

**BỘ MÔN ĐỊA SINH THÁI VÀ CÔNG NGHỆ MÔI TRƯỜNG
KHOA MÔI TRƯỜNG – TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ ĐỊA CHẤT**

**SEMINAR HỌC THUẬT
NĂM 2024 – 2025**

**BÁO CÁO
NGHIÊN CỨU TIỀM NĂNG MẤT ĐẤT DO XÓI MÒN
TRÊN LƯU VỰC SÔNG SÊSAN
TS. TRẦN ANH QUÂN**

Hà Nội – 2025

Tính toán xói mòn tiềm năng trên khu vực sông Sê San

Việc tính toán xói mòn đất tiềm năng trên khu vực sông Sê San được thực hiện theo Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 5299:2009: Chất lượng đất – Phương pháp xác định mức độ xói mòn đất do mưa. Tiêu chuẩn này cung cấp hướng dẫn kỹ thuật cụ thể để đánh giá và định lượng xói mòn đất do tác động của mưa, đảm bảo tính chính xác và nhất quán trong các nghiên cứu liên quan đến bảo tồn đất và quản lý tài nguyên đất.

Phương trình xói mòn đất phổ dụng điều chỉnh (Revised Universal Soil Loss Equation – USLE)

Để đánh giá nguy cơ xói mòn đất và ước tính lượng đất bị mất hàng năm do xói mòn, nghiên cứu này áp dụng phương trình mất đất phổ dụng điều chỉnh (RUSLE). Mô hình RUSLE được đề xuất bởi Wischmeier vào năm 1960 và được phát triển với sự hỗ trợ của Smith vào năm 1978. Đây là một trong những mô hình phổ biến và hiệu quả nhất để dự báo xói mòn đất và lượng đất tổn thất trung bình trên các khu vực đất dốc. Mô hình USLE cho phép dự báo sự thay đổi về xói mòn đất do biến đổi trong hệ thống canh tác, đồng thời đánh giá hiệu quả của các biện pháp kiểm soát xói mòn. Điểm đặc biệt của mô hình là phân tách các yếu tố ảnh hưởng đến xói mòn đất (lượng mưa, địa hình, loại đất, thảm thực vật, phương pháp canh tác) thành các nhân tố riêng biệt nhưng có mối quan hệ chặt chẽ.

Phương trình RUSLE được biểu diễn dưới dạng:

$$A=R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

A: Lượng đất bị xói mòn hàng năm (tấn/ha/năm).

R: Hệ số xói mòn do mưa.

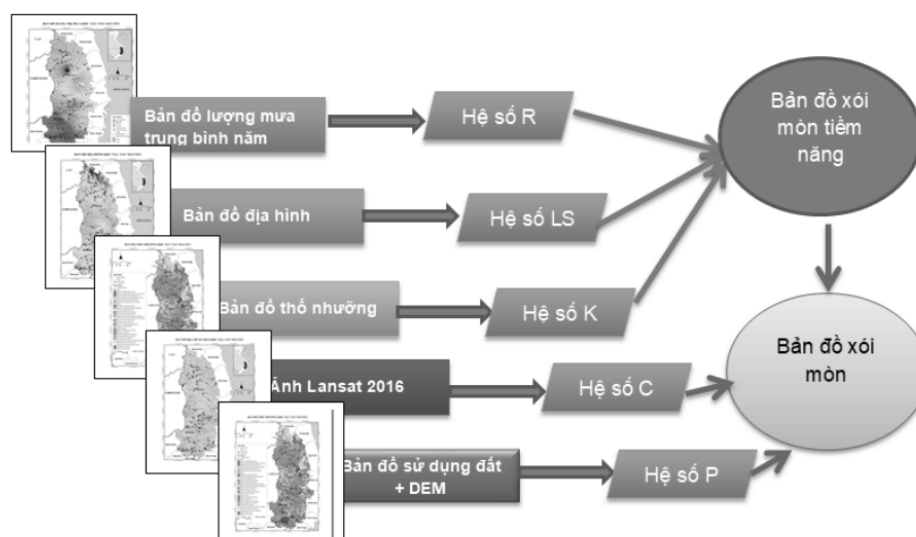
K: Hệ số kháng xói mòn của đất.

LS: Hệ số địa hình (bao gồm chiều dài và độ dốc sườn dốc).

C: Hệ số ảnh hưởng của lớp phủ thực vật.

P: Hệ số ảnh hưởng của phương pháp canh tác.

Phương trình này đã được ứng dụng rộng rãi trên toàn thế giới để dự báo xói mòn đất cũng như hỗ trợ quản lý tài nguyên đất.



Sơ đồ quy trình xây dựng mô hình RUSLE để đánh giá xói mòn đất cho khu vực dự án
Tính toán khoanh vi phạm vi lưu vực

Dữ liệu DEM 30m SRTM có độ phân giải tương đối cao được sử dụng để giúp xác định chính xác các đặc điểm địa hình. Trước tiên, dữ liệu DEM cần được tải về từ USGS Earth Explorer. Sau khi tải về, dữ liệu được loại bỏ các giá trị không hợp lệ, chẳng hạn như các điểm bị thiếu hoặc bị lỗi (no-data). Để loại bỏ các điểm thấp bất thường, sử dụng công cụ Fill trong ArcGIS để khử các lỗ hổng trong dữ liệu DEM, giúp chuẩn bị cho việc phân tích chính xác hơn.

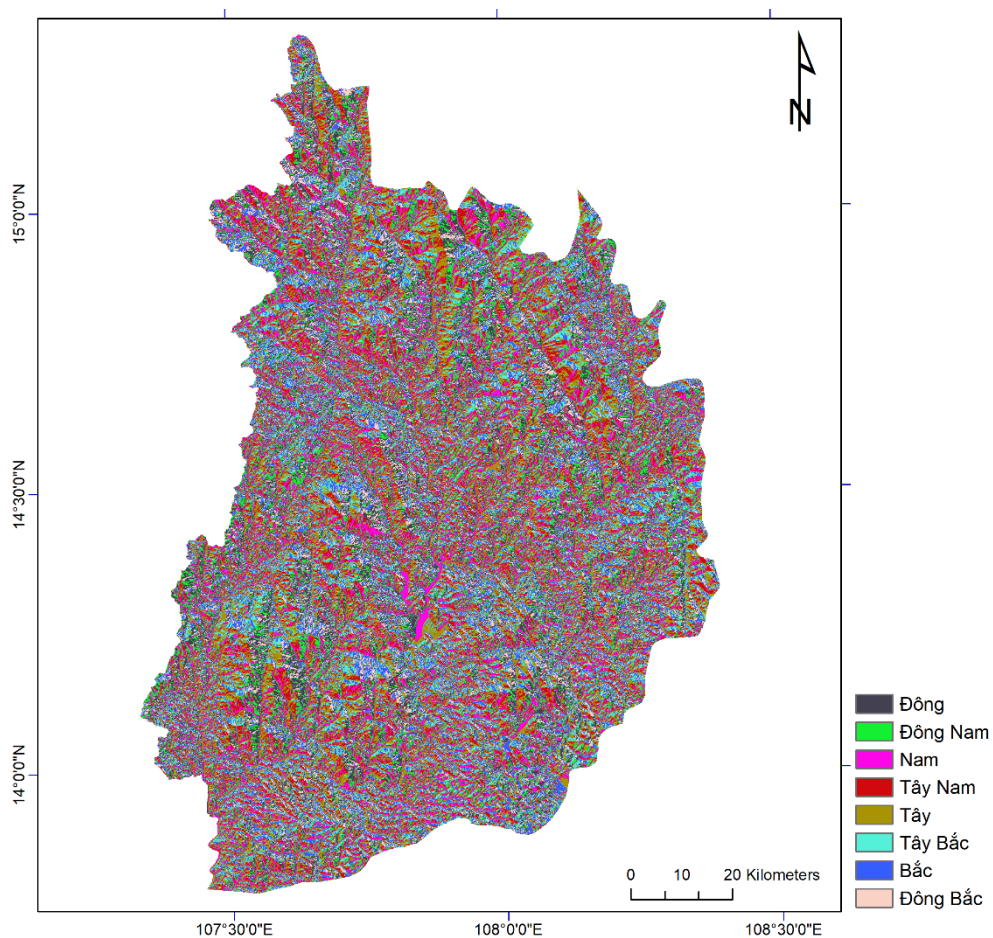
Bản đồ số độ cao trên nền lưu vực

Bước tiếp theo là sử dụng công cụ Flow Direction để tính toán hướng dòng chảy từ mỗi điểm trên DEM. Công cụ này xác định hướng chảy của nước theo các hướng dốc nhất từ mỗi điểm cao độ, tạo ra một bản đồ hướng dòng chảy (Flow Direction Raster). Tiếp theo, dùng công cụ Flow Accumulation để tính toán độ tích lũy dòng chảy từ các khu vực thượng nguồn, cho phép xác định các khu vực có khả năng tập trung dòng chảy lớn.

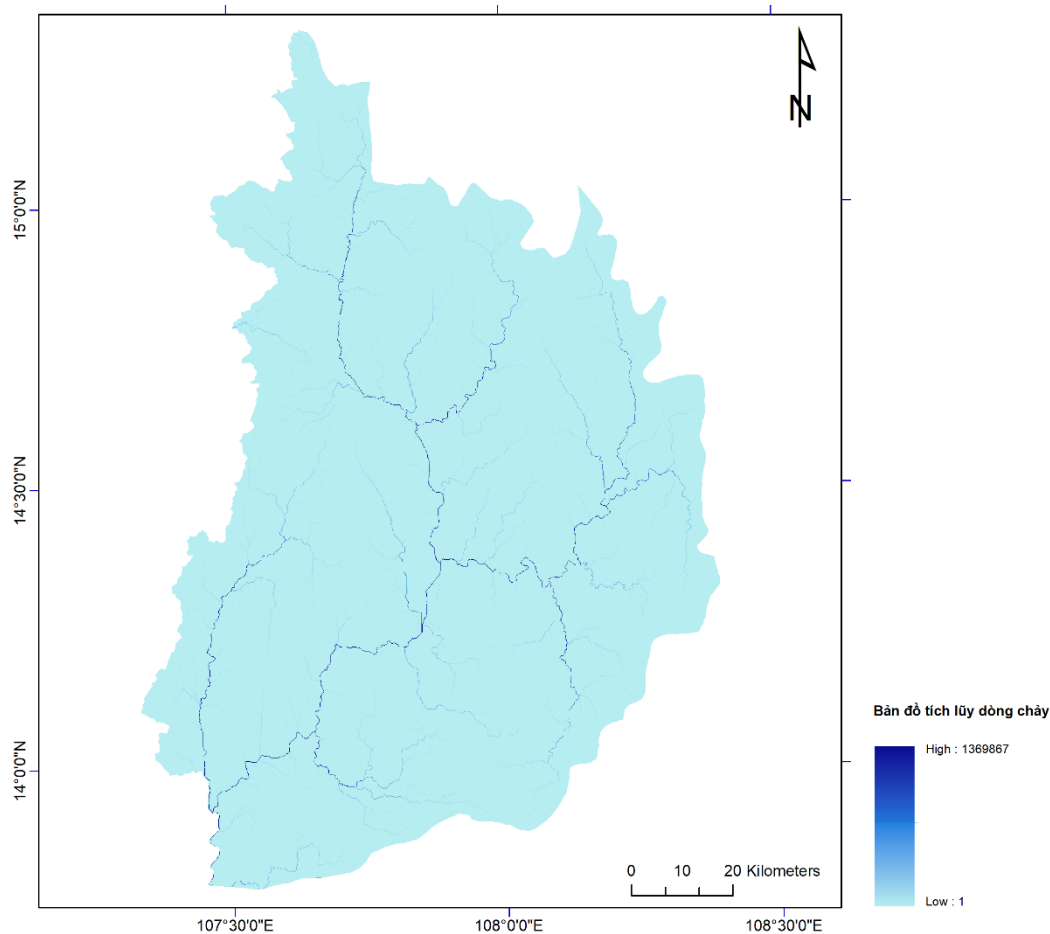
Sau khi có bản đồ hướng dòng chảy và độ tích lũy dòng chảy, sử dụng công cụ Watershed để xác định phạm vi lưu vực từ một điểm đầu nguồn đã chọn. Công cụ này xác định khu vực đất đai mà tất cả dòng chảy từ khu vực đó sẽ hội tụ tại cùng một điểm. Tùy thuộc vào mục tiêu nghiên cứu, có thể phân định lưu vực cho một số điểm đầu nguồn cùng lúc.

Kết quả phân định lưu vực ban đầu có thể chứa một số sai sót do dữ liệu DEM không hoàn hảo. Để tăng tính chính xác, sử dụng các công cụ như Clip, Erase, hoặc Dissolve để chỉnh sửa phạm vi lưu vực, loại bỏ các khu vực không hợp lý hoặc không liên quan, và hợp nhất các vùng có đặc điểm thủy văn tương đồng. Sau khi phân định

lưu vực, bản đồ kết quả có thể được tối ưu hóa và trực quan hóa bằng các công cụ trong ArcGIS.



Bản đồ phân tích hướng dòng chảy trên lưu vực



Bản đồ tích lũy dòng chảy (Flow accumulation) trên lưu vực

Tính toán hệ số LS (Độ dài và độ dốc sườn Slope Length and Steepness)

L là độ dài sườn, S là độ dốc sườn. Cả hai được gọi là yếu tố địa hình (Topographic Factors). Những yếu tố này ảnh hưởng đến tốc độ dòng chảy bề mặt. Sườn dốc hơn và dài hơn có thể làm tăng tốc độ dòng chảy, dẫn đến gia tăng mất đất.

Đề phù hợp với các giới hạn của GIS, LS được tính bằng phương pháp USPED (Unit Stream Power Erosion and Deposition), sử dụng phép tính raster giữa tích lũy dòng chảy (flow accumulation) và độ dốc (slope). Đầu tiên, tạo các lớp cần thiết cho L và S, sau đó sử dụng.

Hệ số L (Slope Length Factor), đây là tỷ lệ mất đất từ độ dài sườn so với chiều dài tiêu chuẩn của một ô thí nghiệm (22.1m).

$$L = \left(\frac{FA \times \text{cell size}}{22.13} \right)^m$$

Trong đó:

- FA: Dòng chảy tích lũy (Flow Accumulation)
- Cell size: Độ phân giải ô lưới (29.88m ~ SRTM resolution)

- m: Dao động từ 0.2-0.6, chọn m = 0.6

Hệ số S (Slope Steepness Factor) là tỷ lệ mất đất so với một độ dốc tiêu chuẩn là 9%.

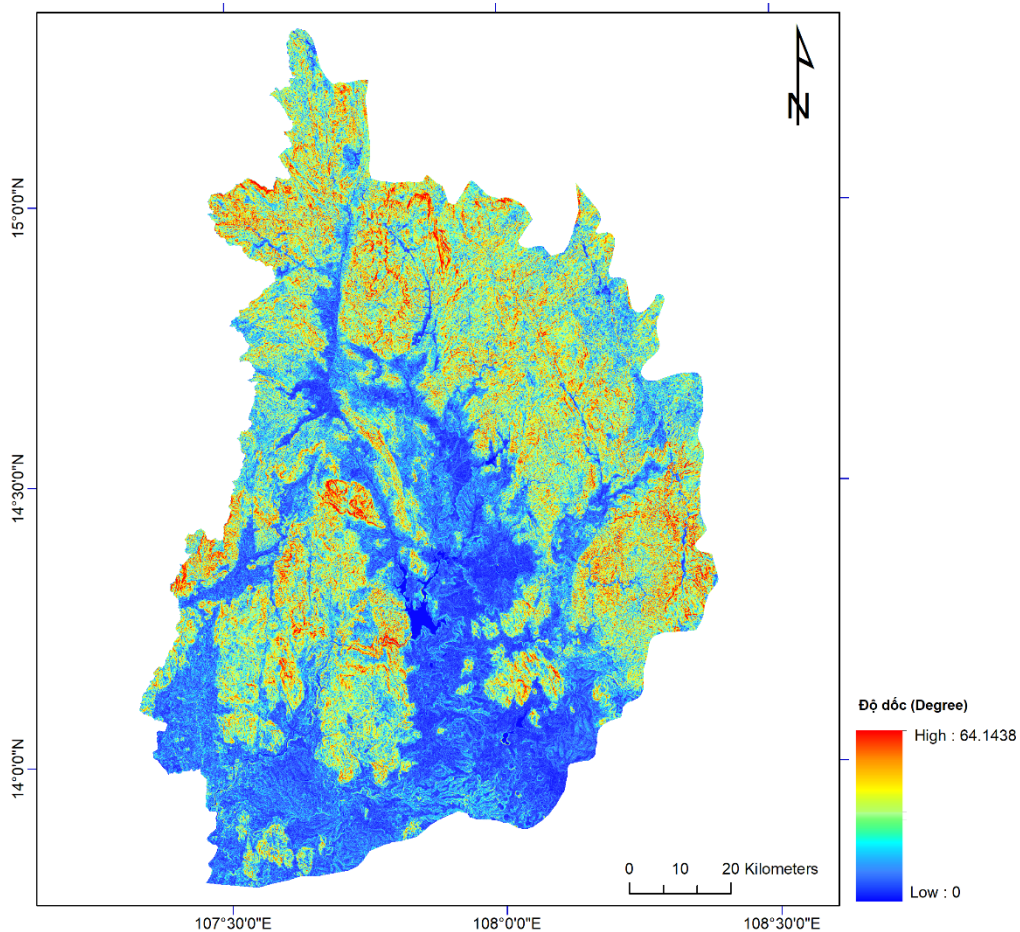
$$S = \left(\frac{\sin B \times 0.01745}{0.09} \right)^n$$

Trong đó:

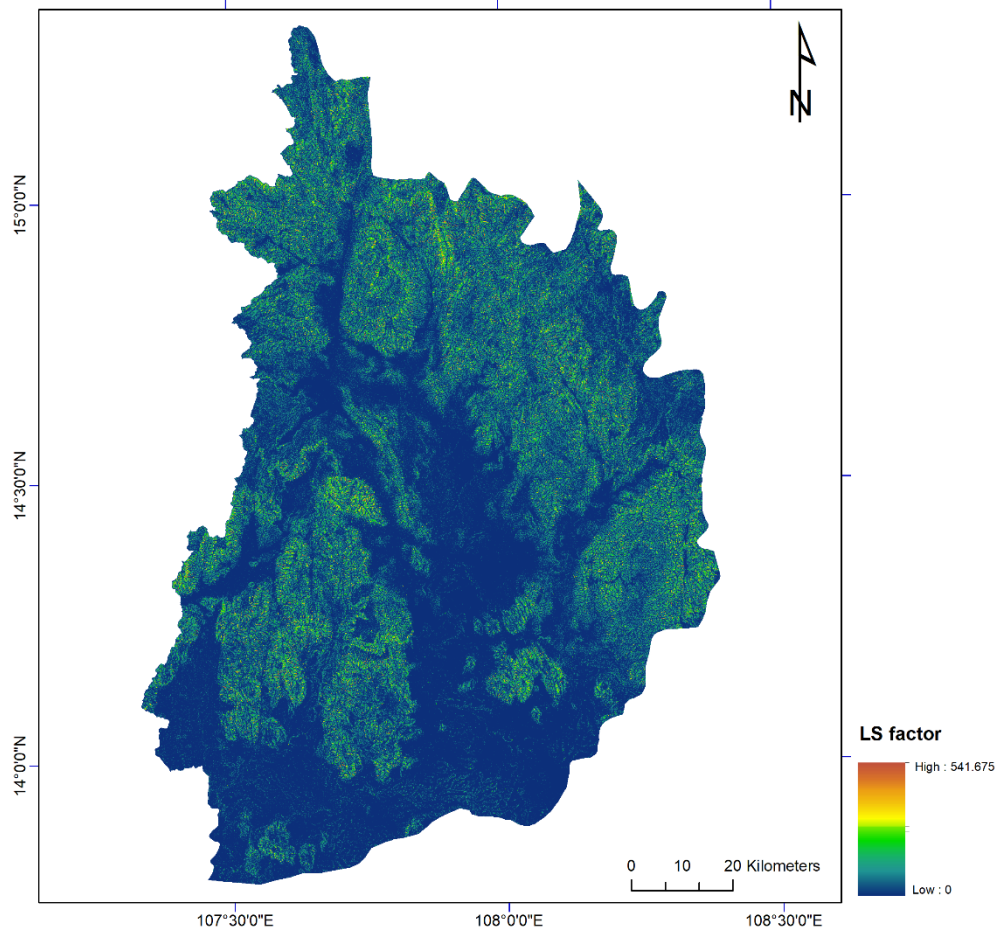
- B: Độ dốc tính bằng độ.
- n: Dao động từ 1.0-1.3, chọn n = 1.3

Hệ số LS được tính theo công thức dưới đây

$$\left(\left(\frac{B1 \times 70}{22.1} \right)^{0.4} \right) \times \left(\left(\frac{\sin(B2 \times 0.01745)}{0.09} \right)^{1.4} \right)$$



Bản đồ tính toán độ dốc cho lưu vực



Bản đồ tính toán hệ số LS cho lưu vực khu vực dự án

Tính toán hệ số R – Hệ số xói mòn do mưa

Mưa là yếu tố tác động trực tiếp lên bề mặt đất phá vỡ cấu trúc đất và hình thành dòng chảy mặt để vận chuyển lớp đất đó. Tác động của yếu tố mưa được Wischmeier và Smith định lượng thông qua hệ số R theo công thức:

$$R = EI_{30}/1000$$

Trong đó: E là động năng của mưa (J/m^2), I là lượng mưa lớn nhất trong vòng 30 phút (mm/h), R là hệ số xói mòn do mưa ($KJ/m^2.mm/h$).

Động năng của mưa E lại được xác định theo cường độ mưa và lượng mưa trong công thức của Schwertmann:

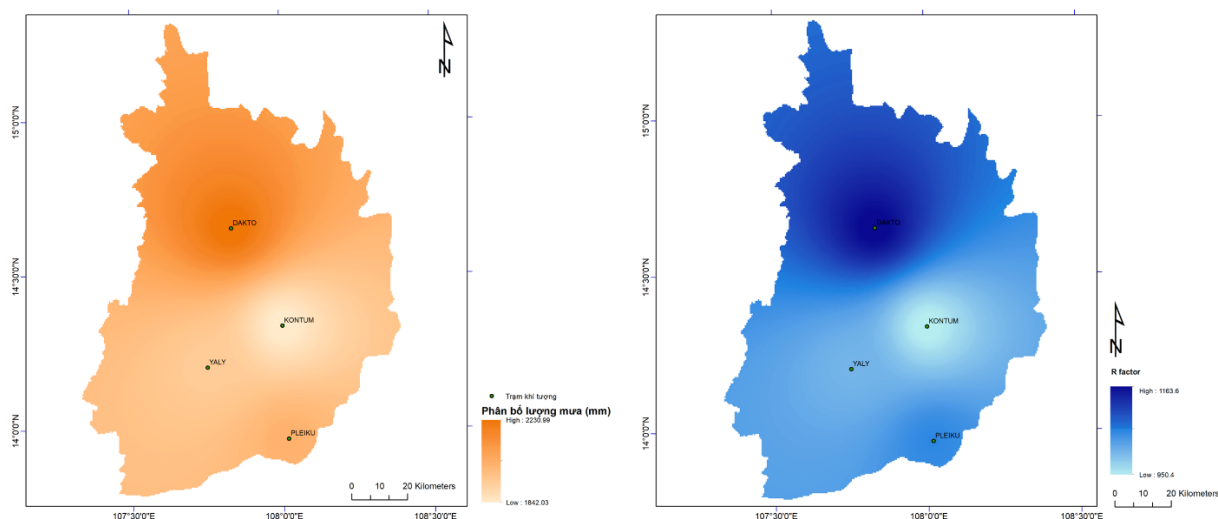
$$E_i = (11,89 + 8,73 \cdot \log I_i) N_i$$

Với E_i là động năng mưa của trận thứ i, I_i là cường độ mưa của trận thứ i, N_i là lượng mưa của trận thứ i.

Tuy nhiên, ở nước ta, việc thống kê E_i còn khó khăn và nhiều hạn chế. Vì vậy, phương trình tính R phụ thuộc vào E_i hầu như không được áp dụng. Thay vào đó, theo nhiều nhà khoa học, hệ số R có thể được ước tính theo lượng mưa trung bình năm hoặc tháng. Nghiên cứu này sử dụng công thức tính R của Nguyễn Trọng Hà (1996) như sau:

$$R = 0,548257P - 59,9$$

Với P là lượng mưa trung bình năm (mm/năm), trong phạm vi lưu vực thuộc tỉnh Hòa Bình lấy lượng mưa trung bình là 1.950mm/năm.



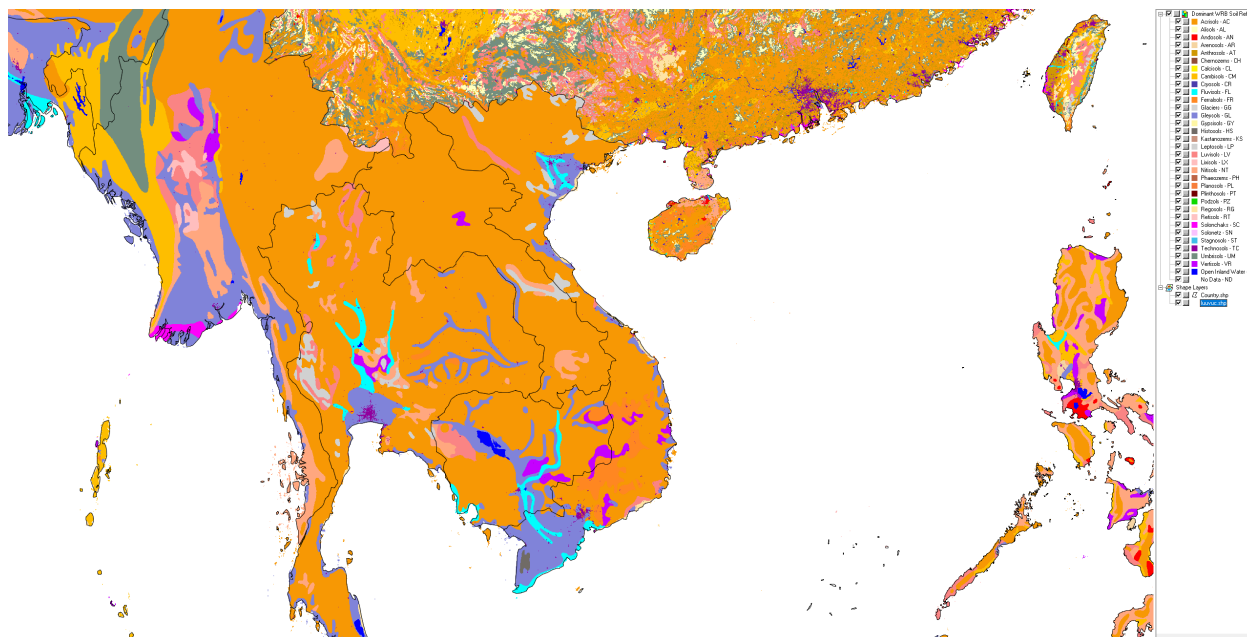
Bản đồ tính toán phân bố lượng mưa (trái) và hệ số (phải) R cho lưu vực khu vực dự án

Tính toán hệ số K – Hệ số kháng xói mòn của đất

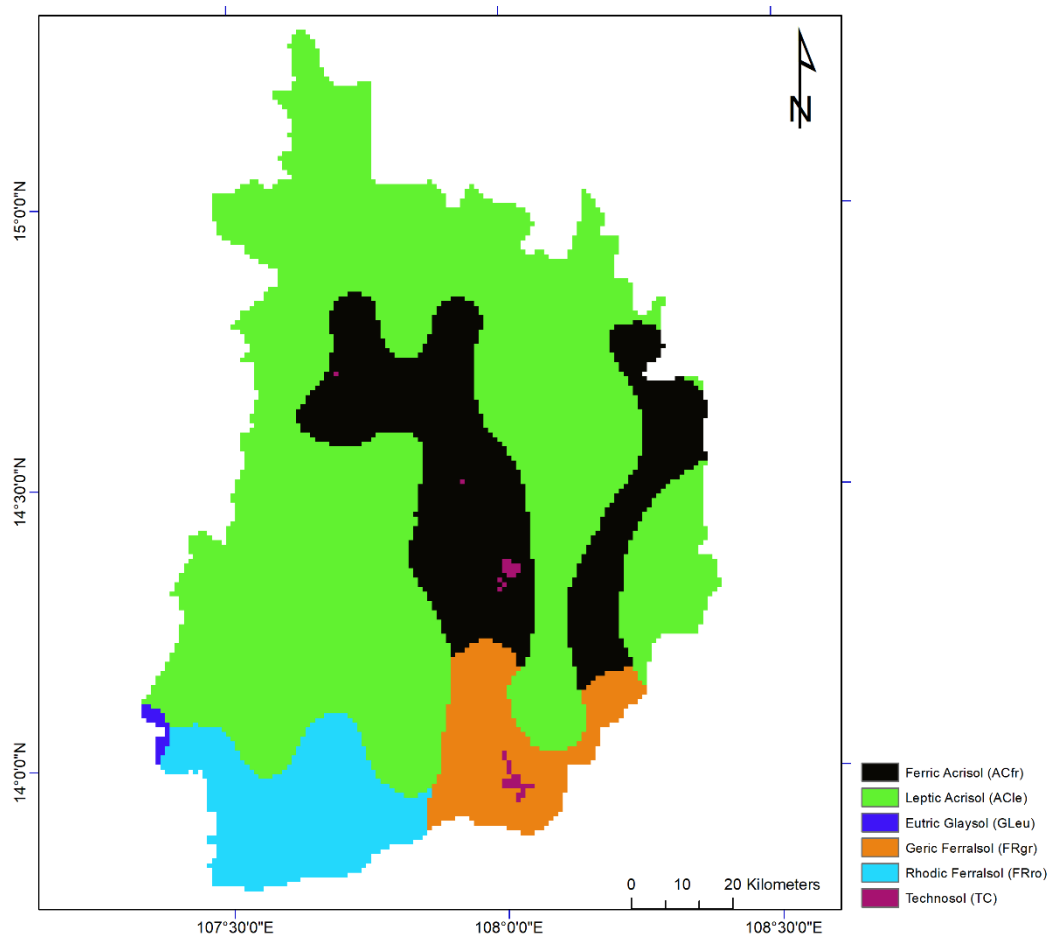
Khả năng xói mòn của đất mô tả sự nhạy cảm của một loại đất đối với xói mòn, được đo bằng các đặc tính vật lý của đất như kết cấu, kết cấu và độ thấm. Các loại đất phản ứng với sự kiện xói mòn khác nhau tùy thuộc vào kích thước hạt của chúng. Kích thước hạt càng lớn, càng có nhiều đất bị mất. Ví dụ, đất cát (hạt lớn) sẽ bị xói mòn nhanh hơn nhiều so với đất sét (hạt nhỏ). Giá trị K dao động từ mức độ xói mòn thấp nhất là 0.02 đến cao nhất là 0.69. Nếu tất cả các yếu tố khác đều giống nhau, giá trị K càng cao, đất càng dễ bị xói mòn do mưa theo kiểu xói mòn rãnh và xói mòn lớp mỏng.

Hệ số K được tính toán như sau

Phân loại đất và tính chất tầng đất mặt của các loại đất trên phạm vi lưu vực được tính toán dựa trên bộ số liệu HWSO 2.0 của FAO. Kết quả phân tích cho thấy lưu vực tại khu vực dự án khá nhỏ, loại đất bề mặt không đa dạng, phần lớn có loại đất chủ đạo bao gồm:



Bản đồ phân loại đất Harmonized World Soil Database (HWSD) 2.0 của FAO, 2023



Bản đồ loại đất trên khu vực dự án theo FAO, 2023

Đặc điểm nhận diện tầng đất cũng như thành phần cấu trúc vật lý, hóa học, thành phần chủ đạo của các loại đất này được thể hiện ở các bảng dưới đây:

Bảng đặc điểm cấu tạo và thành phần mặt của đất Eutric Gleysol (Gleu)

Loại đất chủ đạo (WRB 2022):	Eutric Gleysol (GLEu)			
Loại đất chủ đạo (FAO 1990):	Eutric Gleysols (GLE)			
Chuỗi trong đơn vị lập bản đồ đất	1	2	3	4
Tỷ lệ trong đơn vị lập bản đồ đất (%)	50	30	10	10
Mã nội bộ cơ sở dữ liệu	108382	118127	121239	84953
Phân loại đất quốc gia	-	-	-	-
Ký hiệu đơn vị đất (WRB 2022)	GLEu	GLmo	GLum	FLeu
Tên đơn vị đất (WRB liên kết FAO90)	Eutric Gleysols	Mollic Gleysols	Umbric Gleysols	Eutric Fluvisols
Ký hiệu đơn vị đất (FAO 1990)	GLE	GLm	GLu	FLe
Tên đơn vị đất (FAO 1990)	Eutric Gleysols	Mollic Gleysols	Umbric Gleysols	Eutric Fluvisols
Độ sâu đất có rễ cây	Deep (> 100cm)	Deep (> 100cm)	Deep (> 100cm)	Deep (> 100cm)
Thoát nước đất tham chiếu	Very poorly drained	Very poorly drained	Very poorly drained	Imperfectly drained
Dung tích giữ nước sẵn có (mm)	163	180	173	163
Độ sâu đỉnh tầng đất (cm)	0	0	0	0
Độ sâu đáy tầng đất (cm)	20	20	20	20
Mảnh vụn thô (% thể tích)	13	2	6	19
Cát (% trọng lượng)	35	30	25	37
Limon (% trọng lượng)	32	29	29	32
Sét (% trọng lượng)	33	41	46	31
Loại đất (quy ước USDA)	Clay loam	Clay (light)	Clay (light)	Clay loam
Khối lượng riêng của đất (g/cm ³)	1.3	1.4	0.9	1.4
Khối lượng riêng tham chiếu (g/cm ³)	1.9	2	2	1.9
Hàm lượng carbon hữu cơ (% trọng lượng)	1.3	2.5	5.6	1.3
pH trong nước (-log(H ⁺))	5.9	6.2	5	6.1
Hàm lượng tổng nitơ (g/kg)	1.2	1.9	3.9	1.1
Tỷ lệ Carbon/Nitơ (C/N)	11	14	13	12
Dung tích trao đổi cation của đất (cmolc/kg)	18	30	28	19

Dung tích trao đổi cation của sét (cmolc/kg)	44	53	24	53
ECEC (cmolc/kg)	15	26	13	17
TEB (cmolc/kg)	13	26	9	17
Độ bão hòa bazơ (% CECsoil)	76	83	31	82
Độ bão hòa nhôm (% ECEC)	20	0	10	0
Tỷ lệ natri trao đổi (% ESP)	3	2	2	2
Hàm lượng carbonat canxi (% trọng lượng)	0	0	0	0
Hàm lượng thạch cao (% trọng lượng)	0	0	0	1
Độ dẫn điện (dS/m)	1	1	1	2

Bảng đặc điểm cấu tạo và thành phần mặt của đất Geric Ferralsol (FRgr)

Loại đất chủ đạo (WRB 2022):	Geric Ferralsol (FRgr)			
Loại đất chủ đạo (FAO 1990):	Geric Ferralsols (FRg)			
Chuỗi trong đơn vị lập bản đồ đất	1	2	3	4
Tỷ lệ trong đơn vị lập bản đồ đất (%)	70	10	10	10
Mã nội bộ cơ sở dữ liệu	93127	155530	92998	9553
Phân loại đất quốc gia	-	-	-	-
Ký hiệu đơn vị đất (WRB 2022)	FRgr	LPli	FR	ACfr
Tên đơn vị đất (WRB liên kết FAO90)	Geric Ferralsols	Lithic Leptosols	Ferrasols	Ferric Acrisols
Ký hiệu đơn vị đất (FAO 1990)	FRg	LPq	FR	ACf
Tên đơn vị đất (FAO 1990)	Geric Ferralsols	Lithic Leptosols	Ferralsols	Ferric Acrisols
Độ sâu đất có rễ cây	Deep (> 100cm)	Very shallow (< 10cm)	Deep (> 100cm)	Deep (> 100cm)
Thoát nước đất tham chiếu	Poorly drained	Imperfectly drained	Moderately well drained	Moderately well drained
Dung tích giữ nước sẵn có (mm)	157	10	160	120
Độ sâu đỉnh tầng đất (cm)	0	0	0	0
Độ sâu đáy tầng đất (cm)	20	20	20	20
Mảnh vụn thô (% thể tích)	5	36	4	21
Cát (% trọng lượng)	31	51	41	56
Limon (% trọng lượng)	18	29	16	20
Sét (% trọng lượng)	51	20	43	24
Loại đất (quy ước USDA)	Clay (light)	Loam	Clay (light)	Sandy clay loam
Khối lượng riêng của đất (g/cm ³)	1.1	1.4	1.2	1.3
Khối lượng riêng tham chiếu (g/cm ³)	2	1.7	2	1.8
Hàm lượng carbon hữu cơ (% trọng lượng)	2.4	3.2	1.9	1.4
pH trong nước (-log(H ⁺))	4.7	6.7	4.9	5.3

Hàm lượng tổng nitơ (g/kg)	1.9	1.5	1.6	1.1
Tỷ lệ Carbon/Nitơ (C/N)	13	12	13	13
Dung tích trao đổi cation của đất (cmolc/kg)	9	16	9	8
Dung tích trao đổi cation của sét (cmolc/kg)	7	35	9	16
ECEC (cmolc/kg)	2	12	4	6
TEB (cmolc/kg)	1	10	3	4
Độ bão hòa bazơ (% CECsoil)	16	64	25	47
Độ bão hòa nhôm (% ECEC)	18	0	18	20
Tỷ lệ natri trao đổi (% ESP)	1	3	1	2
Hàm lượng carbonat canxi (% trọng lượng)	0	0	0	0
Hàm lượng thạch cao (% trọng lượng)	0	0	0	0
Độ dẫn điện (dS/m)	0	1	0	0

Bảng đặc điểm cấu tạo và thành phần mặt của đất Ferric Acrisol (ACfr)

Loại đất chủ đạo (WRB 2022):	Ferric Acrisol (ACfr)				
Loại đất chủ đạo (FAO 1990):	Ferric Acrisols (ACf)				
Chuỗi trong đơn vị lập bản đồ đất	1	2	3	4	5
Tỷ lệ trong đơn vị lập bản đồ đất (%)	40	20	20	10	10
Mã nội bộ cơ sở dữ liệu	9605	67916	1080	25991	11515
Phân loại đất quốc gia	-	-	-	-	-
Ký hiệu đơn vị đất (WRB 2022)	ACfr	CMfl	ACha	ARqg	ACgl
Tên đơn vị đất (WRB liên kết FAO90)	Ferric Acrisols	Ferralic Cambisols	Haplic Acrisols	Protoargic Arenosols	Gleyic Acrisols
Ký hiệu đơn vị đất (FAO 1990)	ACf	CMo	ACh	ARl	ACg
Tên đơn vị đất (FAO 1990)	Ferric Acrisols	Ferralic Cambisols	Haplic Acrisols	Luvic Arenosols	Gleyic Acrisols
Độ sâu đất có rễ cây	Deep (> 100cm)	Deep (> 100cm)	Deep (> 100cm)	Deep (> 100cm)	Deep (> 100cm)
Thoát nước đất tham chiếu	Moderately well drained	Moderately well drained	Moderately well drained	Moderately well drained	Poorly drained
Dung tích giữ nước sẵn có (mm)	120	131	137	78	145
Độ sâu đỉnh tầng đất (cm)	0	0	0	0	0
Độ sâu đáy tầng đất (cm)	20	20	20	20	20
Mảnh vụn thô (% thể tích)	21	9	11	2	4
Cát (% trọng lượng)	56	45	59	87	45
Limon (% trọng lượng)	20	24	18	7	32

Sét (% trọng lượng)	24	31	23	6	23
Loại đất (quy ước USDA)	Sandy clay loam	Clay loam	Sandy clay loam	Loamy sand	Loam
Khối lượng riêng của đất (g/cm ³)	1.3	1.2	1.4	1.5	1.3
Khối lượng riêng tham chiếu (g/cm ³)	1.8	1.9	1.8	1.3	1.8
Hàm lượng carbon hữu cơ (% trọng lượng)	1.4	1.7	1.2	0.5	1.3
pH trong nước (-log(H ⁺))	5.3	5.1	5.1	5.8	4.8
Hàm lượng tổng nitơ (g/kg)	1.1	1.4	1	0.4	1.3
Tỷ lệ Carbon/Nitơ (C/N)	13	12	12	13	12
Dung tích trao đổi cation của đất (cmolc/kg)	8	9	7	3	8
Dung tích trao đổi cation của sét (cmolc/kg)	16	15	17	32	16
ECEC (cmolc/kg)	6	4	4	3	7
TEB (cmolc/kg)	4	3	3	4	2
Độ bão hòa bazơ (% CECsoil)	47	35	43	82	32
Độ bão hòa nhôm (% ECEC)	20	43	20	6	20
Tỷ lệ natri trao đổi (% ESP)	2	2	2	3	2
Hàm lượng carbonat canxi (% trọng lượng)	0	0	0	0	0
Hàm lượng thạch cao (% trọng lượng)	0	2	0	0	0
Độ dẫn điện (dS/m)	0	1	0	0	0

Bảng đặc điểm cấu tạo và thành phần mặt của đất Leptic Acrisol (ACle)

Loại đất chủ đạo (WRB 2022):	Leptic Acrisol (ACle)			
Loại đất chủ đạo (FAO 1990):	Haplic Acrisols (ACh)			
Chuỗi trong đơn vị lập bản đồ đất	1	2	3	4
Tỷ lệ trong đơn vị lập bản đồ đất (%)	70	10	10	10
Mã nội bộ cơ sở dữ liệu	1064	155679	49718	8823
Phân loại đất quốc gia	-	-	-	-
Ký hiệu đơn vị đất (WRB 2022)	ACle	LPli	CMdy	UMac
Tên đơn vị đất (WRB liên kết FAO90)	Haplic Acrisols	Lithic Leptosols	Dystric Cambisols	Acric Umbrisols
Ký hiệu đơn vị đất (FAO 1990)	ACh	LPq	CMd	ACu
Tên đơn vị đất (FAO 1990)	Haplic Acrisols	Lithic Leptosols	Dystric Cambisols	Humic Acrisols

Độ sâu đất có rễ cây	Shallow (< 50cm)	Very shallow (< 10cm)	Deep (> 100cm)	Deep (> 100cm)
Thoát nước đất tham chiếu	Moderately well drained	Imperfectly drained	Moderately well drained	Moderately well drained
Dung tích giữ nước sẵn có (mm)	33	10	156	129
Độ sâu đỉnh tầng đất (cm)	0	0	0	0
Độ sâu đáy tầng đất (cm)	20	20	20	20
Mảnh vụn thô (% thể tích)	11	36	14	15
Cát (% trọng lượng)	59	51	42	36
Limon (% trọng lượng)	18	29	29	23
Sét (% trọng lượng)	23	20	29	41
Loại đất (quy ước USDA)	Sandy clay loam	Loam	Clay loam	Clay (light)
Khối lượng riêng của đất (g/cm ³)	1.4	1.4	1.3	1.3
Khối lượng riêng tham chiếu (g/cm ³)	1.8	1.7	1.8	2
Hàm lượng carbon hữu cơ (% trọng lượng)	1.2	3.2	2.2	3.7
pH trong nước (-log(H ⁺))	5.1	6.7	5	4.9
Hàm lượng tổng nitơ (g/kg)	1	1.5	1.6	2.8
Tỷ lệ Carbon/Nitơ (C/N)	12	12	12	13
Dung tích trao đổi cation của đất (cmolc/kg)	7	16	19	15
Dung tích trao đổi cation của sét (cmolc/kg)	17	35	40	14
ECEC (cmolc/kg)	4	12	12	8
TEB (cmolc/kg)	3	10	8	6
Độ bão hòa bazơ (% CECsoil)	43	64	38	33
Độ bão hòa nhôm (% ECEC)	20	0	35	21
Tỷ lệ natri trao đổi (% ESP)	2	3	1	1
Hàm lượng carbonat canxi (% trọng lượng)	0	0	0	0
Hàm lượng thạch cao (% trọng lượng)	0	0	2	0
Độ dẫn điện (dS/m)	0	1	1	0

Bảng đặc điểm cấu tạo và thành phần mặt của đất Rhodic Ferralsol (FRro)

Loại đất chủ đạo (WRB 2022):	Rhodic Ferralsol (FRro)			
Loại đất chủ đạo (FAO 1990):	Rhodic Ferralsols (FRr)			
Chuỗi trong đơn vị lập bản đồ đất	1	2	3	4
Tỷ lệ trong đơn vị lập bản đồ đất (%)	40	30	10	10
Mã nội bộ cơ sở dữ liệu	96970	93476	291534	215091
Phân loại đất quốc gia	-	-	-	-

Ký hiệu đơn vị đất (WRB 2022)	FRro	FRha	VR	NT	LPli
Tên đơn vị đất (WRB liên kết FAO90)	Rhodic Ferrasols	Haplic Ferrasols	Vertisols	Nitisols	Lithic Leptosols
Ký hiệu đơn vị đất (FAO 1990)	FRr	FRh	VR	NTh	LPq
Tên đơn vị đất (FAO 1990)	Rhodic Ferralsols	Haplic Ferralsols	Vertisols	Haplic Nitisols	Lithic Leptosols
Độ sâu đất có rễ cây	Deep (> 100cm)	Deep (> 100cm)	Deep (> 100cm)	Deep (> 100cm)	Very shallow (< 10cm)
Thoát nước đất tham chiếu	Moderately well drained	Moderately well drained	Poorly drained	Moderately well drained	Imperfectly drained
Dung tích giữ nước sẵn có (mm)	153	160	195	146	10
Độ sâu đỉnh tầng đất (cm)	0	0	0	0	0
Độ sâu đáy tầng đất (cm)	20	20	20	20	20
Mảnh vụn thô (% thể tích)	26	4	4	10	36
Cát (% trọng lượng)	35	40	21	46	51
Limon (% trọng lượng)	17	17	27	24	29
Sét (% trọng lượng)	48	43	52	30	20
Loại đất (quy ước USDA)	Clay (light)	Clay (light)	Clay (light)	Sandy clay loam	Loam
Khối lượng riêng của đất (g/cm ³)	1.2	1.3	1.5	1.3	1.4
Khối lượng riêng tham chiếu (g/cm ³)	2	2	2	1.9	1.7
Hàm lượng carbon hữu cơ (% trọng lượng)	1.5	1.9	1.7	1.5	3.2
pH trong nước (-log(H ⁺))	5.6	4.9	6.8	5.5	6.7
Hàm lượng tổng nitơ (g/kg)	1.5	1.7	1.5	1.4	1.5
Tỷ lệ Carbon/Nitơ (C/N)	12	12	12	12	12
Dung tích trao đổi cation của đất (cmolc/kg)	10	10	41	11	16
Dung tích trao đổi cation của sét (cmolc/kg)	11	10	68	20	35
ECEC (cmolc/kg)	6	6	39	7	12
TEB (cmolc/kg)	5	5	39	7	10
Độ bão hòa bazơ (% CECsoil)	47	28	88	59	64
Độ bão hòa nhôm (% ECEC)	18	19	0	17	0
Tỷ lệ natri trao đổi (% ESP)	1	1	2	3	3
Hàm lượng carbonat canxi (% trọng lượng)	0	0	0	0	0

Hàm lượng thạch cao (% trọng lượng)	0	0	1	0	0
Độ dẫn điện (dS/m)	0	0	0	0	1

Từ kết quả tra cứu thành phần của các loại đất, tổng hợp một số thành phần chủ đạo để phân loại tính chất vật lý của đất cho khu vực lưu vực như sau:

Eutric Glaysol (Gleu): Cát 35%, Sét 33%, Limon 32%, OM=1.3%

Geric Ferralsol (FRgr): Cát 31%, Sét 51%, Limon 18%, OM=2.4%

Ferric Acrisol (ACfr): Cát 56%, Sét 24%, Limon 20%, OM=1.4%

Leptic Acrisol (ACle): Cát 59%, Sét 23%, Limon 18%, OM=1.2%

Rhodic Ferralsol (FRro): Cát 35%, Sét 48%, Limon 17%, OM=1.5%

Nhìn chung các loại đất tại khu vực đều có thành phần nhẹ, nghèo hữu cơ. Chiều theo thang đánh giá của USDA Texture Soil Classification (Cục nông nghiệp liên bang Mỹ - Phân loại cấu trúc đất) (hình dưới) thì các loại đất trong khu vực dự án được phân loại và có hệ số K như sau:

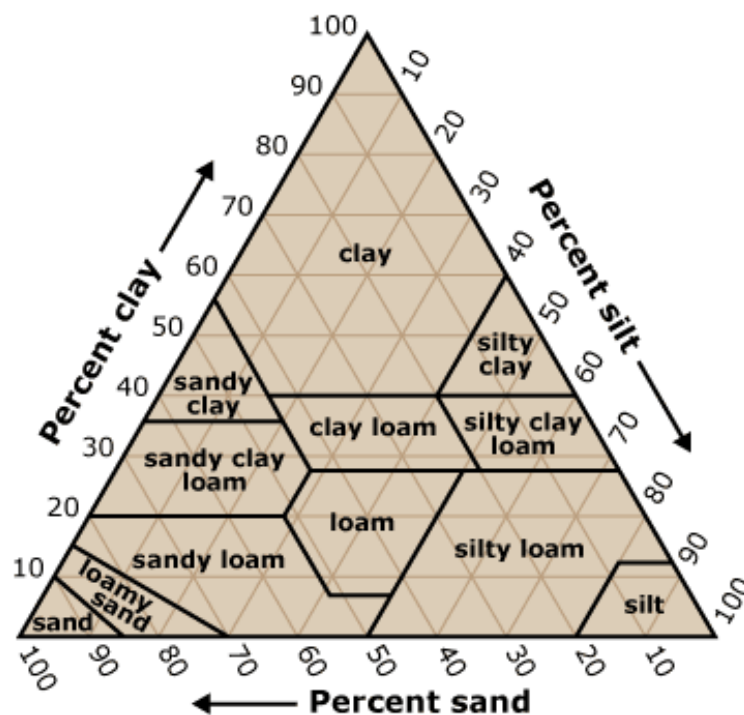
Eutric Glaysol (Gleu): Cấu trúc Clay Loam, hệ số K factor = 0.3

Geric Ferralsol (FRgr): Cấu trúc Loam, hệ số K factor = 0.26

Ferric Acrisol (ACfr): Cấu trúc Sandy Clay Loam, hệ số K factor = 0.2

Leptic Acrisol (ACle): Cấu trúc Sandy Clay Loam, hệ số K factor = 0.2

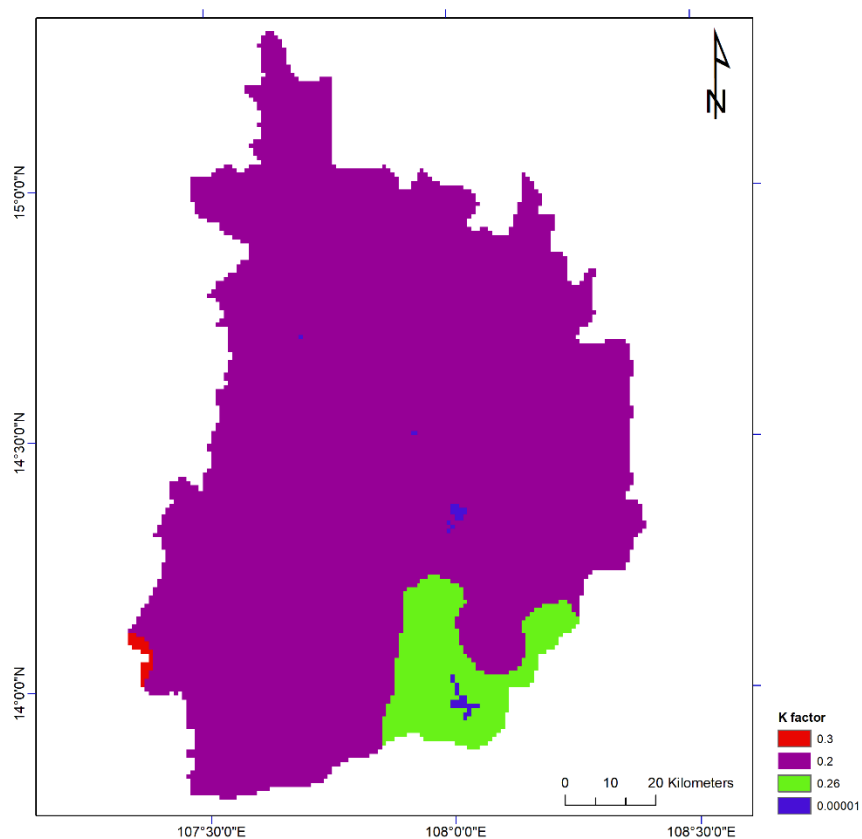
Rhodic Ferralsol (FRro): Cấu trúc Loam, hệ số K factor = 0.3



Đồ thị phân loại cấu trúc đất của USDA

Bảng tra cứu hệ số K theo cấu trúc vật lý của đất theo USDA

Loại cấu trúc đất	Hàm lượng hữu cơ trung bình	Tổng hàm lượng chất hữu cơ nhỏ hơn 2%	Tổng hàm lượng chất hữu cơ trên 2%
Clay	0.22	0.24	0.21
Clay loam	0.3	0.33	0.28
Coarse sandy loam	0.07		0.07
Fine sand	0.08	0.09	0.06
Fine sandy loam	0.18	0.22	0.17
Heavy clay	0.17	0.19	0.15
Loam	0.3	0.34	0.26
Loamy fine sand	0.11	0.15	0.09
Loamy sand	0.04	0.05	0.04
Loamy very fine sand	0.39	0.44	0.25
Sand	0.02	0.03	0.01
Sandy clay loam	0.2		0.2
Sandy loam	0.13	0.14	0.12
Silt loam	0.38	0.41	0.37
Silty clay	0.26	0.27	0.26
Silty clay loam	0.32	0.35	0.3
Very fine sand	0.43	0.46	0.37
Very fine sandy loam	0.35	0.44	0.33



Bản đồ hệ số K trên lưu vực khu vực dự án
Tính toán hệ số C – Hệ số ảnh hưởng của lớp phủ thực vật

Hệ số cây trồng (C) trong mô hình USLE chính là tỷ lệ đất mất từ đất nông nghiệp dưới điều kiện thí nghiệm chuẩn. Hệ số này phản ánh mức độ ảnh hưởng của cây trồng đến xói mòn đất bằng cách giảm năng lượng hiệu quả của hạt mưa khi tiếp xúc với bề mặt đất. Do mức độ che phủ của cây trồng biến đổi theo chu kỳ sinh trưởng, hệ số C được tính dựa trên phương trình sau (Renard, 1997).

$$C = 0.431 - 0.805NDVI$$

Trong nghiên cứu này, hệ số ảnh hưởng của lớp phủ thực vật được tính toán thông qua việc sử dụng ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI. Quá trình thực hiện bao gồm các bước sau:

Ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI được tải về từ nguồn dữ liệu EarthExplorer của USGS, có độ phân giải không gian 30x30m, chụp vào mùa khô năm 2022, đảm bảo không bị ảnh hưởng bởi mây hoặc các yếu tố gây nhiễu.

Giải đoán ảnh và phân tích loại thảm phủ thực vật được thực hiện theo các bước: Ảnh vệ tinh được hiệu chỉnh hình học và hiệu chỉnh bức xạ để loại bỏ sai lệch liên quan đến vị trí hoặc điều kiện chiếu sáng. Tính toán chỉ số lớp phủ thực vật (NDVI): Chỉ số NDVI được sử dụng để xác định mức độ thảm phủ thực vật trong khu vực dự án. Công thức NDVI được tính như sau:

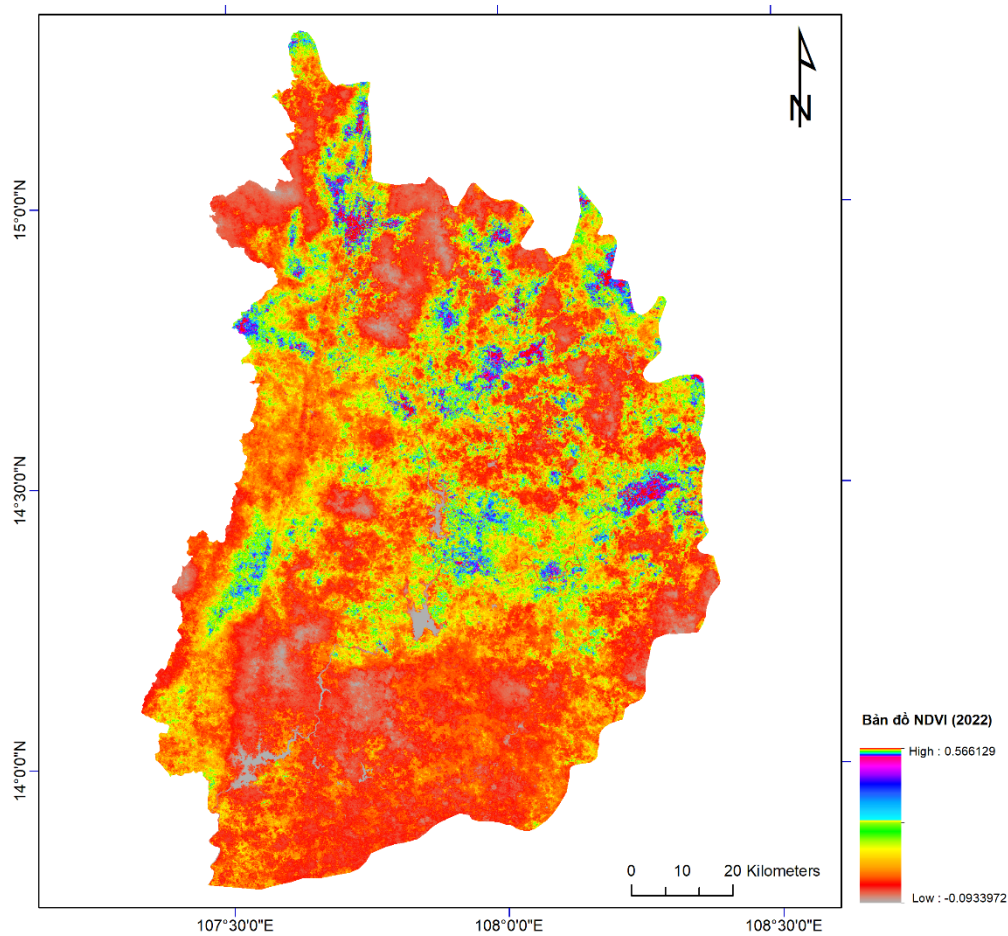
$$NDVI = \frac{P_{NIR} - P_{RED}}{P_{NIR} + P_{RED}}$$

Trong đó:

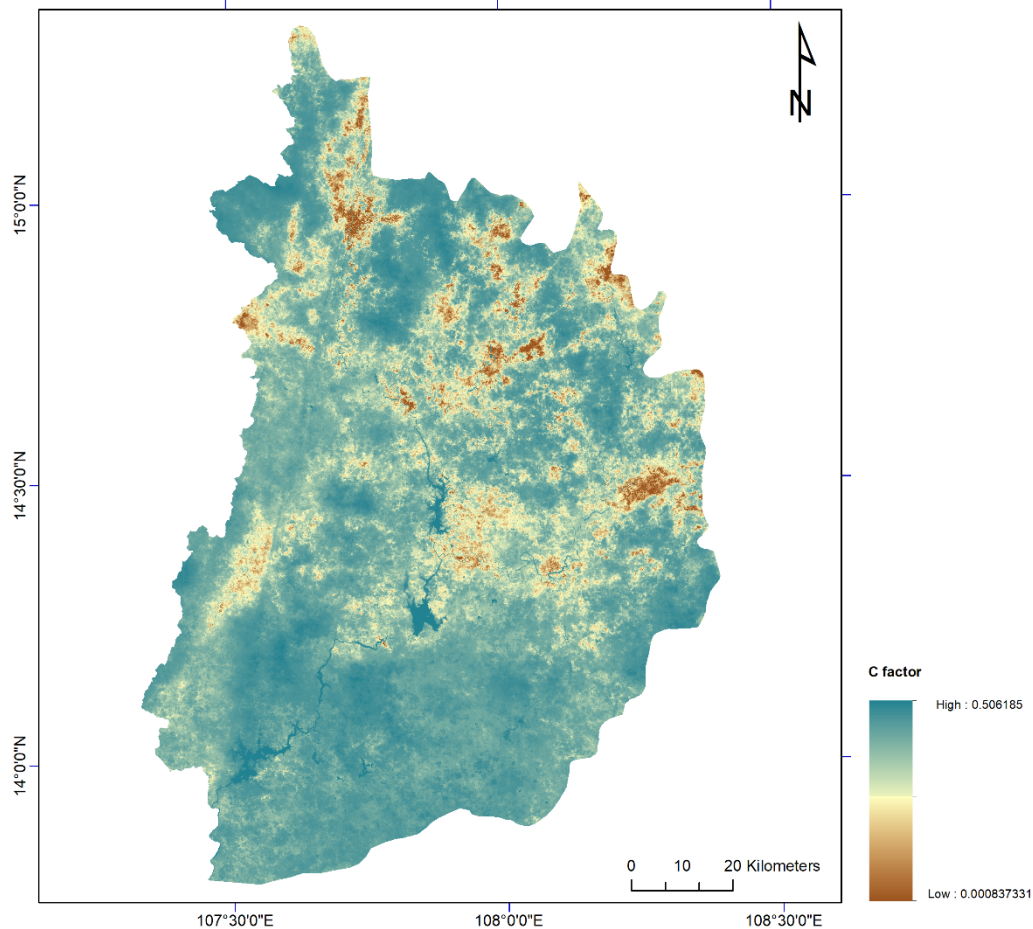
P_{NIR} : Độ phản xạ của kênh cận hồng ngoại (Band 5).

P_{RED} : Độ phản xạ của kênh đỏ (Band 4).

Tính toán hệ số C: Sử dụng phần mềm GIS, hệ số C được tính toán cho từng ô lưới không gian (30x30m) trên toàn khu vực dự án. Kết quả là một bản đồ hệ số C dạng raster, thể hiện mức độ ảnh hưởng của các loại thảm phủ thực vật đến xói mòn đất.



Bản đồ NDVI trong mùa khô trên lưu vực sông Sê San (2022)



Bản đồ tính toán hệ số C

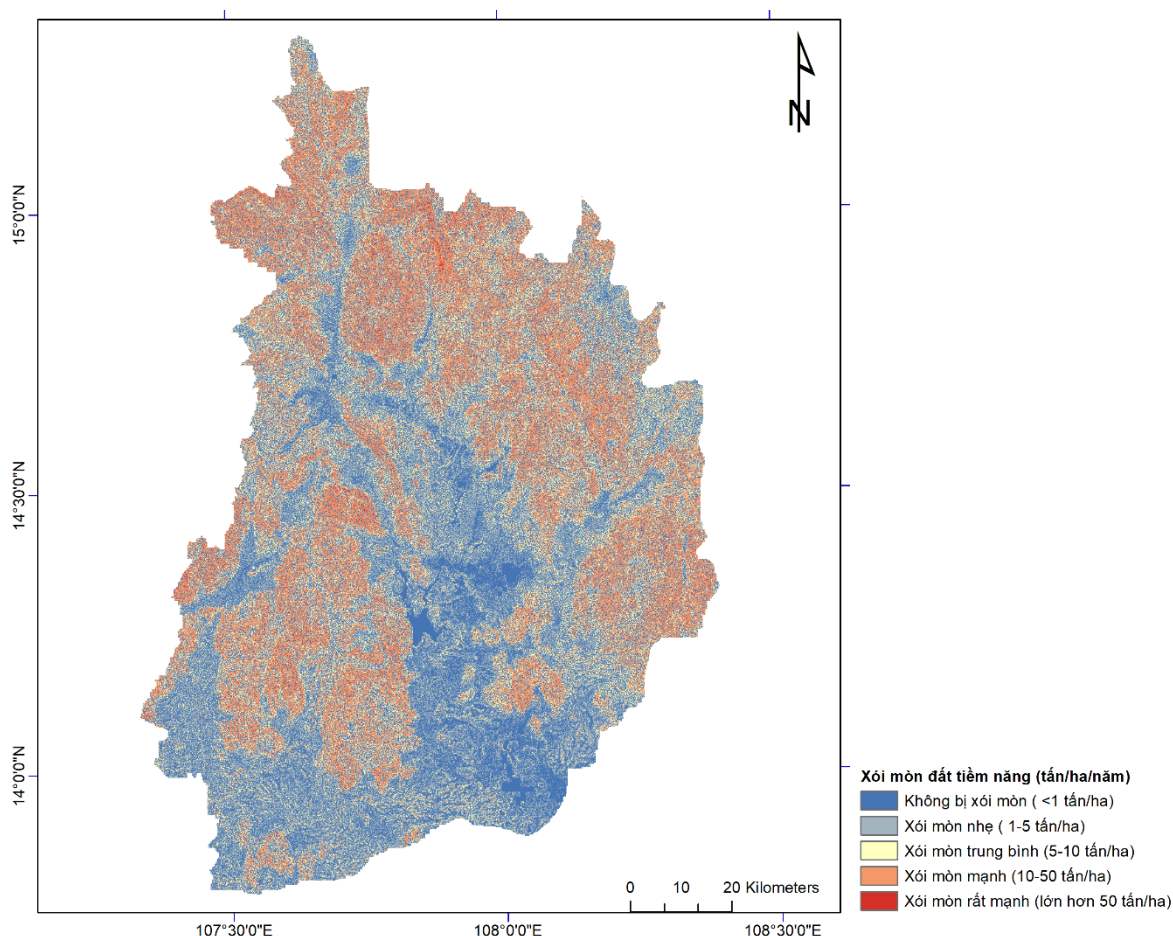
Tính toán hệ số P – Hệ số ảnh hưởng của phương pháp canh tác

Hệ số thực hành bảo vệ đất (P) được định nghĩa là tỷ lệ giữa lượng đất mất đi dưới một thực hành bảo tồn đất cụ thể (ví dụ như canh tác theo đường đồng mức, làm ruộng bậc thang) so với một khu đất canh tác theo hướng dốc lên và xuống (Renard et al., 1997). Hệ số P phản ánh các biện pháp quản lý ảnh hưởng đến xói mòn đất bằng cách thay đổi mô hình dòng chảy, chẳng hạn như canh tác theo đường đồng mức, trồng xen canh hoặc làm ruộng bậc thang. Hiệu quả của biện pháp bảo tồn đất trong việc giảm xói mòn càng cao thì hệ số P càng thấp (Bagherzadeh, 2014). Tương tự như hệ số cây trồng (C), các giá trị của hệ số P có thể được tham khảo từ các tài liệu đã công bố. Nếu không quan sát thấy bất kỳ biện pháp hỗ trợ nào, hệ số P thường được đặt là 1.0 (Adornado et al., 2009).

Trong nghiên cứu này, khu vực dự án có tỷ lệ diện tích đất canh tác nông nghiệp không lớn và phương thức canh tác thủ công là chính. Hệ số P được xác định bằng 1 trên toàn bộ lưu vực.

Tính toán tiềm năng mất đất do xói mòn

Tiềm năng tính toán mất đất do xói mòn được tính dựa trên công thức $A=R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$ đã trình bày ở trên. Kết quả chi tiết được thể hiện ở các hình và bảng dưới đây:



Kết quả tính toán tổng lượng xói mòn tiềm năng trên khu vực dự án

Bảng. Phân loại mức độ xói mòn trên lưu vực khu vực dự án theo TCVN 5299:2009

Ký hiệu cấp của độ xói mòn	Lượng đất bị xói mòn trung bình năm, t.ha-1	Diện tích (ha)	Tỷ lệ (%)	Đánh giá
I	Đến 1	461,717.11	40.38%	Không bị xói mòn
II	Lớn hơn 1 đến 5	195,378.81	17.09%	Xói mòn nhẹ
III	Lớn hơn 5 đến 10	194,147.80	16.98%	Xói mòn trung bình
IV	Lớn hơn 10 đến 50	282,954.08	24.74%	Xói mòn mạnh
V	Lớn hơn 50	9,317.83	0.81%	Xói mòn rất mạnh

Kết quả phân loại mức độ xói mòn theo TCVN 5299:2009 cho thấy lưu vực sông Sê San có xu hướng xói mòn đất ở mức trung bình – thấp, với phần lớn diện tích nằm trong hai cấp xói mòn thấp nhất. Đây là chỉ dấu tích cực cho thấy khả năng bảo vệ đất tương đối tốt trong khu vực dự án.

Cụ thể, diện tích không bị xói mòn (Cấp I – lượng đất bị mất trung bình năm $\leq$

1 tấn/ha) chiếm tỷ lệ lớn nhất, lên đến 40.38% (tương đương 461.717 ha). Phần lớn các khu vực này có đặc điểm địa hình tương đối bằng phẳng, lớp phủ thực vật tốt hoặc có biện pháp quản lý đất hợp lý. Các vùng này thường tập trung tại khu vực trung lưu và hạ lưu của lưu vực, nơi điều kiện dòng chảy ổn định hơn và ít xảy ra hiện tượng tập trung dòng.

Diện tích bị xói mòn nhẹ (Cấp II – từ 1 đến 5 tấn/ha/năm) chiếm 17.09% (tương đương 195.379 ha). Các khu vực này thường nằm tại sườn thoải, hoặc vùng chuyển tiếp giữa các tiểu lưu vực, nơi lớp phủ thực vật không liên tục, có thể do khai thác đất canh tác hoặc biến động sử dụng đất. Đây là các khu vực cần duy trì quản lý bền vững để tránh chuyển hóa thành các vùng xói mòn mạnh hơn trong tương lai.

Xói mòn trung bình (Cấp III – 5 đến 10 tấn/ha/năm) chiếm 16.98% diện tích, tương đương 194.148 ha. Tình trạng xói mòn trung bình thường xảy ra ở các khu vực có địa hình dốc hơn, lớp phủ thực vật thưa, đất bị tác động bởi hoạt động con người như phát rừng, làm rẫy. Đáng chú ý, những khu vực này có xu hướng phân bố tại các sườn đồi cao và đầu nguồn tiểu lưu vực – nơi dòng chảy bắt đầu hình thành và có khả năng tập trung năng lượng lớn.

Xói mòn mạnh (Cấp IV – 10 đến 50 tấn/ha/năm) là cấp chiếm tỷ lệ cao thứ hai, với 24.74% diện tích (282.954 ha). Đây là cảnh báo quan trọng cho lưu vực Sê San, phản ánh sự tồn tại của các vùng dễ bị tổn thương nghiêm trọng nếu không có các biện pháp kiểm soát phù hợp. Các khu vực này có thể hình thành các rãnh xói, bào mòn bề mặt đất nhanh chóng, nhất là vào mùa mưa lũ. Nguyên nhân chủ yếu đến từ sự kết hợp của độ dốc cao, thiếu lớp phủ thực vật và dòng chảy tập trung mạnh.

Cuối cùng, vùng có xói mòn rất mạnh (Cấp V – >50 tấn/ha/năm) chiếm tỷ lệ rất nhỏ, chỉ 0.81% diện tích (9.318 ha). Mặc dù phạm vi không lớn, nhưng đây là những điểm nóng cần được giám sát và xử lý ưu tiên, bởi đây là nơi có nguy cơ sạt lở nghiêm trọng, gây thiệt hại đến tài nguyên đất, sinh kế và cơ sở hạ tầng ven sông. Những khu vực này thường tập trung gần dòng chảy chính hoặc vùng có địa hình phức tạp, dễ bị rửa trôi mạnh trong mùa mưa.

Nhận định tổng quan

Tổng thể, lưu vực sông Sê San có mức độ xói mòn tương đối thấp: gần 57.5% diện tích nằm trong các cấp không bị xói mòn và xói mòn nhẹ, phản ánh hiệu quả nhất định trong việc duy trì ổn định sinh thái đất và quản lý sử dụng đất. Tuy nhiên, với khoảng 25% diện tích đang ở cấp xói mòn mạnh và 17% ở cấp trung bình, cần có các biện pháp kiểm soát và can thiệp hợp lý. Việc xác định rõ vị trí các khu vực xói mòn nặng để khoanh vùng, kết hợp giải pháp sinh học và kỹ thuật (như trồng cây chắn gió, ruộng bậc thang, gia cố bờ sông...) là cần thiết nhằm giảm thiểu thiệt hại do xói mòn gây ra và bảo vệ hiệu quả nguồn tài nguyên đất của lưu vực.