

Bài báo khoa học

Mô phỏng mức độ ngập và đề xuất giải pháp thoát nước chống ngập cho khu vực Văn Thánh – thành phố Hồ Chí Minh

Hoàng Thị Tố Nữ^{1*}, Đoàn Thanh Vũ¹, Lê Văn Phùng¹, Cấn Thu Văn¹

¹ Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP.HCM; nu.htt@hcmunre.edu.vn; dtvu@hcmunre.edu.vn; phunglv@hcmunre.edu.vn; ctvan@hcmunre.edu.vn

* Tác giả liên hệ: nu.htt@hcmunre.edu.vn; Tel.: +84-908817694

Ban Biên tập nhận bài: 05/7/2020; Ngày phản biện xong: 10/8/2020; Ngày đăng: 25/8/2020

Tóm tắt: Thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM) được xác định là trung tâm kinh tế, trung tâm giao dịch quốc tế và du lịch của nước ta với quá trình đô thị hóa nhanh kéo theo nhiều hệ lụy về cơ sở hạ tầng, trong đó vấn đề ngập lụt đô thị là một trong những vấn đề nhức nhối nhất. Lưu vực Nhiêu Lộc–Thị Nghè thuộc 7 quận của TP.HCM là một trong những nơi có mức độ ngập cao. Nghiên cứu đã ứng dụng Mô hình SWMM để mô phỏng quá trình sản sinh dòng chảy từ mưa và quá trình tiêu thoát nước mưa trên lưu vực, từ đó đề xuất các giải pháp giảm ngập. Kết quả nghiên cứu cho thấy giải pháp hồ điều hòa có tính hiệu quả hơn so với giải pháp cải tạo mặt phủ đô thị. Các kịch bản cho thấy chỉ với 186 ha diện tích hồ điều hòa có thể cơ bản xóa ngập cho khu vực Văn Thánh thuộc lưu vực Nhiêu Lộc – Thị Nghè.

Từ khóa: Ngập lụt đô thị Thành phố Hồ Chí Minh; Mô hình SWMM.

1. Mở đầu

Với vị trí địa lý và điều kiện tự nhiên tương đối thuận lợi, TP.HCM được xác định là trung tâm kinh tế, trung tâm giao dịch quốc tế và du lịch của nước ta là đầu mối giao thông thuận lợi để giao lưu khu vực phía nam, trong nước và quốc tế. Song còn tồn tại nhiều bất cập, mà bất cập lớn nhất là tình trạng ngập, lụt ở thành phố. Nhiều năm qua, TP.HCM đã đầu tư nhiều tiền của và công sức cho vấn đề này như: nâng cấp hệ thống thoát nước thành phố, khơi thông hệ thống kênh rạch, góp phần thoát nước và làm đẹp, trong sạch môi trường thành phố. Song, thực tế tình trạng ngập lụt càng lan rộng. Nhiều năm qua, các công trình xây dựng chủ yếu nâng cốt xây dựng lên hàng mét để vì họ sợ tình trạng ngập lụt khó cho việc kinh doanh... và thực tế đó đã tạo ra tình trạng đô thị này đổ nước vào đô thị kia, các đô thị ngăn cản nhau trong việc thoát nước và xảy ra tình trạng “càng chống càng ngập” [1].

Xét về điều kiện địa hình: Nhìn chung, TP.HCM có địa hình tương đối bằng phẳng và thấp với một số gò triền phía Tây–Bắc và Đông–Bắc, độ cao mặt đất có xu hướng giảm dần từ phía Tây–Bắc về phía Nam và Đông Nam. Khu vực có dạng gò triền lượn sóng phân bố lớn ở các huyện: Củ Chi, Hóc Môn, phía bắc quận Thủ Đức, quận 9, phía bắc huyện Bình Chánh. Cao độ từ 4–10 m chiếm khoảng 19% tổng diện tích; vùng có độ cao trên 10m chiếm 11% tổng diện tích. Khu vực địa hình dạng thấp phân bố ở nội thành phố, phần đất của huyện Hóc Môn, quận Thủ Đức nằm dọc theo sông Sài Gòn và phần phía nam huyện Bình Chánh. Cao độ thay đổi từ 2–4 m chiếm khoảng 15% diện tích. Khu vực địa hình dạng trũng thấp tạo thành một vệt kéo dài từ phía nam huyện Củ Chi (xã Thảo Mỹ, Tam Tân vòng về phía tây từ Bình Chánh (dọc kênh An Hạ, Lê Minh Xuân, Tân Nhật, đến phía nam huyện Nhà Bè, Cần Giờ và đông nam huyện Bình Phước, huyện Bình Chánh). Cao độ từ 0–2 m chiếm khoảng từ 55% diện tích đất (cao độ Quốc gia).

Xét về điều kiện thủy văn: Nằm ở vùng lưu vực hệ thống sông Đồng Nai–Sài Gòn, chế độ thủy văn–thủy lực của kênh rạch, sông ngòi không những chịu ảnh hưởng của địa hình thành phố (phần lớn thấp dưới 2 m) chịu ảnh hưởng của chế độ bán nhật triều biển Đông mà còn chịu tác động rất rõ nét của việc khai thác các hồ bậc thang ở thượng lưu hiện nay và trong tương lai như các hồ chứa Trị An, Dầu Tiếng, Thác Mơ...

Hệ thống sông rạch chằng chịt với tổng chiều dài 7.955 km; tổng diện tích mặt nước chiếm 16%; mật độ dòng chảy trung bình 3,80 km²... Như vậy phần địa hình thấp trũng có độ cao dưới 02 m và mặt nước chiếm 61% diện tích tự nhiên, lại nằm trong vùng cửa sông với nhiều công trình điều tiết lớn ở thượng nguồn nên nguy cơ ngập úng lớn [1].

Về lượng mưa: Tổng lượng mưa trung bình TP.HCM khá cao từ 1800 mm đến 2700 mm, tập trung vào 7 tháng từ tháng 5 đến tháng 11 chiếm tới 90% lượng mưa.

Về chế độ thủy văn: Do trong năm có 2 mùa chính mùa mưa và mùa khô nên chế độ dòng chảy ở 2 hệ thống sông Sài Gòn và sông Đồng Nai cũng hình thành 2 chế độ dòng chảy tương ứng. Đồng thời do tác động của biển Đông nên các sông rạch của vùng nội thành TP.HCM chịu ảnh hưởng triều một cách mạnh mẽ và quanh năm. Triều cường vào mùa Xuân (các tháng 10,11,12,1 dương lịch) thời kỳ này được tăng cường bởi dòng lũ mùa mưa trên địa bàn nội thành nên triều cường thường kéo dài từ tháng 9 đến tháng 1 dương lịch [1, 2].

Về tình hình lún sụt tại TP.HCM: Qua tổng hợp kết quả đo kiểm mốc độ cao khu vực TP.HCM và các tỉnh đồng bằng sông Cửu Long năm 2014, 2015 của Cục bản đồ đo đạc và bản đồ Việt Nam thuộc Bộ Tài nguyên Môi trường cho thấy khu vực TP.HCM đang diễn ra với tốc độ lún lớn trên 10cm trong vòng 10 năm tại quận Bình Chánh, nam quận Bình Tân, quận 8, quận 7, đông quận 12, tây quận Thủ Đức, bắc huyện Nhà Bè với tổng diện tích 239 km². Cá biệt có những nơi lún tới 73 cm/10 năm, từ năm 2005–2015. (Tại mốc trên sân Trung tâm văn hóa Thể dục Thể thao tại phường An Lạc quận Bình Tân; 44 cm/10 năm (mốc tại sân Trung tâm Y tế Bình Chánh, xã Tân Túc huyện Bình Chánh [1,3].

Qua nghiên cứu tình hình về điều kiện khí hậu, thủy văn khu vực TP.HCM; kết quả quan trắc hiện tượng lún sụt, kịch bản nước biển dâng tại Việt Nam; có thể nói cuối thế kỷ này, toàn bộ những vùng đất có độ cao nhỏ hơn 4 m tại TP.HCM có nguy cơ ngập nước và những phần diện tích xây dựng không thuận lợi chiếm tới 60–70% tổng diện tích tự nhiên TP.HCM.

Nhiều khu vực của TP.HCM có mặt đất tự nhiên thấp khoảng 75% diện tích có cao độ dưới 2 m, lại nằm trong vùng ảnh hưởng mạnh bởi thủy triều biển Đông, nên hoàn toàn có thể bị ngập khi gặp đỉnh triều cao. Do biến đổi khí hậu, nước biển ngày càng dâng cao. mà hậu quả là tăng nguy cơ gây ngập cho khu vực TP.HCM, cả về tần suất và mức độ [4].

Đặc biệt, trận siêu mưa vừa qua ngày 25 tháng 11 năm 2018, do ảnh hưởng của bão số 9 (USAGI) trên địa bàn Thành phố đã xuất hiện mưa từ lúc 07giờ 00 và đến 15giờ 00 phút bắt đầu xuất hiện mưa to trên diện rộng kết hợp với triều lên. Vũ lượng mưa lớn nhất đo được là 401 mm (trạm Tân Sơn Hòa), đỉnh triều đo tại trạm Phú An là +1,29 m (vào lúc 18 giờ 30 phút). Trong khi đó, tần suất thiết kế cống hiện nay ở TP.HCM đến năm 2020: Vũ lượng thiết kế với chu kỳ tràn cống đối với tuyến cống cấp 3 là mưa 75,88 mm; tuyến cống cấp 2 là mưa 85,36 mm; kênh, rạch chính cấp 1 là 95,91 mm trong 3 giờ; đỉnh triều thiết kế là +1,32 m).

Từ thực tế trên cho thấy, ngập úng nặng tại TP.HCM không chỉ xảy ra trong trường hợp tổ hợp bất lợi “lũ cao + triều cường + mưa lớn”, mà có thể còn xảy ra ngay trong trường hợp lũ+triều bình thường nhưng gặp siêu mưa có lượng mưa gấp nghé hoặc vượt xa lượng mưa thiết kế hệ thống cống thoát nước đô thị của thành phố hiện tại (200 mm/trận trong vài giờ). [4].

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Lưu vực nghiên cứu

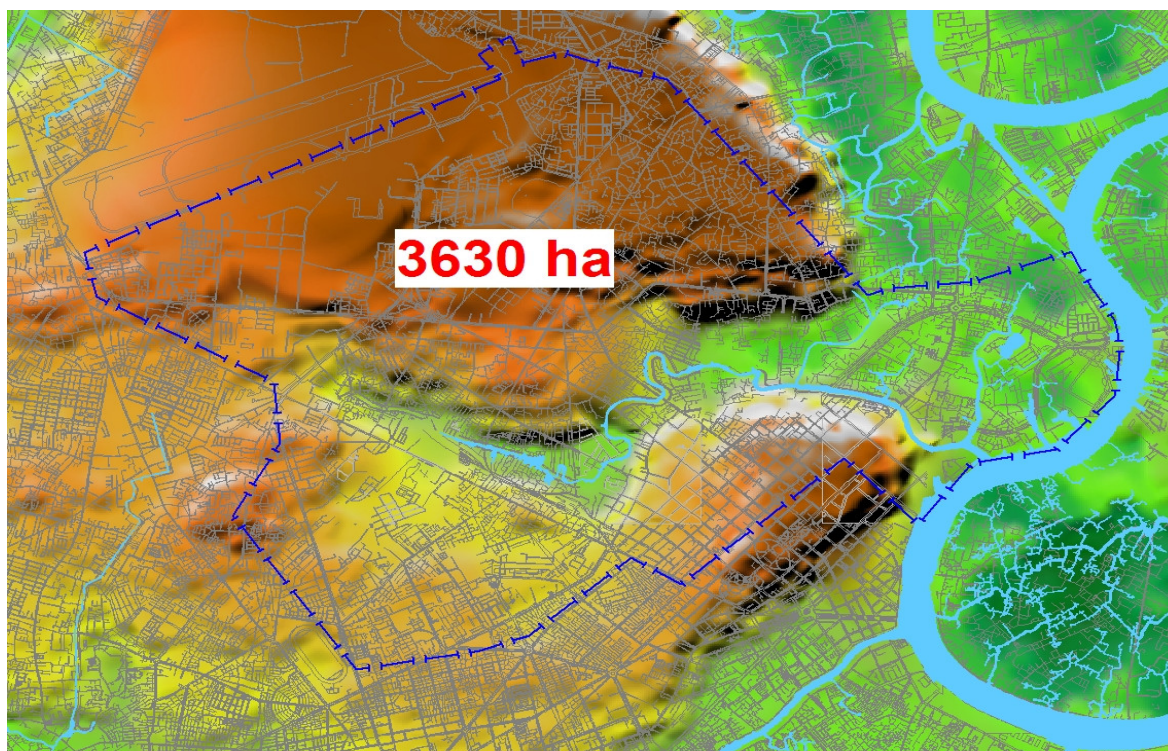
Tình trạng ngập nước tại TP.HCM nói chung và trên lưu vực Nhiêu Lộc–Thị Nghè đang là một trong những vấn đề quan tâm chính của các cấp chính quyền và nhân dân. Lưu vực

Nhiều Lộc–Thị Nghè là khu vực có địa hình mặt đất tự nhiên thấp vì vậy là khu vực bị ngập thường xuyên, về mùa khô ngập do triều cường, về mùa mưa ngập do mưa lớn hoặc do mưa kết hợp với triều. Riêng khu vực quận Bình Thạnh, một quận nằm ở.

Lưu vực rạch Văn Thánh, phía cuối của lưu vực Nhiều Lộc–Thị Nghè tình trạng ngập lụt xảy ra nguy kịch nhất, có một bộ phận địa hình thấp trùng tiếp giáp với vùng có địa hình cao hơn, với diện tích ngập lụt do triều cường lên tới 30–50% diện tích tự nhiên. Tình trạng ngập úng đã ảnh hưởng nhiều đến các mặt kinh tế, xã hội và môi trường của khu vực thêm vào đó tình hình ngập đang diễn biến ngày càng xấu đi [5].

Lưu vực Nhiều Lộc–Thị Nghè thuộc khu vực trung tâm kinh tế, chính trị và văn hóa của thành phố Hồ Chí Minh, với diện tích 3630 ha nằm trên địa bàn của 7 quận (quận 1, 3, 10, Phú Nhuận, Tân Bình, Bình Thạnh và Gò Vấp), số dân sống trên lưu vực lên tới 1,2 triệu người.

Rạch Văn Thánh thuộc kênh Nhiều Lộc–Thị Nghè chiều dài khoảng 2000 m, chiều rộng của Rạch khoảng 15–30m. Lưu vực rạch Văn Thánh nằm ở phía Đông Bắc, ven sông Sài Gòn, phía cuối của lưu vực Nhiều Lộc–Thị Nghè (quận Bình Thạnh) với diện tích khoảng 200 ha, tình trạng ngập lụt xảy ra ở lưu vực này là nguy kịch nhất, với diện tích ngập lụt do triều cường lên tới 30–50% diện tích tự nhiên (Hình 1).



Hình 1. Khu vực Văn Thánh thuộc lưu vực Nhiều Lộc–Thị Nghè.

2.2 Phương pháp nghiên cứu

Các bài toán khoa học–kỹ thuật thường có thể được giải quyết theo ba phương pháp: phương pháp quan sát–đo đạc thực tế, phương pháp mô hình vật lý và phương pháp mô hình toán. Đối với bài toán thoát nước đô thị này, phương pháp mô hình vật lý sẽ rất là khó khăn phức tạp, nếu không muốn nói là không thể được. Vì vậy trong luận văn, sẽ chỉ sử dụng phương pháp mô hình toán số (mô hình PC. SWMM) kết hợp với các dữ liệu quan sát–đo đạc thực tế. Đã có các báo cáo, nghiên cứu: Báo cáo đặc biệt hữu ích do sử dụng SWMM trên khu vực đô thị với những đặc điểm tương tự kênh Tân Hóa–Lò Gò. Đồng thời trình bày lại lượng mưa và các phân tích thủy văn khác cũng như chi tiết về phương pháp luận dòng chảy, được sử dụng cho việc áp dụng mô hình SWMM ở TP.HCM [6]; Mô hình tính

toán thoát nước mưa cho những đô thị chịu ảnh hưởng thủy triều [7], báo cáo đã tính toán thoát nước mưa cho những đô thị chịu ảnh hưởng thủy triều bằng một mô hình có sẵn—mô hình SWMM. Bên cạnh, tác giả cũng trình bày một số khía cạnh về thủy văn đô thị, chủ yếu theo quan điểm Âu—Mỹ; Nghiên cứu phương pháp phân vùng ngập và thoát nước đô thị nội thành TP.HCM [8]. Nghiên cứu hiện trạng tình hình ngập nước đô thị (vị trí địa lý, địa hình, dân số, hệ thống thoát nước, tính chất mặt đệm ảnh hưởng đến sự hình thành dòng chảy, nhận định về yếu tố mặt đệm). Đồng thời đã đưa ra mô hình tính toán thủy lực hệ kênh rạch khu vực nội thành TP.HCM (mô hình toán, phương pháp giải); Nghiên cứu, báo cáo Quy hoạch thủy lợi phục vụ tìm kiếm giải pháp chống ngập lụt cho TP.HCM [9]. Trên cơ sở phân tích nguyên nhân và hiện trạng ngập ở TP.HCM cũ, mưa và các tổ hợp của chúng, nghiên cứu đã đề xuất các biện pháp kiểm soát lũ, kiểm soát triều nhằm giải quyết bài toán chống úng ngập cho toàn thành phố trong điều kiện có lũ lớn ở thượng lưu và nước biển dâng trong tương lai từ đó đề xuất các giải pháp.

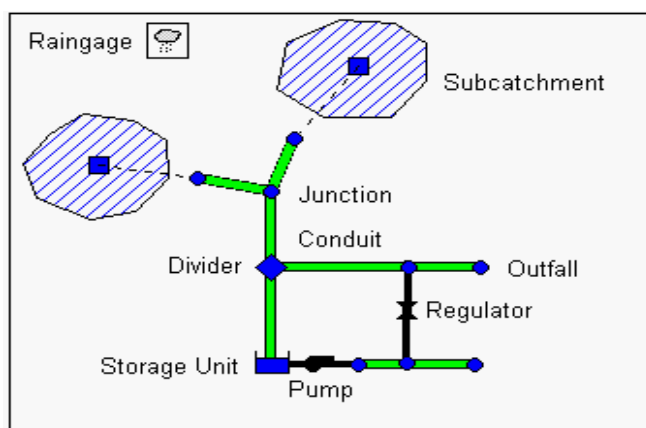
Hiện nay có nhiều mô hình khác nhau được nghiên cứu, ứng dụng và phát triển để phục vụ việc mô phỏng và đề xuất các giải pháp chống ngập đô thị trên thế giới, trong đó phải kể đến: mô hình toán như: Pervious and impervious runoff in urban catchments. Mưa và những độ sâu lớp nước chảy tràn được kiểm tra cho 763 trận bão trong 26 lưu vực đô thị ở 12 quốc gia. Có 17 lưu vực có những bề mặt không thấm là những nhân tố đóng góp chính cho dòng chảy mặt [10]; Nghiên cứu GIS (Hệ thống thông tin địa lý) hiện nay, đây là dự án thuộc khu vực Tweed vùng biển bắc New South Wales. Nội dung chính tập trung vào những vấn đề quản lý thoát nước kết hợp với những mô hình thủy lực cho phép mô phỏng động lực học của hệ thống thoát nước tương ứng với trường hợp dòng chảy mặt do mưa [11]. Những nghiên cứu thủy văn của những quá trình mưa—dòng chảy mặt cung cấp cơ sở cho việc ước lượng thiết kế dòng chảy trong những hệ thống thoát nước đô thị. Hệ thống mà kiểm soát lũ, chuyển tải bùn tải và các chất ô nhiễm. Bài báo phát thảo lý thuyết của những quá trình mưa—dòng chảy mặt và định rõ sự phát triển của mô hình thực tiễn và hiện tại sử dụng cho việc tính toán những mô hình [12]; Mô hình thoát nước đô thị nhiều cấp [10]. Nghiên cứu sử dụng hệ thống thoát nước kép, mạng lưới kênh hở phía trên mặt đường, hệ thống cống kín phía dưới để giảm lưu lượng đỉnh của hệ thống. Đặc biệt trong mô hình này nghiên cứu thấy được mối quan hệ thủy động lực giữa những dòng chảy ở mạng trên và mạng dưới [5]. Ngoài ra, các mô hình được sử dụng rộng rãi như mô hình Storm (*Storage, Treatment, Overflow, Runoff Model*), mô hình HEC—HMS, mô hình TOPMODEL, mô hình Mouse, mô hình MIKE Urban, ... Trong nghiên cứu này sẽ ứng dụng mô hình PC.SWMM để mô phỏng mức độ ngập và đề xuất các giải pháp cho tiểu lưu vực rạch Văn Thánh thuộc lưu vực Nhiêu Lộc—Thị Nghè.

2.3 Cơ sở lý thuyết mô hình SWMM

SWMM (*Storm Water Management Model*) được xây dựng ở hai trường đại học San Phansico và Florida (Mỹ) do cơ quan bảo vệ môi trường Hoa Kỳ (EPA) xây dựng từ năm 1971—1999 để mô phỏng chất và lượng nước của lưu vực thoát nước đô thị và tính toán quá trình chảy tràn từ mỗi lưu vực bộ phận đến cửa nhận nước của nó. Mô hình quản lý nước mưa SWMM là một mô hình toán học toàn diện, dùng để mô phỏng khối lượng và tính chất dòng chảy đô thị do mưa và hệ thống cống thoát nước thải chung. Mọi vấn đề về thủy văn đô thị và chu kỳ chất lượng đều được mô phỏng, bao gồm dòng chảy mặt và dòng chảy ngầm, vận chuyển qua mạng lưới hệ thống tiêu thoát nước, hồ chứa và khu xử lý.

Mô hình bao gồm các khối sau: (1) Khối “dòng chảy” (*Runoff block*) tính toán dòng chảy mặt và ngầm dựa trên biểu đồ quá trình mưa (và/hoặc tuyết tan) hàng năm, điều kiện ban đầu về sử dụng đất và địa hình; (2) Khối “truyền tải” (*Transport block*) tính toán truyền tải vật chất trong hệ thống nước thải; (3) Khối “chảy trong hệ thống” (*Extran block*) diễn toán thủy lực dòng chảy phức tạp trong cống, kênh...; (4) Khối “Trữ/xử lý” (*Storage/Treatment block*)

biểu thị các công trình tích nước như ao hồ... và các công trình xử lý nước thải, đồng thời mô tả ảnh hưởng của các thiết bị điều khiển dựa trên lưu lượng và chất lượng các ước toán chi phí cơ bản cũng được thực hiện; (5) Khối “nhận nước” (Receiving block) Môi trường tiếp nhận (Hình 2).



Hình 2. Các thành phần trong hệ thống mô phỏng SWMM.

Modul EXTRAN, module chính của SWMM, là mô hình tính toán thủy lực dòng chảy trong hệ thống lòng dẫn hở và/hay kín. Module này nhận dữ liệu thủy văn tại những vị trí nút ấn định trước từ module trước đó (ví dụ module RUNOFF) và/hay từ dữ liệu do người sử dụng nhập trực tiếp.

Hệ phương trình đạo hàm riêng cơ bản cho hệ thống dòng chảy trong công thoát nước xuất phát từ hệ phương trình dòng không ổn định 1D Saint-Venant.

a. Phương trình liên tục của dòng không ổn định:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + V \frac{\partial A}{\partial x} + A \frac{\partial V}{\partial x} = 0 \tag{1}$$

Trong đó A là diện tích mặt cắt ngang; V là lưu tốc trung bình mặt cắt ngang dòng chảy; x là khoảng cách dọc theo lòng dẫn; t là thời gian.

Gọi Q là lưu lượng dòng chảy:

$$V = Q/A \tag{2}$$

Thay (2) vào (1), tìm được:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \tag{3}$$

b. Phương trình động lượng của dòng không ổn định:

$$S_f = S_o - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{V}{g} \cdot \frac{\partial V}{\partial x} - \frac{1}{g} \cdot \frac{\partial V}{\partial t} \tag{4}$$

Trong đó S_f là độ dốc thủy lực; S_o là độ dốc đáy; g là gia tốc trọng trường.

Từ (2) và (4), tìm được:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2 / A)}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0 \tag{5}$$

Trong đó $H = z + h$ là cột nước đo áp (z là cao độ đáy, h là chiều sâu nước); Độ dốc đáy $S_o = dz/dx$ được bao hàm trong gradient của H.

Ta có phương trình động lượng được dùng trong các ống và phương trình liên tục được

dùng tại các nút. Như vậy động lượng được bảo toàn trong ống và liên tục tại nút.

Phương trình động lượng kết hợp với phương trình liên tục dưới dạng sau:

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

Trong (10), độ dốc thủy lực được xác định nhờ biểu thức Manning:

$$S_f = \frac{n^2}{AR^{4/3}} Q|V| \quad (7)$$

Trong đó n là hệ số nhám Manning; R là bán kính thủy lực. Dấu giá trị tuyệt đối trong (7) làm cho S_f là một đại lượng có hướng và bảo đảm rằng lực ma sát luôn luôn ngược chiều dòng chảy.

Như vậy phương trình cuối cùng để giải là:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{gn^2}{R^{4/3}} Q|V| - 2V \frac{\partial A}{\partial t} - V^2 \frac{\partial A}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} = 0 \quad (8)$$

Sử dụng phương pháp sai phân hữu hạn với sơ đồ hiện áp dụng vào phương trình (12), sau một số biến đổi ta nhận được phương trình rời rạc sau đây:

$$Q_{t+\Delta t} = \frac{1}{1 + \frac{gn^2}{\bar{R}^{4/3} |\bar{V}|}} \left[Q_t + 2\bar{V} \Delta t \left(\frac{\Delta A}{\Delta t} \right)_t + \bar{V}^2 \Delta t \left(\frac{A_2 - A_1}{L} \right) \right] - g\bar{A} \Delta t \left(\frac{H_2 - H_1}{L} \right) \quad (9)$$

Trong đó $Q_{t+\Delta t}$ và Q_t lần lượt là lưu lượng ở cuối và đầu thời đoạn Δt ; $\bar{V}, \bar{A}, \bar{R}$ là trung bình có gia trọng của những giá trị tương ứng ở hai đầu ống vào thời điểm t; $(\Delta A/\Delta t)_t$ là đạo hàm theo thời gian của A từ bước thời gian trước. Các ẩn số trong (13) là $Q_{t+\Delta t}$, H_2 và H_1 . Các đại lượng $\bar{V}, \bar{A}, \bar{R}$ đều có quan hệ với Q và H.

Do đó, ta cần có một phương trình liên hệ giữa Q và H. Đó chính là phương trình liên tục tại một nút:

$$\partial H/\partial t = \Sigma Q/A_s \quad (10)$$

hay dưới dạng sai phân:

$$H_{t+\Delta t} = H_t + \Sigma Q_t \Delta t / A_{st} \quad (11)$$

Với A_s là diện tích mặt thoáng của nút.

Các phương trình (9) và (11) có thể được giải liên tiếp nhằm xác định lưu lượng trong mỗi ống và cột nước tại mỗi nút cho mỗi bước thời gian Δt .

Ưu điểm của phương pháp sai phân hữu hạn theo sơ đồ hiện là đơn giản, dễ lập trình trên máy tính nhưng có nhược điểm là bị hạn chế về bước thời gian. Để bảo đảm sự ổn định của lời giải số, bước thời gian Δt phải thỏa mãn điều kiện Courant sau đây:

* Đối với ống:

$$\Delta t \leq L / (gD)^{1/2} \quad (12)$$

Trong đó D là chiều sâu tối đa trong ống. Vế phải của (16) là thời gian cần cho một sóng động lực truyền trên chiều dài L của ống.

* Đối với nút:

$$\Delta t \leq 0,1 A_s \Delta H_{\max} / \Sigma Q \quad (13)$$

Trong đó ΔH_{\max} là độ dâng lớn nhất của mặt nước trong một bước thời gian; ΣQ là tổng lưu lượng thực chảy vào nút.

Bước thời gian Δt được chọn sẽ là giá trị nhỏ nhất trong hai giá trị cho bởi (12) và (13). Theo kinh nghiệm, $\Delta t = 15-30$ giây là thích hợp.

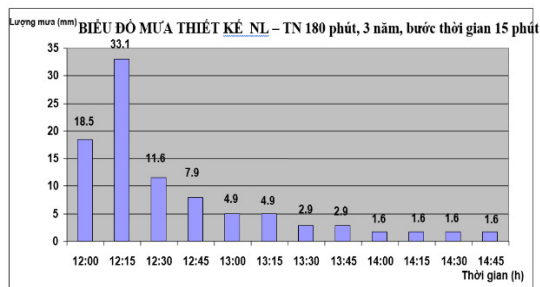
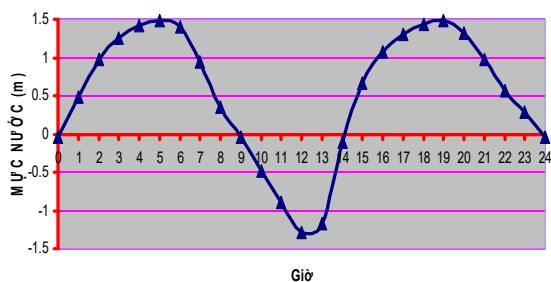
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Mô phỏng ngập lụt hiện trạng

3.1.1 Cơ sở dữ liệu

a. Biên mực nước:

Dao động mực nước theo triều được gán tại nút 135, giao của rạch Nhiêu Lộc–Thị Nghè với sông Sài Gòn là mô hình triều tiêu được tính toán trên mô hình tổng thể ứng với mực nước sông Sài Gòn tại trạm Phú An tương ứng với tần suất thiết kế là 10% (Hình 3).



Hình 3. Quá trình mực nước triều đặc trưng ngày 28/10/2007.

Hình 3. Biểu đồ mưa thiết kế.

b. Mô hình mưa thiết kế:

Mô hình mưa được sử dụng trong tính toán được lấy theo trạm Tân Sơn Nhất với chu kỳ tràn công lập lại là 3 năm (Hình 4).

c. Các thông số khác:

Lưu vực Nhiêu Lộc–Thị Nghè có tổng diện tích khoảng 3630 ha chảy qua 7 quận (1, 3, 10, Tân Bình, Phú Nhuận, Gò Vấp, Bình Thạnh). Độ dốc địa hình của từng tiểu lưu vực trong lưu vực được xác định trực tiếp trên bản đồ số hóa của lưu vực.

Tỉ lệ phần không thấm so với tổng diện tích được ước tính theo cơ cấu sử dụng đất về lâu dài là 55–85%. Giả thiết bỏ qua bốc hơi do thời đoạn tính toán ngắn.

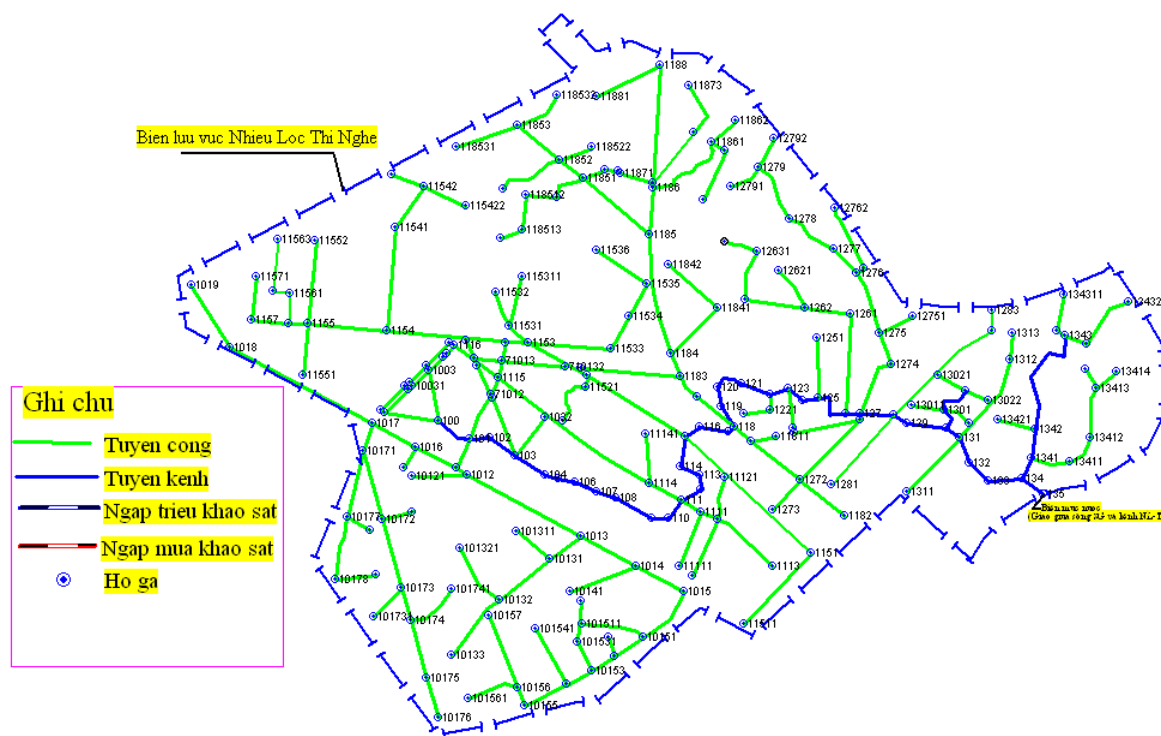
Các số liệu về mặt cắt các tuyến kênh rạch được lấy theo dự án vệ sinh môi trường Nhiêu Lộc–Thị Nghè.

Cao độ mặt đất được lấy theo cao độ tự nhiên xác định trên bản đồ số hóa, tuy nhiên đối với vùng trũng thấp, cao độ mặt đất được giả định bằng cao độ san nền tối thiểu +2m (theo quyết định số 752/QĐ–TTg của Thủ Tướng Chính Phủ ngày 19/06/2001 về việc phê duyệt Quy Hoạch tổng thể hệ thống thoát nước TP HCM đến năm 2020).

Hệ thống công thoát nước: Rạch Văn Thánh thuộc kênh Nhiêu Lộc–Thị Nghè nằm ở phía cuối kênh, tình trạng ngập úng xảy ra ở lưu vực rạch Văn Thánh xảy ra thường xuyên và nghiêm trọng mỗi khi triều lên, mưa xuống và đặc biệt là khi mưa triều kết hợp. Bên cạnh

địa hình ở lưu vực này tương đối thấp chịu ảnh hưởng của sông Sài Gòn và các lưu vực xung quanh. Do đó, để giải quyết bài toán ngập cho lưu vực này ta cần giải quyết trên phương diện tổng thể cụ thể là tính cho toàn bộ lưu vực Nhiêu Lộc–Thị Nghè.

Toàn bộ lưu vực được sơ đồ hóa thành 220 nút, 119 tiêu lưu vực, 221 tuyến công với biên mực nước được gán tại nút 135 (giao giữa kênh Nhiêu Lộc–Thị Nghè với sông Sài Gòn). Với sơ đồ hiện trạng như sau (hình 5).



Hình 5. Sơ đồ thủy lực phương án hiện trạng.

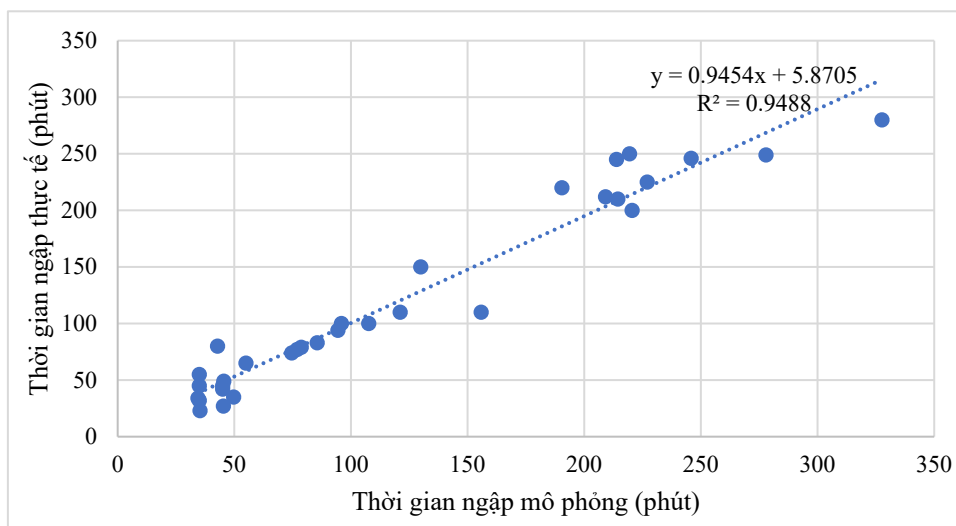
3.1.2 Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mô hình

Dùng phương án hiện trạng để kiểm nghiệm mô hình bằng cách so sánh những điểm ngập có được từ việc mô phỏng bằng mô hình với điểm ngập từ khảo sát thực tế.

Sau khi tiến hành mô phỏng lưu vực bằng mô hình PC. SWMM kết quả tính toán cho thấy với kích thước kênh, cống như trong hiện trạng, dòng chảy mặt đất hình thành khắp nơi trong lưu vực và tràn về khu vực trũng thấp gây ngập kéo dài tại nhiều nơi.

Kết quả mô phỏng và so sánh với thực tế được gọi là phương án hiện trạng. Kết quả được thể hiện trong hình 6.

Dựa vào kết quả trên, ta so sánh số điểm ngập từ khảo sát thực tế trùng với kết quả từ việc chạy mô hình là (32) với số điểm ngập có được do chạy mô hình (50), như vậy tỉ lệ mô phỏng thành công của mô hình khoảng 64%. Với hệ số Nash giữa thực đo và mô phỏng của 32 điểm ngập đạt 0,96. Với kết quả hiệu chỉnh hiện trạng, cho thấy mô hình có khả năng tái hiện tình hình ngập ở lưu vực Nhiêu Lộc–Thị Nghè.



Hình 6. Biểu đồ so sánh các node ngập mô phỏng và thực tế.

3.4. Mô phỏng giải pháp thoát nước chống ngập

Nghiên cứu đã thiết lập vận hành công kiểm soát triều Nhiều Lộc–Thị Nghè ứng với các kịch bản sau:

- Kịch bản tăng diện tích bề mặt thấm cho lưu vực;
- Kịch bản xây dựng hồ điều hòa phân tán.

3.4.1 Giải pháp cải tạo mặt phủ đô thị

Nước mưa rơi xuống đất chia làm ba thành phần chính: một phần ngấm xuống đất bổ sung cho nguồn nước ngầm, một phần bốc hơi lên tạo thành mây, phần còn lại tạo thành dòng chảy chảy vào hệ thống thoát nước mưa.

Việc đô thị hóa–bê tông hóa–Thành phố Hồ Chí Minh đã làm giảm đáng kể bề mặt thấm của lưu vực, làm thay đổi hệ số dòng chảy góp phần làm tăng dòng chảy tràn và tình trạng ngập của lưu vực. Do đó, tăng diện tích bề mặt thấm nhằm giảm thiểu tình hình ngập hiện nay cho lưu vực, đồng thời bổ sung trữ lượng cho nước ngầm là một giải pháp cần xem xét. Cụ thể nghiên cứu tiến hành giảm diện tích phần không thấm với các trường hợp 85%, 75%, 65%, 55%, 45%, 35%, 25% dưới ảnh hưởng của sự biến đổi khí hậu dự kiến mưa tăng 0,8mm/năm, triều tăng 1cm/năm theo thời gian biểu kiến.

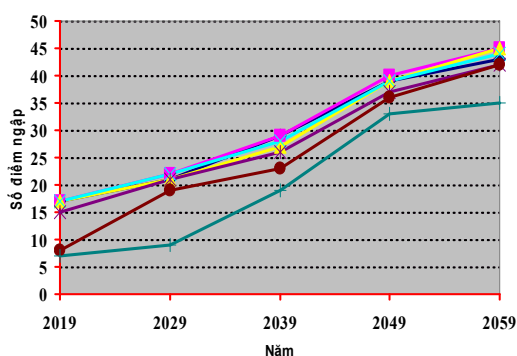
- Dữ liệu mực nước triều được tính toán cho các năm 2019, 2029, 2039, 2049 và 2059;
- Dữ liệu mưa thiết kế dự kiến 180 phút – 3 năm – bước thời gian 15 phút (Bảng 1).

Kết quả mô phỏng về mối tương quan giữa phần trăm diện tích không thấm và số điểm ngập ứng với từng năm như hình 7 và hình 8.

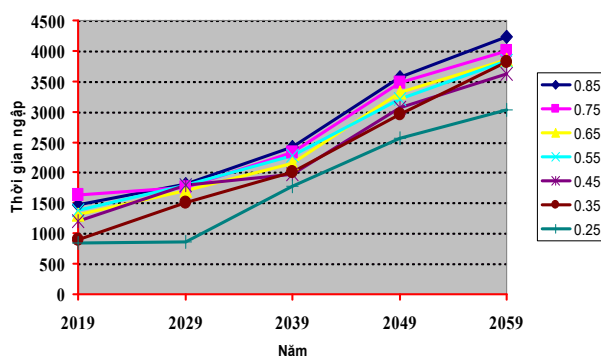
Bảng 1. Bảng mô hình mưa thiết kế dự kiến ứng với biến đổi khí hậu.

Giờ	Mô hình mưa thiết kế dự kiến ứng với biến đổi khí hậu				
	2019	2029	2039	2049	2059
12:00	20.1	21.7	23.3	24.9	26.4
12:15	35.9	38.8	41.6	44.5	47.3
12:30	12.6	13.6	14.6	15.6	16.6

Giờ	Mô hình mưa thiết kế dự kiến ứng với biến đổi khí hậu				
	2019	2029	2039	2049	2059
12:45	8.6	9.3	9.9	10.6	11.3
13:00	5.3	5.7	6.2	6.6	7.0
13:15	5.3	5.7	6.2	6.6	7.0
13:30	3.1	3.4	3.6	3.9	4.1
13:45	3.1	3.4	3.6	3.9	4.1
14:00	1.7	1.9	2.0	2.1	2.3
14:15	1.7	1.9	2.0	2.1	2.3
14:30	1.7	1.9	2.0	2.1	2.3
14:45	1.7	1.9	2.0	2.1	2.3



Hình 7. Diễn biến số điểm ngập trường hợp thay đổi % thấm.



Hình 8. Diễn biến số thời gian ngập trường hợp thay đổi % thấm.

Thấy rằng giải pháp cải tạo mặt phủ đô thị (tăng phần diện tích thấm) có tác dụng nhất định trong việc giảm thiểu tình trạng quá tải của cống trong tương lai khi vũ lượng mưa tăng dần theo thời gian. Tuy nhiên trên thực tế giải pháp này không mang lại hiệu quả cao, thời gian ngập và số điểm ngập giảm không bao nhiêu khi thay đổi mặt phủ đô thị mặc dù ta tiến hành quy hoạch đô thị đến 25% diện tích không thấm. Bên cạnh, Thành phố Hồ Chí Minh nói chung và lưu vực Nhiêu Lộc-Thị Nghè nói riêng việc giảm diện tích không thấm một cách đáng kể (25%) là không khả thi và không thực hiện được.

3.4.2 Giải pháp hồ điều hòa

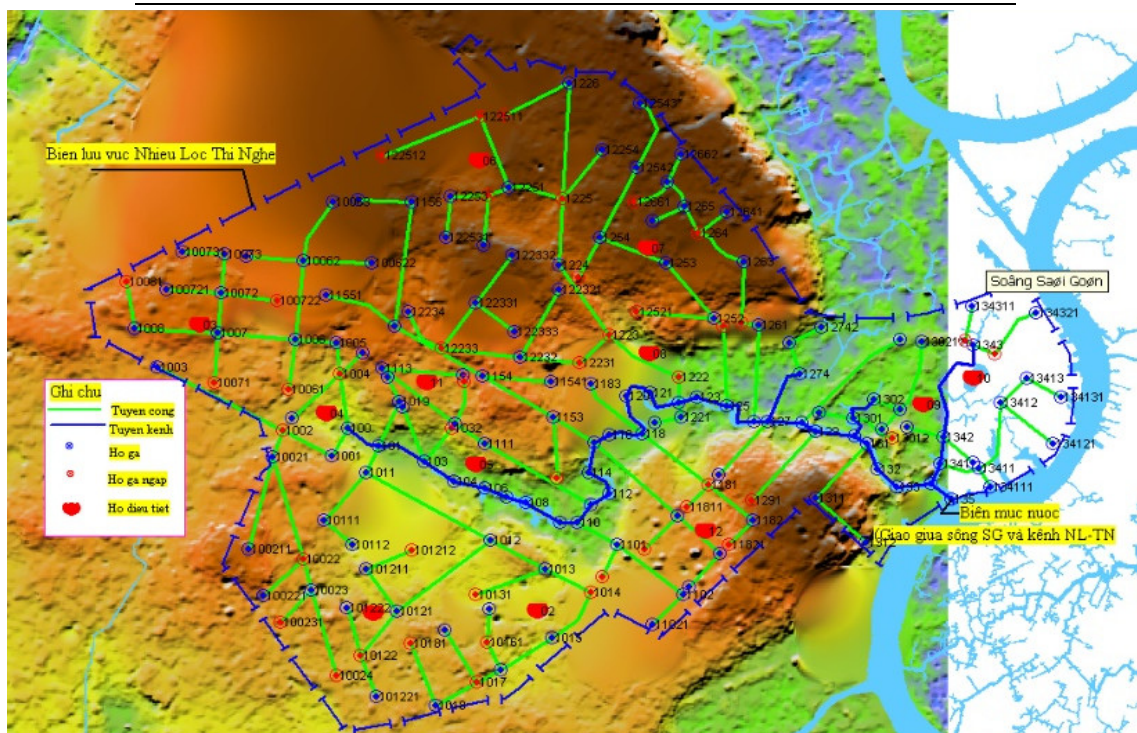
Sau khi đánh giá thực trạng tiêu thoát nước, nghiên cứu các kế hoạch phát triển và hệ thống dữ liệu, nghiên cứu tiến hành quy hoạch xây dựng hồ điều hòa cho lưu vực. Ngoài chức năng chính là góp phần giảm thiểu ngập lụt, hồ điều hòa còn cải tạo cảnh quan, môi trường, là điểm vui chơi của người dân trong vùng. Trong tương lai không xa, khi mà nguồn nước ngọt hạn chế, hồ điều hòa còn có thêm nhiệm vụ cung cấp nước cho đời sống và sản xuất. Các tiêu chí chọn vị trí hồ điều hòa được xem xét về cao độ, dòng chảy, dân cư và công trình xung quanh.

Với tiêu chí trên nghiên cứu tiến hành quy hoạch bố trí hồ điều hòa và tính thử dần dưới ảnh hưởng của mưa và triều theo thời gian ứng với quy hoạch đô thị.

Ví dụ điển hình như trường hợp 85% không thấm ứng với năm 2059 nghiên cứu bố trí 12 hồ điều hòa, trong đó có tận dụng hồ Văn Thánh như là một hồ điều tiết nước (Bảng 2, Hình 9).

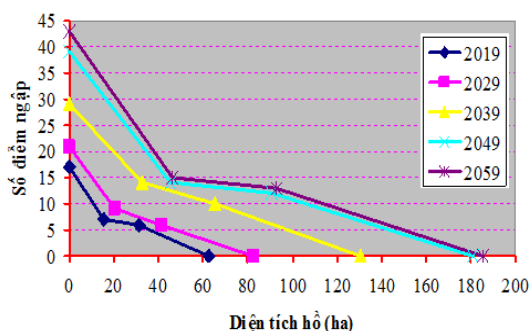
Bảng 2. Bảng kích thước hồ trường hợp 85% không thấm năm 2059.

STT	Rộng (m)	Dài (m)	Sâu (m)	Diện tích hồ (ha)
1	200	440	1.0	8.8
2	500	840	1.0	42
3	100	270	1.0	2.7
4	300	550	1.0	16.5
5	300	520	1.0	15.6
6	250	460	1.0	11.5
7	200	290	1.0	5.8
8	500	890	1.0	44.5
9	300	490	1.0	14.7
10	200	360	1.0	7.2
11	200	450	1.0	9
12	200	410	1.0	8.2
Tổng cộng				186.5

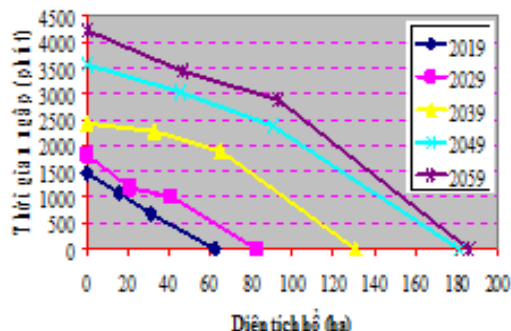


Hình 9. Sơ đồ vị trí hồ điều hòa trường hợp 85% năm 2059.

Sau khi bố trí nghiên cứu tiến hành mô phỏng và tính thử dần thể tích hồ cho đến khi hết ngập hoàn toàn cho lưu vực theo quy hoạch đô thị dưới sự ảnh hưởng của biến đổi khí hậu (mưa và triều tăng như dự kiến với các thời điểm), được kết quả thể hiện trên hình 10, hình 11.



Hình 10. Diễn biến số điểm ngập theo V hồ trường hợp 85% không thấm.



Hình 11. Diễn biến thời gian ngập theo V hồ trường hợp 85% không thấm.

Bảng 3. Diện tích hồ cần thiết để xóa ngập.

Năm	V hồ							
	85%		75%		65%		55%	
Đơn vị	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha
2019	1.720	62	1.610	58	1.277	46	1.090	40
2029	2.269	82	2.053	75	1.694	62	1.542	56
2039	3.597	131	3.059	111	2.617	95	2.407	87
2049	4.989	181	4.649	169	4.216	153	3.739	136
2059	5.115	186	4.963	180	4.384	159	4.176	152

Qua kết quả trên nghiên cứu thấy hồ điều tiết là một giải pháp mang lại hiệu quả cao, chỉ với 186 ha (trường hợp bất lợi nhất) có thể cơ bản xóa ngập hoàn toàn cho lưu vực. 186 ha là một diện tích không nhỏ nhưng so với tổng diện tích lưu vực chỉ chiếm khoảng 5% thì không đáng kể so với hiệu quả mà nó mang lại. Ứng với từng thời điểm xác định và theo từng quy hoạch đô thị nghiên cứu có diện tích hồ cần thiết để xóa ngập cho lưu vực.

4. Kết luận

Mô hình SWMM được sử dụng để mô phỏng chất và lượng nước của lưu vực thoát nước đô thị và tính toán quá trình chảy tràn từ mỗi lưu vực bộ phận đến cửa nhận nước của nó. Hơn nữa mô hình quản lý nước mưa SWMM là 1 mô hình toán học toàn diện, dùng để mô phỏng khối lượng và tính chất dòng chảy đô thị do mưa và hệ thống cống thoát nước thải chung. Mọi vấn đề về thủy văn đô thị và chu kỳ chất lượng đều được mô phỏng, bao gồm dòng chảy mặt và dòng chảy ngầm, vận chuyển qua mạng lưới hệ thống tiêu thoát nước, hồ chứa và khu xử lý. Nghiên cứu đã ứng dụng cho khu vực Văn Thánh thuộc lưu vực Nhiêu Lộc–Thị Nghè với kết quả mô phỏng hiện trạng ở mức tốt. Trên cơ sở đó nghiên cứu sử dụng bộ thông số để tính toán cho các kịch bản giảm ngập khi công kiểm soát triều Nhiêu Lộc–Thị Nghè hoạt động ứng với 2 giải pháp là cải tạo mặt phủ đô thị và xây dựng hồ điều hòa. Kết quả cho thấy giải pháp hồ điều hòa có tính hiệu quả và khả dĩ hơn so với giải pháp cải tạo mặt phủ đô thị. Tuy nhiên mỗi phương án đều có những mặt trái của nó. Vì thế để có được một phương án tối ưu nhất đối với khu vực Văn Thánh thì cần có thêm các nghiên cứu và đánh giá chuyên sâu khác để hiệu quả nhất về kinh tế và xã hội.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: H.T.T.N; Đ.T.T; L.V.P; C.T.V; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: H.T.T.N.; Xử lý số liệu: H.T.T.N; Đ.T.V; L.V.P; Mô hình hóa: H.T.T.N; Phân tích kết quả: H.T.T.N, C.T.V; Chỉnh sửa bài báo: H.T.T.N, C.T.V.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Sở Quy hoạch – Kiến trúc TPHCM. Giải pháp hạn chế tình trạng ngập lụt tại TP.HCM và tình hình biến đổi khí hậu trong tương lai. 2017. Trang online: <https://qhkt.hochiminhcity.gov.vn/do-thi-xanh/giai-phap-han-che-tinh-trang-ngap-lut-tai-tphcm-va-tinh-hinh-bien-doi-khi-hau-trong-tuong-lai-1031.html>
2. Dũng, Đ.Đ.; Anh, N.N.; Hà, Đ.T. Đánh giá biến động tài nguyên nước lưu vực sông Đồng Nai và vùng phụ cận. *Tap chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường* 2014, 47, 1–9.
3. Cục Đo đạc và Bản đồ Việt Nam (Bộ Tài nguyên và Môi trường). Báo cáo tình hình sụt lún khu vực TP.HCM và ĐBSCL, 2016. Trang online: <https://baotainguyenmoitruong.vn/bao-cao-tinh-hinh-sut-lun-khu-vuc-tp-hcm-va-dbscl-246240.html>
4. Trường, T.V. Nhìn lại bài toán ngập lụt Thành phố Hồ Chí Minh, 2018. Trang online: <https://ashui.com/mag/tuongtac/phanbien/14844-nhin-lai-bai-toan-ngap-lut-thanh-pho-ho-chi-minh.html>
5. Nữ, H.T.T. Nghiên cứu giải pháp thoát nước chống ngập cho lưu vực rạch Văn Thánh Thành phố Hồ Chí Minh. Luận văn thạc sĩ kỹ thuật Đại học Bách Khoa TP.HCM, 2010.
6. Dresser, C.; McKee International. Nghiên cứu khả thi và thiết kế sơ bộ dự án Thoát nước Tp.HCM Lưu vực Nhiêu Lộc – Thị Nghè. Tài liệu báo cáo kết quả nghiên cứu giai đoạn thiết kế khả thi thuộc dự án Thoát nước TP.HCM lưu vực Nhiêu Lộc – Thị Nghè, 1999.
7. Điềm, N.V.; Sơn, H.T. Mô hình tính toán thoát nước mưa cho những đô thị trong vùng bị ảnh hưởng thủy triều. Trường đại học Bách Khoa TP HCM, 2002.
8. Hiếu, T.V. Nghiên cứu phương pháp phân vùng ngập và thoát nước đô thị nội thành TP.HCM (2000–2002). Báo cáo tổng kết đề tài Phân viện Khí tượng Thủy văn và BDKH.
9. Vân, T.C. Quy hoạch thủy lợi phục vụ tìm kiếm giải pháp chống ngập lụt cho TP. Hồ Chí Minh. Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn TP.HCM, 2008.
10. Boyd, J.M.; Bufill, M.C.; Knee, R.M. Pervious and impervious runoff in urban catchments. *Hydrol. Sci. J.* **1993**, 38, 463–478.
11. Zhou, Q.; Yang, X.; Melville, M.D. A GIS network model for sugarcane field drainage management (1996), School of Geography, University of New South Wales Sydney 2052, Australia. Proceedings of 8th Australasian Remote Sensing Conference, 25–29 March 1996, Canberra, **1996**, 2, 366–372.
12. O’Loughlin, G.; Huber, W.; Chocat, B. (1996), Rainfal – runoff process and modeling. *J. Hydraul. Res.* **1996**, 34, 733–751.

Calculation of current flooding level and solutions to flooding prevention in Van Thanh area – Ho Chi Minh City

Hoang Thi To Nu^{1*}, Can Thu Van¹

¹ HCMC University of Natural Resources and Environment; nu.htt@hcmunre.edu.vn; ctvan@hcmunre.edu.vn

Abstract: Ho Chi Minh City (HCMC) is defined as an economic center, an international trading, and tourism center of Vietnam. With the rapid urbanization process which has many negative impacts on infrastructure, the urban flooding in the city is one of the most painful problems in recent years. Nhieu Loc–Thi Nghe basin which spread over 7 districts of Ho Chi Minh City is one of the places where the depth of flooding is high. This study applied the SWMM model to simulate the process of producing rainwater runoff and stormwater drainage in the basin, thereby proposing solutions to reduce flooding. The research results show that water regulation is more effective than the solution to improve the urban surface. The scenarios show that with 186 ha of the reservoir area, it is possible to eradicate the flooding in Van Thanh area of Nhieu Loc–Thi Nghe basin.

Keywords: Urban flooding in Ho Chi Minh City; SWMM model.