

ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP NỘI SUY KRIGING KHẢO SÁT SỰ PHÂN BỐ TẦNG ĐẤT YẾU TUỔI HOLOCENE Ở KHU VỰC NỘI THÀNH THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

Phan Thị San Hà⁽¹⁾, Lê Minh Sơn⁽²⁾

(1) Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM

(2) Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM

1. MỤC ĐÍCH NGHIÊN CỨU

Trong quá trình khảo sát địa chất công trình, đặc điểm phân bố của tầng đất yếu (thể hiện qua hai thông số: độ sâu xuất hiện và chiều dày) là vấn đề luôn được các nhà địa chất quan tâm. Để khảo sát sự phân bố của các lớp đất, các nhà địa chất cần có dữ liệu ở dạng bề mặt liên tục, trong khi đó, dữ liệu khảo sát địa chất công trình (ĐCCT) lại là dạng dữ liệu phân bố rời rạc trong không gian (theo diện và theo chiều sâu). Việc chuyển đổi từ dạng dữ liệu rời rạc sang dạng dữ liệu liên tục thường được thực hiện theo hai khuynh hướng: a) dựa vào kinh nghiệm, kiến thức của các chuyên gia; hoặc b) dựa vào các mô hình toán của các phương pháp nội suy. Khuynh hướng a) chỉ thích hợp khi số lượng dữ liệu còn ít, được phân bố đều trong không gian. Tuy nhiên, khuynh hướng này có nhược điểm là thường mang tính chủ quan. Trong khi đó, khuynh hướng b) mà đặc biệt là phương pháp nội suy Kriging, chỉ dựa vào mối quan hệ giữa sự biến động của dữ liệu và vị trí của chúng trong không gian để xây dựng các bề mặt phân bố của dữ liệu. Do vậy, kết quả nhận được từ phương pháp nội suy Kriging giảm bớt ý kiến chủ quan của các chuyên gia, đồng thời tăng tính khách quan của kết quả nội suy.

Đề tài nghiên cứu: “*Ứng dụng phương pháp nội suy Kriging khảo sát sự phân bố của tầng đất yếu tuổi Holocene, khu vực nội thành thành phố Hồ Chí Minh*” được thực hiện nhằm đánh giá khả năng ứng dụng phương pháp nội suy Kriging trong công tác khảo sát ĐCCT nói chung và trong việc khảo sát sự phân bố tầng đất yếu tuổi Holocene ở thành phố Hồ Chí Minh (TPHCM) nói riêng.

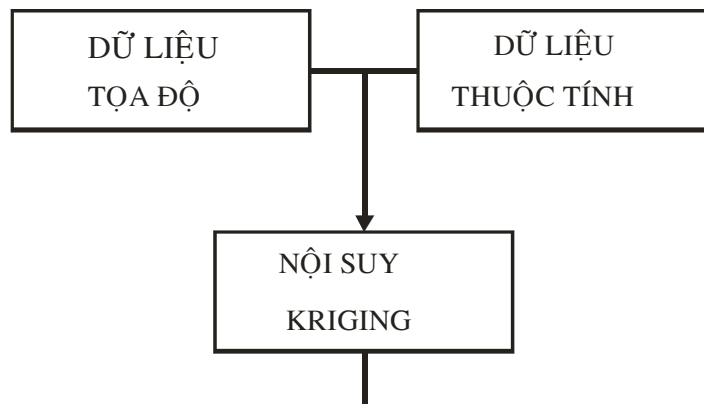
2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương pháp nội suy Kriging khảo sát mối quan hệ giữa sự biến động của dữ liệu theo vị trí của chúng trong không gian, từ đó rút ra mô hình toán phản ánh mối quan hệ này. Nhờ vào mô hình toán, các nhà nghiên cứu có thể dự báo được giá trị của dữ liệu nội suy ở những vị trí chưa có số liệu khảo sát thực tế.

Để có thể sử dụng phương pháp nội suy Kriging, các dữ liệu khảo sát cần phải có tọa độ địa lý tương ứng. Công tác nghiên cứu sự phân bố của tầng đất yếu ở khu vực nội thành TPHCM được tiến hành qua các bước sau:

- Thu thập tọa độ các hố khoan.
- Xác định độ sâu xuất hiện, chiều dày của tầng đất yếu.
- Tiến hành nội suy bằng phương pháp Kriging.
- Đánh giá độ tin cậy của kết quả nội suy.

Quy trình thực hiện nói trên được minh họa bằng lưu đồ sau:

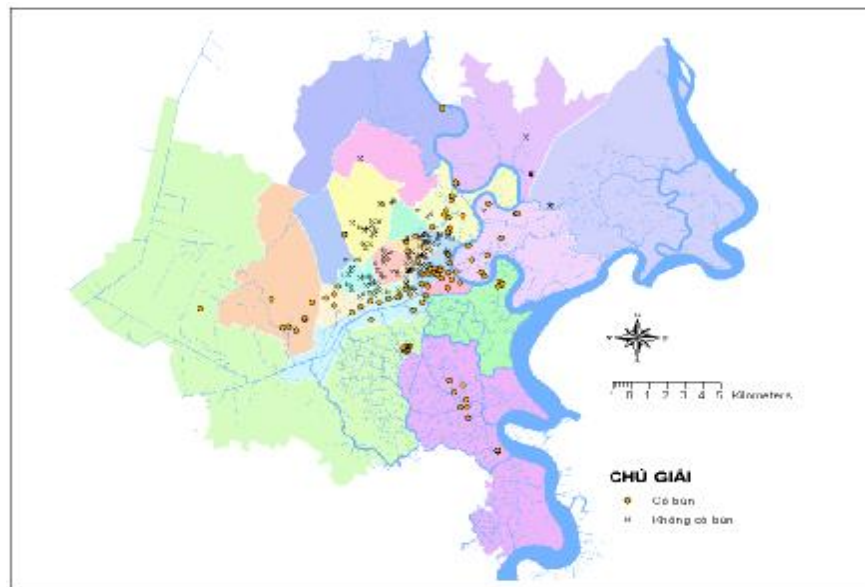


Hình 1. Lưu đồ phương pháp nội suy Kriging

2.1. Thu thập dữ liệu tọa độ các hố khoan

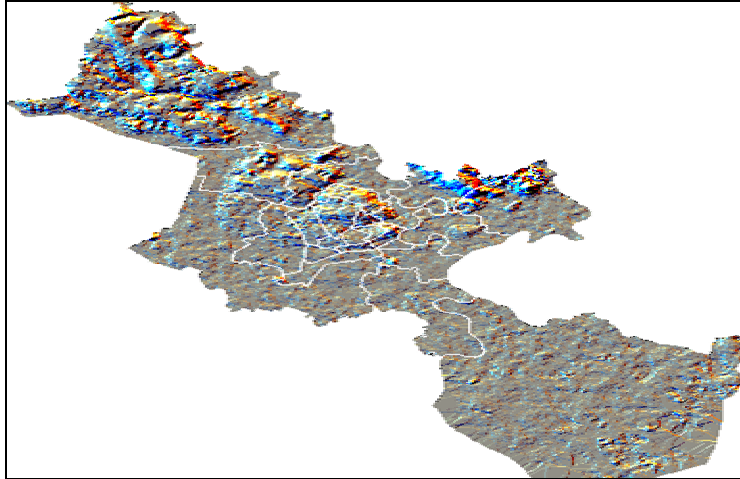
Tổng hợp từ các báo cáo khảo sát, có 247 hố khoan đã thu thập được [2]. Tọa độ của 247 hố khoan này được xác định bằng dụng cụ GPS cầm tay (Garmin 12XL) với độ chính xác về tọa độ là 5 ~ 15 m. Trong điều kiện thời tiết thuận lợi, độ chính xác về tọa độ có thể đạt được đến 3 m. Để phục vụ cho công tác nội suy trong địa chất công trình, độ chính xác 5 m về tọa độ địa lý là chấp nhận được.

Vị trí của 247 hố khoan khảo sát ĐCCT được thể hiện trên Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ vị trí các điểm dữ liệu

Cao độ đáy lớp của tầng đất yếu được xác định thông qua cao độ mặt đất, độ sâu xuất hiện và chiều dày của tầng đất yếu. Cao độ mặt đất tại vị trí hố khoan được rút ra từ mô hình số độ cao (Digital Elevation Model – viết tắt là DEM). Mô hình DEM được xây dựng bằng phần mềm ILWIS 3.2 dựa trên bản đồ địa hình do Phòng thí nghiệm Viễn thám và GIS thuộc Trung tâm khoa học tự nhiên và công nghệ quốc gia cung cấp. Hình 3 thể hiện mô hình DEM của TPHCM.



Hình 3. Mô hình DEM của TPHCM

2.2.Xác định độ sâu xuất hiện, chiều dày của tầng đất yếu

Độ sâu xuất hiện và chiều dày của tầng đất yếu được rút ra từ các báo cáo khảo sát địa chất do Bộ môn Địa kỹ thuật, Khoa Địa chất – Dầu khí, Trường Đại học Bách khoa TPHCM thực hiện trong khoảng thời gian từ năm 1996 đến 2004.

2.3.Phương pháp nội suy Kriging

Các bước tiến hành nội suy bằng Kriging như sau:

- Khảo sát các đặc trưng thống kê của tập dữ liệu, đặc biệt chú ý đến tính phân bố chuẩn của dữ liệu. Nếu dữ liệu không có phân bố chuẩn thì phải chuyển dạng dữ liệu để thỏa mãn yêu cầu này.
- Xây dựng biểu đồ semi-variogram. Biểu đồ semi-variogram phản ánh mối quan hệ giữa sự biến thiên của dữ liệu với khoảng cách giữa các điểm này.
- Lựa chọn mô hình semi-variogram thích hợp với tập dữ liệu. Quy luật quan hệ của sự biến động của dữ liệu với khoảng cách giữa chúng được xấp xỉ bằng một trong các hàm số đã được xác định trước (hàm Spherical, Circular, Gaussian, Exponential, Power...).
- Tiến hành nội suy theo mô hình semi-variogram đã chọn.

2.4.Đánh giá độ tin cậy của kết quả nội suy

Độ tin cậy của kết quả nội suy cần được đánh giá thông qua các phương pháp:

- So sánh bản đồ nội suy với các bản đồ đã được thành lập trước đó.
- So sánh kết quả nội suy với kết quả khảo sát trực tiếp tại hiện trường.

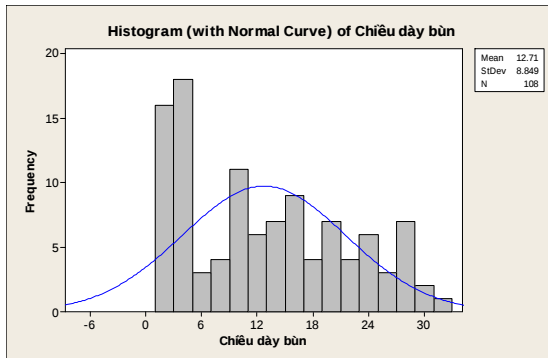
3.KẾT QUẢ

3.1.Khảo sát đặc trưng thống kê của tập dữ liệu

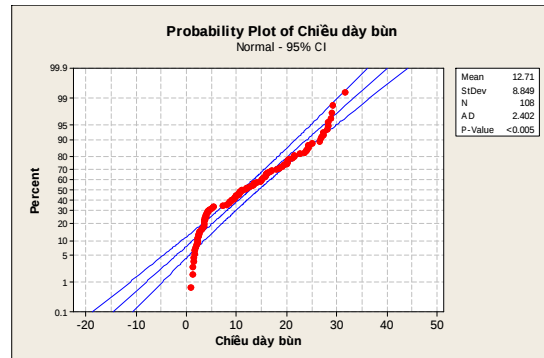
247 hố khoan khảo sát được chia thành hai nhóm: các hố khoan có phát hiện tầng đất yếu (108 hố khoan) và các hố khoan không phát hiện được tầng đất yếu (139 hố khoan). Tại các hố khoan không có phát hiện tầng đất yếu, chiều dày tầng đất yếu được xem như là bằng 0 (zero) khi đưa vào nội suy. Tuy nhiên, việc đưa 139 điểm dữ liệu có cùng một giá trị 0 vào trong quá trình nội suy sẽ làm cho dữ liệu không thỏa mãn yêu cầu dữ liệu cần có phân bố chuẩn. Điều này được thể hiện rõ trên Bảng 1 và Hình 4.

Bảng 1. Đặc trưng thống kê của dữ liệu bao gồm tất cả các hố khoan

No.	Mean	SE Mean	StDev	Skewness	Kurtosis	Min	Median	Max	IQR
108	12.708	0.851	8.849	0.38	1.09	1.000	11.250	31.600	16.100



a)



b)

Hình 4. a) Histogram; b) Đồ thị Q-Q plot của các điểm dữ liệu

Tập hợp điểm dữ liệu trên Hình 4b cho thấy:

- Dữ liệu không có phân bố chuẩn (vì các điểm dữ liệu không phân bố dọc theo một đường thẳng).

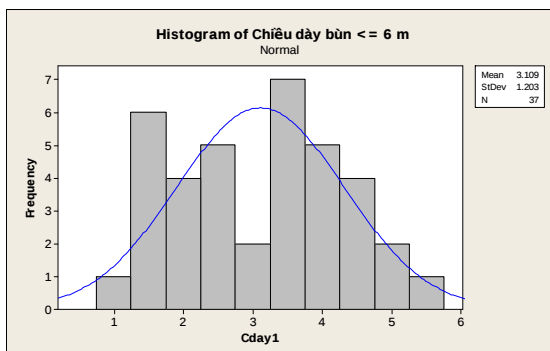
- Các điểm dữ liệu phân bố dọc theo một đường gấp khúc, có điểm gãy tương ứng với độ sâu khoảng 6 m. Do vậy, dữ liệu có thể được tách thành hai nhóm, nhóm thứ nhất (nhóm 1) có chiều dày lớp bùn không quá 6 m và nhóm thứ hai (nhóm 2) là các điểm có chiều dày lớp bùn trên 6 m. Các đặc trưng thống kê của hai nhóm dữ liệu được trình bày trong các bảng sau.

Bảng 2. Đặc trưng thống kê của dữ liệu nhóm 1 (chiều dày lớp bùn ≤ 6 m)

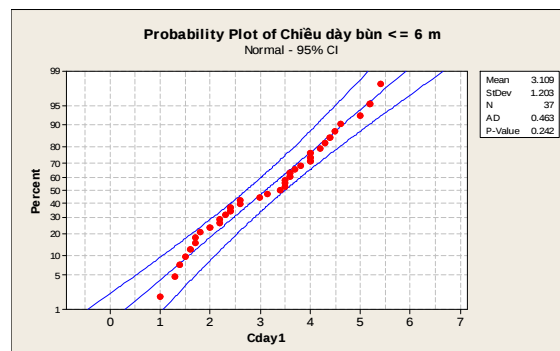
No.	Mean	SE Mean	StDev	Skewness	Kurtosis	Min	Median	Max	IQR
37	3.109	0.198	1.203	0.03	-1.04	1.000	3.400	5.400	1.900

Bảng 3. Đặc trưng thống kê của dữ liệu nhóm 2 (chiều dày lớp bùn > 6 m)

No.	Mean	SE Mean	StDev	Skewness	Kurtosis	Min	Median	Max	IQR
71	17.710	0.795	6.698	0.29	-1.12	7.300	16.400	31.600	12.500

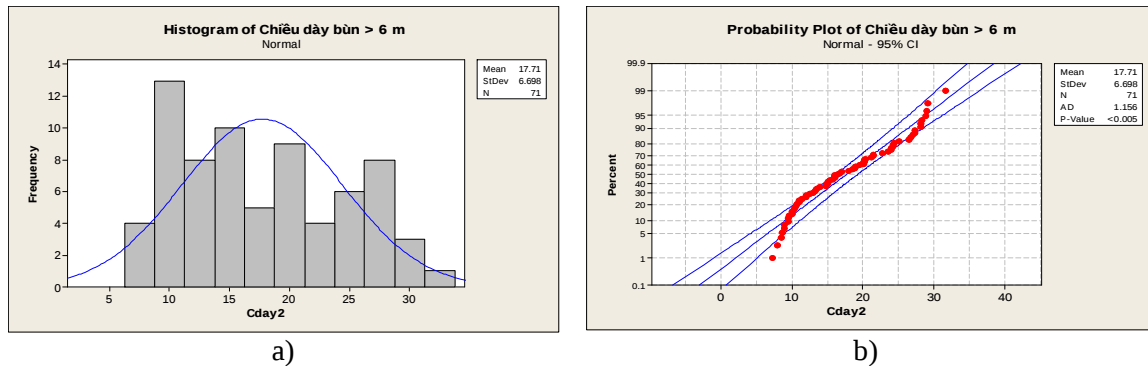


a)



b)

Hình 5. a) Histogram; b) Đồ thị Q-Q plot của nhóm 1

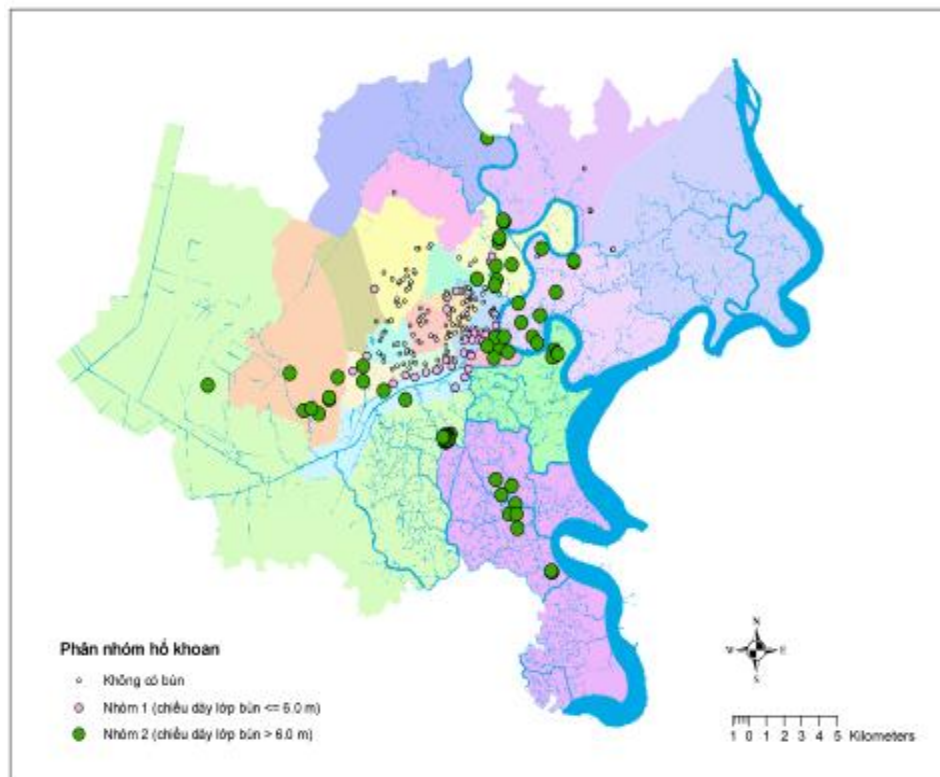


Hình 6. a) Histogram; b) Đồ thị Q-Q plot của nhóm 2

Hình 5 và Hình 6 cho thấy tính phân bố chuẩn của dữ liệu nhóm 1 và nhóm 2 đã được cải thiện rất nhiều so với tập dữ liệu ban đầu (xem Hình 4).

3.2.Nội suy Indicator Kriging (IK)

Sau khi phân chia dữ liệu ban đầu thành hai nhóm dữ liệu, phương pháp nội suy IK được áp dụng để xác định phạm vi phân bố của từng nhóm dữ liệu. Dữ liệu đầu vào được chia thành 3 nhóm: (a) những vị trí không có tầng đất yếu, được gán giá trị 0; (b) những điểm có chiều dày tầng đất yếu không quá 6 m, được gán giá trị 1; (c) những điểm có chiều dày tầng đất yếu trên 6 m, được gán giá trị 2 (xem Hình 7).



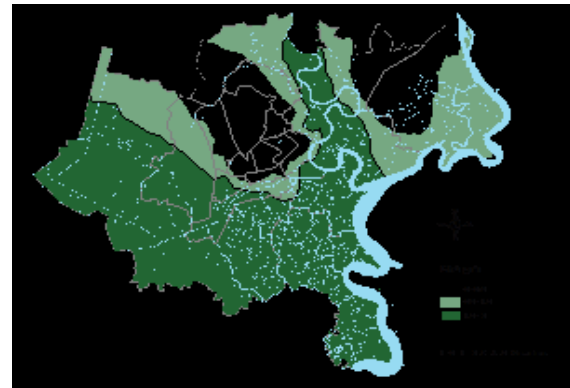
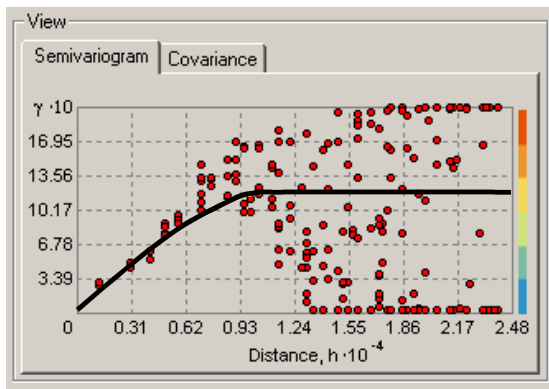
Hình 7. Dữ liệu đầu vào cho Indicator Kriging

Kết quả của phép nội suy IK là các giá trị biến thiên trong khoảng từ 0 ~ 2 và được phân thành ba nhóm (xem Bảng 4):

Bảng 4. Tiêu chuẩn phân loại kết quả nội suy Indicator Kriging

Kết quả nội suy	Nhóm
≤ 0.6	Không có bùn
$0.6 \sim 1.5$	Thuộc nhóm 1
> 1.5	Thuộc nhóm 2

Từ biểu đồ semi-variogram (Hình 8a), mô hình semi-variogram được chọn là hàm Spherical với các thông số như sau: Nugget = 0.026125; Partial Sill = 1.1682; Range = 11268.



a)

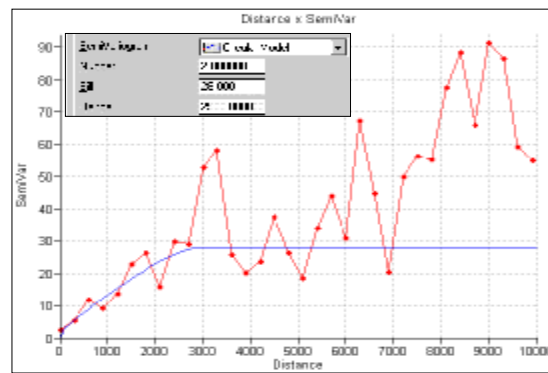
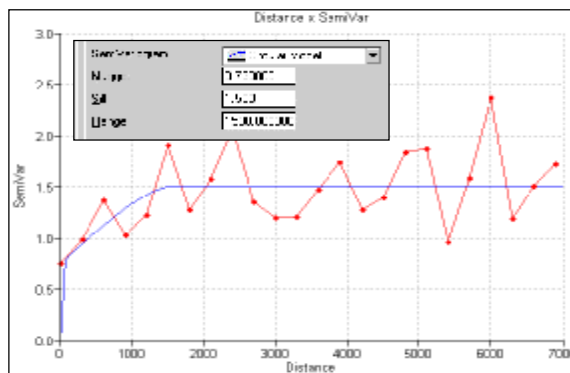
b)

Hình 8. a) Biểu đồ semi-variogram; b) Kết quả nội suy IK

Bản đồ nội suy IK cho biết, một vị trí bất kỳ trong khu vực nghiên cứu sẽ nhận giá trị nội suy từ kết quả nội suy của nhóm 1 hay của nhóm 2.

3.3.Nội suy Ordinary Kriging (OK)

Từ biểu đồ semi-variogram của nhóm 1 và nhóm 2 (Hình 9a và 9b), mô hình semi-variogram được chọn cho hai nhóm là hàm Circular với các thông số như sau: nhóm 1: Nugget = 0.75; Sill = 1.5; Range = 1500; và nhóm 2: Nugget : 2.0; Sill = 28.0; Range = 2900.0.



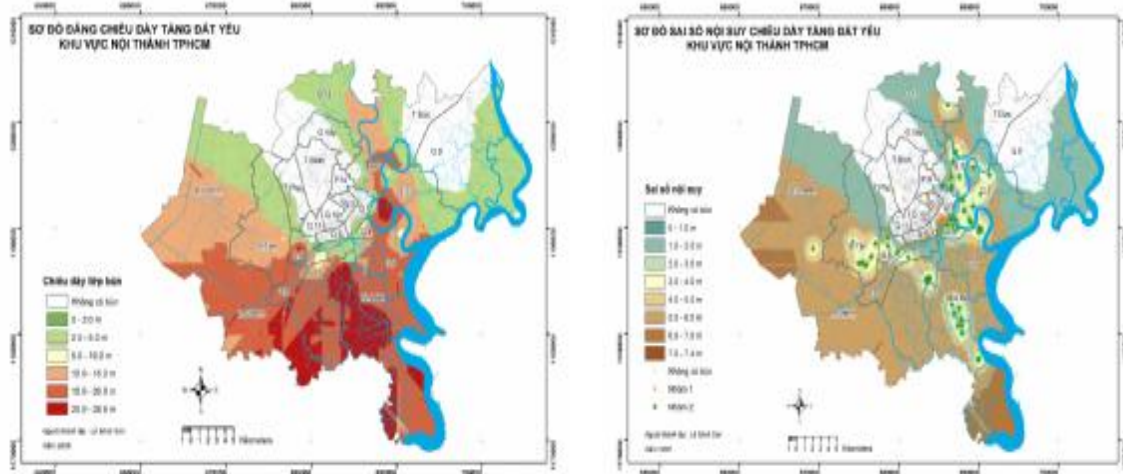
a)

b)

Hình 9. Biểu đồ semi-variogram OK của: a) nhóm 1 và b) nhóm 2

3.4. Tổng hợp kết quả nội suy của nhóm 1 và nhóm 2

Dựa vào mô hình semi-variogram đã được chọn cho hai nhóm dữ liệu ở bước 3.3, kết quả nội suy từ hai mô hình này được tổng hợp lại thành một bản đồ nội suy cho toàn vùng (Hình 10).



a)

b)

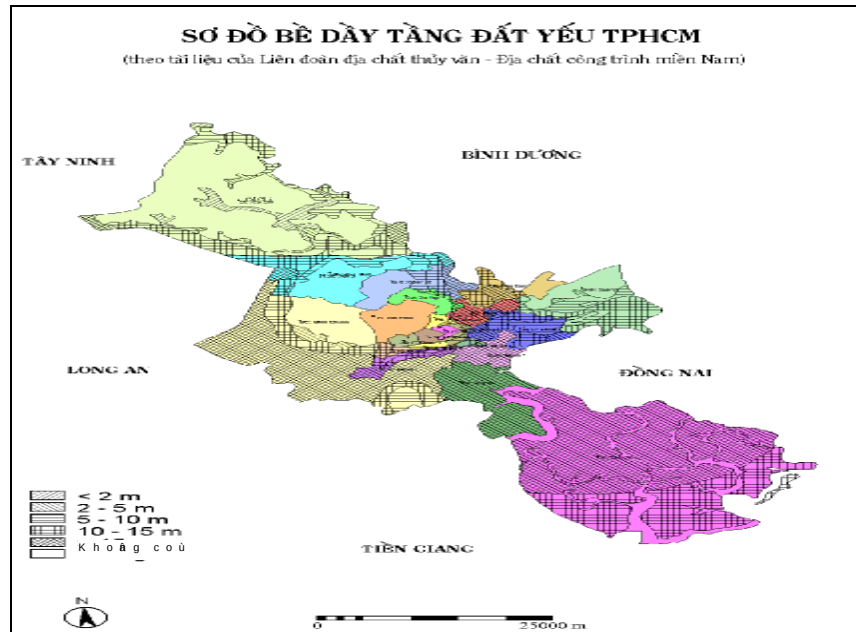
Hình 10. a) Sơ đồ kết quả nội suy và b) Sơ đồ sai số nội suy

4. ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ NỘI SUY

4.1. So sánh với sơ đồ đăng chiều dày tầng đất yếu do Liên đoàn ĐCTV-ĐCCT miền Nam thành lập năm 1988

Để thuận tiện cho việc đối chiếu kết quả nội suy, các bản đồ được quy ước gọi tên như sau:

Bản đồ 1: Sơ đồ đăng chiều dày tầng đất yếu do Liên đoàn địa chất thủy văn – địa chất công trình miền Nam thành lập năm 1988 (Hình 11).



Hình 11. Sơ đồ bề dày tầng đất yếu (do Liên đoàn ĐCTV-ĐCCT miền Nam thành lập năm 1988)

Bản đồ 2: Bản đồ kết quả nội suy OK.

Một vài nhận xét khi so sánh Bản đồ 1 với Bản đồ 2:

- Khu vực không tồn tại lớp bùn của cả hai bản đồ khá phù hợp.
- Cả hai bản đồ đều cho thấy sự phức tạp của diện phân bố các đơn nguyên ĐCCT ở khu vực quận 8 và khu vực quận Bình Thạnh.
- Theo Bản đồ 1, tại khu vực quận Bình Tân (huyện Bình Chánh cũ) không tồn tại lớp bùn. Trong khi đó, trên Bản đồ 2 vẫn xuất hiện một lớp bùn dày 2 ~ 5 m (ở phía Bắc) và 10 ~ 15 m (ở phía Nam).
- Tại quận 9, khu vực dọc sông Sài Gòn, Bản đồ 1 cho thấy chiều dày lớp bùn từ 10 ~ 15 m, nhưng ở Bản đồ 2, chiều dày lớp bùn chỉ từ 2 ~ 5 m. Khu vực này cần được kiểm chứng lại khi có hồ khoan thực tế.
- Khu vực bán đảo Thủ Thiêm, cả hai bản đồ đều cho kết quả chiều dày lớp bùn trên 15 m.

4.2. So sánh với kết quả thực tế

Kết quả nội suy cùng với sai số nội suy được so sánh với kết quả khảo sát trực tiếp (từ công tác khoan, thí nghiệm CPT...) để đánh giá độ tin cậy của mô hình nội suy. Bảng 7 so sánh giữa kết quả khảo sát trực tiếp và kết quả nội suy. Một số nhận xét được rút ra từ bảng so sánh kết quả nêu trên:

- Công trình #1, #2 và #4 có kết quả nội suy khá phù hợp với kết quả khảo sát thực tế; công trình #5 có sai số quá lớn.
- Công trình #3 nằm ngay trên ranh giới tiếp giáp của ba vùng nội suy: 2.0 ~ 5.0 m; 10.0 ~ 15.0 m; 15.0 ~ 20.0 m. Do vậy, nếu bổ sung điểm này vào mô hình nội suy thì ranh giới của ba vùng nội suy sẽ được điều chỉnh hợp lý hơn.
- Công trình #4 có sự chênh lệch giữa kết quả nội suy và kết quả thực tế là khá lớn (2.5 m). Tuy nhiên, độ chênh lệch này vẫn nằm trong phạm vi của sai số nội suy (5.2 m).
- Công trình #5 có sự chênh lệch quá lớn giữa kết quả nội suy và kết quả thực tế, trong khi đó, sai số nội suy lại thấp, chứng tỏ kết quả nội suy là đáng tin cậy (!). Nghịch lý này cho thấy

chiều dày lớp bùn tăng cao ở đây mang tính cục bộ. Để xác định chính xác khu vực phân bố của lớp bùn này, cần phải bố trí thêm nhiều hố khoan khảo sát hơn cho khu vực xung quanh công trình #5.

Bảng 7: So sánh kết quả khảo sát trực tiếp với kết quả nội suy

STT	CÔNG TRÌNH	TỌA ĐỘ (m)		CHIỀU DÀY THỰC TẾ	CHIỀU DÀY NỘI SUY
		X	Y		
1	Nhà số 490B Nguyễn Thị Minh Khai, Q.1	683 885	1 190 568	Không có	Không có
2	Khu dân cư cụm III, Cát Lái, Q.2	696 111	1 191 800	3.0 m	3.2 ± 1.5 m
3	Trung tâm thương mại và dịch vụ vui chơi giải trí quận 8, Q.8	682 861	1 187 319	7.0 m	15.7 ± 5.2 m
4	Chung cư Nguyễn Văn Cừ, Bình Chánh	684 678	1 186 634	16.2 m	18.7 ± 5.2 m
5	Chung cư tái định cư phường Linh Đông, Thủ Đức	690 248	1 199 345	40.0 m	3.7 ± 1.4 m

5.KẾT LUẬN

1) Kết quả nội suy phụ thuộc vào các thông số như: số lượng dữ liệu; chất lượng dữ liệu; sự phân bố của dữ liệu trong khu vực nghiên cứu. Hiện nay, các hố khoan khảo sát thường tập trung thành từng cụm, phân bố không đều trên toàn khu vực, do vậy, kết quả nội suy còn hạn chế ở những khu vực có ít (hoặc chưa có) hố khoan khảo sát, đặc biệt là ở khu vực ngoại thành.

2) Kết quả dự đoán khu vực không có bùn cho thấy khu vực này trùng khớp với khu vực bị bóc mòn của sơ đồ cổ địa lý đã được thành lập trước đây.

3) Phương pháp nội suy Ordinary Kriging không chỉ cung cấp kết quả nội suy mà còn kèm theo kết quả sai số nội suy. Nhờ đó, có thể đánh giá được độ tin cậy của kết quả nội suy.

4) Căn cứ vào biểu đồ semi-variogram của nhóm 1 và nhóm 2, giá trị của Range lần lượt là 1 500 m và 2 900 m. Theo lý thuyết, khoảng cách phân bố hố khoan hợp lý là $(1/5 \sim 1/3)$ của Range ([4], [6]), do vậy, khoảng cách phân bố hố khoan hợp lý ở TPHCM sẽ là $(300 \sim 500)$ m cho khu vực của nhóm 1 và $(600 \sim 1\,000)$ m cho khu vực của nhóm 2. Căn cứ vào khoảng cách phân bố hố khoan này, các nhà quy hoạch sẽ xác định được những khu vực cần bố trí thêm hố khoan khảo sát và những khu vực không cần phải bố trí thêm hố khoan.

5) Mặc dù kết quả nội suy chưa đạt độ chính xác cao nhưng cũng giúp cho các nhà quản lý, các nhà quy hoạch có một cái nhìn tổng quát về sự phân bố của tầng đất yếu trong khu vực nghiên cứu.

6) Kết quả nội suy sẽ được cập nhật dễ dàng mỗi khi có thêm số liệu mới. Qua đó, độ chính xác của kết quả nội suy sẽ được cải thiện theo thời gian.

7) Phương pháp nội suy Kriging có thể được áp dụng để dự đoán các thông số địa kỹ thuật trong không gian hai chiều (theo diện hoặc theo độ sâu). Để có thể đánh giá quy luật biến đổi của các thông số trong không gian ba chiều (cả theo diện và theo độ sâu), cần phải sử dụng công cụ nội suy Kriging 3D trong các phần mềm chuyên dụng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards – D 5549 – 94¹: *Standard Guide for the Contents of Geostatistical Site Investigation Report*.
- [2]. Bộ môn Địa kỹ thuật, Khoa Địa chất – Dầu khí, Đại học Bách khoa TP HCM, *Tài liệu khảo sát địa chất công trình (từ năm 1996 ~ 2004)*.
- [3]. Bonham-Carter G.F., *Geographic Information System for Geoscientists – Modelling with GIS*, Pergamon (1994).
- [4]. Clark I., Harper W.V., *Practical Geostatistics 2000*, Ecosse North America LLC (2000).
- [5]. Davis J.C., *Statistics and Data Analysis in Geology*, 3rd edition, John Wiley & Sons, (2002).
- [6]. Houlding S.W., *Practical Geostatistics, Modeling and Spatial Analysis*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2000).
- [7]. Liên đoàn ĐCTV–ĐCCT miền Nam. *Bản đồ địa chất công trình thành phố Hồ Chí Minh, tỉ lệ 1/50 000* (1988).
- [8]. Ủy ban khoa học kỹ thuật TP HCM, *Tạp chí khoa học và phát triển, Chuyên đề 2: Đất, nước và khoáng sản* (1983).
- [9]. Webster R., Oliver M., *Geostatistics for Environmental Scientists*, John Wiley & Sons, Ltd. (2001).