

MÔ HÌNH HÓA QUÁ TRÌNH MƯA - DÒNG CHÁY Ở LƯU VỰC ĐÔ THỊ

PTS. LÃ THANH HÀ
Viện Khí tượng Thủy Văn

I. MỞ ĐẦU

Dòng chảy do mưa ở bề mặt đô thị phụ thuộc vào chế độ khí tượng thủy văn, vấn đề sử dụng và cấu tạo hình học bề mặt của đất. Trong bài này mô tả những quy luật có tính phổ biến của quá trình vật lý của dòng chảy mặt. Tiếp đó giới thiệu các phương pháp tính toán và thảo luận về khả năng áp dụng phương pháp thích hợp trong điều kiện ở các đô thị nước ta.

II. VÀI NÉT VỀ LỊCH SỬ TÍNH TOÁN DÒNG CHÁY ĐÔ THỊ

Vấn đề tính toán dòng chảy đô thị đã có lịch sử hơn 100 năm và đang có bước tiến bộ vượt bậc cả về chất và lượng trong thời đại cách mạng khoa học kỹ thuật hiện nay. Năm 1880, công thức Burkli - Ziegler (Thụy Sĩ) được công bố và sau đó ở Mỹ, Kuichling (1889) giới thiệu công thức hợp lý nổi tiếng. Hai công thức trên là những bước đi ban đầu để tính toán dòng chảy ở những lưu vực đô thị. Cùng với các công thức này và các công thức nửa thực nghiệm được xây dựng sau đó, chỉ đánh giá lưu lượng lớn nhất, chủ yếu nhằm xác định kích thước đường ống thoát nước. Tiếp theo, một số phương pháp được xây dựng đưa vào các thông tin về mối quan hệ mưa - dòng chảy, như phân bố dòng chảy theo thời gian, nhằm mô tả đúng đắn và chi tiết hơn quá trình này. Các phương pháp này bắt đầu được gọi là các mô hình. Nói chung, các mô hình như vậy mô tả với mức độ khác nhau tính đơn giản và mức độ hợp lý của quá trình chuyển hóa từ mưa đến dòng chảy.

Cũng cần bàn thêm về thuật ngữ "mô hình". Lúc đầu người ta quan niệm mô hình theo nghĩa hẹp, nghĩa là, mô hình là một phương pháp hay thuật toán được mã hóa để áp dụng với sự giúp đỡ của máy tính. Phù hợp với thực tiễn hiện nay khi mô phỏng quá trình thủy văn, đều thống nhất quan niệm rằng mô hình (chính xác hơn là mô hình toán học miêu tả) là phương pháp để diễn tả bằng toán học quá trình vật lý mối quan hệ khí tượng - thủy văn. Quan hệ này nhận các giá trị khác nhau của đại lượng vào (điều kiện ban đầu và điều kiện biên) để chuyển hóa thành các giá trị tương ứng của đại lượng ra.

Trước đây khi chưa có máy tính điện tử, các mô hình dòng chảy đô thị thường bị đơn giản trong quá trình tính toán. Tuy vậy, nó vẫn đảm bảo tính hợp lý và dễ hiểu. Sự hạn chế của quá trình mô hình hóa về đại thể là số lượng tính toán để xây dựng các mô hình thực hành. Sự xuất hiện máy tính đầu những năm 1960 đã làm thay đổi một cách đáng kể lý luận về mô hình hóa, nó cho phép xây dựng mô hình chi tiết hơn, với khối lượng tính toán lớn. Các mô hình dần dần được mở rộng để nắm được các quy luật vật lý bên trong mối quan hệ giữa các thông số mô hình, cũng như bổ sung các số liệu cần thiết ở các lưu vực thiếu hoặc không có số liệu. Trong những năm gần đây có xu hướng phát triển các mô hình chuyên dụng, nhằm giải quyết những vấn đề thoát nước, những khu vực riêng biệt và với những nhiệm vụ cụ thể. Tuy vậy, các mô hình sử dụng máy tính, đáng tiếc là ở mức độ nào đó, đã làm lệch các tiêu chuẩn chọn mô hình, xa rời tính tất nhiên và ngẫu nhiên của hiện tượng thủy văn do cố gắng xây dựng một mô hình mềm dẻo dễ sử dụng.

Dưới đây, chúng tôi giới thiệu những tính chất vật lý chung của quá trình mưa - dòng chảy của lưu vực đô thị. Trên cơ sở đó, thảo luận một vài khía cạnh về mặt lý luận khi chọn phương pháp mô phỏng thích hợp cho lưu vực đô thị, đặc biệt là cho lưu vực đô thị nước ta.

III. QUÁ TRÌNH VẬT LÝ CỦA DÒNG CHÁY DO MƯA Ở LƯU VỰC ĐÔ THỊ

Theo tính chất vật lý của quá trình chuyển hóa, quá trình mưa - dòng chảy đô thị có thể chia thành 3 pha cơ bản: mưa, dòng chảy mặt và dòng chảy trong hệ thống thoát nước. Quá trình hình thành mưa đô thị được đặc trưng bởi sự phân bố theo không gian, thời gian và tần suất xuất hiện. Phương pháp xác định các đặc trưng mưa có thể được xây dựng theo các cách khác nhau, phụ thuộc vào mục tiêu phân tích quan hệ mưa - dòng chảy. Việc thảo luận về mưa đô thị đã được đề cập trong báo cáo trước đây [1].

Dòng chảy mặt đô thị hình thành chủ yếu từ mưa hiệu quả, nghĩa là lượng mưa đã khấu trừ tổn thất. Sự tham gia trở lại của dòng chảy sát mặt nói chung không đáng kể (trừ các trường hợp đối với các ống thoát bị rò rỉ tại các điểm nối, đường ống vỡ hay rạn nứt v.v.). Trong trận mưa, lượng bốc hơi từ mặt nước và thám thực vật nói chung chiếm tỷ lệ nhỏ trong tổng tổn thất, trong khi đó lượng thấm vào các lớp đất tự nhiên hoặc quy hoạch chưa xây dựng là đáng kể nhất, phụ thuộc vào loại và cách thức sử dụng đất và thay đổi theo mùa. Diền trũng là một vấn đề rất phức tạp trên bề mặt đô thị, nó phụ thuộc vào quy hoạch và điều kiện địa hình tự nhiên vốn có của đô thị. Lượng diền trũng có thể chia thành hai loại: loại diền trũng tự nhiên như ao hồ kín, loại nhân tạo như các hò trũng do xây dựng không theo quy hoạch, các vũng trũng có cao độ thấp hơn cao trung của thoát... Do vậy, việc xác định diền trũng chỉ là ước lượng. Tỷ lệ tổn thất ban đầu phụ thuộc vào tình hình mặt đệm và cường độ của trận mưa. Ở đô thị các nước châu Âu, tổn thất ban đầu nhỏ do hệ thống thoát nước đã sẵn sàng hoạt động khi trận mưa bắt đầu, ngược lại ở thành phố Hà Nội, do xây dựng và mở rộng đô thị, lượng nước bị trữ lại do các ga thu và cống, mương thoát bị tắc và bồi lấp, gây ra diền trũng cục bộ rải rác khắp thành phố.Thêm vào đó, do cấu trúc đô thị ở nước ta, dòng chảy sau khi đã hình thành trên nền cứng (mái nhà, đường phố rái nhựa...) lại chảy qua diện tích thấm (vườn, khu đất trống,...) nên cũng tham gia vào quá trình thấm và diền trũng, do vậy qua tính toán sơ bộ cho khu vực Cầu Giấy - Láng Thượng đi đến kết luận rằng lượng tổn thất diền trũng chiếm tỷ lệ lớn nhất trong tổng tổn thất. Các đặc trưng thủy văn của bề mặt đô thị thay đổi rõ rệt qua sử dụng đất và thời gian mùa.

Diện tích đô thị được chia thành diện tích tương đối không thấm như đường phố, hè đường, đường ô-tô, bãi đỗ xe, nhà dân và các mái nhà cao và diện tích thấm gồm các bãi cỏ, vườn, các bãi đất trống và công viên. Lượng mưa hiệu quả hình thành trên các diện tích ở trên được dẫn trực tiếp hoặc gián tiếp qua các đường ống khác nhau gần sát mặt đất hoặc qua các rãnh thoát để đến ga thu và sau cùng dẫn vào hệ thống cống hoặc kênh hở. Cấu tạo hình học của bề mặt đô thị trên toàn khu vực đô thị hay chỉ một khu vực cục bộ cũng rất khác nhau và đa dạng. Tính tự nhiên không đồng nhất như vậy đã gây ra khó khăn lớn khi mô hình hóa chính xác dòng chảy do mưa đô thị. Mỗi một diện tích yêu cầu một cách giải quyết hay xử lý riêng biệt và đặc thù để phù hợp với yêu cầu tính toán đặt ra. Để đảm bảo độ chính xác, thường phải chi phí tổn kém và nhiều khi không thực tế như ở thành phố Hà Nội hiện nay. Do vậy, trong thực tế cần phải đưa ra các giải pháp đơn giản nào đó, để có thể áp dụng và phân tích thực tế.

IV. CHẾ ĐỘ THỦY LỰC THỦY VĂN - DÒNG CHÁY ĐÔ THỊ

1. Đặc điểm thủy văn dòng chảy đô thị

Mặc dù địa hình bề mặt đô thị không đồng đều, song để đơn giản chúng ta vẫn có thể nắm được quá trình dòng chảy mặt qua nghiên cứu sự hình thành và tập trung dòng chảy từ mưa quá thấm ở một bề mặt dốc, đồng nhất, tương đối phẳng. Sau giai đoạn bão hòa, nước mặt bắt đầu tích lại trên bề mặt. Lúc đầu, khi lượng mưa còn ít và sức căng mặt ngoài còn chiếm ưu thế, các giọt nước được giữ lại tại các lỗ hổng cách ly nên không sinh dòng chảy. Nếu trận mưa tiếp tục, sức căng mặt ngoài không thắng nổi trọng lực và mô-men động lượng của các giọt

mưa được tạo thành do độ dốc bề mặt, nên các lỗ chứa nước cách ly bị hòa vào và hình thành dòng chảy trên mặt dốc.

Trận mưa vẫn tiếp tục làm cho 2 thành phần: lượng mưa rơi xuống lưu vực và dòng chảy dốc đều tăng theo thời gian. Trong các lớp thời gian đầu, dòng chảy chung của lưu vực được hình thành từ các phần diện tích sát mặt cắt khống chế. Khi dòng chảy từ điểm xa nhất của lưu vực tham gia dòng chảy chung tại mặt cắt khống chế thì toàn bộ diện tích lưu vực tham gia dòng chảy. Thời gian chuyển động của dòng chảy từ điểm xa nhất đến cửa ra của lưu vực thường được gọi là thời gian tập trung dòng chảy T_c . Trong mô hình dòng chảy đô thị, thời gian T_c rất quan trọng, nó là thông số cơ bản chỉ phối hoạt động của mô hình.

Tương tự như ở lưu vực tự nhiên, để hình thành dòng chảy trên mặt dốc đô thị, chiều sâu lớp nước mưa và gradien năng lượng phải thẳng được sức cản. Tuy vậy, khi chuyển động, sức cản dòng chảy lại tăng lên. Sức cản không chỉ phụ thuộc vào độ nhám bề mặt, chiều sâu dòng chảy v.v... mà còn phụ thuộc vào tính không ổn định và không đều của dòng chảy.

Trong thời gian mưa, tính chất chảy của dòng chảy càng phức tạp hơn do nhiều loạn bởi các hạt mưa rơi. Có thể thấy rõ điều này trong khi mưa rơi các hạt mưa chuyển khối lượng, động lượng và năng lượng cho dòng chảy. Sự va đập của các hạt mưa vào khối nước đang chảy không chỉ gây ra sức cản sóng đối với dòng chảy do sự biến dạng mặt nước mà còn làm thay đổi sức cản nhớt, từ đó dẫn đến sự thay đổi gradien tốc độ dòng chảy. Đối với dòng chảy tầng, tác động của các giọt mưa làm biến đổi quan hệ giữa số Rây-nôn và yếu tố sức cản. Tác động của hạt mưa biểu thị rõ rệt đối với nước nông hơn là nước sâu. Với kích cỡ và cường độ mưa đã cho, khi độ sâu dòng chảy càng lớn thì tác động của hạt mưa bị yếu đi.

Ngoài ra, sự tác động của nước mưa vào dòng chảy có thể gây ra chuyển động rối, thậm chí làm giảm sức cản do nhớt nếu trị số Rây-nôn của dòng chảy chưa đủ lớn, đặc biệt khi dòng còn ở trong trạng thái chảy tầng. Nếu cường độ mưa vượt quá cường độ thẩm và không đổi và thời gian mưa dài, dòng chảy dần dần tiến tới điều kiện cân bằng ổn định. Điều kiện này dễ dàng tạo ra được trong các phòng thí nghiệm nhưng không đạt được đối với các lưu vực đô thị. Ngoài tính tự nhiên và cấu trúc phức tạp của bề mặt đô thị, mưa đô thị cũng thay đổi theo thời gian và không gian hẹp. Vì vậy, không thể tìm thấy được một quá trình dòng chảy tương tự cũng như không thể có một trận mưa nào lặp lại y nguyên ở một lưu vực đô thị.

2. Đặc điểm thủy lực

Dòng chảy đô thị nói chung là dòng chảy không đều, không ổn định có mặt thoáng tự do. Dòng chảy có thể là chảy tầng hoặc chảy rối. Bằng toán học, dòng không ổn định được mô tả qua 2 phương trình đạo hàm riêng dạng hyperbol, thông dụng nhất là hệ phương trình Saint-Venant.

Phương trình động lực có thể viết dưới dạng sau:

$$\frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + (2\beta - 1) \frac{v}{g} \frac{\partial v}{\partial x} + (\beta - 1) \frac{v^2}{gA} \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{1}{gA} \int_{\sigma} (u_x - v) q_1 d\sigma + \frac{\partial Y}{\partial x} - S_o + S_f = 0 \quad (1)$$

Không quán tính

Sóng động lực gần ổn định

Sóng động lực

Sóng động học

Phương trình liên tục có dạng:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = \int_{\sigma} q_1 d\sigma \quad (2)$$

Nếu kênh lăng trụ hoặc quá rộng, ta có phương trình:

$$\frac{\partial Y}{\partial t} + \frac{\partial(VY)}{\partial t} = \frac{1}{b} \int_{\sigma} q_1 d\sigma \quad (2')$$

Ở đây:

x - hướng chảy được đo theo chiều ngang

Y - chiều sâu dòng chảy

$v = \frac{Q}{A}$ - tốc độ trung bình mặt cắt ngang

S_o, S_f - độ dốc kênh và độ dốc ma sát tương ứng

q_1 - lượng dòng chảy theo chiều dài kênh đơn vị dọc theo chu vi σ (qui định là dương).

u_x - thành phần tốc độ theo hướng x của dòng chảy luôn nhập vào sông chính.

b - độ rộng;

β - hệ số hiệu chỉnh.

Hệ phương trình Saint - Venant luôn luôn được nhìn nhận là hệ phương trình sóng đồng lực ở dạng hoàn thiện, nó bao gồm tất cả các nhân tố ảnh hưởng để biểu thị dòng chảy mặt có mặt thoáng tự do, không ổn định biến đổi chậm. Hai phương trình (1) và (2) được giải đồng thời với các điều kiện ban đầu và điều kiện biên để nhận các lời giải là vận tốc và chiều sâu dòng chảy. Phương pháp giải hệ (1) và (2) rất phong phú và đa dạng. Tuy nhiên, trong thực tế hiện nay, việc sử dụng hệ phương trình Saint - Venant cho dòng chảy đô thị rất phức tạp và hiếm khi được thỏa mãn. Chi phí cho tính toán cũng đáng kể song còn kém xa những yêu cầu về chi tiết hóa lưu vực, và phân bố mưa theo không gian và tính chất thủy văn thủy lực phức tạp của hệ thống thoát nước đô thị. Trong nhiều trường hợp, việc áp dụng phương trình Saint - Venant gặp sai số lớn đối với các lưu vực không đồng nhất và thay đổi theo thời gian (do quá trình đô thị hóa). Ví dụ: dòng chảy trên đường phố có bãi đỗ xe, khác với dòng chảy ở đường phố cùng loại nhưng không có bãi đỗ xe, dòng chảy tràn mặt khác nhau trước và khi thu dọn rác rưởi trên cùng một đường phố v.v.

Do vậy, để có thể áp dụng hệ phương trình (1) và (2') cho lưu vực đô thị đạt kết quả cho phép có thể thực hiện theo 2 cách: Thứ nhất là tập hợp hoặc hợp nhất những diện tích nhỏ thành diện tích chung để trung bình hóa các điều kiện thủy lực (lưu vực bộ phận) sau đó đưa vào mô hình tính toán. Do đó, các đặc trưng bề mặt chi tiết được thay thế bởi các đặc trưng hình học gộp chung trong lưu vực bộ phận.

Cách thứ hai là làm đơn giản hóa phương trình động lực. Có 3 dạng thức đơn giản hóa được ghi dưới phương trình (1). Phương trình động lực gần ổn định được sử dụng khi dòng chảy có tính bất ổn định không lớn nhưng dòng chảy rất không đều (lòng dẫn không lăng trụ). Phương trình không tuyến tính có khả năng áp dụng khi tác động của gia tốc cục bộ và đối lưu không đáng kể nhưng tác động của nước vật, chảy ngược từ hạ lưu còn rất mạnh.

Hiện nay, phương pháp thông dụng nhất là phương pháp sóng động học bởi vì phương pháp này tương đối dễ giải, nó chỉ cần một điều kiện biên trong khi các phương pháp khác cần 2 điều kiện biên. Trở ngại lớn nhất khi áp dụng phương pháp này là không có khả năng giải khi có tác động của nước vật. Tác động như vậy thường tồn tại trong dòng chảy mặt tới hạn nghĩa là khi dòng chảy tràn từ mặt các đường phố vào các rãnh thoát bên và hiện tượng chảy ngược thường xuất hiện tại các diện tích xung quanh các ga thu nước.

Mặc dù tính tự nhiên không đồng nhất, bề mặt đô thị luôn luôn được giải thích là một mặt phẳng rộng trong mô hình. Đối với lòng dẫn mở rộng, bán kính thủy lực bằng chiều sâu dòng chảy Y , do vậy phương trình động lực chỉ còn là phương trình động học: $S_o = S_f [1]$ hoặc dạng đơn giản là:

$$V = a.Y^m \quad (3)$$

Hoặc viết cho lưu lượng theo đơn vị chiều rộng lòng dẫn

$$q = a.Y^{m+1} \quad (4)$$

Ở đây: $m = \frac{2}{3}$ và $a = \frac{K_n \sqrt{S_o}}{n}$ - đối với công thức Manning.

$$m = \frac{1}{2} \text{ và } a = \left(\frac{8gS_o}{f} \right)^{1/2} \text{ - đối với công thức Darcy-Weisbach}$$

$$m = \frac{1}{2} \text{ và } a = C\sqrt{S_o} \text{ - đối với công thức Chezy}$$

Trong đó n là hệ số nhám Manning.

Nếu phương trình (3) hoặc (4) giải kết hợp với phương trình liên tục (2) ở dạng không tuyến tính, thì phương pháp đơn giản hóa này là phép gần đúng sóng động học không tuyến tính và thường được gọi tắt là phương pháp sóng động học. Nếu phương trình (3) hoặc (4) giải kết hợp với dạng tuyến tính được đơn giản hóa của phương trình liên tục (2) thì phép đơn giản hóa này là phép giải gần đúng sóng động học tuyến tính.

Kết hợp phương trình (3) với phương trình (2) và giả thiết a không phụ thuộc x ta nhận được:

$$\frac{\partial Y}{\partial t} + \frac{\partial(aY^{m+1})}{\partial x} = \frac{\partial Y}{\partial t} + (m+1)aY^m \frac{\partial Y}{\partial x} = i - f \quad (5)$$

Trong đó:

i - cường độ mưa rơi trên bề mặt,

f - cường độ thấm trên bề mặt đất.

Do phương trình (4) với a không phụ thuộc x , ta có:

$$\frac{\partial q}{\partial t} = (m+1)aY^m \frac{\partial Y}{\partial t}$$

Thay thế quan hệ trên vào phương trình liên tục ta nhận được phương trình sóng động học dạng phổ biến nhất trong mô hình dòng chảy đô thị:

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{1}{C} \frac{\partial q}{\partial x} = \frac{1}{C} (i - f) \quad (6)$$

Với $C = (m+1)a.Y^m$

Qua kinh nghiệm áp dụng cho một số lưu vực đô thị ở Mỹ và Tây Âu cho thấy cần hết sức thận trọng khi chọn các dạng phương trình đơn giản hóa để tính toán dòng chảy mặt. Chẳng hạn, nếu kích thước hình học của rãnh thoát nước ngắn được xác định rõ, các đặc trưng thủy lực của dòng chảy vào ga thu đã biết thì không được áp dụng phương trình sóng động học, cùng lầm mới có thể áp dụng phương trình không quán tính. Trái lại, khi tính toán cho một tập hợp như một mặt chảy phẳng thì không cần thiết phải sử dụng phương trình Saint-Venant dạng đầy đủ do các dữ liệu được tập hợp dưới dạng chung. Cũng như vậy, nếu mô hình hóa dòng chảy mặt chảy dài trên một nền cứng (nền không thấm) chỉ đơn thuần mô phỏng theo chiều dài, chiều rộng, độ dốc và độ nhám được bình quân hóa thì việc sử dụng phương trình sóng động học cũng đủ để tính toán.

V. CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN DÒNG CHÁY ĐÔ THỊ

Cũng tương tự như nghiên cứu quá trình mưa - dòng chảy ở lưu vực tự nhiên, hiện nay tồn tại 2 dạng lý luận tách biệt để nghiên cứu quá trình thủy văn ở lưu vực đô thị. Dạng thứ nhất là mô hình hóa dựa trên các quy luật vật lý để mô tả hiện tượng thủy văn một cách chặt chẽ nhất qua trình liên tục của hệ thống vật lý theo không gian và thời gian. Dạng thứ hai là xem xét giả thiết về sự tương tự nhận thức, tuy không xét đến quá trình vật lý, song việc mô

tả quá trình chuyển hóa để biểu thị kết quả vẫn thu được kết quả mỹ mãn. Các mô hình lập theo hướng này gọi là mô hình nhận thức. Dưới đây giới thiệu tóm tắt về hai loại mô hình đang được sử dụng rộng rãi trong tính toán dòng chảy đô thị.

1. Mô hình nhận thức

Nói chung, tất cả các mô hình nhận thức đều được xây dựng từ hai phương trình cơ bản:

$$\text{- Phương trình liên tục: } I - Q = \frac{dS}{dt} \quad (7)$$

$$\text{- Phương trình tích: } S = f(I, Q) \quad (8)$$

Trong đó:

I - đại lượng vào hệ thống tại thời điểm t (đại lượng mưa),

Q - đại lượng ra của hệ thống (lưu lượng dòng chảy)

S - lượng tích lại và f là hàm số biểu thị.

Một ví dụ điển hình của mô hình nhận thức là mô hình bể chứa tuyến tính của Nash (1957). Trong mô hình này, lưu vực không được chú ý đến đặc điểm hình học nhưng được nhìn nhận như là một chuỗi các bể chứa đồng nhất liên tục. Tại bất kỳ thời điểm nào, dòng chảy ra bể chứa tỷ lệ tuyến tính với lượng nước chứa trong đó.

Dòng chảy ra cuối cùng từ chuỗi bể chứa này chính là dòng chảy cửa ra của lưu vực.

Trong các mô hình nhận thức, hàm số f trong phương trình (8) được xây dựng dựa trên cơ sở thừa nhận hơn là tính vật lý. Chính sự thiết lập khác nhau về hàm số f đã phân loại các mô hình nhận thức. Một dạng phổ biến nhất của phương trình tích (8) theo Chow (1972) là:

$$S = \sum_i a_i \frac{d^i I}{dt^i} + \sum_j b_j \frac{d^j Q}{dt^j} \quad (9)$$

Trong đó các hệ số a_i, b_j là các hàm số của cả I và Q. Bạn đọc có thể tham khảo về vấn đề này trong các báo cáo của Chow (1972) và Yen (1983).

Hiện nay có hai hướng áp dụng mô hình nhận thức cho lưu vực đô thị. Thứ nhất, xem xét lưu vực đô thị như một khối không phân chia và áp dụng hệ thống giả thuyết cho toàn lưu vực. Hướng nghiên cứu này được gọi là phương pháp hệ thống thu gọn. Thứ hai, phân chia lưu vực thành các lưu vực bộ phận hoặc các cấu trúc thành phần và áp dụng hệ thống giả thuyết cho mỗi lưu vực bộ phận đó. Hướng này gọi là phương pháp hệ thống phân tích.

2. Mô hình vật lý

Như ở trên đã giới thiệu, các mô hình vật lý mô phỏng quá trình mưa dòng - chảy trên lưu vực trên cơ sở các quy luật vật lý.

Khi áp dụng mô hình vật lý, các giai đoạn sau đây của quá trình được xem xét sau khi các đại lượng mưa (hình dạng, cường độ, thời gian kéo dài) đã được xác định.

a) Sự phân chia lưu vực

Trong giai đoạn này, cần phải nắm được có bao nhiêu lưu vực bộ phận và các phần hợp thành để đưa vào mô hình. Có nên chỉ đơn thuần phân chia lưu vực thành các lưu vực bộ phận không; có nên tách các diện tích, thấm và không thấm không; các mái nhà và phân bố của nó được xử lý như thế nào trong mô hình; ao hồ và các khu tích nước được xem xét độc lập hay tách ra? Nếu các diện tích có các đặc tính khác nhau được liên kết lại thành một đơn vị càng nhiều thì mô hình càng đơn giản và do vậy tính vật lý chặt chẽ bị giảm đi.

b) Tính toán tổn thất

Tính toán tổn thất nghĩa là xác định lượng nước mưa không sinh dòng chảy mặt tức thời do thấm, diền trũng, bốc hơi v.v. Do vậy, độ chính xác về tính tổn thất do thấm là yếu tố quan trọng quyết định độ chính xác của mô hình. Có hai phương pháp tính tổn thất: thứ nhất,

tính tổn thất chung cho toàn lưu vực; thứ hai, tính chi tiết cho từng lưu vực bộ phận. Cách thứ hai có tính thực tiễn vật lý hơn. Tuy nhiên, cần rất nhiều thông tin vào. Một vấn đề cần được cân nhắc (nhất là đối với các đô thị ở Việt Nam như thành phố Hà Nội) liệu nước mưa được trữ lại trên mặt có tham gia vào quá trình thẩm không khi lượng mưa chưa đủ sinh dòng chảy. Nếu trận mưa nhiều đỉnh và kéo dài cần phải tính toán thêm lượng bốc hơi các loại từ mặt đất.

c) *Dòng chảy từ các lưu vực bộ phận*

Trong giai đoạn này có sự khác nhau rõ rệt giữa mô hình nhận thức và mô hình vật lý. Trong các mô hình vật lý, để tính toán dòng chảy mặt, phương trình động lực các dạng được sử dụng kết hợp với phương trình liên tục.

Trong phương trình liên tục dạng trung bình theo mặt cắt ngang như (phương trình 2 hoặc 2') hoặc dạng có thể điều chỉnh được như phương trình (7). Có thể sử dụng phương trình động lực ở dạng đầy đủ (1) hoặc các dạng đơn giản hóa, hoặc tốc độ xác định qua một vài kỹ thuật thực nghiệm, hoặc chỉ đơn giản là tốc độ giả định như trong phương pháp diện tích - thời gian (phương pháp đường đẳng thời).

Thực tế tính toán chỉ ra rằng không cần thiết chỉ dùng một phương pháp tính toán chung cho các dạng khác nhau trên bề mặt đô thị. Ví dụ, đối với diện tích thấm như vườn, công viên, đất còn canh tác nông nghiệp nên do có tính chất chung về thủy lực, địa chất nên tập hợp lại để có thể áp dụng phương pháp đường đẳng thời, song thường phổ biến nhất là sử dụng phương trình sóng động học để tính toán dòng chảy mặt. Trái lại, đối với vỉa hè, rãnh thoát nước và các khu vực xung quanh ga thu nước, do đặc tính hình học đã xác định rõ và có ảnh hưởng nước vật nên phương pháp sóng động học không cho kết quả phù hợp mà thực tế thường áp dụng phương trình động lực không có số hạng quán tính.

Thực tế cho thấy, không thực tế khi áp dụng các phương pháp có tính mô phỏng cao cho mỗi kiểu bề mặt và rãnh thoát nước. Giá chi phí cầu trúc tính toán (xây dựng thuật toán, chi phí máy tính,...) cho mỗi đơn vị dài của bề mặt và rãnh thoát nước nói chung không lớn nhưng chi phí quan trắc và thu thập số liệu để áp dụng bất kỳ phương pháp nào từ đơn giản đến phức tạp lại rất cao.

d) *Tính toán dòng chảy trong hệ thống thoát nước*

Dòng chảy (dòng chảy mặt) từ lưu vực bộ phận sau đó chảy vào cửa nhận - là nơi nối lưu vực bộ phận với hệ thống thoát nước thành phố. Các quá trình dòng chảy từ các lưu vực bộ phận nói trên chính là biên vào cho hệ thống thoát nước. Phương pháp tính toán cho hệ thống này cũng có nhiều loại khác nhau.

VI. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN DÒNG CHÁY Ở TRÊN LƯU VỰC ĐÔ THỊ VIỆT NAM

Hiện nay trên thế giới, nhiều thành phố và khu vực đô thị có khuynh hướng cấu trúc tương tự nhau, đặc biệt ở Mỹ, nơi mà nhiều thành phố có xu thế chuẩn hóa theo hình vuông hoặc các khối chữ nhật, do vậy người ta có khả năng tập hợp các diện tích đô thị thành dạng khối. Các phương pháp tính toán dòng chảy đã và đang thực hiện đủ độ tin cậy do các dạng khối trên bằng thiết lập các đường đơn vị cho các khối hoặc lưu vực bộ phận. Một vài đường đơn vị như vậy có thể đủ cho một lưu vực đô thị.

Khi chọn phương pháp tính toán dòng chảy cho các lưu vực đô thị, cần phải chú ý các đặc điểm đô thị nước ta như sau:

- Hầu như tất cả thành phố lớn nước ta như Hà Nội, Hải Phòng, thành phố Hồ Chí Minh... đều tập trung ở đồng bằng, cạnh các sông lớn. Cao độ mặt đất trung bình thường từ 2 đến 3m so với mực nước biển. Trong mùa mưa, mực nước sông thường cao hơn đường phố, do vậy mực nước ngầm nâng cao sát mặt đất, có khi trồi lên khỏi mặt đất. Vì vậy, gây khó khăn rất

lớn cho tiêu thoát nước mưa.

- Nước ta nằm trong khu vực nhiệt đới gió mùa, lượng mưa năm khá lớn (Hà Nội khoảng 1800mm, T.P Hồ Chí Minh 2000mm) và tập trung chủ yếu vào mùa mưa (từ tháng V đến tháng X). Trong khi đó diện tích đô thị so với diện tích lưu vực sông chiếm tỷ lệ nhỏ nên đối với các trận mưa lớn, tác động của đô thị hóa bị lu mờ, do vậy, khó tách biệt dòng chảy đô thị trong dòng chảy chung.

- Hệ thống thoát nước đô thị ở nước ta như Hà Nội được xây dựng từ hơn 100 năm nay, hiện nay bị hư hỏng nhiều và xuống cấp nghiêm trọng. Mấy năm gần đây đô thị phát triển tương đối nhanh, nhưng hệ thống thoát nước mưa và nước thải không có quy hoạch thống nhất, thậm chí nhiều khu dân cư chủ yếu do nhân dân tự xây dựng không có hệ thống thoát nước. Do nhiều nguyên nhân như vậy đã hình thành nhiều khu vực ngập úng cục bộ kiểu da báo rái rác khắp thành phố. Báo cáo (2) đã chỉ ra rằng, ngay cả với trận mưa nhỏ cỡ 20mm với thời gian kéo dài một vài giờ cũng đủ gây ra ngập úng một số đường phố trong nội thành Hà Nội.

- Đặc điểm quan trọng có tác động trực tiếp đến việc chọn phương pháp tính toán là ở các lưu vực đô thị nước ta không có mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn.

Với những đặc điểm như đã nêu ở trên, nên vấn đề chọn phương pháp và tính toán dòng chảy cho khu vực đô thị ở nước ta là một vấn đề phức tạp và cần có những thảo luận khoa học về vấn đề này. Chúng ta thừa nhận rằng các mô hình không bao giờ được sử dụng nếu không được kiểm tra và thử. Điều đó xảy ra thường xuyên trong việc phát triển mô hình, ngay cả đối với mô hình đang được sử dụng hoặc mô hình được đề nghị sử dụng nhưng chưa được kiểm tra.

Xuất phát từ căn cứ khoa học như vậy, chúng tôi đã tìm hiểu tình hình lưu vực đô thị với các đặc tính cụ thể, tiếp đó thu thập và quan trắc trực tiếp các trận mưa dòng chảy là công việc đầu tiên để tiến tới chọn phương pháp tính toán thích hợp. Trên cơ sở những số liệu thu thập được sẽ áp dụng có cải tiến một số mô hình đang được áp dụng rộng rãi hiện nay trên thế giới bao gồm cả mô hình nhận thức và mô hình vật lý. Tiếp đó, căn cứ vào mức độ phù hợp thực tiễn có xét cả điều kiện kinh tế kỹ thuật cho phép, đề nghị một hay một số phương pháp thích hợp có thể sử dụng được trong điều kiện nước ta và trước hết đối với thành phố Hà Nội.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lã Thanh Hà. "Ảnh hưởng của đô thị hóa đến chế độ khí tượng - thủy văn". Tập san Khí tượng Thủy văn 2(374), 1992.
2. Hoàng Niêm, Lã Thanh Hà. "Một số đặc điểm khí tượng thủy văn trong xây dựng và quản lý đô thị". Báo cáo tại Hội thảo "Định hướng đầu tư phát triển và hoàn thiện hệ thống thoát nước Hà Nội giai đoạn 1993-2000". Hà Nội, 25-26-VIII-1992.
3. Yen, B. C. "Rainfall-Runoff Processes on Urban Catchments and its Modelling" in Urban Drainage Modelling (proc. Internat. Symp. Comparison of Urban Drainage Models with real Catchment Data (Dubrovnik Jugoslavia) ed. by C.Maksimovic and M.Radojkaic, Pergamon Press, Oxford, 1986