

# ỨNG DỤNG GIS VÀ VIỄN THÁM MÔ PHỎNG BIẾN TRÌNH LƯU LƯỢNG DÒNG CHẢY MƯA CƠN LƯU VỰC SÔNG NĂNG, TỈNH BẮC KẠN

**Lê Như Ngà** - Viện Cơ học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

**Nguyễn Ngọc Thạch** - Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

**Lã Thanh Hà** - Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi Khí hậu

**N**ghiên cứu áp dụng công cụ GIS, dữ liệu viễn thám và phương pháp Travel time (thời gian di chuyển) để tính toán, mô phỏng biến trình lưu lượng dòng chảy mưa cơn cho lưu vực Sông Năng, tỉnh Bắc Kạn. Thông tin về lớp phủ bề mặt được xác định theo chỉ số thảm thực vật NDVI từ ảnh Landsat và bản đồ sử dụng đất. Sử dụng phương pháp curve number (NRCS-CN) của Mỹ để xác định khả năng sinh ra dòng chảy mặt của mưa. Đặc trưng thủy vực được triết xuất trực tiếp từ mô hình độ cao số DEM theo bản đồ địa hình 1:50.000 bằng phần mềm GIS - ArcHydro. Mô hình được hiệu chỉnh, so sánh với lưu lượng đo đạc tại trạm thủy văn Đầu Đẳng. Mô hình lưu lượng đã được hiệu chỉnh này sẽ được sử dụng để mô phỏng nguy cơ lũ quét cho lưu vực sông Năng, tỉnh Bắc Kạn.

## 1. Giới thiệu

Tổ chức Khí tượng Thế giới (WMO) xếp lũ quét vào dạng thiên tai nguy hiểm chết người nhất dựa trên tỷ lệ thương vong, thậm chí đối với cả Mỹ, nước có thiết bị và công nghệ dự báo, cảnh báo tiên tiến nhất [7]. Khác với lũ thông thường, lũ quét thường xảy ra bất ngờ trong thời gian ngắn, trên các lưu vực nhỏ, vùng đồi núi, địa hình dốc, và có lưu tốc cao [2, 6, 8]. Vì vậy, các phương pháp thủy văn, thủy lực thông dụng vẫn còn gặp nhiều khó khăn trong việc dự báo, cảnh báo lũ quét hiệu quả [6, 8].

Mưa là một trong những nhân tố chính gây ra lũ quét từ dòng chảy mặt. Với bề mặt lớp phủ, tính chất đất đá, địa hình/địa mạo thủy văn khác nhau, cường độ và tần suất lũ quét cũng khác nhau giữa các lưu vực [2, 6]. Hiện nay, với sự trợ giúp của dữ liệu viễn thám và công cụ hệ thống thông tin địa lý (GIS) các thông tin này được cập nhật và mô phỏng tốt hơn và do vậy cũng cho kết quả mô phỏng dòng chảy mặt tốt hơn [1, 3].

Các mô hình thủy văn, thủy lực truyền thống đã được sử dụng từ rất lâu để mô phỏng biến trình lưu lượng, lũ lụt cho các lưu vực sông hiệu quả. Nhưng, phương pháp này đòi hỏi dữ liệu địa hình, các thông số thủy văn của lưu vực sông đo đạc chi tiết và điều này thường dễ dàng hơn thực hiện cho khu vực hạ lưu nhưng lại rất khó khăn và nhiều khi

không thể ở khu vực miền núi cao, nơi lũ quét thường xảy ra [3].

Mô hình thủy văn trong GIS đã được quan tâm trong thời gian gần đây để mô phỏng dòng chảy mặt của lưu vực từ lưu lượng mưa trung bình theo cơn, tháng, mùa, năm và cả biến trình mưa theo giờ [1, 5]. Mô phỏng biến trình lưu lượng theo giờ là yếu tố quan trọng để mô phỏng lũ quét vì lũ diễn ra rất nhanh sau đỉnh mưa.

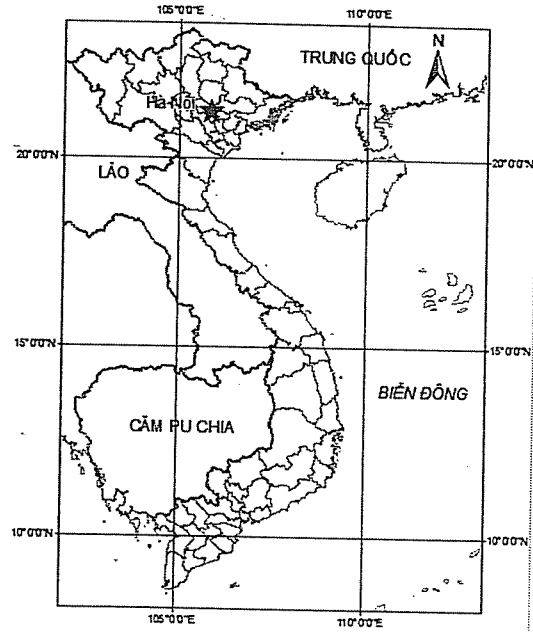
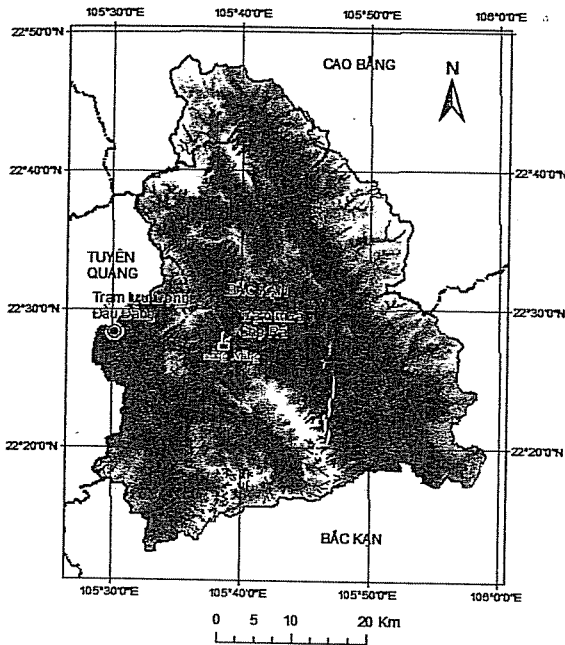
Nghiên cứu này áp dụng phương pháp thời gian chuyển động (Travel time), công cụ GIS, dữ liệu viễn thám, bản đồ địa hình và bản đồ sử dụng đất để mô phỏng biến trình lưu lượng từng giờ (hydrograph) cho mưa cơn cho lưu vực sông Năng, tỉnh Bắc Kạn. Kết quả hydrograph tại mọi ô lưới của miền tính sẽ là đầu vào tin cậy để xác định nguy cơ lũ quét cho lưu vực. Tại lưu vực này hàng năm xuất hiện lũ quét gây thiệt hại về người và tài sản và là khu vực thiếu rất nhiều dữ liệu đo đạc chi tiết tham số thủy văn vì là vùng núi cao, hiểm trở rất khó thực hiện đo đạc.

## 2. Vùng nghiên cứu

Lưu vực sông Năng nằm chủ yếu thuộc phía bắc địa phận tỉnh Bắc Kạn nhưng một phần phía đông bắc và bắc của lưu vực thuộc tỉnh Cao Bằng và một phần nhỏ phía tây thuộc tỉnh Tuyên Quang. Sông Năng là một phần của thượng nguồn Sông Gâm (hình 1).

Lưu vực thuộc khu vực nhỏ, đồi núi cao: có diện tích (tính theo GIS) khoảng 2026 km<sup>2</sup>, độ cao trung bình khoảng 600 m, nhỏ nhất 72 m và lớn nhất

1980 m; độ dốc trung bình từng pixel rất lớn, khoảng 0,34 m/m, nhỏ nhất 0 m/m và lớn nhất là 2,13 m/m.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu, lưu vực sông Năng, Bắc Kạn

### 3. Phương pháp nghiên cứu

Mô hình tổng quan của phương pháp được chỉ ra ở hình 2.

#### 3.1. Dữ liệu sử dụng đất

Dữ liệu sử dụng đất và lớp phủ bề mặt là một tham số đầu vào chính của mô hình thủy văn bao gồm tính chất vật lý và tính chất sử dụng. Các tính chất này quyết định mức độ sinh ra dòng chảy mưa mặt (run-off) và khả năng di chuyển của chúng trên bề mặt (hệ số ma sát Manning).

Theo cơ cấu sử dụng đất từ bản đồ sử dụng đất năm 2010 (hình 3) thì vùng nghiên cứu bao gồm chủ yếu là đất rừng và đồi núi và do thiếu dữ liệu sử dụng đất tương ứng với dữ liệu lưu lượng tại Trạm Thủy văn Đầu Đăng năm 1973-1976 nên chọn dữ liệu sử dụng đất năm 2010 thay thế.

Nhiều yếu tố bề mặt có lớp phủ khác nhau nhưng lại cùng loại sử dụng đất và ngược lại. Do vậy, trong nghiên cứu này đã sử dụng nguồn dữ liệu viễn thám Landsat để bổ sung thông tin về lớp phủ cho dữ liệu sử dụng đất. Dữ liệu viễn thám được xem là nguồn dữ liệu cập nhật, chi tiết và có độ tin cậy cao đối với thông tin lớp phủ bề mặt và

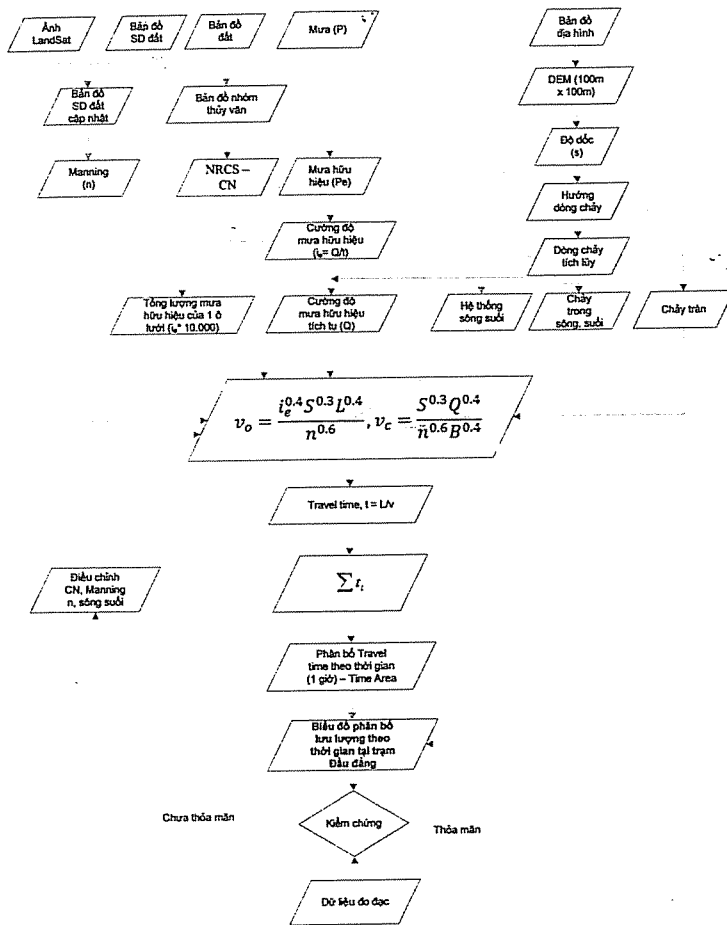
được ứng dụng vào nghiên cứu thủy văn, thủy lực và tài nguyên nước từ rất lâu. Ảnh Landsat là một trong những nguồn ảnh đa phổ hiếm hoi có độ phân giải cao đưa vào ứng dụng từ những thập niên 1970 và đang được cung cấp miễn phí trên internet.

Hai ảnh Landsat MSS chụp vào ngày 21-7-1973 tại ROW=45, PATH=136 và ngày 30-12-1973 tại ROW=44, PATH=136. Đây là ảnh thuộc vệ tinh Landsat 1 và đa phổ tần Multispectral Scanner (MSS) với độ phân giải không gian 68mx83m và phân giải phổ tần số gồm 4 bands (4, 5, 6, 7).

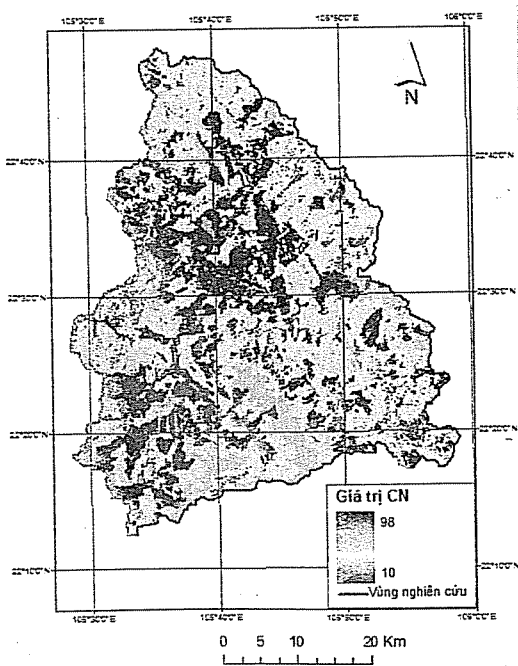
Thông tin lớp phủ, NDVI cho năm 1973 được triết xuất từ ảnh Landsat năm 1973 bằng phần mềm ERDAS Imagine 9.1 và theo công thức tính (1). Kết quả giá trị NDVI (hình 4) được dùng để hiệu chỉnh lớp sử dụng đất 2010 (hình 3) cho phù hợp với tính chất lớp phủ năm 1973. NDVI được xác định theo công thức dưới đây:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

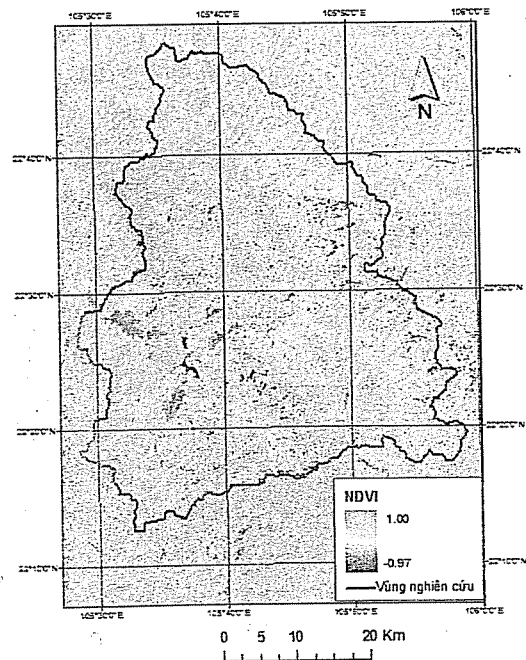
Trong đó, NIR – band Near infrared, RED – band Red (band số 6+7).



**Hình 2. Mô hình tổng quan xây dựng biểu đồ lưu lượng từ mưa cơn theo giờ**



**Hình 3. Biểu đồ sử dụng đất năm 2010 của khu vực nghiên cứu**



**Hình 4. Giá trị NDVI năm 1973 của khu vực nghiên cứu**

### 3.2. Dữ liệu đất

Đất là yếu tố có ít biến động do vậy có thể sử dụng bản đồ đất hiện tại cùng với thông số lớp phủ năm 1973 để xây dựng lớp thông tin về khả năng sinh ra dòng chảy mặt.

Khu vực nghiên cứu gồm 31 loại đất khác nhau

thuộc 5 nhóm chính: I. Đất phù sa, II. Đất đen, III. Đất đỏ vàng, IV. Đất mùn vàng đỏ trên núi và V. Đất thung lũng. Các loại đất được phân thành 4 nhóm đất (A, B, C và D) theo đặc trưng thủy văn như ở bảng 1 và 2.

**Bảng 1. Phân loại nhóm đất theo đặc trưng thủy văn của NEH-4, NRCS 2007, Mỹ [7]**

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A | Khả năng sinh ra dòng chảy mặt ít nhất. Nhóm này cho phép nước thấm nhanh qua liên tục khi đã bão hòa. Thuộc loại cát. Thành phần: cát (sỏi, cuội) dày, có thể có lẫn rất ít phù sa, sét (<10%).                                                                          |
| B | Khả năng sinh ra dòng chảy mặt trung bình thấp. Nhóm này có mức độ thấm trên trung bình sau khi đã bão hòa. Thuộc loại mùn cát. Thành phần: thường là đất pha cát mịn hoặc cát mịn pha nhưng mỏng hơn ở nhóm A. Thường chứa 10-20% sét và 50-90% cát, hoặc >35 đá bờ rời. |
| C | Khả năng sinh ra dòng chảy mặt trung bình. Nhóm này có mức độ thấm dưới trung bình sau khi đã bão hòa. Thuộc loại đất pha sét, pha cát, pha mùn. Thành phần: chứa 20-40% sét và <50% cát (hoặc có thể là đá bờ rời >35%) và có chứa mùn, phù sa.                          |
| D | Khả năng sinh ra dòng chảy mặt lớn nhất. Nhóm này không cho hoặc gần như là không cho nước thấm qua khi đã bão hòa. Thuộc đất sét. Thành phần: đất với >40% sét, <50% cát mịn.                                                                                            |

**Bảng 2. Phân loại đất theo 4 nhóm thủy văn của lưu vực sông Năng, Bắc Kạn**

| Loại đất | Nhóm thủy văn | Loại đất | Nhóm thủy văn | Loại đất | Nhóm thủy văn | Loại đất | Nhóm thủy văn |
|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|
| D        | B             | Fv       | C             | W        | D             | Vg       | B             |
| Da       | A             | Ha       | B             | Ah       | B             | VI       | B             |
| Fa       | C             | Hq       | B             | E        | A             | Xu       | C             |
| Fk       | C             | Hs       | B             | Ec       | A             | Xf       | C             |
| FI       | C             | Hv       | B             | Fh       | C             | Xg       | C             |
| Fp       | C             | Pc       | B             | Fr       | C             | Xh       | C             |
| Fq       | C             | Py       | B             | Rh       | C             | Xm       | C             |
| Fs       | C             | Rk       | B             | Rv       | C             | -        | -             |

### 3.3. Xác định NRCS – CN

Từ đầu những năm 1950, Natural Resources Conservation Service, Mỹ đã xây dựng và đưa vào áp dụng công thức thực nghiệm NRCS-CN (curve numbers) để tính trực tiếp tổng lượng dòng chảy mặt cho những lưu vực nhỏ. Phương pháp này chỉ tính được tổng lượng dòng chảy mặt của lưu vực cho từng cơn mưa mà không xây dựng được biến trình lưu lượng chi tiết (VD, theo giờ) tại cửa ra.

Mưa rơi xuống bề mặt trái đất, một phần sẽ bốc hơi trở lại không khí, một phần bị giữ lại do quá trình hấp thụ của lớp phủ và đất, một phần thấm qua lớp mặt đi vào tầng nước ngầm và phần còn lại sẽ sinh ra dòng chảy mặt theo độ dốc qua khe, suối, sông, hồ xuôi dẫn về phía hạ lưu và thường cuối

cùng là ra biển [3]. Hệ số thực nghiệm CN thể hiện khả năng sinh ra dòng chảy mặt từ mưa của cả một lưu vực hoặc một điểm nào đó trong lưu vực. CN phụ thuộc tính chất thủy văn của đất, tính chất và độ dày của lớp phủ bề mặt, điều kiện thủy văn (mức độ bão hòa) của lưu vực [7] và một số giá trị CN cho vùng nghiên cứu được chỉ ra ở bảng 3. Khi đã xác định được CN thì lưu lượng  $Q (= P_e \times \text{Diện tích lưu vực})$  cho toàn lưu vực có thể được xác định thông qua công thức (2) [7]:

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}, \quad CN = \frac{1000}{10 + S/25.4} \quad (2)$$

Trong đó,  $P_e$  – lượng mưa hữu hiệu (mm);  $P$  – lượng mưa (mm);  $S$  – khả năng lưu trữ cực đại của bề mặt (mm).

**Bảng 3. Ví dụ 10 trong số 59 loại sử dụng đất và giá trị CN (AMC-II) của khu vực Sông Năng, Bắc Kạn được xác định dựa theo NRCS 2007, Mỹ [7]**

| STT | Mã sử dụng đất | Loại sử dụng đất                 | CN |    |    |    |
|-----|----------------|----------------------------------|----|----|----|----|
|     |                |                                  | A  | B  | C  | D  |
| 1   | BCS            | Đất bằng chưa sử dụng            | 76 | 85 | 90 | 92 |
| 2   | BHK            | Đất bằng trồng cây hàng năm khác | 66 | 75 | 82 | 85 |
| 3   | CAN            | Đất an ninh                      | 84 | 90 | 92 | 94 |
| 4   | CON            | Đất cỏ tự nhiên có cải tạo       | 52 | 70 | 80 | 84 |
| 5   | CQP            | Đất quốc phòng                   | 84 | 90 | 92 | 94 |
| 6   | DCH            | Đất chợ                          | 84 | 90 | 92 | 94 |
| 7   | DCS            | Đất đồi núi chưa sử dụng         | 88 | 92 | 95 | 96 |
| 8   | DGD            | Đất cơ sở giáo dục - đào tạo     | 84 | 90 | 92 | 94 |
| 9   | DGT            | Đất giao thông                   | 82 | 89 | 92 | 93 |
| 10  | DRA            | Đất bãi thải, xử lý chất thải    | 59 | 74 | 82 | 87 |

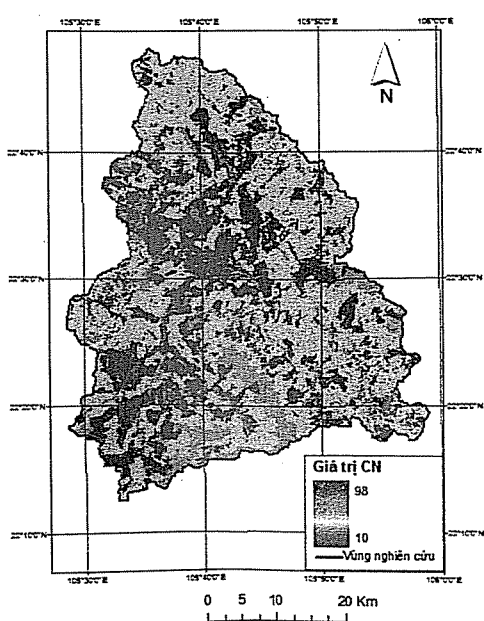
Trong nghiên cứu này, Q được tính cho từng điểm thay vì cho toàn lưu vực và do vậy CN cũng được xác định cho từng điểm. Kết hợp lớp bản đồ đất đã được phân loại theo tính chất thủy văn và lớp bản đồ sử dụng đất sau khi đã hiệu chỉnh tính chất của lớp phủ thông qua phân loại NDVI (hình 3) và theo hướng dẫn của Natural Resources Conservation Service [7] để xây dựng lớp bản đồ phân bố CN. Ví dụ một số loại lớp phủ và đất được gán CN chỉ ra ở bảng 4 và kết quả phân bố CN chỉ ra ở

hình 5. NRCS phân ra 3 loại CN tương ứng điều kiện bảo hòa (AMC - Antecedent Moisture Condition) khác nhau của mặt đất (thấp/khô: AMC-I, trung bình/bình thường: AMC-II và cao/ẩm ướt: AMC-III). CN tương ứng với AMC-I và AMC-III được tính từ CN tương ứng với AMC-II theo công thức (3) [7]:

$$CN_I = \frac{4.2 \cdot CN_{II}}{10 - 0.0058 \cdot CN_{II}}, \quad CN_{III} = \frac{23 \cdot CN_{II}}{10 + 0.13 \cdot CN_{II}} \quad (3)$$

**Bảng 4. Phân loại AMC**

| AMC | Tổng lượng mưa trong 5 ngày trước (mm) |                                  |
|-----|----------------------------------------|----------------------------------|
|     | Thời kỳ lớp phủ không phát triển (8-1) | Thời kỳ lớp phủ phát triển (2-7) |
| I   | <12,7                                  | <35,6                            |
| II  | 12,7 – 27,9                            | 35,6 – 53,3                      |
| III | >27,9                                  | > 53,3                           |



**Hình 5. Phân bố CN tương ứng với AMC-II**

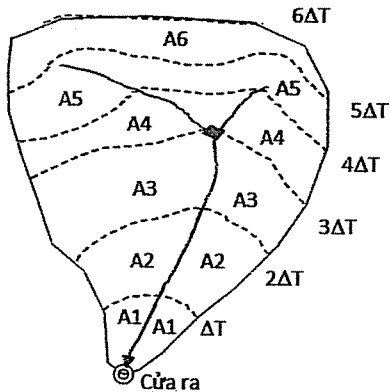
### 3.4. Dữ liệu lưu lượng và mưa

Đã thu thập lưu lượng tại Trạm Thủy văn Đầu Đăng, trạm đặt ở cuối lưu vực (xem vị trí trạm trong hình 1), trong mùa mưa của 4 năm 1972-1975 với mục đích để hiệu chỉnh và kiểm chứng mô hình thủy văn. Dữ liệu đo từng 6h đối với thời tiết bình thường, 3giờ và 1giờ đối với thời tiết mưa lũ.

Thu thập dữ liệu mưa giờ tại Trạm Khí tượng Chợ Rã (xem vị trí trạm trong hình 1) từ năm 1972-1976.

### 3.5. Phương pháp Time-Area (Travel time)

Phương pháp này đã được I. Muzik áp dụng từ những năm 1996 [5]. Lượng mưa hiệu quả sinh ra dòng chảy mặt sẽ chảy tràn trên bề mặt hoặc trong kênh. Theo Muzik, toàn bộ lượng mưa hữu hiệu tại mỗi ô lưới trong lưu vực sẽ mất một khoảng thời gian nhất định để di chuyển ra tới điểm cuối (outlet) của lưu vực gọi là Travel time như mô tả ở hình 6. Do vậy, để xây dựng được biểu đồ diễn biến lưu lượng tại outlet của lưu vực theo thời gian cần xác định được Travel time của từng ô lưới.



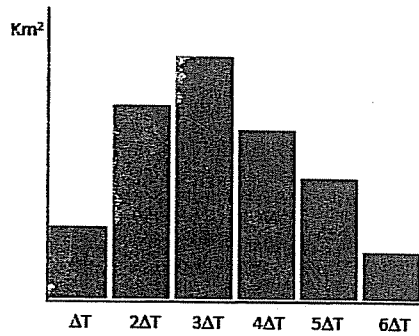
**Hình 6. Sơ đồ đường đẳng thời gian di chuyển ra tới cửa của nước mặt**

Trong nghiên cứu này, những dòng chảy trên ô lưới mà chỉ đổ nước vào các ô lưới khác và không nhận nước từ bất kỳ ô lưới khác gọi là dòng chảy tràn trên bề mặt (overland flow), còn lại dòng chảy trên những ô lưới nhận nước từ một hoặc nhiều ô lưới khác gọi là dòng chảy trong kênh (channel flow) [3]. Mô hình tính Travel time cho hai loại dòng chảy này là khác nhau (xem công thức (4)).

Dòng chảy tràn trên bề mặt được xây dựng từ sự kết hợp giữa việc xấp xỉ sóng Kinematic liên tục và phương trình Manning, dòng chảy trong kênh được xây dựng dựa trên phương trình Manning và phương trình liên tục [3]:

$$v_o = \frac{i_o^{0.4} S^{0.5} L^{0.4}}{n^{0.6}}, v_c = \frac{S^{0.5} Q^{0.4}}{n^{0.6} B^{0.4}} \quad (4)$$

Trong đó,  $v_o$ ,  $v_c$  – vận tốc chảy trên mặt, trong



**Hình 7. Biểu đồ diện tích theo thời gian di chuyển ra tới cửa của nước mặt**

kênh (m/s),  $i_e$  – cường độ mưa hừa hiệu (m/s),  $L$  – độ dài quãng đường nước chảy qua (m,  $= 100$  đối với hướng chảy dọc hoặc ngang ô lưới và  $= 141$  đối với hướng chảy chéo ô lưới),  $S$  – độ dốc (m/m),  $n$  – hệ số ma sát Manning (xác định theo bảng),  $Q$  – lưu lượng tích lũy (m<sup>3</sup>/s),  $B$  – độ rộng kênh (m).

$$t = \frac{L}{v} \quad (5)$$

Trong đó,  $t$  – thời gian toàn bộ nước chảy qua 1 ô lưới (s),  $L$  – như công thức (4),  $v$  –  $v_o$ ,  $v_c$  trong công thức (4).

Khi đã xác định được  $t$  từ công thức (5) tại mỗi ô lưới thì có thể tính được thời gian để toàn bộ nước của ô lưới đó chảy ra đến cửa lưu vực. Khi đó, bản đồ đẳng thời gian ở hình 6 dễ dàng xây dựng và từ đó xây dựng biểu đồ biến trình lưu lượng tương tự ở hình 7 cũng sẽ được xác định.

**Bảng 5. Hệ số Maning theo sử dụng đất và theo Melesse, 2003 [1]**

| Loại sử dụng đất                | Hệ số Manning |
|---------------------------------|---------------|
| Đất dân cư, công trình xây dựng | 0,015         |
| Đất nông nghiệp                 | 0,04          |
| Đất rừng                        | 0,2           |
| Đất mặt nước                    | 0,08          |
| Đất trống, đồi núi trọc         | 0,055         |
| Đất chuyên dụng, khác           | 0,03          |

### 3.6. Xây dựng và kiểm chứng mô hình

Mô hình Travel time được lập trình và xây dựng bên trong phần mềm ArcGIS trong đó có sử dụng rất nhiều module phân tích không gian, số học bản đồ của ArcGIS Spatial Analyst.

Đã sử dụng 4 cơn mưa điển hình (có cường độ tương đối lớn, phân bố mưa rõ ràng) để hiệu chỉnh mô hình. Ví dụ kết quả hiệu chỉnh chỉ ra ở các hình 8, 9 và so sánh ở bảng 6.

- Mưa từ ngày 17-20/6/1972: lưu lượng tổng cộng là 128 mm, mưa giờ cực đại vào lúc 19-20 giờ sau thời

điểm bắt đầu là 18 giờ, ngày 17 với lưu lượng là 29,8 mm. Tổng lượng mưa 5 ngày trước là 16 mm và AMC I được chọn. Kết quả tính toán lưu lượng như ở hình 8.

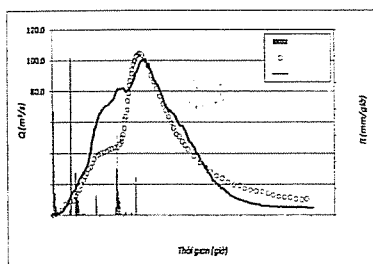
- Mưa từ ngày 8-15/6/1973: lưu lượng tổng cộng là 177,4 mm, mưa giờ cực đại vào lúc 1-2 giờ ngày 11/6 sau thời điểm bắt đầu là 73 tiếng với lưu lượng là 45,6 mm. Tổng lượng mưa 5 ngày trước là 22,3 mm và AMC I được chọn. Kết quả tính toán lưu lượng như ở hình 9.

- Mưa từ ngày 10/8/1974: cơn mưa rào kéo dài trong vòng 5 tiếng với lưu lượng tổng cộng là 35,4

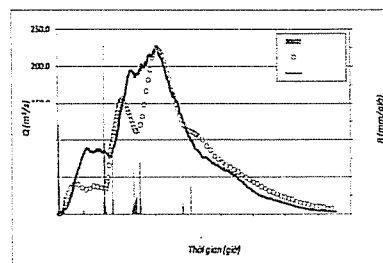
mm, mưa giờ cực đại ngay thời điểm bắt đầu với lưu lượng là 25,9 mm. Tổng lượng mưa 5 ngày trước là 8 mm và AMC I được chọn.

- Mưa từ ngày 5-9/5/1975: lưu lượng tổng cộng là

108 mm, mưa giờ cực đại vào lúc 19-20 giờ ngày 9/5 sau thời điểm bắt đầu là 96 tiếng với lưu lượng là 18,5 mm. Tổng lượng mưa 5 ngày trước là 18,3 mm và AMC I được chọn



**Hình 8. Biến trình lưu lượng tại trạm Đầu Đẳng đối với cơn mưa từ ngày 17-20/6/1972**



**Hình 9. Biến trình lưu lượng tại trạm Đầu Đẳng đối với cơn mưa 8-15/6/1973**

**Bảng 6. So sánh giữa tính toán và đo đạc**

| Cơn mưa      | Đo đạc |       | Tính toán |       | Tổng Q đo đạc (triệu m³) | Tổng Q tính toán (triệu m³) | Tính toán – Đo đạc (%) |      |        |
|--------------|--------|-------|-----------|-------|--------------------------|-----------------------------|------------------------|------|--------|
|              | Qmax   | Tmax  | Qmax      | Tmax  |                          |                             | Qmax                   | Tmax | Tổng Q |
| 17-20/6/1972 | 104,0  | 94,0  | 100,6     | 97,0  | 34,39                    | 37,02                       | -3,3                   | 3,2  | 7,6    |
| 8-15/6/1973  | 223,7  | 151,0 | 220,5     | 149,0 | 112,46                   | 119,32                      | -1,4                   | -1,3 | 6,1    |
| 10/8/1974    | 41,7   | 17,5  | 48,5      | 17,0  | 6,14                     | 5,51                        | 16,3                   | -2,9 | -10,2  |
| 5-9/5/1975   | 194,0  | 121,0 | 195,5     | 129,0 | 56,55                    | 61,16                       | 0,7                    | 6,6  | 9,9    |

## 4. Kết luận

Phương pháp viễn thám, GIS và Travel time cho kết quả:

- Về biên độ Qmax và pha Tmax đỉnh lũ là tương đối tốt kể cả đối với những trận mưa dài ngày và mưa rào trong vòng vài giờ;

- Về Q tổng, chênh lệch giữa tính toán và thực đo trung bình khoảng 8,4%;

- Trong phương pháp này đã áp dụng cho B (độ rộng kênh là 1m); với B > 1m thì Tmax thường chậm hơn so với thực đo và đỉnh lũ cũng tù hơn, ngược lại B < 1m thì Tmax lại diễn ra sớm và đỉnh lũ cũng nhọn hơn;

- Bộ tham số: giá trị CN, Manning, hệ thống kênh, độ rộng của kênh (B=1m), độ dốc, hướng dòng chảy sau khi đã được hiệu chỉnh với 4 trận mưa nêu trên sẽ được dùng để tính toán đối với các trận mưa gây ra lũ quét tại khu vực nghiên cứu trong những năm gần đây để xác định mối quan hệ giữa Qmax, Tmax với lũ quét và từ đó mô phỏng và xây dựng bản đồ nguy cơ lũ quét cho khu vực nghiên cứu đối với các kịch bản mưa giả định;

- Trong nghiên cứu này vì mô hình thủy văn được xây dựng với mục đích tiếp theo để mô phỏng lũ quét nên yếu tố bốc hơi và trao đổi với nước ngầm bị bỏ qua.

## Tài liệu tham khảo

1. Assefa M. Melesse, Wendy D. Graham, Jonathan D. Jordan (2003), "Spatially distributed watershed mapping and modeling: GIS-based storm runoff response and hydrograph analysis: Part 2". *Journal of Spatial Hydrology*, Vol.3, No.2 Fall 2003.
2. Cao Đăng Du; Lê Bắc Huỳnh; Bùi Văn Đức (1995). "Nghiên cứu nguyên nhân hình thành và các biện pháp phòng tránh lũ quét". *Tạp chí Thủy lợi*, số 311, trang 17-20.
3. Chow, V.T., Maidment, D.R., and Mays, L.W. (1988). *Applied Hydrology*, McGraw-Hill Inc., New York.
4. Hydrologic Research Center (2007). *Proposal of Prospectus for the implementation of a flash flood guidance system program*.
5. Muzik (1996). *A GIS-derived distributed unit hydrograph. HydroGIS 96: Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management (Proceedings of the Vienna Conference, April 1996)*. IAHS Publ. no. 235.
6. NOAA, COMET (2010). *Flash Flood Early Warning System Reference Guide*.
7. Natural Resources Conservation Service (2007). *National Engineering Handbook, Part 630 Hydrology, USA*.
8. University Corporation for Atmospheric Research (2010). *Flash flood early warning system reference guide*.