

XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH TỐI ƯU BỘ THÔNG SỐ MÔ HÌNH TANK BẰNG THUẬT GIẢI DI TRUYỀN

ThS.Triệu Ánh Ngọc - Đại học Thủy lợi- Cơ sở 2

GS.TS.Kazuaki Hiramatsu Bộ môn Kỹ thuật môi trường nước,
Trường Đại học Kyushu

KS.Lê Văn Đức Cục Khí tượng thủy văn & Biến đổi khí hậu,
Bộ Tài nguyên môi trường

KS.Nguyễn Trung Quân - Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

Tóm tắt: Trong vài năm gần đây, đã xuất hiện rất nhiều mô hình khái niệm thủy văn tính toán mô phỏng quá trình mưa – dòng chảy ở lưu vực sông. Trong số các mô hình này, mô hình Tank đã được sử dụng rộng rãi ở nhiều nước khu vực châu Á để mô phỏng dự báo dòng chảy bởi đơn giản không những về khái niệm cấu trúc mà còn về mặt số liệu yêu cầu. Mặt khác, để mô hình đạt kết quả tốt, thì phải mất nhiều thời gian và kinh nghiệm chuyên sâu về lĩnh vực thủy văn để hiệu chỉnh các thông số trong mô hình. Vì thế, việc áp dụng thuật giải tìm kiếm tối ưu bộ thông số cho mô hình là điều hết sức cần thiết. Trong nghiên cứu này, thuật giải di truyền (Genetic Algorithm) được áp dụng để tính toán tìm kiếm bộ thông số tối ưu cho mô hình Tank. Tất cả mười hai thông số trong mô hình Tank được tối ưu bằng tìm giá trị nhỏ nhất sai số giữa số liệu mô phỏng và số liệu quan trắc thông qua hàm mục tiêu (Fitness Function). Như kết quả đạt được trong nghiên cứu này, GA đã thể hiện được hiệu quả vượt trội trong lĩnh vực thủy văn và giải quyết các vấn đề nghiên cứu khác trong lĩnh vực mô hình toán.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Mô hình khái niệm thủy văn tập trung như Sacramento[1], AWBM[2], Tank[3], HBV[4], và NAM[5] đã được giới thiệu từ đầu thập niên 1960 và được áp dụng rộng rãi từ sau thập niên 1970 [6]. Trong nghiên cứu này, mô hình thủy văn Tank (Sugawara, 1995) được áp dụng để tính toán mô phỏng dòng chảy đến trong lưu vực thượng nguồn sông La Ngà, thuộc tỉnh Lâm Đồng, Việt Nam.

Tuy nhiên, việc áp dụng mô hình này vào tính toán mô phỏng thường gặp nhiều khó khăn do không chỉ cấu trúc phức tạp của mô hình, mà còn độ chính xác của các thông số. Trong vài thập niên trở lại đây, nhiều mô hình thủy văn đã được phát triển và ứng dụng để dự báo dòng chảy đến các lưu vực sông nhằm tăng độ chính xác trong dự báo. Các thông số được xác định thông qua phân tích, đánh giá dựa trên biểu đồ dòng chảy. Việc nghiên cứu phát triển nâng cao độ chính xác của mô hình tập trung vào các khía cạnh khác nhau của biểu đồ dòng chảy đã đạt

được kết quả khả quan. Harlin[7] đã xây dựng thành công công thức tính toán dò tìm tự động để tối ưu bộ thông số của mô hình thông qua kinh nghiệm trong lĩnh vực thủy văn. Sau đó, nó được phát triển và ứng dụng phổ biến trong các mô hình mô phỏng mưa – dòng chảy [8,9]. Tuy nhiên, công thức tìm kiếm bộ thông số trên cũng gặp khó khăn và hạn chế trong ứng dụng bởi để đạt được độ chính xác cao, nó đòi hỏi phải có kiến thức và kinh nghiệm trong lĩnh vực thủy văn.

Hiện nay, có rất nhiều thuật toán tìm kiếm tối ưu được áp dụng để hiệu chỉnh tự động các thông số trong mô hình thủy văn như: thuật giải tiến hóa tối ưu SCE (Shuffle Complex Evolution), thuật giải tối ưu bầy đàn PSO (Particle Swarm Optimization), thuật giải di truyền GA (Genetic Algorithm). Trong nghiên cứu này tập trung vào việc áp dụng thuật giải di truyền để tìm ra bộ thông số tối ưu cho mô hình Tank. Chương trình được lập trình trong môi trường ngôn ngữ Visual Basic.

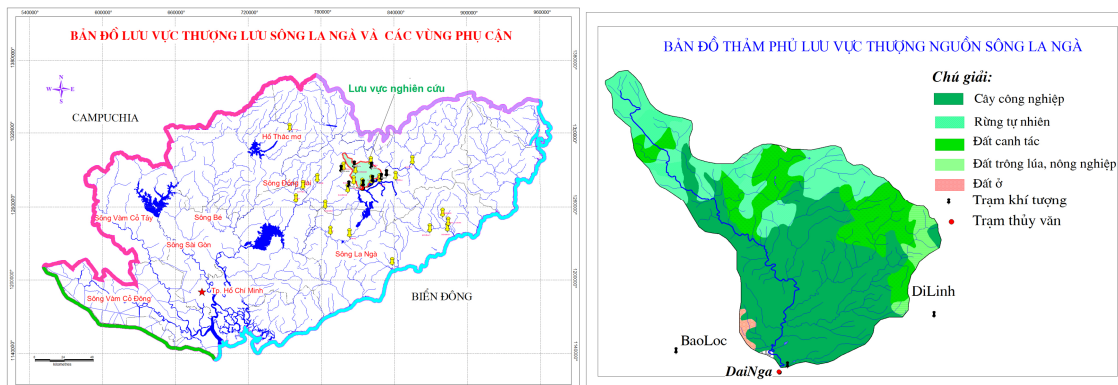
2. SỐ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Tổng quan lưu vực nghiên cứu

Lưu vực thượng nguồn sông La Ngà nằm ở trung tâm cao nguyên, thuộc tỉnh Lâm Đồng. Nó thuộc tiểu lưu vực của hệ thống sông Đồng Nai, được phủ chủ yếu bởi bụi cây, rừng và cây công nghiệp với tổng diện tích lưu vực khoảng 373 km² và mật độ dân số trung bình khoảng 76 người/km².

Lượng mưa hàng năm trên lưu vực đạt

khoảng 1,945 mm/năm và giảm dần còn 1,400 mm/năm theo hướng Tây nam tại hạ lưu sông La Ngà. Tổng lượng mưa giữa mùa khô và mùa mưa có sự thay đổi khá rõ (chiếm 70% tổng lượng vào mùa mưa từ tháng 4 đến tháng 11, và 30% vào mùa khô từ tháng 12 đến tháng 3). Chênh lệch nhiệt độ trung bình năm ở lưu vực giữa mùa khô (23⁰C) và mùa mưa (19⁰C) và khoản 4⁰C. Độ ẩm bình quân thay đổi từ 65% đến 89% theo các mùa trong năm.



Hình 1: Vùng nghiên cứu và thảm phủ lưu vực sông La Ngà.

2.2. Số liệu

Số liệu sử dụng trong nghiên cứu này được thu thập tại các trạm thủy văn thuộc lưu vực La Ngà từ năm 1997 –2001, và được kế thừa từ Phân viện Khí tượng thủy văn Nam bộ và các trạm thủy văn lưu vực. Để hiệu chỉnh mô hình, tài liệu quan trắc về mưa, bốc hơi và dòng chảy của hai năm 1997 và 1998 được lựa chọn cho quá trình hiệu chỉnh sẽ được kiểm định cho hai năm 1999 và 2001. Tuy nhiên, số liệu các trạm thủy văn này nằm phân bố không đồng nhất trên lưu vực. Vì thế, phương pháp Thiessen được áp dụng để phân chia lưu vực mưa. Bản đồ vị trí vùng nghiên cứu, và kết quả phân chia lưu vực mưa được thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1: Số liệu thu thập và các trạm thủy văn

| Trạm đo | Trọng số | N | E | Số liệu | Thời gian |
|---------|----------|--------|---------|-----------|-------------|
| Đại Ngà | 0.315 | 11°32' | 107°52' | Mưa | 1997 – 2001 |
| | | | | Lưu lượng | |
| Bảo Lộc | 0.352 | 11°28' | 107°48' | Mưa | 1997-2001 |
| | | | | Bốc hơi | |
| Di Linh | 0.333 | 11°34' | 108°04' | Mưa | 1997 -2001 |

2.3. Mô hình Tank

Mô hình Tank là mô hình tổng hợp dòng chảy từ mưa trên lưu vực được phát triển bởi tác giả M. Sugawara (Nhật bản). Mô hình được giới thiệu năm 1956 và được tác giả hoàn thiện qua nhiều công trình nghiên cứu và áp dụng thực tế. Đến nay mô hình đã được hoàn thiện và được ứng dụng rộng rãi trên thế giới, đồng thời được Tổ chức khí tượng thế giới (WMO) đánh giá là một mô hình tốt.

Mô hình Tank thủy văn được cấu trúc thành bốn bể chứa, bể chứa bề mặt (Tank A), bể chứa trung gian (Tank B), bể chứa sát đáy (Tank C), và bể chứa đáy (Tank D). Chi tiết cấu trúc mô hình Tank được mô phỏng như hình 2 [10].

Dòng chảy lưu vực (Q) được tính bằng tổng các dòng chảy ra từ các cửa bên của các bể chứa, theo công thức sau:

$$Q_{(t)} = \{Q_{a1(t)} + Q_{a2(t)} + Q_{b(t)} + Q_{c(t)} + Q_{d(t)}\} \quad (1)$$

Phương trình cân bằng nước như sau:

$$\frac{d}{dt}H_{(t)} = P_{(t)} - E_{(t)} - Q_{(t)} \quad (2)$$

Với P: là lượng mưa (mm/ ngày);

E: tổng lượng bốc thoát hơi nước (mm/ngày);
 Q: tổng lượng dòng chảy mặt (mm/ngày);
 H: mực nước tại thay đổi tại các bể chứa (mm);
 t: thời đoạn tính toán (ngày).

Tại thời điểm bắt đầu mô phỏng (t=1), thì các điều kiện mực nước ban đầu tại các bể chứa A, B, C, D được giả thiết là H_{a1} , H_{b1} ,

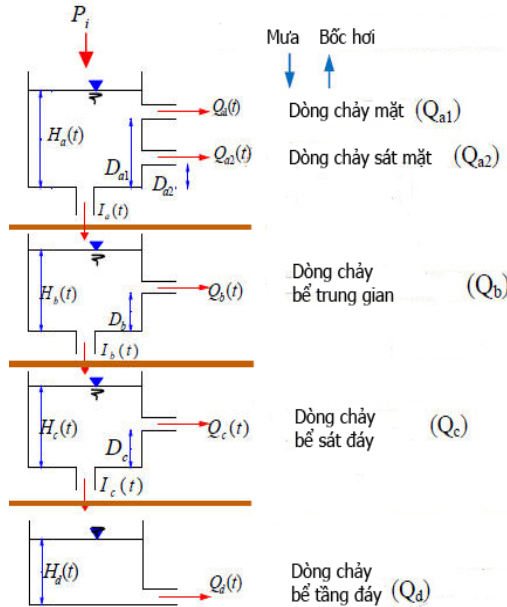
H_{c1} , H_{d1} . Đến thời đoạn (t+1), thì mực nước tại các bể chứa được tính toán như sau:

$$H_{a(t+1)} = H_{a(t)} + P_{(t)} - Q_{a1(t)} - Q_{b(t)} - I_{a(t)} \quad (3)$$

$$H_{b(t+1)} = H_{b(t)} + I_{a(t)} - Q_{b(t)} - I_{b(t)} \quad (4)$$

$$H_{c(t+1)} = H_{c(t)} + I_{b(t)} - Q_{c(t)} - I_{c(t)} \quad (5)$$

$$H_{d(t+1)} = H_{d(t)} + I_{c(t)} - Q_{d(t)} \quad (6)$$



Hình 2: Sơ đồ cấu trúc mô hình Tank

Bảng 2: Thông số hiệu chỉnh mô hình Tank
(Ngoc, T.A., 2011)

| Hệ số | Công thức | Mô tả | GH dưới | GH trên |
|----------|---|--------------------------------|---------|---------|
| C_{a1} | $Q_{a1(t)} = C_{a1} \times (H_{a(t)} - D_{a1})$ | Hệ số dòng chảy mặt | 0 | 1 |
| C_{a2} | $Q_{a2(t)} = C_{a2} \times (H_{a(t)} - D_{a2})$ | Hệ số dòng chảy sát mặt | 0 | 1 |
| C_{a0} | $I_{a(t)} = C_{a0} \times H_{a(t)}$ | Hệ số cửa đáy tầng đáy | 0 | 1 |
| C_{b1} | $Q_{b(t)} = C_{b1} \times (H_{b(t)} - D_b)$ | Hệ số dòng chảy bể trung gian | 0 | 1 |
| C_{b0} | $I_{b(t)} = C_{b0} \times H_{b(t)}$ | Hệ số cửa đáy tầng trung gian | 0 | 1 |
| C_{c1} | $Q_{c(t)} = C_{c1} \times (H_{c(t)} - D_c)$ | Hệ số dòng chảy tầng sát đáy | 0 | 1 |
| C_{c0} | $I_{c(t)} = C_{c0} \times H_{c(t)}$ | Hệ số cửa đáy tầng sát đáy | 0 | 1 |
| C_{d1} | $Q_{d(t)} = C_{d1} \times H_{d(t)}$ | Hệ số dòng chảy đáy | 0 | 1 |
| D_{a1} | | Nguỡng cửa bên tầng mặt 1 | 0 | 100 |
| D_{a2} | | Nguỡng cửa bên tầng mặt 2 | 0 | 100 |
| D_b | | Nguỡng cửa bên tầng trung gian | 0 | 100 |
| D_c | | Nguỡng cửa bên tầng sát mặt | 0 | 100 |

2.4. Thuật giải di truyền (Genetic Algorithm)

2.4.1. Thuật giải di truyền

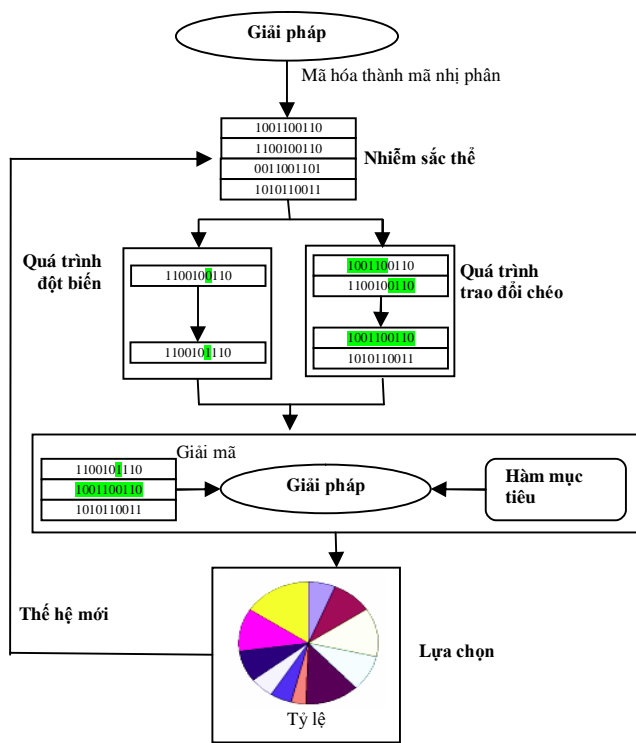
Thuật giải GA được Johan Holland giới thiệu từ năm 1975 ứng dụng trong lĩnh vực mô hình toán tìm kiếm tối ưu. Đây là một phương pháp tối ưu hóa quần thể dựa trên quá trình tiến hóa và chọn lọc tự nhiên. Thuật giải này được sử dụng để tìm kiếm trong một không gian lớn và phi tuyến tính. Nó cơ bản dựa trên sự tồn tại của các giải pháp được chọn lọc tự nhiên tốt nhất kết hợp với nhau để hình thành những giải pháp mới tốt hơn [11].

Thuật giải di truyền bắt đầu với bộ thông số ngẫu nhiên được gọi là quần thể. Mỗi cá thể trong quần thể được gọi là nhiễm sắc thể. Nhiễm sắc thể phát triển thông qua quá trình lập đi lập lại kết tiếp, được gọi là thế hệ. Trong mỗi thế hệ, các nhiễm sắc thể được đánh giá thông qua hàm mục tiêu. Sau đó, các nhiễm sắc thể được thực hiện thông qua ba

quá trình chính là: trao đổi chéo, chọn lọc và đột biến gen. Để tạo ra thế hệ mới, các nhiễm sắc thể bố mẹ được lựa chọn thông qua mục tiêu của chúng, nơi mà các nhiễm sắc thể có xác suất phù hợp hơn sẽ được lựa chọn. Sau đó, chúng thực hiện quá trình trao đổi chéo và đột biến gen để tạo ra thế hệ con cái mới. Quá trình này được lặp đi lặp lại, và dừng lại cho đến khi điều kiện được thỏa mãn. Sau nhiều thế hệ, các thuật toán hội tụ về nhiễm sắc thể tốt nhất, đại diện cho bộ thông số tối ưu của mô hình (hình 3).

2.4.2. Hàm mục tiêu và các chỉ tiêu đánh giá

Hàm mục tiêu (fitness function) rất quan trọng thuật giải di truyền với mục tiêu đánh giá khả năng tìm kiếm bộ thông số tối ưu thông qua quá trình hiệu chỉnh mô hình. Hàm mục tiêu ban đầu được áp dụng dựa trên chỉ số sai số tương đối nhỏ nhất (MSE). Tuy nhiên, khả năng tìm kiếm của nó cũng gặp



Hình 3. Sơ đồ thuật giải di truyền (GA)

một số hạn chế vì hệ số MSE này không thể hiện được đầy đủ các khía cạnh khác của mô hình cần hiệu chỉnh. Vì thế, trong nghiên cứu này, thuật giải di truyền được hiệu chỉnh tự động thông qua hàm tối ưu đa mục tiêu nhằm thể hiện đầy đủ hơn cách khía cạnh cần hiệu chỉnh. Các thông số của mô hình được lựa chọn trong giới hạn ở **bảng 2**, và hàm đa mục tiêu được xác định theo công thức sau:

$$Fitness = F_1(x) \times F_2(x) \times F_3(x) \quad (7)$$

Với $F_1(x)$: hàm sai số tuyệt đối; $F_2(x)$: hàm chỉ tiêu đỉnh; $F_3(x)$: hàm sai số tương đối.

$$F_1(x) = MAE = \left| \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [Q_{obs,i} - Q_{sim,i}] \right| \quad (8)$$

$$F_2(x) = \left| \frac{1}{M_p} \sum_{j=1}^{M_p} \left[\frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} [Q_{obs,i} - Q_{sim,i}]^2 \right] \right|^{1/2} \quad (9)$$

$$F_3(x) = MSE = \frac{\sum_{i=1}^N [Q_{obs,i} - Q_{sim,i}]^2}{\sum_{i=1}^N [Q_{obs,i} - \overline{Q}_{obs}]^2} \quad (10)$$

Trong đó, hàm $F_1(x)$ thể hiện sai số tuyệt đối giữa dòng chảy thực đo và tính toán, $F_2(x)$ thể hiện sự sai lệch đỉnh lũ, và $F_3(x)$ thể hiện sự so sánh giữa biểu đồ dòng chảy thực đo và tính toán.

Điều kiện để hàm mục tiêu đạt giá trị tối ưu khi:

$$Fitness = \min[F_1(x) \times F_2(x) \times F_3(x)] \quad (11)$$

Khi hàm tối mục tiêu $Fitness(x) = 0$ thì dòng chảy tính toán và dòng chảy thực đo không có sai số. Nói cách khác, mô hình đạt độ chính xác cao nhất (tuyệt đối).

Độ chính xác của mô hình giữa dòng chảy thực đo và dòng chảy tính toán được đánh giá thông qua hệ số R^2 (Nash-Coefficiency) và hệ số sai số tương quan (R) như công thức sau:

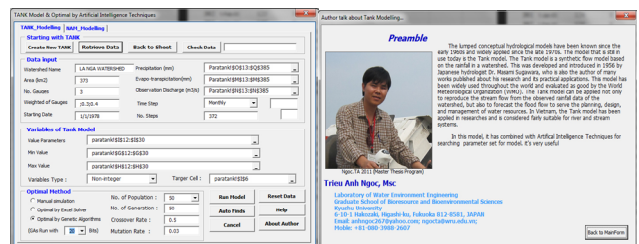
$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N [Q_{obs,i} - Q_{sim,i}]^2}{\sum_{i=1}^N [Q_{obs,i} - \overline{Q}_{obs}]^2} \quad (12)$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N [(Q_{obs,i} - \overline{Q}_{obs})(Q_{sim,i} - \overline{Q}_{sim})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^N [Q_{obs,i} - \overline{Q}_{obs}]^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N [Q_{sim,i} - \overline{Q}_{sim}]^2}} \quad (13)$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả

Trong nghiên cứu này, tác giả đã xây dựng phần mềm tính toán mưa - dòng chảy dựa trên mô hình khái niệm thủy văn Tank (**hình 4**), phần mềm được tích hợp thuật giải GA để tính toán tối ưu bộ thông số. Giao diện chương trình đơn giản, trực quan và dễ sử dụng. Các số liệu đầu vào và thông số của mô hình được nhập từ file excel hoặc được gọi trực tiếp từ file dạng txt. Đây là một phần kết quả trong đề tài nghiên cứu "Mô hình số hóa mô phỏng mưa - dòng chảy đến lưu vực và tính toán tối ưu vận hành hồ chứa có kể đến tác động của dòng chảy môi trường".



Hình 4. Giao diện chương trình Tank

Bảng 3. Các thông số GA

| | |
|-----------------------|---------|
| Quần thể | 100 |
| Thế hệ | 500 |
| Tỷ lệ trao đổi chéo % | 0.7 |
| PP trao đổi chéo | Elitism |
| Tỷ lệ đột biến | 0.05 |

Với các thông số thiết lập của GA (**bảng 3**), chương trình tính toán thủy văn Tank kết hợp với thuật giải di truyền được thực hiện với 100 quần thể và 500 thế hệ để tìm ra bộ thông số tối ưu cho mô hình. Quá trình hiệu chỉnh được thực hiện cho hai năm 1997, 1998, và quá trình kiểm định mô hình được thực hiện cho hai năm 1999 và 2001.

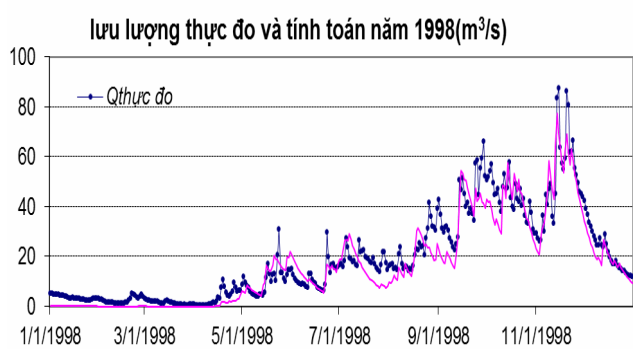
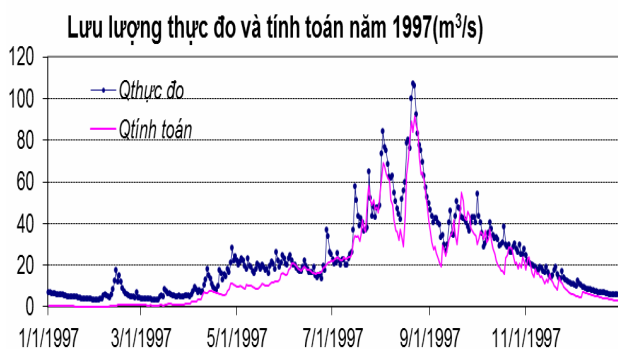
Bảng 4. Bộ thông số tối ưu của mô hình Tank – 1997, 1998

| Hệ số | 1997 | 1998 |
|---------------------|-------|-------|
| C_{a1} | 0.08 | 0.10 |
| C_{a2} | 0.28 | 0.38 |
| C_{a0} | 0.11 | 0.14 |
| C_{b1} | 0.72 | 0.76 |
| C_{b0} | 0.06 | 0.03 |
| C_{c1} | 0.35 | 0.35 |
| C_{c0} | 0.47 | 0.47 |
| C_{d1} | 0.32 | 0.32 |
| $D_{a1}(\text{mm})$ | 19.06 | 16.20 |
| $D_{a2}(\text{mm})$ | 98.76 | 93.87 |
| $D_{b1}(\text{mm})$ | 68.69 | 88.12 |
| $D_{c1}(\text{mm})$ | 7.54 | 7.56 |

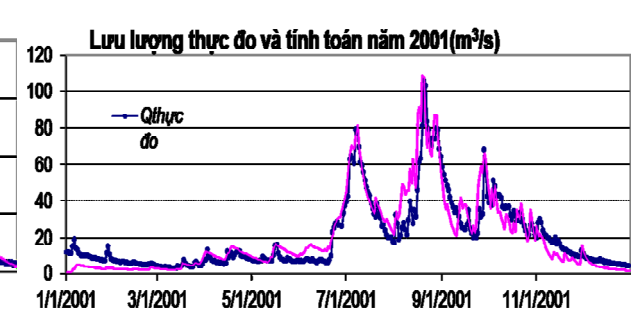
Trong quá trình hiệu chỉnh, GA đã được thực hiện tìm kiếm bộ thông số tối ưu cho hai năm: 1997, 1998. **Bảng 4** thể hiện kết quả bộ

thông số tối ưu của GA-Tank. Ở **bảng 5** cho thấy mô hình đã đạt được kết quả khá tốt, như hệ số tương quan $R > 0.94$, hệ số Nash $R^2 > 0.85$, hệ số RMSE giao động trong khoảng 0.3-0.4, hệ số MSE luôn nhỏ hơn 0.15, tổng sai số về lượng nhỏ hơn 5.5. Sai số về đỉnh lũ lớn nhất là $10.02\text{m}^3/\text{s}$ tại năm 1998.

Trong hai năm hiệu chỉnh, biểu đồ mô phỏng dòng chảy lưu vực thượng nguồn La Ngà thể hiện ở **hình 5** cho thấy kết quả đạt được khá tốt. Sự sai khác giữa đỉnh lũ thực đo và tính toán giao động từ $5-10\text{m}^3/\text{s}$. Mô hình mô phỏng năm 1998 đạt kết quả cao với hệ số Nash- $R^2 = 0.88$, hệ số tương quan $R = 0.95$. Tuy nhiên, sự sai khác đỉnh lũ lại ở mức tương đối ($10.02\text{m}^3/\text{s}$). Trong khi đó, hệ số tương quan trong năm mô phỏng 1997 với $R = 0.96$ lớn hơn năm 1998, và $R^2 = 0.86$ lại lớn hơn năm 1998. Xét về tổng thể, thì kết quả mô phỏng năm 1998 đạt kết quả tốt hơn, vì các chỉ số sai số của năm 1998 với $\text{MSE} = 0.12$, $\text{RMSE} = 0.33$, sai số tổng lượng là 2.41, đều nhỏ hơn so với năm 1997. Với kết quả so sánh này, bộ thông số hiệu chỉnh của năm 1998 được lựa chọn để kiểm tra cho hai năm 1999 và 2001.



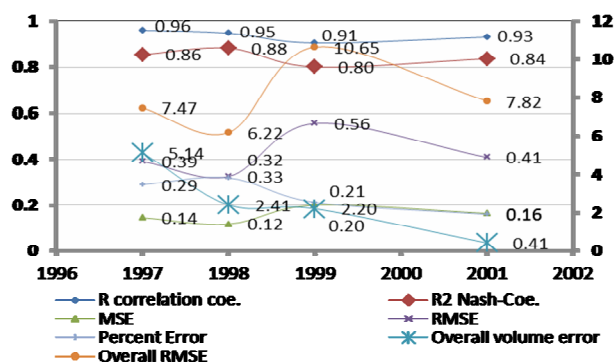
Hình 5. Biểu đồ hiệu chỉnh dòng chảy thực đo và tính toán mô hình Tank năm 1997, 1998



Hình 6. Biểu đồ kiểm định dòng chảy thực đo và tính toán mô hình Tank năm 1999 và 2001

Bảng 5. Các chỉ tiêu đánh giá mô hình Tank

| Coefficiency | 1997 | 1998 | 1999 | 2001 |
|----------------------|--------|-------|--------|--------|
| R correlation coe. | 0.96 | 0.95 | 0.91 | 0.93 |
| R2 Nash-Coe. | 0.86 | 0.88 | 0.80 | 0.84 |
| MSE | 0.14 | 0.12 | 0.20 | 0.16 |
| RMSE | 0.39 | 0.33 | 0.56 | 0.41 |
| Overall volume error | 5.14 | 2.41 | 2.20 | 0.41 |
| Overall RMSE | 7.47 | 6.22 | 10.65 | 7.82 |
| Percent Error | 0.29 | 0.32 | 0.21 | 0.16 |
| Qmax(sim) | 91.66 | 77.18 | 145.73 | 108.32 |
| Qmax(obs) | 107.00 | 87.20 | 160.00 | 106.00 |



Hình 7. Bảng so sánh các chỉ tiêu của mô hình Tank

Trong hai năm kiểm định mô hình, năm 1999 và 2001 đều cho kết quả mô phỏng tốt như các năm hiệu chỉnh, với $R > 0.90$, hệ số Nash $R^2 > 0.80$, hệ số RMSE giao động trong khoảng 0.4-0.6, hệ số MSE luôn nhỏ hơn 0.2, tổng sai số về lượng nhỏ hơn 2.2. Sai số về đỉnh lũ lớn nhất là $14.29 \text{ m}^3/\text{s}$ tại năm 1999. Kết quả kiểm định năm 2001 cho thấy sự sai giá trị đỉnh lũ giữa thực đo và tính toán là nhỏ nhất ($1.68 \text{ m}^3/\text{s}$), và chỉ tiêu đánh giá đạt $R^2=0.84$, $R=0.93$, Percent Error = 0.16 tốt hơn năm 1999 với $R^2=0.80$, $R=0.91$, và Percent Error=0.21, nhưng các hệ số MSE =0.16, RMSE=0.41 lại có giá trị cao hơn (bảng 5).

Để đạt được kết quả như trên, và tốc độ tìm kiếm nhanh, hàm mục tiêu (Fitness Function) đóng một vai trò rất quan trọng trong việc lựa chọn và đánh giá bộ thông số trong thuật giải GA. Hàm mục tiêu (công thức 7,8,9,10) là hàm đa mục tiêu đánh giá cả về tương quan biểu đồ dòng chảy thực đo và tính toán, chỉ

tiêu đỉnh và sai số tuyệt đối theo từng thời đoạn. Vì thế, kết quả mô phỏng đạt được khá phù hợp với số liệu thực đo. Mặc dù còn hạn chế bởi chương trình được xây dựng trên khái niệm mô hình Tank đơn, nhưng với sự kết hợp GA trong tìm kiếm tối ưu, nó sẽ dễ hơn trong các nghiên cứu sâu về thuật giải tối ưu và áp dụng cho các mô hình thủy văn khác.

3.2. Thảo luận

Bài báo này nghiên cứu thảo luận về kỹ thuật tối ưu thông số cho mô hình Tank đơn, và đã kiểm chứng cho lưu vực thượng nguồn sông La Ngà. Kết quả kiểm chứng mô hình Tank đơn kết hợp với thuật giải di truyền đã đạt được kết quả tốt thông qua các hệ số tương quan, chỉ số sai số. Chương trình này được lập trình trên môi trường ngôn ngữ Visual Basic, đóng gói thành chương trình ứng dụng và chạy trên nền chương trình Excel. Đây là một phần mô đun trong quá trình nghiên cứu xây dựng chương trình tính toán tối ưu vận hành hồ chứa.

Tài liệu tham khảo

- [1] Burnash, R. J. C. 1995 The NWS river forecast system catchment modeling. In "Computer Models of Watershed Hydrology" ed. by V. P. Singh, Water Resources Publications, Colorado, pp. 311–366
- [2] Boughton, W. C. 2004 Adaptation of the AWBM for estimating runoff from ungauged catchments. Australian Journal of Water Resources, 8(2): 123–132
- [3] Sugawara, M. 1995. Tank model. In "Computer Models of Watershed Hydrology" ed. by V. P. Singh, Water Resources Publications, Colorado, pp. 165–214
- [4] Bergstrom, S. 1995 The HBV model. In "Computer Models of Watershed Hydrology" ed. by V. P. Singh, Water Resources Publications, Colorado, pp. 443–476

- [5] Havnø, K., M. N. Madsen and J. Dørge 1995 MIKE-11 a generalized river modelling package. In “Computer Models of Watershed Hydrology” ed. by V. P. Singh, Water Resources Publications, Colorado, pp. 733–782
- [6] Boughton, W. C. 2005 Catchment water balance modeling in Australia 1960-2004. *Agricultural Water Management*, 71(2): 91–116
- [7] Harlin, J. 1991 Development of a process oriented calibration scheme for the HBV hydrological model. *Nordic Hydrology*, 2: 15–36
- [8] Lindstrom, G. 1997 A simple automatic calibration routine for the HBV model. *Nordic Hydrology*, 28(3)
- [9] Madsen, H. 2000 Automatic calibration of a conceptual rainfall runoff model using multiple objectives. *Journal of Hydrology*, 235: 276–288
- [10] Trieu Anh Ngoc, Chinh Le Van, Kazuaki Hiramatsu and Masayoshi Harada, 2011, Parameter Identification for Two Conceptual Hydrological Models of Upper Dau Tieng River Watershed in Vietnam, *J.Fac.Agr., Kyushu Univ.*, 56(2).
- [11] Achela K. Fernando and A.W Jayawardena, 2007, Use of a supercomputer to advance parameter optimisation using genetic algorithm, IWA Publishing 2007, *Journal of Hydroinformatics* 09.4

Abstract

PROCEDURE DEVELOPMENT FOR PARAMETER OPTIMIZATION OF HYDROLOGICAL TANK MODEL USING A GENETIC ALGORITHM

MSc.Trieu Anh Ngoc - *Water Resources University – Second Base*

Prof.Dr.Kazuaki Hiramatsu - *Laboratory of Water Environment Engineering, Kyushu University*

BSc.Le Van Duc - *Ministry of Natural Resources and Environment*

BSc.Nguyen Trung Quan - *The Institute of Water and Environment*

In recent years, there are many conceptual hydrological models introduced to simulate the rainfall-runoff process. But the Tank model is one of them has been widely used in many Asian countries, especially in Vietnam, to model flood forecasting because of these simple concepts and suitable conditions. However, it spends much time and effort to obtain good agreement between the simulated flow and the observed flow due to demand for calibrating many parameters in model. In that sense of this paper, a GA (Genetic Algorithm) has applied under the hydrological Tank model to calibrate the model parameters in the rainfall runoff process. Data used for the calibration are rainfall gauges of the river system upstream of the La Nga River watershed, which is located in southeast Vietnam. The Tank model parameters have been optimized by minimizing the sum of difference squares between simulated and observed values through a GA optimization search. As proved results under this study that GA can obtain efficient and convenience in the hydrology field and in solving of research problems in environmental modeling.