

NGHIÊN CỨU, ỨNG DỤNG MÔ HÌNH SWMM TÍNH TOÁN THUYẾT LỰC PHỤC VỤ QUY HOẠCH CHI TIẾT KHU ĐÔ THỊ MỚI TÂY HỒ TÂY

TS. Nguyễn Kiên Dũng, CN. Cao Phong Nhã

ThS. Hà Trọng Ngọc, KS. Quách Thanh Tuyết

KS. Nguyễn Quỳnh Trang, KS. Nguyễn Thị Minh Tú

Trung tâm Ứng dụng công nghệ và Bồi dưỡng nghiệp vụ khí tượng thủy văn

Bài báo đánh giá khả năng tiêu thoát nước khu đô thị mới Tây Hồ Tây sử dụng mô hình thủy lực SWMM 5.0 với bộ thông số tối ưu đã được xác định để tính toán ứng với cường độ mưa giờ thiết kế tần suất 1% tại trạm khí tượng Láng, Hà Nội.

1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, cùng với sự phát triển kinh tế - xã hội của đất nước, các khu đô thị mới (ĐTM) ngày càng được xây dựng nhiều hơn, đời sống của cư dân đô thị không ngừng nâng cao và cải thiện. Tuy nhiên, các khu vực đô thị vẫn rơi vào tình trạng ngập úng khi có mưa lớn, gây ngập lụt, ảnh hưởng lớn tới cuộc sống người dân cũng như môi trường sống. Do đó, hiện nay vấn đề tính toán ngập lụt khu vực đô thị là một trong những vấn đề cấp bách. Mô hình SWMM (Storm Water Management Model) được ứng dụng rộng rãi trên thế giới trong việc quy hoạch, phân tích và thiết kế hệ thống thoát nước trong các khu đô thị cũng như các lưu vực tự nhiên. Nghiên cứu này nhằm mục đích đánh giá khả năng tiêu thoát nước khi xây dựng khu ĐTM Tây Hồ Tây từ đó đưa ra nhận định về tình hình tiêu thoát nước trong khu vực dự án.

2. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Khu ĐTM Tây Hồ Tây nằm ở phía Tây Bắc nội thành thành phố Hà Nội, kề cận Hồ Tây, thuộc địa giới hành chính các phường Nhật Tân, Bưởi, Xuân La - Quận Tây Hồ; các phường Nghĩa Đô, Nghĩa Tân - Quận Cầu Giấy; các xã Cổ Nhuế, Xuân Đình

- Huyện Từ Liêm.

Ranh giới nghiên cứu:

- Phía Đông giáp đường Lạc Long Quân và bờ Hồ Tây.

- Phía Tây giáp đường Phạm Văn Đồng (đường vành đai 3).

- Phía Bắc giáp đề phân lũ (đường Nguyễn Hoàng Tôn).

- Phía Nam giáp đường Hoàng Quốc Việt.

Quy mô nghiên cứu: 847,41ha, trong đó diện tích khu trung tâm là 207,66 ha.

3. Cơ sở lý thuyết mô hình SWMM

Mô hình quản lý mưa SWMM do Cơ Quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ (EPA) xây dựng ở Mỹ từ năm 1971 và được phát triển liên tục cho đến nay. Đây là mô hình mô phỏng động lực quá trình mưa rào – dòng chảy trong thời kỳ ngắn hoặc dài trên lưu vực đô thị. Module diễn toán dòng chảy (RUNOFF) trong mô hình bao gồm một tập hợp các lưu vực bộ phận tiếp nhận mưa và từ đó sinh ra dòng chảy. Module diễn toán quá trình vận chuyển (EXTRAN) bao gồm hệ thống các ống, kênh, các công trình điều tiết như

cống, đập, hồ chứa, trạm bơm. SWMM sẽ tính lớp dòng chảy trên bề mặt mỗi tiểu lưu vực và lưu lượng, độ sâu mực nước trong các ống, kênh...suốt quá trình mô phỏng. Mô hình SWMM được ứng dụng rộng rãi trên thế giới trong việc quy hoạch, phân tích và thiết kế hệ thống thoát nước trong các khu đô thị cũng như các lưu vực tự nhiên, mô hình được đưa vào Việt Nam từ năm 1995.

a. Mô hình RUNOFF

Mô hình này đảm nhận việc tính toán dòng chảy trong hai giai đoạn đầu tiên của quá trình mưa - dòng chảy: Giai đoạn hình thành dòng chảy và giai đoạn chảy tràn trên mặt dốc của các diện tích thu nước bộ phận.

1) Giai đoạn hình thành dòng chảy

Trong giai đoạn này lượng mưa hiệu quả được tính toán theo nguyên tắc trừ tổn thất. Vì lý do trên, bề mặt diện tích thu nước được phân thành hai loại: Phần không thấm nước gồm các diện tích có lớp phủ cứng như đường giao thông, đường phố, mái nhà; phần thấm nước gồm các diện tích đất tự nhiên như ruộng lúa, công viên, các dải cây xanh dọc theo đường giao thông...

- Xác định lượng mưa hiệu quả trên bề mặt không thấm: Theo các phương pháp đánh giá của nhiều tài liệu nước ngoài, lượng tổn thất chỉ do thấm khoảng từ 2 - 5 mm. Phần lượng mưa còn lại là lượng mưa hiệu quả.

- Xác định lượng mưa hiệu quả trên bề mặt thấm: Lượng tổn thất trên phần diện tích này bao gồm lượng thấm vào đất, diễn trũng và bốc hơi trên bề mặt.

Lượng tổn thất diễn trũng:

Lượng tổn thất diễn trũng rất khó xác định vì phụ thuộc cấu tạo địa hình, nên trong thực tế, trị số này được đánh giá qua bản đồ địa hình, hiện trạng sử dụng bề mặt và qua khảo sát thực địa.

Lượng bốc hơi:

Bốc hơi bình quân tháng được đưa vào file số liệu chạy chương trình. Chương trình tính toán sẽ trừ tổn thất bốc hơi căn cứ vào thông tin cho biết về

ngày xuất hiện và thời gian kéo dài mưa.

Lượng thấm:

Lượng thấm vào trong đất sẽ được chương trình tính toán thực hiện, tùy theo phương pháp và các thông số phụ thuộc.

Người sử dụng chương trình có thể lựa chọn trong RUNOFF hai phương pháp tính thấm: Phương pháp HORTON (phương pháp theo công thức thực nghiệm) hoặc phương pháp GREEN - AMPT (hay phương pháp đường cong số SCS). Do phương pháp GREEN - AMPT có cơ sở vật lý rõ ràng dựa trên phương trình thấm Darcy, các thông số dễ xác định nên trong tính toán đã chọn phương pháp này.

Phương trình mô phỏng của phương pháp GREEN - AMPT như sau:

$$v = k J \quad (1)$$

Trong đó:

v : tốc độ thấm của nước vào trong đất,

k : hệ số thấm thủy lực bão hòa cho từng loại đất,

J : độ dốc thủy lực.

2) Giai đoạn chảy tràn trên bề mặt

Phương trình mô phỏng:

$$\frac{dV}{dt} = A \frac{dd}{dt} = A \cdot i^* - Q \quad (2)$$

Trong đó:

$V = A \cdot d$: Thể tích của nước trên bề mặt lưu vực

d : Chiều sâu lớp dòng chảy mặt,

t : Thời gian,

A : Diện tích lưu vực bộ phận,

i^* : Cường độ mưa hiệu quả = cường độ mưa rơi trừ đi lượng tổn thất do thấm và bốc hơi bề mặt,

Q : Lưu lượng dòng chảy ra khỏi lưu vực đang xét.

Phương trình (2) kết hợp với phương trình Manning dưới dạng:

$$Q = W \frac{1.49}{n} (d - d_p)^{5/3} S^{1/2} \quad (3)$$

W: Chiều rộng lưu vực;
n: Hệ số nhám Manning;
dp: Tổn thất diện trưng;
S: Độ dốc lưu vực.

Phương trình (2) và (3) kết hợp với nhau tạo thành phương trình vi phân không tuyến tính để giải ra ẩn số là độ sâu theo phương pháp sai phân hữu hạn theo dạng:

$$\frac{d_2 - d_1}{\Delta t} = i^* + WCON \left[d_1 + \frac{1}{2}(d_2 - d_1) - d_p \right]^{5/3} \quad (4)$$

Trong đó:

$$WCON = \frac{1.49 W S^{1/2}}{A \cdot n} \quad \text{và } \Delta := \text{bước thời gian tính toán.}$$

Các thông số dùng trong mô hình bao gồm:

JK : Tên của trận mưa (tính cho toàn lưu vực),

NAMEW: Tên (số hiệu) của lưu vực bộ phận,

NGTO: Số hiệu cửa thu nước của lưu vực bộ phận,

WIDTH: Chiều rộng lưu vực bộ phận (m),

AREA: Diện tích lưu vực bộ phận (ha),

% IMP: Hệ số mặt phủ cứng,

SLP: Độ dốc lưu vực,

IMPV: Độ nhám của diện tích có lớp phủ (không thấm),

PERV: Độ nhám của diện tích tự nhiên (có thấm),

IDS: Tổn thất do diện trưng tại diện tích có lớp phủ (mm),

DDS: Tổn thất do diện trưng tại diện tích tự nhiên (mm).

Các thông số tính toán thấm (theo phương trình Green Ampt):

SUCT: Thế hút mao dẫn trung bình của đất (mm),

HCOND: Hệ số thấm thủy lực của đất (mm/h),

SM: Độ thiếu hụt bão hòa ban đầu của đất.

b. Mô hình tính toán thủy lực hệ thống (EXTRAN)

Đây là một bộ phận quan trọng và thường dùng nhất trong mô hình tổng hợp EPA SWMM 5.0 để phân tích các đặc tính thủy lực tổng hợp của hệ thống thoát nước đô thị.

Mô hình này giải hệ phương trình Saint-Venant ở dạng đầy đủ và tính toán cho các điều kiện phức tạp như nước vật, chảy ngược, hệ thống thoát nước chảy vòng, chảy có áp hoặc chảy ngập trong hệ thống thoát nước thành phố. Bởi vậy, mô hình diễn toán thủy lực cho kênh hở hoặc hệ thống cống ngầm khép kín. EXTRAN nhận các biểu đồ quá trình dòng chảy tại các nút hoặc trực tiếp từ quá trình mưa thông qua các file liên hệ với mô hình RUNOFF. Các phương trình cơ bản của module này bao gồm:

1) Phương trình liên tục

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (5)$$

2) Phương trình động lực

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gAS_r - 2V \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{Q^2}{A} \frac{\partial Q}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} = 0 \quad (6)$$

Q: Lưu lượng chuyển qua đường dẫn,

V: Tốc độ chảy trong đường dẫn,

A: Diện tích mặt cắt ngang,

H: Chiều sâu áp lực,

Sf: Độ dốc ma sát: $S_f = \frac{n^2 V |V|}{k^2 R^{4/3}}$

cắt A), R là bán kính thủy lực và $k = 1.49$ nếu là đơn vị US, hay $k = 1.0$ nếu là đơn vị hệ SI. Số hạng tổn thất cục bộ Hl có thể được tính bằng $\frac{KV^2}{2gL}$ trong đó K là hệ số tổn thất cục bộ tại vị trí x và L là chiều dài cống.

Trong đó n là hệ số nhám Manning, V là vận tốc dòng chảy (bằng lưu lượng Q chia cho diện tích mặt

Đề giải phương trình (5) và (6) trong một ống cống đơn thì cần thiết phải thiết lập điều kiện biên đối với H và Q ở bước thời gian 0 cũng như các điều

kiện biên tại $x = 0$ và $x = L$ ở tất cả các bước thời gian.

Khi phân tích mạng lưới đường ống, phương trình liên tục là cần thiết đối với các nút lưới kết nối hai hay nhiều đường ống với nhau (Hình 1). Trong mô hình SWMM, đường mặt nước được giả thiết là liên tục giữa mực nước tại nút lưới vào hoặc ra và trong đường ống (trừ trường hợp chảy tự do). Sự biến đổi cột nước thủy lực tại một nút lưới theo thời gian có thể biểu diễn như sau:

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\sum Q}{A_{store} + \sum A_s} \quad (7)$$

Trong đó A_{store} là diện tích bề mặt của bản thân nút, $\sum A_s$ là diện tích bề mặt do cống và nút tạo thành và $\sum Q$ là dòng chảy tại nút (dòng vào - dòng ra) đóng góp bởi tất cả các cống nối với các nút cũng như các dòng chảy bên ngoài. Chú ý rằng độ sâu dòng chảy tại điểm cuối của cống nối với nút có thể tính bằng chênh lệch giữa cột nước tại nút với cao trình cửa vào của cống.

Trong mô hình SWMM, phương trình (5), (6) và (7) được giải bằng sơ đồ sai phân hiện trong đó dòng chảy trong ống cống và mực nước tại các nút tính toán ở bước thời gian $t + \Delta t$ là một hàm của các giá trị đã được xác định ở bước thời gian t . Phương trình tính lưu lượng trong mỗi cống như sau:

$$Q_{t+\Delta t} = \frac{Q_t + \Delta Q_{gravity} + \Delta Q_{inertial}}{1 + \Delta Q_{friction} + \Delta Q_{losses}} \quad (8)$$

Mỗi số hạng ΔQ đại diện cho một loại lực mà tác động lên khối nước và được biểu diễn như sau:

$$\Delta Q_{gravity} = \frac{g \bar{A} (H_1 + H_2) \Delta t}{L} \quad (9)$$

$$\Delta Q_{inertial} = \frac{2 \bar{V} (\bar{A} - A_1) + \bar{V}^2 (A_2 - A_1) \Delta t}{L} \quad (10)$$

$$\Delta Q_{friction} = \frac{g n^2 |\bar{V}| \Delta t}{k^2 R^{4/3}} \quad (11)$$

$$\Delta Q_{losses} = \frac{\sum_i K_i |\bar{V}_i| \Delta t}{2L} \quad (12)$$

Trong đó:

A = diện tích mặt cắt ướt trung bình của đường ống,

R = bán kính thủy lực trung bình của đường ống,

V = tốc độ dòng chảy trung bình trong ống,

V_i = tốc độ dòng chảy cục bộ tại vị trí i dọc theo đường ống,

K_i = hệ số tổn thất cục bộ tại vị trí i dọc theo đường ống,

H_1 = mực nước tại nút thượng lưu cống,

H_2 = mực nước tại nút hạ lưu cống,

A_1 = diện tích mặt cắt ngang tại nút thượng lưu cống,

A_2 = diện tích mặt cắt ngang tại nút hạ lưu cống,

Phương trình tính mực nước tại mỗi nút là:

$$H_{t+\Delta t} = H_t + \frac{\Delta Vol}{(A_{store} + \sum A_s)_{t+\Delta t}} \quad (13)$$

Trong đó: ΔVol thể tích nước thực tế chảy qua nút tính toán trong một bước thời gian, được tính như sau:

$$\Delta Vol = 0.5 [(\sum Q)_t + (\sum Q)_{t+\Delta t}] \Delta t \quad (14)$$

SWMM 5.0 giải phương trình (12) và (13) bằng phương pháp Euler cải tiến (tương đương với phương pháp Runge-Kutta bậc 2). Đầu tiên, phương trình (12) được giải để tính lưu lượng trong mỗi ống tại bước thời gian $\Delta t/2$ sử dụng các giá trị mực nước, diện tích mặt cắt ướt, tốc độ dòng chảy tại bước thời gian trước t . Kết quả tính toán này được thay thế vào phương trình (13) để tính mực nước, sử dụng $\Delta t/2$.

Tiếp theo, lưu lượng ở bước thời gian đầy đủ (Δt) cũng lại được xác định bằng phương trình 3.13, sử dụng các kết quả của bước thời gian $\Delta t/2$. Cuối cùng, mực nước tại thời gian Δt được xác định bằng lưu lượng tương ứng tại bước thời gian này.

SWMM 5 giải phương trình (5) và (6) sử dụng phương pháp xấp xỉ liên tục. Các bước được tiến hành như sau:

1. Tính dòng chảy ban đầu tại mỗi cống tại thời

điểm $t + \Delta t$ được thực hiện bằng cách giải phương trình (12) sử dụng các giá trị cột nước, diện tích, vận tốc, tại thời điểm t . Sau đó tiến hành tương tự đối với cột nước bằng cách giải phương trình (13) sử dụng giá trị lưu lượng vừa tính được. Những kết quả này được gán là Q_{last} và H_{last} .

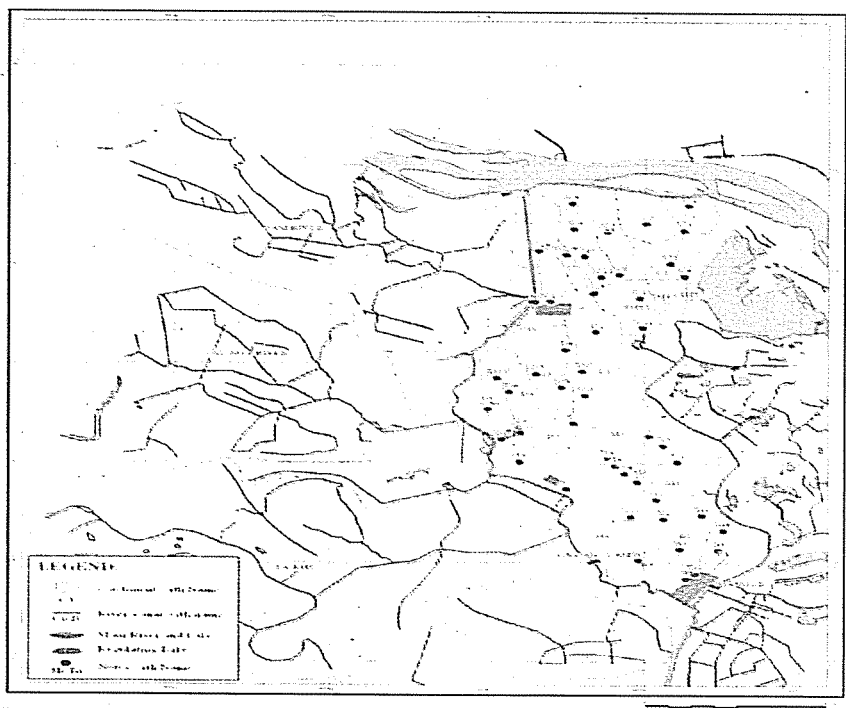
2. Phương trình (12) được giải lại 1 lần, sử dụng giá trị cột nước, diện tích và vận tốc ứng với Q_{last} và H_{last} vừa tính. Hệ số Ω được sử dụng để kết hợp giá trị dòng chảy Q_{new} , với giá trị dòng chảy Q_{last} theo phương trình $Q_{new} = (1 - \Omega) Q_{last} + \Omega Q_{new}$ để tính và cập nhật giá trị của Q_{new} .

3. Phương trình (13) được giải lại lần nữa để tính

cột nước, sử dụng giá trị dòng chảy Q_{new} . Tương tự như đối với dòng chảy, giá trị mới H_{new} được so sánh với H_{last} để tính và cập nhật giá trị mực nước $H_{new} = (1 - \Omega) H_{last} + \Omega H_{new}$.

4. Nếu H_{new} gần bằng H_{last} thì quá trình dừng lại với Q_{new} và H_{new} như lần giải cho bước thời gian $t + \Delta t$. Nếu không thì H_{last} và Q_{last} được thay bằng H_{new} và Q_{new} và quá trình sẽ quay trở lại bước 2.

Trong khi thực hiện quá trình này, SWMM sử dụng hệ số hằng số α là 0,5 với dung sai độ hội tụ là 0,005 feet tại mỗi nút và giới hạn của mỗi lần thử là 4.



Hình 1. Bản đồ phân bố hệ thống kênh tiêu và các nút tính

Hiệu chỉnh và kiểm nghiệm mô hình SWMM

a. Hiệu chỉnh

Bộ số liệu mưa, dòng chảy thực đo, số liệu về tình hình sử dụng đất năm 1989 được sử dụng để hiệu chỉnh bộ thông số của mô hình SWMM mô phỏng quá trình mưa – dòng chảy trên lưu vực sông Nhuệ đoạn từ Liên Mạc đến Thanh Liệt với tuyến kiểm tra mực nước thực đo tại thượng lưu cống Hà Đông (hình 2). Thông số cần hiệu chỉnh là hệ số

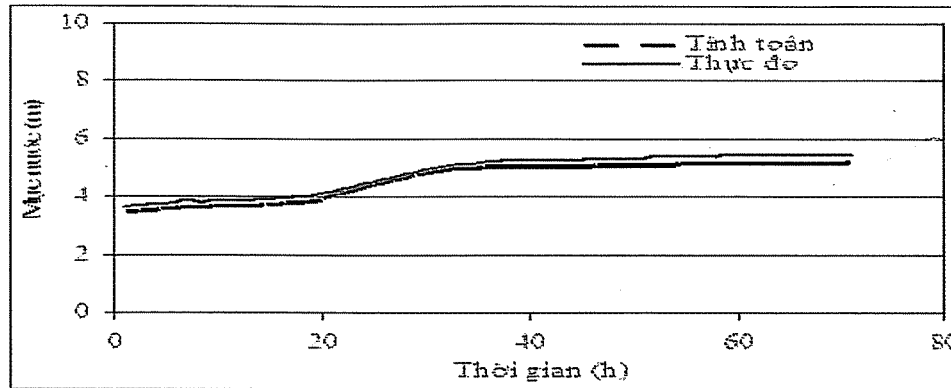
nhám Manning lòng sông Nhuệ và các kênh dẫn.

Sau nhiều lần hiệu chỉnh với các bộ thông số khác nhau đã lựa chọn được bộ thông số tối ưu:

- Đối với lòng sông Nhuệ: $n = 0,028$

- Đối với kênh: $n = 0,025$

Sai số được đánh giá theo chỉ tiêu Nash – Sutcliffe, $N = 0.9$, kết quả đạt loại tốt.



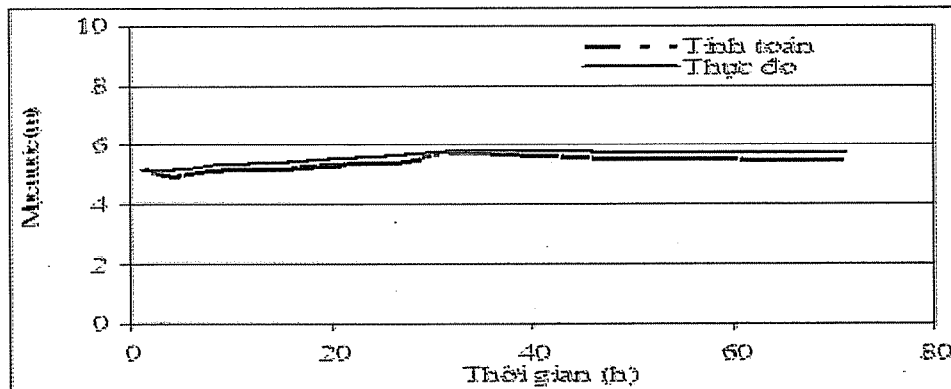
Hình 2. Kết quả hiệu chỉnh mực nước tại thượng lưu cống Hà Đông

b. Kiểm nghiệm

Bộ số liệu mưa, dòng chảy thực đo, số liệu về sử dụng đất năm 2001 được sử dụng để kiểm nghiệm bộ thông số của mô hình SWMM đã xác định được.

Kết quả mô phỏng đối với bộ thông số tối ưu đã xác định được cho kết quả ổn định, mực nước tính

toán phù hợp với quá trình mực nước thực đo tại thượng lưu cống Hà Đông, chỉ tiêu Nash = 0.94 (Hình 3). Điều này chứng tỏ bộ thông số tối ưu đã xác định được có thể sử dụng trong việc tính toán thủy lực phục vụ quy hoạch chi tiết khu ĐTM Tây Hồ Tây.



Hình 3. Kết quả kiểm nghiệm mực nước tại thượng lưu cống Hà Đông

c. Tính toán thủy văn, thủy lực

Tính toán thủy văn, thủy lực cho toàn bộ lưu vực sông Nhuệ với tần suất mưa thiết kế $P=1\%$ trong điều kiện hiện trạng (chưa xây dựng Khu ĐTM) và giai đoạn hoàn chỉnh (đã xây dựng Khu ĐTM Tây Hồ Tây), với điều kiện hệ thống tiêu thoát nước hiện trạng và theo quy hoạch đến 2010.

Chọn các phương án tính toán để đánh giá khả năng tiêu thoát của kênh Cổ Nhuế khi chưa có và có Khu ĐTM Tây Hồ Tây. Kết quả tính toán làm cơ sở kiến nghị cốt san nền cho khu ĐTM.

- Phương án 1 (PA1): Đánh giá hiện trạng tiêu và ngập úng của khu vực dự án với tần suất mưa $P=1\%$ (chu kỳ lặp 100 năm) trong điều kiện chưa có

dự án.

- Phương án 2 (PA2): Xác định mực nước, diện và độ sâu ngập lớn nhất khi xây dựng dự án ĐTM Tây Hồ Tây với tần suất mưa $P=1\%$ (chu kỳ lặp 100 năm).

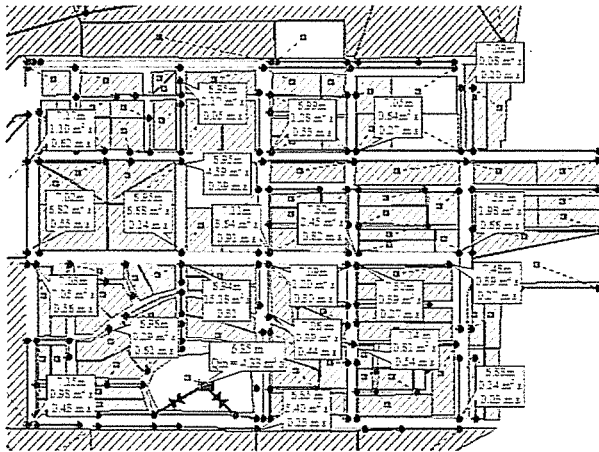
1) Phương án 1

Kết quả tính toán mực nước lớn nhất tại các nút khống chế được thể hiện rõ trong kết quả mô hình. Tại đầu kênh C6b là 6,99 m, tại nút khống chế của khu vực dự án (JC15) là 6,96 m. Ngập cục bộ có thể xảy ra tại một số khu vực, đặc biệt là các vùng trũng đang canh tác; độ sâu ngập lớn nhất bình quân là 0,64 m. Điều này là do hệ thống thoát nước hiện nay của lưu vực Cổ Nhuế được xây dựng đã khá lâu và

không thể đáp ứng tiêu thoát cho mưa có tần suất 1%. Bên cạnh đó, quá trình đô thị hoá diễn ra nhanh trong những năm qua đã làm nhiều đoạn kênh bị lấn chiếm, san lấp dẫn đến khả năng tiêu của hệ thống bị quá tải. Vì vậy cần gấp rút cải tạo hệ thống thoát nước này.

2) Phương án 2

Kết quả tính toán mực nước lớn nhất tại đầu kênh TH-T9 là 7,53 m; lưu lượng lớn nhất tại nút JC15 là 56,81 m³/s; tại cửa ra của khu vực dự án là 7,03 m. Độ sâu ngập lớn nhất trong khu vực dự án là 0,83 m. Độ sâu ngập lớn nhất bình quân là 0,44 m. Chênh cao mực nước so với khi chưa có công



Hình 4. Q_{max} , H_{max} , V_{max} tại một số nút chính -PA2

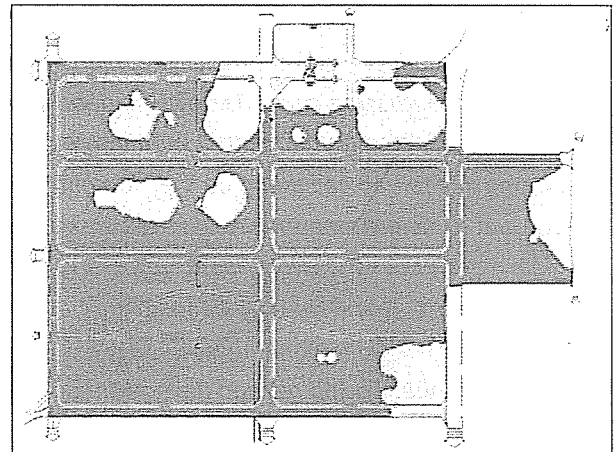
5. Kết luận và kiến nghị

Từ kết quả nghiên cứu tính toán 2 phương án với các trường hợp cụ thể, có thể rút ra một số kết luận sau:

Mô hình SWMM 5.0 với bộ thông số tối ưu đã xác định được, đã được sử dụng để tính toán khả năng tiêu thoát nước lưu vực sông Nhuệ cho kết quả khá tốt; có thể sử dụng để tính toán thủy văn, thủy lực phục vụ thiết kế chi tiết khu ĐTM Tây Hồ Tây. Kết quả tính toán thủy văn, thủy lực ứng với mưa thiết

trình tại nút JC15 là 7 cm (Hình 4). Có thể thấy khi xây dựng công trình đã ảnh hưởng đáng kể đến chế độ dòng chảy trong hệ thống kênh tiêu bên ngoài khu vực dự án. Điều này một lần nữa cho thấy hệ thống công trình tiêu thoát nước hiện nay không còn phù hợp.

Trong trường hợp Khu ĐTM Tây Hồ Tây được xây dựng với cốt san nền và hệ thống tiêu thoát nước nội bộ đã được Viện Quy hoạch Xây dựng thiết kế [2], kết quả tính toán cho thấy: Khi có mưa với tần suất 1%, trong điều kiện hệ thống tiêu thoát nước cả trong và ngoài khu vực dự án, mức độ ngập trong khu vực dự án khá lớn (Hình 5).



Hình 5. Bản đồ nguy cơ ngập-PA2

kế có tần suất 1% khi chưa có dự án khu đô thị mới Tây Hồ Tây cho thấy hệ thống tiêu thoát nước hiện nay đang bị quá tải. Sau khi dự án khu đô thị mới Tây Hồ Tây (207,66 ha) được xây dựng sẽ có tác động đáng kể đến chế độ dòng chảy trong hệ thống kênh thoát nước mưa trên tiểu lưu vực Cổ Nhuế do lớp phủ tự nhiên được thay bằng lớp phủ không thấm. Hệ số dòng chảy tăng nhiều so với hiện trạng nên mức độ ngập lụt cũng gia tăng so với hiện trạng từ 7 - 12 cm.

Tài liệu tham khảo

1. Trung tâm Ứng dụng công nghệ và Bồi dưỡng nghiệp vụ KTTV & MT, Báo cáo "Tính toán thủy văn, thủy lực phục vụ quy hoạch chi tiết khu đô thị mới Tây Hồ Tây", 2007.
2. Viện quy hoạch xây dựng Hà Nội, Thuyết minh tóm tắt quy hoạch chi tiết khu đô thị mới Tây Hồ Tây tỷ lệ 1/200, 2005;
3. SWMM 5.0 User Manual,
4. SWMM 5.0 Interfacing Guide.