

ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG NƯỚC SÔNG ĐỒNG NAI GIAI ĐOẠN 2020-2024

Nguyễn Thị Thu Hằng^(1,2), Nguyễn Văn Hồng⁽³⁾, Trương Thanh Cảnh⁽¹⁾

⁽¹⁾Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học tự nhiên, ĐHQG-HCM

⁽²⁾Trường Đại học Sài Gòn

⁽³⁾Phân viện Khoa học Khí tượng Thủy văn, Môi trường và Biển

Ngày nhận bài: 4/02/2026; ngày chuyển phản biện: 5/02/2026; ngày chấp nhận đăng: 26/3/2026

Tóm tắt: Nghiên cứu thực hiện đánh giá chất lượng nước mặt sông Đồng Nai giai đoạn 2020-2024 thông qua việc kết hợp chỉ số chất lượng nước (Water Quality Index - WQI) và phân tích thành phần chính (Principal Component Analysis - PCA). Dữ liệu quan trắc được thu thập tại 20 vị trí đại diện trên toàn lưu vực, với tần suất 8 đợt/năm, bao gồm 14 thông số lý - hóa và kim loại nặng. Kết quả tính toán WQI cho thấy chất lượng nước sông Đồng Nai nhìn chung dao động từ mức trung bình đến tốt (WQI: 72 - 96), với xu hướng cải thiện rõ rệt theo thời gian, đặc biệt trong các năm 2023, 2024. Tuy nhiên, một số vị trí hạ lưu và khu vực chịu áp lực đô thị, công nghiệp vẫn ghi nhận suy giảm cục bộ, cho thấy nguy cơ ô nhiễm chưa được kiểm soát triệt để. Phân tích PCA xác định được 5 thành phần chính trong mùa khô và 4 thành phần chính trong mùa mưa, lần lượt giải thích 71,897% (mùa khô) và 70,601% (mùa mưa) tổng phương sai của bộ dữ liệu. Kết quả cho thấy chất lượng nước vào mùa khô chịu chi phối chủ yếu bởi quá trình tích tụ chất rắn lơ lửng, khoáng hóa và ô nhiễm kim loại nặng, trong khi mùa mưa chịu tác động mạnh của rửa trôi bề mặt, gia tăng tải lượng ô nhiễm hữu cơ và dinh dưỡng. Việc tích hợp sử dụng WQI và PCA đã cho phép đánh giá đồng thời xu thế tổng thể và cơ chế phát sinh ô nhiễm theo mùa, qua đó cung cấp cơ sở khoa học tin cậy phục vụ công tác giám sát, quản lý và bảo vệ chất lượng nguồn nước sông Đồng Nai theo hướng bền vững.

Từ khóa: Chất lượng nước, sông Đồng Nai, chỉ số WQI, phân tích PCA.

1. Mở đầu

Lưu vực hệ thống sông Đồng Nai là một trong những lưu vực sông (LVS) lớn của Việt Nam, nguồn nước của lưu vực có vai trò đặc biệt quan trọng, phục vụ đời sống của nhân dân và phát triển kinh tế - xã hội (KT-XH) cho một trong những vùng kinh tế trọng điểm phát triển năng động nhất nước ta [1]. Tuy nhiên, hiện nay tài nguyên nước tại lưu vực hệ thống sông Đồng Nai đang phải đối mặt với những thách thức lớn trong quản lý, khai thác và sử dụng nước [1]. Quá trình đô thị hóa nhanh chóng, phát triển công nghiệp và gia tăng dân số đã làm gia tăng đáng kể lượng nước thải từ nhiều nguồn khác nhau, bao gồm khu công nghiệp, đô thị, nông nghiệp và y tế. Các nguồn thải này không chỉ khác nhau về quy mô và đặc tính mà còn có tính

phân bố không đồng đều theo không gian, gây khó khăn cho công tác kiểm soát và quản lý chất lượng nước [2], [3], [4].

Việc quan sát và đánh giá chất lượng nước một cách có hệ thống là rất quan trọng để kiểm soát, quản lý và bảo vệ các con sông khỏi ô nhiễm và suy thoái, đây là vấn đề nhạy cảm và quan trọng [5]. Các nghiên cứu quan trắc và phân tích chỉ số chất lượng nước (WQI) trên hệ thống sông Đồng Nai đã ghi nhận dao động lớn về chất lượng nước (từ tốt đến kém ở các vị trí khác nhau) và xác định đóng góp chủ yếu từ hoạt động hộ gia đình và nông nghiệp cùng với các nguồn thải công nghiệp cục bộ; các kết quả này cho thấy khả năng pha loãng theo mùa và điều kiện vận hành hồ chứa càng làm phức tạp tình trạng phân bố chất ô nhiễm [3], [4].

Trong bối cảnh áp lực ô nhiễm ngày càng gia tăng do quá trình đô thị hóa, công nghiệp hóa và phát triển nông nghiệp trên các lưu vực

Tác giả liên hệ: Nguyễn Thị Thu Hằng

Email: ntthuhang6706@gmail.com

sông, việc thực hiện nghiên cứu đánh giá chất lượng nước sông là cần thiết và có ý nghĩa khoa học, thực tiễn cao. Việc kết hợp phân tích chỉ số chất lượng nước (Water Quality Index - WQI) và phương pháp phân tích thành phần chính (Principal Component Analysis - PCA) được xem là phù hợp và cần thiết khi đánh giá chất lượng nước sông. Việc tích hợp WQI - PCA cho phép kết hợp ưu điểm của cả hai phương pháp: WQI phản ánh mức độ ô nhiễm tổng hợp, trong khi PCA cung cấp cơ sở khoa học để giải thích bản chất biến động và nguồn gốc ô nhiễm, từ đó nâng cao độ tin cậy của kết quả đánh giá và hỗ trợ đề xuất giải pháp quản lý tài nguyên nước hiệu quả hơn [6], [7].

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phạm vi nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu là lưu vực sông Đồng Nai, lưu vực này thuộc khu vực miền Đông Nam Bộ và một phần thuộc vùng Tây Nguyên, bao gồm các tỉnh, thành phố: Lâm Đồng, Đắk Nông, Bình Phước, Đồng Nai, Bình Dương, Thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM), Long An, hiện nay sau sáp nhập là các tỉnh Lâm Đồng, Đồng Nai, TP.HCM và một phần tỉnh Tây Ninh [8]. Sông chính Đồng Nai bắt nguồn từ vùng núi phía Bắc thuộc cao nguyên Lang Biang (Nam Trường Sơn) ở độ cao 1.770 m, hướng chảy chính của sông là Đông Bắc - Tây Nam và Bắc - Nam [9].

Lưu vực sông Đồng Nai là một trong các lưu vực sông lớn của Việt Nam, với tổng diện tích lưu vực là 36.350 km², lượng mưa hàng năm trên lưu vực sông khoảng 1.950 mm, tổng lượng

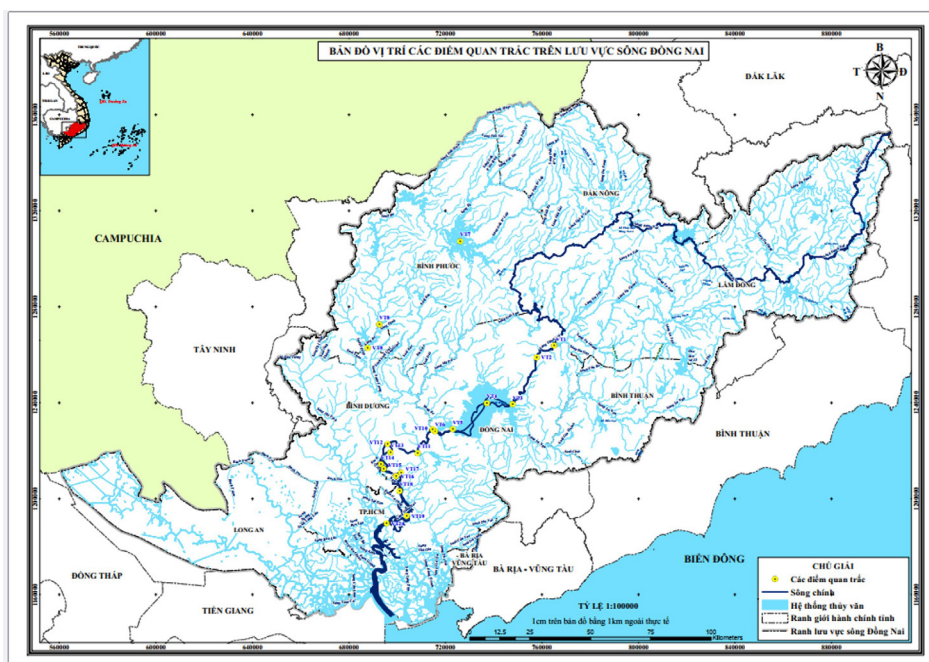
nước mặt khoảng 37 tỷ m³ [10]. Lưu vực nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa với hai mùa phân hóa rõ: mùa mưa (thường từ tháng 3, 4 đến tháng 10, 11) và mùa khô (thường từ tháng 12 đến tháng 3, 4). Lưu lượng dòng chảy và tổng nước mặt biến thiên mạnh theo mùa, mùa mưa tăng lưu lượng và rửa trôi tài bản, mùa khô giảm lưu lượng làm giảm khả năng pha loãng các thông số ô nhiễm [11].

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Dữ liệu đánh giá chất lượng nước mặt (CLNM) sông Đồng Nai từ 2020-2024 được kế thừa từ dữ liệu quan trắc của Trung tâm Quan trắc Môi trường Miền Nam. Vị trí, số lượng, tần suất, thời gian, thông số quan trắc được thực hiện với các mẫu nước mặt được thu thập tại 20 vị trí (VT1-VT20), phân bố đều trên sông Đồng Nai. Cụ thể, các vị trí được đưa ra trong Bảng 1 và Hình 1. Các mẫu nước mặt được tiến hành lấy với tần suất 08 đợt/năm, tương ứng với mùa khô gồm các đợt lấy mẫu vào tháng 3, tháng 4 và tháng 12; mùa mưa gồm 5 đợt lấy mẫu trong khoảng thời gian từ tháng 5 đến tháng 11. Kỹ thuật lấy mẫu và bảo quản mẫu tuân thủ đúng theo Thông tư 10/2021/TT-BTNMT ngày 30 tháng 6 năm 2021 của Bộ trưởng Bộ Tài nguyên và Môi trường quy định kỹ thuật quan trắc môi trường và quản lý thông tin, dữ liệu quan trắc chất lượng môi trường và Vmcerts 252. Đánh giá CLNM thông qua 14 chỉ tiêu, gồm pH, độ dẫn điện (EC), clorua (Cl⁻), tổng chất rắn lơ lửng (TSS), DO, COD, BOD₅, nitrat (N-NO₃⁻), nitrit (N-NO₂⁻), amoni (N-NH₄⁺), sắt (Fe), Asen (As), Cadimi (Cd), chì (Pb).

Bảng 1. Các vị trí lấy mẫu quan trắc trên sông Đồng Nai

Ký hiệu	VT1	VT2	VT3	VT4	VT5	VT6	VT7	VT8	VT9	VT10
Vị trí lấy mẫu	Bến phà Nam Cát Tiên	Cầu Tà Lài	Hợp lưu sông Đồng Nai - Hồ Trị An	Hồ Trị An (hồ chính)	Đập Trị An	Hạ lưu đập Trị An	Hồ Thác Mơ	Cầu Nha Bích	Hồ Phước Hòa	Cửa sông Bé
Ký hiệu	VT11	VT12	VT13	VT14	VT15	VT16	VT17	VT18	VT19	VT20
Vị trí lấy mẫu	Thượng lưu NM nước Thiện Tân	Bến phà TT Uyên Hưng	Bến đò Lợi Hòa	Cầu Thanh Hội	Cầu Ông Tiếp	Cầu Rạch Cát	Bến đò Long Kiểng	Bến đò Hăng Đa	Cầu Long Thành	Bến Phà Cát Lái



Hình 1. Bản đồ lưu vực và các vị trí lấy mẫu quan trắc trên sông Đồng Nai

2.2.1. Đánh giá chất lượng nước mặt theo chỉ số WQI

Cơ sở khoa học để đánh giá chất lượng nước căn cứ theo hướng dẫn kỹ thuật tính toán chỉ số chất lượng nước Việt Nam (VN_WQI) theo Quyết định số 1460/QĐ-TCMT ngày 12/11/2019 của Tổng cục trưởng Tổng cục Môi trường. Các thông số được sử dụng để tính toán chỉ số WQI để đánh giá chất lượng nước sông Đồng Nai bao gồm pH, DO, BOD₅, COD, N-NO₃⁻, N-NO₂⁻, N-NH₄⁺ và Pb.

Công thức tính chỉ số WQI như phương trình:

$$WQI = \frac{WQI_I}{100} \times \frac{(\prod_{i=1}^m WQI_{III})^{\frac{1}{m}}}{100} \times \left(\frac{1}{k}\right) \sum_{i=1}^k WQI_{IV} \quad (1)$$

Trong đó: WQI_I là giá trị WQI của thông số pH, WQI_{III} là giá trị WQI cho các thông số kim loại nặng Pb, và WQI_{IV} là giá trị WQI cho thông số hữu cơ, dinh dưỡng (DO, BOD₅, COD, N-NO₃⁻, N-NO₂⁻, N-NH₄⁺).

2.2.2. Phân tích thành phần chính - PCA

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 [12]. 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. 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.

Các thành phần chính (PC) được biểu thị như sau:

$$Z_{ij} = a_{i1}x_{1j} + a_{i2}x_{2j} + a_{i3}x_{3j} + \dots + a_{im}x_{mj} \quad (2)$$

Trong đó Z là điểm thành phần, x là giá trị đo lường biến, a là trọng số thành phần, m là tổng số biến, i là số thứ tự thành phần và j là số thứ tự mẫu [13].

Dữ liệu quan trắc của các loại hình nguồn thải được sử dụng để phân tích PCA. Tính đầy đủ của tập dữ liệu đã được kiểm tra bằng thống kê Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), các giá trị KMO $\geq 0,6$ thường được coi là đạt yêu cầu, $> 0,7$ là tốt,

trong khi các giá trị gần 0 biểu thị mức độ phù hợp kém [14], [15].

Để thực hiện phân tích PCA, trước hết cần phải xử lý dữ liệu thống kê bằng cách thực hiện kiểm tra phân phối chuẩn của tập dữ liệu bằng phần mềm thống kê SPSS của IBM. Phân tích tương quan Pearson được áp dụng để mô tả mối quan hệ và sự phụ thuộc giữa các chỉ số được phân tích. Tương quan dương chỉ ra rằng hai biến cùng tăng hoặc cùng giảm, trong khi tương quan âm chỉ ra rằng một biến giảm trong khi biến kia tăng. Tương quan giữa các thành phần chính và các biến ban đầu được giải thích bằng cách sử dụng các giá trị tương quan có trọng số [16]. Hệ số tương quan trọng số tuyệt đối lớn hơn 0,75 biểu thị mối tương quan mạnh giữa thành phần chính và các thông số thành phần, giá trị từ 0,5 đến 0,75 biểu thị mối tương quan vừa phải và giá trị dưới 0,5 biểu thị mối tương quan yếu [17].

Trong nghiên cứu này, phân tích PCA được sử dụng nhằm xác định các yếu tố chính đặc trưng đang chi phối sự thay đổi chất lượng nước, giúp hiểu rõ hơn về nguồn gốc và cơ chế ô nhiễm nguồn nước mặt sông Đồng Nai, kết hợp cùng với chỉ số chất lượng nước - WQI như một giá trị đánh giá chung, dễ nhận định để có cái nhìn toàn diện, hỗ trợ hiệu quả cho việc ra quyết định và đưa ra các biện pháp quản lý nguồn nước phù hợp cho lưu vực.

3. Kết quả và thảo luận

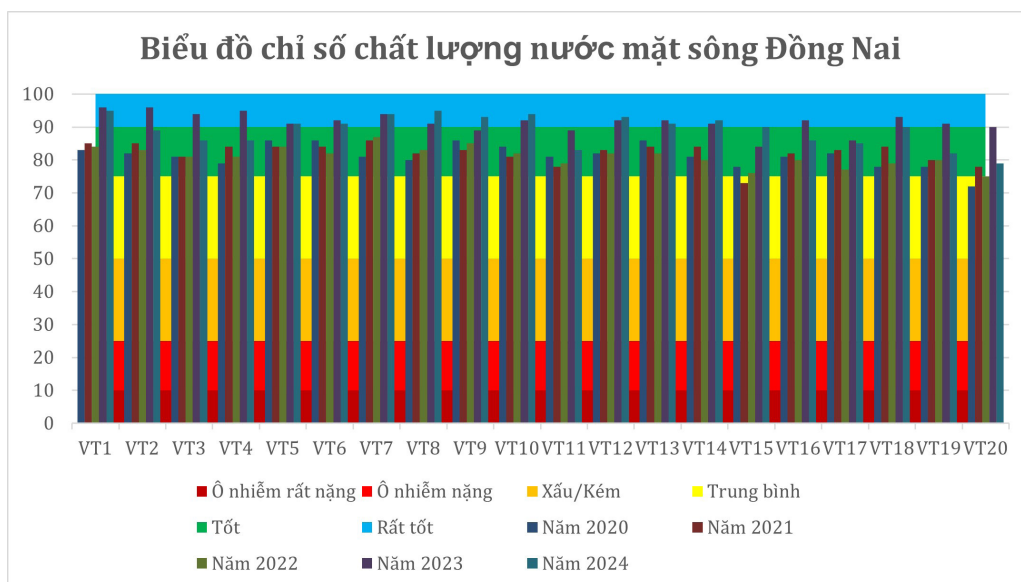
3.1. Đánh giá hiện trạng chất lượng nguồn nước mặt sông Đồng Nai theo chỉ số WQI

Kết quả quan trắc giai đoạn 2020-2024 tại 20 vị trí cho thấy chất lượng nước mặt sông Đồng Nai nhìn chung duy trì ở mức trung bình đến khá tại khu vực thượng và trung lưu, trong khi hạ lưu có xu hướng suy giảm do tác động của đô thị hóa, công nghiệp và xâm nhập mặn. So với QCVN 08:2023/BTNMT, giá trị pH tương đối ổn định trong khoảng trung tính; độ dẫn điện (EC) và nồng độ Cl^- tăng dần về hạ lưu, đặc biệt tại Cầu Long Thành (VT19) và Bến phà Cát Lái (VT20), phản ánh sự gia tăng hàm lượng ion hòa tan và ảnh hưởng của mặn. Hàm lượng TSS biến động mạnh theo không gian và thời gian, nhiều điểm hạ lưu thường xuyên ở mức cao, cho thấy tác

động của xói mòn, rửa trôi và nguồn thải. Nhóm thông số hữu cơ (COD, BOD_5) và DO xuất hiện dấu hiệu suy giảm cục bộ tại các đoạn sông chịu áp lực nhân sinh lớn, đặc biệt trong năm 2024. Các dạng nitơ nhìn chung vẫn trong ngưỡng an toàn đối với nitrat, song nitrit và amoni tăng cục bộ tại một số vị trí, phản ánh ảnh hưởng của nước thải sinh hoạt - đô thị. Nhóm thông số về kim loại, As, Cd và Pb đều nằm trong giới hạn cho phép, trong khi Fe có biên độ dao động lớn và nhiều điểm vượt chuẩn, cho thấy tác động kết hợp của điều kiện địa chất và nguồn thải.

Thực hiện tính toán giá trị WQI theo công thức cho từng đợt lấy mẫu của mỗi năm (8 đợt/năm), từ đó tính giá trị WQI trung bình của mỗi năm. Giá trị WQI trung bình tại các vị trí giai đoạn 2020-2024 được tổng hợp và thể hiện ở Hình 2 - Biểu đồ giá trị WQI sông Đồng Nai giai đoạn 2020-2024.

Kết quả tính toán cho thấy, chất lượng nước mặt sông Đồng Nai có WQI nằm trong khoảng 72-96, phân loại chất lượng nước chủ yếu dao động từ mức "Trung bình" đến "Tốt", một số vị trí đạt giá trị "Rất tốt" (WQI 91-100). Trong khi các nghiên cứu khác thường ghi nhận WQI thấp hơn như nghiên cứu của Le Thi Pho (2023) đánh giá cho đoạn sông Đồng Nai đoạn chảy qua TP. Biên Hòa cùng có giá trị WQI trung bình của sông đạt khá thấp, dao động từ 17-68 [18], hay nghiên cứu của Nguyen Van Lam (2024) cho kết quả giá trị WQI dao động từ 70,2-78,0 (mức Trung bình) [19]; với nghiên cứu của Tran Thi Thu Huong và ccs (2023) về chất lượng nước sông Đồng Nai cũng cho kết quả chất lượng nước được phân loại từ "poor to good" (kém đến tốt) theo tiêu chuẩn VN-WQI [3]. Nghiên cứu này thực hiện đánh giá WQI với kết quả lấy mẫu vào năm 2017 và 2018, kết quả kém xuất hiện ở một vài vị trí trong một số tháng, còn lại vẫn ở mức trung bình đến tốt. Tuy nhiên, kết quả trên lại ở mức "medium to bad" (trung bình đến xấu) theo tiêu chuẩn NS-WQI (tiêu chuẩn của Mỹ) [3]. Sự khác biệt rõ rệt này không phải là một sự mâu thuẫn về mặt dữ liệu, mà là mang tính phương pháp luận, do mỗi tiêu chuẩn WQI có một thang điểm, trọng số và tập hợp các thông số đầu vào khác nhau và chất lượng nước đã có xu hướng cải thiện có thể là kết quả của các chính sách gần đây.



Hình 2. Biểu đồ giá trị WQI sông Đồng Nai giai đoạn 2020-2024

Và dữ liệu cho thấy một xu hướng cải thiện rõ rệt qua các năm, với sự tăng trưởng đáng chú ý về giá trị WQI trung bình, đặc biệt là vào năm 2023, nhiều điểm quan trắc đạt mức “Rất tốt”. Trong Báo cáo hiện trạng môi trường tỉnh Đồng Nai giai đoạn 2016-2020 cũng đã ghi nhận một xu hướng cải thiện tích cực về chất lượng nguồn nước mặt trên các lưu vực sông lớn như Đồng Nai [20]. Điều này củng cố tính xác thực của xu hướng cải thiện được quan sát trong giai đoạn 2020-2024, cho thấy các chính sách quản lý môi trường và các biện pháp kiểm soát ô nhiễm đã được áp dụng trong nhiều năm đem lại hiệu quả và có tác động tích cực trên diện rộng, tạo tiền đề cho việc mở rộng nhiều biện pháp quản lý sau này.

Tuy nhiên, phân tích kết quả chi tiết cũng cho thấy điểm bất thường. Cụ thể, năm 2022, một số vị trí như Cầu Ông Tiếp (VT15), Cầu Rạch Cát (VT16), Bến đò Long Kiểng (VT17), Bến đò Hàng Da (VT18), và đặc biệt là Bến phà Cát Lái (VT20)

có giá trị WQI giảm nhẹ hoặc xuống mức thấp nhất trong giai đoạn này. Điều này cho thấy sự cải thiện chất lượng nước không phải là một xu hướng tuyến tính mà có thể chịu ảnh hưởng bởi các sự kiện môi trường cục bộ hoặc các yếu tố ngoại cảnh. Vị trí Bến phà Cát Lái (VT20) là một trường hợp đáng chú ý, với chất lượng nước hầu như luôn ở mức “Trung bình”, nên chỉ phù hợp cho mục đích tưới tiêu hoặc giao thông chứ không phù hợp cho mục đích cấp nước sinh hoạt.

3.2. Đánh giá chất lượng nước sông Đồng Nai theo PCA

Kết quả giá trị KMO kiểm chứng ở cả 2 mùa đều > 0,7, cho thấy dữ liệu phù hợp để thực hiện phân tích nhân tố, cụ thể, mùa khô là 0,721, mùa mưa là 0,723. Kiểm định Bartlett (Bartlett’s Test of Sphericity) với p-value < 0,05 chứng tỏ có sự tương quan đáng kể giữa các biến - kết quả cho thấy các biến có tương quan với nhau, khẳng định dữ liệu phù hợp để thực hiện phân tích PCA (Bảng 2).

Bảng 2. KMO và Bartlett’s Test

		Mùa khô	Mùa mưa
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy		0,721	0,723
Bartlett’s Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	2250,227	2497,662
	df	91	78
	Sig. (p-value)	0,000	0,000

3.2.1. Phân tích tương quan

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. Bảng 3 và 4 thể hiện các hệ số tương quan (r) đáng chú ý giữa các thông số chất lượng nước trong 2 mùa của kết quả phân tích ma trận hệ số tương quan.

Bảng 3. Các hệ số tương quan Pearson đáng chú ý giữa các thông số chất lượng nước mùa khô ($|r| \geq 0,5$)

Thông số 1	Thông số 2	Hệ số tương quan (r)	Mức độ
TDS	EC	0,999	Rất mạnh
TSS	Fe	0,883	Rất mạnh
pH	Hg	0,632	Mạnh
COD	Fe	0,504	Trung bình
EC	N-NO ₃ ⁻	0,500	Trung bình

Phân tích tương quan Pearson vào mùa khô cho thấy một số cặp thông số có mối liên hệ chặt chẽ. Đáng chú ý nhất là TDS-EC ($r = 0,999$), phản ánh mối quan hệ gần như tuyến tính giữa tổng chất rắn hòa tan và độ dẫn điện. Ngoài ra, TSS có tương quan mạnh với Fe ($r = 0,883$), cho thấy sắt chủ yếu tồn tại ở dạng gắn với vật chất lơ lửng trong nước.

Vào mùa mưa, một số cặp thông số cũng có hệ số tương quan rất cao như TDS và EC ($r = 0,999$), phản ánh đặc trưng của các ion hòa tan và khoáng hóa của nước. Bên cạnh đó, BOD₅ và COD cũng có mối liên kết mạnh mẽ ($r = 0,898$), cho thấy mức độ ô nhiễm hữu cơ trong nước. Ngoài ra, tương tự như mùa khô, TSS có tương quan mạnh với Fe ($r = 0,780$), cho thấy sự liên kết giữa sắt và chất rắn lơ lửng, đặc biệt trong mùa mưa do hiện tượng mưa cuốn trôi bề mặt.

Mối quan hệ giữa các thông số chất lượng

nước sông Đồng Nai có sự tương đồng về mối tương quan của một vài thông số như TDS và EC luôn có mối tương quan mạnh mẽ (hệ số r gần bằng 1), khẳng định đây là hai thông số có mối liên hệ mật thiết và phản ánh chung về độ khoáng hóa của nước; trong khi Fe và TSS vẫn liên hệ mạnh mẽ với nhau ở cả hai mùa, nhưng giảm nhẹ từ mùa khô (0,883) sang mùa mưa (0,780), điều này có thể cho thấy sự thay đổi về nguồn và trạng thái của Fe trong nước. Sự khác biệt rõ rệt giữa 2 mùa nằm ở mối liên hệ giữa các thông số ô nhiễm hữu cơ (BOD₅, COD): trong mùa mưa thể hiện rõ hơn ($r = 0,898$) so với mùa khô ($r = 0,071$). Nhìn chung, hệ số tương quan cho thấy sự thay đổi về các nguồn ô nhiễm và cơ chế vận chuyển chất ô nhiễm giữa hai mùa. Mùa khô, các chất có xu hướng lắng đọng và tích tụ, trong khi mùa mưa có sự rửa trôi bề mặt, đưa thêm các chất từ đất và không khí vào sông.

Bảng 4. Các hệ số tương quan Pearson đáng chú ý giữa các thông số chất lượng nước mùa mưa ($|r| \geq 0,5$)

Thông số 1	Thông số 2	Hệ số tương quan (r)	Mức độ
TDS	EC	0,999	Rất mạnh
BOD5	COD	0,898	Rất mạnh
TSS	Fe	0,780	Mạnh
EC	TSS	0,532	Trung bình
pH	Cl=	0,532	Trung bình
TDS	TSS	0,531	Trung bình

3.2.2. Mùa khô

Trong phân tích thành phần chính, giá trị riêng (Eigenvalue) đóng vai trò là thước đo độ

quan trọng của mỗi thành phần chính. Theo tiêu chuẩn Kaiser, chỉ giữ lại những thành phần chính có giá trị riêng > 1. Nếu một PC có giá trị riêng

< 1 thì nó chứa ít thông tin hơn cả một biến đơn lẻ ban đầu. Theo đó, vào mùa khô, xác định được 5 thành phần chính từ PC1 đến PC5 có ảnh hưởng đến chất lượng nước của sông Đồng Nai. Các thành phần này đã giải thích 71,897% tổng phương sai của dữ liệu, cụ thể PC1 giải thích

Bảng 5. Giá trị riêng và % phương sai mùa khô

Thành phần chính	Giá trị riêng (Eigenvalue)	% Phương sai giải thích	% Phương sai tích lũy
PC1	4,571	32,648	32,648
PC2	1,712	12,232	44,879
PC3	1,479	10,565	55,444
PC4	1,241	8,862	64,306
PC5	1,063	7,592	71,897
PC6	0,852	6,083	77,980
PC7	0,677	4,835	82,815
PC8	0,641	4,578	87,393
PC9	0,510	3,643	91,036
PC10	0,478	3,418	94,454
PC11	0,419	2,991	97,445
PC12	0,275	1,962	99,407
PC13	0,082	0,589	99,995
PC14	0,001	0,005	100,000

Dựa vào Bảng 6 cho thấy chất lượng nước sông Đồng Nai trong mùa khô chịu chi phối đồng thời bởi các quá trình tích tụ vật chất lơ lửng, khoáng hóa nước và ô nhiễm kim loại nặng với cơ chế tác động khác nhau, cụ thể: thành phần PC1, với hệ số tải rất cao của Fe, TSS và COD, phản ánh rõ hiện tượng tích lũy chất rắn lơ lửng và vật chất hạt trong điều kiện dòng chảy yếu đặc trưng mùa khô, làm gia tăng hàm lượng kim loại liên kết pha rắn và chất hữu cơ khó phân hủy, qua đó làm suy giảm chất lượng nước, đặc biệt tại các đoạn sông chịu tác động của hoạt động đô thị và công nghiệp. PC2 cho thấy mối liên hệ chặt chẽ giữa TDS, EC và N-NO_3^- , đại diện cho quá trình khoáng hóa và gia tăng ion hòa tan do thiếu nước pha loãng, phù hợp với đặc trưng thủy văn mùa khô của lưu vực sông Đồng Nai, nơi nồng độ muối hòa tan và dinh dưỡng vô cơ thường tăng cao. PC3

32,648%, PC2 giải thích 12,232%, PC3 giải thích 10,565%, PC4 giải thích 8,862% và PC5 giải thích 7,592% tổng phương sai, giải thích sự biến động của số liệu chất lượng nước. Kết quả giá trị riêng và % phương sai của từng thành phần chính được trình bày cụ thể trong Bảng 5.

Bảng 6. Tải trọng các biến trong các PC mùa khô

Thông số	Thành phần chính (PC)				
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Fe	0,932			0,142	
TSS	0,902	0,179	0,169		
COD	0,642	0,277			0,177
TDS	0,287	0,871	0,149	0,102	0,165
EC	0,301	0,869	0,156	0,101	0,172
N-NO_3^-	0,161	0,592	-0,164	0,513	0,132
BOD_5		0,501	0,389	-0,220	
DO	-0,144		0,795	0,159	0,118
pH	0,206	0,233	0,792		0,121
Hg	0,421	0,235	0,675		0,131
Cd			0,135	0,800	-0,116
As			0,112	0,743	0,186
Pb		0,102		0,165	0,824
N-NH_4^+	0,117	0,137	0,251		0,747

phản ánh các đặc tính lý - hóa của nước (DO, pH) gắn với sự hiện diện của Hg, cho thấy trong điều kiện DO cao và pH trung tính đến kiềm, quá trình oxy hóa Hg(0) sang Hg(II) hòa tan có thể được thúc đẩy, làm tăng nguy cơ lan truyền thủy ngân trong môi trường nước [21], [22]. PC4 và PC5 lần lượt đại diện cho nhóm ô nhiễm kim loại nặng đặc trưng (Cd, As) và sự liên kết giữa Pb với amoni (N-NH_4^+), gợi ý ảnh hưởng của nguồn thải công nghiệp, ô nhiễm nền đất cũng như nước thải sinh hoạt và quá trình phân giải bùn đáy. Tổng hợp các thành phần cho thấy, vào mùa khô, chất lượng nước sông Đồng Nai có xu hướng suy giảm do sự cộng hưởng giữa tích tụ chất rắn, gia tăng khoáng hóa và ô nhiễm kim loại nặng, phù hợp với các nghiên cứu trước đây khi ghi nhận mức độ ô nhiễm cao hơn trong mùa kiệt so với mùa mưa trên lưu vực này [23], [24].

3.2.3. Mùa mưa

Tương tự mùa khô, dựa vào kết quả phân tích giá trị riêng (Eigenvalue) thì vào mùa mưa xác định được 4 thành phần chính từ PC1 đến PC4 ảnh hưởng đến chất lượng nước của sông Đồng Nai, đã giải thích 70,601% tổng phương sai

Bảng 7. Giá trị riêng và % phương sai mùa mưa

Thành phần chính	Giá trị riêng (Eigenvalue)	% Phương sai giải thích	% Phương sai tích lũy
PC1	5,103	39,256	39,256
PC2	1,488	11,443	50,698
PC3	1,451	11,162	61,861
PC4	1,136	8,740	70,601
PC5	0,964	7,415	78,016
PC6	0,767	5,897	83,913
PC7	0,557	4,287	88,200
PC8	0,521	4,009	92,210
PC9	0,411	3,163	95,373
PC10	0,362	2,783	98,155
PC11	0,165	1,271	99,427
PC12	0,074	0,570	99,996
PC13	0,001	0,004	100,000

Trong mùa mưa, chất lượng nước sông Đồng Nai chịu tác động mạnh của quá trình rửa trôi bề mặt, gia tăng tải lượng vật chất hạt và chất ô nhiễm hữu cơ từ lưu vực vào hệ thống sông (Bảng 8). Thành phần 1 (PC1), với hệ số tải cao của EC, TDS, N-NO_3^- và Cl^- , phản ánh rõ quá trình khoáng hóa nước và sự gia tăng các ion hòa tan do nước mưa rửa trôi phân bón nông nghiệp, chất thải sinh hoạt và bụi khí quyển lắng đọng, làm tăng nồng độ nitrat và clorua trong sông, đặc trưng cho giai đoạn mưa lớn trên lưu vực [23]. PC2, bao gồm Fe, TSS và Pb, đại diện cho nhóm vật chất hạt và kim loại nặng bám pha rắn, cho thấy mưa đã thúc đẩy quá trình xói mòn, cuốn trôi đất bề mặt và bùn đáy, làm gia tăng hàm lượng chất rắn lơ lửng và các kim loại như sắt, chì trong nước sông, hiện tượng thường được ghi nhận tại các lưu vực chịu áp lực đô thị hóa và công nghiệp hóa

của dữ liệu, cụ thể PC1 giải thích 39,256%, PC2 giải thích 11,443%, PC3 giải thích 11,162% và PC4 giải thích 8,740% tổng phương sai, giải thích sự biến động của số liệu chất lượng nước. Kết quả giá trị riêng và % phương sai của từng thành phần chính được trình bày cụ thể trong Bảng 7.

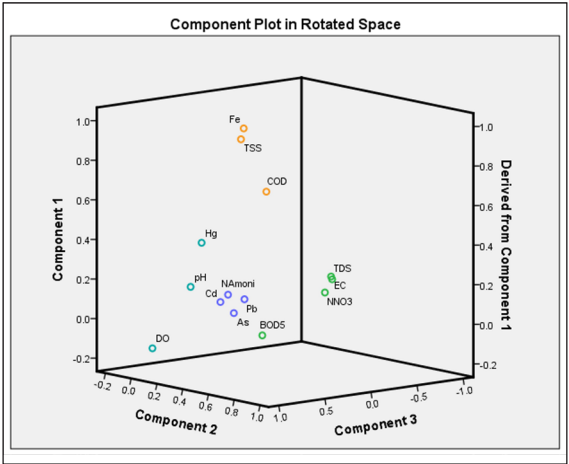
Bảng 8. Tải trọng các biến trong các PC mùa mưa

Thông số	Thành phần chính (PC)			
	PC1	PC2	PC3	PC4
EC	0,862	0,214		
TDS	0,862	0,214		
N-NO_3^-	0,746			
Cl^-	0,659		0,176	0,209
pH	0,601	0,154	0,320	0,454
N-NH_4^+	0,563	0,198	0,121	-0,542
Fe	0,160	0,882		
TSS	0,346	0,789	0,132	
Pb	0,267	0,647		0,146
N-NO_2^-	0,355	0,450	0,225	-0,282
BOD_5	0,246	0,116	0,931	
COD	0,295	0,141	0,900	
DO	0,271			0,824

cao như lưu vực sông Đồng Nai [24]. PC3, với tải trọng rất cao của BOD_5 và COD, phản ánh mối quan hệ chặt chẽ giữa nhu cầu oxy sinh học và nhu cầu oxy hóa học, cho thấy sự gia tăng ô nhiễm hữu cơ do nước mưa mang theo nước thải sinh hoạt, chăn nuôi và phụ phẩm nông nghiệp chưa được xử lý triệt để vào sông, làm gia tăng áp lực suy giảm chất lượng nước [25], [26]. PC4, đại diện bởi DO, cho thấy trong mùa mưa hàm lượng oxy hòa tan có xu hướng được cải thiện nhờ lưu lượng dòng chảy tăng và quá trình khuấy trộn mạnh, tuy nhiên, giá trị DO vẫn chịu tác động đối nghịch từ tải lượng hữu cơ cao, đặc biệt tại các khu vực chịu ảnh hưởng tập trung của nguồn thải đô thị và công nghiệp [26]. Tổng hợp các thành phần PCA cho thấy, mặc dù mùa mưa có khả năng pha loãng nhất định, chất lượng nước sông Đồng Nai vẫn đối mặt với nguy cơ suy giảm cục bộ do sự gia tăng

đồng thời của ion hòa tan, vật chất hạt, kim loại nặng và ô nhiễm hữu cơ, phù hợp với các kết quả đánh giá chất lượng nước theo mùa đã được công bố cho lưu vực này.

Biểu đồ không gian xoay của các thành phần chính giúp hiểu rõ hơn về mối quan hệ giữa các biến trong dữ liệu. Các biến có tải trọng cao trên cùng một thành phần chính sẽ có xu hướng nằm gần nhau trên biểu đồ và có mối quan hệ chặt chẽ với nhau. Hình 3 và 4 thể hiện biểu đồ không gian xoay của các thành phần chính của 2 mùa. Theo đó, ở mùa khô các thông số có mối



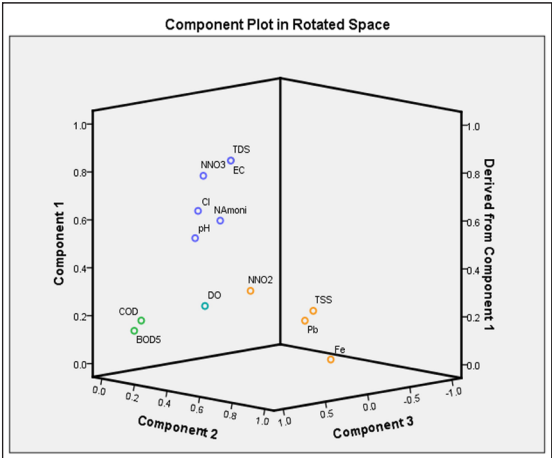
Hình 3. Biểu đồ không gian xoay của các thành phần chính vào mùa khô

3.3. Thảo luận

Phân tích thành phần chính (PCA) đối với bộ dữ liệu quan trắc giai đoạn 2020-2024 cho thấy chất lượng nước sông Đồng Nai chịu chi phối bởi 5 thành phần chính trong mùa khô và 4 thành phần chính trong mùa mưa, giải thích lần lượt 71,897% và 70,601% biến động dữ liệu. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Nguyen Thanh Giao (2022), trong đó PCA xác định 5 nguồn ô nhiễm tiềm năng giải thích 87,3% biến động chất lượng nước tại khu vực miền Nam Việt Nam [27]. Các dạng ô nhiễm chính được nhận diện bao gồm ô nhiễm hữu cơ (DO thấp, TSS, BOD₅, COD cao), ô nhiễm dinh dưỡng (N-NH₄⁺) và kim loại nặng (Fe) [27].

Kết quả PCA cũng cho thấy sự nhất quán với các nghiên cứu trước về bản chất nguồn ô nhiễm. Nghiên cứu của Tran Thi Thu Huong và

quan hệ chặt chẽ với nhau gồm Fe, TSS và COD; TDS, EC và N-NO₃⁻; DO, pH và Hg; Cd và As, Pb và N-NH₄⁺, trong khi ở mùa mưa sự liên hệ của các thông số có khác biệt so với mùa khô, các thông số có mối quan hệ chặt chẽ với nhau gồm EC, TDS, N-NO₃⁻ và Cl⁻; Fe, TSS và Pb; BOD₅ và COD. Sự khác biệt về mối liên hệ giữa các thông số ở 2 mùa được giải thích chủ yếu là do hiện tượng nước mưa hòa tan khí bụi và chảy tràn rửa trôi bề mặt trước khi đưa vào nguồn tiếp nhận, nên có ảnh hưởng nhất định đến các thông số về chất lượng nước.



Hình 4. Biểu đồ không gian xoay của các thành phần chính vào mùa mưa

cộng sự (2023) xác định hoạt động nông nghiệp và sinh hoạt là các tác nhân chính gây suy giảm chất lượng nước sông Đồng Nai [3]. Điều này phù hợp với sự đồng biến của các thông số hữu cơ, dinh dưỡng (N-NO₃⁻, N-NH₄⁺, BOD₅, COD) và kim loại nặng (Pb) trong PCA của nghiên cứu hiện tại, cho thấy các áp lực môi trường mang tính hệ thống và kéo dài trên lưu vực.

Một đóng góp đáng chú ý của nghiên cứu là làm rõ sự khác biệt về cơ chế lan truyền ô nhiễm theo mùa. Trong mùa khô, các thành phần PCA phản ánh quá trình tích tụ chất ô nhiễm dưới điều kiện dòng chảy suy giảm, với sự gia tăng của Fe, TSS, COD và một số kim loại nặng, cho thấy vai trò nổi bật của các nguồn thải điểm từ khu công nghiệp và cơ sở sản xuất. Ngược lại, trong mùa mưa, cấu trúc PCA liên quan đến quá trình rửa trôi bề mặt và khuếch tán các chất hòa

tan từ lưu vực, phản ánh ảnh hưởng của các nguồn thải phi điểm từ đô thị và nông nghiệp.

Việc kết hợp chỉ số chất lượng nước (WQI) và PCA cho thấy tính bổ trợ rõ rệt trong đánh giá chất lượng nước. Trong khi WQI phản ánh xu thế tổng thể theo không gian và thời gian, PCA làm rõ cấu trúc nội tại của dữ liệu và nguồn gốc ô nhiễm. Kết quả cho thấy sự nhất quán khi cả hai phương pháp đều xác định ba nhóm ô nhiễm chi phối gồm hữu cơ, dinh dưỡng và kim loại nặng, đồng thời PCA cung cấp thêm thông tin về cơ chế ô nhiễm theo mùa, góp phần nâng cao độ tin cậy và giá trị ứng dụng trong quản lý chất lượng nước lưu vực sông Đồng Nai [19], [25].

4. Kết luận

Nghiên cứu đã đánh giá một cách toàn diện hiện trạng và cơ chế biến động chất lượng nước mặt sông Đồng Nai giai đoạn 2020-2024 thông qua việc kết hợp chỉ số chất lượng nước (WQI) và phân tích thành phần chính (PCA). Kết quả WQI cho thấy chất lượng nước sông Đồng Nai nhìn chung dao động từ mức Trung bình đến Tốt, với xu hướng cải thiện rõ rệt theo thời gian, đặc biệt trong các năm 2023-2024 khi nhiều vị trí đạt mức Rất tốt. Xu thế này phản ánh hiệu quả bước đầu của các biện pháp quản lý và kiểm soát ô nhiễm đã được triển khai trên lưu vực. Tuy nhiên, sự suy giảm cục bộ của WQI tại một số vị trí hạ lưu và khu vực chịu áp lực đô thị - công nghiệp cho thấy chất lượng nước vẫn tiềm ẩn rủi ro ô nhiễm và chưa ổn định hoàn toàn,

nhất là đối với mục đích cấp nước sinh hoạt.

Phân tích PCA đã làm rõ cấu trúc nội tại của bộ dữ liệu chất lượng nước và nhận diện các nhóm thông số cũng như nguồn ô nhiễm chi phối theo mùa. Trong mùa khô, chất lượng nước chịu tác động chủ yếu bởi quá trình tích tụ chất rắn lơ lửng, khoáng hóa nước và ô nhiễm kim loại nặng (Fe, Cd, As, Pb), phản ánh ảnh hưởng của dòng chảy yếu và các nguồn thải điểm. Ngược lại, trong mùa mưa, các thành phần chính cho thấy vai trò nổi trội của quá trình rửa trôi bề mặt và gia tăng tải lượng ô nhiễm hữu cơ, dinh dưỡng và kim loại nặng bám pha rắn, gắn với nguồn thải phi điểm từ nông nghiệp, khu dân cư và đô thị. Sự khác biệt rõ rệt về cơ chế ô nhiễm theo mùa khẳng định tính cần thiết của cách tiếp cận phân tích theo mùa trong đánh giá chất lượng nước lưu vực.

Việc kết hợp WQI và PCA đã chứng minh tính bổ trợ lẫn nhau giữa hai phương pháp, WQI cung cấp bức tranh tổng thể, dễ diễn giải về trạng thái và xu thế chất lượng nước, trong khi PCA cho phép giải thích sâu bản chất ô nhiễm, truy xuất nguồn gốc và cơ chế phát sinh mà chỉ số tổng hợp không thể hiện đầy đủ. Do đó, cách tiếp cận tích hợp này không chỉ nâng cao độ tin cậy của đánh giá chất lượng nước sông Đồng Nai mà còn cung cấp cơ sở khoa học quan trọng cho công tác quản lý môi trường, định hướng các giải pháp kiểm soát ô nhiễm theo mùa, theo không gian và theo loại hình nguồn thải trên toàn lưu vực.

Đóng góp của từng tác giả trong bài báo: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: Nguyễn Thị Thu Hằng, Nguyễn Văn Hồng, Trương Thanh Cảnh; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: Nguyễn Văn Hồng, Trương Thanh Cảnh; Xử lý, phân tích số liệu: Nguyễn Thị Thu Hằng; Viết bản thảo bài báo: Nguyễn Thị Thu Hằng, Trương Thanh Cảnh; Chỉnh sửa bài báo: Nguyễn Thị Thu Hằng, Nguyễn Văn Hồng, Trương Thanh Cảnh.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện với sự hỗ trợ về số liệu quan trắc của Trung tâm Quan trắc Môi trường Miền Nam.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của mình, chưa từng công bố trước đó, không sao chép; không có xung đột lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

- [1] Tạp chí Môi trường, “Ký kết Quy chế phối hợp trong việc bảo vệ môi trường lưu vực sông Đồng Nai,” tapchimoitruong.vn. [Trực tuyến]. Liên kết: <https://tapchimoitruong.vn/chuyen-muc-3/K%E1%BA%BFT-Quy-ch%E1%BA%BF-ph%E1%BB%91i-h%E1%BB%A3p-trong-vi%E1%BB%87c-b%E1%BA%A3o-v%E1%BB%87-m%C3%B4i-tr%C6%B0%E1%BB%9Dng-l%C6%B0-v%E1%BB%B1c-s%C3%B4ng-%C4%90%E1%BB%93ng-Nai-15878>. Truy cập 14/10/2025.

- [2] World Bank, *Industrial Wastewater Management in River Basins Nhue-Day and Dongnai Project: Final Report*, Report No. 2925, 2010. [Online]. Available: <https://documents.worldbank.org>.
- [3] T. T. T. Huong et al., "Assessing water quality in the Dong Nai River (Viet Nam): Implications for sustainable management and pollution control," *Water Sci. Technol.*, vol. 87, no. 11, pp. 2917-2929, 2023, doi: 10.2166/wst.2023.151.
- [4] Japan International Cooperation Agency (JICA), *Action Plan on River Basin Water Environment Management for Cau and Dong Nai River Basin*, 2019. [Online]. Available: https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12353678_06.pdf.
- [5] M. Barakat, M. El Baghdadi, J. Rais, B. Aghezzaf, and M. Slassi, "Assessment of spatial and seasonal water quality variation of Oum Er Rbia River (Morocco) using multivariate statistical techniques," *Int. Soil Water Conserv. Res.*, vol. 4, no. 4, pp. 284-292, 2016.
- [6] S. Shrestha and F. Kazama, "Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji River Basin, Japan," *Environ. Model. Softw.*, vol. 22, no. 4, pp. 464-475, 2007, doi: 10.1016/j.envsoft.2006.02.001.
- [7] K. P. Singh, A. Malik, D. Mohan, and S. Sinha, "Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)," *Water Res.*, vol. 38, no. 18, pp. 3980-3992, 2004, doi: 10.1016/j.watres.2004.06.011.
- [8] Cục Thông tin Khoa học và Công nghệ Quốc gia, "Nghiên cứu đánh giá an ninh nguồn nước phục vụ xây dựng quy hoạch tài nguyên nước áp dụng thử nghiệm trên lưu vực sông Đồng Nai," vista.gov.vn. [Trực tuyến]. Liên kết: <https://www.vista.gov.vn/news/print/ket-qua-nghien-cuu-trien-khai/nghien-cuu-danh-gia-an-ninh-nguon-nuoc-phuc-vu-xay-dung-quy-hoach-tai-nguyen-nuoc-ap-dung-thu-nghiem-tren-luu-vuc-song-dong-nai-5034.html>. Truy cập 17/10/2025.
- [9] UBND tỉnh Lâm Đồng, "Tìm hiểu sông Đồng Nai," lamdong.gov.vn. [Trực tuyến]. Liên kết: <https://lamdong.gov.vn/sites/book/kyyeu/timhieusongdongnai.htm>. Truy cập: 21/10/2025.
- [10] Cục Quản lý Tài nguyên nước (DWRM), "Kết quả quan trắc tài nguyên nước lưu vực sông Đồng Nai tháng 7 năm 2025," dwrn.mae.gov.vn. [Trực tuyến]. Liên kết: <https://dwrn.mae.gov.vn/ket-qua-quan-trac-tai-nguyen-nuoc-luu-vuc-song-dong-nai-thang-7-nam-2025-15596.htm>. Truy cập: 23/02/ 2026].
- [11] N. D. Trinh, V. T. Trinh, and N. K. C. Trinh, "Modeling high resolution precipitation by coupling a regional climate model with a machine learning model: An application to Sai Gon–Dong Nai Rivers Basin in Viet Nam," *Clim. Dyn.*, vol. 57, pp. 2713-2735, 2021.
- [12] J. Shlens, "A tutorial on principal component analysis," *arXiv preprint arXiv:1404.1100*, 2014.
- [13] N. D. Dat et al., "Contamination, source attribution, and potential health risks of heavy metals in street dust of a metropolitan area in Southern Viet Nam," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 28, no. 36, pp. 50405-50419, 2021, doi: 10.1007/s11356-021-14246-1.
- [14] A. A. Jamhari et al., "Toxic trace elements bound to size-fractioned ambient particles down to nanoparticles (PM0.1): Characteristics, sources, and health risk assessment," *SSRN Electron. J.*, 2024. [Online]. Available: <https://ssrn.com/abstract=4969749>
- [15] C. Samara and D. Voutsas, "Size distribution of airborne particulate matter and associated heavy metals in the roadside environment," *Chemosphere*, vol. 59, no. 8, pp. 1197-1206, 2005, doi: 10.1016/j.chemosphere.2004.11.061.
- [16] I. C. Feher, Z. Moldovan, and I. Oprean, "Spatial and seasonal variation of organic pollutants in surface water using multivariate statistical techniques," *Water Sci. Technol.*, vol. 74, no. 7, pp. 1726-1735, 2016.
- [17] C. W. Liu, K. H. Lin, and Y. M. Kuo, "Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a Blackfoot disease area in Taiwan," *Sci. Total Environ.*, vol. 313, no. 1-3, pp. 77-89, 2003.
- [18] L. T. Pho, "Water quality assessment using water quality index: A case of the Dong Nai River sections flowing through Bien Hoa City," *Thu Dau Mot Univ. J. Sci.*, vol. 5, no. 2, pp. 135-144, 2023, doi: 10.37550/tdmu.EJS/2023.02.402.
- [19] N. V. Lam et al., "Evaluation of surface water quality of Dong Nai River in Vinh Cuu district, Dong Nai

- province in 2023,” *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*, 1, 53-63, 2024.
- [20] Trung tâm Quan trắc Môi trường (CEM), “Chất lượng nguồn nước mặt trên địa bàn tỉnh Đồng Nai được cải thiện tích cực,” [cem.gov.vn](https://cem.gov.vn/tin-tuc-moi-truong/chat-luong-nguon-nuoc-mat-tren-dia-ban-tinh-dong-nai-duoc-cai-thien-tich-cuc). [Trực tuyến]. Liên kết: <https://cem.gov.vn/tin-tuc-moi-truong/chat-luong-nguon-nuoc-mat-tren-dia-ban-tinh-dong-nai-duoc-cai-thien-tich-cuc>.
- [21] L. Si, B. A. Branfireun, and J. Fierro, “Chemical oxidation and reduction pathways of mercury relevant to natural waters: A review,” *Water*, vol. 14, no. 12, p. 1891, 2022, doi: 10.3390/w14121891.
- [22] Y. S. Wu et al., “The toxicity of mercury and its chemical compounds: Molecular mechanisms and environmental and human health implications: A comprehensive review,” *ACS Omega*, vol. 9, no. 5, pp. 5100-5126, 2024, doi: 10.1021/acsomega.3c07047.
- [23] N. T. Hồng, T. V. T., và L. H. V., “Đánh giá ô nhiễm dinh dưỡng từ hoạt động nông nghiệp và chăn nuôi trên lưu vực sông Đồng Nai,” *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi*, 55(3), 45-54, 2019.
- [24] T. V. Nam, P. Q. T., và N. M. Q., “Ứng dụng PCA trong đánh giá chất lượng nước mặt khu vực chịu tác động của hoạt động chăn nuôi,” *Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường*, 37, 23-32, 2021.
- [25] D. Chapman, *Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*, 2nd ed. London, U.K.: E & FN Spon, 1996.
- [26] Bộ Tài nguyên và Môi trường, *Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia năm 2023*, Hà Nội, Việt Nam, 2023.
- [27] T. G. H. Nguyen, “Assessment of surface water quality and monitoring in Southern Viet Nam using multicriteria statistical approach,” *Sustain. Environ. Res.*, vol. 32, no. 20, 2022, doi: 10.1186/s42834-022-00133-y.

ASSESSMENT OF SURFACE WATER QUALITY IN THE DONG NAI RIVER DURING THE 2020-2024 PERIOD

Nguyen Thi Thu Hang^(1,2), Nguyen Van Hong⁽³⁾, Truong Thanh Canh⁽¹⁾

⁽¹⁾Faculty of Environment, VNUHCM - University of Science, Viet Nam

⁽²⁾Sai Gon University

⁽³⁾Sub-Institute of Meteorology, Hydrology, Environment and Marine Sciences

Received: 4/02/2026; Accepted: 26/3/2026

Abstract: This study assessed surface water quality in the Dong Nai River during 2020-2024 by integrating the Water Quality Index (WQI) and Principal Component Analysis (PCA). Monitoring was conducted at 20 representative sites throughout the basin, with eight sampling campaigns per year, encompassing 14 physicochemical and heavy-metal parameters. WQI results demonstrated that overall water quality generally ranged from moderate to good (WQI: 72-96), with a distinct improvement observed over time, particularly in 2023 and 2024. Nevertheless, localized degradation persisted at several downstream sites and in areas subject to significant urban and industrial pressures, indicating that pollution risks remain inadequately controlled. PCA revealed five principal components in the dry season and four in the wet season, accounting for 71.897% and 70.601% of the total variance, respectively. The findings indicate that dry-season water quality is primarily influenced by suspended-solids accumulation, mineralization processes, and heavy-metal contamination, whereas wet-season water quality is strongly affected by surface runoff and elevated organic and nutrient loads. The combined use of WQI and PCA facilitates a comprehensive assessment of overall trends and seasonal pollution dynamics, providing a robust scientific foundation for monitoring, managing, and protecting the water quality of the Dong Nai River, thereby supporting sustainable development.

Keywords: Water quality, Dong Nai River, Water Quality Index (WQI), Principal Component Analysis (PCA).