

Giải pháp GIS và Viễn thám trong thành lập bản đồ xói mòn đất Thành phố Đà Lạt

• **Lê Văn Trung**

• **Nguyễn Thị Kim Hoàng**

Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM

• **Nguyễn Thị Ngọc Anh**

Trường Đại học Đà Lạt.

(Bài nhận ngày 12 tháng 05 năm 2015, nhận đăng ngày 01 tháng 04 năm 2016)

TÓM TẮT

Bài báo nhằm giới thiệu giải pháp thành lập bản đồ tiềm năng xói mòn đất cho khu vực thành phố Đà Lạt dựa trên ứng dụng khả năng tích hợp của viễn thám, hệ thống thông tin địa lý (GIS) và mô hình toán USLE (Universal Soil Loss Equation). Các hệ số ảnh hưởng đến xói mòn đất đã được phân tích và lựa chọn, từ đó nhập các

dữ liệu có liên quan và lưu trữ trong cơ sở dữ liệu GIS để thành lập các lớp chuyên đề. Kết quả đạt được là bản đồ tiềm năng xói mòn thể hiện phạm vi và mức độ ảnh hưởng. Phân tích kết quả và đề xuất biện pháp khắc phục hay giảm thiểu xói mòn cho những khu vực có tiềm năng xói mòn đất cho thành phố Đà Lạt.

Từ khóa: Viễn thám, cơ sở dữ liệu GIS, mô hình toán USLE, bản đồ xói mòn đất.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xói mòn đất là một trong những hiện tượng suy thoái tài nguyên đất khi lượng đất trên bề mặt bị dịch chuyển về phía địa hình thấp hơn do ảnh hưởng của gió, mưa, dòng chảy,... Quá trình xói mòn xảy ra nhanh hơn do tác động cộng thêm của con người như chặt phá rừng, canh tác không bền vững,... đã gây ra những vấn đề nghiêm trọng như: giảm độ phì của đất (giảm năng suất cây trồng), làm tăng quá trình bồi lắng, thu hẹp thể tích chứa nước, tăng nguy cơ chảy tràn, giảm chất lượng nước,...

Theo kết quả nghiên cứu của Renard [1], xói mòn ở mức độ trên trung bình chiếm 80% diện tích đất nông nghiệp. Hàng năm thế giới mất đi khoảng 75 tỷ m³ đất do xói mòn bởi nước và gió, hầu hết là đất canh tác. Điều này chứng tỏ hoạt động canh tác của con người là một trong

những nhân tố tích cực trong việc gia tăng tốc độ xói mòn đất.

Theo điều tra khảo sát của Ngân hàng thế giới, các nước thuộc khu vực Châu Á – Thái Bình Dương có diện tích đất bị suy thoái khoảng 850 triệu ha (chiếm 24% tổng diện tích).

Tại Việt Nam, xói mòn đất là vấn đề đã được quan tâm từ những năm 1960 và thống kê, lượng đất mất đi hàng năm do xói mòn thuộc loại cao so với thế giới (250 tấn/km²). Các công trình nghiên cứu của Nguyễn Ngọc Bình, Nguyễn Quý Khải, Cao Văn Vinh... về ảnh hưởng của độ dốc đến lượng đất trôi, kết quả này đã góp phần tìm ra các chỉ tiêu và quy tắc bảo vệ, biện pháp chống xói mòn bằng công trình,... ở vùng Tây Bắc, Bắc Thái, Sơn La, Phú Thọ, Lào Cai, Nghệ Tĩnh [2]. Do đó, việc tự động hóa trong thành lập bản đồ

dự báo tiềm năng xói mòn đất cho một khu vực là việc làm cần thiết, nhằm giúp công tác quản lý, bảo vệ và quy hoạch sử dụng đất được thuận lợi, tránh được những thiệt hại đáng kể do xói mòn đất gây ra. Từ năm 1978, Wischmeier và Smith [3] đã hoàn thiện phương trình mất đất phổ dụng USLE (Universal Soil Loss Equation) để tính lượng đất bị xói mòn, đến nay với sự phát triển của viễn thám và GIS cho phép hình thành giải pháp hiệu quả trong thành lập bản đồ dự báo tiềm năng xói mòn đất so với phương pháp truyền thống. Bài báo nhằm giới thiệu giải pháp thành lập bản đồ tiềm năng xói mòn đất cho khu vực thành phố Đà Lạt dựa trên ứng dụng tích hợp mô hình toán USLE với GIS và xử lý ảnh viễn thám. Trong đó, giới thiệu phương pháp xây dựng cơ sở dữ liệu GIS phục vụ tính toán các hệ số xói mòn đất và đánh giá khả năng xói mòn cho từng khu vực cụ thể nhằm đề xuất biện pháp khắc phục hay giảm thiểu xói mòn cho những khu vực có nguy cơ cao.

2. KHU VỰC NGHIÊN CỨU VÀ DỮ LIỆU

Thành phố Đà Lạt có địa hình cao nguyên với độ dốc lớn (70,25% diện tích đất có độ dốc

lớn hơn 20°), cấu trúc đất kém bền vững, lượng mưa lớn (mùa mưa kéo dài 6 tháng, lượng mưa trung bình năm 1.868 mm) [7]; bên cạnh đó, trong những năm gần đây hoạt động chặt phá rừng, bóc lớp phủ thực vật trên các sườn đồi để mở rộng diện tích đất nông nghiệp làm gia tăng quá trình xói mòn đất (thể hiện bởi hình 1). Dạng xói mòn chủ yếu là xói mòn khe rãnh do các dòng chảy không thường xuyên hình thành chủ yếu trong các tháng mùa mưa (xảy ra chủ yếu dọc các sườn đồi, sườn núi và chân đồi). Dạng xói mòn rửa trôi là do kết quả của hoạt động xâm lấn rừng để phát triển nông nghiệp và các loại cây trồng, thường xảy ra trên bề mặt sườn dốc (> 8°) có hoạt động canh tác, sản xuất nông nghiệp hay các vùng đất trống, dưới tác động của mưa làm lớp đất bề mặt bị xói mòn và rửa trôi. Hệ số xói mòn đất được xác định cho các nhóm đất trên dựa vào phân loại tính xói mòn đất theo FAO (1976) [8] và tham khảo dữ liệu phân tích đất sẵn có [do Sở KH&CN tỉnh Lâm Đồng cung cấp] Ảnh Landsat được sử dụng để xác định hệ số C trong mô hình toán USLE thông qua việc tính chỉ số lớp phủ thực vật.



Hình 1. Các dạng xói mòn đất chủ yếu trên địa bàn TP. Đà Lạt

3. PHƯƠNG PHÁP THỰC HIỆN

Mô hình toán USLE:

Mô hình USLE được xây dựng dựa trên phương trình mất đất phổ dụng (do Wischmeier và Smith đề xuất) biểu thị lượng đất xói mòn tiềm năng 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 tính toán thể hiện như sau:

$$A = 2,47 * R * K * L * S * C * P \quad (1)$$

Trong đó:

A: lượng đất mất trung bình hàng năm (tấn/ha/năm);

R: hệ số xói mòn do mưa (MJ(mm/h)/ha/năm) theo thang đo độ xói mòn được lập trên cơ sở cường độ mưa;

K: hệ số xói mòn đất (xác định bằng lượng đất mất đi cho một đơn vị xói mòn của mưa trong các điều kiện chuẩn).

L: hệ số độ dài (tỷ lệ đất mất so với chuẩn chiều dài sườn dốc);

S: hệ số độ dốc;

C: hệ số cây trồng;

P: hệ số bảo vệ đất (tỷ lệ lượng đất mất đi theo số liệu đã có so với lượng đất mất đi từ thửa ruộng không thực hiện biện pháp bảo vệ đất).

Xác định hệ số gây xói mòn do mưa (R):

Sử dụng công thức Roose (1975) để tính toán gần đúng hệ số xói mòn do mưa (R) theo P (mm) là lượng mưa trung bình năm.

$$R = (0.5 + 0.05) * P \quad (2)$$

Căn cứ vào số liệu mưa trạm khí tượng Đà Lạt cung cấp, lượng mưa trung bình năm khoảng 1.800 - 2.000 mm/năm, lượng mưa lớn tập trung vào các tháng mùa mưa (tháng 5 - 10), nên hệ số xói mòn do mưa R khá cao (990,8). Mưa có khả năng gây xói mòn cao, đặc biệt lượng đất bị mất do xói mòn xảy ra chủ yếu vào các tháng mùa mưa trong năm.

Bảng 1. Hệ số xói mòn do mưa R trung bình hàng năm từ năm 2000 – 2011

| | 2000 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2009 | 2010 | 2011 | Trung bình |
|---------------------------|---------|--------|--------|-------|--------|-------|---------|-------|-------|-------|----------------|
| Lượng mưa TB năm (mm/năm) | 2.356 | 1.803 | 1.619 | 1.654 | 1.817 | 1.710 | 2.052 | 1.850 | 2.003 | 1.648 | 1.851,2 |
| R | 1.295,8 | 991,65 | 890,45 | 909,7 | 999,35 | 940,5 | 1.128,6 | 925,5 | 1002 | 824,5 | 990,8 |

Xác định hệ số xói mòn đất (K):

Đà Lạt có 13 đơn vị đất đai thuộc năm nhóm đất chính: đất đỏ, đất xám, đất phù sa, đất đen, đất gley. Hệ số xói mòn đất (K) được xác định cho năm nhóm đất trên dựa vào công thức đề xuất của Renard (1997) đã hiệu chỉnh lại phương trình tính hệ số xói mòn theo đường kính trung bình của cấp hạt của Romkens (1986) như sau:

$$K = 7,594 \{ 0,0034 + 0,0045 \cdot \exp \left[-\frac{1}{2} \frac{(\log D_g + 1,659)^2}{0,7101} \right] \} \quad (3)$$

$$D_g = \exp \left[0,01 \cdot \sum_{i=1}^n f_i \cdot \ln(m_i) \right]$$

Dg : đường kính trung bình cấp hạt (mm);

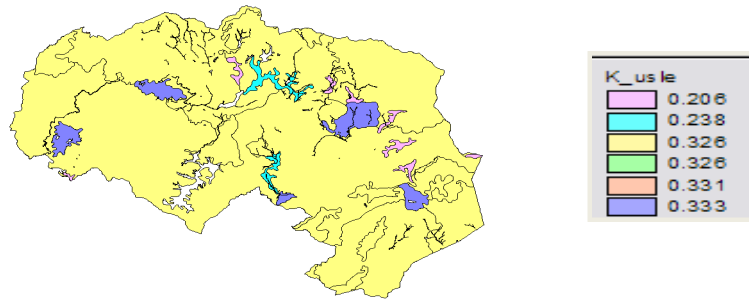
fi : phần trăm kích cỡ của các thành phần hạt (%);

mi : đường kính trung bình của các cấp hạt (mm).

Giá trị K của từng nhóm đất được bổ sung vào dữ liệu GIS bản đồ đất tỉ lệ 1/25.000 và thể hiện thành dữ liệu hỗ trợ trong việc tính toán lượng đất mất cho từng khu vực.

Bảng 2. Hệ số xói mòn đất K cho các nhóm đất đặc trưng của thành phố Đà Lạt

| Hạng mục | Thành phần cơ giới % | | | Sa cấu đất (FAO) | Hệ số xói mòn K | Tính xói mòn |
|------------|----------------------|------|------|-------------------------------|-----------------|--------------|
| | Cát | Thịt | Sét | | | |
| Đất phù sa | 52,5 | 25,5 | 22,0 | Sét, cát pha | 0,2654 | Trung bình |
| Đất gley | 9,2 | 31,7 | 59,1 | Sét | 0,2060 | Trung bình |
| Đất đỏ | 37,7 | 22,5 | 39,8 | Sét, mùn sét, thịt nặng | 0,3331 | Trung bình |
| Đất đen | 41 | 26 | 33 | Sét, mùn | 0,3262 | Trung bình |
| Đất xám | 34,8 | 43,8 | 21,3 | Mùn trung bình, thịt, sét nhẹ | 0,3255 | Trung bình |



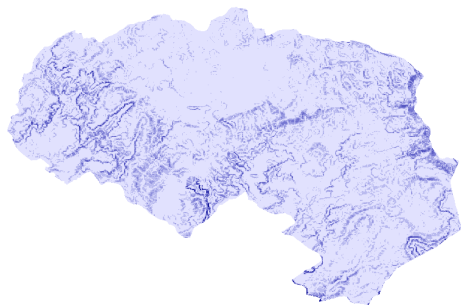
Hình 2. Lớp dữ liệu hệ số xói mòn đất **K** thành phố Đà Lạt

Xác định hệ số L và S:

Hệ số **L** và **S** đều thể hiện ảnh hưởng của địa hình đến xói mòn đất. Hệ số được xác định bằng phép phân tích không gian từ mô hình độ cao số DEM của TP. Đà Lạt. Sử dụng công thức toán Bernei (1999) đề xuất tính toán lớp hệ số chiều dài và hệ số độ dốc và tạo thành lớp hệ số địa hình như sau:

$$LS = \left(\frac{[flowaccumulation] * cellsize}{22,13} \right)^{0,4} * \left(\frac{\sin slope}{0,0896} \right)^{1,3} \quad (4)$$

Mô hình số độ cao được xây dựng từ bản đồ địa hình tỉ lệ 1:100.000 để xác định được độ dốc địa hình, hướng sườn, hướng dòng chảy bằng công cụ phân tích trong GIS. Sử dụng công thức toán Bernei (4) tạo lớp hệ số địa hình LS lưu trữ trong cơ sở dữ liệu GIS.



| Symbol | Value | Label |
|------------------|-----------------|-----------------|
| [White] | 0 - 5.405 | 0 - 5.405 |
| [Light Blue] | 5.405 - 10.81 | 5.405 - 10.81 |
| [Medium Blue] | 10.81 - 16.215 | 10.81 - 16.215 |
| [Dark Blue] | 16.215 - 21.62 | 16.215 - 21.62 |
| [Very Dark Blue] | 21.62 - 27.025 | 21.62 - 27.025 |
| [Darkest Blue] | 27.025 - 32.429 | 27.025 - 32.429 |
| [Black] | 32.429 - 37.834 | 32.429 - 37.834 |
| [Black] | 37.834 - 43.239 | 37.834 - 43.239 |
| [Black] | 43.239 - 48.644 | 43.239 - 48.644 |
| [White] | | No Data |

Hình 3. Lớp bản đồ hệ số địa hình LS từ mô hình số độ cao (DEM)

Xác định hệ số cây trồng (C):

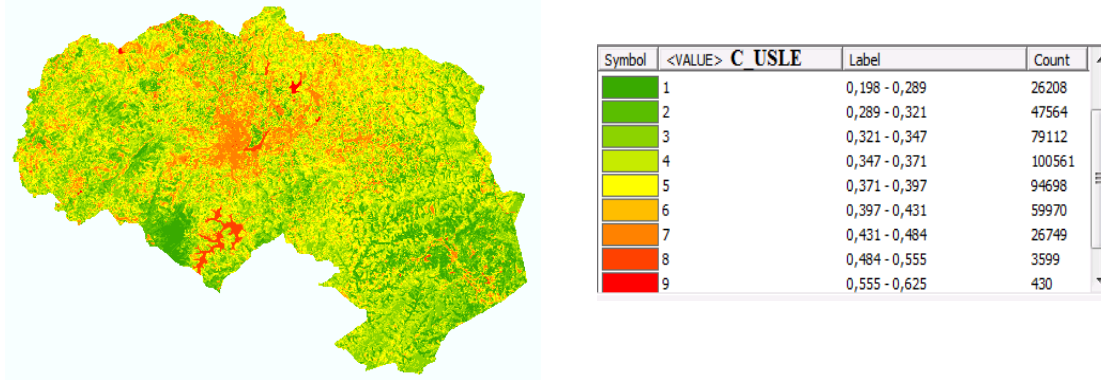
Hệ số **C** là tỷ số giữa lượng đất xói mòn trên vùng canh tác với lượng đất xói mòn trên vùng đất trống. Đây là hệ số xác định mức độ ảnh hưởng của các loại cây trồng khác nhau đối với quá trình xói mòn đất. Ảnh vệ tinh Landsat được sử dụng để xác định hệ số C thông qua việc tính chỉ số lớp phủ thực vật NDVI

$$C = 0,5 - 0,5 * NDVI \quad (5)$$

Trong đó:

$$NDVI = ((kênh 4 - kênh 3) / (kênh 4 + kênh 3))$$

Hệ số **C** nhận giá trị từ 0 đến 1 (C = 0 : thảm thực vật dày, độ che phủ cao; C = 1 : không có lớp phủ thực vật, vùng đất trống). Hệ số này dễ dàng thay đổi do hoạt động khai thác, trồng trọt của con người.



Hình 4. Xác định hệ số cây trồng C

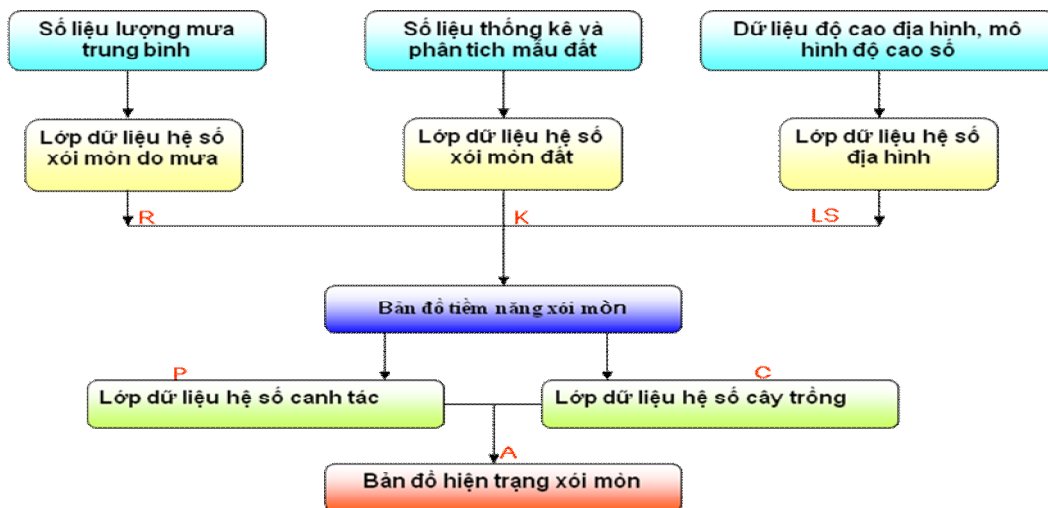
Xác định hệ số bảo vệ đất (P)

Hệ số bảo vệ đất (P) là tỷ lệ lượng đất mất so với lượng đất mất từ vùng đất không thực hiện biện pháp bảo vệ. P = 1 cho vùng đất nông nghiệp, đất lâm nghiệp và một phần nhỏ đất chuyên dụng, đất ở không thực hiện biện pháp canh tác bảo vệ đất chống xói mòn. P = 0.1 cho những vùng đất bằng phẳng, chuyên canh rau hoa trong nhà kính. Giá trị hệ số bảo vệ đất được xác định bằng cách tra bảng do Hội Khoa học đất xây dựng và so sánh với điều kiện thực tế. Từ đó, xây

dựng thành lớp dữ liệu hệ số canh tác để thể hiện các giá trị của P tương ứng.

Quy trình sử dụng GIS và USLE trong phân tích xói mòn đất.

Để thực hiện việc phân tích xói mòn đất, xây dựng bản đồ tìm năng và bản đồ hiện trạng xói mòn, mô hình cơ sở dữ liệu GIS đã được thiết kế nhằm cung cấp các thông số đầu vào của mô hình USLE. Quy trình đề xuất trong việc sử dụng các chức năng phân tích thống kê không và chồng lớp của GIS tích hợp với mô hình USLE trong thành lập bản đồ xói mòn đất như sau:



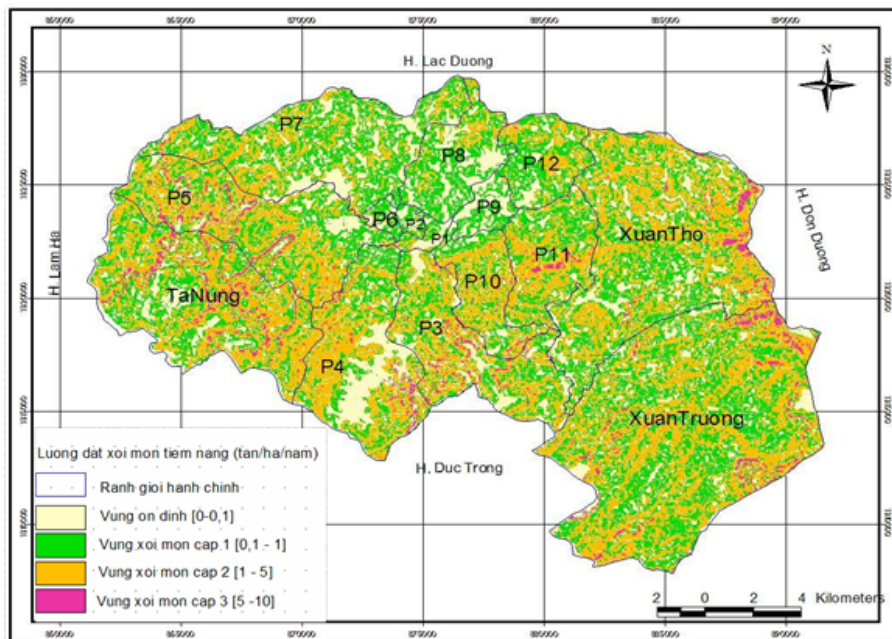
Hình 5. Quy trình ứng dụng viễn thám, GIS và mô hình USLE thành lập bản đồ xói mòn đất

Dự báo tiềm năng xói mòn bằng phương trình USLE chỉ xét đến tính nhạy cảm của những yếu tố tự nhiên cơ bản như là đất, khí hậu, địa hình đối với xói mòn trong điều kiện không có lớp phủ thực vật và không thực hiện bất cứ cách thức bảo vệ nào. Như vậy, phương trình USLE tính toán lượng đất bị xói mòn tiềm năng với điều kiện hệ số cây trồng $C=1$ và hệ số bảo vệ đất $P=1$. (Giordano,1991).

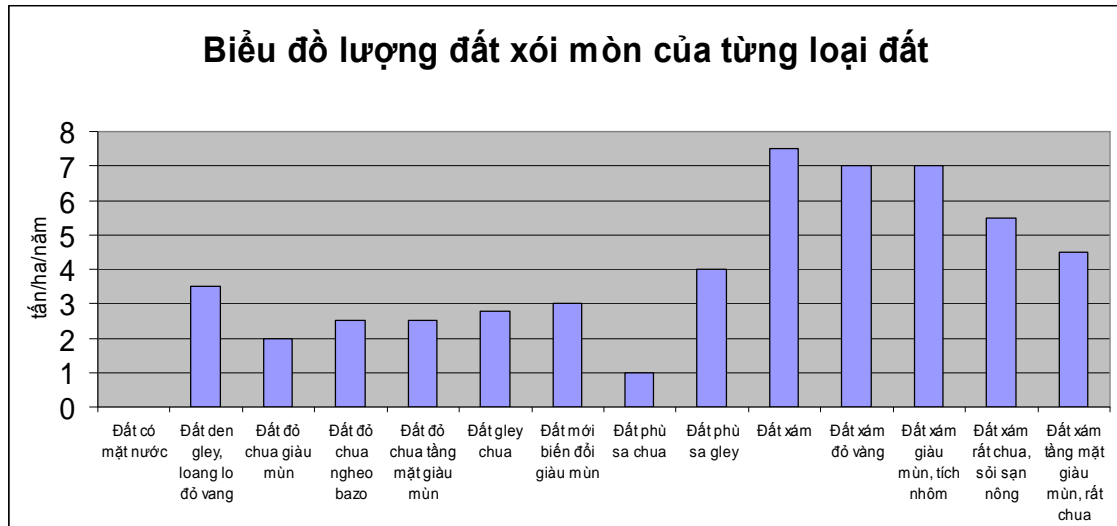
Các hệ số ảnh hưởng R , K và LS được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu GIS để thành lập các lớp chuyên đề thể hiện như sau:

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả tích hợp GIS và USLE đã thành lập được bản đồ xói mòn tiềm năng theo ba cấp độ với sự thể hiện màu sắc khác nhau (hình 6). Những vùng có màu đỏ cho thấy lượng đất xói mòn từ 5 - 10 tấn/ha/năm. Theo tiêu chuẩn Việt Nam, xói mòn trên địa bàn thành phố Đà Lạt thuộc cấp độ trung bình. Xói mòn tiềm năng trên địa bàn thành phố xảy ra ở các khu vực có độ dốc lớn hơn 5° . Mức độ xói mòn tương ứng của từng loại đất được thể hiện trong hình 7 được xác định bằng cách tiến hành phân tích chồng lớp bản đồ tiềm năng với lớp bản đồ đất.



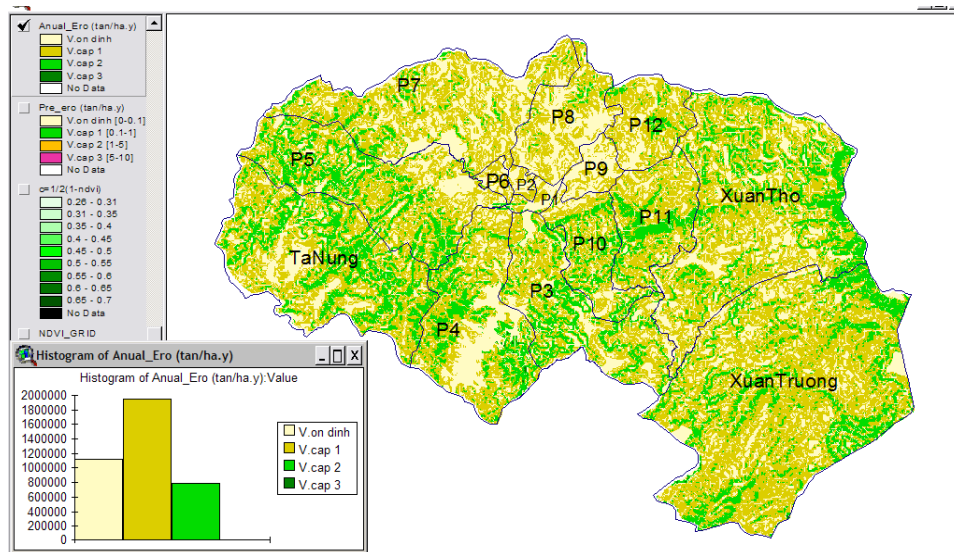
Hình 6. Bản đồ xói mòn tiềm năng của thành phố Đà Lạt



Hình 7. Thể hiện mức độ xói mòn tương ứng của từng loại đất

Để nhận được được bản đồ hiện trạng xói mòn của TP. Đà Lạt (hình 8), phân tích chồng lớp được thực hiện với bản đồ hệ số cây trồng **C** và hệ số bảo vệ đất **P**. Ngoài ảnh hưởng lượng đất bị xói mòn thay đổi theo yếu tố địa hình (độ dốc địa hình càng cao, lượng đất xói mòn càng lớn). Giải pháp đề xuất là tăng diện tích lớp phủ

thực vật như: trồng phủ cỏ Vertive, dây leo (bìm bìm, thằn lằn, vú bò...) có khả năng chống xói mòn và tăng độ cố kết với đất; xen canh cây họ đậu trong vùng trồng cây công nghiệp trên các sườn dốc để giảm lượng đất trên bề mặt bị xói mòn hàng năm.



Hình 8. Bản đồ hiện trạng xói mòn trên địa bàn TP. Đà Lạt

Phân tích Bản đồ hiện trạng xói mòn đất cho thấy: xói mòn cấp 1 xảy ra trên vùng đất xám, canh tác cây công nghiệp hàng năm, cây lâu năm và diện tích sườn đồi do người dân lấn chiếm lâm phân, chặt rừng làm nương rẫy,... xói mòn cấp 2 diễn ra ở các khu lâm nghiệp bị lấn chiếm để canh tác sản xuất hoa màu và cây công nghiệp, các khuôn vườn canh tác trên sườn đồi có độ dốc lớn hơn 150 và xói mòn cấp 3 xuất hiện chủ yếu tại khu vực phường 4 do địa hình phân cắt mạnh, bậc chuyển tiếp địa hình có độ dốc cao. Việc phân tích GIS cho phép cung cấp hình ảnh chi tiết về hiện tượng xói mòn đang xảy ra như thế nào? Xảy ra ở những vùng nào? Khả năng sẽ phát triển như thế nào? Để từ đó triển khai nhanh biện pháp cần thiết như: khuyến khích và hướng dẫn người dân trồng các loại cây bụi và các loại cỏ có khả năng giữ đất tốt, trồng các loại cây công nghiệp lâu năm nhằm tạo tán che bảo vệ đất và chống xói mòn trên vùng đất dốc, áp dụng biện pháp nông lâm kết hợp nhằm duy trì lớp phủ thực vật trên bề mặt, hạn chế mức thấp nhất tác động của mưa để bảo vệ giảm xói mòn đất,... Bản đồ

xói mòn tiềm năng là tài liệu đầu tiên và rất cần thiết trong công tác xây dựng quy hoạch phát triển nông nghiệp, quy hoạch phát triển đô thị Đà Lạt.

5. KẾT LUẬN

Sử dụng GIS và mô hình USLE trong thành lập bản đồ xói mòn đất khu vực TP. Đà Lạt đã giúp cho cơ quan quản lý có công cụ hiệu quả trong việc xác định nhanh các vùng có nguy cơ xói mòn, dựa vào các hệ số địa hình **LS**, xói mòn do mưa **R** kết hợp với dữ liệu xói mòn đất **K**, thảm thực vật **C** và hệ số bảo vệ đất **P** là các dữ liệu sẵn có.

Kết quả xây dựng bản đồ xói mòn đất khu vực TP. Đà Lạt bước đầu đã góp phần hỗ trợ công tác quản lý tài nguyên đất và giảm thiểu rủi ro xói mòn đất. Từng biện pháp khắc phục hay giảm thiểu xói mòn cụ thể cho những khu vực có tiềm năng xói mòn đất cao được triển khai nhằm nâng cao chất lượng phát triển kinh tế nông nghiệp của địa phương.

GIS and Remote Sensing solution for Dalat city's soil erosion mapping

- **Le Van Trung**
- **Nguyen Thi Kim Hoang**

Ho Chi Minh city University of Technology, VNU-HCM

- **Nguyen Thi Ngoc Anh**

University of Dalat

ABSTRACT

This paper introduces the solution for Dalat city's soil erosion mapping using the integration of GIS, Remote Sensing and the Universal Soil Loss Equation (USLE). Each of the USLE factors with associated attribute data are discussed and the soil erosion parameters were selected and encoded in a GIS database to produce thematic

layers. The result demonstrates the soil erosion map that indicates the potential annual soil loss located in each area of land. This map is used to confirm the severe level of soil erosion risk need immediate attention from soil conservation point of view.

Keywords: Remote Sensing, GIS database, Universal Soil Loss Equation (USLE), soil erosion map.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Renard K. G. et al - Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the revised. Universal Soil loss equation (RUSLE), The U.S Government Printing Office Superintendent of Document, Washington, 1998
- [2]. Phạm Hùng và nnk, “Hệ thống thông tin địa lý trợ giúp xây dựng các thông số đầu vào cho mô hình mô phỏng xói mòn trên bề mặt lưu vực, *Tạp chí Khoa học đất*, 2000
- [3]. Foster G.R., Guidelines for the use of the Revised Univesal Soil Loss Equation Version 2, National Sedimentation Laboratory USDA – Agricultural Research Service Oxford, Mississippi, Washington, D.C. 2004
- [4]. Mongkolsawat, P. Thirangoon,S. Sriwongsa, “Soil Erosion Mapping with Universal Soil Loss equation and GIS”, Computer Centre, Khon Kaen University, Khon Kaen 4002, Thailand, 1994
- [5]. M. H. Mohamed Rinos, S. P. Aggarwal, Ranjith Premalal De Silva, “ Application of Remote Sensing and GIS on soil erosion assessment at Bata River Basin, India”. 2002
- [6]. O. Cerdan , N. Baghdadi , C. King, A. Couturier, “Soil erosion modelling at the catchment scale using remote sensing data” ,*Geophysical Research*,Vol. 7, 02085. 2005.
- [7]. TT khí tượng thủy văn Lâm Đồng - Đặc điểm khí hậu thủy văn Lâm Đồng, Đà Lạt, 2012
- [8]. <http://www.fao.org/docrep/t1765e/t1765e0e.htm>