# BIẾN ĐỘNG MỰC NƯỚC VÀ CHẤT LƯỢNG NƯỚC DƯỚI ĐẤT: NGHIÊN CỨU TẠI TẦNG $qp_{2-3}$ THUỘC BÁN ĐẢO CÀ MAU, VIỆT NAM

Nguyễn Thùy Nguyên[1], Nguyễn Hoàng Tuấn[2], Lương Hồng Bội Ngân[1], Trần Văn Tỷ[4], Lê Anh Tuấn[3], Huỳnh Vương Thu Minh[3,*]

## TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện tại bán đảo Cà Mau với các mục tiêu: (i) phân tích và đánh giá xu thế sụt giảm mực nước dưới đất (NDĐ) tại tầng Pleistocene giữa - trên ($qp_{2-3}$) trong mùa mưa và mùa khô; (ii) xác định sự biến động và phân loại chất lượng NDĐ theo không gian và thời gian theo 9 chỉ tiêu (pH, Fe, $NO_3^-$, $CaCO_3$, $Cl^-$, $SO_4^{2-}$, COD, BOD và Coliform). Nghiên cứu sử dụng phương pháp kiểm định phi tham số Mann - Kendall, phân tích đa biến và chỉ số chất lượng nước. Kết quả cho thấy mực NDĐ tại tầng $qp_{2-3}$ có xu thế sụt giảm trong mùa mưa và mùa khô ở mức ý nghĩa 95%. Kết quả phân tích thành phần chính cho thấy vào mùa khô chỉ tiêu BOD và COD có sự biến động lớn nhất (sự khác biệt lớn hơn 80%). Vào mùa mưa, các chỉ tiêu BOD, COD và $CaCO_3$ ảnh hưởng lớn đến chất lượng NDĐ. Ngoài ra, kết quả phân tích nhóm thứ bậc chia làm 4 nhóm đối với mùa khô và 6 nhóm đối với mùa mưa với sự khác biệt 40%. Mặt khác, mực NDĐ có xu thế giảm dần theo thời gian: cụ thể giảm từ 0,24 m/năm - 0,25 m/năm đối với toàn khu vực, trong đó sụt giảm nhiều nhất tại Bạc Liêu vào mùa khô (0,44 m/năm) và tại Cà Mau vào mùa mưa (0,46 m/năm). Mặc dù các số chỉ tiêu chất lượng nước như BOD, COD và $CaCO_3$ có xu thế tăng, nhưng sự gia tăng này không có ý nghĩa thống kê.

**Từ khóa:** *Mực nước dưới đất, chất lượng nước dưới đất, phân tích thành phần chính, phân tích nhóm thứ bậc, chỉ số chất lượng nước.*

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam là một trong những quốc gia chịu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu (BĐKH) và đứng thứ năm về chỉ số rủi ro khí hậu toàn cầu năm 2018 [1], [2]. Trong những năm gần đây, sự gia tăng dân số, đô thị hóa và ô nhiễm nguồn tài nguyên nước mặt ở đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) làm cho việc tìm kiếm nguồn tài nguyên NDĐ thay thế ngày càng tăng [3]. Vùng bán đảo Cà Mau (BĐCM) ở Việt Nam thường xuyên bị nhiễm mặn, trong khi đây là khu vực trồng lúa nước và nuôi trồng thủy sản. Đồng thời, các tầng nước nằm nông trong khu vực phần lớn là nước lợ hoặc nước mặn không phù hợp cho mục đích sử dụng ăn uống, sinh hoạt của người dân [4]. Ngoài ra, chất lượng nước mặt thường xuyên vượt quy chuẩn Việt Nam về cấp nước sinh hoạt trong những năm gần đây ở BĐCM (theo QCVN 08-MT: 2015/BTNMT) [5], [6], [7]. Do đó, nguồn NDĐ đóng vai trò là một trong những nguồn cung cấp chính cho sinh hoạt, công nghiệp và nông nghiệp. Một vài nghiên cứu đã phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến hạ thấp cao độ mực NDĐ ở thành phố Sóc Trăng [8], khai thác NDĐ và mối tương quan giữa hạ thấp mực nước và sụt lún đất tại tỉnh Trà Vinh và Thành phố Cần Thơ [7], [9], [10], [11] cũng như nghiên cứu khai thác hợp lý tầng chứa nước Pleistocene giữa - trên ($qp_{2-3}$) tại khu vực BĐCM [12]. Hiện nay chưa có nghiên cứu tổng thể về đánh giá biến động mực nước và chất lượng NDĐ tầng $qp_{2-3}$ trong bối cảnh BĐKH và sự phát triển của xã hội cho vùng BĐCM.

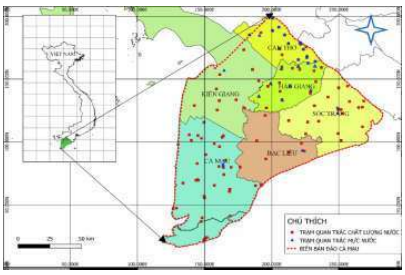
Phương pháp kiểm nghiệm phi tham số Mann - Kendall đã được áp dụng trong nhiều nghiên cứu trước [11], [13], [14]. Ngoài ra, việc đánh giá chất lượng nước, các phân tích thống kê đa biến cũng được áp dụng thành công trong nghiên cứu trước đây [15]. Tuy nhiên, phân tích thành phần chính (Principal Component Analysis - PCA) chỉ có thể giảm kích thước của các tập dữ liệu lớn dựa trên sự thay đổi của các biến trong trục tọa độ mới và cách tiếp cận mô hình hóa yêu cầu dữ liệu chi tiết [6], [16]. Từ thực trạng trên và kế thừa những nghiên

[1] Học viên cao học ngành BĐKH&QLĐB khóa 26, Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ
[2] Sinh viên ngành Kỹ thuật tài nguyên nước khóa 43, Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ
[3] Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ
[4] Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ
[*] Email: hvtminh@ctu.edu.vn

cứu trước đây, nghiên cứu triển khai ở BĐCM với các mục tiêu: (i) Đánh giá mức độ sụt giảm mực NDĐ tại tầng $qp_{2-3}$; (ii) Xác định thành phần chất lượng NDĐ biến động lớn nhất tầng $qp_{2-3}$; (iii) Phân loại chất lượng NDĐ theo không gian và thời gian dựa trên các phương pháp kiểm định Mann - Kendall, phân tích thống kê đa biến và chỉ số chất lượng nước (WQI). Kết quả nghiên cứu cung cấp thông tin cho các nhà quản lý đưa ra quy hoạch, các kế hoạch quản lý hiệu quả hơn hướng đến phát triển bền vững.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Khu vực nghiên cứu




**Hình 1. Khu vực nghiên cứu và vị trí trạm quan trắc mực nước và chất lượng NDĐ**

Vùng BĐCM (Hình 1) có diện tích khoảng 1,6 triệu ha, là một trong 4 khu vực thuộc ĐBSCL, được bao quanh bởi biển Đông ở phía Đông - Đông Nam, biển Tây ở phía Tây - Tây Nam, hệ thống sông Hậu ở phía Bắc, kênh Rạch Sỏi Vàm Cống ở phía Tây Bắc. Cao trình địa hình so với mực nước biển khu vực trung tâm 1,0 m - 1,5 m và giảm dần ở khu vực giáp biển 0,3 m - 0,7 m. Nhu cầu sử dụng NDĐ phục vụ cho sinh hoạt khoảng 487.560 $m^3$/ngày. Hiện trạng khai thác NDĐ trên toàn khu vực xấp xỉ 997.803 $m^3$/ngày, trong khi trữ lượng khai thác tiềm năng NDĐ là 11.456.479 $m^3$/ngày. Trong nghiên cứu này chỉ xem xét tầng $qp_{2-3}$.

### 2.2. Kiểm nghiệm phi tham số Mann - Kendall và xu thế Sen

Ưu điểm của phương pháp này so sánh độ lớn tương đối các phần tử của chuỗi chứ không xét chính giá trị của các phần tử. Điều này giúp hạn chế được xu thế giả do một vài giá trị cực trị cục bộ ảnh hưởng nếu sử dụng phương pháp tính toán xu thế tuyến tính bằng bình phương tối thiểu thông thường.

Giả sử có chuỗi trình tự thời gian ($x_1$, $x_2$, …, $x_n$) với xi biểu diễn số liệu tại thời điểm i. Giá trị thống kê Mann - Kendall (S) được định nghĩa như chuỗi công thức (1), (2) và (3).

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} sign(x_j - x_k) \quad (1)$$

$$sign(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & khi\ x_j - x_k > 0 \\ 0 & khi\ x_j - x_k = 0 \\ -1 & khi\ x_j - x_k < 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$\tau = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & khi\ S > 0 \\ 0 & khi\ S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & khi\ S < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Giá trị S > 0 chỉ xu thế tăng, S < 0 chỉ xu thế giảm. Tuy nhiên cần phải tính toán mức ý nghĩa (độ tin cậy) của S. Phương sai của S, ký hiệu Var(S), xác định theo công thứ (4).

$$Var(S) = \frac{1}{18}\left[ n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^{g} t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right] \quad (4)$$

Trong đó: g là số nhóm, mỗi nhóm là một tập các phần tử của chuỗi có cùng giá trị và $t_p$ là số các phần tử thuộc nhóm p. $\tau$ có phân bố chuẩn hóa N (0,1). Giá trị $\tau$ dương thể hiện chuỗi có xu thế tăng, $\tau$ âm thể hiện chuỗi có xu thế giảm.

Xu thế Sen (Sen's slope): để xác định độ lớn của xu thế chuỗi Q (độ dốc đường xu thế) dùng ước lượng Sen. Q là median của chuỗi n (n - 1)/2 phần tử. Q > 0 chuỗi xu thế tăng và ngược lại (công thức 5)

$$Q = median\left\{\frac{x_j - x_k}{j-k}\right\}, \text{ với } \quad k = 1,2,\ldots,n-1; j > k \quad (5)$$

### 2.3. Phương pháp phân tích đa biến

Phân tích thành phần chính (PCA) và nhóm thứ bậc (Agglomerative Hierarchical Clustering - AHC) là hai phương pháp điển hình thuộc nhóm các phương pháp phân tích đa biến. Phân tích thành phần chính cho phép giảm dữ liệu từ không gian p chiều của tập dữ liệu gốc (là một ma trận gồm m dòng ứng với các đối tượng như các vị trí quan trắc, các giếng và n cột ứng với các biến như các thông số pH, COD, TDS…) thành không gian ít chiều hơn (k chiều và k < p). Mỗi chiều mới được chiết rút ra từ tập dữ liệu gốc được gọi là một thành phần chính