



Original Article

Integrated Geographical Information System (GIS) and Remote Sensing for Soil Erosion Assessment by Using Universal Soil Loss Equation (USLE): Case Study in Son La Province

Phan Ba Hoc^{1,2}, Nguyen Quoc Viet¹, Pham Anh Hung^{1,*},
Le Xuan Thai³, Le Sy Chinh⁴, Nguyen Xuan Hai⁵

¹*Faculty of Environmental Sciences, VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Hanoi, Vietnam*

²*Centre for Planning and Rural Development No.1,
National Institution for Agricultural Project and Planning, 61 Hang Chuoi, Hanoi, Vietnam*

³*Faculty of Civil Engineering, University of Transport Technology, 54 Trieu Khuc, Hanoi, Vietnam*

⁴*Hong Duc University, 565 Quang Trung, Thanh Hoa, Vietnam*

⁵*Dept. of Environmental Impact Assessment, General Department of Environment, MONRE,
10 Ton That Thuyet, Hanoi, Vietnam*

Received 12 December 2018

Revised 19 December 2018; Accepted 13 March 2019

Abstract: Son La is a mountainous province in the North of Vietnam with complicated terrain, high slope, rugged and fragmentation terrain. Mountainous land occupies 92% of the natural area, in which land with sloping over 15 degrees occupies 67% of natural land area, erosion is the main cause of soil degradation. The result shows that the average soil loss due to erosion in Son La province is 30.04 tons/ha/year. On the level of erosion, soil erosion is very low (> 50 tons/ha/year) accounts for a large proportion with the area and the percentage respectively is 51,223.60 ha, occupying 38.74% of the natural area and 45,424.45 ha accounting for 34.36% of the natural area. Then there is low level (1-5 tons/ha/year) with an area of 19,462.78 hectares, accounting for 14.72% of the natural area. Moderate (5-10 tons/ha/year) and high (10-50 tons/ha/year) levels account for a small proportion of 7,488.48 hectares, accounting for 5.66% and 8,611.23 hectares, accounting for 6.51%, respectively, of the natural area. The combination of remote sensing, geographic information system and RUSLE with available data can calculate soil erosion, spatial distribution, and area, initial testing of the model results and actual observation shows the disparity low (<4,3%).

Keywords: Soil erosion, Soil degradation, Remote sensing, GIS, Terrain, Son La.

* Corresponding author.

E-mail address: hungphamanh@vnu.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4350>



Tích hợp Hệ thống thông tin địa lý và Viễn thám để đánh giá xói mòn đất theo Phương trình mất đất phổ dụng: Trường hợp nghiên cứu tại tỉnh Sơn La

Phan Bá Học^{1,2}, Nguyễn Quốc Việt^{1,*}, Phạm Anh Hùng^{1,*},
Lê Xuân Thái³, Lê Sỹ Chính⁴, Nguyễn Xuân Hải⁵

¹Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam

²Trung tâm Quy hoạch và Phát triển Nông thôn I-Viện Quy hoạch và Thiết kế Nông nghiệp, 61 Hàng Chuối, Hà Nội, Việt Nam

³Khoa Công Trình, Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải, 54 Triều Khúc, Hà Nội, Việt Nam

⁴Trường Đại học Hồng Đức, 565 Quang Trung, Thanh Hóa, Việt Nam

⁵Vụ Thẩm định đánh giá tác động môi trường, Tổng cục Môi trường, Bộ Tài nguyên và Môi trường, 10 Tôn Thất Thuyết, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 12 tháng 12 năm 2018

Chỉnh sửa ngày 19 tháng 12 năm 2018; Chấp nhận đăng ngày 13 tháng 3 năm 2019

Tóm tắt: Sơn La là tỉnh thuộc vùng núi phía Bắc Việt Nam với điều kiện địa hình phức tạp, phần lớn diện tích đất có độ dốc lớn, địa hình hiểm trở và chia cắt, xói mòn đất là nguyên nhân chính gây thoái hóa đất của tỉnh. Kết quả tính toán cho thấy, trung bình lượng đất mất do xói mòn trên địa bàn tỉnh Sơn La là 30,04 tấn/ha/năm. Về mức độ xói mòn, xói mòn đất rất ít (<1 tấn/ha/năm) và rất mạnh (>50 tấn/ha/năm) chiếm tỷ trọng lớn với diện tích và tỷ lệ phần trăm lần lượt là 51.223,60 ha, chiếm 38,74% diện tích tự nhiên và 45.424,45 ha chiếm 34,36% diện tích tự nhiên, xói mòn nhẹ (1-5 tấn/ha/năm) có diện tích 19.462,78 ha, chiếm 14,72% diện tích tự nhiên. Mức độ xói mòn trung bình (5 - 10 tấn/ha) và mạnh (10-50 tấn/ha) chiếm tỷ trọng nhỏ với diện tích và tỷ lệ phần trăm lần lượt là 7.488,48 ha, chiếm 5,66% và 8.611,23 ha, chiếm 6,51%. Kết hợp viễn thám, hệ thống thông tin địa lý và phương trình mất đất phổ dụng có điều chỉnh (RUSLE) với các dữ liệu có sẵn có thể đánh giá được lượng đất xói mòn và phân bố không gian, quy mô diện tích theo mức độ xói mòn đất, kiểm định bước đầu kết quả tính toán của mô hình và quan trắc thực tế cho thấy kết quả có sự chênh lệch nhỏ (<4,3%).

Từ khóa: Xói mòn, Thoái hóa đất, Viễn thám, GIS, Địa hình, Sơn La.

1. Đặt vấn đề

Xói mòn đất từ lâu được coi là nguyên nhân gây thoái hóa tài nguyên đất nghiêm trọng ở

vùng đồi núi phía Bắc của Việt Nam [1]. Vấn đề xói mòn đất tại vùng nghiên cứu đã được đề cập đến trong các công trình nghiên cứu của nhiều tác giả trong các thập niên vừa qua [1-4].

Sơn La là tỉnh thuộc vùng núi phía Bắc Việt Nam với điều kiện địa hình phức tạp, phần lớn diện tích đất có độ dốc lớn, địa hình hiểm trở và chia cắt. Đất đồi núi chiếm đến 92% diện tích

*Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: hungphamanh@vnu.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnu.ees.4350>

tự nhiên, trong đó độ dốc trên 15° chiếm trên 67%. Đặc thù về khí hậu có lượng mưa lớn (bình quân năm 1.426,6 mm), lại tập trung vào các tháng mưa nhiều (tháng 4 đến tháng 9) với 85,5% lượng mưa năm. Do thiếu đất canh tác nên ở vùng đồi núi của Việt Nam, người dân vẫn canh tác nông nghiệp ở đất có độ dốc lớn, thậm chí trên 25 độ. Với độ dốc lớn như vậy và các hoạt động sản xuất nông nghiệp thì việc xói mòn đất xảy ra rất mạnh, đất nhanh bị thoái hoá và thời gian canh tác sử dụng đất bị rút ngắn (thường chỉ sau 2-3 vụ trồng cây lương thực ngắn ngày và vài vụ trồng sắn là đất bị bỏ hoang hoá, không còn khả năng hồi phục) [5]. Xói mòn đất từ lâu được coi là nguyên nhân gây thoái hóa tài nguyên đất nghiêm trọng ở vùng đồi núi phía Bắc nước ta. Để giảm thiểu xói mòn đất ở khu vực miền núi, hai vấn đề cần được nghiên cứu song song là thực trạng quá trình xói mòn đất, nguyên nhân, các yếu tố ảnh hưởng và những giải pháp ngăn, chặn xói mòn đất [3].

Để đánh giá xói mòn đất, phương trình mất đất được sử dụng phổ biến từ năm 1965, ngoài phương trình mất đất phổ dụng (USLE và bản điều chỉnh RUSLE) còn có các mô hình đánh giá xói mòn đất khác như EPIC (Tính toán tác động xói mòn đất, 1984), EUROSEM (Mô hình đánh giá xói mòn đất Châu Âu, 1993), PESERA (Đánh giá rủi ro xói mòn đất của châu Âu, 2003),... Trong những năm gần đây, công nghệ viễn thám đã hỗ trợ rất lớn trong đánh giá tài nguyên và môi trường, đặc biệt vùng có điều kiện khó khăn về dữ liệu thảm phủ, địa hình. Kết hợp viễn thám, hệ thống thông tin địa lý và phương trình mất đất phổ dụng có thể đánh giá được lượng đất xói mòn và phân bố không gian, quy mô diện tích theo mức độ xói mòn đất với nhiều yếu tố và quy mô lớn hơn [6].

Do đó, nghiên cứu đánh giá xói mòn áp dụng cho tỉnh Sơn La được thực hiện nhằm (i) ứng dụng phương trình RUSLE, hệ thống thông tin địa lý (GIS) và viễn thám để tính toán lượng xói mòn đất của tỉnh Sơn La; và (ii) đưa ra phương pháp xây dựng bản đồ xói mòn sử dụng các dữ liệu có sẵn để ước tính xói mòn đất có thể áp dụng cho vùng có quy mô lớn.

2. Đối tượng nghiên cứu, phương pháp nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: Tài nguyên đất, các yếu tố ảnh hưởng xói mòn đất (Mưa, địa hình, độ dốc, thảm thực vật, biện pháp canh tác) tại tỉnh Sơn La.

Phương pháp nghiên cứu: Sử dụng mô hình mất đất phổ dụng bản điều chỉnh (RUSLE).

Các mô hình để đánh giá xói mòn đất được chia ra thành 2 nhóm mô hình là mô hình kinh nghiệm và mô hình nhận thức [7]:

- Mô hình kinh nghiệm là các mô hình được xây dựng dựa vào tổng kết thực nghiệm, đánh giá thực tế. Có thể kể đến một số mô hình sau: Mô hình USLE (Universal Soil Loss Erosion); Mô hình SEIM (Soil Erosion Index Model), mô hình ESLE (Empirical Soil Loss Equation), ...

- Khác với mô hình kinh nghiệm, các mô hình nhận thức được phát triển dựa vào hiểu biết về các quy luật vận động và cơ chế vật lý của quá trình xói mòn, nghĩa là dựa vào các hiểu biết đã được lý thuyết hoá dưới dạng các định luật hay phương trình vật lý. Có thể kể ra các mô hình phổ biến sau: Dự báo xói mòn do nước (WEPP); Mô hình xói mòn châu Âu; Chương trình dự báo xói mòn theo quá trình...

Tùy vào quy mô đánh giá, nguồn dữ liệu sẵn có của từng vùng nghiên cứu, có thể áp dụng các mô hình khác nhau. Các mô hình thực nghiệm như USLE, SEIM, ELSE... cần có những thực nghiệm để rút ra các phương trình để tính toán các hệ số xói mòn phù hợp cho mỗi vùng. Còn các mô hình nhận thức thường áp dụng cho những vùng đặc thù có quy mô nhỏ như lưu vực sông khi các quy luật vận động, cơ chế vật lý của quá trình xói mòn có thể lý thuyết hóa dưới dạng các định luật hay phương trình vật lý. Như vậy, đối với vùng có quy mô diện tích lớn, điều kiện địa hình đồi núi phức tạp như tỉnh Sơn La việc áp dụng phương trình USLE phù hợp hơn. Nghiên cứu McCool et al. (1987) [8] cho thấy lượng đất bị mất do xói mòn nhanh hơn ở độ dốc trên 9%, do đó Renard et al. (1997) [9] đã thực nghiệm và xây dựng

bản hiệu chỉnh RUSLE với hệ số S được tính như sau:

Hệ số yếu tố độ dốc được xác định theo công thức (4) và (5):

$S = 10,8 * \sin\theta + 0,03$ khi độ dốc tính theo phần trăm $\leq 9\%$ (1)

$S = 16,8 * \sin\theta - 0,05$ khi độ dốc tính theo phần trăm $> 9\%$ (2)

Trong đó: S: Hệ số độ dốc; θ : Độ dốc tính theo độ.

Do đó, nghiên cứu này sử dụng phương trình mất đất sử dụng bản điều chỉnh (RUSLE) để tính toán lượng đất mất do xói mòn theo công thức sau:

$$A = R * K * (L * S) * (C * P) \quad (3)$$

Trong đó: A là lượng đất xói mòn (tấn/ha/năm); R là hệ số xói mòn do mưa; K là hệ số mẫn cảm của đất đối với xói mòn; LS là hệ số xói mòn của địa hình (được tính theo công thức điều chỉnh chỉnh); C là hệ số ảnh hưởng của lớp phủ đến xói mòn đất; P là hệ số ảnh hưởng của các biện pháp canh tác đến xói mòn đất.

Lượng đất xói mòn được xây dựng trên cơ sở tính toán từ các bản đồ hệ số bằng công cụ Raster Calculator phần mềm ArcGIS 10.2. Các hệ số R, K, LS, C, P được tính toán như sau:

- Hệ số xói mòn do mưa (R)

Hệ số R được tính toán từ số liệu mưa trung bình 15 năm (2001 – 2015) tại 8 trạm khí tượng thủy văn của tỉnh Sơn La. Sau đó hệ số xói mòn do mưa được tính toán theo công thức của Nguyễn Trọng Hà, 1996 [2] như sau:

$$R = 0.548257 * P - 59.5 \quad (4)$$

Trong đó: R: Hệ số xói mòn do mưa (J/m^2);

P: lượng mưa trung bình năm (mm/năm). Sử dụng công cụ Spatial Analyst của phần mềm ArcGis 10.2 với phương pháp nội suy Spline để nội suy bản đồ mưa dạng vùng từ giá trị mưa trung bình năm của 8 trạm khí tượng.

- Hệ số mẫn cảm của đất đối với xói mòn (K)

Hệ số K được xây dựng từ bản đồ đất tỷ lệ 1/100.000 tỉnh Sơn La. Thành phần cơ giới đất

được chia làm sáu cấp, dựa vào các cấp này và lấy giá trị hàm lượng chất hữu cơ trong đất của tỉnh là nhỏ hơn 2%, các giá trị hệ số K được xác định theo sáu cấp thành phần cơ giới (Bảng 1).

- Hệ số xói mòn của địa hình (LS):

Hệ số xói mòn do địa hình được xác định theo bản chỉnh sửa của phương trình mất đất phổ dụng điều chỉnh (RUSLE) như sau:

Hệ số chiều dài sườn dốc được xác định theo công thức (5).

$$L = (\lambda/22,1)^m \quad (5)$$

Trong đó: L: Hệ số chiều dài sườn dốc (m); λ : chiều dài sườn dốc; m: là hằng số xác định bằng tỷ số giữa rãnh xói mòn, đối với vùng nghiên cứu với địa hình có độ dốc chủ yếu $> 5\%$ do vậy nghiên cứu này lựa chọn giá trị $m = 0,5$ [9].

Để tính toán hệ số địa hình, nghiên cứu này sử dụng phần mềm ArcGIS 10.2 và dữ liệu bản đồ địa hình tỷ lệ 1/50.000 của tỉnh Sơn La. Sử dụng phần mềm ArcGIS 10.2 để xây dựng mô hình số độ cao DEM, từ đó xây dựng bản đồ độ dốc (theo độ và phần trăm).

Bảng 1. Giá trị hệ số K dựa vào thành phần cơ giới và hàm lượng hữu cơ đất [10]

Đối tượng trên bản	Thành phần cơ giới	K
Sông, suối, hồ, ao	-	0.00
Núi đá	-	0.00
Các loại đất	Cát	0.14
	Cát pha	0.10
	Thịt nhẹ	0.24
	Thịt trung bình	0.34
	Thịt nặng	0.28
	Sét	0.20

Hệ số LS được xác định theo các công thức sau:

$$LS1 = (FlowAccumulation * cellsize / 22,13)^{0,5 * (10,8 * \sin\theta + 0,03)} \text{ khi độ dốc } \leq 9\% \quad (6)$$

$LS2 = (\text{FlowAccumulation} \times \text{cellsize}/22,13)^{0,5*}$
 (16,8*Sin θ - 0,05) khi độ dốc > 9% (7)

Tính toán LS bằng công cụ tính toán Raster trong phần mềm ArcGIS 10.2 theo công thức (8):

$$LS = \text{Con}([\text{độ dốc theo \%}] \leq 9, LS1, LS2) \quad (8)$$

Trong đó:

- FlowAccumulation: dòng chảy tích lũy được tích dựa vào hướng của dòng chảy (Flow Direction), được tính toán từ DEM bằng phần mềm ArcGIS 10.2.

- Cellsize: Độ phân giải của DEM, cellsize = 30m;

- Hệ số S được tính theo công thức (1) và (2).

- Hệ số ảnh hưởng của lớp phủ đến xói mòn đất (C):

Bản đồ hệ số che phủ đất (C) được xây dựng từ ảnh vệ tinh Landsat 8 dựa vào bản đồ chỉ số thực vật (NDVI) theo công thức của Durigon và nkk (2014) [11] như sau:

$$C = (1 - \text{NDVI})/2 \quad (9)$$

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED})/(\text{NIR} + \text{RED}) \quad (10)$$

Trong đó: RED và NIR được lấy từ ảnh Band 4 (RED) và Band 5 (NIR) của ảnh Landsat 8. Ảnh Landsat 8 gồm 4 mảnh với các thông số ở Bảng 2.

Bảng 2. Thông tin dữ liệu ảnh viễn thám [12]

Ảnh Landsat 8	Ngày chụp	Độ che phủ mây mặt đất (%)	Độ phân giải (m)
LC81270452017155LGN00	04/06/2017	5,54	30 x 30
LC81270462017155LGN00	04/06/2017	9,91	30 x 30
LC81280452017354LGN00	20/12/2017	0,01	30 x 30
LC81280462017354LGN00	20/12/2017	0,00	30 x 30

Ảnh Landsat 8 trước khi sử dụng tính toán được hiệu chỉnh ảnh hưởng của bức xạ/phản xạ để loại bỏ sự khác biệt giữa giá trị ghi trong ảnh và giá trị phản xạ phổ bề mặt, đồng thời giảm

sự khác biệt giá trị phản xạ phổ của các đối tượng ở các ảnh (do Sensors chụp khác nhau). Nghiên cứu này sử dụng phần mềm ArcGIS 10.2 với công cụ Raster Calculator để tính toán hiệu chỉnh giá trị cấp độ xám của ảnh thành bức xạ/phản xạ, công cụ Data Management để ghép các ảnh và cắt ảnh theo ranh giới của vùng nghiên cứu.

- Hệ số ảnh hưởng của các biện pháp canh tác đến xói mòn đất (P)

Hệ số P là chỉ số phản ánh ảnh hưởng của các biện pháp canh tác được áp dụng sẽ làm giảm khối lượng đất bị xói mòn. Sử dụng hệ số P của các tác giả [2, 13, 14] xác định hệ số P theo bảng 3.

Bản đồ hệ số P được xây dựng bằng cách kết hợp giữa bản đồ hiện trạng sử dụng đất 2015 tỷ lệ 1/100.000 của tỉnh Sơn La và bản đồ độ dốc được xây dựng ở phần tính hệ số LS. Bản đồ hiện trạng sử dụng đất được gán giá trị số cho mỗi loại sử dụng đất khác nhau và chuyển sang dạng raster bằng phần mềm ArcGIS 10.2. Sau đó sử dụng công cụ Raster Calculator trong ArcGIS 10.2 để tính toán giá trị P bằng cách kết hợp giữa giá trị loại sử dụng đất và giá trị độ dốc như ở bảng 3.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Khái quát vùng nghiên cứu

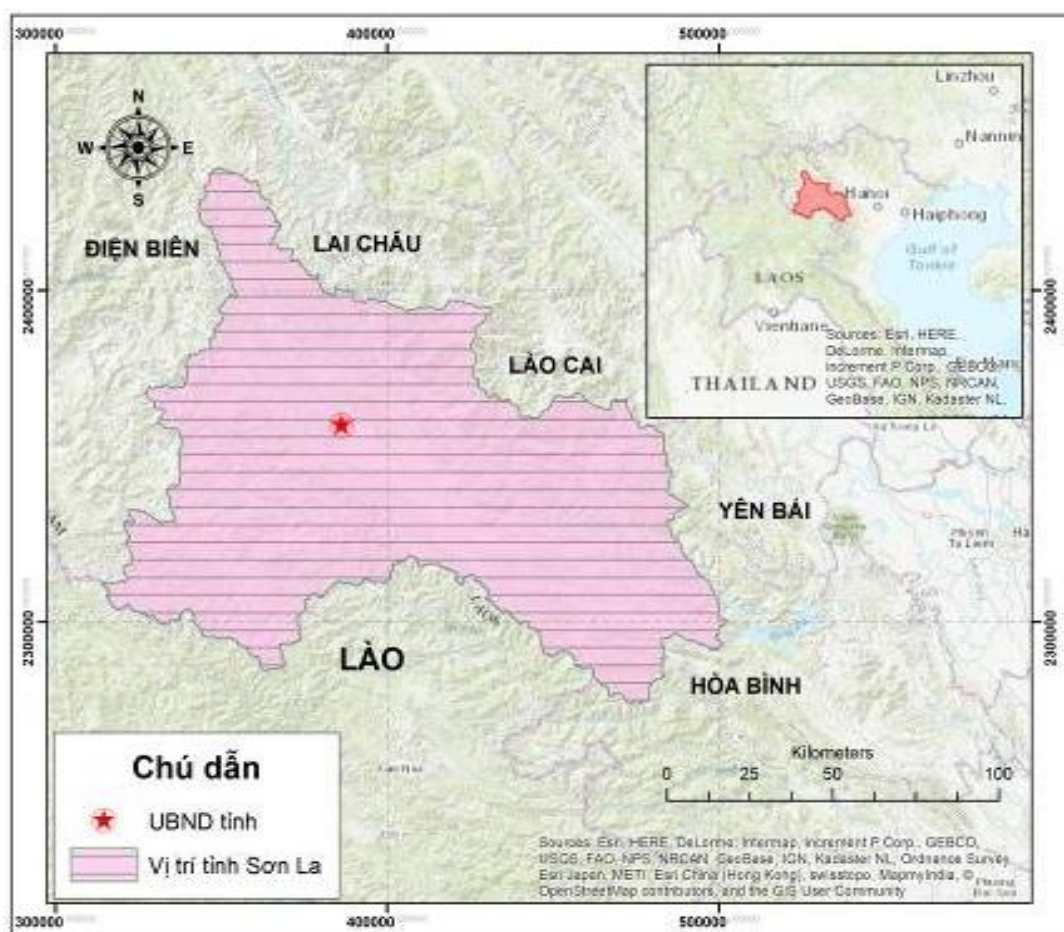
Vùng nghiên cứu nằm phía Tây của Việt Nam, có tọa độ địa lý từ 20⁰39' đến 22⁰02' vĩ độ Bắc; 103⁰11' -105⁰5' kinh độ Đông (hình 1).

Số liệu kiểm kê đất đai năm 2015 tại tỉnh Sơn La cho thấy hiện nay đất nông nghiệp chiếm 68,46% diện tích tự nhiên, trong đó: đất sản xuất nông nghiệp chiếm 25,47%, đất lâm nghiệp 42,78%. Đất phi nông nghiệp chiếm tỷ lệ nhỏ 3,71%; Đất chưa sử dụng còn nhiều, chiếm đến 27,83% [15].

Như vậy, đất sản xuất nông nghiệp của vùng chiếm tỷ lệ lớn đến 25,47% chưa kể đất rừng sản xuất cùng với điều kiện địa hình đồi núi độ dốc lớn, chia cắt nếu không có biện pháp canh tác phù hợp thì tài nguyên đất sẽ bị thoái hóa do xói mòn mất tầng đất mặt và rửa trôi dinh dưỡng đất.

Bảng 3. Xác định hệ số P theo bản đồ hiện trạng sử dụng đất và biện pháp canh tác

Loại hình sử dụng đất	Biện pháp canh tác	Hệ số P
2 vụ lúa	Trồng theo luống, độ	0,1
1 lúa - 1 màu	đốc <math><8^0</math>	
Nương rẫy	Trồng theo đường đồng mức, độ dốc >math>>15^0</math>	0,8
Đất chuyên màu và cây công nghiệp hàng năm	Trồng theo đường đồng mức, độ dốc $\leq 15^0$	0,6
Đất cỏ dùng vào chăn nuôi	Không áp dụng biện pháp canh tác bảo vệ đất	1
Đất trồng cây ăn quả	Trồng theo hàng, đường đồng mức và cây trồng theo băng	0,35
Đất trồng cây công nghiệp lâu năm và cây lâu năm khác		
Rừng trồng	Trồng theo đường đồng mức, độ dốc thường trên 15^0	0,9
Rừng tự nhiên	Không áp dụng biện pháp canh tác bảo vệ đất	1
Rừng khoanh nuôi tái sinh		
Đất bằng chưa sử dụng	Không áp dụng biện pháp canh tác bảo vệ đất	1
Đất đồi núi chưa sử dụng		



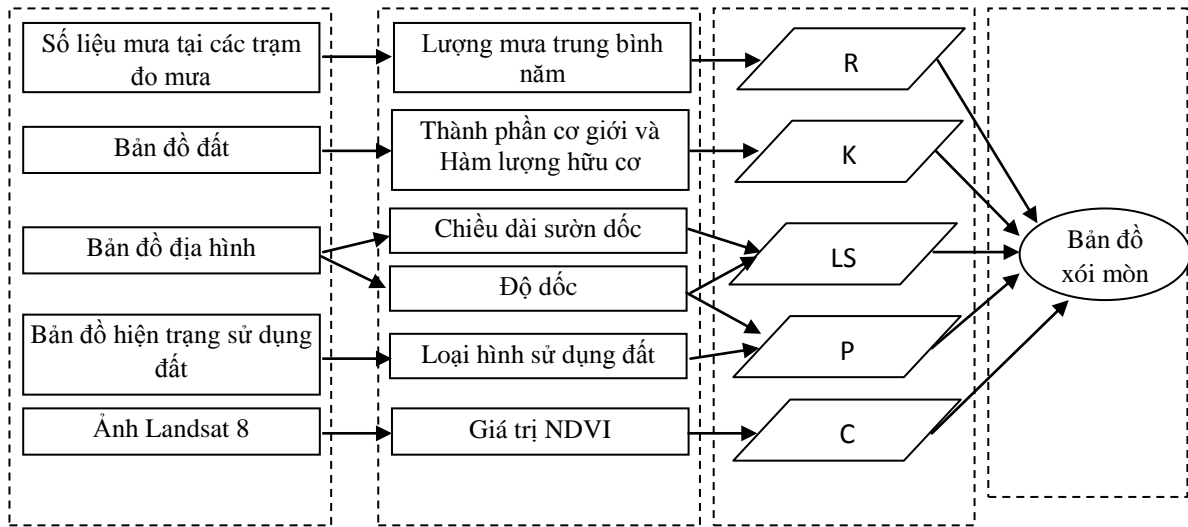
Hình 1. Vị trí tỉnh Sơn La.

3.2. Xây dựng bản đồ thành phần cho mô hình RUSLE

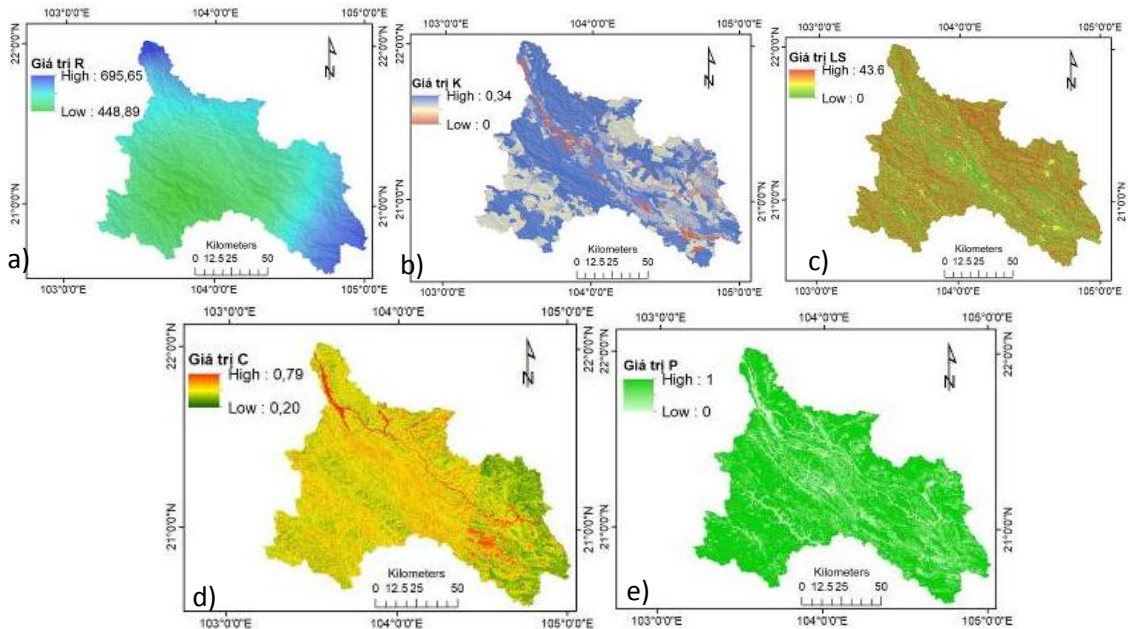
Căn cứ vào nguồn dữ liệu có sẵn (Số liệu mưa tại các trạm đo mưa; Bản đồ đất; Bản đồ địa hình; Bản đồ hiện trạng sử dụng đất; Ảnh vệ tinh) sử dụng công nghệ viễn thám và GIS để xử lý, tính toán các thông số đầu vào để xây

dựng các bản đồ thành phần của mô hình RUSLE (Hình 2).

Bản đồ thành phần cho RUSLE bao gồm các bản đồ: Hệ số R; Hệ số K; Hệ số LS; Hệ số C; Hệ số P. Dựa vào phương pháp xây dựng bản đồ được trình bày ở mục 2 và sơ đồ quy trình xây dựng ở hình 2, tiến hành xây dựng 5 bản đồ thành phần (Hình 3).



Hình 2. Sơ đồ phương pháp xây dựng bản đồ xói mòn đất từ nguồn dữ liệu có sẵn.



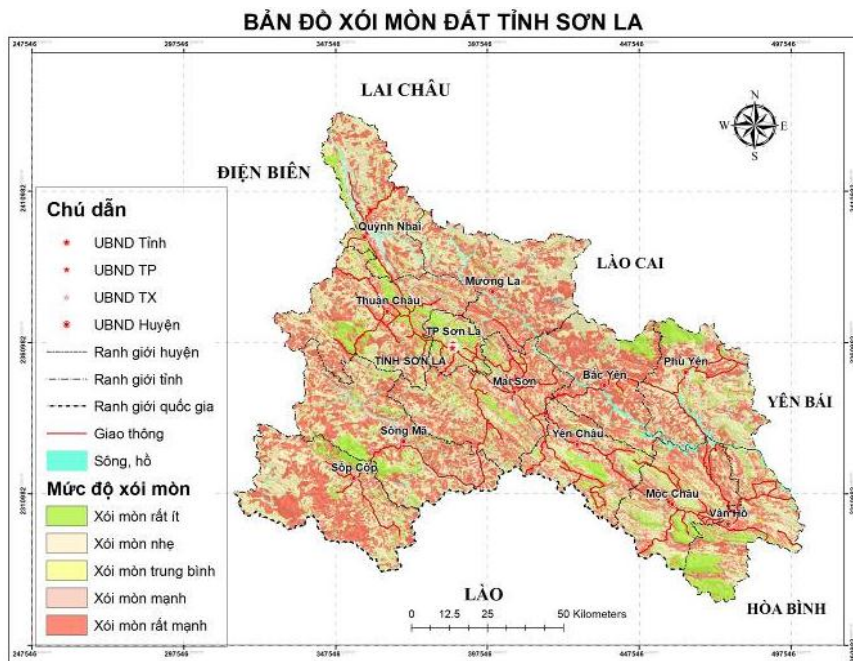
Hình 3. Kết quả xây dựng bản đồ thành phần. Ghi chú: a) Bản đồ hệ số R; b) Bản đồ hệ số K; c) Bản đồ hệ số LS; d) Bản đồ hệ số C; e) Bản đồ hệ số P.

3.3. Kết quả xây dựng bản đồ xói mòn đất và kiểm chứng

3.3.1. Kết quả xây dựng bản đồ bằng mô hình RUSLE

Từ kết quả xây dựng bản đồ thành phần (hình 3), sử dụng công thức (1) để tính toán lượng đất bị xói mòn. Kết quả xây dựng bản đồ xói mòn được thể hiện tại hình 4, số liệu thống kê dữ liệu raster cho thấy, lượng đất mất do xói mòn trung bình trên địa bàn tỉnh Sơn La là 30,04 tấn/ha/năm, mức độ và quy mô diện tích của xói mòn được thể hiện tại bảng 4.

Số liệu bảng 4 cho thấy, tại tỉnh Sơn La mức độ xói mòn đất rất ít (<1 tấn/ha/năm) và rất mạnh (>50 tấn/ha/năm) chiếm tỷ trọng lớn với diện tích và tỷ lệ phần trăm lần lượt là có diện tích 51.223,60 ha, chiếm 38,74% diện tích tự nhiên và 45.424,45 ha chiếm 34,36% diện tích tự nhiên. Xói mòn nhẹ (1-5 tấn/ha/năm) có diện tích 19.462,78 ha chiếm 14,72% diện tích tự nhiên. Mức độ xói mòn trung bình (5 - 10 tấn/ha) và mạnh (10-50 tấn/ha) chiếm tỷ trọng nhỏ với diện tích và tỷ lệ phần trăm lần lượt là 7.488,48 ha, chiếm 5,66% và 8.611,23 ha, chiếm 6,51%.



Hình 4. Bản đồ xói mòn đất tỉnh Sơn La.

Bảng 4. Mức độ và quy mô xói mòn của tỉnh Sơn La

Mức độ xói mòn (*)	Lượng đất mất (tấn/ha)	Diện tích	
		(ha)	(%)
Xói mòn rất ít	0-1	51.223,60	38,74
Xói mòn nhẹ	1-5	19.462,78	14,72
Xói mòn trung bình	5-10	7.488,48	5,66
Xói mòn mạnh	10-50	8.611,23	6,51
Xói mòn rất mạnh	> 50	45.424,45	34,36

Ghi chú: (*): Phân theo mức độ xói mòn theo TCVN 5299 : 2009.

3.3.2. Kiểm chứng mô hình bằng thực nghiệm

Để kiểm chứng kết quả tính toán của mô hình RUSLE bằng các dữ liệu có sẵn, nghiên cứu này lựa chọn 2 điểm tại huyện Mai Sơn của tỉnh Sơn La để đánh giá. Điểm thứ nhất tại khu vực xã Mường Bon có tọa độ địa lý $21^{\circ} 14' 20,1''$ - $21^{\circ} 14' 32,5''$ vĩ độ Bắc và $104^{\circ} 4' 0,7''$ - $104^{\circ} 4' 16,9''$ kinh độ Đông, cây trồng hiện trạng tại ô quan trắc và xung quanh khu vực này chủ yếu gồm cây lâu năm như cà phê và cây ăn quả, phía trên có chòm rừng. Điểm thứ hai tại khu vực xã Cò Nòi có tọa độ địa lý $21^{\circ} 6' 59,4''$ - $21^{\circ} 7' 18,1''$ vĩ độ Bắc và $104^{\circ} 10' 44,2''$ - $104^{\circ} 11' 10,3''$ kinh độ Đông, cây trồng hiện trạng tại ô và xung quanh là ngô được trồng theo phương thức truyền thống.

Tại mỗi điểm thiết lập các ô quan trắc xói mòn để đo lượng đất mất thực tế. Ô quan trắc xói mòn có kích thước 5 m x 20 m (100m^2) cuối mỗi ô có hố hứng xói mòn dài 5m; rộng 0,8m và sâu 1m và được phủ nilon trong lòng hố (hình 5). Đặc trưng về thực phủ, điều kiện canh

tác, khí hậu, tính chất lý hóa học của các ô quan trắc xói mòn được trình bày ở bảng 5.

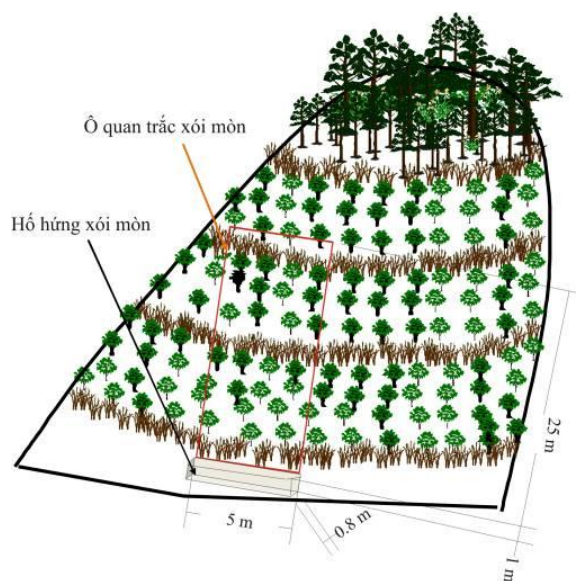
Hàng tháng sẽ cân lượng đất trong hố hứng. Kết quả trung bình 3 năm (2014 - 2016) tại các điểm và kết quả tính toán của mô hình RUSLE được tổng hợp ở bảng 6. Kết quả tính toán của mô hình RUSLE được lấy từ một ô raster có độ phân giải 30m, có diện tích là $30\text{m} \times 30\text{m} = 900\text{m}^2$, ô này bao trùm ô quan trắc có diện tích 100m^2 .

Kết quả tại bảng 6 cho thấy, mặc dù số điểm quan trắc còn ít và quy mô chưa tương xứng (100m^2 thực tế so với 900m^2 theo mô hình RUSLE) nhưng kết quả bước đầu có thể cho thấy kết quả tính toán mô hình RUSLE là khá chính xác với sự chênh lệch $< 4,3\%$ so với kết quả quan trắc xói mòn thực tế. Như vậy, với quy trình tính toán lượng đất theo mô hình RUSLE với nguồn dữ liệu có sẵn về lượng mưa, bản đồ địa hình, bản đồ đất, bản đồ hiện trạng sử dụng đất, ảnh vệ tinh có thể ứng dụng để đánh giá xói mòn đất cho vùng có quy mô diện tích lớn.

Bảng 5. Đặc trưng thực phủ, canh tác và một số đặc trưng khí hậu, đất đai tại các ô quan trắc

Địa điểm	Loại hình cây trồng/canh tác	Lượng mưa trung bình năm (mm)	Loại đất (**)	Độ dốc ($^{\circ}$)	Thành phần cơ giới đất	Dung trọng (g/cm^3)	Tỷ trọng (g/cm^3)	Độ xốp (%)
Mường Bon	Trồng cà phê theo đường đồng mức.	1.295	Fs	15	Thịt trung bình	1,32	2,58	48,84
	Trồng cà phê theo đường đồng mức, tạo tiểu bậc thang.	1.295	Fs	18	Thịt trung bình	1,31	2,56	48,83
Cò Nòi	Đốt, cây theo luống	1.280	Fu	8	Thịt trung bình	1,28	2,60	50,77
	Cuốc xới cỏ, làm luống (làm đất tối thiểu)	1.280	Fu	10	Thịt trung bình	1,26	2,59	51,35
	Không làm đất	1.280	Fu	8	Thịt trung bình	1,26	2,56	50,78

Ghi chú: (**): Fs: Đất đỏ vàng trên đá sét và đá biến chất; Fu: Đất nâu vàng trên đá mắc ma bazơ và trung tính.



Hình 5. Thiết lập ô quan trắc và hứng xói mòn ngoài thực địa [16].

Bảng 6. Kiểm định kết quả tính toán của mô hình RUSLE

Địa điểm	Loại hình	Quan trắc thực tế (tấn/ha)[16]				Kết quả tính của mô hình RUSLE (tấn/ha/năm)	Chênh lệch so với quan trắc thực tế (%)
		2014	2015	2016	Bình Quân		
Mường Bon	Trồng cà phê theo đường đồng mức.	63,34	62,53	61,23	62,37	64,28	3,06
	Trồng cà phê theo đường đồng mức, tạo tiêu bậc thang.	40,54	39,67	38,43	39,55	38,04	3,82
	Đốt, cày theo luống	64,21	64,34	63,64	64,06	63,27	1,23
Cò Nồi	Cuốc xói cò, làm luống (làm đất tối thiểu)	45,34	44,32	45,45	45,04	46,97	4,29
	Không làm đất	42,34	41,23	42,32	41,96	40,55	3,36

4. Kết luận

Kết quả tính toán xói mòn đất cho thấy, lượng đất mất do xói mòn trung bình trên địa bàn tỉnh Sơn La là 30,04 tấn/ha/năm. Về mức độ xói mòn, xói mòn đất rất ít (<1 tấn/ha/năm) và rất mạnh (>50 tấn/ha/năm) chiếm tỷ trọng lớn với diện tích và tỷ lệ phần trăm lần lượt là 51.223,60 ha, chiếm 38,74% diện tích tự nhiên và 45.424,45 ha chiếm 34,36% diện tích tự nhiên. Xói mòn nhẹ (1-5 tấn/ha/năm) có diện tích 19.462,78 ha, chiếm 14,72% diện tích tự nhiên. Mức độ xói mòn trung bình (5 - 10 tấn/ha) và mạnh (10-50 tấn/ha) chiếm tỷ trọng nhỏ với

diện tích và tỷ lệ phần trăm lần lượt là 7.488,48 ha, chiếm 5,66% và 8.611,23 ha, chiếm 6,51%.

Sử dụng phương trình mất đất phổ dụng bản điều chỉnh (RUSLE) kết hợp với công nghệ viễn thám và hệ thống thông tin địa lý với các dữ liệu có sẵn có thể ước tính được lượng đất xói mòn đất ở quy mô lớn, kết quả kiểm định bước đầu cho thấy kết quả của mô hình có chênh lệch <4,3% so với kết quả đo thực tế. Việc đánh giá kiểm chứng mô hình còn hạn chế (do có ít mô hình kiểm chứng) nên chưa thể có kết luận đầy đủ, khách quan. Do đó, cần có những kiểm định với quy mô diện tích lớn hơn,

nhiều điểm hơn, với nhiều loại hình sử dụng đất khác nhau nữa để đánh giá tính chính xác của mô hình tính toán.

Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Tử Siêm, Thái Phiên, Đất đồi núi Việt Nam - Thoái hoá và phục hồi, NXB Nông nghiệp, Hà Nội, 1999.
- [2] Nguyễn Trọng Hà, Xác định các yếu tố gây xói mòn và khả năng dự báo xói mòn trên đất dốc, Luận án Tiến sỹ, Trường Đại học Thủy lợi, Hà Nội, 1996.
- [3] Nguyễn Quang Mỹ, Xói mòn đất hiện đại và các biện pháp phòng chống, NXB bản Đại học Quốc Gia Hà Nội, Hà Nội, 2005.
- [4] Trần Quốc Vinh, Đặng Hùng Võ và Đào Châu Thu, Application of Remote Sensing and Geographic Information System in evaluating soil erosion. A Case study in Tam Nong district, Phu Tho province, Journal of Science and Development 9(5) (2011) 823-833.
- [5] L.Q. Doanh, H.D. Tuan and A. Chabanne A, Upland Agro-Ecology Research and Development in Vietnam, Building an Agro-Ecological Network through DMC in Southeast Asia, Vientiane, Lao, 2005. http://open.library.cirad.fr/files/2/241_1141426824.pdf (accessed 16 June 2018).
- [6] Jarbou A. Bahrawi, Mohamed Elhag, Amal Y. Aldhebiani, Hanaa K. Galal, Ahmad K. Hegazy, Ebtisam Alghailani, Soil Erosion Estimation Using Remote Sensing Techniques in Wadi Yalamlam Basin, Saudi Arabia, Advances in Materials Science and Engineering Article ID 9585962 (2016) 8 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/9585962>.
- [7] Trương Văn Cảnh, Nghiên cứu ảnh hưởng xói mòn đất của lưu vực Sông Cu Đê đến sản xuất nông nghiệp, Báo cáo tổng kết đề tài khoa học, Đại học Đà Nẵng, Đà Nẵng, 2014.
- [8] D.K. McCool, L.C. Brown, G.R. Foster, C.K. Mutchler, L.D. Meyer, Revised Slope Steepness Factor for the Universal Soil Loss Equation, Transactions of the ASAE. 30(5) (1987) 1387-1396. <https://doi.org/10.13031/2013.30576>.
- [9] K.G. Renard, G.R. Foster, G.A. Weesies, D.K. McCool, D. C. Yoder, Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation, U.S Government Printing Office, Washington DC, 1997. https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/64080530/rusle/ah_703.pdf (accessed 12 June 2018).
- [10] Mepas.pnnl.gov, 5.3.2 Soil Erodibility Factor. https://mepas.pnnl.gov/mepas/formulations/source_term/5_0/5_32/5_32.html/, 2018 (accessed 12 June 2018).
- [11] V.L. Durigon, D.F. Carvalho, M.A.H. Antunes, P.T.S. Oliveira, M.M. Fernandes, NDVI time series for monitoring RUSLE cover management factor in a tropical watershed, International Journal of Remote Sensing 35(2) (2014) 441-453. <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.871081>.
- [12] USGS, <https://earthexplorer.usgs.gov/>, 2018 (accessed 15 June 2018).
- [13] Vezina Karine, Bonn Ferdinand and Cu Pham Van, Agricultural landuse patterns and soil erosion vulnerability of watershed units in Vietnam's northern highlands, Landscape Ecol. 21 (2006) 1311-1325. <https://doi.org/10.1007/s10980-006-0023-x>.
- [14] Võ Đại Hải, Nghiên cứu các dạng cấu trúc hợp lý cho rừng phòng hộ đầu nguồn ở Việt Nam, Luận án tiến sỹ, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, Hà Nội, 1996.
- [15] Trung tâm Dữ liệu và Thông tin Đất đai, Số liệu và bản đồ Hiện trạng sử dụng đất năm 2015 của tỉnh Sơn La, Hà Nội, 2015.
- [16] X.H. Nguyen, A.H. Pham, Assessing Soil Erosion by Agricultural and Forestry Production and Proposing Solutions to Mitigate: A Case Study in Son La Province, Vietnam, Applied and Environmental Soil Science Volume 2018, Article ID 2397265 (2018) 10 pages. <https://doi.org/10.1155/2018/2397265>.