



อิทธิพลของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM

THE INFLUENCE OF PARAMETERS IN NAM MODEL

ธนกร ทวีวุฒิ (Thanapon Thaveevouthti)¹

ฤกษ์ชัย ศรีวรมาศ (Rerkchai Srivoramas)²

ทวีศักดิ์ วังไพศาล (Thaveesak Vangpaisal)³

กอบร ศรีนาวิน (Korb Srinawin)⁴

¹ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี Email: ensuwath@ubu.ac.th

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี Email: enrkrksr@ubu.com

³ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี Email: thaveesak.v@ubu.ac.th

⁴ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี Email: korb@ubu.ac.th

บทคัดย่อ : บทความนี้นำเสนอการจำลองกระบวนการน้ำฝน-น้ำท่า โดยใช้แบบจำลอง NAM พื้นที่ศึกษา คือ ลุ่มน้ำห้วยข้าวสาร ซึ่งเป็นลุ่มน้ำขนาดเล็กอยู่ในเขตจังหวัดอุบลราชธานี ผลการศึกษาพบว่า ลุ่มน้ำห้วยข้าวสารมีปริมาณน้ำท่ารวมทั้งสิ้นประมาณ 179.6 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ผลการสอบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองประเมิน โดยวิธีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง พบว่าค่า RMSE เท่ากับ 0.1 ปริมาณน้ำท่าขึ้นกับปริมาณน้ำฝนและการระเหยแต่ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ พารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM ที่มีอิทธิพลต่อน้ำท่าค่อนข้างชัดเจน ได้แก่ Umax, Lmax, CQOF และ CKIF ซึ่งมีผลต่อปริมาณน้ำท่ารวม ส่วนตัวพารามิเตอร์ที่มีผลต่อรูปร่างของกราฟน้ำท่าได้แก่ CK1_2, TOF และ TIF

ABSTRACT : This paper presents the rainfall-runoff modelling using NAM. The study area is the Huai Kao San small catchment situated in UbonRatchathani. The results show that the total runoff is approximately 179.6 million m³ for a period of one year. Using the Root Mean Square Error method, the model reliability was derived giving the RMSE value of 0.1. The estimated runoff is very much dependent on rainfall and evaporation but not affected by temperature. NAM parameters including Umax, Lmax, CQOF and CKIF influence the runoff volume while CK1_2, TOF and TIF influence the hydrograph shape.

KEYWORDS : Runoff estimation, Rainfall-runoff modelling, NAM model, Parameter sensitivity, Small catchment

1. บทนำ

ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำ เป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการวางแผนการจัดการทรัพยากรน้ำให้มีประสิทธิภาพสอดคล้องกับศักยภาพของพื้นที่ สามารถหาได้จากการตรวจวัดน้ำท่าโดยตรง หรือโดยใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ซึ่งใช้กันแพร่หลายในการศึกษาด้าน

วิศวกรรมแหล่งน้ำ อย่างไรก็ตามคุณสมบัติของลุ่มน้ำย่อยและปริมาณน้ำฝน มีความผันแปรค่อนข้างมาก เช่น ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะการกระจายของฝน การระเหย การเก็บกักที่ผิวดิน คุณสมบัติของดิน เป็นต้น

วิธีการคำนวณหาปริมาณน้ำท่าโดยอาศัยข้อมูลน้ำฝนมีหลากหลายวิธี เช่น วิธี Rational Method วิธี Time-Area Method และวิธี Unit Hydrograph [1] ตัวอย่างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ แบบจำลอง HEC-HMS [2] TOPMODEL [3] SHE [4] และ แบบจำลองที่ใช้โครงข่ายประสาทเทียม [5] เป็นต้น บทความนี้นำเสนอการจำลองกระบวนการน้ำฝน-น้ำท่าสำหรับลุ่มน้ำขนาดเล็ก โดยใช้แบบจำลอง NAM ที่พัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1972 โดย Institute of Hydrodynamics and Hydraulics Engineering, Technical University of Denmark ประเทศเดนมาร์ก [6] และใช้ลุ่มน้ำห้วยข้าวสารเป็นตัวอย่างเพื่อศึกษาอิทธิพลของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

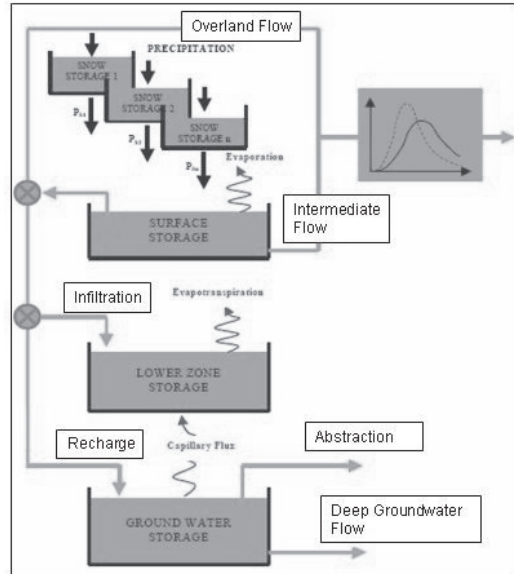
แบบจำลอง NAM เป็นแบบจำลองหนึ่งมิติที่สามารถจำลองกระบวนการเกิดน้ำท่าจากน้ำฝนในพื้นที่ชนบท [6] จัดอยู่ในแบบจำลองประเภท Lumped model คือ กำหนดให้แต่ละลุ่มน้ำย่อยเป็นกล่องดำที่อาจใช้คุณสมบัติบางอย่างของลุ่มน้ำเป็นพารามิเตอร์ในแบบจำลอง ค่าที่ใช้ถือว่าเป็นตัวแทนของทั้งพื้นที่นั้นๆ แบบจำลอง NAM เลียนแบบวัฏจักรน้ำบนผิวดิน โดยน้ำฝนจะไหลผ่านแหล่งเก็บกักต่าง ๆ 4 ส่วน ก่อนที่จะไหลลงสู่ลำน้ำเป็นน้ำท่า (ภาพที่ 2) รายละเอียด ดังนี้

(1) การเก็บกักของหิมะ (Snow storage) ในเขตอบอุ่นและเขตหนาว ความชื้นที่ตกลงมาอาจอยู่ในรูปของหิมะ การละลายของหิมะ จะไปเพิ่มปริมาณน้ำให้กับการเก็บกักในชั้นของผิวดิน ซึ่งในประเทศไทยไม่พิจารณาปริมาณน้ำส่วนนี้

(2) การเก็บกักบนผิวดิน (Surface storage) คือ ปริมาณน้ำส่วนที่ถูกเก็บกักโดยพืชและแอ่งผิวดิน ปริมาณน้ำส่วนนี้จะลดลงอย่างต่อเนื่องจากการระเหย การใช้น้ำและการไหลของน้ำระหว่างชั้นผิวดินและใต้ดิน (interflow) และจะเพิ่มขึ้นได้อีกเมื่อมีฝนตก เมื่อปริมาณน้ำขึ้นถึงความจุของแหล่งเก็บกักผิวดิน น้ำส่วนเกินจะไหลออกเป็นน้ำหลากผิวดิน (Overland flow) และมีส่วนบางส่วนไหลซึมลงสู่แหล่งเก็บกักชั้นต่ำกว่าผิวดิน (Lower zone storage) และลงสู่แหล่งเก็บกักชั้นน้ำใต้ดิน (Groundwater storage)

(3) การเก็บกักของชั้นดินส่วนที่ต่ำกว่าผิวดิน (Lower zone storage) คือ ปริมาณความชื้นของชั้นดินที่อยู่ระหว่างชั้นเก็บกักบนผิวดินกับชั้นน้ำใต้ดิน

(4) การเก็บกักของชั้นน้ำใต้ดิน (Groundwater storage) คือ ปริมาณน้ำที่ซึมผ่านการเก็บกักบริเวณชั้นดินส่วนที่ต่ำกว่าผิวดิน (Lower zone storage) มาเก็บกักในชั้นนี้



ภาพที่ 1 โครงสร้างแบบจำลอง NAM

3. แนวทางการศึกษา

คณะผู้วิจัยได้คำนวณปริมาณน้ำท่ารายเดือนของลุ่มน้ำห้วยข้าวสารโดยใช้แบบจำลอง NAM อาศัยข้อมูลน้ำฝน ข้อมูลการระเหย และ อุณหภูมิรายเดือนจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดอุบลราชธานี เริ่มต้นการศึกษาโดยการจำลองน้ำฝน-น้ำท่าของลุ่มน้ำย่อย C1 - ลุ่มน้ำห้วยข้าวสารต้นน้ำ (ดูภาพที่ 3) นำเข้าข้อมูลดังกล่าวข้างต้นและปรับค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM แล้วทำการตรวจสอบผลการจำลองด้วยการเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการจำลองกับข้อมูลที่ตรวจวัดในสนาม เมื่อได้ผลการศึกษาที่เห็นว่ายอมรับได้แล้วคณะผู้วิจัยจึงใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้ทำการจำลองน้ำฝน-น้ำท่าของแต่ละลุ่มน้ำย่อยทั้งหมดคืนลุ่มน้ำต่อไป

วิธีดำเนินการศึกษาแสดงในภาพที่ 2 มีรายละเอียดดังนี้

- (1) ศึกษาแบบจำลอง NAM เพื่อเป็นแนวทางการศึกษาและวางแผนการทำงาน
- (2) สํารวจและเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อเตรียมเป็นข้อมูลนำเข้า และตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ได้แก่

- แผนที่ภูมิประเทศของกลุ่มน้ำห้วยข้าวสารจากกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000 เพื่อใช้ศึกษาลักษณะภูมิประเทศ เส้นทางการของน้ำ พื้นที่ลุ่มน้ำย่อย
- ข้อมูลประเภทดินและการใช้ที่ดิน จากสำนักงานพัฒนาที่ดินและสำนักงานเกษตรจังหวัดอุบลราชธานี เพื่อศึกษาประกอบในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการจำลอง
- ข้อมูลปริมาณฝน การระเหยและอุณหภูมिरายเดือน ปี 2549 ได้จากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ในบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงลุ่มน้ำห้วยข้าวสาร 2 สถานี ได้แก่ สถานี 407001 ตั้งอยู่ที่ อ.วารินชำราบ และ สถานี 407002 ตั้งอยู่ที่ อ.เดชอุดม จ.อุบลราชธานี
- ข้อมูลระดับน้ำรายวันและปริมาณน้ำได้จากการสำรวจภาคสนาม เริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคม 2549 – ธันวาคม 2550

- (3) เตรียมข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง ได้แก่ ข้อมูลรายเดือนของปริมาณฝน การระเหย และ อุณหภูมิ
- (4) สร้างโครงข่ายลำน้ำและพื้นที่รับน้ำเพื่อเป็นตัวแทนลุ่มน้ำแล้ว กำหนดค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง ได้แก่ ลักษณะผิวดินและเขตรากพืช (Surface-Rootzone parameters) น้ำใต้ดิน (Groundwater) และ ค่าเงื่อนไขเริ่มต้นของแบบจำลอง (Initial Conditions)
- (5) ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง กับข้อมูลภาคสนามที่สำรวจได้ โดยใช้วิธีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (Root Mean Square Error (RMSE)) [7] ตามสมการดังนี้

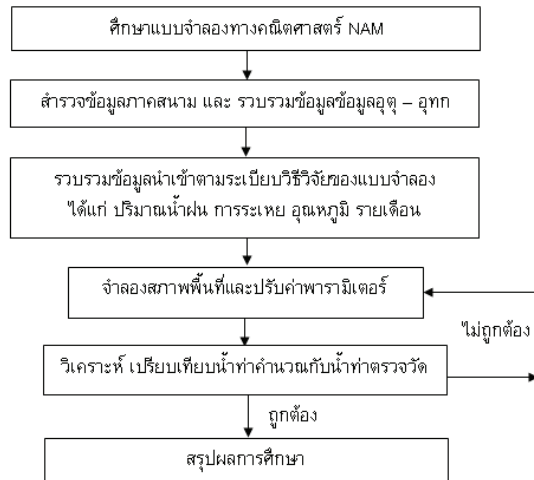
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_o - Q_s)^2} \quad (1)$$

เมื่อ Q_o = ค่าที่ตรวจวัดจริงในสนาม (Observed flow at time i number of data points)

Q_s = ค่าที่ได้จากการจำลอง (Simulated flow at time i)

n = จำนวนข้อมูล (Number of data points)

- (6) ปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์จนข้อมูลมีความสอดคล้องกันและยอมรับได้ กรณีที่ข้อมูลทั้งสองเหมือนกันร้อยเปอร์เซ็นต์ ค่า RMSE จะเท่ากับ ศูนย์
- (7) สรุปผลการศึกษา

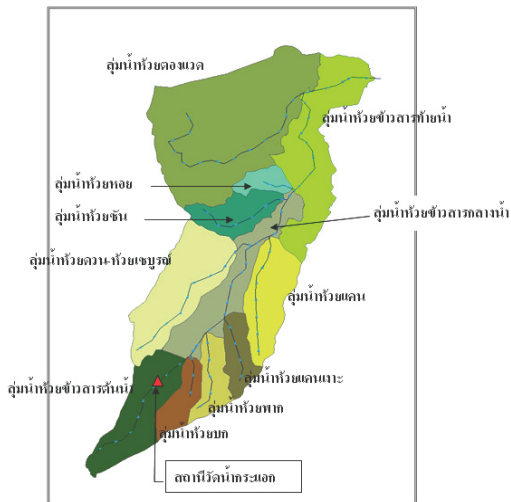


ภาพที่ 2 แนวทางการศึกษา

พื้นที่ศึกษา คือ ลุ่มน้ำห้วยข้าวสารซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 600 ตารางกิโลเมตร เป็นลำน้ำสาขาของแม่น้ำลำโดมใหญ่ ต้นน้ำห้วยข้าวสารเริ่มต้นที่ ต.ทุ่งเทิง อ.เดชอุดม จ.อุบลราชธานี ไหลมาบรรจบกับแม่น้ำลำโดมใหญ่ที่รอยต่อระหว่าง ตำบลบึงมะแลง กิ่ง อ.สว่างวีระวงศ์ และ ตำบลนาดี กิ่ง อ.นาเขีย จ.อุบลราชธานี ลักษณะพื้นที่รับน้ำทางต้นน้ำมีลักษณะแคบและกว้างขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงด้านท้ายน้ำ ภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มน้ำประกอบด้วย ดินร่วนปนทรายแข็งถึงดินร่วน ดินร่วนปนดินเหนียวถึงดินเหนียวปนทรายแข็ง ต้นน้ำมีระดับความสูงต่างจากท้ายน้ำประมาณ 20 เมตร ลุ่มน้ำห้วยข้าวสารสามารถแบ่งได้เป็น 11 ลุ่มน้ำย่อย (ภาพที่ 3) รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดลุ่มน้ำห้วยข้าวสาร

รหัสและรายชื่อลุ่มน้ำย่อย		
รหัส	ลุ่มน้ำที่	ชื่อลุ่มน้ำย่อย
C1	1	ลุ่มน้ำห้วยข้าวสารต้นน้ำ
C2	2	ลุ่มน้ำห้วยบก
C3	3	ลุ่มน้ำห้วยปาก
C4	4	ลุ่มน้ำห้วยแคนงะจะ
C5	5	ลุ่มน้ำห้วยแคน
C6	6	ลุ่มน้ำห้วยข้าวสารท้ายน้ำ
C7	7	ลุ่มน้ำห้วยคองแวง
C8	8	ลุ่มน้ำห้วยหอย
C9	9	ลุ่มน้ำห้วยชัน
C10	10	ลุ่มน้ำห้วยควน-ห้วยเขมร
C11	11	ลุ่มน้ำห้วยข้าวสารกลางน้ำ



ภาพที่ 3 พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยซำลาว

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM

ตัวแปรในแบบจำลอง NAM	ค่าตัวแปร
Surface-Rootzone	
Maximum water content in surface storage (Umax)	20
Maximum water content in root zone storage (Lmax)	220
Overland flow runoff coefficient (CQOF)	0.1
Time constant for interflow (CKIF)	500
Time constants for routing interflow and overland flow (CK1_2)	10
Root zone threshold value for overland flow (TOF)	0
Root zone threshold value for interflow (TIF)	0
Groundwater Parameters	
Root zone threshold value for groundwater recharge (TG)	0
Time constant for routing baseflow (CKBF)	2000
Ratio of groundwater catchment to topographical catchment area (Carea)	1
Specific yield of ground water storage (Sy)	0.1
Maximum groundwater depth causing baseflow (GWLBF0)	10
Depth for unit capillary flux (GWLBF1)	0
Lower base flow. Recharge to lower reservoir (Cqlow)	0
Time constant for routing lower baseflow (Cklow) as default	10000
Initial Conditions	
U_UMax , L_Lmax, QOF, QIF, BF, BF_low, SnowStorage	0

4. ผลการศึกษา

รายละเอียดในหัวข้อนี้ประกอบด้วย (1) พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลอง (2) การสอบเทียบความถูกต้อง (3) ผลการจำลอง และ (4) ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์

4.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง

เพื่อหาค่าที่ดีที่สุดที่ทำให้ผลการจำลองและค่าความคลาดเคลื่อนเป็นที่ยอมรับได้ (รายละเอียดในหัวข้อถัดไป) คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในแบบจำลอง อันประกอบด้วยพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับ 3 หัวข้อหลัก ดังนี้

(1) พารามิเตอร์ลักษณะผิวดินและเขตรากพืช (Surface-Rootzone parameters) ได้แก่ Umax, Lmax, CQOF, CKIF, CK1_2, TOF และ TIF

(2) พารามิเตอร์ของน้ำใต้ดิน (Groundwater Parameters) ได้แก่ TG, CKBF, Carea, Sy, GWLBF0, GWLBF1, Cqlow และ Cklow

(3) ค่าเงื่อนไขเริ่มต้นของแบบจำลอง (Initial Conditions) ได้แก่ ค่า U_Umax, L_Lmax, QOF, QIF, BF, BF_low และ SnowStorage

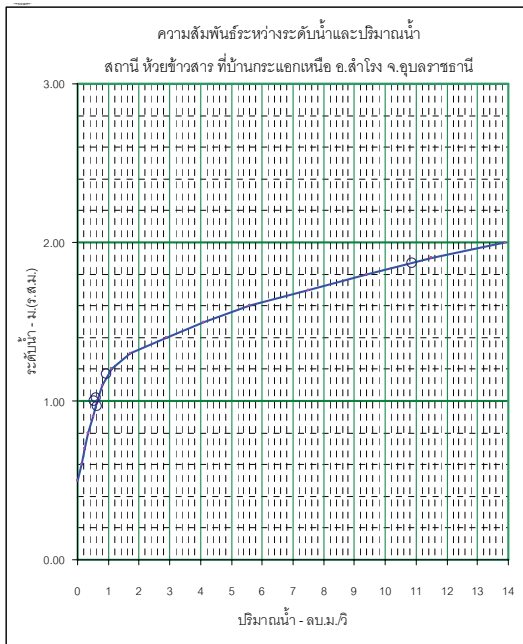
ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองที่คณะผู้วิจัยพิจารณาแล้วว่าเหมาะสม มีรายละเอียดดังในตารางที่ 2

4.2 การสอบเทียบความถูกต้อง

ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยซำลาวไม่มีการตรวจวัดและเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่า ดังนั้นในการศึกษานี้ จึงต้องติดตั้งเสาวัดระดับน้ำในลำน้ำห้วยซำลาว ตำแหน่งที่ตั้งอยู่ในเขตหมู่บ้านกระแอก (ภาพที่ 3 สถานีวัดน้ำกระแอก) เพื่อใช้ในการสอบเทียบความถูกต้องของแบบจำลอง

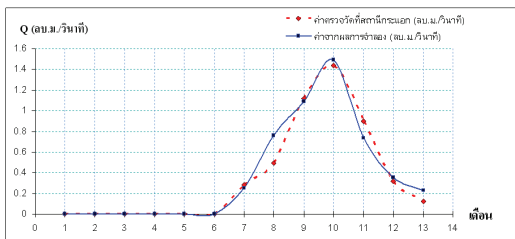
การสอบเทียบความถูกต้องของแบบจำลอง คือ ขั้นตอนการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการจำลองกับค่าที่ตรวจวัดได้จากงานสนามเพื่อหาค่าความถูกต้องของแบบจำลอง โดยใช้วิธีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง ตามที่อธิบายในแนวทางการศึกษาข้างต้น

ค่าอัตราการไหลที่ตรวจวัดจริงในสนามหาได้จากการวัดค่าระดับความลึกของน้ำรายวันแล้วหาค่าเฉลี่ยรายเดือน จากนั้นนำค่าระดับน้ำที่ได้ไปเทียบหาค่าอัตราการไหล โดยใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับอัตราการไหลที่ได้จากการตรวจวัดจริงในสนามดำเนินการโดยใช้เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ ตรวจวัดค่าความเร็วกระแสน้ำในพื้นที่หน้าตัดย่อยของลำน้ำและค่าอัตราการไหลได้จากค่าเฉลี่ยของผลคูณระหว่างความเร็วกระแสน้ำกับพื้นที่หน้าตัดย่อยลำน้ำ



ภาพที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำกับอัตราการไหล

จากการสอบเทียบความถูกต้องของแบบจำลอง พบว่า อัตราการไหลสูงสุดที่ได้จากการจำลองประมาณ 1.45 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ในขณะที่ค่าที่ได้จากการตรวจวัดในสนามประมาณ 1.50 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (ภาพที่ 5) และ ค่าความเชื่อถือได้คำนวณโดยวิธีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) เท่ากับ 0.1 ซึ่งคณะผู้วิจัยถือว่าเป็นค่าที่ยอมรับได้ [7] เมื่อพิจารณาโดยรวมที่มีข้อมูลการตรวจวัดเพียงแค่อุป 1 ปี (ในปี 2549) เท่านั้น

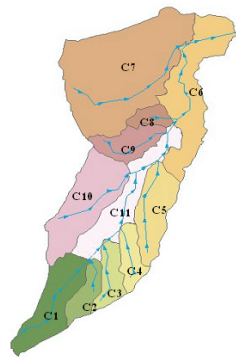


ภาพที่ 5 การสอบเทียบความถูกต้อง

4.3 ผลการจำลอง

ในการจำลองน้ำท่าโดยใช้แบบจำลอง NAM ต้องสร้างโครงข่ายลำน้ำและกำหนดขอบเขตลุ่มน้ำ รายละเอียดแสดงในภาพที่ 6 จากผลการจำลองน้ำฝน-น้ำท่าปี 2549 ของแต่ละพื้นที่

ลุ่มน้ำย่อยทั้งสิ้น 11 ลุ่มน้ำ พบว่า ลุ่มน้ำห้วยตองแควมีปริมาณน้ำมากที่สุดคือประมาณ 53 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และ น้อยที่สุดคือลุ่มน้ำห้วยหอย คือประมาณ 3.5 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ทั้งนี้ จะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำท่าแปรผันกับขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งเป็นไปตามหลักการของแบบจำลอง และ ในลุ่มน้ำห้วยข้าวสารมีปริมาณน้ำรวมทั้งสิ้นประมาณ 179.6 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี รายละเอียดปริมาณน้ำท่าของแต่ละลุ่มน้ำย่อยในตารางที่ 3



ภาพที่ 6 โครงข่ายลำน้ำและรายละเอียดลุ่มน้ำ

รายละเอียดรายลุ่มน้ำย่อย		
รหัส	ลุ่มน้ำที่	ชื่อลุ่มน้ำย่อย
C1	1	ลุ่มน้ำห้วยข้าวสารสีดง
C2	2	ลุ่มน้ำห้วยต
C3	3	ลุ่มน้ำห้วยต
C4	4	ลุ่มน้ำห้วยต
C5	5	ลุ่มน้ำห้วยต
C6	6	ลุ่มน้ำห้วยข้าวสารสีดง
C7	7	ลุ่มน้ำห้วยต
C8	8	ลุ่มน้ำห้วยต
C9	9	ลุ่มน้ำห้วยต
C10	10	ลุ่มน้ำห้วยต
C11	11	ลุ่มน้ำห้วยต

ตารางที่ 3 ผลการจำลองของแต่ละลุ่มน้ำย่อย

ปริมาณน้ำท่าในแต่ละลุ่มน้ำย่อย (Catchment Runoff) [m ³ /s]											
Time	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
1 01/01/2007	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00
2 01/02/2007	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00
3 01/03/2007	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00
4 01/04/2007	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00
5 01/05/2007	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.0	0.00	0.00
6 01/06/2007	0.32	0.1	0.1	0.1	0.27	0.51	1.04	0.0	0.1	0.43	0.33
7 01/07/2007	0.97	0.3	0.4	0.3	0.83	1.55	3.16	0.2	0.5	1.31	1.01
8 01/08/2007	1.40	0.5	0.5	0.5	1.20	2.23	4.56	0.3	0.7	1.88	1.45
9 01/09/2007	1.91	0.7	0.8	0.7	1.63	3.04	6.21	0.4	1.0	2.56	1.98
10 01/10/2007	0.94	0.3	0.4	0.3	0.80	1.50	3.06	0.2	0.5	1.26	0.97
11 01/11/2007	0.45	0.1	0.1	0.1	0.39	0.72	1.48	0.1	0.2	0.61	0.47
12 01/12/2007	0.29	0.1	0.1	0.1	0.25	0.46	0.95	0.0	0.1	0.39	0.30
ลุ่มน้ำย่อย [m ³]	16.3	6.0	6.8	6.4	13.9	25.9	53.0	3.5	8.7	21.8	16.8
รวมทั้งลุ่มน้ำ	179.58										

4.4 ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง

จากการทดลองปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง NAM สามารถสรุปพารามิเตอร์ที่สำคัญและผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อการจำลองสภาพในการประเมินปริมาณน้ำท่าจากปริมาณฝนสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยข้าวสาร ได้ดังนี้

- ค่าพารามิเตอร์ Umax และ Lmax สูงขึ้น ทำให้ค่าอัตราการไหลสูงสุด (Hydrograph peak) ลดลง และปริมาณน้ำท่ารวม (Catchment runoff) ลดลง

- ค่า CQOF สูงหมายถึงปริมาณน้ำหลากผิวดินสูงดังนั้นทำให้ปริมาณน้ำท่ารวมจะสูงด้วย
- ค่า CKIF ต่ำลง ปริมาณน้ำระหว่างชั้นดิน (interflow) จะเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณน้ำท่ารวมเพิ่มขึ้นด้วย
- พารามิเตอร์ CK1_2 ส่งผลต่อลักษณะของกราฟน้ำท่า ค่าพารามิเตอร์ต่ำทำให้กราฟมีลักษณะสูงแหลม (High sharp peak) ขณะที่พารามิเตอร์ค่าสูงค่าอัตราการไหลสูงสุดจะลดลง (Low peak) และฐานกราฟขยายกว้างขึ้น
- พารามิเตอร์ TOF และ TIF ส่งผลต่อเวลาเริ่มต้นของช่วงน้ำหลาก ถ้าค่าสูงจะทำให้การเริ่มต้นของการเกิดน้ำหลากช้าออกไป (Delay the start of runoff) และอัตราการไหลสูงสุดลดลงเนื่องจากมีน้ำหลากมากขึ้นตอนท้ายของช่วงเวลา
- ค่า TG สูงขึ้นทำให้อัตราการไหลในช่วงเริ่มต้นฤดูน้ำหลากจะต่ำ แต่ยังคงอัตราการไหลสูงสุดและตอนท้ายฤดูกลดต่ำลง และ
- ค่า CKBF ที่สูงขึ้นทำให้อัตราการไหลสูงสุดลดลงมีปริมาณน้ำหลากเพิ่มขึ้นตอนท้ายฤดูกาล
- ส่วนพารามิเตอร์ GWLBF0, GWLBF1, Cqlow และ Cklow เมื่อทดสอบปรับเปลี่ยนค่าแล้วไม่ปรากฏว่าส่งผลกระทบต่อผลการจำลองสำหรับกรณีศึกษา

5. บทสรุป

การประเมินปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลน้ำฝนสำหรับลุ่มน้ำขนาดเล็ก สามารถกระทำได้โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีการตรวจวัดข้อมูลภาคสนาม เพื่อสอบเทียบความถูกต้องของแบบจำลอง สำหรับกรณีศึกษาลุ่มน้ำห้วยข้าวสารถือว่ายังมีข้อมูลน้อย ดังนั้นแบบจำลองที่ได้จึงอาจยังไม่ถูกต้องสมบูรณ์ หากต้องการความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้นควรมีการตั้งสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำท่าถาวรและดำเนินการอย่างต่อเนื่อง เป็นเวลา 10 ปี หรือมากกว่า เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำ

ปริมาณน้ำฝน และการระเหย มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำท่า ส่วนอุณหภูมิต่ำและประเภทของดินไม่มีอิทธิพลต่อน้ำท่า

ค่าพารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อผลการจำลองค่อนข้างชัดเจน ได้แก่ พารามิเตอร์ Umax, Lmax, CQOF และ CKIF ซึ่งส่งผลต่อ

ปริมาณน้ำท่ารวม ส่วนพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อรูปร่างของกราฟน้ำท่าได้แก่ CK1_2 TOF และ TIF

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้และผลกระทบของการปรับเปลี่ยนค่าต่อแบบจำลองที่นำเสนอในบทความนี้ ก็เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการศึกษาค้นคว้าต่อไป และ หากสภาพพื้นที่อื่นที่ต้องการศึกษา มีคุณลักษณะคล้ายคลึงกับลุ่มน้ำห้วยข้าวสาร ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษานี้จะเป็นแนวทางการเริ่มต้นที่ดี อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่นต้องทำการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย และ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี สถาบันอุตุวิทยามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และสำนักงานพัฒนาที่ดินอุบลราชธานี ที่สนับสนุนข้อมูลประกอบการวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Shaw, E. M. (1999). *Hydrology in Practice*, 3rd Eds, Stanley Thornes Publishers, 569 pp.
- [2] Hydrologic Engineering Centre (HEC). (1998). *Hydrologic Modeling System User's Manual Version 1.0* U.S. Army Corps of Engineers. Davis, California.
- [3] Beven, K. J., Lamb, R., Quinn, P., Romanowicz, R. and Freer, J. (1995). *Topmodel. In Computer models for watershed hydrology*, edited by Singh, V. P. Water Resources Publications. Colorado, USA. Pp.627-668.
- [4] Abbott, M. B., Bathurst, J. C., Cunge, J. A., O'Connell, P. E. and Rasmussen, J. (1896). An introduction to the European Hydrological System, SHE. I. History and philosophy of a physically-based, distributed modelling system. *J. Hydrology.*, 87, pp.45-59.
- [5] Dawson, C. and Wilby, R. (1998). An artificial neural network approach to rainfall runoff modelling. *Hydrological Sci. J.*, 43, pp.47-66.
- [6] DHI. (2005). *MIKE User's Manual*. Institute of Hydrodynamics and Hydraulics Engineering, Technical University of Denmark, Denmark.
- [7] Supiah, S. and Normala, H. (2002) Rainfall Runoff Simulation Using MIKE 11 NAM, *Journal of Civil Engineering*, Malaysia. Vol 15. No 2.