

# Xây dựng đường cong IDF mưa cực đoan cho trạm Tân Sơn Hòa giai đoạn 1980 – 2015

Nguyễn Trọng Quân, Phạm Thị Thảo Nhi, Đào Nguyên Khôi

**Tóm tắt** – Ngày nay, mối quan hệ cường độ – chu kỳ – tần suất (IDF) của hiện tượng mưa cực đoan tại một khu vực cụ thể thường được chú trọng nghiên cứu nhằm cung cấp nguồn dữ liệu đầu vào chính xác, phục vụ công tác tính toán, thiết kế và xây dựng các hệ thống thoát nước đô thị, đặc biệt là trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Thông thường, đường cong IDF được xây dựng dựa trên phương pháp thống kê tần suất xây ra các sự kiện mưa cực đoan tối đa hàng năm theo chu kỳ lặp lại hoặc dựa trên một hàm phân phối xác suất của các sự kiện này. Tuy nhiên, các phương pháp truyền thống này không thể hiện được mối liên hệ giữa các sự kiện mưa cực đoan theo từng chu kỳ mưa do chỉ mô phỏng theo từng chu kỳ riêng biệt, đồng thời phát sinh số lượng lớn các tham số thống kê trong quá trình tính toán, dẫn đến kết quả mô phỏng không chính xác và phụ thuộc nhiều vào dữ liệu quan trắc thực tế. Trong nghiên cứu này, một phương pháp xây dựng đường cong IDF mới được đề xuất thực hiện dựa trên tính chất tỉ lệ bất biến giữa các sự kiện mưa cực đoan tại nhiều chu kỳ khác nhau. Phương pháp này sẽ được kiểm định và so sánh với các phương pháp truyền thống dựa trên kết quả xây dựng đường cong IDF mô tả hiện trạng mưa cực đoan tại trạm đo Tân Sơn Hòa (Tp. HCM) giai đoạn 1980 – 2015. Kết quả nghiên cứu cho thấy tồn tại mối quan hệ tuyến tính giữa các sự kiện mưa cực đoan theo từng quy mô thời gian và chỉ ra phương pháp mới được đề xuất hoàn toàn phù hợp để ước tính đường cong IDF với nhiều ưu điểm nổi bật hơn so với phương pháp truyền thống.

**Từ khóa** – Đường cong IDF, mưa cực đoan, hàm phân phối xác suất, TP.HCM.

*Bài nhận ngày 9 tháng 9 năm 2017, chấp nhận đăng ngày 30 tháng 11 năm 2017.*

Nguyễn Trọng Quân, trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM (Email: quannnguyen201294@gmail.com)

Phạm Thị Thảo Nhi, trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM (Email: pthao nhi@gmail.com)

Đào Nguyên Khôi, trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM (Email: dnkhoi@hcmus.edu.vn)

## 1 GIỚI THIỆU

Hiện nay, các nghiên cứu xây dựng mối quan hệ cường độ – chu kỳ – tần suất (IDF) của sự kiện mưa cực đoan tại một khu vực cụ thể ngày càng trở nên quan trọng, nhằm cung cấp thông tin cần thiết và nguồn dữ liệu đầu vào cho việc lên kế hoạch, tính toán thiết kế và xây dựng cơ sở hạ tầng để giải quyết các vấn đề thoát nước đô thị, đặc biệt là trong bối cảnh chịu sự tác động, ảnh hưởng của biến đổi khí hậu (BĐKH). Cụ thể hơn, các thông tin có thể đạt được từ việc xây dựng đường cong IDF như cường độ mưa, chu kỳ mưa, tần suất xuất hiện hay lặp lại đối với từng trận mưa cực đoan sẽ thường được sử dụng trong quá trình tính toán diện tích, sức chứa tối đa đối với các hệ thống dự trữ hay thoát nước đô thị. Ngoài ra, các thông số từ mối quan hệ IDF còn có thể sử dụng để thực hiện các tính toán mô phỏng hay đánh giá nhiều mô hình khí tượng, thủy văn có liên quan. Phương pháp xây dựng đường cong IDF đã được nghiên cứu và phát triển từ những năm 1930 [2,18] dựa trên các chuỗi dữ liệu mưa được ghi nhận trong quá khứ, tuy nhiên, các phương pháp này vẫn chưa xem xét đến những thay đổi của khí hậu có thể ảnh hưởng đến kết quả tính toán đường cong IDF. Do đó, trong điều kiện các thành phố ngày nay phải chịu nhiều tác động bởi BĐKH, việc xây dựng đường cong IDF có khả năng kết hợp dữ liệu mưa quan trắc trong quá khứ và các kịch bản BĐKH cho giai đoạn tương lai cần được đẩy mạnh nghiên cứu, nhằm mục đích đưa ra những kết quả chính xác hơn và đem lại hiệu quả cao trong công tác giải quyết các vấn đề phát triển đô thị xảy ra do ảnh hưởng của nhiều hiện tượng thời tiết cực đoan như mưa, bão và lũ lụt.

Theo các nghiên cứu trước đây, đường cong IDF có thể được xây dựng dựa trên phương pháp phân tích tần suất lặp lại của dữ liệu mưa tối đa hàng năm (Annual Maximum Rainfall Intensity – AMRI) đối với từng chu kỳ mưa cụ thể tại khu vực nghiên cứu [8,17]. Tuy nhiên phương pháp phân tích tần suất truyền thống có hai điểm hạn chế quan trọng:

- Thứ nhất, phương pháp tần suất truyền thống yêu cầu cần có đầy đủ dữ liệu lượng mưa hàng năm chi tiết theo từng chu kỳ mưa (từ 15 phút – 24 giờ) tại

khu vực nghiên cứu.

- Thứ hai, phương pháp này không thể ước tính cường độ mưa tối đa đối với các trận mưa cực đoan có chu kỳ lặp lại lớn hơn 100 năm.

Sau đó, vào những năm 1990, phương pháp xây dựng đường cong IDF dựa trên các hàm phân phối xác suất (probability distribution function – PDF) phù hợp với dữ liệu mưa quan trắc được nghiên cứu và phát triển, nhằm mục đích có thể tính toán những trận mưa cực đoan có chu kỳ lặp lại lớn [10, 20, 22]. Dựa trên phương pháp này, các hàm phân phối xác suất như Log-Normal, Log-Person, Gamma, Gumbel hay Generalized Extreme Value (GEV) thường được sử dụng để mô phỏng sự phân phối mật độ xác suất của dữ liệu mưa tối đa hàng năm theo từng chu kỳ cụ thể; ngoài ra, các nghiên cứu [4,11,14,16] cũng đưa ra nhận định rằng hàm phân phối xác suất GEV thường được sử dụng rộng rãi và có độ chính xác cao trong việc mô tả các dữ liệu mưa quan trắc này. Tuy nhiên, phương pháp xây dựng đường cong IDF truyền thống dựa trên các hàm phân phối xác suất vẫn còn nhiều nhược điểm cần được quan tâm:

- Thứ nhất, với mỗi chu kỳ mưa (từ 15 phút – 24 giờ) cần xác định một hàm phân phối xác suất phù hợp, dẫn đến một lượng lớn các tham số thống kê (tham số về vị trí, tỷ lệ, và hình dạng) đặc trưng cho từng hàm phân phối cụ thể cần được tính toán; do đó, sẽ làm tăng độ phức tạp và sai số hệ thống, giảm độ tin cậy đối với đường cong IDF.

- Thứ hai, phương pháp này cũng yêu cầu đầy đủ dữ liệu lượng mưa quan trắc theo các chu kỳ mưa với độ phân giải dữ liệu cao (chu kỳ mưa phút, mưa giờ). Do đó, sẽ gặp nhiều khó khăn đối với những khu vực không thu thập được đầy đủ dữ liệu mưa quan trắc, đặc biệt là đối với các chu kỳ mưa nhỏ hơn 24 giờ.

- Thứ ba, việc mô tả dữ liệu mưa quan trắc bằng hàm phân phối xác suất cho từng chu kỳ mưa riêng biệt sẽ bỏ qua mối liên hệ về cường độ mưa và tính chất tỉ lệ giữa các chu kỳ mưa từ nhỏ đến lớn [1].

Từ những vấn đề kể trên, một phương pháp tiếp cận mới để xây dựng đường cong IDF đã được nghiên cứu và phát triển dựa trên nền tảng toán học lý thuyết là khái niệm về tỉ lệ bất biến (scale invariance) đối với sự liên hệ giữa các đặc tính thống kê của một quá trình có tính chất tỉ lệ (scaling process) [5]. Khái niệm về tính chất tỉ lệ của lượng mưa được kiểm chứng bởi [12] đối với các chu kỳ mưa từ 30 đến 1440 phút (24 giờ), trong nghiên cứu này, Menabde đã cho thấy khả năng xây dựng mối liên hệ IDF dựa trên tính chất tỉ lệ của lượng mưa quan trắc và một số giả định về phương trình phân phối tích lũy (CDF) đối với lượng mưa tối đa hàng năm. Do đó, từ việc tính toán các phương trình tỉ lệ dựa trên dữ liệu mưa ngày quan trắc, có thể suy diễn

kéo dài đường cong IDF từ chu kỳ ngày (24 giờ) đến các chu kỳ nhỏ hơn (1 giờ) mà không cần sử dụng dữ liệu mưa giờ quan trắc. Phương pháp này sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho việc xây dựng đường cong IDF tại những khu vực bị thiếu dữ liệu mưa chi tiết theo giờ, đồng thời, phương pháp tỉ lệ còn có thể chi tiết hóa dữ liệu mưa ngày của các kịch bản BĐKH, từ đó xây dựng đường cong IDF ước tính cho các giai đoạn trong tương lai. Các nghiên cứu phát triển lý thuyết cơ bản của phương pháp tỉ lệ đã được thực hiện bởi nhiều tác giả trên thế giới và được ứng dụng nhiều trong các nghiên cứu về mưa cực đoan như: phát triển đường cong IDF về các cơn bão tại Milan (Italia) [3]; xây dựng đường cong IDF cho những khu vực bị thiếu dữ liệu ở Đài Loan [21]; khảo sát biên độ của các tham số tỉ lệ tại khu vực dãy núi Alpine (Thụy Sĩ) [13]; xây dựng đường cong IDF cho 43 trạm tại Texas [15] hay ước tính đường cong IDF tại các trạm đo địa phương ở Tunisia [6]. Hiện nay, nghiên cứu về xây dựng đường cong IDF ở Việt Nam cũng thu hút nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học.

Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm xây dựng đường cong IDF bằng phương pháp hàm phân phối xác suất theo tỉ lệ cho giai đoạn hiện trạng (1980 – 2015) tại trạm Tân Sơn Hòa ở Tp.HCM.

## 2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1 Phạm vi nghiên cứu và dữ liệu thu thập

Thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM) là một trong hai thành phố lớn của Việt Nam, cùng với Hà Nội, có tốc độ tăng trưởng kinh tế nhanh nhất cả nước, đồng thời tình trạng gia tăng dân số và quá trình đô thị hóa cũng diễn ra ngày càng mạnh mẽ. Thêm vào đó, khi quá trình phát triển kinh tế và đô thị hóa diễn ra quá nhanh nhưng không có những giải pháp đồng bộ trong quy hoạch và quản lý cơ sở hạ tầng đô thị, kết hợp với vị trí địa lý nằm trên một nền đất thấp trong lưu vực sông Đồng Nai và gần biển, thì tình trạng ngập lụt thường xuyên do mưa lớn, nước lũ thượng nguồn hoặc triều cường là một trong những vấn đề đô thị mà TP.HCM đang phải đối mặt trong suốt nhiều năm. Vì vậy, nghiên cứu xây dựng đường cong IDF đối với hiện tượng mưa cực đoan tại khu vực TP.HCM được thực hiện để có thể cung cấp nguồn dữ liệu tham khảo chính xác về hiện trạng mưa cực đoan tại TP.HCM và góp phần giải quyết nhanh vấn đề ngập lụt tại khu vực này. Dữ liệu mưa 15 phút tại trạm Tân Sơn Hòa (TP.HCM) giai đoạn 1980 – 2015, thu thập tại Trung tâm Tư liệu Khí Tượng Thủy Văn Quốc Gia (HMDC), được sử dụng trong nghiên cứu này.

### 2.2 Đánh giá lựa chọn hàm phân phối xác suất

Hiện nay, có nhiều hàm phân phối xác suất được

sử dụng để mô tả dữ liệu mưa cực đoan cũng như xây dựng đường cong IDF như hàm Log-Normal, Log-Pearson, Gamma, Gumbel, GEV, Exponential, Pareto..., trong đó hai hàm Gumbel và GEV thường được sử dụng nhiều nhất trong phân tích mối quan hệ cường độ - chu kỳ - tần suất của các hiện tượng thời tiết cực đoan như mưa, bão, và lũ lụt. Trong nghiên cứu này, dữ liệu mưa quan trắc AMRI trong giai đoạn 1980 – 2015 theo từng chu kỳ tương ứng (15 phút, 30 phút, 1 giờ, 3 giờ, 6 giờ, 9 giờ, 12 giờ và 24 giờ) sẽ được sử dụng để xác định hàm phân phối xác suất phù hợp nhất trong 5 hàm được lựa chọn là Log-Normal, Log-Pearson, Gamma, Gumbel và GEV. Các tham số thống kê của từng hàm phân phối xác suất được ước tính bằng phương pháp L-moment [10], đồng thời, phép kiểm định thống kê Anderson – Darling sẽ được sử dụng để lựa chọn hàm phân phối xác suất phù hợp thông qua các hệ số kiểm định thống kê (A-D statistic và p-value). Hàm phân bố xác suất nào có giá trị A-D statistic càng nhỏ và giá trị p-value càng lớn thì hàm phân bố xác suất đó càng phù hợp với dữ liệu quan trắc [19].

Khi đã lựa chọn được hàm phân phối xác suất phù hợp, dữ liệu mưa quan trắc AMRI theo từng chu kỳ được sử dụng để tính toán các bộ tham số thống kê của hàm phân phối xác suất đã chọn, mỗi bộ tham số tương ứng với một chu kỳ riêng biệt (15 phút, 30 phút, 1 giờ, 3 giờ, 6 giờ, 9 giờ, 12 giờ và 24 giờ). Sau đó, cường độ mưa cực đoan tối đa (mm/h) tương ứng với chu kỳ lặp lại (return period) là 2, 5, 10, 20, 50, và 100 năm sẽ được tính dựa trên hàm phân phối xác suất đã chọn và bộ tham số riêng cho từng chu kỳ; từ đó xây dựng đường cong IDF tương ứng.

### 2.3 Xây dựng đường cong IDF bằng phương pháp hàm phân phối xác suất theo tỉ lệ

Để xác định mối liên hệ giữa cường độ mưa cực đoan tối đa của các chu kỳ mưa liên tiếp, phương pháp ước lượng tham số thống kê NCM được sử dụng trong nghiên cứu này. Các tham số thống kê NCM ( $\mu_k$ ) được tính dựa theo công thức như sau, với:  $\Gamma(\cdot)$  là hàm gamma;  $\xi$ ,  $\alpha$ ,  $\kappa$  là các tham số của hàm phân phối xác suất;  $k$  là bậc của tham số NCM ( $k \neq 0$ ):

$$\mu_k = \left(\xi + \frac{\alpha}{\kappa}\right)^k + (-1)^k \left(\frac{\alpha}{\kappa}\right)^k \Gamma(1 + k\kappa) + k \sum_{i=1}^{k-1} (-1)^i \left(\frac{\alpha}{\kappa}\right)^i \left(\xi + \frac{\alpha}{\kappa}\right)^{k-i} \Gamma(1 + i\kappa) \quad (1)$$

trong đó, với  $X$  (mm) là cường độ mưa cực đoan tối đa tương ứng với chu kỳ mưa  $t$  (giờ) và chu kỳ lặp lại  $T$  (năm), thì  $\lambda X$  (mm) là cường độ mưa cực đoan tối đa tương ứng với chu kỳ mưa  $\lambda t$  (giờ) và chu kỳ lặp lại  $T$  (năm). Theo [5], hàm phân phối xác suất  $F(x)$  sẽ tỉ lệ thuận với hàm phân phối xác suất  $F(\lambda x)$  đối với tất cả các giá trị dương của tỉ lệ  $\lambda$ , và phương

trình liên hệ được biểu diễn như sau, với  $C(\lambda) = \lambda\beta$  được gọi là hàm tỉ lệ và  $\beta$  là hằng số tỉ lệ:

$$F(\lambda x) = C(\lambda)F(x) = \lambda^\beta F(x) \quad (2)$$

Dựa trên lý thuyết tỉ lệ bất biến của [5] và [7] đã nghiên cứu và xây dựng phương trình liên hệ giữa các tham số thống kê NCM ( $\mu_k$ ) theo các bậc  $k \neq 0$  của các chu kỳ mưa ( $t$ ) liên tiếp như sau, với  $\sigma(k)$  là giá trị của tham số NCM ( $\mu_k$ ) tại chu kỳ mưa ( $t$ ):

$$\mu_k = \sigma(k)t^{\beta k} \quad (3)$$

Từ đó, có thể dễ dàng tính được các tham số thống kê của một hàm phân phối xác suất tại chu kỳ mưa  $\lambda t$  bất kỳ khi đã biết bộ tham số thống kê tương ứng tại chu kỳ  $t$  theo các phương trình sau:

$$\kappa(\lambda t) = \kappa(t) \quad (4)$$

$$\alpha(\lambda t) = \lambda^\beta \alpha(t) \quad (5)$$

$$\xi(\lambda t) = \lambda^\beta \alpha(t) \quad (6)$$

Đường cong IDF được xây dựng dựa trên các giá trị cường độ mưa cực đoan tối đa ( $X_{\lambda t}$ ,  $T$ ) tại các chu kỳ mưa ( $\lambda t$ ) và chu kỳ lặp lại ( $T$ ) tương ứng.  $X_{\lambda t}$ ,  $T$  được tính theo công thức sau, với  $X_t$  được tính từ hàm phân phối xác suất  $F(x)$  của chu kỳ mưa  $t$  và chu kỳ lặp lại  $T$ :

$$X_T(\lambda t) = \lambda^\beta X_t \quad (7)$$

Trong nghiên cứu này, cường độ mưa cực đoan tối đa mô phỏng tại chu kỳ mưa ngày ( $X_{24}$ ) – tính từ hàm phân phối xác suất của dữ liệu mưa ngày quan trắc – sẽ được sử dụng để tính cường độ mưa cực đoan tối đa mô phỏng tại các chu kỳ ngắn hơn 24 giờ (từ 1 giờ đến 23 giờ); và cường độ mưa cực đoan tối đa mô phỏng tại chu kỳ mưa 1 giờ ( $X_1$ ) – tính từ dữ liệu mưa 1 giờ theo quan trắc – sẽ được sử dụng để tính cho các chu kỳ mưa nhỏ hơn 1 giờ (15 và 30 phút). Đường cong IDF được xây dựng bằng phương pháp tỉ lệ, tương ứng với các chu kỳ từ 15 phút đến 24 giờ sẽ được biểu diễn và kiểm định lại bằng các bước kiểm định mô hình như so sánh sai số (Root mean square errors – RMSE) đối với cường độ mưa cực đoan quan trắc được tính bằng phương pháp tần suất ( $X_{obs}$ ) (Gringorten, 1963) và phương pháp hàm phân phối xác suất truyền thống ( $X_{pdf}$ ).

Các tính toán trong nghiên cứu này được xử lý bằng phần mềm RStudio với ngôn ngữ lập trình R.

## 3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1 Lựa chọn hàm phân phối xác suất

Bảng 1 mô tả tính chất dữ liệu mưa cực đoan quan trắc (AMRI) tại trạm đo Tân Sơn Hòa (Tp. HCM) trong giai đoạn 1980 – 2015 với các thời đoạn mưa khác nhau (15 phút, 30 phút, 1 giờ, 3 giờ, 6 giờ, 9 giờ, 12 giờ, và 24 giờ) thông qua một số đặc trưng thống kê cơ bản.

Kết quả khảo sát khả năng mô phỏng dữ liệu và các tham số thống kê tương ứng của 5 hàm phân phối xác suất (Log-Normal, Log-Pearson, Gamma,

Gumbel và GEV) đối với dữ liệu mưa cực đoan trong giai đoạn 1980 – 2015 tại trạm đo Tân Sơn quan trắc AMRI tại 8 chu kỳ liên tiếp (15 phút, 30 phút, 1 giờ, 3 giờ, 6 giờ, 9 giờ, 12 giờ và 24 giờ) Hòa (Tp. HCM) được liệt kê trong Bảng 2.

Bảng 1. Đặc trưng thống kê cơ bản của dữ liệu mưa trạm Tân Sơn Hòa (TSH)

Trạm đo	Tân Sơn Hòa							
Vĩ độ	10°48'57"							
Kinh độ	106°40'02"							
Độ dài dữ liệu (năm)	35 (1980 - 2015)							
Chu kỳ mưa	15 phút	30 phút	1 giờ	3 giờ	6 giờ	9 giờ	12 giờ	24 giờ
Lượng mưa tối đa lớn nhất (mm)	49,30	69,70	92,10	142,00	163,80	163,90	163,90	163,90
Lượng mưa tối đa nhỏ nhất (mm)	9,60	27,10	40,10	49,50	51,50	51,50	54,60	51,50
Lượng mưa tối đa trung bình (mm)	19,31	40,93	66,14	83,63	90,69	93,91	99,17	92,64
Lượng mưa tối đa trung vị (mm)	19,55	39,20	64,60	80,30	86,65	90,25	90,25	90,25
Độ lệch chuẩn (mm)	7,88	9,05	14,91	20,52	25,55	31,15	33,17	25,05

Bảng 2. Kết quả kiểm định các hàm phân phối xác suất

Chu kỳ	Hàm phân phối xác suất	Tham số			Kiểm định A-D	
		Location	Scale	Shape	A-D Statistic	p-value
15 phút	GEV	15,940	5,880	0,004	0,408	0,857
	Gamma	6,950	2,780		0,434	0,83
	Gumbel	15,930	5,857		0,408	0,857
	Log-Pearson III	19,310	7,431	1,015	0,443	0,821
	Log-Normal	18,094	6,849	-0,345	0,417	0,847
30 phút	GEV	36,692	6,944	-0,032	0,175	0,999
	Gamma	21,409	1,912		0,291	0,959
	Gumbel	36,794	7,157		0,178	0,998
	Log-Pearson III	40,925	9,165	1,154	0,164	0,999
	Log-Normal	39,240	8,244	-0,393	0,178	0,998
1 giờ	GEV	60,283	14,755	0,217	0,197	0,996
	Gamma	18,246	3,625		0,176	0,999
	Gumbel	58,915	12,517		0,314	0,942
	Log-Pearson III	66,141	15,404	0,232	0,202	0,995
	Log-Normal	65,547	15,34	-0,077	0,206	0,995
3 giờ	GEV	74,814	18,267	0,105	0,201	0,996
	Gamma	16,310	5,127		0,191	0,997
	Gumbel	73,971	16,726		0,218	0,992
	Log-Pearson III	83,625	20,81	0,637	0,189	0,997
	Log-Normal	81,445	20,161	-0,214	0,198	0,996
6 giờ	GEV	78,910	19,333	-0,032	0,182	0,998
	Gamma	13,478	6,729		0,208	0,994
	Gumbel	79,192	19,922		0,160	0,999
	Log-Pearson III	90,691	25,508	1,153	0,194	0,997
	Log-Normal	86,003	22,948	-0,393	0,178	0,998
9 giờ	GEV	79,019	24,042	-0,041	0,186	0,999
	Gamma	9,092	10,328	0	0,244	0,989
	Gumbel	79,474	25,002	0	0,204	0,998
	Log-Pearson III	93,906	32,097	1,189	0,189	0,999
	Log-Normal	87,842	28,679	-0,406	0,189	0,999
12 giờ	GEV	82,309	22,199	-0,157	0,217	0,998
	Gamma	9,203	10,775		0,369	0,922
	Gumbel	84,016	26,248		0,332	0,952
	Log-Pearson III	99,167	35,067	1,652	0,217	0,998
	Log-Normal	90,414	28,118	-0,573	0,217	0,998
24 giờ	GEV	88,862	19,173	-0,023	0,193	0,997
	Gamma	17,122	5,863		0,334	0,926
	Gumbel	89,069	19,603		0,197	0,996
	Log-Pearson III	100,384	25,046	1,122	0,222	0,991
	Log-Normal	95,895	22,662	-0,382	0,190	0,997

Bảng 3. Sai số (RMSE) của phương pháp GEV và SSGEV so với dữ liệu quan trắc (Đơn vị: mm)

Phương pháp	Chu kì							
	15 phút	30 phút	1 giờ	3 giờ	6 giờ	9 giờ	12 giờ	24 giờ
GEV	4,4268	4,5682	7,0430	9,5569	13,2964	15,7595	18,1250	11,9336
SSGEV	5,4081	3,8640	6,7646	10,2506	14,3579	18,7856	20,6489	11,9336

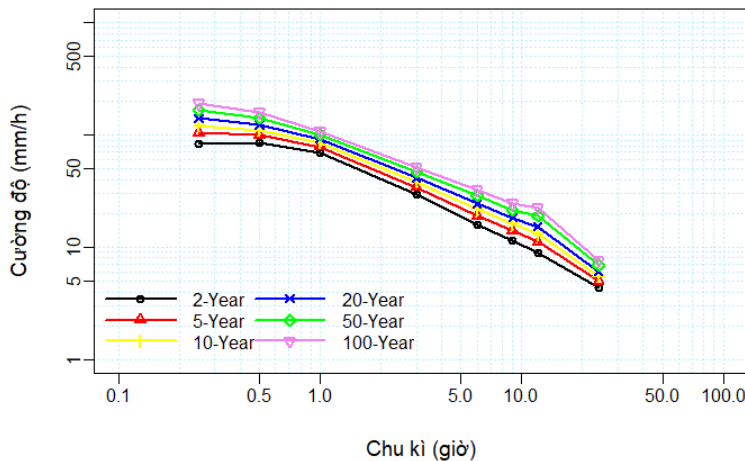
Kết quả kiểm định mô hình thống kê Anderson – Darling cho thấy hàm phân phối GEV có kết quả mô phỏng chính xác nhất đối với các chu kì 15 phút, 9 giờ và 12 giờ; hàm Log-Pearson III có kết quả kiểm định tốt hơn với các chu kì 30 phút và 3 giờ; các chu kì còn lại là 1 giờ, 6 giờ và 24 giờ lần lượt được mô tả tốt bởi hàm Gamma, Gumbel và Log-Normal. Tuy nhiên, kết quả kiểm định A-D Statistic còn cho thấy hàm GEV có thể mô phỏng tốt dữ liệu mưa cực đoan quan trắc AMRI đối với tất cả các chu kì mưa từ ngắn hạn (15 phút) tới dài hạn (24 giờ). Do đó, nghiên cứu này sẽ lựa chọn sử dụng hàm phân phối xác suất GEV để mô phỏng dữ liệu mưa cực đoan quan trắc và tính toán đường cong IDF ước tính cho giai đoạn hiện trạng 1980 – 2015 tại khu vực Tp.HCM.

3.2 Xây dựng đường cong IDF mưa cực đoan

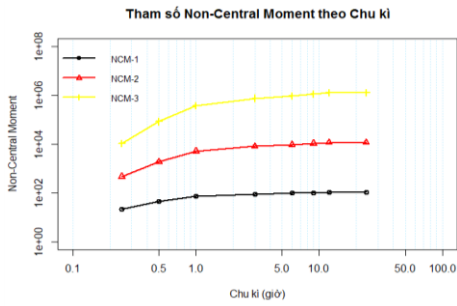
Phương trình tỉ lệ biểu diễn mối quan hệ giữa cường độ mưa cực đoan tại các chu kì mưa liên tiếp được xây dựng dựa trên phương pháp ước lượng tham số Non-Central Moment. Trong đó, ba tham số NCM ( $\mu_k$ ) tương ứng với bậc  $k = 1, 2, 3$  được tính từ phương trình (1) thông qua các bộ tham số thống kê ( $\xi, \alpha, \kappa$ ) tương ứng với mỗi chu kì mưa

riêng biệt ước tính từ hàm phân phối xác suất GEV. Hình 2 là đồ thị log-log biểu diễn các tham số NCM (bậc 1, 2, 3) theo từng chu kì mưa cực đoan tương ứng (15 phút, 30 phút, 1 giờ, 3 giờ, 6 giờ, 9 giờ, 12 giờ và 24 giờ) tại trạm Tân Sơn Hòa (Tp. HCM). Từ đồ thị Hình 2 có thể thấy mối quan hệ tuyến tính giữa các chu kì mưa theo 2 quy mô ngày (Sub-daily regime) và giờ (Sub-hourly regime), với chu kì ngày là từ 1 giờ đến 24 giờ và chu kì giờ từ 15 phút đến 60 phút. Hơn nữa, đường tuyến tính này đã khẳng định dữ liệu mưa cực đoan quan trắc tuân theo các lý thuyết tỉ lệ như đã đề cập trong phần phương pháp nghiên cứu. Hình 3 biểu diễn các tham số tỉ lệ (scaling exponent) theo quy mô ngày (hoặc giờ) tương ứng với các bậc của tham số thống kê NCM, từ đó xác định được hằng số tỉ lệ  $\beta$  thông qua phương trình (3). Sau khi đã xác định được hệ số tỉ lệ  $\beta$ , dữ liệu cường độ mưa cực đoan mô phỏng bằng hàm phân phối xác suất (GEV) tại chu kì 24 giờ (X24) và chu kì 1 giờ (X1) cùng với các tham số thống kê tương ứng ( $\xi, \alpha, \kappa$ ) sẽ được sử dụng để tính cường độ mưa cực đoan mô phỏng bằng phương pháp hàm phân phối xác suất theo tỉ lệ (SSGEV) của các chu kì nhỏ hơn 24 giờ và chu kì nhỏ hơn 1 giờ, từ đó xây dựng đường cong IDF ước tính tương ứng.

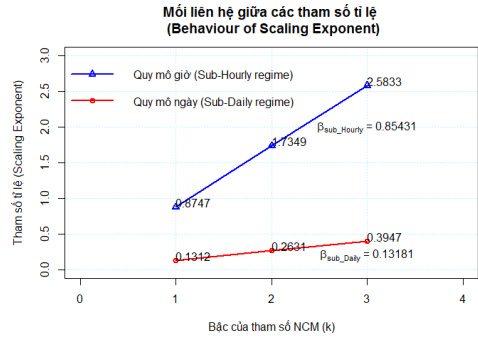
Đường cong IDF (GEV) giai đoạn 1980 - 2015



Hình 1. Đường cong IDF mưa cực đoan tại trạm Tân Sơn Hòa ước tính bằng hàm phân phối xác suất GEV truyền thống

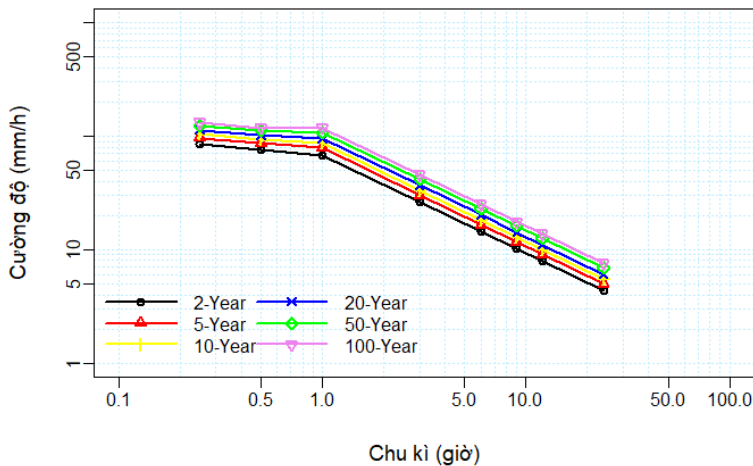


Hình 2. Đồ thị log-log biểu diễn 3 tham số NCM của dữ liệu mưa cực đoạn giai đoạn 1980 – 2015 tương ứng với các thời gian mưa tại trạm TSH

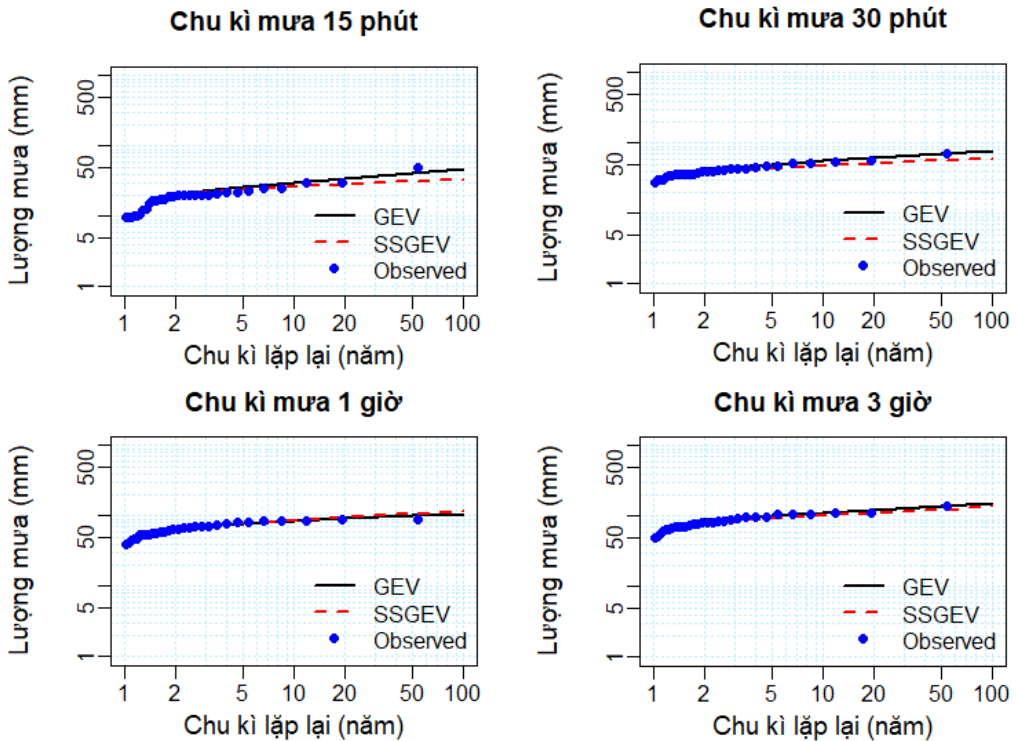


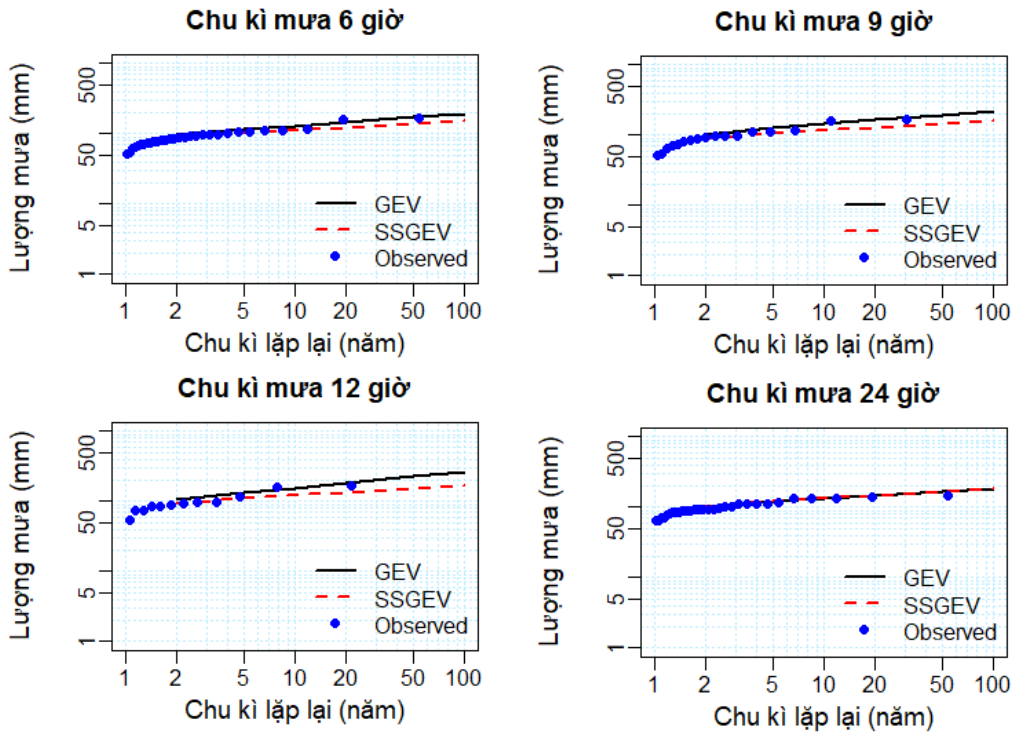
Hình 3. Đồ thị biểu diễn mối quan hệ tuyến tính giữa các tham số tỷ lệ

**Đường cong IDF (SSGEV) giai đoạn 1980 - 2015**



Hình 4. Đường cong IDF mưa cực đoạn tại trạm Tân Sơn Hòa ước tính bằng hàm phân phối xác suất SSGEV





Hình 5. Đồ thị so sánh các hàm SSGEV/GEV với dữ liệu lượng mưa cực đoan quan trắc giai đoạn 1980 – 2015 tại trạm Tân Sơn Hòa

Hình 5 là đồ thị biểu diễn hàm phân phối xác suất GEV và hàm SSGEV tương ứng với cường độ mưa cực đoan quan trắc theo các chu kỳ khác nhau (1, 3, 6, 9, 12 và 24 giờ) trong giai đoạn 1980 – 2015 tại trạm Tân Sơn Hòa (Tp. HCM). Kết quả cho thấy sự phù hợp của 2 mô hình GEV và SSGEV khi mô phỏng dữ liệu mưa cực đoan AMRI tại các chu kỳ mưa khác nhau. Thêm vào đó, kết quả mô phỏng cường độ mưa cực đoan quan trắc bằng phương pháp SSGEV gần như tương đồng so với phương pháp GEV, thể hiện qua sai số RMSE của hai phương pháp so với dữ liệu quan trắc (Bảng 3).

Hình 1 và 4 mô tả kết quả xây dựng đường cong IDF ước tính bằng phương pháp GEV và SSGEV. Kết quả phân tích đường cong IDF từ cả hai phương pháp đều cho thấy: ở giai đoạn hiện trạng (1980 – 2015) tại khu vực Tân Sơn Hòa (Tp. HCM), trong cùng 1 chu kỳ mưa thì cường độ mưa cực đoan có xu hướng tăng khi chu kỳ lặp lại tăng (tức tần suất lặp lại hằng năm giảm); và trong cùng một chu kỳ lặp lại thì cường độ mưa cực đoan có xu hướng giảm khi chu kỳ mưa tăng. Cụ thể, theo phương pháp SSGEV, với chu kỳ lặp lại 2 năm thì cường độ mưa cực đoan lớn nhất đạt khoảng 130mm với chu kỳ mưa 15 phút và giảm dần đến khoảng 4mm tại chu kỳ mưa 24 giờ. Ngược lại, trong cùng chu kỳ mưa 1 giờ, cường độ mưa cực đoan tăng từ 67mm đến 118mm tương ứng với chu kỳ lặp lại tăng từ 2 năm đến 100 năm. Ngoài ra, đường cong IDF được xây

dựng bằng phương pháp SSGEV có thể biểu diễn mối quan hệ tỉ lệ giữa các chu kỳ mưa rõ ràng hơn so với đường cong IDF theo phương pháp GEV truyền thống.

Nhìn chung, từ các kết quả trên có thể khẳng định phương pháp xây dựng đường cong IDF bằng mô hình hàm phân phối xác suất theo tỉ lệ (SSGEV) hoàn toàn có thể áp dụng đối với những khu vực nghiên cứu mà tại đó dữ liệu quan trắc cường độ mưa cực đoan theo các chu kỳ mưa nhỏ (giờ, phút) bị hạn chế.

#### 4 KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu này nhằm mục đích chính là ứng dụng phương pháp hàm phân phối xác suất theo tỉ lệ để xây dựng mối quan hệ cường độ – chu kỳ – tần suất cho hiện trạng mưa cực đoan giai đoạn 1980-2015 tại trạm Tân Sơn Hòa theo các chu kỳ từ ngắn hạn (giờ, phút) đến dài hạn (ngày). Từ các kết quả đạt được, có thể đưa ra các kết luận và kiến nghị như sau:

(1) Hàm phân phối xác suất GEV hoàn toàn phù hợp để mô phỏng dữ liệu mưa cực đoan theo các chu kỳ mưa từ ngắn hạn (15 phút) đến dài hạn (24 giờ).

(2) Phương pháp hàm phân phối xác suất theo tỉ lệ (SSGEV) có kết quả mô phỏng cường độ mưa cực đoan quan trắc gần như tương đồng với kết quả mô phỏng tương ứng được thực hiện bằng phương

pháp hàm phân phối xác suất truyền thống (GEV). Kết quả này cho thấy phương pháp SSGEV hoàn toàn có thể được áp dụng khi xây dựng đường cong IDF với các chu kỳ mưa từ ngắn hạn (15 phút) đến dài hạn (24 giờ) mà không cần phải có đầy đủ nguồn dữ liệu mưa cực đoan quan trắc chi tiết theo giờ (hoặc phút).

(3) Phương pháp SSGEV hoàn toàn phù hợp để xây dựng đường cong IDF mưa cực đoan trong giai đoạn hiện trạng (1980 – 2015) tại khu vực Tp. HCM. Từ kết quả phân tích này, có thể mở rộng nghiên cứu để xây dựng đường cong IDF xem xét đến ảnh hưởng biến đổi khí hậu trong khu vực nghiên cứu.

### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Sở Khoa học và Công nghệ TP.HCM thông qua đề tài chương trình Vườn Ươm năm 2017 với tiêu đề “Xây dựng đường cong cường độ – thời gian – tần suất (IDF) cho yếu tố lượng mưa dưới ảnh hưởng của biến đổi khí hậu ở TP. Hồ Chí Minh”

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M. Agbazo, G. Koton'Gobi, E. Kounouhewa, E. Alamou, and A. Afouda, “Estimation of IDF Curves of Extreme Rainfall by Simple Scaling in Northern Oueme Valley, Benin Republic (West Africa)”, *Earth Sciences Research Journal*, vol. 20, no. 1, pp. D1-D7, 2016.
- [2] M.M. Bernard, “Formulas for rainfall intensities of long durations”, *Trans ASCE*, vol. 96, pp. 592–624, 1932.
- [3] C. De Michele, N.T. Kottegoda, and R. Rosso, “Intensity-duration-area-frequency curves of extreme storm rainfall: a scaling approach”, *WST*, vol. 25, pp. 83–90, 2002.
- [4] S.S. Eslamian and H. Feizi, “Maximum monthly rainfall analysis using L-moments for an arid region in Isfahan province, Iran”, *J. Appl. Meteorol. Clim.*, vol. 46, pp. 496-503, 2007.
- [5] J. Feder, *Fractals*, New York: Plenum Press, 1988.
- [6] H. Ghanmi, “Estimation des courbes Intensité-Durée-AireFréquence (IDAF) de la région de Tunis dans un context multifractal”, Université de Versailles Saint-Quentin-enYvelines et Université de Tunis EL Manar, à l'UVSQ-LATMOS (Guyancourt-France) Thèse de doctorat, 2014.
- [7] V.K. Gupta and E. Waymire, “Multiscaling properties of spatial and river flow distributions”, *JGR*, vol. 95, pp. 1999–2009, 1990.
- [8] Hazen, A. “Flood flow, a study of frequencies and magnitudes”, John Wiley and Sons, INC. New York, 1930.
- [9] J.R.M. Hosking and J.R. Wallis, “Some statistics useful in regional frequency analysis”, *Water Resour. Res.*, vol. 29, no. 2, pp. 271-281, 1993.
- [10] J.R.M. Hosking, J.R. Wallis and E.F. Wood, “Estimation of the generalized extreme-value distribution by the method of probability weighted moments”, *Technometrics*, vol. 27, no. 3, pp. 251–261, 1985.
- [11] S.H. Lee and S.J. Meang, “Frequency analysis of extreme rainfall using L-moment”, *Irrig. Drain.*, vol. 52, pp. 219-230, 2003.
- [12] M. Menabde, A. Seed, and G. Pegram, “A simple scaling model for extreme rainfall”, *Water Resour. Res.*, vol. 35, pp. 335–339, 1999.
- [13] P. Molnar and P. Burlando, “Variability in the scaling properties of high resolution precipitation data in the Alpine climate of Switzerland”, *Water Resour. Res.*, vol. 44, pp. W10404, 2008.
- [14] Natural Environment Research Council, *Flood study Report. Meteorological studies*, London, England, Volume II, pp. 81, 1975.
- [15] M. Özger, A.K. Mishra, V.P. Singh, “Scaling characteristics of precipitation data in conjunction with wavelet analysis”, *Journal of Hydrology*, vol. 395, pp. 279–288, 2010.
- [16] M.G. Schaefer, “Regional analyses of precipitation annual maxima in Washington State”, *Water Resour. Res.*, vol. 26, no. 1, pp. 119-131, 1990.
- [17] B. Sevruk and H. Geiger, “Selection of distribution types for extremes of precipitation”, World Meteorological Organisation, *Operational Hydrology Report*, No. 15, WMO-No. 560, Geneva, 1981.
- [18] C.W. Sherman, “Frequency and intensity of excessive rainfalls at Boston, Massachusetts”, *Trans. ASCE*, vol. 96, pp. 951–960, 1931.
- [19] A. Shrestha, M.S. Babel, S. Weesakul, and Z. Vojinovic, “Developing intensity-duration-frequency (IDF) curves under climate change uncertainty: The case of Bangkok, Thailand”, *Water*, vol. 9, pp. 145, 2017.
- [20] J.R. Stediger, R.M. Vogel, and E. Foufoula-Georgiou, “Frequency analysis of extreme events”, Chapter 18 In Maidment D. (ed) *Handbook of Hydrology*, New York: McGraw-Hill, 1993.
- [21] P.S. Yu, T.C. Yang and C.S. Lina, “Regional rainfall intensity formulas based on scaling property of rainfall”, *Journal of Hydrology*, vol. 295, no. 1-4, pp. 108–123, 2004.
- [22] M.D. Zalina, N.N.M. Desa, V.T.V. Nguyen and K. Amir, “Selecting a probability distribution for extreme rainfall series in Malaysia”, *Water Sci. Technol.*, vol. 45, no. 2, pp. 63-68, 2002.



# Developing IDF curve of extreme rainfall at Tan Son Hoa station for the period 1980-2015

Nguyen Trong Quan, Pham Thi Thao Nhi, Dao Nguyen Khoi

**Abstract**—Recently, the Intensity – Duration – Frequency (IDF) relationship of extreme rainfalls in a local area is usually investigated to provide accurate required data for calculating, planning, and developing urban drainage systems, especially in the context of climate change. Traditionally, IDF curves are computed based on a statistical method for analyzing the frequency of occurrence or non-occurrence of annual extreme rainfall events over a return period; or based on a probability distribution function of these events. However, these traditional methods do not take into consideration the relationship between extreme rainfalls of different durations as they only simulate the intensity of extreme rainfall events at each individual duration

after generated a large number of parameter sets. Therefore, the results of these methods are inaccurate and much depend on the actual observed data. In this study, a new approach to develop IDF relations was proposed based on the scale-invariance nature of extreme rainfalls at different durations. This method will be examined and compared with traditional methods based on the IDF curves of extreme rainfalls at Tan Son Nhat gauge station (HCMC) from 1980 to 2015. Results have indicated that there is a linear relationship between extreme rainfalls at different time scales and showed that the proposed method is appropriate for estimating the IDF curves with many prominent advantages rather than traditional method.

**Keywords**—IDF curve, extreme rainfall, probability distribution, Ho Chi Minh City