

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการประเมินการกร่อนดิน พื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

Application of Geographic Information System on Soil Erosion Estimation at Mae Chaem Watershed Changwat Chiang Mai

จำรูญ ศรีชัยชนะ วท.ม.(วนศาสตร์)

อาจารย์ ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

Jamroon Srichaichana

Department of Geography, Faculty of Humanities and Social Sciences, Thaksin University

Abstract

Application of Geographic Information System estimating soil erosion at the Mae Chaem catchments area, which is the important watershed area in the northern of Thailand and it is the origin of Ping river used the USLE equation during 10 years (1988-1997)

The study found that in 1988, the maximum sediment loss is 1,850,623.12 ton or 482.646 ton/km² and in 1990 the minimum sediment is 816,383.62 ton or 212.914 ton/km². Land-use of Mae Chaem catchments has changed. The forested area has decreased from 86.86% in 1989 to 74.29 % in 1994. The rate of decrease is 12.57 % by forested area has been changed to be the agricultural area that causes to increase of sediment including the average precipitation from 10 station is 1,084 mm. that increase from 851.59 mm. in 1993. In 1994 the sediment loss was 1,693,664 ton. This study uses several factors in its analyze: rainfall (R), runoff (Q) and land use (FR = forest area, AG = agriculture area, SH = shifting, UB = urban, WT = water area). The multiple linear regression : $Sed = -1613.769 + 0.898R - 0.730Q + 6.529FR + 159.881AG + 14.905SH + 107.144UB + 155770.828WT$ is used to find the relation between ; land use, precipitation (R) and runoff (Q). After statistically testing this equation it is found equation with statistical method found that the result is non - significant due to no relation ship of some of the factors with the sediment loss. After deleting non-related factors by Stepwise method for eliminating unimportant variables, only 2 variables remain for the analysis; annual precipitation and percent age of agricultural area. The regression is $Sed = -67.577 + 0.288R + 90.687AG$, $r^2 = 0.832$. The result found that the equation is significant at confident level 95%.

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการประเมินการกร่อนดินด้วยสมการ USLE การประเมินการกร่อนดินในลุ่มน้ำแม่แจ่มรอบ 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ.2531-พ.ศ.2540 พื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มเป็นพื้นที่ต้นน้ำของลุ่มน้ำปิงเป็นลุ่มน้ำที่สำคัญทางตอนเหนือของประเทศไทย

จากการศึกษาพบว่าในปี พ.ศ.2531 มีปริมาณตะกอนเกิดขึ้นมากที่สุด คือ 1,850,623.12 ตัน คิดเป็น 482.646 ตันต่อตร.กม.และปี พ.ศ.2533 มีปริมาณตะกอนน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 816,383.62 ตัน คิดเป็น 212.914 ตันต่อตร.กม. ในด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม คือพื้นที่ป่าที่ลดลงจากร้อยละ 86.86 ในปี พ.ศ.2532 เป็นร้อยละ 74.29 ในปี พ.ศ. 2537 กล่าวคือลดลงร้อยละ 12.57 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยจาก 10 สถานีตรวจวัดน้ำฝนมีค่าเท่ากับ 1,084 มิลลิเมตร จากการศึกษาปริมาณตะกอน (Sed) ครั้งนี้ได้เอาปัจจัยต่างๆ เข้ามาวิเคราะห์หลายปัจจัยและการหาความสัมพันธ์ของปัจจัยในด้านปริมาณน้ำฝน (R) ปริมาณน้ำท่า (Q) และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (FR = พื้นที่ป่าไม้, AG = พื้นที่เกษตร, SH = ไร่เลื่อนลอย, UB = เมือง, WT = แหล่งน้ำ) ในรูปแบบของสมการถดถอยได้สมการ ดังนี้ คือ $Sed = -1613.769 + 0.898R - 0.730Q + 6.529FR + 159.881AG + 14.905SH + 107.144UB + 155770.828WT$ ทำการทดสอบด้วยสถิติพบว่าสมการดังกล่าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากมีบางปัจจัยที่ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณตะกอน ดังนั้นใช้วิธีของ Stepwise เพื่อกำจัดตัวแปรที่มีความสัมพันธ์น้อยออกจากสมการ ได้สมการคือ $Sed = -67.577 + 0.288R + 90.687AG$ มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน $r^2 = 0.832$ ทำการทดสอบด้วยสถิติพบว่า สมการที่ได้มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95

บทนำ

การเกิดตะกอนในลำน้ำและแหล่งน้ำเป็นปัญหาของประเทศที่กำลังพัฒนาและพัฒนาแล้วได้ประสบมาตลอด สำหรับการแก้ปัญหา คือการนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาใช้ การกำหนดนโยบายและกฎหมาย และการนำเทคโนโลยีมาใช้ คือ

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือระบบสำหรับการนำเข้า การจัดเก็บข้อมูล การเปลี่ยนแปลง การวิเคราะห์ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) โดยข้อมูลเหล่านี้มีลักษณะในรูปของ จุด เส้น พื้นที่รูปปิด และข้อมูลเชิงบรรยาย ซึ่งแสดงลักษณะเฉพาะตัวของข้อมูลแต่ละรูปแบบ (สุวิทย์, 2538) โดยมีโครงสร้างส่วนประกอบที่สำคัญของระบบประกอบด้วย 1.ข้อมูล 2.บุคลากร 3.ฮาร์ดแวร์ 4.ซอฟต์แวร์ 5.ขั้นตอน และ 6.โครงการ

พื้นที่ลุ่มน้ำ หมายถึงหน่วยของพื้นที่หนึ่ง ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการน้ำโดยเฉพาะ มีขนาดตามต้องการของแต่ละบุคคลและประเภทของการศึกษา (เกษม,

2539) การจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำ หมายถึงการจัดการพื้นที่เพื่อให้ได้น้ำที่มีปริมาณมากพอ คุณภาพดี การไหลสม่ำเสมอ พร้อมทั้งควบคุมเสถียรภาพของดิน ลดความเสียหายจากน้ำท่วมและจัดการใช้ทรัพยากรลุ่มน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

การกร่อน (erosion) หมายถึง กระบวนการแตกกระจาย (detachment) และการพัดพาไป (transportation) ของดินโดยตัวการกัดกร่อนดิน (erosive agents) ซึ่งได้แก่ น้ำและ (ขงยุทธ และ คณะ, 2541)

ปัจจัยพื้นฐานที่มีผลต่ออัตราการกร่อนดินประกอบด้วยลมฟ้า อากาศ สภาพภูมิประเทศ ดิน พืชพรรณ และมนุษย์ ซึ่ง Baver (1965) ได้สรุปไว้เป็นลักษณะของปัจจัยดังนี้

$$\text{Erosion} = f(C, T, V, S, H)$$

โดยที่ C คือ ปัจจัยเกี่ยวกับลมฟ้าอากาศ

T คือ ปัจจัยเกี่ยวกับสภาพภูมิประเทศ

V คือ ปัจจัยเกี่ยวกับพืชพรรณ

S คือ ปัจจัยเกี่ยวกับดิน
และ H คือ ปัจจัยอันเกิดจากมนุษย์
Wischmeier และ Smith (1965) ได้ทำการ
ศึกษาจากแปลงทดลอง 10,000 แปลงต่อปี ในประเทศ
สหรัฐอเมริกาเป็นระยะเวลาหลายสิบปีจนได้สมการที่
เรียกว่า สมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil
Loss Equation, USLE)

$$A = RKLSCP$$

A = ปริมาณดินที่สูญเสียที่คำนวณได้ต่อเนื้อที่
(ตัน/เฮกแตร์/ปี)

R = ค่าปัจจัยการกร่อนดินของฝน (rainfall
erosivity factor) (เมตร-ตัน/เฮกแตร์/
ปี)

K = ปัจจัยความคงทนต่อการถูกกร่อนสำหรับ
ดินชนิดหนึ่งในการปลูกพืชต่อเนื่องบน
พื้นที่ลาดเท 9 เปอร์เซ็นต์และมีความ
ลาดเทยาว 22.13 เมตร

L = ปัจจัยความยาวของความลาดเท (slope
length factor) เป็นอัตราส่วนการสูญเสีย
ดินจากพื้นที่นั้นๆ กับพื้นที่ที่มีความ
ลาดเทยาว 22.13 เมตร ในดินและความ
ลาดชันเดียวกัน

S = ปัจจัยความลาดเท (slope gradient
factor)

C = ปัจจัยการจัดการพืช (cropping
management factor)

P = ปัจจัยการปฏิบัติควบคุมการกร่อนดิน
(conservation practices factor)

อุปกรณ์ และวิธีการ

1. อุปกรณ์

1) แผนที่สภาพภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 50,000
ของโดยกรมแผนที่ทหาร ลำดับชุดที่ L7017 และระบบ
Datum STSD จำนวน 15 ระบาย

2) แผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1 : 250,000 ปี

พ.ศ. 2539 ของกรมทรัพยากรธรณี

3) แผนที่ชุดดินมาตราส่วน 1 : 100,000 ปี พ.ศ.
2522 ของกรมพัฒนาที่ดิน

4) ข้อมูลภูมิปริมาณน้ำฝนของสถานีในพื้นที่ลุ่มน้ำ
แม่แจ่ม และพื้นที่ใกล้เคียง ของกรมอุตุณิยวิทยาตั้งแต่ปี
พ.ศ. 2531 - 2540

5) ข้อมูลปริมาณตะกอน ที่จุดตรวจวัด P.14 จาก
กรมชลประทาน ในตั้งแต่ปี 2530 - 2536

6) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ครอบคลุมพื้นที่ทำ
การศึกษาของดาวเทียม Landsat 5 TM แบนด์ 4,5 และ
3 (แดง น้ำเงิน เขียว) ปีพ.ศ. 2531 - 2540 Path 131
Row 47 ที่ครอบคลุม พื้นที่ศึกษาในช่วงปี พ.ศ. 2531 -
2540

7) อุปกรณ์ทางคอมพิวเตอร์ (Personal
Computer)

8) ฮาร์ดแวร์ (Hard ware) ประกอบด้วย
คอมพิวเตอร์แบบ Pentium III ความเร็ว 500 Mhz
ฮาร์ดดิสก์ขนาด 40 GB หน่วยความจำ 256 M จอภาพ
ชนิด SVGA ขนาด 17 นิ้ว เครื่องพิมพ์สีขนาด A4
และ digitizer

9) ซอฟต์แวร์ทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
ArcInfo[®] และ ArcView[®] สำหรับใช้ในการนำเข้า
และแก้ไขข้อมูล ซอฟต์แวร์ทางด้าน กระบวนการจัด
ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ERDAS IMAGINE[®]
สำหรับใช้ในการประมวลผลข้อมูลในรูปแบบข้อมูลราสเตอร์

10) เครื่องกำหนดตำแหน่งด้วยดาวเทียม
(GPS : Global Positioning System)

2. วิธีการศึกษา

ลุ่มน้ำแม่แจ่มเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่สำคัญของกลุ่ม
น้ำปิง มีคอดยอินทนนท์ซึ่งเป็นยอดเขาที่สูงสุดของ
ประเทศไทย มีระดับความสูงของยอดเขาจากระดับ
ทะเลปานกลาง 2,571 เมตร ลุ่มน้ำแม่แจ่มมีพื้นที่โดย
ประมาณ 3,834.33 ตารางกิโลเมตร อยู่ทางด้านทิศ
ตะวันตกของจังหวัดเชียงใหม่ โดยมีจุดปากลุ่มน้ำ

(outlet) ที่จุดวัดน้ำของกรมชลประทานที่จุด P.14 ซึ่งมีค่าพิกัด 453458 E, 2015555 N. มีปริมาณน้ำเฉลี่ยรายปีอยู่ในช่วง 1,000 - 1,200 มิลลิเมตร โดยมีขั้นตอนวิธีการศึกษาครั้งนี้ดังรายละเอียดภาพที่ 1

2.1 การหาค่า R-Factor ในสมการ USLE

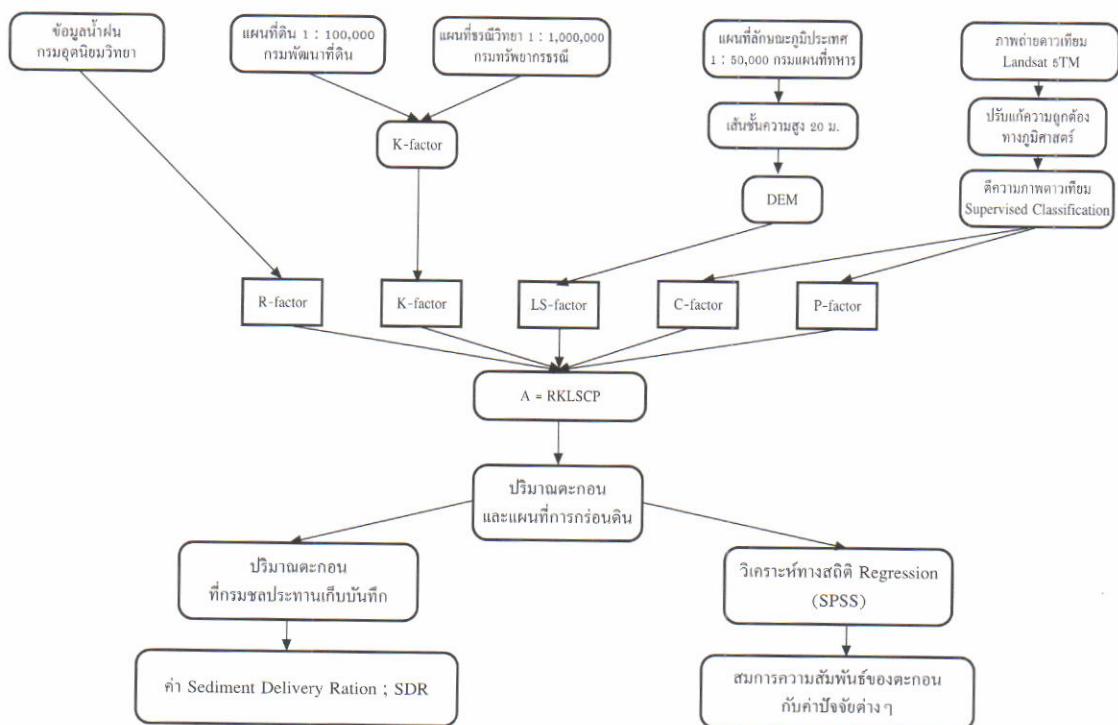
ในรูปของข้อมูลจากสถานีที่ตรวจวัดโดยตรงหรือในการคำนวณครั้งนี้จากการเลือกใช้วิธีการ Interpolate Grid วิธี Nearest Neighbors ขนาด pixel เท่ากับ 25 X 25 เมตร ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ได้จากการตรวจวัดข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 10 สถานีรอบพื้นที่ลุ่มน้ำ คำนวณค่า R-factor ในสมการ USLE โดยใช้สมการของ มนู และคณะ (2527) คือ $Y = 0.163 X - 0.0375$ เมตร-ตัน/เฮกแตร์/ปี ค่า $r = 0.727$

2.2 การหาค่า K-Factor ในสมการ USLE

ทำการแปลงข้อมูลชุดดินให้เป็นค่า K-factor และข้อชุดดินที่ 62 (slope complex) ใช้ข้อมูลทางธรณีวิทยามาหาค่า K-factor ในสมการ USLE

2.3 การคำนวณหาค่า C-Factor และ P-Factor ในสมการ USLE

ช่วงระยะเวลาของข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531 ถึงพ.ศ. 2540 รวม 10 ปีการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ (image processing) ด้วยหลักการของ Supervised Classification ใช้ภาพสีผสมเท็จ (false color composite) จากข้อมูล Landsat แบนด์ 4 5 และ 3



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการประยุกต์ใช้ระบบ GIS ในการประเมินปริมาณตะกอนจากสมการ USLE
การหาค่า SDR และการหาสมการ การประเมินค่าการกัดกร่อนดิน ด้วยวิธีการ ทางสถิติ Stepwise

ตารางที่ 2 การใช้ประโยชน์ที่ดินต่อค่า C - factor และ P - factor ในสมการ USLE

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ค่า C - factor	ค่า P -factor
ป่าดิบเขา	0.003	1
ป่าดิบแล้ง	0.19	1
ป่าเบญจพรรณ	0.064	1
ป่าสน	0.003	1
ป่าเต็งรัง	0.036	1
สวนป่า	0.088	1
ทุ่งหญ้า	0.015	1
ไร่เลื่อนลอย	0.45	1
พื้นที่เกษตร	0.45	1
พื้นที่เมือง	1	1
พื้นที่ว่างเปล่า	0.8	1
แหล่งน้ำ	0	0

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2543)

2.4. การคำนวณหา LS - factor ในสมการ USLE

ทำการดิจิไตส์เส้นชั้นความสูง เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลขของพื้นที่ใช้โปรแกรม ERDAS IMAGINE[®] 8.4

เมื่อได้ข้อมูลทุกปีจจัยแล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Arcview 3.2 พร้อมกับใช้ Spatial Analysis Extension เวอร์ชัน 2.0 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลแต่ละปีจจัยโดยใช้ Grid Analysis

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม มีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทุกปี การใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจนที่สุดก็คือ การเปลี่ยนแปลงสลับไปมาระหว่างไร่เลื่อนลอยและไร่ร้าง กับ ป่ารุ่นสอง โดยพบว่าสัดส่วนของพื้นที่ไร่เลื่อนลอยสูงสุดในปี พ.ศ. 2536 คิดเป็นเนื้อที่ 248,621.48 ไร่ หรือร้อยละ 10.37 ของพื้นที่ศึกษา โดยเป็นการเปลี่ยนแปลงมาจากพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 5.31 และจากพื้นที่ไร่ร้างและป่ารุ่นสองร้อยละ 3.18

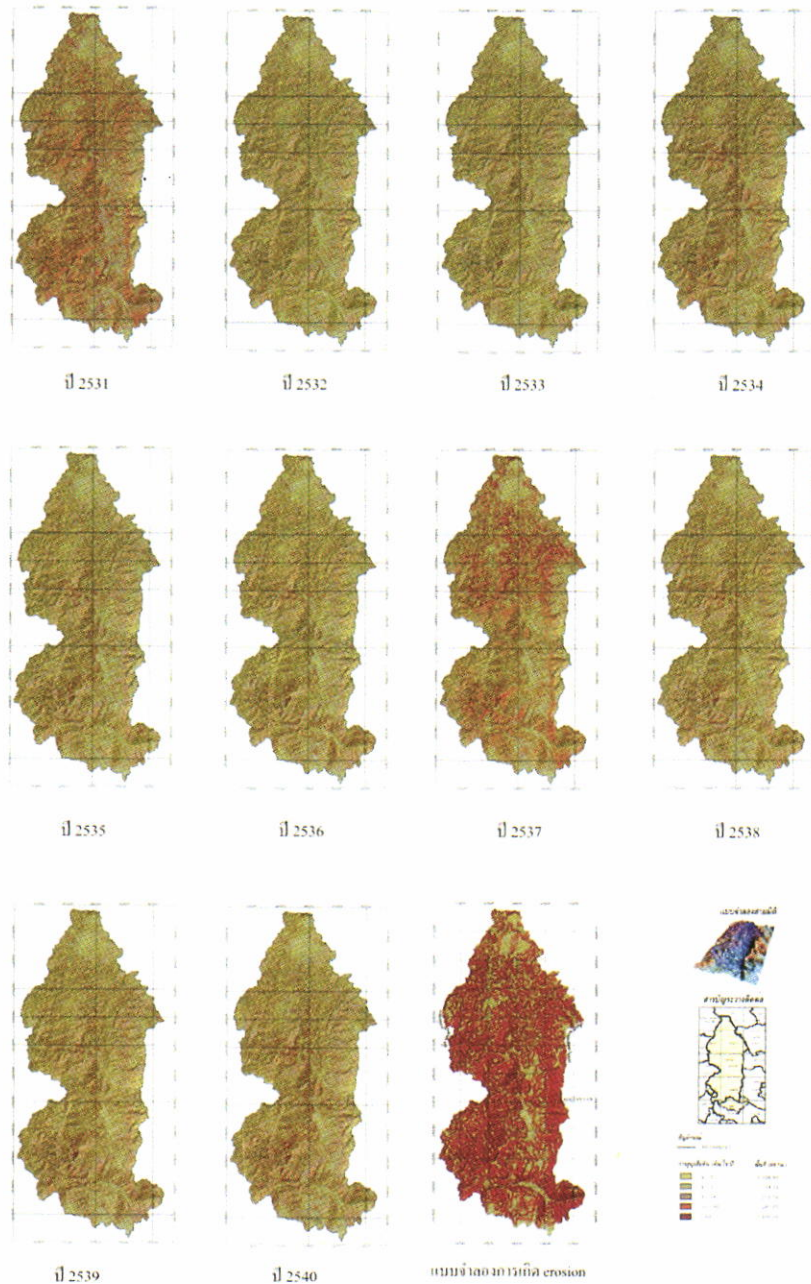
ตารางที่ 3 การใช้ประโยชน์ที่ดินต่อการกร่อนดินของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มในช่วง 10 ปี

การกร่อนดิน(ตัน/ไร่/ปี)	0-2	2-5	5-15	15-20	มากกว่า 20	คิดเป็นร้อยละ
การกร่อนดิน (มม./ปี)	0-0.96	0.96-2.4	2.4-7.2	7.2-9.6	มากกว่า 9.6	
ป่าดิบเขา	1.966	0.003	0.000	0.000	0.000	1.969
ป่าดิบแล้ง	0.952	1.469	0.000	0.000	0.000	2.420
ป่าเบญจพรรณ	2.833	4.157	0.582	0.098	0.127	7.797
ป่าเต็งรัง	3.395	1.945	0.009	0.000	0.000	5.349
ป่าสน	2.222	0.242	0.000	0.000	0.000	2.465
เกษตรกรรม	0.462	18.193	0.730	0.314	0.302	20.001
ไร่เลื่อนลอย	19.047	1.020	0.000	0.000	0.000	20.067
ทุ่งหญ้าและป่ารุ่นที่สอง	7.731	4.605	0.773	0.319	0.417	13.844
สวนป่าอายุไม่เกิน 5 ปี	2.548	1.083	2.055	0.140	0.339	6.165
เมือง	9.665	1.591	2.621	1.712	2.503	18.092
พื้นที่ว่างเปล่า	0.961	0.171	0.315	0.133	0.194	1.775
แหล่งน้ำ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

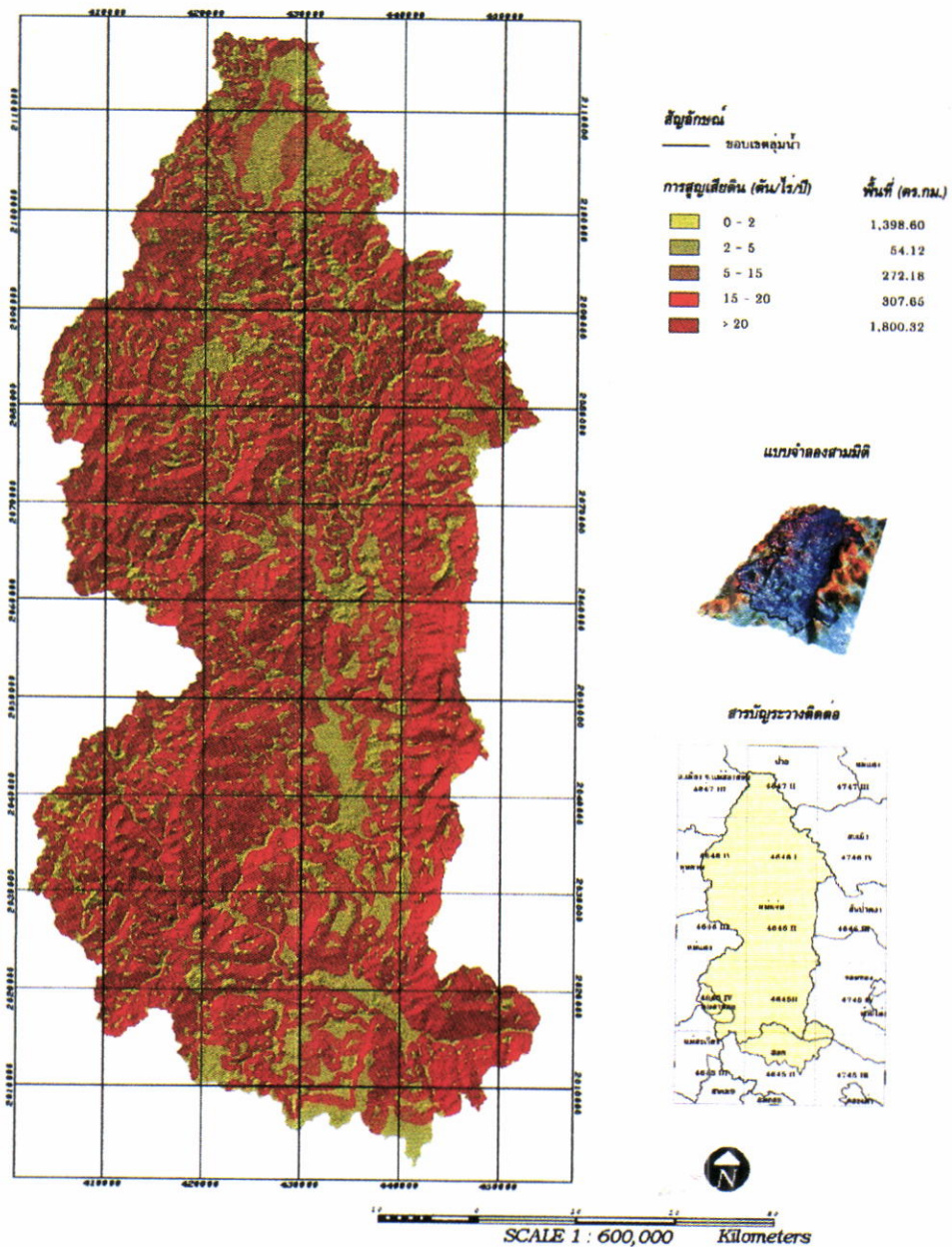
จากตารางพบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทไร่เลื่อนลอย มีอัตราการสูญเสียดินมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 20.067 รองลงมาคือ พื้นที่ทำการเกษตรมีอัตราการสูญเสียดิน คิดเป็นร้อยละ 20.001

จากการศึกษาพบว่าในปี พ.ศ.2531 มีปริมาณตะกอนเกิดขึ้นมากที่สุด คือ 1,850,623.12 ตัน คิดเป็น

482.646 ตันต่อตร.กม.และปี พ.ศ.2533 มีปริมาณตะกอนน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 816,383.62 ตัน คิดเป็น 212.914 ตันต่อตร.กม. ในด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม พบว่าพื้นที่ป่าที่ลดลงจากร้อยละ 86.86 ในปี พ.ศ. 2532 และคิดเป็นร้อยละ 74.29 ในปี พ.ศ. 2537



ภาพที่ 2 การประเมินค่าการกร่อนดินจากสมการ USLE ปี 2531-2540 และการจำลองการเกิดการกร่อนดินโดยการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ของลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่



ภาพที่ 3 ภาพการจำลองการเกิดการกร่อนดินโดยการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม
 ของลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

สรุป

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและปริมาณน้ำฝนต่อประเมิณปริมาณตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มจากสมการ USLE โดยการนำสัดส่วนในรูปของร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปริมาณน้ำฝนรายปี และปริมาณน้ำท่ากับปริมาณตะกอนที่คำนวณได้จากสมการ USLE โดยมีการเอาลักษณะของตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์หาค่าปริมาณตะกอนของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม เปรียบเทียบกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยพิจารณาเพื่อหาความสัมพันธ์กับปัจจัยทั้งหมดโดยการวิเคราะห์แบบสมการการถดถอยหลายตัวแปรได้ผลดังนี้

$$Sed = -1613.769 + 0.898R - 0.730Q + 6.529FR + 159.881AG + 14.905SH + 107.144UB + 155770.828WT$$

เมื่อกำหนดให้

- Sed = ปริมาณตะกอน (ตัน/ตร.กม./ปี)
R = ปริมาณน้ำฝนรายปี (มม.)
Q = ปริมาณน้ำท่า (มม.)
FR = พื้นที่ป่าในลุ่มน้ำคิดเป็นร้อยละ
AG = พื้นที่เกษตรในลุ่มน้ำคิดเป็นร้อยละ
SH = พื้นที่ไร่เลื่อนลอยในลุ่มน้ำคิดเป็นร้อยละ
UB = พื้นที่เมืองในลุ่มน้ำคิดเป็นร้อยละ
WT = พื้นที่แหล่งน้ำในลุ่มน้ำคิดเป็นร้อยละ

สมการที่ได้ พบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติยอมรับ H_0 เนื่องจาก มีค่าเท่ากับ 15.177 มีค่า F significant $0.063 > 0.05$ จากสมมติฐาน $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = 0$ เนื่องจากมีตัวแปรอย่างน้อย 1 ตัวที่ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณตะกอน ดังนั้นต้องมีการนำเอาวิธีการวิเคราะห์แบบ Stepwise

จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีของ Stepwise มีตัวแปรเพียง 2 ตัวแปร คือ ปริมาณน้ำฝนรายปีกับร้อยละของพื้นที่เกษตร พบว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่า

สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน $r^2 = 0.832$ ได้สมการดังนี้

$$Sed = -67.577 + 0.288R + 90.687AG$$

เมื่อกำหนดให้

- Sed = ปริมาณตะกอน (ตัน/ตร.กม./ปี)
R = ปริมาณน้ำฝนรายปี (มม.)
AG = พื้นที่เกษตรในลุ่มน้ำคิดเป็นร้อยละ

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการประเมินการกร่อนดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ในคาบ 10 ปี คือตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531-2540 โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การสำรวจระยะไกล และการวิเคราะห์ค่าจากสถิติ พบว่าสมการ USLE ที่ใช้นั้นมีตัวแปรที่นำมาคำนวณหลายตัวแปรซึ่งเป็นวิธีการเหมาะสำหรับการประเมินการกร่อนดินแบบ Onside Erosion และเมื่อนำค่าที่ได้จากการประเมินการกร่อนดินจากสมการ USLE มาวิเคราะห์หาตัวแปรด้วยวิธีของ Stepwise พบว่ามีตัวแปรเพียง 2 ตัวที่ให้ค่าในนัยสำคัญทางสถิติ คือ ปริมาณน้ำฝนรายปี กับร้อยละของพื้นที่เกษตร ที่มีผลต่อการประเมินการกร่อนดิน โดยใช้สมการการถดถอยหลายตัวแปรดังนี้ $Sed = -67.577 + 0.288R + 90.687AG$ จากสมการที่ได้กล่าวมาข้างต้นเหมาะสำหรับใช้ในการประเมินการกร่อนดินแบบ Outside Erosion

เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน. (มปพ). ปริมาณตะกอนรายปีที่สถานี
ออบหลวง อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่
กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
กรมพัฒนาที่ดิน. (2524). การชะล้างพังทลายของดินใน
ประเทศไทย. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและ
สหกรณ์.
_____. (2543). การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย.
กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

- เกษม จันทร์แก้ว. (2530). **หลักการจัดการลุ่มน้ำ**.
กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คอนกัลดิน รัสเซทวี และกรีนแคส. (2538). **ความรู้
พื้นฐานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์**. (แปลจาก
An Introduction to geographic Information
Systems โดย สุวิทย์ อ่องสมหวัง) กรุงเทพฯ :
กรมป่าไม้.
- นิพนธ์ ตั้งจจรรณ. (2545). **การชะล้างการพังทลาย
ของดิน**. กรุงเทพฯ : คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์.
- มนู ศรีจักร. (2529). **การชะล้างพังทลายของดินและ
แนวทางการอนุรักษ์ดินและน้ำ**. กรุงเทพฯ :
กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตร และสหกรณ์.
- ขงยุทธ โอสดสภา, ศุภมาส พนิชศักดิ์พัฒนา,
อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และ ชัยสิทธิ์ ทองจุ.
(2541). **ปฐพีวิทยา**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์.
- สมเจตน์ จันทวัฒน์. (2522). **การอนุรักษ์ดินและน้ำ
เล่มที่ 1**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- _____. (2526). **การอนุรักษ์ดินและน้ำ เล่มที่ 2**.
กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อนุชิต รัตนสุวรรณ. (2544). **การประยุกต์ระบบ
สารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจระยะไกล
ในการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง
การใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าบริเวณ
ลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่**. กรุงเทพฯ :
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์.
- ESRI. (1992). **ARC/INFO User's Guide.
ARC/INFO Data Model, Concepts, Key
Terms**. CA. U.S.A.
- Dangler, E.W. and S.A. El - Swafy. (1976).
Erosion of Selected Hawaii soil by simulated
rainfall. **Soil Sci. Soc. Amer. J.** 40 :
769 - 773.
- Foster, G.R. (1971). The Overland flow process
under natural conditions, In Monke, E.J.
(ed.). **Biological Effect in the Hydrological
Cycle**, Proceedings of the 3rd International
Seminar for Hydrology Professore. Dept.
of Agri. Engin., Purdue Univ., West
Lafayette, Ind.
- Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. (1965).
Rainfall Energy and relationship to soil
loss. **Trans. Of the Amer. Graphic.
Union**.39(2) : 285 - 291.
- Wischmeier, W.H., C.B. Johnson and B.V. Cross.
(1971). A Soil Erodibility monograph for
farmland and construction sites. **Journal of
Soil and Water Conservation**
26 : 189-193.