นำเสนอในการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 11 (NCCE11) รร. เมอร์เลิน ชะอำ ภเก็ต 20-22 ต.ค. 49

การพัฒนาแบบจำลองทางอุทกวิทยาเพื่อการศึกษาสมดุลของน้ำรายวันสำหรับลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำมูล

HYDROLOGICAL MODEL DELOPMENT FOR DAILY WATER BALANCE STUDY IN SUBCATCHMENT OF MUN RIVER

ฉัตรชัย โชติษฐยางกูร (Chatchai Jothityangkoon)[1]

เชาวน์ หิรัญตียะกุล (Chow Hirunteeyakul)[2]

[1]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (cjothit@sut.ac.th)

[2]อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (chow@sut.ac.th)

บทคัดย่อ : การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองอุทกวิทยาสมดุลของน้ำในระยะยาวอย่างเป็นระบบ สำหรับลุ่มน้ำย่อยที่มีปัญหาดินเค็มในลุ่มแม่น้ำมูล การสร้างแบบจำลองใช้ขั้นตอนตามวิธีบนลงล่าง (Downward approach) เริ่มจากแบบจำลองอย่างง่ายมีความซับซ้อนน้อยและมีจำนวนพารามิเตอร์ที่เหมาะสมตามความจำเป็น บนพื้นฐานของข้อมูลภูมิอากาศ ดิน พืชพรรณ ที่ควบคุมสมดุลของน้ำในลุ่มน้ำ การพัฒนาแบบจำลองนี้ได้เลือกลุ่มน้ำลำพังชู ลุ่มน้ำสาขาของแม่น้ำมูลเป็นพื้นที่ศึกษาซึ่งมีปัญหาเป็นพื้นที่ดินเค็ม และมีข้อมูลการเจาะสำรวจสถานภาพดินเค็มจำนวนมากใช้ทำแผนที่ดินเค็ม ผลการพัฒนาแบบจำลองรายวันโดยใช้ เส้นกราฟอัตราการไหล และ ช่วงเวลาการไหล (Flow duration Curve) เปรียบเทียบระหว่างผลจากแบบจำลองและข้อมูลการวัด พบว่า แบบจำลองอย่างง่ายที่มีกระบวนการ การไหลออกจากส่วนเกินอิ่มตัว การไหลใต้ดิน การระเหยจากผิวดินเปล่า การคายระเหยของพืช และการไหลของน้ำใต้ดินมีความเพียงพอหากคิดรวมการแปรได้ของความลึกดินและฝนโดยใช้ถังหลายใบในแบบจำลอง สำหรับแบบจำลองรายวัน จำเป็นต้องเพิ่มความสัมพันธ์ระหว่างการกักเก็บน้ำและอัตราการไหลเป็นแบบไม่เป็นเส้นตรง สำหรับการไหลของน้ำใต้ผิวดิน และเพิ่มการหลากในลำน้ำ การแปรได้ตามพื้นที่ของความลึกของดินและภูมิอากาศ เป็นปัจจัยควบคุมสมดุลน้ำที่สำคัญ

ABSTRACT : The objective of this study is to develop a hydrological model for long-term water balance with a systematic approach for a salt-affected catchment of Mun River basin. The formulation of hydrological models starts with a systematic "downward approach". Complexity is added in steps from a simple model with minimum number of physical parameters based on an examination of the climate, soil and vegetation controls on water balance. This development is carried out using observed daily data from Lam Phang Chu catchment of Mun River where is the salt-affected area. Soil information from intensive boring, producing a salinity map, is available in this area. By using flow duration curve as a comparing signature, a simple water balance model including the processes of saturation excess overland flow, subsurface runoff, bare soil evaporation, evapotranspiration is found adequate, provided spatial variability of soil depths and rainfall are introduced through multiple buckets. At the daily time scale, inclusion of non-linearity in the storage-discharge relationship for subsurface flows and stream routing were important. Both spatial variability of soil depth and climate appear to be the most important control on runoff variability.

KEYWORDS : Water balance, Downward approach, Daily time scale, Flow duration curve.

1. บทนำ

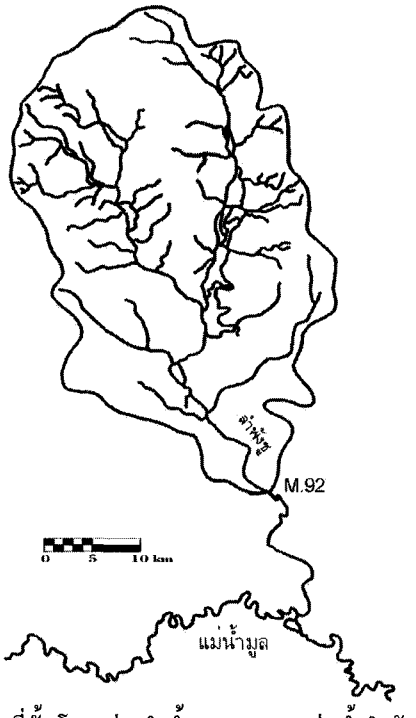
การทำความเข้าใจกระบวนการและปัจจัยที่ควบคุมการหมุนเวียนและสมดุลของน้ำในลุ่มน้ำเป็นสิ่งจำเป็นขั้นต้นที่ต้องศึกษาเพื่อนำไปสู่ความเข้าใจปัญหาอื่นๆในลุ่มน้ำเช่น คุณภาพน้ำ ดินเค็ม น้ำท่วม เป็นต้น การสร้างความเข้าใจสามารถทำได้โดยการรวบรวมข้อมูล ความรู้ของลำน้ำและพัฒนาเป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาเพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการศึกษา แนวทางการพัฒนาแบบจำลองใช้ขั้นตอนตามวิธีจากบนลงล่าง [1], [2] โดยเริ่มจากแบบจำลองสมดุลของน้ำรายปีซึ่งมีความซับซ้อนน้อย แล้วจึงเพิ่มความซับซ้อนของแบบจำลองให้มากขึ้นตามความจำเป็น จนเป็นแบบจำลองสมดุลของน้ำรายเดือน ที่สามารถจำลองพฤติกรรมการแปรเปลี่ยนของการเกิดน้ำท่ารายเดือนได้ ผลการศึกษามาถึงจุดนี้ได้นำเสนอไว้แล้วใน [3] บทความนี้จะนำเสนอผลที่ต่อเนื่องจาก [3] แสดงขั้นตอนการและผลการพัฒนาจนเป็นแบบจำลองสมดุลของน้ำรายวัน ซึ่งจำเป็นต้องมีความซับซ้อนมากขึ้น พารามิเตอร์ของแบบจำลองส่วนใหญ่จะถูกประมาณค่าก่อนและทำ Calibration ให้น้อยที่สุด แบบจำลองที่ได้จากการพัฒนาให้เหมาะสมกับลักษณะลุ่มน้ำนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์กับการศึกษาปัญหาอื่นๆของลุ่มน้ำต่อไป

2. ลุ่มน้ำที่ศึกษา

ได้คัดเลือกลุ่มน้ำย่อยของแม่น้ำมูลคือลุ่มน้ำลำพังชูขนาดพื้นที่ 1,183 ตารางกิโลเมตร (M92) ตั้งอยู่ระหว่างทุ่งสัมฤทธิ์และทุ่งกุลาร้องไห้ อยู่ในเขต 3 จังหวัด คือ มหาสารคาม ขอนแก่น และบุรีรัมย์ ลุ่มน้ำมีความลาดเอียงจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ที่ระดับความสูง 220 เมตร(รทก.) ไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ที่ระดับความสูง 140 เมตร(รทก.) น้ำท่าในลำพังชูจะไหลผ่านเขต อ.เปือยน้อย หนองสองห้อง บรบือ นาเชือก พุทไธสง และพยัคฆภูมิพิสัย ก่อนไหลลงแม่น้ำมูลในที่สุด ดูรูปที่ 1 ข้อมูลน้ำท่ามาจากสถานีวัดน้ำท่าบ้านห้วยสะพาน (M92) จ.บุรีรัมย์ และข้อมูลน้ำฝนจาก 4 สถานีภายในขอบเขตลุ่มน้ำ อีก 3 สถานีโดยรอบลุ่มน้ำ เลือกใช้ข้อมูลน้ำฝนและน้ำท่า 9 ปีติดต่อกันระหว่างปี พ.ศ. 2521- 2529 ซึ่งสถานีวัดส่วนใหญ่มีการบันทึกข้อมูลที่สมบูรณ์

2.1 ภูมิอากาศและอุทกวิทยา

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีอยู่ระหว่าง 1,170 ถึง 1,440 มิลลิเมตร โดยจะมีปริมาณมากบริเวณตอนเหนือและใต้ของลุ่มน้ำ ข้อมูลเฉลี่ยระยะยาวทั้งลุ่มน้ำลำพังชูมีปริมาณน้ำฝนรายปี 1,290 มิลลิเมตร ศักยภาพการระเหยต่อปี 1,920 มิลลิเมตร และปริมาณน้ำท่า 230 มิลลิเมตร



รูปที่ 1 ที่ตั้ง โครงข่ายลำน้ำและขอบเขตลุ่มน้ำลำพังชู

2.2 ภูมิประเทศและชั้นดิน

จากรายงานการเจาะสำรวจดินฝัง piezometer บริเวณ อ. พุทไธสง จ.บุรีรัมย์ โดยโครงการพัฒนาพื้นที่ดินเค็ม กรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งเป็นบริเวณทางตอนใต้ของลุ่มน้ำลำพังชู พบว่าชั้นดินมีลักษณะเป็น 2 ชั้นก่อนถึงชั้นดินดาน คือชั้นบนเป็นดินทรายปนดินร่วน (loamy sand) หรือดินร่วนปนทราย (sandy loam) หนาตั้งแต่ 1 ถึง 10 เมตร ทับอยู่บนดินเหนียวปนทราย (sandy clay) หรือดินร่วนปนดินเหนียว (clay loam) กรมพัฒนาที่ดินได้ดำเนินการเจาะสำรวจดิน ติดตั้ง piezometer เป็นจำนวนมาก เพื่อเก็บตัวอย่างดินและน้ำ วัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำใต้ดินและติดตามการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำใต้ดินตามเวลา การศึกษานี้ได้ซ้อนทับตำแหน่งบ่อสำรวจเหล่านี้กับแผนที่ชุดดิน เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายของความลึกของดินกับชุดดินต่างๆ เพื่อใช้เป็นตัวแปรสำหรับการพัฒนาแบบจำลองต่อไป

2.3 พืชพรรณ

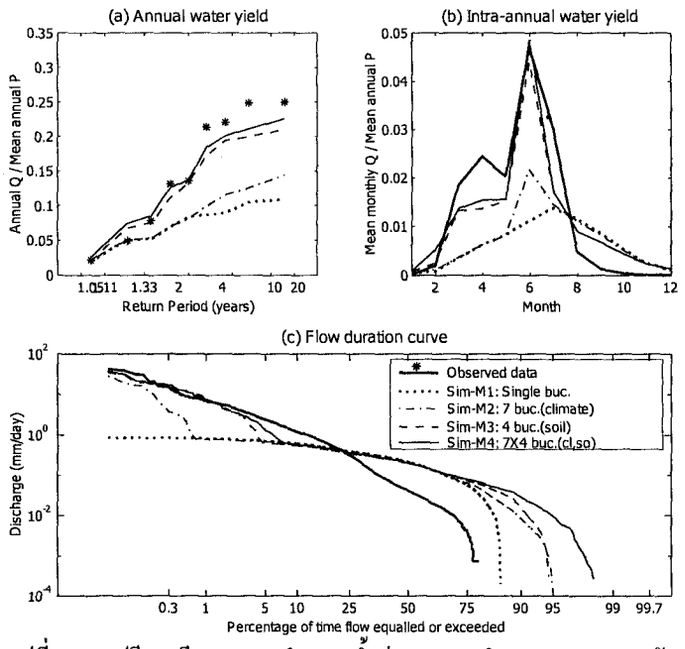
การประมาณพื้นที่ป่า การเกษตร และการใช้ที่ดินรูปแบบต่างๆ เป็นการประมาณจากข้อมูลในเอกสาร และการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจาก Landsat TM images (visible bands)

3. ผลจากแบบจำลองสมดุลของน้ำรายเดือน

จากการศึกษาของ [3] พบว่าสมการสมดุลของน้ำ สำหรับแบบจำลองของน้ำรายเดือนที่เหมาะสมควรเป็นดังนี้

$$\frac{ds(t)}{dt} = p(t) - q_{ss}(t) - q_{se}(t) - e_b(t) - e_v(t) \qquad (1)$$

โดยที่ $s(t)$ คือความจุของดินในการเก็บน้ำ $p(t)$ คือความเข้มฝน $q_{ss}(t)$ คือน้ำไหลออกจากใต้ผิวดิน (Subsurface runoff) $q_{se}(t)$ คือน้ำผิวดินเกิดจากส่วนเกินการอิ่มตัวด้วยน้ำในดิน (Saturation excess runoff) $e_b(t)$ คืออัตราการระเหยจากดินไม่มีป่าไม้ปกคลุม $e_v(t)$ คืออัตราการคายระเหยของพื้นที่ที่มีพืชปกคลุม อัตราการไหลออกแต่ละตัวทางขวาของสมการที่ 1 กำหนดให้เป็นฟังก์ชั่นของปริมาณการกักเก็บน้ำในดิน



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบผลการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองและจากการวัดของแบบจำลองรายเดือนที่ใช้ข้อมูลใส่เข้ารายวัน (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่าระหว่างปี , (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี ,(c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล

4. แบบจำลองสมดุลของน้ำรายวัน

การทดสอบในขั้นต่อไปได้นำแบบจำลองสมดุลน้ำรายเดือนมาใช้ทำนายสมดุลของน้ำรายวัน หากผลการทำนายไม่ดีอันเนื่องมาจากกระบวนการที่ควบคุมการสมดุลน้ำยังมีความซับซ้อนไม่เพียงพอ จำเป็นต้องเพิ่มจำนวนกระบวนการและตัวแปร ที่มีผลต่อสมดุลของน้ำให้มากขึ้น จะได้ดำเนินการต่อไปให้สามารถจำลองสถานการณ์ได้ใกล้เคียงกับผลจากการวัดปริมาณน้ำท่ารายวันให้มากที่สุด

การประเมินความแปรได้ของการทำนายการเกิดน้ำท่ารายวันสามารถทำได้โดยใช้กราฟโค้งปริมาณการไหล-ช่วงเวลา (Flow Duration Curve) เป็นกราฟชุดที่ 3 เพิ่มจากเดิมคือ กราฟการแปรได้ของการเกิดน้ำผิวดินระหว่างปีและ กราฟการแปรได้ภายในปีของการเกิดน้ำผิวดิน รูปที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบแบบจำลองสมดุลน้ำรายเดือนที่ใช้ข้อมูลใส่เข้ารายวัน และมีระดับความซับซ้อนต่างกัน 4 ระดับ เริ่มจากพิจารณาลุ่มน้ำทั้งหมดมีลักษณะภูมิอากาศและดินสม่ำเสมอกัน จึงใช้ถังเก็บเพียงใบเดียวแทนลักษณะลุ่มน้ำได้ (Sim-M1) ขั้นตอนต่อไปของการเพิ่มความซับซ้อนคือการใช้ถังเก็บน้ำ 7 ใบต่อขนานกันเพื่อรับปริมาณฝนที่ต่างกันตามจำนวนสถานีวัดน้ำฝนที่ครอบคลุมพื้นที่แต่ละโซน แต่กำหนดให้มีความจุเท่ากันเนื่องจากมีความลึกของดินเท่ากัน (Sim-M2) ขั้นต่อไปแบบจำลองถังหลายใบถูกใช้เป็นตัวแทนสำหรับพื้นที่ที่มีดินความลึกต่างกัน เลือกใช้ถัง 4 ขนาด S_b = 200, 900, 1100, 2500 มิลลิเมตร โดยไม่นำความแตกต่างตามพื้นที่ของฝนมารวม (Sim-M3) ขั้นตอนสุดท้ายเป็นแบบจำลองถังหลายใบที่รวมความแตกต่างและความไม่แน่นอนตามพื้นที่ของฝนและความลึกของดินเข้าด้วยกัน มีจำนวนถัง 7x4 = 28 ใบ (Sim-M4)

แบบจำลองที่ใช้ถังหลายใบ ที่รวมความแตกต่างตามพื้นที่ของภูมิอากาศ ดินและพืชพรรณได้ สามารถจำลองการเกิดน้ำท่าได้ใกล้เคียงกับค่าจากการวัดมากที่สุด ทั้งระหว่างปีและภายในปี ได้ดีกว่าการใช้ถังน้อยใบ ผลจากกราฟโค้งปริมาณการไหล-ช่วงเวลา ให้ผลทำนองเดียวกัน แต่ยังได้ผลไม่ดีนักพิจารณาจากการเกิดน้ำท่าจริงในลำพังชูมีช่วงเวลาการไหลเพียง 75% แต่ผลจากแบบจำลองนี้ทำให้เกิดการไหลเกือบตลอดทั้งปี ซึ่งเป็นไปได้ว่ากระบวนการเกิดน้ำท่าของแบบจำลองช้ากว่าความเป็นจริง หรือ มีการนำน้ำมาใช้ประโยชน์ระหว่างเส้นทางการไหล

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการกักเก็บ-อัตราการไหลออก

จากความไม่เพียงพอของกระบวนการทำงานของแบบจำลองข้างต้นเพื่อนำมาใช้กับการจำลองสถานการณ์การเกิดน้ำท่ารายวัน จึงได้ปรับปรุงความสัมพันธ์ระหว่างการกักเก็บน้ำในดิน

กับอัตราการไหลออกของการไหลใต้ผิวดิน ($q_{ss}(t)$) เปลี่ยนจากแบบเชิงเส้น (linear) เป็นแบบไม่ใช่เส้นตรง(nonlinear) โดยแทนที่ Catchment response time(t_c) ด้วย พารามิเตอร์ a และ b

$$q_{ss} = \left[\frac{s - s_f}{a}\right]^{\frac{1}{b}} \qquad \text{ถ้า} \qquad s > s_f \qquad (2ก)$$

$$q_{ss} = 0 \qquad \text{ถ้า} \qquad s < s_f \qquad (2ข)$$

โดยที่ s_f คือปริมาณน้ำในดินที่ความชื้นชลประทาน (Field capacity) การประมาณค่า a และ b ทำได้จากการวิเคราะห์กราฟชลภาพส่วนลด (Recession analysis) สมมุติว่าไม่มีน้ำผิวดินและการระเหยในช่วงทันทีที่ฝนหยุดตก สมการที่ 1 ถูกลดรูปเหลือเพียง $ds/dt = -q_{ss}$ สมมุติ น้ำท่าที่ไหลลงลำน้ำ $Q = q_{ss}$ เมื่อรวมกับสมการที่ 2 ได้ [4]

$$\frac{dQ}{dt} = -\frac{Q^{2-b}}{ab} \qquad (3)$$

$$Q_t = Q_0\left[1 + \frac{(1-b)Q_0^{1-b}}{ab}t\right]^{\frac{1}{b-1}} \qquad (4)$$

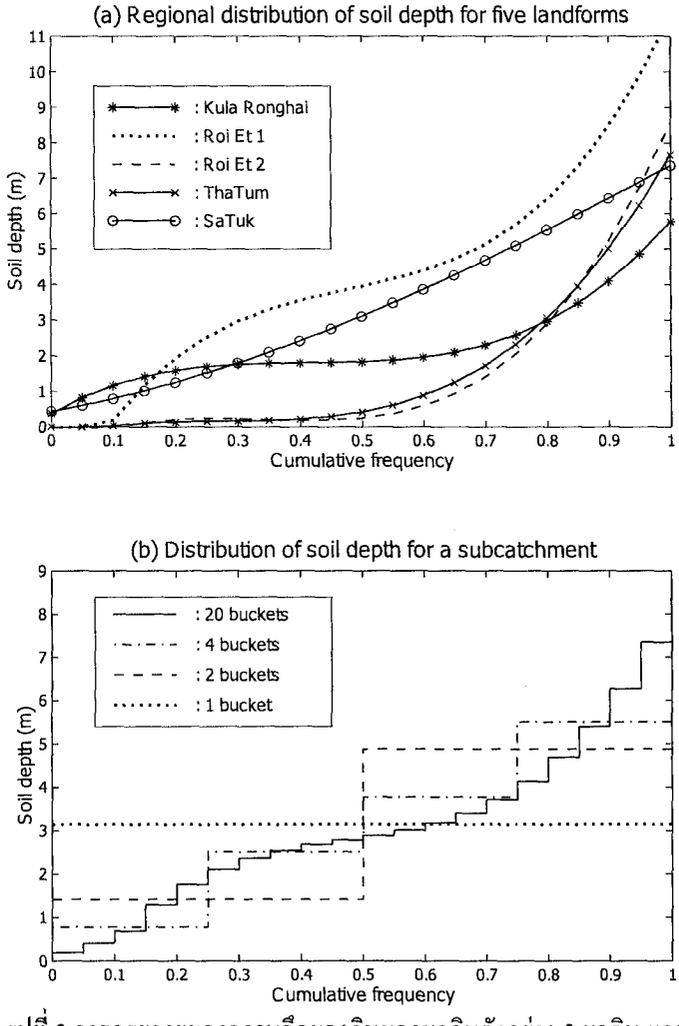
โดยที่ Q_0 คืออัตราการไหลจากการวัดเป็นจุดเริ่มต้นการวิเคราะห์กราฟชลภาพส่วนลด Q_t คือ อัตราการไหลที่เวลา t ใช้สมการที่ 4 ค่า a และ b สามารถประมาณค่าได้ด้วยวิธี Iterative least squares fitting [5]

4.2 การกระจายตัวของความลึกของดิน

การใช้ความลึกของดินในแบบจำลองที่ผ่านมาเป็นการประมาณเบื้องต้น เนื่องจากข้อมูลการกระจายตัวของความลึกของดินสามารถเปลี่ยนเป็นการกระจายของความจุของน้ำในดินสำหรับแบบจำลองได้ และเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญต่อสมดุลของน้ำ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่ละเอียดจากแผนที่ชุดดินและข้อมูลหลุมเจาะสำรวจชั้นดิน จากข้อมูลชั้นดินของหลุมเจาะสำรวจดินที่มีตำแหน่งสัมพันธ์กับชุดดินทำให้สามารถประมาณการกระจายตัวของความลึกดินของแต่ละชุดดินได้ การกระจายความลึกของดินของแต่ละลุ่มน้ำย่อยประมาณได้จากอัตราส่วนพื้นที่ระหว่างชุดดินชุดต่างๆที่พบในลุ่มน้ำย่อยนั้น รูปที่ 3(a) แสดงการกระจายตัวของความลึกของดินของชุดดินตัวอย่าง 5 ชุดดิน รูปที่ 3(b) แสดงการกระจายตัวของความลึกของดินของลุ่มน้ำย่อยหนึ่ง ที่ประกอบด้วยพื้นที่ 50% เป็นชุดดินกุลาร้องไห้ และ พื้นที่อีก 50% เป็นชุดดินร้อยเอ็ด รูปที่ 3(b) ยังแสดงการแทนที่การกระจายตัวของความลึกของดินด้วยจำนวนและขนาดต่างๆของถังหลายใบสำหรับใช้ในแบบจำลอง

4.3 การเชื่อมต่อถังหลายใบแบบอนุกรม

การศึกษาของ [3] ได้มีการเปรียบเทียบการใช้ถังหลายใบที่เชื่อมต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน เพื่อจำลองการไหลของน้ำจากไหล่เขา (Hillslope) หรือในลุ่มน้ำขนาดเล็ก พบว่าการต่อแบบอนุกรมให้ผลดีกว่าการต่อแบบขนาน ซึ่งได้ใช้ในแบบจำลองสมดุลของน้ำ รายปี และรายเดือน เนื่องจากไม่มีข้อมูลการวัดน้ำท่า ในลุ่มน้ำขนาดเล็กของลำพังชูเพื่อใช้ในการทดสอบ จึงได้นำรูปแบบการต่อแบบอนุกรมมาใช้สำหรับแบบจำลองสมดุลของน้ำรายวัน ด้วยเหตุผลนี้



รูปที่ 3 การกระจายของความลึกของดินของชุดดินตัวอย่าง 5 ชุดดิน และการใช้จำนวนถังหลายขนาดและจำนวนสำหรับลุ่มน้ำย่อย

4.4 การหลากในโครงข่ายลำน้ำ

แบบจำลองการหลากในลำน้ำ (Stream network routing) ออกแบบให้ใช้ข้อมูลเพียงความเร็วการไหลของน้ำในลำน้ำที่

คงที่และความยาวลำน้ำในแต่ละลุ่มน้ำย่อย พัฒนาโดย [6] สมมุติว่าปริมาตรน้ำท่าจากลุ่มน้ำย่อยเหนือน้ำไหลเข้าลำน้ำสม่ำเสมอทั้งวัน และน้ำไหลออกจากไหล่เขาข้างเคียง ไหลลงลำน้ำอย่างสม่ำเสมอตามเวลาและตามพื้นที่ ตลอดความยาวลำน้ำ แบบจำลองคำนวณหาปริมาตรของน้ำท่าที่ไหลผ่านออกจากลุ่มน้ำย่อยในแต่ละวัน และปริมาตรของน้ำที่ค้างอยู่ในลำน้ำที่ยังไหลไปไม่ถึงทางออกของลุ่มน้ำย่อยนั้นๆ แบบจำลองอย่างง่ายนี้แตกต่างจากแบบจำลอง Muskingum-Cunge ที่ไม่ต้องการข้อมูลรูปตัดลำน้ำและพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าอื่นๆ

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์สำหรับแบบจำลองสมดุลของน้ำรายวัน ของลุ่มน้ำลำพังชู

ชื่อพารามิเตอร์	ค่า	หน่วย
1. โครงสร้างแบบจำลอง		
จำนวนลุ่มน้ำย่อย	46	ลุ่มน้ำ
จำนวนถังแบบอนุกรมในแต่ละลุ่มน้ำย่อย	20	ใบ
2. ความสัมพันธ์การกักเก็บ-การไหลออก		
a	16	$mm^{0.5}day^{0.5}$
b	0.5	
3. ลักษณะของดิน		
ความลึกเฉลี่ย	3	เมตร
ความพรุน	0.4	
ความชื้นชลประทาน	40	ร้อยละ
4. พืชพรรณ	0.4	
สัดส่วนพื้นที่ป่า	0-0.3	
ประสิทธิภาพการคายน้ำของพืช	1	
การดัก	10	ร้อยละ
5. การหลากในลำน้ำ		
ความเร็วการไหล	15	km./day

4.5 ผลจากแบบจำลองสมดุลของน้ำรายวัน

เริ่มต้นจากแบบจำลองอย่างง่าย [3] ได้เพิ่มจำนวนกระบวนการทีละอย่าง อย่างเป็นขั้นตอน กระบวนการและความซับซ้อนที่เพิ่มเข้าไปตามลำดับคือ ใช้ถังหลายใบที่ขึ้นกับข้อมูลผลการสำรวจการกระจายตัวของดินในสนาม ความสัมพันธ์ระหว่างการกักเก็บ-อัตราการไหลที่ไม่เป็นเส้นตรง เนื่องจากไม่มีข้อมูลน้ำท่าของลุ่มน้ำย่อยขนาดเล็กของลำพังชู จึงต้องใช้แบบจำลองกับลุ่มน้ำลำพังชูทั้งหมด โดยลุ่มน้ำทั้งหมดถูกแบ่งออกเป็น 46 ลุ่มน้ำย่อย เกณฑ์การแบ่งขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ดิน และพืชพรรณ พารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองสรุปได้ในตารางที่ 1

รูปที่ 4(a), 4(b) และ 4(c) แสดงผลจากแบบจำลองพบว่า การจำลองปริมาณน้ำระหว่างปีและภายในปี มีค่ามากกว่าการวัด ซึ่งเป็นไปได้ว่า เป็นผลจากการมีข้อมูลสำรวจดินเพียงบางส่วนของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด ชุดดินทั้งหมดที่พบในลุ่มน้ำมีทั้งหมด 21 ชุดดิน แต่ชุดดินที่มีข้อมูลความลึกของชั้นดินมีเพียง 7 ชุด หากทดลองเพิ่มความลึกของดินเฉลี่ยเป็น 2 เท่า พบว่าจะให้ผลใกล้เคียงกับค่าจากการวัดมากขึ้น มีความเป็นไปได้ว่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองที่มากกว่าความเป็นจริง อาจเกิดจากการกักเก็บน้ำและใช้น้ำภายในลุ่มน้ำ โดยเฉพาะในฤดูแล้ง จึงได้ทดลองเพิ่มการสูญเสียน้ำในลำน้ำ ที่มีอัตราการไหลต่ำกว่า 40 มม.ต่อวัน ในอัตรา 40% การทดสอบพบว่าได้ผลที่ใกล้กับค่าจากการวัดดีกว่าการทดลองเพิ่มความลึกของดิน

เมื่อพิจารณากราฟอัตราการไหลและช่วงเวลา พบว่าผลจากแบบจำลองมีช่วงเวลาการไหลสั้นกว่าอัตราการไหลจากการวัด แสดงให้เห็นว่าอาจจำเป็นต้องเพิ่มกระบวนการที่ชะลอการไหลออกของการเกิดน้ำท่าอีก เช่น การไหลของน้ำใต้ดินที่อยู่ลึกมากขึ้น การชะลอการไหลในชั้นดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ เป็นต้น ซึ่งจำเป็นต้องศึกษา ทดลองในสนามเพื่อเข้าใจกระบานการเกิดน้ำไหลออกจากลุ่มน้ำย่อยให้มากขึ้น ก่อนจะนำความรู้นี้มาทดสอบโดยแบบจำลอง

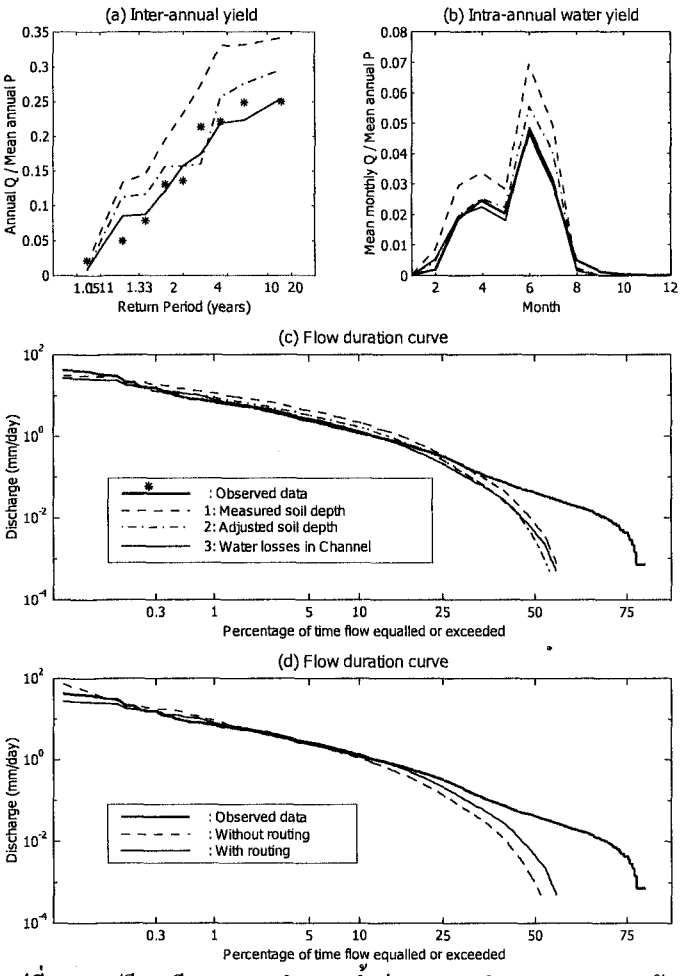
พารามิเตอร์สำหรับแบบจำลองส่วนใหญ่มาจากการสำรวจและใช้ข้อมูลการวัดในสนาม ซึ่งมีความไม่แน่นอนตามพื้นที่สูงมาก ดังนั้นการประเมินผล เปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองหรือข้อมูลน้ำท่าจากการวัดโดยดูจากกราฟจะเห็นภาพได้ชัดเจนกว่าการใช้ตัวแปรทางสถิติที่ให้ตัวเลขแสดงผลที่ละเอียดเกินความจำเป็น

5. สรุป

การพัฒนาแบบจำลองสมดุลน้ำ เริ่มจากแบบจำลองสมดุลของน้ำรายเดือน ต่อเนื่องจากงานของ [3] โดยใช้วิธีบนลงล่าง [1] ผลการทดสอบแต่ละขั้นตอนได้เปรียบเทียบกับข้อมูลการวัดจากสนามของลุ่มน้ำลำพังชู ลำน้ำสาขาของแม่น้ำมูล การใช้แบบจำลองรายเดือนมีโครงสร้างที่ง่ายเกินไป และมีกระบวนการเกิดน้ำท่าที่ไม่เพียงพอ ที่จะอธิบายกราฟอัตราการไหล-ช่วงเวลาของการเกิดน้ำท่ารายวันได้ ดังนั้นแบบจำลองสมดุลของน้ำรายวันจึงถูกพัฒนาต่อให้มีกระบวนการและความซับซ้อน

เพิ่มขึ้นคือ ความสัมพันธ์ระหว่างการกักเก็บน้ำในดินกับอัตราการไหลออกของการไหลใต้ผิวดิน เป็นแบบไม่เป็นเส้นตรง การต่อของถังหลายใบในลุ่มน้ำย่อยเป็นแบบอนุกรม และเพิ่มการหลากสำหรับการไหลในลำน้ำ

การประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับแบบจำลองจากข้อมูลทางกายภาพเท่าที่มีอยู่เช่น สภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ดินและพืชพรรณ โดยตรงและนำไปใช้กับแบบจำลองสมดุลน้ำรายวัน พบว่า จำลองปริมาณน้ำท่าได้มากกว่าค่าจากการวัด ซึ่งอาจเกิดจากความไม่แน่นอนและไม่เพียงพอ ของข้อมูลความลึกของชั้นดินของทั้งลุ่มน้ำ และอาจเกิดจากการขาดข้อมูลการใช้และกักเก็บน้ำภายในลุ่มน้ำลำพังชู โดยเฉพาะในฤดูแล้ง



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบผลการคำนวณน้ำท่าจากแบบจำลองและจากการวัดของแบบจำลองรายวัน (a) การแปรได้ของการให้น้ำท่าระหว่างปี , (b) การแปรได้ของการให้น้ำท่าภายในปี ,(c) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล, (d) กราฟช่วงเวลา-อัตราการไหล ระหว่างมีการหลากกับไม่มีการหลาก

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ศึกษาขอขอบคุณสำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน และสำนักงานอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Klemes, V., 1983. Conceptualisation and scale in hydrology, Journal of Hydrology, 65: 1-23.

[2] Jothityangkoon, C., Sivapalan, M., Farmer, D.L., 2001. Process controls of water balance variability in a large semi-arid catchment: Downward approach to hydrological model development, Journal of Hydrology, 254: 174-198.

[3] ฉัตรชัย โชติษฐยางกูร เชาวน์ หิรัญติยะกุล และ เนาะ สง่าบ้านโคก, 2548. การพัฒนาแบบจำลองทางอุทกวิทยาเพื่อศึกษาสมดุลของน้ำสำหรับลุ่มน้ำย่อยที่ดินเค็มในลุ่มน้ำมูล. เอกสารการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10, จ.ชลบุรี

[4] Wittenburg, H., 1999. Baseflow recession and recharge as a nonlinear storage processes, Hydrol. Process. 13, 715-726.

[5] Wittenburg, H., 1994. Nonlinear analysis of flow recession curves. IAHS Publ. 221, 61-67.

[6] Viney, N.R., Sivapalan, M. 1995. LASCAM: The large scale catchment model. User manual, Report number WP 1070 NV, Ctre. For Water Res., Univ. of West. Aust., 199pp.