

Ứng dụng GIS và AHP-GALDIT phân vùng nguy cơ tổn thương do nhiễm mặn tầng chứa nước Pleistocen vùng ven biển tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu

Phạm Thị Tuyết Nhi, Phạm Quốc Khánh, Nguyễn Hải Âu*



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

TÓM TẮT

Ô nhiễm nước dưới đất đang trở thành một vấn đề quan trọng, đặc biệt là ở các vùng ven biển dưới tác động của biến đổi khí hậu và xâm nhập mặn. Do đó, đánh giá nguy cơ tổn thương tầng chứa nước dưới đất là một công cụ hỗ trợ ra quyết định hữu ích trong quản lý nguồn tài nguyên này. Trong nghiên cứu này, chỉ số GALDIT với trọng số AHP được áp dụng để phân vùng nguy cơ tổn thương do nhiễm mặn tầng chứa nước Pleistocen vùng ven biển tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu. Đây là mô hình cải tiến của GALDIT truyền thống với trọng số được xác định bằng phương pháp với phân tích thứ bậc AHP như sau: loại tầng chứa nước G (0,08); hệ số thấm của tầng chứa nước A(0,15); Cao độ mực nước tĩnh L(0,26); khoảng cách từ điểm nghiên cứu tới đường bờ biển D(0,44); tác động của xâm nhập mặn I (0,04); chiều dày tầng chứa nước T(0,03). Từ các dữ liệu thành phần, bản đồ phân vùng nguy cơ tổn thương đã được xây dựng bằng kỹ thuật hệ thống thông tin địa lý (GIS) với ba cấp độ tổn thương: Vùng I (nguy cơ tổn thương cao) có diện tích 3.809 ha (chiếm 3% diện tích khu vực nghiên cứu); Vùng II (nguy cơ tổn thương trung bình) có diện tích 52.186 ha (chiếm 35% diện tích khu vực nghiên cứu) và vùng có nguy cơ tổn thương thấp có diện tích 92.396 ha (chiếm 62% diện tích khu vực nghiên cứu). Kết quả nghiên cứu đã cho thấy mô hình AHP-GALDIT kết hợp với GIS là cách tiếp cận phù hợp để xác định các tầng chứa nước dưới đất dễ bị tổn thương do xâm nhập mặn ở khu vực ven biển.

Từ khóa: AHP-GALDIT, GIS, tổn thương nước dưới đất, xâm nhập mặn, vùng ven biển

Viện Môi trường và Tài nguyên,
ĐHQG-HCM

Liên hệ

Nguyễn Hải Âu, Viện Môi trường và Tài nguyên, ĐHQG-HCM

Email: haiavtn@gmail.com

Lịch sử

- Ngày nhận: 01-12-2022
- Ngày chấp nhận: 25-12-2022
- Ngày đăng: 31-1-2023

DOI:

<https://doi.org/10.32508/stdjsee.v5iS3.717>



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.



GIỚI THIỆU

Nước dưới đất là nguồn nước cấp phục vụ trong sinh hoạt, nông nghiệp và công nghiệp. Trên địa bàn tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu, nhu cầu sử dụng nước từ nước dưới đất ngày càng tăng cùng với sự gia tăng đô thị hóa, nông nghiệp và các hoạt động công nghiệp, du lịch. Trong những năm gần đây, nhiều nhà nghiên cứu đã đánh giá chất lượng nước dưới đất thông qua chỉ số được tính toán bằng phương pháp đại số dựa vào các thông số đặc trưng để tiến hành phân vùng, giám sát và quản lý nguồn nước. Phương pháp GALDIT do Chachadi và Lobo Ferreira phát triển từ năm 2001¹ và được hiệu chỉnh đầy đủ hơn vào năm 2005 nhằm đánh giá mức độ dễ bị tổn thương của tầng chứa nước do xâm nhập của nước biển trong các tầng chứa nước ven biển². Các yếu tố GALDIT đại diện cho các thông số có thể đo lường mà dữ liệu thường có sẵn từ nhiều nguồn khác nhau. Hệ thống chứa ba phần quan trọng: trọng số, phạm vi và xếp hạng. Mỗi yếu tố GALDIT đã được đánh giá so với yếu tố khác để xác định tầm quan trọng tương đối của từng yếu tố². Ví dụ, Saravanan, 2019 đã áp dụng hiệu quả mô hình này và đã chỉ ra rằng khu vực gần bờ biển đã bị ảnh hưởng

lớn bởi nước biển xâm nhập (SWI)³. Moghadam và cộng sự. (2017), đã so sánh phương pháp DRASTIC và GALDIT trong đánh giá tính dễ bị tổn thương của tầng chứa nước ven biển và cho thấy rằng phương pháp GALDIT có kết quả tốt hơn và tương quan cao hơn với tổng chất rắn hòa tan (TDS) dựa trên thử nghiệm Pearson so với DRASTIC⁴.

Tuy nhiên, mô hình GALDIT là phương pháp đánh giá trọng số của các tham số và do đó cần được hiệu chỉnh tùy theo khu vực nghiên cứu. Chính vì vậy, AHP – GALDIT là mô hình cải tiến từ GALDIT truyền thống, trong đó sử dụng phương pháp phân tích thứ bậc (analytic hierarchy process – AHP) để xác định trọng số cho các tham số có thể đảm bảo tính đặc thù của từng khu vực đã được đề xuất⁵. Do đó, nếu bằng cách kết hợp mô hình AHP - GALDIT trên nền tảng công nghệ GIS là một cách tiếp cận hiệu quả hơn mô hình truyền thống⁵⁻¹⁰. Điển hình là Najib và cộng sự¹¹ đã ứng dụng thành công mô hình AHP - GALDIT tích hợp với công cụ GIS để lập bản đồ tính dễ bị tổn thương của tầng chứa nước do nước biển xâm thực ở khu vực bờ biển Chaouia, thuộc Morocco, nơi tập trung các hoạt động nông nghiệp và có mực

Trích dẫn bài báo này: Nhi P T T, Khánh P Q, Âu N H. **Ứng dụng GIS và AHP-GALDIT phân vùng nguy cơ tổn thương do nhiễm mặn tầng chứa nước Pleistocen vùng ven biển tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu.** *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.*; 5(S3):93-102.

nước ngầm nông. Kết quả nghiên cứu cho thấy AHP-GALDIT là một phương pháp nghiên cứu hiệu quả và đã xác định được mức độ dễ bị tổn thương tăng dần từ thượng nguồn đến vùng hạ lưu do xâm thực ở khu vực bờ biển. Tương tự, Mahrez và cộng sự¹² cũng áp dụng mô hình AHP - GALDIT dựa trên GIS để đánh giá tính dễ bị tổn thương của tầng chứa nước ven biển đối với sự xâm nhập mặn tại đồng bằng Collo, Algeria. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra yếu tố khoảng cách từ bờ đến điểm nghiên cứu và hệ số thấm của tầng chứa nước có ý nghĩa quan trọng. Đồng thời, các tác giả cũng cung cấp một cơ sở cho các nhà quản lý trong tương lai để xác định vị trí, thiết kế các giếng bơm nước dưới đất phù hợp với đặc điểm khu vực.

Ở Việt Nam, việc nghiên cứu sử dụng GALDIT đánh giá mức độ dễ tổn thương với nhiễm bẩn của tầng chứa nước ven biển được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm. Nghiên cứu của Trần Thanh Cảnh và cộng sự¹³ đã sử dụng phương pháp GALDIT thành lập được bản đồ phân vùng mức độ nguy cơ tổn thương do nhiễm mặn nước dưới đất tại Tiền Giang. Kết quả của nghiên cứu đã cho thấy khu vực có nguy cơ tổn thương rất cao nằm gần ranh giới mặn và có phễu hạ thấp mực nước lớn, đại diện là các thông số “Cao độ mực nước tĩnh”, “khoảng cách từ điểm nghiên cứu tới ranh giới mặn - nhạt” và “tác động của hiện trạng xâm nhập mặn”. Tương tự, Phan Nam Long và Huỳnh Tiến Đạt¹⁴ cũng ứng dụng GALDIT trên nền tảng GIS đánh giá tổn thương do xâm nhập mặn tại Quảng Nam, Đà Nẵng. Kết quả cho thấy các vùng có nguy cơ dễ bị tổn thương cao phân bố dọc bờ biển và các khu dân cư đông đúc, gần sông.

Trên địa bàn tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu, nhóm tác giả Nguyễn Hải Âu và cộng sự¹⁵ đã bước đầu ứng dụng tích hợp GIS và mô hình GALDIT (trọng số cơ bản do Chachadi và Ferreira đề xuất năm 2005) phục vụ đánh giá và phân vùng mức độ nguy cơ tổn thương do xâm nhập mặn của tầng chứa nước Pleistocenes (giữa – trên) tại thị xã Phú Mỹ.

Trong bài báo này, kỹ thuật GIS kết hợp với mô hình đánh giá mức độ nguy cơ tổn thương do nhiễm mặn tầng chứa nước dưới đất GALDIT với trọng số AHP được sử dụng. Kết quả nghiên cứu đã xây dựng được bản đồ phân vùng dễ bị tổn thương tầng chứa nước Pleistocen vùng ven biển tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu.

TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Vùng nghiên cứu

Vùng ven biển tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu được giới hạn bởi khung tọa độ địa lý từ 10°19'00” đến 10°45'00” vĩ độ Bắc và từ 107°01'00” đến 107°35'00” kinh độ

Đông, bao gồm TP. Vũng Tàu, TP. Bà Rịa, TX. Phú Mỹ, H. Long Điền, H. Đất Đỏ, H. Xuyên Mộc (Hình 1).

Tầng chứa nước lỗ hổng Pleistocen phân bố phần lớn vùng ven biển tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu, đôi chỗ bị gián đoạn bởi các núi sót nằm rải rác hoặc bị bào mòn. Tầng chứa nước này được phủ bởi thành tạo rất nghèo nước Holocen (Q₂), một vài nơi lộ trực tiếp trên mặt. Chiều sâu gặp mái của tầng từ 0 đến 35m, chiều dày biến đổi từ 6m đến 56m và có xu hướng vát nhọn về phía núi. Thành phần thạch học gồm chủ yếu là cát hạt mịn đến trung thô chứa sạn sỏi, có nơi lẫn sét bột hoặc xen kẹp các thấu kính mỏng sét bột, bột cát mịn. Tầng chứa nước có mức độ chứa nước từ trung bình đến nghèo, lưu lượng giếng từ 0,1 l/s đến 2,86 l/s, hệ số dẫn nước của tầng chứa nước thay đổi từ 3,86m²/ngày đến 152 m²/ngày¹⁶. Nước trong tầng thuộc loại có áp, dao động mực nước theo mùa rõ rệt với biên độ dao động từ 0,51m đến 4,57m. Loại hình hóa học nước chủ yếu là Clorua Natri, Clorur-Bicarbonat Natri, Bicarbonat-Clorur Natri-Calci, tổng độ khoáng hóa cao (thay đổi từ 17 đến 3.200 mg/l), ranh giới mặn nhạt dịch chuyển sâu về phía đất liền đã tác động tiêu cực đến chất lượng nguồn nước cấp¹⁷.

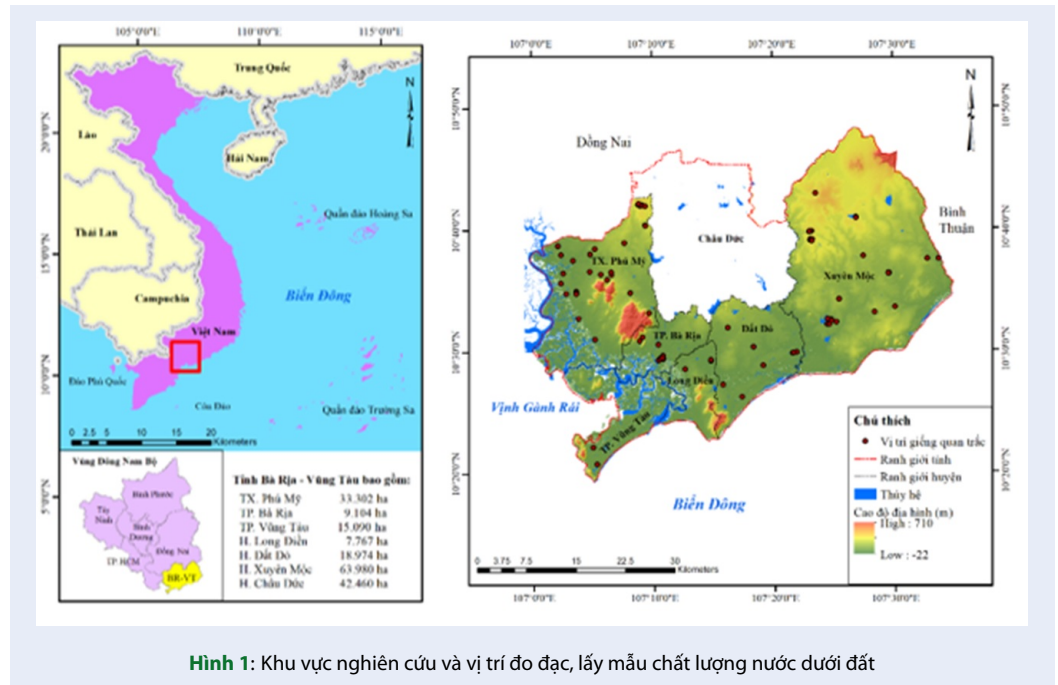
Tài liệu nghiên cứu

Các tài liệu về địa tầng, địa chất thủy văn được nhóm tác giả tổng hợp từ các đề tài, dự án đã triển khai trên địa bàn tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu^{16,17}. ố liệu chất lượng nước được sử dụng gồm 04 thông số phục vụ cho tính toán tác động của xâm nhập mặn (Cl⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻, TDS) của 99 giếng khai thác nước dưới đất tầng chứa nước Pleistocen của các cơ sở sản xuất và hộ dân phục vụ cho tưới và sinh hoạt trong vùng ven biển tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu từ đề tài nghiên cứu khoa học cấp Đại học quốc gia TP.HCM (mã đề tài C2022-24-1) do Phạm Quốc Khánh làm chủ nhiệm. Mẫu được bảo quản và lưu giữ theo đúng quy trình và đúng yêu cầu kỹ thuật TCVN 6663-3:2008. Mẫu được đựng trong thiết bị chứa mẫu, đánh số hiệu và bảo quản lạnh ở nhiệt độ từ 1°C đến 5°C trong thùng đựng mẫu chuyên dùng và được chuyển về Phòng thí nghiệm chất lượng môi trường của Viện Môi trường và Tài nguyên (VIMCERS 138).

Phương pháp nghiên cứu

Chỉ số GALDIT

Chỉ số tổn thương GALDIT là một trong những khung đánh giá tổn thương phổ biến nhất đối với các tầng chứa nước ven biển; gồm 6 thông số: Loại tầng chứa nước (G); Hệ số thấm của tầng chứa nước (A); Cao độ mực nước tĩnh (D); Khoảng cách từ điểm nghiên cứu tới đường bờ biển (L); Tác động của xâm



Hình 1: Khu vực nghiên cứu và vị trí đo đạc, lấy mẫu chất lượng nước dưới đất

nhập mặn (I); Chiều dày tầng chứa nước (T). Khung này sử dụng hệ thống xếp hạng và trọng số bằng số để đánh giá tính dễ bị tổn thương của các tầng chứa nước ven biển. Ngoài ra, khung GALDIT xem xét các tính chất vật lý ảnh hưởng đến khả năng ô nhiễm nước biển trong môi trường thủy văn. Trong hệ thống này, bốn tỷ lệ 2,5, 5, 7,5 và 10 được đề xuất cho mỗi tham số, theo bảng của Chachadi (2005), trong đó tỷ lệ càng cao thể hiện tính dễ bị tổn thương càng lớn và ngược lại. Sau đó, bản đồ của tất cả sáu tham số của mô hình này được tính trọng số từ 1 (ít quan trọng hơn) đến 4 (quan trọng hơn), theo đề xuất của Chachadi (2005)¹. Bảng 1 trình bày trọng số, phạm vi và tỷ lệ cho từng tham số của khung GALDIT. Chỉ số lỗi hồng cuối cùng thu được bằng cách kết hợp các lớp GALDIT khác nhau trong môi trường phần mềm ArcGIS, như sau:

$$GALDIT = \frac{\sum_{i=1}^6 W_i R_i}{\sum_{i=1}^6 W_i} \quad (1)$$

Trong đó: W_i : Trọng số của các thông số thứ i ; R_i : Điểm số đánh giá cho giá trị của thông số i .

Trọng số AHP

Trong nghiên cứu này, trọng số W_i tính toán bằng phương pháp AHP. AHP là một quy trình đánh giá đa tiêu chí do (Thomas Saaty, 1980)¹⁸ thiết lập để ra quyết định. AHP bắt nguồn từ việc xây dựng ma trận so sánh theo cặp 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, 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. 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. Tỷ số nhất quán (CR) phải <0,1 để được chấp nhận.

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

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

Trong nghiên cứu này, so sánh từng cặp được thực hiện đối với sáu thông số GALDIT có ảnh hưởng đến xâm thực nước biển dựa kết quả khảo sát của các nhà khoa học và chuyên gia địa chất thủy văn tại Việt Nam.

Thuật toán nội suy IDW (Inverse Distance Weighting)

Từ số liệu tính toán các tham số (G, A, L, D, I, T), thuật toán nghịch đảo có trọng số khoảng cách (IDW) được sử dụng để tạo các bản đồ nội suy không gian thông qua phần mềm ArcGIS.

Bảng 1: Trọng số và điểm số của các thông số GALDIT (Chachadi 2005)

Thông số	Trọng số	Điểm - khoảng giá trị			
		2,5	5	7	10
Loại tầng chứa nước	1		Thấm xuyên	Không áp	Có áp
Hệ số thấm (m/ngày)	3	<5	5 - 10	10 - 40	> 40
Cốt cao mực nước (m)	4	>-8	-8 ÷ -11	-11 ÷ -14	<-14
Khoảng cách tới ranh mặn (m)	4	>1000	700 - 1000	500 - 700	<500
[Cl ⁻ /(HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ²⁻)] (mgđ/l)	1	<1	1 - 1,5	1,5 - 2	>2
Chiều dày tầng chứa nước (m)	2	>70	50 - 70	30 - 50	<30

Trọng số của mỗi điểm được tính theo công thức sau:

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^N Z_i x d_i^{-n}}{\sum_{i=1}^N d_i^{-n}} \quad (4)$$

Trong đó:

Z_0 : giá trị ước tính của biến z tại điểm i ; Z_i : giá trị mẫu tại điểm i ; d_i : khoảng cách điểm mẫu để ước tính điểm N ; hệ số xác định trọng lượng dựa trên một khoảng cách.

Quy trình đánh giá tính dễ bị tổn thương của tầng chứa nước ven biển và các phương pháp được sử dụng được hiển thị trong Hình 2. Các thông số được nội suy, xây dựng các lớp bản đồ cho từng tham số, sau đó chồng các lớp đã nội suy lên theo công thức AHP-GALDIT.

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Tính toán các thông số GALDIT

Sáu lớp bản đồ thành phần của GALDIT được trình bày ở Hình 3 và được mô tả như sau:

Loại tầng chứa nước (G)

Tầng chứa nước Pleistocens vùng nghiên cứu thuộc loại tầng chứa nước có áp được xác định cho tất cả các giếng, được đánh giá với giá trị $G = 10$ (Theo Chachadi, 2005).

Hệ số thấm (A)

Hệ số thấm (A) của tầng chứa nước Pleistocens tại 99 giếng có sự khác nhau tùy thuộc vào đặc điểm đất đá, giá trị hệ số thấm thay đổi từ 1,14 - 18,04 m/ngày. Dựa vào Bảng 1, bản đồ hệ số thấm được chia thành ba phạm vi <5 - 10 - 10 - 40; >40 m/ngày. Bản đồ này cho thấy rằng mức độ thấm cao nhất thuộc về lớp 10 - 40 m/ngày.

Cao độ mực nước tĩnh (L)

Độ cao của mực nước ngầm so với mực nước biển là một trong những thông số quan trọng nhất để đánh giá tính dễ bị tổn thương do nước biển xâm thực. Giá trị mực nước trung bình tại các giếng nằm trong khoảng giá trị -2,43 - 35,30 m. ản đồ mực nước biển đã được phân chia thành 4 vùng >2; 1,5 - 2; 1 - 1,5 và <1 m. Mực nước ngầm thấp nhất tập trung ở phía khu vực ven biển tại TX. Phú Mỹ, Huyện Đất Đỏ, TP. Vũng Tàu (Hình 3c)

Khoảng cách từ điểm nghiên cứu tới bờ biển (D)

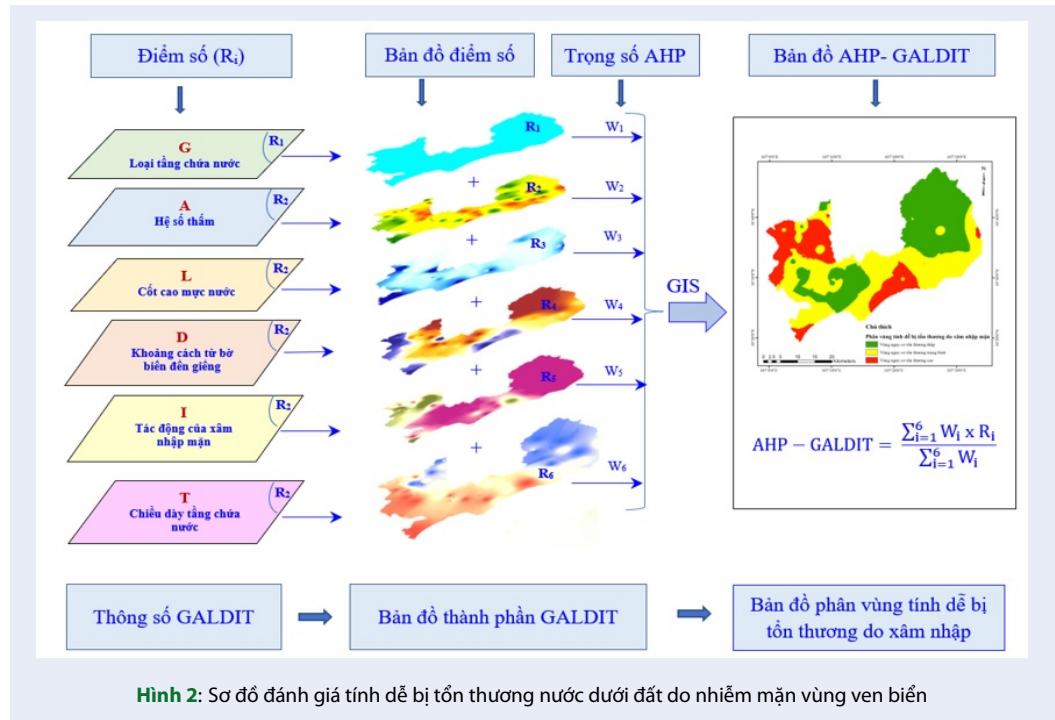
Bản đồ khoảng cách từ bờ biển đến công trình giếng quan trắc được tính toán trực tiếp trên môi trường ArcGIS. Về phân bố không gian khoảng cách của giếng gần nhất đến bờ biển là 18,17 m, lớn nhất 36.000 m và trung bình 10.895 m. Bản đồ của thông số này được chia thành hai lớp khác nhau từ 2,5 (mức độ dễ bị tổn thương thấp) đến 5 (mức độ dễ bị tổn thương trung bình). Khu vực gần bờ biển (khoảng cách <500 m) có mức độ dễ bị tổn thương cao đối với sự xâm nhập của nước biển và nó được đánh giá là 10. Do đó, khoảng cách càng xa bờ biển (khoảng cách > 1000 m) thì mức độ dễ bị tổn thương của vùng đối với nước biển càng ít (Hình 3d)

Tác động của xâm nhập mặn (I)

Tỷ số $[Cl^{-}/(HCO_3^{-} + CO_3^{2-})]$ thay đổi từ 0,1 đến 7,2 và trung bình cho tầng chứa nước là 1,02. Trên cơ sở điểm số thu được tại các điểm nghiên cứu tiến hành lập bản đồ phân vùng mức độ nguy cơ tổn thương đối với tham số I (Hình 3e).

Chiều dày tầng chứa nước (T)

Bề dày tầng chứa nước được thu thập và tổng hợp tính toán có giá trị thay đổi từ 6,42 đến 56,26 m và trung bình bề dày tầng chứa là 14,36 m. Do đó, tham số



này, điểm xếp hạng thay đổi theo độ dày của tầng chứa nước từ 5 đến 10.

Tính toán chỉ số AHP-GALDIT

Trọng số AHP của thông số GALDIT

Trọng số AHP của các thông số GALDIT tham khảo ý kiến của các chuyên gia và thực tế hiện trường. Sau đó, ma trận được kiểm tra để xác minh rằng giá trị CR nhỏ hơn 0,1 (Bảng 2).

Phân vùng mức độ dễ bị tổn thương do nhiễm mặn vùng ven biển theo AHP-GALDIT

Phân vùng mức độ dễ bị tổn thương tầng chứa nước Pleistocens do nhiễm mặn được xây dựng khi chồng lớp các bản đồ thành phần của sáu tham số (G, A, L, D, I, T) với trọng số AHP. Giá trị chỉ số GALDIT của tầng chứa nước Pleistocens nằm trong khoảng từ 3,16 - 9,04. Theo Bảng 3 phân vùng nguy cơ tổn thương theo Chachadi (2005), tầng chứa nước Pleistocen vùng ven biển tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu có vùng nguy cơ dễ bị tổn thương từ thấp (phía tây bắc thị xã Phú Mỹ; thành phố Bà Rịa; huyện Xuyên Mộc) đến rất cao (thành phố Vũng Tàu; phía tây thị xã Phú Mỹ; vùng cách đồng Bung của huyện Đất Đỏ) (Hình 4).

KẾT LUẬN

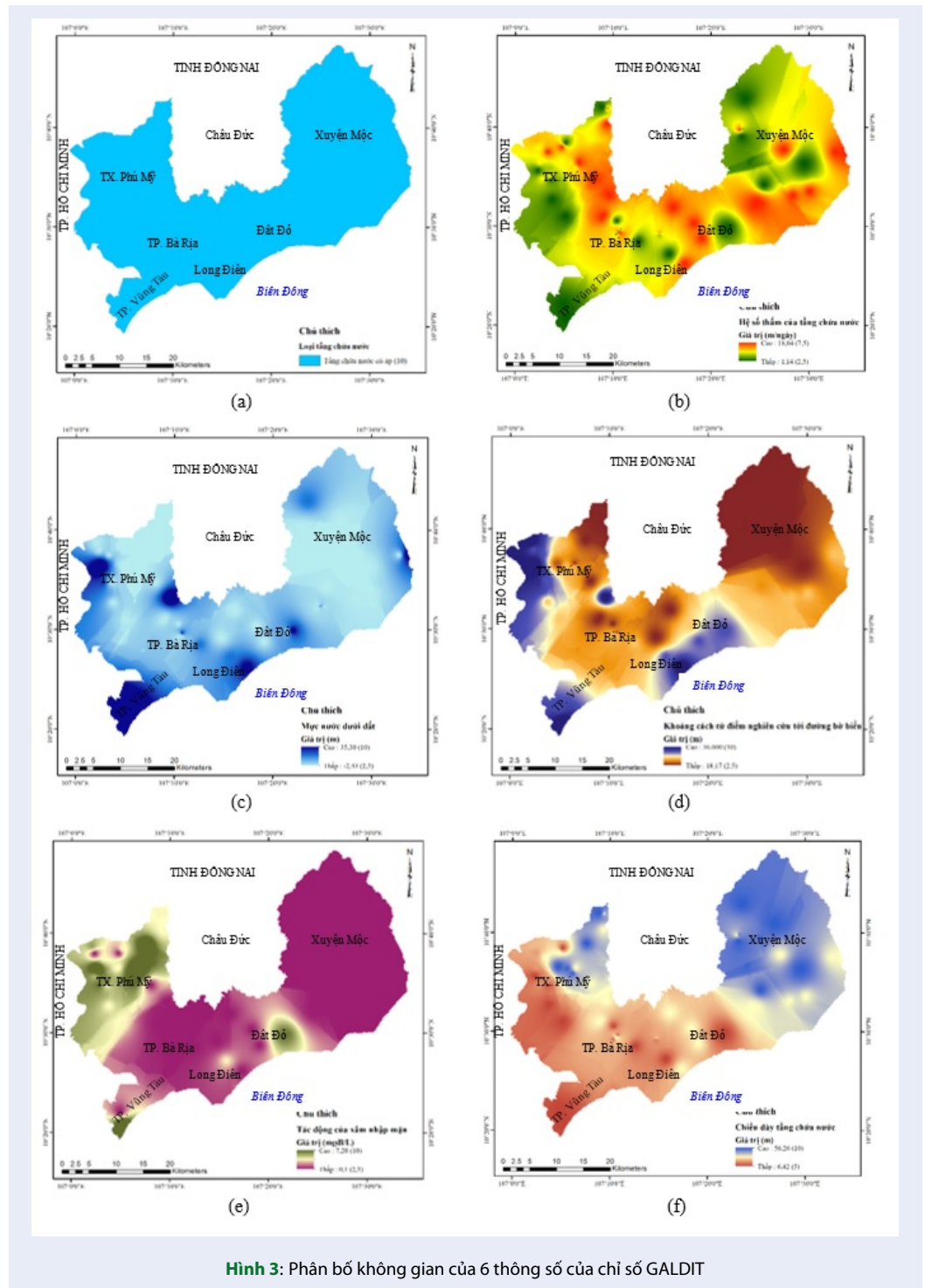
Từ kết quả tổng hợp tài liệu và tính toán cho thấy mức độ nguy cơ tổn thương tầng chứa nước dưới đất Pleistocens theo chỉ số GALDIT trên nền tảng công nghệ

GIS là tài liệu trực quan cung cấp thông tin quan trọng cho các nhà quản lý tham chiếu trong quá trình cấp phép khai thác hoặc giám sát xâm nhập mặn khu vực ven biển tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu.

Kết quả nghiên cứu phân vùng nguy cơ tổn thương được chia thành ba vùng: Vùng I (nguy cơ tổn thương cao) có diện tích 3.809 ha (chiếm tới 3% diện tích khu vực nghiên cứu); Vùng II (nguy cơ tổn thương trung bình) có diện tích 52.186 ha (chiếm 35% diện tích khu vực nghiên cứu) và vùng có nguy cơ tổn thương thấp có diện tích 92.396 ha (chiếm 62% diện tích khu vực nghiên cứu). Dựa vào kết quả trên và bản đồ phân vùng mức độ tổn thương tầng chứa nước dưới đất Pleistocens, cần hạn chế xây dựng mới ở vùng II và cấm khai thác ở vùng III để tránh xảy ra hiện tượng xâm nhập mặn của tầng chứa nước và các công trình quan trắc hiện nay chưa đáp ứng được nhu cầu quan trắc nhiễm mặn. Vì vậy, cần đề xuất bổ sung các giếng quan trắc theo dõi thường xuyên diễn biến biên mặn – nhạt của tầng chứa nước ven biển nhằm giảm nguy cơ tổn thương cho tầng chứa nước dưới đất.

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 C2022-24-01.



Hình 3: Phân bố không gian của 6 thông số của chỉ số GALTIT

Bảng 2: Giá trị trọng số và điểm số của mô hình AHP-GALDIT

Thông số	Trọng số	Khoảng giá trị	Điểm
Loại tầng chứa nước	0,08	Có áp	10
		Không áp	7,5
		Thấm xuyên	5
Hệ số thấm (m/ngày)	0,15	>40	10
		10-40	7,5
		5-10	5
		<5	2,5
Cốt cao mực nước (m)	0,26	<1	10
		1-1,5	7,5
		1,5-2,0	5
		>20	2,5
Khoảng cách tới bờ biển (m)	0,44	<2.500	10
		2.500-5.000	7,5
		5.000-10.000	5
		>10.000	2,5
[Cl ⁻ /(HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ²⁻)] (mgdl/l)	0,04	>2,0	10
		1,5-2,0	7,5
		1,0-1,5	5
		<1,0	2,5
Chiều dày tầng chứa nước (m)	0,03	>10	10
		7,5-10	7,5
		5-7,5	5
		<5	2,5

Bảng 3: Bảng phân vùng nguy cơ tổn thương (Chachadi 2005)

TT	Dải chỉ số GALDIT	Phân vùng
1	>7,5	Vùng nguy cơ tổn thương cao
2	5 - 7,5	Vùng nguy cơ tổn thương trung bình
3	2,5 - 5	Vùng nguy cơ tổn thương thấp

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

GALDIT (G-Groundwater occurrence; A-Aquifer hydraulic conductivity; L-Height of groundwater level above sea level; D-Distance from the shore; I-Impact of existing status of seawater intrusion; T-Thickness of aquifer)

EWQI (Entropy Water Quality Index): Chỉ số chất lượng nước trọng số Entropy

WQI (Water Quality Index): Chỉ số chất lượng nước

TH (Total Hardness): Tổng độ cứng

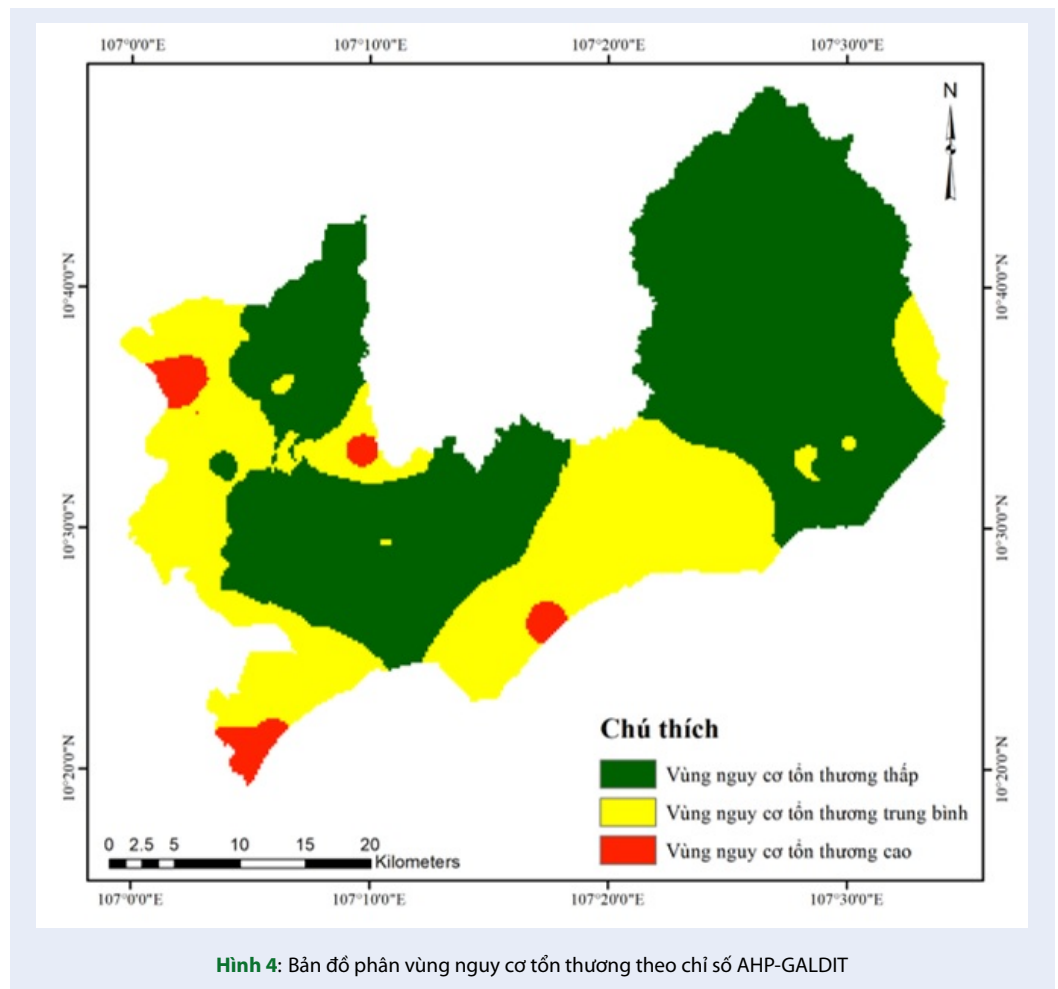
TDS (Total dissolved solids): Tổng chất rắn hòa tan

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

Phạm Thị Tuyết Nhi đóng góp luận giải các thông số GALDIT, tính toán trọng số AHP và tích hợp GIS,



phân tích kết quả tính toán và viết chính bản thảo. Phạm Quốc Khánh tham gia đóng góp xử lý dữ liệu thu thập.

Nguyễn Hải Âu đóng góp thành lập bản đồ từng thông số GALDIT trên nền tảng công nghệ GIS, chỉnh sửa bản thảo và gửi bài tạp chí.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Chachadi A, Lobo-Ferreira J. Sea water intrusion vulnerability mapping of aquifers using GALDIT method. *Coastin*. 2001;4:7-9;
2. Ferreira A, Chachadi A. Assessing aquifer vulnerability to sea-water intrusion using GALDIT method: Part 2-GALDIT Indicators Description. In: *Proceedings of the 4th inter Celtic colloquium on hydrology and management of water resources*; 2005;
3. Saravanan S, Parthasarathy K, Sivaranjani S. Assessing coastal aquifer to seawater intrusion: application of the GALDIT method to the Cuddalore Aquifer, India. In: *Coastal zone management*. Elsevier; 2019. p. 233-50; Available from: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814350-6.00010-0>.
4. Kardan Moghaddam H, Jafari F, Javadi SJHSJ. Vulnerability evaluation of a coastal aquifer via GALDIT model and comparison with DRASTIC index using quality parameters. *Hydrological Sciences Journal*. 2017;62(1):1-10; Available from: <https://doi.org/10.1080/02626667.2015.1080827>.
5. Mirzavand HGM, Sadatinejad SJ, Bagheri R, Clark ID. Saltwater intrusion vulnerability assessment using AHP-GALDIT model in Kashan plain aquifer as critical aquifer in a semi-arid region. *Desert*. 2018;23(2):255-64.
6. 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>.
7. Dweiri F, Kumar S, Khan SA, Jain V. Designing an integrated AHP based decision support system for supplier selection in automotive industry. *Expert Syst Appl*. 2016;62:273-83; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.06.030>.
8. Chakraborty S, Kumar RN. Assessment of groundwater quality at a MSW landfill site using standard and AHP based water quality index: a case study from Ranchi, Jharkhand, India. *Environ Monit Assess*. 2016;188(6):335; PMID: 27155859. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5336-x>.
9. Bozdağ A. Combining AHP with GIS for assessment of irrigation water quality in Çumra irrigation district (Konya), Central Anatolia, Turkey. *Environ Earth Sci*. 2015;73(12):8217-36; Available from: <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3972-4>.
10. 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).
11. NAJIB AGS, Khalid M, BREABÂN IG, GUESSIR H, BOUTAYEB K. Application of the method GALDIT for the cartography of groundwaters vulnerability: aquifer of Chaouia coast (Morocco). *The Sci Ann*. 2012;LVIII(II):77-88;
 12. Mahrez B, Klebingat S, Houha B, Houria B. GIS-based GALDIT method for vulnerability assessment to seawater intrusion of the Quaternary coastal Collo aquifer (NE-Algeria). *Arab J Geosci*. 2018;11(4):1-14; Available from: <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3400-2>.
 13. Trần NBT, Cảnh T, Vượng BT. 'Đánh giá nguy cơ tổn thương do nhiễm mặn nước dưới đất vùng Tiền Giang bằng phương pháp GALDIT và đề xuất mạng lưới quan trắc xâm nhập mặn,' *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất* vol. 2018;59(3):71-83.
 14. Nam Long HTDP. Application of GIS-Base GALDIT for vulnerability assessment to saltwater intrusion of Holocene coastal aquifer: a case of Quang Nam - Da Nang city, Vietnam. *Viet J Earth Sci*. 2020;42(3):298-310; Available from: <https://doi.org/10.15625/0866-7187/42/3/15454>.
 15. Nguyen AH et al. Application of GIS-based GADLIT model for vulnerability assessment to seawater intrusion to Aquifer Upper-Middle Pleistocene in Phu My Town, Ba Ria-Vung Tau Province of BaRia-VungTau province. Vol. 5(S11); 2021. p. S137-46;.
 16. Sở Tài Nguyên và Môi trường tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu. *Vận hành mạng quan trắc nước dưới đất tỉnh Bà Rịa-Vũng Tàu 2020-2021*;
 17. Âu HN. Điều tra, đánh giá nhiễm mặn các tầng chứa nước do tác động của biến đổi khí hậu, mực nước biển dâng tại các khu vực ven biển tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu. *Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh BRVT2020*;
 18. Saaty T. *The analytic hierarchy process (AHP) for decision making* Kobe. Japan; 1980. p. 1-69;.

Using GIS-based and AHP-GALDIT method for salt intrusion vulnerability mapping in the coastal Pleistocene aquifer, Ba Ria – Vung Tau province

Pham Thi Tuyet Nhi, Pham Quoc Khanh, Nguyen Hai Au*



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

ABSTRACT

Groundwater aquifer vulnerability assessment is a helpful tool to support the local decision-making authorities in groundwater resources. Groundwater contamination is becoming an important problem, especially in coastal areas also threatened by seawater intrusion. In fact, several methods have been developed to assess the vulnerability of aquifers. In this study, the application extends the GALDIT index with AHP weighting to partition vulnerability of Pleistocene aquifers by saline intrusion in the coastal region of Ba Ria - Vung Tau province and spatial visualization of the results obtained by GIS technique. The results of the study identified the AHP weighting set of the corresponding GALDIT parameters: G-Groundwater occurrence (0.08); A-Aquifer hydraulic conductivity (0.15); L-Height of groundwater level above sea level (0.26); D-Distance from the shore (0.44); I-Impact of the existing status of seawater intrusion (0.04); T-Thickness of the aquifer (0.03). From the set of weights obtained, the paper has also developed a map of Pleistocene aquifer vulnerability zoning in the coastal area of Ba Ria – Vung Tau province was built up following 03 classifications: Zone I (high vulnerability) with an area of 3,809 ha (equivalent to 3% of the study area); Zone II (moderate vulnerability) covers an area of 52,186 ha (equivalent to 35% of the study area) and the zone low vulnerability covers an area of 92,396 ha (equivalent to 62% of the study area). The research results have shown that the AHP-GALDIT model combined with GIS is a suitable approach to identify aquifers vulnerable to saline intrusion in coastal areas.

Key words: AHP-GALDIT, GIS, groundwater vulnerability, saline intrusion, coastal zone

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

Correspondence

Nguyen Hai Au, Institute for Environment and Resources, Vietnam National University of Ho Chi Minh City
Email: haiauvtn@gmail.com

History

- Received: 01-12-2022
- Accepted: 25-12-2022
- Published: 31-1-2023

DOI : <https://doi.org/10.32508/stdjsee.v5iS3.717>



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 : Nhi P T T, Khanh P Q, Au N H. **Using GIS-based and AHP-GALDIT method for salt intrusion vulnerability mapping in the coastal Pleistocene aquifer, Ba Ria – Vung Tau province.** *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.*; 2023, 5(S3):93-102.