

บทที่ 5

ประยุกต์ใช้วิธี MVA ในขบวนการประมาณปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมง

5.1 การประมาณปริมาณน้ำฝนด้วยข้อมูลเรดาร์

ดังที่ได้กล่าวมาจากบทที่ 1 ว่าข้อมูลปริมาณน้ำฝนมีความสำคัญต่อระบบอุตุ-อุทกวิทยา ซึ่งการประมาณปริมาณน้ำฝนโดยเรดาร์นั้นจะให้ข้อมูลที่มีความละเอียดทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา การประมาณปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่นั้นขึ้นอยู่กับกรนำไปประยุกต์ใช้ ซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำ ชนิดของฝนและชนิดของแบบจำลอง (Cole and Moor, 2008) ถ้าช่วงเวลาของข้อมูลไม่ห่างกันมากหรือข้อมูลมีความถี่เพียงพอจะทำให้สามารถประมาณปริมาณน้ำฝนในเชิงพื้นที่ได้อย่างถูกต้องทำให้สามารถทำนายหรือประมาณปริมาณน้ำท่วม ได้อย่างถูกต้องแม่นยำมากขึ้น การตรวจวัดฝนโดยเรดาร์ตรวจอากาศ สามารถตรวจวัดในเชิงพื้นที่และเวลาที่ต่อเนื่องกัน ซึ่งสามารถครอบคลุมบริเวณพื้นที่ได้อย่างกว้างขวาง เพราะรัศมีในการตรวจวัดของเรดาร์มากกว่า 100 กิโลเมตร จึงทำให้สามารถใช้ข้อมูลที่ตรวจวัดได้มาเป็นข้อมูลในการทำนายปริมาณน้ำฝนของกลุ่มฝนที่กำลังเคลื่อนที่เข้ามาในบริเวณพื้นที่กรุงเทพมหานครล่วงหน้าได้น้อย 1-3 ชั่วโมง (Nowcasting) อย่างไรก็ตามยังมีความคลาดเคลื่อนของค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ที่ตรวจวัดได้โดยเรดาร์ตรวจอากาศ เช่น ค่าสะท้อนกลับที่เกิดจากวัตถุที่อยู่บนพื้นดินหรือค่าสะท้อนกลับจากการกระทบวัตถุอื่น ๆ ที่ไม่ใช่เม็ดน้ำ เป็นต้น ทำให้เกิดคลาดเคลื่อนในค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ซึ่งก่อให้เกิดความแปรปรวนไม่แน่นอนรวมอยู่ด้วย (Fabry et al., 1994; Jordan et al., 2000; Krajewski and Smith, 2002; Chumchean, 2006) วิธีการปรับปรุงความถูกต้องของการประมาณปริมาณน้ำฝนจากเรดาร์ ได้ถูกนำเสนอมากกว่า 60 ปีแล้ว รวมทั้งวิธีที่จะคัดกรองเอาค่าความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ออกไป เช่น ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการตรวจวัดของเรดาร์ (Anagnatsou and Morales, 2001; Chumchean et al., 2004) ; Ozturk and Yilmazer, 2007) ค่าความคลาดเคลื่อนจากการใช้สมการความสัมพันธ์ $Z-R$ ที่ไม่เหมาะสม (Joss and Waldvogel, 1990; Liu, 1995; Collier, 1996; Nothhcott, 2002; Suk, 2008; Chumchean et al., 2008) และค่าความคลาดเคลื่อนในการปรับแก้ปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลเรดาร์ให้เทียบเท่ากับข้อมูลฝนภาคพื้นดิน (Koistinen and Puhakka, 1981; Seed and Austin, 1990; Barnton, 1991; Bradley et al., 1997; Anagnostou et al., 1998; Krajewski and Smith, 2002; Chumchean, 2006)

โดยปกติแล้วในการดำเนินการตรวจวัดของเรดาร์ตรวจอากาศจะดำเนินการตรวจวัดโดยกวาดข้อมูลเป็นมุม 360 องศา โดยการหมุนเสาอากาศในทิศที่กำหนด ขณะที่ทำการหมุนเสาอากาศจึงเปรียบเสมือนการกวาดข้อมูลในอากาศเป็นไปตามลำดับ อัตราการหมุนของเรดาร์รอบๆ แกนและมุมในการตรวจวัดในแต่ละรอบจะคงที่ เวลาที่แตกต่างกันในแต่ละรอบ คือ ความละเอียด (Temporal resolution) หรือความถี่ในการตรวจวัดของเรดาร์ (Anagnostou, 1998; Smith Krajewski, 1991; Chumchean, 2004) วิธีในการหาปริมาณน้ำฝนสะสมของเรดาร์ที่ใช้กันทั่วไปในประเทศไทย ปกติหาได้โดยนำค่าความเข้มฝนเรดาร์คูณด้วยช่วงเวลาในการตรวจวัดข้อมูลแล้วก็จะได้ค่าปริมาณน้ำฝนในช่วงเวลาที่ต้องการทำให้มีความคลาดเคลื่อนในค่าปริมาณน้ำฝนที่คำนวณ โดยเฉพาะในกรณีที่กลุ่มฝนเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว

เหตุการณ์ฝนที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่กรุงเทพมหานครส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการพาความร้อน (รัชนีวรรณ ตาพุมาศสวัสดิ์, 2549) ทั้งนี้เนื่องจากกรุงเทพมหานครตั้งอยู่ส่วนกลางของประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พายุไซโคลนและดีเปรสชัน ดังที่กล่าวมาแล้วจากบทที่ 1 ว่าฝนที่เกิดจากการพาความร้อนเกิดขึ้นจากเมฆที่ก่อตัวขึ้นจากกระแสอากาศร้อนลอยขึ้นสู่เบื้องบนมวลอากาศอุ่นลอยตัวสูงขึ้นทำให้อุณหภูมิของอากาศเย็นลง ไอน้ำจะกลั่นตัวกลายเป็นเมฆ และเกิดเป็นพายุฝนฟ้าคะนอง มักเกิดเนื่องจากโลกได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ ทำให้พื้นดินร้อนขึ้นมาก อากาศบริเวณพื้นดินจะลอยสูงขึ้นเกิดเป็นเมฆ การเปลี่ยนแปลงของฝนที่เกิดจากการพาความร้อนจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา

การตกของฝนในบริเวณพื้นที่กรุงเทพมหานครเป็นสาเหตุของปัญหาน้ำท่วมซึ่งเป็นปัญหาที่รุนแรงของกรุงเทพมหานครเพราะทำให้การจราจรติดขัดซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจและทำให้เกิดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม ดังนั้นกรุงเทพมหานครจึงได้จัดทำโครงการป้องกันและพยากรณ์น้ำท่วมโดยใช้ข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝน ข้อมูลจากสถานีวัดน้ำท่า ข้อมูลจากเรดาร์ ข้อมูลจากดาวเทียม และ NWP สำหรับการพยากรณ์ (Chumchean et al., 2005) โดยมอบหมายโครงการนี้ให้อยู่ในการดำเนินงานของสำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ซึ่งข้อมูลเรดาร์ที่ใช้ในโครงการนี้ได้จากการตรวจวัดของเรดาร์ตรวจอากาศภาคีเจริญ ซึ่งมีความถี่ข้อมูลทุก ๆ 10 นาที เมื่อทำการเปลี่ยนค่าสะท้อนกลับที่ตรวจวัดได้ให้เป็นปริมาณน้ำฝน โดยใช้สมการความสัมพันธ์ $Z-R$ ที่เหมาะสม ก็จะสามารถนำข้อมูลฝนที่คำนวณได้สร้างแบบจำลองเพื่อทำการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนล่วงหน้า 1-3 ชั่วโมงที่ตกบริเวณกรุงเทพมหานครและพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ เนื่องจากฝนที่ทำให้เกิดน้ำท่วมฉับพลันในบริเวณกรุงเทพมหานครส่วนใหญ่ก็เกิดจากฝนที่เกิดจากการพาความร้อน การเคลื่อนที่ของอากาศทำให้กลุ่มฝนที่เกิดครอบคลุมบริเวณพื้นที่

กรุงเทพมหานครมีการเคลื่อนที่ ในการประมาณปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงจากเรดาร์ที่ใช้สำหรับ กรุงเทพมหานครในปัจจุบันนั้นได้ประมาณปริมาณน้ำฝนโดยไม่ได้พิจารณาการเคลื่อนที่ของกลุ่มฝน และเหตุการณ์ฝนที่เกิดในบริเวณพื้นที่กรุงเทพมหานครส่วนใหญ่มีการพัฒนาก่อตัวหรือสลายอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาสั้น ๆ ซึ่งบางครั้งสั้นกว่าในช่วงเวลาของการตรวจวัดข้อมูลของเรดาร์ ทำให้ค่าปริมาณน้ำฝนที่ประมาณได้มีความคลาดเคลื่อน

ในบทนี้นำเสนอการกระบวนการประมาณปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงโดยพิจารณาการเคลื่อนที่ของกลุ่มฝนในระหว่างการตรวจวัดด้วย ทำได้โดยประยุกต์ใช้วิธี MVA ในการหาการเคลื่อนที่ของกลุ่มฝนจากข้อมูลภาพเรดาร์ 2 ภาพ แล้วสังเคราะห์หาข้อมูลค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ระหว่างภาพ 2 ภาพเพื่อเพิ่มความถี่ของข้อมูลภาพเรดาร์ การศึกษาวิจัยนี้ใช้ข้อมูลเรดาร์จากสถานีเรดาร์ภาษีเจริญและสถานีวัดน้ำฝนครอบคลุมบริเวณพื้นที่กรุงเทพมหานครโดยทำการศึกษาเพื่อหาช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการสร้างข้อมูลค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ที่วัดโดยสถานีเรดาร์ภาษีเจริญ วิธี MVA ถูกนำมาใช้เพื่อสังเคราะห์หาค่าสะท้อนกลับ ณ ช่วงเวลา 2 ช่วงเวลาที่เรดาร์ดำเนินการตรวจวัด เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการหาปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงโดยในการศึกษาได้ทำการเพิ่มความถี่ของข้อมูลเรดาร์ภาษีเจริญ ซึ่งเป็นภาพเรดาร์แบบ PPI 10 นาที โดยเพิ่มความถี่ของข้อมูลภาพเรดาร์ระหว่าง 1 นาที ถึง 9 นาที ด้วยการสังเคราะห์ภาพเรดาร์ใหม่ โดยใช้วิธี MVA ในการหาการเคลื่อนที่ของกลุ่มฝน ในการศึกษาได้ทำการสังเคราะห์ภาพเรดาร์ใหม่โดยแบ่งการสังเคราะห์เป็น 9 กลุ่มระหว่างช่วงเวลา 10 นาที คือ สังเคราะห์ภาพเรดาร์ 8 ภาพ, 4 ภาพ, 3 ภาพ, 2 ภาพ, สำหรับการเพิ่มความถี่ข้อมูลระหว่าง 1 ถึง 4 นาทีและ 1 ภาพ สำหรับกรณีเพิ่มความถี่ 5 ถึง 9 นาที ตามลำดับ และใช้ข้อมูลที่สังเคราะห์ใหม่ในการหาพารามิเตอร์ของสมการความสัมพันธ์ Z-R เพื่อใช้ในการประมาณปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงต่อไป

5.2 ขั้นตอนการดำเนินการ

5.2.1 การสอบเทียบเพื่อหาสมการความสัมพันธ์ Z-R เฉลี่ย

(Calibration of climatological Z-R relationship)

ปริมาณน้ำฝนของเรดาร์หาได้จากแปลงค่าการสะท้อนกลับของเรดาร์ Z ($\text{mm}^6 \cdot \text{mm}^{-3}$) เป็นปริมาณน้ำฝน R ($\text{mm} \cdot \text{ชม.}$) โดยใช้สมการความสัมพันธ์ของ $Z=aR^b$ ที่เหมาะสม ค่าพารามิเตอร์ a และ b จะขึ้นอยู่กับค่าการกระจายของขนาดของเม็ดฝน ที่ตรวจวัดได้โดยสมมติให้ความเร็วสุดท้ายของเม็ดฝนเป็นฟังก์ชันของเส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดฝน โดยที่เม็ดฝนเหล่านี้ตก

ลงผ่านอากาศและยังอยู่ในอากาศ (Chumchean, 2008) การหาพารามิเตอร์สำหรับ $Z-R$ เหลี่ยจะทำได้โดยการสอบเทียบ (Calibration) การวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสะท้อนกลับของเรดาร์และค่าปริมาณความชื้นฝน ($Z=aR^b$) ทำได้โดยใช้วิธีสมการถดถอย (Regression) โดยค่าพารามิเตอร์ a และ b ที่เหมาะสมที่สุด คือ ค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root mean square error : RMSE) ระหว่างปริมาณฝนเรดาร์และปริมาณความชื้นฝนจากสถานีวัดน้ำฝนซึ่งตั้งอยู่ในตำแหน่งที่สอดคล้องกันมีค่าน้อยที่สุด

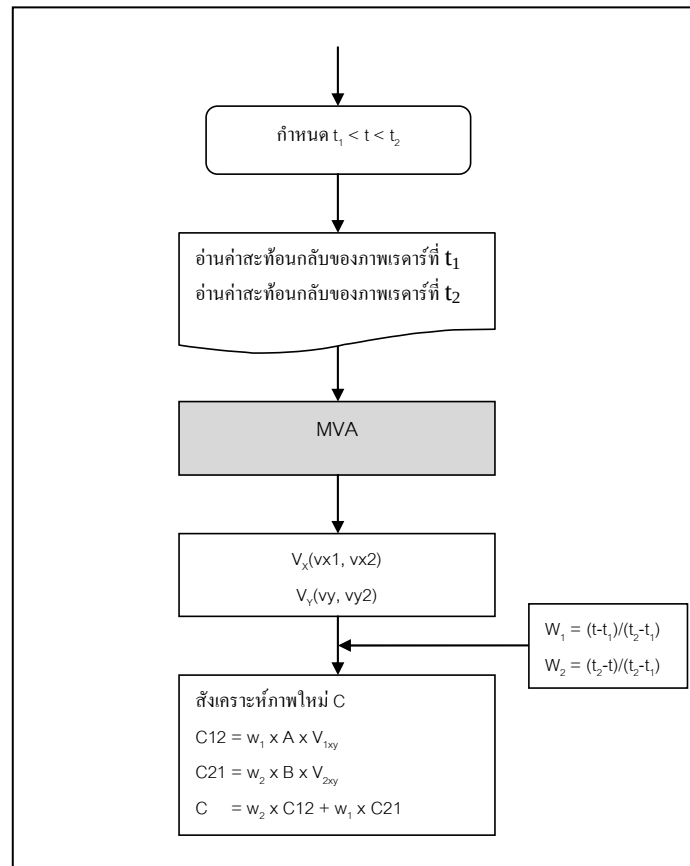
จากผลการศึกษาของ Doelling et al. (1998), Steiner และ Smith (2000), Hagen และ Yuter (2003) ได้ศึกษาค่าพารามิเตอร์ของสมการความสัมพันธ์ $Z-R$ โดยใช้ข้อมูลค่าสะท้อนกลับของเรดาร์หลาย ๆ ปี ที่ได้จากการตรวจวัดของ Disdrometer พบว่าค่าพารามิเตอร์ b ที่เหมาะสมที่จะใช้ในการวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ $Z-R$ คือ $b = 1.5$ ในทำนองเดียวกันจากผลการศึกษาของ Seed et al. (2002) พบว่าการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ b ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ระหว่างฝนจากเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนมากนัก ดังนั้นในการวิเคราะห์จึงได้พิจารณาใช้ค่า b คงที่เท่ากับ 1.5 และวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ a ที่เหมาะสมสำหรับช่วงเวลาต่างๆ ที่ทำให้ค่า RMSE ระหว่างฝนจากเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนมีค่าน้อยที่สุด และจากการศึกษาของ Seed et al. (2002) แสดงให้เห็นว่าค่า RMSE ระหว่างปริมาณน้ำฝนเรดาร์เทียบกับปริมาณน้ำฝนที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝนที่ตำแหน่งเดียวกันมีความเปลี่ยนแปลงไม่มากเมื่อทำการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ b หลาย ๆ ค่า ($b = 1.6, 1.5$ และ 1.4) ดังนั้นในการศึกษาเพื่อหาสมการความสัมพันธ์ $Z-R$ จึงเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ b คงที่ โดยให้ b มีค่าคงที่เท่ากับ 1.5 และพารามิเตอร์ a ได้มาจากการ Minimization ค่า RMSE ระหว่างฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและฝนจากเรดาร์

5.2.2 การหาค่าความถี่ของข้อมูลค่าสะท้อนกลับเรดาร์ที่เหมาะสม

(Investigation of the optimum temporal resolution of generated reflectivity data)

ในการศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้วิธี MVA เพื่อสังเคราะห์ค่าการสะท้อนกลับเรดาร์ไม่ใช่ค่าปริมาณน้ำฝน เนื่องจากความสัมพันธ์ $Z-R$ อยู่ในรูปเลขยกกำลังระหว่างค่าสะท้อนกลับของเรดาร์และปริมาณน้ำฝน ซึ่งสมการดังกล่าวจะมีอิทธิพลต่อการประมาณปริมาณฝนในเชิงพื้นที่ การสังเคราะห์ข้อมูลค่าสะท้อนกลับเรดาร์ที่อยู่ระหว่างข้อมูลค่าสะท้อนกลับเรดาร์ที่ตรวจวัดได้ 2 ช่วงเวลามีขั้นตอนในการสังเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. กำหนดช่วงเวลา t โดยที่ $t_1 < t < t_2$ ซึ่ง t_1 และ t_2 แทน เวลาของข้อมูลภาพเรดาร์ภาพที่ 1 และ 2 ตามลำดับ
2. สำหรับแต่ละช่วงเวลา จะหาแฟคเตอร์ของภาพที่เคลื่อนไปข้างหน้าหาได้จาก $w_1 = (t - t_1)/(t_2 - t_1)$ และแฟคเตอร์จากภาพที่เคลื่อนถอยหลังกลับมามาหาได้จาก $w_2 = (t_2 - t)/(t_2 - t_1)$
3. อ่านค่าสะท้อนกลับของข้อมูลเรดาร์จากแฟ้มข้อมูล กำหนดให้ A แทนภาพเรดาร์ภาพที่ 1, B แทนภาพเรดาร์ภาพที่ 2, C แทนภาพเรดาร์ที่สังเคราะห์ใหม่ V แทน ความเร็วในแนวแกน x-y
4. สังเคราะห์ภาพเรดาร์ใหม่ เป็น 2 มิติ ซึ่งสร้างใหม่โดยพิจารณาการเคลื่อนที่ในแนวแกน x-y ด้วย ตามขั้นตอนดังนี้
 - ภาพที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้าคือภาพที่ 1 คุณด้วยแฟคเตอร์ของภาพที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้า และค่าความเร็ว ซึ่งแสดงได้เป็น $C_{12} = w_1 \times A \times V_1$
 - ภาพที่เคลื่อนถอยหลังคือ ภาพที่ 2 คุณด้วยแฟคเตอร์ของภาพถอยหลัง และค่าความเร็ว ซึ่งแสดงได้เป็น $C_{21} = w_2 \times B \times V_2$
5. ภาพที่สังเคราะห์ใหม่มีค่าเท่ากับ ผลรวมค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ของภาพที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้าคุณด้วย แฟคเตอร์ภาพถอยหลัง (w_2) และภาพที่เคลื่อนที่ถอยหลัง คุณด้วยแฟคเตอร์ภาพที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้า (w_1) ซึ่งเขียนได้เป็น $C = w_2 \times C_{12} + w_1 \times C_{21}$
6. ทำขั้นตอนที่ 1-5 ใหม่โดยทำการเปลี่ยนค่า t ไปเรื่อยๆ $t = 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8$ และ 9 นาที่ ซึ่งผังการทำงานของวิธี MVA แสดงในภาพที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 แสดงขั้นตอนการหาสนามความเร็วของ MVA เพื่อใช้ในการสังเคราะห์ภาพเรดาร์ใหม่

ภาพที่ 5.1 แสดงขั้นตอนการใช้วิธี MVA เพื่อสังเคราะห์ภาพข้อมูลค่าสะท้อนกลับเรดาร์ใหม่ โดยสังเคราะห์จากข้อมูลภาพค่าสะท้อนกลับ 2 ภาพ ที่ได้จากการตรวจวัดต่อเนื่องกัน

เพื่อเป็นการวิเคราะห์หาความถี่ที่เหมาะสมของการสังเคราะห์ภาพค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ใหม่ โดยวิธี MVA ซึ่งวิธีนี้จะสังเคราะห์ภาพค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ใหม่โดยใช้ภาพค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ที่ตรวจวัดได้ ณ ช่วงเวลาที่แตกและต่อเนื่องกัน เนื่องจากภาพข้อมูลค่าสะท้อนกลับที่ใช้ในการศึกษาเป็นภาพข้อมูลที่ตรวจวัดทุกๆ 10 นาที ดังนั้น จึงใช้วิธี MVA เพื่อสังเคราะห์ภาพค่าสะท้อนกลับใหม่ ณ เวลา 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 และ 9 นาที ข้อมูลการสังเคราะห์ภาพใหม่แบ่งออกเป็น 9 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 5.1 ตามจำนวนภาพที่ต้องสังเคราะห์ใหม่ระหว่างภาพค่าสะท้อนกลับที่ตรวจวัดได้ ในแต่ละกลุ่ม คือ 8, 4, 3, 2 และ 1 ภาพ สำหรับช่วงเวลา 1, 2, 3, 4 และ 5 - 9 นาที ตามลำดับ (เวลาในการสังเคราะห์ภาพค่าสะท้อนแต่ละภาพ ประมาณ

42 วินาทีต่อภาพ ประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผลกลาง เป็น core2DUO 1.8 Ghz) หลังจากนั้นจึงคำนวณหาความสัมพันธ์ $Z-R$ ในแต่ละกลุ่มข้อมูลที่มีความถี่ของข้อมูลต่าง ๆ กัน และทำการประมาณหาค่าปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงจากแต่ละกลุ่มของข้อมูลความถี่ที่ใช้ในการสังเคราะห์ข้อมูลเรดาร์ที่เหมาะสมจะพิจารณาจากค่า RMSE ระหว่างปริมาณน้ำฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนที่มีค่าน้อยที่สุด

ตารางที่ 5.1 แสดงการแบ่งกลุ่มในการสังเคราะห์ภาพใหม่

กรณี	จำนวนภาพที่สร้าง โดย MVA	ความถี่ในการสังเคราะห์ (นาทีก)
1	1	5, 6, 7, 8, 9
2	2	4
3	3	3
4	4	2
5	8	1

5.3 ผลการศึกษา

5.3.1 ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการสร้างข้อมูลค่าสะท้อนกลับของเรดาร์

จากข้อมูลเหตุการณ์ฝน 28 เหตุการณ์ ที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 และทำการสังเคราะห์ภาพดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.1 ในช่วงสอบเทียบโดยใช้เหตุการณ์ฝนทั้ง 28 เหตุการณ์ข้างต้นเพื่อวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ $Z-R$ ในแต่ละกรณีดังผลการวิเคราะห์ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.2 ค่า RMSE ระหว่างฝนเรดาร์รายชั่วโมงและสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินแสดงไว้ในตารางที่ 5.2 ซึ่งจากตารางแสดงให้เห็นว่า ปริมาณปริมาณน้ำฝนในช่วงเวลา 5 นาที ทำให้ค่า RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนมีค่าน้อยที่สุด นอกจากนี้จากข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้จะพบว่า เวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์ภาพค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ของช่วงเวลา 5 นาที มีค่าน้อยกว่าเวลาต่าง ๆ ที่ใช้ในการสังเคราะห์ภาพค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ ยกเว้นที่ ณ ช่วงเวลาที่ 7-9 นาที ดังนั้นเหตุผลดังกล่าวจึงสรุปได้ว่าช่วงความถี่ที่เหมาะสมในการใช้วิธี MVA ช่วยในการสังเคราะห์ภาพเรดาร์ของข้อมูลเรดาร์ภาคีเจริญที่มีการตรวจวัดทุก ๆ 10 นาที คือ 5 นาที ชุดข้อมูลที่สังเคราะห์ดังกล่าวนี้ได้ถูกนำมาใช้เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้วิธี MVA ในการประเมินปริมาณฝนเรดาร์รายชั่วโมงต่อไป

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบค่า RMSE ในแต่ละความถี่ที่ใช้ในสังเคราะห์ข้อมูลค่า
สะท้อนกลับของเรดาร์ (โดยใช้สมการ $Z=aR^{1.5}$)

ความถี่ในการสังเคราะห์ภาพ (นาที)	พารามิเตอร์ 'a'	RMSE (มม./ชม.)
ข้อมูลการตรวจวัดทุก ๆ 10 นาที	45	3.61
MVA (1 นาที)	98	3.20
MVA (2 นาที)	160	3.17
MVA (3 นาที)	84	3.22
MVA (4 นาที)	157	3.12
MVA (5 นาที)	130	2.99
MVA (6 นาที)	155	3.02
MVA (7 นาที)	172	3.08
MVA (8 นาที)	142	3.14
MVA (9 นาที)	140	3.17
SLI (5 นาที)	86	3.32

*RMSE ระหว่างปริมาณฝนจากเรดาร์ที่คำนวณจากชุดข้อมูลต่าง ๆ
และปริมาณฝนจากสถานีวัดน้ำฝน (รายชั่วโมง)

5.3.2 การประยุกต์ใช้ข้อมูลที่สังเคราะห์ได้จากวิธี MVA ในการประมาณปริมาณ น้ำฝนรายชั่วโมง (Effectiveness of applying MVA technique into hourly radar rainfall estimates)

5.3.2.1 ผลการสอบเทียบ (Calibration result)

ข้อมูลค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ที่ตรวจวัดได้โดยเรดาร์ตรวจอากาศภาคพื้น
ราย 10 นาที และ ค่าสะท้อนกลับที่สังเคราะห์โดยวิธี MVA ด้วยความถี่ทุก ๆ 5 นาที ที่นำมาใช้ในการ
การสอบเทียบเพื่อหาค่าสมการความสัมพันธ์ $Z-R$ โดยใช้ข้อมูลของเหตุการณ์ฝนทั้งหมด 28
เหตุการณ์ ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นระหว่าง เดือนมิถุนายน 2548 ถึง เดือนตุลาคม 2549 การสอบ

เทียบจะทำโดยใช้ปริมาณฝนรายชั่วโมงผลการศึกษาพบว่าสมการความสัมพันธ์ Z-R ที่ได้จากชุดข้อมูลที่ไม่ได้คิดการเคลื่อนที่ของกลุ่มฝน (Conventional Calibrated Z-R, CC Z-R) โดยใช้ข้อมูลเรดาร์ที่ตรวจวัดได้ทุก ๆ 10 นาที คือ $Z=45R^{1.5}$; สมการ Z-R ที่ได้จากชุดข้อมูลสังเคราะห์โดยใช้วิธีเฉลี่ยอย่างง่ายที่ความถี่ทุก ๆ 5 นาที (5-Min SLI Z-R) คือ $Z=86R^{1.5}$ และสมการ Z-R ที่ได้จากการใช้ชุดข้อมูลที่สังเคราะห์โดยวิธี MVA ที่ความถี่ทุก ๆ 5 นาที (5-Min MVA Z-R) คือ $Z=130R^{1.5}$ ค่า RMSE ระหว่างปริมาณน้ำฝนเรดาร์กับปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนของแต่ละชุดข้อมูลสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.2 ซึ่งผลการศึกษาแสดงไว้ในตารางที่ 5.3

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^{N_t} \sum_{i=1}^{N_i} (R_{i,t} - G_{i,t})^2} \quad (5.2)$$

โดยที่ $R_{i,t}$ คือ ปริมาณน้ำฝนสะสมของเรดาร์ ณ ตำแหน่ง สถานีวัดน้ำฝนที่ i ณ ชั่วโมงที่ t

$G_{i,t}$ คือ ฝนสะสมรายชั่วโมง

N_i คือ จำนวนสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินที่มีการตรวจวัดน้ำฝน และมีค่าตรวจวัดมากกว่าศูนย์

N_t คือ เวลา เป็นชั่วโมง

N คือ จำนวน คู่ของ Z-R ที่ใช้ในการคำนวณ

ตารางที่ 5.3 สมการ Z-R เฉลี่ยของเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการสอบเทียบจำนวน 28 เหตุการณ์ (เดือน มิ.ย. 2548 ถึง เดือน ต.ค. 2549)

ชุดข้อมูลค่าสะท้อนกลับ ของเรดาร์	สมการความสัมพันธ์ Z-R	RMSE [*] (มม./ชม.)
ค่าสะท้อนกลับที่ได้จากการตรวจ วัดจริง ณ เวลา 10 นาที	$Z=200R^{1.6}$	3.66
	$Z=45R^{1.5}$ (CC Z-R)	3.61
ค่าสะท้อนกลับจากการสังเคราะห์ ด้วยวิธี SLI ที่ความถี่ทุก ๆ 5 นาที	$Z=200R^{1.6}$	3.45
	$Z=86R^{1.5}$ (5-Min SLI Z-R)	3.32
ค่าสะท้อนกลับจากการสังเคราะห์ ด้วยวิธี MVA ที่ความถี่ทุก ๆ 5 นาที	$Z=200R^{1.6}$	3.29
	$Z=130R^{1.5}$ (5-Min MVA Z-R)	2.99

RMSE^{*} ระหว่างฝนเรดาร์สะสมรายชั่วโมงกับฝนสะสมรายชั่วโมงจากสถานีวัดน้ำฝน

ค่า RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนของเหตุการณ์ฝนซึ่งคำนวณได้โดยใช้ค่าสมการความสัมพันธ์ $CC\ Z-R, Z=45R^{1.5}$, 5-Min SLI $Z-R, Z=86R^{1.5}$ และ 5-Min MVA $Z-R, Z=130R^{1.5}$ คือ 3.61 มม./ชม., 3.32 มม./ชม. และ 2.99 มม./ชม. ตามลำดับ จากเหตุการณ์ที่ใช้ในการสอบเทียบพบว่า การใช้วิธี MVA ในการสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้ในกระบวนการหาปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงสามารถลดค่า RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนได้เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีที่ไม่ได้นำการเคลื่อนที่ของกลุ่มฝนเข้ามาในกระบวนการประมาณปริมาณน้ำฝน และวิธี SLI ดังนั้นการประยุกต์ใช้วิธี MVA สามารถปรับปรุงการประมาณปริมาณน้ำฝนให้มีความถูกต้องมากขึ้น ในหัวข้อต่อไปจะเป็นการกระบวนการทดสอบความเชื่อมั่นด้วยการทวนสอบผล การประยุกต์ใช้วิธี MVA ในการประมาณปริมาณน้ำฝนโดยข้อมูลเรดาร์ โดยทำการตรวจสอบกับเหตุการณ์ที่ไม่ได้ใช้ในการสอบเทียบ

5.3.2.2 ผลการทวนสอบ (Validation result)

การทวนสอบเป็นวิธีการที่จะทดสอบความเชื่อมั่นของผลการสอบเทียบอย่างง่ายซึ่งทำได้โดยใช้เหตุการณ์ฝนที่ไม่ได้นำมาใช้ในการสอบเทียบเพื่อหาค่าสมการความสัมพันธ์ $Z-R$ ซึ่งเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการทวนสอบมีทั้งหมด 13 เหตุการณ์ ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างเดือนมีนาคม ถึง เดือนกันยายน 2550 ในการทดสอบความเชื่อมั่นทำการทดสอบ 3 กรณี

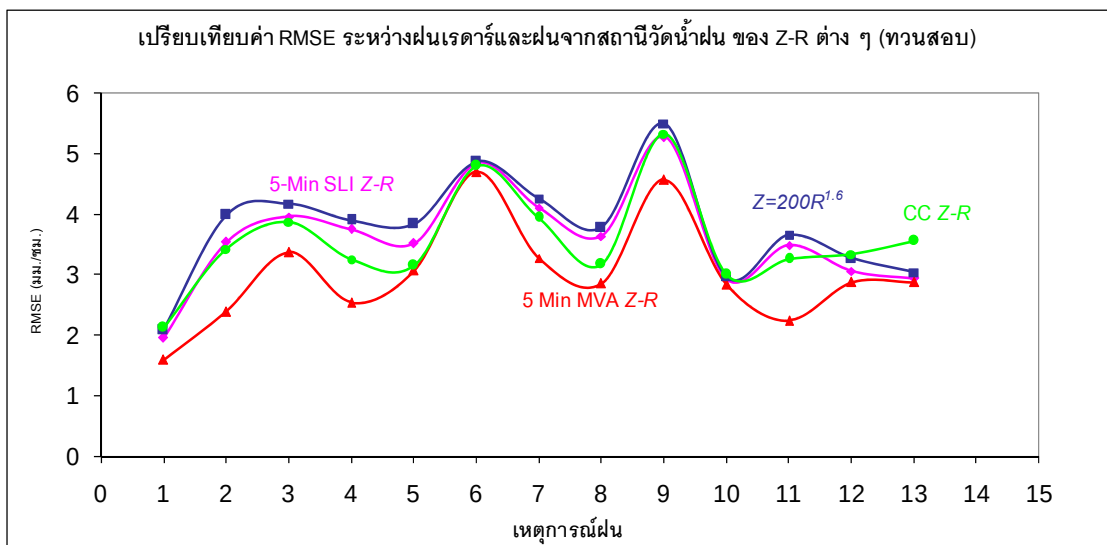
1. เปรียบเทียบค่า RMSE ระหว่างฝนจากเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝน โดยใช้สมการความสัมพันธ์ $Z=200R^{1.6}$ (Marshall and Palmer, 1948) กับ $CC\ Z-R$ ซึ่งเป็นสมการ
2. ความสัมพันธ์ที่ได้จากการสอบเทียบและไม่ได้้นำการเคลื่อนที่ของกลุ่มฝนเข้ามาในกระบวนการประมาณปริมาณน้ำฝน
3. เปรียบเทียบค่า RMSE ระหว่างฝนจากเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝน โดยใช้สมการความสัมพันธ์ $Z=200R^{1.6}$ กับ 5-Min SLI $Z-R, (Z=86R^{1.5})$ ซึ่งเป็นสมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการสอบเทียบและหาค่าสะท้อนกลับของเรดาร์โดยวิธี SLI

เปรียบเทียบค่า RMSE ระหว่างฝนจากเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝน โดยใช้สมการความสัมพันธ์ $Z=200R^{1.6}$ กับ 5-Min MVA $Z-R, (Z=130R^{1.5})$ ซึ่งเป็นสมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการสอบเทียบโดยนำการเคลื่อนที่ของกลุ่มฝนเข้ามาในกระบวนการประมาณปริมาณผล จากวิเคราะห์ได้แสดงอยู่ในตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 เปรียบเทียบค่า RMSE ระหว่างประมาณปริมาณฝนเรดาร์ และฝนจากสถานีวัด
น้ำฝนของเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการทวนสอบ (เดือน มี.ค. ถึง เดือน ก.ย. 2550)

เหตุการณ์ฝน	RMSE (มม./ชม.)					
	ค่าสะท้อนกลับที่ได้จากการตรวจ วัดจริง ณ เวลา 10 นาที		ค่าสะท้อนกลับจากการสังเคราะห์ ด้วยวิธี SLI ที่ความถี่ทุก ๆ 5 นาที		ค่าสะท้อนกลับจากการสังเคราะห์ ด้วยวิธี MVA ที่ความถี่ทุก ๆ 5 นาที	
	$Z=200R^{1.6}$	$Z=45R^{1.5}$	$Z=200R^{1.6}$	$Z=86R^{1.5}$	$Z=200R^{1.6}$	$Z=130R^{1.5}$
19 มี.ค. 2550	2.36	2.19	2.29	2.13	2.09	0.59
20 มี.ค. 2550	4.54	3.54	4.03	3.42	3.99	2.39
9 พ.ค. 2550	4.36	3.96	3.97	3.87	4.17	3.37
10 พ.ค. 2550	3.89	3.75	3.43	3.25	3.19	1.96
14 พ.ค. 2550	4.32	3.52	4.25	3.15	2.84	2.97
16 พ.ค. 2550	5.12	4.84	5.08	4.8	4.78	4.8
20 ก.ค. 2550	4.24	4.11	4.36	3.94	5.26	1.1
23 ก.ค. 2550	3.88	3.64	3.76	3.17	3.78	1.85
25 ก.ค. 2550	5.28	5.01	5.52	5.33	6.3	5.07
10 ก.ย. 2550	3.43	3.03	3.18	3.01	2.97	2.84
11 ก.ย. 2550	3.89	3.49	3.79	3.26	3.66	2.24
17 ก.ย. 2550	4.23	3.26	4.19	3.34	4.17	2.88
20 ก.ย. 2550	3.94	3.24	3.73	3.56	2.04	1.88
ค่า RMSE เฉลี่ย	4.11	3.66	3.96	3.56	3.79	2.61

จากตารางที่ 5.4 พบว่า เมื่อรวมการเคลื่อนที่ของกลุ่มฝนเข้ากับกระบวนการประมาณปริมาณน้ำฝนจากเรดาร์โดยใช้วิธี MVA เพื่อหาการเคลื่อนที่ของกลุ่มฝนและเพิ่มความถี่ของข้อมูลเรดาร์ในการประมาณปริมาณความเข้มฝนรายชั่วโมงแล้วพบว่าค่า RMSE ของ สมการความสัมพันธ์ MVA $Z-R$ $Z=130R^{1.5}$ มีค่าน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่า RMSE ของสมการความสัมพันธ์ CC $Z-R$ ($Z=45R^{1.5}$), 5-Min SLI $Z-R$ ($Z=86R^{1.5}$) และ $Z=200R^{1.6}$ ของเหตุการณ์ฝนทุกเหตุการณ์ที่นำมาใช้ในการทดสอบความเชื่อมั่น จึงเห็นได้ว่าการนำการเคลื่อนที่ของกลุ่มฝนเข้ามาในกระบวนการประมาณการปริมาณความเข้มฝนทำให้มีความถูกต้องเพิ่มมากขึ้น ในภาพที่ 5.2 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนของกรณีศึกษาต่าง ๆ ซึ่งจะเห็นว่า ค่า RMSE ฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนที่ได้จากการประยุกต์ใช้วิธี MVA จะมีค่าต่ำสุดเมื่อเทียบกับกรณีอื่น ๆ



ภาพที่ 5.2 กราฟเปรียบเทียบค่า RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจาก
สถานีวัดน้ำฝน (กรณีทวนสอบ)

5.4 สรุปผลการประมาณปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมง

ในการศึกษาเพื่อหาผลของการรวมการเคลื่อนที่ของกลุ่มฝนเข้ากับการประมาณปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมง ซึ่งการเคลื่อนที่ของกลุ่มฝนจะถูกนำเข้ามาในกระบวนการประมาณปริมาณน้ำฝนโดยใช้วิธี MVA เพื่อสังเคราะห์ภาพค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ระหว่างภาพเรดาร์ 2 ภาพ ณ เวลาต่อเนื่องกัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่า RMSE ระหว่างค่าการประมาณปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงจากเรดาร์ และปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินโดยวิธีแบบเดิมคือไม่คิดการเคลื่อนที่ของกลุ่มฝน สามารถสรุปผลการศึกษาดังนี้

1. ค่าช่วงเวลาที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ข้อมูลค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ภาคีเจริญ โดยวิธี MVA คือ 5 นาที

2. ค่าความสัมพันธ์ Z-R ของเรดาร์ภาคีเจริญเมื่อใช้ค่าสะท้อนกลับที่สังเคราะห์โดยวิธี MVA ด้วยความถี่ทุก ๆ 5 นาที คือ $Z=130R^{1.5}$

3. การรวมการเคลื่อนที่ของกลุ่มฝนเข้ากับการประมาณปริมาณน้ำฝนรายชั่วโมงโดยใช้วิธี MVA เพื่อคำนวณหาการเคลื่อนที่ของกลุ่มฝน และสังเคราะห์ข้อมูลค่าสะท้อนกลับคลื่นเรดาร์ใหม่ระหว่างภาพ 2 ภาพที่เวลาต่อเนื่องกันสามารถลด RMSE ระหว่างปริมาณน้ำฝนเรดาร์และปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนได้ โดยสามารถลดค่าคลาดเคลื่อนลง 0.33 มม./ชม., 0.62 มม./

ชม. สำหรับช่วงการสอบเทียบ และ 0.95 มม./ชม., 1.06 มม./ชม. ในช่วงการทวนสอบ เมื่อเทียบกับ
ค่า CC Z-R และ 5-Min SLI Z-R ตามลำดับ ซึ่งทำให้สามารถปรับปรุงการประมาณปริมาณน้ำฝน
จากเรดาร์ได้