

TẠP CHÍ

KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Vietnam Journal of Hydro - Meteorology

ISSN 2525 - 2208



TỔNG CỤC KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN
Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration

Số 731

11-2021



Q. TÔNG BIÊN TẬP
TS. Đoàn Quang Trí

Trị sự và Phát hành
Đặng Quốc Khánh

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| 1. GS. TS. Trần Hồng Thái | 14. TS. Đoàn Quang Trí |
| 2. GS. TS. Trần Thực | 15. PGS. TS. Mai Văn Khiêm |
| 3. GS. TS. Mai Trọng Nhuận | 16. PGS. TS. Nguyễn Bá Thủy |
| 4. GS. TS. Phan Văn Tân | 17. TS. Tống Ngọc Thanh |
| 5. GS. TS. Nguyễn Kỳ Phùng | 18. TS. Đinh Thái Hưng |
| 6. GS. TS. Phan Đình Tuấn | 19. TS. Võ Văn Hòa |
| 7. GS. TS. Nguyễn Kim Lợi | 20. TS. Nguyễn Đắc Đồng |
| 8. PGS. TS. Nguyễn Thanh Sơn | 21. GS. TS. Kazuo Saito |
| 9. PGS. TS. Nguyễn Văn Thắng | 22. GS. TS. Jun Matsumoto |
| 10. PGS. TS. Dương Văn Khâm | 23. GS. TS. Jaecheol Nam |
| 11. PGS. TS. Dương Hồng Sơn | 24. TS. Keunyong Song |
| 12. TS. Hoàng Đức Cường | 25. TS. Lars Robert Hole |
| 13. TS. Bạch Quang Dũng | 26. TS. Sooyoul Kim |

Giấy phép xuất bản

Số: 225/GP-BTTTT - Bộ Thông tin Truyền
thông cấp ngày 08/6/2015

Tòa soạn

Số 8 Pháo Đài Láng, Đống Đa, Hà Nội
Điện thoại: 024.39364963
Email: Tapchikttv@gmail.com

Chế bản và In tại:

Công ty TNHH Đầu Tư Nông Nghiệp
Việt Nam
ĐT: 0243.5624399

Ảnh bìa: Trạm Quan trắc Khí tượng bề mặt Phú Quốc

Giá bán: 25.000 đồng

TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN
SỐ 731 - 11/2021

MỤC LỤC

Bài báo khoa học

- 1 Nguyễn Thị Bích Ngọc, Trần Văn Tình:** Nghiên cứu đánh giá hạn khí tượng tỉnh Kon Tum
- 16 Lê Hải Bằng, Lâm Văn Thịnh, Lê Hải Trí, Đinh Văn Duy, Trần Văn Tỷ, Huỳnh Vương Thu Minh:** Nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố địa chất, thủy văn đến ổn định bờ sông Cái Vũng, huyện Hồng Ngự, tỉnh Đồng Tháp
- 26 Lê Thị Mai Vân, Nguyễn Hùng Anh, Đoàn Quang Trí, Bùi Thị Bích Ngọc, Trương Văn Hùng:** Nghiên cứu quy trình cảnh báo nguy cơ cạn kiệt, thiếu nước phục vụ quản lý tài nguyên nước hiệu quả dựa trên giá trị kinh tế sử dụng nước
- 36 Trần Đức Dũng, Nguyễn Quốc Quân, Nguyễn Thị Thanh Huệ, Phạm Luân:** Đánh giá chất lượng nước sông Lá Buông bằng phương pháp thống kê đa biến theo không gian và thời gian
- 54 Nguyễn Ngọc Hà, Nguyễn Mạnh Trình, Hoàng Thị Nguyệt Minh:** Ứng dụng mô hình MIKE NAM, MIKE 11 HD tính toán tài nguyên nước mặt lưu vực sông Cửu Long
- 69 Huỳnh Phú, Huỳnh Thị Ngọc Hân, Nguyễn Lý Ngọc Thảo, Đặng Văn Đông, Trịnh Gia Hân:** Nghiên cứu mức độ ô nhiễm vi nhựa trong nước và trầm tích sông Sài Gòn–Đồng Nai
- 82 Nguyễn Ngọc Hà, Hoàng Thị Nguyệt Minh, Đinh Tiến Dũng:** Thiết lập mô hình cân bằng nước phục vụ lập quy hoạch tổng hợp lưu vực sông Cửu Long
- 97 Bùi Huyền Linh, Trần Anh Phương:** Đánh giá ảnh hưởng của các hồ chứa đến dòng chảy trên sông Đà

Bài báo khoa học

Nghiên cứu đánh giá hạn khí tượng tỉnh Kon Tum

Nguyễn Thị Bích Ngọc¹, Trần Văn Tinh^{1*}

¹ Trường đại học tài nguyên và môi trường Hà Nội; ntbngoc@hunre.edu.vn;
tvtinh@hunre.edu.vn

*Tác giả liên hệ: tvtinh@hunre.edu.vn; Tel: +84-977177618

Ban Biên tập nhận bài: 8/7/2021; Ngày phản biện xong: 12/8/2021; Ngày đăng bài: 25/11/2021

Tóm tắt: Thiên tai hạn hán ngày càng diễn biến gay gắt theo thời gian làm ảnh hưởng lớn đến kinh tế, môi trường và xã hội vùng chịu ảnh hưởng. Trong những năm gần đây, tỉnh Kon Tum đã và đang diễn ra những đợt hạn hán thiếu nước nghiêm trọng trong mùa khô. Nghiên cứu trình bày kết quả đánh giá một số chỉ số hạn khí tượng tỉnh Kon Tum giai đoạn (1988–2018) và trọng tâm vào thời kỳ giữa và cuối mùa khô (từ tháng II đến tháng IV). Kết quả đánh giá hạn hán các thời đoạn 1 tháng, 3 tháng và 12 tháng cho thấy các năm 1998, 2010, 2015 và 2016 là những năm có hạn hán tác động mạnh tại tất cả các trạm. Thời gian từ tháng III đến tháng IV là khoảng thời gian hạn hán tác động mạnh nhất trong năm. Tần suất, cường độ, phạm vi ảnh hưởng của hạn hán trên địa bàn tỉnh có xu thế gia tăng từ sau năm 2010.

Từ khóa: Hạn khí tượng; Chỉ số hạn; Kon Tum.

1. Mở đầu

Hạn hán là một loại thiên tai thường xuyên xảy ra trên phạm vi toàn cầu. Rất nhiều khu vực trên thế giới, trong đó có Việt Nam, đang phải gánh chịu những đợt hạn hán nghiêm trọng bất thường do tình trạng biến đổi khí hậu gây ra [1]. Hạn hán là một loại hình thiên tai có những đặc thù riêng và tác động của hạn hán thường xảy ra trên một phạm vi rộng lớn, thời điểm bắt đầu cũng như kết thúc thường rất khó nhận biết. Biểu hiện hạn hán là lượng mưa thiếu hụt nghiêm trọng, kéo dài, làm giảm hàm lượng ẩm trong không khí và hàm lượng nước trong đất, làm suy kiệt dòng chảy sông suối, hạ thấp mực nước ao hồ, mực nước trong các tầng chứa nước dưới đất... Gây ảnh hưởng xấu đến quá trình sinh trưởng của cây trồng, tác động tiêu cực đến kinh tế xã hội và suy thoái môi trường. Do đó, việc nghiên cứu đánh giá hạn hán trong một khoảng thời gian dài là cần thiết để tìm ra các biện pháp ứng phó thích hợp với các hiện tượng hạn hán cực đoan có thể xảy ra ở tương lai [2].

Kon Tum là một tỉnh miền núi ở cực bắc Tây Nguyên nằm trên vùng tam giác Đông Dương, phía tây của tỉnh giáp với nước Cộng hòa Dân chủ Nhân dân Lào và Vương quốc Campuchia. Diện tích tự nhiên của tỉnh là 9.674,2 km² với 10 huyện và thành phố [3] (hình 1). Tỉnh có vai trò quan trọng trong việc đảm bảo an ninh quốc phòng, phát triển kinh tế-xã hội của khu vực Tây Nguyên nói riêng, của Việt Nam nói chung. Nằm trong khu vực khí hậu nhiệt đới gió mùa của phía nam Việt Nam kết hợp với khí hậu cao nguyên với đặc trưng mát, ẩm, chan hòa ánh nắng và có sự phân hóa mùa sâu sắc. Nhưng mùa khô ở Kon Tum thời tiết khô hanh lạnh trong thời kỳ đầu mùa và khô nóng trong thời gian cuối mùa. Mùa khô của tỉnh gồm cả thời kỳ lạnh nhất, thời kỳ nóng nhất và thời kỳ khô hạn nhất kéo dài từ tháng XI

đến tháng IV năm sau, trong thời kỳ này lượng nước trên các ao hồ, công trình thủy lợi rơi vào tình trạng cạn kiệt và gây thiệt hại lớn cho các ngành kinh tế đặc biệt ngành nông nghiệp.

Trong những năm gần đây, thiên tai hạn hán thường xuyên xảy ra với cường độ và phạm vi ảnh hưởng khác nhau gây thiệt hại lớn đến nông nghiệp, sinh hoạt và kinh tế địa phương. Theo báo cáo hàng năm về công tác phòng chống thiên tai của Ban chỉ huy phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn tỉnh Kon Tum thống kê trong 16 năm (từ năm 2005 đến năm 2020), trên địa bàn tỉnh có khoảng 18.284 ha diện tích gieo trồng bị hạn làm thiệt hại hơn 357 tỷ đồng. Trong vòng 10 năm trở lại đây (từ năm 2010 đến năm 2020) diện tích bị ảnh hưởng bởi hạn hán có xu thế gia tăng. Hạn hán nghiêm trọng xảy ra vào vụ Đông Xuân các năm 2009–2010, 2014–2015, 2015–2016 và gần nhất là 2019–2020. Mặc dù tỉnh Kon Tum đã có kế hoạch, biện pháp phòng chống hạn hán, trữ nước phục vụ sản xuất và dân sinh, nhưng do lượng mưa thiếu hụt và thời tiết nắng nóng gay gắt kéo dài nên đã xảy ra hạn hán tại nhiều khu vực. Năm 2020, khoảng 1.030,6 ha cây trồng bị ảnh hưởng bởi hạn hán và khoảng 2.515 hộ bị thiếu nước sinh hoạt. Hiện nay, đã có nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước về hạn trong những năm gần đây có thể kể đến những nghiên cứu [4–9]. Phạm vi nghiên cứu phần lớn cả khu vực Tây Nguyên [5–7], mà chưa có nghiên cứu chi tiết hạn hán cho tỉnh Kon Tum. Do đó, việc nghiên cứu đánh giá chi tiết hạn hán cho tỉnh Kon Tum là rất cần thiết để giảm thiểu thiệt hại để có kế hoạch ứng phó kịp thời.



Hình 1. Tỉnh Kon Tum và các trạm khí tượng, trạm mưa sử dụng trong nghiên cứu.

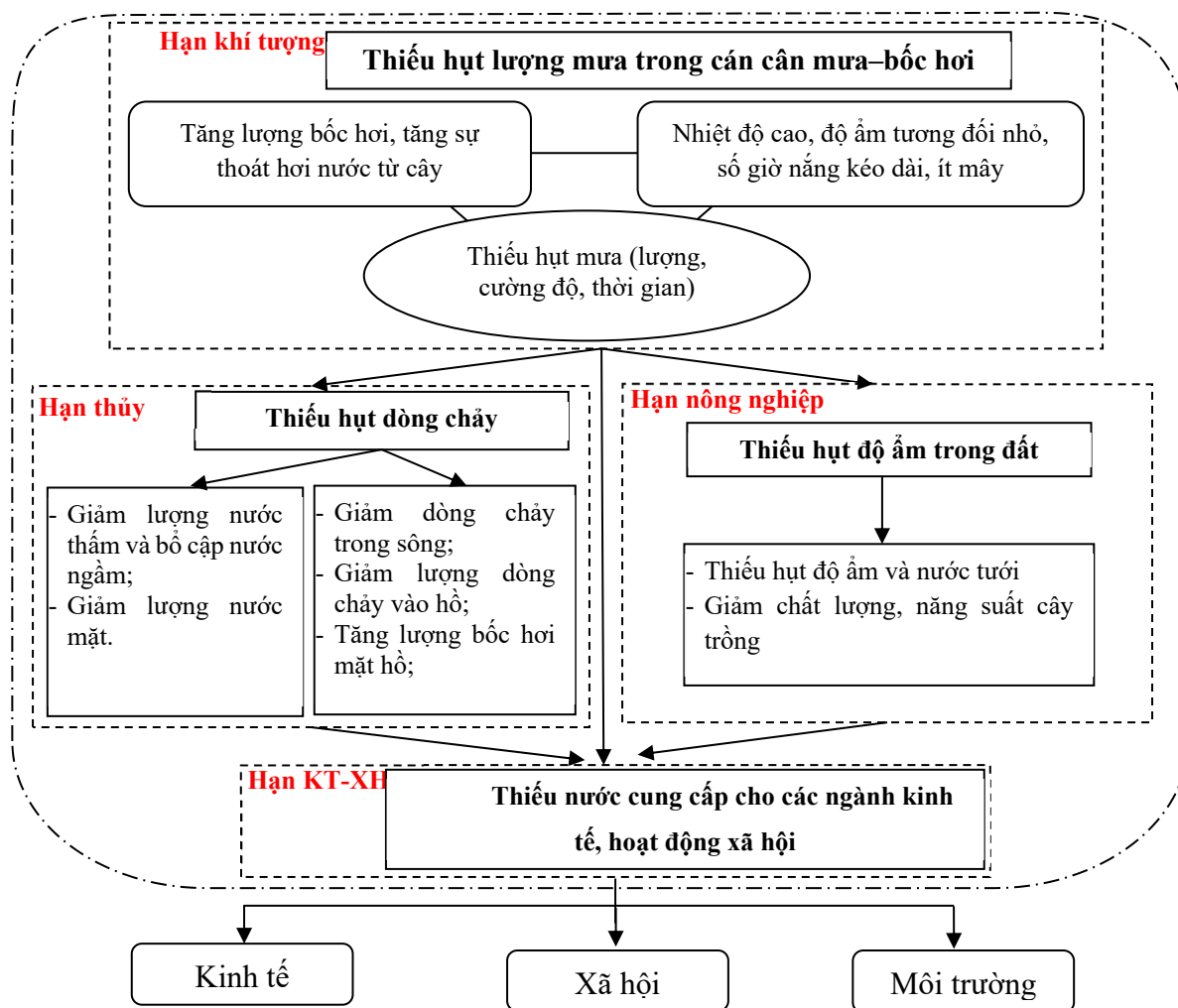
2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp nghiên cứu

2.1.1. Phân loại hạn hán

Trên thế giới, chưa có một định nghĩa thống nhất về hạn và các chỉ tiêu xác định hạn do sự xuất hiện của hạn ở các nơi trên thế giới rất khác nhau về tính chất hạn và tác động. Trong tài liệu về hạn hán của WMO, có tới khoảng 60 định nghĩa khác nhau về điều kiện khô hạn dựa trên mối quan hệ giữa các điều kiện khí tượng thủy văn [10]. Tuy nhiên, nhìn chung các định nghĩa đều được đưa ra dựa trên tình trạng thiếu hụt mưa trong một thời gian tương đối dài.

Theo [11] hạn hán được phân ra 4 loại gồm có: Hạn khí tượng (thiếu hụt lượng mưa trong cán cân mưa–bốc hơi), hạn thủy văn (dòng chảy sông suối giảm rõ rệt, mực nước trong các tầng chứa nước dưới đất hạ thấp), hạn nông nghiệp (thiếu hụt nước mưa dẫn tới mất cân bằng giữa lượng nước thực tế và nhu cầu nước của cây trồng), hạn kinh tế–xã hội (thiếu hụt nguồn nước cấp cho các hoạt động kinh tế–xã hội). Ba cách phân loại đầu tiên, hạn hán được coi như một hiện tượng vật lý, còn riêng cách thứ 4 dựa vào tác động của sự thiếu hụt nước đến đời sống kinh tế xã hội. Hạn hán ảnh hưởng rất lớn tới mọi đối tượng, mọi lĩnh vực của đời sống, kinh tế, xã hội. Khi hạn hán xảy ra, nông nghiệp là ngành phải gánh chịu hậu quả đầu tiên. Hạn hán làm gián đoạn mùa vụ, đe dọa sự sống của vật nuôi, tiếp đó là hệ sinh thái môi trường bị đe dọa nghiêm trọng và ảnh hưởng tới phát triển các ngành kinh tế (Hình 2).



Hình 2. Mối quan hệ của các loại hạn hán.

Về bản chất vật lý, hạn hán là hệ quả của tổ hợp bất lợi của các điều kiện khí hậu khô nóng và chế độ thủy văn cạn kiệt. Nên để nghiên cứu hạn hán, cần phải dựa trên cơ sở của chuỗi số liệu khí tượng thủy văn với các đặc trưng ảnh hưởng trực tiếp gồm có: bốc hơi, mưa và lưu lượng dòng chảy. Do hạn chế của mạng lưới quan trắc độ ẩm đất và dòng chảy mặt nên đặc trưng mưa vẫn được sử dụng như là nhân tố chính trong giám sát hạn hán.

2.1.2. Các chỉ số đánh giá mức độ hạn hán

Hiện nay có rất nhiều các chỉ số hạn hán đã được phát triển để xác định tình trạng hạn hán của một khu vực và để phân loại mức độ nghiêm trọng của hạn hán. Theo WMO, chỉ số hạn là một chỉ số liên quan đến tích lũy tác động của sự thiếu hụt độ ẩm trong thời gian dài và bất thường [11]. Như vậy, có thể hiểu chỉ số hạn hán là hàm của các biến đơn như lượng mưa, nhiệt độ, bốc thoát hơi, dòng chảy... Các nghiên cứu về hạn hán cho thấy sự giảm lượng mưa đáng kể đi kèm với sự tăng nhiệt độ sẽ làm gia tăng quá trình bốc hơi, gây ra hạn hán nghiêm trọng hơn. Mỗi chỉ số đều có ưu điểm nhược điểm khác nhau và mỗi nước sử dụng các chỉ số phù hợp với điều kiện nước mình.

Hạn hán được xác định thông qua các sai khác so với giá trị trung bình của các yếu tố như mưa, bốc hơi, mực nước, mức dự trữ nguồn nước, tần suất xuất hiện của nó. Ở nước ta, đã có nhiều công trình nghiên cứu ứng dụng các chỉ số hạn hán khác nhau phục vụ việc đánh giá hiện trạng, biến đổi, giám sát, cảnh báo và dự báo. [8, 12] sử dụng chỉ số khô hạn K (tỷ số giữa phần chi chủ yếu và phân thu chủ yếu của cán cân nước) trong các nghiên cứu về hạn. [13–14] sử dụng chỉ số SPI đã được ứng dụng nghiên cứu đánh giá, giám sát, cảnh báo và dự báo hạn hán ở Việt Nam. [6] sử dụng chỉ số K, SPI, tỷ chuẩn lượng mưa (TC), thiếu hụt lượng mưa (D) và chỉ số phục hồi hạn hán (RDI) để đánh giá và xây dựng các bản đồ hạn hán và thiếu nước sinh hoạt trên khu vực Tây Nguyên và Nam Bộ. [15] đã sử dụng nguồn dữ liệu chủ yếu là nhiệt độ và lượng mưa để phân tích sự xuất hiện hạn hán theo các chỉ số chỉ số dị thường (P), chỉ số chuẩn hóa lượng mưa SPI, chỉ số Martonne (J) và chỉ số PED. [16] đã sử dụng chỉ số Hạn được tính toán từ kết quả mô phỏng dòng chảy từ mô hình SWAT xây dựng bản đồ phân vùng hạn hán lưu vực sông Ba. Chỉ số hạn tích lũy cũng được sử dụng nhằm đánh giá xu thế biến đổi hạn hán trong quá khứ và tương lai [17].

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả giới hạn phạm vi nghiên cứu là hạn khí tượng để xác định khả năng và đánh giá mức độ hạn hán tỉnh Kon Tum. Dựa trên điều kiện khí hậu khu vực, các nghiên cứu trước đây và điều kiện số liệu thu thập, nghiên cứu lựa chọn sử dụng 3 chỉ số: chỉ số chuẩn hóa lượng mưa (SPI), chỉ số PED và chỉ số giám sát hạn RDI. Trong đó, các chỉ số lần lượt được tính toán và đánh giá mức độ hạn hán như sau:

a. Chỉ số SPI

Chỉ số SPI được tính toán bằng sự chênh lệch của lượng mưa thực tế R (tổng lượng mưa tháng, 3 tháng và năm theo đơn vị mm) so với giá trị trung bình nhiều năm và chia cho độ lệch chuẩn của lượng mưa trong thời kỳ tương ứng [9, 17]:

$$SPI = \frac{R - \bar{R}}{\sigma} \quad (1)$$

Chỉ số SPI là một chỉ số không thứ nguyên. Giá trị của SPI mang dấu âm biểu thị các điều kiện khô hạn, giá trị SPI dương biểu thị tình trạng dư thừa ẩm (bảng 1). SPI có khả năng đưa ra cảnh báo sớm về hạn, giúp ước tính được mức độ hạn, tính toán đơn giản hơn các chỉ số hạn khác.

b. Chỉ số Ped

Ped là chỉ số thể hiện mức độ hạn hán liên quan đến nhiệt độ và lượng mưa. Hạn hán xảy ra khi nhiệt độ tăng nhanh và mưa giảm. Chỉ số Ped được tính theo công thức [18]:

$$Ped = \frac{\Delta T}{\sigma_T} - \frac{\Delta P}{\sigma_P} \quad (2)$$

Trong đó ΔT và ΔP là chênh lệch của nhiệt độ không khí và lượng mưa trong một khoảng thời gian xác định so với giá trị trung bình, σ_T, σ_P lần lượt là độ lệch chuẩn của nhiệt độ không khí và mưa trong khoảng thời gian tương ứng.

c. Chỉ số giám sát hạn hán RDI

Chỉ số giám sát hạn hán RDI đã được Tsakiris và Vangelis [19] giới thiệu như một chỉ số để đánh giá hạn hán do khí tượng. RDI được tính toán dựa vào cả lượng mưa lẫn khả năng bốc thoát hơi tiềm năng. Chỉ số này phù hợp với các kịch bản biến đổi khí hậu.

α_0 được tính bằng hệ số của năm thứ i ở dạng tổng hợp, sử dụng bước thời gian hàng tháng như sau [20]:

$$\alpha_0^i = \frac{\sum_{j=1}^{12} P_{ij}}{\sum_{j=1}^{12} PET_{ij}} \tag{3}$$

$i = 1-N$ và $j = 1-12$; P_{ij} và PET_{ij} là lượng mưa và khả năng thoát hơi nước tháng thứ j của năm thứ i và N là tổng số năm của tính toán.

Khả năng bốc thoát hơi nước PET theo [21] như sau:

$$PET = 0,0018 \times (T + 25)^2 \times (100 - U) \tag{4}$$

T là nhiệt độ không khí ($^{\circ}C$), U độ ẩm không khí tương đối (%)

Chuẩn hóa RDI được tính toán bằng hiệu phân phối tần suất của $\ln(\alpha_0)$ sao cho phù hợp với chính hàm mật độ xác suất log-chuẩn (RDIst) được tính toán như sau:

$$RDI_{STK}^i = \frac{y_k^i - \bar{y}_k}{\sigma_{yk}} \tag{5}$$

$$y_k^i = \ln(\alpha_0^i) \tag{6}$$

Cách tiếp cận chuẩn hóa theo $\ln(\alpha_0)$ để tính toán RDIst không thể được sử dụng trong trường hợp tổng lượng mưa bằng không [22–24].

Bảng 1. Phân cấp hạn theo các chỉ số.

| Chỉ số SPI | | Chỉ số Ped | | Chỉ số giám sát hạn hán RDI | |
|-------------------|--------------|----------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| Khoảng giá trị | Phân cấp hạn | Khoảng giá trị | Phân cấp hạn | Khoảng giá trị | Phân cấp hạn |
| <-2 | Hạn nặng | $Ped < 0$ | Âm | <-2 | Hạn nặng |
| $-1,99 \div -1,5$ | Hạn vừa | $0 < Ped < 1$ | Bình thường | $-1,99 \div -1,5$ | Hạn vừa |
| $-1,49 \div -1$ | Hạn nhẹ | $1 < Ped < 2$ | Hạn nhẹ | $-1,49 \div -1$ | Hạn nhẹ |
| $-0,99 \div 0,99$ | Bình thường | $2 < Ped < 3$ | Hạn vừa | $-0,99 \div 0,99$ | Bình thường |
| $1 \div 1,49$ | Âm | $Ped > 3$ | Hạn nặng | $1 \div 1,49$ | Âm |
| $1,5 \div 1,99$ | Rất âm | | | $1,5 \div 1,99$ | Rất âm |
| >2 | Cực âm | | | >2 | Cực âm |

Để đánh giá mức độ hạn khí tượng dựa trên các chỉ số theo công thức tính tần suất:

$$P_h = \frac{m_h}{N_h} \tag{7}$$

Trong đó P_h là tần suất hạn thời kỳ cần tính; m_h là số lần xảy ra khô hạn trong thời kỳ; N_h là số lần tính toán theo thời kỳ.

2.2. Số liệu

Để tính toán, đánh giá hạn hán cho tỉnh Kon Tum, nghiên cứu sử dụng các dữ liệu khí tượng với chuỗi số liệu đã được kiểm tra và chỉnh lý từ năm 1988 đến 2018 của 6 trạm khí tượng và mưa thể hiện trong hình 1 và bảng 2.

Bảng 2. Trạm khí tượng và điểm đo mưa tính toán.

| TT | Tên | Địa điểm | Tọa độ trạm | | Yếu tố |
|----|---------|------------------------|-------------|-----------|---------|
| | | | Y(m) | X(m) | |
| 1 | Kon Tum | Quyết Tiến, TP Kon Tum | 1586690.69 | 823630.56 | X, T, U |

| TT | Tên | Địa điểm | Tọa độ trạm | | Yếu tố |
|----|-----------|-------------------------|-------------|-----------|---------|
| | | | Y(m) | X(m) | |
| 2 | Đắc Tô | Tân Cảnh, Đắc Tô | 1621524.73 | 805203.48 | X, T, U |
| 3 | Kon Plông | TT Kon Plông, Kon Plông | 1621436.8 | 858697.97 | X |
| 4 | Đắc Glei | TT Đắc Glei, Đắc Glei | 1669390.24 | 795629.54 | X |
| 5 | Đắc Mót | Tân Cảnh – Đắc Tô | 1623227.64 | 796852.4 | X |
| 6 | Sa Thầy | TT. Sa Thầy, Sa Thầy | 1595514 | 800324 | X |

Trong đó tọa độ các trạm theo hệ tọa độ địa lý WGS 84 UTM, zone 48; X là tổng lượng mưa tháng; T là Nhiệt độ trung bình tháng; U là độ ẩm trung bình tháng.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hạn hán theo năm

Kết quả tính toán hạn hán theo các chỉ số được thể hiện trong biểu đồ các chỉ số hạn SPI, Ped và RDI_{st} hình 2 và bảng thống kê tần suất xuất hiện các cấp hạn bảng 3.

Bảng 3. Tần suất xuất hiện các cấp hạn năm theo các chỉ số.

| Tên trạm | SPI | | | | | | | PED | | | | |
|-----------|----------------|------------------|-----------------|------|------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|-----------------|------|------|
| | H _N | H _{vừa} | H _{nh} | BT | Âm | R _{Âm} | C _{Âm} | H _N | H _{vừa} | H _{nh} | BT | Âm |
| Đắc Glei | 0,0 | 9,7 | 6,5 | 67,7 | 12,9 | 0,0 | 3,2 | 0,0 | 0,0 | 25,8 | 16,1 | 58,1 |
| Đắc Mót | 4,0 | 4,0 | 8,0 | 68,0 | 12,0 | 4,0 | 0,0 | 6,5 | 8,0 | 20,0 | 16,0 | 48,0 |
| Đắc Tô | 6,5 | 3,2 | 3,2 | 77,4 | 3,2 | 6,5 | 0,0 | 3,2 | 6,5 | 12,9 | 25,8 | 51,6 |
| Kon Plong | 3,2 | 6,5 | 6,5 | 67,7 | 6,5 | 6,5 | 3,2 | 0,0 | 9,7 | 12,9 | 25,8 | 51,6 |
| Kon Tum | 3,2 | 6,5 | 0,0 | 74,2 | 9,7 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 9,7 | 6,5 | 25,8 | 54,8 |
| Sa Thầy | 3,2 | 6,5 | 6,5 | 67,7 | 12,9 | 3,2 | 0,0 | 6,5 | 9,7 | 6,5 | 16,1 | 61,3 |

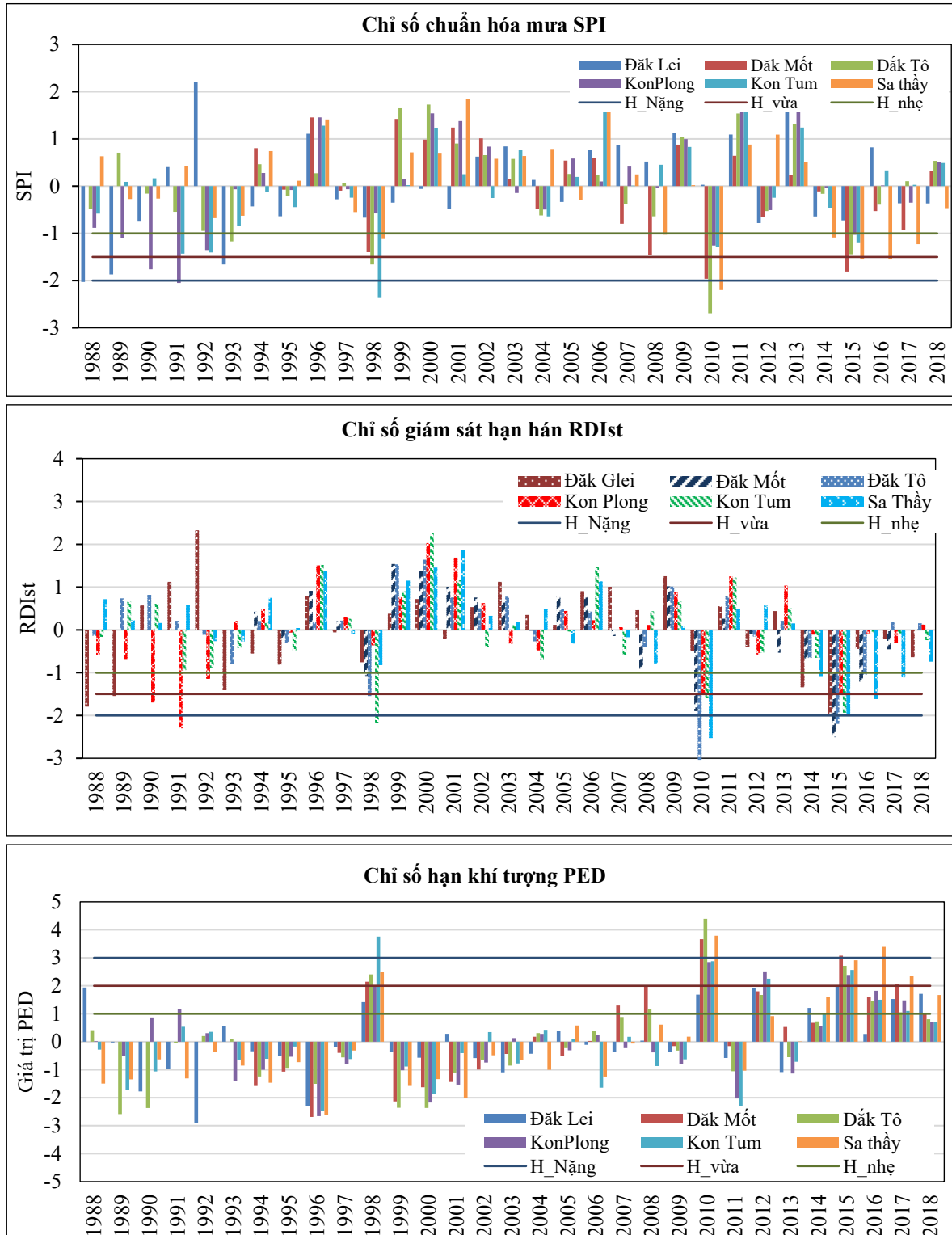
| Tên trạm | RDI _{st} | | | | | | |
|-----------|-------------------|------------------|-----------------|------|------|-----------------|-----------------|
| | H _N | H _{vừa} | H _{nh} | BT | Âm | R _{Âm} | C _{Âm} |
| Đắc Glei | 0,0 | 9,7 | 6,5 | 67,7 | 12,9 | 0,0 | 3,2 |
| Đắc Mót | 4,0 | 4,0 | 8,0 | 68,0 | 12,0 | 4,0 | 0,0 |
| Đắc Tô | 6,5 | 3,2 | 3,2 | 77,4 | 3,2 | 6,5 | 0,0 |
| Kon Plong | 3,2 | 6,5 | 6,5 | 67,7 | 6,5 | 6,5 | 3,2 |
| Kon Tum | 3,2 | 6,5 | 0,0 | 74,2 | 9,7 | 3,2 | 3,2 |
| Sa Thầy | 3,2 | 6,5 | 6,5 | 67,7 | 12,9 | 3,2 | 0,0 |

Trong đó H_N là hạn nặng; H_{vừa} là hạn vừa; H_{nh} là hạn nhẹ; BT là bình thường; R_{Âm} là rất ẩm, C_{Âm} là cực ẩm.

Theo bảng 3 xét theo năm tại 6 trạm thì tần suất hạn theo chỉ số SPI và RDI_{st} đều bằng nhau. Chỉ số Ped có tần suất xuất hiện hạn nhiều hơn và nghiêm trọng hơn so với 2 chỉ số còn lại. Hầu hết các trạm hạn hán đều xảy ra ở 3 cấp độ hạn. Hạn hán xảy ra nghiêm trọng hơn tại khu vực 2 trạm Đắc Tô, Đắc Mót.

Qua các hình 2 cho thấy với cả 3 chỉ số đều phản ánh mức độ hạn hán tại các trạm khá tương đồng. Chỉ số PED và RDI_{st} phản ánh xu thế rõ hơn so với chỉ số SPI vì ngoài xem xét đến sự thiếu hụt mưa thì chỉ số Ped còn xem xét cả tác động của nhiệt độ và chỉ số RDI_{st} ngoài mưa thì còn xem xét lượng bốc hơi tiềm năng khi tính toán.

Tại tỉnh Kon Tum, xét trong khoảng thời gian từ 1988 đến 2018 thì, trước năm 2010 tình trạng hạn hán chỉ xảy cục bộ tại một số trạm ở cấp hạn nhẹ hoặc trung bình (ngoại trừ năm 1998). Theo thời gian từ sau năm 2010 tần suất hạn hán xảy ra nhiều hơn và phạm vi ảnh hưởng cũng mở rộng so với trước đó. Đặc biệt từ năm 2014 đến 2018, hạn hán xảy ra liên tục trên phạm vi toàn tỉnh. Điều này khá phù hợp với số liệu điều tra hạn hán trong báo cáo hàng năm ban chỉ huy phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn tỉnh Kon Tum. Trong khoảng thời gian nghiên cứu 1998, 2010 và 2015 là các năm xảy ra hạn hán lớn nhất. Trong đó, năm 2010 là năm có hạn hán nghiêm trọng nhất.



Hình 2. Giá trị chỉ số hạn hán năm tại các trạm.

Như vậy, xét trong 31 năm tính toán (1988–2018) cho thấy hạn hán đã xảy ra tại tỉnh Kon Tum chủ yếu nằm trong cấp độ hạn nhẹ và hạn trung bình khi xét theo trung bình cả năm (12 tháng). Tuy nhiên, trong những năm gần đây hầu như năm nào hạn hán cũng xảy ra và trên phạm vi toàn tỉnh. Do đó, cần có các biện pháp ứng phó kịp thời để phòng tránh giảm nhẹ tác hại đến sản xuất nông nghiệp, sinh hoạt và các hoạt động kinh tế của tỉnh.

3.2. Hạn hán theo tháng

Do chỉ số giám sát hạn hán RDI_{st} không thể tính được khi tổng lượng mưa thời đoạn tính bằng không vì nếu tổng lượng mưa bằng không khi đó $\ln(\alpha_0)$ không xác định, trong các nghiên cứu trước đây RDI_{st} chủ yếu sử dụng đánh giá với các thời đoạn 6 tháng, 9 tháng và 12 tháng [19, 22–24]. Để khắc phục vấn đề này khi tính chỉ số RDI_{st} thời đoạn tháng có một số tháng không mưa, có thể lấy lượng mưa bằng giá trị 0,1mm để tránh $\ln(\alpha_0)$ không có nghĩa. Mặt khác, Kon Tum là tỉnh phía bắc Tây Nguyên, mưa của tỉnh có sự phân hóa rất rõ giữa mùa mưa và mùa khô. Hạn hán khu vực này chủ yếu xảy ra vào thời kỳ giữa và cuối mùa khô [5–7]. Vì vậy, để có bức tranh phản ánh rõ nét hơn về tình trạng hạn hán biến đổi trong năm trên toàn tỉnh. Nghiên cứu phân tích hạn hán các tháng trong thời kỳ giữa mùa khô từ tháng I đến tháng IV theo thời đoạn 3 tháng và thời đoạn 1 tháng.

Khi tính toán với thời đoạn 3 tháng nghiên cứu lựa chọn 2 thời đoạn tính toán là: tháng I–III và tháng II–IV. Kết quả thể hiện trong hình 3 và bảng 4.

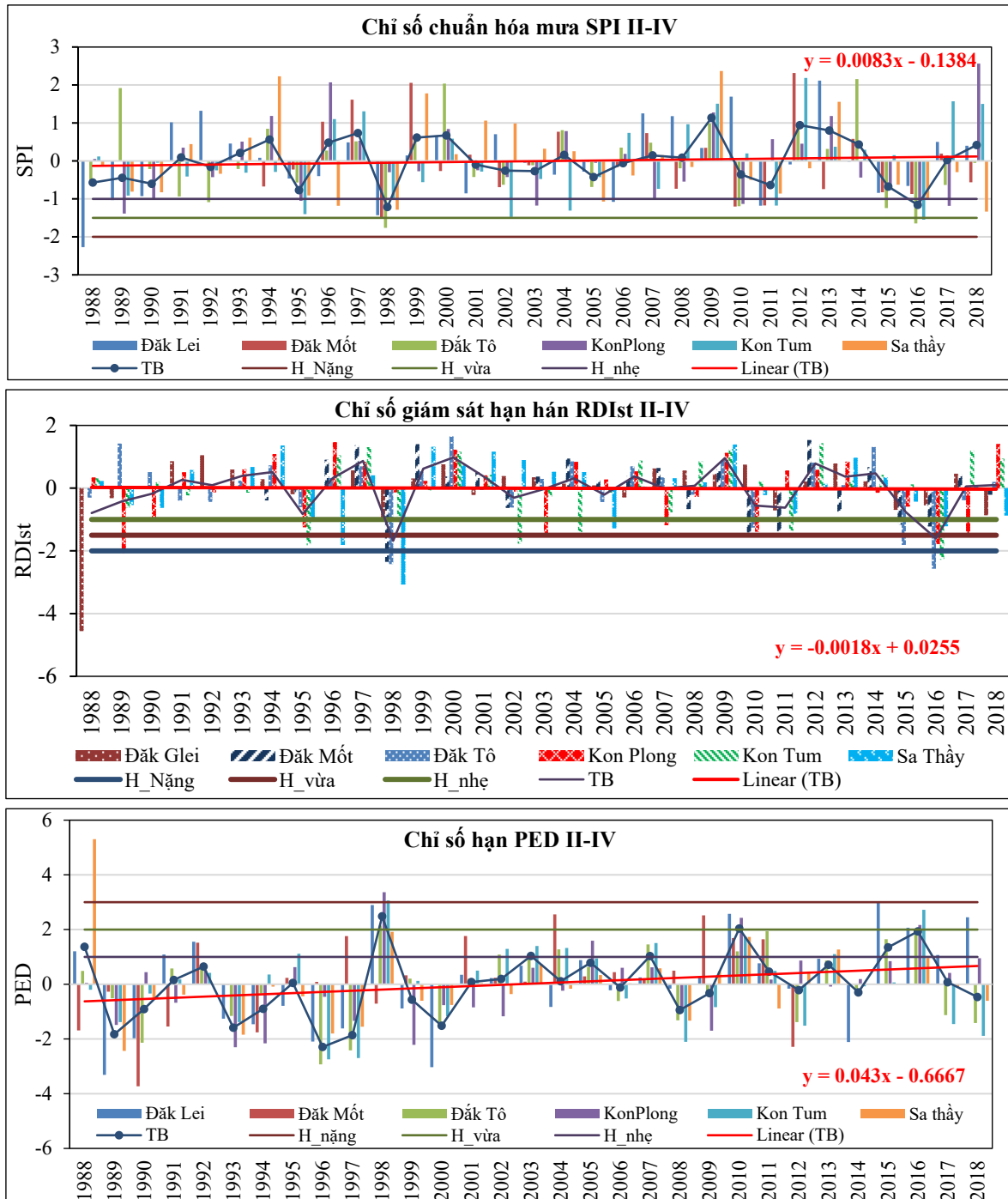
Bảng 4. Tần suất xuất hiện các cấp hạn 3 tháng theo các chỉ số.

| Trạm | SPI I-III | | | SPI II-IV | | | PED I-III | | | PED II-IV | | |
|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| | H_N | H_V ừa | H_n h | H_N | H_V ừa | H_n h | H_N | H_V ừa | H_n nh | H_N | H_V ừa | H_n h |
| Đăk Lei | 0,0 | 0,0 | 12,9 | 3,2 | 0,0 | 12,9 | 0,0 | 12,9 | 19,4 | 3,2 | 12,9 | 12,9 |
| Đăk Mót | 0,0 | 0,0 | 12,0 | 0,0 | 4,0 | 8,0 | 0,0 | 8,0 | 20,0 | 0,0 | 8,0 | 20,0 |
| Đăk Tô | 0,0 | 0,0 | 16,1 | 0,0 | 6,5 | 9,7 | 0,0 | 6,5 | 12,9 | 0,0 | 3,2 | 25,8 |
| KonPlong | 0,0 | 0,0 | 16,1 | 0,0 | 0,0 | 22,6 | 3,2 | 6,5 | 9,7 | 3,2 | 6,5 | 3,2 |
| Kon Tum | 0,0 | 0,0 | 16,1 | 0,0 | 3,2 | 12,9 | 6,5 | 3,2 | 6,5 | 3,2 | 3,2 | 22,6 |
| Sa Thầy | 0,0 | 0,0 | 19,4 | 0,0 | 0,0 | 12,9 | 3,2 | 3,2 | 12,9 | 3,2 | 0,0 | 9,7 |

| Trạm | RDIst I-III | | | RDIst II-IV | | |
|----------|-------------|-----------|----------|-------------|-----------|----------|
| | H_N | H_V ừa | H_n h | H_N | H_V ừa | H_n h |
| Đăk Lei | 3,2 | 3,2 | 0,0 | 3,2 | 0,0 | 0,0 |
| Đăk Mót | 8,0 | 0,0 | 0,0 | 4,0 | 0,0 | 16,0 |
| Đăk Tô | 3,2 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 3,2 | 3,2 |
| KonPlong | 12,9 | 0,0 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 16,1 |
| Kon Tum | 9,7 | 0,0 | 6,5 | 3,2 | 6,5 | 9,7 |
| Sa Thầy | 12,9 | 0,0 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 6,5 |

Theo kết quả bảng 4, đối với chỉ số SPI thời kỳ tháng I–III cả 6 trạm xảy ra hạn nhẹ và tần suất xuất hiện tại các trạm chênh lệch không nhiều. Sa Thầy là trạm có tần suất xuất hiện hạn nhiều nhất (6 lần). Thời kỳ từ tháng II–IV, tần suất hạn của các trạm ở cả 3 cấp rất khác nhau, hạn tập trung chủ yếu ở cấp độ hạn nhẹ. 3 trạm hạn vừa xuất hiện 1 lần là trạm Đăk Mót, Đăk Tô và Kon Tum, cấp hạn nặng chỉ xảy ra 1 lần tại trạm Đăk Glei. Chỉ số thời kỳ từ tháng I–III và tháng II–IV chênh lệch không nhiều tại các trạm, từ tháng I–III có xu thế hạn lớn hơn. Từ tháng I–III, tại các trạm tần suất hạn tỉ lệ nghịch với cấp hạn, hạn nhiều nhất ở cấp hạn nhẹ, rồi đến trung bình, cấp hạn nặng có xảy 1 lần tại 2 trạm KonPlong, Sa Thầy và

2 lần tại trạm Kon Tum. Thời kỳ từ tháng II–IV có thêm trạm Đăk Glei xảy ra 1 lần ở cấp hạn nặng. Kon Tum và Đăk Tô là 2 trạm có tần suất xuất hiện hạn nhiều nhất. Chỉ số RDI_{st} tính với thời đoạn 3 tháng cho thấy tần suất xuất hiện hạn nặng xảy ra nhiều hơn so 2 chỉ số PED và SPI. Hạn nặng xảy ra tại các năm mà trạm có tổng lượng mưa thời đoạn tính toán bằng 0. Do đó, thời đoạn từ tháng I–III tần suất xuất hiện hạn tập trung nhiều nhất ở cấp hạn nặng và thứ hai là cấp hạn nhẹ, cấp hạn vừa chỉ xảy ra tại trạm Đăk lei và Đăk Tô. Thời kỳ II–IV hạn xảy ra ở cả 3 cấp, trong đó, hạn nhẹ xuất hiện nhiều nhất.



Hình 3. Giá trị chỉ số hạn hán thời kỳ từ tháng II–IV tại các trạm.

Theo hình 3, hạn hán đánh giá theo giá trị các chỉ số tại các trạm biến động mạnh hơn và tần suất hạn nhiều hơn so với khi tính toán theo thời đoạn năm. Cấp hạn chủ yếu ở mức độ hạn nhẹ và một số năm là hạn trung bình. Thời kỳ từ tháng II–IV của các năm 1998, 2010, 2015, 2016 đã xảy ra hạn hán diện rộng và tương đối nặng. Xét trung bình tại các trạm nhận

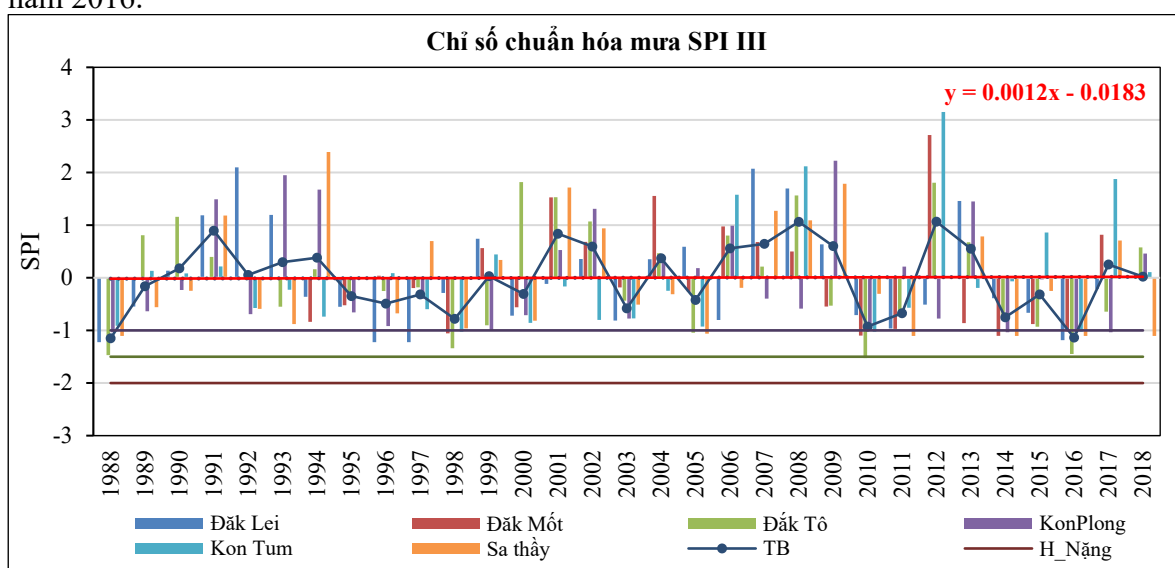
thấy xu thế tăng tuyến tính của chỉ số PED_{II-IV} theo thời gian có nghĩa hạn hán có xu thế tăng theo thời gian trong giai đoạn 1988–2018 với hệ số góc a = 0,043, với chỉ số SPI_{II-IV} và RDI_{st II-IV} hạn hán gần như không thay đổi theo thời gian. Trong năm, hạn hán xảy ra trong thời kỳ mùa khô và thường tác động mạnh nhất vào thời kỳ giữa mùa khô khoảng tháng III, IV đây là thời kỳ khô nóng nhất trong năm. Bảng 5 thể hiện kết quả tần suất hạn hán tháng III và IV tại các trạm.

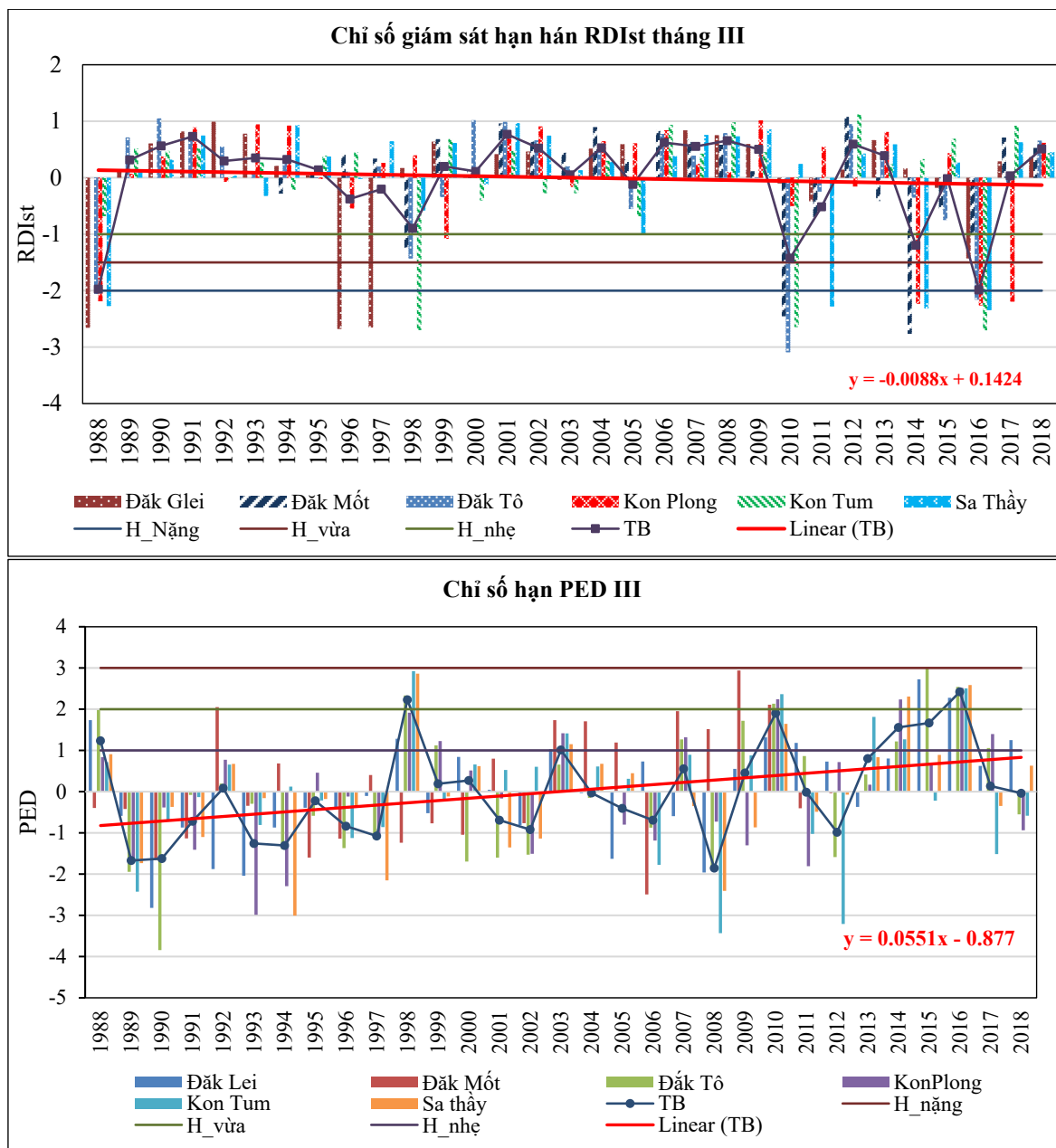
Bảng 5. Tần suất xuất hiện các cấp hạn tháng III và tháng IV theo các chỉ số.

| Trạm | SPI III | | | SPI IV | | | PED III | | | PED IV | | |
|----------|---------|-------|--------|--------|-------|--------|---------|-------|--------|--------|-------|--------|
| | H_N | H_Vừa | H_nặng | H_N | H_Vừa | H_nặng | H_N | H_Vừa | H_nặng | H_N | H_Vừa | H_nặng |
| Đắk Lei | 0,0 | 0,0 | 12,9 | 0,0 | 6,5 | 3,2 | 0,0 | 6,5 | 19,4 | 0,0 | 12,9 | 16,1 |
| Đắk Mót | 0,0 | 0,0 | 12,9 | 0,0 | 0,0 | 9,7 | 0,0 | 12,0 | 20,0 | 0,0 | 12,0 | 28,0 |
| Đắk Tô | 0,0 | 3,2 | 12,9 | 0,0 | 0,0 | 19,4 | 0,0 | 12,9 | 19,4 | 0,0 | 16,1 | 12,9 |
| KonPlong | 0,0 | 0,0 | 16,1 | 0,0 | 0,0 | 9,7 | 0,0 | 9,7 | 16,1 | 3,2 | 3,2 | 22,6 |
| Kon Tum | 0,0 | 0,0 | 9,7 | 0,0 | 3,2 | 12,9 | 0,0 | 9,7 | 9,7 | 3,2 | 3,2 | 12,9 |
| Sa thầy | 0,0 | 0,0 | 19,4 | 0,0 | 0,0 | 12,9 | 0,0 | 9,7 | 6,5 | 3,2 | 3,2 | 16,1 |

| Trạm | RDI _{st} III | | | RDI _{st} IV | | |
|----------|-----------------------|-------|--------|----------------------|-------|--------|
| | H_N | H_Vừa | H_nặng | H_N | H_Vừa | H_nặng |
| Đắk Lei | 9,7 | 0,0 | 3,2 | 6,5 | 0,0 | 0,0 |
| Đắk Mót | 8,0 | 0,0 | 8,0 | 4,0 | 8,0 | 4,0 |
| Đắk Tô | 9,7 | 0,0 | 3,2 | 0,0 | 12,9 | 12,9 |
| KonPlong | 12,9 | 0,0 | 3,2 | 6,5 | 0,0 | 9,7 |
| Kon Tum | 9,7 | 0,0 | 0,0 | 9,7 | 0,0 | 0,0 |
| Sa thầy | 12,9 | 0,0 | 0,0 | 6,5 | 0,0 | 3,2 |

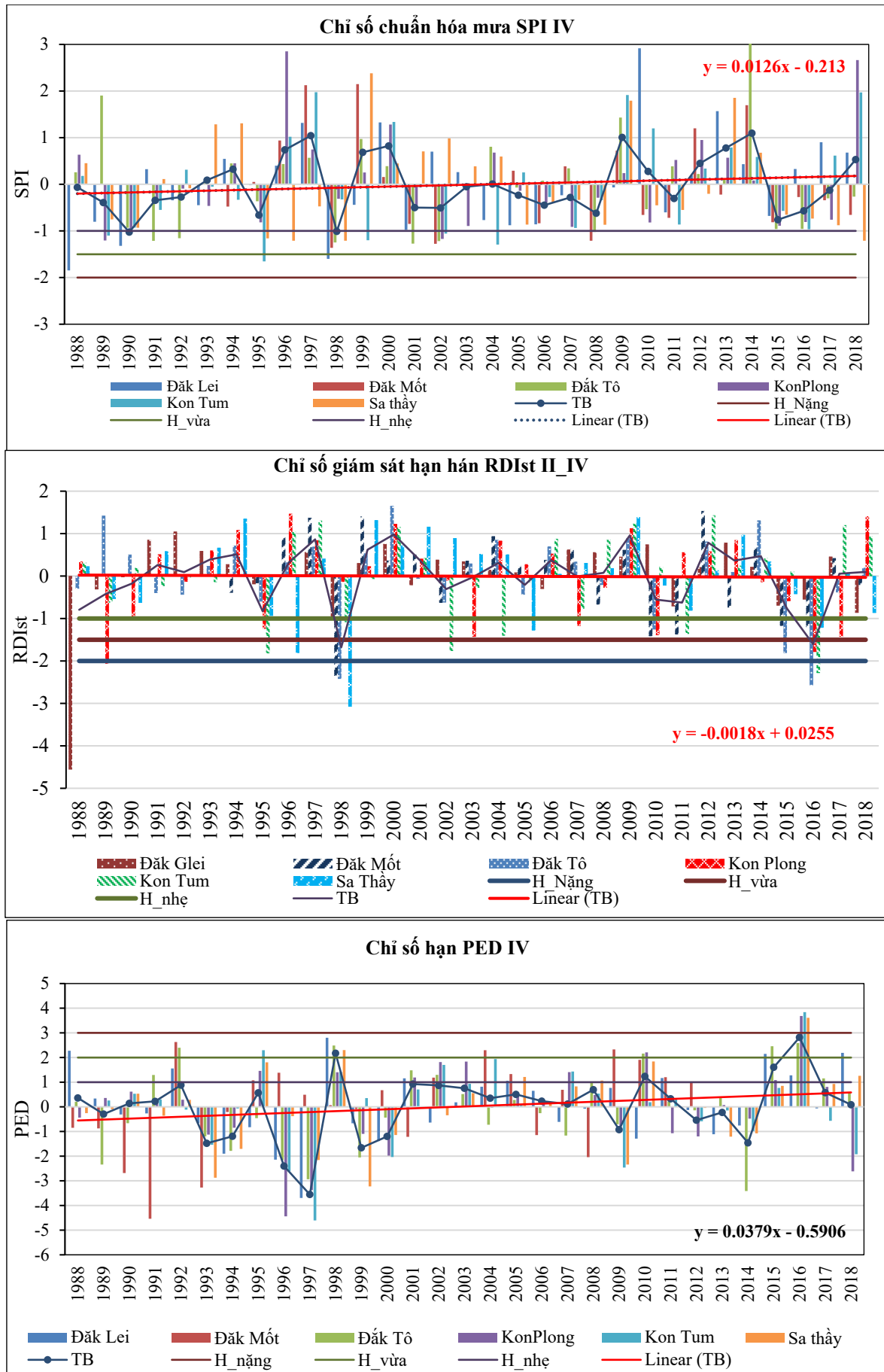
Nhìn chung, ở 3 mức độ hạn (nhẹ, vừa, nặng) trong 31 năm theo chỉ số SPI chủ yếu tập trung ở mức hạn nhẹ, chỉ số PED hạn tập trung ở mức độ hạn nhẹ và hạn vừa còn với chỉ số RDI_{st} mức độ hạn lại tập trung ở hạn nặng và hạn nhẹ. Tại hầu hết các trạm, cấp hạn nặng và vừa nhiều hơn, tần suất hạn cũng xảy ra nghiêm trọng hơn ở tháng III. Tần suất xuất hiện hạn theo chỉ số PED lớn nhất và chỉ số SPI nhỏ nhất. Khi đánh giá với RDI_{st} cấp hạn nặng xảy ra ở tất cả các trạm vào các năm có tổng lượng mưa thời đoạn tính toán bằng không. Theo chỉ số Ped trong tháng IV 3 trạm KonPlong, Kon Tum, Sa thầy đã xảy ra hạn nặng vào năm 2016.





Hình 4. Giá trị chỉ số hạn hán tháng III tại các trạm.

Hình 4 và hình 5 là các biểu đồ thể hiện diễn biến chỉ số hạn hán tháng III và tháng IV tại các trạm của tỉnh Kon Tum. Giá trị chỉ số hạn của các trạm biến động khá mạnh. Cấp hạn chủ yếu ở mức độ hạn nhẹ và một số năm là hạn vừa ở chỉ số SPI và PED còn theo chỉ số RD Ist hạn hán giữa các trạm biến động lớn trong cùng thời đoạn như năm 1996, 1997 trong tháng III trạm Đăk lei xảy ra hạn nặng trong khi các trạm khác lại không xảy ra hạn. Theo thời gian, xu thế biến đổi của chỉ số SPI và RD Ist gần như không thay đổi hoặc thậm chí SPI mức độ hạn còn có xu thế giảm. Tuy nhiên, với chỉ tiêu PED cả tháng III và IV xu thế hạn tăng tuyến tính theo thời gian, đặc biệt ở tháng III phương trình tuyến tính khá dốc trong giai đoạn 1988–2018 hệ số góc $a = 0,055$. Tương tự như các thời đoạn tính trước, kết quả tính hạn tháng III các chỉ số đều cho thấy hạn hán diện rộng xảy ra ở năm 1998, 2010, 2015 và 2016. Kết quả hạn hán tháng IV tại các trạm tương tự tháng III nhưng không rõ rệt. Kết quả tính toán diễn biến hạn hán của tỉnh theo PED khá phù hợp với kết quả điều tra theo báo cáo hàng năm về công tác phòng chống thiên tai của Ban chỉ huy phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn tỉnh Kon Tum.



Hình 5. Giá trị chỉ số hạn hán tháng IV tại các trạm.

4. Kết luận và thảo luận

Nghiên cứu đã ứng dụng một số chỉ số hạn khí tượng SPI, Ped và RDIST để tính toán đánh giá hạn hán tỉnh Kon Tum. Mỗi một chỉ số hạn đưa ra những kết quả về sự xuất hiện hạn, mức độ hạn hán ở các trạm khác nhau. Với 3 chỉ số lựa chọn để tính toán ta thấy chỉ số PED có ngưỡng xác định hạn, thời đoạn tính toán linh hoạt và kết quả đánh giá hạn phù hợp với hạn hán thực tế của tỉnh hơn các chỉ số còn lại. Vì vậy, nghiên cứu đề xuất chọn chỉ số Ped để tính toán hạn khí tượng cho tỉnh Kon Tum. Mặc dù, rất nhiều nghiên cứu sử dụng chỉ số SPI với các ngưỡng phân chia rất chi tiết, có thể tính với các thời đoạn khác nhau cho nhiều khu vực nhưng với đặc điểm khí hậu tỉnh Kon Tum kết quả tính toán hạn theo chỉ số này nhỏ hơn thực tế vì chỉ số này mới chỉ xem xét đến sự thiếu hụt lượng mưa. Mặc dù chỉ số RDIST có kết quả xu thế hạn hán tính toán hạn hán rất rõ ràng với trung bình cả năm (thời đoạn 12 tháng) nhưng chỉ số này khi áp dụng tính toán với thời đoạn 1 tháng và 3 tháng xu thế hạn nặng xảy ra nhiều hơn và có một số năm hạn nặng xảy ra cục bộ mà không đồng bộ giữa các trạm và kết quả tính toán chưa thể hiện rõ xu thế biến đổi hạn hán thực tế của tỉnh.

Kết quả nghiên cứu cho thấy tại tỉnh Kon Tum, các năm 1998, 2010, 2015 và 2016 là những năm có hạn hán tác động mạnh. Tần suất, mức độ hạn hán của tỉnh có xu thế tăng theo thời gian. Khi tính toán với các thời đoạn 12 tháng, 3 tháng và 1 tháng có thể thấy tính toán thời đoạn 12 tháng các chỉ tiêu hạn hán sẽ phản ánh tốt hạn hán của các năm, với thời đoạn 3 tháng cho kết quả sẽ phản ánh rõ hơn về xu thế, cấp hạn trong thời kỳ mùa khô và thời kỳ từ tháng I đến tháng IV là khoảng thời gian hạn trong năm và đặc biệt tháng III là các tháng có mức độ hạn hán tác động mạnh nhất.

Nghiên cứu đánh giá hạn hán khí tượng theo 3 chỉ số hạn, các chỉ số đánh giá này mới chỉ phản ánh được đặc điểm khí hậu về mức độ thiếu hụt mưa, ẩm và sự gia tăng nhiệt độ, bốc hơi... Để phản ánh đúng tình trạng hạn hán trên địa bàn tỉnh nên bổ sung nghiên cứu thêm về hạn thủy văn và hạn nông nghiệp, kết hợp với bản đồ phân vùng hạn.

Đóng góp của tác giả: Nguyễn Thị Bích Ngọc viết chính bài báo, Trần Văn Tình phân tích số liệu và diễn giải kết quả.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Thục, T. Tác động của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước Việt Nam. Khoa học và Kỹ thuật. 2011.
2. Kim, C.J.; Park, M.J.; Lee, J.H. Analysis of climate change impacts on the spatial and frequency patterns of drought using a potential drought hazard mapping approach. *International Journal of Climatology*. 2013. <https://doi.org/10.1002/joc.3666>.
3. Hiệu, N.T. Phân bố hạn và tác động của chúng ở miền Trung. Báo cáo kết quả đề tài cấp tổng cục Khí tượng Thủy văn. 1998.
4. Thắng, N.V. Nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến các điều kiện tự nhiên, tài nguyên thiên nhiên và đề xuất các giải pháp chiến lược phòng tránh, giảm nhẹ và thích nghi, phục vụ phát triển bền vững kinh tế xã hội ở Việt Nam. Đề tài cấp Nhà nước 2010. KC.08.13/06–10.
5. Kim, N.Q. Nghiên cứu dự báo hạn hán vùng Nam Trung Bộ và Tây Nguyên và xây dựng các giải pháp phòng chống. Bộ Khoa học Công nghệ, 2005.
6. Thục, T. Xây dựng bản đồ hạn hán và mức độ thiếu nước sinh hoạt ở Nam Trung Bộ và Tây Nguyên. Báo cáo tổng kết đề án cấp Bộ, 2008.
7. Dũng, P.T. Nghiên cứu xây dựng công nghệ dự báo thủy văn hạn vừa hạn dài mùa cạn phục vụ Quy trình vận hành liên hồ chứa cho các sông chính ở khu vực Tây

- Nguyên. Báo cáo tổng kết đề tài cấp bộ, 2018.
8. Ngử, N.Đ; Hiệu, N.T. Tìm hiểu về hạn hán và hoang mạc hoá. Khoa học kỹ thuật, Hà Nội, 2002.
 9. Niko, W.; Henny, A.J.L.; Anne, F.V.L. Indicators for drought characterization on a global scale. Technical Report (24), Water and glocal change, 2010.
 10. https://old.wmo.int/extranet/pages/index_en.html.
 11. Wilhite, D.A; Glantz, M.H. Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. *Water Int.* **1985**, 10, 111–120.
 12. Ngử, N.Đ; Hiệu, N.T. Hạn hán và hoang mạc hóa ở Việt Nam. Khoa học kỹ thuật, Hà Nội, 2003.
 13. Thắng, N.V. Nghiên cứu và xây dựng công nghệ dự báo và cảnh báo sớm hạn hán ở Việt Nam. Bộ Tài nguyên Môi trường, 2007.
 14. Thắng, N.V; Khiêm, M.V; Mậu, N.Đ; Trí, T.Đ. Nghiên cứu xác định chỉ tiêu hạn hán cho vùng Nam trung bộ. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2014**, 3, 49–55.
 15. Hằng, V.T; Hương, N.T.T; Trung, N.Q; Long, T.T. Dự tính sự biến đổi của hạn hán ở Miền Trung thời kỳ 2011–2050 sử dụng kết quả của mô hình khí hậu khu vực RegCM3. *Tap chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* **2010**, 27, 3S, 21–31.
 16. Thành, N.N; Thái, T.H; Dũng, B.Q. Nghiên cứu xây dựng bản đồ phân vùng hạn hán lưu vực sông ba trong bối cảnh biến đổi khí hậu. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, 8, 1–8.
 17. McKee, T.B.; Nolan, J.D.; John, K. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Eighth Conference on Applied Climatology, Anaheim, California, 1993.
 18. Ped, D.A. On parameters of drought and humidity. *Papers of the USSR hydrometeorological center* **1975**, 156, 19–38.
 19. G. Tsakiris, H.V. Establishing a Drought Index Incorporating Evapotranspiration, *Eur. Water* **2005**, 9–10, 3–11.
 20. Ravi, S.; Manekar, V.L.; Christian, R.A.; Mistry, N.J. Estimation of Reconnaissance Drought Index (RDI) for Bhavnagar District, Gujarat, India. *Int. J. Environ. Chem. Ecol. Geol. Geophys. Eng.* **2013**, 7, 507–510.
 21. Romanenko, V. Computation of the autumn soil moisture using a universal relationship for a large area. *Proc. Ukr. Hydrometeorol. Res. Inst.* **1961**, 3, 12–25.
 22. Tsakiris, G.; Pangalou, D.; Vangelis, H. Regional Drought Assessment Based on the Reconnaissance Drought Index (RDI). *Water Resour. Manage.* **2007**, 21(5), 821–833.
 23. Tsakiris, G.; Nalbantis, I.; Pangalou, D.; Tigkas, D.; Vangelis, H. Drought meteorological monitoring network design for the reconnaissance drought index (RDI), In: A. Franco Lopez, (Eds.). Proceedings of the 1st International Conference “Drought Management: scientific and technological innovations”, Zaragoza, Spain. *Option Méditerranéennes, Series A* **2008**, 80, 57–62.
 24. Tsakiris, G.; Loukas, A.; Pangalou, D.; Vangelis, H.; Tigkas, D.; Rossi, G.; Cancelliere, A. Drought characterisation, in: A. Iglesias et al., (Eds.). Drought Management Guidelines Technical Annex, Zaragoza, Spain. *Options Méditerranéennes, Series B* **2007**, 58, 85–102.

Research on meteorological drought evaluation in Kon Tum province

Nguyen Thi Bich Ngoc¹, Tran Van Tinh^{1*}

¹Ha Noi university of nature resources and environment, VietNam; ntbngoc@hunre.edu.vn; tvtinh@hunre.edu.vn

Abstract: Drought is changing extremely over time, with a serious impact the economy, environment and society of the affected areas. In recent years, Kon Tum Province has been experiencing severe droughts and water shortages in the dry season. This reseach presented the results of evaluation on some meteorological drought indicators in Kon Tum Province in the period (1988–2018) and focused on the middle and late dry season (from February to April). The results of periods of drought assessment showed that the years 1998, 2010, 2015 and 2016 were strong drought impacts at all stations. In March and April was the most seriously period of drought in the year. Additional, the frequency, intensity, and affected areas of drought trended increase after 2010.

Keywords: Meteorological drought; Drought indicators; Kon Tum Province.

Bài báo khoa học

Nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố địa chất, thủy văn đến ổn định bờ sông Cái Vũng, huyện Hồng Ngự, tỉnh Đồng Tháp

Lê Hải Bằng¹, Lâm Văn Thịnh², Lê Hải Tri³, Đinh Văn Duy³, Trần Văn Tỷ^{3*}, Huỳnh Vương Thu Minh²

¹ Sở Nông nghiệp & Phát triển Nông thôn tỉnh Đồng Tháp; lehaibangcctl@gmail.com.

² Khoa Môi trường & Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ;

lvthinh@ctu.edu.vn; hvtnminh@ctu.edu.vn.

³ Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ; tvty@ctu.edu.vn; dveduy@ctu.edu.vn; lehaitri@gmail.com.

*Tác giả liên hệ: tvty@ctu.edu.vn; Tel.: +84-939501909.

Ban Biên tập nhận bài: 8/7/2021; Ngày phản biện xong: 19/8/2021; Ngày đăng bài: 25/11/2021

Tóm tắt: Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá hiện trạng sạt lở và ảnh hưởng của dao động cao độ nước dưới đất đến ổn định bờ sông Cái Vũng, huyện Hồng Ngự, tỉnh Đồng Tháp. Các số liệu về địa hình, địa chất, thủy văn được thu thập, đo đạc để phân tích, thiết lập tương quan giữa cao độ nước dưới đất và mực nước sông; từ đó phân tích nguyên nhân sạt lở thông qua hệ số ổn định. Kết quả cho thấy nguyên nhân chính là do dòng chảy, địa chất yếu cùng với sự dao động cao độ nước dưới đất. Vận tốc dòng chảy có biểu đồ phân bố lệch tâm, tạo ra dòng chảy xiên với lưu tốc lớn nhất gần bờ lớn hơn vận tốc không xói cho phép tương ứng với cỡ hạt theo TCVN 4118-2012. Lớp đất yếu nằm trong giới hạn dao động mực nước triều cùng với dòng chảy lệch tâm tạo ra các lỗ rỗng và ngày càng bị khoét sâu gây mất ổn định bờ sông. Hệ số ổn định trong các trường hợp đều nhỏ hơn giá trị cho phép. Kết quả nghiên cứu dựa trên số liệu đo đạc trong thời gian ngắn nên chưa thể đánh giá đầy đủ các nguyên nhân có thể ảnh hưởng đến sạt lở bờ sông. Vì vậy, cần quan trắc liên tục hoặc theo các mùa để có đánh giá chính xác hơn nguyên nhân sạt lở.

Từ khóa: Đất yếu; Hệ số ổn định; Dao động cao độ nước dưới đất; Sông Cái Vũng; Vận tốc dòng chảy.

1. Mở đầu

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) là một trong ba đồng bằng lớn nhất thế giới với diện tích lên đến 60.000 km² và có một mạng lưới sông ngòi dày đặc [1]. Trong những năm gần đây, tình trạng xâm nhập mặn và thay đổi chế độ dòng chảy do biến đổi khí hậu (BĐKH) là một trong những thách thức cho vùng ĐBSCL. Hệ thống đê bao và hạ tầng công trình thủy lợi đã được xây dựng ở ĐBSCL từ những năm 1990 nhằm giúp tăng mùa vụ và giảm thiểu tác động của lũ hàng năm ở các vùng thượng nguồn. Cùng với sự phát triển kinh tế, các khu dân cư, đường giao thông, các thành phố cùng với các dịch vụ giải trí được xây mới và mở rộng đã dần dần thu hẹp diện tích rừng, mặt đệm và mặt nước. Bên cạnh đó, việc mở rộng diện tích canh tác, khu công nghiệp và xây các đập thủy điện ở các quốc gia thượng nguồn đã làm giảm nguồn nước và phù sa và đồng thời làm gia tăng thêm nguồn ô nhiễm nước mặt đến ĐBSCL [2]. Việc giảm hàm lượng phù sa trên sông không chỉ ảnh hưởng đến năng suất cây trồng mà còn ảnh hưởng đến sụt lún và sạt lở các sông/kênh rạch ở ĐBSCL.

Một số nghiên cứu gần đây như nghiên cứu sử dụng công thức kinh nghiệm để tính toán thử nghiệm mức độ sạt lở cho đoạn sông Hậu ở thành phố Long Xuyên, tỉnh An Giang [3]; nghiên cứu dự báo xói lở, bồi lắng lòng dẫn và đề xuất các biện pháp phòng chống cho hệ thống sông ĐBSCL [4]; nghiên cứu ứng dụng mô hình toán và công thức kinh nghiệm đánh giá sự phát triển của hồ xói sâu hạ lưu sông Hậu và sông Vàm Nao [5]; nghiên cứu ứng dụng mô hình SWAT trong tính toán xói lở bề mặt lưu vực hạ lưu sông Mekong [6]; nghiên cứu công thức kinh nghiệm tính tốc độ xói lở bờ đoạn sông Tiền khu vực Thường Phước, tỉnh Đồng Tháp [7]; nghiên cứu tương quan xói lở–bồi tụ một số khu vực lòng sông Tiền, sông Hậu [8]; và nghiên cứu mối quan hệ giữa khai thác cát với biến động bờ sông Tiền tại tỉnh Đồng Tháp [9].

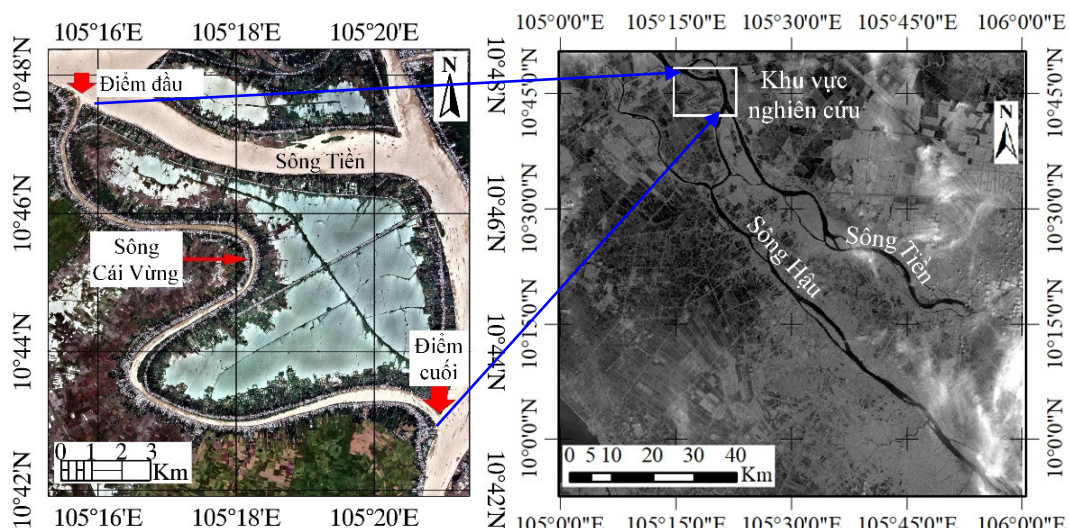
Nguyên nhân chủ yếu gây sạt lở và xói mòn bờ sông ở ĐBSCL rất đa dạng như do dòng chảy, mưa, cấu tạo địa chất bờ sông, hình thái lòng dẫn, tải trọng tác dụng lên bờ sông, ... Thực tế cho thấy, có những khu vực sạt lở gây ra do dòng chảy ép sát bờ được tìm thấy ở Tân Châu, Mỹ Thuận, Sa Đéc, Mỹ Khánh; nhiều khu vực khác lại do sóng tàu đi lại gây nên được tìm thấy ở sông Chợ Gạo ở Tiền Giang, kênh KH6, rạch Cái Sơn ở Cần Thơ; hay do kết cấu đất bờ yếu, hoặc do các tổ hợp bất lợi từ nhiều yếu tố được tìm thấy ở Vàm Nao, Long Xuyên; và do nhà lán chiếm lòng dẫn ở Trà Nóc, Trà An [10]. Sạt lở bờ sông Tiền đoạn chảy qua địa bàn tỉnh Đồng Tháp đang xảy ra ngày càng trầm trọng dưới tác động của các yếu tố tự nhiên và con người [11]. Một số nghiên cứu cho thấy sạt lở bờ sông cần được đánh giá dựa trên sự cân bằng bùn cát trong sông và tác động tổ hợp của các yếu tố gây sạt lở bờ sông lên từng vị trí cụ thể là không giống nhau. Vì vậy, cần xác định được thời điểm, tần suất và cường độ tác động của từng nguyên nhân lên sạt lở bờ sông tại một vị trí nhất định [12].

Nhìn chung, các nghiên cứu trước đây tập trung chủ yếu vào nguyên nhân sạt lở trên hai dòng sông chính của ĐBSCL là sông Tiền và sông Hậu. Một vài nghiên cứu nguyên nhân sạt lở các chi lưu của sông Mekong. Sông Cái Vũng (ranh giới tỉnh An Giang và Đồng Tháp) là nguồn cung cấp nước sinh hoạt, sản xuất và là tuyến giao thông quan trọng để vận chuyển hàng hóa từ các xã ven sông ra bên ngoài bằng đường thủy. Sông có đặc điểm là quanh co gấp khúc, địa hình đáy sông trong các năm qua đã có sự biến động lớn [13]. Sự bồi tích phù sa mạnh mẽ bên bờ thuộc tỉnh An Giang, ở một số đoạn đã hình thành các bãi bồi tụ, các cồn cát (đoạn thuộc thị trấn Chợ Vàm và đoạn thuộc xã Phú Lâm, xã Tân Phú huyện Phú Tân). Mặt khác, bờ sông thuộc xã Long Thuận, huyện Hồng Ngự, tỉnh Đồng Tháp lại bị sạt lở nghiêm trọng với các vách sạt lở gần như thẳng đứng. Sạt lở đang uy hiếp tuyến đường liên xã và các hộ dân xây nhà sát bờ sông. Do đó cần có pháp hạn chế tại các vị trí sạt lở và đo đạc quan trắc diễn biến tại các vị trí có nguy cơ nhằm có biện pháp khắc phục. Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá hiện trạng sạt lở và ảnh hưởng của dao động cao độ nước dưới đất đến ổn định bờ sông Cái Vũng, huyện Hồng Ngự, tỉnh Đồng Tháp.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Sông Cái Vũng là một nhánh của sông Tiền, được phân dòng bởi cù lao Cái Vũng. Điểm bắt đầu của sông Cái Vũng ứng với đầu cù lao Cái Vũng chảy xuôi về hạ lưu đến đuôi cù lao Cái Vũng thì nhập lưu trở lại với sông Tiền. Sông Cái Vũng có hình thái rất khúc khuỷu, tính theo đường sông thì chiều dài của sông Cái Vũng khoảng 21,25 km, còn nếu tính theo đường thẳng chim bay từ điểm đầu sông đến điểm cuối sông chỉ dài khoảng gần 12,78 km. Khu vực nghiên cứu thuộc xã Long Thuận và xã Phú Thuận A, huyện Hồng Ngự, tỉnh Đồng Tháp, cách trung tâm thành phố Hồng Ngự khoảng 7,5 km và cách thị xã Tân Châu khoảng 8,5 km. Tọa độ 10°44'57,5" độ Bắc; 105°17'56,6" độ Đông. Phía đông Bắc giáp xã Long Thuận, huyện Hồng Ngự. Phía đông Nam giáp xã Phú Thuận A, huyện Hồng Ngự. Phía tây Bắc giáp xã Long Hòa, huyện Phú Tân (An Giang), và xã Long Thuận, huyện Hồng Ngự. Phía tây Nam giáp xã Long Hòa, huyện Phú Tân (An Giang) (Hình 1).



Hình 1. Khu vực nghiên cứu.

2.2. Thu thập số liệu

Số liệu được thu thập từ các nguồn như trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Số liệu và nguồn số liệu.

| STT | Tên số liệu | Thời gian | Nguồn |
|-----|---------------------|-----------|---------------------------------|
| 1 | Số liệu sạt lở | 2015-2020 | Chi cục Thủy lợi tỉnh Đồng Tháp |
| 2 | Thủy văn (mức nước) | 2000-2020 | Trạm KTTV tỉnh Đồng Tháp |
| 3 | Địa chất | 2020 | Ban QLDACTNN tỉnh Đồng Tháp |

Trạm KTTV tỉnh: Trạm khí tượng thủy văn tỉnh; Ban QLDACTNN tỉnh: Ban Quản lý Dự án Nông nghiệp tỉnh.

2.3. Khảo sát và đo mặt cắt ngang kết hợp đo vận tốc dòng chảy

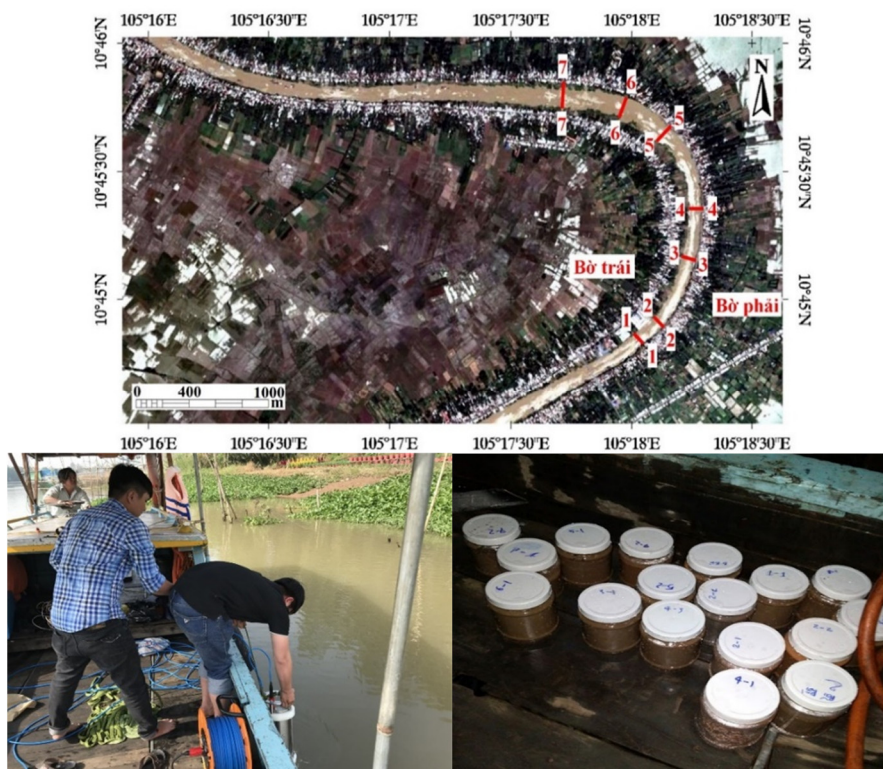
Vận tốc dòng chảy được đo tại nhiều thủy trực trên từng mặt cắt sử dụng thiết bị đo lưu tốc MIDAS-ECM. Thiết bị MIDAS-ECM là thiết bị đo vận tốc tự ghi có thể đo được vận tốc dòng chảy theo hai phương. Trong nghiên cứu này, vận tốc được đo theo phương pháp đo 06 điểm trên thủy trực và vận tốc bình quân thủy trực được tính theo công thức:

$$v_{tb} = \frac{v_m + 2v_{0,2} + 2v_{0,4} + 2v_{0,6} + 2v_{0,8} + v_d}{10} \quad (1)$$

Trong đó v_m và v_d lần lượt là vận tốc dòng chảy tại vị trí mặt nước và gần đáy sông (m/s); các vận tốc còn lại ứng với các độ sâu 0,2h; 0,4h; 0,6h và 0,8h; với h là chiều sâu cột nước tại vị trí đo.

2.4. Thu mẫu bùn cát đáy sông

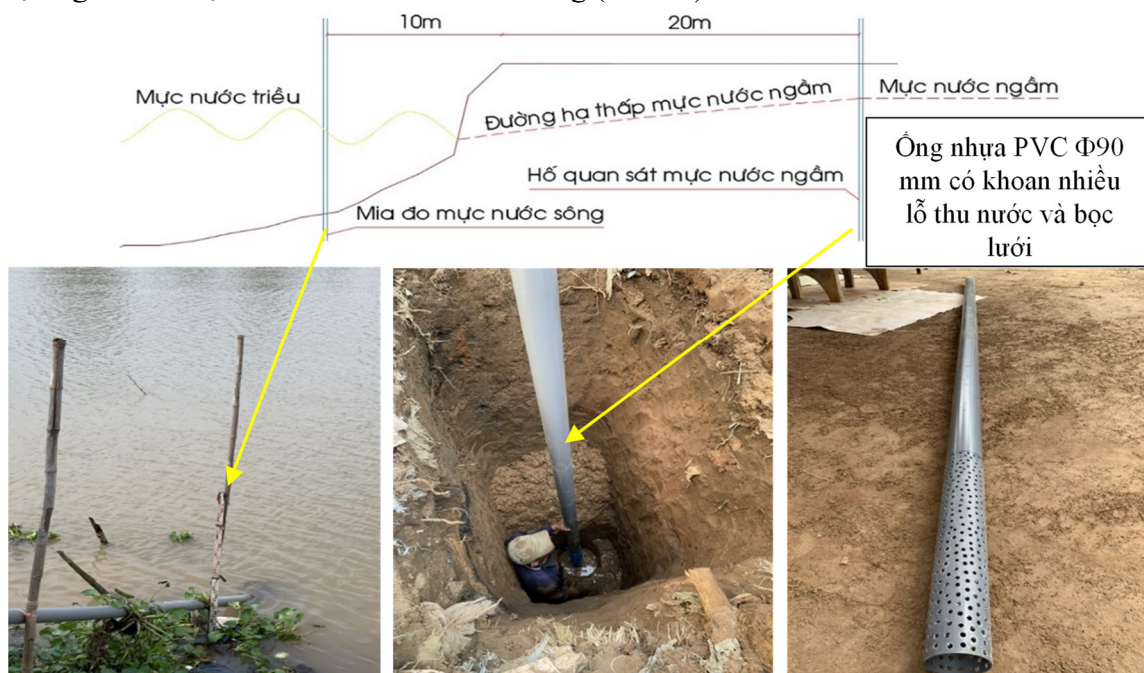
Nhằm xác định cấp phối hạt bùn cát đáy và bờ sông, các mẫu bùn cát được thu thập và lưu trữ trong các hộp nhựa. Các mẫu bùn cát này sau đó được chuyển đến phòng thí nghiệm để xác định cấp phối theo phương pháp rây sàng và lắng đọng. Vị trí lấy mẫu tại các vị trí đoạn sông bị uốn cong và những địa điểm thường xảy ra xói/sạt lở. Trên một mặt cắt sông, các vị trí lấy mẫu bùn cát được xác định như sau: vị trí 01: cách bờ phải 5 m; vị trí 02: cách bờ phải 10 m; vị trí 03: cách bờ trái 10 m; vị trí 04: cách bờ trái 5 m. Vị trí đo mặt cắt, vận tốc và thu mẫu bùn cát đáy được thể hiện trên Hình 2.



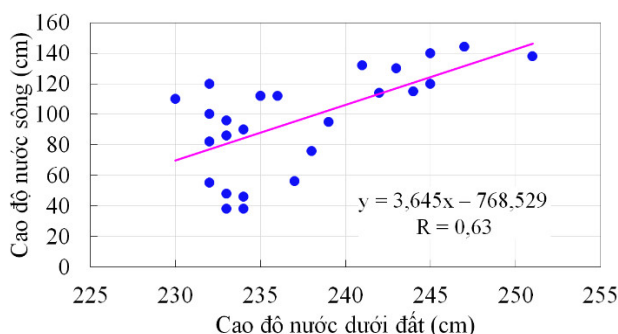
Hình 2. Vị trí đo mặt cắt, vận tốc và thu mẫu bùn cát đáy.

2.5. Đo dao động mực nước

Sơ đồ và vị trí các điểm đo cao độ mực nước dưới đất và nước sông được thể hiện trên Hình 3. Cao độ nước sông và nước dưới đất được quan trắc từ ngày 23/01/2021 đến hết ngày 28/02/2021 theo tần suất 5 lần trong một ngày vào các khung thời gian 7 giờ, 10 giờ, 12 giờ, 15 giờ và 17 giờ. Tương quan giữa cao độ nước dưới đất và nước sông được thiết lập theo phương pháp Pearson [14]: hệ số tương quan đạt giá trị $R = 0,63$ thể hiện mối tương quan mạnh giữa cao độ nước dưới đất và nước sông (Hình 4).



Hình 3. Sơ đồ và vị trí các điểm đo cao độ mực nước dưới đất và nước sông.



Hình 4. Phương trình quan hệ giữa cao độ nước sông và nước dưới đất.

Sông Cái Vũng nằm trên nhánh của con Sông Tiền cách trạm đo thủy văn Tân Châu chỉ khoảng 20 km. Tương quan mực nước thấp nhất (H_{min}) tại trạm Tân Châu với mực nước thấp nhất tại vị trí khảo sát được thiết lập có hệ số tương quan $R = 0,858$ và có phương trình:

$$y = 1,343x + 17,003 \tag{2}$$

Từ phương trình tương quan (Hình 4) và phương trình (2) ta tính toán và được bảng tổng hợp các tần suất mực nước tương quan từ trạm Tân Châu về sông Cái Vũng và từ sông Cái Vũng qua cao độ nước dưới đất (Bảng 2). Từ đó, cao độ nước sông Cái Vũng và nước dưới đất trong điều kiện mực nước thấp nhất (H_{min}) với các tần suất 99%, 95% và 90% được tính toán.

Bảng 2. Tương quan mực nước.

| TT | Tần suất xuất hiện | Cao độ mực nước (cm) tại: | | |
|----|--------------------|---------------------------|----------|---------------|
| | | Tân Châu | Cái Vũng | Nước dưới đất |
| 1 | 99% | -66,46 | -72,25 | 283,71 |
| 2 | 95% | -57,98 | -60,86 | 275,74 |
| 3 | 90% | -53,66 | -55,06 | 271,95 |

2.6. Vận tốc không xói cho phép

Vận tốc không xói cho phép là vận tốc lớn nhất mà dòng chảy đạt tới trị số ấy không gây ra sự xói lở lòng kênh. Vận tốc không xói cho phép phụ thuộc vào tính chất cơ lý của đất nơi tuyến kênh đi qua, lượng ngậm phù sa và tính chất phù sa của dòng chảy trong kênh; lưu lượng của kênh, kích thước mặt cắt ngang của kênh và các yếu tố thủy lực của dòng chảy trong kênh. Theo Gônсарôp [15], giá trị của vận tốc khởi động v_k , tức là vận tốc trung bình bé nhất của dòng chảy để hiện tượng bắt đầu tách các hạt đơn độc của đất không dính trên đáy được xảy ra một cách liên tục, được xác định theo công thức (3) và (4):

- Khi tổ hợp của đất là đồng nhất:

$$v_k = 1g \frac{8,8H}{d} \sqrt{\frac{2g(\gamma_1 - \gamma_n)d}{1,75\gamma_n}} \tag{3}$$

- Khi tổ hợp của đất tại đáy lòng dẫn là không đồng nhất:

$$v_k = \frac{2g(\gamma_1 - \gamma_n)d_{tb}}{1,75\gamma_n} 1g \frac{8,8H}{d_5} \tag{4}$$

Trong đó d là đường kính hạt (mm); d_5 là đường kính của các hạt lớn nhất chiếm 5% toàn bộ lượng bùn cát (mm); d_{tb} là đường kính trung bình của hỗn hợp bùn cát (mm); γ_1 ; γ_n lần lượt là trọng lượng thể tích của bùn cát và nước (kN/m^3); và H là chiều sâu dòng chảy (m).

2.7. Phân tích ổn định bờ sông

Hệ số ổn định được xác định theo phương pháp Bishop (1955) [16]:

$$K_{at} = \frac{\sum [C_i \times L_i + W_i \times \cos \alpha_i \times \text{tg} \varphi_i]}{\sum W_i \times \sin \alpha_i} \quad (5)$$

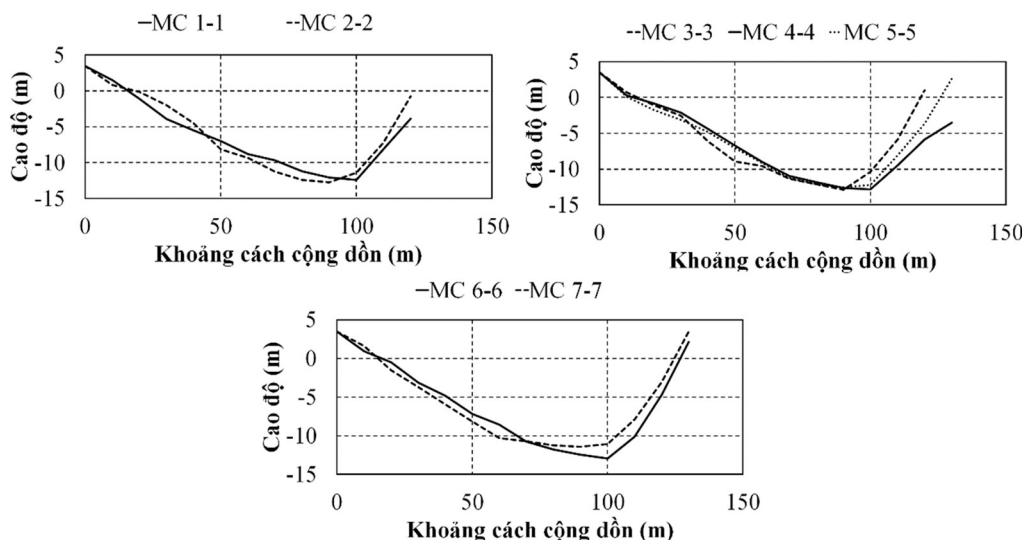
Trong đó C_i là lực dính của mảnh/thỏi thứ i trong phạm vi chiều dài cung trượt; L_i là chiều dài cung trượt thứ i ; W_i là trọng lượng mảnh/thỏi thứ i ; α_i là góc nghiêng của mảnh/thỏi thứ i so với phương tại tâm trượt; φ_i là góc nội ma sát của mảnh/thỏi thứ i trong phạm vi chiều dài cung trượt.

Hệ số ổn định cho các trường hợp xem xét (Bảng 2) tại các mặt cắt được tính toán và so sánh với giá trị cho phép [17].

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Mặt cắt lòng sông

Vị trí đo các mặt cắt ngang sông được thể hiện như trên Hình 5 với bờ phải của sông Cái Vũng được quy ước là phía Đông Tháp và bờ trái là phía An Giang. Từ Hình 5 cho thấy đáy sông bị lệch hẳn về phía bờ phải và có khuynh hướng ngày càng áp sát bờ, đáy sông cách bờ phải khoảng 30 m và cách bờ trái khoảng 100 m, cao trình đáy sông là -13,0 m so với cao trình đỉnh bờ phải là +5,5 m. Các mặt cắt đều có dấu hiệu sạt lở ăn sâu vào bên trong bờ. Mặt cắt 5-5 nằm giữa đoạn sông cong là mặt cắt nguy hiểm nhất, cao trình đáy sông là -13,23 m và cách bờ phải 30 m, sạt lở ăn sâu vào tuyến đường nhựa giao thông liên xã, mái bờ thẳng đứng với hệ số mái $m < 0,5$. Bờ trái của bờ sông tương đối thoải, không bị ảnh hưởng của xói lở và xuất hiện dấu hiệu của các bãi bồi. Như vậy, các mặt cắt khảo sát cho thấy hiện tượng xói lở và bồi tụ điển hình của một đoạn sông cong; trong đó, bờ phải sông Cái Vũng thuộc khu vực khảo sát đang bị xói lở với mái dốc của bờ sông nằm trong khoảng $m = 2 \div 4$, và tại bờ trái, bờ sông có độ dốc tương đối thoải với $m = 6$.



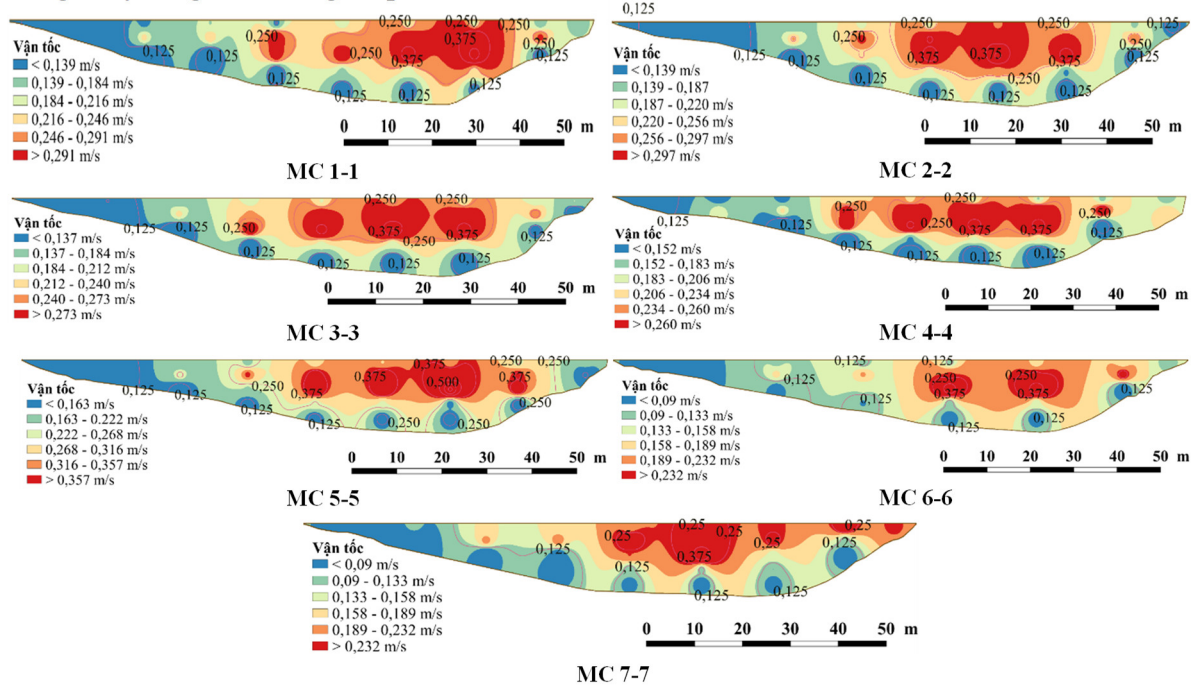
Hình 5. Hình dạng các mặt cắt lòng sông tại khu vực nghiên cứu.

3.2. Vận tốc dòng chảy

Từ kết quả đo vận tốc dòng chảy tại khu vực nghiên cứu, sử dụng phương pháp nội suy ta có phân bố vận tốc dòng chảy trên các mặt cắt như trên Hình 6. Từ Hình 6 ta thấy vận tốc dòng chảy phân bố lệch về phía bờ phải là phía sau của đoạn sông cong. Điều này phù hợp với hình dạng uốn khúc rất lớn của đoạn sông khu vực khảo sát. Tại các đoạn sông cong, vận tốc dòng chảy có hai thành phần là vận tốc dọc bờ và vận tốc ngang bờ. Chính thành phần

vận tốc ngang bờ là nguyên nhân gây ra xói lở bờ sông. Điều này lý giải cho việc sạt lở nghiêm trọng đang diễn ra tại bờ phải của sông Cái Vùng khu vực khảo sát các mặt cắt.

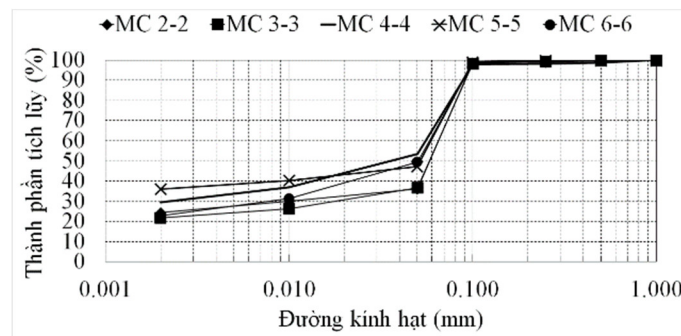
Tại các mặt cắt MC 1-1, MC 2-2 và MC 3-3 vận tốc dòng chảy phân bố trong khoảng từ 0,125 m/s đến 0,375 m/s. Tại mặt cắt MC 4-4 là mặt cắt nằm tại vị trí cong nhất của đoạn sông, vận tốc dòng chảy tăng lên đến 0,625 m/s. Đến mặt cắt MC 6-6 và MC 7-7, vận tốc dòng chảy lại giảm xuống và phân bố từ 0,125 m/s đến 0,375 m/s.



Hình 6. Phân bố vận tốc dòng chảy tại các mặt cắt.

3.3. Đường cong cấp phối bùn cát đáy sông

Qua khảo sát thực tế, phạm vi sạt lở chỉ nằm trong đoạn sông cong từ MC 2-2 đến MC 6-6. Vì vậy, thành phần hạt bùn cát tại bờ phải của các mặt cắt từ MC 2-2 đến MC 6-6 sẽ được sử dụng để phân tích ảnh hưởng của vận tốc dòng chảy đến xói lở bờ sông và được thể hiện trên Hình 7. Từ Hình 7 ta thấy đường kính hạt trung bình (d_{50}) của mẫu bùn cát tại MC 4-4 có giá trị nhỏ nhất và bằng 0,038 mm, và tại MC 2-2 và MC 3-3 là lớn nhất và bằng 0,06 mm.



Hình 7. Đường cong cấp phối hạt tại bờ phải MC 2-2 đến MC 6-6.

Theo TCVN 4118:2012 [18], ta có bảng xác định vận tốc không xói (V_{kx}) theo kích thước hạt trung bình của bùn cát và chiều sâu cột nước trong sông ($h > 3m$) (Bảng 3). Từ Bảng 3 ta thấy xói lở bờ sông sẽ không xảy ra tại MC 2-2 và MC 3-3 vì vận tốc dòng chảy đo được tại các mặt cắt nhỏ hơn so với vận tốc không xói của bùn cát. Tuy nhiên, vận tốc dòng chảy chỉ được khảo sát trong một ngày 21/01/2021 nên cần khảo sát thêm số liệu vận

tốc vào mùa lũ để có thể đánh giá chính xác ảnh hưởng của vận tốc dòng chảy đến xói lở tại các mặt cắt này. Theo số liệu thực đo ngày 21/01/2021, xói lở do dòng chảy chỉ xảy ra trong phạm vi từ MC 4-4 đến MC 6-6. Điều này phù hợp với kết quả khảo sát thực tế ngày 21/01/2021 là đoạn sông cong từ MC 4-4 đến MC 6-6, xói lở đang xảy ra rất nghiêm trọng và hiện đang triển khai xây dựng các kè bảo vệ bờ tại khu vực này (Hình 8).

Bảng 3. Giá trị d_{50} , V_{kx} và V tại các vị trí dọc bờ phải sông Cái Vũng.

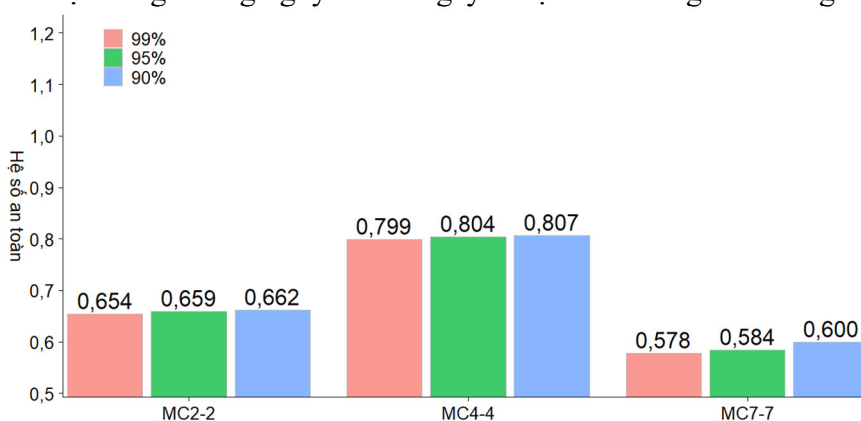
| Mặt cắt (bờ phải) | d_{50} (mm) | V_{kx} (m/s) | V (m/s) |
|-------------------|---------------|----------------|---------------|
| 2-2 | 0,060 | 0,26 ÷ 0,40 | 0,125 ÷ 0,375 |
| 3-3 | 0,060 | 0,26 ÷ 0,40 | 0,125 ÷ 0,375 |
| 4-4 | 0,038 | 0,19 ÷ 0,26 | 0,375 ÷ 0,625 |
| 5-5 | 0,054 | 0,19 ÷ 0,26 | 0,125 ÷ 0,375 |
| 6-6 | 0,053 | 0,19 ÷ 0,26 | 0,125 ÷ 0,375 |



Hình 8. Xói lở bờ sông tại khu vực khảo sát.

3.4. Phân tích ổn định bờ sông

Hệ số ổn định được xác định theo công thức (5) và kết quả được thể hiện trên Hình 9. Từ Hình 9 ta thấy hệ số ổn định trong cả ba trường hợp tính toán cho các mặt cắt đều không đảm bảo an toàn khi K_{at} luôn nhỏ hơn 1,2 [13]. Như vậy, chênh lệch cao độ nước sông và nước dưới đất là một trong những nguyên nhân gây ra sạt lở bờ sông Cái Vũng.



Hình 9. Hệ số ổn định các trường hợp tính toán.

4. Kết luận

- Đoạn sông thuộc khu vực nghiên cứu có hình thái của một đoạn sông cong. Kết quả khảo sát vận tốc dòng chảy cũng cho thấy vận tốc dòng chảy tại bờ phải của đoạn sông trong khu vực khảo sát có giá trị lớn hơn (0,375 m/s) so với vận tốc dòng chảy bên bờ trái (0,125 m/s).

- Dựa vào kích thước cỡ hạt trung bình ($d_{50} = 0,038 \div 0,060$ mm) của bùn cát đáy sông và chiều sâu cột nước trong sông Cái Vũng ($h > 3$ m), vận tốc khởi động của bùn cát đáy sông trong khoảng $0,19$ m/s \div $0,40$ m/s.

- Tại thời điểm khảo cho thấy vận tốc dòng chảy chỉ đủ lớn để gây ra xói lở tại vị trí đoạn sông cong nhất từ MC 4-4 đến MC 6-6. Tuy nhiên, đây chỉ là kết quả đo trong một thời đoạn ngắn vào ngày 21/01/2021 nên cần có thêm các kết quả khảo sát dòng chảy vào mùa lũ để đánh giá đầy đủ hơn về khả năng gây xói bờ sông do dòng chảy.

- Kết quả tính toán cho thấy hệ số an toàn trong các trường hợp đều nhỏ hơn hệ số an toàn cho phép.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: L.H.B., L.V.T., T.V.T.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: L.H.B., L.V.T., T.V.T.; Xử lý số liệu: L.H.B., D.V.D., L.H.T.; Phân tích mẫu: T.V.T., L.V.T., L.H.T.; Lấy mẫu: L.H.B., D.V.D., T.V.T.; Viết bản thảo bài báo: L.H.B., H.V.T.M, D.V.D., T.V.T.; Chính sửa bài báo: H.V.T.M., L.V.T., T.V.T., D.V.D.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Anthony, E.J.; Brunier, G.; Besset, M.; Goichot, M.; Dussouillez, P.; Lap, N.V. Linking rapid erosion of the Mekong River delta to human activities. *Sci. Rep.* **2015**, *5*(1), 1-12.
2. Minh, H.V.T.; Kurasaki, M.; Ty, T.V.; Tran, D.Q.; Le, K.N.; Avtar, R.; Rahman, M.M.; Osaki, M. Effects of Multi-Dike Protection Systems on Surface Water Quality in the Vietnamese Mekong Delta. *Water* **2019**, *11*, 1010.
3. Thu, V.C.; Son, N.T.; Tuấn, N.C.; Ninh, L.V.; Việt, C.T.; Tuấn, L.A. Nghiên cứu khả năng áp dụng công thức kinh nghiệm để tính toán mức độ xói lở bờ sông ở Đồng bằng sông Cửu Long – Thí điểm tại đoạn xói lở bờ sông Hậu ở Long Xuyên, tỉnh An Giang. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, 728, 31–39.
4. Hùng, L.M. Nghiên cứu dự báo xói lở, bồi lắng lòng dẫn và đề xuất các biện pháp phòng chống cho hệ thống sông Đồng bằng sông Cửu Long. Báo cáo tổng hợp đề tài KC08–15/01–05, 2004.
5. Nga, T.N.Q.; Thuận, L.T.; Hoài, H.C.; Bầy, N.T. Nghiên cứu ứng dụng mô hình toán và công thức kinh nghiệm đánh giá sự phát triển của hố xói sâu hạ lưu sông Hậu và sông Vàm Nao. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, *5*, 1–10.
6. Hùng, L.M.; Hoàng, T.B.; Khang, N.D.; Anh, T.T. Kết quả ứng dụng mô hình SWAT trong tính toán xói lở bề mặt lưu vực hạ lưu sông Mekong. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi* **2012**, *12*, 25–32.
7. Hùng, L.M.; Ngọc, Đ.T.B. Công thức kinh nghiệm tính tốc độ xói lở bờ đoạn sông Tiền khu vực Thường Phước, tỉnh Đồng Tháp. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn* **2004**, *6*, 787–796.
8. Hải, H.Q.; Trinh, V.T.M. Tương quan xói lở – Bồi tụ một số khu vực lòng sông Tiền, sông Hậu. *Tạp chí các khoa học về Trái đất* **2011**, *33*(1), 37–44.
9. Hoàng, T.P.; Hùng, P.T. Mối quan hệ giữa khai thác cát với biến động bờ sông Tiền tại tỉnh Đồng Tháp. *J. Sci.* **2016**, *12*(4), 92–103.
10. Lộc, N.Đ.; Linh, L.T.C.; Minh, H.V.T.; Luận, T.C.; Tho, N.V.; Hưng, V.V.; Tỳ, T.V. Xác định nguyên nhân sạt lở bờ sông theo phương pháp khảo sát thực địa: nghiên cứu tại sông Cái Sắn, thành phố Cần Thơ. *Tạp chí Xây dựng* **2020**, *7*, 146–151.
11. Hoàng, T.P. Đánh giá thực trạng và nguyên nhân xói lở bờ sông Tiền đoạn chảy qua tỉnh Đồng Tháp. *Khoa học Tự nhiên & Công nghệ* **2015**, *20*, 61–67.

12. Hùng, L.M.; Sãn, Đ.C.; Chương, L.T.; Long, N.T.; Hoàng, T.B.; Tường, T.N.; Nguyễn, L.Đ.; Việt, P.B.; Khiết, Đ.V. Báo cáo tổng kết dự án NCKH cấp Nhà nước: Nghiên cứu dự báo phòng chống xói lở bờ sông Cửu Long, Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, TP. Hồ Chí Minh, **2001**, tr. 338.
13. Điền, N.V.; Nhân N.T. Báo cáo kết quả khảo sát địa hình: Đo đạc, giám sát đánh giá ổn định bờ sông Tiền và thiết lập hành lang sạt lở tại khu vực đông dân cư và cơ sở hạ tầng trên địa bàn tỉnh Đồng Tháp, **2019**, 1–70.
14. Schober, P.; Boer, C.; Schwarte, L.A. Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation. *Anesth. Analg.* **2018**, *126*(5), 1763–1768.
15. Kixelep, P.G.; Altsul, A.D.; Danhitsenko, N.V.; Kaxpaxon, A.A.; Griptsenko, G.I.; Paskop, N.N.; Xlixki, X.M. Sổ tay tính toán thủy lực, NXB Xây dựng, **2008**, 719.
16. Bishop, A.W. The use of the slip circle in the stability analysis of slopes. *Géotechnique* **1955**, *5*(1), 7–17.
17. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn. QCVN 04-05:2012/BNNPTNT Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia - Công trình thủy lợi - Các quy định chủ yếu về thiết kế, 2012.
18. Bộ Khoa học và Công nghệ. TCVN 4118 : 2012 Công trình thủy lợi - Hệ thống tưới tiêu - Yêu cầu thiết kế, 2012.

Research on the impacts of geological, hydrological factors on the stability of riverbanks of Cai Vung river in Hong Ngu district, Dong Thap province

Le Hai Bang¹, Lam Van Thinh², Le Hai Tri³, Dinh Van Duy³, Tran Van Ty^{3*}, Huynh Vuong Thu Minh²

¹ Department of Agriculture and Rural Development, Dong Thap province; lehaibangctl@gmail.com

² College of Environment and Natural Resources, Can Tho University; lvthinh@ctu.edu.vn; hvminh@ctu.edu.vn

³ College of Technology, Can Tho University; tvty@ctu.edu.vn; dvduy@ctu.edu.vn; lehaitri@gmail.com

Abstract: The objective of this study is to assess the current state of riverbank erosion and the impact of groundwater level fluctuation on the stability of Cai Vung riverbank, Hong Ngu district, Dong Thap province. Topographic, geological, and hydrological data were collected and measured to analyze, establish the correlation between groundwater level and river water level; then analyze the cause of riverbank erosion according to stability coefficient. The results show that the prominent causes are the flow, soft soil along with the groundwater level fluctuation. The flow velocity has an eccentric flow distribution, creating maximum velocity near riverbanks which is larger than the allowed non-erosion velocity corresponding to the riverbed grain-size according to the Vietnam standard (TCVN: 4118-2012). The soft soil layer is within the tidal fluctuation together with the eccentric flow making voids and deepening, causing instability of the riverbank. The coefficient of stability in all cases is less than the allowable value. The results are based on measurement data for a short period of time, it is not possible to fully assess the causes that may affect riverbank erosion. Therefore, it is necessary to monitor continuously or with different seasons to have a more accurate assessment of factors causing the erosion.

Keywords: Soft soil; Stability coefficient; Groundwater level fluctuation; Cai Vung river; Flow velocity.

Bài báo khoa học

Nghiên cứu quy trình cảnh báo nguy cơ cạn kiệt, thiếu nước phục vụ quản lý tài nguyên nước hiệu quả dựa trên giá trị kinh tế sử dụng nước

Lê Thị Mai Vân^{1*}, Nguyễn Hùng Anh¹, Đoàn Quang Tri², Bùi Thị Bích Ngọc¹, Trương Văn Hùng¹

¹ Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước quốc gia; lethimaivantnn@gmail.com; hunganhtnn@gmail.com; bichngoc209hunre@gmail.com; truongvanhung888@gmail.com.

² Tạp chí Khí tượng Thủy văn, Tổng cục Khí tượng Thủy văn; doanquangtrikttv@gmail.com.

*Tác giả liên hệ: lethimaivantnn@gmail.com; Tel: +84-982420298

Ban Biên tập nhận bài: 12/7/2021; Ngày phản biện xong: 23/8/2021; Ngày đăng bài: 25/11/2021

Tóm tắt: Nguy cơ cạn kiệt, thiếu nước đang là vấn đề nóng ở mọi quốc gia trên thế giới và Việt Nam. Việc cảnh báo, dự báo, quản lý tài nguyên nước là cơ sở để xác định rủi ro, đưa ra các giải pháp trong quản lý, sử dụng nguồn nước hiệu quả. Nghiên cứu dựa trên phương pháp RIM và xác định rủi ro về thiệt hại kinh tế các ngành sử dụng nước trong bối cảnh hạn hán, thiếu nước dựa trên các cảnh báo về tài nguyên nước trên lưu vực sông Sê San. Kết quả xác định giá trị kinh tế sử dụng nước (GTKTSDN): Chăn nuôi 472.602,74 đồng/m³; Công nghiệp 389.767,41 đồng/m³; Thủy sản 12.130,53 đồng/m³; Nông nghiệp 5.450,98 đồng/m³. Xác định thiệt hại, rủi ro về kinh tế sử dụng nước với kịch bản năm 2030 đứng đầu là chăn nuôi với hơn 2.585,14 tỉ đồng, tiếp là công nghiệp, thủy sản và nông nghiệp tương ứng 1.691,59; 99,96; 98,44 tỉ đồng/năm. Quy trình cảnh báo nguy cơ cạn kiệt, thiếu nước phục vụ quản lý tài nguyên nước hiệu quả dựa trên giá trị kinh tế sử dụng nước hỗ trợ rất tốt cho công tác quản lý, quy hoạch hiệu quả tài nguyên nước.

Từ khóa: Giá trị kinh tế sử dụng nước (GTKTSDN); Tài nguyên nước (TNN); Cảnh báo nguy cơ cạn kiệt; Hạn hán thiếu nước.

1. Đặt vấn đề

Trong bối cảnh hiện nay, sự phát triển dân số cùng với việc gia tăng các nhu cầu sử dụng nước phục vụ các hoạt động dân sinh kinh tế, khan hiếm, ô nhiễm tài nguyên nước cùng với biến đổi khí hậu toàn cầu làm cho vấn đề tài nguyên nước trở nên cấp bách hơn bao giờ hết. Vì vậy, dự báo, cảnh báo về những diễn biến tài nguyên nước trong tương lai đã trở thành vấn đề vô cùng quan trọng trong quản lý tổng hợp tài nguyên nước, phát triển ổn định kinh tế-xã hội [1].

Vai trò của cảnh báo hạn hán, thiếu nước và đánh giá giá trị kinh tế sử dụng nước cũng là mâu chốt trong quản lý tổng hợp tài nguyên nước đối với các ngành sử dụng nước với 4 nguyên tắc về quản lý tổng hợp tài nguyên nước (QLTHTNN) đã được đưa ra (gọi tắt là nguyên tắc Dublin) trong đó nguyên tắc 4: Nước có giá trị kinh tế trong mọi hình thức sử dụng mang tính cạnh tranh và cần được coi như một loại hàng hóa có giá trị kinh tế [2]. Trên

thế giới nhóm nghiên cứu lượng hóa giá trị kinh tế sử dụng nước được phân dựa trên nhóm mô hình lý thuyết [3–6] và mô hình thực nghiệm [7–13] để xác định giá trị của nước đối với các ngành.

Tại Việt Nam xác định giá trị kinh tế sử dụng nước của các ngành ở Việt Nam là vấn đề mới và phức tạp bởi đây là bài toán kinh tế-kỹ thuật. Hiện chưa có nhiều nghiên cứu định giá giá trị kinh tế sử dụng nước của các ngành, tuy nhiên, một số báo cáo [14] đã đưa ra giá trị hiệu quả sử dụng nước của một số ngành chủ yếu trên 13 lưu vực sông (LVS) lớn ở Việt Nam. Nghiên cứu [15] sử dụng mô hình GAMS trong phân tích kinh tế nước trên LVS Lá Buông; nghiên cứu [16] đã áp dụng phương pháp giá trị chi phí-lợi ích để suy ra giá trị của nước từ đường cầu dẫn xuất của nước; nghiên cứu [17] bước đầu thiết lập phương trình đường cầu để tính toán. Tuy nhiên, ứng dụng thực tiễn cho thấy mức độ đáp ứng thông tin số liệu còn gặp nhiều khó khăn. Các nghiên cứu chuyên biệt về xác định GTKTSDN để đánh giá vai trò của cảnh báo hạn hán, thiếu nước còn khá ít, khiêm tốn về cả số lượng các nghiên cứu và các công bố, trích dẫn trong nước. Đặc biệt là nghiên cứu về GTKTSDN trong bài toán quản lý tài nguyên nước mặt với bối cảnh hạn hán, thiếu nước là chưa có.

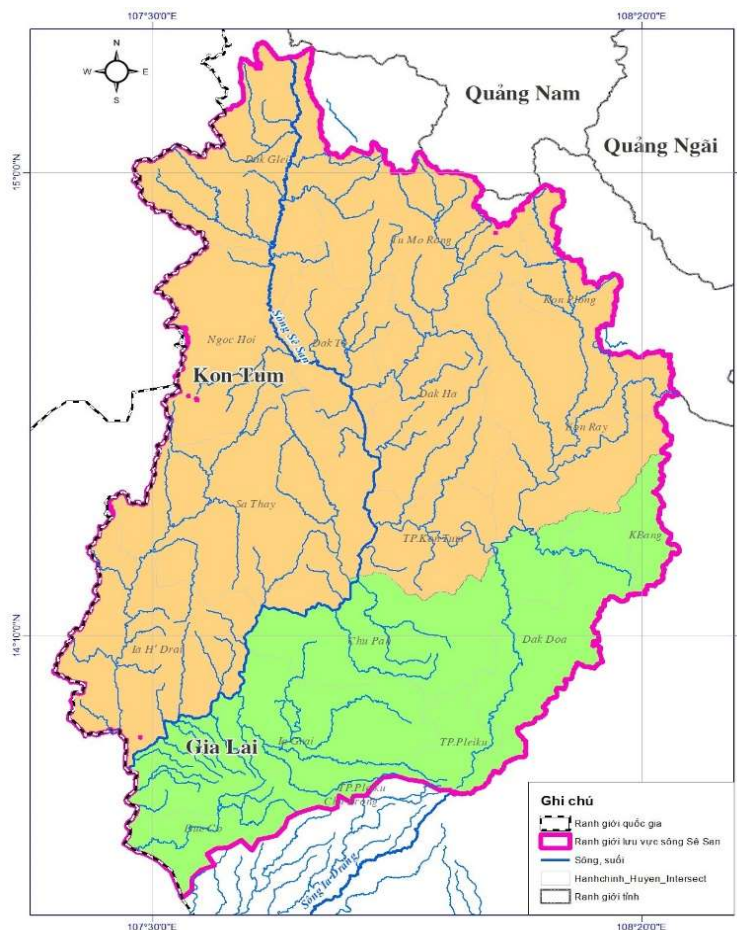
LVS Sê San với đặc thù là lưu vực sông liên tỉnh, liên quốc gia nằm vị trí quan trọng là một trong những nhánh chính của sông Mê Công trong 20 năm qua đã trải qua quá trình phát triển nhanh từ thủy điện, khai mỏ, thủy lợi, nông nghiệp đến khai thác gỗ hợp pháp và bất hợp pháp. Tình trạng này gây ra lũ quét, hạn hán, suy giảm lượng đánh bắt cá, thay đổi dòng chảy sông, ô nhiễm, mất đa dạng sinh học và những vấn đề khác tác động đến các cộng đồng địa phương ở cả hai quốc gia. Mục đích với những kết quả nghiên cứu đưa ra sẽ góp phần đưa ra bức tranh về giá trị của nước thông qua giá trị kinh tế sử dụng nước nhằm hoàn thiện quy định kỹ thuật về cảnh báo, dự báo tài nguyên nước nói chung và cảnh báo hạn hán, thiếu nước nói riêng. Quy trình hoàn thiện hỗ trợ ra quyết định cho các cấp quản lý trong việc xây dựng các chính sách, văn bản quy phạm pháp luật trong lĩnh vực, ngành có liên quan tới sử dụng tài nguyên nước.

2. Phương pháp nghiên cứu và thu thập số liệu

2.1. Tổng quan LVS Sê San

Sông Sê San là phụ lưu bờ trái của sông Mê Công, bắt nguồn từ phần phía Bắc cao nguyên Gia Lai-Kon Tum, chảy trên lãnh thổ hai nước Việt Nam và Campuchia và nhập vào sông Srê Pôk gần Stung Treng. Sông Sê San phía Việt Nam có lưu vực rộng 11.465 km². Phía Bắc giáp sông Thu Bồn; phía Nam giáp sông Ba, IaĐrang; phía Đông giáp sông Trà Khúc, sông Ba; phía Tây giáp Lào và Campuchia. Sông có hai chi lưu là Krông Pôk ở phía hữu ngạn và Đăk Bla phía tả ngạn. Sông Đăk Bla đổ vào sông Sê San từ bờ trái; tính đến trạm thủy văn Kon Tum có diện tích lưu vực là 2.968 km² và chiều dài sông là 123,4 km. Sông Krông Pôk có diện tích lưu vực 3.230 km² với chiều dài sông là 125,6 km. LVS Sê San phía Việt Nam có diện tích 11.465 km². Trên lưu vực Sê San có lượng mưa trung bình nhiều năm là 2120 mm vào loại trung bình. Lượng mưa năm có xu hướng tăng dần từ thấp đến cao và theo thời gian cũng có nhiều biến đổi. Mưa được phân thành 2 mùa: mùa mưa từ tháng V đến tháng X, mùa khô từ tháng XI đến tháng IV năm sau.

LVS Sê San gồm lãnh thổ của 2 tỉnh Kon Tum và Gia Lai. Theo tổng điều tra dân số năm 2018 lưu vực sông Sê San có 959.195 người thuộc 2 tỉnh Kon Tum và Gia Lai với số dân lần lượt là 494.463 và 464.731 người. Nông nghiệp là ngành sử dụng nước lớn trên LVS Sê San, tổng số công trình thủy lợi phục vụ tưới tiêu trên LVS Sê San bao gồm 125 công trình hồ chứa thủy lợi với năng lực tưới là 22.470 ha. Ngoài ra, trên LVS Sê San có 74 đập dâng lớn nhỏ và 17 trạm bơm với diện tích tưới là 2.580 ha [18].



Hình 1. Lưu vực sông Sê San [19].

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu dựa trên các kinh nghiệm của thế giới và trong nước để xác quy trình cảnh báo nguy cơ cạn kiệt, thiếu nước phục vụ quản lý tài nguyên nước hiệu quả dựa trên giá trị kinh tế sử dụng nước [3–13] áp dụng thử nghiệm trên LVS Sê San phần thuộc Kon Tum và Gia Lai. Quy trình nghiên cứu gồm 2 bước chính: (1) Xác định giá trị kinh tế sử dụng nước (dựa trên các phương pháp và số liệu thực tế phù hợp); (2) Xác định nguy cơ thiệt hại, rủi ro GTKTSDN các ngành.

2.2.1. Xác định GTKTSDN

Dựa trên cơ sở lý thuyết nghiên cứu về giá trị kinh tế nước, các nhà kinh tế đã phát triển các phương pháp thực nghiệm để xác định giá trị kinh tế tài nguyên nước. Về cơ bản có 3 cách phân loại các phương pháp xác định GTKTSDN [20]:

Bảng 1. Nhóm phương pháp xác định GTKTSDN.

| Young (2014) [5] | Birol et al. (2006) [21] | Dixon et al. (2013) [22], Knowler et al. (1997) [23] | | |
|----------------------|--------------------------|--|---------------------|---------------------|
| | | Thị trường thực | Thị trường giả định | Thị trường thay thế |
| Quy nạp | Gián tiếp | MP, RCM, ACM, AEM, PFA, COI, NFI | | TCM, HPM |
| Suy luận (phân tích) | Trực tiếp | | CVM, CEM, CM, RIM | |

Đối với LVS Sê San, việc xác định GTKTSDN cần có phương pháp xác định với các ràng buộc về số liệu thu thập (chi phí nhân công, chi phí vật chất), đối tượng sử dụng nước (nông nghiệp, công nghiệp, chăn nuôi, thủy điện, thủy sản) còn hạn chế nên trong nghiên cứu dựa trên các ưu nhược điểm của các phương pháp ở nghiên cứu [20] lựa chọn phương pháp (*Residual Imputation Method-RIM*) với đặc điểm sau:

Trong phương pháp số dư RIM), xác định mức đóng góp vào số sản phẩm gia tăng của mỗi nhân tố đầu vào trong quá trình sản xuất. Thông qua sức mạnh thị trường, nếu giá được ấn định hợp lý cho tất cả các đầu vào, trừ đầu vào không bao gồm nước thì phần giá trị dư lại trong tổng giá trị sản phẩm chính là giá trị của nước. Việc tìm ra giá trị của phần dư đòi hỏi hai tiên đề cơ bản: (1) Cân bằng cạnh tranh yêu cầu giá của tất cả tài nguyên phải bằng với thu nhập tại biên. Nhà sản xuất tối đa hóa thu nhập bằng cách tăng các yếu tố sản xuất cho đến khi giá trị sản phẩm biên bằng với chi phí cơ hội của các đầu vào; (2) Tổng giá trị sản phẩm có thể được chia thành nhiều phần, để mỗi tài nguyên được trả theo năng suất biên của nó và qua đó giá trị của các yếu tố đầu vào coi như chia sẻ toàn bộ tổng giá trị sản phẩm. Thuyết Euler cho biết rằng tổng giá trị sản phẩm sẽ được phân chia chính xác bởi các phần phân phối chỉ khi nào hàm tổng giá trị là tuyến tính thuần nhất [20].

Khi một quá trình sản xuất được xem xét trong đó có bốn yếu tố sản xuất cụ thể là vốn (K), lao động (L), tài nguyên thiên nhiên khác (R) và nước (W) được sử dụng để sản xuất một đầu ra duy nhất Y, thì hàm sản xuất có thể viết như sau:

$$TVP_{\gamma} = (VMPK * QK) + (VMPL * QL) + (VMPR * QR) + (VMPW * QW) \quad (1)$$

Trong đó TVP_{γ} là tổng giá trị của sản phẩm γ ; VMP là giá trị sản phẩm biên của yếu tố sản xuất; Q là số lượng của yếu tố sản xuất.

Giá trị kinh tế sử dụng nước tính bằng giá trị biên:

$$P_w = TVP_{\gamma} - [(PK * QK) + (PL * QL) + (PR * QR)]QW \quad (2)$$

Trong đó TVP_{γ} là giá trị của sản phẩm; $(PK * QK) + (PL * QL) + (PR * QR)$ là tổng chi phí sản xuất nông nghiệp; PK, QK là các giá trị vốn và số lượng ban đầu tham gia vào quá trình sản xuất ra 1 sản phẩm; PL, QL là chi phí nhân công lao động và số nhân công lao động tham gia vào quá trình sản xuất ra 1 sản phẩm; PR, QR là chi phí tài nguyên và số lượng tài nguyên tham gia vào quá trình sản xuất ra 1 sản phẩm; QW là lượng nước dùng tham gia vào quá trình sản xuất ra 1 sản phẩm.

Giá trị kinh tế sử dụng nước tính bằng giá trị trung bình (trường hợp chưa xác định được chi phí nhân công và vật chất):

$$P_w = \frac{TVP_{\gamma}}{Q_w} \quad (3)$$

Trong đó P_w là giá trị kinh tế sử dụng nước ($\$/m^3$); TVP_{γ} là giá trị của sản phẩm; Q_w là lượng nước dùng tham gia vào quá trình sản xuất ra 1 sản phẩm.

2.2.2. Xác định nguy cơ thiệt hại, rủi ro GTKTSDN các ngành

Dựa trên kết quả của bước 1 là xác định kết quả tính toán giá trị kinh tế sử dụng nước và kết quả xác định nguy cơ hạn hán, thiếu nước các ngành dựa trên kết quả tính toán tổng lượng tài nguyên nước, kết quả tính toán cân bằng nước phần 2 tỉnh thuộc lưu vực là Kon Tum và Gia Lai [24–25] sẽ xác định tổng thiệt hại giá trị kinh tế sử dụng nước các ngành tương ứng các kịch bản được xây dựng được xác định như sau:

$$L_{P_w} = LP_w * L_t \quad (4)$$

Trong đó LP_w là thiệt hại GTKTSDN (đồng); P_w là giá trị kinh tế sử dụng nước ($\$/m^3$); L_t là lượng nước thiếu (m^3).

2.3. Số liệu thu thập

- Định hướng phát triển KTXH đến 2030 các tỉnh nằm trong lưu vực;

- Nhu cầu sử dụng nước trong các giai đoạn tính toán 2017, 2030 trên lưu vực;
- Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 8641:2011 về Công trình thủy lợi–Kỹ thuật tưới tiêu nước cho cây lương thực và cây thực phẩm;
- Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 4454:2012 về Quy hoạch xây dựng nông thôn–Tiêu chuẩn thiết kế;
- Giá chi phí sản xuất và thành phẩm trên thị trường của các đối tượng sử dụng nước lưu vực Sê San: (1) Trồng trọt; (2) Chăn nuôi; (3) Thủy sản; (4) Công nghiệp;
- Niên giám thống kê Kontum, Gia Lai 2017, 2018,2019;
- Báo cáo thuyết minh quy hoạch tài nguyên nước lưu vực sông Sê San–Srê Pôk, Dự án Quản lý tổng hợp Tài nguyên nước Mê Công, 2020.

3. Kết quả và thảo luận

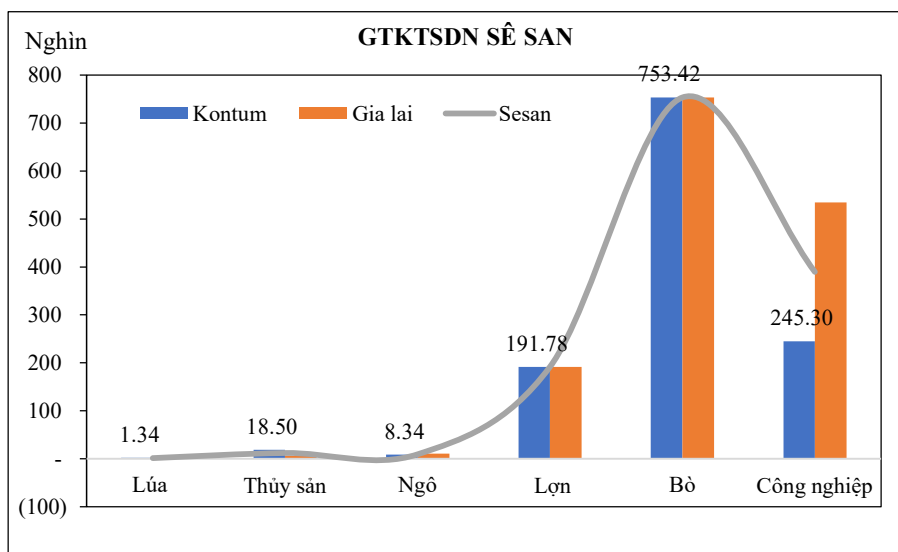
3.1. Kết quả tính toán giá trị kinh tế sử dụng nước

Việc xác định giá trị kinh tế sử dụng nước dựa trên phương pháp RIM với 2 nhóm tiếp cận: (1) Giá trị biên và (2) Giá trị trung bình như đã đề cập ở mục Phương pháp nghiên cứu. Đối với nghiên cứu này, nhóm tác giả dựa trên tình hình số liệu xác định GTKTSDN đối với các nhóm đối tượng chính bao gồm: (1) Nhóm trồng trọt gồm lúa và ngô; (2) Nhóm chăn nuôi gồm bò và lợn; (3) Nhóm thủy sản; (4) Nhóm công nghiệp.

Phương pháp được sử dụng là cách tiếp cận giá trị trung bình (do điều kiện về số liệu hạn chế của 2 tỉnh) đối với toàn bộ các đối tượng sử dụng nước để từ đó đưa ra mẫu chung về giá trị kinh tế sử dụng nước, công bằng trong việc xác định các ngành mang lại giá trị sản xuất trong đó có sử dụng nước hiệu quả.

Bảng 2. Kết quả GTKTSDN của các đối tượng dùng nước trên lưu vực sông Sê San (Đơn vị: đồng/m³).

| GTKTSDN | Lúa | Thủy sản | Ngô | Lợn | Bò | Công nghiệp |
|-----------|----------|-----------|-----------|------------|------------|-------------|
| Kontum | 1.339,22 | 18.495,30 | 8.336,10 | 191.780,82 | 753.424,66 | 245.300,06 |
| Gia Lai | 1.728,62 | 5.765,77 | 10.400,00 | 191.780,82 | 753.424,66 | 534.234,76 |
| LV Sê San | 1.533,92 | 12.130,53 | 9.368,05 | 191.780,82 | 753.424,66 | 389.767,41 |



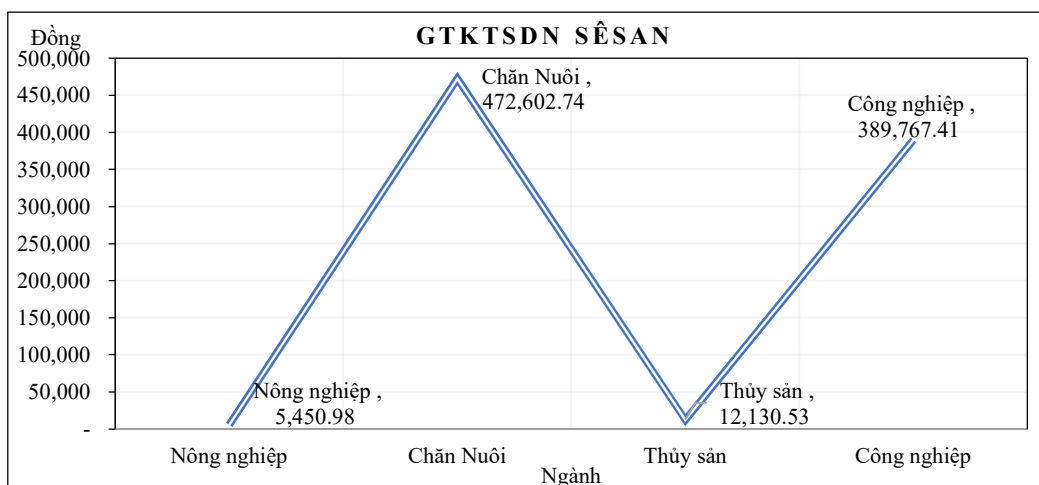
Hình 2. GTKTSDN các đối tượng dùng nước trên LVS Sê San.

Giá trị kinh tế đối với nông nghiệp và chăn nuôi được xác định tương ứng giá trung bình của 2 đối tượng bên trong như sau:

Bảng 3. Kết quả GTKTSDN đại diện các ngành trên lưu vực sông Sê San (Đơn vị: đồng/m³).

| GTKTSDN | Nông nghiệp | Chăn nuôi | Thủy sản | Công nghiệp |
|------------|-------------|------------|-----------|-------------|
| LVS Sê San | 5.450,98 | 472.602,74 | 12.130,53 | 389.767,41 |

Có thể nhận thấy xu hướng ở thời điểm gần đây đối với lưu vực sông Sê San là phát triển công nghiệp và chăn nuôi dựa trên nhu cầu sử dụng nước các ngành làm căn cứ. nông nghiệp với GTKTSDN chăn nuôi đạt 472.602,74 đ/m³, sau đó là công nghiệp với 389.767,41 đ/m³.



Hình 3. GTKTSDN đại diện các ngành trên LVS Sê San.

Bảng 4. Các thành phần xác định giá trị kinh tế sử dụng nước lưu vực sông Sê San tham chiếu [25–27].

| Lúa | | | | | |
|------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Địa phương | Sản lượng (tấn) | Giá (triệu/tấn) | Diện tích (ha) | Giá trị sản xuất (triệu đồng) | Tổng lượng nước (m ³) |
| Kontum | 91.010,00 | 6,00 | 23.985,00 | 546.060,00 | 407.745.000,00 |
| Gia lai | 354.583,00 | 6,00 | 72.397,00 | 2.127.498,00 | 1.230.749.000,00 |
| Thủy sản | | | | | |
| Địa phương | Sản lượng (tấn) | Giá (triệu/tấn) | Diện tích (ha) | Giá trị sản xuất (triệu đồng) | Tổng lượng nước (m ³) |
| Kontum | 4.425,00 | 40,00 | 638,00 | 177.000,00 | 9.570.000,00 |
| Gia lai | 2.400,00 | 40,00 | 1.110,00 | 96.000,00 | 16.650.000,00 |
| Ngô | | | | | |
| Địa phương | Sản lượng (tấn) | Giá (triệu/tấn) | Diện tích (ha) | Giá trị sản xuất (triệu đồng) | Tổng lượng nước (m ³) |
| Kontum | 24.856,00 | 5,20 | 6.202,00 | 129.251,20 | 15.505.000,00 |
| Gia lai | 15.630,00 | 5,20 | 3.126,00 | 81.276,00 | 7.815.000,00 |
| Lợn | | | | | |
| Địa phương | Sản lượng (tấn) | Giá (triệu/tấn) | Giá trị sản xuất (triệu đồng) | Tổng lượng nước (m ³) | |
| Kontum | 132.880,00 | 13.288,00 | 35,00 | 465.080,00 | |
| Gia lai | 85.000,00 | 8.500,00 | 35,00 | 297.500,00 | |
| Bò | | | | | |
| Địa phương | Sản lượng (tấn) | Giá (triệu/tấn) | Giá trị sản xuất (triệu đồng) | Tổng lượng nước (m ³) | |
| Kontum | 395.000,00 | 98.750,00 | 110,00 | 10.862.500,00 | |
| Gia lai | 77.880,00 | 19.470,00 | 110,00 | 2.141.700,00 | |

| Công nghiệp | | | |
|-------------|----------------------------|----------------|-----------------------------------|
| Địa phương | Giá trị sản xuất (tỉ đồng) | Diện tích (ha) | Tổng lượng nước (m ³) |
| Kontum | 4.524,43 | 631,66 | 18.444.472,00 |
| Gia lai | 18.080,00 | 1159 | 33.842.800,00 |

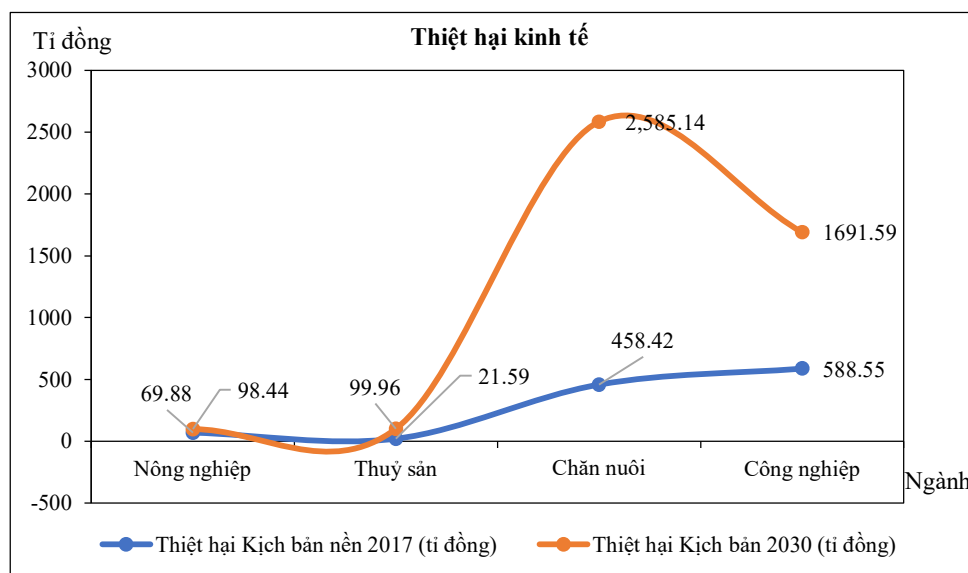
3.2. Kết quả tính toán nguy cơ thiệt hại, rủi ro GTKTSDN các ngành

Kết quả tính toán xác định thiệt hại về GTKTSDN giai đoạn nền 2017 và kịch bản 2030 trong tương lai trong điều kiện thiếu nước được thể hiện chi tiết trong bảng 5. Dựa trên kết quả cân bằng nước xác định lượng nước thiếu và giá trị kinh tế sử dụng nước các ngành đã được tính toán trong đó. Trong điều kiện nguồn nước đáp ứng đủ cho các nhu cầu các ngành được cấp đủ 100%, tuy nhiên, trong điều kiện thiếu nước thì vấn đề sử dụng nước phải được xem xét và quyết định bởi nhà quản lý dựa trên thiệt hại về kinh tế các ngành sử dụng nước trong sinh hoạt và sản xuất.

Đối với kịch bản nền 2017 đối tượng thiệt hại về kinh tế khi thiếu nước đứng đầu là công nghiệp với 588,55 tỉ đồng, tiếp sau là chăn nuôi, nông nghiệp và thủy sản tương ứng là 458,42; 69,88; 21,59 tỉ đồng, Kết quả cho thấy kịch bản nền tập trung cấp nước cho khu công nghiệp và chăn nuôi. Đối với kịch bản định hướng 2030 đối tượng thiệt hại về kinh tế khi thiếu nước đứng đầu là chăn nuôi với hơn 2.585,14 tỉ đồng, tiếp sau là công nghiệp, thủy sản và nông nghiệp tương ứng là 1.691,59; 99,96 và 98,44 tỉ đồng. Kết quả cho thấy định hướng phát triển chăn nuôi và công nghiệp là lớn, sự phụ thuộc vào nguồn nước và lượng nước cấp cho thấy giá trị khi hạn hán, thiếu nước xảy ra.

Bảng 5. Kết quả thiệt hại, rủi ro về GTKTSDN các ngành theo các kịch bản.

| TT | Ngành sử dụng | Nhu cầu nước 2017 (triệu m ³) | Lượng thiếu hụt kịch bản 2017 (triệu m ³) | Thiệt hại kinh tế 2017 (tỉ đồng) | Nhu cầu nước 2030 (triệu m ³) | Lượng thiếu hụt kịch bản 2030 (triệu m ³) | Thiệt hại kinh tế 2030 (tỉ đồng) |
|----|---------------|---|---|----------------------------------|---|---|----------------------------------|
| 1 | Nông nghiệp | 503,87 | 12,82 | 69,88 | 673,56 | 18,06 | 98,44 |
| 2 | Thủy sản | 12,01 | 1,78 | 21,59 | 44,60 | 8,24 | 99,96 |
| 3 | Chăn nuôi | 7,64 | 0,97 | 458,42 | 65,73 | 5,47 | 2.585,14 |
| 4 | Công nghiệp | 82,57 | 1,51 | 588,55 | 198,99 | 4,34 | 1.691,59 |



Hình 4. Thiệt hại kinh tế các ngành do hạn hán, thiếu nước gây ra.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã tiến hành nghiên cứu theo dạng bước thực hiện cho thấy quy trình cảnh báo nguy cơ cạn kiệt, thiếu nước phục vụ quản lý tài nguyên nước dựa trên phương pháp RIM tính toán giá trị kinh tế sử dụng nước các ngành, xác định nguy cơ thiệt hại về kinh tế và đưa ra vai trò của cảnh báo hạn hán, thiếu nước.

Nghiên cứu đã xác định trị kinh tế sử dụng nước của các đối tượng sử dụng nước chính để xác định nguy cơ thiệt hại kinh tế khi hạn hán, thiếu nước trên lưu vực với 5 đối tượng chính: (1) Nông nghiệp (Lúa + Ngô); (2) Chăn nuôi (Bò + Lợn); (3) Thủy sản; (4) Công nghiệp với kết quả GTKTSDN cho chăn nuôi là cao nhất tương ứng 472.602,74 đồng/m³ với đặc thù sử dụng nước hiệu quả và giá thành thịt hơi cao, tiếp sau đó là công nghiệp với 389.767,41 đồng/m³ với đặc thù sử dụng nước khá hiệu quả với giá trị sản xuất cao, Thủy sản thứ 3 với 12.130,53 đồng/m³ với diện tích đang nuôi không lớn, sau cùng với đặc thù giá thành bán không cao và lượng nước sử dụng lớn với GTKTSDN hơn 5.450,98 đồng/m³ của nông nghiệp.

Trên cơ sở giá trị kinh tế sử dụng nước và lượng nước thiếu dựa trên 2 kịch bản cân bằng nước tính toán thiệt hại, rủi ro giá trị kinh tế nước xác định đối với : (1) Kịch bản nền 2017 đứng đầu là công nghiệp với 588,55 tỉ đồng, tiếp sau là chăn nuôi, nông nghiệp và thủy sản tương ứng là 458,42; 69,88; 21,59 tỉ đồng; (2) Kịch bản định hướng 2030 đối tượng thiệt hại về kinh tế khi thiếu nước đứng đầu là chăn nuôi với hơn 2585,14 tỉ đồng, tiếp sau là công nghiệp, thủy sản và nông nghiệp tương ứng là 1691,59; 99,96; 98,44 tỉ đồng.

Kết quả nghiên cứu đề xuất quy định kỹ thuật cảnh báo nguy cơ cạn kiệt, thiếu nước mặt phục vụ quản lý tài nguyên nước hiệu quả dựa trên giá trị kinh tế sử dụng nước các đối tượng chính sau đó áp dụng thử nghiệm lưu vực sông Sê San đã cho thấy được vai trò của cảnh báo hạn hán, thiếu nước sẽ là vấn đề cần tập trung ngay tại hiện tại và về sau đối với các ngành dùng nước dựa trên GTKTSDN cần mở rộng các đối tượng để có bức tranh tổng quan và chi tiết về giá trị của nước đối với toàn bộ các ngành: thủy điện, môi trường, nước thải,... Do vậy, cần có những nghiên cứu mới xác định các yếu tố liên hệ giữa nước và các đối tượng sử dụng nước nhằm mở ra những kết quả mới về phát triển nước bền vững như Chính phủ đã đề ra.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: L.T.M.V., N.H.A.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: L.V.M.V., N.H.A., B.T.B.N., T.V.H.; Thu thập, phân tích, tính toán xử lý số liệu: N.H.A., T.V.H.; Viết bản thảo bài báo: N.H.A., B.T.B.N., L.T.M.V., D.Q.T.; Chính sửa bài báo: N.H.A., B.T. B.N., L.T.M.V., D.Q.T.

Lời cảm ơn: Bài báo được hoàn thành dựa trên kết quả nghiên cứu đề tài cấp bộ “Nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn nhằm đề xuất bổ sung, hoàn thiện quy định về cảnh báo, dự báo TNN”, mã số TNMT.2018.02.06.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Vân, L.T.M. Nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn nhằm đề xuất bổ sung, hoàn thiện quy định về dự báo, cảnh báo tài nguyên nước. Đề tài cấp bộ Mã số: TNMT.2018.02.06
2. Cục Thông tin khoa học và công nghệ quốc gia. Quản lý tài nguyên nước tổng hợp – Tình hình quản lý tài nguyên nước tại Việt Nam, 2015.

3. Kasbohm, J.; Grothe, S.; Steingrube, W.; Lài, L.T.; Ngân, L.Đ.; Hồng, N.T.; Oanh, L.T.K.; Hương, N.Q. Integrated water resources management (iwrn) - an introduction. *J. Geol. B* **2009**, *33*, 3–14.
4. Ward, F.A.; Michelsen, A. The economic value of water in agriculture: concepts and policy applications. *Water Policy* **2002**, *4(5)*, 423–446.
5. Young, R.A. (Eds.). Determining the Economic Value of Water Concepts and Methods. Taylor & Francis, New York, 2014, 358. <https://doi.org/10.4324/9780203784112>.
6. Dar, A.A.; Shah, H.A. Economic value of water resources of South Kashmir, India. *Int. Res. J. Social Sci.* **2021**, *10(2)*, 27–29.
7. Ma, M.; Gao, S.; Lu, Y.; Yao, Y. Economic value of agricultural water use for Arizona. *Int. J. Electr. Eng. Educ.* **2021**. <https://doi.org/10.1177/0020720920984685>.
8. Park, S.Y.; Yoo, S.H. Economic Value of Water in the Korean Manufacturing Industry. *Water Resour. Manage.* **2012**, *58(1)*, 403–407.
9. Lowe, B.; Oglethorpe, D.; Choudhary, S. Dataset on the in-stream and off-stream economic value of water. *Data Brief* **2020**, *30*, 105434.
10. Aubuchon, C.P.; Morley, K.M. The Economic Value of Water: Providing Confidence and Context to FEMA’s Methodology. *J. Homeland Secur. Emergency Manage.* **2013**, *10(1)*, 2194.
11. Schnegg, M.; Kiaka, R. The economic value of water: The contradictions and consequences of a prominent development model in Namibia. *Econ. Anthropol.* **2019**, *6(2)*, 264–276.
12. Adelman, H.R.; Bloomgren, P.A. The economic value of water. Prepared for the Legislative Commission on Minnesota Resources. Minnesota Department of Natural Resources, Division of Waters, 1987, pp, 22.
13. Kulshreshtha, S.N.; Brown, W.J. The economic value of water for irrigation: a historical perspective. *Can. Water Resour. J.* **1990**, *15(3)*, 201–215.
14. Hội đồng Quốc gia về tài nguyên nước. Tổng quan ngành nước Việt Nam, 2008.
15. Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam. Nghiên cứu ứng dụng mô hình phân tích kinh tế GAMS trong đánh giá tài nguyên nước, thử nghiệm cho lưu vực sông Lá Buông, 2009.
16. Cục Quản lý tài nguyên nước. Nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn định giá trị tài nguyên nước cho ngành nông nghiệp, sinh hoạt, thủy điện và một số ngành công nghiệp chính trên lưu vực sông Hương, 2010.
17. Khiêm, Đ.V. và cs. Tính toán cầu và giá trị kinh tế của nước tưới. Trường Đại học Thủy Lợi, 2012.
18. VNMC. Giới thiệu về lưu vực sông Sê San–Srê Pôk. [https://vnmc.gov.vn/luu-vuc-song-se-san-Srê Pôk/](https://vnmc.gov.vn/luu-vuc-song-se-san-Srê-Pok/).
19. Báo cáo thuyết minh quy hoạch tài nguyên nước lưu vực sông Sê San – Srê Pôk. Dự án Quản lý tổng hợp Tài nguyên nước Mê Công, 2020.
20. Hà, N.N. Nghiên cứu phương pháp ước tính giá trị kinh tế sử dụng nước trong quy hoạch tài nguyên nước, áp dụng thử nghiệm cho lưu vực sông Vệ. Đề tài cấp bộ Mã số: TNMT.2016.02.49, 2016.
21. Birol, E.; Karousakis, K.; Koundouri, P. Economic valuation techniques to inform water resources management: A survey and critical appraisal of available techniques and an application. 2006.

22. Dixon, J.A.; Carpenter, R.A.; Fallon, L.A.; Sherman, P.B.; Manipomoke, S. (Eds.). Economic Analysis of the Environmental Impacts of Development Projects. Routledge, London, UK, 2013, pp. 148. <https://doi.org/10.4324/9781315066240>.
23. Knowler, D.; Strand, I.; Barbier, E.B. An Economic Analysis of Black Sea Fisheries and Environmental Management. Final Report, The Black Sea Environment Programme, The World Bank/UNEP Global Environmental Facility, Istanbul, Rome. 1997.
24. Báo cáo thuyết minh quy hoạch tài nguyên nước lưu vực sông Sê San–Srê Pôk. Dự án Quản lý tổng hợp Tài nguyên nước Mê Công. 2020.
25. Haskoning DHV Vietnam. Mô hình mô phỏng lưu vực 2S–Mike Hydro Basin (Dự án Quản lý Tổng hợp Tài nguyên nước sông Mê Công), 2019.
26. Kontum. Niên giám thống kê năm 2017, 2018, 2019.
27. Gia Lai. Niên giám thống kê 2017, 2018, 2019.

Research and propose a process to warn of the risk of water depletion and shortage for effective water resource management based on the economic value of water use

Le Thi Mai Van^{1*}, Nguyen Hung Anh¹, Doan Quang Tri², Bui Thi Bich Ngoc¹, Truong Van Hung¹

¹ National Center for Water Resources Planning and Investigation;
lethimaivantnn@gmail.com; hunganhtnn@gmail.com; bichngoc209hunre@gmail.com;
truongvanhung888@gmail.com

² Vietnam Journal of Hydrometeorology, Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration; doanquangtrikttv@gmail.com

Abstract: The risk of water depletion and lack of water is a hot issue in every country in the world and in Vietnam. The warning, forecasting and management of water resources are the basis for identifying risks and providing solutions in managing and using water effectively. The study is based on the RIM method and identifies the risk of economic damage to water-using industries in the context of drought and water shortage based on warnings about water resources in the Sesan River basin. Results of determination of economic value of water use (Economic value of water): Animal husbandry 472,602.74 VND/m³; Industry 389,767.41 VND/m³; Seafood 12,130.53 VND/m³; Agriculture 5,450.98 VND/m³. Determining economic losses and risks of water use with the scenario in 2030, livestock is the leading with more than 2,585.14 billion VND, followed by industry, fisheries and agriculture, respectively, 1,691.59; 99.96; 98.44 billion VND/year. The process of warning about the risk of water depletion and lack of water for effective management of water resources based on the economic value of water use greatly supports the effective management and planning of water resources.

Keywords: Economic value of water use; Water Resources; Warning about the risk of water shortage; Drought and lack of water.

Đánh giá chất lượng nước sông Lá Buông bằng phương pháp thống kê đa biến theo không gian và thời gian

Trần Đức Dũng^{1*}, Nguyễn Quốc Quân¹, Nguyễn Thị Thanh Huệ¹, Phạm Luân¹

¹ Trung tâm Quản lý Nước và Biến đổi khí hậu, Viện Môi Trường và Tài Nguyên, Đại học Quốc Gia TP HCM; dungtranducvn@yahoo.com; quocquannguyen1987@gmail.com; nguyen.tt.hue@gmail.com; hongluanosgeo@gmail.com

*Tác giả liên hệ: dungtranducvn@yahoo.com; Tel.: +84-902007905

Ban Biên tập nhận bài: 26/7/2021; Ngày phản biện xong: 24/8/2021; Ngày đăng bài: 25/11/2021

Tóm Tắt: Sông Lá Buông là chi lưu lớn nằm bên bờ hữu sông Đồng Nai, hoạt động kinh tế của lưu vực này khá đa dạng, từ các hoạt động nông nghiệp, chăn nuôi ở phía thượng lưu cho đến phát triển công nghiệp, dịch vụ ở phía hạ lưu. Tuy nhiên, chính sự phát triển kinh tế xã hội đã gây ra ô nhiễm nước mặt do các hoạt động công nghiệp và nông nghiệp. Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm đánh giá chất lượng nước mặt sông Lá Buông, sử dụng phương pháp thống kê đa biến, phân tích các thành phần chính dựa trên các chỉ tiêu chất lượng nước theo không gian và thời gian. Số liệu quan trắc chất lượng nước giai đoạn 2010-2017 được chuẩn hóa và xử lý loại bỏ những giá trị bất thường sử dụng phép kiểm định Shapiro-Wilk và kiểm định phi tham số Wilcoxon signed-rank, trước khi được sử dụng để phân tích. Kết quả chỉ ra rằng nguồn nước sông Lá Buông trong cả mùa khô và mùa mưa bị ô nhiễm cục bộ các chất dinh dưỡng, vi sinh (E. coli, Coliform, N-NH₄) tại khu vực thượng nguồn do hoạt động chăn nuôi; ô nhiễm các chất vô cơ và hữu cơ (BOD₅, COD, Fe, N-NH₄, N-NO₂, TSS, độ đục) từ nước thải sinh hoạt và công nghiệp tại khu vực trung lưu và hạ lưu. Kết quả nghiên cứu giúp đánh giá hiện trạng chất lượng nước sông Lá Buông nhằm đưa ra các giải pháp góp phần bảo vệ nguồn nước mặt của toàn lưu vực hướng đến phát triển bền vững.

Từ khóa: Ô nhiễm; Quan trắc; Thống kê; Phân tích; Thành phần chính.

1. Đặt vấn đề

Đồng Nai là tỉnh có lượng mưa trung bình năm tương đối lớn, dao động trong khoảng 1700–2800 mm/năm [1]; dòng chính sông Đồng Nai có nguồn nước dồi dào, có khả năng đáp ứng các nhu cầu sử dụng nước phục vụ phát triển kinh tế - xã hội của tỉnh. Tuy nhiên, gần một nửa diện tích của tỉnh nằm xa dòng chính sông Đồng Nai, do đó khi nhu cầu sử dụng nước ngày càng lớn do dân số tăng và quá trình nông nghiệp và công nghiệp hóa ngày càng phát triển thì việc khai thác hợp lý nguồn nước mặt từ các sông suối lưu vực và bảo vệ môi trường rất cần thiết [2]. Lưu vực sông Lá Buông nằm trọn trong địa phận tỉnh Đồng Nai, bao gồm một số phường/xã thuộc thành phố Biên Hoà, thị xã Long Khánh và các huyện Long Thành, Trảng Bom, Thống Nhất, Cẩm Mỹ (Hình 1). Lưu vực này không những đóng vai trò lớn trong việc điều tiết, cung cấp nguồn nước cho các thành phố và huyện phụ thuộc, mà còn là một trong những vùng có tiềm năng phát triển kinh tế xã hội lớn của tỉnh về nhiều mặt. Là lưu vực có phân bố dân cư phù hợp để phát triển kinh tế xã hội, tỉnh Đồng Nai đã đầu tư xây dựng các khu công nghiệp tập trung quy mô lớn, và bố trí sản xuất nông nghiệp đạt hiệu quả kinh tế cao kết hợp với phát triển du lịch và dịch vụ [3]. Mặc dù vậy, môi trường nước mặt

trên lưu vực sông Lá Buông đang đứng trước nguy cơ ô nhiễm nghiêm trọng do những hoạt động phát triển trong những năm gần đây, đặc biệt là các đoạn sông chảy qua các vùng công nghiệp và khu dân cư tập trung.

Hiện nay đã có khá nhiều nghiên cứu sử dụng chỉ số đánh giá chất lượng nước (WQI), nhưng rất ít nghiên cứu phân tích đa biến về chất lượng nước sông Lá Buông theo không gian và thời gian để đánh giá tổng thể về hiện trạng môi trường nước trên sông. Việc phân tích theo hệ thống sẽ tạo cơ sở giúp đưa ra các biện pháp quản lý, bảo vệ nguồn nước trên lưu vực phù hợp với điều kiện phát triển bền vững không những cho các huyện vùng thuộc lưu vực, mà còn cho sự phát triển chung của tỉnh Đồng Nai [4]. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp phân tích thống kê đa biến mà cụ thể là phân tích thành phần chính (PCA), dựa trên chuỗi số liệu quan trắc giai đoạn 2010–2017 để xác định các thành phần chính tác động đến chất lượng nước từ mười lăm thông số quan trắc, bao gồm nhiệt độ, pH, độ đục, EC, DO, TSS, COD, BOD₅, N-NH₄, N-NO₂, N-NO₃, P-PO₄, Fe, E. Coli, và Coliform. Cùng với kết quả phân tích, nhóm nghiên cứu cũng dựa trên thông tin lược khảo tài liệu và quan sát khảo sát thực tế, để giải thích những nguồn ô nhiễm thực tế, và xác định các thành phần chính ảnh hưởng đến chất lượng nước mặt trên sông.

2. Phương pháp nghiên cứu và thu thập dữ liệu

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Sông Lá Buông với tổng chiều dài khu vực nghiên cứu khoảng hơn 56 km, được chia làm hai phần, (i) khu vực không có ảnh hưởng triều, dòng chảy 1 chiều, khu vực thượng lưu cầu sông Lá Buông (Quốc lộ 51) và (ii) khu vực có ảnh hưởng triều, khu vực hạ lưu cầu sông Lá Buông, kéo dài đến ngã ba hợp lưu với sông Đồng Nai. Sông Lá Buông có nguồn từ suối Đá Bàn trên cao nguyên An Lộc (Long Khánh) ở độ cao hơn 200 m, và vùng rừng núi thuộc nông trường Ông Quế (Hình 1). Ở thượng nguồn hai suối Gia Dách và suối Cam hợp với nhau thành suối Nhạn, xuôi về trung lưu suối Nhạn được suối Sáu và suối Cải Hao nhập vào trở thành sông Nhạn tại khu vực xã An Viễn. Ở hạ lưu sau khi nhập với rạch Bến Gỗ ở Long Hưng chảy qua ấp Phước Chân nhập vào sông Đồng Nai ở ngã ba Láng Lùn, xã Tam Phước. Đoạn từ An Viễn về đến cửa sông có tên là Lá Buông hoặc được gọi khác là sông Buông. Dòng chính của sông có chiều dài từ nguồn đến cửa sông là 52 km, chảy theo hướng Đông sang Tây, với diện tích lưu vực: khoảng 264 km², trải dài trong miền đón gió mùa Tây Nam, lượng mưa phong phú, trung bình 1800 mm/năm, độ dốc bình quân 5,3‰, hàng năm cung cấp cho sông Đồng Nai lượng nước khoảng $0,23 \times 10^9$ m³. Modul dòng chảy bình quân năm $M = 28,3$ l/s/km² [5].

2.2. Dữ liệu sử dụng

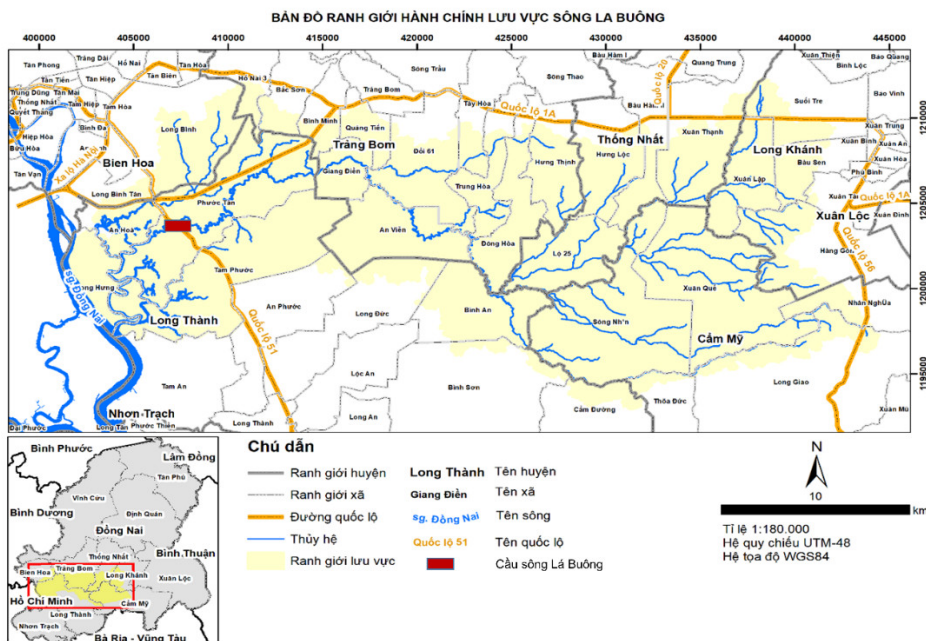
Thu thập dữ liệu quan trắc chất lượng nước mặt giai đoạn 2010–2017 tại 7 trạm quan trắc tự động dọc theo lưu vực sông Lá Buông (Hình 2). Cụ thể trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Vị trí và thời gian lấy mẫu chất lượng nước

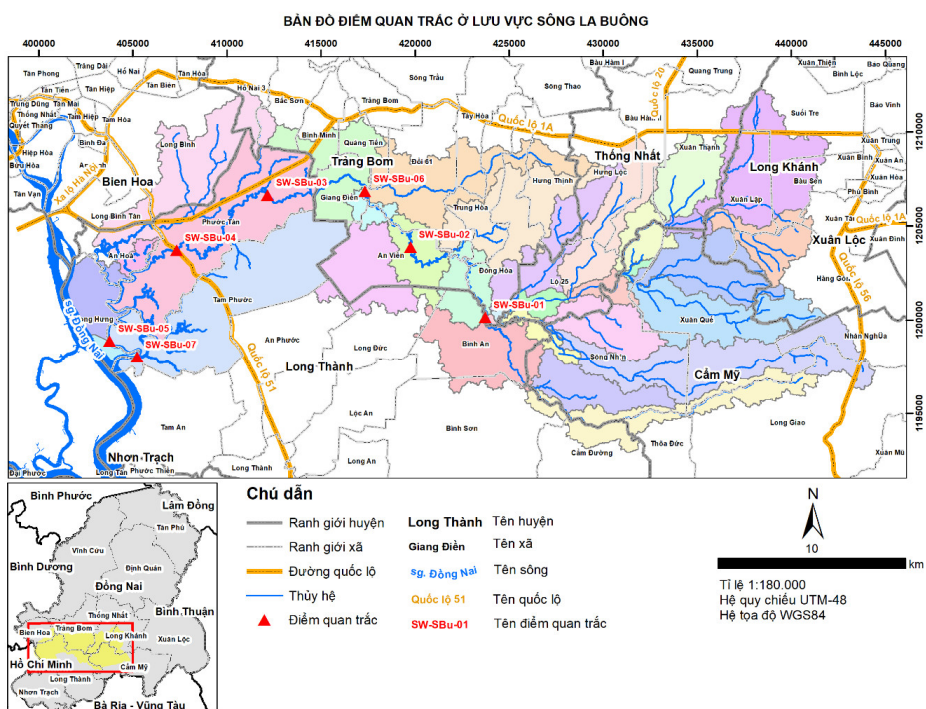
| STT | Vị trí lấy mẫu | Thời gian lấy mẫu (năm) |
|-----|----------------|-------------------------|
| 1 | SW-SBu-01 | 2010–2017 |
| 2 | SW-SBu-02 | 2010–2017 |
| 3 | SW-SBu-03 | 2010–2013 |
| 4 | SW-SBu-04 | 2010–2017 |
| 5 | SW-SBu-05 | 2012–2013 |
| 6 | SW-SBu-06 | 2012–2017 |
| 7 | SW-SBu-07 | 2016–2017 |

Trong đó:

- Năm 2010: lấy mẫu 6 đợt (tháng 2, 4, 6, 7, 12);
- Năm 2011, 2012, 2013: lấy mẫu 6 đợt (tháng 2, 4, 6, 8, 10, 12);
- Năm 2014: lấy mẫu 5 đợt (tháng 2, 4, 6, 8, 10);
- Năm 2015: lấy mẫu 6 đợt (tháng 1, 2, 4, 6, 8, 10);
- Năm 2016: lấy mẫu 6 đợt (tháng 2, 4, 6, 8, 10, 12);
- Năm 2017: lấy mẫu 2 đợt (tháng 2, 4). Thông số giám sát: pH, độ đục, EC, TSS, DO, BOD₅, COD, N-NH₄⁺, Độ mặn, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻, P-PO₄³⁻, As, Pb, Zn, Fe, Tổng dầu mỡ, Phenol, Aldrin, Endosulfan, Heptachlor, Paration, E. Coli và Coliform.



Hình 1. Lưu vực sông Lá Buông.



Hình 2. Vị trí các trạm quan trắc.

2.3. Phương pháp phân tích

Hiện nay có rất nhiều phương pháp sử dụng để phân tích thành phần chính (PCA) [6–9]. Trong đó, để thực hiện PCA thì cần nhiều phương pháp thống kê xử lý số liệu. Nghiên cứu này sử dụng các phương pháp khác nhau trong phân tích số liệu, có thể phân thành 04 giai đoạn:

Giai đoạn 1: Phân tích thống kê mô tả với các tính toán giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của hàm lượng các thông số chất lượng nước trong 2 mùa mưa (các tháng 6, 7, 8, 10) và khô (các tháng 12, 1, 2, 4) được thực hiện sau khi đã loại bỏ các giá trị ngoại lai/dị biệt (outliers) trong dữ liệu của từng thông số sử dụng phương pháp Khoảng tứ phân vị (IQR) [10–11]. Giai đoạn này cũng thực hiện chuẩn hóa dữ liệu để chuẩn bị cho giai đoạn 2.

Giai đoạn 2: Để lựa chọn phép kiểm định phù hợp cho việc đánh giá ý nghĩa thống kê của sự khác biệt chất lượng nước theo từng thông số giữa hai mùa, trước hết cần kiểm định phân phối chuẩn của dữ liệu chất lượng nước trong 2 mùa bằng cách sử dụng phép kiểm định Shapiro–Wilk. Sau đó, phép kiểm định phi tham số Wilcoxon signed–rank được sử dụng để so sánh và đánh giá ý nghĩa thống kê của sự khác biệt chất lượng nước theo từng thông số giữa hai mùa [12–13].

Giai đoạn 3: Phân tích tương quan Pearson, ma trận tương quan và các tính toán trị số p để đánh giá ý nghĩa thống kê của các tương quan được thực hiện để xác định sự tương quan giữa các thông số chất lượng nước trong mùa khô và mùa mưa [14].

Giai đoạn 4: Phân tích đa biến được sử dụng để xác định mối quan hệ giữa dữ liệu chất lượng nước tại 7 vị trí quan trắc. Nghiên cứu này áp dụng phân tích thành phần chính (PCA) nhằm xác định mối quan hệ không gian và thời gian của các biến chất lượng nước. Phân này sẽ được trình bày chi tiết trong nội dung bài báo.

Phân tích thành phần chính là một kỹ thuật phân tích biến đổi được nhiều nghiên cứu ứng dụng. Thuật toán này lần đầu tiên được giới thiệu bởi Pearson [15]. Ý tưởng chính của thuật toán phân tích thành phần chính là giảm chiều của tập dữ liệu có sự tương quan lớn giữa các biến. Bản chất của phương pháp phân tích thành phần chính là một thuật toán thống kê toán học nhằm biến đổi tập dữ liệu đa biến tương quan vào trong một tập dữ liệu đa biến không tương quan – còn được gọi là các thành phần chính.

Phân tích PCA là một kỹ thuật giảm biến, được sử dụng để hiểu các mối quan hệ cơ bản giữa các biến. Việc giảm biến sẽ giúp trích xuất thông tin về các thông số có ý nghĩa nhất mô tả toàn bộ tập dữ liệu mà không làm mất thông tin gốc. Kết quả phân tích PCA cung cấp các thông tin mà các phân tích thống kê mô tả đơn giản không thể cung cấp, trong đó quan trọng nhất là các xu hướng chính hiện diện trong ma trận dữ liệu. Kỹ thuật PCA liên quan đến việc biến đổi các biến tương quan ban đầu trong dữ liệu gốc thành các thành phần chính trực giao không tương quan (PC), trong đó các thành phần chính (PC) là sự kết hợp tuyến tính của các biến tương quan ban đầu như được trình bày trong công thức bên dưới:

$$PC_i = a_{1i}X_1 + a_{2i}X_2 + \dots + a_{ni}X_n \quad (1)$$

Trong đó PC_i là thành phần chính i và a_{ji} là tải thành phần (hệ số tương quan) của biến ban đầu x .

Tổng số PC được trích xuất từ PCA cho biết tổng số các nguồn biến đổi có thể có trong tập dữ liệu. PC đầu tiên có giá trị riêng cao nhất và đại diện cho nguồn biến đổi quan trọng nhất trong bộ dữ liệu. PC cuối cùng ít biến động nhất trong bộ dữ liệu. Dữ liệu đầu vào của PCA được chuẩn hóa về thang 0–1 để đồng bộ giữa biến (thông số chất lượng nước).

2.4. Phần mềm hỗ trợ phân tích số liệu

Dữ liệu ban đầu được tổng hợp bằng phần mềm Excel (Microsoft Office). Phần mềm R phiên bản 4.0.4 được sử dụng để phân tích dữ liệu theo các hình ảnh phân tích đa biến và

thành phần chính, kết hợp bảng biểu. Phần mềm ArcGIS 10.3 được sử dụng phân tích dữ liệu không gian và xây dựng các bản đồ.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Thống kê mô tả các thông số chất lượng nước trong mùa khô và mùa mưa

Do các thông số As, Pb, Zn, Dầu mỡ, Phenol, Heptachlor có các giá trị quan trắc thấp hơn rất nhiều lần so với quy chuẩn chất lượng nước mặt (QCVN 08-MT:2015/BTNMT) cột A2 (dùng cho mục đích cấp nước sinh hoạt nhưng phải dùng công nghệ xử lý phù hợp hoặc dùng cho các mục đích khác với yêu cầu chất lượng nước thấp) các thông số Endrin, Endosulfan, Paration có các giá trị quan trắc rất thấp và không được quy định giá trị ngưỡng trong quy chuẩn, thông số Độ mặn có các giá trị quan trắc dao động trong khoảng hàm lượng bình thường đối với nước mặt (0,5‰ hoặc thấp hơn [5]) nên các thông số này không được phân tích thêm trong phần này. Kết quả tính toán được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của hàm lượng các thông số chất lượng nước trong hai mùa.

| STT | Thông số | Đơn vị | Giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn | |
|-----|-------------------|------------|------------------------------------|---------------------|
| | | | Mùa khô | Mùa mưa |
| 1 | Nhiệt độ | °C | 28,431 ± 1,641 | 28,925 ± 1,327 |
| 2 | pH | - | 7,055 ± 0,453 | 6,96 ± 0,381 |
| 3 | Độ đục | NTU | 14,994 ± 12,913 | 59,378 ± 43,791 |
| 4 | EC | µS/cm | 155,845 ± 48,66 | 166,496 ± 41,59 |
| 5 | DO | mg/l | 5,684 ± 1,69 | 6,198 ± 1,118 |
| 6 | TSS | mg/l | 19,365 ± 18,879 | 67,101 ± 50,702 |
| 7 | COD | mg/l | 13,423 ± 7,432 | 18,471 ± 8,12 |
| 8 | BOD ₅ | mg/l | 4,936 ± 2,21 | 5,848 ± 2,486 |
| 9 | N-NH ₄ | mg/l | 0,543 ± 0,569 | 0,435 ± 0,386 |
| 10 | N-NO ₂ | mg/l | 0,141 ± 0,15 | 0,231 ± 0,236 |
| 11 | N-NO ₃ | mg/l | 1,44 ± 0,822 | 1,937 ± 1,441 |
| 12 | P-PO ₄ | mg/l | 0,451 ± 0,285 | 0,471 ± 0,222 |
| 13 | Fe | mg/l | 1,458 ± 0,805 | 6,665 ± 5,074 |
| 14 | E. coli | MPN/100 ml | 1622,936 ± 2490,5 | 1943,341 ± 2137,025 |
| 15 | Coliform | MPN/100 ml | 11496,54 ± 14533,5 | 14485,22 ± 11467,58 |

Kết quả trong Bảng 2 cho thấy một số thông số có giá trị trung bình không chênh lệch nhiều giữa hai mùa trong khi đó một số thông số khác lại có các giá trị trung bình biến động mạnh giữa hai mùa (Độ đục, TSS, COD, Fe, E. Coli, Coliform). Để xác định liệu những khác biệt này là do các yếu tố ngẫu nhiên của số liệu hay thật sự là do sự khác biệt trong chất lượng nước giữa hai mùa (do ảnh hưởng của nước mưa, các dòng chảy tràn, sự rửa trôi đất đá, các đặc trưng dòng chảy theo mùa, đặc tính nước thải theo mùa...) cần thực hiện đánh giá ý nghĩa thống kê của sự khác biệt chất lượng nước theo từng thông số giữa hai mùa như được trình bày sau đây.

3.2. Đánh giá ý nghĩa thống kê của sự khác biệt chất lượng nước theo từng thông số giữa mùa khô và mùa mưa

3.2.1. Kiểm định phân phối chuẩn

Kết quả kiểm định phân phối chuẩn của dữ liệu chất lượng nước theo từng thông số vào mùa khô và mùa mưa được thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3. Kết quả kiểm định phân phối chuẩn của dữ liệu chất lượng nước theo từng thông số trong 2 mùa.

| STT | Thông số | Trị số p Mùa khô | Trị số p Mùa mưa |
|-----|-------------------|------------------|------------------|
| 1 | t°C | 0,002025 | 0,565665 |
| 2 | pH | 0,200272 | 0,003076 |
| 3 | Độ đục | 5,48E-15 | 1,29E-06 |
| 4 | EC | 1,34E-05 | 0,003193 |
| 5 | DO | 0,000198 | 0,000156 |
| 6 | TSS | 1,62E-14 | 1,87E-07 |
| 7 | COD | 1,73E-05 | 0,000215 |
| 8 | BOD ₅ | 1,11E-05 | 3,82E-08 |
| 9 | N-NH ₄ | 2,64E-10 | 2,84E-12 |
| 10 | N-NO ₂ | 1,06E-07 | 1,94E-09 |
| 11 | N-NO ₃ | 1,78E-10 | 0,00011 |
| 12 | P-PO ₄ | 3,5E-05 | 0,03442 |
| 13 | Fe | 2,88E-14 | 3,73E-06 |
| 14 | E. coli | 2,63E-14 | 5,84E-10 |
| 15 | Coliform | 1,25E-12 | 8,79E-08 |

Kết quả trong Bảng 3 cho thấy:

- Trong mùa khô chỉ có thông số pH có phân phối chuẩn với trị số p > 0,05; tất cả các thông số còn lại không có phân phối chuẩn do có trị số p < 0,05.
- Trong mùa mưa chỉ có thông số to có phân phối chuẩn với trị số p > 0,05; tất cả các thông số còn lại không có phân phối chuẩn do có trị số p < 0,05.

3.2.2. Đánh giá ý nghĩa thống kê của sự khác biệt chất lượng nước theo từng thông số giữa hai mùa

Vì hầu hết các thông số không có phân phối chuẩn trong cả hai mùa nên Phép kiểm định phi tham số Wilcoxon signed-rank được sử dụng để so sánh và đánh giá ý nghĩa thống kê của sự khác biệt chất lượng nước theo từng thông số giữa hai mùa. Kết quả đánh giá được thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4. Kết quả đánh giá ý nghĩa thống kê của sự khác biệt chất lượng nước theo từng thông số giữa hai mùa.

| STT | Thông số | Số mẫu mùa khô | Số mẫu mùa mưa | Trị số p | Có ý nghĩa thống kê * |
|-----|----------|----------------|----------------|----------|-----------------------|
| 1 | T °C | 101 | 96 | 0,282223 | |
| 2 | pH | 101 | 96 | 0,162502 | |
| 3 | Độ đục | 100 | 83 | 1,4E-17 | X |

| STT | Thông số | Số mẫu mùa khô | Số mẫu mùa mưa | Trị số p | Có ý nghĩa thống kê * |
|-----|-------------------|----------------|----------------|----------|-----------------------|
| 4 | EC | 97 | 96 | 0,860874 | |
| 5 | DO | 101 | 96 | 0,051756 | |
| 6 | TSS | 100 | 87 | 3,46E-14 | X |
| 7 | COD | 100 | 94 | 9,34E-06 | X |
| 8 | BOD ₅ | 99 | 93 | 0,040997 | X |
| 9 | N-NH ₄ | 88 | 92 | 0,319901 | |
| 10 | N-NO ₂ | 99 | 95 | 0,016243 | X |
| 11 | N-NO ₃ | 100 | 91 | 0,026428 | X |
| 12 | P-PO ₄ | 99 | 95 | 0,26143 | |
| 13 | Fe | 101 | 87 | 2,43E-19 | X |
| 14 | E. coli | 93 | 91 | 0,000295 | X |
| 15 | Coliform | 93 | 95 | 4,14E-07 | X |

* Sau khi so sánh với giá trị $\alpha = 0,05$

X: giá trị có ý nghĩa thống kê

Theo kết quả kiểm tra trong Bảng 4, các thông số chất lượng nước có khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa 2 mùa gồm có: Độ đục, (TSS), COD, BOD₅, Nitrit (N-NO₂), Nitrat (N-NO₃), Fe, E. Coli và Coliform (9 thông số). Đáng quan tâm, tất cả 9 thông số này đều có hàm lượng trong mùa mưa cao hơn mùa khô. Đặc biệt các thông số Độ đục, TSS và Fe mùa mưa tăng gấp 3,5 – 4,5 lần so với mùa khô. Như vậy, nhìn chung nước sông trong mùa mưa có chất lượng thấp hơn so với mùa khô.

Nguyên nhân của hiện tượng này có thể được giải thích là do đất đá trong lưu vực và các chất ô nhiễm phát sinh từ các hoạt động nông nghiệp tồn lưu trong đất bị nước mưa rửa trôi và cuốn theo chảy vào nước sông. Ngoài ra, thực tế cho thấy có nhiều nhà máy, cơ sở sản xuất công nghiệp và nông nghiệp hoạt động gần bờ các con sông lợi dụng lưu lượng dòng chảy lớn vào mùa mưa để xả trộm nước thải (chưa đạt chuẩn chất lượng xả thải) xuống sông làm cho nước sông vào mùa mưa ô nhiễm hơn mùa khô ([16–18]).

Các nghiên cứu [6, 19], cho thấy đối với hầu hết các thông số chất lượng nước có khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa 2 mùa (mùa khô/mùa đông và mùa mưa/mùa hè) thì nước sông trong mùa mưa có hàm lượng các chất ô nhiễm cao hơn đáng kể so với mùa khô. Nghiên cứu [20] đã kết luận rằng TSS, N-NO₃, P-PO₄ và COD có tương quan thuận từ yếu đến trung bình với lượng mưa, trong khi đó DO, pH và EC có mối tương quan nghịch từ khá đến mạnh với tất cả các thông số thủy văn. Bên cạnh đó, một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng lượng mưa lớn có thể làm tăng lượng vi sinh vật chỉ thị ô nhiễm vi sinh và mầm bệnh tiềm ẩn trong nguồn nước [21] và tác động của lượng mưa đối với sự gia tăng mức độ vi khuẩn chỉ thị là đáng kể trong tất cả các mùa [22].

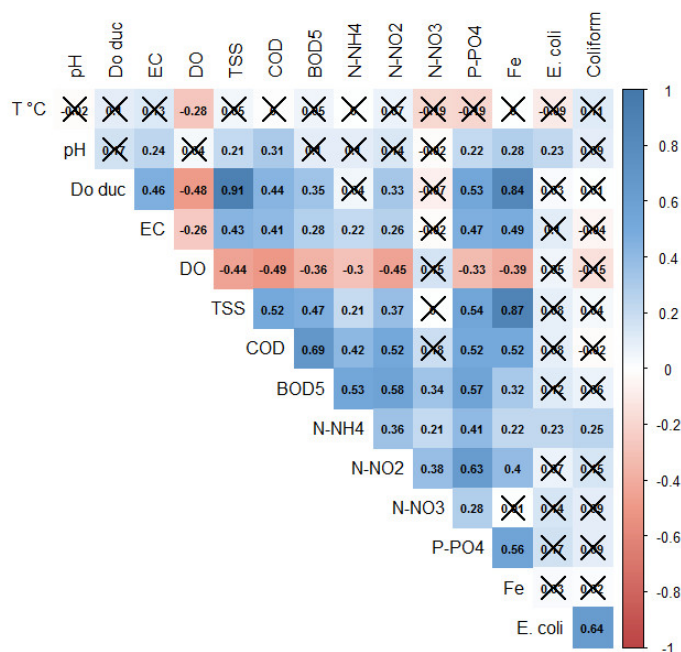
Các thông số không có khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa 2 mùa: nhiệt độ (t°), pH, độ dẫn điện (EC), oxy hòa tan (DO), amoni (N-NH₄) và phosphat (P-PO₄) (6 thông số).

3.3 Phân tích tương quan

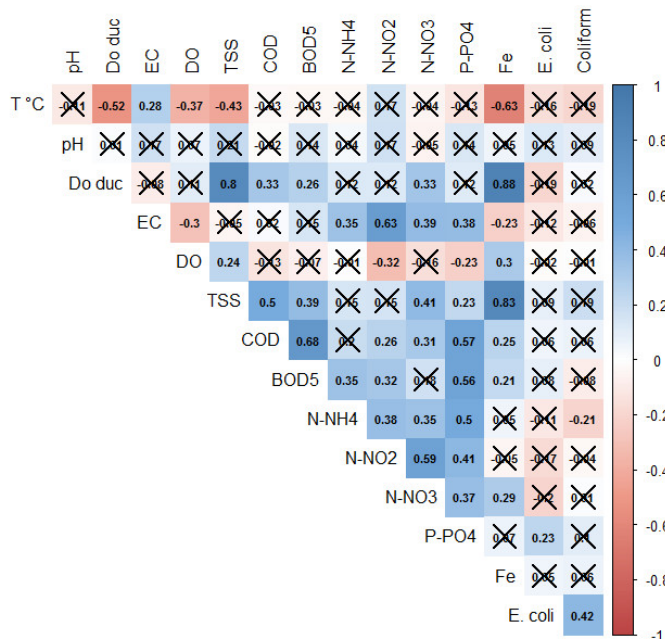
Trong phần này, phân tích tương quan Pearson, ma trận tương quan và các tính toán trị số p để đánh giá ý nghĩa thống kê của các tương quan được thực hiện để xác định sự tương quan giữa các thông số chất lượng nước trong mùa khô và mùa mưa. Kết quả phân tích được trình bày trong Hình 3 và Hình 4.

So sánh các hệ số tương quan giữa các thông số chất lượng nước trong hai mùa cho thấy trong mùa khô các hệ số tương quan có giá trị tuyệt đối lớn hơn và có nhiều tương quan có ý

nghĩa thống kê hơn so với mùa mưa. Từ đó có thể thấy các thông số chất lượng nước trong mùa khô có tương quan với nhau mạnh mẽ hơn trong mùa mưa.



Hình 3. Kết quả phân tích tương quan giữa các thông số chất lượng nước mùa khô. Ghi chú: Các tương quan không có ý nghĩa thống kê (trị số $p \geq 0,05$) được đánh dấu X.



Hình 4. Kết quả phân tích tương quan giữa các thông số chất lượng nước mùa mưa. Ghi chú: Các tương quan không có ý nghĩa thống kê ($p \geq 0,05$) được đánh dấu X.

Trong mùa khô:

- DO có tương quan nghịch có ý nghĩa thống kê với phần lớn các thông số chất lượng nước còn lại (TSS, Fe, P-PO₄, COD, Độ đục, BOD₅, N-NO₂, N-NH₄, t°), trong đó hệ số tương quan nghịch cao nhất là với COD (-0,49). Các phát hiện tương tự cũng được báo cáo bởi nghiên cứu [23] trong đó DO có tương quan nghịch có ý nghĩa thống kê với BOD₅, EC, N-NO₃ và P-PO₄ do nhiều quá trình phân hủy và chuyển hóa các chất ô nhiễm sử dụng và làm tiêu hao lượng oxy hòa tan trong nước.

- Phần lớn các thông số đại diện cho hàm lượng các chất ô nhiễm trong nước có tương quan thuận có ý nghĩa thống kê với nhau. Trong đó, các thông số có tương quan thuận cao nhất là TSS - Độ đục (0,91), TSS – Fe (0,87), Fe – Độ đục (0,84), COD – BOD₅ (0,69) và E. Coli – Coliform (0,64).

- Hai thông số chỉ thị cho khả năng ô nhiễm vi sinh trong nước mặt là E. Coli và Coliform có tương quan thuận có ý nghĩa thống kê với thông số ô nhiễm dinh dưỡng N-NH₄ với các hệ số tương quan lần lượt là 0,23 và 0,25. E. coli cũng có tương quan thuận có ý nghĩa thống kê với pH (0,23).

Trong mùa mưa:

- DO có tương quan nghịch có ý nghĩa thống kê với t^o, N-NO₂, EC, P-PO₄ và có tương quan thuận có ý nghĩa thống kê với Fe và TSS.

- Tương tự như trong mùa khô, các thông số chất lượng nước có tương quan thuận cao nhất là Fe–Độ đục (0,88), Fe–TSS (0,83), TSS–Độ đục (0,8), COD–BOD₅ (0,68), nhưng phần lớn giá trị các hệ số tương quan giảm so với mùa khô. Hệ số tương quan giữa E. Coli và Coliform cũng giảm mạnh xuống còn 0,42.

- E. Coli có tương quan thuận có ý nghĩa thống kê với P-PO₄ và Coliform có tương quan nghịch có ý nghĩa thống kê với N-NH₄.

3.4. Phân tích thành phần chính (Principle Component Analysis - PCA)

3.4.1. Mùa khô

a) Các thành phần chính

Sử dụng lược đồ Scree plot để xác định số thành phần chính của tập dữ liệu (Hình PL1 trong Phụ lục). Tổng phương sai của 4 thành phần chính đầu tiên (PC1, PC2, PC3, và PC4) là 63,51% của bộ dữ liệu được sử dụng để phân tích sâu hơn, từ thành phần chính thứ 5 trở đi có tỷ lệ phương sai nhỏ và thay đổi rất ít (dưới 10%). Giá trị riêng và % phương sai của từng thành phần chính và lược đồ Scree plot mùa khô được trình bày cụ thể trong bảng PL1 trong phần Phụ lục.

Các thông số chất lượng nước có ảnh hưởng chính trong thành phần chính thứ nhất (PC1) là: TSS, Fe, COD, P-PO₄, Độ đục, N-NO₂, BOD₅, N-NH₄, DO. Nhóm thông số chỉ thị cho sự ô nhiễm nước có nguồn gốc tự nhiên hoặc do con người tạo ra (nước thải sinh hoạt, nông nghiệp và công nghiệp) với sự có mặt của các chất ô nhiễm vô cơ và hữu cơ.

Các thông số E. Coli, Coliform, N-NH₄ đại diện cho ô nhiễm dinh dưỡng, và vi sinh đóng góp chủ yếu cho thành phần chính thứ 2 (PC2). Nước thải từ các hoạt động chăn nuôi gia súc gia cầm có chứa hàm lượng lớn phân động vật chưa qua hệ thống xử lý bị xả thải trực tiếp ra sông gây ô nhiễm phân, tạo điều kiện thuận lợi cho các loại vi sinh gây hại phát triển.

Nhiệt độ (t^o) và hàm lượng oxy hòa tan (DO) có mối tương quan nghịch với nhau là các thông số đóng góp chính cho PC3. Nghiên cứu đã cho thấy sự tăng nhiệt độ làm giảm sự hòa tan của oxy trong môi trường xung quanh vào nước sông [24].

Coliform là thông số chính đóng góp cho PC4 đại diện cho ô nhiễm vi sinh.

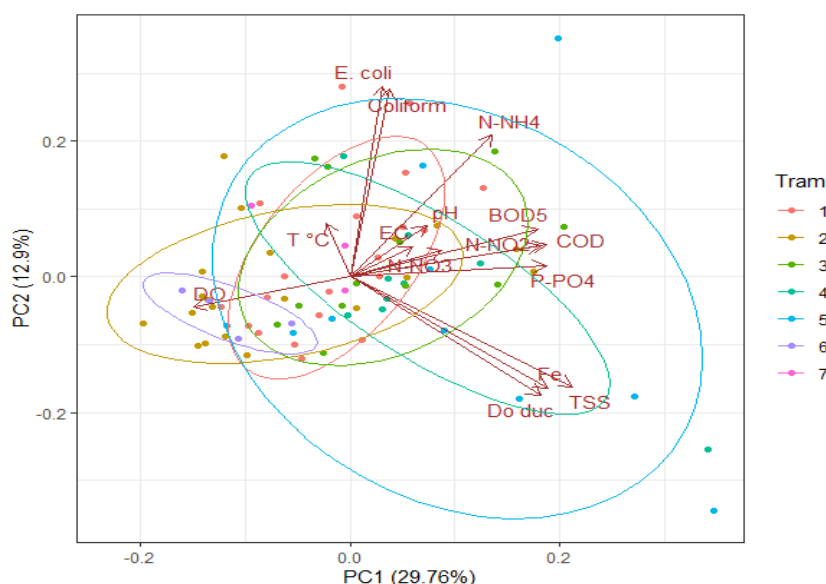
Bảng 5. Đóng góp theo % của các thông số chất lượng nước vào PC1, PC2, PC3 và PC4 trong mùa khô.

| Thông số | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 |
|----------------|-------|------|-------|-------|
| t ^o | 0,16 | 1,98 | 29,52 | 0,03 |
| pH | 1,74 | 1,81 | 12,31 | 3,03 |
| Độ đục | 10,70 | 9,84 | 2,10 | 10,38 |
| EC | 1,17 | 0,65 | 3,01 | 0,16 |
| DO | 7,27 | 0,66 | 23,45 | 0,40 |

| Thông số | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| TSS | 14,58 | 8,49 | 0,43 | 7,09 |
| COD | 11,42 | 0,71 | 0,06 | 8,25 |
| BOD ₅ | 10,30 | 1,62 | 2,17 | 10,84 |
| N-NH ₄ | 5,96 | 14,13 | 0,71 | 1,04 |
| N-NO ₂ | 10,70 | 0,67 | 0,05 | 5,35 |
| N-NO ₃ | 2,48 | 0,50 | 12,72 | 14,37 |
| P-PO ₄ | 11,30 | 0,09 | 7,39 | 0,00 |
| Fe | 11,46 | 8,66 | 1,08 | 8,51 |
| E. coli | 0,31 | 25,53 | 3,63 | 13,41 |
| Coliform | 0,47 | 24,68 | 1,37 | 17,15 |

b) Đặc trưng ô nhiễm theo trạm quan trắc
 Ứng với PC1 và PC2:

Đặc điểm chất lượng nước tại các trạm quan trắc ứng với PC1 (các thông số đóng góp chính: TSS, Fe, COD, P-PO₄, Độ đục, N-NO₂, BOD₅, N-NH₄, DO) và PC2 (E. coli, Coliform, N-NH₄) trong mùa khô được thể hiện trong Hình 5.



Hình 5. Đặc điểm chất lượng nước tại các trạm quan trắc ứng với PC1 và PC2 trong mùa khô.

Từ tỷ lệ đóng góp của các thông số chất lượng nước vào PC1, PC2, PC3, PC4 (Bảng 4) và đặc điểm chất lượng nước tại các trạm quan trắc ứng với PC1 và PC2 (Hình 5) có thể nhận thấy chất lượng nước sông tại các trạm quan trắc có đặc trưng ô nhiễm không khác nhau nhiều. Tuy nhiên vẫn có những điểm cá biệt rõ ràng:

- Tại trạm SW-SBu-01 chất lượng nước đặc trưng bởi giá trị cao của các thông số E. coli, Coliform và N-NH₄ hơn các trạm khác. Trên thực tế khảo sát cho thấy gần các vị trí quan trắc chất lượng nước ở khu vực thượng lưu (trạm SW-SBu-01) có các hoạt động chăn nuôi quy mô hộ gia đình và quy mô công nghiệp, nước thải từ các hoạt động này đổ vào nguồn nước gây ô nhiễm dinh dưỡng và phát triển vi sinh có hại.

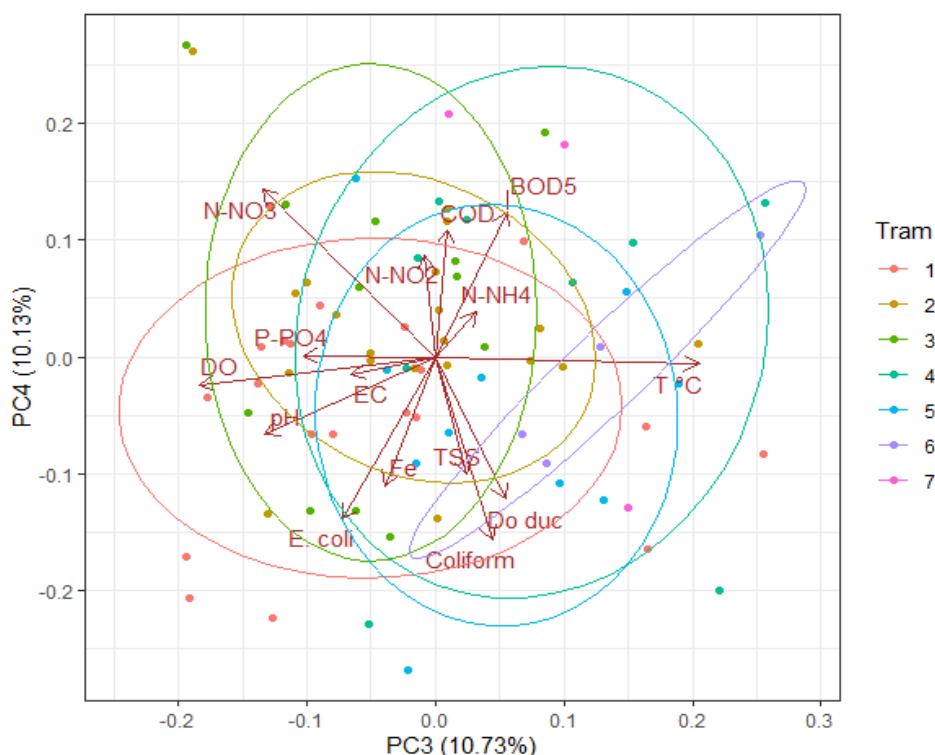
- Trạm SW-SBu-02 và SW-SBu-06 đặc trưng bởi DO. Khu vực xung quanh hai trạm này ít bị tác động bởi các hoạt động xả thải của con người. Tại trạm SW-SBu-02 chủ yếu trồng cao su, và tại trạm SW-SBu-06 là khu đất trồng giải tỏa. Điều này lý giải cho chất lượng nước tại đây ít bị ô nhiễm hơn các vị trí quan trắc khác.

- Trạm SW-SBu-03 và SW-SBu-04 đặc trưng bởi hầu hết các thông số chính trong PC1. Riêng trạm SW-SBu-05 đặc trưng bởi tất cả thông số trong PC1 và PC1. Trên thực tế khảo sát, chất lượng nước tại ba trạm này chịu tác động nhiều nhất do nằm trong khu vực có nhiều dân cư và hoạt động sản xuất công nghiệp, riêng khu vực trạm SW-SBu-05 còn có hoạt động khai thác đá, lý giải cho thông số độ đục và TSS cao tại đây.

- Trạm SW-SBu-07 không đủ dữ liệu nên không thể hiện được các phân tích chi tiết.

Ứng với PC3 và PC4:

Đặc điểm chất lượng nước tại các trạm quan trắc ứng với PC3 (Nhiệt độ, DO) và PC4 (Coliform) trong mùa khô được thể hiện trong Hình 6. Có thể thấy chất lượng nước ở các trạm có ít khác biệt và không có đặc trưng rõ ràng vì PC3 và PC4 giải thích các tỷ lệ phần trăm rất nhỏ của tổng phương sai và các thông số chính của 2 thành phần này đã có mặt trong số các thông số chính của PC1 và PC2.



Hình 6. Đặc điểm chất lượng nước tại các trạm quan trắc ứng với PC3 và PC4 trong mùa khô.

3.4.2. Mùa mưa

a) Các thành phần chính

Sử dụng biểu đồ Scree để xác định số thành phần chính của tập dữ liệu (Hình PL2 phần Phụ lục). Tổng phương sai của 4 thành phần chính đầu tiên (PC1, PC2, PC3, và PC4) là 70,21% của bộ dữ liệu được sử dụng để phân tích sâu hơn, từ thành phần chính thứ 5 trở đi có tỷ lệ phương sai nhỏ và thay đổi rất ít. Giá trị riêng và % phương sai của từng thành phần chính mùa khô được đính kèm trong Bảng PL2 phần Phụ lục.

So sánh với mùa khô cho thấy các thông số EC, BOD₅, N-NH₄, N-NO₃ có % đóng góp vào PC1 tăng lên nhiều vào mùa mưa, đặc biệt là N-NO₃. Nghiên cứu cho thấy tương đối ít Nitrat được tìm thấy trong nước tự nhiên có nguồn gốc từ khoáng chất mà hầu hết đến từ các nguồn hữu cơ như chất thải động thực vật và vô cơ chủ yếu là phân bón nhân tạo. Ở các con sông, hàm lượng Nitrat cao có nhiều khả năng là chỉ thị cho sự cuốn trôi đáng kể nitrat trong phân bón từ các khu vực đất nông nghiệp do nước mưa chảy tràn gây ra [25].

Các thông số đóng góp chính cho PC2 là Fe, Độ đục, TSS, EC, N-NO₂, nhiệt độ. Như vậy các thông số Fe, Độ đục, TSS, EC, N-NO₂ đóng góp chính cho cả 2 thành phần PC1 và

PC2 cho thấy sự ảnh hưởng mạnh mẽ của các yếu tố liên quan các chất rắn lơ lửng trong nước sông gây ra do các dòng chảy tràn cuốn trôi vật chất trong lưu vực và lưu lượng dòng chảy lớn trong mùa mưa. TSS cũng có thể là chỉ thị cho việc xả nước rửa từ các hố cát, mỏ đá hoặc hầm mỏ đã làm giảm sự xâm nhập của ánh sáng trong vùng nước mặt và cản trở đời sống thực vật thủy sinh. Những hoạt động này phá hoại nghiêm trọng vùng nước đánh bắt và có thể ảnh hưởng đến đời sống của cá, có thể hình thành các chất lắng đọng trên lòng sông và làm phát sinh các tình trạng tự hoại, và liên quan sự hiện diện của các dòng nước thải không đạt yêu cầu [25].

PC3 được đóng góp chủ yếu bởi các thông số E. coli và Coliform đặc trưng cho ô nhiễm vi sinh, trong khi đó DO và Coliform là các thông số chính đóng góp cho PC4.

Bảng 6. Đóng góp theo % của các thông số chất lượng nước vào PC1, PC2, PC3 và PC4 trong mùa mưa.

| Thông số | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| t° | 1,35 | 20,03 | 2,24 | 1,38 |
| pH | 0,4 | 0,49 | 17,03 | 8,36 |
| Độ đục | 8,65 | 13,08 | 3,46 | 1,96 |
| EC | 6,15 | 10,29 | 1,71 | 4 |
| DO | 0,01 | 6,7 | 0,79 | 34,95 |
| TSS | 11,86 | 10,16 | 0 | 0,59 |
| COD | 11,53 | 1,37 | 0,32 | 3,4 |
| BOD ₅ | 12,1 | 2,23 | 0 | 1,96 |
| N-NH ₄ | 7,94 | 2,33 | 0,38 | 6,82 |
| N-NO ₂ | 9,26 | 9,15 | 0,59 | 1,44 |
| N-NO ₃ | 10,58 | 0,27 | 0,51 | 9,4 |
| P-PO ₄ | 11,93 | 2,23 | 6,88 | 2,6 |
| Fe | 7,1 | 19,92 | 1,41 | 0,38 |
| E. coli | 1,02 | 1,24 | 35,31 | 1,99 |
| Coliform | 0,13 | 0,5 | 29,38 | 20,76 |

b) Đặc trưng ô nhiễm theo trạm quan trắc

Ứng với PC1 và PC2:

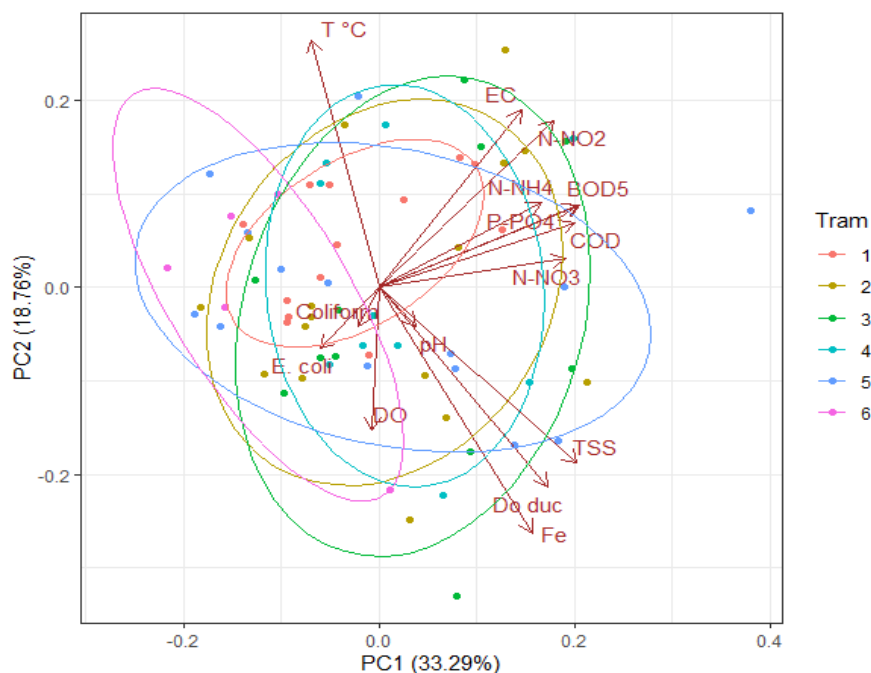
Đặc điểm chất lượng nước tại các trạm quan trắc ứng với PC1 (các thông số đóng góp chính: BOD₅, TSS, P-PO₄, COD, N-NO₃, N-NO₂, Độ đục, Fe, N-NH₄) và PC2 (Nhiệt độ, Fe, Độ đục, TSS, EC, N-NO₂) trong mùa mưa được thể hiện trong Hình 7.

Từ tỷ lệ đóng góp của các thông số chất lượng nước vào PC1, PC2, PC3, PC4 (Bảng 5) và đặc điểm chất lượng nước tại các trạm quan trắc ứng với PC1 và PC2 (Hình 7) có thể nhận thấy chất lượng nước ở các trạm có ít khác biệt và đặc trưng riêng.

Tuy nhiên, trạm SW-SBu-01 bị ô nhiễm BOD₅, P-PO₄, COD, N-NO₃, N-NH₄ (PC1) cũng như Fe, Độ đục, TSS (PC2) ít hơn so với các trạm khác.

Các trạm SW-SBu-02, SW-SBu-03, SW-SBu-04 khá giống nhau và bị ô nhiễm bởi các thông số ở cả 2 thành phần PC1 và PC2, tuy nhiên các thông số chính trong PC2 có nhiều ảnh hưởng hơn, và trạm SW-SBu-03 có phạm vi giá trị các thông số ô nhiễm cao hơn 2 trạm còn lại.

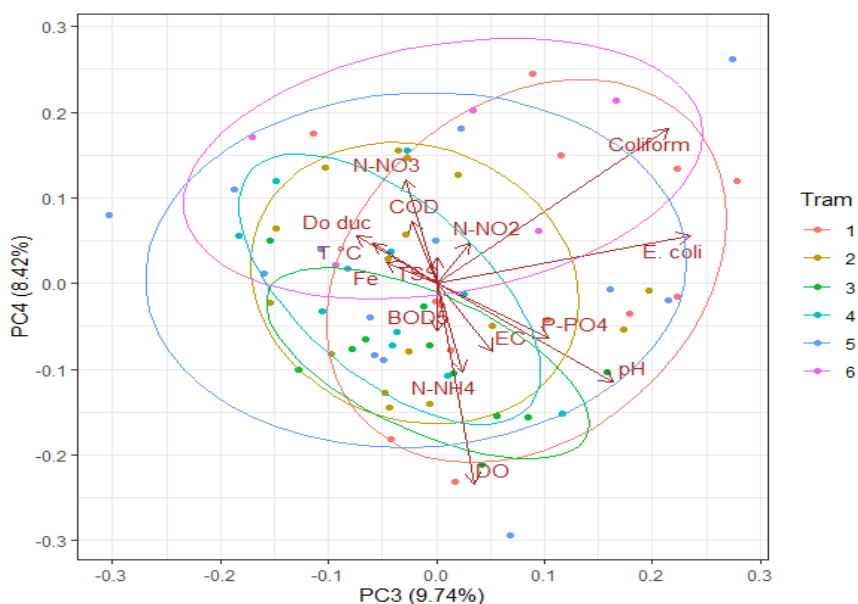
Chất lượng nước tại trạm SW-SBu-05 cũng bị ô nhiễm bởi các thông số ở cả 2 thành phần PC1 và PC2, tuy nhiên PC1 (trục hoành) có ảnh hưởng nhiều hơn. Như vậy, trong mùa mưa có nhiều trạm bị ảnh hưởng bởi Fe, Độ đục, TSS hơn và đặc tính ô nhiễm ở các trạm có nhiều điểm tương đồng hơn so với mùa khô.



Hình 7. Đặc điểm chất lượng nước tại các trạm quan trắc ứng với PC1 và PC2 trong mùa mưa.

Ứng với PC3 và PC4:

Đặc điểm chất lượng nước tại các trạm quan trắc ứng với PC3 (thông số đóng góp chính: E. coli, Coliform) và PC4 (DO, Coliform) trong mùa mưa được thể hiện trong Hình 8. Trạm SW-SBu-01 có nhiều mẫu nước bị ô nhiễm Coliform và E. coli hơn các trạm còn lại, tiếp theo là trạm SW-SBu-05 và các trạm SW-SBu-02, SW-SBu-02, và SW-SBu-04.



Hình 8. Đặc điểm chất lượng nước tại các trạm quan trắc ứng với PC3 và PC4 trong mùa mưa.

4. Kết luận

Kết quả phân tích thống kê cho thấy nước sông Lá Buông trong mùa mưa có chất lượng thấp hơn so với mùa khô. Các thông số chất lượng nước có khác biệt về ý nghĩa thống kê giữa 2 mùa, bao gồm 9 thông số độ đục, tổng chất rắn lơ lửng (TSS), COD, BOD₅, Nitrit (N-NO₂), Nitrat (N-NO₃), Fe, E. coli và Coliform. Đáng chú ý, các thông số độ đục, TSS và Fe

mùa mưa cao gấp 3,5 – 4,5 lần so với mùa khô. Kết quả tính toán khá tin cậy nhờ sử dụng các phương pháp tổng hợp và phân tích theo hệ thống mặc dù nguồn dữ liệu đo đạc chưa liên tục và đồng bộ ở một số thời điểm giữa các năm giai đoạn 2010-2017.

Kết quả phân tích thành phần chính cho thấy các thông số chất lượng nước có ảnh hưởng chính trong Thành phần chính 1 (PC1) khá tương đồng với nhau giữa 2 mùa, bao gồm độ đục, EC, TSS, COD, BOD₅, N-NH₄, N-NO₂, N-NO₃, P-PO₄, Fe, DO mặc dù thứ tự độ lớn % đóng góp vào PC1 của các thông số là khác nhau. Ngoài ra, các kết quả tính toán và phân tích cho thấy ảnh hưởng đáng kể của hoạt động canh tác nông nghiệp trồng trọt đến chất lượng nước sông trong mùa mưa dưới tác động của các dòng chảy tràn (được chỉ thị chính bởi thông số N-NO₃ với sự tăng mạnh % đóng góp vào PC1 trong mùa mưa so với mùa khô). Trong mùa khô, các thông số đại diện cho ô nhiễm dinh dưỡng, và vi sinh (E. coli, Coliform, N-NH₄) đóng góp chủ yếu cho PC2. Nhiệt độ và DO là các thông số đóng góp chính cho PC3 và Coliform là thông số chính đóng góp cho PC4. Trong mùa mưa, đặc điểm PC2 (được đóng góp chính bởi Fe, Độ đục, TSS, EC, N-NO₂, Nhiệt độ) cho thấy sự ảnh hưởng mạnh mẽ của các yếu tố liên quan các chất rắn lơ lửng trong nước sông gây ra do các dòng chảy tràn cuốn trôi vật chất trong lưu vực và lưu lượng dòng chảy lớn trong mùa mưa. PC3 được đóng góp chủ yếu bởi các thông số E. coli và Coliform. DO và Coliform là các thông số chính đóng góp cho PC4. Nghiên cứu có thể cần được bổ sung áp dụng nếu có đủ các nguồn dữ liệu liên tục được đo đạc trên sông Lá Buông trong những năm sắp tới, đồng thời có thể tham khảo phương pháp thực hiện cho các nghiên cứu ở những lưu vực sông tương tự.

Nghiên cứu áp dụng phương pháp PCA tĩnh cho bộ số liệu chuỗi quan trắc chất lượng nước theo thời gian còn hạn chế và rời rạc giữa các trạm, dựa trên giả thiết giữa các điểm dữ liệu không có mối tương quan theo thời gian. Cách tiếp cận này do đó đã bỏ qua thông tin quan trọng để tính toán và đánh giá hiệp phương sai theo thời gian. Nhóm nghiên cứu đề nghị áp dụng các phương pháp đa biến động như “Functional PCA” hoặc “Dynamic Factor Analysis” trong các nghiên cứu tương lai, với số liệu chất lượng nước đầy đủ hơn, đồng đều và liên tục theo thời gian.

Đóng góp của tác giả: Trần Đức Dũng và Nguyễn Quốc Quân viết chính bài báo, Nguyễn Thị Thanh Huệ và Phạm Luân phân tích số liệu và diễn giải kết quả.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu được Đại học Quốc Gia TP.HCM cấp kinh phí thực hiện theo đề tài C2020-24-09/HĐ – KHCN.

Lời cam đoan: Các tác giả tuyên bố rằng không có xung đột lợi ích.

Tài liệu tham khảo

1. Sở Kế Hoạch và Đầu Tư tỉnh Đồng Nai, ‘Địa hình, đất đai, khí hậu, dân số tỉnh Đồng Nai, 2020. Available: =<http://dpidongnai.gov.vn/Pages/gioithieu.aspx?CatID=24>.
2. Than, N.H.; Ly, C.D.; Tat, P.V. The performance of classification and forecasting Dong Nai River water quality for sustainable water resources management using neural network techniques. *J. Hydrol.* **2021**, *596*, 126099.
3. Khoi, D.N.; Nguyen, V.T.; Sam, T.T.; Nhi, P.T.T. Evaluation on effects of climate and land-use changes on streamflow and water quality in the La Buong River Basin, Southern Vietnam. *Sustain.* **2019**, *11*, 24.
4. Nguyen, H.D.; Quan, N.H.; Quang, N.X.; Hieu, N.D.; Thang, L.V. Spatio-temporal pattern of water quality in the Saigon-Dong Nai river system due to waste water pollution sources. *Int. J. River Basin Manag.* **2021**, *19(2)*, 221–243.
5. Longley, W. Freshwater Inflows - Ecological Relationships and Methods for Determination of Needs, 1994.
6. Sharma, M.; Kansal, A.; Jain, S.; Sharma, P. Application of multivariate statistical

- techniques in determining the spatial temporal water quality variation of Ganga and Yamuna rivers present in Uttarakhand state, India. *Water Qual. Exposure Health* **2015**, 7, 567–581.
7. Subba Rao, N.; Sunitha, B.; Adimalla, N.; Chaudhary, M. Quality criteria for groundwater use from a rural part of Wanaparthy District, Telangana State, India, through ionic spatial distribution (ISD), entropy water quality index (EWQI) and principal component analysis (PCA). *Environ. Geochem. Health* **2020**, 42(2), 579–599.
 8. Tripathi, M.; Singal, S.L. Use of Principal Component Analysis for parameter selection for development of a novel Water Quality Index: A case study of river Ganga India. *Ecol. Indic.* **2019**, 96, 430–436.
 9. Zeinalzadeh, K.; Rezaei, E. Determining spatial and temporal changes of surface water quality using principal component analysis. *J. Hydrol. Reg. Stud.* **2017**, 13, 1–10.
 10. Kessing, L.V. et al., Lithium in drinking water and the incidence of bipolar disorder: A nation-wide population-based study. *Bipolar Disord.* **2017**, 19(7), 563–567.
 11. Okeowo, M.A.; Lee, H.; Hossain, F.; Getirana, A. Automated Generation of Lakes and Reservoirs Water Elevation Changes From Satellite Radar Altimetry. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* **2017**, 10(8), 3465–3481.
 12. Sultan, A.A.; Mashrei, M.A.; Washer, G.A. Utilization of Wilcoxon-Mann-Whitney statistics in assessing the reliability of nondestructive evaluation technologies. *Structures* **2020**, 27, 780–787.
 13. Montocchio, D.; Chow-Fraser, P. Influence of water-level disturbances on the performance of ecological indices for assessing human disturbance: A case study of Georgian Bay coastal wetlands. *Ecol. Indic.* **2021**, 127, 107716.
 14. Sudhakaran, S.; Mahadevan, H.; Arun, V.; Krishnakumar, A. P.; Krishnan, K.A. A multivariate statistical approach in assessing the quality of potable and irrigation water environs of the Netravati River basin (India). *Groundw. Sustain. Dev.* **2020**, 11, 100462.
 15. Shlens, J. A Tutorial on Principal Component Analysis, February, 2014.
 16. Nam, K. Nhiều cơ sở sản xuất xả nước thải trực tiếp ra sông Dương Đông, Báo tuổi trẻ, 2019.
 17. Chi, T. Xử lý nghiêm vụ xả nước thải ra sông Trà Khúc của Nhà máy cồn - rượu Quảng Ngãi, Báo Nhân dân, 2010.
 18. Nam, P. Vedan Bình Thuận gây ô nhiễm sông Phan. Tin tức pháp luật, 2008.
 19. Shrestha, S.; Kazama, F.; Nakamura, T. Use of principal component analysis, factor analysis and discriminant analysis to evaluate spatial and temporal variations in water quality of the Mekong River. *J. Hydroinf.* **2008**, 10(1), 43–56.
 20. Prathumratana, L.; Sthiannopkao, S.; Kim, K.W. The relationship of climatic and hydrological parameters to surface water quality in the lower Mekong River. *Environ. Int.* **2008**, 34(6), 860–866.
 21. Tryland, I.; Robertson, L.; Blankenberg, A.G.B.; Lindholm, M.; Rohrlack, T.; Liltved, H. Impact of rainfall on microbial contamination of surface water. *Int. J.*

Clim. Chang. Strateg. Manag. **2011**, 3(4), 361–373.

22. Tornevi, A.; Bergstedt, O.; Forsberg, B. Precipitation effects on microbial pollution in a river: Lag structures and seasonal effect modification. *PLoS One*, **2014**, 9(5), e98546.
23. Khatoon, N. Correlation Study For the Assessment of Water Quality and Its Parameters of Ganga River, Kanpur, Uttar Pradesh, India. *IOSR J. Appl. Chem.* **2013**, 579(3), 2278–5736.
24. Kumari, M.; Tripathi, S.; Pathak, V.; Tripathi, B.D. Chemometric characterization of river water quality. *Environ. Monit. Assess.* **2013**, 185(4), 3081–3092.
25. Robert Ongom, M.A.; Lukubye, B. Physico-Chemical Quality of Lake Kyoga at Selected Landing Sites and Anthropogenic Activities. *J. Water Resour. Prot.* **2017**, 9(11), 1225–1243.

Assessment of water quality on La Buong River using spatio-temporal principal component analysis

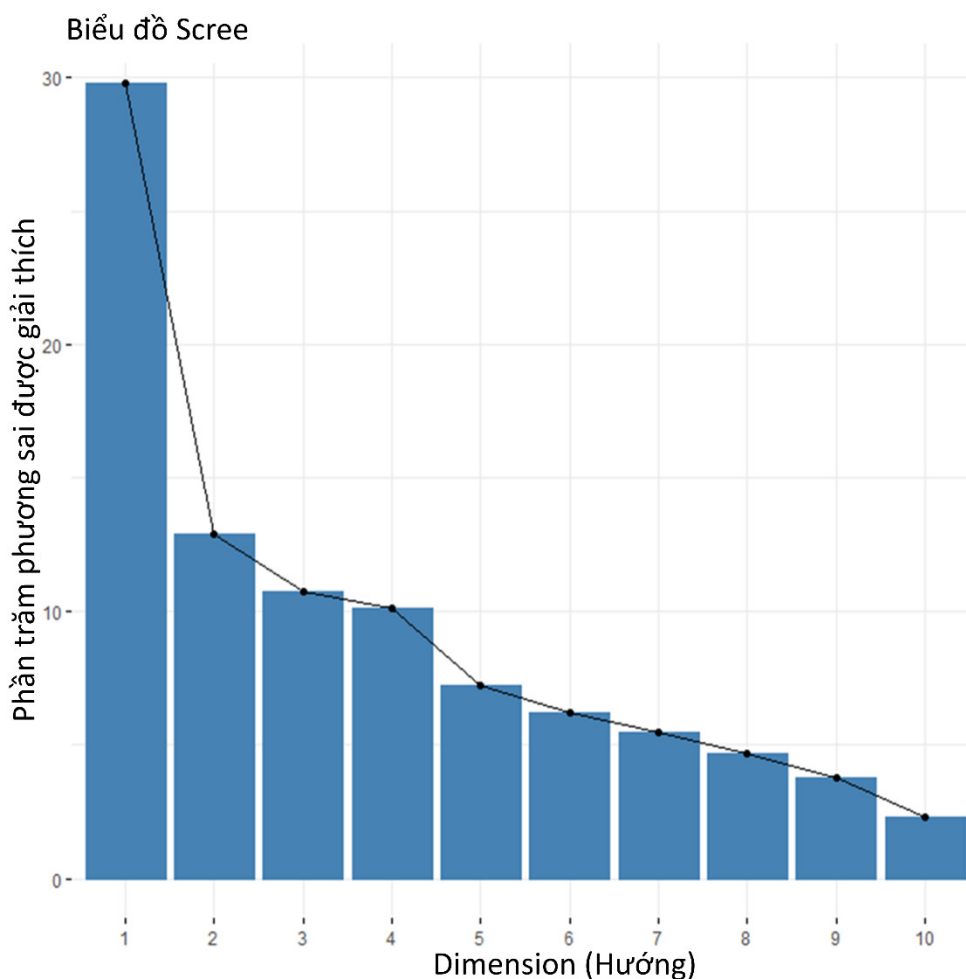
Dung Duc Tran^{1*}, Nguyen Quoc Quan¹, Nguyen Thi Thanh Hue¹, Pham Luan¹

¹ Center of Water Management and Climate Change, Institute for Environment and Resources, Vietnam National University – Ho Chinh city (VNU – HCM), Ho Chi Minh, Vietnam; dungtranducvn@yahoo.com; quocquanguyen1987@gmail.com; nguyen.tt.hue@gmail.com; hongluanosgeo@gmail.com

Abstract: La Buong River is a large tributary located on the right bank of Dong Nai River. The economic activities of this basin are relatively diverse, from agricultural and livestock activities in the upstream to industrial and service development in the downstream area. However, socio-economic development has caused surface water pollution due to industrial and agricultural activities. This study aims to assess the surface water quality of La Buong River, using multivariate statistical methods, analyzing the main components based on water quality indicators in space and time. Monitoring data for the period 2010-2017 is processed to remove outliers and standardize data using Shapiro-Wilk test và non-parametric test of Wilcoxon signed-rank, before being used for analysis. The results show that the water of La Buong River in both the dry season and the rainy season is locally contaminated with nutrients (N-NH₄) and bacteria (E. coli, Coliform) in the upstream area due to livestock activities. In addition, we found pollution of inorganic and organic substances (BOD₅, COD, Fe, N-NH₄, N-NO₂, TSS, turbidity) from domestic and industrial wastewater in the middle and downstream areas. The research results help assess the current status of La Buong river's water quality to propose solutions to contribute to the environmental protection of surface water of the whole basin towards a sustainable development.

Keywords: Polluted; Monitoring; Statistical; Analysis; Principal Component Analysis.

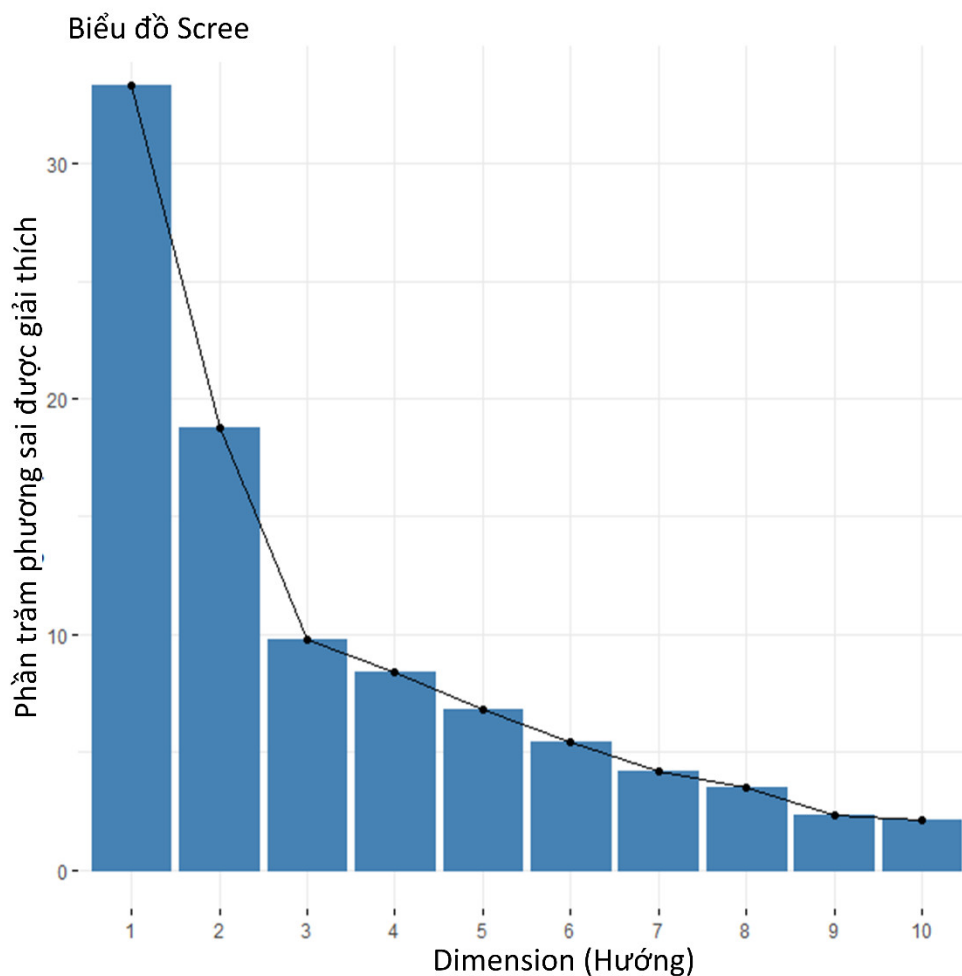
Phụ lục



Hình PL1. Lược đồ Scree plot của phân tích PCA cho dữ liệu chất lượng nước mùa khô.

Bảng PL1. Giá trị riêng và % phương sai mùa khô.

| Giá trị riêng | % Phương sai | % Phương sai tích lũy |
|---------------|--------------|-----------------------|
| 4,46 | 29,76 | 29,76 |
| 1,93 | 12,90 | 42,66 |
| 1,61 | 10,73 | 53,38 |
| 1,52 | 10,13 | 63,51 |
| 1,08 | 7,23 | 70,74 |
| 0,93 | 6,18 | 76,92 |
| 0,82 | 5,48 | 82,40 |
| 0,70 | 4,68 | 87,07 |
| 0,57 | 3,78 | 90,86 |
| 0,35 | 2,33 | 93,18 |
| 0,31 | 2,09 | 95,28 |
| 0,27 | 1,80 | 97,08 |
| 0,23 | 1,52 | 98,60 |
| 0,16 | 1,05 | 99,65 |



Hình PL2. Lược đồ Scree plot của phân tích PCA cho dữ liệu chất lượng nước mùa mưa.

Bảng PL2. Giá trị riêng và % phương sai mùa mưa.

| Giá trị riêng | % Phương sai | % Phương sai tích lũy |
|---------------|--------------|-----------------------|
| 4,99 | 33,29 | 33,29 |
| 2,81 | 18,76 | 52,06 |
| 1,46 | 9,74 | 61,79 |
| 1,26 | 8,42 | 70,21 |
| 1,02 | 6,79 | 77 |
| 0,81 | 5,41 | 82,41 |
| 0,63 | 4,22 | 86,63 |
| 0,53 | 3,5 | 90,13 |
| 0,35 | 2,34 | 92,47 |
| 0,32 | 2,12 | 94,59 |
| 0,25 | 1,69 | 96,28 |
| 0,24 | 1,58 | 97,86 |
| 0,16 | 1,09 | 98,95 |
| 0,11 | 0,75 | 99,7 |
| 0,04 | 0,3 | 100 |

Bài báo khoa học

Ứng dụng mô hình MIKE NAM, MIKE 11 HD tính toán tài nguyên nước mặt lưu vực sông Cửu Long

Nguyễn Ngọc Hà^{1*}, Nguyễn Mạnh Trình¹, Hoàng Thị Nguyệt Minh²

¹ Trung tâm Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên Nước Quốc gia, Bộ Tài Nguyên và Môi trường, 93/95 Vũ Xuân Thiều, Sài Đồng, Long Biên, Hà Nội; ha_tnn@yahoo.com; manhtrinh021@yahoo.com.vn

² Khoa Tài nguyên nước, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội; htnminh.tnn@hunre.edu.vn

*Tác giả liên hệ: ha_tnn@yahoo.com; Tel.: +84-989668363

Ban Biên tập nhận bài: 12/7/2021; Ngày phản biện xong: 24/8/2021; Ngày đăng bài: 25/11/2021

Tóm tắt: Lưu vực sông Cửu Long là phần hạ nguồn của lưu vực sông Mê Công trên địa phận Việt Nam thuộc địa bàn 13 tỉnh/thành vùng Nam bộ có nhiều tiềm năng phát triển kinh tế cả về nông nghiệp, công nghiệp, thủy sản và du lịch sinh thái. Mặc dù có hệ thống kênh rạch dày đặc nhưng nguồn nước của lưu vực sông Cửu Long lại phụ thuộc rất lớn vào lượng nước từ thượng nguồn. Để phục vụ quản lý, quy hoạch và phát triển bền vững lưu vực thì việc đánh giá được tài nguyên nước mưa, nước mặt đến từ thượng nguồn và sinh ra trên lưu vực sông Cửu Long là vô cùng quan trọng. Nghiên cứu này đã tổng hợp, phân tích tài liệu liên quan đến nguồn nước mặt, kết hợp với sử dụng công cụ mô hình toán thủy văn MIKE-NAM, thủy lực MIKE 11 HD để tính toán các đặc trưng và đưa ra bức tranh tương đối rõ nét về hiện trạng tài nguyên nước mưa, nước mặt lưu vực sông Cửu Long. Kết quả cho thấy tổng tài nguyên nước mưa toàn lưu vực là 68,4 tỷ m³, tài nguyên nước mặt là 471 tỷ m³ trong đó, sinh ra từ mưa nội vùng lưu vực sông Cửu Long là 30 tỷ m³ và từ nước ngoài (vùng thượng nguồn) qua hệ thống sông chính và chảy tràn biên giới là 441 tỷ m³.

Từ khóa: Tài nguyên nước mặt; Lưu vực sông Cửu Long; MIKE-NAM; MIKE 11 HD.

1. Mở đầu

Trên thế giới hiện nay rất nhiều phương pháp tiếp cận để đánh giá tài nguyên nước mặt đối với các lưu vực sông. Trong đó, nhờ sự phát triển vượt bậc của công nghệ thông tin, phương pháp mô hình toán mô phỏng được ứng dụng rất rộng rãi cho kết quả tin cậy.

Năm 2014, JICA (WUP-JICA) [1] đã sử dụng mô hình Mike NAM và Mike 11 để tính toán dòng chảy cho vùng đồng bằng ngập lũ Campuchia từ hạ lưu Kratie đến biên giới Việt Nam. Kết quả đã chỉ ra được các tỷ lệ phân bố dòng chảy trong sông cũng như trên các khu vực ngập lũ của đồng bằng châu thổ Mê Công ở địa phận Campuchia. Tuy nhiên nghiên cứu này chỉ quan tâm chính đối với dòng chảy phía Campuchia, sự phân hóa theo mùa (lũ, cạn) mà chưa có sự đánh giá tổng thể về tài nguyên nước cả năm cũng như trên địa phận Việt Nam.

Năm 2016, trong dự án Nghiên cứu đánh giá tác động của các công trình trên thủy điện dòng chính Mê Công đã sử dụng kết hợp các mô hình SWAT-MIKE 11-MIKE21-MIKE BASIN để mô phỏng tính toán toàn bộ quá trình thủy văn lưu vực và thủy lực, sinh thái của dòng chính sông Mê Công [2]. Đây là nghiên cứu tổng thể nhất của lưu vực sông Mê Công

trong nhiều lĩnh vực chịu tác động của các yếu tố thủy văn sinh thái sông Mê Công. Nghiên cứu này cũng chỉ tập trung so sánh sự thay đổi của các yếu tố thủy văn, sinh thái so với điều kiện năm thủy văn nền do đó cũng chưa có sự tính toán cho toàn bộ chuỗi dòng chảy nhiều năm.

Trong những năm qua, tại Việt Nam cũng đã có nhiều công trình nghiên cứu về dòng chảy lũ [3], lũ-kiệt [4], xâm nhập mặn [5] của vùng ĐBSCL, trong đó hệ thống các mô hình toán chủ yếu được sử dụng trong tính toán là MIKE NAM, MIKE 11, MIKE 21 [4]. Các mô hình trên được áp dụng tương đối nhiều trong nghiên cứu tính toán, dự báo ở các đơn vị phía Nam như Viện Khoa học thủy lợi miền Nam, Viện Quy hoạch thủy lợi miền Nam, Đài khí tượng thủy văn Nam Bộ... Năm 2016, Bộ Xây Dựng cũng đã sử dụng mô hình Mike 11 để lập Báo cáo chính Quy hoạch cấp nước vùng Đồng bằng sông Cửu long đến năm 2030 tầm nhìn đến năm 2050 [7].

Gần đây nhất, năm 2021, Bộ Kế hoạch và Đầu tư đã lập Báo cáo Quy hoạch vùng Đồng bằng sông Cửu Long thời kỳ 2021–2030, định hướng đến năm 2050 trong đó cũng sử dụng mô hình Mike NAM và Mike 11 để tính toán các kịch bản và phân vùng sinh thái cho vùng ĐBSCL [8]. Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) nằm ở khu vực hạ lưu sông Mê Công có lượng mưa năm không lớn dao động từ 1200–2400 mm/năm, trung bình đạt khoảng 1733 mm/năm. Theo không gian lượng mưa thấp ở dọc vùng sông Tiền và tăng dần về phía Bắc và phía Nam, cao nhất là khu vực ven biển từ Cà Mau đến Kiên Giang. Sự phân bố của lượng mưa không đều, đồng thời dòng chảy phụ thuộc lượng nước từ thượng lưu gây bất lợi cho khai thác sử dụng nước, đặc biệt là trong mùa khô.

Mặc dù Đồng bằng sông Cửu Long được đánh giá tài nguyên nước phong phú [8–9], trung bình nhiều năm khoảng 500 tỷ m³ chiếm 57% tổng lượng của cả nước, tuy nhiên, có đến 475 tỷ m³ từ nước ngoài, dòng chảy nội sinh chỉ khoảng 25 tỷ m³ (5% tổng lượng dòng chảy). Nằm ở cuối hạ nguồn lưu vực sông Mê Công, lưu vực sông Cửu Long (LVSC) chịu ảnh hưởng mạnh mẽ vào quá trình khai thác và sử dụng nước của tất cả các quốc gia thượng lưu, đặc biệt là tác động của hệ thống thủy điện cả trên dòng chính và dòng nhánh sông Mê Công [2, 9]. Tác động của hệ thống thủy điện đến LVSC được nhận biết gồm: (i) làm biến đổi chế độ thủy văn, trong đó có xu thế giảm lũ trung bình và nhỏ, tăng lũ lớn; (ii) giảm lượng phù sa; (iii) giảm nguồn lợi thủy sản và tính đa dạng sinh học; (iv) làm gia tăng tác động của BĐKH lên vùng châu thổ; và (v) gia tăng các vấn đề về quản lý tài nguyên nước và lưu vực sông...

Như vậy, trên LVSC đã có khá nhiều các nghiên cứu sử dụng các mô hình toán thủy văn, thủy lực để phục vụ cho các lĩnh vực chuyên môn. Trong đó, các mô hình toán Mike NAM, Mike 11 đã cho thấy khả năng áp dụng tốt đối với lưu vực sông Cửu Long, cho kết quả tin cậy. Hầu hết các ứng dụng này tập trung đáp ứng nhu cầu quản lý, khai thác và sử dụng nước của từng ngành riêng lẻ (ngành xây dựng, giao thông...), theo thời kỳ (mùa lũ, mùa cạn) mà chưa xem xét đánh giá toàn diện tiềm năng nguồn nước mưa, nước nội sinh và nước mặt sông chính trong cả năm-đầu vào cơ bản cho bài toán lập quy hoạch tài nguyên nước. Do đó, đánh giá được tiềm năng tài nguyên nước và sự phân bố, diễn biến của nó là cơ sở vững chắc phục vụ cho quy hoạch tài nguyên nước LVSC, cũng như các ngành kinh tế khác, thích ứng và chống chịu với biến đổi khí hậu nhằm phát triển bền vững.

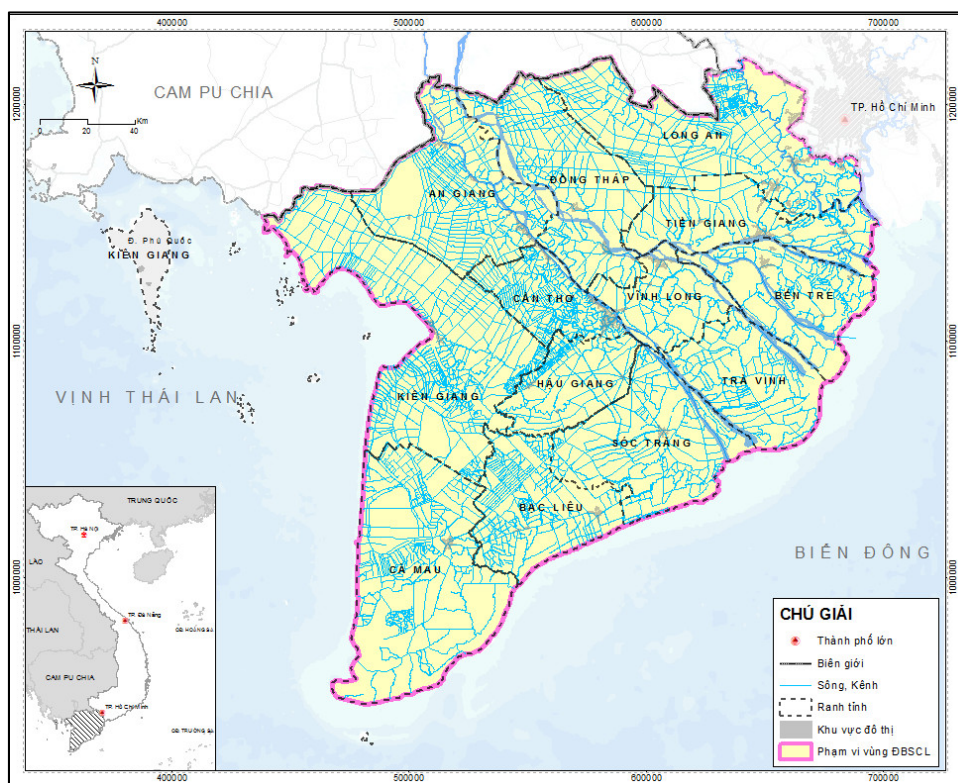
2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Sông Mê Công dài 4.200 km, chảy qua 6 nước là Trung Quốc, Myanmar, Thái Lan, Lào, Campuchia và Việt Nam, có diện tích lưu vực 795.000 km², trong đó vùng LVSC với tổng diện tích 39.400 km² [10]. LVSC phía bắc giáp LVS Đồng Nai, phía Tây giáp nước bạn Lào, phía Đông và phía Tây là Biển. Toàn bộ ĐBSCL bao gồm 13 tỉnh/thành gồm Long An,

Tiền Giang, Đồng Tháp, Vĩnh Long, Trà Vinh, Hậu Giang, Sóc Trăng, Bến Tre, An Giang, Kiên Giang, Bạc Liêu, Cà Mau và TP. Cần Thơ.

ĐBSCL có vị trí quan trọng trong phát triển kinh tế-xã hội Quốc gia (Hình 1). Với tiềm năng nông nghiệp và thủy sản to lớn, hàng năm đóng góp khoảng 53% tổng sản lượng lương thực, 65% sản lượng thủy sản nuôi trồng và 70% trái cây của cả nước [8]. Tuy nhiên, vùng đồng bằng hạ lưu của một lưu vực sông lớn, đồng thời nằm ở vùng biển với hai chế độ thủy triều khác nhau đã tạo nên hệ thống kênh rạch dày đặc có chế độ thủy văn thủy lực phức tạp. ĐBSCL luôn phải đối mặt với các thiên tai, bao gồm (a) lũ và ngập lụt ở vùng đầu nguồn đặc biệt vùng Tứ giác Long Xuyên và Đồng Tháp Mười; (b) xâm nhập mặn ở toàn bộ vùng ven biển từ Long An đến Hà Tiên; (c) đất phèn và sự lan truyền nước chua ở những vùng trũng thấp; (d) thiếu nước ngọt; (đ) xói lở bờ sông-bờ biển; (e) cháy rừng và (g) ô nhiễm nguồn nước [14].



Hình 1. Vị trí đồng bằng lưu vực sông Cửu Long.

2.2. Phương pháp và nội dung nghiên cứu

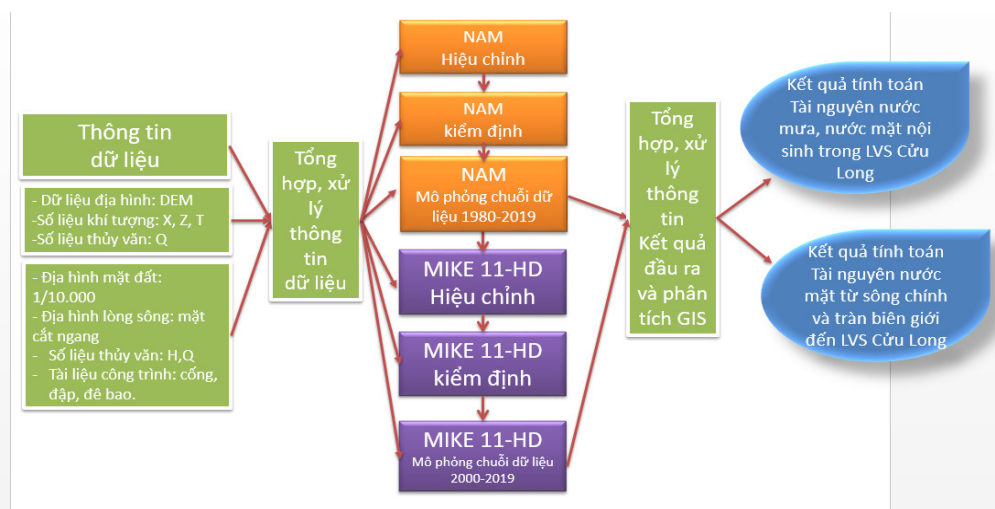
Trong nghiên cứu này sử dụng 3 phương pháp nghiên cứu chủ đạo bao gồm:

(1) Phương pháp tổng hợp, phân tích tài liệu, số liệu dựa trên các nguồn tài liệu [11], [12], số liệu hiện có [8, 13, 14] liên quan đến nguồn nước mặt trên lưu vực bao gồm số liệu khí tượng, thủy văn, số liệu dân sinh kinh tế; các đề tài nghiên cứu [9], sách chuyên khảo [15–16] có liên quan đã thực hiện trong và ngoài Bộ Tài nguyên và Môi trường;

(2) Phương pháp mô hình toán, nghiên cứu sử dụng mô hình MIKE–NAM [17], MIKE 11 [4, 18] thiết lập và tính toán đặc trưng dòng chảy năm trung bình nhiều năm giai đoạn 1980–2019 cho các tiểu vùng và toàn bộ LVSL;

(3) Phương pháp thành lập bản đồ được xây dựng trên cơ sở tích hợp mô hình thủy văn thủy lực và công cụ GIS [19] cũng được sử dụng để thể hiện một số kết quả nổi bật trong nghiên cứu này.

Sơ đồ khối nghiên cứu tính toán tài nguyên nước mặt LVS Cửu Long được trình bày trong Hình 2.



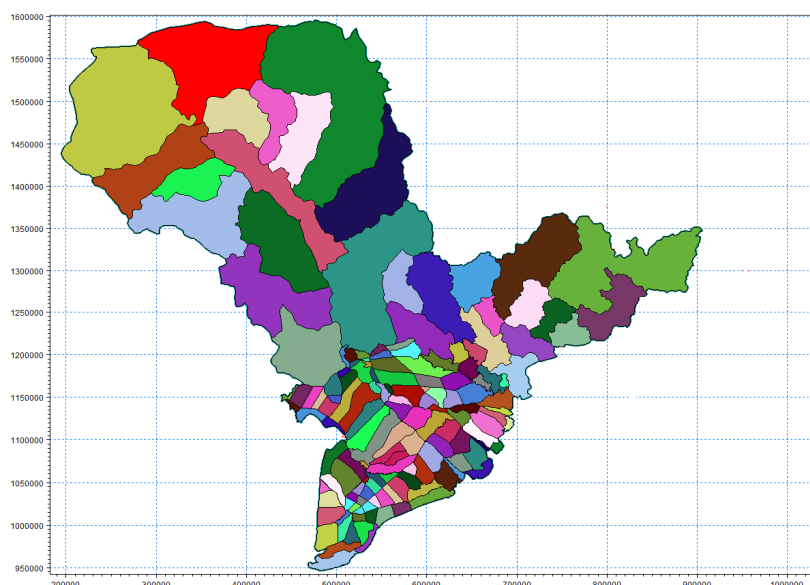
Hình 2. Sơ đồ khối nghiên cứu tính toán tài nguyên nước mặt LVS Cửu Long.

Trên cơ sở phân tích, đánh giá điều kiện tự nhiên, khí tượng thủy văn, kinh tế-xã hội và phương hướng phát triển của vùng, nghiên cứu thực hiện các nội dung sau: (1) Đánh giá tài nguyên nước mưa, các đặc trưng mưa và chế độ mưa trên LVSC; (2) Thiết lập mô hình thủy văn MIKE NAM kết hợp với mô hình thủy lực MIKE 11HD để xác định tổng tiềm năng nguồn nước đến vùng ĐBSCL và các tiểu vùng từ các số liệu quan trắc mưa, bốc hơi tại các trạm khí tượng, khí hậu trên lưu vực trong điều kiện hạn chế về số liệu thủy văn. Đây là các kết quả chủ yếu nhằm mục đích xác định tiềm năng khai thác và phân bổ nguồn nước cho LVSC. Chi tiết các bước thiết lập như sau:

2.2.1. Thiết lập mô hình thủy văn Mike NAM

a. Phân chia các tiểu lưu vực

Căn cứ vào bản đồ địa hình, hệ thống sông, kênh và sơ đồ mạng thủy lực hiện có, phân chia các lưu vực như sau: Toàn bộ vùng đồng bằng từ Kratie đến hết vùng ĐBSCL được chia thành 149 tiểu lưu vực (Hình 3) trong đó phía Campuchia là 17 tiểu lưu vực, LVS Đồng Nai là 11 tiểu lưu vực, vùng ĐBSCL là 120 tiểu lưu vực. Kết quả phân chia các lưu vực là cơ sở tính toán tài nguyên nước mưa và nước mặt nội sinh từ mưa của các tiểu lưu vực.



Hình 3. Sơ đồ tính toán Mike NAM vùng châu thổ Mê Công.

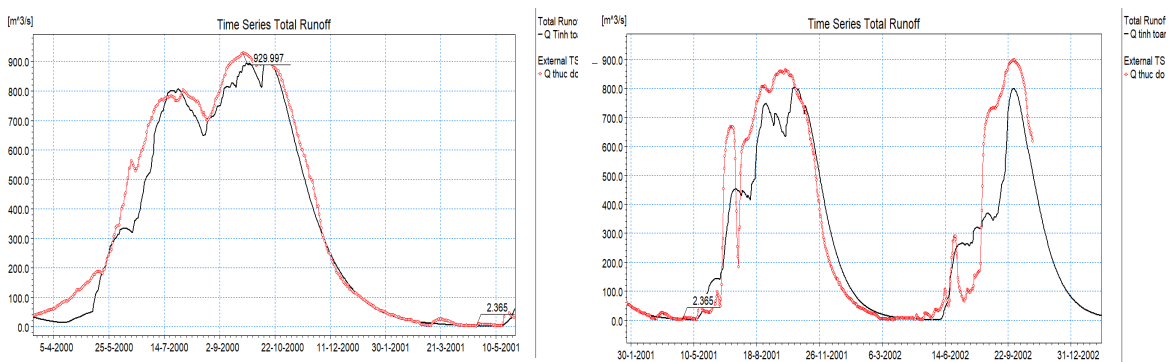
b. Số liệu đầu vào

Số liệu đầu vào của mô hình Mike NAM bao gồm số liệu mưa, số liệu bốc hơi tiềm năng, số liệu lưu lượng dòng chảy thực đo để kiểm chứng mô hình trên phạm vi toán.

Số lượng trạm có dữ liệu mưa ngày được sử dụng trên vùng ĐBSCL là 31 trạm, lưu vực sông Đồng Nai–Sài Gòn là 24 trạm và phần diện tích phía Campuchia là 10 trạm. Số liệu bốc hơi được sử dụng trên miền đồng bằng LVS Cửu Long là 13 trạm khí tượng của 13 tỉnh thuộc mạng quan trắc quốc gia [8, 13], phía Campuchia sử dụng trạm đại diện là Pnompenh [12].

c. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Đối với các lưu vực phía Campuchia, lưu lượng dòng chảy được hiệu chỉnh thông qua lưu lượng trạm Kompong Thom (sông Stung Sen chảy vào hồ Tonle Sap Flv =14.000 km²) 12. Bộ thông số đã hiệu chỉnh, kiểm định cho kết quả tin cậy được mượn cho các lưu vực lân cận sau khi hiệu chỉnh các thông số liên quan đến nước ngầm và thời gian trễ dòng chảy mặt. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định cho các năm 2000 và 2001–2002 được trình bày trong Hình 4.



Hình 4. Biểu đồ so sánh đường quá trình lưu lượng tính toán từ MIKE NAM và thực đo tại trạm Kompong Thom: (a) kết quả hiệu chỉnh cho năm 2000; (b) kết quả kiểm định cho các năm 2001-2002.

Đối với các tiểu lưu vực thuộc vùng ĐBSCL, do các trạm đo lưu lượng đều nằm trên các sông chính (sông Tiền, sông Hậu) do đó không thể sử dụng để hiệu chỉnh mô hình. Đối với các tiểu lưu vực này các thông số được xác định thông qua bản đồ đất (năm 2000) và sử dụng đất (năm 2017) [8]. Phân tích bản đồ đất cho thấy vùng ĐBSCL chủ yếu là nhóm đất phèn, nhiễm mặn và một phần đất phù sa. Các loại đất này tính thấm tương đối kém nên dễ hình thành dòng chảy mặt từ mưa. Từ bản đồ sử dụng đất tiến hành xác định các loại sử dụng đất chính nằm trong các tiểu lưu vực và tỷ lệ diện tích chiếm hữu của chúng để tính toán hệ số dòng chảy bình quân gia quyền theo diện tích. Hệ số chỉ ra khả năng sinh dòng chảy từ mưa của các loại hình sử dụng đất này có thể tham khảo tại Phụ lục B–TCVN 10406– 2015.

d. Kết quả đầu ra của mô hình Mike NAM

Dựa trên phân chia các tiểu lưu vực Mike NAM tính toán được lượng mưa bình quân của các tiểu lưu vực này theo phương pháp đa giác Thiessen. Kết quả đã xác định được tài nguyên nước mưa của 120 tiểu lưu vực và được tổng hợp cho 4 vùng quy hoạch.

Kết quả đầu ra đối với mô phỏng dòng chảy sinh ra từ mưa, bốc hơi của Mike NAM là số liệu chuỗi dòng chảy ngày tại cửa ra của các tiểu lưu vực trong giai đoạn mô phỏng. Kết quả lượng mưa bình quân, dòng chảy đầu ra của các lưu vực được tổng hợp tính toán thống kê để xác định các đặc trưng về tổng lượng, phân phối tháng, mùa cho 4 vùng quy hoạch.

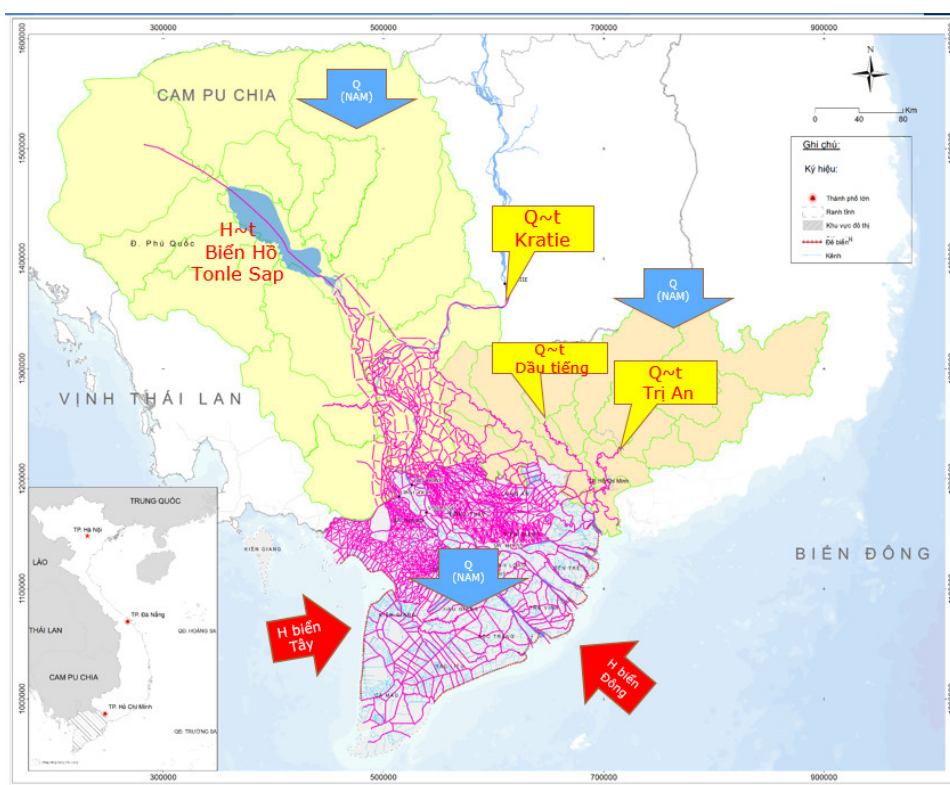
2.2.2. Thiết lập mô hình thủy lực mạng sông Mike 11HD

Để tính toán tài nguyên nước từ các sông chính, tác giả đã sử dụng phần mềm mô hình thủy lực Mike 11HD. Đây là phần mềm có xuất xứ từ Đan Mạch do DHI phát triển dưới dạng thương mại hóa, có những ưu điểm vượt trội đã và đang được áp dụng rất rộng rãi ở Việt Nam cho kết quả đáng tin cậy [18].

a. Sơ đồ mạng thủy lực tính toán

Do đặc điểm của ĐBSCL là vùng đồng bằng ảnh hưởng mạnh bởi thủy triều. Ảnh hưởng này vượt qua biên giới Việt Nam–Campuchia, do đó điều kiện biên dòng chảy tại Tân Châu và Châu Đốc sẽ không phản ánh được chính xác lưu lượng từ thượng nguồn, cùng với đó vào mùa lũ, lượng lũ tràn qua biên giới về vùng Đồng Tháp Mười và tứ giác Long Xuyên rất lớn vì vậy việc mô phỏng hệ thống cần kéo dài sơ đồ sang phía Campuchia để loại bỏ ảnh hưởng của thủy triều và đảm bảo cân bằng lượng nước toàn bộ hệ thống sông.

Sơ đồ mạng thủy lực trong bài toán này được thiết lập bao gồm toàn bộ các sông chính của Đồng bằng châu thổ Mê Công từ hạ lưu Kratie (Campuchia) đến cửa sông (biển Đông). Các sông chính được số hóa trong mô hình thủy lực bao gồm sông Tiền (Mê công), sông Hậu (Bassac), sông Vàm Nao, sông Cỏ Chiên, sông Hàm Luông và hơn 400 sông kênh trục nội vùng khác để đáp ứng điều kiện về phân lưu. Ngoài ra, mạng thủy lực cũng được mở rộng để diễn toán điều kiện biên của hệ thống sông Đồng Nai (Hình 5).



Hình 5. Sơ đồ các lưu vực thủy văn và sơ đồ mạng thủy lực tính toán bằng Mike 11 HD.

Theo yêu cầu của bài toán về tài nguyên nước, mô hình được mô phỏng liên tục với chuỗi số liệu cả năm. Hệ thống công trình cống, đập ngăn mặn vào mùa khô gồm 100 cống lớn, nhỏ và các đập tràn Trà Sư, Tha La, Ba Lai được thiết lập để tích trữ nước ngọt, vào mùa lũ các công trình được mở thoáng hoặc ngăn triều theo quy trình vận hành của hệ thống. Đối với dòng chảy mùa lũ, dòng chảy tràn đồng được mô phỏng bằng hệ thống các ô trữ nước phía đồng bằng ngập lũ Campuchia và 2 vùng ngập lũ chính của ĐBSCL là vùng Đồng Tháp Mười và Tứ giác Long Xuyên.

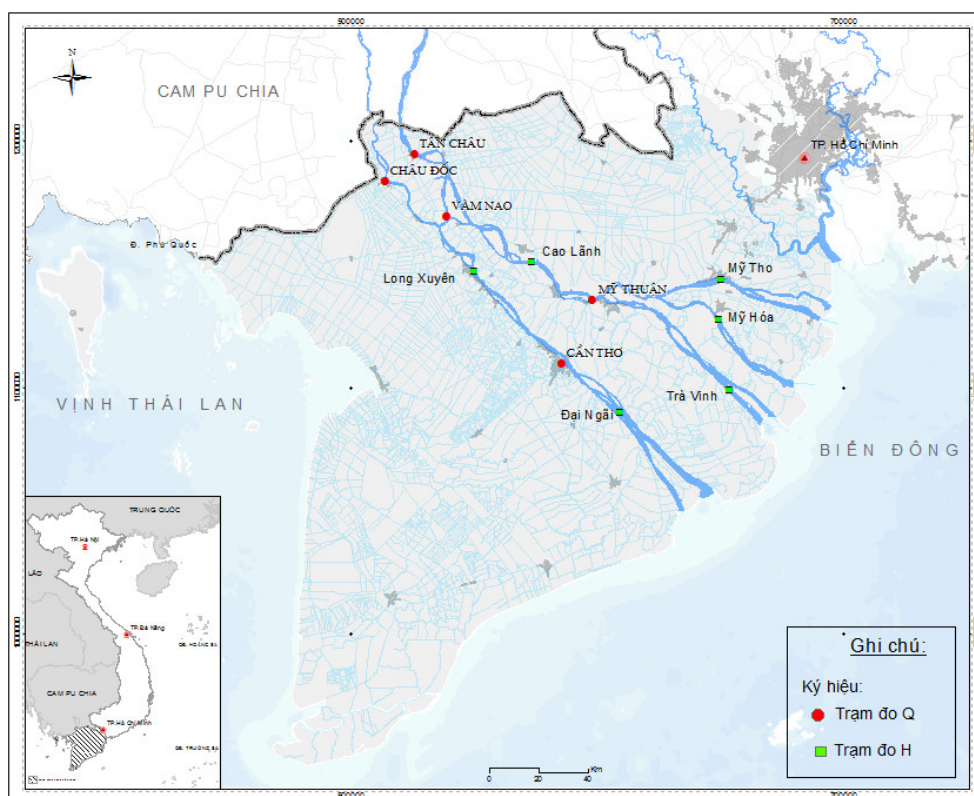
b. Số liệu đầu vào cho mô hình

Số liệu sử dụng cho mô hình thủy lực Mike 11HD bao gồm số liệu về lưu lượng dòng chảy ngày tại biên sông chính, lưu lượng dòng chảy nhập lưu nhánh sông từ Mike NAM và số liệu mực nước triều từng giờ tại cửa sông phía biển Đông và biển Tây.

Điều kiện biên của mô hình được xác định là các vị trí đầu vào của sông (biên Q) tại Kratie, Biên Hồ, hạ lưu hồ Trị An, Thác Mơ, Dầu Tiếng và cửa ra của sông (biên H) tại các cửa sông phía biển Đông và biển Tây. Đối với dòng chảy khu giữa, quá trình lưu lượng dòng nhập lưu khu giữa do mưa rơi trên 149 tiểu lưu vực được tính từ mô hình thủy văn Mike NAM. Chi tiết sơ đồ thủy lực mạng lưới sông kênh trục toàn bộ vùng đồng bằng châu thổ Mê Công được trình bày trong Hình 5.

c. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Trong bài toán tài nguyên nước, để mô hình đảm bảo độ tin cậy, các trạm thủy văn được sử dụng để kiểm tra độ tin cậy về lưu lượng tính toán từ mô hình so với số liệu thực đo, bao gồm Tân Châu, Mỹ Thuận trên sông Tiền, Châu Đốc, Cần Thơ trên sông Hậu và Vàm Nao trên sông Vàm Nao (Hình 6).



Hình 6. Sơ đồ vị trí kiểm tra lưu lượng dòng chảy tính toán và thực đo trên các sông chính.

Để xác định các thông số mô hình, giai đoạn từ 2000–2008 được sử dụng để hiệu chỉnh các thông số. Đặc điểm trong chuỗi dòng chảy giai đoạn này là có các năm lũ lớn nhỏ khác nhau sẽ kiểm soát được tổng lượng nước những năm nhiều nước, ít nước. Việc hiệu chỉnh mô hình chủ yếu thông qua việc thử sai giá trị độ nhám của mô hình. Kết quả lưu lượng đầu ra so sánh với số liệu thực được đánh giá bằng các chỉ tiêu sai số đường quá trình gồm chỉ tiêu NASH và hệ số tương quan R. Sau khi các sai số đạt yêu cầu, mô hình được kiểm định với chuỗi số liệu thực đo từ 2011–2019.

Kết quả tính toán lưu lượng dòng chảy tháng được mô phỏng bằng mô hình Mike 11HD so với thực đo là tương đối tốt. Về lưu lượng có thể thấy rằng quá trình lưu lượng dòng chảy tháng ở bước hiệu chỉnh và kiểm định mô hình tại 5 trạm trên dòng chính tương đối phù hợp

dạng đường quá trình lên xuống, độ tương quan cao (> 0,95), chỉ số NASH đạt trên 0,84. Như vậy, mô hình đáp ứng tốt cho bài toán tính toán tài nguyên nước mặt từ các sông chính tại vùng ĐBSCL theo từng tháng khác nhau. Chi tiết các chỉ tiêu sai số được tính toán trình bày tại Bảng 1.

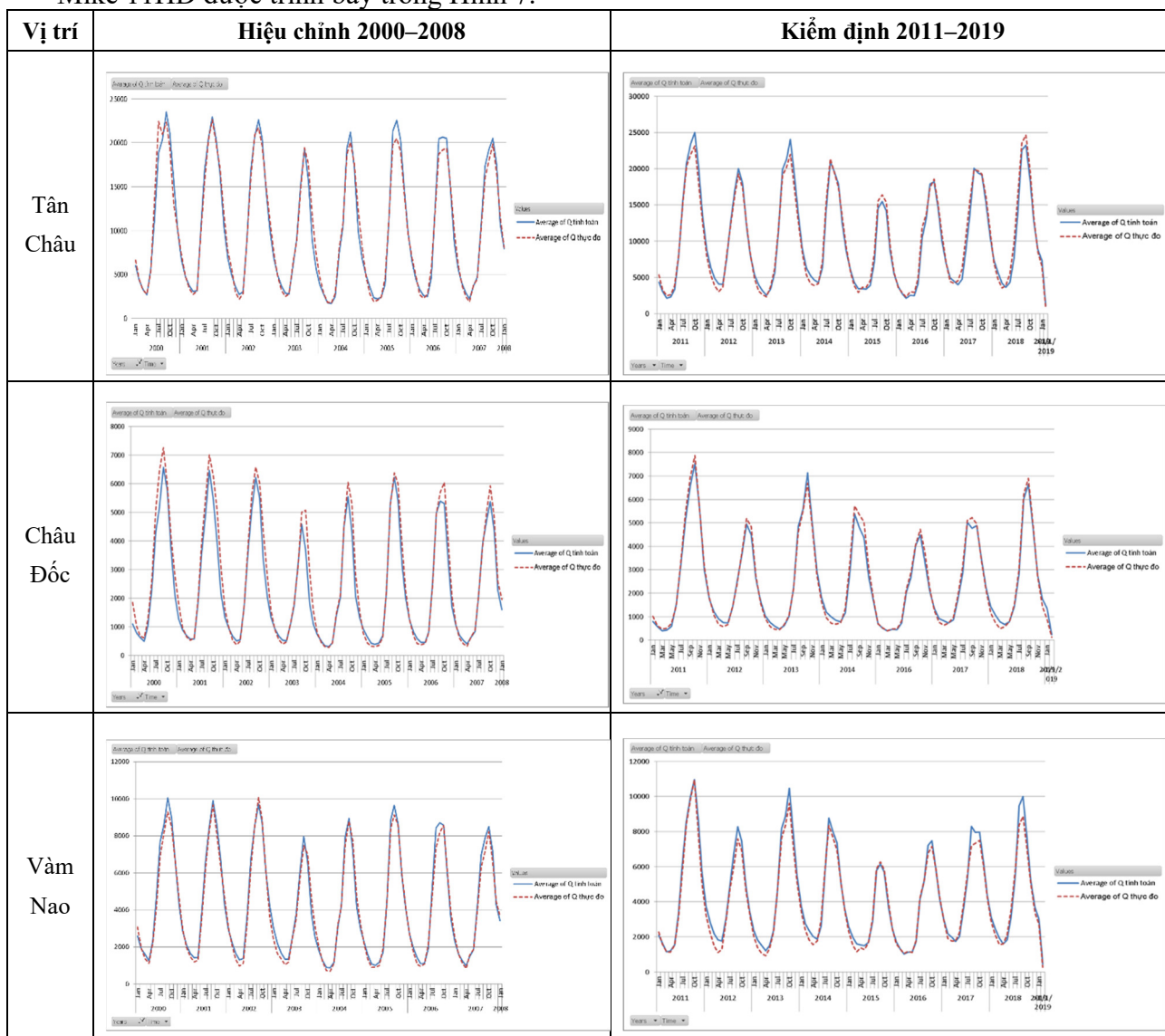
Bảng 1. Kết quả đánh giá các chỉ tiêu sai số mô phỏng của mô hình.

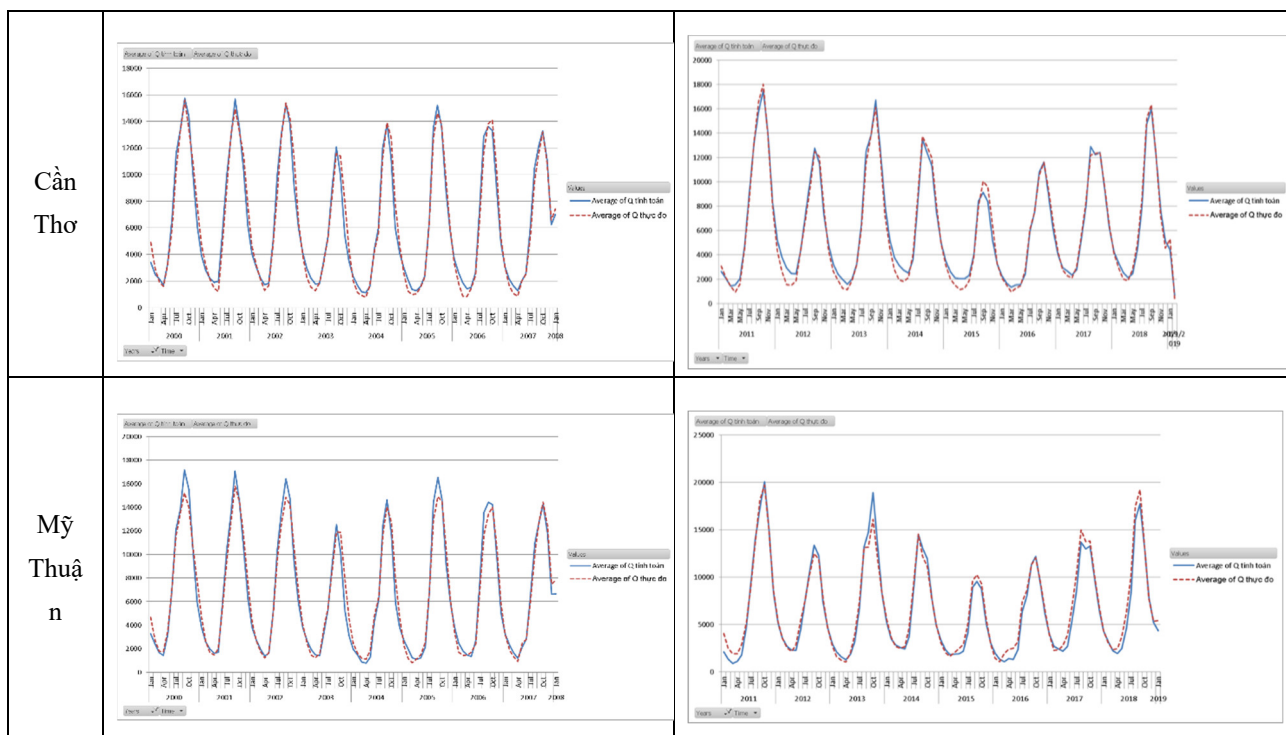
| STT | Tên trạm | Sông | Hiệu chỉnh | | Kiểm định | | Đánh giá |
|-----|----------|---------|------------|------|-----------|------|-------------|
| | | | R | Nash | R | Nash | |
| 1 | Tân Châu | Tiền | 0,99 | 0,98 | 0,99 | 0,98 | Tin cậy cao |
| 2 | Mỹ Thuận | Tiền | 0,99 | 0,97 | 0,99 | 0,97 | Tin cậy cao |
| 3 | Châu Đốc | Hậu | 0,99 | 0,96 | 1,00 | 0,99 | Tin cậy cao |
| 4 | Cần Thơ | Hậu | 0,99 | 0,97 | 0,99 | 0,99 | Tin cậy cao |
| 5 | Vàm Nao | Vàm Nao | 0,99 | 0,98 | 0,99 | 0,98 | Tin cậy cao |

Ghi chú: R: Hệ số tương quan đơn.

Nash: Chỉ tiêu sai số Nash-suttcliff.

Kết quả so sánh lưu lượng dòng chảy tháng giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định mô hình Mike 11HD được trình bày trong Hình 7.





Hình 7. Biểu đồ so sánh lưu lượng tính toán bằng Mike 11 HD và thực đo tại 5 trạm trên các sông chính.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Tài nguyên nước mưa

3.1.1. Tổng lượng tài nguyên nước mưa

Theo số liệu quan trắc từ 1980–2019 [11], lượng mưa năm tại 31 trạm mưa trên LVSCl dao động từ 1223–2360 mm, trong đó trạm có lượng mưa năm lớn nhất là Cà Mau (2360 mm), trạm thấp nhất là Tân Châu (1223 mm), tính trung bình theo số lượng trạm thì có thể thấy lượng mưa bình quân năm của LVSCl là 1646 mm tương ứng với tổng lượng 65,0 tỷ m³ nước mưa. Phương pháp trên đơn thuần chỉ tính bình quân theo số lượng trạm do đó độ tin cậy không cao nếu sự phân bố vị trí trạm đo không đều trên toàn vùng.

Sử dụng mô hình Mike NAM đã thiết lập ở trên để tính toán cho 120 tiểu lưu vực. Kết quả tính trọng số mưa theo đa giác Thiessen trong mô hình Mike NAM cho thấy lượng mưa bình quân trên toàn LVSCl là 1733 mm, tương đương với tổng lượng tài nguyên nước mưa là 68,4 tỷ m³, tức chiếm khoảng 10,5% tổng tài nguyên nước mưa của nước ta **Error! Reference source not found.** Lượng mưa phân bố không đồng đều trên toàn vùng, vùng có mưa lớn trên 2000 mm tập trung ở khu vực ven biển từ Cà Mau đến Kiên Giang, vùng có lượng mưa dưới 1500 mm chủ yếu là vùng dọc sông Tiền từ Tân Châu đến Biên Đông.

Theo chỉ tiêu “vượt tồn thất” với tần suất xuất hiện $P > 75\%$ đối với các trạm mưa trong LVSCl có thể xác định mùa mưa trên lưu vực bắt đầu từ tháng V đến tháng XI, mùa khô gồm các tháng còn lại trong năm kéo dài từ tháng XII năm trước đến tháng IV của năm sau. Sự phân hóa giữa mùa khô và mùa mưa rất rõ ràng, mùa khô trên lưu vực kéo dài 5 tháng với lượng mưa mùa khô chỉ chiếm khoảng từ 6–10% tổng lượng mưa cả năm, trong khi đó mùa mưa kéo dài 7 tháng với lượng mưa chiếm đến 90–94%. Chi tiết lượng mưa năm, mùa và tỷ lệ lượng mưa mùa so với mưa năm trong thời kỳ 1980–2019 được trình bày trong Bảng 2. Bảng 3 trình bày tổng lượng tài nguyên nước mưa được tổng hợp phân theo 04 vùng quy hoạch của ngành thủy lợi hiện có trên LVSCl. Hình 8 trình bày sơ đồ đẳng trị mưa năm và giá trị lượng mưa bình quân năm tại trạm quan trắc giai đoạn 1980–2019 LVSCl.

Bảng 2. Lượng mưa năm, mùa và tỷ lệ lượng mưa mùa so với cả năm tại các trạm quan trắc đại diện tại 13 tỉnh LVISCL.

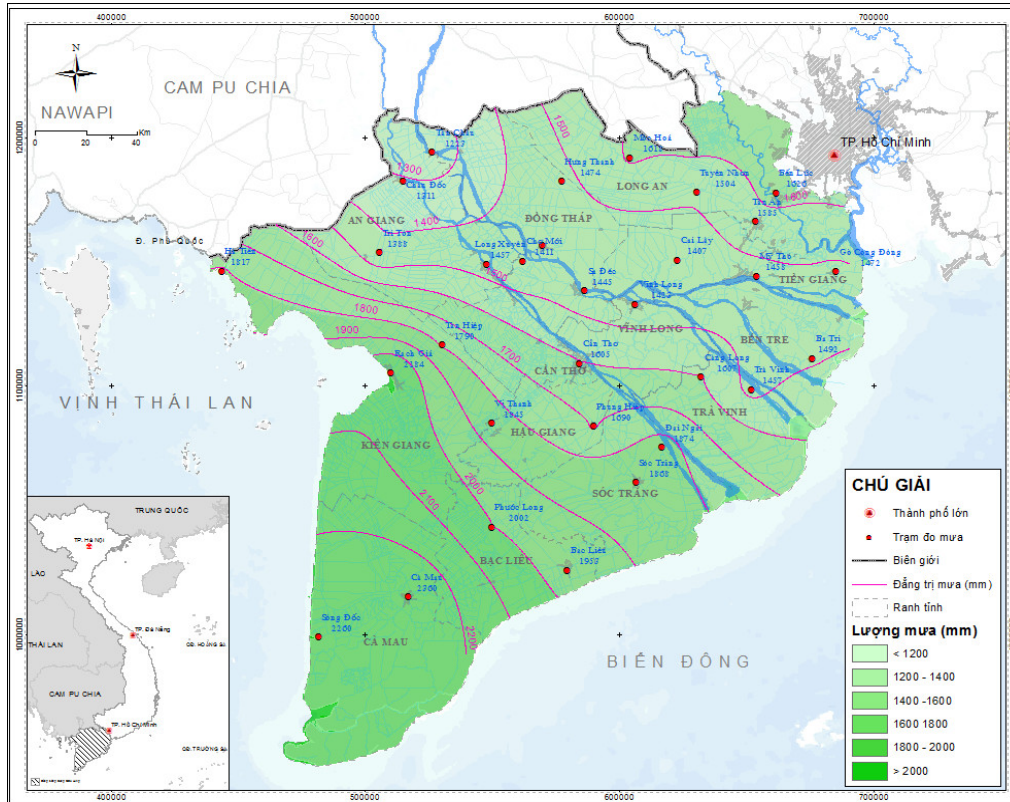
| TT | Tên Trạm | Tỉnh | Lượng mưa năm (mm) | Mùa mưa | | | Mùa khô | | |
|----|------------|------------|--------------------|---------|-----------|---------|---------|-----------|---------|
| | | | | Tháng | Lượng mưa | Tỷ lệ % | Tháng | Lượng mưa | Tỷ lệ % |
| 1 | Tân An | Long An | 1585 | V–XI | 1452 | 92% | XII–IV | 133 | 8,4% |
| 2 | Mỹ Tho | Tiền Giang | 1458 | V–XI | 1359 | 93% | XII–IV | 99 | 6,8% |
| 3 | Cao Lãnh | Đồng Tháp | 1475 | V–XI | 1336 | 91% | XII–IV | 139 | 9,4% |
| 4 | Ba Tri | Bến Tre | 1492 | V–XI | 1406 | 94% | XII–IV | 86 | 5,8% |
| 5 | Vĩnh Long | Vĩnh Long | 1423 | V–XI | 1314 | 92% | XII–IV | 109 | 7,6% |
| 6 | Trà Vinh | Trà Vinh | 1457 | V–XI | 1375 | 94% | XII–IV | 82 | 5,6% |
| 7 | Long Xuyên | An Giang | 1457 | V–XI | 1311 | 90% | XII–IV | 146 | 10,0% |
| 8 | Rạch Giá | Kiên Giang | 2184 | V–XI | 1989 | 91% | XII–IV | 195 | 8,9% |
| 9 | Cần Thơ | TP.Cần Thơ | 1605 | V–XI | 1479 | 92% | XII–IV | 126 | 7,9% |
| 10 | Vị Thanh | Hậu Giang | 1845 | V–XI | 1681 | 91% | XII–IV | 163 | 8,9% |
| 11 | Sóc Trăng | Sóc Trăng | 1868 | V–XI | 1735 | 93% | XII–IV | 134 | 7,2% |
| 12 | Bạc Liêu | Bạc Liêu | 1953 | V–XI | 1829 | 94% | XII–IV | 124 | 6,3% |
| 13 | Cà Mau | Cà Mau | 2360 | V–XI | 2128 | 90% | XII–IV | 232 | 9,8% |

Bảng 3. Tổng lượng tài nguyên nước mưa phân theo 04 vùng quy hoạch của ngành thủy lợi hiện có trên LVISCL.

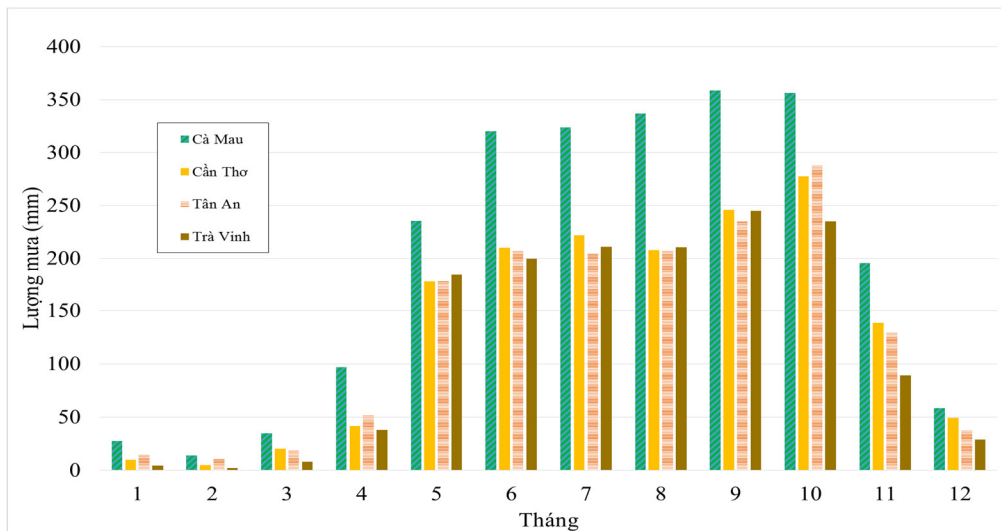
| TT | Tên vùng | Lượng mưa bình quân (mm) | Tổng TNN mưa (triệu m ³) | Mùa mưa (V–XI) | | Mùa khô (XII–IV) | |
|-------------|--------------------|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------|------------|---------------------------|------------|
| | | | | W (triệu m ³) | Tỷ lệ % | W (triệu m ³) | Tỷ lệ % |
| 1 | Tứ giác Long Xuyên | 1.622 | 8.073 | 7.044 | 87,2% | 1.029 | 12,8% |
| 2 | Bán đảo Cà Mau | 2.015 | 34.432 | 30.986 | 90,0% | 3.446 | 10,0% |
| 3 | Giữa sông Tiền–Hậu | 1.493 | 12.134 | 10.921 | 90,0% | 1.213 | 10,0% |
| 4 | Tả sông Tiền | 1.485 | 13.788 | 12.368 | 89,7% | 1.420 | 10,3% |
| Tổng | | 1,733 | 68,428 | 61,320 | 90% | 7,108 | 10% |

3.1.2. Phân phối mưa theo tháng

Không chỉ có mưa năm phân hóa rõ nét theo mùa mà còn theo từng tháng trong năm. Dựa theo kết quả tính toán phân phối mưa theo tháng có thể thấy: Tháng có lượng mưa cao nhất thường rơi vào tháng X trong năm với tổng lượng mưa chiếm từ 13–23% tổng lượng mưa năm, tháng có lượng mưa nhỏ nhất thường rơi vào tháng II với tổng lượng mưa chiếm dưới 10% tổng lượng mưa năm (Hình 9).



Hình 8. Sơ đồ đẳng trị mưa năm và giá trị lượng mưa bình quân năm tại trạm quan trắc giai đoạn 1980–2019 LVSL.



Hình 9. Biểu đồ phân phối lượng mưa theo tháng tại các trạm điển hình của LVSL.

3.2. Tài nguyên nước mặt

3.2.1. Tài nguyên nước mặt nội sinh

Kết quả tính toán từ mô hình NAM tại Bảng 4 cho thấy tổng lượng tài nguyên nước mặt từ mưa nội sinh trên toàn bộ LVSL là 27.9 tỷ m³, tương đương lưu lượng dòng chảy tổng cộng toàn vùng là 946 m³/s. Sự phân phối mùa khá rõ rệt, mùa cạn từ tháng VI–XI gần như không có dòng chảy, trong khi đó nguồn nước mặt chủ yếu trong mùa mưa chiếm trên 90% tổng lượng dòng chảy mặt sản sinh từ mưa.

Bảng 4. Tổng lượng nước nội sinh từ mưa trên 04 vùng tính toán.

| TT | Tên vùng | Tổng (triệu m ³) | Mùa lũ (VI–XI) | | Mùa cạn (XII–V) | |
|----|--------------------|---------------------------------|---------------------------|------------|---------------------------|-----------|
| | | | W (triệu m ³) | Tỷ lệ % | W (triệu m ³) | Tỷ lệ % |
| 1 | Tứ giác Long Xuyên | 3.153 | 2.898 | 91,9% | 255 | 8,1% |
| 2 | Bán đảo Cà Mau | 16.801 | 15.674 | 93,3% | 1.127 | 6,7% |
| 3 | Giữa sông Tiền–Hậu | 4.526 | 4.281 | 94,6% | 244 | 5,4% |
| 4 | Tả sông Tiền | 5.457 | 5.208 | 95,4% | 249 | 4,6% |
| | Tổng | 29.937 | 28.061 | 94% | 1.876 | 6% |

3.2.2. Tài nguyên nước từ sông chính

Trên cơ sở bộ thông số được xác định: sử dụng chuỗi dữ liệu mưa, lưu lượng tại Kratie và mực nước tại các cửa sông từ năm 2000–2019, tiến hành mô phỏng mô hình Mike 11HD, xác định tổng lượng dòng chảy và lũ tràn qua biên giới Việt Nam–Campuchia. Kết quả cho thấy toàn tuyến biên giới có tổng lượng chảy tràn khoảng 42,9 tỷ m³, trong đó mùa lũ là 40,2 tỷ m³ (chiếm 94% tổng lượng chảy tràn qua biên giới), trong khi mùa khô lượng nước qua biên giới qua các sông kênh nhánh chỉ khoảng 2,7 tỷ m³ (chiếm 6% tổng lượng chảy tràn) (Bảng 5). Như vậy, tổng lượng tài nguyên nước mặt đến LVSC là 470,8 tỷ m³, trong đó lượng nước từ các sông chính là 440,8 tỷ m³ (qua sông Tiền là 321 tỷ m³, qua sông Hậu là 76,9 tỷ m³ và lượng nước chảy tràn qua biên giới là 42,9 tỷ m³) và lượng nước nội sinh từ mưa là 29,9 tỷ m³ (Bảng 5). Tỷ lệ lượng nước mặt nội sinh chỉ chiếm 6,4% tổng lượng nước mặt đến LVSC, trong đó mùa lũ chiếm khoảng 7,5% và mùa khô rất nhỏ chỉ 1,9% (Bảng 6). Trong khi đó tổng lượng dòng chảy ngoại chiếm đến 93,6%, nhưng phân phối hàng tháng cho thấy các tháng mùa khô chỉ đạt 2–6%, mùa lũ từ 8–16% tổng lượng nước cả năm, đặc biệt dòng chảy mùa lũ thường rất lớn và chủ yếu theo sông chính ra biển nên rất khó sử dụng. Dòng chảy tràn qua biên giới tập trung chủ yếu từ tháng VIII–XI, gây bất lợi cho sản xuất tại vùng Đồng Tháp Mười và Tứ Giác Long Xuyên (Bảng 6). Hình 10 trình bày tổng lượng tài nguyên nước mưa, nước mặt và tỷ lệ của tổng lượng nước mặt toàn LVSC. Hình 11 trình bày phân phối tổng lượng nước mưa, nước mặt sông chính và chảy tràn biên giới hàng tháng.

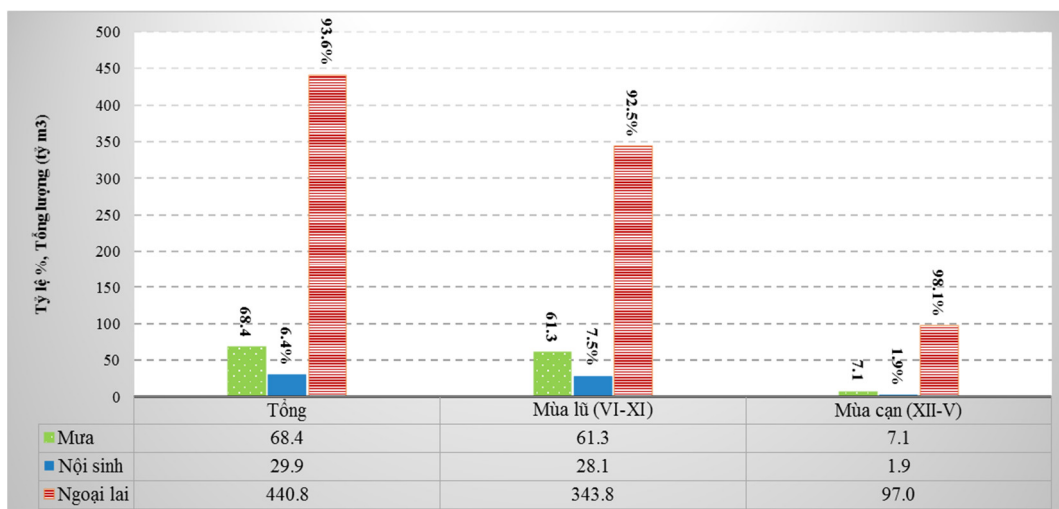
Bảng 5. Tổng lượng nước mặt từ sông chính và tràn qua biên giới về LVSC.

| STT | Vị trí | Tổng | Mùa lũ (VI–XI) | | Mùa cạn (XII–V) | |
|-----|---------------------|--------------|------------------------|------------|------------------------|------------|
| | | | W (tỷ m ³) | Tỷ lệ % | W (tỷ m ³) | Tỷ lệ % |
| | Kratie* | 424,6 | 363,6 | 86% | 61,0 | 14% |
| 1 | Tân Châu* | 321,0 | 241,9 | 75% | 79,1 | 25% |
| 2 | Châu Đốc* | 76,9 | 61,7 | 80% | 15,2 | 20% |
| 3 | Chảy tràn biên giới | 42,9 | 40,2 | 94% | 2,7 | 6% |
| | Tổng | 440,8 | 343,8 | 78% | 97,0 | 22% |

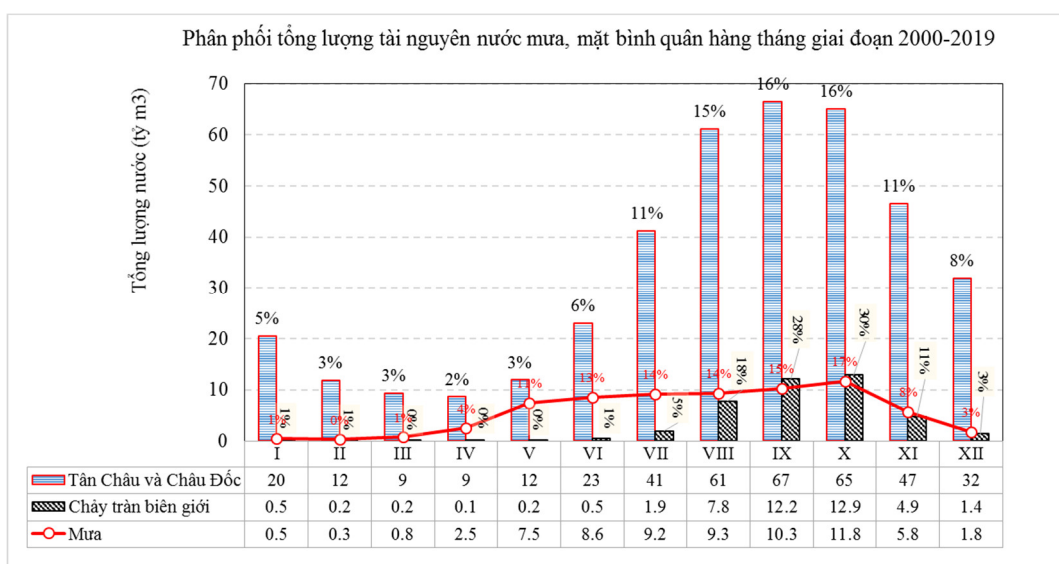
Ghi chú: * Giá trị tính từ số liệu thực đo

Bảng 6. Kết quả tổng lượng tài nguyên nước mưa, nước mặt LVSC.

| STT | Tài nguyên nước | Tổng (tỷ m ³) | Mùa lũ (VI–XI) | Mùa cạn (XII–V) |
|-----|---------------------|---------------------------|----------------|-----------------|
| 1 | Tài nguyên nước mưa | 68,4 | 61,3 | 7,1 |
| 2 | Tài nguyên nước mặt | 470,8 | 371,9 | 98,9 |
| 2.1 | Nước mặt nội sinh | 29,9 | 28,1 | 1,9 |
| | Tỷ lệ | 6,4% | 7,5% | 1,9% |
| 2.2 | Nước mặt ngoại lai | 440,8 | 343,8 | 97,0 |
| | Tỷ lệ | 93,6% | 92,5% | 98,1% |



Hình 10. Tổng lượng tài nguyên nước mưa, nước mặt và tỷ lệ của tổng lượng nước mặt toàn LVSC.



Hình 11. Phân phối tổng lượng nước mưa, nước mặt sông chính và chảy tràn biên giới hàng tháng.

4. Kết luận

Bài báo đã tổng hợp, phân tích tài liệu từ 2000–2019 kết hợp với sử dụng công cụ mô hình MIKE–NAM, MIKE 1D đã xây dựng được bộ thông số phù hợp để mô phỏng, tính toán các đặc trưng tài nguyên nước mưa, nước mặt trên LVSC. Từ những kết quả trên đây rút ra một số kết luận sau:

Đối với LVSC, bài báo đã nghiên cứu đặc điểm tài nguyên nước mặt trên LVSC khá hoàn chỉnh, đồng bộ và chi tiết. Các kết quả nghiên cứu được tính toán đảm bảo đủ độ tin cậy, có thể được sử dụng trong công tác quản lý điều hành tác nghiệp cũng như đầu vào cho các nghiên cứu tính toán khác đối với nguồn nước mặt trên lưu vực.

Tài nguyên nước mưa: Tổng lượng tài nguyên nước mưa là 68,4 tỷ m³, trong đó mùa mưa: 61,3 tỷ m³, mùa khô: 7,1 tỷ m³. Lượng mưa mùa mưa chiếm từ 90–94% tổng lượng mưa năm (tập trung vào tháng IX, X), mùa khô chỉ chiếm khoảng 6–10% tổng lượng mưa cả năm.

Tài nguyên nước mặt: Tổng lượng dòng chảy năm toàn lưu vực là 471 tỷ m³, tổng lượng dòng chảy mùa cạn là 371,9 tỷ m³ (chiếm 79%), mùa lũ là 98,9 tỷ m³ (chiếm 21%) so với tổng lượng dòng chảy năm. Tổng lượng nước mặt sinh ra từ mưa nội vùng là 30 tỷ m³, ngoại lai từ ngoài thượng nguồn là 441 tỷ m³.

So với các nghiên cứu trước đây [2, 9], thì tài nguyên nước ngoại lai đã giảm mạnh, chứng tỏ sự tác động của các công trình thượng nguồn và biến đổi khí hậu đã tác động mạnh mẽ đến du sông Mê Công. Mùa lũ kéo dài 6 tháng (VI–XI), tập trung chủ yếu tháng IX, X, vào mùa cạn lượng nước nội sinh gần như không còn, lượng nước ngoại lai chỉ chiếm từ 2–6% tổng lượng nước cả năm.

Tài nguyên nước LVSC có sự phụ thuộc phần lớn vào dòng chảy từ ngoài chảy vào (thượng nguồn), trong khi nguồn nước trên LVSC thực tế đang phải đối mặt với sự suy giảm về chất lượng và số lượng, bên cạnh đó nhu cầu nước cho phát triển kinh tế càng gia tăng. Để khai thác và sử dụng bền vững tài nguyên nước việc đánh giá tiềm năng nguồn nước để xây dựng kế hoạch, chiến lược phân bổ tài nguyên nước phù hợp là yêu cầu rất cấp thiết. Nghiên cứu sẽ là nguồn thông tin, số liệu thiết yếu và là cơ sở để phục vụ công tác quản lý, quy hoạch và phát triển nguồn nước.

Các kết quả trên được tính toán dựa trên số liệu thực đo, kết hợp với sử dụng mô hình toán thủy văn Mike NAM, thủy lực Mike 11HD được hiệu chỉnh kiểm định tốt, tin cậy. Mặc dù vậy, việc hạn chế về số liệu đo lưu lượng tại LVS Cửu Long, đặc biệt là các tuyến biên giới Việt Nam-Campuchia nên các kết quả trên phù hợp về mặt tổng lượng nước tháng, mùa, năm. Để có các kết quả tốt nhất, trong nghiên cứu chuyên sâu đối với từng mùa, cực trị thì cần phải có sự đối sánh về dòng chảy biên giới đầy đủ hơn.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.N.H.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.M.T.; H.T.N.M.; Xử lý số liệu: N.M.T.; H.T.N.M.; Chạy mô hình: N.M.T.; N.N.H.; Xử lý GIS và bản đồ: N.M.T.; Phân tích kết quả: N.N.H.; H.T.N.M.; N.M.T.; Viết bản thảo bài báo: N.M.T.; H.T.N.M.; Chỉnh sửa bài báo: N.N.H., H.T.N.M.

Lời cảm ơn: Nội dung bài báo này là một phần kết quả của đề tài ĐTĐL.CN–44/18 do Bộ Khoa học và Công nghệ tài trợ. Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ quý báu này.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. WUP–JICA. Part III: Hydro–Hydraulic modelling. Vol. I: Main report, Mekong delta flood warning and monitoring system project. 2004, pp. 125.
2. Ủy Hội sông Mê Công (MRC). Nghiên cứu tác động của các công trình thủy điện trên dòng chính sông Mê Công, Tập 1–Mô hình–thiết kế mô hình và mô phỏng. Báo cáo chính, MRC–Viêng Chăn (Lao PDR), 2016, tr. 204.
3. Nhung, N.T.T.; Trí, Đ.Q.; Hải, Đ.V. Nghiên cứu ứng dụng bộ mô hình FEWS xây dựng công cụ dự báo lũ các trạm hạ lưu sông Mê Kông. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* 2018, 688, 24–35.
4. Thái, T.H.; Tuyền, H.M.; Dũng, L.H.; Tiến, N.X.; Anh, T.Đ. Diễn biến dòng chảy ở Đồng bằng sông Cửu long. *Tap chí Khí tượng Thủy Văn* 2014, 643, 19–23.
5. Trí, Đ.Q. Ứng dụng mô hình Mike 11 mô phỏng và tính toán xâm nhập mặn cho khu vực Nam Bộ. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* 2016, 671, 39–46.
6. Doan, Q.T.; Nguyen, T.M.L.; Tran, H.T.; Kandasamy, J. Application of 1D–2D coupled modeling in water quality assessment: A case study in Ca Mau Peninsula, Vietnam. *Phys. Chem. Earth. A/B/C/* 2019, 113, 83–99.
7. Bộ Xây Dựng. Quy hoạch cấp nước vùng Đồng bằng sông Cửu long đến năm 2030 tầm nhìn đến năm 2050. Báo cáo chính, 2016, tr. 205.
8. Bộ Kế hoạch và Đầu tư. Quy hoạch vùng Đồng bằng sông Cửu Long thời kỳ 2021–2030, định hướng đến năm 2050. Báo cáo chính, 2021, tr. 599.
9. Thái, T.H. Nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến sự biến đổi tài nguyên nước đồng bằng sông cửu long. Báo cáo tổng hợp kết quả khoa học công nghệ,

- chương trình KH&CN phục vụ chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với biến đổi khí hậu (BĐKH/11-15). Hà Nội, 2014, tr. 408.
10. Xuân, T.T.; Tuyền, H.M.; Thục, T.; Thái, T.H.; Dũng, N.K. Tài nguyên nước hệ thống sông chính Việt Nam. Sách chuyên khảo NXB KH&KT, Hà Nội, 2012, tr. 268.
 11. Tổng cục Khí tượng Thủy văn (VNMHA). <http://kttvqg.gov.vn/>
 12. <https://portal.mrcmekong.org/>
 13. Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước quốc gia. Lập nhiệm vụ Quy hoạch tài nguyên nước lưu vực sông Cửu Long. Báo cáo thuyết minh, Hà Nội, 2020, tr. 119.
 14. Viện Quy hoạch thủy lợi miền nam. Quy hoạch tổng thể thủy lợi ĐBSCL trong điều kiện biến đổi khí hậu–nước biển dâng. Báo cáo thuyết minh. TPHCM, 2009, tr. 411.
 15. Xuân, T.T.; Thục, T.; Tuyền, H.M. Tác động của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước Việt Nam. Sách chuyên khảo, NXB: KH-KT, Hà Nội, 2011, tr. 268.
 16. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Báo cáo môi trường quốc gia: Tổng quan về nước mặt Việt Nam. Hà Nội, 2012, tr. 22.
 17. Hà, N.N.; Giang, N.T. Tài nguyên nước mặt lưu vực sông Vệ. *Tap chí Khoa học ĐHQGHN: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* 2015, 31(3S), 104–115.
 18. DHI. User's guide. 2011.
 19. Thong, B.X.; Dan, N.V.; Trinh, N.M.; Ha, N.H. Using the method of soil conservation service curve number (SCS-CN) Combined with the Geographic information system (GIS) to estimate the surface runoff on the Co To Island, North Vietnam. *Int. J. Adv. Eng. Res. Sci.* 2019, 6(9), 59–75. <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.69.6>.

Application of Mike NAM and MIKE 11HD modeling tools to calculation Cửu Long river basin surface water resources

Nguyen Ngoc Ha^{1*}, Nguyen Manh Trinh¹, Hoang Thi Nguyet Minh²

¹ National Center for Water Resource Planning and Investigation, Ministry of Natural Resources and Environment, 93/95 Vu Xuan Thieu, Sai Dong, Long Bien, Ha Noi; ha_tnn@yahoo.com; manhtrinh021@yahoo.com.vn

² Hanoi University of Natural resources and Environment (HUNRE) , 41 Phu Dien, Bac Tu Liem, Ha Noi; htnminh.tnn@hunre.edu.vn

Abstract: The Cuu Long river basin (CLRB) is the lower part of the Mekong basin located in Vietnam which consists of 13 provinces/cities in the South with great potential for economic development in agriculture, industry, fisheries, and ecotourism. Despite its dense river/canal system, the CLRB's water supply depends heavily on the amount of water from upstream. In order to serve the river basin management, planning, and sustainable development, it is highly important to assess the rainwater resources, surface water coming from upstream, and being in the CLRB. This study synthesized and analyzed documents related to surface water sources, combined with the use of MIKE–NAM, MIKE 11HD modeling tool to calculate and give a relatively clear picture of the characteristics and current status of rainwater and surface water in the CLRB. The results showed that for the whole CLRB, total rainwater resources is 68.4 billion m³, the surface water resources is 471 billion m³ of which, generated from rainfall is 30 billion m³, from upstream through the main river system and cross–transboundary spillage is 441 billion m³.

Keywords: Surface water resources; Cuu Long River basin; MIKE–NAM; MIKE 11 HD.

Bài báo khoa học

Nghiên cứu mức độ ô nhiễm vi nhựa trong nước và trầm tích sông Sài Gòn–Đồng Nai

Huỳnh Phú^{1*}, Huỳnh Thị Ngọc Hân², Nguyễn Lý Ngọc Thảo¹, Đặng Văn Đông³, Trịnh Gia Hân⁴

¹ Trường Đại học công nghệ TP Hồ Chí Minh, (HUTECH); h.phu@hutech.edu.vn; nln.thao@hutech.edu.vn;

² Trường Đại học Tài nguyên và môi trường TP Hồ Chí Minh; htnhan_ctn@hcmunre.edu.vn;

³ Công ty TNHH TM DV Đông vinh; sales@dovitech.com.vn;

⁴ Học viên cao học; giahann1296@gmail.com.

*Tác giả liên hệ: h.phu@hutech.edu.vn; Tel.: +84–9666 87548

Ban Biên tập nhận bài: 14/6/2021; Ngày phản biện xong: 19/8/2021; Ngày đăng bài: 25/11/2021

Tóm tắt: Sông Sài Gòn–Đồng Nai, nơi cung cấp đến 94% nguồn nước thô để sản xuất nước ăn uống và sinh hoạt cho nhân dân TP Hồ Chí Minh. Bài báo trình bày phương pháp lấy mẫu tại 18 vị trí (13 vị trí trên sông Sài Gòn và 5 vị trí trên sông Đồng Nai), phân tích vi nhựa trong môi trường nước mặt, trầm tích. Nguồn nước không chỉ ô nhiễm hữu cơ và các thông số hóa lý mà còn ô nhiễm do phát thải vi nhựa. Kết quả cho thấy xuất hiện vi nhựa dạng mảnh, dạng sợi và hạt vi nhựa từ kích thước 0,1–5 mm. Có 228.120 sợi/m³ nước đến nhiều nhất 715.124 sợi/m³ nước và 11 đến 222 mảnh/m³ nước, trong trầm tích 6,47 ± 1,45 đến 52,32 ± 4,92 mg/kg, trung bình 21,77 ± 6,9 mg/kg. Trong đó PE 51,2%, PP 27,1%, PVC 13,4% và 8,3% là các loại nhựa khác.

Từ khóa: Nước mặt; Sông Sài Gòn–Đồng Nai; Trầm tích; Vi nhựa.

1. Giới thiệu

Vi nhựa (*microplastic*) là những phân tử nhựa rất nhỏ mà mắt thường không nhìn thấy được với kích thước từ 0,3–5 mm [1]. Vi nhựa được phân loại thành nhóm vi nhựa sơ cấp do con người tạo ra, bao gồm hạt vi nhựa (*microbead*), sợi vi nhựa (*microfiber*) và hạt nhựa (*plastic pellet/plastic nurdle*). Nhóm nhựa thứ cấp được hình thành từ sự phân rã của các sản phẩm lớn hơn được làm từ nhựa. Các sản phẩm này được đưa vào môi trường do các tác nhân vật lý, sinh học và hoá học. Những sản phẩm điển hình phân rã ra thành vi nhựa là chai nước, lưới đánh cá và túi nhựa, quần áo, bảo hộ y tế, khẩu trang... cũng là nguồn phân rã ra thành vi nhựa. Hạt vi nhựa là những khối nhựa đặc với kích thước 1 mm trở xuống, sợi vi nhựa nằm trong nhóm vi nhựa sơ cấp, đường kính của chúng nhỏ hơn 10 µm. Chúng là những sợi nhựa có nguồn gốc từ vải tự nhiên và vải tổng hợp, với thành phần chủ yếu bao gồm polyester, nylon. Các loại vải microfiber không hề thân thiện với môi trường, bởi polyester và nylon được làm từ các chất hoá dầu. Chúng không thể tái chế hay phân huỷ sinh học, chỉ có vải microfiber được làm từ polypropylene mới có khả năng tái chế [2–4]. Được sinh ra chủ yếu từ các mặt hàng tiêu dùng, những mảnh nhựa có trong rác thải, túi nilon, bao bì nhựa, bụi trong quá trình mài mòn của sợi vi nhựa khi giặt quần áo, khẩu

trang, đồ chơi bằng nhựa, vi nhựa cao su do lốp xe hao mòn...[2–4]. Hiện nay, trên thế giới đã dành rất nhiều quan tâm trong việc nghiên cứu vấn đề rác thải vi nhựa trong môi trường nước mặt, trong sông ngòi và trên các đại dương. Nhưng có rất ít tài liệu công bố nghiên cứu về ô nhiễm vi nhựa cho vùng nước ngọt nội địa, hầu như các thông tin dữ liệu chứng minh sự có mặt của vi nhựa trong sông vẫn còn rất hạn chế. Các con sông và biển, đại dương trên thế giới đã được chứng minh là ô nhiễm vi nhựa nặng, đặc biệt là tại các cửa sông [5]. Mặc dù rác thải nhựa không phải là một vấn đề mới, nhưng chỉ gần đây vi nhựa mới trở thành tâm điểm của cộng đồng khoa học với các báo cáo về chủ đề này ngày càng tăng nhanh, đặc biệt là trong các hệ thống biển và cửa sông [6–8]. Vi nhựa có xu hướng tích tụ trong trầm tích ở sông hồ thông qua trầm tích hóa bởi vì trầm tích phản ánh sự tương tác lâu dài giữa nước và đất [9–12]. Tích tụ của vi nhựa trong trầm tích bờ biển của 18 quốc gia, Việt Nam đứng thứ 4 theo The Wall Street Journal 2010 từ sáu lục địa, cho thấy sự ô nhiễm bởi vi nhựa trên quy mô toàn cầu [13]. Ngoài ra nhiều thông tin nghiên cứu đã khẳng định trầm tích đáy sông và đại dương chứa đựng rất nhiều vi nhựa [14–19]. Vi nhựa ngày càng ô nhiễm với mật độ cao, tích tụ theo thời gian và đặc tính bền với môi trường [20–22]. Các minh chứng kết quả nghiên cứu mật độ vi nhựa cao trong môi trường nước sông và trầm tích đã được xác nhận rõ ràng. Mức độ ô nhiễm vi nhựa tương quan với các khu vực đô thị, vi nhựa ở nhiều dạng khác nhau như sợi, mảnh, viên và hạt trong môi trường nước và đến từ hai nguồn chính, đó là nguồn gốc từ thủy sinh và nguồn trên đất liền [23–24]. Gần đây, sự đa dạng về thành phần và kết cấu bề mặt của vi nhựa trong trầm tích của các vùng nước đô thị trên thế giới đã được nghiên cứu ở Trung Quốc và nước Anh [25–26]. Các tác giả đã tìm ra sự phân bố của vi nhựa trong trầm tích của các hồ trong đô thị có nồng độ cao và đã gây bất lợi cho các sinh vật đáy. Đánh giá khả năng phân bố polystyrene trên mô hình thực nghiệm cho thấy chỉ sau 15 phút theo đường uống một liều các hạt polystyrene thì có 6% số hạt đã vào ngay tới vòng tuần hoàn [2]. Loại nhựa polystyrene đã được Cơ quan nghiên cứu Ung thư Thế giới (*International Agency for Research on Cancer – ICR*A) phân loại thuộc nhóm 2B – nhóm chất có khả năng gây ung thư trên người. Phơi nhiễm polystyrene có thể gây đột biến gen, phá hủy DNA, nguy cơ gây nhiễm bệnh ung thư [3–4].

Phân tích mới ở Anh đã phát hiện ô nhiễm vi nhựa ở tất cả 10 hồ, sông và các hồ chứa được lấy mẫu. Có hơn 1.000 mảnh nhựa nhỏ trên mỗi lít nước ở sông Tame, Manchester, Anh. Ngay cả ở những nơi tương đối xa như Thác nước Dochart và Loch Lomond ở Scotland cũng chứa 2 hoặc 3 mảnh nhựa trên mỗi lít nước. Sông Thames ở London có khoảng 80 vi nhựa trên mỗi lít nước, tương tự như sông Cegin ở Bắc Wales. Sông Blackwater ở Essex có 15 hạt vi nhựa. Ullswater có 30 hạt và hồ chứa Llyn Cefni ở Anglesey có 40 hạt [11]. Tại Việt Nam, từ 2000 đến 13.000 tấn mảnh vụn nhựa trôi nổi được thu thập hàng năm trên các kênh chính của đô thị [2–4].

Nghiên cứu về đặc trưng ô nhiễm vi nhựa trong nước mặt tại 3 vùng biển, Tiền Giang, Cần Thơ và Bà Rịa–Vũng Tàu. Nồng độ ô nhiễm vi nhựa cao nhất ở vùng biển Tiền Giang và thấp nhất ở vùng biển Cần Thơ, kích thước vi nhựa dao động khoảng 0,25–0,5 mm và 1–2,8 mm, với màu sắc khá đa dạng [6]. Tại khu vực Cần Giờ và cửa Ba Lạt đã cho thấy dấu hiệu nhiễm bẩn của rác thải nhựa trong môi trường. Tuy nhiên, các nghiên cứu này chưa đưa ra nội dung cụ thể về quy trình tách và phân loại vi nhựa trong môi trường trầm tích phù hợp với điều kiện Việt nam. Gần đây cũng đã có những kết quả nghiên cứu phương pháp xác định hạt vi nhựa trong môi trường trầm tích bãi triều ven biển, áp dụng thử nghiệm tại xã Đa Lộc, huyện Hậu Lộc, tỉnh Thanh Hóa. Trầm tích bãi triều có hàm lượng hạt vi nhựa từ 0,02–0,0798 g/kg với giá trị trung bình 0,0229–0,0089 g/kg, tương ứng với 2532–6875 mảnh vi nhựa/kg trầm tích [4]. Các nghiên cứu mô tả chung chung, chưa có phân tích định lượng về số lượng, về kích cỡ hạt, những tác hại đến con người và sinh vật [2]... Vì vậy, còn thiếu cơ sở khoa học để đề xuất các giải pháp bảo vệ nguồn nước khi xả thải nước thải vào môi trường nước mặt; đây cũng còn là vấn đề cấp bách cần được quan

tâm. Nồng độ vi nhựa được quan sát thấy ở các vịnh thấp hơn nồng độ vi nhựa được ghi nhận tại các sông. Cụ thể, ở các sông, vi nhựa thể hiện sự biến đổi nồng độ đa dạng từ 2,3 hạt/m³ ở sông Hồng đến 2.522 hạt/m³ ở sông Tô Lịch với nồng độ thấp hơn ở sông chính và nồng độ cao hơn ở các sông nhỏ và đô thị, đặc biệt ở các vùng tiếp nhận nước thải chưa qua xử lý. Trong các vịnh, nồng độ vi nhựa thay đổi từ 0,4 hạt/m³ ở vịnh Cửa Lục đến 28,4 hạt/m³ ở cửa sông Dinh [12].

Các kết quả nghiên cứu gần đây cho thấy chất lượng nước sông Sài Gòn–Đống Nai đang có những chuyển biến xấu đi rất nhiều, đặc biệt là sự có mặt của vi nhựa [2]. Sông Sài Gòn được đánh giá là con sông thải ra nhiều nhựa thứ 5 ở Việt Nam và thứ 45 trên thế giới [2]. Ước tính hàng năm có khoảng 115–164×10¹² hạt vi nhựa dạng sợi nhân tạo được thải vào vùng nước sông Sài Gòn [4]. Nghiên cứu phương pháp khảo sát sự phát thải vi nhựa ra biển, áp dụng ở sông Sài Gòn cho thấy trong tổng 660 kg mẫu phát hiện được 7,6% là nhựa (dựa theo khối lượng), 90,7% là hợp chất hữu cơ và 1,7% vật liệu còn lại. Hay nghiên cứu được thực hiện tại kênh Nhiêu Lộc–Thị Nghè cho thấy sự tồn tại chủ yếu của sợi và mảnh vỡ nhựa với nồng độ tương ứng là từ 72.000 đến 519.000 sợi/m³ nước và 10 đến 223 mảnh/m³ nước [26]. Ước tính tổng lượng mảnh vụn nhựa ở thượng lưu sông Sài Gòn là 1,1×10³ tấn/năm vào năm 2018 (1,4–1,6×10³ tấn/năm nếu ngoại suy trên tổng lượng nước) [19]. Theo kết quả nghiên cứu trên sông Sài Gòn mật độ vi nhựa dạng sợi tại mỗi điểm từ 172.000 sợi vi nhựa/m³ nước đến 519.000 sợi vi nhựa/m³ nước; dạng mảnh từ 10 mảnh/m³ nước đến 223 mảnh /m³ nước [13]. Ở vùng biển Tiền Giang, Cần Giò và Bà Rịa–Vũng Tàu, mật độ vi nhựa dao động từ 0,04–0,82 sợi vi nhựa/m³ nước biển, thấp nhất ở vùng Cần Giò và cao nhất ở vùng Tiền Giang [15]. Những tác động của hạt vi nhựa lên sức khỏe con người và động vật phụ thuộc vào nồng độ, thời gian phơi nhiễm. Do kích thước rất nhỏ và tính kỵ nước của các hạt vi nhựa, giúp chúng dễ dàng đi qua hàng rào nhau thai cũng như máu não, có thể vào đường tiêu hóa và phổi, những vị trí tiềm ẩn nguy cơ bị tổn thương. Khi vào cơ thể, chúng có thể gây stress oxy hóa các tế bào, dẫn đến kích hoạt nhiễm trùng, suy giảm hệ miễn dịch, rối loạn quá trình nội tiết. Nguy cơ ảnh hưởng đến sức khỏe con người và sinh vật khi tiếp nạp hạt vi nhựa vào cơ thể. Sự tích lũy sinh học và độc tính của hạt vi nhựa trên động vật có vú, tuy nhiên, cũng như những chất độc hại khác, những tác động của hạt vi nhựa lên sức khỏe con người và động vật phụ thuộc vào thời gian phơi nhiễm và nồng độ. Đặc tính kỵ nước và kích thước nhỏ, các hạt vi nhựa có thể vào đường tiêu hóa và phổi, những vị trí tiềm ẩn nguy cơ bị tổn thương. Đồng thời các hạt vi nhựa có khả năng hấp phụ các vi sinh vật hay chất ô nhiễm độc hại. Khi vào cơ thể, chúng có thể kích hoạt nhiễm trùng, suy giảm hệ miễn dịch, rối loạn quá trình nội tiết. Phân tử nhựa dạng sợi còn được tìm thấy trong phổi người, các công trình nghiên cứu chỉ ra rằng hạt vi nhựa tồn tại trong không khí là nguyên nhân chính gây ra và làm cho tế bào phổi sản xuất các chất kháng viêm theo tự nhiên.

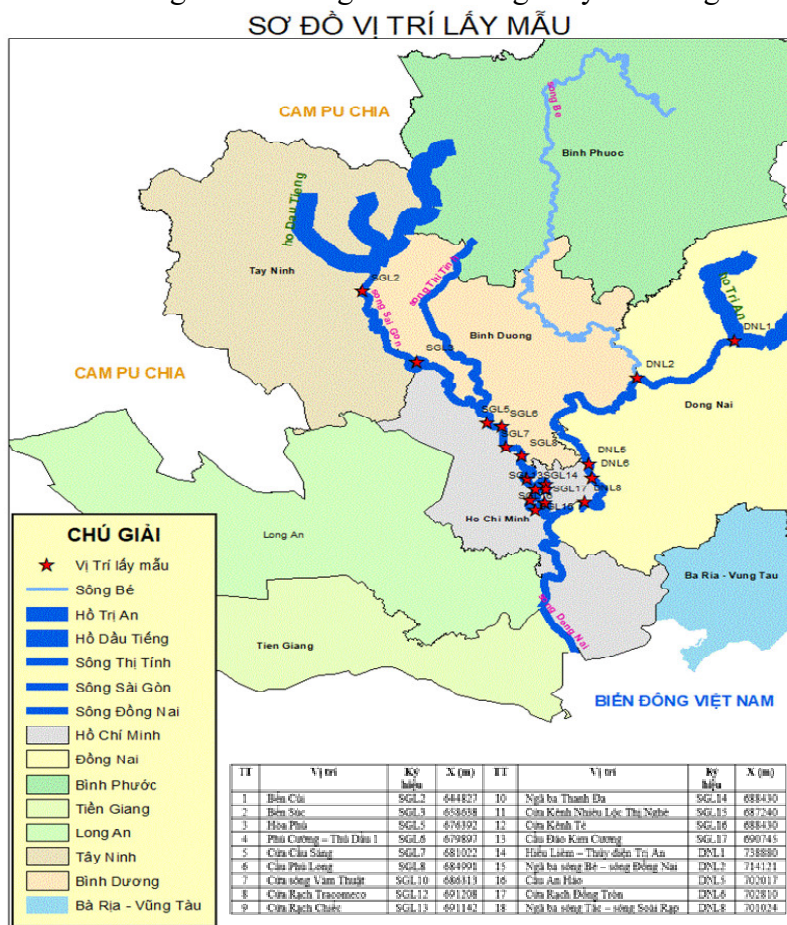
Nhiều nhà nghiên cứu cảnh báo, các loại khẩu trang chứa chất dẻo vi mô và nano cùng các chất độc hại khác gây ra nguy cơ tiềm ẩn cho môi trường. Chúng ta sử dụng 129 tỷ chiếc khẩu trang trên toàn cầu mỗi tháng, tức là 3 triệu chiếc mỗi phút. Hầu hết chúng là khẩu trang dùng một lần được làm từ các sợi vi nhựa [11]. Với việc ngày càng có nhiều báo cáo về vứt bỏ khẩu trang không đúng chỗ, cần phải nhận ra mối đe dọa môi trường tiềm ẩn này và ngăn chặn nó trở thành vấn nạn tiếp theo về ô nhiễm nhựa. TP.HCM mỗi ngày phải xử lý khoảng 9.000 tấn rác thải sinh hoạt, cơ sở hạ tầng, quản lý chất thải rắn, hệ thống xử lý rác thải chủ yếu là chôn lấp. Thời gian phân hủy các chất hữu cơ trong nước từ 7–15 ngày, nhưng những sản phẩm là vật dụng như chai nước nhựa, túi ni-lông, khẩu trang, bàn chải đánh răng... thời gian phân hủy từ 50–500 năm. Quá trình phân hủy không làm nhựa biến mất mà chuyển thành những hạt vi nhựa. Hạt vi nhựa đi vào nước thải, ao, sông rạch, mạch nước ngầm... khi tôm cá, động vật ăn hoặc uống nguồn nước này đều có hạt vi nhựa trong cơ thể. Do đó, con người có thể nuốt những hạt vi nhựa thông qua nguồn thức ăn như muối, rau củ, tôm cá, nước uống đã nhiễm hạt vi nhựa.

Nghiên cứu xác định mức độ phát thải vi nhựa trong nước và trầm tích sông Sài Gòn–Đồng Nai. Bổ sung dữ liệu về mức độ ô nhiễm vi nhựa trong nước, trầm tích và tính toán được tỉ lệ thành phần vi nhựa trong hệ thống nước mặt làm cơ sở dữ liệu cho công tác bảo vệ môi trường nước sông Sài Gòn–Đồng Nai.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khảo sát thực địa và lấy mẫu

Công tác khảo sát lấy mẫu nước và trầm tích, thông tin chi tiết thu thập được từ sự khác biệt về không gian, thời gian của ô nhiễm nhựa sẽ giúp xác định các nguồn trực tiếp hoặc nguồn phát tán của các hạt nhựa. Các nguồn trực tiếp như rác thải các khu đông dân cư, vận chuyển rác nhựa từ sông này sang sông khác trong khu vực lấy mẫu. Nghiên cứu được thực hiện trên sông Sài Gòn–Đồng Nai, nhánh sông Sài Gòn từ hồ Dầu Tiếng đến ngã ba sông Vàm Thuật 3 (khu vực giáp Huyện Hóc Môn và Thị trấn Lái Thiêu) đến cửa sông Sài Gòn (ngã ba sông Sài Gòn–Đồng Nai) (Hình 1). Mười ba điểm lấy mẫu (mẫu nước mặt và trầm tích) được bố trí trên các ngã ba giao nhau giữa sông Sài Gòn–Đồng Nai và các kênh, rạch chính chảy ra từ các khu dân cư, khu công nghiệp, và khu nông nghiệp/đất tự nhiên vào sông. Trong 13 vị trí được lấy mẫu đơn nước mặt và trầm tích. Trong đó, các điểm từ số 2-SGL3, 3-SGL5, 6-SGL8, 9-SGL13, 10-SGL14 (bảng 1), được lấy mẫu kép (mẫu a và b). Mẫu a là lấy trên sông Sài Gòn, xung quanh ngã ba sông, và mẫu b được lấy trên cửa kênh/rạch (cách mép sông Sài Gòn khoảng 20–50 m về phía trong kênh/rạch). Nhánh sông Đồng Nai cũng được thực hiện theo bố trí tương tự trên 5 vị trí lấy mẫu, tại các vị trí 15-DNL2, 16-DNL5, 17-DNL6, 18-DNL8 (Bảng 1). Việc lấy mẫu như vậy để đảm bảo tính chính xác khi đánh giá ảnh hưởng của các dòng chảy vào sông Sài Gòn–Đồng Nai.



Hình 1. Sơ đồ vị trí lấy mẫu.

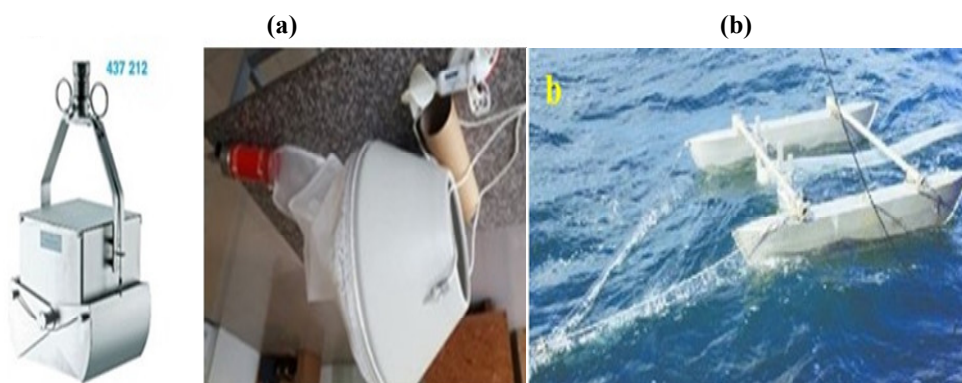
Bảng 1. Danh mục vị trí lấy mẫu sông Sài Gòn–Đồng Nai.

| No. | Vị trí | Ký hiệu | X (m) | Y (m) | Mô tả | Lý do lựa chọn vị trí lấy mẫu |
|----------------------|------------------------------|---------|--------|---------|--|--|
| <i>Sông Sài Gòn</i> | | | | | | |
| 1 | Bến Củi | SGL2 | 644827 | 1254580 | Cầu Dầu tiếng sông Sài Gòn, thị trấn Dầu Tiếng, Tây Ninh | Thượng nguồn sông Sài Gòn từ hồ Dầu Tiếng chảy ra |
| 2 | Bến Súc | SGL3 | 658638 | 1233625 | Sông Sài Gòn, cách cầu Bến súc 200m | Phần sông Sài Gòn khi vào địa phận TP.HCM |
| 3 | Hòa Phú | SGL5 | 676392 | 1215574 | Tại trạm bơm Hòa Phú trên sông Sài Gòn | Tại trạm bơm Hòa phú |
| 4 | Phú Cường –Thủ Dầu Một | SGL6 | 679897 | 1214384 | Cầu Phú Cường trên sông Sài Gòn | Sông Sài Gòn chảy qua TP Thủ Dầu Một Bình Dương |
| 5 | Cửa Cầu Sáng | SGL7 | 681022 | 1208298 | Vị trí cửa ra của Cầu sáng–sông Sài Gòn | Sông Cầu Sáng trước khi hợp lưu với sông Sài Gòn |
| 6 | Cầu Phú Long | SGL8 | 684991 | 1205652 | Cầu Phú Long trên sông Sài Gòn | Vị trí sau khi chảy qua Lái Thiêu, Dĩ An Bình Dương |
| 7 | Cửa sông Vàm Thuật | SGL10 | 686313 | 1199038 | Cửa ra của sông Vàm Thuật–sông Sài Gòn | Từ sông Vàm Thuật trước khi hợp lưu sông Sài Gòn |
| 8 | Cửa rạch Tracomeco | SGL12 | 691208 | 1197649 | Ngay vị trí cửa ra của Rạch Tracomeco–sông Sài Gòn | Từ Rạch Tracomeco (Nhiệt điện Thủ Đức) trước khi hợp lưu với sông Sài Gòn |
| 9 | Cửa Rạch Chiểu | SGL13 | 691142 | 1195995 | Ngay vị trí cửa ra của Rạch Chiểu–sông Sài Gòn | Từ Rạch Chiểu (dòng chảy Cảng Phước Long) khi hợp lưu với sông Sài Gòn |
| 10 | Ngã ba Thanh Đa | SGL14 | 688430 | 1196061 | Cầu Kinh, Bình Thạnh | Vị trí hợp lưu Kênh Thanh Đa và sông Sài Gòn hạ nguồn |
| 11 | Cửa Kênh Nhiều Lộc Thị Nghè | SGL15 | 687240 | 1192886 | Công viên Cảng Ba Son | Từ Kênh Nhiều Lộc Thị Nghè trước khi hợp lưu với sông Sài Gòn |
| 12 | Cửa Kênh Tẻ | SGL16 | 688430 | 1189976 | Cảng Tân Thuận | Từ Kênh Tẻ trước khi hợp lưu với sông Sài Gòn |
| 13 | Cầu Đảo Kim cương | SGL17 | 690745 | 1192026 | Cầu Đảo Kim Cương/ Cầu Thời Đại | Từ Giồng Ông Tố trước khi hợp lưu với sông Sài Gòn |
| <i>Sông Đồng Nai</i> | | | | | | |
| 14 | Hiếu Liêm–Thủy điện Trị An | DNL1 | 738880 | 1239992 | Cửa ra Hồ Trị An vào sông Đồng Nai | Hồ Trị A trước khi chảy vào sông Đồng Nai |
| 15 | Ngã ba sông Bé–sông Đồng Nai | DNL2 | 714121 | 1228955 | Bến phà Hiếu Liêm | Hợp lưu sông Bé và sông Đồng Nai |
| 16 | Cầu An Hảo | DNL5 | 702017 | 1203356 | Cầu An Hảo | Ngã 3 hợp lưu sông Đồng Nai đi vào TP. Biên Hòa (Hóa chất Biên Hòa, Nhựa Đồng Nai, |

| No. | Vị trí | Ký hiệu | X (m) | Y (m) | Mô tả | Lý do lựa chọn vị trí lấy mẫu |
|-----|-------------------------------|---------|--------|---------|---|--|
| 17 | Cửa Rạch Đòng Tròn | DNL6 | 702810 | 1199387 | Vị trí cửa ra Rạch Đòng Tròn–sông Đòng Nai | Cty Proconco, Từ Rạch Đòng Tròn hợp lưu với sông Đòng Nai |
| 18 | Ngã ba sông Tắc–sông Soài Rạp | DNL8 | 701024 | 1192244 | Ngay vị trí cửa ra của sông Tắc vào sông Soài Rạp–sông Đòng Nai | Cửa ra sông Tắc vào sông Soài Rạp–sông Đòng Nai |

2.2. Dụng cụ lấy mẫu nước và trầm tích

Chọn vị trí lấy mẫu nước mặt này là những vị trí dòng chảy có thể mang một lượng lớn rác thải nhựa từ thượng nguồn sông Sài Gòn chảy qua các khu dân cư đông đúc và khu công nghiệp của Tp. HCM và tỉnh Bình dương. Các mẫu nước mặt được thu thập từ năm 2020–2021 bằng cách sử dụng lưới Newston có kích thước 1×1 m² mắt lưới 500 μm được ghép nối với nhau dài 3 mét. Các lưới được đặt cạnh nhau kết nối bằng các thanh nhôm ở phía trên và phía dưới. Các lưới kết nối với chiếc thuyền bằng dây thép và một cái móc lớn. (Hình 2b). Có gắn thiết bị đo lưu tốc dòng cũng được sử dụng để đo vận tốc dòng nước tại thời điểm lấy mẫu. Mẫu sẽ được lấy tại 02 vị trí giữa dòng và hai bên bờ, thời gian lấy mẫu khoảng 30 phút/vị trí vào lúc triều xuống.

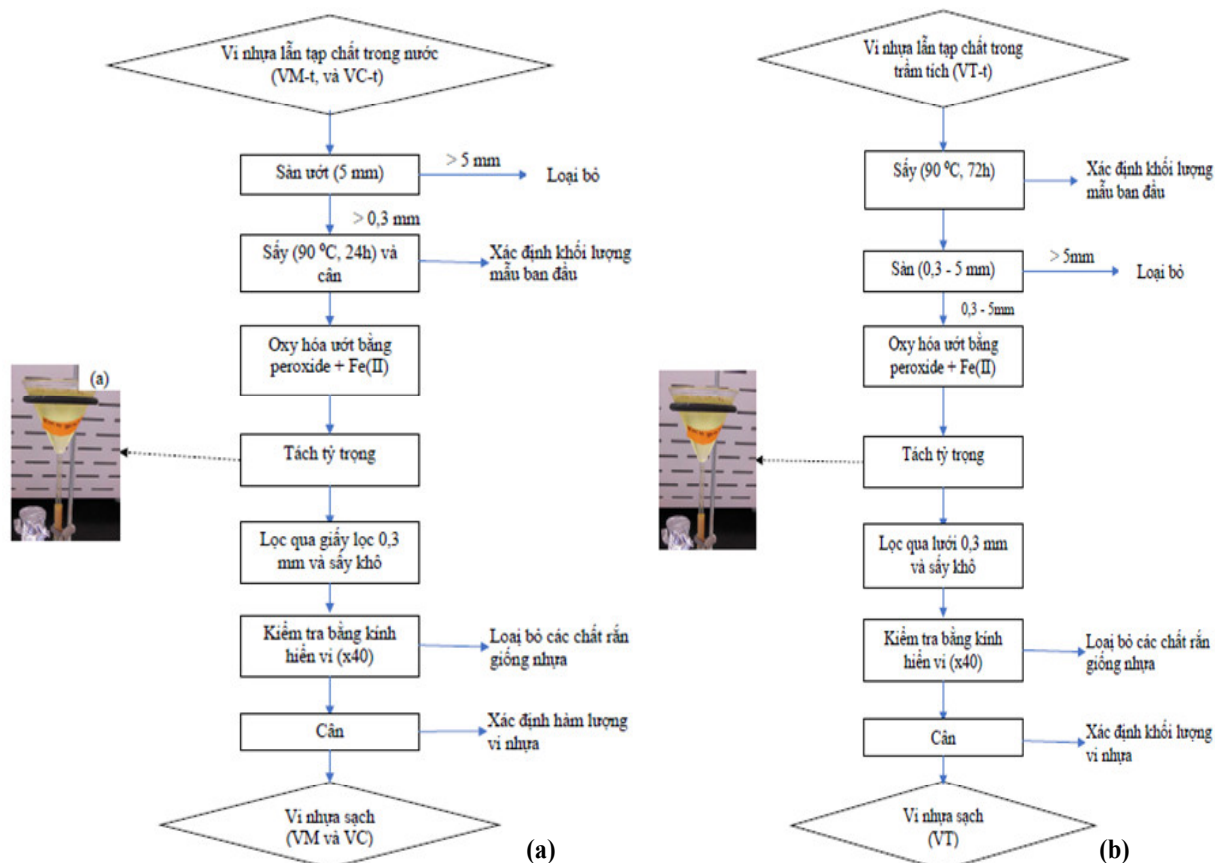


Hình 2. Dụng cụ lấy mẫu vi nhựa trong trầm tích và nước mặt: (a) Gàu lấy mẫu vi nhựa trong trầm tích; (b) bộ thu mẫu Neuton với lưới 500 μm.

Các mẫu nước để phát hiện mật độ nhựa sử dụng lưới kéo từ các vị trí (1–18) bảng 1; chiều dài kéo lấy mẫu là 300m, lưới ngập sâu 2–4 m. Thu mẫu vi nhựa trong trầm tích: Mẫu vi nhựa lần trong trầm tích ở lớp 2–10 cm sẽ được lấy bằng gàu thu mẫu chuẩn Ekman–Birge kích thước 20×20×35 cm (Hình 2a). Mẫu sẽ được lấy tại 02 vị trí cách nhau 20 m (giữa dòng và hai bên bờ).

2.3. Phương pháp phân tích thành phần vi nhựa trong nước mặt và trầm tích

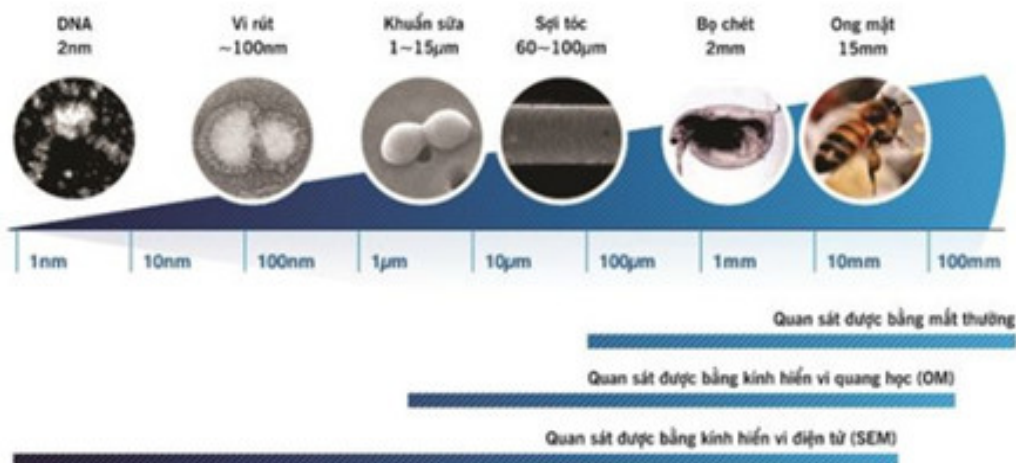
Nghiên cứu mẫu trầm tích, vị trí lấy mẫu trầm tích cùng với vị trí lấy mẫu nước, phương pháp xác định FTIR SEM/EDS, trầm tích được lấy bằng gàu lấy mẫu, diện tích lấy mẫu là 500 cm², độ sâu 2–10 cm, khối lượng mẫu là 0,5 kg/mẫu. Sơ đồ các bước thực hiện phân tích vi nhựa được thể hiện trong hình 3.



Hình 3. Sơ đồ thực hiện phân tích vi nhựa: (a) Vi nhựa trong nước; (b) Vi nhựa trong trầm tích.

2.4. Phương pháp kính hiển vi điện tử quét (SEM – Scanning Electron Microscope)

Kính hiển vi điện tử tạo ra ảnh với độ phân giải cao của bề mặt mẫu vật bằng cách sử dụng một chùm điện tử quét trên bề mặt mẫu. Việc tạo ảnh của mẫu vật được thực hiện thông qua việc ghi nhận và phân tích các bức xạ phát ra từ tương tác của chùm điện tử với bề mặt mẫu vật, xác định kích thước hạt vi nhựa. Sau quá trình xử lý, mẫu được đặt dưới kính hiển vi điện tử quét Jeol 5410 LV, độ phóng đại 40X và tất cả các hạt vi nhựa có mặt được đếm và xác định là mảnh, viên, đường/sợi, màng hoặc bọt. Thông tin này cho tất cả các loại kích thước ghi lại trên một bảng dữ liệu cho mỗi mẫu. Các hạt vi nhựa được xác định, sau đó đặt vào lọ thủy tinh có nắp 4 mL và dán nhãn niêm phong và cất giữ, bảo quản.



Hình 4. Ngưỡng quan sát được của SEM.

2.5. Quang phổ hấp phụ FTIR (Fourrier Transformation InfraRed)

Phương pháp FTIR (Fourrier Transformation InfraRed) hoạt động dựa trên sự hấp thụ bức xạ hồng ngoại của vật chất cần nghiên cứu. Phương pháp này ghi nhận các dao động đặc trưng của các liên kết hóa học giữa các nguyên tử. Phương pháp này cho phép phân tích với hàm lượng chất mẫu rất thấp và có thể phân tích cấu trúc, định tính và định lượng. Có thể đạt độ nhạy rất cao ngay cả khi mẫu chỉ có bề dày cỡ 50 nm... Việc xác định các hạt vi nhựa được hỗ trợ bằng cách sử dụng máy quét quang phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR). Để phân tích FTIR, các lọ mẫu đã được rửa sạch và đổ vào đĩa petri khô, sạch, có dán nhãn (được phân cách theo phần kích thước) và đặt trong lò sấy ở nhiệt độ 50°C cho đến khi đĩa petri và các chất bên trong khô. Các hạt riêng lẻ sau đó được di chuyển khỏi đĩa petri bằng kính hiển vi (Leica EZ4HD, zoom 8-40x, camera 3Mpixel tích hợp) và được đặt trên FTIR (PerkinElmer Spectrum Two ATR; 450/cm đến 4000/cm, 64 lần quét, độ phân giải 4/cm). Các phổ thu được được so sánh với các thư viện quang phổ để tìm ra sự trùng khớp gần nhất và xác định thành phần hóa học. Độ trùng khớp từ 70% trở lên được coi là đủ để xác nhận.

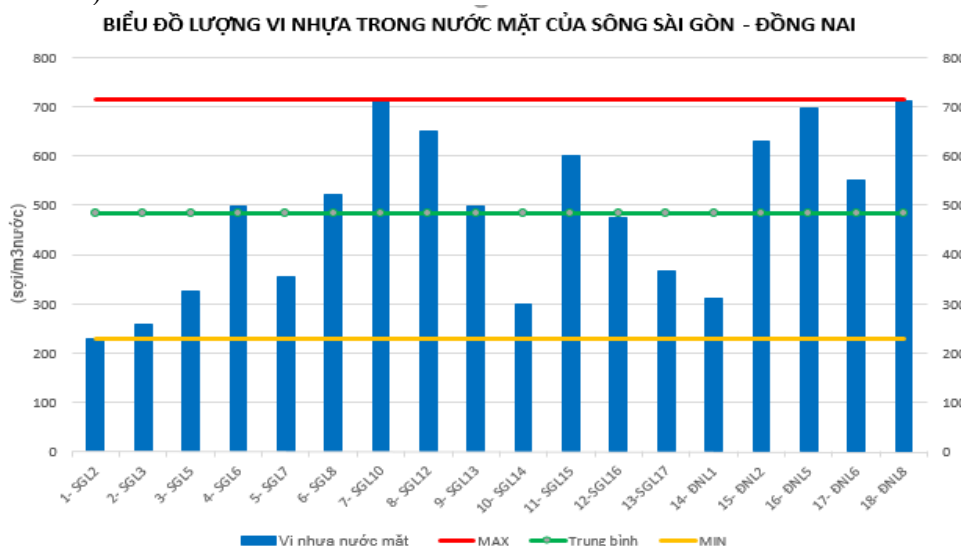
2.6. Xử lý số liệu

Kết quả phân tích thành phần số lượng và khối lượng hạt vi nhựa được tính toán giá trị trung bình bằng Microsoft Excel, và phần mềm Sigmaplot 12.0. Kích thước của các hạt vi nhựa dưới kính hiển vi được xác định bằng phần mềm Image Focus v3.0.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Mức độ tập trung của vi nhựa trong môi trường nước mặt

Kết quả ban đầu phân tích nước mặt có hàm lượng vi nhựa lớn, có từ 228.120 sợi vi nhựa/m³ nước, nhiều nhất 715.124 sợi vi nhựa/m³ nước (mẫu nước lấy ven bờ sông 3–5 m), 23–300 mảnh và mảng vi nhựa/m³ nước có kích thước nhỏ hơn < 5 mm (mẫu lấy giữa sông ở độ sâu 2–4 m).



Hình 5. Vi nhựa dạng sợi tại các điểm thu mẫu.

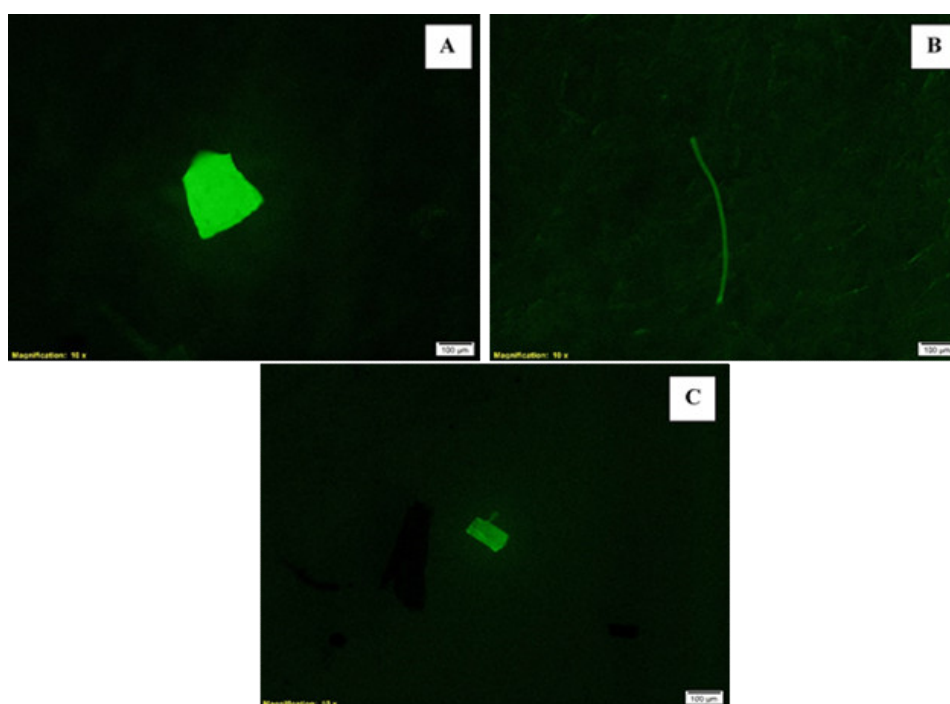
3.2. Mức độ tập trung của vi nhựa trong môi trường trầm tích

Mẫu được phân tích có khoảng 38–498 mảnh/kg trầm tích khô, mảnh nhựa có kích thước từ 0,1 mm và 0,1–0,5 mm là chủ yếu, trong đó nhựa kết quả thu được nhựa PE chiếm 51,2%, PP chiếm 27,1%, PVC chiếm 13,4% và 8,3% là các loại nhựa khác.

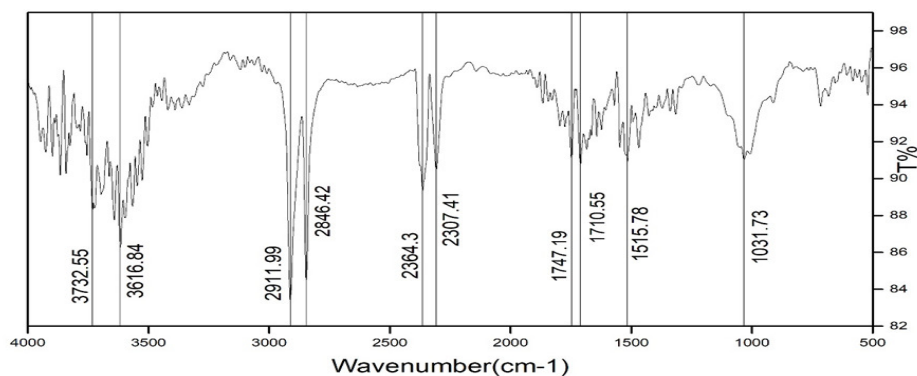
Kết quả nghiên cứu cho thấy khối lượng hạt vi nhựa trong trầm tích tại các điểm lấy mẫu (1-SGSL2, 3-SGSL3, 5-SGSL5, 7-SGSL6, 9-SGSL13) dao động từ $6,47 \pm 1,45$ đến $52,32 \pm 4,92$ mg/kg với giá trị trung bình $21,77 \pm 6,9$ mg/kg. Phân bố không đồng đều về khối lượng tại các điểm lấy mẫu, (2-SGSL2, 4-SGSL6, 6-SGSL8) (Hình 5). Bước đầu cho thấy khi triều xuống có số hạt có kích thước rất khác nhau do lắng đọng tnh tại các vị trí ven bờ (cách bờ 5 m). Tuy nhiên, để xác định được chính xác của sự khác biệt này cần tiến hành các nghiên cứu sâu trong thời gian tới để làm rõ được các yếu tố chi phối sự tích lũy, lắng đọng hạt vi nhựa trong trầm tích. Sự khác biệt về thành phần khối lượng hạt vi nhựa của các mẫu tại cùng vị trí lấy mẫu khoảng 15–20% giá trị (Hình 6).



Hình 6. Kết quả xác định vi nhựa trong trầm tích dưới kính hiển vi huỳnh quang.



Hình 7. Với độ phóng đại 100x thể hiện vi nhựa dạng mảnh (A) có chiều dài 229,49 µm; dạng sợi (B) có chiều dài 524,68 µm và dạng hạt (C) có chiều dài 113,81µm.

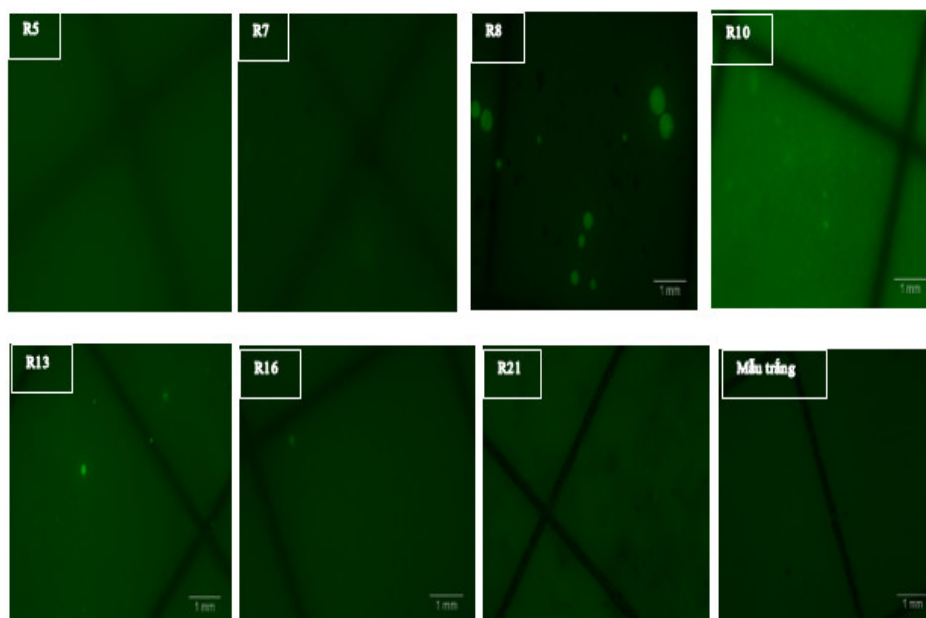


Hình 8. Kết quả định danh vi nhựa trong trầm tích bằng FTIR.

Nhóm CH₂ kéo dài trong khoảng bước sóng 2911–2846 cm⁻¹, biến dạng uốn ở 1515 cm⁻¹ và các biến dạng khác đều có bước sóng tương tự như phổ IR đặc trưng của HDPE. Phân tích thành phần hạt vi nhựa bằng kính hiển vi soi nổi cho thấy tổng số hạt vi nhựa dao động trong khoảng 2.873 đến 4.951 hạt vi nhựa với giá trị trung bình là 3.926 hạt vi nhựa/kg trầm tích. Tương tự như thành phần khối lượng, sự khác biệt về số lượng hạt vi nhựa trong môi trường trầm tích tại cùng một vị trí lấy mẫu là không đáng kể. So sánh với các khu vực tương tự tại Việt Nam, số lượng hạt vi nhựa trong trầm tích sông Sài Gòn–Đồng Nai cao hơn rõ rệt.

3.3. Thành phần số lượng hạt vi nhựa trong nước và trầm tích sông

So sánh mức độ nhiễm bẩn vi nhựa tại sông Sài Gòn–Đồng Nai với một vài địa điểm khác tại Việt nam (Tại Cần giờ trong môi trường trầm tích là bãi cát), kích thước hạt 0,3–0,5 mm, hạt vi nhựa 0–666,7 hạt vi nhựa/kg [13] tại cửa Ba lạt 45–3.235 hạt vi nhựa /kg [14].



Hình 9. Mẫu vi nhựa trong nước trong trầm tích từ kính hiển vi soi nổi.

Kết quả vùng nước mặt, các vi nhựa có các màu sắc và hình dạng khác nhau, sử dụng lưới có kích thước lỗ 300 μm để bắt mẫu, dùng dung dịch Fe(II) và H₂O₂ để loại bỏ chất hữu cơ dễ phân hủy, phân loại thành phần kích cỡ và hình dạng bằng kính hiển vi. Lấy mẫu bằng lưới trong 13 ngày liên tục tại cầu Thủ Thiêm, lấy mẫu từ 8:00 đến 15:00, chiều dài

bắt mẫu là 300 m. Ô nhiễm vi nhựa cao hơn 3–5 lần so với công bố trước đây. Khảo sát vi nhựa tại ngã ba Thanh Đa, vị trí hợp lưu kênh Thanh Đa và sông Sài Gòn hạ nguồn. Kết quả phân tích vi nhựa cho thấy sự tồn tại chủ yếu của sợi và mảnh vỡ nhựa với nồng độ từ 228.120 sợi/m³ nước đến nhiều nhất 715.124 sợi/m³ nước và 11 đến 222 mảnh/1m³ nước.

4. Kết luận

Nghiên cứu sự phát thải vi nhựa trong nước mặt và trầm tích sông Sài Gòn–Đồng Nai góp phần vào công tác bảo vệ nguồn nước. Tại những vị trí lấy mẫu nghiên cứu là những nơi đông dân cư, có lượng thải chất thải rắn lớn, ngã ba hay nơi hợp lưu của những kênh, sông nhỏ vào sông Sài Gòn–Đồng Nai, đã làm cho mục đích vấn đề nghiên cứu được sáng tỏ (vị trí lấy mẫu 2-SGL3, 3-SGL5, 6-SGL8, 9-SGL13, 10-SGL14, bảng 1). Nghiên cứu còn lấy mẫu nước mặt, mẫu trầm tích xung quanh vị trí lấy lấy nước thô của nhà máy xử lý nước sinh hoạt trên sông Sài Gòn–Đồng Nai ở độ sâu 4 m. Các số liệu nghiên cứu cho thấy mức độ phát thải vi nhựa trên sông Sài Gòn- Đồng Nai ở dạng mảnh, hạt, dạng sợi vi nhựa cao hơn các nghiên cứu trước từ 3-5 lần. Kết quả phân tích nước mặt có hàm lượng vi nhựa lớn, có từ 228.120 sợi vi nhựa/m³ nước, nhiều nhất 715.124 sợi vi nhựa/m³ nước. Khối lượng hạt vi nhựa trong trầm tích tại các điểm lấy mẫu (1-SGSL2, 3-SGSL3, 5-SGSL5, 7-SGSL6, 9-SGSL13) dao động từ 6,47±1,45 đến 52,32±4,92 mg/kg với giá trị trung bình 21,77±6,9 mg/kg. Phân bố không đồng đều về số lượng, khối lượng tại các điểm lấy mẫu, (2-SGSL2, 4-SGSL6, 6-SGSL8). Xác định vi nhựa trong nước, trầm tích sông Sài Gòn Đồng Nai bước đầu cho thấy tiến hành thuận lợi và có khả năng mở rộng áp dụng cho các lưu vực sông khác.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: H.P., H.T.N.H., N.L.N.T., Đ.V.Đ.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: H.P., H.T.N.H., N.L.N.T., Đ.V.Đ., Phân tích mẫu: H.P., H.T.N.H., N.L.N.T., T.G.H; Lấy mẫu: H.P., H.T.N.H., N.L.N.T., T.G.H; Viết bản thảo bài báo: H.P., H.T.N.H.; Chỉnh sửa bài báo: H.P., H.T.N.H., N.L.N.T., Đ.V.Đ.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của đề tài nghiên cứu Vi nhựa trong nước mặt và trầm tích sông Sài Gòn - Đồng Nai, của Viện Phát triển Công nghệ Môi trường và Tài nguyên nước Phú Mỹ.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Cơ quan Khí quyển và Đại dương Quốc gia (NOAA) định nghĩa vi nhựa. Andrady, 2011.
2. Phú, H.; Hân, H.T.N. Báo cáo Hội thảo “Vi nhựa trong nước và trầm tích sông Sài Gòn – Đồng Nai và nguy cơ đến sức khỏe người dân TP HCM”. Viện Khoa Học Ứng Dụng Hutech; Trường Đại học Công nghệ TP Hồ Chí Minh, 2021.
3. Mạnh, Đ.V. Mối nguy hại của hạt vi nhựa và Đề xuất giải pháp quản lý ô nhiễm vi nhựa hiệu quả. Thực trạng và giải pháp xử lý rác thải nhựa tại VN. Hiệp hội Môi Trường và Khu công nghiệp Việt nam, Chuyên trang quản lý môi trường (Tạp chí Môi trường và Đô thị Việt Nam) & Công ty Informa Markets Vietnam, 2021.
4. Dũng, N.H. Hiện trạng rác thải nhựa, công tác thu gom, xử lý rác thải nhựa tại Việt Nam – Đề xuất các giải pháp tổng quan. Thực trạng và giải pháp xử lý rác thải nhựa tại VN. Hiệp hội Môi Trường và Khu công nghiệp Việt nam, Chuyên trang quản lý môi trường (Tạp chí Môi trường và Đô thị Việt Nam) & Công ty Informa Markets Vietnam, 2021.

5. Hernandez, E.; Nowack, B.; Mitrano, D.M. Polyester textiles as a source of microplastics from households: a mechanistic study to understand microfiber release during washing. *Environ. Sci. Technol.* **2017**, *51*(12), 7036–7046.
6. Dũng, L.V.; Dực, T.H.; Hà, N.T.H.; Tùng, N.D.; Tuệ, N.T.; Hiếu, P.V.; Định, N.Q.; Nhuận, M.T. Nghiên cứu phương pháp xác định hạt vi nhựa trong môi trường trầm tích bãi triều ven biển, áp dụng thử nghiệm tại xã Đa Lộc, huyện Hậu Lộc, tỉnh Thanh Hóa. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, *715*, 1–12.
7. Bakir, A.; Rowland, S.J.; hompson, R.C. Transport of persistent organic pollutants by microplastics in estuarine conditions. *Estuarine Coastal Shelf Sci.* **2014**, *140*, 14–21.
8. Eriksen, M.; Mason, S.; Wilson, S.; Box, C.; Zellers, A.; Edwards, W.; Farley, H.; Amato, S. Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Mar. Pollut. Bull.* **2013**, *77*, 177–182.
9. Faure, F.; Corbaz, M.; Baecher, H.; de Alencastro, L. Pollution due to plastics and microplastics in Lake Geneva and in the Mediterranean Sea. *Archival Sci.* **2012**, *65*, 157–164.
10. Dekiff, J.H.; Remy, D.; Klasmeier, J.; Fries, E. Occurrence and spatial distribution of microplastics in sediments from Norderney. *Environ. Pollut.* **2014**, *186*, 248–256.
11. Jahan, S.; Strezov, V.; Weldekidan, H.; Kumar, R.; Kan, T.; Sarkodie, S.A. Interrelationship of microplastic pollution in sediments and oysters in a seaport environment of the eastern coast of Australia. *Sci. Total Environ.* **2019**, *695*, 133924.
12. Peng, G.; Xu, P.; Zhu, B.; Bai, M.; Li, D. Microplastics in freshwater river sediments in Shanghai, China: A case study of risk assessment in mega-cities. *Environ. Pollut.* **2018**, *234*, 448–456.
13. Peng, G.; Zhu, B.; Yang, D.; Su, L.; Shi, H.; Li, D. Microplastics in sediments of the Changjiang Estuary, China. *Environ. Pollut.* **2017**, *225*, 283–290.
14. Su, L.; Cai, H.; Kolandhasamy, P.; Wu, C.; Rochman, C. M.; Shi, H. Using the Asian clam as an indicator of microplastic pollution in freshwater ecosystems. *Environ. Pollut.* **2018**, *234*, 347–355.
15. Su, L.; Xue, Y.; Li, L.; Yang, D.; Kolandhasamy, P.; Li, D.; Shi, H. Microplastics in Taihu Lake, China. *Environ. Pollut.* **2016**, *216*, 711–719.
16. Vaughan, R.; Turner, S.D.; Rose, N. L. Microplastics in the sediments of a UK urban lake. *Environ. Pollut.* **2017**, *229*, 10–18.
17. Wang, W.; Ndungu, A.W.; Li, Z.; Wang, J. Microplastics pollution in inland freshwaters of China: A case study in urban surface waters of Wuhan, China. *Sci. Total Environ.* **2017b**, *575*, 1369–1374.
18. Zhang, K.; Su, J.; Xiong, X.; Wu, X.; Wu, C.; Liu, J. Microplastic pollution of lakeshore sediments from remote lakes in Tibet plateau, China. *Environ. Pollut.* **2016**, *219*, 450–455.
19. Barnes, D.K.A.; Galgani, F.; Thompson, R.C.; Barlaz, M. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. B* **2009**, *364*, 1985–1998.
20. Zhao, S.; Zhu, L.; Wang, T.; Li, D. Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: First observations on occurrence, distribution. *Mar. Pollut. Bull.* **2014**, *86*, 562–568.
21. Free, C.M.; Jensen, O.P.; Mason, S.; Eriksen, M.; Williamson, N.J.; Boldgiv, B. High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Mar. Pollut. Bull.* **2014**, *85*, 156–163.

22. Mani, T.; Hauk, A.; Walter, U.; Burkhardt–Holm, P. Microplastics profile along the Rhine River. *Sci. Rep.* **2015**, *5*, 17988.
23. Wang, W.; Ndungu, A.W.; Li, Z.; Wang, J. Microplastics pollution in inland freshwaters of China: A case study in urban surface waters of Wuhan, China. *Sci. Total Environ.* **2016**, *575*, 1369–1374.
24. Nhon, N.T.T.; Vy, Đ.T.Y.; Nguyễn, N.T.; Hiền, T.T. Vi nhựa trong cát biển Cần Giờ, Thành phố Hồ Chí Minh. Kỷ yếu hội thảo Ô nhiễm rác thải nhựa trên biển Việt Nam: Thực trạng và giải pháp 2019, 139–148.
25. Nguyễn, N.T.; Ngân, N.T.K.; Như, H.; Đông, H.K.; Nhon, N.T.T. Đặc trưng ô nhiễm vi nhựa tại 3 vùng biển Cần Thơ, Tiền Giang và Bà Rịa Vũng Tàu. Hội thảo rác thải nhựa, Viện Tài nguyên môi trường, ĐHQG Hà Nội, 2019.
26. Hien, H.T.; Lan, H.T.; Trang, T.D.M.; Cuc, N.T.T.; Sen, T.M.; Long, N.T. Initial results of microplastics on the sediment surface in the Balat river mouth, Northern Vietnam. Kỷ yếu hội thảo Ô nhiễm rác thải nhựa trên biển Việt Nam: Thực trạng và giải pháp, 2019, 130–138.

Study on the dispersion of microplastic pollution in water and sediments of Sai Gon–Dong Nai River

Phu Huynh^{1*}, Ngọc Han Huynh Thi², Ngọc Thao Nguyen Ly¹, Dong Van Dang³, Han Trinh Gia⁴

¹ Hochiminh City University of Technology (HUTECH); h.phu@hutech.edu.vn, nln.thao@hutech.edu.vn

² Hochiminh City University of Natural Resources and Environment; htnhan_ctn@hcmunre.edu.vn

³ DongVinh Co., Ltd; Sales@dovitech.com.vn

⁴ Graduate student: giahann1296@gmail.com

Abstract: The Sai Gon–Dong Nai River, which provides up to 94% of raw water to produce drinking and domestic water for the people of Ho Chi Minh City. This paper presents a method of sampling at 18 locations (13 locations on the Sai Gon River and 5 locations on the Dong Nai River), analyzing microplastics in surface water and sediments. Water sources are not only polluted by organic matter and physicochemical parameters but also by microplastic emissions. The results showed the appearance of microplastics in the form of thin, fibrous and microplastic particles from 0.1–5 mm in size. There were 228,120 fibers/m³ of water to a maximum of 715,124 fibers/m³ of water and 11 to 222 pieces/m³ of water, in the sediment 6.47 ± 1.45 to 52.32 ± 4.92 mg/kg, an average of 21.77 ± 6.9 mg/kg. Of which PE 51.2%, PP 27.1%, PVC 13.4% and 8.3% are other plastics.

Keywords: Surface water; Sai Gon–Dong Nai River; Sediment; Microplastics.

Bài báo khoa học

Thiết lập mô hình cân bằng nước phục vụ lập quy hoạch tổng hợp lưu vực sông Cửu Long

Nguyễn Ngọc Hà^{1*}, Hoàng Thị Nguyệt Minh², Đinh Tiến Dũng¹

¹ Trung tâm Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên Nước Quốc gia, Bộ Tài Nguyên và Môi trường, 93/95 Vũ Xuân Thiều, Sài Đồng, Long Biên, Hà Nội; ha_tnn@yahoo.com; dungdt812@gmail.com

² Khoa Tài nguyên nước, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội; htnminh.tnn@hunre.edu.vn

*Tác giả liên hệ: ha_tnn@yahoo.com; Tel.: +84-989668363

Ban Biên tập nhận bài: 8/7/2021; Ngày phản biện xong: 27/8/2021; Ngày đăng bài: 25/11/2021

Tóm tắt: Bài báo này nghiên cứu áp dụng mô hình cân bằng nước MIKE HYDRO BASIN (MHB) để đánh giá khả năng đáp ứng của nguồn nước cho các nhu cầu sử dụng nước khác nhau trên lưu vực sông (LVS) Cửu Long. Toàn bộ LVS được phân thành 120 vùng quản lý tổng hợp nguồn nước. Nhu cầu sử dụng nước được tính toán cho 6 mục đích sử dụng gồm sinh hoạt, công nghiệp, trồng trọt, chăn nuôi, nuôi trồng thủy sản, các nhu cầu khác và được giới hạn ở nước ngọt. Mô hình MHB tính toán cân bằng nước theo thời đoạn ngày cho năm hiện trạng 2020, nhằm xác định chi tiết tổng lượng nước thiếu cả năm, thời gian thiếu nước trong năm, các tháng thiếu nước trên toàn LVS và trên 120 vùng quản lý tổng hợp nguồn nước. Kết quả tính toán cho thấy, tổng lượng nước thiếu cả năm trên toàn LVS chiếm khoảng 11,4% tổng nhu cầu sử dụng nước, thời gian thiếu nhiều nhất vào tháng 2-4 (19,1-19,6%), khu vực thiếu nhiều nhất là vùng bán đảo Cà Mau. Mô hình MHB áp dụng với LVSC có thể được sử dụng như một công cụ đánh giá nhanh và thuận tiện để đánh giá khả năng đáp ứng của nguồn nước ứng với các kịch bản quy hoạch khác nhau, từ đó làm cơ sở cho việc lựa chọn các phương án phân bổ nguồn nước phù hợp.

Từ khóa: Cân bằng nước; Cửu Long; Mê Kông; Mike Hydro Basin; Tài nguyên nước.

1. Mở đầu

LVSC có vị trí rất quan trọng trong phát triển kinh tế-xã hội của cả nước. Với tiềm năng nông nghiệp lớn, trong nhiều năm qua, LVSC luôn đóng góp khoảng 50% tổng sản lượng lương thực cả nước, bên cạnh vai trò chủ đạo trong xuất khẩu gạo, LVSC cung cấp 70% lượng trái cây, 65% sản lượng thủy sản của cả nước [1]. Nguồn nước LVSC được đánh giá là dồi dào, tuy nhiên trong những năm trở lại đây tài nguyên nước trên LVS đã và đang đối mặt với nhiều thách thức nghiêm trọng như nước biển dâng, hạn hán, thiếu nước, gia tăng xâm nhập mặn, xói lở bờ sông, bờ biển, sụt lún đất... Nguyên nhân thực trạng trên là do khai thác và sử dụng tài nguyên nước quá mức, không hợp lý và hiệu quả LVS, đặc biệt là ở thượng lưu Mê Công. Đồng thời ảnh hưởng của biến đổi khí hậu cũng như cách phối hợp trong quản lý tài nguyên nước góp phần quan trọng dẫn đến các vấn đề trên. Như vậy, quy hoạch tổng hợp LVSC sẽ là công cụ hiệu quả hỗ trợ quản lý tổng hợp tài nguyên nước, đồng thời làm cơ sở cho việc điều chỉnh và định hướng khai thác, sử dụng nước, bảo vệ tài nguyên nước của các ngành cũng như định hướng về hợp tác với các quốc gia thượng lưu. Để hỗ trợ

xây dựng quy hoạch, việc đánh giá mức độ đáp ứng của nguồn nước đối với các nhu cầu sử dụng nước khác nhau cho dân sinh, kinh tế, xã hội, môi trường thông qua tính toán cân bằng nước là vô cùng quan trọng.

Do đặc điểm dòng chảy LVSCl ảnh hưởng sâu sắc bởi thủy triều biển Đông và biển Tây, với hệ thống kênh rạch phức tạp, không có lưu vực rõ ràng. Vì vậy, từ trước tới nay, việc tính toán cân bằng nước trên LVSCl thường được thực hiện đơn giản qua so sánh lượng nước đến và nhu cầu trên phạm vi toàn vùng, tiểu vùng lớn (vùng tả sông Tiền, giữa 2 sông Tiền–sông Hậu, Tứ giác Long Xuyên, bán đảo Cà Mau), hoặc đánh giá chi tiết thông qua mô hình thủy lực, tuy nhiên do tính phức tạp của mạng lưới sông và chế độ dòng chảy, kết quả tính toán chưa đủ linh hoạt để áp dụng đánh giá các phương án khai thác–sử dụng nước và đưa ra các định hướng phân bổ tài nguyên nước trên lưu vực. Các mô hình cân bằng nước thông thường như WEAP, MIKE HYDRO BASIN (MHB) mặc dù không thực sự phù hợp với dòng chảy 2 chiều nhưng có thể mạnh trong việc tính toán cân bằng nước với nhiều kịch bản linh hoạt của nước đến, nhu cầu sử dụng nước, có xét đến các công trình khai thác trên lưu vực [2–3].

Bài báo nghiên cứu thiết lập mô hình MHB để đánh giá mức độ đáp ứng của nguồn nước đối với các nhu cầu sử dụng nước khác nhau ứng với các kịch bản khác nhau. Các kết quả tính toán sẽ làm cơ sở cho việc lựa chọn các phương án phân bổ nguồn nước phù hợp phục vụ lập quy hoạch tổng hợp LVSCl.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

LVS Cửu Long (LVSCl) thuộc châu thổ sông Mê Công, nằm ở Tây Nam bộ, có vị trí liền kề với LVS Đồng Nai, phía Bắc giáp Campuchia, phía Tây–Nam là vịnh Thái Lan và phía Đông–Nam là biển Đông. LVS bao gồm 13 tỉnh với tổng diện tích là 39.945 km², và dân số là 17,738 triệu người (2017), chiếm 20,53% dân số cả nước [4].

Hệ thống sông, kênh ở LVSCl được phát triển chủ yếu trong vòng hơn thế kỷ nay, với mục đích chính là phát triển nông nghiệp và giao thông thủy. Đến nay, hệ thống kênh đào đã được đan dày ở cả 3 cấp là kênh trục/ kênh cấp 1, kênh cấp 2 và kênh cấp 3 nội đồng, hợp thành một hệ thống kênh mương khá dày, với mật độ 8–10 m/ha. Điểm đặc biệt đây là hệ thống kênh mở và bán mở nên mọi tác động vào bất kỳ vị trí nào trong hệ thống kênh này đều có thể lan truyền ảnh hưởng đến các vùng lân cận. Bên cạnh mặt lợi, hệ thống kênh đào làm dòng chảy của các sông tự nhiên mất tính độc lập ảnh hưởng đến dòng chảy sông Mê Công, đồng thời tác động gián tiếp làm thủy triều và mặn xâm nhập sâu hơn vào đồng, dẫn đến chế độ dòng chảy nội đồng trở nên hết sức phức tạp [5–6].

Tổng lượng dòng chảy sông Mê Công hàng năm ra biển khoảng 500 tỷ m³, trong đó chảy vào LVSCl trên 475 tỷ m³ [5]. Với lượng mưa trung bình vào khoảng 1.600–1.800 mm, lượng nước nội tại sinh ra trên lưu vực khoảng 25 tỷ m³ (chiếm 5% tổng lượng dòng chảy). Lưu lượng trung bình năm trên lưu vực giai đoạn 2000–2020 theo số liệu thực đo tại Tân Châu và Châu Đốc là 12.572 m³/s (Tân Châu là 10.142 m³/s, Châu Đốc là 2.430 m³/s). Tỷ lệ phân phối lưu lượng trung bình cả năm từ Phnômpenh vào sông Tiền và sông Hậu qua Tân Châu và Châu Đốc là 83%/17% khá ổn định, có xu thế thấp hơn trong mùa lũ (80%/20%) và cao hơn trong mùa kiệt (84–86%/14–16%). Tuy nhiên, khi vào sâu hơn trong đồng bằng, với sự điều tiết của Vàm Nao, dòng chảy 2 sông đã lập lại thế cân bằng với 51% cho sông Tiền và 49% cho sông Hậu [7].

Chế độ nước trên LVSCl chia làm 2 mùa rõ rệt: mùa lũ và mùa kiệt. Mùa lũ từ tháng 7 đến tháng 11 (90% tổng lượng nước hàng năm) và mùa kiệt từ tháng 12 năm trước đến tháng 5 năm sau (chiếm 10% tổng lượng nước), dòng chảy kiệt nhất xuất hiện vào tháng 3, 4.

Dòng chảy trong mùa kiệt chịu ảnh hưởng lớn của thủy triều, tuy thuận lợi trong tiêu và cấp nước, nhưng việc hình thành các giáp nước và sự cạn kiệt dòng chảy khi triều rút, kỳ

triều kém cũng gây trở ngại cho phát triển. Trong chu kỳ 15 ngày, những ngày triều cường là thời kỳ tích nước tạm thời trong kênh rạch nội đồng và làm tăng mực nước trung bình và ngược lại. Vào cuối mùa lũ, khi nguồn nước từ thượng lưu về trong sông giảm dần, mặn từ biển bắt đầu lấn dần vào vùng cửa sông và theo triều xâm nhập sâu hơn trong nội đồng [6].

Đối với tài nguyên nước dưới đất (NDĐ), ở LVSC có 6 tầng chứa nước chính có khả năng khai thác với quy mô lớn với trữ lượng khai thác NDĐ nhạt ($M < 1,0 \text{ g/l}$) là 22.513.000 $\text{m}^3/\text{ngày}$ và trữ lượng khai thác NDĐ mặn ($M > 1,0 \text{ g/l}$) là 39.124.000 $\text{m}^3/\text{ngày}$ [5, 8].

Tình hình cấp nước tại các đô thị LVSC được cải thiện đáng kể trong 10 năm trở lại đây. Tỷ lệ người dân dùng nước sạch đạt 70%, xấp xỉ mức bình quân cả nước. Định mức tiêu thụ nước sạch/đầu người nâng lên 80–100 $\text{l}/\text{người}/\text{ngày}$. Tổng công suất cấp nước sạch của vùng khoảng 700.000 $\text{m}^3/\text{ngày}$, trong đó có 50% nguồn nước ngầm. Các hình thức cấp nước ở nông thôn gồm cấp nước tập trung (19% dân số), từ các giếng khoan (26,4% dân số), giếng đào (22% dân số) và nước mưa (32,6% dân số) [5].

2.2. Số liệu và phương pháp

2.2.1. Số liệu đầu vào

Hệ thống sông gồm: sông Mê Công với 2 dòng chính là sông Tiền, sông Hậu, các phân lưu ra biển và sông nối Vàm Nao, 2 sông quốc tế là sông Vàm Cỏ Tây–Vàm Cỏ Đông và sông Giang Thành, ngoài ra còn có các sông nội địa như Cái Lớn, Cái Bé, Mỹ Thanh, Gành Hào, Ông Đốc, Bảy Háp và một số rạch nhỏ tự nhiên khác [9].

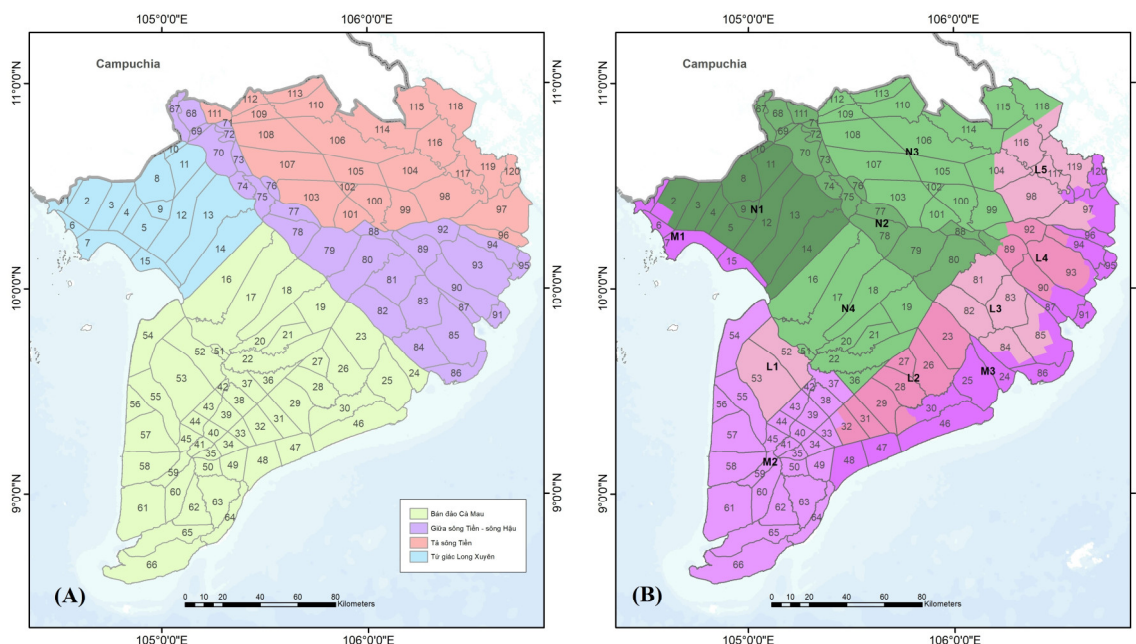
Số liệu khí tượng, thủy văn giai đoạn 1980-2019 được thu thập, tổng hợp, phân tích từ nhiều nguồn [10–11] làm đầu vào cho các mô hình mưa–dòng chảy MIKE NAM và mô hình thủy lực MIKE 11 để tính toán dòng chảy nội sinh và ngoại sinh vào vùng nghiên cứu, bao gồm dòng chảy từ Campuchia qua sông Mê Kông và các nhánh sông dọc biên giới, thượng lưu sông Vàm Cỏ và LVS Đồng Nai. Mô hình MIKE NAM được sử dụng để tính dòng chảy sản sinh từ mưa trên lưu vực sông Mê Kông tính từ Kratie đến hết vùng LVSC và LVS Đồng Nai, với phương pháp tương tự như [12–13].

Số liệu trữ lượng có thể khai thác nước dưới đất được kế thừa từ kết quả tính toán trong nhiệm vụ lập quy hoạch tổng hợp LVSC [5, 8].

Nhu cầu sử dụng nước cho 6 loại mục đích (sinh hoạt, công nghiệp, trồng trọt, chăn nuôi, thủy sản, khác) được tính toán từ số liệu trong niên giám thống kê 13 tỉnh vùng LVSC năm 2020, bản đồ sử dụng đất nông nghiệp của Đại học Cần Thơ năm 2017, và bản đồ sử dụng đất của Bộ Tài nguyên và Môi trường năm 2015. Việc tính toán nhu cầu nước cho trồng trọt và thủy sản có sử dụng lịch thời vụ các loại cây trồng và các mô hình thủy sản kết hợp từ các quy hoạch thủy lợi [6, 14]. Nhu cầu cấp nước cho sinh hoạt, công nghiệp có tham khảo từ quy hoạch cấp nước vùng đồng bằng sông Cửu Long [15–16].

2.2.2. Phân vùng tính toán

Tương đồng với Quy hoạch vùng ĐBSCL [16], quy hoạch tổng hợp LVSC phân chia toàn vùng thành 12 tiểu vùng quy hoạch ứng với 3 vùng sinh thái theo độ mặn: vùng ngọt, vùng lợ và vùng mặn. Để đảm bảo mức độ chi tiết khi đánh giá tài nguyên nước cho các tiểu vùng quy hoạch này, trong nghiên cứu phân chia LVSC thành 120 vùng quản lý tổng hợp nguồn nước (Hình 1). Việc phân chia này tạo thuận lợi và đảm bảo sự linh hoạt cho công việc tổng hợp kết quả tính toán sau này.



Hình 1. Phân vùng tính toán cân bằng nước theo (A) quy hoạch thủy lợi và (B) vùng sinh thái: vùng ngọt (N1–N4), vùng lợ (L1–L5), vùng mặn (M1–M3).

2.2.3. Thiết lập sơ đồ tính toán

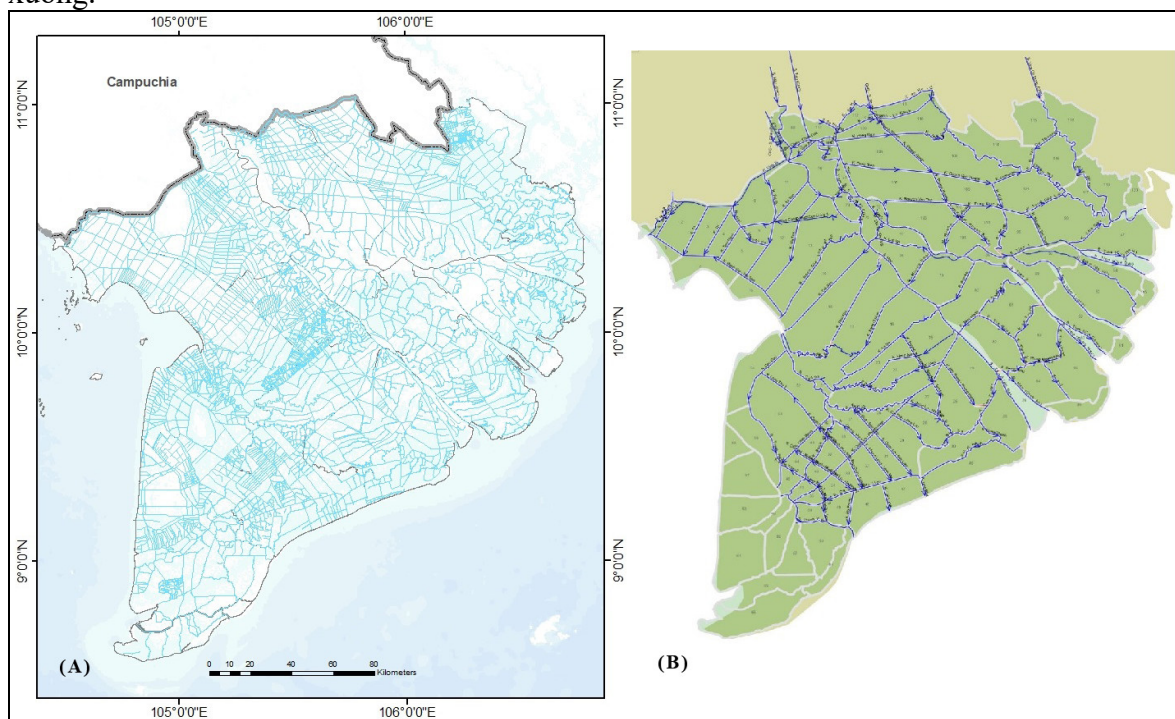
Mạng sông thiết lập trong mô hình MHB gồm 130 sông, kênh, trong đó, 43 sông thuộc quy hoạch tổng hợp LVSC là các sông liên tỉnh, nguồn nước liên tỉnh. Các sông, kênh được chọn đều là kênh trục lớn hoặc là biên của các khu sử dụng nước (Hình 2a).

Do đặc điểm chịu ảnh hưởng mạnh của thủy triều biển Đông và biển Tây, dòng chảy trong hệ thống sông, kênh vùng LVSC, bao gồm cả dòng chảy tại Tân Châu và Châu Đốc, đều là 2 chiều (lưu lượng giờ âm hoặc dương) phụ thuộc vào lúc triều lên hay triều rút. Chế độ thủy triều là bán nhật triều hoặc bán nhật triều không đều nên trong ngày thường có 2 lần triều lên và 2 lần triều rút. Mô hình MHB chỉ cho phép thiết lập dòng chảy cố định 1 chiều, do đó chiều được lựa chọn trong mạng sông thiết lập là chiều của lưu lượng trung bình thời đoạn dài (tháng). Cách thiết lập này mặc dù không mô phỏng chính xác chế độ dòng chảy thực tế, nhưng phù hợp với xu hướng chung của dòng chảy và mục đích đánh giá khả năng đáp ứng nhu cầu nước ngọt trong thời đoạn dài, đồng thời đảm bảo sự đơn giản và linh hoạt cần thiết trong việc đánh giá các phương án, kịch bản phân bổ nguồn nước khác nhau. Mặt khác, từ trước tới nay, việc tính toán tài nguyên nước đến vùng LVSC vẫn sử dụng cách tính lưu lượng trung bình tại 2 trạm Tân Châu và Châu Đốc (mặc dù lưu lượng theo giờ tại đây vẫn có giá trị âm và dương trong ngày). Việc sử dụng mô hình MIKE BASIN (phiên bản cũ hơn của MIKE HYDRO BASIN–MHB) trong tính toán cân bằng nước tại LVS Mê Kông cũng đã được thực hiện trong dự án Nghiên cứu đánh giá tác động của các công trình trên thủy điện dòng chính Mê Kông, sử dụng kết hợp các mô hình SWAT–MIKE 11–MIKE 21–MIKE BASIN [17]. Mặc dù vậy, áp dụng các mô hình này tại vùng đồng bằng LVSC ở chỉ dừng lại ở cân bằng nước trên vùng lớn. Việc ứng dụng mô hình MHB tại LVSC để cân bằng nước chi tiết đến 120 vùng gặp nhiều thách thức do hạn chế của mô hình, tuy nhiên khả năng áp dụng là hoàn toàn có thể khi xem xét một số giá định và mục đích bài toán.

Chiều dòng chảy được lựa chọn trong mô hình phù hợp với chiều lấy nước quy ước trong thủy lợi (xem Hình 2b), cụ thể:

- Vùng tả sông Tiền: lấy nước từ sông Tiền qua 2 hướng chính là Tây–Đông và Tây Bắc–Đông Nam.
- Vùng giữa 2 sông: lấy nước từ sông Tiền sang sông Hậu và Tây Bắc–Đông Nam về biển.

- Vùng tứ giác Long Xuyên: lấy nước từ sông Hậu và đổ ra biển Tây hoặc chuyển xống vùng bán đảo Cà Mau.
- Vùng bán đảo Cà Mau: lấy nước từ sông Hậu và từ vùng tứ giác Long Xuyên chảy xuống.



Hình 2. (A) hệ thống sông, kênh trực cấp 1, 2 trên LVSC và (B) sơ đồ mạng sông thiết lập trong mô hình MHB.

2.2.4. Thiết lập số liệu đầu vào

Dòng chảy ngoại sinh về vùng LVSC được đưa vào mô hình thông qua các nút lưu vực (catchment) tại sông Tiền, sông Hậu trên biên giới Việt Nam–Campuchia, tại một số nhánh chính chảy qua biên giới, và tại thượng lưu sông Vàm Cỏ Đông.

Dòng chảy nội sinh từ mưa được đưa vào mô hình thông qua 120 nút ứng với 120 khu sử dụng nước. Các nút này phân bổ dòng chảy đến từng điểm lấy nước trên các sông, kênh biên của khu sử dụng nước với các hệ số phân bổ xác định. Đối với nguồn nước dưới đất, tương tự có 120 nút mô phỏng cho 120 khu sử dụng nước. Nhu cầu sử dụng nước ứng với 6 mục đích được mô phỏng bằng 6 đối tượng sử dụng nước (user) cho mỗi khu sử dụng nước. Tổng cộng có 720 user được thiết lập (Hình 3).

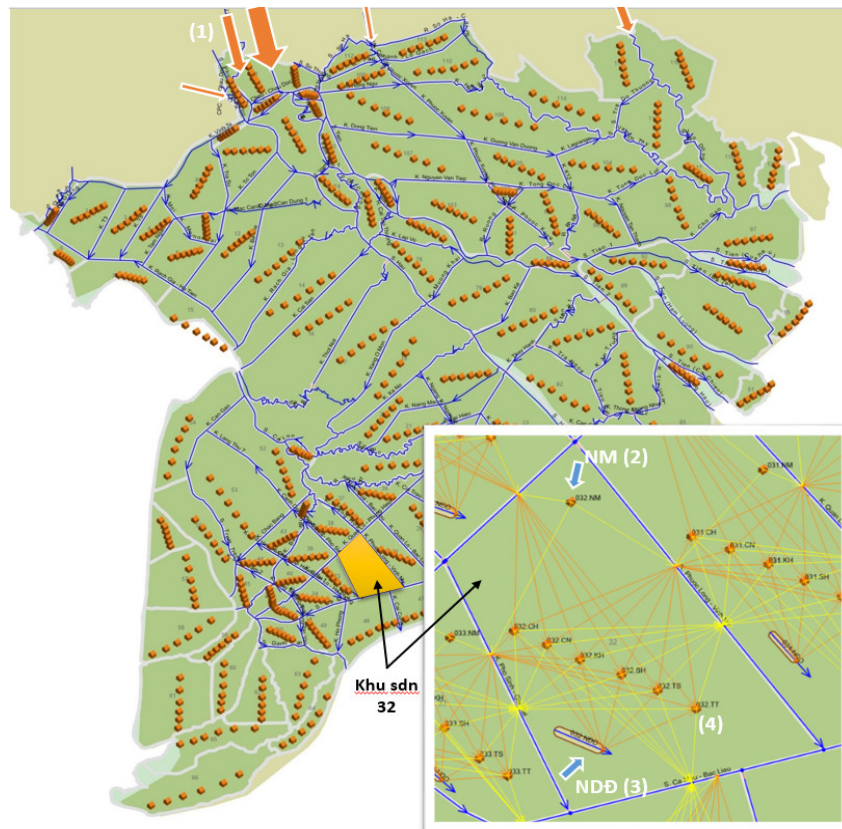
2.2.5. Thiết lập các quy tắc

Khác với bài toán cân bằng nước cho một lưu vực thông thường, đối với LVSC hay vùng tương tự không có lưu vực rõ ràng, kết quả cân bằng nước phụ thuộc rất nhiều vào việc xác định các quy tắc phân bổ nhằm mô phỏng gần nhất với điều kiện sử dụng thực tế hoặc các kịch bản. Các quy tắc này được thể hiện trong các thông số dưới đây.

Tỉ lệ phân bổ lượng nước nội sinh vào các kênh: mỗi khu sử dụng nước đều được bao bởi các sông, kênh. Mỗi sông, kênh này được coi là một nguồn cấp nước mặt cho các đối tượng sử dụng nước của khu đó. Lượng nước mặt nội sinh từ mưa rơi trên khu sử dụng nước đang xét được phân bổ cho các sông, kênh này với tỉ lệ được xác định dựa trên mật độ sông, kênh kết nối với sông, kênh đang xét, với ý nghĩa mật độ càng dày thì càng nhận được nhiều nước. Để đơn giản hóa, có thể lấy tỉ lệ phân bổ đều:

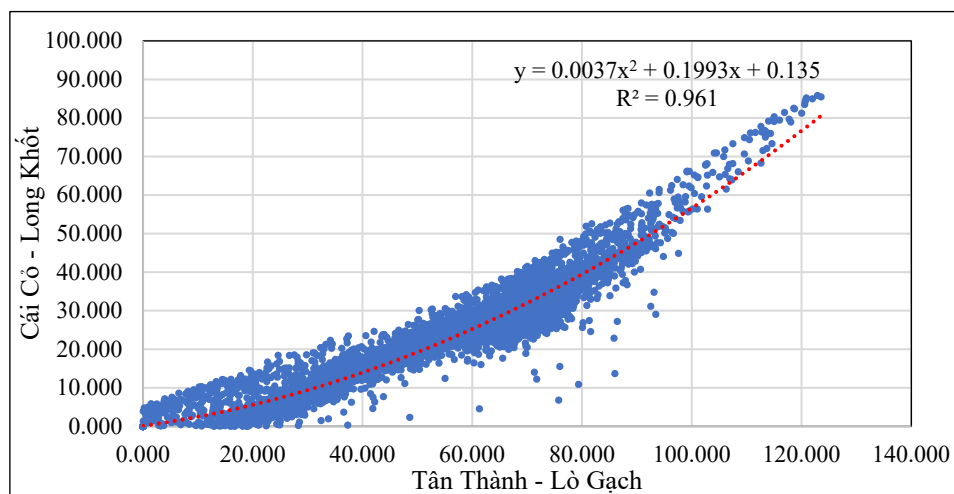
$$Q_i = Q_{ns}/n_k \tag{1}$$

Trong đó Q_i là lưu lượng dòng chảy nội sinh trên khu đang xét phân bổ tới kênh biên i ; Q_{ns} là tổng dòng chảy nội sinh trên khu đang xét; n_k là số kênh biên.

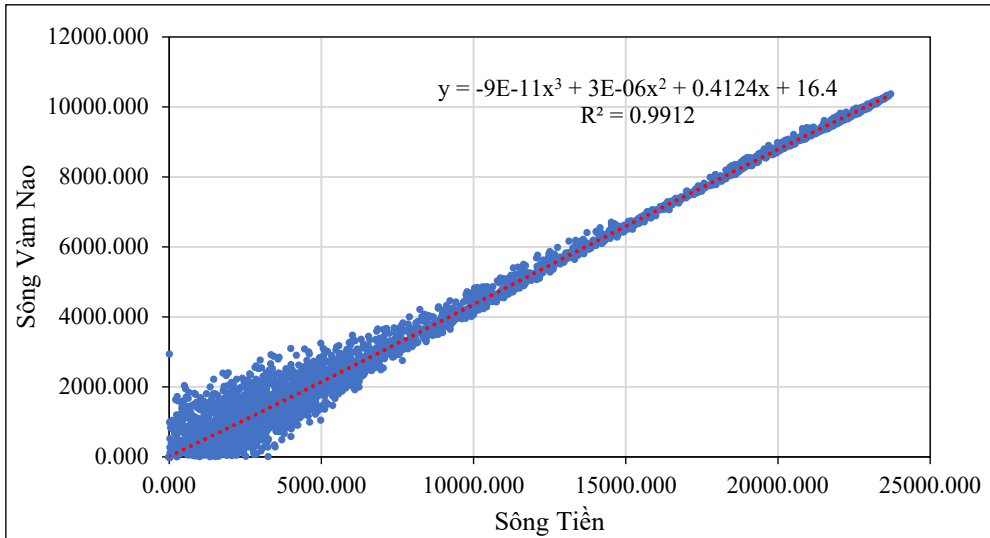


Hình 3. Mô hình hóa các đối tượng và thiết lập số liệu đầu vào: (1) Dòng chảy đến ngoại sinh, (2) Nước mặt nội sinh, (3) Nước dưới đất, (4) Đối tượng sử dụng nước.

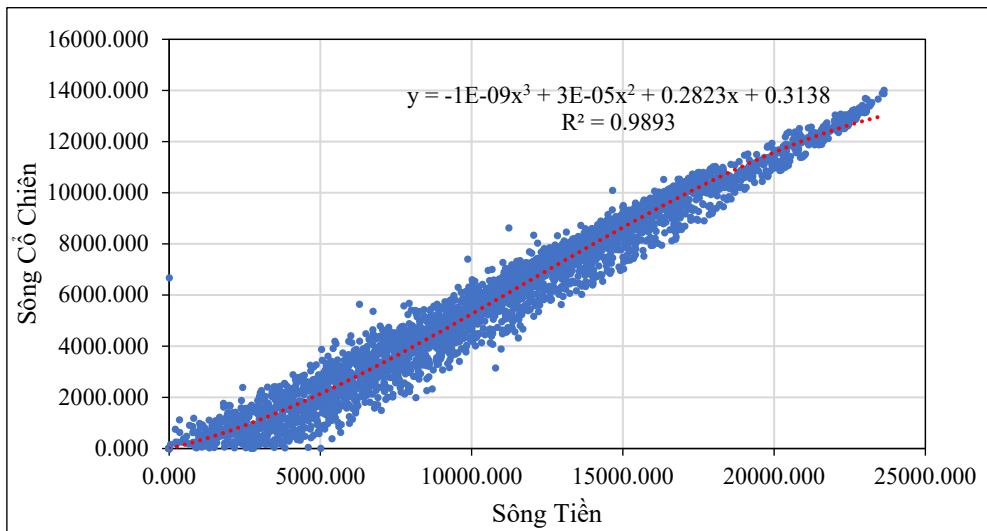
Tỉ lệ phân lưu (bifurcation): do đặc điểm hệ thống sông, kênh dày đặc, mạng sông tính toán bao gồm 92 nút phân lưu. Tỉ lệ phân lưu tại mỗi nút được xác định bằng tỉ lệ lưu lượng dòng chảy ra sông nhánh trên tổng lưu lượng dòng chảy đến nút. Sự phân chia dòng chảy trong mạng sông LVSC là tương đối ổn định [18]. Trong nghiên cứu này, tỉ lệ phân chia được xác định từ kết quả tính toán của mô hình thủy lực và được nhập vào mô hình MHB dưới dạng đường quan hệ lưu lượng sông nhánh/sông chính (Hình 4-7).



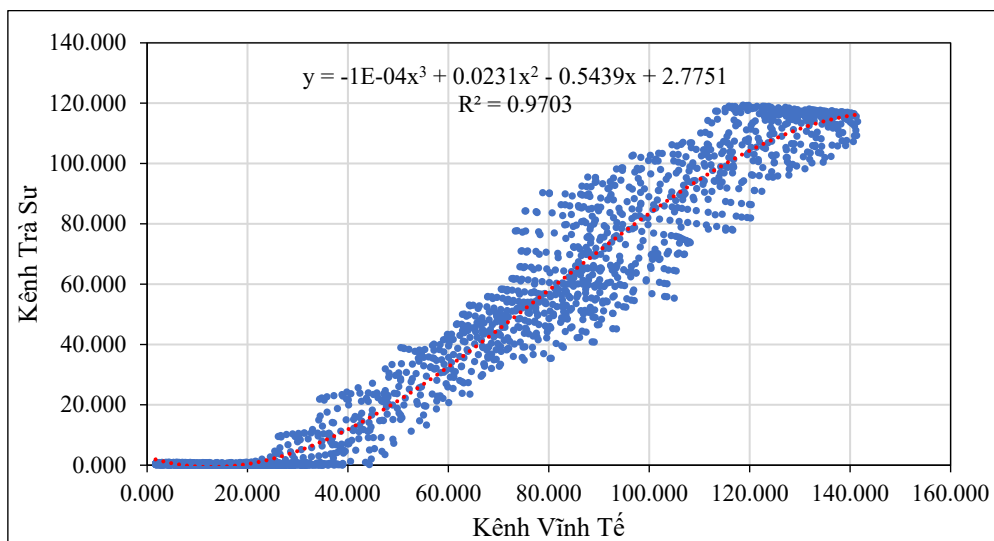
Hình 4. Đường quan hệ lưu lượng giờ tại nút phân lưu giữa kênh Tân Thành-Lò Gạch và kênh Cái Cò-Long Khốt.



Hình 5. Đường quan hệ lưu lượng giờ tại nút phân lưu giữa sông Tiền và sông Vàm Nao.



Hình 6. Đường quan hệ lưu lượng giờ tại nút phân lưu giữa sông Tiền và sông Cổ Chiên.



Hình 7. Đường quan hệ lưu lượng giờ tại nút phân lưu giữa kênh Vĩnh Tế và kênh Trà Sư.

Quy tắc lấy nước từ nhiều nút cấp (supply connections): một đối tượng sử dụng nước có thể lấy nước từ nhiều nguồn/nút cấp. Đề mô phỏng điều kiện thực tế, tỉ lệ nhu cầu nước được lấy từ các nút khác nhau được xác định bằng khả năng cấp nước của từng nút (với nguồn sông, kênh là khả năng tải và mật độ sông, kênh kết nối với sông, kênh biên; với nguồn nước dưới đất là trữ lượng có thể khai thác hoặc lấy theo hiện trạng, tiêu chuẩn, quy định thực tế). Trong nghiên cứu này, tỉ lệ nhu cầu nước của 1 đối tượng lấy từ 1 nút cụ thể được xác định bằng tỉ lệ lượng nước đến tại nút đó với tổng lượng nước đến tại tất cả các nút cấp cho đối tượng đang xét. Tỉ lệ này không cố định mà thay đổi theo ngày tương ứng với sự thay đổi của lượng nước đến từng nút:

$$\text{Fraction (j)}_i = Q_i / \Sigma Q_i \quad (2)$$

Trong đó Fraction (j)_i là tỉ lệ nhu cầu nước của đối tượng j lấy từ nút i; n là số nút cấp; Q_i là lưu lượng nước đến nút i; ΣQ_i là tổng lưu lượng nước đến tại tất cả các nút cấp cho đối tượng j.

Khi đó nhu cầu nước của đối tượng j lấy từ nút i là:

$$D_{ji} = \text{Fraction (j)}_i \times D_j \quad (3)$$

Trong đó D_{ji} là nhu cầu nước của đối tượng j lấy từ nút i; D_j là tổng nhu cầu nước của đối tượng j (từ tất cả các nút).

Quy tắc phân bổ nước tại nút ưu tiên (priority node): mô hình được thiết lập với 321 nút ưu tiên (hay nút cấp nước), là các nút tại đó nước được cấp cho nhiều đối tượng sử dụng. Các nút này mô phỏng các nguồn cấp là các sông, kênh biên của khu sử dụng nước và nguồn nước dưới đất. Đề mô phỏng hiện trạng sử dụng nước thực tế, các đối tượng này đều được thiết lập mức ưu tiên như nhau (sử dụng nước đồng thời) nhưng với tỉ lệ phân bổ khác nhau. Trong nghiên cứu này, tỉ lệ phân bổ nước cho 1 đối tượng từ 1 nút được tính bằng tỉ lệ nhu cầu nước của đối tượng đó lấy từ nút đó (1 đối tượng có thể lấy nước từ nhiều nút) trên tổng nhu cầu nước của tất cả các đối tượng lấy nước từ nút đó:

$$\text{Fraction (ij)} = D_{ji} / \Sigma D_i \quad (4)$$

Trong đó Fraction (ij) là tỉ lệ cấp nước của nút i cho đối tượng j; D_{ji} là nhu cầu nước của đối tượng j lấy từ nút i; ΣD_i là tổng nhu cầu nước của tất cả các đối tượng lấy nước từ nút i.

Khi đó lượng nước (tối đa) có thể cấp từ nút i cho đối tượng j là:

$$Q_{ij} = \text{Fraction (ij)} \times Q_i \quad (5)$$

Trong đó Q_{ij} là lưu lượng nước tối đa có thể cấp từ nút i cho đối tượng j; Q_i là tổng lưu lượng nước đến tới nút i.

Quy tắc cho dòng chảy hồi quy (return flow connections): dòng chảy hồi quy từ một đối tượng sử dụng nước cũng có thể chảy vào nhiều nguồn sông, kênh khác nhau. Tỉ lệ hồi quy của một đối tượng tới một sông, kênh biên của khu sử dụng nước phụ thuộc vào mật độ sông, kênh kết nối tới sông, kênh biên đó, và phụ thuộc vào loại hình sử dụng nước của đối tượng đó (sinh hoạt, công nghiệp, trồng trọt, chăn nuôi, thủy sản, khác). Để đơn giản hóa, có thể lấy tỉ lệ hồi quy đều:

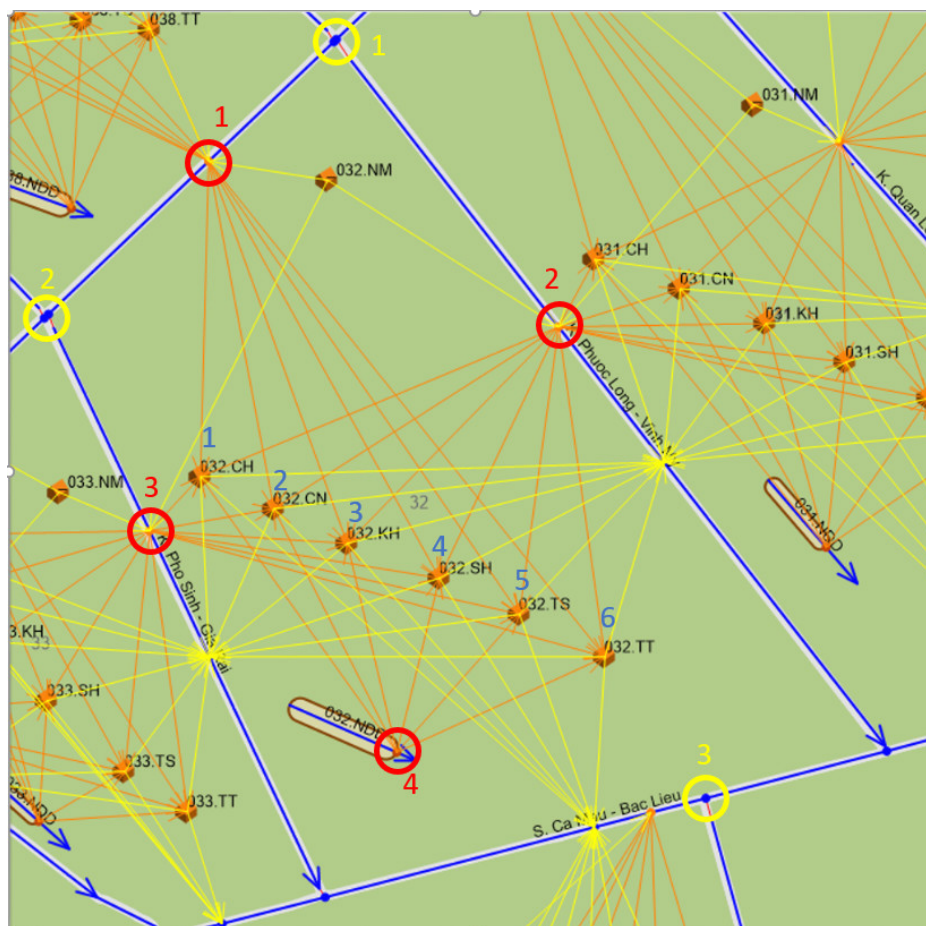
$$\text{Fraction (R)}_{ji} = \text{Fraction (R)}_j \times (1/n_k) \quad (6)$$

Trong đó Fraction (R)_{ji} là tỉ lệ hồi quy của đối tượng j tới kênh biên i; Fraction (R)_j là tỉ lệ hồi quy của loại hình sử dụng nước của đối tượng j; n_k là số kênh biên.

Khi đó, lượng nước hồi quy từ đối tượng j tới kênh biên i là:

$$R_{ji} = \text{Fraction (R)}_{ji} \times U_j \quad (7)$$

Trong đó R_{ji} là lưu lượng nước hồi quy từ đối tượng j tới kênh biên i; U_j là lưu lượng nước đã sử dụng bởi đối tượng j.



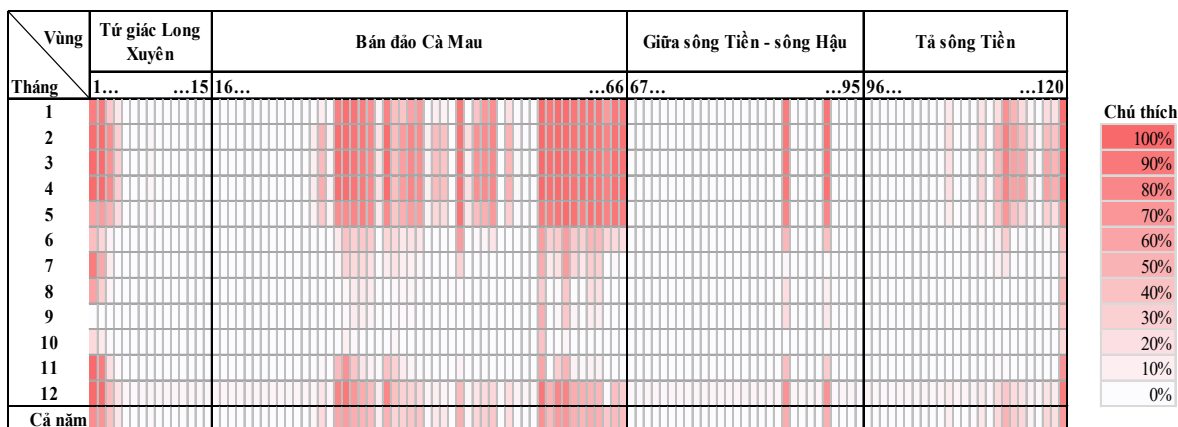
Hình 8. Các thành phần mô hình trong một khu sử dụng nước điển hình gồm 3 nút phân lưu, 4 nút cấp nước (3 nút từ kênh, 1 nút từ nguồn nước dưới đất), 6 đối tượng sử dụng nước, 1 nút nước mặt nội sinh từ mưa (032.NM) phân bổ vào các kênh, 3 nút nhận dòng chảy hồi quy.

3. Kết quả và thảo luận

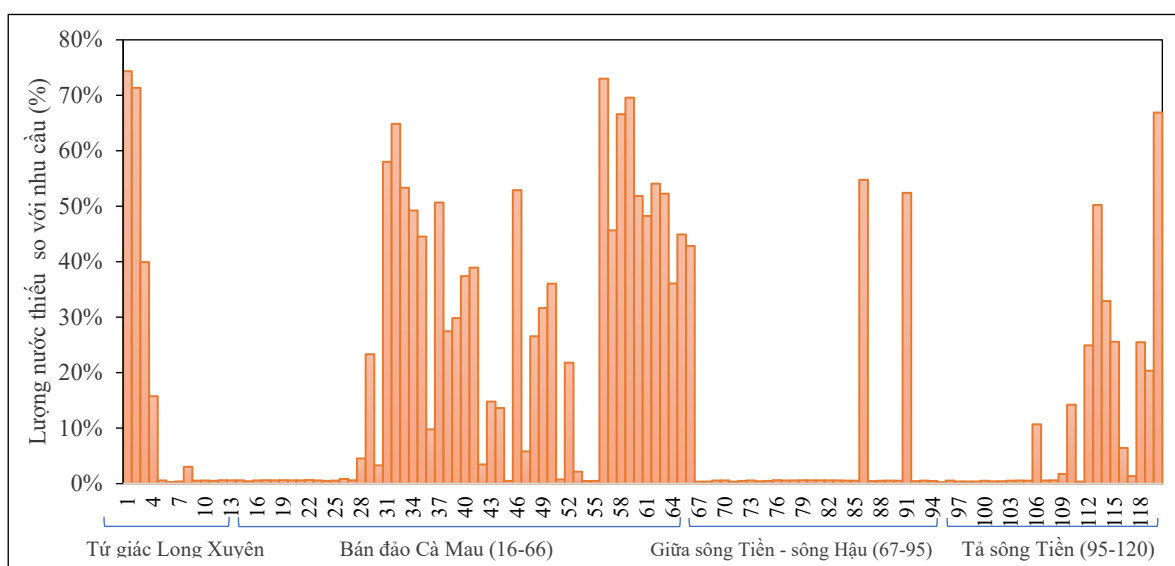
3.1. Kết quả tính toán cân bằng nước bằng mô hình MHB

Mô hình MHB được thiết lập cho toàn vùng LVSC và chạy với thời đoạn ngày cho năm 2020 để đánh giá hiện trạng mức độ đáp ứng của nguồn nước đối với các nhu cầu sử dụng nước ngọt khác nhau. Sử dụng phương pháp thiết lập các quy tắc phân bổ được trình bày ở mục 2, quá trình phân bổ lượng nước ngọt từ các nguồn khác nhau (gồm nước mặt nội sinh từ mưa, nước mặt ngoại sinh chảy vào vùng qua sông Tiền, sông Hậu, sông Vàm Cỏ, và nhánh sông dọc theo biên giới Việt Nam–Campuchia, và nước dưới đất) cho các đối tượng sử dụng khác nhau được thực hiện đồng thời, tỉ lệ với nhu cầu của đối tượng và khả năng của nguồn nước, và không phân theo mức độ ưu tiên để phản ánh đúng với thực tế khai thác sử dụng.

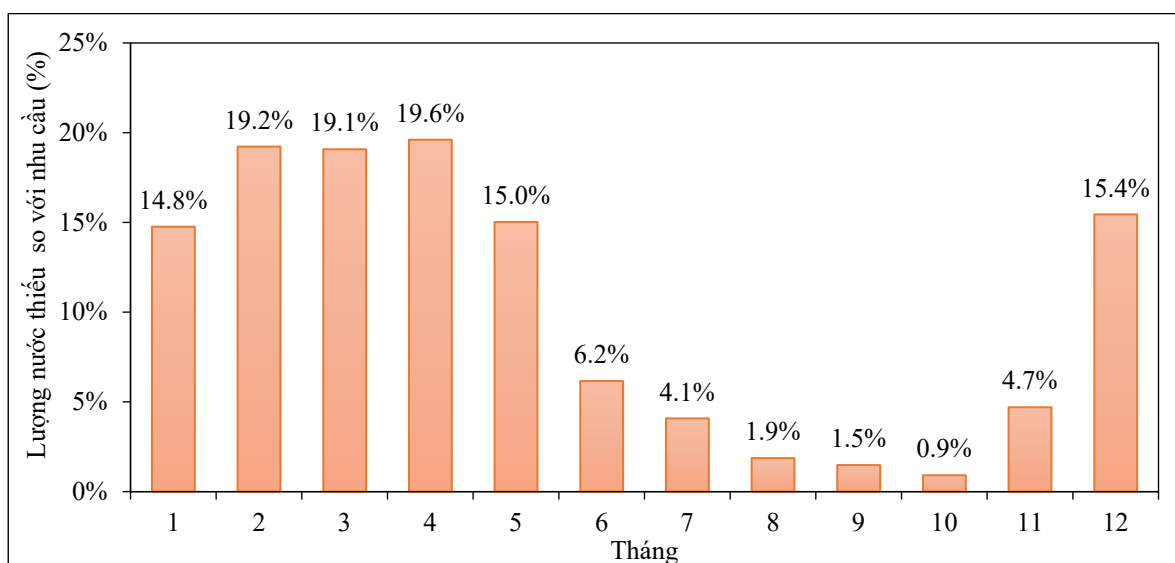
Kết quả tính toán từ mô hình cho thấy, tổng lượng nước thiếu cả năm trên toàn vùng chiếm khoảng 11,4% (6,52 tỷ m³) so với tổng nhu cầu sử dụng nước (57,42 tỷ m³), thời gian thiếu nhiều nhất vào tháng 2–4 (19,1–19,6%), khu vực thiếu nhiều nhất là vùng bán đảo Cà Mau, đặc biệt là vùng Nam bán đảo Cà Mau, với tỉ lệ thiếu trung bình 25,5%, các vùng còn lại gồm Tứ giác Long Xuyên, giữa sông Tiền–sông Hậu, và tả sông Tiền lượng thiếu không lớn kể cả vào mùa khô ngoại trừ một số khu vực giáp biển Đông và biển Tây thuộc vùng mặn (Hình 9–12).



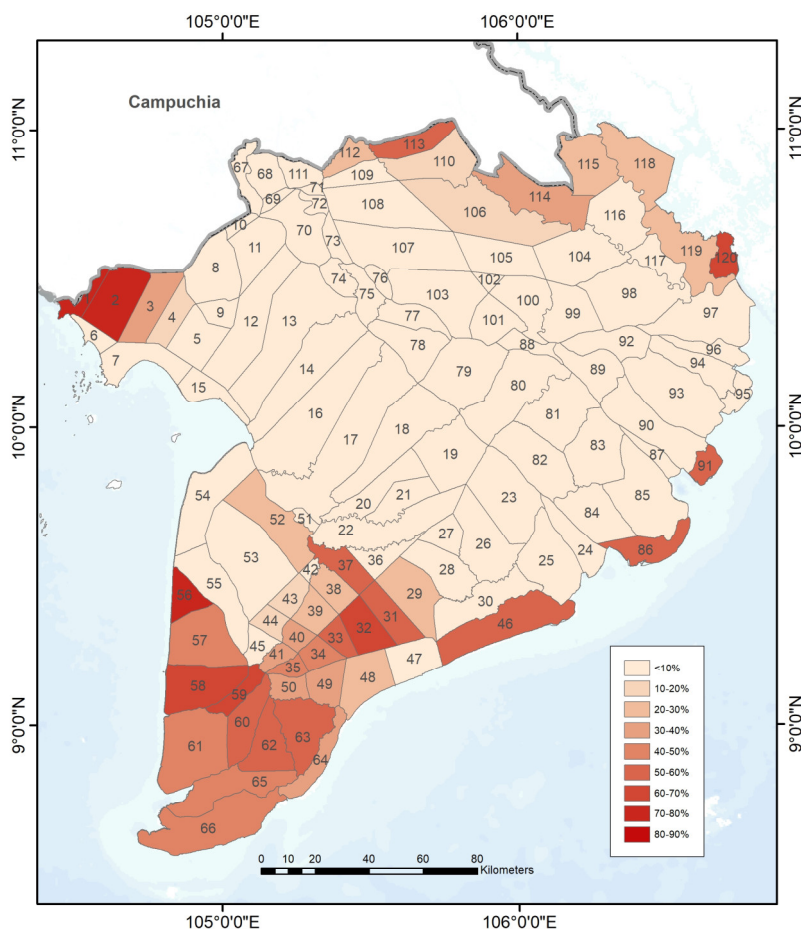
Hình 9. Tỷ lệ lượng nước thiếu (%) trong các tháng và cả năm so với nhu cầu tại 120 vùng quản lý tổng hợp nguồn nước.



Hình 10. Tỷ lệ lượng nước thiếu (%) so với nhu cầu cả năm trên 120 vùng quản lý tổng hợp nguồn nước.



Hình 11. Tỷ lệ lượng nước thiếu (%) so với nhu cầu trên toàn vùng trong từng tháng.



Hình 12. Bản đồ tỉ lệ lượng nước thiếu (%) cả năm so với nhu cầu trên 120 vùng quản lý tổng hợp nguồn nước.

3.2. Thảo luận

Kết quả tính toán cân bằng nước bằng mô hình MHB cho năm hiện trạng về mặt tổng thể đã phản ánh tương đối chính xác thực tế khả năng đáp ứng của nguồn nước đối với các nhu cầu sử dụng nước ngọt khác nhau trên LVSC. Tuy nhiên cần lưu ý rằng quá trình phân bổ nguồn nước trong nghiên cứu này hoàn toàn dựa trên số lượng, chưa đề cập tới chất lượng nước, đặc biệt là độ mặn do mô hình MHB chưa xem xét được yếu tố mặn và vận hành của các công ngăn mặn. Việc này đặc biệt cần thiết trong bối cảnh mặn được dự báo sẽ thay đổi bất thường theo chế độ vận hành của các thủy điện ở thượng lưu [19]. Tại các khu sử dụng nước thuộc vùng mặn và lợ thuộc vùng bán đảo Cà Mau, đặc biệt là vùng Nam bán đảo Cà Mau và dọc theo kênh Quản Lộ - Phụng Hiệp, kết quả tính toán cũng cần được xem xét cẩn trọng hơn và kết hợp với đánh giá mặn từ mô hình thủy lực. Kết quả cân bằng số lượng nước tại các vùng này đã cho thấy sự thiết hụt, thực tế xâm nhập mặn sẽ gây ra sự thiết hụt nghiêm trọng hơn, điển hình là trong đợt hạn-mặn năm 2015-2016 với các tỉnh Kiên Giang, Cà Mau và Bạc Liêu là các địa phương bị thiệt hại lớn nhất [20]. Khu vực huyện Ngã Năm đầu kênh Phụng Hiệp (khu 27, 28, 29, 36) mặc dù từ kết quả tính toán cân bằng nước cho thấy không có thiếu hụt đáng kể xét trên lượng nước ngọt chuyên về, nhưng thực tế tại khu vực này nhiều thời điểm nước mặn đã thâm nhập sâu vào nội đồng cản trở việc lấy nước vào ruộng [21]. Vấn đề chất lượng nước cũng cần được kết hợp nghiên cứu đánh giá do trên thực tế có sự mâu thuẫn trong khai thác sử dụng tài nguyên nước mặt cho các hình thức sản xuất nông nghiệp khác nhau như canh tác lúa, hoa màu và nuôi trồng thủy sản bắt nguồn từ ô nhiễm do nước thải [22].

Trong phạm vi xem xét về số lượng nước, kết quả tính toán của mô hình MHB cho LVSC trong nghiên cứu này phụ thuộc rất lớn vào các quy tắc được thiết lập để phân bổ dòng chảy, bao gồm các quy tắc về phân bổ lượng nước nội sinh từ mưa vào các sông/kênh, tỉ lệ phân lưu giữa các nhánh sông/kênh, phân bổ nhu cầu nước đối với từng nguồn cấp, phân bổ nguồn cấp cho từng đối tượng sử dụng nước, phân bổ dòng chảy hồi quy trở lại từng nguồn cấp. Tất cả các quy tắc này đều cần được tinh chỉnh để phản ánh sát nhất với điều kiện khai thác thực tế. Điều này có thể được thực hiện thông qua phân tích hiện trạng hệ thống sông, kênh và kết quả từ mô hình thủy lực. Hai trở ngại chính ảnh hưởng đến tính hợp lý của kết quả cân bằng nước bằng mô hình MHB trên LVSC (và các vùng tương tự với mạng sông/kênh phức tạp) gồm: xác định tỷ lệ phân lưu giữa các nhánh sông/kênh, và tỉ lệ phân bổ giữa nhiều nguồn nước cho nhiều đối tượng khác nhau.

Tỷ lệ phân lưu được nhập vào mô hình dưới dạng đường quan hệ lưu lượng giữa dòng chính và dòng nhánh, được xác định từ kết quả tính toán của mô hình thủy lực, do đó đã bao gồm ảnh hưởng của triều. Tuy nhiên tại các vị trí chịu ảnh hưởng triều lớn, quan hệ giữa lưu lượng giờ hoặc lưu lượng trung bình ngày giữa dòng chính và dòng nhánh thường không chặt, đặc biệt khi sông chính và sông nhánh chịu ảnh hưởng triều từ hai hướng khác nhau (biển Đông và biển Tây). Ngoài ra, ảnh hưởng của lũ tràn biên giới cũng làm cho quan hệ lưu lượng giữa dòng chính và dòng nhánh trở nên rất phức tạp, khó chặt chẽ, có những thời điểm trong ngày từ vị trí là điểm phân lưu biến thành nhập lưu hoặc ngược lại do dòng chảy trung bình đổi chiều. Do đó, việc chia mô hình chạy riêng rẽ cho mùa lũ và mùa kiệt sẽ đảm bảo mô phỏng tốt, độ tin cậy cao hơn do chiều dòng chảy trung bình ngày hoặc thời đoạn lớn hơn là khá ổn định theo từng mùa.

Đối với việc xác định tỷ lệ phân bổ nguồn nước, do các sông/ kênh nối với nhau theo mạng lưới rất phức tạp, một đối tượng có thể sử dụng từ nhiều nguồn cấp (các nhánh sông/kênh khác nhau) và một nguồn cấp có thể phân phối cho nhiều đối tượng, nên việc xác định các tỷ lệ phân phối giữa nguồn cấp và đối tượng sử dụng sát với thực tế là bài toán thử dần và tuân theo nguyên tắc nguồn lớn sẽ cấp được nhiều và đối tượng sử dụng nhiều sẽ được cấp nhiều, nhằm mục đích cuối cùng là xác định được khả năng đáp ứng tối đa của nguồn nước cho các mục đích sử dụng. Ngoài ra, trên các khu vực có các công điều tiết, bài toán sẽ trở nên phức tạp hơn khi phải mô phỏng và tối ưu hóa vận hành của công để đảm bảo đủ nước, như trong các nghiên cứu [23–24]. Trong nghiên cứu này, các tỷ lệ phân phối là không cố định và được tính toán thay đổi theo từng ngày, tương ứng với sự thay đổi của lượng nước đến tại từng nguồn cấp và nhu cầu của đối tượng. Tuy nhiên có thể đơn giản hóa để giảm khối lượng tính toán bằng cách sử dụng các tỷ lệ trung bình hợp lý, cố định tùy thuộc vào yêu cầu về độ chính xác của bài toán.

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã áp dụng mô hình cân bằng nước MIKE HYDRO BASIN để tính toán khả năng đáp ứng của nguồn nước với các nhu cầu sử dụng nước khác nhau trên lưu vực sông Cửu Long. Mô hình được thiết lập với các dữ liệu đầu vào là lượng nước mặt nội sinh từ mưa, lượng nước mặt ngoại sinh chảy vào vùng từ sông Mê Kông, sông Vàm Cỏ, và các sông nhánh tại biên giới Việt Nam–Campuchia, lượng nước dưới đất có thể khai thác, và nhu cầu sử dụng nước của 06 đối tượng gồm sinh hoạt, công nghiệp, trồng trọt, chăn nuôi, thủy sản, và các ngành khác. Kết quả tính toán cân bằng nước tại 120 vùng quản lý tổng hợp nguồn nước trên lưu vực phản ánh tương đối sát với hiện trạng khả năng đáp ứng nguồn nước trên thực tế. Tổng lượng nước thiếu cả năm trên toàn vùng chiếm khoảng 11,4% so với tổng nhu cầu sử dụng nước, thời gian thiếu nhiều nhất vào tháng 2–4, khu vực thiếu nhiều nhất là vùng bán đảo Cà Mau, đặc biệt là vùng Nam bán đảo Cà Mau, với tỉ lệ thiếu trung bình 25,5%, các vùng còn lại gồm Tứ giác Long Xuyên, giữa sông Tiền–sông Hậu, và tả sông Tiền lượng

thiếu không lớn kể cả vào mùa khô ngoại trừ một số khu vực giáp biển Đông và biển Tây thuộc vùng mặn.

Bằng cách sử dụng một số giả định về chiều dòng chảy theo lưu lượng trung bình và các kết quả tính toán từ mô hình thủy lực MIKE 11HD, mô hình MIKE HYDRO BASIN hoàn toàn có thể được sử dụng để tính toán cân bằng nước và lựa chọn phương án phân bổ nguồn nước trên lưu vực sông Cửu Long phục vụ mục đích quy hoạch. Với đặc thù mạng lưới sông kênh phức tạp, không có lưu vực rõ ràng, để đảm bảo tính hợp lý của kết quả tính toán, việc xác định các quy tắc phân bổ trong mô hình theo khả năng của nguồn nước và nhu cầu sử dụng nước là hết sức quan trọng. Ngoài ra, do phạm vi ứng dụng của mô hình chỉ xem xét đến số lượng nước, kết quả tính toán từ mô hình MIKE HYDRO BASIN nên được kết hợp với các đánh giá về độ mặn và chất lượng nước từ các mô hình khác để có thể đưa ra được kết luận đầy đủ hơn về khả năng đáp ứng của nguồn nước đối với các mục đích sử dụng khác nhau.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.N.H., Đ.T.D.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: Đ.T.D., N.N.H., H.T.N.M.; Xử lý số liệu: Đ.T.D.; H.T.N.M.; Chạy mô hình: Đ.T.D.; N.N.H.; Xử lý GIS và bản đồ: Đ.T.D.; Phân tích kết quả N.N.H.; H.T.N.M.; Đ.T.D.; Viết bản thảo bài báo: N.N.H.; Đ.T.D., H.T.N.M.; Chỉnh sửa bài báo: N.N.H., H.T.N.M.; Đ.T.D.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ Đề tài “Nghiên cứu xây dựng bộ công cụ tích hợp đánh giá tài nguyên nước và đất phục vụ quy hoạch tổng thể đồng bằng sông Cửu Long” mã số ĐTĐL.CN-44/18. Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn sự hỗ trợ quý báu này.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Thái, T.H.; Tuyền, H.M.; Dũng, L.H.; Tiến, N.X.; Anh, T.Đ. Diễn biến dòng chảy ở Đồng bằng sông Cửu Long. *Tap chí Khí tượng thủy văn*, **2014**, 643, 19–23.
2. DHI. Mike Hydro Basin User Guide, 2011.
3. Stockholm Environment Institute. WEAP User Guide, 2015.
4. Tổng cục Thống kê. Niên giám thống kê 13 tỉnh vùng Đồng bằng sông Cửu Long. NXB Thống kê, 2019.
5. Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước quốc gia. Lập nhiệm vụ Quy hoạch tài nguyên nước lưu vực sông Cửu Long. Báo cáo thuyết minh, Hà Nội, 2020, tr. 119.
6. Viện Quy hoạch thủy lợi miền nam. Quy hoạch tổng thể thủy lợi đồng bằng sông Cửu Long trong điều kiện biến đổi khí hậu–nước biển dâng. Báo cáo thuyết minh, TPHCM, 2009, tr. 411.
7. Văn, C.T.; Sơn, N.T. Nghiên cứu mô phỏng thủy văn, thủy lực vùng đồng bằng sông Cửu Long để đánh giá ảnh hưởng của hệ thống đê bao đến sự thay đổi dòng chảy mặt vùng Đồng Tháp Mười. *VNU J. Sci.: Earth Environ. Sci.* **2016**, 32 (3S), 256–263.
8. Trung tâm Quy hoạch và điều tra tài nguyên nước quốc gia. Bảo vệ nước dưới đất ở các đô thị lớn. Đề cương nhiệm vụ, 2015, tr. 205.
9. Xuân, T.T.; Tuyền, H.M.; Thực, T.; Thái, T.H.; Dũng, N.K. Tài nguyên nước hệ thống sông chính Việt Nam. Sách chuyên khảo NXB KH&KT, Hà Nội, 2012, tr. 268.
10. Tổng cục Khí tượng Thủy văn (VNMHA). <http://kttvq.gov.vn/>
11. <https://portal.mrcmekong.org/>
12. Hà, N.N.; Giang, N.T. Tài nguyên nước mặt lưu vực sông Vệ. *Tap chí Khoa học ĐHQGHN: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*. **2015**, 31(3S), 104–115.

13. WUP–JICA. Part III: Hydro–Hydraulic modelling. Vol. I: Main report, Mekong delta flood warning and monitoring system project. 2004, p 125.
14. Viện Khoa học thủy lợi miền Nam. Quy hoạch thủy lợi vùng nam bán đảo Cà Mau. Báo cáo thuyết minh, 2009.
15. Bộ Xây Dựng. Quy hoạch cấp nước vùng Đồng bằng sông Cửu long đến năm 2030 tầm nhìn đến năm 2050. Báo cáo chính, Hà Nội, 2016, tr. 205
16. Bộ Kế hoạch và Đầu tư. Quy hoạch vùng Đồng bằng sông Cửu Long thời kỳ 2021–2030, định hướng đến năm 2050. Báo cáo chính, Hà Nội, 2021, tr. 599.
17. Ủy Hội sông Mê Công (MRC). Nghiên cứu tác động của các công trình thủy điện trên dòng chính sông Mê Công, Tập 1–Mô hình–thiết kế mô hình và mô phỏng. Báo cáo chính, MRC-Viêng Chăn (Lao PDR), 2016, tr. 204.
18. Eslami, S.; Hoekstra, P.; Kernkamp, H.; Trung, N.N.; Duc, D.D.; Quang, T.T.; Februarianto, M.; Dam, A.V.; van der Vegt, M. Flow Division Dynamics in the Mekong Delta: Application of a 1D–2D Coupled Model. *Water* **2019**, *11*(4), 837.
19. Thắng, T.Đ.; Hoàng, T.B.; Vượng, N.Đ.; Toán, T.Q.; Tuấn, T.M.; Thịnh, L.V. Một số vấn đề về dòng chảy và xu thế mặn xâm nhập vùng đồng bằng sông Cửu Long. *Tap chí Khoa học và công nghệ thủy lợi* **2020**, *58*, 1–9.
20. Thuần, N.Q.; Ngọc, H.H.; An, P.S. Giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu ở đồng bằng sông Cửu Long trong bối cảnh mới. *Tap chí Khoa học xã hội Việt Nam* **2019**, *3*. https://www.vass.gov.vn/tap-chi-vien-han-lam/giai-phap-thich-ung-voi-bien-doi-khi-hau-o-dong-bang-song-cuu-long-trong-boi-can-h-moi-16#tab_01.
21. Hoàng, H.M.; Trí, P.V.Đ.; Trung, N.H. Quản lý nguồn nước mặt cho hệ thống canh tác lúa vùng ven biển đồng bằng sông cửu long. *Tap chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ* **2014**, *35*, 90–103.
22. Khánh, N.T.; Trí, V.P.Đ.; Diễm, N.T.K.; Hằng, T.T.L. Công tác quản lý nguồn tài nguyên nước mặt trong sản xuất nông nghiệp vùng ven biển đồng bằng sông Cửu Long dưới tác động của biến đổi khí hậu. *Tap chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ* **2015**, 159–166.
23. Shyam, R.; Chauhan, H.S.; Sharma, J.S. Optimal operation scheduling model for a canal system. *Agric. Water Manage.* **1994**, *26*(3), 213–225.
24. Mathur, Y.P.; Sharma, G. Optimal Operation Scheduling of Irrigation Canals Using Genetic Algorithm. *Int. J. Recent Trends Eng.* **2009**, *1*(6), 11–15.

Water balance model development for integrated water resources planning on the Cuu Long River basin

Nguyen Ngoc Ha^{1*}, Hoang Thi Nguyet Minh², Dinh Tien Dung¹

¹ National Center for Water Resource Planning and Investigation, Ministry of Natural Resources and Environment, 93/95 Vu Xuan Thieu, Sai Dong, Long Bien, Ha Noi; ha_tnn@yahoo.com; dungdt812@gmail.com

² Hanoi University of Natural resources and Environment (HUNRE), 41 Phu Dien, Bac Tu Liem, Ha Noi; htnminh.tnn@hunre.edu.vn

Abstract: This paper studies the application of the MIKE HYDRO BASIN (MHB) water balance model to assess the responsiveness of water sources for different water needs in the Cuu Long River basin. The entire river basin is divided into 120 integrated water resources management zones. Water demand is calculated for 6 uses including domestic, industrial, farming, livestock, aquaculture, other needs, and is limited to freshwater. The MHB model calculates the water balance on a daily basis for the current status year 2020, in order to determine in detail the total amount of water shortage for the whole year, the time of water shortage in the year, the months of water shortage in the whole river basin and over 120

management zones. Calculation results show that the total amount of water shortage for the whole year in the entire river basin accounts for about 11.4% of the total water demand, the most shortage time is in February-April (19.1–19.6%). The area with the most water deficit is the Ca Mau Peninsula. The MHB model applied to the Cuu Long River basin can be used as a quick and convenient assessment tool to assess the responsiveness of water resources to different planning scenarios, thereby serving as a basis for the selection of appropriate water resource allocation options.

Keywords: Mekong; Cuu Long River; Water resources; Water balance; Mike Hydro Basin model.

Bài báo khoa học

Đánh giá ảnh hưởng của các hồ chứa đến dòng chảy trên sông Đà

Bùi Huyền Linh¹, Trần Anh Phương^{1*}

¹Viện Khoa học tài nguyên nước, Bộ Tài nguyên và Môi trường; wri@monre.gov.vn; phuongtran.monre@gmail.com; linhb.dctv@gmail.com.

*Tác giả liên hệ: phuongtran.monre@gmail.com; Tel.: +84-961776683

Ban Biên tập nhận bài: 12/8/2021; Ngày phản biện xong: 8/9/2021; Ngày đăng bài: 25/11/2021

Tóm tắt: Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của các hồ chứa trong và ngoài lãnh thổ đến sự thay đổi dòng chảy trên sông Đà đến trạm Tạ Bú bằng phương pháp thống kê và sử dụng mô hình HEC-HMS mô phỏng dòng chảy tự nhiên bằng số liệu mưa vệ tinh (IMERG) so sánh với số liệu thực đo (khi các hồ đi vào hoạt động) để đánh giá sự thay đổi dòng chảy trong mùa lũ và mùa cạn và dòng chảy năm. Kết quả cho thấy sự suy giảm tổng lượng dòng chảy năm khi các hồ đi vào hoạt động làm tăng dòng chảy mùa cạn và giảm dòng chảy mùa lũ.

Từ khóa: Hồ chứa; Sông Đà; Dòng chảy; Ngoài lãnh thổ; Mưa vệ tinh; HEC-HMS.

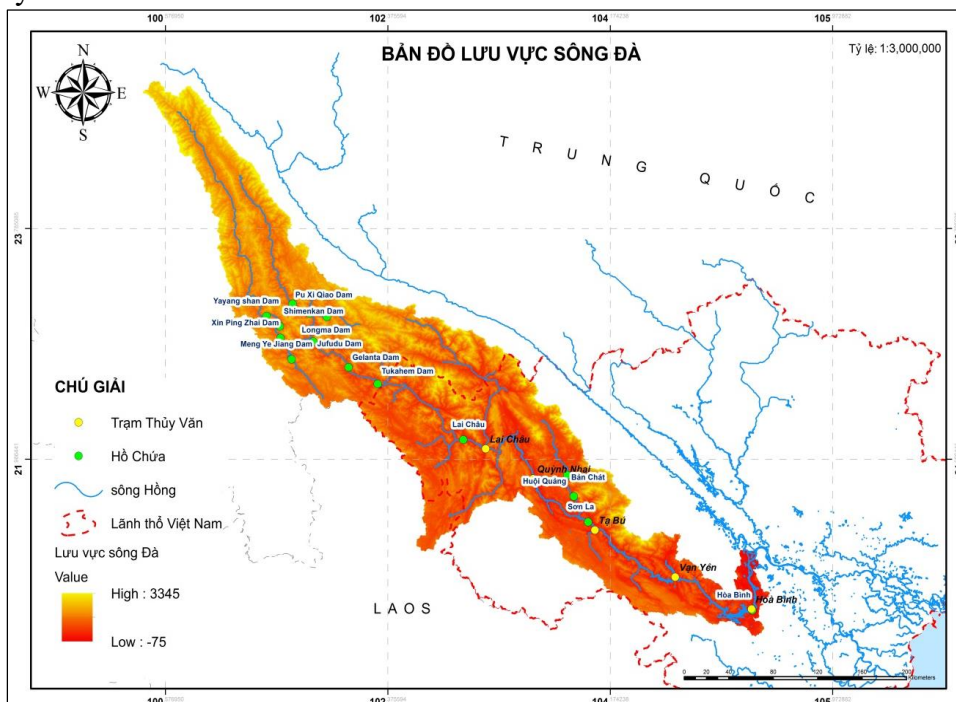
1. Mở đầu

Lưu vực sông Hồng là lưu vực sông lớn thứ hai ở Việt Nam chỉ sau hệ thống sông Mê Công với tổng diện tích lưu vực khoảng 149.760 km², trong đó 73.812 km² nằm trong lãnh thổ nước ta và 75.948 km² nằm ở nước ngoài. Sông Đà là chi lưu lớn nhất của sông Hồng, có diện tích lưu vực 52.900 km², trong đó phần lưu vực ngoài lãnh thổ Trung Quốc chiếm 49% diện tích lưu vực. Trước năm 2007, trên sông Đà chỉ có duy nhất thủy điện Hòa Bình được xây dựng và đi vào vận hành năm 1989 với công suất lắp máy 1.920 MW. Giai đoạn 2007–2009, trên dòng chính thuộc địa phận Trung Quốc có 11 công trình đã đi vào vận hành, phục vụ mục đích phát điện là chính. Từ năm 2010 đến nay, trên phần lãnh thổ Việt Nam, một số thủy điện lớn như thủy điện Sơn La, Lai Châu, Bản Chát và Huội Quảng được xây dựng và cũng đã đi vào hoạt động. Tuy nhiên, việc xây dựng và vận hành các hồ chứa trên sông Đà đã làm thay đổi chế độ dòng chảy tự nhiên trên sông, thay đổi hình thái lòng dẫn trên sông và làm ảnh hưởng đến môi trường sinh thái trên lưu vực. Vì vậy việc đánh giá ảnh hưởng của các hồ chứa này đến chế độ dòng chảy trên sông Đà là hết sức cần thiết.

Đánh giá sự thay đổi của chế độ dòng chảy do hoạt động của các hồ chứa đã và đang được các nhà nghiên cứu trong và ngoài nước thực hiện. Chẳng hạn, ở nước ngoài, [1] đánh giá tác động của Hồ chứa Tam Hiệp (TGR) đến chế độ dòng chảy và chuyển nước hạ du sử dụng mô hình dòng chảy tối giản. [2] sử dụng mô hình SWAT và WEAP đánh giá tác động của các hồ chứa và biến đổi khí hậu đến chế độ thủy văn của sông Sê San–Srêpôk. Kết quả nghiên cứu cho thấy việc vận hành hồ chứa làm tăng lưu lượng dòng chảy mùa khô và giảm lưu lượng dòng chảy mùa mưa. Biến đổi khí hậu có khả năng gây ra những thay đổi đáng kể trong dòng chảy, mặc dù những thay đổi này tương đối thấp hơn so với những thay đổi do vận hành hồ chứa gây ra. Trong nước, một số nghiên cứu đánh giá tác động của hệ thống hồ chứa thượng nguồn đến sự thay đổi thủy văn, thủy lực và lòng dẫn hạ du sông Mê Công [3–4]. Nghiên cứu đã phân tích đánh giá được các thay đổi dòng chảy hàng năm và lượng

dòng chảy trong mùa khô về châu thổ Mê Công qua chuỗi số liệu lịch sử từ 1924 đến 2015, lượng hóa được các thay đổi dòng chảy mùa khô theo các giai đoạn, chứng minh sự gia tăng này do tác động điều tiết nước của các hồ chứa trên lưu vực từ mùa mưa sang mùa khô, đồng thời lượng hóa được các gia tăng điều tiết ở những năm gần đây (từ 2001 đến 2014). Trên lưu vực sông Hồng, có rất nhiều các nghiên cứu đánh giá tác động của hệ thống hồ chứa đến sự biến đổi chế độ thủy văn, thủy lực và lòng dẫn hạ du lưu vực sông Đà–Thao–Lô [5–9]. Kết quả phân tích cho thấy sự biến đổi lớn về chế độ thủy văn lòng dẫn hạ du sau khi hệ thống hồ chứa thượng nguồn đi vào hoạt động. Trên sông Hồng, [6] nghiên cứu đánh giá tác động của hệ thống hồ chứa trên sông Đà, sông Lô đến dòng chảy mùa cạn hạ lưu sông Hồng và đề xuất giải pháp đảm bảo nguồn mở cho hạ du. Một số nghiên cứu sử dụng mô hình NAM được ứng dụng trong nghiên cứu đánh giá tác động của các hồ chứa Lai Châu, Sơn La và Hòa Bình đến dòng chảy mùa cạn trên sông Đà [10–11]. Trong nghiên cứu [12] đã đánh giá lượng dòng chảy sông Đà từ Trung Quốc vào Việt Nam phục vụ cho bài toán quy hoạch và quản lý tài nguyên nước sông Đà.

Các nghiên cứu trên đều chỉ ra sự thay đổi lớn của chế độ dòng chảy hạ lưu cả về mùa lũ và mùa cạn khi các hồ chứa đi vào vận hành điều tiết. Tuy nhiên, cho đến nay các nghiên cứu chỉ đánh giá sơ bộ ảnh hưởng của hệ thống hồ thượng lưu hoặc các hồ hạ lưu mà chưa phân tích, đánh giá ảnh hưởng của hệ thống các hồ trong và ngoài lãnh thổ Việt Nam. Đồng thời, các nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của hồ chứa đến sự thay đổi dòng chảy trên sông Đà thường dùng các phân tích thống kê từ số liệu thực đo tại các trạm thủy văn trên lưu vực với số liệu tương đối hạn chế. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sẽ phân tích, đánh giá ảnh hưởng của các hệ thống hồ chứa trong và ngoài lãnh thổ Việt Nam đến chế độ dòng chảy sông Đà (đến trạm Tạ Bú), góp phần phục vụ công tác dự báo và quản lý tổng hợp tài nguyên nước trên lưu vực sông Đà sử dụng đồng thời phương pháp mô hình toán và phân tích thống kê. Nghiên cứu sử dụng kết hợp công cụ HEC–GeoHMS và mô hình thủy văn HEC–HMS để mô phỏng dòng chảy tự nhiên trên sông Đà từ số liệu mưa vệ tinh và số liệu bốc hơi tại trạm. Sau đó, sử dụng phương pháp phân tích thống kê, nghiên cứu so sánh, đánh giá sự khác biệt giữa dòng chảy tự nhiên và các giai đoạn khi các hồ trên lãnh thổ Trung Quốc và Việt Nam đi vào hoạt động, phục vụ đánh giá tác động của các hồ chứa đến chế độ dòng chảy trên sông Đà về tỉ lệ đóng góp mùa lũ, mùa cạn cũng như tổng lượng dòng chảy năm.

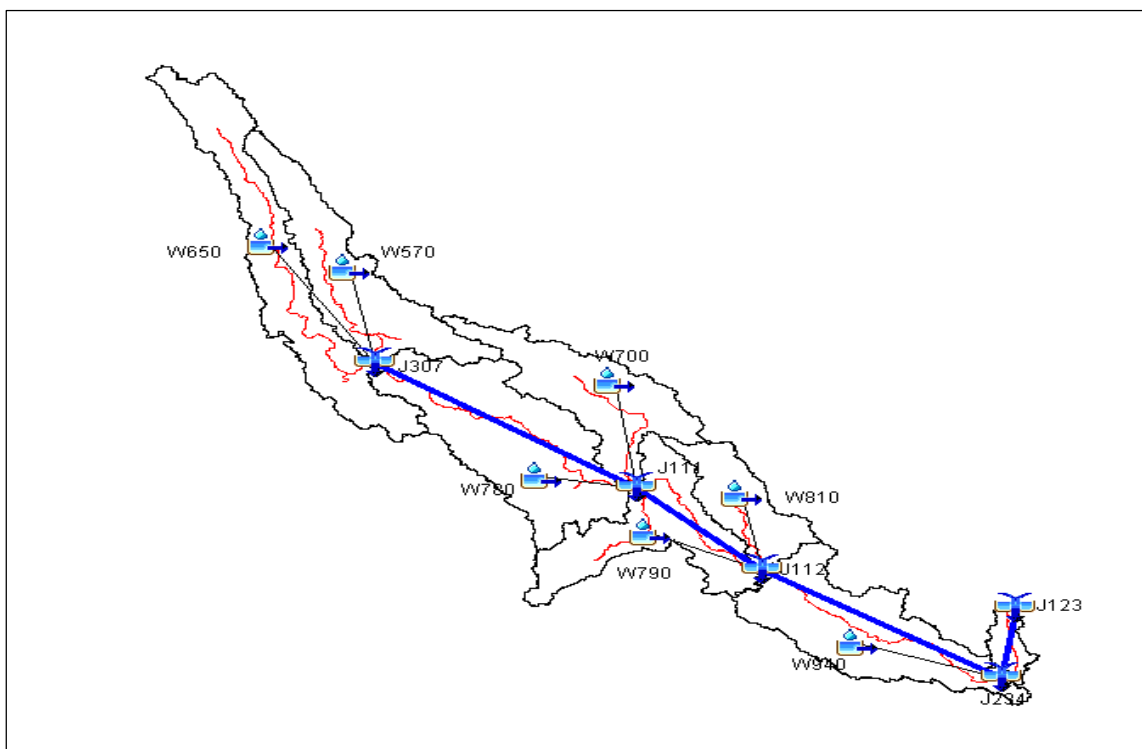


Hình 1. Bản đồ lưu vực sông Đà đến hồ Hoà Bình.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp mô hình

Để hoàn nguyên quá trình dòng chảy tự nhiên trên sông Đà, nghiên cứu sử dụng công cụ HEC–GeoHMS [13] và mô hình HEC–HMS [14] của Cục công binh Hoa Kỳ. Công cụ HEC–GeoHMS trên nền tảng ArcGIS được sử dụng để phân chia và tính toán các đặc trưng hình thái của các tiểu lưu vực cũng như thiết lập mạng lưới sông kết nối các tiểu lưu vực với nhau từ số liệu địa hình DEM với độ phân giải 30 m. Các tiểu lưu vực và mạng lưới sông này sẽ được sử dụng trong mô hình HEC–HMS để mô phỏng quá trình mưa–dòng chảy trên lưu vực (Hình 2). HEC–HMS bao gồm nhiều phương pháp phục vụ cho nhiều mục đích khác nhau [15]. Phù hợp với nghiên cứu mô phỏng dòng chảy liên tục trong nhiều năm, trong nghiên cứu này chúng tôi lựa chọn sử dụng phương pháp SMA (Soil Moisture Accounting) để tính tổn thất, phương pháp đường đơn vị không thứ nguyên SCS để tính toán dòng chảy mặt tại cửa ra của lưu vực, phương pháp baseflow recession để diễn toán dòng chảy cơ sở và phương pháp Muskingum để diễn toán dòng chảy trên sông. Đầu vào của mô hình là chuỗi số liệu mưa và bốc hơi, đầu ra của mô hình là lưu lượng tại cửa ra của từng tiểu lưu vực và toàn lưu vực. Mô hình HEC–HMS đã được sử dụng ở rộng rãi ở Mỹ và nhiều nước trên thế giới do khả năng mô phỏng tương đối chính xác quá trình mưa–dòng chảy trên lưu vực, có giao diện người dùng thân thiện và là phần mềm mở [16–19].



Hình 2. Sơ đồ phân chia các tiểu lưu vực trong mô hình HEC–HMS.

2.2. Dữ liệu đầu vào mô hình

Các số liệu dùng trong nghiên cứu bao gồm: số liệu DEM, các số liệu mưa vệ tinh, số liệu bốc hơi và số liệu lưu lượng đo tại các trạm khí tượng thủy văn trên lưu vực. Số liệu DEM dùng để phân chia các tiểu lưu vực và mạng lưới sông suối trên sông Đà là số liệu (*Shuttle Radar Topography Mission - SRTM*) của NASA có độ phân giải 30 m.

Số liệu đầu vào cho mô hình HEC–HMS là số liệu mưa vệ tinh IMERG và số liệu bốc hơi tại trạm trong giai đoạn 2003–2020. Số liệu bốc hơi được thu thập tại các trạm Lai Châu, Điện Biên và Mộc Châu. Số liệu mưa dùng trong nghiên cứu là số liệu mưa vệ tinh

toàn cầu IMERG (*Integrated Multi-satellite Retrievals for Global Precipitation Measurement*) với độ phân giải 0.1° . Lý do sử dụng số liệu mưa vệ tinh toàn cầu IMERG trong nghiên cứu này là do mật độ các trạm đo mưa trên phần lãnh thổ Việt Nam tương đối thưa thớt và số liệu mưa trên phần lưu vực ngoài lãnh thổ không có. Số liệu mưa vệ tinh IMERG được xác định bằng cách kết hợp các quan trắc từ các vệ tinh của cơ quan vũ trụ Nhật Bản (JAXA) và cơ quan vũ trụ Mỹ (NASA) cũng như các cơ quan vũ trụ quốc tế khác [20], do đó được xem là một trong những nguồn dữ liệu mưa vệ tinh đáng tin cậy nhất hiện nay, tại Việt Nam có rất nhiều các nghiên cứu sử dụng số liệu mưa IMERG [21–22]. Đồng thời, nghiên cứu cũng thu thập số liệu lưu lượng tại các trạm Lai Châu và Tạ Bú từ 1961–2020 để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình HEC–HMS cũng như đánh giá biến động chế độ dòng chảy do ảnh hưởng hoạt động của các hồ chứa.

2.3. Các bước tiến hành

Các bước tiến hành đánh giá ảnh hưởng của hệ thống các hồ chứa trên sông Đà đến chế độ dòng chảy được trình bày ở Hình 3 dưới đây. Sau khi mô hình mưa–dòng chảy trên sông Đà từ thượng lưu (bao gồm cả phần lưu vực ngoài lãnh thổ) đến trạm Tạ Bú được thiết lập, hiệu chỉnh và kiểm định, nghiên cứu sẽ sử dụng mô hình này hoàn nguyên quá trình dòng chảy tự nhiên, qua đó cùng với số liệu lưu lượng thực đo, so sánh, đánh giá ảnh hưởng của các hồ chứa đến chế độ dòng chảy trên sông Đà. Để phục vụ mục đích này, nghiên cứu tiến hành mô phỏng, so sánh ba giai đoạn:

Giai đoạn dòng chảy tự nhiên 1961–2006: Đây là thời kì dòng chảy từ thượng lưu đến trạm Tạ Bú không bị ảnh hưởng của hồ chứa ở cả trên lãnh thổ Trung Quốc và Việt Nam và được coi là giai đoạn nền để đánh giá ảnh hưởng của các hồ chứa đến chế độ dòng chảy.

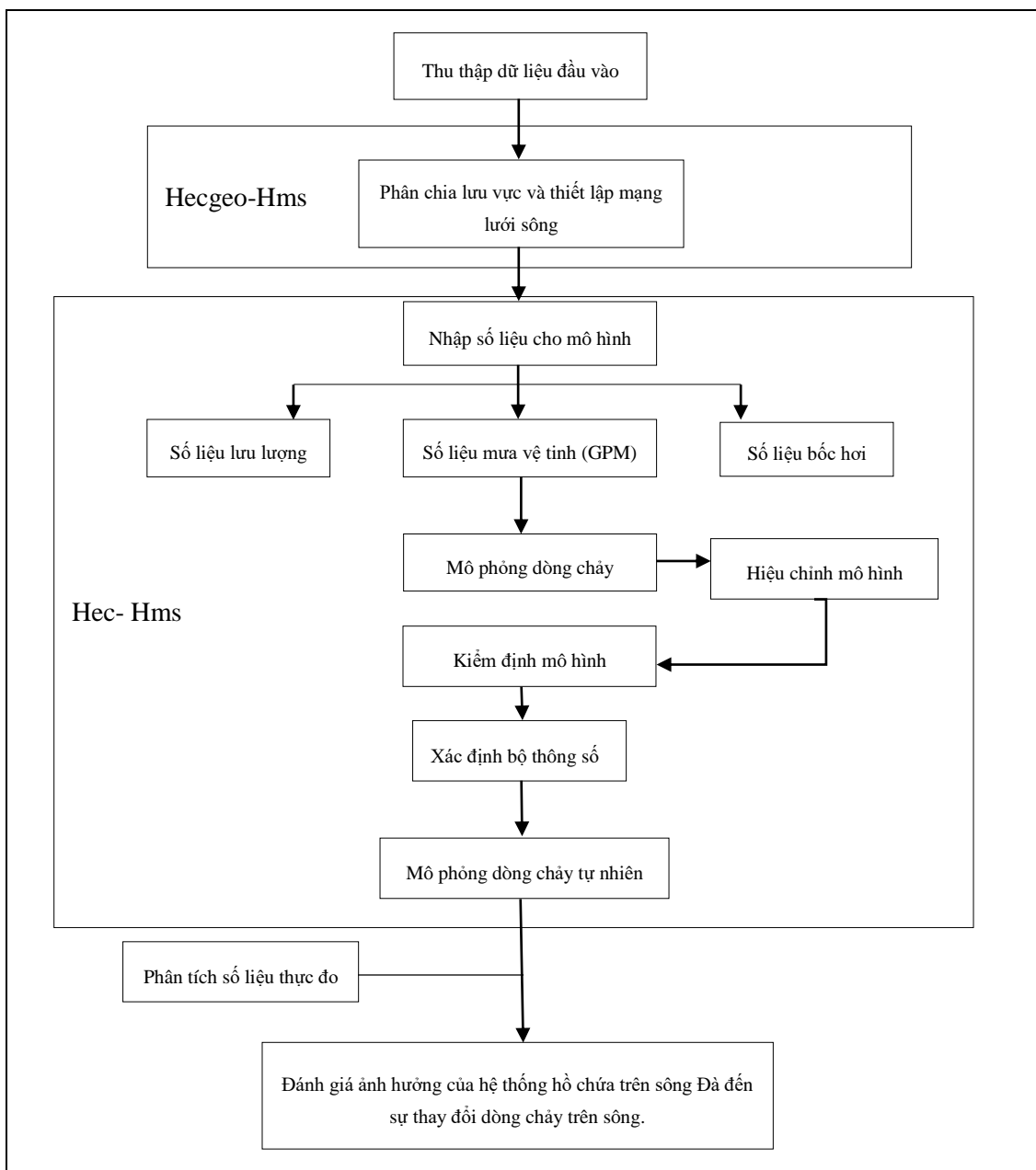
Giai đoạn ảnh hưởng của hồ chứa: Ở giai đoạn này nghiên cứu xem xét các giai đoạn khác nhau tại các vị trí khác nhau. Tại trạm Lai Châu, nghiên cứu xem xét giai đoạn 2007–2014 (khi các hồ chứa Trung Quốc hoạt động) và giai đoạn 2015–2020 (khi có thêm hồ chứa Lai Châu đi vào hoạt động). Tại trạm Tạ Bú, nghiên cứu xem xét giai đoạn 2007–2020 khi các hồ chứa của cả Việt Nam và Trung Quốc đi vào hoạt động. Giai đoạn này sẽ được sử dụng để phân tích ảnh hưởng tổng hợp của các hồ chứa trong và ngoài nước đến sự thay đổi dòng chảy trên sông Đà.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hệ thống hồ chứa trên lưu vực sông Đà được xem xét trong nghiên cứu

Hệ thống hồ chứa trên sông Đà thuộc lãnh thổ Trung Quốc: Từ thượng nguồn sông Đà xuống gần biên giới nước ta có 11 công trình thủy điện đã xây dựng xong bao gồm các thủy điện: Chung Ái Kiều (Chongaiqiao), Phổ Tú Kiều (Puxiqiao), Tam Giang Khẩu (Sangjiangkou), Tứ Nam Giang (Shinanjiang), Tọa Dương Sơn (Yajiangsan), Thạch Môn Khảm (Si menkan), Tân Bình Trại (Xinpingsai), Long Mã (Long Ma), Phổ Độ (Jupudu), Cách lan tan (Gelantan) và Thổ Khả Hà (Tukate) (Hình 1). Các hồ chứa này có chiều cao đập từ 60–135m; dung tích từ 80–590 triệu m^3 ; công suất lắp máy dao động trong khoảng 68–450 MW. Tổng dung tích các hồ chứa nước khoảng 2,5 tỷ m^3 [23].

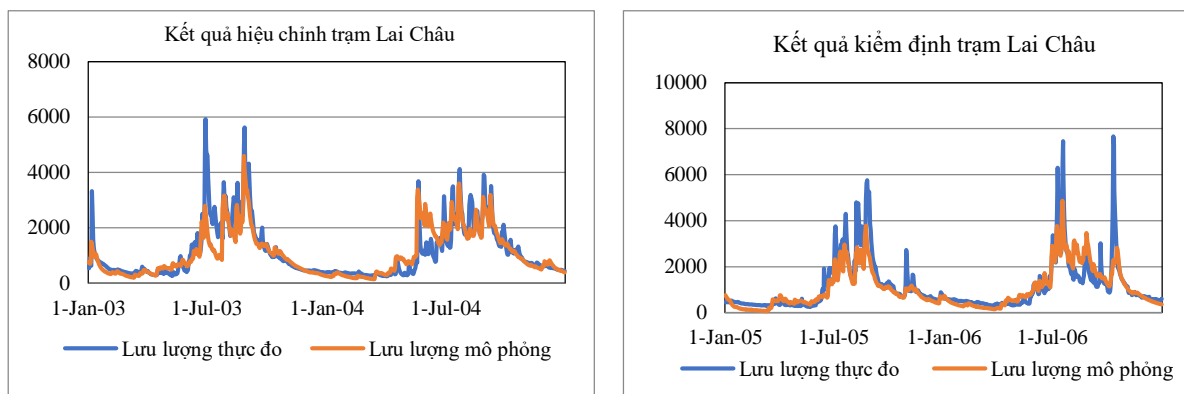
Hệ thống hồ chứa sông Đà trên lãnh thổ Việt Nam: Hiện nay trên sông Đà phía Việt Nam nhiều hồ chứa thủy điện đã được xây dựng. Tuy nhiên, đa số là các hồ chứa nhỏ, chỉ có 3 hồ chứa lớn trên dòng chính sông Đà là hồ Hòa Bình (1989), Sơn La (2010) và Lai Châu (2015) và 2 hồ chứa trên dòng nhánh với công suất trên 200 MW là Bản Chát và Huội Quảng. Các hồ chứa này ngoài nhiệm vụ phát điện còn nhiệm vụ chống lũ cho hạ du và cấp nước phục vụ sản xuất và sinh hoạt. Vị trí một số hồ chứa lớn của cả Trung Quốc và Việt Nam được thể hiện ở Hình 1.



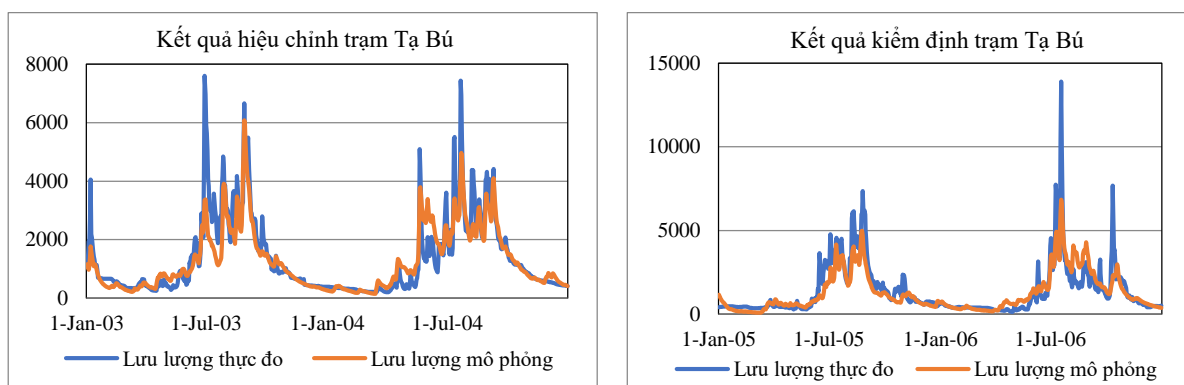
Hình 3. Sơ đồ các bước nghiên cứu.

3.2. Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mô hình

Nghiên cứu sử dụng số liệu trong giai đoạn 1/1/2003–31/12/2004 để hiệu chỉnh và 1/1/2005–31/12/2006 để kiểm định mô hình HEC–HMS. Hình 4–5 và Bảng 1 thể hiện kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mô hình tại 2 trạm Lai Châu và Hòa Bình. Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định cho thấy các trạm Tạ Bú, Lai Châu với chỉ số Nash, Pbias đều ở mức tốt cho thấy bộ mô hình hoàn toàn đáng tin cậy và phù hợp để mô phỏng dòng chảy cho lưu vực sông Đà. Hình 4 và 5 cũng cho thấy mặc dù nhìn chung quá trình dòng chảy thực đo và tính toán phù hợp tương đối tốt, lưu lượng đỉnh lũ thực đo cao hơn mô phỏng. Nguyên nhân là do nghiên cứu sử dụng số liệu mưa ngày nên các đỉnh mưa trong ngày không được xem xét và do đó lưu lượng đỉnh lũ mô phỏng thấp hơn thực đo. Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định cho phép chúng ta khẳng định số liệu mưa toàn cầu IMERG có chất lượng tương đối tốt và hoàn toàn có thể được sử dụng làm đầu vào cho mô hình mưa–dòng chảy ở những lưu vực thiếu hoặc không có số liệu.



Hình 4. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định trạm Lai Châu.



Hình 5. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định trạm Tạ Bú.

Bảng 1. Bảng kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình các trạm trên sông Đà.

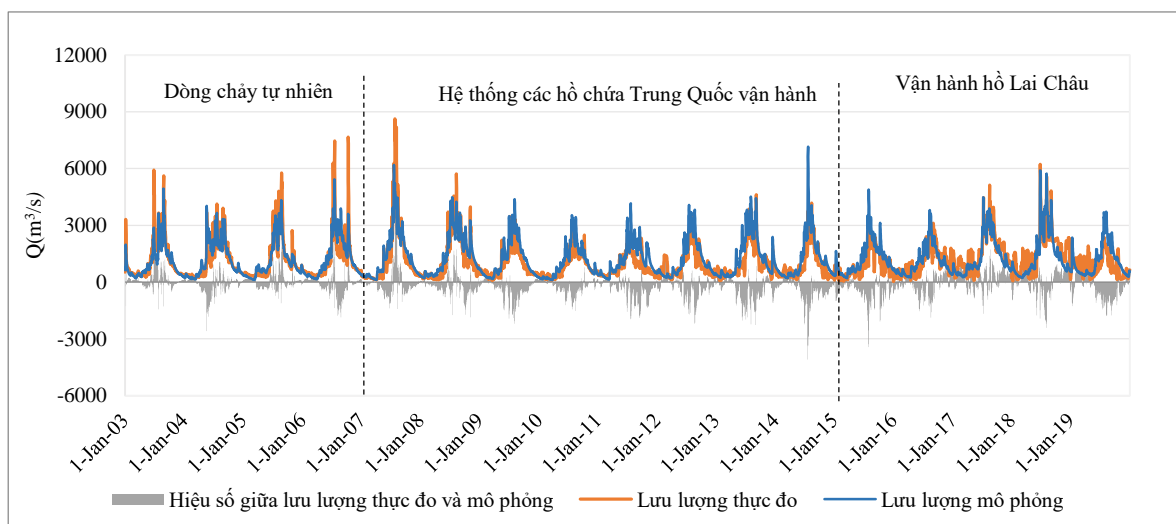
| Chỉ tiêu | Trạm Tạ Bú | | Trạm Lai Châu | |
|------------|------------|-----------|---------------|-----------|
| | Hiệu Chỉnh | Kiểm Định | Hiệu Chỉnh | Kiểm Định |
| Nash (NSE) | 0,818 | 0,749 | 0,756 | 0,711 |
| RMSE | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| PBIAS (%) | -1,00 | -4,57 | 1,38 | -5,74 |

3.3. Đánh giá ảnh hưởng của các hồ chứa Trung Quốc và Việt Nam đến chế độ dòng chảy trên sông Đà

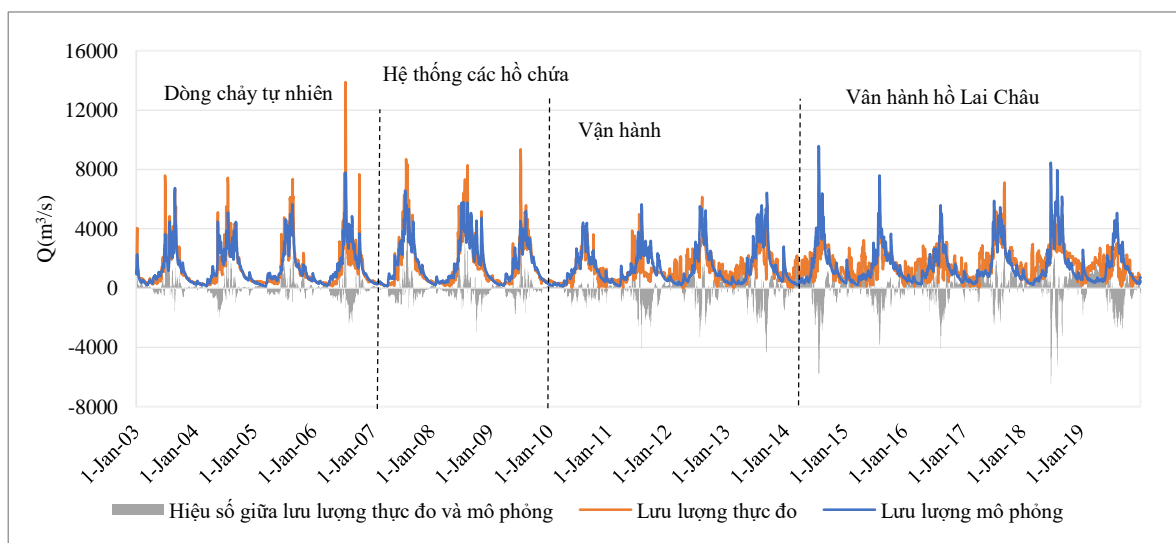
Sau khi mô hình HEC-HMS được hiệu chỉnh và kiểm định, nghiên cứu sử dụng mô hình này mô phỏng, hoàn nguyên quá trình dòng chảy tự nhiên từ năm 2003 đến năm 2019. Do thiếu số liệu thực đo thuộc phân lãnh thổ Trung Quốc nên nghiên cứu sử dụng các nguồn số liệu thực đo tại trạm Lai Châu để so sánh đánh giá ảnh hưởng của các hồ chứa Trung Quốc và sử dụng Trạm Tạ Bú để đánh giá ảnh hưởng của các hệ thống hồ chứa trên toàn lưu vực sông Đà. Hình 6 và 7 so sánh quá trình dòng chảy thực đo và dòng chảy tự nhiên mô phỏng tại các trạm Lai Châu và Tạ Bú. Ngoài các đường lưu lượng đo đạc và tính toán, các hình vẽ còn thể hiện hiệu số giữa lưu lượng đo đạc và tính toán tự nhiên $Q_{\text{tính toán tự nhiên}} - Q_{\text{đo đạc}}$ để đánh giá biến động của đại lượng này theo thời gian, qua đó đánh giá ảnh hưởng của các hồ chứa đến dòng chảy tự nhiên. Để đánh giá định lượng ảnh hưởng của các hồ chứa lên chế độ dòng chảy, nghiên cứu sử dụng chỉ số trung bình tuyệt đối của sai số tương đối tính theo công thức sau:

$$SSTD = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|Q_{\text{obs}}^i - Q_{\text{sim}}^i|}{Q_{\text{obs}}^i} \tag{1}$$

Trong đó SSTD là chỉ số trung bình tuyệt đối của sai số tương đối, Q_{obs}^i and Q_{sim}^i lần lượt là lưu lượng đo đạc và mô phỏng tại thời điểm i th. N là độ dài chuỗi số liệu đánh giá. Có thể nhận thấy so với giai đoạn trước năm 2006, đại lượng $Q_{tính toán tự nhiên} - Q_{đo đạc}$ các giai đoạn sau 2007 có sự biến đổi về lưu lượng với biên rộng hơn, đặc biệt về mùa lũ. Tại trạm Lai Châu, kết quả tính toán cho thấy thời kì đầu khi chưa có sự tác động của hồ chứa là thời kì dòng chảy tự nhiên (2003–2006) đường quá trình dòng chảy thực đo và mô phỏng khá trùng khớp, chỉ số Nash hiệu chỉnh và kiểm định trên 0,7, chỉ số SSTD thời kì này là 0,32. Từ sau năm 2007 khi trên dòng chính phía thượng nguồn xây dựng các công trình hồ chứa, dòng chảy có sự thay đổi rõ nét (Hình 6). Chỉ số SSTD lên tới 0,48 trong giai đoạn 2007–2009 và 0,67 trong giai đoạn 2010-2019. Tại trạm Tạ Bú, giai đoạn 2003–2006 SSTD là 0,37. Giai đoạn 2007–2009 khi các hồ Trung Quốc vận hành, SSTD là 0,41. Từ năm 2010–2019, khi có thêm các hồ chứa ở nước ta đi vào hoạt động SSTD tăng lên 0,73. Điều này chứng tỏ khi các hồ chứa đi vào hoạt động quá trình dòng chảy tự nhiên trên sông Đà đã bị điều tiết tương đối mạnh. Các Hình 6 và 7 cũng cho thấy tổng lượng dòng chảy có sự suy giảm đáng kể đặc biệt về mùa lũ. Trong mùa lũ, đại lượng $Q_{tính toán tự nhiên} - Q_{đo đạc}$ (phần đồ thị dưới trục hoành) tăng dần qua từng giai đoạn với lượng giảm tương đối lớn, trong khi về mùa kiệt $Q_{tính toán tự nhiên} - Q_{đo đạc}$ (phần đồ thị trên trục hoành) cũng tăng nhưng với lượng tăng nhỏ hơn nhiều. Do đó, tổng lượng dòng chảy năm giảm.



Hình 6. So sánh dòng chảy tự nhiên (mô phỏng) và dòng chảy thực đo trạm Lai Châu.

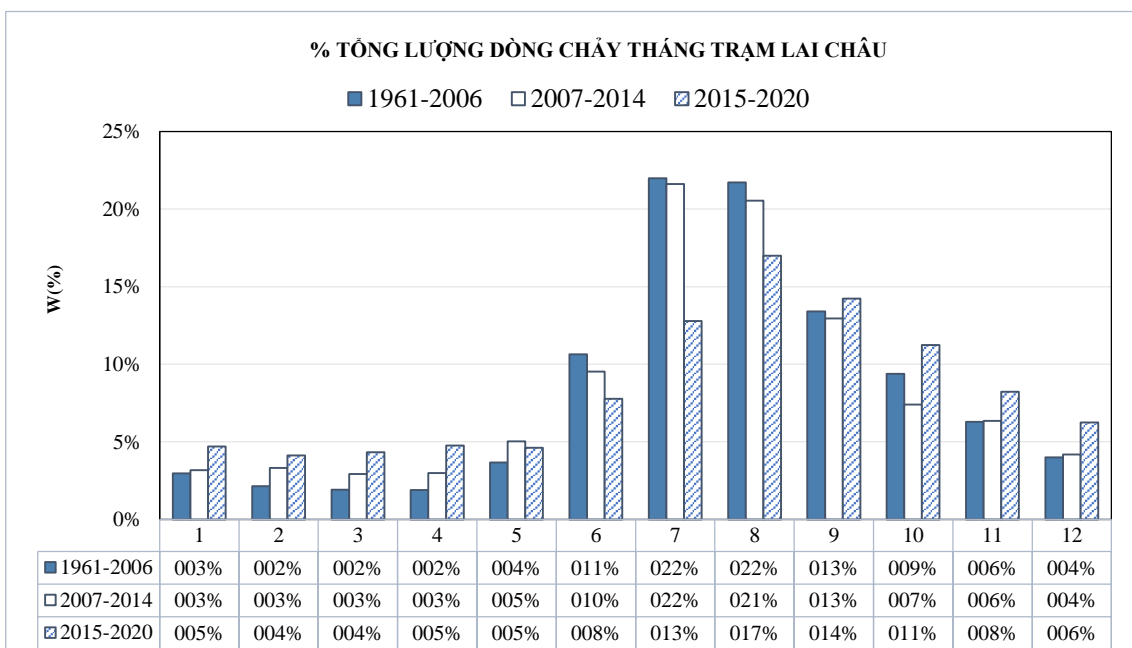


Hình 7. So sánh dòng chảy tự nhiên (mô phỏng) và dòng chảy thực đo trạm Tạ Bú.

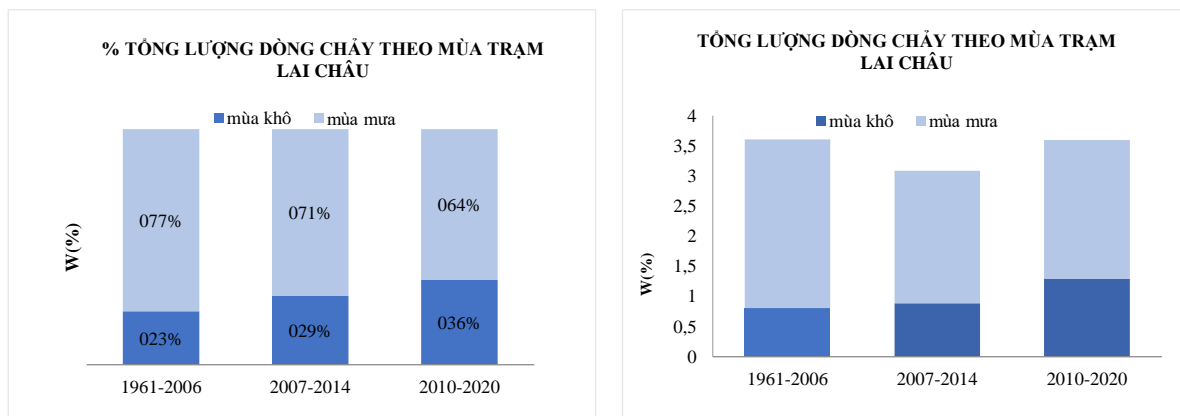
Để phân tích kỹ hơn sự thay đổi của dòng chảy trên sông Đà, nghiên cứu đã tiến hành tính toán biến động đóng góp của dòng chảy từng tháng và từng mùa vào dòng chảy năm trong trong các giai đoạn từ 1961–2020 sử dụng số liệu thực đo tại trạm Lai Châu và Tạ Bú. Các hình dưới đây thể hiện đóng góp của từng tháng và đóng góp của mùa mưa và mùa khô vào dòng chảy năm qua các thời kì. Các hình vẽ cho thấy thấy sự suy giảm tổng lượng dòng chảy qua các thời kì khi các hồ Trung Quốc và Việt Nam vận hành. So với thời kì dòng chảy tự nhiên (1961–2006), sau 2007 khi các hồ chứa Trung Quốc trên sông Đà được xây dựng và đi vào vận hành đã làm tăng đóng góp cho dòng chảy của các tháng mùa khô và giảm đóng góp cho các tháng mùa mưa. Sau khi các hồ Sơn La và Lai Châu vận hành, mức độ đóng góp dòng chảy mùa mưa tiếp tục giảm và mùa khô tiếp tục tăng, cụ thể:

Tại trạm Lai Châu (Hình 9), so với thời kì 1961–2006 thì từ 2007–2014 là thời kì chịu ảnh hưởng chính của hệ thống các hồ Trung Quốc. Tổng lượng dòng chảy thời kì này giảm mạnh, làm dòng chảy mùa khô tăng và mùa mưa dòng chảy giảm. Mùa khô, dòng chảy tăng từ 22,74% (1961–2006) lên 29,34% (2007–2014) trong khi mùa mưa tỷ lệ này giảm từ 77,26% xuống 70,66% tổng lượng dòng chảy. Từ năm 2015 ngoài tác động của hồ Trung Quốc trên dòng chính Việt Nam có thêm hồ Lai Châu hoạt động và đi vào điều tiết, các tháng mùa khô dòng chảy tăng cao và các tháng mùa mưa dòng chảy giảm mạnh so với các thời kì trước. Đóng góp dòng chảy của mùa mưa vào tổng dòng chảy năm giảm xuống còn 63,88% và của mùa khô tăng lên 36,12%.

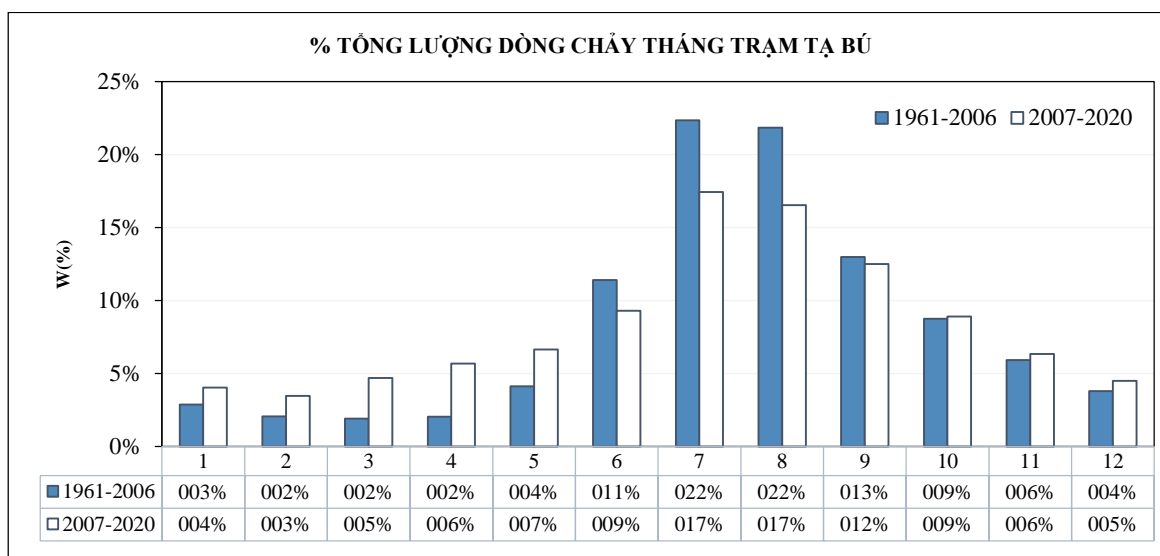
Tại trạm Tạ Bú, so sánh 2 thời kì từ 1961–2006 là thời kì dòng chảy tự nhiên thì từ năm 2007–2020 là thời kì chịu ảnh hưởng của toàn bộ các hồ chứa Trung Quốc và đặc biệt là sự điều tiết của các hồ chứa Việt Nam. Tổng lượng dòng chảy thời kì này giảm 2,99% khoảng 1 tỷ.m³ so với thời kì trước. Có 2 nguyên nhân chính dẫn đến tổng lượng dòng chảy năm bị suy giảm. Thứ nhất giai đoạn 2007–2020, đặc biệt là giai đoạn 2007–2009 là giai đoạn ít nước. Thứ hai là do khi các hồ chứa tích nước lượng nước tổn thất do bốc hơi và ngấm xuống đất tăng lên cũng làm giảm tổng lượng dòng chảy. Dòng chảy mùa khô tăng và dòng chảy mùa mưa giảm. Mùa mưa dòng chảy giảm từ 77,28% (1961–2006) xuống 65,75% (2007–2020), mùa khô tăng từ 22,71% lên 32,25% (Hình 11). Theo tháng, đóng góp của tháng III vào dòng chảy năm tăng từ 1,91% lên 4,69% và của tháng IV tăng từ 2,03% lên 5,68%. Các tháng dòng chảy lớn nhất vẫn tháng VII và VIII nhưng đóng góp cho dòng chảy giảm tương đối lớn từ 22,34% xuống 17,43% với tháng VII và từ 21,84% xuống 16,55% với VIII (Hình 10).



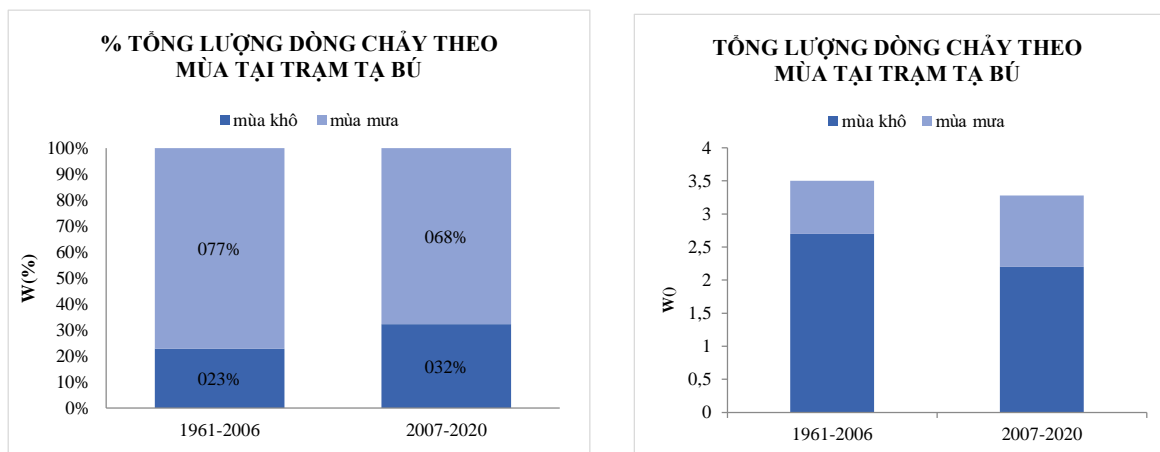
Hình 8. Đóng góp dòng chảy của từng tháng vào dòng chảy năm trạm Lai Châu.



Hình 9. Đóng góp dòng chảy mùa mưa và mùa khô vào dòng chảy năm trạm Lai Châu.



Hình 10. Đóng góp dòng chảy của từng tháng vào dòng chảy năm tại Tạ Bú.



Hình 11. Đóng góp dòng chảy mùa mưa và mùa khô vào dòng chảy năm tại Tạ Bú.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã đánh giá được sự thay đổi dòng chảy trên sông Đà dưới tác động riêng rẽ và tổng hợp của các hệ thống hồ chứa Trung Quốc và Việt Nam qua phân tích số liệu dòng chảy thực đo và mô phỏng dòng chảy trước và sau năm 2007 khi các hệ thống hồ chứa đi vào vận hành. Kết quả nghiên cứu cho thấy sai số tổng lượng giữa dòng chảy tự

nhiên mô phỏng và thực đo tăng lên đáng kể khi các hồ chứa đi vào hoạt động, chứng tỏ chế độ dòng chảy tự nhiên đã bị thay đổi tương đối lớn. Sau 2007 khi các hệ thống hồ chứa đi vào hoạt động làm tăng đóng góp dòng chảy mùa khô và giảm đóng góp dòng chảy mùa mưa, dòng chảy năm có sự suy giảm rõ rệt qua các thời kì. Tại trạm Lai Châu, mùa khô, dòng chảy tăng từ 22,74% (1961–2006) lên 29,34% (2007–2014) khi các hồ chứa Trung Quốc hoạt động và lên 36,12% khi có thêm các hồ chứa trên lãnh thổ Việt Nam. Tại trạm Tạ Bú, dòng chảy mùa mưa giảm từ 77,28% (1961–2006) xuống 65,75%, mùa khô tăng từ 22,71% lên 32,25% trong giai đoạn các hồ chứa Việt Nam và Trung Quốc đi vào vận hành (2007–2020). Tổng lượng dòng chảy về đến Tạ Bú giảm 1 tỉ m³ so với thời kì trước do giai đoạn từ 2007–2020 là giai đoạn ít nước cùng với việc tích nước của các hồ chứa với dung tích lớn trên thượng nguồn lưu vực, lượng nước thất thoát do bốc hơi và ngấm trong lòng hồ làm cho dòng chảy bị suy giảm. Nghiên cứu này góp phần làm sáng tỏ hơn tác động của các hệ thống hồ chứa đến sự thay đổi dòng chảy trên lưu vực sông Đà, nâng cao hiệu quả vận hành của các hồ chứa và quản lý tổng hợp tài nguyên nước trên lãnh thổ Việt Nam, đảm bảo an ninh nguồn nước trong điều kiện biến đổi khí hậu và gia tăng hoạt động khai thác tài nguyên nước của các quốc gia thượng nguồn. Những đánh giá trong nghiên cứu dựa vào so sánh kết quả mô phỏng từ mô hình HEC-HMS sử dụng nguồn số liệu mưa vệ tinh IMERG cung cấp từ 2003 cho đến nay và số liệu các trạm bốc hơi trên lưu vực thuộc lãnh thổ Việt Nam. Trong những nghiên cứu tiếp theo, chúng tôi sẽ xem xét sử dụng các số liệu bốc hơi từ các nguồn số liệu toàn cầu, giúp cải thiện độ chính xác của kết quả mô phỏng dòng chảy trên phần lãnh thổ nước ngoài vào Việt Nam.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: T.A.P.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: T.A.P.; Xử lý số liệu: B.H.L.; Viết bản thảo bài báo: T.A.P., B.H.L.; Chỉnh sửa bài báo: T.A.P., B.H.L.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Ngo, L.A.; Masih, I.; Jiang, Y.; Douven, W. Impact of reservoir operation and climate change on the hydrological regime of the Sesan and Srepok Rivers in the Lower Mekong Basin. *Clim. Change* **2018**, *149*(1), 107–119.
2. Zhaohua, S.; Xiang, F.; Xuefeng, C. Assessing the impacts of reservoir operation on downstream water diversions using a simplified flow model. *Hydrol. Sci. J.* **2019**, *64*(12), 1488–1503.
3. Tô, Q.T. Phân tích ảnh hưởng của các hồ đập thượng lưu đến sự thay đổi thủy văn dòng chảy mùa khô về châu thổ sông Mê Công, 2016.
4. Tô, Q.T.; Tăng, Đ.T. Nghiên cứu đánh giá thay đổi thủy văn dòng chảy về châu thổ Mê Công qua chuỗi số liệu lịch sử từ 1924 đến nay. *Tap chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi* **2014**, 17–23.
5. Giáp, N.Đ. Tác động của hệ thống hồ chứa thượng nguồn đến sự thay đổi thủy văn, thủy lực và lòng dẫn hạ du. *Tap chí Khoa học và Công nghệ thủy lợi* **2016**, *32*, 1–8.
6. Châu, N.L.C. Đánh giá tác động của hệ thống hồ chứa trên sông Đà, sông Lô đến dòng chảy mùa cạn hạ lưu sông Hồng và đề xuất giải pháp đảm bảo nguồn mở cho hạ du. *Trung tâm Dự báo KTTV TW*, **2010**, tr. 244.
7. Tuyền, H.M. Đề tài nghiên cứu khoa học cấp bộ. Nghiên cứu diễn biến, xác định các nguyên nhân thay đổi tỷ lệ phân phối dòng chảy sông Hồng sang sông Đuống và đề xuất định hướng giải pháp nhằm đảm bảo tỷ lệ phân phối dòng chảy hợp lý. 2013.

8. Anh, L.T. Đề tài nghiên cứu khoa học cấp bộ. Nghiên cứu tác động của việc sử dụng nước phía thượng lưu đến tài nguyên nước lưu vực sông Hồng, 2011.
9. Hà V.K.; Huệ, V.M. Phân tích ảnh hưởng của các hồ chứa thượng nguồn trên địa phận Trung Quốc đến dòng chảy hạ lưu sông Đà, sông Thao. *Tap chí Khoa học thủy lợi và Môi trường* **2012**, 38, 3–8.
10. Huệ, V.M.; Phương, Đ.K. Nghiên cứu đánh giá tác động của các hồ chứa Lai Châu, Sơn La và Hòa Bình đến dòng chảy mùa kiệt trên sông Đà, 2017.
11. Anh, T.V. Nghiên cứu đánh giá lượng dòng chảy sông Đà từ Trung Quốc vào Việt Nam phục vụ cho bài toán quy hoạch và quản lý tài nguyên nước sông Đà. *Tap Chí Khí tượng thủy văn* **2017**, 57, 4–9.
12. Phương, T.T.; Dũng, L.H.; Tác động của hệ thống hồ chứa lớn đến dòng chảy trên hệ thống sông Hồng. *Tap chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam* **2017**, 18(7), 5–9.
13. <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-geohms/>.
14. <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/downloads.aspx>.
15. Fleming, M.J. User's manual, hydrologic modeling system HEC–HMS Version 3.5. HQ US Army Corps of Engineers, 2001, 1–318.
16. HEC. Applications Guide Hydrologic Modeling System HEC–HMS V.2.01. US Army Corps of Engineering Center, **2008**, 118, 11–107.
17. Evaluation of HEC–HMS and WEPP for simulating watershed runoff using remote sensing and geographical information system.
18. Li, Z. Watershed modeling using arc hydro based on DEMs: a case study in Jackpine watershed. *Environ. Syst. Res.* **2014**, 3, 11.
19. Hướng dẫn sử dụng mô hình HEC–HMS, Giáo trình, Đại học thủy lợi, 2005.
20. <https://gpm.nasa.gov/data/imerg>.
21. Nguyễn, L.B. Nghiên cứu đánh giá sản phẩm mưa từ nhiệm vụ đo mưa toàn cầu (GPM) cho miền Bắc Việt Nam, 2020.
22. Nam, B.C. Nghiên cứu đánh giá dữ liệu mưa quan trắc vệ tinh từ GPM và PERSIANN phục vụ cảnh báo mưa thành phố Hồ Chí Minh. *Tap Chí Khí tượng thủy văn* **2017**, 679, 27–33.
23. Xuân, T.T.; Tuyên; H.M. Vai trò của hồ chứa trong khai thác, quản lý tài nguyên nước mặt ở Việt Nam. *Nhà xuất bản Khoa học và kỹ Thuật* **2019**, 183(19–28), 67–77.

Assessment of the impact of reservoirs on flow variations on the Da River

Bui Huyen Linh¹, Tran Anh Phuong^{1*}

¹ Water Resources Institute, Ministry of Natural Resources and Environment; wri@monre.gov.vn; phuongtran.monre@gmail.com; linhb.dctv@gmail.com

Abstract: This research evaluates the influence of reservoirs inside and outside the territory on the flow change on Da river to Ta Bu station by statistical method and using HEC–HMS model to simulate natural flow numerically. Satellite rainfall data (IMERG) is compared with real measured data (when the reservoirs come into operation) to assess flow changes during the flood and dry seasons and annual flow. The results show that the decrease in the total annual flow when the reservoirs come into operation increases the dry season flow and decreases the flood season flow.

Keywords: Da River; Reservoirs; Flow regime; Global satellite precipitation; HEC–HMS.

Table of content

- 1** Ngoc, N.T.B.; Tinh, T.V. Research on meteorological drought evaluation in Kon Tum Province. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, *731*, 1–15.
- 16** Bang, L.H.; Thinh, L.V.; Tri, L.H.; Duy, D.V Ty, T.V.; Minh, H.V.T. Research on the impacts of geological, hydrological factors on the stability of riverbanks of Cai Vung River in Hong Ngu District, Dong Thap Province. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, *731*, 16–25.
- 26** Van, L.T.M.; Anh, N.H.; Tri, D.Q.; Ngoc, B.T.B.; Hung, T.V. Research and propose a process to warn of the risk of waterdepletion and shortage for effective water resource management based on the economic value of water use. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, *731*, 26–35.
- 36** Tran, D.D.; Quan, N.Q.; Hue, N.T.T.; Luan, P.L. Assessment of water quality on La Buong River using spatiotemporal principal component analysis. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, *731*, 36–53.
- 54** Ha, N.N.; Trinh, N.M.; Minh, H.T.N. Application of MIKE NAM and MIKE 11HD modeling tools to calculation Cuu Long River basin surface water resources. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, *731*, 54–68.
- 69** Phu, H.; Han, H.T.N.; Thao, N.L.N.; Dong, D.V.; Han, T.G. Study on the dispersion of microplastic pollution in water and sediments of Sai Gon–Dong Nai River. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, *731*, 69–81.
- 82** Ha, N.N.; Minh, H.T.N.; Dung, D.T. Water balance model development for integrated water resources planning on the Cuu Long River basin *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, *731*, 82–96.
- 97** Linh, B.H.; Phuong, T.A. Assessment of the impact of reservoirs on flow variations on the Da River. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, *731*, 97–107.