

# THIẾT LẬP CHỈ SỐ CHẤT LƯỢNG NƯỚC DỰA VÀO PHÂN TÍCH THỐNG KÊ: ÁP DỤNG CHO SÔNG HƯƠNG, TỈNH THỪA THIÊN HUẾ

Nguyễn Việt Hùng<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Quyên<sup>1</sup>, Nguyễn Hải Phong<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Hợp<sup>1\*</sup>,  
Nguyễn Hữu Trung<sup>2</sup>, Lê Quang Anh<sup>3</sup>, Đặng Phước Bình<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Khoa Hóa, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế, 77 Nguyễn Huệ, Huế, Việt Nam

<sup>2</sup> Trung tâm Kỹ thuật Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng 2 (QUATEST 2), 2 Ngô Quyền, Đà Nẵng, Việt Nam

<sup>3</sup> Trung tâm Quan trắc Tài nguyên và Môi trường Thừa Thiên Huế, 173 Phạm Văn Đồng, Huế, Việt Nam

\* Tác giả liên hệ Nguyễn Văn Hợp <ngvanhopkh@gmail.com>  
(Ngày nhận bài: 25-05-2021; Ngày chấp nhận đăng: 15-06-2021)

**Tóm tắt.** Chất lượng nước (CLN) sông Hương được đánh giá sơ bộ qua so sánh các thông số quan trắc với quy định kỹ thuật Việt Nam về CLN mặt. Tiếp theo, CLN sông được đánh giá qua Chỉ số chất lượng nước (WQI). Phương pháp phân tích thành phần chính (PCA) được áp dụng cho dữ liệu CLN sông giai đoạn 2017–2020 để xác định trọng số ( $w_i$ ) của thông số CLN  $i$  trong tính toán WQI. Chỉ số chất lượng nước được tính từ cả trọng số và chỉ số phụ ( $q_i$ ). Các thông số được lựa chọn để tính WQI gồm ( $n = 11$ ): 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). Các thông số đó được quan trắc ở 8–10 vị trí trong 4–5 đợt (tháng 2, 5, 8 và 11). Kết quả cho thấy, 95% các giá trị WQI nằm trong khoảng 90–100, ứng với CLN loại ‘tốt’ và ‘rất tốt’; chỉ 5% các giá trị WQI nằm trong khoảng 49–77 (chủ yếu vào tháng 11/2020), ứng với CLN loại ‘xấu’ đến ‘tốt’. Vào mùa mưa lũ, nồng độ TSS và Fe tăng lên, nồng độ DO giảm, dẫn đến làm giảm WQI. Chất lượng nước sông không khác nhau có ý nghĩa thống kê theo không gian/vị trí quan trắc ( $p > 0,05$ ) với WQI trung vị 97–100 nhưng khác nhau theo thời gian: năm 2017 và 2019 có WQI trung vị (99) lớn hơn năm 2018 và 2020 (WQI trung vị 97) với  $p < 0,01$ .

**Từ khóa:** WQI, PCA, sông Hương

## Establishment of Water Quality Index based on statistical analysis: Application to Huong River, Thua Thien Hue province

Nguyen Viet Hung<sup>1</sup>, Nguyen Thi Quyen<sup>1</sup>, Nguyen Hai Phong<sup>1</sup>, Nguyen Van Hop<sup>1\*</sup>,  
Nguyen Huu Trung<sup>2</sup>, Le Quang Anh<sup>3</sup>, Dang Phuoc Binh<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Chemistry, University of Sciences, Hue University, 77 Nguyen Hue St., Hue, Vietnam

<sup>2</sup> Technical Center for Standards, Metrology and Quality 2 (QUATEST 2), 2 Ngo Quyen St., Da Nang, Vietnam

<sup>3</sup> Thua Thien Hue Natural Resources and Environment Monitoring Center, 173 Pham Van Dong St., Hue, Vietnam

\* Correspondence to Nguyen Van Hop <ngvanhopkh@gmail.com>  
(Received: 25 May 2021; Accepted: 15 June 2021)

**Abstract.** Huong River's water quality was preliminarily assessed by comparing the parameters monitored with the Vietnam Technical Regulation on Surface Water Quality. The river water quality was then assessed based on Water Quality Index (WQI). Principal Component Analysis (PCA) was applied to the river water quality data during 2017–2020 to determine the weighting ( $w_i$ ) of the  $i$ th water quality parameter for WQI calculation. The WQI was calculated both from  $w_i$  and subindex ( $q_i$ ). The parameters selected ( $n = 11$ ) for WQI calculation consisted of 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). The parameters were monitored at 8–10 sites in 4–5 sessions (February, May, August, and November). The results show that 95% of WQI at 90–100 corresponds to water quality level 'good' and 'excellent'; only 5% of WQI values at 49–77 (mainly in November 2020) corresponds to the level from 'bad' to 'good'. In the flood-rainy season, the increase in concentrations of TSS and Fe and the decrease in DO concentration lead to a reduction in WQI. The river water quality was not significantly differed by space/monitoring sites ( $p > 0,05$ ) with median WQIs of 97–100 but varied over time: the years 2017 and 2019 had median WQIs (99), higher than that in the years 2018 and 2020 (97) with  $p < 0,01$ .

**Keywords:** WQI, PCA, Huong river

## 1 Mở đầu

Hệ thống sông Hương bắt nguồn từ các dãy núi phía Đông huyện A Lưới thuộc dãy Trường Sơn Bắc, có diện tích lưu vực 2.713 km<sup>2</sup>, chiếm hơn 60% diện tích tự nhiên của tỉnh Thừa Thiên Huế. Hệ thống sông Hương là hệ thống sông lớn nhất ở tỉnh Thừa Thiên Huế, gồm 3 nhánh chính là nhánh sông Tả Trạch, nhánh sông Hữu Trạch và sông Bồ. Nhánh Tả Trạch chảy từ núi Vang và nhánh Hữu Trạch bắt đầu từ núi Ruy, gặp nhau ở ngã ba Tuần (cách thành phố Huế 15 km về phía Tây) tạo thành dòng chính sông Hương, rồi hợp lưu với sông Bồ ở ngã ba Sinh (cách thành phố Huế 8 km về phía Bắc) và đổ vào phá Tam Giang trước khi chảy ra biển Đông ở cửa biển Thuận An. Chiều dài dòng chính sông Hương từ ngã ba Tuần đến đập Thảo Long là 33 km. Do địa hình hẹp, dốc, nên vào mùa mưa lũ (tháng 9–12, lượng mưa chiếm 60% lượng mưa cả năm và phân bố không đều), sự tập trung nước và truyền lũ nhanh gây ngập lụt vùng hạ lưu. Vào mùa khô (tháng 1–8, lượng mưa thấp, chiếm 40%), thủy triều từ biển gây xâm nhập mặn vào sâu trong sông. Tình trạng ngập lụt và xâm nhập mặn đã giảm đáng kể từ khi các công trình chỉnh trị lòng dẫn đi vào hoạt động: Hồ chứa nước Tả Trạch trên nhánh Tả Trạch (dung tích 646 triệu m<sup>3</sup>, đi vào hoạt

động từ 2013); Hồ chứa của nhà máy thủy điện Bình Điền trên nhánh Hữu Trạch (dung tích 423,7 triệu m<sup>3</sup> với công suất phát điện 44 MW, đi vào hoạt động năm 2009); Hồ chứa của nhà máy thủy điện Hương Điền trên sông Bồ (dung tích 820,7 triệu m<sup>3</sup> với công suất 81 MW, đi vào hoạt động năm 2010); Đập Thảo Long ở hạ lưu ngã ba Sinh (đi vào hoạt động năm 2006), có tác dụng ngăn xâm nhập mặn và cho tàu thuyền qua lại khi triều xuống [1].

Hệ thống sông Hương là nguồn cấp nước cho nhiều hoạt động của thành phố Huế nói riêng và tỉnh Thừa Thiên Huế nói chung như sinh hoạt, nông nghiệp, công nghiệp, nuôi trồng thủy sản, giao thông thủy... Tuy nhiên, sông Hương cũng là nơi tiếp nhận các nguồn nước thải từ các hoạt động trong lưu vực: nước thải sinh hoạt, công nghiệp, nuôi trồng thủy sản... [1]. Công trình thu gom và xử lý nước thải phía Nam sông Hương đi vào hoạt động năm 2018–2019 (thuộc giai đoạn 1 của "Dự án cải thiện môi trường nước thành phố Huế" do Cơ quan Hợp tác Quốc tế Nhật Bản/JICA tài trợ) đã góp phần làm giảm những lo lắng về ô nhiễm nước sông Hương. Để hỗ trợ công tác quản lý nguồn nước, Viện Tài nguyên – Môi trường, Đại học Huế đã thực hiện nhiệm vụ "Quan trắc và phân tích chất lượng

môi trường nước sông Hương” giai đoạn 2011–2016 (quan trắc 17 thông số chất lượng nước, 2 thông số thủy văn ở 12 vị trí với tần suất 1 đợt/tháng). Mặt khác, Trung tâm Quan trắc Tài nguyên và Môi trường (TNMT), thuộc Sở TNMT Thừa Thiên Huế cũng tiến hành quan trắc chất lượng nước (CLN) sông Hương từ năm 2010 đến nay (quan trắc 12–14 thông số ở 8–11 vị trí với tần suất 1–2 đợt/quý). Các hoạt động đó chủ yếu đánh giá CLN 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) [2]. Riêng Viện TNMT, Đại học Huế có đánh giá CLN sông Hương dựa vào Chỉ số Chất lượng nước (WQI/Water Quality Index) theo hướng dẫn tại Quyết định 879/TCMT năm 2011 [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 WQI. Hiện nay có trên 30 mô hình WQI đã và đang được áp dụng để đánh giá CLN sông [3-5]. Ở Việt Nam, Tổng cục Môi trường đã ban hành mô hình WQI<sub>VN</sub> từ năm 2011 và được điều chỉnh lại năm 2019 để áp dụng trong cả nước [5]. Tuy nhiên, do chưa tập huấn sử dụng và chưa kiểm chứng khi áp dụng vào thực tế, nên việc áp dụng còn hạn chế.

Một cách tổng quát, WQI là hàm của chỉ số phụ  $q_i$  và trọng số  $w_i$  của các thông số chất lượng nước  $i$  [3], [4]:  $WQI = f(q_i, w_i)$ . Trong đó,  $i = 1 \div n$  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 thường  $q_i = 1 \div 100$ ) 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 càng quan trọng trong WQI và ngược lại).

Hai phương pháp tính WQI đang được áp dụng phổ biến [3-5]: 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/United States – National Sanitary Foundation) 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; các  $w_i$  được xác định dựa trên kết quả điều tra các chuyên gia theo phương pháp Delphi (tức là lấy ý kiến chủ quan của cá nhân) [7]. WQI<sub>VN</sub> (năm 2011 và 2019) được tính theo phương pháp (2) từ  $\geq 9$  thông số CLN [6]. Để phản ánh đặc điểm thực tế CLN 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) để nhận biết các nhóm thông số CLN có tương quan với nhau và gán  $w_i$  cho các nhóm đó theo ý kiến chuyên gia và có tính đến mức độ ảnh hưởng của các thông số CLN đến sức khỏe và hệ sinh thái [3, 4, 8, 9]... Ở Việt Nam, những nghiên cứu áp dụng phương pháp PCA để xác định trọng số  $w_i$  khi tính WQI hầu như chưa được quan tâm. Như vậy, cần thiết phải phát triển phương pháp xác định  $w_i$  sao cho khách quan và phản ánh thực tế CLN sông khảo sát.

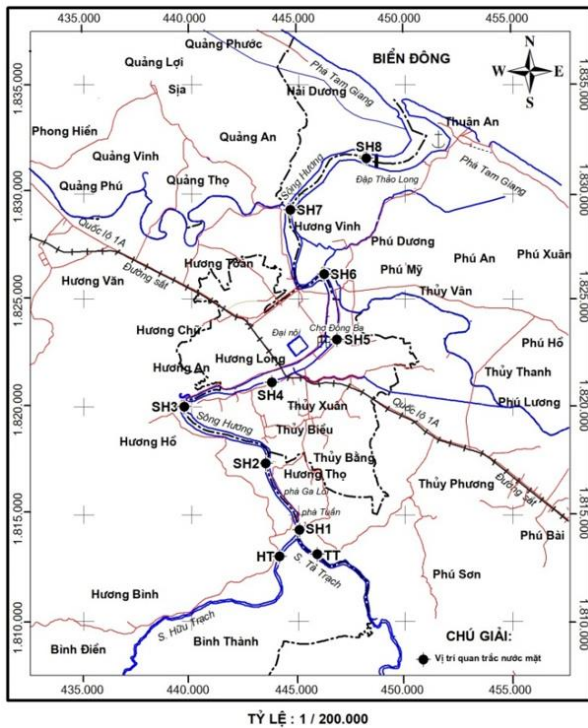
Bài báo này đề cập đến các kết quả nghiên cứu áp dụng phương pháp PCA để xác định trọng số  $w_i$  và tính toán WQI theo phương pháp (1), áp dụng cho dòng chính sông Hương (chiều dài 33 km).

## 2 Phương pháp

### 2.1 Dữ liệu chất lượng nước sông Hương giai đoạn 2017–2020

Dữ liệu CLN sông Hương trong giai đoạn 2017–2020 (4 năm) được cung cấp bởi Trung tâm Quan trắc TNMT, Sở TNMT Thừa Thiên Huế (dữ liệu chi tiết không đưa ra ở đây). Tập dữ liệu gồm 13 thông số CLN cơ bản: 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><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, tổng coliform (TC) và tổng sắt tan (Fe). Một số kim loại nặng khác (Hg, Cd, Pb, Cr, Cu...) cũng được quan trắc, nhưng do hầu hết đều rất nhỏ, thậm chí nhỏ hơn giới hạn phát hiện của phương pháp phân tích, nên chúng không được đưa vào tính toán WQI trong nghiên cứu này. Các thông số trên được quan trắc ở 10 vị trí trong 4–5 đợt: tháng 2, 5, 8 (thuộc mùa khô) và tháng 11 (thuộc mùa mưa). Năm 2017, quan trắc trong 4 đợt, giai đoạn 2018–2020, quan trắc 5 đợt/năm. Các vị trí quan trắc được nêu ở Hình 1. Tại mỗi vị trí, mẫu thu được là mẫu tổ hợp từ ba điểm theo mặt cắt ngang và tại mỗi điểm, lấy mẫu ở độ sâu 50 cm.



**Hình 1.** Các vị trí lấy mẫu trên sông Hương

**TT, HT:** Thượng lưu ngã ba Tuần 1 km ở nhánh Tả Trạch, Hữu Trạch; **SH1:** Hạ lưu ngã ba Tuần 200 m;

**SH2:** Thượng lưu nhà máy nước Vạn Niên 100 m;

**SH3:** Cầu Xước Dũ; **SH4:** Thượng lưu nhà máy nước Giả Viên 100 m; **SH5:** Hạ lưu chợ Đông Ba 200 m; **SH6:** Hạ lưu Công ty Cổ phần Phát triển Thủy sản Huế 200 m; **SH7:** Hạ lưu ngã ba Sinh 200 m; **SH8:** Thượng lưu

đập Thào Long 100 m.

Do thông số TUR và nhiệt độ không được quy định trong QCVN08, nên không được đưa vào tính WQI (trong giai đoạn 2017–2020, nhiệt độ nước sông chỉ dao động trong khoảng hẹp:  $29,3 \pm 2,7$  °C,  $n = 180$ ). Như vậy, đối với sông Hương, “dữ liệu đầu vào” hay dữ liệu gốc cho phương pháp PCA (để xác định trọng số  $w_i$ ) chỉ gồm 11 thông số: pH, EC, TSS, DO, 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 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),  $i = 1 \div 11$ ;  $j$  là các vị trí quan trắc,  $j = 1 \div 180$ , gồm: (năm 2017: 10 vị trí  $\times$  4 đợt = 40) + (năm 2018, 2019: 10 vị trí  $\times$  5 đợt  $\times$  2 năm = 100) + (năm 2020: 8 vị trí  $\times$  5 đợt = 40).

## 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/principal component) – là tổ hợp tuyến tính của các biến gốc ( $x_{ij}$ ), mà các thành phần chính (PC) vẫn giải thích được đa số biến động (hay phương sai) của tập dữ liệu gốc [3, 8, 9]. 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). Phần mềm R cho phép 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. Trên thế giới, đa số các nghiên cứu phát triển WQI đã dùng phương pháp Delphi để xác định trọng số; một số nghiên cứu áp dụng phương pháp phân

tích đa biến để nhận ra các nhóm thông số CLN tương quan với nhau và gán trọng số khác nhau cho mỗi nhóm dựa vào ý kiến chuyên gia [3, 4]. Tuy nhiên, cho đến nay, việc áp dụng phương pháp PCA để xác định  $w_i$  một cách khách quan và phản ánh thực tế CLN sông chưa được nghiên cứu.

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

Có nhiều cách xác định chỉ số phụ  $q_i$  khác nhau như: sử dụng đồ thị (được xây dựng theo phương pháp Delphi) [7], sử dụng các phương trình (được xây dựng từ các dữ liệu chất lượng nước và các hướng dẫn/tiêu chuẩn CLN) [4, 11]. Trong nghiên cứu này, xác định chỉ số phụ  $q_i$  của biến  $i$  từ các phương trình (được thiết lập dựa vào QCVN08):  $q_i = 1$  khi biến  $i$  có chất lượng kém nhất hay tồi nhất (không đạt mức B2);  $q_i = 100$  khi biến  $i$  có chất lượng tốt nhất (đạt mức A1). Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc giữa  $q_i$  vào nồng độ/hàm lượng của biến  $i$  có dạng tuyến tính – là một đường thẳng đi qua hai điểm: một điểm ứng với giá trị tung độ ( $q_i$ ) = 1 và hoành độ (giá trị biến  $i$ )  $\geq$  mức B2 của QCVN08 (tức biến có chất lượng rất kém); một điểm ứng với tung độ  $q_i = 100$  và hoành độ (giá trị biến  $i$ )  $\leq$  mức A1 của QCVN08 (tức là biến có chất lượng rất tốt).

Do QCVN 08 không quy định biến (thông số) EC, nên hàm chỉ số phụ 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 (tổng cặn tan) < 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, QCVN08 quy định mức A1 (nước đạt yêu cầu để cấp cho sinh hoạt) phải có nồng độ DO  $\geq$  6 mg/L. Tuy nhiên, trong thực tế nhiều khi nồng độ DO vượt quá bão hòa, chẳng hạn 10–12 mg/L, trong khi nồng độ DO bão hòa trong nước (ở 20  $^{\circ}$ C, áp suất 760 mmHg, TDS = 0 mg/L) là 9,1 mg/L. Điều đó chứng tỏ rằng, thực vật nước (chủ yếu là

tảo), khi 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,  $q = 100$  khi nồng độ DO nằm trong khoảng 6–9 mg/L (đạt mức A1 của QCVN08); ngoài khoảng này, giá trị  $q$  sẽ giảm xuống và như vậy, đồ thị  $q$  đối với DO có hai nhánh: Nhánh trái – khi DO  $\leq$  2 mg/L (không đạt mức B2),  $q = 1$ ; Nhánh phải – khi DO  $\geq$  12 mg/L;  $q = 1$ . Giá trị pH được quy định trong QCVN08 là 6–8,5 (mức A1) và như vậy, ở những pH thấp hơn 6 và lớn hơn 8,5, giá trị  $q$  giảm xuống. Đồ thị  $q$  là hàm của pH cũng có 2 nhánh: khi pH  $\leq$  5,5 hoặc  $\geq$  9 (không đạt mức B1 và B2),  $q = 1$ ; khi pH = 6÷8,5 giá trị  $q = 100$ .

### 2.4 Phương pháp tính WQI và đánh giá chất lượng nước theo WQI

Đa số các công thức tính WQI có dạng tổng hoặc tích hoặc trung bình hình học [3, 4]. Theo mô hình WQI của Quỹ vệ sinh Hoa Kỳ (US-NSF) – một trong những mô hình nổi tiếng và được nhiều quốc gia áp dụng, WQI được tính theo công thức dạng tổng hoặc dạng tích. Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu cho rằng, công thức dạng tích nhạy hơn so với công thức dạng tổng [3-5], nên nghiên cứu này dùng công thức dạng tích để tính WQI:

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

Chất lượng nước sông được đánh giá theo thang điểm WQI. Nghiên cứu này sử dụng thang điểm WQI tương tự như hướng dẫn của Tổng cục Môi trường Việt Nam về WQI<sub>VN</sub>. Theo đó, CLN được chia thành năm loại (hay năm mức) theo WQI như sau: 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 [6].

### 2.5 Phương pháp phân tích thống kê

Sử dụng công cụ Real Statistics của phần mềm Microsoft-Excel (miễn phí) để tính các đại

lượng thống kê mô tả, thực hiện phân tích phương sai (ANOVA) để đánh giá biến động CLN sông theo không gian và thời gian.

### 3 Kết quả và thảo luận

#### 3.1 Đánh giá sơ lược chất lượng nước sông Hương dựa vào các thông số riêng biệt

Tổng hợp các thông số CLN sông Hương giai đoạn 2017–2020 cho thấy (Bảng 1):

– Các thông số đạt mức A1 của QCVN08 gồm (so sánh khoảng tin cậy 95% hoặc trung vị  $\pm$  MAD với mức A1): pH, TSS, BOD (viết tắt của BOD<sub>5</sub>), TC, NO<sub>3</sub> (viết tắt của N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), NH<sub>4</sub> (viết tắt của N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) và PO<sub>4</sub> (viết tắt của P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>); các thông số đạt mức A2 gồm: DO, COD và Fe. Tuy vậy, trong nhiều trường hợp, thông số DO và TC (vào mùa khô) chỉ đạt mức B1 hoặc B2; vào mùa mưa lũ (tháng 11), trong nhiều trường hợp, thông số TSS chỉ đạt mức

B2; thông số Fe chỉ đạt mức B2 và thậm chí có trường hợp không đạt mức B2.

– Về mức biến động (thể hiện qua CV, %): các thông số biến động mạnh (có S xấp xỉ trung bình số học hoặc lớn hơn) gồm: TC (CV = 236%) > TSS (156%) > NH<sub>4</sub> (104%) > NO<sub>3</sub> (97%) > EC (94%) = Fe (94%) > PO<sub>4</sub> (93%); thông số biến động trung bình (có S xấp xỉ 50% của trung bình số học) là BOD (43%); các thông số ít biến động (có S xấp xỉ 25% của trung bình số học) gồm: COD (17%) > DO (14%) > nhiệt độ (9%) > pH (5%). Tuy thông số EC biến động mạnh, nhưng trong giai đoạn 2017–2020, sự nhiễm mặn vào sông Hương là không đáng kể với TDS khoảng 23–833 mg/L (chấp nhận TDS = 0,65 × EC như nêu ở Mục 2.3). Nồng độ TDS đó thỏa mãn yêu cầu của QCVN 01:2009/BYT về CLN dùng để ăn uống (quy định TDS < 1.000 mg/L). Điều này chứng tỏ rằng, các hoạt động của hồ Tả Trạch, hồ Bình Điền và đập ngăn mặn Tháo Long đã hạn chế được sự xâm nhập mặn vào sông.

**Bảng 1.** Tổng hợp các thông số chất lượng nước sông Hương (2017–2020)<sup>(\*)</sup>

Đại lượng thống kê	pH	TSS mg/L	EC $\mu$ S/cm	DO mg/L	BOD mg/L	TC MPN/100 mL	COD mg/L	NO <sub>3</sub> mg/L	NH <sub>4</sub> mg/L	PO <sub>4</sub> mg/L	Fe mg/L
Min	5,8	2	36	3,2	1	3	9	0,008	0,013	0,016	0,09
Max	7,6	77	1282	7,4	5	15000	22	0,877	0,430	0,191	2,23
N (số số liệu)	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Trung bình số học	6,7	8	113	5,5	1,6	571	9	0,128	0,068	0,021	0,42
Trung vị (median)	6,7	5	99	5,4	1,5	240	9	0,099	0,050	0,016	0,30
Độ lệch chuẩn (S)	0,3	13	106	0,8	0,7	1348	2	0,124	0,071	0,020	0,39
Độ lệch tuyệt đối trung vị (MAD)	0,2	2	19	0,5	0,5	217	0	0,066	0,032	0	0,15
Hệ số biến động (CV, %)	5	156	94	14	43	236	17	97	104	93	94
Biên giới tin cậy 95% (ε)	0,1	2	16	0,1	0,1	198	0,2	0,018	0,010	0,003	0,06
QCVN08: A1	6–8,5	20	–	>6	4	2500	10	2	0,3	0,1	0,5
A2	6–8,5	30	–	>5	6	5000	15	5	0,3	0,2	1
B1	5,5–9	50	–	>4	15	7500	30	10	0,9	0,3	1,5
B2	5,5–9	100	–	>2	25	10000	50	15	0,9	0,5	2

<sup>(\*)</sup> Trung vị và MAD (median absolute deviation) được dùng khi tập số liệu không tuân theo phân bố chuẩn, nên độ lệch chuẩn (S) > trung bình số học như đối với các thông số TSS, TC, NH<sub>4</sub>.

So sánh với kết quả đánh giá CLN sông Hương giai đoạn 2012–2016 do Viện TNMT, Đại học Huế công bố [1], các thông số CLN (trung bình số học) tương đương với giai đoạn 2017–2020 gồm: pH (6,2–7,2), EC (47–107  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), COD (9–11 mg/L); Các thông số (trung bình số học) cao hơn so với giai đoạn 2017–2020 gồm: TSS (32–60 mg/L), DO (5,5–6,2 mg/L), BOD (3,2–4,3 mg/L),  $\text{NH}_4$  (0,15–0,17 mg/L),  $\text{NO}_3$  (0,31–0,33 mg/L),  $\text{PO}_4$  (0,033–0,10 mg/L) và TC (2.000–45.000 MPN/100 mL); Riêng thông số Fe (trung bình số học 0,36–0,47 mg/L) thấp hơn so với giai đoạn 2017–2020 (trung bình năm khoảng 0,32–0,66 mg/L). Có thể thấy rằng, trong giai đoạn 2017–2020, mức ô nhiễm các chất hữu cơ (thể hiện qua BOD), các chất dinh dưỡng ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ ) và vi khuẩn (TC) giảm so với giai đoạn 2012–2016, nhưng mức ô nhiễm Fe lại tăng lên. Có thể sự tăng nồng độ Fe trong nước sông là nguyên nhân làm giảm nồng độ DO trong nước: nồng độ DO giai đoạn 2017–2020 ( $5,5 \pm 0,8$  mg/L;  $N = 180$ ) thấp hơn so với giai đoạn 2012–2016. Hoạt động thu gom và xử lý nước thải sinh hoạt ở bờ Nam sông Hương (từ khi “Dự án cải thiện môi trường nước thành phố Huế” đi vào hoạt động năm 2018) là nguyên nhân chính góp phần làm giảm mức ô nhiễm hữu cơ, các chất dinh dưỡng và vi khuẩn trong nước sông Hương.

Mặt khác, kết quả quan trắc của Viện TNMT, Đại học Huế còn cho thấy, trong giai đoạn 2012–2016, tốc độ dòng chảy ( $v$ ) của sông Hương tương đối ổn định: trung bình 0,2–0,6 m/s và có xu thế tăng lên từ 2012 đến 2016; năm 2016 do xả các hồ chứa đầu nguồn, nên vào mùa mưa  $v$  cao nhất (tại vị trí SH8) là  $0,76 \pm 0,16$  m/s; lưu lượng sông ( $Q$ ) trung bình trong giai đoạn 2012–2016 là  $322\text{--}534$  m<sup>3</sup>/s và tăng dần từ 2012 đến 2016: năm 2016 cao nhất (tại vị trí SH3) là  $1182 \pm 431$  m<sup>3</sup>/s, thấp nhất (tại vị trí HT) là  $84 \pm 39$  m<sup>3</sup>/s [1]. Như vậy, việc điều tiết hoạt động của hồ chứa Tả Trạch và Bình Điền trong nhiều năm qua đã làm tăng vận tốc và lưu lượng dòng chảy sông. Điều này đã góp phần làm

tăng khả năng tự làm sạch của sông và do vậy, đã làm giảm mức ô nhiễm sông.

### 3.2 Trọng số của các thông số chất lượng nước

Để xác định trọng số của các thông số CLN lựa chọn (hay các biến)  $i$ , ở đây áp dụng phương pháp PCA. Các tính toán PCA cho kết quả sau:

(i) **Các thành phần chính:** Áp dụng PCA cho tập dữ liệu gốc  $z_{ij}$  ( $i = 1\div 11$ ,  $j = 1\div 180$ ), thu được các giá trị riêng (eigen value) và phần trăm phương sai (variance percent) của mỗi thành phần chính ( $\text{PC}_i$ ) – tương ứng là lượng và phần trăm phương sai (hay biến động) của tập dữ liệu gốc được giải thích bởi mỗi  $\text{PC}_i$ . Kết quả cho thấy:

– Chi năm thành phần chính đầu tiên ( $\text{PC}_1\text{--}\text{PC}_5$ ) đã giải thích được đa số biến động (68,3%) của tập dữ liệu gốc, do chúng có giá trị riêng  $\geq 1$  và phần trăm phương sai tương ứng như sau:  $\text{PC}_1 = 1,93$  (17,5%);  $\text{PC}_2 = 1,77$  (16,1%);  $\text{PC}_3 = 1,41$  (12,8%);  $\text{PC}_4 = 1,33$  (12,2%) và  $\text{PC}_5 = 1,1$  (9,7%);

– Các  $\text{PC}_i$  còn lại ( $\text{PC}_6\text{--}\text{PC}_{11}$ ) đều có giá trị riêng  $< 1$  và chỉ giải thích được 31,7% phương sai của tập dữ liệu gốc, nên được coi là biến động (hay nhiễu) nên [8, 9]. Như vậy, chỉ cần dựa vào 5 PC đầu tiên ( $\text{PC}_1\text{--}\text{PC}_5$ ) để tính trọng số của các biến.

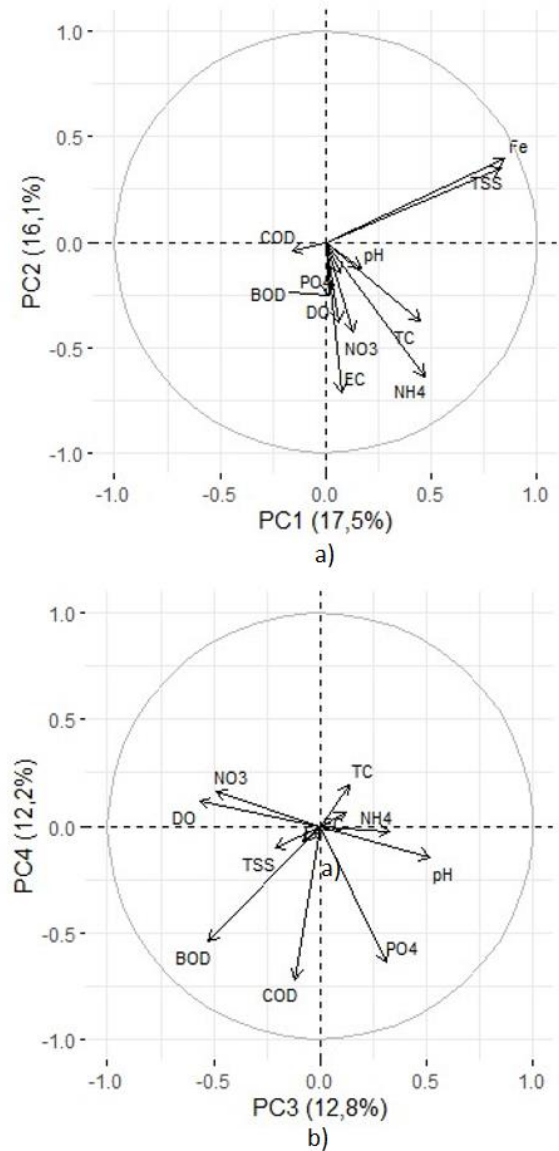
(ii) **Đóng góp (tải lượng) mỗi biến trong các PC:** Đồ thị tải lượng (loading plot) các biến trong không gian các PC (mỗi biến được thể hiện bằng một mũi tên) cung cấp nhiều thông tin: tương quan giữa các biến (chẳng hạn, ở Hình 2a, Fe và TSS có tương quan thuận, TSS và COD có tương quan nghịch); đóng góp của các biến – biến có mũi tên càng dài theo hướng PC nào, thì nó càng đóng góp nhiều vào PC đó và ngược lại... Hình 2a cho thấy: các biến TSS và Fe đóng góp nhiều vào  $\text{PC}_1$  và ở mức độ thấp hơn là TC và  $\text{NH}_4$ ; các biến EC và  $\text{NH}_4$  đóng góp nhiều vào  $\text{PC}_2$  và ở mức độ thấp hơn là TC,  $\text{NO}_3$ ; Hình 2b cho thấy: đóng góp nhiều vào  $\text{PC}_3$  là BOD, DO,  $\text{NO}_3$  và pH; đóng góp nhiều vào  $\text{PC}_4$  là COD, BOD và  $\text{PO}_4$ . Biểu diễn trong

không gian của PC5 không đưa ra ở đây, nhưng đóng góp nhiều vào PC5 là pH, TC và NO3.

**(iii) Trọng số của các biến (thông số CLN):**

Lượng biến động (hay phương sai) của mỗi biến được giải thích bởi mỗi PC (chính là hệ số xác định  $R^2$  hay  $\cos^2$ ) được nêu ở Bảng 2. Do các biến gốc (phản ánh CLN sông) chủ yếu được giải thích bởi 5 PC (PC1–PC5), nên biến được giải thích (hay đóng góp) càng nhiều trong 5 PC, sẽ càng quan trọng trong phản ánh CLN sông. Tổng lượng biến động (hay tổng đóng góp) của mỗi biến trong 5 PC ở Bảng 2 cho thấy: đóng góp ít nhất là biến PO4 (tổng đóng góp = 0,5492). Giá trị này được gán là  $x$  – trọng số trung gian của biến PO4. Từ đó, xác định được trọng số trung gian của mỗi biến, tức là tỉ số giữa phần đóng góp của mỗi biến và biến PO4. Vì tổng trọng số trung gian của tất cả các biến là 1, tức là  $13,6549 \times x = 1$ , nên suy ra trọng số của biến PO4 ( $x$ ) = 0,0732 (làm tròn thành 0,07). Nếu biết  $x$  thì sẽ tính được trọng số  $w$  của mỗi biến với tổng trọng số của tất cả các biến (ở đây là 11 biến) là 1.

So sánh trọng số của các biến cho thấy (Bảng 3), do phương pháp khác nhau, nên các trọng số cũng khác nhau: trong WQI (của nghiên cứu này),  $w_i$  được xác định một cách khách quan, dựa vào kết quả PCA; trong khi đó, NSF-WQI (của Quỹ Vệ sinh Hoa Kỳ) [7] và NSF-WQI<sub>CT</sub> (do Quỳnh cải tiến NSF-WQI để áp dụng cho các sông ở tỉnh Thái Nguyên [11]),  $w_i$  được xác định dựa vào ý kiến chuyên gia (hay chủ quan).



**Hình 2.** Tải lượng của các biến trong không gian các thành phần chính: (a) PC1 và PC2; (b) PC3 và PC4

**Bảng 2.** Đóng góp của mỗi biến trong các PC và trọng số ( $w$ ) của 11 biến (\*)

Thông số	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	Tổng đóng góp	Trọng số trung gian	Trọng số ( $w$ )
pH	0,02747	0,01466	0,26586	0,02147	0,31714	0,64660	$1,1773 \times x$	0,09
TSS	0,69318	0,12630	0,04527	0,01052	0,00439	0,87967	$1,6017 \times x$	0,12
EC	0,00574	0,51241	0,01434	0,00423	0,04937	0,58610	$1,0672 \times x$	0,08
DO	0,00389	0,14515	0,32132	0,01304	0,07116	0,55456	$1,0097 \times x$	0,07
BOD	0,00018	0,06482	0,27461	0,29101	0,0457	0,67633	$1,2314 \times x$	0,09
TC	0,20272	0,13858	0,01903	0,03813	0,28269	0,68116	$1,2402 \times x$	0,09
COD	0,02469	0,00191	0,01331	0,51691	0,06594	0,62277	$1,1339 \times x$	0,08
NO3	0,0179	0,18249	0,23811	0,02625	0,1888	0,65365	$1,1902 \times x$	0,09



Thông số	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	Tổng đóng góp	Trọng số trung gian	Trọng số ( $w$ )
NH4	0,22382	0,40323	0,10889	0,00055	0,01899	0,75548	$1,3756 \times x$	0,10
PO4	0,00509	0,02207	0,09806	0,41157	0,01242	0,54921	1	0,07
Fe	0,72189	0,15508	0,00648	0,00514	0,00539	0,89397	$1,6277 \times x$	0,12
							<b>Tổng =</b> $13,6549 \times x$	<b>Tổng = 1</b>

<sup>(c)</sup> Ngoại trừ các giá trị  $w_i$ , số con số sau dấu phẩy của các số thập phân chỉ để phục vụ tính toán.

**Bảng 3.** So sánh trọng số trong mô hình WQI (nghiên cứu này), NSF-WQI và NSF-WQICT

	pH	TSS	EC	DO	BOD	TC	COD	NO3	NH4	PO4	Fe	$\Delta T_c$	TUR	Đầu mỡ
WQI	0,09	0,12	0,08	0,07	0,09	0,09	0,08	0,09	0,10	0,07	0,12	–	–	–
NSF-WQI	0,12	0,08 <sup>a</sup>	–	0,17	0,10	0,15 <sup>b</sup>	–	0,10	–	0,10	–	0,10	0,08	–
NSF-WQICT	0,12	0,09	–	0,15	0,17	0,09	0,14	0,08	–	0,08	–	–	–	0,08

<sup>a</sup> Trong mô hình NSF-WQI, không tách riêng biến TSS và EC, mà gộp thành biến TS (total solids) = TSS + TDS (biến TS có  $w = 0,08$ ); <sup>b</sup> NSF-WQI không quy định biến TC, mà thay bằng coliform phân (fecal coliform) với  $w = 0,15$ ; <sup>c</sup> NSF-WQI quy định  $\Delta T$  (biến thiên nhiệt độ) = chênh lệch nhiệt độ giữa 2 vị trí quan trắc gần nhau; dấu (–) là không quy định

### 3.3 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  $x$  thì sẽ xác định được  $q$  của biến (kết quả chi tiết về chỉ số phụ của các biến không đưa ra ở đây). Cách xác định  $q_i$  ở đây khác với mô hình NSF-WQI (xác định  $q_i$  dựa vào đồ thị, được xây dựng theo phương pháp Delphi) [7] và mô hình NSF-WQI cải tiến (xác định  $q_i$  theo phương trình bậc 1 hoặc 2 hoặc 3) [12].

### 3.4 Biến động chất lượng nước sông Hương theo WQI

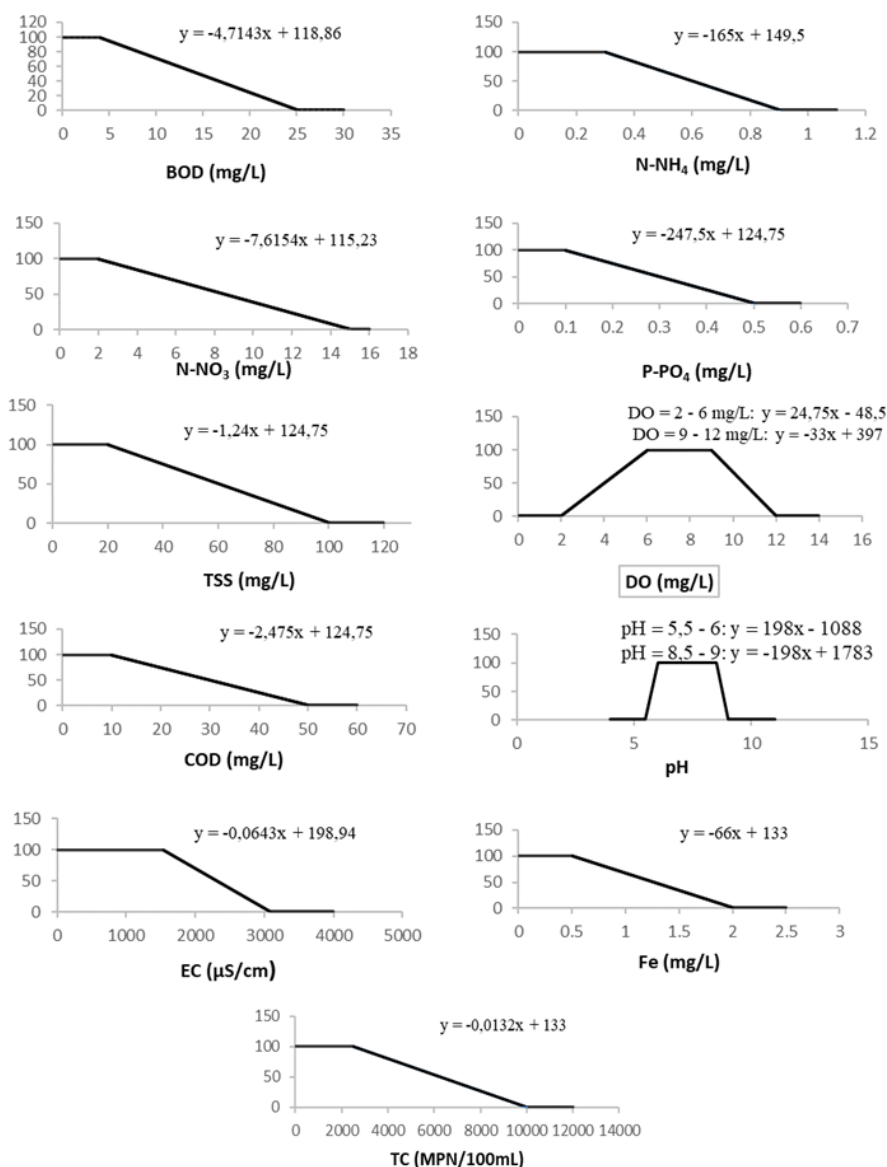
Áp dụng công thức (1) với chỉ số phụ  $q_i$  và trọng số  $w_i$  xác định được ở trên, tính được WQI ở các vị trí và thời gian quan trắc trong giai đoạn 2017–2020 ở Bảng 4. Kết quả ở Bảng 4 cho thấy:

– Hầu hết các trường hợp (171 giá trị WQI = 90–100, chiếm 95%) ứng với CLN loại ‘tốt’

(mức II) và ‘rất tốt’ (mức I); chỉ 5% trường hợp CLN sông thấp hơn (có WQI < 90);

– Tháng 8/2019 tại vị trí SH5, do TC khá cao (15.000 MPN/100 mL, không đạt mức B2), nên CLN sông chỉ đạt loại ‘trung bình’ (mức III với WQI = 66);

– Tháng 11/2020 – tháng mưa lũ và xả các hồ chứa ở đầu nguồn – CLN sông giảm mạnh ở tất cả các vị trí do: nồng độ TSS cao (52–77 mg/L, chỉ đạt mức B2 của QCVN08), Fe cao (1,6–2,2 mg/L, chỉ đạt B2 và thậm chí vượt mức B2), DO thấp (5,0–5,6 mg/L); CLN ở các vị trí TT, SH1, SH3, SH5, SH7 chỉ đạt loại ‘trung bình’ (với WQI = 56÷70); CLN ở vị trí HT và SH6 (vị trí SH6 còn bị tác động của nước thải từ hoạt động chế biến thủy sản) chỉ đạt loại ‘xấu’ (mức IV) với WQI = 49÷50; riêng ở vị trí SH8 (WQI = 77) có CLN đạt loại ‘tốt’ (mức II), có thể là do ở hạ nguồn, chất rắn lơ lửng đã giảm kể, nên nồng độ TSS tăng lên, làm tăng WQI.



**Hình 3.** Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc giữa chỉ số phụ  $q$  ( $y$  – trục tung) và nồng độ/hàm lượng ( $x$  – trục hoành) của 11 thông số chất lượng nước: trục hoành N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub> là nồng độ tính theo N; P-PO<sub>4</sub> là nồng độ tính theo P

**Bảng 4.** Chất lượng nước sông Hương theo WQI giai đoạn 2017–2020<sup>(\*)</sup>

Tháng/năm	TT	HT	SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6	SH7	SH8
2/2017	98	100	100	100	99	100	100	98	98	100
5/2017	96	94	93	98	99	100	100	97	98	98
8/2017	98	97	99	99	99	99	98	98	99	97
11/2017	100	100	100	100	99	100	100	100	100	100
2/2018	97	99	99	99	99	100	99	98	98	98
5/2018	96	98	97	99	98	99	98	97	94	100
8-1/2018	90	96	90	96	96	96	98	96	96	98
8-2/2018	97	97	98	99	99	98	99	97	97	97
11/2018	100	97	99	100	100	100	97	94	97	100

Tháng/năm	TT	HT	SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6	SH7	SH8
2/2019	99	100	99	99	100	100	100	100	99	100
5-1/2019	94	100	98	100	100	100	100	98	100	99
5-2/2019	97	94	97	94	97	97	97	97	99	96
8/2019	100	99	99	97	99	99	66	98	96	100
11/2019	98	98	98	99	99	100	99	100	98	98
2/2020	98	97	98		97		98	98	97	98
5-1/2020	97	99	100		100		100	100	100	97
5-2/2020	95	98	97		97		99	99	95	92
8/2020	96	97	92		98		99	98	97	98
11/2020	56	49	71		70		74	50	70	77

\*) Năm 2018: quan trắc 2 đợt trong tháng 8 ứng với ký hiệu 8-1/2018 và 8-2/2018; năm 2019 và 2020: quan trắc 2 đợt trong tháng 5 ứng với ký hiệu 5-1/2019, 5-2/2019 và 5-1/2020, 5-2/2020; năm 2020: chỉ quan trắc ở 8 vị trí, không quan trắc ở vị trí SH2 và SH4.

Kết quả đánh giá CLN dựa vào mô hình  $WQI_{VN}$  (năm 2011) của Viện TNMT, Đại học Huế cho thấy [1]: trong giai đoạn 2012–2016, CLN giảm từ đầu nguồn (vị trí SH1, SH2) đến cuối nguồn (vị trí SH8); các giá trị WQI trung bình <50 (CLN loại ‘xấu’) chiếm 51–58%, các WQI trung bình = 51–75 chiếm 5–13% (CLN loại ‘trung bình’), các WQI trung bình = 76–90 chiếm 13–17% (CLN loại ‘tốt’), các WQI trung bình = 91–100 chiếm 19–28% (CLN loại ‘rất tốt’). Tuy  $WQI_{VN}$  và WQI của nghiên cứu này được tính toán khác nhau, nhưng nếu so sánh một cách tương đối, có thể thấy rằng, CLN sông Hương giai đoạn 2017–2020 tốt hơn giai đoạn 2012–2016.

Khi phân tích dữ liệu theo phương pháp thống kê, nếu tập dữ liệu không tuân theo phân bố chuẩn thì nên áp dụng phân tích thống kê phi tham số (non-parametric statistic analysis) [12]. Do các số liệu WQI theo không gian (vị trí quan trắc) và thời gian (năm quan trắc) ở Bảng 4 không tuân theo phân bố chuẩn với  $p < 0,05$  (Shapiro Wilk test), nên phương pháp phân tích phương sai một yếu tố (phi tham số) được áp dụng và cho thấy:

(i) Theo không gian: Trong giai đoạn 2017–2020, WQI trung vị ở các vị trí quan trắc như nhau (= 97÷100, ứng với CLN loại ‘rất tốt’) với  $p = 0,061$  (Kruskal-Wallis test);

(ii) Theo thời gian: WQI trung vị năm (ở tất cả các vị trí quan trắc) khác nhau ( $p < 0,0001$ , Kruskal-Wallis test); phân tích tiếp theo (sử dụng Dunn’s test) cho thấy: WQI trung vị năm 2017 và 2019 như nhau (đều bằng 99) với  $p = 0,60$ ; WQI trung vị năm 2018 và 2020 như nhau (đều bằng 97) với  $p = 0,49$ . Như vậy, CLN sông năm 2017 và 2019 tốt hơn năm 2018 và 2020 (với  $p < 0,01$ ). Tuy khác nhau theo thời gian, nhưng trong giai đoạn 2017–2020, các giá trị WQI trung vị đều ứng với CLN loại ‘rất tốt’.

Cuối cùng, có thể cho rằng trong giai đoạn 2017–2020, CLN sông Hương biến động không nhiều và, nói chung, có CLN rất tốt, đáp ứng cho đa mục đích sử dụng cả vào mùa mưa và mùa khô.

## 4 Kết luận

Trên cơ sở áp dụng phương pháp PCA cho tập dữ liệu CLN sông Hương trong giai đoạn 2017–2020, đã xác định được một cách khách quan trọng số của các thông số CLN, phản ánh thực tế CLN sông. Chỉ số phụ ( $q_i$ ) của các thông số CLN được xác định dựa vào tương quan tuyến tính giữa  $q_i$  và nồng độ của thông số chất lượng nước  $i$ . Các kết quả tính toán WQI từ  $w_i$  và  $q_i$  cho thấy, trong giai đoạn 2017–2019, CLN sông Hương biến động không đáng kể và hầu hết (95% trường hợp) đều đạt loại ‘tốt’ đến ‘rất tốt’, chỉ 5% trường hợp (chủ

yếu vào tháng 11/2020), CLN đạt loại ‘xấu’ đến ‘tốt’. Nguyên nhân chính làm giảm WQI (hay giảm CLN sông Hương) là do vào mùa mưa lũ, nồng độ TSS và Fe cao, dẫn đến làm giảm phần nào nồng độ DO trong nước. Do các trọng số  $w_i$  được xác định từ dữ liệu CLN 4 năm (2017–2020), nên có tính đại diện cao và do vậy, có thể áp dụng mô hình WQI xây dựng được để đánh giá CLN sông Hương cho các năm tiếp theo.

### Thông tin tài trợ

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo Việt Nam (đề tài cấp Bộ mã số B2021-DHH-07).

### Tài liệu tham khảo

1. Viện Tài nguyên–Môi trường, Đại học Huế. Báo cáo nhiệm vụ “Quan trắc và phân tích chất lượng môi trường nước sông Hương ở thành phố Huế”. Huế: Đại học Huế; 2016.
2. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước mặt – QCVN 08-MT:2015/BTNMT. Hà Nội: Bộ Tài nguyên và Môi trường; 2015.
3. Abbasi T, Abbasi SA. Water Quality Indices. Amsterdam: Elsevier; 2012, 384 p.
4. Sutadian AD, Muttill N, Yilmaz AG, Perera BJC. Development of river water quality indices—a review. Environmental Monitoring and Assessment. 2015;188(1).
5. Noori R, Berndtsson R, Hosseinzadeh M, Adamowski JF, Abyaneh MR. A critical review on the application of the National Sanitation Foundation Water Quality Index. Environmental Pollution. 2019;244:575-587.
6. Bộ Tài nguyên và Môi trường. 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). Hà Nội: Bộ Tài nguyên và Môi trường; 2019.
7. Brown RM, McClelland NI, Deininger RA, Tozer RG. A Water-quality Index: Do We Dare?. Water and Sewage Works. 1970;117(10):339-343.
8. Coletti C, Testezlaf R, Ribeiro TAP, Souza RTGD, Pereira DDA. Water quality index using multivariate factorial analysis. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2010;14(5):517-522.
9. Tripathi M, Singal SK. 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. 2019;96:430-436.
10. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước dùng cho tưới tiêu–QCVN 39:2011/BTNMT. Hà Nội: Bộ Tài nguyên và Môi trường; 2011.
11. Quỳnh NLT, Trình L. Xây dựng chỉ số chất lượng nước trong phân vùng chất lượng nước các sông trên địa bàn tỉnh Thái Nguyên. Tạp chí Nghiên cứu KH&CN Quân sự, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự. 2015;35:136-141.
12. Miller JN, Miller JC. Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry. 5<sup>th</sup> ed. London: Pearson Prentice Hall; 2005. 288 p.