป ซึ่งปรากฏฝนตกหนักและพายุลมแรง ลมแรงพัดเวียนเข้าหาศูนย์กลาง จึงได้ศึกษาเส้นทางพายุที่ผ่านพื้นที่ภาคใต้ และทำการขยายขอบเขตอิทธิพลของพายุฝนจากแนวพายุข้างละ 100 กิโลเมตร จะได้สถานีวัดน้ำฝนที่อยู่ในรัศมี 100 กิโลเมตร ตามแนวเส้นทางพายุ นำข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนที่อยู่รัศมี 100 กิโลเมตร ไปวิเคราะห์ค่าฝนสูงสุดในช่วงเวลาที่เกิดพายุ โดยสามารถแสดงเส้นทางพายุ 14 ลูก ที่ทำให้เกิดพายุฝนสูงสุดสำหรับช่วงเวลา 1, 2 และ 3 วัน ของพายุที่มีอิทธิพลกับพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ดังรูปที่ 2 และแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1

2.2.2 การประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้

วิธีที่ใช้สำหรับการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ ได้แก่ วิธีการเคลื่อนย้ายพายุฝน โดยเคลื่อนย้ายพายุฝนไปยังเขื่อนรัชชประภา และเขื่อนบางลาง และวิธีทางสถิติ ซึ่งทั้ง 2 วิธี จะทำการวิเคราะห์ตามคู่มือของ WMO [1] โดยอธิบายพอสังเขป ดังนี้

2.2.2.1 การประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้



รูปที่ 2 เส้นทางพายุ 14 ลูก และสถานีที่ทำให้เกิดพายุฝนสูงสุด สำหรับช่วงเวลา 1, 2 และ 3 วัน

ด้วยวิธีการเคลื่อนย้ายพายุฝน

WMO [1] ได้แนะนำวิธีการเคลื่อนย้ายพายุ คือการปรับพายุฝนขนาดใหญ่ที่เคยเกิดขึ้นให้มีค่าสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ โดยอาศัยดรรชนีสำหรับการปรับแก้ จากนั้นทำการเคลื่อนย้ายพายุฝน (Storm Transposition) ไปยังพื้นที่ศึกษา ซึ่งสามารถประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ ดังสมการที่ (1)

$$PMP = r_m \times P \quad (1)$$

เมื่อ

PMP คือ ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

r_m คือ ผลคูณค่าดรรชนีสำหรับการปรับแก้ต่างๆ

P คือ ปริมาณฝนสูงสุดสำหรับช่วงเวลา 1, 2 และ 3 วัน มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

ตารางที่ 1 รายละเอียดพายุฝนสูงสุด 14 อันดับ และสถานีที่วัดฝนได้สูงสุด สำหรับช่วงเวลา 1, 2 และ 3 วัน ของพายุที่มีอิทธิพลกับพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย

ลำดับ	รหัสพายุ	ชื่อพายุฝน	วันที่เข้า			สถานีตรวจวัดฝนสูงสุด				พิกัดสถานี	
			วันที่เข้า	เดือน	ปี พ.ศ.	รหัสสถานี	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ละติจูด	ลองจิจูด
1	076	พายุดีเปรสชัน	31–4	พฤศจิกายน	2512	450043	หัวหิน	หัวหิน	ประจวบคีรีขันธ์	12°33'54"	99°57'24"
2	083	พายุโซนร้อน RUTH (7026)	26–2	ธันวาคม	2513	100090	นาชะอัง	เมือง	ชุมพร	12°33'54"	99°11'30"
3	031	พายุโซนร้อน HARRIET (6225)	24–27	ตุลาคม	2505	340022	กระโสม	ตะกั่วทุ่ง	พังงา	8°23'21"	98°27'20"
4	185	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4) -พายุไซโคลน "JAL" JAL(05B)	31–8	พฤศจิกายน	2553	350022	ปากพะยูน	ปากพยูน	พัทลุง	7°20'58"	100°19'30"
5	162	พายุไต้ฝุ่น "ลินดา" (LINDA 9728)	31–10	พฤศจิกายน	2540	370042	เขาย้อย	เขาย้อย	เพชรบุรี	13°14'33"	99°49'40"
6	164	พายุโซนร้อน "จิล" (GIL 9717)	9–13	ธันวาคม	2541	270013	ในเมือง	เมือง	นครศรีธรรมราช	8°24'56"	99°57'57"
7	107	พายุดีเปรสชัน	10–13	พฤศจิกายน	2520	350012	คูหาสวรรค์	เมือง	พัทลุง	7°37'20"	100°04'34"
8	174	พายุไต้ฝุ่น "หมุ่ยฟ้า" (MAIFA 0425)	14–26	พฤศจิกายน	2547	100102	พะโต๊ะ	พะโต๊ะ	ชุมพร	9°47'02"	98°46'52"
9	145	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)	25–28	ตุลาคม	2534	450013	ประจวบคีรีขันธ์	เมือง	ประจวบคีรีขันธ์	11°48'25"	99°47'55"
10	152	พายุดีเปรสชัน 3 (TD 3)	29–5	ธันวาคม	2536	580190	ระโหด	ระโหด	สงขลา	7°43'25"	100°23'06"
11	153	พายุไต้ฝุ่น "แมนนี" (MANNY 9327)	3–17	ธันวาคม	2536	580190	ระโหด	ระโหด	สงขลา	7°43'25"	100°23'06"
12	166	พายุดีเปรสชัน 4	3–6	ธันวาคม	2542	270122	ขนอม	ขนอม	นครศรีธรรมราช	9°12'10"	99°51'48"
13	097	พายุโซนร้อน SARAH (7319)	10–14	พฤศจิกายน	2516	450013	ประจวบคีรีขันธ์	เมือง	ประจวบคีรีขันธ์	11°48'25"	99°47'55"
14	102	พายุโซนร้อน KIT (7432)	19–27	ธันวาคม	2517	290072	บาเจาะ	บาเจาะ	นราธิวาส	6°30'53"	101°39'22"

ภัคพล และคณะ [4] ได้วิเคราะห์ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้สำหรับเขื่อนสิริกิติ์ โดยศึกษาปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ด้วยวิธีการเคลื่อนย้ายพายุฝน โดยใช้ข้อมูลพายุฝนที่พัดผ่านเข้าสู่ประเทศไทยจำนวน 190 ลูก ข้อมูลภูมิอากาศที่สำคัญ เช่น อุณหภูมิจุดน้ำค้าง และข้อมูลปริมาณฝนรายวัน และนำผล PMP มาใช้วิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ด้วยวิธีกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าและทำการประยุกต์ใช้แบบจำลอง HEC-HMS ในการประเมินกราฟน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้

นิตยา และ ชัชพล [5] ได้ศึกษาการประมาณค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้สำหรับภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ด้วยวิธีการประมาณแบบทั่วไปทั้งภูมิภาค โดยใช้ข้อมูลปริมาณฝนรายวัน รวมทั้งสิ้น 155 สถานี สถิติปี พ.ศ. 2494–2557 ข้อมูลอุณหภูมิจุดน้ำค้างราย 3 ชั่วโมง จำนวน 42 สถานี สถิติปี พ.ศ. 2524–2557 และแสดงค่า PMP ในรูปแบบของแผนที่ โดยพบว่า ค่า PMP ช่วงเวลา 1 วัน ของพื้นที่ขนาด 25 ตารางกิโลเมตร บริเวณภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าอยู่ระหว่าง 411–788 มิลลิเมตร และมีแนวโน้มว่าค่า PMP จะมีค่าสูงทางด้านตะวันออกและลดลงไปทางด้านตะวันตก

จากการศึกษาข้างต้น และคู่มือของ WMO [1] การประเมิน PMP โดยวิธีการเคลื่อนย้ายพายุฝน นอกจากศึกษาข้อมูลพายุที่เคยเกิดทั้งในพื้นที่และใกล้เคียงแล้ว ยังจำเป็นต้องศึกษาและคำนึงถึงความแตกต่างของลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศระหว่างสองพื้นที่และทำการปรับแก้โดยค่าดรรชนีต่างๆ ดังนี้

- ดรรชนีปรับแก้

การปรับแก้เนื่องจากความชื้น ระดับจากน้ำทะเลปานกลาง และสิ่งกีดขวาง จะต้องพิจารณาไปพร้อมกัน

จากการปรับแก้ความชื้นเพื่อทำพายุฝนมากที่สุด ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุ โดยใช้สมการที่ (2)

$$r_1 = \frac{(W_{m_1})_{h_1}}{(W_8)_{h_1}} \tag{2}$$

เมื่อ

r_1 คือ ค่าปรับแก้ปริมาณความชื้นสำหรับการทำพายุฝนมากที่สุด ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุฝน

$(W_{m_1})_{h_1}$ คือ ปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้สูงสุด ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุฝนที่ระดับ h_1 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

$(W_o)_{h_1}$ คือ ปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้ ณ วันที่เกิดพายุฝนที่เลือกศึกษา ที่ระดับ h_1 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

h_1 คือ ค่าสูงสุดของค่าระดับ ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุฝน หรือค่าระดับของสิ่งกีดขวางระหว่างแหล่งความชื้นและตำแหน่งที่เกิดพายุฝน มีหน่วยเป็นเมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

จากการปรับแก้ความชื้น ณ ตำแหน่งที่ย้ายไปโดยการปรับแก้ด้วยอัตราส่วนของอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง ที่ระดับ 1,000 มิลลิบาร์ ณ ตำแหน่งที่เกิดพายุกับตำแหน่งที่ย้ายไป และทำการเปลี่ยนค่าเป็นปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้ และนำมาหาค่าอัตราส่วน r_2 การปรับแก้ ดังสมการที่ (3)

$$r_2 = \frac{(W_{m_2})_{h_1}}{(W_{m_1})_{h_1}} \tag{3}$$

เมื่อ

r_2 คือ ค่าปรับแก้ปริมาณความชื้น ณ ตำแหน่งที่ย้ายไป

$(W_{m_2})_{h_1}$ คือ ปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้สูงสุด ณ ตำแหน่งที่ย้ายไปที่ระดับ h_1 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

จากการปรับแก้เนื่องจากระดับจากน้ำทะเลปานกลางและสิ่งกีดขวาง การเคลื่อนย้ายพายุฝนระยะสั้น และมีระดับต่างกันไม่เกิน 300 เมตร จะไม่ทำการปรับแก้เนื่องจากระดับ แต่ถ้าระดับต่างกันเกิน 700 เมตร จะไม่ปรับแก้ด้วยระดับ แต่ให้ใช้การปรับแก้เนื่องจากสิ่งกีดขวางแทน โดยการปรับแก้ด้วยอัตราส่วนของอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง ที่ระดับ 1,000 มิลลิบาร์ ณ ตำแหน่งที่ย้ายไป และทำการเปลี่ยนค่าเป็นปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้ และนำมาหาค่าอัตราส่วน r_3 การปรับแก้ ดังสมการที่ (4)

$$r_3 = \frac{(W_{m_2})_{h_2}}{(W_{m_2})_{h_1}} \tag{4}$$

เมื่อ

r_3 คือ ค่าปรับแก้ค่าสูงสุดระหว่างค่าระดับหรือสิ่งกีดขวาง ณ ตำแหน่งที่ย้ายไป

$(W_{m_2})_{h_2}$ คือ ปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้สูงสุด ณ ตำแหน่งที่ย้ายไปที่ระดับ h_2 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

h_2 คือ ค่าสูงสุดของค่าระดับ ณ ตำแหน่งที่ย้ายไป หรือค่าระดับของสิ่งกีดขวางระหว่างแหล่งความชื้นและตำแหน่งที่ย้ายไป มีหน่วยเป็นเมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

เมื่อพิจารณาการปรับแก้เนื่องจากความชื้น ระดับจากน้ำทะเลปานกลาง และสิ่งกีดขวาง ร่วมกัน โดยการนำสมการที่ (2) สมการที่ (3) และสมการที่ (4) มาคูณกัน เพื่อนำมาหาค่าอัตราส่วน r_m การปรับแก้ ดังสมการที่ (5), (6)

$$r_m = r_1 \times r_2 \times r_3 \tag{5}$$

$$r_m = \frac{(W_{m_1})_{h_1}}{(W_o)_{h_1}} \times \frac{(W_{m_2})_{h_1}}{(W_{m_1})_{h_1}} \times \frac{(W_{m_2})_{h_2}}{(W_{m_2})_{h_1}} \tag{6}$$

จะได้

$$r_m = \frac{(W_{m_2})_{h_2}}{(W_o)_{h_1}} \tag{7}$$

เมื่อ

r_m คือ ค่าปรับแก้เนื่องจากความชื้น ระดับจากน้ำทะเลปานกลาง และสิ่งกีดขวาง

$(W_{m_2})_{h_2}$ คือ ปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้สูงสุด ณ ตำแหน่งที่ย้ายไปที่ระดับ h_2 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

$(W_o)_{h_1}$ คือ ปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้ ณ วันที่เกิดพายุฝนที่เลือกศึกษา ที่ระดับ h_1 มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

ปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นได้ หมายถึง มวลของไอน้ำทั้งหมดในคอลัมน์ของบรรยากาศในแนวดิ่งระหว่างระดับที่กำหนด 2 ระดับ หรือจากพื้นผิวโลกจนถึงระดับบนสุดของชั้นบรรยากาศ โดยคิดเทียบเท่าความลึกของน้ำ แม้จะไม่มีวิธีธรรมชาติใดๆ ที่จะสามารถทำให้จำนวนไอน้ำหรือความชื้นดังกล่าวตกลงมาเป็นฝนทั้งหมดได้ ดังนั้นในบางครั้งจะใช้เทอมปริมาณของเหลวเทียบเท่าไอน้ำ หรือปริมาณของเหลวเทียบเท่าน้ำแทน คำนวณได้ดังสมการที่ (8)

จาก

$$w = \frac{\overline{q}\,\Delta p}{\rho g} \tag{8}$$

เมื่อ

W คือ ปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นไปได้ มีหน่วยเป็น เซนติเมตร

$\overline{q}$ คือ ค่าเฉลี่ยของความชื้นจำเพาะที่จุดบนและล่างของแต่ละชั้นย่อย มีหน่วยเป็น กรัมต่อกิโลกรัม

Δp คือ ผลต่างของความดันของอากาศ มีหน่วยเป็น มิลลิบาร์

ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ มีหน่วยเป็น กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

g คือ อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก มีหน่วยเป็น เซนติเมตร/วินาที^{2}

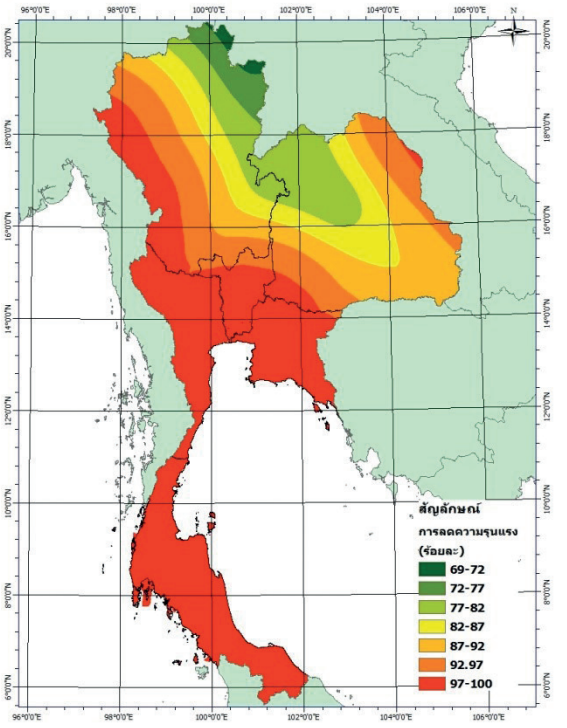
และปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นไปได้ ยังสามารถคำนวณได้โดยการใช้โมโนกราฟ หรือตารางจาก WMO [1] ซึ่งในการศึกษานี้จะใช้ค่าปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นไปได้จากตาราง WMO โดยพิจารณาสิ่งกีดขวางระหว่างจุดที่พิจารณากับแหล่งความชื้น คือ ทะเล พบว่า พื้นที่ภาคใต้ไม่มีสิ่งกีดขวาง จึงใช้ค่าระดับสถานีของตรวจวัดฝนสูงสุดและค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างที่ระดับ 1,000 มิลลิบาร์ ในการหาค่าปริมาณน้ำในบรรกาศที่อาจเป็นไปได้สูงสุด

- การปรับแก้เนื่องจากระยะทางจากทะเล

Hansen และคณะ [6] ได้แสดงความสัมพันธ์ของการลดลงของปริมาณฝนของพายุฝนในเขตร้อนชื้นกับระยะทางจากทะเล จึงจัดทำความสัมพันธ์ของการลดลงของปริมาณฝนของพายุฝนในเขตร้อนชื้นกับระยะทางจากทะเล แสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งจากการศึกษาพื้นที่ภาคใต้พบว่า สถานีฝนที่พิจารณามีระยะทางที่ห่างจากทะเลไม่เกิน 100 กิโลเมตร ซึ่งทำให้ความรุนแรงของกำลังพายุ ในการศึกษานี้มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 100

- การปรับแก้เนื่องจากสภาพภูมิประเทศ

HMR46 [7] กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิประเทศจะส่งผลต่อกระแสลม กระแสความชื้น มีอิทธิพลในลักษณะของฝนปะทะเขา และฝนหลังเขา ทั้งนี้ ประเทศไทยมีพื้นที่



รูปที่ 3 ปรับแก้เนื่องจากระยะทางจากทะเล

ส่วนใหญ่เป็นพื้นราบ ความลาดเทของสภาพพื้นที่น้อย และไม่ค่อยชัดเจน จึงเลือกพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิศาสตร์ต่อพลศาสตร์ของพายุ ทำได้โดยใช้การปรับแก้ของร้อยละของปริมาณฝนรายปีหรือฝนฤดูกาล ดังสมการที่ (9), (10)

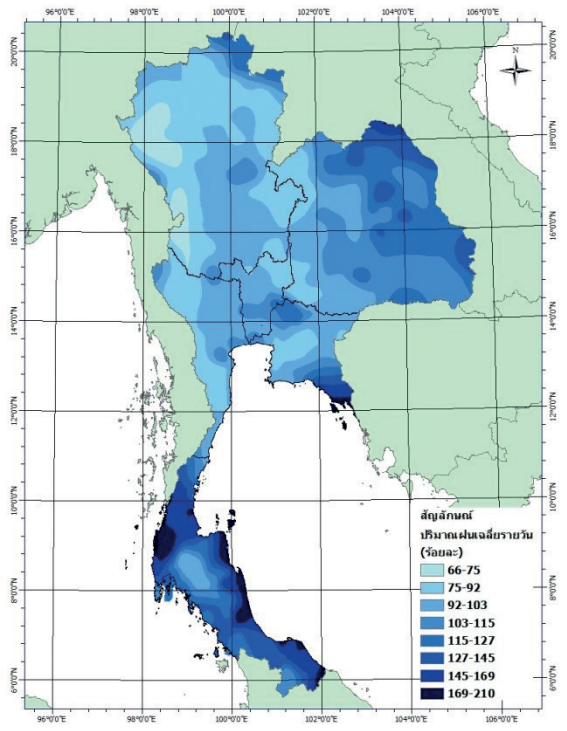
$$\text{ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน} = \frac{\text{ปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาล}}{\text{จำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยรายฤดูกาล}} \tag{9}$$

$$\text{ร้อยละปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน} = \frac{\text{ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน}}{\text{ปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันของที่ราบ}} \tag{10}$$

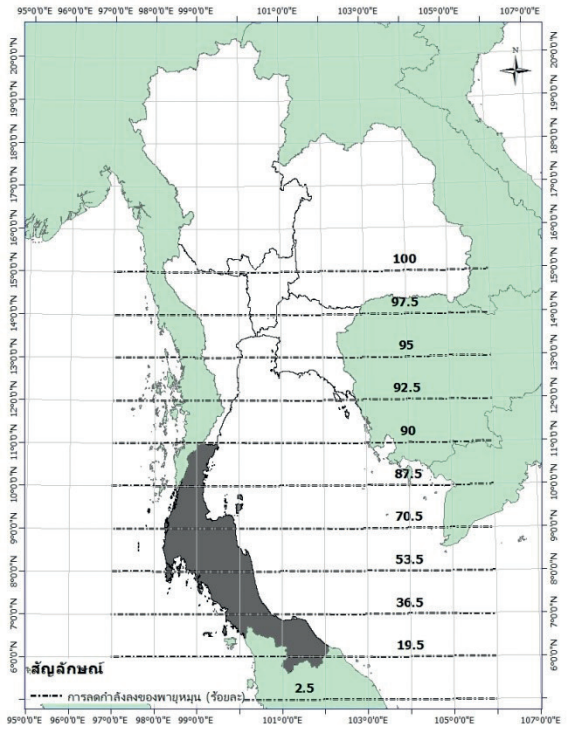
จากนั้นสร้างแผนที่ดรรชนีปรับแก้เนื่องจากสภาพภูมิประเทศ จากผลการคำนวณสมการ (10) ซึ่งสามารถแสดงค่าปรับแก้ที่ใช้เนื่องจากสภาพภูมิประเทศได้ดังรูปที่ 4

- การปรับแก้เนื่องจากละติจูด

จากรายงานการศึกษาปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นได้ของลุ่มน้ำโขงตอนล่าง HMR46 [7] พบว่า ความรุนแรงของ



รูปที่ 4 ปรับแก้เนื่องจากสภาพภูมิประเทศ



รูปที่ 5 ปรับแก้เนื่องจากละติจูด

พายุหมุนเขตร้อนจะลดลงเมื่อเข้าใกล้เขตเส้นศูนย์สูตร และมีความรุนแรงเต็มที่เมื่อเกิดในพื้นที่เหนือกว่าเส้นรุ้งที่ 15 องศา โดยความรุนแรงจะลดลงอย่างต่อเนื่องร้อยละ 2.5 ทุกๆ 1 องศาที่ลดลง จนถึงเส้นรุ้งที่ 10 องศา และ Gray [8] พบว่าความรุนแรงจะลดลงอย่างรวดเร็วจนเข้าใกล้ 0 ที่เส้นรุ้ง 4–5 องศา ซึ่งการศึกษานี้ได้ใช้การปรับแก้ละติจูดโดยอ้างอิงจากการศึกษาดังกล่าว โดยสามารถแสดงค่าปรับแก้เนื่องจากละติจูดได้ดังรูปที่ 5

- การปรับแก้เนื่องจากฤดูกาล

การศึกษาดรรชนีปรับแก้เนื่องจากฤดูกาล จะนำมาใช้พิจารณาในกรณีที่ค่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดที่เกิด ไม่ได้เกิดขึ้นในช่วงฤดูมรสุม จากข้อมูลอุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง รายเดือน พบว่า พื้นที่ตอนใต้ของประเทศไทย อุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุดต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง เกิดในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม จึงไม่ต้องทำการปรับแก้ด้วยดรรชนีปรับแก้เนื่องจากฤดูกาล

โดยสามารถแสดงรายละเอียดตำแหน่งที่เคลื่อนย้ายพายุฝนไปยังพื้นที่รับน้ำเขื่อนรัชชประภา และเขื่อนบางลาง ได้ดังตารางที่ 2–3 และแสดงค่าดรรชนีปรับแก้ของวิธีการเคลื่อนย้ายพายุฝนไปยังพื้นที่รับน้ำเขื่อนรัชชประภา และเขื่อนบางลาง ได้ดังตารางที่ 4–5

2.2.2.2 การประมาณค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ด้วยวิธีทางสถิติ

WMO [1] ได้แนะนำถึงวิธีทางสถิติที่ใช้สำหรับประมาณค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ อาจนำไปใช้ในพื้นที่ข้อมูลฝนเพียงพอ หรือในพื้นที่ที่มีข้อมูลอุตุนิยมวิทยาอื่นๆ ไม่เพียงพอ อีกทั้งยังเป็นการประมาณค่าที่รวดเร็ว วิธีนี้ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง เนื่องจากใช้เวลาอันสั้น เหมาะสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำไม่เกิน 1,000 ตารางกิโลเมตร แต่ก็ยังเคยใช้กับพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่กว่า 1,000 ตารางกิโลเมตร

ตารางที่ 2 รายละเอียดตำแหน่งที่เคลื่อนย้ายพายุฝนไปยังพื้นที่รับน้ำเขื่อนรัชชประภา

ลำดับ	รหัสพายุ	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝนสูงสุด (มิลลิเมตร)			ตำแหน่งที่เกิดพายุ			ตำแหน่งที่ย้ายไป			
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	สถานี	ระดับสถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (องศาเซลเซียส)	สถานี	ระดับสถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุด (องศาเซลเซียส)	ระดับ h_2 (ม.รทก.)
1	076	พายุดีเปรสชัน	429.20	603.10	726.40	450043	13.00	21.02	610315	51.00	25.69	-
2	083	พายุโซนร้อน RUTH (7026)	420.80	511.00	569.00	100090	12.00	23.31	610315	51.00	25.69	-
3	031	พายุโซนร้อน HARRIET (6225)	390.80	394.60	402.00	340022	17.00	24.07	610315	51.00	25.69	-
4	185	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4) -พายุไซโคลน "JAL" JAL(05B)	372.80	530.20	568.50	350022	8.00	23.31	610315	51.00	25.69	-
5	162	พายุไต้ฝุ่น "ลินดา" (LINDA 9728)	338.50	339.70	339.70	370042	3.00	23.71	610315	51.00	25.69	-
6	164	พายุโซนร้อน "จิล" (GIL 9717)	330.90	399.30	429.80	270013	12.00	22.53	610315	51.00	25.69	-
7	107	พายุดีเปรสชัน	325.40	573.60	669.40	350012	21.00	23.25	610315	51.00	25.69	-
8	174	พายุไต้ฝุ่น "หมุ่ยฟ้า" (MAIFA 0425)	301.20	328.10	345.70	100102	53.00	22.99	610315	51.00	25.69	-
9	145	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)	296.90	311.70	320.20	450013	9.00	23.37	610315	51.00	25.69	-
10	152	พายุดีเปรสชัน 3 (TD 3)	294.20	374.10	394.90	580190	0.00	23.85	610315	51.00	25.69	-
11	153	พายุไต้ฝุ่น "แมนนี" (MANNY 9327)	238.70	421.40	461.80	580190	0.00	24.19	610315	51.00	25.69	-
12	166	พายุดีเปรสชัน 4	225.20	422.40	474.10	270122	12.00	25.53	610315	51.00	25.69	-
13	097	พายุโซนร้อน SARAH (7319)	193.90	307.80	479.70	450013	9.00	20.97	610315	51.00	25.69	-
14	102	พายุโซนร้อน KIT (7432)	220.20	292.60	452.80	290072	20.00	22.94	610315	51.00	25.69	-

ตารางที่ 3 รายละเอียดตำแหน่งที่เคลื่อนย้ายพายุฝนไปยังพื้นที่รับน้ำเขื่อนบางลาง

ลำดับ	รหัสพายุ	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝนสูงสุด (มิลลิเมตร)			ตำแหน่งที่เกิดพายุ			ตำแหน่งที่ย้ายไป			
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	สถานี	ระดับสถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (องศาเซลเซียส)	สถานี	ระดับสถานี (ม.รทก.)	อุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงสุด (องศาเซลเซียส)	ระดับ h_2 (ม.รทก.)
1	076	พายุดีเปรสชัน	429.20	603.10	726.40	450043	13.00	21.02	710135	117.00	25.35	-
2	083	พายุโซนร้อน RUTH (7026)	420.80	511.00	569.00	100090	12.00	23.31	710135	117.00	25.35	-
3	031	พายุโซนร้อน HARRIET (6225)	390.80	394.60	402.00	340022	17.00	24.07	710135	117.00	25.35	-
4	185	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4) -พายุไซโคลน "JAL" JAL(05B)	372.80	530.20	568.50	350022	8.00	23.31	710135	117.00	25.35	-
5	162	พายุไต้ฝุ่น "ลินดา" (LINDA 9728)	338.50	339.70	339.70	370042	3.00	23.71	710135	117.00	25.35	-
6	164	พายุโซนร้อน "จิล" (GIL 9717)	330.90	399.30	429.80	270013	12.00	22.53	710135	117.00	25.35	-
7	107	พายุดีเปรสชัน	325.40	573.60	669.40	350012	21.00	23.25	710135	117.00	25.35	-
8	174	พายุไต้ฝุ่น "หมุ่ยฟ้า" (MAIFA 0425)	301.20	328.10	345.70	100102	53.00	22.99	710135	117.00	25.35	-
9	145	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)	296.90	311.70	320.20	450013	9.00	23.37	710135	117.00	25.35	-
10	152	พายุดีเปรสชัน 3 (TD 3)	294.20	374.10	394.90	580190	0.00	23.85	710135	117.00	25.35	-
11	153	พายุไต้ฝุ่น "แมนนี" (MANNY 9327)	238.70	421.40	461.80	580190	0.00	24.19	710135	117.00	25.35	-
12	166	พายุดีเปรสชัน 4	225.20	422.40	474.10	270122	12.00	25.53	710135	117.00	25.35	-
13	097	พายุโซนร้อน SARAH (7319)	193.90	307.80	479.70	450013	9.00	20.97	710135	117.00	25.35	-
14	102	พายุโซนร้อน KIT (7432)	220.20	292.60	452.80	290072	20.00	22.94	710135	117.00	25.35	-

Chavana และ Srinivasa [9] ได้ศึกษาการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้สำหรับพื้นที่รับน้ำแม่น้ำมหานที ประเทศอินเดีย โดยวิธีประเมินจากพายุฝน (Storm Model) และวิธีทางสถิติของ Hershfield โดยใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดทั้งสิ้น 18 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำ ประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้สำหรับช่วงเวลา 1 วัน ทั้งสองวิธี และจัดทำแผนที่ PMP สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งพบว่า การประเมิน PMP โดยวิธีการของ Hershfield มีแนวโน้มที่จะให้ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้สูงกว่าวิธีประเมินจากพายุฝน

ตารางที่ 4 ค่าดรรชนีปรับแก้วิธีเคลื่อนย้ายพายุฝนไปยังพื้นที่รับน้ำเขื่อนรัชชประภา

ลำดับ	รหัสพายุ	ชื่อพายุฝน	ค่าปรับแก้เนื่องจาก												ค่าปรับแก้รวม (r_m)
			ความชื้น			สภาพภูมิประเทศ			ระยะทางจากทะเล			ละติจูด			
			ตำแหน่งที่ย้ายไป	ตำแหน่งพายุฝน	ค่าปรับแก้	ตำแหน่งที่ย้ายไป	ตำแหน่งพายุฝน	ค่าปรับแก้	ตำแหน่งที่ย้ายไป	ตำแหน่งพายุฝน	ค่าปรับแก้	ตำแหน่งที่ย้ายไป	ตำแหน่งพายุฝน	ค่าปรับแก้	
1	076	พายุดีเปรสชัน	84.52	56.96	1.48	147.09	94.90	1.55	100.00	100.00	1.00	84.93	93.90	0.90	2.08
2	083	พายุโซนร้อน RUTH (7026)	84.52	69.57	1.21	147.09	116.02	1.27	100.00	100.00	1.00	84.93	88.79	0.96	1.47
3	031	พายุโซนร้อน HARRIET (6225)	84.52	74.36	1.14	147.09	143.14	1.03	100.00	100.00	1.00	84.93	83.47	1.02	1.19
4	185	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4) -พายุไซโคลน "JAL" JAL(05B)	84.52	69.65	1.21	147.09	177.58	0.83	100.00	100.00	1.00	84.93	80.87	1.05	1.06
5	162	พายุไต้ฝุ่น "ลินดา" (LINDA 9728)	84.52	72.32	1.17	147.09	113.09	1.30	100.00	100.00	1.00	84.93	95.54	0.86	1.35
6	164	พายุโซนร้อน "จิล" (GIL 9717)	84.52	64.84	1.30	147.09	145.24	1.01	100.00	100.00	1.00	84.93	83.54	1.02	1.34
7	107	พายุดีเปรสชัน	84.52	69.01	1.22	147.09	145.94	1.01	100.00	100.00	1.00	84.93	81.56	1.04	1.29
8	174	พายุไต้ฝุ่น "หมุ่ยฟ้า" (MAIFA 0425)	84.52	66.78	1.27	147.09	148.77	0.99	100.00	100.00	1.00	84.93	86.96	0.98	1.22
9	145	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)	84.52	70.00	1.21	147.09	90.41	1.63	100.00	100.00	1.00	84.93	92.02	0.92	1.81
10	152	พายุดีเปรสชัน 3 (TD 3)	84.52	73.31	1.15	147.09	184.14	0.80	100.00	100.00	1.00	84.93	81.81	1.04	0.96
11	153	พายุไต้ฝุ่น "แมนนี" (MANNY 9327)	84.52	75.52	1.12	147.09	184.14	0.80	100.00	100.00	1.00	84.93	81.81	1.04	0.93
12	166	พายุดีเปรสชัน 4	84.52	70.93	1.19	147.09	189.30	0.78	100.00	100.00	1.00	84.93	85.51	0.99	0.32
13	097	พายุโซนร้อน SARAH (7319)	84.52	56.80	1.49	147.09	90.41	1.63	100.00	100.00	1.00	84.93	92.02	0.92	2.23
14	102	พายุโซนร้อน KIT (7432)	84.52	67.14	1.26	147.09	158.84	0.93	100.00	100.00	1.00	84.93	83.25	1.02	1.19

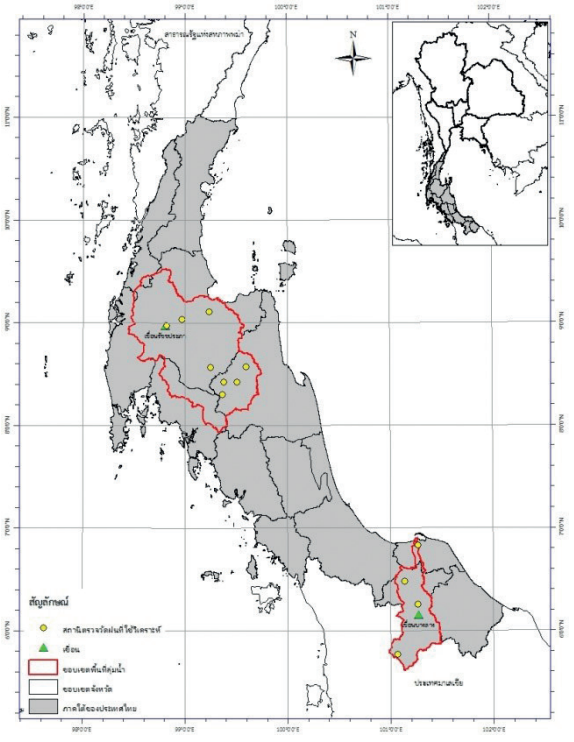
ตารางที่ 5 ค่าดรรชนีปรับแก้วิธีเคลื่อนย้ายพายุฝนไปยังพื้นที่รับน้ำเขื่อนบางลาง

ลำดับ	รหัสพายุ	ชื่อพายุฝน	ค่าปรับแก้เนื่องจาก												ค่าปรับแก้รวม (r_m)
			ความชื้น			สภาพภูมิประเทศ			ระยะทางจากทะเล			ละติจูด			
			ตำแหน่งที่ย้ายไป	ตำแหน่งพายุฝน	ค่าปรับแก้	ตำแหน่งที่ย้ายไป	ตำแหน่งพายุฝน	ค่าปรับแก้	ตำแหน่งที่ย้ายไป	ตำแหน่งพายุฝน	ค่าปรับแก้	ตำแหน่งที่ย้ายไป	ตำแหน่งพายุฝน	ค่าปรับแก้	
1	076	พายุดีเปรสชัน	80.59	56.96	1.41	108.09	94.90	1.14	100.00	100.00	1.00	77.91	93.90	0.83	1.34
2	083	พายุโซนร้อน RUTH (7026)	80.59	69.57	1.16	108.09	116.02	0.93	100.00	100.00	1.00	77.91	88.79	0.88	0.95
3	031	พายุโซนร้อน HARRIET (6225)	80.59	74.36	1.08	108.09	143.14	0.76	100.00	100.00	1.00	77.91	83.47	0.93	0.76
4	185	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4) -พายุไซโคลน "JAL" JAL(05B)	80.59	69.65	1.16	108.09	177.58	0.61	100.00	100.00	1.00	77.91	80.87	0.96	0.68
5	162	พายุไต้ฝุ่น "ลินดา" (LINDA 9728)	80.59	72.32	1.11	108.09	113.09	0.96	100.00	100.00	1.00	77.91	95.54	0.82	0.87
6	164	พายุโซนร้อน "จิล" (GIL 9717)	80.59	64.84	1.24	108.09	145.24	0.74	100.00	100.00	1.00	77.91	83.54	0.93	0.86
7	107	พายุดีเปรสชัน	80.59	69.01	1.17	108.09	145.94	0.74	100.00	100.00	1.00	77.91	81.56	0.96	0.83
8	174	พายุไต้ฝุ่น "หมุ่ยฟ้า" (MAIFA 0425)	80.59	66.78	1.21	108.09	148.77	0.73	100.00	100.00	1.00	77.91	86.96	0.90	0.79
9	145	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)	80.59	70.00	1.15	108.09	90.41	1.20	100.00	100.00	1.00	77.91	92.02	0.85	1.17
10	152	พายุดีเปรสชัน 3 (TD 3)	80.59	73.31	1.10	108.09	184.14	0.59	100.00	100.00	1.00	77.91	81.81	0.95	0.61
11	153	พายุไต้ฝุ่น "แมนนี" (MANNY 9327)	80.59	75.52	1.07	108.09	184.14	0.59	100.00	100.00	1.00	77.91	81.81	0.95	0.60
12	166	พายุดีเปรสชัน 4	80.59	70.93	1.14	108.09	189.30	0.57	100.00	100.00	1.00	77.91	85.51	0.91	0.59
13	097	พายุโซนร้อน SARAH (7319)	80.59	56.80	1.52	108.09	90.41	1.20	100.00	100.00	1.00	77.91	92.02	0.85	1.44
14	102	พายุโซนร้อน KIT (7432)	80.59	67.14	1.20	108.09	158.84	0.68	100.00	100.00	1.00	77.91	83.25	0.94	0.76

สำหรับการศึกษานี้จะใช้ข้อมูลฝนสูงสุดของสถานีตรวจวัดฝนบริเวณพื้นที่รับน้ำเขื่อนรัชชประภา จำนวน 8 สถานี และพื้นที่รับน้ำเขื่อนบางลาง จำนวน 4 สถานี แสดงตำแหน่งของสถานีได้ดังรูปที่ 6 และแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 6

โดยในภายหลังวิธีทางสถิติได้มีการปรับปรุงโดย Hershfield [10] ซึ่งจะอยู่บนหลักการของสมการความถี่ทั่วไปของ Chow และคณะ [11] ดังสมการที่ (11)

$$X_t = \overline{x}_n + K.S_n \quad (11)$$



รูปที่ 6 สถานีตรวจวัดฝนที่ใช้สำหรับประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้โดยวิธีทางสถิติ

เมื่อ

X_t คือ ปริมาณฝนสำหรับคาบความถี่การเกิดซ้ำ t ปี

$\overline{x}_n$ คือ ค่าเฉลี่ยของชุดอนุกรม n ค่า ของค่าสูงสุดรายปี

S_n คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอนุกรม n ค่า ของค่าสูงสุดรายปี

K คือ ค่าทางสถิติ ของข้อมูลอุทกวิทยาด้วยการกระจายตัวของความถี่แบบต่างๆ

จากความหมายของ PMP คือ ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้นั้นมีรอบปีการเกิดซ้ำของปริมาณฝนหลายหมื่นปีขึ้นไป จึงให้ PMP แทนค่า X_t และค่า K ที่ใช้เป็นค่าสูงสุดของค่าทางสถิติ แทนด้วย K_m สามารถคำนวณได้จากสมการดังสมการที่ (12)

$$K_m^{(i)} = \frac{X_M^{(i)} - \overline{X_{n-1}^{(i)}}}{S_{n-1}^{(i)}} \quad , \; i = 1,2,3,...N \tag{12}$$

เมื่อ

$X_M^{(i)}$ คือ ปริมาณฝนสูงสุด

$X_{n\ 1}^{(i)}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล ตั้งแต่มีการบันทึกถึงปีที่พิจารณา โดยยกเว้นค่าสูงสุด

ตารางที่ 6 รายละเอียดสถานีตรวจวัดฝนที่ใช้สำหรับประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้โดยวิธีทางสถิติ

พื้นที่รับน้ำ	สภานีตรวจวัดปริมาณฝน				จำนวนข้อมูล	ค่าเฉลี่ยข้อมูล			ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล		
	รหัสสถานี	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด		1 วัน	2 วัน	3 วัน	1 วัน	2 วัน	3 วัน
เขื่อนรัชชประภา	270072	ฉวาง	ฉวาง	นครศรีธรรมราช	76	81.51	107.44	127.24	38.94	50.88	58.59
	270452	เขาพระ	พิปูน	นครศรีธรรมราช	28	89.35	126.26	151.43	32.10	53.50	72.54
	270502	ถ้ำพรรณรา	ถ้ำพรรณรา	นครศรีธรรมราช	13	56.22	78.99	91.99	23.50	36.49	44.59
	610315	เขาพัง	บ้านตาขุน	สุราษฎร์ธานี	14	94.45	128.59	145.65	38.10	64.89	70.88
	610082	อิปัน	พระแสง	สุราษฎร์ธานี	68	79.45	108.34	131.97	38.86	53.18	67.59
	610052	ท่าข้าม	พุนพิน	สุราษฎร์ธานี	73	101.13	134.04	151.74	59.73	76.24	84.09
	610092	พนม	พนม	สุราษฎร์ธานี	62	88.35	117.75	141.97	29.08	48.49	65.30
	310062	ท่าขนอน	คีรีรัฐนิคม	สุราษฎร์ธานี	77	93.53	130.24	155.85	68.93	92.88	118.06
เขื่อนบางลาง	710091	ยะหา	ยะหา	ยะลา	5	98.32	132.22	179.00	37.51	75.89	95.61
	710101	บาเจาะ	บันนังสตา	ยะลา	8	134.84	177.43	195.14	73.64	106.34	115.05
	710042	เบตง	เบตง	ยะลา	82	90.62	120.78	139.78	43.03	57.29	63.91
	330103	บาราเฮาะ	เมืองปัตตานี	ปัตตานี	46	135.95	187.20	219.94	56.05	85.99	94.58

$S_{n-1}^{(i)}$ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานของข้อมูล ตั้งแต่มีการบันทึกถึงปีที่พิจารณา โดยยกเว้นค่าสูงสุด

การนำไปใช้ โดยเลือกค่า K_m จากสมการที่ (13)

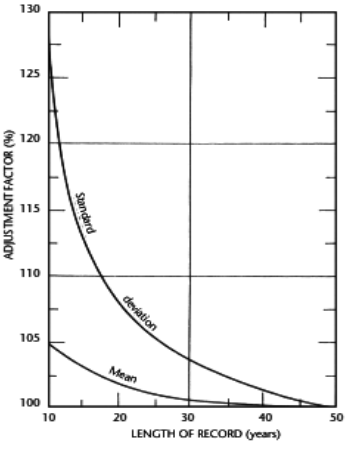
$$K_m^{(\max)} = \max_{i=1,2...,N}\left[K_m^{(i)}\right] \quad (13)$$

โดยแสดงค่า $K_m^{(\max)}$ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 7 จะได้ดังสมการที่ (14)

$$PMP = \overline{x}_n + K_m^{(\max)}.S_n \quad (14)$$

Hershfield [12] ได้ให้สมมุติฐานของชุดข้อมูลที่ความยาวต่างกัน พบว่า ขนาดข้อมูลที่บันทึกเป็นช่วงเวลาสั้น (ที่พบบ่อยไม่เกิน 30 ปี) ทำให้เกิดค่าผิดปกติ ซึ่งส่งผลกระทบต่อค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานของชุดข้อมูล โดยผลกระทบดังกล่าว จะน้อยลงเมื่อการบันทึกข้อมูลยาวขึ้น ซึ่งสามารถแสดงค่าเพื่อใช้เป็นค่าปรับแก้ค่าเฉลี่ย (F_1) และค่าปรับแก้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (F_2) ดังรูปที่ 7 จะได้สมการที่ (15)

$$PMP = (\overline{x}_n \times F_1) + K_m^{(\max)}.(S_n \times F_2) \quad (15)$$



รูปที่ 7 ค่าปรับแก้ค่าเฉลี่ย (F_1) และค่าปรับแก้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (F_2) สำหรับขนาดข้อมูลที่บันทึก ที่มา: Hershfield [12]

เมื่อ

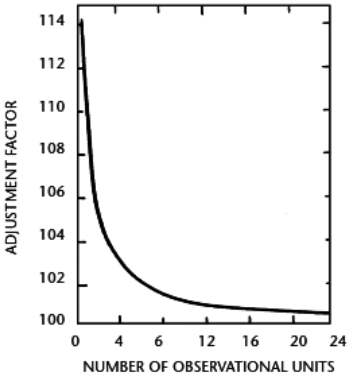
F_1 คือ ค่าปรับแก้ค่าเฉลี่ยเนื่องจากขนาดของข้อมูล

F_2 คือ ค่าปรับแก้ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานของชุดข้อมูลเนื่องจากขนาดของข้อมูล

Weiss [13] ได้ทำการศึกษา ค่าปรับแก้ที่ช่วงเวลาเนื่องจากโดยปกติจะมีข้อมูลปริมาณน้ำฝนสำหรับช่วงเวลาที่กำหนดเช่นเวลา 8.00 น. ถึง 8.00 น. (ทุกวัน 24 ชั่วโมง)

ตารางที่ 7 ค่าทางสถิติ $K_m^{(\max)}$ ที่ใช้ในการประเมินฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้โดยวิธีทางสถิติ

เขื่อน	สภานีตรวจวัดปริมาณฝน				ค่าทางสถิติ ($K_m^{(\max)}$)		
	รหัสสถานี	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	1 วัน	2 วัน	3 วัน
เขื่อนรัชชประภา	270072	ฉวาง	ฉวาง	นครศรีธรรมราช	4.95	8.73	11.07
	270452	เขาพระ	พิปูน	นครศรีธรรมราช	4.07	4.50	4.73
	270502	ถ้ำพรรณรา	ถ้ำพรรณรา	นครศรีธรรมราช	1.37	2.35	3.58
	610315	เขาพัง	บ้านตาขุน	สุราษฎร์ธานี	3.20	3.76	5.66
	610082	อิปัน	พระแสง	สุราษฎร์ธานี	4.39	5.70	6.42
	610052	ท่าข้าม	พุนพิน	สุราษฎร์ธานี	4.30	6.33	19.22
	610092	พนม	พนม	สุราษฎร์ธานี	4.08	6.31	16.97
	310062	ท่าขนอน	คีรีรัฐนิคม	สุราษฎร์ธานี	9.20	11.44	14.02
เขื่อนบางลาง	710091	ยะหา	ยะหา	ยะลา	2.43	4.41	6.26
	710101	บาเจาะ	บันนังสตา	ยะลา	6.04	6.85	8.89
	710042	เบตง	เบตง	ยะลา	5.48	7.03	7.12
	330103	บาราเฮาะ	เมืองปัตตานี	ปัตตานี	4.58	4.85	9.18



รูปที่ 8 ค่าปรับแก้ช่วงเวลาที่บันทึกข้อมูลฝน ที่มา: Weiss [13]

ข้อมูลตั้งแต่ 6.00 น. ถึง 12.00 น. (6 ชั่วโมง) และ 9.00 น. ถึง 10.00 น. (รายชั่วโมง) ข้อมูลเหล่านี้มักไม่ค่อยให้ปริมาณน้ำฝนสูงสุดที่แท้จริงสำหรับระยะเวลาที่ระบุไว้ ซึ่งสามารถแสดงค่าปรับแก้ที่ช่วงเวลา ดังรูปที่ 8
จะได้สมการที่ (16) ที่ใช้สำหรับการศึกษานี้

$$PMP = \left[(\overline{x}_n \times F_1) + K_m^{(\max)} . (S_n \times F_2) \right] \times F_3 \qquad (16)$$

เมื่อ F_3 คือ ค่าปรับแก้ช่วงเวลา

3. ผลการทดลอง

3.1 วิธีการเคลื่อนย้ายพายุฝน

จากการคัดเลือกพายุฝนสูงสุด 14 อันดับ ทำให้เป็นพายุฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ และทำการเคลื่อนย้ายพายุฝนที่คัดเลือกไปยังพื้นที่รับน้ำเขื่อนรัชชประภา และพื้นที่รับน้ำเขื่อนบางลาง จากนั้นทำการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้สำหรับช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน พบว่า พายุฝนที่ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้สูงสุด ได้แก่ พายุดีเปรสชัน รหัส 076 เกิดระหว่างวันที่ 31 ตุลาคม ถึงวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2512 เมื่อเคลื่อนย้ายไปยังเขื่อนรัชชประภา มีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ 1 วัน เท่ากับ 892.74 มิลลิเมตร 2 วัน เท่ากับ 1,254.45 มิลลิเมตร และ 3 วัน เท่ากับ 1,510.91 มิลลิเมตร และเมื่อเคลื่อนย้ายพายุฝนดังกล่าวไปยังเขื่อนบางลาง มีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ 1 วัน เท่ากับ 575.13 มิลลิเมตร 2 วัน เท่ากับ 808.15 มิลลิเมตร และ 3 วัน เท่ากับ 973.38 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถแสดงผลการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้โดยวิธีเคลื่อนย้ายพายุฝนของพายุฝนแต่ละลูก ไปยังพื้นที่รับน้ำเขื่อนรัชชประภา และพื้นที่รับน้ำเขื่อนบางลางได้ดังตารางที่ 8–9

ตารางที่ 8 ผลประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ โดยวิธีเคลื่อนย้ายพายุฝนไปยังพื้นที่รับน้ำเขื่อนรัชชประภา

ลำดับ	รหัสพายุ	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝนสูงสุด (มิลลิเมตร)			ค่าปรับแก้รวม (r_m)	ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มิลลิเมตร)		
			1 วัน	2 วัน	3 วัน		1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	076	พายุดีเปรสชัน	429.20	603.10	726.40	2.08	892.74	1,254.45	1,510.91
2	083	พายุโซนร้อน RUTH (7026)	420.80	511.00	569.00	1.47	618.58	751.17	836.43
3	031	พายุโซนร้อน HARRIET (6225)	390.80	394.60	402.00	1.19	465.05	469.57	478.38
4	185	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4) -พายุไซโคลน "JAL" JAL(05B)	372.80	530.20	568.50	1.06	395.17	562.01	602.61
5	162	พายุไต้ฝุ่น "ลินดา" (LINDA 9728)	338.50	339.70	339.70	1.35	456.98	458.60	458.60
6	164	พายุโซนร้อน "จิล" (GIL 9717)	330.90	399.30	429.80	1.34	443.41	535.06	575.93
7	107	พายุดีเปรสชัน	325.40	576.60	669.40	1.29	419.77	739.94	863.53
8	174	พายุไต้ฝุ่น "หมุ่ยฟ้า" (MAIFA 0425)	301.20	328.10	345.70	1.22	367.46	400.28	421.75
9	145	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)	296.90	311.70	320.20	1.81	537.39	564.18	579.56
10	152	พายุดีเปรสชัน 3 (TD 3)	294.20	374.10	394.90	0.96	282.43	539.14	379.10
11	153	พายุไต้ฝุ่น "แมนนี" (MANNY 9327)	238.70	421.40	461.80	0.93	221.99	391.90	429.47
12	166	พายุดีเปรสชัน 4	225.20	422.40	474.10	0.92	207.18	388.61	436.17
13	097	พายุโซนร้อน SARAH (7319)	193.90	307.80	479.70	2.23	432.40	686.39	1,069.73
14	102	พายุโซนร้อน KIT (7432)	220.20	292.60	452.80	1.19	262.04	348.19	538.83

ตารางที่ 9 ผลประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ โดยวิธีเคลื่อนย้ายพายุฝนไปยังพื้นที่รับน้ำเขื่อนบางลาง

ลำดับ	รหัสพายุ	ชื่อพายุฝน	ปริมาณฝนสูงสุด (มิลลิเมตร)			ค่าปรับแก้รวม (r_m)	ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มิลลิเมตร)		
			1 วัน	2 วัน	3 วัน		1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	076	พายุดีเปรสชัน	429.20	603.10	726.40	1.34	575.13	805.15	973.38
2	083	พายุโซนร้อน RUTH (7026)	420.80	511.00	569.00	0.95	399.76	485.45	540.55
3	031	พายุโซนร้อน HARRIET (6225)	390.80	394.60	402.00	0.76	297.01	299.90	305.52
4	185	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4) -พายุไซโคลน "JAL" JAL(05B)	372.80	530.20	568.50	0.68	535.50	360.54	386.58
5	162	พายุไต้ฝุ่น "ลินดา" (LINDA 9728)	338.50	339.70	339.70	0.87	294.50	295.54	295.54
6	164	พายุโซนร้อน "จิล" (GIL 9717)	330.90	399.30	429.80	0.86	284.57	343.40	369.63
7	107	พายุดีเปรสชัน	325.40	573.60	669.40	0.83	270.08	476.09	555.60
8	174	พายุไต้ฝุ่น "หมุ่ยฟ้า" (MAIFA 0425)	301.20	328.10	345.70	0.79	237.95	259.20	273.10
9	145	พายุดีเปรสชัน 4 (TD 4)	296.90	311.70	320.20	1.17	347.37	364.69	374.63
10	152	พายุดีเปรสชัน 3 (TD 3)	294.20	374.10	394.90	0.61	179.46	228.20	240.86
11	153	พายุไต้ฝุ่น "แมนนี" (MANNY 9327)	238.70	421.40	461.80	0.60	1143.22	254.84	277.08
12	166	พายุดีเปรสชัน 4	225.20	422.40	474.10	0.59	132.87	249.22	279.72
13	097	พายุโซนร้อน SARAH (7319)	193.90	307.80	479.70	1.44	279.22	443.23	690.77
14	102	พายุโซนร้อน KIT (7432)	220.20	292.60	452.80	0.76	167.35	222.38	344.13

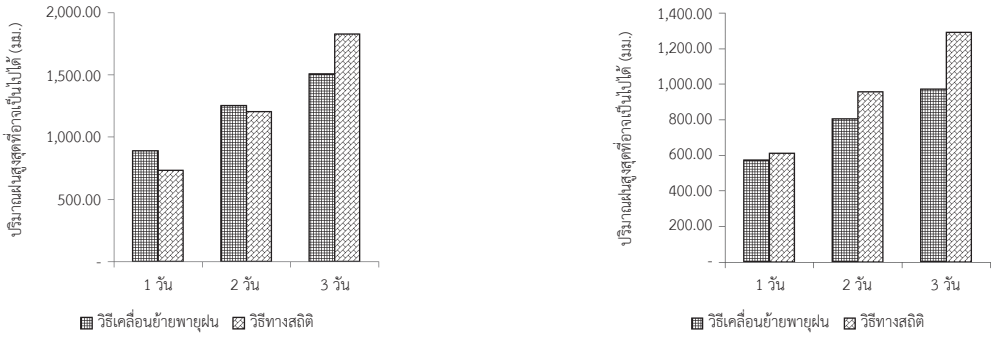
ตารางที่ 10 ผลประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ โดยวิธีทางสถิติ บริเวณพื้นที่รับน้ำเขื่อนรัชชประภา และพื้นที่รับน้ำเขื่อนบางลาง

เขื่อน	รหัสสถานี	ค่าต่างๆ ของข้อมูล										ค่าปรับแก้			ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มิลลิเมตร)		
		n	1 วัน			2 วัน			3 วัน								
			$\bar{x}_n$	$K_m^{(max)}$	S_n	$\bar{x}_n$	$K_m^{(max)}$	S_n	$\bar{x}_n$	$K_m^{(max)}$	S_n	F_1	F_2	F_3	1 วัน	2 วัน	3 วัน
เขื่อนรัชชประภา	270072	76	81.51	4.95	38.94	107.44	8.73	50.88	127.24	11.07	58.59	1.000	1.000	1.01	276.94	557.33	783.77
	270452	28	89.35	4.07	32.10	126.26	4.50	53.50	151.43	4.73	72.54	1.003	1.031	1.01	226.60	378.74	511.00
	270502	13	56.22	1.37	23.50	78.99	2.35	36.49	91.99	3.58	44.59	1.006	1.052	1.01	91.37	171.47	262.94
	610315	14	94.45	3.20	38.10	128.59	3.76	64.89	145.65	5.66	70.88	1.006	1.050	1.01	225.18	389.69	573.76
	610082	68	79.45	4.39	38.86	108.34	5.70	53.18	131.97	6.42	67.59	1.000	1.000	1.01	252.51	415.36	571.76
	610052	73	101.13	4.30	59.73	134.04	6.33	76.24	151.74	19.22	84.09	1.000	1.000	1.01	361.82	623.13	1,785.63
	610092	62	88.35	4.08	29.08	117.75	6.31	48.49	141.97	16.97	65.30	1.000	1.000	1.01	209.00	427.85	1,262.42
	310062	77	93.53	9.20	68.93	130.24	11.44	92.88	155.85	14.02	118.06	1.000	1.000	1.01	374.90	1,205.13	1,829.36
เขื่อนบางลาง	710091	5	98.32	2.43	37.51	132.22	4.41	75.89	179.00	6.26	95.61	1.008	1.063	1.01	197.99	493.53	825.13
	710101	8	134.84	6.04	73.64	177.43	6.85	106.34	195.14	8.89	115.05	1.007	1.059	1.01	612.80	960.06	1,292.97
	710042	82	90.62	5.48	43.03	120.78	7.03	57.29	139.78	7.12	63.91	1.000	1.000	1.01	329.53	528.87	600.51
	330103	46	135.95	4.58	56.05	187.20	4.85	85.99	219.94	9.18	94.58	1.000	1.006	1.01	398.14	612.74	1,104.77

3.2 วิธีทางสถิติ

จากข้อมูลฝนสูงสุดของสถานีตรวจวัดฝน ในบริเวณพื้นที่รับน้ำเขื่อนรัชชประภา จำนวน 8 สถานี และพื้นที่รับน้ำเขื่อนบางลาง จำนวน 4 สถานี คำนวณค่าเฉลี่ยของข้อมูล ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน และค่าทางสถิติ จากนั้นทำการประเมินฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ ตามคำแนะนำ WMO [1]

พบว่า สถานีวัดน้ำฝนที่ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้สูงสุดของเขื่อนรัชชประภา ได้แก่ สถานีรหัส 610062 ตำบลท่าขนอน อำเภอคีรีรัฐนิคม จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยมีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ 1 วัน เท่ากับ 734.90 มิลลิเมตร 2 วัน เท่ากับ 1,205.13 มิลลิเมตร 3 วัน เท่ากับ 1,829.36 มิลลิเมตร และสถานีวัดน้ำฝนที่ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้สูงสุดของเขื่อนบางลาง ได้แก่ สถานีรหัส 710101 ตำบลบาเจาะ อำเภอบันนังสตา จังหวัดยะลา โดยมีค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ 1 วัน เท่ากับ 612.80 มิลลิเมตร 2 วัน เท่ากับ 960.06 มิลลิเมตร 3 วัน เท่ากับ 1,292.97 มิลลิเมตร ซึ่งแสดงผลการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้แต่ละสถานีดังตารางที่ 10



(ก) เขื่อนรัชชประภา (ข) เขื่อนบางลาง

รูปที่ 9 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ทั้ง 2 วิธี ของเขื่อนรัชชประภาและเขื่อนบางลาง สำหรับช่วงเวลา 1, 2 และ 3 วัน โดย (ก) เขื่อนรัชชประภา และ (ข) เขื่อนบางลาง

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ทั้ง 2 วิธี ของเขื่อนรัชชประภา และเขื่อนบางลาง

เขื่อน	วิธีเคลื่อนย้ายพายุฝน			วิธีทางสถิติ			ร้อยละความแตกต่าง		
	1 วัน	2 วัน	3 วัน	1 วัน	2 วัน	3 วัน	1 วัน	2 วัน	3 วัน
เขื่อนรัชชประภา	892.74	1,254.45	1,510.91	743.90	1,205.13	1,829.36	–17.68	–3.93	21.08
เขื่อนบางลาง	575.13	808.15	973.38	612.80	960.06	1,292.97	6.55	18.80	21.83

หมายเหตุ: ร้อยละเป็น ลบ (–) คือ PMP โดยวิธีทางสถิติ น้อยกว่า PMP โดยวิธีการเคลื่อนย้ายพายุฝน
ร้อยละเป็น บวก (+) คือ PMP โดยวิธีทางสถิติ มากกว่า PMP โดยวิธีการเคลื่อนย้ายพายุฝน

3.3 การเปรียบเทียบผลระหว่างวิธีการเคลื่อนย้ายพายุฝนและวิธีทางสถิติ

เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ทั้ง 2 วิธี พบว่าที่เขื่อนรัชชประภา วิธีทางสถิติมีปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้น้อยกว่าวิธีการเคลื่อนย้ายพายุฝน โดยมีปริมาณฝนลดลงที่ช่วงเวลา 1 และ 2 วัน เท่ากับ 157.84, 49.32 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละความแตกต่าง 17.68, 3.93 ตามลำดับ ในขณะที่ช่วงเวลา 3 วัน วิธีทางสถิติมีปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้มากกว่าวิธีการเคลื่อนย้ายพายุฝน โดยมีปริมาณฝนเพิ่มขึ้น 318.45 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละความแตกต่าง 21.08 สำหรับที่เขื่อนบางลางพบว่า วิธีทางสถิติจะให้ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้มากกว่าวิธีการเคลื่อนย้ายพายุฝน โดยมีปริมาณฝนเพิ่มขึ้นที่ช่วงเวลา 1, 2 และ 3 วัน เท่ากับ 37.67, 151.91 และ319.59 มิลลิเมตร คิดเป็นนร้อยละความแตกต่าง 6.55, 18.80 และ 32.83 ตามลำดับ โดยแสดงการเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 11 และเปรียบเทียบแบบแผนภูมิแท่งดังรูปที่ 9

3.4 เปรียบเทียบผลการศึกษานี้กับผลการศึกษาในอดีต

จากรายงานความเป็นไปได้ของโครงการแม่น้ำปัตตานี SPI [14] ได้ศึกษาผลประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนรัชชประภา มีค่า PMP เท่ากับ 1,119 มิลลิเมตร จากพายุฝนวันที่ 2–6 มกราคม พ.ศ. 2510 มีศูนย์กลางพายุใกล้เมืองโกตาบารู ประเทศมาเลเซีย ย้ายมาที่ตั้งเขื่อน ในขณะที่ผลประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนรัชชประภา เมื่อทำการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ จากพายุที่ให้ค่าฝนสูงสุด (พายุดีเปรสชันรหัส 076) วันที่ 31 ตุลาคม – 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2512 มีศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จะได้ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้เท่ากับ 1,510.91 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่า PMP เพิ่มขึ้นจากเดิม 392 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 35.02 ในขณะที่ผลการประเมิน PMP โดยวิธีทางสถิติ เกิดจากปริมาณฝนของสถานีรหัส 610062 ตั้งอยู่ที่ตำบลท่าขนอน อำเภอคีรีรัฐนิคม จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีค่าเท่ากับ 1,829.36 มิลลิเมตร เพิ่มขึ้นจากเดิม 710.36 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 63.48

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบระหว่างผลการประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ที่ได้จากการศึกษานี้กับผลการศึกษาเดิมในอดีต

เขื่อน	ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (มิลลิเมตร)			ร้อยละความแตกต่างจากผลการศึกษาเดิม	
	การศึกษาเดิม	วิธีการเคลื่อนย้ายพายุฝน	วิธีทางสถิติ	วิธีการเคลื่อนย้ายพายุฝน	วิธีทางสถิติ
เขื่อนรัชชประภา	1,119.00	1,510.91	1,829.36	35.02	63.48
เขื่อนบางลาง	1,056.00	973.38	1,292.97	7.86	22.44

สำหรับผลประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ในอดีตของเขื่อนบางลาง มีค่าเท่ากับ 1,056 มิลลิเมตร จากพายุฝนวันที่ 2–6 มกราคม พ.ศ. 2510 มีศูนย์กลางพายุใกล้เมืองโกตาบารู ประเทศมาเลเซีย ย้ายมาที่ตั้งเขื่อน ในขณะที่ผลประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนบางลางเมื่อทำการประเมินปริมาณจากพายุที่ให้ค่าฝนสูงสุด (พายุดีเปรสชันรหัส 076) วันที่ 31 ตุลาคม – 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2512 มีศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จะได้ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้เท่ากับ 973.38 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่า PMP ลดลงจากเดิม 83 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 7.86 ในขณะที่ผลการประเมิน PMP โดยวิธีทางสถิติ เกิดจากปริมาณฝนของสถานีรหัส 710101 ตำบลบาเจาะ อำเภอบันนังสตา จังหวัดยะลา มีค่าเท่ากับ 1,292.97 มิลลิเมตร เพิ่มขึ้นจากเดิม 237 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 22.44 โดยแสดงการเปรียบเทียบผลและร้อยละความแตกต่างระหว่างปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้จากการศึกษานี้กับการศึกษาในอดีตได้ดังตารางที่ 12

4. อภิปรายผลและสรุป

จากการศึกษา การหาปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ในพื้นที่เขื่อนรัชชประภา จังหวัดสุราษฎร์ธานี และเขื่อนบางลาง จังหวัดยะลา โดยวิธีการเคลื่อนย้ายพายุฝน และวิธีทางสถิติ สามารถสรุปได้ดังนี้

1) พายุฝนที่ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้สูงสุดเมื่อเคลื่อนย้ายไปยังเขื่อนรัชชประภา และเขื่อนบางลาง ได้แก่ พายุดีเปรสชันรหัส 076 เกิดระหว่างวันที่ 31 ตุลาคม ถึงวันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2512 โดยมีศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

2) สถานีตรวจวัดฝนที่ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้สูงสุดของเขื่อนรัชชประภาโดยวิธีทางสถิติ ได้แก่ สถานีรหัส 610062 ตำบลท่าขนอน อำเภอคีรีรัฐนิคม จังหวัดสุราษฎร์ธานี และสถานีตรวจวัดฝนที่ให้ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้สูงสุดของเขื่อนบางลาง ได้แก่ สถานีรหัส 710101 ตำบลบาเจาะ อำเภอบันนังสตา จังหวัดยะลา

3) เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 วิธี พบว่า ปริมาณฝนที่อาจเป็นไปได้สูงสุดโดยวิธีทางสถิติ ส่วนใหญ่จะให้ค่าปริมาณฝนที่มากกว่าวิธีเคลื่อนย้ายพายุ เนื่องจากพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย อาจเกิดปริมาณฝนโดยมากมาจากอิทธิพลของร่องความกดอากาศต่ำในพื้นที่ มากกว่าพายุฝนที่พัดผ่านพื้นที่

4) เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษานี้กับผลการศึกษาในอดีตพบว่า ปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ที่ทำการศึกษานี้มีค่ามากกว่าผลการศึกษาเดิม เนื่องจากการศึกษาในอดีตใช้ฝนจากพายุฝนวันที่ 2–6 มกราคม พ.ศ. 2510 ซึ่งมีศูนย์กลางใกล้เมืองโกตาบารู ประเทศมาเลเซีย ย้ายมาที่ตั้งเขื่อน เพื่อประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ แต่สำหรับการศึกษานี้ประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้จากพายุดีเปรสชันรหัส 076 เกิดระหว่างวันที่ 31 ตุลาคม ถึง 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2512 โดยมีศูนย์กลางใกล้กับ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ทั้งการวิเคราะห์ปริมาณฝนสถานี 610062 ตั้งอยู่ที่ตำบลท่าขนอน อำเภอคีรีรัฐนิคม จังหวัดสุราษฎร์ธานี และสถานี 710101 ตำบลบาเจาะ อำเภอบันนังสตา จังหวัดยะลา โดยวิธีทางสถิติ ซึ่งอาจทำให้ผลการวิเคราะห์ในครั้งนี้มีค่าแตกต่างจากผลศึกษาในอดีต อย่างไรก็ตาม ค่าปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ ที่ประเมินได้สูงกว่าค่าที่ใช้ออกแบบเดิมอยู่มาก แต่ยังไม่สามารถสรุปได้ว่า ค่า PMP ที่ประเมินได้จะทำให้เกิดปริมาณน้ำหลากที่เกินความสามารถในการระบายน้ำของเขื่อนหรือไม่ สำหรับค่า PMP ที่เหมาะสมต่อการนำไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ โดยทั่วไปจะเลือกค่าที่สูงสุดเพื่อให้การออกแบบอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนมี

ความปลอดภัยสูงสุดในกรณีที่เกิดภาวะวิกฤติสุด (Extreme Flood Event) ดังนั้น ควรมีการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อตรวจสอบความสามารถในการระบายน้ำออกจากเขื่อนต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กรมชลประทาน ที่อนุเคราะห์ข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดรายวัน ขอขอบคุณ กรมอุตุนิยมวิทยา ที่อนุเคราะห์ข้อมูลพายุ และข้อมูลอุณหภูมิจุดน้ำค้าง ซึ่งเป็นประโยชน์แก่งานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ การไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.) ที่ให้ความอนุเคราะห์ทุนสนันสนุนงานวิจัยนี้ ตลอดระยะเวลาดำเนินงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

[1] WMO, "Manual on Estimation of Probable Maximum Precipitation (PMP)," Geneva, Switzerland, WMO Report No. 1045, 2009.

[2] C. Jothityangkoon, C. Hirunteeyakul, K. Boonrawd, and M. Sivapalan, "Assessing the impact of climate and land use changes on extreme floods in a large tropical catchment," *Journal of Hydrology*, vol. 490, pp. 88–105, 2013.

[3] Thai Meteorological Department. (2017). Tropical cyclone in Thailand. Thai Meteorological Department. Bangkok, Thailand [Online] Available: https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=24

[4] P. Aueteerasarun, K. Sukosi, C. Thepprasit, and N. Marjang, "Probable maximum precipitation and probable maximum flood," in *Proceedings THAICID NATIONAL SYMPOSIUM*, Bangkok, 2018, pp. 92–102 (in Thai).

[5] N. Wangwongwiroj and C. Khemngoen, "Probable maximum precipitation for northern and northeastern parts of Thailand," *KMUTT Research and Development Journal*, vol. 40, no. 2, pp. 255–270, 2017 (in Thai).

[6] E. M. Hansen, F. K. Schwarz, and J. T. Riedel, "Probable maximum precipitation estimates, Colorado River and Great Basin drainages," U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., hydrometeorological Report No. 49, 1984.

[7] Hydrometeorological Branch Office of Hydrology Weather Bureau, "Probable Maximum Precipitation, Mekong River Basin," U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., hydrometeorological Report No. 46, 1970.

[8] W.M. Gray, "Global view of the origin of tropical disturbances and storms," *Monthly Weather Review*, vol. 96, no. 10, pp. 669–700, 1968.

[9] S. R. Chavana and V. V. Srinivasa, "Probable maximum precipitation estimation for catchments in Mahanadi river basin," *Aquatic Procedia*, vol. 4, 2015, pp. 892–899.

[10] D. M. Hershfield, "Method for estimating probable maximum rainfall," *Journal American Water Works Association*, vol. 57, no. 8, pp. 965–972, 1965.

[11] V.T. Chow, D.R. Maidment, and L.W. Mays, "Frequency analysis," in *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, Inc., 1988, pp. 389–391.

[12] D. M. Hershfield, "Estimating the probable maximum precipitation," *Journal of the Hydraulic Division*, vol. 87, no. 5, pp. 99–116, 1961.

[13] L. L. Weiss, "Ratio of true to fixed interval maximum rainfall," *Journal of the Hydraulics Division*, vol. 90, no. 1, pp. 77–82, 1964.

[14] Sverdrup & Parcel International, Inc., "Pattani River Project Feasibility," Royal Irrigation Department, Thailand, 1969.