

การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำ ลำภาชีโดยใช้ข้อมูลดาวเทียมและแบบจำลอง SWAT

Assessment of the Impact of Land Use Change on Runoff in Lam Phachi Basin using Satellite Data and SWAT Model

เอกสิทธิ์ โสิตสกุลชัย,^{1,2} สิธา ยอดเจริญ,¹ ยุทธนา พันธุ์กมลศิลป์^{3*}
Ekasit Kositsakulchai,^{1,2} Sitha Yodjaroen¹, Yutthana Phankamolsil^{3*}

ABSTRACT

This research aims to study the impact of land use change on runoff by SWAT model in Lam Pachi Basin. The methodology included land use/land cover classification from Landsat images in 1989, 2000 and 2014 by the Decision Tree method. Rainfall-runoff relationships were subsequently simulated by SWAT model, using climate and rainfall data from 2010 to 2015 and 3 periods of land use from the classification. Finally, the comparative study of simulated runoff was conducted in order to evaluate the effect of land-use change on runoff in Lam Pachi Basin. The land classification showed that forest covered more than half of the basin area and a quarter of basin is covered by annual-crop land. The comparative study of land use in Lam Pachi Basin from 1989 to 2014 revealed the substantial change in agricultural land by converting annual crops to perennial trees. Simulation studies of rainfall-runoff relationships in Lam Pachi basin by SWAT model under 3 land-use scenarios (1989, 2000 and 2014) generated the mean-annual direct-runoffs of 195.9, 192.5, and 188.8 mm, respectively. The mean-annual runoff in 2014 decreased about 3.6% compared with those in 1989 due to the conversion of upland crop to perennial trees in the eastern part of basin.

Keywords: hydrology, runoff, land use/land cover, remote sensing, SWAT model

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีผลต่อปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชีโดยใช้แบบจำลอง SWAT ขั้นตอนการดำเนินการ ประกอบด้วย การจำแนกการใช้ที่ดิน/สภาพปกคลุมดินด้วยวิธี Decision Tree จากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat ปี 2532 2543 และ 2557 ถัดมา เป็นการจำลอง

¹ ห้องปฏิบัติการวิจัยการติดตามและการจัดการทางอุทกวิทยาเกษตรด้วยระบบอัจฉริยะ (INAMM)

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Research Laboratory for Intelligent system in Agro-hydrological Monitoring and Management (INAMM), Department of Irrigation Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Sean, Kasetsart University, Nakhon Pathom, 73140 Thailand.

² สาขาวิชาวิศวกรรมทางน้ำและการจัดการ ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างพื้นฐาน สำนักวิชาวิศวกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย จ.ปทุมธานี 12120

Water Engineering and Management Program, Department of Civil and Infrastructure Engineering, School of Engineering and Technology, Asian Institute of Technology, Pathumthani, 12120 Thailand.

^{3*} สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและการจัดการภัยพิบัติ สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล จ.กาญจนบุรี 71150

Environmental Engineering and Disaster Management Program, Division of Engineering, Mahidol University, Kanchanaburi, 71150 Thailand.

*Corresponding author: Tel.0-3435-1897, Fax.0-3435-2053, E-mail address: yutthana.pha@mahidol.edu

ความสัมพันธ์ปริมาณน้ำฝน-น้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศและฝนระหว่าง 2553 ถึง 2558 และข้อมูลการใช้ที่ดิน 3 ช่วงเวลา และท้ายสุดเป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชี ผลการศึกษา พบว่า ในลุ่มน้ำลำภาชีมีพื้นที่ป่าไม้มากกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่ลุ่มน้ำ รองลงมาเป็นพื้นที่พืชไร่ประมาณหนึ่งในสี่ของพื้นที่ และการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสภาพปกคลุมดินในลุ่มน้ำลำภาชีระหว่างปี 2532 กับ 2557 พบว่า พื้นที่พืชไร่มีพื้นที่ลดลงส่วนใหญ่กลายเป็นพื้นที่ไม้ยืนต้น การจำลองความสัมพันธ์ปริมาณน้ำฝน-น้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชีสำหรับการใช้ที่ดินปี 2532 2543 และ 2557 มีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยเท่ากับ 195.9 มิลลิเมตร 192.5 มิลลิเมตร และ 188.8 มิลลิเมตร ตามลำดับ ปริมาณน้ำท่าของการใช้ที่ดินปี 2532 เปรียบเทียบกับ 2557 มีปริมาณลดลง 3.6 % เนื่องจาก การเปลี่ยนแปลงของพืชไร่เป็นไม้ยืนต้นบริเวณทิศตะวันออกของลุ่มน้ำลำภาชี

คำสำคัญ: อุทกวิทยา น้ำท่า การใช้ที่ดิน/สภาพปกคลุมดิน การสำรวจระยะไกล แบบจำลอง SWAT

คำนำ

น้ำท่าเป็นองค์ประกอบหลักอันหนึ่งของการหมุนเวียนของน้ำในวัฏจักรอุทกวิทยา ปริมาณน้ำท่ายังเป็นดัชนีสำคัญที่แสดงให้เห็นถึงสถานภาพของทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำ ไม่ว่าจะเป็นภาวะน้ำท่วมหรือการขาดแคลนน้ำ ปัจจัยหลักตัวหนึ่งที่มีผลต่อกระบวนการเกิดและปริมาณของน้ำท่า คือ สภาพการใช้ที่ดินและ/หรือสภาพปกคลุมดิน (land use/land cover) ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ประเทศไทยได้มีการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินอย่างมากซึ่งมีผลทำให้การหมุนเวียนของน้ำในวัฏจักรอุทกวิทยาได้รับผลกระทบและเกิดการเปลี่ยนแปลงต่อเนื่องตามไปด้วย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้มีผลให้เกิดความแปรปรวนและไม่แน่นอนของสถานภาพของทรัพยากรน้ำและทำให้การบริหารจัดการน้ำมีความยุ่งยากซับซ้อนมากขึ้น

ลุ่มน้ำลำภาชี เป็นลุ่มน้ำย่อยของลุ่มแม่กลอง เป็นตัวอย่างพื้นที่หนึ่งที่ได้รับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินต่อการหมุนเวียนของน้ำในวัฏจักรทางอุทกวิทยา หลายๆ พื้นที่ในลุ่มน้ำภาชีประสบปัญหาน้ำท่วม ในฤดูน้ำหลากในช่วงเวลาที่ผ่านมา อาทิ เหตุการณ์น้ำท่วมในปี พ.ศ. 2548 และภาวะน้ำท่วมซ้ำซากในช่วงเดือนตุลาคมของทุกปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 ถึง 2556 โดยปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากในพื้นที่นี้ ยังส่งผลถึงปัญหาการกัดเซาะพังทลายของดินจนเกิดเป็นตะกอนทับถมในปริมาณมาก (กรมชลประทาน, 2555) ซึ่งส่งผล

ให้ผลกระทบของน้ำท่วมมีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ในช่วงเวลาที่ผ่านมา มีการศึกษาวิจัยในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชี ทั้งจากหน่วยงานภาครัฐ การสถาบันการศึกษาทั้งในและต่างประเทศ อาทิ กรมชลประทาน (กรมชลประทาน, 2544, 2555; องค์การความร่วมมือระหว่างประเทศของญี่ปุ่น (JICA) และ กรมชลประทาน, 2548), กรมทรัพยากรน้ำ (กรมทรัพยากรน้ำ, 2547) นอกจากนี้ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และมหาวิทยาลัยทซูกูบา (University of Tsukuba) ประเทศญี่ปุ่น ได้ร่วมทำวิจัย และมีการจัดประชุมเผยแพร่ผลงานวิจัย ในปี พ.ศ. 2541 (Satoh and Bahalayodhin, 1998) และ พ.ศ. 2545 (Maita and Bahalayodhin, 2002) ถึงแม้ว่า หลายภาคส่วนได้ดำเนินการศึกษาวิจัยในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชีในมิติที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำ แต่จากการที่พัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างรวดเร็ว ทำให้เห็นถึงแนวทางการประยุกต์ข้อมูลดาวเทียมและแบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ร่วมกันของทรัพยากรที่ดินและทรัพยากรน้ำ

บทความนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อนำเสนอการประยุกต์วิธีการสำรวจระยะไกลร่วมกับการจำลองทางอุทกวิทยาด้วยแบบจำลอง SWAT สำหรับการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน/สภาพปกคลุมดินต่อน้ำท่าในลุ่มน้ำลำภาชี

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำลำภาชีเป็นลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำแม่กลอง มีพื้นที่รับน้ำ 2,634 km² ซึ่งอยู่ในเขตจังหวัดราชบุรี พื้นที่อำเภอสวนผึ้ง อำเภอจอมบึง และอำเภอบ้านคา และอยู่ในเขตจังหวัดกาญจนบุรี พื้นที่อำเภอด่านมะขามเตี้ย (Figure 1) ต้นน้ำเริ่มจากพื้นที่รอยต่อระหว่างจังหวัดราชบุรีและเพชรบุรี จากนั้น ไหลขึ้นทางทิศเหนือ ระบายลงสู่แม่น้ำแควน้อยที่อำเภอด่านมะขามเตี้ย จังหวัดกาญจนบุรี ลำภาชีมีลำน้ำสาขา 24 สาย ลำน้ำสาขาหลัก ได้แก่ ห้วยมะหาด ห้วยโป่งกก ห้วยคลุ่ม ห้วยหินเหล็กไฟ ห้วยท่าเคย ห้วยอะนะ เป็นต้น พื้นที่ลุ่มน้ำได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จากมหาสมุทรอินเดีย ปริมาณฝนเฉลี่ยทั้งปี 1210.6

mm. (Figure 2) จำนวนวันฝนตกทั้งปี 121 วัน ฤดูฝนเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงพฤศจิกายน อุณหภูมิสูงสุด 40.9°C ช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม และอุณหภูมิต่ำสุด 9.8°C ช่วงเดือนธันวาคมถึงมกราคม ลักษณะภูมิประเทศแบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ ภูเขา ลูกคลื่นลอนลาดและที่ราบ พื้นที่ภูเขาอยู่บริเวณทิศใต้และทิศตะวันตกของลุ่มน้ำซึ่งเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำ พื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดอยู่ทางทิศตะวันออกซึ่งเป็นส่วนต่อระหว่างลุ่มน้ำลำภาชีกับที่ราบแม่น้ำแม่กลอง ที่ราบเป็นพื้นที่บริเวณจุดบรรจบกับแม่น้ำแควน้อยแถบอำเภอด่านมะขามเตี้ยและที่ราบในร่องเขาบริเวณตอนกลางของพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งเป็นที่ราบแคบๆ ตามลำน้ำสาขาของลำภาชี

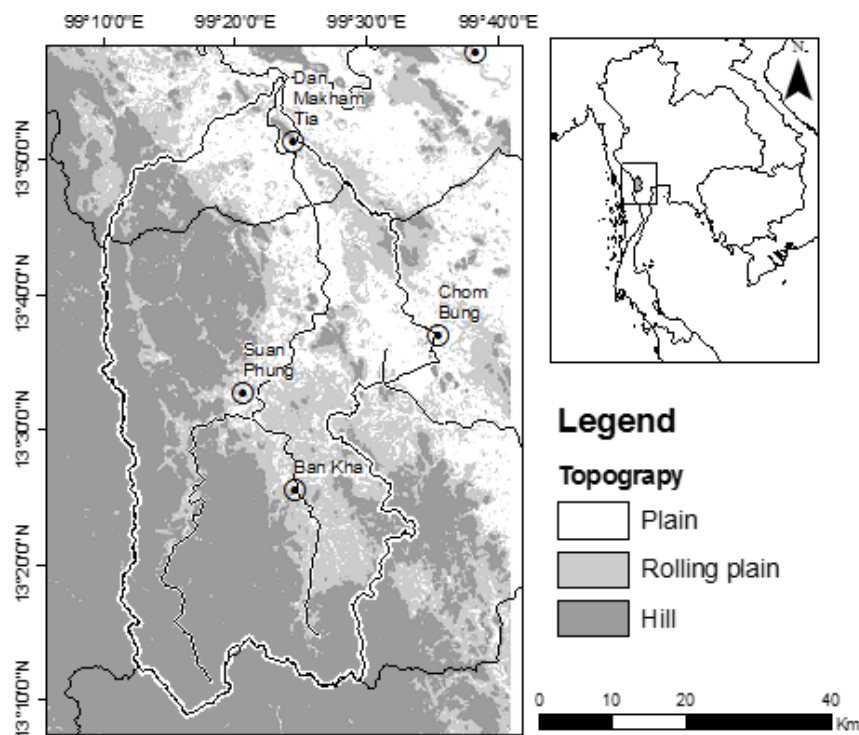


Figure 1 Lam Pachi Basin, Thailand

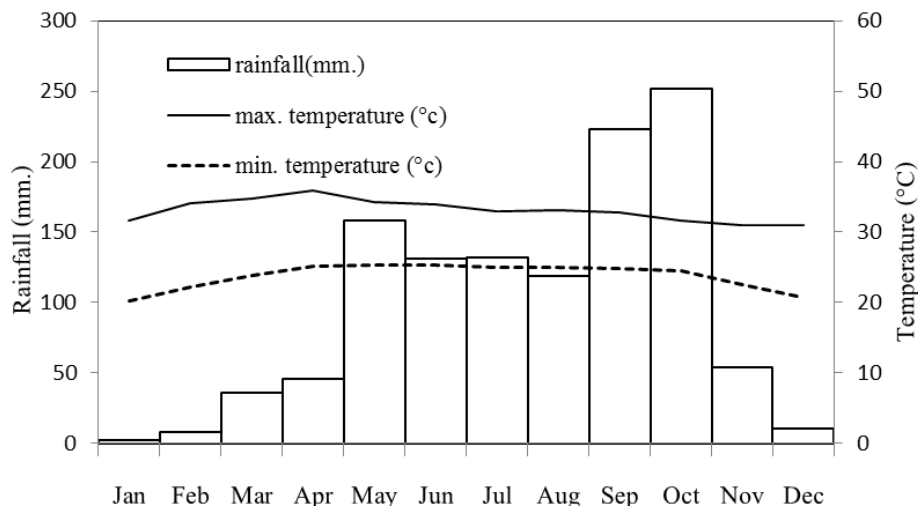


Figure 2 Mean-monthly rainfall and temperature of Lam Pachi Basin (2005-2015)

การจำแนกการใช้ที่ดิน/สภาพปกคลุมดินจากข้อมูลดาวเทียม

การจำแนกการใช้ที่ดิน/สภาพปกคลุมดินโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม เป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน/สภาพปกคลุมดิน การใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสามารถนำมาใช้ในการวางแผนและแก้ปัญหาต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง และทันเหตุการณ์มากขึ้น (จรรย์ธร, 2557) โดยแบ่งการจำแนกประเภทข้อมูลเป็น 3 แนวทาง (สมพร, 2552) คือ การจำแนกแบบกำกับดูแล (supervised classification) การจำแนกแบบไม่กำกับดูแล (unsupervised classification) และการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญ (expert system)

วิธี Decision Tree เป็นวิธีจำแนกประเภทของข้อมูลใช้ที่ตัวแบบในรูปต้นไม้ในการตัดสินใจแต่ละโหนดของต้นไม้ตัดสินใจสำหรับการจำแนก

ประเภทของข้อมูลจะประกอบด้วยเงื่อนไขที่ใช้ตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งของข้อมูล ในการตัดสินใจเลือกโหนดลูกใด เพื่อจะเป็นโหนดต่อไปในการตัดสินใจ การตัดสินใจจะเริ่มจากโหนดรากของต้นไม้ และไล่ไปยังโหนดลูก จนถึงโหนดใบ ซึ่งจะบอกประเภทของข้อมูลนั้นได้ (สายชล, 2558) ข้อดีที่สำคัญของวิธี Decision Tree ที่ใช้ในการจำแนกข้อมูลการสำรวจระยะไกล คือ ใช้งานง่ายเนื่องจากโครงสร้างในการจำแนกมีความชัดเจนและง่ายต่อการตีความ (Friedl and Brodley, 1997)

ดัชนีน้ำและดัชนีพืชพรรณ

ดัชนีน้ำ หรือ Normalized Difference Water Index (NDWI) เป็นค่าที่บอกถึงน้ำที่ปกคลุมผิวดิน โดยหาจากความแตกต่างของการสะท้อนของพื้นผิวดินระหว่างช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (VIS) กับช่วงคลื่น short-wave infrared (SWIR) (Takeuchi and Yasuoka, 2004)

$$NDWI = \frac{(VIS - SWIR)}{(VIS + SWIR)}$$

ดัชนีพืชพรรณ หรือ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงสัดส่วนของพื้นผิวดินที่ปกคลุมด้วยพืช

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

พรรณ โดยหาความแตกต่างของการสะท้อนของพื้นผิวดินระหว่างช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) กับช่วงคลื่นที่ตามองเห็นด้วยสีแดง (RED)

ดัชนีภูมิประเทศ

การแบ่งสภาพภูมิประเทศ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ ใช้เกณฑ์ของระดับความสูงจากกัน

ร่องน้ำ (adjacent valley bottom) และความลาดชันของพื้นที่ (slope) (เอกสิทธิ์, 2557) ดังต่อไปนี้

(1) พื้นที่ภูเขา (mountain and hill) มีลักษณะเป็นพื้นที่ที่มีความสูงตั้งแต่ 150 เมตร จากก้นร่องน้ำขึ้นไป และมีความลาดชันตั้งแต่ 10% ขึ้นไป (2) พื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด (rolling plain) เป็นพื้นที่ที่มีความสูงอยู่ระหว่าง 30-150 เมตร เหนือก้นร่องน้ำ และมีความลาดชันของพื้นที่อยู่ระหว่าง 2 ถึง 10% (3) พื้นที่ราบ (plain) เป็นพื้นที่ที่มีความสูงต่ำกว่า 30 เมตร เหนือก้นร่องน้ำ และมีความลาดชันต่ำกว่า 2%

การประเมินความถูกต้องของการจำแนก

การคำนวณความแม่นยำของการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธีการใช้ตารางความคลาดเคลื่อน (error matrix) และวิธีการวิเคราะห์ความสอดคล้องของการจำแนกภาพด้วยวิธีแคปปา (Kappa Statistics) (สมพร, 2552) ดังนี้

ตารางความคลาดเคลื่อน (error matrix) เป็นตารางที่แสดงจุดภาพที่กำหนดให้ตามประเภทการใช้ที่ดินที่มีการตรวจสอบในสนาม (reference

pixel) กับจำนวนจุดภาพที่ได้จากการจำแนก (classified pixel) เมทริกซ์ที่สร้างขึ้นสามารถใช้คำนวณความแม่นยำของการจำแนกประเภทข้อมูลได้ 3 ค่า คือ (1) ความแม่นยำรวม (overall accuracy) เป็นอัตราส่วนของจำนวนจุดภาพที่เครื่องจำแนกได้ถูกต้อง ต่อผลรวมจำนวนจุดภาพทั้งหมดที่นำมาจำแนกประเภท (2) ความผิดพลาดของการจำแนกขาดหายไป (omission error) เป็นอัตราส่วนของจำนวนจุดภาพที่เครื่องไม่ได้จำแนกเข้ากลุ่มต่อจำนวนจุดภาพทั้งหมดของชั้นข้อมูลที่น่ามาทดสอบ หรือ จำนวนจุดภาพที่จำแนกถูกต้องของชั้นข้อมูลหนึ่งๆ หาดด้วยผลรวมจำนวนจุดภาพตามแนวตั้งในตาราง (3) ความผิดพลาดของการจำแนกเกินมา (commission error) เป็นอัตราส่วนของจำนวนจุดภาพจากข้อมูลที่น่ามาทดสอบต่อจำนวนจุดภาพที่จำแนกถูกต้องทั้งหมดของชั้นข้อมูลนั้น

ค่า ส ทิ ดิ แ ค ป ป า (Kappa Statistics) สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^r (x_{ii}) - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}$$

โดย r เป็นจำนวนแถวของเมทริกซ์แสดงความคลาดเคลื่อน, x_{ii} เป็นผลรวมของจำนวนข้อมูลที่แถว i และคอลัมน์ i , x_{i+} เป็นผลรวมของจำนวนข้อมูลที่แถว i (คอลัมน์ขวาสุดของเมทริกซ์), x_{+i} เป็นผลรวมของจำนวนข้อมูลที่คอลัมน์ i (แถวล่างสุดของเมทริกซ์), N เป็นจำนวนข้อมูลทั้งหมดของเมทริกซ์

การจำลองทางอุทกวิทยาด้วยแบบจำลอง

SWAT

แบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการ

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - w_{seap} - Q_{gw})$$

โดย SW_t คือปริมาณน้ำในดินขณะสิ้นสุด SW_0 คือปริมาณน้ำในดินขณะเริ่มต้น R_{day} คือปริมาณฝนในรอบวัน Q_{surf} คือปริมาณน้ำผิวดินในรอบวัน E_a คือปริมาณการระเหยในรอบวัน w_{seap} คือ

คาดการณ์ผลกระทบของการใช้ที่ดินต่อทรัพยากรน้ำ ได้แก่ น้ำท่า ตะกอนและสารเคมีจากการเกษตรในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนที่มีความแตกต่างกันของชนิดของดิน การใช้ที่ดิน และการจัดการพื้นที่ โดยข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับแบบจำลองนี้ ได้แก่ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ คุณสมบัติของดิน ข้อมูลด้านภูมิศาสตร์ การใช้ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดินในลุ่มน้ำ (Neitsch et al., 2011) ในแบบจำลองการคำนวณสมดุลน้ำเป็นกลไกหลักของกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำ ดังสมการ

ปริมาณน้ำซึมลึกลงใต้ดิน Q_{gw} คือปริมาณน้ำใต้ดินไหลกลับสู่ลำน้ำ

การประเมินสมรรถนะแบบจำลอง

การประเมินสมรรถนะแบบจำลองเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (coefficient of determination; R^2) และค่าประสิทธิภาพของ Nash-Sutcliffe (NSE) (Nash and Sutcliffe, 1970) เป็นเกณฑ์วัดความใกล้เคียงกันของข้อมูลจากการ

จำลองกับข้อมูลจากการตรวจวัดโดยการแปลความหมายของค่า R^2 และ NSE ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่า ข้อมูลมีความสอดคล้องกัน และเมื่อค่าสัมประสิทธิ์มีค่าน้อยอาจเข้าใกล้ 0 หรือต่ำกว่าในกรณีของ NSE แสดงว่า ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันน้อย ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด คำนวณจากสมการดังนี้

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}} \right]^2$$

ค่าประสิทธิภาพของ Nash-Sutcliffe ดังสมการ

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}$$

โดย O_i คือ ข้อมูลจากการตรวจวัด (observed data) P_i คือ ข้อมูลจากการจำลอง (simulated

data) $\bar{P}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการจำลอง $\bar{O}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการตรวจวัด

ข้อมูลที่ใช้

1. ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา เป็นข้อมูลรายวัน เริ่มจาก ปี พ.ศ.2548 ถึงปี พ.ศ.2558 โดยรวบรวมจากกรมอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ความยาวนานชั่วโมงแสงแดด ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์ จากสถานีตรวจวัด 2 สถานี คือ สถานีตรวจอากาศจังหวัดกาญจนบุรี และสถานีตรวจอากาศเกษตรจังหวัดราชบุรี

2. ข้อมูลน้ำฝน เป็นข้อมูลที่เก็บบันทึกเป็นตัวเลขชนิดรายวัน เริ่มจาก ปี พ.ศ.2548 ถึงปี พ.ศ. 2558 (2005-2015) โดยรวบรวมจากสถานีตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยาในเขตอำเภอกาญจนบุรี ตำบลมะขามเตี้ย บ้านคา จอมบึง และสวนผึ้ง รวม 6 สถานี

3. ข้อมูลน้ำท่า เป็นข้อมูลรายวัน เริ่มจาก ปี พ.ศ.2548 ถึงปี พ.ศ.2558 (2005-2015) โดยรวบรวมจากสถานีตรวจวัดของกรมชลประทาน 4 สถานี คือ สถานีบ้านคา (K25A) สถานีบ้านป่อ (K17) สถานีบ้านทับตะโกนอก (K61) และสถานีบ้านหนองไผ่ (K62)

4. DEM (Digital Elevation Model) เป็นข้อมูลระดับความสูงเชิงตัวเลขชนิดแรสเตอร์ที่แสดง

ถึงความสูงต่ำของภูมิประเทศ โดยขนาดของพื้นที่ถูกกำหนดด้วย pixel ซึ่งมีขนาด 90×90 เมตร ระบบอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ คือ WGS 1984 UTM Zone 47

5. ข้อมูลแผนที่ดิน จากกรมพัฒนาที่ดิน เป็นข้อมูลหลักในการกำหนดคุณสมบัติทางกายภาพของดิน โดยข้อมูลกลุ่มชุดดินในพื้นที่ศึกษามีทั้ง 24 กลุ่มชุดดิน

6. ภาพถ่ายดาวเทียม ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 2 ภาพต่อกัน คือ path 130 row 50 และ path 130 row 51 โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 วันที่ 21 ธันวาคม พ.ศ.2532 (1989) ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 วันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ.2543 (2000) ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 วันที่ 24 ธันวาคม 2557 (2014)

วิธีการ

วิธีการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย (1) การจำแนกการใช้ที่ดิน/สภาพปกคลุมดินโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม (2) การพัฒนาแบบจำลองทางอุทกวิทยา (3) การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นผิวในลุ่มน้ำลำภาชี (4) การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของน้ำท่าด้วยแบบจำลอง

การจำแนกการใช้ที่ดิน/สภาพปกคลุมดิน โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม ประกอบด้วยขั้นตอนก่อนการประมวลผล (pre-processing) เป็นคัดเลือกภาพถ่ายดาวเทียม การปรับแก้เชิงคลื่น (radiometric correction) ขั้นตอนการประมวลผลเป็นการพัฒนาเกณฑ์การจำแนกสภาพปกคลุมดินด้วยวิธี Decision Tree โดยเลือกภาพถ่ายดาวเทียมปี 2543 (2000) เป็นฐานในการพัฒนาเกณฑ์ ดัชนีที่ใช้ในการจำแนกสภาพปกคลุมดินประกอบด้วย ดัชนี

พืชพรรณ (NDVI) ดัชนีน้ำ (NDWI) ดัชนีภูมิประเทศ (Figure 3) และทำการจำแนกสภาพปกคลุมทั้งสามปี และ ขั้นตอนหลังการประมวลผล (post-processing) เกลี่ยข้อมูลครอบคลุมพื้นที่ขนาดเล็กของผลการจำแนกสภาพปกคลุมดินทั้งสามปีและทำการประเมินความแม่นยำในการจำแนกใช้ผลจากการจำแนกสภาพปกคลุมดิน ปี พ.ศ.2557 (2014) เป็นปีที่ใกล้เคียงกับปัจจุบัน โดยการสำรวจภาคสนามและวิเคราะห์ด้วยวิธี Error Matrix

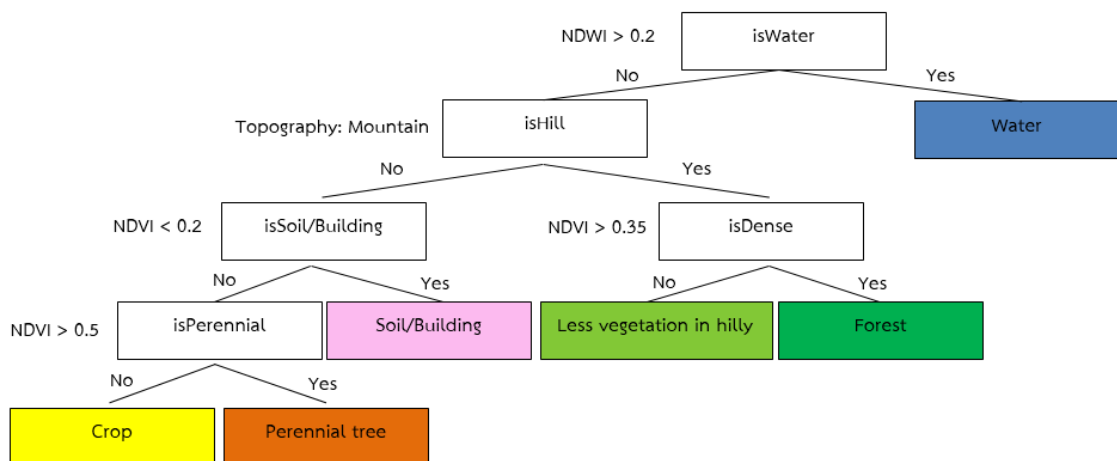


Figure 3 Decision-tree structure for land-cover classification of Landsat image

การพัฒนาแบบจำลองทางอุทกวิทยา ได้เลือกแบบจำลอง SWAT เป็นเครื่องมือในการสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์น้ำฝน-น้ำท่า เนื่องจากแบบจำลองนี้สามารถจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นผิวของลุ่มน้ำได้ ขั้นตอนหลักของการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง และการทวนสอบผลลัพธ์จากการจำลอง

การสร้างแบบจำลองใช้ข้อมูลการใช้ที่ดิน ลักษณะดิน และ ระดับความสูงเชิงเลข (DEM) ในขั้นแรกเป็นการกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาและลุ่มน้ำย่อย ซึ่งแบ่งตามขอบเขตลุ่มน้ำจากข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข (DEM) จากนั้น เป็นการกำหนดหน่วยการตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrological Response Unit, HRU) ของแต่ละลุ่มน้ำย่อย โดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดิน ลักษณะดิน และ ความลาด (slope) ถัดมา เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองโดยทำการเชื่อมโยงข้อมูลการใช้ที่ดิน

และข้อมูลดินเข้ากับฐานข้อมูลของ SWAT ในขั้นตอนนี้ หากข้อมูลการใช้ที่ดินและข้อมูลดินมีความเหมาะสม แบบจำลอง SWAT สามารถจำลองผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือได้ นอกจากนี้ ยังเพิ่มขั้นตอนการปรับเทียบ (calibration) เพื่อให้ผลการจำลองใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัดมากยิ่งขึ้น โดยการปรับเทียบพารามิเตอร์ของแบบจำลองใช้โปรแกรม SWAT-CUP โดยเลือกกระบวนการวิธี SUFI-2 (sequential uncertainty fitting algorithm) (Abbaspour *et al.*, 2004) การทวนสอบผลลัพธ์จากการจำลอง (validation) เป็นการยืนยันความถูกต้องของผลลัพธ์ โดยทำการจำลองโดยใช้ชุดข้อมูลตรวจวัดที่คัดแยกออกมาก่อนและไม่ได้นำไปใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ ตัวชี้วัดสมรรถนะของแบบจำลองทั้งในขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลอง และการทวนสอบผลลัพธ์ เลือกใช้ค่า coefficient of determination (R^2) และ ค่า Nash-Sutcliffe

coefficient of efficiency (NSE) (Nash and Sutcliffe, 1970)

ผลและวิจารณ์

การจำแนกการใช้ที่ดิน/สภาพปกคลุมดิน

จากเกณฑ์การจำแนกสภาพปกคลุมดิน ด้วยวิธี Decision Tree ใน Figure 3 (สิทธา, 2560; สิทธา และคณะ, 2560) ได้ผลเป็นสภาพปกคลุมดิน เป็น 6 ประเภท ได้แก่ ป่าไม้ (F, forest) พืชพรรณ น้อยในพื้นที่เขา (LV, low vegetation in hilly area) พื้นที่เกษตรกรรม (C, upland crop) ไม้ยืนต้น (P, perennial tree) ผิวน้ำ (W, water body) ที่ดิน เปล่าหรือสิ่งก่อสร้าง (SB, soil/building)

ใน Figure 4 เป็นผลการจำแนกสภาพปกคลุมดินในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชีด้วยวิธี Decision Tree ของปี 2532 (1989) ปี 2543 (2000) และปี 2557 (2014) พบว่า บริเวณทิศตะวันตกและทิศใต้ของลุ่มน้ำซึ่งเป็นพื้นที่ภูเขา ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่ามากกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่ทั้งหมด และเป็นพื้นที่พืชพรรณ

น้อยในพื้นที่เขาไม่ถึง 2% ของพื้นที่ทั้งหมด ส่วนบริเวณทางทิศตะวันออกซึ่งเป็นพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดและพื้นที่ราบ เป็นพื้นที่เกษตรกรรมคิดเป็นหนึ่งในสี่ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาเป็นพื้นที่ไม้ยืนต้น พื้นที่ผิวดินและสิ่งก่อสร้าง พื้นที่ผิวน้ำ ตามลำดับ

การประเมินความแม่นยำได้มีการสำรวจในภาคสนามและประเมินค่า overall accuracy ได้ 82.92% ค่า Kappa coefficient ได้ 0.745 ซึ่งทั้งสองอยู่ในเกณฑ์ดีพอใช้ แต่เมื่อพิจารณา ค่าความคลาดเคลื่อน (error) และความแม่นยำ (accuracy) แยกตามชนิดของสิ่งปกคลุมดิน (Table 1) พบว่า พื้นที่ผิวน้ำ (W) เกษตรกรรม (C) และป่าไม้ (F) มีความถูกต้องในการจำแนกดีพอใช้ (accuracy > 80%) ในขณะที่พื้นที่ไม้ยืนต้น (P) พื้นที่ผิวดินและสิ่งก่อสร้าง (SB) มีความถูกต้องในการจำแนกค่อนข้างต่ำ โดยพื้นที่ไม้ยืนต้น (P) มีความสับสนกับการจำแนกพื้นที่ป่าหรือเกษตรกรรม ส่วนพื้นที่ผิวดินและสิ่งก่อสร้าง (SB) มีความสับสนกับการจำแนกพื้นที่เกษตรกรรม เนื่องจาก สภาพปกคลุมดินจากค่า NDVI มีค่าต่างกันไม่มาก

Table 1 Accuracy assessment between ground-truth survey and land use/cover in 2014

Land cover in 2014 (pixels)	Ground-truth survey (pixels)							C.E.(%)	U.A. (%)
	F	C	P	W	SB	Total			
	F	2578	0	66	21	0	2665	3.26	96.74
	C	140	2943	63	1	313	3460	14.94	85.06
	P	478	171	438	7	0	1094	59.96	40.04
	W	0	0	0	343	0	343	0	100
	SB	0	90	0	0	254	344	26.16	73.84
	Total	3196	3204	567	372	567	7906		
	O.E (%)	19.34	8.15	22.75	7.80	55.20			
	P.A. (%)	80.66	91.85	77.25	92.20	44.80			

Note: F, forest; LV, low vegetation in hilly area; C, upland crop; P, perennial crop W, water body; SB, soil/building;

O.E, omission error; P.A., producer accuracy; C.E., commission error; U.A., user accuracy

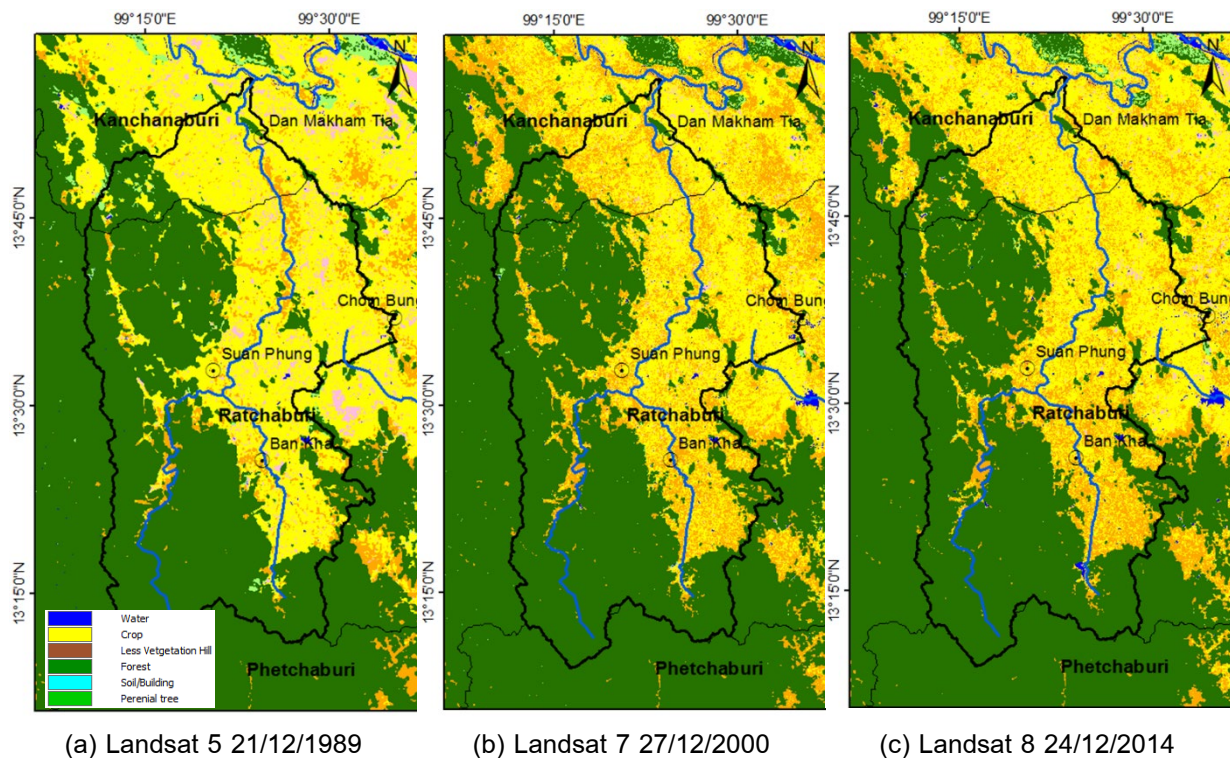


Figure 4 Land-use/cover maps of Lam Pachi basin in 1989, 2000 and 2014

การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบจำลอง

การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบจำลอง SWAT สำหรับลุ่มน้ำลำภาชี ใช้ข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2553 ถึง 2558 (2010-2015) สำหรับการเปรียบเทียบ ซึ่งเป็นช่วงเวลาใกล้เคียงกับสภาพการใช้ที่ดินปัจจุบันจากข้อมูลดาวเทียม และ ข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2548 ถึง 2552 (2005-2009) สำหรับการทวนสอบ ข้อมูลพารามิเตอร์เริ่มต้น ใช้การจับคู่การใช้ที่ดิน/สภาพปกคลุมดินที่จำแนกจากดาวเทียมกับฐานข้อมูลของ SWAT (Table 2) พารามิเตอร์ของแบบจำลอง SWAT สำหรับการปรับเทียบน้ำท่า เลือกพารามิเตอร์ที่มีผลต่อปริมาณน้ำท่าจำนวน 3 พารามิเตอร์ (Table 3) โดยพิจารณาผลการศึกษาที่ผ่านมา (Ayana, 2012; Ayana et al., 2014; วิโรจน์และเอกสิทธิ์, 2556; วิโรจน์ กิมลา, 2557; กิตติพงษ์และคณะ, 2560)

ได้แก่ (1) CN2.mgt เป็นค่าหมายเลขโค้งน้ำท่าของความชื้นในดินเริ่มต้นปานกลาง (Initial SCS runoff curve number for moisture condition II) (2) GWQMN.gw เป็นระดับน้ำของชั้นให้น้ำชั้นบน (Threshold water level in shallow aquifer for base flow) หน่วยมิลลิเมตร (3) SOL_AWC.sol เป็นความสามารถในการอุ้มน้ำของชั้นดิน (Available water capacity of the soil layer) หน่วยเป็น มิลลิเมตรน้ำต่อมิลลิเมตรหน้าตัดดิน ผลการปรับเทียบและทวนสอบแสดงใน Table 4 โดยเป็นค่าที่สถานีวัดน้ำในลำภาชี K25A, K17, K61, K62 เรียงตามต้นน้ำถึงท้ายน้ำ และผลการปรับเทียบสถานี K25A และ K17 พ.ศ. 2553 ถึง 2558 (2010-2015) แสดงใน Figure 5(b) และ Figure 6(b) ตามลำดับ ส่วนผลทวนสอบ พ.ศ. 2548 ถึง 2552 (2005-2009) แสดงใน Figure 5(a) และ Figure 6(a)

Table 2 Relationships between classified land-use/cover and land-use type in SWAT database

Land Use Type Satellite Image Classification	Land Use Type SWAT Database
Less vegetation in hilly area	Hay
Forest	Forest-Mixed
Crop	Agricultural Land-Generic
Water	Water
Soil/Building	Residential-Low Density
Perennial tree	Orchard

Table 3 Selected model parameters for calibration

Parameter	Unit	Method	Initial Value	Range	Fitted Value
1. CN2.mgt	-	Relative	varied	-10% ... +10%	-9.55%
2. GWQMN.gw	mm	Absolute	1000	+0 ... +4000	+3582
3. SOL_AWC.sol	mm _{H₂O} /mm _{soil}	Absolute	varied	+0 ... +0.4	+0.1455

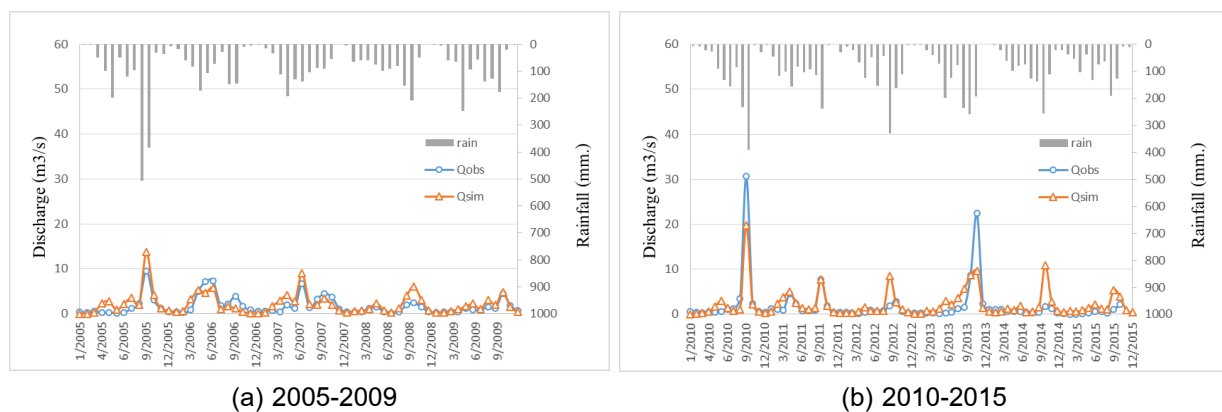
Note:

1. CN2.mgt = Initial SCS runoff curve number for moisture condition II
2. GWQMN.gw = Threshold water level in shallow aquifer for base flow
3. SOL_AWC.sol = Available water capacity of the soil layer

Table 4 Model-performance indicators from calibration and validation

Hydrometric Station	Calibration (2010-2015)		Validation (2005-2009)	
	R ²	NSE	R ²	NSE
K25A	0.818	0.647	0.821	0.504
K17	0.880	0.772	0.846	0.711
K61	0.894	0.792	N/A	N/A
K62	0.936	0.863	N/A	N/A

Note: N/A = Observed data not available

**Figure 5** Comparison between observed data (Qobs) and simulated data (Qsim) of mean-monthly streamflow at station K25A (a) 2005-2009 (b) 2010-2015

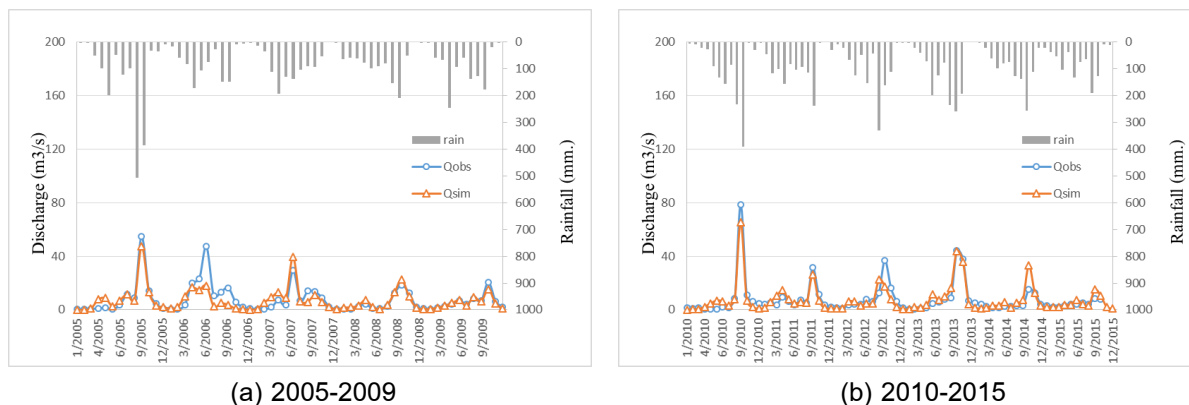


Figure 6 Comparison between observed data (Qobs) and simulated data (Qsim) of mean-monthly streamflow at station K17 (a) 2005-2009 (b) 2010-2015

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน/สภาพปกคลุมดิน

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน/สภาพปกคลุมดินในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชีในปี 2532 (1989), 2543 (2000) และ 2557 (2014) ดังแสดงใน Table 5 และการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระหว่างปี 2532 (1989) กับ 2557 (2014) (Table 6) พบว่า พื้นที่ป่า (F) มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (Table 5) พื้นที่พืชพรรณน้อยในพื้นที่ภูเขา (LV) มีพื้นที่ลดลงโดยมีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ป่า 42.56 km² (Table 6) พื้นที่เกษตรกรรม

(C) มีพื้นที่ลดลงโดยมีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ไม้ยืนต้น (P) 285.68 km² (Table 6) พื้นที่ไม้ยืนต้น (P) มีพื้นที่เพิ่มขึ้น แต่บางส่วนกลายเป็นพื้นที่เกษตรกรรม (C) 102.43 km² (Table 6) พื้นที่ดินเปล่าและสิ่งก่อสร้าง (SB) มีพื้นที่ลดลงโดยมีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรม (A) และพื้นที่ไม้ยืนต้น (P) คิดเป็นพื้นที่ 57.09 km² และ 16.00 km² (Table 6) ตามลำดับ และพื้นที่น้ำ (W) มีพื้นที่เพิ่มขึ้น จาก 2.93 km² ในปี 2532 (1989) เป็น 7.42 km² ในปี 2557 (2014) (Table 5)

Table 5 Comparison of land use/cover in Lam Pachi basin in 1989, 2000 and 2014

Land use/cover	Area (km ²)		
	1989	2000	2014
F	1352.21	1389.36	1388.60
LV	45.36	8.24	8.55
C	865.01	716.69	723.42
P	233.07	426.95	430.10
W	2.93	5.45	7.42
SB	76.15	28.04	16.64
Total	2574.73	2574.73	2574.73

Note: F, forest; LV, low vegetation in hilly area; C, upland crop; P, perennial tree; W, water body; SB, soil/building

Table 6 Land-use/cover changes between 1989 and 2014

Land use/cover in 1989 (km ²)	Land use/cover in 2014 (km ²)						
	F	LV	C	P	W	SB	Total
F	1343.18	6.15	0.53	1.62	0.72	0.004	1352.22
LV	42.56	2.22	0.20	0.32	0.06	0.002	45.36
C	1.47	0.12	562.77	285.68	3.02	11.95	865.01
P	1.29	0.02	102.43	126.13	1.37	1.85	233.07
W	0.08	0.04	0.46	0.35	1.82	0.19	2.93
SB	0.02	0.003	57.04	16.00	0.43	2.65	76.15
Total	1388.60	8.55	723.42	430.01	7.42	16.64	2574.73

Note: F, forest; LV, low vegetation in hilly area; C, upland crop; P, perennial tree W, water body; SB, soil/building;

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำลำภาชีได้จากการจำลองทางอุทกวิทยาด้วยแบบจำลอง SWAT โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศและฝน ระหว่างปี 2553 ถึง 2558 (2010-2015) การจำลองสถานการณ์กำหนดสภาพการใช้ที่ดินจากข้อมูลการใช้ที่ดิน/สภาพปกคลุมดินที่แปลงจากข้อมูลดาวเทียมปี 2532 (Land use 1989), 2543 (Land use 2000) และ 2557 (Land use 2014)

ปริมาณน้ำท่ารายปีในลุ่มน้ำลำภาชีทั้งลุ่มน้ำดังแสดงใน Table 7 และ Figure 8 พบว่าปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยในลุ่มน้ำลำภาชีในภาพรวมมีแนวโน้มลดลงจาก 195.9 mm ในปี 2532 (1989) เหลือ 188.8 mm ในปี 2557 (2014) (Table 7) โดยปริมาณน้ำท่าจริงรายปีเฉลี่ยของปี 2543 (2000) เปรียบเทียบกับปี 2532 (1989) ลดลง 1.74% ส่วนปี 2557 (2014) เทียบกับปี 2543 (2000) ลดลง 1.92% และปี 2557 (2014) เทียบกับปี 2532 (1989) ลดลง 3.62% เมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าแยกเป็นลุ่มน้ำย่อย ดังแสดงใน Figure 8 ซึ่งเป็นปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยแยกตามลุ่มน้ำย่อยบริเวณที่มีผลผลิตของน้ำท่าสูงกว่าบริเวณอื่นเป็น

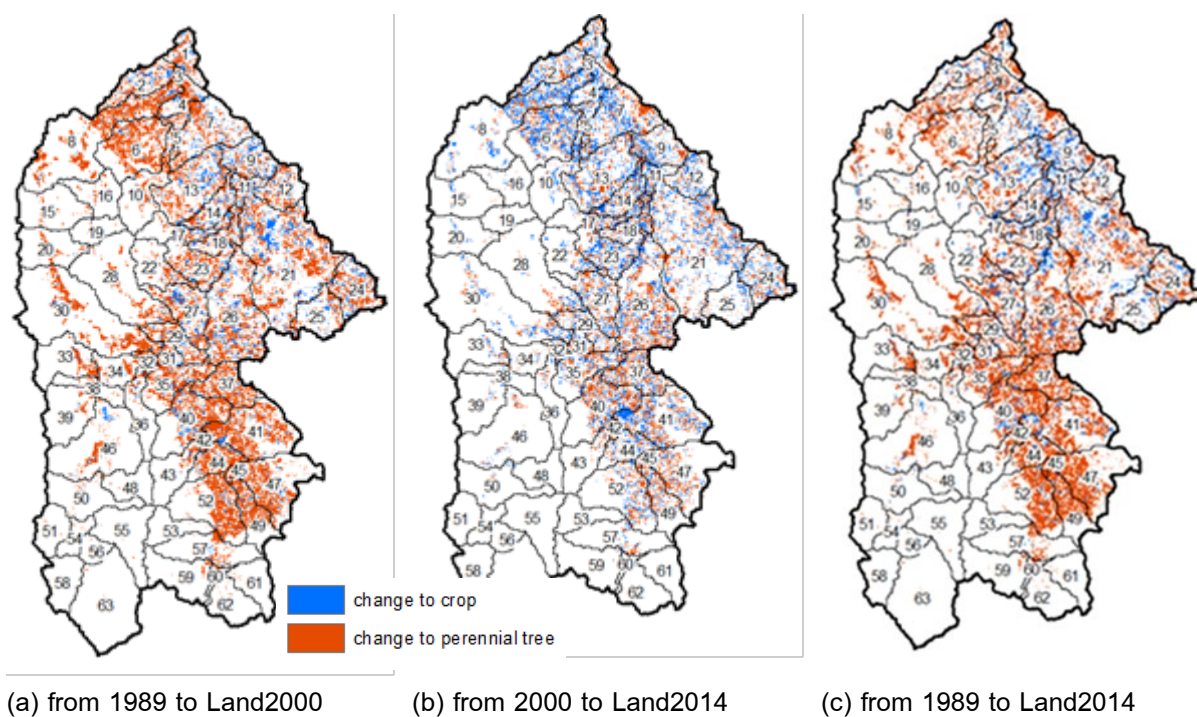
พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกและทิศตะวันตกเฉียงใต้ของลุ่มน้ำซึ่งเป็นพื้นที่ป่าไม้ โดยพื้นที่ที่มีผลผลิตสูงสุดเป็นกลุ่มลุ่มน้ำย่อยหมายเลข 19, 22, 28 (Figure 8)

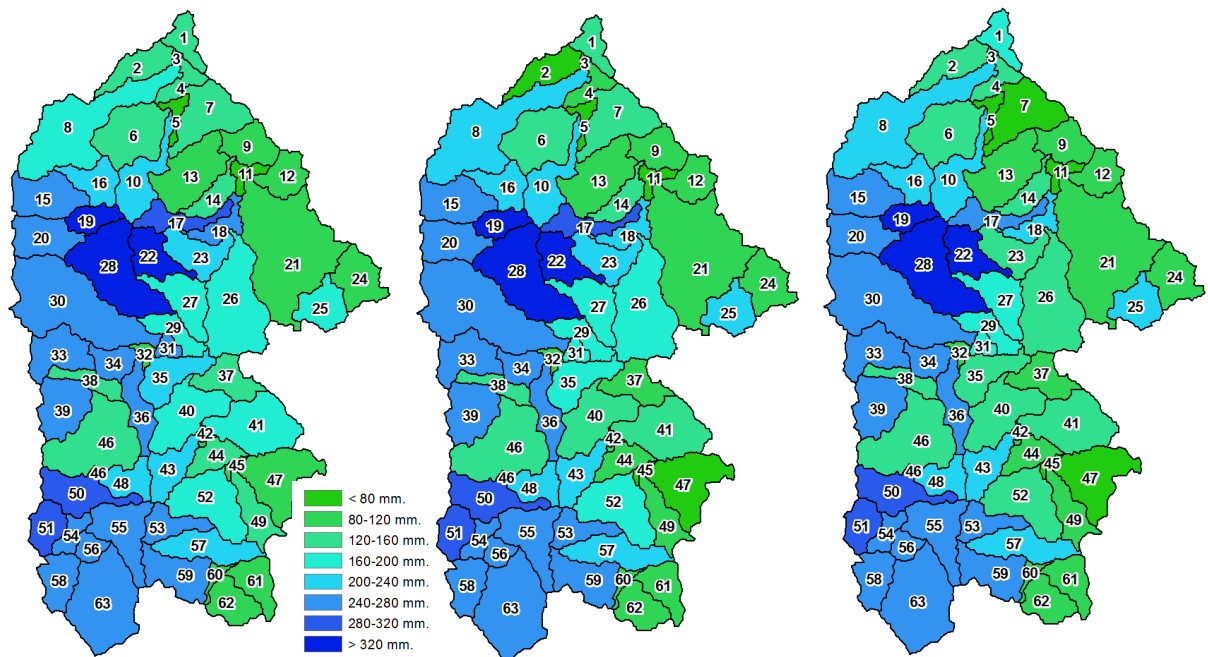
ใน Figure 9 แสดงเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำท่ารายปีของการใช้ที่ดินสองช่วงปีเปรียบเทียบกัน โดย Figure 9 (a) เป็นปริมาณน้ำท่าปี 2543 (2000) ต่อ ปี 2532 (1989) Figure 9 (b) เป็นปี 2558 (2014) ต่อ ปี 2543 (2000) และ Figure 9 (c) เป็นปริมาณน้ำท่าปี 2558 (2014) ต่อ ปี 2532 (1989) จากพิจารณาข้อมูลดังกล่าวพบว่า ปริมาณน้ำท่ามีแนวโน้มลดลง (ลุ่มน้ำย่อยที่มีอัตราส่วนน้อยกว่า 1) โดยบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ทางทิศตะวันออก (ลุ่มน้ำย่อย 18, 23, 26, 27, 29, 31, 35, 37, 40, 41, 42, 44, 45, 47, 49 ใน Figure 9) และทิศเหนือ (ลุ่มน้ำย่อย 7 ใน Figure 9)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินใน Figure 7 ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าพบว่า พื้นที่บริเวณที่ปริมาณน้ำท่าลดลงเป็นพื้นที่บริเวณที่ราบซึ่งการใช้ที่ดินเป็นพื้นที่การเกษตรมีการเปลี่ยนแปลงเป็นไม้ยืนต้น

Table 7 Changes of mean-annual direct-runoff in Lam Phachi Basin

Year	Rainfall (mm.)	Runoff (mm.)			Change in %		
		Land use 1989	Land use 2000	Land use 2014	From 1989 to 2000	From 2000 to 2014	From 1989 to 2014
2010	1170.8	246.1	241.3	235.9	-1.95%	-2.24%	-4.14%
2011	1060.9	168.1	166.6	163.1	-0.89%	-2.10%	-2.97%
2012	1067.9	217.7	212.6	208.2	-2.34%	-2.07%	-4.36%
2013	1257.6	269.4	264.6	261.7	-1.78%	-1.10%	-2.86%
2014	961.6	165.9	163.1	159.0	-1.69%	-2.51%	-4.16%
2015	798.6	108.0	106.5	104.8	-1.39%	-1.60%	-2.96%
Mean	1052.9	195.9	192.5	188.8	-1.74%	-1.92%	-3.62%

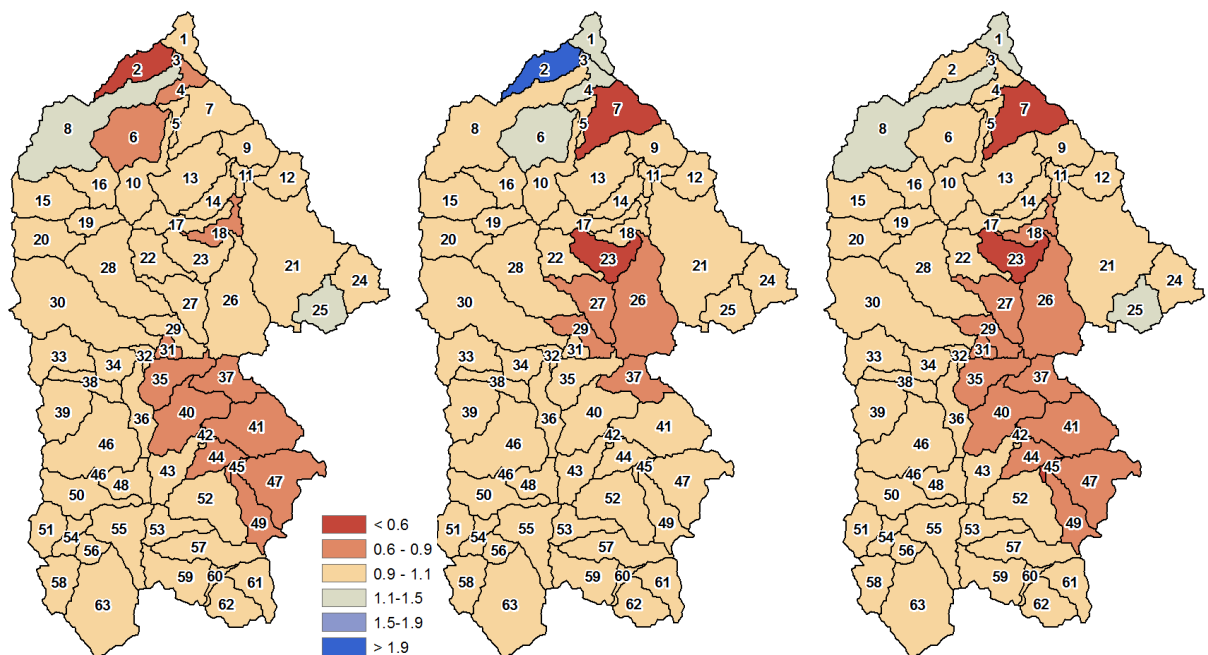
**Figure 7** Land-use conversion to crop or perennial tree in Lam Pachi Basin (a) from 1989 to 2000
(b) from 2000 to 2014 (c) from 1989 to 2014



(a) Land use 1989

(b) Land use 2000

(c) Land use 2014

Figure 8 Mean-annual runoff (a) Land use 1989 (b) Land use 2000 (c) Land use 2014(a) Land use 2000/ Land use
1989(b) Land use 2014/ Land use
2000(c) Land use 2014/ Land use
1989**Figure 9** Ratio of mean-annual direct-runoff (a) Land use 2000/ Land use 1989 (b) Land use 2014/ Land use 2000 (c) Land use 2014/ Land use 1989

สรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีผลต่อน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชี การดำเนินการ ประกอบด้วย การจำแนก

การใช้ที่ดินหรือสภาพปกคลุมดินด้วยวิธี Decision Tree จากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat ปี 2532 ปี 2543 และ ปี 2557 ถัดมา เป็นการจำลองความสัมพันธ์ปริมาณน้ำฝน-น้ำท่าด้วยแบบจำลอง

SWAT โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศและฝนระหว่าง 2553 ถึง 2558 และข้อมูลพื้นผิว 3 ช่วงเวลาโดยจำแนกจากข้อมูลดาวเทียม ท้ายสุดเป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน/สภาพปกคลุมดินต่อน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชี ผลการจำแนกการใช้ที่ดิน/สภาพปกคลุมในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชีจากข้อมูลดาวเทียม พบว่า พื้นที่ป่าไม้ครอบคลุมมากกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่ลุ่มน้ำ รองลงมาเป็นพื้นที่พืชไร่ประมาณหนึ่งในสี่ของพื้นที่ ค่าความแม่นยำ overall accuracy เท่ากับ 82.92% ซึ่งมีความแม่นยำดีพอใช้ โดยเฉพาะการจำแนกพื้นที่ผิวน้ำ พื้นที่เกษตรกรรม และ ป่าไม้ เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำจากปี 2532 ถึงปี 2557 พบว่า ไม่ยืนต้น/ไม่ผล มีพื้นที่เพิ่มมากที่สุดถัดมาพื้นที่ป่าไม้และแหล่งน้ำ พื้นที่ไม้ยืนต้น/ไม่ผลโดยส่วนใหญ่เปลี่ยนจากพื้นที่พืชไร่ ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยในภาพรวมมีแนวโน้มลดลงจาก 195.9 mm ในปี 2532 เหลือ 188.8 mm ในปี 2558 ลดลงร้อยละ 3.6 พื้นที่ป่าไม้ในเขตภูเขาเป็นพื้นที่ซึ่งให้ผลผลิตน้ำท่าสูง ส่วนพื้นที่การเกษตรมีการเปลี่ยนแปลงจากพืชไร่เป็นไม้ผล/ไม้ยืนต้นมีผลให้ปริมาณน้ำท่าลดลง การเปลี่ยนแปลงพื้นที่จากพืชไร่เป็นไม้ยืนต้นเป็นการปรับสภาพทางอุทกวิทยาให้ดีขึ้น มีส่วนชลอให้น้ำอยู่ในพื้นที่ได้นานขึ้น อันเป็นแนวทางหนึ่งในการอนุรักษ์ดินและน้ำที่สามารถช่วยบรรเทาปัญหาดังกล่าวและอุทกภัย

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และเป็นผลงานส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่องผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อน้ำท่าและตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชี แผนงานวิจัยการจัดการทรัพยากรน้ำแบบบูรณาการลุ่มน้ำลำภาชี

เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน. 2544. รายงานเบื้องต้นการศึกษาพัฒนาลุ่มน้ำลำภาชี จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดราชบุรี. กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ.
- กรมชลประทาน. 2555. แผนหลักการพัฒนาแหล่งน้ำ โครงการบริหารจัดการน้ำแก้ปัญหาภัยแล้งและบรรเทาอุทกภัย ของลุ่มน้ำลำภาชี จังหวัดกาญจนบุรี และราชบุรี. กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ.
- กรมทรัพยากรน้ำ. 2547. งานศึกษาความเหมาะสมและสำรวจออกแบบรายละเอียด โครงการพัฒนาลุ่มน้ำลำภาชี จังหวัดราชบุรี. กรมทรัพยากรน้ำ, กรุงเทพฯ.
- กิตติพงษ์ ตุมกุล, เกศรา สิริโชค, และ ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์. 2560. การเปรียบเทียบเทคนิคการปรับเทียบแบบจำลอง SWAT สำหรับประเมินน้ำท่าลงอ่างเก็บน้ำเขื่อน แควน้อยบำรุงแดน จังหวัดพิษณุโลก. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 6(3): 41–59.
- จรัญธร บุญญานุภาพ. 2557. หลักการรับรู้จากระยะไกล. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- วิโรจน์ กิมลา. 2557. การประเมินทรัพยากรน้ำด้วยแบบจำลอง SWAT ในพื้นที่ลุ่มน้ำเซโดน สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิโรจน์ กิมลา และ เอกสิทธิ์ โสมิตสกุลชัย. 2556. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT สำหรับการจัดทำบัญชีน้ำในลุ่มน้ำเซโดน สปป.ลาว. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2(3): 66–81.
- สมพร สง่างศ์. 2552. การสำรวจระยะไกลในด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินและการ

- ประยุกต์. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- สายชล สันสมบูรณ์. 2558. การทำเหมืองข้อมูล. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สิทธิลา ยอดเจริญ. 2560. ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สิทธิลา ยอดเจริญ, ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์, ยุทธนา พันธุ์กมลศิลป์, และเอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย. 2560. การจำแนกสิ่งปกคลุมดินจากภาพถ่ายดาวเทียมในพื้นที่ลุ่มน้ำลำภาชีด้วยวิธี Decision Tree. น. 7. ใน การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 18. วันที่ 7-9 กันยายน 2560.
- องค์การความร่วมมือระหว่างประเทศของญี่ปุ่น (JICA), และ กรมชลประทาน. 2548. การศึกษาการใช้กระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชนในโครงการพัฒนาชนบทและการเกษตรลุ่มน้ำลำภาชี. กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ.
- เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย. 2557. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับวิศวกรรมชลประทาน. เอกสารคำสอน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- Abbaspour, K.C., C.A. Johnson, V. Genuchten, and M. Th. 2004. Estimating Uncertain Flow and Transport Parameters Using a Sequential Uncertainty Fitting Procedure. *Vadose Zone J.* 3(4): 1340–1352.
- Ayana, A.B. 2012. Analysis of land use change and its effects on runoff and sediment yields in Fincha watershed, Ethiopia. Doctoral Thesis. Ksetsart University.
- Ayana, A.B., D.C. Edossa, and E. Kositsakulchai. 2014. Modeling the Effects of Land Use Change and Management Practices on Runoff and Sediment Yields in Fincha Watershed, Blue Nile. *OIDA Int. J. Sustain. Dev.* 7(11): 75–88.
- Friedl, M.A., and C.E. Brodley. 1997. Decision tree classification of land cover from remotely sensed data. *Remote Sens. Environ.* 61(3): 399–409.
- Maita, H., and B. Bahalayodhin (Eds). 2002. In *Proceedings of the Workshop on Watershed Degradation and Restoration of the Lam Phachi River Basin, Thailand*, Bangkok, 29 November 2002.
- Nash, J.E., and J.V. Sutcliffe. 1970. River flow forecasting through conceptual models part I — A discussion of principles. *J. Hydrol.* 10(3): 282–290.
- Neitsch, S.L., J.G. Arnold, J.R. Kiniry, and J.R. Williams. 2011. *Soil and Water Assessment Tool. Theoretical Documentation Version 2009*. Texas A&M University, Texas.
- Satoh, M., and B. Bahalayodhin (Eds). 1998. In *Proceedings of the Workshop on Sustainable Development of Agricultural Infrastructure and Organizational Management of Chao Phraya and Mae Klong Basins*, Bangkok, 30 October 1998.
- Takeuchi, W., and Y. Yasuoka. 2004. Development of normalized Vegetation, soil and water indices derived from satellite remote sensing data. *J. Jpn. Soc. Photogramm. Remote Sens.* 43(6): 7–19.

Received

Received 7 August 2018**Accepted 28 December 2018**