

NGHIÊN CỨU THIẾT LẬP MẠNG LƯỚI TRẠM ĐO MƯA TRÊN LƯU VỰC SÔNG BA BẰNG PHƯƠNG PHÁP KRIGING

Nguyễn Văn Hiếu¹

Tóm tắt: Dựa trên cơ sở của những số liệu quan trắc mưa có sẵn trong lưu vực, nghiên cứu tiến hành tính toán để đánh giá mức độ tương quan giữa các trạm mưa trên lưu vực. Nghiên cứu áp dụng phương pháp Kriging để tính toán thiết kế mạng lưới trạm đo mưa tiêu chuẩn cho lưu vực sông Ba. Phương pháp Kriging đánh giá mức độ tương quan của số liệu mưa giữa các vị trí trong vùng nghiên cứu thông qua một đại lượng toán học được gọi là hệ số tương quan. Số liệu mưa ngày thu thập được của 15 trạm đo mưa đang hoạt động trên lưu vực được sử dụng để tính toán hệ số tương quan giữa tổ hợp hai trạm bất kỳ nhằm đánh giá mức độ tương quan của số liệu. Kết quả nghiên cứu cho thấy số trạm cần thêm trên lưu vực sông Ba là 12 - 15 với 22 trạm hiện đang hoạt động đo mưa, trong đó có 7 trạm khí tượng, 5 trạm thủy văn và 10 điểm đo mưa nhân dân nâng tổng số trạm cần có là 34 - 37 trạm trên toàn lưu vực.

Từ khóa: Mạng trạm, trạm quan trắc mưa, phương pháp Kriging.

Ban Biên tập nhận bài: 08/01/2018 Ngày phản biện xong: 12/02/2018 Ngày đăng bài: 25/03/2018

1. Đặt vấn đề

Hiện tại trạm quan trắc mưa nước ta còn thiếu về số lượng và phân bố chưa đều theo lãnh thổ, theo các vùng khí hậu và các vùng sinh thái, dẫn đến việc theo dõi sự biến đổi khí hậu, nhất là những biến đổi dị thường của tự nhiên còn nhiều hạn chế. Nguyên nhân của tình trạng này là số lượng trạm chưa đủ, phân bố không đều, thiết bị và công nghệ hiện đại còn ít, chưa đồng bộ. Mạng lưới trạm quan trắc khí tượng thủy văn hiện nay chủ yếu là các trạm có quan trắc viên, thực hiện việc quan trắc mưa theo công nghệ quan trắc thủ công truyền thống. Công nghệ tự động đo và truyền số liệu thời gian thực về các trung tâm lưu trữ, xử lý số liệu còn hạn chế.

Mưa là yếu tố khí tượng thay đổi rất mạnh theo không gian nên mật độ điểm đo mưa hiện tại là quá thưa so với yêu cầu. Mặt khác, có sự khác biệt khá lớn về mật độ phân bố các điểm đo mưa giữa các vùng trong cả nước, khá dày ở

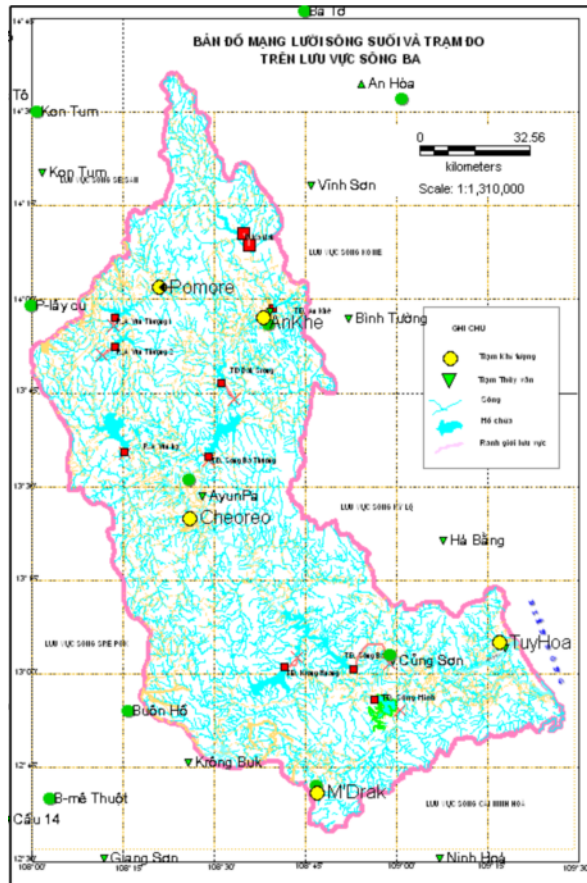
đồng bằng ven biển, khá thưa ở vùng núi cao và Tây Nguyên. Đối với vùng núi cao, nơi có địa hình biến đổi mạnh mẽ, nơi đầu nguồn các hệ thống sông suối, mạng lưới điểm đo mưa chưa đủ dày để đáp ứng nhu cầu phục vụ công tác dự báo, nhất là cho công tác cảnh báo lũ quét, sạt lở đất cho ứng dụng các mô hình tính toán thủy văn, ứng phó với biến đổi khí hậu cũng như cho công tác quy hoạch phát triển của các địa phương trong khu vực [1, 2].

2. Mô tả tập số liệu và phương pháp xây dựng mạng lưới trạm đo mưa

2.1. Tập số liệu sử dụng

Cơ sở để xác định số trạm quan trắc và xây dựng mạng lưới trạm đo mưa được áp dụng trên 15 trạm đo mưa đang hoạt động trên lưu vực, trong đó có số liệu của 02 trạm lưu vực lân cận là Dã sơ mei và Ninh Hoà trên toàn lưu vực sông Ba (Hình 1). Các trạm được thành lập phần lớn từ thập niên 1910 và bắt đầu quan trắc từ khi thành lập, nhưng do nhiều yếu tố khách quan và chủ quan, nên số liệu của các trạm có đầy đủ từ năm 1977 cho đến nay.

¹Vụ Khoa học và Công nghệ - Bộ Tài nguyên và Môi trường
Email: nguyenhieu1408@gmail.com



Hình 1. Phân bố mạng lưới trạm quan trắc khí tượng, thủy văn trên lưu vực sông Ba

2.2. Phương pháp xây dựng mạng lưới trạm đo mưa

2.2.1. Đánh giá mức độ tương quan giữa các trạm mưa trên lưu vực

Dựa trên cơ sở của những số liệu quan trắc mưa có sẵn trong lưu vực nghiên cứu ta tiến hành tính toán để đánh giá mức độ tương quan giữa các trạm mưa trên lưu vực. Nếu các trạm mưa trên lưu vực này có mối tương quan chặt chẽ với nhau ở mức chấp nhận được thì ta sẽ tiếp tục tính toán hiệp phương sai giữa các cặp trạm mưa, tính toán độ lệch quân phương lớn nhất ước lượng. Từ kết quả tính toán đó, trên cơ sở của việc xem xét mối liên hệ với tiêu chuẩn của mạng lưới tối ưu trên lý thuyết, xét tới hiệu quả kinh tế của lưới trạm... ta sẽ quyết định được giá trị độ lệch quân phương ước lượng lớn nhất thiết kế $\text{Max}(\sigma_p^2)^*$ tại một trạm đo xác định. Giá trị lớn nhất này, dựa trên cơ sở các mối quan hệ đã xét ở trên, sẽ cho ta một giá trị mật độ lưới trạm D^* tương ứng, mà với giá trị đó đảm bảo tại mỗi điểm trên

lưu vực sẽ tồn tại một mật độ lưới trạm $D \geq D^*$ sao cho những sai số ước lượng tại bất kỳ điểm nào đều nhỏ hơn giá trị lớn nhất $\text{Max}(\sigma_p^2)^*$. Ngoài ra, đối với vùng nghiên cứu, nên có một bản đồ biểu diễn mật độ lưới trạm sơ bộ theo từng điểm cục bộ.

Đối với mỗi lưu vực mà có mật độ lưới trạm lớn hơn giá trị D^*

Những vùng này được xác định bằng một nhóm các ô lưới liền kề có mật độ lưới trạm thực tế lớn hơn D^*

Có thể xác định được số trạm tối ưu cần thiết cho khu vực đó bằng cách nhân mật độ D^* với diện tích của khu vực đó. Sự khác nhau giữa số trạm thực tế đang hoạt động với số các trạm tính toán được chính là số trạm không cần thiết và nên loại bỏ ra khỏi mạng lưới để đạt được lợi ích về kinh tế mà vẫn đảm bảo được tính chính xác của số liệu. Sự loại bỏ các trạm không cần thiết này phải được thực hiện sao cho những trạm được giữ lại phải phân bố một cách đồng đều trong không gian, loại trừ những trạm có thời đoạn quan trắc ngắn hoặc số liệu thu được từ những trạm đó là ít tin cậy.

Đối với những khu vực có mật độ lưới trạm quan trắc thực tế $D \leq D^*$ thì việc xác định vị trí để đặt những trạm mới bằng cách đặt chồng lên khu vực nghiên cứu một lưới hình vuông có kích thước ô lưới $L = \frac{1}{\sqrt{D^*}}$. Khi ở phía bên trong của một mắt lưới nào đó không có một trạm nào đang hoạt động thì khi ấy ta nên đặt một trạm mới bên trong ô lưới đó. Thao tác này phải được thực hiện nhiều lần sao cho mạng lưới trạm mới thu được sau khi đặt thêm trạm phải đồng bộ nhất có thể; tốt nhất là nên đặt trạm vào trung tâm của ô lưới.

Đặc biệt trong khu vực giao nhau giữa các vùng có mật độ lưới trạm lớn ($D > D^*$) và các vùng có mật độ lưới trạm nhỏ ($D < D^*$), có thể tồn tại những vùng diện tích nhỏ có mật độ lưới trạm thừa hơn so với mật độ tiêu chuẩn D^* gây ra do việc loại bỏ các trạm ở bước làm trước. Do vậy mà cần thiết phải thực hiện việc tái hiệu chỉnh mạng lưới bằng cách chèn lại những trạm đã xóa hoặc đặt thêm một trạm mới.

Khi các vị trí đặt trạm đã được định rõ, ta phải tiến hành lần cuối việc kiểm định lại mạng lưới trạm mới bằng cách xây dựng một bản đồ biểu diễn sự phân bố trong không gian của các giá trị phương sai ước lượng σ_p^2 tính được bằng cách ứng dụng công nghệ Kriging như đã nêu ở trên. Bất kỳ một vị trí nào có giá trị phương sai ước lượng σ_p^2 lớn hơn $\text{Max}(\sigma_p^2)^*$ thiết kế, thì tại vùng đó cần thiết phải xây dựng thêm một trạm.

2.2.2. Đánh giá mức độ tương quan của số liệu

Áp dụng phương pháp Kriging để tính toán thiết kế mạng lưới trạm đo mưa tiêu chuẩn cho lưu vực sông Ba. Để áp dụng phương pháp Kriging, trước hết ta phải đánh giá mức độ tương quan của số liệu mưa giữa các vị trí trong vùng nghiên cứu thông qua một đại lượng toán học được gọi là hệ số tương quan [3].

Từ số liệu mưa ngày thu thập được của 15 trạm đo mưa đang hoạt động trên lưu vực (trong đó có số liệu của 02 trạm lưu vực lân cận là Đăksomei và Ninh Hoà), tính toán hệ số tương quan giữa tổ hợp hai trạm bất kỳ nhằm đánh giá mức độ tương quan của số liệu.

Hệ số tương quan $\rho_{X,Y}$ giữa hai biến ngẫu

nhien X và Y với kỳ vọng tương ứng là μ_X, μ_Y và độ lệch chuẩn σ_X, σ_Y được định nghĩa:

$$\rho_{X,Y} = \frac{\text{cov}(X,Y)}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{E((X-\mu_X)(Y-\mu_Y))}{\sigma_X \sigma_Y} \quad (1)$$

Trong đó $\mu_X = E(X)$, $\sigma_X^2 = E[(X - E(X))^2] = E(X^2) - E^2(X)$ và tương tự đối với Y, và $E[(X - E(X))(Y - E(Y))] = E(XY) - E(X)E(Y)$, nên ta có thể viết lại:

$$\rho_{X,Y} = \frac{E(XY) - E(X)E(Y)}{\sqrt{E(X^2) - E^2(X)} \cdot \sqrt{E(Y^2) - E^2(Y)}} \quad (2)$$

Để đánh giá mức độ tương quan giữa các cặp trạm mưa, ta tiến hành xây dựng các biểu đồ tương quan theo khoảng cách giữa các trạm tương ứng đó dựa trên cơ sở số liệu thu thập được như đã nói trên.

Khoảng cách giữa 2 trạm bất kỳ được tính toán dựa vào tọa độ các trạm và cho kết quả như trong ma trận dưới đây:

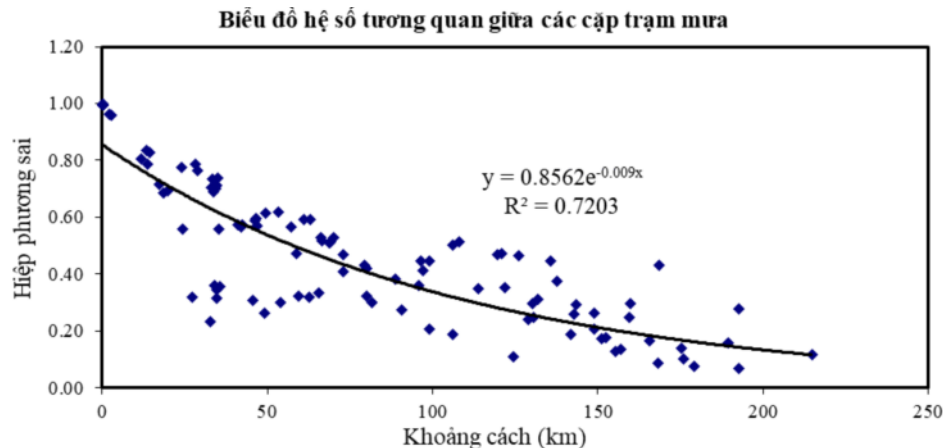
Hệ số tương quan (correlation index) giữa các cặp trạm mưa ứng với số liệu mưa các thời đoạn khác nhau được tính toán như trong bảng ma trận dưới đây (Bảng 1).

Bảng 1. Hệ số tương quan giữa các cặp trạm mưa trên lưu vực

Trạm	Tuy Hoà	Sơn Hoà	Cùng Sơn	Phú Lâm	Hoà Đồng	Phú Lạc	Sơn Thành	Ayunpa	An Khê	MĐRẮc	Pơ mơ rê	Krông Pa	Ninh Hoà	Đak Sô Mei	KBang
Tuy Hoà	1.00	0.71	0.74	0.96	0.83	0.70	0.69	0.45	0.48	0.52	0.21	0.34	0.52	0.10	0.26
Sơn Hoà		1.00	0.97	0.72	0.77	0.58	0.79	0.52	0.50	0.58	0.24	0.35	0.60	0.13	0.30
Cùng Sơn			1.00	0.74	0.79	0.60	0.81	0.53	0.52	0.58	0.25	0.36	0.60	0.14	0.31
Phú Lâm				1.00	0.84	0.72	0.70	0.45	0.48	0.52	0.21	0.34	0.53	0.11	0.26
Hoà Đồng					1.00	0.69	0.78	0.42	0.47	0.57	0.18	0.32	0.62	0.08	0.27
Phú Lạc						1.00	0.57	0.35	0.38	0.47	0.17	0.33	0.48	0.07	0.25
Sơn Thành							1.00	0.43	0.47	0.56	0.19	0.31	0.62	0.09	0.30
Ayunpa								1.00	0.52	0.42	0.41	0.32	0.36	0.37	0.39
An Khê									1.00	0.45	0.37	0.31	0.43	0.33	0.56
MĐRẮc										1.00	0.18	0.31	0.59	0.14	0.30
Pơ mơ rê											1.00	0.21	0.16	0.32	0.24
Krông Pa												1.00	0.28	0.11	0.19

Ninh Hoà													1.00	0.12	0.28
Đak Sơ Mei														1.00	0.27
KBang															1.00

Xây dựng biểu đồ biểu diễn mối tương quan giữa khoảng cách và hệ số tương quan của số liệu giữa hai trạm bất kỳ (Hình 2).



Hình 2. Biểu đồ hệ số tương quan với khoảng cách giữa các cặp trạm mưa tương ứng

Hình 2 chỉ ra rằng theo xu thế chung khi khoảng cách càng lớn thì mức độ tương quan về số liệu mưa càng giảm. Tuy nhiên, có nhiều trường hợp ở cùng một mức độ khoảng cách nhưng hệ số tương quan lại khác nhau, điều này là do sự tác động của các điều kiện tự nhiên đến sự phân bố lượng mưa theo không gian. Mặc dù vậy, tương quan giữa hệ số tương quan các cặp trạm với khoảng cách của các trạm đó khá tốt ($R^2=0,72$) nên có thể sử dụng để xây dựng phương trình tương quan giữa hai biến.

Trong lý thuyết xác suất và thống kê, hiệp phương sai là thước đo mức độ biến thiên cùng nhau của hai biến ngẫu nhiên. Nếu 2 biến có xu hướng thay đổi cùng nhau (nghĩa là, khi một biến có giá trị cao hơn giá trị kỳ vọng thì biến kia có xu hướng cũng cao hơn giá trị kỳ vọng), thì hiệp phương sai giữa hai biến này có giá trị dương. Mặt khác, nếu một biến nằm trên giá trị kỳ vọng còn biến kia có xu hướng nằm dưới giá trị kỳ

vọng, thì hiệp phương sai của hai biến này có giá trị âm.

Hiệp phương sai giữa hai biến ngẫu nhiên giá trị thực X và Y , với các giá trị kỳ vọng $E(X) = \mu$ và $E(Y) = \nu$ được định nghĩa như sau: $Cov(X, Y) = E((X-\mu)(Y-\nu))$; $Cov(X, Y) = E(X.Y) - \mu\nu$.

Nếu X và Y độc lập, thì hiệp phương sai của chúng bằng 0. Đó là do khi có sự độc lập thống kê, $E(X.Y) = E(X).E(Y) = \mu\nu$; $Cov(X, Y) = \mu\nu - \mu\nu = 0$.

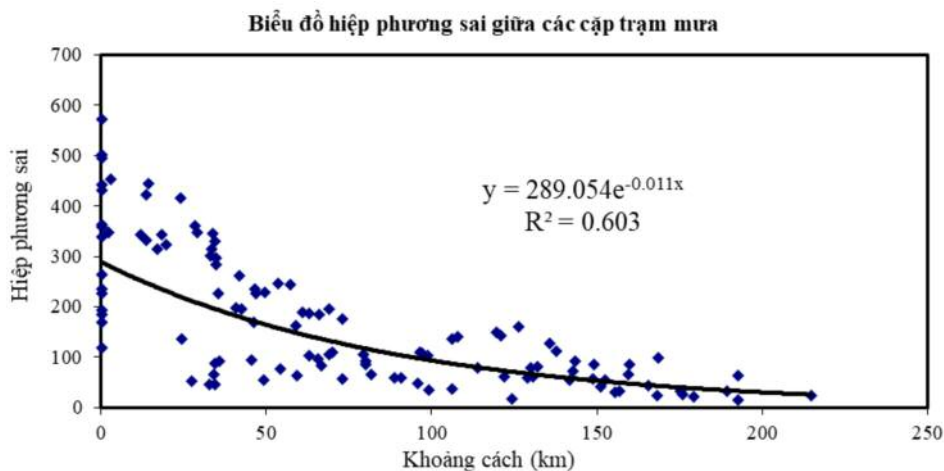
Tuy nhiên, điều ngược lại không đúng: nếu X và Y có hiệp phương sai bằng 0, hai biến này không nhất thiết phải độc lập, các biến ngẫu nhiên có hiệp phương sai bằng không được gọi là không tương quan.

Sử dụng số liệu mưa ngày thu thập được của các trạm trên lưu vực, tính toán được một ma trận hiệp phương sai giữa hai trạm bất kỳ dựa vào số liệu thực đo như bảng 2.

Bảng 2. Hiệp phương sai giữa các cặp trạm mưa trên lưu vực

Trạm	Tuy Hoà	Sơn Hoà	Củng Sơn	Phú Lâm	Hoà Đồng	Phú Lạc	Sơn Thành	Ayunpa	An Khê	MDRẮc	Pơ mơ rê	Krông Pa	Ninh Hoà	Đak Sơ Mei	KBang
Tuy Hoà	504.3	302.6	317.5	455.7	447.7	326.4	347.8	112.0	155.2	210.8	61.7	105.0	195.8	26.1	79.0
Sơn Hoà		360.5	350.9	286.8	349.0	227.6	334.4	108.2	138.8	198.9	60.8	90.9	188.2	32.6	81.9
Củng Sơn			365.6	300.3	362.8	238.3	345.0	112.9	143.3	199.6	62.9	94.0	190.2	34.0	83.6
Phú Lâm				445.5	424.5	315.9	331.5	105.0	145.4	198.6	58.4	97.7	187.5	27.2	74.3
Hoà Đồng					574.4	344.7	417.1	110.7	163.3	246.9	57.3	106.3	248.4	24.0	88.0
Phú Lạc						433.9	264.7	81.8	114.1	178.0	46.5	93.2	165.5	17.8	68.6
Sơn Thành							497.2	107.0	152.5	228.1	56.4	95.6	230.2	26.6	93.3
Ayunpa								121.7	86.6	87.2	58.2	48.7	63.3	49.9	60.4
An Khê									227.8	130.6	68.4	68.7	99.9	66.0	137.5
MDRẮc										342.0	43.9	79.2	171.4	34.9	87.4
Pơ mơ rê											171.1	37.4	34.3	54.9	47.0
Krông Pa												194.9	60.3	18.6	39.7
Ninh Hoà													267.2	26.3	65.5
Đak Sơ Mei														186.2	56.6
KBang															237.9

Từ ma trận khoảng cách và ma trận hiệp phương sai giữa các trạm có số liệu, ta xây dựng một biểu đồ quan hệ giữa hiệp phương sai với khoảng cách như hình 3.



Hình 3. Biểu đồ hiệp phương sai giữa các cặp trạm mưa với khoảng cách giữa các trạm

Hình 3 chỉ ra rằng giá trị hiệp phương sai đánh giá mức độ biến thiên của hai trạm phụ thuộc rất nhiều vào khoảng cách. Khi khoảng cách giữa 2 trạm càng xa thì mức độ biến thiên của lượng mưa giữa hai trạm đó càng giảm. Điều này hoàn toàn phù hợp với thực tế và phản ánh được mức độ tương quan của số liệu mưa giữa các trạm trên lưu vực. Khi khoảng cách giữa hai trạm bằng 0, nghĩa là cùng một trạm thì

hiệp phương sai chính là giá trị của phương sai (mức độ biến thiên của lượng mưa tại trạm đó).

Do lưu vực sông Ba có địa hình phức tạp và có sự chia cắt lớn nên số liệu mưa bị ảnh hưởng nhiều bởi địa hình, chẳng hạn hai trạm có khoảng cách nhỏ nhưng thuộc các tiểu vùng địa lý khác nhau thì mức độ biến thiên cùng nhau của số liệu mưa sẽ nhỏ hơn so với các trạm nằm trong cùng một tiểu vùng địa lý. Điều này giải thích cho các

điểm có khoảng cách nhỏ và hiệp phương sai cũng nhỏ, dẫn đến sự phân tán trong biểu đồ tương quan.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Xây dựng biểu đồ thiết kế mật độ lưới trạm

Từ biểu đồ hiệp phương sai giữa hai trạm theo khoảng cách tương ứng giữa hai trạm đo (hình 2), ta có được phương trình tương quan $y = 289.054e-0.011x$ (3), trong đó biến y là hiệp phương sai giữa 2 trạm bất kỳ và biến x là khoảng cách L tương ứng giữa hai trạm đo. Ta có thể viết lại phương trình 3 như sau:

$$\text{Cov}(L) = 289.054e-0.011L \quad (4)$$

Phương trình 4 chỉ ra rằng khi khoảng cách giữa hai trạm bằng 0 ($L = 0$) thì hiệp phương sai giữa hai trạm lúc đó chính là phương sai và $\text{Cov}(0) = \sigma^2 = 289.054$. Ta gọi giá trị này là phương sai lý thuyết.

Nhưng trên thực tế, dựa vào mẫu số liệu tính toán thì phương sai trung bình của mẫu là $\sigma^2 = 328.67$. Như vậy giữa lý thuyết và thực nghiệm có một độ lệch phương sai bằng $n^2 = 328.67 - 289.054 = 37.45$. Trong toán học người ta gọi độ lệch này (n^2) là *nugget effect*, mà khi xây dựng biểu đồ thiết kế, giá trị n chính là giá trị giới hạn

dưới của độ lệch chuẩn của số liệu nội suy; nghĩa là dù lưới trạm có dày đến đâu thì số liệu mưa vẫn có một sai số nhỏ nhất bằng $n = \sqrt{n^2} = 6.12$ mm/ngày.

Sau đây ta sẽ xây dựng biểu đồ thiết kế cho hai trường hợp ứng với phương sai thực nghiệm có tính đến *nugget effect* và trường hợp phương sai lý thuyết - không tính đến *nugget effect*.

Biểu đồ thiết kế là biểu đồ biểu diễn tương quan giữa độ lệch chuẩn của số liệu nội suy so với giá trị thực, với khoảng cách giữa các trạm trên lưu vực. Nếu khoảng cách giữa các trạm càng nhỏ thì số liệu nội suy càng chính xác, nghĩa là độ lệch chuẩn càng nhỏ.

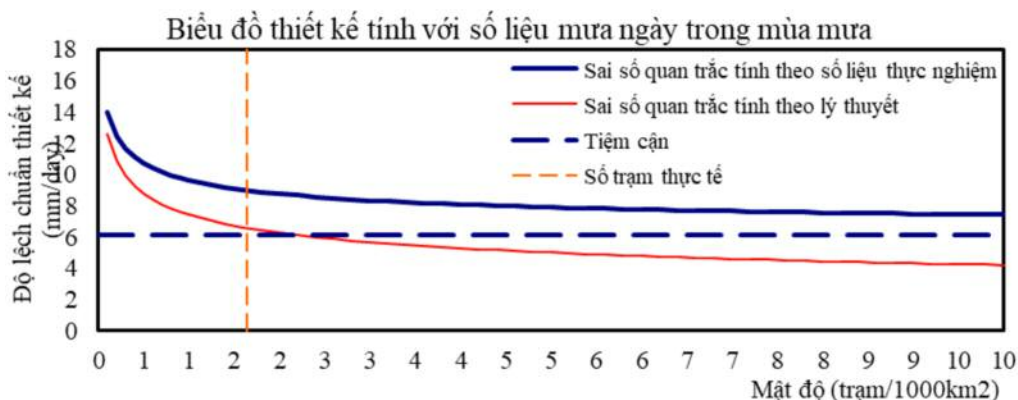
Để tính toán độ lệch chuẩn, ta xem xét mạng lưới trạm đo mưa như một lưới không gian hình vuông chuẩn, khi đó phương sai ước lượng lớn nhất $\sigma_{a,\max}^2$ sẽ được tìm thấy tại tâm của mỗi ô vuông và được xác định trên cơ sở của chỉ bốn trạm đo mưa gần nhất, do vậy mà nó chỉ nằm trong giới hạn của 4 góc vuông. Độ lệch chuẩn của số liệu nội suy chính là $\sigma_{a,\max}$.

Gọi L là khoảng cách giữa các đỉnh liên kề của ô vuông, d là biến khoảng cách, và $D=1/L^2$ là mật độ của ô lưới, thì $\sigma_{a,\max}^2$ có thể được xác định bằng một trong các phương trình sau:

$$\begin{aligned} \sigma_{a,\max}^2 &= \sigma^2 - 2\text{cov}\left(\frac{L}{\sqrt{2}}\right) + \frac{1}{4} \left[\lim_{d \rightarrow 0} \text{cov}(d) + 2\text{cov}(L) + \text{cov}(L\sqrt{2}) \right] \\ \sigma_{a,\max}^2 &= \sigma^2 - 2\text{cov}\left(\frac{1}{\sqrt{2D}}\right) + \frac{1}{4} \left[\lim_{d \rightarrow 0} \text{cov}(d) + 2\text{cov}\left(\frac{1}{\sqrt{D}}\right) + \text{cov}\left(\sqrt{\frac{2}{D}}\right) \right] \end{aligned} \quad (5)$$

Từ phương trình 5, ứng với các cấp mật độ thiết kế khác nhau, tương ứng với hai trường hợp phương sai thực nghiệm $\sigma^2 = 328.67$ và

phương sai lý thuyết $\text{Cov}(0) = \sigma_{LT}^2 = 289.054$ ta xây dựng được biểu đồ thiết kế như trong bảng 3 và hình 4.



Hình 4. Biểu đồ thiết kế ứng với mưa ngày trong cả mùa mưa

Trong biểu đồ hình 4 đường cong nét đậm phía trên và đường cong nét mảnh phía dưới biểu diễn sự giảm độ lệch chuẩn của số liệu nội suy theo mật độ lưới trạm. Đường nét mảnh ứng với trường hợp phương sai lý thuyết, không tính đến độ lệch phương sai (nugget effect), nếu theo trường hợp này thì khi tăng mật độ lưới trạm đến một mức nào đó thì sai số của số liệu nội suy có thể bằng 0. Nhưng trên thực tế có rất nhiều yếu

tố tự nhiên hay nhân tạo tác động như địa hình, điều kiện tự nhiên, thiết bị quan trắc, người quan trắc... gây ra sai số trong quá trình quan trắc cũng như trong tính toán nội suy giá trị mưa, do vậy mà số liệu tính toán không bao giờ chính xác tuyệt đối. Trường hợp tính toán với phương sai thực nghiệm cho ta thấy rõ điều đó, dù có tăng mật độ lưới trạm lên bao nhiêu chăng nữa thì vẫn mắc phải sai số tối thiểu là 6.1 mm/ngày.

Bảng 3. Kết quả tính toán xây dựng biểu đồ thiết kế

STT	Mật độ trạm/1000km ²	Diện tích/1 trạm(km ²)	Phương sai thực nghiệm		Phương sai lý thuyết	
			Sai số quân phương	Độ lệch chuẩn thiết kế	Sai số quân phương	Độ lệch chuẩn thiết kế
1	1	1000	92.96	9.64	55.52	7.45
2	1.2	833	88.25	9.39	50.80	7.13
3	1.4	714	84.56	9.20	47.11	6.86
4	1.6	625	81.58	9.03	44.13	6.64
5	1.8	556	79.09	8.89	41.65	6.45
6	2	500	76.99	8.77	39.54	6.29
7	2.2	455	75.18	8.67	37.73	6.14
8	2.4	417	73.59	8.58	36.14	6.01
9	2.6	385	72.19	8.50	34.74	5.89
10	2.8	357	70.94	8.42	33.49	5.79
11	3	333	69.82	8.36	32.37	5.69
12	3.2	313	68.80	8.29	31.35	5.60
13	3.4	294	67.87	8.24	30.43	5.52
14	3.6	278	67.02	8.19	29.58	5.44
15	3.8	263	66.24	8.14	28.79	5.37
16	4	250	65.52	8.09	28.07	5.30
17	4.2	238	64.84	8.05	27.40	5.23
18	4.4	227	64.22	8.01	26.77	5.17
19	4.6	217	63.64	7.98	26.19	5.12
20	4.8	208	63.09	7.94	25.64	5.06
21	5	200	62.57	7.91	25.13	5.01
22	5.2	192	62.09	7.88	24.64	4.96
23	5.4	185	61.63	7.85	24.18	4.92
24	5.6	179	61.20	7.82	23.75	4.87
25	5.8	172	60.79	7.80	23.34	4.83
26	6	167	60.40	7.77	22.95	4.79
27	6.2	161	60.02	7.75	22.58	4.75
28	6.4	156	59.67	7.72	22.22	4.71
29	6.6	152	59.33	7.70	21.89	4.68
30	6.8	147	59.01	7.68	21.56	4.64
31	7	143	58.70	7.66	21.26	4.61
32	7.2	139	58.41	7.64	20.96	4.58
33	7.4	135	58.12	7.62	20.68	4.55
34	7.6	132	57.85	7.61	20.40	4.52
35	7.8	128	57.59	7.59	20.14	4.49

36	8	125	57.33	7.57	19.89	4.46
37	8.2	122	57.09	7.56	19.65	4.43
38	8.4	119	56.86	7.54	19.41	4.41
39	8.6	116	56.63	7.53	19.19	4.38
40	8.8	114	56.41	7.51	18.97	4.36
41	9	111	56.20	7.50	18.76	4.33
42	9.2	109	56.00	7.48	18.55	4.31
43	9.4	106	55.80	7.47	18.35	4.28
44	9.6	104	55.61	7.46	18.16	4.26
45	9.8	102	55.42	7.44	17.98	4.24
46	10	100	55.24	7.43	17.80	4.22

3.2. Xác định mật độ lưới trạm thiết kế

3.2.1 Xác định mật độ trạm thiết kế

Trên lưu vực sông Ba hiện có 22 trạm đang có

hoạt động đo mưa, trong đó có 7 trạm thí tượng,

5 trạm thủy văn và 10 điểm đo mưa nhân dân.

Bảng 3. Danh sách các trạm khí tượng, thủy văn, điểm đo mưa trên lưu vực sông Ba

STT	Tên Trạm	Vị trí trạm	Loại trạm	Tọa độ X (m)	Tọa độ Y (m)	Năm có số liệu mưa
1	Tuy Hoà	Phường II, TX Tuy Hoà, Phú Yên	Khí tượng	313876	1446982	1957-1974, 1976-nay
2	Sơn Hoà	Sơn Bình, Tây Sơn, Phú Yên	Khí tượng	281313	1443534	1978-nay
3	Ayunpa	Ayunpa, Ayunpa, Gia Lai	Khí tượng	223823	1480951	1942, 1964-1974, 77-nay
4	An Khê	An Khê, An Khê, Gia Lai	Khí tượng	246104	1543452	1977- nay
5	MĐRắc	C M' Ta, M' Đrăk, Đăklăk	Khí tượng	257503	1408688	1977-1982 1993-nay
6	Krông Pa	Phú Túc, Krông Pa, Gia Lai	Khí tượng	252550	1462224	
7	Ayunpa	Ayunpa, Ayunpa, Gia Lai	Thủy văn	223823	1480951	1942, 1964-1974, 1977-nay
8	An Khê	An Khê, An Khê, Gia Lai	Thủy văn	246104	1543452	1977- nay
9	Củng Sơn	Sơn Bình, Sơn Hoà, Phú Yên	Thủy văn	281298	1441690	
10	Phú Lâm	Thị xã Tuy Hoà, Tuy Hoà, Phú Yên	Thủy văn	315675	1445127	
11	Pơ ơ rơ	H'va - Mang Yang, Gia Lai	Thủy văn	213775	1553019	
12	Hoà Đồng	Hoà Đồng, Tuy Hòa, Phú Yên	Đo mưa	308367	1434113	
13	Phú Lạc	Hoà. H. Nam, Tuy Hòa, Phú Yên	Đo mưa	326439	1432150	
14	Sơn Thành	Sơn Thành, Tuy Hòa, Phú Yên	Đo mưa	284828	1430597	1977-1993, 1994-nay
15	KBang	KaNat, KBang, Gia Lai	Đo mưa	242743	1567469	
16	KonDong	TT. Mang Yang, Mang Yang, Gia Lai	Đo mưa	14 ⁰ 03'	108 ⁰ 17'	
17	ĐakĐoa	Đak Đoa, Mang Yang, Gia Lai	Đo mưa	14 ⁰ 00'	108 ⁰ 08'	
18	Chư Sê	ChưSê, ChưSê, Gia Lai	Đo mưa	13 ⁰ 42'	108 ⁰ 05'	
19	Kon Chiêng	Kon Chiêng, Mang Yang, Gia Lai	Đo mưa	13 ⁰ 47'	108 ⁰ 17'	

STT	Tên Trạm	Vị trí trạm	Loại trạm	Tọa độ X (m)	Tọa độ Y (m)	Năm có số liệu mưa
20	Phú Thiện	Ch A Thai, AYunpa, Gia Lai	Đo mưa	13 ⁰ 33'	108 ⁰ 17'	
21	Krong Pa	Phú Cần, Krông Pa, Gia Lai	Đo mưa	13 ⁰ 18'	108 ⁰ 42'	
22	Eaknop	EaKNốp, Eakar, Đăklăk	Đo mưa	12 ⁰ 48'	108 ⁰ 27'	

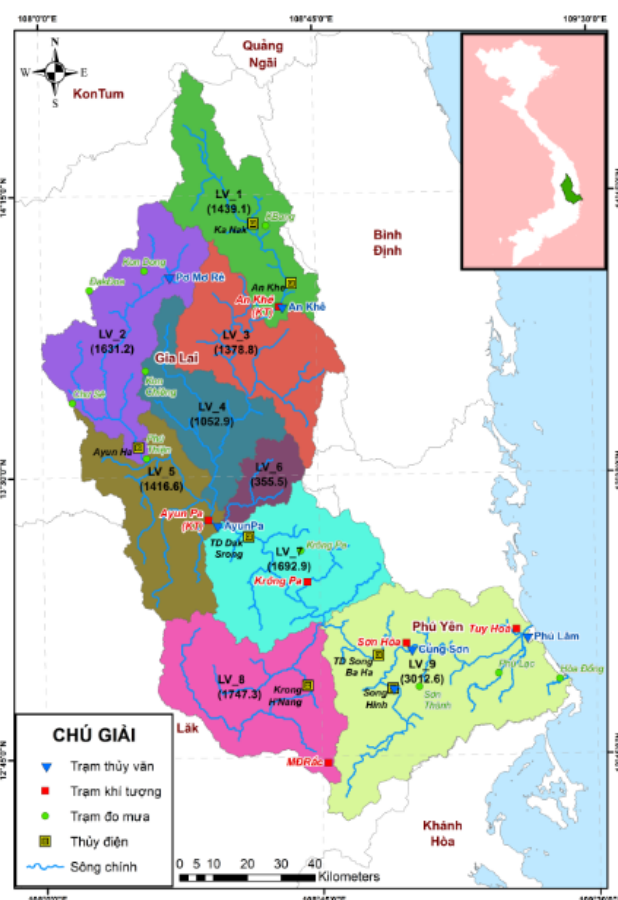
Với tổng diện tích lưu vực sông Ba là 13.417 km², mật độ lưới trạm đo mưa hiện có trên lưu vực tương ứng với 22 trạm đo mưa là 1,64 trạm/1000 km². Giá trị này được biểu diễn bằng đường nét đứt thẳng đứng trên biểu đồ thiết kế (hình 2).

Sử dụng biểu đồ thiết kế ứng với trường hợp sai số dựa trên số liệu thực nghiệm để làm căn cứ thiết kế, ta thấy: ở đoạn đầu của đường cong thiết kế, ứng với cấp mật độ lưới trạm nhỏ thì hiệu quả của việc tăng mật độ lưới trạm đối với sự giảm độ lệch chuẩn của số liệu lớn hơn so với ở cấp mật độ lưới trạm cao hơn. Khi mật độ lưới trạm càng cao thì độ lệch chuẩn của số liệu càng giảm. Với mật độ lưới trạm trong khoảng từ 2 đến 3 trạm/1000 km² thì độ lệch bắt đầu giảm ít dần đi, và với mật độ trên 3 trạm/1000 km² thì độ lệch chuẩn giảm rất chậm. Do đó có thể xem xét lựa chọn mật độ lưới trạm trong khoảng từ 2 đến 3 trạm trên 1000 km² (tương ứng với độ lệch chuẩn từ 8,77 đến 8,36 mm/ngày) để làm tiêu chuẩn thiết kế.

Mặt khác, theo tiêu chuẩn của tổ chức khí tượng thế giới WMO, đối với vùng có địa hình biến đổi phức tạp như vùng đồi núi thì mật độ lưới trạm đòi hỏi phải có từ 4 - 10 trạm/1000 km², còn đối với vùng địa hình đồng bằng ven biển, mật độ lưới trạm có thể nhỏ hơn từ 1-2 trạm/1000 km².

Trong điều kiện địa hình phức tạp như lưu vực sông Ba, vừa có đồi núi dốc, mạng lưới sông suối ngắn, vừa có địa hình đồi núi và đồng bằng kết hợp trên cùng một lưu vực sông nên rất khó để đưa ra được một giá trị mật độ lưới trạm cụ thể. Cần xem xét lưu vực theo từng tiểu lưu vực, phân tích đến sự biến đổi của địa hình và khả năng đặt trạm, yêu cầu kỹ thuật của từng khu vực cũng như điều kiện kinh tế cho phép để đưa ra

được lưới trạm hợp lý, đảm bảo hài hoà các mục tiêu và lợi ích.



Hình 3. Bản đồ chia tiểu lưu vực và mạng lưới trạm quan trắc trên lưu vực sông Ba

Theo hình 3 lưu vực sông Ba được chia thành 9 tiểu lưu vực bộ phận. Diện tích mỗi lưu vực bộ phận; số trạm, mật độ trạm thực tế tương ứng với mỗi lưu vực bộ phận và số trạm thiết kế trên mỗi lưu vực được tính toán theo bảng 4.

Bảng 4. Lưới trạm thiết kế theo trên lưu vực sông Ba

STT	Tên tiểu lưu vực	Diện tích (km ²)	Số trạm trên lưu vực	Mật độ trạm thực tế (trên 1000km ²)	Số trạm tính toán thiết kế (2tr/1000 km ²)	Số trạm tính toán thiết kế (3tr/1000 km ²)	Số trạm đề xuất cần bổ sung
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	LV_1	1,439	3	2.08	2.88	4.32	1-2
2	LV_2	1,631	5	3.07	3.26	4.89	0
3	LV_3	1,379	0	0.00	2.76	4.14	2-3
4	LV_4	1,053	1	0.95	2.11	3.16	1-2
5	LV_5	1,417	2	1.41	2.83	4.25	2
6	LV_6	355	0	0.00	0.71	1.07	1
7	LV_7	1,692	2	1.18	3.38	5.08	2
8	LV_8	1,747	1	0.57	3.49	5.24	3
9	LV_9	3,013	8	2.66	6.03	9.04	0
Tổng		13417	22		26.8	40.25	12-15

Trong bảng 4, từ cột 1 đến cột 5 thể hiện các thuộc tính của lưu vực như: ký hiệu tên các tiểu lưu vực, diện tích, số trạm và mật độ lưới trạm. Cột (6) và (7) là số trạm trên mỗi tiểu lưu vực ứng với hai trường hợp mật độ trạm thiết kế là 2 trạm/1000 km² và 3 trạm/1000 km². Cột (8) là số trạm được đề xuất cần phải bổ sung cho mỗi tiểu lưu vực.

Số trạm trong cột (8) được đề xuất bổ sung thêm vào mạng lưới dựa trên việc phân tích số trạm thực tế trên lưu vực, sự biến đổi địa hình của từng tiểu lưu vực, diện tích của mỗi tiểu lưu vực theo nguyên tắc: Ở vùng núi có địa hình biến đổi mạnh thì cần mật độ lưới trạm dày hơn, các trạm cần phân bố tương đối đồng đều trên lưu vực, khả năng thực tế. Đây chỉ là số trạm đề xuất để đảm bảo hài hoà giữa kỹ thuật và các điều kiện xã hội. Khi xây dựng lại mạng lưới trạm, cần khảo sát kỹ thực địa, rà soát lại mạng lưới trạm hiện trạng để lựa chọn vị trí thiết lập trạm quan trắc mới; và trước khi thực hiện việc lắp đặt các trạm bổ sung, cần hiệu chỉnh và kiểm định lại mạng lưới trạm thiết kế trên bản đồ để đảm bảo có được mạng lưới trạm tối ưu.

3.2.2. Chọn vị trí để thiết lập những trạm quan trắc mới

Sử dụng một lưới hình vuông có kích thước ô lưới $L = \frac{1}{\sqrt{D^*}}$ đặt chồng lên khu vực nghiên cứu. Đối với các lưu vực có địa hình biến đổi mạnh, núi cao như lưu vực LV_1, LV_2, LV_3, LV_6 thì nên thiết kế với mật độ $D^*=3$ trạm/1000 km², tương ứng với kích thước ô lưới $L=18,2$ km; đối với các lưu vực có địa hình đồng bằng, nên thiết kế với mật độ $D^*=2$ trạm/1000 km², tương ứng với kích thước ô lưới là $L=22,4$ km. Khi ở phía bên trong bất kỳ 1 mắt lưới nào đó không có một trạm nào đang hoạt động thì khi ấy ta nên đặt một trạm mới bên trong ô lưới đó. Dịch chuyển lưới hình vuông nhiều lần sao cho mạng lưới trạm mới thu được sau khi đặt thêm trạm phải đồng bộ nhất có thể.

Tuy nhiên trong thực tế, mạng lưới trạm đã có sẵn, để đảm bảo mật độ lưới trạm đạt tiêu chuẩn thiết kế thì phải bổ sung thêm các trạm mới vào các vị trí chưa có trạm và tương đối cách đều nhau sao cho đảm bảo mỗi ô lưới có 01 trạm. Toạ độ các trạm bổ sung tương ứng với các lưu vực con được cho trong bảng dưới đây. Cần chú ý đây là toạ độ đề xuất theo thiết kế, trong thực

tế xây dựng trạm cần phải khảo sát địa hình xung quanh khu vực tọa độ trạm được đề xuất để lựa chọn được vị trí tối ưu, đảm bảo các tiêu chuẩn về kinh tế, kỹ thuật, xã hội.

4. Kết luận và kiến nghị

Nghiên cứu trên đã đưa ra được bức tranh cơ bản về số trạm trong được đề xuất bổ sung thêm vào mạng lưới quan trắc trạm mưa trên lưu vực sông Ba dựa trên việc phân tích số trạm thực tế trên lưu vực, sự biến đổi địa hình của từng tiểu lưu vực, diện tích của mỗi tiểu lưu vực theo nguyên tắc: Ở vùng núi có địa hình biến đổi mạnh thì cần mật độ lưới trạm dày hơn, các trạm cần phân bố tương đối đồng đều trên lưu vực,

khả năng thực tế. Kết quả nghiên cứu cho thấy số trạm cần thêm trên lưu vực sông Ba là 12 - 15 với 22 trạm hiện đang hoạt động đo mưa, trong đó có 7 trạm thí tượng, 5 trạm thủy văn và 10 điểm đo mưa nhân dân nâng tổng số trạm cần có là 34 - 37 trạm trên toàn lưu vực.

Tuy nhiên, đây chỉ là số trạm đề xuất để đảm bảo hài hòa giữa kỹ thuật và các điều kiện xã hội. Khi xây dựng lại mạng lưới trạm, cần khảo sát kỹ thực địa, rà soát lại mạng lưới trạm hiện trạng để lựa chọn vị trí thiết lập trạm quan trắc mới; và trước khi thực hiện việc lắp đặt các trạm bổ sung, cần hiệu chỉnh và kiểm định lại mạng lưới trạm thiết kế trên bản đồ để đảm bảo có được

Tài liệu tham khảo

1. Edward, H.I., Srivastava, R. M. (1989). *An Introduction to Applied Geostatistics*, Published by Oxford University Press.
2. Ngo Le An, S. Barontini, A. Buzzi, O. Drofa, Do Le Thuy, Vu Minh Cat, Hoang Thanh Tung & Ranzi, R. (2008). *A hydrometeorological flood forecast system for the Red River (China - Vietnam)*, Geophysical Research Abstract, 10, 10475.
3. WMO, (1976). *Hydrological Network design and information transfer*, WMO Operational Hydrology, Report no. 8, Geneva.

RESEARCH ON THE RAIN GAUGE STATIONS NETWORK ON BA RIVER BASIN BY USING KRIGING METHOD

Nguyen Van Hieu¹

¹Department of Information Technology

Abstract: *In accordance with statistics of rain data on the river, the research conducted the investigation to estimate the correlation between rain gauge stations at the study site. The research used Kriging method to simulate the standard rain gauge stations network on Song Ba river. By using correlation coefficients, the Kriging method was used to measure the correlation between rainfall data collected at stations. Daily rainfall data collected at 15 stations there were used to calculate the correlation coefficients of two different stations. The results showed that the numbers of station which should be added on Song Ba river were 12 - 15, with 22 stations for rain gauge including 7 meteorology stations, 5 hydrometeorology stations and 10 of rain observatory sites, adding to 34 - 37 stations in the total number of stations.*

Keywords: *Station network, observed rainfall gauges, Kriging method.*