

# Ứng dụng phân tích đa biến và chỉ số chất lượng nước đánh giá chất lượng nước dưới đất Tp. Biên Hòa

Trương Quang Duy, Nguyễn Hiền Thân\*



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

## TÓM TẮT

Tp. Biên Hòa là đô thị đông dân và tập trung nhiều khu công nghiệp trên địa bàn tỉnh Đồng Nai. Nguồn nước dưới đất là nguồn sử dụng chính tại nhiều khu nhà trọ và khu vực nông thôn. Trong nghiên cứu này, chất lượng nước dưới đất Tp. Biên Hòa được xác định thông qua phương pháp phân tích nhân tố và chỉ số chất lượng nước dưới đất. Phương pháp phân tích nhân tố thành phần chính (FA-PCA) được sử dụng để xác định các thông số có ảnh hưởng quan trọng đến chất lượng nước dưới đất từ 19 thông số của 11 điểm quan trắc. Các thông số gồm As, Cd, Nitric, Nitrat,  $CN^-$ , Crom, Cu, Hg, Mn, Pb, pH, Phenol, Zn và Nitrat là các thông số đại diện cho nước dưới đất tại Tp. Biên Hòa. Kết quả nghiên cứu cho thấy chỉ số chất lượng nước dưới đất Tp. Biên Hòa dao động từ tốt đến rất tốt (34 – 64). Chất lượng nước vào mùa mưa tốt hơn mùa khô. Chất lượng nước dưới đất tại tầng chứa nước khe nứt Pleistocen tốt hơn các tầng chứa nước khác. Một số khu vực có chỉ số GWQI có thể sử dụng cho mục đích sinh hoạt nhưng cần phải xử lý như Long Bình Tân, Long Bình, Taóm Hòa, Bình Đa, Tân Biên, Hồ Nai, Tam Hòa, Tân Hiệp. Chỉ số GWQI và FA-PCA là công cụ hữu ích để mô tả chất lượng nguồn nước dưới đất. Sự kết hợp giữa FA-PCA và GWQI cho kết quả đánh giá khách quan và tin cậy.

**Từ khoá:** Biên Hòa, chất lượng nước, nước dưới đất, phân tích đa biến

## ĐẶT VẤN ĐỀ

Quản lý chất lượng nước là một trong những chủ đề quan trọng của quản lý môi trường nước. Theo UNEP và WHO chất lượng nước là khái niệm được sử dụng để thể hiện sự thích hợp của nước để duy trì các quá trình và sử dụng khác nhau. Tùy vào mục đích sử dụng nước sẽ có các yêu cầu nhất định về đặc điểm sinh học, hóa học và vật lý. Khác với chất lượng nước mặt, chất lượng nước dưới đất chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố tự nhiên và nhân tạo. Hoạt động của con người là một trong những nguyên nhân chính dẫn đến ô nhiễm nước dưới đất. Trong nhiều thập kỷ qua, nhiều nhà khoa học đã nỗ lực nghiên cứu xây dựng công cụ để đánh giá chất lượng nước như đánh giá đơn tố (single-factor evaluation), chỉ số ô nhiễm (pollution index method), đánh giá mờ (fuzzy evaluation), phân tích cấp bậc (hierarchical analysis), phân tích yếu tố chính (matter element analysis), chỉ số nhân chất lượng nước (water quality labeled index)<sup>1</sup> ... Các phương pháp này được ứng dụng để khai thác thông tin về chất lượng nước ở các khu vực khác nhau và xác định các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng nước<sup>2</sup>. Tuy nhiên, phần lớn các phương pháp này được sử dụng nhiều trong đánh giá nước mặt, đánh giá chất lượng nước đất vẫn còn hạn chế. Một số phương pháp đánh giá chất lượng nước dưới đất được

sử dụng phổ biến hiện nay là phân tích đa biến, chỉ số chất lượng nước (WQI) và chỉ số Nemerow. Các phương pháp phân tích đa biến được sử dụng phổ biến như phân tích tương quan, phân tích nhân tố (FA), phân tích thành phần chính (PCA), phân tích cụm (CA) Đây là những công cụ mạnh mẽ cho các nghiên cứu môi trường. Phân tích đa biến xác định các mối quan hệ ẩn giữa các biến số và giảm các bộ dữ liệu lớn và phức tạp trở nên tinh gọn hơn bằng các nhân tố mà không làm mất nhiều thông tin<sup>3</sup>. Liu C. và cộng sự (2003) đã áp dụng phân tích nhân tố để đánh giá chất lượng nước dưới đất tại Đài Loan. Phân tích nhân tố được áp dụng cho 28 mẫu nước ngầm được lấy từ các giếng. Mô hình hai nhân tố được đề xuất và giải thích hơn 77,8% tổng phương sai chất lượng nước dưới đất<sup>4</sup>. Reza, R và cộng sự (2010) đã thực hiện đánh giá chất lượng nước dưới đất ở vùng Angul-Talcher của Orissa. Công trình này đã chỉ ra các giá trị của WQI bị ảnh hưởng chủ yếu bởi nồng độ của các ion hòa tan (F, NO, Ca và Mg) trong nước<sup>5</sup>. Năm 2015, Logeshkumaran, A. và cộng sự thực hiện đánh giá chất lượng nước dưới đất cho Anna Nagar, Ấn Độ. Kết quả nghiên cứu đã so sánh với tiêu chuẩn WHO và BIS đã chỉ ra phần lớn các mẫu thuộc loại trung bình đến tốt và phù hợp với mục đích nước uống<sup>6</sup>. Gần đây, Amar O. (2021) đã sử dụng chỉ số

Khoa Khoa học Quản lý, Đại học Thủ Dầu Một

### Liên hệ

Nguyễn Hiền Thân, Khoa Khoa học Quản lý, Đại học Thủ Dầu Một

Email: thanhnt@tdmu.edu.vn

### Lịch sử

- Ngày nhận: 2021-12-10
- Ngày chấp nhận: 2022-06-29
- Ngày đăng: 2022-8-21

DOI: 10.32508/stdjsec.v5iS3.679



### Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



**Trích dẫn bài báo này:** Duy T Q, Thân N H. Ứng dụng phân tích đa biến và chỉ số chất lượng nước đánh giá chất lượng nước dưới đất Tp. Biên Hòa. *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.*; 5(S13):54-66.

chất lượng nước và phân tích K-mean để phân loại chất lượng nước. Thang đánh giá chất lượng nước chia thành 4 mức: xuất sắc, tốt, chấp nhận được và không phù hợp<sup>7</sup>. Như vậy, chỉ số WQI rất hữu ích cho phân loại nguồn nước<sup>8</sup>. Tuy nhiên, chỉ số chất lượng nước không thể áp dụng cho tất cả các quốc gia. Mỗi quốc gia có quy định riêng về quy chuẩn chất lượng nước. Do đó, khi áp dụng tại Việt Nam cần có sự điều chỉnh để phù hợp với quy định của quốc gia. Trong những năm gần đây, đánh giá chất lượng nước dưới đất cũng nhận được nhiều sự quan tâm tại Việt Nam. Phương pháp so sánh với quy chuẩn (đánh giá đơn chất) được sử dụng chủ yếu ở hầu hết các báo cáo hiện trạng môi trường nước dưới đất tại các tỉnh, thành. Một số nghiên cứu gần đây đã áp dụng chỉ số chất lượng nước dưới đất. Nguyễn Hải Âu và cộng sự (2018) đã sử dụng chỉ số GWQI để đánh giá chất lượng nước tầng chứa nước Pleistocen khu vực huyện Tân Thành, tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu. Chỉ số GWQI được sử dụng để đo lường chất lượng nước từ 9 thông số pH, TDS, độ cứng,  $Cl^-$ ,  $F^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cu^{2+}$  và  $Fe^{2+}$ . Phương pháp phân tích PCA được sử dụng để xác định đặc trưng ô nhiễm của nguồn nước<sup>9</sup>. Kết quả nghiên cứu đã cung cấp thông tin hữu ích và là nguồn học liệu cho các nghiên cứu tiếp theo. Tuy nhiên, vấn đề trọng số và sự kết hợp giữa phân tích PCA chưa được giải quyết triệt để và tối ưu. Trong một công trình khác, Nguyễn Hải Âu và cộng sự (2020) đã sử dụng trọng số Entropy để đánh giá nước dưới đất trên địa bàn thị xã Phú Mỹ. Các thông số pH, TDS, độ cứng tổng,  $Cl^-$ ,  $F^-$ ,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , Pb và  $Fe^{2+}$  được lựa chọn để xác định chỉ số chất lượng nước dưới đất<sup>10</sup>. Cơ sở lựa chọn các thông số đánh giá và trọng số chưa được làm rõ trong nghiên cứu này.

Việc xác định trọng số cho các thông số là rất quan trọng trong đánh giá chất lượng nước vì nó ảnh hưởng lớn đến kết quả đánh giá. Đây là vấn đề còn nhiều tranh luận giữa các nhà khoa học. Hiện nay, có rất nhiều phương pháp được các nhà khoa học sử dụng như: Phương pháp Entropy, phương pháp phân tích thành phần chính, phân tích tiến trình cấp bậc, phương pháp chuyên gia (Delphi), phương pháp tỷ lệ vượt chuẩn... Phương pháp tỷ lệ vượt chuẩn là phương pháp đơn giản được sử dụng khá nhiều trong các nghiên cứu trước đây. Trọng số của các thông số phụ thuộc vào mức độ ô nhiễm của chính thông số đó. Hạn chế của phương pháp này có là không xem xét mối tương quan giữa các thông số chất lượng nước với nhau. Phương pháp trọng số Entropy là khái niệm ngẫu nhiên và thước đo nội dung thông tin được đề cập lần đầu bởi Shannon. Phương pháp này giúp cho các đánh giá trở nên hợp lý, đáng tin cậy và trực quan

hơn<sup>11</sup>. Zhenxiang X. và cộng sự (2011) chỉ ra rằng trọng số Entropy góp phần nâng cao tính khách quan cho đánh giá chất lượng nước<sup>1</sup>. Tuy nhiên, phương pháp Entropy có nhược điểm là dễ bị biến dạng bởi phương pháp chuẩn hóa. Điều này sẽ dẫn đến mức độ quan trọng của thông số vượt quá mức so với thực tế. Phương pháp AHP là công cụ tối ưu nhất để xác định trọng số thỏa mãn cả hai yêu cầu khách quan và chủ quan được phát triển bởi Satty (1977)<sup>12</sup>. AHP được sử dụng ngày càng nhiều bởi sự thuận lợi của nó như dễ sử dụng, tính mềm dẻo cao và khả năng ứng dụng rộng rãi<sup>13</sup>. Tuy nhiên, phương pháp này chủ yếu được sử dụng trong các đánh giá đa biến hơn là chỉ số chất lượng nước. PCA gộp các thông số đơn lẻ có sự cộng hưởng với nhau thành chỉ số tổng hợp. OECD đã biên soạn hướng dẫn cách thức xác định trọng số cho chỉ số tổng hợp<sup>14</sup>. PCA là một trong những phương pháp xác định trọng số có tính khách quan và có xem xét sự tương tác giữa các biến trong dữ liệu. Do đó, trong nghiên cứu này, phương pháp PCA được sử dụng để xác định trọng số cho chỉ số chất lượng nước dưới đất cho Tp. Biên Hòa.

Nghiên cứu được thực hiện dựa trên số liệu quan trắc sẵn có của 11 điểm quan trắc tại Tp. Biên Hòa với các mục tiêu: 1) xác định các thông số quan trọng để đánh giá chất lượng nước dưới đất; 2) thiết lập trọng số cho các thông số chất lượng nước; 3) tích hợp các thông số chất lượng nước thành chỉ số chất lượng nước dưới đất. Kết quả nghiên cứu nhằm tăng hiệu quả quản lý nước để giúp bảo vệ tài nguyên nước dưới đất cũng như ngăn ngừa mối nguy hại cho cộng đồng.

## ĐỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### Khu vực nghiên cứu

Tp. Biên Hòa là đô thị loại I, trung tâm chính trị, kinh tế, văn hoá, khoa học kỹ thuật của tỉnh Đồng Nai<sup>15</sup>. Biên Hòa có tổng diện tích 264,08 km<sup>2</sup>. Tp. Biên Hòa có vai trò đặc biệt quan trọng trong phát triển kinh tế, xã hội và an ninh quốc phòng không chỉ riêng tỉnh Đồng Nai mà còn cả vùng Đông Nam Bộ. Tp. Biên Hòa có khí hậu nhiệt đới gió mùa phân làm 2 mùa rõ rệt, mùa mưa và mùa khô. Độ ẩm không khí bình quân khoảng 83%. Lượng bức xạ khoảng 390 – 565 Cal/cm<sup>2</sup>/ngày. Dân số thành phố tính đến năm 2019 là 1.055.414 người<sup>16</sup>. Sự di dân từ các tỉnh thành khác đến Tp. Biên Hòa đang diễn ra ngày một gia tăng. Nguồn nước dưới đất là nguồn nước sinh hoạt được sử dụng phổ biến tại đây, đặc là các khu vực nhà trọ và nông thôn. Tp. Biên Hòa có các tầng chứa nước lỗ hổng (trầm tích Pleistocen giữa – trên, Pleistocen dưới, trầm tích Pliocen) và các tầng chứa nước

khe nứt (đá bazan Pleistocen trên, đá trầm tích Jura, Holocen, Pleistocen trung – thượng, Pleistocen hạ, Pliocen, thành tạo xâm nhập Creta, thành tạo Trias trung, hệ tầng Bửu Long)<sup>17</sup>. Các trầm tích Pleistocen giữa - trên (qp<sub>2-3</sub>) chiếm 33,56% diện tích toàn huyện 263,55km<sup>2</sup>, có độ dày trung bình tầng chứa nước là 10m. Các trầm tích Pleistocen dưới (qp<sub>1</sub>) có diện tích phân bố khoảng 15,65km<sup>2</sup> và chiều dày trung bình 12,2m. Các trầm tích Pliocen (n<sub>2</sub>) có diện tích phân bố khoảng 119,06km<sup>2</sup> và chiều dày trung bình 20,2m. Các đá bazan Pleistocen trên (Bqp<sub>3</sub>) có diện tích khoảng 9,5 km<sup>2</sup> và chiều dày trung bình 9,5m. Các đá trầm tích Jura phân bố từ trung tâm thành phố xuống phía Nam và từ trung tâm ra phía Đông có diện tích 174,00km<sup>2</sup> và chiều dày trung bình 34,6m. Thành tạo địa chất rất nghèo nước Holocen phân bố ở bãi bồi dọc theo hệ thống sông, suối và các bãi bồi trên toàn địa bàn Tp. Biên Hòa. Thành tạo địa chất rất nghèo nước Pleistocen trung – thượng là các trầm tích có thành phần hạt mịn của hệ tầng Thủ Đức (Q<sub>1</sub><sup>2-3</sup>td) và hệ tầng Củ Chi (Q<sub>1</sub><sup>3</sup>cc), và diện tích khoảng 88,44 km<sup>2</sup>. Thành tạo địa chất rất nghèo nước Pleistocen hạ có diện tích khoảng 56,05km<sup>2</sup>. Thành tạo địa chất rất nghèo nước Pliocen là các trầm tích có thành phần hạt mịn của hệ tầng Bà Miêu (N<sub>2</sub><sup>2</sup>bm) với diện tích phân bố khoảng 119,06km<sup>2</sup> và dày trung bình 8,10m<sup>17</sup>. Thành tạo địa chất rất nghèo nước trong thành tạo xâm nhập Creta, thành tạo địa chất rất nghèo nước trong thành tạo Trias trung và hệ tầng Bửu Long (T<sub>2</sub>abl) có diện tích nhỏ.

### Dữ liệu nghiên cứu

Dữ liệu nghiên cứu được thu thập tại 11 điểm quan trắc từ Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Đồng Nai (Bảng 1 và Hình 1) trong giai đoạn từ năm 2018 - 2020. Tần suất quan trắc 02 đợt/năm vào mùa khô và mùa mưa. Mùa khô (từ tháng 11/2019 đến tháng 4/2020) và mùa mưa (tháng 10/2019 và từ tháng 5 đến tháng 9/2020). Dữ liệu được Trung tâm Kỹ thuật Tài nguyên và Môi trường thực hiện và duy trì công tác đảm bảo chất lượng và kiểm soát chất lượng xuyên suốt trong hoạt động quan trắc tại hiện trường, phân tích tại phòng thí nghiệm đến xử lý số liệu. Dữ liệu quan trắc thu thập được tiến xử lý thông qua kiểm tra trị bất thường, dữ liệu khuyết và phân bố của dữ liệu.

### Phương pháp phân tích nhân tố - phân tích thành phần chính

Phương pháp phân tích nhân tố (factor analysis) là một trong những phương pháp phân tích đa biến được sử dụng rộng rãi trong khai phá dữ liệu. Phân tích nhân tố thành phần chính (FA - PCA) được sử

dụng làm giảm số lượng các biến có ý nghĩa để đơn giản hóa nhiều cấu trúc dữ liệu lớn<sup>14</sup>. Trong nghiên cứu này, dữ liệu quan trắc nước dưới đất của Tp. Biên Hòa là dữ liệu đầu vào cho phân tích FA - PCA gồm 19 thông số P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, As, Cd, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, CN<sup>-</sup>, Crom, Cu, độ cứng tổng số, Fe, Hg, Mn, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Pb, pH, Phenol, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Zn. Quá trình sàng lọc và lựa chọn biến được tóm lược như sau:

**Bước 1:** Tính toán ma trận hệ số liên hệ (R): Dữ liệu quan trắc nước dưới đất được sắp xếp theo cột và hàng. Trong đó cột là giá trị đo thông số chất lượng nước (n) và hàng là vị trí mẫu (m). Ma trận hệ số liên hệ R được thể hiện theo hình thức R<sub>nm</sub>. Theo dữ liệu quan trắc thực tế, kích thước ma trận hệ số liên hệ là R<sub>19,65</sub> (19 thông số và 65 mẫu).

**Bước 2:** Tính toán giá trị riêng (eigen value) của ma trận R. Giá trị riêng của ma trận R được ký hiệu λ<sub>1</sub>, λ<sub>2</sub>, ... λ<sub>n</sub> và sắp xếp giảm dần theo giá trị λ<sub>1</sub> ≥ λ<sub>2</sub> ≥ ... λ<sub>n</sub>. Mỗi thành phần đo lường mỗi liên hệ giữa từng thông số và thành phần chính của dữ liệu quan trắc chất lượng nước dưới đất. Trên cơ sở này, thành phần chính PCA được sử dụng để xác định thông số có ảnh hưởng nhất trong dữ liệu quan trắc. Tiêu chí để lựa chọn thành phần chính khi giá trị riêng > 1<sup>14</sup>.

**Bước 3:** Tính toán tỷ lệ đóng góp của giá trị riêng liên hệ thứ i và tỷ lệ đóng góp tích lũy.

$$VCR(\lambda_i) = \frac{\lambda_i}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n} \quad (1)$$

$$CCR(k) = \frac{CVR(\lambda_1) + CVR(\lambda_2) + \dots + CVR(\lambda_k)}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_k + \dots + \lambda_n} \quad (2)$$

Trong đó, VCR là tỷ lệ đóng góp giá trị riêng (variance contribution rate), CCR là tỷ lệ đóng góp tích lũy (cumulative contribution rate - CCR)

**Bước 4:** Thực hiện xoay trục trên ma trận thành phần thu được, tính toán tỷ số nhân tố và sau đó tính hệ số nhân tố bằng phân tích tương quan như sau:

$$F_i = \beta_{i1}x_1 + \beta_{i2}x_2 + \dots + \beta_{ip}x_p \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

Trong đó, x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>, ..., x<sub>p</sub> là các thông số chất lượng nước, F<sub>i</sub> là điểm nhân tố chung thứ i và β<sub>ij</sub> là hệ số điểm nhân tố của điểm nhân tố chung thứ i và thông số chất lượng nước thứ j.

**Bước 6:** Tính toán trọng số cho các thông số chất lượng nước

Mỗi thành phần có mức độ đóng góp vào phương sai của dữ liệu là khác nhau. Trong khi mỗi thành phần có mối liên hệ với các thông số là khác nhau. Hay nói cách khác, hệ số tải của mỗi thông số có hệ số cao hoặc thấp đối với các thành phần chính là khác nhau. Chính vì vậy, trọng số của các thành phần cần được

**Bảng 1: Vị trí quan trắc chất lượng nước dưới đất Tp. Biên Hòa**

STT	Vị Trí Quan Trắc	Số hiệu	Tầng chứa nước	Chiều sâu (m)	Tọa độ VN2000 (30)	
					X	Y
1	Phường Tam phước Tp. Biên Hòa	GW-BH-01	$n_2$	28	408011	1198975
2	Phường Phước Tân Tp. Biên Hòa	GW-BH-02	$n_2$	50	407552	1204566
3	Phường Long Bình Tp. Biên Hòa	GW-BH-03	$\beta_{qp1}$	50	405502	1210657
4	Phường Hiệp Hòa Tp. Biên Hòa	GW-BH-04	$k_1$	50	398882	1209233
5	Phường Trảng Dài Tp. Biên Hòa	GW-BH-05	$\beta_{qp2-3}$	15	402158	1215996
6	Phường Trảng Dài Tp. Biên Hòa	GW-BH-06	$\beta_{qp2-3}$	31	402156	1216001
7	Phường Long Bình Tp. Biên Hòa	GW-BH-07	$\beta_{qp2-3}$	50	403606	1215128
8	Phường Long Bình Tp. Biên Hòa	GW-BH-08	$\beta_{qp2-3}$	21	403636	1210671
9	Phường Long Bình Tp. Biên Hòa	GW-BH-09	$\beta_{qp2-3}$	15	405848	1206814
10	Phường Tam phước Tp. Biên Hòa	GW-BH-10	$n_2$	44	408607	1202906
11	Phường Tam phước Tp. Biên Hòa	GW-BH-11	$n_2$	30	410893	1201712

**Chi chú:**  $n_2$  là tầng chứa nước Pliocen,  $\beta_{qp1}$  là tầng chứa nước khe nứt Pleistocen dưới,  $\beta_{qp2-3}$  là tầng chứa nước Pleistocen giữa - trên,  $k_1$  là tầng chứa nước khe nứt các trầm tích và phun trào Creta.

xác định dựa vào giá trị riêng của các thành phần thu được. Công thức tính trọng số cho các thông số chất lượng nước như sau:

$$W_j = \frac{\sum_{i=1}^m \beta_{ij} e_i}{\sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^m \beta_{ij} e_i} \left( e = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^m \lambda_i} \right) \quad (4)$$

Trong đó,  $i$  là số lượng giá trị riêng,  $i = 1, 2, 3, 4 \dots$ ;  $j$  là số lượng thông số 1, 2 .....19;  $m$  là số lượng nhân tố chung lựa chọn,  $m = 4$ ;  $p$  là chất lượng nước,  $p = 19$ ;  $W_j$  là trọng số thông số chất lượng nước thứ  $j^2$ .

Tỷ lệ đóng góp của các thông số được sắp xếp theo chiều giảm dần và tích lũy. Tổng tích lũy của các thông số > 85% là các thông số đại diện có ý nghĩa cho đánh giá chất lượng nước dưới đất.

### Chỉ số chất lượng nước dưới đất

Chỉ số chất lượng nước dưới đất được tính toán theo công trình nghiên cứu của Zhang Q. (2021)<sup>8</sup> như sau:

$$Q = \frac{C_j - C_{jp}}{S_j - C_{jp}} \cdot 100\% \quad (5)$$

$$GWQI = \sum_{j=1}^m W_j Q_j \quad (6)$$

Trong đó,  $C_j$  là nồng độ của thông số chất lượng nước,  $C_{jp}$  là giá trị lý tưởng của thông số chất lượng nước tinh khiết (xem  $C_{jp} = 0$ ) và  $S_j$  là giới hạn nồng độ của thông số chất lượng nước trong QCVN 01:2018/BYT. Trọng số cho các thông số tham gia đánh giá chất lượng nước được xác định bằng phương pháp nhân tố thành phần chính FA - PCA. Thông số đầu vào là các thông số được lựa chọn từ kết quả phân tích nhân tố gồm  $CN^-$ , Cd, As, Cu, Crom,  $N-NO_2^-$ , Mn, Phenol, Zn, Pb, Hg, pH,  $NO_3^-$ . Chỉ số GWQI được phân chia thành 5 nhóm:  $GWQI < 50$ ,  $50 \leq GWQI \leq 100$ ,  $100 < GWQI \leq 200$ ,  $200 < GWQI \leq 300$  và  $GWQI > 300$  tương ứng các mức rất tốt, tốt, ô nhiễm, rất ô nhiễm, không thích hợp để uống<sup>8</sup>. Chất lượng nước dưới đất sẽ được phân vùng dựa vào chỉ số thu được. Mã màu RGB được sử dụng cho phân vùng chất lượng nước cho Tp. Biên Hòa (Bảng 2).

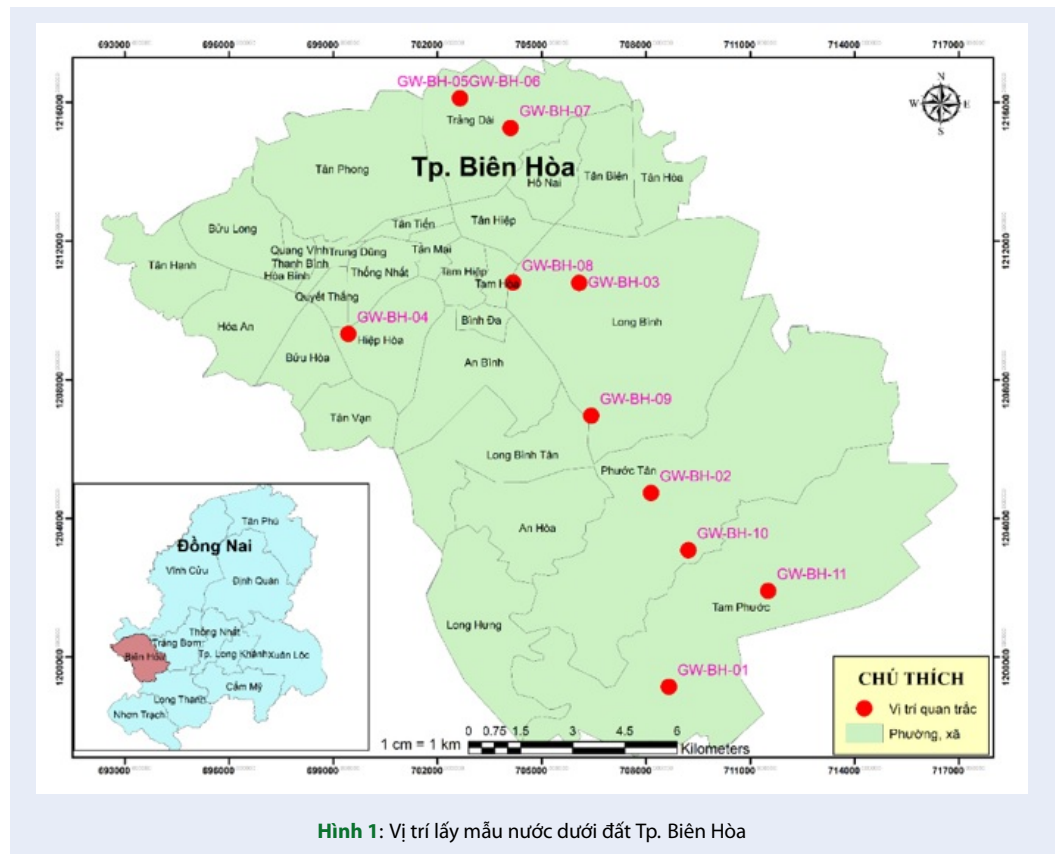
### KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

**Bảng 2: Thang đánh giá chỉ số chất lượng nước dưới đất**

Chỉ số GWQI	Xếp loại chất lượng nước dưới đất	Mã màu RGB cho phân vùng GWQI
>300	Không thích hợp để uống	255; 0; 0 (Đỏ)
200 - 300	Rất ô nhiễm	255; 126; 0 (Cam)
100 - 200	Ô nhiễm	255; 255; 0 (Vàng)
50 - 100	Tốt	0; 228; 0 (Xanh lá)
<50	Rất tốt	51; 51; 255 (Xanh lục)

**Bảng 3: Thống kê mô tả và dữ liệu khuyết của tập dữ liệu quan trắc nước dưới đất Tp. Biên Hòa**

STT	Thông số	N	Số mẫu bị khuyết	Số mẫu không khuyết	Nhỏ nhất (mg/l)	Lớn nhất (mg/l)	Trung bình (mg/l)	Độ lệch chuẩn	QCVN01-1:2018/ BYT
1.	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	65	1	64	0,00	0,17	0,02	0,04	
2.	As	65	1	64	0,00	2,05	0,05	0,27	0,01
3.	Cd	65	0	65	0,00	2,05	0,04	0,27	0,003
4.	Amoni	65	1	64	0,02	6,61	0,42	1,27	0,3
5.	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	65	1	64	0,00	2,05	0,05	0,27	0,05
6.	Cl <sup>-</sup>	65	0	65	0,80	168,00	28,43	31	0,2-1
7.	CN <sup>-</sup>	65	1	64	0,00	2,05	0,05	0,27	0,05
8.	Crom	65	1	64	0,10	2,05	0,14	0,26	0,05
9.	Cu	65	4	61	0,00	2,05	0,05	0,28	1
10.	Độ cứng	65	1	64	0,80	200	28,59	40,0	300
11.	Fe	65	3	62	0,00	15,40	0,63	2,24	0,3
12.	Hg	65	0	65	0,00	0,46	0,01	0,06	0,001
13.	Mn	65	1	64	0,05	4,90	0,41	1,17	0,1
14.	Nhiệt độ	65	1	64	0,05	31,50	27,82	7,25	-
15.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	65	1	64	0,05	30,00	6,81	8,31	2
16.	Pb	65	1	64	0,00	1,91	0,07	0,30	0,01
17.	pH	65	0	65	0,00	7,37	4,50	1,44	6-8,5
18.	Phenol	65	0	65	0,00	5,48	0,31	1,24	1
19.	Se	65	1	64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
20.	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	65	1	64	0,00	132,00	10,01	24,52	250
21.	Zn	65	1	64	0,05	4,00	0,18	0,57	2



Hình 1: Vị trí lấy mẫu nước dưới đất Tp. Biên Hòa

### Tiền xử lý số liệu quan trắc

Dữ liệu quan trắc nước dưới đất sau khi được thu thập được kiểm tra dữ liệu khuyết, trị bất thường và độ tin cậy của dữ liệu. Kết quả phân tích dữ liệu khuyết (missing data) cho thấy trong tổng có 65 mẫu có 4 mẫu Cu, 3 mẫu Fe và 1 mẫu  $PO_4^{3-}$ , As, Amoni, Nitric,  $CN^-$ , Crom, Độ cứng, Mn, Nhiệt độ, Nitrat, Pb, Se,  $SO_4^{2-}$  và Zn có dữ liệu khuyết. Dữ liệu khuyết được phục dựng bằng phương pháp lân cận gần nhất (Nearest neighbour). Dữ liệu chất lượng nước dưới đất tại Tp. Biên Hòa đều hiện diện giá trị bất thường. Chỉ duy nhất thông số Phenol không có giá trị bất thường. Các trị bất thường được kiểm tra lại dữ liệu gốc và tìm nguyên nhân. Nếu trị bất thường không phù hợp với diễn biến chất lượng nước thực tế sẽ được loại bỏ khỏi tập dữ liệu và được tái tạo bằng phương pháp phục dựng dữ liệu khuyết. Thực hiện rà soát trị bất thường cho thấy các giá bất thường này nằm trong biến động chung của tập dữ liệu. Nghĩa các giá bất thường này không quá thô bạo (không quá lớn), do đó nhóm nghiên cứu cứu không thực hiện loại bỏ trị bất thường. Thống kê mô tả giá trị nồng độ nhỏ nhất, lớn nhất và trung bình của các thông số được trình bày tại Bảng 3. Thông số Độ cứng có biến thiên dữ

liệu lớn nhất, dao động từ 0,80mg/l đến 200mg/l, độ lệch chuẩn là 40.  $Cl^-$  là thông số có biến thiên dữ liệu lớn thứ 2, dao động từ 0,80mg/l đến 168mg/l, độ lệch chuẩn là 31.

### Lựa chọn thông số chất lượng nước dưới đất tham gia tính toán chỉ số GWQI

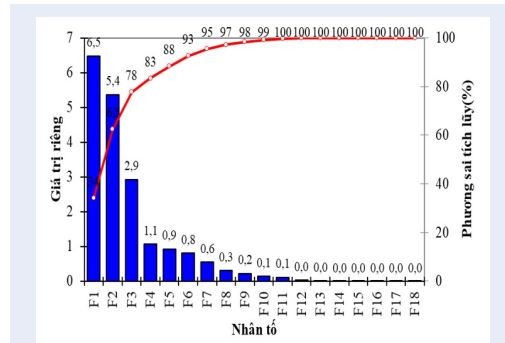
Nghiên cứu sử dụng phương pháp FA - PCA để sàng lọc các biến tham gia đánh giá chất lượng nước. Tham số trong phân tích FA - PCA bao gồm: tương quan pearson, phương pháp xoay trục Varimax. Kết quả phân tích thu được 4 thành phần chính (từ F1 đến F4) đại diện cho tập dữ liệu quan trắc chất lượng nước có giá trị riêng lớn hơn 1, đại diện 83,4% phương sai giải thích của tập dữ liệu gốc (Bảng 4 và Hình 2). Nhân tố F1 giải thích 34,1% phương sai, thành phần F2 giải thích 28,3% phương sai. Tổng nhân tố F1 và F2 giải thích 62,4 đại diện tập dữ liệu. Nhân tố F3 và F4 giải thích lần lượt là 15,4% và 5,7% phương sai dữ liệu quan trắc nước dưới đất.

Trọng số nhân tố được xác định dựa vào giá trị riêng của từng nhân tố thu được. Theo Bảng 3, trọng số của 4 nhân tố F1, F2, F3 và F4 thu được là {0,409; 0,339; 0,185; 0,068}. Mức độ đóng góp của nhân tố giảm dần

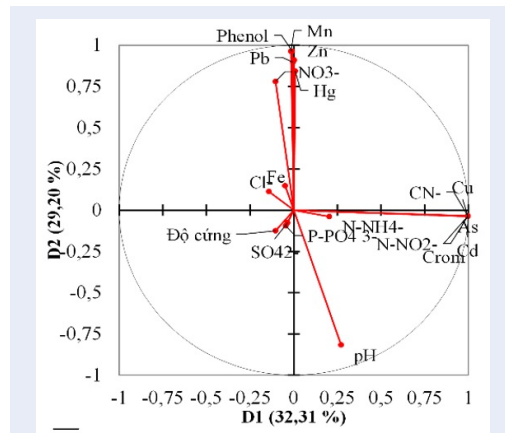
**Bảng 4:** Các thành phần chính của dữ liệu quan trắc nước dưới đất

Giá trị thống kê	F1	F2	F3	F4
Giá trị riêng	6,5	5,4	2,9	1,1
Phương sai (VCR) (%)	34,1	28,3	15,4	5,7
Phương sai tích lũy (CCR) %	34,1	62,4	77,8	83,4
Trọng số nhân tố (R)	0,409	0,339	0,185	0,068

theo thứ tự các nhân tố thu được. Tổng mức độ đóng góp của 4 nhân tố cho phương sai là 83%.



**Hình 2:** Giá trị riêng và tích lũy của các nhân tố

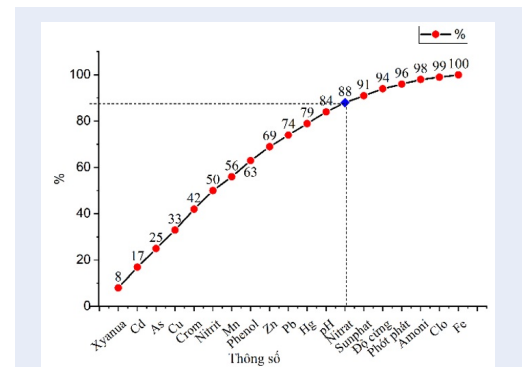


**Hình 3:** Hệ số tải của thông số chất lượng nước

Theo Liu C. và cộng sự, các thuật ngữ ‘cao’, ‘trung bình’ và ‘yếu’ khi được áp dụng cho giá trị tuyệt đối của hệ số tải nhân tố tương ứng là 0,75, 0,75–0,5 và 0,5–0,3<sup>4</sup>. Theo Bảng 5 và Hình 3 thì CN<sup>-</sup> (0,9963), Cd (0,9963), As (0,9962), Nitric (0,9957), Crom (0,9958) và Cu (0,9959) là các thông số có hệ số tải cao thuộc nhân tố thứ nhất. Mn (0,9275), Phenol (0,9273), Zn (0,8281) và Pb (0,8038) có hệ số tải cao thuộc nhân tố thứ hai. SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> và độ cứng có hệ số tải cao thuộc nhân

tố thứ ba, lần lượt là 0,7997 và 0,7657. Nhân tố thứ tư có duy nhất Fe có hệ số tải trung bình là 0,6634.

Sắp xếp trọng số 19 thông số chất lượng nước dưới đất theo thứ tự giảm dần và tích lũy cho thấy 13 thông số chất lượng nước bao gồm: CN<sup>-</sup>, Cd, As, Cu, Crom, Nitrit, Mn, Phenol, Zn, Pb, Hg, pH và Nitrat đóng góp 87,9% phương sai giải thích tập dữ liệu quan trắc (Hình 4). Đây là các thông số có ảnh hưởng quan trọng đối với chất lượng nước dưới đất. Một số thông số này cũng đã được sử dụng trong nghiên cứu của Nguyễn Hải Âu và cộng sự cho khu vực tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu<sup>8,9</sup>. Tham chiếu với các công trình nghiên cứu khác (Bảng 6), các thông số sử dụng đánh giá chất lượng nước dưới đất khá phong phú. Mỗi tác giả có cách tiếp cận và sử dụng các thông số khác nhau. Tuy nhiên, một số thông số sử dụng trong nghiên cứu này cũng đã được sử dụng trong các công trình nghiên cứu để cập trong Bảng 6.



**Hình 4:** Phần trăm tích lũy đóng góp mức độ quan trọng của các thông số

**Trọng số thông số chất lượng nước dưới đất**

Xác định trọng số cho các thông số chất lượng nước là một trong những công việc vô cùng khó khăn. Có nhiều quan điểm khác nhau về việc xác định trọng số cho các thông số chất lượng nước. Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu áp dụng cách tiếp cận khách quan khi xác định trọng số. Các thông số chất lượng nước lựa chọn được xác định trọng số để tính toán chỉ

**Bảng 5: Hệ số nhân tố các thành phần chính và trọng số của các thông số chất lượng nước dưới đất**

Thông số	Hệ số tải các nhân tố				Hệ số tải đã nhân trọng số nhân tố				Nhân tố lớn nhất	Trọng số
	D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4		
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,0021	0,0090	0,6794	0,0343	0,001	0,003	0,125	0,002	0,125	0,026
As	0,9962	0,0014	0,0004	0,0000	0,407	0,000	0,000	0,000	0,407	0,083
Cd	0,9963	0,0013	0,0005	0,0000	0,407	0,000	0,000	0,000	0,407	0,083
NH <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0,0415	0,0015	0,3844	0,0087	0,017	0,000	0,071	0,001	0,071	0,015
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,9957	0,0014	0,0001	0,0000	0,407	0,000	0,000	0,000	0,407	0,083
Cl <sup>-</sup>	0,0202	0,0128	0,3197	0,2101	0,008	0,004	0,059	0,014	0,059	0,012
CN <sup>-</sup>	0,9963	0,0013	0,0005	0,0000	0,407	0,000	0,000	0,000	0,407	0,083
Crom	0,9958	0,0013	0,0005	0,0000	0,407	0,000	0,000	0,000	0,407	0,083
Cu	0,9959	0,0011	0,0006	0,0000	0,407	0,000	0,000	0,000	0,407	0,083
Độ cứng	0,0109	0,0158	0,7657	0,0000	0,004	0,005	0,141	0,000	0,141	0,029
Fe	0,0024	0,0218	0,0067	0,6634	0,001	0,007	0,001	0,045	0,045	0,009
Hg	0,0001	0,7104	0,0001	0,0005	0,000	0,241	0,000	0,000	0,241	0,049
Mn	0,0003	0,9275	0,0001	0,0149	0,000	0,314	0,000	0,001	0,314	0,064
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,0108	0,6088	0,0006	0,0934	0,004	0,206	0,000	0,006	0,206	0,042
Pb	0,0000	0,8038	0,0029	0,0042	0,000	0,272	0,001	0,000	0,272	0,056
pH	0,0734	0,6680	0,1191	0,0349	0,030	0,226	0,022	0,002	0,226	0,046
Phenol	0,0001	0,9273	0,0020	0,0140	0,000	0,314	0,000	0,001	0,314	0,064
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,0012	0,0057	0,7997	0,0004	0,001	0,002	0,148	0,000	0,148	0,030
Zn	0,0000	0,8281	0,0006	0,0002	0,000	0,281	0,000	0,000	0,281	0,057



**Bảng 6: Đối sánh thông số sử dụng đánh giá chất lượng nước dưới đất**

Tác giả	Thông số	Phương pháp	Khu vực nghiên cứu
Liu, C. W. et al. (2003) <sup>4</sup>	EC, TDS, Cl <sup>-</sup> , SO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Mg, Alk, TOC và As.	Phân tích nhân tố	Đài Loan
Reza, R. et al. (2010) <sup>5</sup>	F <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Ca <sup>+</sup> and Mg <sup>+</sup>	WQI	Orissa, Ấn Độ
Logeshkumaran, A., et al. (2015) <sup>6</sup>	pH, EC, TDS, CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , tổng độ cứng	WQI	
Nguyễn Hải Âu và cộng sự (2020) <sup>10</sup>	pH, TDS, độ cứng tổng, Cl <sup>-</sup> , F <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Pb, Fe <sub>2</sub> <sup>+</sup>	EWQI	Phú Mỹ, Bà Rịa Vũng Tàu
Oukil, A., et al. (2021) <sup>7</sup>	pH, EC, Th, Tu, Cl <sup>-</sup> , Na <sup>+</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Alk, As, Cr, Mn, Fe, Ni, TOC, TN, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , Amn, SAR	WQI	Thổ Nhĩ Kỳ
Zhang, Q., et al. (2021) <sup>8</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Cl <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , Na <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , K <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>-</sup>	IWQI	Trung Quốc
Trong nghiên cứu này	As, Cd, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , CN, Crom, Cu, Hg, Mn, Pb, pH, Phenol, Zn	GWQI	Biên Hòa, Đồng Nai

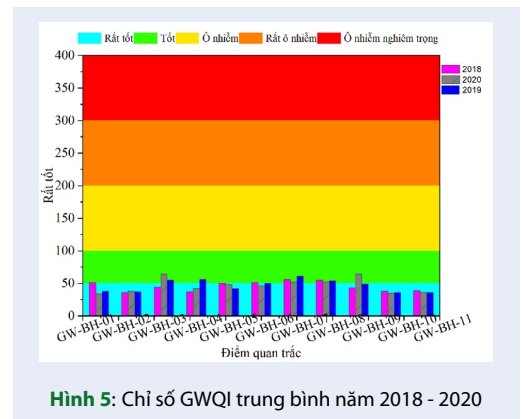
số GWQI bằng FA - PCA. Tham số trong phân tích FA - PCA gồm: tương quan Pearson (n-1) và phương pháp xoay trục Varimax. Kết quả thu được 4 thành phần chính có giá trị riêng F1, F2, F3 và F4 lần lượt là 4,49, 3,61, 1,77 và 1,08. Bốn thành phần chính này giải thích cho 84,19% phương sai của tập dữ liệu chất lượng nước dưới đất. Tỷ lệ đóng góp của các thành phần thu được là 0,411, 0,330, 0,162 và 0,098. Thực hiện nhân hệ số tải của thành phần chính với tỷ lệ đóng góp của các thành phần thu được hệ số tải đã nhân trọng số (Bảng 7).

Dựa vào hệ số tải của các thông số chất lượng nước thu được ở các thành phần chính. Hệ số tải lớn nhất trong 4 thành phần chính của từng thông số là hệ số tải đại diện để xác định trọng số. Theo Bảng 7, Hg và Phenol có hệ số tải sau khi nhân trọng số là cao nhất, tương ứng 0,368. Thông số CN<sup>-</sup>, Crom và Cd có hệ số tải cao thứ hai và bằng nhau 0,322. Dựa vào hệ số tải và tỷ lệ đóng góp của các thành phần chính, trọng số của các thông số chất lượng nước gồm As, Cd, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CN, Crom, Cu, Hg, Mn, Pb, pH, Phenol, Zn.

**Chỉ số chất lượng nước dưới đất Tp. Biên Hòa**

Chỉ số chất lượng nước dưới đất được tính toán dựa vào nồng độ các thông số chất lượng nước và trọng số tương ứng. Kết quả đánh giá chỉ số GWQI cho thấy tất cả các nguồn nước của 11 điểm quan trắc tại Tp. Biên Hòa còn rất tốt. Chỉ số GWQI dao động từ 34 – 64 trong ngưỡng chất lượng nước tốt và rất tốt, mức có thể sử dụng cho mục đích sinh hoạt (Hình 5). Biến động chất lượng nước dưới đất tại 11 điểm quan trắc

trong giai đoạn từ năm 2018 - 2020 không quá lớn, nằm trong mức chất lượng nước rất tốt.

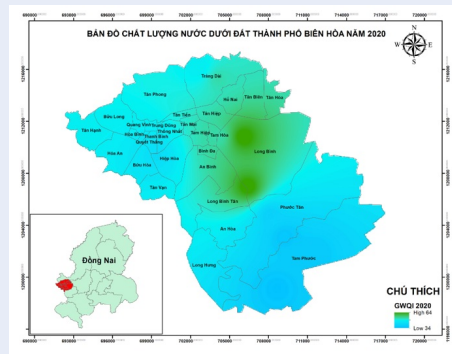


**Hình 5: Chỉ số GWQI trung bình năm 2018 - 2020**

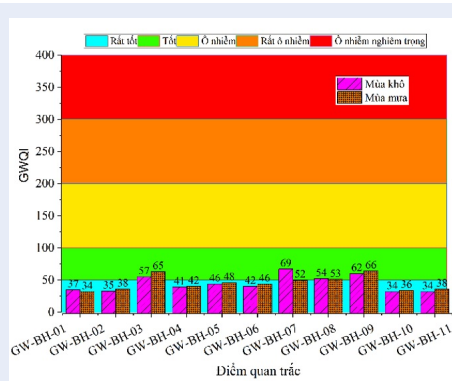
Bản đồ phân vùng chất lượng nước dưới đất Tp. Biên Hòa được thể hiện trong Hình 6. Chất lượng nước dưới đất tại các phường trên địa bàn Tp. Biên Hòa còn rất tốt chủ yếu tại khu vực ngoại ô của Tp. Biên Hòa và một số khu vực trung tâm như Phước Tân, Tân Phước, Long Hưng, Tân Hạnh, Hóa An, Bửu Hòa, Tân Vạn, Tân Phong, Quang Vinh, Hòa Bình, Trung Dũng, Quyết Thắng, Hiệp Hòa, Thanh Bình. Khu vực phường Long Bình Tân, Long Bình, Tam Hòa, Bình Đa, Tân Biên, Hồ Nai, Tam Hòa, Tân Hiệp có chất lượng nước ở mức tốt nhưng cần qua biện pháp xử lý mới phù hợp cho mục đích sinh hoạt. Khu vực này nơi tập trung nhiều khu nghiệp và lượng công nhân đông. Phần lớn các dây nhà trọ tại khu vực này vẫn sử dụng là nguồn nước dưới đất phục vụ sinh hoạt.

**Bảng 7: Hệ số tải và trọng số của các thông số chất lượng nước dưới đất**

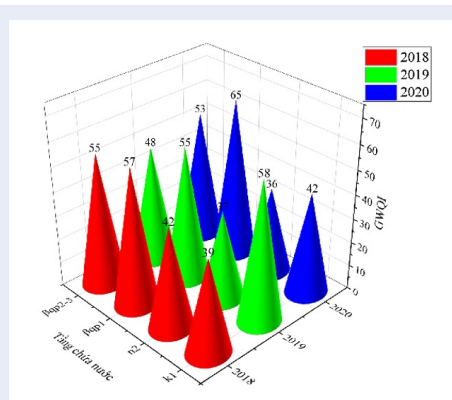
STT	Thông số	Hệ số tải của thành phần chính				Hệ số tải đã nhân trọng số				Nhân tố lớn nhất	Trọng số
		D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4		
1	As	0,029	0,433	-0,701	0,271	0,000	0,062	0,080	0,007	0,080	0,030
2	Cd	-0,023	0,989	-0,089	0,042	0,000	0,322	0,001	0,000	0,322	0,123
3	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-0,080	0,303	0,183	0,721	0,003	0,030	0,005	0,051	0,051	0,020
4	CN <sup>-</sup>	-0,023	0,989	-0,089	0,042	0,000	0,322	0,001	0,000	0,322	0,123
5	Crom	-0,023	0,989	-0,089	0,042	0,000	0,322	0,001	0,000	0,322	0,123
6	Cu	0,338	0,402	0,362	0,537	0,047	0,053	0,021	0,028	0,053	0,020
7	Hg	0,946	-0,005	0,205	0,034	0,368	0,000	0,007	0,000	0,368	0,141
8	Mn	0,545	-0,247	-0,241	0,613	0,122	0,020	0,009	0,037	0,122	0,047
9	Pb	0,321	0,087	0,798	0,154	0,042	0,003	0,103	0,002	0,103	0,039
10	pH	-0,254	0,192	-0,866	0,036	0,026	0,012	0,121	0,000	0,121	0,046
11	Phenol	0,947	-0,005	0,205	0,032	0,368	0,000	0,007	0,000	0,368	0,141
12	Zn	0,839	-0,026	0,170	0,147	0,289	0,000	0,005	0,002	0,289	0,111
13	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,232	-0,136	0,746	0,449	0,022	0,006	0,090	0,020	0,090	0,034



**Hình 6:** Phân vùng chất lượng nước dưới đất Tp. Biên Hòa 2020



**Hình 7:** Chỉ số GWQI mùa khô và mùa mưa năm 2020



**Hình 8:** Chỉ số GWQI tại các tầng chứa nước 2018 - 2020

Chất lượng nước dưới đất Tp. Biên Hòa có khác biệt giữa mùa mưa và mùa khô (Hình 7). Chất lượng nước vào mùa mưa hầu hết tại các điểm quan trắc có chất lượng nước tốt hơn, tuy nhiên mức chênh lệch này không cao. Tầng chứa nước Pleistocen giữa – trên ( $\beta_{qp2-3}$ ) và dưới ( $\beta_{qp1}$ ) có chất lượng nước dưới đất tốt hơn tầng Pliocen ( $n_2$ ) và tầng chứa nước khe nứt các trầm tích và phun trào Creta ( $K_1$ ) (Hình 8).

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu cho thấy các phương pháp phân tích đa biến và chỉ số GWQI là công cụ khách quan để đánh giá chất lượng nước dưới đất. Thông số As, Cd, Nitric, Nitrat, CN-, Crom, Cu, Hg, Mn, Pb, pH, Phenol và Zn là những thông số đại diện có sự ảnh hưởng lớn chất lượng nước dưới đất tại Tp. Biên Hòa. Chất lượng nước dưới đất tại Tp. Biên Hòa còn tốt dao động từ 34 – 64. Một số khu vực cần phải qua xử lý sơ bộ nước dưới đất nằm gần các khu công nghiệp. Chỉ số GWQI có thể cho kết luận chung của chất lượng nguồn nước dưới đất, do đó có thể áp dụng cho quản lý và giám sát chất lượng môi trường nước dưới đất tại Việt Nam.

## XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả cam đoan không có xung đột lợi ích trong công bố bài báo trên.

## ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Tác giả Nguyễn Hiền Thân chịu trách nhiệm chính viết và chỉnh sửa bài báo. Tác giả Trương Quang Duy chịu trách nhiệm xử lý số liệu và tính toán chỉ số chất lượng nước dưới đất. Nhóm tác giả cùng thảo luận với nhau trong quá trình thực hiện để hoàn thành bài báo.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Xing Z, Fu Q, Liu D. Water quality evaluation by the fuzzy comprehensive evaluation based on EW method. Eighth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery; 26-28/7/2011; Shanghai, China: IEEE; 2011. p. 476-9; Available from: <https://doi.org/10.1109/FSKD.2011.6019494>.
2. Chu HB, Lu WX, Zhang L. Application of artificial neural network in environmental water quality assessment. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2013;15:343-56;.
3. Ali MM, Ali ML, Islam MS, Rahman MZJEN. Preliminary assessment of heavy metals in water and sediment of Karnaphuli River, Bangladesh. *Environmental Nanotechnology, Monitoring Management*. 2016; 5:27-35; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2016.01.002>.
4. Liu C-W, Lin K-H, Kuo Y-MJSotte. Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan. 2003;313(1-3):77-89; Available from: [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00683-6](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00683-6).
5. Reza R, Singh G. Assessment of ground water quality status by using water quality index method in Orissa, India. *World Appl Sci J*. 2010;9(12):1392-7;.
6. Logeshkumaran A, Magesh N, Godson PS, Chandrasekar N. Hydro-geochemistry and application of water quality index (WQI) for groundwater quality assessment, Anna Nagar, part of Chennai City, Tamil Nadu, India. *Applied Water Science*. 2015;5(4):335-43; Available from: <https://doi.org/10.1007/s13201-014-0196-4>.
7. Oukil A, Soltani AA, Boutaghane H, Abdalla O, Bermad A, Hasbaia M, et al. A Surrogate water quality index to assess groundwater using a unified DEA-OWA framework. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021; PMID: 34061268. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13758-0>.
8. Zhang Q, Qian H, Xu P, Hou K, Yang F. Groundwater quality assessment using a new integrated-weight water quality index (IWQI) and driver analysis in the Jiaokou Irrigation District, China. *Ecotoxicology Environmental Safety*. 2021; 212:111992; PMID: 33529922. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.111992>.
9. Nguyễn Hải Âu, Hoàng Nhật Trường, Phạm Thị Tuyết Nhi, Tất Hồng Minh Vy, Phan Nguyễn Hồng Ngọc, Nguyễn Kiên Quyết. Ứng dụng chỉ số chất lượng nước dưới đất và phân tích thành phần chính đánh giá chất lượng nước tầng chứa nước Pleistocen, huyện Tân Thành, tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu. *Tạp Chí Phát Triển Khoa Học & Công Nghệ, Chuyên San Khoa Học Trái Đất & Môi Trường*. 2018;2(2):107-15;.
10. Nguyễn Hải Âu, Trần Minh Bảo, Phạm Thị Tuyết Nhi, Tất Hồng Minh Vy, Trương Tấn Hiến, Trần Ngọc Hiệp, et al. Ứng dụng trọng số Entropy tính toán chỉ số chất lượng nước dưới đất (EWQI) phân vùng chất lượng nước dưới đất tầng Pleistocen tại thị xã Phú Mỹ, tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu. *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ - Khoa học Trái đất và Môi trường*. 2020; 4(1):140-8;.
11. Li Pei-Yue QH, Jian-Hua W. Application of set pair analysis method based on entropy weight in groundwater quality assessment -a case study in Dongsheng City, Northwest China. *E-Journal of Chemistry*. 2011;Vol. 8: 851-8; Available from: <https://doi.org/10.1155/2011/879683>.
12. Ying X, Guang-Ming Z, Gui-Qiu C, Lin T, Ke-Lin W, Dao-You H. Combining AHP with GIS in synthetic evaluation of eco-environment quality-A case study of Hunan province, China. *Ecological Modelling*. 2007;209:97-109; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2007.06.007>.
13. Alias MA, Hashim SZM, Samsudin S. Using fuzzy analytic hierarchy process for Southern Johor river ranking. *International Journal of Advances in Soft Computing and Its Applications*. 2009;1(1):62-76;.
14. OECD. Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide 2008; Available from: <http://www.oecd.org/dataoecd/37/42/42495745.pdf>.
15. Trần Ngọc Hấu. Thực trạng công tác chứng nhận quyền sở hữu nhà ở cho hộ gia đình, cá nhân tại Tp. Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai. 2018;.
16. Cục Thống kê tỉnh Đồng Nai. Niên giám thống kê tỉnh Đồng Nai năm 2019. Đồng Nai, 2020;.
17. Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Đồng Nai. Báo cáo tổng hợp nhiệm vụ quan trắc tài nguyên nước dưới đất trên địa bàn tỉnh Đồng Nai năm 2020. Đồng Nai; 2021;.

# Application of multivariate analysis and the water quality index to evaluate groundwater quality in Bien Hoa city

Truong Quang Duy, Nguyen Hien Than\*



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

## ABSTRACT

Bien Hoa City is a densely populated urban area with many industrial parks in Dong Nai province. Groundwater is the main source of water used in a range of pensions in the area. In this study, ground water quality of Bien Hoa City was determined by multivariate analysis methods and the groundwater quality index. The factor analysis method (FA) by principal component type was used to determine the important variables on the groundwater resources from 19 water quality parameters at 11 monitoring points. Based on FA analysis, 13 parameters were obtained for assessing groundwater quality including As, Cd, Nitric, Nitrate,  $\text{CN}^-$ , Chromium, Cu, Hg, Mn, Pb, pH, Phenol, Zn and Nitrate. The results of the study showed that the groundwater quality index in Bien Hoa city is very good to good, ranging from 34 to 64. Some wards have GWQI be used for domestic but need to pre-treatment. The GWQI index is a useful tool for groundwater quality features and is effective for environmental monitoring. The integration of FA-PCA and GWQI provide objective and reliable results.

**Key words:** multivariate analysis, water quality index, groundwater quality, Bien Hoa city

Faculty of Management Science, Thu Dau Mot University

## Correspondence

Nguyen Hien Than, Faculty of Management Science, Thu Dau Mot University

Email: thannh@tdmu.edu.vn

## History

- Received: 2021-12-10
- Accepted: 022-06-29
- Published: 2022-8-21

DOI : 10.32508/stdjsee.v5iS3.679



## Copyright

© VNUHCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Cite this article : Duy T Q, Than N H. Application of multivariate analysis and the water quality index to evaluate groundwater quality in Bien Hoa city. *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.*; 2022, 5(S13):54-66.