การประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อประเมินการชะล้างพังทลายของดินพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิงตอนบน จังหวัดนครราชสีมา

The Application of Geo-information Technology and Mathematic Model for Soil Erosion Assessment in the Upper Lam Phra Phloeng Watershed, Nakhon Ratchasima Province, Thailand

ธีรวัตร์ กมลรัตน์* และสุเพชร จิรขจรกุล

ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ประเมินการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิงตอนบน โดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง RMMF (Revised Morgan, Morgan and Finney) ร่วมกับเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geo-Information technology) (2) ออกแบบจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำตามระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินที่ประเมินได้จากแบบจำลอง RMMF และออกแบบตามมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่นำมาปฏิบัติใช้สำหรับการประเมินการชะล้างพังทลายของดินมีการนำแบบจำลองคณิตศาสตร์ RMMF มาประยุกต์ใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ โดยตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลอง ได้แก่ ปัจจัยด้านน้ำฝน (R, Rn, I) ปัจจัยด้านดิน (BD, MS, COH, K) ปัจจัยด้านพืชหรือการใช้ประโยชน์ที่ดิน (A, Et/Eo, C, CC, GC, PH, EHD) และสภาพภูมิประเทศ (S) ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาพบว่าพื้นที่ศึกษามีอัตราการสูญเสียดินระหว่าง 0 - 0.16 ตันต่อไร่ต่อปี เมื่อนำอัตราการสูญเสียดินมาจัดกลุ่มแบบ Quantile โดยแบ่งระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินออกเป็น 3 ระดับ ประกอบด้วย น้อย ปานกลาง และมาก คิดเป็นพื้นที่ 26.48 ตร.กม. (33.10%) 29.31 ตร.กม. (36.64%) และ 24.21 ตร.กม. (30.26%) ตามลำดับ ซึ่งในบริเวณที่มีการชะล้างพังทลายของดินในระดับปานกลางและรุนแรงมาก ต้องมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำเป็นพิเศษ นอกจากนี้เมื่อนำอัตราการสูญเสียดินที่ได้จากการศึกษามาจำแนกตามระดับความรุนแรงที่กรมพัฒนาที่ดินได้ทำการศึกษาไว้ พบว่าพื้นที่ศึกษามีระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินอยู่ในระดับน้อยมาก หรือมีอัตราการชะล้างพังทลายของดินอยู่ในช่วง 0 - 2 ตันต่อไร่ต่อปี

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** teerawat_gis@hotmail.com

คำสำคัญ : แบบจำลองคณิตศาสตร์ เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ

Abstract

This thesis studied for the assessment of soil erosion in the upper Lam Phra Phloeng Watershed, Nakhonratchasima Province using Revised Morgan, Morgan and Finney (RMMF) model and Geo-information technology. The result of soil loss from RMMF model can be used for soil and water conservation design. The input data which are used in RMMF model included factors of rain (R, Rn, I), soil (BD, MS, COH, K), landuse (A, Et/Eo, C, CC, GC, PH, EHD) and geography (S). The results of soil loss from RMMF model in the studied area have the rate of soil loss between 0 - 0.16 ton/rai/year. When derived by grouping Quantile severity of soil loss it could be classified into 3 classes low, moderate, and severe. The results present that 26.48 sq.km. (33.10%) of area are low, 29.31 sq.km. (36.64%) of area are moderate and 24.21 sq.km. (30.26%) of area are severe. Moderate and severe locations are presented for the soil and water conservation practices. Furthermore, when classified according to the Land Development Department soil loss classification found that the level of soil erosion is very slight with 0-2 ton/rai/year.

Keywords: mathematic model, Geo-information technology, soil and water conservation

1. บทนำ

ประเทศไทยในปัจจุบันกำลังประสบกับปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งส่งผลให้ทรัพยากรดินเสื่อมโทรมลงเนื่องจากต้องสูญเสียธาตุอาหารพืชในดินที่จำเป็นต่อการทำเกษตรกรรม นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงตะกอนดินที่ถูกพัดพาไปกับน้ำท่าแล้วยังพบว่าตะกอนดินดังกล่าวก่อให้เกิดผลเสียต่อทรัพยากรน้ำได้ เช่น อาจทำให้เกิดมลภาวะในแหล่งน้ำหรือทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน ซึ่งผลกระทบดังกล่าวจะกระทบต่อไปยังสภาพความเป็นอยู่ของมนุษย์ และทำให้เกิดปัญหาทางเศรษฐกิจและสังคมต่อไปได้

การชะล้างพังทลายของดินและการพัดพาของตะกอนเป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิงตอนบน ซึ่งสาเหตุสำคัญมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม มีการตัดไม้และทำการเกษตรโดยขาดการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ถูกต้อง รวมทั้งขาดการวางแผนการใช้ที่ดิน ทำให้ป่าไม้ที่เคยอุดมสมบูรณ์อยู่เดิมต้องถูกแปรสภาพไปเป็นหน้าดินที่ถูกเปิดโล่ง เกิดปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมเกิดความเสื่อมโทรม นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการทับถมของตะกอน ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (mathematic model) เป็นแบบจำลองที่มีการเลียนแบบกระบวนการต่างๆ ทางธรรมชาติ โดยมีการนำสมการทางคณิตศาสตร์มาใช้เพื่อคาดคะเนหรือพยากรณ์การเกิดการชะล้างพังทลายของดิน การเกิดตะกอนในลำน้ำ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการคาดหมายหรือพยากรณ์ การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้

แบบจำลอง RMMF (revised Morgan, Morgan and Finney) ร่วมกับเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (geo-information technology) เพื่อประเมินการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำลำพระเพลิงตอนบน โดยใช้ข้อมูลค่าปัจจัยหรือพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับแบบจำลอง ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ คุณสมบัติของดินและคุณสมบัติของพืชบางประการ มาทำการวิเคราะห์ร่วมกับแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข เพื่อประมาณค่าอัตราการสูญเสียดินรายปี สำหรับการประเมินการชะล้างพังทลายของดินด้วยแบบจำลอง RMMF จะแยกวิเคราะห์ออกเป็น 2 กรณี คือ จะพิจารณาปริมาณดินที่สูญเสียจากการถูกกัดเซาะด้วยน้ำฝนในกระบวนการแตกกระจายของดิน (soil detachment) เปรียบเทียบกับปริมาณดินที่ถูกเคลื่อนย้ายด้วยน้ำไหลบ่าตามกระบวนการพัดพาอนุภาคของดินที่แตกกระจาย (transport capacity) [1] ซึ่งกระบวนการใดสูญเสียปริมาณดินน้อยกว่าจะกลายเป็นตัวดัชนีที่กำหนดปริมาณดินที่สูญเสียเนื่องจากการชะล้างพังทลายและถือว่าปริมาณการสูญเสียดินที่เกิดจากกระบวนการนั้น เป็นปริมาณดินที่ถูกชะล้างพังทลายจริงที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา ในส่วนของการออกแบบจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำจัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางป้องกันปัญหาการชะล้างพังทลายของดินที่จะเกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา ซึ่งสามารถออกแบบตามแนวทางหลักได้ 2 แนวทาง คือ (1) ออกแบบตามระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินที่ประเมินได้จากแบบจำลอง RMMF และ (2) ออกแบบตามมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่นำมาปฏิบัติใช้ ได้แก่ วิธีกล วิธีพืช และวิธีเขตกรรม เป็นต้น

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

(1) ประเมินการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิงตอนบน โดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง RMMF (revised Morgan, Morgan and Finney) ร่วมกับเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (geo-information technology)

(2) เพื่อออกแบบจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำตามระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินที่ประเมินได้จากแบบจำลอง RMMF และออกแบบตามมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่นำมาปฏิบัติใช้

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี ข้อมูลจำนวนวันฝนตกในรอบปี พ.ศ. 2552 จำนวน 14 สถานี ข้อมูลความหนักเบาของฝนสูงสุดในหนึ่งชั่วโมงจากกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน ข้อมูลด้านดิน ได้แก่ ข้อมูลความจุความชื้นของดินที่ระดับสนาม (MS) ข้อมูลความหนาแน่นรวมของดิน (BD) ข้อมูลดัชนีความคงทนของดินต่อการถูกกัดชะด้วยน้ำฝน (K) ข้อมูลการยึดเกาะตัวของผิวหน้าดิน (COH) จากกรมพัฒนาที่ดิน ข้อมูลพืชหรือการใช้ที่ดิน ได้แก่ ข้อมูลร้อยละของน้ำฝนที่พืชยึดไว้ (A) ข้อมูลความลึกของน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (EHD) ข้อมูลอัตราส่วนระหว่างการคายระเหยจริงกับการระเหยน้ำสูงสุด (E_t/E_0) ข้อมูลค่าการปกคลุมของพืชพันธุ์ (C) จากกรมพัฒนาที่ดิน ข้อมูลความลาดชันที่สังเคราะห์ได้จากแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขของกรมพัฒนาที่ดิน แผนที่ชุดดิน แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน แผนที่เส้นทางคมนาคม แผนที่เส้นทางน้ำ แผนที่ลุ่มน้ำ แผนที่ลุ่มน้ำย่อย และแผนที่ขอบเขตการปกครองมาตราส่วน 1: 50,000

2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ศึกษา

เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรมทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) โปรแกรม ArcGIS 9.3 demo (License code: EVA844494416_V93)

2.3 วิธีการศึกษา

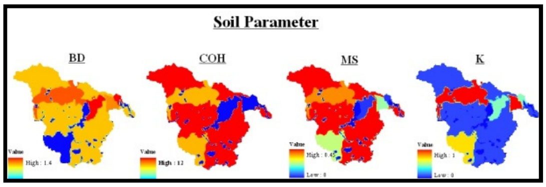
2.3.1 การเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จัดเตรียมข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดสำหรับใช้ในแบบจำลอง RMMF โดยนำมาจัดทำให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้จัดการข้อมูลเชิงพื้นที่และวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.2 การสร้าง parameter maps สำหรับใช้ในแบบจำลอง RMMF

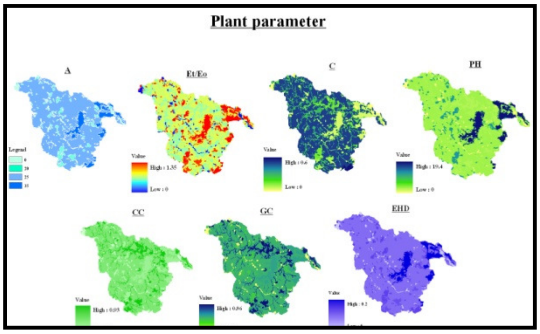
(1) ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี (R) ข้อมูลจำนวนวันฝนตกในรอบปี (Rn) และข้อมูลความหนักเบาของฝนสูงสุดในหนึ่งชั่วโมง (I) ที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา สามารถนำมาสร้างเป็นแผนที่น้ำฝน (rainfall map) โดยใช้วิธีการ interpolation ด้วยเทคนิค IDW (inverse distance weighting) [2]

(2) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับดิน ได้แก่ ความหนาแน่นรวมของดิน (BD) การยึดเกาะตัวของผิวหน้าดิน (COH) ความจุความชื้นของดินที่ระดับสนาม (MS) และดัชนีความคงทนของดินต่อการถูกชะล้างโดยฝน (K) ที่ได้จากกรมพัฒนาที่ดินจะถูกนำเข้าสู่ตารางอรรถาธิบายของแผนที่ดิน เพื่อสร้างแผนที่ค่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับดินทั้งหมด และแผนที่ค่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับดินแสดงดังรูปที่ 1 [3]

(3) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพืช ได้แก่ ข้อมูลสัดส่วนน้ำฝนที่พืชซึมซับไว้ (A) อัตราส่วนการคายระเหยจริงกับการระเหยน้ำสูงสุด (Et/Eo) ค่าการปกคลุมพืชพันธุ์ (C) ข้อมูลเรือนยอดปกคลุม (CC) ข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน (GC) ความลึกของน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (EHD) และความสูงพืช (PH) ที่ได้จากกรมพัฒนาที่ดินจะถูกนำเข้าสู่ตารางอรรถาธิบายของแผนที่การใช้ที่ดิน เพื่อสร้างแผนที่ค่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพืชทั้งหมด แผนที่ค่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพืชแสดงดังรูปที่ 2 [3]



รูปที่ 1 แผนที่ค่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับดิน



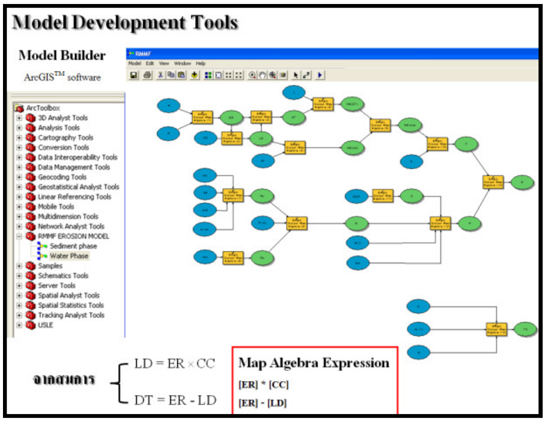
รูปที่ 2 แผนที่ค่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพืช

(4) ข้อมูลความลาดชันของพื้นที่ (S) ได้จากการสังเคราะห์ แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (DEM) [3]

2.3.3 การประเมินการชะล้างพังทลายของดินด้วยแบบจำลอง RMMF

ประยุกต์ใช้งานแบบจำลอง RMMF โดยการเขียนคำสั่งบนโปรแกรม ArcGIS 9.3 demo โดยเลือกใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Model Builder (รูปที่ 3) ที่มีข้อดี คือ ช่วยให้วิเคราะห์ข้อมูลได้อย่าง

อัตโนมัติ และในการคำนวณค่าปัจจัยต่างๆ จะอยู่ในรูปแบบของ raster calculation



รูปที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย model builder

แบบจำลอง RMMF แบ่งกระบวนการที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายดินออกเป็น 2 ส่วน คือ การแตกกระจายของอนุภาคดิน (soil detachment) และการพัดพาอนุภาคดินไปกับน้ำไหลบ่า (transport capacity) [1] นอกจากนี้แบบจำลอง RMMF ได้แบ่งกระบวนการชะล้างพังทลายของดินออกเป็น 2 phase คือ water phase และ sediment phase [4]

(1) Water phase

(1.1) การประมาณค่าพลังงานจลน์ของน้ำฝน (estimation of rainfall energy)

- การหาปริมาณน้ำฝนที่เหลือจากการซึมซับของพืช (effective rainfall)

$$ER = R\,(1- A) \qquad (1)$$

เมื่อ ER คือ ปริมาณน้ำฝนที่เหลือจากการซึมซับของพืช (มิลลิเมตร)

R คือ ปริมาณน้ำฝนรายปี (มิลลิเมตร)

A คือ ดัชนีน้ำฝนที่พืชซึมซับ (0-1) [1]

- การหาปริมาณน้ำฝนที่ตกกระทบพื้นดินหลังจากถูกซึมซับจากเรือนยอดพืช

$$LD = ER \times CC \qquad (2)$$

เมื่อ LD คือ ปริมาณน้ำฝนที่ตกกระทบพื้นดินหลังจากถูกซึมซับจากเรือนยอดพืช (มิลลิเมตร)

CC คือ เรือนยอดปกคลุม (%)

- การหาปริมาณน้ำฝนที่ตกสู่พื้นดินโดยตรง (direct through fall)

$$DT = ER - LD \qquad (3)$$

เมื่อ DT คือ ปริมาณน้ำฝนที่ตกกระทบพื้นดินโดยตรง (มิลลิเมตร)

- การหาพลังงานจลน์ของน้ำฝนที่ตกกระทบผ่านเรือนยอดพืช (kinetic energy of LD)

$$KE\,(LD) = LD\,[(1.58 \times PH^{0.5}) - 5.87] \qquad (4)$$

เมื่อ KE (LD) คือ พลังงานจลน์ของน้ำฝนที่ตกกระทบพื้นดินผ่านเรือนยอดพืช (จูลต่อตารางเมตร)

PH คือ ความสูงพืช (เมตร)

- การหาพลังงานจลน์ของฝนที่ไหลผ่านโดยตรง (kinetic energy of DT)

$$KE\,(DT) = DT\,(11.9 + 8.7 \log I) \qquad (5)$$

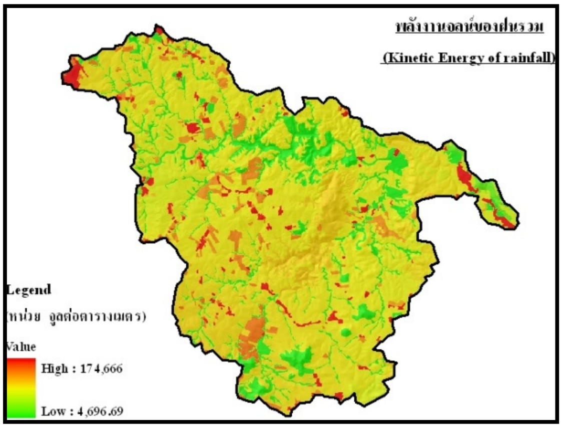
เมื่อ KE (DT) คือ พลังงานจลน์ของน้ำฝนที่ตกกระทบพื้นดินโดยตรง (จูลต่อตารางเมตร)

I คือ ความหนักเบาของน้ำฝนภายใน 1 ชั่วโมง (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง) ความหนักเบาของฝนใช้ค่าเฉลี่ย 25 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับประเทศในแถบเส้นศูนย์สูตร [1]

- การหาพลังงานจลน์ของฝนรวม (kinetic energy of rainfall)

$$KE = KE\,(DT) + KE\,(LD) \qquad (6)$$

พลังงานจลน์ของน้ำฝนทั้งหมดแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนที่ค่าพลังงานจลน์ของฝนรวม

(1.2) การประมาณค่าน้ำไหลบ่า (estimation of runoff) แทนค่าตามสมการที่ 7-9

- ความสามารถในการกักเก็บความชื้น

$$R_c = 1000 \times MS \times BD \times EHD \times (E_t/E_0) \quad (7)$$

เมื่อ R_c คือ ความสามารถในการกักเก็บความชื้นของดิน (มิลลิเมตร)

MS คือ ความจุความชื้นของดินที่ระดับสนาม (% ww)

BD คือ ความหนาแน่นรวมของดิน (เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

EHD คือความลึกของน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (เมตร)

E_t /E_o คือ อัตราส่วนระหว่างการคายระเหยจริงกับการระเหยน้ำสูงสุด

- ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อวันใน 1 ปี

$$R_0 = R/R_n \quad (8)$$

เมื่อ R_0 คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อวันใน 1 ปี (มิลลิเมตรต่อวัน)

R คือ ปริมาณน้ำฝนรายปี (มิลลิเมตร)

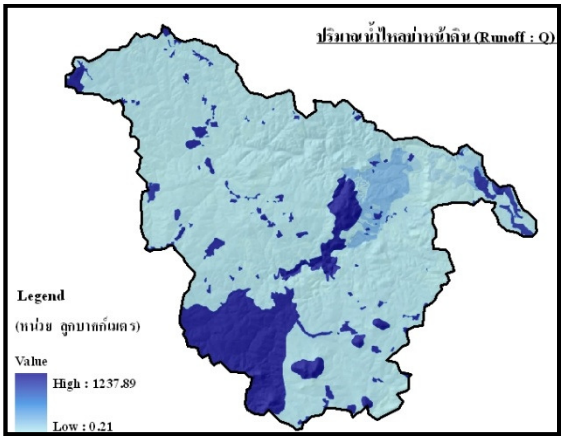
R_n คือ จำนวนวันฝนตกในรอบปี

- การประมาณค่าน้ำไหลบ่า (runoff)

$$Q = R \exp(-R_C/R_0) \quad (9)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณค่าน้ำไหลบ่า แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนที่ปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน (runoff)

(2) Sediment phase

(2.1) การประมาณค่าการแตกกระจายของอนุภาคดินที่เกิดจากเม็ดฝนและน้ำไหลบ่า

- การแตกกระจายของดินเนื่องจากฝน (soil detachment by raindrop; F)

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

เมื่อ F คือ การแตกกระจายของดินเนื่องจากน้ำฝน (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)

K คือ ความคงทนของดินต่อการถูกชะล้างโดยฝน (กรัมต่อจูล)

- การหาปริมาณเม็ดดินที่แตกกระจายเนื่องจากน้ำไหลบ่า (soil detachment by

runoff; H) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 11 และ 12 โดยในสมการที่ 11 จะเป็นการคำนวณแรงต้านของดินต่อการถูกพัดพาโดยน้ำ

$$Z = 1/0.5\ COH \quad (11)$$

เมื่อ Z คือ แรงต้านของดินต่อการถูกพัดพาโดยน้ำ

COH คือ การยึดเกาะตัวของผิวหน้าดิน (กิโลปาสคาล)

และการแตกกระจายของอนุภาคดินที่เกิดจากน้ำไหลบ่าหาได้จาก

$$H = ZQ^{1.5} \times \sin S \times (1-GC) \times 10^{-3} \quad (12)$$

เมื่อ H คือ การแตกกระจายของดินโดยน้ำไหลบ่า (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)

S คือ ความลาดชัน (องศา)

GC คือ ร้อยละของพืชปกคลุมดิน (เปอร์เซ็นต์)

- การแตกกระจายของดินรวม (total soil detachment; D) คำนวณได้โดยการรวมการแตกกระจายของอนุภาคดินที่เกิดขึ้นจากน้ำฝนและน้ำไหลบ่าตามสมการที่ 13 และผลการศึกษาแสดงดังรูปที่ 6

$$D = F + H \quad (13)$$

เมื่อ D คือ การแตกกระจายของดินรวม (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)

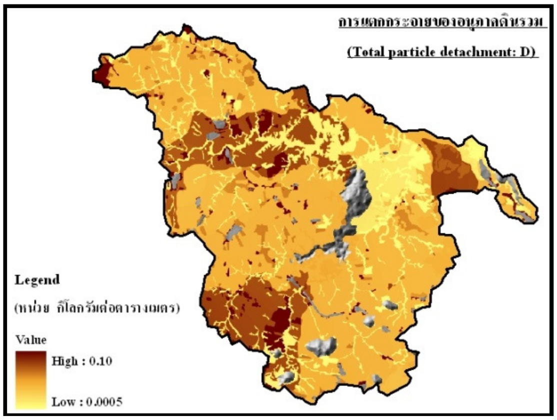
(2.2) การพัดพาอนุภาคดินไปกับน้ำไหลบ่า (transport capacity of runoff) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 14 และผลการศึกษาแสดงดังรูปที่ 7

$$TC = CQ^{2} \times \sin S \times 10^{-3} \quad (14)$$

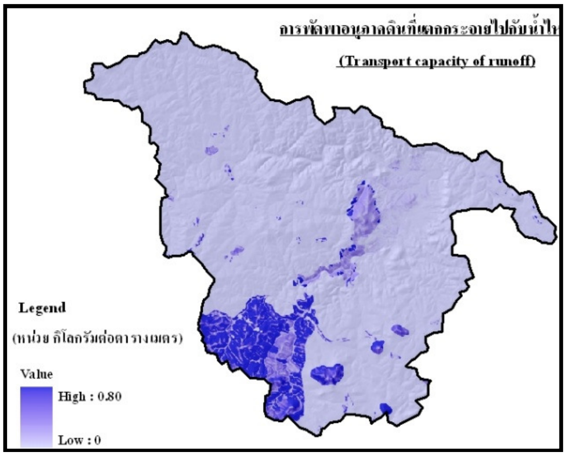
เมื่อ TC คือ ความสามารถในการพัดพาตะกอนของน้ำ (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)

C คือ ปัจจัยสิ่งปกคลุมดิน

(2.3) การประมาณค่าการชะล้างพังทลายของดินในรูปแบบของการสูญเสียดิน [prediction soil loss = minimum (D, TC)] เป็นการคำนวณขั้นสุดท้ายของแบบจำลอง RMMF โดยอัตราการสูญเสียดินรายปีคำนวณได้จากการเปรียบเทียบค่าที่ต่ำที่สุดระหว่างการแตกกระจายของอนุภาคดินและการพัดพาอนุภาคดินไปกับน้ำไหลบ่า แสดงไว้ตามสมการที่ 15 ซึ่งกระบวนการใดสูญเสียดินน้อยกว่าจะเป็นดัชนีกำหนดปริมาณดินที่สูญเสียเนื่องจากการชะล้างพังทลาย และถือว่าอัตราการสูญเสียดินที่เกิดขึ้นจากกระบวนการนั้น เป็นปริมาณดินที่ถูกชะล้างพังทลายจริงที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา โดยผลการศึกษาดังรูปที่ 8



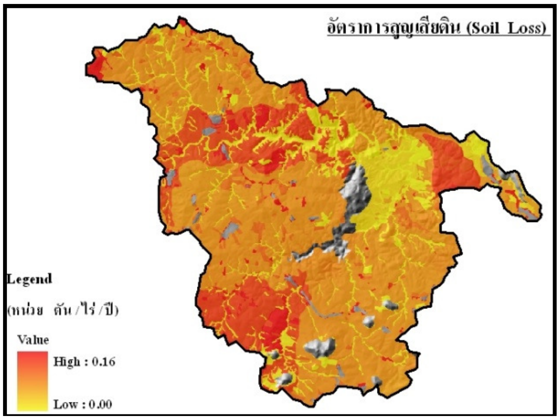
รูปที่ 6 แผนที่การแตกกระจายของอนุภาคดินรวม



รูปที่ 7 แผนที่การพัดพาอนุภาคดินไปกับน้ำไหลบ่า

$$SL = \min(D, TC) \quad (15)$$

เมื่อ SL คือ อัตราการสูญเสียดินรายปี (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)



รูปที่ 8 แผนที่อัตราการชะล้างพังทลายของดิน

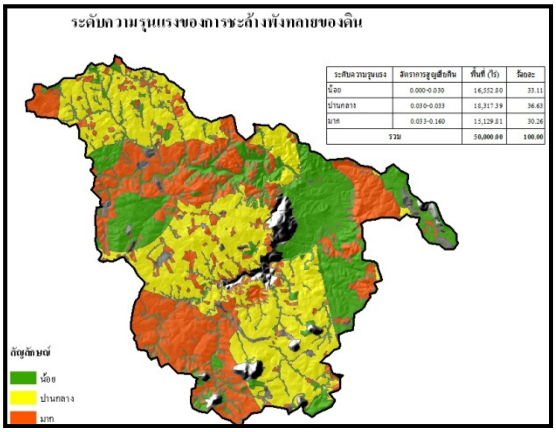
(2.4) การจำแนกระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินเป็นวิธีหนึ่งในการนำเสนอพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน โดยอาศัยการจำแนกตามปริมาณดินที่สูญเสียไปในแต่ละปี และแบ่งระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินออกเป็น 5 ระดับ ประกอบด้วย น้อยมาก (0-2 ตัน/ไร่/ปี) น้อย (2-5 ตัน/ไร่/ปี) ปานกลาง (5-15 ตัน/ไร่/ปี) รุนแรง (15-20 ตัน/ไร่/ปี) และรุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) [5]

(2.5) การออกแบบจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำตามแนวทางหลัก 2 แนวทาง คือ (1) ออกแบบตามระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินที่ประเมินได้จากแบบจำลอง RMMF และ (2) ออกแบบตามมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่นำมาปฏิบัติใช้สำหรับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ได้แก่ วิธีกล วิธีพืช และวิธีเขตกรรม [6]

3. ผลการทดลอง

จากการประเมินอัตราการชะล้างพังทลายของดินด้วยแบบจำลอง RMMF ร่วมกับเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ ผลการศึกษาพบว่า

3.1 พื้นที่ศึกษามีอัตราการสูญเสียดินระหว่าง 0-0.16 ตันต่อไร่ต่อปี เมื่อนำอัตราการสูญเสียดินมาจัดกลุ่มแบบ Quantile โดยแบ่งระดับความรุนแรงการชะล้างพังทลายของดินออกเป็น 3 ระดับ ประกอบด้วย น้อย ปานกลาง และมาก คิดเป็นพื้นที่ 26.48 ตร.กม. (33.10%) 29.31 ตร.กม. (36.64%) และ 24.21 ตร.กม. (30.26%) ตามลำดับ (รูปที่ 9) นอกจากนี้ เมื่อนำอัตราการสูญเสียดินที่ได้จากการศึกษามาจำแนกตามระดับความรุนแรงที่กรมพัฒนาที่ดินได้ศึกษาไว้ พบว่าพื้นที่ศึกษามีระดับการชะล้างพังทลายของดินอยู่ในระดับน้อยมาก หรือมีอัตราการชะล้างพังทลายของดินอยู่ในช่วง 0-2 ตันต่อไร่ต่อปี

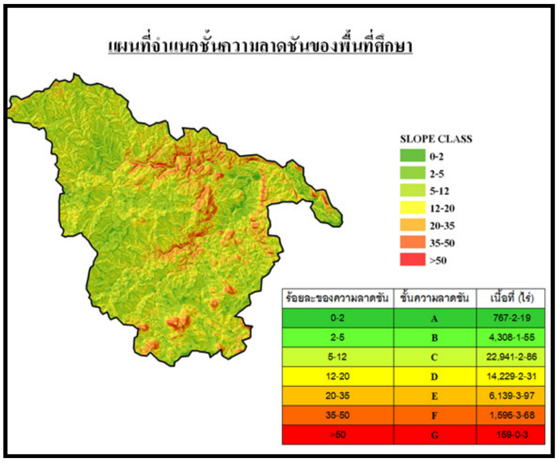


รูปที่ 9 แผนที่ระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินตามแบบ Quantile

3.2 การออกแบบจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ แบ่งออกตามแนวทางหลักได้ 2 แนวทาง คือ

3.1.1 ออกแบบตามระดับความรุนแรงที่ประเมินได้จากแบบจำลอง RMMF ซึ่งจากการศึกษาพบว่าพื้นที่ศึกษามีอัตราการสูญเสียดินระหว่าง 0-0.16 ตันต่อไร่ต่อปี และเมื่อจำแนกตามระดับความรุนแรงที่กรมพัฒนาที่ดินได้ทำการศึกษาไว้ พบว่าพื้นที่ศึกษามีระดับการชะล้างพังทลายของดินอยู่ในระดับน้อยมาก ฉะนั้นในการวางแนวทางป้องกันและแก้ไขปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน หากเป็นพื้นที่ราบไม่จำเป็นต้องมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ส่วนพื้นที่ที่เป็นภูเขาสูงชันซ่าซึ่งยังคงสภาพเป็นป่าไม้ธรรมชาติควรมีมาตรการอนุรักษ์พื้นที่ป่าไม้ไว้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน

3.1.2 ออกแบบจัดระบบตามมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่นำมาปฏิบัติใช้ ซึ่งพิจารณาตามความลาดชัน และปัจจัยด้านอื่นๆ เพื่อกำหนดมาตรการหรือแนวทางในการออกแบบระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ได้ผลการศึกษาดังรูปที่ 10 และตารางที่ 1



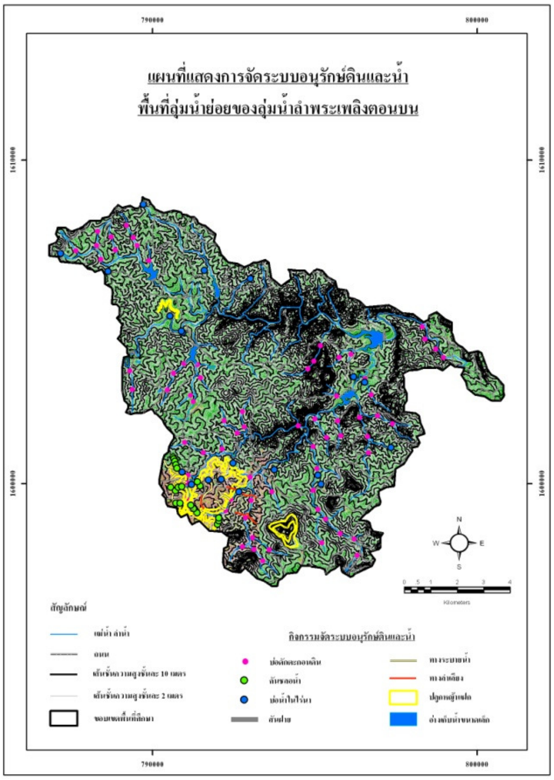
รูปที่ 10 แผนที่การจัดชั้นความลาดชัน

ตัวอย่างการออกแบบจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ศึกษาแสดงดังรูปที่ 11

ตารางที่ 1 มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำพิจารณาตามความลาดชัน

slope class	มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ
A (0-2)	วิธีพืช : ปลูกหญ้าแฝก วิธีเขตกรรม : ไถพรวนตามแนวระดับและปลูกพืชตามแนวระดับ
B (2-5)	วิธีกล : ทำคันดินแบบระดับ (แบบที่ 2) หรือลดระดับ (แบบที่ 4) วิธีพืช : ปลูกหญ้าแฝกแทรกขนานกับแนวปลูกไม้ยืนต้น
C (5-12)	วิธีกล : ทำคันดินแบบระดับ (แบบที่ 2) หรือลดระดับ (แบบที่ 4) วิธีพืช : ปลูกไม้ยืนต้นตามระดับและมีแถบหญ้าแฝกปลูกขวางความลาดเทขนานกับแถวที่ปลูกไม้ยืนต้น
D (12-20)	วิธีกล : ทำคันดินแบบที่ 5 วิธีพืช : ปลูกไม้ยืนต้นตามระดับและมีแถบหญ้าแฝกปลูกขวางความลาดเทขนานกับแถวที่ปลูกไม้ยืนต้น
E (20-35)	วิธีกล : ทำคันดินแบบที่ 5 เพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน วิธีพืช : ปลูกไม้ยืนต้นหรือไม้โตเร็ว
F (>35)	สงวนไว้เป็นป่าธรรมชาติ

ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำที่ดีจะต้องเป็นระบบที่มีการผสมผสานกันทั้งวิธีกลและวิธีพืช โดยขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และความเหมาะสมของดิน สิ่งที่สำคัญที่สุดก็คือต้องมีทั้งระบบป้องกันควบคู่ไปกับระบบการปรับปรุงบำรุงดินด้วย



รูปที่ 11 แผนที่การจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ

4. สรุปผลการศึกษา

พื้นที่ศึกษามีอัตราการสูญเสียดินระหว่าง 0-0.16 ตันต่อไร่ต่อปี เมื่อนำมาจัดกลุ่มแบบ Quantile ซึ่งแบ่งระดับความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินออกเป็น 3 ระดับ พบว่าพื้นที่มีการพังทลายของดินระดับน้อย ปานกลาง และมาก คิดเป็นพื้นที่ 26.48 ตร.กม. (33.10%) 29.31 ตร.กม. (36.64%) และ 24.21 ตร.กม. (30.26%) ตามลำดับ ซึ่งในบริเวณที่มีการชะล้างพังทลายของดินระดับปานกลางและรุนแรงมาก ต้องมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำเป็นพิเศษ และเมื่อนำอัตราการสูญเสียดินที่ได้มาจำแนกระดับความรุนแรงตามกรมพัฒนาที่ดินได้ทำการศึกษาไว้พบว่าพื้นที่ศึกษามีระดับการชะล้างพังทลายของดินอยู่ในระดับน้อยมากหรือมีอัตราการชะล้างพังทลายของดินอยู่ในช่วง 0-2 ตันต่อไร่ต่อปี

4.1 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการปรับปรุงฐานข้อมูลที่จะนำมาใช้ในแบบจำลองให้มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะทำให้ digital map ต่างๆ มีความถูกต้องเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้ควรมีการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลที่จะนำมาใช้ในแบบจำลอง เนื่องจากข้อมูลบางตัวยังต้องอาศัยค่าจากการตรวจเอกสารซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการศึกษาในต่างประเทศ หากภายในประเทศมีการศึกษาลงไปในรายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลเหล่านี้จะได้ข้อมูลที่เหมาะสมกับประเทศไทยและทำให้ผลการศึกษาที่ได้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นด้วย

4.2 อภิปรายผลและวิจารณ์

สำหรับสาเหตุที่แบบจำลอง RMMF มีผลการประเมินการชะล้างพังทลายของดินโดยให้อัตราการสูญเสียดินที่น้อยมาก เป็นเพราะแบบจำลอง RMMF มีการแบ่งกระบวนการที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายดินออกเป็น 2 ส่วน คือ การแตกกระจายของอนุภาคดินและการพัดพาอนุภาคดินไปกับน้ำไหลบ่า โดยผลจากการแบ่งกระบวนการทั้ง 2 จะทำให้ผลการประเมินที่ได้จากแบบจำลอง RMMF มีค่าต่ำลงด้วย ซึ่งแบบจำลองการชะล้างพังทลายของดินทุกประเภทถูกพัฒนาขึ้นโดยมีจุดมุ่งหมายที่จะพยายามนำเสนอกระบวนการที่ซับซ้อนของธรรมชาติในรูปแบบที่เข้าใจได้ การสร้างแบบจำลองมีพื้นฐานมาจากการกำหนดปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการชะล้างพังทลายของดิน และการสูญเสียดินผ่านการสังเกตในภาคสนาม การวัด การทดลอง และการวิเคราะห์ทางสถิติ เมื่อคอมพิวเตอร์ถูกพัฒนาขึ้นทำให้ความสามารถในการคำนวณดีขึ้น ส่งผลให้เกิดการพัฒนาแบบจำลองเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็

ตาม แบบจำลองเพียงแบบเดียว ไม่สามารถแก้ปัญหาที่หลากหลายได้ทั้งหมดซึ่งกลายเป็นเหตุผลที่ทำให้มีการพัฒนาแบบจำลองขึ้นมาเป็นจำนวนมาก ดังนั้นผู้ใช้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำความเข้าใจกับทฤษฎีหรือแนวคิดเบื้องหลังของแบบจำลองก่อนที่จะนำมาประยุกต์ใช้ เพราะแบบจำลองบางประเภทถูกพัฒนาให้ใช้กับพื้นที่ที่เฉพาะเจาะจงและไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่นได้

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปี 2554

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Morgan R.P.C., 2001, A Simple Approach to Soil Loss Predication: A Revised Morgan-Morgan-Finney Model, Catena, United Kingdom.

[2] กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, แหล่งที่มา : http://www.tmd.go.th., 2552.

[3] กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, แหล่งที่มา : http://www.ldd.go.th, 2552.

[4] Morgan, R.P.C., Morgan, D.D.V. and Finney, H.J., 1984, A Predictive Model for the Assessment of Soil Erosion Risk, J. Agric. Engng. Res. 30: 245-253.

[5] กรมพัฒนาที่ดิน, 2523, การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

[6] กรมพัฒนาที่ดิน, 2552, การอนุรักษ์ดินและน้ำในเขตพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.