

## ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG NƯỚC SÔNG TRÀ BỒNG, TỈNH QUẢNG NGÃI DỰA VÀO CHỈ SỐ CHẤT LƯỢNG NƯỚC (WQI) VÀ PHÂN TÍCH THÀNH PHẦN CHÍNH (PCA)

Trương Trung Kiên<sup>1</sup>, Nguyễn Việt Hùng<sup>2</sup>, Nguyễn Văn Hợp<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Quảng Trị

<sup>2</sup> Khoa Hóa, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

\* Email: ngvanhopkh@gmail.com

Ngày nhận bài: 15/4/2021; ngày hoàn thành phản biện: 20/4/2021; ngày duyệt đăng: 7/6/2021

### TÓM TẮT

Phương pháp PCA được áp dụng cho dữ liệu chất lượng nước (CLN) sông Trà Bồng (đoạn đi qua Khu Kinh tế Dung Quất, tỉnh Quảng Ngãi) để xác định trọng số ( $w_i$ ) của các thông số CLN  $i$  ( $i = 1 - 11$ ) trong tính toán Chỉ số chất lượng nước (WQI). Dữ liệu CLN gồm 11 thông số: pH, EC (độ dẫn điện), DO, TSS, BOD<sub>5</sub>, COD, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Fe (tổng sắt tan) và TC (tổng coliform) được quan trắc ở 8 vị trí trong 4 đợt (tháng 5, 7, 8 và 10 năm 2017). Chất lượng nước sông Trà Bồng được đánh giá qua WQI (WQI được tính toán từ trọng số  $w_i$  và chỉ số phụ  $q_i$  của các thông số CLN). Khi so sánh với WQI cải tiến (WQI<sub>CT</sub>) – chỉ tính đến hàm nhạy  $F_i$  (có ý nghĩa như chỉ số phụ  $q_i$ ), WQI xây dựng được phản ánh CLN sông nhạy hơn và đại diện hơn, do có tính đến cả  $w_i$  và  $q_i$ . Dựa vào WQI, đã đánh giá biến động CLN sông theo không gian (vị trí quan trắc) và thời gian (tháng quan trắc). Trên cơ sở WQI, đã phân loại và phân chia đoạn sông khảo sát thành 3 tiểu vùng có CLN khác nhau.

**Từ khóa:** WQI, PCA, sông Trà Bồng.

### 1. MỞ ĐẦU

Sông Trà Bồng là một trong ba con sông lớn của tỉnh Quảng Ngãi (sau sông Trà Khúc và sông Vệ). Sông Trà Bồng bắt nguồn từ vùng núi phía Tây của huyện Trà Bồng, chảy qua huyện Bình Sơn và ra biển tại cửa Sa Cần. Sông dài khoảng 45 km, chảy theo hướng chính là hướng Nam - Bắc (hình 1). Diện tích toàn lưu vực là 697 km<sup>2</sup>, Độ cao và độ dốc trung bình lưu vực tương ứng là 196 m và 10,5%, chiều rộng lưu vực trung bình 12,4 km với mật độ lưới sông 0,43 km/km<sup>2</sup>. Đoạn sông Trà Bồng đi qua Khu Kinh tế (KKT) Dung Quất có chiều dài 11 km (từ xã Bình Trung tới cửa Sa Cần, xã Bình Đông, huyện Bình Sơn) và được dùng để cấp nước cho sinh hoạt, nông nghiệp, công nghiệp, nuôi trồng thủy sản, giao thông thủy... Sông Trà Bồng đóng vai trò quan trọng đối với phát triển kinh

tế – xã hội của tỉnh Quảng Ngãi nói chung, huyện Bình Sơn và KTT Dung Quất nói riêng. Sông cũng là nơi tiếp nhận các nguồn nước thải từ các hoạt động trong lưu vực: sinh hoạt, công nghiệp, nuôi trồng thủy sản... [1]. Để hỗ trợ công tác quản lý nguồn nước, chương trình quan trắc môi trường KKT Dung Quất đã thực hiện quan trắc chất lượng nước (CLN) ở 7 – 8 vị trí (trong giai đoạn 2010 - 2017) với tần suất 2 - 4 đợt/năm. Việc đánh giá CLN chủ yếu là dựa vào việc so sánh kết quả quan trắc mỗi thông số riêng biệt với giá trị giới hạn được quy định trong QCVN 08-MT:2015/BTNMT (viết tắt là QCVN08 - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về CLN mặt) [1].

Để đánh giá CLN sông một cách định lượng (theo thang điểm) và tổng quát (cho đa mục đích sử dụng), nhiều quốc gia trên thế giới đã áp dụng Chỉ số chất lượng nước (Water Quality Index/WQI). Hiện nay có trên 30 mô hình WQI đã và đang được áp dụng để đánh giá CLN sông [2], [3], [4]. Ở Việt Nam, Tổng cục Môi trường đã ban hành mô hình  $WQI_{VN}$  từ năm 2011 và được điều chỉnh lại năm 2019 để áp dụng trong cả nước [5]. Song, do chưa tập huấn sử dụng và chưa kiểm chứng khi áp dụng vào thực tế, nên việc áp dụng ở các tỉnh/thành còn hạn chế.

Tổng quát, WQI là hàm của chỉ số phụ  $q_i$  và trọng số  $w_i$  của các thông số chất lượng nước  $i$  [2], [3]:  $WQI = f(q_i, w_i)$ . Trong đó,  $i = 1 - n$  với  $n$  là số thông số CLN lựa chọn để tính WQI;  $q_i$ : Chỉ số phụ (subindex) thể hiện chất lượng của thông số  $i$  (thông số thường  $q_i = 1 - 100$ ) và được tính toán từ các phương trình hoặc đồ thị hoặc tra bảng ( $q_i$  càng gần 100, thông số có chất lượng càng tốt và ngược lại);  $w_i$ : Trọng số (weighting/weightage) thể hiện tầm quan trọng của thông số  $i$ , với  $\sum w_i = 1$  (thông số có  $w_i$  càng lớn, càng đóng góp nhiều hay quan trọng vào WQI và ngược lại).

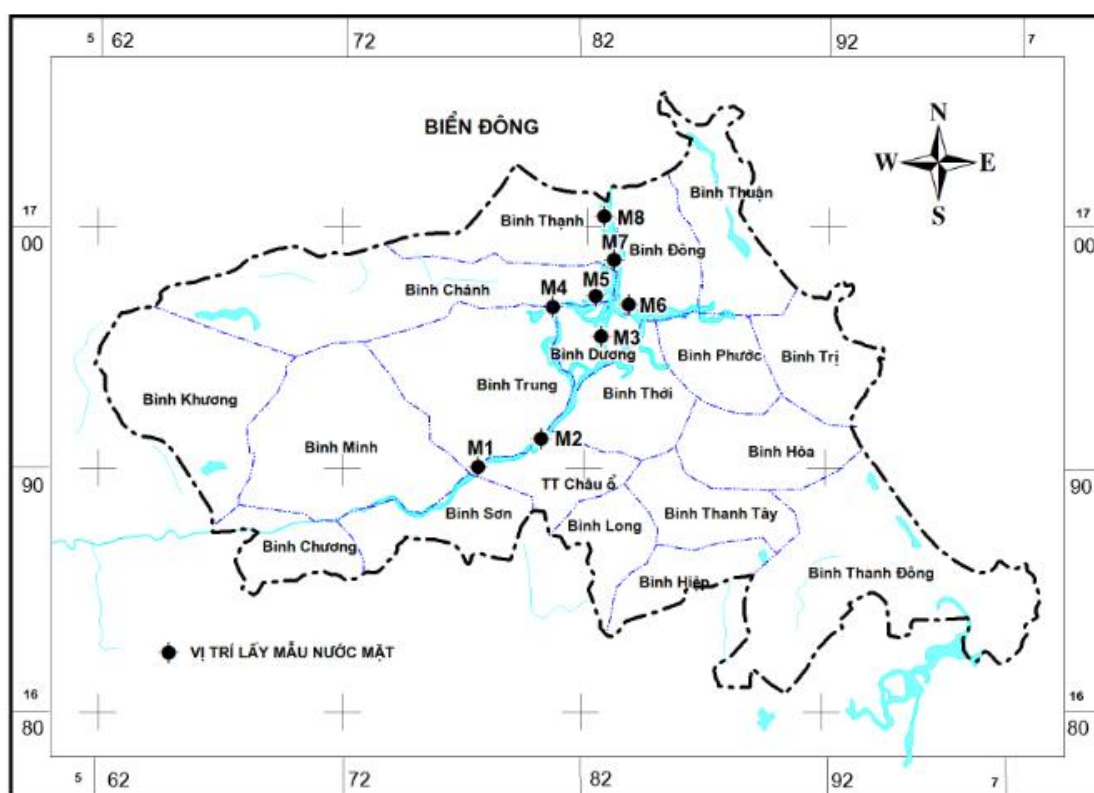
Có 02 phương pháp tính WQI đang được áp dụng phổ biến [2], [3], [4]: Phương pháp (1) – WQI tính đến cả  $q_i$  và  $w_i$  và Phương pháp (2) – WQI chỉ tính đến  $q_i$ , mà không tính đến  $w_i$ . Thực tế, tùy thuộc vào đặc điểm của sông, các thông số CLN có tầm quan trọng khác nhau, nên WQI tính theo phương pháp (1) sẽ phản ánh CLN đại diện hơn so với phương pháp (2). Mô hình WQI đầu tiên do Quỹ vệ sinh Hoa Kỳ (US-NSF) đề xuất được tính toán từ 9 thông số CLN theo phương pháp (1) với  $q_i$  được xác định từ các đồ thị tương ứng, còn  $w_i$  được xác định dựa trên kết quả điều tra các chuyên gia theo kỹ thuật Delphi (tức là lấy ý kiến chủ quan của cá nhân) [6].  $WQI_{VN}$  (năm 2019) được tính theo phương pháp (2) từ  $\geq 9$  thông số CLN [5]. Để xác định các trọng số  $w_i$  một cách khách quan và phản ánh được đặc điểm thực tế CLN của sông khảo sát, nhiều tác giả đã áp dụng phương pháp phân tích thống kê đa biến cho các dữ liệu CLN, điển hình là phương pháp phân tích thành phần chính (PCA/principal component analysis) [2], [3], [4], [7], [8]... Ở Việt Nam, những nghiên cứu áp dụng phương pháp PCA để xác định trọng số  $w_i$  khi tính toán WQI hầu như chưa được quan tâm. Năm 2017, nhiệm vụ “Điều tra, đánh giá sức chịu tải sông Trà Bồng phục vụ phát triển KKT Dung Quất” [1] đã đánh giá CLN sông dựa vào WQI và cho rằng, WQI cải tiến (tính WQI theo phương pháp (2), do N.V. Hợp đề xuất năm 2012 [9]) phù hợp hơn so với  $WQI_{VN}$  năm 2011.

Bài báo này đề cập đến các kết quả nghiên cứu áp dụng phương pháp PCA để xác định trọng số  $w_i$  và tính toán WQI theo phương pháp (1), áp dụng cho đoạn sông Trà Bồng đi qua KKT Dung Quất.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Dữ liệu chất lượng nước sông Trà Bồng

Dữ liệu CLN sông Trà Bồng năm 2017 được cung cấp bởi Trung tâm Kỹ thuật Quan trắc Môi trường, thuộc Ban Quản lý KKT Dung Quất và các Khu công nghiệp tỉnh Quảng Ngãi. Tập dữ liệu gồm 13 thông số CLN [1]: nhiệt độ, pH, độ dẫn điện (EC), độ đục (TUR), tổng chất rắn lơ lửng (TSS), DO, BOD<sub>5</sub>, COD, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, P-PO<sub>4</sub>, tổng sắt tan (Fe), tổng coliform (TC). Các thông số đó được quan trắc ở 8 vị trí trong 4 đợt - tháng 5, 7, 8 thuộc mùa khô và tháng 10 thuộc mùa mưa. Các vị trí quan trắc được nêu ở hình 1.



**Hình 1.** Vị trí quan trắc CLN sông Trà Bồng (đi qua huyện Bình Sơn và KKT Dung Quất)

**M1** (tọa độ X, Y = 1691035, 0579091): Thôn Đông Thuận, xã Bình Trung, cách đường sắt Bắc - Nam 1,200 m về phía thượng lưu; **M2** (1693377, 0581663): Thị trấn Châu Ổ, cách cầu Châu Ổ 800 m về phía hạ lưu; **M3** (1695541, 0582850): Thôn Đông Yên, xã Bình Dương, cách cầu gỗ bắc qua khu dân cư Đồng Min 200 m về phía hạ lưu; **M4** (1697164, 0582455) và **M5** (1697490, 0582729):

Thôn Mỹ Tân, xã Bình Chánh, tương ứng cách cầu Trì Bình 2,000 m và 900 m về phía thượng lưu; **M6** (1697566, 0583467): Thôn Thượng Hòa, xã Bình Đông, cách cầu Trì Bình 1000 m về phía thượng lưu; **M7** (1700002, 0583195) và **M8** (1701380, 0583133): Thôn Vĩnh Trà và thôn Hải Ninh, xã Bình Thạnh, tương ứng cách cầu Trà Bồng 600 m về phía thượng lưu và 1,100 m về phía hạ lưu.

Do thông số TUR và nhiệt độ không được quy định trong QCVN08, nên không được đưa vào tính WQI (trong năm 2017, nhiệt độ nước sông chỉ dao động trong khoảng hẹp, 29,0 – 35,7 °C). Như vậy, đối với sông Trà Bồng, “dữ liệu đầu vào” hay dữ liệu gốc cho phương pháp PCA (để xác định trọng số  $w_i$ ) gồm 11 thông số: pH, EC, TSS, DO, BOD<sub>5</sub> (viết tắt là BOD), COD, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, P-PO<sub>4</sub>, Fe và TC. Khi tính toán theo PCA, các thông số CLN (hay biến)  $x_{ij}$  (thông số  $i$  ở vị trí quan trắc  $j$ ) của tập dữ liệu đầu vào được biến đổi thành biến chuẩn hóa  $z_{ij}$ :  $z_{ij} = (x_{ij} - TB)/S$ ; Trong đó, TB và S tương ứng là trung bình số học và độ lệch chuẩn của các  $x_{ij}$ ;  $i$  là các thông số CLN (hay các biến),  $i = 1 - 11$ ;  $j$  là các vị trí quan trắc,  $j = 1 - 32$  (8 vị trí  $\times$  4 đợt).

## **2.2. Phương pháp PCA xác định trọng số $w_i$**

PCA là phương pháp chiếu (projection) cho phép giảm dữ liệu từ không gian  $m$  chiều (mỗi chiều ứng với một biến/thông số CLN) thành không gian ít chiều hơn:  $k$  chiều ( $k < m$ ), mỗi chiều được gọi là một thành phần chính (PC/principle component) - là tổ hợp tuyến tính của các biến gốc ( $x_{ij}$ ), mà các PC vẫn giải thích được đa số biến động (hay phương sai) của tập dữ liệu gốc [2], [7], [8]. Để thực hiện các tính toán theo phương pháp PCA, nghiên cứu này đã sử dụng phần mềm R - phần mềm miễn phí và được áp dụng phổ biến trên thế giới: R version 4.0.3/64-bit (10-10-2020) với module R-Studio, dùng package Factoextra (version 1.0.7). Với phần mềm R, sẽ tính được thông số thể hiện phần đóng góp hay tải lượng của mỗi biến trong các PC (còn gọi là  $\cos^2$  hay  $R^2$  - hệ số xác định). Biến có đóng góp càng lớn sẽ càng quan trọng khi phản ánh CLN sông khảo sát. Từ phần đóng góp của mỗi biến trong các PC, sẽ tính được trọng số ( $w_i$ ) của biến  $i$  khi tính WQI.

## **2.3. Phương pháp xác định chỉ số phụ $q_i$**

Chỉ số phụ  $q_i$  của biến  $i$  được xây dựng dựa vào QCVN08;  $q_i = 1$  khi biến  $i$  có chất lượng kém nhất (hay tồi nhất);  $q_i = 100$  khi biến  $i$  có chất lượng tốt nhất. Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc giữa  $q_i$  và nồng độ/hàm lượng của biến  $i$  có dạng tuyến tính - là một đường thẳng đi qua 2 điểm: 1 điểm ứng với  $q_i = 1$  và 1 điểm ứng với  $q_i = 100$ .

Do trong QCVN 08 không quy định biến (thông số) EC, nên hàm nhạy cho biến EC được xây dựng dựa vào QCVN 01:2009/BYT (quy định về chất lượng nước dùng để ăn uống, quy định TDS < 1.000 mg/L (ứng với EC < 1.538  $\mu$ S/cm) và QCVN 39:2011/BTNMT (quy định về chất lượng nước dùng cho tưới tiêu, quy định TDS < 2.000 mg/L ứng với EC < 3.077  $\mu$ S/cm) [10]. EC được xác định dựa vào tương quan giữa EC và TDS: TDS (mg/L) = 0,65  $\times$  EC ( $\mu$ S/cm) [10]. Đối với thông số DO, QCVN 08 quy định mức

A1 (nước đạt yêu cầu để cấp cho sinh hoạt) phải có nồng độ DO  $\geq 6$  mg/L. Song, trong thực tế nhiều khi nồng độ DO vượt quá bão hoà, chẳng hạn = 10 - 12 mg/L, trong khi nồng độ DO bão hoà trong nước (ở nhiệt độ 20°C, áp suất 760 mmHg, TDS = 0 mg/L) là 9,1 mg/L. Điều đó chứng tỏ rằng, khi thực vật nước (chủ yếu là tảo) phát triển mạnh, sẽ quang hợp dẫn đến làm tăng nồng độ DO và như vậy, chất lượng nước không tốt. Do vậy, ở đây chấp nhận rằng,  $q_i = 100$  khi nồng độ DO nằm trong khoảng 6 – 9 mg/L, ngoài khoảng này, giá trị  $q_i$  sẽ giảm xuống và như vậy, đồ thị  $q_i$  đối với DO có 2 nhánh. Giá trị pH được quy định trong QCVN 08 đối với mức A1 là 6 – 8,5 và như vậy, ở những pH thấp hơn 6 và lớn hơn 8,5 (pH nước không đạt yêu cầu của mức A1), giá trị  $q_i$  giảm xuống, và như vậy, đồ thị  $q_i$  đối với pH cũng có 2 nhánh.

#### 2.4. Phương pháp tính WQI và đánh giá chất lượng nước dựa vào WQI

Nhiều nghiên cứu cho rằng, công thức dạng tích nhạy hơn so với công thức dạng tổng [2], [3], nên ở đây dùng công thức dạng tích để tính WQI:

$$WQI = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

CLN sông được đánh giá dựa vào WQI theo cách tương tự như hướng dẫn của Tổng cục Môi trường Việt Nam. Theo thang điểm WQI, CLN được chia thành 5 loại (hay 5 mức) - loại I (rất tốt): WQI = 91 - 100; loại II (tốt): 76 - 90; loại III (trung bình): 51 - 75; loại IV (xấu): 26 - 50; loại V (rất xấu): 1 - 25 và nếu WQI < 10, nước bị ô nhiễm rất nặng [5].

Để so sánh, WQI cải tiến do N.V. Hợp đề xuất [9] cũng được tính toán cho sông Trà Bồng theo phương pháp (2) - WQI chỉ được tính toán từ chỉ số phụ:

$$WQI = \left[ \prod_{i=1}^n F_i \right]^{1/n} \times 100 \quad (2)$$

Trong đó,  $F_i$  là giá trị *hàm nhạy* của biến  $i$  và nó phản ánh chất lượng của biến ( $F_i$  có ý nghĩa tương tự như  $q_i$  trong công thức (1)): khi biến  $i$  có chất lượng kém nhất,  $F_i$  nhận giá trị 0,01 và khi biến  $i$  có chất lượng tốt nhất,  $F_i$  nhận giá trị 1. Tương quan giữa  $F_i$  ( $y$ ) và nồng độ/hàm lượng của biến  $i$  ( $x$ ) có dạng tuyến tính  $y = ax + b$ . Đồ thị và phương trình tuyến tính giữa  $F_i$  và  $x$  cũng có dạng tương tự như giữa  $q_i$  và  $x$ , chỉ khác là thang đo trục tung của  $F_i = 0,01 - 1$ , trong khi thang đo của  $q_i = 1 - 100$ . Số biến lựa chọn ( $n$ ) để tính WQI cải tiến cũng tương tự như ở công thức (1):  $n = 11$ .

#### 2.5. Phương pháp phân tích thống kê

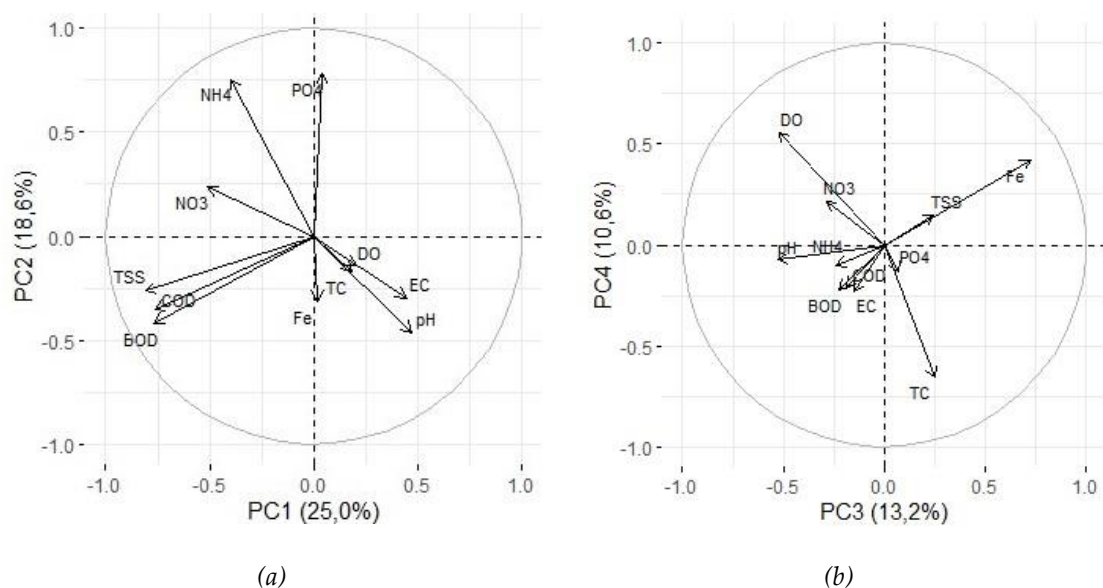
Sử dụng công cụ Real Statistics của phần mềm Microsoft-Excel để phân tích thống kê các kết quả: Kiểm định t theo cặp (paired-t-test) để so sánh WQI với WQI cải tiến (ký hiệu là WQICT); Phân tích phương sai (ANOVA) được áp dụng để đánh giá biến động CLN sông theo không gian và thời gian.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Trọng số của các thông số chất lượng nước từ tính toán theo PCA

(i) **Các thành phần chính (PC):** Áp dụng phương pháp PCA cho tập dữ liệu gốc  $z_{ij}$  ( $i = 1 - 11, j = 1 - 32$ ), thu được các giá trị riêng (eigen value) và phần trăm phương sai (variance percent) của mỗi thành phần chính ( $PC_i$ ) – tương ứng là lượng và phần trăm phương sai của tập dữ liệu gốc được giải thích bởi mỗi  $PC_i$ . Kết quả cho thấy, chỉ 5 thành phần chính đầu tiên ( $PC1 - PC5$ ) đã giải thích được đa số biến động (76,4 %) của tập dữ liệu gốc, do chúng có giá trị riêng  $\geq 1$  và phần trăm phương sai tương ứng như sau:  $PC1 = 2,75$  (25,0 %);  $PC2 = 2,05$  (18,6 %);  $PC3 = 1,45$  (13,2 %);  $PC4 = 1,17$  (10,6 %) và  $PC5 = 1,0$  (9,0 %); Các  $PC_i$  còn lại ( $PC6 - PC11$ ) đều có giá trị riêng  $< 1$  và chỉ giải thích được 23,6 % phương sai của tập dữ liệu gốc, nên được coi là biến động (hay nhiễu) nền [2]. Như vậy, chỉ cần dựa vào 5 PC đầu tiên ( $PC1 - PC5$ ) để tính trọng số của các biến.

(ii) **Đóng góp (tải lượng) các biến trong các PC:** Đồ thị tải lượng (loading plot) các thông số CLN (hay biến) trong không gian các PC ở hình 2 cho thấy: Các biến TSS, COD, BOD đóng góp nhiều vào  $PC1$  và ở mức độ thấp hơn là pH, EC và  $NO_3$ ; Các biến  $NH_4$ ,  $PO_4$  đóng góp nhiều vào  $PC2$  và ở mức độ thấp hơn là BOD, COD, pH; Đóng góp nhiều vào  $PC3$  là Fe và ở mức độ thấp hơn là DO, pH; Đóng góp nhiều vào  $PC4$  là TC và DO (biểu diễn trong không gian của  $PC5$  không đưa ra ở đây).



Hình 2. Tải lượng của các biến trong không gian các thành phần chính:

(a)  $PC1$  và  $PC2$ ; (b)  $PC3$  và  $PC4$ .

(iii) **Trọng số của các thông số CLN (biến):** Phần đóng góp (hay tải lượng) của mỗi biến trong  $PC1$  đến  $PC5$  cho thấy (bảng 1):

**Bảng 1.** Phần đóng góp của mỗi biến trong các PC và trọng số ( $w_i$ ) của 11 biến (\*)

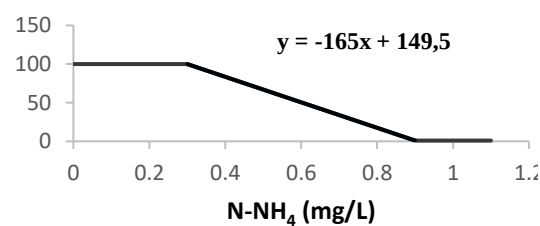
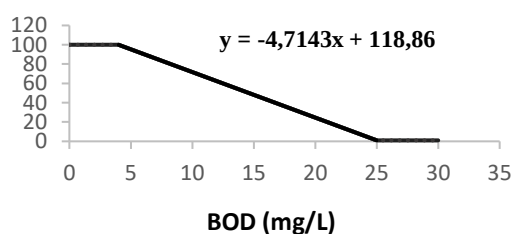
|                 | PC1    | PC2    | PC3    | PC4    | PC5    | Tổng đóng góp | Trọng số trung gian | Trọng số |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|---------------------|----------|
| pH              | 0,2235 | 0,2141 | 0,2805 | 0,0056 | 0,0366 | 0,7603        | 1,9998x             | 0,09     |
| TSS             | 0,6543 | 0,0689 | 0,0597 | 0,0217 | 0,0069 | 0,8115        | 2,1343x             | 0,10     |
| EC              | 0,1981 | 0,0871 | 0,0223 | 0,0513 | 0,0214 | 0,3802        | x                   | 0,04     |
| DO              | 0,0412 | 0,0203 | 0,2731 | 0,3122 | 0,0252 | 0,6720        | 1,7674x             | 0,08     |
| BOD             | 0,5921 | 0,1739 | 0,0492 | 0,0494 | 0,0330 | 0,8976        | 2,3607x             | 0,11     |
| TC              | 0,0344 | 0,0288 | 0,0627 | 0,4316 | 0,0523 | 0,6098        | 1,6038x             | 0,07     |
| COD             | 0,5845 | 0,1239 | 0,0361 | 0,0443 | 0,1198 | 0,9086        | 2,3898x             | 0,11     |
| NO <sub>3</sub> | 0,2585 | 0,0551 | 0,0831 | 0,0480 | 0,4508 | 0,8955        | 2,3554x             | 0,10     |
| NH <sub>4</sub> | 0,1563 | 0,5718 | 0,0567 | 0,0105 | 0,0112 | 0,8064        | 2,1210x             | 0,10     |
| PO <sub>4</sub> | 0,0018 | 0,6091 | 0,0053 | 0,0179 | 0,1955 | 0,8295        | 2,1818x             | 0,10     |
| Fe              | 0,0004 | 0,0965 | 0,5252 | 0,1785 | 0,0403 | 0,8409        | 2,2117x             | 0,10     |
| Tổng = 22,1258x |        |        |        |        |        |               | Tổng = 1,0          |          |

(\*) Ngoại trừ giá trị  $w_i$ , số con số sau dấu phẩy của các số liệu chỉ để phục vụ tính toán.

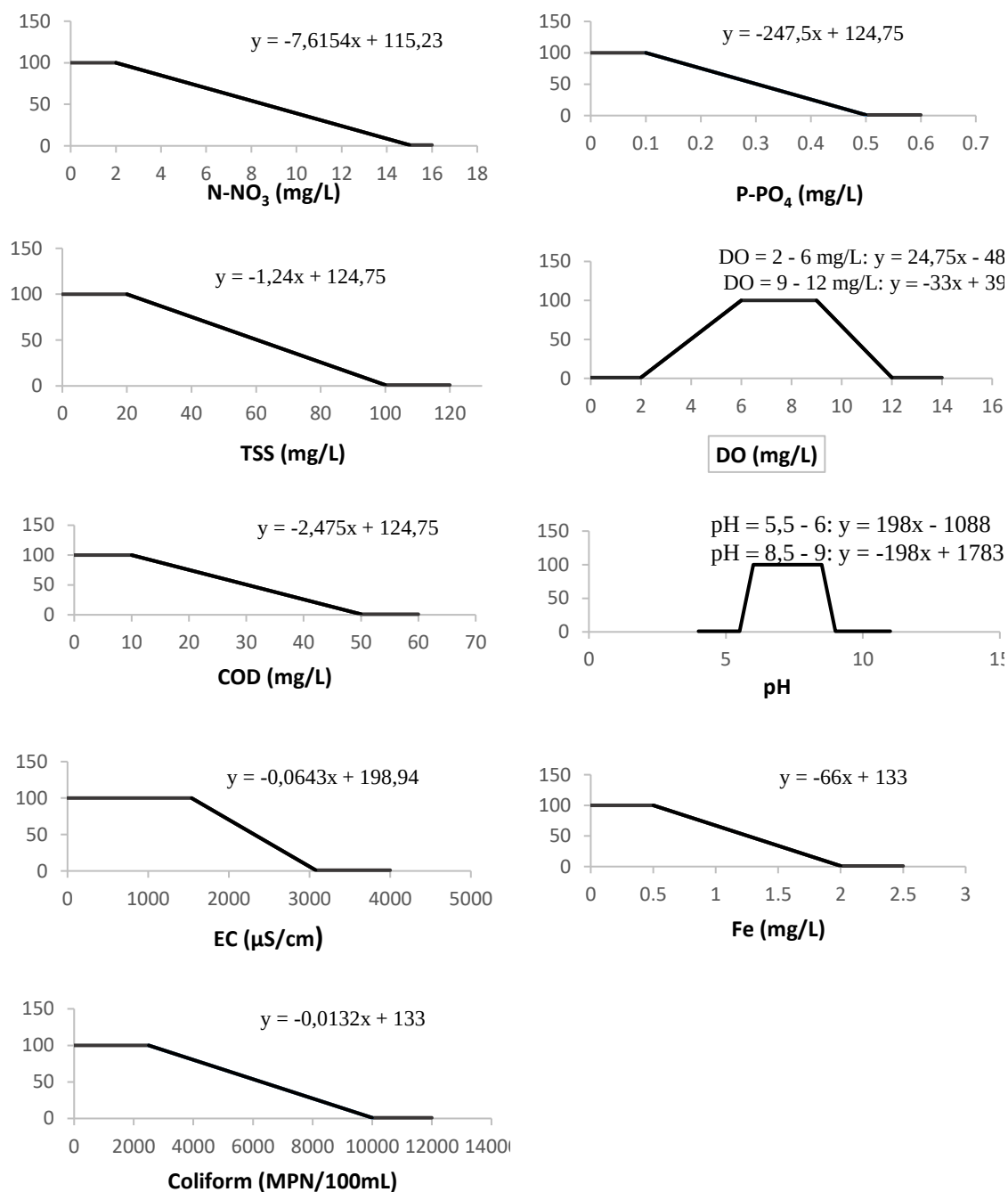
Đóng góp ít nhất vào các PC là biến EC (tổng đóng góp = 0,3802). Giá trị này được gán là x – trọng số trung gian của biến EC. Từ đó, xác định được trọng số trung gian của mỗi biến = tỉ số giữa phần đóng góp của mỗi biến và biến EC. Vì tổng trọng số trung gian của tất cả các biến = 1, tức là  $22,1258x = 1$ . Từ đó, suy ra trọng số của biến EC (x) = 0,04 và trọng số  $w_i$  của các biến khác (tổng trọng số của tất cả các biến = 1) (bảng 1).

### 3.2. Chỉ số phụ của các thông số chất lượng nước

Giữa chỉ số phụ  $q_i$  (y) và nồng độ/hàm lượng của biến  $i$  (x) có tương quan tuyến tính dạng  $y = ax + b$ . Các đồ thị và phương trình tương quan giữa y và x được nêu ở hình 3. Từ phương trình này, khi biết x, sẽ xác định được q của biến.



Đánh giá chất lượng nước sông Trà Bồng, tỉnh Quảng Ngãi dựa vào chỉ số chất lượng nước ...



Hình 3. Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc giữa chỉ số phụ  $q$  ( $y$ ) và nồng độ/hàm lượng ( $x$ ) của 11 biến (thông số chất lượng nước).

### 3.3. So sánh WQI và WQI cải tiến

Từ dữ liệu CLN sông Trà Bồng, tính toán WQI theo công thức (1) và WQI cải tiến (WQI<sub>CT</sub>) theo công thức (2), thu được kết quả ở bảng 2. Kết quả kiểm định  $t$  theo cặp



(paired-t-test) cho thấy: Các kết quả WQI và WQI<sub>CT</sub> khác nhau với  $p < 0,0001$  ( $t_{\text{tính}} = 5,2 < t_0$  ( $p = 0,05$  và bậc tự do 31) = 2,0);

**Bảng 2.** Các kết quả WQI và WQI<sub>CT</sub> đối với sông Trà Bồng (năm 2017)

| Thời gian         | Vị trí | WQI | WQI <sub>CT</sub> | Mức CLN <sup>(*)</sup> | Thời gian          | Vị trí | WQI | WQI <sub>CT</sub> | Mức CLN <sup>(*)</sup> |
|-------------------|--------|-----|-------------------|------------------------|--------------------|--------|-----|-------------------|------------------------|
| Đợt 1<br>(5/2017) | M1     | 60  | 56                | III/III                | Đợt 3<br>(8/2017)  | M1     | 57  | 60                | III/III                |
|                   | M2     | 60  | 56                | III/III                |                    | M2     | 59  | 85                | III/II                 |
|                   | M3     | 93  | 93                | I/I                    |                    | M3     | 78  | 80                | II/II                  |
|                   | M4     | 66  | 50                | III/IV                 |                    | M4     | 52  | 38                | III/IV                 |
|                   | M5     | 55  | 46                | III/IV                 |                    | M5     | 83  | 65                | II/III                 |
|                   | M6     | 78  | 62                | II/III                 |                    | M6     | 70  | 53                | III/III                |
|                   | M7     | 78  | 62                | II/III                 |                    | M7     | 75  | 60                | III/III                |
|                   | M8     | 78  | 62                | II/III                 |                    | M8     | 81  | 64                | II/III                 |
| Đợt 2<br>(7/2017) | M1     | 94  | 95                | I/I                    | Đợt 4<br>(10/2017) | M1     | 98  | 99                | I/I                    |
|                   | M2     | 73  | 71                | III/III                |                    | M2     | 70  | 64                | III/III                |
|                   | M3     | 97  | 97                | I/I                    |                    | M3     | 99  | 99                | I/I                    |
|                   | M4     | 60  | 43                | III/IV                 |                    | M4     | 90  | 82                | II/II                  |
|                   | M5     | 68  | 52                | III/III                |                    | M5     | 87  | 75                | II/III                 |
|                   | M6     | 80  | 63                | II/III                 |                    | M6     | 81  | 64                | II/III                 |
|                   | M7     | 74  | 59                | III/III                |                    | M7     | 83  | 65                | II/III                 |
|                   | M8     | 77  | 61                | II/III                 |                    | M8     | 82  | 65                | II/III                 |

(\*) Mức CLN ở đây là đánh giá theo WQI (đứng trước) và theo WQI<sub>CT</sub> (đứng sau dấu /).

Ở vùng cuối nguồn – vùng bị nhiễm mặn (vị trí M6 – M8), WQI<sub>CT</sub> phản ánh CLN ở mức ‘trung bình’ (mức III), trong khi WQI phản ánh CLN ở mức ‘tốt’ đến ‘trung bình’ (mức II – III). Trong đợt 3, ở vị trí M2 (pH và DO thấp hơn các vị trí khác, tương ứng = 5,8 và 5,3 mg/L; N-NH<sub>4</sub> = 1,04 mg/L, cao hơn các vị trí khác khoảng 2 – 10 lần), nhưng WQI<sub>CT</sub> vẫn phản ánh CLN đạt ‘tốt’ (mức II), trong khi WQI phản ánh CLN loại ‘trung bình’ (mức III) và như vậy, WQI phản ánh thực tế hơn so với WQI<sub>CT</sub>. Mặt khác, khi một thông số CLN bất kỳ có chất lượng kém (chẳng hạn, có F = 0,10 hay q = 10), các thông số còn lại đều có chất lượng tốt nhất (có F = 1 hay q = 100), WQI<sub>CT</sub> đều bằng nhau (= 81, ứng với CLN loại ‘tốt’). Trong khi đó, WQI dao động trong khoảng rộng (76 – 89) và như thế, tuy vẫn ứng với CLN loại ‘tốt’, nhưng WQI phản ánh CLN nhạy hơn WQI<sub>CT</sub>. Nói chung, do có tính đến trọng số  $w_i$ , nên có thể cho rằng, WQI phản ánh CLN sông nhạy hơn WQI<sub>CT</sub> và do vậy, nó được chọn để đánh giá CLN sông.

### **3.4. Biến động chất lượng nước sông Trà Bồng**

So sánh với các giá trị được quy định trong QCVN 08, các thông số pH, DO, TSS, N-NO<sub>3</sub>, P-PO<sub>4</sub> hầu hết đều đạt mức A1 hoặc A2. Những lo lắng về CLN sông Trà Bồng bao gồm (số liệu chi tiết không đưa ra ở đây): Vào mùa khô (tháng 5, 7, 8), nồng độ BOD và COD chỉ đạt mức A2 (quy định BOD < 6 mg/L và COD < 15 mg/L) hoặc B1; nồng độ N-NH<sub>4</sub> chỉ đạt mức B1 và B2 (quy định N-NH<sub>4</sub> < 0,9 mg/L); thông số TC trong nhiều trường hợp chỉ đạt mức B2, thậm chí không đạt mức B2 (quy định TC < 10.000 MPN/100 mL); Nồng độ Fe trong nhiều trường hợp chỉ đạt mức A2 hoặc B1 (quy định tương ứng < 1 mg/L và < 1,5 mg/L). Những điều đó đã đóng góp vào làm giảm CLN sông, tức là giảm WQI.

Do các số liệu WQI trong mỗi đợt đều tuân theo phân bố chuẩn (với mức ý nghĩa thống kê  $p = 0,33 - 0,70$ ; Shapiro-Wilk test), nên có thể áp dụng phân tích phương sai (ANOVA) 2 yếu tố không lặp lại: yếu tố không gian (vị trí) và yếu tố thời gian (tháng) cho các kết quả WQI của sông Trà Bồng năm 2017. Các kết quả ANOVA cho thấy: Các giá trị WQI trung bình khác nhau theo vị trí ( $p = 0,033$ ) và thời gian ( $p = 0,009$ ). Phân tích tiếp theo (dùng Tukey HSD test) cho thấy:

- Theo không gian: WQI trung bình ở vị trí M3 (= 92) > ở M2 (= 66) và M4 (= 67) với  $p \leq 0,03$ ; WQI trung bình ở các vị trí khác nhau (= 73 – 80) với  $p = 0,18 - 1$ . Như vậy, trước khi đi qua địa bàn KKT Dung Quất, sông đã chịu tác động của nhiều hoạt động nhân tạo và tự nhiên ở vùng đầu nguồn, nên CLN sông ở vị trí M1 chỉ đạt loại ‘tốt’ (mức II với WQI trung bình = 77). CLN ở vị trí M2 (bị tác động bởi các hoạt động dân cư và thị trấn Châu Ổ) và vị trí M4 (bị tác động bởi các hoạt động nuôi trồng thủy sản vùng ven bờ), nên CLN chỉ đạt loại ‘trung bình’ (mức III với WQI trung bình = 66 – 67). Vùng cuối nguồn (M5 – M8) – là vùng bị nhiễm mặn từ biển, nên có CLN đạt loại ‘trung bình’ (mức III) đến ‘tốt’ (mức II) với WQI trung bình = 73 – 80. CLN tốt nhất là ở vị trí M3 – đạt loại ‘rất tốt’ với WQI trung bình = 92. Như vậy, dựa vào WQI trung bình, CLN sông như sau: ở M3 > M1 = M5 = M6 = M7 = M8 > M2 = M4

- Theo thời gian: WQI trung bình tháng 10 (= 86) > tháng 5 (= 71) và tháng 8 (= 69) với  $p < 0,03$ ; Song, WQI trung bình tháng 7 (= 78) và tháng 5, tháng 8 như nhau với  $p = 0,33 - 0,99$ . Như vậy, theo thời gian, CLN sông như sau: tháng 10 (thuộc mùa mưa) > tháng 7 = tháng 5 = tháng 8 (thuộc mùa khô).

### **3.5. Phân loại và phân vùng chất lượng nước sông Trà Bồng dựa vào WQI**

Từ các kết quả phân loại CLN dựa vào WQI (theo 5 mức I – V) ở bảng 2, có thể phân chia đoạn sông khảo sát thành 3 tiểu vùng CLN và nhận biết các hoạt động gây lo lắng về CLN như ở bảng 3. Nguyên tắc phân vùng ở đây là CLN trong một tiểu vùng như nhau (đánh giá qua WQI).

**Bảng 3.** Phân vùng CLN sông Trà Bồng dựa vào WQI

| Tiểu vùng /TV (chiều dài) | Mô tả                             | WQI     | Mức CLN                           | Hoạt động gây lo lắng về CLN                                                                            |
|---------------------------|-----------------------------------|---------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TV1<br>(5,3 km)           | Từ M1 đến giữa M3-M4              | 57 - 99 | Trung bình – rất tốt<br>(III – I) | Nông nghiệp, khu dân cư và đô thị; Làm tăng BOD, Fe, NH <sub>4</sub> vào mùa khô                        |
| TV2<br>(2,7 km)           | Từ giữa M3-M4 đến giữa M5-M6      | 52 - 90 | Trung bình – tốt<br>(III – II)    | Nuôi trồng thủy sản, khu dân cư, nhiễm mặn từ biển; Làm tăng COD, BOD, NH <sub>4</sub> , EC vào mùa khô |
| TV3<br>(3,0 km)           | Từ giữa M5-M6 đến M8 (cửa Sa Càn) | 70 - 83 | Trung bình – tốt<br>(III – II)    | Công nghiệp, khu dân cư, nhiễm mặn từ biển; Làm tăng COD, BOD, EC vào mùa khô                           |

Với phân vùng CLN như trên, TV1 có thể sử dụng cho đa mục đích và cấp nước sinh hoạt, nhưng phải qua xử lý theo quy định; TV2 và TV3 chỉ có thể sử dụng cho các mục đích đòi hỏi CLN thấp hơn như công nghiệp, nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản nước lợ - mặn, giao thông thủy và cảnh quan.

#### 4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở áp dụng phương pháp PCA để phân tích các dữ liệu chất lượng nước sông Trà Bồng năm 2017, đã xác định được trọng số ( $w_i$ ) của các thông số CLN một cách khách quan, tức là chỉ dựa vào đặc điểm thực tế của sông. Chỉ số phụ ( $q_i$ ) của các thông số CLN cũng được xác định dựa vào tương quan tuyến tính giữa  $q_i$  và nồng độ/hàm lượng của thông số CLN. Mặt khác, trên cơ sở so sánh mô hình WQI xây dựng được (tính toán từ  $w_i$  và  $q_i$ ) và  $WQI_{CT}$  (chỉ tính toán từ hàm nhạy  $F_i$ ), đã cho phép khẳng định rằng, WQI phản ánh chất lượng nước sông Trà Bồng nhạy hơn và phù hợp hơn  $WQI_{CT}$ . Mô hình WQI xây dựng được có thể áp dụng nhân rộng để đánh giá CLN cho các sông khác có đặc điểm tương tự sông Trà Bồng.

## **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1]. Trung tâm Kỹ thuật Quan trắc Môi trường – Khu Kinh tế Dung Quất & các Khu công nghiệp Quảng Ngãi (2017). *Điều tra, đánh giá sức chịu tải sông Trà Bồng phục vụ phát triển Khu Kinh tế Dung Quất*, Báo cáo tổng kết Nhiệm vụ Sự nghiệp Môi trường.
- [2]. Tasneem Abbasi & S. A. Abbasi (2012). *Water Quality Indices*, Elsevier, Great Britain.
- [3]. Sutadian Arief Dhany, Nitin Muttill, Abdullah Gokhan Yilmaz, B. J. C. Perera (2016). Development of river water quality indices - a review, *Environmental Monitoring and Assessment*, 188:58. (doi 10.1007/s10661-015-5050-0).
- [4]. [Noori R., Berndtsson R., Hosseinzadeh M., Adamowski J. F., Abyaneh M. R. (2018). A critical review on the application of the National Sanitation Foundation Water Quality Index, *Environmental Pollution*. (doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.076).
- [5]. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2019). Quyết định 1460/QĐ-TCMT về việc ban hành Hướng dẫn kỹ thuật tính toán và công bố chỉ số chất lượng nước Việt Nam (WQI-VN).
- [6]. R. M. Brown, N. I. McClelland, R. A. Deininger, and R. G. Tozer (1970). A Water-quality Index Do We Dare ?, *Water and Sewage Works*, Vol. 117, No. 10, pp. 339 - 343.
- [7]. Coletti C., Testezlaf R., Ribeiro T. A. P., de Souza R. T. G., Pereira D. A. (2010). Water quality index using multivariate factorial analysis, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 14 (5), 517 – 522.
- [8]. Mansi Tripathi, Sunil Kumar Singal (2019). Use of Principal Component Analysis for parameter selection for development of a novel Water Quality Index: A case study of river Ganga India, *Ecological Indicators* 96, pp. 430-436.
- [9]. Nguyen Van Hop, Nguyen Nhu Thao Hanh, Nguyen Thi Yen Nhi, Nguyen Manh Hung (2012). Application of water quality index for management of Huong river quality in Hue city – Central Vietnam, *Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Symposium on Southeast Asian Water Environment*, Hanoi, Vietnam, pp. 292 – 300.
- [10]. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2011). *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước dùng cho tưới tiêu* – QCVN 39:2011/BTNMT.

## ASSESSMENT OF TRA BONG RIVER WATER QUALITY IN QUANG NGAI PROVINCE BASED ON WATER QUALITY INDEX (WQI) AND PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS (PCA)

Truong Trung Kien<sup>1</sup>, Nguyen Viet Hung<sup>2</sup>, Nguyen Van Hop<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Natural Resources and Environment of Quang Tri Province

<sup>2</sup> Department of Chemistry, University of Sciences, Hue University

\* Email: ngvanhopkh@gmail.com

### ABSTRACT

Principal Component Analysis (PCA) was applied to Tra Bong river water quality data in Quang Ngai province to determine weightings ( $w_i$ ) of the water quality parameters  $i$  ( $i = 1 - 11$ ). The water quality data consisting of 11 parameters: pH, EC (electric conductivity), DO, TSS, BOD<sub>5</sub>, COD, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Fe (total dissolved iron) and TC (total coliform) were monitored at 8 sites in four sessions (May, July, August and October 2017). The river water quality was assessed basing on WQI that was calculated from the weightings ( $w_i$ ) and subindex ( $q_i$ ) of the water quality parameters. Comparing with improved WQI (WQI<sub>CT</sub>), which was calculated only from sensitive function  $F_i$  (having the meaning as subindex  $q_i$ ), the WQI established has indicated more sensitive and representative reflecting of the river water quality, due to being calculated from both the  $w_i$  and  $q_i$ . Based on the WQI, spatial and temporal (monitoring site and month) variation in the river water quality was assessed. On the basis of the WQI, the river water quality was classified and the river was divided into three subregions with different water quality.

**Keywords:** WQI, PCA, Tra Bong river.



**Trương Trung Kiên** tốt nghiệp cử nhân hóa học năm 1995 tại Trường Đại học Tổng hợp Huế (nay là Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế) và tốt nghiệp thạc sĩ Khoa học Môi trường năm 2014 tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Hiện ông công tác tại Chi cục Bảo vệ Môi trường, Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Quảng Trị.

*Lĩnh vực nghiên cứu:* Quản lý và kiểm soát ô nhiễm môi trường; Quan trắc và đánh giá chất lượng môi trường.



**Nguyễn Văn Hợp** sinh năm 1956 tại Hà Tĩnh. Ông tốt nghiệp Cử nhân Hoá học năm 1977 tại Trường Đại học Tổng hợp Hà Nội. Ông nhận học vị Tiến sĩ năm 2001 tại Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội và được phong học hàm Phó giáo sư năm 2005. Hiện ông là Giảng viên cao cấp tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

*Lĩnh vực nghiên cứu:* Phát triển phương pháp von-ampe hòa tan phân tích vết các kim loại độc; Quan trắc và đánh giá chất lượng nước, Đánh giá các nguồn ô nhiễm nước, không khí và đất.