

## การประเมินฝนเรดาร์ด้วยเทคนิคเรดาร์คอมโพสิตระหว่างสถานีเรดาร์สัตหีบและเรดาร์ระยอง

### Estimation of radar rainfall using radar composite techniques between the Sattahip and Rayong radar stations

ภูรี อรุณศรี<sup>1</sup> และ พรณพิมพ์ พุทธิรักษา มะเปี่ยม<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.กรุงเทพมหานคร

\*Corresponding author; E-mail address: punpim.m@ku.th

#### บทคัดย่อ

การใช้ข้อมูลจากเรดาร์เพียงสถานีเดียวอาจนำไปสู่ความผิดพลาดในการประเมินฝนได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการศึกษาประสิทธิภาพในการประเมินฝนด้วยเทคนิคเรดาร์คอมโพสิตระหว่างสถานีเรดาร์สัตหีบและเรดาร์ระยอง เทคนิคเรดาร์คอมโพสิต 4 วิธีได้แก่ วิธีค่าเฉลี่ย วิธีระยะห่างตามระยะทาง วิธีค่าสูงสุด และวิธีถ่วงน้ำหนักตามระยะทางถูกนำมาใช้ในการศึกษา ข้อมูลการสะท้อนกลับจาก 2 สถานีเรดาร์และข้อมูลน้ำฝนจากสถานีอัตโนมัติจำนวน 127 สถานี สำหรับ 26 เหตุการณ์น้ำฝนในปี พ.ศ. 2563 ได้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ เมื่อพิจารณาข้อมูลน้ำฝนตลอดช่วง 26 เหตุการณ์ ผลการศึกษาพบว่าการใช้เทคนิคเรดาร์คอมโพสิตทุกวิธีให้ผลการจำลองฝนได้มีความถูกต้องสูงกว่าการวิเคราะห์จากเรดาร์สถานีเดียว โดยวิธีค่าเฉลี่ยให้ผลดีที่สุดใกล้เคียงกับวิธีถ่วงน้ำหนักตามระยะทางและวิธีระยะห่างตามระยะทาง ในขณะที่วิธีค่าสูงสุดให้ความถูกต้องน้อยที่สุด ความถูกต้องที่เพิ่มขึ้นเมื่อใช้วิธีค่าเฉลี่ยมีค่าสูงสุดประมาณ 11.4 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการใช้ข้อมูลจากสถานีเรดาร์ระยอง แต่เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของเทคนิคคอมโพสิตตามความเข้มฝน พบว่าวิธีค่าสูงสุดให้ความถูกต้องในการประเมินฝนที่เพิ่มขึ้นตามความเข้มฝนอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับสามวิธีที่เหลือ และสามารถเพิ่มความถูกต้องในการประเมินฝนปานกลางได้มากกว่าการใช้ข้อมูลเรดาร์ระยองอย่างมีนัยสำคัญถึง 28.42 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: ฝนความละเอียดสูง, เรดาร์ตรวจอากาศ, ประเมินน้ำฝน, ความสัมพันธ์ Z-R, เรดาร์คอมโพสิต

#### Abstract

The application of radar rainfall data from a single station could contain errors and led to inaccuracy in rainfall estimation. The paper aimed to present the result of the study on the efficiency of rainfall estimation using radar composition techniques between the Sattahip and Rayong radar stations. Four radar composite techniques comprising the average (AVG), nearest distance (DIST), maximum (MAX) and weighted distance (WD) were used in this study. Reflectivity data from both radar

stations and gauge rainfall data from 127 automatic rain gauge stations corresponding to 26 rainfall events in 2020 were used for the analysis. By considering all rainfall events, it was found that all composite methods produced more accurate radar rainfall estimation than the estimation from individual radar station. To this regard, the AVG method gave the best results as its increased accuracy was accounted 11.4 percent of the estimation using data from the Rayong radar station. However, the accuracy was close to the WD and DIST methods whereas the MAX method provided least accuracy. When considering the efficiency of the composite techniques based on the rainfall intensity, it was found that the MAX method apparently increased the accuracy of radar rainfall estimation, comparing with the remaining three methods. Additionally, the MAX could significantly improve the accuracy of moderate rain estimation by 28.42 percent of the estimation using Rayong radar data.

Keywords: Radar rainfall, Radar composite technique, Sattahip radar station, Rayong radar station

#### 1. คำนำ

ข้อมูลเรดาร์มีประสิทธิภาพในการนำมาประเมินข้อมูลน้ำฝนที่มีความละเอียดสูงทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลา แต่การใช้ข้อมูลจากเรดาร์จากสถานีตรวจวัดเพียงสถานีเดียวอาจเกิดความคลาดเคลื่อนจากการตรวจวัดตามข้อจำกัดของคุณลักษณะของเรดาร์และความไม่ต่อเนื่องในการตรวจวัดข้อมูลของเรดาร์สถานีนั้น ๆ ได้ ดังนั้นการพิจารณานำข้อมูลเรดาร์จากสถานีใกล้เคียงที่มีรัศมีซ้อนทับกันมาประกอบการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนจึงเป็นแนวทางที่ท้าทายเพื่อนำไปสู่การเพิ่มความถูกต้องในการประเมินน้ำฝนเรดาร์ให้มากขึ้นได้ การประยุกต์ใช้เทคนิคเรดาร์คอมโพสิตเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับระดับสากลในการนำมาใช้แก้ปัญหาในบริเวณพื้นที่ทับซ้อนระหว่างสถานีเรดาร์มากกว่า 1 สถานี ซึ่งสามารถคำนวณด้วยเทคนิคที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของข้อมูลตรวจวัดและความแตกต่างของพื้นที่ อาทิ เช่น [1] ได้ใช้เทคนิคเรดาร์คอมโพสิตเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลฝนแบบ Real time

ผ่านเรดาร์จากทั้งสหราชอาณาจักร และ ไอร์แลนด์ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิคเรดาร์คอมโพสิตด้วยวิธีเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักตามระยะทางและวิธีถ่วงน้ำหนักตามคุณภาพของข้อมูล ณ พิกเซลนั้นสามารถลดความคลาดเคลื่อนการประเมินฝนเรดาร์ที่บริเวณเกาะไอร์แลนด์ได้ ในขณะที่ [2] พบว่าการประยุกต์ใช้ข้อมูลเรดาร์คอมโพสิตให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าข้อมูลเรดาร์ ณ สถานีใดสถานีหนึ่ง โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคค่าเฉลี่ย ให้ความถูกต้องที่สูงที่สุดเหมาะสมกับโครงข่ายเรดาร์บริเวณทวีปยุโรป

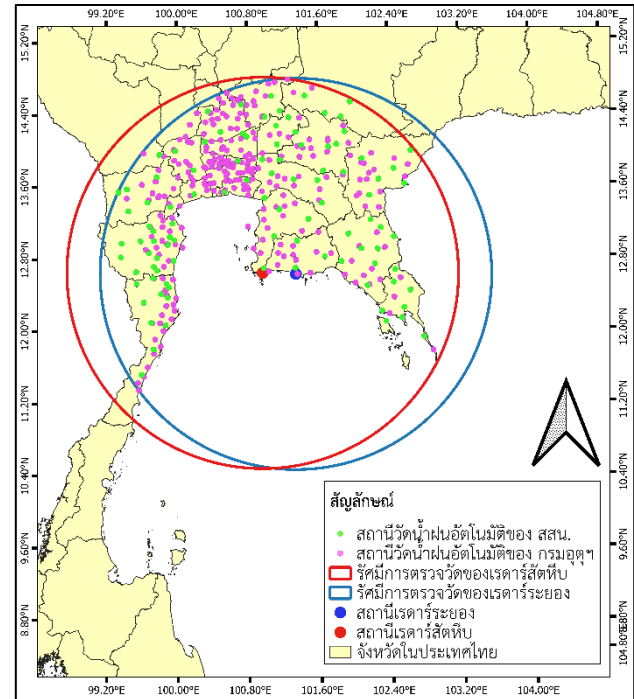
ทั้งนี้การประยุกต์ใช้เทคนิคคอมโพสิตมีหลากหลายวิธี การเลือกใช้งานอย่างเหมาะสมขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งานและความชำนาญของผู้ใช้ และยังสามารถนำปัจจัยต่าง ๆ มาประกอบการวิเคราะห์ที่ได้ โดย [3] ได้เสนอวิธีการคอมโพสิตที่ซับซ้อนขึ้นด้วยการพิจารณาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักตามระยะทาง (Weighted Distance) มาประกอบกับการพิจารณาระยะห่างจากสถานีเรดาร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคอมโพสิตให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งพบว่าเมื่อประยุกต์ใช้วิธีคอมโพสิตที่การคำนวณพิจารณาปัจจัยที่ต่าง ๆ ที่ครอบคลุมต่อความคลาดเคลื่อนที่เกี่ยวข้องในการประเมินฝนด้วยเรดาร์ในพื้นที่ศึกษาทุกแห่งใด ข้อมูลฝนคอมโพสิตที่ประเมินได้จะมีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือมากขึ้นตามไปด้วย สำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับเรดาร์คอมโพสิตในประเทศไทยนับว่ายังมีอย่างจำกัด อาทิเช่น [4] ได้นำเสนอความก้าวหน้าของเทคโนโลยีการเตือนภัยพายุหมุนเขตร้อนในประเทศไทย และได้้นำแผนที่เรดาร์คอมโพสิตมาประกอบการแสดงผลเพื่อเตือนภัยเกี่ยวกับผลกระทบจากพายุหมุนเขตร้อนในประเทศไทย รวมถึงถึงวิเคราะห์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นตามมา ในขณะที่ [5] ได้เสนอวิธีการคอมโพสิตวิธีค่าสูงสุด (Max) เพื่อใช้สำหรับนำไปวิเคราะห์และเตือนภัยทางอุทกวิทยาบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาของประเทศไทย

จากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าความถูกต้องในการประยุกต์ใช้เทคนิคคอมโพสิตขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัจจัยด้านคุณภาพของข้อมูลเรดาร์และพฤติกรรมการเกิดฝนในแต่ละพื้นที่ที่ศึกษา เพื่อให้ขอบเขตของงานวิจัยครอบคลุมพื้นที่ศึกษาในประเทศไทยมากยิ่งขึ้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ที่จะทำการพิสูจน์ถึงประสิทธิภาพการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคคอมโพสิตที่หลากหลายวิธีต่อความถูกต้องในการจำลองฝนเรดาร์ในพื้นที่ศึกษาที่อยู่ภายใต้รัศมีตรวจวัดของสถานีเรดาร์สี่หีบและเรดาร์ระยอง ครอบคลุมพื้นที่บริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทยรวมทั้งสิ้น 27 จังหวัด เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนคอมโพสิตไปใช้งานเหนือบริเวณพื้นที่ที่ทับซ้อนซึ่งอยู่ในเขตพื้นที่เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศได้ต่อไป

## 2. พื้นที่ศึกษา

สถานีเรดาร์สี่หีบ ตั้งอยู่ในอำเภอสี่หีบ จังหวัดชลบุรีอยู่ในความดูแลของกรมฝนหลวงและการบินเกษตร และ สถานีเรดาร์ระยอง ตั้งอยู่ในอำเภอเมืองระยอง จังหวัดระยอง อยู่ในความดูแลของกรมอุตุนิยมวิทยา ทั้งสองสถานีมีรัศมีการตรวจวัด 240 กิโลเมตร ครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ภาคตะวันออก บางส่วนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และบางส่วนของภาคกลางตอนล่าง ทั้งหมด 27 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

สมุทรปราการ นนทบุรี ปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง ลพบุรี สิงห์บุรี สระบุรี ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ตราด ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี นครนายก สระแก้ว นครราชสีมา บุรีรัมย์ ราชบุรี กาญจนบุรี สุพรรณบุรี นครปฐม สมุทรสาคร สมุทรสงคราม เพชรบุรี และ ประจวบคีรีขันธ์



รูปที่ 1 ตำแหน่งของสถานีเรดาร์สี่หีบ เรดาร์ระยอง และ สถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติในรัศมีตรวจวัดเรดาร์

## 3. การรวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลการสะท้อนกลับ (radar reflectivity data) ของเรดาร์สี่หีบและเรดาร์ระยองในช่วงปีพ.ศ. 2559-2563 โดยเรดาร์สี่หีบตรวจวัดทุก 6 นาที มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 0.6x0.6 ตร.กม./พิกเซล และเรดาร์ระยองตรวจวัดทุก 15 นาที มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 0.8x0.8 ตร.กม./พิกเซล นอกจากนี้ยังได้รวบรวมข้อมูลน้ำฝนรายชั่วโมงจากสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่ตั้งอยู่ภายในพื้นที่ที่ทับซ้อนของรัศมีตรวจวัดเรดาร์สี่หีบและเรดาร์ระยอง โดยประกอบด้วยสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติของกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 39 สถานี และสถานีวัดน้ำฝนของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (สนน.) จำนวน 88 สถานีสำหรับช่วงปีเดียวกัน รวมทั้งสิ้น 127 สถานี

## 4. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 4.1 การประมาณปริมาณน้ำฝนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ

เนื่องจากเรดาร์ตรวจวัดค่าการสะท้อนกลับจากเรดาร์ โดยทั่วไปในการประเมินน้ำฝนเริ่มต้นด้วยการแปลงค่าการสะท้อนกลับที่ตรวจวัดได้ให้เป็น

ความเข้มของฝนหรือปริมาณฝน ด้วยความสัมพันธ์ Z-R (Z-R relationship) ซึ่งอยู่ในรูปสมการเลขยกกำลังดังแสดงในสมการที่ (1)

$$Z = AR^b \quad (1)$$

เมื่อ Z คือ ค่าการสะท้อนกลับ (มิลลิเมตร<sup>6</sup> เมตร<sup>-3</sup>), A และ b คือ พารามิเตอร์ของสมการความสัมพันธ์ Z-R ทั้งนี้ค่าพารามิเตอร์ A และ b มีความผันแปรสูงโดยขึ้นอยู่กับ rain drop size distribution โดยพารามิเตอร์ A สามารถผันแปรในช่วงที่กว้างตั้งแต่ ตั้งแต่ 31 ถึง 500 ในขณะที่พารามิเตอร์ b มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงที่แคบอยู่ระหว่าง 1.2 ถึง 1.8 [6-9]

#### 4.2 การวิเคราะห์ฝนเรดาร์คอมโพสิต

ข้อมูล ณ กริดเดียวกันจากทุกสถานีเรดาร์มาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยด้วยวิธีเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์

2) วิธีระยะห่างตามระยะทาง (Dist) ได้เลือกใช้เฉพาะข้อมูลจากสถานีเรดาร์ที่ตั้งอยู่ใกล้มากที่สุดกับตำแหน่งกริดเรดาร์ที่พิจารณาเพียงสถานีเดียวเท่านั้นไปใช้เป็นตัวแทน

3) วิธีค่าสูงสุด (Max) ได้เลือกใช้ข้อมูลของเรดาร์ที่มีค่ามากที่สุดเพียงค่าเดียวจากข้อมูลเรดาร์ทุกสถานี ณ ตำแหน่งกริดที่พิจารณา

4) วิธีถ่วงน้ำหนักตามระยะทาง (WD) เป็นวิธีที่นำข้อมูลจากเรดาร์จากทุกสถานี ณ กริดเดียวกันมารวมคำนวณ โดยการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักให้กับข้อมูลเรดาร์แต่ละสถานีจากการพิจารณาระยะทางจากกริดนั้นๆ ที่พิจารณาถึงที่ตั้งเรดาร์แต่ละสถานี กล่าวคือยิ่งระยะห่างจากสถานีเรดาร์มากขึ้นเท่าใด ค่าถ่วงน้ำหนักซึ่งเป็นตัวแทนของความน่าเชื่อถือของข้อมูลจากสถานีเรดาร์ดังกล่าวจะยิ่งน้อยลงตามไปด้วย โดยในการศึกษานี้ได้ใช้ฟังก์ชันในลักษณะแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลดังแสดงในสมการที่ (2) ในการวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักตามระยะทาง

$$w_i^d = \exp\left(-\frac{d_i^2}{D^2}\right) \quad (2)$$

เมื่อ  $w_i^d$  คือ ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของเรดาร์ตัวที่  $i$  ระยะทาง  $d_i$  คือ ระยะทางจากเรดาร์สถานีที่  $i$  ถึงตำแหน่งกริดที่พิจารณา (กิโลเมตร) และ  $D$  คือ ค่าคงที่พารามิเตอร์ของความระยะทางที่ปรับเปลี่ยนค่าได้ ซึ่งในการศึกษานี้ใช้เท่ากับ 120 กิโลเมตร [3] จากนั้นนำค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้ในสมการที่ (2) มาแทนค่าลงในสมการคอมโพสิตวิธีเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักต่อไปดังสมการที่ (3)

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N w_i^d R_i}{\sum_{i=1}^N w_i^d} \quad (3)$$

เมื่อ  $R$  คือ ปริมาณน้ำฝนสะสมเรดาร์คอมโพสิต (มิลลิเมตร),  $R_i$  คือ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเรดาร์สะสมจากสถานีเรดาร์  $i$  (มิลลิเมตร) และ  $N$  คือ จำนวนสถานีเรดาร์ที่มีการตรวจวัดทับซ้อนในพื้นที่คอมโพสิตที่พิจารณา

## 5. วิธีการศึกษา

### 5.1 การตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล

จากข้อมูลสภาพการสะท้อนกลับจากเรดาร์ที่รวบรวมไว้ข้างต้น ต้องทำการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลก่อนนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป โดยได้พิจารณาคัดเลือกข้อมูลเรดาร์ที่มีความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากปัญหาทางเทของคลื่นเรดาร์ที่ผิดปกติและความคลาดเคลื่อนเนื่องจากปัญหาทางอิเล็กทรอนิกส์ออกจากการศึกษา นอกจากนั้นแล้วได้เลือกใช้เฉพาะข้อมูลค่าการสะท้อนกลับของเรดาร์ที่มีค่ามากกว่า 15 dBZ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาที่เกิดจากสัญญาณรบกวนคลื่นเรดาร์ (noise) และในกรณีที่ค่าการสะท้อนกลับของเรดาร์มีค่ามากกว่า 53 dBZ ได้ถูกพิจารณาให้มีค่าเท่ากับ 53 dBZ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาเนื่องจากผลกระทบเนื่องจากเรดาร์ตรวจสัญญาณที่เกิดจากลูกเห็บ [10] ในขณะที่ข้อมูลฝนจากสถานี ได้ตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลน้ำฝนด้วยวิธีโค้งทับทวี (Double mass curve) ซึ่งเป็นเทคนิคที่รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการตรวจสอบความเชื่อถือได้ (consistency) ของข้อมูลน้ำฝน โดยจะพิจารณาจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมสถานีที่ต้องการตรวจสอบกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสะสมจากสถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งอยู่โดยรอบของสถานีที่ตรวจสอบ จากการพิจารณาคุณภาพของข้อมูลเรดาร์และข้อมูลฝนสถานี ได้ทำการคัดเลือกเหตุการณ์ฝนที่ข้อมูลเรดาร์และฝนสถานีมีความสมบูรณ์น่าเชื่อถือตรงกันสำหรับการประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคเรดาร์คอมโพสิต เหตุการณ์ฝนที่เหมาะสมมีจำนวนทั้งสิ้น 26 เหตุการณ์ อยู่ในช่วงวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 7 กันยายน ปีพ.ศ. 2563

### 5.2 การวิเคราะห์น้ำฝนเรดาร์ ณ สถานีเรดาร์สี่หีบและเรดาร์ระยอง

การวิเคราะห์น้ำฝนเรดาร์เริ่มต้นจากการสอบเทียบความสัมพันธ์ Z-R (Z-R calibration) ที่เหมาะสมกับเรดาร์สี่หีบและเรดาร์ระยอง ซึ่งการศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้ความสัมพันธ์  $Z = 251R^{1.5}$  [11] สำหรับการประเมินฝน ณ เรดาร์สี่หีบ ในขณะที่เรดาร์ระยองได้ทำการสอบเทียบความสัมพันธ์ในการศึกษานี้ด้วยการใช้ข้อมูลค่าการสะท้อนกลับราย 15 นาที และข้อมูลน้ำฝนจากสถานีรายชั่วโมงที่ตั้งอยู่ในรัศมีเรดาร์ระยองจำนวน 284 สถานี สถานี ครอบคลุมเหตุการณ์ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึง สิงหาคม ปีพ.ศ. 2563 ซึ่งได้ความสัมพันธ์ที่เหมาะสมคือ  $Z = 142R^{1.5}$  เพื่อเป็นตัวแทนเรดาร์ระยอง ในการประเมินฝนเรดาร์ภายใต้สถานีเรดาร์ทั้งสองก่อนการไปประยุกต์กับน้ำฝนเรดาร์คอมโพสิตนั้น ทำได้โดยการประยุกต์ใช้ความสัมพันธ์ Z-R ที่สอบเทียบในแต่ละสถานีเรดาร์ เพื่อแปลงค่าการสะท้อนกลับแบบฉับพลันทันใด (instantaneous reflectivity) ของเรดาร์สี่หีบและเรดาร์ระยองสำหรับทั้ง 26 เหตุการณ์ ให้เป็นความเข้มน้ำฝน หลังจากนั้นนำความเข้มฝนแบบฉับพลันทันใดของแต่ละสถานีเรดาร์มาวิเคราะห์น้ำฝนสะสมราย 1 ชั่วโมงด้วยเทคนิคการวิเคราะห์น้ำฝนด้วยเรดาร์

สะสม Simple linear interpolation [12] ผลการวิเคราะห์น้ำฝนเรดาร์สะสมรายชั่วโมงจะถูกนำไปใช้ในการประเมินฝนคอมโพสิตในขั้นตอนต่อไปแบบจำลอง Radar4Rain ที่พัฒนาโดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และสำนักพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) [13] ได้ถูกนำมาเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์น้ำฝนเรดาร์สะสมนี้

### 5.3 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนเรดาร์คอมโพสิตรายชั่วโมง

ลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์เรดาร์คอมโพสิตระหว่างสถานีเรดาร์สี่หีบและระยอง สำหรับ 26 เหตุการณ์ ระหว่างเดือน มิ.ย. - ก.ย. ปี พ.ศ. 2563 มีดังนี้

1) วิเคราะห์ค่าการสะท้อนกลับจากเรดาร์แบบชั่วขณะ (instantaneous radar reflectivity data) จากข้อมูลสถานีเรดาร์สี่หีบราย 6 นาที และข้อมูลสถานีเรดาร์ระยองราย 15 นาที ให้เป็นราย 1 นาที ด้วยเทคนิควิธีการประมาณค่าระหว่างช่วงให้มีการเปลี่ยนแปลงแบบเส้นตรงอย่างง่าย (simple linear interpolation, SLI)

2) การแปลงข้อมูลการสะท้อนกลับจากเรดาร์สี่หีบและระยองแบบชั่วขณะราย 1 นาที ให้เป็นความเข้มฝนราย 1 นาที ด้วยการประยุกต์ใช้สมการความสัมพันธ์ Z-R รายชั่วโมง ที่ได้ทำการสอบเทียบไว้ของสถานีเรดาร์สี่หีบและระยอง และสะสมความเข้มฝนราย 1 นาทีให้เป็นปริมาณน้ำฝนเรดาร์สะสมชั่วโมงของสถานีเรดาร์สี่หีบและระยอง

3) การวิเคราะห์ฝนเรดาร์คอมโพสิตรายชั่วโมงด้วยข้อมูลปริมาณน้ำฝนสะสมรายชั่วโมงระหว่างสถานีเรดาร์สี่หีบและระยองด้วยเทคนิค Average, Dist, Max, และ Weighted distance ตามรายละเอียดที่กล่าวถึงในหัวข้อ 4.2

### 5.4 การประเมินประสิทธิภาพของน้ำฝนเรดาร์คอมโพสิต

เพื่อให้เห็นประสิทธิภาพของน้ำฝนเรดาร์คอมโพสิตระหว่างเทคนิคทั้ง 4 วิธี เทียบกับก่อนการคอมโพสิต การศึกษาได้เลือกใช้ดัชนี Root Mean Square Error (RMSE) ในการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของการประเมินน้ำฝนเรดาร์คอมโพสิตเทียบกับปริมาณน้ำฝนจากสถานีน้ำฝนที่ตั้งอยู่ในพื้นที่คอมโพสิต ดังแสดงวิธีวิเคราะห์ในสมการที่ (4)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (R_{i,t} - G_{i,t})^2} \quad (4)$$

เมื่อ  $N$  คือ จำนวนสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมดที่ใช้ในการคำนวณ,  $R_{i,t}$  คือ ปริมาณน้ำฝนจากเรดาร์ที่ตรงกับสถานีวัดน้ำฝน  $i$  ในเวลาที่  $t$  และ  $G_{i,t}$  คือ ปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน  $i$  ในเวลาที่  $t$

สำหรับกรณีศึกษาในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของน้ำฝนเรดาร์คอมโพสิตประกอบด้วย 2 กรณีดังนี้

#### 5.4.1 การพิจารณาทุกเหตุการณ์ฝน

กรณีศึกษาที่ ข้อมูลน้ำฝนทั้งหมดใน 26 เหตุการณ์ที่ใช้ศึกษาได้ถูกนำมาใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพในการประเมินน้ำฝนเรดาร์คอมโพสิตทุกวิธี

เทียบกับกรณีประเมินฝนเรดาร์ด้วยการใช้ข้อมูลจากสถานีสี่หีบหรือระยองเพียงอย่างเดียว

#### 5.4.2 การพิจารณาตามปริมาณการตกของฝน

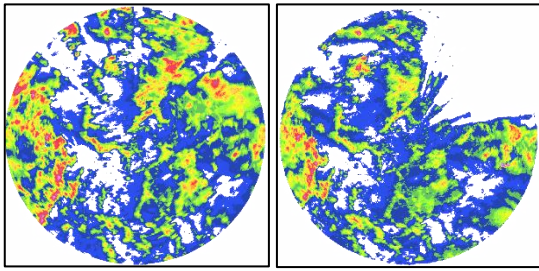
กรณีศึกษาที่ เพื่อต้องการศึกษาผลกระทบของน้ำฝนที่ปริมาณแตกต่างกันต่อประสิทธิภาพของเทคนิคเรดาร์คอมโพสิต โดยแบ่งปริมาณฝนเป็น 4 ระดับ โดยตัดแปลงมาจากเกณฑ์ปริมาณฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาให้สอดคล้องกับการกระจายตัวของข้อมูลในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ 1) ฝนเล็กน้อย (ปริมาณฝน 0.1 มม. ถึง 10 มม.) 2) ฝนปานกลาง (ปริมาณฝน 10.1 มม. ถึง 35 มม.) 3) ฝนปานกลาง-ฝนหนัก (ปริมาณฝน 35.01 มม. ถึง 50 มม.) 4) ฝนหนัก-ฝนหนักมาก (ปริมาณฝน 50.01 มม. ถึง 90 มม.)

## 6. ผลการศึกษา

เพื่อทดสอบความถูกต้องในการประเมินฝนเรดาร์หลังการประยุกต์ใช้เทคนิคเรดาร์คอมโพสิตที่แตกต่างกัน ได้ทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์น้ำฝนคอมโพสิตกับการประเมินน้ำฝนเรดาร์ด้วยสมการ Z-R ที่ได้จากสถานีเรดาร์สี่หีบหรือระยองเพียงสถานีใดสถานีหนึ่ง ภายใต้กรณีศึกษา 2 กรณี คือกรณีการพิจารณาปริมาณน้ำฝนทุกความเข้มสำหรับทุกเหตุการณ์ฝนตกที่คัดเลือก และกรณีการพิจารณาความถูกต้องโดยแบ่งตามปริมาณการตกของฝน ดังผลการศึกษาต่อไปนี้

### 6.1 ประสิทธิภาพน้ำฝนเรดาร์คอมโพสิตแบบพิจารณาทุกเหตุการณ์ฝน

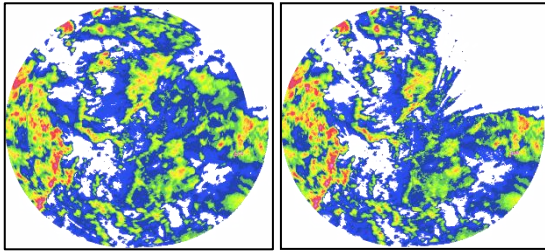
ผลการวิเคราะห์เรดาร์คอมโพสิตในรูปแบบปริมาณฝนเรดาร์เชิงพื้นที่ที่ได้จากการวิเคราะห์เรดาร์คอมโพสิตในแต่ละวิธีแสดงดังตัวอย่างผลลัพธ์การประเมินน้ำฝนเรดาร์คอมโพสิตรายเหตุการณ์ ในเหตุการณ์ช่วงฝนตกหนักของช่วงเวลาที่ 24 กรกฎาคม เวลา 10.00 น. ถึง 25 กรกฎาคม พ.ศ. 2563 เวลา 19.00 น. (รวม 33 ชั่วโมง) ผลการเปรียบเทียบน้ำฝนเรดาร์สะสมรายเหตุการณ์ ณ สถานีเรดาร์ระยองและสี่หีบแสดงให้เห็นว่า ก่อนทำการคอมโพสิตข้อมูลฝนสะสมจากเรดาร์ที่วิเคราะห์จากเรดาร์สี่หีบมีค่ามากกว่าผลการวิเคราะห์จากเรดาร์ระยองค่อนข้างชัดเจน ส่งผลให้เมื่อทำการคอมโพสิตแล้ว วิธี Max แสดงค่าปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่ใกล้เคียงกับผลที่ได้จากเรดาร์สี่หีบโดยตรง ในขณะที่วิธี Average และวิธี Weighted Distance จะแสดงปริมาณฝนสะสมที่มีการกระจายตัวและมีปริมาณอยู่ระหว่างเรดาร์สี่หีบและเรดาร์ระยอง สำหรับวิธี Dist แสดงให้เห็นถึงภาพประกอบระหว่างเรดาร์ทั้งสองสถานี โดยเลือกข้อมูลจากสถานีที่อยู่ใกล้กว่า กล่าวคือ บริเวณทางฝั่งซ้ายของรูปจะอิงความลึกฝนสะสมจากเรดาร์สี่หีบ และบริเวณฝั่งขวาของรูปจะอ้างอิงจากข้อมูลความลึกฝนสะสมของเรดาร์ระยอง



ก) เรดาร์สถิตหีบ

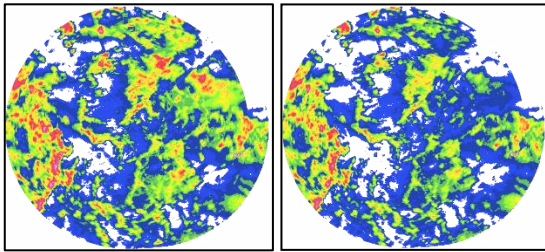
ข) เรดาร์ระยอง

รูปที่ 4 ข้อมูลฝนเรดาร์สะสมก่อนการคอมโพสิตที่คำนวณจากสมการ Z-R ของวันที่ 24 กรกฎาคม เวลา 10.00 น. ถึง 25 กรกฎาคม พ.ศ. 2563 เวลา 19.00 น.



ก) วิธี Average

ข) วิธี Dist



ค) วิธี Max

ง) วิธี Weighted Distance

รูปที่ 5 ข้อมูลฝนเรดาร์สะสมด้วยเทคนิคคอมโพสิต ของวันที่ 24 กรกฎาคม เวลา 10.00 น. ถึง 25 กรกฎาคม เวลา 19.00 น. พ.ศ. 2563

ทั้งนี้เพื่อให้เห็นประสิทธิภาพของวิธีคอมโพสิตแต่ละวิธีเทียบกับก่อนการคอมโพสิต ผลการวิเคราะห์ค่า RMSE รายชั่วโมงของทั้ง 26 เหตุการณ์ แสดงดังรูปที่ 6 ซึ่งพบว่าในแต่ละเทคนิควิเคราะห์น้ำฝนเรดาร์ให้ค่า RMSE ที่มีการผันแปรรายชั่วโมงที่แตกต่างกัน เพื่อให้เห็นประสิทธิภาพในการลดความคลาดเคลื่อน การศึกษาได้นำค่ามัธยฐาน (median) ของค่า RMSE ในแต่ละกรณีเทคนิคคอมโพสิตเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ สำหรับเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของค่ามัธยฐานของค่า RMSE ในแต่ละกรณีเทคนิคคอมโพสิตที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเรดาร์สถิตหีบและระยอง แสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งพบว่าเทคนิคการคอมโพสิตเรดาร์ทั้ง 4 วิธีสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ดีกว่าการประเมินน้ำฝนด้วยเรดาร์สถิตหีบหรือระยองเพียงสถานีเดียว และสามารถเรียงลำดับประสิทธิภาพในการประเมินน้ำฝนเรดาร์จากวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจนถึงน้อยที่สุด ได้แก่ วิธี Average, Weighted distance, Dist, และ Max ตามลำดับ โดยมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการประเมินน้ำฝนด้วยเรดาร์สถิตหีบเท่ากับ 5.16, 4.69, 2.35 และ 1.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่

เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการประเมินน้ำฝนด้วยเรดาร์ระยองเท่ากับ 11.40, 10.96, 8.77 และ 8.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากพิจารณาเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่เพิ่มขึ้นของแต่ละวิธีบนพื้นฐานของค่าเฉลี่ย RMSE รายชั่วโมงของทั้ง 26 เหตุการณ์ ซึ่งให้เห็นประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกันระหว่างวิธีคอมโพสิตทั้ง 4 วิธี ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องต่างกันเพียงประมาณ 2-4 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น เพื่อให้เห็นความชัดเจนถึงประสิทธิภาพต่อการประเมินน้ำฝนด้วยเรดาร์ จึงได้วิเคราะห์กรณีศึกษาเพิ่มเติมโดยการประเมินประสิทธิภาพแบบแบ่งตามปริมาณฝน ดังแสดงในหัวข้อต่อไป

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานของค่า RMSE จากทั้ง 26 เหตุการณ์ และประสิทธิภาพของแต่ละเทคนิคคอมโพสิตเทียบกับกรณีก่อนการคอมโพสิต

รายการ	ก่อนการคอมโพสิต		การคอมโพสิตด้วยเทคนิคต่าง ๆ			
	เรดาร์สถิตหีบ	เรดาร์ระยอง	วิธี Max	วิธี Average	วิธี WD	วิธี Dist
ค่ามัธยฐานของค่า RMSE รายชั่วโมง (มม./ชม.)	2.13	2.28	2.09	2.02	2.03	2.08
% ความถูกต้องที่เพิ่มขึ้นเทียบกับเรดาร์สถิตหีบ	-	-7.04	1.88	5.16	4.69	2.35
% ความถูกต้องที่เพิ่มขึ้นเทียบกับเรดาร์ระยอง	6.58	-	8.33	11.40	10.96	8.77

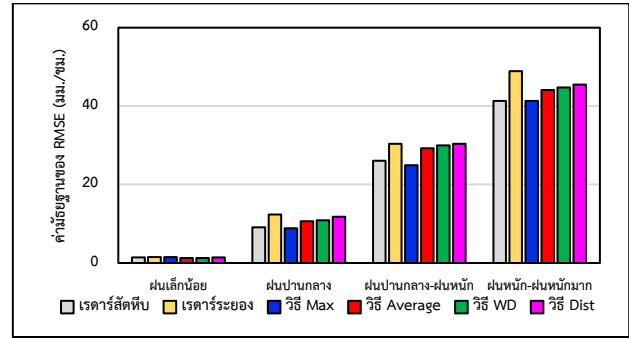
## 6.2 ประสิทธิภาพน้ำฝนเรดาร์คอมโพสิตแบบพิจารณาตามปริมาณฝน

ในการคัดเลือกเทคนิคเรดาร์คอมโพสิตที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการประเมินภัยน้ำท่วม ผู้วิจัยได้ศึกษาประสิทธิภาพการคอมโพสิตที่แปรผันตามเกณฑ์ปริมาณฝน 4 ประเภทคือ 1) ฝนเล็กน้อย 2) ฝนปานกลาง 3) ฝนปานกลาง-หนัก 4) ฝนหนัก-ฝนหนักมาก ดังรายละเอียดในหัวข้อ 5.4.2 ผลการวิเคราะห์แสดงในรูปแบบค่ามัธยฐานของ RMSE ดังแสดงในรูปที่ 8 และตารางที่ 2 ซึ่งพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมินน้ำฝนมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณฝน โดยวิธี Max มีแนวโน้มให้ความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดเมื่อพิจารณาปริมาณฝนปานกลางจนถึงฝนหนักมาก ทั้งนี้เพื่อให้การประเมินประสิทธิภาพของการคอมโพสิตมีความชัดเจนมากขึ้น ค่ามัธยฐานของ RMSE ของการวิเคราะห์ในแต่ละวิธีได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกันในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่เพิ่มขึ้นของแต่ละวิธีคอมโพสิตเมื่อเทียบกับการประเมินฝนเรดาร์ด้วยข้อมูลจากสถานีเรดาร์สถิตหีบเพียงสถานีเดียวดังแสดงใน ตารางที่ 3 และ รูปที่ 8 และเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่เพิ่มขึ้นของแต่ละวิธีคอมโพสิตเมื่อเทียบกับการประเมินด้วยข้อมูลจากสถานีเรดาร์ระยองเพียงสถานีเดียวดังแสดงใน ตารางที่ 4 และ รูปที่ 9 ผลการศึกษพบว่าเมื่อพิจารณากรณีฝนเล็กน้อย วิธี Average มีความสามารถในการประเมินน้ำฝนได้ดีกว่าเรดาร์สถิตหีบและเรดาร์ระยอง รวมไปถึงดีกว่าวิธีคอมโพสิตวิธีอื่น ๆ และมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่เพิ่มขึ้น 12.9 และ 14.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อ

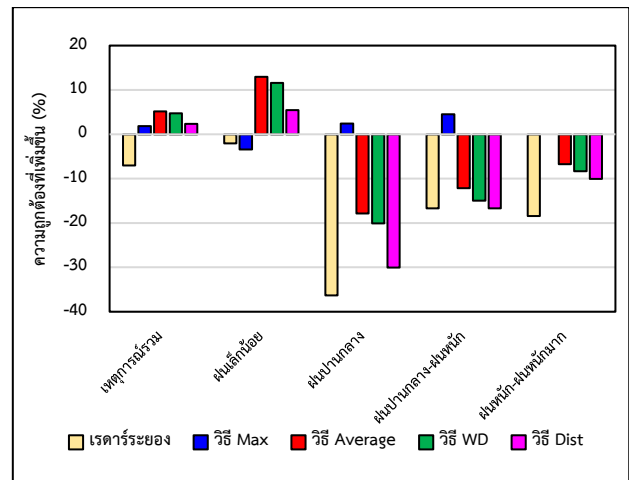
เทียบกับการประเมินด้วยสถานีเรดาร์สัดหีบและเรดาร์ระยอง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาที่ปริมาณการตกของฝนที่มากขึ้น เทคนิคคอมพิวเตอร์วิธี Max ประเมินฝนความเข้มสูงได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด โดยวิธี Max มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการประเมินฝนด้วยสถานีเรดาร์สัดหีบ สำหรับกรณี ฝนปานกลาง ฝนปานกลาง-ฝนหนัก เท่ากับ 2.43 และ 4.49 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการประเมินฝนด้วยสถานีเรดาร์ระยองสำหรับกรณี ฝนปานกลาง ฝนปานกลาง-ฝนหนัก ฝนหนัก-ฝนหนักมาก เท่ากับ 28.42, 18.15 และ 15.57 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในขณะที่วิธีคอมพิวเตอร์แบบอื่นที่เหลือไม่สามารถเพิ่มความถูกต้องในการประเมินฝนเรดาร์ได้เลยสำหรับปริมาณฝนปานกลางเป็นต้นไปเมื่อเทียบกับการใช้ข้อมูลจากสถานีสัดหีบเพียงสถานีเดียว

ตารางที่ 2 ค่ามัธยฐานของ RMSE (มม./ชม.) จาก 26 เหตุการณ์ สำหรับกรณีประเมินฝนเรดาร์ด้วยเทคนิคที่แตกต่างกัน

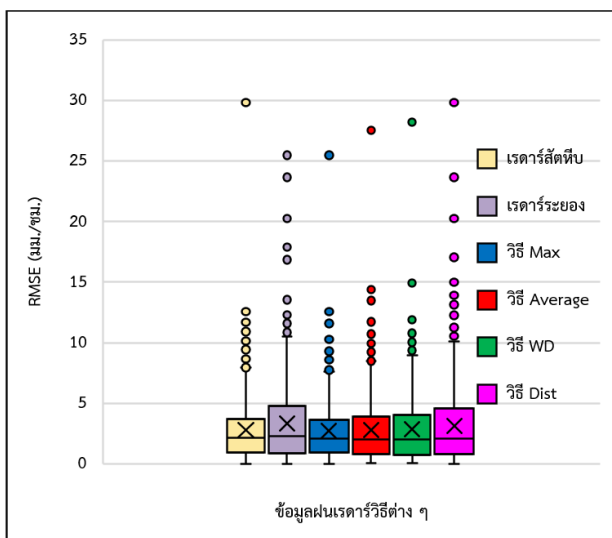
รูปแบบ	ค่ามัธยฐานของ RMSE (มม./ชม.) จาก 26 เหตุการณ์					
	เรดาร์สัดหีบ	เรดาร์ระยอง	วิธี Max	วิธี Average	วิธี WD	วิธี Dist
พิจารณาทุกเหตุการณ์ฝน	2.13	2.28	2.09	2.02	2.03	2.08
ฝนเล็กน้อย	1.47	1.5	1.52	1.28	1.3	1.39
ฝนปานกลาง	9.06	12.35	8.84	10.68	10.88	11.78
ฝนปานกลาง-ฝนหนัก	26.07	30.42	24.9	29.23	29.98	30.42
ฝนหนัก-ฝนหนักมาก	41.33	48.95	41.33	44.13	44.78	45.5



รูปที่ 7 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนและหลังการคอมพิวเตอร์สำหรับ การพิจารณาตามปริมาณความเข้มฝนด้วยค่ามัธยฐานของ RMSE



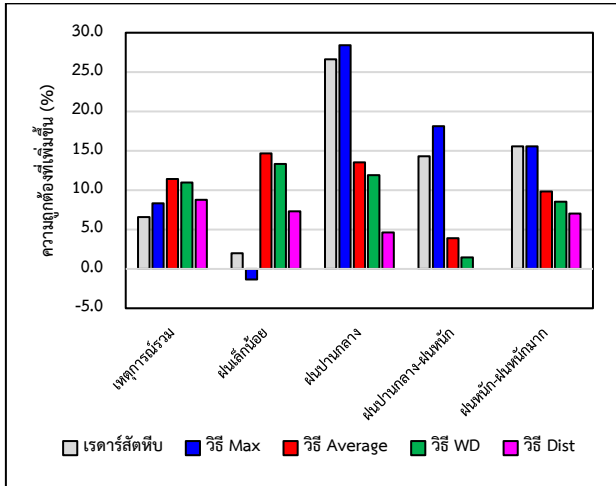
รูปที่ 8 การผันแปรของเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่เพิ่มขึ้นของค่ามัธยฐาน RMSE เมื่อเทียบกับการประเมินด้วยสถานีเรดาร์สัดหีบ



รูปที่ 6 กราฟการกระจายตัวของค่า RMSE เปรียบเทียบระหว่างฝนเรดาร์ ก่อนการคอมพิวเตอร์และฝนเรดาร์หลังการคอมพิวเตอร์ 4 วิธี

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่เพิ่มขึ้นของค่ามัธยฐาน RMSE เมื่อเทียบกับการประเมินด้วยสถานีเรดาร์สัดหีบ

รูปแบบ	% ความถูกต้องที่เพิ่มขึ้นเทียบกับเรดาร์สัดหีบ				
	เรดาร์ระยอง	วิธี Max	วิธี Average	วิธี WD	วิธี Dist
พิจารณาทุกเหตุการณ์ฝน	-7.04	1.88	5.16	4.69	2.35
ฝนเล็กน้อย	-2.04	-3.40	12.3	11.56	5.44
ฝนปานกลาง	-36.31	2.43	-17.88	-20.09	-30.02
ฝนปานกลาง-ฝนหนัก	-16.69	4.49	-12.12	-15.00	-16.69
ฝนหนัก-ฝนหนักมาก	-18.44	0.00	-6.8	-8.35	-10.09



รูปที่ 9 การผันแปรของเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่เพิ่มขึ้นของค่ามัธยฐาน RMSE เมื่อเทียบกับการประเมินด้วยสถานีเรดาร์ระยอง

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่เพิ่มขึ้นของค่ามัธยฐาน RMSE เมื่อเทียบกับการประเมินด้วยสถานีเรดาร์ระยอง

รูปแบบ (Form)	% ความถูกต้องที่เพิ่มขึ้นเทียบกับเรดาร์ระยอง (Accuracy increase compared to Rayong radar)				
	เรดาร์ระยอง (Rayong Radar)	วิธี Max	วิธี Average	วิธี WD	วิธี Dist
พิจารณาทุกเหตุการณ์ฝน (Consider all rain events)	6.6	8.3	11.4	11.0	8.8
ฝนเล็กน้อย (Small rain)	2.0	-1.3	14.7	13.3	7.3
ฝนปานกลาง (Medium rain)	26.6	28.4	13.5	11.9	4.6
ฝนปานกลาง-ฝนหนัก (Medium to heavy rain)	14.3	18.1	3.9	1.4	0.0
ฝนหนัก-ฝนหนักมาก (Heavy to very heavy rain)	15.6	15.6	9.8	8.5	7.0

## 7. สรุปผลการศึกษา

ในการศึกษานี้ได้นำฝนเรดาร์สะสมรายชั่วโมงจากเรดาร์สี่เหลี่ยมและเรดาร์ระยองมาวิเคราะห์เทคนิคเรดาร์คอมโพสิต 4 วิธีมาทดสอบประสิทธิภาพการประเมินปริมาณน้ำฝนเพื่อหาวิธีคอมโพสิตที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการประยุกต์ใช้ในพื้นที่ทับซ้อนระหว่างเรดาร์สี่เหลี่ยมและเรดาร์ระยอง ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1) การประยุกต์ใช้เทคนิคเรดาร์คอมโพสิตที่แตกต่างกันส่งผลต่อการประเมินน้ำฝนเรดาร์ที่แตกต่างกันทั้งเชิงพื้นที่และเวลาอย่างชัดเจน ทั้งนี้ความถูกต้องของแต่ละเทคนิคขึ้นอยู่กับคุณภาพข้อมูลของเรดาร์แต่ละสถานี เป็นสำคัญด้วย โดยจากการศึกษานี้เป็นที่ชัดเจนว่าเรดาร์ระยองมีความคลาดเคลื่อนจากการถูกบดบังสัญญาณตรวจวัดในบริเวณทิศตะวันออกเฉียงเหนือของรัศมีตรวจวัด การประยุกต์ใช้เรดาร์คอมโพสิตด้วยเทคนิค Average, Max และ Weighted Distance สามารถเติมเต็มข้อมูลที่

ขาดหายไปได้ ในขณะที่เทคนิค Dist ซึ่งพิจารณาข้อมูลจากระยะทางใกล้สุดมาใช้ไม่สามารถลดความคลาดเคลื่อนนี้ได้

2) เมื่อพิจารณาภาพรวมของข้อมูลน้ำฝนทุกความเข้มข้นของทุกเหตุการณ์ฝนที่คัดเลือกในการศึกษานี้ พบว่าเทคนิคเรดาร์คอมโพสิตทั้ง 4 วิธี ให้ค่ามัธยฐาน ของค่า RMSE ที่คล้ายคลึงกัน โดยทุกวิธีแสดงประสิทธิภาพในการประเมินน้ำฝนด้วยเรดาร์ได้เพิ่มขึ้นจากการประเมินน้ำฝนจากเรดาร์สี่เหลี่ยมหรือเรดาร์ระยองเพียงสถานีเดียว โดยสามารถเรียงลำดับประสิทธิภาพในการประเมินน้ำฝนเรดาร์จากวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจนถึงน้อยที่สุด ได้แก่ วิธี Average, Weighted distance, Dist และ Max ตามลำดับ

3) ในกรณีพิจารณาประสิทธิภาพของเทคนิคเรดาร์คอมโพสิตตามปริมาณการตกของฝน สรุปได้ว่า กรณีฝนเล็กน้อยการประยุกต์ใช้เทคนิค Average สามารถประเมินน้ำฝนได้มีความถูกต้องสูงที่สุด สำหรับฝนปานกลาง-ฝนหนักมาก การใช้เทคนิคเรดาร์คอมโพสิตวิธี Max สามารถประเมินน้ำฝนได้ดีที่สุด ในขณะที่วิธีที่เหลือให้ความถูกต้องน้อยกว่าการประเมินฝนเรดาร์จากสถานีสี่เหลี่ยม ดังนั้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการเตือนภัยน้ำท่วม วิธี Max จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการจำลองน้ำท่วมในพื้นที่ทับซ้อนของเรดาร์สี่เหลี่ยมและเรดาร์ระยอง

4) ความถูกต้องในการประเมินฝนเรดาร์ด้วยเทคนิคคอมโพสิตขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้อมูลตรวจวัดจากเรดาร์แต่ละสถานีเป็นสำคัญ ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านกายภาพของพื้นที่ที่ติดตั้งสถานี ลักษณะสภาพอากาศ และคุณลักษณะของเครื่องมือตรวจวัด ซึ่งจะส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนในการตรวจวัดที่ต่างกัน ดังนั้นการประยุกต์ใช้งานกับเครือข่ายเรดาร์สถานีอื่นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบหาวิธีการที่มีความเหมาะสมในแต่ละเครือข่ายสถานีก่อนการประยุกต์ใช้งาน นอกจากนี้แล้วการพิจารณานำดัชนีคุณภาพ (Quality Index) มาใช้บ่งชี้คุณภาพของข้อมูลตรวจวัดของแต่ละสถานีเรดาร์เป็นเรื่องที่น่าสนใจ เพื่อนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพในการทำเรดาร์คอมโพสิตต่อไป

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณเครือข่ายองค์กรบริหารงานวิจัยแห่งชาติ (คอบช.) โดยสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์กรมมหาชน) และ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับเงินทุนสนับสนุนงานวิจัย และขอขอบคุณกรมฝนหลวงและการบินเกษตรสำหรับข้อมูลเรดาร์สี่เหลี่ยม กรมอุตุนิยมวิทยาสำหรับข้อมูลเรดาร์ระยองและข้อมูลน้ำฝนและสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำสำหรับข้อมูลน้ำฝนสำหรับดำเนินงานวิจัยนี้

## เอกสารอ้างอิง

- basins: the sampling problem reexamined. *J. Hydrol.* 161, 415-428.
- [1] Fairman, J. G., D. M. Schultz, D. J. Kirshbaum, S. L. Gray, and A. I. Barrett, 2015: A radar-based rainfall climatology of Great Britain and Ireland. *Weather*, 70, 153–158, <https://doi.org/10.1002/wea.2486>.
- [2] Saltikoff, E.; Haase, G.; Delobbe, L.; Gaussiat, N.; Martet, M.; Idziorek, D.; Leijnse, H.; Novák, P.; Lukach, M.; Stephan, K. OPERA the Radar Project. *Atmosphere* 2019, 10, 320.
- [3] Jurczyk A, Szturc J, Olsródká K. Quality-based compositing of weather radar derived precipitation. *Meteorol Appl.* 2020;27: e1812. <https://doi.org/10.1002/met.1812>
- [4] Petvirojchai, P., Sarapa, S. (2018). Current technology for alerting and warning tropical cyclones in Thailand. *Tropical Cyclone Research and Review*, pp.193-200.
- [5] Mahavik, N., Tantanee, S. (2020). Radar Quality Index for a Mosaic of Radar Reflectivity over Chao Phraya River Basin, Thailand. *Applied Environmental Research*, 92-104.
- [6] Battan, L. J.: Radar observation of the atmosphere, Rev. ed. Edn., University of Chicago press, Chicago, <https://doi.org/10.1002/qj.49709942229>, 1973.
- [7] Seed, A., Nicol, W. J., Austin, G. L., Stow, C. D., and Bradley, S. G. (1996). "The impact of radar and rain gauge sampling errors when calibrating a weather radar." *Meteor. Appl.*, 3(1), 43–52.
- [8] Steiner, M., Smith, J. A., Burges, S. J., Alonso, C. V., and Darden, R. W. (1999). "Effect of bias adjustment and rain gauge data quality control on radar rainfall estimation." *Water Resour. Res.*, 35(8), 2487–2503.
- [9] Mapiam, P. P., Sharma, A., and Sriwongsitanon, N., (2014). Defining the Z-R relationship using gauge rainfall with coarse temporal resolution: Implications for flood forecasting. *ASCE's Journal of Hydrologic Engineering*, 19(8), 04014003.
- [10] Fulton, R.A.; Miller, D.A.; Seo, D.-J.; Breidenbach, J.P.; O'Bannon, T. The WSR-88D rainfall algorithm. *Weather Forecast.* 1998, 13, 377–395.
- [11] มณฑล เมธาประยูร, ไพโรจน์ สมุทรีรักษ์ และ พรรณทิพย์ พุทธิรักษา มะเปี่ยม, 2562. ฟังก์ชันย่อยส่วนเชิง เวลาสำหรับการประเมินน้ำฝน ระยะสั้นกว่าหนึ่งชั่วโมงด้วยเรดาร์. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 16, นครปฐม, 3-4 ธันวาคม 2562
- [12] Fabry, F., Bellon, A., Duncan, M.R., Austin, G.L., 1994. High resolution rainfall measurements by radar for very small
- [13] พรรณทิพย์ พุทธิรักษา มะเปี่ยม และไพโรจน์ สมุทรีรักษ์, 2562. การประเมินปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่ความละเอียดสูงด้วยเรดาร์สำหรับการจำลองปริมาณน้ำท่วมแบบฉับพลัน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, สนับสนุนทุนวิจัยโดยสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน), จำนวนหน้า.115 หน้า.
- [14] Méri, L.; Gaál, L.; Bartok, J.; Gažák, M.; Gera, M.; Jurašek, M.; Kelemen, M. Improved Radar Composites and Enhanced Value of Meteorological Radar Data Using Different Quality Indices. *Sustainability* 2021, 13, 5285. <https://doi.org/10.3390/su13095285>.