

บทที่ 3

ข้อมูลและวิธีการศึกษา

3.1 ข้อมูลค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ (Reflectivity data)

ในการศึกษาวิจัยนี้ใช้ข้อมูลเรดาร์ตรวจอากาศทุก ๆ 10 นาที จากสถานีเรดาร์ตรวจอากาศภาชีเจริญ ของสำนักงานกรุงเทพมหานคร ซึ่งตั้งอยู่ทางฝั่งตะวันตกของกรุงเทพมหานคร ที่ละติจูด $13^{\circ} 43' 16.02''$ และลองจิจูด $100^{\circ} 25' 58.61''$ เรดาร์ภาชีเจริญเป็นเรดาร์ตรวจอากาศชนิดซีแบน (C-Band Minimax) ซึ่งมีการตรวจฝนแบบ Plan Position Indicator (PPI) โดยทำการตรวจวัดที่มุม 0.5° , 1.5° และ 3.5° และให้ค่าการสะท้อนกลับของเรดาร์จากละอองน้ำหรือเม็ดฝนภายในปริมาตรบรรยากาศที่ทำการตรวจวัด ซึ่งจะแสดงผลในหน่วย dBZ ตามลำดับ คุณสมบัติของเรดาร์แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของเรดาร์ภาชีเจริญ เป็นชนิด C-band Minimax

ลำดับที่	คุณสมบัติ	คุณลักษณะ
1	ชนิดเรดาร์	C-Band MINIMAX
2	ความยาวช่วงคลื่น : ซม.	5.42
3	ความกว้างของลำแสง : องศา	0.95×0.95
4	Pulse Length : ไมโครวินาที	2, 4, 8
7	รัศมีตรวจวัดสูงสุด : กิโลเมตร	120
8	มุมของการตรวจวัด : องศา	$0.5, 1.5, 3.5$

ข้อมูลค่าการสะท้อนกลับของเรดาร์ที่ได้จากเรดาร์ตรวจอากาศภาชีเจริญที่ดำเนินการโดยสำนักงานกรุงเทพมหานครถูกจัดเก็บในรูปแบบไบนารี (Binary file) ในพิกัดโพลาร์ (Polar coordinate) ซึ่งมีความละเอียดในเชิงองศาในแนวราบ 0.5 องศา และระยะในแนวรัศมีทุกๆ 0.5 กิโลเมตร รัศมีทำการสูงสุดของเรดาร์ภาชีเจริญมีระยะ 120 กิโลเมตร และมีระยะเรดาร์ตาบอดหรือไม่สามารถตรวจวัดได้ (Blind area) ภายในรัศมีประมาณ 5 กิโลเมตร จากตำแหน่งของสถานี

เรดาร์ ข้อมูลดิบจากสถานีเรดาร์ภาคีเจริญในพิกัดโพลาร์ จะถูกนำมาปรับแก้ลงพิกัดฉาก (Cartesian Coordinates) ที่ความละเอียด 0.5 x 0.5 ตารางกิโลเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.2

การเปลี่ยนจาก พิกัดโพลาร์ (r, θ) ไปเป็น พิกัดคาร์ทีเซียน (x, y) ทำได้ดังนี้

$$x = r \cos \theta \quad (3.1)$$

$$y = r \sin \theta \quad (3.2)$$

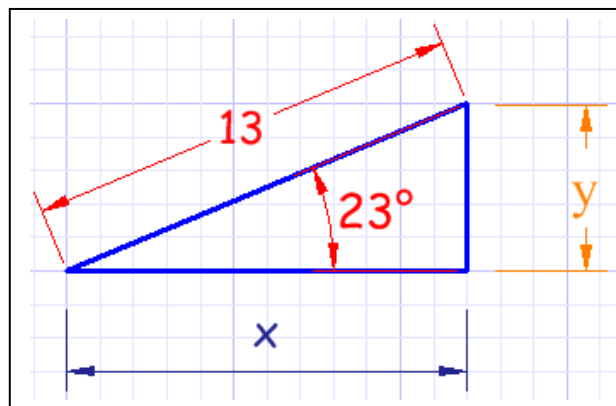
โดยที่ r คือ ระยะห่างจากจุดเริ่มต้น

θ คือ มุมที่ยกขึ้นจากจุดเริ่มต้น

ตัวอย่างการแปลงจากพิกัดโพลาร์ไปเป็นพิกัดคาร์ทีเซียนทำได้ดังนี้

สมมติมีค่าข้อมูลในพิกัดโพลาร์ $(13, 23^\circ)$ สามารถแปลงเป็นค่าข้อมูลในพิกัดคาร์ทีเซียน

เขียน

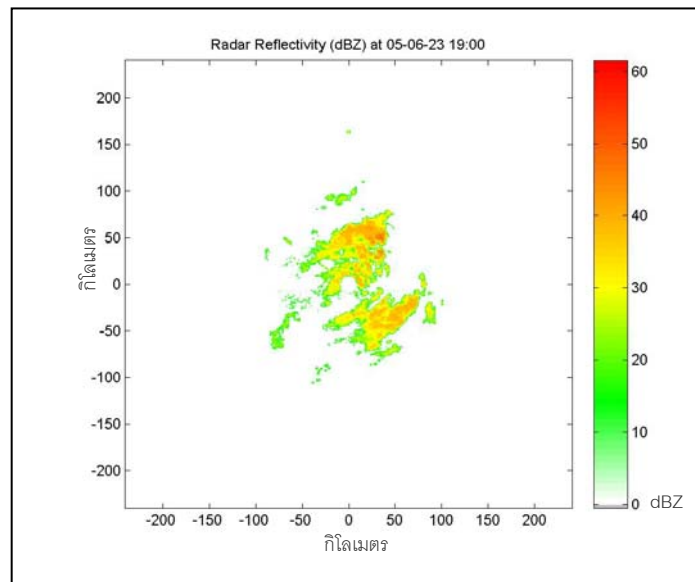


ภาพที่ 3.1 ข้อมูลโพลาร์พิกัด $(13, 23^\circ)$

จากสมการ (3.1) $x = 13 \cos 23^\circ$

จากสมการ (3.2) $y = 13 \sin 23^\circ$

ภาพที่ 3.2 แสดงข้อมูลค่าสะท้อนของเรดาร์ภาคีเจริญในระบบพิกัดฉาก เป็นข้อมูลค่าสะท้อนกลับ วันที่ 23 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2548 เวลา 19.00 น. ซึ่งค่าการสะท้อนกลับของเรดาร์จะแสดงในลักษณะสีแตกต่างกันไปตามการกระจายของความเข้มฝนเชิงพื้นที่



ภาพที่ 3.2 ภาพ PPI แสดงข้อมูลวันที่ 23 มิถุนายน 2548 เวลา 19.00 น.

จากภาพที่ 3.2 ภาพ PPI แสดงลักษณะของฝน โดยที่ระดับสีแทนค่าพลังงานสะท้อนกลับของเรดาร์ที่แสดงในหน่วยของ dBZ เช่น สีเหลือง แสดงว่าพลังงานสะท้อนกลับของคลื่นที่ตรวจวัดกระทบกับการกระจายของเมฆน้ำและมีพลังงานส่งกลับมายังเครื่องรับคลื่นของเรดาร์กับมีค่าประมาณ 30 dBZ หรือ หากเป็น สีแดงแสดงว่าการกระจายของเมฆน้ำหนาแน่นค่าพลังงานสะท้อนกลับของเรดาร์จึงสูง เป็นต้น

สำหรับค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ที่เรดาร์ตรวจวัดได้สามารถแปลงเป็นฝนได้จากความสัมพันธ์ $Z = aR^b$ โดยที่ Z คือ ค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ที่แปลงมาจาก dBZ มีหน่วยเป็น มม.⁶ม.⁻³, R คือ ค่าปริมาณความเข้มฝน มีหน่วยเป็น มม./ชม., a, b คือ ค่าพารามิเตอร์ที่หาได้จากความสัมพันธ์ความเข้มฝนและค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ ซึ่งค่าทั้งสองจะขึ้นอยู่กับการกระจายของขนาดของเม็ดฝน ซึ่งค่า Z สามารถแปลงให้อยู่ในรูปของ dBZ ได้โดยสมการ

$$dBZ = 10\log Z \quad (3.3)$$

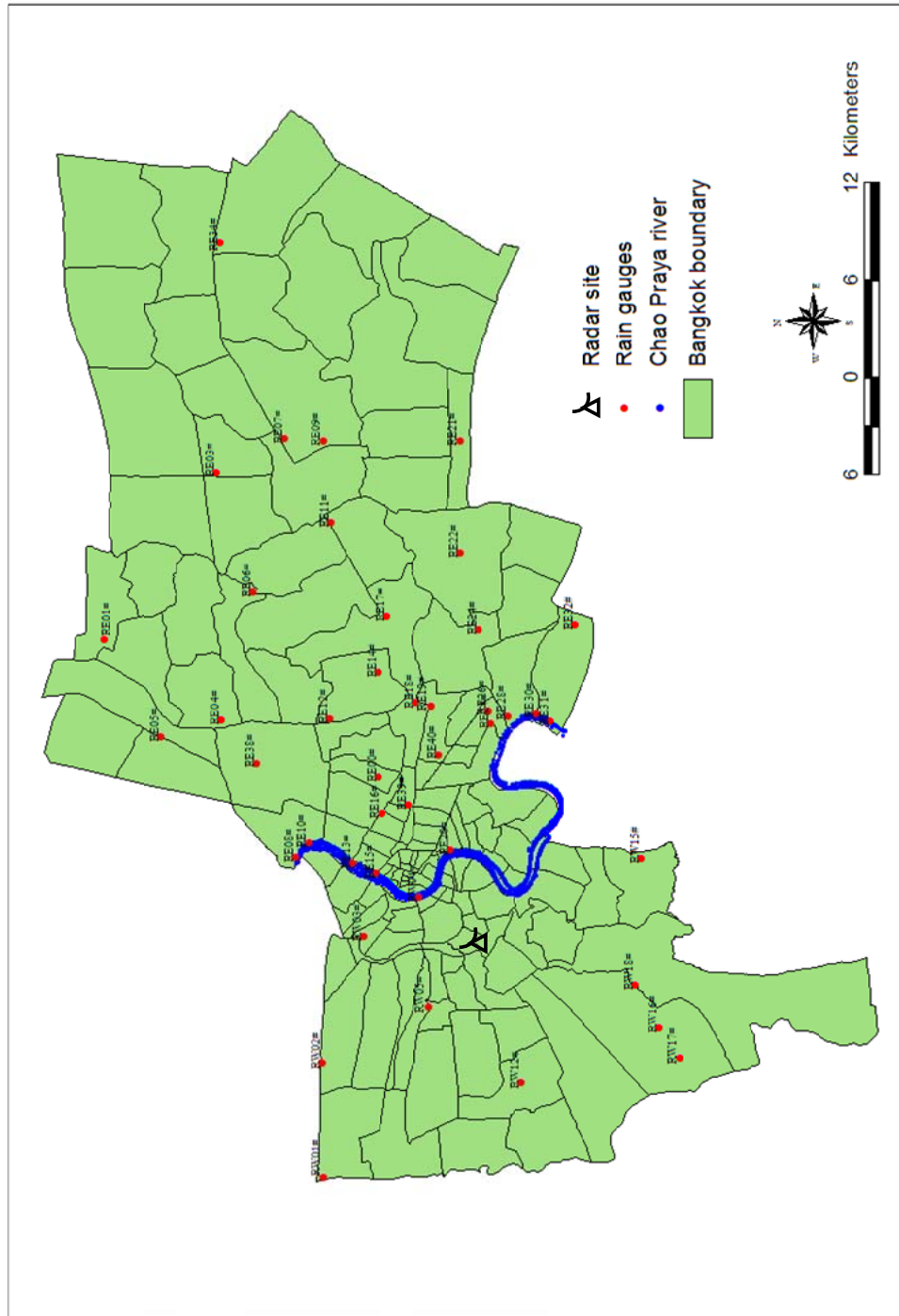
โดยที่ dBZ คือ ค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ มีหน่วยเป็น เดซิเบล Z

เพื่อหลีกเลี่ยงความคลาดเคลื่อนจากสัญญาณรบกวนและสัญญาณค่าสะท้อนจากลูกเห็บ การวิเคราะห์ในการศึกษานี้จึงเลือกค่าสะท้อนกลับของคลื่นเรดาร์ที่มีค่าอยู่ระหว่าง ค่าที่มากกว่า 15 dBZ และน้อยกว่า 53 dBZ (Fulton et al., 1998) โดยพิจารณาให้ ค่าสะท้อนกลับของคลื่นเรดาร์ที่น้อยกว่า 15 dBZ จะให้มีค่าเท่ากับ $0 \text{ mm}^6/\text{m}^{-3}$ และค่าสะท้อนกลับที่มากกว่า 53 dBZ จะให้มีค่าเท่ากับ 53 dBZ

เหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการศึกษาอยู่ระหว่าง ปี พ.ศ. 2548 ถึงปี พ.ศ. 2550 จำนวนทั้งหมด 41 เหตุการณ์ โดยมีรายละเอียดของเหตุการณ์ฝนแต่ละเหตุการณ์ แสดงไว้ในตารางที่ 3.2

3.2 ข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝน (Gauge rainfall data)

ข้อมูลจากสถานีวัดความเข้มฝนที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้จากเครือข่ายสถานีวัดความเข้มฝนของกรุงเทพมหานคร จำนวน 61 สถานี ถังวัดความเข้มฝนเป็นแบบชนิดถังกระดก (Tripping bucket) ตั้งอยู่ในรัศมี 50 กิโลเมตร จากที่ตั้งของเรดาร์ภาชีเจริญ ดังแสดงในภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 พื้นที่ของกรุงเทพมหานครแสดงตำแหน่งที่ตั้งของเรดาร์ภาคีเจริญ
และสถานีวัดน้ำฝน

สถานีวัดความเข้มข้นทั้งหมดนี้อยู่ในความดูแลของสำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ทุกสถานีวัดความเข้มข้นเป็นแบบถังกระดกอัตโนมัติ (Tipping bucket) มีความละเอียด 0.5 มม. และทำการบันทึกทุก ๆ 15 นาที สถานีวัดน้ำฝนจำนวน 41 สถานี อยู่ทางฝั่งตะวันออกและ 20 สถานีอยู่ฝั่งตะวันตกของกรุงเทพมหานคร ข้อมูลเหตุการณ์ฝนที่ใช้การศึกษาได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ลักษณะของเหตุการณ์ฝน 41 เหตุการณ์ ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

เหตุการณ์ ฝน	เริ่มต้น		สิ้นสุด		ช่วงเวลา (นาที)	จำนวนสถานี วัดน้ำฝน	ค่าฝนเฉลี่ย (มม./ชม.)	ค่าฝนสูงสุด (มม./ชม.)
	วัน เดือน ปี	เวลา	วัน เดือน ปี	เวลา				
1	23 มิ.ย. 2548	18:20	23 มิ.ย. 2548	21:30	120	28	11.14	132.00
2	29 มิ.ย. 2548	17:20	29 มิ.ย. 2548	20:30	130	26	11.35	84.00
3	3 ก.ค. 2548	16:10	3 ก.ค. 2548	17:10	60	10	8.19	52.80
4	13 ก.ค. 2548	08:20	13 ก.ค. 2548	11:50	200	34	29.44	98.00
5	28 ก.ค. 2548	16:20	28 ก.ค. 2548	17:30	70	23	6.56	63.80
6	12 ต.ค. 2548	16:51	12 ต.ค. 2548	18:21	90	9	18.39	77.00
7	14 ต.ค. 2548	02:41	14 ต.ค. 2548	07:21	280	33	17.58	105.60
8	14 ต.ค. 2548	14:01	14 ต.ค. 2548	16:31	150	11	11.03	105.60
9	15 ต.ค. 2548	19:41	15 ต.ค. 2548	21:41	120	17	5.71	46.20
10	19 ต.ค. 2548	15:31	19 ต.ค. 2548	15:31	230	37	24.7	94.60
11	26 ต.ค. 2548	17:01	26 ต.ค. 2548	19:51	170	20	8.65	85.40
12	4 พ.ย. 2548	17:01	4 พ.ย. 2548	18:21	80	12	12.14	103.40
13	8 พ.ย. 2548	11:31	8 พ.ย. 2548	14:21	170	20	19.32	114.20
14	11 พ.ย. 2548	13:21	11 พ.ย. 2548	15:21	120	14	24.35	99.00
15	12 พ.ย. 2548	12:31	12 พ.ย. 2548	14:21	110	10	9.78	90.20
16	18 พ.ย. 2548	16:11	18 พ.ย. 2548	17:51	100	23	9.28	73.20
17	20 ก.พ. 2549	11:31	20 ก.พ. 2549	12:41	70	21	18.54	52.80
18	1 ก.ค. 2549	14:51	1 ก.ค. 2549	21:21	390	43	6.37	15.40
19	2 ก.ค. 2549	17:01	2 ก.ค. 2549	20:01	180	39	5.70	23.10
20	29 ส.ค. 2549	20:01	30 ส.ค. 2549	00:31	270	32	7.44	17.05
21	6 ก.ย. 2549	21:51	7 ก.ย. 2549	01:11	200	29	8.01	32.27
22	26 ก.ย. 2549	11:31	26 ก.ย. 2549	13:41	130	13	2.92	16.50
23	26 ก.ย. 2549	15:31	26 ก.ย. 2549	19:51	260	32	12.39	28.05
24	27 ก.ย. 2549	19:11	27 ก.ย. 2549	21:21	130	20	5.61	24.20
25	5 ต.ค. 2549	11:11	5 ต.ค. 2549	14:31	200	15	3.31	28.05
26	10 ต.ค. 2549	00:41	10 ต.ค. 2549	03:31	170	21	4.05	14.70
27	18 ต.ค. 2549	00:01	18 ต.ค. 2549	02:31	150	27	4.52	20.35
28	18 ต.ค. 2549	12:21	18 ต.ค. 2549	16:01	220	12	5.44	22.00
29	3 มี.ค. 2550	06:01	19 มี.ค. 2550	07:41	100	17	1.20	59.46
30	20 มี.ค. 2550	03:11	20 มี.ค. 2550	05:41	150	26	15.73	79.47
31	9 พ.ค. 2550	11:01	9 พ.ค. 2550	13:21	140	25	34.26	85.33
32	10 พ.ค. 2550	09:31	10 พ.ค. 2550	13:21	230	27	7.88	100.93
33	14 พ.ค. 2550	16:41	14 พ.ค. 2550	19:21	160	37	14.84	68.40
34	16 ก.ค. 2550	15:01	16 ก.ค. 2550	21:51	350	46	24.20	115.06
35	20 ก.ค. 2550	17:01	20 ก.ค. 2550	21:11	250	28	5.28	64.00
36	23 ก.ค. 2550	11:21	23 ก.ค. 2550	13:51	150	29	8.39	106.66
37	25 ก.ค. 2550	11:51	25 ก.ค. 2550	16:01	260	37	28.64	121.60
38	10 ก.ย. 2550	19:31	10 ก.ย. 2550	21:21	110	41	18.86	64.80
39	11 ก.ย. 2550	18:11	11 ก.ย. 2550	19:41	90	44	15.80	83.60
40	19 ก.ย. 2550	00:01	19 ก.ย. 2550	03:01	180	37	17.97	54.13
41	20 ก.ย. 2550	20:21	20 ก.ย. 2550	21:41	80	38	11.44	45.06

ค่าฝนเฉลี่ยคำนวณจากการพิจารณาปริมาณฝนที่ > 0.5 มม./ชม.

ข้อมูลปริมาณฝนสะสมมีการจัดเก็บในรูปแบบตารางในกระดาดหัดอิเล็กทรอนิกส์ (Excel format) แสดงปริมาณความเข้มฝนสะสม 15 นาที, 1, 3, 6 และ 24 ชั่วโมง บันทึกข้อมูลทุก ๆ 15 นาที ดังตัวอย่างแสดงในตารางที่ 3.4 โดยแบ่งการจัดเก็บข้อมูลแยกตามรายชื่อสถานีและปีที่จัดเก็บ โดยในการศึกษาจะใช้ข้อมูลความเข้มฝนในปี พ.ศ. 2548 ถึงปี พ.ศ. 2550 เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลเรดาร์ ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดความเข้มฝนแสดงอยู่ในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดตำแหน่งของสถานีวัดความเข้มฝนที่ใช้ในการศึกษา

รหัสสถานี	ชื่อสถานี	พิกัด		ระยะห่างจากเรดาร์
		X(m)	Y(m)	(กิโลเมตร)
E00	ศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร	668522.92	1522671.34	9.74
E01	ปตร.คลองสอง	676973.36	1539634.94	27.78
E02	ปตร.คลองพระยาสุเรนทร์	682924.98	1540552.80	32.35
E03	ปตร.คลองสามวา	687225.57	1532622.23	30.90
E04	สถานีวัดระดับน้ำ-น้ำฝนคลองบางบัว	672043.55	1532342.13	18.99
E05	ปตร.คลองเปรมประชากร	669313.12	1532072.18	17.21
E06	สถานีวัดระดับน้ำ-น้ำฝนคลองลำชะล่า	679874.53	1530372.04	23.45
E07	ปตร.คลองแสนแสบ ตอนถนนประชาวมใจ	689285.85	1528442.00	30.98
E08	สถานีสูบน้ำคลองบางเขนใหม่	663622.23	1527771.88	10.90
E09	ปตร.คลองบึงขวาง	689145.89	1526061.77	30.08
E10	สถานีสูบน้ำคลองบางซื่อ	664472.43	1526971.74	10.44
E11	ปตร.คลองแสนแสบ ตอนบางชัน	684125.04	1525571.71	25.15
E12	ปตร.คลองลาดพร้าว	672123.65	1525671.61	14.40
E13	สถานีสูบน้ำคลองสามเสน	663222.25	1524221.39	7.42
E14	สถานีวัดระดับน้ำ-น้ำฝนคลองเจ้าคุณสิงห์ ตอน รร.บดินทร์เดชา	674549.00	1522839.62	15.21
E15	สถานีสูบน้ำเทเวศน์	662622.24	1522821.24	5.90
E16	สถานีวัดระดับน้ำ-น้ำฝนคลองสามเสน ตอนอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ	666272.87	1522471.27	7.81
E17	สถานีวัดระดับน้ำ-น้ำฝนคลองแสนแสบ เขตบางกะปิ	678374.41	1522121.13	18.64
E18	สถานีสูบน้ำคลองสามเสน ตอนคลองแสนแสบ (ศูนย์วิจัย)	673023.61	1520321.02	13.01
E19	สถานีสูบน้ำคลองแสนแสบ ตอนคลองตัน	672873.61	1519471.12	12.70
E20	สถานีสูบน้ำกรุงเทพมหานคร	664022.35	1518221.00	3.77
E21	ปตร.คลองพระโขนง ตอนลาดกระบัง	689125.73	1517670.99	28.78
E22	ปตร.คลองพระโขนง ตอนวัดกระทุ่มเสือปลา	682224.95	1517621.03	21.87
E23	สถานีสูบน้ำคลองสาร	664022.40	1516920.75	3.70
E24	สถานีวัดระดับน้ำ-น้ำฝนคลองพระโขนง ตอนวัดจวรศิริ	677524.22	1516520.66	17.19
E25	สถานีสูบน้ำพระรามสี่	668523.04	1515720.81	8.34
E26	สถานีสูบน้ำพระโขนง	672623.67	1515920.82	12.36

หมายเหตุ: ระดับอ้างอิง (Datum) ในรูปแบบการอ้างอิงบนพื้นฐาน WGS 84 UTM ZONE 7

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดตำแหน่งของสถานีวัดความเข้มฝนที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

รหัสสถานี	ชื่อสถานี	พิกัด		ระยะห่างจากเรดาร์
		X(m)	Y(m)	(กิโลเมตร)
E27	สถานีสูบน้ำคลองเตย	671823.35	1515770.84	11.58
E28	สถานีสูบน้ำคลองเจ๊ก	672323.62	1514720.66	12.26
E29	สถานีสูบน้ำคลองวัดไทร	664422.43	1513420.56	5.68
E30	สถานีสูบน้ำคลองบางอ้อ	672473.40	1512970.51	12.90
E31	สถานีสูบน้ำคลองบางนา	672023.43	1512120.53	12.80
E32	สถานีวัดระดับน้ำฝน คลองบางนา ตอนถนนศรีนครินทร์	677824.22	1510620.16	18.73
E33	สถานีสูบน้ำคลองสำโรง	673023.47	1509120.37	15.12
E34	ปตร.คลองแสนแสบ ตอนถนนสังขสันติสุข	653636.93	1532115.87	16.20
E35	สถานีคลองวัดดำน	664264.74	1513312.37	5.64
E38	สถานีสูบน้ำรัชดาภิเษก	667834.04	1514318.41	8.08
E39	ประตูระบายน้ำคลองอรรถ	672345.16	1513733.04	12.53
E40	จุดวัดน้ำฝนสุขุมวิท (ฝั่งเหนือ) อุทยานเบญจสิริ	669559.57	1519188.87	18.59
W01	ปตร.คลองทวีวัฒนา	643919.64	1526071.57	12.86
W02	ปตร.คลองบัว ตอนทางรถไฟสายใต้	650920.61	1526121.51	6.41
W03	สถานีสูบน้ำคลองชักพระ	658721.82	1523571.23	2.85
W04	สถานีสูบน้ำคลองมอญ	661122.04	1520121.15	6.39
W05	สถานีวัดระดับน้ำฝนคลองบางเชือกหนัง ตอนคลองราชมนตรี	654371.11	1519621.20	2.36
W06	สถานีสูบน้ำคลองบางกอกใหญ่	661521.97	1519421.13	1.03
W07	ปตร.คลองภาษีเจริญ	659321.66	1517321.00	6.04
W08	สถานีวัดระดับน้ำฝนคลองภาษีเจริญ ตอนคลองราชมนตรี	654571.17	1515620.77	2.64
W09	สถานีสูบน้ำคลองสำเหร่ ตอนแม่น้ำเจ้าพระยา	662272.01	1515570.85	3.25
W10	สถานีวัดระดับน้ำฝน คลองสนามไชย ตอนคลองบางขุนเทียน	658621.51	1514620.72	3.25
W11	สถานีสูบน้ำคลองดาวคะนอง	661321.90	1514270.60	11.19
W12	สถานีวัดระดับน้ำฝน คลองทวีวัฒนา ตอนคลองภาษีเจริญ	649720.28	1513870.45	5.59
W13	สถานีสูบน้ำคลองสี่บาท	656892.02	1512981.30	6.79
W14	สถานีสูบน้ำคลองแจ่งร้อน	664822.34	1512270.40	11.36
W15	ปตร.คลองรางจาก ตอนถนนประชาอุทิศ	663522.23	1506470.08	14.02
W16	สถานีสูบน้ำคลองเลนเปญ	653104.69	1505377.36	16.10
W17	สถานีสูบน้ำคลองระหะนุ	651220.75	1504119.84	11.48
W18	สถานีสูบน้ำคลองพระยาราชมนตรี	655739.26	1506868.46	11475.53
W19	สถานีคลองบางยี่ขัน	661895.63	1522240.21	5103.15

หมายเหตุ: ระดับอ้างอิง (Datum) ในรูปแบบการอ้างอิงบนพื้นฐาน WGS 84 UTM ZONE 7

ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างข้อมูลความเข้มฝนสะสมสถานีตรวจวัด ณ ศูนย์ควบคุม
การป้องกันน้ำท่วม กรุงเทพฯ วันที่ 3 เดือนเมษายน 2548

Stn	Dt	Tm	rf	rf1h	rf3h	rf6h	rf24h
E00	3/4/05	17:00	0	0	0	0	0
E00	3/4/05	17:15	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
E00	3/4/05	17:30	1	6.5	6.5	6.5	6.5
E00	3/4/05	17:45	0.5	7	7	7	7
E00	3/4/05	18:00	0	7	7	7	7
E00	3/4/05	18:15	0	1.5	7	7	7
E00	3/4/05	18:30	0	0.5	7	7	7

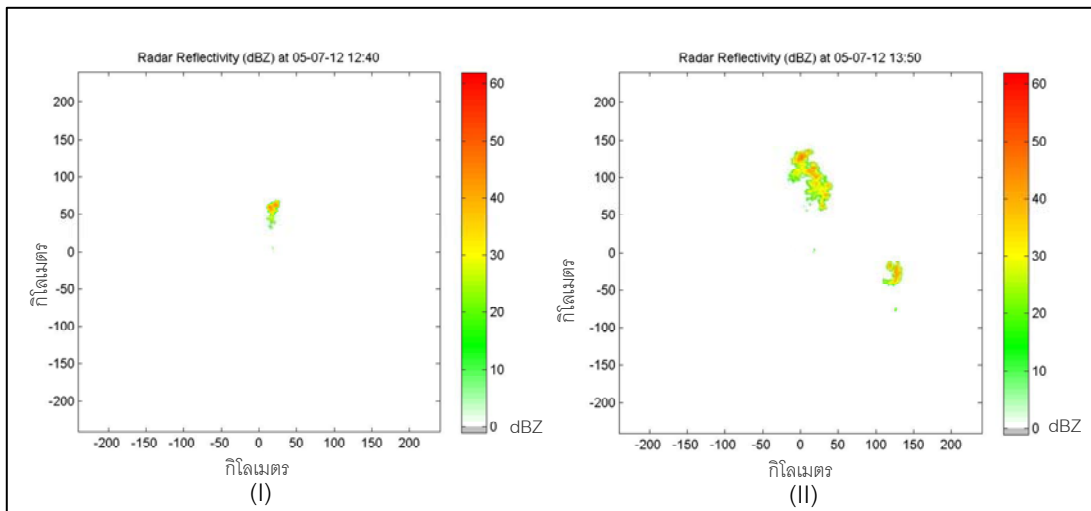
หมายเหตุ: Stn : รหัสสถานี, Dt : วันเดือนปี, Tm : เวลา, rf : ปริมาณฝนสะสม 15 นาที,
rf1h : ปริมาณฝนสะสม 1 ชั่วโมง, rf3h : ปริมาณฝนสะสม 3 ชั่วโมง,
rf6h : ปริมาณฝนสะสม 6 ชั่วโมง, rf24h : ปริมาณฝนสะสม 24 ชั่วโมง

3.3 การตรวจสอบคุณภาพข้อมูล

การตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์มีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะจะทำให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้อง ในการศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาโดยพิจารณาดังนี้

3.3.1 ข้อมูลค่าสะท้อนกลับของเรดาร์

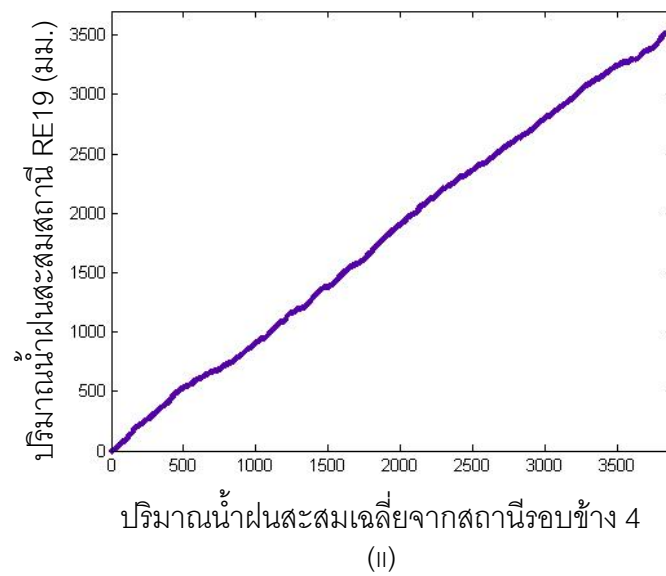
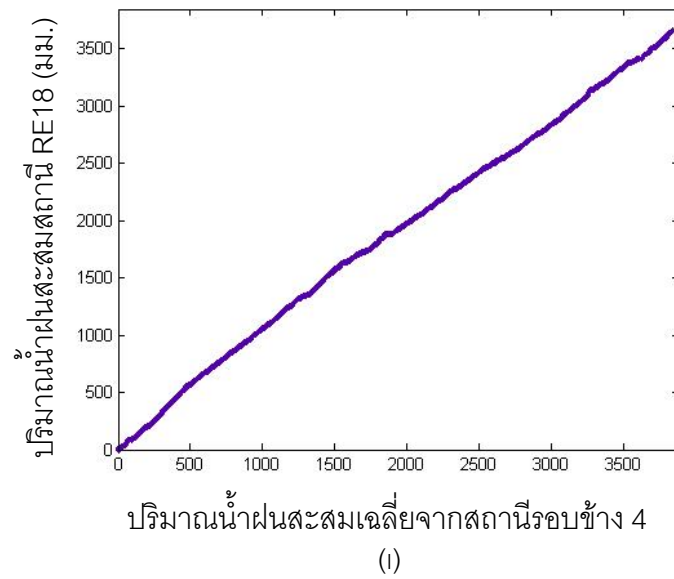
ในการศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณาใช้เฉพาะข้อมูลเรดาร์ที่มีการตรวจวัดต่อเนื่องกันทุก ๆ 10 นาที ทั้งเหตุการณ์ฝน ดังตัวอย่างเช่น เหตุการณ์ฝนวันที่ 12 เดือนกรกฎาคม 2548 มีการตรวจวัดข้อมูลค่าสะท้อนกลับ ตั้งแต่เวลา 7.10 น. ถึง เวลา 15.30 น. แต่การบันทึกข้อมูลขาดช่วงเวลา คือ บันทึกห่างกัน 20 นาที หรือ 30 นาที และเมื่อทำการตรวจสอบสร้างภาพข้อมูลค่าสะท้อนกลับของเรดาร์พบว่า มีฝนตกในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ตั้งแต่เวลา 12.40 น. ถึง 15.30 น. คิดเป็นเวลาที่มีฝนตก 170 นาที นั่นคือต้องมีข้อมูลที่เป็น Volume scan ที่สามารถนำมาสร้างภาพข้อมูลเรดาร์ได้ 17 ภาพ แต่ในการบันทึกข้อมูลมีช่วงเวลาที่ขาดหายไป ดังนั้นจึงตัดข้อมูลค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ในช่วงนั้นออกไม่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ ภาพที่ 3.4 แสดงตัวอย่างภาพข้อมูลค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ ของวันที่ 12 เดือน กรกฎาคม 2548 เวลา 12.40 และ 13.50 น. ที่มีการบันทึกไว้ และขาดช่วงไปดังนั้นเหตุการณ์นี้จึงไม่นำมาใช้ในการวิจัยนี้



ภาพที่ 3.4 ตัวอย่างข้อมูลภาพค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ วันที่ 12 กรกฎาคม 2548; (I) ข้อมูลภาพ ณ เวลา 12.40 น.; (II) ข้อมูลภาพ ณ เวลา 13.50 น. (ข้อมูลการตรวจวัดที่เวลา 12.50 น. ถึงเวลา 13.40 น. ขาดหายไปทำให้ไม่สามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ได้)

3.3.2 ข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝน

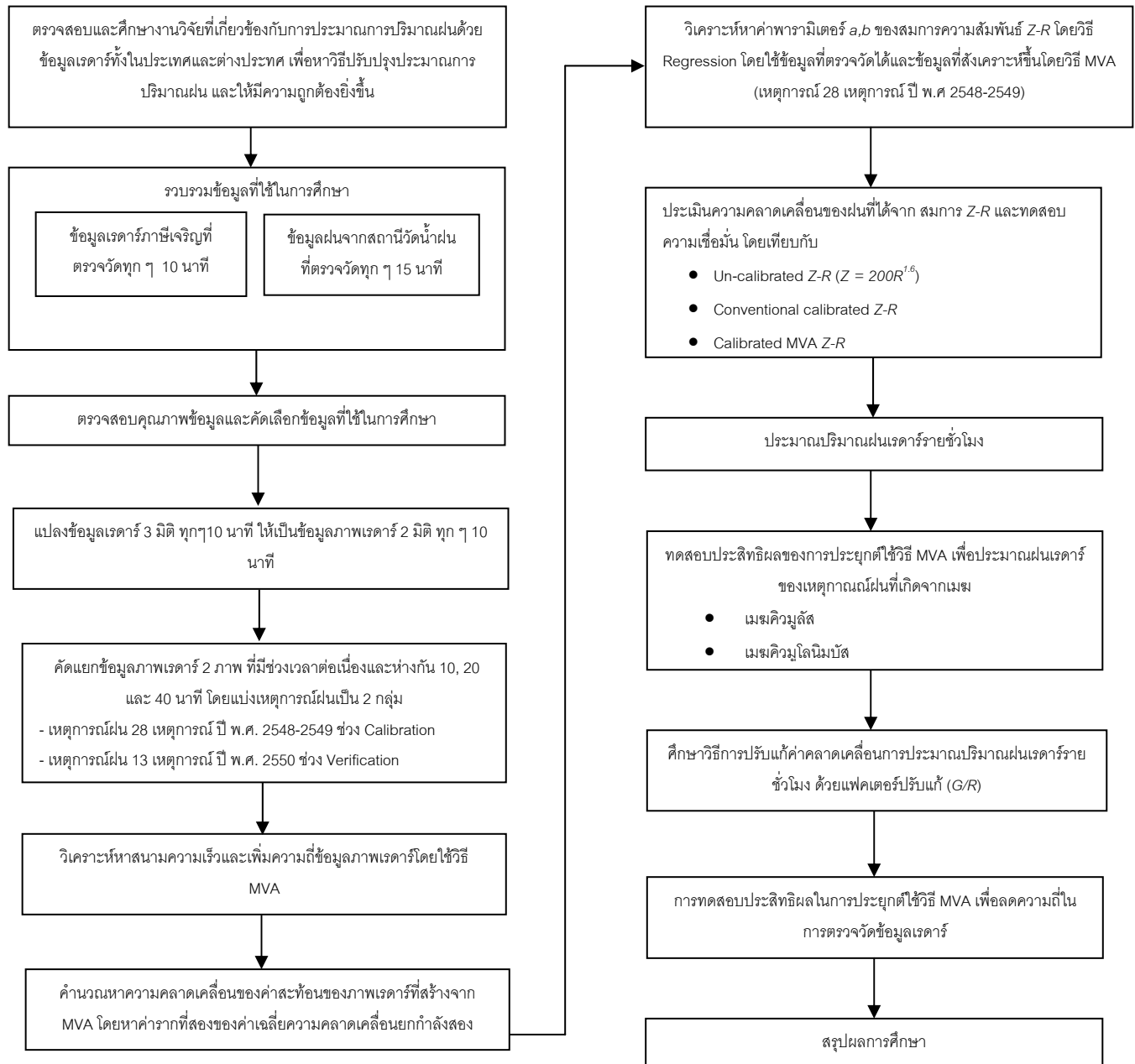
ข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝน ที่เลือกใช้ในการศึกษาวิจัยเก็บรวบรวมบันทึกระหว่างเดือน มิถุนายน ปี พ.ศ. 2548 ถึง เดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2550 โดยสำนักการระบายน้ำกรุงเทพมหานคร ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าว พบว่ามีสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 5 สถานี คือ RE25, RE29, RE36, RE37 และ RW19 ที่ไม่ได้ดำเนินการเก็บข้อมูล การตรวจสอบคุณภาพข้อมูลที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝน พิจารณาข้อมูลปริมาณน้ำฝนสะสมจากสถานีที่ติดกันในทิศต่างๆ รอบข้างสถานีที่พิจารณา (ศิริลักษณ์ 2551) โดยใช้วิธี Double mass curve analysis เมื่อตรวจสอบความพร้อมต้องกัน (Consistency) ของข้อมูลฝนของสถานีใดสถานีหนึ่ง โดยนำการเปรียบเทียบปริมาณฝนสะสมราย ปีที่เฉลี่ยมาจากสถานีที่อยู่รอบๆ สถานีที่พิจารณาภาพที่ 3.5 แสดงตัวอย่างการตรวจสอบความถูกต้องของสถานีวัดน้ำฝน RE18 และ สถานีที่อยู่รอบๆ จำนวน 4 สถานี (ก) ปี พ.ศ.2548 (ข) ปี พ.ศ. 2549 (ค) ปี พ.ศ. 2550 จะเห็นว่าความชันของกราฟสะสมของสถานีทั้งสอง เป็นไปในลักษณะเดียวกันแสดงให้เห็นว่าข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานี RE 18, RE 19 มีความสอดคล้องกันกับสถานีข้างเคียง ดังนั้นข้อมูลฝนจากสถานี RE 18, RE 19 จึงมีความเชื่อถือได้ และสถานี ดังต่อไปนี้จำนวน 9 สถานี ได้แก่ W06, W07, W08, W09, W10, W11, W13, W20 และ RE23 ซึ่งสถานี เหล่านี้ไม่มีการตรวจวัดข้อมูลค่าการสะท้อนกลับจากเรดาร์หรือมีโอกาสอยู่ในเขตที่เรดาร์ภาชี เจริญไม่ได้ทำการตรวจวัดข้อมูล (อยู่ในรัศมี 5 กิโลเมตร) รวมสถานีวัดน้ำฝนที่ไม่ได้นำวิเคราะห์ จำนวน 14 สถานี และเหลือสถานีวัดฝนทั้งหมด 47 สถานีที่ใช้ในการศึกษาวิจัย



ภาพที่ 3.5 การตรวจสอบความถูกต้องของสถานีวัดน้ำฝน (I) RE18 และ (II) RE19 โดยวิธี Double mass curve

3.4 วิธีการศึกษา

วิธีในการดำเนินการศึกษาวิจัยแสดงอยู่ภาพที่ 3.6 ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังนี้



ภาพที่ 3.6 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษาวิจัย

3.4.1 รวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัยดังนี้

3.4.1.1 ข้อมูลเรดาร์จากเรดาร์ตรวจอากาศภาคีเจริญแบบ PPI มุมในการตรวจวัด 0.5° ของเหตุการณ์ฝนที่เกิดขึ้นระหว่าง ปี พ.ศ. 2548 - พ.ศ. 2550

3.4.1.2 ข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝนกรุงเทพมหานครที่อยู่ภายใต้รัศมีทำการของเรดาร์จำนวน 61 สถานี มีการเก็บบันทึกข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2548 – พ.ศ. 2550

3.4.2 การพัฒนาโปรแกรมเพื่อแปลงค่าสะท้อนกลับ 3 มิติ เป็น 2 มิติ

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมเพื่ออ่านข้อมูลค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ที่เป็นตัวเลข แล้วทำการสร้างภาพเรดาร์จากข้อมูลที่อ่านมาได้ในแต่ละช่วงเวลาที่เรดาร์ทำการตรวจวัด ดังรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค.

3.4.3 ประยุกต์ใช้วิธี MVA

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธี MVA ในการคำนวณหาการเคลื่อนที่ของกลุ่มฝนเพื่อปรับปรุงการประมาณปริมาณฝนเรดาร์ให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น วิธี MVA (Ravela and Chatdarong, 2006) เป็นวิธีที่พัฒนามาจากวิธี Field alignment (Revela ,2006) เพื่อเพิ่มความถี่ข้อมูลภาพเรดาร์โดยหาการเคลื่อนที่ของกลุ่มฝน โดยทำการสังเคราะห์ข้อมูลเรดาร์ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ เช่น 10 นาที, 20 นาที และ 40 นาที จากนั้นหาค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าสะท้อนกลับที่ได้จากการตรวจวัดจริงกับค่าสะท้อนกลับที่ได้จากการสังเคราะห์ใหม่ด้วยเทคนิควิธี MVA รวมทั้งพิจารณาลักษณะทางกายภาพของเมฆ ผลการศึกษาเสนอไว้ในบทที่ 4 และวิเคราะห์หาช่วงเวลาระหว่างภาพเรดาร์ 2 ภาพในกรณีที่ไม่สามารถดำเนินการตรวจวัดข้อมูลได้ก็ตามต้องการได้นำเสนอไว้ในบทที่ 8

3.4.4 การวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ของสมการความสัมพันธ์ Z-R

การวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ Z-R ที่เหมาะสมสำหรับช่วงเวลาต่าง ๆ ทำการศึกษาโดยใช้วิธีสมการถดถอย (Regression) และเสนอสมการความสัมพันธ์ Z-R ที่ใช้ประมาณปริมาณน้ำฝนของเรดาร์ภาคีเจริญ ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วยข้อมูลภาพเรดาร์ที่ใช้ในการสังเคราะห์ข้อมูลเรดาร์ให้มีความถี่เพิ่มขึ้น แล้วทำการสอบเทียบหาสมการความสัมพันธ์ Z-R ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ เหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการวิเคราะห์หาพารามิเตอร์มีทั้งหมด 41 เหตุการณ์ แบ่งเป็นเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในการสอบเทียบหาสมการความสัมพันธ์ Z-R ที่เหมาะสมจำนวน 28 เหตุการณ์ คือ เหตุการณ์ฝนที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2548-2549 และเหตุการณ์ฝนที่ใช้ในทวนสอบ 13 เหตุการณ์ คือ เหตุการณ์ฝนที่เกิดในปี พ.ศ. 2550 เพื่อทดสอบความเชื่อมั่นของการประยุกต์ใช้สมการความสัมพันธ์ Z-R ที่เสนอ มาเทียบกับการใช้สมการความสัมพันธ์

$Z = 200R^{1.6}$ (Marshall และ Palmer, 1948) และสมการ Z-R ที่สอบเทียบโดยการใช้ข้อมูลตรวจวัดทุก ๆ 10 นาที ซึ่งไม่คิดการเคลื่อนที่ของกลุ่มฝน ผลการวิเคราะห์เสนอไว้ในบทที่ 5

3.4.5 การประเมินความถูกต้องของปริมาณฝนโดยเรดาร์ที่คำนวณได้จากสมการความสัมพันธ์ Z-R ต่าง ๆ เทียบกับข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝน

การประเมินความถูกต้องของปริมาณฝนที่ได้ จะวิเคราะห์เปรียบเทียบกับเทคนิคการประมาณปริมาณน้ำฝนจากสถานีเรดาร์ด้วยการหาสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ ระหว่าง Z และ R ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป คือ $Z = 200R^{1.6}$ (Marshall and Plamer, 1948) ซึ่งในการศึกษานี้เรียกว่า สมการความสัมพันธ์ Z-R เบื้องต้น และ Z-R ที่ไม่ได้้นำการเคลื่อนที่ของกลุ่มฝนเข้ามาวิเคราะห์ (สมการความสัมพันธ์ No MVA Z-R) โดยความถูกต้องจะพิจารณาจากค่ารากที่สองของผลต่างความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square Error: RMSE) ระหว่างปริมาณฝนเรดาร์และฝนจากสถานีวัดน้ำฝน สมการที่ 3.4 คือ สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของปริมาณฝนจากเรดาร์ เมื่อเทียบกับฝนจากสถานีวัดน้ำฝน

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{NG} \sum_{t=1}^{N_t} \sum_{i=1}^{N_G} (R_{i,t} - G_{i,t})^2} \quad (3.4)$$

โดยที่ $R_{i,t}$ คือ ปริมาณสะสมของฝนเรดาร์ ณ ตำแหน่งพิกเซลที่ตำแหน่งเดียวกับสถานีวัดน้ำฝนที่ i ณ ชั่วโมงที่ t

$G_{i,j}$ คือ ปริมาณฝนรายชั่วโมงที่สอดคล้องกับฝนเรดาร์ ชั่วโมงที่ t

NG คือ จำนวนคู่ Z-R ในตำแหน่งที่สอดคล้องกัน

N_t คือ จำนวนคาบเวลา (ชั่วโมง)

N_G คือ จำนวนสถานีวัดน้ำฝน ที่มีการตรวจวัดฝนที่มี ค่าไม่เท่ากับ 0 ในช่วงเวลา t

3.4.6 การทดสอบประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้วิธี MVA เพื่อประมาณฝนเรดาร์ของเหตุการณ์ฝนที่เกิดจากเมฆชนิดต่างๆ

การแยกเหตุการณ์ฝนตามชนิดของกลุ่มเมฆฝน พิจารณาจากพารามิเตอร์ซึ่งแสดงลักษณะทางกายภาพของกลุ่มฝน ในการศึกษาวิจัยนี้ใช้ การคัดแยกเหตุการณ์ตามกลุ่มเมฆฝนตามลักษณะทางกายภาพในแนวนราบ ซึ่งศึกษาโดย อนุสรณ์ (2551) โดยพิจารณาคัดแยกเหตุการณ์ฝนโดยใช้สายตาพิจารณาลักษณะทางกายภาพในแนวนราบที่แตกต่างกันของกลุ่มฝนแต่

ละชนิด ซึ่งผลการศึกษาการทดสอบประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้วิธี MVA เพื่อประมาณฝนเรดาร์ของเหตุการณ์ฝนที่เกิดจากเมฆชนิดต่าง ๆ เสนอไว้ในบทที่ 6

3.4.7 การปรับแก้ค่าปริมาณฝนจากเรดาร์ให้เทียบเท่ากับฝนจากสถานีวัดน้ำฝน

เพื่อปรับปรุงการประมาณปริมาณฝนเรดาร์ให้เทียบเท่ากับปริมาณฝนที่ตกลงบนพื้นดิน การศึกษาครั้งนี้จึงทำการปรับแก้ค่าฝนจากเรดาร์ด้วยข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินโดยใช้วิธีดังต่อไปนี้

3.4.7.1 ปรับแก้ค่าคลาดเคลื่อนของฝนเรดาร์ด้วยแฟคเตอร์ค่าปริมาณฝนของสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมดต่อฝนเรดาร์ทั้งหมด (Mean field bias adjustment)

3.4.7.2 ปรับแก้ค่าคลาดเคลื่อนของฝนเรดาร์ด้วยแฟคเตอร์ค่าปริมาณฝนจากสถานีวัดน้ำฝนต่อปริมาณฝนเรดาร์ตามระยะทาง (Range dependent bias adjustment)

3.4.7.3 ปรับแก้ค่าคลาดเคลื่อนของฝนเรดาร์ด้วยแฟคเตอร์ค่าปริมาณฝนจากสถานีวัดน้ำฝนต่อปริมาณฝนเรดาร์ตามเวลา (Temporal bias adjustment)

ดังนั้นค่าปริมาณฝนเรดาร์ที่เทียบเท่ากับฝนที่ตกบนพื้นดิน (หลังปรับแก้) จะคำนวณได้จาก

$$R_{\text{เรดาร์ (หลังปรับแก้)}} = G/R \times R_{\text{เรดาร์ (ก่อนปรับแก้)}} \quad (3.5)$$

โดยที่ $R_{\text{เรดาร์ (หลังปรับแก้)}}$	คือ ปริมาณฝนจากเรดาร์หลังการปรับแก้ด้วยแฟคเตอร์แล้ว
$R_{\text{เรดาร์ (ก่อนปรับแก้)}}$	คือ ปริมาณฝนที่ได้จากการคำนวณ โดยใช้สมการ Z-R ที่ตำแหน่งพิกเซลเดียวกับสถานีวัดน้ำฝน
G/R	คือ แฟคเตอร์การปรับแก้ของเหตุการณ์ฝน มีค่าเท่ากับ

$$G/R = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T G_{i,t}}{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T R_{i,t}} \quad (3.6)$$

$G_{i,t}$ คือ ปริมาณฝนที่วัดได้จากสถานีวัดน้ำฝน i ณ เวลา t

$R_{i,t}$ คือ ปริมาณฝนที่คำนวณจากข้อมูลเรดาร์โดยใช้สมการความสัมพันธ์ Z-R จากกรณีต่าง ๆ ที่ตำแหน่งพิกเซลเดียวกันกับสถานีวัดน้ำฝน i ณ เวลา t

N คือ จำนวนสถานีวัดน้ำฝนทั้งหมดที่ใช้ในการคำนวณ

T คือ ช่วงเวลาที่ฝนตกให้เหตุการณ์ฝน (ชั่วโมง)

ผลการศึกษาการปรับแก้ปริมาณฝนจากเรดาร์ให้เทียบเท่ากับฝนจากสถานีวัดน้ำฝนได้นำเสนอในบทที่ 7

3.4.8 การทดสอบประสิทธิผลในการประยุกต์ใช้วิธี MVA เพื่อลดความถี่ในการตรวจวัดข้อมูลเรดาร์

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดสอบประสิทธิผลในการประยุกต์ใช้วิธี MVA เพื่อเพิ่มความถี่ของข้อมูลค่าสะท้อนกลับเรดาร์ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน ได้แก่ ข้อมูลภาพเรดาร์ 2 ภาพที่มีช่วงเวลาห่างกัน 40 นาที, 30 นาที, 20 นาที และ 10 นาที ตามลำดับ ทำการทดสอบโดยดูผลจาก RMSE ระหว่างฝนจากสถานีวัดน้ำฝนและฝนจากเรดาร์ที่ได้มาจากการคำนวณความสัมพันธ์ $Z-R$ ที่ได้จากการใช้ชุดข้อมูลค่าสะท้อนกลับของเรดาร์ที่สังเคราะห์โดยวิธี MVA เพื่อเพิ่มความถี่ให้กับข้อมูลภาพเรดาร์ทุก ๆ ช่วงเวลา ผลจากการทดสอบประสิทธิผลในการประยุกต์ใช้ MVA เพื่อลดความถี่ในการตรวจวัดข้อมูลเรดาร์ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 8

3.4.9 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาประกอบไปด้วย ค่าสมการความสัมพันธ์ $Z-R$ ที่เหมาะสมสำหรับการประมาณปริมาณฝนของเรดาร์ภาคีเจริญ วิธีการปรับค่าคลาดเคลื่อนที่เหมาะสม และช่วงเวลาที่สามารถใช้เทคนิควิธี MVA ในการสังเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์ใหม่ เพื่อใช้ในการประมาณปริมาณฝนเรดาร์ ผลการศึกษาจะสรุปและเสนอแนะไว้ในบทที่ 9