



ที่ ทส ๐๙๐๘.๒/ 10698

ถึง สำนักทุกสำนัก
สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ ๑-๑๖
สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์สาขาทุกสาขา
กองทุกกอง
สำนักงานผู้ตรวจราชการกรม
กลุ่มตรวจสอบภายใน
กลุ่มพัฒนาระบบบริหาร

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ขอส่งบันทึกวิจัยเล่มที่ ๒/๒๕๕๔ เรื่อง “แบบจำลอง
เพื่อประเมินความยั่งยืนด้านกายภาพของระบบนิเวศต้นน้ำ” ของสำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ โดย นายพงษ์ศักดิ์
วิทวัสติกุล และคณะ มาเพื่อใช้ประโยชน์และเผยแพร่ต่อไป

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช



สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ

โทร. ๐ ๒๕๖๑ ๐๗๗๗ ต่อ ๑๘๒๑

โทรสาร ๐ ๒๕๖๑ ๐๗๗๗ ต่อ ๑๘๒๑

บันทึกวิจัยเล่มที่ ๒/๒๕๕๔
มิถุนายน ๒๕๕๔

ส่วนวิจัยต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ
กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

แบบจำลองเพื่อประเมินความยั่งยืนด้านกายภาพของระบบนิเวศต้นน้ำ Modeling for Evaluation the Physical Sustainable Condition of Watershed Ecosystem

โดย

ดร.พงษ์ศักดิ์ วิหวิษุติกุล สำเริง ปานอุทัย และพิณทิพย์ อิติโรจนะวัฒน์

Abstract

Monthly rainfall and runoff of three forested watersheds such as hill evergreen forest, mixed deciduous forest and dry dipterocarp forest at Doi Chiang Dao, Chiang Mai province were collected for physical modeling the evaluation of sustainable condition of watershed ecosystem. The SCS-CN methodology was also taken to be a tool for developing the model.

The indicator of sustainable watershed ecosystem is defined as the portion of monthly runoff in rainy season (HF) and monthly runoff during dry season (LF) or HF/LF. The variables which were taken determine the indicator are monthly rainfall and monthly data of runoff producing characteristics factors (CN).

บทคัดย่อ

ปริมาณน้ำฝนรายเดือนและปริมาณน้ำท่ารายเดือนของพื้นที่ป่าต้นน้ำธรรมชาติ ๓ ชนิดคือ ป่าดิบเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง บริเวณดอยเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ถูกรวบรวมและนำมาสร้างแบบจำลองเพื่อประเมินความยั่งยืนของระบบนิเวศต้นน้ำด้านกายภาพ โดยนำ SCS-CN methodology มาเป็นเครื่องมือในการสร้าง

สัดส่วนของปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหลในช่วงฤดูฝน กับปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหลในช่วงฤดูแล้ง หรือ HF/LF ถูกกำหนดให้เป็นตัวชี้วัดความยั่งยืนของระบบนิเวศต้นน้ำ ค่า HF/LF นี้ เป็นค่าที่ประเมินจากปริมาณน้ำฝนรายเดือน และค่าคะแนนรายเดือนของปัจจัยพื้นที่ต้นน้ำที่มีบทบาทต่อการให้น้ำท่าไหลในลำธาร หรือค่า CN

คำนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในปัจจุบันที่เป็นผลมาจากสภาวะโลกร้อน ก่อให้เกิดการกระจุกตัวของฝนเฉพาะในบริเวณที่อากาศเย็น และ/หรือ ชื้น อาทิ บริเวณพื้นที่ต้นน้ำลำธาร ปรากฏการณ์ดังกล่าวนอกจากจะเพิ่มความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการบุกรุกทำลายป่าต้นน้ำและใช้ประโยชน์ที่ดินทำการเกษตรแล้ว ยังทำให้สภาพของพื้นที่ต้นน้ำ

โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำงานตามหน้าที่ในการควบคุมการดูดซับน้ำฝน และการระบายน้ำให้กับลำธาร มีการเปลี่ยนแปลงตามไปอีกด้วย ประกอบกับสภาวะทางเศรษฐกิจที่ถดถอยในปัจจุบัน ทำให้งบประมาณที่ใช้ในการบริหารจัดการพื้นที่ต้นน้ำต่อหน่วยพื้นที่มีแนวโน้มลดลงเป็นลำดับ

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการ (๑) ประเมินสถานภาพของพื้นที่ต้นน้ำในปัจจุบัน (๒) จัดลำดับความสำคัญก่อนหลังของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการพื้นที่ต้นน้ำ เพื่อจัดทำแผนงานและจัดสรรเงินงบประมาณ และ (๓) ประเมินผลสำเร็จของการดำเนินงานจัดการพื้นที่ต้นน้ำ ทั้งนี้แบบจำลองเพื่อประเมินความยั่งยืนทางด้านกายภาพของระบบนิเวศต้นน้ำก็เป็นเครื่องมือชิ้นหนึ่ง ซึ่งขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองดังกล่าว เป็นที่มาของงานวิจัยชิ้นนี้

การวิเคราะห์ระบบนิเวศต้นน้ำ

ระบบนิเวศต้นน้ำประกอบไปด้วย ๓ ส่วน คือ (๑) โครงสร้าง (structure) ได้แก่ องค์ประกอบต่าง ๆ ที่ประกอบตัวกันขึ้นเป็นรูปร่างหน้าตาของระบบนิเวศต้นน้ำ สามารถแยกออกมาได้เป็น ๓ ประเภทคือ (๑.๑) ปัจจัยผันแปรภายนอก ได้แก่ ลักษณะอากาศ (๑.๒) ปัจจัยคงที่ภายใน ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศ และชนิดดิน และ (๑.๓) ปัจจัยเชื่อมโยงปัจจัยภายนอกกับปัจจัยภายใน ได้แก่ พืชคลุมดิน (๒) การทำงานตามหน้าที่ (function) เป็นกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาโต้ตอบซึ่งกันและกันอย่างต่อเนื่องระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น สามารถแยกออกได้เป็น ๒ กระบวนการคือ (๒.๑) การหมุนเวียนของน้ำและธาตุอาหาร และ (๒.๒) การหมุนเวียนของพลังงาน และ (๓) การให้บริการ (services) ที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ ประกอบด้วย (๓.๑) ผลผลิตในรูปของเนื้อไม้และของป่า (๓.๒) การควบคุมการกัดเซาะพังทลายของดิน (๓.๓) การควบคุมระบบการดูดซับน้ำฝนและระบายน้ำให้กับลำธาร (๓.๔) การบรรเทาความรุนแรงของอากาศ (๓.๕) การเป็นแหล่งเรียนรู้ทางธรรมชาติ และ (๓.๖) การเป็นพื้นที่พักผ่อนหย่อนใจ

การกำหนดตัวชี้วัดความยั่งยืนระบบนิเวศต้นน้ำ

ในการคัดเลือกตัวชี้วัดความยั่งยืนของระบบนิเวศต้นน้ำ และกำหนดให้เป็นตัวแปรตาม (dependent variable) ของแบบจำลอง จะพิจารณาจากบริการของระบบนิเวศต้นน้ำที่ให้ประโยชน์กับมนุษย์มากที่สุดมาเป็นตัวชี้วัด โดยทำการคัดเลือกจากค่าคะแนนของน้ำหนักความสำคัญในด้านต่าง ๆ คือ (๑) สามารถอธิบายกระบวนการต่าง ๆ ภายในระบบนิเวศได้ชัดเจน (๒) มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลง และ (๓) สามารถเก็บวัดข้อมูลได้ง่าย ทั้งทางตรงและทางอ้อม

ผลของการคัดเลือกปรากฏว่า การควบคุมการกัดเซาะพังทลายของดิน กับการควบคุมระบบการดูดซับน้ำฝนและการระบายน้ำให้กับลำธารผ่านการคัดเลือก เพราะมีผลรวมของค่าคะแนนโดยน้ำหนักตามความสำคัญเกินค่าเฉลี่ยคือ ๔.๖๗ ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ ๑.

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากกระบวนการกัดเซาะพังทลายของดิน กับการควบคุมการดูดซับน้ำฝนของดิน และกระบวนการระบายน้ำทำจากชั้นดินลงสู่ลำธาร เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นต่อเนื่องกัน และส่งผลต่อมนุษย์พร้อม ๆ กัน อาทิ การบุกรุกทำลายป่าต้นน้ำเพื่อใช้ประโยชน์ที่ดินทำการเกษตร ทำให้มีวัชพืชน้ำในลำธารไหลบ่าหน้าดินกัดเซาะ น้ำที่ไหลบ่าหน้าดินเมื่อไหลอย่างรวดเร็วสามารถรวมตัวกันที่ลำธาร ทำให้น้ำท่าที่ไหลในลำธารมีมากขึ้น ไหลแรงขึ้น และมีความขุ่นขมของตะกอนมากขึ้น

ตารางที่ ๑. การคัดเลือกตัวชี้วัดความยั่งยืนของระบบนิเวศต้นน้ำ

บริการที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์	สามารถอธิบายกระบวนการได้	มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลง	สามารถเก็บวัดข้อมูลได้ง่าย	คะแนนรวม
ผลผลิตจากพื้นที่ป่าไม้-พื้นที่เกษตร	๑	๒	๑	๔
ควบคุมการกัดเซาะพังทลายของดิน	๓	๒	๑	๖
ควบคุมการดูดซับน้ำฝนและระบายน้ำท่า	๓	๑	๒	๖
บรรเทาความรุนแรงของอากาศ	๑	๒	๑	๔
เป็นแหล่งเรียนรู้ทางธรรมชาติ	๑	๑	๒	๔
เป็นพื้นที่พักผ่อนหย่อนใจ	๒	๑	๑	๔
เฉลี่ย				๔.๖๗

ส่วนในฤดูแล้งน้ำท่าจะลดน้อยลงทั้งปริมาณและช่วงระยะเวลาในการไหล ทั้งนี้ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการเก็บกักน้ำฝนเอาไว้ในชั้นดินน้อยลง อีกส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากตะกอนที่ถูกกัดเซาะลงมาทับถมในท้องลำธาร ทำให้น้ำตื้นเขิน และน้ำท่าที่ไหลในช่วงฤดูแล้งไหลอยู่ได้ชั้นของตะกอน มนุษย์ไม่สามารถนำน้ำดังกล่าวนี้ขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นจึงกำหนดให้บริการทั้งสองเป็นตัวแปรร่วมกัน และเป็นตัวชี้วัดความยั่งยืนของระบบนิเวศต้นน้ำ โดยนำสัดส่วนของปริมาณน้ำท่าที่ไหลในช่วงฤดูฝนกับปริมาณน้ำท่าที่ไหลในช่วงฤดูแล้งมากำหนดเป็นตัวชี้วัดโดยรวมทั้งหมด

การวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีบทบาทต่อความยั่งยืนของระบบนิเวศต้นน้ำ

ในการวิเคราะห์หาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีบทบาทต่อความยั่งยืนของระบบนิเวศต้นน้ำ และกำหนดให้เป็นตัวแปรอิสระ (independent variable) ของแบบจำลองที่ใช้ประเมินค่าตัวชี้วัด จะใช้การวิเคราะห์การเชื่อมโยงโครงสร้างกับการทำงานตามหน้าที่ในการให้บริการของระบบนิเวศต้นน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการควบคุมการกัดเซาะพังทลายของดิน และการควบคุมระบบการดูดซับน้ำฝนและการระบายน้ำท่าให้กับลำธาร ที่ทำให้ลักษณะการไหลของน้ำท่าในลำธารเกิดการเปลี่ยนแปลง

ผลของการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบในส่วนที่เป็นการกัดเซาะพังทลายของดิน และการเปลี่ยนแปลงลักษณะการไหลของน้ำท่าในลำธารเกิดขึ้นจาก (๑)น้ำฝน ซึ่งเป็นปัจจัยหลัก (๒)ชนิดและปริมาณพืชคลุมดิน ซึ่งทำหน้าที่แบ่งน้ำฝนออกเป็นน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน เป็นปัจจัยรอง โดยมีปัจจัยสนับสนุนที่ประกอบไปด้วย (๓)ลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำผิวดิน และ (๔)ชนิดดิน ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำใต้ผิวดิน

สำหรับปัจจัยที่ (๒) ถึงปัจจัยที่ (๔) นี้ Soil Conservation Services (SCS) หรือ Natural Resources Conservation Services (NRCS) ในปัจจุบันของสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดให้เป็นปัจจัยพื้นที่ต้นน้ำที่มีบทบาทต่อการให้น้ำท่าที่ไหลในลำธาร หรือ runoff producing characteristics factors ซึ่ง NRCS กำหนดให้เป็นค่า CN หรือ curve number (Mishra and Singh, 2003) โดยมีน้ำฝนที่ตกลงมาก่อนหน้า หรือ Antecedent precipitation Index (API) เป็นปัจจัยสนับสนุนให้ ปัจจัยพื้นที่ต้นน้ำที่มีบทบาทต่อการให้น้ำท่าไหลในลำธาร (CN) กลายเป็นปัจจัยพื้นที่ต้นน้ำที่พร้อมจะให้น้ำท่า

ไหลในลำธาร (CNm) ในแต่ละช่วงเวลาของรอบปีนั่นเอง (Wanielista et al., 1997) อย่างไรก็ตามปัจจัยที่สำคัญที่สุดก็คือ ปริมาณน้ำฝนที่ตก ณ เวลานั้น หรือปริมาณน้ำฝนที่ตกในช่วงเวลาของการวิเคราะห์นั่นเอง (Viessman et al., 1989)

แนวคิดในการสร้างแบบจำลอง

ผลจากการคัดเลือกตัวชี้วัดความยั่งยืนของระบบนิเวศต้นน้ำ และวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีบทบาทต่อความยั่งยืนของระบบนิเวศต้นน้ำ เพื่อใช้เป็นตัวประเมินค่าตัวชี้วัด พอสรุปได้ดังนี้ กำหนดให้การเปลี่ยนแปลงปริมาณและลักษณะการไหลของน้ำท่าในลำธาร ซึ่งในที่นี้จะใช้สัดส่วนของปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหลในช่วงฤดูฝน (High Flow, HF) กับปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหลในช่วงฤดูแล้ง (Low Flow, LF) หรือ HF/LF เป็นตัวชี้วัดความยั่งยืนของระบบนิเวศต้นน้ำ

ส่วนปัจจัยที่ใช้ในการประเมินค่าตัวชี้วัด ประกอบไปด้วย (๑)ปัจจัยน้ำฝน และ (๒)ปัจจัยพื้นที่ต้นน้ำที่พร้อมจะให้น้ำท่าที่ไหลในลำธาร (CNm) ซึ่งเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการกระทำร่วมกันระหว่าง (๒.๑)ปัจจัยพื้นที่ต้นน้ำที่มีบทบาทต่อการให้น้ำท่าไหลในลำธาร หรือค่า CN กับ (๒.๒)ปริมาณน้ำฝนที่ตกสะสมล่วงหน้าก่อนการประเมินค่า หรือค่า API

สำหรับขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองเพื่อประเมินความยั่งยืนของระบบนิเวศต้นน้ำ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ คือ

(๑).พัฒนาการกำหนดค่าคะแนนปัจจัยย่อยของปัจจัยพื้นที่ต้นน้ำ ที่มีบทบาทต่อการให้น้ำท่าไหลในลำธาร หรือค่า CN ของ SCS-CN methodology เพื่อให้เหมาะสมกับพื้นที่ที่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับข้อมูลที่เป็นประโยชน์เช่นประเทศไทย

(๒).กำหนดค่าคะแนนปัจจัยพื้นที่ต้นน้ำที่มีบทบาทต่อการให้น้ำท่าไหลในลำธาร หรือค่า CN ด้วยเกณฑ์กำหนดที่เกิดขึ้นจากการพัฒนาให้กับพื้นที่ต้นน้ำศึกษา

(๓).ค้นหาแนวทางในการปรับค่า CN ให้เป็นค่าคะแนนรายเดือนของปัจจัยพื้นที่ต้นน้ำที่พร้อมจะเกิดน้ำท่าไหลในลำธาร หรือ CNm ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับการกำหนดเกณฑ์ให้กับตัวชี้วัด นั่นคือ HF/LF

(๔).สร้างและทดสอบแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อประเมินค่า ปริมาณน้ำท่ารายเดือน (Qm) จากข้อมูลปัจจัยที่ก่อให้เกิดน้ำท่าที่ไหลในลำธารรายเดือน นั่นคือ ปริมาณน้ำฝนรายเดือน กับค่า CNm โดยกำหนดให้มีรูปลักษณะดังนี้

$$Q_m = a + b \cdot R_m + c \cdot CN_m \quad \dots(๑)$$

เมื่อ	Qm	เป็นปริมาณน้ำท่ารายเดือน (มม.)
	Rm	เป็นปริมาณน้ำฝนรายเดือน (มม.)
	CNm	เป็นค่าคะแนนรายเดือนของปัจจัยพื้นที่ต้นน้ำที่พร้อมจะเกิดน้ำท่าไหลในลำธาร (ไม่มีหน่วยวัด)
	a, b และ c	เป็นค่าสัมประสิทธิ์

(๕).กำหนดค่า HF/LF ให้กับระดับต่าง ๆ ของความยั่งยืนของระบบนิเวศต้นน้ำ

(๖).ตรวจสอบการทำงานของแบบจำลอง

(๗).เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์การใช้งานแบบจำลองเพื่อประเมินความยั่งยืนของระบบนิเวศต้นน้ำ

แบบจำลองความยั่งยืนระบบนิเวศต้นน้ำ

(๑) ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง ประกอบไปด้วยข้อมูลรายเดือนของ ปริมาณน้ำฝน และปริมาณน้ำท่าที่ไหลในลำธารจากพื้นที่ป่าต้นน้ำ ๓ ชนิด คือ ป่าดิบเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง ข้อมูลเหล่านี้จะถูกเก็บวัดตั้งแตปี พ.ศ.๒๕๔๗ ถึงปี พ.ศ.๒๕๕๑ บริเวณพื้นที่ต้นน้ำโดยรอบและใกล้เคียงคอยเชียงดาว อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นข้อมูลของโครงการวิจัยความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศต้นน้ำของสวนวิจัยต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช นำข้อมูลทั้งสองมาหาค่าเฉลี่ยเป็นรายเดือนและกำหนดให้เป็นตัวแทนของข้อมูลน้ำฝนและน้ำท่าของป่าต้นน้ำชนิดต่าง ๆ ของประเทศไทย ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ ๒.

ตารางที่ ๒. ค่าเฉลี่ยรายเดือนของปริมาณน้ำฝน และปริมาณน้ำท่าของป่าต้นน้ำชนิดต่าง ๆ (พ.ศ.๒๕๔๗-๒๕๕๑)

เดือน	ป่าดิบเขา		ป่าเบญจพรรณ		ป่าเต็งรัง		ป่าต้นน้ำ	
	น้ำฝน	น้ำท่า	น้ำฝน	น้ำท่า	น้ำฝน	น้ำท่า	น้ำฝน	น้ำท่า
ม.ย.	155.40	6.81	118.20	11.25	125.60	0.00	133.07	6.02
พ.ค.	222.40	13.09	151.70	17.20	162.50	0.00	178.87	10.10
มิ.ย.	308.40	18.13	207.40	24.05	192.00	0.00	235.93	14.06
ก.ค.	353.10	40.10	226.10	46.10	266.50	1.11	281.90	29.10
ส.ค.	344.10	49.40	362.05	75.55	324.40	44.34	343.52	56.43
ก.ย.	461.00	72.80	354.70	111.75	380.00	28.53	398.57	71.03
ต.ค.	121.10	71.60	133.00	75.25	168.40	29.55	140.83	58.80
พ.ย.	76.87	38.87	50.40	42.67	60.20	15.11	62.49	32.22
ธ.ค.	58.00	80.27	30.40	31.69	34.87	3.67	41.09	38.54
ม.ค.	0.47	13.63	3.73	19.10	1.07	1.27	1.76	11.34
ก.พ.	8.07	7.33	8.00	13.80	6.53	0.65	7.53	7.26
มี.ค.	18.47	3.97	14.80	11.20	12.20	0.22	15.16	5.13
รวม	2127.37	415.99	1660.48	479.61	1734.27	124.45	1840.71	340.02
%น้ำท่า		19.55		28.88		7.18		18.47

(๒) นำเกณฑ์ที่ใช้กำหนดค่าคะแนนปัจจัยพื้นที่ต้นน้ำที่มีบทบาทต่อการให้น้ำท่าไหลในลำธาร (CN) ของปัจจัยภูมิประเทศ ชนิดดิน และชนิด-ปริมาณพืชคลุมดิน ที่พัฒนาจาก SCS-CN methodology ของสหรัฐอเมริกา มากำหนดค่าคะแนนให้กับป่าต้นน้ำที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองทั้งหมด ต่อจากนั้นจึงทำการหาค่าเฉลี่ย และกำหนดให้เป็นตัวแทนของป่าต้นน้ำทั้งหมดต่อไป ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ ๓.

ตารางที่ ๓. ค่าคะแนนของปัจจัยพื้นที่ต้นน้ำที่มีบทบาทต่อการให้น้ำท่าไหลในลำธาร ด้านภูมิประเทศ (CNto)

ชนิดดิน (CNso) และชนิด-ปริมาณพืชคลุมดิน (CNve) ของป่าต้นน้ำชนิดต่าง ๆ

ชนิดป่า	ค่า CN ของปัจจัยย่อย			CN
	CNto	CNso	CNve	
ป่าดิบเขา	50	5	3	58
ป่าเบญจพรรณ	44	9	8	61
ป่าเต็งรัง	38	15	13	66
เฉลี่ย	44	10	8	62

นำค่า CN ที่เป็นค่าเฉลี่ยของพื้นที่ต้นน้ำทั้งหมด คือ ๖๒ มาพัฒนาให้เป็นค่าคะแนนรายเดือนของปัจจัยพื้นที่ต้นน้ำที่พร้อมจะให้เกิดน้ำท่าไหลในลำธาร หรือ CNm ด้วยวิธีการตามขั้นตอนต่อไปนี้ คือ

(๒.๑).หาค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำท่ารายเดือนของตัวแทนที่เป็นป่าต้นน้ำทั้งหมด (AverQ)

(๒.๒).หาค่าสัมประสิทธิ์รายเดือนเพื่อใช้ในการปรับค่า CN ให้เป็นค่ารายเดือนของ CNm หรือค่า Coe-CNm ด้วยสมการคณิตศาสตร์ที่มีรูปแบบดังต่อไปนี้

$$\text{Coe-CNm} = (\text{CN/AverQ}) * \text{Qm} \quad \dots(๒)$$

เมื่อ	Coe-CNm	เป็นค่าสัมประสิทธิ์รายเดือนที่ใช้ในการปรับค่า CN ให้เป็นค่า CNm ของแต่ละเดือน (ไม่มีหน่วยวัด)
	CN	เป็นค่าคะแนนโดยรวมทั้งหมดของปัจจัยพื้นที่ต้นน้ำที่มีบทบาทต่อการให้น้ำท่าไหลในลำธารของป่าต้นน้ำ (ไม่มีหน่วยวัด)
	AverQ	เป็นค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำท่ารายเดือนของพื้นที่ป่าต้นน้ำโดยรวมทั้งหมด (มม.)
	Qm	เป็นปริมาณน้ำท่ารายเดือนของพื้นที่ป่าต้นน้ำโดยรวมทั้งหมด (มม.)

(๒.๓).นำค่า CN โดยรวมทั้งหมด คือ ๖๒ มาหักออกจากค่าสัมประสิทธิ์ในการปรับค่าแต่ละเดือน (Coe-CNm) ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจะเป็นค่าคะแนนปัจจัยพื้นที่ต้นน้ำที่พร้อมจะให้น้ำท่าไหลในลำธารของเดือนนั้น ๆ (CNm) ทั้งนี้จะอยู่ภายใต้ข้อกำหนดที่ว่า ถ้าผลต่างของ Coe-CNm กับ CN มีค่าติดลบหรือน้อยกว่าศูนย์ จะกำหนดให้ผลต่างนั้นมีค่าเป็นศูนย์ ผลของการดำเนินงานทั้งหมด ได้แสดงรายละเอียดไว้ใน ตารางที่ ๔.

ตารางที่ ๔ การหาค่าสัมประสิทธิ์รายเดือนในการปรับค่า CN ให้เป็นค่ารายเดือนของ CNm (ค่า Coe-CNm)

เดือน	Qm	Coe-CNm	CNm
ม.ย.	6.02	14	0
พ.ค.	10.10	23	0
มิ.ย.	14.06	32	0
ก.ค.	29.10	67	5
ส.ค.	56.43	130	68
ก.ย.	71.03	163	101
ต.ค.	58.80	135	73
พ.ย.	32.22	74	12
ธ.ค.	21.88	50	0
ม.ค.	11.34	26	0
ก.พ.	7.26	17	0
มี.ค.	5.13	12	0
เฉลี่ย	26.95		

(๓).สร้างสมการคณิตศาสตร์เพื่อประเมินค่าน้ำท่ารายเดือน (Qm, มม.) จากปัจจัยน้ำฝนรายเดือน (Rm, มม.) และค่าคะแนนรายเดือนของปัจจัยพื้นที่ต้นน้ำที่พร้อมจะให้น้ำท่าไหลในลำธาร (CNm, ไม่มีหน่วยวัด) โดยนำวิธีการวิเคราะห์ความถดถอย (regression analysis) ในรูปของสหสัมพันธ์สมการเชิงเส้นตรง (linear regression equation) เป็นเครื่องมือผลของการดำเนินงานปรากฏว่า สมการคณิตศาสตร์ที่ได้มีรูปแบบดังนี้ คือ

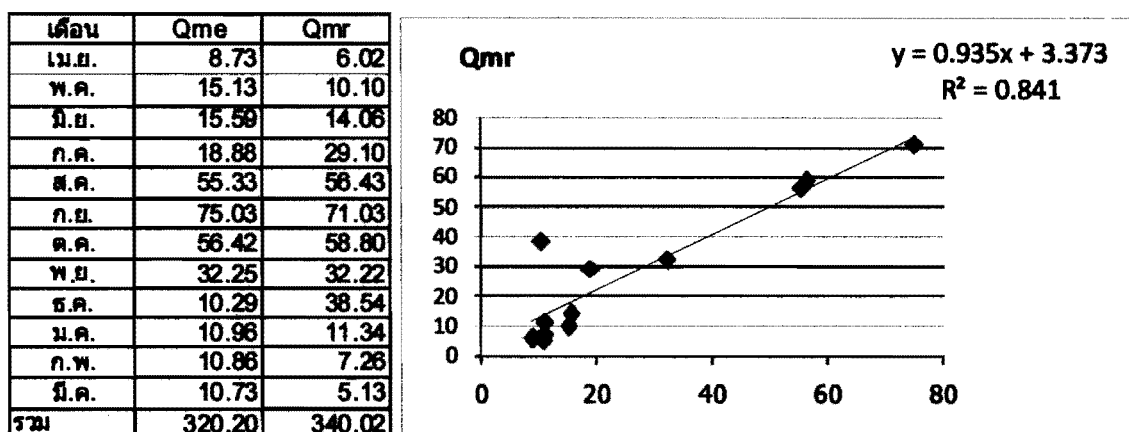
ในช่วงฤดูฝน (ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม)

$$Q_m = 12.45 + 0.015 \cdot R_m + 0.56 \cdot CN_m \quad \dots(๓)$$

ในช่วงฤดูแล้ง (ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน)

$$Q_m = 10.99 - 0.017 \cdot R_m + 1.84 \cdot CN_m \quad \dots(๔)$$

ภายหลังการทดสอบการทำงานของแบบจำลอง (verify) ด้วยการนำข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองคือ ค่าคะแนนรายเดือนของปัจจัยพื้นที่ต้นน้ำที่พร้อมจะให้เกิดน้ำท่าไหลในลำธาร (CNm) และปริมาณน้ำฝนรายเดือน (Rm) กลับเข้ามาหาปริมาณน้ำท่ารายเดือน (Qm) และ HF/LF พบว่า แบบจำลองดังกล่าวนี้ให้ความถูกต้องในระดับที่ค่อนข้างสูง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ในการหา หรือ coefficient of determination (r^2) เท่ากับ ๘๔.๑๐ เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปที่ ๑.



รูปที่ ๑. การทดสอบการทำงานของแบบจำลอง (verified model)

(๔).การกำหนดค่า HF/LF ให้กับระดับความยั่งยืนของระบบนิเวศต้นน้ำ เริ่มต้นจากการหาสัดส่วนของปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหลในฤดูฝน (ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม) กับปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหลในฤดูแล้ง (ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน) หรือค่า HF/LF ของป่าต้นน้ำแต่ละชนิดมาหาค่าเฉลี่ย นำผลผลิตที่เกิดขึ้นทั้งหมดมาจัดเรียงใหม่ จากค่า HF/LF น้อยไปหาค่า HF/LF มาก และกำหนดเป็นค่าคะแนนให้กับความยั่งยืนของระบบนิเวศต้นน้ำแต่ละระดับ ผลของการดำเนินงานได้แสดงรายละเอียดในตารางที่ ๕. คือ

ตารางที่ ๕. การกำหนดค่าคะแนนของ HF/LF ให้กับระดับต่าง ๆ ของความยั่งยืนของระบบนิเวศต้นน้ำ

ชนิดป่า	HF	LF	HF/LF	ระดับSEc	HF/LF
ป่าดิบเขา	265.12	100.87	2.63	ปกติ	< 2.50
ป่าเบญจพรรณ	349.90	129.71	2.70	เสื่อมโทรม	2.51-2.70
ป่าเต็งรัง	103.53	20.93	4.95	ระงับภัย	2.71-3.00
		ค่าเฉลี่ย	3.42	วิกฤต	> 3.00

(๕) ในการตรวจสอบแบบจำลองเพื่อการนำไปใช้กับพื้นที่ต้นน้ำต่าง ๆ ทั่วประเทศ (validation) ได้จำลองเหตุการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในท้องที่ต่าง ๆ มาเป็นตัวตรวจสอบ ได้แก่การทำสวนยางพารา ที่จังหวัดเชียงใหม่ การทำไร่ข้าวโพด ที่จังหวัดน่าน และป่าธรรมชาติเชิงเขาใหญ่ ที่ลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา โดยนำเข้าสู่สภาพพื้นที่ ลักษณะดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน และปริมาณน้ำฝนรายเดือนของท้องที่แห่งนั้น ผลการตรวจสอบพบว่าผลผลิตที่เกิดขึ้นจากแบบจำลองสอดคล้องกับความเป็นจริงในพื้นที่ ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ ๖

ตารางที่ ๖. การตรวจสอบแบบจำลองความยั่งยืนระบบนิเวศต้นน้ำ กับข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลอง

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	จังหวัด	CNto	CNso	CNve	CN	HF/LF	ความยั่งยืน
สวนยางพารา	เชียงใหม่	50	15	18	83	3.23	วิกฤต
ไร่ข้าวโพด	น่าน	44	15	23	82	3.13	วิกฤต
ป่าดิบแล้ง	นครราชสีมา	38	5	5	48	2.32	ปกติ

(๖) การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้ทำการเขียนโปรแกรมการทำงานของแบบจำลองความยั่งยืนของระบบนิเวศต้นน้ำบน Microsoft EXCEL ทั้งนี้เพื่อให้สะดวกสำหรับผู้ใช้งาน การทำงานของโปรแกรมเริ่มต้นจากการนำเข้าสู่ข้อมูลค่าคะแนนปัจจัยพื้นที่ต้นน้ำที่มีบทบาทต่อการให้น้ำท่าไหลในลำธารของพื้นที่ศึกษา ซึ่งแบ่งออกเป็น ๓ ปัจจัยคือ (๑) ปัจจัยภูมิประเทศ หรือ CNto (๒) ปัจจัยดิน หรือ CNso และ (๓) ปัจจัยพืชคลุมดิน หรือ CNve

โปรแกรมจะทำการรวมค่าคะแนน CNto, CNso และ CNve ให้เป็นค่า CN แล้วนำไปปรับให้เป็นค่าคะแนนปัจจัยพื้นที่ต้นน้ำที่พร้อมจะให้น้ำท่าไหลในลำธารเป็นรายเดือน หรือค่า CNm ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการนำเข้าสู่ข้อมูลน้ำฝนรายเดือนของพื้นที่ศึกษา โปรแกรมจะนำสมการที่ (๓) และ (๔) มาประเมินค่าน้ำท่ารายเดือน หรือ Qm

ขั้นตอนสุดท้ายโปรแกรมจะนำค่าน้ำท่ารายเดือนมาหาค่า HF/LF แล้วจึงนำมาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดให้ เพื่อระบุความยั่งยืนของระบบนิเวศต้นน้ำของพื้นที่ศึกษา ว่าอยู่ในระดับใด ทั้งนี้รูปลักษณ์ของโปรแกรมการทำงานของแบบจำลองมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ ๒.

บทสรุป

แบบจำลองเพื่อประเมินความยั่งยืนของระบบนิเวศต้นน้ำ ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้วัดสถานภาพของพื้นที่ต้นน้ำว่ามีการทำงานตามหน้าที่ทางด้านกายภาพอย่างยั่งยืนหรือไม่ เพื่อนำไปสู่การจัดลำดับความสำคัญต่อการพัฒนาพื้นที่ต้นน้ำ ก่อนหลังของหน่วยจัดการต้นน้ำ และการสร้างแผนพร้อมทั้งจัดสรรงบประมาณอย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนสามารถใช้ชี้วัดผลสำเร็จของการดำเนินงานพัฒนาของหน่วยจัดการต้นน้ำอีกด้วย

ลักษณะของแบบจำลอง เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ประเมินค่าความยั่งยืนของระบบนิเวศต้นน้ำ โดยใช้สัดส่วนของปริมาณน้ำท่าที่ไหลในช่วงฤดูฝน กับปริมาณน้ำท่าที่ไหลในช่วงฤดูแล้งเป็นตัวชี้วัด และใช้ตัวแปรที่ประกอบไปด้วยปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างระบบนิเวศต้นน้ำที่มีบทบาทต่อการไหลของน้ำท่าในลำธาร ที่ประกอบไปด้วยปริมาณน้ำฝน และค่าคะแนนปัจจัยพื้นที่ต้นน้ำที่มีบทบาทต่อการให้น้ำท่าไหลในลำธาร ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศ ชนิดดิน

แบบจำลองเพื่อประเมินความยั่งยืนของระบบนิเวศต้นน้ำ

(1) กำหนดค่าความยั่งยืนของพื้นที่ต้นน้ำที่นิยามตามผลการให้น้ำป่าในลำธาร (ค่า CN)
โดยที่ (CN = CNto + CNso + CNve)



กำหนดค่าความยั่งยืนของลำน้ำในเขต ←



กำหนดค่าความยั่งยืนของ ←



กำหนดค่าความยั่งยืนของ ←

ค่า CN =

(2) แบบจำลองการไหลน้ำ CN โดยรวม (รวมการไหลน้ำ) เป็นค่า CN ของต้นน้ำต้นน้ำ



(3) นำค่าความยั่งยืนของพื้นที่ต้นน้ำมาหารด้วยค่าความยั่งยืนของพื้นที่ต้นน้ำ
นำค่าความยั่งยืนของพื้นที่ต้นน้ำมาหารด้วยค่าความยั่งยืนของพื้นที่ต้นน้ำ



เปอร์เซ็นต์น้ำท่า =

(4) นำสัดส่วนของปริมาณน้ำท่าที่ไหลในช่วงฤดูฝน (HF) กับน้ำที่ไหลในฤดูแล้ง (LF)



(5) นำระดับความยั่งยืนของระบบนิเวศต้นน้ำ

เกณฑ์กำหนดระดับความยั่งยืน



รูปที่ ๒. โปรแกรมการทำงานของแบบจำลองเพื่อประเมินความยั่งยืนของระบบนิเวศต้นน้ำ

และชนิด-ปริมาณพืชคลุมดิน เป็นตัวประเมินค่าตัวชี้วัด โดยนำข้อมูลทางด้านอุทกวิทยาของป่าต้นน้ำชนิดต่าง ๆ บริเวณคอย เชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่มาสร้างเป็นแบบจำลอง

ถึงแม้ว่าแบบจำลองดังกล่าวจะให้ผลของการประเมินสถานภาพที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่เกิดขึ้นในพื้นที่ก็ตาม แต่ก็ยังมีบางส่วนที่ต้องได้รับการพัฒนา อาทิ ค่าของสัดส่วนปริมาณน้ำท่าที่ไหลในช่วงฤดูฝน กับปริมาณน้ำท่าที่ไหลในช่วงฤดูแล้ง หรือค่า HF/LF ยังไม่สมเหตุผลเท่าที่ควร ดังนั้นจึงควรที่จะมีการพัฒนาแบบจำลองดังกล่าวนี้ต่อไป เพื่อให้การประเมินสถานภาพของพื้นที่ต้นน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งความยั่งยืนของระบบนิเวศมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Mishra,S.K. and V.P.Singh. 2003. Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 553 P.
- Viessman, W.Jr., G.L. Lewis and J.W. Knapp. 1989. Introduction to Hydrology. Harper & Row Publishers. Singapore. 780 P.
- Wanielista, M., R. Kersten and R. Eaglin. 1997. Hydrology : Water quantity and quality control. John Wiley & Sons, Inc. 567 P.

