



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย

เรื่อง

โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาเชิงภูมิภาคสำหรับ
ผู้นำชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

ดำเนินการวิจัยโดย

1. นายศุภชัย กฤตสุทธาชีวะหัวหน้า โครงการวิจัย
2. นายสัจจะชาญ พรัดมะติ ผู้ร่วมวิจัย
3. นายอภิรัฐ ปิ่นทอง ผู้ร่วมวิจัย

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อโครงการวิจัย	โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาเชิงภูมิภาค สำหรับลุ่มน้ำชายฝั่ง ทะเลภาคตะวันออก	
โดย	1. นายศุภชัย กฤตสุทธาชีวะ	หัวหน้าโครงการวิจัย
	2. นายสัจจะชาญ พรัดมะณี	ผู้ร่วมวิจัย
	3. นายอภิรัฐ ปั่นทอง	ผู้ร่วมวิจัย
พ.ศ.	2550	

บทคัดย่อ

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้จัดทำโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาเชิงภูมิภาค สำหรับลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก วิธีการประกอบด้วย การคัดเลือกสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 13 สถานี มีความยาวข้อมูลอัตราการไหลรายวันไม่ต่ำกว่า 10 ปี ขนาดพื้นที่รับน้ำอยู่ระหว่าง 41 ถึง 1,280 ตารางกิโลเมตร มาทำการวิเคราะห์สร้างโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา และโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ (Q/Q_{mean} กับ T/T_{max})

ในการวิเคราะห์เชิงภูมิภาคได้แบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม ที่มีความคล้ายคลึงเชิงอุทกวิทยา ในแต่ละกลุ่มได้สร้างโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติและโมเดลนอนลิเนียร์ที่เป็นตัวแทน และได้เสนอสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสมระหว่าง Q_{mean} และ T_{max} กับตัวแปรทางกายภาพลุ่มน้ำ (A , L , L_c และ S) ซึ่งสามารถนำมาใช้งานร่วมกันในการประเมินหาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาใดๆ ในพื้นที่ศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	จ
 บทที่ 1 บทนำ	 1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 การสืบค้นผลงานที่ผ่านมา	3
1.3 วัตถุประสงค์	7
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	7
บทที่ 2 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	8
2.1 ที่ตั้งและอาณาเขต	8
2.2 สภาพภูมิประเทศ	8
2.3 สภาพอุตุอุตุนิยมวิทยา	10
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	14
3.1 การรวบรวมข้อมูลและการคัดเลือกสถานีวิจัยน้ำท่า	14
3.1.1 ข้อมูลน้ำท่ารายวัน	14
3.1.2 ข้อมูลทางกายภาพ	14
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล	15
3.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น	15
3.2.2 การต่อเติมข้อมูลที่ขาดหายไป	15
3.3 การสร้างโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา	16
3.4 การสร้างโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ	18
3.5 การศึกษาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาเชิงภูมิภาค	18
3.5.1 การจัดกลุ่มสถานีวิจัยน้ำท่า	18
3.5.2 การสร้างโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติตัวแทน	19

3.5.3	การหาความสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงซ้อนของ Q_{mean} และ T_{max} กับข้อมูลทางกายภาพ	19
3.6	โมเดลนอนลิเนียร์	20
3.6.1	รูปแบบทั่วไปของโมเดลนอนลิเนียร์	20
3.6.2	การคัดเลือกรูปแบบโมเดลนอนลิเนียร์ที่เหมาะสม	20
3.6.3	การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ของโมเดลนอนลิเนียร์ กับข้อมูลทางกายภาพ	20
บทที่ 4	ผลการศึกษา	24
4.1	ผลการรวบรวมข้อมูล	24
4.1.1	ข้อมูลน้ำท่ารายวัน	24
4.1.2	ข้อมูลทางกายภาพ	24
4.2	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	24
4.2.1	โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา	24
4.2.2	โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ	24
4.3	การศึกษาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาเชิงภูมิภาค	31
4.3.1	ผลการจัดกลุ่มสถานีวัดน้ำท่า	31
4.3.2	การหาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติตัวแทน	33
4.3.3	การหาความสัมพันธ์ระหว่าง Q_{mean} และ T_{max} กับข้อมูลทางกายภาพ	35
4.4	โมเดลนอนลิเนียร์ของโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ	35
4.4.1	การหารูปแบบที่เหมาะสมของโมเดลนอนลิเนียร์(Nonlinear Model) ที่ปรับเข้ากับโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ	35
4.4.2	การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ของโมเดลนอนลิเนียร์ กับข้อมูลทางกายภาพ	36
4.5	การนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้งาน	39
บทที่ 5	สรุปผลและข้อเสนอแนะ	40
5.1	สรุปผล	40
5.1.1	โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาเชิงภูมิภาค	40
5.1.2	โมเดลนอนลิเนียร์	41
5.2	ข้อเสนอแนะ	41
เอกสารอ้างอิง		42

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 เกณฑ์กำหนดจำนวนชั้นมาตรฐานของ U.S.Geological Survey	17
3.2 รูปแบบความสัมพันธ์ทั่วไปของ Q_{mean} และ T_{max} กับข้อมูลทางกายภาพ	19
3.3 รูปแบบทั่วไปของนอนลิเนียร์โมเดล	21
4.1 รายละเอียดตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำท่าที่คัดเลือก	25
4.2 ข้อมูลทางกายภาพในพื้นที่ศึกษา	26
4.3 โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติที่เป็นตัวแทนกลุ่ม	33
4.4 สรุปรูปแบบสมการที่เหมาะสมระหว่าง Q_{mean} และ T_{max} กับข้อมูลทางกายภาพ	35
4.5 รูปแบบโมเดลที่เหมาะสมของโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ	36
4.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของโมเดลนอนลิเนียร์	37
4.7 สมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสมระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ของโมเดลกับข้อมูลทางกายภาพ	38

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แสดงขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก	2
2.1	สภาพภูมิประเทศพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก	9
2.2	แสดงทิศทางลมร่องมรสุม และพายุจรที่พัดเข้าประเทศไทย	12
2.3	แสดงการผันแปรรายเดือนของตัวแปรภูมิอากาศหลักโดยใช้ค่าเฉลี่ยจากสถานี ในพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก	13
4.1	โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา	27
4.2	โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ	29
4.3	ลักษณะการเกาะกลุ่มกันของโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ	31
4.4	ขอบเขตการจัดกลุ่มสถานี	32
4.5	โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติตัวแทน	34

บทที่ 1

บทนำ

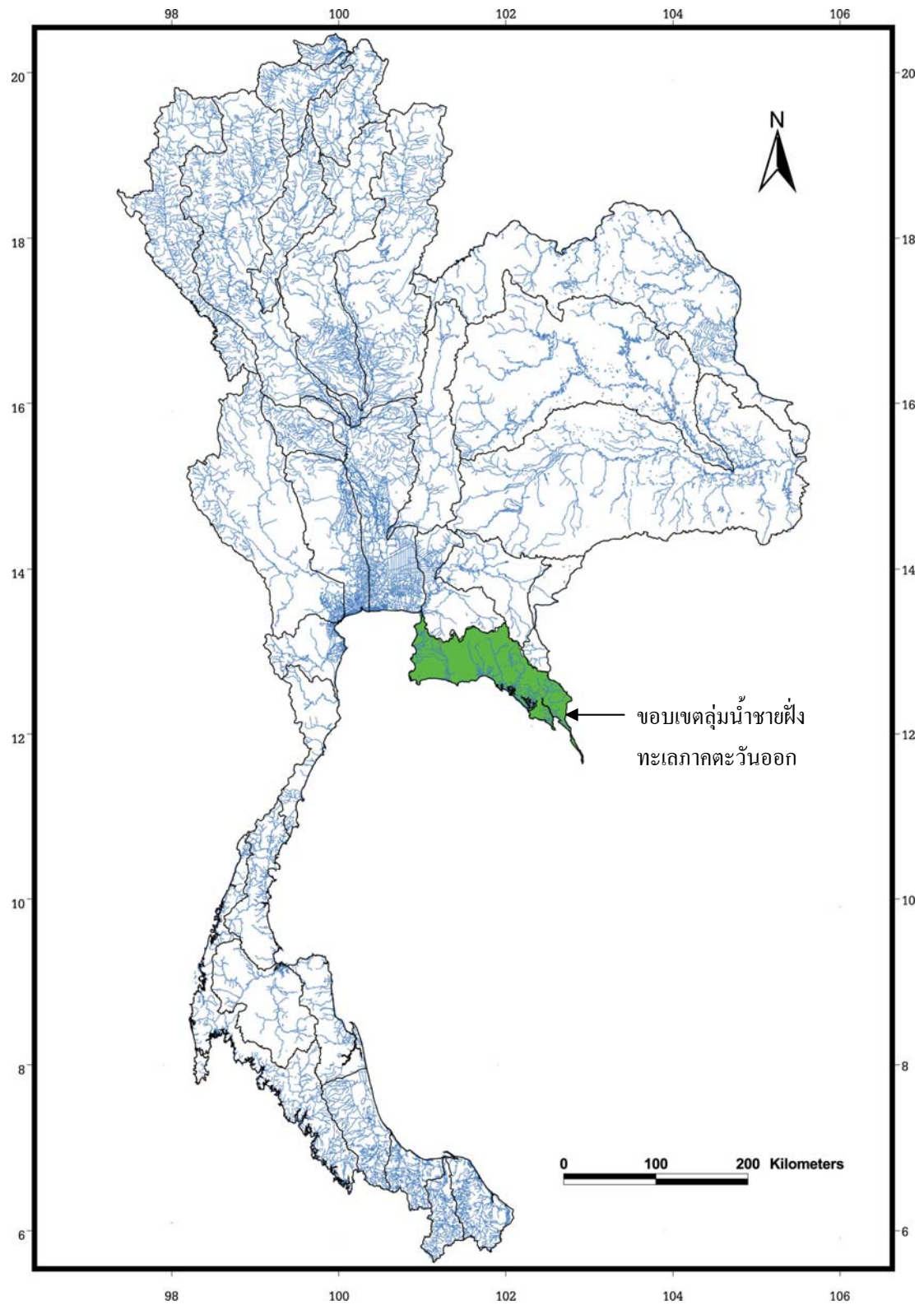
1.1 ความเป็นมาของปัญหา

เนื่องจากน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญมากในการดำรงชีวิต ปัญหาที่พบในปัจจุบัน คือ น้ำเกิน น้ำขาด น้ำแล้ง ดังนั้นการพัฒนาโครงการด้านแหล่งน้ำ จึงมีความสำคัญมากตามไปด้วย

พื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก มีศักยภาพสูงในการพัฒนาโครงการด้านแหล่งน้ำ เช่น โครงข่ายน้ำแห่งชาติ (Water Grid) โครงการไฟฟ้าขนาดเล็ก และขนาดกลาง ตามนโยบายของรัฐบาลปี พ.ศ. 2546 แต่ในปี 2548 เกิดปัญหาภัยแล้งในภูมิภาคนี้ ดังนั้นการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำที่ทำให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดมีความจำเป็นมากในการวางโครงการเพื่อพัฒนาแหล่งน้ำ โดยเฉพาะน้ำท่าในลักษณะการไหลโดยอัตราการไหลในลำน้ำธรรมชาติ ซึ่งโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา สามารถบอกลักษณะปริมาณการไหลในช่วงเวลาต่างๆ ในลำน้ำได้ดี

ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเป็นลุ่มน้ำประธานหมายเลข 18 ดังแสดงในรูปที่ 1 ครอบคลุมพื้นที่ 13,830 ตร.กม. ตั้งอยู่ภาคตะวันออกของประเทศ อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ $12^{\circ}45'00''$ ถึง $13^{\circ}20'00''$ และเส้นแวงที่ $100^{\circ}55'00''$ ถึง $102^{\circ}55'00''$ ตะวันออก มีน้ำท่าเฉลี่ยรายปี 11,115 ล้าน ลบ.ม. สามารถแบ่งออกเป็น 12 ลุ่มน้ำย่อย ครอบคลุมจังหวัด ตราด ระยอง ส่วนใหญ่ของ จังหวัดชลบุรี และบางส่วนของจังหวัดจันทบุรี ในปัจจุบันมีโครงการขนาดใหญ่ และขนาดกลางที่ได้ก่อสร้างแล้วเสร็จ 37 โครงการ ความจุในการเก็บกักน้ำรวม 538 ล้าน ลบ.ม. พื้นที่ได้รับประโยชน์รวม 25,921.0 ไร่ มีโครงการขนาดเล็กประมาณ 139 โครงการ รวมความจุในการเก็บกักน้ำ 26 ล้าน ลบ.ม. ในปัจจุบันมีการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตร การอุปโภค-บริโภค การอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยวรวมกันประมาณปีละ 119 ล้าน ลบ.ม. โดยขาดแคลนน้ำมากที่สุดในกลุ่มน้ำย่อยชลบุรี คลองใหญ่ และระยองตะวันตก

เพื่อที่จะพัฒนาแหล่งน้ำในลุ่มภาคตะวันออกให้มีประสิทธิภาพสูงสุด จะต้องทราบศักยภาพของปริมาณการให้น้ำ โดยเฉพาะน้ำท่าหรือทราบขนาดอัตราการไหลต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในลำน้ำธรรมชาติเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับใช้ในการศึกษาปริมาณน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น ด้านการชลประทาน การประปา การอุปโภค การบริโภค การอุตสาหกรรม การพลังงาน การคมนาคมทางน้ำ การผลักดันน้ำเสีย และไล่น้ำเค็ม ตลอดจน การรักษาสมดุลระบบนิเวศลำน้ำ และการรักษาสภาพลำน้ำเป็นต้น



รูปที่ 1 แสดงขอบเขตลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การวิเคราะห์เพื่อให้ได้ขนาดอัตราการไหลต่าง ๆ ที่ต้องการดังกล่าวข้างต้น วิธีการหนึ่งที่ใช้คือการสร้างโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เพื่อศึกษาภาพรวมของอัตราการไหลทั้งหมดที่มีอยู่ในลำน้ำตลอดช่วงระยะเวลาที่มีสถิติการจดบันทึกข้อมูล ข้อมูลทางอุทกวิทยาที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่อัตราการไหลน้ำท่ารายวัน (Daily Flow) ซึ่งได้มาจากการตรวจวัดที่สถานีวัดน้ำท่าของหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย อย่างไรก็ตามข้อมูลนี้ส่วนใหญ่จะมีการตรวจวัดไว้ตามลำน้ำสายหลักที่สำคัญที่มีการคมนาคมสะดวกเข้าถึงหรือบริเวณตอนล่างของกลุ่มน้ำที่เป็นชุมชน ส่วนบริเวณตอนบนของกลุ่มน้ำที่เป็นต้นน้ำจะยังไม่มีหรือมีแต่ข้อมูลนั้นสั้นไปไม่สามารถเอาไปใช้ในการวิเคราะห์ได้ ซึ่งมีผลกระทบต่อการศึกษาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาสำหรับการวางแผนพัฒนาแหล่งน้ำ

ดังนั้นการประเมินหาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาตรงบริเวณพื้นที่ที่จะทำการศึกษาและวางแผน ซึ่งไม่มีการตรวจข้อมูลหรือมีแต่ข้อมูลนั้นสั้นและขาดช่วงไปไม่สามารถกระทำการวิเคราะห์ได้โดยตรง วิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันคือ การวิเคราะห์โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาเชิงภูมิภาค (Regional Flow Duration Curve) ซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย จะนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาค้างนี้ โดยการนำข้อมูลน้ำท่ารายวัน จากสถานีที่อยู่รอบ ๆ บริเวณพื้นที่วางแผนที่มีสภาพคล้ายคลึงทางอุทกวิทยามาทำการสร้างโค้งความถี่สะสม (Cumulative-Frequency Diagram) แล้วใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบเชิงภูมิภาค (Regional Analysis) เพื่อหาโค้งตัวแทน สำหรับนำไปประยุกต์ประเมินหาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาที่ต้องการ

ผลการศึกษาครั้งนี้ สามารถนำไปสังเคราะห์โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา ที่จุดใด ๆ ในพื้นที่ศึกษา ในกรณีที่มีและไม่มีการตรวจวัดข้อมูลซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลทางอุทกวิทยาที่สำคัญ และจัดเตรียมไว้ในการศึกษาและวางแผนโครงการเบื้องต้น เพื่อให้เกิดความสะดวกรวดเร็ว ประหยัดเวลา และงบประมาณรายจ่ายภาครัฐ เอกชน สอดคล้องกับภาวะทางเศรษฐกิจของประเทศไทยในปัจจุบัน

1.2 การสืบค้นผลงานที่ผ่านมา

ได้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา ที่จุดใด ๆ ในลำน้ำมีพอสมควร สามารถนำมาสรุปพอสังเขปได้ดังนี้

ในปี 1852 Foster [2] เสนอแนะวิธีการคำนวณหาค่าอัตราการไหลแบบเป็นเปอร์เซ็นต์ความถี่สะสมสัมพันธ์แล้วนำมาพล็อตกับช่วงเวลาในกระดาษธรรมดา เรียกโค้งที่พล็อตได้นี้ว่า โค้งช่วงเวลา (Duration Curve) เพื่อความสะดวกในการอธิบายภาพรวมของอัตราการไหลทั้งหมด

ที่เก็บมาได้ไม่ว่าจะเป็นรายวัน รายเดือน รายปี กรณีที่ลักษณะข้อมูลที่ได้รับผลกระทบจากการสร้างอาคารต่าง ๆ ในลำน้ำ (Regulated Flow) และกรณีที่ลักษณะข้อมูลเป็นธรรมชาติ (Natural Flow)

ในปี 1952 Searcy [6] ได้ทำการประยุกต์โค้งช่วงเวลาของ Foster [2] มาใช้กับข้อมูลอัตราการไหลของน้ำท่าโดยการนำข้อมูลอัตราการไหลของน้ำท่าซึ่งอาจจะเป็นรายวัน รายเดือน หรือรายปี มาเรียงลำดับจากค่าน้อยไปหาค่ามาก แล้ววัดแบ่งข้อมูลออกเป็นช่วง ๆ (Class Interval) และเทียบหาโอกาสของการเกิดอัตราการไหลที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับอัตราการไหลที่กำหนดว่าเทียบเป็นกึ่งเปอร์เซ็นต์ของเวลาพล็อตลงในกระดาษกราฟเสกต่าง ๆ พบว่า การพล็อตลงในสเกลเซมิล็อกกาติทึม (Semilogarithm) ให้ลักษณะรูปร่างของโค้ง (Shape) ที่สามารถอธิบายภาพรวมของอัตราการไหลได้ดีในช่วงเวลาที่จดบันทึกข้อมูลเก็บไว้และได้เสนอแนะให้สำนักงานสำรวจทางธรณีวิทยาแห่งประเทศสหรัฐอเมริกาใช้เป็นวิธีมาตรฐานสำหรับการวางแผนและตรวจสอบด้านคุณภาพน้ำ และอื่น ๆ

ในปี 1971 Singh [7] ได้ทำการศึกษาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาเชิงภูมิภาค สำหรับลุ่มน้ำในมลรัฐอินดีแอนาในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้ข้อมูลน้ำท่ารายวันจากสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 120 สถานี ความยาวข้อมูลต่ำสุด 15 ปี ขนาดพื้นที่รับน้ำระหว่าง 20 ถึง 3,000 ตารางไมล์ แบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 14 พื้นที่ย่อย ที่มีคล้ายคลึงทางอุทกวิทยา ในแต่ละพื้นที่ย่อยได้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบเชิงภูมิภาค (Regional Analysis) โดยการสร้างความสัมพันธ์แบบเอ็กโปเนนเชียล (Exponential Model) ระหว่างการเกิดของอัตราการไหลที่เปอร์เซ็นต์ของเวลาต่าง ๆ กับขนาดของพื้นที่รับน้ำ

ในปี 1978 Dingman [1] ได้ทำการสังเคราะห์โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาสำหรับลุ่มน้ำในนิวแฮมป์เชียร์ (New Hampshire) ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยการคัดเลือกสถานีวัดน้ำท่าที่ไม่ได้รับผลกระทบจากการสร้างอาคารต่าง ๆ ในลำน้ำ (Unregulated) จำนวน 53 สถานี ใช้ข้อมูลอัตราการไหลรายวัน ความยาวของข้อมูลไม่ต่ำกว่า 10 ปี ขนาดพื้นที่รับน้ำระหว่าง 2 ถึง 3,000 ตารางไมล์ ใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบเชิงภูมิภาค โดยทำการแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 พื้นที่ย่อย ใช้เกณฑ์ขนาดพื้นที่รับน้ำ คือ พื้นที่ย่อยหนึ่งขนาดพื้นที่รับน้ำ น้อยกว่า 20 ตารางไมล์ พื้นที่ย่อยสองขนาดพื้นที่รับน้ำ ระหว่าง 20 ถึง 120 ตารางไมล์ พื้นที่ย่อยสามขนาดพื้นที่รับน้ำ มากกว่า 120 ตารางไมล์ ในแต่ละพื้นที่ย่อยได้ทำการสร้างความสัมพันธ์แบบไร้มิติ (อัตราการไหลที่เปอร์เซ็นต์ของเวลาต่าง ๆ ต่ออัตราการไหลเฉลี่ย (Q/Q_{mean}) และหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลเฉลี่ย (Q_{mean}) กับระดับความสูงต่ำเฉลี่ยของพื้นที่รับน้ำ และขนาดพื้นที่รับน้ำ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Regression)

ในปี 1983 Quimpo และAlejandrino และNally [5] ได้ทำการศึกษาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาเชิงภูมิภาค สำหรับ ลุ่มน้ำในประเทศฟิลิปปินส์ เพื่อจัดเตรียมไว้ใช้ประโยชน์ในการวางแผนและออกแบบโรงไฟฟ้าพลังน้ำ โดยการคัดเลือกสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 35 สถานี ใช้ข้อมูลอัตราการไหลรายวันเฉลี่ย ความยาวข้อมูลไม่ต่ำกว่า 20 ปี ขนาดพื้นที่รับน้ำระหว่าง 30 ถึง 4,000 ตารางกิโลเมตร ในการวิเคราะห์เชิงภูมิภาค ได้ทำการสร้างความสัมพันธ์แบบ Negative Exponential ระหว่างค่าความสามารถให้น้ำท่า (Specific Yield, Q/A) กับขนาดพื้นที่รับน้ำ และเปอร์เซ็นต์ของเวลา

ในปี 1985 Mimikou และ Kaemaki [4] ได้ทำการศึกษาลักษณะและรูปร่างของโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาเชิงภูมิภาค สำหรับลุ่มน้ำในภาคตะวันตกและตะวันตกเฉียงเหนือในประเทศกรีซ เพื่อจัดเตรียมไว้สำหรับโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก น้ำประปา และการควบคุมคุณภาพน้ำ โดยการคัดเลือกสถานีวัดน้ำท่า จำนวน 13 สถานีตามลำน้ำสายหลักใช้ข้อมูลอัตราการไหลรายเดือนเฉลี่ย ความยาวข้อมูลไม่ต่ำกว่า 7 ปี ขนาดพื้นที่รับน้ำระหว่าง 86 ถึง 5,005 ตารางกิโลเมตร ในการวิเคราะห์เชิงภูมิภาคได้ทำการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลใด ๆ กับเปอร์เซ็นต์ของเวลา จำนวน 3 รูปแบบด้วยกัน คือ แบบ Exponential แบบ Quadratic และแบบ Cubic ตามลำดับ จากการใช้วิธี Curve fitting เปรียบเทียบกับข้อมูลจริง พบว่าแบบ Cubic สามารถปรับเข้ากับโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาจริงได้ดีกว่า 2 แบบที่เหลือ จึงเสนอแนะให้ใช้แบบ Cubic เป็นตัวแทนในการสังเคราะห์โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา จากนั้นได้แสดงค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ของแบบ Cubic ในรูปความสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงซ้อนกับตัวแปร ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย ขนาดพื้นที่รับน้ำ ความยาวตามลำน้ำสายหลัก และความต่างระดับของพื้นที่รับน้ำ

ในปี 1990 Fennessey และ Vogel [9] ได้ทำการศึกษาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาเชิงภูมิภาค สำหรับกรณีไม่มีสถานีวัดท่าในลุ่มน้ำในมลรัฐแมสซาชูเซตส์ (Massachusetts) ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยการคัดเลือกสถานีวัดน้ำท่า จำนวน 23 สถานี ใช้ข้อมูลอัตราการไหลรายวันเฉลี่ย ความยาวข้อมูลไม่ต่ำกว่า 15 ปี ขนาดพื้นที่รับน้ำระหว่าง 1.73 ถึง 150 ตารางไมล์ ในการวิเคราะห์ได้ทำการสร้างโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาทีสถานีเฉพาะในช่วง 50 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ของเวลาพบว่า ทฤษฎีลิกนอนอร์มอลสองพารามิเตอร์ สามารถปรับเข้ากับโค้งอัตราการไหล-เวลาที่สถานีได้ดีจึงเสนอแนะให้ใช้เป็นตัวแทนในการวิเคราะห์เชิงภูมิภาค และหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ทั้งสองของทฤษฎีลิกนอนอร์มอลกับตัวแปรอิสระทางกายภาพ ได้แก่ ขนาดพื้นที่รับน้ำ และความต่างระดับของพื้นที่ลุ่มน้ำ (Basin Relief) โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ถดถอยเชิงซ้อน แบบ All Possible Regression

ในปี 2001 สัจจะชาญ พัดมะลิ [13] ได้จัดทำโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาเชิงภูมิภาค สำหรับลุ่มน้ำสายสำคัญในประเทศไทย ได้แก่ ลุ่มน้ำสาละวิน กก ปิง วัง ยม น่าน สะแกกรัง ป่าสัก แม่กลอง เพชรบุรี และชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก วิธีการประกอบด้วย การคัดเลือกสถานีวัดน้ำท่า จำนวน 201 สถานี มีความยาวข้อมูลอัตราการไหลรายวันไม่ต่ำกว่า 10 ปี ขนาดพื้นที่รับน้ำฝนอยู่ระหว่าง 4.88 ถึง 45,851 ตารางกิโลเมตร มาทำการวิเคราะห์สร้างโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา และโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ (Q/Q_{mean} กับ T/T_{max}) ในการวิเคราะห์เชิงภูมิภาคได้แบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 42 กลุ่ม ที่มีความคล้ายคลึงเชิงอุทกวิทยา ในแต่ละกลุ่มได้สร้างโค้งและโมเดลนอนลิเนียร์อัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติที่เป็นตัวแทน และได้เสนอสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสมระหว่าง Q_{mean} และ T_{max} กับตัวแปรกายภาพลุ่มน้ำ (A, L, L_c, S และ Soil) ซึ่งสามารถนำมาใช้งานร่วมกันในการประเมินหาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาทีจุดใด ๆ ในพื้นที่ศึกษา

ในปี 2001 พรชัย ทองศิริสุข [12] ได้ทำการวิเคราะห์โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา ของสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (โขง ชี และมูล) ลุ่มน้ำ-ภาคตะวันตก (ปราจีนบุรี บางปะกง และโตนดเลสาบ) และลุ่มน้ำภาคใต้ตอนล่าง (ภาคใต้ฝั่งตะวันออก คาบิ ทะเลสาบสงขลา ปัตตานี และภาคใต้ฝั่งตะวันตก) เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการวางแผนโครงการพัฒนาแหล่งน้ำต่างๆ โดยได้เสนอวิธีการสร้างโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาตัวแทนลุ่มน้ำ ทั้งในรูปโค้งไร้มิติเฉลี่ย และในรูปโค้งสมการพาราเมตริก เพื่อใช้สังเคราะห์โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา สำหรับจุดใด ๆ ที่ต้องการ

ในปี 2002 กรกช ทวีสิน [10] ได้ทำการวิเคราะห์โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาเชิงภูมิภาค สำหรับลุ่มน้ำหลักในประเทศไทย จำนวน 23 ลุ่มน้ำและลุ่มน้ำย่อย 66 ลุ่มน้ำ พบว่าเมื่อพล็อตโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาบนกระดาษความน่าจะเป็นของทฤษฎีล็อกนอร์มอล ให้เส้นตรงดีที่สุด และได้เสนอวิธีการสังเคราะห์โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา 2 วิธี คือ โค้งไร้มิติเฉลี่ยตัวแทนของพื้นที่ (Q/Q_{mean} กับ $\%T/T_{\text{max}}$) และวิธีใช้ค่าพารามิเตอร์ทางสถิติ (μ_z, σ_z) ของทฤษฎีแจกแจงความถี่ล็อกนอร์มอล โดยค่า $Q_{\text{mean}}, T_{\text{max}}, \mu_z, \sigma_z$ ที่จะใช้งานร่วมกันกับวิธีทั้งสอง ได้แสดงเป็นสมการสหสัมพันธ์ กับข้อมูลทางกายภาพ (A, L, L_c, S และ Soil) ของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ทำให้สังเคราะห์โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำที่ไม่มีข้อมูลน้ำท่าได้

สรุปจากผลการสืบค้นผลงานที่ผ่านมาจะเห็นว่าได้ให้แนวทางอย่างคืดองานศึกษาในครั้งนี้ ตั้งแต่ การเก็บรวบรวมข้อมูล การคัดเลือกสถานีวัดน้ำท่าที่มีความยาวนานของข้อมูลมากขึ้น รวมทั้งข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ เทคนิคและวิธีในการสร้างและสังเคราะห์โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไว้สำหรับใช้งาน ซึ่งจะได้นำมาประยุกต์ สำหรับการศึกษาในครั้งนี้

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้มีดังต่อไปนี้

ศึกษาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาเชิงภูมิภาค(Regional flow – Duration Curves)ในรูปแบบโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติตัวแทน และโมเดลนอนลิเนียร์ (Nonlinear Model) ที่ปรับเข้ากับโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ เพื่อสังเคราะห์หาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา ณ จุดใด ๆ ที่ไม่มีข้อมูลในพื้นที่ศึกษา

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

ขอบเขตของการศึกษามีดังนี้

1.4.1 รวบรวมสถานีวัดน้ำท่าทั้งหมดที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ศึกษา จากกรมชลประทาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และกรมทรัพยากรน้ำ

1.4.2 คัดเลือกสถานีวัดน้ำท่า โดยใช้ข้อมูลน้ำท่ารายวัน (Daily Flow) ที่สะท้อนลักษณะตามธรรมชาติ(Unregulated) มีความยาวข้อมูลตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป และหาข้อมูลทางกายภาพ ได้แก่ A, L, L_c และ S ตามลำดับ

1.4.3 วิเคราะห์หาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาที่สถานีคัดเลือก และสร้างโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์อยู่ในเทอมอัตราส่วนระหว่างอัตราการไหลใดๆ ต่ออัตราการไหลเฉลี่ย (Q/Q_{mean}) ที่เปอร์เซ็นต์ของเวลาใด ๆ ต่อเปอร์เซ็นต์ของเวลาสูงสุด (T/T_{max})

1.4.4 ทำการจัดกลุ่มสถานีวัดน้ำท่าที่มีความคล้ายคลึงเชิงอุทกวิทยาในพื้นที่ศึกษาเข้าไว้ด้วยกัน โดยใช้เกณฑ์เปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ย ลักษณะทางกายภาพ และลักษณะการเกาะกลุ่มกันของโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ

1.4.5 ในแต่ละกลุ่มหาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนและหาความสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงซ้อนของ Q_{mean} และ T_{max} กับข้อมูลทางกายภาพ สำหรับนำมาประยุกต์ใช้งานร่วมกันกับโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติที่เป็นตัวแทน

1.4.6 วิเคราะห์หารูปแบบที่เหมาะสมของโมเดลนอนลิเนียร์ (Nonlinear Model) ที่ปรับเข้ากับโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ (Q/Q_{mean} กับ T/T_{max}) และหาสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ของโมเดลนอนลิเนียร์ ในรูปความสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงซ้อนกับข้อมูลทางกายภาพ

บทที่ 2

ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

2.1 ที่ตั้งและอาณาเขต [11], [14]

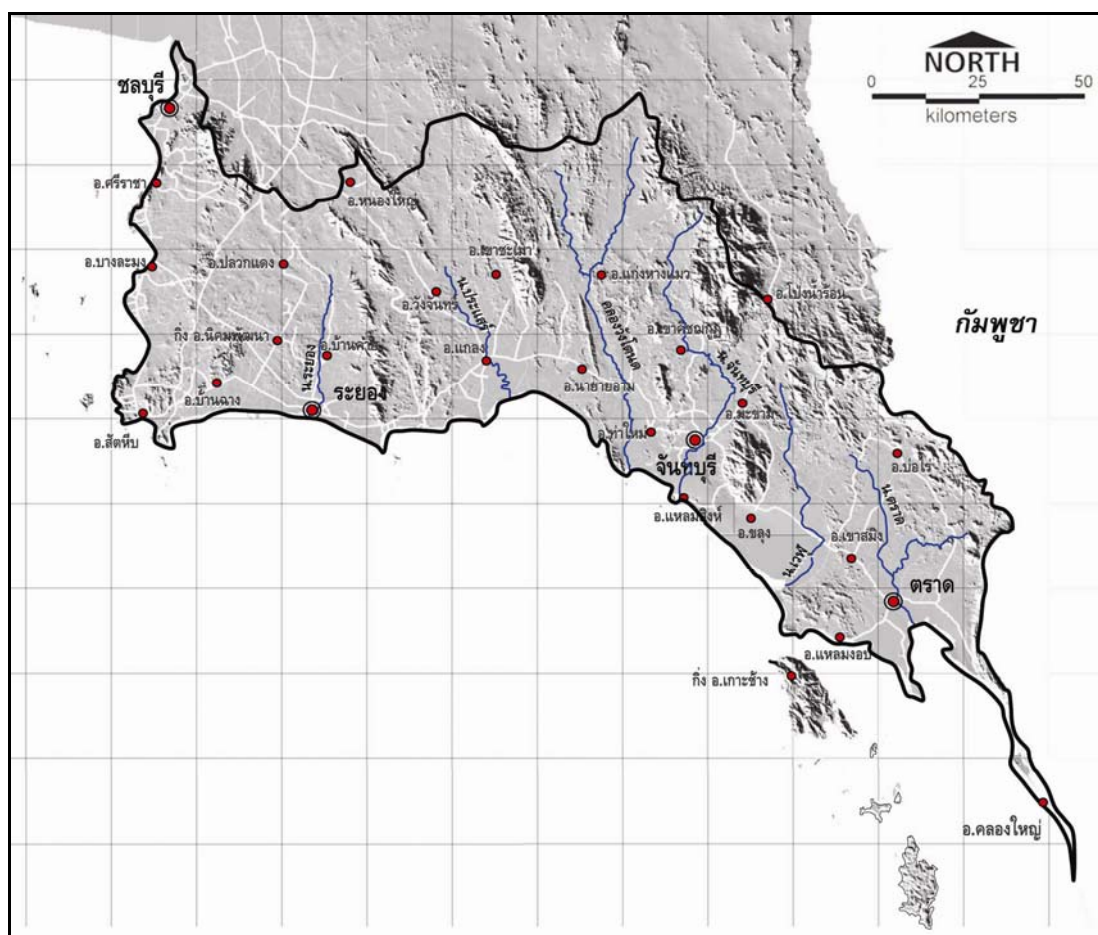
ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเป็นลุ่มน้ำประธานหมายเลข 18 ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ครอบคลุมพื้นที่ 13,096 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่บริเวณภาคตะวันออกของประเทศอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ $12^{\circ} 45' 00''$ ถึง $13^{\circ} 20' 00''$ เหนือและเส้นแวงที่ $100^{\circ} 55' 00''$ ถึง $102^{\circ} 55' 00''$ ตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่ของจังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง จังหวัดจันทบุรี และจังหวัดตราด มีพื้นที่ประมาณ 13,830 ตารางกิโลเมตร ลักษณะของลำน้ำส่วนใหญ่ในพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นลำน้ำสายสั้น ๆ ไหลลงสู่ทะเลอ่าวไทย มีลำน้ำบางส่วนที่ไหลลงสู่แม่น้ำปราจีนบุรี แม่น้ำบางปะกง และโดนเลสาปในประเทศกัมพูชา ลำน้ำสายสำคัญ ๆ ได้แก่ แม่น้ำประแสร์ คลองใหญ่ คลองวังโดนด คลองหลวงแม่น้ำจันทบุรี และแม่น้ำตราด พื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกทั้งหมด ประกอบด้วยลุ่มน้ำสาขาต่าง ๆ จำนวน 12 สาขา ได้แก่ คลองใหญ่ แม่น้ำประแสร์ คลองวังโดนด แม่น้ำจันทบุรี แม่น้ำเมืองตราด ระยองตะวันออก ระยองตะวันตก ชลบุรี พังราด เวฬุ ตราดตะวันออก และตราดตะวันตก

2.2 สภาพภูมิประเทศ [11]

พื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก มีลักษณะทอดตัวไปตามแนวจากด้านทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออก พื้นที่ทางทิศเหนือส่วนใหญ่เป็นแนวเทือกเขา ที่ราบส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณริมฝั่งลำน้ำและที่ราบริมฝั่งทะเลอ่าวไทยทางทิศใต้และทิศตะวันตก โดยมีลำน้ำสายสำคัญในพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งมีทิศทางการไหลจากทิศเหนือลงมาออกทะเลอ่าวไทยทางทิศใต้ ได้แก่ คลองใหญ่ แม่น้ำประแสร์ คลองวังโดนด แม่น้ำจันทบุรี และแม่น้ำตราด นอกจากนั้นยังมีคลองหลวงที่ไหลลงสู่แม่น้ำบางปะกง และคลองโป่งน้ำร้อน คลองพระพุทธร คลองด่านในลุ่มน้ำโดนเลสาปที่ไหลออกสู่ประเทศกัมพูชาทางด้านทิศตะวันออก โดยรูปที่ 2.1 แสดงสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

จากลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปของพื้นที่ลุ่มน้ำสามารถแบ่งพื้นที่ได้เป็น 4 ลักษณะ ดังนี้

1) ที่ราบชายฝั่งทะเลและที่ราบลุ่มแม่น้ำ เริ่มต้นจากที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและบางปะกง ขนานไปกับชายฝั่งทะเลไปยังจังหวัดระยอง มีลักษณะเป็นที่ราบแคบ ๆ ชายฝั่งทะเลเกิดจาก



รูปที่ 2.1 สภาพภูมิประเทศพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก[11]

ตะกอนน้ำเค็มและน้ำกร่อยและตะกอนจากแม่น้ำ มีภูเขาลูกเล็ก ๆ สลับอยู่บางตอน ชายฝั่งทะเลมีลักษณะเว้าแหว่ง บางแห่งเป็นปากแม่น้ำหรือที่ลุ่มน้ำทะเลท่วมถึง มีป่าชายเลนหรือป่าโกงกางขึ้น เช่นที่บริเวณปากแม่น้ำระยองและแม่น้ำประแสร์ บางแห่งเป็นหาดทรายที่สวยงาม อาทิเช่น หาดบางแสน หาดพัทยา และหาดนาจอมเทียน ในจังหวัดชลบุรี หาดแม่รำพึง หาดบ้านเพ และหาดแม่พิมพ์ ในจังหวัดระยอง

2) ที่ราบลูกคลื่นและเนินเขา เป็นส่วนที่อยู่สูงถัดจากที่ราบลุ่มแม่น้ำและที่ราบชายฝั่งทะเลขึ้นไป เป็นที่ราบลูกคลื่นและเนินเขาเตี้ย ๆ สลับกัน ได้แก่ พื้นที่ด้านทิศตะวันออกของจังหวัดชลบุรี และตอนบนของจังหวัดระยอง ก่อนที่จะถึงบริเวณภูเขาสูงชัน

3) ที่สูงชันและภูเขา เป็นเขตที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 200 เมตรขึ้นไป ครอบคลุมอาณาบริเวณส่วนใหญ่ของพื้นที่ศึกษา มักจะทอดตัวในแนวเหนือใต้สลับกับที่ราบ ยอดเขาที่สูง ได้แก่ เขาสอยดาวได้ มีความสูงประมาณ 1,600 เมตร ภูเขาส่วนใหญ่เป็นภูเขาหินแกรนิต หินดาด-โซฟิลไลต์ และหินปูน

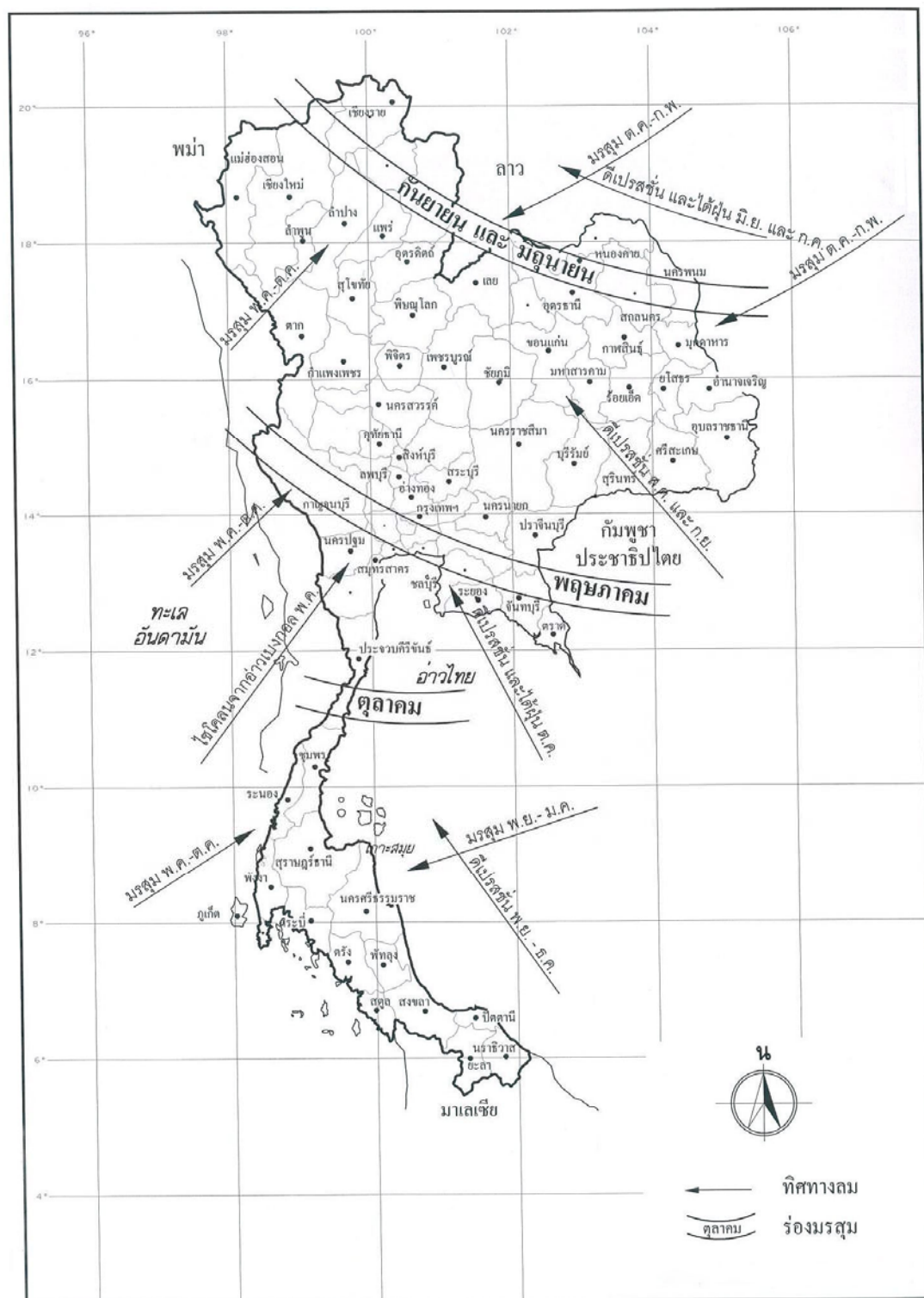
4) เกาะต่าง ๆ ประกอบด้วยเกาะใหญ่น้อย อยู่ห่างจากชายฝั่งตั้งแต่ 2-40 กิโลเมตร มีมากกว่า 50 เกาะ เกาะขนาดใหญ่ และที่สำคัญมีจำนวนมากกว่า 15 เกาะ เช่น เกาะสีชัง และเกาะล้าน ในจังหวัดชลบุรี เกาะเสม็ดในจังหวัดระยอง และหมู่เกาะช้างในจังหวัดตราด เป็นต้น

2.3 สภาพอุตุนิยมวิทยา [11]

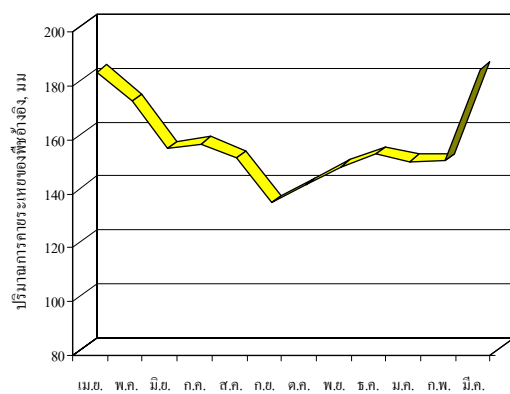
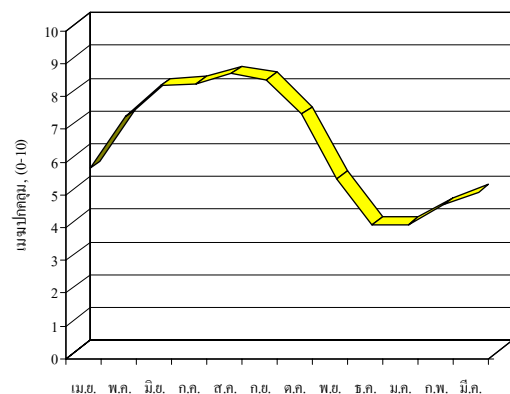
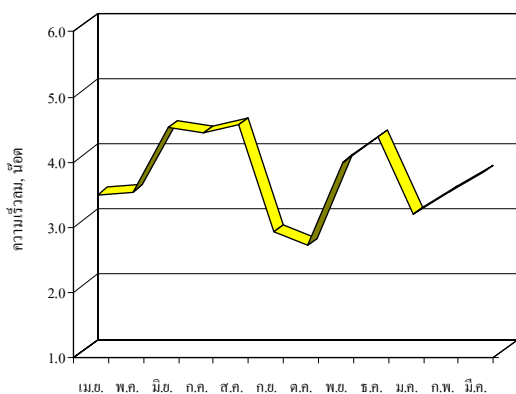
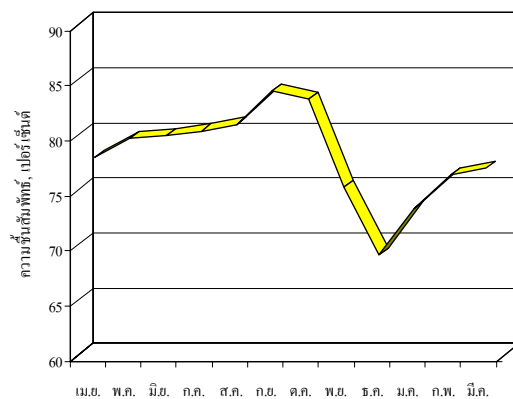
ภูมิประเทศของประเทศไทย (รวมทั้งพื้นที่ศึกษา) อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และมีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะทำให้มีฝนตกหนักเพราะจะพัดพาเอาความชื้นในทะเลอันดามันและอ่าวไทยเข้ามาในพื้นที่ ศึกษาจะเริ่มต้นประมาณเดือนพฤษภาคม และสิ้นสุดประมาณกลางเดือนตุลาคม ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะพัดพาเอาความกดอากาศต่ำจากประเทศจีนเข้ามา ซึ่งจะทำให้สภาพอากาศแห้งและเย็น จะเริ่มประมาณกลางเดือนตุลาคมและสิ้นสุดกลางเดือนกุมภาพันธ์ ช่วงต่อระหว่างลมมรสุมทั้งสอง ซึ่งได้แก่ ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม จะเป็นช่วงที่สภาพอากาศแปรเปลี่ยนทิศทางของลมพัดไม่แน่นอน และอาจมีพายุฝนฟ้าคะนองในบางพื้นที่ นอกจากลมมรสุมที่พัดผ่านเป็นประจำแล้วยังมีลมพายุจร เมื่อพัดผ่านจะทำให้มีฝนตกหนักในพื้นที่

จากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาในกลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก มีจำนวนทั้งสิ้น 7 สถานีได้แก่ สถานีชลบุรี พัทยา สัตหีบ เกาะสีชัง ระยอง จันทบุรี และคลองใหญ่ ข้อมูลภูมิอากาศที่ทำการวิเคราะห์ ประกอบด้วย อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ เมฆปกคลุม ความเร็วลม และปริมาณการระเหยจากผิวน้ำ โดยทำการรวบรวมข้อมูลช่วงปี พ.ศ.2514-2543 สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปของพื้นที่ศึกษาจากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา พอสรุปได้ว่า อุณหภูมิโดย

เฉลี่ยตลอดทั้งวันประมาณ 27-29 องศาเซลเซียส เดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายนอุณหภูมิเฉลี่ยจะสูงที่สุดประมาณ 29-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยตลอดปีจะอยู่ระหว่าง 70-80 เปอร์เซ็นต์ โดยที่จังหวัดชลบุรีจะมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปีต่ำที่สุด และจะค่อย ๆ มีค่าสูงขึ้นที่จังหวัดระยองและจันทบุรีตามลำดับ เดือนกันยายนและตุลาคมจะเป็นช่วงที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด และเดือนธันวาคมและมกราคมจะเป็นช่วงที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด ความเร็วลมโดยเฉลี่ยในแต่ละเดือนมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 1-9 น็อต อัตราการระเหยโดยเฉลี่ยตลอดทั้งปีอยู่ในช่วง 1,500-1,800 มิลลิเมตร เดือนมีนาคมและเมษายนเป็นช่วงเดือนที่มีอัตราการระเหยต่ำสุด คือประมาณเดือนละ 100-130 มิลลิเมตร รูปที่ 2.3 แสดงการผันแปรรายเดือนของตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญโดยใช้ค่าเฉลี่ยจากสถานีในพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก



รูปที่ 2.2 แสดงทิศทางการมรสุมและพายุที่พัดเข้าประเทศไทย [15]



รูปที่ 2.3 แสดงการผันแปรรายเดือนของตัวแปรภูมิอากาศหลักโดยใช้ค่าเฉลี่ยจากสถานีในพื้นที่
ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก[11]

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ วิธีการศึกษาประกอบด้วยการรวบรวมข้อมูลที่ใช้การศึกษา การต่อเติมข้อมูลที่ขาดหายไป การสร้างโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาที่สามารถคาดการณ์การสังเคราะห์หาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา สำหรับจุดใด ๆ ที่ต้องการในพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การรวบรวมข้อมูลและการคัดเลือกสถานีวัดน้ำท่า

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาอัตราการไหล-ช่วงเวลาค้นคว้า ประกอบด้วย ข้อมูลน้ำท่ารายวันเฉลี่ยจากสถานีวัดน้ำท่า และข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำต่าง ๆ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.1 ข้อมูลน้ำท่ารายวัน

ลักษณะของข้อมูลน้ำท่ารายวันที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า จะต้องประกอบด้วยดังต่อไปนี้

- (1) เป็นข้อมูลที่สะท้อนลักษณะทางธรรมชาติ(Unregulated) ไม่ได้รับอิทธิพลจากการสร้างเขื่อน
- (2) มีความยาวข้อมูลต่อเนื่องไม่ต่ำกว่า 10 ปี อย่างไรก็ตามเพื่อให้แน่ใจในผลการสร้างโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาควรใช้ข้อมูล 30 ปีขึ้นไปหลังจากเพราะผลกระทบจากสภาพการใช้ที่ดินเปลี่ยนแปลงไปซึ่งเป็นสาเหตุหลัก
- (3) กรณีที่ข้อมูลขาดหายไป จะใช้วิธีการต่อเติมข้อมูลแบบสหสัมพันธ์ระหว่างสถานีข้างเคียงที่มีสภาพอุทกวิทยาคล้ายคลึงกัน
- (4) ข้อมูลที่ได้ทำการตรวจวัดไว้ต้องไม่ได้อยู่ในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Flood Plain)

3.1.2 ข้อมูลทางกายภาพ

ข้อมูลทางกายภาพเป็นแฟกเตอร์หนึ่งที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำท่า ซึ่งในการศึกษาค้นคว้า ได้ใช้ข้อมูลทางกายภาพดังต่อไปนี้

3.1.2.1 ขนาดพื้นที่รับน้ำ (A)

ขนาดพื้นที่รับน้ำ (Watershed) ในการศึกษาค้นคว้า ได้ทำการหาขนาดพื้นที่รับน้ำ ด้วยการวัดพื้นที่ซึ่งล้อมรอบโดยสันปันน้ำจากแผนที่ภูมิประเทศ 1:50,000 โดยทำการวัดสามครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย มีหน่วยเป็นตารางกิโลเมตร

3.1.2.2 ความยาวตามลำน้ำสายหลัก (L)

ความยาวของกลุ่มน้ำที่วัดตามแนวลำน้ำสายใหญ่ ตั้งแต่จุดออก ไปจนถึงต้นเขาหรือจุดไกลสุดบนสันปันน้ำ มีหน่วยเป็นกิโลเมตร

3.1.2.3 ความยาวของจุดศูนย์ถ่วงพื้นที่ลุ่มน้ำจนถึงจุดออก (L_c)

ความยาวลำน้ำสายหลักที่วัดตามแนวลำน้ำจากจุดออกไปจนถึงจุดบนลำน้ำที่อยู่ใกล้กับจุดศูนย์ถ่วงมากที่สุด มีหน่วยเป็นกิโลเมตร

3.1.2.4 ความลาดชัน (S)

ความลาดชันของของลำน้ำสายหลัก ซึ่งความลาดชันของลำน้ำจะมีผลต่ออัตราความเร็วของการไหล ในการศึกษาครั้งนี้ได้หาโดยวิธีของ Taylor และ Schwarz [8] ซึ่งเป็นวิธีนิยมและใช้กันแพร่หลาย การคำนวณจะคล้ายกับการ Weight ช่วงลำน้ำต่าง ๆ ด้วย Square root ดังนั้นถ้าแบ่งลำน้ำออกเป็น n ช่วงเท่า ๆ กัน โดยแต่ละช่วงความชันเท่ากับ S_i ก็จะได้ค่าความลาดชันเฉลี่ยดังสมการต่อไปนี้

$$S = 100[(S_1^{0.5} + S_2^{0.5} + \dots + S_n^{0.5}) / n]^2 \quad (3.1)$$

โดย $i = 1, 2, 3, \dots, n$

S เป็นค่าความลาดชันเฉลี่ย มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ นำมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น และการต่อเติมข้อมูลที่ขาดหายไปและการสร้างโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาที่สามารถเลือกมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ได้แก่ การสรุปข้อมูลน้ำท่ารายวันในแต่ละสถานีคัดเลือกเป็นค่าน้ำท่ารายเดือนและรายปีเฉลี่ยการคำนวณค่าความสามารถในการให้น้ำท่า (Specific Yield) มีหน่วยเป็นลิตรต่อวินาทีต่อตารางกิโลเมตร และการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ย โดยการนำค่าน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยหารด้วยน้ำท่ารายปีเฉลี่ย แล้วคูณด้วยหนึ่งร้อย เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นในการจัดกลุ่มสถานีวัดน้ำท่าสำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

3.2.2 การต่อเติมข้อมูลที่ขาดหายไป

ข้อมูลน้ำท่ารายวันที่เก็บรวบรวมมาได้ในแต่ละสถานีบางสถานีสถิติการเก็บไม่ต่อเนื่องบางช่วงเวลาข้อมูลขาดหายไปเป็นผลอันเนื่องมาจาก เครื่องมือวัดอัตราการไหลชำรุด เสาวัดระดับน้ำล้มเนื่องจากกระแสน้ำเชี่ยวกราก หรือน้ำท่วม งบประมาณจำกัด ทำให้ต้องยกเลิก

การวัด จำเป็นต้องทำการเติมข้อมูลที่ขาดหายไปให้ครบถ้วนสมบูรณ์ก่อนทำการวิเคราะห์ ใน การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้การเติมข้อมูลโดยหลักการวิเคราะห์ถดถอยเชิงซ้อนและหลักสถิติอนุกรม เวลาของสถานีข้างเคียงโดยใช้โปรแกรม HEC-4 ผลการวิเคราะห์จะให้ข้อมูลน้ำท่ารายวันของ สถานีที่ขาดหายไปครบถ้วนต่อเนื่องในช่วง 30 ปีย้อนหลัง

3.3 การสร้างโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา

โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา เป็นโค้งความถี่สะสม(Cumulative Frequency Curves) ซึ่ง แสดงเปอร์เซ็นต์ของเวลาทั้งหมดที่มีค่าอัตราไหลเท่ากับหรือมากกว่าค่าอัตราการไหลที่กำหนด การสร้างโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา que สถานีคัดเลือกในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วยขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ก. นำข้อมูลน้ำท่ารายวันจากสถานีที่ได้ทำการคัดเลือกตามข้อ 3.1.1 และต่อเติม ข้อมูลขาดหายไปให้ครบถ้วน แล้วมาจัดเรียงลำดับค่าอัตราการไหลจากค่าน้อยไปมาก

ข. หาพิสัย (Rang) ของค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของอัตราการไหลเพื่อใช้ในการ กำหนดจำนวนชั้นและความกว้างชั้นที่เหมาะสม โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานของ U.S.Geological Survey [6] ดังในตารางที่ 3.1

ค. จัดแบ่งข้อมูลอัตราการไหลที่ได้จัดเรียงลำดับแล้วออกเป็นชั้นๆ (Class Interval) ตามจำนวนและความกว้างของชั้นที่ได้ในข้อ ข.

ง. นับจำนวนอัตราการไหลที่ตกลงในแต่ละชั้น(ความถี่)และรวมค่าความถี่ที่ได้ ในแต่ละชั้นลงมาจากชั้นสุดท้าย(ความถี่สะสม)

จ. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความถี่สะสมในแต่ละชั้น โดยการนำค่าความถี่สะสมหารด้วย จำนวนข้อมูลอัตราการไหลรายวันทั้งหมด คูณด้วยหนึ่งร้อยเปอร์เซ็นต์ ความถี่สะสมที่หา ได้นี้คิดเทียบเท่าเป็นเปอร์เซ็นต์ของเวลาทั้งหมด ที่มีค่าอัตราการไหลมากกว่าหรือเท่ากับอัตราการ ไหลที่กำหนดตามนิยามข้างต้น

ฉ. ใช้ค่าขีดจำกัดล่าง (Lower Limit) ของอัตราการไหลในแต่ละชั้น มาทำการ พล็อตกับเปอร์เซ็นต์ของเวลาทั้งหมดที่หาได้ในข้อ จ. ลงบนกระดาษกราฟสเกลกึ่งล็อกกาลีทิม (Semilogarithm) โดยให้แกนตั้งซึ่งเป็นสเกลธรรมดาเป็นอัตราการไหล แกนนอนซึ่งเป็นสเกลล็อก กาลีทิมเป็นเปอร์เซ็นต์ของเวลา โค้งที่พล็อตได้นี้เรียกว่า โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา (Flow Duration Curve)

ตารางที่ 3.1 เกณฑ์กำหนดจำนวนชั้นมาตรฐานของ U.S.Geological Survey [6]

1 Log Cycle	2 Log Cycle	3 Log Cycle	4 Log Cycle	5 Log Cycle
10	10	10	10	10
11	12	15	15	15
12	14	20	20	20
13	17	25	30	30
14	20	30	40	50
15	25	40	50	70
16	30	50	70	100
18	35	60	100	150
20	40	80	150	Etc.
22	45	100	Etc.	
24	50	150		
26	60	Etc.		
28	70			
30	80			
33	100			
36	120			
40	Etc.			
45				
50				
55				
60				
65				
70				
75				
80				
90				
100				

3.4 การสร้างโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ

การสร้างอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ อาศัยโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาที่ได้ในหัวข้อที่ 3.3 โดยอัตราการไหลไร้มิติได้จากนำขีดจำกัดล่างของอัตราการไหลในแต่ละชั้น หาคู่ด้วยอัตราการไหลเฉลี่ย (Q/Q_{mean}) และ เปอร์เซ็นต์เวลาไร้มิติ ได้จากเปอร์เซ็นต์เวลาที่หาได้ในแต่ละชั้นหารด้วยเปอร์เซ็นต์เวลาสูงสุด (T/T_{max}) แล้วนำไปพล็อตลงบนกระดาษกราฟเกลกึ่งล็อกกาลีทึม เช่นเดียวกันกับข้อ 3.3 โค้งที่พล็อตได้นี้เรียกว่าโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ (Dimensionless Flow Duration Curve)

Q_{mean} = ค่าอัตราการไหลเฉลี่ยของข้อมูลน้ำท่ารายวัน (ลบ.ม./วินาที)

T_{max} = เปอร์เซ็นต์เวลาสูงสุดในโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา (เปอร์เซ็นต์)

โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ จัดเตรียมไว้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการสังเคราะห์หาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา ณ จุดใด ๆ ในพื้นที่ศึกษาในขั้นตอนต่อไป

3.5 การศึกษาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาเชิงภูมิภาค

ในการศึกษาหาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาเชิงภูมิภาคประกอบด้วย ขั้นตอนแรก ทำการจัดกลุ่มสถานีวัดน้ำท่าที่มีความคล้ายคลึงเชิงอุทกวิทยา ขั้นตอนที่สองประกอบด้วยการสร้างโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติตัวแทนและการสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง Q_{mean} และ T_{max} กับข้อมูลทางกายภาพ สำหรับรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังกล่าวมีดังต่อไปนี้

3.5.1 การจัดกลุ่มสถานีวัดน้ำท่า

ในการจัดกลุ่มสถานีวัดน้ำท่า ที่มีความคล้ายคลึงเชิงอุทกวิทยาสำหรับการใช้ในการสังเคราะห์ โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาในการศึกษาค้นคว้าได้ใช้เกณฑ์ในการพิจารณา ดังต่อไปนี้

3.5.1.1 ลักษณะภูมิประเทศ และความใกล้เคียงกันของสถานีวัดน้ำท่า

3.5.1.2 ลักษณะภูมิอากาศ

3.5.1.3 เปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ย

3.5.1.4 ลักษณะการเกาะกลุ่มกันของโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติของแต่ละ

สถานี

เกณฑ์กล่าวมาทั้งหมดจะนำมาร่วมกันในการจัดกลุ่มสถานีวัดน้ำท่าในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้

3.5.2 การสร้างโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติตัวแทน

หลังจากที่ได้ทำการจัดกลุ่มสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ศึกษาแล้ว ในแต่ละกลุ่มนำสถานีวัดน้ำท่าทั้งหมดที่ได้มาหาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ (Dimensionless Flow Duration Curve) เช่นเดียวกับหัวข้อ 3.4 อีกครั้งหนึ่ง ค่าที่ได้ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยจะใช้เป็นตัวแทนในการวิเคราะห์ร่วมกันกับผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงซ้อนของ Q_{mean} และ T_{max} กับข้อมูลทางกายภาพในขั้นตอนต่อไป

3.5.3 การหาความสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงซ้อนของ Q_{mean} และ T_{max}

กับข้อมูลทางกายภาพ

การหาความสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงซ้อนของ Q_{mean} และ T_{max} กับข้อมูลทางกายภาพในกลุ่มที่จัดไว้ นั้น ใช้รูปแบบสมการทั่วไปแบบการถดถอยพหุคูณเชิงซ้อน ดังแสดงในตารางที่ 3.2 นั้นในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธี All Possible Regression โดยใช้โปรแกรมสถิติ SPSS มาช่วยในการวิเคราะห์

ตารางที่ 3.2 รูปแบบความสัมพันธ์ทั่วไปของ Q_{mean} และ T_{max} กับข้อมูลกายภาพ

ข้อมูลทางกายภาพ	รูปแบบสมการทั่วไปของ Q_{mean}	รูปแบบสมการทั่วไปของ T_{max}
A	$Q_{\text{mean}} = b_0 A^{b1}$	$T_{\text{max}} = b_0 A^{b1}$
L	$Q_{\text{mean}} = b_0 L^{b1}$	$T_{\text{max}} = b_0 L^{b1}$
L_C	$Q_{\text{mean}} = b_0 L_C^{b1}$	$T_{\text{max}} = b_0 L_C^{b1}$
S	$Q_{\text{mean}} = b_0 S^{b1}$	$T_{\text{max}} = b_0 S^{b1}$
A,L	$Q_{\text{mean}} = b_0 A^{b1} L^{b2}$	$T_{\text{max}} = b_0 A^{b1} L^{b2}$
A, L_C	$Q_{\text{mean}} = b_0 A^{b1} L_C^{b2}$	$T_{\text{max}} = b_0 A^{b1} L_C^{b2}$
A,S	$Q_{\text{mean}} = b_0 A^{b1} S^{b2}$	$T_{\text{max}} = b_0 A^{b1} S^{b2}$
A,L, L_C	$Q_{\text{mean}} = b_0 A^{b1} L^{b2} L_C^{b3}$	$T_{\text{max}} = b_0 A^{b1} L^{b2} L_C^{b3}$
A,L,S	$Q_{\text{mean}} = b_0 A^{b1} L^{b2} S^{b3}$	$T_{\text{max}} = b_0 A^{b1} L^{b2} S^{b3}$
A, L_C ,S	$Q_{\text{mean}} = b_0 A^{b1} L_C^{b2} S^{b3}$	$T_{\text{max}} = b_0 A^{b1} L_C^{b2} S^{b3}$
A,L, L_C ,S	$Q_{\text{mean}} = b_0 A^{b1} L^{b2} L_C^{b3} S^{b4}$	$T_{\text{max}} = b_0 A^{b1} L^{b2} L_C^{b3} S^{b4}$

การคัดเลือกสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสมของ Q_{mean} และ T_{max} เพื่อใช้เป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่ม สำหรับนำไปใช้งานร่วมกันกับโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติตัวแทนในการศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณาจากสมการที่ให้ R^2 สูงที่สุด(ไม่น้อยกว่า 0.6) และ Sig.F น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 (ค่าความเชื่อมั่น 95%) ตามลำดับ

3.6 โมเดลนอนลิเนียร์

โมเดลนอนลิเนียร์ (Nonlinear Model) เป็นการวิเคราะห์หารูปแบบที่เหมาะสมของโมเดลนอนลิเนียร์ ที่ปรับเข้ากับโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ และหาค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ของโมเดลนอนลิเนียร์ ในรูปของความสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงซ้อนกับข้อมูลทางกายภาพ A , L , L_c และ S ตามลำดับ

3.6.1 รูปแบบทั่วไปของโมเดลนอนลิเนียร์

รูปแบบทั่วไปของโมเดลนอนลิเนียร์ ที่ใช้ในการศึกษาการปรับเข้ากับโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติในแต่ละสถานีวัดน้ำทำในพื้นที่ศึกษาครั้งนี้สรุปได้ดัง ตารางที่ 3.3

3.6.2 การคัดเลือกรูปแบบโมเดลนอนลิเนียร์ที่เหมาะสม

ในการคัดเลือกรูปแบบโมเดลนอนลิเนียร์ที่เหมาะสมในแต่ละกลุ่มสำหรับใช้เป็นตัวแทนในการสังเคราะห์หาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ ณ จุดใด ๆ ในพื้นที่ศึกษาครั้งนี้ จะพิจารณาจากรูปแบบโมเดลต่าง ๆ ตามที่ได้แสดงไว้แล้วในตารางที่ 3.3 ทั้งหมดที่มีความเป็นไปได้แล้วพิจารณาลักษณะการปรับเข้า (Flexible) กับช่วง (แบ่งเป็น 3 ช่วงตามลักษณะอัตราการไหลของโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา) โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ ของแต่ละสถานีในแต่ละกลุ่มในพื้นที่ศึกษา และค่าทางสถิติ คือ ค่า R^2 ถ้าโมเดลนั้นปรับเข้าได้ดี และค่า R^2 สูงกว่าโมเดลอื่น ๆ ก็จะถูกเลือกใช้เป็นโมเดลตัวแทนในการสังเคราะห์หาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติต่อไป

3.6.3 การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ของโมเดลนอนลิเนียร์

กับข้อมูลทางกายภาพ

หลังจากที่ได้โมเดลที่เหมาะสมแล้วโดยทั่วไปค่าสัมประสิทธิ์ที่อยู่ในโมเดลนอนลิเนียร์จะมีความสัมพันธ์กับข้อมูลทางกายภาพต่าง ๆ ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลทางกายภาพ ได้แก่ A , L , L_c และ S ตามลำดับ สามารถเขียนเป็นระบบรูปแบบสมการทั่วไปได้ดังนี้

$$a, b, \dots k = f(A, L, L_c \text{ และ } S) \quad (3.2)$$

จากระบบสมการ 3.2 นี้ $a, b, \dots k$ คือ สัมประสิทธิ์ของโมเดลและใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบถดถอยเชิงซ้อน โดยใช้โปรแกรม SPSS ช่วยวิเคราะห์

ตารางที่ 3.3 รูปแบบทั่วไปของโมเดลนอนลิเนียร์ [13]

ลำดับที่	รูปแบบสมการทั่วไป	กลุ่ม (Group)	อธิบายเพิ่ม (Description)
1	$a*x+b$	Polynomial	First Order Polynomial
2	$a*x^2+b*x+c$	Polynomial	Second Order Polynomial
3	$a*x^3+b*x^2+c*x+d$	Polynomial	Third Order Polynomial
4	$a*x^4+b*x^3+...+e$	Polynomial	Fourth Order Polynomial
5	$a*x^5+b*x^4+...+f$	Polynomial	Fifth Order Polynomial
6	$a*x^6+b*x^5+...+g$	Polynomial	Sixth Order Polynomial
7	$a*x^7+b*x^6+...+h$	Polynomial	Seventh Order Polynomial
8	$a*x^8+b*x^7+...+i$	Polynomial	Eighth Order Polynomial
9	$a*x^9+b*x^8+...+j$	Polynomial	Ninth Order Polynomial
10	$a*x^{10}+b*x^9+...+k$	Polynomial	Tenth Order Polynomial
11	$a+b*\log(x)$	Logarithm Polynomial	First Order Logarithm
12	$a+b*\log(x)+c*\log(x)^2$	Logarithm Polynomial	Second Order Logarithm
13	$a+b*\log(x)+...+d*\log(x)^3$	Logarithm Polynomial	Third Order Logarithm
14	$a+b*\log(x)+...+e*\log(x)^4$	Logarithm Polynomial	Fourth Order Logarithm
15	$a+b*\log(x)+...+f*\log(x)^5$	Logarithm Polynomial	Fifth Order Logarithm
16	$a+b/x$	Inverse Polynomial	First Order Inverse
17	$a+b/x+c/x^2$	Inverse Polynomial	Second Order Inverse
18	$a+b/x+c/x^2+d/x^3$	Inverse Polynomial	Third Order Inverse
19	$a+b/x+c/x^2+...+e/x^4$	Inverse Polynomial	Fourth Order Inverse
20	$a+b/x+c/x^2+...+f/x^5$	Inverse Polynomial	Fifth Order Inverse
21	$a+b/\log(x)$	Inverse Logarithm	First Order Inverse Logarithm
22	$a+b/\log(x)+c/\log(x)^2$	Inverse Logarithm	Second Order Inverse Logarithm
23	$a+b/\log(x)+...+d/\log(x)^3$	Inverse Logarithm	Third Order Inverse Logarithm
24	$a+b/\log(x)+...+e/\log(x)^4$	Inverse Logarithm	Fourth Order Inverse Logarithm
25	$a+b/\log(x)+...+f/\log(x)^5$	Inverse Logarithm	Fifth Order Inverse Logarithm
26	$\log(x-a)$	Single Parameter Convex/Concave	
27	$1/(1+a*x)$	Single Parameter Convex/Concave	
28	$\exp(x-a)$	Single Parameter Convex/Concave	
29	x^a	Single Parameter Convex/Concave	

ตารางที่ 3.3 รูปแบบทั่วไปของโมเดลนอนลิเนียร์ [13] (ต่อ)

ลำดับที่	รูปแบบสมการทั่วไป	กลุ่ม (Group)	อธิบายเพิ่ม (Description)
30	$a^{1/x}$	Single Parameter Convex/Concave	Root Model
31	$1/(x+a)$	Single Parameter Convex/Concave	
32	$1-1/(x^a)$	Single Parameter Convex/Concave	
33	$\log(a+b*x)$	Two Parameter Convex/Concave	
34	$a*x^b$	Two Parameter Convex/Concave	Power (Freundlich)
35	$a*b^x$	Two Parameter Convex/Concave	Modified Power
36	$a*\exp(b*x)$	Two Parameter Convex/Concave	Exponential
37	$a*\exp(b/x)$	Two Parameter Convex/Concave	Modified Exponential
38	$\exp(a+b*x)$	Two Parameter Convex/Concave	Rectangular Hyperbola
39	$a*b*x/(1+b*x)$	Two Parameter Convex/Concave	
40	$x/(a*x+b)$	Two Parameter Convex/Concave	
41	$1/(a+b*x)$	Two Parameter Convex/Concave	
42	$a/(1+b*x)$	Two Parameter Convex/Concave	Reciprocal Model
43	$a*(x-b)$	Two Parameter Convex/Concave	
44	$a*(1+x)^b$	Two Parameter Convex/Concave	
45	$a+b*\log(x)$	Two Parameter Convex/Concave	
46	$1/(a+b*\log(x))$	Two Parameter Convex/Concave	Reciprocal Logarithm Model
47	$a*x^b(b*x)$	Two Parameter Convex/Concave	Geometric Model
48	$a*x^b(b/x)$	Two Parameter Convex/Concave	Modified Geometric Model
49	$a*x/(b+x)$	Two Parameter Convex/Concave	Saturation Growth Model
50	$a+b/x$	Two Parameter Convex/Concave	Hyperbolic Model
51	$a*b^x*x^c$	Three Parameter Convex/Concave	Hoerl Model
52	$a*b^{1/x}*x^c$	Three Parameter Convex/Concave	Modified Hoerl Model
53	$1/(a+b*x+c*x^2)$	Three Parameter Convex/Concave	Reciprocal Quadratic (Holliday)
54	$\exp(a+b/x+c*\log(x))$	Three Parameter Convex/Concave	Vapor Pressure Model
55	$a+b*x+c/x^2$	Three Parameter Convex/Concave	Heat Capacity Model
56	$a/(1+b*x+c*x^2)$	Three Parameter Convex/Concave	Trigonometric
57	$\cos(x+a)$	Single Parameter with Max and Min	
58	$\sin(x+a)$	Single Parameter with Max and Min	
59	$1-\exp(-a*x^2)$	Single Parameter with Max and Min	
60	$\exp(-a*x^2)$	Single Parameter with Max and Min	Trigonometric II
61	$a*\cos(x)+b*\sin(x)$	Two Parameter with Max and Min	
62	$x/(a+b*x+c*x^2)$	Three Parameter with Max and Min	
63	$a+b*\cos(x)+c*\sin(x)$	Three Parameter with Max and Min	
64	$\exp(a+b*x+c*x^2)$	Three Parameter with Max and Min	Gunary Model
65	$x/(a+b*x+c*\sqrt{x})$	Three Parameter with Max and Min	

ตารางที่ 3.3 รูปแบบทั่วไปของโมเดลนอนลิเนียร์ [13] (ต่อ)

ลำดับที่	รูปแบบสมการทั่วไป	กลุ่ม (Group)	อธิบายเพิ่ม (Description)
66	$a \cdot x^b \cdot \exp(-c \cdot x)$	Three Parameter with Max and Min	Beta Distribution Model Gaussian Distribution Model
67	$x^a \cdot \exp(b - c \cdot x)$	Three Parameter with Max and Min	
68	$a \cdot x^b \cdot (1-x)^c$	Three Parameter with Max and Min	
69	$a \cdot \exp(-(x-b)^2 / (2 \cdot c^2))$	Three Parameter with Max and Min	
70	$1 - \exp(-x^a)$	Single Parameter Sigmoidally Shaped	
71	$\exp(-x^a)$	Single Parameter Sigmoidally Shaped	
72	$1 - \exp(-a \cdot x^b)$	Two Parameter Sigmoidally Shaped	
73	$1 - \exp(-a \cdot b^x)$	Two Parameter Sigmoidally Shaped	
74	$\exp(-\exp(a - b \cdot x))$	Two Parameter Sigmoidally Shaped	

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ผลการรวบรวมข้อมูล

4.1.1 ข้อมูลน้ำท่ารายวัน

ข้อมูลน้ำท่ารายวันเก็บรวบรวมได้จากสถานีวัดน้ำท่าของกรมชลประทาน และ กรมทรัพยากรน้ำ จากเกณฑ์ลักษณะข้อมูลน้ำท่ารายวันที่ใช้ในการวิเคราะห์ ในหัวข้อ 3.1.1 ในบทที่ 3 ทำให้ได้สถานีวัดน้ำท่าในการวิเคราะห์ครั้งนี้ จำนวน 13 สถานี แสดงในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.4

4.1.2 ข้อมูลทางกายภาพ

ข้อมูลทางกายภาพที่รวบรวม ได้แก่ A, L, L_c และ S ตามหลักการที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 3.1.2 ในบทที่ 3 แสดงในตารางที่ 4.2

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.2.1 โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา

จากสถานีวัดน้ำท่าที่คัดเลือกในพื้นที่ศึกษา ได้นำมาสร้างโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา ตามขั้นตอนในหัวข้อ 3.3 บทที่ 3 ผลได้แสดงไว้ดังรูปที่ 4.1

4.2.2 โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ

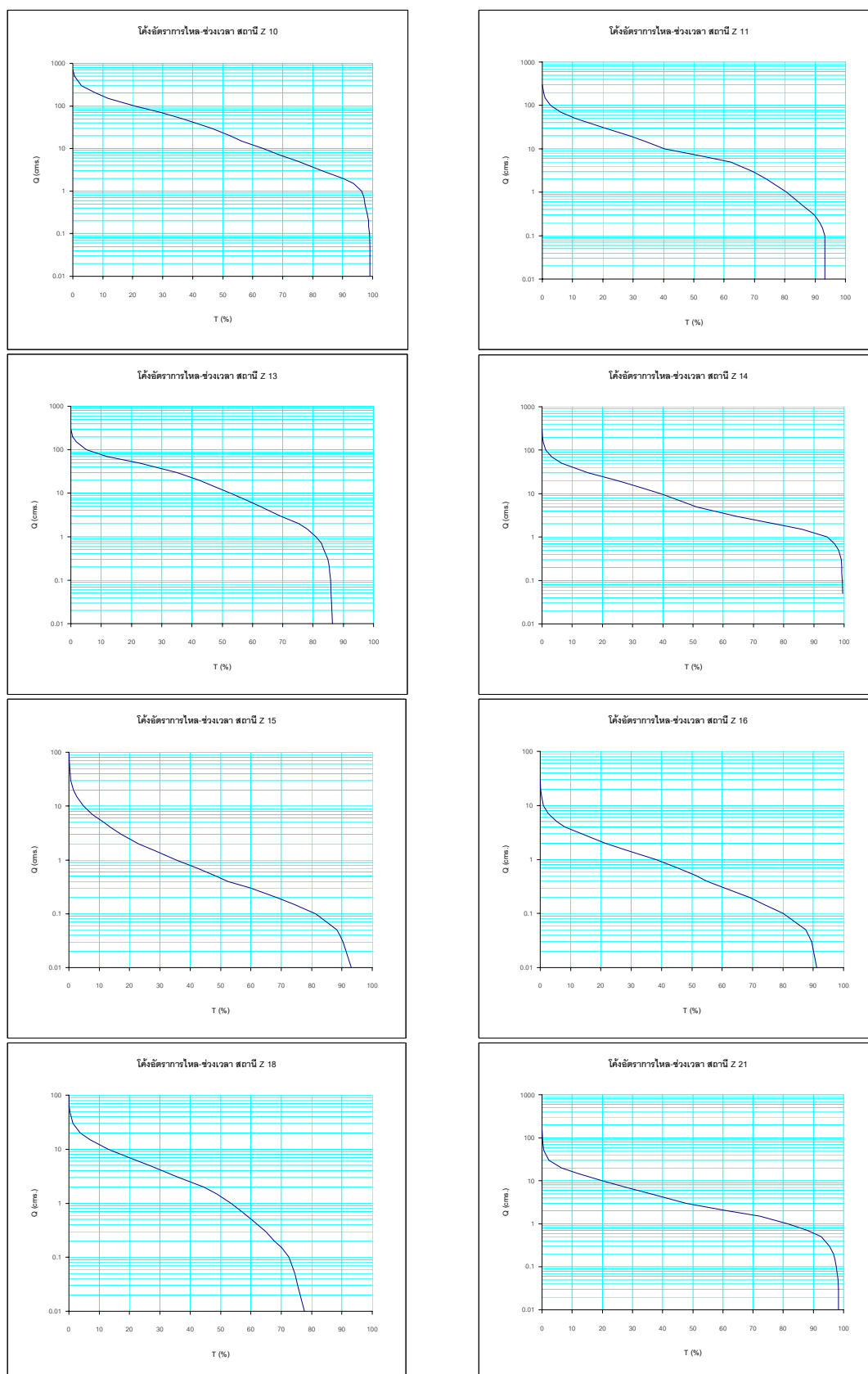
จากโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา ที่สถานีคัดเลือก ได้นำมาสร้างเป็นโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ โดยการคำนวณอัตราส่วน Q/Q_{mean} และ T/T_{max} ในแต่ละสถานี ตามขั้นตอนในหัวข้อ 3.4 ผลได้แสดงไว้ดังรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดน้ำท่าที่คัดเลือก

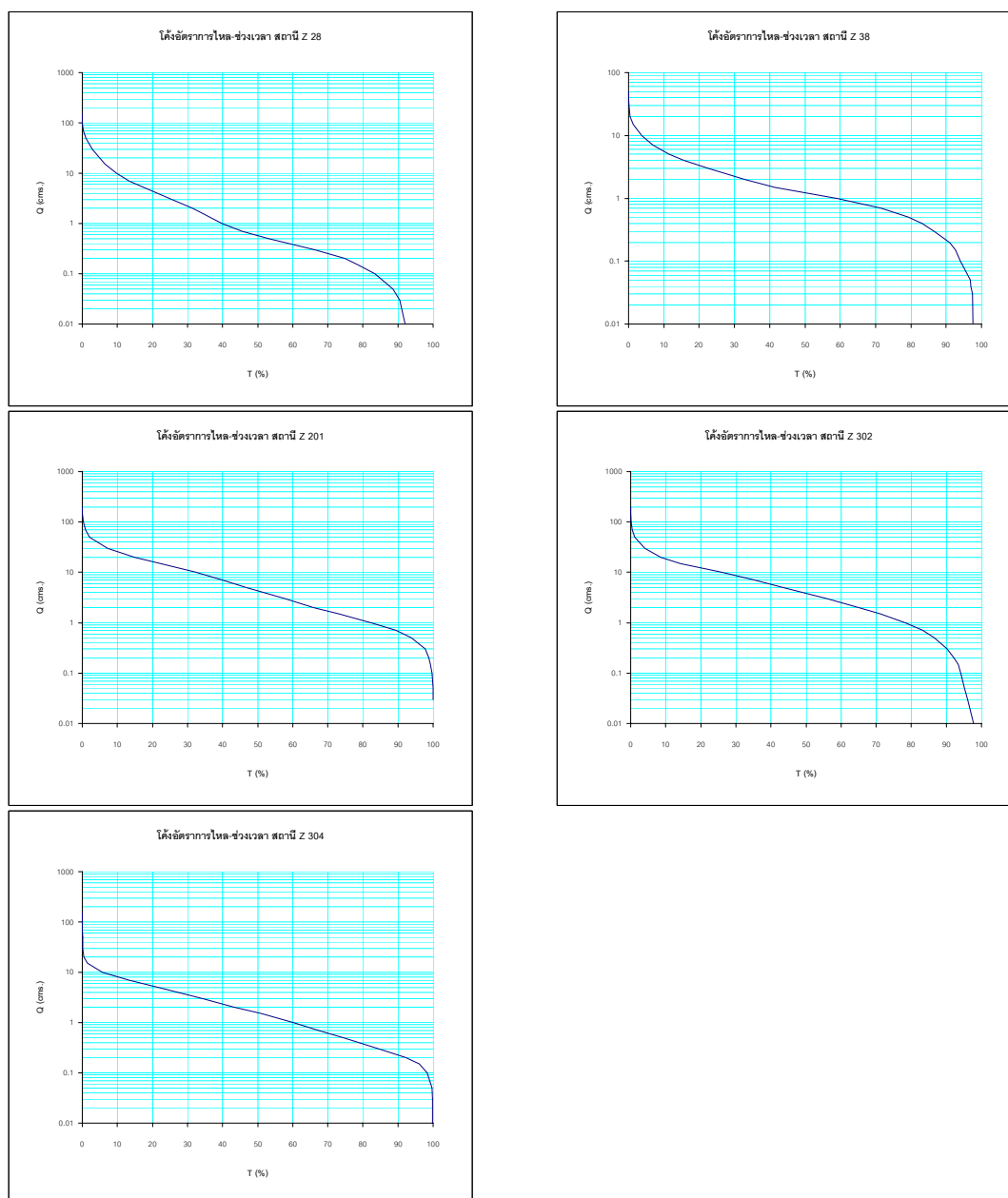
รหัสสถานี	พื้นที่รับน้ำ (ตร.ม.)	แม่น้ำ	รายชื่อสถานี	ตำแหน่ง		ช่วงสถิติ ข้อมูล	จำนวนปี ที่บันทึก
				เส้นรุ้ง (N)	เส้นแวง (E)		
1. Z10	779	Khleng Yai	Ban Si Bua Thong	12° 28' 28"	102° 28' 52"	1971 - 2004	19
2. Z11	1,280	Khleng Prasae	Ban Khaochik	12° 51' 20"	101° 37' 10"	1989 - 2004	16
3. Z13	647	Chanthaburi	Ban Puk	12° 45' 40"	102° 08' 35"	1975 - 2004	30
4. Z14	229	Chanthaburi	Ban Chaman	12° 44' 25"	102° 12' 39"	1986 - 2004	19
5. Z15	242	Khleng Yai	Ban Pak Phreak	12° 55' 41"	101° 19' 30"	1978 - 2004	27
6. Z16	41	Khleng Phlo	Ban Ra-Ok	12° 51' 38"	101° 45' 41"	1979 - 1988	10
7. Z18	201	Prasae	Ban Chamkho	12° 57' 22"	101° 40' 31"	1983 - 2004	22
8. Z21	78	Chanthaburi	Ban Pong Nam Rong	12° 47' 23"	102° 15' 33"	1984 - 2004	21
9. Z28	280	Khleng Tanot Bon	Ban Khun Song	13° 04' 25"	101° 56' 55"	1986 - 2004	19
10. Z38	150	Khleng Thap Ma	Ban Khao Bot	12° 44' 09"	101° 13' 55"	1993 - 2004	12
11. Z201	190	Huai Sato	Ban Sato Kaeng Kung	12° 37' 24"	102° 24' 18"	1975 - 2004	30
12. Z302	133	Khleng Thung Phen	Ban Nong Pru	12° 45' 54"	102° 13' 06"	1978 - 2004	27
13. Z304	72	Khleng Ta Riu	Ban Thung Krabin	12° 58' 30"	102° 05' 06"	1979 - 2004	26

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลทางกายภาพในพื้นที่ศึกษา

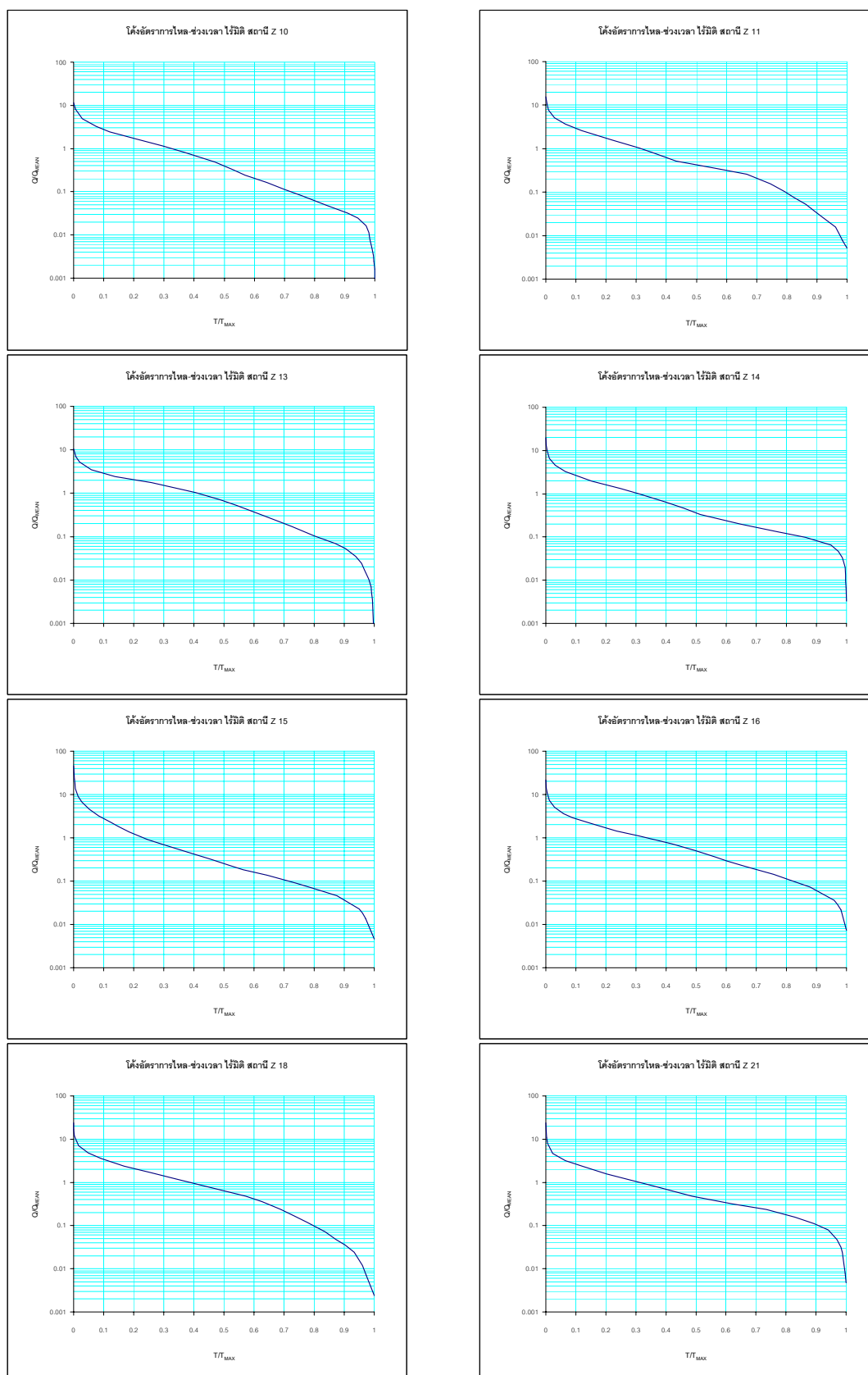
สถานี	A (ตร.กม.)	L (กม.)	L _c (กม.)	S (%)
Z10	779	56.4	19.4	1.1617
Z11	1,280	97.1	0.2	0.3240
Z13	647	67.1	36.9	0.5076
Z14	229	29.4	13.5	4.2545
Z15	242	26.1	10.9	0.2170
Z16	41	17.5	8.2	1.6998
Z18	201	36.5	19.4	0.6778
Z21	78	17.4	12.6	2.0781
Z28	280	38.5	23.2	0.7881
Z38	150	28.2	13.2	0.6273
Z201	190	27.0	12.5	1.7430
Z302	133	28.7	19	1.5875
Z304	72	17.1	9.7	5.1890



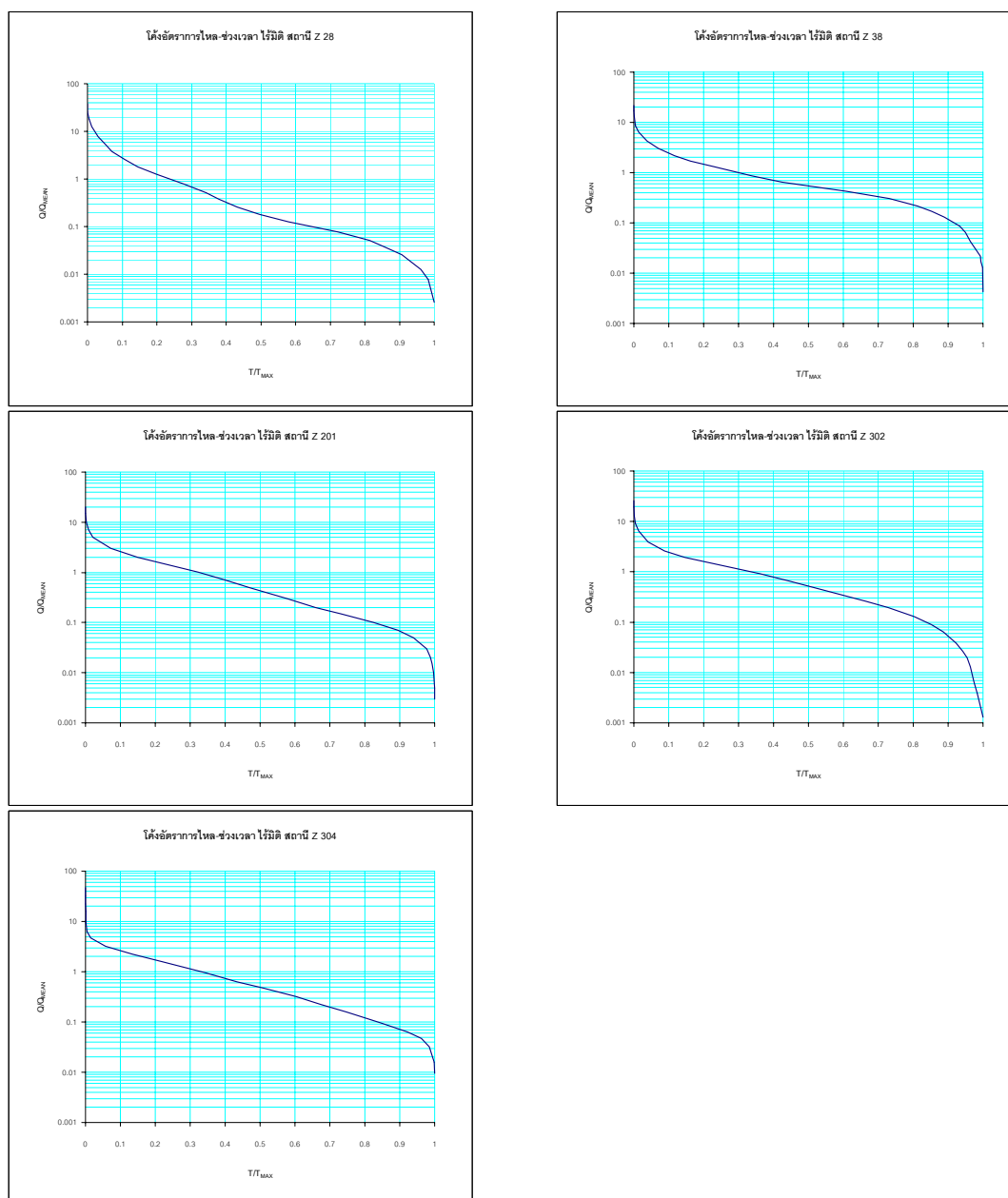
รูปที่ 4.1 โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา



รูปที่ 4.1 ไก้ อัตราการไหล-ช่วงเวลา (ต่อ)



รูปที่ 4.2 โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ



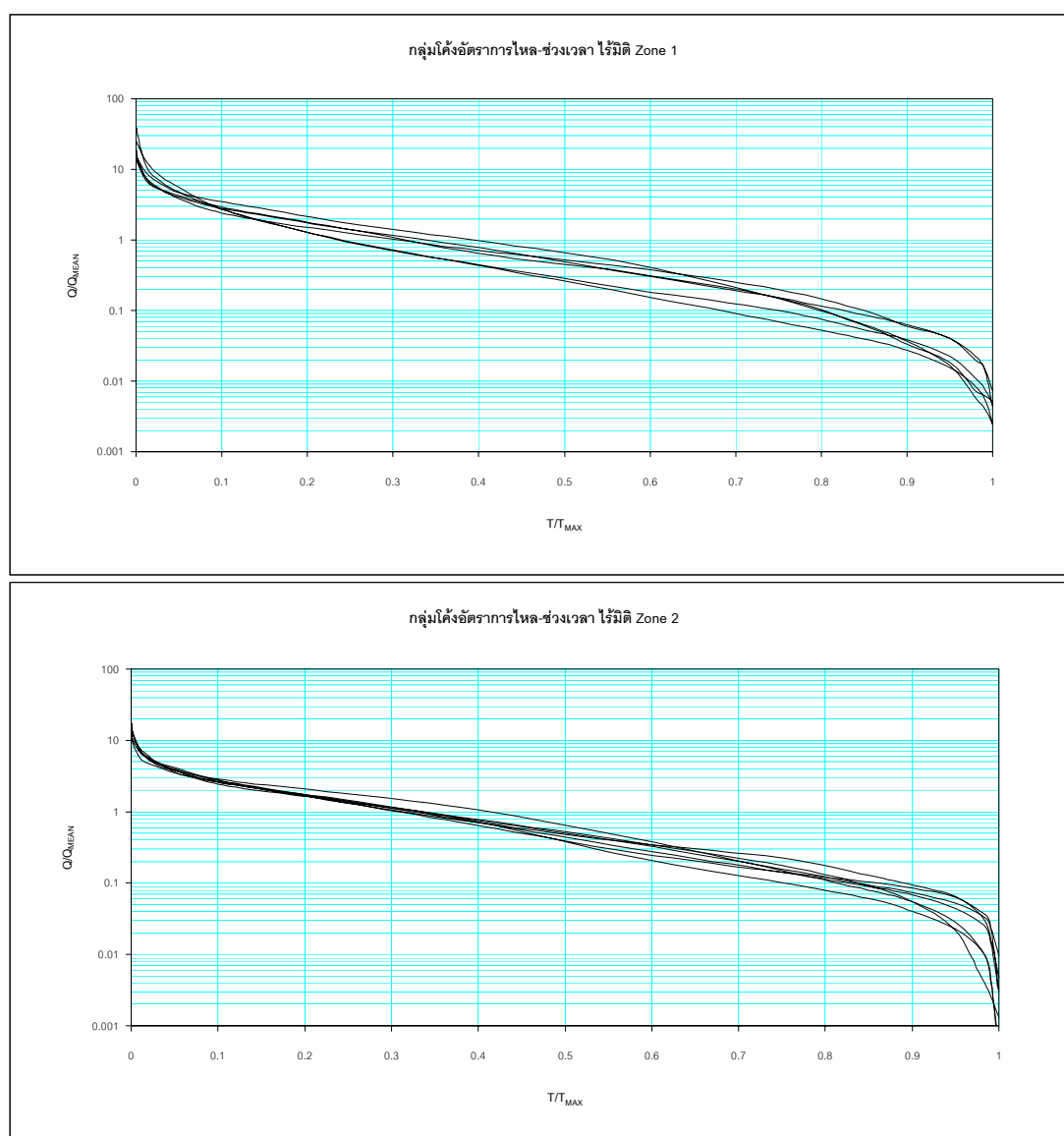
รูปที่ 4.2 ไค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ (ต่อ)

4.3 การศึกษาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาเชิงภูมิภาค

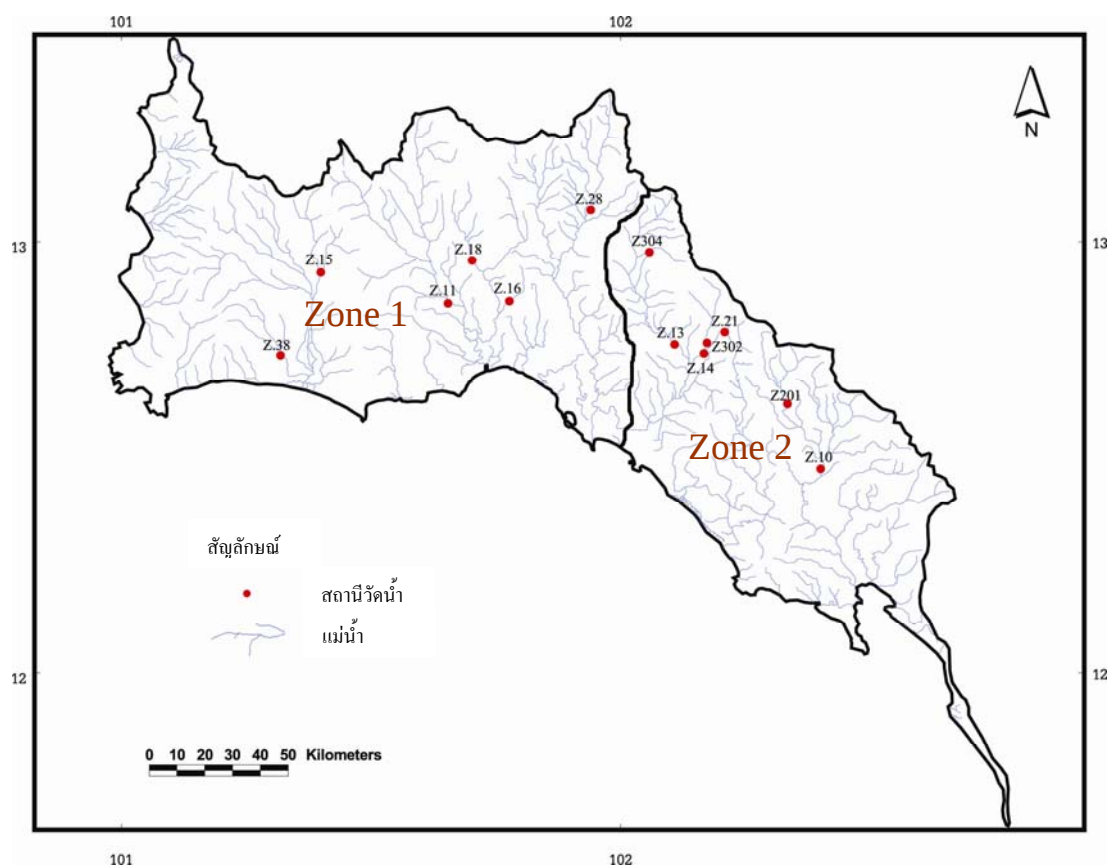
ในการศึกษาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาเชิงภูมิภาค ประกอบด้วย ขั้นตอนที่สำคัญ คือ การจัดกลุ่มสถานีวัดน้ำท่า การสร้างโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไว้มิติตัวแทน และการหาความสัมพันธ์ระหว่าง Q_{mean} และ T_{max} กับข้อมูลทางกายภาพ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.3.1 ผลการจัดกลุ่มสถานีวัดน้ำท่า

จากผลการพิจารณา กราฟเปอร์เซ็นต์แสดงการแพร่กระจายน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยของแต่ละสถานี และข้อมูลกายภาพของพื้นที่ศึกษา สามารถจัดกลุ่มสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ได้ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ Zone 1 และ Zone 2 ดังแสดงในรูปที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ



รูปที่ 4.3 ลักษณะการเกาะกลุ่มกันของโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไว้มิติ



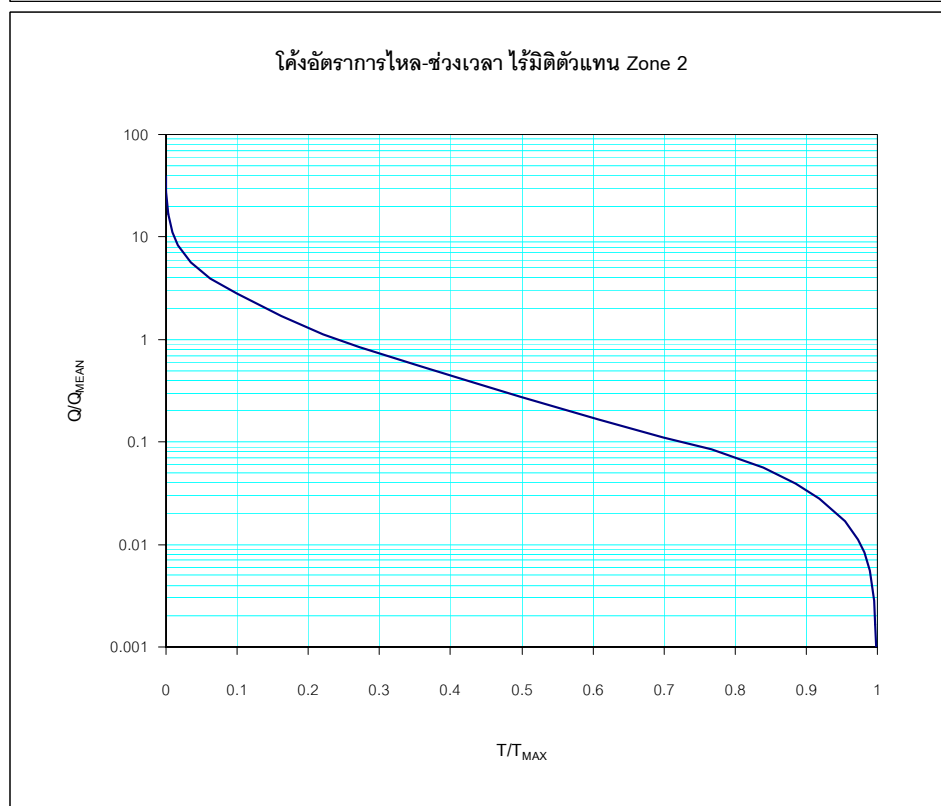
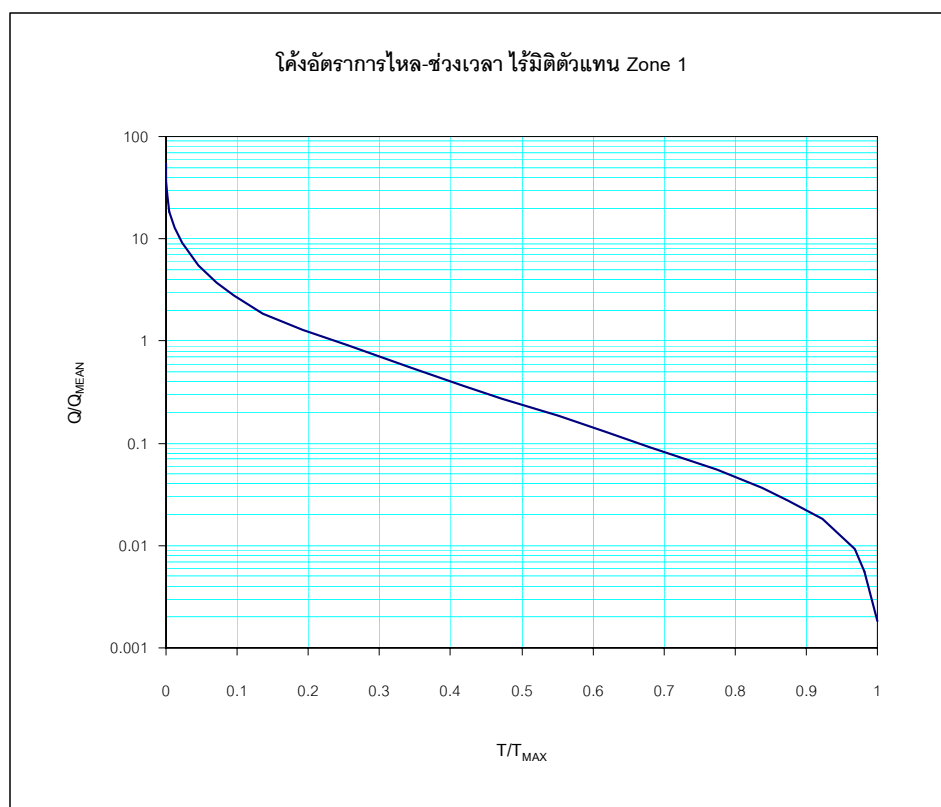
รูปที่ 4.4 ขอบเขตการจัดกลุ่มสถานี

4.3.2 การหาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิตตัวแทน

จากผลการจัดกลุ่มสถานีวัดน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษาในหัวข้อ 4.3 ได้นำมาวิเคราะห์หาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิตตัวแทนของแต่ละกลุ่ม ตามวิธีการในหัวข้อ 3.5.2 ผลแสดงในตารางที่ 4.3 และ รูปที่ 4.5 ตามลำดับ ซึ่งผลการวิเคราะห์ครั้งนี้ จะนำไปใช้ร่วมกันกับผลการหาความสัมพันธ์ระหว่าง Q_{mean} และ T_{max} กับข้อมูลทางกายภาพ ในหัวข้อ ถัดไป

ตารางที่ 4.3 โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิตที่เป็นตัวแทนกลุ่ม

T/T_{max}	(Q/Q_{mean})	
	Zone 1	Zone 2
0.001	33.311	26.496
0.002	26.297	22.365
0.012	12.709	10.361
0.030	7.945	6.428
0.050	5.190	4.689
0.080	3.352	3.382
0.130	1.992	2.242
0.260	0.896	0.903
0.400	0.412	0.455
0.580	0.161	0.196
0.750	0.065	0.091
0.850	0.034	0.052
0.900	0.023	0.034
0.950	0.013	0.018
0.980	0.006	0.009
0.990	0.004	0.005
1.000	0.002	0.001



รูปที่ 4.5 โค้งอัตราการใช้-ช่วงเวลาไร่มีติตัวแทน

4.3.3 การหาความสัมพันธ์ระหว่าง Q_{mean} และ T_{max} กับข้อมูลทางกายภาพ

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่าง Q_{mean} และ T_{max} กับข้อมูลทางกายภาพนี้ได้แก่ A, L, L_c และ S ตามลำดับ ซึ่งรูปแบบสมการทั่วไปที่ใช้ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.2 บทที่ 3 ผลจากการใช้โปรแกรมสถิติ SPSS ช่วยในการคำนวณ สามารถสรุปสมการที่เหมาะสมได้ดังตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ Q_{mean} และ T_{max} กับข้อมูลทางกายภาพที่ได้ในการศึกษาครั้งนี้ จะนำไปใช้ร่วมงานกับผลการวิเคราะห์หาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ ที่เป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่มในหัวข้อ 4.3.2 ที่ผ่านมา สำหรับนำไปทำการสังเคราะห์หาอัตราไหล-ช่วงเวลา ณ จุดใด ๆ ที่ต้องการ

ตารางที่ 4.4 สรุปรูปแบบสมการที่เหมาะสมระหว่าง Q_{mean} และ T_{max} กับข้อมูลทางกายภาพ

กลุ่มที่	สมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสม	R^2	Sig. F
Zone 1	$Q_{mean} = 0.0504A^{0.8895} L_c^{-0.1220} S^{0.5166}$	0.9763	0.0353
	$T_{max} = 200.82262A^{0.5031} L^{-0.9146} L_c^{-0.0674} S^{0.2359}$	0.7233	0.0050
Zone 2	$Q_{mean} = 0.3315A^{1.8112} L^{-1.7280} S^{-0.2485}$	0.9600	0.0133
	$T_{max} = 127.7437A^{0.02017} L_c^{-0.1372}$	0.8210	0.0320
ทั้งลุ่มน้ำรวม	$Q_{mean} = 0.0076A^{1.2601} S^{0.7227}$	0.7175	0.0001
	$T_{max} = 114.8009 A^{0.1247} L^{-0.2364} L_c^{-0.0201} S^{0.0391}$	0.7520	0.0292

4.4 โมเดลนอนลิเนียร์ของโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ

ในการศึกษาโมเดลนอนลิเนียร์ของโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ คือ การหารูปแบบโมเดลที่เหมาะสมที่ปรับเข้ากับโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติและค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ของโมเดลนอนลิเนียร์ในรูปความสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงซ้อนกับข้อมูลทางกายภาพ A, L, L_c และ S ตามลำดับ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.4.1 การหารูปแบบที่เหมาะสมของโมเดลนอนลิเนียร์(Nonlinear Model)

ที่ปรับเข้ากับโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ

โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ ที่เป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่ม ในพื้นที่ศึกษาสามารถนำมาแทนด้วยโมเดลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้โมเดลนอนลิเนียร์ (Nonlinear Model) รูปแบบทั่วไปของโมเดล ได้สรุปไว้แล้วในบทที่ 3 ตารางที่ 3.3 ในการคัดเลือก

โมเดลที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่มในพื้นที่ศึกษาได้พิจารณาจากการปรับเข้าและค่า R^2 เป็นเกณฑ์ ซึ่งรูปแบบโมเดลและจุดแบ่งช่วงที่เหมาะสมได้แสดงในตารางที่ 4.5 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ของโมเดลนั้นจะแสดงในหัวข้อถัดไป

ตารางที่ 4.5 รูปแบบโมเดลที่เหมาะสมของโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ

ช่วงที่	$T/T_{\max}$	สมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสมของ Q/Q_{mean}	R^2 เฉลี่ย
1	0 ถึง 0.08	$Q/Q_{\text{mean}} = \exp(a_1 + b_1/(T/T_{\max}) + c_1 \ln(T/T_{\max}))$	0.9962
2	0.08 ถึง 0.85	$Q/Q_{\text{mean}} = (T/T_{\max})^{a_2} \exp(b_2 - c_2(T/T_{\max}))$	0.9982
3	0.85 ถึง 1	$Q/Q_{\text{mean}} = a_3 + b_3 * T/T_{\max} * \log(T/T_{\max}) + c_3 * \exp(T/T_{\max})$	0.9881

4.4.2 การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ของโมเดลนอนลิเนียร์กับ

ข้อมูลทางกายภาพ

โมเดลนอนลิเนียร์แบบต่าง ๆ ที่หาได้ในตารางที่ 4.5 นั้น ในการประยุกต์ใช้งานใช้หาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา ที่จุดใด ๆ ในพื้นที่ศึกษา นั้นจำเป็นต้องหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ของโมเดลนอนลิเนียร์ กับข้อมูลทางกายภาพได้แก่ A , L , L_c และ S จากการใช้โปรแกรมสถิติ SPSS ช่วยในการคำนวณหาค่าคงที่ต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.6 และสามารถสรุปรูปแบบสมการที่เหมาะสมระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ของโมเดลกับข้อมูลทางกายภาพได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของโมเดลนอนลิเนียร์

กลุ่ม	ชื่อสถานี	รูปแบบสมการของ Q/Q_{mean} ในช่วง T/T_{max} ช่วงที่ 1				รูปแบบสมการของ Q/Q_{mean} ในช่วง T/T_{max} ช่วงที่ 2				รูปแบบสมการของ Q/Q_{mean} ในช่วง T/T_{max} ช่วงที่ 3			
		$Q/Q_{mean} = \exp(a_1 + b_1/(T/T_{max}) + c_1 \ln(T/T_{max}))$				$Q/Q_{mean} = (T/T_{max})^{a_2} \exp(b_2 - c_2(T/T_{max}))$				$Q/Q_{mean} = a_3 + b_3 * T/T_{max} * \log(T/T_{max}) + c_3 * \exp(T/T_{max})$			
		a_1	b_1	c_1	R^2	a_2	b_2	c_2	R^2	a_3	b_3	c_3	R^2
Zone 1	Z38	0.15458	-2.54374×10^{-04}	-0.40013	0.998	-0.46017	0.03021	1.93286	0.999	8.17968	7.02776	-3.00611	0.997
	Z15	-0.45434	-4.62520×10^{-04}	-0.66013	0.999	-0.51562	0.22670	3.97574	1.000	-1.35805	-1.72373	0.50129	0.998
	Z11	0.19019	-4.01086×10^{-04}	-0.41782	1.000	-0.18562	1.05853	4.04093	0.999	20.97833	20.73729	-7.71603	0.995
	Z16	0.24815	4.61156×10^{-06}	-0.38592	0.999	-0.11524	1.16110	3.93074	0.999	-8.35578	-8.98799	3.07721	0.994
	Z18	0.46456	-3.48714×10^{-04}	-0.38171	0.994	-0.11525	1.37796	3.95059	0.998	-8.35578	-8.98799	3.07721	0.994
	Z28	0.22821	-5.96548×10^{-04}	-0.51596	0.988	-0.63266	-0.04008	3.85298	0.999	2.12453	1.87593	-0.78026	0.998
Zone 2	Z304	0.66434	7.26929×10^{-04}	-0.19774	0.995	-0.02996	1.30989	4.05584	0.999	-18.51859	-19.24186	6.81870	0.967
	Z13	0.33148	-4.04582×10^{-04}	-0.34779	0.998	0.11339	1.76916	4.24100	0.991	-0.64268	-1.22430	0.23657	1.000
	Z302	0.15564	-5.41053×10^{-05}	-0.39106	0.997	-0.14360	0.92506	3.38122	0.997	-0.64268	-1.22430	0.23657	1.000
	Z14	0.29433	8.42556×10^{-05}	-0.35816	0.999	-0.12307	1.15195	4.24351	1.000	-39.05549	-40.03477	14.37275	0.940
	Z21	0.09960	-1.87693×10^{-04}	-0.40681	0.999	-0.20907	0.82813	3.36226	1.000	-25.48256	-26.66983	9.37757	0.993
	Z201	0.04404	-2.97666×10^{-04}	-0.42454	0.999	-0.03648	1.31358	4.26825	0.999	-15.95039	-16.67719	5.87087	0.980
	Z10	0.32280	-4.77486×10^{-04}	-0.37001	0.987	-0.08281	1.29734	4.44566	0.997	-11.59912	-12.01674	4.26758	0.988

ตารางที่ 4.7 สมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสมระหว่าง ค่าพารามิเตอร์ของโมเดลกับ
ข้อมูลทางกายภาพ

กลุ่มที่	สมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสม	R ²
Zone 1	$a_1 = -1.1640 - 0.0035A + 0.0568L + 0.3230S$	0.9816
	$b_1 = -0.00025824 - 2.15986 \times 10^{-06}A + 2.57369 \times 10^{-05}L - 3.48201 \times 10^{-05}L_C + 0.000109114S$	0.9996
	$c_1 = -0.7402 - 0.0023A + 0.0329L - 0.0180L_C$	0.9630
	$a_2 = -0.6067 - 0.0030A + 0.0429L - 0.0349L_C + 0.0712S$	0.7053
	$b_2 = -0.2767 - 0.0065A + 0.0962L - 0.0686L_C + 0.2798S$	0.7028
	$c_2 = 3.0591 + 0.0114A - 0.1390L + 0.1076L_C + 1.0559S$	0.7934
	$a_3 = -5.5210 + 0.0216A$	0.7139
	$b_3 = -6.2123 + 0.0220A$	0.7328
	$c_3 = 2.0339 - 0.0079A$	0.7140
Zone 2	$a_1 = -0.3619 - 0.0001A + 0.0094L + 0.1375S$	0.7230
	$b_1 = -0.0006 + 0.0002S$	0.8308
	$c_1 = -0.5677 + 0.0000A + 0.0043L_C + 0.0508S$	0.7027
	$a_2 = -0.4471 - 0.0010A + 0.0246L - 0.0128L_C + 0.0247S$	0.7005
	$b_2 = 0.1290 - 0.0025A + 0.0669L - 0.0373L_C + 0.0828S$	0.7482
	$c_2 = 2.6998 - 0.0045A + 0.1389L$	0.8734
	$a_3 = -19.8246 - 0.0454A + 0.7686L + 0.0182L_C - 3.9308S$	0.7508
	$b_3 = -21.0298 - 0.0476A + 0.8327L - 0.0399L_C - 3.9477S$	0.7467
	$c_3 = 7.2936 + 0.0167A - 0.2827L - 0.0068L_C + 1.4472S$	0.7510

4.5 การนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้งาน

เมื่อต้องการสร้างโค้งอัตราไหล-ช่วงเวลา ณ ตำแหน่งใด ๆ ในพื้นที่ศึกษา ที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่า สามารถทำได้ดังนี้

1. หาข้อมูลด้านกายภาพของกลุ่มน้ำ A , L , L_c และ S จากแผนที่ 1:50,000 หรือจากระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์
2. ระบุตำแหน่งที่ศึกษาว่าอยู่ในกลุ่มใดแล้วใช้ผลการวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์ของกลุ่มนั้นที่ได้ในข้อ 4.3.3 แทนค่าข้อมูลกายภาพที่หาได้จากข้อ 1 ลงไปในสมการจะได้ค่า Q_{mean} และค่า T_{max}
3. จากผลการวิเคราะห์หาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไว้มีตัวแทนของกลุ่มที่หาได้ในข้อ 4.3.2 อ่านค่าเฉลี่ย Q/Q_{mean} ที่ค่า T/T_{max} ต่าง ๆ กันหรือจากโมเดลออนไลน์เียร์ที่วิเคราะห์ได้จากตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.7 ตามลำดับ จากนั้นคูณค่าเฉลี่ยของอัตราส่วน Q/Q_{mean} ด้วยค่า Q_{mean} และ T/T_{max} ด้วยค่า T_{max} ที่หาได้ในข้อ 2 แล้วนำไปพล็อตกราฟลงบนสเกล ล็อกกาลีทึม ก็จะได้โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา ณ ตำแหน่งที่ต้องการ

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาเชิงภูมิภาค สำหรับลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ขั้นตอนการศึกษาประกอบด้วย การแบ่งกลุ่มที่มีความคล้ายคลึงกันเชิงอุทกวิทยา การวิเคราะห์หาโค้งอัตราการไหลไร้มิติตัวแทน และการหาความสัมพันธ์ระหว่าง Q_{mean} และ T_{max} กับข้อมูลทางกายภาพของลุ่มน้ำที่ศึกษา ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

5.1.1 โค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาเชิงภูมิภาค

1. ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการคัดเลือกสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 13 สถานี ทั้งทั้งบริเวณที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำศึกษา โดยมีสถิติข้อมูลการจดบันทึก 10 ปีขึ้นไป ขนาดพื้นที่รับน้ำอยู่ระหว่าง 41 ถึง 1,280 ตารางกิโลเมตร ใช้ข้อมูลอัตราการไหลรายวัน มาทำการวิเคราะห์และทำการต่อเติมข้อมูลที่ขาดหาย จากนั้นทำการสร้างโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาสำหรับสถานีคัดเลือก และสร้างโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ Q/Q_{mean} และ T/T_{max}

2. จากการใช้เกณฑ์เปอร์เซ็นต์การแพร่กระจายของน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ย ลักษณะทางกายภาพ และการเกาะกลุ่มกันของโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติของสถานีน้ำท่าที่ทำการคัดเลือก ได้แบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม ดังแสดงในรูปที่ 4.4

3. การหาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ ที่เป็นตัวแทนทั้ง 2 กลุ่มโดยการใช้ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนไร้มิติ (Q/Q_{mean} และ T/T_{max}) ได้ผลสรุปในตารางที่ 4.3 และในรูปที่ 4.5

4. การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ที่เหมาะสมระหว่าง Q_{mean} และ T_{max} กับข้อมูลทางกายภาพ ได้แก่ A, L, L_c และ S ของแต่ละกลุ่มในพื้นที่ศึกษา สรุปความสัมพันธ์ที่เหมาะสมดังตารางที่ 4.4

5. จากการตรวจสอบลักษณะการเกาะกลุ่มกันของโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ และผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงซ้อนระหว่าง Q_{mean} และ T_{max} กับข้อมูลทางกายภาพ สรุปได้ว่าการแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 2 กลุ่มในการศึกษาครั้งนี้มีความเหมาะสม

6. ใช้ผลการศึกษาในข้อ 2, 3 และ 4 มาประยุกต์ใช้งานในการสังเคราะห์หาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา ณ จุดใด ๆ ที่ต้องการในพื้นที่ศึกษา

5.1.2 โมเดลออนไลน์เนียร์

โมเดลออนไลน์เนียร์ได้ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับใช้ในหาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาไร้มิติ โดยแบ่งรูปแบบของโมเดลออกเป็น 3 ช่วงตามลักษณะรูปร่างของโค้งที่พล็อตได้ ในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งมีรูปแบบสมการทั่วไปตามตารางที่ 3.3 สามารถสรุปโมเดลออนไลน์เนียร์ที่เหมาะสมดังตารางที่ 4.5 และค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมของโมเดลในรูปความสัมพันธ์กับข้อมูลทางกายภาพของแต่ละกลุ่ม สรุปได้ดังตารางที่ 4.7 ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำไปประยุกต์ใช้งานในการสังเคราะห์หาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลา ณ จุดใด ๆ ที่ต้องการในพื้นที่ศึกษา

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากสถานีวัดน้ำท่าบางแห่งเพียงจะทำการติดตั้ง จึงมีข้อมูลปริมาณน้ำท่ายาวนานไม่เพียงพอ ดังนั้นควรมีการปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยอยู่เสมอ รวมทั้งในอนาคตอาจมีการก่อสร้างเขื่อน ซึ่งอาจทำให้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าบางแห่งไม่ได้เป็นลักษณะตามธรรมชาติ ก็ต้องตัดสถานีนั้นออกไปหรือเลือกช่วงเวลาที่ไม่แสดงผลกระทบจากการก่อสร้างเขื่อน หรือหากสถานีที่ได้รับผลกระทบจากการสร้างเขื่อนแต่มีข้อมูลยาวนานเพียงพอ ก็สามารถนำมาศึกษาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาได้เช่นกัน

2. ในการหาความสัมพันธ์ระหว่าง Q_{mean} และ T_{max} กับข้อมูลทางกายภาพในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งให้ผลเป็นที่น่าพอใจพอสมควร อย่างไรก็ตามยังข้อมูลทางกายภาพที่น่าสนใจอื่น ๆ อีกเช่น ข้อมูลสภาพการใช้ที่ดิน ความต่างระดับของพื้นที่ลุ่มน้ำกับจุดออก(Basin Relief, BR) และข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยาเช่น ปริมาณฝน เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

1. Dingman, S.L., 1978, "Synthesis of Flow Duration Curve for Unregulated Stream in New Hampshire," **Bulletin of Water Resource Research Council**, Vol. 14, pp. 1481-1502.
2. Foster, H.A., 1924, "Theoretical Frequency Curve and Their Application Engineering," **Transaction of America Society of Engineering**, Vol. 87, pp. 142-173.
3. McCuen, R.H., Wong, S.L. and Rawls, W.J., 1984, "Estimating Urban Time of Cincentrations," **Journal of Hydrolic Engineering, ASCE**, Vol. 110, pp. 887-904.
4. Mimikou, M. and Kaemaki, S., 1985, "Regionalized Flow Duration Characteristic," **Journal of Hydrologic**, Vol. 82, pp. 77-91.
5. Quimpo, R.G., Alejandrino, A.A. and McNally, T.A., 1983, "Regionalized Flow Duration Curve for Philippines," **Journal Water Resource Planning and Managenent, ASCE**, Vol. 109, pp. 320-330.
6. Searcy, J.K., 1952, "Flow Duration Curve," **Geological Survey Water Supply**, No. 1542 A, pp. 1-52
7. Singh, K.P., 1971, "Model Flow Duration and Streamflow Variiability," **Water Resource Research** ,Vol. 7, pp. 1031-1036.
8. Taylor, A. B. and H.E. Schwarz., 1952, "Unit hydrograhp Lag and Peak Flow Related to Basin Characteristics", **Transactions America Geophysical Union**, Vol. 23, pp. 235-246.

9. Vogel, R. M. and Fennessey, N., 1990, "Regional Flow Duration Curve for Ungauged Site in Massachusetts," **Journal Water Resource Planning and Management, ASCE**, Vol. 116, pp. 530-547.
10. กรกช ทวีสิน, 2545, การสร้างโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาเชิงภูมิภาคสำหรับลุ่มน้ำสำคัญในประเทศไทยโดยใช้ทฤษฎีและกระจายความน่าจะเป็น, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 294 หน้า.
11. กรมทรัพยากรน้ำ, รายงานศึกษาแผนหลัก โครงการจัดทำแผนหลักการผันน้ำจากเขื่อนสตึงนัม, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, หน้า 2-1 ถึง 2-13 และ 3-31 ถึง 3-33.
12. พรชัย ทองดีมีสุข, 2544, โค้งอัตราการไหลช่วงเวลาเชิงภูมิภาคของลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ลุ่มน้ำภาคตะวันออก และลุ่มน้ำภาคใต้ตอนล่างของประเทศไทยโดย, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 237 หน้า.
13. สัจจะชาญ พรัดมะลิ, 2544, การศึกษาโค้งอัตราการไหล-ช่วงเวลาเชิงภูมิภาคสำหรับลุ่มน้ำภาคเหนือ ภาคกลาง และลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2 02 หน้า.
14. สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, งานศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก, หน้า 2-1 ถึง 3-46.
15. วีรพล แต่สมบัติ, 2531, อุทกวิทยาประยุกต์, ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 317 หน้า.