

การประเมินปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากดาวเทียม PERSIANN-CCS โดยใช้สถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน

Evaluation of Satellite Monthly Rainfall Product PERSIANN-CCS using Rain Gauge Stations over the Upper Ping River Basin

ทิพย์กาญจน์ บุญชุม^{1,2} วิษุวัตก์ แท้สมบัติ³ และชูปันธุ์ ชมภูจันทร์^{4*}

Tippayakan Boonchum^{1,2}, Wisuwat Taesombat³ and Chuphan Chompuchan^{4*}

บทคัดย่อ

ในขั้นตอนการวางแผนโครงการชลประทานจำเป็นต้องใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ต่อเนื่องยาวนานสำหรับประเมินปริมาณน้ำท่าเพื่อออกแบบอาคารชลประทานเบื้องต้น อย่างไรก็ตามในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนมีจำนวนสถานีวัดน้ำฝนไม่เพียงพอและมีการกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้สถานีที่มีอยู่ไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลฝนในบริเวณที่อยู่ห่างไกลที่มีภูมิประเทศเป็นภูเขาสลับซับซ้อนได้ ดังนั้นการใช้ผลิตภัณฑ์ข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียมจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาประเมินปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจวัด การศึกษานี้ได้คัดเลือกข้อมูลฝนรายเดือนจากสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทานจำนวน 30 สถานีที่ได้ตรวจสอบความกลมกลืนของข้อมูลโดยวิธี Double Mass Curve มาประเมินเปรียบเทียบกับข้อมูลฝนรายเดือนจากผลิตภัณฑ์ PERSIANN-CCS ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2548 - 2558 ทำการทดสอบโดยใช้สถิติค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) และค่าความเอนเอียง (BIAS) ผลการศึกษาพบว่าข้อมูลฝนจาก PERSIANN-CCS มีความสัมพันธ์กันโดยตรงอย่างมากกับข้อมูลฝนจากสถานีตรวจวัดโดยมีค่า R ระหว่าง 0.80 - 0.98 อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากค่า ME และ BIAS รายเดือนพบว่ามีความคลาดทุกเดือน โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง แสดงว่า PERSIANN-CCS มีการประเมินปริมาณน้ำฝนที่ต่ำกว่าความเป็นจริง โดยปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของสถานีวัดน้ำฝนและข้อมูล PERSIANN-CCS มีค่า 1,158.2 และ 831.8 มิลลิเมตรต่อปีตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ค่า ME ร่วมกับค่าระดับความสูงจาก

¹ วิศวกรชลประทานปฏิบัติการ สำนักงานชลประทานที่ 1 ต.วัดเกต อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50000

² นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ม.เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

³ ผศ.ดร., ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ม.เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

⁴ อ.ดร., ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ม.เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

¹ Irrigation Engineer, Regional Irrigation Office 1, Tambon Wat Ket, Amphoe Mueang Chiang Mai, Chiang Mai, 50000, Thailand

² Graduate Student, Department of Irrigation Engineering, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140, Thailand

³ Asst. Prof. Dr., Department of Irrigation Engineering, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140, Thailand

⁴ Lecturer, Dr., Department of Irrigation Engineering, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140, Thailand

* Corresponding author: Tel.: 08-1765-2503 E-mail address: chuphan.c@ku.ac.th

(Received: April 21, 2020; Revised: June 9, 2020; Accepted: June 16, 2020)

แบบจำลองความสูงดิจิทัล (SRTM DEM) ของ NASA พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบโดยมีค่า R เท่ากับ -0.65 แสดงให้เห็นว่า PERSIANN-CCS มีแนวโน้มประเมินปริมาณน้ำฝนคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นตามค่าระดับความสูง

คำสำคัญ: ผลกระทบข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียม PERSIANN-CCS ลุ่มน้ำปิงตอนบน

Abstract

Long-term recording of rainfall is an essential data to calculate runoff and preliminary irrigation structure design during the feasibility study on the irrigation projects. However, the lack of rain gauge stations and their heterogeneous spatial distribution throughout the Upper Ping River Basin caused limitation of appropriate representative rainfall data, especially in a complex mountainous area. Therefore, the satellite-based rainfall products are the alternative sources that could be used as rainfall data in ungauged areas. In this study, 30 rain gauge stations of the Royal Irrigation Department were selected and examined the consistency of rainfall data using Double Mass Curve method. The statistical measures of correlation coefficient (R), mean error (ME) and bias (BIAS) were tested the relationship between monthly rainfall data from PERSIANN-CCS satellite products and rain gauges during the year 2005 – 2015. The result showed a strong correlation between monthly rainfall data from PERSIANN-CCS and rain gauges with R between 0.80 - 0.98. However, ME and BIAS with negative values on every month, especially the dry season, indicate that PERSIANN-CCS underestimates rainfall data. It was found that the average annual rainfall of the rain gauge stations and PERSIANN-CCS data are 1,158.2 and 831.8 millimeters per year, respectively. In addition, the relationship between ME and NASA SRTM-DEM revealed a negative correlation with an R of -0.65 indicating that PERSIANN-CCS tends to give low accurate rainfall data at high elevation.

Keywords: Satellite-based Rainfall Products, PERSIANN-CCS, Upper Ping River Basin

บทนำ

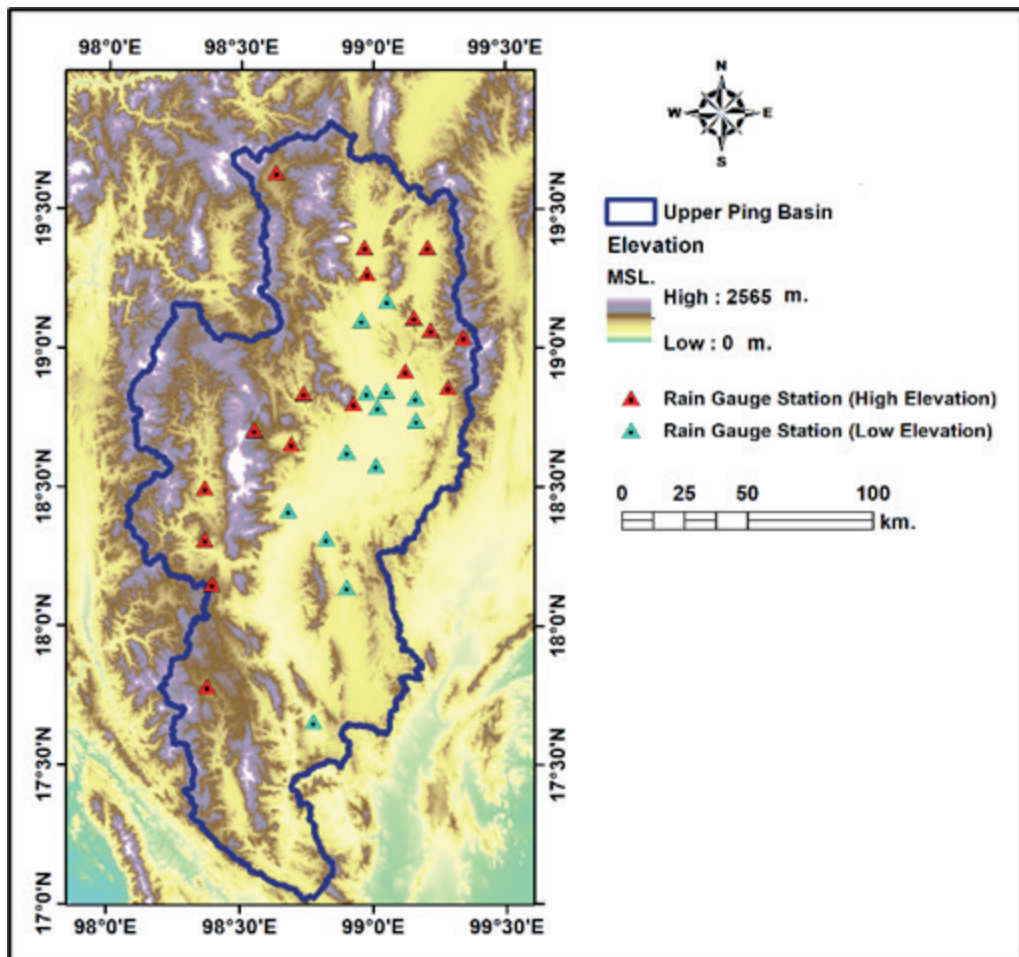
การออกแบบอาคารชลประทานเป็นขั้นตอนหนึ่งในการวางโครงการชลประทานซึ่งต้องใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่รวบรวมจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนในบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ที่พิจารณาวางโครงการและมีการตรวจวัดเป็นระยะเวลาต่อเนื่องยาวนานเพื่อนำมาประเมินปริมาณน้ำท่าที่ไหลผ่านหัวงานก่อสร้างจึงจะสามารถออกแบบอาคารชลประทานเบื้องต้นได้ สำหรับพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจวัดสามารถใช้เทคนิคการประมาณค่าเชิงพื้นที่ (Spatial Interpolation Techniques) อย่างไรก็ตามเทคนิคดังกล่าวอาจใช้ประมาณค่าไม่แม่นยำหากจำนวนสถานีวัดน้ำฝนมีน้อย [1] ดังนั้นข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียมจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจได้ ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียมที่เผยแพร่ต่อสาธารณะผ่านเว็บไซต์ ซึ่งมีความแม่นยำในการตรวจวัดและเป็นที่ยอมรับใช้งาน อาทิ TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) [2], APHRODITE (Asian Precipitation Highly Resolved Observational Data Integration Towards Evaluation) [3], CMORPH (Climate Prediction Center (CPC) Morphing Technique) [4] กระนั้น ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวโดยทั่วไปมีความละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial Resolution) 0.25° (ขนาดจุดภาพประมาณ 25 กม. x 25 กม.) ซึ่งอาจไม่เหมาะสม

หากนำมาใช้งานในโครงการชลประทานขนาดเล็กซึ่งมีพื้นที่รับน้ำน้อยกว่า 25 ตารางกิโลเมตร ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ข้อมูลฝนรายเดือน PERSIANN-CCS (Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information Using Artificial Neural Networks - Cloud Classification System) [5] ซึ่งมีความละเอียดเชิงพื้นที่ 0.04° (ขนาดจุดภาพประมาณ 4 กม. x 4 กม.) จะมีความเหมาะสมสำหรับโครงการชลประทานที่มีพื้นที่ขนาดเล็ก พื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสลับซับซ้อน มีจำนวนสถานีตรวจวัดน้ำฝนค่อนข้างน้อยและการกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นในการวางแผนโครงการชลประทานที่มีตำแหน่งที่ตั้งอยู่ห่างจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนค่อนข้างมาก อาจไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลปริมาณน้ำฝนในพื้นที่โครงการได้ งานวิจัยนี้จึงได้พิจารณาผลิตภัณฑ์ข้อมูลฝนรายเดือน PERSIANN-CCS เป็นข้อมูลทางเลือก อย่างไรก็ตามข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียมมักมีความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม (Random Error) และความเอนเอียง (Bias) [6] แม้ว่าจะมีงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมาจำนวนมากที่ได้ประเมินสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียมทั้งในระดับภูมิภาคและระดับโลก [7] แต่ในการใช้งานในระดับท้องถิ่นควรมีการศึกษาลักษณะของความคลาดเคลื่อนระหว่างข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียมกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินเพื่อหาแนวทางในการปรับแก้ข้อมูลให้เหมาะสมก่อนนำไปใช้งาน [8] งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลฝนจากดาวเทียม PERSIANN-CCS กับข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดของกรมชลประทาน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องของข้อมูลฝนสำหรับนำไปใช้งานในการวางแผนโครงการชลประทานในพื้นที่ห่างไกลที่ไม่มีสถานีตรวจวัดข้อมูลฝนต่อไป

วิธีการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำปิงตอนบนมีพื้นที่ประมาณ 25,370 ตารางกิโลเมตร ดังแสดงในภาพที่ 1 อยู่ในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน สภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสลับซับซ้อนมีความลาดชันสูงเป็นแนวยาวจากเหนือจรดใต้ พื้นที่ส่วนใหญ่กว่าร้อยละ 70 เป็นพื้นที่ป่าไม่มีพื้นที่ราบตามแนวแม่น้ำปิงซึ่งเป็นแม่น้ำสายหลักไหลจากเหนือลงใต้ผ่านจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน โดยมีเขื่อนภูมิพลตั้งอยู่ในจังหวัดตากบริเวณด้านท้ายของพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน มีปริมาณฝนตกชุกในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคมจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้



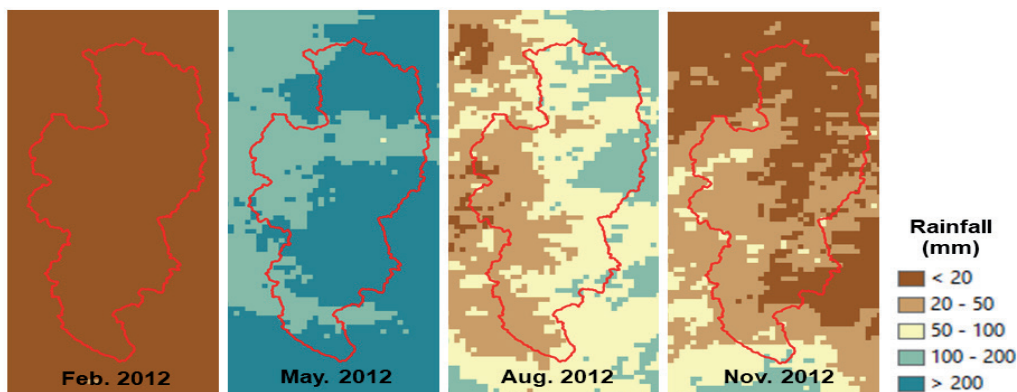
ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษากลุ่มน้ำปิงตอนบนและตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทาน

ข้อมูลและวิธีการวิจัย

1. รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2548 – 2558 จากสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทานในพื้นที่กลุ่มน้ำปิงตอนบนจำนวน 30 สถานี (ดังแสดงในภาพที่ 1) จากนั้นทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝนด้วยวิธี Double Mass Curve โดยเปรียบเทียบปริมาณฝนสะสมรายเดือนของสถานีที่ต้องการตรวจสอบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนจากสถานีใกล้เคียงทั้งหมดในรัศมี 6 กม.

2. รวบรวมข้อมูลฝนรายเดือนจากดาวเทียมระบบ PERSIANN-CCS ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks, ANN) ในการประมวลผลภาพถ่ายอุณหภูมิมเมฆในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (ความยาวคลื่น 10.2–11.2 μm) จากกลุ่มดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้า (Geosynchronous Satellites, GEO) และสอบเทียบข้อมูลร่วมกับข้อมูลฝนดาวเทียมไมโครเวฟแบบพาสซีฟ (Passive Microwave) จากกลุ่มดาวเทียมวงโคจรต่ำของโลก (Low Earth Orbit Satellites, LEO) [9] ดาวินโฮลดข้อมูล

ได้จาก URL <https://chrsdata.eng.uci.edu/> ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกข้อมูลครอบคลุมบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2548 – 2558 ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ข้อมูลฝนดาวเทียมรายเดือน PERSIANN-CCS

3. นำข้อมูลฝนรายเดือน PERSIANN-CCS มาประเมินเปรียบเทียบกับปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดของกรมชลประทาน โดยกำหนดให้ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดแต่ละสถานีเป็นตัวแทนของข้อมูลฝนครอบคลุมพื้นที่ขนาดเทียบเท่ากับพื้นที่จุดภาพของข้อมูล PERSIANN-CCS (4 กม. X 4 กม.) โดยจัดแบ่งกลุ่มของสถานีตรวจวัดน้ำฝนตามค่าระดับความสูงของสถานี ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ค่าระดับความสูงจากแบบจำลองความสูงดิจิทัล (SRTM DEM) ของ NASA โดยแบ่งเป็นกลุ่ม High Elevation คือกลุ่มสถานีที่ตั้งอยู่ในระดับความสูงมากกว่า 400 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง และกลุ่ม Low Elevation คือกลุ่มสถานีที่ตั้งอยู่ในระดับความสูงต่ำกว่า 400 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) และค่าความเอนเอียง (BIAS) ดังสมการที่ 1-3

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (G_i - \bar{G})(S_i - \bar{S})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (G_i - \bar{G})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}} \quad 1)$$

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S_i - G_i) \quad 2)$$

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - G_i)}{\sum_{i=1}^n G_i} \times 100\% \quad 3)$$

โดยที่ n คือ จำนวนสถานีตรวจวัด

G_i คือ ปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจวัด

S_i คือ ปริมาณน้ำฝนจากผลิตภัณฑ์ข้อมูลฝนดาวเทียม PERSIANN-CCS

$\bar{G}$ คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจวัด

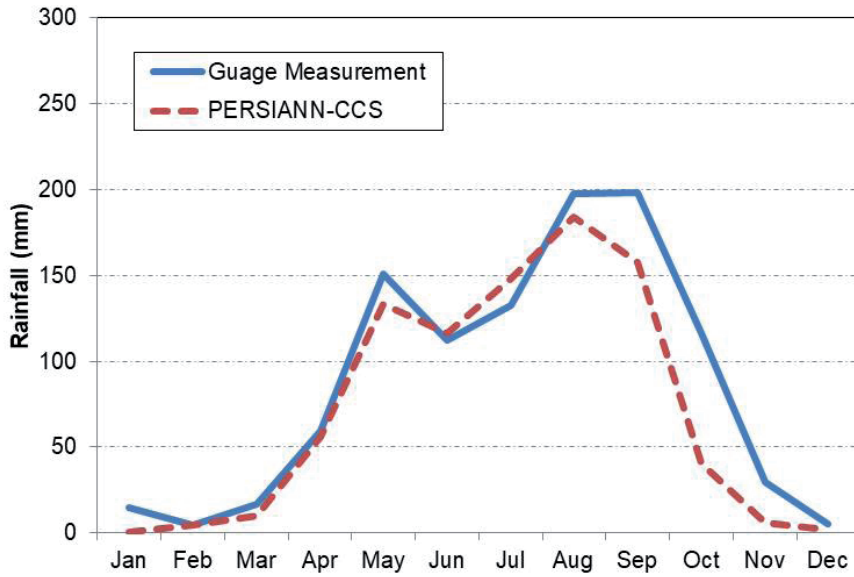
$\bar{S}$ คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนจากผลิตภัณฑ์ข้อมูลฝนดาวเทียม PERSIANN-CCS

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

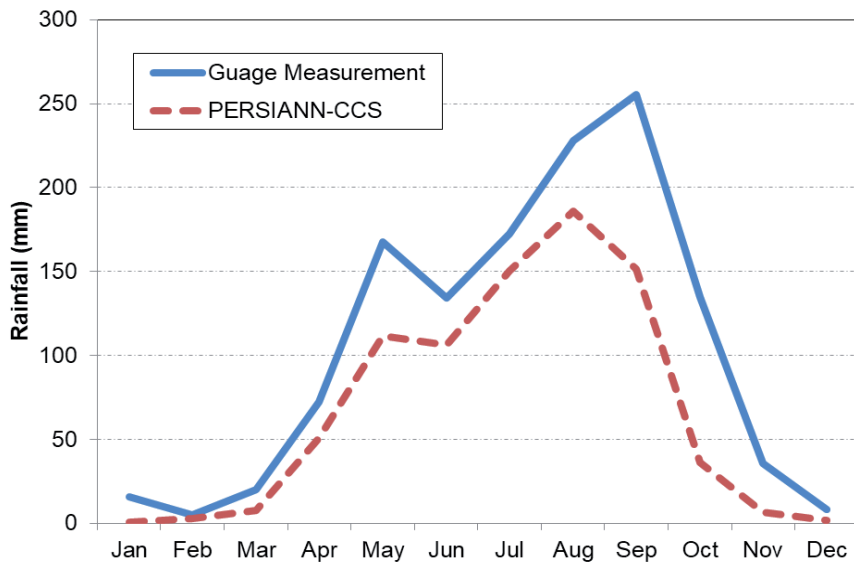
จากการประเมินปริมาณฝนจากภาพถ่ายดาวเทียม PERSIANN-CCS เปรียบเทียบกับปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดของกรมชลประทาน จำนวน 30 สถานี ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2558 โดยภาพรวมพบว่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของสถานีตรวจวัดและข้อมูล PERSIANN-CCS มีค่า 1,158.2 และ 831.8 มิลลิเมตรต่อปีตามลำดับ โดยมีค่า R อยู่ระหว่าง 0.80 ถึง 0.98 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียม PERSIANN-CCS มีความสัมพันธ์โดยตรงอย่างมากกับข้อมูลจากการตรวจวัดภาคพื้นดิน อย่างไรก็ตามพบว่ามีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) อยู่ระหว่าง -82.84 ถึง 12.48 มิลลิเมตรต่อเดือน และค่าความเอนเอียง (BIAS) อยู่ระหว่าง -56.23 % ถึง 21.92 %

เมื่อจำแนกกลุ่มสถานีตามค่าระดับความสูงพบว่า กลุ่ม Low Elevation จำนวน 13 สถานี มีค่าฝนเฉลี่ยรายปีจากสถานีตรวจวัดและจากภาพถ่ายดาวเทียม PERSIANN-CCS เท่ากับ 1,039 และ 858.15 มิลลิเมตรต่อปีตามลำดับ ส่วนกลุ่ม High Elevation มีค่าฝนเฉลี่ยรายปีจากสถานีตรวจวัดและจากภาพถ่ายดาวเทียม PERSIANN-CCS เท่ากับ 1,249.5 และ 811.64 มิลลิเมตรต่อปีตามลำดับ เมื่อพิจารณาข้อมูลการกระจายฝนรายเดือนดังแสดงในภาพที่ 3 พบว่า กลุ่ม Low Elevation ประเมินปริมาณฝนจากภาพถ่ายดาวเทียม PERSIANN-CCS ได้น้อยกว่าสถานีตรวจวัดโดยเฉพาะในช่วงเดือนสิงหาคม-มกราคม ในขณะที่กลุ่ม High Elevation ประเมินปริมาณฝนจากภาพถ่ายดาวเทียม PERSIANN-CCS ได้น้อยกว่าสถานีตรวจวัดทุกเดือน เมื่อพิจารณาจากค่า ME กับ BIAS ดังแสดงในภาพที่ 4 พบว่า กลุ่ม Low Elevation มีค่า ME กับ BIAS เฉลี่ย -16.23 มิลลิเมตรต่อเดือน และ -34.23 % ตามลำดับ ส่วนกลุ่ม High Elevation มีค่า ME กับ BIAS เฉลี่ย -36.49 มิลลิเมตรต่อเดือน และ -48.69 % ตามลำดับ ทั้งนี้ค่า ME และ BIAS รายเดือนมีค่าติดลบโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง แสดงให้เห็นว่าข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียม PERSIANN-CCS มีแนวโน้มประเมินข้อมูลปริมาณน้ำฝนเทียบกับการตรวจวัดภาคพื้นดินในสภาพภูมิประเทศแบบเทือกเขาสลับซับซ้อนได้ต่ำกว่าความเป็นจริง (Underestimate) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Krakauer, Pradhanang, Lakhankar, & Jha, 2013 [10] ที่ได้เปรียบเทียบปริมาณฝนจากภาพถ่ายดาวเทียม PERSIANN-CCS กับสถานีตรวจวัดในพื้นที่ภูเขาสูงในประเทศเนปาล

เมื่อวิเคราะห์ค่า ME ร่วมกับค่าระดับความสูงของสถานีตรวจวัดทั้งหมด 30 สถานี พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบโดยมีค่า R เท่ากับ -0.65 ดังแสดงในภาพที่ 5 แสดงให้เห็นว่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลฝน PERSIANN-CCS มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามค่าระดับความสูง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Gao & Liu, 2013 [11] และ Li, Zhang, & Xu, 2014 [12] ทั้งนี้ ความคลาดเคลื่อนดังกล่าวอาจเกิดจากลักษณะกลุ่มฝนประเภทเมฆอุ่น (Warm Cloud) ที่ตกในพื้นที่ภูเขาสูง [13] ซึ่งจะมีอุณหภูมิยอดเมฆสูงกว่าค่าขีดแบ่ง (Threshold Value) ที่ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนกำหนดไว้ว่าเป็นค่าที่ทำให้ฝนตก [14] ส่งผลให้การแปลผลข้อมูลฝนจากดาวเทียมคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง นอกจากนี้ในพื้นที่ภูเขาสูงมีแนวโน้มว่าจะเกิดฝนตกจากกลุ่มเมฆในสถานะอื่นที่ไม่ใช่เมฆน้ำแข็ง (Ice Cloud) ซึ่งมีค่าการสะท้อนและการแปลผลจากข้อมูลภาพไมโครเวฟแบบพาสซีฟเป็นปริมาณฝนได้น้อยกว่าเมฆน้ำแข็ง [12]

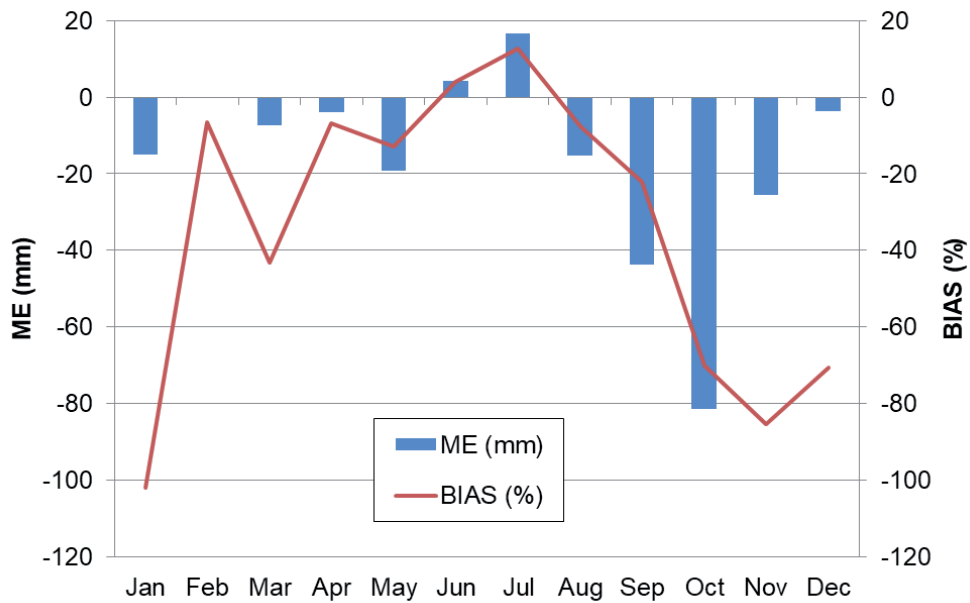


(a)

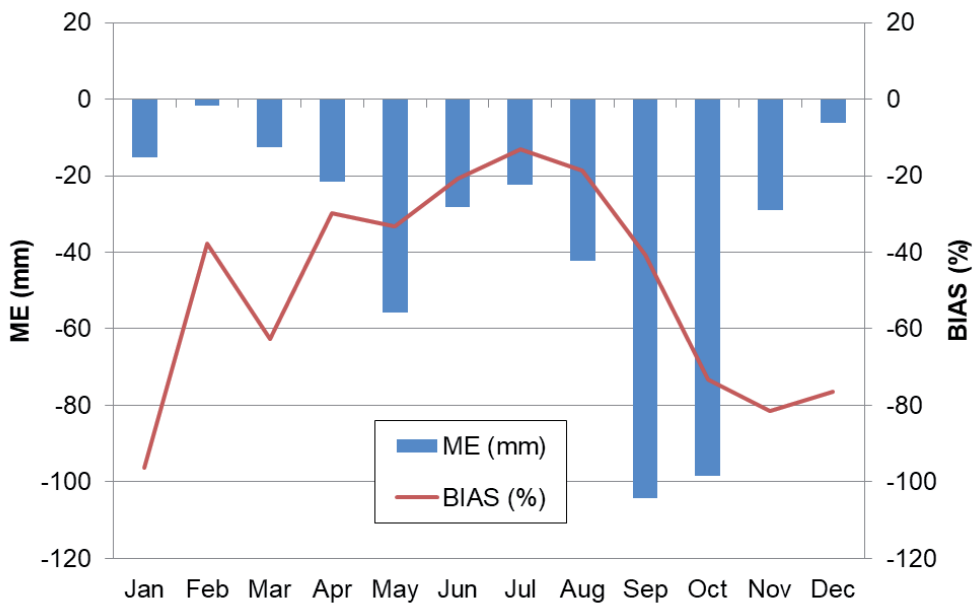


(b)

ภาพที่ 3 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนจากข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนและข้อมูล PERSIANN-CCS
(a) พื้นที่ระดับความสูง ต่ำกว่า 400 ม.รทก. (b) พื้นที่ระดับความสูง สูงกว่า 400 ม.รทก.

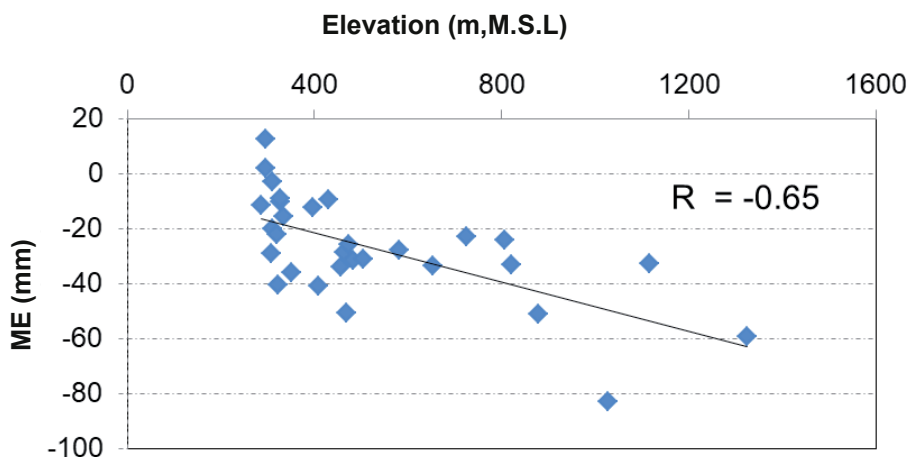


(a)



(b)

ภาพที่ 4 ค่า ME และค่า BIAS รายเดือนของข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนและข้อมูล PERSIANN-CCS
(a) พื้นที่ระดับความสูง ต่ำกว่า 400 ม.รทก. (b) พื้นที่ระดับความสูง สูงกว่า 400 ม.รทก.



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) กับค่าระดับความสูง

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ประเมินเปรียบเทียบข้อมูลฝนรายเดือนจากภาพถ่ายดาวเทียม PERSIANN-CCS กับข้อมูลฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดของกรมชลประทานในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน สรุปได้ว่าข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียมประเมินปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าความเป็นจริงประมาณ 28% โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง และเมื่อวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามค่าระดับความสูง ดังนั้นหากต้องการนำข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียม PERSIANN-CCS ไปใช้ในงานวางโครงการชลประทานจึงควรมีการปรับแก้ข้อมูลฝนเพื่อให้มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยลง โดยเฉพาะในพื้นที่ภูเขาสูง รวมทั้งควรมีการศึกษาแนวทางการประเมินสมรรถนะของข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียมโดยการจำลองปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองอุทกวิทยาและเปรียบเทียบผลกับการตรวจวัดจริงจากสถานีวัดน้ำท่า

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคเหนือตอนบนที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ในงานวิจัยนี้ งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

- [1] Taesombat, W., & Sriwongsitanon, N. (2009). Areal rainfall estimation using spatial interpolation techniques. *ScienceAsia*, 35(3), 268–275. DOI: 10.2306/scienceasia1513-1874.2009.35.268.
- [2] Huffman, G. J., Adler, R. F., Bolvin, D. T., Gu, G., Nelkin, E. J., Bowman, K. P., ... Wolff, D. B. (2007). The TRMM multisatellite precipitation analysis (TMPA): Quasi-global, multiyear, combined-sensor precipitation estimates at fine scales. *Journal of Hydrometeorology*, 8(1), 38–55.

- [3] Yasutomi, N., Hamada, A., & Yatagai, A. (2011). Development of a long-term daily gridded temperature dataset and its application to rain/snow discrimination of daily precipitation. *Global Environmental Research*, 15, 165–172.
- [4] Joyce, R. J., Janowiak, J. E., Arkin, P. A., & Xie, P. (2004). CMORPH: a method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution. *Journal of Hydrometeorology*, 5, 487–503.
- [5] Hong, Y., Hsu, K.L., Sorooshian, S., & Gao, X.G. (2004). Precipitation estimation from remotely sensed imagery using an artificial neural network cloud classification system. *Journal of Applied Meteorology*, 43, 1834–1852.
- [6] Sun, Q., Miao, C., Duan, Q., Ashouri, H., Sorooshian, S., & Hsu, K. L. (2018). A review of global precipitation data sets: data sources, estimation, and intercomparisons. *Reviews of Geophysics*, 56(1), 79–107.
- [7] Zhang, D., Liu, X. M., Bai, P., & Li, X. H. (2019). Suitability of satellite-based precipitation products for water balance simulations using multiple observations in a humid catchment. *Remote Sensing*, 11(2), 151. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs11020151>.
- [8] Anagnostou, E. N., Maggioni, V., Nikolopoulos, E. I., Meskele, T., Hossain, F., & Papadopoulos, A. (2010). Benchmarking high-resolution global satellite rainfall products to radar and rain-gauge rainfall estimates. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 48(4), 1667–1683.
- [9] Nguyen, P., Ombadi, M., Sorooshian, S., Hsu, K., AghaKouchak, A., Braithwaite, D., Ashouri, H.,... Thorstensen, A. R. (2018). The PERSIANN family of global satellite precipitation data: A review and evaluation of products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(11), 5801–5816.
- [10] Krakauer, N. Y., Pradhanang, S. M., Lakhankar, T., & Jha, A. K. (2013). Evaluating satellite products for precipitation estimation in mountain regions: a case study for Nepal. *Remote Sensing*, 5(8), 4107–4123.
- [11] Gao, Y. C., & Liu, M. F. (2013). Evaluation of high-resolution satellite precipitation products using rain gauge observations over the Tibetan plateau. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(2), 837–849.
- [12] Li, X., Zhang, Q., & Xu, C. (2014). Assessing the performance of satellite-based precipitation products and its dependence on topography over Poyang Lake basin. *Theoretical and Applied Climatology*, 115, 713–729.
- [13] Romilly, T. G., & Gebremichael, M. (2011). Evaluation of satellite rainfall estimates over Ethiopian river basins. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(5), 1505–1514.
- [14] Qin, F., Xian, T., & Fu, Y. (2018). Cloud-precipitation parameters and radiative forcing of warm precipitating cloud over the tropical Pacific Ocean based on TRMM datasets and radiative transfer model. *Atmosphere*, 9(6), 206. DOI:10.3390/atmos9060206.