

การประมาณปริมาณน้ำฝนโดยใช้ข้อมูลดาวเทียมฮิมาวารี-9: กรณีศึกษาจังหวัดนครสวรรค์

Rainfall estimation using Himawari-9 satellite data: A case study of Nakhon Sawan Province

นราธิป เฟ่งพิศ¹
Narathip Phengphit¹

Received: 11 June 2024 ; Revised: 11 September 2024 ; Accepted: 27 September 2024

บทคัดย่อ

จังหวัดนครสวรรค์เป็นจังหวัดที่ได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติที่เกี่ยวข้องกับน้ำเป็นประจำทุกปี ทั้งอุทกภัยและภัยแล้ง การพยากรณ์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่แม่นยำ และครอบคลุม จึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการบริหารจัดการน้ำในระดับพื้นที่ ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณค่าปริมาณน้ำฝนรายวันจากข้อมูลจากดาวเทียม Himawari-9 โดยใช้คุณสมบัติความสว่างของยอดเมฆมาวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (r) และสร้างแบบจำลองสำหรับประมาณค่าปริมาณน้ำฝน รวมถึงศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนจำนวน 3 วิธี บนฐานคุณสมบัติความสว่างของยอดเมฆ คือ 1) การประมาณค่าโดยวิธี Auto Estimator 2) การประมาณค่าโดยวิธี IMSRA และ 3) การประมาณค่าโดยวิธี Non Linear Relation หลังจากนั้นสอบเทียบปริมาณน้ำฝนรายวันกับสถานีอุตุนิยมวิทยา โดยวิธีการถดถอย (Regression Analysis) พร้อมประเมินค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง ในโปรแกรม Microsoft Excel ผลการศึกษาพบว่า ทั้ง 3 วิธีมีค่าสหสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนรายวันจากสถานีอุตุนิยมวิทยาอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ซึ่งวิธีการประมาณค่าแบบ NLR เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการใช้งาน เพราะมีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด เท่ากับ 0.7163 รวมถึงให้ค่าคลาดเคลื่อน RMSE และค่าคลาดเคลื่อน MAD ต่ำที่สุด เท่ากับ ± 7.61 มิลลิเมตร/วัน และ 3.84 มิลลิเมตร/วัน ตามลำดับ

คำสำคัญ: การประมาณค่า, ดาวเทียม Himawari-9, ปริมาณน้ำฝน, การรับรู้จากระยะไกล

Abstract

Every year, Nakhon Sawan Province is affected by water-related disasters, including floods and droughts. Therefore, high-accuracy rainfall data and comprehensive coverage are crucial for effective water management. The main objective of this study was to estimate daily rainfall using data from the Himawari-9 satellite based on cloud-top brightness temperature. The study analyzed the Pearson correlation (r) and developed a model for estimating daily rainfall. Additionally, three rainfall estimation methods were compared using Himawari-9 satellite data: 1) Auto-Estimator, 2) IMSRA, and 3) Non-Linear Relation (NLR). These methods were calibrated using rain gauge data from meteorological stations via linear regression, and their errors were evaluated in Microsoft Excel. The results showed that all three methods had moderate to high correlations between satellite-derived and observed rainfall, which were significant at the 0.01 level. Among them, the NLR method proved to be the most suitable for practical use, with the highest correlation ($r = 0.7163$) and the lowest Root Mean Square Error (RMSE) of ± 7.61 mm/day and Mean Absolute Deviation (MAD) of 3.84 mm/day.

Keywords: The estimation, Himawari-9 satellite, rainfall, remote sensing

¹ สาขาวิชาภูมิศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

¹ Department of Geography, Faculty of Humanities and Social Sciences, Nakhon Sawan Rajabhat University

* Corresponding author: Email: narathip.ph@nsru.ac.th

บทนำ

ฝน เป็นหนึ่งในหยาดน้ำฟ้า ที่เกิดจากการควบแน่นของละอองน้ำในเมฆ จนมีน้ำหนักมากพอที่จะตกตามแรงโน้มถ่วงของโลกตกลงมายังโลก เป็นหนึ่งในวัฏจักรของน้ำ ภัยพิบัติจำนวนมากมีสาเหตุมาจากน้ำเป็นหลัก เช่น เมื่อฝนตกจำนวนมาก จะส่งผลต่อการเกิดอุทกภัย ดินถล่ม คลื่นลมแรง ในทางกลับกัน เมื่อฝนไม่ตกหรือตกน้อยกว่าปกติ จะส่งผลต่อการเกิดภัยแล้งในพื้นที่ ซึ่งภัยพิบัติทางน้ำหรือเกี่ยวข้องกับน้ำ จัดอยู่ในรายการภัยพิบัติทางธรรมชาติอันดับต้นๆ ที่ก่อเกิดความเสียหายมากที่สุดในรอบ 50 ปีที่ผ่านมา (Singlor, 2022) และยังมี การคาดการณ์ว่าภัยพิบัติทางน้ำจะมีความถี่และทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ไม่อาจสามารถคาดเดาได้ง่าย (WMO, 2021) ดังนั้นการพัฒนา หรือสร้างระบบเตือนภัยพิบัติต่างๆ ผ่านเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อใช้การติดตามและพยากรณ์สภาพอากาศ นั้นมีความสำคัญ และเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการภัยพิบัติทางน้ำของประเทศไทยได้อย่างมาก โดยเฉพาะในเรื่องการประมาณค่า ติดตามหรือคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่แม่นยำ สามารถระบุ/หรือเจาะจงรายละเอียดในพื้นที่หนึ่งๆ ได้

ปัจจุบันการตรวจวัดปริมาณน้ำฝน ของกรมอุตุนิยมวิทยา แบ่งเป็น 3 ประเภทใหญ่ (Thai Meteorological Department, n.d.) คือ 1) ตรวจวัดโดยสถานีอุตุนิยมวิทยา ผ่านอุปกรณ์ตรวจวัดน้ำฝน เรียกว่า มาตรวัดน้ำฝน (Rain Gauge) ซึ่งเป็นภาชนะทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ปากกระบอก มีกรวยรองรับน้ำฝนให้ตกลงสู่กระบอกตรง ใช้หน่วยวัดเป็น มิลลิเมตร (Mitrearth, 2021) และ 2) การตรวจวัดปริมาณน้ำฝนด้วยเรดาร์ (Radar) ตรวจอากาศ ทั้งนี้วิธีการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนแบบที่ 1 และ 2 เป็นวิธีการตรวจวัดที่มีข้อจำกัด ด้านความแม่นยำ และรายละเอียดเชิงพื้นที่ กล่าวคือ การใช้ข้อมูลมาตรวัดฝน สามารถตรวจวัดน้ำฝนได้เฉพาะในจุดที่ติดตั้ง แต่ปริมาณน้ำฝนในตำแหน่งข้างเคียงกัน อาจมีปริมาณไม่เท่ากัน ขณะที่ตำแหน่งของมาตรวัดฝนอยู่ห่างกัน จึงไม่อาจวัดหรือทราบปริมาณน้ำฝนที่แม่นยำในเชิงตำแหน่งได้ ส่วนเรดาร์ตรวจอากาศ เป็นการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในย่านความถี่ไมโครเวฟไปยังวัตถุเป้าหมาย (ก้อนเมฆ หยดน้ำ) และพลังงานส่วนหนึ่งกระเจิงกลับมายังอุปกรณ์รับสัญญาณ เมื่อปะทะกับวัตถุเป้าหมาย ซึ่งบางครั้งมีค่าคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า เนื่องจากอนุภาคของน้ำหรือน้ำแข็งที่ลอยอยู่ในชั้นบรรยากาศ ไม่ทำให้เกิดฝนเสมอไป อีกทั้งการติดตั้งเรดาร์นั้นไม่ครอบคลุมในพื้นที่ประเทศไทย (TSRI, 2020) และวิธีที่ 3) การตรวจวัดปริมาณน้ำฝน โดยดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งเป็นการตรวจวัดสภาพอากาศจากระยะไกลลงมายังพื้นผิวโลก โดยใช้พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถตรวจเมฆ ทิศทางการเคลื่อนตัวของเมฆ พายุหมุนเขตร้อน

ตรวจอุณหภูมิยอดเมฆ รวมถึงนำมาประมาณค่าปริมาณน้ำฝน (POSN, 2019) โดยเฉพาะดาวเทียม Himawari ของประเทศญี่ปุ่น มีองค์การจำนวนมากทั้งในประเทศและต่างประเทศ นำข้อมูลจากดาวเทียม Himawari มาตรวจวัดปริมาณน้ำฝน และพยากรณ์อากาศ รวมถึงกรมอุตุนิยมวิทยาของประเทศไทย (Sakolnakhon, 2016)

จังหวัดนครสวรรค์เป็นจังหวัดที่ได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติที่เกี่ยวข้องกับน้ำ ทั้งอุทกภัยและภัยแล้ง เมื่อเข้าสู่ฤดูฝน ปริมาณน้ำฝนมาก ผ่นวกกับน้ำเหนือที่ไหลบ่าผ่านจังหวัดส่งผลให้เกิดอุทกภัย ในทางตรงข้าม เมื่อเข้าสู่ฤดูแล้ง และฤดูร้อน สภาพอากาศจะค่อยๆ ร้อนและแห้งแล้ง ส่งผลให้ภัยแล้ง เกิดขึ้นสลับกันในทุกปี โดยเฉพาะภัยแล้ง จังหวัดนครสวรรค์เป็นจังหวัดภายใต้บัญชีพื้นที่เสี่ยงขาดแคลนน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค และการเกษตร เป็นผลจากมีพื้นที่ร้อยละ 78.26 ของจังหวัด มีการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประเภทเกษตรกรรม (Land Development Department, 2020) และส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรอาศัยน้ำฝน มีพื้นที่เกษตรกรรมเพียงร้อยละ 12.90 ที่อยู่ในเขตชลประทาน (Warayuth, 2023) เมื่อฝนไม่ตก หรือตกน้อยกว่าปกติ จึงขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตร ส่งผลให้พืชผลทางการเกษตรได้ผลผลิตลดลง กระทั่งต่อรายได้ และคุณภาพชีวิตของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์เป็นอย่างมาก นอกจากนี้การตรวจวัดปริมาณน้ำฝนที่ไม่ครอบคลุม และเพียงพอ ซึ่งจังหวัดนครสวรรค์ มีสถานีอุตุนิยมวิทยาจำนวน 2 สถานี และตั้งอยู่ห่างกันกว่า 80 กิโลเมตร อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของการบริหารจัดการน้ำเพื่อการเกษตรได้ ความสำคัญของปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลจากข้อมูลดาวเทียม Himawari-9 ซึ่งเป็นดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาของประเทศญี่ปุ่น มาประมาณค่าปริมาณน้ำฝนรายวันบริเวณจังหวัดนครสวรรค์ เพื่อเป็นประโยชน์สูงสุด โดยตรงกับเกษตรกร รวมถึงหน่วยงานภายในจังหวัดที่เกี่ยวข้อง

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

เพื่อประมาณค่าปริมาณน้ำฝนรายวัน จากข้อมูลจากดาวเทียม Himawari-9 บริเวณ จังหวัดนครสวรรค์

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

1. ข้อมูลจากดาวเทียม Himawari-9 แบบ Full*-disk จากสำนักงานอุตุนิยมวิทยาประเทศญี่ปุ่น (Japan Meteorological Agency) ครอบคลุมพื้นที่ละติจูด 60 องศาเหนือ ถึง 60 องศาใต้ และลองจิจูด 80 องศาตะวันออก ถึง 180 องศาตะวันตก รายละเอียดเชิงพื้นที่ 2 กิโลเมตร ในช่วงวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ถึง 31 ตุลาคม พ.ศ. 2566 บันทึกข้อมูลเป็นไฟล์นามสกุล netCDF4 ทุกๆ 10 นาที เข้าถึงแบบ Realtime ได้จาก FTP ชื่อ ftp.ptree.jaxa.jp ดัง Table 1

2. ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน จากสถานีอุตุนิยมวิทยานครสวรรค์ และสถานีอุตุนิยมวิทยาตากฟ้า สกษ. ในช่วงวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ถึง 31 ตุลาคม พ.ศ. 2566 จากกรมอุตุนิยมวิทยา

3. ข้อมูลขอบเขตการปกครองจังหวัดนครสวรรค์ จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

Table 1 Imager specifications.

Himawari-9		
Band Number	Spatial Resolution at SSP [km]	Central Wave Length
1	1	0.47059
2	1	0.50993
3	0.5	0.63972
4	1	0.85668
5	2	1.6065
6	2	2.257
7	2	3.8289
8	2	6.2479
9	2	6.9555
10	2	7.3437
11	2	8.5936
12	2	9.6274
13	2	10.4074
14	2	11.208
15	2	12.3648
16	2	13.3107

วิธีการศึกษาวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลจากดาวเทียม Himawari-9 โดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิความสว่าง (Brightness Temperature) ของยอดเมฆ ช่วงคลื่นที่ 13 คือ 1) ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิความสว่างของยอดเมฆกับปริมาณน้ำฝนรายวันจากสถานีอุตุนิยมวิทยาที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และวิเคราะห์ถดถอย ทั้งแบบถดถอยเชิงเส้น และไม่ใช้เชิงเส้น ในโปรแกรม

Microsoft Excel เพื่อประมาณค่าปริมาณน้ำฝนรายวันโดยตรง และ 2) การประมาณค่าปริมาณน้ำฝนรายวันจากข้อมูลจากดาวเทียม himawari-9 ด้วยอัลกอริทึมที่แตกต่างกัน จำนวน 3 วิธี หลังจากนั้นสอบเทียบกับปริมาณน้ำฝนรายวันจากสถานีอุตุนิยมวิทยา สมการโดยวิธีการถดถอยเชิงเส้น มีขั้นตอนการศึกษาดังต่อไปนี้

1. การประมาณค่าปริมาณน้ำฝนรายวันจากอุณหภูมิความสว่างของยอดเมฆ

1.1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิความสว่างรายวัน ตั้งแต่เวลา 00.00 น.-23.00 น. อ้างอิงตามเวลาสากลเชิงพิกัด (Universal Time Coordinated) UTC 0 เทียบเท่ากับเวลาในประเทศไทย 7.00 น.ของวันก่อนหน้าถึง 7.00 น.ของวันปัจจุบัน (UTC +7) รวม 24 ชุดข้อมูล มาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต โดยวิธีการหาค่าสถิติของจุดภาพ (Cell Statistic) จากตำแหน่งจุดที่ตั้งของสถานีอุตุนิยมวิทยานครสวรรค์ และสถานีอุตุนิยมวิทยาตากฟ้า สกษ. โดยวิธีการหาค่าสถิติแบบเฉพาะแถบ (Zonal Statistic) กับปริมาณน้ำฝนรายวันจากสถานีอุตุนิยมวิทยาของกรมอุตุนิยมวิทยา แสดงตำแหน่งของจุดภาพและสถานีอุตุนิยมวิทยาดัง Figure 1

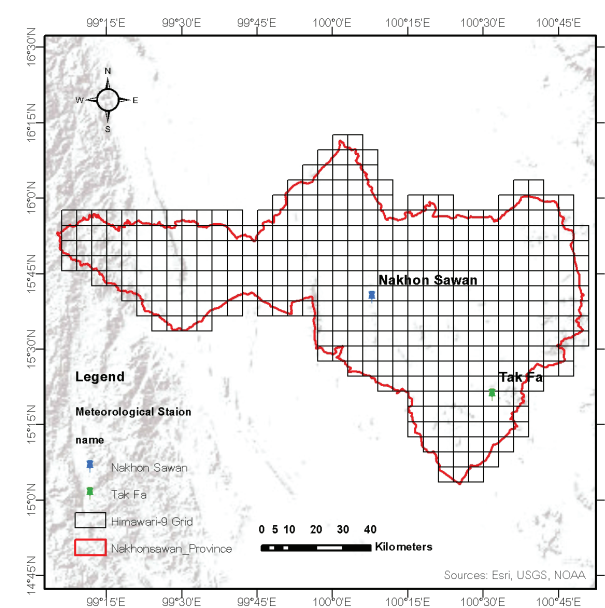


Figure 1 grid size of Himawari-9

1.1.1 การหาค่าผิดพลาดของชุดข้อมูล (Modified Thompson Tau Test) เป็นการหาค่าผิดพลาดของผลต่างระหว่างอุณหภูมิความสว่างของยอดเมฆกับปริมาณน้ำฝนจากสถานีอุตุนิยมวิทยาภายในจังหวัดนครสวรรค์ทั้ง 2 สถานี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยการใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) ของผลต่าง ระหว่างอุณหภูมิความสว่างของยอดเมฆกับปริมาณน้ำฝนจากสถานีอุตุนิยมวิทยา ดังสมการ Equation 1

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \quad (1)$$

เมื่อ

$\sum x$ คือ ผลรวมทั้งหมดของผลต่างระหว่าง 2 ชุดข้อมูล

n คือ จำนวนชุดข้อมูล

ขั้นตอนที่ 2 นำผลต่างของชุดข้อมูลลบด้วยค่าเฉลี่ยเลขคณิตในขั้นตอนที่ 1 และแปลงเป็นค่าสัมบูรณ์ ดังสมการ Equation 2

$$\delta_i = |X_i - \bar{X}| \quad (2)$$

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) ของผลต่าง ระหว่างอุณหภูมิความสว่างของยอดเมฆกับปริมาณน้ำฝนจากสถานีอุตุนิยมวิทยา ดังสมการ Equation 3

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (3)$$

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณค่า Tau เพื่อนำมาใช้คู่กับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในขั้นตอนที่ ดังสมการ Equation 4

$$\tau = \frac{t \cdot (n - 1)}{\sqrt{n} \sqrt{n - 2 + t^2}} \quad (4)$$

ขั้นตอนที่ 5 เปรียบเทียบผลต่างระหว่างค่าสัมบูรณ์ δ_i กับค่า $\tau \cdot s$

ถ้า $\delta_i > \tau \cdot s$ หมายถึงข้อมูลชุดดังกล่าวมีค่าผิดปกติ

ถ้า $\delta_i < \tau \cdot s$ หมายถึงข้อมูลชุดดังกล่าวมีค่าไม่ผิดปกติ

1.1.2 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (r) (Pearson's correlation) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 เพื่อนำ

ชุดข้อมูลที่มีความสัมพันธ์มาสร้างแบบจำลอง ดังสมการ Equation 5

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \quad (5)$$

เมื่อ

X คือ ปริมาณน้ำฝนรายวันจากข้อมูลดาวเทียม himawari-9

Y คือ ปริมาณน้ำฝนรายวันจากสถานีอุตุนิยมวิทยา

1.1.3 การประมาณค่าปริมาณน้ำฝน โดยสมการถดถอย ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายวัน บริเวณจังหวัดนครสวรรค์ ดังสมการ Equation 6 และ 7

$$Y = a + b(X) \quad (6)$$

และ

$$Y = a + b_1(X_1) + b_2(X_2) \quad (7)$$

เมื่อ

a คือ จุดตัดของแกน Y

b คือ ความลาดชัน (Slope) ของสมการ

2. การเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำฝน จากวิธีการประมาณค่าที่แตกต่างกัน

2.1 การประมาณค่าปริมาณน้ำฝนแบบ Auto Estimator ที่พัฒนาโดย (Vicente & Vicente, 1998) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลดาวเทียม GOES-8 และ 9 โดยการใช้อุณหภูมิความสว่างของยอดเมฆ (Cloud Top Brightness Temperature) กับข้อมูลเรดาร์ตรวจอากาศ ดังสมการ Equation 8

$$R = 1.1183 \cdot 10^{11} \cdot \exp(-3.6382 \cdot 10^2 T^{1.2}) \quad (8)$$

2.2 การประมาณค่าปริมาณน้ำฝนแบบ IMSRA ที่พัฒนาโดย (Gairola, 2011) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลดาวเทียม KALPANA-IR โดยการใช้อุณหภูมิยอดเมฆกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากมาตรน้ำฝน ของสถานีอุตุนิยมวิทยา ดังสมการ Equation 9

$$R = 8.613098 \cdot \exp\left(-\frac{T - 197.97}{15.7061}\right) \quad (9)$$

2.3 การประมาณค่าปริมาณน้ำฝนแบบ Non-Linear Relation ที่พัฒนาโดย (Suwarsono, 2009) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากดาวเทียม MTSAT-1R และปริมาณน้ำฝนจาก QMORPH ซึ่งเป็นการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนที่ได้จากการสังเกตการณ์จากดาวเทียมในวงโคจรต่ำโดยเฉพาะ ดังสมการ Equation 10

$$R = 2 * 10^{25} * T^{-10.256} \quad (10)$$

เมื่อ

R คือ ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร/ชั่วโมง)

T คือ อุณหภูมิความสว่างของยอดเมฆ (Cloud Top Brightness Temperature)

2.4 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (r) ระหว่างปริมาณน้ำฝนรายวันที่ได้จากดาวเทียม Himawari-9 ด้วยอัลกอริทึมที่แตกต่างกับปริมาณน้ำฝนรายวันจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครสวรรค์ ดังสมการ Equation 5

2.5 การสอบเทียบค่าปริมาณน้ำฝนรายวัน จากดาวเทียม Himawari-9 กับปริมาณน้ำฝนรายวันจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครสวรรค์ ดังสมการที่ Equation 6

3. การประเมินประสิทธิภาพของสมการในการประมาณค่า

3.1 การประเมินค่าคลาดเคลื่อน RMSE (Root Mean Square Error) ของแบบจำลอง ระหว่างข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากการพยากรณ์กับข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีอุตุนิยมวิทยา ดังสมการ Equation 11

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{N}} \quad (11)$$

3.2 การประเมินค่าคลาดเคลื่อน MAD (Mean Absolute Deviation) ของแบบจำลอง ระหว่างข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากการพยากรณ์กับข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีอุตุนิยมวิทยา ดังสมการ Equation 12

$$MAD = \frac{\sum |y_i - \hat{y}_i|}{N} \quad (12)$$

เมื่อ

y_i คือ ค่าปริมาณน้ำฝนจากสถานีอุตุนิยมวิทยาตำแหน่งที่ i

$\hat{y}_i$ คือ ค่าประมาณน้ำฝนจากการพยากรณ์ของสมการตำแหน่งที่ i

N คือ จำนวนตัวอย่างที่ใช้

ผลการศึกษา

1. การประมาณค่าปริมาณน้ำฝนรายวันจากอุณหภูมิความสว่างของยอดเมฆ จากดาวเทียม Himawari-9 โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอุณหภูมิความสว่างของยอดเมฆ ช่วงคลื่นที่ 13 กับข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน จากสถานีอุตุนิยมวิทยา จำนวน 2 สถานี ได้แก่ สถานีอุตุนิยมวิทยานครสวรรค์ และสถานีอุตุนิยมวิทยาตากฟ้า สกษ. จำนวน 329 ตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่า ชุดข้อมูลมีความสัมพันธ์กันแบบแปรผกผัน ในระดับปานกลาง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 มีค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (r) เท่ากับ -0.6755 อธิบายได้ว่า เมื่ออุณหภูมิความสว่างของยอดเมฆลดลง ปริมาณน้ำฝนรายวันจะเพิ่มขึ้นในทิศทางตรงกันข้าม

การประมาณค่าปริมาณน้ำฝนผ่านสมการถดถอยเชิงเส้น ผลการศึกษา พบว่า สมการถดถอยแบบ Polynomial มีค่าสหสัมพันธ์ r เท่ากับ 0.711 มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R^2 เท่ากับ 0.505 อธิบายได้ว่าอุณหภูมิความสว่างของยอดเมฆสามารถพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายวันร้อยละ 50.50 ส่วนที่เหลือเป็นผลมาจากปัจจัยอื่น เช่น ความเร็วลม ทิศทางลม ความชื้นในอากาศ ฯลฯ โดยสมการมีค่าคลาดเคลื่อน RMSE ในการประมาณค่า เท่ากับ 7.61 มิลลิเมตร/วัน ค่าคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 3.70 มิลลิเมตร/วัน รายละเอียดดัง Table 2 และ Figure 2 และสามารถประมาณค่าได้จากสมการ Equation 13 และแสดงตัวอย่างปริมาณน้ำฝนได้ดัง Figure 3

$$R = 798.31 - 5.402(tbb_{13}) + 0.0091(tbb_{13})^2 \quad (13)$$

เมื่อ

R คือ ปริมาณน้ำฝนรายวัน (มิลลิเมตร/วัน)

Tbb_{13} คือ อุณหภูมิความสว่างช่วงคลื่นที่ 13 หน่วยเคลวิน

Table 2 Regression statistics for estimating rainfall from brightness temperature band 13

Model	Linear	Polynomial
R	0.675	0.711
R Square	0.456	0.505
Adjusted R	0.455	0.502
RMSE	7.98	7.61
MAD	4.76	3.70

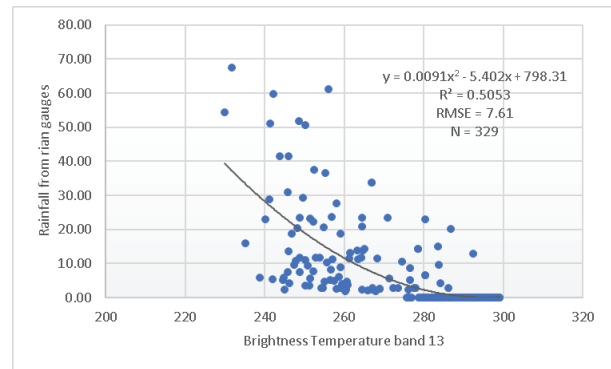
2. การเปรียบเทียบค่าวิธีการประมาณค่าปริมาณน้ำฝน โดยการใช้ข้อมูลภูมิความสว่างของยอดเมฆเป็นฐาน ได้แก่ 1) การประมาณค่าด้วยวิธี Auto Estimator (AE) การประมาณค่าด้วยอัลกอริทึม IMSRA และ การประมาณค่าด้วยอัลกอริทึม Non-Linear Relation (NL) และศึกษาความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนรายวัน จากสถานีอุตุนิยมวิทยา ผลการศึกษาพบว่า การประมาณค่าด้วยอัลกอริทึม ทั้ง 3 วิธี มีความสัมพันธ์แบบแปรผันในระดับปานกลางถึงสูง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ซึ่งวิธีการประมาณค่าด้วยอัลกอริทึม NL มีค่าสหสัมพันธ์ r สูงสุด เท่ากับ 0.7163 รองลงมาคือ วิธีการประมาณค่าด้วยอัลกอริทึม AE มีค่าสหสัมพันธ์ r เท่ากับ 0.7069 และวิธีการประมาณค่าด้วยอัลกอริทึม IMSRA มีค่าสหสัมพันธ์ r ต่ำสุด เท่ากับ 0.5921 ดัง Table 3

Table 3 The relationship between rainfall from satellite data and rainfall from rain gauges

Method	Rainfall	AE	IMSRA	NLR
Rainfall	1			
AE	0.7069**	1		
IMSRA	0.5921**	0.8815**	1	
NLR	0.7163**	0.9852**	0.79560**	1

** Correlation is significant at the 0.01 level

ผลการสอบเทียบวิธีการประมาณค่าปริมาณน้ำฝน บริเวณจังหวัดนครสวรรค์ จากการนำอุณหภูมิความสว่างของยอดเมฆเป็นฐานด้วยวิธีการถดถอย พบว่าปริมาณน้ำฝนรายวันที่จากวิธีการประมาณค่าแบบ NLR มีค่า R^2 สูงสุด เท่ากับ 0.51 มีค่าคลาดเคลื่อน RMSE และค่าคลาดเคลื่อน MAD น้อยที่สุด เท่ากับ +7.55 และ 3.84 มิลลิเมตร/วัน ตามลำดับ รองลงมาคือปริมาณน้ำฝนที่ได้รับจากวิธีการประมาณค่าแบบ AE มีค่า R^2 เท่ากับ 0.498 และมีค่าคลาดเคลื่อน RMSE และค่าคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ +7.65 และ 3.95 มิลลิเมตร/วัน

**Figure 2** The relationship between brightness temperature and rainfall from rain gauges

ตามลำดับ และวิธีการประมาณค่าแบบ IMSRA มีค่า R^2 เท่ากับ 0.350 และมีค่าคลาดเคลื่อน RMSE และค่าคลาดเคลื่อน MAD สูงที่สุดเท่ากับ +8.72 และ 5.16 มิลลิเมตร/วัน ตามลำดับ ดัง Table 4

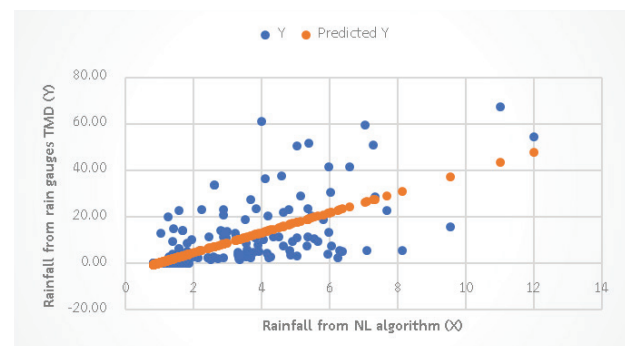
ดังนั้นวิธีการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียม Himawari-9 บริเวณจังหวัดนครสวรรค์ ที่เหมาะสมที่สุดและให้ค่าคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ การนำอุณหภูมิความสว่างของยอดเมฆ ช่วงคลื่นที่ 13 เข้าสู่สมการประมาณค่าแบบ NLR หลังจากนั้นจึงสอบเทียบชุดข้อมูลด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นแสดงดังสมการ Equation 14 และ Figure 3 สามารถแสดงตัวอย่างการประมาณค่า ดัง Figure 6 และ Figure 7

$$Y = -4.068 + 4.324(X) \quad (14)$$

เมื่อ

Y คือ ปริมาณน้ำฝนรายวัน จากสถานีอุตุนิยมวิทยา

X คือ ปริมาณน้ำฝนรายวัน จากการประมาณค่าด้วยวิธี NLR

**Figure 3** The relationship between rainfall from NLR and rainfall from rain gauges

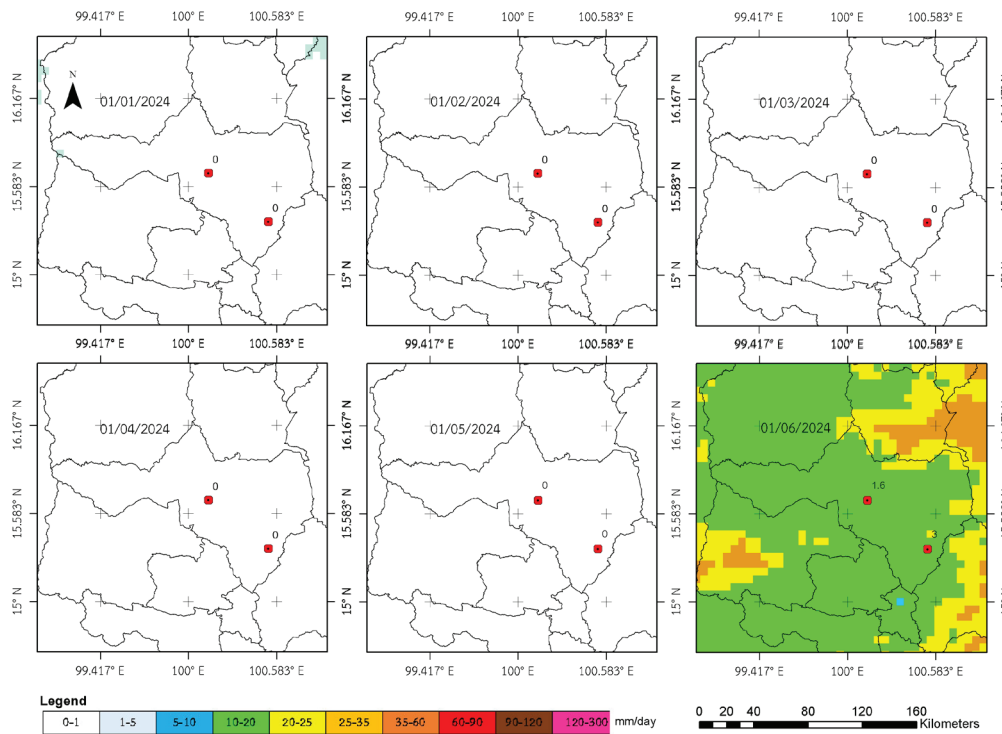


Figure 4 Some examples of rainy days on the 1st day of each month from January to June 2024 using the NLR method

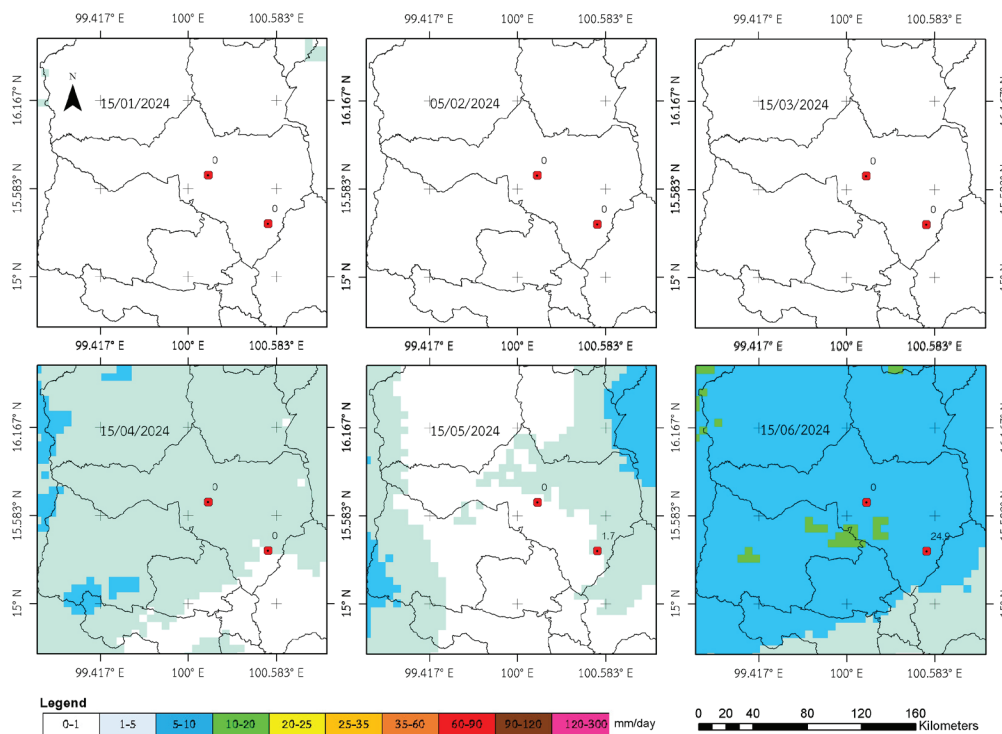


Figure 5 Some examples of rainy days on the 15th of each month from January to June 2024 using the NLR method

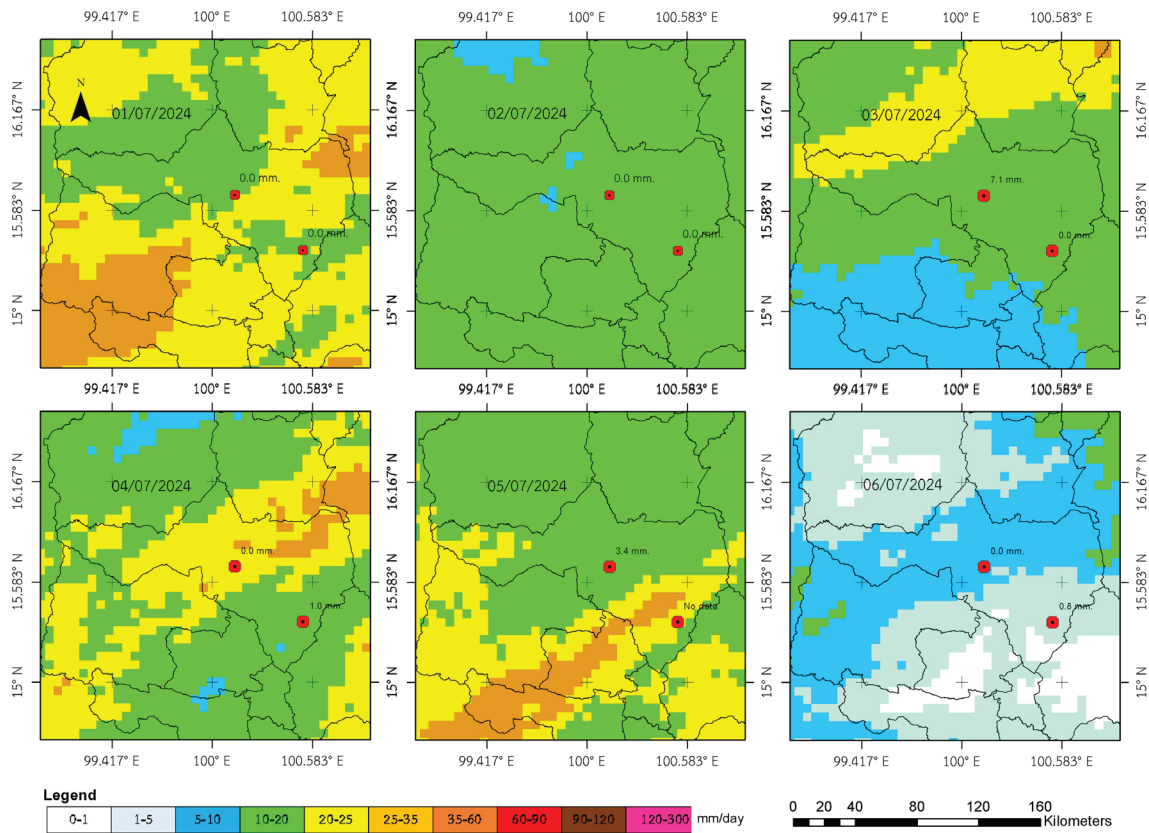


Figure 6 Some examples of rainy days between 1 and 6 July 2024 using the Polynomial method

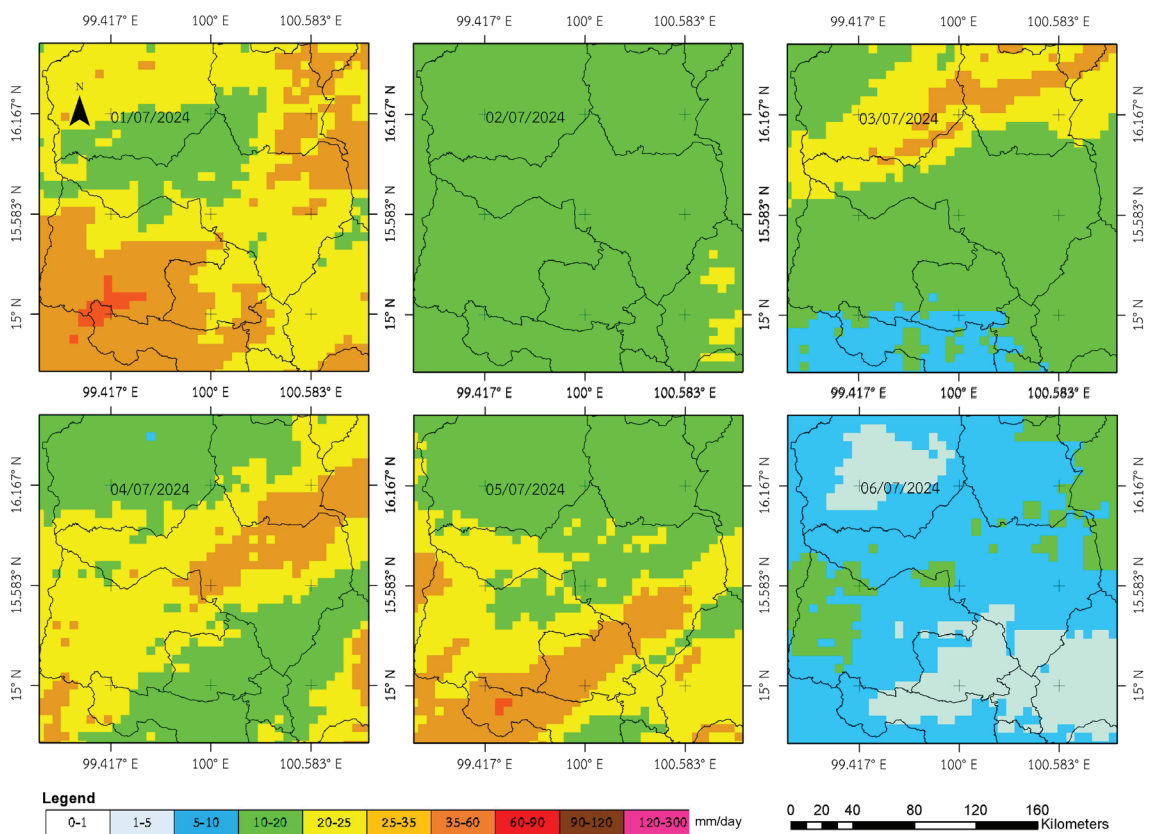


Figure 7 Some examples of rainy days between 1 and 6 July 2024 using the NLR method

จาก Figure 4 และ 5 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ในช่วงวันที่ 1 และ วันที่ 15 ของเดือนมกราคมถึง มิถุนายน พ.ศ. 2567 วิธีการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนแบบ NLR มีความแม่นยำสูง โดยเฉพาะในบริเวณที่ฝนไม่ตก หรือตกในปริมาณน้อย เหมาะสมแก่การนำมาใช้ประโยชน์ในการบริหารจัดการน้ำ วางแผนทางด้านการเกษตรกรรม โดยเฉพาะการป้องกันและผลกระทบจากภัยแล้ง หรือนำไปใช้เป็นปัจจัยในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งได้ ส่วนในช่วงฤดูฝน สภาพอากาศแปรปรวน ส่งผลให้ความแม่นยำในการประมาณค่าลดลง ดัง Figure 6 และ 7

Table 4 Statistics for adjusted rainfall from satellite data

Method	R ²	RMSE	MAD	Equation
AE	.498	+7.65	3.95	$R = -0.1104 + 52.325(R_{AE})$
IMSRA	.350	+8.72	5.16	$R = 2.9672 + 41.070(R_{IMSRA})$
NLR	.510	+7.55	3.84	$R = -4.068 + 4.324 (R_{NLR})$

สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ต้องการนำเสนอวิธีการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนรายวัน บริเวณจังหวัดนครสวรรค์ ด้วยข้อมูลจากดาวเทียม Himawari-9 ซึ่งเป็นดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาของประเทศญี่ปุ่น ด้วยวิธีการประมาณค่าที่แตกต่างกัน 4 วิธี คือ 1) ประมาณค่าจากอุณหภูมิความสว่างของยอดเมฆจากสมการเชิงประจักษ์ (Empirical Equation) 2) การประมาณค่าแบบ AE 3) การประมาณค่าแบบ IMSRA และ 4) การประมาณค่าแบบ NLR มาวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ สอบเทียบและประเมินค่าคลาดเคลื่อนกับปริมาณน้ำฝนรายวันจากสถานีอุตุนิยมวิทยา โดยมีการกระจายตัวของข้อมูลปริมาณน้ำฝน ตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 ถึง 31 ตุลาคม พ.ศ. 2566 ทั้งในช่วงที่ฝนไม่ตก ปริมาณน้ำฝนต่ำสุด 0 มิลลิเมตร ฝนตกเล็กน้อย ฝนตกปานกลาง ปริมาณน้ำฝนสูงสุด 66.7 มิลลิเมตร และนำวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด มาใช้เป็นแบบจำลองสำหรับประมาณค่าปริมาณน้ำฝนรายวัน จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งการประมาณค่าด้วยอัลกอริทึม NL มีความเหมาะสมที่สุด จากวิธีการทั้งหมด มีค่าคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ ± 7.55 มิลลิเมตร/วัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Ayasha, 2020) ที่ได้เปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนโดยใช้ดาวเทียม Himawari-8 ในภูมิภาคที่แตกต่างกันของประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งวิธีการประมาณค่าแบบ NLR ในบริเวณที่ฝนตกปานกลางมีค่าคลาดเคลื่อน RMSE ประมาณ $\pm 6-7$ มิลลิเมตร/วัน และเมื่อ

ฝนตกหนักมากกว่า 180 มิลลิเมตร/วัน ค่าคลาดเคลื่อน RMSE มีค่าประมาณ ± 25 มิลลิเมตร/วัน อนุมานได้ว่าอัลกอริทึมสามารถประมาณค่าปริมาณน้ำฝนในช่วงที่ฝนไม่ตก หรือฝนตกปานกลาง ได้ดีกว่าบริเวณฝนตกหนัก ซึ่งค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจเป็นผลมาจากการใช้อุณหภูมิความสว่างของยอดเมฆเพียงอย่างเดียว แต่การที่ฝนจะตกนั้นอาจมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น อิทธิพลของลมที่ทำให้เม็ดฝนไม่ตกลงในมาตรวัดน้ำฝน ความชื้นในอากาศ อุณหภูมิของอากาศ (Thai Meteorological Department, n.d.) หรืออาจเป็นผลมาจากการเครื่องมือวัดในสถานีอุตุนิยมวิทยา มีค่าคลาดเคลื่อน

ทั้งนี้การนำแบบจำลองมาประมาณค่าปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลดาวเทียม Himawari-9 บริเวณจังหวัดนครสวรรค์ เพื่อสนับสนุนงานทางด้านภัยแล้ง สามารถให้รายละเอียดเชิงพื้นที่ที่ดีที่สุด 2 กิโลเมตร ครอบคลุมทุกพื้นที่ในจังหวัดนครสวรรค์ อีกทั้งช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน ซึ่งเป็นฤดูกาลที่ฝนไม่ตกข้อมูลจากแบบจำลองสามารถประมาณค่าได้อย่างแม่นยำ

ข้อเสนอแนะ

1. การสอบเทียบปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลดาวเทียมและสถานีอุตุนิยมวิทยา เพื่อให้การวิเคราะห์มีความครอบคลุมและแม่นยำมากขึ้น ควรใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันย้อนหลังอย่างน้อย 5 ปี เพื่อให้ชุดข้อมูลกระจายตัว ทั้งในช่วงที่ฝนไม่ตก ฝนตกเล็กน้อย ฝนตกปานกลาง ฝนตกหนัก ฝนตกหนักมาก ในทุกช่วงฤดูกาล

2. แบบจำลองจากงานวิจัยนี้ยังไม่เหมาะสมกับการงานด้านอุทกภัยหรือดินถล่ม เนื่องจากมีค่าคลาดเคลื่อนมาก อีกทั้งเป็นเรื่องที่ละเอียดอ่อนที่ส่งผลต่อการตัดสินใจของประชาชน การศึกษาครั้งต่อไปจึงควรมีการนำปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องและสามารถตรวจวัดด้วยดาวเทียม เช่น ความชื้นในอากาศ อุณหภูมิอากาศ ความกดอากาศ มาใช้ร่วมกับอุณหภูมิความสว่างของยอดเมฆ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุน ววน.) ที่สนับสนุนทุนงบประมาณด้าน ววน. ประเภท Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณ 2566

เอกสารอ้างอิง

Ayasha, N. (2020). A comparison of rainfall estimation using Himawari-8 satellite data in different Indonesian topographies. *International Journal of Remote Sensing and Earth Science*, 17(2), 194.

- Gairola, R. V. (2011). Development of rainfall estimation algorithms for monitoring rainfall events over India using KALPANA-IR measurements on various temporal and spatial scales. In *Proceedings of the 38th Meeting of the Coordination Group of Meteorological Satellites*. New Delhi, India.
- Vicente, G. A., & Vicente, R. A. (1998). The operational GOES infrared rainfall estimation technique. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79(9), 1186.
- Sakolnakhon, K. P. (2016). The estimation rainfall using infrared (IR) band of Himawari-8 satellite over Thailand. *Environmental Science*.
- Land Development Department. (2020). Land use of Nakhonsawan Province. Retrieved from http://www1.idd.go.th/web_OLP/Lu_63/Lu63_N/NSN2563.htm
- Mitrearth. (2021, January 26). Precipitation: It's not just rain and snow. Retrieved May 05, 2024, from <https://www.mitrearth.org/23-3-precipitation/>
- POSN. (2019). *Meteorology*. Bangkok, Thailand: Darnsutha Press Co. Ltd.
- Singlor, T. (2022, January 12). Water-related disasters: Top destructive hazards to occur frequently and intensely. *SDG MOVE*. Retrieved from <https://www.sdgmovement.com/2021/07/30/water-related-disasters-top-destructive-hazards-to-occur-frequently-intensely/>
- Suwarsono, P. K. (2009). Penentuan hubungan antara suhu kecerahan data MTSAT dengan curah hujan data QMORPH. *Jurnal Penginderaan Jauh*, 6, 39.
- Thai Meteorological Department. (n.d.). *Daily rainfall*. Retrieved May 05, 2024, from <http://www.arcims.tmd.go.th/dailydata/DetailDailyRain.html>
- Thai Meteorological Department. (n.d.). *Frequently asked questions*. Retrieved from <https://tmd.go.th/info/faq>
- Thailand Science Research and Innovation (TSRI). (2020, March 11). Algorithm for estimation rainfall from satellite image: Precision, fast and extensive. *Research Cafe*. Retrieved from <https://researchcafe.tsri.or.th/worldmeteorology-application/>
- Warayuth, P. (2023, April 18). Nakhonsawan today's drought analysis. *Provincial Statistical Office*. Retrieved from <https://nksawan.nso.go.th/?view=article&id=154:today-s-drought-analysis&catid=58>
- World Meteorological Organization (WMO). (2021). *WMO Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate, and Water Extremes (1970–2019)*. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization.