

บทที่ 7

การปรับแก้ปริมาณน้ำฝนเรดาร์ด้วยข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝน

7.1 การปรับแก้ฝนบนฟ้าให้เทียบเท่ากับฝนบนพื้นดิน

เรดาร์ภาคีเจริญเป็นเรดาร์ตรวจอากาศชนิด C-band Minimax เรดาร์ชนิดนี้เป็นเรดาร์ C-band ขนาดเล็ก ซึ่งประสบปัญหา Attenuation ในการวัดฝนรุนแรงกว่าเรดาร์ C-band ทั่วไป (ศิริลักษณ์ ชุ่มชื่น, 2550) ดังนั้นเพื่อให้สามารถประมาณปริมาณน้ำฝนได้อย่างถูกต้อง จึงต้องมีการหาวิธีปรับปรุงการประมาณปริมาณน้ำฝน การศึกษาในบทที่ผ่านมาได้กล่าวถึงการนำการเคลื่อนที่ของกลุ่มฝนเข้ามาใช้ในกระบวนการประมาณปริมาณน้ำฝนจากเรดาร์ เนื่องจากเรดาร์ตรวจวัดข้อมูลฝนในอากาศ แต่ข้อมูลฝนที่เป็นที่สนใจโดยทั่วไปและข้อมูลฝนที่ต้องนำมาใช้ในงานด้านอุทกวิทยาและงานด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำ คือ ข้อมูลฝนที่ตกลงบนพื้นดิน ดังนั้นในบทนี้จึงได้ศึกษาวิธีการปรับแก้ปริมาณฝนที่ตรวจวัดได้จากเรดาร์ให้เทียบเท่ากับปริมาณน้ำฝนที่ตกบนพื้นดิน โดยใช้ข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝน

จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาดังที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.7 พบว่าความแตกต่างระหว่างฝนที่ตรวจวัดได้จากเรดาร์ (บนฟ้า) และฝนที่ตรวจวัดได้จากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน (บนดิน) สามารถทำให้ลดลงได้โดยทำการปรับแก้ฝนที่ประมาณได้จากเรดาร์โดยใช้ข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝน ณ ตำแหน่งที่สอดคล้องกันกับข้อมูลเรดาร์ ซึ่งทำได้โดยใช้วิธีการปรับแก้ความลำเอียงซึ่งเรียกว่า 'Bias adjustment' โดยหาอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝน (G) ต่อปริมาณน้ำฝนสะสมที่ได้จากเรดาร์ (R) หรือ เรียกว่าอัตราส่วน G/R โดยในการวิเคราะห์ครั้งนี้ได้แบ่งกรณีศึกษาออกเป็น 3 กรณี ได้แก่

1. ใช้ข้อมูลฝนเรดาร์เบื้องต้นที่ได้จากการใช้สมการ $Z=200R^{1.6}$ ในการแปลงข้อมูลเรดาร์ที่มีการตรวจวัดทุก ๆ 10 นาที เป็นความเข้มฝน
2. ใช้ข้อมูลฝนเรดาร์เบื้องต้นที่ได้จากการใช้สมการ $CC-ZR (Z=45R^{1.5})$ ในการแปลงข้อมูลเรดาร์ที่มีการตรวจวัดทุก ๆ 10 นาที เป็นความเข้มฝน
3. ใช้ข้อมูลฝนเรดาร์เบื้องต้นที่ได้จากการใช้สมการ 5-Min MVA $Z-R (Z=130R^{1.5})$ ในการแปลงข้อมูลเรดาร์ที่สังเคราะห์โดยวิธี MVA ที่ความถี่ 5 นาที เป็นความเข้มฝน

ในบทนี้ได้ทำการศึกษาวิธีการปรับแก้ข้อมูลฝนจากเรดาร์อย่างง่ายที่คำนวณได้จากกรณีศึกษาทั้ง 3 กรณีข้างต้นให้เทียบเท่ากับปริมาณฝนที่ตกลงพื้นดินมากที่สุด ซึ่งโดยทั่วไปวิธีที่นิยมใช้การปรับแก้ข้อมูลฝนจากเรดาร์ให้เทียบเท่ากับฝนบนพื้นดิน ได้แก่ 1) การใช้ค่าแฟคเตอร์การปรับแก้เฉลี่ย (Mean field bias adjustment) (Wilson 1970; Brandes. 1975; collinge, 1991; Seo and Breidenbach, 2002) 2) การใช้ค่าแฟคเตอร์ตามระยะห่างจากสถานีเรดาร์ (Range dependent bias) (Wilson, 1970; Brandes, 1975; Collinge, 1991; Seo and Breidenbach, 2002) 3) การใช้แฟคเตอร์การปรับแก้ที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา (Temporal bias adjustment) (Hudlow ,1973, Seo et al., 1995) ซึ่งในการศึกษานี้ได้ศึกษาวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการปรับแก้ข้อมูลฝนจากเรดาร์ที่ตรวจวัดได้จากสถานีเรดาร์ภาคีเจริญให้เทียบเท่ากับโดยฝนจากเรดาร์ (หลังปรับแก้) จะคำนวณได้จากสมการที่ (3.6) ซึ่งได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.4.7 รายละเอียดของการศึกษามีดังต่อไปนี้

7.2 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาแฟคเตอร์การปรับแก้ในบทนี้เป็นข้อมูลเหตุการณ์ฝนเหตุการณ์เดียวกับการใช้ในการวิเคราะห์ในบทที่ 5 จากเหตุการณ์ฝนทั้งหมด 41 เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2548 - พ.ศ. 2550 โดยแบ่งเหตุการณ์ฝนออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 เป็นข้อมูลฝนที่ใช้ในการสอบเทียบ อยู่ระหว่างปี พ.ศ. 2548 - พ.ศ.2549 จำนวน 28 เหตุการณ์ กลุ่มที่ 2 เป็นข้อมูลฝนที่ใช้ในทวนสอบ ซึ่งอยู่ระหว่าง ปี พ.ศ. 2550 จำนวน 13 เหตุการณ์

7.3 ผลกระทบของการปรับแก้ปริมาณน้ำฝนเรดาร์

ในการศึกษานี้ได้คำนวณหาแฟคเตอร์การปรับแก้ฝนจากเรดาร์ โดยแบ่งเป็นกรณีศึกษาที่ใช้การปรับแก้แบบค่าเฉลี่ยทั้งหมด, การปรับแก้ตามระยะทาง และการปรับแก้ตามระยะเวลา โดยเปรียบเทียบค่า RMSE ระหว่างปริมาณน้ำฝนเรดาร์ที่ปรับแก้ที่ได้จากแต่ละกรณีเทียบกับฝนจากสถานีวัดน้ำฝนโดยมีรายละเอียดของผลการศึกษาดังต่อไปนี้

7.3.1 การปรับแก้ค่าคลาดเคลื่อนแบบค่าเฉลี่ยทั้งหมด (Mean filed bias adjustment)

การปรับแก้ค่าคลาดเคลื่อนโดยวิธีนี้เป็นวิธีการที่ง่ายที่สุดและใช้กันอย่างกว้างขวาง (Hudlow et al., 1985; Smith et al., 1989 ;Smith and Krajewski, 1990 ; Chumchuan, 2005) ข้อดีของวิธีนี้คือมีจำนวนข้อมูลที่อยู่ในบางกรณีลักษณะของฝนที่ตกภายในรัศมีเรดาร์อาจมีความแตกต่างกัน ดังนั้นในการใช้แฟคเตอร์การปรับแก้เพียงค่าเดียวอาจจะไม่เหมาะสม การปรับแก้โดยวิธีเฉลี่ยนี้ทำได้โดยหาค่าแฟคเตอร์การปรับแก้จาก สมการ (7.1) โดยที่คิดผลรวมปริมาณฝนสะสมจากสถานีวัดน้ำฝนทุกสถานี การปรับแก้โดยวิธีนี้จะสามารถลดค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างปริมาณฝนจากเรดาร์และปริมาณฝนจากสถานีวัดน้ำฝน ผลจากการวิเคราะห์แสดงไว้ในตาราง 7.2 ซึ่งเปรียบเทียบค่า RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนจากกรณีศึกษาทั้ง 3 กรณี

แฟคเตอร์การปรับแก้ฝนจากเรดาร์ให้เทียบเท่ากับฝนบนดินโดยวิธีการหาแฟคเตอร์ปรับแก้เฉลี่ยของสถานีเรดาร์ภาคีเจริญสามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$G/R = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T G_{i,t}}{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T R_{i,t}} \quad (7.1)$$

โดยที่	G/R	คือ	แฟคเตอร์การปรับแก้ของเหตุการณ์ฝนแบบค่าเฉลี่ย
	$G_{i,t}$	คือ	ปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากสถานีวัดน้ำฝน i ณ เวลา t
	$R_{i,t}$	คือ	ปริมาณน้ำฝนที่คำนวณจากข้อมูลเรดาร์โดยใช้สมการ ความสัมพันธ์ $Z-R$ จากกรณีต่าง ๆ ที่ตำแหน่งพิกเซลเดียวกันกับ สถานีวัดน้ำฝน i ณ เวลา t
	N	คือ	จำนวนสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมดที่ใช้ในการคำนวณ
	T	คือ	ช่วงเวลาที่ฝนตกให้เหตุการณ์ฝน (ชั่วโมง)

ตารางที่ 7.1 RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนก่อนและหลังการปรับแก้ด้วย G/R ค่าเฉลี่ยทั้งหมด (สำหรับช่วงเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการสอบเทียบ : 28 เหตุการณ์)

รายการ	กรณี 1 $Z=200R^{1.6}$ (uncalibrated Z-R)	กรณี 2 $2Z=45R^{1.5}$ (CC Z-R)	กรณี 3 $Z=130R^{1.5}$ (5 Min MVA Z-R)
แฟคเตอร์การปรับแก้ (G/R)	1.835	0.652	1.289
RMSE ก่อนการปรับแก้ (มม./ชม.)	3.66	3.61	2.99
RMSE หลังการปรับแก้ (มม./ชม.)	3.23	3.03	2.92

หมายเหตุ CC Z-R = Conventional calibrated Z-R

5 - Min MVA Z-R = Calibrate Z-R (โดยการใช้ข้อมูลเรดาร์สังเคราะห์โดยวิธี MAV ที่ความถี่ 5 นาที)

จากตาราง 7.1 จะเห็นว่าในทุกกรณีศึกษาค่า RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝน หลังจากการปรับแก้ค่าคลาดเคลื่อนแล้วต่ำกว่า RMSE ที่ยังไม่ทำการปรับแก้ค่าคลาดเคลื่อน ดังนี้ ในกรณีที่ 1 การใช้สมการความสัมพันธ์ $Z=200R^{1.6}$ ก่อนการปรับแก้และหลังปรับแก้มีค่า RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝน เท่ากับ 3.66 มม./ชม. และ 3.23 มม./ชม. ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าคลาดเคลื่อนลดลง 11.75 % กรณีที่ 2 การใช้สมการความสัมพันธ์ $Z=45R^{1.5}$ ที่ได้จากการสอบเทียบโดยใช้ข้อมูลการตรวจวัดทุก 10 นาที มีค่า RMSE ก่อนการปรับแก้และหลังการปรับแก้เท่ากับ 3.61 มม./ชม. และ 3.03 มม./ชม. ตามลำดับ โดยค่าคลาดเคลื่อนลดลง 16.07 % กรณีที่ 3 การใช้สมการ $Z=130 R^{1.5}$ มีค่า RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนก่อนการปรับแก้และหลังการปรับแก้ เท่ากับ 2.99 มม./ชม. และ 2.92 มม./ชม. ตามลำดับแสดงให้เห็นว่าค่าคลาดเคลื่อนลดลง 2.3 %

ตารางที่ 7.2 RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนก่อนและหลังการปรับแก้ โดยการใช้ G/R แบบค่าเฉลี่ยทั้งหมด (สำหรับช่วงเหตุการณ์ฝนที่ใช้การทวนสอบ : 13 เหตุการณ์)

รายการ	กรณี 1 $Z=200R^{1.6}$ (uncalibrated Z-R)	กรณี 2 $Z=45R^{1.5}$ (CC Z-R)	กรณี 3 $Z=130R^{1.5}$ (5 Min MVA Z-R)
แฟคเตอร์การปรับแก้ (G/R)	1.835	0.652	1.289
RMSE ก่อนการปรับแก้ (มม./ชม.)	3.78	2.86	2.61
RMSE หลังการปรับแก้ (มม./ชม.)	3.4	2.76	2.52

ในการทดสอบความเชื่อมั่นโดยนำแฟคเตอร์ในการปรับแก้มาใช้กับเหตุการณ์ฝนที่ไม่ได้ใช้ในการสอบเทียบ ผลการทดสอบความเชื่อมั่นหรือการทวนสอบดังแสดงในตารางที่ 7.2 แสดงให้เห็นว่าค่า RMSE ของปริมาณฝนเรดาร์หลังการปรับแก้มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนปรับแก้ นั้นแสดงให้เห็นว่าการปรับแก้ด้วยแฟคเตอร์ G/R แบบค่าเฉลี่ยทั้งหมดทำให้ค่าคลาดเคลื่อนลดลง ซึ่งทำให้การประมาณปริมาณน้ำฝนดีขึ้น อย่างไรก็ตามผลการศึกษาค้างนี้พบว่าการประมาณน้ำฝนโดยใช้ข้อมูลเรดาร์ที่สังเคราะห์โดยวิธี MVA จะให้ค่า RMSE น้อยที่สุด เมื่อเทียบกับกรณีอื่น ๆ ทั้งในเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการสอบเทียบและทวนสอบบ่งชี้ให้เห็นถึงประสิทธิผลของการประยุกต์ใช้วิธี MVA ในการประมาณฝนเรดาร์

7.3.2 การปรับแก้ตามระยะทาง (Range dependent bias adjustment)

ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าเรดาร์สามารถที่ทำการตรวจวัดฝนได้ครอบคลุมพื้นที่ได้อย่างกว้างขวางอีกทั้งมีความละเอียดทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา ซึ่งการตรวจวัดฝนด้วยเรดาร์นี้มีความสลับซับซ้อนจากแฟคเตอร์หลายแฟคเตอร์ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับเรดาร์ ไม่ว่าจะเป็นภูมิอากาศ ภูมิประเทศ หรือ อุปสรรคของการตรวจวัดค่าสะท้อนกลับของคลื่นเรดาร์ หรือ องค์ประกอบต่าง ๆ ของเรดาร์ (Battan, 1973; Zawadzki, 1984; Austin, 1987; Joss และ Waldvogel, 1990) ในการตรวจวัดฝนด้วยเรดาร์นั้นได้รับอิทธิพลที่สลับซับซ้อนจากปัจจัยพื้นฐาน 2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดในพื้นที่ราบและภายใต้เงื่อนไขบรรยากาศปกติ คือ 1) เนื่องจากผิวโลกเป็นส่วนโค้งไม่ได้เป็นเส้นตรง ดังนั้นจุดศูนย์กลางของลำคลื่นเรดาร์เหนือพื้นดินจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น 2) เนื่องจากปริมาตรของการสุ่มของลำคลื่นเรดาร์ที่กระจายออกไปเป็นรูปทรงเรขาคณิตนั้นคือ เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นลำแสงก็จะกว้างออกไป (Steiner and Smith, 1999; Chumchean et al., 2004) ซึ่งผลกระทบของทั้งสองข้อดังกล่าวนี้ทำให้การตรวจวัดฝนมีความเปลี่ยนแปลงทั้งในเชิงพื้นที่และเวลาอย่างมาก การปรับค่าคลาดเคลื่อนตามระยะทางเป็นวิธีที่ทำการหาค่าแฟคเตอร์ G/R ตามระยะห่างจากเรดาร์ ดังนั้นการปรับค่าความคลาดเคลื่อนรวมของเรดาร์สามารถกำหนดให้เป็นฟังก์ชันตามระยะทาง เช่นเดียวกับการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจาก Bright band, การเปลี่ยนสถานะของน้ำจากฟ้าและ รูปแบบค่าสะท้อนในแนวตั้ง (VPR) ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยวิธีการปรับแก้ตามระยะทาง (Gjertsenh, U., Salek, M., Michelson, D.B., 2003)

เรดาร์ภาชีเจริญมีรัศมีทำการ 120 กิโลเมตร และมีเครือข่ายสถานีวัดน้ำฝนอยู่ภายใต้รัศมีเรดาร์ ซึ่งสถานีวัดน้ำฝนที่ไกลที่สุด คือ 32.35 กิโลเมตร และสถานีวัดน้ำฝนที่ใกล้ที่สุด คือ 5.64 กิโลเมตร จากสถานีเรดาร์ ในการศึกษาครั้งนี้ได้คำนวณแฟคเตอร์ปรับแก้ตามระยะทางโดยใช้สมการ 7.2 โดยค่าแฟคเตอร์การปรับแก้ตามระยะทางของข้อมูลที่ใช้ในการสอบเทียบได้แสดงไว้ใน

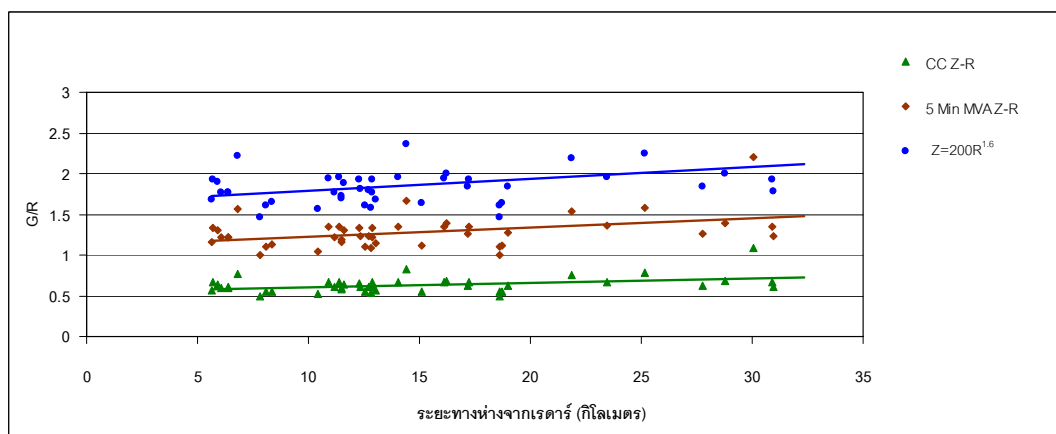
ภาพที่ 7.1 หลังจากนั้นก็จึงนำแฟคเตอร์ปรับแก้ดังกล่าวเพื่อไปปรับแก้ข้อมูลฝนจากเรดาร์ที่ได้จากสมการ Z-R ของทุกกรณี 3 ข้างต้นโดยใช้สมการ

$$(G/R)_i = \frac{\sum_{i=1}^T G_{i,t}}{\sum_{i=1}^T R_{i,t}} \quad (7.2)$$

โดยที่ $G_{i,t}$ คือ ปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากสถานีวัดน้ำฝน i ณ เวลา t

$R_{i,t}$ คือ ปริมาณฝนเรดาร์ที่ได้สมการความสัมพันธ์ Z-R จาก 3 กรณี
ที่ตำแหน่งพิกเซลเดียวกันกับสถานีวัดน้ำฝน i ณ เวลา t

T คือ ช่วงเวลาที่ฝนตกให้เหตุการณ์ฝน (ชั่วโมง)



ภาพที่ 7.1 ค่าแฟคเตอร์ปรับแก้ G/R ตามระยะทางจากสถานีเรดาร์ของเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการสอบเทียบ

ภาพที่ 7.1 เป็นภาพแสดงเส้นแนวโน้มสมการความสัมพันธ์ถดถอยของอัตราส่วนระหว่างฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและฝนจากเรดาร์ จะเห็นได้ว่า กรณีใช้สมการ Z-R ที่มีการสอบเทียบจากข้อมูลเรดาร์ตรวจวัดทุก ๆ 10 นาที (CC Z-R) ให้ค่าประมาณปริมาณน้ำฝนเรดาร์สูงกว่าฝนที่วัดได้สถานีวัดน้ำฝน (Over estimation) นั่นคือ ค่า G/R มีค่าน้อยกว่า 1 ในขณะที่กรณีใช้สมการ $Z=200R^{1.6}$ ให้ค่าประมาณปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า (Under estimation) คือ G/R มากกว่า 1 และกรณีใช้สมการสอบเทียบจากข้อมูลเรดาร์ที่สังเคราะห์จากวิธี MVA ที่ความถี่ 5 นาที จะมีค่า G/R ใกล้เคียง 1 มากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการประมาณปริมาณฝนเรดาร์จากกรณีหลังจะให้ค่าฝนเรดาร์ที่ใกล้เคียงกับฝนจากสถานีวัดน้ำฝนมากกว่ากรณีอื่น ๆ ตารางที่ 7.3 แสดงการเปรียบเทียบ ค่า

RMSE ของเหตุการณ์ที่ใช้ในการสอบเทียบระหว่างฝนเรดาร์ที่คำนวณได้จากทั้ง 3 กรณีและข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝน ดังแสดงผลในที่ในตารางที่ 7.3 ในการสอบเทียบและตารางที่ 7.4 ในการทวนสอบ

ตารางที่ 7.3 RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนก่อนและหลังการปรับแก้ด้วยวิธีปรับแก้ตามระยะทาง(สำหรับช่วงเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการสอบเทียบ : 28 เหตุการณ์)

รายการ	กรณี 1 $Z=200R^{1.6}$ (uncalibrated Z-R)	กรณี 2 $Z=45R^{1.5}$ (CC Z-R)	กรณี 3 $Z=130R^{1.5}$ (5 Min MVA Z-R)
RMSE ก่อนการปรับแก้ (มม./ชม.)	3.66	3.61	2.99
RMSE หลังการปรับแก้ (มม./ชม.)	2.56	2.51	2.21

จากตาราง 7.3 จะเห็นว่าในทุกกรณีศึกษา ค่า RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝน หลังจากการปรับแก้ค่าคลาดเคลื่อนแล้วต่ำกว่า RMSE ที่ยังไม่ทำการปรับแก้ค่าคลาดเคลื่อน ดังนี้ ในกรณีที่ 1 สมการความสัมพันธ์ $Z=200R^{1.6}$ ก่อนการปรับแก้และหลังปรับแก้ค่า RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝน เท่ากับ 3.66 มม./ชม. และ เท่ากับ 2.56 มม./ชม ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าค่าคลาดเคลื่อนลดลง 36.05 % กรณีที่ 2 การใช้สมการความสัมพันธ์ $Z=45R^{1.5}$ ที่ได้จากการสอบเทียบโดยใช้ข้อมูลการตรวจวัดทุก ๆ 10 นาที ก่อนการปรับแก้และหลังปรับแก้ค่า RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝน เท่ากับ 3.61 มม./ชม. และ 2.51 มม./ชม ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าค่าคลาดเคลื่อนลดลง 30.05 % กรณีที่ 3 ใช้สมการความสัมพันธ์ $Z=130 R^{1.5}$ ก่อนการปรับแก้และหลังการปรับแก้ ค่า RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝน เท่ากับ 2.99 มม./ชม. และ 2.21 มม./ชม แสดงให้เห็นว่าค่าคลาดเคลื่อนลดลง 21.31 %

ตารางที่ 7.4 RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนก่อนและหลังการปรับแก้ ด้วยวิธีปรับแก้ตามระยะทาง (สำหรับช่วงเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการทวนสอบ : 13 เหตุการณ์)

รายการ	กรณี 1 $Z=200R^{1.6}$ (uncalibrated Z-R)	กรณี 2 $Z=45R^{1.5}$ (CC Z-R)	กรณี 3 $Z=130R^{1.5}$ (5 Min MVA Z-R)
RMSE ก่อนการปรับแก้ (มม./ชม.)	3.79	2.89	2.61
RMSE หลังการปรับแก้ (มม./ชม.)	2.84	2.05	2.04

ในการทดสอบความเชื่อมั่นโดยนำแฟคเตอร์ในการปรับแก้มาใช้กับเหตุการณ์ฝนที่ไม่ได้ใช้ในการสอบเทียบ ผลการทดสอบความเชื่อมั่นหรือการทวนสอบดังแสดงในตารางที่ 7.4 แสดงให้เห็นว่าค่า RMSE ของปริมาณฝนเรดาร์หลังการปรับแก้มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนปรับแก้ นั้นแสดงให้ เห็นว่าการปรับแก้ด้วยแฟคเตอร์ปรับแก้ตามระยะทางทำให้ค่าคลาดเคลื่อนลดลง ซึ่งทำให้การประมาณปริมาณน้ำฝนดีขึ้น อย่างไรก็ตามผลการศึกษาค้นคว้าพบว่าการประมาณน้ำฝนโดยใช้ข้อมูลเรดาร์ที่สังเคราะห์โดยวิธี MVA จะให้ค่า RMSE น้อยที่สุด เมื่อเทียบกับกรณีอื่น ๆ ทั้งในเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการสอบเทียบและทวนสอบบ่งชี้ให้เห็นถึงประสิทธิผลของการประยุกต์ใช้วิธี MVA ในการประมาณฝนเรดาร์

7.3.3 การปรับแก้ค่าคลาดเคลื่อนตามเวลา (Temporal bias adjustment)

การปรับแก้ค่าคลาดเคลื่อนอีกวิธีการหนึ่ง คือ การปรับแก้คลาดเคลื่อนตามเวลา ซึ่งนิยมใช้กันก็ คือ Random walk process และ Autoregressive: AR (1) process (Krajewski, W., 1997) ทั้งสองแบบจำลองแสดงลักษณะค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง ซึ่งโดยทั่วไปจะไม่ทราบค่าความแปรปรวนของแบบจำลองแต่จะสามารถหาได้จากการสอบเทียบแบบจำลอง สำหรับในการศึกษานี้เลือกใช้แบบจำลอง AR (1) (Ahnert ,1986 ;Smith and krajewski; Anagnostou et al.; 1991 และ Seo et al.,1999) จำลองค่าแฟคเตอร์การปรับแก้ที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา

ค่าแฟคเตอร์ปรับแก้ $\{X_t\}$ ถูกจำลองแบบ Autoregressive ลำดับที่ p [AR(p)] ถ้า

$$(X_t - \mu) = \alpha_1(X_{t-1} - \mu) + \dots + \alpha_p(X_{t-p} - \mu) + E_t \quad (7.3)$$

ค่า μ คือ ค่าเฉลี่ยของ $\bar{X}$ จากสมการ 7.3 เพื่อให้ง่ายแก่การคำนวณหาค่า สมมติให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 แล้วทำการหาค่า ACF และถ้า p เท่ากับ 1 จะได้แบบจำลองเป็น AR (1) ซึ่งเป็นที่

รู้จักกันในรูปแบบกระบวนการ Markov หรือ Markov chain (Markov 1856-1922) โดย AR (1) กำหนดได้เป็น

$$X_t = \alpha X_{t-1} + E_t \quad (7.4)$$

ในที่นี้ X_t คือ ค่า G/R ณ เวลาปัจจุบันตามที่สถานีวัดน้ำฝนได้ทำการบันทึก X_{t-1} คือค่า G/R ณ เวลาที่ผ่านมา α คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของ Time series G/R ซึ่งเขียนให้อยู่ในรูป G/R ได้ดังนี้

$$G/R = \alpha G/R_{t-1} + E_t \quad (7.5)$$

ตารางที่ 7.5-7.6 แสดงการเปรียบเทียบค่า RMSE ระหว่างฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและฝนจากเรดาร์ก่อนและหลังการปรับแก้ค่าคลาดเคลื่อน ของกรณีศึกษา 3 กรณี

ตารางที่ 7.5 RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนก่อนและหลังการปรับแก้ด้วยวิธีปรับแก้แบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา (สำหรับช่วงเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการสอบเทียบ : 28 เหตุการณ์)

รายการ	กรณี 1 $Z=200R^{1.6}$ (uncalibrated Z-R)	กรณี 2 $Z=45R^{1.5}$ (CC Z-R)	กรณี 3 $Z=130R^{1.5}$ (5 Min MVA Z-R)
RMSE ก่อนการปรับแก้ (มม./ชม.)	3.66	3.61	2.99
RMSE หลังการปรับแก้ (มม./ชม.)	3.08	2.91	2.8

จากตาราง 7.5 จะเห็นว่าในทุกกรณีศึกษา RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝน หลังจากการปรับแก้ค่าคลาดเคลื่อนแล้วต่ำกว่า RMSE ที่ยังไม่ทำการปรับแก้ค่าคลาดเคลื่อน ดังนี้ ในกรณีที่ 1 ใช้สมการความสัมพันธ์ $Z=200R^{1.6}$ ก่อนการปรับแก้และหลังปรับมีค่า RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝน เท่ากับ 3.66 มม./ชม. และ 3.08 มม./ชม ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าค่าคลาดเคลื่อนลดลง 15.85 % กรณีที่ 2 การใช้สมการความสัมพันธ์ $Z=45R^{1.5}$ ที่ได้จากการสอบเทียบโดยใช้ข้อมูลเหตุการณ์ฝนตรวจวัดทุก ๆ 10 นาที มีค่า RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝน ก่อนการปรับแก้และหลังการปรับแก้มีค่า RMSE เท่ากับ 3.61 มม./ชม. และ 2.91 มม./ชม แสดงให้เห็นว่าค่าคลาดเคลื่อนลดลง 19.12 % กรณีที่ 3

สมการความสัมพันธ์ $Z=130 R^{1.5}$ ก่อนการปรับแก้และหลังการปรับแก้มีค่า RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝน เท่ากับ 2.99 มม./ชม. และ 2.8 มม./ชม แสดงให้เห็นว่าค่าคลาดเคลื่อนลดลง 5.19 %

ตารางที่ 7.6 RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนก่อนและหลังการปรับแก้ด้วยวิธีปรับแก้แบบเปลี่ยนแปลงตามเวลา (สำหรับช่วงเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการทวนสอบ : 13 เหตุการณ์)

รายการ	กรณี 1 $Z=200R^{1.6}$ (uncalibrated Z-R)	กรณี 2 $Z=45R^{1.5}$ (CC Z-R)	กรณี 3 $Z=130R^{1.5}$ (5 Min MVA Z-R)
RMSE ก่อนการปรับแก้ (มม./ชม.)	3.79	2.86	2.61
RMSE หลังการปรับแก้ (มม./ชม.)	3.28	2.61	2.53

ในการทดสอบความเชื่อมั่นโดยนำแฟคเตอร์ในการปรับแก้มาใช้กับเหตุการณ์ฝนที่ไม่ได้ใช้ในการสอบเทียบ ผลการทดสอบความเชื่อมั่นหรือการทวนสอบดังแสดงในตารางที่ 7.6 แสดงให้เห็นว่าค่า RMSE ของปริมาณฝนเรดาร์หลังปรับแก้เมื่อเทียบกับก่อนปรับแก้มีค่าลดลง นั้นแสดงให้เห็นว่าการปรับแก้ด้วยแฟคเตอร์ G/R ตามเวลาทำให้ค่าคลาดเคลื่อนลดลง ซึ่งทำให้การประมาณปริมาณน้ำฝนดีขึ้น อย่างไรก็ตามผลการศึกษาค้นคว้าพบว่าการประมาณน้ำฝนโดยใช้ข้อมูลเรดาร์ที่สังเคราะห์โดยวิธี MVA จะให้ค่า RMSE น้อยที่สุด เมื่อเทียบกับกรณีอื่น ๆ ทั้งในเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการสอบเทียบและทวนสอบบ่งชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้วิธี MVA ในการประมาณฝนเรดาร์

ผลการวิเคราะห์การปรับแก้ปริมาณน้ำฝนเรดาร์ให้เทียบเท่ากับฝนบนดินโดยใช้ข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝนจากทุกวิธีได้สรุปไว้ในตารางที่ 7.7 และ 7.8 สำหรับเหตุการณ์ที่ใช้ในการสอบเทียบและเหตุการณ์ที่ใช้ในการทวนสอบ จากตารางทั้งสองพบว่าค่า RMSE ระหว่างฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและฝนจากเรดาร์ในกรณีศึกษา 3 กรณี ที่ได้จากการใช้วิธีปรับแก้ปริมาณน้ำฝนเรดาร์ด้วยวิธีต่าง ๆ จะเห็นว่า วิธีการปรับแก้ที่ให้ความคลาดเคลื่อนของการประมาณปริมาณน้ำฝนโดยข้อมูลเรดาร์ภาณีเจริญ คือ วิธีการปรับแก้ค่าคลาดเคลื่อนตามระยะทาง ซึ่งอาจเนื่องมาจากเรดาร์ภาณีเจริญเป็นเรดาร์ชนิด C-band Minimax ซึ่งมักประสบปัญหา Attenuation กล่าวคือสัญญาณที่ตรวจวัดได้จากกลุ่มฝนระยะห่างจากเรดาร์จะมีค่าการสะท้อนกลับของเรดาร์ต่ำกว่าเรดาร์ชนิดอื่น

ๆ ดังนั้นวิธีปรับแก้ค่าคลาดเคลื่อนตามระยะทางจึงเหมาะสมสำหรับใช้ในการปรับแก้ปริมาณฝนจากเรดาร์ที่ตรวจวัดได้จากเรดาร์ภาคีเจริญให้เทียบเท่าปริมาณฝนบนพื้นดิน

ตารางที่ 7.7 RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนก่อนและหลังการปรับแก้แฟคเตอร์ปรับแก้ G/R ทั้ง 3 วิธี (สำหรับเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการสอบเทียบ : 28 เหตุการณ์)

รายการ	กรณี 1 $Z=200R^{1.6}$ (uncalibrated Z-R)	กรณี 2 $Z=45R^{1.5}$ (CC Z-R)	กรณี 3 $Z=130R^{1.5}$ (5 Min MVA Z-R)
RMSE ก่อนการปรับแก้	3.66	3.61	2.99
RMSE หลังปรับแก้ด้วยค่า G/R เฉลี่ยทั้งหมด	3.23	3.03	2.92
RMSE หลังปรับแก้ด้วยค่า G/R ตามระยะทาง	2.56	2.51	2.21
RMSE หลังปรับแก้ด้วยค่า G/R ตามเวลา	3.08	2.91	2.8

ตารางที่ 7.8 RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนก่อนและหลังการปรับแก้แฟคเตอร์ปรับแก้ G/R ทั้ง 3 วิธี (สำหรับเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการทวนสอบ : 13 เหตุการณ์)

รายการ	กรณี 1 $Z=200R^{1.6}$ (uncalibrated Z-R)	กรณี 2 $Z=45R^{1.5}$ (CC Z-R)	กรณี 3 $Z=130R^{1.5}$ (5 Min MVA Z-R)
RMSE ก่อนการปรับแก้	3.79	2.86	2.61
RMSE หลังปรับแก้ด้วยค่า G/R เฉลี่ยทั้งหมด	3.4	2.76	2.52
RMSE หลังปรับแก้ด้วยค่า G/R ตามระยะทาง	2.84	2.05	2.04
RMSE หลังปรับแก้ด้วยค่า G/R ตามเวลา	3.28	2.61	2.53

7.4 สรุปการปรับแก้ปริมาณน้ำฝนเรดาร์ด้วยข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝน

จากการปรับแก้ทั้ง 3 วิธีที่ได้ศึกษาพบว่าในการใช้ข้อมูลฝนบนดินมาปรับแก้ฝนบนฟ้าที่วัดได้เรดาร์ สามารถลดค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างฝนบนฟ้าและฝนบนดินของเรดาร์ภาคีเจริญได้ โดยที่

1. การปรับแก้ปริมาณฝนเรดาร์ด้วยค่าแฟคเตอร์การปรับแก้ (G/R) โดยวิธี ค่าเฉลี่ยทั้งหมด, ปรับแก้ตามระยะทาง และ ปรับแก้ด้วยค่าเปลี่ยนแปลงตามเวลา สามารถลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณฝนเรดาร์ที่ตรวจวัดได้จากเรดาร์ภาชีเจริญของเหตุการณ์ฝนในช่วงสอบเทียบและทวนสอบเมื่อเทียบกับกรณีก่อนปรับแก้

2. วิธีการปรับแก้ค่าคลาดเคลื่อนที่เหมาะสมสำหรับเรดาร์ภาชีเจริญ คือ การปรับแก้ตามระยะทาง เพราะให้ค่า RMSE ระหว่างฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝนต่ำสุดเมื่อเทียบกับวิธีการปรับแก้ด้วยค่าเฉลี่ยทั้งหมด และการปรับแก้ตามเวลา ซึ่งอาจเนื่องมาจากเรดาร์ภาชีเจริญเป็นเรดาร์ชนิด C-band Minimax ซึ่งมักประสบปัญหา Attenuation กล่าวคือสัญญาณที่ตรวจวัดได้จากกลุ่มฝนระยะห่างจากเรดาร์จะมีค่าการสะท้อนกลับของเรดาร์ต่ำกว่าเรดาร์ชนิดอื่น ๆ ดังนั้นวิธีปรับแก้ค่าคลาดเคลื่อนตามระยะทางจึงเหมาะสมสำหรับใช้ในการปรับแก้ปริมาณฝนจากเรดาร์ที่ตรวจวัดได้จากเรดาร์ภาชีเจริญให้เทียบเท่าปริมาณฝนบนพื้นดิน