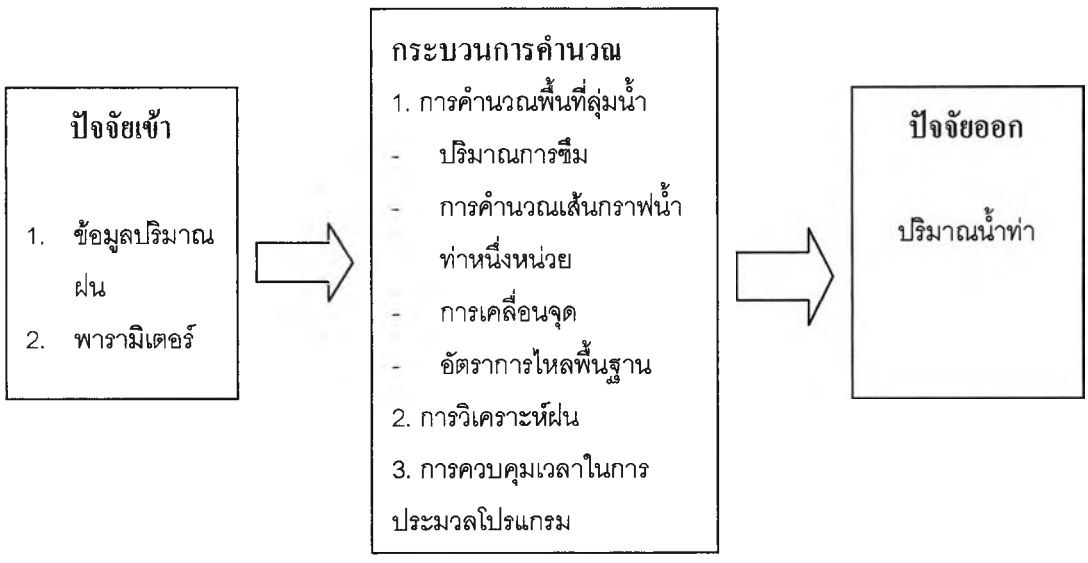
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
การพัฒนาแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม HEC-HMS

3.1 ขั้นตอนและองค์ประกอบหลักในการพัฒนาแบบจำลอง

เพื่อให้เกิดความชัดเจนในการอธิบายการพัฒนาแบบจำลอง ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องอาศัยแผนผังการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายองค์ประกอบหลักที่นำมาใช้ในการคำนวณอัตราการไหลของน้ำท่า

จากแผนผัง ปัจจัยที่นำมาใช้ในการคำนวณอัตราการไหลของน้ำท่าได้แก่ ปัจจัยเข้า ประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณฝน และค่าพารามิเตอร์ ปัจจัยต่อมาคือกระบวนการคำนวณ ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนย่อยๆ 3 ส่วน คือ พื้นที่ลุ่มน้ำ การวิเคราะห์ฝน การควบคุมเวลาในการประมวลผลโปรแกรม ปัจจัยสุดท้ายคือปัจจัยออก หมายถึง ปริมาณน้ำท่าในช่วงเวลาที่ทำการทดสอบโปรแกรม ซึ่งจะให้ทราบข้อมูลที่สำคัญ ได้แก่ อัตราการไหลสูงสุด ผลรวมอัตราการไหล และเวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุด



รูป 3-1 แสดงแผนผังการคำนวณของแบบจำลองกระบวนการน้ำฝน-น้ำท่า

3.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในงานวิจัย

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ โปรแกรม HEC1 และ HEC-HMS ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในงานอุทกวิทยา ซึ่งลักษณะสำคัญและความสามารถของโปรแกรมนี้มีดังนี้

3.2.1 ลักษณะสำคัญและความสามารถของโปรแกรม HEC1 และ HEC-HMS

โปรแกรม HEC1 และ HEC-HMS นั้นสร้างขึ้นเพื่อใช้จำลองสถานการณ์กระบวนการเกิดน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall – Runoff Process) โปรแกรมนี้สามารถใช้กับลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน เช่น พื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่ พื้นที่ที่เกิดปัญหาน้ำท่วม พื้นที่ชนบท หรือพื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยเส้นกราฟน้ำท่าที่ถูกสร้างขึ้นโดยโปรแกรมนี้จะสามารถคำนวณได้โดยจะคำนวณทีละลุ่มน้ำ หรือคำนวณหลายลุ่มน้ำแล้วนำมารวมกันก็ได้ สามารถทำนายการเกิดน้ำท่าในอนาคต ผลของการเปลี่ยนแปลงจากชนบทเป็นตัวเมือง การสร้างอ่างเก็บน้ำ การออกแบบเขื่อน และวางแผนในการป้องกันน้ำท่วม เป็นต้น

องค์ประกอบหลักของโปรแกรมมี 3 ส่วนประกอบคือ ฐานข้อมูล เครื่องมือในกระบวนการคำนวณ และเครื่องมือในการรายงานผล

ฐานข้อมูลของโปรแกรมเป็นส่วนสำคัญที่สุด โดยจะมีข้อมูลทั้งในส่วนของน้ำฝน น้ำท่า ข้อมูลของมาตรวัดน้ำ และตำแหน่งที่ตั้งหรือชนิดของมาตรวัดน้ำ การเก็บข้อมูลจะถูกเก็บในระบบจัดเก็บของ HEC (HEC-DSS (HEC, 1994)) และข้อมูลที่จัดเก็บนั้นจะเป็นนามสกุล DSS

เครื่องมือในการคำนวณ (Computation Engine) ได้มีการพัฒนามากกว่า 30 ปีแล้ว โดยศูนย์วิศวกรรมอุทกวิทยา กองทัพบกสหรัฐอเมริกา ซึ่งวิธีการคำนวณส่วนมากนั้นนำมาจาก HEC1 (HEC, 1998) HEC-1F(HEC, 1989),PRECIP(HEC, 1989) และ HEC-IFH (HEC, 1992) โดยการปรับปรุงและรวบรวมวิธีการใหม่ๆ เพิ่มเติมทำให้การจำลองกระบวนการเกิดน้ำฝน-น้ำท่าง่ายและสะดวกขึ้น ซึ่งแต่เดิมโปรแกรม HEC1 นั้นประมวลผลได้เฉพาะบนระบบปฏิบัติการดอส แต่ปัจจุบันโปรแกรม HEC-HMS ได้พัฒนาให้สามารถประมวลผลโปรแกรมได้บนระบบปฏิบัติการวินโดร์

3.2.2 เหตุผลของการเลือกโปรแกรม HEC1 และ HEC-HMS มาใช้งาน

จากคุณสมบัติของโปรแกรม HEC-HMS ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการคำนวณกระบวนการเกิดน้ำฝน-น้ำท่าได้ครบทุกขั้นตอน และสามารถเลือกวิธีการปฏิบัติได้หลายวิธีตามความเหมาะสมกับพื้นที่ลุ่มน้ำ และโปรแกรม HEC-HMS ที่กล่าวมาข้างต้นก็ยังเป็นโปรแกรมที่ทันสมัย มีการพัฒนาปรับปรุงมากกว่า 30 ปี ได้รับความเชื่อถือและนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในงานอุทกวิทยา จะเห็นว่าวิธีการต่างๆ ที่ใช้คำนวณในกระบวนการเกิดน้ำฝน-น้ำท่า จะพบอ้างอิงได้จากหนังสือหลายเล่ม เช่น หนังสือของ Chow, Maidment และ May (1998) และหนังสือทางอุทกวิทยาทั่วไป ผู้วิจัยจึงเห็นว่าโปรแกรมนี้เหมาะสมและมีความน่าเชื่อถือเพียงพอที่นำมาใช้การวิจัย

3.2.3 ส่วนประกอบของ HEC-HMS ในการคำนวณกระบวนการเกิดน้ำฝน-น้ำท่า

ส่วนประกอบของ HEC-HMS ในการคำนวณกระบวนการเกิดน้ำฝน-น้ำท่า จะแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนของพื้นที่ลุ่มน้ำ ส่วนการวิเคราะห์และการคำนวณข้อมูลปริมาณฝน และส่วนของการควบคุมเวลาในการประมวลผล

I 2028245X

โปรแกรม นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบที่ใช้เสริมกระบวนการคำนวณให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น คือกระบวนการหาค่าเหมาะสมที่สุด ซึ่งส่วนประกอบแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

1) ส่วนของพื้นที่ลุ่มน้ำ (Modeling Basin Component)

ลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำ หากต้องการสร้างแบบจำลองแสดงกระบวนการเกิดน้ำฝน-น้ำท่านั้น จะต้องมีส่วนประกอบของตัวลุ่มน้ำเอง (Subbasin) ระยะทางที่น้ำเคลื่อนที่ไปในลำคลอง (Reach) จุดรวมของแต่ละลุ่มน้ำย่อย (Junction) อ่างเก็บน้ำ (Reservoir) หรือ จุดกระจายน้ำ (Diversion) เป็นต้น ซึ่งการเลือกใช้วิธีการคำนวณแบบใดจะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมกับข้อมูลที่มีอยู่ โดยผู้วิจัยได้อ้างอิงถึงวิธีการต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัยในบทที่ 2 ส่วนของทฤษฎี

2) ส่วนของการวิเคราะห์และคำนวณฝน

การวิเคราะห์และการคำนวณปริมาณน้ำฝนจะต้องอาศัยข้อมูลจากมาตรวัดน้ำฝน ซึ่งจะบอกปริมาณฝน ตำแหน่งของสถานีวัด ชนิดของมาตรวัดน้ำ โดยข้อมูลข้างต้นจะนำมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลฝน คำนวณถ่วงน้ำหนักฝน สร้างเส้นกราฟแห่งของข้อมูลปริมาณฝน เพื่อใช้ในการคำนวณกระบวนการน้ำฝน-น้ำท่าต่อไป

3) ส่วนของเวลาที่ใช้ในการประมวลผลโปรแกรม

วิธีการประมวลผลโปรแกรม ผู้วิจัยจะต้องกำหนดระยะเวลาในการประมวลผลโปรแกรม โดยต้องกำหนดเวลาเริ่มต้นและเวลาการสิ้นสุด ซึ่งการแบ่งช่วงเวลาในการประมวลผลโปรแกรมจะเป็นตัวควบคุมการประมวลผลโปรแกรม เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของโปรแกรมในช่วงเวลาที่ผู้ใช้งานต้องการ

3.2.4 กระบวนการหาค่าเหมาะสมที่สุดใน HEC-HMS

วิธีการหนึ่งที่จะประมาณค่าพารามิเตอร์ในลุ่มน้ำ สามารถทำได้โดยการอาศัยข้อมูลของน้ำท่า แล้วอาศัยกระบวนหาค่าเหมาะสมที่สุด ซึ่งในโปแรกแกรม HEC-HMS ได้กำหนดวิธีการสร้างฟังก์ชันเป้าหมาย ให้เลือกใช้ได้หลายแบบ (อ้างอิงวิธีการที่นำมาใช้งานในบทที่ 2) สำหรับใช้เป็นตัววัดความเข้ากันของเส้นกราฟน้ำท่าของจริงและจากแบบจำลอง และยังกำหนดให้มีกระบวนการในการค้นหาอีก 2 วิธี (อ้างอิงวิธีการที่นำมาใช้งานในบทที่ 2)

3.2.5 ข้อควรพิจารณาในการประยุกต์ใช้งานโปรแกรม HEC-HMS ในงานวิจัย

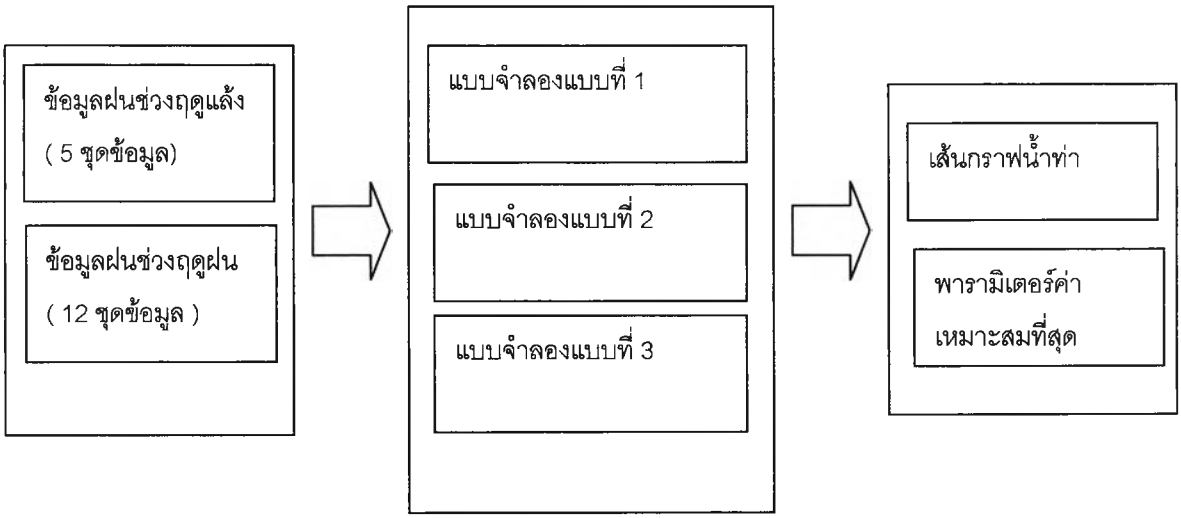
1) โปรแกรม HEC-HMS จะเหมาะที่จะใช้งานกับการคำนวณในระยะเวลาไม่ยาวนานนัก เช่นการคำนวณกระบวนการน้ำฝน-น้ำท่าในช่วงเวลาที่ฝนตกว่าจะมีปริมาณน้ำท่าสูงจนเกิดน้ำท่วมหรือไม่ โปรแกรมนี้มีการกำหนดจำนวนของช่วงเวลาที่แบ่งไว้สำหรับการประมวลผลโปรแกรม (ไม่เกิน 300 ช่วงเวลา) หากต้องประมวลผลโปรแกรมโดยใช้จำนวนช่วงเวลาที่มากกว่านี้ ผู้วิจัยจะต้องประมวลผลโปรแกรมโดยแบ่งข้อมูลเป็นชุดๆ และประมวลผลโปรแกรมกับข้อมูลทีละชุด ซึ่งหากเป็นช่วงเวลาที่ต่อเนื่องกัน อาจส่งผลต่อความถูกต้องของผลลัพธ์

2) เนื่องจากโปรแกรม HEC-HMS ต้องเรียกใช้ฐานข้อมูลที่มีนามสกุล DSS โดยที่แฟ้มข้อมูลที่มีนามสกุล DSS นั้น ต้องใช้โปรแกรมอีกตัวหนึ่งของ HEC เป็นโปรแกรมสร้างแฟ้มข้อมูลนามสกุลนี้ ผู้วิจัยจึงสร้างแฟ้มข้อมูลตามคุณลักษณะของแฟ้มข้อมูลที่ใช้กับโปรแกรม HEC1 แล้วจึงทำการส่งแฟ้มข้อมูลนี้ไปยังโปรแกรม HEC-HMS (Import HEC1 File) ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้ HEC-HMS สามารถแปลงข้อมูลไปใช้ในการประมวลผลโปรแกรมได้

3.3 การทดสอบแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม HEC1 และ HEC-HMS

3.3.1 การทดสอบแบบจำลอง โดยใช้การแบ่งช่วงเวลาการประมวลผลโปรแกรม 24 ชม.

การทดสอบแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม HEC-HMS วิธีการประมวลผลโปรแกรมโดยใช้การแบ่งช่วงเวลาการประมวลผลโปรแกรมเท่ากับ 24 ชม. แบ่งกลุ่มข้อมูลที่ใช้ทดสอบเป็น 2 กลุ่ม คือชุดข้อมูลฝนจากช่วงฤดูแล้ง และชุดข้อมูลฝนจากช่วงฤดูฝน โดยมีข้อมูลทั้งหมด 17 ชุด จะต้องทดสอบกับแบบจำลองทั้ง 3 แบบ ตามแผนผังการทดสอบแบบจำลองดังรูป 3-2 และสรุปช่วงเวลาของข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3-3 เปรียบเทียบผลลัพธ์ของแบบจำลองแต่ละแบบ โดยมีเป้าหมายเพื่อเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมนำมาใช้งาน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของเส้นกราฟน้ำท่ามีความน่าเชื่อถือ



รูป 3-2 แผนผังแสดงการทดสอบแบบจำลองด้วยโปรแกรม HEC-HMS เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ของแต่ละแบบจำลอง

การทดสอบแบบจำลองด้วยโปรแกรม HEC1 และ HEC - HMS นั้นจะพิจารณาจากขนาดของลุ่มน้ำ สถานีวัดน้ำฝนที่สามารถนำมาใช้กับลุ่มน้ำได้ การทดสอบแบบจำลองมีเป้าหมายเพื่อให้ตรงกับสมมติฐานของ Lump System และให้ผลที่ได้มีความถูกต้องและใกล้เคียงความจริง โดยแบบจำลองที่จะทดสอบตามการพิจารณาขนาดของลุ่มน้ำ และจำนวนสถานีวัดน้ำฝน แบ่งเป็น 3 แบบดังนี้

แบบจำลองแบบที่ 1

ผู้วิจัยจะต้องกำหนดลุ่มน้ำและสถานีวัดน้ำฝน ลุ่มใหญ่น้ำที่จะใช้แบบจำลองแบบที่ 1 จะเป็นลุ่มน้ำขนาดใหญ่เพียงแห่งเดียว และใช้สถานีวัดน้ำฝนที่อยู่ในบริเวณลุ่มน้ำเพียงแห่งเดียว ในที่นี้คือสถานีวัดน้ำฝน P64 ซึ่งสถานีวัดน้ำฝนนี้มีข้อมูลที่ละเอียด แบบจำลองนี้สามารถนำมาใช้งานได้ง่าย แต่อาจเกิดปัญหาคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์ได้ เนื่องจากสมมติฐานของ Lump System จะได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องจะต้องมีฝนตกกระจายทั่วทั้งลุ่มน้ำ เนื่องจากลุ่มน้ำที่ต้องการศึกษามีขนาดใหญ่ การที่จะสมมติให้ฝนตกกระจายทั่วทั้งพื้นที่โดยใช้สถานีวัดน้ำฝนเพียงแห่งเดียวจึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์ได้

แบบจำลองแบบที่ 2

ผู้วิจัยจะต้องศึกษาลุ่มน้ำและสถานีวัดน้ำฝน ลุ่มน้ำที่ศึกษาจะต้องเป็นลุ่มใหญ่เพียงแห่งเดียว ส่วนสถานีวัดน้ำฝนต้องอยู่ในบริเวณลุ่มน้ำ (ในงานวิจัยมี 1 แห่ง) และจะมีสถานีวัดน้ำฝนอีก 2 แห่ง ที่อยู่ใกล้เคียวลุ่มน้ำมาเป็นข้อมูลช่วยในการทดสอบแบบจำลอง โดยคิดสัดส่วนของแต่ละสถานีเป็นค่าถ่วงน้ำหนักเทียบกับพื้นที่ของลุ่มน้ำ ด้วยวิธีของทิสเสน โดยแบ่งสัดส่วนของแต่ละสถานีดังนี้

ตาราง 3-1 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝนในแบบจำลองแบบที่ 2

รหัสสถานี	ที่ตั้งของสถานี	ค่าถ่วงน้ำหนัก
07731 (P64)	บ้านแม่ตื่น อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่	0.75
07092	อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่	0.20
20095	บ้านแม่หงาว อำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน	0.05

การนำสถานีวัดน้ำฝนเพิ่มอีก 2 แห่ง จะทำให้สมมติฐานของแบบจำลอง Lump System ที่กำหนดให้ฝนตกกระจายทั่วทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นใกล้เคียงความจริงมากขึ้น ซึ่งจะทำให้ผลที่ได้จากแบบจำลองน่าเชื่อถือกว่าการใช้สถานีวัดน้ำฝนเพียงแห่งเดียว แต่การใช้สถานีวัดน้ำฝนหลายแห่งก็มีข้อจำกัดเหมือนกัน หากมีข้อมูลบางส่วนขาดหายไปอาจมีผลกระทบต่อผลลัพธ์ของแบบจำลอง และทำให้ไม่สามารถทดสอบแบบจำลองในช่วงเวลานั้นได้

แบบจำลองแบบที่ 3

ผู้วิจัยจะศึกษาจากลุ่มน้ำกรณีโดยแบ่งลุ่มน้ำกรณีศึกษาเป็นลุ่มน้ำย่อย เพื่อหาผลลัพธ์และใช้สถานีวัดน้ำฝนที่อยู่ในบริเวณลุ่มน้ำ(ในงานวิจัยมี 1 แห่ง) และเพิ่มสถานีวัดน้ำฝนที่อยู่ใกล้เคียงอีก 2 แห่ง มาช่วยในการทดสอบแบบจำลอง โดยคิดสัดส่วนของแต่ละสถานีเป็นค่าถ่วงน้ำหนักเทียบกับพื้นที่ของลุ่มน้ำย่อยแต่ละแห่ง โดยวิธีการส่วนกลับของระยะทางยกกำลังสอง ซึ่งจะทำให้สามารถแบ่งสัดส่วนของแต่ละสถานีได้ดังนี้

ตาราง 3-2 แสดงค่าถ่วงน้ำหนักของสถานีวัดน้ำฝนในแบบจำลองประเภทที่ 3

ลุ่มน้ำ	รหัสสถานีน้ำฝน	ที่ตั้งสถานี	ค่าถ่วงน้ำหนัก
ลุ่มน้ำย่อยที่ 1	07731 (P64)	บ้านแม่ตื่น อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่	0.82
	07092	อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่	0.18
ลุ่มน้ำย่อยที่2	07731 (P64)	บ้านแม่ตื่น อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่	1.00
ลุ่มน้ำย่อยที่3	07731 (P64)	บ้านแม่ตื่น อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่	0.90
	20095	บ้านแม่หงาว อำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน	0.10

ตาราง 3-3 แสดงจำนวนชุดข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผลโปรแกรม (Δ t =24 hr.)

ฤดู	ประเภทของแบบจำลอง	ชุดข้อมูล	ช่วงเวลา	การแบ่งช่วงเวลา	วัตถุประสงค์
แล้ง	แบบที่ 1	Dry_99	11 ก.พ. – 6 มี.ค.	24 hr.	เปรียบเทียบผลลัพธ์ของแบบจำลองแบบที่1 สำหรับชุดข้อมูลช่วงฤดูแล้ง
		Dry_98	26 ก.พ. –31 มี.ค.	24 hr.	
		Dry_97	1 มี.ค. -24 มี.ค.	24 hr.	
		Dry_95	1 มี.ค. -31 มี.ค.	24 hr.	
		Dry_93	1 มี.ค.-31 มี.ค.	24 hr.	
แล้ง	แบบที่ 2	Dry_99	11 ก.พ. – 6 มี.ค.	24 hr.	เปรียบเทียบผลลัพธ์ของแบบจำลองแบบที่2 สำหรับชุดข้อมูลช่วงฤดูแล้ง
		Dry_98	26 ก.พ. –31 มี.ค.	24 hr.	
		Dry_97	1 มี.ค. -24 มี.ค.	24 hr.	
		Dry_95	1 มี.ค. -31 มี.ค.	24 hr.	
		Dry_93	1 มี.ค.-31 มี.ค.	24 hr.	
แล้ง	แบบที่ 3	Dry_99	11 ก.พ. – 6 มี.ค.	24 hr.	เปรียบเทียบผลลัพธ์ของแบบจำลองแบบที่3 สำหรับชุดข้อมูลช่วงฤดูแล้ง
		Dry_98	26 ก.พ. –31 มี.ค.	24 hr.	
		Dry_97	1 มี.ค. -24 มี.ค.	24 hr.	
		Dry_95	1 มี.ค. -31 มี.ค.	24 hr.	
		Dry_93	1 มี.ค.-31 มี.ค.	24 hr.	
ฝน	แบบที่ 1	Wet1_98	1 ส.ค. - 30 ส.ค.	24 hr	เปรียบเทียบผลลัพธ์ของแบบจำลองแบบที่1 สำหรับชุดข้อมูลช่วงฤดูฝน
		Wet2_98	1 ส.ค. - 30 ส.ค.	24 hr	
		Wet1_96	1 ก.ย. - 30 ก.ย.	24 hr	
		Wet2_96	1 ส.ค. - 30 ส.ค.	24 hr	
		Wet1_95	1 ส.ค. - 30 ส.ค.	24 hr	
		Wet2_95	1 ส.ค. - 30 ส.ค.	24 hr	
		Wet1_94	15 ส.ค. - 15 ก.ย.	24 hr	
		Wet2_94	15 ก.ค. - 15 ส.ค.	24 hr	
		Wet1_93	1 ก.ย. - 30 ก.ย.	24 hr	
		Wet2_93	24 ก.ย. - 26 ส.ค.	24 hr	
		Wet1_92	31 ส.ค. - 29 ส.ค.	24 hr	
		Wet2_92	23 ก.ย. - 31 ต.ค.	24 hr	
ฝน	แบบที่ 2	Wet1_98	1 ส.ค. - 30 ส.ค	24 hr	
		Wet2_98	1 ส.ค. - 30 ส.ค.	24 hr	
		Wet1_96	1 ก.ย. - 30 ก.ย.	24 hr	

ตาราง 3-3 (ต่อ)

ฤดู	ประเภทของแบบจำลอง	ชุดข้อมูล	ช่วงเวลา	การแบ่งช่วงเวลา	วัตถุประสงค์
ฝน	แบบที่ 2	Wet2_96	1 ส.ค. - 30 ส.ค.	24 hr	เปรียบเทียบผลลัพธ์ของแบบจำลองแบบที่2 สำหรับชุดข้อมูลช่วงฤดูฝน
		Wet1_95	1 ส.ค. - 30 ส.ค.	24 hr	
		Wet2_95	1 ส.ค. - 30 ส.ค.	24 hr	
		Wet1_94	15 ส.ค. - 15 ก.ย.	24 hr	
		Wet2_94	15 ก.ค. - 15 ส.ค.	24 hr	
		Wet1_93	1 ก.ย. - 30 ก.ย.	24 hr	
		Wet2_93	24 ก.ย. - 26 ส.ค.	24 hr	
		Wet1_92	31 ส.ค. - 29 ส.ค.	24 hr	
ฝน	แบบที่ 3	Wet2_92	23 ก.ย. - 31 ต.ค.	24 hr	เปรียบเทียบผลลัพธ์แบบที่3 สำหรับชุดข้อมูลช่วงฤดูฝน
		Wet1_98	1 ส.ค. - 30 ส.ค.	24 hr	
		Wet2_98	1 ส.ค. - 30 ส.ค.	24 hr	
		Wet1_96	1 ก.ย. - 30 ก.ย.	24 hr	
		Wet2_96	1 ส.ค. - 30 ส.ค.	24 hr	
		Wet1_95	1 ส.ค. - 30 ส.ค.	24 hr	
		Wet2_95	1 ส.ค. - 30 ส.ค.	24 hr	
		Wet1_94	15 ส.ค. - 15 ก.ย.	24 hr	
		Wet2_94	15 ก.ค. - 15 ส.ค.	24 hr	
		Wet1_93	1 ก.ย. - 30 ก.ย.	24 hr	
		Wet2_93	24 ก.ย. - 26 ส.ค.	24 hr	
		Wet1_92	31 ส.ค. - 29 ส.ค.	24 hr	
		Wet2_92	23 ก.ย. - 31 ต.ค.	24 hr	

การศึกษาโดยแบ่งลุ่มน้ำใหญ่ให้เป็นลุ่มน้ำย่อยนั้น ทำให้สมมติฐานของ Lump System ใกล้เคียงความจริงมากขึ้น เพราะเมื่อแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำให้มีขนาดเล็กลง โอกาสที่ฝนจะตกกระจายทั่วทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำจะมีมากขึ้น และในแต่ละลุ่มน้ำย่อยก็จะมีชุดพารามิเตอร์ที่นำมาใช้คำนวณ ซึ่งจะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองใกล้เคียงความจริงมากขึ้นแต่แบบจำลองนี้มีข้อจำกัดคือ ข้อมูลที่ได้จากแต่ละลุ่มน้ำย่อยจะต้องมีความละเอียดเพียงพอ และอาจจะมีปัญหาในการคำนวณเวลาการเคลื่อนถอยหลัง (Lag Time) ของแต่ละลุ่มน้ำ การรวมเส้นกราฟน้ำท่าแต่ลุ่มน้ำย่อยเข้าด้วยกัน (Combined Hydrograph) อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้

เนื่องจากข้อจำกัดด้านข้อมูลในการสร้างแบบจำลองแบบนี้ จึงต้องอาศัยพารามิเตอร์ที่คำนวณในลุ่มใหญ่และเพิ่มเติมข้อมูลบางส่วน เพื่อดัดแปลงเข้ากับสภาพจริงให้ได้มากที่สุด

1) การประมาณค่าพารามิเตอร์

การทดสอบแบบจำลองด้วยการใช้การแบ่งช่วงเวลาการประมวลผลโปรแกรมเท่ากับ 24 ชม. พบว่า แบบจำลองแบบที่ 3 จะต้องคำนวณการเคลื่อนจุด โดยมีการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก (X) และค่าคงที่ของเวลาการกักเก็บ (K) ค่าถ่วงน้ำหนักจะไม่มีการอ้างอิงความหมายทางกายภาพ แต่จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0 – 0.5 ก่อนการคำนวณจึงต้องกำหนดค่าไว้ก่อน ในการทดสอบแบบจำลองนี้ใช้ค่าถ่วงน้ำหนักเท่ากับ 0.2 (ค่าเฉลี่ยของลุ่มน้ำตามธรรมชาติ) ส่วนค่าคงที่ของเวลาการกักเก็บ K นั้นคือเวลาที่น้ำเคลื่อนไปในลำคลองซึ่งก็จะเท่ากับระยะทางหารด้วยอัตราเร็วของน้ำ สำหรับระยะทางที่จะคำนวณเคลื่อนจุดสามารถดูได้จากแผนที่ ส่วนอัตราเร็วจะคำนวณได้โดยใช้เฉลี่ยอัตราเร็วของน้ำประมาณ 1 เมตรต่อวินาที

การคำนวณค่าอัตราการไหลพื้นฐานเป็นไปตามทฤษฎีที่กล่าวมาในข้างต้น ตามหลักทฤษฎีมีการอ้างอิงถึงพารามิเตอร์ 3 ค่า ซึ่งได้แก่ ค่าอัตราการไหลพื้นฐานเริ่มต้น ค่าของ threshold flow และค่าคงที่ของการลดลงของเส้นโค้งส่วนลด โดยการทดสอบโปรแกรมด้วยการแบ่งช่วงเวลาการประมวลผลโปรแกรมเท่ากับ 24 ชั่วโมงได้กำหนดค่าไว้ดังนี้

- ค่าของอัตราการไหลพื้นฐานเริ่มต้น คือค่าที่แสดงลักษณะทางกายภาพเดิมของพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งยังไม่มีฝนตก ซึ่งในการสร้างแบบจำลองในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนดค่าอัตราการไหลพื้นฐานเริ่มต้น เพื่อจะนำมาใช้ในการคำนวณกระบวนการเกิดน้ำฝน-น้ำท่า ซึ่งเป็นข้อมูลอัตราการไหลของน้ำท่าจริง ก่อนที่จะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากมีฝนตกลงมา เพื่อจะแสดงผลเป็นเส้นกราฟของน้ำท่าต่อไป

- Threshold flow คือค่าที่กำหนดไว้เพื่อให้อัตราการไหลพื้นฐานสูงสุดมีค่าไม่เกินค่านี้ โดยปกติแล้วค่า Threshold flow จะกำหนดเป็นสัดส่วนกับอัตราการไหลสูงสุด แต่เนื่องจากไม่สามารถหาความสัมพันธ์ใดๆ กับข้อมูลอัตราการไหลจริงได้ ในการทดสอบแบบจำลองจึงได้กำหนดค่า threshold flow เป็น 0.05 ไว้ก่อน แล้วทำการปรับเปลี่ยนใช้พารามิเตอร์อื่นต่อไป

- ค่าคงที่ของเส้นโค้งส่วนลด โดยในการทดสอบแบบจำลองนี้ได้กำหนดค่าไว้ก่อนประมวลผลโปรแกรมมีค่าเป็น 1.0050

พารามิเตอร์การหาปริมาณการซึมนี้ส่วนใหญ่จะใช้กระบวนการหาค่าเหมาะสมที่สุด เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ แต่มีค่าพารามิเตอร์อยู่ค่าหนึ่งก็คือค่าของเปอร์เซ็นต์ส่วนที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ (Percent Impervious) ไม่สามารถใช้กระบวนการหาค่าเหมาะสมที่สุดหาค่าพารามิเตอร์นี้ได้ จึงได้ตั้งให้ค่านี้เป็นศูนย์ไว้ก่อน

การคำนวณเส้นกราฟน้ำท่า 1 หน่วยจะใช้พารามิเตอร์ 2 ค่า ได้แก่ พารามิเตอร์เวลาในการไหลรวมตัว และพารามิเตอร์เวลาที่ฝนส่วนเกินถูกกักเก็บไว้ในลุ่มน้ำ ซึ่งพารามิเตอร์ 2 ค่านี้จะสามารถหาผลลัพธ์ได้จากการประมวลผลโปรแกรมด้วยกระบวนการหาค่าเหมาะสมที่สุด โดยการประมวลโปรแกรมนั้นจะทำพร้อมกับพารามิเตอร์อีก 2 ค่า ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ในส่วนของการหาปริมาณการซึม ซึ่งรวมแล้วจะมีพารามิเตอร์ 4 ค่า ที่จะทำการประมวลผลโปรแกรมด้วยกระบวนการหาค่าเหมาะสมที่สุด

สรุปแล้วจะมีพารามิเตอร์ อยู่ 4 ค่าที่จะทำการ Optimization ได้แก่

- เวลาในการไหลรวมตัว (Time of Concentration) มีหน่วยเป็นชั่วโมง
- เวลาที่ฝนส่วนเกินถูกกักเก็บไว้ในลุ่มน้ำ(Basin Storage Coefficient) มีหน่วยเป็นชั่วโมง
- ค่าปริมาณฝนที่ซึมหมดในช่วงแรก (Initial Rainfall Abstraction) มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร
- ค่าของ Curve Number ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการซึมของดิน ไม่มีหน่วย

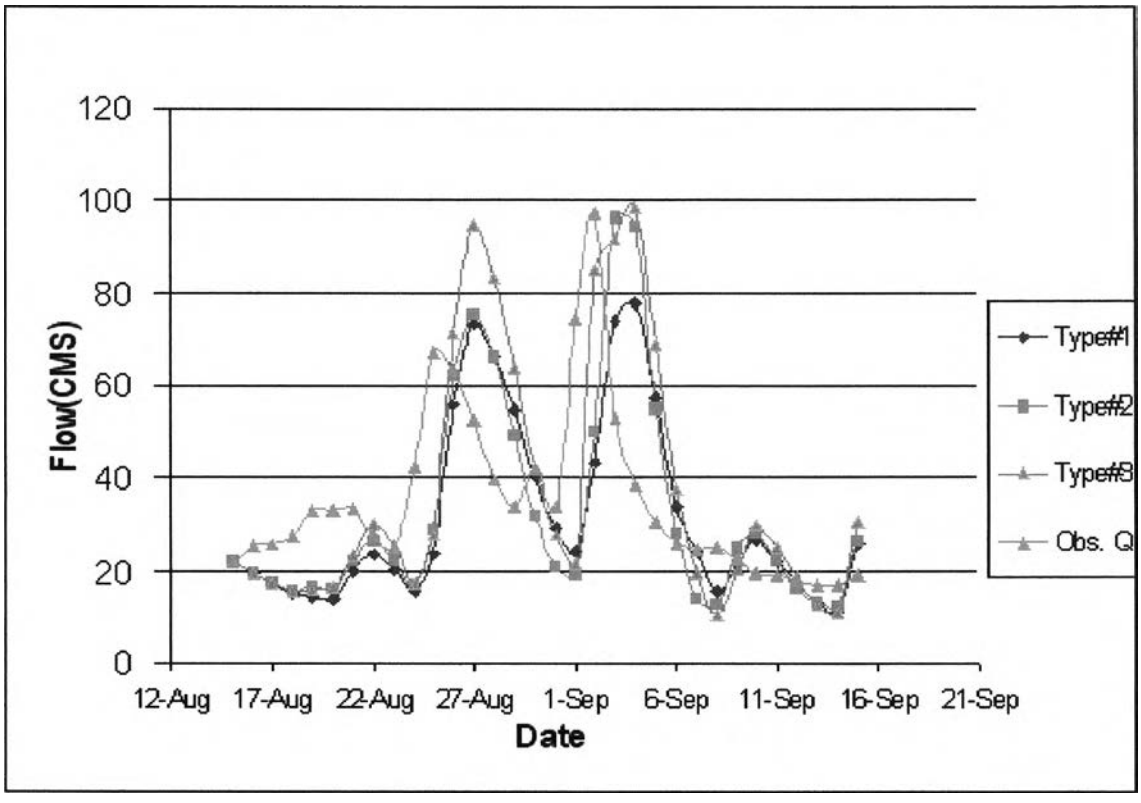
ขั้นตอนต่อไปจะเป็นวิธีการประมวลผลโปรแกรมด้วยกระบวนการหาค่าเหมาะสมที่สุด เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ทั้ง 4 ค่า

2) การวิเคราะห์ผลของแบบจำลอง

จากการทดสอบข้อมูลในแต่ละช่วงเวลาเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับข้อมูลแต่ละชุดนั้น โดยเปรียบเทียบกันระหว่างแบบจำลองทั้ง 3 แบบให้ผลของการทดสอบดังนี้

- เวลาในการเกิดน้ำท่าสูงสุด (Time of Peak) แบบจำลองทั้ง 3 แบบให้ผลลัพธ์แตกต่างกันไป โดยแบบจำลองแบบที่ 2 จะให้ผลลัพธ์ของเวลาในการเกิดน้ำท่าสูงสุดใกล้เคียงความจริงมากที่สุด รองลงมาก็คือแบบจำลองแบบที่1 ส่วนแบบจำลองแบบที่ 3 จะให้ผลลัพธ์ผิดพลาดมากที่สุด โดยทั่วไปการคำนวณเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุดจากแบบจำลองทั้ง 3 แบบ จะมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงอยู่อย่างน้อย 1 คาบช่วงเวลา หรือ 24 ชม. ซึ่งหากพิจารณาจากผลลัพธ์แบบจำลองทั้ง 3 แบบ ยังไม่น่าเชื่อถือมากนัก
- อัตราการไหลสูงสุด (Peak Flow) จากผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง 3 แบบ พบว่าแบบจำลองแบบที่ 2 จะให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากที่สุด รองลงมาก็คือแบบจำลองแบบที่ 1 ส่วนแบบจำลองแบบที่ 3 จะให้ผลลัพธ์ที่ผิดพลาดมากที่สุด แต่มีข้อมูลบางชุดที่แบบจำลองแบบที่ 3 ให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงความจริงมากกว่าแบบจำลองแบบที่ 2 แต่ลักษณะโดยรวมของเส้นกราฟน้ำท่านั้น ยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน ซึ่งถ้าพิจารณาแล้วแบบจำลองแบบที่ 2 น่าจะมีความเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้งานมากที่สุด
- ผลรวมอัตราการไหลน้ำท่า (Sum of flow) ก็คือพื้นที่ใต้เส้นกราฟน้ำท่านั่นเอง ซึ่งจากผลลัพธ์ของแบบจำลองทั้ง 3 แบบพบว่า แบบจำลองแบบที่ 2 ให้ค่าของผลรวมอัตราการไหลน้ำท่าใกล้เคียงและดีกว่าแบบจำลองอื่นๆ

เพื่อความชัดเจน ผู้วิจัยจะขอยกตัวอย่างแสดงการเปรียบเทียบเส้นกราฟน้ำท่า โดยใช้แบบจำลองทั้ง 3 แบบกับข้อมูลชุด Wet2_97 ดังนี้

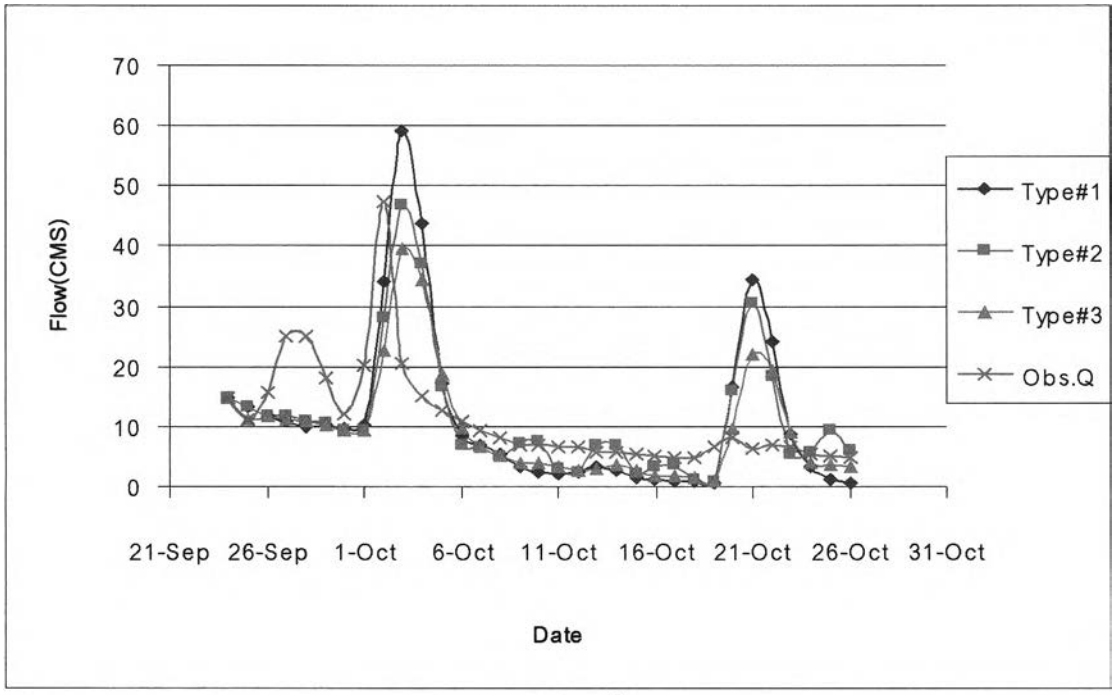


รูป 3-3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเส้นกราฟน้ำท่าแบบจำลองทั้ง 3 แบบกับข้อมูลชุด Wet2_94

3) สรุปผลและปัญหาของแต่ละแบบจำลองในการทดสอบแบบจำลองด้วยโปรแกรม HEC-HMS โดยใช้การแบ่งช่วงเวลาการประมวลผลโปรแกรมเท่ากับ 24 ชม.

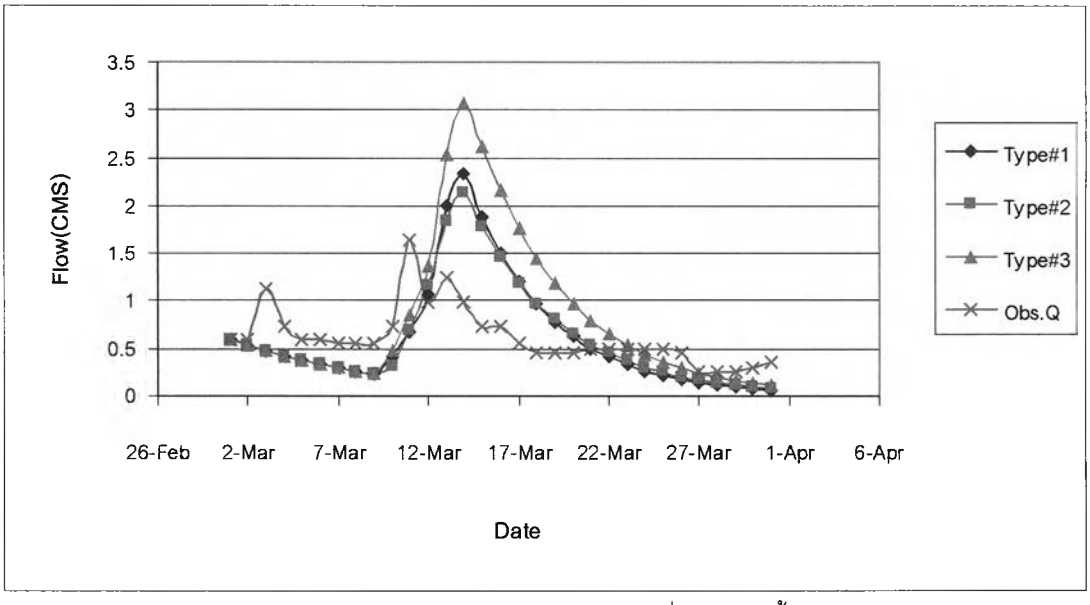
จากผลการทดสอบแบบจำลองทั้ง 3 แบบกับข้อมูลในช่วงเวลาต่างๆ กัน ทั้งในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน โดยใช้ (Δt = 24hr.) ผลลัพธ์จากการประมวลผลโปรแกรมพบปัญหาดังนี้

ก.หากข้อมูลอัตราการไหลจริงนั้นมีการเกิดอัตราการไหลสูงสุดอยู่ในช่วงต้นๆ แบบจำลองจะไม่สามารถให้ค่าอัตราการไหลสูงสุดได้ แต่อัตราการไหลสูงสุดกลับไปปรากฏในช่วงท้าย ทำให้อัตราการไหลในช่วงท้ายสูงเกินความจริง ซึ่งปัญหาการเกิดอัตราการไหลแสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูป 3-4 กราฟแสดงปัญหาการเกิดอัตราการไหลสูงสุดในช่วงเริ่มต้นของช่วงเวลา (จากข้อมูลชุด Wet1_93)

ข.ในการทดสอบโปรแกรมในช่วงฤดูแล้ง ปริมาณน้ำมีน้อย ทำให้เกิดอัตราการไหลสูงสุดไม่ชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการไหลสูงสุดในช่วงฤดูฝน ซึ่งปัญหาการเกิดอัตราการไหลสูงสุดไม่ชัดเจนในลักษณะนี้ แสดงเป็นกราฟได้ดังนี้



รูป 3-5 กราฟแสดงปัญหาการเกิดอัตราการไหลสูงสุดในช่วงฤดูแล้งที่มีปริมาณน้ำค่อนข้างน้อย(จากข้อมูลชุด Dry1_93)

การทดสอบแบบจำลองโดยแบ่งช่วงเวลาการประมวลผลโปรแกรม เท่ากับ 24 ชม. โดยทั่วไปผลลัพธ์เวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุดของแบบจำลองจะคลาดเคลื่อนจากข้อมูลจริงอย่างน้อย 1 คาบช่วงเวลา (24 ชม.) ซึ่งหากพิจารณาแล้วอาจกล่าวได้ว่า มีความคลาดเคลื่อนของเวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุดค่อนข้างมาก

ตาราง 3-4 สรุปผลการทดสอบแบบจำลองแต่ละแบบ

แบบจำลอง	ข้อดี	ข้อเสีย
แบบที่ 1	ง่ายต่อการใช้งานกับข้อมูล เพราะใช้จากสถานีฝนวัดน้ำฝนเพียงแห่งเดียว ในการประมวลผลโปรแกรม	ผลลัพธ์โปรแกรมที่ได้ มีค่าคลาดเคลื่อนสูง มีข้อเสียเปรียบกว่าแบบจำลองแบบอื่นๆ
แบบที่ 2	ผลลัพธ์ของโปรแกรมที่ได้ เหมาะสมที่จะนำมาใช้งานได้เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมีข้อได้เปรียบกว่าแบบจำลองแบบอื่นๆ	ต้องมีข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝนถึง 3 แห่ง และผลลัพธ์ของอัตราการไหลสูงสุดนั้นมีค่าผิดพลาดสูง ในบางช่วงเวลาที่ทดสอบโปรแกรม
แบบที่ 3	ผลลัพธ์ของโปรแกรมให้ค่าของอัตราการไหลสูงสุดมีค่าใกล้เคียงความจริงในบางช่วงเวลาที่ทดสอบโปรแกรม	ต้องมีข้อมูลจากสถานีวัดน้ำฝนถึง 3 แห่ง ยังและต้องมีข้อมูลสำหรับคำนวณการเคลื่อนจุดเพิ่มเติม ลักษณะโดยรวมของเส้นกราฟน้ำท่าที่ได้ ไม่เหมาะสมจะนำมาใช้งาน

4) สรุปการเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์

ข้อจำกัดที่นำมาใช้พิจารณาในการสรุปค่าพารามิเตอร์

ก. จากผลลัพธ์ของการประมวลผลโปรแกรมพบว่า แบบจำลองแบบที่ 2 ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด จึงเลือกใช้แบบจำลองแบบที่ 2 เป็นหลักในการเลือกค่าพารามิเตอร์

ข. ชุดของข้อมูลฝนที่นำมาประมวลผลโปรแกรมด้วยกระบวนการหาค่าเหมาะสุด หากมีความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลน้ำท่าจริงมาก ผู้วิจัยจะไม่นำพารามิเตอร์ที่ได้จากข้อมูลชุดนั้นมาพิจารณา

ค. การทดสอบแบบจำลองด้วยชุดของข้อมูลในช่วงฤดูแล้งนั้น ส่วนใหญ่ในช่วงฤดูแล้งฝนตกน้อย ทำให้จำนวนชุดข้อมูลฝนน้อย การเลือกค่าของพารามิเตอร์จำเป็นต้องเลือกจากชุดของข้อมูลเท่าที่มีอยู่

ตาราง 3-5 แสดงการเลือกค่าพารามิเตอร์ในฤดูฝน (Δt = 24hr.)

พารามิเตอร์	ค่าต่ำสุด –ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	หมายเหตุ
ค่าอัตราการไหลเริ่มต้น	-	-	เป็นค่าที่ทราบจากข้อมูลน้ำท่า
Recession Constant	-	-	กำหนดค่าเท่ากับ 1.0050
Threshold flow	-	-	กำหนดค่าเท่ากับ 0.05
เปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้	-	-	กำหนดค่าเท่ากับ 0.0
เวลาการไหลรวมตัว (TC)	24.16 – 39.2	27.49	
Storage Coefficient) (R)	12.00 – 12.00	12.00	
Initial Rainfall Abstraction	2.02 – 110.14	29.78	มีค่าสูงอย่างชัดเจนคือ 110.14 จึงไม่นำมาพิจารณา
Curve Number	35.10-67.90	40.62	

หมายเหตุ อ้างอิงค่าพารามิเตอร์จากตาราง ค-2 จากบทภาคผนวก โดยค่าพารามิเตอร์ที่สูงหรือต่ำเกินไปจะไม่นำมาใช้ในการพิจารณา ซึ่งจะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยซึ่งเป็นตัวแทนของข้อมูลนั้นสามารถใช้กับข้อมูลได้ส่วนใหญ่

ตาราง 3-6 แสดงการเลือกค่าพารามิเตอร์ในฤดูแล้ง (Δt = 24hr.)

พารามิเตอร์	ค่าต่ำสุด – ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	หมายเหตุ
ค่าอัตราการไหลเริ่มต้น	-	-	เป็นค่าที่ทราบจากข้อมูลน้ำท่า
Recession Constant	-	-	กำหนดค่าเท่ากับ 1.0050
Threshold flow	-	-	กำหนดค่าเท่ากับ 0.05
เปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้	-	-	กำหนดค่าเท่ากับ 0.0
เวลาการไหลรวมตัว (TC)	24.72 – 39.72	29.30	
Storage Coefficient)(R)	12.00 – 17.03	13.01	
Initial Rainfall Abstraction	18.86 – 43.59	30.09	
Curve Number	62.92 – 75.30	69.10	

หมายเหตุ อ้างอิงค่าพารามิเตอร์จากตาราง ค-4 จากบทภาคผนวก

5) พารามิเตอร์ที่มีปัญหาในภาพรวม

จากผลของการทดสอบแบบจำลอง สรุปโดยรวมพบว่าแบบจำลองแบบที่ 2 ให้ข้อได้เปรียบมากกว่าแบบจำลองแบบอื่นๆ แต่หากพิจารณาภาพรวมแล้วยังมีข้อจำกัดดังนี้

- เวลาในการเกิดน้ำท่าสูงสุด (Time of Peak)

เนื่องจากการแบ่งช่วงเวลาการประมวลผลโปรแกรมเท่ากับ 24 ชม. โดยปกติแล้วแบบจำลองจะมีเวลาที่คลาดเคลื่อนจากข้อมูลจริงอยู่บ้าง โดยเวลาที่คลาดเคลื่อนไปนั้น อย่างน้อยจะต้องเท่ากับ 1 คาบช่วงเวลาหรือ 24 ชม.(1 วัน) แม้ว่าแบบจำลองจะคำนวณความคลาดเคลื่อนน้อยกว่านี้ แต่ต้องปัดขึ้นเป็นจำนวน 1 คาบช่วงเวลา ซึ่งความคลาดเคลื่อนนี้ อาจมองได้ว่าเป็นความคลาดเคลื่อนซึ่งมากเกินไป

- ค่าพารามิเตอร์ของเวลาการไหลรวมตัว (Time of Concentration)

พิจารณาจากลักษณะทางกายภาพแล้ว เวลาในการไหลของน้ำจากจุดที่ไกลที่สุดถึงจุดออกของลุ่มน้ำนั้นไม่น่าจะถึง 24 ชม. แต่เนื่องจากการแบ่งช่วงเวลาการประมวลผลโปรแกรมเท่ากับ 24ชม. ในกระบวนการหาค่าเหมาะสมที่สุดนั้น โปรแกรม HEC-HMS จะไม่สามารถให้ผลของเวลาการไหลรวมตัวที่ต่ำกว่าช่วงเวลาที่แบ่งไว้สำหรับการประมวลผลโปรแกรม ดังนั้นค่าพารามิเตอร์ของเวลาของการไหลรวมตัวที่ได้จึงไม่น่าเชื่อถือเพียงพอ และมีผลกระทบให้ค่าพารามิเตอร์อื่นๆที่ได้ประมวลผลผ่านกระบวนการหาค่าเหมาะสุดพร้อมกันนั้นไม่น่าเชื่อพอที่จะนำมาประยุกต์ใช้งานได้

6) แนวทางในการพัฒนาแบบจำลองเพื่อให้ผลลัพธ์ดีขึ้น

วิธีการที่จะพัฒนาแบบจำลองให้ดีขึ้นนั้น จะต้องแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดสอบแบบจำลองเบื้องต้น หากจะพิจารณาถึงปัญหานั้นน่าจะอยู่ที่การแบ่งช่วงเวลาในการประมวลผลโปรแกรมเท่ากับ 24 ชม. ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความคลาดเคลื่อนสูง และไม่มีความละเอียดมากเพียงพอ หากสามารถใช้ข้อมูลที่มีความละเอียดมากกว่านี้เพื่อทดสอบแบบจำลองด้วยการแบ่งช่วงเวลาในการประมวลผลโปรแกรมให้ต่ำกว่า 24 ชม.น่าจะช่วยแก้ปัญหาค่าที่คลาดเคลื่อนของเวลาในการเกิดน้ำท่าสูงสุด และค่าพารามิเตอร์ของเวลาในการไหลรวมตัว ความละเอียดของข้อมูลน่าจะช่วยแก้ปัญหาและพัฒนาแบบจำลองให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

ขั้นตอนต่อไปจะทำการทดสอบแบบจำลองด้วยการแบ่งช่วงเวลาการประมวลผลโปรแกรมเท่ากับ 3 ชม. ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อแก้ปัญหาต่างๆ ข้างต้น

3.3.2 การทดสอบแบบจำลองด้วยโปรแกรม HEC-HMS โดยใช้แบ่งช่วงเวลาการประมวลผลโปรแกรมเท่ากับ 3 ชั่วโมง

จากผลลัพธ์ของการทดสอบแบบจำลองเบื้องต้นพบว่าควรใช้แบบจำลองแบบที่ 2 และจากข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยมีข้อมูลราย 3 ชม. ผู้วิจัยจึงนำมาทดสอบแบบจำลองโดยใช้แบ่งช่วงเวลาการประมวลผลโปรแกรมเท่ากับ 3 ชม. การทดสอบแบบจำลองนี้ ผู้วิจัยจะเปลี่ยนการพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์ส่วนที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ จากเดิมการแบ่งช่วงเวลาการประมวลผลโปรแกรมเท่ากับ 24 ชม. กำหนดค่าเปอร์เซ็นต์ส่วนที่น้ำซึมผ่านไม่ได้เป็นศูนย์ ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าไม่สอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ ฉะนั้นการทดสอบแบบจำลองโดยแบ่งช่วงเวลาการประมวลผลโปรแกรมเท่ากับ 3 ชม. เพื่อจะหาชุดของพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้

1) การประมาณค่าพารามิเตอร์

การประมาณค่าพารามิเตอร์ ใช้หลักการเดียวกันกับการทดสอบแบบจำลองโดยการประมวลผลโปรแกรมเท่ากับ 24 ชม. กล่าวโดยสรุปคือ

พารามิเตอร์ที่ต้องกำหนดค่าไว้ก่อนคือ พารามิเตอร์ค่าอัตราการไหลพื้นฐานเริ่มต้น (Initial Baseflow) ค่าอัตราการไหล Threshold Flow และค่าคงที่ของเส้นโค้งส่วนลด (Recession Constant)

พารามิเตอร์ที่ต้องหาค่าจากกระบวนการหาค่าเหมาะสุด ได้แก่

- เวลาในการไหลรวมตัว (Time of Concentration) มีหน่วยเป็นชั่วโมง
- เวลาที่ฝนส่วนเกินถูกกักเก็บไว้ในลุ่มน้ำ (Basin Storage Coefficient) มีหน่วยเป็นชั่วโมง
- ค่าปริมาณฝนที่ซึมหมดในช่วงเวลา (Initial Rainfall Abstraction) มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร
- ค่าของ Curve Number ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการซึมของดิน ไม่มีหน่วย

การประมวลผลโปรแกรมด้วยกระบวนการหาค่าเหมาะสมที่สุด เพื่อหาค่าพารามิเตอร์เหล่านี้จะเพิ่มการพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์ส่วนที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ด้วยการหาค่าพารามิเตอร์จะใช้การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการประมวลผลโปรแกรม วิธีการคือจะประมวลผลโปรแกรมโดยเลือกค่าเปอร์เซ็นต์ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับลุ่มน้ำกรณีศึกษาแล้วเลือกค่าที่ทำให้ผลลัพธ์มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดมาประยุกต์ใช้งานต่อไป

จำนวนชุดข้อมูลที่นำมาใช้สำหรับประมวลผลโปรแกรมโดยกระบวนการหาค่าเหมาะสมที่สุด สามารถสรุปผลเป็นตารางได้ดังนี้

ตาราง 3-7 จำนวนชุดข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผลโปรแกรม (Δ t =3 hr.)

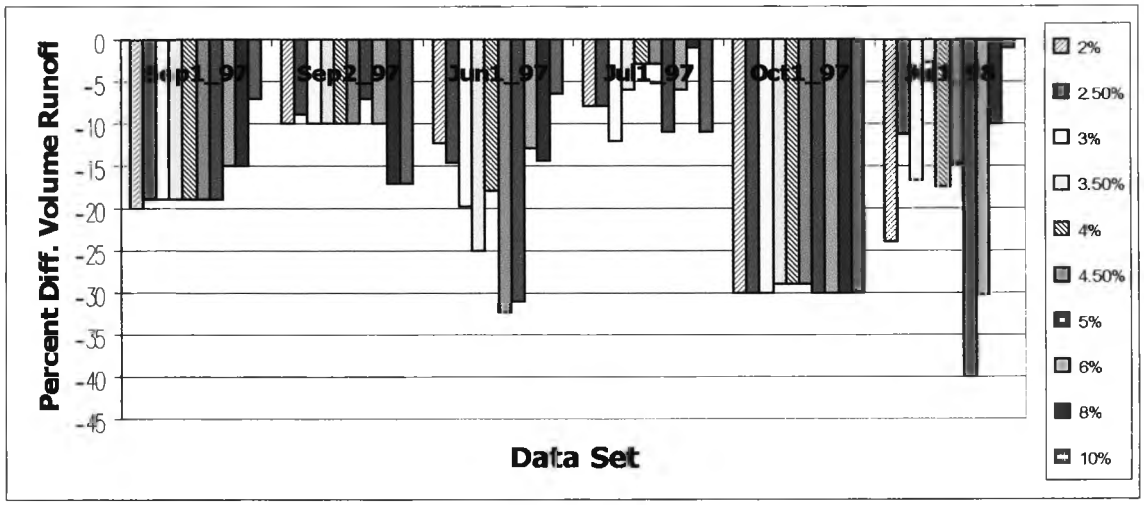
ฤดูกาล	ชื่อของช่วงข้อมูล	ช่วงเวลาที่ใช้ทดสอบแบบจำลอง	การแบ่งช่วงเวลา	วัตถุประสงค์
ฝน	Sep1_97	1 ก.ย. – 17 ก.ย. 2540	3 ชม.	เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด
ฝน	Sep2_97	16 ก.ย. - 2 ต.ค. 2540	3 ชม.	
ฝน	Jun1_97	16 มิ.ย. – 30 มิ.ย.2540	3 ชม.	
ฝน	Jul1_97	20 ก.ค. - 7 ส.ค. 2540	3 ชม.	
ฝน	Oct1_97	1 ต.ค. - 17 ต.ค. 2540	3 ชม.	
ฝน	Jun1_98	6 มิ.ย. - 25 มิ.ย. 2541	3 ชม.	
ฝน	Jul1_98	26 มิ.ย.-16 ก.ค. 2541	3 ชม.	
ฝน	Sep1_98	2 ก.ย. - 24 ก.ย. 2541	3 ชม.	
ฝน	Jul1_99	11 ก.ค. - 30 ก.ค.2542	3 ชม.	
ฝน	Sep1_99	7 ก.ย. - 24 ก.ย. 2540	3 ชม.	
ฝน	May1_20	11 พ.ค. - 29 พ.ค. 2543	3 ชม.	
ฝน	May2_20	29 พ.ค. - 10 มิ.ย. 2543	3 ชม.	

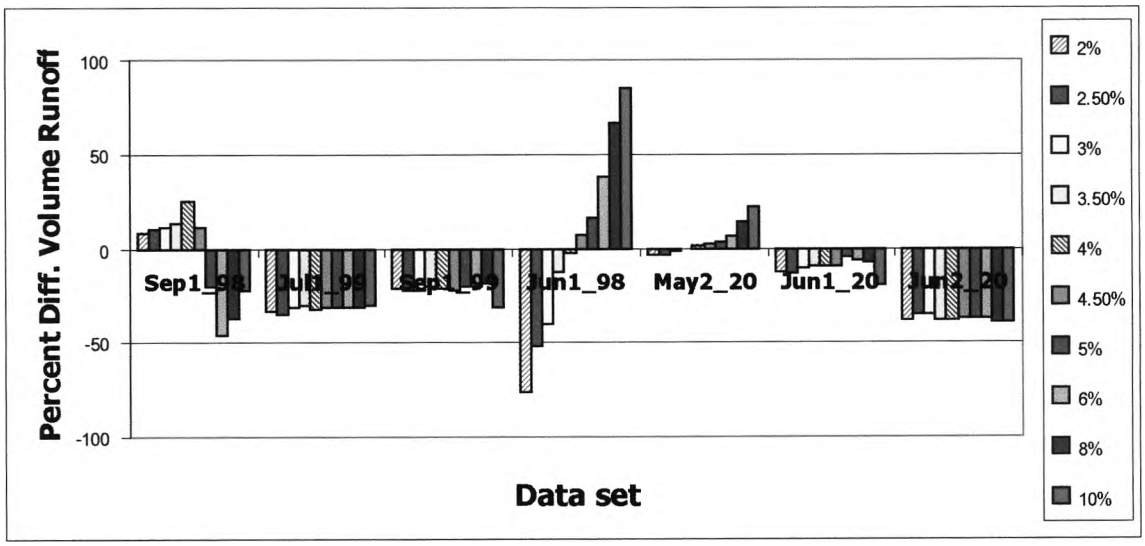
ตาราง 3-7 (ต่อ)

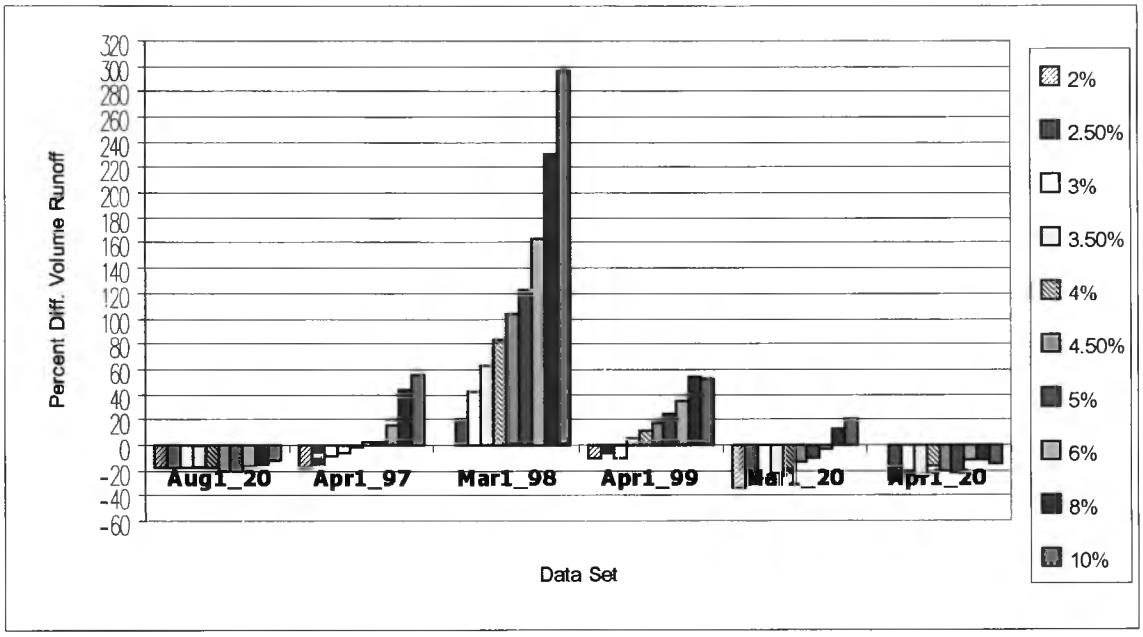
ฤดูกาล	ชื่อของช่วงข้อมูล	ช่วงเวลาที่ใช้ทดสอบแบบจำลอง	การแบ่งช่วงเวลา	วัตถุประสงค์
ฝน	Jun1_20	10 มิ.ย. - 25 มิ.ย. 2543	3 ชม.	เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด
ฝน	Jun2_20	25 มิ.ย. -16 ก.ค. 2543	3 ชม.	
ฝน	Aug1_20	5 ส.ค. - 27 ส.ค. 2543	3 ชม.	
แล้ง	Apr1_97	18 เม.ย.- 5พ.ค. 2540	3 ชม.	เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด
แล้ง	Mar1_98	27 ก.พ. - 21 มี.ค. 2540	3 ชม.	
แล้ง	Apr1_99	6 เม.ย. - 21 เม.ย. 2542	3 ชม.	
แล้ง	Mar1_20	8 มี.ค. –28 มี.ค. 2543	3 ชม.	
แล้ง	Apr1_20	25 เม.ย.- 15พ.ค. 2540	3 ชม.	

เปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ (Percent Impervious) หมายถึงเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งน้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ เช่น ถนน คอนกรีต หรือพื้นปูน เป็นต้น ซึ่งโดยปกติแล้วในแต่ลุ่มพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นจะมีพื้นที่ส่วนที่น้ำซึมผ่านไม่ได้นี้มากน้อยต่างกันไป การหาค่าพารามิเตอร์เปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้นั้นสามารถหาได้จากพื้นลุ่มน้ำจริง โดยคิดสัดส่วนระหว่างพื้นที่ส่วนที่น้ำซึมผ่านไม่ได้กับพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด แต่หากเป็นพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ก็ยากที่จะทราบว่าพื้นที่ส่วนที่น้ำซึมผ่านไม่ได้นี้มีเปอร์เซ็นต์อยู่เท่าใด การแก้ปัญหาค่าเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ในงานวิจัย ผู้วิจัยได้ทดสอบโปรแกรมด้วยกระบวนการหาค่าเหมาะสุดกับค่าของเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ในช่วงที่เหมาะสม โดยมีสมมติฐานว่าพื้นที่ลุ่มน้ำส่วนนี้ยังไม่มีการพัฒนามากนัก เปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้จึงมีไม่มาก น่าจะมีค่าอยู่ระหว่าง 2-10% แล้วเลือกค่าที่ทำให้ผลลัพธ์มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดมาประยุกต์ใช้งานต่อไป

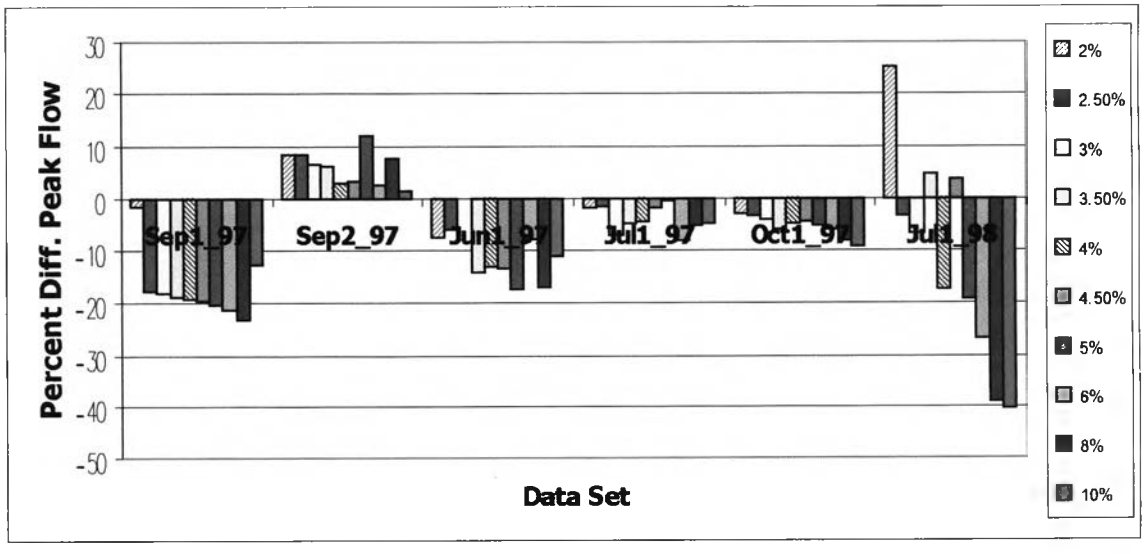
เพื่อความชัดเจนผู้วิจัยขอแสดงกราฟเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาตรน้ำท่า และเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของอัตราการไหลสูงสุดของชุดข้อมูลที่ทดสอบด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้หลายๆ ค่า

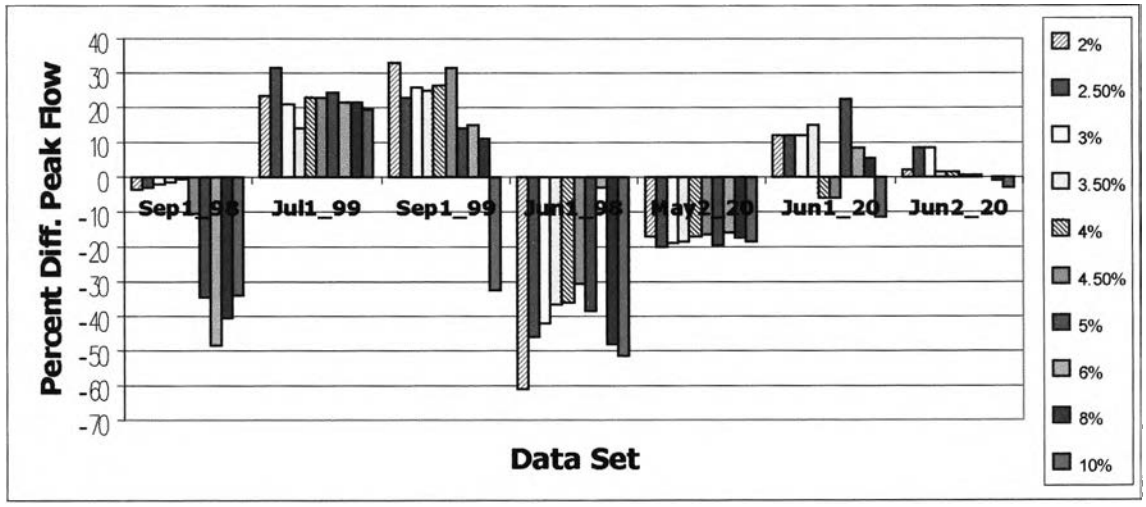

Percent Diff. Volume Runoff
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
-45
Sep2_97
Jun1_97
Jul1_97
Oct1_97
Data Set
2%
2.50%
3%
3.50%
4%
4.50%
5%
6%
8%
10%

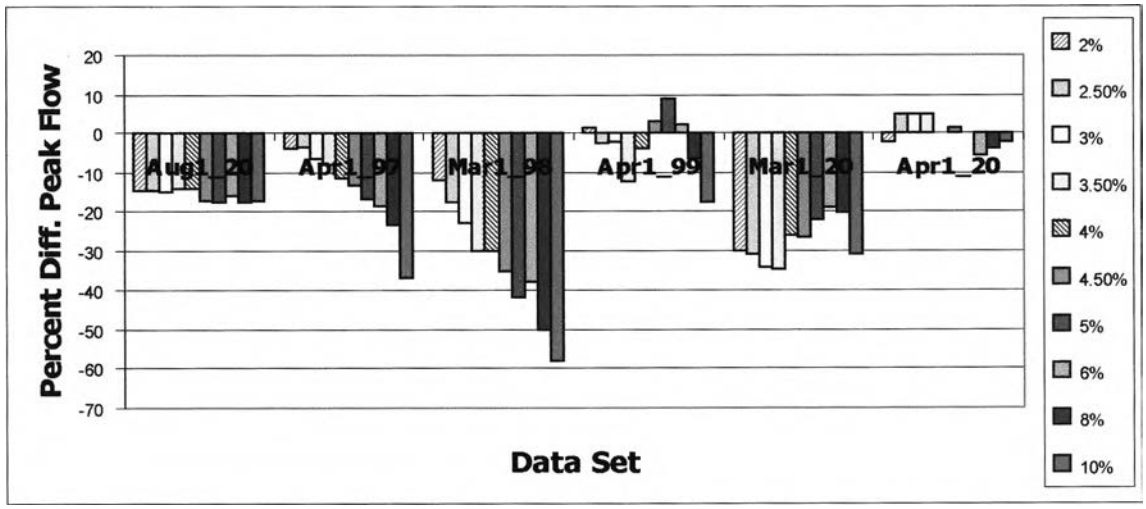

Percent Diff. Volume Runoff
100
50
0
-50
-100
Jun1_98
May2_20
Jun1_20
Data set
2%
2.50%
3%
3.50%
4%
4.50%
5%
6%
8%
10%



รูป 3-6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของผลรวมอัตราการไหลของแต่ชุดข้อมูลที่ทดสอบด้วยค่าของเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ที่ค่าต่างๆ กัน







รูป 3-7 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของอัตราการไหลสูงสุดของแต่ชุดข้อมูลที่ทดสอบด้วยค่าของเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ที่ค่าต่างๆ กัน

จากกราฟแสดงการเปรียบเทียบการใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ ตั้งแต่ 2% - 10% พบว่าเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้เท่ากับ 2% และ 4% ให้ผลลัพธ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าค่าอื่นๆ โดยค่าเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้เท่ากับ 2% จะทำให้ข้อมูล Jun1_98 มีความผิดพลาดสูงทั้งในส่วนของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาตรน้ำท่าและเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของอัตราการไหลสูงสุด ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้เท่ากับ 4% จะทำให้ชุดข้อมูล Mar1_98 มีความผิดพลาดสูงเฉพาะผลลัพธ์ในส่วนของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาตรน้ำท่า แต่จะให้ผลลัพธ์ที่ดีกับข้อมูลส่วนใหญ่ เหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงพิจารณาเลือกค่าเปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้เป็น 4% เพื่อจะนำค่านี้ไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

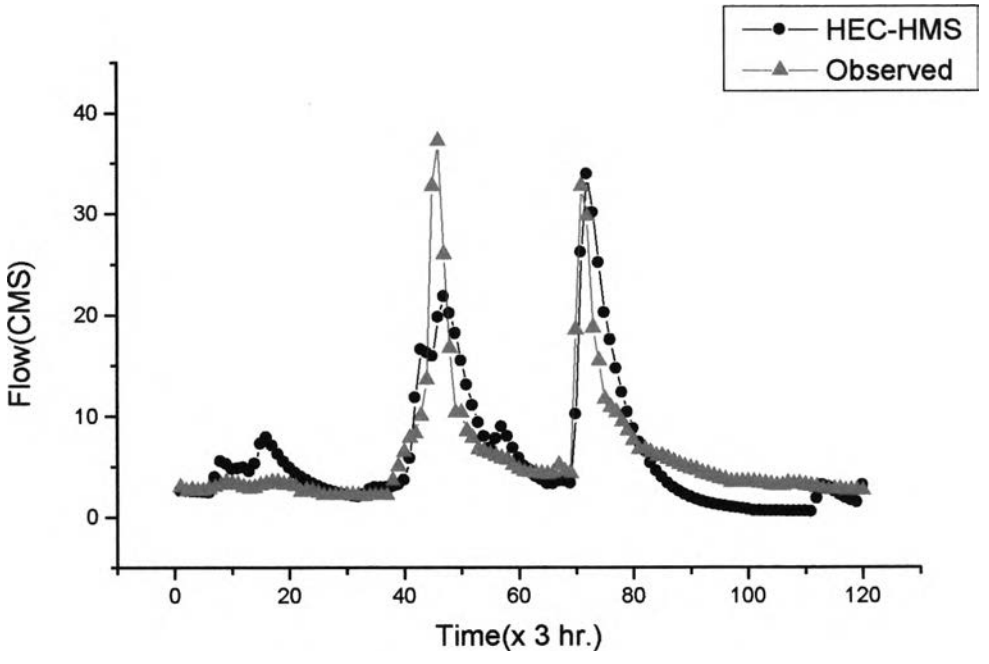
2) ผลลัพธ์ของแบบจำลองจากการประมวลผลโปรแกรม

จากการทดสอบข้อมูลในแต่ละช่วงเวลา เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับข้อมูลแต่ละชุดนั้นโดยเลือกแบบจำลองแบบที่ 2 และกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น ให้ผลของการทดสอบดังนี้

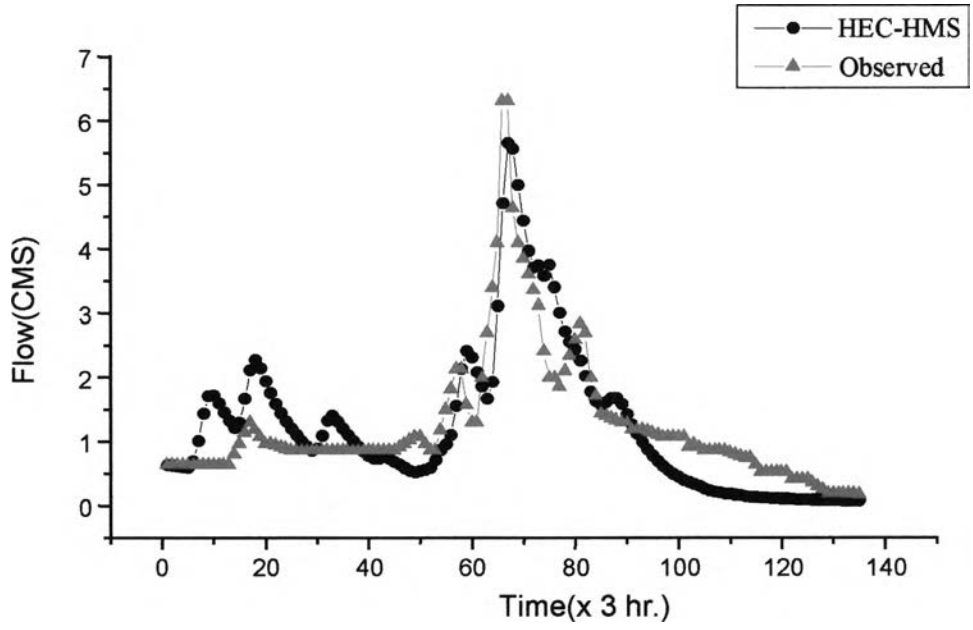
- เวลาในการเกิดน้ำท่าสูงสุด(Time of Peak) จากการแบ่งช่วงเวลาการประมวลผลโปรแกรมเท่ากับ 24 ชม. ผลคือเวลาที่เกิดน้ำท่าสูงสุดเป็นเวลาที่คลาดเคลื่อนจากเวลาการเกิดน้ำท่าจริงอยู่อย่างน้อย 1 ช่วงเวลา หรือ 24 ชม. เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าค่าที่ได้ยังไม่น่าเชื่อถือมากนัก แต่ผลจากการใช้แบ่งช่วงเวลาการประมวลผล 3 ชม. จะพบว่าเวลาในการเกิดน้ำท่าสูงสุดจะใกล้เคียงความจริงมากกว่า

- ค่าอัตราการไหลสูงสุด (Peak Flow) ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง พบว่าผลจากการแบ่งช่วงเวลาการประมวลผลโปรแกรมเท่ากับ 24 ชม. และ 3 ชม. จะให้ค่าอัตราการไหลสูงสุดใกล้เคียงกับข้อมูลจริง (เปรียบเทียบผลลัพธ์จากตารางแสดงผลลัพธ์ ส่วนของภาคผนวก ค.)

- ผลรวมอัตราการไหลของน้ำ ผลรวมอัตราการไหลของน้ำก็คือ พื้นที่ใต้เส้นกราฟน้ำท่านั่นเอง ซึ่งจากผลลัพธ์ของแบบจำลองที่แบ่งช่วงเวลาการประมวลผลเท่ากับ 3 ชม. นั้นจะได้เปรียบในด้านของความละเอียดของข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จึงดีกว่าดังตัวอย่างผลลัพธ์ที่แสดงชุดข้อมูลในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งดังนี้



รูป 3-8 กราฟแสดงผลการทดสอบแบบจำลองด้วยกระบวนการหาค่าเหมาะสุดโดยใช้ (1 Timestep = 3hr.) กับข้อมูลในช่วงฤดูฝน (ข้อมูลชุด Sep1_98)



รูป 3-9 กราฟแสดงผลการทดสอบแบบจำลองด้วยกระบวนการหาค่าเหมาะสุดโดยใช้ (1 Timestep = 3hr.) กับข้อมูลช่วงฤดูแล้ง(ข้อมูลชุด Apr1_97)

ผลการแก้ไขข้อจำกัดของการใช้แบ่งช่วงเวลาการประมวลผลโปรแกรมเท่ากับ 24 ชม.

ก. เวลาในการเกิดน้ำท่าสูงสุด (Time of Peak)

เมื่อแบ่งช่วงเวลาการประมวลผลโปรแกรมเท่ากับ 3 ชม. พบว่าผลลัพธ์ของแบบจำลองมีความคลาดเคลื่อนลดน้อยกว่าการประมวลผลโดยแบ่งช่วงเวลาการประมวลผลโปรแกรมเท่ากับ 24 ชม. มาก โดยมีความคลาดเคลื่อนเป็นรายชั่วโมง ซึ่งตรงกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ข้างต้น

ข. ค่าพารามิเตอร์ของเวลาการไหลรวมตัว (Time of Concentration)

จากกระบวนการหาค่าเหมาะสมที่สุดนั้น โปรแกรม HEC-HMS จะไม่สามารถให้ผลพารามิเตอร์เวลาการไหลรวมตัวที่มีค่าต่ำกว่าช่วงเวลาไว้สำหรับประมวลผลโปรแกรม (3 ชม.) จากการพิจารณาลักษณะทางกายภาพแล้วเวลาไหลของน้ำจากจุดที่ไกลที่สุดถึงจุดออกของลุ่มน้ำ มีความเป็นไปได้ที่เวลาในการไหลรวมตัวจะใช้เวลาประมาณ 3 ชม. ซึ่งจะทำให้ผลลัพธ์จากแบบจำลองที่ได้มีความน่าเชื่อถือเพียงพอที่จะนำไปประยุกต์ใช้งาน

4) การสรุปค่าพารามิเตอร์

การสรุปค่าพารามิเตอร์นั้นจะสรุปจากค่าที่เป็นตัวแทนของพารามิเตอร์ซึ่งเกิดจากการทดสอบแบบจำลองกับข้อมูลหลายชุด ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ได้เป็นผลลัพธ์ของกระบวนการหาค่าเหมาะสมที่สุด จากค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด โดยตัดผลลัพธ์ที่เกิดจากชุดข้อมูลที่มีค่าสูงเกินไปหรือต่ำเกินไปทิ้ง ค่าพารามิเตอร์ที่ได้สามารถจะสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

ตาราง 3-8 แสดงการเลือกค่าพารามิเตอร์ในฤดูฝนโดยใช้ (Δt=3 hr.)

พารามิเตอร์	ค่าต่ำสุด –ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	หมายเหตุ
ค่าอัตราการไหลเริ่มต้น	-	-	เป็นค่าที่ทราบจากข้อมูลน้ำท่า
Recession Constant	-	-	กำหนดค่าเท่ากับ 1.0050
Threshold flow	-	-	กำหนดค่าเท่ากับ 0.05
เปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้	-	-	ทดสอบโปรแกรมได้ค่าเป็น 4.0
เวลาการไหลรวมตัว (TC)	3.02 – 9.87	3.91	
Storage Coefficient (R)	9.93 – 62.00	25.56	
Initial Rainfall Abstraction	0.491 – 42.02	11.55	
Curve Number	35.20 – 84.90	54.40	

หมายเหตุ อ้างอิงค่าพารามิเตอร์จากตาราง ค-7 จากภาคผนวก

ตาราง 3-9 แสดงการเลือกค่าพารามิเตอร์ในฤดูแล้งโดยใช้ (Δt=3 hr.)

พารามิเตอร์	ค่าต่ำสุด – ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	หมายเหตุ
ค่าอัตราการไหลเริ่มต้น	-	-	เป็นค่าที่ทราบจากข้อมูลน้ำท่า
Recession Constant	-	-	กำหนดค่าเท่ากับ 1.0050
Threshold flow	-	-	กำหนดค่าเท่ากับ 0.05
เปอร์เซ็นต์ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้	-	-	ทดสอบโปรแกรมได้ค่าเป็น 4.0
เวลาการไหลรวมตัว (TC)	3.01 – 12.75	6.07	
Storage Coefficient (R)	15.1 – 46.65	26.15	
Initial Rainfall Abstraction	28.16 – 59.91	44.54	
Curve Number	36.80 - 67.70	46.81	

หมายเหตุ อ้างอิงค่าพารามิเตอร์จากตาราง ค-7 จากภาคผนวก

5) การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์เชิงกายภาพ

หากไม่ได้พิจารณาพารามิเตอร์ที่กำหนดค่าไว้ ซึ่งไม่มีความแตกต่างของพารามิเตอร์ในช่วงฤดูร้อน กับฤดูฝนอยู่แล้ว จากผลการเลือกค่าพารามิเตอร์ ต่างๆ นั้น พอจะสังเกตได้ว่ามีความแตกต่างกันพอสมควรสำหรับพารามิเตอร์บางตัว ในช่วงของฤดูแล้ง และฤดูฝน สามารถจะอธิบายถึงลักษณะทางกายภาพได้ดังนี้

ค่าพารามิเตอร์ที่มีความใกล้เคียงกันในฤดูแล้งและฤดูฝนคือเวลาที่กักเก็บน้ำในลุ่มน้ำก่อนที่จะไหลผ่านจุดออกไปหมด (Basin Storage Coefficient) (R) และพารามิเตอร์ของ Curve Number เวลาที่กักเก็บน้ำในลุ่มน้ำก่อนที่จะไหลผ่านจุดออกไปหมดซึ่งเป็นค่าที่ขึ้นกับลักษณะทางกายภาพของแต่ละลุ่มน้ำไม่เกี่ยวข้องกับปริมาณฝนอยู่แล้ว ค่าพารามิเตอร์นี้จึงไม่มีความแตกต่างกันในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน ส่วนค่าพารามิเตอร์ของ Curve Number นั้นเป็นพารามิเตอร์ที่แสดงคุณสมบัติเฉพาะของดินและพื้นที่ซึ่งมีการใช้งานสำหรับการเกษตรกรรม จึงไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณฝน แต่อาจเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเนื่องจากความชื้นของดินในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

พารามิเตอร์ที่มีความแตกต่างกันในฤดูแล้งและฤดูฝนคือเวลาในการไหลรวมตัว (Time of Concentration) และพารามิเตอร์ ค่าของฝนที่ซึมทั้งหมดในช่วงแรก (Initial Rainfall Abstraction) เนื่องจากในฤดูฝนมีปริมาณฝนมาก ทำให้อัตราเร็วของการไหลของน้ำมากกว่าในนช่วงฤดูแล้ง มีผลทำให้ค่าของเวลาในการไหลรวมสำหรับฤดูฝนเร็วกว่าฤดูแล้ง ส่วนพารามิเตอร์ของฝนที่ซึมทั้งหมดในช่วงแรก เนื่องจากในฤดูฝนและฤดูแล้งมีความแตกต่างกันในเรื่องของความชื้นในดิน ซึ่งฤดูแล้งจะมีความแห้งแล้งสูง ทำให้ความชื้นในดินต่ำกว่าฤดูฝน ส่งผลให้ค่าพารามิเตอร์ของฝนที่ซึมหมดในช่วงแรกในฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าฤดูฝน