

### บทที่ 3

#### วิธีการศึกษา

#### 3.1 การสังเคราะห์อัตราการใช้ Storage Routing Model

##### 3.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

##### 3.1.1.1 ลุ่มน้ำน่าน

##### ข้อมูลปริมาณน้ำฝน

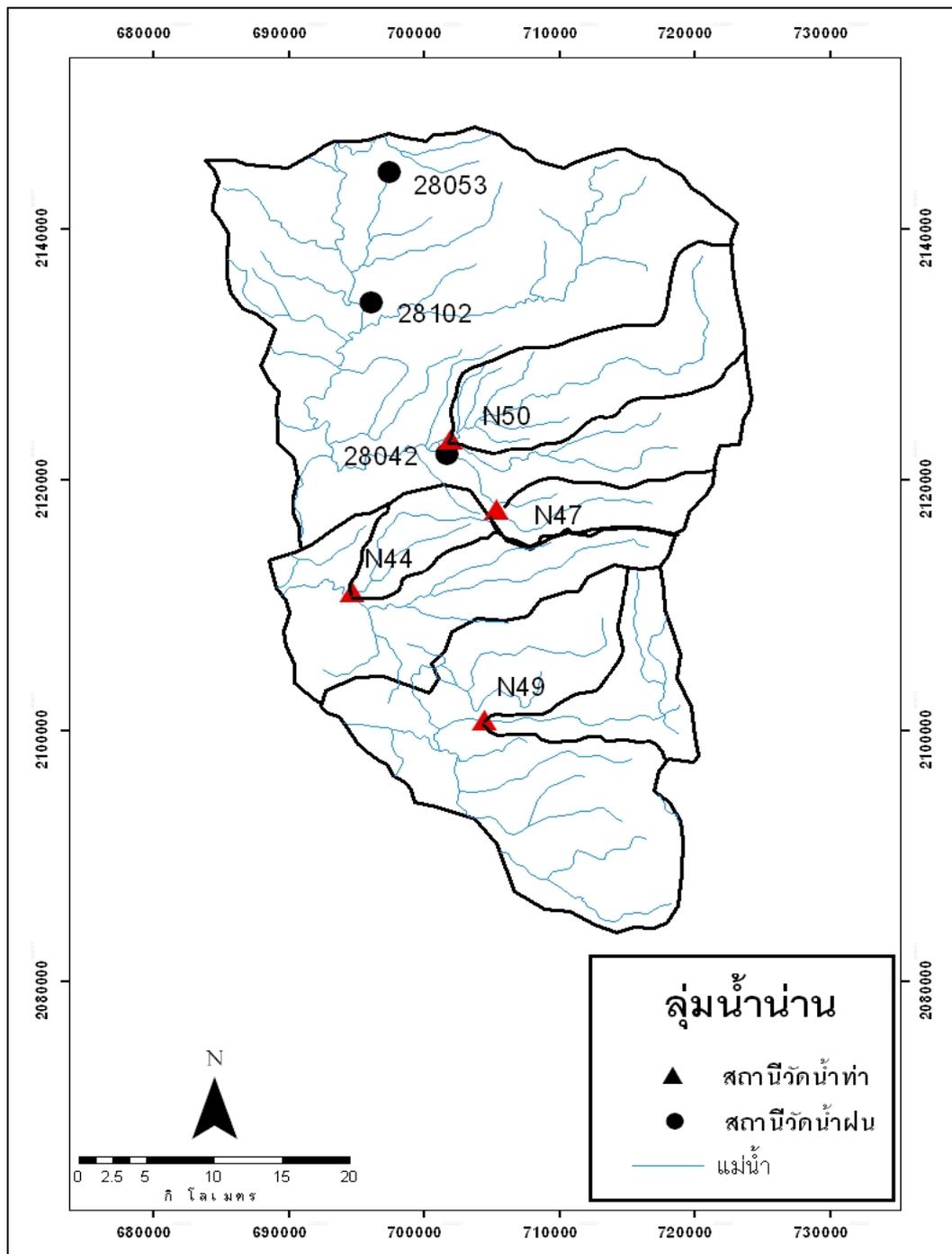
ข้อมูลน้ำฝนรายวันได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสถิติข้อมูลน้ำฝนของกรมชลประทาน ซึ่งใช้ข้อมูลวัดน้ำฝนแบบธรรมดาและแบบอัตโนมัติ ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลจะแตกต่างกันไปตามละสถานี ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้สถานีน้ำฝน 3 สถานีซึ่งได้แสดงในตารางที่ 3.1 และ รูปที่ 3.1 ตารางที่ 3.1 ที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำน่าน

ชื่อสถานี	ที่ตั้ง	ช่วงข้อมูล (พ.ศ.)	ตำแหน่ง	
			เส้นรุ้ง	เส้นแวง
28042	อ.พิ้ว จ.น่าน	2495-2548	19°10'57"N	100°55'03"E
28053	อ.ทุ่งช้าง จ.น่าน	2495-2548	19°23'11"N	100°52'47"E
28102	อ.ท่าวังพระ จ.น่าน	2511-2548	19°07'00"N	100°48'48"E

##### ข้อมูลปริมาณน้ำท่า

ในการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน ได้ทำการเก็บรวบรวมจากสถิติข้อมูลปริมาณน้ำท่าของกรมชลประทานและกรมอุตุวิทยามหาวิทยาลัย ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลจะแตกต่างกันไปตามละสถานี ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้สถานีวัดน้ำท่า ซึ่งได้แสดงในตารางที่ 3.2 และรูปที่ 3.1 ตารางที่ 3.2 ที่ตั้งสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำน่าน

ชื่อสถานี	ที่ตั้ง		ช่วงข้อมูล (พ.ศ.)	เส้นรุ้ง	เส้นแวง	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)
	อำเภอ	จังหวัด				
N44	อ.ท่าวังพระ	จ.น่าน	2522-2548	19°05'06"N	100°50'59"E	41
N47	อ.พิ้ว	จ.น่าน	2522-2548	19°08'36"N	100°57'08"E	35
N49	อ.พิ้ว	จ.น่าน	2522-2548	19°59'29"N	100°56'32"E	155
N50	อ.พิ้ว	จ.น่าน	2522-2548	19°11'38"N	100°55'14"E	192



รูปที่ 3.1 สถานีวัดน้ำฝนและน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษาในลุ่มน้ำน่าน

3.1.1.2 ลุ่มน้ำมูลข้อมูลปริมาณน้ำฝน

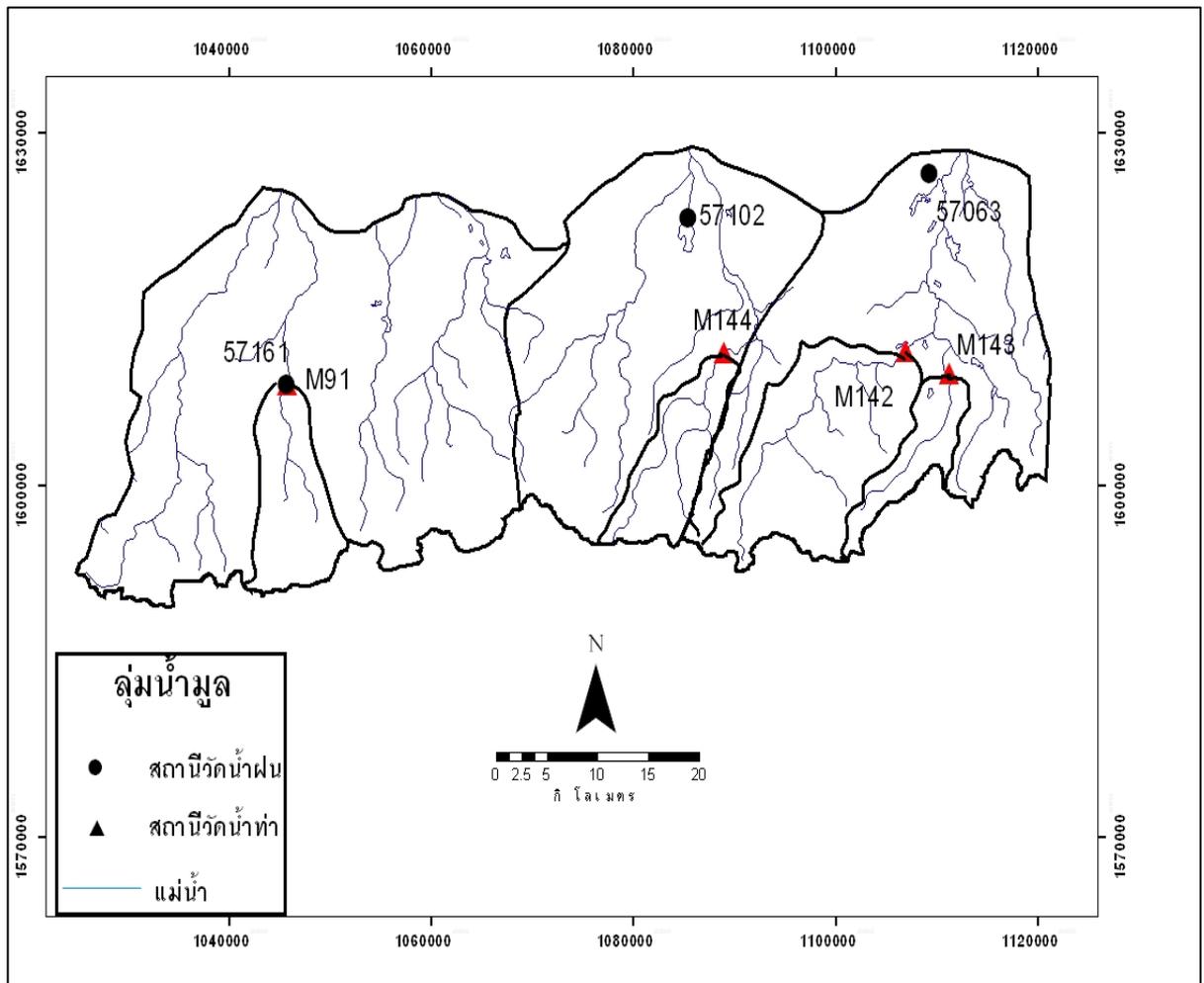
ข้อมูลน้ำฝนรายวันได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสถิติข้อมูลน้ำฝนของกรมชลประทาน ซึ่งใช้ข้อมูลวัดน้ำฝนแบบธรรมดาและแบบอัตโนมัติ ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลจะแตกต่างกันไปแต่ละสถานี ในการศึกษาได้เลือกใช้สถานีน้ำฝน 3 สถานีซึ่งได้แสดงในตารางที่ 3.3 และ รูปที่ 3.2 ตารางที่ 3.3 ที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนในกลุ่มน้ำมูล

ชื่อสถานี	ที่ตั้ง	ช่วงข้อมูล (พ.ศ.)	ตำแหน่ง	
			เส้นรุ้ง	เส้นแวง
57063	อ.กาญจนาภิเษย์	2495-2548	14°38'43"N	104°39'01"E
57102	อ.ขุนหาญ	2518-2548	14°36'45"N	104°25'41"E
57160	ห้วยสำราญ	2526-2548	14°29'48"N	104°03'29"E

ข้อมูลปริมาณน้ำท่า

ในการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน ได้ทำการเก็บรวบรวมจากสถิติข้อมูลปริมาณน้ำท่าของกรมชลประทานและกรมอุตุนิยมวิทยา ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลจะแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี ในการศึกษาได้เลือกใช้สถานีวัดน้ำท่าซึ่งได้แสดงในตารางที่ 3.4 และรูปที่ 3.2 ตารางที่ 3.4 ที่ตั้งสถานีวัดน้ำท่าในกลุ่มน้ำมูล

ชื่อสถานี	ที่ตั้ง		ช่วงข้อมูล (พ.ศ.)	เส้นรุ้ง	เส้นแวง	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)
	อำเภอ	จังหวัด				
M91	อ.ขุนหาญ	จ.ศรีสะเกษ	2520-2548	14°29'48"N	104°03'29"E	128
M142	อ.กาญจนาภิเษย์	จ.ศรีสะเกษ	2533-2548	14°30'32"N	104°37'28"E	241
M143	อ.กาญจนาภิเษย์	จ.ศรีสะเกษ	2533-2548	14°29'03"N	104°39'50"E	46
M144	อ.ขุนหาญ	จ.ศรีสะเกษ	2533-2548	14°30'44"N	104°27'28"E	124



รูปที่ 3.2 สถานีวัดน้ำฝนและน้ำท่าที่ในการศึกษาในลุ่มน้ำมูล

### 3.1.1.3 ลุ่มน้ำชายฝั่งภาคตะวันออก

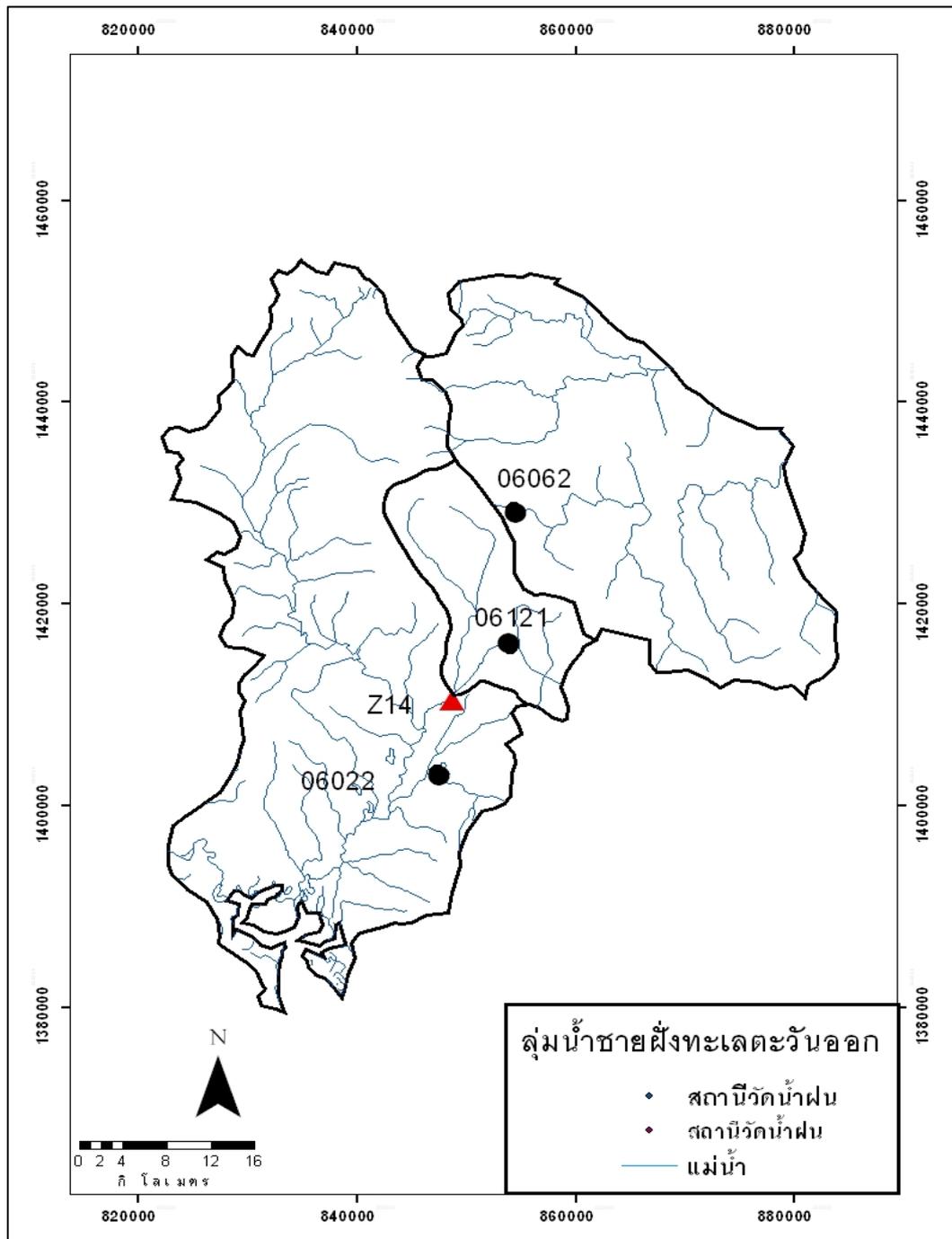
#### ข้อมูลปริมาณน้ำฝน

ข้อมูลน้ำฝนรายวันได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสถิติข้อมูลน้ำฝนของกรมชลประทาน ซึ่งใช้ข้อมูลวัดน้ำฝนแบบธรรมดาและแบบอัตโนมัติ ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลจะแตกต่างกันไปตามละสถานี ในการศึกษาี้เลือกใช้สถานีน้ำฝน 3 สถานีซึ่งได้แสดงในตารางที่ 3.5 และรูปที่ 3.3 ตารางที่ 3.5 ที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำชายฝั่งภาคตะวันออก

ชื่อสถานี	ที่ตั้ง	ช่วงข้อมูล (พ.ศ.)	ตำแหน่ง	
			เส้นรุ้ง	เส้นแวง
06062	อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี	2495-2548	12°54'24"N	102°16'02"E
06121	บ้านโป่งโรงเข็นอ.มะขาม จ.จันทบุรี	2528-2548	12°47'23"N	102°15'33"E
06022	อ.มะขาม จ.จันทบุรี	2495-2548	12°04'22"N	102°11'58"E

#### ข้อมูลปริมาณน้ำท่า

ในการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน ได้ทำการเก็บรวบรวมจากสถิติข้อมูลปริมาณน้ำท่าของกรมชลประทานและกรมอุตุฯนิคมวิทยา ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลจะแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี ในการศึกษาี้เลือกใช้สถานีวัดน้ำท่า Z.14 ซึ่งมีข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2521 ถึง พ.ศ. 2548 และมีพื้นที่รับน้ำ 245 ตารางกิโลเมตร ซึ่งได้แสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 สถานีวัดน้ำฝนและน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษาในลุ่มน้ำชายฝั่งภาคตะวันออก

### 3.1.1.4 ลุ่มน้ำตาปี

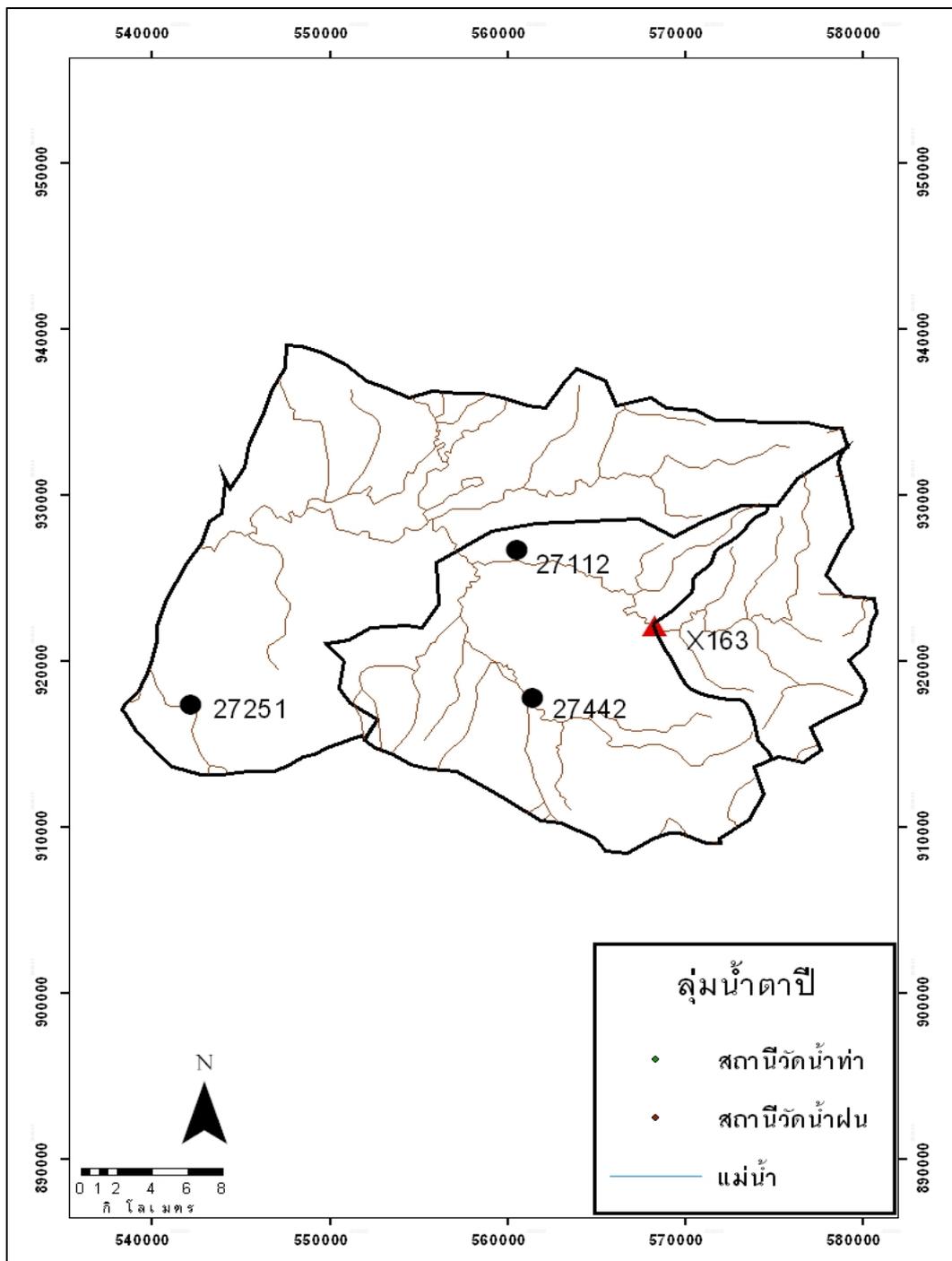
#### ข้อมูลปริมาณน้ำฝน

ข้อมูลน้ำฝนรายวันได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสถิติข้อมูลน้ำฝนของกรมชลประทาน ซึ่งใช้ข้อมูลวัดน้ำฝนแบบธรรมดาและแบบอัตโนมัติ ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลจะแตกต่างกันไปตามแต่ละสถานี ในการศึกษาเลือกใช้สถานีน้ำฝน 3 สถานีซึ่งได้แสดงในตารางที่ 3.6 และ รูปที่ 3.4 ตารางที่ 3.6 ที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนในกลุ่มน้ำปี

ชื่อสถานี	ที่ตั้ง	ช่วงข้อมูล (พ.ศ.)	ตำแหน่ง	
			เส้นรุ้ง	เส้นแวง
27112	อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช	2530-2548	8°23'00"N	99°33'00"E
27251	อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช	2530-2548	8°22'08"N	99°48'29"E
27442	คลองเสาธง อ.ลานสกา จ. นครศรีธรรมราช	2530-2548	8°20'18"N	99°50'03"E

#### ข้อมูลปริมาณน้ำท่า

ในการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน ได้ทำการเก็บรวบรวมจากสถิติข้อมูลปริมาณน้ำท่าของกรมชลประทานและกรมอุตุนิยมิวิทยา ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลจะแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี ในการศึกษาเลือกใช้สถานีวัดน้ำท่า X.163 ซึ่งมีข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 ถึง พ.ศ. 2548 และมีพื้นที่รับน้ำ 97 ตารางกิโลเมตรซึ่งได้แสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 สถานีวัดน้ำฝนและน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษาในลุ่มน้ำตาปี

### 3.1.1.5 ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

#### ข้อมูลปริมาณน้ำฝน

ข้อมูลน้ำฝนรายวันได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสถิติข้อมูลน้ำฝนของกรมชลประทาน ซึ่งใช้ข้อมูลวัดน้ำฝนแบบธรรมดาและแบบอัตโนมัติ ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลจะแตกต่างกันไปแต่ละสถานี ในการศึกษาได้เลือกใช้สถานีน้ำฝน 6 สถานีซึ่งได้แสดงในตารางที่ 3.7 และ รูปที่ 3.5 ตารางที่ 3.7 ที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

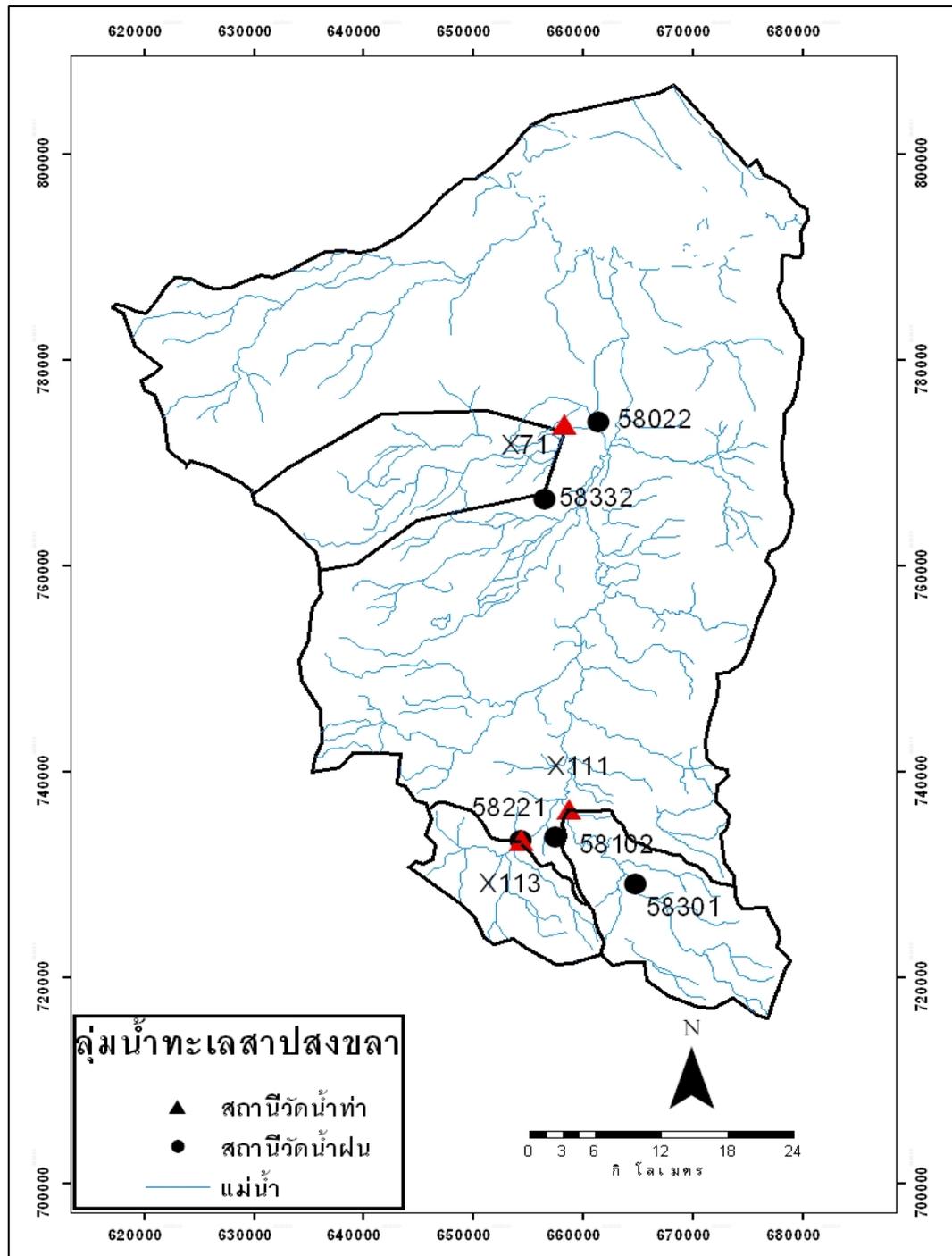
ชื่อสถานี	ที่ตั้ง	ช่วงข้อมูล (พ.ศ.)	ตำแหน่ง	
			เส้นรุ้ง	เส้นแวง
58022	อ.หาดใหญ่	2495-2005	07°00'03"N	100°27'40"E
58102	อ.สะเดา	2495-2005	06°38'10"N	100°25'30"E
58210	คลองวัด อ.หาดใหญ่	2518-2005	07°00'34"N	100°26'14"E
58221	อ.สะเดา (X.113)	2523-2005	06°37'59"N	100°23'46"E
58301	อ.สะเดา (X.172)	2531-2005	06°35'38"N	100°29'25"E
58332	อ.หาดใหญ่	2531-2005	06°55'00"N	100°26'00"E

#### ข้อมูลปริมาณน้ำท่า

ในการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน ได้ทำการเก็บรวบรวมจากสถิติข้อมูลปริมาณน้ำท่าของกรมชลประทานและกรมอุตุวิทยามหาวิทยาลัย ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลจะแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี ในการศึกษาได้เลือกใช้สถานีวัดน้ำท่าซึ่งได้แสดงในตารางที่ 3.8 และรูปที่ 3.5

ตารางที่ 3.8 ที่ตั้งสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

ชื่อ สถานี	ที่ตั้ง		ช่วงข้อมูล (พ.ศ.)	เส้นรุ้ง	เส้นแวง	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)
	อำเภอ	จังหวัด				
X.71	อ.หาดใหญ่	จ.สงขลา	2510-2548	06°59'55"N	100°25'58"E	127
X.111	อ.สะเดา	จ.สงขลา	2522-2548	06°39'37"N	100°26'09"E	256
X.113	อ.สะเดา	จ.สงขลา	2522-2548	06°37'59"N	100°23'46"E	129



รูปที่ 3.5 สถานีวัดน้ำฝนและน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษาในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

### 3.1.1.6 ลุ่มน้ำภาคใต้ตอนล่างฝั่งตะวันออก

#### ข้อมูลปริมาณน้ำฝน

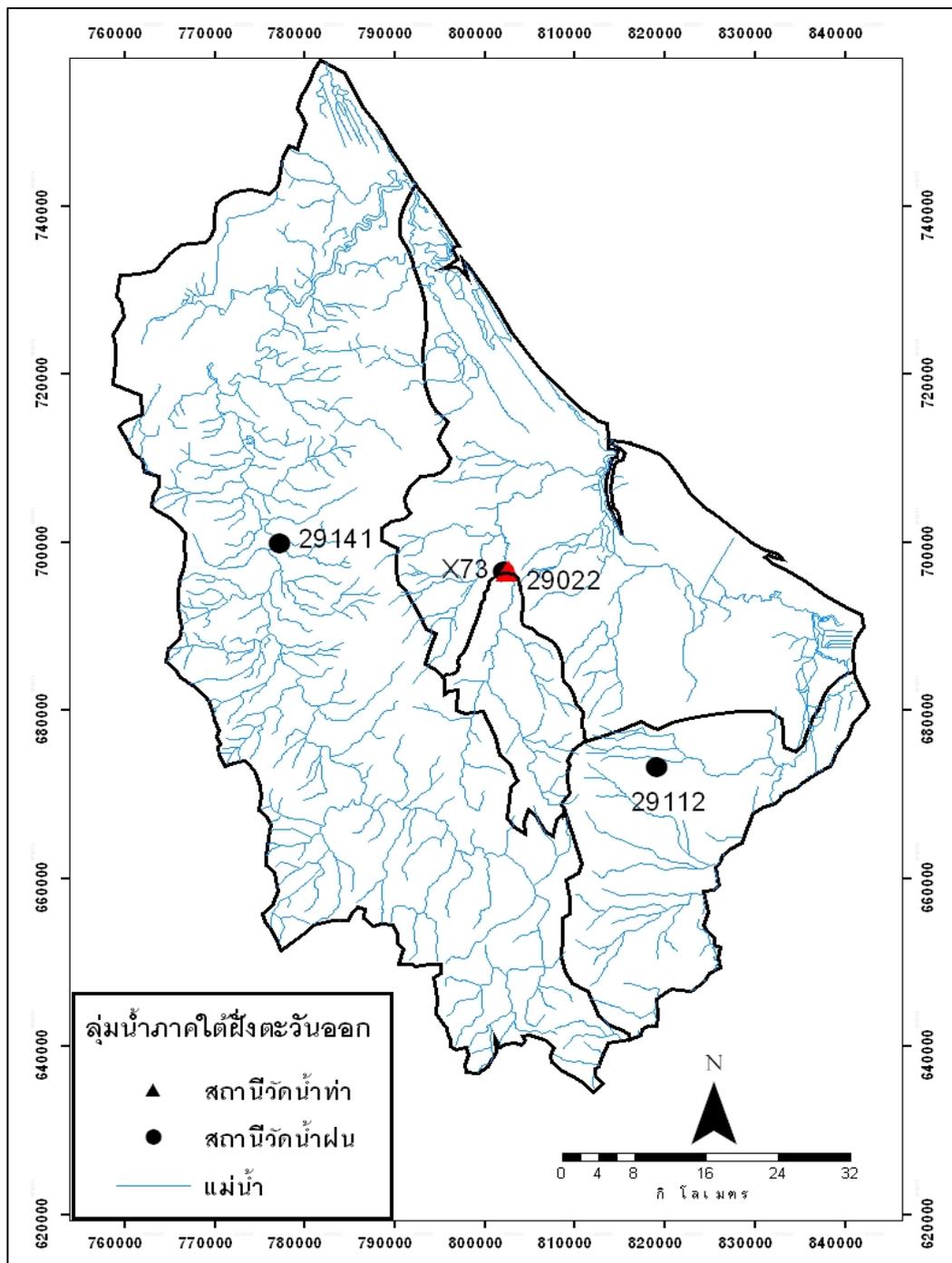
ข้อมูลน้ำฝนรายวันได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสถิติข้อมูลน้ำฝนของกรมชลประทาน ซึ่งใช้ข้อมูลวัดน้ำฝนแบบธรรมดาและแบบอัตโนมัติ ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลจะแตกต่างกันไปตามละสถานี ในการศึกษาี้เลือกใช้สถานีน้ำฝน 3 สถานีซึ่งได้แสดงในตารางที่ 3.9 และ รูปที่ 3.6

ตารางที่ 3.9 ที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำภาคใต้ตอนล่างฝั่งตะวันออก

ชื่อสถานี	ที่ตั้ง	ช่วงข้อมูล (พ.ศ.)	ตำแหน่ง	
			เส้นรุ้ง	เส้นแวง
29022	อ.ระแงะ จ.นราธิวาส	2529-2548	6°17'40"N	101°43'52"E
29112	อ.สุไหงปาดี จ.นราธิวาส	2529-2548	6°04'58"N	101°52'59"E
29141	บ้านบางคลอง อ.ลูไ้ะ จ.นราธิวาส	2529-2548	6°19'25"N	101°30'31"E

#### ข้อมูลปริมาณน้ำท่า

ในการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวัน ได้ทำการเก็บรวบรวมจากสถิติข้อมูลปริมาณน้ำท่าของกรมชลประทานและกรมอุตุวิทยมวิททยา ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลจะแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี ในการศึกษาี้เลือกใช้สถานีวัดน้ำท่า X.73 ซึ่งมีข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2529 ถึง พ.ศ. 2548 และมีพื้นที่รับน้ำ 336 ตารางกิโลเมตรซึ่งได้แสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 สถานีวัดน้ำฝนและน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษาในลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก

ตารางที่ 3.10 ข้อมูลน้ำฝนและน้ำท่าของกลุ่มน้ำย่อยต่างๆที่ใช้ในการศึกษา

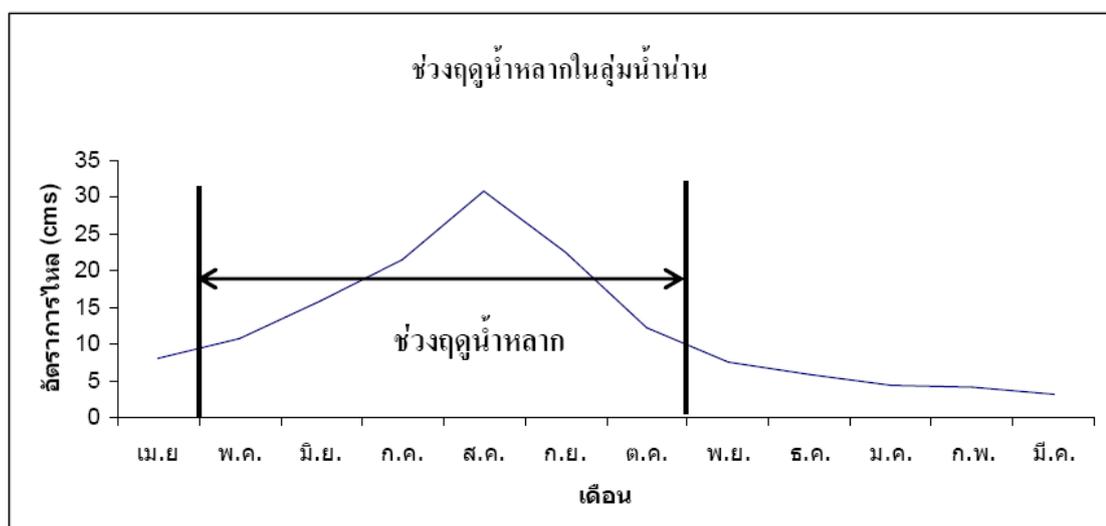
ลุ่มน้ำ	สถานี วัด น้ำท่า	พ.ท.รับ น้ำ (ตรกม.)	สถานี วัด น้ำฝน	ฝนเฉลี่ย รายปี (มม.)	ช่วงระยะเวลาของข้อมูลที่นำมาศึกษา				
น่าน	N44	41	28042 28053 28073	1,272					
	N47	35							
	N49	155							
	N50	192							
มูล	M91	128	57063 57102 57160	1,266					
	M142	241							
	M143	46							
	M144	124							
ชายฝั่ง ทะเล ตะวันออก	Z14	245	6022 6062 6121	2,151					
						X163	97	27112 27261 27442	2,061
X111	256								
		X113	129						
ภาคใต้ฝั่ง ตะวันออก	X73			336	29022 29112 29141	2,052			

### 3.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

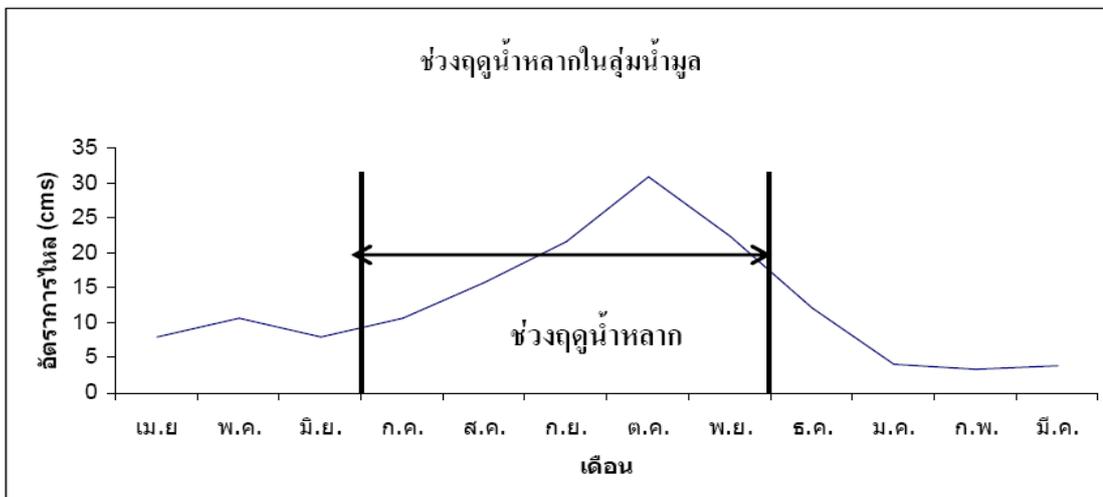
ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำกับกับพารามิเตอร์ในแบบจำลอง โดยเลือกใช้ Storage Routing Model มาประยุกต์ใช้เพื่อหาปริมาณการไหลรายวันของน้ำในกลุ่มน้ำต่างๆในแต่ละภาคของประเทศไทย ดังนั้นในแต่ละกลุ่มน้ำที่ทำการศึกษาจึงมีช่วงฤดูน้ำหลากที่แตกต่างกันไปดังตารางที่ 3.10 และในการคัดเลือกข้อมูลทางอุทกวิทยาในแต่ละปีเพื่อมาทำการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3.11 และรูปที่ 3.7-3.12

ตารางที่ 3.11 ช่วงฤดูน้ำหลากในแต่ละกลุ่มน้ำ

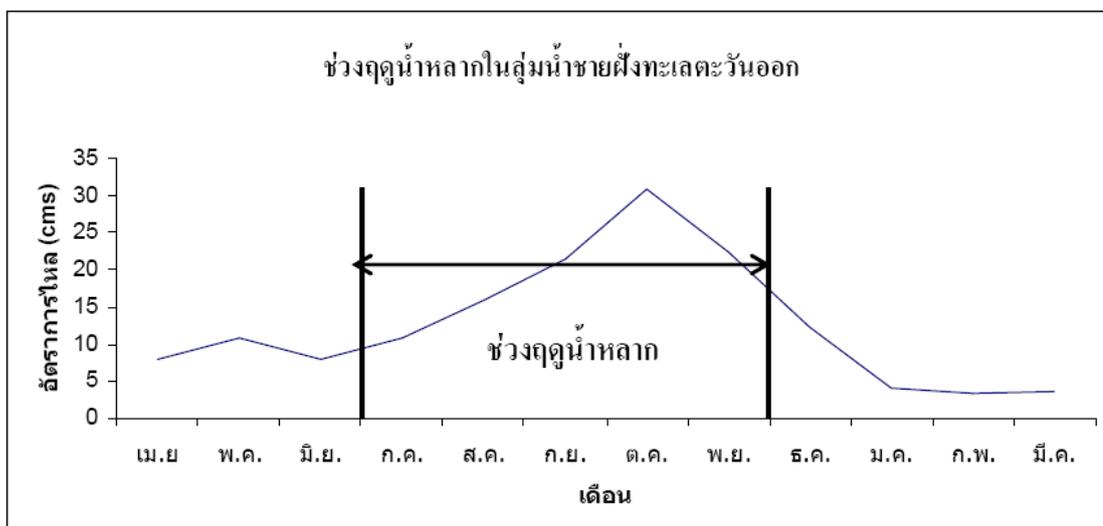
กลุ่มน้ำ	ช่วงฤดูน้ำหลาก
ลุ่มน้ำน่าน	เมษายน-ตุลาคม
ลุ่มน้ำมูล	มิถุนายน-พฤศจิกายน
ลุ่มน้ำชายฝั่งภาคตะวันออก	มิถุนายน-พฤศจิกายน
ลุ่มน้ำตาปี	กันยายน-กุมภาพันธ์
ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	สิงหาคม-มกราคม
ลุ่มน้ำภาคใต้ตอนล่างฝั่งตะวันออก	กันยายน-กุมภาพันธ์



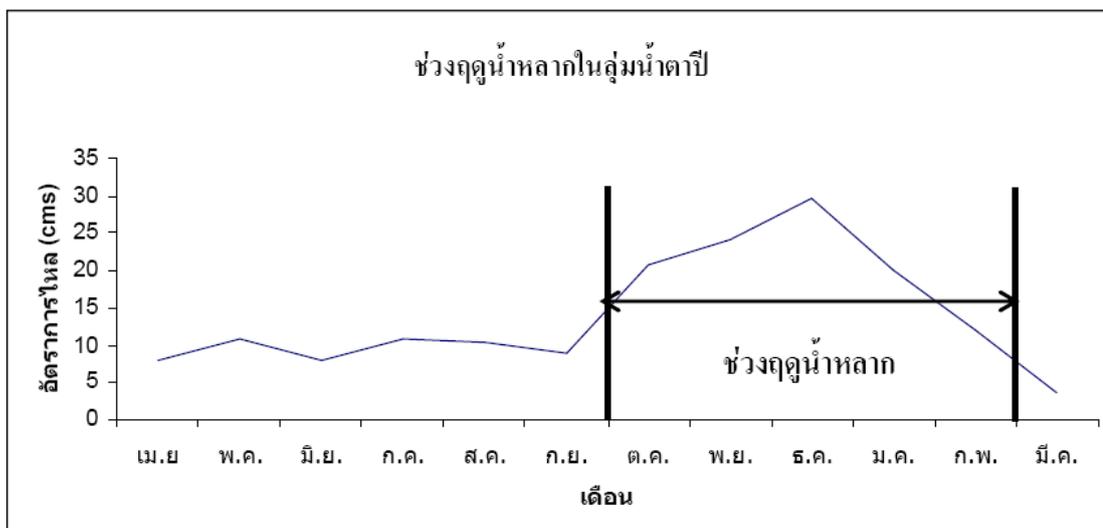
รูปที่ 3.7 ช่วงฤดูน้ำหลากในลุ่มน้ำน่าน



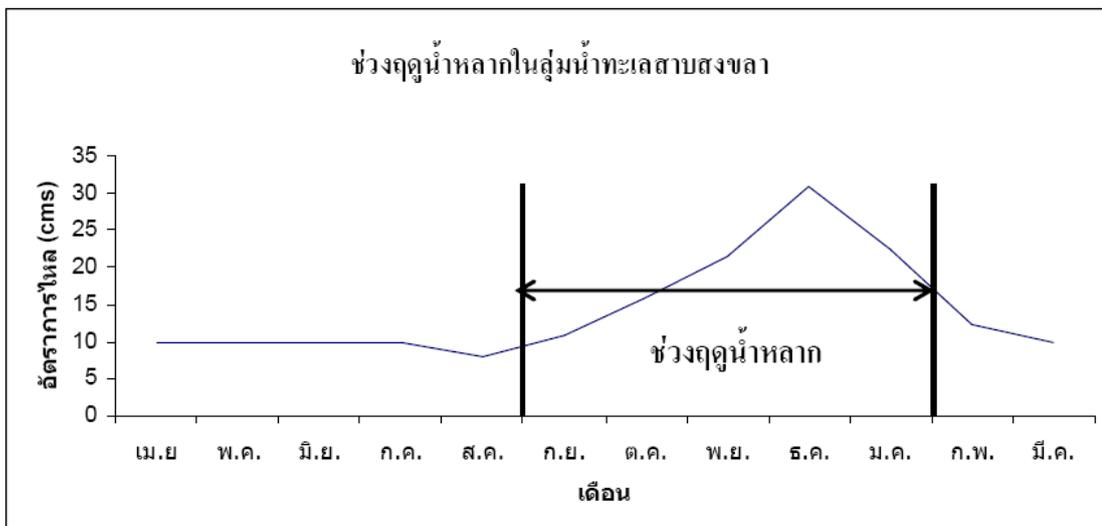
รูปที่ 3.8 ช่วงฤดูน้ำหลากในลุ่มน้ำมูล



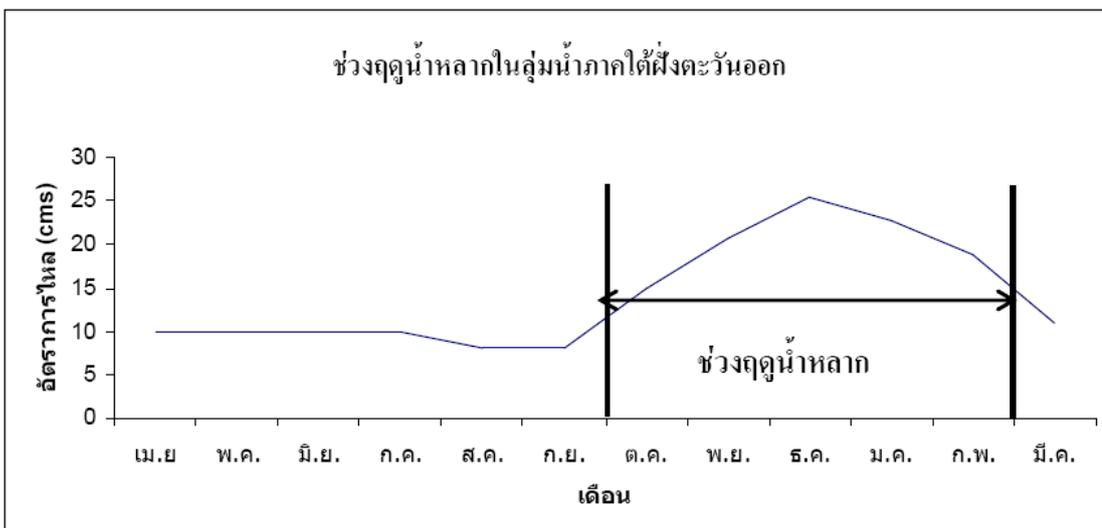
รูปที่ 3.9 ช่วงฤดูน้ำหลากในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก



รูปที่ 3.10 ช่วงฤดูน้ำหลากในลุ่มน้ำตาปี



รูปที่ 3.11 ช่วงฤดูน้ำหลากในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา



รูปที่ 3.12 ช่วงฤดูน้ำหลากในลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก

ตารางที่ 3.12 ปีที่เลือกมาใช้ทำการวิเคราะห์ในแต่ละลุ่มน้ำ

ลุ่มน้ำ	ลุ่มน้ำย่อย	ปี (พ.ศ.)
ลุ่มน้ำน่าน	N44	2522,2523,2524,2525,2526,2527,2528,2529,2530
	N47	2522,2530,2525,2528,2529,2530,2531
	N49	2522,2523,2524,2525,2527,2528,2529,2530
	N50	2523,2524,2525,2527,2528,2529,2530,2531
ลุ่มน้ำมูล	M91	2533,2534,2536
	M142	2533,2534,2536,2539
	M143	2533,2536,2537,2539
	M144	2533,2534,2537
ลุ่มน้ำชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียง	Z.14	2529,2530,2531,2532,2534,2535,2536,2539,2540,2541,2542
ลุ่มน้ำตาปี	X.163	2530,2533,2534,2535,2536,2537,2538,2539
ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	X.71	2530,2531,2532,2533,2534,2535,2536,2537,2538,2540
	X.111	2530,2531,2532,2533,2534,2535,2537,2538
	X.113	2530,2531,2532,2534,2535,2536,2537,2538,2539,2540
ลุ่มน้ำภาคใต้ตอนล่างฝั่งตะวันออกเฉียง	X.73	2529,2530,2531,2533,2534,2535,2536,2537,2538,2539,2540,2541 2542,2543

### 3.1.3 การหาค่าปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยของลุ่มน้ำย่อย (Areal Average Rainfall)

การหาค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของลุ่มน้ำเป็นการวิเคราะห์การแจกแจงปริมาณน้ำฝนตามพื้นที่ ซึ่งในการวิเคราะห์นี้ ปริมาณน้ำฝนที่ได้จากทุกสถานีในพื้นที่ลุ่มน้ำและพื้นที่รอบๆลุ่มน้ำจะนำมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของน้ำฝนที่ตกในพื้นที่นั้น ในกรณีความลึกเฉลี่ยของน้ำฝนนิยมใช้คำว่า Equivalent Uniform Depth หรือชื่อย่อว่า EUD และในภาษาไทยจะเรียกว่า ความลึกสม่ำเสมอเทียบเท่าซึ่งมีความหมายว่า ความลึกของน้ำที่เกิดจากน้ำฝนหรือน้ำจากอากาศที่สมมุติให้ตกอย่างสม่ำเสมอเทียบเท่าทั่วพื้นที่ฝนตก ความลึกสม่ำเสมอเทียบเท่านี้จะ

นำไปใช้คำนวณหาปริมาณน้ำฝนจากพื้นที่รับน้ำฝน ซึ่งจะเป็นข้อมูลดิบในระบบพื้นที่ลุ่มน้ำในการเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าจากลุ่มน้ำ

การคำนวณหาค่าความลึกสม่าเสมอเทียบเท่าของน้ำฝนนั้น สามารถคำนวณได้ 3 วิธีด้วยกันดังนี้

1. เฉลี่ยด้วยวิธีคณิตศาสตร์ ( arithmetic mean )
2. เฉลี่ยด้วยวิธีทิสเซน ( thissen polygon )
3. เฉลี่ยด้วยวิธีเส้นชั้นน้ำฝน ( isohyets )

#### 1. เฉลี่ยด้วยวิธีคณิตศาสตร์ ( arithmetic mean )

วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด สามารถทำการคำนวณ โดยการเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนด้วยการรวบรวมปริมาณน้ำฝนทุกๆสถานีแล้วหารด้วยจำนวนสถานีวัดน้ำฝน ก็จะได้ค่าเฉลี่ยความลึกสม่าเสมอเทียบเท่าที่ต้องการ สถานีวัดน้ำฝนที่นำมาใช้จะเป็นสถานีที่ตั้งอยู่ภายในสันขอบเขตลุ่มน้ำเท่านั้น จะพบว่าวิธีนี้จะได้ผลถูกต้องดีนั้น พื้นที่ลุ่มน้ำนั้นจะต้องค่อนข้างเรียบสถานีวัดน้ำฝนติดตั้งกระจายกระจายสม่าเสมอทั่วพื้นที่ลุ่มน้ำ และข้อมูลในแต่ละสถานีจะมีค่าปริมาณน้ำฝนไม่แตกต่างกันจากค่าเฉลี่ยมากนัก ข้อจำกัดของวิธีนี้อาจทำให้ลดน้อยลงได้โดยการเอาสภาพภูมิประเทศในการเลือกที่ตั้งของสถานีมาทำการวิเคราะห์ด้วย

#### 2. วิธีเฉลี่ยทิสเซน ( thissen polygon )

วิธีนี้จะพยายามลดปัญหาความไม่สม่าเสมอในการกระจายที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝน โดยคำนึงถึงขนาดของพื้นที่ที่ซึ่งอยู่ภายใต้อิทธิพลของแต่ละสถานี และในการกำหนดว่าสถานีใดจะครอบคลุมพื้นที่เท่าใด ให้สร้างรูปสามเหลี่ยมทิสเซน ( thissen polygon )

หลักในการสร้างรูปสามเหลี่ยมก็คือ การลากเส้นตรงแบ่งครึ่งและตั้งฉากกับเส้นเชื่อมระหว่าง 2 สถานีที่อยู่ใกล้กัน ในบางครั้งเส้นขอบเขตของลุ่มน้ำจะประกอบกันเป็นรูปเหลี่ยม จุดตัดของเส้นแบ่งครึ่งตั้งฉากดังกล่าวก็คือ มุมของรูปเหลี่ยมนั่นเอง พื้นที่รูปเหลี่ยมของแต่ละสถานีหารด้วยพื้นที่ของลุ่มน้ำทั้งหมดจะเป็นตัว weighting factor สำหรับแต่ละสถานีนั้น

จะเห็นว่าวิธีนี้มีหลักเกณฑ์ดีกว่าการเฉลี่ยแบบเลขคณิตศาสตร์ซึ่งให้หลักการเฉลี่ยสมมติว่าแต่ละสถานีมีความสำคัญเท่ากัน วิธีนี้เหมาะกับพื้นที่ขนาดใหญ่ ข้อที่อาจทำให้ผลผิดพลาดก็คือ สถานีที่ครอบคลุมพื้นที่มาก ถ้าวัดปริมาณน้ำฝนผิดพลาดก็จะทำให้ค่าเฉลี่ยคลาดเคลื่อนมากด้วย หากพื้นที่มีลักษณะลุ่มๆดอนๆหรือมีภูเขาสูง จะทำให้การหาความสม่าเสมอเทียบเท่า

ผิดพลาดง่าย ข้อเสียอีกประการหนึ่งก็คือ จะต้องสร้างรูปสามเหลี่ยมใหม่ทุกครั้ง หากโครงข่ายหรือจำนวนสถานีในกลุ่มน้ำเปลี่ยนแปลง

### 3.วิธีเฉลี่ยด้วยเส้นชั้นน้ำฝน ( isohyets )

วิธีนี้เป็นวิธีที่ค่อนข้างละเอียดและถูกต้องในการคำนวณหาค่าความลึกสมมติเสมอเทียบเท่าของปริมาณน้ำฝน เพราะใช้เส้นชั้นน้ำฝนเป็นหลัก ซึ่งดีกว่า 2 วิธีข้างต้น เส้นชั้นน้ำฝนก็คือ เส้นที่ลากผ่านบริเวณที่มีความลึกของน้ำฝนเท่าๆกันโดยประมาณ ที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จะเขียนลงบนแผนที่ จากนั้นทำการลากเส้นชั้นน้ำฝนในขั้นแรกและทำการหาค่าเฉลี่ยของน้ำฝนในพื้นที่ระหว่างเส้นชั้นน้ำฝนซึ่งปกติคือค่าเฉลี่ยของความลึกของเส้นชั้นน้ำฝนทั้งสองนั่นเอง คุณค่าเฉลี่ยความลึกของน้ำฝนด้วยพื้นที่ระหว่างเส้นชั้นน้ำฝนและรวมกันให้ครบทุกเส้นชั้นน้ำฝน ความลึกสมมติเสมอเทียบเท่าก็คือ ผลรวมดังกล่าวหารด้วยพื้นที่ทั้งหมดของกลุ่มน้ำนั่นเอง

ในการศึกษาได้ใช้วิธีทิสเซน( thissen polygon ) ในการหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของกลุ่มน้ำย่อยและได้แสดงค่า weighting factor ดังตารางที่ 3.12-3.17 เนื่องจากเป็นวิธีที่ลดปัญหาความไม่สม่ำเสมอในการกระจายที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนได้ดีพอสมควรและสามารถใช้ประมาณปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของพื้นที่ที่มีฝนไม่สม่ำเสมอได้ดีพอสมควรประกอบกับการคำนวณไม่ยุ่งยากและไม่ใช้เวลาในการคำนวณมากไป

ตารางที่ 3.13 ค่า weighting factor ของกลุ่มน้ำย่อยในกลุ่มน้ำน่าน

กลุ่มน้ำย่อย	สถานีวัดน้ำฝน		
	28042	28053	28073
N44	0.616	-	0.384
N47	1.000	-	-
N49	0.944	-	0.056
N50	0.966	0.034	-

ตารางที่ 3.14 ค่า weighting factor ของลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำมูล

ลุ่มน้ำย่อย	สถานีวัดน้ำฝน		
	57063	57102	57160
M91	-	-	1.000
M142	0.506	0.494	-
M143	1.000	-	-
M144	-	1.000	-

ตารางที่ 3.15 ค่า weighting factor ของลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำชายฝั่งตะวันออก

ลุ่มน้ำย่อย	สถานีวัดน้ำฝน		
	06062	06121	06022
Z.14	-	-	1.000

ตารางที่ 3.16 ค่า weighting factor ของลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำตาปี

ลุ่มน้ำย่อย	สถานีวัดน้ำฝน		
	27112	27082	27151
X.163	1.000	-	-

ตารางที่ 3.17 ค่า weighting factor ของลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

ลุ่มน้ำย่อย	สถานีวัดน้ำฝน				
	58022	58102	58210	58221	58332
X.71	0.162	-	0.634	-	0.204
X.111	-	0.568	-	0.432	-
X.113	-	0.171	-	0.829	-

ตารางที่ 3.18 ค่า weighting factor ของลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำภาคใต้ตอนล่างฝั่งตะวันออก

ลุ่มน้ำย่อย	สถานีวัดน้ำฝน		
	29022	29112	29141
X.73	1.000	-	-

### 3.1.4 วิธีการคำนวณ

Storage routing model (Hoshi. K, 2000) ใช้หลักการหาความสัมพันธ์ระหว่าง input คือ ปริมาณฝนและ output คืออัตราการไหลดังแสดงในรูปที่ 3.13

Diagram of rainfall-runoff process



Change of storage

$$r(t)$$

$$\frac{ds}{dt}$$

$$q(t)$$

รูปที่ 3.13 แผนผังของกระบวนการ rainfall-runoff

$$\frac{ds}{dt} = r(t) - q(t)$$

Continuity equation

$$s = f(q)$$

Storage function

$$s = k_1 q + \frac{d}{dt}(q)$$

Linear equation

$$s = k_1 q^{p_1} + \frac{d}{dt}(q^{p_2})$$

Nonlinear equation

Baba. H , Hoshi . K and Hashimoto . N (2000) ได้พัฒนา Storage Routing Model โดยการเปลี่ยนจากการใช้ Effective rainfall มาเป็น Total rainfall กับ Loss Mechanisms ในการใช้คำนวณในแบบจำลอง ดังสมการ

$$s = k_1 q^{p_1} + k_2 \frac{d}{dt}(q^{p_2}) \quad (3.1)$$

$$\frac{ds}{dt} = r - q - p \quad (3.2)$$

$$p = \alpha q \quad (3.3)$$

โดยที่  $s$  คือ ค่ากักเก็บ (มม.)

$r$  คือ คือน้ำฝนที่ได้จากการวัด (มม.)

$q$  คือ คือปริมาณการไหลที่ได้จากการวัด (มม.)

$p$  คือ คือ ค่าความสูญเสีย (มม.)

$k_1, k_2$  คือ สัมประสิทธิ์ของค่ากักเก็บ

$\alpha$  คือ พารามิเตอร์สูญเสียน้ำ

$p_1, p_2$  คือ storage exponent (0.6, 0.465)

จากการพัฒนาแบบจำลองได้กำหนดพารามิเตอร์ ( $\alpha$ ) ขึ้นและพารามิเตอร์นี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำ โดยมีความสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพดังนี้

$$\frac{1}{1+\alpha} = \frac{f}{\beta} \cong \frac{Q}{R} \quad (3.4)$$

โดยที่  $\beta$  = direct runoff depth/total runoff depth

$f$  = runoff coefficient

$Q$  = total runoff depth(mm)

$R$  = total rainfall (mm)

Hoshi . K., Miyahara .M., Hashimoto .N ได้ประยุกต์ใช้ Kinematic wave และ Storage Routing Model เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางอุทกวิทยากับลักษณะทางกายภาพได้ในลุ่มน้ำย่อยได้ดังนี้

แบบจำลองในลุ่มน้ำย่อย (Rainfall-runoff model in the subbasin)

$$\frac{ds}{dt} = r - q - b + q_0 \quad (3.5)$$

$$s = k_1 q^{p_1} + k_2 \frac{d}{dt} (q^{p_2}) \quad (3.6)$$

$$b = k_{13} q \quad (3.7)$$

$$q_0 = q_b \exp(-\lambda t) \quad (3.8)$$

โดยที่  $s$  คือ ค่ากักเก็บ (มม.)

$r$  คือ น้ำฝนที่ได้จากการวัด (มม.)

$q$  คือ ปริมาณการไหลที่ได้จากการวัด (มม.)

$b$  คือ ค่าความสูญเสียน้ำ (มม.)

$q_0$  คือ ค่าเริ่มต้นของปริมาณการไหล (มม.)

$q_b$  คือ ปริมาณการไหลน้ำใต้ดิน (มม.)

$k_{11}, k_{12}$  คือ สัมประสิทธิ์ของค่ากักเก็บ

$k_{13}$  คือ พารามิเตอร์สูญเสีย

$p_1, p_2$  คือ storage exponent

$\lambda$  คือ recession coefficient

พารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าในแบบจำลองแสดงในสมการ

$$k_{11} = c_{11}A^{0.24} \quad (3.9)$$

$$k_{12} = c_{12}k_{11}^2(\bar{r})^{-0.2648} \quad (3.10)$$

$$c_{13} = 1 + k_{13} \quad (3.11)$$

โดยที่  $k_{11}, k_{12}$  คือ สัมประสิทธิ์ของค่ากักเก็บ

$k_{13}$  คือ พารามิเตอร์สูญเสีย

$A$  คือ พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)

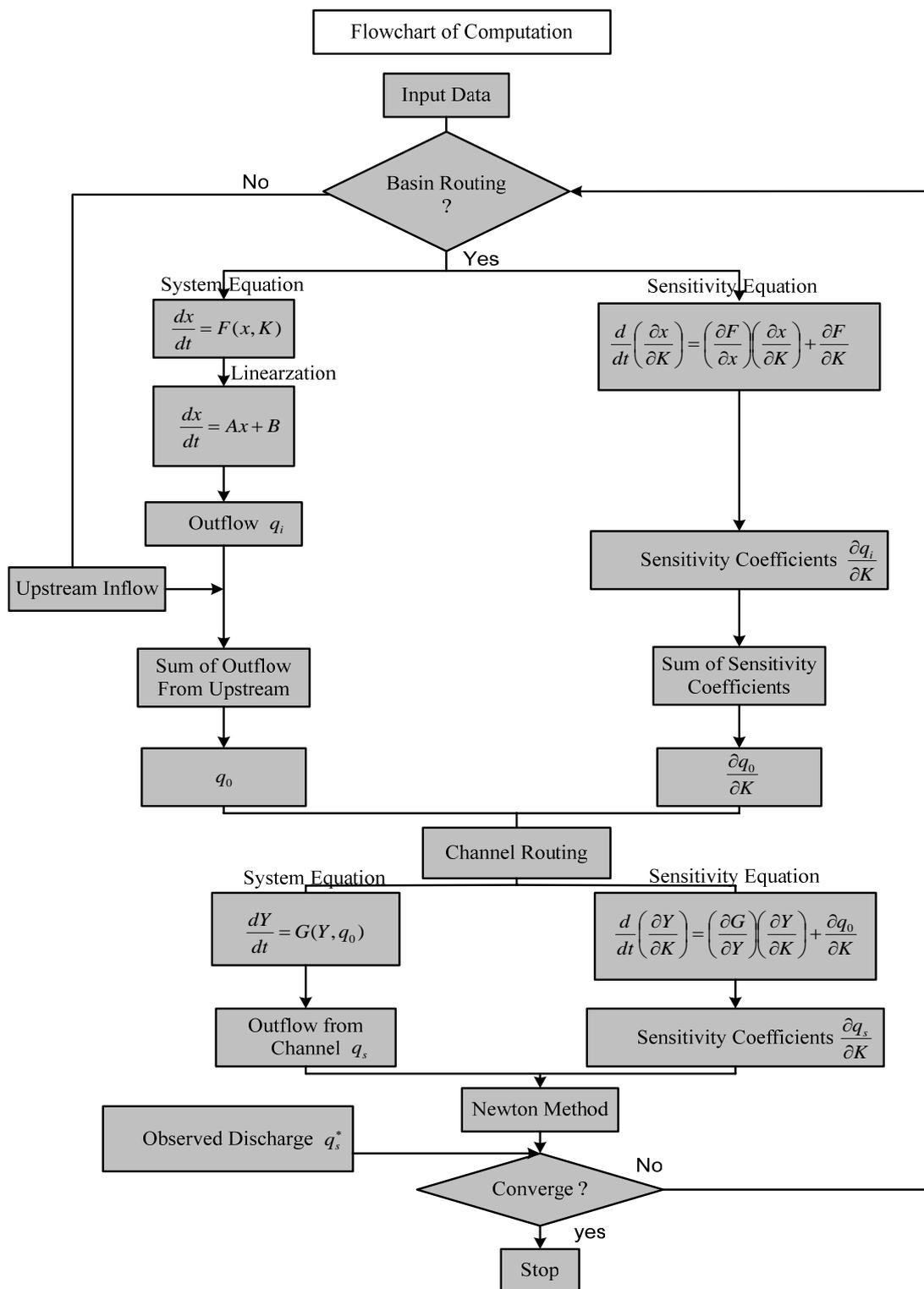
$\bar{r}$  คือ ความเข้มฝนเฉลี่ย (มม.)

$c_{11}, c_{12}, c_{13}$  คือ พารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า

พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในแบบจำลองหาได้ด้วย Newton-Rapshon method คู่กับ Sensitivity Analysis และพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในแบบจำลองจะขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำ ซึ่งการประยุกต์แบบจำลองนี้สามารถหาปริมาณการไหลได้ในลุ่มน้ำย่อย

## วิธีการคำนวณ

วิธีการคำนวณในแบบจำลองดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 แผนผังแสดงการคำนวณของแบบจำลอง

### วิธี NEWTON-RAPHSON

วิธี NEWTON-RAPHSON เป็นวิธีที่สามารถหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในแบบจำลองโดยอธิบายได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$f(x)=0 \rightarrow x? \quad (3.24)$$

$$x_{k+1} = x_k + \Delta x_k \quad (3.25)$$

$$f(x_{k+1}) = f(x_k) + \left( \frac{\partial f}{\partial x} \right)_{x_k} (x_{k+1} - x_k) = 0 \quad (3.26)$$

$$\Delta x_k = x_{k+1} - x_k = -f(x_k) / \left( \frac{\partial f}{\partial x} \right)_{x_k} \quad (3.27)$$

### SENSITIVITY COEFFICIENTS (FIRST DERIVATIVES)

1. ระบบของสมการ (e.g., nonlinear storage routing model)

$$\frac{dX}{dt} = F(X, K) \quad (3.28)$$

เมื่อ  $X$ : state vector,  $K$ : parameter vector

2. Sensitivity equation (solution for sensitivity coefficients)

$$\frac{\partial}{\partial K} \left( \frac{\partial X}{\partial t} \right) = \left( \frac{\partial F}{\partial X} \right) \left( \frac{\partial X}{\partial K} \right) + \frac{\partial F}{\partial K} \quad (3.29)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\partial X}{\partial K} \right) = \left( \frac{\partial F}{\partial X} \right) \left( \frac{\partial X}{\partial K} \right) + \frac{\partial F}{\partial K} \quad (3.30)$$

$$\frac{dU}{dt} = \left( \frac{\partial F}{\partial X} \right) U + \frac{\partial F}{\partial K} \quad (3.31)$$

โดยที่  $U = \frac{\partial X}{\partial K}$  (sensitivity coefficients) (3.32)

$$U(0) = 0 \quad (\text{initial condition}) \quad (3.33)$$

### 3.1.5 การตรวจสอบความแม่นยำของค่าที่ได้จากการคำนวณ

#### 3.5.1 Relative error of observed and computed peak discharges : $JPE$

$$J_{PE} = \frac{|q_p^* - q_p|}{q_p^*} \quad (3.34)$$

$q_p^*$  คือ ปริมาณการไหลรายวันสูงสุดที่วัดได้จริงวันที่  $i$  (มม.)

$q_p$  คือ ปริมาณการไหลรายวันสูงสุดที่คำนวณได้วันที่  $i$  (มม.)

#### 3.5.2 Relative error of observed and computed hydrographs : $JRE$

$$J_{RE} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|q_{si}^* - q_{si}|}{q_{si}^*} \quad (3.35)$$

$q_{si}^*$  คือ ปริมาณการไหลรายวันที่วัดได้จริงวันที่  $i$  (มม.)

$q_{si}$  คือ ปริมาณการไหลรายวันที่คำนวณได้วันที่  $i$  (มม.)

$N$  คือ จำนวนข้อมูล

## 3.2 การประเมินการไหลโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลตามลักษณะทางกายภาพ

### 3.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาประกอบด้วย ข้อมูลทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เช่น ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลปริมาณน้ำท่า เป็นต้น และข้อมูลทางกายภาพของกลุ่มน้ำ ได้แก่ ลักษณะการใช้ที่ดิน ลักษณะชนิดของดิน ลักษณะชนิดของหิน

#### ข้อมูลปริมาณน้ำฝน

ข้อมูลน้ำฝนรายเดือน ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสถิติข้อมูลน้ำฝนของกรมชลประทาน ซึ่งใช้ข้อมูลวัดน้ำฝนแบบธรรมดาและแบบอัตโนมัติ ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลจะแตกต่างกันไปแต่ละสถานี ในการศึกษาได้เลือกใช้สถานีน้ำฝน 7 สถานีซึ่งได้แสดงในตารางที่ 3.19

ตารางที่ 3.19 ที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝนในกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

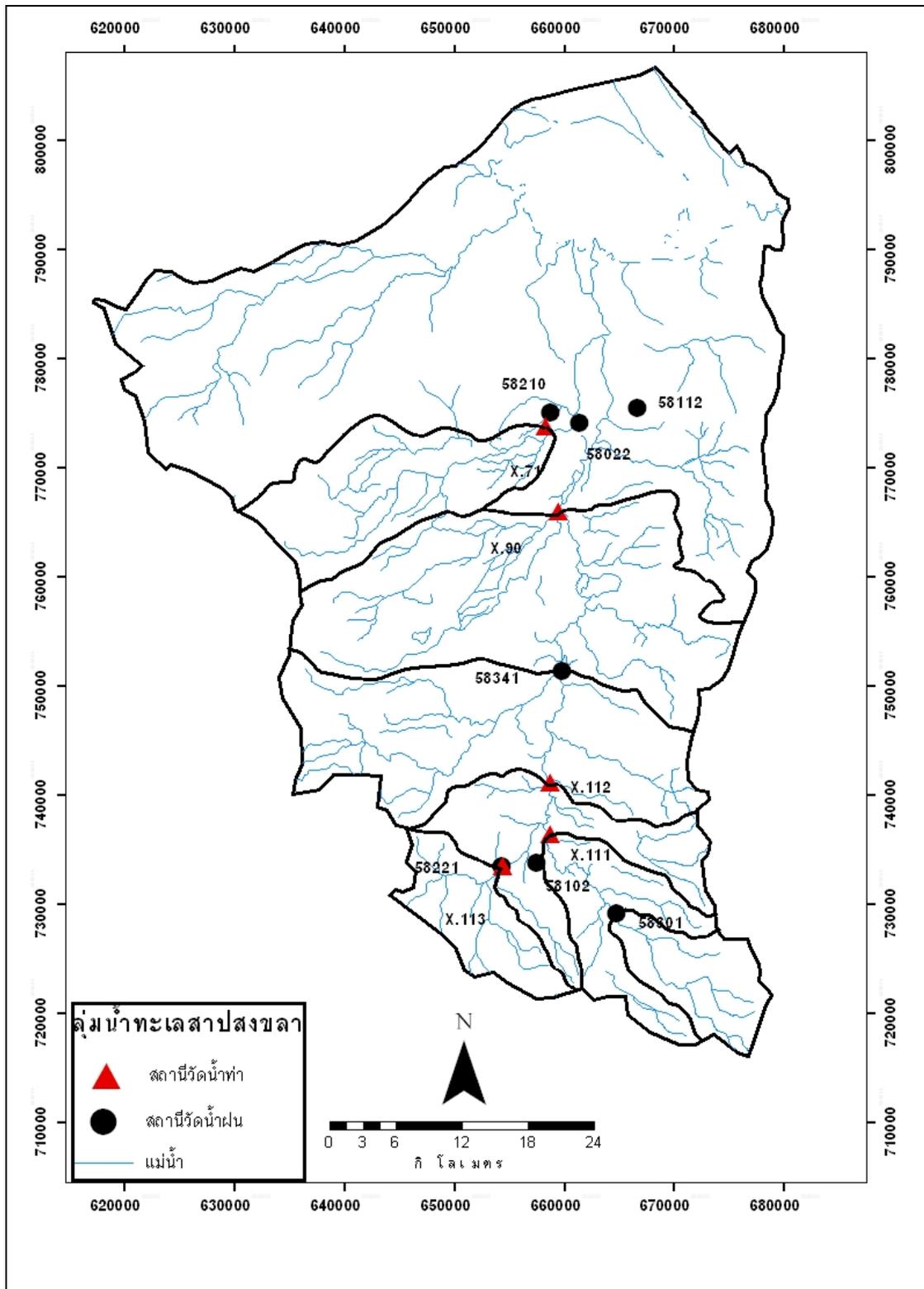
ชื่อสถานี	ที่ตั้ง	ช่วงข้อมูล (พ.ศ.)	ตำแหน่ง	
			เส้นรุ้ง	เส้นแวง
58301	อ.สะเดา (X.172)	2531-2548	06°35'38"N	100°29'25"E
58221	อ.สะเดา (X.113)	2532-2548	06°37'59"N	100°23'46"E
58102	อ.สะเดา	2509-2548	06°38'10"N	100°25'30"E
58341	คลองคูตะเภา (X.173)	2509-2548	06°47'44"N	100°26'46"E
58022	อ.หาดใหญ่	2495-2548	07°00'03"N	100°27'40"E
58210	คลองวัด อ.หาดใหญ่	2518-2548	07°00'34"N	100°26'14"E
58112	บ้านคองหงษ์ อ.หาดใหญ่	2497-2548	07°00'50"N	100°30'33"E

#### ข้อมูลปริมาณน้ำท่า

ในการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือน ได้ทำการเก็บรวบรวมจากสถิติข้อมูลปริมาณน้ำท่าของกรมชลประทานและกรมอุตุวิทยามหาวิทยาลัย ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลจะแตกต่างกันไปในแต่ละสถานี ในการศึกษาได้เลือกใช้สถานีวัดน้ำท่าซึ่งได้แสดงในตารางที่ 3.20

ตารางที่ 3.20 ที่ตั้งสถานีวัดน้ำท่าในกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

ชื่อ สถานี	ที่ตั้ง		ช่วงข้อมูล (พ.ศ.)	เส้นรุ้ง	เส้นแวง	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)
	อำเภอ	จังหวัด				
X.71	อ.หาดใหญ่	จ.สงขลา	1967-2005	06°59'55"N	100°25'58"E	127
X.90	อ.หาดใหญ่	จ.สงขลา	1979-2005	06°55'39"N	100°26'37"E	1,562
X.111	อ.สะเดา	จ.สงขลา	1979-2005	06°39'37"N	100°26'09"E	256
X.112	อ.สะเดา	จ.สงขลา	1979-2005	06°42'41"N	100°26'10"E	493
X.113	อ.สะเดา	จ.สงขลา	1979-2005	06°37'59"N	100°23'46"E	129



รูปที่ 3.15 สถานีวัดน้ำฝนและน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษาในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

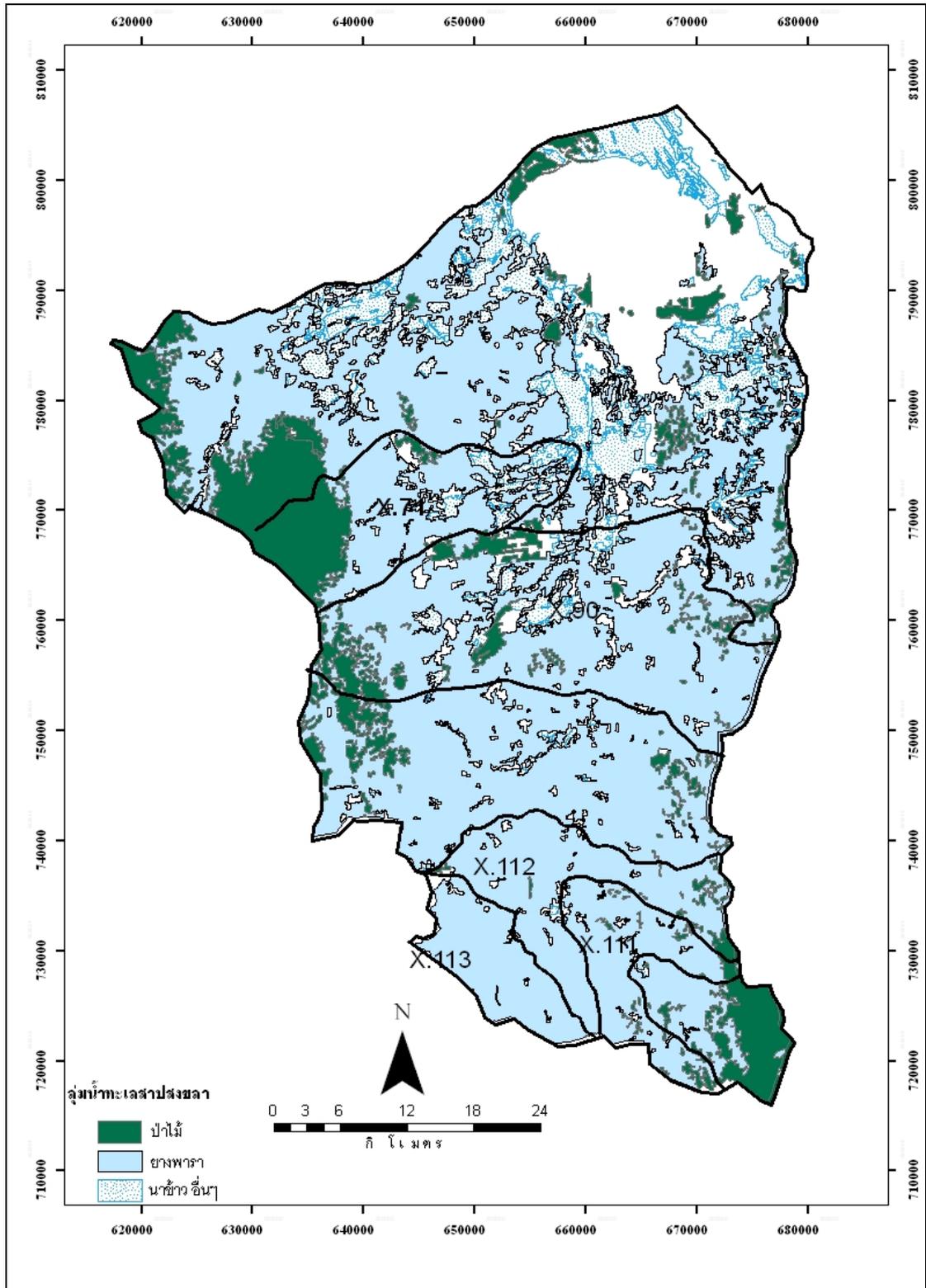
### ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำ

ลักษณะทางกายภาพที่คาดว่าจะมีผลต่อปริมาณการไหลของน้ำในกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา คือลักษณะการใช้ที่ดิน ลักษณะชนิดของดิน และลักษณะทางธรณีวิทยาของกลุ่มน้ำ ดังนั้นจึงได้ทำการเก็บและรวบรวมข้อมูลดังกล่าว ได้แก่

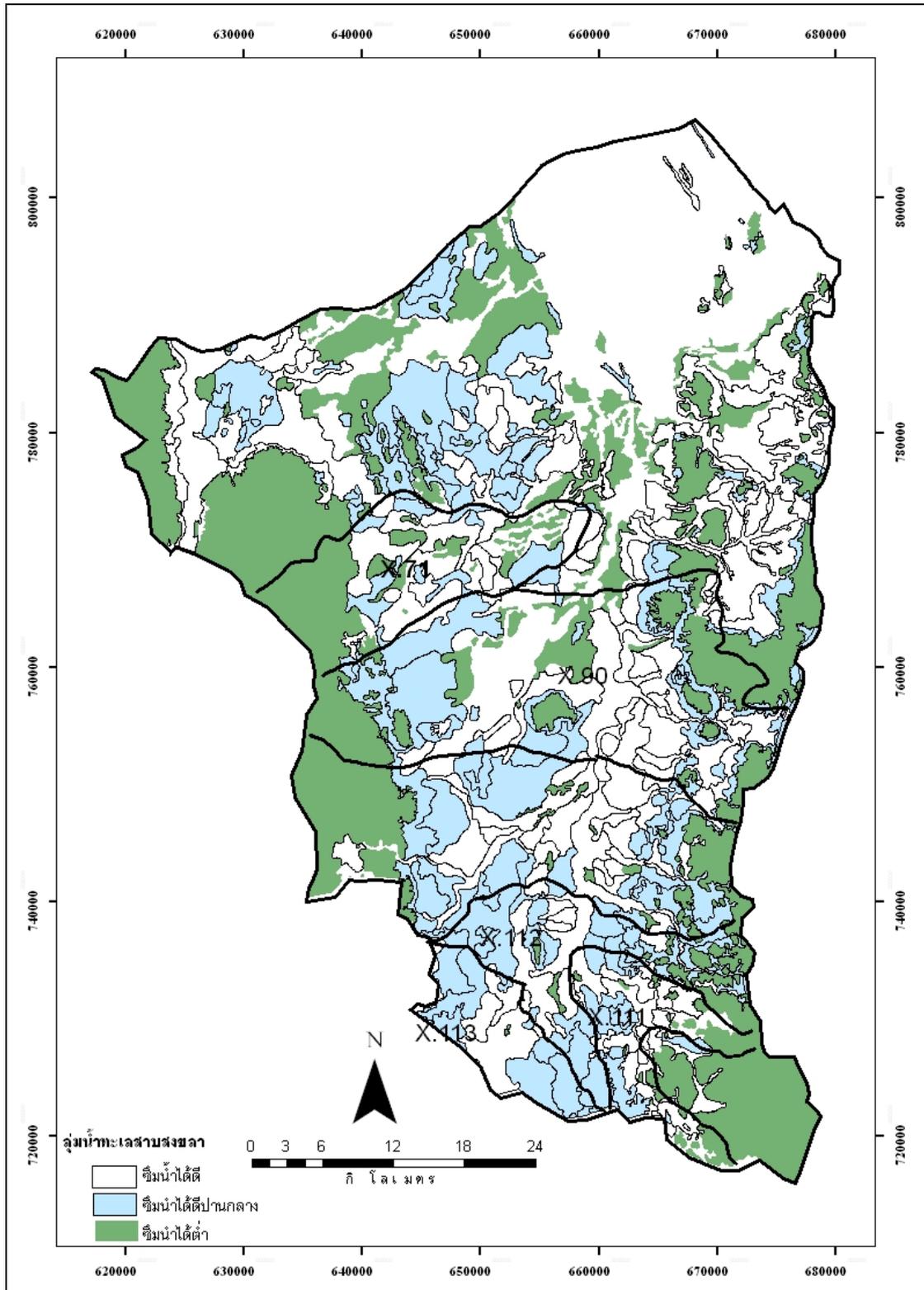
แผนที่การใช้ที่ดิน แสดงลักษณะการใช้ที่ดินในกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ดังแสดงในรูปที่ 3.16 โดยทั่วไปจะเป็นสวนยางพาราและป่าไม้ โดยมีพื้นที่นาข้าวและพื้นที่เมืองเป็นบางส่วน

แผนที่ชนิดของดิน เป็นแผนที่แสดงลักษณะชนิดดินต่างๆในกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ดังแสดงในรูปที่ 3.17

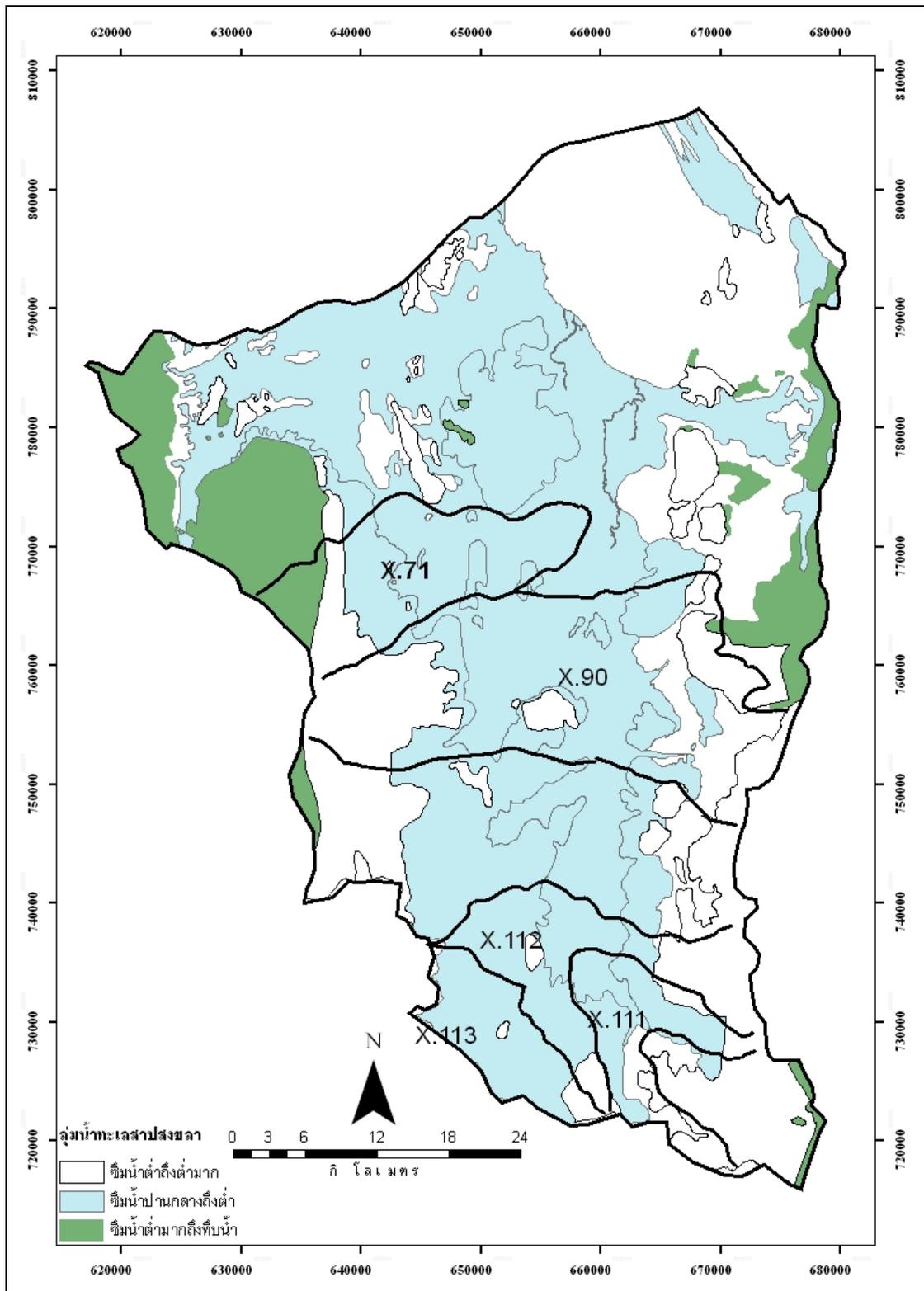
แผนที่ทางธรณีวิทยา แสดงลักษณะชนิดของหินในกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา โดยทั่วไปจะเป็นหินชั้นและหินแปร ดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.16 แสดงการใช้ที่ดินในกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา



รูปที่ 3.17 แสดงชนิดของดินในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา



รูปที่ 3.18 แสดงชนิดของหินในกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

### 3.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

#### การประเมินค่าปริมาณน้ำฝนที่หายไป

สถานีวัดน้ำฝนจำนวนมากไม่มีข้อมูลติดต่อกันได้เป็นเวลานานๆ จะมีช่วงเวลาที่ข้อมูลขาดหายไป การประมาณค่าข้อมูลที่ขาดหายไปอาจกระทำได้ 3 วิธี คือ

1. การหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากสถานีใกล้เคียงอย่างน้อย 3 สถานี (arithmetic mean)
2. การหาค่าจากการเขียนเส้นชั้นความลึกน้ำฝน (isohyets)
3. การหาค่าโดยวิธีสัดส่วนปกติ (normal ratio method)

สำหรับวิธี Arithmetic mean และ isohyets นั้นจะให้ค่าที่ได้จากการประมาณจะเป็นค่าที่ไม่ละเอียดเท่าที่ควร และมีความน่าเชื่อถือได้น้อย ดังนั้นวิธี normal ratio จึงเป็นวิธีการหาข้อมูลที่หายไปได้ดีที่สุด

การแจกแจงตามพื้นที่วิธีสัดส่วนปกตินี้จะใช้ในกรณีที่ข้อมูลน้ำฝนแตกต่างกันมากในแต่ละสถานี ซึ่งใช้ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนตลอดปี (normal annual rainfall) เป็นเกณฑ์การเปรียบเทียบ ถ้าค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนตลอดปีของสถานีใกล้เคียง 3 สถานีที่จะนำข้อมูลมาเฉลี่ยหาข้อมูลของสถานีที่หายไปแตกต่างกันไม่เกิน 10% ของสถานีที่ข้อมูลหายไป สามารถคำนวณหาข้อมูลที่หายไปด้วยการเฉลี่ยแบบคณิตศาสตร์จาก 3 สถานีใกล้เคียง แต่หากว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนตลอดปีของสถานีทั้ง 3 แตกต่างกันเกิน 10% ควรใช้สัดส่วนปกติซึ่งข้อมูลน้ำฝนจากสถานีใกล้เคียงที่เลือกมาใช้จะเฉลี่ยโดยใช้อัตราส่วนของค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีที่ข้อมูลหายไปกับสถานีใกล้เคียงดังสมการ (Paulhas and Kohler ,1952)

$$P_x = \frac{1}{n} [(N_x/N_a)(P_a) + (N_x/N_b)(P_b) + (N_x/N_c)(P_c) + \dots] \quad (3.36)$$

โดยที่  $P_x$  = ค่าของปริมาณน้ำฝนที่หายไปและต้องการจะประมาณ

$N$  = ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนตลอดปีของสถานีที่ข้อมูลหายไป

$N_a, N_b, N_c$  = ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนตลอดปีของสถานี a, b, c, ... ที่เลือกเป็นสถานีดัชนี

$P_a, P_b, P_c$  = ค่าของน้ำฝนที่วัดได้ของสถานี a, b, c, ... ในช่วงเวลาเดียวกับที่ข้อมูลที่สถานี X หายไป

### การประมาณค่าข้อมูลที่หายไปของข้อมูลน้ำท่า

การประมาณค่าข้อมูลที่ขาดหายไป (missing data) ของข้อมูลปริมาณน้ำท่าทำใช้วิธีการทางสถิติคือ วิธี multiple regression analysis หากความสัมพันธ์ของการไหลรายเดือนของสถานีต่างๆในบริเวณใกล้เคียงกัน สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Q_x = a_0 + a_1Q_1 + a_2Q_2 + a_3Q_3 + \dots \quad (3.37)$$

เมื่อ  $Q_x$  = ปริมาณการไหลรายเดือนของน้ำที่ข้อมูลหายไป

$Q_1, Q_2, Q_3, \dots$  = ปริมาณการไหลรายเดือนของน้ำที่วัดได้ที่สถานี 1, 2, 3, ..

$a_1, a_2, a_3, \dots$  = สัมประสิทธิ์ของสมการ Multiple regression

### 3.2.3 การหาค่าปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยของกลุ่มน้ำย่อย (Areal Average Rainfall)

ในการศึกษาได้ใช้วิธีทิสเซน (thissen polygon) ในการหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของกลุ่มน้ำย่อยและได้แสดงค่า weighting factor ดังตารางที่ 3.21 เนื่องจากเป็นวิธีที่ลดปัญหาความไม่สม่ำเสมอในการกระจายที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนได้ดีพอสมควรและสามารถใช้ประมาณปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของพื้นที่ที่มีฝนไม่สม่ำเสมอได้ดีพอสมควรประกอบกับการคำนวณไม่ยุ่งยากและไม่ใช้เวลาในการคำนวณมากไป

ตารางที่ 3.21 ค่า weighting factor ของกลุ่มน้ำย่อยในกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

กลุ่มน้ำย่อย	สถานีวัดน้ำฝน						
	58310	58221	58102	58341	58022	58210	58112
X.71	-	-	-	-	0.3	0.7	-
X.90	-	0.2	-	0.6	-	0.2	-
X.111	0.9	0.05	0.05	-	-	-	-
X.112	0.4	0.3	0.3	-	-	-	-
X.113	-	1.0	-	-	-	-	-

### 3.2.4 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ของการไหลและปริมาณน้ำฝน

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่าและข้อมูลปริมาณน้ำฝนในกลุ่มน้ำย่อยต่างๆ และจากการคำนวณปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยจากกลุ่มน้ำย่อยนั้นๆ ข้อมูลดังกล่าวได้ถูกนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติอย่างง่าย ๆ คือ วิธี Simple Linear Regression เปรียบเทียบกับวิธี Simple Non - Linear Regression

#### Simple Linear Regression

ถ้าให้  $Q_i / P_i$  คือ สัมประสิทธิ์การไหลของกลุ่มน้ำย่อยที่  $i$

$$K_i = Q_i / P_i \quad (3.38)$$

โดยที่  $Q_i$  คือ ความลึกการไหลรายเดือนของกลุ่มน้ำย่อย  $i$  (mm)

$P_i$  คือ ปริมาณน้ำฝนรายเดือนของกลุ่มน้ำย่อย  $i$  (mm)

และถ้าให้  $Q_i / P_i$  เป็น dependent variable (Y)

และให้  $P_i$  เป็น independent variable (X)

ลักษณะของสมการความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นตรง (Linear) เขียนได้เป็น

$$(Q/P)_i = aP_i + b \quad (3.39)$$

โดยที่  $P_i$  คือ ปริมาณน้ำฝนรายเดือนของกลุ่มน้ำย่อย  $i$  (mm)

$(Q/P)_i$  คือ สัมประสิทธิ์การไหลของกลุ่มน้ำย่อย  $i$

$a, b$  คือ สัมประสิทธิ์ของสมการเส้นตรง

$$a = \frac{n \sum (x * y) - \sum x * \sum y}{n * \sum (x^2) - (\sum x)^2} \quad (3.40)$$

$$b = \frac{\sum (y) - a * \sum x}{n} \quad (3.41)$$

### Simple Non - Linear Regression

ลักษณะสมการความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นโค้ง (Non Linear) สามารถเขียนได้เป็น

$$(Q/P)_i = aP_i^b \quad (3.42)$$

หรือสามารถทำให้เป็น Linear ได้โดยการทำให้อยู่ในรูป log คือ

$$\log(Q/P)_i = \log(a) + b \log(P)_i \quad (3.43)$$

ดังนั้นจะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง  $\log(Y)$  และ  $\log(X)$  เป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง

โดยที่  $P_i$  คือ ปริมาณน้ำฝนรายเดือนของกลุ่มน้ำย่อย  $i$  (mm)

$(Q/P)_i$  คือ สัมประสิทธิ์การไหลของกลุ่มน้ำย่อย  $i$

$a, b$  คือ สัมประสิทธิ์ของสมการเส้นตรง

$$\log(a) = \frac{\sum [\log(y)] - b * \sum [\log(x)]}{n} \quad (3.44)$$

$$b = \frac{n * \sum [\log(x) * \log(y)] - \sum [\log(x)] * \sum \log(y)}{n * \sum [\log(x)]^2 - [\sum \log(x)]^2} \quad (3.45)$$

การเปรียบเทียบการกระจายของข้อมูลรอบเส้นสมการ Regression ว่ามากน้อยเพียงใด จะพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient หรือ coefficient of determination) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้ คือ

สำหรับ Linear ค่า coefficient of determination ( $\rho$ )

$$\rho = \frac{\sum [\log(x) * \log(y)] - \frac{\sum \log(x) * \sum \log(y)}{n}}{\sqrt{\left[ (\log x)^2 - \frac{(\sum \log x)^2}{n} \right] * \left[ \sum (\log y)^2 - \frac{(\sum \log y)^2}{n} \right]}} \quad (3.46)$$

สำหรับ Non-linear ค่า coefficient of determination ( $\rho$ )

$$\rho = \frac{\sum(x * y) - \frac{\sum x * \sum y}{n}}{\sqrt{\left[ \sum(x^2) - \frac{(\sum x)^2}{n} \right] * \left[ \sum(y^2) - \frac{(\sum y)^2}{n} \right]}} \quad (3.47)$$

ค่าสัมประสิทธิ์จะมีค่าระหว่าง  $-1 < \rho < 1$

ถ้าค่า  $\rho$  เป็นบวกแสดงว่าค่า X และ Y สัมพันธ์กันแบบปฏิภาคโดยตรง คือ ค่า Y จะเพิ่มขึ้นเมื่อค่า X เพิ่มขึ้นด้วย

ถ้าค่า  $\rho$  เป็นลบ แสดงว่าค่า X และ Y สัมพันธ์กันแบบปฏิภาคผกผัน คือ ค่า Y จะลดลงเมื่อค่า X เพิ่มขึ้น

ถ้าค่า  $\rho$  เข้าใกล้  $-1$  หรือ  $1$  แสดงว่า ค่า X และ Y มีความสัมพันธ์กันมาก

ถ้าค่า  $\rho$  เข้าใกล้  $0$  แสดงว่า ค่า X และ Y ไม่มีความสัมพันธ์กัน

### 3.2.5 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพแบบต่างๆ ในลุ่มน้ำที่ทำการศึกษา

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ของการไหลของลักษณะทางกายภาพ ลักษณะต่างๆกับปริมาณน้ำฝน ได้เลือกลักษณะทางกายภาพที่นำมาพิจารณาได้แก่

ลักษณะการใช้ที่ดิน(Land Use)

ลักษณะชนิดของดิน(Soil Type)

ลักษณะชนิดของหิน(Rock Type)

ลักษณะทางกายภาพต่างๆ เหล่านี้ได้จาก แผนที่การใช้ที่ดิน แผนที่ชนิดของดิน และแผนที่ทางธรณีวิทยา

ข้อมูลที่ได้จากแผนที่ต่างๆ ดังกล่าว จะแสดงลักษณะการใช้ที่ดิน ลักษณะชนิดของดิน และลักษณะของหินไว้มากมายหลายประเภท สำหรับการศึกษาจะทำการจัดของลักษณะต่างๆ ดังกล่าวใหม่ โดยแบ่งแยกตามลักษณะความสามารถในการซึมน้ำ หรือระบายน้ำ และจัดกลุ่มให้เหลือเป็นประเภทใหญ่อย่างละ 3 ประเภท

จากสมมติฐานของการศึกษานี้คาดว่าลักษณะสัดส่วนของการกระจายลักษณะทางกายภาพต่างๆบนลุ่มน้ำนั้นมีอิทธิพลต่อค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลของลุ่มน้ำ ดังนั้นจึงต้อง

วิเคราะห์หาค่าพื้นที่ของลักษณะทางกายภาพต่างๆ ในแต่ละลุ่มน้ำย่อย เพื่อนำไปคำนวณหาสัดส่วนการกระจายของพื้นที่นั้นๆ

#### การหาพื้นที่ลักษณะการใช้ที่ดิน(Land Use)

จากข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน ในการศึกษานี้แบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามความสามารถในการซึมน้ำของการใช้ที่ดินและการใช้ที่ดินต่างๆ ได้แก่

ชนิดที่1: ยางพารา

ชนิดที่2: ป่าไม้

ชนิดที่3: นาข้าว อื่นๆ

#### การหาพื้นที่ลักษณะชั้นของดิน(Soil Type)

จากข้อมูลแผนที่ชนิดของดินจากกรมพัฒนาที่ดินโดยจัดกลุ่มของดินออกเป็น 3 ประเภทตามความสามารถในการซึมน้ำดังนี้

ชนิดที่1: ดินที่มีความสามารถในการซึมน้ำดี

ชนิดที่2: ดินที่มีความสามารถในการซึมน้ำดีปานกลาง

ชนิดที่3: ดินที่มีความสามารถในการซึมน้ำต่ำ

#### การหาพื้นที่ลักษณะชั้นของหิน(Rock Type)

จากข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยาจากกรมทรัพยากรธรณีวิทยาโดยได้แบ่งประเภทของลักษณะทางธรณีวิทยาได้3ประเภทได้แก่

ชนิดที่1: หินที่มีความสามารถในการซึมน้ำระดับปานกลางถึงต่ำ

ชนิดที่2: หินที่มีความสามารถในการซึมน้ำต่ำถึงต่ำมาก

ชนิดที่3: หินที่มีความสามารถในการซึมน้ำต่ำมากถึงที่บ้น้ำ

ซึ่งตารางแสดงการกระจายของลักษณะทางกายภาพทั้ง 3 ชนิด ตามลักษณะ

ความสามารถในการซึมน้ำและค่าสัดส่วน ได้แสดงไว้ดังตารางที่ 3.22-3.24

ตารางที่ 3.22 สัดส่วนของลักษณะการใช้ที่ดินในกลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

รหัส สถานี	พื้นที่รับน้ำ (กม <sup>2</sup> )	ชนิดที่ 1 ยางพารา	ชนิดที่ 2 ป่าไม้	ชนิดที่ 3 นาข้าว อื่นๆ
X.71	127	0.4763	0.3162	0.2055
X.90	1,562	0.7938	0.1562	0.0500
X.111	256	0.8191	0.1809	0.0000
X.112	493	0.8974	0.1026	0.000
X.113	129	1.0000	0.0000	0.0000

ตารางที่ 3.23 สัดส่วนของลักษณะชนิดของดินในกลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

รหัส สถานี	พื้นที่รับน้ำ (กม <sup>2</sup> )	ชนิดที่ 1 ดินที่มี ความสามารถใน การซึมน้ำดี	ชนิดที่ 2 ดินที่มี ความสามารถใน การซึมน้ำดีปาน กลาง	ชนิดที่ 3 ดินที่มี ความสามารถใน การซึมน้ำต่ำ
X.71	127	0.5496	0.0965	0.3539
X.90	1,562	0.3456	0.4487	0.2057
X.111	256	0.166	0.4121	0.4219
X.112	493	0.3960	0.3167	0.2873
X.113	129	0.0000	1.0000	0.0000

ตารางที่ 3.24 สัดส่วนของลักษณะชนิดของหินในกลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

รหัส สถานี	พื้นที่รับน้ำ (กม <sup>2</sup> )	ชนิดที่ 1 หินที่มี ความสามารถใน การซึมระดับปาน กลางถึงต่ำ	ชนิดที่ 2 หินที่มี ความสามารถใน การซึมน้ำต่ำถึงต่ำ มาก	ชนิดที่ 3 หินที่มี ความสามารถใน การซึมน้ำต่ำมาก ถึงที่บน้ำ
X.71	127	0.4759	0.3477	0.1764
X.90	1,562	0.5315	0.4052	0.0633
X.111	256	0.4122	0.5003	0.0875
X.112	493	0.5273	0.4191	0.0536
X.113	129	0.9190	0.0810	0.0000

### 3.2.6 การหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลของลักษณะทางกายภาพแบบต่างๆ

จากสมมติฐานในการศึกษานี้คาดว่า ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำย่อยที่แตกต่างกัน มีผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การไหลของกลุ่มน้ำย่อยต่างกัน และความแตกต่างดังกล่าวกำหนดได้เป็นสัดส่วนของลักษณะการกระจายทางกายภาพต่างๆบนแต่ละกลุ่มน้ำย่อย หากพิจารณาลักษณะการใช้ที่ดินซึ่งมีอยู่ 3 ประเภท แต่ละประเภทก็จะให้ค่าสัมประสิทธิ์การไหลต่างกัน โดยกำหนดให้เป็น  $k_{ij}$  คือ สัมประสิทธิ์การไหลของลักษณะการใช้ที่ดิน (i) แบบ "j"

และหากตั้งสมมติฐานของการไหลของกลุ่มน้ำนั้นๆ ซึ่งเกิดจากสัมประสิทธิ์ของการไหลของการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ โดยเป็นสัดส่วนกับพื้นที่ของการใช้ที่ดินประเภทนั้นๆในกลุ่มน้ำย่อย ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลของกลุ่มน้ำ จึงเขียนได้เป็น

$$(Q/P)_i = \sum [S_{l,i,j} * k_{l,j}]_i \quad (3.48)$$

$S_{l,i,j}$  คือ อัตราส่วนของการใช้ที่ดิน (l) ประเภท j ต่อพื้นที่ลุ่มน้ำ i

สมการดังกล่าวสามารถเขียนให้อยู่ในรูป Matrix ได้คือ

$$[(Q/P)_i]_{m,l} = [S_{l,i,j}]_{m,v} [k_{l,j}]_{v,l} \quad (3.49)$$

โดยที่  $i$  เป็น index ของ basin ที่  $i$

$j$  เป็น index ของชนิด land use ที่  $j$

$m$  เป็นจำนวน sub-basin ที่ใช้ใน system linear equation

$v$  เป็นชนิดของ land use ที่มีใน basin

การหาค่า  $k_{l,j}$  จากสมการข้างต้นก็คือการ solve system linear of equation นั้นเองซึ่งมีเงื่อนไขคือ

$$m < v$$

จำนวน Basin ต้องมากกว่าหรืออย่างน้อยต้องเท่ากับจำนวนของ land use และเนื่องจากค่า  $k_{l,j}$  เป็นสัมประสิทธิ์ของการไหลซึ่งลักษณะทางกายภาพจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 กล่าวคือ

$$0 < k_{l,j} < 1$$

การหาค่า  $k_{l,j}$  จึงเป็นการ solve system of linear equation under constraint ซึ่งในการศึกษานี้ได้ใช้ program ในการหาค่า  $k_{l,j}$  โดยวิธีการ optimization technique ซึ่งมีหลักการดังนี้คือ เริ่มด้วยการสมมติ initial value ให้  $k_{l,j}$  ทุกตัวและตรวจสอบ  $k_{l,j}$  ที่สมมติว่ามีความถูกต้องเพียงใด

$$E = \sum \{[(Q/P)_i]_{m,i} - \sum [(S_{l,i,j}) * (k_{i,j})]\}^2 \quad (3.50)$$

โดยที่  $E$  เป็นค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการสมมติค่า  $k_{l,j}$  ผิดเพราะสมมติฐานที่ตั้งไว้คือ หาก  $k_{l,j}$  ที่สมมติไว้ถูกต้อง ค่า  $E$  ควรเป็น 0 แต่ในทางปฏิบัติแล้วเป็นไปได้ จึงทำได้เพียงทำให้เกิดค่าผิดพลาดน้อยที่สุด เรียกว่าการ minimize function (sum square error) โดยที่พยายามเปลี่ยนค่า  $k_{l,j}$  ไปเรื่อยๆจนกระทั่งได้ค่าผิดพลาดน้อยที่สุด โดย objective function ดังกล่าวเขียนเป็น

$$\text{Min}E = \sum \{[(Q/P)_i]_{m,i} - \sum [(S_{l,i,j}) * (k_{i,j})]\}^2 \quad (3.51)$$

ซึ่งในการศึกษานี้จะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการหาค่า  $k_{l,j}$  ที่ทำให้มีค่าผิดพลาดน้อยที่สุด

### 3.2.7 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ของการไหลของลักษณะทาง กายภาพแบบต่างๆกับปริมาณน้ำฝน

ในการวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์ของการไหลของลักษณะทางกายภาพแบบต่างๆได้เลือกกลุ่มน้ำย่อยจำนวน 5 กลุ่มน้ำย่อยมาทำการศึกษาได้แก่ กลุ่มน้ำ X.71, X.90, X.111, X.112 และ X.113 เนื่องจากทั้ง 5 กลุ่มน้ำมีข้อมูลทางอุทกวิทยาในช่วงเวลาเดียวกันมากที่สุด ซึ่งได้เลือกใช้ช่วงเวลาในการหาค่า  $k_{1,j}$  ในแต่ละเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530-2539 ดังแสดงในภาคผนวก ง.ตารางที่ ง.1-ง.12

จากผลการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลของลักษณะทางกายภาพแบบต่างๆสามารถสรุปได้ว่า สัมประสิทธิ์การไหลที่คืนที่คำนวณได้ไม่มีความสอดคล้องกับลักษณะทางอุทกวิทยา กล่าวคือ พื้นที่ที่เป็นนาข้าวจะมีความสามารถเก็บกักน้ำฝนได้มากที่สุดแต่สัมประสิทธิ์การไหลมีค่ามากที่สุด ส่วนบริเวณที่เป็นพื้นที่ป่ามีการซึมน้ำต่ำสุดเนื่องจากเป็นภูเขาจึงไม่กักเก็บน้ำแต่ค่าสัมประสิทธิ์การไหลที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าสัมประสิทธิ์การไหลของนาข้าว และพื้นที่บริเวณที่ปลูกยางพาราเป็นบริเวณที่ซึมน้ำได้ดีที่สุดแต่กลับมีค่าสัมประสิทธิ์การไหลต่ำที่สุด ซึ่งไม่ค่อยสมเหตุสมผลเท่าใดนัก ดังแสดงในภาคผนวก ง.รูปที่ ง.1-ง.12

สำหรับสัมประสิทธิ์ของการไหลของลักษณะชนิดของดิน พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การไหลที่คำนวณได้ไม่มีความสอดคล้องกับลักษณะทางอุทกวิทยา กล่าวคือ ดินที่มีความสามารถซึมน้ำได้ดีนั้นจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์การไหลน้อยที่สุดแต่ในบางเดือนสัมประสิทธิ์ที่คำนวณได้มีค่าไม่แน่นอนคือ ในเดือนพฤษภาคมมีค่าน้อยสุดแต่ในเดือนกันยายนนั้นมีค่ามากที่สุด ส่วนดินที่มีความสามารถซึมน้ำได้ปานกลางและดินที่มีความสามารถซึมน้ำได้ต่ำก็มีค่าสัมประสิทธิ์การไหลที่ไม่แน่นอนเช่นเดียวกับดินที่มีความสามารถซึมน้ำได้ดี ดังแสดงในภาคผนวก ง.รูปที่ ง.13-ง.24

ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลของลักษณะชนิดของหินมีความสอดคล้องกับลักษณะทางอุทกวิทยามากที่สุด กล่าวคือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลชนิดของหินที่มีความสามารถซึมน้ำได้ต่ำมากถึงที่บ้ำน้ำไม่สามารถซึมซับน้ำไว้ได้จึงมีค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลมากที่สุด ส่วนบริเวณที่มีหินที่มีความสามารถซึมน้ำได้ต่ำถึงต่ำมากจะมีค่ารองลงมา และบริเวณที่มีหินที่มีความสามารถซึมน้ำได้ปานกลางถึงต่ำจะมีค่าน้อยที่สุด ดังแสดงในภาคผนวก ง.รูปที่ ง.25-ง.36

ดังนั้นจึงสนใจที่จะนำค่าสัมประสิทธิ์การไหลชนิดของหินไปใช้ในการวิเคราะห์ในลำดับต่อไป

### 3.2.8 การประเมินการไหลโดยใช้ลักษณะทางกายภาพเป็นตัวแปร

การประเมินการไหลโดยใช้ลักษณะทางกายภาพเป็นตัวแปร

ค่าสัมประสิทธิ์การไหลตามลักษณะทางกายภาพได้แก่ ลักษณะการใช้ที่ดิน ลักษณะชนิดของดินและลักษณะทางธรณีวิทยา จะถูกนำมาตรวจสอบว่าจะสามารถนำไปใช้ในการประเมินการไหลของกลุ่มน้ำได้ถูกต้องเพียงใด โดยการคำนวณความลึกการไหลรายปีจะคำนวณจาก

จากสมการจะเห็นได้ว่า สำหรับกลุ่มน้ำใดๆในปีอุทกวิทยาหนึ่งๆเมื่อทราบข้อมูลต่อไปนี้

$$Q_i = (S_{i,j}) * (k_j) * P_i \quad (3.52)$$

จากสมการจะเห็นได้ว่า สำหรับกลุ่มน้ำใดๆในปีอุทกวิทยาหนึ่งๆเมื่อทราบข้อมูลต่อไปนี้ ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนของพื้นที่ ( $P_i$ )

อัตราส่วนของพื้นที่ของลักษณะทางกายภาพหนึ่งๆต่อพื้นที่กลุ่มน้ำ ( $S_{i,j}$ )

ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลแต่ละชนิดของลักษณะทางกายภาพแต่ละแบบ ( $k_j$ )

$$ER = \sqrt{\sum (Q_{com} - Q_{obs})^2 / \sum (Q_{obs})^2} \quad (3.53)$$

โดยที่  $ER$  คือ root mean square relative error

$Q_{com}$  คือ ความลึกการไหลที่คำนวณได้

$Q_{obs}$  คือ ความลึกการไหลที่วัดได้จริง

ถ้าค่า  $ER$  เข้าใกล้ศูนย์หมายความว่าค่าความลึกการไหลที่คำนวณได้มีความถูกต้องสูงคือใกล้เคียงกับค่าความลึกการไหลจริงที่วัดได้