NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG ĐƯỜNG ĐƠN VỊ ĐỊA MẠO TÍNH LŨ CHO MỘT SỐ LƯU VỰC SÔNG

PTS. Nguyễn Văn Tường
Trường Đại học thuỷ lợi Hà Nội

Hai thuộc tính tồn tại cơ bản của vật chất: hạt và sóng. Nước cũng có hai thuộc tính đó. Lợi dụng thuộc tính sóng để giải thích quá trình chảy tập trung là tìm quy luật truyền sóng của dòng chảy. Hệ phương trình St. Venant mô tả toán học của quy luật truyền sóng dòng chảy. Lợi dụng tính hạt để giải thích quá trình tập trung dòng chảy có thể tìm ra quá trình lưu lượng của tất cả chất điểm nước cùng một lúc chảy ra ở mặt cắt cửa ra ở một thời điểm bất kỳ. Về vấn đề này đã được Rodriguez - Iturbe, Gupta,... nghiên cứu giải quyết với lý thuyết đường đơn vị địa mạo. Bài viết này giới thiệu vài nét về đường đơn vị địa mạo và một vài ứng dụng tính lũ cho sông suối Việt Nam.

I. CƠ SỞ LÝ LUẬN VỀ ĐƯỜNG ĐƠN VỊ TỨC THỜI ĐỊA MẠO

Đường đơn vị tức thời địa mạo (GIUH): u(0,t) đã được chứng minh tương đương với hàm mật độ xác suất của thời gian chảy $f_B(t)$, tức $u(0,t) = f_B(t)$. Với :

$$f_B(t) = \Sigma f_{c1}(t) \times f_{c2}(t) \times f_{c3}(t) \times ... \times f_{ck}(t) \times P(s) \qquad (1)$$

$$s = <c_1, c_2, c_3, ..., c_k>$$

$$S = \{s_1, s_2, s_3, ..., s_k\}$$

Trong đó : $c_1, c_2, ..., c_k$ biểu thị trạng thái, nó chỉ ra mặt dốc ở một cấp hoặc trạng thái sông ngòi ở một cấp sông nào đó; s biểu thị đường đi của chất điểm nước chảy đến một mặt cắt nào đó, nó hình thành do tập trung dòng chảy lần lượt dựa vào trạng thái; S là tập hợp của đường đi; $f_{c1}(t), f_{c2}(t), ..., f_{ck}(t)$ lần lượt là hàm mật độ xác suất của thời gian chảy của chất điểm nước từ trạng thái $c_1, c_2, ..., c_k$ sang trạng thái sau; P(s) là xác suất mà chất điểm nước chọn một đường đi nào đó. Nếu dùng cách phân cấp sông của Strahler thì P(s) có thể tính như sau:

$$P(s) = \theta_n(0) \times P_{C1C2} \times P_{C2C3} \times .... \times P_{CiC\Omega} \qquad (2)$$

Trong đó : $\theta_n(0)$ là xác suất để chất điểm nước rơi trên diện tích chảy vào sông thứ i, gọi là xác suất ban đầu bằng tỷ lệ giữa diện tích chảy trực tiếp vào sông

thứ i so với diện tích lưu vực; P_{CiCj} là xác suất mà chất điểm nước chuyển từ trạng thái thứ i sang trạng thái thứ j (j > i) gọi là xác suất chuyển dịch, bằng tỷ số giữa số sông cấp i chảy vào sông cấp j so với tổng số sông cấp i trong mạng lưới sông; Ω là cấp sông, cũng là cấp sông cao nhất của lưu vực.

II. CÔNG THỨC BIỂU THỊ CỦA ĐƯỜNG ĐƠN VỊ ĐỊA MẠO

Với cách gọi C_i đại biểu trạng thái của sông ngòi và γ_i ($1 \le i \le \Omega$) đại biểu trạng thái của mặt dốc sông ngòi cấp sông thứ i, Ω là số cấp sông lớn nhất của lưu vực. Một giọt nước rơi tại γ_i hoặc (C_i) nó sẽ chảy theo tuần tự dưới đây:

Quy tắc 1 : $\gamma_i \rightarrow C_i$ ($1 \le i \le \Omega$);
Quy tắc 2 : $C_i \rightarrow C_j$ ($J > i, i = 1,2,..., \Omega$);
Quy tắc 3 : $C_{\Omega+1}$ là mặt cắt cửa ra, giọt nước không thể vượt quá trạng thái $C_{\Omega+1}$.

Lấy lưu vực sông 3 cấp làm thí dụ : Tập đường đi của giọt nước $S = (s_1, s_2, s_3, s_4)$

$s_1 : \gamma_1 \rightarrow C_1 \rightarrow C_2 \rightarrow C_3 \rightarrow C_4$;
$s_2 : \gamma_1 \rightarrow C_1 \rightarrow C_3 \rightarrow C_4$;
$s_3 : \gamma_2 \rightarrow C_2 \rightarrow C_3 \rightarrow C_4$;
$s_4 : \gamma_3 \rightarrow C_3 \rightarrow C_4$;

Với tuyến chảy bất kỳ s_i của giọt nước, thì hàm xác suất của giọt nước chọn một đường đi nào đó $P(s_i)$ được biểu diễn theo công thức (2).

Giả thiết rằng f(t) hàm mật độ xác suất của thời gian truyền của giọt nước theo tuyến chảy i tuân theo hàm mũ:

$$f(t) = \lambda_i \times e^{-\lambda i t} \qquad (3)$$

Quá trình đường đơn vị tức thời địa mạo có thể biểu thị dưới dạng tích Duamen giữa P(s) với f(t), như dạng công thức (1) đã trình bày ở trên.

Khi lưu vực có Ω = 3, thì:

$$u(0,t) = P(s_1) \times f_{C1}(t) * f_{C2}(t) * f_{C3}(t) + P(s_2) \times f_{C1}(t) * f_{C3}(t) + P(s_3) \times f_{C2}(t) * f_{C3}(t) + P(s_4) \times f_{C3}(t) \quad (4)$$

Trong đó :

λ_i là số nghịch đảo của thời gian chảy bình quân của cấp sông thứ i, công thức tính như sau:

$$\lambda_i = \frac{V}{Li}$$

Sông cấp 3: $\lambda_1 = \frac{V}{L_1}$

$\lambda_2 = \lambda_1 R_L^{-1}$

$\lambda_3 = \lambda_1 R_L^{-2}$

ở đây $R_L = \frac{L_i}{L_{i-1}}$, R_L biểu thị định luật các chiều dài dòng sông của Horton, trong đó Li là độ dài bình quân của sông cấp i

Biểu thị xác suất ban đầu $\theta_{ri}(0)$ như sau:

$$\theta_{ri}(0) = \frac{\text{Diện tích tập trung nước của cấp sông thứ i } A_i}{\text{Diện tích lưu vực } A_\Omega}$$

Theo Horton (1949) có thể biểu thị luật số sông:

$$R_B = \frac{N_{i-1}}{N_i}$$

Với Ni số lượng sông của cấp i .

Và theo Schumm (1956) biểu thị luật về diện tích sông :

$$R_A = \frac{A_i}{A_{i-1}}$$

Trong đó A_i là diện tích bình quân của cấp sông thứ i.

Như vậy, tham số $\theta_{ri}(0)$ phụ thuộc đặc trưng R_B và R_A

$$\theta_{ri}(0) = \varphi(R_B, R_A)$$

Còn xác suất dịch chuyển P_{CiCj} được tính:

$$P_{CiCj} = \frac{\text{Số sông cấp i chảy vào sông cấp j}}{\text{Số sông cấp i}} = \varphi(R_B)$$

Với sông cấp 3 : $\theta_1(0) = (R_B/R_A)^2$

$$\theta_2(0) = \frac{R_B}{R_A} - \frac{R_B^2}{R_A} \times P_{12}$$

$$\theta_3(0) = 1 - \frac{R_B^2}{R_A^2} - \frac{R_B^2}{R_A^2} \times P_{13}$$

Theo lý luận của Smart :

$$P_{12} = \frac{R_B^2 + 2R_B - 2}{2R_B^2 - R_B}$$

$$P_{13} = \frac{R_B^2 - 3R_B + 2}{}$$

$$P_{23} = P_{i,\Omega+1} = \frac{2R_B^2 - R_B}{1}$$

Biến đổi Laplace công thức (4) :

$$L\{ f_{Ci}(t) \} = \frac{\lambda_i}{S+\lambda_i} = Fi(S)$$

Biến đổi ngược :

$$L\left| \frac{\lambda_i}{S+\lambda_i} \right| = f_{Ci}(t)$$

$$L[f_{C1}(t) * f_{C2}(t)] = F_{C1}(S)\, F_{C2}(S)$$

Cuối cùng, từ (1) viết được dạng thức cụ thể của GIUH cho lưu vực sông có $\Omega=3$ như sau :

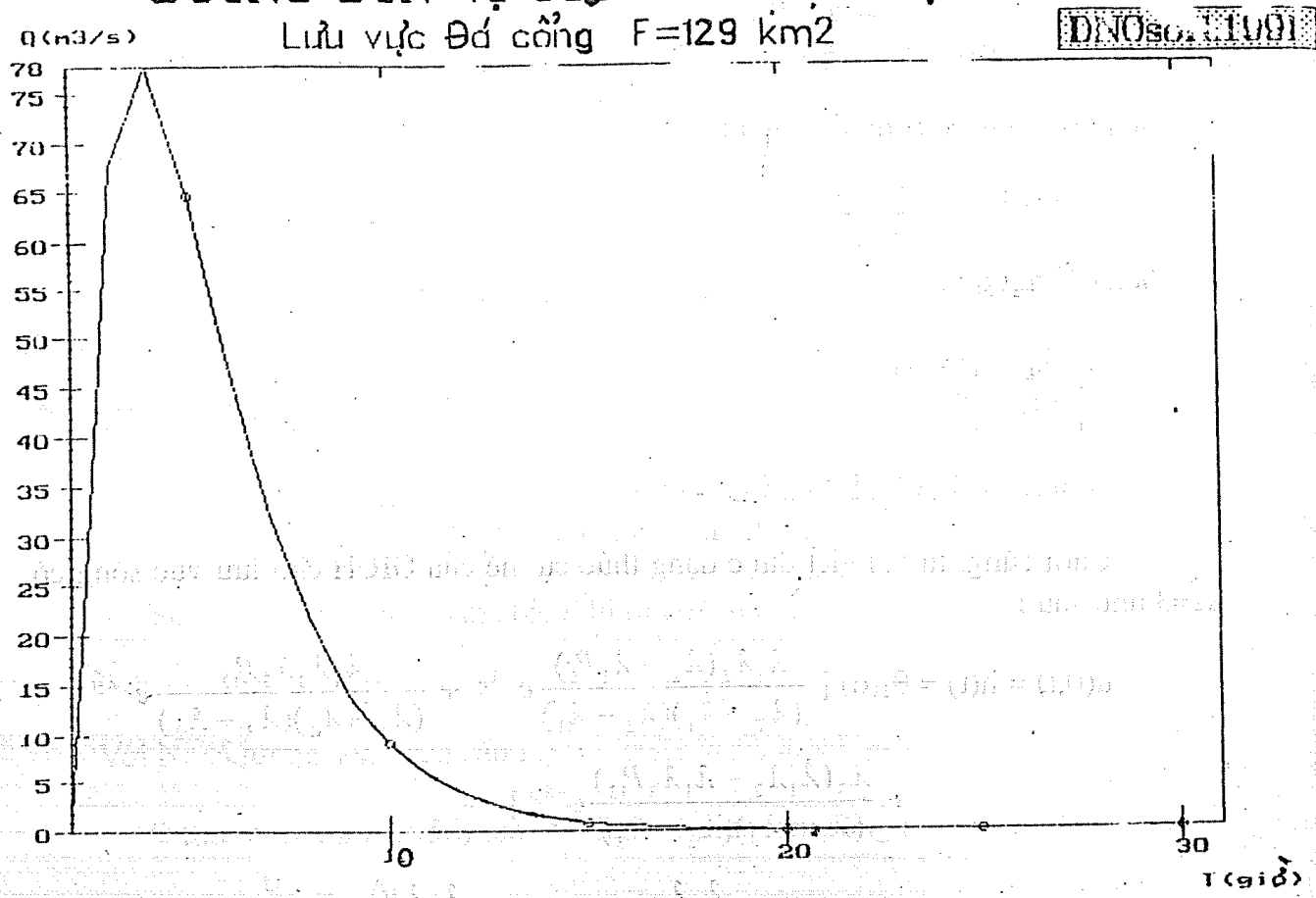
$$u(0,t) = h(t) = \theta_1(o) \left[\frac{\lambda_1\lambda_3(\lambda_2 - \lambda_1 P_3)}{(\lambda_2-\lambda_1)(\lambda_3-\lambda_1)} e^{-\lambda_1 t} + \frac{\lambda_1\lambda_2\lambda_3 P_{12}}{(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_3-\lambda_2)} e^{-\lambda_2 t} + \frac{\lambda_3(\lambda_1\lambda_2 - \lambda_1\lambda_3 P_{13})}{(\lambda_1-\lambda_3)(\lambda_2-\lambda_3)} e^{-\lambda_3 t} \right] +$$

$$\theta_2(o) \left[\frac{\lambda_2\lambda_3}{\lambda_3-\lambda_2} e^{-\lambda_2 t} + \frac{\lambda_2\lambda_3}{\lambda_2-\lambda_3} e^{-\lambda_3 t} \right] + \theta_3(o)\, \lambda_3\, e^{-\lambda_3 t} \qquad (5)$$

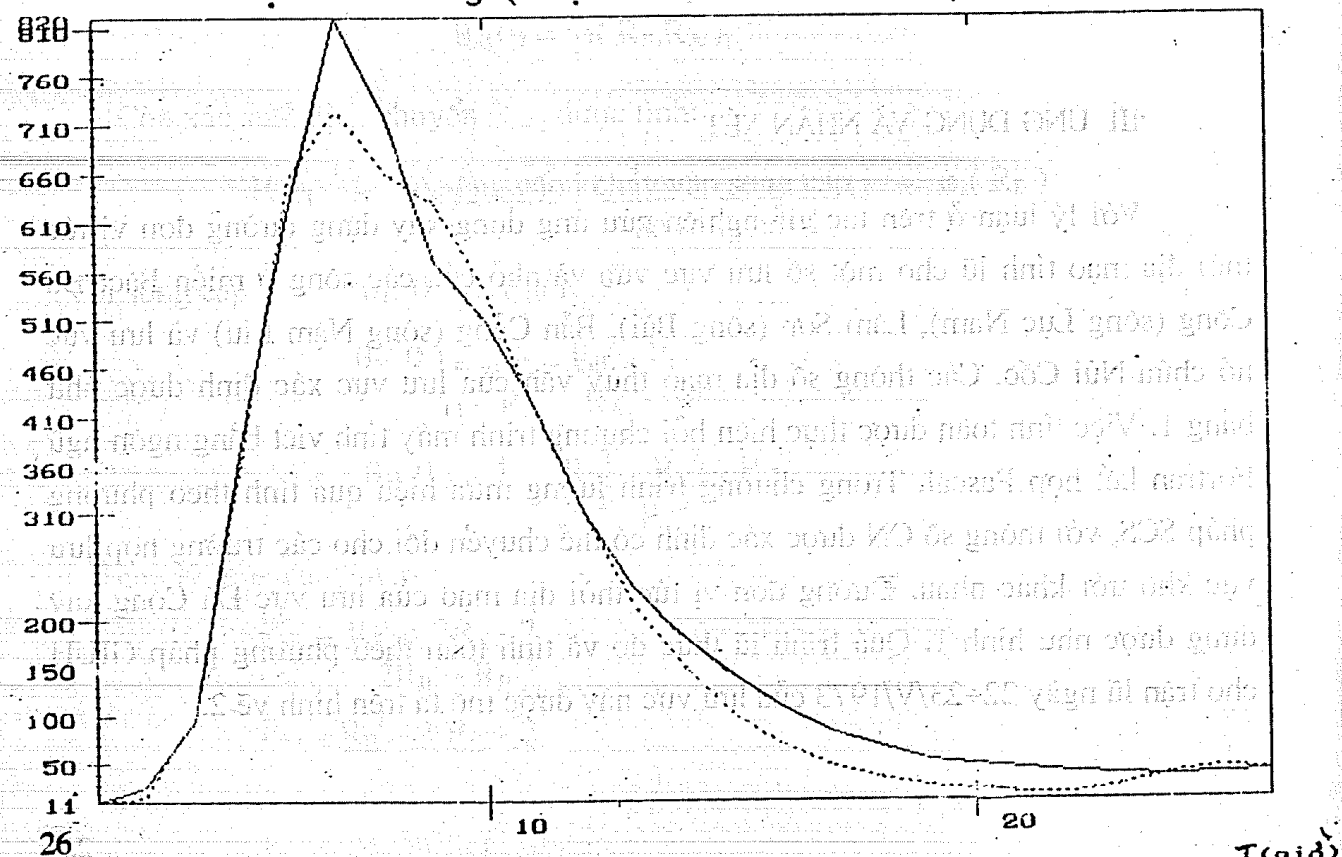
III. ỨNG DỤNG VÀ NHẬN XÉT

Với lý luận ở trên tác giả nghiên cứu ứng dụng xây dựng đường đơn vị tức thời địa mạo tính lũ cho một số lưu vực vừa và nhỏ của các sông ở miền Bắc: Đá Cỏng (sông Lục Nam), Lâm Sơn (sông Bùi), Bản Củng (sông Nậm Mu) và lưu vực hồ chứa Núi Cốc. Các thông số địa mạo thuỷ văn của lưu vực xác định được như bảng 1. Việc tính toán được thực hiện bởi chương trình máy tính viết bằng ngôn ngữ Fortran kết hợp Pascal. Trong chương trình lượng mưa hiệu quả tính theo phương pháp SCS, với thông số CN được xác định có thể chuyển đổi cho các trường hợp lưu vực khô ướt khác nhau. Đường đơn vị tức thời địa mạo của lưu vực Đá Cỏng xây dựng được như hình 1. Quá trình lũ thực đo và tính toán theo phương pháp GIUH cho trận lũ ngày 22÷23/V/1973 của lưu vực này được mô tả trên hình vẽ 2.

ĐƯỜNG ĐƠN VỊ TỨC THỜI ĐỊA MẠO



QUÁ TRÌNH LŨ TÍNH THEO G.I.U.H.



Bảng 1. Các thông số địa mạo thuỷ văn của một số lưu vực

Lưu vực	Sông	Diện tích (km2)	R_B	R_L	R_A
Đá Cổng	Lục Nam	129	4	1,45	4,2
Núi Cốc	Công	535	5	3,7	10,5
Bản Củng	Nậm Mu	2620	4	2,50	4,7

Tuy còn vài điểm lý luận phải bàn, song việc xác định sự tập trung dòng chảy theo GIUH có khái niệm vật lý rõ ràng. Nó đã đưa hướng mới để xác định đường đơn vị mà không cần tài liệu mưa và dòng chảy, mặt khác nó lại yêu cầu tài liệu thuỷ văn rất ít. ứng dụng GIUH tính thử với một số trận lũ của một số lưu vực cho kết quả khả quan, có thể đáp ứng được yêu cầu tính toán thực tế. Hy vọng GIUH chắc sẽ ứng dụng hiệu quả cho sản xuất.

Tài liệu tham khảo

1- Ly Lan - A Geomorphodimatic theory of the Instantaneous Unit Hydrograph (GIUH). Tập bài giảng SĐH, ĐHTL, 1996. (Đỗ Cao Đàm dịch).

2- Chow V.T. (ed.) - Applied hydrology. McGraw-hill International Book Company, New York, 1988.

3- Diệp Thủ Trạch - Mô hình hệ thống thuỷvăn (tài liệu dịch) - ĐHTL , Hà Nội - 1996.