

Ứng dụng mô hình DRASTIC nâng cao dựa vào trọng số AHP đánh giá tính dễ bị tổn thương nước dưới đất tầng Pleistocen (giữa – trên) tại Thành phố Hồ Chí Minh

Tất Hồng Minh Vy, Nguyễn Hải Âu



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

TÓM TẮT

Bảo vệ nguồn nước dưới đất trước tác động của con người, bao gồm việc khai thác, sử dụng nguồn nước ngầm, thải chất thải vào môi trường đất, thay đổi lớp phủ đất và quá trình khai thác có ý nghĩa hết sức quan trọng để đảm bảo chất lượng nguồn nước cấp cho sinh hoạt và sản xuất. Do đó, đánh giá tính dễ bị tổn thương của tầng chứa nước dưới đất là một cách tiếp cận hữu ích và cần thiết để quản lý nguồn nước quý giá này. Bài báo trình bày kết quả áp dụng mô hình DRASTIC nâng cao với trọng số được tính toán thông qua phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) đánh giá mức độ dễ bị tổn thương của tầng chứa nước Pleistocen (giữa – trên) thành phố Hồ Chí Minh. Bộ trọng số AHP của các thông số thành phần DRASTIC được tính toán từ số liệu đánh giá thông qua ý kiến của các chuyên gia về đặc điểm khu vực nghiên cứu, thể hiện rõ mức độ quan trọng của các thông số thành phần. Bản đồ phân vùng dễ bị tổn thương tầng chứa nước Pleistocen (giữa – trên) với trọng số AHP được xây dựng bằng kỹ thuật GIS và phân thành ba cấp độ: vùng có tính dễ bị tổn thương thấp là 60,98%, dễ bị tổn thương trung bình là 25,64% và vùng dễ bị tổn thương cao là 13,38% diện tích khu vực nghiên cứu. Từ cấp độ phân vùng dễ bị tổn thương cho thấy, tính dễ bị tổn thương nước dưới đất có nguy cơ cao đối với các khu vực tầng chứa nước lộ trên bề mặt hoặc mái tầng chứa nước nông, lượng nước bổ cập lớn (do được bổ sung trực tiếp từ nguồn nước mưa hoặc nước chảy tràn bề mặt mang theo chất bẩn), tỷ lệ che phủ và hoạt động khai thác nhiều. Nghiên cứu này cho thấy mô hình DRASTIC kết hợp với GIS là một công cụ hữu ích hỗ trợ các nhà ra quyết định đưa ra các giải pháp quản lý, xác định khu vực hạn chế khai thác nước dưới đất.

Từ khóa: Trọng số AHP, DRASTIC, tính dễ bị tổn thương nước dưới đất, GIS

GIỚI THIỆU

Nước dưới đất dễ bị tổn thương bởi các hoạt động khai thác và thay đổi mục đích sử dụng đất bề mặt¹. Do đó, đánh giá mức độ dễ bị tổn thương của nước dưới đất đã và đang thu hút sự chú ý của các nhà nghiên cứu, quản lý và quy hoạch trên khắp thế giới^{2,3}. Nghiên cứu của Zhenmin Su và cộng sự tại Tây Bắc Trung Quốc⁴ cho thấy quá trình khai thác nước dưới đất tạo thành các phễu, làm giảm áp lực nước, từ đó nước có độ mặn cao có thể di chuyển vào tầng chứa nước có áp làm suy giảm chất lượng nước dưới đất.

Quản lý, đánh giá mức độ phù hợp của nguồn nước, các kỹ thuật đánh giá chất lượng nước được tính toán dựa vào các thông số đặc trưng để tiến hành phân vùng, giám sát và quản lý nguồn nước được sử dụng rộng rãi. Điển hình là phương pháp chỉ số chất lượng nước (WQI – Water Quality Index) như tại México⁵, Thổ Nhĩ Kỳ⁶, Iran⁷ dùng để đánh giá sự phù hợp của chất lượng nước dưới đất phục vụ cho mục đích ăn uống. Tại Trung Quốc⁸, Pakistan⁹ và Bangladesh¹⁰ ứng dụng WQI nhằm làm tiền đề cho các phân tích

sâu hơn, giải thích nguyên nhân làm giảm chất lượng nước. Ngoài ra, tại Ấn Độ¹¹, Nigeria¹², Ấn Độ¹³ và Maharashtra¹⁴, chỉ số ô nhiễm nước dưới đất (PIG – Pollution Index of Groundwater) cũng được đề xuất và phát triển để đánh giá sự thay đổi chất lượng nước dưới đất do ảnh hưởng của các yếu tố tự nhiên và nhân sinh. Tuy nhiên, các chỉ số này chỉ thể hiện được kết quả phân tích tại từng vị trí, chưa xác định được ảnh hưởng của các yếu tố ảnh hưởng đến nó. Bên cạnh các phương pháp đại số, các khu vực có nguồn nước dưới đất chịu áp lực từ hoạt động khai thác, công nghiệp và nông nghiệp được đánh giá tính dễ bị tổn thương thông qua phương pháp DRASTIC¹. Phương pháp này được sáng lập lần đầu tiên và áp dụng rộng rãi từ những năm 1980 bởi Aller và cộng sự¹⁵ với mục đích nghiên cứu sâu vào các yếu tố khách quan, làm rõ các yếu tố tự nhiên, địa chất gây ảnh hưởng đến chất lượng của nước dưới đất, ước tính mức độ dễ bị tổn thương tiềm tàng của tầng chứa nước¹⁶. Hiện nay, trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu kết hợp mô hình DRASTIC trên nền tảng hệ thống Thông tin Địa

Viện Môi trường và Tài nguyên, Đại học Quốc gia TP.HCM, Việt Nam

Lịch sử

- Ngày nhận: 03-12-2022
- Ngày chấp nhận: 19-12-2022
- Ngày đăng: 31-12-2023

DOI:

<https://doi.org/10.32508/stdjsec.v6i2.722>



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: Vy T H M, Âu N H. Ứng dụng mô hình DRASTIC nâng cao dựa vào trọng số AHP đánh giá tính dễ bị tổn thương nước dưới đất tầng Pleistocen (giữa – trên) tại Thành phố Hồ Chí Minh. *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.*; 6(2):570-582.

lý (GIS) để phân vùng mức độ dễ bị tổn thương của tầng chứa nước. Môi trường GIS cung cấp môi trường hiệu quả, tạo điều kiện phân tích và trực quan hóa khối lượng lớn dữ liệu không gian một cách nhanh chóng, hỗ trợ quá trình ra quyết định trong nhiều lĩnh vực^{17,18}. Điển hình tại Palestine², Jordan¹⁹, Ấn Độ²⁰⁻²³, Pakistan²⁴⁻²⁶, Iran^{27,28}, Kerman²⁹ và Bangladesh³⁰ đã áp dụng DRASTIC với trọng số cố định theo phương pháp gốc, thực hiện trên nền tảng GIS để thành lập bản đồ phân vùng tính dễ bị tổn thương của các tầng chứa nước.

Mức độ dễ bị tổn thương thông qua chỉ số DRASTIC với trọng số cố định được sử dụng rộng rãi trong nhiều nghiên cứu nhưng không hoàn toàn phù hợp với điều kiện địa chất, tự nhiên thực tế của các khu vực khác nhau. Nhiều công trình nghiên cứu trên thế giới đã ứng dụng các phương pháp tính trọng số khác nhau phù hợp với điều kiện khu vực nghiên cứu. Trong những năm gần đây một trong những phương pháp tính trọng số là phương pháp AHP đã được đề xuất nhằm giảm tính chủ quan trong việc đánh giá tính dễ bị tổn thương. Phương pháp DRASTIC ứng dụng trọng số thay đổi theo phương pháp AHP đang là xu hướng trên toàn thế giới, tiêu biểu như Ấn Độ³¹⁻³³, Thổ Nhĩ Kỳ³⁴, Trung Quốc³⁵. Cách tiếp cận mới này vẫn được tính toán dựa trên 7 thông số của mô hình DRASTIC truyền thống nhưng có kết hợp phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) để tính toán thứ tự xếp hạng và trọng số các tiêu chí. Sau đó, các bản đồ thành phần sẽ được tích hợp với phần mềm Hệ thống Thông tin Địa lý ArcView (GIS) để xây dựng bản đồ phân vùng tổn thương tại vùng nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu phản ánh vai trò của điều kiện địa chất thủy văn, cụ thể là mực nước dưới đất, địa hình, tác động của đối thông khí và hệ số thấm đất đá ở các khu vực. Tác động của chất gây ô nhiễm đến nước dưới đất phụ thuộc vào đặc điểm của tầng chứa nước, và một trong những yếu tố quyết định khả năng này là thành phần hạt mịn. Do đó, tính dễ tổn thương được xếp hạng dựa vào khả năng thâm nhập của chất gây ô nhiễm, tỷ lệ thuận với kích thước hạt lớn và số lượng khe nứt³⁶. Trong lớp đất phù, sự xuất hiện của các hạt mỏng, chẳng hạn như phù sa, đất sét hoặc than bùn, và vật chất hữu cơ sẽ làm giảm tính thấm của đất, kiểm soát tốc độ sự di chuyển của các chất ô nhiễm thông qua các quá trình hóa lý, phân hủy sinh học, hấp thụ, oxy hóa, và trao đổi ion³⁷.

Việc nghiên cứu sử dụng chỉ số DRASTIC đánh giá mức độ dễ tổn thương của tầng chứa nước được nhiều nhà nghiên cứu tại Việt Nam quan tâm để đánh giá độ nhạy cảm của nước dưới đất^{38,39}, mức độ dễ tổn thương, liên quan đến sự di chuyển và phân tán của chất bẩn vào nước dưới đất⁴⁰. Tuy nhiên, các đánh

giá chỉ tập trung vào việc tính toán đại số theo phương pháp DRASTIC cổ điển với trọng số của từng thông số thường được cố định theo công thức gốc của Aller và cộng sự (1987), chưa thể hiện rõ cái nhìn trực quan về mức độ dễ bị tổn thương với nước dưới đất trong khu vực.

Tầng chứa nước Pleistocen giữa – trên ở thành phố Hồ Chí Minh được sử dụng để phục vụ phát triển kinh tế - xã hội, chịu nhiều vấn đề về môi trường do tốc độ gia tăng đô thị hóa, công nghiệp hóa hiện nay. Do đó, mục đích của nghiên cứu này là phân vùng tính dễ bị tổn thương của tầng chứa nước Pleistocen giữa – trên theo phương pháp DRASTIC với bộ trọng số AHP phù hợp cho từng thông số thành phần, đặc trưng cho đặc điểm địa chất và địa chất thủy văn khu vực, kết hợp với hệ thống thông tin địa lý nhằm trực quan hóa khu vực. Cung cấp thông tin đầy đủ hơn về mức độ dễ bị tổn thương của chất lượng nước dưới đất khu vực nghiên cứu, hỗ trợ các nhà ra quyết định có kế hoạch quản lý khai thác tài nguyên nước theo định hướng phát triển bền vững.

TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Vùng nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu này là vùng phía Tây Bắc và nội thành của TP. Hồ Chí Minh, trừ huyện Nhà Bè và Cần Giuộc, do hai khu vực này là vùng phân bố nước mặn, địa hình trũng thấp, không có nguồn nước dưới đất tại chỗ phục vụ khai thác. Vùng nghiên cứu có diện tích khoảng 1.290 km², nằm trong vùng nhiệt đới gió mùa với nền nhiệt cao. Địa hình khu vực có dạng bậc, thấp dần từ Bắc xuống Nam và từ Đông sang Tây, chịu tác động mạnh mẽ của sông Sài Gòn, sông Đồng Nai và Biển Đông.

Khu vực nghiên cứu được hình thành chủ yếu từ các trầm tích tuổi Miocen muộn đến Holocen muộn có chiều dày thay đổi từ 50 đến 300m, nằm phủ lên các thành tạo cổ kết Mesozoi – Paleozoi. Khu vực phần lớn được thành tạo từ trầm tích sông, sông biển tuổi Pliocen gồm các thành hệ trầm tích lục nguyên từ hạt thô đến hạt mịn phân bố phía Tây Nam thành phố, cùng với trầm tích sông, biển tuổi Pleistocen và trầm tích sông, sông – biển và trầm tích biển tuổi Holocen gồm đá cuội, cuội, sỏi, cát, cát bột, sét bột và sét tập trung phía Đông, Tây Bắc và khu vực nội thành.

Tầng chứa nước lỗ hổng trầm tích Pleistocen giữa – trên (qp₂₋₃) trong khu vực nghiên cứu là tầng chứa nước có áp quan trọng, phân bố rộng khắp vùng nội thành Hồ Chí Minh có độ sâu dao động đến 120m, bề tầng chứa nước thay đổi từ 2 đến 84m, với lưu lượng khai thác lên đến 130.500m³/ngày theo số liệu điều tra

của Sở Nông nghiệp và phát triển nông thôn TP. Hồ Chí Minh. Đây là tầng chứa nước nông với nhiều diện lộ tại khu vực phía Tây Bắc (huyện Củ Chi) và phía Đông (Thủ Đức) thành phố, độ sâu tới mái tầng chứa nước thay đổi trung bình 53,40m, được bổ cập bởi lượng mưa thấm trực tiếp từ vùng lộ, các dòng mặt và từ sông Sài Gòn. Thành phần thạch học chủ yếu của tầng chứa nước Pleistocen giữa – trên (qp₂₋₃) gồm cát mịn đến thô, cát bột, bột cát phân lớp, phân nhíp khá dày, lẫn sạn sỏi. Nước dưới đất tầng này là nước nhạt, có độ khoáng hóa thay đổi trong khoảng 0,03 đến 0,83g/l, là nguồn cung cấp chính phục vụ khai thác nước tập trung và riêng lẻ, sử dụng cho ăn uống, sinh hoạt và các hoạt động khác (chủ yếu là sản xuất công nghiệp). Tại khu vực phía Tây Bắc thành phố (huyện Củ Chi) hoạt động nông nghiệp, sử dụng phân bón và thuốc trừ sâu vẫn còn khá phổ biến. Ngoài ra, việc chôn lấp chất thải đô thị trên các đơn vị tầng chứa nước, hoạt động khai thác và xả nước thải cũng gây ra ảnh hưởng tiêu cực đến chất lượng nước dưới đất. Do đó, xác định vùng dễ bị tổn thương của tầng chứa nước Pleistocen giữa – trên trong khu vực nghiên cứu cần được xác định để bảo vệ nhằm hướng đến an ninh nguồn nước trong khu vực.

Tài liệu nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, số liệu tính toán được thu thập từ 106 lỗ khoan quan trắc khu vực nghiên cứu, vị trí các giếng quan trắc được trình bày trong sơ đồ vị trí ở Hình 1. Các dữ liệu về điều kiện địa chất, địa chất thủy văn của khu vực được thống kê, làm cơ sở tham khảo ý kiến chuyên gia, tiền đề tính toán trọng số phân tích thứ bậc. Ngoài ra, bản đồ trong nghiên cứu được thực hiện bằng phần mềm ArcGIS 10.4.1, phương pháp nội suy khoảng cách trọng số nghịch đảo (IDW) (Inverse Distance Weight) được áp dụng trong nghiên cứu đánh giá và vùng nghiên cứu được xây dựng bản đồ ở vùng UTM 48N.

Phương pháp nghiên cứu

Tất cả các tính toán toán học và thống kê được thực hiện bằng cách sử dụng phần mềm EXCEL 2016 (Microsoft Office).

Trọng số AHP

AHP là một quy trình đánh giá đa tiêu chí do Thomas Saaty (1980)⁴¹ thiết lập để ra quyết định. AHP bắt nguồn từ việc xây dựng ma trận so sánh theo cặp (PCM) sử dụng thang điểm từ 1-9 để chỉ định các giá trị ưu tiên: 1 có nghĩa là các tiêu chí đều quan trọng như nhau trong khi 9 được quy cho tiêu chí quan trọng nhất, so với các tiêu chí khác. Nó giải quyết vấn

đề cụ thể của việc ra quyết định và đưa ra cấu trúc phân cấp tương ứng mà PCM đã tổ chức thành một ma trận vuông so sánh từng cặp cho n tiêu chí có thể viết như sau:

$$D = [d_{ij}] = \begin{bmatrix} C_1/C_1 & C_1/C_2 & \dots & C_1/C_n \\ C_2/C_1 & C_2/C_2 & \dots & C_2/C_n \\ \dots & \dots & C_i/C_j & \dots \\ C_n/C_1 & C_n/C_2 & \dots & C_n/C_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

Chất lượng kết quả AHP có liên quan đáng kể đến chỉ số nhất quán (CI) cho thấy tầm quan trọng của các phán đoán so sánh theo cặp. CI được tính như sau:

$$CI = \frac{\gamma_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

Trong đó CI là chỉ số nhất quán, γ_{max} là giá trị lớn nhất của vector riêng.

Chỉ số nhất quán CI được kiểm tra bằng cách tính tỷ lệ nhất quán CR.

$$CI = \frac{C_i}{r_i} \quad (3)$$

Trong đó (r_i) là chỉ số ngẫu nhiên và (C_i) là chỉ số nhất quán.

Đối với một ma trận phán đoán cụ thể, Tỷ số nhất quán (CR) phải <0,1 để được chấp nhận. Tuy nhiên, trong trường hợp CR > 0,1, cần sửa lại ma trận phán đoán.

Tính toán mức độ dễ bị tổn thương DRASTIC

Bước đầu tiên để tính DRASTIC là xác định thang đánh giá cho từng thông số. DRASTIC với trọng số được tính theo công thức dưới đây:

$$D_i = D_{\omega}D_r + R_{\omega}R_r + A_{\omega}A_r + S_{\omega}S_r + T_{\omega}T_r + I_{\omega}I_r + C_{\omega}C_r \quad (4)$$

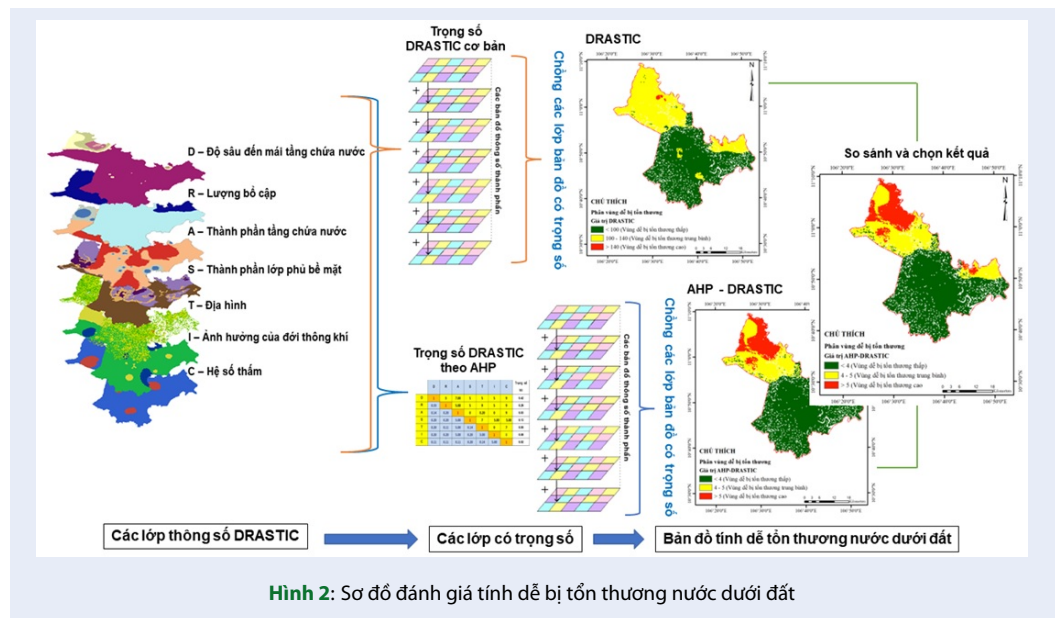
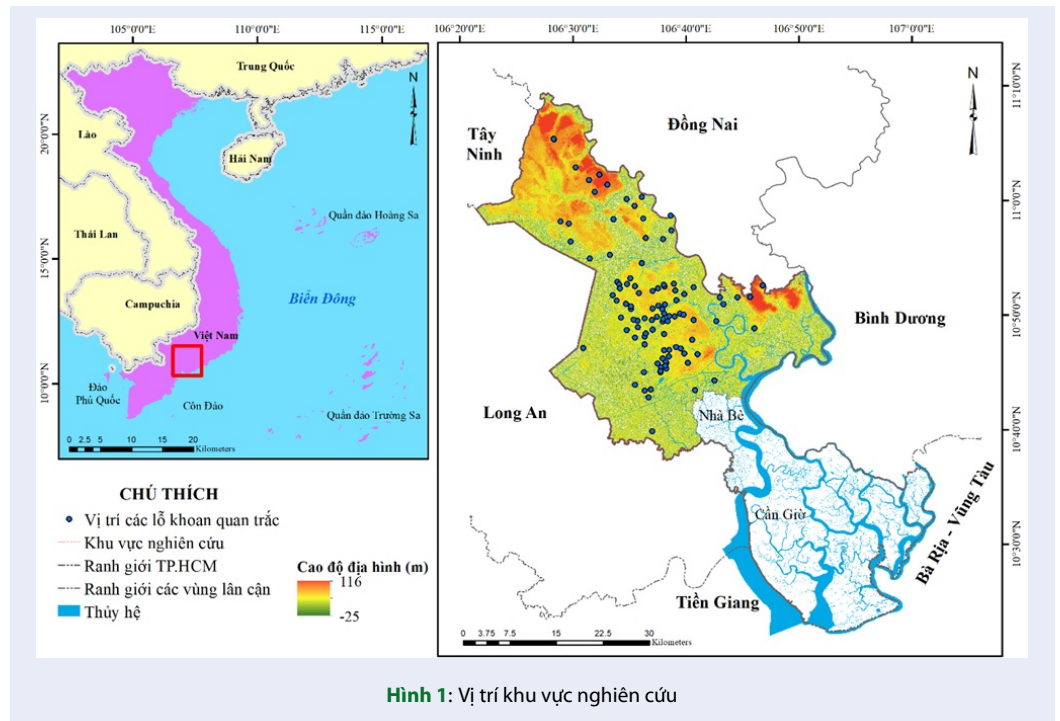
Trong đó, D, R, A, S, T, I, C tương ứng với độ sâu mái tầng chứa nước, lượng bổ cập, thành phần tầng chứa nước, thành phần đất, địa hình, tác động của đới thông khí và hệ số thấm, r và ω đại diện cho thứ bậc và trọng số được gán cho từng thông số tương ứng.

Hệ thống thông tin địa lý (GIS)

Kỹ thuật GIS được sử dụng thành lập các bản đồ phân bố không gian của từng thông số thành phần DRASTIC bằng cách nội suy không gian theo thuật toán nghịch đảo có trọng số khoảng cách (IDW) từ phần mềm ArcGIS 10.4.1. Từ kết quả phân bố không gian từng thông số thành phần, bản đồ phân vùng tính dễ bị tổn thương nước dưới đất được chồng theo công thức sau⁴² (Hình 2):

$$M_D = \sum MD_i \quad (5)$$

Trong đó MDi: Tổng các lớp thông số thành phần



KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Trọng số

Mỗi tham số đã được phân loại thành các phạm vi thay đổi từ 1 đến 10 và được gán trọng số từ 1 đến 5 dựa trên tầm quan trọng của nó (Bảng 1)¹⁵.

Kết quả tính toán dựa vào bộ số liệu của 106 lỗ khoan quan trắc khu vực nghiên cứu đã thu được bộ trọng số AHP của các thông số thành phần DRASTIC thể hiện rất rõ mức độ quan trọng của các thông số thành phần của khu vực nghiên cứu (Bảng 1). Từ bộ trọng số AHP của các thông số trong mô hình DRASTIC cho thấy các xếp hạng tương đối dựa trên mức độ quan trọng, chiếm ưu thế của các thông số trong bộ dữ liệu địa chất, đơn vị thạch học, đơn vị tầng chứa nước được sử dụng thay vì các xếp hạng được chỉ định một cách chủ quan¹⁶.

Các lớp thông số thành phần

Việc đánh giá tính dễ bị tổn thương của tầng chứa nước với các chất gây ô nhiễm rất quan trọng để có giải pháp đảm bảo an toàn nguồn nước dưới đất²⁴. Chỉ số DRASTIC được áp dụng để phân vùng dễ bị tổn thương tầng chứa nước trong khu vực TP. Hồ Chí Minh được xác định dựa trên 07 đặc điểm: Độ sâu đến mái tầng chứa nước (D), Lượng bổ cập (R), Thành phần tầng chứa nước (A), Thành phần lớp phủ (S), Địa hình (T), Tác động của đới thông khí (I) và Hệ số thấm (C). Các lớp thông số thành phần DRASTIC được chuyển sang môi trường kỹ thuật số trong phần mềm ArcGIS, chuyển đổi thành lưới để làm dữ liệu raster. Bản đồ thông số ở định dạng raster độ phân giải 30x30 m được tạo bằng phương pháp nội suy trọng số khoảng cách nghịch đảo (IDW) dựa trên việc gán giá trị điểm cho dữ liệu không gian.

Độ sâu đến mái tầng chứa nước (D)

Độ sâu đến mái tầng chứa nước (D) là một trong những thông số quan trọng xác định tính dễ bị tổn thương của nước dưới đất, khoảng cách theo giá trị tuyệt đối từ mặt đất đến mực nước dưới đất¹⁵. Độ sâu của mái tầng chứa nước càng nông (độ sâu từ 5 đến 80 m dưới bề mặt³⁶) thì tầng chứa nước càng dễ bị tổn thương. Khu vực nghiên cứu có độ sâu đến mái tầng chứa nước phân bố không đều, thay đổi từ 0,5 đến hơn 80m (Hình 3a). Mái nước nằm dưới bề mặt từ 23 đến 30m, chiếm hơn 16% tổng diện tích, chủ yếu ở khu vực phía Đông Củ Chi và Thủ Đức (gần sông Sài Gòn...). Khu vực có độ sâu đến mái tầng chứa nước lớn hơn 30m, phân bố ở phần còn lại của khu vực nghiên cứu, chiếm khoảng 84% diện tích.

Lượng bổ cập (R)

Lượng nước hàng năm xuyên qua tầng chứa nước sau khi thấm vào bề mặt đất được gọi là Lượng bổ cập

(R)²⁴. Lượng bổ cập đại diện cho cơ chế vận chuyển chất gây ô nhiễm chính vào tầng chứa nước và phụ thuộc vào đặc tính của đất. Cát hoặc cát pha mịn sẽ có khả năng thấm tối đa, trong khi đất sét hoặc mùn sét chỉ cho một lượng rất nhỏ thấm vào nước dưới đất². Độ dốc mặt đất, lượng mưa và độ thấm của đất là những yếu tố ảnh hưởng đến quá trình bổ cập tầng chứa nước⁴³. Lượng bổ cập cho tầng chứa nước trong khu vực được phân thành 02 cấp theo Bảng 1. Các khu vực có lượng bổ cập > 254mm chiếm khoảng 39,44% diện tích khu vực nghiên cứu, chủ yếu tại những vùng có diện tích của tầng chứa nước Pleistocen giữa – trên, phân bố ở phía Tây Bắc (huyện Củ Chi) và phía Đông (Thủ Đức) thành phố (Hình 3b). Phần trung tâm thành phố và các khu vực còn lại có lượng bổ cập < 51mm chiếm 60,56% khu vực.

Thành phần tầng chứa nước (A)

Thành phần tầng chứa nước kiểm soát tốc độ tiếp xúc chất gây ô nhiễm từ bề mặt với nước trong tầng. Số lượng và cấp độ hạt của vật liệu tầng chứa nước ảnh hưởng đến quá trình vận chuyển chất bẩn. Kích thước hạt càng lớn, càng có nhiều vết nứt hoặc khe hở, thì tính thấm càng cao và khả năng hạn chế các chất gây ô nhiễm càng thấp, tỷ lệ thuận với tính dễ bị tổn thương của nước dưới đất³⁶. Sự thay đổi của thành phần thạch học liên quan đến mức độ nhạy cảm của tầng chứa nước, được đánh giá và ấn định các giá trị xếp hạng theo Bảng 1. Cát là thành phần chiếm ưu thế của môi trường chứa nước trong khu vực nghiên cứu và được xếp hạng từ 6 đến 9 tương ứng cấp độ hạt từ mịn đến thô (Hình 3c). Khu vực nghiên cứu gồm 04 dạng tập hợp địa chất chính của thành phần tầng chứa nước gồm cát mịn – trung (4,63%), cát mịn – thô (7,53%), cát mịn đến trung chứa sạn sỏi (43,92%) và cát trung – thô chứa sạn sỏi (43,92%).

Thành phần lớp phủ (S)

Lớp đất phủ là phần phong hóa của đới thông khí. Thành phần đất phủ (S) có ảnh hưởng đến khả năng các chất gây ô nhiễm di chuyển vào đới thông khí của tầng chứa nước²⁴. Độ dày, kết cấu và cấu trúc của đất ảnh hưởng đến tốc độ nước thấm qua bề mặt và thời gian chất gây ô nhiễm ngấm vào đất. Đất trong khu vực nghiên cứu có thành phần chủ yếu là sét và các loại đất hạt mịn với giá trị xếp hạng của lớp đất phủ thay đổi từ 1 đến 6 theo Bảng 1. Xếp hạng cao được phân bổ cho đất có tính thấm cao, gồm đất thịt pha cát, đất thịt, đất thịt pha sét theo tỷ lệ lần lượt là 11,81%; 33,88% và 10,05% diện tích, trải rộng về phía Bắc và trung tâm của TP. Hồ Chí Minh. Xếp hạng thấp cho đất ít thấm hơn, kết cấu ưu thế, đồng nghĩa là khả năng các chất ô nhiễm xâm nhập vào lớp bề mặt thấp hơn, cụ thể là đất sét, chiếm khoảng 44,25% diện tích khu vực nghiên cứu (Hình 3d).

Bảng 1: Xếp hạng và trọng số của các thông số DRASTIC

Thông số	Các bậc	Điểm của bậc	Trọng số	
			Cố định	AHP
D - Độ sâu tới mái tầng chứa nước (m)	0 - 1,5	10	5	0,42
	1,5 - 3	9		
	4,5 - 9	7		
	9 - 15	5		
	15 - 23	3		
	23 - 30	2		
	> 30	1		
R - Lượng bổ cập (mm)	0-51	1	4	0,28
	> 254	9		
A- Thành phần của tầng chứa nước	Cát mịn - trung, cát mịn đến trung chứa nhiều sạn cuội	6	3	0,03
	Cát mịn - thô	7		
	Cát trung, cát mịn lẫn trung, cát mịn đến trung chứa sạn sỏi	8		
	Cát trung đến thô, cát trung - thô chứa sạn sỏi	9		
S - Thành phần của lớp phủ	Đất sét	1	2	0,13
	Sét pha nặng	3		
	Sét pha	5		
	Cát pha	6		
T - Độ dốc địa hình (%)	0 - 2	10	1	0,05
	2 - 6	9		
	6 - 12	5		
	12 - 18	3		
	> 18	1		
I - Tác động của đới thông khí	Đất sét hoặc đất bụi	2	5	0,08
	Cát và sạn sỏi với lượng sét và bùn đáng kể	4		
	Cát và sạn sỏi sạch	8		
(C) Hệ số thấm (m/ngày đêm)	4 - 12	2	3	0,02
	12 - 27	4		

Địa hình (T)

Độ dốc của bề mặt đất kiểm soát khả năng chất gây ô nhiễm được vận chuyển theo dòng chảy hay lưu lại trên bề mặt đủ lâu để ngấm vào tầng chứa nước¹⁵. Các khu vực bằng phẳng, độ dốc thấp có xu hướng làm chậm dòng chảy, giữ nước trong thời gian dài, cho phép lượng nước thấm và bổ cập nhiều hơn vào nước dưới đất. Do đó, độ dốc thấp được xác định giá trị xếp hạng cao và ngược lại. Khu vực nghiên cứu là vùng đồng bằng có độ dốc thoải, được phân thành 5 cấp khác nhau, xếp hạng thay đổi từ 10 đến 1 tương ứng với các độ dốc khác nhau theo Bảng 1. Ở các khu vực có độ dốc lớn ít bị tác động hơn do lượng nước chảy tràn lớn, lượng thấm nhỏ. Ngược lại, các khu vực có độ dốc thấp, lượng nước sẽ được dự trữ trên bề mặt với thời gian dài, do đó có xu hướng ô nhiễm lớn hơn²⁴. Tỷ lệ cao các khu vực bằng phẳng trong khu vực nghiên cứu có nhiều khả năng lưu giữ chất gây ô nhiễm, tăng khả năng hòa tan, thấm vào lòng đất và xâm nhập vào tầng chứa nước. Khu vực có độ dốc < 6%, gần như bằng phẳng đại diện cho khoảng 81% diện tích khu vực nghiên cứu, độ dốc trên 6% chiếm 19% diện tích khu vực lần lượt được xếp hạng từ 10 đến 3 (Hình 3e).

Tác động của đới thông khí (I)

Đới thông khí là vùng nằm giữa lớp đất phủ và mực nước dưới đất, không bão hòa hoặc bão hòa không liên tục³⁶, ảnh hưởng đến khả năng bị chất gây ô nhiễm tác động tương tự như thành phần tầng chứa nước, tùy thuộc vào độ thấm của đới và các đặc tính suy giảm của môi trường¹. Quá trình lọc nước từ bề mặt bị ảnh hưởng rất nhiều bởi vùng chưa bão hòa^{23,36}. Vật liệu của đới thông khí ảnh hưởng đến khả năng hấp thụ, phân hủy sinh học, phân tán và bay hơi của chất gây ô nhiễm³⁴. Đới không bão hòa của vùng thấm được thành lập bản đồ như trong Hình 3f với các đơn vị địa chất khu vực bao gồm cát, sạn sỏi và đất sét, được xếp hạng theo Bảng 1. Môi trường vùng không bão hòa chiếm 2/3 diện tích, khoảng 75%, khu vực nghiên cứu có thành tạo lớp cát và sạn sỏi với lượng sét và bùn đáng kể. Đất sét hoặc đất bụi chiếm khoảng 19% diện tích khu vực nghiên cứu và diện tích còn lại là cát và sạn sỏi sạch (khoảng 6%).

Hệ số thấm (C)

Hệ số thấm được mô tả dưới dạng vật liệu tầng chứa nước¹. Tốc độ dòng chảy của nước dưới đất trong tầng chứa nước kiểm soát tốc độ di chuyển của chất bẩn, độ dẫn thủy lực cao thì khả năng tầng chứa nước có tính dễ bị tổn thương cao. Khi hệ số thấm tăng, tốc độ vận chuyển các chất gây ô nhiễm tăng, làm tăng tính dễ bị tổn thương của tầng chứa nước, do đó giá trị xếp hạng tính dễ gây tổn thương cao³⁶. Các giá trị thấm của tầng chứa nước tại khu vực nghiên cứu

có giá trị nằm trong khoảng 4,43 – 16,57m/ngày được chia thành 02 phân cấp khác nhau theo Bảng 1. Phạm vi hệ số thấm từ 12 đến 27m/ngày là giá trị phổ biến nhất, bao gồm gần toàn bộ khu vực nghiên cứu, chiếm 92,08% diện tích và chỉ 7,92% khu vực có hệ số thấm dao động từ 4 đến 12 m/ngày (Hình 3g).

Phân vùng mức độ dễ bị tổn thương với DRASTIC

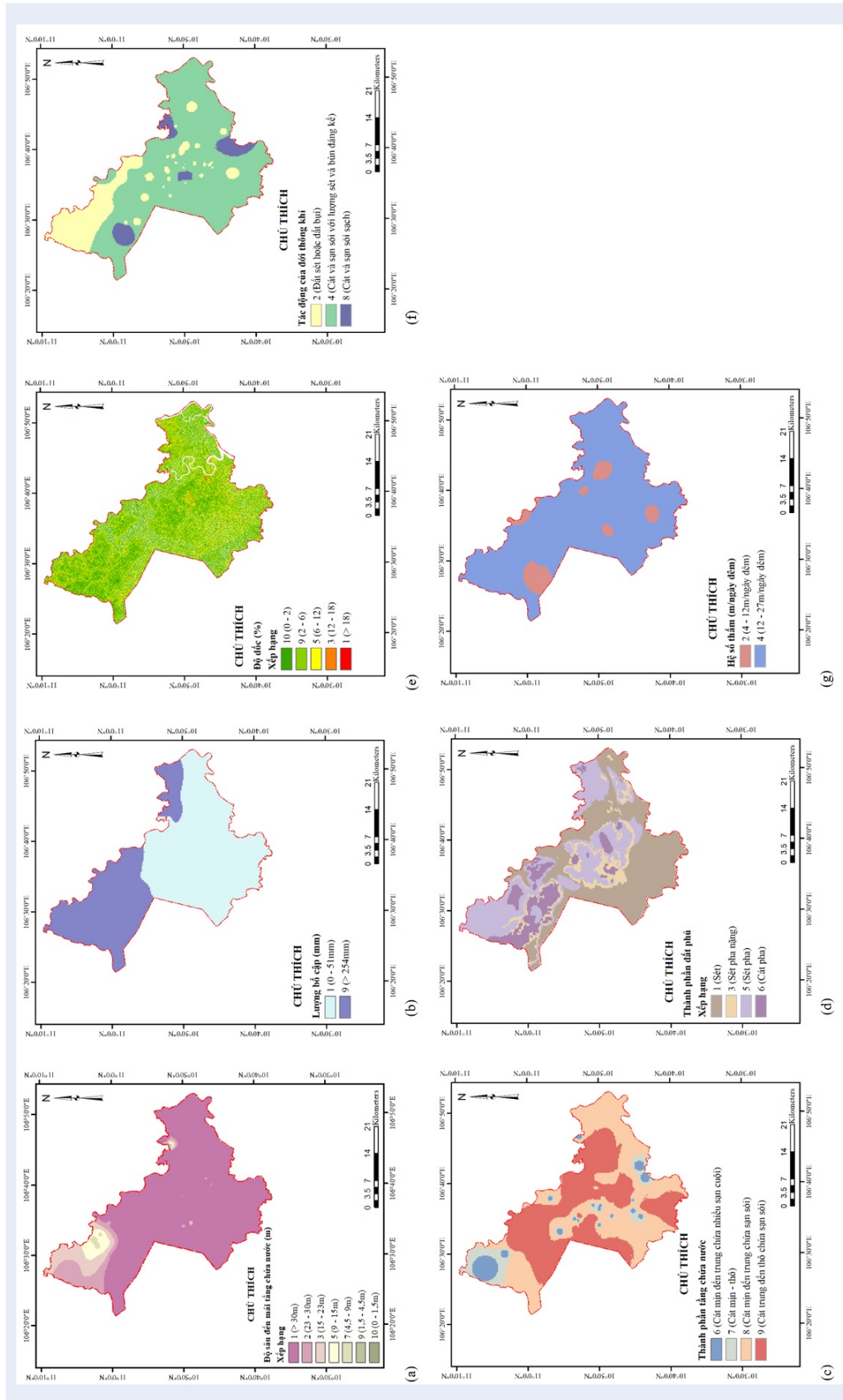
Các lớp thông số thành phần được tổng hợp trên nền tảng GIS thành một lớp, đại diện cho khu vực nghiên cứu được mô tả từ Hình 3a đến Hình 3g. Tính dễ bị tổn thương của nước dưới đất được thực hiện bằng chỉ số DRASTIC với trọng số cổ điển và trọng số AHP trong cơ sở dữ liệu không gian địa lý ArcGIS.

DRASTIC với trọng số cổ điển

Bản đồ mức độ dễ bị tổn thương của tầng chứa nước Pleistocen giữa – trên tại khu vực nghiên cứu (Hình 4a) cho thấy khu vực nghiên cứu được phân thành ba loại mức độ tổn thương theo Aller¹⁵ thấp (< 100), trung bình (100–140) và cao (> 140). Vùng dễ bị tổn thương cao (0,41%) nằm ở phần ven khu vực phía Tây Bắc (huyện Củ Chi) trùng với các đới có tính thấm cao (cát chứa sạn sỏi), độ sâu nước thấp (1,5 – 4,5m) và lượng bổ cập cao. Những yếu tố này đẩy nhanh quá trình vận chuyển chất gây ô nhiễm và làm tăng nguy cơ ô nhiễm nguồn nước. Vùng dễ bị tổn thương trung bình chiếm 39,52% khu vực nghiên cứu, chủ yếu tập trung tại phía Tây Bắc (huyện Củ Chi) và một phần phía Đông thành phố. Mặt khác, mức độ dễ bị tổn thương thấp (60,07%) được phát hiện ở phần lớn khu vực trung tâm và phía Nam của vùng nghiên cứu, được phân loại theo mái tầng chứa nước sâu hơn, lượng cập thấp và lớp phủ không thấm nước.

DRASTIC với trọng số AHP

Giá trị phân vùng dễ bị tổn thương của tầng chứa nước Pleistocen giữa – trên tại khu vực nghiên cứu được hoàn thiện bằng cách tích hợp bộ trọng số AHP và giá trị xếp hạng của bảy lớp dữ liệu thành phần trong môi trường GIS (Hình 4b). Qua đó, chỉ số DRASTIC của tầng chứa nước thu được nằm trong khoảng từ 1,38 đến 8,49, phân thành 03 mức độ dễ bị tổn thương thấp, trung bình và cao⁴⁴, có tỷ lệ nhất quán cho các tham số tổng thể nhỏ hơn 0,1 (CR = 0,26). Theo bản đồ tổn thương sử dụng phương pháp AHP-DRASTIC, khoảng 172,58 km² (13,38%) trong tổng số diện tích khu vực nghiên cứu được xếp vào vùng dễ bị tổn thương cao, với giá trị DRASTIC > 5 tại khu vực phía Tây Bắc (huyện Củ Chi) và phía Đông thành phố. Nguyên nhân có thể là do tác động tổng



Hình 3: Bảy lớp thông số thành phần của Chỉ số DRASTIC (a) – (g) lần lượt là kết quả của độ sâu mái tầng chứa nước (A); Thành phần tầng chứa nước (A); Thành phần lớp phủ (S); Địa hình (T); Ảnh hưởng của đời sống khí (l) và Hệ số thấm (C)

hợp của mực nước mái tầng chứa nước nông, thạch học bề mặt chủ yếu là đất phù sa, cát có sạn sỏi, lượng bổ cập lớn và độ dốc thoải. Tầng chứa nước có mức độ dễ bị tổn thương thấp phân bố rộng nhất, chiếm 60,98% khu vực (786,64 km²), với chỉ số DRASTIC < 4 chủ yếu ở vùng trung tâm và phía Nam thành phố. Điều này có thể được giải thích bằng các thông số làm giảm khả năng tầng chứa nước bị tác động, bao gồm lớp phủ là thành phần không thấm nước, cùng với mái tầng chứa nước khu vực bị vùi sâu và lượng bổ cập thấp nên nước dưới đất tầng nông khó bị tác động. Các khu vực còn lại thuộc vùng dễ bị tổn thương trung bình với giá trị DRASTIC nằm trong khoảng 4,001 đến 5 (25,64%), chiếm 330,78 km² diện tích khu vực với thành phần lớp phủ chủ yếu là sét pha nặng và sét pha.

Nhìn chung, phương pháp DRASTIC cổ điển còn tồn tại mặt hạn chế, trọng số của đặc điểm địa chất, địa chất thủy văn bị cố định và được áp dụng bất kể đặc điểm riêng của khu vực nghiên cứu. Do đó, trong nghiên cứu này đã cải thiện và sửa đổi trọng số của mỗi thông số thành phần trong chỉ số DRASTIC thông qua phương pháp AHP, phù hợp với điều kiện khu vực dựa trên ý kiến của chuyên gia để thay thế cho trọng số cổ điển. Kết quả phân tích AHP-DRASTIC đã chỉ ra một phần đáng kể của khu vực nghiên cứu có mức độ nhạy cảm hợp lý với chất gây ô nhiễm nước dưới đất. Đối với khu vực dễ bị tổn thương cao, cần thường xuyên kiểm tra, rà soát việc khai thác, sử dụng nước dưới đất, tăng cường quan trắc, giám sát, đánh giá chất lượng nước tại địa phương. Ngoài ra, cần có các nghiên cứu sâu hơn để khoanh định vùng cấm/hạn chế khai thác tầng chứa nước, đặc biệt ở khu vực như Cù Chi, nơi mà các hoạt động có ứng dụng hóa chất nông nghiệp có khả năng gây tổn thương nguồn nước dưới đất lớn.

KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, khu vực được đánh giá tính dễ bị tổn thương của nước dưới đất tầng Pleistocen giữa – trên vùng phía Tây Bắc và nội thành của TP. Hồ Chí Minh (trừ huyện Nhà Bè và Cần Giờ) bằng cách áp dụng cả hai phương pháp DRASTIC và DRASTIC nâng cao trong môi trường GIS, làm tăng tính khách quan dựa trên mức độ biến thiên của mỗi giá trị. Phương pháp tính trọng số này phản ánh tốt hơn ảnh hưởng độ nông sâu mái tầng chứa nước, lượng bổ cập và thành phần lớp phủ bề mặt đến khả năng chống chịu ô nhiễm của nước dưới đất khu vực. Bản đồ tính dễ bị tổn thương là một công cụ hiệu quả để phát hiện các khu vực nhạy cảm tiềm ẩn của tầng chứa nước, đặc biệt trong bối cảnh thay đổi thảm phủ cũng như biến đổi khí hậu khiến điều kiện nước dưới đất

bị đe dọa. DRASTIC là một công cụ đánh giá, phân vùng trực quan về mức độ dễ bị tổn thương của nước dưới đất trên nền tảng GIS với cơ sở dữ liệu hiệu quả. Cả 2 phương pháp DRASTIC và AHP-DRASTIC đều có cùng mục tiêu là xác định khu vực dễ bị tổn thương nhất. Các bản đồ phân vùng đều chỉ ra 3 mức độ dễ bị tổn thương với chất gây ô nhiễm của tầng chứa nước là thấp, trung bình và cao. Kết quả AHP-DRASTIC cho thấy 13,38% khu vực nghiên cứu nằm trong nhóm dễ bị tổn thương cao, khu vực có nguy cơ dễ bị tổn thương tầng chứa nước thấp và trung bình lần lượt là 60,98% và 25,64%. Trong khi DRASTIC cổ điển cho kết quả 3 vùng dễ bị tổn thương cao, trung bình và thấp lần lượt là 0,41%; 39,52% và 60,07%. Tỷ lệ vùng dễ bị tổn thương cao và trung bình của 2 phương pháp có sự chênh lệch khá lớn, nhất là khu vực có mức độ dễ bị tổn thương cao. Khu vực huyện Cù Chi và quận Thủ Đức cho thấy tính nhạy cảm của nước dưới đất cao. Khu vực này có đặc trưng lớp phủ chủ yếu là đất phù sa, cát có sạn sỏi, lượng bổ cập lớn và mực nước mái tầng chứa nước nông, tạo điều kiện cho chất gây ô nhiễm có thể dễ dàng xâm nhập vào nguồn nước dưới đất.

Bài báo cho thấy việc điều chỉnh trọng số của các thông số bằng cách áp dụng quá trình phân tích thứ bậc đánh giá tốt hơn tính dễ bị tổn thương của nước dưới đất, phản ánh đặc trưng điều kiện môi trường địa phương. Phân tích so sánh đã kết luận rằng mô hình AHP-DRASTIC phù hợp với khu vực nghiên cứu hơn mô hình DRASTIC và có thể cho thấy ảnh hưởng của các đặc tính riêng lẻ đối với tính dễ bị tổn thương của tầng chứa nước.

Các kết quả nghiên cứu sẽ giúp nhà quản lý hiểu rõ hơn về mức độ nhạy cảm của tầng chứa nước Pleistocen giữa – trên trên địa bàn khu vực nghiên cứu. Từ đó đưa ra các vị trí phải có mức độ ưu tiên cao về bảo vệ và ngăn ngừa ô nhiễm, các chiến lược quản lý tầng chứa nước trong khu vực.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ Đề tài mã số 562-2022-24-01.

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

DRASTIC:

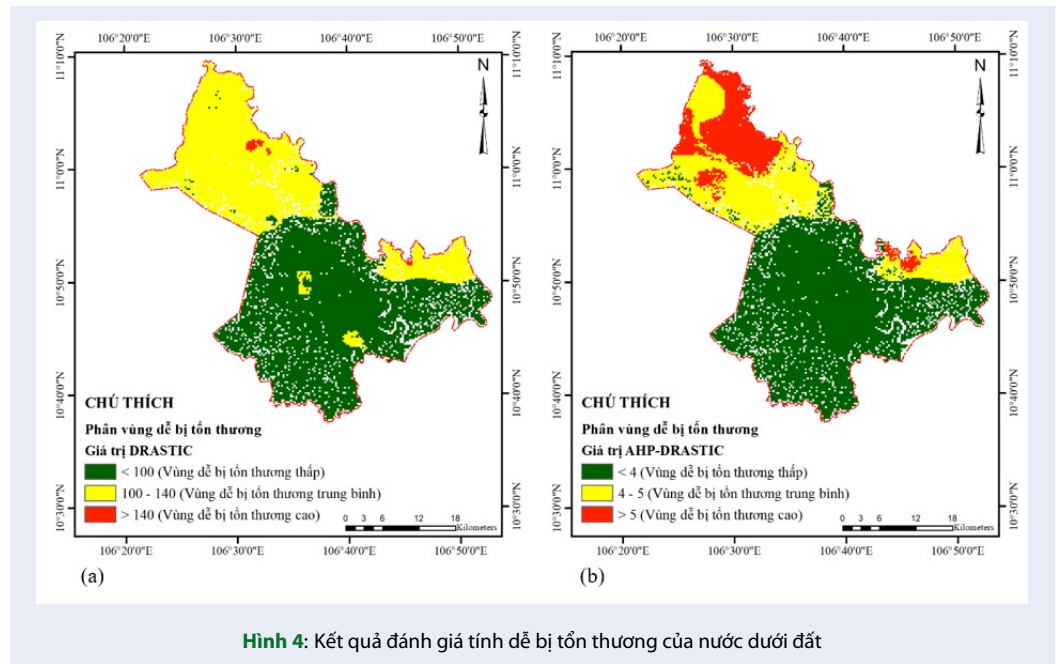
D-Depth to water table: độ sâu mực nước dưới đất, tính từ mặt đất;

R-Net Recharge: Lượng bổ cập;

A-Aquifer media: Thành phần tầng chứa nước;

S-Soil media: Thành phần đất;

T- Topography: Độ dốc địa hình;



I- Impact of vadose zone: Ảnh hưởng của đới thông khí;

C- Hydraulic conductivity: Hệ số thấm đất đá

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả xin cam đoan rằng không có bất kỳ xung đột lợi ích nào trong công bố bài báo.

ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Tất Hồng Minh Vy đóng góp thành lập bản đồ từng thông số DRASTIC trên nền bản đồ công nghệ GIS, tính toán trọng số AHP và tích hợp GIS, phân tích kết quả tính toán và viết chính bản thảo.

Nguyễn Hải Âu đóng góp luận giải các thông số DRASTIC, chỉnh sửa bản thảo và gửi bài tạp chí.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Sener E, Sener S, Davraz A. Assessment of aquifer vulnerability based on GIS and DRASTIC methods: a case study of the Senirkent-Uluborlu Basin (Isparta, Turkey). *Hydrogeol J.* 2009;17(8):2023-35; Available from: <https://doi.org/10.1007/s10040-009-0497-0>.
- Hallaq AHAI, Elaiish BSA. Assessment of aquifer vulnerability to contamination in Khanyounis Governorate, Gaza Strip-Palestine, using the DRASTIC model within GIS environment. *Arab J Geosci.* 2011;5(4):833-47; Available from: <https://doi.org/10.1007/s12517-011-0284-9>.
- Baghapour MA, Fadaei Nobandegani A, Talebbeydokhti N, Bagherzadeh S, Nadiri AA, Gharekhani M et al. Optimization of DRASTIC method by artificial neural network, nitrate vulnerability index, and composite DRASTIC models to assess groundwater vulnerability for unconfined aquifer of Shiraz Plain, Iran. *J Environ Health Sci Eng.* 2016;14(13):PMID: 27508082. Available from: <https://doi.org/10.1186/s40201-016-0254-y>.
- Su Z, Wu J, He X, Elumalai V. Temporal changes of groundwater quality within the groundwater depression cone and

prediction of confined groundwater salinity using grey markov model in Yinchuan area of Northwest China. *Expo Health.* 2020;12(3):447-68; Available from: <https://doi.org/10.1007/s12403-020-00355-8>.

- De La Mora-Orozco C, Flores-Lopez H, Rubio-Arias H, Chavez-Duran A, Ochoa-Rivero J. Developing a water quality index (WQI) for an irrigation dam. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14(5):439-48; PMID: 28468230. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph14050439>.
- Şener Ş, Şener E, Davraz A. Evaluation of water quality using water quality index (WQI) method and GIS in Aksu River (SW-Turkey). *Sci Total Environ.* 2017;584-585:131-44; PMID: 28147293. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.102>.
- Soleimani H, Nasri O, Ojaghi B, Pasalari H, Hosseini M, Hashemzadeh B et al. Data on drinking water quality using water quality index (WQI) and assessment of groundwater quality for irrigation purposes in Qorveh&Dehgolan, Kurdistan, Iran. *Data Brief.* 2018;20:375-86; PMID: 30175202. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.08.022>.
- Xiao J, Wang L, Deng L, Jin Z. Characteristics, sources, water quality and health risk assessment of trace elements in river water and well water in the Chinese Loess Plateau. *Sci Total Environ.* 2019;650(2):2004-12; PMID: 30290343. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.322>.
- Solangi GS, Siyal AA, Babar MM, Siyal P. Evaluation of drinking water quality using the water quality index (WQI), the synthetic pollution index (SPI) and geospatial tools in Thatta district, Pakistan. *Desalin Water Treat.* 2019;160:202-13; Available from: <https://doi.org/10.5004/dwt.2019.24241>.
- Bodrud-Doza M, Islam ARMT, Ahmed F, Das S, Saha N, Rahman MS. Characterization of groundwater quality using water evaluation indices, multivariate statistics and geostatistics in central Bangladesh. *Water Sci.* 2016;30(1):19-40; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.wsj.2016.05.001>.
- Rao NS, Sunitha B, Rambabu R, Rao PVN, Rao PS, Spandana BD et al. Quality and degree of pollution of groundwater, using PIQ from a rural part of Telangana State, India. *Appl Water Sci.* 2018;8(8):227-39; Available from: <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0864-x>.

12. Egbueri JC. Groundwater quality assessment using pollution index of groundwater (PIG), ecological risk index (ERI) and hierarchical cluster analysis (HCA): A case study. *Groundwater Sustain Dev.* 2020;10:100292-304; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2019.100292>.
13. Subba Rao N, Chaudhary M. Hydrogeochemical processes regulating the spatial distribution of groundwater contamination, using pollution index of groundwater (PIG) and hierarchical cluster analysis (HCA): A case study. *Groundwater Sustain Dev.* 2019;9:100238-51; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2019.100238>.
14. Wagh V, Mukate S, Muley A, Kadam A, Panaskar D, Varade A. Study of groundwater contamination and drinking suitability in basaltic terrain of Maharashtra, India through PIG and multivariate statistical techniques. *J Water Supply Res Technol Aqua.* 2020;69(4):398-414; Available from: <https://doi.org/10.2166/aqua.2020.108>.
15. Aller L, Bennett T, Lehr JH, Petty RJ. DRASTIC: A standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings; 1985; Available from: <https://doi.org/10.1021/bk-1986-0315.ch008>.
16. Yu C, Zhang B, Yao Y, Meng F, Zheng C. A field demonstration of the entropy-weighted fuzzy DRASTIC method for groundwater vulnerability assessment. *Hydrol Sci J.* 2012;57(7):1420-32; Available from: <https://doi.org/10.1080/02626667.2012.715746>.
17. Nguyen AH, Pham NTT, Tat VMH, Truong HT, Vo PL. Application of Entropy weight in groundwater quality index (EWQI) and GIS for groundwater quality zoning in the Southeastern Coastal region, Vietnam in IOP Conference Series. IOP Conf Ser.: Earth Environ Sci. 2021;652(1):012005; Available from: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/652/1/012005>.
18. El-Rawy M, Ismail E, Abdalla O. Assessment of groundwater quality using GIS, hydrogeochemistry, and factor statistical analysis in Qena Governorate, Egypt. *Desalin Water Treat.* 2019;162:14-29; Available from: <https://doi.org/10.5004/dwt.2019.24423>.
19. Al-Rawabdeh AM, Al-Ansari NA, Al-Taani AA, Knutsson S. A GIS-based drastic model for assessing aquifer vulnerability in Amman-Zerqa groundwater basin, Jordan. *Engineering.* 2013;05(5):490-504; Available from: <https://doi.org/10.4236/eng.2013.55059>.
20. Venkatesan G, Pitchaikani S, Saravanan S. Assessment of groundwater vulnerability using GIS and DRASTIC for upper Palar River Basin, Tamil Nadu. *J Geol Soc India.* 2019;94(4):387-94; Available from: <https://doi.org/10.1007/s12594-019-1326-2>.
21. Ghosh A, Tiwari AK, Das S. A GIS based DRASTIC model for assessing groundwater vulnerability of Katri Watershed, Dhanbad, India. *Model Earth Syst Environ.* 2015;1(3):11-24; Available from: <https://doi.org/10.1007/s40808-015-0009-2>.
22. Kaliraj S, Chandrasekar N, Peter TS, Selvakumar S, Magesh NS. Mapping of coastal aquifer vulnerable zone in the south west coast of Kanyakumari, South India, using GIS-based DRASTIC model. *Environ Monit Assess.* Jan 2015;187(1):4073; PMID: 25407988. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10661-014-4073-2>.
23. Sinha MK, Verma MK, Ahmad I, Baier K, Jha R, Azzam R. Assessment of groundwater vulnerability using modified DRASTIC model in Kharun Basin, Chhattisgarh, India. *Arab J Geosci.* 2016;9(2):98-119; Available from: <https://doi.org/10.1007/s12517-015-2180-1>.
24. Maqsoom A, Aslam B, Khalil U, Ghorbanzadeh O, Ashraf H, Faisal Tufail RF et al. A GIS-based DRASTIC model and an adjusted DRASTIC model (DRASTICA) for groundwater susceptibility assessment along the China-Pakistan economic corridor (CPEC) route. *ISPRS Int J Geo Inf.* 2020;9(5); Available from: <https://doi.org/10.3390/ijgi9050332>.
25. Shahab A, Shihua Q, Rad S, Keita S, Khan M, Adnan S. Groundwater vulnerability assessment using GIS-based DRASTIC method in the irrigated and coastal region of Sindh Province, Pakistan. *Hydrol Res.* 2019;50(1):319-38; Available from: <https://doi.org/10.2166/nh.2018.001>.
26. Muhammad AM, Zhonghua T, Dawood AS, Earl B. Evaluation of local groundwater vulnerability based on DRASTIC index method in Lahore, Pakistan. *Geofis Int.* 2015;54(1):67-81; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.gi.2015.04.003>.
27. Jafari SM, Nikoo MR. Groundwater risk assessment based on optimization framework using DRASTIC method. *Arab J Geosci.* 2016;9(20):742-55; Available from: <https://doi.org/10.1007/s12517-016-2756-4>.
28. Sadat-Noori M, Ebrahimi K. Groundwater vulnerability assessment in agricultural areas using a modified DRASTIC model. *Environ Monit Assess.* Jan 2016;188(1):19; PMID: 26650205. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4915-6>.
29. Neshat A, Pradhan B. Evaluation of groundwater vulnerability to pollution using DRASTIC framework and GIS. *Arab J Geosci.* 2017;10(22):501-8; Available from: <https://doi.org/10.1007/s12517-017-3292-6>.
30. Nahin KTK, Basak R, Alam R. Groundwater vulnerability assessment with DRASTIC index method in the salinity-affected southwest coastal region of Bangladesh: A case study in Bagerhat Sadar, Fakirhat and Rampal. *Earth Syst Environ.* 2020;4(1):183-95; Available from: <https://doi.org/10.1007/s41748-019-00144-7>.
31. Thirumalaivasan D, Karmegam M, Venugopal K. AHP-DRASTIC: software for specific aquifer vulnerability assessment using DRASTIC model and GIS. *Environ Modell Softw.* 2003;18(7):645-56; Available from: [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(03\)00051-3](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(03)00051-3).
32. Lad S, Ayachit R, Kadam A, Umrikar B. Groundwater vulnerability assessment using DRASTIC model: a comparative analysis of conventional, AHP, Fuzzy logic and Frequency ratio method. *Model Earth Syst Environ.* 2019;5(2):543-53; Available from: <https://doi.org/10.1007/s40808-018-0545-7>.
33. Santhosh LG, Sivakumar Babu GL. Landfill site selection based on reliability concepts using the DRASTIC method and AHP integrated with GIS - a case study of Bengaluru city, India. *Georisk Assess Manag Risk Engineered Syst Geohazards.* 2018;12(3):234-52; Available from: <https://doi.org/10.1080/17499518.2018.1434548>.
34. Sener E, Davraz A. Assessment of groundwater vulnerability based on a modified DRASTIC model, GIS and an analytic hierarchy process (AHP) method: the case of Egirdir Lake basin (Isparta, Turkey). *Hydrogeol J.* 2013;21(3):701-14; Available from: <https://doi.org/10.1007/s10040-012-0947-y>.
35. Yang J, Tang Z, Jiao T, Malik Muhammad AM. Combining AHP and genetic algorithms approaches to modify DRASTIC model to assess groundwater vulnerability: a case study from Jiangnan Plain, China. *Environ Earth Sci.* 2017;76(12); Available from: <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6759-6>.
36. Victorine Neh A, Ako Ako A, Richard Ayuk A, Hosono T. DRASTIC-GIS model for assessing vulnerability to pollution of the phreatic aquiferous formations in Douala-Cameroon. *J Afr Earth Sci.* 2015;102:180-90; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2014.11.001>.
37. Al-Abadi AM, Al-Shamma AM'a, and M. H. Aljabbari, A GIS-based DRASTIC model for assessing intrinsic groundwater vulnerability in northeastern Missan governorate, southern Iraq. *Appl Water Sci.* 2014;7(1):89-101; Available from: <https://doi.org/10.1007/s13201-014-0221-7>.
38. Nguyễn Đình Tiến. Đánh giá độ nhạy cảm nhiễm bẩn nước dưới đất ở Thành phố Huế và vùng phụ cận 2006;.
39. Oanh TTP, NV. Kỳ, T.Q. Dũng, and H.C. Thông. Hiện trạng và rủi ro nguồn nước sử dụng cho sinh hoạt tại huyện Củ Chi Thành Phố Hồ Chí Minh Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ, vol. 19, pp. 122-30, 2016;.
40. Tài NC. Đánh giá mức độ dễ bị tổn thương với nhiễm bẩn của các tầng chứa nước trên địa bàn Tỉnh Đồng Nai Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất. 2018;59(3):64-70;.
41. Saaty T. The analytic hierarchy process (AHP) for decision making. Kobe, Japan; 1980. p. 1-69;.

42. AE B et al., Geospatial distributions of groundwater quality in Gedaref State using Geographic Information System (GIS) and drinking water quality index (DWQI). *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(5, Feb 28);PMID: 30823464. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph16050731>.
43. Ouedraogo I, Defourny P, Vanclooster M. Mapping the groundwater vulnerability for pollution at the Pan African scale. *Sci Total Environ*. Feb 15 2016;544:939-53;PMID: 26771208. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.135>.
44. Sener E, Davraz A. Assessment of groundwater vulnerability based on a modified DRASTIC model, GIS and an analytic hierarchy process (AHP) method: the case of Egirdir Lake basin (Isparta, Turkey). *Hydrogeol J*. 2013;21(3):701-14; Available from: <https://doi.org/10.1007/s10040-012-0947-y>.

Aquifer Upper-Middle Pleistocene (qp₂₋₃) vulnerability assessment using origin DRASTIC and improved AHP- DRASTIC in Ho Chi Minh City

Tat Hong Minh Vy, Nguyen Hai Au*



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

ABSTRACT

Groundwater protection against anthropogenic sources, including the exploitation and use of groundwater sources, the release of wastes into the soil environment, changes in land cover, and the process of groundwater recharge is of paramount importance for protecting human health by securing clean groundwater for drinking water production. The identification of a groundwater contamination risk zone has been found to be a necessary and useful approach for managing this valuable resources. In the present study, the improved DRASTIC index model with optimized AHP weights technique applied for the assessment of groundwater vulnerability in the Upper-Middle Pleistocene aquifer of Ho Chi Minh City. The dataset of AHP weights of the DRASTIC component parameters calculated from the data of experts' evaluation of the characteristics of the study area, demonstrates very clearly the importance of the component parameters of the study area. The results of GIS and AHP- DRASTIC have showed three levels: the low vulnerability zone is 60,98%, medium and high vulnerability zones account for 25,64% and 13,38% of the total study area, respectively. According to the level of vulnerable zoning, the highly vulnerable area is one that has exposed aquifers or shallow aquifer roofs, significant recharge (added directly from rains or runoff from the surface flows in associated with contaminants from runoff flows), coverage rates, and extensive mining activities constitute a high-risk index for groundwater vulnerability. This result suggests that the GIS-based DRASTIC index model is a useful tool to assist policymakers in formulating solutions for the sensible use of water resources, as well as to identify regions where groundwater exploitation is limited.

Key words: AHP weight, DRASTIC, groundwater vulnerability, GIS

Institute for Environment and Resources,
Vietnam National University of Ho Chi Minh City,
Vietnam

Correspondence

Nguyen Hai Au, Institute for Environment and Resources, Vietnam National University of Ho Chi Minh City, Vietnam

Email: haiauvtn@gmail.com

History

- Received: 03-12-2022
- Accepted: 04-01-2023
- Published: 15-1-2023

DOI :

<https://doi.org/10.32508/stdjsee.v6i2.722>



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 : Vy T H M, Au N H. Aquifer Upper-Middle Pleistocene (qp₂₋₃) vulnerability assessment using origin DRASTIC and improved AHP- DRASTIC in Ho Chi Minh City. *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.*; 2022, 6(2):570-582.