

## **XÂY DỰNG ĐƯỜNG CONG IDF KHÔNG THỨ NGUYÊN THEO VÙNG ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH TẦN SUẤT VÙNG L-MOMENT**

**Nguyễn Thị Thu Hà<sup>1</sup>, Ngô Lê An<sup>1</sup>, Hoàng Thanh Tùng<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Thu Nga<sup>1</sup>**

**Tóm tắt:** Đường quan hệ cường độ - thời khoảng - tần suất mưa tại trạm (*pIDF*) có vai trò quan trọng trong các bài toán về thiết kế tiêu thoát nước, tính toán lũ và ngập lụt, thủy văn và tài nguyên nước... Tuy nhiên, mạng lưới các trạm đo mưa thời đoạn ngắn thường thưa thớt cũng như nhiều trạm mới đo trong thời gian ngắn dẫn đến việc xây dựng *pIDF* gặp nhiều khó khăn. Ngoài ra, đường cong *pIDF* có thể không đại diện cho khí hậu của khu vực xung quanh nó, hoặc có thể cho ra các giá trị nội suy tại các vị trí quan tâm khác có sai số lớn và không nhất quán theo không gian. Nghiên cứu này do đó đề xuất xây dựng đường cong quan hệ cường độ mưa - thời khoảng - tần suất mưa theo vùng ứng dụng phương pháp phân tích tần suất vùng L-moment. Vùng mưa đồng nhất IX (từ Văn Lý - Hải Hậu - Nam Định đến Hà Tĩnh theo Quy phạm Thủy lợi C6-77) được lựa chọn để nghiên cứu thử nghiệm. Kết quả cho thấy vùng mưa IX với 8 trạm đo mưa được xem xét đều đồng nhất theo cả hai chỉ số không tương hợp và chỉ số không đồng nhất. Hàm phân bố Logistic tổng quát là phù hợp nhất với các thời đoạn 5, 10, 15, 90, 120, 180 phút, trong khi hàm phân bố cực trị tổng quát (GEV), chuẩn Logarit (LNO) và Pearson loại III (P3) cho kết quả tốt hơn ứng với thời đoạn 30, 60, 360, 730 và 1440 phút. Đường cong không thứ nguyên *rIDF* của vùng IX được xây dựng cho các thời đoạn mưa tương ứng sử dụng các phân phối phù hợp nhất cho từng vùng khác nhau. Cuối cùng, nghiên cứu đề xuất một mô hình hồi quy tuyến tính dựa trên trị số trung bình của cường độ mưa lớn nhất năm, thời đoạn mưa và lượng mưa năm trung bình nhiều năm tương ứng nhằm tính được cường độ mưa thời đoạn *d*, với thời kỳ lặp lại *T* tại bất kỳ vị trí nào trong vùng nghiên cứu.

**Từ khóa:** IDF theo vùng, Phân tích tần suất vùng, L-moment, hàm phân phối mưa cực trị

### **1. ĐẶT VẤN ĐỀ**

Xây dựng mối quan hệ giữa cường độ - thời khoảng - tần suất mưa (viết tắt là IDF) có tầm quan trọng đặc biệt trong quy hoạch và thiết kế các công trình thoát nước đô thị, kiểm soát lũ hay các công trình thủy lợi trên các lưu vực vừa và nhỏ (Mamoon và nkk., 2014) Bernard (1932) là người đầu tiên đề xuất lý thuyết xây dựng đường cong IDF cho các trạm mưa dựa trên phân tích tần suất mưa thời đoạn ngắn tại trạm (gọi tắt là *pIDF*). Sau đó, đã có nhiều nghiên cứu xây dựng mối quan hệ *pIDF* cho các trạm mưa tại nhiều nơi khác nhau trên thế giới sử dụng tiếp cận của Bernard (Bernard, 1932). Tuy nhiên, việc xây dựng đường cong *pIDF* theo Bernard hay các nghiên cứu tương tự dựa trên phương pháp của Bernard (Bernard, 1932) chỉ phù hợp và cho kết quả đáng tin cậy trong trường hợp có số liệu mưa tại trạm đủ dài (Li, Li, & Ao, 2019). Trong thực tế rất nhiều nơi

trạm mưa có chuỗi đo đạc ngắn và biến động lớn theo không gian, hoặc nhiều nơi không có số liệu đo mưa, đặc biệt đối với chuỗi mưa thời đoạn ngắn (5 phút tới 24 giờ). Thêm vào đó, đã có nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng đường cong *pIDF* có thể không đại diện cho khí hậu của khu vực xung quanh nó, hoặc có thể cho ra các giá trị nội suy tại các vị trí quan tâm khác có sai số lớn và không nhất quán theo không gian (Paixao và nkk., 2011). Do vậy, kể từ sau năm 1960, tiếp cận xây dựng đường cong IDF theo vùng (gọi tắt là *rIDF*) dựa trên phân tích tần suất vùng đã trở nên phổ biến hơn, đặc biệt đối với những nơi độ dài của chuỗi quan trắc ngắn hoặc mật độ trạm đo mưa ít (Haktanir, Citakoglu, & Seckin, 2016; Li và nkk., 2019). Đó là do phân tích tần suất vùng tạo khả năng trao đổi hoặc ngoại suy thông tin khí tượng thủy văn hiệu quả giữa các trạm trong cùng một vùng đồng nhất, và vì thế, các trạm đo không nhất thiết phải có số liệu đo đạc dài như đối với tiếp cận phân tích tần suất tại trạm. Ngoài ra, đường

---

<sup>1</sup> Trường Đại học Thủy lợi

cong rIDF cho phép ước tính cường độ mưa lớn nhất thời đoạn thiết kế tại vị trí tùy ý trong cùng một vùng từ một đường cong duy nhất cho vùng đó nên tránh được vấn đề sai số trong nội suy hoặc kết quả không nhất quán theo không gian như đối với phương pháp truyền thống nói trên. Do vậy, mục tiêu của nghiên cứu này là đề xuất ứng dụng phương pháp phân tích tần suất vùng L-moment của Hosking và Wallis (1997) để xây dựng các đường cong rIDF theo vùng và minh họa cụ thể cho một vùng mưa của Việt Nam.

## 2. PHƯƠNG PHÁP XÂY DỰNG ĐƯỜNG CONG IDF VÙNG (RIDF) DỰA TRÊN L-MOMENTS

### 2.1. Tổng quát chung về phương pháp phân tích tần suất vùng L-moments

Phương pháp phân tích tần suất vùng L-moment của Hosking và Wallis (1997) dựa trên lý thuyết thống kê L-moment và ý tưởng của phương pháp “lũ chi số” (gọi tắt là IFB).

L-moment là sự kết hợp tuyến tính các mô men trọng số về mặt xác suất (PWM). Chúng cũng biểu thị các tham số thống kê của các hàm phân phối xác suất hoặc của mẫu, tương tự như các moment thông thường, cũng bao gồm các tham số về vị trí, mức độ phân tán, độ lệch, độ nhọn, và các khía cạnh khác liên quan đến hình dạng của phân phối xác suất hoặc của mẫu. Tuy nhiên, các công thức tính các hệ số L-moment là tuyến tính, do vậy kết quả tính toán tin cậy hơn so với các công thức tính moment thông thường. Đặt  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  là mẫu số đã được sắp xếp theo thứ tự tăng dần và  $n$  là độ dài mẫu. Hosking và Wallis (1997) đề xuất tính các moment trọng số theo xác suất bậc thứ  $r$ ,  $b_r$  như sau:

$$b_r = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{(j-1)(j-2)\dots(j-r)}{(n-1)(n-2)\dots(n-r)} x_{j:n} \quad \text{với } r = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Bốn tỷ số L-moment đầu tiên xác định bởi:

$$l_1 = b_0 \quad (2)$$

$$l_2 = 2b_1 - b_0 \quad (3)$$

$$l_3 = 6b_2 - 6b_1 + b_0 \quad (4)$$

$$l_4 = 20b_3 - 30b_2 + 12b_1 - b_0 \quad (5)$$

Giá trị L-moment đầu tiên  $l_1$  tương đương với giá trị trung bình của chuỗi  $X$  và các tỷ số L-moment tương đương với hiện số biến thiên (L-Cv), độ lệch (L-Cs), và độ nhọn (L-Ck) là:

$$\text{L-Cv: } t = \frac{l_2}{l_1} \quad (6)$$

$$\text{L-Cs: } t_3 = \frac{l_3}{l_1} \quad (7)$$

$$\text{L-Ck: } t_4 = \frac{l_4}{l_1} \quad (8)$$

Ý tưởng của phương pháp IFB trong phân tích tần suất chuỗi lượng mưa vùng có thể tóm tắt như sau: Tất cả dữ liệu của các trạm khác nhau trong cùng một vùng đã chuẩn hóa bởi hệ số tỷ lệ ( $\hat{\mu}_j$ ) có cùng một phân bố đồng loại, hay nói cách khác cùng một tham số hình dạng tuy nhiên tham số tỷ lệ phụ thuộc vào thuộc tính của từng trạm (Dalrymple, 1960). Khi đó, đường tần suất vùng sẽ được xây dựng từ hàm phân phối xác suất của các dữ liệu chuẩn hóa không thứ nguyên của các trạm trong vùng. Sử dụng đường tần suất không thứ nguyên của vùng để xác định giá trị lượng mưa không thứ nguyên tương ứng với chu kỳ lặp lại  $T$ , ký hiệu  $\hat{x}_T$ . Cuối cùng, sử dụng mối quan hệ  $\hat{X}_{T,j} = \hat{\mu}_j \hat{x}_T$  để thu được giá trị lượng mưa có thứ nguyên ứng với chu kỳ lặp lại  $T$ . Đối với các vị trí không có số liệu đo,  $\hat{\mu}_j$  có thể được ước tính từ mô hình hồi quy  $\hat{\mu}_j$  với thuộc tính mưa của các trạm  $j$  tương ứng trong vùng. Trị số  $\hat{\mu}_j$  thường được chọn từ giá trị trung bình của chuỗi lượng mưa tại trạm  $j$  tương ứng.

Từ sự kết hợp của lý thuyết L-moment và phương pháp IFB, (Hosking & Wallis, 1997) đã đề xuất một thủ tục phân tích tần suất vùng hiệu quả và có độ tin cậy cao, gọi là phương pháp IFB dựa trên thống kê L-moment, hay còn gọi một cách ngắn gọn là phương pháp phân tích tần suất vùng L-moment. Chi tiết về phương pháp có thể tham khảo trong tài liệu của Hosking và Wallis (1997).

### 2.2. Thủ tục ứng dụng phương pháp phân tích tần suất vùng L-moments trong xây dựng đường cong rIDF

Gọi  $X_{j,d}$  là chuỗi cường độ mưa lớn nhất thời khoảng  $d$  tại trạm  $j$  trong vùng mưa  $R$  ( $j = 1$  tới  $N$  trạm). Dưới đây là tóm tắt các bước ứng dụng của phương pháp phân tích tần suất vùng L-moment trong việc xác định đường cong rIDF cho một vùng mưa cụ thể  $R$ , theo Hosking và Wallis (1997):

**Bước 1: Chuẩn hóa tất cả dữ liệu  $X_{j,d}$  trong vùng bởi hệ số tỷ lệ  $\hat{\mu}_{j,d}$ .**  $\hat{\mu}_{j,d}$  được chọn là giá trị trung bình tương ứng của chuỗi  $X_{j,d}$

**Bước 2: Nhận dạng sự bất thường của các dữ liệu mưa đã được chuẩn hóa trong Bước 1.** Hosking và Wallis (1997) đề nghị sử dụng một thống kê phụ trợ, gọi là chỉ số không tương hợp

(Dtest), để kiểm tra xem có hay không sự không tương hợp số liệu của các trạm mưa từ một nhóm các trạm mưa. Chỉ số này so sánh phần miêu tả thống kê dữ liệu từ một nhóm các trạm mưa với phần miêu tả dữ liệu của mỗi trạm cụ thể. Giá trị Dtest tại trạm  $j$  cho thời khoảng  $d$  tính theo công thức sau:

$$Dtest_{j,d} = \frac{1}{3} N (u_{j,d} - \bar{u}_d)^T A_d^{-1} (u_{j,d} - \bar{u}_d) \quad (9)$$

Trong đó,  $u_{j,d}$  là vector của các tỷ số L-moments tại trạm  $j$  và thời khoảng  $d$ ,  $u_{j,d} = (t_{1,d}^j, t_{3,d}^j, t_{4,d}^j)^T$ , với  $(\cdot)^T$  ký hiệu chuyển vị của một vector hoặc ma trận bất kỳ trong ngoặc đơn,  $t_{1,d}^j, t_{3,d}^j, t_{4,d}^j$  lần lượt là các tỷ số L-moment tương đương với hệ số biến thiên, độ lệch và độ nhọn. Và,  $\bar{u}_d = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N u_{j,d}$ ,  $A_d^{-1}$  là ma trận nghịch đảo của ma trận  $A_d$ , với  $A_d = \sum_{j=1}^N (u_{j,d} - \bar{u}_d)^T (u_{j,d} - \bar{u}_d)$ . Chuỗi dữ liệu mưa của trạm  $j$  cho thời khoảng  $d$  được coi là không tương hợp với nhóm dữ liệu của vùng mưa nếu  $Dtest_{j,d}$  lớn hơn giá trị tới hạn  $D_{crit}$ . Giá trị  $D_{crit}$  phụ thuộc vào số các trạm mưa  $N$  trong vùng mưa  $R$ ,  $D_{crit} = 1.33$  với  $N = 5$  cho tới  $D_{crit} = 3$  với  $N > 15$  (Hosking & Wallis, 1997).

**Bước 3: Kiểm tra tính đồng nhất cho các vùng mưa.** Việc kiểm tra tính đồng nhất vùng được tiến hành theo hai bước như sau. Trước hết, chấm các điểm tần suất kinh nghiệm không thứ nguyên của các dữ liệu mưa đã được chuẩn hóa trong Bước 1 lên giấy xác suất cho mỗi thời khoảng  $d$  (mỗi biểu đồ là một thời khoảng). Nếu phân bố tần suất kinh nghiệm của các dữ liệu từ tất cả các trạm trên cùng một biểu đồ gần nhau có thể kết luận dữ liệu mưa tương ứng của các trạm thỏa mãn đồng nhất. Tiếp theo, Hosking và Wallis (1997) đề xuất sử dụng một thống kê phụ trợ dựa trên các tỷ số L-moment, gọi là chỉ số không đồng nhất Htest. Chỉ số Htest dựa trên sự khác biệt về sự biến thiên liên trạm trong các hệ số L-moment cho một nhóm các trạm thuộc vùng mưa với sự biến thiên liên trạm ước tính từ dữ liệu tương tự mô phỏng từ một số lượng lớn các nhóm đồng nhất giả định sử dụng hàm phân phối đồng loại.

$$Htest_d = \frac{(V_d - \mu_{v,d})}{\sigma_{v,d}} \quad (10)$$

Trong đó,  $V_d$  là độ lệch chuẩn có trọng số của L-Cv ước tính từ dữ liệu thực cho thời khoảng  $d$ .

$$V_d = \left[ \frac{\sum_{j=1}^N n_j (t_{1,d}^j - t_{1,d}^R)^2}{\sum_{j=1}^N n_j} \right]^{1/2} \quad (11)$$

Trong đó,  $N$  là số trạm mưa,  $j$  là chỉ số trạm với độ dài chuỗi là  $n_j$ ,  $t_{1,d}^R$  là tỷ số L-moment tương đương với hệ số biến thiên L-Cv cho thời khoảng  $d$  của vùng mưa  $R$ . Các tỷ số L-moment đại diện cho vùng mưa  $R$  được xác định như sau:

$$t_{r,d}^R = \frac{\sum_{j=1}^N n_j t_{r,d}^j}{\sum_{j=1}^N n_j} \quad (12)$$

Trong đó,  $t_{r,d}^j$  là tỷ số L-moment thứ  $r$ , ví dụ tỷ số L-moment thứ nhất chính là  $t_{1,d}^R$  ước tính từ các tỷ số  $t_{1,d}^j$ , tỷ số L-moment thứ hai chính là  $t_{2,d}^R$  ước tính từ các tỷ số  $t_{2,d}^j$ , v.v...

$\mu_{v,d}$  và  $\sigma_{v,d}$  là giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của các giá trị  $V_d^i$  ước tính từ một số lượng lớn mô phỏng các nhóm đồng nhất giả định ứng với mỗi thời khoảng  $d$ ,  $i$  biểu thị lần mô phỏng thứ  $i$ . Hosking và Wallis (1997) đề xuất mô phỏng một số lượng lớn nhóm đồng nhất sử dụng hàm phân phối đồng loại Kappa được khớp bởi các tỷ số L-moment trung bình của vùng mưa  $R$  gồm  $t_{1,d}^R, t_{2,d}^R, t_{3,d}^R, t_{4,d}^R$  xác định theo phương trình (12). Chi tiết về hàm phân phối xác suất Kappa có thể tìm thấy trong Hosking và Wallis (Hosking và Wallis, 1997). Trong đó, mỗi mô phỏng sẽ tạo thành một vùng đồng nhất cũng có  $N$  trạm mưa với độ dài mỗi trạm đúng bằng độ dài của chuỗi thực đo  $n_j$  tương ứng. Nhằm để đạt được giá trị tin cậy của  $\mu_{v,d}$  và  $\sigma_{v,d}$ , Hosking và Wallis (1997) kiến nghị sử dụng 500 mô phỏng, hay  $Nsim = 500$ . Khi đó  $\mu_{v,d}$  và  $\sigma_{v,d}$  chính là giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của  $Nsim$  lần giá trị mô phỏng  $V_d^i$ .

$$\mu_{v,d} = \frac{\sum_{i=1}^{Nsim} V_d^i}{Nsim} \quad (13)$$

$$\sigma_{v,d} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{Nsim} (V_d^i - \mu_{v,d})^2}{Nsim - 1}} \quad (14)$$

Nếu  $Htest_d$  tính ra quá lớn, đồng nghĩa với kết luận vùng không đồng nhất. Hosking và Wallis (1997) đề xuất, nếu  $Htest_d < 1$ , khu vực được coi là “chấp nhận đồng nhất”; Nếu  $1 < Htest_d \leq 2$ , khu vực được coi là “có thể đồng nhất”; nếu  $Htest_d > 2$  “chắc chắn không đồng nhất”.

**Bước 4: Lựa chọn hàm phân phối xác suất phù hợp cho từng vùng cho từng thời khoảng mưa  $d$ .** Hosking và Wallis (1997) kiến nghị lựa

chọn hàm phân phối xác suất miêu tả các cực trị mưa và dòng chảy từ tập hợp các mô hình phân phối ứng viên 3 tham số, gồm hàm phân phối tổng quát Logistic (GLO), hàm phân phối cực trị tổng quát (GEV), hàm phân phối chuẩn Logarit (LNO), hàm phân phối Pearson loại III (P3) và hàm phân phối Pareto tổng quát (GPA). Việc lựa chọn hàm phân phối xác suất phù hợp nhất thông qua hai tiêu chí:

Lựa chọn theo trực quan: Vẽ các giá trị L-moment trung bình có trọng số của vùng mưa  $R$  của các thời khoảng  $d$  ( $t_{3,d}^R, t_{4,d}^R$ ) lên sơ đồ tỷ lệ L-moment để lựa chọn hàm phân phối ứng viên phù hợp nhất. Sơ đồ tỷ lệ L-moment là biểu đồ biểu diễn các đường cong quan hệ giữa các giá trị ( $t_3^{PPXS}, t_4^{PPXS}$ ) của các hàm phân phối xác suất (PPXS) lý thuyết tương ứng. Hàm phân phối ứng viên được chọn là phù hợp nhất khi điểm  $t_{3,d}^R, t_{4,d}^R$  nằm trên hoặc gần nhất với đường cong phân phối ( $t_3^{PPXS}, t_4^{PPXS}$ ) tương ứng.

Lựa chọn theo chỉ số độ phù hợp xác suất  $Z$ : Chỉ số  $Z$  dựa trên việc so sánh những mô tả dữ liệu thống kê L-moment từ số liệu quan trắc của vùng với những mô tả thống kê L-moment từ một số lượng lớn các nhóm đồng nhất giả định có cùng hàm phân phối đồng loại.

$$Z_{d}^{PPXS} = \frac{(t_{4,d}^{PPXS} - t_{4,d}^R + \beta_{4,d})}{\sigma_{4,d}} \quad (15)$$

Trong đó,  $Z_{d}^{PPXS}$  là chỉ số độ phù hợp tương ứng với hàm PPXS ứng viên cho thời khoảng  $d$ .  $t_{4,d}^R$  là tỷ số L-moment tương đương với hệ số độ nhọn L-Ck đại diện cho vùng  $R$  tính toán từ số liệu quan trắc theo phương trình (12) ở trên.  $t_{4,d}^{PPXS}$  là giá trị tỷ số L-Ck của hàm PPXS ứng viên.  $\beta_{4,d}$  và  $\sigma_{4,d}$  là giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của các giá trị  $t_{4,d}^R$  ước tính từ một số lượng lớn mô phỏng các nhóm đồng nhất giả định ứng với mỗi thời khoảng  $d$ ,  $l$  biểu thị lần mô phỏng thứ  $l$ . Tương tự như trong Bước 3, mô phỏng một số lượng lớn nhóm đồng nhất giả định sử dụng hàm phân phối đồng loại cũng được lựa chọn từ hàm Kappa được khớp bởi các tỷ số L-moment trung bình của vùng mưa  $R$  gồm  $t_{1,d}^R, t_{2,d}^R, t_{3,d}^R, t_{4,d}^R$  với  $Nsim = 500$ .  $\beta_{4,d}$  và  $\sigma_{4,d}$  xác định theo phương trình sau:

$$\beta_{4,d} = \frac{\sum_{l=1}^{Nsim} (t_{4,d}^l - t_{4,d}^R)}{Nsim} \quad (16)$$

$$\sigma_{4,d} = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^{Nsim} (t_{4,d}^l - t_{4,d}^R)^2 - Nsim \cdot \beta_{4,d}^2}{Nsim - 1}} \quad (17)$$

Hàm phân phối ứng viên có thể coi là phù hợp nếu  $|Z_{d}^{PPXS}| \leq 1.64$ . Nếu nhiều hơn một hàm phân phối ứng viên thỏa mãn điều kiện trên, lựa chọn hàm phân phối ứng viên cho giá trị  $|Z_{d}^{PPXS}|$  nhỏ nhất.

**Bước 5. Xác định các đường cong hay bảng tra rIDF không thứ nguyên từ hàm phân phối xác suất của vùng mưa  $R$  cho mỗi thời khoảng  $d$  đã lựa chọn trong Bước 4.** Cường độ mưa không thứ nguyên cho thời khoảng  $d$  ứng với tần suất  $F$  của vùng mưa  $R$  là:  $\hat{q}_d(F) = x_d(F; \hat{\theta}_1^R, \dots, \hat{\theta}_p^R)$ . Trong đó,  $\hat{q}_d(F)$  là cường độ mưa không thứ nguyên ứng với tần suất  $F$  cho thời khoảng  $d$ ,  $x_d(F; \hat{\theta}_1^R, \dots, \hat{\theta}_p^R)$  là hàm nghịch đảo của phân phối  $F$  với tham số thống kê ( $\hat{\theta}_1^R, \dots, \hat{\theta}_p^R$ ) tương ứng đã lựa chọn ở Bước 4.

**Bước 6. Hướng dẫn ứng dụng đường cong rIDF không thứ nguyên trong việc xác định cường độ mưa thiết kế thời khoảng  $d$  ứng với tần suất  $F$  tại một vị trí bất kỳ trong vùng mưa  $R$ .** Gọi là  $\hat{X}_{k,d}(F)$  là giá trị cường độ mưa thiết kế thời khoảng  $d$  ứng với tần suất  $F$  tại một vị trí  $k$  bất kỳ trong vùng  $R$ . Giá trị  $\hat{X}_{k,d}(F)$  có mối liên hệ với đường cong rIDF không thứ nguyên của vùng  $R$  thông qua:

$$\hat{X}_{k,d}(F) = \hat{\mu}_{k,d} \hat{q}_d(F) \quad (18)$$

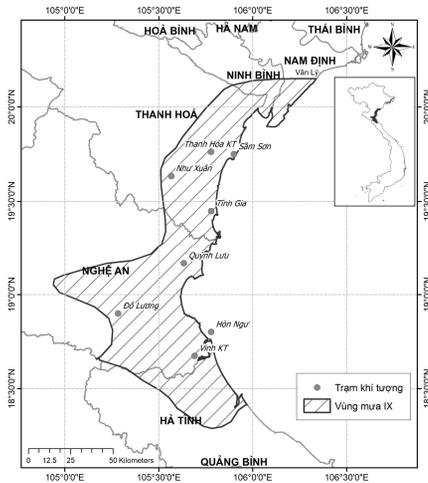
Trong đó,  $\hat{\mu}_{k,d}$  giá trị trung bình của cường độ mưa lớn nhất thời khoảng  $d$  tại vị trí  $k$ ,  $\hat{q}_d(F)$  xác định từ đường cong rIDF không thứ nguyên của vùng mưa  $R$  trong Bước 5.

Như vậy, cần xác định giá trị  $\hat{\mu}_{k,d}$  tại vị trí  $k$ . Tiến hành xây dựng phương trình hồi quy biểu diễn mối quan hệ giữa biến độc lập  $\mu_{j,d}$  của các trạm  $j$  trong vùng với thuộc tính vật lý và khí hậu tương ứng với các trạm đó. Biến thuộc tính vật lý và khí hậu của các trạm mưa có thể là thời khoảng mưa ( $d$ ), kinh độ (LON), vĩ độ (LAT), độ cao (ALT), hay tổng lượng mưa năm trung bình ( $X_n$ ) (Davis và Mauro, 2000; Al và nnk., 2014; Ghiaei và nnk, 2018). Phương trình hồi quy nói chung có dạng:

$$\hat{\mu}_{j,d} = f(d, LON_j, LAT_j, ALT_j, X_n_j) \quad (19)$$

### 3. KẾT QUẢ ỨNG DỤNG XÂY DỰNG ĐƯỜNG CONG RIDF KHÔNG THỨ NGUYÊN CHO MỘT VÙNG MƯA CỦA VIỆT NAM

#### 3.1. Vùng mưa sử dụng trong nghiên cứu



Hình 1. Sơ đồ phân khu mưa rào IX theo QPLT.C6-77 và các trạm mưa có số liệu mưa thời đoạn ngắn thuộc phân khu mưa.

Để minh họa ứng dụng của phương pháp phân

**Bảng 1. Kết quả tính toán Dtest của các trạm mưa trong vùng cho các thời khoảng mưa khác nhau**

Tên trạm	Thời khoảng d (phút)										
	5	10	15	30	60	90	120	180	360	720	1440
Vinh	2,19	2,01	1,78	1,43	1,51	1,62	1,43	1,54	1,98	1,02	0,39
Hòn Ngư	0,46	0,58	0,39	0,26	0,14	0,07	0,08	0,18	0,34	0,31	0,4
Đô Lương	0,71	0,54	0,81	1,24	1,78	1,65	1,73	1,29	0,68	0,37	1,57
Quỳnh Lưu	0,21	0,68	0,88	0,77	0,09	0,19	0,47	1,04	1,42	1,23	1,2
Tĩnh Gia	1,34	1,38	1,55	0,81	0,76	0,64	0,49	0,65	0,49	0,36	0,75
Như Xuân	1,25	1,46	1,39	1,2	1,45	1,37	1,54	1,01	0,59	1,87	1,83
Sầm Sơn	1,16	1,03	1,05	1,08	1,71	2,04	1,07	1,87	2,05	1,56	1,69
Thanh Hóa	0,68	0,31	0,15	1,21	0,57	0,42	1,18	0,42	0,24	1,27	0,17

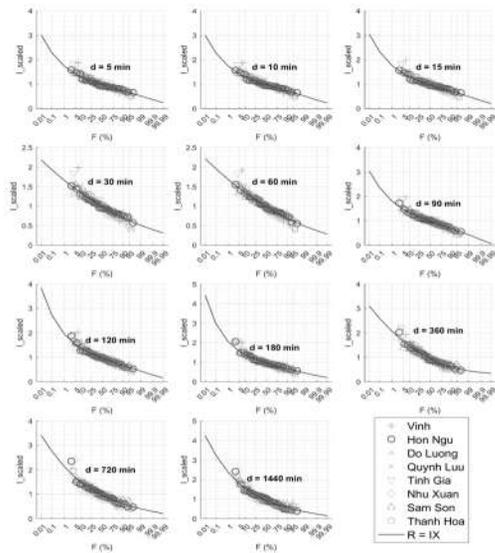
Tiếp theo, tiến hành kiểm tra điều kiện đồng nhất cho phân khu mưa IX có chứa 8 trạm mưa kể trên. Trước hết, đối với mỗi thời khoảng  $d$ , vẽ tất cả các điểm tần suất kinh nghiệm không thứ nguyên của mỗi trạm lên cùng một biểu đồ sử dụng công thức tính tần suất kinh nghiệm Weibull (Hình 2). Kết quả từ Hình 2 cho thấy các phân bố tần suất kinh nghiệm không thứ nguyên

tích tần suất vùng L-moment theo thủ tục trình bày trong Mục 2.2 ở trên, nghiên cứu lựa chọn phân khu mưa IX (vùng ven biển từ Văn Lý – Hải Hậu – Nam Định đến Hà Tĩnh) theo bản đồ phân khu mưa rào Việt Nam trong QPLT.C6-77 (QPTL.C-6-77, 1977). Nghiên cứu lựa chọn phân khu mưa IX cho mục đích minh họa ứng dụng vì có số liệu mưa thời đoạn ngắn của nhiều trạm mưa thuộc phân khu. Hình 1 trình bày sơ đồ phân khu mưa IX và các trạm mưa có số liệu mưa thời đoạn ngắn sử dụng trong nghiên cứu.

#### 3.2. Kết quả xây dựng đường cong rIDF không thứ nguyên cho vùng mưa IX

Bảng 1 trình bày kết quả tính toán Dtest của các trạm mưa trong vùng cho các thời khoảng mưa khác nhau. Theo Hosking và Wallis (1997), với số trạm  $N = 8$ , giá trị tới hạn Dcrit chọn là 2.14. Kết quả từ Bảng 1 cho thấy không phát hiện sự không tương hợp dữ liệu của 8 trạm mưa với các thời khoảng mưa từ 5 phút tới 24 giờ. Như vậy, tạm thời có thể sử dụng tất cả số liệu của 8 trạm mưa trong những phân tích tiếp theo.

của các chuỗi cường độ mưa không thứ nguyên của 8 trạm mưa tương đối gần nhau. Điều đó đồng nghĩa với việc thỏa mãn điều kiện đồng nhất về mặt thống kê. Ngoài ra, kết quả tính toán chỉ số không đồng nhất Htest cho các thời khoảng  $d$  trong Bảng 2 cũng dẫn đến kết luận tương tự về kết luận thỏa mãn điều kiện đồng nhất của số liệu các trạm mưa sử dụng trong vùng.



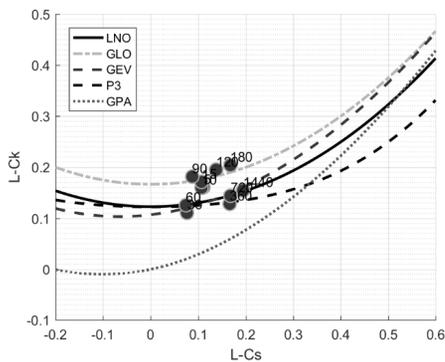
Hình 2. Phân bố tần suất kinh nghiệm không thứ nguyên của 8 trạm mưa trong phân khu mưa IX cho mỗi thời khoảng  $d$ . Đường cong trong các biểu đồ, chú thích với  $R=IX$ , biểu thị đường tần suất lý luận đã khớp cho vùng mưa IX dựa trên kết quả lựa chọn hàm PPXS phù hợp nhất. Trục hoành có kí hiệu là  $F$  biểu thị tần suất (%), trục tung có kí hiệu là  $I_{scaled}$  biểu thị cường độ mưa không thứ nguyên.

**Bảng 2. Kết quả tính toán Htest cho Phân khu mưa IX**

d (phút)	5	10	15	30	60	90	120	180	360	720	1440
Htest	-0,52	0,12	0,59	1,78	0,73	0,01	0,00	-0,47	0,67	0,29	0,01

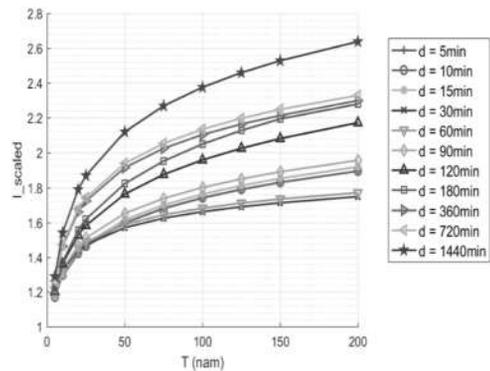
Bước tiếp theo tiến hành lựa chọn hàm phân phối xác suất phù hợp nhất đại diện cho vùng mưa IX cho các thời khoảng mưa khác nhau thông qua

sử dụng sơ đồ tỷ số L-moment trong Hình 3 và chỉ số  $Z_{d}^{PPXS}$  trong Bảng 3.



Hình 3. Sơ đồ tỷ số L-moment của 5 hàm PPXS ứng viên, các điểm chấm đồ trên biểu đồ biểu thị các cặp điểm  $(t_{3,d}^R, t_{4,d}^R)$  cho mỗi thời khoảng  $d$ . Trục hoành biểu thị giá trị L-Cs, còn trục tung biểu thị L-Ck.

Từ kết quả của Hình 3 và Bảng 3 cho thấy, hàm GLO phù hợp nhất đối với chuỗi lượng mưa thời đoạn 5, 10, 15, 90, 120, 180 phút. Cả 3 hàm GEV, LNO và P3 đều cho thấy phù hợp hơn với các thời khoảng còn lại gồm 30, 60, 360, 720 và 1440 phút. Hàm GPA thường hay sử dụng trong để miêu tả PPXS các giá trị cực trị thủy văn vượt ngưỡng, do vậy, không phù hợp để miêu tả chuỗi lượng mưa lớn nhất tại tất cả các thời đoạn như



Hình 4. Các đường cong rIDF không thứ nguyên của vùng mưa IX. Trục tung biểu thị cường độ mưa không thứ nguyên, trục hoành biểu thị chu kỳ lặp lại  $T$  (năm). Trục hoành biểu thị chu kỳ lặp lại (năm), trục tung biểu thị cường độ mưa không thứ nguyên.

kết quả chỉ ra trong Hình 3 và Bảng 3. Để đơn giản trong tính toán, nghiên cứu lựa chọn hàm GLO miêu tả PPXS của chuỗi cường độ mưa không thứ nguyên với các thời khoảng  $d = 5, 10, 15, 90, 120, 180$  phút cho vùng mưa IX; các thời khoảng còn lại sử dụng hàm P3. Hình 2 thể hiện các đường tần suất lý luận không thứ nguyên (đường màu đỏ) khớp theo hàm PPXS phù hợp nhất cho từng thời khoảng  $d$ .

**Bảng 3. Kết quả tính toán Ztest (đối với mỗi thời khoảng d, giá trị in đậm trong bảng biểu thị hàm PPXS phù hợp nhất tương ứng)**

d (phút)	5	10	15	30	60	90	120	180	360	720	1440
GLO	<b>0,62</b>	<b>0,42</b>	<b>-0,02</b>	2,41	1,59	<b>-0,86</b>	<b>-0,89</b>	<b>-0,89</b>	2,14	1,45	1,23
GEV	-1,02	-1,12	-1,53	0,41	-0,30	-2,52	-2,16	-2,00	0,71	0,13	<b>0,06</b>
LNO	-0,93	-1,03	-1,44	0,67	<b>-0,04</b>	-2,34	-2,19	-2,13	0,55	<b>-0,03</b>	-0,20
P3	-1,14	-1,21	-1,61	<b>0,56</b>	-0,14	-2,46	-2,45	-2,48	<b>0,10</b>	-0,45	-0,74
GPA	-4,36	-4,26	-4,61	-3,51	-3,99	-5,81	-4,86	-4,44	-2,46	-2,79	-2,65

Cuối cùng, tiến hành xây dựng các đường cong rIDF không thứ nguyên cho vùng mưa IX theo hàm PPXS phù hợp nhất cho mỗi thời khoảng  $d$  (GLO cho  $d = 5, 10, 15, 90, 120, 180$  phút và P3 cho  $d = 30, 60, 360, 720$  và  $1440$  phút). Hình 4 là kết quả xây dựng các đường cong rIDF không thứ nguyên của vùng mưa IX.

Để ứng dụng đường cong rIDF không thứ nguyên này trong việc xác định cường độ mưa lớn nhất thời khoảng thiết kế cho một vị trí tùy ý thuộc vùng mưa IX, tiến hành xây dựng phương trình hồi quy theo phương trình (19). Việc lựa chọn các biến độc lập đưa vào phương trình (19) được tiến hành thông qua hệ số  $R^2$ . Qua đánh giá hệ số  $R^2$  cho các biến đưa vào phương trình (19), kết hợp với nguyên tắc sử dụng tối thiểu các biến có sẵn nhất có thể, nghiên cứu đề xuất sử dụng phương trình  $\mu_{j,d} = 1244,1d^{-0,5587} X_{n_j}^{-0,4312}$  với  $R^2 = 0,97$ . Trong đó  $d$  là thời khoảng sử dụng đơn vị là giờ trong phương trình này và  $X_{n_j}$  là tổng lượng mưa năm tại trạm  $j$  có đơn vị là mm.

#### 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu đã ứng dụng phương pháp phân tích tần suất vùng L-moment trong việc xây dựng đường cong rIDF không thứ nguyên theo vùng - minh họa cho một vùng mưa của Việt Nam. Nghiên cứu lựa chọn phân khu mưa IX (vùng ven biển từ Văn Lý – Hải Hậu - Nam Định đến Hà Tĩnh) theo sơ đồ phân khu mưa rào (QPTL.C-6-77, 1977) để minh họa ứng dụng. Kết quả nghiên cứu cho thấy 8 trạm mưa có số liệu đo mưa thời đoạn ngắn (từ 5 phút đến 24 giờ) trong vùng mưa IX đều thỏa mãn điều kiện tương hợp và đồng nhất thông qua kiểm định sự tương hợp và đồng nhất dựa trên thống kê L-moment. Sử dụng phân phối tần suất kinh nghiệm không thứ nguyên và

chỉ số độ phù hợp Ztest để lựa chọn hàm phân phối xác suất phù hợp nhất miêu tả chuỗi số liệu mưa cực trị cho các thời đoạn  $d$  đại diện cho vùng mưa IX. Kết quả cho thấy hàm GLO phù hợp nhất đối với chuỗi lượng mưa thời đoạn 5, 10, 15, 90, 120, 180 phút; trong khi cả ba hàm GEV, LNO và P3 đều cho kết quả phù hợp hơn đối với các thời khoảng còn lại gồm 30, 60, 360, 720 và 1440 phút. Do đó, các đường cong rIDF không thứ nguyên cho vùng mưa IX được xây dựng từ hàm GLO cho các thời khoảng mưa 5, 10, 15, 90, 120, 180 phút và hàm P3 cho các thời khoảng mưa còn lại. Cuối cùng, nghiên cứu cũng đưa ra hướng dẫn ứng dụng đường cong rIDF không thứ nguyên trong việc xác định cường độ mưa lớn nhất thời khoảng  $d$  ứng với chu kỳ lặp lại  $T$  bằng cách xây dựng phương trình hồi quy giữa giá trị cường độ mưa trung bình thời khoảng  $d$  của các trạm trong vùng với các biến độc lập là thời khoảng  $d$  và tổng lượng mưa năm tương ứng tại các trạm đó. Tóm lại, tiếp cận xây dựng đường cong rIDF không thứ nguyên theo vùng dựa trên phân tích tần suất vùng L-moment hoàn toàn có cơ sở khoa học và khả năng ứng dụng rộng rãi. Đồng thời cập nhật đường cong rIDF không thứ nguyên cho các phân vùng mưa ở Việt Nam khi số liệu mưa thời đoạn ngắn gần đây được bổ sung nhiều hơn, đặc biệt dưới tác động của biến đổi khí hậu là hết sức cần thiết.

LỜI CẢM ƠN: Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ của đề tài “*Nghiên cứu cập nhật phương pháp tính toán các đặc trưng thủy văn thiết kế cho các công trình thủy lợi*” thuộc đề tài nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ cấp Bộ (Bộ NN và PTNT), thời gian thực hiện từ tháng 01 năm 2019 đến hết tháng 12 năm 2021

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- QPTL.C-6-77. (1977). *Quy phạm tính toán các đặc trưng thủy văn thiết kế*, Quyết định số 92/KT-QĐ ngày 20/9/1977 của Bộ trưởng Bộ Thủy lợi (nay là Bộ NN&PTNT)
- Bernard, M. M. (1932). *Formulas for rainfall intensities of long durations*. Transactions of the American Society of Civil Engineers, 96(1), 592–606.

- Dalrymple, T. (1960). *Flood frequency analysis*. Washington, DC.
- Davis, E. G., & Mauro, G. (2000). *Regional Analysis of Intensity-Duration-Frequency of Heavy Storms Over the Brazilian State of Rio de Janeiro*. In *Joint Conference on Water Resource Engineering and Water Resources Planning and Management 2000*. Minneapolis, Minnesota, United States: American Society of Civil Engineers.
- Ghiaei, F., Kankal, M., Anilan, T., & Yuksek, O. (2018). *Regional intensity – duration – frequency analysis in the Eastern Black Sea Basin , Turkey , by using L-moments and regression analysis*, 245–257. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1953-0>
- Haktanir, T., Citakoglu, H., & Seckin, N. (2016). *Regional frequency analyses of successive- duration annual maximum rainfalls by L-moments method*. *Hydrological Sciences Journal*, 61(4), 647–668. <https://doi.org/10.1080/02626667.2014.966722>
- Hosking, J. R. M., & Wallis, J. R. (1997). *Regional Frequency Analysis*. Cambridge University Press. <https://doi.org/DOI:10.1017/CBO9780511529443>
- Li, M., Li, X., & Ao, T. (2019). *Comparative Study of Regional Frequency Analysis and Traditional At-Site Hydrological Frequency Analysis*. *Water*, (11(3)), 486. <https://doi.org/10.3390/w11030486>
- Mamoon, A. Al, Joergensen, N. E., Rahman, A., & Qasem, H. (2014). *Derivation of new design rainfall in Qatar using L-moment based index frequency approach*. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 3(1), 111–118. <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2014.07.001>
- Paixao, E., Auld, H., Mirza, M. M. Q., Klaassen, J., Shephard, M. W., Paixao, E., ... Shephard, M. W. (2011). *Regionalization of heavy rainfall to improve climatic design values for infrastructure/: case study in Southern Ontario , Cana*, 6667. <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.608069>

#### Abstract:

### DERIVING REGIONAL INTENSITY–DURATION–FREQUENCY RELATIONSHIP USING L-MOMENT-BASED REGIONAL FREQUENCY ANALYSIS

*Regional intensity-duration-frequency (rIDF) relationships are vital for stormwater system design, flood estimation and many other hydrological applications. However, a poor density of measuring stations and short records of sub-daily rainfall measurements are among the most important problems when estimating rIDF. Therefore, this study proposed the application of L-moment-based regional rainfall analysis as a robust and effective way of deriving rIDF for homogenous rainfall regions. The application was demonstrated to one homogenous rainfall region in the North Central Coast in Vietnam (called as - Region IX). Results showed that the region IX formed by 8 rainfall stations was homogenous according to both of the discordancy and heterogeneity criteria. Generalized Logistics provided the best distribution for the duration of 5, 10, 15, 90, 120, 180 min, while General Extreme Values, Log Normal and Pearson Type 3 provided better distributions for durations of 30, 60, 360, 720 và 1440 min. By using the corresponding regional best fit distributions for the different durations, the dimensionless rIDF curves of the region IX were constructed for the respective durations. Finally, a regression model relating the mean values of annual maximum rainfall intensity and their durations and their mean annual rainfall rates was proposed to derive the rainfall intensity of duration  $d$ , for the desired return period  $T$  at any location of interests in the region.*

**Keywords:** Regional IDF, Regional frequency analysis, L-Moments, extreme rainfall distributions

---

Ngày nhận bài: 19/5/2020

Ngày chấp nhận đăng: 30/6/2020