XÂY DỰNG ĐƯỜNG CONG IDF CHO TRẠM MƯA TÂN SƠN HÒA CÓ XÉT ĐẾN TÍNH KHÔNG DỪNG

Lê Thị Hòa Bình[1], Phạm Quốc Bình[2], Đặng Đồng Nguyên[1]

Tóm tắt: *Trong những năm gần đây, Thành phố Hồ Chí Minh đã phải đối mặt với các vấn đề liên quan đến khí hậu, chẳng hạn như sự gia tăng về tần suất và cường độ của các trận mưa cực đoan dẫn đến tình trạng ngập úng ngày càng nghiêm trọng. Hệ thống thoát nước và các công trình chống ngập úng của thành phố này được thiết kế dựa trên các số liệu đã cũ, có thể không còn phù hợp với tình hình hiện tại. Bài báo nhằm mục đích xây dựng đường cong IDF có xét đến tính dừng và không dừng cho trạm Tân Sơn Hòa, Thành phố Hồ Chí Minh. Kết quả sẽ hỗ trợ chính quyền địa phương trong việc thiết kế hoặc nâng cấp hệ thống thoát nước, góp phần giảm thiểu tình trạng ngập úng.*

Từ khóa: IDF, TP. HCM, mưa thiết kế, tính không dừng, tính dừng, Tân Sơn Hòa.

1. GIỚI THIỆU

Đường cong cường độ - thời đoạn - tần suất (IDF) của sự kiện mưa được sử dụng phổ biến trong việc tính toán và thiết kế hệ thống tiêu thoát nước đô thị. Dưới tác động của biến đổi khí hậu, các hiện tượng thời tiết cực đoan, đặc biệt ngày càng gia tăng về tần suất và cường độ mưa, rất cần thiết xây dựng lại đường cong IDF để phù hợp với những sự thay đổi này.

Tại Thành phố Hồ Chí Minh (Tp. HCM), nơi đang phải đối mặt với tình trạng ngập úng nghiêm trọng vào mùa mưa, nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng, mưa cực đoan đang có xu hướng gia tăng (Quân *và nnk*, 2017b; Tín, 2017). Thêm vào đó, khi xét đến bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu, nhóm tác giả Quân *và nnk* (2017a) dự báo rằng cường độ mưa cực đoan sẽ gia tăng ứng với hai kịch bản RCP2.6 và RCP4.5, và có giảm nhẹ cho kịch bản RCP8.5. Hầu hết các nghiên cứu về mưa cực đoan tại Tp. HCM trước đây, cụ thể là xây dựng đường cong IDF thường được dựa trên giả thiết về tính dừng (stationary) trong chuỗi số liệu mưa. Tuy nhiên, Milly *và nnk* (2008) đã nhận định trong một xuất bản nổi tiếng rằng: "*Stationarity Is Dead: Whither Water Management?*" (tác giả tạm dịch là: "*Tính dừng đã không còn nữa: Quản lý tài nguyên nước sẽ đi về đâu?*"). Điều này có nghĩa rằng trong bối cảnh biến đổi khí hậu đang diễn ra trên toàn cầu, việc xem xét tính dừng trong chuỗi số liệu khí tượng thủy văn không còn phù hợp nữa, đặc biệt là trong công tác quản lý nguồn tài nguyên nước. Bên cạnh đó, nhiều nhà khoa học trong và ngoài nước cũng đề xuất rằng cần phải xem xét tính không dừng (nonstationary) trong chuỗi số liệu khí tượng thủy văn, từ đó có những tính toán thiết kế phù hợp cho các công trình thủy lợi và phòng chống thiên tai (Agilan & Umamahesh, 2015; Sugahara *và nnk*, 2009; Thi Hoa Binh & Dong Nguyen, 2020, 2022).

Mục đích của nghiên cứu này nhằm xây dựng đường cong IDF cho trạm mưa Tân Sơn Hòa, Tp. HCM có xét đến tính không dừng để mô tả dữ liệu mưa thiết kế. Giá trị mưa thiết kế ứng với các chu kỳ lặp lại 2, 5, 10, 20 và 100 năm cũng được tính toán và phân tích. Kết quả từ nghiên cứu này sẽ cung cấp các thông tin quan trọng về mưa thiết kế và góp phần giải quyết vấn đề ngập úng cho thành phố trong tương lai.

2. SỐ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

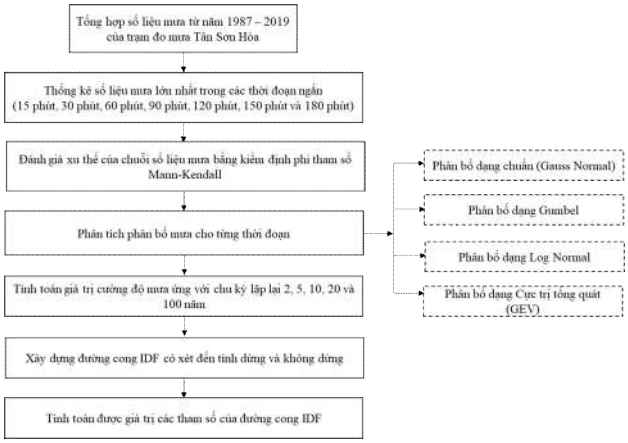
2.1. Số liệu thu thập

Trong nghiên cứu này, số liệu mưa thời đoạn lớn nhất 15, 30, 60, 90, 120, 150 và 180 phút giai đoạn 1987 - 2019 tại trạm Tân Sơn Hòa được sử dụng để phân tích tần suất.

[1] *Bộ môn Kỹ thuật Tài nguyên nước và Môi trường, Phân hiệu trường Đại học Thủy lợi tại tỉnh Bình Dương*
[2] *Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam*

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu trong bài báo này được thể hiện trong Hình 1.



Hình 1. Các bước xây dựng đường cong IDF cho trạm Tân Sơn Hòa

Kiểm định phi tham số Mann-Kendall

Kiểm định phi tham số Mann-Kendall (Kendall, 1962; Mann, 1945) là một công cụ phân tích tiêu chuẩn được sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực khí tượng thủy văn và được coi là một phương pháp đáng tin cậy phân tích xu hướng đơn điệu trong chuỗi dữ liệu mưa theo thời gian.

Giả thiết một chuỗi dữ liệu thời gian (x_1, x_2, x_3, ..., x_n) biểu diễn n điểm dữ liệu, x_i biểu diễn số liệu tại thời điểm i, x_j biểu diễn số liệu tại thời điểm j. Chỉ số thống kê Mann-Kendall S được tính như sau:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} sign(x_j - x_i) \quad (1)$$

Trong đó, *sign(x)* được xác định như sau: *sign(x)* = 1 nếu $x > 0$, *sign(x)* = 0 nếu $x = 0$ và *sign(x)* = -1 nếu $x < 0$. Giá trị ban đầu của thống kê Mann-Kendall S là 0 tương ứng với việc không tồn tại xu hướng.

Giá trị của *Tau* được xác định bởi công thức sau (Chandler & Scott, 2011):

$$Tau = \frac{2S}{N(N-1)} \quad (2)$$

Với giá trị *Tau* > 0, chuỗi số liệu thể hiện xu thế tăng, ngược lại khi *Tau* < 0, chuỗi số liệu thể hiện xu thế giảm.

Lựa chọn hàm phân phối xác suất

Trong nghiên cứu này, các tác giả sử dụng các hàm phân phối xác suất Gauss Normal, Gumbel, Log Normal và GEV để khảo sát mưa thời đoạn lớn nhất 15, 30, 60, 90, 120, 150, 180 phút của trạm Tân Sơn Hòa. Sau đó, phân phối xác suất phù hợp nhất được lựa chọn thông qua các chỉ số AIC (Akaike, 1974), BIC (Schwarz, 1978) để tính toán mưa thời đoạn thiết kế.

Việc phân tích tính không dừng của các chuỗi dữ liệu về biến đổi khí hậu là rất quan trọng để có thể đưa ra những dự báo và kế hoạch phù hợp để ứng phó với các hiện tượng khí hậu không ngừng thay đổi. Đồng thời, chúng ta cần có những biện pháp để giảm thiểu ảnh hưởng của con người đến biến đổi khí hậu, nhằm giảm thiểu sự thay đổi của các chuỗi dữ liệu liên quan đến khí hậu.

Khi chuỗi số liệu được xem là có tính dừng, giá trị của các tham số là hằng số. Lấy ví dụ với hàm phân phối xác suất Log Normal thể hiện tính dừng trong chuỗi số liệu như sau:

LOGN-S: $\mu(t) = \mu; \sigma(t) = \sigma$ (3)

Trong trường hợp chuỗi số liệu được coi là không dừng, giá trị của tham số sẽ biến đổi theo biến số (ví dụ như thời gian, hoặc yếu tố khí hậu). Trong nghiên cứu này, tham số của hàm phân phối xác suất được biểu diễn như là một biến số theo thời gian. Lấy ví dụ với hàm phân phối xác suất Log Normal thể hiện tính không dừng trong chuỗi số liệu như sau:

LOGN-NS: $\mu(t) = \mu_0 + \mu_1 * t; \sigma(t) = \sigma$ (4)

Các tham số của các hàm phân phối xác suất sẽ được ước lượng qua phương pháp ước lượng hợp lý cực đại (Maximum-likelihood Estimation). Đối với mô hình dựa trên giả thiết về tính không dừng của chuỗi số liệu, các tham số của hàm phân phối xác suất sẽ biến đổi theo thời gian. Do đó, ta dựa trên cách tiếp cận rủi ro thấp của Cheng và AghaKouchak (2014), bằng cách lấy 95% (95 percentile) giá trị của tham số để tính toán cho giá trị mưa có xét đến tính không dừng của chuỗi số liệu. Sau khi tính toán giá trị các tham số của hàm phân phối xác suất, các giá trị cường độ mưa (Z_T) tương ứng với từng thời đoạn và chu kỳ lặp lại (T-year) 2, 5, 10, 20 và 100 năm sẽ được tính toán.

Đường cong IDF và các tham số đặc trưng

Đường cong IDF sẽ được biểu thị dưới dạng đồ thị. Trong đó, cường độ mưa sẽ được đặt trên trục tung, thời đoạn mưa được đặt trên trục hoành, và một họ đường cong IDF mà với mỗi đường cong sẽ ứng với một chu kỳ lặp lại. Sau khi thiết lập được đường cong IDF, để phổ biến kết quả này và dễ dàng ứng dụng vào một số lĩnh vực, tác giả sẽ sử dụng công thức của Sherman (1931) để biểu diễn quan hệ IDF:

$$I = \frac{a}{(T_d + b)^c} \quad (5)$$

Trong đó I là cường độ mưa, T_d là thời đoạn mưa và a, b, c là các tham số theo đặc trưng của địa phương. Các tính toán trong nghiên cứu này được xử lý bằng phần mềm RStudio với ngôn ngữ lập trình R.

3. KẾT QUẢ

Bảng 1 thể hiện kết quả của kiểm định Mann-Kendall để xác định xu thế trong chuỗi số liệu mưa thời đoạn lớn nhất. Kết quả cho thấy chuỗi số liệu mưa thời đoạn lớn nhất 15, 30, 60, 90, 120, 150 và 180 phút đều có xu thế gia tăng. Trong đó, mưa thời đoạn 15 phút lớn nhất có xu thế tăng đáng kể, và thỏa mãn mức ý nghĩa α = 0,05 (xác suất phạm sai lầm không quá 5%).

Bảng 1. Kết quả kiểm định Mann-Kendall

Thời đoạn mưa (phút)	*Tau*	*p.value*	*S*	*VarS*	*Z*
15	0,366	0,003805	186.0	4086.67	2.894
30	0,063	0,619895	33.0	4162.33	0.496
60	0,034	0,792238	18.0	4165.33	0.263
90	0,074	0,555956	39.0	4164.33	0.589
120	0,080	0,525252	42.0	4165.33	0.635
150	0,023	0,864665	12.0	4165.33	0.170
180	0,027	0,840364	14.0	4165.33	0.201

Như đã đề cập, chỉ số AIC và BIC được sử dụng để so sánh mức độ phù hợp của các mô hình khác nhau, và giá trị nhỏ của hai chỉ số này cho thấy mô hình đó phù hợp hơn với dữ liệu mưa. Bảng 2 cho thấy rằng giá trị chỉ số AIC và BIC của phân phối Log Normal nhỏ hơn so với các phân phối khác (chiếm phần lớn), do đó phân phối Log Normal được xem là phù hợp nhất để mô tả mưa thời đoạn lớn nhất trong nghiên cứu này.

Bảng 2. So sánh chỉ số AIC và BIC của các hàm phân phối xác suất

Thời đoạn mưa (phút)	Chỉ số	Hàm phân phối xác suất			
		Gauss Normal	Log Normal	Gumbel	GEV
15	AIC	266,9	257,2	255,1	**153,1**
	BIC	269,9	260,2	258,1	**157,6**
30	AIC	**262,9**	263,3	266,4	265,2
	BIC	**265,9**	266,3	269,4	269,7
60	AIC	289,4	**286,3**	286,6	288,3
	BIC	292,4	**289,3**	289,6	292,8
90	AIC	302,7	**299,5**	299,8	301,6
	BIC	305,7	**302,4**	302,8	306,0
120	AIC	311,1	**307,6**	307,7	309,6
	BIC	314,1	**310,5**	310,7	314,1

Thời đoạn mưa (phút)	Chỉ số	Hàm phân phối xác suất			
		Gauss Normal	Log Normal	Gumbel	GEV
150	AIC	314,3	**310,7**	310,7	312,6
	BIC	317,3	**313,7**	313,7	317,1
180	AIC	322,6	317,3	**317,1**	319,1
	BIC	325,5	320,3	**320,1**	323,5

Bảng 3 thể hiện giá trị của các tham số của hàm phân phối Log Normal dựa trên giả thiết về tính dừng (LOGN-S) và không dừng (LOGN-NS) qua phương pháp ước lượng hợp lý cực đại. kèm theo giá trị AIC của 2 mô hình này. Kết quả trên cho ta thấy rằng mô hình LOGN-NS được xem là phù hợp hơn để mô tả mưa thời đoạn 15 phút và 30 phút. Trong khi đó, với thời đoạn từ 60 phút đến 180 phút, việc sử dụng mô hình LOGN-S được xem là phù hợp hơn. Điều này củng cố thêm kết quả kiểm định Mann-Kendall ở Bảng 1, ví dụ đối với mưa thời đoạn 15 phút cho thấy xu thế gia tăng đáng kể với giá trị Tau = 0,366 >0 và p.value = 0,0038 nhỏ hơn rất nhiều so với mức ý nghĩa cho phép là 0,05, như vậy khi sử dụng mô hình LOGN-NS sẽ phù hợp hơn. Ngược lại, đối với mưa thời đoạn 180 phút cho thấy xu thế gia tăng với giá trị Tau = 0,027 > 0, tuy nhiên p.value = 0,84 lớn hơn rất nhiều so với mức ý nghĩa cho phép là 0,05, cho thấy sự gia tăng là không đáng kể, như vậy sử dụng mô hình LOGN-S sẽ phù hợp hơn.

Bảng 3. Tham số của hàm phân phối xác suất Log Normal và giá trị AIC

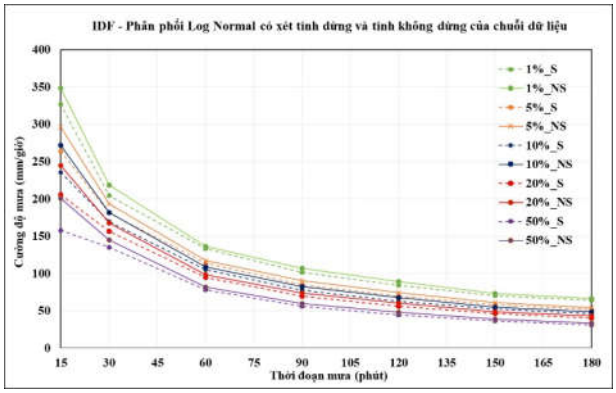
Thời đoạn mưa (phút)	Mô hình	Tham số			AIC
		μ_0	μ_1	σ	
15	LOGN-S	3,683		0,282	257,237
	LOGN-NS (95%)	3,916	0,016	0,237	**247,691**
30	LOGN-S	4,211		0,183	263,321
	LOGN-NS (95%)	4,282	0,005	0,177	**263,087**
60	LOGN-S	4,363		0,222	**286,297**
	LOGN-NS (95%)	4,405	0,003	0,220	287,800
90	LOGN-S	4,430		0,254	**299,452**
	LOGN-NS (95%)	4,500	0,005	0,249	300,329
120	LOGN-S	4,486		0,271	**307,555**
	LOGN-NS (95%)	4,565	0,005	0,266	308,333
150	LOGN-S	4,508		0,278	**310,665**
	LOGN-NS (95%)	4,572	0,004	0,275	311,912
180	LOGN-S	4,530		0,300	**317,297**
	LOGN-NS (95%)	4,610	0,006	0,296	318,274

Bảng 4 thể hiện giá trị mưa thiết kế tương ứng với các chu kỳ lặp lại khác nhau. Từ bảng giá trị trên, ta vẽ được đường cong IDF theo phân phối xác suất Log Normal cho vùng nghiên cứu dưới dạng đồ thị. Trong nghiên cứu này, giá trị tần suất được sử dụng là 1%, 5%, 10%, 20% và 50%

tương ứng với các chu kỳ lặp lại 100 năm, 20 năm, 10 năm, 5 năm và 2 năm. Trong nghiên cứu này, công thức của Sherman được dùng để biểu diễn quan hệ IDF. Giá trị các tham số a, b, c được thể hiện trong bảng 5.

Bảng 4. Giá trị mưa thiết kế tương ứng với mô hình LOGN-S và LOGN-NS

Thời đoạn mưa (phút)	Chu kỳ lặp lại (năm)									
	100		20		10		5		2	
	LOGN-S (mm)	LOGN-NS (mm)	LOGN-S (mm)	LOGN-NS (mm)	LOGN-S (mm)	LOGN-NS (mm)	LOGN-S (mm)	LOGN-NS (mm)	LOGN-S (mm)	LOGN-NS (mm)
15	81,69	87,15	66,03	74,15	58,95	68,03	51,38	61,29	39,51	50,21
30	102,16	109,12	90,45	96,75	84,77	90,74	78,36	83,96	67,43	72,37
60	133,02	136,63	113,95	117,57	104,92	108,53	94,94	98,50	78,43	81,83
90	152,04	160,81	127,72	135,68	116,38	123,93	103,99	111,05	83,85	90,03
120	168,12	178,34	139,42	148,78	126,17	135,08	111,79	120,17	88,72	96,07
150	175,50	183,23	144,60	151,95	130,41	137,51	115,07	121,86	90,60	96,70
180	191,31	200,05	154,64	163,52	138,05	146,86	120,32	128,94	92,52	100,52



Hình 2. Đường cong IDF khi có xem xét đến tính dừng (S) và không dừng (NS) của chuỗi dữ liệu

Bảng 5. Kết quả tính toán tham số đặc trưng đường cong IDF theo công thức của Sherman

Chu kì lặp lại (năm)	Tham số đặc trưng đường cong IDF khi xét đến tính dừng			Tham số đặc trưng đường cong IDF khi xét đến tính không dừng		
	a	b	c	a	b	c
100	1806,34	-0,70	0,64	1973,03	-0,72	0,65
20	3635,33	10,06	0,81	2785,81	4,38	0,76
10	6655,06	19,15	0,95	3543,51	7,77	0,82
5	19502,20	35,04	1,16	5068,54	12,66	0,91
2	314900,00	76,12	1,68	13141,66	25,05	1,13

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đánh giá xu thế biến đổi của lượng mưa thời đoạn lớn nhất giai đoạn 1987-2019 và xây dựng đường cong IDF cho trạm Tân Sơn Hòa khi xem xét đến tính dừng và không dừng trong chuỗi số liệu mưa. Từ các kết quả đạt được, có thể đưa ra các kết luận sau:

- Chuỗi số liệu mưa thời đoạn lớn nhất 15, 30, 60, 90, 120, 150 và 180 phút đều mang xu thế tăng. Trong đó, mưa thời đoạn 15 phút lớn nhất có xu thế tăng đáng kể;

- Phân phối Log Normal được xem là phù hợp nhất để mô tả mưa thời đoạn lớn nhất của trạm Tân Sơn Hòa giai đoạn 1987-2019;
- Mô hình LOGN-NS với giả thiết về tính không dừng trong chuỗi số liệu được xem là phù hợp hơn để mô tả mưa thời đoạn 15 phút và 30 phút. Trong khi đó, để mô tả mưa thời đoạn lớn nhất từ 60 phút đến 180 phút, sử dụng mô hình LOGN-S dựa trên tính dừng của chuỗi số liệu được xem là phù hợp hơn. Giá trị mưa cường độ mưa ứng với mô hình LOGN-NS tương ứng với các chu kỳ lặp lại đều lớn so với mô hình LOGN-S.

Kết quả từ nghiên cứu này chỉ ra rằng trước khi thực hiện tính toán phân tích tần suất cho chuỗi số liệu mưa thì cần thiết thực hiện đánh giá tính dừng và không dừng của chuỗi số liệu. Thêm vào đó, đối với bài toán phân tích tần suất phải tiến hành tính toán với nhiều loại phân phối khác nhau để xác định được loại phân phối phù hợp cho số liệu thực đo của vùng nghiên cứu bằng cách sử dụng nhiều chỉ tiêu đánh giá khác nhau. Đối với những chuỗi số liệu có xu hướng gia tăng đáng kể thì cần xem xét phân tích tần suất có xét đến tính dừng và không dừng của chuỗi số liệu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Quân, N. T., Nhi, P. T. T., & Khôi, Đ. N. (2017a). *Đánh giá ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến mối liên hệ cường độ-chu kỳ-tần suất (IDF) của mưa cực đoan tại trạm Tân Sơn Hòa.* Khí tượng thủy văn, 10.

Quân, N. T., Nhi, P. T. T., & Khôi, Đ. N. (2017b). *Xây dựng đường cong IDF mưa cực đoan cho trạm Tân Sơn Hòa giai đoạn 1980–2015.* Phát triển khoa học và Công nghệ, 20(M2-2017).

Thi Hoa Binh, L., & Dong Nguyen, D. (2020). *Phân tích tần suất mưa cực đoan cho thành phố Hồ Chí Minh có xem xét đến sự biến động các đặc trưng thống kê theo thời gian.* Khoa học Kỹ thuật thủy lợi và Môi trường, 69, 50-54.

Thi Hoa Binh, L., & Dong Nguyen, D. (2022). *Phân tích tần suất mực nước cực đoan cho thành phố Hồ Chí Minh có xem xét đến tính không dừng trong chuỗi số liệu.* Khoa học Kỹ thuật thủy lợi và Môi trường, 79, 71-78.

Tín, N. V. (2017). *Đánh giá xu thế biến đổi của lượng mưa thời đoạn lớn nhất khu vực thành phố Hồ Chí Minh giai đoạn 1971-2016 bằng kiểm định phi tham số Mann-Kendall.* Tạp chí Khí tượng thủy văn, 11.

Agilan, V., & Umamahesh, N. (2015). *Detection and attribution of non-stationarity in intensity and frequency of daily and 4-h extreme rainfall of Hyderabad, India*. Journal of Hydrology, 530, 677-697.

Akaike, H. (1974). *A new look at the statistical model identification.* IEEE transactions on automatic control, 19(6), 716-723.

Chandler, R., & Scott, M. (2011). *Statistical methods for trend detection and analysis in the environmental sciences: John Wiley & Sons*.

Cheng, L., & AghaKouchak, A. (2014). *Nonstationary precipitation intensity-duration-frequency curves for infrastructure design in a changing climate.* Scientific reports, 4.

Kendall, M. G. (1962). Rank correlation methods.

Mann, H. B. (1945). *Nonparametric Tests Against Trend.* Econometrica, 13(3), 245-259. doi:10.2307/1907187

Milly, P. C., Betancourt, J., Falkenmark, M., Hirsch, R. M., Kundzewicz, Z. W., Lettenmaier, D. P., & Stouffer, R. J. J. S. (2008). *Stationarity is dead: Whither water management?* , 319(5863), 573-574.

Schwarz, G. (1978). *Estimating the dimension of a model.* The annals of statistics, 6(2), 461-464.

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.

Sugahara, S., Da Rocha, R. P., & Silveira, R. (2009). *Non‐stationary frequency analysis of extreme daily rainfall in Sao Paulo, Brazil.* International Journal of Climatology, 29(9), 1339-1349.

Abstract:

DEVELOPING THE IDF CURVE FOR TAN SON HOA STATION UNDER NONSTATIONARY CONDITION

In recent years, Ho Chi Minh City has faced climate-related issues such as an increase in frequency and intensity of extreme rainfall events which resulted in increasingly severe inundation. This city's drainage system and flood defense structures were designed based on outdated input criteria, which may no longer be suitable for the current situation. This paper presents updated information on the rainfall IDF curve uder stationary and nonstationary condition for Tan Son Hoa station, Ho Chi Minh City. The results are able to support the local government in designing or upgrading drainage systems and contribute to reduce inundation.

Keywords: IDF curve, HCMC, design rainfall, nonstationary, stationary, Tan Son Hoa.

Ngày nhận bài: 31/5/2023

Ngày chấp nhận đăng: 28/6/2023