

DOI:10.22144/ctu.jvn.2023.123

XÂY DỰNG ĐƯỜNG CONG TỔ HỢP LƯỢNG MƯA – MỨC NƯỚC (I-H) PHỤC VỤ THIẾT KẾ HỆ THỐNG THOÁT NƯỚC MẶT Ở THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

Lê Song Giang¹, Nguyễn Hoàng Thanh Bình¹, Nguyễn Thị Thanh Hoa^{1,2*} và Diệp Nguyên Thịnh³

¹Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

²Khoa Địa chất và Khoáng sản, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Thành phố Hồ Chí Minh

³Công ty TNHH một thành viên Thoát nước đô thị Thành phố Hồ Chí Minh

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Nguyễn Thị Thanh Hoa (email: ntthoa@hcmunre.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 14/02/2023

Ngày nhận bài sửa: 24/05/2023

Ngày duyệt đăng: 14/06/2023

Title:

Constructing a combined curve of rainfall - water level (I-H) for the design of a surface water drainage system in Ho Chi Minh City

Từ khóa:

Hệ thống thoát nước, tần suất mưa - mực nước, Thành phố Hồ Chí Minh

Keywords:

Drainage system, Ho Chi Minh City, rain frequency - water level

ABSTRACT

In the design of urban drainage systems, the water level in the sewer and the degree of flooding in the drainage area depend on the rainfall in the region and the water level at the outlet. In the case of urban areas situated in lowland regions and influenced by tides, like Ho Chi Minh City (HCMC), the boundary conditions of rainfall and water level at the drainage are considered as random variables. The calculation and design of the surface drainage system and the design of the ground elevation require determining the combinations of rainfall-water level (I-H) at repeated cycles. From there, using compound pairs (I-H) as boundary conditions, not just determining the amount of precipitation at repeated cycles as before. The purpose of this paper is to introduce the method and results of constructing co-periodic curves of the combination of precipitation-water level (I-H) for design and application cycles in HCMC. Using these curves, the calculation and design of the surface water drainage system as well as the design of the foundation elevation of Ho Chi Minh City will ensure compliance with the National Technical Regulations on the cycle of sewer overflow as well as flooding.

TÓM TẮT

Trong thiết kế hệ thống thoát nước đô thị, mực nước trong cống và độ ngập trên khu vực tiêu thoát nước phụ thuộc vào lượng mưa trên khu vực và mực nước tại cửa tiêu thoát. Đối với các đô thị nằm ở vùng trũng thấp và chịu ảnh hưởng của thủy triều như Thành phố Hồ Chí Minh (Tp.HCM), cả hai điều kiện biên, tức lượng mưa và mực nước tại cửa tiêu thoát đều là các biến ngẫu nhiên. Việc tính toán, thiết kế hệ thống thoát nước mặt và cao độ nền đòi hỏi xác định các tổ hợp lượng mưa - mực nước (I-H) ở các chu kỳ lặp lại làm điều kiện biên, thay vì chỉ xác định lượng mưa ở các chu kỳ lặp lại như trước đây. Mục tiêu của bài báo này là giới thiệu phương pháp và kết quả xây dựng các đường cong đồng chu kỳ lặp lại của tổ hợp lượng mưa - mực nước (I-H) cho các chu kỳ thiết kế và áp dụng tại Tp.HCM. Bằng cách sử dụng các đường cong này, việc tính toán và thiết kế hệ thống tiêu thoát nước mặt cũng như thiết kế cao độ nền của Tp.HCM sẽ đảm bảo tuân thủ Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chu kỳ tràn cống và chu kỳ ngập.

1. GIỚI THIỆU

Hệ thống thoát nước mặt của một đô thị được quy hoạch, thiết kế đảm bảo chu kỳ tràn cống không nhỏ hơn một giá trị nhất định tùy thuộc vào loại đô thị. Cao độ nền của công trình xây dựng cũng được thiết kế với chu kỳ lặp lại mực nước ngập tính toán được quy định tùy theo loại đô thị và phân khu chức năng đô thị (Quy chuẩn QCVN 01:2019/BXD).

Dưới quan điểm thủy lực, dòng chảy trong hệ thống thoát nước mặt của một đô thị thông thường phụ thuộc vào hai điều kiện biên: lượng mưa rơi trên lưu vực cục bộ và mực nước tại cửa tiêu thoát. Một câu hỏi tự nhiên được đặt ra là liệu điều kiện về lượng mưa và mực nước tại cửa tiêu thoát sẽ được xác định như thế nào để đảm bảo rằng hệ thống thoát nước và cao độ nền được thiết kế với chu kỳ tràn cống và chu kỳ lặp lại mực nước ngập không thấp hơn các giá trị quy định trong Quy chuẩn.

Đối với các đô thị được xây dựng ở vùng đất cao không chịu ảnh hưởng của thủy triều, mực nước tại cửa cống sẽ chỉ phụ thuộc vào chính lượng mưa. Điều này có nghĩa là trong trường hợp này dòng chảy trong hệ thống thoát nước mặt chỉ phụ thuộc duy nhất vào một yếu tố là lượng mưa. Điều kiện để tính toán thiết kế hệ thống cống và thiết kế cao độ nền ở chu kỳ tràn cống hoặc chu kỳ lặp lại mực nước ngập nào đó chính là trận mưa với lượng mưa cùng chu kỳ lặp lại. Sherman (1931) và Bernard (1932) là những người đầu tiên đề xuất xây dựng đường cong IDF (Intensity – Duration – Frequency) (cường độ - thời khoảng – tần suất) dựa trên số liệu lượng mưa quan trắc trong quá khứ để sử dụng trong các tính toán kiểu này. Các nghiên cứu khác sau này cũng đã có những cải tiến về phương pháp để gia tăng độ chính xác của các đường cong IDF như Nguyen et al. (2017), Minh et al. (2022) và Zhao et al. (2021). Sử dụng đường cong IDF lượng mưa của các trận mưa với các chu kỳ lặp lại và thời khoảng khác nhau sẽ được xác định.

Tuy nhiên, đối với các đô thị ở vùng đất thấp chịu ảnh hưởng của thủy triều, ngập lụt xảy ra là do sự kết hợp của mưa lớn, triều cường và đôi khi cả do dòng chảy tràn từ sông (Tingsanchali, 2012). Thành phố Hồ Chí Minh là một ví dụ điển hình. Bên cạnh địa hình tự nhiên thấp thì các trận mưa với cường độ cao kết hợp với triều cường là nguyên nhân gây ngập trong các năm qua. Việc sử dụng kết quả phân tích riêng rẽ tần suất xuất hiện của lượng mưa và tần suất xuất hiện của mực nước sẽ không giải quyết được vấn đề. Điều cần thiết cho các tính toán bây giờ là phải chỉ ra các tổ hợp lượng mưa – mực nước (I-H) có chu kỳ lặp lại phù hợp với chu kỳ tràn cống và

chu kỳ lặp lại mực nước ngập được quy định bởi Quy chuẩn.

Lian et al. (2013) đã nghiên cứu tác động kết hợp của lượng mưa và mực nước đỉnh triều tại cửa nhận nước đối với khả năng và mức độ nghiêm trọng của lũ lụt ở thành phố Phúc Châu (Trung Quốc). Lian et al. (2013) đã chỉ ra xác suất chung của lượng mưa và mực thủy triều cùng vượt quá giá trị ngưỡng của chúng là rất thấp. Xác suất rủi ro chung đã được tính thông qua copula phân phối chung lượng mưa và mực nước. Tuy nhiên, nghiên cứu của Lian et al. (2013) chưa trả lời được cụ thể điều kiện khí tượng - thủy văn nào nên được sử dụng trong tính toán chu kỳ tràn cống và tính toán mực nước ngập khi thiết kế cao độ nền.

Trong khi đó, nghiên cứu của Koyama and Yamada (2020) tìm kiếm mối tương quan giữa tổng lượng mưa và độ gia tăng mực nước lớn nhất trên mực nước triều trên sông Katabira ở thành phố Yokohama (Nhật Bản). Kết quả chỉ ra rằng cường độ mưa cực đại và độ gia tăng mực nước ít tương quan với nhau, trong khi có mối tương quan giữa tổng lượng mưa và độ gia tăng mực nước. Nghiên cứu của Koyama and Yamada (2020) có ý nghĩa nhưng cũng không thiết lập được tương quan giữa lượng mưa và mực nước để từ đó xác định điều kiện khí tượng - thủy văn làm điều kiện tính toán thiết kế hệ thống thoát nước mặt và quy hoạch cao độ nền.

Mục tiêu của bài báo này là giới thiệu phương pháp xây dựng các đường cong tổ hợp lượng mưa – mực nước (I-H) cho các chu kỳ thiết kế và áp dụng tại Thành phố (Tp.) Hồ Chí Minh.

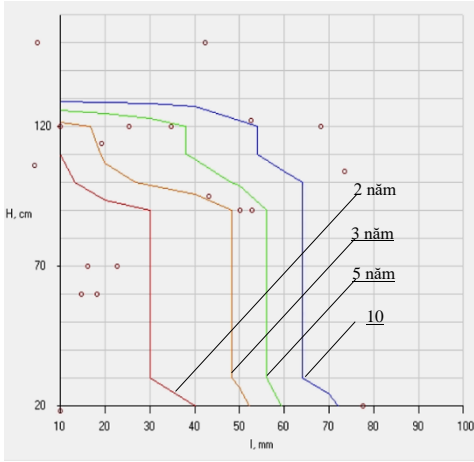
2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Dữ liệu

Nghiên cứu được thực hiện cho trường hợp cụ thể là khu vực nội thành và các khu đô thị mới phát triển của Tp. Hồ Chí Minh. Đối với khu vực này, mực nước tại cửa tiêu thoát được đại diện bằng mực nước tại trạm Thủy văn Quốc gia Phú An trên sông Sài Gòn hoặc trạm đo triều Bình Triệu do Công ty trách nhiệm hữu hạn một thành viên Thoát nước đô thị Tp. Hồ Chí Minh thiết lập gần đó. Số liệu của các trạm này là số liệu mực nước giờ, cho phép xác định mực nước trên sông Sài Gòn trong thời gian xảy ra mưa ở các khu vực của Thành phố.

Đối với lượng mưa tại chỗ, số liệu mưa trận tại 5 trạm quan trắc đã được sử dụng. Mặc dù có nhiều hơn 5 trạm quan trắc nhưng chỉ có 5 trạm là có đủ

Mặt phẳng (I-H) được chia lưới. Xét 1 mắt lưới, ví dụ mắt lưới A tương ứng $I_A=50\text{mm}$ và $H_A=1,0\text{m}$ (Hình 2) và có 3 chấm tròn, đồng thời có $I \geq I_A$ và $H \geq H_A$. Nghĩa là trong 16 năm có 3 lần tổ hợp (I-H) vượt ngưỡng (I_A-H_A). Từ đó, chu kỳ lặp lại của sự kiện vượt ngưỡng (I_A-H_A) được xác định. Cứ như vậy, ta sẽ xác định được chu kỳ vượt ngưỡng của tất cả các điểm mắt lưới. Sau đó bằng phép nội suy song tuyến tính, ta sẽ vẽ được các đường đồng mức chu kỳ vượt ngưỡng (I-H) (xem Hình 3).



Hình 3. Đường đồng mức chu kỳ vượt ngưỡng của tổ hợp (I-H) trạm Dương Quang Hàm (nội suy song tuyến tính)

2.2.2. *Làm trơn đường đẳng tần suất của tổ hợp lượng mưa – mực nước*

Các đường đẳng tần suất được vẽ bằng phép nội suy trực tiếp từ các giá trị chu kỳ lặp lại tính theo thực nghiệm tại các mắt lưới như trên sẽ không trơn và có thể không đúng với quy luật xác suất trong lĩnh vực khí tượng - thủy văn. Đề khắc phục hạn chế này phương pháp toán học sẽ được áp dụng.

Nếu $f(x)$ là hàm phân bố mật độ tần suất, đường tần suất vượt mức sẽ được mô tả bằng hàm $F(x)$ với:

$$F(x) = p\{X \geq x\} = \int_x^{\infty} f(x)dx \tag{2}$$

Trong lĩnh vực khí tượng - thủy văn phân bố mật độ tần suất của lưu lượng, mực nước, lượng mưa thường có dạng hình chuông. Trong trường hợp x là biến đơn, một trong các hàm được sử dụng phổ biến nhất để xấp xỉ phân bố của các đại lượng này là hàm Pearson III (Huy & Mỹ, 2022):

$$f(x) = \frac{b^c}{\Gamma(c)} (x-a)^{c-1} \exp\{-b(x-a)\} \tag{3}$$

Với: a – thông số vị trí; b – thông số tỷ lệ; c – thông số hình dạng; và $\Gamma(c)$ – hàm Gamma.

$$\Gamma(c) = \int_0^{\infty} t^{c-1} e^{-t} dt \tag{4}$$

Khi c là số nguyên dương, tích phân (2) và (3):

$$F(x) = \sum_{k=0}^{c-1} \frac{[b(x-a)]^k}{k!} \exp\{-b(x-a)\} \tag{5}$$

Khi c không phải là số nguyên, tích phân (2) là không thể thực hiện bằng phương pháp giải tích. Tuy nhiên kết quả tích phân (2) trong trường hợp này cũng không thể quá khác biệt so với (5). Ngoài ra, do $f(x)$ cũng chỉ là hàm xấp xỉ nên trong mọi trường hợp ta có thể xấp xỉ trực tiếp hàm tần suất $F(x)$ mà không cần thông qua hàm $f(x)$ và biểu thức (5) sẽ là một gợi ý, trong đó số a, b, c là các thông số cần tối ưu. Mở rộng cho trường hợp 2, biến gồm I và H hàm tần suất vượt mức sẽ được tìm ở dạng:

$$F(I, H) = \sum_{k=0}^{M_I} a_{I_k} I_o^k \sum_{k=0}^{M_H} a_{H_k} H_o^k \times \exp[-(b_1 I_o + b_2 H_o + b_3 I_o H_o)] \tag{6}$$

Trong đó:

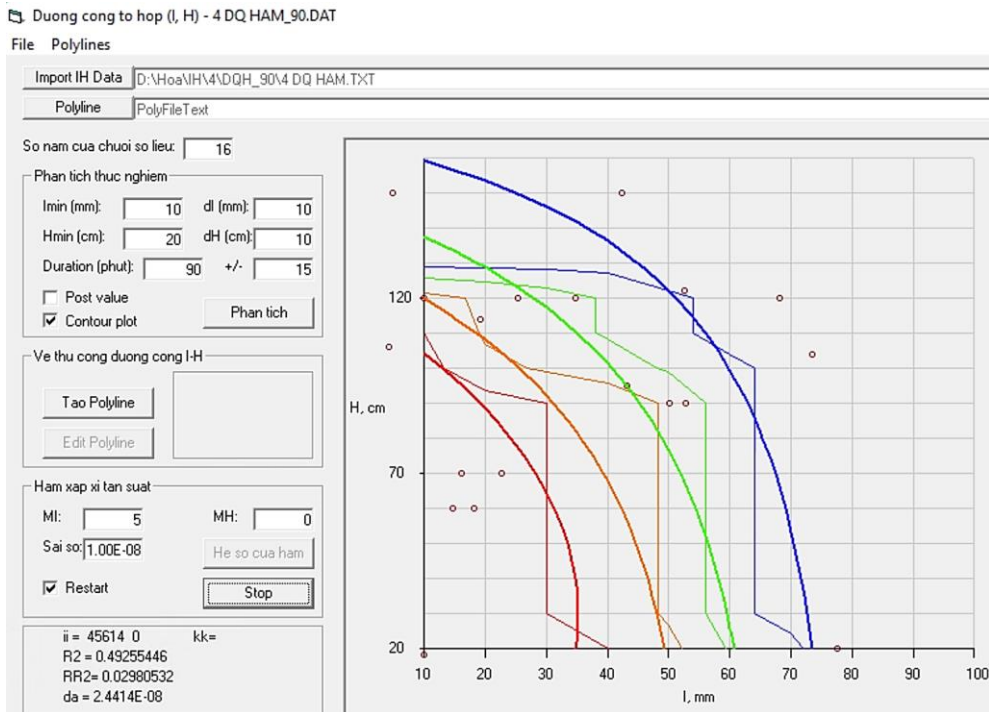
$$I_o = I - I_0 \tag{7}$$

$$H_o = H - H_0 \tag{8}$$

M_I và M_H là bậc của các đa thức. Các hệ số $I_o, a_{I_k}, H_o, a_{H_k}$ và b_1, b_2, b_3 sẽ được xác định sao cho sai số của $F(I,H)$ so với tần suất thực nghiệm là nhỏ nhất.

Trong nghiên cứu này M_I và M_H được lấy bằng 2. Sai số của $F(I,H)$ sẽ càng nhỏ nếu bậc của đa thức (tức là M_I và M_H) càng lớn. Tuy nhiên, hàm $F(I,H)$ sẽ bị uốn nhiều hơn và có thể không còn đảm bảo ý nghĩa vật lý của nó. Sau khi xác định, kết quả tính theo (6) sẽ được sử dụng để vẽ các đường đồng mức tần suất (I-H).

Từ kết quả nội suy song tuyến cho ra các đường đồng mức chu kỳ vượt ngưỡng của tổ hợp (I-H) như Hình 3. Các đường đẳng tần suất được làm trơn bằng phương pháp hàm xấp xỉ cho ra kết quả như trên Hình 4. Ngoài ra, giao diện chương trình tính toán và vẽ các đường đẳng tần suất cũng được trình bày (Hình 4). Chương trình này được xây dựng và tích hợp trong phần mềm F28 của Giang (2011).



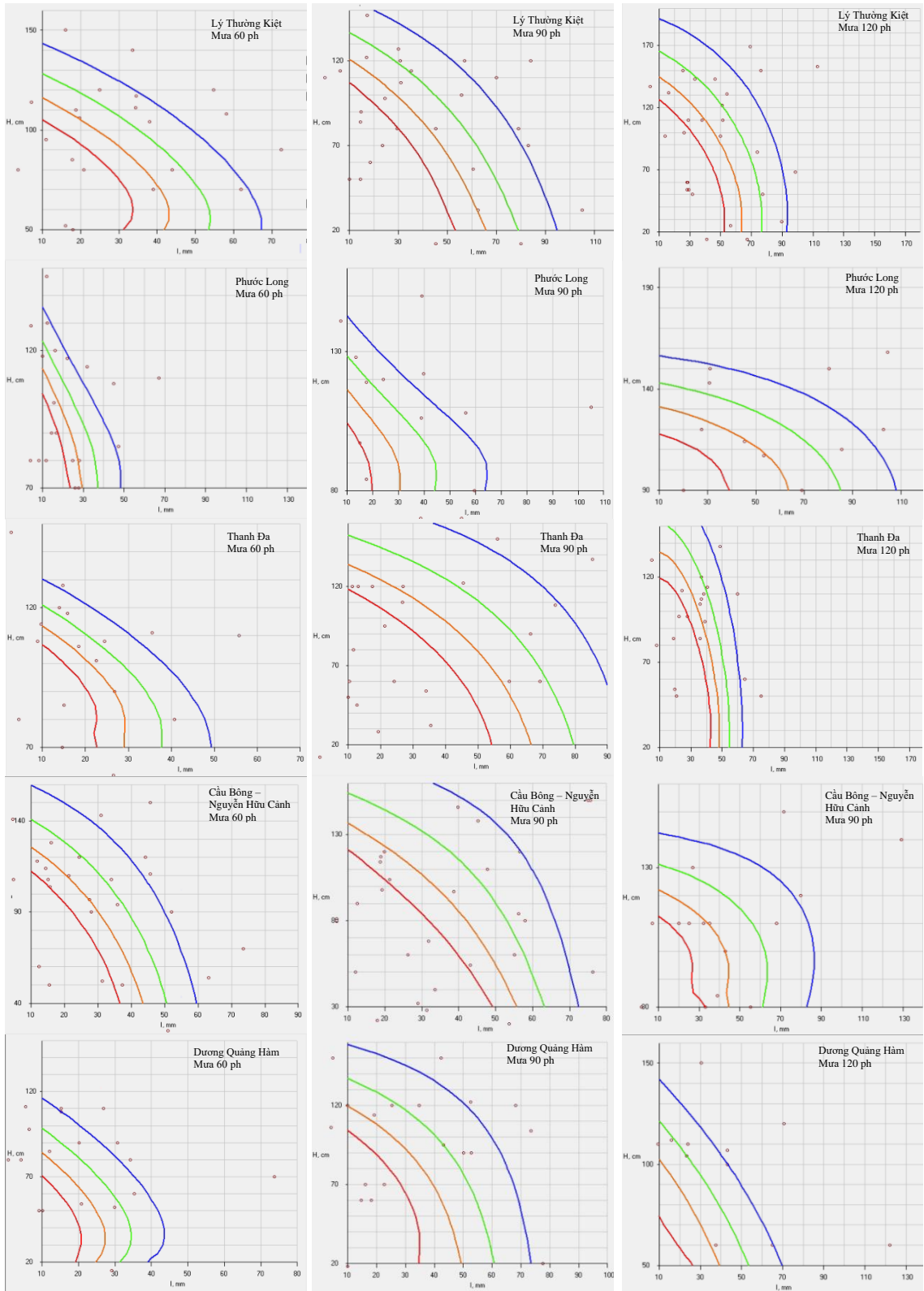
Hình 4. Đường đồng mức chu kỳ vượt ngưỡng của tổ hợp (I-H) của trạm Dương Quảng Hàm với thời gian mưa 90ph [nội suy bằng hàm xấp xỉ (6)]

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả xây đường cong tổ hợp (I-H)

Bảng 2. Các hệ số của hàm xấp xỉ (phương trình 6)

TT	Tên trạm	T (phút)	Các hệ số									Sai số		
			a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	b ₁	b ₂	b ₃	I ₀	H ₀	(%)
1	Phước Long	60	1,241	-0,023	0,059	0,000	0,005	0,000	0,050	0,085	0,001	10,0	70,0	3,9
		90	0,758	-0,016	0,005	0,000	0,009	-0,001	0,015	0,100	0,001	10,0	80,0	3,9
		120	1,051	0,014	-0,011	0,000	0,005	0,004	0,042	0,081	0,000	10,0	89,9	3,2
2	Thanh Đa	60	1,393	-0,007	0,039	0,000	0,007	-0,002	0,055	0,064	0,000	10,0	40,0	3,6
		90	2,065	-0,024	0,067	0,005	0,002	0,004	0,071	0,043	0,000	10,0	20,0	1,9
		120	1,884	0,001	0,039	0,025	0,003	0,032	0,125	0,043	0,000	10,0	20,0	3,1
3	Dương Quảng Hàm	60	0,780	0,060	0,012	-0,001	0,004	0,007	0,099	0,063	0,000	10,0	20,0	3,5
		90	1,578	-0,109	-0,046	0,010	0,004	0,009	0,092	0,048	0,000	10,0	20,0	3,0
		120	0,663	0,040	0,012	0,001	0,002	0,002	0,065	0,056	0,000	10,0	50,0	3,6
4	Cầu Bông + Nguyễn Hữu Cảnh	60	1,477	0,016	0,018	0,019	0,000	0,000	0,123	0,011	0,000	10,0	30,0	2,3
		90	1,617	-0,071	0,048	0,019	0,001	0,005	0,105	0,040	-0,001	10,0	30,0	1,6
		120	1,025	0,027	-0,063	0,000	0,014	0,003	0,045	0,100	-0,001	10,0	79,9	2,6
5	Lý Thường Kiệt	60	1,217	0,027	0,014	0,002	0,006	0,010	0,082	0,068	0,000	10,0	50,0	2,4
		90	1,841	-0,020	-0,006	0,005	0,005	0,006	0,068	0,050	0,000	10,0	20,0	2,1
		120	1,942	0,048	0,000	0,002	0,002	0,005	0,062	0,039	0,000	10,0	20,0	1,8



Hình 5. Đồ thị của các đường đẳng tần suất của tổ hợp lượng mưa – mực nước (I – H)

Hình 5 bao gồm đồ thị của các đường đẳng tần suất của tổ hợp lượng mưa – mực nước (I-H), 5 trạm minh họa cho các trận mưa có thời gian mưa là 60 phút, 90 phút và 120 phút được vẽ nhờ hàm xấp xỉ (6) cho các chu kỳ lặp lại là 2 năm, 3 năm, 5 năm và 10 năm. Mặc dù số lượng các trạm đo mưa trên địa bàn Tp. Hồ Chí Minh nhiều hơn con số này, tuy nhiên số trạm có chuỗi số liệu liên tục và đảm bảo thời gian đủ dài cho phân tích chu kỳ lặp lại là các trạm được vẽ trong Hình 5 bên dưới. Các hệ số của các hàm xấp xỉ được giới thiệu trong Bảng 2.

Sai số của hàm xấp xỉ được đánh giá:

$$\text{Erro} = \frac{\int_{I_{\min}}^{I_{\max}} \int_{H_{\min}}^{H_{\max}} [F(I, H) - p(I, H)]^2 dI dH}{\int_{I_{\min}}^{I_{\max}} \int_{H_{\min}}^{H_{\max}} p(I, H) dI dH} \quad (9)$$

Trong đó, $p(I, H)$ là tần suất của tổ hợp lượng mưa – mực nước thực nghiệm; I_{\min} , I_{\max} và H_{\min} , H_{\max} là khoảng xác định của hàm xấp xỉ (6). Bảng 2 cũng giới thiệu sai số của hàm xấp xỉ và ta có thể thấy sai số là khá nhỏ, không quá 3,9 %.

3.2. Thảo luận

Trên cùng một đường cong đồng chu kỳ lặp lại, bất kỳ cặp giá trị (I-H) nào đều có chu kỳ xuất hiện giống nhau. Tuy nhiên khả năng gây ngập của các tổ hợp (I-H) này là không giống nhau. Ngay cả cùng 1 tổ hợp (I-H) vai trò của I và H trong việc gây ra ngập ở các vị trí khác nhau trong hệ thống cống cũng khác nhau. Cụ thể, đối với điểm gần cửa tiêu thoát, tác động gây ngập chủ yếu là H. Ngược lại, các điểm

ngập ở xa cửa thì sự thay đổi của H không làm thay đổi đáng kể độ ngập mà I mới quan trọng. Như vậy, để tính toán thiết kế hệ thống cống với chu kỳ tràn cống cụ thể, sau khi chọn đồ thị trạm mưa của khu vực, ta sẽ phải tính toán thử với nhiều tổ hợp (I-H) khác nhau được lấy trên đường đồng chu kỳ lặp lại có cùng chu kỳ. Tổ hợp (I-H) cho độ ngập lớn nhất chính là tổ hợp sẽ được dùng trong tính toán thiết kế.

4. KẾT LUẬN

Khác với các đô thị ở các khu vực không bị ảnh hưởng bởi thủy triều nơi mà các tính toán chỉ dựa trên một điều kiện duy nhất là lượng mưa trên khu vực (I), việc tính toán thiết kế hệ thống thoát nước mặt và quy hoạch cao độ nền ở Tp. Hồ Chí Minh cần tới 2 điều kiện là lượng mưa trên khu vực (I) và mực nước tại cửa tiêu thoát (H). Bài báo đã trình bày phương pháp và kết quả xây dựng đồ thị các đường đồng chu kỳ lặp lại của tổ hợp (I-H) cho 5 trạm quan trắc mưa ở khu vực nội thành Tp. Hồ Chí Minh và các khu vực phát triển dân cư. Sử dụng các đồ thị này, việc tính toán thiết kế hệ thống tiêu thoát nước mặt cũng như thiết kế cao độ nền của Tp. Hồ Chí Minh sẽ đảm bảo tuân thủ Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chu kỳ tràn cống cũng như chu kỳ ngập.

LỜI CẢM ƠN

Bài báo được hoàn thành với sự hỗ trợ kinh phí của Đề tài Nghiên cứu khoa học cấp Nhà nước, mã số Đề tài KC-4.0-09/19-25. Nhóm giả cũng chân thành cảm ơn Công ty trách nhiệm hữu hạn một thành viên Thoát nước đô thị TP. Hồ Chí Minh đã cho phép sử dụng số liệu quan trắc.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bernard, M. M. (1932). Formulas For Rainfall Intensities of Long Duration. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 96(1), 592–606. <https://doi.org/10.1061/taceat.0004323>
- Giang, L. S. (2011). *Xây dựng mô hình toán tổng hợp cho tính toán thoát nước đô thị Tp. HCM. Báo cáo đề tài Nghiên cứu khoa học mã số B2007-20-13TD, VNU-HCM (Đại học Quốc gia Tp.HCM).*
- Koyama, N., & Yamada, T. (2020). A proposed simultaneous calculation method for flood by river water, inland flood, and storm surge at tidal rivers of metropolitan cities: A case study of Katabira River in Japan. *Water (Switzerland)*, 12(6), 1–18. <https://doi.org/10.3390/w12061769>
- Lian, J. J., Xu, K., & Ma, C. (2013). Joint impact of rainfall and tidal level on flood risk in a coastal city with a complex river network: A case study of Fuzhou City, China. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(2), 679–689. <https://doi.org/10.5194/hess-17-679-2013>
- Minh, H. V. T., Lavane, K., Lanh, L. T., Thinh, L. V., Cong, N. P., Ty, T. V., Downes, N. K., & Kumar, P. (2022). Developing Intensity-Duration-Frequency (IDF) Curves Based on Rainfall Cumulative Distribution Frequency (CDF) for Can Tho City, Vietnam. *Earth (Switzerland)*, 3(3), 866–880. <https://doi.org/10.3390/earth3030050>
- Nguyen, Q. T., Pham, N. T. T., & Dao, K. N. (2017). Developing IDF curve of extreme rainfall at Tan Son Hoa station for the period 1980-2015. *Science & Technology Development Journal - Science of The Earth & Environment*, 1(M2), 73–81. <https://doi.org/10.32508/stdjsee.v1im2.447>

- Huy, L. Q., & Mỹ, T. V. (2022). Phân tích xu thế biến động của mực nước cực trị ven bờ Việt Nam. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn, EME4*(1), 307–313. [https://doi.org/10.36335/vnshm.2022\(eme4\).307-313](https://doi.org/10.36335/vnshm.2022(eme4).307-313)
- Sherman, C. W. (1931). Frequency and Intensity of Excessive Rainfalls at Boston, Massachusetts. *Transactions of the American Society of Civil Engineers, 95*(1), 951–960. <https://doi.org/10.1061/TACEAT.0004286>
- Tingsanchali, T. (2012). Urban flood disaster management. *Procedia Engineering, 32*, 25–37. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.1233>
- Zhao, W., Kinouchi, T., & Nguyen, H. Q. (2021). A framework for projecting future intensity–duration frequency (IDF) curves based on CORDEX Southeast Asia multi-model simulations: An application for two cities in Southern Vietnam. *Journal of Hydrology, 598*(May), 126461. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126461>