

บทที่ 8

การทดสอบประสิทธิผลในการประยุกต์ใช้วิธี MVA เพื่อลดความถี่ ในการตรวจวัดข้อมูลเรดาร์

8.1 นโยบายการดำเนินการตรวจวัดด้วยเรดาร์

การนำเรดาร์มาใช้ในการตรวจวัดปริมาณฝนนั้นมีประโยชน์หลายประการเนื่องจากเรดาร์สามารถตรวจวัดปริมาณฝนทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจวัดข้อมูลฝนได้ 3 มิติ ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างขวางและให้ข้อมูลภาพตัดขวางของกลุ่มฝนในแนวตั้ง ซึ่งในการตรวจวัดฝนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศนั้น ผู้ที่ดำเนินการหรือผู้ควบคุมเรดาร์ตรวจอากาศในการตรวจวัดนั้นจะกำหนดช่วงระยะเวลาในการตรวจวัด ซึ่งขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย (Committee on weather radar, 2002) ได้แก่ นโยบายของผู้บริหาร, การดำเนินการของวิศวกร, ค่าใช้จ่ายในการตรวจวัด หรือค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา เป็นต้น ปัญหาที่สำคัญสำหรับการตรวจวัด คืองบประมาณค่าใช้จ่ายในการตรวจวัด และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ดังนั้นการดำเนินการตรวจวัดโดยเรดาร์ตรวจอากาศจะจัดทำเป็นตารางการทำงานสม่ำเสมอไม่เปลี่ยนแปลงไป แต่ในข้อเท็จจริงคือ ส่วนใหญ่ฝนจะมีการตกไม่สม่ำเสมอทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา ในช่วงที่เกิดฝนอาจจะไม่สอดคล้องกับช่วงที่มีการดำเนินการตรวจวัดโดยเรดาร์ เช่น มีการตั้งเวลาให้ทำการตรวจวัด ทุกๆ 1 ชั่วโมง ดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 1 ว่าฝนที่เกิดครอบคลุมบริเวณกรุงเทพมหานครส่วนใหญ่เป็นแบบ Convective ซึ่งมักจะมีการเปลี่ยนแปลงและเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว ดังนั้นการได้มาซึ่งข้อมูลค่าการตรวจวัดฝนที่มีความถูกต้องจำเป็นต้องทำการตรวจวัดให้มีความถี่มากที่สุด แต่เหตุผลสำคัญซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการที่ไม่สามารถทำการตรวจวัดข้อมูลได้ตามความต้องการก็คือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการตรวจวัด และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาอุปกรณ์เรดาร์ ซึ่งเป็นข้อจำกัดในด้านงบประมาณนั่นเอง โดยเฉพาะในประเทศที่กำลังพัฒนาจะมีปัญหาในเรื่องข้อจำกัดของงบประมาณ ดังนั้นจึงเป็นข้อจำกัดของนโยบายในการดำเนินการตรวจวัดเรดาร์ในกลุ่มประเทศดังกล่าว

เนื่องจากข้อจำกัดในด้านงบประมาณดังกล่าวข้างต้น ในบทนี้จึงได้ศึกษาประสิทธิผลของการประยุกต์ใช้วิธี MVA ในการลดความถี่ในการตรวจวัดข้อมูลเรดาร์โดยพิจารณาถึงความถูกต้องของการประมาณปริมาณน้ำฝนเรดาร์รายชั่วโมงเป็นสำคัญ

8.2 การประยุกต์ใช้วิธี MVA เพื่อเพิ่มความถี่ของข้อมูลค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ ในช่วงเวลาการตรวจวัดต่าง ๆ

8.2.1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

ข้อมูลเหตุการณ์ฝนที่ใช้เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการประยุกต์ใช้วิธี MVA เพื่อลดความถี่ในการตรวจวัดข้อมูลเรดาร์ คือ ข้อมูลค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ภาคีเจริญที่ทำการตรวจวัดทุก ๆ 10 นาที และข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝนปี พ.ศ. 2550 ที่มีการบันทึกข้อมูลทุก ๆ 15 นาที ซึ่งเลือกเหตุการณ์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ 8 เหตุการณ์ โดยแบ่งเป็นเหตุการณ์ที่ใช้สำหรับการสอบเทียบ 4 เหตุการณ์และสำหรับการทวนสอบ 4 เหตุการณ์ โดยรายละเอียดของข้อมูลเหตุการณ์ฝนที่นำมาวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 8.1 โดยในการศึกษาได้แบ่งกรณีศึกษาออกเป็น 3 กรณีด้วยกัน คือ ใช้ข้อมูลการตรวจวัดที่ห่างกัน 20 นาที, 30 นาที และ 40 นาที โดยใช้วิธี MVA ในการสังเคราะห์ภาพข้อมูลค่าสะท้อนกลับใหม่เพื่อเพิ่มความถี่ให้กับข้อมูลเรดาร์ทั้ง 3 ชุดข้อมูลดังกล่าว

ตารางที่ 8.1 รายละเอียดเหตุการณ์ฝนทั้งหมดที่ใช้ในการวิเคราะห์

เหตุการณ์	เริ่มต้น		สิ้นสุด		ช่วงเวลา นาที	จำนวนสถานีวัด น้ำฝน	ค่าฝนเฉลี่ย มม./ชม.	หมายเหตุ
	วันเดือนปี	เวลา	วันเดือนปี	เวลา				
1	19 มี.ค. 50	06:01	19 มี.ค. 50	07:41	100	17	1.2	ทวนสอบ
2	9 พ.ค. 50	11:01	9 พ.ค. 50	13:21	140	25	34.26	สอบเทียบ
3	14 พ.ค. 50	16:41	14 พ.ค. 50	19:21	160	37	14.84	ทวนสอบ
4	16 ก.ค. 50	15:01	16 ก.ค. 50	21:51	350	46	24.2	ทวนสอบ
5	25 ก.ค. 50	11:51	25 ก.ค. 50	16:01	260	37	28.64	สอบเทียบ
6	11 ก.ย. 50	18:11	11 ก.ย. 50	19:41	90	44	15.8	ทวนสอบ
7	17 ก.ย. 50	00:01	19 ก.ย. 50	03:01	180	37	17.97	สอบเทียบ
8	20 ก.ย. 50	20:21	20 ก.ย. 50	21:41	80	38	11.44	สอบเทียบ

ค่าฝนเฉลี่ยคำนวณได้จากการพิจารณาปริมาณฝนที่ > 0.5 มม./ชม.

จากตารางที่ 8.1 เหตุการณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ เป็นข้อมูลเรดาร์ที่ได้จากการตรวจวัดของเรดาร์ภาคีเจริญโดยเหตุการณ์ฝนที่เลือกมาใช้ในการสอบเทียบเพื่อหาพารามิเตอร์ของความสัมพันธ์สมการ Z-R และเหตุการณ์ที่ใช้ในการทวนสอบเพื่อทดสอบความเชื่อมั่นของสมการความสัมพันธ์ Z-R

8.2.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์

ข้อมูลจากเรดาร์ภาพสีเจริญที่ตรวจวัดได้เป็นรูปแบบ Volume scan ที่มีความถี่ในการตรวจวัดทุก 10 นาที ถูกนำมาแปลงเป็นข้อมูลภาพแบบ PPI เพื่อนำวิเคราะห์โดยดำเนินการดังต่อไปนี้

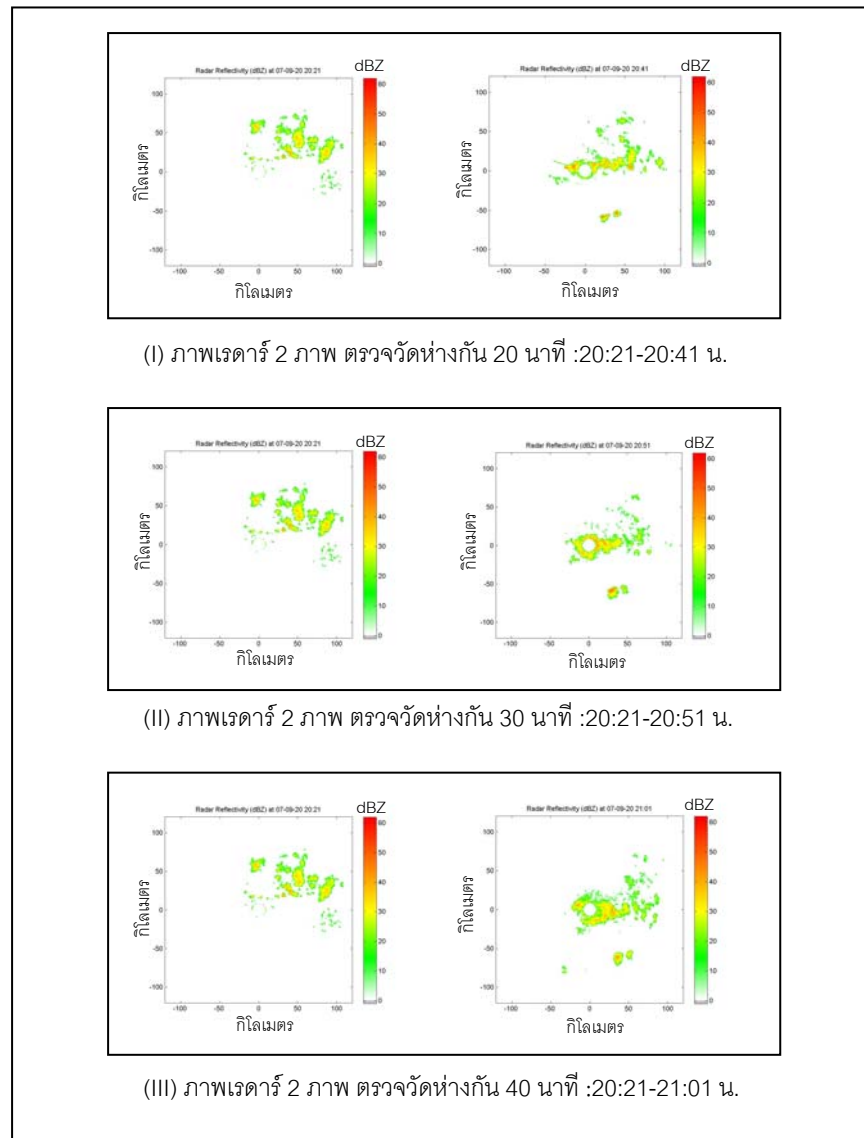
1. นำข้อมูลเรดาร์ทุก ๆ 10 นาที มาแยกออกให้มีช่วงเวลาที่ห่างกัน 20 นาที, 30 นาที และ 40 นาที ตัวอย่างเช่น เหตุการณ์ฝน วันที่ 20 กันยายน 2550 เวลาที่ฝนเริ่มตก คือ 20:21 น. เวลาที่ฝนหยุดตก คือ 21:41 น. ดังนั้นมีภาพเรดาร์ทั้งหมด 9 ภาพ แยกเป็นชุดข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ช่วงเวลาที่ภาพเรดาร์ห่างกัน 20 นาที, 30 นาที และ 40 นาที
2. สังเคราะห์ภาพเรดาร์ใหม่ที่มีช่วงความถี่ต่าง ๆ กันดังแสดงในตารางที่ 8.2

ตารางที่ 8.2 ช่วงเวลาในการตรวจวัด และ ช่วงเวลาที่ใช้วิธี MVA ในการสังเคราะห์ข้อมูลค่าการสะท้อนกลับของเรดาร์ภาพใหม่

ช่วงเวลาในการตรวจวัดข้อมูลเรดาร์ (นาที)	ช่วงเวลาที่สร้างภาพใหม่ (นาที)
20 นาที	10,5,3,2,1
30 นาที	15,7,4,2,1
40 นาที	20,10,5,3,2,1

3. วิเคราะห์หาคู่ $Z-R$ ณ ตำแหน่งพิกเซลที่สอดคล้องกัน
4. วิเคราะห์หาค่าสะท้อนกลับของเรดาร์รายชั่วโมงของเหตุการณ์ฝนจากคู่ $Z-R$ ที่สอดคล้องกันโดยการแปลงค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ให้เป็นความเข้มของฝนเรดาร์ด้วยสมการความสัมพันธ์ $Z=200R^{1.6}$ จากนั้นหาค่าปริมาณความเข้มฝนเรดาร์สะสมรายชั่วโมง แล้วแปลงค่าปริมาณความเข้มฝนเรดาร์สะสมรายชั่วโมงให้เป็นค่าสะท้อนกลับของเรดาร์
5. นำคู่ $Z-R$ ทั้งหมดของเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการวิเคราะห์มาหาพารามิเตอร์ a โดยที่กำหนดให้พารามิเตอร์ $b=1.5$ มีค่าคงที่ ด้วยวิธี Regression (Minimize RMSE)
6. นำสมการความสัมพันธ์ที่หาได้ไปทดสอบความเชื่อมั่นกับเหตุการณ์ฝนที่ไม่ได้ใช้ในการสอบเทียบ

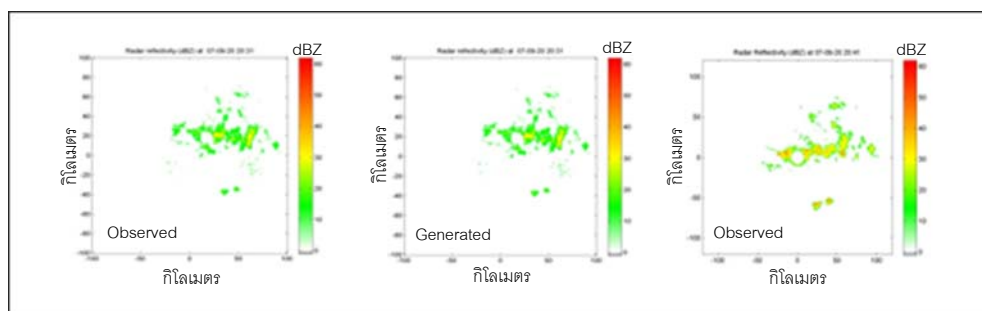
ภาพที่ 8.1 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพเรดาร์ที่มีการตรวจวัดที่ช่วงเวลาห่างกัน 20 นาที, 30 นาที และ 40 นาที



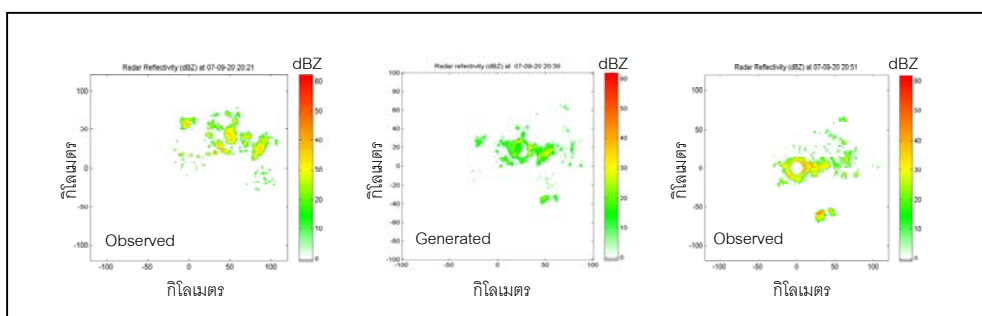
ภาพที่ 8.1 ข้อมูลภาพเรดาร์ที่ได้จากการตรวจวัด ;(I) ภาพเรดาร์ 2 ภาพ ห่างกัน 20 นาที, (II) ภาพเรดาร์ 2 ภาพ ห่างกัน 30 นาที, (III) ภาพเรดาร์ 2 ภาพ ห่างกัน 40 นาที

8.2.3 การวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ Z-R ที่เหมาะสม

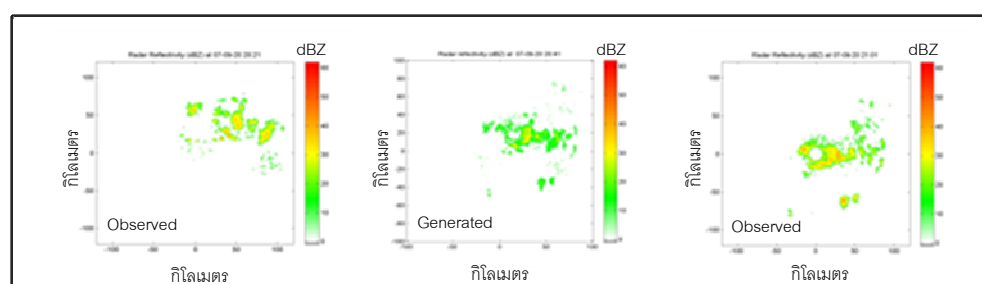
จากการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลใหม่เดิมในช่วงเวลาต่างๆ ที่วิเคราะห์ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 8.2.2 จะได้ข้อมูลเรดาร์เป็นภาพที่สังเคราะห์ใหม่ในช่วงเวลาที่กำหนดให้ตัวอย่างแสดงในภาพที่ 8.2



(I) ภาพเรดาร์ที่สังเคราะห์ใหม่ระหว่าง 2 ภาพ ห่างกัน 20 นาที : 20:31 น.



(II) ภาพเรดาร์ที่สังเคราะห์ใหม่ระหว่าง 2 ภาพ ห่างกัน 30 นาที : 20:36 น.



(III) ภาพเรดาร์สังเคราะห์ใหม่ระหว่าง 2 ภาพ ห่างกัน 40 นาที : 20:41 น.

ภาพที่ 8.2 ภาพที่สังเคราะห์ใหม่จากวิธี MVA ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ; (I) ภาพเรดาร์สังเคราะห์ใหม่จากภาพการตรวจวัด 2 ภาพซึ่งห่างกัน 20 นาที, (II) ภาพเรดาร์สังเคราะห์ใหม่จากภาพการตรวจวัด 2 ภาพซึ่งห่างกัน 30 นาที, (III) ภาพเรดาร์สังเคราะห์ใหม่จากภาพการตรวจวัด 2 ภาพซึ่งห่างกัน 40 นาที

ในการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ของสมการ $Z-R$ ได้ใช้เหตุการณ์ฝนในปี พ.ศ. 2550 ระหว่างวันที่ 19 มีนาคม พ.ศ. 2550 ถึง 20 กันยายน พ.ศ. 2550 จำนวน 4 เหตุการณ์ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 8.1 และเหตุการณ์ฝนที่เหลืออีก 4 เหตุการณ์ได้ใช้ในการทวนสอบ เพื่อทดสอบความเชื่อมั่นของสมการความสัมพันธ์ $Z-R$ ที่ได้จากการสอบเทียบ

8.2.3.1 ช่วงเวลาตรวจวัดห่างกัน 40 นาที

สำหรับในกรณีที่ช่วงเวลารวบรวมข้อมูลห่างกัน 40 นาที ในการวิเคราะห์ได้ทำการสังเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์โดยวิธี MVA เพิ่มความถี่ข้อมูลภาพเรดาร์ระหว่างช่วงเวลา 40 นาที โดยสังเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์ ณ นาทีที่ 20, 10, 5, 3, 2 และ 1 นาที เมื่อนำมาข้อมูลที่ใช้สังเคราะห์ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ $Z-R$ ในช่วงเวลาดังกล่าว พบว่ากรณีที่ให้ค่า RMSE ระหว่างฝนจากเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนน้อยที่สุดสำหรับเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการสอบเทียบคือกรณีที่ทำการสังเคราะห์ด้วยวิธี MVA ที่ความถี่ทุก ๆ 20 นาทีโดยมีสมการ $Z-R$ ที่เหมาะสมคือ $Z=28.75R^{1.5}$ และมีค่า $RMSE = 3.86$ มม./ชม. ดังแสดงในตารางที่ 8.3 และเมื่อนำสมการความสัมพันธ์ $Z-R$ ที่ได้จากการสอบเทียบไปทดสอบความเชื่อมั่นกับเหตุการณ์ฝนในตารางที่ 8.4 พบว่าไม่สามารถลดความคลาดเคลื่อนได้เมื่อเทียบกับสมการความสัมพันธ์ $Z=200R^{1.6}$ และกรณีที่ประยุกต์ใช้วิธี MVA เพื่อเพิ่มความถี่ข้อมูลดังแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 8.3 และ 8.4

ตารางที่ 8.3 เปรียบเทียบค่า RMSE จากชุดข้อมูลที่มีการตรวจวัดห่างกัน 40 นาที และช่วงความถี่ที่สังเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์ (กรณีสอบเทียบ)

ชุดข้อมูลค่าสะท้อนกลับเรดาร์	จำนวนคู่ $Z-R$	พารามิเตอร์ 'a'	$RMSE\ Z=aR^{1.5}$ (มม./ชม.)
ข้อมูลเรดาร์ตรวจวัดทุก ๆ 40 นาที	62	32.22	6.93
สังเคราะห์ด้วยวิธี MVA ทุก ๆ 20 นาที	158	28.75	3.86
สังเคราะห์ด้วยวิธี MVA ทุก ๆ 10 นาที	273	30.1	3.97
สังเคราะห์ด้วยวิธี MVA ทุก ๆ 5 นาที	477	37.47	4.02
สังเคราะห์ด้วยวิธี MVA ทุก ๆ 3 นาที	929	47.22	4.08
สังเคราะห์ด้วยวิธี MVA ทุก ๆ 2 นาที	1233	42.26	4.04
สังเคราะห์ด้วยวิธี MVA ทุก ๆ 1 นาที	1852	40.75	3.95

ตารางที่ 8.4 เปรียบเทียบค่า RMSE จากชุดข้อมูลที่มีการตรวจวัดห่างกัน 40 นาที และช่วงความถี่ที่สังเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์ (กรณีทวนสอบ)

เหตุการณ์	RMSE (มม./ ชม.)		
	$Z=32R^{1.5}$ (Conventional calibrated:No MVA)	$Z=200R^{1.6}$ (Marshall & Palmer, 1948)	$Z=28.75R^{1.5}$ (Calibrated 20-min MVA)
9 พ.ค. 50	2.28	2.16	2.36
16 ก.ค. 50	5.23	5.37	5.22
20 กค..50	4.07	2.76	4.34
11 ก.ย. 50	2.65	2.7	2.73

จากตารางที่ 8.4 จะเห็นว่าการประยุกต์ใช้วิธี MVA เพื่อสังเคราะห์ข้อมูลเพิ่มจากข้อมูลการตรวจวัดทุก ๆ 40 นาที ให้ค่าความคลาดเคลื่อนมากกว่าวิธีอื่น ๆ แสดงให้เห็นว่าการสังเคราะห์ข้อมูลเพิ่มจากข้อมูลที่มีการตรวจวัดห่างกันมากจะทำให้ไม่สามารถหาสนามความเร็วได้อย่างถูกต้องส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนของปริมาณฝนเรดาร์มากกว่าการไม่เพิ่มความถี่ข้อมูล

8.2.3.2 ช่วงเวลาตรวจวัดห่างกัน 30 นาที

สำหรับในกรณีที่ช่วงเวลาตรวจวัดห่างกัน 30 นาที ในการวิเคราะห์ได้ทำการสังเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์โดยวิธี MVA เพิ่มความถี่ข้อมูลภาพเรดาร์ระหว่างช่วงเวลา 30 นาที โดยสังเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์ ณ นาทีที่ 15, 7, 4, 2 และ 1 นาที เมื่อนำข้อมูลที่สังเคราะห์ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ $Z-R$ ในช่วงเวลาดังกล่าว พบว่ากรณีที่ให้ค่า RMSE ระหว่างฝนจากเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนน้อยที่สุดสำหรับเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการสอบเทียบคือกรณีที่มีการสังเคราะห์ด้วยวิธี MVA ที่ความถี่ทุก ๆ 15 นาทีโดยมีสมการ $Z-R$ ที่เหมาะสมคือ $Z=44.47R^{1.5}$ และมีค่า RMSE = 3.56 มม./ชม. ดังแสดงในตารางที่ 8.5 และเมื่อนำสมการความสัมพันธ์ $Z-R$ ที่ได้จากการสอบเทียบไปทดสอบความเชื่อมั่นกับเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการทวนสอบพบว่าค่า RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนของการประยุกต์ใช้วิธี MVA ที่ความถี่ 15 นาทีมีค่าต่ำกว่ากรณีอื่น ๆ ดังแสดงในรายละเอียดไว้ในตารางที่ 8.6

ตารางที่ 8.5 เปรียบเทียบค่า RMSE จากชุดข้อมูลที่มีการตรวจวัดห่างกัน 30 นาที และช่วงความถี่ที่สังเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์ (กรณีสอบเทียบ)

ชุดข้อมูลค่าสะท้อนกลับเรดาร์	จำนวนคู่ Z-R	พารามิเตอร์ 'a'	RMSE $Z=aR^{1.5}$ (มม./ชม.)
ข้อมูลเรดาร์ตรวจวัดทุก ๆ 30 นาที	115	34.54	3.69
สังเคราะห์ด้วยวิธี MVA ทุก ๆ 15 นาที	198	44.47	3.56
สังเคราะห์ด้วยวิธี MVA ทุก ๆ 7 นาที	364	37.5	3.76
สังเคราะห์ด้วยวิธี MVA ทุก ๆ 4 นาที	692	40.27	4.22
สังเคราะห์ด้วยวิธี MVA ทุก ๆ 2 นาที	1228	47.89	5.54
สังเคราะห์ด้วยวิธี MVA ทุก ๆ 1 นาที	1863	49.47	6.63

ตารางที่ 8.6 เปรียบเทียบค่า RMSE จากชุดข้อมูลที่มีการตรวจวัดห่างกัน 30 นาที และช่วงความถี่ที่สังเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์ (กรณีทวนสอบ)

เหตุการณ์	RMSE (มม./ ชม.)		
	$Z=34.54R^{1.5}$ (Conventional calibrated:No MVA)	$Z=200R^{1.6}$ (Marshall & Palmer,1948)	$Z=44.47R^{1.5}$ (Calibrated 20-min MVA)
9 พ.ค. 50	2.51	2.91	2.41
16 ก.ค. 50	3.35	3.69	3.19
20 กค..50	3.02	3.13	2.93
11 ก.ย. 50	2.94	3.08	2.91

8.2.3.3 ช่วงเวลาตรวจวัดห่างกัน 20 นาที

สำหรับในกรณีที่มีช่วงเวลาตรวจวัดห่างกัน 20 นาที ในการวิเคราะห์ได้ทำการสังเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์โดยวิธี MVA เพิ่มความถี่ข้อมูลภาพเรดาร์ระหว่างช่วงเวลา 20 นาที โดยสังเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์ ณ นาทีที่ 10, 5, 3, 2 และ 1 นาที เมื่อนำข้อมูลที่สังเคราะห์ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ Z-R ในช่วงเวลาดังกล่าว พบว่ากรณีที่ให้ค่า RMSE ระหว่างฝนจากเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนน้อยที่สุดสำหรับเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการสอบเทียบคือกรณีที่มีการสังเคราะห์ด้วยวิธี MVA ที่ความถี่ทุก ๆ 10 นาทีโดยมีสมการ Z-R ที่เหมาะสมคือ

$Z=50.88R^{1.5}$ และมีค่า RMSE = 3.14 มม./ชม. ดังแสดงในตารางที่ 8.7 และเมื่อนำสมการความสัมพันธ์ Z-R ที่ได้จากการสอบเทียบไปทดสอบความเชื่อมั่นกับเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการทวนสอบพบว่าค่า RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนของการประยุกต์ใช้วิธี MVA ที่ความถี่ 10 นาทีมีค่าต่ำกว่ากรณีอื่น ๆ ดังแสดงในรายละเอียดไว้ในตารางที่ 8.8

ตารางที่ 8.7 เปรียบเทียบค่า RMSE จากชุดข้อมูลที่มีการตรวจวัดห่างกัน 20 นาที และช่วงความถี่ที่สังเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์ (กรณีสอบเทียบ)

ชุดข้อมูลค่าสะท้อนกลับเรดาร์	จำนวนคู่ Z-R	พารามิเตอร์ 'a'	RMSE $Z=aR^{1.5}$ (มม./ชม.)
ข้อมูลเรดาร์ตรวจวัดทุก ๆ 20 นาที	147	37.48	3.72
สังเคราะห์ด้วยวิธี MVA ทุก ๆ 10 นาที	310	50.88	3.14
สังเคราะห์ด้วยวิธี MVA ทุก ๆ 5 นาที	543	43.01	5.28
สังเคราะห์ด้วยวิธี MVA ทุก ๆ 3 นาที	1033	44.79	5.63
สังเคราะห์ด้วยวิธี MVA ทุก ๆ 2 นาที	1563	47.18	6.18
สังเคราะห์ด้วยวิธี MVA ทุก ๆ 1 นาที	2178	36	7.15

ตารางที่ 8.8 เปรียบเทียบค่า RMSE จากชุดข้อมูลที่มีการตรวจวัดห่างกัน 20 นาที และช่วงความถี่ที่สังเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์ (กรณีทวนสอบ)

เหตุการณ์	RMSE (มม./ ชม.)		
	$Z=37.48R^{1.5}$ (Conventional calibrated:No MVA)	$Z=200R^{1.6}$ (Marshall & Palmer,1948)	$Z=50.88R^{1.5}$ (Calibrated 20-min MVA)
9 พ.ค. 50	2.36	2.46	2.28
16 ก.ค. 50	5.23	5.37	4.22
20 กค..50	4.07	4.76	2.8
11 ก.ย. 50	2.75	2.85	2.73

8.2.3.4 ช่วงเวลาที่ภาพ 2 ภาพห่างกัน 10 นาที

สำหรับในกรณีที่ช่วงเวลาที่ตรวจวัดห่างกัน 10 นาที ในการวิเคราะห์ที่ได้ทำการสังเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์โดยวิธี MVA เพิ่มความถี่ข้อมูลภาพเรดาร์ระหว่างช่วงเวลา 10 นาที โดยสังเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์ ณ นาทีที่ 5, 3, 2 และ 1 นาที เมื่อนำข้อมูลที่สังเคราะห์ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ $Z-R$ ในช่วงเวลาดังกล่าว พบว่ากรณีที่ให้ค่า RMSE ระหว่างฝนจากเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนน้อยที่สุดสำหรับเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการสอบเทียบคือกรณีที่มีการสังเคราะห์ด้วยวิธี MVA ที่ความถี่ทุก ๆ 5 นาทีโดยมีสมการ $Z-R$ ที่เหมาะสมคือ $Z=41.39R^{1.5}$ และมีค่า RMSE = 2.89 มม./ชม. ดังแสดงในตารางที่ 8.9 และเมื่อนำสมการความสัมพันธ์ $Z-R$ ที่ได้จากการสอบเทียบไปทดสอบความเชื่อมั่นกับเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการทวนสอบพบว่าค่า RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนของการประยุกต์ใช้วิธี MVA ที่ความถี่ 5 นาทีมีค่าต่ำกว่ากรณีอื่น ๆ ดังแสดงในรายละเอียดไว้ในตารางที่ 8.10

ตารางที่ 8.9 เปรียบเทียบค่า RMSE จากชุดข้อมูลที่มีการตรวจวัดห่างกัน 10 นาที และช่วงความถี่ที่สังเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์ (กรณีสอบเทียบ)

ชุดข้อมูลค่าสะท้อนกลับเรดาร์	จำนวนคู่ $Z-R$	พารามิเตอร์ 'a'	RMSE $Z=aR^{1.5}$ (มม./ชม.)
ข้อมูลเรดาร์ตรวจวัดทุก ๆ 10 นาที	281	43.18	3.53
สังเคราะห์ด้วยวิธี MVA ทุก ๆ 5 นาที	535	41.39	2.89
สังเคราะห์ด้วยวิธี MVA ทุก ๆ 3 นาที	1005	38.38	3.83
สังเคราะห์ด้วยวิธี MVA ทุก ๆ 2 นาที	290	40.95	4.13
สังเคราะห์ด้วยวิธี MVA ทุก ๆ 1 นาที	867	36.62	3.59

ตารางที่ 8.10 เปรียบเทียบค่า RMSE จากชุดข้อมูลที่มีการตรวจวัดห่างกัน 10 นาที และช่วงความถี่ที่สังเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์ (กรณีทวนสอบ)

เหตุการณ์	RMSE (มม./ ชม.)		
	$Z=43.18R^{1.5}$ (Conventional calibrated:No MVA)	$Z=200R^{1.6}$ (Marshall & Palmer,1948)	$Z=41.39R^{1.5}$ (Calibrated 20-min MVA)
9 พ.ค. 50	2.61	2.96	2.11
16 ก.ค. 50	3.35	5.37	4.21
20 กค..50	3.21	3.28	2.76
11 ก.ย. 50	2.94	3.07	2.49

การเปรียบเทียบค่า RMSE ระหว่างฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและฝนจากเรดาร์ที่วิเคราะห์จากชุดข้อมูลค่าการสะท้อนกลับที่สังเคราะห์จากข้อมูลเรดาร์ที่มีช่วงเวลาการตรวจวัดต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 8.11 และ 8.12 โดยวิธี MVA จากผลการศึกษาดังกล่าวพบว่าความถี่ในการตรวจวัดสูงสุดที่สามารถนำวิธี MVA มาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความถี่ข้อมูลค่าการสะท้อนกลับของเรดาร์ระหว่างช่วงเวลาการตรวจวัด คือ การตรวจวัดทุก ๆ 20 นาทีซึ่งการประยุกต์ใช้วิธี MVA กับข้อมูลการตรวจวัดทุก ๆ 20 นาทีเพื่อเพิ่มความถี่ข้อมูลทุก ๆ 10 นาทีสามารถทำให้ผลการประมาณฝนเรดาร์มีความคลาดเคลื่อนใกล้เคียงกับการตรวจวัดทุก ๆ 10 นาทีโดยไม่มีการเพิ่มความถี่ข้อมูล อย่างไรก็ตามผลการศึกษานี้บ่งชี้ให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้วิธี MVA เพื่อเพิ่มความถี่ข้อมูลที่มีการตรวจวัดทุก ๆ 10 นาที ให้มีความถี่ข้อมูล 5 นาทีสามารถลดความคลาดเคลื่อนในการประมาณฝนเรดาร์รายชั่วโมงได้ประมาณ 18.13% และ 4.30% เมื่อเทียบกับวิธีที่ใช้ในปัจจุบันซึ่งไม่มีการประยุกต์ใช้วิธี MVA ซึ่งผลการศึกษานี้สามารถยืนยันประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้วิธี MVA ในขบวนการประมาณปริมาณฝนเรดาร์

ตารางที่ 8.11 RMSE ระหว่างฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและฝนเรดาร์ที่ได้จากการสังเคราะห์ข้อมูลค่าสะท้อนกลับที่ความถี่ต่าง ๆ (กรณีสอบเทียบ)

ชุดข้อมูลค่าสะท้อนกลับเรดาร์	ความถี่ในการสังเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี MVA	พารามิเตอร์ 'a'	$Z=aR^{1.5}$ RMSE
ข้อมูลตรวจวัดห่างกัน 40 นาที	20 นาที	28.75	3.86
ข้อมูลตรวจวัดห่างกัน 30 นาที	15 นาที	44.47	3.56
ข้อมูลตรวจวัดห่างกัน 20 นาที	10 นาที	50.88	3.14
ข้อมูลตรวจวัดห่างกัน 10 นาที	5 นาที	41.39	2.89
ภาพข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด 10 นาที	-	43.18	3.51

ตารางที่ 8.12 RMSE ระหว่างฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและฝนเรดาร์ที่ได้จากการสังเคราะห์ข้อมูลค่าสะท้อนกลับที่ความถี่ต่าง ๆ (กรณีทวนสอบ)

เหตุการณ์	ชุดข้อมูลตรวจวัดทุก ๆ 10 นาที	ชุดข้อมูลสังเคราะห์ทุก ๆ 5 นาที จากข้อมูลตรวจวัดทุก 10 นาที	ชุดข้อมูลสังเคราะห์ทุก ๆ 10 นาที จากข้อมูลตรวจวัดทุก 20 นาที	ชุดข้อมูลสังเคราะห์ทุก ๆ 15 นาที จากข้อมูลตรวจวัดทุก 30 นาที	ชุดข้อมูลสังเคราะห์ทุก ๆ 20 นาที จากข้อมูลตรวจวัดทุก 40 นาที
	$Z=43.18R^{1.5}$	$Z=41.39R^{1.5}$ MVA	$Z=50.88R^{1.5}$ MVA	$Z=44.47R^{1.5}$ MVA	$Z=28.75R^{1.5}$ MVA
9 พ.ค. 50	2.61	2.11	2.28	2.41	2.36
16 ก.ค. 50	3.35	4.21	4.22	3.19	5.22
20 กค..50	3.21	2.76	2.80	2.93	4.34
11 ก.ย. 50	2.94	2.49	2.73	2.91	2.73
RMSE เฉลี่ย	3.02	2.89	3.00	2.86	3.66

8.3 สรุปผลการศึกษาการทดสอบประสิทธิภาพในการประยุกต์ใช้วิธี MVA เพื่อลดความถี่ในการตรวจวัดข้อมูลเรดาร์

จากข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการประยุกต์ใช้วิธี MVA เพื่อลดความถี่ในการตรวจวัดข้อมูลเรดาร์ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การประยุกต์ใช้วิธี MVA เพื่อเพิ่มความถี่ของข้อมูลค่าการสะท้อนกลับของเรดาร์ สำหรับกรณีที่มีการตรวจวัดทุก ๆ 10 นาที เพื่อเพิ่มความถี่ข้อมูลเป็นทุก ๆ 5 นาที สามารถลดความ

คลาดเคลื่อนของปริมาณฝนเรดาร์รายชั่วโมงได้ 18.13% และ 4.30% สำหรับเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการสอบเทียบและทวนสอบตามลำดับเมื่อเทียบกับกรณีการใช้ข้อมูลตรวจวัดจริงทุก ๆ 10 นาที โดยไม่มีการประยุกต์ใช้วิธี MVA เพื่อประเมินฝนเรดาร์

2. การประยุกต์ใช้วิธี MVA เพื่อเพิ่มความถี่ของข้อมูลค่าการสะท้อนกลับของเรดาร์สำหรับกรณีที่มีการตรวจวัดทุก ๆ 20 นาที เพื่อเพิ่มความถี่ข้อมูลเป็นทุก ๆ 10 นาที สามารถลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณฝนเรดาร์รายชั่วโมงได้ 15.59% และ 0.66% สำหรับเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการสอบเทียบและทวนสอบตามลำดับเมื่อเทียบกับกรณีการใช้ข้อมูลตรวจวัดจริงทุก ๆ 20 นาที โดยไม่มีการประยุกต์ใช้วิธี MVA เพื่อประเมินฝนเรดาร์

3. การประยุกต์ใช้วิธี MVA เพื่อเพิ่มความถี่ของข้อมูลค่าการสะท้อนกลับของเรดาร์ระหว่างข้อมูลการตรวจวัดจริงสามารถใช้ได้กับกรณีที่มีการตรวจวัดจริงห่างกันไม่เกิน 20 นาที โดยสามารถเพิ่มความถี่ข้อมูลเป็นทุก ๆ 10 นาที ซึ่งจะทำให้ได้ปริมาณฝนเรดาร์รายชั่วโมงมีค่าความคลาดเคลื่อนใกล้เคียงกับการประมาณปริมาณฝนเรดาร์โดยใช้ข้อมูลที่มีการตรวจวัดทุก ๆ 10 นาที โดยไม่มีการประยุกต์ใช้วิธี MVA

4. การประยุกต์ใช้วิธี MVA ที่มีการตรวจวัดเกิน 20 นาที จะทำให้ปริมาณฝนเรดาร์รายชั่วโมงมีความคลาดเคลื่อนมากกว่าการใช้ข้อมูลการตรวจวัดทุก ๆ 10 นาที โดยไม่มีการประยุกต์ใช้วิธี MVA ในการประมาณปริมาณฝนเรดาร์