

SỬ DỤNG MÔ HÌNH WEPP ĐỂ TÍNH TOÁN VÀ DỰ ĐOÁN XÓI MÒN THỜI ĐOẠN NGẮN TRÊN SƯỜN DỐC

TS. Vũ Văn Tuấn, KS. Hà Tuấn Sơn
Viện Khí tượng Thủy văn

Đất là tài nguyên cơ bản của mỗi quốc gia, nó bao gồm nhiều loại và giá trị của mỗi loại đất thường được đánh giá theo độ phì của nó. Hiện tượng xói mòn là một trong những quá trình có tính chất đe dọa làm giảm độ phì của đất. Quá trình xói mòn đất diễn ra cùng với hoạt động sản xuất nông nghiệp của con người và nó thực sự là một hiểm họa cho nền nông nghiệp của các quốc gia. Vấn đề bảo vệ đất, chống xói mòn ở Việt Nam đã được xác định là một nhiệm vụ trọng yếu. Đảng và Nhà nước ta đã xác định “...chống xói mòn, giữ đất, giữ nước, cần tiến hành soát xét việc sử dụng đất đai ở trung du và miền núi, để tổng kết kinh nghiệm, nhất là việc sử dụng đất dốc để xác định độ dốc thích hợp nhất với từng loại đất và loại cây trồng nhằm bảo vệ đất khỏi xói mòn” (Chỉ thị 15/TTg ngày 11-01-1964 của Thủ tướng Chính phủ).

Con người - với những hoạt động kinh tế của mình - có thể gây ra những biến đổi không lường trước được đối với môi trường sống. Tình trạng đất bị xói mòn nghiêm trọng và có nguy cơ ngày càng phát triển với cường độ mạnh hơn là một ví dụ điển hình về mối quan hệ nhân quả giữa sự khai phá, canh tác của con người và sự biến đổi trong lớp vỏ thổ nhưỡng. Sự xói mòn đất là một tất yếu khi con người khai thác để phục vụ cho nhu cầu sử dụng của mình, song chúng ta có thể hạn chế hậu quả của hiện tượng này đến mức thấp nhất bằng những biện pháp phòng chống thích hợp. Để có thể áp dụng một cách có hiệu quả các biện pháp này, chúng ta cần phải tiến hành nghiên cứu, tìm hiểu nguyên nhân và bản chất của hiện tượng.

Trong phạm vi của bài này, chúng tôi muốn giới thiệu một mô hình toán để xác định và dự đoán xói mòn thời đoạn ngắn trên đất dốc với một thí dụ tính toán minh họa dựa trên chuỗi số liệu thực nghiệm được tiến hành quan trắc tại bãi thực nghiệm xói mòn của Trạm nghiên cứu thực nghiệm môi trường không khí và nước vùng hồ chứa Hoà Bình.

1. Giới thiệu mô hình WEPP

a. Giới thiệu chung

Mô hình WEPP (Water Erosion Prediction Project) là một mô hình toán nhằm mục đích phát triển một kỹ thuật dự báo xói mòn mới, được xây dựng trên cơ sở phối hợp giữa Cơ quan bảo vệ đất (Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ), Sở Lâm nghiệp (Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ), Cục quản lý đất (Viện kỹ thuật Hoa Kỳ) và một số cơ quan chức năng khác có liên quan đến bảo vệ đất, nước và những vấn đề về đánh giá tác động môi trường. Mô hình WEPP trình bày một kỹ thuật dự báo dựa trên các quy tắc cơ bản về các quá trình thủy văn và xói mòn cơ học, nó cho phép đánh giá theo không gian và thời gian của quá trình bồi và xói bề mặt. Mô hình WEPP có thể ứng dụng cho một lưu vực hay một sườn dốc. Mô hình này là một tập hợp của các thông số phân bố, các quá trình mô phỏng liên tục trung bình, mô hình dự báo xói mòn và các giải pháp, được thiết lập trong một số chương trình tính toán sử dụng cho máy tính cá nhân. Trong phạm vi của bài này, chúng tôi chỉ tập trung giới thiệu về modun tính toán xói mòn trên sườn dốc của mô hình WEPP.

b. Số liệu vào của mô hình

Về cơ bản, số liệu đầu vào cho mô hình WEPP tương ứng với modul sườn dốc cần bốn file dữ liệu cơ bản sau đây: (1) file số liệu về khí hậu, (2) file số liệu về đất, (3) file số liệu về các thuộc tính của sườn dốc, (4) file số liệu về thực vật/phương pháp quản lý và sử dụng đất. Ngoài ra, mô hình còn có thêm hai file số liệu về kế hoạch canh tác và phương pháp tưới, có thể đưa vào tùy theo yêu cầu của người sử dụng. Các files dữ liệu đầu vào có thể được tạo ra bằng các chương trình con xây dựng file trong mô hình WEPP hay cũng có thể tạo ra theo phương pháp soạn thảo văn bản thông thường.

a) Số liệu về khí tượng

Số liệu khí tượng cần cho mô hình WEPP gồm có các giá trị trung bình theo thời đoạn dài và giá trị quan trắc hàng ngày của mưa, nhiệt độ, bức xạ mặt trời và gió.

b) Số liệu về sườn dốc

Đầu vào số liệu cho một sườn dốc cần những thông tin về hướng (tính từ hướng bắc) của sườn dốc, chiều dài sườn dốc, độ dốc tại mỗi đoạn trên bề mặt sườn dốc (trên bề mặt sườn dốc, có thể chọn tối đa 20 đoạn có độ dốc khác nhau với độ dài xác định). Các yếu tố dòng chảy tràn trên mặt đất (OFE - Overland Flow Element), mỗi một yếu tố dòng chảy tràn trên mặt này sẽ được mô phỏng theo các yếu tố thủy lực và quá trình xói riêng.

c) Số liệu về đất

Yêu cầu các thông tin về thuộc tính của đất cung cấp cho mô hình WEPP có thể đạt tới chiều sâu tối đa là 1,8 m và chia tối đa làm 8 lớp đất. Giống như số liệu đầu vào cho sườn dốc, số liệu đầu vào cho đất cũng cần cung cấp đầy đủ thông tin cho mỗi một OFE và những thông tin đã được ước tính gần đúng về các đặc tính vật lý và thông số thủy lực của đất.

d) Số liệu về thực vật và các phương pháp quản lý

Các file dữ liệu đầu vào về thực vật và các phương pháp quản lý chứa tất cả các thông tin cần thiết sẽ được tính toán trong WEPP về thông số của thực vật (loại cây trồng, canh tác hàng năm, nhiều năm...) yếu tố canh tác chính và các yếu tố canh tác bổ sung, đặc tính riêng của từng loại cây trồng và cách quản lý, các điều kiện ban đầu ...

c. Số liệu ra của mô hình

Mô hình WEPP có thể cung cấp số liệu ra theo nhiều dạng khác nhau, với số lượng khác nhau, phụ thuộc vào yêu cầu của người sử dụng và nguồn cung cấp số liệu vào. Phần lớn số liệu ra sẽ chứa thông tin về dòng chảy và xói mòn. Các kết quả đó có thể là kết quả theo mưa trận, theo thời đoạn tháng, hàng năm hay trung bình nhiều năm. Thời gian sẽ là căn cứ để tính giá trị trung bình của dòng chảy, xói mòn, phân bố trầm tích và quá trình làm tăng thêm trầm tích, cũng như phân bố không gian của xói mòn trên sườn dốc. Chương trình này sẽ dự báo xói hay bồi tại mỗi điểm nhỏ trong 100 điểm được chia đều trên sườn dốc và được tổng cộng lại theo những giá trị đã phân chia theo thời gian mô phỏng và đem lại giá trị xói, bồi trung bình trong quá trình mô phỏng tại mỗi điểm.

d. Các quan hệ cơ bản và công thức sử dụng trong mô hình

a) Các quan hệ về dòng chảy

(a) Tổng lượng dòng chảy được hình thành do mỗi trận mưa được tính theo công thức đường cong SCS

$$RF = \frac{(RL - 0,2S)^2}{RL + 0,8S}$$

trong đó:

- RF : Tổng lượng dòng chảy,
- RL : Lượng mưa,
- S : Nhân tố tổn thất, được xác định theo quan hệ :

$$S = \frac{1000}{CN - 10}$$

Với CN là đặc trưng tổng hợp phụ thuộc trạng thái sử dụng đất, dạng đất, các yếu tố thủy văn của đất (điều kiện tiêu thoát nước, giữ ẩm, thông khí).

(b) Thời gian chảy truyền của dòng chảy tràn OFT:

$$OFT = \frac{L_s}{V_o}$$

trong đó:

- OFT : Thời gian chảy truyền của dòng chảy tràn,
- L_s : Độ dài sườn dốc,
- V_o : Tốc độ chảy tràn, được tính theo công thức:

$$V_o = 10^{0,5lg(100S - SCC)}$$

trong đó:

- S : Độ dốc,
- SCC : Hằng số biểu thị điều kiện mặt đất, liên quan đến trạng thái dùng đất và lớp phủ.

b) Quan hệ về xói mòn

Quan hệ về xói mòn được sử dụng trong mô hình là phương trình mất đất tổng hợp USLE (Universal Soil Loss Equation)

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

trong đó:

- A - Lượng xói mòn tính bình quân trên một đơn vị diện tích,
- R - Chỉ số khả năng xói mòn của mưa (được xây dựng trên cơ sở chỉ số EI₃₀),
- K - Hệ số xói mòn của đất,
- L - Hệ số chiều dài dốc,
- S - Hệ số độ dốc,
- C - Nhân tố hệ số cây trồng và quản lý đất,
- P - Hệ số bảo vệ đất.

c) Một số công thức về tính chất vật lý của đất

(a) Hệ số Albedo của đất

Hệ số Albedo của đất khô và ướt được tính theo công thức của Baumer:

$$SALB = 0,6 / \exp(0,4 \times ORGMAT)$$

trong đó:

- SALB : Hệ số Albedo của đất (%),
- ORGMAT : Phần trăm trữ lượng chất hữu cơ chính trong đất (%).

(b) Các thông số tiềm năng xói mòn cơ bản của đất

Thông số tiềm năng xói liên rãnh (K_i), thông số tiềm năng xói rãnh (K_r), và ứng suất cắt τ_c của đất được tính như sau:

+ Cho đất có cây trồng với tỷ lệ thành phần lớn hơn 30% cát

$$K_i = 2728000 + 19210 \times VFS$$

$$K_r = 0,00197 + 0,00030 \times VFS + 0,03863 \times \exp(-1,84 \times ORGMAT)$$

$$\tau_c = 2,67 + 0,065 \times CLAY - 0,058 \times VFS$$

trong đó:

VFS - Phần trăm cát mịn (%),

CLAY - Phần trăm sét trong đất (%),

Trong trường hợp này, VFS phải nhỏ hơn 40% (nếu lớn hơn lấy bằng 40%), ORGMAT phải lớn hơn 0,35 và CLAY phải nhỏ hơn 40%.

+ Cho đất có cây trồng với tỷ lệ thành phần nhỏ hơn 30% cát:

$$K_i = 6054000 - 55130 \times CLAY$$

$$K_r = 0,0069 + 0,134 \times \exp(-0,20 \times CLAY)$$

$$\tau_c = 3,5$$

+ Cho đất trống:

$$K_i = 1810000 - 19100 \times SAND - 63270 \times ORGMAT - 846000 \times \Theta_{fc}$$

$$K_r = [0,000024 \times CLAY - 0,000088 \times ORGMAT - 0,00088 \times BD_{dry} - 0,00048 \times ROOT10] + 0,0017$$

$$\tau_c = 3,23 - 0,056 \times SAND - 0,244 \times ORGMAT + 0,9 \times BD_{dry}$$

trong đó:

- Θ_{fc} : trữ lượng nước trong một thể tích đất tại áp suất 0,033 MPa

- BD_{dry} : tỷ khối của đất khô (g/cm^3)

- ROOT10 : tổng sinh khối của lớp rễ trong đất từ bề mặt đến độ sâu 0,1 m (kg/m^2)

(c) Thông số độ dẫn thủy lực hữu hiệu cơ bản của đất K_b

+ Cho đất có tỷ lệ thành phần $\leq 40\%$ sét

$$K_b = -0,265 + 0,0086 \times SAND^{1,8} + 11,46 \times CEC^{0,75}$$

+ Cho đất có tỷ lệ thành phần $> 40\%$ sét

$$K_b = 0,0066 \exp(244/CLAY)$$

trong đó :

- SAND, CLAY là phần trăm cát và sét trong đất,

- CEC là khả năng trao đổi cation của đất (meq/100g).

2. Sử dụng mô hình WEPP tính toán xói mòn sườn dốc

Trong bước đầu nghiên cứu ứng dụng mô hình WEPP, chúng tôi chọn bãi thực nghiệm dòng chảy sườn dốc tại Trạm nghiên cứu thực nghiệm môi trường vùng hồ chứa Hòa Bình làm đối tượng để tính toán và kiểm định mô hình (dưới đây gọi tắt là Trạm thực nghiệm Hoà Bình).

a. Sơ lược về cấu trúc, hiện trạng và phương pháp tính tại bãi thực nghiệm

a) Cấu trúc và hiện trạng

Hệ thống bãi đo xói mòn đất được chia làm 4 cặp bãi có độ dốc khác nhau: 15%, 10%, 7% và 3%. Tương ứng với mỗi độ dốc có 2 bãi, trong đó một bãi để cỏ mọc tự nhiên và một bãi có trồng một loại cây tương ứng với một hình thức canh tác, diện tích mỗi bãi là 55 m². Thực vật trồng trên mỗi bãi là những loại cây tương đối phổ biến trên lưu vực Hòa Bình. Bố trí các loại cây trồng trên các bãi như sau:

Bãi dốc 15% trồng chè.

Bãi dốc 10% trồng ngô.

Bãi dốc 7% trồng đậu tương.

Bãi dốc 3% trồng khoai.

b) Phương pháp tính toán xói mòn hiện nay

(a) Phương pháp cân đong trực tiếp: Phương pháp này được tính dựa trên lượng bùn cát thu được sau mỗi trận mưa

+ Tính cho mỗi trận mưa:

Lượng xói mòn trên mỗi bãi = Σ Bùn cát lơ lửng + Σ Bùn cát đáy.

+ Tính cho thời đoạn dài:

Lượng xói thời đoạn dài = Σ Lượng xói của từng trận mưa trong thời đoạn đó.

(b) Phương pháp đo địa hình:

Lượng xói mòn được tính bằng phương pháp đo sự chênh lệch thể tích của bãi thực nghiệm trước và sau khi có mưa.

Tính lượng xói :

$$W = V_s - V_t.$$

trong đó:

W : Lượng đất bị xói sau mỗi trận mưa (m³),

V_s : Thể tích tổng cộng bãi đo sau khi mưa (m³),

V_t : Thể tích tổng cộng bãi đo trước khi mưa (m³).

b. Ứng dụng mô hình

a) Lựa chọn thông số và kiểm định mô hình

(a) Chọn thông số

Dựa trên số liệu khí tượng trung bình nhiều năm quan trắc được tại Trạm khí tượng Hòa Bình. Mưa trận và lượng xói mòn quan trắc được theo phương pháp cân đong từ 23-5-1998 đến 31-7-1998 tại Trạm thực nghiệm Hoà Bình. Qua phân tích số liệu quan trắc được trên 4 bãi dốc nhận thấy bãi dốc có độ dốc 15% có tính xói ổn định nhất nên quyết định chọn làm đối tượng thử nghiệm để lựa chọn thông số và phương pháp tính theo trận mưa đơn. (Bảng 1). Hai trận mưa thực đo được lựa chọn

làm cơ sở cho việc xác định thông số của mô hình là trận mưa ngày 4-6-1998 và trận mưa ngày 1-7-1998.

(b) Kiểm nghiệm mô hình

Sử dụng bộ thông số đã được lựa chọn tính cho trận mưa ngày 27-8-1998. Kết quả lượng xói mòn trung bình thu được trên bãi dốc 15% là 0,047 kg/m³ so với kết quả thu được theo phương pháp cân đồng là 0,048 kg/m³. Như vậy, sai số tính toán sẽ là:

$$\delta = (1 - 0,047 / 0,048) * 100\% = 2\%$$

b) Dự đoán xói mòn theo các phương thức canh tác khác nhau

Giữ nguyên các thông số về cấu trúc đất, các hệ số thủy lực, chiều dài, độ dốc sườn, các yếu tố khí hậu coi như đã biết trước và lấy số liệu theo trận mưa ngày 27-8-1998. Giả thiết về các chế độ canh tác và loại cây trồng trên bãi như sau:

- Giả thiết thứ nhất: trồng ngô,
- Giả thiết thứ hai : trồng đậu tương,
- Giả thiết thứ ba : trồng thuốc lá.

Kết quả tính toán cho thấy trong cùng một điều kiện về khí hậu, địa chất, thổ nhưỡng và điều kiện mưa sản sinh dòng chảy trên sườn dốc như nhau thì trong trường hợp trồng ngô cho lượng bùn cát xói mòn trung bình là 0,051 kg/m³, với phương thức trồng đậu tương và thuốc lá thì các trị số xói mòn tương ứng là 0,047 và 0,046 kg/m³.

Bảng 1. Kết quả thực đo theo phương pháp cân đồng

Ngày/tháng/năm	Lượng mưa (mm)	Cường độ mưa (mm/phút)	Bãi dốc							
			15%		10%		7%		3%	
			Tự nhiên (kg)	Trồng chè (kg)	Tự nhiên (kg)	Trồng ngô (kg)	Tự nhiên (kg)	Trồng đậu tương (kg)	Tự nhiên (kg)	Trồng khoai (kg)
23-5-1998	19,2	0,082		2,219						
31-5-1998	39,4	0,438		12,913				1,045		
04-6-1998	40,3	0,504		3,625				0,488		
07-6-1998	25,6	0,098		1,122				0,123		
07-6-1998	16,1	0,189		2,039				0,237		
09-6-1998	50,2	0,229	0,038	9,046		0,019	0,046	0,358		
10-6-1998	13,4	0,111		4,751		0,192		0,311		0,279
01-7-1998	49,0	0,516		3,525		0,261		0,010		0,127
06-7-1998	16,3	0,102		0,050						
07-7-1998	22,9	0,070		2,413				0,039		
14-7-1998	16,3	0,236		0,090						
26-7-1998	33,1	0,149		1,300						
31-7-1998	28,9	0,356		2,458						
01-8-1998	17,3	0,108	0,039	4,446		0,320	0,023	0,082	0,038	0,156
15-8-1998	14,5	0,135		0,278						
18-8-1998	33,9	0,847	0,020	3,777		0,063		0,381		0,179
27-8-1998	49,1	0,450		2,654		0,015		0,428		0,179
14+16-9-1998	149,1	0,124	0,414	13,364	0,210	0,487	0,200	1,060	0,397	
19-9-1998	14,3	0,095		1,590		0,520		0,531		
9-10-1998	18,5	0,159		0,515						
11-10-98	81,4	0,110		3,653				0,312		

3. Nhận xét và kết luận

Mô hình WEPP có nhược điểm là mô phỏng theo nhiều quá trình tự nhiên đồng thời nên có cấu trúc phức tạp và việc thu thập số liệu theo yêu cầu gặp nhiều khó khăn làm ảnh hưởng đến độ chính xác của kết quả.

Tuy nhiên, mô hình WEPP có ưu điểm là khả năng tính toán bùn cát xói cho một sườn dốc hay lưu vực nhỏ có xét đến sự phân bố của chúng trong không gian và theo thời gian, với khả năng dự báo theo nhiều thời đoạn. Nó giúp cho việc lựa chọn các biện pháp canh tác với các loại cây trồng thích hợp cho từng loại đất để giảm thiểu khả năng bị xói mòn.

Trong khuôn khổ bài báo này chúng tôi chỉ mong muốn giới thiệu về những bước thử nghiệm ban đầu đối với mô hình WEPP, hy vọng rằng sẽ có thể tiếp tục thử nghiệm thêm trong thời gian tới để có thể áp dụng một cách có hiệu quả hơn cho những phương án canh tác trên đất dốc.

Tài liệu tham khảo

1. WEPP Model Technical Manual - United States Department of Agriculture, 1995
2. Reservoir Sedimentation Handbook: Design and Management of Dams, Reservoir and Watersheds for Sustainable Use - Gregory L.Morris and Jiahua Fan, 1996.