

TRƯỜNG ĐẠI HỌC TRÀ VINH (TVU)

HỘI ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH
VÀ MÔI TRƯỜNG VIỆT NAM (VAEGE)



HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC
ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH - ĐỊA KỸ THUẬT
VÀ MÔI TRƯỜNG PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG
(VIETGEO 2025)



NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

Không phần nào trong xuất bản phẩm này được phép sao chép hay phát hành dưới bất kỳ hình thức hoặc phương tiện nào nếu không được phép của Nhà xuất bản Giao thông vận tải

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

Số 8 phố Tăng Bạt Hổ - Phường Cửa Nam - TP. Hà Nội

Điện thoại: 024 39423346 - 39424620 * Fax: 024 38224784

Website: www.nxbgtvt.vn

Chịu trách nhiệm xuất bản, nội dung:

Giám đốc - Tổng Biên tập:

NGUYỄN MINH NHẬT

Biên tập nội dung:

VŨ VĂN BÁI

Biên tập sách điện tử:

VŨ VĂN BÁI

Kỹ thuật sách điện tử:

NGÔ NHỊ LƯƠNG

Trình bày:

HIỀN LƯƠNG

Số xác nhận đăng ký xuất bản: 3850-2025/CXBIPH/1-78/GTVT.

Số quyết định xuất bản: 13 NB/QĐSĐT-XBGT ngày 22/10/2025.

Nộp lưu chiều tháng 10 năm 2025.

ISBN: 978-604-76-3233-6

TRƯỜNG ĐẠI HỌC TRÀ VINH
(TVU)

HỘI ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH
VÀ MÔI TRƯỜNG VIỆT NAM (VAEGE)

NGÀY 24 & 25 THÁNG 10 NĂM 2025

HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC
ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH -
ĐỊA KỸ THUẬT VÀ MÔI TRƯỜNG
PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG
(VIETGEO 2025)

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

MỤC LỤC

Chủ đề I: ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH VÀ ĐỊA KỸ THUẬT

1. PHÁT HIỆN SẠT LỎ ĐẤT DỰA TRÊN KỸ THUẬT HỌC SÂU <i>Nguyễn Kim Cường, Kei Kawamura, Nguyễn Trung Kiên</i>	8
2. NGHIÊN CỨU CHẤT LƯỢNG CẤP PHỐI VỮA CHÈN LẤP VỎ HÀM TBM DỰ ÁN TUYẾN ĐƯỜNG SẮT ĐÔ THỊ THÍ ĐIỂM THÀNH PHỐ HÀ NỘI, ĐOẠN NHỒN - GA HÀ NỘI <i>Nguyễn Thị Nụ, Bùi Trường Sơn, Ngô Thị Thoan, Ngô Văn Luyện</i>	15
3. GEOLOGICAL EVOLUTION AND GEOMORPHOLOGICAL HERITAGES OF THE NAM O ROCKY SHORE PLATFORM IN THE COASTAL AREA OF DANANG, VIETNAM <i>La Duong Hai, Pham Phuoc Toan, Do Quang Thien</i>	22
4. XÁC ĐỊNH CÁC CHỈ TIÊU CHO DỰ TÍNH ĐỘ LÚN ỔN ĐỊNH CỦA NỀN ĐẤT YẾU BẰNG THÍ NGHIỆM DILATOMETER, ÁP DỤNG CHO KHU VỰC CẢI MẸP <i>Nguyễn Văn Phóng, Phan Tự Hường, Phan Thành Tiền, Trương Thanh Cẩn</i>	32
5. NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG HỆ THỐNG PHÂN CẤP VÀ TIÊU CHÍ PHÂN ĐỊNH ĐỊA TẦNG ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH <i>Nguyễn Văn Phóng, Bùi Trường Sơn, Bùi Văn Bình, Nguyễn Song Thanh, Nguyễn Tiến Dũng</i>	43
6. NGHIÊN CỨU MÔ PHÒNG LỮ Bùn ĐÁ TẠI TRÀ LÈNG, THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG BẰNG PHẦN MỀM IRIC - MORPHO 2DH <i>Vũ Văn Kiên, Nguyễn Châu Lân, Đỗ Tuấn Nghĩa</i>	53
7. KHẢO SÁT ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH CHO CÁC DỰ ÁN ĐIỆN GIÓ NGOÀI KHƠI: THỬ THÁCH VÀ KINH NGHIỆM THỰC TẾ <i>Trương Thanh Cẩn, Nguyễn Quỳnh Luân, Nguyễn Văn Phóng</i>	64
8. ỨNG DỤNG PHẦN MỀM STATISTICAL PROCESS TRONG XỬ LÝ THỐNG KÊ KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM ĐẤT ĐÁ <i>Phan Tự Hường, Đỗ Minh Tinh</i>	73
9. NGHIÊN CỨU, ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP XỬ LÝ THÂM QUÁ NỀN ĐẬP HỒ CHỨA NƯỚC SÔNG THAN, TỈNH KHÁNH HÒA <i>Phạm Thị Ngọc Hà, Nguyễn Tấn Sơn, Bùi Trường Sơn, Nguyễn Thành Dương</i>	82
10. NGHIÊN CỨU ĐỊA KỸ THUẬT PHỤC VỤ QUY HOẠCH XÂY DỰNG ĐÔ THỊ ÁP DỤNG CHO PHƯỜNG HẢI DƯƠNG, THÀNH PHỐ HẢI PHÒNG <i>Đỗ Hồng Thắng</i>	91
11. PHÂN TÍCH THÂM VÀ ỔN ĐỊNH ĐẬP ĐẤT TRONG TRƯỜNG HỢP MỰC NƯỚC THƯỢNG LƯU HẠ THẤP NHANH <i>Nguyễn Văn Hường, Nguyễn Trung Quân, Nguyễn Thị Lộc, Nguyễn Văn Tươi, Nguyễn Quang Huy</i>	99
12. ĐÁNH GIÁ ỔN ĐỊNH ĐẬP ĐẤT KHI XẢY RA ĐỘNG ĐẤT: ÁP DỤNG CHO ĐẬP ĐẤT THƯỢNG KON TUM <i>Nguyễn Trung Quân, Nguyễn Quang Huy, Nguyễn Thị Lộc, Lê Ngọc Viên, Nguyễn Văn Hường</i>	109
13. ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA TỶ LỆ BẢN ĐỒ ĐỊA CHẤT ĐẾN VIỆC CHỌN TUYẾN ĐƯỜNG CAO TỐC TUYẾN QUANG - HÀ GIANG, ĐOẠN QUA TỈNH TUYẾN QUANG CŨ <i>Nguyễn Đức Đảm, Phạm Thái Bình, Nguyễn Đức Mạnh, Nguyễn Công Định</i>	120
14. NGHIÊN CỨU SỨC CHỐNG CẮT ĐẤT SÉT LẤN SẠN TRÊN MẪU CHẾ BỊ CÓ KÍCH THUỐC KHÁC NHAU BẰNG THIẾT BỊ CẮT PHẪNG <i>Cao Trọng Công, Nguyễn Đức Mạnh, Nguyễn Châu Lân, Phạm Thu Trang</i>	127

45. CƠ SỞ DỮ LIỆU NỀN ĐỊA LÝ TỶ LỆ LỚN - NỀN TẢNG PHỤC VỤ QUẢN LÝ KHÔNG GIAN BỀN VỮNG KHU VỰC PHỨC THỌ, HÀ NỘI	
<i>Trần Hồng Hạnh</i>	392

Chủ đề IV: CÔNG NGHỆ KHOAN - KHAI THÁC

46. DEPTH-DEPENDENT STABILITY ANALYSIS OF BENTONITE SLURRY TRENCH: A COMPARATIVE STUDY USING 2D AND 3D	
<i>Le Thi Cat Tuong, Nguyen Van Hai, Nguyen Thanh Danh, Phạm Ngọc Tan, Nguyen Thanh Son, Vo Thanh Toan, Trinh Van Thao</i>	402
47. THE ROLE OF HORIZONTAL DRILLING AND HYDRAULIC FRACTURING	
<i>Binh T. Bui</i>	411
48. THIẾT KẾ TỐI ƯU CHOÒNG KHOAN ĐA TINH THỂ (PDC) ĐỂ KHOAN QUA ĐỊA TẦNG MIOCENE HẠ TẠI MỎ X, BỀ NAM CÔN SƠN	
<i>Đỗ Quang Khánh, Tạ Văn Cường, Trần Quan Long</i>	422
49. DỰ BÁO TỶ TRỌNG TUẦN HOÀN TƯƠNG ĐƯƠNG SỬ DỤNG DỮ LIỆU KHOAN	
<i>Nguyễn Hữu Trường, Nguyễn Đức Thịnh</i>	431
50. NGHIÊN CỨU, ĐÁNH GIÁ TIỀM NĂNG ĐỊA NHIỆT VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG	
<i>Đỗ Đình Khuyển, Nguyễn Văn Thịnh</i>	440
51. ỨNG DỤNG MÔ HÌNH HÓA THỦY LỰC TRONG ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CÔNG ĐOẠN KHOAN 12-1/4” GIẾNG X, MỎ BẠCH HỒ	
<i>Trương Văn Từ, Nguyễn Khắc Long</i>	450
52. PENETRATION RATE PREDICTION USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY	
<i>Nguyen Huu Truong</i>	458
53. NGHIÊN CỨU QUY TRÌNH XÂY DỰNG MÔ HÌNH ĐỊA CHẤT 3D CHO TẦNG TRẦM TÍCH NÔNG DƯỚI ĐÁY BIÊN ĐỀ PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN CÁC TRANG TRẠI ĐIỆN GIÓ NGOÀI KHƠI	
<i>Đỗ Duy Khoản, Nguyễn Văn Thịnh, Tạ Quốc Dũng, Nhữ Việt Hà</i>	466
54. DỰ BÁO NGUY CƠ SINH CÁT TRONG TẦNG CHỨA CỔ KẾT YẾU TẠI LÔ 01&02, BỒN TRỪNG CỬU LONG	
<i>Phạm Quý Ngọc, Nguyễn Văn Thuận, Phạm Xuân Toàn, Nguyễn Minh Quý</i>	476
55. ĐẶC ĐIỂM THI CÔNG GIẾNG KHOAN TRONG ĐIỀU KIỆN DỊ THƯỜNG ÁP SUẤT	
<i>Trương Văn Từ, Nguyễn Khắc Long</i>	487

Chủ đề V: TAI BIẾN ĐỊA CHẤT VÀ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

56. A PERSONAL REVIEW OF LAND SUBSIDENCE STUDIES	
<i>Pham Huy Giao</i>	498
57. NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ SẠT LỎ VÀ BIỆN PHÁP BẢO VỆ TALUY ĐƯỜNG ĐOẠN QUA XÃ XUÂN LONG, HUYỆN ĐỒNG XUÂN, TỈNH PHÚ YÊN	
<i>Võ Thanh Toàn, Nguyễn Thanh Danh, Nguyễn Văn Hải, Nguyễn Thành Sơn</i>	510
58. TỔ CHỨC KHÔNG GIAN CÔNG CỘNG ĐÔ THỊ GẮN VỚI KẾT NỐI CỘNG ĐỒNG VÀ TẠO LẬP BẢN SẮC TINH THẦN NƠI CHÓN HƯỚNG ĐẾN PHÁT TRIỂN NHÂN VĂN, BỀN VỮNG	
<i>Nguyễn Hữu Ninh</i>	521
59. NGHIÊN CỨU VỀ TIỀM NĂNG SỬ DỤNG CÁT NGUỒN GỐC BIỂN TRONG GIẢI PHÁP CỘT VẬT LIỆU RỜI BỌC VẢI ĐỊA KỸ THUẬT GIA CƯỜNG CHỊU TẢI KHỐI ĐÁP TRÊN NỀN ĐẤT YẾU	
<i>Phạm Minh Tuấn, Lê Trần Thiên Phước, Võ Thanh Long, Tô Viết Nam</i>	529
60. XÂY DỰNG BẢN ĐỒ QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN MỎ CÁT TRÊN ĐỊA BÀN TỈNH ĐỒNG THÁP ỨNG DỤNG NỀN TẢNG GOOGLE MAPS	
<i>Trần Phương Duy, Nguyễn Thị Ngọc Hiền, Trần Quốc Kiệt, Nguyễn Ngọc Quy</i>	537

NGHIÊN CỨU QUY TRÌNH XÂY DỰNG MÔ HÌNH ĐỊA CHẤT 3D CHO TẦNG TRẦM TÍCH NÔNG DƯỚI ĐÁY BIỂN ĐỂ PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN CÁC TRANG TRẠI ĐIỆN GIÓ NGOÀI KHƠI

Đỗ Duy Khoản^{1,2,*}, Nguyễn Văn Thịnh², Tạ Quốc Dũng³, Nhữ Việt Hà²

¹Tổng Công ty Thăm dò Khai thác Dầu khí

²Trường Đại học Mô - Địa chất

³Trường Đại học Bách Khoa TP. HCM

*Tác giả liên hệ: Email: khoandd@pvep.com.vn

Tóm tắt

Xây dựng mô hình địa chất ba chiều (3D) cho các tầng trầm tích nông dưới đáy biển là bước quan trọng trong khảo sát địa kỹ thuật phục vụ phát triển điện gió ngoài khơi. Mô hình này giúp tái hiện cấu trúc và đặc điểm địa chất, cung cấp cơ sở tin cậy để đánh giá điều kiện nền móng và phát hiện các dị thường tiềm ẩn như hố sụt, túi khí hay đới bùn yếu. Thông qua việc tích hợp dữ liệu địa chấn nông, giếng khoan, mẫu lõi và thí nghiệm CPTu, mô hình 3D vừa nâng cao độ chính xác của phân tích địa kỹ thuật công trình biển vừa góp phần tối ưu hóa chi phí và thời gian khảo sát. Đây cũng là nguồn dữ liệu đầu vào quan trọng cho thiết kế nền móng, mô phỏng kỹ thuật và đánh giá rủi ro, từ đó nâng cao hiệu quả đầu tư và đảm bảo phát triển bền vững. Bài báo trình bày phương pháp nghiên cứu và quy trình tích hợp đa nguồn dữ liệu nhằm xác định cấu trúc, đặc điểm thạch học và sự biến đổi không gian của trầm tích nông. Quy trình này kết hợp địa chấn địa tầng với dữ liệu thực địa giúp tái hiện chính xác sự phân bố trầm tích và ranh giới địa chất. Kết quả nghiên cứu khẳng định tích hợp đa nguồn dữ liệu vào mô hình 3D giúp nâng cao độ tin cậy, giảm thiểu rủi ro và hỗ trợ lựa chọn giải pháp nền móng tối ưu, qua đó góp phần giảm chi phí, tăng an toàn và thúc đẩy phát triển bền vững điện gió ngoài khơi.

Từ khóa: Mô hình địa chất 3D; Địa kỹ thuật; Mô hình hóa; Nền móng công trình; Điện gió ngoài khơi.

1. Đặt vấn đề

Việt Nam, với đường bờ biển dài hơn 3.200 km và tiềm năng gió dồi dào, được đánh giá là một trong những quốc gia có lợi thế đặc biệt trong phát triển năng lượng gió ngoài khơi. Tuy nhiên, sự thành công của các dự án điện gió ngoài khơi phụ thuộc không chỉ vào nguồn gió, công nghệ turbine hay điều kiện hải dương, mà còn gắn liền chặt chẽ với hiểu biết đầy đủ và chính xác về điều kiện địa chất - địa kỹ thuật của khu vực triển khai.

Tầng trầm tích nông dưới đáy biển đóng vai trò quyết định đến sự ổn định và tuổi thọ công trình. Đây là môi trường phức tạp, chịu tác động mạnh mẽ của quá trình kiến tạo, xói lở - bồi tụ và động lực trầm tích, nên có thể chứa nhiều dị thường địa chất như hố sụt, đới bùn chảy, túi khí, lớp trầm tích yếu hoặc ranh giới phân lớp phức tạp. Những yếu tố này nếu không được nhận diện và đánh giá chính xác có thể dẫn đến những rủi ro nghiêm trọng trong thiết kế nền móng turbine gió, làm gia tăng chi phí xây dựng, giảm hiệu quả khai thác, thậm chí gây mất an toàn trong quá trình vận hành. Trước đây, công tác khảo sát địa kỹ thuật thường dựa chủ yếu vào dữ liệu giếng khoan, mẫu lõi và thí nghiệm tại chỗ (CPT, CPTu). Mặc dù cung cấp thông tin chi tiết tại từng điểm, các phương pháp này lại mang tính cục bộ và khó phản ánh được tính biến đổi không gian của địa tầng. Trong khi đó, dữ liệu địa chấn nông phân giải cao có thể cho hình ảnh liên tục theo mặt cắt nhưng thường cần được hiệu chỉnh bằng dữ liệu thực địa để tăng độ tin cậy. Do đó, việc tích hợp đa nguồn dữ liệu trong một mô hình thống nhất là yêu cầu tất yếu nhằm đảm bảo tính toàn diện trong phân tích địa kỹ thuật phục vụ phát triển điện gió ngoài khơi.

Mô hình địa chất ba chiều (3D) được xem là công cụ hỗ trợ hữu hiệu để giải quyết thách thức này. Khác với các phương pháp truyền thống, mô hình 3D cho phép kết hợp đồng bộ các loại dữ

liệu khác nhau từ địa chấn, giếng khoan, mẫu lõi đến thí nghiệm CPTU trong cùng một không gian số. Nhờ đó, cấu trúc địa chất, đặc điểm thạch học và sự biến đổi của các tầng trầm tích nông có thể được tái hiện trực quan và chính xác hơn. Mô hình 3D không chỉ hỗ trợ nhận diện ranh giới địa tầng và các dị thường tiềm ẩn mà còn là dữ liệu đầu vào quan trọng cho các bước tiếp theo, bao gồm thiết kế nền móng, phân tích tương tác đất công trình, mô phỏng kỹ thuật và đánh giá rủi ro. Bên cạnh giá trị khoa học, mô hình địa chất 3D còn có ý nghĩa về kinh tế, kỹ thuật rõ rệt. Thứ nhất, nó giúp tối ưu hóa chương trình khảo sát, giảm thiểu số lượng giếng khoan hoặc thí nghiệm cần thiết nhờ tận dụng hiệu quả dữ liệu hiện có; từ đó tiết kiệm chi phí và thời gian. Thứ hai, mô hình tạo cơ sở để đưa ra quyết định chính xác hơn trong lựa chọn vị trí lắp đặt turbine và thiết kế móng, giảm thiểu rủi ro trong thi công và vận hành. Thứ ba, bằng việc trực quan hóa các điều kiện nền móng và nguy cơ địa chất, mô hình 3D giúp nâng cao tính minh bạch, tạo thuận lợi cho quá trình phê duyệt dự án cũng như thu hút đầu tư.

Ở Việt Nam, mặc dù tiềm năng điện gió ngoài khơi rất lớn, nhưng nghiên cứu về mô hình địa chất 3D cho tầng trầm tích nông vẫn còn hạn chế, chủ yếu mới tập trung ở mức độ khảo sát đơn lẻ hoặc phân tích cục bộ. Do vậy, việc phát triển một quy trình tích hợp dữ liệu đa nguồn để xây dựng mô hình địa chất 3D cho khu vực ven biển, đặc biệt tại miền Trung và Nam Bộ, nơi có nhiều dự án điện gió đang được triển khai có ý nghĩa cả về khoa học và thực tiễn.

Xuất phát từ bối cảnh trên, bài báo này nhằm trình bày phương pháp nghiên cứu và đề xuất một quy trình xây dựng mô hình địa chất 3D cho các tầng trầm tích nông dưới đáy biển. Quy trình này tích hợp đồng bộ dữ liệu địa chấn nông phân giải cao, tài liệu địa chất, giếng khoan, mẫu lõi và kết quả thí nghiệm CPTU để xác định cấu trúc, đặc điểm thạch học và sự biến đổi không gian của trầm tích nông. Kết quả mô hình hóa 3D không chỉ góp phần nâng cao độ tin cậy của phân tích địa kỹ thuật mà còn hỗ trợ đánh giá điều kiện nền móng, nhận diện nguy cơ địa chất, lựa chọn giải pháp thiết kế hợp lý, giảm chi phí và tăng cường độ an toàn cho các dự án điện gió ngoài khơi.

Trong những năm gần đây, việc xây dựng mô hình địa chất ba chiều (3D) cho các tầng trầm tích nông dưới đáy biển phục vụ thiết kế móng turbine điện gió ngoài khơi đã được quan tâm nhiều trong các nghiên cứu trong nước và quốc tế. Ở châu Âu, nhiều dự án tại Biển Bắc và Biển Ireland đã phát triển mô hình địa chất 3D tích hợp dữ liệu địa chấn, khoan, CPT(U) và địa vật lý, cho phép phân định chính xác các đơn vị trầm tích, nhận diện các đặc trưng địa chất nguy cơ, từ đó giảm thiểu rủi ro trong thiết kế và thi công móng turbine (Dimmock et al., 2025; Sauvin et al., 2025; Peng et al., 2024). Nghiên cứu tại khu vực Sorlige Nordsjø II (Na Uy) cũng cho thấy việc kết hợp dữ liệu địa chấn 2D/3D với mẫu lõi đã mang lại hiệu quả trong việc xây dựng mô hình khái niệm địa chất phục vụ thiết kế móng turbine (Petrie et al., 2022).

Ở Việt Nam, mặc dù còn hạn chế về số lượng nghiên cứu, một số công trình đã bước đầu áp dụng mô hình địa chất và địa mạo 3D tại khu vực Bình Thuận để nhận diện các đặc trưng như gợn cát, đứt gãy nông và lỗ hồng khí - các yếu tố có thể ảnh hưởng lớn đến ổn định móng turbine và tuyến cáp (Bui et al., 2024; Nguyễn Đình Hải và nnk., 2023). Ngoài ra, nghiên cứu tại khu vực ven biển Bạc Liêu đã sử dụng địa chấn phản xạ nông để phân tích trầm tích Holocene, cung cấp dữ liệu quan trọng cho quy hoạch điện gió gần bờ (Nguyen et al., 2025). Nhìn chung, các kết quả nghiên cứu này khẳng định vai trò then chốt của mô hình địa chất 3D trong việc đánh giá điều kiện nền móng, tối ưu thiết kế và đảm bảo an toàn cho phát triển các trang trại điện gió ngoài khơi.

Khác với công trình trên bờ, tuabin gió ngoài khơi phải đối mặt với tải trọng động phức tạp do gió mạnh, sóng lớn, dòng chảy và bão, cùng với sự ăn mòn khắc nghiệt của môi trường biển, nên nền móng không chỉ cần chịu lực tĩnh mà còn phải chống lại các tác động động học lặp đi lặp lại trong thời gian dài. Lựa chọn loại móng (monopile, jacket, suction bucket, gravity-based hay floating) phụ thuộc trực tiếp vào điều kiện địa chất và độ sâu nước tại vị trí xây dựng, trong đó chi phí nền móng có thể chiếm tới 30-40% tổng chi phí dự án, ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả kinh tế. Một nền móng được thiết kế và thi công tối ưu sẽ giúp công trình vận hành ổn định, kéo dài tuổi thọ 20-30 năm, đồng thời giảm thiểu chi phí bảo trì và rủi ro hồng hóc, trong khi sự cố nền móng sẽ gây ra tổn thất tài chính nghiêm trọng do việc sửa chữa dưới biển rất phức tạp và tốn kém.

Trong quá trình thiết kế, việc mô hình hóa nền móng đáy biển trở thành bước không thể thiếu nhằm đánh giá khả năng chịu tải của đất, độ ổn định của móng và tương tác đất - kết cấu dưới các điều kiện môi trường khắc nghiệt. Đặc biệt, mô hình địa chất và địa kỹ thuật tích hợp 3D mang lại giá trị vượt trội so với các phương pháp truyền thống. Với khả năng tái hiện chi tiết cấu trúc địa tầng, đặc tính cơ học của từng lớp đất đá, cũng như sự biến thiên theo chiều sâu và mặt bằng, mô hình 3D giúp kỹ sư có cái nhìn toàn diện hơn về điều kiện nền móng thực tế. Tầm quan trọng của mô hình 3D thể hiện ở nhiều khía cạnh như:

- Hỗ trợ lựa chọn loại móng phù hợp (monopile, jacket, suction bucket, hay gravity-based), tùy thuộc vào đặc tính địa chất tại vị trí cụ thể;

Mô hình 3D cho phép xác định kích thước, độ sâu chôn lấp, và các thông số thiết kế tối ưu nhằm đạt được sự cân bằng giữa độ an toàn và chi phí đầu tư;

- Giúp dự báo các nguy cơ tiềm ẩn như lún không đều, trượt hoặc xói lở nền móng dưới tác động của sóng, dòng chảy và gió bão. Ngoài ra, việc sử dụng mô hình còn góp phần giảm thiểu chi phí khảo sát thực địa, nhờ vào khả năng tích hợp và phân tích dữ liệu địa chất, địa vật lý, địa kỹ thuật trong một hệ thống đồng bộ.

Chính vì vậy, nghiên cứu kỹ điều kiện địa chất, lựa chọn giải pháp móng hợp lý và ứng dụng các công cụ mô hình hóa hiện đại, đặc biệt là mô hình địa chất, địa kỹ thuật 3D, là yếu tố then chốt bảo đảm sự thành công và bền vững của các dự án điện gió ngoài khơi. Có thể khẳng định rằng, việc xây dựng mô hình địa kỹ thuật 3D không chỉ đơn thuần phục vụ mục đích phân tích mà còn là công cụ ra quyết định chiến lược trong thiết kế và triển khai dự án điện gió ngoài khơi. Nó giúp nâng cao độ tin cậy của thiết kế, tối ưu hóa chi phí xây dựng, rút ngắn thời gian triển khai và kéo dài tuổi thọ công trình. Trong bối cảnh các dự án điện gió ngoài khơi ngày càng mở rộng về quy mô và dịch chuyển ra các vùng biển sâu hơn, nơi điều kiện môi trường khắc nghiệt hơn, vai trò của mô hình địa chất và địa kỹ thuật 3D càng trở nên quan trọng và mang tính quyết định đến sự thành công của toàn bộ dự án.

Mục tiêu của nghiên cứu này là xây dựng quy trình mô hình địa chất 3D cho các tầng trầm tích nông dưới đáy biển nhằm phục vụ việc phát triển các trang trại điện gió ngoài khơi của Việt Nam.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

Mô hình địa chất 3D là một công cụ số hóa thể hiện cấu trúc không gian ba chiều của các lớp trầm tích và địa tầng dưới đáy biển, đóng vai trò quan trọng trong việc đánh giá điều kiện nền móng, thiết kế hệ thống cáp ngầm và đảm bảo an toàn địa kỹ thuật cho các dự án điện gió ngoài khơi. Cơ sở lý thuyết của quá trình xây dựng mô hình này dựa trên nguyên tắc tích hợp đa nguồn dữ liệu địa chất, địa vật lý và địa kỹ thuật theo phương pháp tiếp cận địa chất, không gian (geospatial-geological integration). Trong đó, dữ liệu địa chấn nông tần số cao (high-resolution seismic), dữ liệu khoan mẫu lõi (borehole/core data), khảo sát địa vật lý đáy biển (sub-bottom profiler, side-scan sonar, multibeam bathymetry) và kết quả thí nghiệm trong phòng/ngoài hiện trường (CPT, SPT, shear test) được xem là nền tảng để xây dựng khung địa tầng (stratigraphic framework) cũng như đặc trưng cơ học của nền đất. Chi tiết được thể hiện như trong *Hình 1*.

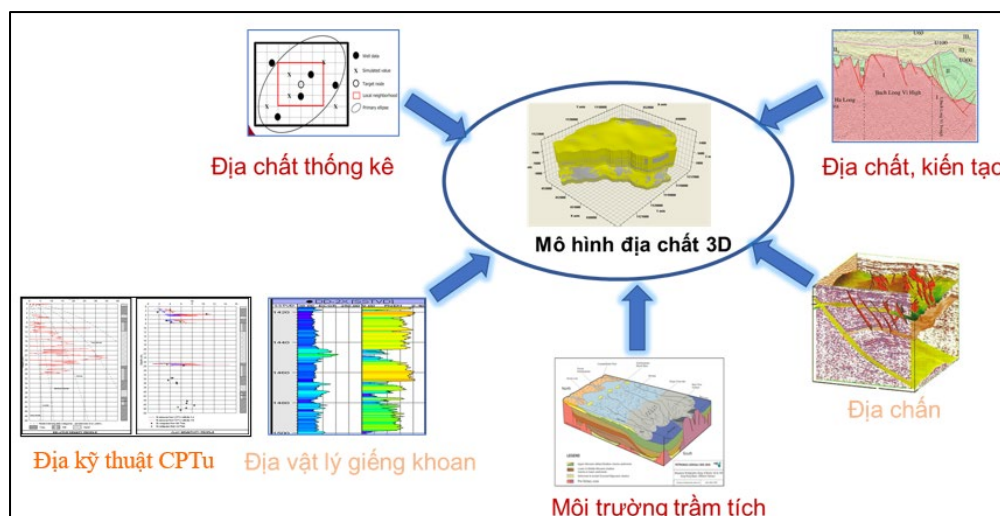
Về phương pháp luận, mô hình địa chất 3D thường được xây dựng thông qua các bước chính:

- *Thu thập và phân tích số liệu đầu vào*: Bao gồm các tài liệu địa chất, kiến tạo, địa chấn, môi trường trầm tích, địa vật lý giếng khoan, địa kỹ thuật, địa thống kê. *Hình 1*.

- *Mô hình hóa cấu trúc (structural modelling)*: Bề mặt các ranh giới địa tầng được nội suy từ dữ liệu địa chấn và khoan.

- *Mô hình hóa tính chất (property modelling)*: Các tham số địa kỹ thuật và địa vật lý (sức kháng xuyên, độ bền cắt, độ rỗng, vận tốc sóng địa chấn) được phân bố trong không gian 3D bằng các kỹ thuật mô phỏng ngẫu nhiên (stochastic simulation) hoặc đồng biến thiên với dữ liệu địa chấn (co-kriging).

- *Hiệu chỉnh mô hình*: Mô hình được hiệu chỉnh và kiểm định thông qua so sánh với dữ liệu thực đo, nhằm đảm bảo độ tin cậy cho thiết kế kỹ thuật.



Hình 1. Mô hình địa chất 3D và các dữ liệu của mô hình địa chất (Schlumberger, 2020)

Một yếu tố cốt lõi khác trong xây dựng mô hình đó là sự kết hợp giữa địa chất trầm tích học và địa mạo đáy biển. Các mô hình 3D không chỉ phản ánh phân bố thạch học mà còn phải tích hợp các yếu tố địa hình đáy biển (sandwaves, channel fill, gas pockets, buried valleys), vốn ảnh hưởng mạnh đến sự ổn định của móng turbine và tuyến cáp ngầm. Bằng cách sử dụng mô hình địa chất 3D, các nhà thiết kế có thể nhận diện sớm các nguy cơ địa kỹ thuật (geohazards) như khí nông, xói lở cục bộ, vùng đất yếu hay các lớp trầm tích không ổn định, từ đó đề xuất giải pháp tối ưu cho bố trí turbine, neo móng và chôn lấp cáp.

Xét ở góc độ lý thuyết, mô hình địa chất 3D còn được coi là nền tảng cho các phân tích tương tác thủy động lực, địa chất (hydro-geological interaction) và mô phỏng số đa trường (multi-physics simulation). Ví dụ, khi kết hợp mô hình địa chất với mô hình thủy động lực học, có thể đánh giá tác động lâu dài của sóng và dòng chảy đến biến đổi địa hình đáy biển, từ đó dự báo tuổi thọ công trình. Ngoài ra, cũng có thể ứng dụng trí tuệ nhân tạo và học máy (machine learning) để tự động phân loại địa tầng, nhận dạng dị thường và tối ưu hóa mô hình.

Để mô hình hóa cấu trúc có thể sử dụng nhiều phương pháp khác nhau như: Phương pháp Kriging, Inverse Distance Weighting (IDW) hay các kỹ thuật nội suy địa thống kê khác thường được áp dụng để mô tả sự biến thiên không gian của các bề mặt này (Peng et al., 2024; Michel et al., 2025; Wang et al., 2025). Trong số các phương pháp nội suy, kỹ thuật Kriging được lựa chọn do khả năng mô tả chính xác cấu trúc không gian thông qua variogram. Ordinary Kriging, với các mô hình variogram dạng cầu (spherical) hoặc hàm mũ (exponential), được áp dụng để ước lượng giá trị trung bình cũng như sai số nội suy tại từng điểm, đồng thời xét đến tính dị hướng (anisotropy) - yếu tố đặc biệt quan trọng trong các môi trường trầm tích biển vốn chịu tác động mạnh mẽ của dòng chảy và sóng.

Một nội dung không thể thiếu là phân tích rủi ro địa chất liên quan đến móng turbine. Các rủi ro thường gặp bao gồm:

- Xuyên chân đế (punch-through), xảy ra khi tải trọng móng vượt quá sức kháng cắt của lớp đất yếu phía dưới;
- Hóa lỏng (liquefaction), đặc biệt nguy hiểm trong các lớp cát bão hòa khi chịu tác động rung động từ sóng hoặc động đất;
- Khí nông (shallow gas), thường là methane tích tụ trong các lớp trầm tích Holocene, gây nguy cơ cháy nổ;
- Xói mòn móng, do dòng chảy biển liên tục làm biến đổi hình thái đáy biển quanh trụ móng.

Để hiện thực hóa các mô hình trên, nhiều phần mềm chuyên dụng đã được áp dụng với những vai trò bổ trợ lẫn nhau. Cụ thể, Petrel và Kingdom Suite được sử dụng để tích hợp dữ liệu địa vật lý và địa chất, hỗ trợ việc xây dựng mô hình địa chất 3D một cách chính xác và toàn diện. Trong khi đó, GS+ và ArcGIS 3D Analyst đóng vai trò quan trọng trong việc nội suy không gian và trực quan hóa mô hình địa kỹ thuật, giúp thể hiện rõ sự phân bố các đặc trưng cơ lý của nền đất. MATLAB lại là công cụ hỗ trợ mạnh mẽ cho việc hiệu chỉnh variogram, phân tích tính dị hướng và đánh giá sai số của mô hình, đảm bảo cơ sở khoa học vững chắc cho các bước phân tích. Sự kết hợp đồng bộ của các công cụ này không chỉ nâng cao độ tin cậy và tính chính xác của mô hình mà còn góp phần quan trọng trong việc tối ưu thiết kế, giảm thiểu rủi ro và triển khai hiệu quả các dự án điện gió ngoài khơi.

3. Quy trình xây dựng mô hình địa chất 3D cho các tầng trầm tích nông

Trong phát triển các trang trại điện gió ngoài khơi, việc hiểu biết chính xác về cấu trúc địa chất và điều kiện nền móng dưới đáy biển là yếu tố quyết định cho thiết kế móng, định vị cáp ngầm và đảm bảo an toàn thi công. Các tầng trầm tích nông dưới đáy biển thường có sự biến thiên không gian phức tạp, chứa các dị thường địa chất như hồ sụt, túi khí hay vùng bùn yếu, do đó việc khảo sát truyền thống hai chiều hoặc dựa vào từng điểm khoan đơn lẻ khó phản ánh toàn diện. Việc ứng dụng mô hình địa chất 3D có thể giải quyết hạn chế này, bằng cách tích hợp đa nguồn dữ liệu địa chất, địa vật lý và địa kỹ thuật để tạo ra một mô hình tổng thể, trực quan hóa sự phân bố không gian của các tầng trầm tích và đặc tính cơ lý của chúng. Mô hình 3D không chỉ là công cụ hình học mà còn là cơ sở dữ liệu đầu vào cho các phân tích kỹ thuật tiếp theo, như thiết kế nền móng, mô phỏng tương tác thủy động lực - địa chất, đánh giá rủi ro và lập kế hoạch thi công. Để xây dựng mô hình này một cách hệ thống, quy trình thường được triển khai theo các bước cụ thể sau:

Bước 1: Thu thập và chuẩn hóa dữ liệu

Tiến hành thu thập và chuẩn hóa dữ liệu (desktop study) từ các nguồn công khai (WB/ETP, ENS, RVO), kết quả ESIA/khảo sát đã công bố, bản đồ và ảnh vệ tinh, sau đó chuẩn hóa hệ tọa độ (CRS) và kiểm soát chất lượng metadata. Dữ liệu đầu vào là nền tảng của mô hình 3D, bao gồm:

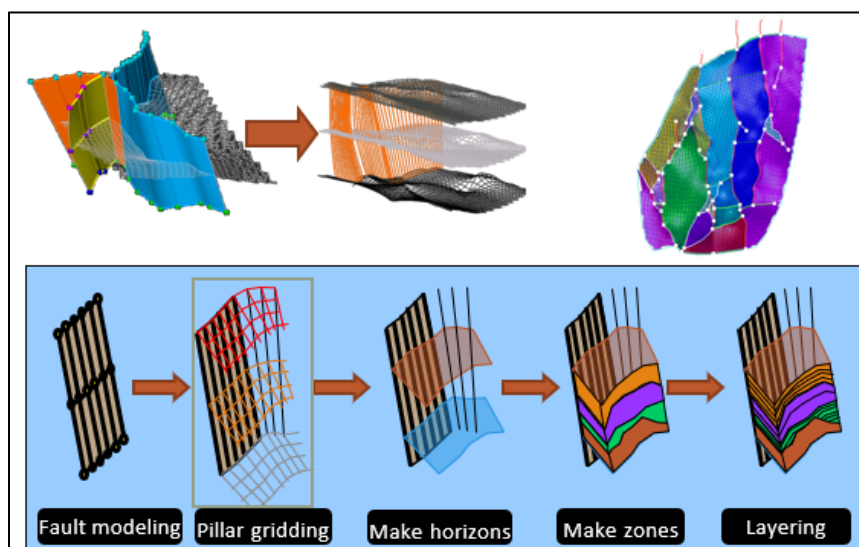
Dữ liệu địa chấn nông (high-resolution seismic) trong đó thiết kế tuyến MBES, SSS, SBP/UHR phủ dày toàn khu vực dự kiến bố trí tuabin, trạm và cáp, đồng thời bố trí CPTu và vibrocore theo lưới-transect đồng nhất để hiệu chỉnh dữ liệu địa vật lý và xác định cấu trúc địa tầng và ranh giới các lớp trầm tích.

Dữ liệu khảo sát địa vật lý giếng khoan- địa kỹ thuật tích hợp. Dữ liệu khảo sát địa kỹ thuật tại chỗ (CPT, SPT, shear test) để xác định các tham số cơ lý quan trọng. Dữ liệu này được chuẩn hóa, kiểm tra chất lượng và loại bỏ các điểm bất thường trước khi sử dụng.

Kết quả minh giải địa tầng nông, bao gồm việc pick các horizons (mặt xâm thực, rãnh cổ, ranh giới facies) từ SBP/UHR, kết hợp dữ liệu lõi khoan và CPTu (u2) để nhận diện các tầng á sét bão hòa hoặc khí nông. Kết quả nghiên cứu môi trường địa chất, môi trường thành tạo các tầng trầm tích nông khu vực nghiên cứu từ tài liệu địa chấn, tài liệu giếng khoan và mẫu lõi.

Bước 2: Xây dựng mô hình cấu trúc

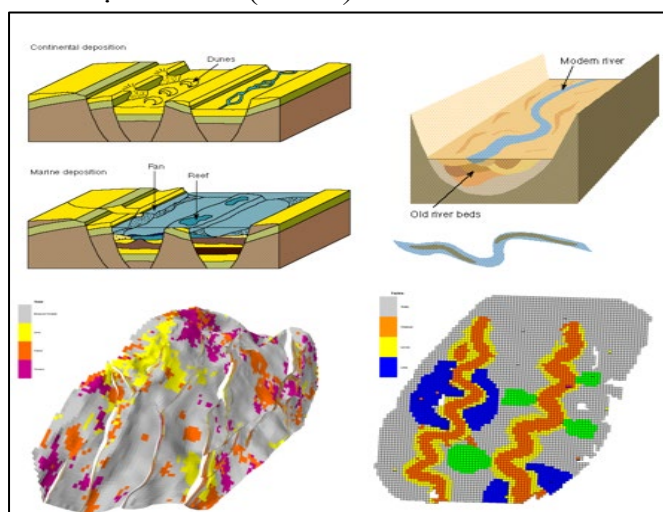
Xây dựng mô hình cấu trúc các ô lưới mô phỏng cấu trúc địa chất, các đứt gãy, tầng trầm tích của khu vực nghiên cứu. Kích cỡ ô lưới phù hợp với các tương địa chất thực tế khai thác (hình dáng, góc nghiêng, số lượng ô lưới đều ảnh hưởng đến kết quả mô phỏng (Hình 2).



Hình 2. Các bước xây dựng mô hình cấu trúc (Schlumberger, 2020)

Bước 3: Xây dựng mô hình tương

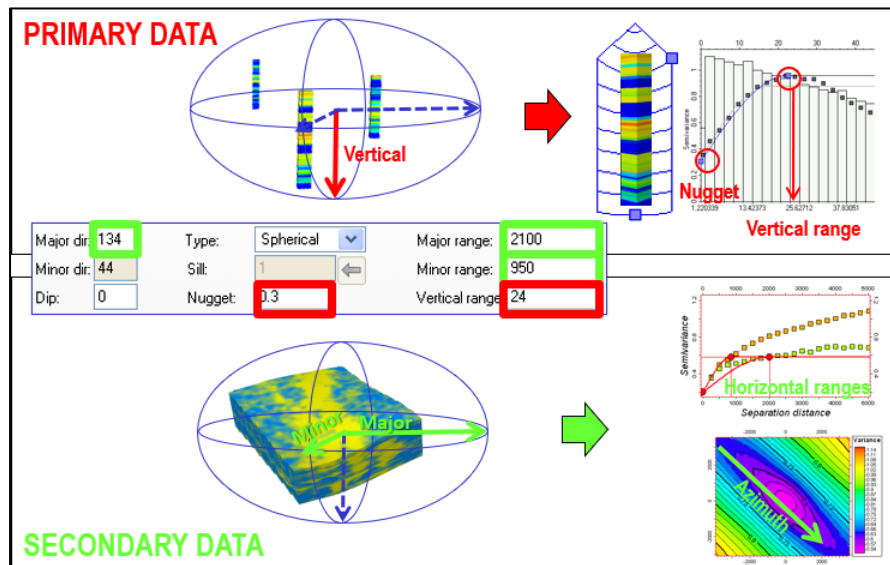
Mô phỏng cấu trúc các tướng: Các đơn vị địa chất, tướng đất đá, khả năng liên kết và mức độ bất đồng nhất của các tầng trầm tích. Công nghệ mô phỏng dùng phương pháp xác định-Deterministic khi có nhiều thông số đầu vào như nhiều giếng khoan, địa chấn, địa chất) hoặc ngẫu nhiên-Stochastic khi có ít dữ liệu đầu vào (Hình 3).



Hình 3. Mô hình tương (Schlumberger, 2020)

Bước 4: Xây dựng mô hình tính chất

Các bề mặt ranh giới địa tầng được dựng từ dữ liệu khoan và địa chấn bằng các phương pháp nội suy địa thống kê (Dubrule, 1984) như Kriging hoặc Inverse Distance Weighting (IDW). Quá trình này mô phỏng chính xác biến thiên không gian của các lớp trầm tích, đặc tính của đất đá, các tính chất địa chất, địa kỹ thuật và giúp nhận diện các dị thường tiềm ẩn như hồ sụt, túi khí hay đới bùn yếu (Hình 4).



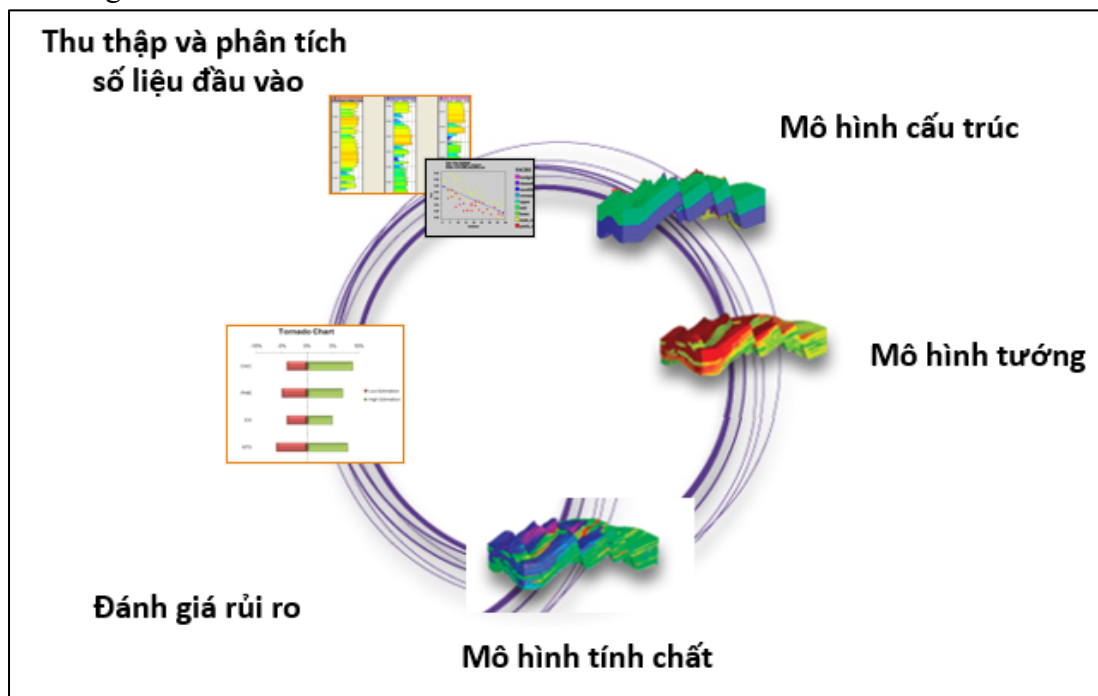
Hình 4. Mô hình hóa thuộc tính bằng phương pháp địa thống kê và Kriging (Schlumberger, 2020)

Bước 5: Đánh giá rủi ro, hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Đánh giá các mối nguy địa chất (geohazards) và ràng buộc thiết kế, trong đó lập bản đồ và mô hình khối thể hiện cát di động/dune field, boulder hoặc di tích đá, khí nông/shallow gas và pockmark, rãnh cổ hoặc bồi tích kênh, cũng như các đối tượng UXO, trên cơ sở hướng dẫn CIRIA/OSIG. Từ đó, phân cấp khu vực thành No-go, Caution và Suitable để phục vụ thiết kế móng trụ tuabin và bố trí tuyến cáp ngầm một cách an toàn, tin cậy và tối ưu.

Mô hình 3D được hiệu chỉnh dựa trên dữ liệu bổ sung, quan sát thực địa và các thử nghiệm bổ sung nếu cần. Việc kiểm định đảm bảo tính nhất quán của mô hình với điều kiện thực tế và tăng độ tin cậy cho các phân tích kỹ thuật tiếp theo.

Chi tiết quy Quy trình xây dựng mô hình địa chất 3D cho các tầng trầm tích nông được thể hiện như trong Hình 5.



Hình 5. Quy trình xây dựng mô hình địa chất 3D cho các tầng trầm tích nông (Schlumberger, 2020)

4. Kết quả và thảo luận

Mô hình địa chất 3D cuối cùng được sử dụng để đánh giá điều kiện nền móng và lựa chọn vị trí móng turbine tối ưu. Ngoài ra, mô hình còn được dùng để phân tích rủi ro địa chất, xác định các khu vực có nguy cơ bất lợi. Và một phần rất quan trọng là mô hình được dùng để hỗ trợ thiết kế kỹ thuật, lập kế hoạch thi công và định vị tuyến cáp ngầm. Qua các phân tích ở trên có thể thấy, mô hình địa chất 3D được thiết kế để đảm bảo hai mục tiêu quan trọng:

Thứ nhất, mô hình phải phản ánh chính xác cấu trúc địa chất dưới đáy biển, bao gồm các tầng trầm tích nông, các ranh giới địa tầng, sự phân bố thạch học và các dị thường tiềm ẩn như hồ sụt, túi khí hay các lớp bùn yếu. Việc sử dụng dữ liệu địa chấn nông phân giải cao kết hợp với thông tin khoan giếng, mẫu lõi và thí nghiệm CPTU cho phép tái hiện sự biến thiên không gian của các lớp trầm tích với độ chi tiết cao, đồng thời mô phỏng cấu trúc 3D theo thực tế địa chất.

Thứ hai, mô hình 3D còn cung cấp dữ liệu cơ sở đáng tin cậy cho các quyết định kỹ thuật trong thiết kế và phát triển trang trại điện gió ngoài khơi. Cụ thể, các tham số địa kỹ thuật được nội suy và gán vào mô hình ba chiều giúp đánh giá khả năng chịu tải của nền móng, xác định vị trí tối ưu cho các turbine và định hướng tuyến cáp ngầm. Mô hình này cũng hỗ trợ phân tích rủi ro địa chất, dự báo những vùng có nguy cơ bất lợi và lập kế hoạch thi công hiệu quả.

Nhờ sự kết hợp giữa mô hình hóa địa chất chi tiết và dữ liệu kỹ thuật thực địa, quy trình này tạo ra mối liên kết vững chắc giữa khảo sát địa chất và thiết kế kỹ thuật, đảm bảo các quyết định xây dựng được thực hiện trên cơ sở khoa học, giảm thiểu rủi ro, tối ưu hóa chi phí và nâng cao hiệu quả đầu tư. Đồng thời, mô hình 3D còn hỗ trợ việc mô phỏng tương tác thủy động lực - địa chất và các phân tích đa trường (multi-physics), góp phần đảm bảo tính bền vững và an toàn lâu dài cho các trang trại điện gió ngoài khơi.

5. Kết luận

Sự phát triển thành công của các trang trại điện gió ngoài khơi phụ thuộc quyết định vào mức độ hiểu biết chi tiết về cấu trúc địa chất và điều kiện nền móng đáy biển. Các tầng trầm tích nông thường thể hiện sự biến đổi không gian phức tạp và tiềm ẩn nhiều dị thường địa chất như hồ sụt, túi khí hoặc lớp bùn yếu... Đây là những yếu tố có thể ảnh hưởng nghiêm trọng đến thiết kế móng, bố trí tuyến cáp ngầm và an toàn thi công.

Kết quả nghiên cứu đã khẳng định, mô hình địa chất 3D là công cụ cốt lõi để giải quyết các thách thức trên. Thông qua việc tích hợp đa dạng nguồn dữ liệu bao gồm địa chấn nông, giếng khoan, mẫu lõi và thí nghiệm địa kỹ thuật, mô hình 3D cho phép tái hiện một cách trực quan và chính xác cấu trúc trầm tích dưới đáy biển. Không chỉ phản ánh biến thiên không gian chi tiết, mô hình còn tạo lập cơ sở dữ liệu tin cậy cho các quyết định kỹ thuật quan trọng, từ đánh giá khả năng chịu tải nền móng, lựa chọn vị trí tối ưu đặt turbine, đến dự báo các khu vực rủi ro địa chất.

Việc nội suy, kết hợp với các tham số cơ lý, thạch học cho từng thể tích trong không gian ba chiều giúp xây dựng các kịch bản kỹ thuật toàn diện, khắc phục hạn chế của phương pháp khảo sát truyền thống vốn dựa chủ yếu vào dữ liệu 2D hoặc số liệu giếng khoan đơn lẻ. Quan trọng hơn, mô hình địa chất 3D còn đóng vai trò nền tảng để triển khai các phân tích đa trường (multi-physics) và mô phỏng phức hợp, bao gồm tương tác thủy động lực, địa chất, tác động của sóng, dòng chảy và tải trọng turbine lên hệ nền móng.

Cách tiếp cận này không chỉ nâng cao độ tin cậy trong thiết kế, giảm thiểu sai số và rủi ro kỹ thuật, mà còn tối ưu hóa chi phí đầu tư và tiến độ thi công. Nhờ vậy, mô hình 3D mang lại một nền tảng khoa học, kỹ thuật vững chắc, bảo đảm cho quá trình phát triển trang trại điện gió ngoài khơi đạt được các mục tiêu an toàn, hiệu quả và bền vững lâu dài.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính từ Trung tâm học bổng Danida Fellowship Center (DFC), Đan Mạch trong dự án “De-risking Vietnamese Offshore Wind Farm Development by Using Onsite Seabed Conditions and Optimizing Locations through Marine Spatial Planning (DV-WIND).”

Tài liệu tham khảo

- Nguyễn Đình Hải, Nguyễn Gia Trọng, Cao Hoàng Trường, Phạm Ngọc Quang, 2023. Phương pháp trực quan hóa mô hình 3D địa hình đáy biển từ dữ liệu đo sâu hồi âm đa tia và dữ liệu thủy âm quét sườn. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 753, pp 50-59.
- Bui, V. D., Pham, P. Q., Doan, H. H., & Do, V. C, 2024. Seabed morphological characterization and shallow geohazards at offshore Binh Thuan wind farm sites, southern Vietnam shelf. *Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development*, 8 pages.
- Dimmock, P. S., Sharma, S., Tam, T., Tapper, L., Vanneste, M., Klinkvort, R. T., Forsberg, C. F., Kort, D. A., Griffiths, L., Bozorgzadeh, N., King, T. A., Hill, A. W, 2025. A ground modelling framework for offshore wind farm developments. *Proceedings of the 5th ISFOG 2025*.
- Michel, G., Coughlan, M., Stanca, R., Narožny, P., Trindade, L., & Joseph, T, 2025. A review of benefits and pitfalls for prediction of geotechnical parameters in offshore wind ground models using synthetic CPTs. *Proceedings of ISFOG 2025*, pp 1-9.
- Nguyen, Q.D; Le, A.V.C; Nguyen, V.T; Huynh, V.T. 2025. Researching Holocene Sediments at Bac Lieu Offshore, Vietnam with Insights from Near-Surface 2D Reflection Seismic Data. *Geosciences 2025*, 15, 107, pp 1-17. <https://doi.org/10.3390/geosciences15030107>
- Dubrule, O, 1984. Geostatistics in petroleum geology. *AAPG Bulletin*, vol. 68, no. 12, pp. 1587-1596
- Peng, X., Gao, Y., Du, Y., Wang, D., Li, P., Li, X., & Zhang, Y, 2024. Development of a 3D Ground Model for an Offshore Wind Farm with Complex Interlayering of Silty Soils. *Proceedings of the 7th International Conference on Geotechnical and Geophysical Site Characterization (ISC7-24)*.
- Petrie, H. E., Eide, C. H., Haflidason, H., & Watton, T. (2022). Geological conditions for offshore wind turbine foundations at the Sørlige Nordsjø II site, Norwegian North Sea. *EAGE GET 2022*.
- Sauvin, G., Vanneste, M., Vardy, M. E., Klinkvort, R. T., Forsberg, C. F, 2019. Machine learning and quantitative ground models for improving offshore wind site characterisation. *Conference proceedings OTC*.
- Schlumberger, 2020. Petrel E&P Software Platform - Technical Overview. Houston
- Wang, L., Zhang, X., Hong, Y; Xiao, T., Cao, Z., Li, S., Wu, S, 2025. Efficient 3D geological modeling for offshore wind farm with sparse CPTU and borehole data. *Canadian Geotechnical Journal*, 62, pp 1-23.

Research on building a 3d geological model of shallow sub-seabed sedimentary layers for the development of offshore wind farms

Do Duy Khoan^{1,2,*}, Nguyen Van Thinh², Ta Quoc Dung³, Nhu Viet Ha²

¹PetroVietnam Exploration and Production Co-operation (PVEP)

²Hanoi University of Mining and Geology (HUMG)

³Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT)

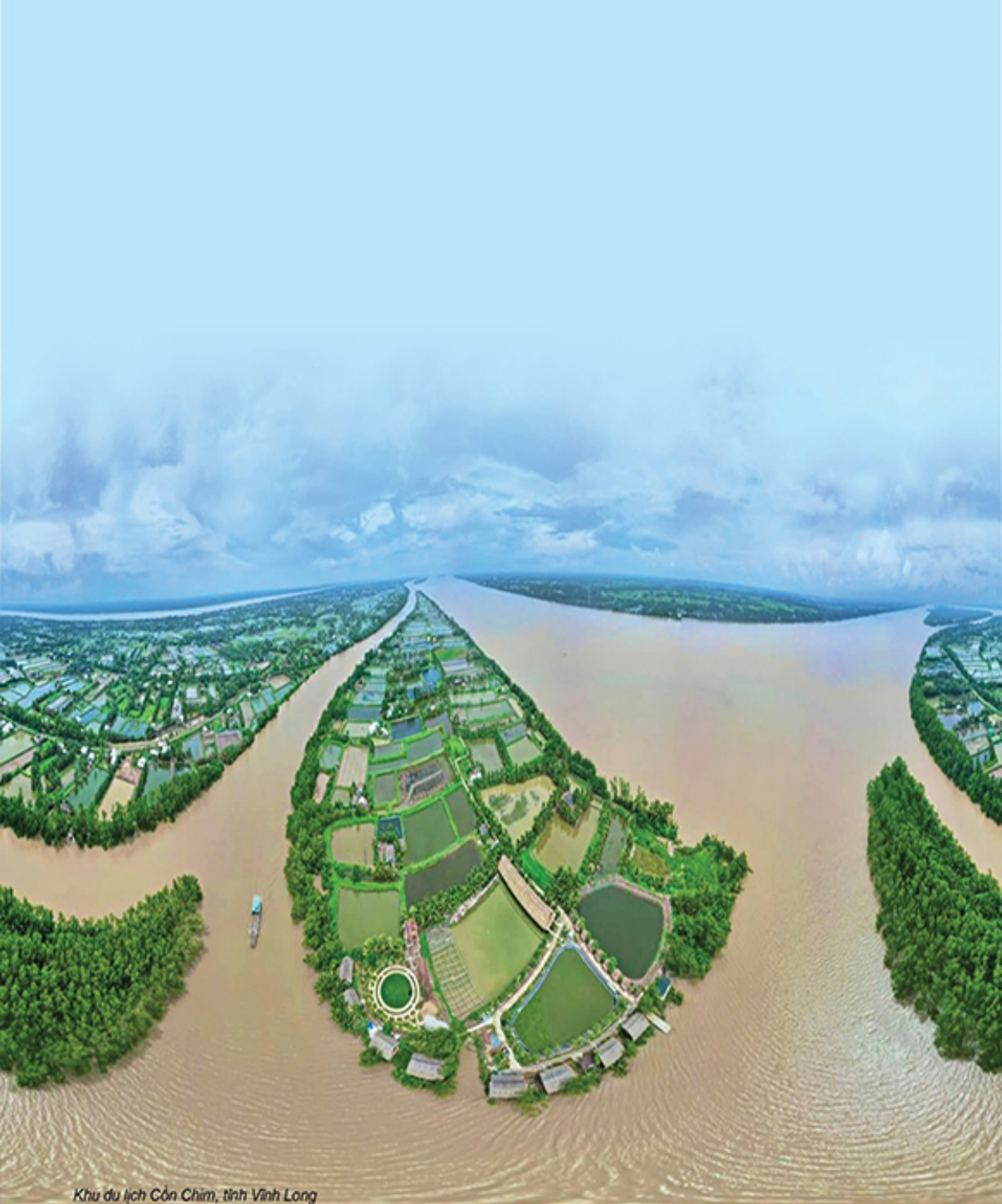
*Corresponding author: Email: khoandd@pvep.com.vn

Abstract

Building the three-dimensional (3D) geological models for shallow subsea sediments is a critical step in geotechnical site investigations for offshore wind farm development. Such models enable the reconstruction of subsurface structures and geological features, providing a reliable basis for assessing foundation conditions and detecting potential anomalies such as sinkholes, shallow gas pockets, or weak clay layers. By integrating high-resolution seismic data, borehole logs, core samples, and CPTU tests, 3D models not only enhance the accuracy of offshore

geotechnical analyses but also contribute to optimizing survey cost and time. Furthermore, they serve as essential input for foundation design, engineering simulations, and risk assessments, thereby improving investment efficiency and ensuring sustainable development. This paper presents the methodology and workflow for multi-source data integration to characterize the structural framework, lithological features, and spatial variability of shallow marine sediments. The workflow combines stratigraphic seismic interpretation with ground-truth data to accurately reconstruct sediment distribution and stratigraphic boundaries. The results demonstrate that multi-source data integration into 3D models significantly increases reliability, mitigates geohazards, and supports the selection of optimal foundation solutions, ultimately reducing costs, enhancing safety, and promoting the sustainable growth of offshore wind energy.

Keywords: 3D Geological Modelling, Marine Geotechnics; Foundation Engineering, Subsurface Characterization, Geohazard Assessment, Offshore Wind Farm.



Khu du lịch Côn Chim, tỉnh Vĩnh Long

ISBN: 978-604-76-3233-6



9 786047 632336

SÁCH KHÔNG BÁN