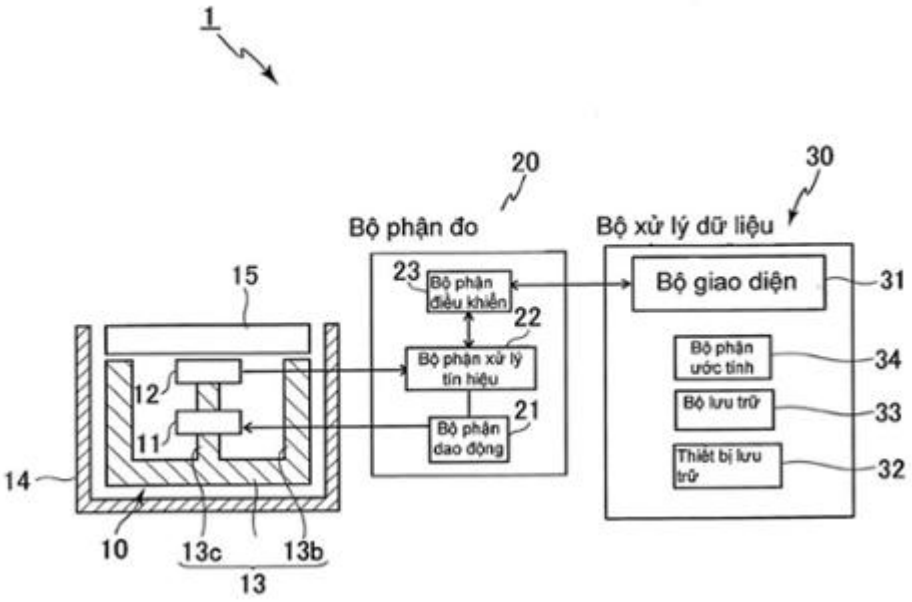
(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)**
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
(11) **1-0039068**
(51)[7] **G01N 33/24**; G01N 21/64; G01N 27/72 (13) **B**

(21) 1-2019-00163 (22) 19/06/2017
(86) PCT/JP2017/022568 19/06/2017 (87) WO 2017/221901 A1 28/12/2017
(30) 2016-121860 20/06/2016 JP
(45) 25/03/2024 432 (43) 25/03/2019 372A
(73) 1. KOMATSU SEIKI KOSAKUSHO CO., LTD. (JP)
942-2, Oaza Shiga, Suwa-shi, Nagano, 3920012 Japan
2. NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION SHINSHU UNIVERSITY (JP)
3-1-1, Asahi, Matsumoto-shi, Nagano, 3908621 Japan
(72) KOMATSU Takafumi (JP); MISAWA Tsunaki (JP); INOUE Naoto (JP); MOMOSAKI Eishi (JP); ORII Koji (JP).
(74) Công ty TNHH T&T INVENMARK Sở hữu trí tuệ Quốc tế (T&T INVENMARK CO., LTD.)

(54) THIẾT BỊ VÀ PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH ĐẤT

(57) Sáng chế đề cập đến thiết bị và phương pháp phân tích đất có độ chính xác cao để đo khả năng trao đổi cation (CEC) mà đóng vai trò làm chỉ số để đánh giá độ màu mỡ của đất. Thiết bị phân tích đất này bao gồm: cảm biến (10) có cuộn kích thích (11) và cuộn phát hiện (12); bộ phận đo (20) tạo ra tín hiệu kích thích cho mỗi tần số, là đầu vào cho cuộn dây kích từ (11) để đặt từ trường thay đổi đặt vào đất cần phân tích và xử lý tín hiệu phát hiện xuất ra từ cuộn dây phát hiện (12) bằng cách đặt từ trường thay đổi vào đất cần phân tích; bộ phận lưu trữ (33) lưu trữ dữ liệu liên quan đến mối tương quan giữa giá trị định lượng của đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của hai hoặc nhiều loại các đất có các thành phần khác nhau và giá trị ước tính của đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC phát hiện từ tín hiệu phát hiện đã xử lý được đo bằng cảm biến (10) và bộ phận đo (20); và bộ phận ước tính (34) ước tính đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của đất cần phân tích dựa trên tín hiệu phát hiện được tạo ra bằng cách cho phép cảm biến (10) đặt từ trường thay đổi vào đất cần phân tích và được xử lý bằng bộ phận đo (20), và bằng cách sử dụng dữ liệu được lưu trữ trong bộ phận lưu trữ (33).


1
20
30
Bộ phận đo
Bộ xử lý dữ liệu
15
23
Bộ phận điều khiển
22
Bộ phận xử lý tín hiệu
21
Bộ phận dao động
12
11
14
10
13c
13b
13
Bộ giao diện
31
Bộ phận ước tính
34
Bộ lưu trữ
33
Thiết bị lưu trữ
32

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thiết bị phân tích đất và phương pháp phân tích đất có khả năng tìm ra chỉ số để đánh giá độ màu mỡ của đất.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Để tăng năng suất sản phẩm nông nghiệp, cần thiết đánh giá đúng độ màu mỡ của đất. Chỉ số cho thấy độ màu mỡ của đất bao gồm đặc điểm màu mỡ của đất như nitơ khả dụng, axit phosphoric khả dụng, tổng lượng phospho, tổng lượng cacbon, tổng lượng nitơ, K, Ca, Mg, Fe, Al, Na, tỷ lệ CN, và CEC (khả năng trao đổi cation). Để phân tích lượng nitơ khả dụng, ví dụ, phương pháp đo quang phổ hấp thụ ở khoảng bước sóng nhìn thấy hoặc đo quang phổ hấp thụ tia cực tím đối với chất lỏng hữu cơ trích xuất từ đất sử dụng dung dịch phosphat đệm, và sử dụng quang phổ hấp thụ phản xạ hồng ngoại gần đã được đề xuất. Là một phương pháp xác định chỉ số này một cách dễ dàng, một số tác giả sáng chế đã đề xuất phương pháp chiếu ánh sáng kích thích vào đất và phân tích quang phổ huỳnh quang từ đất, từ đó ước tính được đặc điểm màu mỡ của đất (tài liệu sáng chế 1).

Tài liệu sáng chế 1: JP 5885168 B;

Tài liệu phi sáng chế 1: "Standard Soil Analysis/Measurement Method" edited by the Standard Soil Analysis/Measurement Committee, Hakuyusha Co., Ltd., November 15, 1986, pp.150-154.

Tuy nhiên, có một vấn đề là khả năng trao đổi cation (CEC), được ước tính bằng cách phân tích quang phổ huỳnh quang, lại không thể xác định được một cách chính xác như đặc điểm màu mỡ khác của đất như lượng nitơ khả dụng, axit phosphoric khả dụng, tổng lượng cacbon, tổng tỷ lệ nitơ và CN. Ngoài ra, do huỳnh quang từ đất được đo, độ đục, v.v., nếu có, trong môi trường phân tán như nước mà được sử dụng để đo huỳnh quang trong đất nên có một vấn đề là huỳnh quang không thể đo được dễ dàng.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Từ các vấn đề trên, mục đích của sáng chế là cung cấp thiết bị phân tích đất và phương pháp phân tích đất có khả năng xác định chính xác đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC làm chỉ số để đánh giá độ màu mỡ của đất.

Để đạt được mục đích nêu trên, sáng chế đề xuất

[1] Thiết bị phân tích đất, thiết bị này bao gồm:

cảm biến có cuộn dây;

bộ phận đo tạo ra tín hiệu kích thích là đầu vào cho cuộn dây trên mỗi tần số để đặt từ trường thay đổi lên đất cần phân tích, và xử lý tín hiệu phát hiện được xuất ra từ cuộn dây bằng cách đặt từ trường thay đổi lên đất cần phân tích;

bộ phận lưu trữ để lưu trữ dữ liệu liên quan đến mối tương quan giữa giá trị định lượng của đặc điểm màu mỡ của đất bao gồm CEC của hai hoặc nhiều loại đất có các thành phần khác nhau và giá trị ước tính của đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC phát hiện từ tín hiệu phát hiện đã xử lý được đo bằng cách sử dụng cảm biến và bộ phận đo; và

bộ phận ước tính để ước tính đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của đất cần phân tích dựa trên tín hiệu phát hiện được tạo ra bằng cách cho phép cảm biến đặt từ trường thay đổi vào đất cần phân tích và xử lý bằng cách sử dụng bộ phận đo và bằng cách sử dụng dữ liệu được lưu trữ trong bộ phận lưu trữ.

[2] Thiết bị phân tích đất như nêu trong mục [1], trong đó bộ phận ước tính sẽ ước tính đặc điểm màu mỡ của đất bao gồm CEC của đất cần phân tích dựa trên một hoặc nhiều khía cạnh, của chính tín hiệu phát hiện đã xử lý được xuất ra từ bộ phận đo, và tỷ lệ biên độ và độ lệch pha giữa tín hiệu kích thích và tín hiệu phát hiện, mà (có) các khía cạnh tương quan với đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của đất cần phân tích.

[3] Thiết bị phân tích đất như nêu trong mục [1], trong đó bộ phận ước tính sẽ trích xuất các khía cạnh để ước tính đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của đất cần phân tích dựa trên ít nhất một trong số: một hoặc nhiều khía cạnh, của chính tín hiệu phát hiện đã xử lý được xuất ra từ bộ phận đo, và tỷ lệ biên

độ và độ lệch pha giữa tín hiệu kích thích và tín hiệu phát hiện; và một trong hai, hoặc cả hai, giá trị khác biệt chính và giá trị khác biệt phụ của khía cạnh liên quan theo tần số.

[4] Thiết bị phân tích đất như nêu trong mục [1], trong đó bộ phận ước tính sẽ phát hiện tỷ lệ biên độ phức hợp đối với tín hiệu kích thích dựa trên tín hiệu phát hiện, và ước tính đặc điểm độ màu mỡ của đất bằng cách sử dụng công thức hồi quy dựa trên phân tích hồi quy giữa giá trị định lượng của đặc điểm độ màu mỡ của các loại đất khác nhau được lưu trữ trong bộ phận lưu trữ và tỷ lệ biên độ phức hợp của tín hiệu phát hiện tương ứng.

[5] Thiết bị phân tích đất như nêu trong mục [4], trong đó tỷ lệ biên độ phức hợp được thể hiện bằng tỷ lệ biên độ tuyệt đối và độ lệch pha, hoặc bằng phần thực và phần ảo, và công thức hồi quy có tỷ lệ biên độ tuyệt đối và độ lệch pha, hoặc phần thực và phần ảo, tương ứng là các biến số độc lập.

[6] Thiết bị phân tích đất như nêu trong mục [1], trong đó bộ phận ước tính sẽ thực hiện phân tích hồi quy bình phương tối thiểu một phần (PLS, Partial Least Square) của hai hoặc nhiều loại đất có các thành phần khác nhau dựa trên giá trị định lượng của đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC và tín hiệu phát hiện được bằng cách cho phép cảm biến đặt từ trường thay đổi và xử lý bằng cách sử dụng bộ phận đo, và tạo ra dữ liệu được lưu trữ trong bộ phận lưu trữ.

[7] Thiết bị phân tích đất bao gồm:

- cảm biến có cuộn dây;

- bộ phận đo tạo ra tín hiệu kích thích là đầu vào cho cuộn dây để đặt từ trường thay đổi lên đất cần phân tích và xử lý tín hiệu phát hiện được xuất ra từ cuộn dây bằng cách đặt từ trường thay đổi lên đất cần phân tích;

- bộ phận chiếu ánh sáng để chiếu ánh sáng kích thích vào đất cần phân tích;

- bộ phận đo ánh sáng để đo huỳnh quang từ đất cần phân tích, sau đó là độ sáng của ánh sáng từ bộ phận chiếu ánh sáng;

- bộ phận lưu trữ để lưu trữ dữ liệu liên quan đến mối tương quan giữa giá trị định lượng của đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của hai hoặc nhiều loại đất có các thành phần khác nhau và giá trị ước tính của đặc điểm độ

màu mỡ của đất bao gồm CEC được phát hiện dựa trên tín hiệu phát hiện đã xử lý đo được bằng cách sử dụng cảm biến và bộ phận đo, và dữ liệu quang phổ huỳnh quang đo được bằng bộ phận chiếu ánh sáng và bộ phận đo ánh sáng; và

- bộ phận ước tính để ước tính đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của đất cần phân tích dựa trên tín hiệu phát hiện được tạo ra bằng cách cho phép cảm biến đặt từ trường thay đổi và xử lý bằng cách sử dụng bộ phận đo, và dữ liệu quang phổ huỳnh quang thu được bằng cách cho phép bộ phận chiếu ánh sáng chiếu ánh sáng kích thích và được đo bằng bộ phận đo, và bằng cách sử dụng dữ liệu được lưu trữ trong bộ phận lưu trữ.

[8] Thiết bị phân tích đất như nêu trong mục [7], trong đó bộ phận ước tính để ước tính đặc điểm độ màu mỡ của đất của đất cần phân tích dựa trên một hoặc nhiều khía cạnh, của chính tín hiệu phát hiện đã xử lý được xuất ra từ bộ phận đo, và tỷ lệ biên độ và độ lệch pha giữa tín hiệu kích thích và tín hiệu phát hiện, mà có các khía cạnh tương quan với đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của đất cần phân tích, và dựa trên dữ liệu có mối tương quan với đặc điểm màu mỡ của đất bao gồm CEC của đất cần phân tích, dữ liệu quang phổ huỳnh quang được đo bằng bộ phận đo ánh sáng.

[9] Thiết bị phân tích đất như nêu trong mục [7], trong đó các khía cạnh để ước tính đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của đất cần phân tích được trích xuất dựa trên ít nhất một trong số: một hoặc nhiều khía cạnh, của chính tín hiệu phát hiện đã xử lý xuất ra từ bộ phận đo, và tỷ lệ biên độ và độ lệch pha giữa tín hiệu kích thích và tín hiệu phát hiện; và một trong hai, hoặc cả hai, giá trị khác biệt chính và giá trị khác biệt phụ của khía cạnh liên quan theo tần số, và trong đó

dữ liệu quang phổ huỳnh quang để ước tính đặc điểm màu mỡ của đất bao gồm CEC của đất cần phân tích được trích xuất dựa trên một hoặc cả hai, giá trị khác biệt chính và giá trị khác biệt phụ, so với tần số, dữ liệu quang phổ huỳnh quang được xuất ra từ bộ phận đo ánh sáng.

[10] Thiết bị phân tích đất như nêu trong mục [7], trong đó bộ phận ước tính sẽ thực hiện phân tích hồi quy PLS của hai hoặc nhiều loại đất có các thành phần khác nhau dựa trên giá trị định lượng của đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC, tín hiệu phát hiện được bằng cách cho phép cảm biến đặt từ trường thay

đổi và xử lý bằng cách sử dụng tín hiệu đo, và dữ liệu quang phổ huỳnh quang thu được bằng cách cho phép bộ phận chiếu ánh sáng chiếu ánh sáng kích thích và được đo bằng bộ phận đo, và tạo ra dữ liệu được lưu trữ trong bộ phận lưu trữ.

[1] Phương pháp phân tích đất, phương pháp này bao gồm các bước:

- tạo ra tín hiệu kích thích bằng tần số tùy ý và đặt từ trường thay đổi lên đất cần phân tích;

- phát hiện tỷ lệ biên độ phức hợp so với tín hiệu kích thích từ tín hiệu phát hiện thu được từ từ trường đã thấm vào đất; và

- ước tính đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC bằng công thức hồi quy dựa trên phân tích hồi quy giữa giá trị định lượng của đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của hai hoặc nhiều loại đất khác nhau và tỷ lệ biên độ phức hợp của tín hiệu phát hiện tương ứng.

[12] Phương pháp phân tích đất như nêu trong mục [11], trong đó tỷ lệ biên độ phức hợp được biểu diễn bằng tỷ lệ biên độ tuyệt đối và độ lệch pha, hoặc phần thực và phần ảo và công thức hồi quy có tỷ lệ biên độ tuyệt đối và độ lệch pha, hoặc phần thực và phần ảo, tương ứng là các biến số độc lập.

[13] Phương pháp phân tích đất như nêu trong mục [11], trong đó công thức hồi quy được tạo ra bằng cách thực hiện phân tích hồi quy PLS dựa trên giá trị định lượng của đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của hai hoặc nhiều loại đất có các thành phần khác nhau và tín hiệu phát hiện được thu được từ từ trường đã thấm vào đất.

Hiệu quả của sáng chế

Theo sáng chế, thiết bị phân tích đất và phương pháp phân tích đất có khả năng phát hiện chính xác đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC dưới dạng chỉ số để đánh giá độ màu mỡ của đất.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là sơ đồ khối thể hiện thiết bị phân tích đất theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Fig.2(a), Fig.2(b) và Fig.2(c) là các ví dụ xác thực, trong đó Fig.2(a) là biểu đồ biểu thị mối tương quan của CEC với giá trị khác biệt chính của chính tín hiệu phát hiện so với tần số, Fig.2(b) là biểu đồ biểu thị mối tương quan của CEC với giá trị khác biệt chính của tỷ lệ biên độ và Fig.2(c) là biểu đồ biểu thị mối tương quan của CEC với giá trị khác biệt chính của độ lệch pha.

Fig.3 là ví dụ xác thực thể hiện mối quan hệ giữa giá trị CEC ước tính và giá trị định lượng.

Fig.4 là ví dụ xác thực thể hiện mối quan hệ giữa giá trị CEC ước tính và giá trị định lượng mà khác so với được thể hiện trên Fig.3.

Fig.5 là sơ đồ khối thể hiện thiết bị phân tích đất theo phương án thứ hai của sáng chế.

Fig.6 là lưu đồ phân tích cho ví dụ 1.

Fig.7(a), Fig.7(b), Fig.7(c) và Fig.7(d) là các sơ đồ giải thích của ví dụ 1 thể hiện sự tinh chỉnh các biến giải thích liên quan đến dữ liệu phát hiện từ cảm biến, Fig.7(a) thể hiện sự phụ thuộc vào tần số của phổ thô, Fig.7(b) thể hiện sự phụ thuộc vào tần số của giá trị khác biệt chính, Fig.7(c) thể hiện sự phụ thuộc vào tần số của giá trị khác biệt phụ, và Fig.7(d) thể hiện mối tương quan đơn giản giữa giá trị khác biệt phụ và giá trị CEC định lượng.

Fig.8(a), Fig.8(b) và Fig.8(c) là các sơ đồ giải thích của ví dụ 1 thể hiện sự tinh chỉnh các biến giải thích liên quan đến dữ liệu quang phổ huỳnh quang, Fig.8(a) thể hiện sự phụ thuộc vào tần số của giá trị khác biệt chính của quang phổ huỳnh quang do ánh sáng kích thích ở bước sóng 392nm, Fig.8(b) thể hiện sự phụ thuộc vào tần số của giá trị khác biệt chính của phổ huỳnh quang do ánh sáng kích thích ở bước sóng 375nm và Fig.8(c) thể hiện sự phụ thuộc vào tần số của hệ số xác định R^2 của giá trị khác biệt chính và giá trị CEC định lượng.

Fig.9 thể hiện kết quả của ví dụ 1, chi tiết hóa mối quan hệ giữa giá trị ước tính và giá trị định lượng của CEC thu được khi các biến số được tinh chỉnh.

Fig.10 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa giá trị ước tính và giá trị định lượng của CEC thu được khi các biến số được tinh chỉnh bằng cách sử dụng dữ liệu huỳnh quang chỉ như ví dụ so sánh 1.

Fig.11 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa giá trị ước tính và giá trị định lượng của CEC thu được khi các biến không được tinh chỉnh chỉ sử dụng huỳnh quang như ví dụ so sánh 2.

Fig.12 là lưu đồ phân tích cho ví dụ 2.

Fig.13(a), Fig.13(b) và Fig.13(c) là các sơ đồ giải thích các phần của quy trình xử lý dữ liệu như được thể hiện ở lưu đồ trên Fig.12, Fig.13(a) thể hiện sự phụ thuộc vào tần số của tỷ lệ biên độ, Fig.13(b) thể hiện sự phụ thuộc vào tần số của giá trị khác biệt chính của tỷ lệ biên độ, và Fig.13(c) thể hiện sự phụ thuộc vào tần số của giá trị khác biệt phụ của tỷ lệ biên độ.

Fig.14 là biểu đồ thể hiện kết quả của ví dụ 2.

Fig.15 là lưu đồ phân tích cho ví dụ 3.

Fig.16 là lưu đồ phân tích liên quan đến phương án thứ ba.

Fig.17 là biểu đồ thể hiện kết quả đo hệ số tương quan PLS của phần thực được thực hiện trực tiếp mà không thực hiện việc tính toán sự khác biệt chính đối với tín hiệu phát hiện, không giống với phương án thứ nhất như được thể hiện trên Fig.2(a), Fig.2(b) và Fig.2(c).

Fig.18 là biểu đồ thể hiện kết quả đo hệ số tương quan PLS của phần ảo được thực hiện trực tiếp mà không thực hiện việc tính toán sự khác biệt chính đối với tín hiệu phát hiện, không giống với phương án thứ nhất như được thể hiện trên Fig.2(a), Fig.2(b) và Fig.2(c).

Fig.19(a) và Fig.19(b) là các ví dụ về phổ tần số, với biên độ thu được từ tín hiệu phát hiện do mỗi từ trường thấm vào của ba mẫu có hàm lượng sắt khác nhau được hiển thị với khoảng cách tần số 10kHz trong dải tần từ 10kHz đến 200kHz, trong đó Fig.19(a) đại diện cho phần thực và Fig.19(b) đại diện cho phần ảo.

Fig.20 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa giá trị ước tính x và giá trị định lượng y của sắt trong ví dụ 4.

Fig.21 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ của giá trị ước tính x và giá trị định lượng y của tổng lượng cacbon trong ví dụ 4.

Fig.22 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa giá trị ước tính x và giá trị định lượng y của tổng lượng nitơ trong ví dụ 4.

Fig.23 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa giá trị ước tính x và giá trị định lượng y của CEC trong ví dụ 4.

Fig.24 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa giá trị ước tính x và giá trị định lượng y của axit phosphoric khả dụng trong ví dụ 4.

Fig.25 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa giá trị ước tính x và giá trị định lượng y của tổng lượng phospho trong ví dụ 4.

Fig.26 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa giá trị ước tính x và giá trị định lượng y của kali trong ví dụ 4.

Fig.27 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa giá trị ước tính x và giá trị định lượng y của canxi trong ví dụ 4.

Fig.28 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa giá trị ước tính x và giá trị định lượng y của magie trong ví dụ 4.

Fig.29 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa giá trị ước tính x và giá trị định lượng y của nhôm trong ví dụ 4.

Fig.30 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa giá trị ước tính x và giá trị định lượng y của tổng lượng của Fe, Al, Ca, K, Na, Mg và trong ví dụ 4.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, các phương án của sáng chế sẽ được mô tả dựa trên các hình vẽ kèm theo. Việc thực hiện sáng chế cho phép có những thay đổi khi cần mà vẫn nằm trong phạm vi của sáng chế.

Phương án thứ nhất:

Fig.1 là sơ đồ khối thể hiện thiết bị phân tích đất theo phương án thứ nhất của sáng chế. Thiết bị phân tích đất 1 theo phương án thứ nhất bao gồm: cảm biến 10; bộ phận đo 20; và bộ phận xử lý dữ liệu 30.

Cảm biến 10 bao gồm: cuộn kích thích 11 và cuộn phát hiện 12 dưới dạng các cuộn dây; và bộ phận tạo thành đường dẫn từ 13. Cảm biến 10 được đặt trong bộ phận giữ cảm biến làm bằng kim loại 14, ví dụ, được ngắt khỏi từ trường bên ngoài, và bộ phận giữ mẫu 15 được bố trí tại cửa vào của bộ phận giữ cảm biến 14. Ví dụ, cảm biến 10 được đỡ bởi chất làm đầy khe hở không có từ tính (không được thể hiện) trong bộ phận giữ cảm biến 14 chẳng hạn. Bộ

phận tạo thành đường dẫn từ 13 bao gồm phần dưới 13a, phần trụ 13b, và phần trục 13c, chẳng hạn, và phần dưới 13a đỡ phần trụ 13b và phần trục 13c. Cuộn kích thích 11 và cuộn phát hiện 12 được gắn vào phần trục 13c. Với cảm biến 10, vì cuộn phát hiện 12 và bộ phận giữ mẫu 15 được bố trí trên đường dẫn từ được tạo thành bởi cuộn kích thích 11 và bộ phận tạo thành đường dẫn từ 13 nên tín hiệu được phát hiện bởi cuộn phát hiện 12 có thể bị ảnh hưởng tùy thuộc vào độ thấm từ, v.v. của đối tượng cần phân tích trong bộ phận giữ mẫu 15. Cảm biến 10 chỉ là một ví dụ, và các thiết bị có chức năng tương tự có thể được chấp nhận. Ví dụ, cuộn kích thích 11 và cuộn phát hiện 12 có thể được tích hợp thành một cuộn duy nhất.

Bộ phận đo 20 bao gồm: bộ phận dao động 21; bộ phận xử lý tín hiệu 22; và bộ phận điều khiển 23. Bộ phận dao động 21 liên tục tạo ra tín hiệu có tần số nhất định và tăng hoặc giảm tần số của tín hiệu theo các giai đoạn. Tín hiệu được tạo ra từ bộ phận dao động 21 được phân thành tín hiệu kích thích và tín hiệu tham chiếu, tín hiệu kích thích là đầu vào cho cuộn kích thích 11 và đồng thời là đầu ra cho bộ phận xử lý tín hiệu 22 dưới dạng tín hiệu tham chiếu. Bộ phận xử lý tín hiệu 22 tính toán sự thay đổi theo thời gian của tín hiệu phát hiện từ cuộn phát hiện 12 so với tín hiệu kích thích bằng cách sử dụng tín hiệu tham chiếu từ bộ phận dao động 21. Bộ phận xử lý tín hiệu 22, có chức năng chuyển đổi Fourier, chuyển đổi tín hiệu trên trục thời gian thành tín hiệu trên trục tần số. Bộ phận xử lý tín hiệu 22 cũng số hóa tín hiệu phát hiện từ cảm biến 10 và xuất nó tới bộ phận xử lý dữ liệu 30. Bộ phận điều khiển 23 nhập/xuất dữ liệu và tín hiệu điều khiển khác nhau đến/từ bộ phận xử lý dữ liệu 30, đồng thời điều khiển bộ phận dao động 21 và bộ phận xử lý tín hiệu 22.

Trong phương án này, bộ phận xử lý dữ liệu 30 ước tính CEC của đất là một trong số các đặc điểm độ màu mỡ của đất, dựa trên dữ liệu số trên tín hiệu phát hiện được xử lý bởi bộ phận xử lý tín hiệu 22. Bộ phận xử lý dữ liệu 30 bao gồm: giao diện đầu vào/đầu ra 31 giao tiếp với bộ phận điều khiển 23; thiết bị lưu trữ 32 có thiết bị lưu trữ chính và thiết bị lưu trữ phụ trợ; thiết bị số học thực hiện các xử lý chẳng hạn như bốn phép tính số học, v.v.; và máy tính được trang bị thiết bị điều khiển để điều khiển thiết bị lưu trữ và thiết bị số học. Vì

chương trình xử lý được lưu trữ trong thiết bị lưu trữ phụ trợ được mở rộng và thực thi bởi thiết bị xử lý nên bộ phận xử lý dữ liệu 30 được trang bị bộ phận lưu trữ 33 và bộ phận ước tính 34 như được thể hiện trên Fig.1 xét từ góc độ chức năng.

Bộ phận lưu trữ 33 lưu trữ dữ liệu liên quan đến mối tương quan giữa giá trị CEC định lượng và giá trị CEC ước tính được phát hiện dựa trên tín hiệu phát hiện đã xử lý được đo bằng cách sử dụng cảm biến 10 và bộ phận đo 20 cho hai hoặc nhiều loại đất có các thành phần khác nhau.

Bộ phận ước tính 34 cho phép cảm biến 10 đặt từ trường thay đổi vào đất cần phân tích và ước tính CEC của đất cần phân tích bằng cách sử dụng dữ liệu được lưu trữ trong bộ phận lưu trữ 33 dựa trên tín hiệu phát hiện được xử lý bằng bộ phận đo 20.

Tốt hơn là bộ phận ước tính 34 ước tính CEC của đất cần phân tích dựa trên một khía cạnh hoặc các khía cạnh, của chính tín hiệu phát hiện đã xử lý được xuất ra từ bộ phận đo 20, và tỷ lệ biên độ và độ lệch pha giữa tín hiệu kích thích và tín hiệu phát hiện mà có mối tương quan với CEC của đất cần phân tích.

Ngoài ra, cũng tốt hơn là bộ phận ước tính 34 trích xuất các khía cạnh để ước tính CEC của đất cần phân tích dựa trên ít nhất một trong số: một hoặc nhiều khía cạnh, của chính tín hiệu phát hiện đã xử lý được xuất ra từ bộ phận đo 20, và tỷ lệ biên độ và độ lệch pha giữa tín hiệu kích thích và tín hiệu phát hiện; và một trong hai, hoặc cả hai giá trị khác biệt chính và giá trị khác biệt phụ của khía cạnh liên quan đến tần số. Cụ thể, tiêu chí để bộ phận ước tính 34 trích xuất các khía cạnh để ước tính CEC của đất cần phân tích là dựa trên ít nhất một trong số: một hoặc nhiều khía cạnh, của chính tín hiệu phát hiện đã xử lý được xuất ra từ bộ phận đo 20, và tỷ lệ biên độ và độ lệch pha giữa tín hiệu kích thích và tín hiệu phát hiện có thể được sử dụng đầu tiên; và thứ hai, một hoặc cả hai, giá trị khác biệt chính và giá trị khác biệt phụ của khía cạnh liên quan đến tần số có thể được sử dụng.

Bộ phận ước tính 34 thực hiện phân tích hồi quy PLS cho hai hoặc nhiều loại đất có các thành phần khác nhau, dựa trên giá trị CEC định lượng và tín hiệu phát hiện thu được bằng cách cho phép cảm biến 10 đặt từ trường thay đổi

và được đo bằng bộ phận đo 20, và tạo ra dữ liệu được lưu trữ trong bộ phận lưu trữ 33. Do đó, bộ phận ước tính 34 cũng có thể được gọi là bộ phân tích hồi quy.

Phương pháp phân tích đất bằng thiết bị phân tích đất 1 theo các phương án của sáng chế sẽ được mô tả dưới đây. Đầu tiên, một loại đất, hoặc hai hoặc nhiều loại đất có các thành phần khác nhau, được chuẩn bị, làm khô không khí và nghiền trong cối. Đất đã làm khô trong không khí và nghiền được sử dụng làm mẫu đất. Với mỗi mẫu đất, ví dụ, giá trị CEC định lượng được phát hiện bằng phương pháp Schollenberger. Phương pháp Schollenberger đã được mô tả trong tài liệu phi sáng chế nên phần mô tả chi tiết về phương pháp này không được nêu ở đây.

Mỗi mẫu đất được đưa vào bộ phận giữ mẫu 15 như được thể hiện trên Fig.1 và dưới sự điều khiển của bộ phận điều khiển 23, bộ phận dao động 21 tạo ra tín hiệu dao động ở mỗi tần số trong dải tần số xác định (ví dụ: từ vài kHz đến vài trăm kHz) trong khi tăng tần số theo các cách khoảng tần số tùy ý (ví dụ vài kHz) trong các giai đoạn khác nhau và xuất nó tới cuộn kích thích 11. Tín hiệu được phát hiện bởi cuộn phát hiện 12 được xử lý bởi bộ phận xử lý tín hiệu 22 theo tín hiệu tại mỗi tần số, chuyển đổi thành tín hiệu số, và xuất nó tới bộ phận xử lý dữ liệu 30. Bộ phận ước tính 34 phát hiện mối tương quan giữa tín hiệu phát hiện đã xử lý và giá trị CEC định lượng, và thực hiện phân tích hồi quy PLS. Kết quả thu được được lưu trữ trong bộ phận lưu trữ 33. Khi phát hiện thấy mối tương quan, các khía cạnh để ước tính CEC được trích xuất dựa trên ít nhất một trong số: một hoặc nhiều khía cạnh, của chính tín hiệu phát hiện, và tỷ lệ biên độ và độ lệch pha giữa tín hiệu kích thích và tín hiệu phát hiện; và một trong hai, hoặc cả hai, giá trị khác biệt chính và giá trị khác biệt phụ của khía cạnh liên quan theo tần số. Do đó, việc chuẩn bị phân tích được hoàn thành.

Tương tự, đất cần phân tích được làm khô trong không khí, nghiền trong cối, và đặt vào bộ phận giữ mẫu 15. Dưới sự điều khiển của bộ phận điều khiển 23, Bộ phận dao động 21 tạo ra tín hiệu dao động ở mỗi tần số trong dải tần số xác định (từ vài kHz đến vài trăm kHz) trong khi tăng tần số với khoảng cách tần số tùy ý (vài kHz) trong các giai đoạn khác nhau, và xuất nó tới cuộn kích

thích 11. Tín hiệu phát hiện bởi cuộn phát hiện 12 được xử lý bởi bộ phận xử lý tín hiệu 22 theo tín hiệu tại mỗi tần số, được chuyển đổi thành tín hiệu số, và xuất nó tới bộ phận xử lý dữ liệu 30. Bộ phận ước tính 34 ước tính CEC của đất cần phân tích dựa trên tín hiệu phát hiện đã xử lý được xuất ra từ bộ phận xử lý tín hiệu 22 và dữ liệu được lưu trữ trong bộ phận lưu trữ 33.

Bộ phận ước tính 34 phát hiện giá trị CEC đã ước tính của đất cần phân tích dựa trên một hoặc nhiều khía cạnh, của chính tín hiệu phát hiện đã xử lý được xuất ra từ bộ phận đo 20, và tỷ lệ biên độ và độ lệch pha giữa tín hiệu kích thích và tín hiệu phát hiện, có mối tương quan với CEC. Bộ phận lưu trữ 33 lưu trữ giá trị CEC định lượng của hai hoặc nhiều loại đất, chính tín hiệu phát hiện của các loại đất được xử lý bởi bộ phận xử lý tín hiệu 22, và công thức hồi quy, giá trị trung bình, v.v. liên quan đến mỗi khía cạnh tương ứng của tỷ lệ biên độ và độ lệch pha. Nói cách khác, do chính tín hiệu phát hiện được xử lý bởi bộ phận xử lý tín hiệu 22 cũng như tỷ lệ biên độ và độ lệch pha giữa tín hiệu kích thích và tín hiệu phát hiện đất cần phân tích được nhập vào từ bộ phận xử lý tín hiệu 22 nên giá trị CEC có thể được ước tính bằng cách phát hiện độ lệch của mỗi khía cạnh so với giá trị CEC thống kê (giá trị trung bình, chẳng hạn) và cộng độ lệch vào giá trị CEC thống kê.

CEC cũng có thể được ước tính như sau. Với bộ phận đo 20, giả sử tín hiệu kích thích từ bộ phận dao động 21 được biểu diễn dưới dạng $e_{vào} = E_{vào}e^{j(2\pi ft)}$ và tín hiệu phát hiện được nhập từ cảm biến 10 vào bộ phận xử lý tín hiệu 22 được biểu diễn là $e_{ra} = E_{ra}e^{j(2\pi ft+\phi)}$

trong đó, $E_{vào}$ và E_{ra} là biên độ của tín hiệu kích thích và tín hiệu phát hiện, f là tần số, t là thời gian, ϕ là độ lệch pha, e là logarit tự nhiên và j là phần ảo.

Sau đó, tỷ lệ biên độ của tín hiệu phát hiện so với tín hiệu kích thích được biểu diễn dưới dạng $E_{ra}/E_{vào}$ và độ lệch pha giữa tín hiệu kích thích và tín hiệu phát hiện được biểu diễn dưới dạng ϕ. Do bộ phận xử lý dữ liệu 30 có tỷ lệ biên độ và độ lệch pha so với chính tín hiệu phát hiện nên phần thực hoặc phần ảo của $E_{ra}e^{(j2\pi ft+\phi)}$ hoặc tín hiệu phát hiện/tín hiệu kích thích, một hoặc nhiều khía cạnh, của chính tín hiệu phát hiện, và tỷ lệ biên độ và độ lệch pha,

chênh lệch theo tần số n lần (≥1), và từ các giá trị này, khía cạnh có hệ số tương quan CEC cao hơn sẽ được chọn. Do đó, giá trị CEC ước tính được xác định theo công thức sau đây.

Giá trị CEC ước tính = f(Thực($e_{vào}$), Ảo($e_{vào}$), $E_{ra}/E_{vào}$, ϕ, $d^n e_{ra}/df_n$, $d^n(E_{ra}/E_{vào})/df_n$, $d^n\phi/df_n$).

Giá trị ước tính theo đó được biểu diễn dưới dạng hàm của thông số có mối tương quan trong số trong bảy thông số sau đây: Thực($e_{vào}$), Ảo($e_{vào}$), $E_{ra}/E_{vào,}$, ϕ, $d^n e_{ra}/df_n$, $d^n(E_{ra}/E_{vào})/df_n$, $d^n\phi/df_n$.

Xác thực giá trị CEC ước tính của đất sử dụng cảm biến

Sau đó, giá trị CEC của đất được xác thực rằng có thể được ước tính một cách chính xác bằng cách sử dụng thiết bị phân tích đất 1 theo phương án của sáng chế, và bằng cách đo độ thấm từ của đất dưới dạng tín hiệu phát hiện bằng cách sử dụng cảm biến 10.

Bằng cách sử dụng vật chứa PET làm bộ phận giữ mẫu 15, 10g bột đất đã làm khô trong không khí được đặt vào cảm biến 10 như được thể hiện trên Fig.1. Bộ phận dao động 21 của bộ phận đo 20 tạo ra tín hiệu dao động ở các khoảng cách 5kHz trong dải tần từ 10kHz đến 200kHz, các tín hiệu được nhập vào cuộn kích thích 11 và các tín hiệu phát hiện từ cuộn phát hiện 12 được thu bằng bộ phận xử lý tín hiệu 22. Bộ phận xử lý tín hiệu 22 có thể thu được 3 mẫu dữ liệu cho mỗi tần số, và dữ liệu cho 39 tần số liên quan đến chính tín hiệu phát hiện, tỷ lệ biên độ, và lệch pha. Cụ thể, thu được 39 mẫu dữ liệu cho mỗi thông số cho mỗi mẫu và thu được 117 mẫu dữ liệu cho mỗi mẫu.

Tiếp theo, giá trị khác biệt của các dữ liệu này được tính toán ở các khoảng cách 5kHz trong dải tần từ 10kHz đến 100kHz. Nói cách khác, thu được 19 mẫu dữ liệu cho mỗi thông số cho mỗi mẫu và thu được 57 mẫu dữ liệu cho mỗi mẫu.

Tiếp theo, phân tích hồi quy PLS được thực hiện với giá trị khác biệt chính đã tính toán được sử dụng làm biến giải thích, và giá trị CEC định lượng được đo bằng phương pháp Schollenberger sử dụng làm biến khách quan.

Khi mỗi n (≥1) đoạn của tín hiệu phát hiện, độ lệch pha, giá trị tỷ lệ biên độ, và giá trị dựa trên các giá trị này (giá trị khác biệt, chẳng hạn) được sử

dụng làm biến giải thích và biến mong muốn được thiết lập dưới dạng biến khách quan, biến khách quan được phát hiện sẽ giảm thiểu tổng của n đoạn sai lệch bình phương giữa biến khách quan và biến giải thích. (n – 1) đoạn khác của giá trị CEC ước tính của đất có thể được phát hiện bằng cách chuẩn hóa biến khách quan đã phát hiện bằng cách sử dụng một giá trị cụ thể của đất (giá trị CEC) thu được bằng phương pháp Schollenberger.

Fig.2(a) là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa CEC liên quan đến giá trị khác biệt chính cho chính tín hiệu phát hiện với tần số, Fig.2(b) là biểu đồ biểu thị mối tương quan giữa CEC cho giá trị khác biệt chính của tỷ lệ biên độ và Fig.2(c) là biểu đồ biểu thị mối tương quan của CEC với giá trị khác biệt chính của độ lệch pha. Giá trị này được tính toán và giá trị CEC ước tính được tính toán.

Fig.3 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa giá trị CEC ước tính x và giá trị CEC định lượng y. Số lượng mẫu n là 29, biến ẩn s là 5, mối tương quan được thể hiện là $y = x - 9 \times 10^{-13}$, hệ số xác định R^2 là 0,8725, và sai số toàn phương trung bình gốc (RMSE) là 1,69.

Hơn nữa, dưới dạng kết quả của việc thực hiện phân tích hồi quy PLC theo cách tương tự bằng cách thay đổi tần số từ 10kHz sang 200kHz, biểu đồ trên Fig.4 thể hiện mối tương quan giữa giá trị CEC ước tính x và giá trị CEC định lượng y thu được, với số lượng mẫu là 30, biến ẩn s là 6, mối tương quan được thể hiện là $y = x - 2 \times 10^{-13}$, hệ số xác định R^2 là 0,9641 và RMSE là 0,961. Do đó, độ chính xác được cải thiện bằng cách đặt tần số trong phạm vi thích hợp hơn.

Phương án thứ hai

Fig.5 là sơ đồ khối thể hiện thiết bị phân tích đất theo phương án thứ hai của sáng chế. Thiết bị phân tích đất 2 theo phương án thứ hai bao gồm: cảm biến 10; bộ phận đo 20; và bộ phận xử lý dữ liệu 40. Cấu trúc của thiết bị phân tích đất 2 theo phương án thứ hai khác với thiết bị phân tích đất 1 như được trên Fig.1 ở các khía cạnh sau đây.

Cảm biến 10 được đặt trong hộp tối 16, trong đó bộ phận chiếu ánh sáng 17 và bộ phận đo ánh sáng 18 được bố trí đối diện với bộ phận giữ mẫu 15, và

bộ giao diện 19 được cung cấp. Chỉ cần bằng cashc chiếu ánh sáng kích thích vào đất đặt trong bộ phận giữ mẫu 15, ánh sáng huỳnh quang có thể được đo, từ trường có thể được tạo ra bởi cuộn kích thích 11, và việc phát hiện có thể được thực hiện bởi cuộn phát hiện 12. Như được thể hiện trên Fig.1, chỉ cần cảm biến 10 được đặt ở một phía của bộ phận giữ mẫu 15, và bộ phận chiếu ánh sáng 17 và bộ phận đo ánh sáng 18 được đặt ở phía còn lại. Đặc biệt, do bộ phận giữ mẫu 15 không được che kín ngay cả khi đất được đặt trong đó nên bộ phận chiếu ánh sáng 17 và bộ phận đo ánh sáng 18 được đặt ở phía trên, và cảm biến 10 được đặt ở phía dưới.

Bộ phận chiếu ánh sáng 17, được trang bị nguồn phát ánh sáng phát ra ánh sáng kích thích, chiếu ánh sáng kích thích vào mẫu đặt trong bộ phận giữ mẫu 15. Bộ phận đo ánh sáng 18, được trang bị máy quang phổ và bộ tách sóng quang, ví dụ, đo huỳnh quang phát ra từ đất đặt trong bộ phận giữ mẫu 15. Bộ giao diện 19 điều khiển bộ phận chiếu ánh sáng 17 và bộ phận đo ánh sáng 18, và đồng thời xuất dữ liệu quang phổ huỳnh quang đo được bằng bộ phận đo ánh sáng 18 đến bộ phận xử lý dữ liệu 40.

Bộ phận xử lý dữ liệu 40 xử lý dữ liệu tín hiệu phát hiện đã được xử lý bằng bộ phận xử lý tín hiệu 22 của bộ phận đo 20, và dữ liệu quang phổ huỳnh quang được xử lý bằng bộ phận đo ánh sáng 18. Bộ phận xử lý dữ liệu 40 bao gồm: bộ giao diện đầu vào/đầu ra 41 giao tiếp giữa bộ phận điều khiển 23 và bộ giao diện 19; thiết bị lưu trữ 42 có thiết bị lưu trữ chính và thiết bị lưu trữ phụ trợ; thiết bị số học thực hiện xử lý bốn phép tính số học, v.v.; và máy tính được trang bị thiết bị điều khiển để điều khiển thiết bị lưu trữ và thiết bị xử lý. Do chương trình xử lý dữ liệu được lưu trữ trong thiết bị lưu trữ phụ trợ được mở rộng và thi hành bởi thiết bị số học nên bộ phận xử lý dữ liệu 40 được trang bị bộ phận lưu trữ 43 và bộ phận ước tính 44 như được thể hiện trên Fig.5 xét từ góc độ chức năng. Bộ phận điều khiển đo 45, điều khiển bộ phận chiếu sáng 17 và bộ phận đo ánh sáng 18 cũng được cung cấp.

Bộ phận lưu trữ 43 lưu trữ dữ liệu liên quan đến mối tương quan giữa giá trị định lượng của đặc điểm màu mỡ của đất bao gồm CEC của hai hoặc nhiều loại đất có thành phần khác nhau, và giá trị ước tính của đặc điểm màu mỡ của đất bao gồm CEC phát hiện dựa trên tín hiệu phát hiện đã xử lý được đo bằng

cách sử dụng bộ cảm biến 10 và bộ phận đo 20, và dữ liệu quang phổ huỳnh quang đo được bằng cách sử dụng bộ phận chiếu ánh sáng 17 và bộ phận đo ánh sáng 18.

Bộ phận ước tính 44 ước tính đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của đất cần phân tích bằng cách sử dụng dữ liệu được lưu trữ trong bộ phận lưu trữ 43 dựa trên tín hiệu phát hiện được tạo ra bằng cách cho phép cảm biến 10 đặt từ trường thay đổi lên đất cần phân tích và xử lý bởi bộ phận đo 20 và dữ liệu quang phổ huỳnh quang thu được bằng cách cho phép bộ phận chiếu ánh sáng 17 chiếu ánh sáng kích thích và được đo bằng bộ phận đo ánh sáng 18.

Bộ phận ước tính 44 ước tính đặc điểm độ màu mỡ của đất cần phân tích dựa trên một hoặc nhiều khía cạnh trong số: chính tín hiệu phát hiện đã xử lý mà là đầu ra của bộ phận đo 20, và tỷ lệ biên độ và độ lệch pha giữa tín hiệu kích thích và tín hiệu phát hiện, có mối tương quan với đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của đất cần phân tích, và dựa trên dữ liệu có mối tương quan với đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của đất cần phân tích, dữ liệu quang phổ huỳnh quang được đo bằng bộ phận đo ánh sáng 18.

Tốt hơn là bộ phận ước tính 44 trích xuất các khía cạnh để ước tính các đặc điểm màu mỡ của đất bao gồm CEC của đất cần phân tích dựa trên ít nhất một trong số: một hoặc nhiều khía cạnh, của chính tín hiệu phát hiện đã xử lý mà là đầu ra của bộ đo 20, và tỷ lệ biên độ và độ lệch pha giữa tín hiệu kích thích và tín hiệu phát hiện; và một trong hai, hoặc cả hai, giá trị khác biệt chính và giá trị khác biệt phụ của khía cạnh liên quan theo tần số. Tốt hơn là bộ phận ước tính 44 trích xuất dữ liệu quang phổ huỳnh quang để ước tính đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của đất cần phân tích dựa trên một trong hai, hoặc cả hai, giá trị khác biệt chính và giá trị khác biệt phụ của dữ liệu quang phổ huỳnh quang so với tần số.

Bộ phận ước tính 44 thực hiện phân tích hồi quy PLS đối với hai hoặc nhiều loại đất có các thành phần khác nhau dựa trên các giá trị định lượng của đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC, tín hiệu phát hiện được tạo ra bằng cách cho phép cảm biến từ 10 đặt từ trường thay đổi và xử lý bằng cách sử dụng bộ phận đo 20, và dữ liệu quang phổ huỳnh quang thu được bằng cách

cho phép bộ chiếu ánh sáng 17 chiếu ánh sáng kích thích và được đo bằng bộ phận đo ánh sáng 18, và bộ phận ước tính 44 tạo ra dữ liệu được lưu trữ trong bộ phận lưu trữ 43. Do đó, bộ phận ước tính 44 cũng có thể được gọi là bộ phân tích hồi quy.

Phương pháp phân tích đất sử dụng thiết bị phân tích đất 2 theo phương án này của sáng chế sẽ được mô tả dưới đây. Theo phương pháp này, dưới dạng đặc điểm độ màu mỡ của đất, không chỉ CEC mà còn một, hoặc hai hoặc nhiều tổ hợp bất kỳ của lượng nitơ khả dụng, lượng axit phosphoric khả dụng, tổng lượng nitơ, tổng lượng cacbon và tỷ lệ CN có thể được phát hiện. Phương pháp ước tính CEC của đất cần phân tích sẽ được mô tả đầu tiên.

Như trong trường hợp phương pháp phân tích đất sử dụng thiết bị phân tích đất 1 như được thể hiện trên Fig.1, một hoặc nhiều loại đất có thành phần khác nhau được chuẩn bị, làm khô trong không khí, và nghiền trong cối và đất khô đã nghiền được dùng làm mẫu đất. Sau đó, giá trị CEC định lượng của mỗi mẫu đất được phát hiện bằng phương pháp Schollenberger. Vì phương pháp Schollenberger đã được mô tả trong tài liệu phi sáng chế 1 nên phần mô tả chi tiết phương pháp này không được nêu ở đây.

Mỗi mẫu đất được đưa vào bộ phận giữ mẫu 15 như được thể hiện trên Fig.5 và dưới sự điều khiển của bộ phận điều khiển 23, bộ phận dao động 21 tạo tín hiệu dao động ở mỗi tần số trong dải tần xác định (ví dụ: từ vài kHz đến vài trăm kHz) trong khi tăng tần số ở các giai đoạn theo các khoảng tần số tùy ý (ví dụ vài kHz) và để xuất đến cuộn kích thích 11. Tín hiệu được phát hiện bởi cuộn phát hiện 12 được xử lý bởi bộ phận xử lý tín hiệu 22 theo tín hiệu ở mỗi tần số, được chuyển đổi thành tín hiệu số và xuất đến bộ phận xử lý dữ liệu 40.

Gần như đồng thời, ánh sáng kích thích (ánh sáng cực tím có một hoặc nhiều bước sóng, chẳng hạn) được chiếu từ bộ phận chiếu ánh sáng 17 tới mỗi mẫu đất trong bộ phận giữ mẫu 15, và quang phổ huỳnh quang (quang phổ trong rải cực tím đến nhìn thấy chẳng hạn) từ mẫu đất được đo bằng bộ phận đo ánh sáng 18. Dữ liệu quang phổ huỳnh quang được lưu trữ tạm thời trong bộ đệm (không được thể hiện) của bộ phận xử lý dữ liệu 40 qua bộ giao diện 19 và bộ giao diện đầu vào/đầu ra 41. Nếu quang phổ huỳnh quang thu được có

tính rời rạc, việc làm phẳng có thể được thực hiện bằng cách di chuyển giá trị trung bình theo các bước sóng liền kề. Ngoài ra, dữ liệu cũng được xử lý để dữ liệu quang phổ huỳnh quang trở nên rời rạc đối với mỗi khoảng bước sóng xác định.

Sau đó, bộ phận ước tính 44 phát hiện mối tương quan giữa sự kết hợp của tín hiệu phát hiện đã xử lý có một hoặc nhiều cường độ huỳnh quang, của dữ liệu quang phổ huỳnh quang đối với ánh sáng kích thích bất kỳ, và giá trị CEC định lượng, và thực hiện việc phân tích hồi quy PLS. Kết quả thu được được lưu trữ trong bộ phận lưu trữ 43. Khi phát hiện mối tương quan, các khía cạnh để ước tính CEC được trích xuất dựa trên ít nhất một trong số: một hoặc nhiều khía cạnh, của chính tín hiệu phát hiện và tỷ lệ biên độ và độ lệch pha giữa tín hiệu kích thích và tín hiệu phát hiện; và một trong hai, hoặc cả hai trong số: giá trị khác biệt chính và giá trị khác biệt phụ của khía cạnh liên quan theo tần số. Do đó, việc chuẩn bị phân tích được hoàn thành.

Tương tự, đất cần phân tích được làm khô trong không khí, nghiền trong cối, và được đặt vào bộ phận giữ mẫu 15. Dưới sự điều khiển của bộ phận điều khiển 23, bộ phận dao động 21 tạo ra tín hiệu dao động tại mỗi tần số trong dải tần số quy định (từ vài kHz đến vài trăm kHz chẳng hạn) đồng thời tăng tần số ở các giai đoạn trong khoảng tần số tùy ý (vài kHz chẳng hạn), và xuất đến cuộn kích thích 11. Tín hiệu được phát hiện bởi cuộn phát hiện 12 được xử lý bởi bộ phận xử lý tín hiệu 22 theo tín hiệu ở mỗi tần số, được chuyển thành tín hiệu số và xuất đến bộ phận xử lý dữ liệu 40.

Gần như đồng thời, ánh sáng kích thích (tia cực tím có một hoặc nhiều bước sóng, chẳng hạn) được chiếu từ bộ phận chiếu ánh sáng 17 vào mỗi mẫu đất trong bộ phận giữ mẫu 15, và quang phổ huỳnh quang (quang phổ trong dải tử ngoại đến vùng khả kiến chẳng hạn) từ mẫu đất được đo bằng bộ phận đo ánh sáng 18. Dữ liệu quang phổ huỳnh quang được lưu tạm thời trong bộ đệm (không được thể hiện) của bộ phận xử lý dữ liệu 40 qua bộ giao diện 19 và bộ giao diện đầu vào/đầu ra 41. Khi quang phổ huỳnh quang thu được có tính rời rạc, việc làm phẳng có thể được thực hiện bằng cách di chuyển giá trị trung bình theo các bước sóng liền kề. Ngoài ra, dữ liệu cũng được xử lý để dữ liệu

quang phổ huỳnh quang trở thành dữ liệu rời rạc cho mỗi khoảng bước sóng quy định.

Sau đó, bộ phận ước tính 44 ước tính CEC của đất cần phân tích sử dụng dữ liệu được lưu trữ trong bộ phận lưu trữ 43 dựa trên tín hiệu phát hiện đã xử lý được xuất ra từ bộ phận xử lý tín hiệu 22 và dữ liệu quang phổ huỳnh quang được xuất ra từ bộ phận đo ánh sáng 18.

Bộ phận ước tính 44 phát hiện giá trị CEC ước tính của đất cần phân tích dựa trên một hoặc nhiều khía cạnh, của chính tín hiệu phát hiện đã xử lý từ bộ phận đo 20, và tỷ lệ biên độ và độ lệch pha giữa tín hiệu kích thích và tín hiệu phát hiện có mối tương quan với CEC, và dựa trên các khía cạnh có tương quan với CEC, dữ liệu quang phổ huỳnh quang. Bộ phận lưu trữ 43 lưu trữ giá trị CEC định lượng của hai hoặc nhiều loại đất khác nhau, chính tín hiệu phát hiện được xử lý bởi bộ phận xử lý tín hiệu 22 liên quan đến các loại đất này, và công thức hồi quy, giá trị trung bình, v.v. liên quan đến từng khía cạnh trong số tỷ lệ biên độ và độ lệch pha. Nói cách khác, do chính tín hiệu phát hiện được xử lý bởi bộ phận xử lý tín hiệu 22 liên quan đến đất cần phân tích, và tỷ lệ biên độ và độ lệch pha giữa tín hiệu kích thích và tín hiệu phát hiện được nhập vào từ bộ phận xử lý tín hiệu 22, và dữ liệu quang phổ huỳnh quang được nhập vào từ bộ phận đo ánh sáng 18, giá trị CEC có thể được ước tính bằng cách độ lệch của mỗi khía cạnh so với giá trị CEC thống kê (giá trị trung bình, chẳng hạn), tìm độ lệch của cường độ huỳnh quang, và cộng các độ lệch so với giá trị CEC thống kê. Giá trị CEC ước tính có thể được phát hiện bằng phương pháp được mô tả bằng cách tham khảo Fig.1 dưới dạng chính là cường độ theo bước sóng của dữ liệu huỳnh quang cho mỗi ánh sáng kích thích hoặc là hàm của giá trị khác biệt của cường độ theo tần số.

Giá trị CEC ước tính = f(Thực($e_{vào}$), Ảo($e_{vào}$), $E_{ra}/E_{vào}$, ϕ, $d^n e_{ra}/df_n$, $d^n(E_{ra}/E_{vào})/df_n$, $d^n\phi/df_n$, $I(\lambda)$, $d^nI(\lambda)/df_n$).

Như vậy, giá trị ước tính được biểu diễn dưới dạng hàm của thông số có mối tương quan trong số chín thông số sau đây: Thực($e_{vào}$), Ảo($e_{vào}$), $E_{ra}/E_{vào}$, ϕ, $d^n e_{ra}/df_n$, $d^n(E_{ra}/E_{vào})/df_n$, $d^n\phi/df_n$, $I(\lambda)$, $d^nI(\lambda)/df_n$), trong đó $I(\lambda)$ là cường độ huỳnh quang của bước sóng.

Với thiết bị phân tích đất 2 như được thể hiện trên Fig.5, vì không phải chỉ có dữ liệu về tính thấm từ được đo bằng cảm biến 10 mà dữ liệu quang phổ huỳnh quang cũng được đo bằng cách sử dụng ánh sáng kích thích, không chỉ CEC mà còn hai hoặc nhiều chỉ số đặc trưng cho độ màu mỡ của đất, chẳng hạn như lượng nitơ khả dụng, axit phosphoric khả dụng, tổng nitơ, tổng cacbon, và tỷ lệ CN, có thể được phát hiện dễ dàng.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1:

Fig.6 là lưu đồ phân tích theo ví dụ 1. Để làm mẫu, 10g đất được làm khô trong không khí và nghiền được đưa vào bộ phận giữ mẫu 15, và bộ giữ mẫu được thiết lập (bước 1-1). Đầu tiên, chính dữ liệu phát hiện được thu thập bằng cách sử dụng cảm biến 10 trong khoảng tần số 5kHz trong dải tần từ 10kHz đến 100kHz (bước 1-2). Ngoài ra, ánh sáng kích thích 392nm và 375nm được chiếu vào mẫu trong bộ phận giữ mẫu 15, và thu dữ liệu quang phổ huỳnh quang ở bước sóng từ 450nm đến 700nm (bước 1-3).

Dữ liệu được phát hiện bởi cảm biến 10 được xử lý như sau: Giá trị khác biệt phụ được tính toán (bước 1-4), sau đó mối tương quan giữa giá trị CEC định lượng thu được bằng phương pháp Schollenberger và giá trị khác biệt phụ trong dải tần từ 5kHz đến 90kHz được phát hiện và dữ liệu có hệ số tương quan cao được sử dụng làm biến giải thích có nguồn gốc từ cảm biến. Kết quả là hai giá trị sau đây được trích xuất: 30kHz và 35kHz (bước 1-5).

Dữ liệu quang phổ huỳnh quang được xử lý như sau: trong số dữ liệu phổ huỳnh quang thu được, làm phẳng năm dữ liệu bước sóng liên tiếp bằng cách di chuyển giá trị trung bình (bước 1-6). Tiếp theo, phổ huỳnh quang được xử lý để trở thành dữ liệu ở khoảng 5nm để duy trì cường độ huỳnh quang trong khoảng 5nm và giá trị khác biệt chính được tính (bước 1-7). Sau đó, mối tương quan giữa giá trị CEC định lượng bằng phương pháp Schollenberger và giá trị khác biệt chính của quang phổ được phát hiện, và dữ liệu có hệ số tương quan cao được sử dụng làm biến giải thích có nguồn gốc từ dữ liệu huỳnh quang. Kết quả là, 6 quang phổ thu được ở ánh sáng kích thích 375nm và 10 quang phổ thu được ở ánh sáng kích thích 392nm được trích xuất (bước 1-8).

Sau đó, CEC được ước tính bằng phân tích hồi quy PLS. Với giá trị CEC định lượng được sử dụng làm biến khách quan, và tổng số 18 giá trị khác biệt chính và phụ cho mỗi thông số được sử dụng làm biến giải thích, các giá trị CEC được tính toán. Khi tạo ra đường cong phân tích bằng phân tích hồi quy PLS, số lượng biến ẩn thích hợp nhất được xác định bằng phương pháp xác thực chéo.

Fig.7(a), Fig.7(b), Fig.7(c) và Fig.7(d) là các sơ đồ giải thích cho thấy sự tinh chỉnh của các biến giải thích liên quan đến dữ liệu phát hiện từ cảm biến 10. Dựa trên sự phụ thuộc vào tần số của quang phổ như được thể hiện trên Fig.7(a), giá trị khác biệt chính được tính toán như được thể hiện trên Fig.7(b) và giá trị khác biệt phụ được tính toán như được thể hiện trên Fig.7(c). Sau đó, mối tương quan đơn giản giữa giá trị khác biệt phụ và giá trị CEC định lượng như được thể hiện trên Fig.7(d) được phát hiện và hai mẩu dữ liệu có hệ số tương quan cao như được chỉ ra bởi các mũi tên trên Fig.7(c) (dữ liệu 30nm và 35nm) được trích xuất. Trên Fig.7(a), Fig.7(b), Fig.7(c) và Fig.7(d), các mẩu dữ liệu được phát hiện dựa trên sự phụ thuộc vào tần số của hệ số xác định R^2. Như được thể hiện trên Fig.7(d), giá trị ngưỡng được xác định cho tổng độ biến thiên của hệ số xác định R^2, và số lượng tần số xác định vượt quá giá trị ngưỡng sẽ được lựa chọn.

Fig.8(a), Fig.8(b), và Fig.8(c) là các biểu đồ giải thích thể hiện sự tinh chỉnh các biến giải thích liên quan đến dữ liệu quang phổ huỳnh quang. Như được thể hiện trên Fig.8(a), dựa trên sự phụ thuộc vào tần số của giá trị khác biệt chính của quang phổ ở ánh sáng kích thích 392nm từ đèn LED, giá trị khác biệt chính, được đánh dấu bằng một mũi tên (↓), được trích xuất. Như được thể hiện trên Fig.8(b), dựa trên sự phụ thuộc vào tần số của giá trị khác biệt chính của quang phổ ở ánh sáng kích thích 375nm từ đèn LED, giá trị khác biệt chính, được đánh dấu bằng mũi tên, được trích xuất. Từ mối quan hệ giữa giá trị khác biệt chính và hệ số xác định R^2 của giá trị CEC định lượng như được thể hiện trên Fig.8(c), các giá trị có R^2 bằng giá trị ngưỡng hoặc cao hơn sẽ được trích xuất.

Do đó, 16 biến có nguồn gốc huỳnh quang và 2 biến có nguồn gốc từ cảm biến, tổng cộng 18 biến được coi là biến giải thích.

Fig.9 thể hiện kết quả của ví dụ 1, giải thích chi tiết mối quan hệ giữa giá trị CEC ước tính và giá trị CEC định lượng thu được bằng cách tinh chỉnh các biến. Mối quan hệ giữa giá trị ước tính x và các giá trị định lượng y của CEC được thể hiện dưới dạng y = x, và hệ số xác định R^2 là 0,85.

Ví dụ so sánh 1:

Fig.10 thể hiện, ví dụ so sánh 1, mối quan hệ giữa giá trị ước tính và giá trị CEC định lượng thu được khi các biến được tinh chỉnh chỉ sử dụng dữ liệu huỳnh quang. Mối quan hệ giữa giá trị ước tính x và giá trị CEC định lượng y được thể hiện là $y = x - 1 \times 10^{-12}$, và hệ số xác định R^2 là 0,41.

Ví dụ so sánh 2:

Fig.11 thể hiện ví dụ so sánh 2, mối quan hệ giữa giá trị ước tính và giá trị CEC định lượng thu được khi các biến không được tinh chỉnh chỉ sử dụng huỳnh quang. Mối quan hệ giữa giá trị x và ước tính giá trị CEC định lượng y được thể hiện là $y = x - 1 \times 10^{-12}$, và hệ số xác định R^2 là 0,51.

Việc so sánh giữa các hình từ Fig.9 đến Fig.11 cho thấy rằng trong trường hợp của ví dụ 1, hệ số xác định R^2 gần bằng 1, có nghĩa là giá trị CEC ước tính được tính toán rất chính xác.

Ví dụ 2:

Fig.12 là lưu đồ phân tích cho ví dụ 2. Để làm mẫu, 10g đất được làm khô trong không khí và nghiền được đưa vào bộ phận giữ mẫu 15, và bộ phận giữ mẫu này được thiết lập (bước 2-1). Đầu tiên, chính dữ liệu phát hiện và dữ liệu tỷ lệ biên độ thu được bằng cách sử dụng cảm biến 10 với khoảng cách 5kHz trong dải tần từ 10kHz đến 100kHz (bước 2-2). Ngoài ra, ánh sáng kích thích 392nm và 375nm được chiếu vào mẫu trong bộ phận giữ mẫu 15 và thu lấy dữ liệu quang phổ huỳnh quang ở bước sóng từ 450nm đến 700nm (bước 2-3).

Trong số dữ liệu phát hiện bởi cảm biến 10, dữ liệu phát hiện và dữ liệu tỷ lệ biên độ thu được được xử lý như sau: giá trị khác biệt phụ của chính dữ liệu phát hiện được tính toán (bước 2- 4). Dữ liệu biên độ thu được ở khoảng cách 5kHz được chọn (bước 2-5).

Dữ liệu quang phổ huỳnh quang được xử lý như sau: trong số dữ liệu quang phổ huỳnh quang thu được, làm phẳng năm dữ liệu bước sóng liên tiếp bằng cách di chuyển giá trị trung bình (bước 2-6). Tuy nhiên, quang phổ huỳnh quang được xử lý để trở thành dữ liệu ở khoảng cách 5nm để duy trì cường độ huỳnh quang ở khoảng cách 5nm và giá trị khác biệt chính được tính toán (bước 2-7).

Sau đó, CEC được ước tính bằng phân tích hồi quy PLS. Với giá trị CEC định lượng được sử dụng làm biến khách quan, 52 dữ liệu giá trị khác biệt chính, 17 dữ liệu giá trị khác biệt phụ, và 19 dữ liệu tỷ lệ biên độ của dữ liệu quang phổ huỳnh quang được sử dụng làm biến giải thích để ước tính giá trị CEC (bước 2-8).

Các biến giải thích trong dải bước sóng và dải tần mà giá trị tuyệt đối của hệ số hồi quy được tính toán bằng phân tích hồi quy PLS này tương đối lớn được trích xuất. Cụ thể, 13 quang phổ thu được bằng ánh sáng kích thích 375nm, 13 quang phổ thu được bằng ánh sáng kích thích 392nm, 8 dữ liệu phát hiện và 4 dữ liệu tỷ lệ biên độ được trích xuất (bước 2-9).

Sau đó, với giá trị CEC định lượng được sử dụng làm biến khách quan, 38 mẫu dữ liệu, cụ thể là tổng số giá trị khác biệt chính của dữ liệu huỳnh quang trích xuất trong bước 2-9, dữ liệu giá trị khác biệt phụ của phần thực, và giá trị biên độ thực tế, được sử dụng làm các biến giải thích, phân tích hồi quy PLS được thực hiện để ước tính CEC (bước 2-10).

Fig.13(a) và Fig.13(b) giải thích các phần của quy trình xử lý dữ liệu như được thể hiện trên lưu đồ trên Fig.12. Dựa trên sự phụ thuộc vào tần số của tỷ lệ biên độ như được thể hiện trên Fig.13(a), sự phụ thuộc vào tần số của giá trị khác biệt chính của tỷ lệ biên độ như được thể hiện trên Fig.13(b) được phát hiện, và hơn nữa, sự phụ thuộc vào tần số của giá trị khác biệt phụ của tỷ lệ biên độ như được thể hiện trên Fig.13(c) được phát hiện.

Fig.14 là biểu đồ thể hiện kết quả của ví dụ 2. Mối quan hệ giữa giá trị CEC ước tính x và giá trị CEC định lượng y được thể hiện là $y = x - 9 \times 10^{-14}$, biến ẩn là 6, hệ số xác định R^2 là 0,90 và RMSE là 1,63.

Ví dụ 3:

Fig.15 là lưu đồ phân tích cho ví dụ 3. Để làm mẫu, 10g đất được làm khô trong không khí và nghiền được đặt vào trong bộ phận giữ mẫu 15 và bộ phận giữ mẫu này được thiết lập (bước 3-1). Đầu tiên, chính dữ liệu phát hiện thu được sử dụng cảm biến 10 ở khoảng cách 5kHz trong dải tần từ 25kHz đến 200kHz (bước 3-2). Ngoài ra, ánh sáng kích thích 392nm và 375nm được chiếu vào mẫu trong bộ phận giữ mẫu 15 và thu lấy dữ liệu quang phổ huỳnh quang ở bước sóng 450nm đến 700m (bước 3-3).

Dữ liệu quang phổ huỳnh quang được xử lý như sau: trong số dữ liệu quang phổ huỳnh quang thu được, làm phẳng năm dữ liệu bước sóng liên tiếp bằng cách di chuyển giá trị trung bình (bước 3-4). Sau đó, quang phổ huỳnh quang được xử lý để trở thành dữ liệu ở khoảng cách 5nm để duy trì cường độ huỳnh quang ở khoảng cách 5nm và giá trị khác biệt chính được tính toán (bước 3-5).

Mỗi thông số được chuẩn hóa (bước 3-6). Cụ thể, giá trị CEC định lượng, chính dữ liệu phát hiện nằm trong khoảng từ 25kHz và 200kHz, tỷ lệ biên độ, độ lệch pha, và dữ liệu khác biệt chính của dữ liệu quang phổ huỳnh quang được chuẩn hóa. Mỗi giá trị đã chuẩn hóa được phát hiện bằng cách chia độ lệch giữa dữ liệu và giá trị trung bình cho độ lệch chuẩn.

Với sự giá trị CEC định lượng đã chuẩn hóa được sử dụng làm biến khách quan, và thông số đã chuẩn số làm các biến giải thích, việc phân tích hồi quy PLS được thực hiện (bước 3-7). Tổng số 169 mẫu dữ liệu, nghĩa là 39 mẫu mỗi dữ liệu trên chính dữ liệu phát hiện, tỷ lệ biên độ và độ lệch pha, 26 mẫu dữ liệu trên dữ liệu khác biệt chính của dữ liệu quang phổ huỳnh quang ở bước sóng kích thích 375nm, và 26 mẫu dữ liệu trên dữ liệu khác biệt chính của dữ liệu quang phổ huỳnh quang ở bước sóng kích thích 392nm, được sử dụng làm biến giải thích.

Dữ liệu, được tính toán bằng phân tích hồi quy PLS có giá trị hệ số hồi quy tuyệt đối tương đối lớn, được trích xuất (bước 3-8). Cụ thể, 6 mẫu dữ liệu trên chính dữ liệu phát hiện, 11 mẫu dữ liệu trên tỷ lệ biên độ, 9 mẫu dữ liệu trên dữ liệu khác biệt chính của dữ liệu quang phổ huỳnh quang ở bước sóng kích thích 375 nm, và 16 mẫu dữ liệu trên dữ liệu khác biệt chính của dữ liệu

quang phổ huỳnh quang ở bước sóng kích thích 392nm, tổng cộng là 42, được sử dụng làm các biến giải thích.

Sau đó, với giá trị CEC định lượng đã chuẩn hóa được sử dụng làm biến khách quan, và tổng cộng 42 mẫu dữ liệu thu được trước khi chuẩn hóa trong các vùng được trích xuất ở bước 3-8 (giá trị khác biệt chính của dữ liệu huỳnh quang, giá trị thực của chính dữ liệu huỳnh quang, tỷ lệ biên độ) được sử dụng làm các biến giải thích, phân tích hồi quy PLS được thực hiện để ước tính CEC (bước 3-9).

Về mối quan hệ giữa giá trị CEC ước tính x và giá trị CEC định lượng y, kết quả tương tự như được thể hiện trên Fig.14 đã thu được.

Phương án thứ ba:

Phương pháp để ước tính CEC dễ dàng hơn so với phương án thứ nhất cũng như phương pháp đo lường đặc điểm độ màu mỡ của đất khác so với CEC được mô tả dưới đây.

Dưới dạng đặc tính màu mỡ của đất khác với CEC, tổng lượng cacbon (T – C), tổng lượng nitơ (T – N), axit phosphoric khả dụng (Av – P), tổng lượng phospho (P), sắt (Fe), nhôm (Al), và dưới dạng các yếu tố quan trọng đối với dinh dưỡng thực vật, kali (K), canxi (Ca), magie (Mg), v.v. có thể được ước tính.

Đầu tiên, trong phương án thứ nhất, bộ phận ước tính 34 thực hiện phân tích hồi quy và ước tính CEC bằng cách sử dụng một hoặc nhiều khía cạnh, của chính tín hiệu phát hiện đã xử lý được xuất ra từ bộ phận đo 20, và tỷ lệ biên độ và độ lệch pha giữa tín hiệu kích thích và tín hiệu phát hiện và giá trị khác biệt chính hoặc giá trị khác biệt phụ của khía cạnh liên quan theo tần số hoặc giá trị khác biệt chính và thông số giá trị khác biệt phụ. Trong phương án thứ ba này, phần thực và phần ảo của tín hiệu phát hiện cho tín hiệu kích thích chỉ được sử dụng làm thông số để thực hiện việc phân tích hồi quy và ước tính. Nói cách khác, giá trị ước tính của đặc tính màu mỡ của đất được đơn giản hóa như được thể hiện dưới đây.

Đặc điểm độ màu mỡ của đất ước tính = f '(Thực($e_{ra}/e_{vào}$), Ảo($e_{ra}/e_{vào}$)).

Trong trường hợp này, tín hiệu phát hiện cho tín hiệu kích thích được thể hiện dưới dạng số phức có phần thực và phần ảo. Tuy nhiên, việc thể hiện bằng biên độ tuyệt đối và pha có thể được phép, với điều kiện cùng giá trị phức được biểu diễn.

Tương tự với phương án thứ nhất, bộ phận ước tính 34 cho phép cảm biến 10 đặt từ trường thay đổi dựa trên giá trị định lượng của mỗi đặc điểm độ màu mỡ của đất, thực hiện phân tích hồi quy PLS dựa trên tín hiệu phát hiện được xử lý bằng cách sử dụng bộ phận đo 20, và tạo ra dữ liệu được lưu trữ trong bộ phận lưu trữ 33. Lưu ý rằng phương pháp để đo lường giá trị định lượng của mỗi đất đặc điểm độ màu mỡ của đất là như sau:

CEC: Phương pháp Schollenberger

Tổng lượng cacbon (T – C): Phương pháp đốt sử dụng bộ mã hóa C/N;

Tổng lượng nitơ (T – N): Phương pháp đốt sử dụng bộ mã hóa C/N:

Axit phosphoric khả dụng (Av – P): Phương pháp Truog;

Fe, Al, Ca, K, Na, Mg: Phân tích huỳnh quang tia X phân tán năng lượng.

Bộ phận ước tính 34 có thể phân tích đặc điểm độ màu mỡ của đất cần phân tích bằng cách sử dụng giá trị định lượng của đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC được phát hiện trước đó và bằng cách thực hiện theo lưu đồ phân tích được mô tả dưới đây.

Fig.16 là lưu đồ phân tích mô tả phương án thứ ba. Như được thể hiện trên Fig.16, việc phân tích này được thực hiện bằng cách thực hiện các bước được mô tả dưới đây.

(1) Trước hết, tín hiệu kích thích được tạo ra với khoảng cách tần số tùy ý, và từ trường thay đổi được đặt lên đất cần phân tích (bước 101).

(2) Sau đó, tỷ lệ giữa biên độ phức hợp trên tín hiệu kích thích được phát hiện từ tín hiệu phát hiện thu được từ từ trường đã thấm vào đất (bước 102).

(3) Hơn nữa, giá trị ước tính của đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC được phát hiện bằng cách sử dụng công thức hồi quy dựa trên phân tích hồi quy giữa giá trị định lượng của đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC

của hai hoặc nhiều loại đất khác nhau và tỷ lệ biên độ phức hợp của tín hiệu phát hiện tương ứng (bước 103).

Trong trường hợp này, tỷ lệ biên độ phức hợp được định nghĩa là tỷ lệ giữa hai tín hiệu có biên độ và pha khác nhau được biểu diễn bởi tỷ lệ biên độ (tuyệt đối) và độ lệch pha, hoặc bằng phần thực và phần ảo. Ví dụ 4 trong phương án thứ ba sẽ được mô tả chi tiết dưới đây.

Ví dụ 4:

Tương tự như trường hợp của phương án thứ nhất, tín hiệu được chiếu vào đất trong khi thay đổi tần số từ 10kHz đến 200kHz ở khoảng cách 5kHz, và từ trường đã thấm vào đất được thu bởi bộ phận xử lý tín hiệu 22 thông qua cuộn phát hiện 12 của thiết bị phân tích 1. Trên Fig.2(a), Fig.2(b) và Fig.2(c) thể hiện phương án thứ nhất, hệ số tương quan PLS được phát hiện bằng cách sử dụng giá trị khác biệt chính của tín hiệu phát hiện. Trong khi đó, trong ví dụ 4, dưới dạng phương pháp đơn giản, hệ số tương quan PLS được phát hiện từ tín hiệu phát hiện mà không thực hiện phân biệt chính tín hiệu phát hiện mà trực tiếp từ phần thực và phần ảo.

Nhìn chung, liên quan đến các giá trị định lượng ở trên của mỗi trong số đặc điểm độ màu mỡ của đất, hệ số tương quan PLS của phần thực được đo thay vì giá trị khác biệt chính được thể hiện trên Fig.2(a), Fig.2(b) và Fig.2(c), được thể hiện trên Fig.17, và phần ảo của nó được thể hiện trên Fig.18.

Như thấy rõ từ Fig.17 và Fig.18, tần số thể hiện mối tương quan đáng chú ý thay đổi theo từng yếu tố. Phần mô tả chi tiết mỗi đặc điểm màu mỡ của đất được cung cấp dưới đây.

Ước tính sắt

Bằng cách sử dụng thiết bị phân tích 1 và mẫu có các nồng độ sắt khác nhau, tỷ lệ biên độ phức hợp được phát hiện.

Fig.19(a) và 19(b) là các ví dụ thể hiện phổ tần số thu được từ tín hiệu phát hiện do mỗi từ trường thấm của ba mẫu có hàm lượng sắt khác nhau, với biên độ của phần thực (a) và phần ảo (b) được thể hiện ở khoảng cách 10kHz trong dải tần từ 10kHz đến 200kHz. Trục ngang trên Fig.19(a) và Fig.19(b) thể hiện tần số. Fig.19(a) và Fig.19(b) thể hiện phần thực và phần ảo thu được từ 3

mẫu có hàm lượng sắt khác nhau, với giá trị lớn nhất được thể hiện là S13, giá trị trung bình là S11 và giá trị nhỏ nhất là S17. Lưu ý rằng đặc tính tần số đặc trưng cho các cuộn phát hiện được loại bỏ trước khi được thể hiện trên Fig.19(a) và Fig.19(b).

Như được thể hiện trên Fig.19(a), biên độ của phần thực của 3 mẫu có hàm lượng sắt khác nhau tăng theo việc tăng hàm lượng sắt. Hơn nữa, như được thể hiện trên Fig.19(b), biên độ của phần ảo của 3 mẫu có hàm lượng sắt khác nhau cũng tăng theo việc tăng hàm lượng sắt.

Bằng cách sử dụng 30 mẫu có hàm lượng sắt khác nhau, cụ thể là số lượng mẫu là 30, việc phân tích ở bước 103 như được thể hiện trên Fig.16 được thực hiện.

Fig.20 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa giá trị ước tính x và giá trị định lượng y của sắt trong ví dụ 4. Như được thể hiện trên Fig.20, số lượng mẫu n là 30, biến ẩn là 4, mối tương quan được thể hiện là $y = x - 4 \times 10^{-13}$, hệ số xác định R^2 là 0,9643, và RMSE là 0,23. Các đặc tính màu mỡ của đất sau đây bao gồm CEC cũng được phân tích theo cách tương tự như việc ước tính sắt.

Ước tính tổng lượng cacbon:

Fig.21 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ của giá trị ước tính x và giá trị định lượng y của tổng lượng cacbon trong ví dụ 4. Như được thể hiện trên hình này, số lượng mẫu n là 30, biến ẩn là 8, mối tương quan được thể hiện là $y = x - 6 \times 10^{-14,}$ hệ số xác định R^2 là 0,9984, và RMSE là 0,08.

Ước tính tổng lượng nitơ

Fig.22 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa giá trị ước tính x và giá trị định lượng y của tổng lượng nitơ trong ví dụ 4. Như được thể hiện trên hình này, số lượng mẫu n là 30, biến ẩn là 6, mối tương quan được thể hiện là $y = x - 2 \times 10^{-13}$, hệ số xác định R^2 là 0,9858, và RMSE là 0,02.

Ước tính CEC:

Fig.23 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa giá trị ước tính x và giá trị định lượng y của CEC trong ví dụ 4. Như được thể hiện trên Fig.23, số lượng

mẫu n là 30, biến ẩn là 5, mối tương quan được thể hiện là y = x, hệ số xác định R^2 là 0,9751, và RMSE là 0,80.

Ước tính axit phosphoric khả dụng

Fig.24 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa giá trị ước tính x và giá trị định lượng y của axit phosphoric khả dụng trong ví dụ 4. Như được thể hiện trên Fig.24, số lượng mẫu n là 30, biến ẩn là 12, tương quan được thể hiện là y = x + 1 × 10^{-13}, hệ số xác định R^2 là 1, và RMSE là 0,21.

Ước tính tổng lượng phospho

Fig.25 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa giá trị ước tính x và giá trị định lượng y của tổng lượng phospho trong ví dụ 4. Như được thể hiện trên Fig.25, số lượng mẫu n là 30, biến ẩn là 14, mối tương quan được thể hiện là y = x – 6 × 10^{-14}, hệ số xác định R^2 là 1, và RMSE là 6,9 × 10^{-5}.

Ước tính kali

Fig.26 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa giá trị ước tính x và giá trị định lượng y của kali trong ví dụ 4. Như được thể hiện trên Fig.26, số lượng mẫu n là 30, biến ẩn là 4, mối tương quan được thể hiện là y = x – 4 × 10^{-13}, hệ số xác định R^2 là 0,898, và RMSE là 0,06.

Ước tính canxi

Fig.27 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa giá trị ước tính x và giá trị định lượng y của canxi trong ví dụ 4. Như được thể hiện trên hình này, số lượng mẫu n là 30, biến ẩn là 3, mối tương quan được thể hiện là y = x – 7 × 10^{-14}, hệ số xác định R^2 là 0,742, và RMSE là 0,46.

Ước tính magie

Fig.28 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa giá trị ước tính x và giá trị định lượng y của magie trong ví dụ 4. Như được thể hiện trên Fig.28, số lượng mẫu n là 30, biến ẩn là 2, mối tương quan được thể hiện là y = x + 4 × 10^{-13}, hệ số xác định R^2 là 0,196, và RMSE là 0,10.

Ước tính nhôm

Fig.29 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa giá trị ước tính x và giá trị định lượng y của nhôm trong ví dụ 4. Như được thể hiện trên hình vẽ, số lượng

mẫu n là 30, biến ẩn là 3, mối tương quan được thể hiện là $y = x - 10^{-12}$, hệ số xác định R^2 là 0,8067, và RMSE là 0,62.

Ước tính tổng lượng của Fe, Al, Ca, K, Na và Mg

Fig.30 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa giá trị ước tính x và giá trị định lượng y của tổng lượng của Fe, Al, Ca, K, Na, Mg và trong ví dụ 4. Các nguyên tố này có thể trở thành các cation. Mặc dù các ion Al có độc tính trên thực vật nhưng Al là thành phần cấu thành thiết yếu của khoáng sét kết tinh. Như được thể hiện trên Fig.30, số lượng mẫu n là 30, biến ẩn là 3, mối tương quan được thể hiện là $y = x + 8 \times 10^{-13}$, hệ số xác định R^2 là 0,9496, và RMSE là 0,52.

Từ ví dụ trên 4, thấy rằng bằng cách đặt từ trường vào đất cần phân tích và sử dụng cảm biến 10 để phát hiện, dữ liệu bao gồm độ thấm từ của đất có thể thu được, và đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC, giá trị của tổng lượng cacbon, tổng lượng nitơ, axit phosphoric khả dụng, tổng lượng phospho, sắt, nhôm, kali, canxi, magie và tổng lượng các nguyên tố có thể trở thành cation (Fe, Al, Ca, K, Na, Mg) có thể được ước tính rất chính xác.

Như đã mô tả ở trên, theo phương án của sáng chế, bằng cách đặt từ trường vào đất cần phân tích và bằng cách sử dụng cuộn phát hiện 12 để phát hiện, dữ liệu bao gồm độ thấm từ của đất có thể thu được, và giá trị của các đặc tính về màu mỡ của đất bao gồm CEC có thể được ước tính rất chính xác. Giá trị CEC là một chỉ số cho biết số lượng cation của bazơ (như Ca, Mg, K, Na, amoni, và H) có thể được hấp thụ bởi đất mang điện âm ở mức tối đa, giá trị này thể hiện khả năng lưu lại chất dinh dưỡng có tác dụng làm màu mỡ cũng như khả năng đệm. Do các chỉ số liên quan đến đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC có thể được phát hiện dễ dàng và với độ chính xác cao nên đất có thể được quản lý dễ dàng hơn, dẫn đến cải thiện được năng suất của sản phẩm nông nghiệp.

Các phương án của sáng chế, phương pháp xử lý dữ liệu được mô tả trong các ví dụ, nói riêng, chỉ có tính minh họa và có thể thay đổi theo yêu cầu dựa trên phương tiện dùng trong phương pháp lập trình nói chung. Ví dụ, việc tính toán sự khác biệt có thể được thay thế bằng việc tính toán độ chênh lệch.

Trong các phương án của sáng chế vì tín hiệu phát hiện bị ảnh hưởng bởi độ thấm từ, v.v. của đất được đo bằng cách đặt từ trường vào đất, thậm chí các chỉ số thể hiện đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của đất không xác định có thể được phân tích. Bằng cách sử dụng dữ liệu huỳnh quang kết hợp với dữ liệu phát hiện của cảm biến 10, việc phân tích đất có thể được thực hiện.

Danh mục các số chỉ dẫn

1, 2 Thiết bị phân tích đất

10 Cảm biến

11 Cuộn kích thích

12 Cuộn phát hiện

13 Phần tạo đường dẫn từ

14 Bộ phận giữ cảm biến

15 Bộ phận giữ mẫu

16 Hộp tối

17 Bộ phận chiếu sáng

18 Bộ phận đo ánh sáng

19 Bộ giao diện

20 Bộ phận đo

21 Bộ dao động

22 Bộ phận xử lý tín hiệu

23 Bộ phận điều khiển

30, 40 Bộ phận xử lý dữ liệu

31, 41 Bộ giao diện đầu vào/đầu ra (I/O)

32, 42 Thiết bị lưu trữ

34, 44 Thiết bị ước tính

45 Bộ phận điều khiển đo

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị phân tích đất, thiết bị này bao gồm:

- cảm biến có cuộn dây;

- bộ phận đo để tạo ra tín hiệu kích thích là đầu vào cho cuộn dây ở mỗi tần số để đặt từ trường thay đổi vào đất cần phân tích và xử lý tín hiệu phát hiện được xuất ra từ cuộn dây bằng cách đặt từ trường thay đổi vào đất cần phân tích;

- bộ phận lưu trữ để lưu trữ dữ liệu liên quan đến mối tương quan giữa giá trị định lượng của đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm khả năng trao đổi cation (CEC) của hai hoặc nhiều loại đất có các thành phần khác nhau và giá trị ước tính của đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC phát hiện từ tín hiệu phát hiện đã xử lý được đo bằng cách sử dụng cảm biến và bộ phận đo; và

- bộ phận ước tính để ước tính đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của đất cần phân tích dựa trên tín hiệu phát hiện được tạo ra bằng cách cho phép cảm biến đặt từ trường thay đổi vào đất cần phân tích và xử lý bằng cách sử dụng bộ phận đo và bằng cách sử dụng dữ liệu lưu trữ trong bộ phận lưu trữ,

trong đó bộ phận ước tính trích xuất các khía cạnh để ước tính các đặc điểm độ màu mỡ của đất, bao gồm CEC của đất cần phân tích dựa trên ít nhất một trong số yếu tố sau: một hoặc nhiều khía cạnh, của chính tín hiệu phát hiện đã xử lý được xuất ra từ bộ phận đo, và tỷ lệ biên độ và độ lệch pha giữa tín hiệu kích thích và tín hiệu phát hiện; và một trong hai, hoặc cả hai, giá trị khác biệt chính và giá trị khác biệt phụ của khía cạnh liên quan theo tần số.

2. Thiết bị phân tích đất theo điểm 1, trong đó bộ phận ước tính để ước tính đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của đất cần phân tích dựa trên một hoặc nhiều khía cạnh, của tín hiệu phát hiện đã xử lý được xuất ra từ bộ phận đo, và tỷ lệ biên độ và độ lệch pha giữa tín hiệu kích thích và tín hiệu phát hiện, mà có tương quan với đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của đất cần phân tích.

3. Thiết bị phân tích đất theo điểm 1, trong đó bộ phận ước tính phát hiện tỷ lệ biên độ phức hợp của tín hiệu kích thích dựa trên tín hiệu phát hiện, và ước

tính đặc điểm độ màu mỡ của đất bằng cách sử dụng công thức hồi quy dựa trên phân tích hồi quy giữa giá trị định lượng của đặc điểm độ màu mỡ của đất của các loại khác nhau được lưu trữ trong bộ phận lưu trữ và tỷ lệ biên độ phức hợp của tín hiệu phát hiện tương ứng.

4. Thiết bị phân tích đất theo điểm 3, trong đó tỷ lệ biên độ phức hợp được biểu diễn bởi tỷ lệ biên độ tuyệt đối và độ lệch pha, hoặc bằng phần thực và phần ảo, và công thức hồi quy có tỷ lệ biên độ tuyệt đối và độ lệch pha, hoặc phần thực và phần ảo, tương ứng là các biến số độc lập.

5. Thiết bị phân tích đất theo điểm 1, trong đó bộ phận ước tính thực hiện phân tích hồi quy bình phương nhỏ nhất từng phần (PLS) đối với hai hoặc nhiều loại đất có các thành phần khác nhau dựa trên giá trị định lượng của đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC và tín hiệu phát hiện được bằng cách cho phép cảm biến đặt từ trường thay đổi và xử lý bằng cách sử dụng bộ phận đo, và tạo ra dữ liệu được lưu trữ trong bộ phận lưu trữ.

6. Thiết bị phân tích đất, thiết bị này bao gồm:

- cảm biến có cuộn dây;

- bộ phận đo để tạo ra tín hiệu kích thích là đầu vào cho cuộn dây để đặt từ trường thay đổi vào đất cần phân tích và xử lý tín hiệu phát hiện được xuất ra từ cuộn dây bằng cách đặt từ trường thay đổi vào đất cần phân tích;

- bộ phận chiếu sáng để chiếu ánh sáng kích thích vào đất cần phân tích;

- bộ phận đo ánh sáng để đo huỳnh quang từ đất cần phân tích, sau đó là độ sáng của ánh sáng từ bộ phận chiếu ánh sáng;

- bộ phận lưu trữ để lưu trữ dữ liệu liên quan đến mối tương quan giữa giá trị định lượng của đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của hai hoặc nhiều loại đất có các thành phần khác nhau và giá trị ước tính của đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC được phát hiện dựa trên tín hiệu phát hiện đã xử lý được đo bằng cảm biến và bộ phận đo, và dữ liệu quang phổ huỳnh quang đo được bằng cách sử dụng bộ phận chiếu ánh sáng và bộ phận đo ánh sáng; và

- bộ phận ước tính để ước tính đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của đất cần phân tích dựa trên tín hiệu phát hiện được tạo ra bằng cách cho phép cảm biến đặt từ trường thay đổi và xử lý bằng cách sử dụng bộ phận

đo, và dữ liệu quang phổ huỳnh quang thu được bằng cách cho phép bộ phận chiếu ánh sáng để chiếu ánh sáng kích thích và được đo bằng bộ phận đo, và bằng cách sử dụng dữ liệu được lưu trữ trong bộ phận lưu trữ,

trong đó các khía cạnh để ước tính các đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của đất cần phân tích được trích xuất dựa trên ít nhất một trong số yếu tố sau: một hoặc nhiều khía cạnh, của chính tín hiệu phát hiện đã xử lý được xuất ra từ bộ phận đo, và tỷ lệ biên độ và độ lệch pha giữa tín hiệu kích thích và tín hiệu phát hiện; và một trong hai, hoặc cả hai, giá trị khác biệt chính và giá trị khác biệt phụ của các khía cạnh liên quan theo tần số, và

trong đó dữ liệu quang phổ huỳnh quang để ước tính đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của đất cần phân tích được trích xuất dựa trên một trong hai, hoặc cả hai, giá trị khác biệt chính và giá trị khác biệt phụ, theo tần số, của dữ liệu quang phổ huỳnh quang được xuất ra từ bộ phận đo ánh sáng.

7. Thiết bị phân tích đất theo điểm 6, trong đó bộ phận ước tính để ước tính đặc điểm độ màu mỡ của đất cần phân tích dựa trên một hoặc nhiều khía cạnh, của tín hiệu phát hiện đã xử lý được xuất ra từ bộ phận đo, và tỷ lệ biên độ và độ lệch pha giữa tín hiệu kích thích và tín hiệu phát hiện, mà có tương quan về các khía cạnh với đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của đất cần phân tích, và dựa trên dữ liệu có sự tương quan với đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của đất cần phân tích, dữ liệu quang phổ huỳnh quang được đo bằng bộ phận đo ánh sáng.

8. Thiết bị phân tích đất theo điểm 6, trong đó bộ phận ước tính thực hiện phân tích hồi quy PLS đối với hai hoặc nhiều loại đất có các thành phần khác nhau dựa trên giá trị định lượng của đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC, tín hiệu phát hiện được bằng cách cho phép cảm biến đặt từ trường thay đổi và xử lý bằng cách sử dụng tín hiệu đo, và dữ liệu quang phổ huỳnh quang thu được bằng cách cho phép bộ phận chiếu ánh sáng chiếu ánh sáng kích thích và được đo bằng bộ phận đo và tạo ra dữ liệu được lưu trữ trong bộ phận lưu trữ.

9. Phương pháp phân tích đất, phương pháp này bao gồm các bước:

- tạo ra tín hiệu kích thích ở tần số tùy ý và đặt từ trường thay đổi vào đất cần phân tích;

- phát hiện tỷ lệ biên độ phức của tín hiệu kích thích từ tín hiệu phát hiện thu được từ từ trường đã thấm vào đất; và

- ước tính đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC bằng công thức hồi quy dựa trên phân tích hồi quy giữa giá trị định lượng của đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của hai hoặc nhiều loại đất khác nhau và tỷ lệ biên độ phức hợp của tín hiệu phát hiện tương ứng;

trong đó tỷ lệ biên độ phức hợp được biểu diễn bằng tỷ lệ biên độ tuyệt đối và độ lệch pha, hoặc phần thực và phần ảo, và công thức hồi quy có tỷ lệ biên độ tuyệt đối và độ lệch pha, hoặc phần thực và phần ảo, tương ứng là các biến số độc lập.

10. Phương pháp theo điểm 9, trong đó công thức hồi quy được tạo ra bằng cách thực hiện phân tích hồi quy PLS dựa trên giá trị định lượng của đặc điểm độ màu mỡ của đất bao gồm CEC của hai hoặc nhiều loại đất có các thành phần khác nhau và tín hiệu phát hiện thu được từ từ trường đã thấm vào đất.

FIG.1

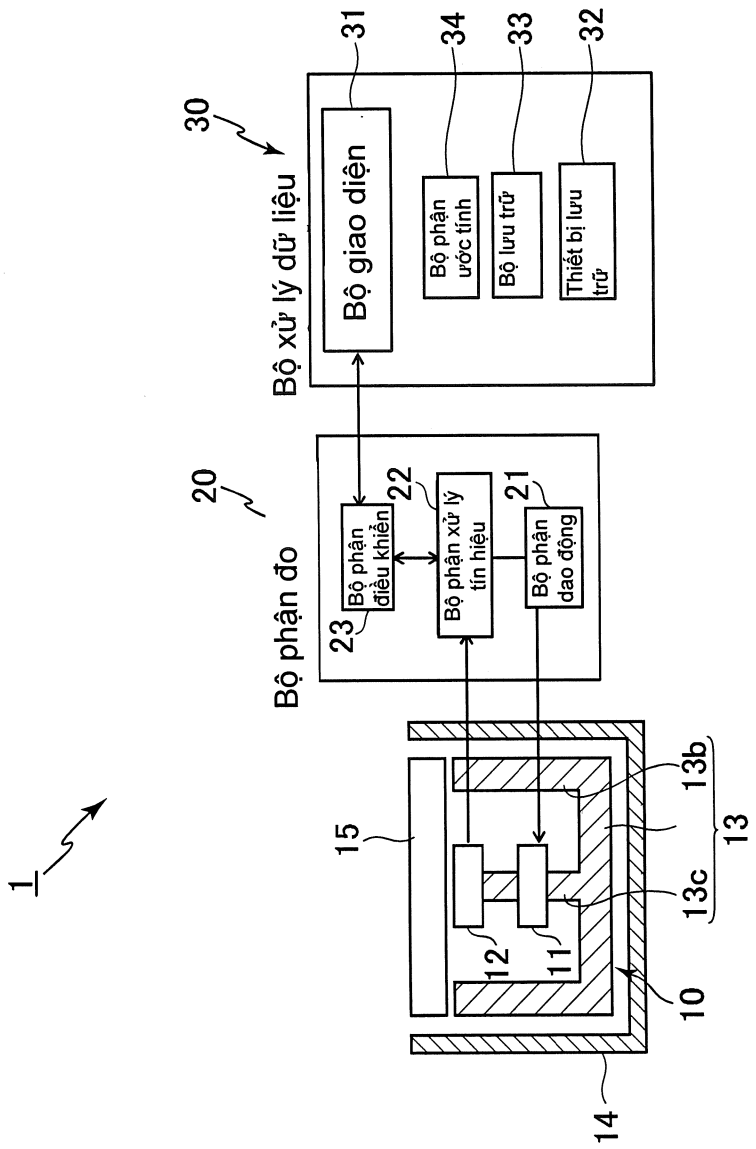

1
30
Bộ xử lý dữ liệu
31
Bộ giao diện
34
Bộ phận ước tính
33
Bộ lưu trữ
32
Thiết bị lưu trữ
20
Bộ phận đo
22
Bộ phận điều khiển
Bộ phận xử lý tín hiệu
21
Bộ phận dao động
23
15
13b
13
13c
12
11
10
14

FIG.2(a)

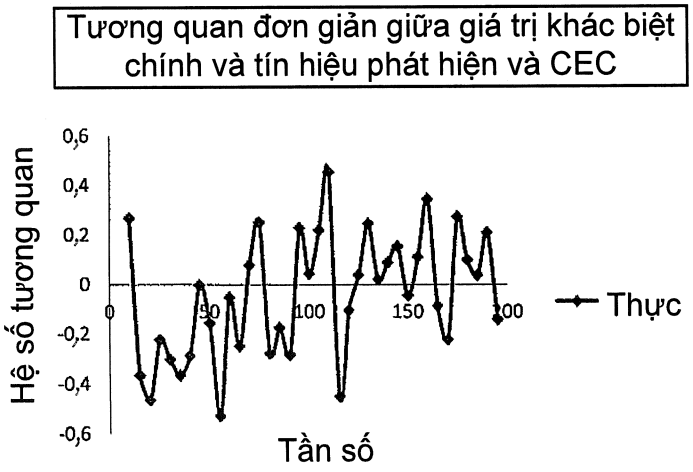


FIG.2(b)

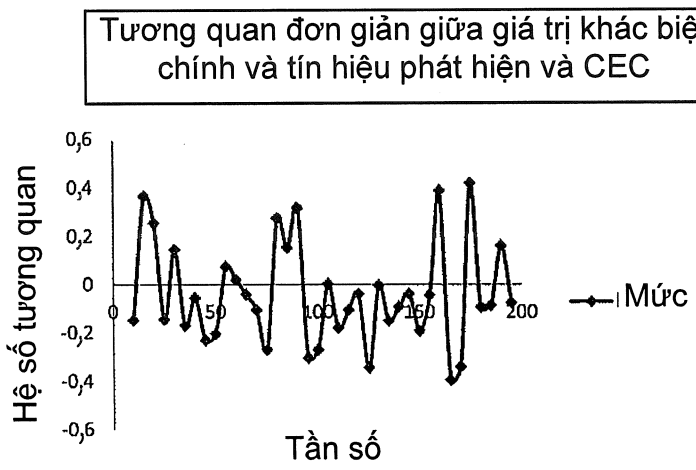


FIG.2(c)

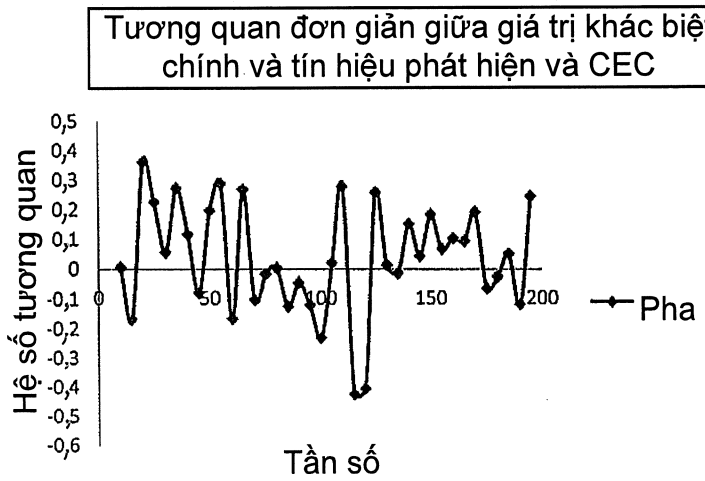


FIG.3

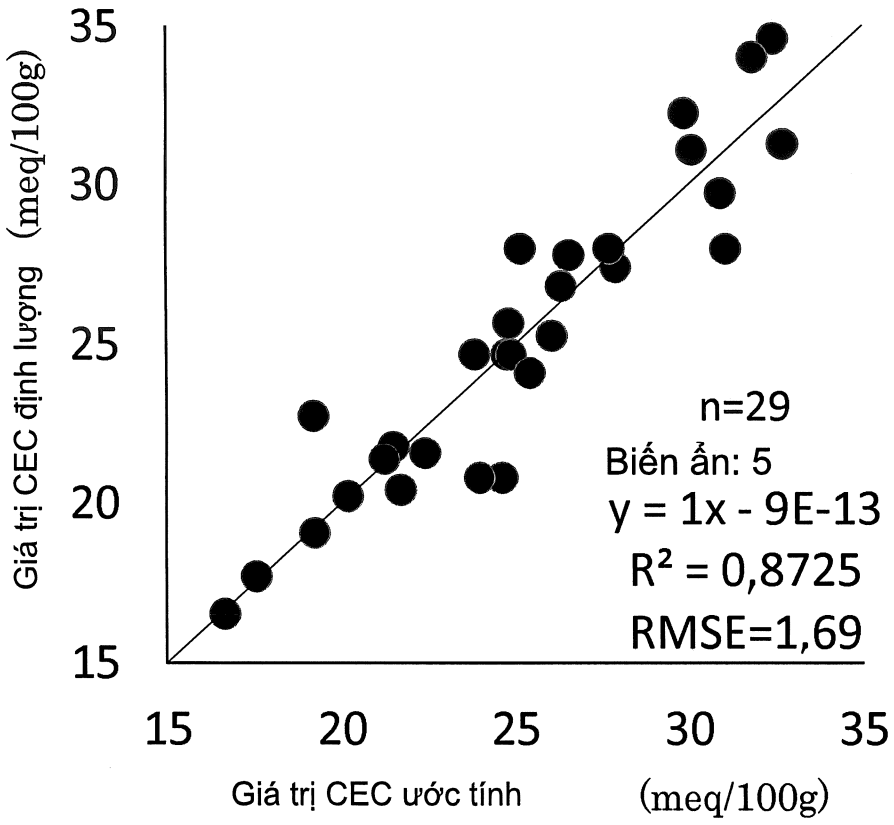

35
30
25
20
15
Giá trị CEC định lượng (meq/100g)
n=29
Biến ẩn: 5
y = 1x - 9E-13
R² = 0,8725
RMSE=1,69
15
20
25
30
35
Giá trị CEC ước tính (meq/100g)

FIG.4

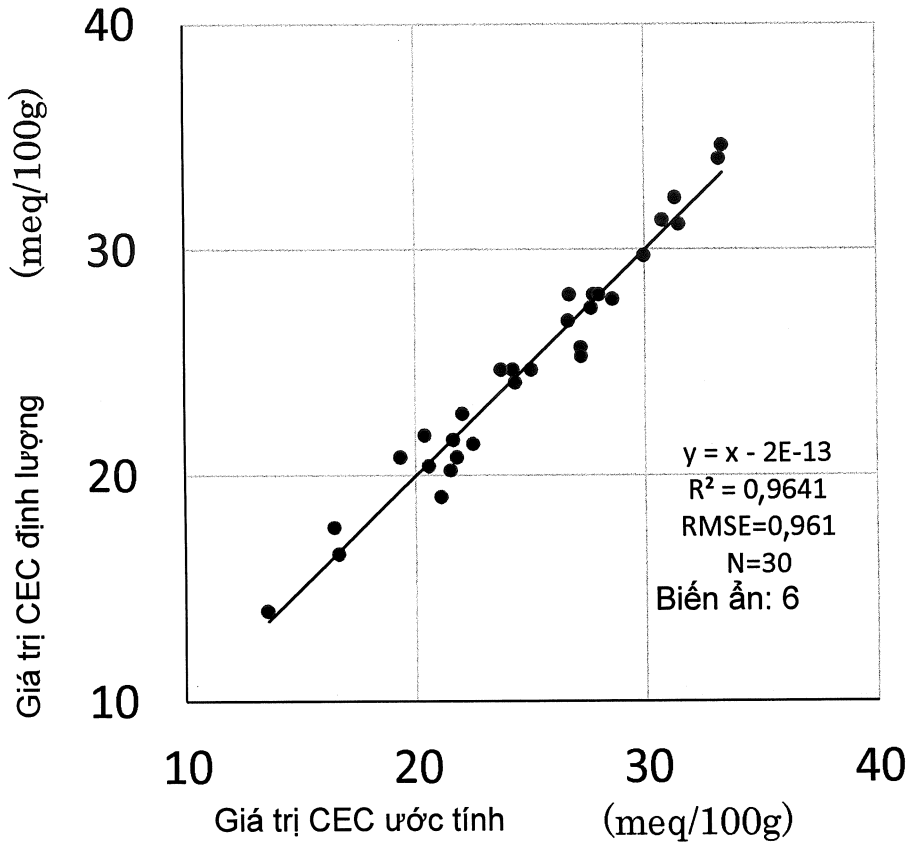

40
30
20
10
(meq/100g)
Giá trị CEC định lượng
y = x - 2E-13
R² = 0,9641
RMSE=0,961
N=30
Biến ẩn: 6
10
20
30
40
Giá trị CEC ước tính
(meq/100g)

FIG.5

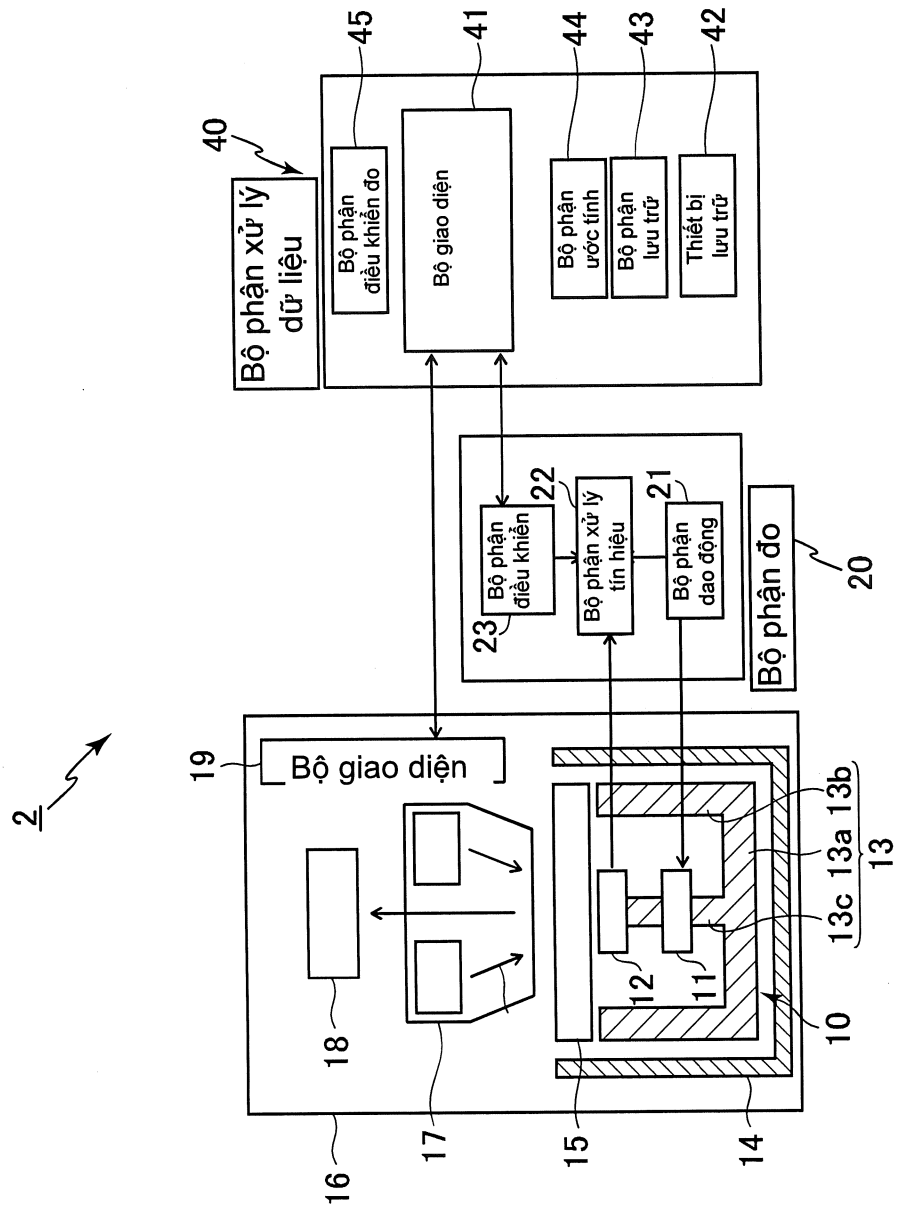

2
40
Bộ phận xử lý dữ liệu
45
Bộ phận điều khiển đo
41
Bộ giao diện
44
Bộ phận ước tính
43
Bộ phận lưu trữ
42
Thiết bị lưu trữ
22
Bộ phận điều khiển
Bộ phận xử lý tín hiệu
21
Bộ phận dao động
23
Bộ phận đo
20
19
Bộ giao diện
13b
13a
13c
13
12
11
10
18
16
17
15
14

FIG.6

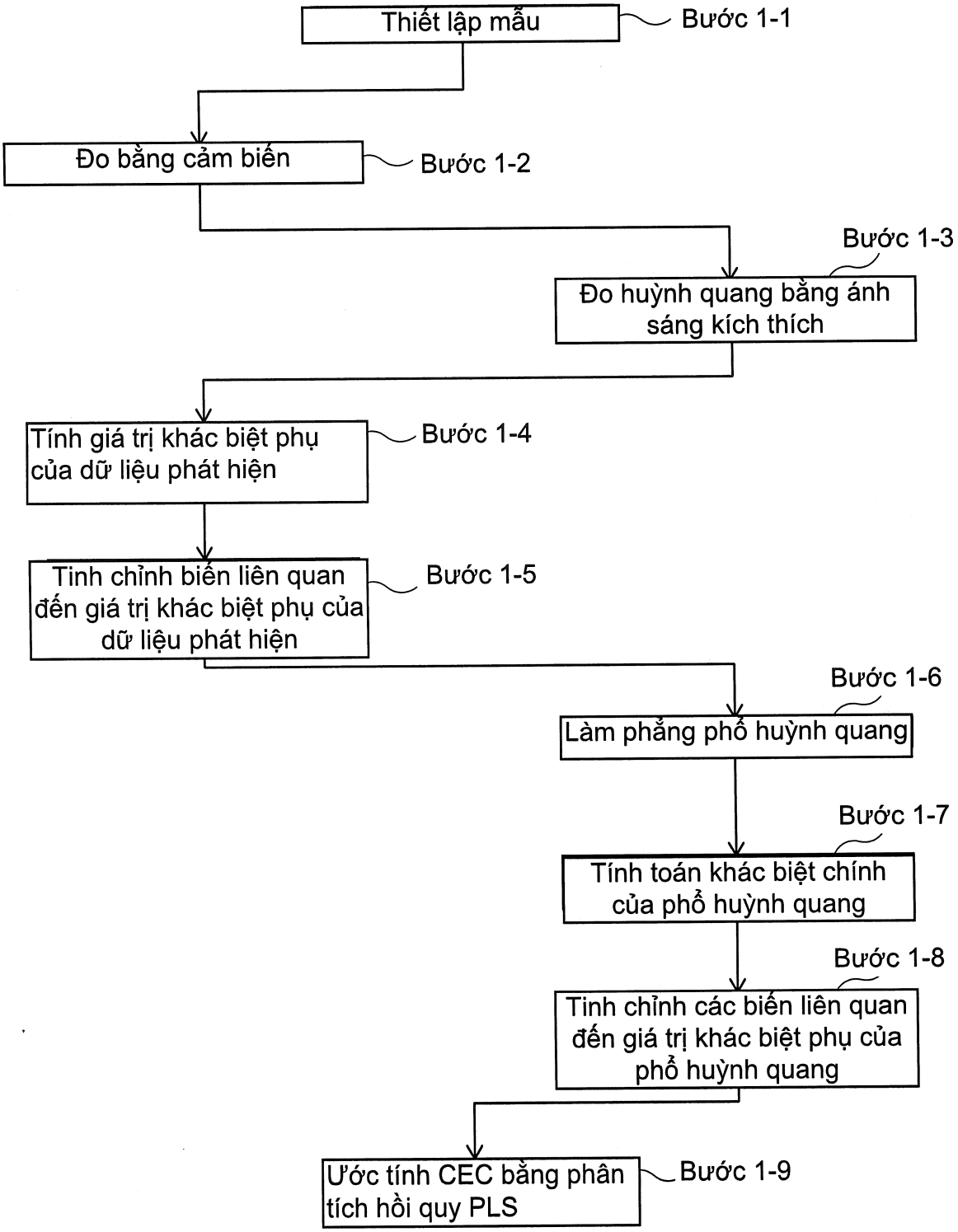

Thiết lập mẫu
Bước 1-1
Đo bằng cảm biến
Bước 1-2
Bước 1-3
Đo huỳnh quang bằng ánh sáng kích thích
Tính giá trị khác biệt phụ của dữ liệu phát hiện
Bước 1-4
Tinh chỉnh biến liên quan đến giá trị khác biệt phụ của dữ liệu phát hiện
Bước 1-5
Bước 1-6
Làm phẳng phổ huỳnh quang
Bước 1-7
Tính toán khác biệt chính của phổ huỳnh quang
Bước 1-8
Tinh chỉnh các biến liên quan đến giá trị khác biệt phụ của phổ huỳnh quang
Ước tính CEC bằng phân tích hồi quy PLS
Bước 1-9

FIG.7(a)

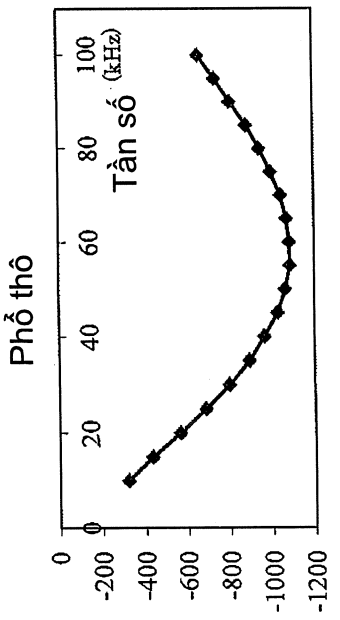


FIG.7(b)

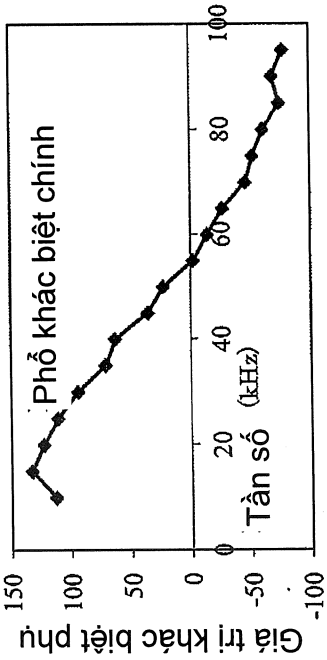


FIG.7(c)

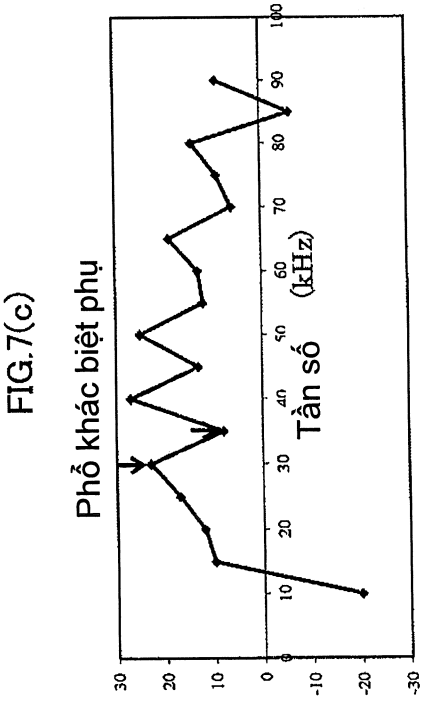


FIG.7(d)
Tương quan đơn giản giữa giá trị khác biệt phụ và giá trị CEC ước tính

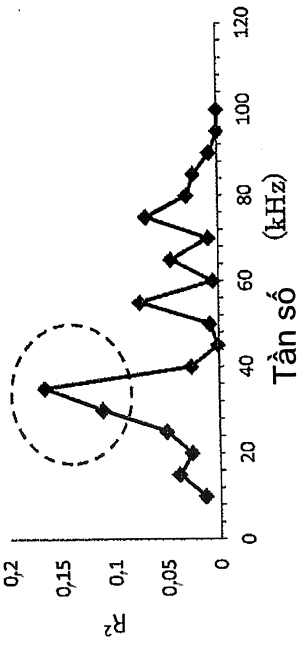


FIG.8(a)

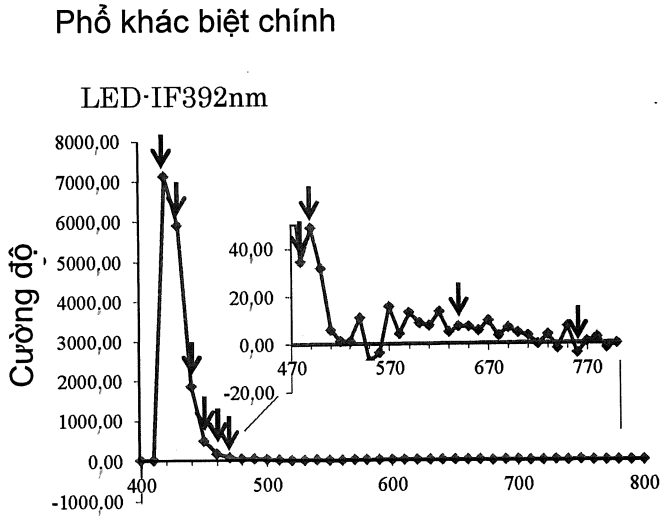


FIG.8(b)

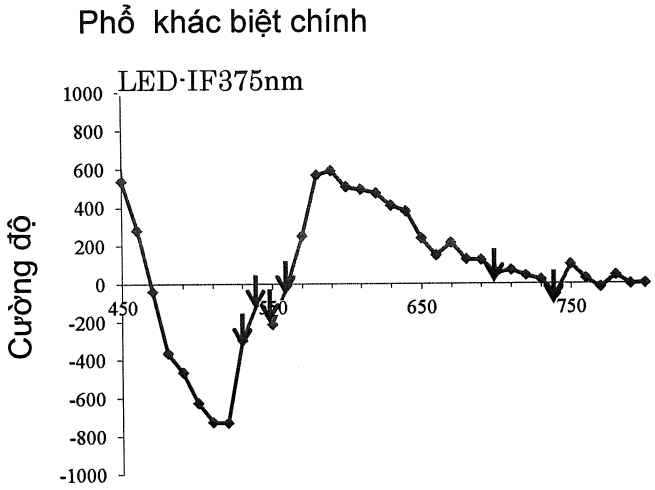


FIG.8(c)

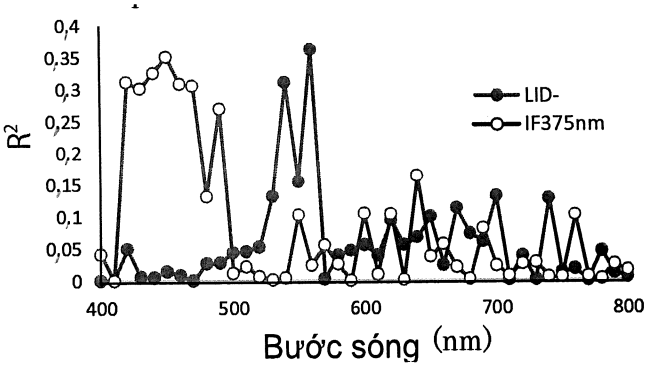


FIG.9

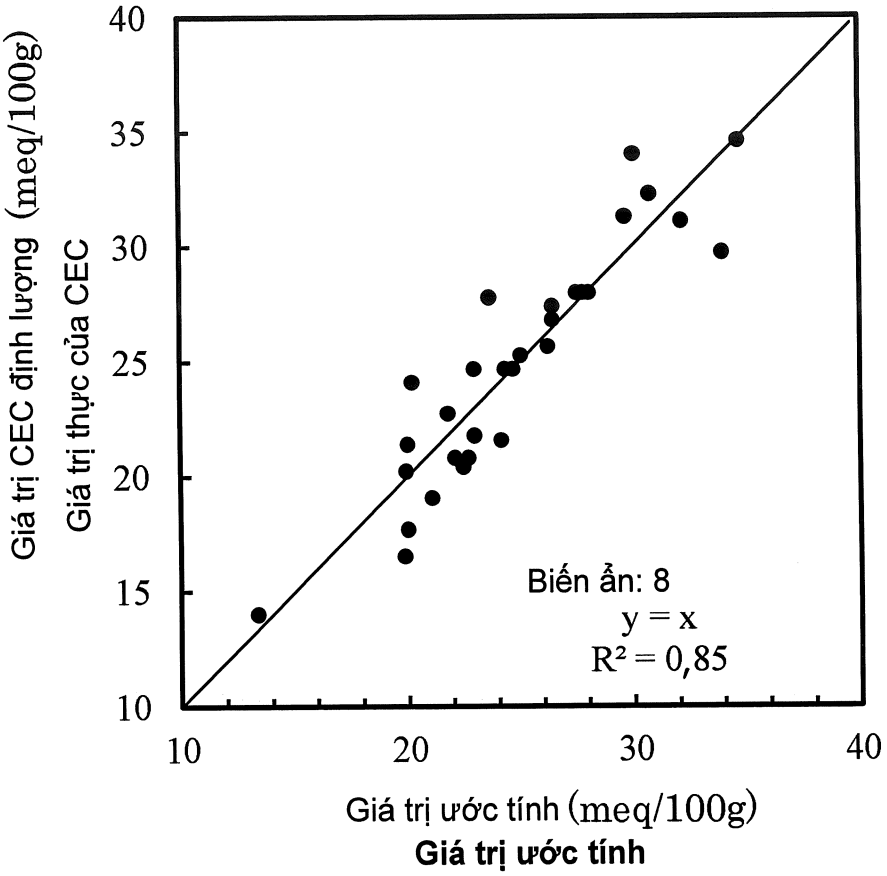

Giá trị CEC định lượng (meq/100g)
Giá trị thực của CEC
40
35
30
25
20
15
10
10
20
30
40
Biến ẩn: 8
y = x
R² = 0,85
Giá trị ước tính (meq/100g)
Giá trị ước tính

FIG.10

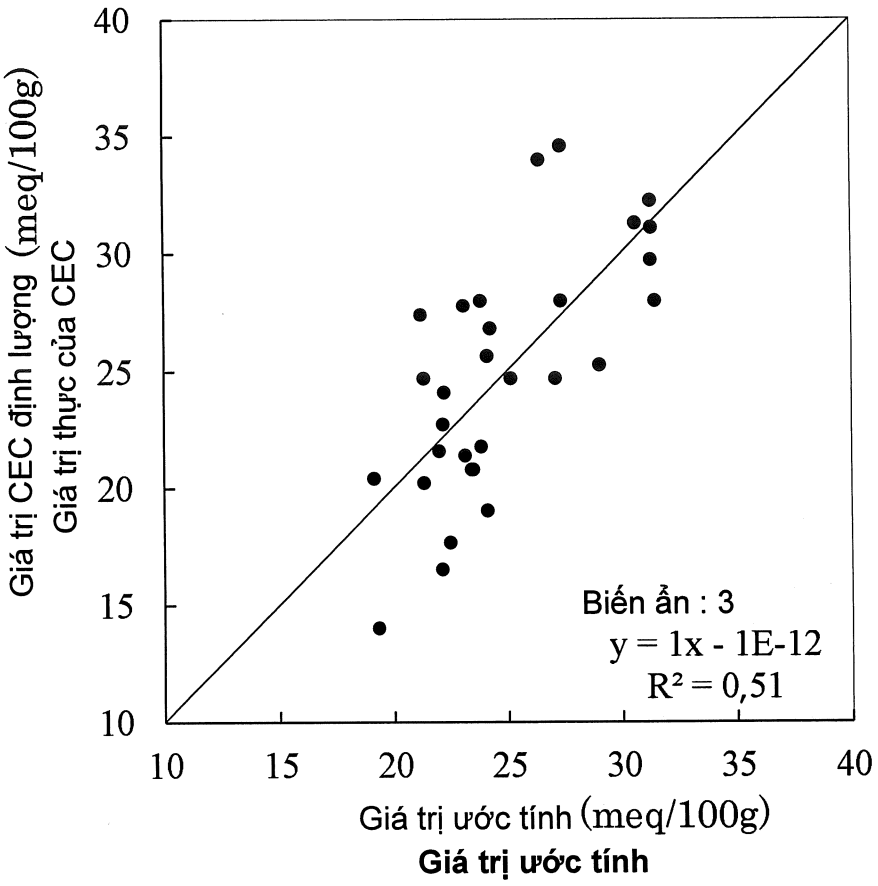

Giá trị CEC định lượng (meq/100g)
Giá trị thực của CEC
40
35
30
25
20
15
10
10
15
20
25
30
35
40
Giá trị ước tính (meq/100g)
Giá trị ước tính
Biến ẩn : 3
y = 1x - 1E-12
R² = 0,51

FIG.11

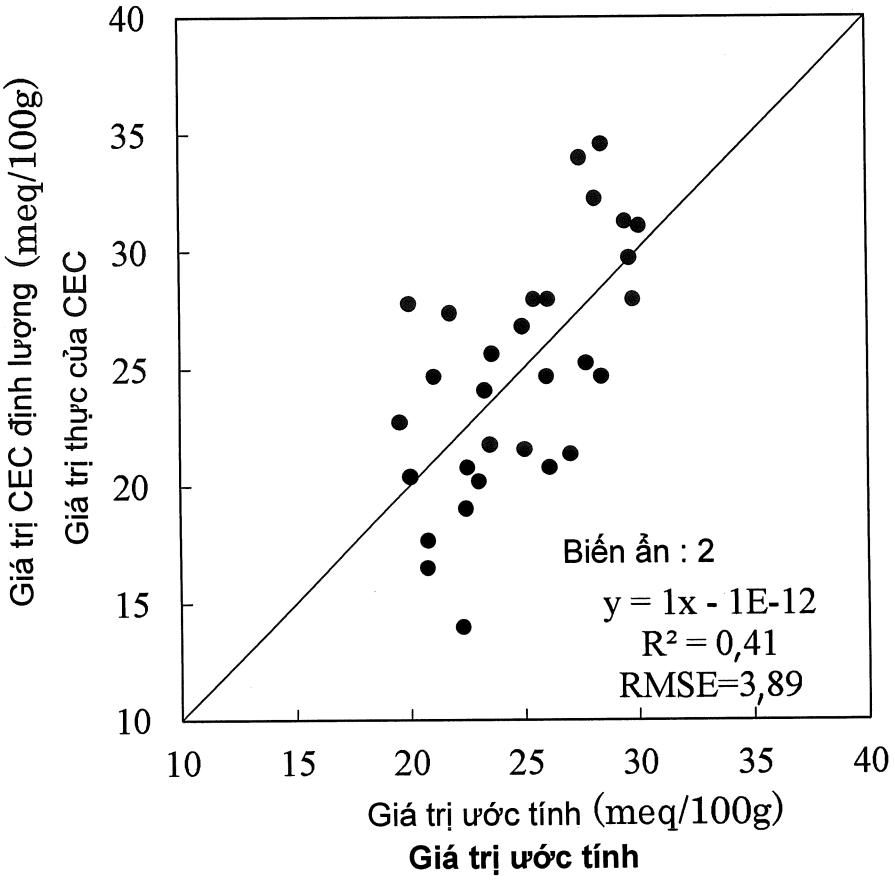

Giá trị CEC định lượng (meq/100g)
Giá trị thực của CEC
40
35
30
25
20
15
10
10
15
20
25
30
35
40
Giá trị ước tính (meq/100g)
Giá trị ước tính
Biến ẩn : 2
y = 1x - 1E-12
R² = 0,41
RMSE=3,89

FIG.12

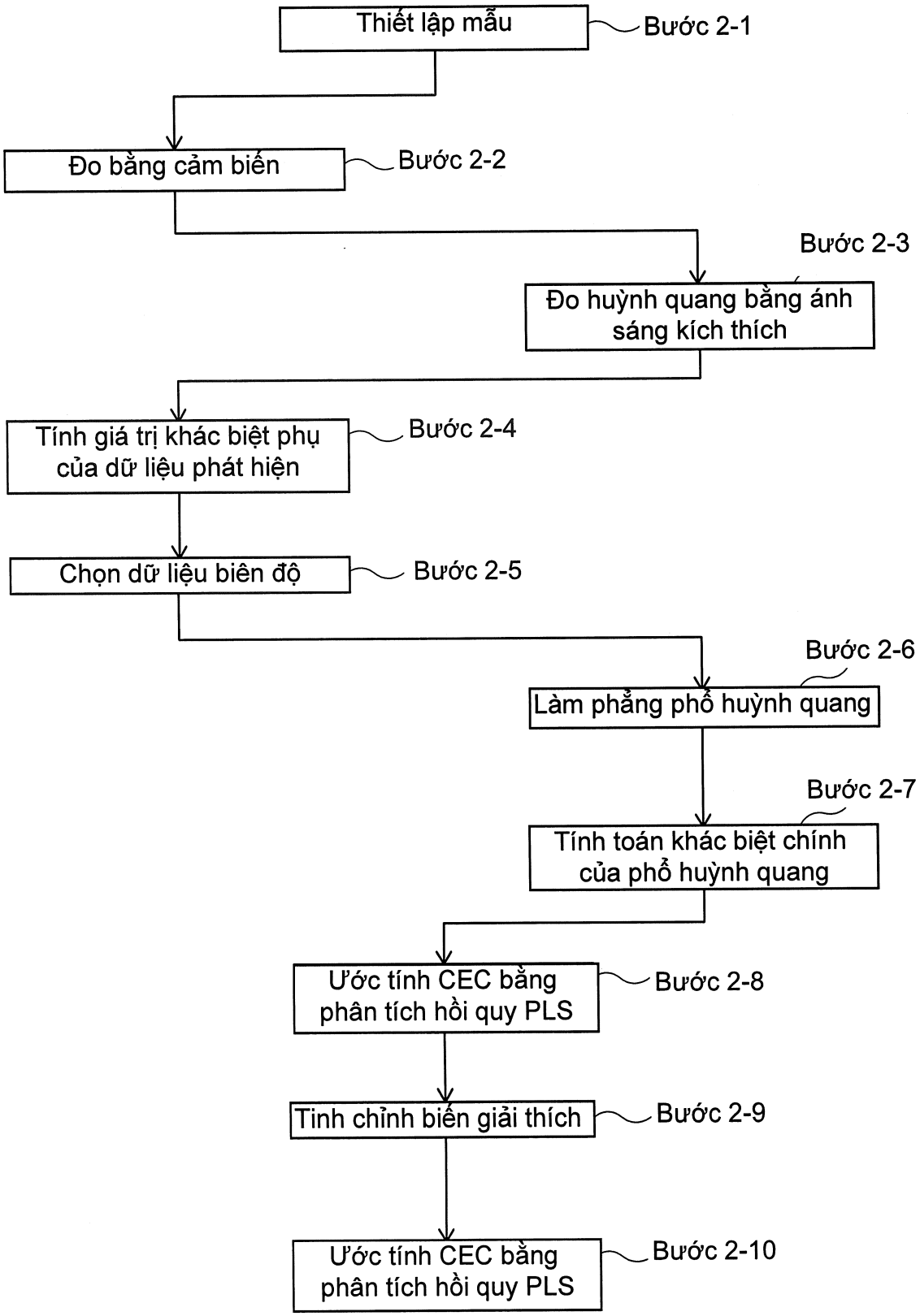

Thiết lập mẫu
Bước 2-1
Đo bằng cảm biến
Bước 2-2
Bước 2-3
Đo huỳnh quang bằng ánh sáng kích thích
Tính giá trị khác biệt phụ của dữ liệu phát hiện
Bước 2-4
Chọn dữ liệu biên độ
Bước 2-5
Bước 2-6
Làm phẳng phổ huỳnh quang
Bước 2-7
Tính toán khác biệt chính của phổ huỳnh quang
Ước tính CEC bằng phân tích hồi quy PLS
Bước 2-8
Tinh chỉnh biến giải thích
Bước 2-9
Ước tính CEC bằng phân tích hồi quy PLS
Bước 2-10

FIG.13(a)

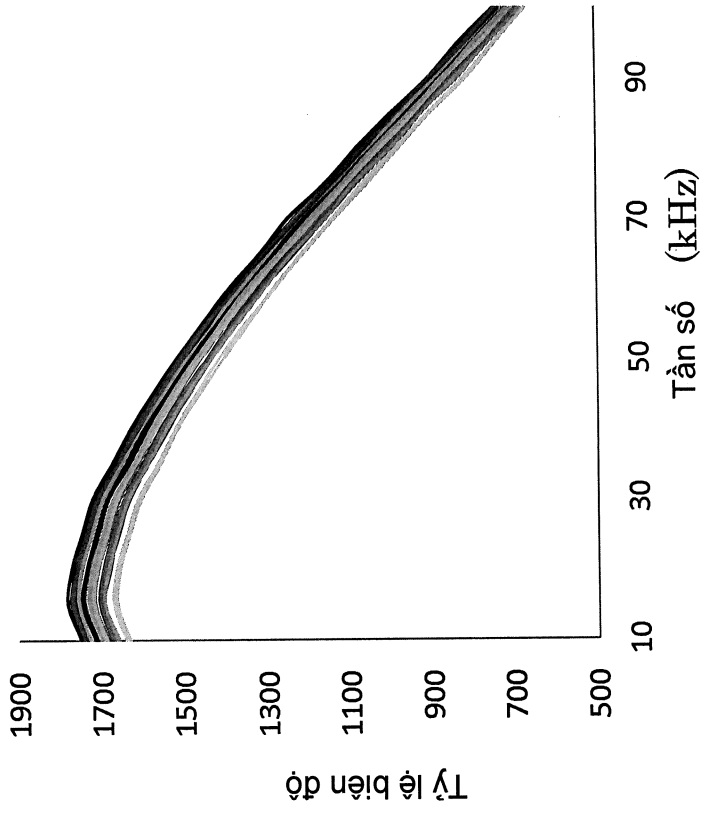


FIG.13(b)

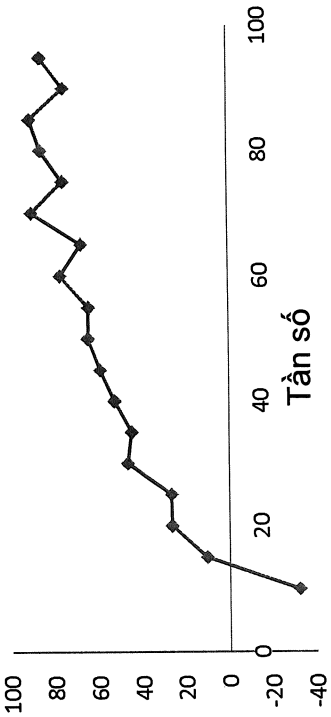


FIG.13(c)

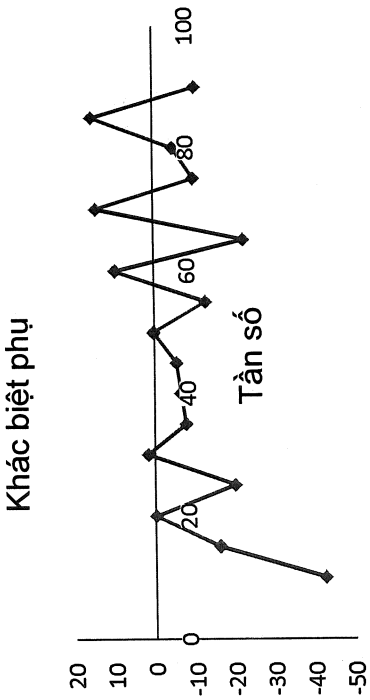


FIG.14

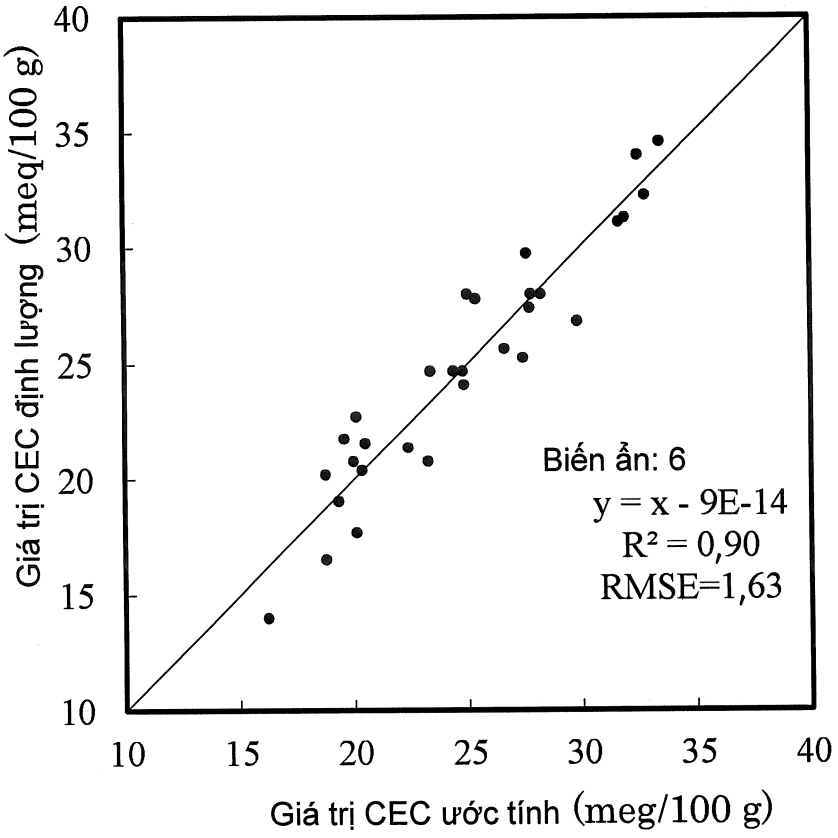

Giá trị CEC định lượng (meq/100 g)
Giá trị CEC ước tính (meg/100 g)
Biến ẩn: 6
y = x - 9E-14
R² = 0,90
RMSE=1,63
10
15
20
25
30
35
40

FIG.15

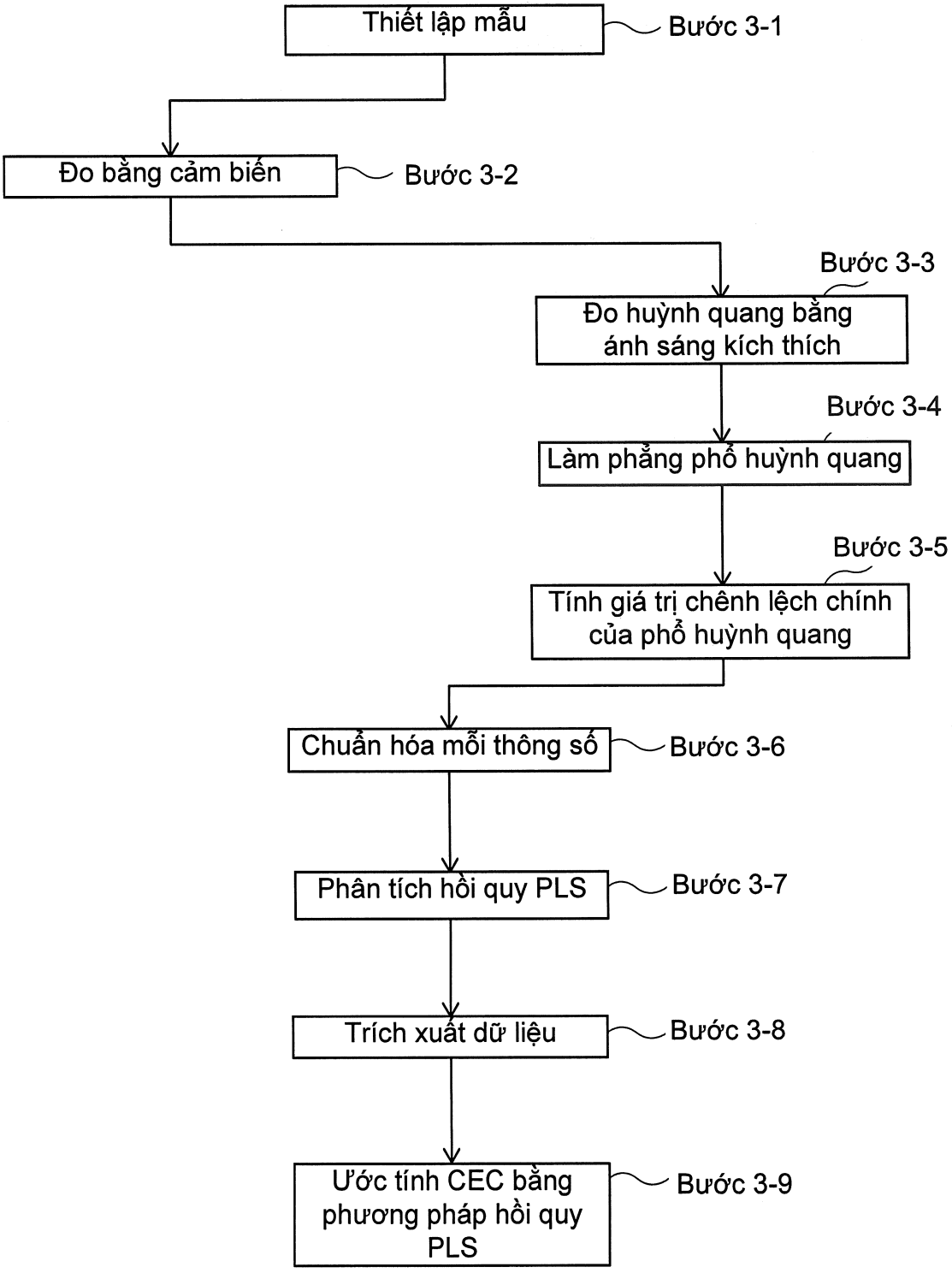

Thiết lập mẫu
Bước 3-1
Đo bằng cảm biến
Bước 3-2
Bước 3-3
Đo huỳnh quang bằng ánh sáng kích thích
Bước 3-4
Làm phẳng phổ huỳnh quang
Bước 3-5
Tính giá trị chênh lệch chính của phổ huỳnh quang
Chuẩn hóa mỗi thông số
Bước 3-6
Phân tích hồi quy PLS
Bước 3-7
Trích xuất dữ liệu
Bước 3-8
Ước tính CEC bằng phương pháp hồi quy PLS
Bước 3-9

FIG.16

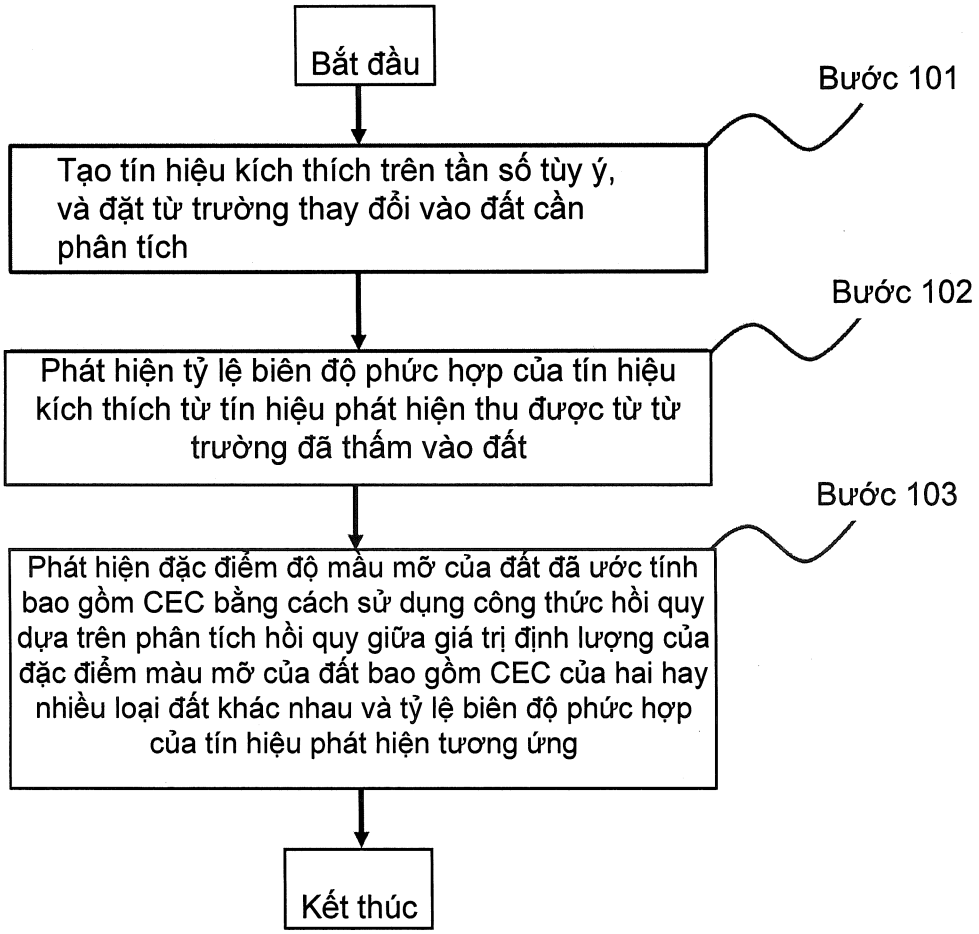

Bắt đầu
Bước 101
Tạo tín hiệu kích thích trên tần số tùy ý, và đặt từ trường thay đổi vào đất cần phân tích
Bước 102
Phát hiện tỷ lệ biên độ phức hợp của tín hiệu kích thích từ tín hiệu phát hiện thu được từ từ trường đã thấm vào đất
Bước 103
Phát hiện đặc điểm độ mầu mỡ của đất đã ước tính bao gồm CEC bằng cách sử dụng công thức hồi quy dựa trên phân tích hồi quy giữa giá trị định lượng của đặc điểm màu mỡ của đất bao gồm CEC của hai hay nhiều loại đất khác nhau và tỷ lệ biên độ phức hợp của tín hiệu phát hiện tương ứng
Kết thúc

FIG.17

Phần thực

Độ màu mỡ / Biến ẩn		CEC	Fe	Al	Si	Ca	K	Na	Mg	T-C	T-N	AvP	P
		5	4	3	3	3	4	3	2	8	6	12	14
Tần số (kHz)	10	-0,121	0,083	0,025	0,069	-0,070	0,016	-0,016	0,001	-0,112	-0,005	4,571	0,005
	15	-0,189	0,005	-0,002	0,088	-0,002	0,014	0,010	0,001	-0,083	-0,003	-1,638	-0,002
	20	-0,776	-0,059	-0,014	0,053	0,040	-0,017	0,011	0,001	-0,014	-0,005	-3,328	-0,012
	25	0,244	0,047	0,019	-0,131	-0,013	0,007	-0,003	0,001	-0,026	-0,003	-6,623	-0,020
	30	-0,089	0,017	0,000	0,010	-0,030	0,024	-0,004	0,001	-0,054	0,000	7,154	0,018
	35	0,016	-0,025	-0,024	0,043	0,026	-0,024	0,003	0,001	-0,027	-0,001	-6,482	-0,008
	40	0,539	-0,099	-0,081	0,117	0,070	-0,056	0,008	0,000	0,100	0,006	-1,167	0,000
	45	0,388	0,004	-0,052	0,054	-0,007	-0,010	0,002	0,000	0,372	0,018	0,738	0,000
	50	-0,207	0,021	0,053	0,013	-0,079	0,031	-0,007	0,000	-0,128	-0,011	11,186	0,006
	55	-0,891	0,096	-0,016	0,141	-0,006	-0,017	0,007	0,000	-0,304	-0,023	-23,013	-0,051
	60	0,480	0,086	0,060	-0,138	-0,079	0,011	-0,022	0,000	0,107	0,006	0,036	-0,004
	65	0,381	-0,028	-0,034	-0,010	0,069	-0,020	0,006	0,000	-0,026	-0,002	-2,641	0,003
	70	0,347	0,032	-0,005	0,008	0,003	-0,015	-0,002	0,000	0,007	-0,002	-3,602	-0,005
	75	-0,013	-0,083	-0,087	0,042	0,103	-0,009	0,021	0,000	0,296	0,014	4,130	0,005
	80	-0,823	0,001	-0,013	0,131	0,021	0,000	0,014	0,000	-0,247	-0,021	14,126	0,002
	85	-0,170	0,067	0,006	0,090	-0,022	-0,003	0,003	0,000	-0,264	-0,016	0,973	-0,012
	90	0,250	0,005	-0,016	0,044	0,002	0,007	-0,001	0,000	-0,109	-0,003	4,951	0,012
	95	0,426	-0,051	0,072	-0,305	0,046	0,022	-0,014	0,000	0,118	0,012	5,132	0,026
	100	0,025	0,122	0,101	-0,096	-0,175	0,024	-0,029	0,000	0,137	0,008	8,120	0,004
	105	0,541	-0,110	0,041	-0,151	-0,065	0,007	-0,021	0,000	0,351	0,028	-3,980	0,024
	110	-0,040	0,025	0,009	-0,003	-0,030	0,020	-0,001	0,000	0,019	0,006	0,776	0,007
	115	-1,579	0,018	-0,055	0,394	0,021	0,028	0,023	0,000	-0,657	-0,045	20,566	-0,003
	120	0,616	0,003	0,013	-0,034	0,015	-0,006	-0,001	0,000	0,054	0,007	-3,940	0,003
	125	0,586	-0,004	0,028	-0,161	-0,003	0,013	-0,011	0,000	0,225	0,022	2,160	0,025
	130	0,556	0,104	0,062	-0,170	-0,080	0,017	-0,023	0,000	0,100	0,009	5,004	0,016
	135	-0,168	-0,062	0,035	-0,075	0,047	0,007	0,002	0,000	-0,135	-0,008	5,153	0,009
	140	-0,560	0,115	0,043	-0,057	-0,067	0,001	-0,008	0,000	-0,080	-0,001	-24,173	-0,035
	145	0,163	-0,091	-0,037	0,017	0,059	-0,021	0,007	0,000	0,057	0,004	9,275	0,021
	150	-0,088	-0,007	-0,009	0,029	0,004	-0,005	0,002	0,000	0,161	0,011	-10,527	-0,010
	155	-0,040	0,106	0,024	-0,105	-0,014	-0,012	0,000	0,000	0,127	0,007	-5,292	-0,005
	160	-0,248	0,002	0,045	-0,001	-0,039	0,006	-0,010	0,000	-0,338	-0,018	1,241	0,007
	165	-0,486	-0,018	-0,035	0,115	0,070	-0,026	0,017	0,000	-0,111	-0,006	3,174	0,006
	170	0,148	-0,062	-0,076	0,101	0,073	-0,003	0,015	0,000	0,161	0,007	8,875	0,012
	175	1,117	0,130	0,179	-0,466	-0,154	0,010	-0,059	0,000	0,193	0,013	4,036	0,023
	180	-0,135	-0,038	0,002	0,065	-0,011	0,000	-0,001	0,000	-0,090	-0,005	1,149	0,001
	185	-0,429	0,245	0,043	0,019	-0,089	0,009	-0,008	0,000	-0,178	-0,010	-8,277	-0,024
	190	0,479	-0,054	-0,012	-0,026	0,025	-0,008	-0,002	0,000	0,231	0,016	3,147	0,010
	195	-0,283	-0,001	0,004	0,029	-0,011	0,015	0,010	0,000	0,050	0,001	-5,866	-0,014
	200	0,004	-0,038	-0,052	-0,036	0,058	-0,020	0,010	0,000	0,181	0,010	-4,940	-0,009

FIG.18

Phần ảo

Độ màu mỡ / Biến ẩn		CEC	Fe	Al	Si	Ca	K	Na	Mg	T-C	T-N	AvP	P
		5	4	3	3	3	4	3	2	8	6	12	14
Tần số (kHz)	10	-0,646	0,195	0,039	0,074	-0,048	0,007	-0,004	0,000	-0,313	-0,017	-1,755	-0,012
	15	-0,005	0,062	0,036	-0,069	-0,028	0,019	-0,008	0,000	0,010	0,003	-7,186	-0,006
	20	-0,399	0,011	0,014	0,063	-0,007	-0,012	-0,002	0,000	-0,223	-0,012	0,211	-0,002
	25	0,202	-0,044	-0,051	-0,032	0,054	0,006	0,010	0,001	0,040	0,004	4,759	0,011
	30	1,112	0,010	-0,021	-0,055	-0,005	0,009	-0,004	0,001	0,368	0,023	6,871	0,019
	35	-0,004	0,045	0,073	-0,183	-0,027	0,010	-0,009	0,001	0,066	-0,001	7,150	0,005
	40	0,569	-0,038	0,050	-0,091	-0,042	0,014	-0,017	0,001	0,182	0,019	14,056	0,032
	45	-0,010	-0,043	-0,050	0,019	0,082	-0,024	0,010	0,001	-0,146	-0,007	-9,062	-0,006
	50	-0,569	0,052	-0,089	0,180	0,068	-0,027	0,015	0,001	-0,225	-0,016	-13,346	-0,030
	55	-0,127	0,078	-0,048	0,053	0,020	-0,013	0,009	0,000	0,036	0,002	6,596	0,006
	60	-0,066	0,125	0,058	-0,011	-0,080	0,012	-0,013	0,000	-0,203	-0,012	-6,846	-0,019
	65	-0,999	0,088	-0,009	0,129	0,012	-0,005	0,005	0,000	-0,108	-0,013	5,904	-0,006
	70	0,355	-0,128	-0,094	0,060	0,123	-0,016	0,023	0,000	0,144	0,014	-5,316	0,008
	75	0,046	0,101	0,039	-0,048	-0,023	-0,007	-0,007	0,000	0,052	0,001	-8,868	-0,018
	80	-0,399	0,017	-0,054	0,118	0,025	-0,012	0,010	0,000	-0,010	-0,002	-0,439	-0,012
	85	-0,164	-0,013	-0,011	0,012	0,010	0,005	0,004	0,000	-0,071	-0,002	1,155	0,002
	90	-0,149	-0,034	-0,015	0,053	0,035	-0,015	0,008	0,000	-0,203	-0,014	-2,664	-0,005
	95	0,474	-0,062	-0,082	-0,074	0,046	-0,013	-0,003	0,000	0,401	0,017	3,014	0,012
	100	-0,039	0,079	-0,025	0,031	0,019	0,036	0,010	0,000	-0,125	-0,010	13,537	0,008
	105	-0,993	0,027	0,028	0,033	-0,020	0,005	0,004	0,000	-0,201	-0,010	6,775	0,011
	110	-0,250	-0,028	-0,030	0,016	0,030	-0,002	0,011	0,000	0,014	0,001	-1,023	-0,005
	115	-0,814	0,000	0,003	0,017	0,008	-0,006	0,008	0,000	-0,066	-0,009	1,122	-0,016
	120	-0,792	0,028	-0,031	0,139	0,037	-0,021	0,014	0,000	-0,442	-0,021	-1,980	-0,005
	125	0,722	-0,076	0,015	-0,088	-0,020	-0,025	-0,017	0,000	0,230	0,009	-7,159	-0,016
	130	-0,387	-0,002	-0,048	0,130	0,032	-0,001	0,015	0,000	-0,021	-0,003	-0,725	-0,005
	135	0,513	0,074	0,034	-0,212	-0,051	0,034	-0,011	0,000	0,260	0,021	-14,948	-0,016
	140	0,284	0,003	-0,002	-0,058	0,013	-0,008	-0,006	0,000	0,024	0,006	-4,724	0,009
	145	0,217	-0,012	0,023	-0,107	-0,019	0,000	-0,011	0,000	0,206	0,015	3,445	0,020
	150	0,605	0,026	-0,023	-0,071	0,020	-0,019	0,000	0,000	0,283	0,016	-1,335	0,006
	155	0,090	-0,014	-0,036	-0,025	0,025	0,000	0,003	0,000	0,244	0,014	3,016	0,003
	160	0,316	0,096	0,026	-0,063	-0,040	0,005	-0,010	0,000	0,045	0,006	-2,040	0,000
	165	-0,484	-0,002	0,023	0,133	-0,043	0,012	-0,002	0,000	-0,334	-0,022	2,024	-0,011
	170	-0,013	0,079	0,019	-0,074	-0,007	-0,001	-0,005	0,000	-0,049	0,007	-12,225	0,001
	175	0,729	-0,107	-0,291	0,309	0,208	-0,037	0,040	0,000	0,282	0,015	10,531	0,011
	180	-0,660	0,002	0,042	0,091	-0,023	-0,001	-0,003	0,000	-0,408	-0,030	-13,465	-0,032
	185	-0,637	-0,036	0,035	-0,017	-0,035	0,011	-0,009	0,000	0,081	0,009	-2,686	0,011
	190	0,452	0,021	0,022	-0,123	-0,010	0,018	-0,003	0,000	-0,052	-0,001	7,010	0,008
	195	0,026	0,066	0,089	-0,087	-0,124	0,029	-0,022	0,000	-0,226	-0,010	-8,813	-0,015
	200	0,172	-0,075	-0,044	0,041	0,058	-0,015	0,014	0,000	0,095	-0,002	6,134	-0,001

FIG. 19(a)

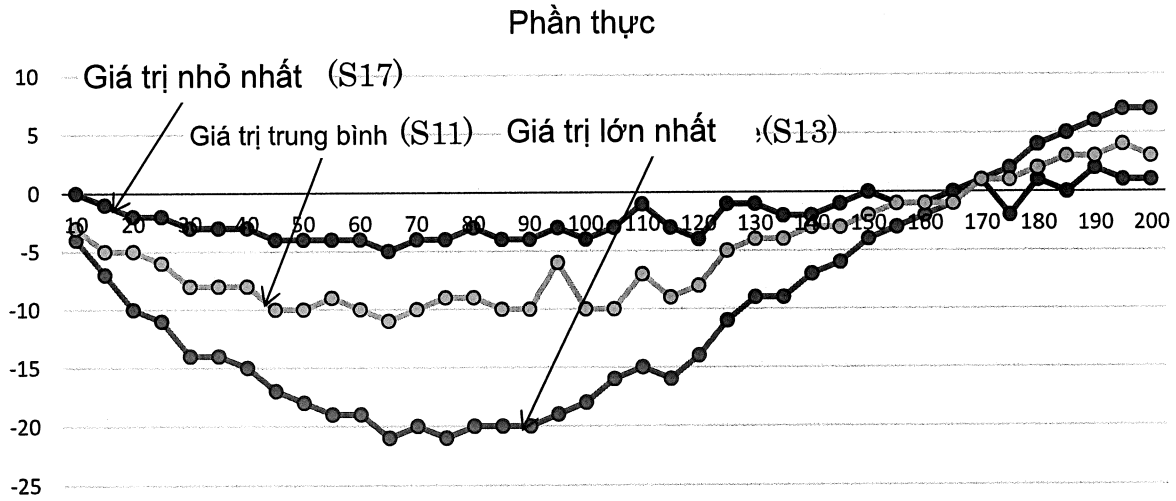


FIG. 19(b)

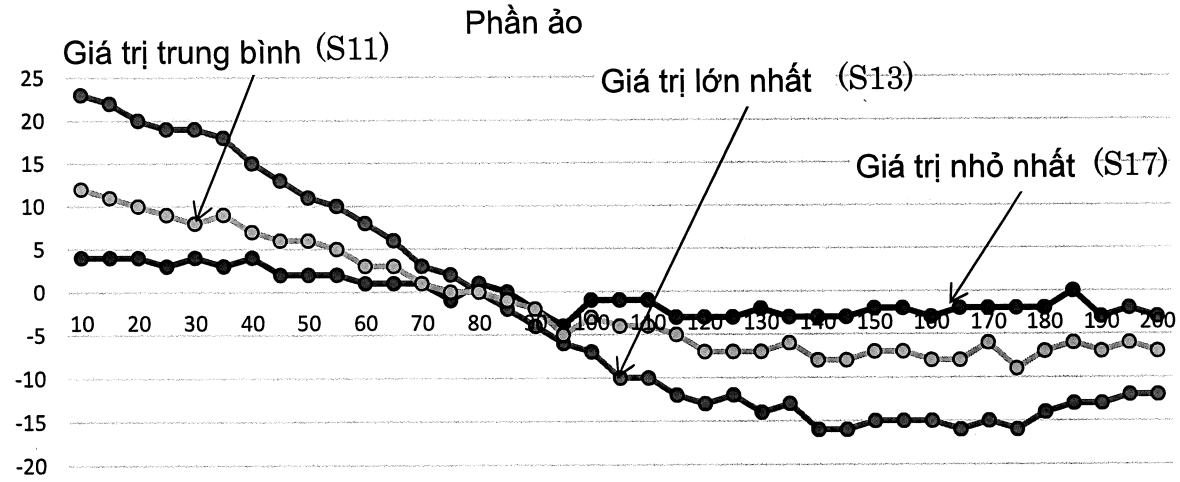


FIG.20

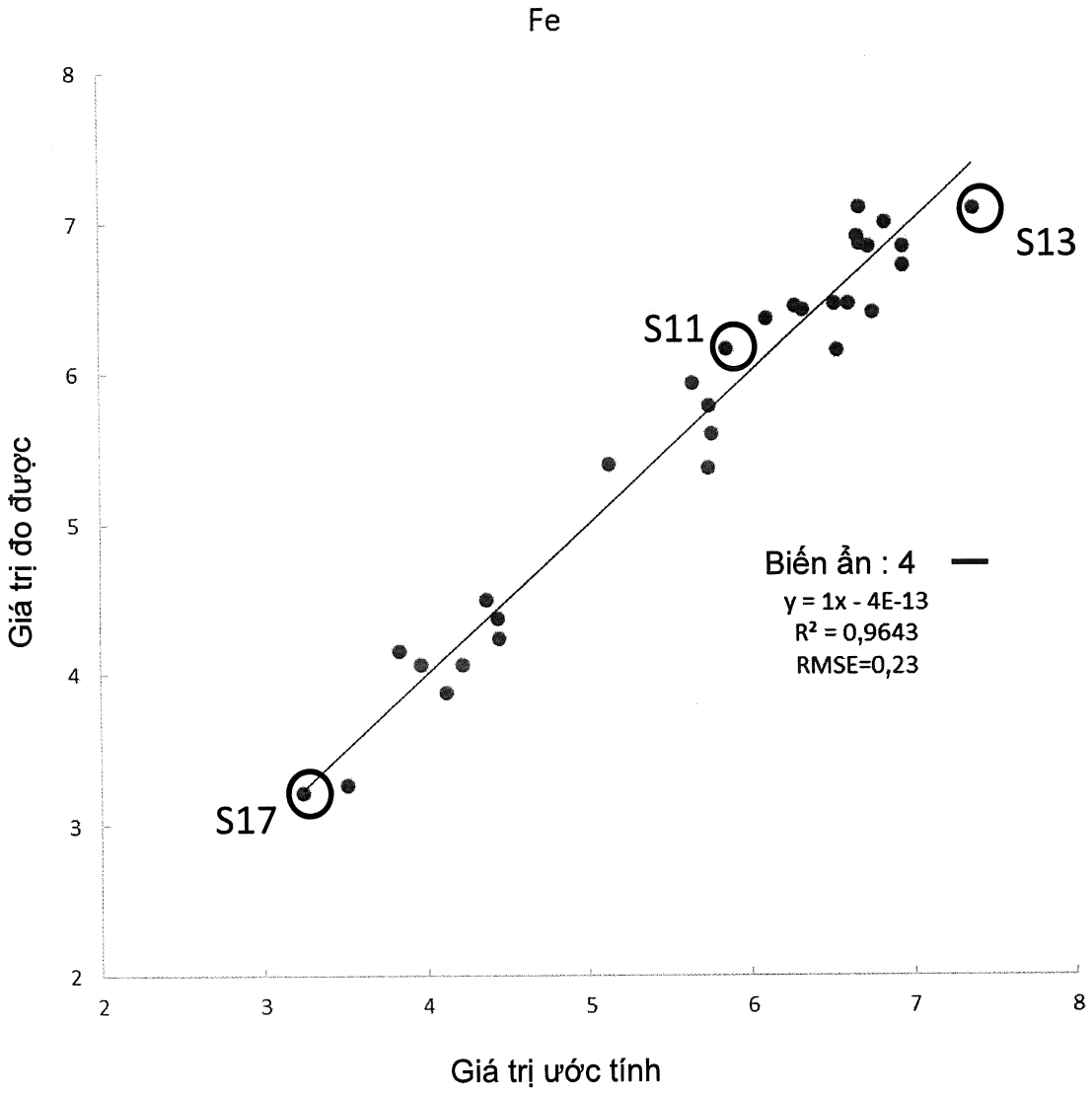

Fe
Giá trị đo được
Giá trị ước tính
S13
S11
S17
Biến ẩn : 4
y = 1x - 4E-13
R² = 0,9643
RMSE=0,23
2
3
4
5
6
7
8

FIG.21

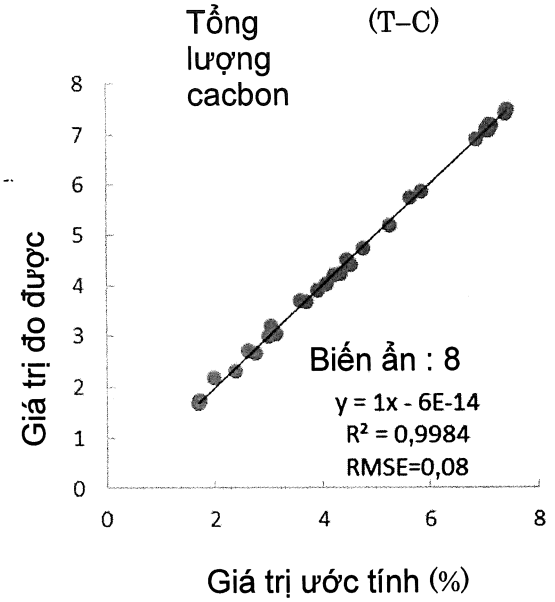

Tổng lượng cacbon
(T–C)
Giá trị đo được
Giá trị ước tính (%)
Biến ẩn : 8
y = 1x - 6E-14
R² = 0,9984
RMSE=0,08
0
1
2
3
4
5
6
7
8
0
2
4
6
8

FIG.22

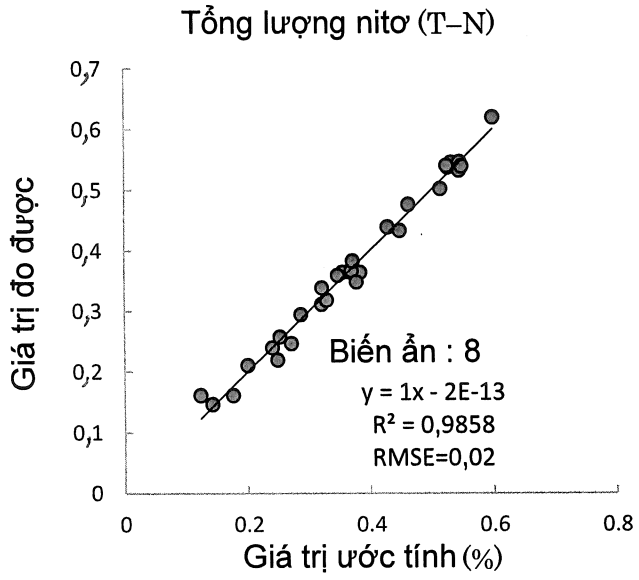

Tổng lượng nitơ (T–N)
Giá trị đo được
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0
0.2
0.4
0.6
0.8
Giá trị ước tính (%)
Biến ẩn : 8
y = 1x - 2E-13
R² = 0,9858
RMSE=0,02

FIG.23

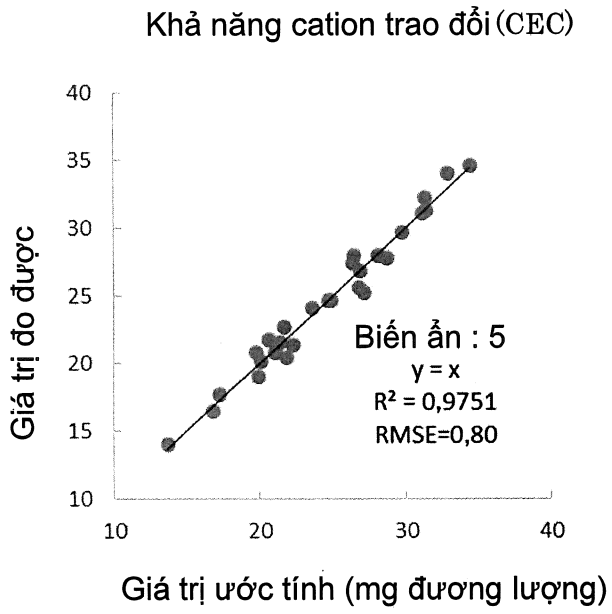

Khả năng cation trao đổi (CEC)
Giá trị đo được
Giá trị ước tính (mg đương lượng)
Biến ẩn : 5
y = x
R² = 0,9751
RMSE=0,80
40
35
30
25
20
15
10
10
20
30
40

FIG.24

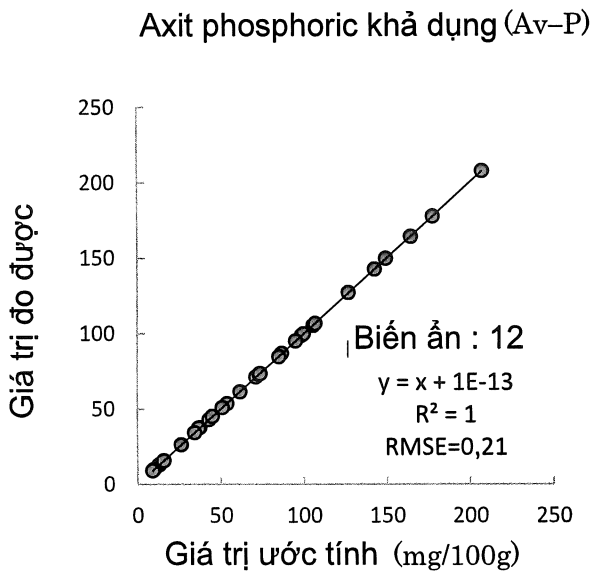

Axit phosphoric khả dụng (Av–P)
Giá trị đo được
250
200
150
100
50
0
0
50
100
150
200
250
Giá trị ước tính (mg/100g)
Biến ẩn : 12
y = x + 1E-13
R² = 1
RMSE=0,21

FIG.25

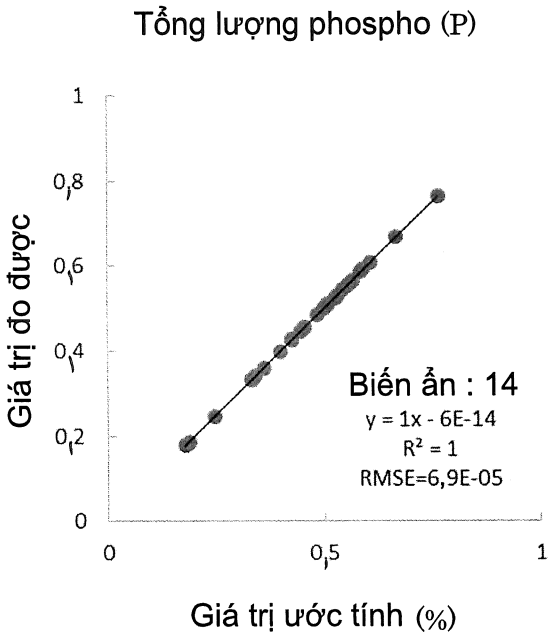

Tổng lượng phospho (P)
Giá trị đo được
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
0
0,5
1
Biến ẩn : 14
y = 1x - 6E-14
R² = 1
RMSE=6,9E-05
Giá trị ước tính (%)

FIG.26

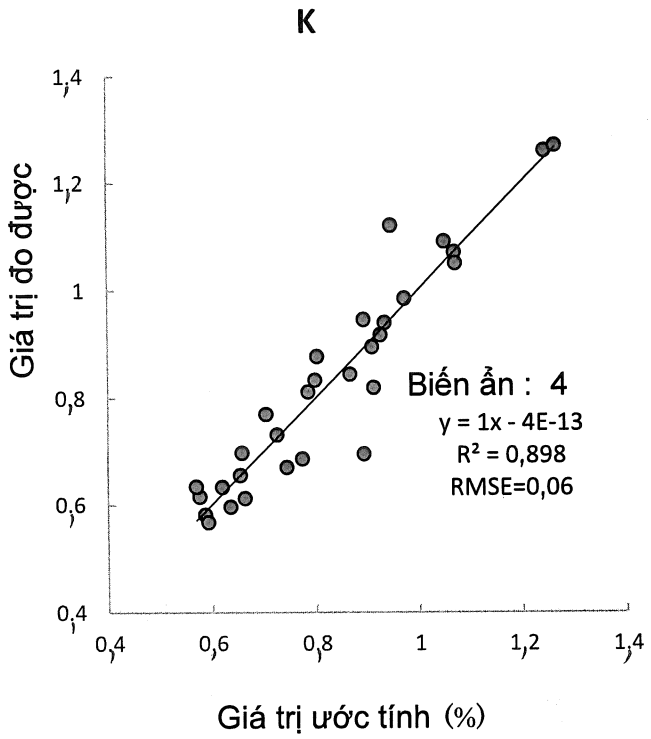

K
Giá trị đo được
Giá trị ước tính (%)
Biến ẩn : 4
y = 1x - 4E-13
R² = 0,898
RMSE=0,06
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,4
0,6
0,8
1
1,2
1,4

FIG.27

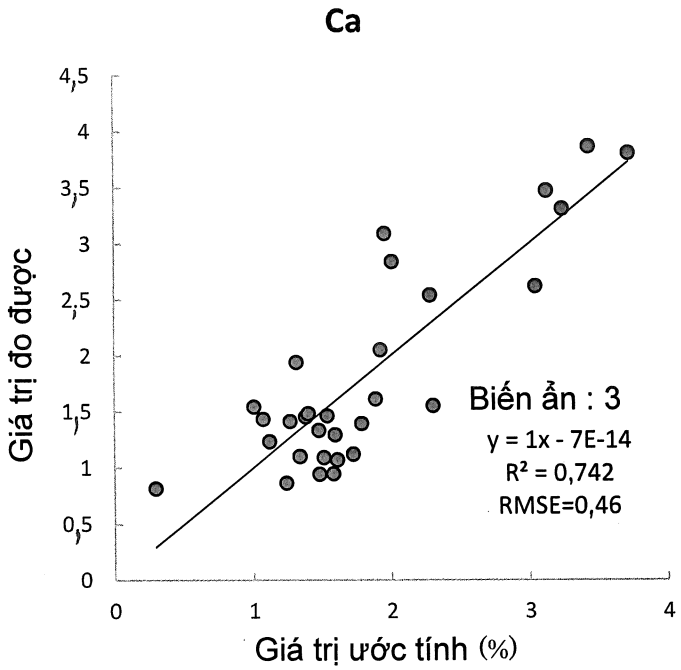

Ca
Giá trị đo được
Giá trị ước tính (%)
Biến ẩn : 3
y = 1x - 7E-14
R² = 0,742
RMSE=0,46
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
4,5
0
1
2
3
4

FIG.28

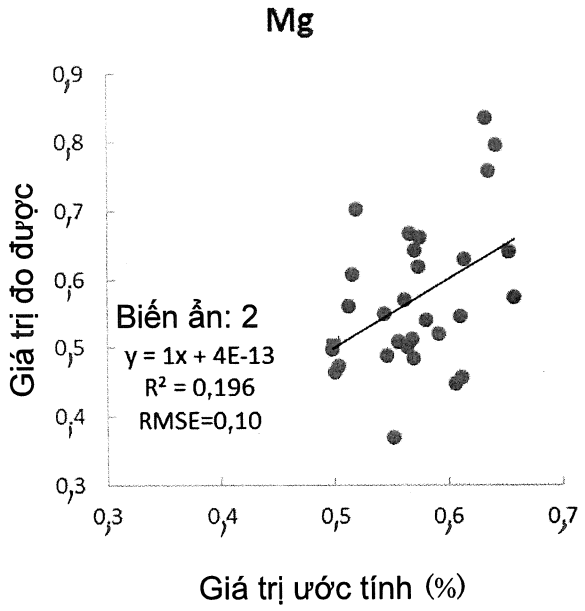

Mg
Giá trị đo được
Giá trị ước tính (%)
Biến ẩn: 2
y = 1x + 4E-13
R² = 0,196
RMSE=0,10
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7

FIG.29

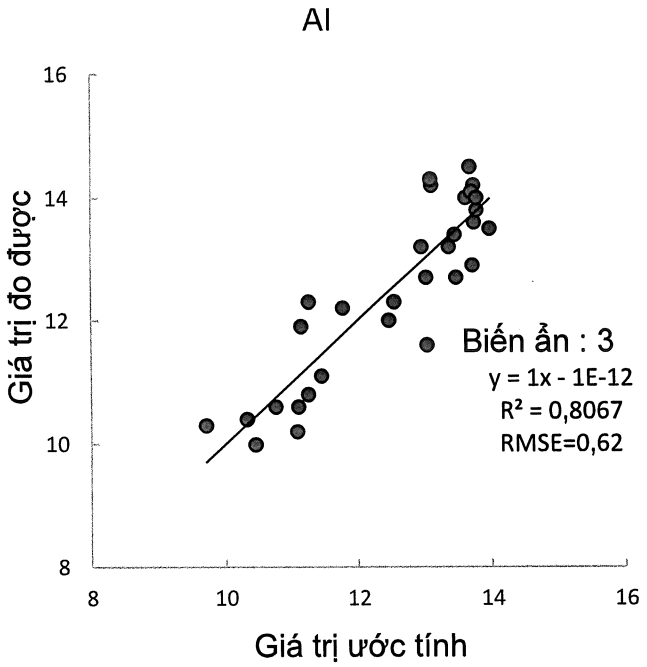
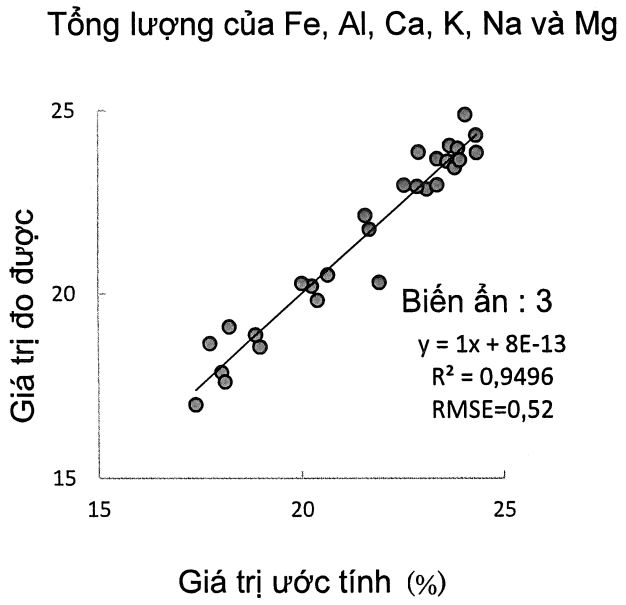

Al
16
14
12
10
8
Giá trị đo được
8
10
12
14
16
Giá trị ước tính
Biến ẩn : 3
y = 1x - 1E-12
R² = 0,8067
RMSE=0,62

FIG.30


Tổng lượng của Fe, Al, Ca, K, Na và Mg
Giá trị đo được
25
20
15
15
20
25
Biến ẩn : 3
y = 1x + 8E-13
R² = 0,9496
RMSE=0,52
Giá trị ước tính (%)