

การศึกษาปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินและอัตราการชะล้างพังทลายดินเพื่อวางแผนอนุรักษ์พื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

Study on the quality of runoff and rate of soil erosion for watershed conservation planning in small watershed using geo-informatics

คมสัน คีรีวงศ์วัฒนา (Komsan Kiriwongwattana)*

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้นำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ข้อมูลลักษณะทางภูมิประเทศ ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา และข้อมูลลักษณะภูมิประเทศในพื้นที่ศึกษามาใช้เพื่อประเมินปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินด้วยวิธีการ Natural Resources Conservation service-Curve Number (NRCS-CN) และประเมินอัตราการชะล้างพังทลายดินด้วยแบบจำลอง Morgan-Morgan and Finney (MMF) จากนั้นนำข้อมูลปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินและอัตราการชะล้างพังทลายดินที่ประเมินได้มาใช้ในการบริหารจัดการลุ่มน้ำตามหลักการอนุรักษ์ลุ่มน้ำต่อไป

ผลการศึกษาศักยภาพและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินพบว่า ศักยภาพน้ำไหลบ่าหน้าดินมีค่าอยู่ระหว่าง 25-100 มิลลิเมตร เฉลี่ย 53.13 มิลลิเมตร มีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน 214.58 มิลลิเมตร จากปริมาณน้ำฝนทั้งหมด 955 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 22.47 รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินแบบพหุนามอันดับที่ 2 ที่ระดับความสัมพันธ์ร้อยละ 97 น้ำไหลบ่าหน้าดินจะเกิดเมื่อมีปริมาณฝนตกมากกว่า 10 มิลลิเมตรต่อวัน และพบว่ามีอัตราการชะล้างพังทลายดินระหว่าง 0 - 23.37 กิโลกรัมต่อตารางเมตร อัตราการชะล้างพังทลายดินเฉลี่ย 1.16 กิโลกรัมต่อตารางเมตร จากข้อมูลศักยภาพและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินสามารถกำหนดตำแหน่ง และลำดับความสำคัญของการสร้างฝายต้นน้ำเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำทั้งหมด 35 ตำแหน่ง สำหรับมาตรการอนุรักษ์ทรัพยากรดินแนะนำให้ปรับพื้นที่เพาะปลูกเป็นขั้นบันไดสำหรับพื้นที่ที่อัตราการชะล้างพังทลายดินสูงถึงสูงมาก (มากกว่า 15 ตันต่อไร่ต่อปี) ใช้วิธีการปลูกพืชตามแนวระดับสำหรับพื้นที่ที่อัตราการชะล้างพังทลายดินปานกลาง (5-15 ตันต่อไร่ต่อปี) และใช้วิธีการปลูกพืชสลับกับหญ้าแฝกสำหรับพื้นที่ที่มีอัตราการชะล้างพังทลายดินน้อย (2-5 ตันต่อไร่ต่อปี) พร้อมทั้งทำการขุดลอกตะกอนในลำน้ำเพื่อเพิ่มความสามารถในการรองรับน้ำของลำธารในพื้นที่ลุ่มน้ำด้วย

คำสำคัญ: น้ำไหลบ่าหน้าดิน การชะล้างพังทลายดิน NRCS-CN MMF ภูมิสารสนเทศ

* หน่วยวิจัยเชิงพื้นที่ ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์
จังหวัดนครปฐม 73000

Spatial Research Unit, Geography Department, Faculty of Arts, Silpakorn University, Nakhonpathom, 73000,
E-mail: kiriwongwattana_k@su.ac.th

Abstract

In present study, land use and land cover, soil, slope and meteorological data were used to assess runoff through Natural Resources Conservation service-Curve Number (NRCS-CN) method and calculate soil erosion rate through Morgan-Morgan and Finney (MMF) with Geo-informatics technology. Therefrom, run off and soil erosion rate of study area were used to derive watershed conservation plan.

The results show that, there are run off potential between 25-100 mm. and 53.13 in average. There are run off 214.58 mm. out of 955 mm. (22.47%) of rain that was fall in year 2013. The relationship of rainfall and run off is polynomial 2 degree at 97%. Run off will happen when rain are fall more than 10 mm. per day. There are soil erosion rate between 0-23.37 km. per m² and 1.16 km. per m² in average. From run off and soil erosion rate, the check dam and soil conservation methods are introduce. There are 35 suitable point of check dam for water resource conservation. Researcher are introduce agronomical method in low erosion rate area (2-5 ton/rai/year), contour bounding in medium erosion rate area (5-15 ton/rai/year) and do terrace in high and very high erosion rate area (more than 15 ton/rai/year), especially in agriculture lands.

Keywords: Run off, Soil erosion, NRCS-CN, MMF, Geo-informatics

บทนำ

หลายสิบปีที่ผ่านมามนุษย์ได้ใช้ทรัพยากรธรรมชาติเพื่อตอบสนองต่อความต้องการพื้นฐาน การพัฒนาทางเศรษฐกิจ ความสะดวกสบาย และกิจกรรมอื่น ๆ อีกมากมาย และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง การเพิ่มขึ้นของประชากรยังเพิ่มความต้องการการใช้ทรัพยากรมากขึ้น ทรัพยากรหลายประเภทเริ่มเสื่อมโทรมลงจนกลายเป็นปัญหาทางสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อสังคมมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ทรัพยากรพื้นฐานที่สำคัญอย่างทรัพยากรดินและน้ำก็ได้รับผลกระทบเช่นเดียวกัน ความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินและน้ำส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตโดยตรงต่อมนุษย์ โดยเฉพาะประเทศที่มีการเกษตรเป็นพื้นฐานทางเศรษฐกิจจะได้รับผลกระทบโดยตรงมากที่สุด ประมาณการว่าการชะล้างพังทลายดินโดยน้ำฝนและน้ำไหลบ่าหน้าดินเป็นกระบวนการหลักที่ก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมต่อทรัพยากรดินร้อยละ 70 ถึงร้อยละ 90 ของกระบวนการทั้งหมดที่ทำให้ทรัพยากรดินเสื่อมโทรม (R. P. C. Morgan, 2005; L. Tamene, 2005; Lim.et.al, 2005; Xu.et.al, 2008; Ustun, B., 2008; Gitas.et.al, 2009; Garg and Jothiprakash, 2012; Velmurugan, .et.al, 2008; Guillermo.et.al, 2007; K.Kiriwongwattana and S.P.Aggarwal., 2012) การเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินนี้ส่งผลโดยตรงต่อการผลิตอาหาร หากปล่อยให้ทรัพยากรดินเกิดความเสื่อมโทรมอย่างต่อเนื่องก็จะเสี่ยงต่อการผลิตอาหารเพื่อเลี้ยงประชากรโลก

การจัดการอนุรักษ์ลุ่มน้ำมีหลักการสำคัญคือการวางแผนป้องกันการเสื่อมโทรมของทรัพยากรพื้นฐานในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยยึดหลักอนุรักษ์วิทยาที่ให้ “เก็บน้ำไว้ในดินและเก็บดินให้อยู่กับที่” (เกษม, 2551) เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของประชากรในพื้นที่ลุ่มน้ำได้อย่างเหมาะสม หลักการ “เก็บน้ำไว้ในดิน” นั้นเป็นหลักการที่พยายามลดปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินซึ่งกระบวนการนี้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการ “เก็บดินให้อยู่กับที่” คือกระบวนการชะล้างพังทลายดิน ดังนั้นหากต้องการวางแผนอนุรักษ์พื้นที่ลุ่มน้ำ จึงจำเป็นต้องลดปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินและอัตราการชะล้างพังทลายดินให้อยู่ระดับที่สมดุล

การศึกษาศักยภาพและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินสามารถทำได้โดยประยุกต์วิธีการ Natural Resources Conservation Service-Curve NumberหรือNRCS-CNของกระทรวงเกษตรประเทศสหรัฐอเมริกา (Shereif, 2014) ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ส่วนการศึกษ้อัตราการชะล้างพังทลายดินสามารถทำได้โดยประยุกต์แบบจำลอง Morgan, Morgan and FinneyหรือMMF ซึ่งเป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นบนพื้นฐานของลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษามากกว่าจะเป็นแบบจำลองเชิงแนวคิด (J. Ananda and G. Herath, 2013) จากวิธีการ NRCS-CN เพื่อการประเมินศักยภาพและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน และแบบจำลอง MMF เพื่อการประเมินอัตราการชะล้างพังทลายดิน ประยุกต์ร่วมกับเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ สามารถสร้างแผนที่ศักยภาพและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินและแผนที่อัตราการชะล้างพังทลายดิน และใช้ประโยชน์จากแผนที่ดังกล่าวในการวางแผนอนุรักษ์พื้นที่ลุ่มน้ำต่อไป

วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยบ้านบ่อ อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี (รูปที่ 1) ตั้งอยู่ที่พิกัดตามระบบ UTM โซน 47 เหนือ ระหว่าง 1507698 เมตร เหนือ ถึง 1494730 เมตร เหนือ และ 517938 เมตร ตะวันออก ถึง 535645 เมตร ตะวันออก พื้นที่ประมาณ 450 ตารางกิโลเมตร ลักษณะภูมิอากาศเป็นแบบทุ่งหญ้าสะวันนา ปริมาณฝนตกเฉลี่ย 70 มิลลิเมตรต่อปี และอุณหภูมิเฉลี่ย 29 องศาเซลเซียส (คมสัน, 2559)

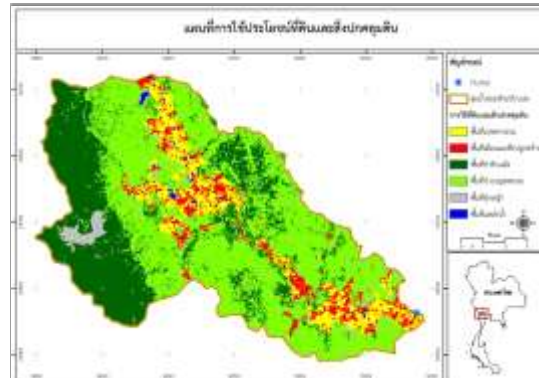
ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษครั้งนี้ได้ประยุกต์วิธีการประเมินน้ำไหลบ่าหน้าดินของ NRCS-CN ประเทศสหรัฐอเมริกา และประยุกต์แบบจำลอง MMF เพื่อการประเมินอัตราการชะล้างพังทลายดิน ร่วมกับเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ โดยดำเนินการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยวิธีการแบบกำกับดูแล (Supervise classification) จากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM ซึ่งบันทึกภาพเดือน เมษายน พ.ศ.2556 ครอบคลุมบริเวณพื้นที่ศึกษาเพื่อสร้างเป็นชั้นข้อมูล (Layer) การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (รูปที่ 2) ใช้ข้อมูลกลุ่มชุดดินของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2534 มาจำแนกประเภทเนื้อดินและลักษณะทางอุทกวิทยาของดิน (Hydrological Soil Group : HSG) (รูปที่ 3) นำแบบจำลองความสูงเชิงเลข Shuttle Radar Topography Mission :SRTM ความละเอียด 30x30 เมตร (USGS, 2015) มาสร้างชั้นข้อมูลความลาดชัน (รูปที่ 4) และชั้นข้อมูลลำดับเส้นลำน้ำ (Tarboton.et.al., 1991) ของพื้นที่ศึกษา (รูปที่ 5) ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ. 2556 ที่ตรวจวัดในพื้นที่ศึกษาของกรมอุตุนิยมวิทยาสร้างชั้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของฝน จากนั้นนำชั้นข้อมูลที่ได้เตรียมไว้มาประเมินศักยภาพและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินด้วยวิธีการของ NRCS-CN ประเมินอัตราการชะล้างพังทลายดินด้วย

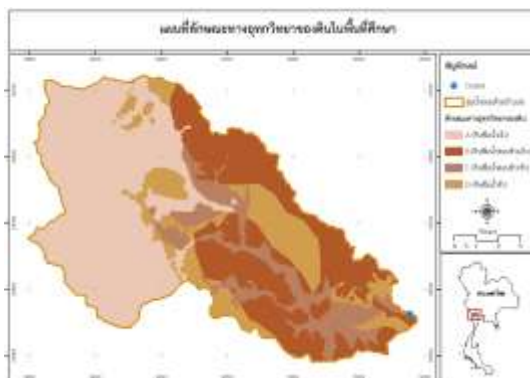
แบบจำลอง MMF ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ Geographic Information System: GIS และรายงานผลการศึกษาในรูปแบบของ แผนที่ แผนภูมิ และตารางข้อมูล



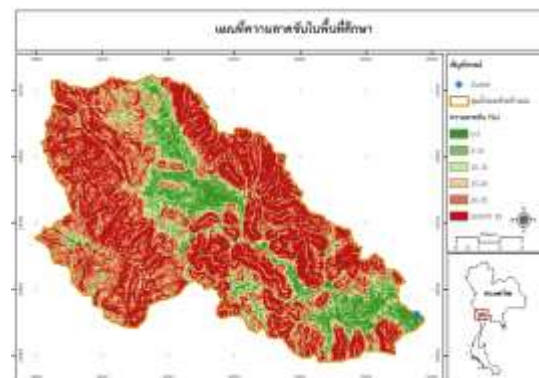
รูปที่ 1 พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยห้วยบ้านบ่อ อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี



รูปที่ 2 การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน



รูปที่ 3 ลักษณะทางอุทกวิทยาของดินในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 4 ความลาดชันในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 5 ลำดับเส้นลำน้ำในพื้นที่ศึกษา

การประเมินปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินตามวิธีการของ NRCS-CN ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
วิธีการ NRCS-CN เป็นวิธีการประเมินปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินด้วยการพิจารณาปัจจัยระหว่างความ
ลาดชัน การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน และลักษณะทางอุทกวิทยาของดินร่วมกัน ค่า Curve Number (CN) คือ
ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำที่แตกต่างกันไปตามปัจจัยข้างต้น (Chow.et.al, 1988; Mishra.et.al. 2006;

Saravanan and Manjula, 2015) โดยกำหนดให้ความสามารถในการกักเก็บน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำเท่ากับอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินต่อปริมาณฝนดังสมการที่ (1)

$$\frac{F}{S} = \frac{OF}{P - I} \quad (1)$$

โดย F คือ ความสามารถในการกักเก็บ (มม.)

S คือ ความสามารถกักเก็บเริ่มต้นและการสูญเสียสูงสุดเมื่อเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน (มม.)

OF คือ น้ำไหลบ่าหน้าดิน (มม.)

P คือ ปริมาณฝน (มม.)

I คือ ปริมาณการกักเก็บเริ่มต้น (มม.)

ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินคำนวณได้ตามสมการที่ (2)

$$OF = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (P > 0.2S) \quad (2)$$

จากสมการที่ (2) การเกิดกระบวนการน้ำไหลบ่าหน้าดินต้องมีปริมาณฝนมากกว่า 0.2S เท่านั้น โดยค่า S ในสมการที่ (2) คำนวณได้จากสมการที่ (3)

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \text{ (mm)} \quad (3)$$

โดย CN เป็นค่าที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของดินทางอุทกวิทยา (Hydrologic Soil Group: HSG) และการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

การประเมินศักยภาพน้ำไหลบ่าหน้าดิน ดำเนินการด้วยการนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลลักษณะทางอุทกวิทยาของดิน และวิเคราะห์ศักยภาพการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินของแต่ละคู่ความสัมพันธ์ ได้ผลลัพธ์เป็นแผนที่ศักยภาพน้ำไหลบ่าหน้าดิน และนำแผนที่ดังกล่าววิเคราะห์ร่วมกับแผนที่ความลาดชันของพื้นที่ศึกษา ได้ผลลัพธ์เป็นศักยภาพน้ำไหลบ่าหน้าดิน (CN map) ของทั้งพื้นที่ศึกษา จากนั้นประเมินปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินร่วมกับข้อมูลความชื้นก่อนหน้า (AMC) ซึ่งคำนวณได้จากผลรวมของปริมาณน้ำฝนก่อนหน้าจำนวน 5 วัน และข้อมูลปริมาณน้ำฝน และนำปริมาณน้ำฝนหาความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินที่คำนวณได้เพื่อศึกษารูปแบบและระดับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน

การประเมินอัตราการชะล้างพังทลายดินด้วยแบบจำลอง Morgan-Morgan-Finney (MMF)

แบบจำลอง MMF แบ่งการคำนวณหลักออกเป็น 2 ส่วน คือ ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นจากการตกกระทบของเม็ดฝนและน้ำไหลบ่าหน้าดิน และความสามารถในการเคลื่อนย้ายตะกอน และเมื่อนำเอาปริมาณตะกอนที่เกิดจากการตกกระทบของเม็ดฝนและน้ำไหลบ่าหน้าดินมาเปรียบเทียบกับความสามารถในการเคลื่อนย้ายตะกอน หากค่าใดมีค่าน้อยกว่าถือเอาค่านั้นเป็นอัตราการชะล้างพังทลายดินของพื้นที่ (Morgan, 2001)

การประเมินปริมาณตะกอนที่เกิดจากการตกกระทบของเม็ดฝน ทำได้โดยการประเมินพลังงานของการตกกระทบของเม็ดฝนที่ตกโดยตรงสู่พื้นดินและไหลผ่านเรือนยอดของสิ่งปกคลุมดินด้วยสมการที่ (4-9) จากนั้นแปลงพลังงานดังกล่าวเพื่อใช้ประเมินปริมาณตะกอนที่เกิดจากการตกกระทบของเม็ดฝนด้วยสมการที่ (10) จะได้ปริมาณตะกอนในหน่วยกิโลกรัมต่อตารางเมตร (Brandt, 1990)

$$ER = R \cdot A \quad (4)$$

$$LD = ER \cdot CC \quad (5)$$

$$DT = ER - LD \quad (6)$$

$$KE(DT) = DT \cdot (29.8 - (127.5/I)) \quad (7)$$

$$KE(LD) = (5.8 \cdot PH^{0.5}) - 5.87 \quad (8)$$

$$KE = KE(DT) + KE(LD) \quad (9)$$

$$F = K \cdot KE \cdot 10^{-3} \quad (10)$$

โดย A คือ ปริมาณน้ำพืชยึด

CC คือ ปริมาณปกคลุมของเรือนยอด

DT คือ ปริมาณน้ำไหลผ่านเรือนยอด (มม.)

ER คือ พลังงานของฝน (จูล/ตารางเมตร)

F คือ ตะกอนที่เกิดจากฝน (กิโลกรัม/ตารางเมตร)

I คือ ความเข้มของฝน (มม./ชั่วโมง)

K คือ ค่าความคงทนของดิน (กรัม/จูล)

KE คือ พลังงานฝนที่ตกถึงพื้น (จูล/ตารางเมตร)

LD คือ น้ำที่เหลือจากกระบวนการน้ำพืชยึด (มม.)

R คือ ปริมาณน้ำฝน (มม.)

การประเมินปริมาณตะกอนที่เกิดจากน้ำไหลบ่าหน้าดิน (Quansah, 1982) ทำได้โดยประเมินปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (11) และ (12) จากนั้นคำนวณปริมาณตะกอนที่เกิดจากการกระทำของกระบวนการน้ำไหลบ่าหน้าดินโดยใช้สมการที่ (13) และ (14)

$$Q = R \cdot \exp(-R_c/R_o) \quad (11)$$

$$R_c = 1000 \cdot MS \cdot BD \cdot EHD \cdot Et/E_o \quad (12)$$

$$H = Z \cdot Q^{1.5} \cdot \sin S (1 - GC) \cdot 10^{-3} \quad (13)$$

$$Z = 1 / (0.5 \cdot COH) \quad (14)$$

โดย BD คือ ความพรุนของดิน (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

COH คือ การยึดเกาะตัวกันของเม็ดดิน (kPa)

EHD คือ ความลึกของดินในระดับรากพืช (เมตร)

Et/Eo คือ อัตราส่วนระหว่างการคายระเหยจริงต่อการคายระเหยสูงสุด

H คือ ปริมาณตะกอนที่เกิดจากการกระบวนการน้ำไหลบ่าผิวดิน (กิโลกรัม/ตารางเมตร)

MS คือ ความชื้นของดินในระดับความชื้นสนาม (%)

Q	คือ ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (มม.)
R	คือ ปริมาณฝนรายปี (มม./ปี)
Rc	คือ ความชื้นในดิน (มม.)
Ro	คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อจำนวนวันที่ฝนตก (มม.)
S	คือ ความลาดชันของพื้นที่ (องศา)
Z	คือ ความคงทนของเม็ดดิน

ความสามารถในการเคลื่อนย้ายตะกอนโดยน้ำไหลบ่าหน้าดิน (TC) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (15)

$$TC = C \cdot Q^2 \cdot \sin S \cdot 10^{-3} \quad (15)$$

โดย C คือ ปัจจัยเรื่องพืชคลุมดินจากสมการ USLE (Wischmeier and Smith, 1978)

Q คือ ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (มม.)

TC คือ ความสามารถในการเคลื่อนย้ายตะกอนโดยน้ำไหลบ่าหน้าดิน (กิโลกรัม/ตารางเมตร)

S คือ ความลาดชัน (องศา)

ประเมินอัตราการชะล้างพังทลายดินโดยการนำปริมาณตะกอนที่เกิดจากการตกกระทบของเม็ดฝนและน้ำไหลบ่าหน้าดินมารวมกัน จากนั้นนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าความสามารถในการเคลื่อนย้ายตะกอน หากค่าได้น้อยกว่าให้ถือเอาค่านั้นเป็นค่าอัตราการชะล้างพังทลายดิน

มาตรการอนุรักษ์พื้นที่ลุ่มน้ำ

มาตรการอนุรักษ์พื้นที่ลุ่มน้ำมุ่งเน้นการลดพลังงานของน้ำไหลบ่าหน้าดินและอัตราการชะล้างพังทลายดิน ซึ่งมีข้อกำหนดในการสร้างดังต่อไปนี้ (คมสัน และ Aggarwal, 2556)

1 ข้อกำหนดในการปลูกพืชคลุมดินและยึดหน้าดิน (Agronomical) คือ ควรสร้างบนพื้นที่ที่มีความลาดชันระหว่าง 5-8 % มีอัตราการชะล้างพังทลายดินน้อย(2-5 ตันต่อไร่ต่อปี)และสร้างในพื้นที่เกษตรกรรม

2 ข้อกำหนดในการปลูกพืชตามแนวระดับขวางความลาดเท (Contour bounding) คือควรสร้างบนพื้นที่ที่มีความลาดชันระหว่าง 8-15% มีอัตราการชะล้างพังทลายดินปานกลาง (5-15 ตันต่อไร่ต่อปี) และสร้างบนพื้นที่เกษตรกรรม

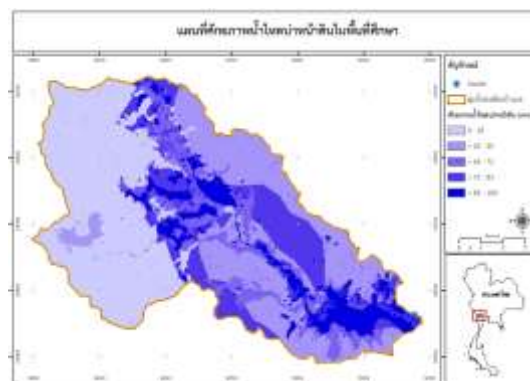
3 ข้อกำหนดในการสร้างพื้นที่ขั้นบันได (Terracing) ควรสร้างบนพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 15% มีอัตราการชะล้างพังทลายดินสูงถึงสูงมาก (มากกว่า 15 ตันต่อไร่ต่อปี) และสร้างบนพื้นที่เกษตรกรรม

4 ข้อกำหนดในการสร้างฝายต้นน้ำ (Check dam) ควรสร้างบนพื้นที่ที่มีลักษณะดินเป็นดินเหนียว HSG ชั้น C หรือ D บนพื้นที่ที่มีความลาดชัน 8-15% สร้างบนลำดับเส้นลำน้ำที่ 1-3 และมีศักยภาพน้ำไหลบ่าหน้าดินมากกว่าร้อยละ 40 (Kiriwongwattana, 2014)

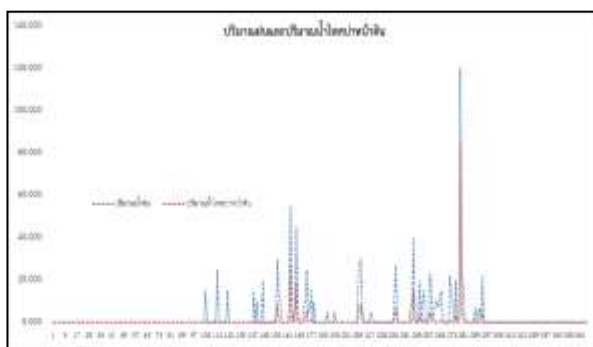
ผลการศึกษาและวิจารณ์ผลการศึกษา

ศักยภาพและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน

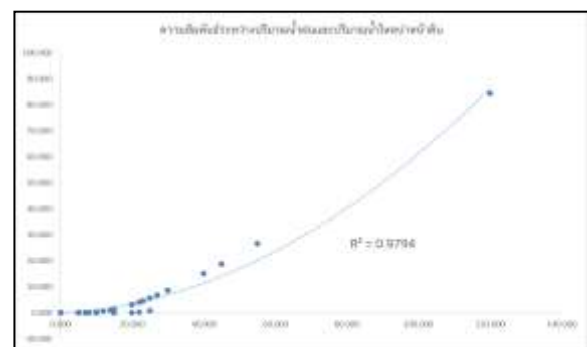
จากการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน และลักษณะทางอุทกวิทยาของดินด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้ผลลัพธ์เป็นแผนที่ศักยภาพน้ำไหลบ่าหน้าดิน (รูปที่ 5) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 25-100 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ย 53.13 มิลลิเมตร จากนั้นวิเคราะห์ศักยภาพน้ำไหลบ่าหน้าดินร่วมกับปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ศึกษาพบว่าปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน 214.58 มิลลิเมตร จากปริมาณน้ำฝนทั้งหมด 955 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 22.47 รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินแบบโพโลโนเมียลลำดับที่ 2 ที่ระดับความสัมพันธ์ร้อยละ 97 โดยน้ำไหลบ่าหน้าดินจะเกิดเมื่อมีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 10 มิลลิเมตรต่อวัน (รูปที่ 6-7)



รูปที่ 5 ศักยภาพน้ำไหลบ่าหน้าดินในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 6 ปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินที่ได้จากวิธีการ NRCS-CN

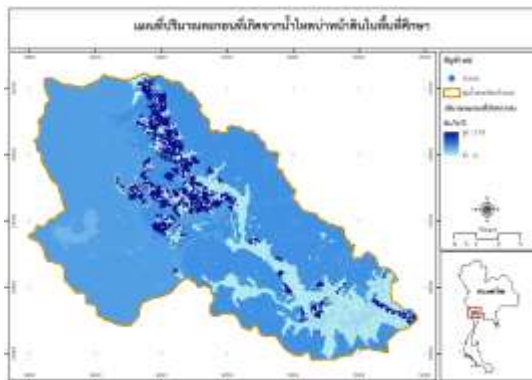


รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนและน้ำไหลบ่าหน้าดินที่ประเมินได้จากวิธีการ NRCS-CN

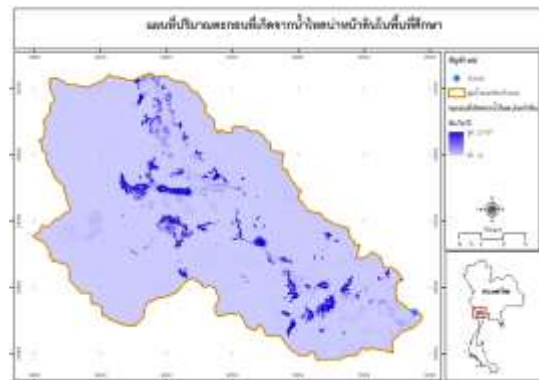
อัตราการชะล้างพังทลายดินและระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายดิน

การประเมินอัตราการชะล้างพังทลายดินด้วยแบบจำลอง MMF สามารถประเมินอัตราการชะล้างพังทลายดินที่เกิดจากการตกกระทบของเม็ดฝน (F) ระหว่าง 0-3.78 กิโลกรัมต่อตารางเมตร มีปริมาณตะกอนที่เกิดจากการตกกระทบของฝนเฉลี่ย 1.04 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (รูปที่ 8) และพบว่าในพื้นที่เกษตรกรรมจะเป็นพื้นที่ที่มีปริมาณตะกอนที่เกิดจากฝนมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับพลังงานของฝนที่มีมากที่สุดในพื้นที่เกษตรกรรม

พบว่าอัตราการชะล้างพังทลายดินโดยน้ำไหลบ่าหน้าดิน (H) มีค่าระหว่าง 0-27 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ปริมาณตะกอนเฉลี่ย 0.34 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (รูปที่ 9) ซึ่งปริมาณตะกอนที่เกิดจากกระบวนการน้ำไหลบ่าหน้าดินส่วนใหญ่เกิดในพื้นที่เกษตรกรรมที่ตั้งอยู่บนพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง นอกจากนี้ยังพบว่าความสามารถในการเคลื่อนย้ายตะกอน (TC) อยู่ระหว่าง 0-84.89 กิโลกรัมต่อตารางเมตร โดยมีความสามารถในการเคลื่อนย้ายตะกอนเฉลี่ย 1.02 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

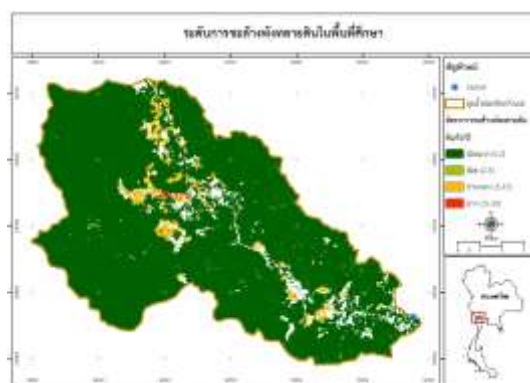


รูปที่ 8 ปริมาณตะกอนที่เกิดจากการตกกระทบของฝน



รูปที่ 9 ปริมาณตะกอนที่เกิดจากน้ำไหลบ่าหน้าดิน

จากปริมาณตะกอนที่เกิดจากกระบวนการตกกระทบของฝนรวมกับปริมาณตะกอนที่เกิดจากกระบวนการน้ำไหลบ่าหน้าดิน แล้วนำไปเปรียบเทียบกับความสามารถในการเคลื่อนย้ายตะกอนของน้ำไหลบ่าหน้าดิน สามารถคาดการณ์อัตราการชะล้างพังทลายดินระหว่าง 0 - 23.37 กิโลกรัมต่อตารางเมตร โดยมีค่าเฉลี่ยของอัตราการชะล้างพังทลายดินเท่ากับ 1.16 กิโลกรัมต่อตารางเมตร จากอัตราการชะล้างพังทลายดินที่คำนวณได้ นำมาจำแนกระดับความรุนแรงตามเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดินพบว่า อัตราการชะล้างพังทลายดินส่วนใหญ่อยู่ในระดับน้อยมาก (71,944.88 ไร่) รองลงมาพื้นอัตราการชะล้างพังทลายดินปานกลาง (2,634.19 ไร่) อัตราการชะล้างพังทลายดินน้อย (476.44 ไร่) และอัตราการชะล้างพังทลายดินมาก (108 ไร่) (รูปที่ 10 และ ตารางที่ 1)



รูปที่ 10 ระดับการชะล้างพังทลายดินในพื้นที่ศึกษา

โดยพื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายดินน้อยมาก ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ที่มีสิ่งปกคลุมดินเป็นป่าไม้สมบูรณ์ ส่วนพื้นที่ที่มีอัตราการชะล้างพังทลายดินปานกลางเป็นพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเกษตรกรรม โดยเฉพาะพืชไร่ ซึ่งพื้นที่การเกษตรส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ซึ่งเป็นส่วนที่ส่งเสริมให้การชะล้างพังทลายดินมีความรุนแรงมากขึ้น

ตารางที่ 1 ระดับความรุนแรงของอัตราการชะล้างพังทลายดิน

อัตราการชะล้างพังทลายดิน (ตัน/ไร่/ปี)	เนื้อที่ (ไร่)	เนื้อที่ (%)
น้อยมาก (น้อยกว่า 2 ตันต่อไร่ต่อปี)	71,944.88	95.72
น้อย (2-5 ตันต่อไร่ต่อปี)	476.44	0.63
ปานกลาง (5-15 ตันต่อไร่ต่อปี)	2,634.19	3.50
มาก (มากกว่า 15 ตันต่อไร่ต่อปี)	108.00	0.14
รวม	75,163.50	100.00

การวางแผนและมาตรการอนุรักษ์พื้นที่ลุ่มน้ำ

จากผลการศึกษาศักยภาพและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน และอัตราการชะล้างพังทลายดินข้างต้น พบว่าพื้นที่ที่ศึกษาเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีอัตราการชะล้างพังทลายดินเฉลี่ยอยู่ในระดับน้อย แต่ยังมีพื้นที่ที่มีอัตราการชะล้างพังทลายดินอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง จึงจำเป็นต้องมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อการอนุรักษ์พื้นที่ลุ่มน้ำไม่ให้เกิดอัตราการชะล้างพังทลายดินเพิ่มสูงขึ้นอีก มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เสนอก่อนหน้านี้จึงถูกนำวิเคราะห์หาพื้นที่เหมาะสม พบว่ามาตรการอนุรักษ์น้ำคือ การสร้างฝายต้นน้ำนั้นมีความเหมาะสมสำหรับสร้างฝายต้นน้ำจำนวน 35 แห่ง (รูปที่ 11) ส่วนมาตรการอนุรักษ์ดินคือ การปลูกพืชคลุมดินและยึดเกาะหน้าดิน การปลูกพืชตามแนวระดับและขวางความลาดเท และการสร้างพื้นที่ขึ้นบรโด (ตารางที่ 2 รูปที่ 12)

ตารางที่ 2 ขนาดพื้นที่ที่ต้องดำเนินการมาตรการอนุรักษ์ดิน

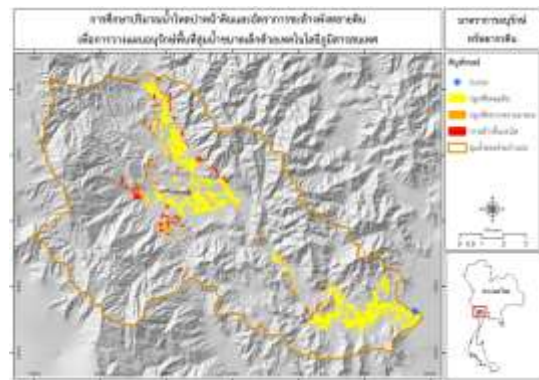
มาตรการอนุรักษ์ดิน	ไร่
ปลูกพืชคลุมดินและยึดเกาะหน้าดิน	2102.63
ปลูกพืชตามแนวระดับและขวางความลาดเท	1986.75
จัดทำขึ้นบรโด	1009.13

สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

การศึกษานี้ประยุกต์วิธีการ NRCS-CN เพื่อประเมินศักยภาพและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน และประยุกต์แบบจำลอง MMF เพื่อประเมินอัตราการชะล้างพังทลายดินร่วมกับเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM บันทึกภาพเมื่อปี พ.ศ. 2556 มาทำการจำแนกพื้นที่เพื่อสร้างชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ใช้แบบจำลองความสูงเชิงเลข SRTM รายละเอียด 30 X 30 เมตร เพื่อสร้างชั้นข้อมูลความลาดชัน ใช้แผนที่กลุ่มชุดดินจากกรมพัฒนาที่ดินเพื่อสร้างชั้นข้อมูลทางปฐพีวิทยา และใช้ข้อมูลฝนปี พ.ศ. 2556 ที่ตรวจวัดในพื้นที่ศึกษาของกรมอุตุนิยมวิทยาสร้างชั้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของฝนในพื้นที่ศึกษา จากนั้นนำเข้าชั้นข้อมูลที่ได้เตรียมไว้เพื่อทำการประเมินศักยภาพและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน และคาดการณ์อัตราการชะล้างพังทลายดินในพื้นที่ศึกษาด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์



รูปที่ 11 ตำแหน่งและพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับสร้างฝายต้นน้ำ



รูปที่ 12 พื้นที่ที่ต้องดำเนินการมาตรการอนุรักษ์ดิน

จากการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน และลักษณะทางอุทกวิทยาของดินด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถสร้างแผนที่ศักยภาพน้ำไหลบ่าหน้าดินซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 25-100 มิลลิเมตร และมีค่าเฉลี่ย 53.13 มิลลิเมตร พบว่ามีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน 214.58 มิลลิเมตร จากปริมาณน้ำฝนทั้งหมด 955 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 22.47 รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินแบบโพลีโนเมียลลำดับที่ 2 ที่ระดับความสัมพันธ์ร้อยละ 97 โดยน้ำไหลบ่าหน้าดินจะเกิดเมื่อมีปริมาณฝนตกมากกว่า 10 มิลลิเมตรต่อวัน

การประเมินอัตราการชะล้างพังทลายดินพบว่าอัตราการชะล้างพังทลายดินที่เกิดจากการตกกระทบของเม็ดฝนระหว่าง 0-3.78 กิโลกรัมต่อตารางเมตร มีปริมาณตะกอนที่เกิดจากการตกกระทบของฝนเฉลี่ย 1.04 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และพบว่าในพื้นที่เกษตรกรรมจะเป็นพื้นที่ที่มีปริมาณตะกอนที่เกิดจากฝนมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับพลังงานของฝนที่มีมากที่สุดในพื้นที่เกษตรกรรม พบว่าอัตราการชะล้างพังทลายดินโดยน้ำไหลบ่าหน้าดินมีค่าระหว่าง 0-27 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ปริมาณตะกอนเฉลี่ย 0.34 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ปริมาณตะกอนที่เกิดจากกระบวนการน้ำไหลบ่าหน้าดินส่วนใหญ่เกิดในพื้นที่เกษตรกรรมที่ตั้งอยู่บนพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง นอกจากนี้ยังพบว่าความสามารถในการเคลื่อนย้ายตะกอนอยู่ระหว่าง 0-84.89 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เฉลี่ย 1.02 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และสามารถคาดการณ์อัตราการชะล้างพังทลายดินระหว่าง 0 - 23.37 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เฉลี่ย 1.16 กิโลกรัมต่อตารางเมตร จากนั้นจำแนกระดับความรุนแรงของอัตราการชะล้างพังทลายดินตามเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่ามีอัตราการชะล้างพังทลายดินระดับน้อยมาก 71,944.88 ไร่ อัตราการชะล้างพังทลายดินน้อย 476.44 ไร่ อัตราการชะล้างพังทลายดินปานกลาง 2,634.19 ไร่ และอัตราการชะล้างพังทลายดินมาก 108 ไร่

จากศักยภาพและปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน และอัตราการชะล้างพังทลายดินที่ประเมินได้ จึงเสนอมาตรการอนุรักษ์น้ำด้วยการสร้างฝายต้นน้ำ ซึ่งจากการวิเคราะห์ตามข้อกำหนดพบว่าพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับสร้างฝายต้นน้ำจำนวน 35 แห่ง นอกจากนี้ยังเสนอมาตรการอนุรักษ์ดินคือ การปลูกพืชคลุมดินและยึดเกาะหน้าดิน การปลูกพืชตามแนวระดับและขวางความลาดเท และการสร้างพื้นที่ชั้นบันไดในพื้นที่เกษตร

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

- เกษม จันทรแก้ว. 2551. **หลักการจัดการลุ่มน้ำ**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร: หน้าที่ 1-5.
- คมสัน ศิริวงศ์วัฒนา. 2559. “การประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศร่วมกับแบบจำลอง Morgan - Morgan - Finney เพื่อการคาดการณ์อัตราการชะล้างพังทลายดินในพื้นที่ลุ่มน้ำภูเขา”. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี**. ปีที่ 6 เล่มที่ 1 หน้าที่ 199-211.
- คมสัน ศิริวงศ์วัฒนา และ S.P. Aggarwal. 2556. “บูรณาการระบบภูมิสารสนเทศกับแบบจำลอง MMF และ NRCS-CN เพื่อคาดการณ์ปริมาณน้ำไหลบ่าและอัตราการชะล้างพังทลายดิน ลุ่มน้ำอัสซานประเทศอินเดีย”. **การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศแห่งชาติ GEOINFOTECH 2013**.

ภาษาต่างประเทศ

- Brandt, C.J., 1990. “Simulation of the size distribution and erosivity of raindrops and throughfall drops”. **Earth Surface Processes and Landforms** 15, pp. 687-698.
- Chow V. T., Maidment D. R., and Mays L.W. 1988. “**Applied Hydrology**”. McGraw- HillBook Co., New York.. 572 PP.
- Garg, V., and Jothiprakash, V. 2012. “Sediment yield assessment of a large basin using PSIAC approach in GIS environment.” **Water Resour. Manage.**, 26(3), 799–840.
- Gitas, I. Z., Douros, K., Minakou, C., Silleos, G. N., and Karydas, C. G. 2009. “Multi-temporal soil erosion risk assessment in N. Chalkidiki using a modified USLE raster model.” **EARSeL eProc.**, 8(1), 40–52.
- Guillermo A. Baigorria, Consuelo C. Romero. 2007. “Assessment of erosion hotspots in a watershed: Integrating the WEPP model and GIS in a case study in the Peruvian Andes”. **Environmental Modelling & Software**. 22,1175-1183.
- J. Ananda and G. Herath, 2003. “Soil erosion in developing countries: a socio-economic appraisal,” **Journal of Environmental Management**, vol. 68, no. 4, pp. 343–353,
- K. Kiriwongwattana. 2014. “Site Suitable Locating for Check Dam in Small Watershed using Geographic Information System”. **6th International Science, Social Science, Engineering and Energy Conference 2014, Proceeding - Science and Engineering**. 1, 416–428, December 2014.
- K.Kiriwongwattanaa, S.P.Aggarwal. 2012. “Runoff and Soil Erosion Assessment for Watershed Conservation Planning - A Case Study of Asan Watershed” **4th International Science, Social Science, Engineering and Energy Conference 2012, Proceeding - Science and Engineering** pp. 416–428, December 2012.

- L. Tamene, 2005. "Reservoir siltation in the drylands of northern Ethiopia: causes, source areas and management options" [Ph.D.thesis], **University of Bonn, Bonn, Germany.**
- Lim, J. K., Sagong, M., Engel, B. A., Tang, Z., Choi, J., and Kim, K. 2005. "GIS based sediment assessment tool." **CATENA**, 64(1), 61–80.
- Mishra S K, Tyagi J V, Singh V P and Singh R. 2006. "SCS-CN-based modeling of sediment yield". **Jurnal of Hydrology**. 324, 301–322.
- Morgan, R. P. 2001. "A simple approach to soil loss prediction: A revised Morgan–Morgan–Finney model." **CATENA**, 44(4), 305–322.
- Quansah, C., 1982. "Laboratory experimentation for the statistical derivation of equations for soil erosion modelling and soil conservation design". **PhD Thesis, Cranfield Institute of Technology.**
- R. P. C. Morgan, 2005. "**Soil Erosion and Conservation**", Blackwell, Malden, Mass, USA, 3rd edition,
- Saravanan. Sa, and Manjula. Rb. 2015. "Geomorphology Based Semi-Distributed approach for Modeling Rainfall-Runoff Modeling using GIS". **International Conference on Water Resources, Coastal, and Ocean (ICWRCOE 2015) Aquatic Procedia** 4. 908 – 916 .
- Shereif H. Mahmoud. 2014. "Investigation of rainfall–runoff modeling for Egypt by using remote sensing and GIS integration". **Catena.**, 120,111–121.
- Tarboton, D. G., R. L. Bras, and I. Rodriguez-Iturbe. 1991. "On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data". **Hydrological Processes**. 5, 81–100.
- USGS. "Land processes distributed active archive center. 2015." <http://lpdaac.usgs.gov> (Oct. 17, 2015).
- Ustun, B. 2008. "Soil erosion modelling by using GIS and remotesensing: A case study of Ganos Mountain." **Int. Arch. Photogramm., Remote Sens. Spatial Inf. Sci.**, 37, 1681–1684.
- Velmurugan, A. S. T. P., Thakur, P. K., and Ravisankar, N. 2008. "Soil erosion estimation with Modified MMF model for watershed prioritization in Dhankari watershed of south Andaman, India." **Indian J. Soil Conserv.**, 36(3), 179–187.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978. "Predicting rainfall erosion losses", **USDA. Agricultural Research Service Handbook**, pp. 537.
- Xu, Y., Shao, X., Kong, X., Peng, J., and Cai, Y. 2008. "Adapting the RUSLE and GIS to model soil erosion risk in a mountains karst watershed, Guizhou Province, China." **Environ. Monit. Assess.**, 141(1–3), 275–286.