

Thành lập bản đồ xói mòn đất tại lưu vực sông Đa Dâng, tỉnh Lâm Đồng

Phạm Hùng, Võ Lê Phú, Lê Văn Trung

Tóm tắt—Sông Đa Dâng là một trong những chi lưu nằm ở thượng nguồn sông Đồng Nai có vai trò quan trọng trong việc bảo vệ nguồn tài nguyên nước khu vực hạ lưu. Mục đích của nghiên cứu này là đánh giá và thành lập bản đồ xói mòn đất tại lưu vực sông Đa Dâng bằng phương trình mất đất phổ dụng cải tiến (RUSLE - Revised Universal Soil Loss Equation) kết hợp công nghệ Viễn thám và hệ thống thông tin địa lý (GIS). Các hệ số sử dụng trong phương trình RUSLE (R, K, LS, C và P) được tính toán bằng việc sử dụng các dữ liệu thu thập được từ trạm khí tượng, bản đồ địa hình, tài nguyên đất và ảnh viễn thám. Ngoài ra, dữ liệu về hàm lượng tổng chất rắn lơ lửng (TSS) của 75 mẫu nước mặt tại 15 vị trí quan trắc thuộc lưu vực đã được thu thập trong giai đoạn 5 năm (2012 – 2016). Kết quả cho thấy 14,41% diện tích của lưu vực có mức xói mòn cao trên 10 tấn/ha/năm. Đồng thời, kết quả nghiên cứu đã cho thấy có mối quan hệ giữa việc sử dụng đất, sự phân bố không gian của xói mòn với hàm lượng TSS trong nguồn nước mặt của lưu vực sông Đa Dâng. Những kết quả này có ý nghĩa thực tiễn cho công tác hoạch định chính sách trong sử dụng đất, quản lý và bảo vệ đất và nước đối với vùng đồi núi có tính nhạy cảm như lưu vực sông Đa Dâng trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

Từ khóa—GIS, RUSLE, Sông Đa Dâng, Xói mòn đất, Viễn thám.

Bài nhận ngày 19 tháng 10 năm 2017, chấp nhận đăng ngày 29 tháng 11 năm 2017.

Để hoàn thành nghiên cứu này, nhóm tác giả trân trọng cảm ơn Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG Tp.HCM đã hỗ trợ kinh phí trong khuôn khổ Đề tài TNCS-MTTN-2016-16. Các tác giả cũng chân thành cảm ơn sự hỗ trợ của Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Lâm Đồng trong việc cung cấp các dữ liệu liên quan đến sử dụng đất, thổ nhưỡng, số liệu quan trắc chất lượng nước tại lưu vực sông Đa Dâng giai đoạn 2012 – 2016.

Phạm Hùng, Sở Tài nguyên và Môi trường Lâm Đồng (Email: hungmtk25@yahoo.com)

Võ Lê Phú, Khoa Môi trường và Tài nguyên, Trường ĐH Bách khoa – ĐHQG Tp.HCM (Email: volephu@hcmut.edu.vn)

Lê Văn Trung, Khoa Môi trường và Tài nguyên, Trường ĐH Bách khoa – ĐHQG Tp.HCM (Email: lvttrung@yahoo.com)

1 GIỚI THIỆU

Lượng hóa xói mòn và mất đất là một công tác quan trọng để có giải pháp quản lý bảo vệ tài nguyên đất và nước. Phương trình mất đất phổ dụng USLE (Universal Soil Loss Equation) lần đầu tiên được giới thiệu vào năm 1960 và được cải tiến vào năm 1978 bởi Wischmeier and Smith.

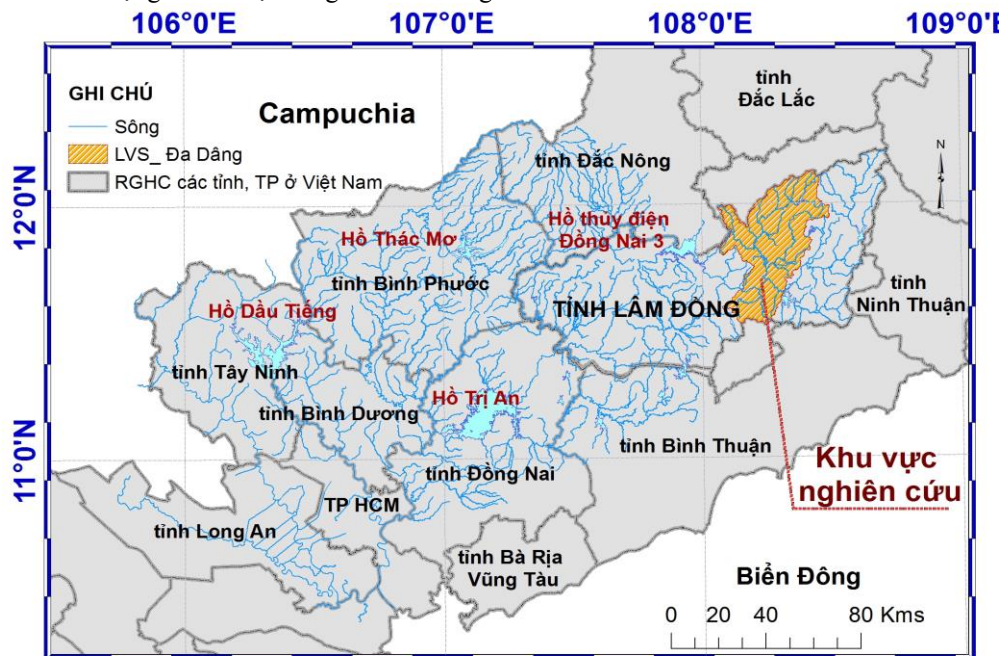
Năm 1975, Williams đã hiệu chỉnh USLE thành phương trình MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) để tính toán xói mòn đất gây ra bởi mưa và dòng chảy mặt [1]. Tuy nhiên, việc giải quyết phương trình USLE hay MUSLE vẫn gặp nhiều khó khăn trong việc xác định các biến ảnh hưởng đến việc xói mòn. Vì vậy, Renard (1997) đã tiếp tục hiệu chỉnh phương trình USLE thành RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) với những phương pháp khả thi hơn cho việc xác định và tính toán những yếu tố của xói mòn đất [2]. Cùng với sự phát triển của công nghệ Viễn thám (RS) và hệ thống thông tin địa lý GIS (Geographic Information System), việc lượng hóa xói mòn đất theo không gian và thời gian được thực hiện với độ chính xác cao hơn với chi phí thấp hơn và có thể áp dụng cho các khu vực nghiên cứu có phạm vi rộng lớn [3]. Công nghệ GIS có ưu điểm hơn trong việc xác định yếu tố địa hình từ dữ liệu mô hình độ cao số DEM (Digital Elevation Model). Bên cạnh đó, những kỹ thuật nội suy trong GIS như Kriging, Spline, Inverse Distance Weighted (IDW) cũng đã được phát triển cho việc xác định các biến số ở những vị trí không thể đo lường trực tiếp thông qua việc sử dụng các dữ liệu mẫu ở những khu vực gần kề [4, 5].

Sông Đa Dâng nằm ở thượng nguồn của sông Đồng Nai, thuộc địa bàn tỉnh Lâm Đồng (Hình 1). Lưu vực sông với diện tích khoảng 157.000 ha, bao phủ một phần các huyện Lạc Dương, Đam Rông, Đức Trọng, Di Linh và thành phố Đà Lạt của tỉnh Lâm Đồng. Lưu vực sông Đa Dâng có địa hình dốc ở phía Bắc và có độ cao thay đổi từ 670m – 2.167m. Khí hậu của khu vực nghiên cứu thay đổi theo độ cao, chịu sự chi phối của chế độ nhiệt đới gió mùa, với hai mùa rõ rệt. Mùa mưa từ cuối tháng 4 đến tháng 11, mùa khô từ tháng 12 đến tháng 4 năm sau. Lượng mưa trung bình năm 2.500mm, nhiệt độ

trung bình năm 22°C và độ ẩm trung bình năm 83% (giai đoạn 1981 – 2014) [6].

Tài nguyên nước mặt của lưu vực sông Đa Dâng có vai trò rất quan trọng cho cấp nước sinh hoạt và nông nghiệp của thành phố Đà Lạt và các huyện Lạc Dương, Lâm Hà và Đức Trọng. Tuy nhiên, ngoài các số liệu quan trắc chất lượng nước mặt, có rất ít nghiên cứu hoặc nghiên cứu chưa đầy đủ về tài nguyên đất và nước mặt của lưu vực sông Đa Dâng. Xói mòn và mất đất là yếu tố ảnh hưởng đến độ phì nhiêu của lớp đất mặt vùng đồi núi có độ dốc bình quân cao như lưu vực sông Đa Dâng và gây tác động xấu đến chất lượng nước mặt cũng như bồi lắng

lòng sông. Vì vậy, nghiên cứu này đã sử dụng công nghệ GIS, Viễn thám và phương trình RUSLE để thành lập bản đồ xói mòn đất tại lưu vực nhằm cung cấp những thông tin hữu ích để có giải pháp bảo vệ tài nguyên đất và nước một cách hợp lý. Đồng thời, dữ liệu về hàm lượng chất rắn lơ lửng (TSS) của 75 mẫu nước tại 15 vị trí quan trắc trên lưu vực sông Đa Dâng được thu thập trong giai đoạn 5 năm (2012 – 2016) từ Sở Tài nguyên và Môi trường để đánh giá ảnh hưởng của xói mòn đất đến hàm lượng chất rắn lơ lửng (TSS) trong nguồn nước mặt của sông Đa Dâng.



Hình 1. Vị trí lưu vực sông Đa Dâng (khu vực nghiên cứu)

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Lượng đất xói mòn trung bình hàng năm phụ thuộc vào các yếu tố khí tượng, địa hình, thổ nhưỡng, lớp phủ thực vật và điều kiện canh tác. Phương trình mất đất phổ dụng cải tiến (RUSLE) được biểu diễn như sau:

$$A (\text{tấn/ha/năm}) = LS \times R \times K \times C \times P \quad (1)$$

Trong đó:

A: Lượng đất mất trung bình hàng năm (tấn/ha/năm); LS: Hệ số độ dài sườn và độ dốc (tỷ lệ mất đất của sườn và độ dốc thực tế so với sườn dài 22,6 m và nghiêng đều với độ dốc thực tế 9%); R: Hệ số xói mòn do mưa trung bình năm (thang đo độ xói mòn được lập trên cơ sở cường độ mưa, năng lượng mưa EI30); K: Hệ số xói mòn đất (được xác định bằng lượng đất mất đi cho một đơn vị xói mòn của mưa trong các điều kiện chuẩn); C: Hệ số lớp phủ

bề mặt đất (hệ số thực phủ); P: Hệ số bảo vệ đất (tỷ lệ lượng đất mất đi theo số liệu đã có so với lượng đất mất đi từ thừa ruộng không thực hiện biện pháp bảo vệ đất) [4, 5, 7].

Để thành lập bản đồ xói mòn cho lưu vực nghiên cứu bằng phương trình RUSLE kết hợp công nghệ GIS và viễn thám, bản đồ raster (30mx30m) phân bố không gian các hệ số R, K, LS, C, P được xây dựng. Sau đó, phân tích chồng lớp (phép nhân trong phần mềm ArcGIS 10.1) từ các bản đồ của các hệ số R, K, LS, C, P cho ra bản đồ hiện trạng xói mòn của lưu vực (Hình 2).

Lượng đất xói mòn trung bình hàng năm phụ thuộc vào các yếu tố khí tượng, địa hình, thổ nhưỡng, lớp phủ thực vật và điều kiện canh tác. Các hệ số của phương trình RUSLE được xác định dưới đây.

2.1 Xác định hệ số độ dài sườn và độ dốc (LS)

Sử dụng công thức toán Bernier tạo lớp hệ số chiều dài và hệ số độ dốc trong GIS:

$$LS = ([\text{Flow accumulaiton}] \times \text{cellsize}/22,13)^n \times (\sin \text{slope}/0,0896)^{1,3} \quad (2)$$

Trong đó:

- LS: Hệ số thể hiện sự ảnh hưởng của độ dài sườn và độ dốc đến xói mòn;

- Flow accumulaiton: Giá trị dòng tích lũy;

- Cellsize: Kích thước pixel của DEM;

- Slope: Bản đồ độ dốc theo độ;

- n: Thông số thực nghiệm ($n = 0,2$ khi $S < 1\%$; $n = 0,3$ khi $1\% < S < 3,5\%$; $n = 0,4$ khi $3,5 < S < 4,5\%$; $n = 0,5$ khi $S > 5\%$);

xác định bằng cường độ mưa trong 30 phút cho mỗi trận mưa từ trạm đo mưa tự động. Vì trong khu vực nghiên cứu (sông Da Dâng) không có dữ liệu về chỉ số cường độ mưa cho mỗi trận mưa nên trong nghiên cứu này tác giả sử dụng công thức Roose (1975) để tính hệ số R [2]:

$$R = (0,5 + 0,05) \times P \quad (3)$$

Với: P (mm) là lượng mưa trung bình năm.

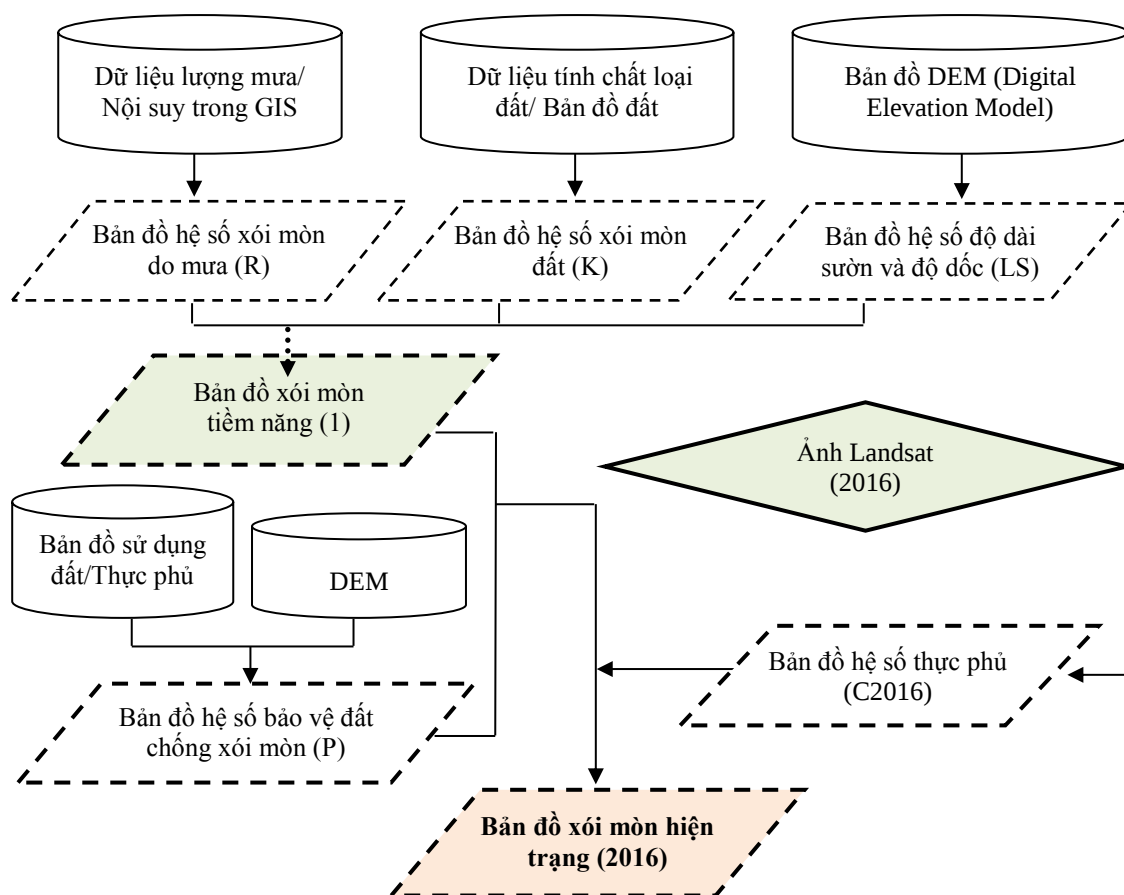
Dữ liệu mưa của trạm khí tượng Đà Lạt và Liên Khương trong 10 năm (2004 – 2014) đã được thu thập và tính toán cho giá trị R (Bảng 1). Phép nội suy Kriging với hàm Gaussian trong ArcGIS 10.1 đã được sử dụng để xác định sự phân bố không gian cho giá trị R (Hình 6) [7, 8].

2.2 Xác định hệ số xói mòn do mưa (R)

Theo Wischmeier và Smith (1978), hệ số R được

Bảng 1. Dữ liệu mưa trung bình tháng và bình quân giá trị R (MJ, mm ha⁻¹.h⁻¹.y⁻¹)

Trạm đo mưa	Độ cao (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	R
Đà Lạt	1500	22,7	23,9	75,0	192,1	200,1	204,7	218,1	179,3	302,5	262,3	123,4	48,4	1.852,5
Liên Khương	1100	15,1	11,9	38,8	155,5	189,5	136,9	220,4	150,6	264,0	284,9	110,7	32,2	1.592,2



Hình 2. Lược đồ xây dựng bản đồ xói mòn đất

2.3 Xác định hệ số xói mòn đất (K)

Hệ số xói mòn đất (K) được tính toán theo công thức của Williams (1995) [1] như sau:

$$KUSLE = f_{csand} \times f_{cl-si} \times f_{orgc} \times f_{hisand} \quad (4)$$

Trong đó:

f_{csand} : là hệ số xói mòn đất do ảnh hưởng của thành phần cuội sỏi và cát mịn; f_{cl-si} : là hệ số xói mòn đất do ảnh hưởng của thành phần sét và thịt; f_{orgc} : là hệ số xói mòn đất do ảnh hưởng của thành phần hữu cơ; f_{hisand} : là hệ số xói mòn đất do ảnh hưởng của thành phần cát;

Những hệ số trên được xác định theo công thức:

$$f_{csand} = 0,2 + 0,3 \times \exp\left(-0,256 \times m_s \times \left(1 - \frac{m_{silt}}{100}\right)\right) \quad (5)$$

$$f_{cl-si} = \left(\frac{m_{silt}}{m_c + m_{silt}}\right)^{0,3} \quad (6)$$

$$f_{orgc} = 1 - \frac{0,25 \times orgC}{orgC + \exp(3,72 - 2,95 \times orgC)} \quad (7)$$

$$f_{hisand} = 1 - \frac{0,7 \times \left(1 - \frac{m_s}{100}\right)}{\left(1 - \frac{m_s}{100}\right) + \exp\left[-5,51 + 22,9 \times \left(1 - \frac{m_s}{100}\right)\right]} \quad (8)$$

Trong đó:

m_s : thành phần (%) cát (đường kính 0,05-2,00 mm); m_{silt} : thành phần (%) đất thịt (đường kính 0,002-0,05 mm); m_c : thành phần (%) sét (đường kính < 0,002 mm); $orgC$: thành phần (%) hữu cơ.

2.4 Xác định hệ số thực phủ (C)

Ảnh Landsat 8 OLI/TIRS, độ phân giải 30x30m, chụp ngày 08/03/2016, được download từ Website: <http://earthexplorer.usgs.gov/>.

Phương pháp xác định hệ số C bằng ảnh viễn thám Landsat thông qua việc tính chỉ số lớp phủ thực vật (NDVI) [4].

$$C = \exp\left[-\alpha \left(\frac{NDVI}{(\beta - NDVI)}\right)\right] \quad (9)$$

Với: α và β là những tham số được xác định từ đồ thị tương quan giữa NDVI và hệ số C. Trong đó, $\alpha = 2$ và $\beta = 1$ được lựa chọn cho việc xác định hệ số C của nhiều khu vực có điều kiện địa hình và khí hậu tương đồng [9].

Trong đó:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (10)$$

Dựa vào phương trình (9) ở trên để tính giá trị C cho các ô lưới trên ảnh NDVI. Để tính giá trị NDVI trong phương trình (10), giá trị cấp độ sáng DN sẽ được chuyển đổi sang giá trị độ phản xạ $P\lambda$ của kênh phổ λ tương ứng từng kênh (band) của ảnh Landsat:

$$P\lambda = g \times DN + b \quad (11)$$

Trong đó: g, b là các hệ số chuyển đổi đơn vị thường được cung cấp sẵn trong dữ liệu ảnh. Đối với ảnh Landsat 8 bộ cảm biến OLI/TIRS:

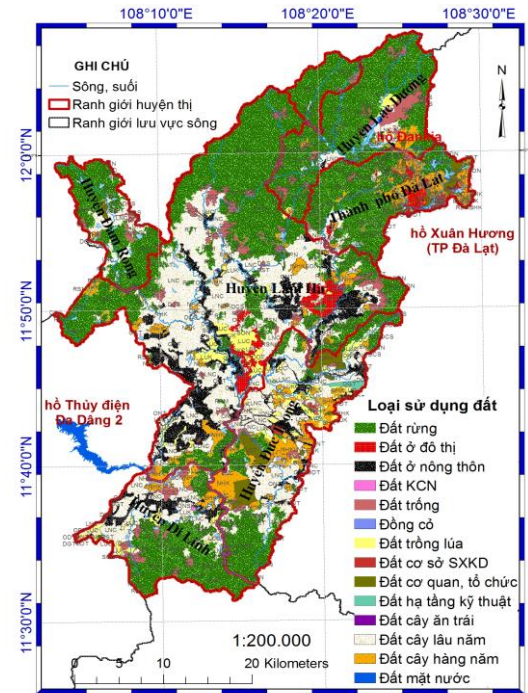
$$g = 2.10^{-5}; \quad b = -0,1 \text{ (band 1 đến band 9).}$$

2.5 Xác định hệ số bảo vệ đất (P)

Biện pháp bảo vệ đất hạn chế xói mòn (P) gồm trồng cây theo luống, theo bậc thang, theo đường đồng mức. Hệ số P lớn nhất là 1 (nếu không có biện pháp giảm thiểu xói mòn) và $P < 1$ (nếu có biện pháp giảm thiểu xói mòn). Giá trị P được tính toán từ loại đất sử dụng (Hình 3) và bản đồ độ dốc (Bảng 2) bằng cách sử dụng công cụ The Look Up Tool trong ArcGIS 10.1 [1, 5].

Bảng 2. Hệ số P theo việc sử dụng đất và độ dốc

Loại sử dụng đất	Biện pháp bảo vệ đất	
	Độ dốc (%)	Hệ số P
Nông nghiệp	1 - 2	0.30
	3 - 8	0.25
	9 - 12	0.30
	13 - 16	0.35
	17 - 20	0.40
	21 - 25	0.45
	> 25	0.60
Đất trồng, rừng và đất khác	-	1.0



Hình 3. Sử dụng đất tại lưu vực (2010-2015)

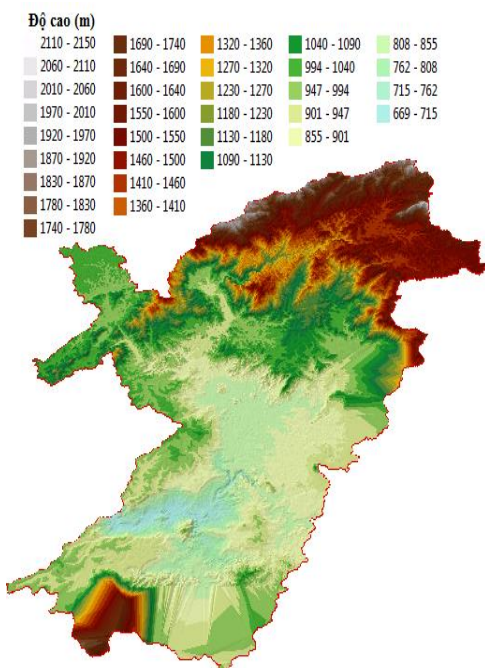
Trong tổng diện tích 157.000 ha của lưu vực, đất rừng chiếm diện tích lớn nhất với 55.562 ha (35,37%), đất trồng cây lâu năm chiếm 19.842 ha (12,4%); đất trồng cây nông nghiệp hàng năm chiếm 10.451 ha (6,65%); đất đô thị chiếm 11.833 ha (7,53%); còn lại là các loại đất khác [4].

Các lớp bản đồ hệ số LS, R, K, C, P được phân cấp theo các mức. Việc phân cấp có thể thực hiện bằng cách sử dụng các phương pháp chia nhóm như: chia theo sự cách biệt giá trị (natural breaks), chia đều khoảng (equal intervals), chia theo độ lệch chuẩn (standard deviation), chia đều số đối tượng (quantiles),... [10]. Trong nghiên cứu này, để phù hợp với các mức phân cấp xói mòn theo TCVN 5299:1995 các lớp bản đồ hệ số được phân thành 6 cấp tương ứng, bao gồm: vùng ổn định; vùng xói mòn nhẹ, trung bình, khá cao, cao, rất cao. Trong đó, các lớp hệ số LS, R, K được phân cấp theo phương pháp “natural breaks”. Vì phương pháp được biết đến với tên gọi là phương pháp “Jenks” có ưu điểm là tối ưu và được tích hợp trong công cụ ArcGIS [10]. Lớp hệ số P được thể hiện theo các giá trị tính toán từ Bảng 2, hệ số C được sử dụng theo phương pháp chia đều nhằm để tạo ra bản đồ gần với hình ảnh lớp thực phủ bề mặt của ảnh viễn thám Landsat 8.

3 KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1 Hệ số độ dài sườn và độ dốc (LS)

Hệ số LS phụ thuộc vào độ dài của sườn dốc và độ dốc bề mặt đất.

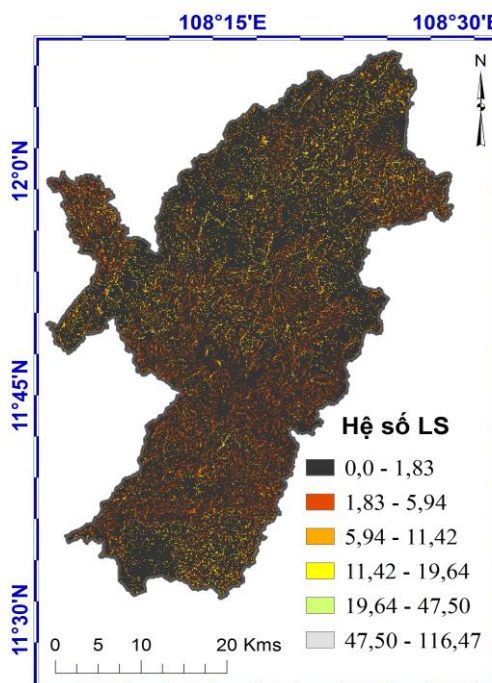


Hình 4. Độ cao số (DEM) lưu vực

Kết quả nghiên cứu cho thấy, trong tổng số 157.000 ha của lưu vực, có 86,74% diện tích (tương ứng với 136.184 ha) có hệ số LS < 1,83 và 13,32% (tương ứng với 20.816 ha) có hệ số LS > 1,83 (Bảng 3). Mô hình độ cao số (DEM) và sự phân bố không gian hệ số LS được trình bày ở Hình 4 và Hình 5.

Bảng 3. Thống kê hệ số (LS)

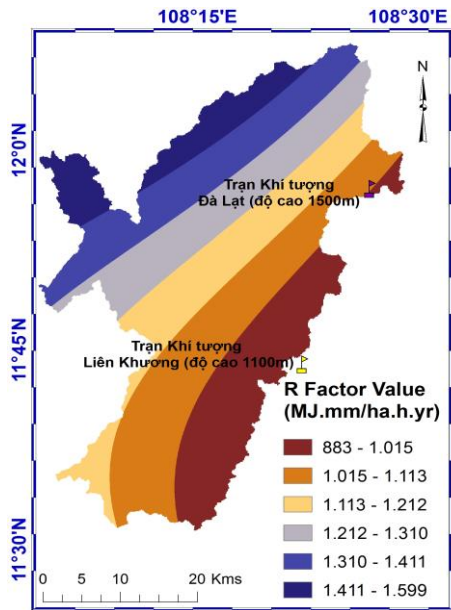
Hệ số LS	Diện tích (ha)	Tỉ lệ (%)
0,0 – 1,83	136.184	86,74
1,83 – 5,94	11.541	7,35
5,94 – 11,42	6.066	3,86
11,42 – 19,40	2.654	1,69
19,64 – 47,50	434	0,28
47,50 – 116,47	17	0,01
Không có dữ liệu	104	0,07
Tổng cộng	157.000	100



Hình 5. Lớp hệ số độ dài sườn và độ dốc LS

3.2 Hệ số xói mòn do mưa (R)

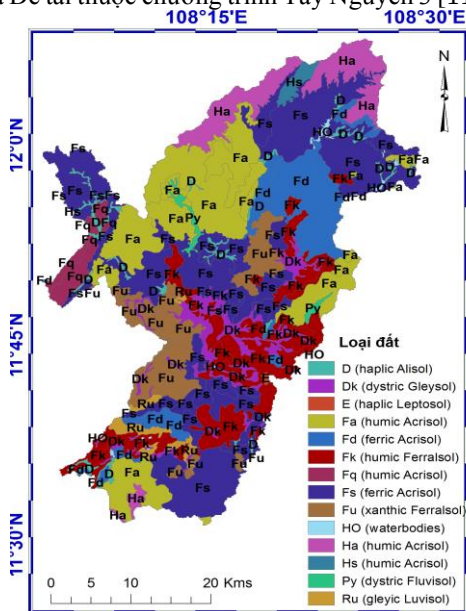
Căn cứ vào số liệu mưa tại trạm khí tượng Đà Lạt và Liên Khương, hai vị trí này có thể đại diện cường độ mưa trung bình cho cả lưu vực, (xem Hình 6). Kết quả cho thấy hệ số R của lưu vực trong khoảng thời gian 10 năm theo công thức Roose là $R_R = 883 - 1.599$, giá trị này lớn so với $R_R = 86 - 487$ tại lưu vực sông Kufranja thuộc phía Bắc của Jordan [7], $R_R = 75 - 116$ ở lưu vực sông Oued El Makhazine của Ma Rốc [4, 7], nên khả năng xói mòn do mưa là khá lớn trên lưu vực.



Hình 6. Lớp hệ số R bằng nội suy Kriging trong GIS

3.3 Hệ số xói mòn đất (K)

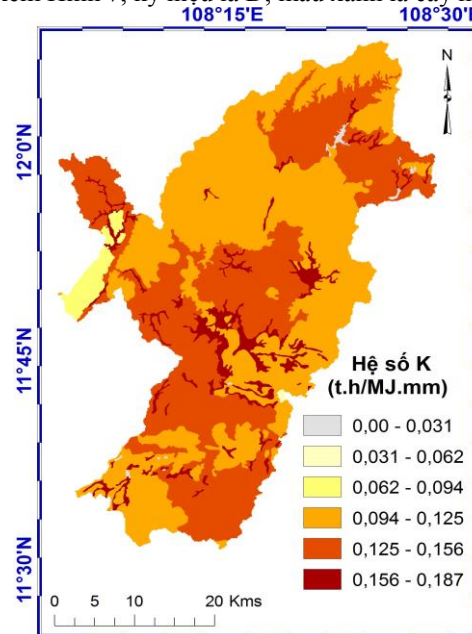
Tại lưu vực nghiên cứu có 14 đơn vị đất, (Hình 7) thuộc 2 nhóm đất chính: đất đỏ vàng Ferrasol (hình thành từ đá Macma axit) và đất xám Acrisol (được tạo bởi đá phiến sét). Hệ số xói mòn đất được xác định dựa vào phân loại tính xói mòn đất theo FAO/UNESCO (1976) và tham khảo dữ liệu phân tích đất sẵn có từ Đề tài nghiên cứu đất Lâm Đồng năm 2006 do Sở KH&CN tỉnh Lâm Đồng quản lý và Đề tài thuộc chương trình Tây Nguyên 3 [11, 12].



Hình 7. Bản đồ phân loại đất theo FAO/UNESCO

Đối với lưu vực sông Đa Dâng, do địa hình dốc, tốc độ dòng chảy lớn và chảy qua nhiều thác ghềnh, nên nhóm đất phù sa tích tụ (haplic Alisol) chiếm tỷ

lệ nhỏ. Loại đất này phân bố hẹp ở vùng có địa hình thấp và bằng phẳng hơn dọc theo các sông suối lớn (xem Hình 7, ký hiệu là D, màu xanh lá cây nhạt).



Hình 8. Lớp dữ liệu hệ số xói mòn đất

Bảng 4. Thống kê hệ số K

Hệ số K	Diện tích (ha)	Tỉ lệ (%)
0,001 – 0,031	528	0,34
0,031 – 0,062	128	0,08
0,062 – 0,094	3.339	2,13
0,094 – 0,125	77.738	49,51
0,125 – 0,156	65.122	41,48
0,156 – 0,187	10.144	6,46
Tổng cộng	157.000	100

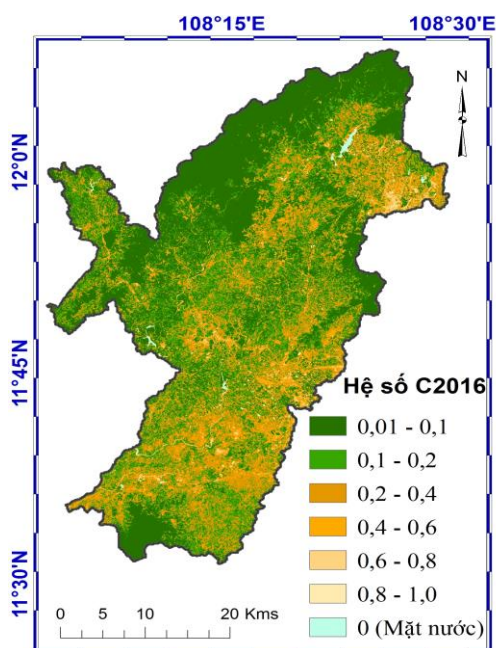
Kết quả cho thấy, hệ số K có giá trị từ 0,094 – 0,125 và 0,125 – 0,156 chiếm đa phần diện tích lưu vực (chiếm 49,01% và 43,76% tương ứng), (xem Bảng 4). Hệ số K ở đây có giá trị chênh lệch không lớn cho thấy khả năng chống chịu xói mòn của các loại đất trên không có sự khác biệt nhiều.

3.4 Hệ số thực phủ (C)

Hơn 88% diện tích của lưu vực có giá trị hệ số thực phủ $C \leq 0,4$ (xem Bảng 5). Cụ thể, giá trị C ở mức (0 - 0,1) chiếm 37,78%; (0,1 - 0,2) chiếm 26,24%; (0,2 - 0,4) chiếm 24,90%; còn lại là mức (0,4 - 1,0). Bản đồ phân bố theo không gian về mức độ xói mòn đất là phép nhân các hệ số ảnh hưởng đến xói mòn, điều đó cho thấy hơn 88% diện tích của lưu vực nhờ có thảm phủ thực vật mà có khả năng giảm đi 2,5 lần mức độ xói mòn đất so với điều kiện không có thực vật.

Bảng 5. Thống kê hệ số C năm 2016

C 2001	Diện tích (ha)	Tỉ lệ (%)
0,01 – 0,1	59.307	37,78
0,1 – 0,2	41.189	26,24
0,2 – 0,4	39.098	24,90
0,4 – 0,6	11.033	7,03
0,6 – 0,8	2.654	1,69
0,8 – 1,0	291	0,19
0 (Mặt nước)	591	0,38
Không có dữ liệu	2.837	1,81
Tổng cộng	157.000	100



Hình 9. Lớp dữ liệu hệ số C 2016

3.5 Xác định hệ số bảo vệ đất (P)

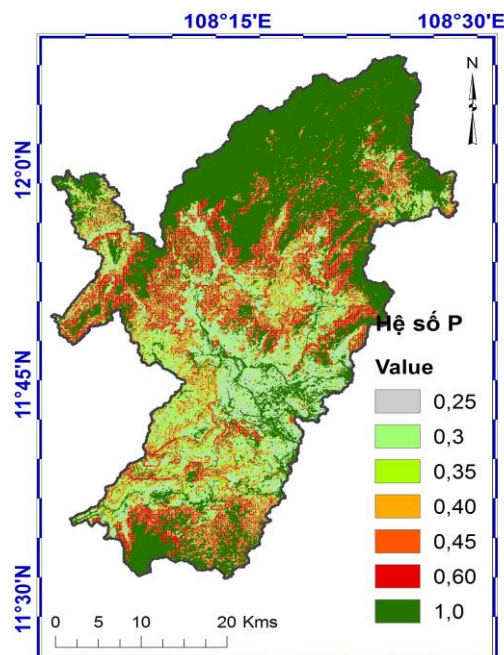
Biện pháp bảo vệ đất chống xói mòn (P) được xác định theo Bảng 2 và so sánh với điều kiện thực tế.

Bảng 6. Thống kê hệ số P

Hệ số P	Diện tích (ha)	Tỉ lệ (%)
0,25	17.730	11,29
0,30	30.566	19,47
0,35	7.669	4,88
0,40	7.524	4,79
0,45	6.635	4,23
0,60	21.173	13,49
1,0	65.593	41,78
Không có dữ liệu	109	0,07
Tổng cộng	157.000	100

Kết quả cho thấy trong tổng diện tích 157.000 ha của lưu vực Đa Dâng có 65.593 ha (chiếm 41,78%) không có biện pháp bảo vệ đất chống xói mòn (hệ số P là 1), đó là những vùng đất rừng, đất hạ tầng, đất dân cư, đất mặt nước. Bên cạnh đó, kết quả cũng đã xác định 13,49% diện tích lưu vực (ứng với

21.173 ha) ở độ dốc > 25° (Bảng 2) có thực hiện pháp bảo vệ đất giảm thiểu xói mòn bằng trồng theo luống và đường đồng mức. Ở lưu vực sông Đa Dâng những khu vực này chủ yếu là vùng đất trồng cà phê và chè (Bảng 6 và Hình 3).



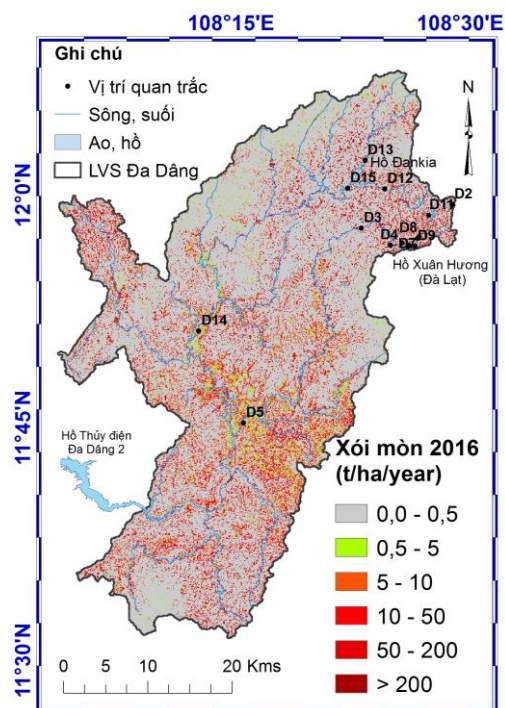
Hình 10. Lớp dữ liệu hệ số P

3.6 Bản đồ phân bố không gian xói mòn đất

Thống kê, phân cấp mức độ xói mòn lưu vực theo TCVN 5299:1995 cho thấy với kịch bản thâm phủ thực vật năm 2016 được phân tích từ ảnh viễn thám Landsat, kết quả cho thấy khoảng 22.627 ha (chiếm 14,41%) có mức độ xói mòn mạnh (trên 10 tấn/ha/năm). Ở mức xói mòn trên 10 tấn/ha/năm trong đó gồm: 7,56% diện tích có mức xói mòn ở mức 10 – 50 tấn/ha/năm; 5,13% diện tích lưu vực có mức xói mòn 50 – 200 tấn/ha/năm và 1,72% có mức xói mòn trên 200 tấn/ha/năm (xem Bảng 7 và Hình 11).

Bảng 7. Phân cấp mức độ xói mòn 2016

Phân cấp xói mòn	Mức (tấn.ha ⁻¹ .năm ⁻¹)	Diện tích (ha)	Tỷ lệ (%)
Vùng ổn định	0,0 – 0,5	122.572	78,07
Nhẹ	0,5 – 5,0	4.821	3,07
Trung bình	5,0 – 10	3.792	2,42
Khá cao	10 – 50	11.870	7,56
Cao	50 - 200	8.062	5,13
Rất cao	> 200	2.695	1,72
	Không có dữ liệu	3.188	2,03



Hình 11. Bản đồ phân cấp xói mòn hiện trạng 2016

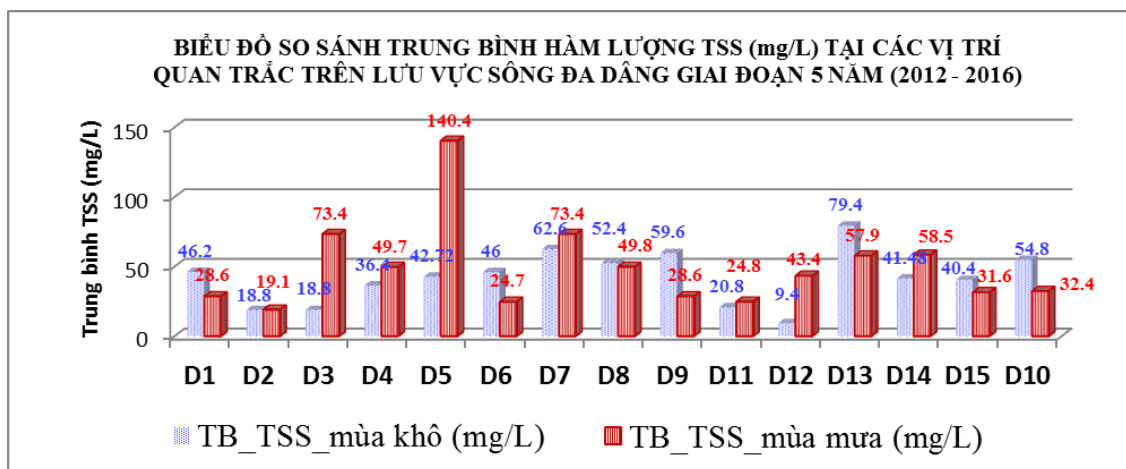
Thống kê hàm lượng TSS (mg/L) trung bình và độ lệch chuẩn tương đối (RSD) tại các vị trí quan trắc trong mùa khô và mùa mưa, giai đoạn 5 năm 2012 – 2016 được thể hiện ở Bảng 8. Kết quả cho thấy có sự liên quan về mức độ xói mòn đất với hàm lượng TSS trong nước mặt tại các vị trí quan trắc của lưu vực sông Đa Dâng. Tại những vị trí quan trắc ở thượng nguồn là vùng canh tác nông nghiệp và được phân cấp thuộc vùng có mức xói mòn cao, hàm lượng TSS vào mùa mưa cao hơn mùa khô (Bảng 8), gồm: D2 (Đập Thái Phiên, phường 12, Đà Lạt), D3 (Cầu Cam Ly phường 5, Đà Lạt), D4 (Thác Cam Ly phường 5, Đà Lạt), D7 (Cầu Sắt Sương Nguyệt Ánh, Đà Lạt), D11 (Hồ Chiến Thắng, phường 8, Đà Lạt) D12 (Cầu Phước Thành, thị trấn Lạc Dương), D14 (Cầu Đa Đồn, huyện Lâm Hà), (xem Hình 3, 11 và 12). Đặc biệt tại vị trí D5

(phần in đậm trong Bảng 8) có sự biến động rất lớn về giá trị trung bình hàm lượng TSS trong mùa khô (TSS = 42,72 mg/L) so với mùa mưa (TSS = 140,4 mg/L). Điều đó cho thấy có sự phù hợp với thực tế tại thượng nguồn của vị trí này là vùng canh tác nông nghiệp tập trung và được phân cấp là vùng có mức xói mòn cao nên bị ảnh hưởng bởi quá trình rửa trôi từ hoạt động trồng trọt. Ngược lại, tại những vị trí quan trắc bị tác động bởi hoạt động đô thị, khai khoáng, gồm các vị trí (Bảng 8): D1 (Cầu Cẩm Đô, phường 2, Đà Lạt), D6 (Giữa Hồ Xuân Hương, Đà Lạt), D8 (Cổng xả khu vực Vườn hoa Đà Lạt), D9 (Cầu Amsue, phường 10 Đà Lạt), D10 (Cổng hồ Đội Có, phường 2, Đà Lạt), D13 (Đầu vào hồ Đankia, Lạc Dương), D15 (Giữa hồ Đankia, huyện Lạc Dương) hàm lượng TSS vào mùa mưa thấp hơn so với mùa khô.

Bảng 8. Trung bình hàm lượng TSS và RSD tại các vị trí quan trắc (2012-2016)

Vị trí quan trắc	Ký hiệu	Tọa độ VN 2000		Trung bình hàm lượng TSS		Độ lệch chuẩn tương đối (RSD)	
		X	Y	Mùa Khô	Mùa Mưa	Mùa Khô	Mùa Mưa
Cầu Cẩm Đô, phường 2, Đà Lạt	D1	574243	1320983	46,2	28,6	0,28	0,54
Đập Thái Phiên, phường 12, Đà Lạt	D2	580220	1325528	18,8	19,1	0,77	0,75
Cầu Cam Ly, phường 5, Đà Lạt	D3	569432	1322797	18,8	73,4	0,45	0,63
Thác Cam Ly phường 5, Đà Lạt	D4	572859	1320757	36,4	49,7	0,35	0,67
Cầu Hòa Lạc, huyện Lâm Hà	D5	555235	1299817	42,7	140,4	0,28	0,32
Cầu Phước Thành, thị trấn Lạc Dương	D6	574954	1320586	46,0	24,7	0,38	0,32
Đầu vào hồ Đankia, Lạc Dương	D7	576282	1321708	62,6	73,4	0,48	1,14
Cầu Đa Đồn, huyện Lâm Hà	D8	576108	1321539	52,4	49,8	0,55	0,43

Vị trí quan trắc	Ký hiệu	Tọa độ VN 2000		Trung bình hàm lượng TSS		Độ lệch chuẩn tương đối (RSD)	
		X	Y	Mùa Khô	Mùa Mưa	Mùa Khô	Mùa Mưa
Giữa Hồ Xuân Hương, Đà Lạt	D9	575785	1320586	59,6	28,6	0,34	0,72
Cầu Sắt Sương Nguyệt Ánh, Đà Lạt	D10	575002	1320735	54,8	32,4	0,78	0,73
Cổng xả khu vực Vườn hoa Đà Lạt	D11	577431	1324278	20,8	24,8	1,07	1,05
Cầu Amsue, phường 10 Đà Lạt	D12	572238	1327453	9,4	43,4	0,60	0,63
Cổng hồ Đồi Cò, phường 2, Đà Lạt	D13	569950	1330858	79,4	57,9	1,94	0,87
Hồ Chiến Thắng, phường 8, Đà Lạt	D14	550008	1310804	41,5	58,5	0,49	0,37
Giữa hồ Đankia, huyện Lạc Dương	D15	567854	1327550	40,4	31,6	1,39	0,56



Hình 12. Phân cấp xói mòn hiện trạng 2016

4 KẾT LUẬN

Xói mòn đất có liên quan chặt chẽ với đặc điểm địa hình, độ dốc, việc sử dụng đất, hệ số thực phủ và cường độ mưa tại lưu vực. Việc xói mòn đất là yếu tố ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng nước thông qua hàm lượng chất rắn lơ lửng (TSS) trong nước. Việc sử dụng phương trình RUSLE kết hợp công nghệ Viễn thám và GIS là cách tiếp cận khả thi để thành lập bản đồ xói mòn đất phân bố theo không gian ở phạm vi rộng lớn như lưu vực sông Đa Dâng. Kết quả cho thấy mức độ xói mòn đất tương ứng và phù hợp với hàm lượng TSS được quan trắc trong cùng thời gian. Tại lưu vực sông Đa Dâng, mức độ xói mòn khá cao vào mùa mưa và bị tác động bởi hoạt động sử dụng đất. Hàm lượng tổng chất rắn lơ lửng (TSS) trong nước vào mùa mưa tại những vùng có hoạt động canh tác nông nghiệp cao hơn so với vùng còn lại. Kết quả này đạt là thông tin hữu ích và tin cậy phục vụ cho công tác hoạch định chính sách trong quản lý tài nguyên đất và nước của lưu vực theo hướng phát triển bền vững, thích ứng trong điều kiện bị tác động của biến đổi khí hậu với lượng mưa có xu hướng tăng tại khu vực nghiên cứu.

Kết quả nghiên cứu này cho thấy việc định lượng xói mòn đất theo phương trình mất đất phổ dụng RUSLE kết hợp dữ liệu viễn thám và công cụ GIS

là một giải pháp hiệu quả để thành lập bản đồ phân bố không gian xói mòn đất trong một khu vực rộng lớn ở vùng thượng nguồn của lưu vực sông Đồng Nai. Tuy nhiên, những kết quả đạt được của bản đồ xói mòn đất trong nghiên cứu này được thiết lập với các dữ liệu còn hạn chế, bao gồm: (i) độ chính xác vừa phải với ảnh viễn thám và bản đồ DEM sử dụng để tính toán hệ số C và hệ số LS có độ phân giải trung bình (30x30m); (ii) hạn chế về số lượng và số liệu trạm đo mưa. Hơn nữa, mức độ xói mòn đất còn phụ thuộc một số yếu tố khác như đặc điểm địa chất, địa mạo, địa chất công trình của đất, đá trên lưu vực và đặc trưng dòng chảy do mưa (điều kiện thủy văn, sự ảnh hưởng của các ao hồ và công trình dân dụng). Do đó, mục đích của bài báo này là nhằm xây dựng bản đồ xói mòn đất từ các yếu tố về loại đất, độ dốc, địa hình, lượng mưa, phương thức sử dụng đất mà không xem xét đến các yếu tố địa chất, địa mạo. Vì vậy, kết quả định lượng xói mòn đất có thể được cải thiện hơn nữa trong tương lai bằng cách cải thiện dữ liệu đầu vào, bao gồm: ảnh vệ tinh và bản đồ DEM có độ phân giải cao, gia tăng số liệu mưa và số lượng trạm đo mưa nhiều hơn với dữ liệu hoàn chỉnh hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S.L. Neitsch, J.G. Arnold, J.R. Kiniry, and J. R. Williams, Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Texas 77843-2118: Texas A&M University System College Station, 2011.
- [2] Z.H. Shia, C.F. Caia, S.W. Dinga, T.W. Wanga, and T.L. Chow, "Soil conservation planning at the small watershed level using RUSLE with GIS: A case study in the Three Gorge Area of China," *Catena*, vol. 55, pp. 33–48, 2004.
- [3] A. U. Ozcan, G. Erpul, M. Basaran, and H. E. Erdogan, "Use of USLE/GIS technology integrated with geostatistics to assess soil erosion risk in different land uses of Indagi Mountain Pass—C, ankırı, Turkey," *Environ Geol*, vol. 007-0779, pp. 254-266, 2007.
- [4] A. Belasri and A. Lakhoul, "Estimation of Soil Erosion Risk Using the Universal Soil Loss Equation (USLE) and Geo-Information Technology in Oued El Makhazine Watershed, Morocco," *Journal of Geographic Information System*, vol. 8, pp. 98-107, 2016.
- [5] A. Demirci and A. Karaburun, "Estimation of soil erosion using RUSLE in a GIS framework: a case study in the Buyukcekmece Lake watershed, northwest Turkey," *Environ Earth Sci*, vol. 66, pp. 903–913, 2012.
- [6] Cục Thống kê Lâm Đồng, *Niên Giám Thống Kê*. Đà Lạt, Lâm Đồng, 2016.
- [7] Y. Farhan, D. Zregat, and I. Farhan, "Spatial Estimation of Soil Erosion Risk Using RUSLE Approach, RS, and GIS Techniques: A Case Study of Kufranja Watershed, Northern Jordan," *Journal of Water Resource and Protection*, vol. 5, pp. 1247-1261, 2013.
- [8] Dimitrios D. Alexakis, Diofantos G. Hadjimitsis, and Athos Agapiou, "Integrated use of remote sensing, GIS and precipitation data for the assessment of soil erosion rate in the catchment area of "Yialias" in Cyprus," *Atmospheric Research*, vol. 131, pp. 1247-1261, 2013.
- [9] E. J. Roose, *Use of the universal soil loss equation to predict erosion in West Africa*. Soil Conservation Society of America Ankeny, Iowa: Prediction and Control, 1975.
- [10] C. A. Brewer and L. Pickle, "Evaluation of Methods for Classifying Epidemiological Data on Choropleth Maps in Series," *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 92, pp. 662-681, 2002.
- [11] Nguyễn Thế Đăng, Đào Châu Thu, và Đặng Văn Minh, *Đất đồi núi Việt Nam*. Hà Nội: NXB Nông nghiệp, 2013.
- [12] Nguyễn Đình Kỳ, "Nghiên cứu tổng hợp thoát hóa đất, hoang mạc hóa ở Tây Nguyên và đề xuất giải pháp sử dụng đất bền vững, Mã số TN3/T01" Hà Nội, 2012.

Mapping soil erosion in the Da Dang river basin, Lam Dong province

Pham Hung, Vo Le Phu, Le Van Trung

Abstract—The Da Dang river basin, located in the Upper Part of Dong Nai River, plays a crucial role to protect water resources in the downstream parts. The purpose of this study is to assess and develop a soil erosion map in the Da Dang river basin by using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) combined with remote sensing (RS) and Geographic Information System (GIS). The factors used in the RUSLE equation (R, K, LS, C, and P) were computed by using data obtained from local meteorological stations, topographic maps, soil surveys, and satellite images.

The data on water quality (TSS) of 75 surface water samples was deployed at 15 monitoring sites in the

river basin in the period of 2012 – 2016, provided by DONRE of Lam Dong. The results showed that 14.41% of the basin area is subjected to a high erosion rate with an extent of 10 tons/ha/year or more. Furthermore, the study also indicated that TSS concentration has a closely correlation with land use practices and the the spatial distribution of soil erosion. These findings are essential information and practical implications for local authorities in formulating provincial planning policy for land use and the management practices of soil and water protection in the Da Dang river basin, a sensitively mountainous area, in the context of climate change.

Keywords— Da Dang river basin, erosion GIS, Remote Sensing, RUSLE.