

นิพนธ์ต้นฉบับ

การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะการตกของฝนโดยใช้วิธีการและจำนวนสถานีที่แตกต่างกัน
บริเวณลุ่มน้ำแม่สาตอนบน อำเภอแม่อริม จังหวัดเชียงใหม่

Characterization of Rainfall in the Upper Mae Sa Watershed, Mae Rim District,
Chiang Mai Province

สุธาสินี เพชรหาญ

Suthasinee Petchhan

ชัชชัย ตันตสิรินทร์*

Chatchai Tantasirin*

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: fforcct@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 16 พฤษภาคม 2566

รับแก้ไข 27 มิถุนายน 2566

รับลงพิมพ์ 3 กรกฎาคม 2566

ABSTRACT

Rainfall characteristics are essential for a watershed and its water resource management. Results can vary depending on the method and the number of stations used for analyzing the areal rainfall. The objective of this study was to compare the rainfall characteristics including number of storm and days, duration, intensity, and the amount as indicated by different methods. The methods used to calculate the various characteristics were Thiessen polygon (TP) based on observed data from 11 stations and arithmetic mean (AM) based on observed data from 11, 5, 3 and 1 station(s). Data were measured from 2005 to 2012 using automatic recording rain gauges. Using TP, the results indicated that the variation in the daily number of storms calculated using one station was different stations. Monthly, mean monthly, and annual variations in the daily number of storms were not different. The rainfall intensity and duration estimated using different methods and the number of stations were not similar. The daily, monthly, and mean monthly number of rainy days were not different while the annual variation calculated using AM on data measured from three stations and a downstream station were not the same. The daily rainfall amount calculated using one station was different from that estimated using TP, while the monthly, mean monthly, and annual changes were not different. We conclude that to characterize the rainfall in a given area, the appropriate number of rainfall stations should not be less than three, which should be located at different elevations at the upper, middle, and downstream area of a watershed.

Keywords: Areal rainfall; Number of rain station; Rainfall characteristic; Upper Mae Sa watershed

บทคัดย่อ

ข้อมูลลักษณะเฉพาะการตกของฝนมีความสำคัญต่อการวางแผนจัดการลุ่มน้ำและทรัพยากรน้ำ การใช้วิธีการและจำนวนสถานีในการวิเคราะห์เพื่อเป็นค่าฝนเชิงพื้นที่ที่ต่างกันอาจมีผลต่อค่าที่คำนวณได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบลักษณะเฉพาะการตกของฝน ได้แก่ จำนวนครั้ง จำนวนวัน ความยาวนาน ความหนักเบา และปริมาณ ที่คำนวณจากวิธีหลายเหลี่ยมของทิสเสนที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11 สถานี (TP) กับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิต (AM) ที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี โดยรวบรวมข้อมูลจากเครื่องวัดแบบบันทึกอัตโนมัติชนิดถ้วยกระต่ายระหว่างปี พ. ศ. 2548 – 2555 ผลการศึกษา พบว่า ความผันแปรของจำนวนครั้งที่ฝนตกรายวันที่คำนวณจากการใช้ข้อมูลเพียง 1 สถานี มีความแตกต่างกับการใช้วิธี TP ส่วนความผันแปรรายเดือน รายเดือนเฉลี่ย และรายปีไม่มีความแตกต่างกัน ความหนักเบาและความยาวนานของการตกของฝนมีความแตกต่างกันเมื่อใช้วิธีการและจำนวนสถานีที่แตกต่างกัน ความผันแปรของจำนวนวันที่ฝนตกรายเดือน และรายเดือนเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ส่วนรายปีมีความแตกต่างกับวิธี AM เฉพาะกรณีที่ใช้ข้อมูลจำนวน 3 และ 1 สถานีที่เป็นสถานีปลายน้ำ ความผันแปรของปริมาณน้ำฝนรายวันที่คำนวณจากการใช้ข้อมูลเพียง 1 สถานี มีความแตกต่างกับการใช้วิธี TP ส่วนปริมาณน้ำฝนรายเดือน รายเดือนเฉลี่ยและรายปีไม่มีความแตกต่าง จำนวนสถานีที่เหมาะสมคืออย่างน้อย 3 สถานีที่ตั้งกระจายครอบคลุมทั้งพื้นที่และระดับความสูงของพื้นที่ลุ่มน้ำตั้งแต่ตอนบน กลาง และ ปลายน้ำ

คำสำคัญ: น้ำฝนเชิงพื้นที่ จำนวนสถานีวัดการตกของฝน ลักษณะเฉพาะการตกของฝน ลุ่มน้ำแม่สาตอนบน

คำนำ

ฝนเป็นปัจจัยสำคัญที่เข้าสู่ระบบนิเวศลุ่มน้ำ ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการนำไปใช้เพื่อการบริโภค อุปโภค การเกษตรกรรม หรืออุตสาหกรรม นอกจากนั้น ฝนยังเป็นดัชนีที่บ่งบอกการเกิดภัยธรรมชาติต่าง ๆ เช่นการเกิดน้ำท่วม ภัยแล้ง และการชะล้างพังทลายของดิน หากมีมากไปหรือน้อยไปอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อพืชผลทางการเกษตร ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำดื่ม น้ำใช้ และทำให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน ซึ่งภัยพิบัติเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะเกิดความรุนแรงมากขึ้นและบ่อยครั้งมากขึ้น

การตรวจวัดการตกของฝนในประเทศไทยส่วนใหญ่ติดตั้งสถานีวัดอยู่บริเวณที่ราบ แต่ในบริเวณพื้นที่ต้นน้ำลำธาร ซึ่งมีสภาพภูมิประเทศเป็นภูเขา มักไม่มีการติดตั้งสถานีวัดการตกของฝนหรืออาจมีแต่ค่อนข้างน้อยและมีการกระจายไม่สม่ำเสมอ ทำให้การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะการตกของฝนเพื่อใช้เป็นค่าฝนเชิงพื้นที่ (areal rainfall) ได้แก่ จำนวนครั้ง ความยาวนาน ความหนักเบา จำนวนวัน และปริมาณน้ำฝน เพื่อนำไปศึกษาด้านอื่น ๆ เช่น การไหลของน้ำในลำธาร การชะล้างพังทลายของดิน ต้องใช้ข้อมูลจากสถานีที่มีตำแหน่งและจำนวนที่ไม่เหมาะสม ซึ่งอาจส่งผลให้ได้ผลการศึกษาไม่สอดคล้องหรือมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องงบประมาณทำให้ไม่สามารถติดตั้งเครื่องวัดการตกของฝนกระจายทั่วทั้งพื้นที่ได้อย่างเพียงพอ

พื้นที่ลุ่มน้ำแม่สาตอนบนมีขนาดพื้นที่ประมาณ 75 ตารางกิโลเมตร มีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงชัน สลับซับซ้อน มีกิจกรรมการใช้ที่ดินหลากหลาย ซึ่งลักษณะดังกล่าวมีความใกล้เคียงกับพื้นที่ลุ่มน้ำโดยทั่วไปทางภาคเหนือ ในพื้นที่ลุ่มน้ำนี้มีโครงการวิจัยที่ติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝนแบบบันทึกอัตโนมัติกระจายทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ จำนวน 11 สถานี ซึ่งนับว่ามีความหนาแน่นของจำนวนเครื่องวัดน้ำฝนต่อพื้นที่คิดเป็น 6.8 ตารางกิโลเมตร/สถานี สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization, 1976) และมีการตรวจวัดข้อมูลต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนานช่วงเวลานานหนึ่ง ซึ่งสามารถนำมาศึกษาความแตกต่างกันของผลการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะการตกของฝนที่เกิดจากการใช้วิธีการและจำนวนสถานีที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ในพื้นที่ลุ่มน้ำนี้ยังไม่มีการศึกษาลักษณะเฉพาะการตกของฝนโดยใช้วิธีการและจำนวนสถานีที่แตกต่างกัน ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะการตกของฝน และเปรียบเทียบผลที่เกิดจากการใช้วิธีการและจำนวนสถานีที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ผลการศึกษาที่ได้จะเป็นประโยชน์และเป็นแนวทางในการกำหนดวิธีการจำนวนและตำแหน่งที่ตั้งสถานีตรวจวัดการตกของฝนเพื่อเป็นตัวแทนที่ในการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะการตกของฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำทางภาคเหนือที่มีลักษณะใกล้เคียงกันกับพื้นที่ศึกษานี้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำแม่สาตอนบนอยู่ในอำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ มีอาณาเขตติดต่อกับอำเภอสะเมิงและอำเภอหางดง มีขนาดพื้นที่ประมาณ 75 ตารางกิโลเมตร (Figure 1) ลักษณะพื้นที่เป็นภูเขาที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 500 – 1,300 เมตร ทิศตะวันออกเป็นเนินเขาและที่ราบหุบเขามีแม่น้ำแม่สาไหลผ่านไปบรรจบกับแม่น้ำปิงที่ตำบลสบสา สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าไม้อยู่ในเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติ-สุเทพ-ปุย เป็นป่าหลากหลายชนิดและพันธุ์พืชผสมผสานกันเป็นบริเวณกว้าง ได้แก่ ป่าดิบเขา ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ และทุ่งหญ้า (Land Development Department, 2000) บริเวณพื้นที่ราบมีการทำการเกษตรต่าง ๆ รวมทั้งการปลูกไม้ยืนต้น ไม้ดอก และพืชสวน (Ziegler *et al.*, 2011) สภาพ

อากาศในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่สาจัดเป็นแบบมรสุมเขตร้อน (tropical monsoon) ซึ่งประกอบด้วยฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยฤดูฝนได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งพัดพาเอาความชื้นขึ้นมาจากทะเลจีนใต้จึงทำให้ฝนตกชุกตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม โดยร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำฝนทั้งหมด ตกลงมาในเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ปริมาณน้ำฝนมีความแตกต่างกันตั้งแต่ 1,200 – 2,000 มิลลิเมตร ส่วนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอื่นๆ สามารถเกิดพายุขนาดใหญ่ในพื้นที่ได้ โดยทั่วไปพายุมีต้นกำเนิดจากมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือหรือทะเลจีนใต้ โดนส่วนใหญ่เกิดในเดือนสิงหาคมถึงตุลาคม (Wood and Ziegler, 2008) ฤดูหนาวได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งพัดพาความกดอากาศสูงมาจากประเทศจีนจึงทำให้อากาศหนาวเย็น และฤดูแล้งเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ (Amatayakul and Chomtha, 2013)

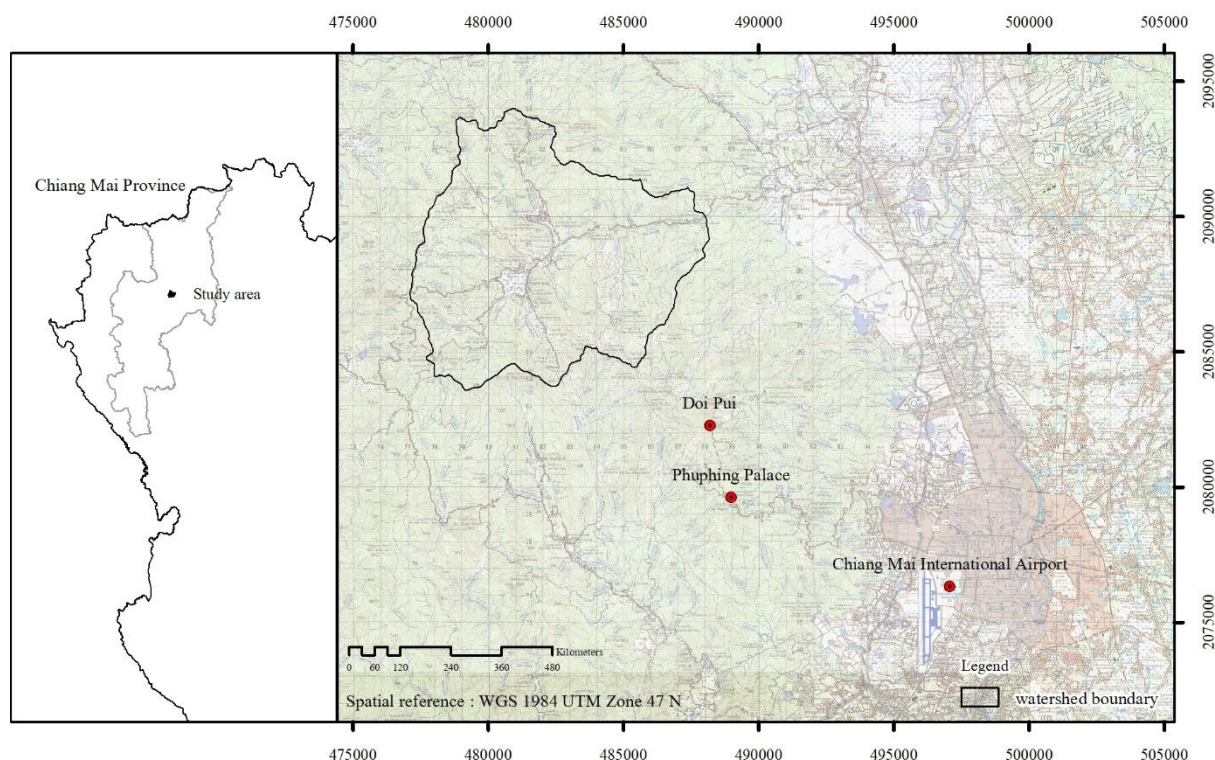


Figure 1 Upper Mae Sa Watershed located in the Mae Rim district, Chiang Mai province.

การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะการตกของฝน

1. การรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้รวบรวมข้อมูลการตกของฝน ซึ่งบันทึกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 – 2555 (ค.ศ. 2005 – 2012) จากเครื่องวัดน้ำฝนมาตรฐานแบบบันทึกอัตโนมัติชนิดถ้วยกระดก (tipping

bucket automatic recording standard rain gauge ข้อมูลที่เครื่องบันทึกไว้คือวันที่และเวลาที่ถ้วยวัดน้ำฝนกระดกแต่ละครั้ง) ที่ติดตั้งบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่สาตอนบน จำนวน 11 สถานี กระจายในพื้นที่ลุ่มน้ำและตั้งอยู่ที่ระดับความสูงจากน้ำทะเลแตกต่างกัน เพื่อให้ครอบคลุมอิทธิพลของฝนซึ่ง

ผันแปรตามลักษณะภูมิประเทศ (Didier *et al.*, 2016) (Figure 2) ซึ่งข้อมูลทั้ง 11 สถานีเป็นช่วงเวลาเดียวกัน และเป็นข้อมูลที่ได้จากการดำเนินการภายใต้โครงการวิจัยร่วมระหว่างนักวิจัยภาคิวนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และนักวิจัยมหาวิทยาลัยแห่งชาติสิงคโปร์

2. การแยกการตกของฝนแต่ละครั้ง

การแยกการตกของฝนแต่ละครั้ง (storm event) ใช้ระยะเวลาที่ห่างกันของถั่วยกระดกที่มากกว่า 60 นาที (Bosch *et al.*, 1999) โดยเขียนโปรแกรมด้วยภาษา VBA (visual basic for application) ในโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel เพื่อใช้วิเคราะห์ข้อมูล (โปรแกรมที่เขียนขึ้นครอบคลุมการวิเคราะห์ข้อ 3.1 ถึง 3.3 ด้วย)

3. การคำนวณลักษณะเฉพาะการตกของฝน

การคำนวณลักษณะเฉพาะการตกของฝนหลังจากแยกการตกแต่ละครั้งประกอบด้วย จำนวนครั้ง (number of storms) ความหนักเบา (intensity) และความยาวนาน (duration) ปริมาณ (amount) โดยคำนวณเป็นรายครั้ง (storm) รายเดือน (monthly) และรายปี (annual) มีรายละเอียดดังนี้

3.1 ความยาวนานของฝนรายครั้ง คือผลต่างระหว่างเวลาที่ฝนเริ่มตกและหยุดตก หน่วยเป็น นาที

3.2 ปริมาณน้ำฝนรายครั้ง คือจำนวนครั้งที่ถั่วยวัดน้ำฝนกระดกในการตกครั้งนั้นคูณด้วยปริมาณน้ำฝนต่อถั่วยกระดก หน่วยเป็น มิลลิเมตร

3.3 ความหนักเบาของฝนรายครั้ง คือปริมาณน้ำฝนรายครั้งหารด้วยความยาวนานของฝนรายครั้ง หน่วยเป็น มิลลิเมตรต่อชั่วโมง

3.4 จำนวนครั้ง จำนวนวัน และปริมาณรายเดือน และรายปี ของลักษณะเฉพาะการตกของฝนคำนวณด้วยคำสั่ง Pivot Table ของโปรแกรม Microsoft Excel

การวิเคราะห์ข้อมูลตามข้อ 2 และ 3 แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ 1) คำนวณการตกทรายครั้งแยกแต่ละสถานีแล้วนำข้อมูลลักษณะเฉพาะการตกของฝนมาหาค่าเฉลี่ยด้วยวิธีเลขคณิต

(arithmetic mean) ตามจำนวนสถานีที่ต้องการ และ 2) คำนวณข้อมูลแต่ละสถานีเป็นราย 5 นาที แล้วนำมาพิจารณาการเริ่มและหยุดตกของฝนแต่ละครั้งของทั้ง 11 สถานี โดยกำหนดเงื่อนไขว่าต้องมีจำนวนสถานีที่มีฝนตกอย่างน้อย 3 สถานี พร้อมกันในพื้นที่ลุ่มจึงนับเป็นการเริ่มหรือหยุดตกของฝนเพื่อนำมาคำนวณการตกของฝนทั้งลุ่มด้วยวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเซน (Thiessen polygon method: TPM)

การเปรียบเทียบลักษณะเฉพาะการตกของฝน

การเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะเฉพาะการตกของฝนที่คำนวณจากการใช้วิธีการและจำนวนสถานีที่แตกต่างกันในการศึกษานี้ มีสมมุติฐานว่า การใช้วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเซนเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในกรณีที่มีจำนวนสถานีที่มากเพียงพอ ส่วนกรณีที่มีสถานีวัดการตกของฝนจำนวนน้อยหรือเพื่อความสะดวกในการคำนวณ วิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเป็นวิธีการที่เหมาะสมกว่า (Chow *et al.*, 1998; Asawa, 2005) ดังนั้นการศึกษานี้จึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช่วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเซนที่คำนวณจาก 11 สถานี เปรียบเทียบกับการใช้วิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้จำนวนสถานีที่แตกต่างกันดังนี้

1) การใช้ข้อมูลจำนวน 1 สถานี คือ 1.1) สถานีต้นน้ำ (upstream, หมายเลข 421) 1.2) กลางน้ำ (midstream, หมายเลข 424) และ 1.3) ปลายน้ำ (downstream, หมายเลข 433)

2) การใช้ข้อมูลจำนวน 3 สถานี (average 3 stations) คือค่าเฉลี่ยของ 3 สถานี ในข้อ 1) ที่คำนวณจากวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิต

3) การใช้ข้อมูลจำนวน 5 สถานี (average 5 stations) คือค่าเฉลี่ยที่คำนวณจาก 3 สถานีในข้อ 2) และสถานีที่อยู่ฝั่งซ้ายและขวาของลำน้ำสายหลักของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ทางทิศเหนือและใต้ในแผนที่) คือสถานีหมายเลข 430 และ 425 ตามลำดับ

4) การใช้ข้อมูลจำนวน 11 สถานี คือค่าที่คำนวณจากทุกสถานี (average 11 stations)

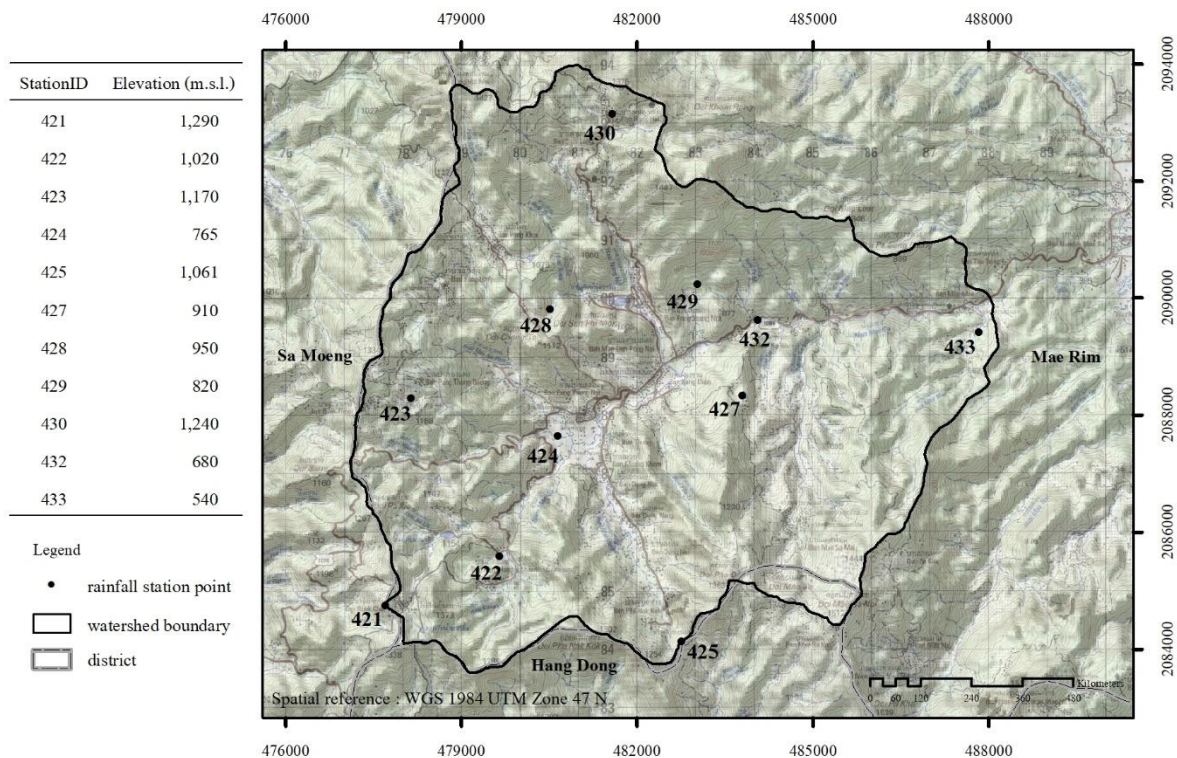


Figure 2 Locations of the rainfall stations in the upper Mae Sa Watershed, Mae Rim district, Chiang Mai province.

วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบมีดังนี้ 1) การเปรียบเทียบความสอดคล้องกันและความแตกต่างกันของความผันแปรของ จำนวนครั้ง จำนวนวัน ปริมาณน้ำฝนรายวันและรายเดือน โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) (Kendall, 1975) และ ค่า Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) (Nash *et al.*, 1970) (แบ่งระดับความแตกต่างกันตาม Perreault *et al.*, 2022 และกำหนดว่าข้อมูลมีความต่างกันเมื่อค่า NSE ต่ำกว่า 0.6) ตามลำดับ และ 2) ค่ารายเดือนเฉลี่ย (mean of monthly) ใช้การทดสอบไคสแควร์ (Chi Square test) (Karl, 1900) 3) รายปี (annual) ใช้ค่า Mann-Whitney U Test (Mann and Whitney, 1947) 4) ความหนักเบาและความยาวนานของฝนใช้การทดสอบไคสแควร์เพื่อเปรียบเทียบการกระจายของข้อมูลการแจกแจงความถี่ (histogram)

ผลและวิจารณ์

ลักษณะเฉพาะการตกของฝน

การศึกษาลักษณะเฉพาะการตกของฝน ได้แก่ จำนวนครั้ง จำนวนวัน ปริมาณ ความหนักเบา และความยาวนาน โดยใช้ข้อมูลที่ตรวจวัดด้วยเครื่องวัดน้ำฝนมาตรฐานแบบบันทึกอัตโนมัติชนิดถ้วยกระดก จำนวน 11 สถานี ระหว่างปี พ.ศ. 2548 – 2555 ได้ผลดังนี้

1. จำนวนครั้งที่ฝนตก

ความผันแปรของจำนวนครั้งที่ฝนตกรายเดือนที่เกิดจากการใช้วิธีการและจำนวนสถานีที่แตกต่างกันมีลักษณะ

ใกล้เคียงกันดัง Figure 3A พบว่า ส่วนใหญ่เป็นไปในทิศทางเดียวกันคือเป็นแบบ 2 ยอด (bimodal distribution, two peak) โดยยอดแรกประมาณเดือนเมษายนหรือพฤษภาคม และยอดที่สองประมาณเดือนสิงหาคมหรือกันยายน ยกเว้นในปี ค.ศ. 2010 ที่มีการกระจายแบบสองยอดไม่ชัดเจน

จำนวนครั้งที่ฝนตกรายเดือนเฉลี่ย (mean monthly number of storms) ที่คำนวณได้จากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสน (TPM) ดัง Figure 4A มีค่าสูงสุดเท่ากับ 41 ครั้ง ในเดือนสิงหาคม และกันยายน และต่ำสุดเพียง 2 ครั้งในเดือนกุมภาพันธ์ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นการใช้ข้อมูลจำนวน 1 สถานีที่เป็นสถานีปลายน้ำ (downstream) ที่มีจำนวนครั้งที่ฝนตกแตกต่างกันในเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมอย่างชัดเจน

ความผันแปรของจำนวนครั้งที่ฝนตกประจำปี ได้ผลดัง Figure 5A พบว่า ค่าที่คำนวณได้จากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนมีจำนวนครั้งที่ตกผันแปรอยู่ระหว่าง 212 ถึง 278 ครั้ง เฉลี่ยเท่ากับ 234 ครั้ง ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Thepnumsommanus (2004) ซึ่งศึกษาบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างปี พ.ศ. 2541 – 2545 มีค่าระหว่าง 160 ถึง 390 ครั้ง เฉลี่ยเท่ากับ 240 ครั้ง แต่มีค่ามากกว่าผลของ Glomvinya *et al.* (2016) และ Glomvinya (2016) ที่ทำการศึกษาริเวณลุ่มน้ำห้วยคอกม้า จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างปี พ.ศ. 2540 – 2556 มีค่าระหว่าง 122 – 246 ครั้ง เฉลี่ยเท่ากับ 188 ครั้ง

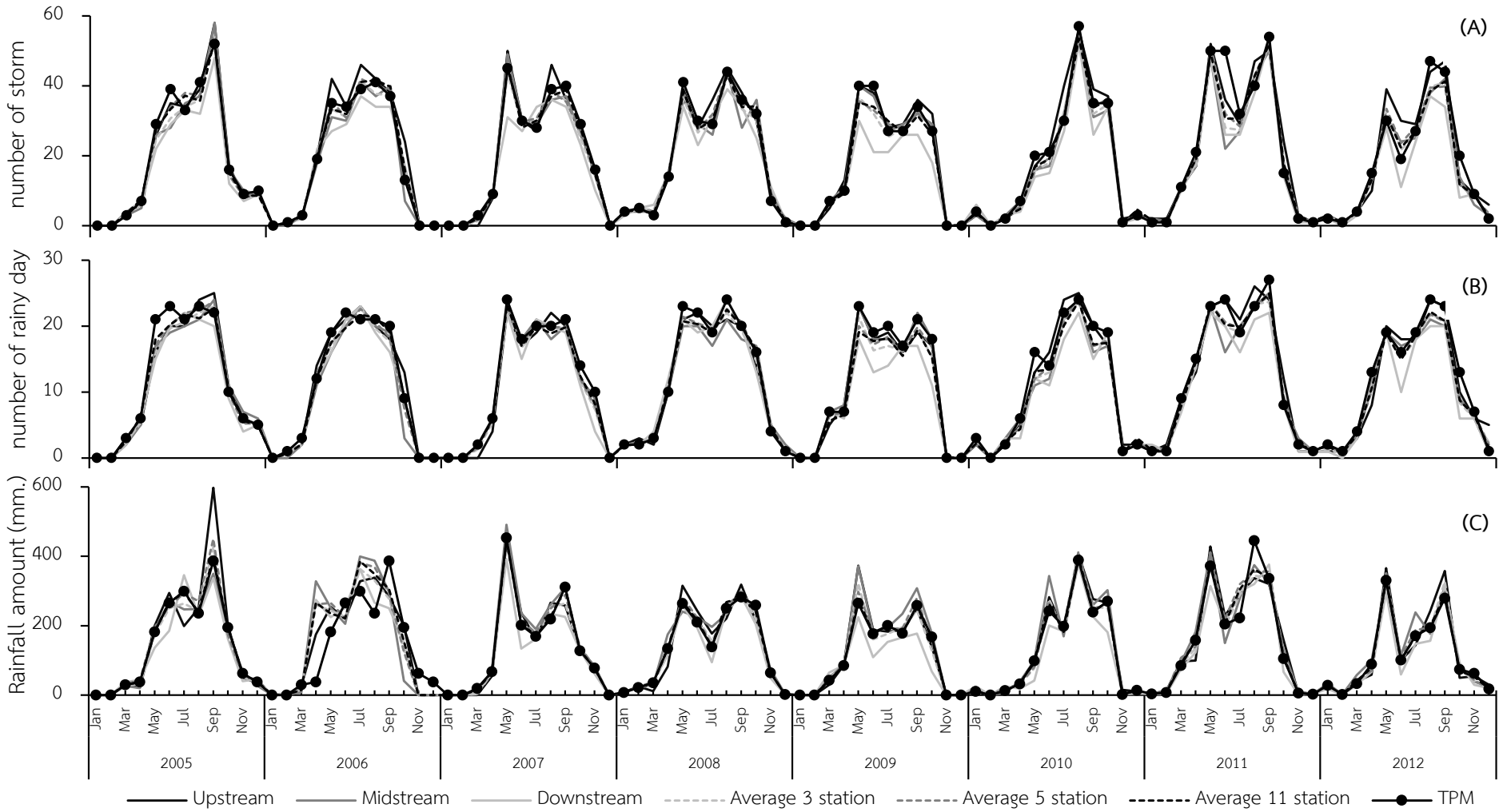


Figure 3 Monthly variation of the number of storms (A), number of rainy days (B), and rainfall amounts (C) using different number of stations during the years 2004 – 2012 at the upper Mae Sa watershed, Mae Rim district, Chiang Mai province.

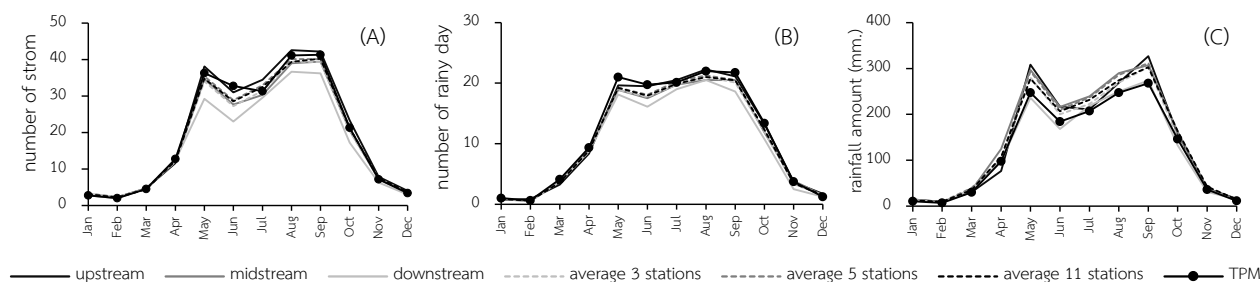


Figure 4 Mean monthly number of storms (A), number of rainy days (B) and rainfall amount (C) derived from different number of stations during the years 2005 – 2012 at upper Mae Sa watershed, Mae Rim district, Chiang Mai province.

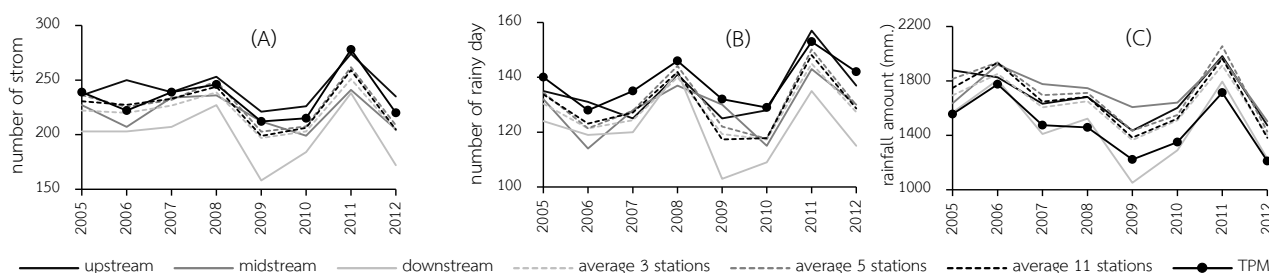


Figure 5 Annual of number of storms (A), number of rainy days (B) and rainfall amount (C) using different number of stations during the years 2005 – 2012 at upper Mae Sa watershed, Mae Rim district, Chiang Mai province.

2. ความหนักเบาของฝน

ลักษณะกราฟแจกแจงความถี่ (histogram) ของความหนักเบาของการตกของฝนรายครั้งที่คำนวณจากการใช้วิธีการและจำนวนสถานีที่แตกต่างกันมีลักษณะคล้ายกันคือ ฝนที่ตกส่วนใหญ่มีความหนักเบาน้อยกว่า 10 มิลลิเมตร/ชั่วโมง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Boonterm (2002) ซึ่งศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ และใกล้เคียงกับผลของ Dezfuli *et al.* (2017) ที่ศึกษาในภาคตะวันตกและตะวันออกของประเทศแอฟริกาซึ่งพบว่าฝนที่ตกส่วนใหญ่มีความหนักเบาน้อยกว่า 10 มิลลิเมตรต่อชั่วโมงเช่นเดียวกับผลการศึกษาครั้งนี้ซึ่งอยู่ในเขตภูมิอากาศเดียวกัน (tropical savana, Aw)

อย่างไรก็ตามกราฟแจกแจงความถี่ที่คำนวณจากวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี มีความแตกต่างจากการใช้วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสน โดยกราฟจากการใช้วิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตมีความใกล้เคียงกัน (Figure 6) คือ ส่วนใหญ่ฝนที่ตกแต่ละครั้งมีความหนักเบาน้อยกว่า 10 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง เฉลี่ยประมาณร้อยละ 75 ของจำนวนครั้งที่ฝนตกทั้งหมด ความหนักเบาของฝนระหว่าง 11–20, 21–30 และมากกว่า 30 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง เฉลี่ยประมาณร้อยละ 15, 5 และ 5 ของจำนวนครั้งที่ฝนตกทั้งหมดตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างชัดเจนกับกราฟแจกแจงความถี่ของการใช้วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนที่มีค่าประมาณร้อยละ 94, 5, 1 และ 0 ของจำนวนครั้งที่ฝนตกทั้งหมด ตามลำดับ

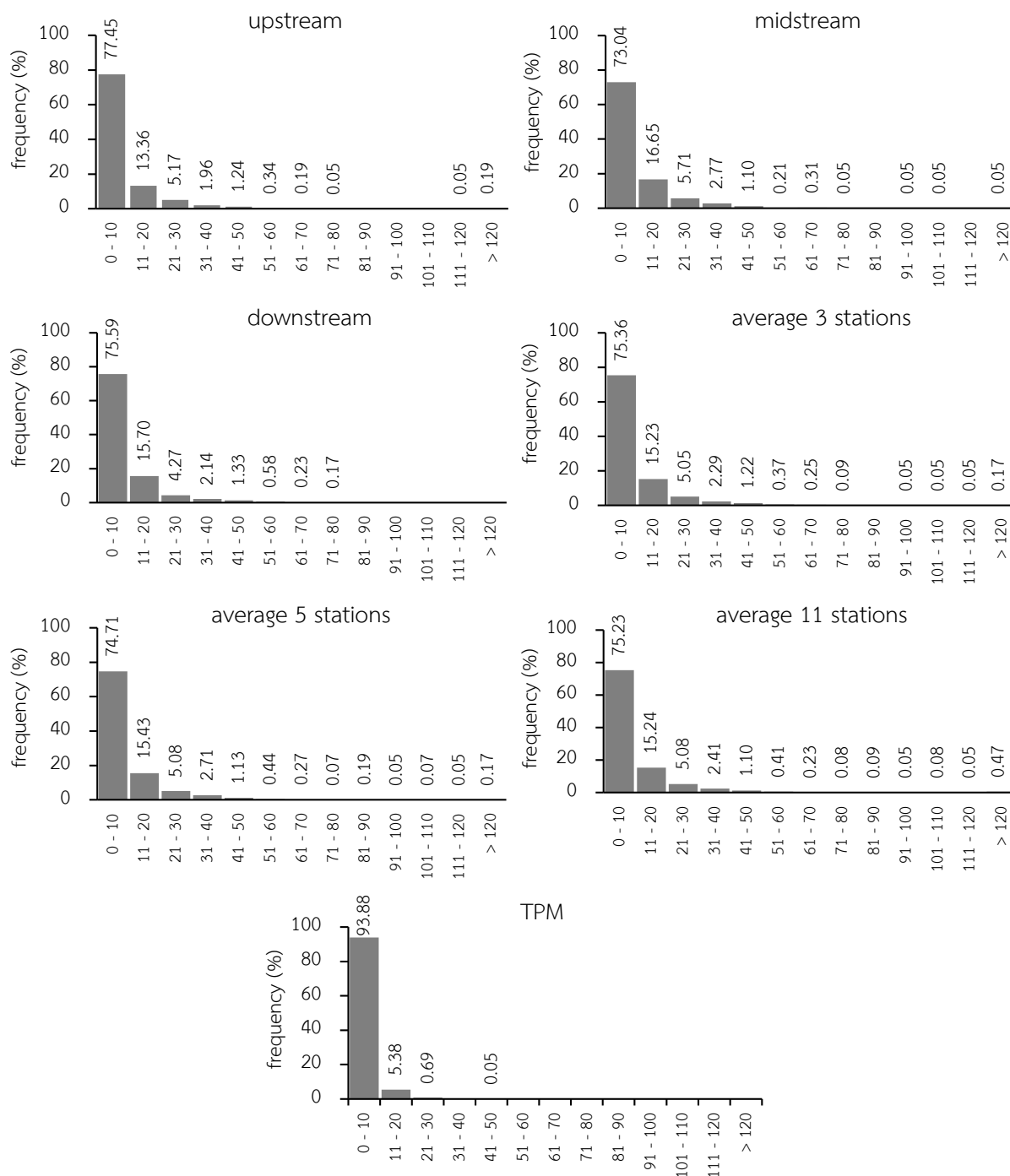


Figure 6 Average rainfall intensity estimated using different number of stations during the years 2004 – 2012 at upper Mae Sa watershed, Mae Rim district, Chiang Mai province.

3. ความยาวนานของฝน

กราฟแจกแจงความถี่ของความยาวนานของฝนที่คำนวณได้จากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนมีความแตกต่างจากการใช้วิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตอย่างชัดเจน ดัง Figure 7 คือส่วนใหญ่มีความยาวนานของฝนน้อยกว่า 30 นาที คิดเป็นประมาณร้อยละ 28 ส่วนความยาวนานของฝนเท่ากับ 31-60, 61-90, 91-120, 121-150, 151-180 และมากกว่า

180 นาที มีประมาณร้อยละ 15, 17, 12, 7, 5 และ 16 ของจำนวนครั้งที่ฝนตกทั้งหมด ตามลำดับ ในขณะที่กราฟแจกแจงความถี่ความยาวนานของฝนจากวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี เป็นไปในลักษณะเดียวกัน โดยฝนที่ตกน้อยกว่า 30, 31-60, 61-90, 91-120, 121-150, 151-180 และมากกว่า 180 นาที มีประมาณร้อยละ 35, 23, 13, 8, 6, 4 และ 11 ของจำนวนครั้งที่ฝนตกทั้งหมด ตามลำดับ

จากผลการศึกษาข้างต้นใกล้เคียงกับ Intama (2009) ได้
 ทำการศึกษาในพื้นที่เดียวกันกับการศึกษาครั้งนี้ ส่วนใหญ่มี
 ความยาวนานของฝนน้อยกว่า 30 นาที และจากการศึกษา

งานวิจัยในต่างประเทศของ Laksana (2015) ศึกษาในประเทศ
 อินโดนีเซียซึ่งอยู่ในเขตภูมิอากาศเดียวกัน พบว่ามีลักษณะ
 ความยาวนานของฝนเช่นเดียวกัน

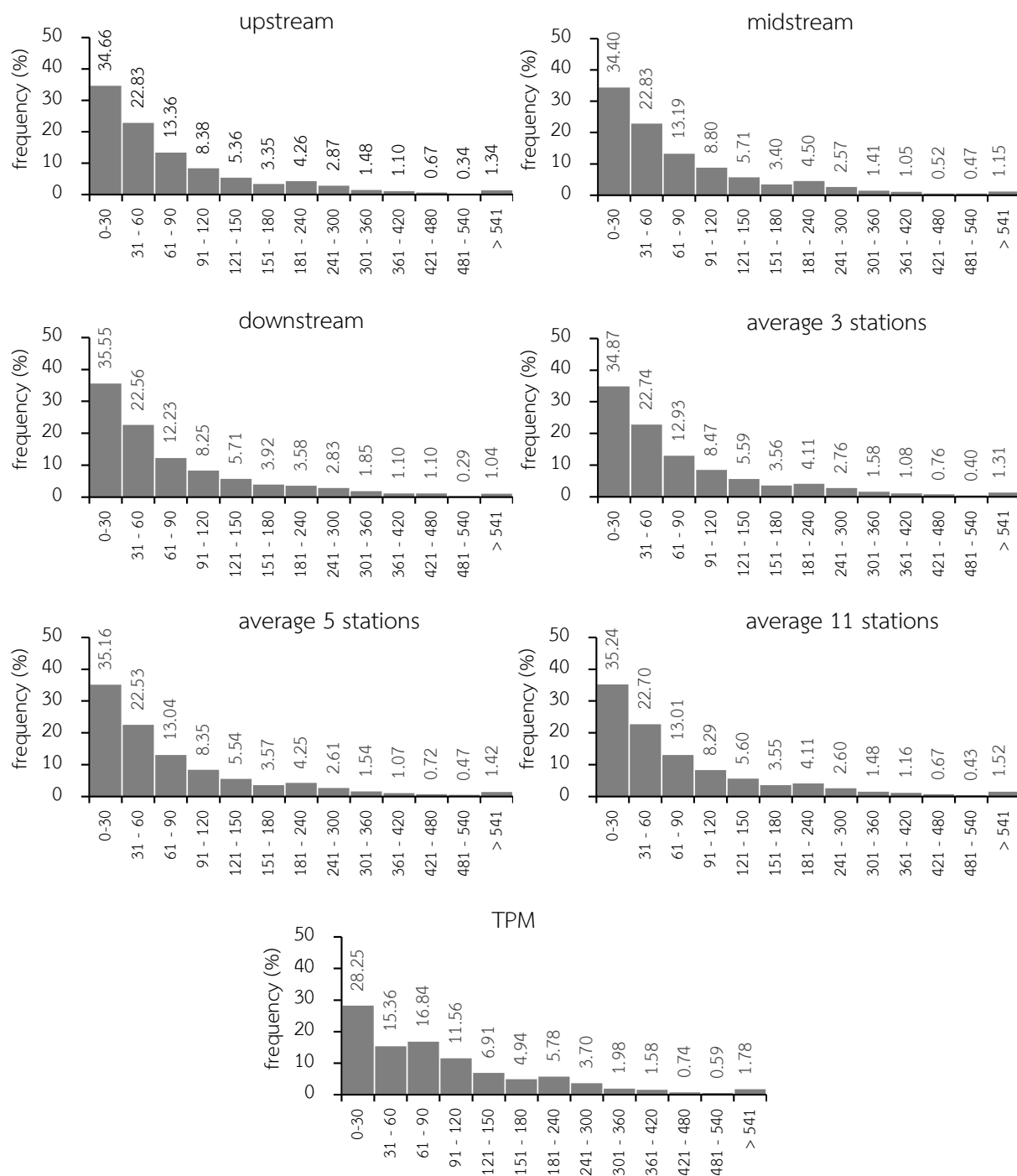


Figure 7 Average rainfall duration estimated using different number of stations during the years 2004 – 2012 at upper Mae Sa watershed, Mae Rim district, Chiang Mai province.

4. จำนวนวันที่ฝนตก

ความผันแปรของจำนวนวันที่ฝนตกรายเดือน ได้ผลดัง Figure 3B พบว่า มีความใกล้เคียงกันและมีลักษณะสอดคล้องกับจำนวนครั้งที่ฝนตกดังกล่าวในข้อ 1.1

จำนวนวันที่ฝนตกรายเดือนเฉลี่ย (mean monthly number of rainy day) ที่คำนวณจากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนได้ผลดัง Figure 4B พบว่า จำนวนวันที่ฝนตกในช่วงฤดูฝน (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม) ประมาณ 20 วัน และในช่วงฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน) มีจำนวนวันที่ฝนตกส่วนใหญ่ไม่น้อยกว่า 5 วัน เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน

จำนวนวันที่ฝนตกรายปีดัง Figure 5B พบว่า ค่าที่คำนวณจากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนมีความผันแปรอยู่ระหว่าง 128–153 วัน และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 138 วัน โดยใกล้เคียงกับการศึกษาของ Glomvinya (2016) มีจำนวนวันที่ฝนตกระหว่าง 109–176 วัน เฉลี่ย 141 วัน แต่มีค่ามากกว่าผลของ Thepnumsommanus (2004) ที่มีจำนวนวันที่ฝนตกระหว่าง 90–150 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 110 วัน ส่วนค่าที่ได้จากวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี มีความผันแปรไปในทิศทางเดียวกัน แต่มีค่าต่ำกว่าวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนเกือบทุกปี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 130, 131, 128, 121, 129 และ 135 วัน ตามลำดับ

5. ปริมาณน้ำฝน

ความผันแปรของปริมาณน้ำฝนรายเดือน ดัง Figure 3C ส่วนใหญ่มีลักษณะของความผันแปรเป็นไปในทิศทางเดียวกัน เช่นเดียวกับความผันแปรของจำนวนครั้งที่ฝนตกรายเดือนและจำนวนวันที่ฝนตกรายเดือน (Figure 3A และ Figure 3B)

ปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ย (mean monthly rainfall) แสดงดัง Figure 4C พบว่า ค่าที่คำนวณจากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนมีความผันแปรของปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยสูงสุด 302 มิลลิเมตร ในเดือนกันยายน และเฉลี่ยต่ำสุดน้อยกว่า 10 มิลลิเมตร ในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และธันวาคม เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นเมื่อเทียบกับการใช้ข้อมูลจำนวน 1 สถานีที่เป็นสถานีปลายทางที่มีค่าแตกต่างกันอย่างชัดเจน

ปริมาณน้ำฝนรายปีที่คำนวณได้จากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสน ดัง Figure 5C มีความผันแปรอยู่ระหว่าง 1,375–1,949 มิลลิเมตร เฉลี่ยเท่ากับ 1,651 มิลลิเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Intama (2009) ศึกษาในปี พ. ศ. 2550 มีปริมาณน้ำฝนรายปี 1,580 มิลลิเมตร แต่มากกว่าผลของ Thepnumsommanus (2004) ศึกษาในปี พ.ศ. 2541 - 2545 มีปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย 1,400 มิลลิเมตร

เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นเมื่อเทียบกับการใช้ข้อมูลจำนวน 1 สถานีที่เป็นสถานีต้น และปลายน้ำที่มีค่าแตกต่างกัน

ความแตกต่างของลักษณะเฉพาะการตกของฝน

การเปรียบเทียบลักษณะเฉพาะการตกของฝนที่เกิดจากการใช้วิธีการและจำนวนสถานีที่แตกต่างกันจากผลการศึกษาในข้อ 1 ได้ผลดังแสดงใน Table 1 และ Table 2 มีรายละเอียดดังนี้

1. จำนวนครั้งที่ฝนตก

การเปรียบเทียบความผันแปรของจำนวนครั้งที่ฝนตกรายวันระหว่างค่าที่คำนวณจากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) พบว่า จำนวนครั้งที่ฝนตกรายวันมีความผันแปรไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่า r มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11 สถานี (r เท่ากับ 0.8735) และมีค่าลดน้อยลงเมื่อจำนวนสถานีที่ลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ข้อมูลจำนวน 1 สถานี พบว่า r มีค่าต่ำกว่า 0.8 โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.6703 เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ข้อมูลสถานีปลายทาง

เมื่อพิจารณาจากค่า Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) พบว่า เป็นไปในลักษณะเดียวกันกับการเปรียบเทียบโดยใช้ค่า r ซึ่ง NSE มีค่ามากที่สุด (เท่ากับ 0.7612) เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11 สถานี และต่ำกว่า 0.6 เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ข้อมูลเพียง 1 สถานี จึงสรุปได้ว่า จำนวนครั้งที่ฝนตกรายวันที่ใช้ข้อมูลเพียง 1 สถานี มีความแตกต่างกับการใช้วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสน

ส่วนความผันแปรของจำนวนครั้งที่ฝนตกรายเดือนเฉลี่ยที่คำนวณจากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนเป็นไปใน

ทิศทางเดียวกันกับที่คำนวณด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี โดยมีค่า r สูงกว่า 0.9 และค่า NSE ระหว่าง 0.8993 ถึง 0.9710 และเมื่อเปรียบเทียบค่ารายเดือนเฉลี่ยโดยใช้การทดสอบไคสแควร์ (chi-square test: χ^2) พบว่ามีค่าเท่ากับ 1 จึงสรุปว่าจำนวนครั้งที่ฝนตกรายเดือนเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันเมื่อใช้วิธีการหรือจำนวนสถานีที่แตกต่างกัน

การทดสอบสถิติแมน-วิทนีเย (Mann – Witney U test, U) เพื่อเปรียบเทียบจำนวนครั้งที่ฝนตกรายปี พบว่า การใช้วิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี ไม่แตกต่างกับการใช้วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ยกเว้นการใช้ข้อมูลจำนวน 1 สถานีที่เป็นสถานีปลายน้ำ (ค่า U ที่คำนวณได้เท่ากับ 7 ซึ่งน้อยกว่าค่าวิกฤตที่เท่ากับ 13 โดย n_1 และ n_2 มีค่าเท่ากับ 8 ปี)

2. ความหนักเบาและความยาวนานของฝน

การทดสอบไคสแควร์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของกราฟแจกแจงความถี่ของความหนักเบาและความยาวนานพบว่า ความหนักเบาและความยาวนานของการตกของฝนที่คำนวณจากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี มีความแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

3. จำนวนวันที่ฝนตก

ความผันแปรของจำนวนวันที่ฝนตกในแต่ละเดือนตลอดช่วงเวลา 8 ปี ที่คำนวณจากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนเป็นไปในทิศทางเดียวกันวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี โดยมีค่า r และ NSE สูงมากกว่า 0.9 ซึ่ง

แสดงให้เห็นว่ามีค่าใกล้เคียงกันมาก และเมื่อเปรียบเทียบค่ารายเดือนเฉลี่ยด้วยการทดสอบไคสแควร์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน

ส่วนการเปรียบเทียบจำนวนวันที่ฝนตกรายปีด้วยการทดสอบสถิติแมน-วิทนีเย พบว่า การใช้วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนมีความแตกต่างกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเฉพาะกรณีที่ข้อมูลจำนวน 3 และ 1 สถานี ที่เป็นสถานีปลายน้ำ (ค่า U ที่คำนวณได้เท่ากับ 8 และ 12 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าค่าวิกฤตที่เท่ากับ 13 โดย n_1 และ n_2 มีค่าเท่ากับ 8 ปี)

4 ปริมาณน้ำฝน

การเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนรายวันที่คำนวณจากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี ได้ผลตรงกันกับจำนวนครั้งที่ฝนตก ในข้อ 1 คือ ค่า r มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.8738 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11 สถานี และเมื่อพิจารณาจากค่า NSE พบว่า ปริมาณน้ำฝนรายวันที่ใช้ข้อมูลเพียง 1 สถานี มีความแตกต่างกับผลที่ได้จากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสน เนื่องจากค่า NSE มีค่าต่ำกว่า 0.6 (0.3048 ถึง 0.4728)

ความผันแปรของปริมาณน้ำฝนรายเดือนตลอดช่วงเวลา ที่พิจารณา มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันและไม่แตกต่างกันกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิต โดยมีค่า r ระหว่าง 0.9358 ถึง 0.9677 และ ค่า NSE ระหว่าง 0.8539 ถึง 0.9336 ส่วนปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยและรายปีไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าไคสแควร์และค่า U เท่ากับ 0.0840 ถึง 0.9904 และ 20 ถึง 30 ตามลำดับ

Table 1 Differences in the value of the number of storms, Intensity, and duration estimated using the Thiessen and Arithmetic mean methods from data measured for 11, 5, 3, and 1 stations.

Number of stations	Number of storms						Intensity	Duration
	Daily		Monthly		Monthly mean	Annual		
	r	NSE	r	NSE	χ^2	U	χ^2	χ^2
1 station (Upstream)	0.7282	0.4109*	0.9778	0.9522	0.9999	21	$3.17 \times 10^{-47*}$	$5.13 \times 10^{-14*}$
1 station (Midstream)	0.7936	0.5681*	0.9752	0.9458	0.9999	18	$3.70 \times 10^{-29*}$	$2.41 \times 10^{-5*}$
1 station (Downstream)	0.6703	0.3158*	0.9687	0.8993	0.9999	7*	$1.33 \times 10^{-21*}$	$3.61 \times 10^{-5*}$
Average 3 stations	0.8294	0.6769	0.9838	0.9612	0.9999	20	$5.47 \times 10^{-24*}$	$2.50 \times 10^{-5*}$
Average 5 stations	0.8417	0.7057	0.9853	0.9697	0.9999	26	$2.38 \times 10^{-26*}$	$1.83 \times 10^{-5*}$
Average 11 stations	0.8735	0.7612	0.9867	0.9710	0.9999	25	$6.41 \times 10^{-25*}$	$1.01 \times 10^{-5*}$

Table 2 Comparison of difference of number of rainy days and rainfall amount between the Thiessen method and Arithmetic mean method by using the data of 11, 5, 3 and 1 stations.

Number of stations	Number of rainy days				Rainfall amount					
	Monthly	Monthly mean		Annual	Daily	Monthly		Monthly mean	Annual	
		r	NSE			r	NSE			
1 station (Upstream)	0.9837	0.9669	0.9999	21	0.7195	0.3048*	0.9414	0.8695	0.0840	29
1 station (Midstream)	0.9847	0.9607	0.9999	15	0.8094	0.4728*	0.9358	0.8539	0.9904	27
1 station (Downstream)	0.9773	0.9256	0.9999	8*	0.6831	0.2650*	0.9385	0.8681	0.9131	20
Average 3 stations	0.9914	0.9717	0.9999	12*	0.8266	0.6304	0.9586	0.9166	0.9751	29
Average 5 stations	0.9918	0.9784	0.9999	18	0.8328	0.6391	0.9612	0.9133	0.9678	27
Average 11 stations	0.9933	0.9792	0.9999	16	0.8738	0.7348	0.9677	0.9336	0.9857	30

Remarks * = indicates difference value

NSE = Nash-Sutcliffe efficiency

จากผลการศึกษาในข้อ 1 ถึง 5 สรุปได้ว่า 1) การวิเคราะห์ลักษณะการกระจายของความหนักเบาและความยาวนานที่ได้จากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเซนมีความแตกต่างกันกับการใช้วิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิต 2) การใช้ข้อมูลเพียง 1 สถานี หากกำหนดตำแหน่งที่ตั้งในพื้นที่ลุ่มน้ำไม่เหมาะสม โดยเฉพาะสถานีปลายน้ำซึ่งตั้งอยู่ที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลแตกต่างจากสถานีอื่น ๆ อย่างมากอาจไม่เพียงพอในการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะการตกของฝนทั้งลุ่มน้ำแม่สาตอนบน 3) การใช้วิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 3 สถานี ที่ตั้งกระจายอยู่ตั้งแต่ตอนบน ตอนกลาง ตอนปลายน้ำสามารถเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์ลักษณะการตกของฝนได้ ยกเว้นจำนวนวันที่ฝนตกรายปีเท่านั้นที่มีความแตกต่างไปจากการใช้วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเซน และ 4) การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะการตกของฝนด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลมากกว่าหรือเท่ากับ 5 สถานี ที่กระจายครอบคลุมทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ (ตอนบน กลาง ปลายน้ำ และด้านซ้ายและขวาของลำน้ำหลัก) ไม่มีความแตกต่างจากการใช้วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเซนยกเว้นความยาวนานและความหนักเบาของฝน

การที่ความหนักเบาและความยาวนานที่ได้จากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเซนมีความแตกต่างกันกับการใช้วิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเนื่องจากวิธีที่ใช้ในการแยกการตกของฝนที่คำนวณด้วยวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเซนในการศึกษานี้พิจารณาการเริ่มและหยุดตกของฝนแต่ละครั้งของทั้ง 11 สถานีจากข้อมูลราย 5 นาที และกำหนดเงื่อนไขว่าต้องมีจำนวนสถานีที่มีฝนตกอย่างน้อย 3 สถานีพร้อมกันในพื้นที่ลุ่มน้ำจึงจะนับเป็นการเริ่มหรือหยุดตกของฝนเพราะฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ตำแหน่งแต่ละ

สถานีเริ่มตกไม่พร้อมกัน เป็นเหตุให้เมื่อแยกการตกของฝนแต่ละครั้งแล้วทำให้ความยาวนานของการตกมีค่ามากกว่าการวิเคราะห์แยกแต่ละสถานี ส่งผลให้ความหนักเบาที่คำนวณได้ของการตกของฝนแต่ละครั้งน้อยกว่า (กราฟแจกแจงความถี่ของความยาวนานที่คำนวณจากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเซนจึงมีสัดส่วนของฝนที่ตกน้อยกว่า 30 นาที มากกว่า และมีสัดส่วนของความหนักเบาที่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร มากกว่า Figure 6 และ Figure 7) การกำหนดเงื่อนไขในการแยกการตกของฝนแต่ละครั้งที่แตกต่างกันในการศึกษารั้งต่อไป เช่น จำนวนสถานีที่ฝนตกพร้อมกัน มากกว่า 5 สถานี ขึ้นไป อาจให้ผลการศึกษาที่แตกต่างจากการศึกษานี้

ส่วนการใช้ข้อมูลเพียง 1 สถานีอาจไม่เพียงพอเพื่อใช้วิเคราะห์ลักษณะเฉพาะการตกของฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่สาตอนบนเนื่องจากตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดการตกของฝนที่มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลที่แตกต่างกัน (สถานีปลายน้ำตั้งอยู่ที่ระดับความสูง 540 เมตร ในขณะที่สถานีต้นน้ำตั้งอยู่ที่ 1,290 เมตร จากระดับน้ำทะเล, Figure 2) มีผลต่อการตกของฝนที่ต่างกัน (Boonterm, 2002) ซึ่งผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนในกรณีที่เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลรายวัน ได้แก่ จำนวนครั้งและปริมาณที่ฝนตก

จำนวนสถานีที่เหมาะสมที่ได้จากข้อสรุปจากผลการศึกษาครั้งนี้คือ อย่างน้อย 3 สถานี ที่ตั้งกระจายครอบคลุมทั้งพื้นที่และระดับความสูงของพื้นที่ลุ่มน้ำ ตั้งแต่ตอนบน กลาง และปลายน้ำ ซึ่งมีค่าประมาณ 25 ตารางกิโลเมตร/สถานี ซึ่งเมื่อพิจารณาเทียบกับคำแนะนำขององค์การอุทกนิยมนิเทศวิทยาโลกที่ระบุว่าบนพื้นที่ภูเขาควรมีค่าความหนาแน่นของจำนวน

สถานีวัดอยู่ระหว่าง 25–100 ตารางกิโลเมตร/สถานี (World Meteorological Organization, 1976) พบว่ามีความสอดคล้องกับผลการศึกษานี้ แต่หากใช้จำนวน 1 สถานี หรือคิดเป็น 75 ตารางกิโลเมตร/สถานี ผลการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะการตกของฝนที่ไต้ยังมีความแตกต่างไปจากการใช้จำนวนสถานีที่มีจำนวนมากกว่า หากเพิ่มเป็น 3 สถานี ผลการวิเคราะห์ที่ไ้จะมีความคลาดเคลื่อนและเป็นตัวแทนของพื้นที่ไ้ได้น่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาในต่างประเทศ เช่น Lee *et al.* (2018), Uchechukwu and Njideka (2022) และ Nazaripour and Daneshvar (2017)

สรุป

การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะการตกของฝนบริเวณลุ่มน้ำแม่สาตอนบน อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนเปรียบเทียบกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี สรุปได้ดังนี้

1) ความผันแปรของจำนวนครั้งที่ฝนตกรายวันที่คำนวณจากการใช้ข้อมูลเพียง 1 สถานี มีความแตกต่างกับการใช้วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสน ส่วนความผันแปรรายเดือน รายเดือนเฉลี่ย และรายปีไ้มีความแตกต่างกันเมื่อใช้วิธีการหรือจำนวนสถานีที่แตกต่างกัน

2) ความหนักเบาและความยาวนานของการตกของฝนที่คำนวณจากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี มีความแตกต่างกัน

3) ความผันแปรของจำนวนวันที่ฝนตกรายเดือน และรายเดือนเฉลี่ยไ้ไม่แตกต่างกัน ส่วนรายปีมีความแตกต่างกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเฉพาะกรณีที่ใช้ข้อมูลจำนวน 3 และ 1 สถานี ที่เป็นสถานีปลายน้ำ

4) ความผันแปรของปริมาณน้ำฝนรายวันที่คำนวณจากการใช้ข้อมูลเพียง 1 สถานี มีความแตกต่างกับการใช้วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสน ส่วนปริมาณน้ำฝนรายเดือน รายเดือนเฉลี่ยและรายปีไ้ไม่มีความแตกต่าง

5) จำนวนสถานีที่เหมาะสมที่ไ้ได้จากข้อสรุปจากผลการศึกษาครั้งนี้คือ อย่างน้อย 3 สถานี ที่ตั้งกระจายครอบคลุมทั้งพื้นที่และระดับความสูงของพื้นที่ลุ่มน้ำ ตั้งแต่ตอนบน กลาง และปลายน้ำ

REFERENCES

- Amatayakul, P., Chomtha, T. 2013. **Agricultural Meteorology to Know for Chiang Mai.** Meteorological Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Asawa, G.L. 2005. **Irrigation and Water Resources Engineering.** New Delhi: New Age International Publishers. New Delhi, India.
- Bosch, D.D., Sheridan, J.M., Davis., F.M. 1999. Rainfall characteristics and spatial correlation for the Georgia Coastal Plain. **Transactions of the ASAE. American Society of Agricultural Engineers**, 42(6): 1637-1644.
- Boonterm, K. 2002. **GIS Application in Determining Mountainous Rainfall Characteristics at Mae Chaem Watershed, Changwat Chiang Mai.** M.S. Thesis, Kasetsart University. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, L.W. 1988. **Applied Hydrology.** New York: McGraw- Hill Book Company. New York, USA.
- Dezfuli, A.K., Icoke, C.M., Mohr, K.I., Huffman, G.J. 2017. Precipitation characteristics in west and east Africa from satellite and in situ observations. **Journal of Hydrometeorology**, 18(6): 1799-1805. doi.org/10.1175/JHM-D-17-0068.1.
- Didier, N., Ogwang, B.A., Ongoma, V. 2016. The Impacts of topography on spatial and temporal rainfall distribution over Rwanda Based on WRF Model. **Journal of Atmospheric and Climate Sciences**, 6(2): 145-157. doi: 10.4236/acs.2016.62013.
- Glomvinya, S., Tantasirin, C., Tongdeenok, P., Tanaka, N. 2016. Change in rainfall characteristics at Huai Kog-Ma watershed, Chiang Mai province. **Thai Journal of Forestry**, 35(2): 66-77. (in Thai)

- Glomvinya, S. 2016. **Rainfall Characteristics at Huai Kong-Ma Watershed, Chiang Mai Province.** M.S. Thesis, Kasetsart University. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Intama, A. 2009. **Preliminary Test Run of KINEROS 2 Model for Estimating Sediment Yield at Mae Sa Subwatershed, Chiang Mai Province.** M.S. Thesis, Kasetsart University. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Karl, P. 1900. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. **Philosophical Magazine. Series 5**, 50(302): 157–175.
- Kendall, M. G. 1975. **Rank Correlation Methods**, 4thed. Charles Griffin, London, U.K.
- Land Development Department. 2000. **Mae Sa Watershed Land Use Plan.** Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Laksana, P.J. 2015. Rainfall characteristic on the slopes of mount Merapi region. **Journal of the Civil Engineering Forum**, 1(3): 43-50.
- Lee, J., Kim, S., Jun, H. 2018. A study of the influence of the spatial distribution of rain gauge networks on areal average rainfall calculation. **Water**, 10(11): 1635. doi:10.3390/w10111635
- Mann, H.B., Whitney, D. R. 1947. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. **The Annals of Mathematical Statistics**, 18(1): 50–60. doi:10.1214/aoms/1177730491.
- Nash, J.E., Sutcliffe J.V. 1970. River flow forecasting through conceptual model part I – A discussion of principles. **Journal of Hydrology**, 10(3): 282–290.
- Nazaripour, H., Daneshvar, M.R.M. 2017. Rain gauge network evaluation and optimal design using spatial correlation approach in arid and semi-arid regions of Iran. **Theoretical and Applied Climatology**, 129(3-4): 1255–1261. doi:10.1007/s00704-016-1853-3
- Perreault, S., Alem, A.E., Chokmani, K., Cambouris, A.N. 2022. Development of Pedotransfer functions to predict soil physical properties in Southern Quebec (Canada). **Agronomy**, 12(2): 526. doi:10.3390/agronomy12020526.
- Thepnumsommanus, S. 2004. **Effect of Topography and Rainfall Characteristics on Rainfall Erosivity Index of Mountainous Area at Mae Chaem Watershed, Chiang Mai Province.** M.S. Thesis, Kasetsart University. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Uchechukwu, N.B., Njideka, O. 2022. Nigerian rain gauge station optimization and national development: the importance of head count. **Materials Science and Engineering**, 413(1): 012022. doi:10.1088/1757-899X/413/1/012022.
- World Meteorological Organization (WMO). 1976. **Guide to Hydrological Practices, Volume-I: "Hydrology - From Measurement to Hydrological Information"**, WMO No. 168. Geneva, Switzerland.
- Wood, S.H., Ziegler, A.D., 2008. Floodplain sediment from recent 50-year-recurrence floods of the Ping River in Northern Thailand. **Hydrology and Earth System Sciences**, 12: 959-973
- Ziegler, A.D., Xi, L.X., Tantasirin, C. 2011. Sediment monitoring in the Mae Sa catchment in Northern Thailand. **International Association of Hydrological Sciences**, 349: 86-91.