

# จลสาร

สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา

- 2 สารจากผู้บริหารสูงสุดด้านการจัดการความรู้
- 3 แนวทางการประเมินปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำ  
ด้วยโปรแกรม Excel โดยใช้สมการหลักของแบบจำลอง NAM



สารจากผู้บริหารสูงสุดด้านการจัดการความรู้  
สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา



สวัสดีปีใหม่ พ.ศ.2566 ทุกท่านครับ ผมขอให้เดือนนี้เป็นการเริ่มต้นปีที่ดี มีแต่สิ่งดีๆ เข้ามาในชีวิตของชาว สบอ.ทุกท่านนะครับ ในเดือนนี้กรมชลประทานได้จัดประชุมติดตามและวิเคราะห์แนวโน้มสถานการณ์น้ำทั่วประเทศ เมื่อวันที่ 3 ม.ค. 66 ณ ศูนย์ปฏิบัติการน้ำอัจฉริยะ กรมชลประทาน สามเสน โดยมี ดร.ทวีศักดิ์ ธนเดโชพล รองอธิบดีกรมชลประทาน เป็นประธานการประชุม คณะอนุกรรมการติดตามและวิเคราะห์แนวโน้มสถานการณ์น้ำ ผ่านระบบ Video Conference ไปยังสำนักงาน ชลประทานที่ 1-17 และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมอุตุฯ นิคมวิทยา สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร การไฟฟ้าฝ่ายผลิต แห่งประเทศไทย เพื่อติดตามและวิเคราะห์สถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำ แหล่งน้ำ และแม่น้ำสายหลัก สำหรับ เป็นข้อมูลในการบริหารจัดการน้ำให้สอดคล้องและเหมาะสมในแต่ละพื้นที่ จากที่ประชุมได้รายงานว่ ภาพรวมปริมาณน้ำต้นทุนอยู่ในเกณฑ์ดี ด้านสถานการณ์ค่าความเค็มในแม่น้ำ 4 สายหลัก อยู่ในเกณฑ์ปกติ ด้านการจัดสรรน้ำฤดูแล้งปี 65/66 ได้จัดสรรน้ำทั้งประเทศไปแล้ว 7,309 ล้าน ลบ.ม. จากแผน 27,685 ล้าน ลบ.ม. และมีการเพาะปลูกข้าวนาปรังตามการปรับปฏิทินการเพาะปลูกไปแล้วกว่าร้อยละ 90 ของแผน คาดว่าจะ เก็บเกี่ยวแล้วเสร็จตามที่กำหนด ทั้งนี้กรมอุตุฯ นิคมวิทยาประกาศว่าทางภาคใต้ยังคงมีปริมาณฝนตกมาก จึงได้ประชาสัมพันธ์สร้างการรับรู้ถึงสถานการณ์น้ำและแผนการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ให้ประชาชนรับทราบ เพื่อลดผลกระทบที่จะเกิดกับประชาชนให้ได้มากที่สุด ในส่วนพื้นที่ที่ปริมาณฝนลดลงแล้ว ให้ควบคุมและรักษา ระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่พรุให้สมดุล เพื่อป้องกันการเกิดอัคคีภัยด้วยครับ

สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยาได้จัดทำจุลสารอย่างต่อเนื่องในทุกๆ เดือน เพื่อเป็นช่องทางในการ รวบรวมองค์ความรู้และผลงานทางวิชาการที่เกี่ยวกับภารกิจงานของ สบอ. เรา และเผยแพร่ให้กับผู้อ่านทั้งภายใน และภายนอกองค์กรครับ ซึ่งจุลสารฯ ฉบับนี้นำเสนอเรื่อง “แนวทางการประเมินปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำ ด้วยโปรแกรม Excel โดยใช้สมการหลักของแบบจำลอง NAM” ของส่วนยุทธศาสตร์ หวังว่าจะเป็นความรู้และ นำไปใช้ประโยชน์ในงาน สบอ. ได้ครับ

นายธนทร์ สมบูรณ์  
ผส.บอ.

## แนวทางการประเมินปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำด้วยโปรแกรม Excel โดยใช้สมการหลักของแบบจำลอง NAM

### หลักการและเหตุผล

ตามพรบ.ทรัพยากรน้ำปี พ.ศ. 2561 ในหัวข้อ การติดตั้งสถานีอัตโนมัติวัดน้ำฝน และน้ำท่าในพื้นที่ต้นน้ำของเขื่อนนั้น เป็นภารกิจที่กรมชลประทานดำเนินงานเป็นปกติอยู่แล้ว แต่เนื่องจากปัญหาการขออนุญาตใช้พื้นที่ป่าไม้ และบุคลากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ส่งผลให้สถานีวัดน้ำท่าบริเวณพื้นที่ต้นน้ำของเขื่อนยังไม่ครอบคลุมทั่วประเทศ

ทั้งนี้ข้อมูลน้ำท่าในพื้นที่ต้นน้ำของเขื่อนเป็นข้อมูลสำคัญในการศึกษาการบริหารจัดการน้ำ เช่น การปรับปรุงเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (RULE CURVES) ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำ 30 ปี ในการคำนวณสมมูลน้ำ แต่เนื่องด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ส่งผลให้การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษามีไม่ครบถ้วนหรือขาดความน่าเชื่อถือ เช่น บริเวณพื้นที่ต้นน้ำของเขื่อนไม่มีสถานีวัดน้ำท่า หรือมีสถานีวัดน้ำท่าแต่มีข้อมูลไม่ครบ 30 ปี หรือมีข้อมูลจากการคำนวณสมมูลน้ำรายวันที่ทำการจดบันทึกข้อมูลโดยเจ้าหน้าที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชลประทาน แต่ความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่จดบันทึกมานานแล้วมีไม่มากนัก ซึ่งหากจะนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการศึกษาการบริหารจัดการน้ำควรทำแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่าเพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างก่อนนำมาใช้งาน

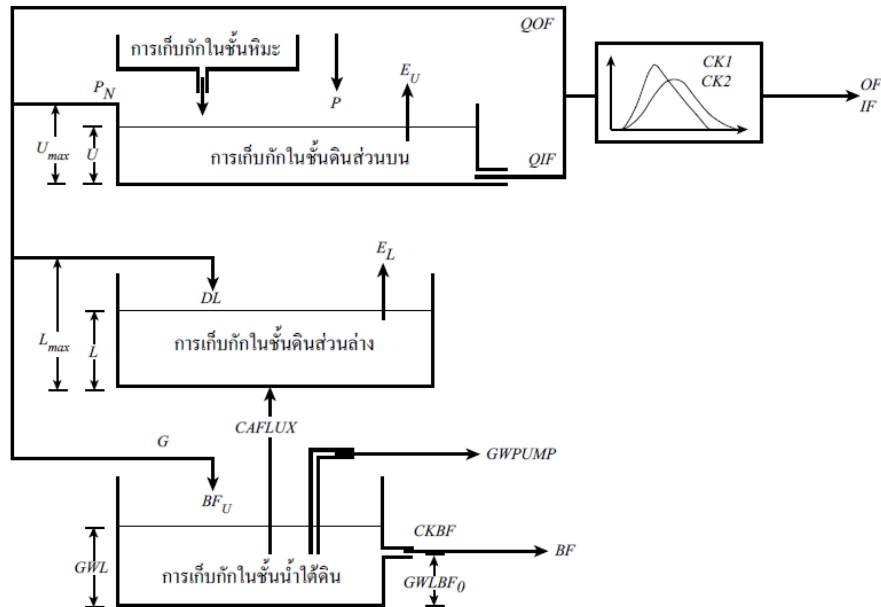
### ทฤษฎี และความรู้ทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง

แบบจำลอง NAM เป็นคำย่อของ "Nedbor-Afstromnings-Model" ในภาษา Danish แปลว่าแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (precipitation-runoff model) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย The Hydrological Section of the Institute of Hydrodynamics and Hydraulic Engineering at the Technical University of Denmark ต่อมา Danish Hydraulic Institute (DHI) ได้รวมแบบจำลอง NAM ไว้ในซอฟต์แวร์ MIKE 11 โดยแบบจำลอง NAM จะใช้ในการจำลองแบบปริมาณน้ำท่า เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับแบบจำลองด้านอุทกพลศาสตร์ (hydrodynamic model) (นุชนารถ, 2544) แบบจำลอง NAM ได้รับการยอมรับเพื่อการประเมินปริมาณน้ำท่าอย่างแพร่หลายในหลายๆ ประเทศ (Gan et al., 1997; Tingsanchali and Gautam, 2000; กานดา และนุชนารถ, 2546; สุรชัย และคณะ, 2546; Vaitiekuniene, 2005; สุพรรณษา และคณะ, 2550; Bao et al., 2011)

โครงสร้างของแบบจำลอง NAM แสดงดังในรูปที่ 1 โดยปริมาณน้ำจะถูกจำลองแบบ ให้มีการเก็บกักไว้ใน 4 ส่วน ดังต่อไปนี้ (Nielsen and Hansen, 1982; DHI, 1992)

- 1) การเก็บกักในชั้นหิมะ (snow storage) คือ ปริมาณน้ำที่เกิดจากอัตราการละลายตัวของหิมะซึ่งจะไปเพิ่มปริมาณน้ำให้กับการเก็บกักในชั้นดินส่วนบน
- 2) การเก็บกักในชั้นดินส่วนบน (upper zone storage,  $U$ ) หรือ การเก็บกักบนผิวดิน (surface storage) คือ ปริมาณน้ำที่ค้างอยู่บนพืชพรรณ และกักเก็บอยู่ในแอ่งบนพื้นดิน และดินส่วนบน โดยที่  $U_{max}$  คือ ปริมาณน้ำมากที่สุดที่จะเก็บกักได้ในส่วนของการเก็บกักบนผิวดิน
- 3) การเก็บกักในชั้นดินส่วนล่าง (lower zone storage,  $L$ ) คือ ปริมาณความชื้นของชั้นดินที่อยู่ลึกกลงไปจากผิวดิน โดยที่  $L_{max}$  คือ ปริมาณน้ำมากที่สุดที่จะเก็บกักได้ในส่วนของการเก็บกักของชั้นดินส่วนล่าง

4) การเก็บกักในชั้นน้ำใต้ดิน (groundwater storage,  $GWL$ ) คือ ปริมาณน้ำที่ซึมผ่าน การเก็บกักบริเวณชั้นดินส่วนล่างมาเก็บกักที่ชั้นนี้



รูปที่ 1 โครงสร้างของแบบจำลอง NAM

ที่มา : นุชนารถ.2544.

ขั้นตอนการคำนวณของแบบจำลอง Modified NAM หลักการในการประเมินปริมาณการไหล โดยใช้แบบจำลอง NAM ในบทนี้ เป็นการแสดงเฉพาะกระบวนการหลักที่เกี่ยวข้องกับการเกิดน้ำท่าเท่านั้น ดังนั้นจึงมีความแตกต่างจากแบบจำลอง NAM ต้นฉบับของ Danish Hydraulic Institute (DHI) เล็กน้อย ดังนั้นจึงให้ชื่อแบบจำลองนี้ว่า **แบบจำลอง Modified NAM** เพื่อไม่ให้เกิดความสับสนกับแบบจำลอง NAM ต้นฉบับ ทั้งนี้เพื่อต้องการนำเสนอหลักการมาใช้ประกอบการคำนวณได้โดยง่ายด้วยโปรแกรม Excel เพื่อสร้างความเข้าใจให้กับผู้อ่านได้อย่างชัดเจน รวมทั้งไม่ทำให้เกิดความแตกต่างมากมายนักเมื่อเปรียบเทียบกับผลการประเมินปริมาณน้ำท่าโดยใช้แบบจำลอง NAM ต้นฉบับ สำหรับขั้นตอนการคำนวณปริมาณน้ำท่าโดยแบบจำลอง Modified NAM สรุปได้ดังต่อไปนี้ (นุชนารถ, 2544)

#### 1) ปริมาณการคายระเหย

ปริมาณการคายระเหย (evapotranspiration,  $E_T$ ) จะเป็นข้อมูลตัวแรกที่ต้องทราบค่าเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาในส่วนของการเก็บกักในชั้นดินส่วนบน ถ้าในกรณีการเก็บกักในชั้นดินส่วนบน ( $U$ ) มีค่าน้อยกว่าปริมาณการคายระเหยแล้ว ปริมาณการคายระเหยจะถูกดึงจากชั้นดินส่วนบน ( $E_U$ ) ในปริมาณเท่ากับ  $U$  จากนั้นการคายระเหยที่ต้องการเพิ่มเติม จะได้มาจากการเก็บกักในชั้นดินส่วนล่าง ( $E_L$ ) โดยปริมาณการคายระเหยที่ยอมให้เกิดขึ้นในชั้นดินส่วนล่างจะแปรผันตามสัดส่วนของการเก็บกักในชั้นดินส่วนล่าง ( $L/L_{max}$ ) ดังแสดงในสมการ

$$E_L = (E_T - E_U) (L/L_{max})$$

2) ปริมาณการไหลระหว่างผิวดินและชั้นน้ำใต้ดิน

ปริมาณน้ำส่วนที่กลายเป็นปริมาณการไหลระหว่างผิวดินและชั้นน้ำใต้ดิน (interflow,  $QIF$ ) จะเป็นสัดส่วนกับการเก็บกักในชั้นดินส่วนบน ( $U$ ) และแปรผันตามสัดส่วนของการเก็บกักในชั้นดินส่วนล่าง ( $L/L_{max}$ ) ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$QIF = \begin{cases} \frac{\Delta t}{CKIF} \left( \frac{L/L_{max} - TIF}{1 - TIF} \right) U & \text{เมื่อ } L/L_{max} > TIF \\ 0 & \text{เมื่อ } L/L_{max} \leq TIF \end{cases}$$

- โดยที่  $CKIF$  = ค่าคงที่ของเวลาสำหรับปริมาณน้ำที่ไหลในระหว่างผิวดินและชั้นน้ำใต้ดิน โดยทั่วไปจะมีค่าระหว่าง 500 - 1,000 ชั่วโมง
- $TIF$  = ค่าเริ่มต้นของการเกิดปริมาณการไหลในระหว่างผิวดินและชั้นน้ำใต้ดิน โดยมากจะใช้ค่าเท่ากับ 0 ( $0 \leq TG \leq 1$ )
- $\Delta t$  = ช่วงเวลาการคำนวณ (computational time step) (ชั่วโมง)

3) ปริมาณการไหลบ่าบนผิวดิน

ปริมาณการไหลบ่าบนผิวดิน (overland flow,  $QOF$ ) จะเป็นส่วนของความลึกฝนส่วนเกินสุทธิ ( $P_N$ ) ที่แปรสภาพเป็นปริมาณการไหลบ่าบนผิวดิน โดยจะเป็นสัดส่วนกับ  $P_N$  และแปรผันตามสัดส่วนของการเก็บกักในชั้นดินส่วนล่าง  $L/L_{max}$  ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$QOF = \begin{cases} CQOF \left( \frac{L/L_{max} - TOF}{1 - TOF} \right) P_N & \text{เมื่อ } L/L_{max} > TOF \\ 0 & \text{เมื่อ } L/L_{max} \leq TOF \end{cases}$$

- โดยที่  $CQOF$  = สัมประสิทธิ์ของปริมาณน้ำท่าที่ไหลบ่าบนผิวดิน ( $0 \leq CQOF \leq 1$ )
- $TOF$  = ค่าเริ่มต้นของการเกิดการไหลบ่าบนผิวดิน ( $0 \leq TG \leq 1$ )

4) ปริมาณการไหลในชั้นน้ำใต้ดิน

ความลึกฝนส่วนเกินสุทธิ ( $P_N$ ) ส่วนที่ไม่กลายเป็นปริมาณการไหลบ่าบนผิวดินจะไหลซึมลงสู่การเก็บกักในดินส่วนล่าง ในปริมาณเท่ากับ  $P_N - QOF$  ซึ่งน้ำส่วนนี้จะแยกกลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินในปริมาณเท่ากับ  $G$  โดยเหลือเป็นปริมาณน้ำที่อยู่ในการเก็บกักในชั้นดินส่วนล่าง ( $DL$ ) ดังแสดงในสมการ

$$G = \begin{cases} (P_N - QOF) \left( \frac{L/L_{max} - TG}{1 - TG} \right) & \text{เมื่อ } L/L_{max} > TG \\ 0 & \text{เมื่อ } L/L_{max} \leq TG \end{cases}$$

- โดยที่  $TG$  = ค่าเริ่มต้นของการเกิดการไหลในชั้นน้ำใต้ดิน ( $0 \leq TG \leq 1$ )

5) การเคลื่อนตัวของปริมาณการไหลบ่าบนผิวดินและปริมาณการไหลในระหว่างผิวดิน และชั้นน้ำใต้ดิน

ปริมาณการไหลบนผิวดินและการไหลในระหว่างผิวดินและชั้นน้ำใต้ดิน จะเคลื่อนตัวโดยใช้หลักการของการเคลื่อนตัวผ่านอ่างเก็บน้ำแบบเส้นตรง (linear reservoir routing) 2 ครั้ง ด้วยค่าคงที่ของเวลา  $CK1$  และ  $CK2$  ดังแสดงในสมการ

$$OF_t^{(1)} = OF_{t-1}^{(1)} * e^{-\Delta t/CK1} + QOF_t(1 - e^{-\Delta t/CK1})$$

$$OF_t^{(2)} = OF_{t-1}^{(2)} * e^{-\Delta t/CK2} + OF_t^{(1)}(1 - e^{-\Delta t/CK2})$$

โดยที่  $OF_{t-1}^{(1)}, OF_{t-1}^{(2)}$  = ความลึกของการไหลในส่วนของปริมาณการไหลบ่าบน  
ผิวดินที่ผ่านการเคลื่อนตัว ครั้งที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ที่เวลา  
ก่อนหน้า  $(t - 1)$  ในหน่วยมิลลิเมตร

$OF_t^{(1)}, OF_t^{(2)}$  = ความลึกของการไหลในส่วนของปริมาณการไหลบ่าบนผิวดินที่ผ่านการเคลื่อนตัว ครั้งที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ที่เวลา  
ปัจจุบัน  $(t)$  ในหน่วยมิลลิเมตร

$CK1, CK2$  = เวลาหน่วง (lag time) ของการเกิดน้ำท่า (ชั่วโมง)

สำหรับในกรณีของการเคลื่อนตัวของการไหลในระหว่างผิวดินและชั้นน้ำใต้ดินนั้น การคำนวณจะกระทำในทำนองเดียวกับการเคลื่อนตัวของการไหลบนผิวดิน ดังในสมการด้านบนโดยเปลี่ยนตัวแปร  $OF_{t-1}^{(1)}, OF_{t-1}^{(2)}, OF_t^{(1)}, OF_t^{(2)}$  และ  $QOF$  ในสมการดังกล่าว เป็น  $IF_{t-1}^{(1)}, IF_{t-1}^{(2)}, IF_t^{(1)}, IF_t^{(2)}$  และ  $QOF$  ตามลำดับ

6) การเคลื่อนตัวของปริมาณการไหลของน้ำใต้ดิน

สำหรับในกรณีของการเคลื่อนตัวของการไหลของน้ำใต้ดิน (baseflow,  $BF$ ) นั้นคำนวณได้ดังแสดงในสมการ

$$BF_t = BF_{t-1} * e^{-\Delta t/CKBF} + G(1 - e^{-\Delta t/CKBF})$$

โดยที่  $BF_{t-1}$  = ความลึกของการไหลในชั้นน้ำใต้ดินที่เวลาเริ่มต้น (มิลลิเมตร/ชั่วโมง)

$BF_t$  = ความลึกของการไหลในชั้นน้ำใต้ดินที่ผ่านการเคลื่อนตัว (มิลลิเมตร/ชั่วโมง)

$CKBF$  = เวลาหน่วงของการเกิดการไหลในชั้นน้ำใต้ดิน (ชั่วโมง)

### การประยุกต์ใช้แบบจำลอง Modified NAM

ก. ข้อมูลนำเข้าสำหรับการประยุกต์ใช้แบบจำลอง

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง Modified NAM นั้น จำเป็นต้องจัดเตรียมข้อมูลนำเข้าสำหรับแบบจำลอง ซึ่งประกอบด้วย (1) ข้อมูลด้านอุตุวิทยามวิทยา (2) เงื่อนไขเริ่มต้น และ (3) พารามิเตอร์ของแบบจำลอง โดยรายละเอียดของข้อมูลในแต่ละส่วนสรุปได้ดังนี้

1) ข้อมูลด้านอุตุวิทยามวิทยา

ในการประยุกต์ใช้แบบจำลอง Modified NAM จะมีข้อมูลด้านอุตุวิทยามวิทยาที่เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องกับการคำนวณดังต่อไปนี้

1.1) ความลึกฝน

สำหรับช่วงเวลาของข้อมูลความลึกฝนนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการศึกษาว่าต้องการความละเอียดในระดับใด รวมทั้งความละเอียดในด้านเวลาของข้อมูลตรวจวัดที่มีอยู่ โดยส่วนใหญ่แล้วการใช้ค่าความลึกฝนรายวันก็นับว่ามีความเพียงพอแล้ว แต่สำหรับในกลุ่มน้ำที่มีการตอบสนองเร็วและจุดสนใจของงานศึกษาอยู่ที่ปริมาณการไหลสูงสุดแล้ว ข้อมูลความลึกฝนจำเป็นต้องมีความละเอียดมากขึ้น เช่น ความลึกฝนในระดับรายชั่วโมง



### 1.2) การคายระเหย

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง NAM หรือ Modified NAM โดยทั่วไปแล้ว สามารถใช้ค่าการคายระเหยรายเดือนก็นับว่าเพียงพอแล้ว ยกเว้นในกรณีที่ต้องการความละเอียดถูกต้องมากขึ้น ก็ควรพิจารณาใช้เป็นข้อมูลแบบรายวัน อย่างไรก็ตาม ในงานศึกษาส่วนใหญ่จะใช้ข้อมูลการระเหยแทนการคายระเหย เนื่องจากข้อมูลการระเหยสามารถจัดหาข้อมูลได้ง่ายกว่าข้อมูลการคายระเหยที่ต้องทราบรายละเอียดของชนิดและปริมาณของพืชที่ปลูกในพื้นที่ศึกษา รวมทั้งข้อมูลด้านอุตุนิยมิวิทยาต่างๆ นอกจากนั้นแล้วข้อมูลการคายระเหยนั้น นับว่าเป็นข้อมูลที่มีอิทธิพลไม่มากนักต่อผลการจำลองแบบกราฟน้ำทำโดยแบบจำลอง NAM หรือ Modified NAM ดังนั้นการใช้ข้อมูลการระเหยแทนการคายระเหยจะไม่ทำให้เกิดความแตกต่างมากมายนักต่อผลการคำนวณในภาพรวม

### 1.3) อุณหภูมิ

ข้อมูลอุณหภูมิจะนำมาใช้ในกรณีที่มีการคำนวณการละลายของหิมะเท่านั้น ดังนั้นข้อมูลอุณหภูมิจึงไม่ถูกนำมาพิจารณาในการประเมินปริมาณน้ำท่าสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำในประเทศไทย

### 2) เงื่อนไขเริ่มต้น

ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าโดยแบบจำลอง Modified NAM จะต้องมีการกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นของปริมาณการเก็บกักในแต่ละส่วน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่าสำหรับพื้นที่ศึกษา ทั้งนี้เงื่อนไขเริ่มต้นที่ต้องกำหนดในแบบจำลองประกอบด้วย

- (1) ปริมาณการเก็บกักในชั้นดินส่วนบน ( $U$ )
- (2) ปริมาณการเก็บกักในชั้นดินส่วนล่าง ( $L$ )
- (3) ปริมาณการไหลบ่าบนผิวดิน ( $OF^{(1)}$  และ  $OF^{(2)}$ )
- (4) ปริมาณการไหลในระหว่างผิวดินและชั้นน้ำใต้ดิน ( $IF^{(1)}$  และ  $IF^{(2)}$ )
- (5) ปริมาณการไหลของน้ำใต้ดิน ( $BF$ )

### 3) พารามิเตอร์ของแบบจำลอง

พารามิเตอร์ของแบบจำลอง Modified NAM ที่จะต้องประเมินค่าในขั้นตอนการสอบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองประกอบด้วยพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

#### 3.1) ความจุเก็บกักสูงสุดบนผิวดิน ( $U_{max}$ )

ความจุเก็บกักสูงสุดบนผิวดิน เป็นการเก็บกักบนต้นไม้อับหญ้า (interception storage) การเก็บกักบริเวณพื้นที่ต่ำตามหลุมบ่อ (depression storage) และการเก็บกักบนดินส่วนบนซึ่งมีความลึกไม่กี่เซนติเมตร โดยทั่วไป ( $U_{max}$ ) มีค่าประมาณ 10 - 25 มิลลิเมตร

#### 3.2) ความจุเก็บกักสูงสุดของชั้นรากพืช ( $L_{max}$ )

ความจุเก็บกักสูงสุดของชั้นรากพืช เป็นความชื้นสูงสุดในชั้นรากพืชที่พร้อมจะใช้ในกระบวนการคายน้ำของพืช โดยค่านี้สามารถประมาณค่าได้จากผลคูณระหว่างความสามารถของดินที่จะอุ้มน้ำไว้ได้ (available water holding capacity, AWHC) กับความลึกของรากพืช โดยค่าของ AWHC หมายถึง ผลต่างระหว่างความจุของแปลงเพาะปลูก (field capacity) กับความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (wilting point) ของดินซึ่งสามารถประมาณค่าได้จากข้อมูลดิน โดยที่ ( $L_{max}$ ) ค่าประมาณ 10 เท่าของ ( $U_{max}$ ) ดังนั้น ( $L_{max}$ ) จึงมีค่าประมาณ 100 ถึง 250 มิลลิเมตร

### 3.3) สัมประสิทธิ์ของปริมาณการไหลบ่าบนผิวดิน $CQOF$

สัมประสิทธิ์ของปริมาณการไหลบ่าบนผิวดินเป็นพารามิเตอร์ที่เป็นตัวแบ่งแยกความลึกฝนส่วนเกินไปเป็นการไหลบ่าบนผิวดิน และปริมาณการไหลซึมผ่านผิวดิน (infiltration) ค่า  $CQOF$  ไม่สามารถประมาณค่าได้โดยตรงจากข้อมูลดิน อย่างไรก็ตาม  $CQOF$  มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งขึ้นกับลักษณะของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำที่พิจารณา โดยดินทรายจะมีค่าน้อย และจะมีค่ามากถ้าเป็นดินที่มีความสามารถในการเก็บกักสูงหรือความสามารถในการซึมผ่านต่ำ เช่น ดินเหนียว

### 3.4) ค่าคงที่ของเวลาสำหรับการไหลในระหว่างผิวดินกับชั้นน้ำใต้ดิน $CQIF$

ค่าคงที่ของเวลาสำหรับการไหลในระหว่างผิวดินกับชั้นน้ำใต้ดินนั้น เนื่องจากปริมาณการไหลในระหว่างผิวดินและชั้นน้ำใต้ดินไม่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของปริมาณน้ำท่า ดังนั้น  $CQIF$  จึงเป็นพารามิเตอร์ที่ไม่มีความสำคัญมากนักในการประเมินน้ำท่า โดยค่าของปริมาณการไหลในระหว่างผิวดินกับชั้นน้ำใต้ดินจะมีค่าลดลงเมื่อ  $CQIF$  เพิ่มขึ้น โดยทั่วไป  $CQIF$  มีค่าระหว่าง 500 ถึง 1,000 ชั่วโมง

### 3.5) ค่าเริ่มต้นของการเกิดการไหลบ่าบนผิวดิน ( $TOF$ )

$TOF$  เป็นพารามิเตอร์ที่มีค่าเป็นบวกและน้อยกว่า 1 โดยเป็นค่าเริ่มต้นของการเกิดการไหลบ่าบนผิวดิน โดยการไหลบ่าบนผิวดินจะไม่เกิดขึ้นในกรณี  $L/L_{max}$  ของชั้นดินส่วนล่างมีค่าน้อยกว่าค่า  $TOF$  พารามิเตอร์นี้มีความสำคัญเฉพาะช่วงการเปลี่ยนแปลงจากฤดูแล้งไปเป็นฤดูฝน โดยมีผลกระทบเป็นเวลานานไม่กี่สัปดาห์ในช่วงแรกของฤดูฝน

### 3.6) ค่าเริ่มต้นของการเกิดปริมาณการไหลในระหว่างผิวดินและชั้นน้ำใต้ดิน ( $TIF$ )

$TIF$  เป็นพารามิเตอร์ที่มีค่าเป็นบวกและน้อยกว่า 1 โดยเป็นค่าเริ่มต้นของการเกิดปริมาณการไหลในระหว่างผิวดินและชั้นน้ำใต้ดิน โดยการไหลในระหว่างผิวดินและชั้นน้ำใต้ดินจะไม่เกิดขึ้นในกรณี  $L/L_{max}$  ของชั้นดินส่วนล่างมีค่าน้อยกว่า  $TIF$  โดยค่า  $TIF$  เป็นพารามิเตอร์ที่ไม่มีความสำคัญมากนัก และในเกือบทุกกรณีศึกษาสามารถกำหนดให้เท่ากับ 0 ได้

### 3.7) ค่าเริ่มต้นของการเกิดการไหลในชั้นน้ำใต้ดิน ( $TG$ )

$TG$  เป็นพารามิเตอร์ที่มีค่าเป็นบวกและน้อยกว่า 1 โดยเป็นค่าเริ่มต้นของการเกิดการไหลในชั้นน้ำใต้ดินโดยการไหลของน้ำใต้ดินจะไม่เกิดขึ้นในกรณี  $L/L_{max}$  ของชั้นดินส่วนล่างมีค่าน้อยกว่า  $TG$  โดยค่า  $TG$  มีผลกระทบในด้านการเติมปริมาณน้ำใต้ดินเหมือนกับค่า  $TOF$  ที่มีผลกระทบต่อปริมาณการไหลบ่าบนผิวดิน โดยค่า  $TG$  เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการสอบเทียบแบบจำลอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเริ่มต้นของฤดูฝน

3.8) ค่าคงที่ของเวลาสำหรับการเคลื่อนที่ของการไหลในระหว่างผิวดินกับชั้นน้ำใต้ดินและการเคลื่อนที่ของการไหลบ่าบนผิวดิน ( $CK1, CK2$ )

พารามิเตอร์ทั้งสองตัวนี้มีความสำคัญในการอธิบายรูปร่างของค่าสูงสุดของการไหลในระหว่างผิวดินกับชั้นน้ำใต้ดิน และของการไหลบ่าบนผิวดินโดยจะขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยในกรณีที่  $CK1$  และ  $CK2$  มีค่ามากจะส่งผลให้เกิดการตอบสนองช้าของกราฟน้ำท่าทำให้กราฟน้ำท่ามีรูปร่างที่ราบเรียบลง ในขณะที่  $CK1$  และ  $CK2$  ที่มีค่าต่ำลง จะส่งผลให้เกิดการตอบสนองที่เร็วขึ้นของกราฟน้ำท่า ทำให้กราฟน้ำท่ามีรูปร่างที่ชันขึ้นและจุดสูงสุดของกราฟน้ำท่าจะสูงขึ้นตามไปด้วย โดยค่า  $CK1$  และ  $CK2$  นั้น สามารถกำหนดให้เป็นค่าที่เท่ากันได้ เพื่อให้มีพารามิเตอร์ที่จะต้องทำการสอบเทียบแบบจำลองเหลือเพียงค่าเดียวทำให้ง่ายต่อการสอบเทียบแบบจำลอง



### 3.9) ค่าคงที่ของเวลาสำหรับการเคลื่อนที่ของการไหลพื้นฐาน CKBF

ค่าคงที่ของเวลาสำหรับการเคลื่อนที่ของการไหลพื้นฐาน สามารถประมาณค่าได้จากช่วงโค้งการลดลงของกราฟน้ำท่าในช่วงฤดูแล้งหรือดินที่มีสภาพแห้ง

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้แบบจำลอง Modified NAM ตัวอย่างที่แสดงต่อไปนี้เป็น การประยุกต์ใช้แบบจำลอง Modified NAM ในการประเมินปริมาณน้ำท่า สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำสมมุติแห่งหนึ่ง โดยกำหนดให้ความลึกฝนและปริมาณการคายระเหยรายวันในช่วงเวลา 13 วัน แสดงดังในตารางที่ 1 ค่าของพารามิเตอร์เงื่อนไขเริ่มต้นของแบบจำลอง แสดงดังในตารางที่ 2 และค่าของพารามิเตอร์ของแบบจำลอง Modified NAM ที่เลือกใช้สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำสมมุตินี้แสดงดังในตารางที่ 3 สำหรับขั้นตอนการคำนวณแสดงในตารางที่ 4 และรายละเอียดของวิธีการคำนวณแสดงดังในตารางที่ 5

#### ตารางที่ 1 ข้อมูลความลึกฝนและปริมาณการคายระเหยรายวัน

วันที่	ความลึกฝน (มิลลิเมตร)	การคายระเหย(มิลลิเมตร)
1	5	5
2	20	5
3	10	5
4	40	5
5	6	5
6	55	5
7	45	5
8	40	5
9	0	5
10	8	5
11	0	5
12	0	5
13	0	5

ที่มา : นุชนารถ.2544.

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์เงื่อนไขเริ่มต้นของแบบจำลอง Modified NAM

พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์	หน่วย
$U$	5	มิลลิเมตร
$L$	25	มิลลิเมตร
$OF^{(1)}$	0.5	มิลลิเมตร
$OF^{(2)}$	0.5	มิลลิเมตร
$IF^{(1)}$	0.5	มิลลิเมตร
$IF^{(2)}$	0.5	มิลลิเมตร
$BF$	0.5	มิลลิเมตร

ที่มา : นุชนารถ.2544.

ตารางที่ 3 ค่าพารามิเตอร์เงื่อนไขเริ่มต้นของแบบจำลอง Modified NAM ที่เลือกใช้สำหรับพื้นที่ศึกษา

พารามิเตอร์	ค่าของพารามิเตอร์	หน่วย
$U_{max}$	15	มิลลิเมตร
$L_{max}$	150	มิลลิเมตร
$CQOF$	0.7	
$CQIF$	500	ชั่วโมง
$TOF$	0.2	
$TIF$	0.4	
$TG$	0.5	
$CK1$	48	ชั่วโมง
$CK2$	48	ชั่วโมง
$CKBF$	2400	ชั่วโมง

ที่มา : นุชนารถ.2544.

ตารางที่ 4 การคำนวณปริมาณน้ำท่าโดยแบบจำลอง Modified NAM

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
วันที่	$P$	$ET$	$U_t^{(1)}$	$E_U$	$E_L$	$U_t^{(2)}$	$QIF$	$U_t^{(3)}$	$P_N$	$U_t^{(4)}$	$QOF$	$P_N - QOF$	$G$	$DL$	$L_t$	$\frac{L_t}{L_{max}}$	$OF^{(1)}$	$OF^{(2)}$	$IF^{(1)}$	$IF^{(2)}$	$BF$	$Q_{total}$
0																						
1	5	5	10.00	5.00	0.00	5.00	0.00	5.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	0.17	0.30	0.42	0.30	0.42	0.50	1.34
2	20	5	25.00	5.00	0.00	20.00	0.00	20.00	5.00	15.00	0.00	5.00	0.00	5.00	30.00	0.20	0.18	0.33	0.18	0.33	0.49	1.15
3	10	5	25.00	5.00	0.00	20.00	0.00	20.00	5.00	15.00	0.00	5.00	0.00	5.00	35.00	0.23	0.11	0.24	0.11	0.24	0.49	0.97
4	40	5	55.00	5.00	0.00	50.00	0.00	50.00	35.00	15.00	1.02	33.98	0.00	33.98	68.98	0.46	0.47	0.33	0.07	0.17	0.48	0.99
5	6	5	21.00	5.00	0.00	16.00	0.08	15.92	0.92	15.00	0.21	0.71	0.00	0.71	69.69	0.46	0.37	0.35	0.07	0.13	0.48	0.96
6	55	5	70.00	5.00	0.00	65.00	0.34	64.66	49.66	15.00	11.50	38.16	0.00	38.16	107.86	0.72	4.75	2.08	0.18	0.15	0.47	2.70
7	45	5	60.00	5.00	0.00	55.00	1.40	53.60	38.60	15.00	17.53	21.07	9.23	11.84	119.69	0.80	9.78	5.11	0.66	0.35	0.56	6.02
8	40	5	55.00	5.00	0.00	50.00	1.59	48.41	33.41	15.00	17.48	15.93	9.49	6.44	126.13	0.84	12.81	8.14	1.03	0.62	0.65	9.40
9	0	5	15.00	5.00	0.00	10.00	0.35	9.65	0.00	9.65	0.00	0.00	0.00	0.00	126.13	0.84	7.77	7.99	0.76	0.67	0.64	9.31
10	8	5	17.65	5.00	0.00	12.65	0.45	12.20	0.00	12.20	0.00	0.00	0.00	0.00	126.13	0.84	4.71	6.70	0.64	0.66	0.63	7.99
11	0	5	12.20	5.00	0.00	7.20	0.25	6.95	0.00	6.95	0.00	0.00	0.00	0.00	126.13	0.84	2.86	5.19	0.49	0.59	0.63	6.41
12	0	5	6.95	5.00	0.00	1.95	0.07	1.88	0.00	1.88	0.00	0.00	0.00	0.00	126.13	0.84	1.73	3.83	0.32	0.49	0.62	4.94
13	0	5	1.88	1.88	2.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	123.51	0.82	1.05	2.74	0.20	0.37	0.62	3.72

ที่มา : นุชนารถ.2544.

หมายเหตุ:  $P$  = ความลึกฝน (มิลลิเมตร)

$ET$  = ปริมาณการคายระเหย (มิลลิเมตร)

$$U_t^{(1)} = U_{t-1}^{(4)} + P$$

$$U_t^{(2)} = U_t^{(1)} + E_U$$

$$U_t^{(3)} = U_t^{(2)} + QIF$$

ตารางที่ 5 รายละเอียดวิธีการคำนวณ โดยแบบจำลอง Modified NAM

คอลัมน์	ความสัมพันธ์ของคอลัมน์	การคำนวณ	เงื่อนไข	คำอธิบาย
(1) ถึง (3)				โจทย์กำหนดให้
(4)	$(11)_{t+1} + (2)_t$	$U_t^{(1)} = U_t^{(4)} + P_t$		การเก็บกักในชั้นดินส่วนบนเมื่อเริ่มคันของวันนี้เท่ากับผลรวมของการเก็บกักในชั้นดินส่วนบนเมื่อเลิกฝนที่ตกของวันนี้
(5)	(3)	$E_U = ET$	เมื่อ $U_t^{(1)} > ET$	การคายระเหยที่เกิดขึ้นจริงในชั้นผิวดิน ( $E_U$ ) เมื่อค่าเท่ากับการคายระเหย ( $ET$ ) เมื่อ $U_t^{(1)} > ET$
		$E_U = U_t^{(1)}$	เมื่อ $0 < U_t^{(1)} < ET$	เมื่อ $0 < U_t^{(1)} < ET$ จะเกิดการคายระเหยเป็นปริมาณเท่ากับ $U_t^{(1)}$
		$E_U = 0$	เมื่อ $U_t^{(1)} = 0$	ไม่เกิดการคายระเหยเมื่อ $U_t^{(1)} = 0$
(6)	-	$E_L = 0$	เมื่อ $U_t^{(1)} = ET$	การคายระเหยในชั้นดินส่วนล่างจะไม่เกิดขึ้นเมื่อ $U_t^{(1)} > ET$
	$(3)_t - (4)_t * (17)_{t-1}$	$E_L = (ET - U_t^{(1)}) * \left(\frac{L_t}{L_{max}}\right)_{t-1}$	เมื่อ $0 < U_t^{(1)} < ET$	การคายระเหยในชั้นดินส่วนล่างจะเกิดขึ้นเมื่อ $0 < U_t^{(1)} < ET$
	$(3)_t * (17)_{t-1}$	$E_L = ET * \left(\frac{L_t}{L_{max}}\right)_{t-1}$	เมื่อ $U_t^{(1)} = 0$	ในกรณีที่ $U_t^{(1)} = 0$ การคายระเหยจะเกิดขึ้นในชั้นดินส่วนล่างตามสัดส่วนความชื้นในชั้นดินส่วนล่าง
(7) <sub>t</sub>	$(4)_t - (5)_t$	$U_t^{(2)} = U_t^{(1)} - E_U$	-	การปรับค่า $U_t$
(8) <sub>t</sub>	$(\Delta t / CKIF) * (7)_t * [(17)_{t-1} - TIF] / (1 - TIF)$	$QIF = \frac{\Delta t}{CIKF} U_t^{(2)} \left(\frac{L_t / L_{max} - TIF}{1 - TIF}\right)$	เมื่อ $L_t / L_{max} > TIF$	เกิดการไหลระหว่างผิวดินและชั้นน้ำใต้ดินตามเงื่อนไขที่กำหนด

ตารางที่ 5 รายละเอียดวิธีการคำนวณ โดยแบบจำลอง Modified NAM

คอลัมน์	ความสัมพันธ์ของคอลัมน์	การคำนวณ	เงื่อนไข	คำอธิบาย
	-		เมื่อ $L_t/L_{max} < TIF$	ไม่เกิดการไหลระหว่างผิวดินและชั้นน้ำใต้ดินตามเงื่อนไขที่กำหนด
(9) <sub>t</sub>	(7) <sub>t</sub> - (8) <sub>t</sub>	$U_t^{(3)} = U_t^{(2)} - QIF$		การปรับค่า $U_t$
(10) <sub>t</sub>	(9) <sub>t</sub> - $U_{max}$	$P_N = U_t^{(3)} - U_{max}$	เมื่อ $U_t^{(3)} > U_{max}$	เกิดฝนส่วนเกิน เมื่อการเก็บกักในชั้นดินส่วนบนมากกว่าการเก็บกักในชั้นดินส่วนบนสูงสุด
	-	$P_N = 0$	เมื่อ $U_t^{(3)} \leq U_{max}$	ไม่เกิดฝนส่วนเกิน เมื่อการเก็บกักในชั้นดินส่วนบนน้อยกว่าหรือเท่ากับการเก็บกักในชั้นดินส่วนบนสูงสุด
(11) <sub>t</sub>	-	$U_t^{(4)} = U_{max}$	เมื่อ $P_N > 0$	กรณีเกิดฝนส่วนเกิน ชั้นดินผิวดินจะเก็บกักได้มากที่สุดเท่ากับ $U_{max}$
	(9) <sub>t</sub>	$U_t^{(4)} = U_t^{(3)}$	เมื่อ $P_N = 0$	ถ้าไม่เกิดฝนส่วนเกิน ชั้นผิวดินจะมีการเก็บกักเท่ากับ $U_t^{(3)}$
(12) <sub>t</sub>	$CQOF * (10)_t * [(17)_{t-1} - TOF]/(1 - TOF)$	$QOF = CQOF * P_N * \left( \frac{(L_t/L_{max})_{t-1} - TOF}{1 - TOF} \right)$	เมื่อ $L_t/L_{max} > TOF$	เกิดการไหลบ่าบนผิวดิน
		$QOF = 0$	เมื่อ $L_t/L_{max} < TOF$	ไม่เกิดการไหลบ่าบนผิวดิน
(13) <sub>t</sub>	(10) <sub>t</sub> - (12) <sub>t</sub>	$P_N - QOF$		ความลึกฝนส่วนเกินสุทธิ ส่วนที่ไม่กลายเป็นปริมาณการไหลบ่าบนผิวดิน
(14) <sub>t</sub>	(13) <sub>t</sub> * $[(17)_{t-1} - TG]/(1 - TG)$	$G = (P_N - QOF) * \left( \frac{(L_t/L_{max})_{t-1} - TG}{1 - TG} \right)$	เมื่อ $L_t/L_{max} > TG$	เกิดการไหลของน้ำใต้ดินตามเงื่อนไขที่กำหนด
		$G = 0$	เมื่อ $L_t/L_{max} < TG$	ไม่เกิดการไหลของน้ำใต้ดินตามเงื่อนไขที่

ตารางที่ 5 รายละเอียดวิธีการคำนวณ โดยแบบจำลอง Modified NAM

คอลัมน์	ความสัมพันธ์ของคอลัมน์	การคำนวณ	เงื่อนไข	คำอธิบาย
				กำหนด
(15) <sub>t</sub>	(13) <sub>t</sub> - (14) <sub>t</sub>	$DL = (P_N - QOF) - G$		ปริมาณน้ำที่เติมให้ชั้นดินส่วนล่าง
(16) <sub>t</sub>	(16) <sub>t-1</sub> + (15) <sub>t</sub> - (6) <sub>t</sub>	$L_t = L_{t+1} + DL - E_L$		การปรับปริมาณน้ำที่ชั้นดินส่วนล่าง
(17) <sub>t</sub>	(16) <sub>t</sub> / $L_{max}$	$L/L_{max} = L_t/L_{max}$		การคำนวณสัดส่วนความชื้นในชั้นดินส่วนล่าง
(18) <sub>t</sub>	(18) <sub>t-1</sub> * $e^{-\Delta t/CK1}$ + (12) <sub>t</sub> * $(1 - e^{-\Delta t/CK1})$	$OF_t^{(1)} = OF_{t-1}^{(1)} * e^{-\Delta t/CK1} +$ $QOF_t * (1 - e^{-\Delta t/CK1})$		การเคลื่อนตัวของการไหลบ่าบนผิวดินครั้งที่ 1
(19) <sub>t</sub>	(19) <sub>t-1</sub> * $e^{-\Delta t/CK2}$ + (18) <sub>t</sub> * $(1 - e^{-\Delta t/CK2})$	$OF_t^{(2)} = OF_{t-1}^{(2)} * e^{-\Delta t/CK2} +$ $OF_t^{(1)} * (1 - e^{-\Delta t/CK2})$		การเคลื่อนตัวของการไหลบ่าบนผิวดินครั้งที่ 2
(20) <sub>t</sub>	(20) <sub>t-1</sub> * $e^{-\Delta t/CK1}$ + (8) <sub>t</sub> * $(1 - e^{-\Delta t/CK1})$	$IF_t^{(1)} = IF_{t-1}^{(1)} * e^{-\Delta t/CK1} +$ $QIF_t * (1 - e^{-\Delta t/CK1})$		การเคลื่อนตัวของการไหลระหว่างผิวดินและชั้นน้ำใต้ดินครั้งที่ 1
(21) <sub>t</sub>	(21) <sub>t-1</sub> * $e^{-\Delta t/CK2}$ + (20) <sub>t</sub> * $(1 - e^{-\Delta t/CK2})$	$IF_t^{(2)} = IF_{t-1}^{(2)} * e^{-\Delta t/CK2} +$ $IF_t^{(1)} * (1 - e^{-\Delta t/CK2})$		การเคลื่อนตัวของการไหลระหว่างผิวดินและชั้นน้ำใต้ดินครั้งที่ 2
(22) <sub>t</sub>	(22) <sub>t-1</sub> * $e^{-\Delta t/CKBF}$ + (14) <sub>t</sub> * $(1 - e^{-\Delta t/CKBF})$	$BF_t = BF_{t-1} * e^{-\Delta t/CKBF} +$ $G * (1 - e^{-\Delta t/CKBF})$		การเคลื่อนตัวของการไหลของน้ำใต้ดิน
(23) <sub>t</sub>	(19) <sub>t</sub> + (21) <sub>t</sub> + (22) <sub>t</sub>	$Q_{total} = OF + IF - BF$		การหาปริมาณการไหลทั้งหมด

ที่มา : นุชนารถ.2544.



## การวิเคราะห์

การประเมินปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำ โดยใช้สมการหลักของแบบจำลอง NAM นำมาประยุกต์ใช้กับโปรแกรม Excel ซึ่งสมการ ขั้นตอนการคำนวณ ข้อมูลนำเข้า (Input) ข้อมูลนำออก (Output) ที่ใช้ในการเขียนสูตรของโปรแกรม Excel ในส่วนของพารามิเตอร์ที่ใช้ในการสอบเทียบ และการตรวจพิสูจน์แบบจำลอง มีดังนี้

$U_{max}$  ปริมาณการเก็บกักสูงสุดบนผิวดิน (maximum water content in surface storage) หน่วยมิลลิเมตร

$L_{max}$  ปริมาณการเก็บกักสูงสุดของชั้นรากพืช (maximum water content in root Zone storage) หน่วยมิลลิเมตร

$CQOF$  สัมประสิทธิ์ของปริมาณการไหลบ่าบนผิวดิน (overland flow runoff coefficient)

$CKIF$  ค่าคงที่ของเวลาสำหรับการไหลในระหว่างชั้นผิวดินกับชั้นน้ำใต้ดิน (time constant for interflow)

$TOF$  ค่าเริ่มต้นของการเกิดการไหลบ่าบนผิวดิน

$TIF$  ค่าเริ่มต้นของการเกิดปริมาณการไหลในระหว่างผิวดินและชั้นน้ำใต้ดิน

$TG$  ค่าเริ่มต้นของการเกิดการไหลในชั้นน้ำใต้ดิน

$CK1, 2$  เวลาหน่วง (lag time) ของการเกิดน้ำท่า หน่วยชั่วโมง

$CKBF$  เวลาหน่วงของการเกิดการไหลในชั้นน้ำใต้ดิน หน่วยชั่วโมง

การสอบเทียบและการตรวจพิสูจน์แบบจำลองใช้การเปรียบเทียบระหว่างอัตราการไหลที่ได้จากแบบจำลองกับอัตราการไหลจากข้อมูลปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างรายวันของกรมชลประทาน โดยสามารถพิจารณาจากตัวแปรทางสถิติซึ่งประกอบด้วย ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination,  $R^2$ ) และค่า Water Balance Error (%WBL)

## แนวคิดในการพัฒนางาน

แบบจำลอง NAM ได้รับการยอมรับเพื่อการประเมินปริมาณน้ำท่าอย่างแพร่หลายในหลายๆ ประเทศ โดยเป็นแบบจำลองในซอฟต์แวร์ MIKE 11 ซึ่งการใช้งานจำเป็นต้องใช้ license ซึ่งสมการหลักที่ใช้ในแบบจำลอง NAM สามารถนำไปใช้ประกอบการคำนวณได้ จึงถูกนำไปพัฒนาใช้ในการทำแบบจำลองเพื่อการศึกษาที่น่าเชื่อถือ เช่น แบบจำลอง Modified NAM โดย ศ. ดร. นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ใช้ข้อมูลนำเข้าเป็น “file name.r” (นุชนารถ 2544) กล่าวว่ามีแตกต่างจากแบบจำลอง NAM ต้นฉบับของ DHI เล็กน้อย ดังนั้นจึงให้ชื่อแบบจำลองนี้ว่า แบบจำลอง Modified NAM เพื่อไม่ให้เกิดความสับสนกับแบบจำลอง NAM ต้นฉบับ ทั้งนี้เพื่อต้องการนำเสนอสมการหลักมาใช้ประกอบการคำนวณได้โดยง่ายด้วยโปรแกรม Excel เพื่อสร้างความเข้าใจให้กับผู้อ่านได้อย่างชัดเจน รวมทั้งไม่ทำให้เกิดความแตกต่างมากมายนักเมื่อเปรียบเทียบกับผลการประเมินน้ำท่าโดยใช้แบบจำลอง NAM ต้นฉบับ

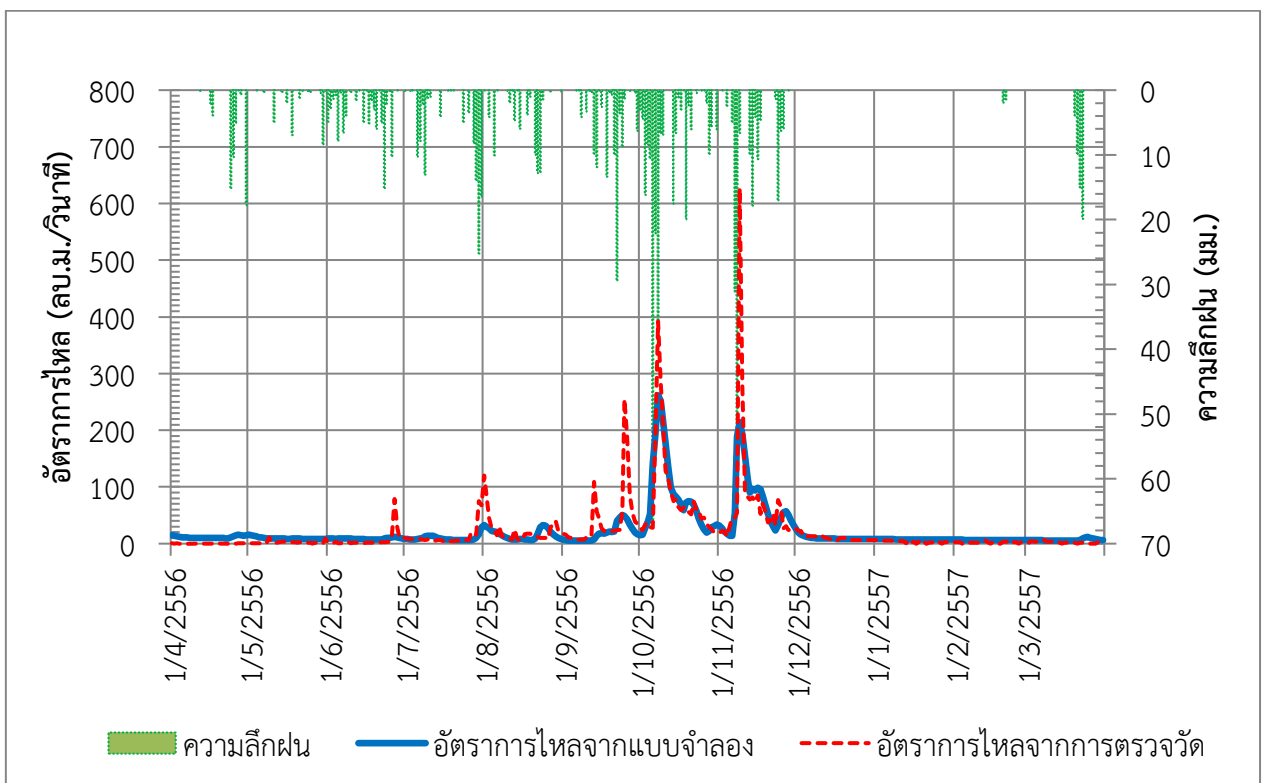
สมการหลักดังกล่าวจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับโปรแกรม Excel ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่วิศวกร หรือนักอุทกวิทยาสามารถนำไปใช้ หรือนำไปประยุกต์ใช้ได้โดยง่าย โดยเมื่อนำสมการหลักมาประยุกต์ใช้กับโปรแกรม Excel ในครั้งแรก นั้น ควรนำมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองในซอฟต์แวร์ MIKE 11 หรือ Modified NAM โดย ศ. ดร. นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อตรวจสอบผลการคำนวณก่อนนำไปโปรแกรม Excel ไปใช้ปฏิบัติงาน

ทั้งนี้ได้เลือกพื้นที่ศึกษา อ่างเก็บน้ำปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์เป็นตัวอย่าง เนื่องจากเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ของกรมชลประทาน มีพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือเขื่อนปราณบุรีมากถึง 2,029 ตารางกิโลเมตร โดยที่บริเวณพื้นที่ศึกษาในปัจจุบันไม่มีสถานีวัดน้ำท่าบริเวณเหนืออ่างเก็บน้ำ มีเพียงข้อมูลปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำ

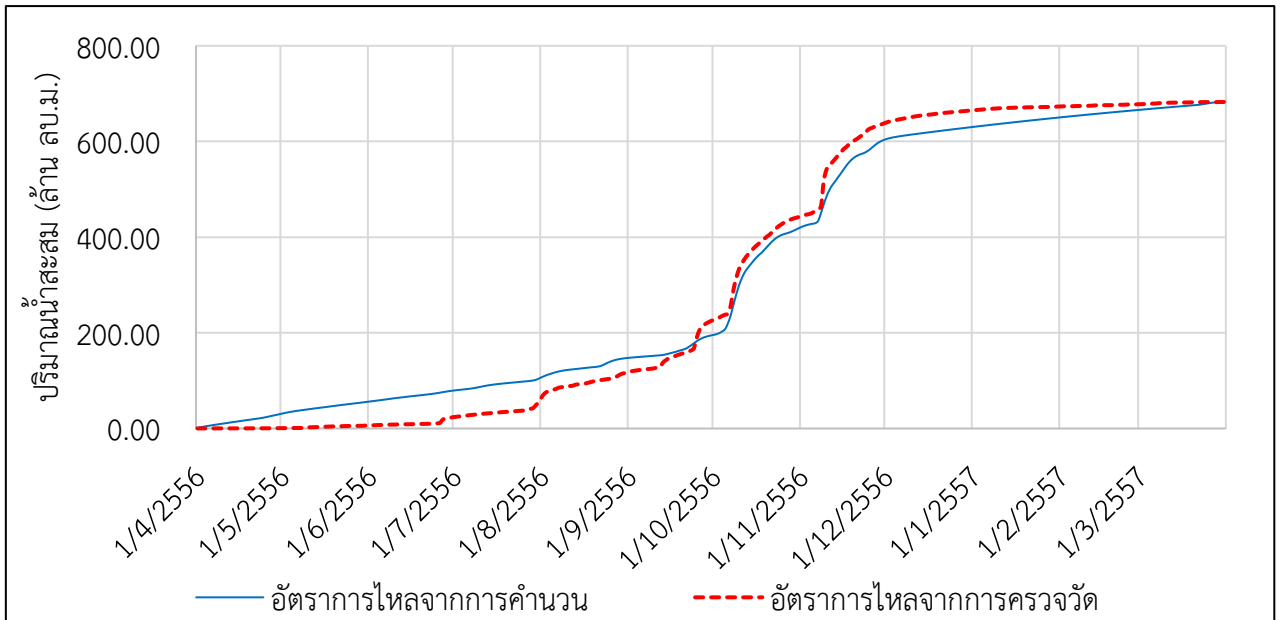
จากการคำนวณสมมูลน้ำรายวันที่ทำการจัดบันทึกข้อมูลโดยเจ้าหน้าที่ แต่ความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่จัดบันทึกมานานแล้วมีไม่มากนัก ซึ่งหากจะนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการศึกษาทางวิศวกรรม เช่น การปรับปรุงเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (RULE CURVES) ที่ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำ 30 ปี ในการคำนวณสมมูลน้ำ จึงควรทำแบบจำลองเพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำก่อนนำมาใช้งาน ทั้งนี้ได้สอบเทียบแบบจำลองปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำปราณบุรี ปีน้ำท่า พ.ศ. 2556 ด้วยโปรแกรม Excel โดยใช้สมการหลักของแบบจำลอง NAM แสดงในตารางที่ 6 รูปที่ 2 และรูปที่ 3

ตารางที่ 6 พารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า

พารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM MODEL								
$U_{max}$ (มม.)	$L_{max}$ (มม.)	$CQOF$	$CKIF$ (ชม.)	$TOF$	$TIF$	$TG$	$CK1,2$ (ชม.)	$CKBF$ (ชม.)
10.00	113.63	0.31	100.00	0.24	0.1	0.90	42.80	5,000

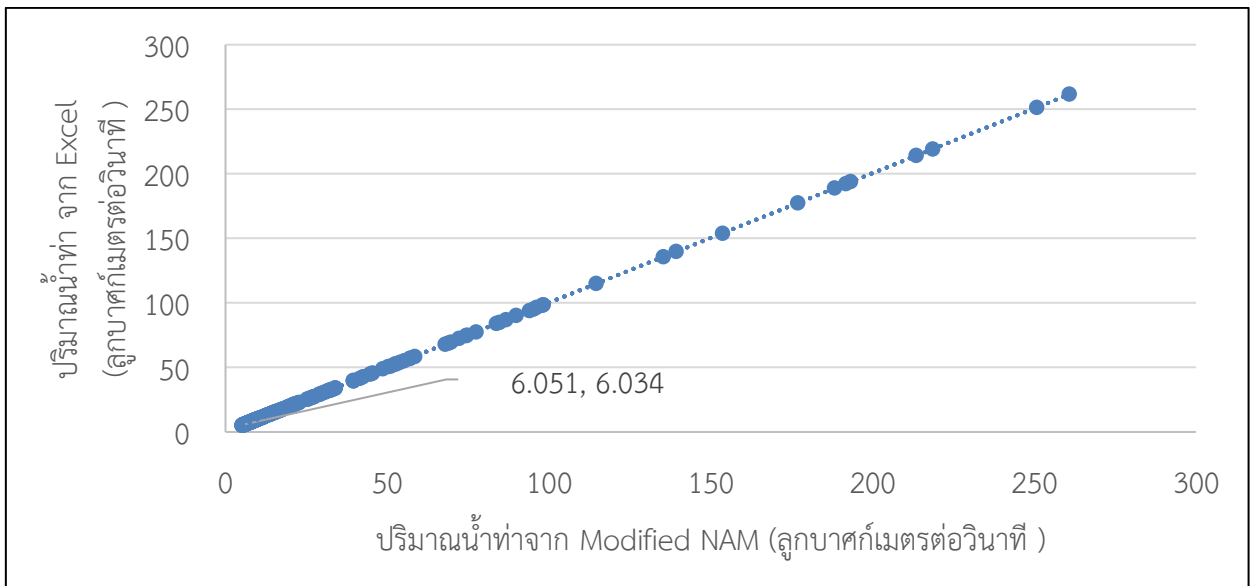


รูปที่ 2 ผลการสอบเทียบแบบจำลอง อ่างเก็บน้ำปราณบุรี (Coefficient of Determination,  $R^2$ )

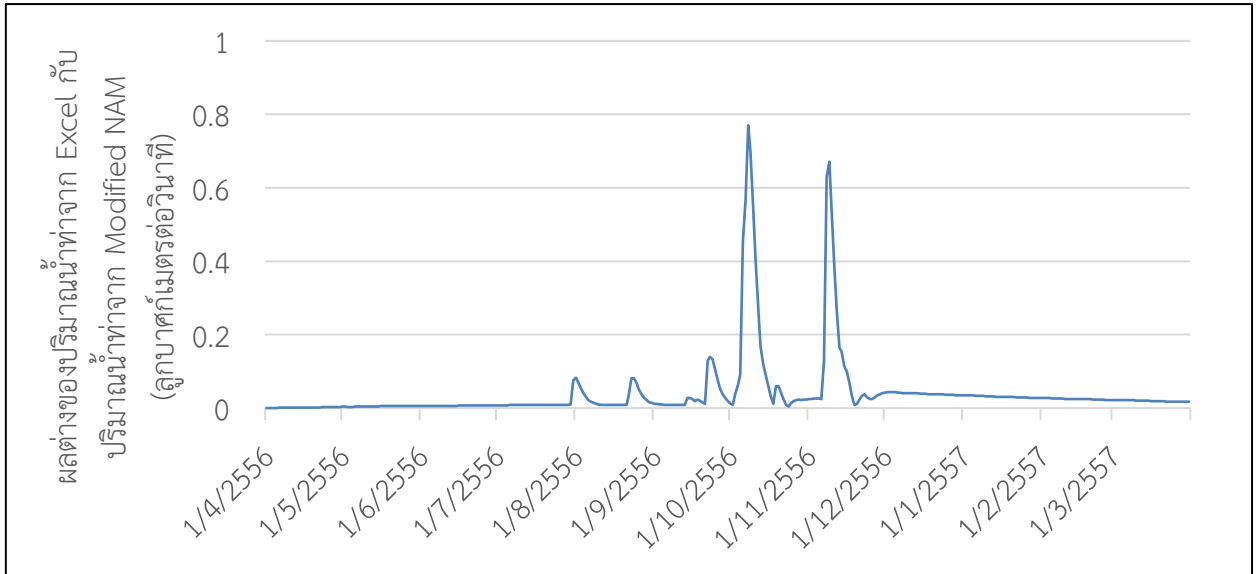


ภาพที่ 3 ผลการสอบเทียบแบบจำลอง อ่างเก็บน้ำปราณบุรี (Water Balance Error, %WBL)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำปราณบุรี ปีน้ำท่า พ.ศ. 2556 ที่ได้จากโปรแกรม Excel กับแบบจำลอง Modified NAM โดยใช้ข้อมูลนำเข้า (ฝน, การระเหย) และพารามิเตอร์ที่เท่ากัน พบว่าปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำมีค่าใกล้เคียงกัน เช่น ปริมาณน้ำท่าจาก Excel เท่ากับ 6.034 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และปริมาณน้ำท่าจาก Modified NAM เท่ากับ 6.051 แสดงในรูปที่ 4 โดยผลต่างของปริมาณน้ำท่าจาก Excel กับปริมาณน้ำท่าจาก Modified NAM มีไม่เกิน 0.8 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที แสดงในรูปที่ 5 จึงเห็นควรประเมินปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำด้วยโปรแกรม Excel โดยใช้สมการหลักของแบบจำลอง NAM



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าจาก Excel กับปริมาณน้ำท่าจาก Modified NAM ในการจำลองปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำปราณบุรี ปีน้ำท่าพ.ศ. 2556



ภาพที่ 5 ผลต่างของปริมาณน้ำท่าจาก Excel กับปริมาณน้ำท่าจาก Modified NAM ในการจำลองปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำปราณบุรี ปีน้ำท่าพ.ศ. 2556

**ผลที่คาดว่าจะได้รับ**

ผลการประเมินปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำ ด้วยโปรแกรม Excel โดยใช้สมการหลักของแบบจำลอง NAM ซึ่งเป็นการสนับสนุนงานด้านยุทธศาสตร์ของสำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา ตามแผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ ในประเด็น การบริหารจัดการน้ำทั้งระบบ (แผนย่อยการพัฒนาการจัดการน้ำเชิงลุ่มน้ำทั้งระบบเพื่อเพิ่มความมั่นคงด้านน้ำของประเทศ) และแผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ พ.ศ. 2561 - 2580 (ยุทธศาสตร์ที่ 6 การบริหารจัดการ) ในงานศึกษา วิเคราะห์ และพัฒนางานด้านวิศวกรรมชลประทาน เช่น แบบจำลองการคำนวณความต้องการน้ำ (Reservoir Operation Study) แบบจำลองการคำนวณโค้งปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve)

**ตัวชี้วัดความสำเร็จ**

มีฐานข้อมูลปริมาณน้ำท่าไหลลงอ่างเก็บน้ำเพื่อใช้ในการบริหารจัดการน้ำ สำหรับการใช้งานทางวิศวกรรม ที่น่าเชื่อถือและยอมรับได้

**เอกสารอ้างอิง**

กานดา คงธรรม, นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์, 2546. การศึกษาพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM สำหรับลุ่มน้ำน่าน. การประชุมทางวิชาการ มก. ครั้งที่ 41 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, บางเขน, กรุงเทพฯ. 3-5 กุมภาพันธ์.

สุพรรณษา บำรุงพงศ์, นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์, สุรัชชัย ลิปิวัฒนาการ, 2550. ความสัมพันธ์แบบลุ่มน้ำรวมระหว่างพารามิเตอร์ของแบบจำลอง NAM และลักษณะเฉพาะทางกายภาพของลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำปึงตอนบน. การประชุมโยธาแห่งชาติครั้งที่ ครั้งที่ 12. โรงแรมอมรินทร์ลากูน, จ.พิษณุโลก. 2-4 พฤษภาคม.

นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์, 2344. การจำลองสภาวะน้ำท่วม. ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 267 หน้า

สุรัชชัย ลิปิวัฒนาการ, นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์, ศิริกัญญา แสงสว่าง, 2546. การเปรียบเทียบความสามารถของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม แบบจำลองอุทกวิทยา และแบบจำลองทางชลศาสตร์

ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่วมและน้ำท่าในลุ่มน้ำปิงตอนบน.รายงานฉบับสุดท้าย. สถาบันวิจัยและพัฒนา  
แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Bao, A., Liu, H., Chen, X., Pan, X. (2011). The effect of estimating areal rainfall using self - similarity topography method on the simulation accuracy of runoff prediction. Hydrological Processes. 25 (22), 3506-3512.

Danish Hydraulic Institute (DHI). (1992). NAM Documentation and User's Guide. 70 pp.

Gan, T.Y., Dlamini, E.M., Biftu, G.F. (1997). Effects of model complexity and structure, data quality, and objective functions on hydrologic modeling. Journal of Hydrology. 192, 81-103.

Nielsen, S.A., Hansen, E. (1982). NAM Model Documentation and Users Guide. Danish Hydraulic Institute, Technical University of Denmark.

Tingsanchali, T., Gautam, M.R. (2000). Application of TANK, NAM, ARMA and neural Network models to flood forecasting. Hydrological Processes. 14 (14), 2473-2487.

Vaitiekuniene, J. (2005). Application of rainfall-runoff model to set up the water balance for Lithuanian River Basins. Environmental Research, Engineering and Management.1(31), 34-44.

## จุดสารสำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา

- วัตถุประสงค์**
- รวบรวมและจัดระบบองค์ความรู้ที่กระจุกกระจายอยู่ในแต่ละส่วนให้อยู่ในที่เดียวกัน  
ง่ายต่อการค้นคว้า และนำไปใช้ประโยชน์
  - เผยแพร่ข้อมูล ข่าวสาร และองค์ความรู้ของหน่วยงานภายในสำนักให้กับผู้อ่าน  
ทั้งภายใน และภายนอกองค์กรเสริมประสิทธิภาพการสื่อสาร และการแลกเปลี่ยน  
ระหว่างบุคลากรของหน่วยงานในองค์กร
  - เป็นช่องทางในการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ และนำเสนอแนวคิดที่เป็นประโยชน์  
และสร้างสรรค์

- ที่ปรึกษา**
- ผู้อำนวยการสำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา
  - ผู้อำนวยการส่วนบริหารจัดการน้ำ
  - ผู้อำนวยการส่วนอุทกวิทยา
  - ผู้อำนวยการส่วนการใช้น้ำชลประทาน
  - ผู้อำนวยการส่วนปรับปรุงบำรุงรักษา
  - ผู้อำนวยการส่วนความปลอดภัยเขื่อน
  - ผู้อำนวยการส่วนยุทธศาสตร์
  - ผู้อำนวยการส่วนประมวลวิเคราะห์สถานการณ์น้ำ
  - ผู้อำนวยการศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคฯ
  - ผู้อำนวยการส่วนบริหารทั่วไป

**บรรณาธิการ** นายสถาพร นาคคณี

**กองบรรณาธิการ** นางสาวสะแกวัลย์ คันธะเรศย์  
นางสาววัชรภรณ์ ประทุมโพธิ์

**สถานที่ติดต่อ** : สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน โทร 0-2241-2360  
: Fax. 0-2241-2360 <http://water.rid.go.th/hydhome/>  
: ฝ่ายเผยแพร่การใช้น้ำชลประทาน โทร./Fax. 0-2241-4794  
: ส่วนยุทธศาสตร์ โทร.0-2669-5055  
: E-mail: sakaefang@gmail.com





**Reliable**

เชื่อถือได้



**Innovation**

หลากหลายวัฒนธรรม



**Development**

นำสู่การพัฒนา



**Transparency**

ปฏิบัติงานด้วยความโปร่งใส



**Efficiency**

ปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ



**Accountability**

ปฏิบัติงานด้วยความรับผิดชอบ



**Masterful**

ปฏิบัติงานด้วยความรู้และความเชี่ยวชาญ