

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH SỐ ĐỘ CAO TRONG QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG NƯỚC

ThS. Nguyễn Hồng Quân

Viện Môi trường và Tài nguyên - Đại học Quốc gia Tp. HCM

Bài báo này đề cập đến mô hình số độ cao (Digital Elevation Model - DEM), một trong những sản phẩm dựa trên kỹ thuật hệ thống thông tin địa lý (Geographic information system - GIS) và viễn thám (Remote Sensing - RS) đã và đang được ứng dụng trong nhiều ngành và lĩnh vực, đặc biệt trong quản lý tài nguyên nước. Phần đầu của bài báo nêu lên một số khái niệm về mô hình số độ cao, các nguồn dữ liệu và công cụ xây dựng mô hình số độ cao. Phần tiếp theo sẽ trình bày về chiết tách thông tin từ mô hình độ cao, lấy ví dụ các thông số thủy văn, địa mạo, và sinh vật. Sau đó là một ứng dụng cụ thể các bước chiết tách lưu vực sông, mạng sông suối. Kết thúc bài báo là một ứng dụng mô hình số độ cao trong dự báo lũ lụt.

1. Giới thiệu

Sự bùng nổ và phát triển của công nghệ thông tin trong những thập niên vừa qua đã góp phần tới những tiến bộ trong khoa học kỹ thuật nói chung và công nghệ hệ thống thông tin địa lý (GIS) và viễn thám (RS) nói riêng. Đã có rất nhiều công trình nói về những tiến bộ này: ví dụ tài liệu [1], [2]. Một trong những sản phẩm của công nghệ GIS và RS sẽ được trình bày trong bài báo này, đó là mô hình số độ cao (Digital Elevation Model - DEM) [3].

a. Một số khái niệm cơ bản

Trên cơ sở tổng kết một số tài liệu [4] - [7], tác giả bài báo nhận thấy cần làm rõ một số khái niệm cơ bản liên quan đến mô hình số độ cao như sau:

- Mô hình số địa hình (digital terrain model): là mô hình địa hình của trái đất khi coi trái đất như là một quả cầu, không xét đến những yếu tố bề mặt.

- Mô hình số bề mặt (digital surface model): Là mô hình bề mặt của trái đất trong đó xét thêm các yếu tố trên bề mặt như nhà cửa, thảm thực vật, công trình,... khi nhìn trực diện từ trên cao xuống.

- Mô hình số độ cao (Digital Elevation Model - DEM): được xem như là công cụ dùng để thể hiện độ cao, có thể là độ cao địa hình hay độ cao bề mặt.

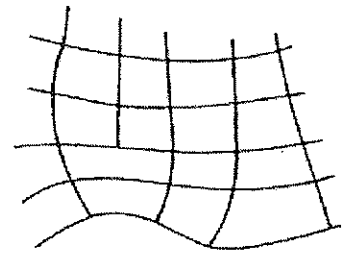
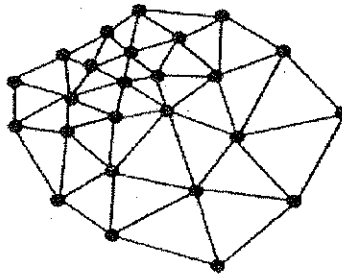
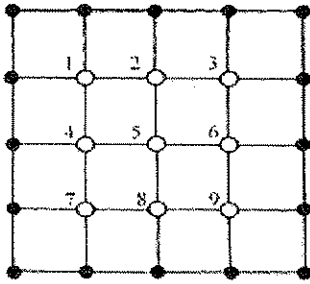
Các cấu trúc dữ liệu độ cao: thông thường dữ liệu độ cao được lưu trữ dưới 3 dạng chính (hình 1):

(1) Các lưới ô vuông (grid): Cấu trúc ma trận các lưới ô vuông chứa đựng thông tin giá trị độ cao. Một ô vuông được mặc định có một giá trị độ cao. Tùy vào mức độ chi tiết về thông tin độ cao khu vực mà xây dựng các ô lưới có kích thước khác nhau. Ví dụ, khi số hóa dữ liệu bản đồ địa hình ở tỉ lệ 1:50.000 thì có thể xây dựng mô hình số độ cao có kích thước ô lưới khoảng $30m \times 30m = 900m^2$. Loại cấu trúc dữ liệu này rất thuận lợi khi sử dụng mô hình số độ cao để tính toán các thông số địa hình;

(2) (Mạng tam giác không đồng đều) (Triangulated Irregular Network - TIN): Đây là loại cấu trúc thường được sử dụng như cấu trúc mạng lưới và được xây dựng sẵn trong nhiều phần mềm ứng dụng GIS (ví dụ như ARCVIEW). Dữ liệu TIN được xây dựng một cách đơn giản cấu trúc bề mặt địa hình trên cơ sở nội suy các nguồn dữ liệu độ cao phân bố không đều nhau;

(3) Đường đồng mức: là những đường có cùng giá trị độ cao, giữa các đường có những khoảng cách cao độ khác nhau, tùy thuộc vào

tỉ lệ bản đồ. Đối với bản đồ có tỉ lệ càng lớn thì khoảng cách giá trị này càng nhỏ.



Hình 1. Dữ liệu độ cao ô lưới - grid (raster), TIN (vector) và đường đồng mức [8]

b. Nguồn dữ liệu và công cụ xây dựng mô hình số độ cao

Mô hình số độ cao có thể được xây dựng từ nhiều nguồn dữ liệu khác nhau (được tóm lược trong bảng 1) có thể liệt kê như sau:

- Khảo sát thực tế: Đo các điểm độ cao bằng các thiết bị định vị, cân bằng. Công việc này rất tốn công, thường chỉ tiến hành theo những khu vực có diện tích giới hạn, yêu cầu độ chính xác cao (ví dụ: đo đạc phục vụ xây dựng công trình nhà, cầu đường);

- Số hóa thông tin từ bản đồ địa hình (các điểm cao độ, đường đồng mức) sau đó sử dụng phần mềm nội suy không gian: Kỹ thuật này

đơn giản nhưng tốn công. Sau khi các thông tin đã được số hóa, việc xây dựng mô hình số độ cao có thể được hoàn thành thông qua một số phần mềm GIS phổ dụng như ILWIS, Mapinfo, Arcview, Arcgis, v.v...

- Xây dựng mô hình số độ cao trực tiếp từ ảnh máy bay hoặc ảnh vệ tinh (ví dụ nguồn ảnh ASTER, SPOT): Thành lập mô hình số độ cao trên cơ sở yếu tố chồng lớp của tối thiểu 2 ảnh kết hợp một số các điểm khống chế. Kỹ thuật này đang được sử dụng rất rộng rãi, đặc biệt khi cần xây dựng mô hình số độ cao cho một khu vực rộng. Tuy nhiên lại đòi hỏi sử dụng một số phần mềm có tính thương mại cao như ERDAS IMAGE, PCI.

Bảng 1. Tổng kết một số đặc tính của các nguồn dữ liệu để xây dựng mô hình số độ cao [5]

STT	Kỹ thuật	Đặc điểm chính	Ví dụ	Độ chính xác
1	Khảo sát thực tế	Độ chính xác cao nhất, chi phí cao, thực hiện trên phạm vi nhỏ	Các trạm tổng hợp (total station), hệ thống cân bằng (levelling system)	1mm – 1m
2	Ảnh chồng lớp	Cần có các điểm khống chế mặt đất, có thể xây dựng một số mô hình (bán) tự động; hạn chế đối với những khu vực có nhiều cây cối	Ảnh hàng không; ảnh vệ tinh (SPOT, ASTER)	1.1 – 1m 10 – 20m
3	Ảnh quét laser	Có trang bị cả thiết bị định vị. Các dữ liệu thô cần được lọc, nắn chỉnh (resampling) trước khi sử dụng. Có thể chụp xuyên qua các tán cây. Độ chính xác cao, giá thành cao.	Ảnh quét laser hàng không (airbone laser scanning LIDAR)	0.2 – 1m
4	Ảnh rada	Có giá thành thấp trên một đơn vị diện tích. Đòi hỏi có điểm khống chế mặt đất. Kỹ thuật xử lý tương đối phức tạp.	Ảnh rada hàng không (Synthetic Aperture radar), ảnh ra da viễn thám (ERS, SRTM)	0.5 – 2m 10 – 25m

2. Chiết tách thông tin tế mô hình số độ cao

a. Chiết tách thông tin địa hình phục vụ những ứng dụng trong thủy văn, địa mạo và sinh vật

Moore và một số cộng sự [8] đã liệt kê rất nhiều các thông số địa hình có thể phục vụ cho các ứng dụng thủy văn, địa mạo, sinh vật, Thông thường, các thông số này có thể được phân ra thành 2 loại:

- Các thông tin sơ cấp (primary attributes);
- Các thông tin thứ cấp (secondary attributes).

Trong đó, các thông tin sơ cấp (bảng 2) có thể được tính toán trực tiếp từ mô hình số độ

cao, các thông tin thứ cấp được tính toán dựa trên các thông tin sơ cấp và những chỉ số thực nghiệm, vật lý. Các thông tin sơ cấp như: độ dốc, hướng sườn dốc, độ cong bề mặt, chiều dài dòng chảy, diện tích vùng thượng lưu, v.v... hầu hết được tính toán trên cơ sở đạo hàm theo hướng (directional derivatives) của bề mặt địa hình.

Các thông tin thứ cấp (bảng 3) thường rất quan trọng trong các ứng dụng về thủy văn, địa mạo,... vì chúng mô tả được sự ảnh hưởng của yếu tố địa hình đối với các quá trình tự nhiên.

Bảng 2. Tổng hợp các thông tin sơ cấp có thể chiết tách từ mô hình số độ cao [6]

Thông tin	Ứng dụng
Cao độ	Khí hậu, thực vật, năng lượng tiềm năng
Hướng	Năng lượng mặt trời, sự bốc hơi, phân bố và mức độ phong phú thực/dòng vật
Độ dốc	
Độ dốc lưu vực	Thời gian tập trung nước
Diện tích lưu vực	Lượng nước chảy tràn
Diện tích lưu vực đặc trưng	Lượng nước chảy tràn, tỉ số chảy tràn, đặc tính của đất, đặc điểm hình thái lưu vực
Chiều dài dòng chảy	Tính toán mức độ xói mòn, khối lượng trầm tích, thời gian tập trung nước
Chiều dài lưu vực	Sự suy giảm của dòng chảy tràn
Độ cong mặt cắt	Sự suy giảm của dòng chảy, tỉ lệ xói mòn, trầm tích
Độ cong bề mặt	Dòng chảy hội tụ, phân kỳ đặc tính đất đá

Bảng 3. Tổng hợp các thông tin thứ cấp có thể chiết tách từ mô hình số độ cao [6]

Thông tin	Định nghĩa	Ứng dụng
Chỉ số độ ẩm địa hình	$W_T = Ln\left(\frac{A_s}{T \tan \beta}\right)$	Mô tả sự phân bố và mở rộng đới bão hòa phát sinh dòng chảy tràn trong điều kiện ổn định. Đây là một hàm số bao gồm vùng diện tích thượng lưu, độ dẫn truyền trong đất và độ dốc
	$W = Ln\left(\frac{A_s}{\tan \beta}\right)$	Cũng tương tự công thức trên nhưng giả thiết rằng các thành phần trong đất là đồng nhất (độ dẫn truyền là hằng số). Công thức này thường được áp dụng nơi mà diện tích lưu vực A_s tương đối lớn (các đới hội tụ), độ dốc nhỏ và độ dẫn truyền nhỏ. Những điều kiện này thường gặp tại những đường dẫn nước, nơi tập trung nước trong lưu vực.

Thông tin	Định nghĩa	Ứng dụng
	$W = Ln\left(\frac{A_s}{\tan \beta}\right)$	Đây là chỉ số bán động (quasi-dynamic) thay thế cho vùng thoát nước A_s và khắc phục những giới hạn về giả thiết điều kiện ổn định ở các công thức trên
Chỉ số năng lượng dòng chảy	$W = A_s \tan \beta$	Tính toán năng lượng xói mòn do dòng chảy dựa trên giả thiết là lưu lượng dòng tỉ lệ với diện tích lưu vực đặc biệt A_s . Có thể sử dụng để dự đoán mức độ xói mòn (nơi địa hình lồi) và tích tụ (nơi địa hình lõm)
	$LS = (m+1)\left(\frac{A_s}{22.13}\right)^m \left(\frac{\sin \beta}{0.0896}\right)^n$ ($m=0.4, n=1.3$)	Chỉ số khả năng vận chuyển trầm tích dựa trên lý thuyết năng lượng dòng chảy thì tương đương với hệ số chiều dài - độ dốc (LS) trong công thức phương trình mất đất phổ dụng có hiệu chỉnh (Revised Universal Soil Loss Equation) trong một số trường hợp nhất định. Một dạng khác của công thức này có thể sử dụng để dự đoán vị trí khu vực xói mòn hay tích tụ.
	$CIT = A_s (\tan \beta)^2$	Sự thay đổi chỉ số năng lượng dòng chảy có thể sử dụng để dự đoán vị trí phát xuất dòng chảy
Chỉ số bức xạ	$R_s = (R_{sh} - R_{ah})F + R_{ah}v + R_{zh}(1-v)\alpha$ α : suất phản chiếu bề mặt R_{sh}, R_{zh} : Bức xạ tổng cộng và khuếch tán v : hệ số góc nhìn bầu trời	Tính toán tổng năng lượng bức xạ của sóng ngắn tới mặt đất. 3 thành phần chính trong công thức là tia tới trực tiếp, sự khuếch tán và năng lượng phản xạ
	$L_{in} = \epsilon_a \sigma T_s^4 v + (1-v)L_{out}$ ϵ_a : Bức xạ không khí σ : hằng số Stefan-Boltzman T_s : Nhiệt độ bề mặt	Ước tính năng lượng bức xạ của sóng dài tới mặt đất
	$L_{out} = \epsilon_s \sigma T_a^4$ T_a : nhiệt độ trung bình của không khí	Ước tính năng lượng bức xạ của sóng dài đi ra khỏi mặt đất
	$R_s = (1-\alpha)R_s + \epsilon_c L_{in} - L_{out}$ ϵ_c : Bức xạ bề mặt	Ước tính bức xạ thực tế hay năng lượng hệ mặt của trái đất
Chỉ số nhiệt độ	$T = T_b - \frac{T_{kapse}(Z - Z_b)}{1000} + CS\left(1 - \frac{LAI}{LAI_{max}}\right)$	Dùng để ngoại suy nhiệt độ nhỏ nhất, cao nhất và bề mặt những vùng nằm gần trạm khí tượng. Công thức này hiệu chỉnh ảnh hưởng độ cao thông qua tỉ lệ về giảm áp suất, nhiệt độ, ảnh hưởng của độ dốc, hướng sườn dốc thông qua tỉ lệ bức xạ bước sóng ngắn và ảnh hưởng của thực vật thông qua chỉ số lá cây

b. Các bước cơ bản chiết tách lưu vực sông

Vấn đề quản lý tài nguyên và môi trường nước nên được giới hạn trong ranh giới lưu vực sông tại vì nước được bổ cập và vận chuyển trong phạm vi lưu vực. Do vậy, việc chiết tách ranh giới lưu vực sông là nhu cầu cần thiết nhằm đảm bảo nguồn thông tin thu thập có cơ sở khoa học và đáng tin cậy. Công việc này

trước đây được thực hiện thông thường bằng cách khoanh vùng trên bản đồ địa hình kết hợp với khảo sát thực tế. Tuy nhiên, nhờ sự phát triển của công nghệ thông tin trong những thập niên vừa qua công việc này đã được tiến hành một cách bán tự động thông qua sử dụng phần mềm chuyên dụng và từ đó giảm được rất nhiều công sức. Một số bước cơ bản khi xử lý mô hình số độ cao để chiết tách ranh giới mô

hình số độ cao để xác định ranh giới lưu vực và mạng lưới sông suối bao gồm:

(1) Lấp đầy các phân trũng (fill sinks): Do một số ô dữ liệu trong mô hình số độ cao có giá trị thấp hơn các ô xung quanh làm cho dòng chảy không thể đi qua được. Thao tác này sẽ hiệu chỉnh các điểm có cao độ như vậy bằng cách thay thế giá trị độ cao này bằng giá trị thấp nhất của 8 ô lưới bao quanh.

(2) Xác định hướng dòng chảy (flow direction): tính toán hướng dòng chảy trên cơ sở khác biệt về độ dốc hoặc độ cao của 1 ô lưới với 8 ô chung quanh. Như vậy, sau khi thực hiện thao tác này, dòng chảy của một ô lưới sẽ bao gồm 1 trong 8 hướng (Đông, Tây, Nam, Bắc, Đông Bắc, Đông Nam, Tây Bắc, Tây Nam).

(3) Tích tụ dòng chảy (flow accumulation): Trên cơ sở các hướng dòng chảy đã được tính toán, thao tác này sẽ đếm số tích lũy (cumulative number) các ô có dòng chảy đi qua. Thao tác này cũng được sử dụng để tính

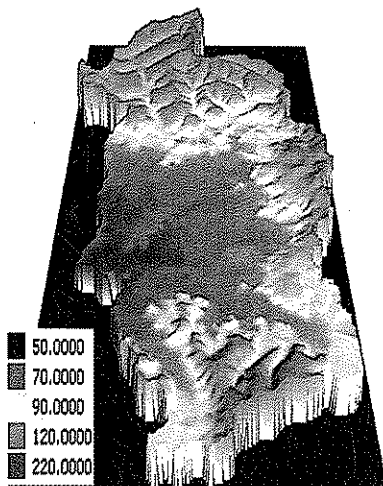
giới hạn phát sinh dòng chảy sao cho phù hợp với điều kiện thực tế.

(4) Chiết tách mạng lưới sông suối (drainage network extraction): Bằng cách giới hạn số tích tụ dòng chảy để hình thành mạng lưới sông suối phù hợp với điều kiện thực tế.

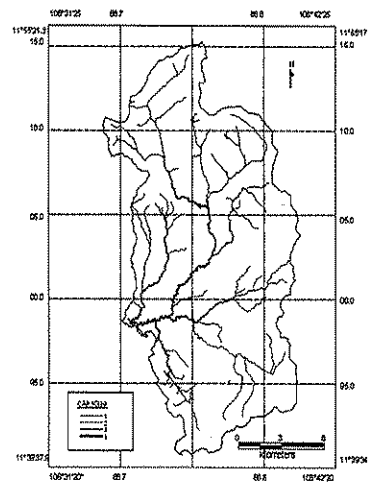
(5) Xác định cấp độ mạng lưới sông suối (drainage network ordering): trên cơ sở các thông tin đầu vào (DEM, hướng dòng chảy, mạng lưới sông) sẽ tính toán được cấp độ mạng lưới sông và các thông tin liên quan như độ dốc sông, diện tích lưu vực sông nhánh,...

(6) Phác họa các tiểu lưu vực: trên cơ sở thông tin về cấp độ các mạng sông, hướng dòng chảy, các tiểu lưu vực sẽ được phác họa. Sau khi xác định cửa thoát nước của lưu vực chúng ta có thể gộp các lưu vực nhỏ lại.

Hình 2, 3 là thể hiện mô hình số độ cao và sản phẩm cuối cùng của bước xử lý thông tin [9].



Hình 2. Mô hình số độ cao lưu vực sông Cần Lê (góc nhìn 3D)



Hình 3. Lưu vực sông chính và mạng lưới (cấp) sông được phác họa

3. Khả năng ứng dụng mô hình số độ cao trong dự báo lũ

Như đã nêu, rất nhiều thông tin xác định từ mô hình số độ cao có thể được sử dụng trong các mô hình tính toán thủy văn, địa mạo, sinh vật, năng lượng. Dưới đây một ví dụ ứng dụng một số thông số hình thái được tính toán dựa trên mô hình số độ cao vào

một mô hình dự báo lũ. Ứng dụng khái niệm này để mô phỏng quan hệ mưa rào - dòng chảy và dự báo lũ đã được áp dụng rất mạnh mẽ, ví dụ như các công trình [10] - [11]. Đặc biệt đã được ứng dụng một cách rất hiệu quả đối với những lưu vực mà số liệu đo rất hạn chế [12].

a. Giới thiệu về mô hình đường đơn vị địa mạo tức thời

Trên cơ sở các tài liệu [11] - [13], có thể giới thiệu sơ lược về mô hình đường đơn vị địa mạo tức thời (Geomorphologic Instantaneous Unit Hydrograph - GIUH) như sau: Dòng chảy trên lưu vực sông bao gồm dòng chảy trên các sườn dốc và lưu vực trong sông suối. Các dòng chảy này được mô tả bằng GIUH theo nguyên tắc xác suất và được thể hiện qua hàm mật độ xác suất (probability density function). Xác suất di chuyển của hạt mưa sẽ tuân theo một số con đường đi nhất định, đi từ dòng chảy có cấp thấp nhất đến dòng chảy cấp cao hơn. Các cấp dòng chảy này được tính toán dựa trên phương pháp phân loại của Straler [14]. Con đường của một hạt mưa rơi xuống bất kỳ một vị trí nào trên lưu vực sẽ như sau: hạt mưa rơi xuống sườn dốc, sau đó đi đến dòng suối/sông theo thứ tự từ cấp thấp tới cấp cao và cuối cùng đi tới cửa ra của lưu vực. Sự thay đổi vị trí của hạt mưa có thể được xem như một sự thay đổi trạng thái và trạng thái này được xác định tại vị trí hạt mưa vào thời gian t. Nếu ta gọi trạng thái mà hạt mưa ở trên sườn dốc là

a_i và trạng thái hạt mưa ở trên sông/suối là r_i thì quy luật di chuyển sẽ như sau:

1) Quy luật chuyển trạng thái a_i là: $a_i \rightarrow r_i$; $1 \leq i \leq \Omega$.

2) Quy luật chuyển trạng thái r_i là: $r_i \rightarrow r_j$; $j > i$; $i = 1, 2, \dots, \Omega$.

3) Trạng thái $r_{\Omega+1}$ được xác định là trạng thái cuối cùng và không có sự chuyển trạng thái ra khỏi $r_{\Omega+1}$.

(Ghi chú: Ω là cấp sông cao nhất của lưu vực)

Lấy ví dụ một lưu vực sông cấp 3 thì các đường đi có thể bao gồm:

Đường S1 : $a_1 \rightarrow r_1 \rightarrow r_2 \rightarrow r_3 \rightarrow$ cửa ra;

Đường S2 : $a_1 \rightarrow r_1 \rightarrow r_3 \rightarrow$ cửa ra;

Đường S3 : $a_2 \rightarrow r_2 \rightarrow r_3 \rightarrow$ cửa ra;

Đường S4 : $a_3 \rightarrow r_3 \rightarrow$ cửa ra.

Thời gian dòng chảy trên sườn dốc và hệ thống sông suối được xác định là tuân theo quy luật phân bố của hàm mũ và được tính toán dựa trên các chỉ số hình thái Horton, bao gồm tỉ số cấp sông (RB), tỉ số chiều dài sông (RL), tỉ số diện tích sông (RA). Các tỉ số này được tính toán trực tiếp từ mô hình số độ cao, theo các công thức sau (bảng 4):

Bảng 4. Các tỉ số Horton [14]

Tỉ số	Công thức	Ghi chú
Cấp sông	$R_B = \frac{N_i}{N_{i+1}}$	Trong đó N_i và N_{i+1} là số các sông/suối cấp i và $i+1$. Nếu coi Ω là cấp sông cao nhất của lưu vực thì $i = 1, 2, \dots, \Omega$.
Chiều dài	$R_L = \frac{\bar{L}_{i+1}}{\bar{L}_i}$	\bar{L}_i là chiều dài trung bình của sông/suối cấp i và: $\bar{L}_i = \frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^{N_i} L_{j,i}$
Diện tích	$R_A = \frac{\bar{A}_{i+1}}{\bar{A}_i}$	\bar{A}_i là diện tích trung bình của các tiểu lưu vực đổ nước vào sông cấp i , $\bar{A}_i = \frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^{N_i} A_{j,i}$, trong đó $A_{j,i}$ là tổng diện tích các lưu vực sông cấp i đổ vào sông cấp j

Theo công thức tính lưu lượng dòng chảy tức thời [15]

$$Q(t) = \int_0^t i(\tau)u(t-\tau) \quad (1)$$

Trong đó, i là lượng mưa hiệu quả, và u là đường đơn vị tức thời.

Khi ta áp dụng lý thuyết địa mạo thì u trở thành đường đơn vị địa mạo tức thời và được

tính theo lý thuyết xác suất ở trên như sau:

$$u(t) = \frac{\partial}{\partial t} \text{Prob hoặc là:} \quad (2)$$

$$u(t) = \frac{\partial}{\partial t} \left(\sum_{Si} \text{Prob}(T_{Si} \leq t) \text{Prob}(S_i) \right)$$

Trong đó: Prob() : hàm xác suất;
 T_B : thời gian đi đến cửa ra;
 T_{Si} : thời gian của từng đoạn đường đi;

Prob(Si): Xác suất mà giọt mưa sẽ đi đường nào ra tới cửa ra;

Prob(Tsi): hàm mật độ xác suất của tổng thời gian qua các đoạn đường.

Chi tiết hơn về các bước tính toán được trình bày trong tài liệu [9], bài báo này, chỉ đưa ra những công thức tính toán cuối cùng các hàm số dựa trên các thông số hình thái.

Xác suất mà giọt mưa sẽ đi đường nào ra tới cửa ra được tính như sau:

$$\text{Prob}(S_i) = \theta_j p_{ij} p_{jk} \dots p_{l\Omega} \quad (3)$$

Trong đó, θ_j là xác suất trạng thái đầu tiên và p_{ij} là xác suất dịch chuyển vị trí:

$$\theta_j = \frac{(\text{Tổng diện tích nước đổ vào sông cấp } i)}{(\text{Tổng diện tích lưu vực})}$$

$$p_{ij} = \frac{(\text{Số nhánh sông cấp } i \text{ đổ vào nhánh sông cấp } j)}{(\text{Tổng số nhánh sông cấp } i)}$$

Lấy ví dụ với lưu vực sông cấp 3 thì các xác suất này được tính như sau:

$$\theta_1 = \frac{R_B^2}{R_A^2}; \theta_2 = \frac{R_B}{R_A} \cdot \frac{R_B^3 + 2R_B^2 - 2R_B}{R_A^2(2R_B - 1)};$$

$$\theta_3 = 1 - \frac{R_B}{R_A} - \frac{R_B^3 - 3R_B^2 + 2R_B}{R_A^2(2R_B - 1)};$$

$$p_{12} = \frac{R_B^2 + 2R_B^2 - 2}{2R_B^2 - R_B}; \quad p_{13} = \frac{R_B^2 - 3R_B + 2}{2R_B^2 - R_B} \quad p_{23} = 1$$

Hàm mật độ xác suất của tổng thời gian qua các đoạn đường được xác định như sau:

$$T(S_i) = T_{ai} + T_{ri} + T_{ri+1} + \dots + T_{r\Omega}$$

Trong đó T_{aj} là thời gian hạt mưa đi qua sườn dốc và T_{ri} là thời gian hạt mưa đi qua mạng sông suối cấp I (1, Ω là cấp cao nhất). Giả sử rằng các khoảng thời gian riêng lẻ là các biến độc lập và như vậy f_{T_a} là hàm mật độ xác suất T_{aj} , $f_{T_{ri}}$ là hàm mật độ xác suất T_{ri} , là f_{S_i} là hàm mật độ xác suất của đường S_i , và do vậy xác suất của tổng các đường đi T_{Si} là phép nhân tích phân như sau:

$$\text{Prob}(T_{Si}) = \sum_{seS} f_{Si}(t) = \sum_{seS} f_{T_{ai}}(t) \times f_{T_{ri}}(t) \times f_{T_{ri+1}}(t) \times \dots \times f_{T_{r\Omega}}(t) \quad (4)$$

Trong đó:

x: phép nhân

$f_{T_{ai}}(t) : f_{T_{ai}}(t) = \alpha_i \exp(-\alpha_i t)$ là hàm mật độ xác suất thời gian đi qua sườn dốc tuân theo quy luật hàm mũ;

$f_{T_{ri}}(t) : f_{T_{ri}}(t) = \beta_i \exp(-\beta_i t)$ là hàm mật độ xác suất thời gian đi qua sông suối tuân theo quy luật hàm mũ ;

Và β, α là thời gian trung bình đi qua sườn dốc và dòng chảy, nếu coi v là vận tốc v_0 khi đi qua sườn dốc, và v_s là vận tốc dòng chảy thì:

$$\beta_i = \frac{v}{L_i}, \quad \alpha_i = \frac{v}{L_o}, \quad L_o = \frac{1}{2D}$$

(L_o là vận tốc dòng chảy bề mặt trung bình và D là mật độ sông suối).

α_i được xem như bằng nhau đối với bất kỳ sườn dốc nào ($\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$), trong khi đó β_i thì thay đổi tùy thuộc vào chiều dài của từng cấp sông.

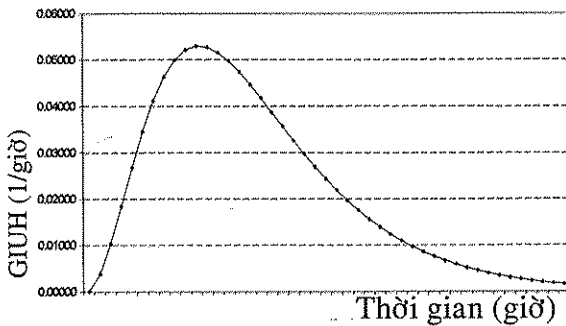
Do vậy, đường đơn vị địa mạo tức thời được tính như sau:

$$u(t) = \sum_{seS} f_{T_{ai}}(t) \times f_{T_{ri}}(t) \times f_{T_{ri+1}}(t) \times \dots \times f_{T_{r\Omega}}(t) \times \text{Prob}(S) \quad (5)$$

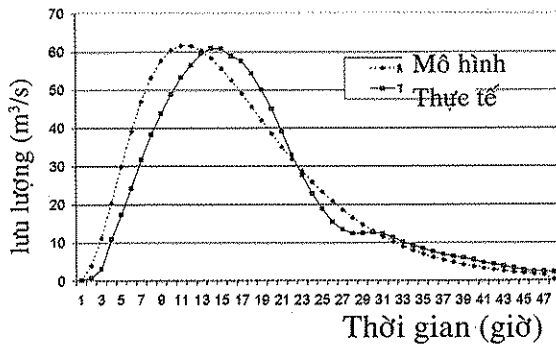
Từ những giải thích ở trên, có thể kết luận rằng, các thông số trên cho phép tính được

đường địa mạo đơn vị tức thời dựa vào các chỉ số hình thái và địa hình ngoại trừ các thông số vận tốc thì có thể xác định được bằng cách tham khảo các tài liệu nghiên cứu khác. Riêng đối với lượng mưa hiệu quả tính bằng nhiều phương pháp, trong bài này, phương pháp SCS (Soil Conservation Service) được sử dụng [15], [9].

b. Kết quả mô hình



Hình 4. Đường đơn vị địa mạo tức thời



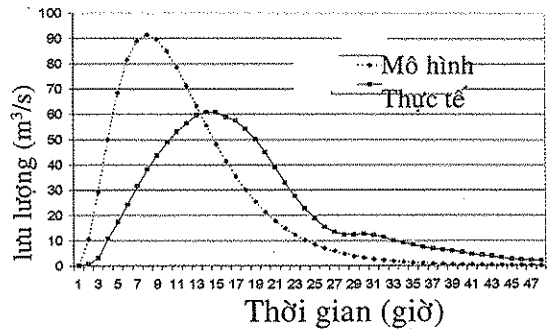
Hình 6. Dự báo lưu lượng lũ ngày 25/9/2005 (sau khi được hiệu chỉnh các thông số)

Kết quả của mô hình là rất khả quan, chỉ số hiệu quả Nash_Sutcliffe là 0.94 đối với trận lũ ngày 25/9/2005 và 0.86 đối với trận lũ ngày 4/10/2005, chỉ số R2 là 0.95 đối với trận lũ ngày 25/9/2005 và 0.87 đối với trận lũ ngày 4/10/2005.

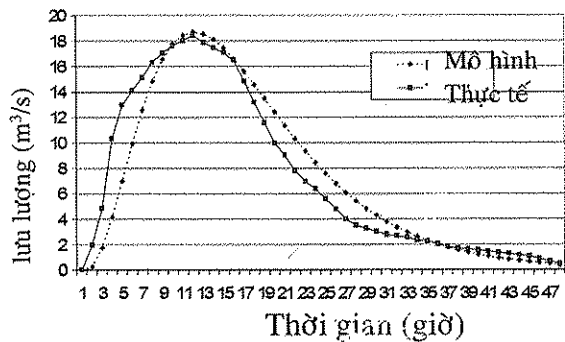
4. Kết luận

Bài báo giới thiệu một số kiến thức liên quan đến mô hình số độ cao (DEM) và nghiên

Các hình 4, 5, 6, 7 thể hiện các kết quả của mô hình. Sau khi tính toán đường đơn vị địa mạo tức thời (hình 4) sẽ tiến hành tính toán lưu lượng dòng chảy dựa trên cơ sở công thức (1) (hình 5). Kết quả giữa lưu lượng dự đoán và mô phỏng chưa được gần nhau nên cần phải hiệu chỉnh mô hình (hình 6) bằng cách điều chỉnh các thông số vận tốc. Mô hình sau khi được hiệu chỉnh sẽ được kiểm chứng lại trong một trận lũ khác (hình 7)



Hình 5. Dự báo lưu lượng lũ ngày 25/9/2005 (mô hình chưa được hiệu chỉnh)



Hình 7. Kiểm tra lại kết quả mô hình bằng cách mô phỏng trận lũ ngày 4/10/2005

cứu ứng dụng công cụ GIS và RS vào công tác quản lý tài nguyên và môi trường nước, đồng thời có thể sử dụng trong công tác dự báo lũ lụt. Do tính chất của bài báo chỉ tập trung vào mô hình số độ cao nên các nội dung liên quan đến mô hình tính toán thủy văn được đề cập nhiều, bạn đọc có nhu cầu có thể tìm hiểu thêm trong tài liệu tham khảo [9].

Tài liệu tham khảo

1. de By, R.A., ed. *Principles of Geographic Information Systems (third edition)*. ITC Educational Textbook Series. 2004, The International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC): Enschede.
2. Lillesand, T. and R. Kiefer, *Remote Sensing and Image Interpretation*. 1994., New York: Wiley.
3. Meijerink, A.M.J., et al., *Introduction to the use of Geographic information systems for practical hydrology*. 1994, Enschede: International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), publication number 23. 243.
4. Maathuis, B., *DEM based Hydro - Processing - Introduction to the tools developed, tutorial with exercises (Version 1)*. 2006, Enschede: International Institute for Geo-information Sciences and Earth Observation (ITC). 71.
5. Hengl, T., S. Gruber, and D.P. Shrestha, *Digital Terrain Analysis in ILWIS*. 2003, Enschede: ITC. 62.
6. Wilson, J.P. and J.C. Gallant, *DIGITAL TERRAIN ANALYSIS*, in *Terrain Analysis: Principles and Applications*, J.P. Wilson and J.C. Gallant, Editors. 2000, John Wiley & Sons, Inc. p. 1-27.
7. Rottensteiner, F., *Semi-automatic extraction of buildings based on hybrid adjustment using 3D surface models and management of building data in a TIS (PhD dissertation)*, in *Institute of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2001, Vienna University of Technology: Vienna. p. 207.
8. Moore, I.R., R.B. Grayson, and A.R. Ladson, *Digital terrain modelling: A review of Hydrological, Geomorphological and Biological applications*, in *Terrain analysis and distributed modelling in hydrology*, K. Beven and I.R. Moore, Editors. 1992, John Wiley and Sons. p. 7-34.
9. Nguyen, H.Q., *Rainfall - Runoff modelling for the ungauged Canle catchment, Sai Gon river basin*. 2006, International Institute for Geo-information Science and Earth Observation (ITC). p. 94.
10. Tuong, N.V., *Studying on application of flooding geomorphological Unit Hydrograph in some catchments in Vietnam (in Vietnamese)*. *Meteorology and Hydrology*. Vietnamese Meteorology and Hydrology General Agency, 1997. 3: p. 22-27.
11. Bhaskar, N.R., B.P. Parida, and A.K. Nayak, *Flood estimation for Ungauged catchment using the GIUH*. *Journal of water resources planning and management*, 1997. 123(4): p. 228-238.
12. Rodriguez-Iturbe, I., G. Devoto, and J.B. Valdes, *Discharge Response Analysis and Hydrologic Similarity: The Interrelation Between the Geomorphologic IUH and the Storm Characteristics*. *Water Resources Research*, 1979. 15(6): p. 1435-1444.
13. Bras, R.L. and I. Rodriguez-Iturbe. *A review of the search for a quantitative link between hydrologic response and fluvial geomorphology*. in *New directions for surface water modeling*. 1989: IAHS Publ.no.181.
14. Strahler, A.N., *Quantitative geomorphology of drainage basins and channel network*, in *Handbook of applied hydrology: A Compendium of Water Resources Technology*, V.T. Chow, Editor. 1964, McGraw-Hill: New York. p. 4/39 - 4/75.
15. Chow, V.T., D.R. Maidment, and W.M. Larry, *Applied hydrology*. 1988: McGraw-Hill. 572.