การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชร

Development of Mathematical Model for Land Utilization on Streamflow in Sub-Watershed Kamphaeng Phet Province

บรรจงศักดิ์ ฟักสมบูรณ์*
Banchongsak Faksomboon
นพรัตน์ ไชยวิโน*
Nopparut Chaivino
นเรศ ขำเจริญ*
Nares Khamcharoen

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชร โดยการพัฒนาแบบจำลองทางอุทกวิทยา (Soil and Water Assessment Tool; SWAT) ในการประเมินปริมาณน้ำท่าในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2560 และสอบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองจากข้อมูลการตรวจวัด โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) จากการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่า ลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชรมีขนาดพื้นที่เท่ากับ 1,800 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำท่ารวมเท่ากับ 4,532.18 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งเดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 มีปริมาณน้ำท่าสูงสุด เท่ากับ 896.73 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือนและต่ำสุดในเดือนมกราคม พ.ศ. 2560 เท่ากับ 92.96 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ส่วนการจำลองรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสมที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่า พบว่า ปริมาณน้ำท่ารวม เท่ากับ 4,658.70 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งเดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 มีปริมาณน้ำท่าสูงสุด เท่ากับ 796.56 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือนและต่ำสุดในเดือนมกราคม พ.ศ. 2560 เท่ากับ 110.20 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน

คำสำคัญ : แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ / การใช้ประโยชน์ที่ดิน / ปริมาณน้ำท่า

*อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ABSTRACT

The objective of this study was to development of mathematical model for land utilization on streamflow in Sub-Watershed Kamphaeng Phet Province (SWKPP). The Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model was applied in order to estimate amount of the streamflow from January 2016 to May 2017. The reliability of the model was calibrated with the observed measurement data. The goodness of the calibration result was assessed based on the coefficient of determination (R^2). The results obtained from development of mathematical model showed that the SWKPP area was 1,800 km^2, the total streamflow was 4,532.18 MCM. In October 2016, the maximum streamflow was 896.73 MCM and minimum in January 2017 was 92.96 MCM. The analysis of land utilization patterns suitable on streamflow showed that the total streamflow was 4,658.70 MCM. In October 2016, the maximum streamflow was 796.56 MCM and minimum in January 2017 was 110.20 MCM.

Keywords : Mathematical Model / Land Use / Streamflow

บทนำ

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ปัจจุบันจำนวนประชากรภายในประเทศมีเพิ่มมากขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจึงทำให้มีความต้องการในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมต่างๆ มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งทรัพยากรน้ำซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญและจำเป็นสำหรับทุกสรรพสิ่ง ปัจจุบันมนุษย์ใช้น้ำในการดำรงชีวิตในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นทางด้านการทำการเกษตร เพาะปลูก เลี้ยงสัตว์ อุตสาหกรรม อุปโภค บริโภค รวมถึงกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ เป็นต้น การนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้เพื่อการพัฒนาโดยปราศจากการจัดการที่ดี ไม่ว่าจะเป็นการใช้ที่ดินอย่างไม่เหมาะสมกับสมรรถนะของดิน การตัดไม้ทำลายป่า ฯลฯ ก่อให้เกิดปัญหาต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวต้องใช้น้ำในการอำนวยความสะดวกและส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบุกรุกพื้นที่ต้นน้ำ เพื่อทำการเกษตรในพื้นที่สูง สอดคล้องกับ (อรอิงค์, 2551) การนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้เพื่อการพัฒนาประเทศหรือเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์โดยปราศจากการบริหารจัดการที่ดีไม่ว่าจะเป็นการใช้ที่ดินอย่างไม่เหมาะสมกับสมรรถนะของดิน การตัดไม้ทำลายป่า การบุกรุกพื้นที่ต้นน้ำ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ฯลฯ นับวันจะเพิ่มปริมาณสูงขึ้นตามจำนวนของประชากรที่เพิ่มขึ้น ลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชรเป็นหนึ่งในลุ่มน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงจากเดิมที่ยังคงสภาพของระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมที่ดี ปัจจุบันมีชุมชนเข้ามาอาศัยและเกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีการใช้ประโยชน์ที่ดินผิดประเภทการทำเกษตรกรรมในพื้นที่สูง การบุกรุกพื้นที่ต้นน้ำ ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณน้ำท่า ปริมาณตะกอน สิ่งมีชีวิต ระบบนิเวศ และสิ่งแวดล้อม โดยในการศึกษาได้พัฒนาแบบอุทกวิทยาดินและน้ำ (Soil and Water Assessment Tool; SWAT) ซึ่งแบบจำลองสามารถใช้ในการทำนายผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อทรัพยากรน้ำได้หลากหลาย เช่น ปริมาณน้ำท่า ปริมาณตะกอนแขวน คุณภาพน้ำ สารเคมีที่เกิดขึ้นจากเกษตรกรรมหรือชุมชนที่อยู่อาศัย ระบบชลประทาน เป็นต้น รวมถึงแนวทางการจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำได้ (Neitsch., et al., 2011) สอดคล้องกับ ปิยวัฒน์ (2556) กล่าวว่า แบบจำลอง SWAT ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการประเมินปริมาณน้ำท่าและปริมาณตะกอนภายในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่โดยสามารถคำนวณเป็นรายวันต่อเนื่องตามระยะเวลาที่ยาวนานได้

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาลักษณะทางกายภาพและประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชร พร้อมทั้งนำผลที่ได้จากการศึกษาใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินรวมถึงป้องกันไม่ให้ทรัพยากรธรรมชาติเกิดความเสื่อมโทรมลงจนเป็นปัญหาต่อสิ่งมีชีวิต ระบบนิเวศ และสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดความเหมาะสมอย่างเป็นระบบและเกิดความยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์

อุปกรณ์หลักที่ใช้สำหรับการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal computer) โดยติดตั้งระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 7 แบบจำลองประเมินอุทกวิทยา (Soil and Water Assessment Tool; SWAT) โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System; GIS) โปรแกรม Microsoft Office 2013 โปรแกรม Edit plus text editor ข้อมูลชุดดิน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลปริมาณตะกอนแขวนลอย กล้องถ่ายภาพดิจิตอล (Digital camera)

วิธีการ

การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชร มีวิธีการและขั้นตอนการดำเนินงานของการศึกษาที่สำคัญดังนี้

การรวบรวมข้อมูล

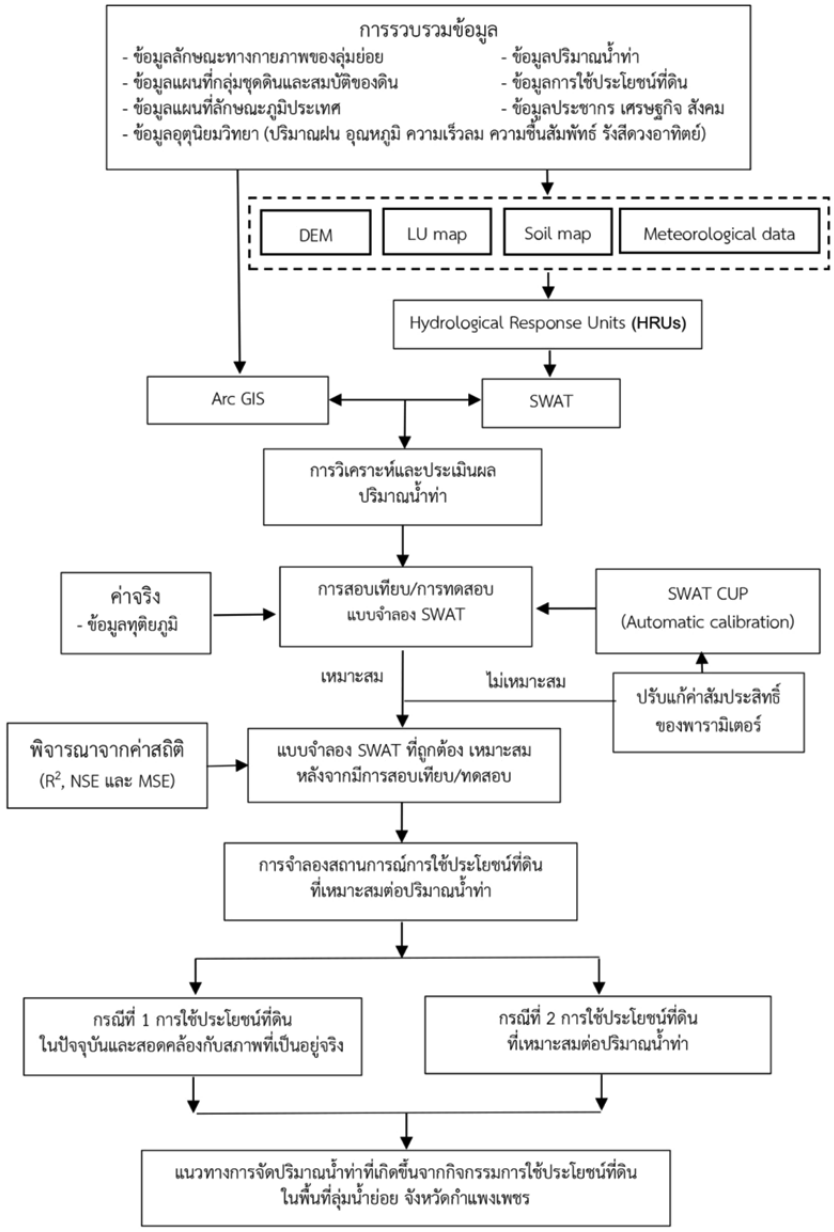
การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา (ตารางที่ 1) ประกอบด้วยข้อมูลความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model; DEM) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินภายในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชร นำมาวิเคราะห์และจัดรวมกลุ่มประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีความเหมือนและคล้ายคลึงกันให้อยู่ในกลุ่มหรือชนิดเดียวกัน ข้อมูลชุดดินและการกระจายตัวของดินชุดต่างๆ ของกรมพัฒนาที่ดิน (2545) ข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากกรมชลประทาน (ข้อมูลรายเดือน) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณฝน ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ (ต่ำสุด-สูงสุด) จากกรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งแบบจำลอง SWAT จะมีการทำงานร่วมกับโปรแกรม GIS ในการจำลองลักษณะทางอุทกวิทยาและการประเมินผลกระทบของกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลปริมาณตะกอนแขวนลอยที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชร

ตารางที่ 1 ข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT

ลำดับ	รายละเอียด	ลักษณะข้อมูล	แหล่งที่มา
1	ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน	GIS file	กรมพัฒนาที่ดิน
2	ข้อมูลกลุ่มชุดดิน	GIS file	กรมพัฒนาที่ดิน
3	ข้อมูลขอบเขตของเขตการปกครอง	GIS file	กรมพัฒนาที่ดิน
4	ข้อมูลระดับความสูงเชิงตัวเลข	GIS file	กรมแผนที่ทหาร
5	ข้อมูลเส้นทางลำน้ำ	GIS file	กรมแผนที่ทหาร
6	ข้อมูลตำแหน่งสถานีตรวจวัดอากาศ	GIS file	กรมอุตุนิยมวิทยา
7	ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา	Excel file	กรมอุตุนิยมวิทยา
8	ข้อมูลตำแหน่งสถานีตรวจวัดน้ำ	Excel file	กรมชลประทาน
9	ข้อมูลปริมาณน้ำ	Excel file	กรมชลประทาน

การวิเคราะห์และประเมินผลข้อมูล

การวิเคราะห์และประเมินผลข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดของกรมชลประทาน เพื่อใช้ในการเป็นฐานข้อมูลการปรับเทียบ/ทดสอบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง SWAT และ 2) การประเมินผลปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT (ภาพที่ 1) โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนการศึกษาดังนี้



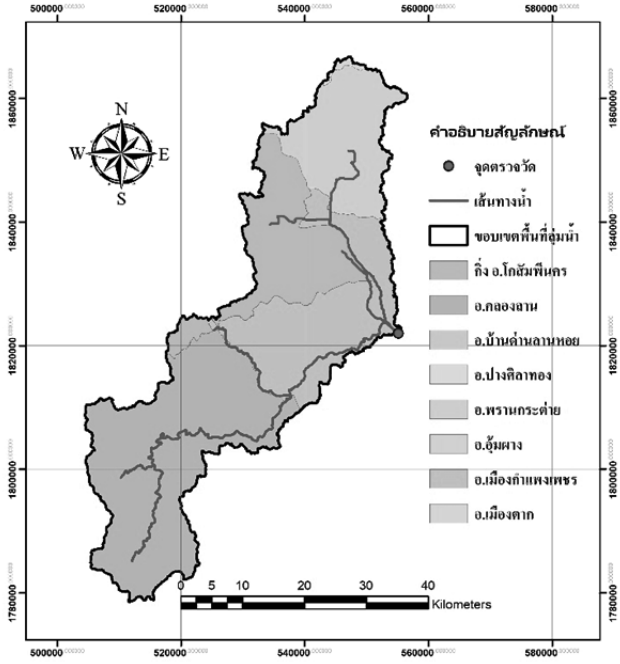
ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชร

1. การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ได้จากกรมชลประทาน โดยการคำนวณหาปริมาณน้ำท่าบริเวณจุดออกน้ำ (Outlet) ของลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 1 จุดในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ.2559 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2560 ผลที่ได้ใช้เป็นฐานข้อมูลในการปรับเทียบ/ทดสอบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง SWAT ให้มีความใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดมากที่สุดก่อนนำแบบจำลองที่ได้ไปประยุกต์ใช้

2. การประเมินผลปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT ประกอบด้วยการนำเข้าข้อมูล 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) การนำเข้าข้อมูลทางด้านกายภาพเชิงพื้นที่ และ 2) การนำเข้าข้อมูลในรูปแบบของตารางข้อมูล โดยมีขั้นตอนและรายละเอียดในการวิเคราะห์ดังนี้

1) การกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา

การกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา (ภาพที่ 2) เริ่มจากการนำเข้าข้อมูล DEM ซึ่งถูกแปลงให้เป็นข้อมูลในรูปแบบของราสเตอร์หรือเป็นข้อมูลในรูปของกริดเซลล์รูปเหลี่ยม โดยข้อมูล DEM จะใช้ในการประเมินสภาพทางกายภาพโดยทั่วไปของพื้นที่ศึกษาได้หลายประเภท เช่น การสร้างเส้นทิศทางการไหลของน้ำ การสร้างระดับความลาดชันของพื้นที่ การสร้างผลรวมของการไหลสะสมของน้ำ การสร้างระบบโครงข่ายลำน้ำภายในพื้นที่ลุ่มน้ำ การสร้างขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่ศึกษา จุดออกของน้ำ (Outlet) เป็นต้น



ภาพที่ 2 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา พื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชร

2) การกำหนดลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

รวมประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่มีลักษณะใกล้เคียงหรือคล้ายคลึงกันจัดให้อยู่ในกลุ่มหรือประเภทเดียวกัน พร้อมทั้งกำหนดรหัสตัวอักษรหลัก 4 ตัว (A-Z) ให้กับกลุ่มหรือประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นๆ โดยพิจารณาจากฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินหลักของแบบจำลอง SWAT เพื่อให้ข้อมูลดังกล่าวมีการเชื่อมโยงตรงกันระหว่างข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาและข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของข้อมูลพื้นฐานของแบบจำลอง SWAT (บรรจงศักดิ์ และนิพนธ์, 2560)

3) การกำหนดลักษณะของกลุ่มชุดดิน

การกำหนดลักษณะของกลุ่มชุดดิน โดยการนำเข้าข้อมูลแผนที่ลักษณะของกลุ่มชุดดินเข้าสู่แบบจำลอง SWAT พร้อมทั้งสร้างตารางเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลดินของพื้นที่ศึกษาและข้อมูลดินของแบบจำลองให้ตรงกัน เพื่อนำเข้าสู่ฐานข้อมูลการประเมินของแบบจำลอง SWAT ในลักษณะเดียวกันกับการกำหนดลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

4) การกำหนดหน่วยการตอบสนองทางอุทกวิทยา

การกำหนดหน่วยการตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrological Response Units; HRUs) เป็นการกำหนดความละเอียดของหน่วยพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยให้พื้นที่ลุ่มน้ำมีลักษณะ HRUs ที่หลากหลาย เช่น ตามลักษณะประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ลักษณะของกลุ่มชุดดิน ความลาดชั้นของพื้นที่จริงให้มากที่สุด เป็นต้น ซึ่งการกำหนด HRUs มีผลต่อผลที่ได้จากการประเมินของแบบจำลอง SWAT สูง (บรรจงศักดิ์ และนิพนธ์, 2560)

5) การนำเข้าข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

ข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่นำเข้าทั้งหมดในแบบจำลองเป็นข้อมูลรายวัน (สูงสุด-ต่ำสุด) โดยจะต้องจัดทำข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของตารางลำดับเรียงกันอย่างถูกต้องตามที่แบบจำลอง SWAT ต้องการและก่อนการนำเข้าข้อมูลจะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลสภาพภูมิอากาศต่างๆ เช่น ข้อมูลมีการขาดหาย ข้อมูลที่มีค่าโดด ข้อมูลที่ผิดปกติ เป็นต้น เพื่อให้ข้อมูลที่ มีความถูกต้องมากที่สุด

3. การสอบเทียบและปรับเทียบแบบจำลองSWAT

การสอบเทียบและการปรับเทียบแบบจำลองเป็นกระบวนการที่ทำให้แบบจำลองให้ผลลัพธ์มีความสอดคล้องต่อสภาพธรรมชาติหรือลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำที่เป็นอยู่จริงในพื้นที่ให้มากที่สุด ซึ่ง นิพนธ์ (2545) กล่าวว่า การสอบเทียบหรือการปรับเทียบ คือ การทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นด้วยข้อมูลสารสนเทศที่มีการตรวจวัดไว้แล้วทั้งส่วนที่เป็นข้อมูลสารสนเทศนำเข้าและข้อมูลสารสนเทศที่เป็นผลลัพธ์ เพื่อเป็นการปรับประมาณค่าปัจจัยในกรณีที่ยังไม่มีข้อมูลปรากฏ โดยการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้โปรแกรม SWAT CUP เป็นวิธีการในการปรับเทียบผลของข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT ซึ่งจุดเด่นของโปรแกรม SWAT CUP ที่แตกต่างจากการปรับเทียบวิธีอื่นๆ โดยจะเป็นการปรับเทียบข้อมูลแบบอัตโนมัติเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมของพารามิเตอร์นั้นๆ (Arnold, et al., 1998; Abbaspour, et al., 2004; Yang, et al., 2008; Oeurng, et al., 2011; Pinglot, 2012; Banchongsak, et al., 2017) และเมื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์ที่มีความถูกต้องเหมาะสมแล้วจะนำไปใช้แทนค่าสัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง SWAT อีกครั้ง เพื่อให้ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง SWAT มีค่าเข้าใกล้หรือใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัดมากที่สุด จึงจะสามารถนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้

4. เกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกแบบจำลอง

เกณฑ์ในการพิจารณาการปรับเทียบความถูกต้องและเหมาะสมของปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดภายในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชร ของการศึกษาครั้งนี้มีวิธีการที่นำมาใช้ในการพิจารณา ได้แก่ การใช้รูปแบบของกราฟในการปรับเทียบและค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (Coefficient of Determination; R^2)

5. การประเมินปริมาณน้ำท่า

การประเมินปริมาณน้ำท่าประกอบด้วย ปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นรายเดือนภายในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งช่วงเวลาที่ใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่าของการศึกษาครั้งนี้ คือ ช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2560

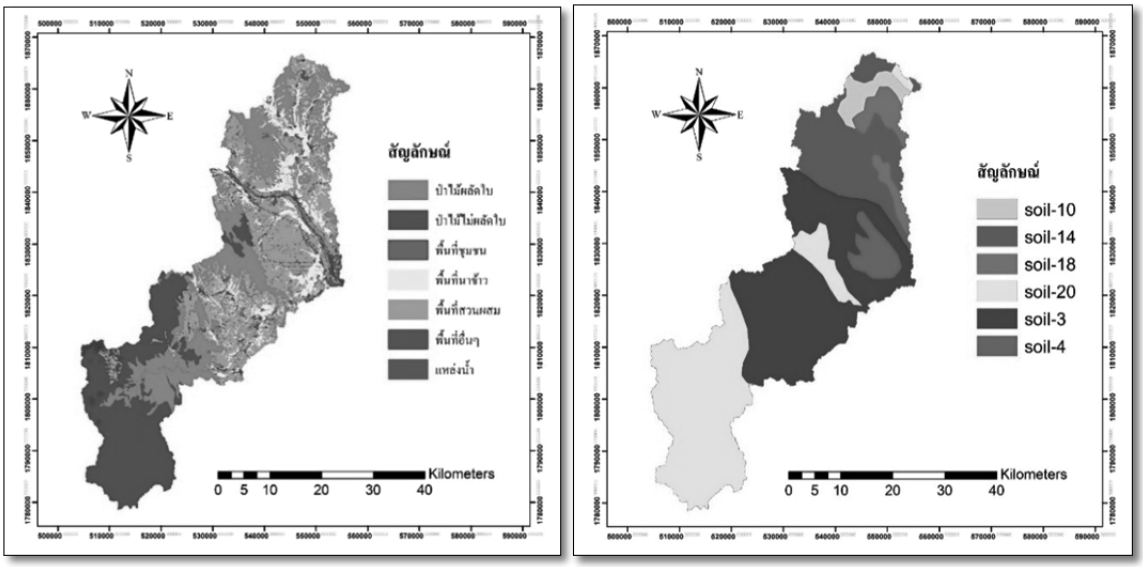
ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชร

การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูล DEM ที่มีขนาดความละเอียดเท่ากับ 30 x 30 เมตร พบว่า พื้นที่ลุ่มย่อย จังหวัดกำแพงเพชร มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 1,800 ตารางกิโลเมตร โดยลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำมีลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบ มีความลาดชันต่ำ เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมและที่อยู่อาศัย ซึ่งลักษณะกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำแบบนี้ส่งผลต่อการไหลของน้ำและปริมาณตะกอนในลำน้ำที่ไหลลงสู่พื้นที่ตอนล่างค่อนข้างช้า ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินแบ่งออกเป็น 7 ประเภท ได้แก่ 1) พื้นที่ป่าไม้ผลัดใบ 2) พื้นที่ป่าไม้ไม่ผลัดใบ 3) พื้นที่ชุมชน 4) พื้นที่นาข้าว 5) พื้นที่สวนผสม 6) พื้นที่อื่นๆ และ 7) พื้นที่แหล่งน้ำ แบ่งกลุ่มชุดดินแบ่งออกเป็น 6 กลุ่มชุดดินได้แก่ ชุดดินที่ 3, 4, 10, 14, 18 และ 20 และแบ่งความลาดชันออกเป็น 5 ระดับชั้น ตามการแบ่งระดับชั้นของกรมพัฒนาที่ดิน (2545) ได้แก่ ระดับความลาดชันชั้นที่ 1 ความลาดชันร้อยละ 0-2 (ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ) ระดับความลาดชันชั้นที่ 2 ความลาดชันร้อยละ 2-5 (ลาดชันเล็กน้อยมาก) ระดับความลาดชันชั้นที่ 3 ความลาดชันร้อยละ 5-12 (ลาดชันเล็กน้อย) ระดับความลาดชันชั้นที่ 4 ความลาดชันร้อยละ 12-35 (ลาดชันสูงถึงสูงชันปานกลาง) และระดับความลาดชันชั้นที่ 5 ความลาดชันมากกว่าร้อยละ 35 (สูงชันถึงสูงชันมากที่สุด) ตามลำดับ

2. ผลการศึกษาหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา

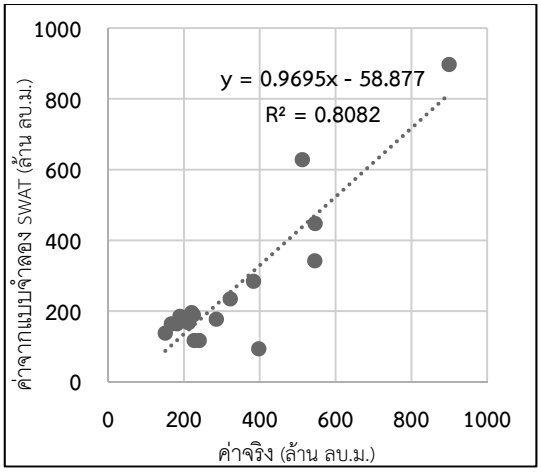
การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นการกำหนดรายละเอียดของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชรให้สามารถมีลักษณะทางอุทกวิทยาของพื้นที่ให้มีความหลากหลายตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ลักษณะของกลุ่มชุดดิน และระดับความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ภาพที่ 3) โดยพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชรได้แบ่งลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 7 ประเภท (ภาพที่ 3 a) และ 6 กลุ่มชุดดิน (ภาพที่ 3 b) ซึ่งผลจากการกำหนด HRUs ของลุ่มน้ำย่อยที่ได้จากการนำข้อมูลชุดดิน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน และข้อมูลระดับความลาดชันมาวางซ้อน (Overlay) ร่วมกับการจัดเรียงประเภทรายการข้อมูล (Reclassification) ทำให้ได้หน่วยการตอบสนองทางอุทกวิทยาทั้งหมดจำนวน 49 HRUs



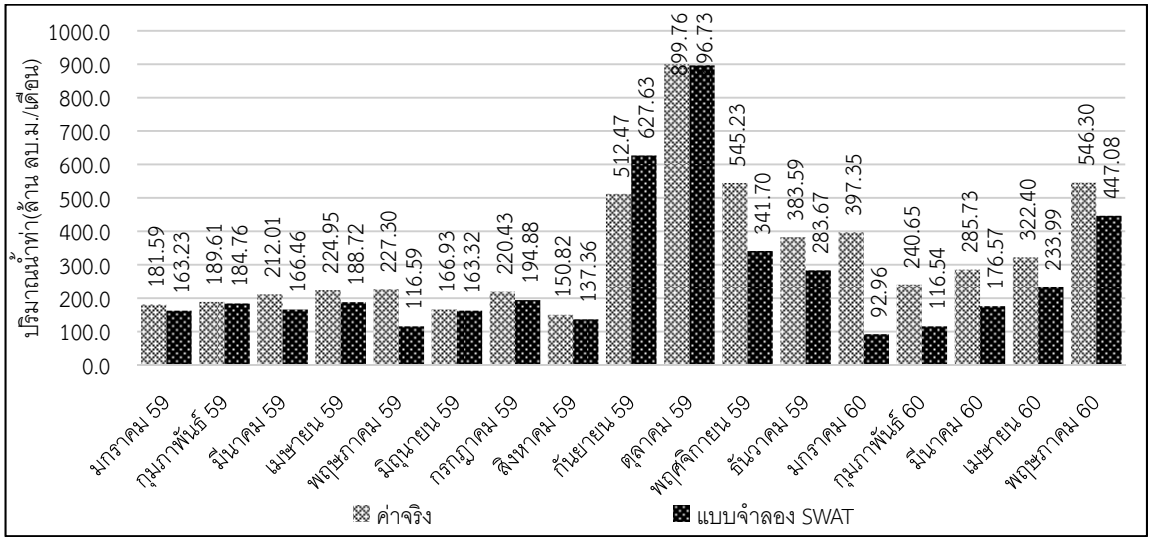
ภาพที่ 3 หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาของการใช้ประโยชน์ที่ดิน (a) และ กลุ่มชุดดิน (b) ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชร

3. ผลการศึกษาการปรับเทียบปริมาณน้ำท่า

การปรับเทียบค่าความถูกต้องของแบบจำลอง ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของการกระจายตัวระหว่างปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT กับค่าที่ได้จากการตรวจวัดในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2560 (ภาพที่ 4 และ ภาพที่ 5) ซึ่งได้แสดงความสัมพันธ์การกระจายตัวระหว่างปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT กับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด และข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Data) ซึ่งเป็นข้อมูลการตรวจวัดเป็นแบบอัตโนมัติ (ข้อมูลรายวัน) ประกอบด้วยข้อมูลปริมาณฝนและข้อมูลอุณหภูมิอากาศ (ต่ำสุด-สูงสุด) จากสถานีตรวจสภาพภูมิอากาศจังหวัดกำแพงเพชรรวมถึงสถานีตรวจวัดใกล้เคียงพื้นที่ศึกษา พบว่า ค่า R^2 ของปริมาณน้ำท่ามีค่าเท่ากับ 0.81 จัดอยู่ในระดับดี อ้างอิงเกณฑ์ของ นิพนธ์ (2549) ดัดแปลงจาก Donigian (2002) (ตารางที่ 2)



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ของการกระจายตัวระหว่างปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT กับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดของลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชร



ภาพที่ 5 ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT กับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดของลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชร

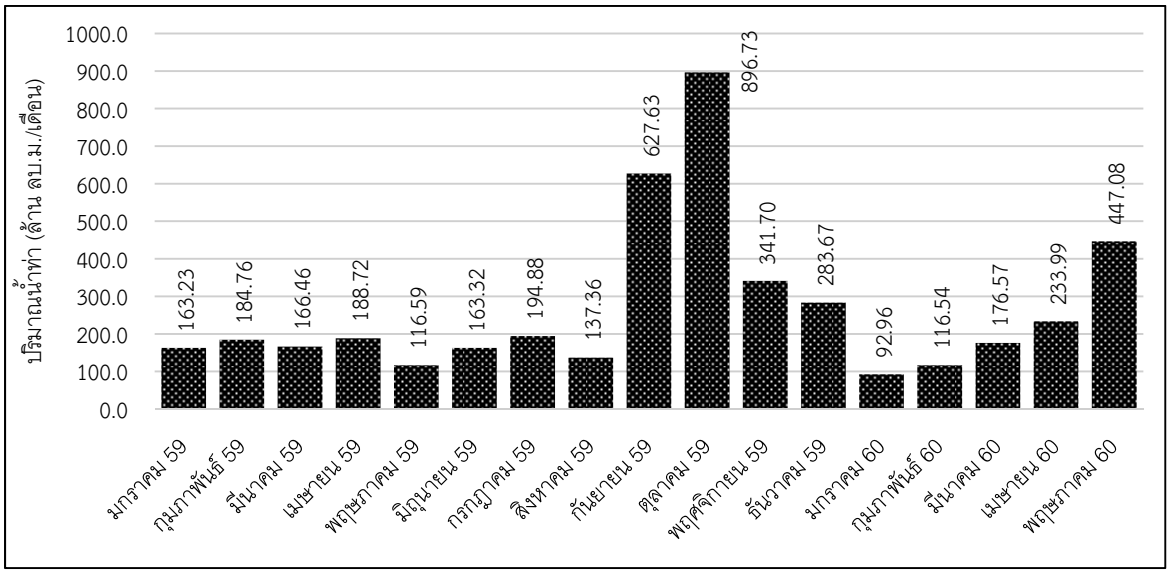
ตารางที่ 2 เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาค่า R^2 ที่ได้จากการาวิเคราะห์เชิงเส้น

พารามิเตอร์ทางสถิติ	สัมประสิทธิ์ที่สามารถยอมรับในระดับต่างๆ				
R^2	← 0.75	0.80		0.90	0.95 →
ปริมาณน้ำท่ารายเดือน	ไม่ดี	พอใช้		ดี	ดีมาก

ที่มา : นิพนธ์ (2549) ดัดแปลงจาก Donigian (2002)

4. ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่า

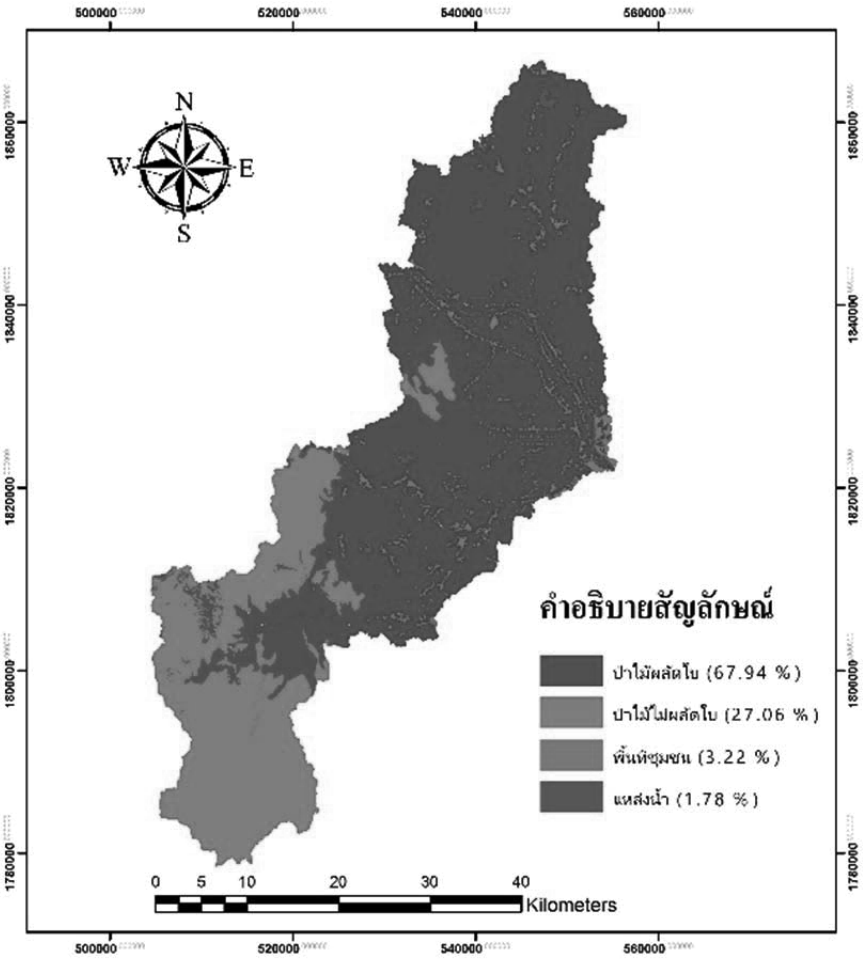
จากการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชร ในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2560 (ภาพที่ 6) พบว่า



ภาพที่ 6 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชร

ปริมาณน้ำท่ารวมมีค่าเท่ากับ 4,532.18 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งปริมาณน้ำท่ามีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 เท่ากับ 896.73 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน เนื่องจากเป็นช่วงฤดูฝนของปี ปริมาณฝนเริ่มเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่กันยายน เมื่อฝนตกลงมาทำให้มีปริมาณน้ำเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลต่อการเกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน หน้าดินถูกกัดเซาะปริมาณตะกอนแขวนลอยจึงเพิ่มสูงขึ้น รวมถึงบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชร มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ผิดประเภท มีการทำเกษตรกรรมบริเวณตอนบนหรือพื้นที่ต้นน้ำ เช่น การทำไร่สวนผสม การปลูกข้าวโพด มันสำปะหลัง อ้อย เป็นต้น กิจกรรมดังกล่าวส่งผลกระทบต่อสิ่งปกคลุมดิน การซึมน้ำผ่านผิวดิน การชะล้างและการกัดเซาะหน้าดิน ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดปริมาณตะกอนแขวนลอยเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ บรรจงศักดิ์ และนิพนธ์ (2560) พบว่า เมื่อพื้นที่ป่าไม้ถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรมจะทำให้ปริมาณตะกอนแขวนลอยเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับพื้นที่ป่าที่สมบูรณ์ ส่วนปริมาณน้ำท่ามีค่าต่ำสุดในช่วงเดือนมกราคม เท่ากับ 92.96 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน เนื่องจากเป็นช่วงฤดูแล้งมีปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนค่อนข้างน้อย ส่งผลให้อัตราการไหลของน้ำและปริมาณน้ำท่ารวมถึงปริมาณตะกอนแขวนลอยในลำธารลดน้อยตามไปด้วยโดยปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นจะเกิดจากการระบายของระดับน้ำใต้ดินเป็นหลัก เนื่องจากปริมาณน้ำท่าจะขึ้นอยู่กับปริมาณฝนเป็นหลัก อีกทั้งพื้นที่ตอนบนของลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชรมีการขยายตัวของชุมชนและพื้นที่พืชไร่เพิ่มขึ้นจึงทำให้พื้นที่ป่าไม้ที่ควรเป็นพื้นที่ต้นน้ำมีปริมาณลดลง ซึ่งส่งผลต่อการซึมน้ำผ่านผิวดินและการเก็บกักน้ำไว้ในดินได้น้อยกว่าพื้นที่ธรรมชาติเดิมหรือพื้นที่ป่าไม้ สอดคล้องกับการศึกษาของบรรจงศักดิ์ และคนอื่นๆ (2560) พบว่า เมื่อพื้นที่ป่าไม้ถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรมจะทำให้ปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยลดน้อยลงเมื่อเทียบกับพื้นที่ป่าที่สมบูรณ์ ดังนั้นจึงควรมีการอนุรักษ์และฟื้นฟูพื้นที่ป่าไม้โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณพื้นที่ต้นน้ำควรรักษาไว้ไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นการใช้ประโยชน์เกษตรกรรมหรือประเภทอื่นๆ ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม

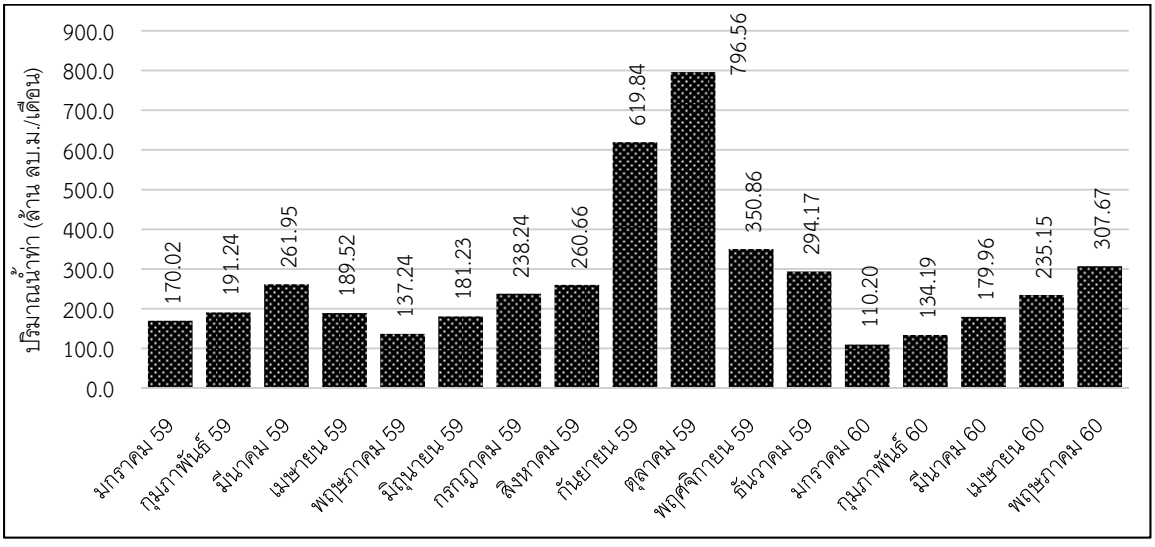
จากการจำลองรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสมที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชร (ภาพที่ 7) และการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงขนาดพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบันและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสม (ตารางที่ 3) พบว่า ปริมาณน้ำท่ารวมมีค่าเท่ากับ 4,658.70 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งปริมาณน้ำท่ามีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 เท่ากับ 796.56 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำสุดในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ.2560 เท่ากับ 110.20 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสม (พื้นที่เกษตรกรรมแบบผสมให้กลายเป็นพื้นที่ป่าไม้ผลัดใบ) ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชร

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงขนาดพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบันและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสม

ลำดับ	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ปัจจุบัน (ตารางกิโลเมตร)	พื้นที่เหมาะสม (ตารางกิโลเมตร)
1	พื้นที่ป่าไม้ผลัดใบ	494.00	1223.00
		27.44(%)	67.94(%)
2	พื้นที่อื่นๆ	19.00	-
		1.06(%)	-
3	พื้นที่สวนผสม	534.00	-
		29.67(%)	-
4	พื้นที่ป่าไม่ผลัดใบ	487.00	487.00
		27.06(%)	27.06(%)
5	พื้นที่นาข้าว	176.00	-
		9.78(%)	-
6	พื้นที่ที่อยู่อาศัย	58.00	58.00
		3.22(%)	3.22(%)
7	พื้นที่แหล่งน้ำ	32.00	32.00
		1.78(%)	1.78(%)
	สัดส่วน (รวม)	1,800	1,800
	สัดส่วน (ร้อยละ)	100.00	100.00



ภาพที่ 8 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสม ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชร

อภิปรายผล

การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำย่อย จังหวัดกำแพงเพชร โดยศึกษาในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ.2559 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2560 พบว่า ลุ่มน้ำย่อยของจังหวัดกำแพงเพชร มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 1,800 ตารางกิโลเมตร มีปริมาณน้ำท่ารวมเท่ากับ 4,532.18 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสมซึ่งเปลี่ยนจากพื้นที่เกษตรแบบผสมเดิมให้กลายเป็นพื้นที่ป่าไม้พลัดใบ พบว่า ปริมาณน้ำท่าร่วมเท่ากับ 4,658.70 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเท่ากับ 126.52 ล้านลูกบาศก์เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงการใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน ดังนั้นจึงควรมีการอนุรักษ์และฟื้นฟูพื้นที่ป่าไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณพื้นที่ต้นน้ำควรรักษาไว้ไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นการใช้ประโยชน์ประเภทอื่นๆ ควรนำหลักการอนุรักษ์ดินและน้ำมาร่วมใช้ในพื้นที่ เช่น การปลูกพืชเป็นแถว ปลูกพืชคลุมดิน ปลูกพืชตามแนวระดับ เป็นต้น รวมทั้งการใช้มาตรการด้านกฎหมายเข้ามาควบคุมอย่างเคร่งครัด ซึ่งหากมีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ผิดประเภทหรือมีการขยายตัวของพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลกระทบต่อระบบลุ่มน้ำ รวมถึงนิเวศและสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับการสนับสนุนทุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ตลอดจนคณาจารย์โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรทุกๆ ท่านที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจมาโดยตลอด คณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

พัฒนาที่ดิน, กรม. (2545). **การประเมินการสูญเสียดินสากลในประเทศไทย.** กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,

นิพนธ์ ตั้งธรรม. (2545). **แบบจำลองคณิตศาสตร์การชะล้างพังทลายของดินและมลพิษตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำ.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. (2549). **การจำลองแบบการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพฯ : ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บรรจงศักดิ์ ฟักสมบูรณ์ และนิพนธ์ ตั้งธรรม. (2560, ธันวาคม). การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณตะกอนแขวนลอย ในลุ่มน้ำท่าจีนตอนบน. **วารสารวิทยาศาสตร์ มศว, 33**(2), 16-30.

บรรจงศักดิ์ ฟักสมบูรณ์ และคนอื่นๆ. (2560, พฤษภาคม-สิงหาคม). การจำลองแบบพลวัตรเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำท่าจีนตอนบน**. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 22**(2), 42-57.

ปิยวัฒน์ วุฒิชัยกิจเจริญ. (2556). **การทำนายปริมาณตะกอนในลุ่มน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยโปรแกรม SWAT.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาภาคพายัพเชียงใหม่. [Online]. Available : http://repository.rmutl.ac.th/bitstream/handle/ [2560, มกราคม 26].

อรอิงค์ เวชสิทธิ์. (2551). **การศึกษาคุณภาพน้ำและปริมาณโลหะหนักในน้ำ ดินตะกอนและพรรณไม้น้ำบางชนิด บริเวณแม่น้ำท่าจีน**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Abbaspour, K.C., Johnson, C.A. & Van Genuchten, M.T. (2004). Estimating uncertain flow and transport parameters using a sequential uncertainty fitting procedure. **Vadose Zone Journal, 3**(4), 1340-52.

Arnold, JG., et al. (1998). Large-area hydrologic modeling and assessment Part I: Model development. **Journal of the American Water Resources Association, 34**(1), 73-89.

Banchongsak, F., et al. (2017). Dynamic Modeling of Water Storage Capacity for the Dilution of Waste Water of Land Utilization in the Upper Tha Chin Watershed, Thailand. **EnvironmentAsia, 10**(2), 33-42

Donigain, A.S. Jr. (2002). **Watershed Model Calibration and Validation-The HSPF Experience**. AQUA TERRA Consultants, 2685 Marine Way, Suite 1314, Mountain View, CA 94043.

Neitsch, S.L., et al. (2011). **Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation (Version 2009)**. [Online]. Available : http://swat.tamu.edu/media/99192/swat2009-theory.pdf, [2017, May 1].

Oeurng, C., Sauvage, S. & Sánchez-Pérez, J.M.. (2011). Assessment of hydrology, sediment and particulate organic carbon yield in a large agricultural catchment using the SWAT model. **Journal of Hydrology, 401**(3-4), 145-53.

Pinglot, F. (2012). Mountainous river stream flow modeling Via ArcSWAT : A challenge, Toulouse.

Yang, J., et al. (2008). Comparing uncertainty analysis techniques for a SWAT application to the Chaohe Basin in China. **Journal of Hydrology, 358**(1-2), 1-23.