

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

HỖ AN NGUYỄN

XÂY DỰNG BẢN ĐỒ ĐỘ MẠN CỦA ĐẤT BẰNG CÔNG
NGHỆ VIỄN THÁM; THỰC NGHIỆM
KHU VỰC HUYỆN TIỀN HẢI, TỈNH THÁI BÌNH

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2023

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT**

HỖ AN NGUYỄN

**XÂY DỰNG BẢN ĐỒ ĐỘ MẠN CỦA ĐẤT BẰNG CÔNG
NGHỆ VIỄN THÁM; THỰC NGHIỆM
KHU VỰC HUYỆN TIỀN HẢI, TỈNH THÁI BÌNH**

Ngành: Kỹ thuật trắc địa – bản đồ

Mã số: 8520503

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Người hướng dẫn khoa học

TS. PHẠM THỊ LÀN

HÀ NỘI – 2023

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan: Luận văn này là công trình nghiên cứu của cá nhân tôi, được thực hiện dưới sự hướng dẫn của TS. Phạm Thị Làn

Các số liệu, những kết luận nghiên cứu được trình bày trong luận văn này trung thực và chưa từng được công bố trong các công trình nghiên cứu khác.

Hà Nội, ngày tháng năm 2023

Học viên

Hỷ An Nguyên

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
MỤC LỤC	ii
DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT	v
DANH MỤC CÁC HÌNH	vi
DANH MỤC CÁC BẢNG	viii
MỞ ĐẦU	1
1. Tính cấp thiết của đề tài	1
2. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu	2
3. Mục tiêu của đề tài:	2
4. Nội dung của đề tài:	2
5. Phương pháp nghiên cứu của đề tài	2
6. Bố cục của đề tài	3
7. Lời cảm ơn	3
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN CÁC VẤN ĐỀ ĐẤT NHIỄM MẶN	4
1.1. Đất nhiễm mặn và các nguyên nhân gây ra đất nhiễm mặn	4
1.1.1. Khái niệm đất nhiễm mặn	4
1.1.2. Nguyên nhân gây ra đất nhiễm mặn	4
1.2. Đặc điểm, phân bố đất nhiễm mặn	10
1.3. Phân loại đất nhiễm mặn	15
1.4. Các phương pháp nghiên cứu đất nhiễm mặn	17
1.4.1. Nghiên cứu và lập bản đồ đất nhiễm mặn bằng phương pháp viễn thám	
17	

1.4.2. Điều tra thực địa	18
CHƯƠNG 2. PHƯƠNG PHÁP VIỄN THÁM VÀ GIS TRONG NGHIÊN CỨU NHIỄM MẶN	20
2.1. Các nghiên cứu về nhiễm mặn tại Việt Nam	20
2.2. Các nghiên cứu nhiễm mặn trên thế giới	21
2.2.1. Một số nghiên cứu độ mặn sử dụng ảnh LANDSAT	21
2.2.2. Một số nghiên cứu độ mặn sử dụng ảnh SENTINEL	29
2.2.3. Khả năng nghiên cứu độ mặn sử dụng ảnh VNREDSAT-1	32
2.3. Phương pháp thu thập thông tin bề mặt của đất nhiễm mặn	33
2.3.1. Quang phổ đất	33
2.3.2. Máy đo quang phổ	34
2.3.3. Cảm biến của ảnh hàng không	36
2.3.4. Cảm biến trên vệ tinh	36
2.4. Đặc trưng cơ bản và các dấu hiệu nhận biết đất nhiễm mặn từ ảnh viễn thám	37
2.4.1. Đặc trưng cơ bản của ảnh viễn thám quang học	37
2.4.2. Các dấu hiệu nhận biết	39
2.5. Các chỉ số viễn thám trong nghiên cứu đất mặn	42
2.5.1. Chỉ số thực vật	43
2.5.2. Chỉ số muối, chỉ số độ mặn	44
2.5.3. Các chỉ số khác	46
CHƯƠNG 3. THỰC NGHIỆM XÂY DỰNG BẢN ĐỒ ĐỘ MẶN KHU VỰC HUYỆN TIỀN HẢI, TỈNH THÁI BÌNH BẰNG CÔNG NGHỆ VIỄN THÁM VÀ GIS	47

3.1 Giới thiệu chung về khu vực nghiên cứu	47
3.1.1. Vị trí địa lý	47
3.1.2. Đặc điểm địa hình	48
3.1.3. Tiềm năng khoáng sản	48
3.1.2. Tài nguyên đất	49
3.2. Dữ liệu sử dụng	51
3.3. Phản xạ phổ của đất và đất nhiễm mặn khu vực nghiên cứu	52
3.3.1. Đối với nhóm đất gley phèn tiềm tàng	53
3.3.2. Đối với nhóm đất gley mùn, chua	58
3.3.3. Đối với nhóm đất phèn tiềm tàng sâu, mặn	60
3.3.4. Đối với nhóm đất phù sa ít chua, gley	62
3.3.5. Đối với nhóm đất phèn hoạt động, sâu, mặn	63
3.3.6. Đối với nhóm đất phèn tiềm tàng, nông, mặn	63
3.3.7. Đối với nhóm đất xám gley cơ giới nhẹ	64
3.3.8. Đối với nhóm đất xám cơ giới nhẹ, rất nghèo bazơ	65
3.4. Tính chỉ số nhiễm mặn và lựa chọn	67
3.5. Phân tích tương quan giữa kết quả thu được từ xử lý ảnh viễn thám và kết quả đo thực địa	73
3.5.1. Chiết xuất giá trị độ mặn tại điểm đo thực địa	73
3.5.2. Đánh giá tương quan chỉ số độ mặn chiết xuất từ ảnh và độ mặn đo thực tế	77
3.6. Đánh giá đất mặn	83
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	87

DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

GIS	Geography Information System
EC (electro-conductivity)	Chỉ số dẫn điện

DANH MỤC CÁC HÌNH

Hình 1. 1: Sự tích tụ muối ở các vùng trũng, thấp	7
Hình 1. 2: Đất khô cằn, kết tinh muối trắng trên bề mặt là đặc điểm nhận dạng đất mặn	10
Hình 2. 1: Bộ chỉ số độ mặn Landsat TM	21
Hình 2. 2: Công thức chỉ số độ mặn	27
Hình 3. 1: Vị trí địa lý huyện Tiền Hải, tỉnh Thái Bình	46
Hình 3. 1: Vị trí đo đạc phản xạ phổ trong khu vực nghiên cứu	51
Hình 3. 2: Tỷ lệ số mẫu trên các loại đất	52
Hình 3. 3: Tỷ lệ số mẫu trên loại hiện trạng	52
Hình 3. 5: Các ảnh chiết suất giá trị trên ảnh VNREDSAT-1	71
Hình 3. 6: Sơ đồ điểm mẫu lấy giá trị độ mặn	72
Hình 3. 7: Máy đo độ dẫn điện của đất Spectrum Fieldscout EC 2265FS	73
Hình 3. 8: Ảnh thực địa tại khu vực nghiên cứu	75
Hình 3. 9: Ma trận tương quan chỉ số độ mặn tính trên ảnh VNREDSAT 1 và giá trị EC	77
Hình 3. 10: Tương quan giữa chỉ số SI2 tính từ ảnh VNREDSAT 1 và EC	78
Hình 3. 11: Tương quan giữa chỉ số SI3 tính từ ảnh VNREDSAT 1 và EC	78
Hình 3. 12: Tương quan giữa chỉ số SI4 tính từ ảnh VNREDSAT 1 và EC	79
Hình 3. 13: Tương quan giữa chỉ số SI5 tính từ ảnh VNREDSAT 1 và EC	79
Hình 3. 14: Tương quan giữa chỉ số SI6 tính từ ảnh VNREDSAT 1 và EC	80

Hình 3. 15: Tương quan giữa chỉ số SI7 tính từ ảnh VNREDSAT 1 và EC	80
Hình 3. 16: Tương quan giữa chỉ số SI8 tính từ ảnh VNREDSAT 1 và EC	81
Hình 3. 17: Tương quan giữa chỉ số SI9 tính từ ảnh VNREDSAT 1 và EC	81
Hình 3. 18: Tương quan giữa chỉ số SI10 tính từ ảnh VNREDSAT 1 và EC	82
Hình 3. 19: Bản đồ phân bố đất nhiễm mặn tại một số khu vực nghiên cứu	83

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 1. 1: Bảng liệt kê một số đặc điểm tiêu biểu của đất mặn	11
Bảng 1. 2: Đặc thù đất mặn ở ADDALA, IRAQ (Sehgal, 1980)	12
Bảng 1. 3: Đặc thù đất mặn ở HALANA ABU-SERIES, HALANA, Irắc	13
Bảng 1. 4: Đặc thù đất mặn ở HAMZA-KAZIN SERIES, Irắc (Sehgal 1980)	13
Bảng 1. 5: Các cấp độ độ mặn	15
Bảng 2. 1: Bộ chỉ số nghiên cứu độ mặn trên ảnh Landsat 8	24
Bảng 2. 2: phân chia phạm vi độ mặn:	28
Bảng 2. 3: Một số chỉ số thực vật phổ biến sử dụng trong nghiên cứu xâm nhập mặn	43
Bảng 2. 4: Các kênh chỉ số muối có khả năng ứng dụng cho ảnh Sentinel2 và ảnh LANDSAT	44
Bảng 2. 5: Các chỉ số vật lý khác	45
Bảng 3. 1: Bảng dữ liệu ảnh	50
Bảng 3. 2: Số điểm đo phản xạ phổ trên các loại đất	51
Bảng 3. 3: Phản xạ phổ của nhóm đất gley phèn tiềm tàng	53
Bảng 3. 4: Phản xạ phổ của nhóm đất gley mùn, chua	58
Bảng 3. 5: Phản xạ phổ của nhóm đất phèn tiềm tàng sâu, mặn	60
Bảng 3. 6: Phản xạ phổ của nhóm đất phù sa ít chua, gley	62
Bảng 3. 7: Phản xạ phổ của nhóm đất phèn hoạt động, sâu, mặn	63
Bảng 3. 8: Phản xạ phổ của nhóm đất phèn tiềm tàng, nông, mặn	63
Bảng 3. 9: Phản xạ phổ của nhóm đất xám gley cơ giới nhẹ	64

Bảng 3. 10: Phản xạ phổ của nhóm đất xám cơ giới nhẹ, rất nghèo Bazơ	65
Bảng 3. 11: Các chỉ số được lựa chọn	67
Bảng 3. 12: Thống kê kết quả chiết xuất độ mặn từ ảnh VNREDSAT 1	71
Bảng 3. 13: Kết quả đo thực địa khu vực nghiên cứu	75
Bảng 3. 14: Thống kê các chỉ số đánh giá tương quan độ mặn chiết xuất từ ảnh VNREDSAT 1 và độ mặn đo thực tế	76
Bảng 3. 15: Cấp độ mặn theo FAO	83

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Việt Nam được đánh giá là một trong những quốc gia chịu tác động mạnh mẽ và nặng nề nhất của biến đổi khí hậu. Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến nước ta là rất nghiêm trọng, trong đó xâm nhập mặn là một trong rất nhiều hậu quả do biến đổi khí hậu gây nên. Nước biển dâng kéo theo sự gia tăng cường độ xâm nhập mặn trải dài khắp khu vực ven biển nước ta có thể gây ảnh hưởng tiêu cực đến sinh kế của hàng triệu người dân sống phụ thuộc vào nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản. Nghiên cứu hiện trạng, phân bố và diễn biến xâm nhập mặn và quá trình đất bị mặn hóa qua từng thời kỳ là một phương pháp hiệu quả giúp các nhà quản lý theo dõi, đánh giá được mức độ ảnh hưởng của tình trạng xâm nhập mặn, đồng thời đề xuất được những biện pháp thích ứng phù hợp, đặc biệt trong bối cảnh biến đổi khí hậu đang diễn ra ngày càng phức tạp và khó dự đoán ở nước ta hiện nay.

Các phương pháp giám sát mặn hóa truyền thống cho thấy có những nhược điểm nhất định khi phải lượng hóa sự xâm nhập mặn dựa vào số liệu từ nhiều điểm đo phân bố rời rạc trên một vùng diện tích rộng lớn với nhiều loại hình sử dụng đất khác nhau. Trong khi đó, với nhiều loại tư liệu viễn thám hiện nay như phổ phản xạ mặt đất, ảnh máy bay, ảnh vệ tinh đa phổ, siêu phổ, radar.., công nghệ viễn thám mang đến một phương pháp tiếp cận mới trong việc nghiên cứu, đánh giá diễn biến và phân vùng xâm nhập mặn đồng bộ trên diện rộng.

Trong đề tài này, học viên sẽ đi sâu vào phân tích đặc điểm của các loại đất nhiễm mặn, từ đó ứng dụng công nghệ viễn thám vào việc nhận biết, đánh giá và phân vùng các loại đất nhiễm mặn này để triết tách các thông tin cần thiết hỗ trợ cho các nhà quản lý xác định được mức độ ảnh hưởng của xâm nhập mặn, từ đó có những giải pháp thích hợp với từng địa phương, từng khu vực.

2. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: Luận văn chọn nghiên cứu đất nhiễm mặn thông qua chỉ số mặn tính từ ảnh viễn thám

Phạm vi nghiên cứu:

Đề tài nghiên cứu thử nghiệm trong ranh giới thuộc khu vực huyện Tiền Hải, tỉnh Thái Bình.

3. Mục tiêu của đề tài:

Xây dựng được bản đồ độ mặn khu vực huyện Tiền Hải, tỉnh Thái Bình bằng công nghệ viễn thám và GIS.

4. Nội dung của đề tài:

Để đạt được những mục tiêu đề ra, đề tài sẽ thực hiện các nội dung như sau:

Tìm hiểu ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS trong nghiên cứu.

Tổng quan Nghiên cứu tổng quan phương pháp tích hợp dữ liệu viễn thám với điều kiện tự nhiên và đặc điểm đất mặn

Tìm hiểu tình hình thực tế điều kiện tự nhiên khu vực nghiên cứu.

Thu thập, xử lý ảnh vệ tinh của khu vực thực nghiệm.

Xây chỉ số độ mặn của đất tại khu vực nghiên cứu

Đánh giá tình trạng đất mặn khu vực huyện Tiền Hải, tỉnh Thái Bình bằng công nghệ viễn thám và GIS.

5. Phương pháp nghiên cứu của đề tài

Đề tài sử dụng một số phương pháp chính sau đây:

- *Phương pháp viễn thám:* tính toán các chỉ số mặn
- *Phương pháp GIS:* đề tài sử dụng để trình bày dữ liệu, tích hợp dữ liệu cho khu vực thực nghiệm.

- *Phương pháp thống kê*: đề tài tính tương quan giá trị chỉ số độ mặn với số liệu mặn đo đạc ở thực địa

6. Bố cục của đề tài

Ngoài phần mở đầu và kết luận, luận văn được bố cục thành 3 chương như sau:

Chương 1: Tổng quan các vấn đề đất nhiễm mặn

Chương 2: Phương pháp viễn thám và GIS nghiên cứu nhiễm mặn

Chương 3: Thực nghiệm xây dựng bản đồ độ mặn khu vực huyện Tiền Hải, tỉnh Thái Bình

7. Lời cảm ơn

Luận văn này là sự bày tỏ lòng cảm ơn chân thành của học viên đến TS Phạm Thị Làn, người đã tận tình hướng dẫn về mặt khoa học và hơn thế nữa, không ngừng động viên khuyến khích giúp tôi có lòng tin để hoàn thành luận văn.

Chân thành cảm ơn lãnh đạo trường Đại học Mỏ - Địa chất, Ban chủ nhiệm khoa Trắc địa bản đồ và quản lý đất đai, Ban chủ nhiệm bộ môn Trắc địa mỏ đã hết sức tạo điều kiện về thời gian để học viên yên tâm hoàn thành luận văn.

Xin chân thành cảm ơn đề tài ***“Xác định chỉ số độ mặn của đất sử dụng ảnh viễn thám”***, mã số CNVT20.CS04 đã tạo điều kiện cung cấp số liệu để học viên hoàn thành tốt luận văn.

Một lần nữa, xin chân thành cảm ơn các tập thể, cá nhân đã hết lòng quan tâm giúp đỡ và tạo điều kiện thuận lợi để tác giả có thể hoàn thành được luận văn này. Rất mong được sự góp ý của đồng nghiệp và bạn đọc để luận văn được tốt hơn.

Và cuối cùng, nhưng không kém quan trọng, tôi xin được bày tỏ lòng biết ơn đến gia đình, những người đã thực sự là hậu phương mà nếu thiếu, tác giả luận văn sẽ không thể hoàn thành được bất kỳ công trình nào.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN CÁC VẤN ĐỀ ĐẤT NHIỄM MẶN

1.1. Đất nhiễm mặn và các nguyên nhân gây ra đất nhiễm mặn

1.1.1. Khái niệm đất nhiễm mặn

Đặc điểm phân biệt của đất mặn từ quan điểm nông nghiệp, là đất đó có tồn tại các loại muối hòa tan ở một nồng độ cao hơn bình thường, gây ảnh hưởng xấu đến cây trồng.

Theo định nghĩa tương đối rộng rãi hiện nay trên thế giới, đất mặn là những loại đất có độ dẫn điện lớn hơn 4 m/dS ở 25°C (Richards 1954). Giá trị này thường được sử dụng trên toàn thế giới mặc dù các Ủy ban thuật ngữ của Hiệp hội Khoa học đất của Mỹ đã giới hạn ranh giới giữa nước mặn và đất mặn không đến 2 m/dS trong bão hòa giải nén. Các loại muối hòa tan muối phổ biến nhất hiện nay trong đất mặn là clorua và sunphat canxi, natri và magiê. Nitrat có thể có mặt với số lượng hiếm. Natri và Clorua là các ion chiếm tỉ lệ nhiều nhất trong các loại đất mặn. Nhiều đất mặn có chứa lượng đáng kể của thạch cao ($4\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ... Cacbonat hòa tan luôn vắng mặt. Giá trị pH của đất bão hòa luôn luôn nhỏ hơn 8.2 (Abrol et al 1980).

Ngoài ra, còn có một định nghĩa được sử dụng phổ biến hơn, nhất là trong các trường đại học ở nước ta:

Đất mặn là đất chứa nhiều muối hòa tan (1 – 1,5% hoặc hơn). Những loại muối tan thường gặp trong đất là NaCl, Na_2SO_4 , CaCl_2 , CaSO_4 , MgCl_2 , NaHCO_3 ... Những loại muối này có nguồn gốc khác nhau (nguồn gốc lục địa, nguồn gốc biển, nguồn gốc sinh vật...), nhưng nguồn gốc nguyên thủy của chúng là từ các thành phần khoáng của đá núi lửa. Trong quá trình phong hóa đá, những muối này bị hòa tan di chuyển tập trung ở những dạng đại hình trũng không thoát nước.

1.1.2. Nguyên nhân gây ra đất nhiễm mặn

Nguyên nhân làm đất bị mặn hóa cũng có rất nhiều như địa bàn mà nó phân bố vậy. Nhưng nếu tổng hợp các nguyên nhân lớn làm cho đất mặn thì ta có thể dễ dàng thấy rằng có hai nguyên nhân lớn, đó là :

- *Nguyên nhân khách quan:*

Do các yếu tố tự nhiên: Một trong những nguyên nhân chính gây ra đất nhiễm mặn là sự tác động của môi trường tự nhiên. Nước biển, dòng sông mặn, và cơn lũ có thể mang muối vào các khu vực nội địa và làm tăng nồng độ muối trong đất. Nếu khu vực có hệ thống dẫn nước ngầm mặn, việc sử dụng nước từ các nguồn này cũng có thể làm cho đất trở nên nhiễm mặn.

Điều kiện thổ nhưỡng: Một số đặc điểm của đất và thổ nhưỡng cũng có thể góp phần vào hiện tượng đất nhiễm mặn. Đất có độ thoát nước kém hoặc bị lưu thông nước kém có thể dẫn đến tích tụ muối. Thêm vào đó, đất nghèo dinh dưỡng hoặc có sự thiếu hụt các nguyên tố cần thiết cũng có thể làm tăng khả năng tích tụ muối trong đất.

- *Nguyên nhân chủ quan:* Do quá trình sống, canh tác của con người gây tác động đến các đặc điểm tự nhiên của đất.

Điều kiện thổ nhưỡng: Một số đặc điểm của đất và thổ nhưỡng cũng có thể góp phần vào hiện tượng đất nhiễm mặn. Đất có độ thoát nước kém hoặc bị lưu thông nước kém có thể dẫn đến tích tụ muối. Thêm vào đó, đất nghèo dinh dưỡng hoặc có sự thiếu hụt các nguyên tố cần thiết cũng có thể làm tăng khả năng tích tụ muối trong đất.

Hoạt động con người: Các hoạt động của con người cũng có thể góp phần vào nhiễm mặn đất. Việc tiếp tục sử dụng nước mặn hoặc nước có chứa muối trong các nguồn tài nguyên nước, chẳng hạn như tạo ao nuôi tôm mặn, có thể dẫn đến tăng nồng độ muối trong đất. Ngoài ra, việc sử dụng phân bón chứa nhiều muối mà không có quy trình tưới nước đủ để rửa sạch muối cũng có thể góp phần vào hiện tượng nhiễm mặn đất.

Tóm lại, đất nhiễm mặn là kết quả của sự tác động của nhiều yếu tố, bao gồm tác động tự nhiên và hoạt động con người, như môi trường tự nhiên, tưới tiêu không đúng cách, điều kiện thổ nhưỡng, và các hoạt động như sử dụng nước mặn và phân bón chứa muối.

1.1.2.1 Do các yếu tố tự nhiên

Đất bị nhiễm mặn do sự tích tụ quá mức bình thường của các loại muối hòa tan trong đất. Các muối này chủ yếu là muối của các ion (Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ ...). Do vậy mà các vùng đất mặn thường là các vùng đất ít bị tác động rửa trôi của mưa... như các vùng ít mưa, các vùng khô hạn và bán khô hạn, đất ngày một tích tụ nhiều muối và đất bị mặn hóa. Ở nước ta, đất mặn lại có nguyên nhân là đất nhiễm mặn từ biển, bị nước biển xâm thực... nước biển theo các đường sông, nước ngấm vào sâu trong nội địa... Có các nguyên nhân gây ra hiện tượng đất nhiễm mặn như sau:

a) Do phong hóa khoáng sản cơ sở:

Như ta cũng đã biết, đất có nguồn gốc từ sự phong hóa đá. Các loại đá, bản thân chúng đều có chứa một lượng muối khoáng nhất định. Đây chính là nguồn gốc của muối trong đất. Khi đá trong tự nhiên bị các tác động của các quá trình phong hóa vật lý, phong hóa hóa học gồm có sự thủy phân, sự hydro hóa, sự hòa tan, sự oxy hóa và sự carbonate hóa, các yếu tố cấu tạo nên đá được thả ra dần và làm hòa tan các muối khoáng có trong đá ban đầu. Các muối này nếu không bị rửa trôi đi nơi khác sẽ tích tụ ngay tại vùng đất đó, ngày tháng trôi qua, lượng muối tích tụ ngày một nhiều... và đến một lúc nào đó, chúng thật sự làm cho đất có tính chất của đất mặn - đất đã bị mặn hóa...

b) Do khoáng vật trầm tích:

Dù cho sự phong hóa các khoáng cơ bản là nguồn gián tiếp của hầu hết các muối có thể hòa tan, hẳn có một số ít trường hợp trong đó lượng muối đủ đã tích tụ tại nơi từ đó chỉ nguồn nói trên tạo ra một loại đất mặn. Đất mặn thường xảy ra trong các khu vực nhận muối từ các địa điểm khác, và nước là một thể mang cơ bản.

Đại dương có thể là nguồn muối vì trong đất vật liệu mẹ gồm có trầm tích biển lắng tụ trong thời kỳ địa chất sớm hơn và từ đó đã được nâng lên. Loại đá phiến tại Colorado, Wyoming và Utah là các thí dụ điển hình của trầm tích biển mặn.

c) Do hoạt động núi lửa:

Một vùng mà ta cũng có thể tìm thấy đất mặn nữa là các vùng biển cũ trong nội địa. Nói đến đây ta cũng có thể hiểu tại sao đất ở đây mặn. Do trong quá khứ, khu vực đó là vùng biển, do một biến cố tự nhiên nào đó chẳng hạn như bị núi lửa hoạt động đã vùi lấp, vùng biển này biến mất... nhưng đó chỉ là sự biến mất của chất lỏng, các muối khoáng vô cơ không thể bốc hơi theo hơi nước nên tích tụ lại trên mặt đất, sau này bị trầm tích vùi xuống sâu dưới lòng đất. Đất ở khu vực này trở thành đất mặn. Do vậy, đất ở các khu vực có mỏ muối thường là đất mặn. Ở nước ta thì không có đất mặn được hình thành theo kiểu này, nhưng ở Anh thì có rất nhiều.

d) Do lắng đọng muối vùng ven biển và cửa sông:

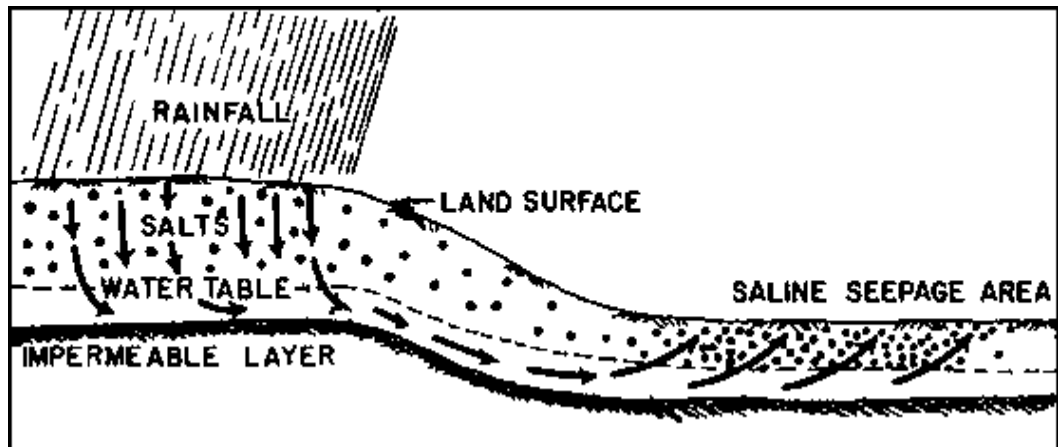
Ngoài ra dựa vào tính chất của đất mặn là đất có chứa một lượng lớn các loại muối hòa tan. Vậy các vùng ven biển ở cửa sông cũng là các vùng ta thường bắt gặp đất mặn, thực tế là vậy. Đất ở đây thường bị mặn hóa do đất bị nhiễm mặn từ biển vào. Các loại muối từ biển sẽ theo các mao nước trong đất xâm nhập cận vào đất liền. Đặc biệt trong các mùa khô, khi mực nước sông thấp, áp lực nước ngọt không đủ sức ngăn nước biển vào... nước biển sẽ theo đường sông xâm nhập sâu vào trong nội địa...gây thiệt hại nặng cho các ngành nông nghiệp. Và như vậy, đất sản xuất bình thường đã trở thành đất mặn.

e) Do lắng đọng muối trong lục địa:

Đại dương là nguồn muối trên đất thấp dọc theo duyên hải. Tuy nhiên, phổ biến hơn, nguồn muối trực tiếp là nước mặt và nước ngầm. Tất cả các loại nước trên chứa muối đã hòa tan, liều lượng tùy thuộc vào hàm lượng muối trong đất và vật liệu địa chất mà nước đã tiếp cận. Nước có tác dụng như là nguồn muối khi được sử dụng để tưới. Nước còn có thể thêm muối vào đất trong điều kiện tự nhiên, hay khi nước tràn ngập vùng đất thấp hay khi nước ngầm dâng cao gần mặt đất.

f) Do gió mang muối vào:

Ngoài các nguyên nhân trực tiếp hoặc gián tiếp từ đại dương, thỉnh thoảng muối được di chuyển vào trong đất liền thông qua sự chuyển tải bằng gió và được gọi là muối theo chu kỳ (Teakle, 1937).



Hình 1. 1: Sự tích tụ muối ở các vùng trũng, thấp

1.1.2.2 Do các yếu tố nhân tạo

Ngoài việc tích tụ trong đất do các tiến trình tự nhiên, muối cũng có thể được tích tụ do tác động của con người thông qua các hoạt động sau:

a) Do tưới tiêu:

Tưới tiêu không hợp lí của con người trong quá trình canh tác là nguyên nhân gây tích tụ muối trong đất. Vì nước tưới thường là nước lấy trực tiếp từ các sông... Nước này thường chứa một lượng muối khoáng lớn (do nhận được từ các vùng đất khác nhau mà nó chảy qua). Khi tưới, vì một lí do nào đó, hoặc do tưới quá nhiều, lượng muối này không được cây trồng sử dụng hết, lại không bị rửa trôi đi nơi khác, nó sẽ tích lại... và ngày càng làm cho đất bị nhiễm mặn.

Do việc con người sử dụng nước đầu nguồn quá mức làm cho mực nước ở các sông thấp xuống, điều này cũng là nguyên nhân làm cho đất bị nhiễm mặn do nước biển xâm lấn sâu vào trong nội địa.

Bài toán về độ mặn quan trọng kinh tế chính đặt ra khi đất không mặn trước trở nên mặn do việc tưới nước. Loại đất trên thường nằm ở trong các thung lũng gần sông suối, và, vì trường hợp có thể được tưới nước vùng đất cao hơn thường được chọn để trồng trọt. Trong khi các loại đất trên có thể được tiêu nước tốt và không mặn trong điều kiện tự nhiên, việc tiêu nước có thể không thích hợp cho việc tưới nước. Khi muốn tưới nước cho đất mới nông dân thường thất bại trong việc nhìn nhận yêu cầu để xác lập tiêu nước nhân tạo khi muốn sử dụng nước bổ sung hay các muối có thể hòa tan.. Như là một kết quả, mực nước ngầm có thể dâng cao từ một chiều sâu rất lớn đến một số ít bộ anh trên mặt đất trong một số năm. Trong thời kỳ phát triển đầu của các dự án tưới tiêu, nước thường đầy đủ và có một xu thế sử dụng nước quá mức. Điều nói trên đẩy nhanh sự nâng cao mực nước ngầm. Nước được sử dụng để tưới có thể chứa từ 0,1 đến nhiều bằng 5 tấn muối cho mỗi mẫu-bộ anh nước, và việc sử dụng nước hàng năm có thể lên đến 5 bộ anh hay hơn. Do đó, lượng rất lớn muối có thể hòa tan có thể được bổ sung vào đất có tưới trong thời gian tương đối ngắn. Khi mực nước ngầm cao lên trong khoảng 5-6 bộ anh trên mặt đất, nước ngầm di chuyển lên phía trên vào vùng hoạt động của rễ và lên trên mặt đất. Trong điều kiện như trên, nước ngầm, cũng như nước tưới, góp phần vào việc mặn hóa đất.

b) Do sa mạc hóa:

Quá trình tích lũy các loại muối trung tính hòa tan được gọi là quá trình mặn hóa. Đất mặn xảy ra trong phần lớn các vùng có thời tiết khô và nửa khô. Trong điều kiện ẩm, muối có thể hòa tan ngay từ đầu. Trong vật liệu thổ nhưỡng và vật liệu được tạo ra bởi sự phong hóa khoáng chất thường được mang xuống nước ngầm và cuối cùng được chuyển tải qua các sông suối đến đại dương. Vì vậy, đất mặn về thực hành không hiện hữu tại vùng ẩm ướt trừ khi đất đã là đối tượng của nước biển trong tam giác châu sông và các đất thấp khác gần biển. Trong các vùng khô, sự trực di và sự chuyển tải các muối có thể hòa tan ra biển không trọn vẹn như tại vùng ẩm ướt. Sự trực di thường là cục bộ về bản chất và các muối có thể hòa tan có thể không bị chuyển tải đi xa. Điều nói trên xảy ra không chỉ vì thiếu vũ lượng

để trực di và chuyển tải muối mà còn vì tỷ lệ bốc hơi cao đặc trưng của thời tiết khô, có xu thế tập trung các muối trong đất và trong nước mặt.

Sự tiêu nước bị giới hạn là một yếu tố thường góp phần vào sự mặn hóa đất và có thể liên quan đến sự hiện diện của mực nước ngầm cao hay độ thấm thấu trong đất thấp. Mực nước ngầm cao thường có liên quan đến địa hình, Do vũ lượng thấp trong vùng khô hạn, đường tiêu nước mặt có thể được phát triển kém. Như là một hệ quả, có các bề tiêu nước không có đầu ra cho các dòng chảy thường xuyên. Việc tiêu nước có muối khỏi đất cao trong lưu vực có thể nâng cao mực nước ngầm lên mặt đất, có thể tạo ra lụt lội tạm, hay có thể tạo thành hồ có muối thường xuyên. Trong điều kiện như trên, di chuyển lên trên nước ngầm mặn hay bốc hơi nước mặt tạo ra đất mặn. Do đó, chừng mực vùng đất mặn đã hình thành có thể thay đổi từ một vài mẫu anh đến hàng trăm dặm vuông. Nhiều loại đất mặn tại Anh quốc đã được hình thành theo phương pháp nói trên. Các vùng tương tự xảy ra trên khắp các bang miền Tây. Chúng thường được xem như là các hồ khô.

1.2. Đặc điểm, phân bố đất nhiễm mặn

Đặc điểm

Độ dẫn điện

Nước nguyên chất có độ dẫn điện rất kém, nhưng khi cho muối vào nước, độ dẫn điện của nước sẽ tăng. Vì vậy độ dẫn điện của nước có tương quan với nồng độ muối. Độ dẫn điện được kí hiệu là EC, xác định bằng EC meter, đơn vị đo là decisiemens/mét (dS/m).



Hình 1. 2: Đất khô cằn, kết tinh muối trắng trên bề mặt là đặc điểm nhận dạng đất mặn

Hiện nay, để xác định EC của đất, người ta có thể dùng điện cực cắm thẳng vào đất và đọc giá trị EC.

Tình trạng Natri trong đất

Có hai khái niệm dùng để diễn tả tình trạng Natri trong đất.

Phần trăm Natri trao đổi (ESP): Xác định mức độ bão hòa Na trên phức hệ trao đổi.

Khi ESP = 15, pH có thể đạt đến 8.5

$$\text{ESP} = (\text{Na trao đổi (cmol}_c\text{/kg) / khả năng trao đổi cation (cmol}_c\text{/kg)} \times 100)$$

Tỉ lệ hấp phụ Natri (SAR): Là tính chất thứ hai được sử dụng phổ biến hơn ESP do SAR cho thấy nồng độ cả Na^+ và Ca^{2+} , Mg^{2+} trong dung dịch.

$$\text{SAR} = [\text{Na}^+] / (1/2([\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]))^{1/2}$$

Với $[\text{Na}^+]$, $[\text{Ca}^{2+}]$, $[\text{Mg}^{2+}]$ là nồng độ của Natri, Canxi, Magiê trong dung dịch, tính bằng mol/lít. Tác hại của ion Na^+ sẽ giảm khi có sự hiện diện của các cation Ca, Mg. Dưới đây là bảng liệt kê một số đặc điểm tiêu biểu của đất mặn.

Bảng 1. 1: Bảng liệt kê một số đặc điểm tiêu biểu của đất mặn

Đặc điểm	Đất mặn
----------	---------

1. Hóa chất	a. muối trung tính bao gồm các clorua và sunphat canxi, natri và magiê chiếm tỉ lệ cao trong thành phần ion của đất mặn.
	b. pH của đất mặn thấp hơn 8.5
	c. Độ dẫn điện của đất mặn luôn lớn hơn 4 m / dS ở 25°C.
	d. tỉ lệ trao đổi Natri: $ESP < 15$. Tỉ lệ hấp phụ Natri: $SAR < 13$
	e. Mặc dù Na thường là cation hòa tan chiếm ưu thế, các giải pháp đất cũng chứa số lượng đáng kể các cation hóa trị hai, ví dụ như Ca và Mg.
	f. Đất có thể chứa một lượng đáng kể các hợp chất canxi hòa tan ít, ví dụ như thạch cao.
2. Vật lý	a. Trong sự hiện diện của muối hòa tan vượt quá trung tính làm phá vỡ cấu trúc của đất.
	b. Tính thấm của đất nước và không khí kém hơn so với đất bình thường
3. Ảnh hưởng về tăng trưởng thực vật	Trong đất mặn tăng trưởng thực vật có ảnh hưởng bất lợi:
	a. Thông qua tác dụng của muối dư thừa về áp suất thẩm thấu của dung dịch đất và kết quả là giảm lượng nước trong cơ thể thực vật. Có thể làm thực vật mất nước và chết.
	b. Có thể gây ngộ độc với một số loại thực vật thông qua độc tính của các ion cụ thể, ví dụ như Na, Cl, B, vv;
4. Cải tạo đất	Cải thiện đất mặn chủ yếu yêu cầu loại bỏ các muối hòa tan trong tầng đất mặt thông qua thẩm thấu và thoát nước.

5. Địa lý phân phối	Đất mặn có xu hướng chiếm ưu thế ở các vùng khô cằn và bán khô hạn. Ngoài ra còn phân bố ở những vùng trũng, cửa sông, ven biển...
6. Chất lượng nước mặt đất	Nước ngầm ở các khu vực chi phối bởi đất mặn có nồng độ điện nói chung và nồng độ các muối cao.

Đặc điểm thành phần của một số loại đất nhiễm mặn

Bảng 1. 2: Đặc thù đất mặn ở ADDALA, IRAQ (Sehgal, 1980)

Độ sâu cm	Cơ cấu%				pHs	ECE dS/m	Thành phần chiết suất bão hòa me/l					SAR
	Chất hữu cơ %	Clay <2 m	Đất bùn (20-50 m)	Sand (50 m - 2 mm)			Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	
0-15	1.1	39	46	15	7.4	12	20	78	30	111	16	2.7
15-37	0.9	40	46	14	7.6	13	48	70	30	123	20	6.7
37-66	0.6	43	51	6	7.9	10	66	30	28	87	42	12.0
66-127	0.6	37	52	11	7.9	14	106	40	26	93	68	18.0
127-136	0.5	37	55	8	7.9	15	123	32	38	105	96	22.0

* PH_s - pH đo được trên nền đất ngập dãn.

Bảng 1. 3: Đặc thù đất mặn ở HALANA ABU-SERIES, HALANA, Irắc

Độ sâu cm	Cơ cấu%				pHs	ECE dS/ m	Composition of the Saturation Extract me/l					SAR
	Chất hữu cơ%	Clay <2 m	Đất bùn	Sand (50m -2mm)			Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	

			(20-50 m)									
0-17	1.1	49	49	2	7.0	49	320	164	178	618	26	24
17-57	0.7	53	46	1	7.2	49	378	160	178	648	36	29
57-85	0.6	48	52	1	7.4	45	366	90	166	540	68	41
885-108	0.5	51	48	1	7.5	39	355	70	126	468	62	35
108-123	0.5	45	54	1	7.7	48	488	60	188	165	96	44

Bảng 1. 4: Đặc thù đất mặn ở HAMZA-KAZIN SERIES, Irắc (Sehgal 1980)

Độ sâu cm	Cơ cấu%				pHs	ECE dS/m	Composition of the Saturation Extract me/l					SAR
	Chất hữu cơ%	Clay <2 m	Đất bùn (20-50 m)	Sand (50 m-2 mm)			Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	
0-17	1.3	38	56	6	7.5	75	690	280	320	1140	258	40
17-48	0.4	37	55	8	8.0	33	330	78	32	5315	100	44
48-75	0.3	27	66	7	8.1	26	282	42	50	216	144	41
75-128	0.2	14	29	57	8.2	14	141	20	20	78	96	31
128 -150	0.2	15	32	53	8.3	14	123	20	18	78	88	28

Đặc điểm của một số nhóm đất nhiễm mặn

Đất mặn sú vẹt đước:

Có diện tích khoảng 105318ha, chiếm 0,34% diện tích đất tự nhiên toàn quốc và 10,63% diện tích của nhóm đất mặn. Loại đất này có phản ứng trung tính và kiềm yếu, hữu cơ, các nguyên tố dinh dưỡng có hàm lượng trung bình và khá, tỷ lệ Mg² tương đương Ca². Tổng số muối tan lớn hơn 1% và Cl⁻ lớn hơn 0,25%.

Đất mặn sú vẹt được ở dạng chưa thuần thực, tầng mặt thường dờ đất dờ nước đang trong quá trình bồi lắng, dạng bùn lỏng lầy ngập, Bao hòa NaCl, gây mạnh. Ở Miền Bắc có thành phần cơ giới trung bình và nặng ở Nam Bộ.

Đất mặn nhiều:

Có diện tích khoảng 133288ha. Chiếm 0,42% diện tích đất tự nhiên cả nước và 15,0% diện tích đất mặn. Thường có Cl^- lớn hơn 0,25% , tổng số muối tan lớn hơn 1%. Về mùa mưa các trị số trên thường hạ thấp hơn. Tỷ lệ $Ca^{2+}/Mg^{2+}<1$. Đất mặn nhiều thường chứa các chất dinh dưỡng trung bình đến khá. Nhất là ở Nam Bộ. Thành phần cơ giới từ sét đến limon hay thịt pha sét. Đất mặn ở Nam Bộ thường có thành phần cơ giới nặng hơn và sâu hơn. Đất mặn ở Miền Bắc thường có thành phần cơ giới trung bình và có nền cát hay cát pha ở độ sâu chưa đến 100cm, và ở độ sâu khoảng 50-80cm thường gặp lớp cát xám xanh có xác vỏ xò, ốc biển.

Đất mặn trung bình và ít:

Có diện tích khoảng 732584ha, loại đất này chiếm 2,4% diện tích đất tự nhiên toàn quốc và khoảng 75% diện tích của nhóm đất mặn. Kết quả phân tích nhiều mẫu đất mặn trung bình và ít cho thấy: Mức độ Cl nhỏ hơn 0,25% và EC <4ms/cm, đất có phản ứng trung tính, xuống sâu pH có tăng lên do nồng độ muối cao hơn tỷ lệ $Ca^{2+}/Mg^{2+}<1$, mùn, đạm trung bình, lân trung bình và nghèo.

Đặc trưng phẫu diện

A(0-15cm) màu xám nâu ẩm, thịt pha sét, cấu trúc cục trung bình, ít lỗ hổng, dẻo hơi chặt, có vết vàng nhỏ lẫn ít rễ cây, chuyển lớp từ từ.

AC(15-60cm) màu nâu ẩm thịt pha sét, rất ít lỗ hổng, chặt, cấu trúc không rõ, chuyển lớp từ từ.

B(60-97cm) màu nâu hơi xám, ướt, sét pha limon, rất ít lỗ hổng, chặt, có vết gây yếu, chuyển lớp rõ.

C(97-160cm) màu nâu đen, ướt, thịt pha sét, gây yếu, dẻo, chặt.

1.3. Phân loại đất nhiễm mặn

Chỉ tiêu phân loại

Dựa vào các chỉ số EC, ESP, SAR, và pH để phân loại đất mặn.

Quá trình tích lũy các loại muối trung tính hòa tan được gọi là quá trình mặn hóa. Các muối này bao gồm chủ yếu là các anion Cl^- , SO_4^{2-} và các cation Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} và K^+ . Nồng độ các muối này trong đất mặn rất cao, làm ngăn cản sự sinh trưởng của thực vật. EC của dịch trích baoxi hòa $>4\text{dS/m}$. Các muối hòa tan thường tích tụ ở mặt đất do sự bốc hơi nước, hình thành nên những lớp muối trắng, vì vậy còn gọi đất này là đất kiềm trắng.

Ca và Mg chiếm tỉ lệ cao trong phức hệ trao đổi của đất mặn, do đó ESP thường nhỏ hơn 15 và pH thường lớn hơn 8.5

Đôi khi nồng độ Na^+ trong đất mặn cao hơn Ca^{2+} và Mg^{2+} do sự hiện diện của muối Na hòa tan. Tuy nhiên do áp lực của Ca và Mg cao nên $\text{SAR} < 13$.

Sự sinh trưởng kém của thực vật trên đất mặn chủ yếu là do tính chất vật lí của đất bị xấu, các keo đất bị phân tán mạnh do nồng độ Na cao.

Theo USDA, độ mặn của đất được chia làm 4 cấp độ.

Bảng 1. 5: Các cấp độ độ mặn

Cấp độ mặn	Quy ước	$\text{EC}_{\text{se}}(\text{mS/cm})$	Tổng muối hòa tan (%)
0	Không mặn	0-2	$<0,15$
1	Mặn ít	4-8	0,15-0,35
2	Mặn trung bình	8-15	0,35-0,65
3	Mặn nhiều	>15	$>0,65$

Ngoài ra, ta còn một loại đất trung gian giữa đất mặn và đất kiềm. Ở đây xin được phép xem như nó là một loại đặc biệt của đất mặn do nó cũng có một số tính chất của đất mặn.

Đất mặn kiềm có tính chất trung gian giữa đất mặn và đất kiềm. Đất mặn kiềm chứa các muối trung tính như đất mặn, $EC > 4dS/m$, nhưng có $ESP > 15$, $SAR > 13$. Sự sinh trưởng của thực vật kém do nồng độ muối cao, và nồng độ Na cao.

Tính chất vật lý, hóa học của đất mặn kiềm cũng tương tự như đất mặn, do ảnh hưởng của các muối trung tính. Các muối này di chuyển đến gần các hạt keo mang điện tích (-), do đó làm giảm sự phân tán của các cation.

Nhưng sự phân tán keo đất xảy ra nhanh chóng khi các muối hòa tan bị rửa trôi, nhất là khi sử dụng nước rửa chứa nhiều Na^+ , hay nước rửa có SAR cao. Trong trường hợp này do nồng độ Na trao đổi và pH sẽ cao, làm phân tán keo đất.

1.4. Các phương pháp nghiên cứu đất nhiễm mặn

1.4.1. Nghiên cứu và lập bản đồ đất nhiễm mặn bằng phương pháp viễn thám

Việc nghiên cứu và lập bản đồ đất nhiễm mặn rất phức tạp. Sự phân bố của đất bị ảnh hưởng bởi muối được phản ánh bởi các biến thể trong mực nước ngầm và quá trình khoáng hóa kết hợp với ảnh hưởng của địa hình. Sự không đồng nhất về không gian của đất mặn và đất kiềm có thể được nhìn thấy bằng sự tương phản tông màu trong hình ảnh trên các ảnh viễn thám đã qua xử lý (do sự thay đổi trong hàm lượng mùn và sự hiện diện của bột silic và sự sủi bọt muối) và cả trên bề mặt thảm thực vật (do sự ức chế tăng trưởng của độ mặn và độ kiềm lên thực vật và sự khác biệt về độ nhạy của cây trồng và các cây tự nhiên với các mức độ ẩm đất do ảnh hưởng của biến động của mực nước ngầm). Điều này làm cơ sở cho việc áp dụng phương pháp viễn thám trên khu vực diện tích lớn kết hợp với khảo sát thực địa truyền thống trong nghiên cứu và lập bản đồ đất nhiễm mặn và kiềm.

Việc sử dụng ảnh viễn thám đa phổ kết hợp với kỹ thuật phân loại và xử lý ảnh hiện là phương pháp hiệu quả để lập bản đồ đất nhiễm mặn. Phương pháp này cần thực hiện các bước sau:

Giai đoạn chuẩn bị

- Thu thập và sắp xếp trình tự các thông tin liên quan đến tình trạng môi trường, các dữ liệu bản đồ và dữ liệu phân tích có sẵn.
- Lập một danh sách sơ lược các loại đất được đánh giá bởi cấu trúc dự đoán của lớp phủ đất.
- Biên soạn bản đồ che phủ đất dựa trên dữ liệu viễn thám, sử dụng ảnh vệ tinh có độ phân giải cao hoặc ảnh viễn thám trên không bao gồm cả việc sử dụng máy bay không người lái (UAV), v.v.

Xây dựng bản đồ phác thảo đất nhiễm mặn dựa trên ảnh vệ tinh

Các ứng dụng rộng rãi nhất của việc sử dụng ảnh vệ tinh để xây dựng bản đồ phác thảo các khu vực đất nhiễm mặn trong môi trường khô hạn của các vùng thảo nguyên khô dựa trên sự khác nhau giữa các tông màu hình ảnh của các dải phổ. Đây là một phương pháp lập bản đồ gián tiếp đáng tin cậy liên quan đến việc sử dụng các chỉ số phyto của đất bị ảnh hưởng bởi muối dựa trên dữ liệu MSI từ các ảnh vệ tinh có độ phân giải cao hoặc cực cao (ví dụ: Vnredsatsat-1, Spot, Landsat, Terra, Pleiades).

Ảnh xạ đất mặn dựa trên MSI tuân theo các thuật toán trong quá trình xử lý được chia thành một số giai đoạn:

Giai đoạn xử lý ảnh ban đầu: Đây là giai đoạn thực hiện các hiệu chỉnh hệ thống, đo bức xạ, khí quyển và hiệu chỉnh hình học, hiệu chỉnh phép đo phóng xạ, tăng độ tương phản hình ảnh và lọc không gian.

Giai đoạn phân tích thống kê hình ảnh: Trong giai đoạn này, số lượng các lớp đất cần phân tích được tối ưu để xác định cho giai đoạn tiếp theo là phân loại hình ảnh. Xử lý kỹ thuật số và phân loại hình ảnh để tạo ra một bản đồ phác thảo phản ánh vị trí tương đối của các khu vực cần nghiên cứu. Sau cùng các khu vực được

phân định bằng tọa độ địa lý và được phân biệt bởi các tham số quang học bề mặt của chúng.

1.4.2. Điều tra thực địa

Đây là công việc cần thiết để xác minh độ chính xác của bản đồ phác thảo khu vực cần nghiên cứu (đầu ra dữ liệu viễn thám) trên mặt đất. Giai đoạn này cũng bao gồm khảo sát thực địa để xác nhận tương tác môi trường đất và danh sách các loại đất.

Trong khảo sát thực địa kiểm tra nhiễm mặn đất cần thiết tạo các hố để kiểm tra lõi đất, các lớp cấu trúc đất. Các loại đất của phức hợp (Solonetz và Solonchak) được xác định trên cơ sở cấu trúc hình thái của đất sau đó phân tích trong phòng thí nghiệm để xác nhận nguồn gốc và phân loại vị trí phân bố của các loại đất này.

Các mẫu được lấy từ đất mặn và kiểm được phân tích kỹ càng, đặc biệt đến việc xác định hàm lượng mùn, phân bố kích thước hạt, khả năng trao đổi cation, tỷ lệ hấp thụ natri và thành phần cation-anion của chiết xuất nước.

Dữ liệu thu được cho phép xác định, phân loại được các loại đất qua đó hoàn thành bản đồ đất để làm cơ sở cho các khuyến nghị tiếp theo để giám sát và cải tạo các vùng đất nhiễm mặn.

CHƯƠNG 2. PHƯƠNG PHÁP VIỄN THÁM VÀ GIS TRONG NGHIÊN CỨU NHIỄM MẶN

2.1. Các nghiên cứu về nhiễm mặn tại Việt Nam

Trong thời gian gần đây, việc ứng dụng khoa học công nghệ trong giám sát và đánh giá xâm nhập mặn được các nhà khoa học trong nước tiến hành nghiên cứu dưới nhiều phương pháp khác nhau. Xâm nhập mặn có xu hướng ngày càng trầm trọng hơn là do rất nhiều nguyên nhân, trong đó biến đổi khí hậu có ảnh hưởng trực tiếp và lớn nhất. Nhóm tác giả Trần Quốc Đạt, Nguyễn Hiếu Trung và Kanchit Likitdecharote thuộc trường Đại học Cần Thơ và Đại học Chulalongkorn - Thái Lan đã tiến hành nghiên cứu mô phỏng xâm nhập mặn đồng bằng sông Cửu Long dưới tác động của nước biển dâng và sự suy giảm lưu lượng nước từ thượng nguồn. Trong nghiên cứu này, xâm nhập mặn ở đồng bằng sông Cửu Long được mô phỏng cho những kịch bản khác nhau của mực nước biển dâng và lưu lượng thượng nguồn giảm bằng mô hình MIKE11. Mô hình được xây dựng dựa trên cơ sở dữ liệu của hai năm 1998 và 2005. Kết quả mô phỏng xâm nhập mặn năm 1998 được chọn kịch bản gốc so sánh với bốn kịch bản xâm nhập mặn vào các năm 2020 và 2030. Bốn kịch bản này được xây dựng dựa trên kịch bản CRES B2, kịch bản tăng diện tích nông nghiệp và kịch bản diện tích nông nghiệp không đổi. Hai kịch bản đầu là khi mực nước biển dâng 14 cm và lưu lượng thượng nguồn giảm 11% và 22%. Kịch bản số ba và bốn là khi mực nước biển dâng 20cm và lưu lượng thượng nguồn giảm 15%. Kết quả mô phỏng cho thấy rằng độ mặn 2,5g/l xâm nhập 14 km sâu hơn kịch bản

gốc năm 1998. Ngoài ra xâm nhập mặn cũng tác động hầu hết các dự án ngăn mặn ở đồng bằng sông Cửu Long. Việc phát triển hệ công cụ hỗ trợ nghiên cứu gồm 4 Modul chức năng: GIS (Geography Information System) – Viễn thám – Modelling – Database có tên gọi là Geoinformatics đã được Viện Môi trường và Tài nguyên Đại học Quốc gia TP.HCM nghiên cứu và áp dụng. Một trong những ứng dụng của nó là dự báo diễn biến biên mặn trên hệ thống dòng chảy sông Đồng Nai, sông Sài Gòn nhằm phục vụ việc quy hoạch, xác định cơ cấu cây trồng phù hợp và triển khai hoạt động nuôi trồng thủy sản an toàn. Nghiên cứu sử dụng công cụ toán học là phần mềm MK4 của PGS.TS Lê Song Giang. Từ dữ liệu, số liệu ban đầu của năm 2002, phần mềm MK4 cho phép xây dựng những kịch bản diễn biến biên mặn cho những năm tiếp theo theo mùa và theo các kịch bản xả lũ của các hồ chứa ở thượng nguồn. Kết quả của nghiên cứu cho thấy sự dịch chuyển khá lớn về biên mặn của mùa khô và mùa mưa. Năm 2009, nhóm nghiên cứu thủy văn và môi trường gồm các chuyên gia thuộc trường Đại học khoa học tự nhiên và Đại học quốc gia Hà Nội đã áp dụng mô hình MIKE 11 để đánh giá tình hình xâm nhập mặn trên hệ thống sông Bến Hải và Thạch Hãn cho kết quả tốt. Việc hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực và lan truyền chất được thực hiện với bộ số liệu đo đạc quan trắc tháng 8 năm 2007. Để dự báo tính hình xâm nhập mặn đến năm 2020, các điều kiện biên được kết hợp giữa việc dự báo tình hình sử dụng nước thượng nguồn kết hợp với các kịch bản nước biển dâng. Kết quả mô phỏng bằng mô hình cho thấy, đến năm 2020 mặn có thể xâm nhập khá sâu vào đồng bằng. Điều đó sẽ đặt ra những thách thức cho hoạt động canh tác cây nông nghiệp sử dụng nguồn nước tưới từ sông nhưng đồng thời cũng tạo ra thời cơ tăng diện tích sản xuất cho ngành nuôi trồng thủy sản nước lợ [1].

Nghiên cứu của tác giả Trần Thị Phương Dung về “ứng dụng ảnh viễn thám Modis phân vùng ảnh hưởng xâm nhập mặn tỉnh Bến Tre năm 2012” sử dụng 12 ảnh Modis trong 1 năm, nghiên cứu chỉ số NDVI biến động qua từng tháng trong năm. Phân tích cho đối tượng : lúa và thủy sản dựa trên lịch mùa vụ lúa và lịch nuôi trồng thủy sản, từ đó gián tiếp suy ra độ mặn của các khu vực ở các mức mặn, lợ, ngọt.

2.2. Các nghiên cứu nhiễm mặn trên thế giới

2.2.1. Một số nghiên cứu độ mặn sử dụng ảnh LANDSAT

2.2.1.1. Khu vực bán sa mạc Ethiopia

Nghiên cứu của Engdawork Asfaw và cộng sự tại khu vực trang trại mía tại Ethiopia. Sử dụng ảnh Landsat TM năm 2012 cùng bộ chỉ số độ mặn như hình 3 [1].

Table 1 Formula used to analyze soil salinity and vegetation indices.			
No	Index name	Formula	Reference
1	Salinity index (SI)	$\sqrt{\text{Band 3} * \text{Band 4}}$	Dehni and Lounis (2012)
2	Brightness Index (BI)	$\sqrt{B3^2 + B4^2}$	Khan et al. (2005)
3	Normalized difference salinity index (NDSI)	$[(\text{Band 3} - \text{Band 4}) / (\text{Band 3} + \text{Band 4})]$	Khan et al. (2005)
4	Vegetation Soil Salinity Index (VSSI)	$2 \times \text{Band 2} - 5 \times (\text{Band 3} + \text{Band 4})$	Dehni and Lounis (2012)
5	Normalized differential vegetation index (NDVI)	$[(\text{Band 4} - \text{Band 3}) / (\text{Band 3} + \text{Band 4})]$	Khan et al. (2005)
6	Soil adjusted vegetation index (SAVI)	$\text{SAVI} = (1 + L) \frac{\text{Band 4} - \text{Band 3}}{\text{Band 4} + \text{Band 3}}$	Alhammadi and Glenn (2008)

Hình 2. 1: Bộ chỉ số độ mặn Landsat TM

2.2.1.2. Nghiên cứu tại khu vực Oran Region of Algeria

Nghiên cứu do Abdellatif Dehni và cộng sự thực hiện năm 2012 [2], tại khu vực đồng bằng Es-Sénia của Oran. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu được sử dụng: sử dụng ảnh viễn thám đa thời gian Landsat TM trong giai đoạn 1987-2009, các báo cáo khảo sát đất được công bố, bản đồ đất, bản đồ của Oran, báo cáo điều tra dân số, báo cáo chất lượng nước cho khu vực nghiên cứu, được thu thập và sử dụng trong quá trình giải thích và công việc thực địa. Độ mặn là một đặc điểm tự nhiên của đất, nhưng độ mặn là do hoạt động của con người cụ thể gây ra. Độ mặn được xác định bởi sự tích tụ muối hòa tan trong đất. nhóm nghiên cứu đã sử dụng cơ sở dữ liệu thủy hóa nước để mô tả tính chất độ mặn của đất và độ kiềm để phân định đất bị ảnh hưởng của muối và quy trình phân loại trong Hệ thống GIS. Thực

hiện cơ sở dữ liệu hóa học của nước với 246 các giếng khoan (NAHR: Cơ quan Thủy lợi Quốc gia) và 46 mức nước ngầm (SAR "Giá trị Hấp thụ Natri", PH, SR "Phần còn lại của Sec", Độ dẫn điện, vv) và 81 mức nước ngầm cho phù sa Es-Sénia. Nhóm tác giả đã sử dụng phần mềm "Visual Visualization Imaging" của ENVI để hiệu chỉnh và hủy bỏ sự khiếm khuyết của các cảm biến LANDSAT (hiệu ứng tiếng ồn LANDSAT ETM + sau năm 2002), Các đồ tạo tác hình ảnh như dải, dải, và sự dịch chuyển tương quan quét được loại bỏ trước khi hiệu chỉnh phóng xạ, và những hiệu chỉnh này không thể đảo ngược được. Sử dụng mô-đun địa hình (thay thế dữ liệu xấu) thành khoảng [0 - 1] cho tất cả các dải LANDSAT. Tất cả hình ảnh được xuất dưới dạng tập tin Geotiff raster cho phần mềm IDRISI (để xử lý hình ảnh và phân loại dữ liệu).

Về xử lý ảnh, đầu tiên sử dụng các mô-đun COMPOSITE và STRETCH (IDRISI) để tạo ra hai hình ảnh mới và sau đó phân tích tỷ lệ của chúng. Mô-đun COMPOSITE nhận dữ liệu nhận được ở các kênh thứ nhất, thứ 2 và thứ 4 và chức năng STRETCH tạo ra độ tương phản cân bằng biểu đồ. Lược đồ thứ hai sử dụng hàm ISOCLUST của GIS IDRISI thực hiện phân loại dựa trên các hình ảnh được tạo cụ thể (thông qua các chỉ số độ mặn và PCA (Thành phần chính). Cách phân loại được thực hiện với việc sử dụng các chức năng đặc biệt của GIS. Trong IDRISI Windows, chúng là lọc, giãn và ghép. Những GIS này chức năng tăng tỷ lệ tín hiệu nhiễu trong dữ liệu vệ tinh và đề xuất sử dụng hiệu quả nhất thông tin chứa trong các kênh phổ khác nhau. Vấn đề phân định các khu vực bị ảnh hưởng bởi muối thường là kèm theo vấn đề xác định các vùng có nguy cơ bị ngập nước, thứ hai là thường được giải quyết trên cơ sở xử lý dữ liệu ban thứ tư (ETM + 4). Trường hợp đó là độ tương phản thấp giữa các khu vực cần được mô tả và các lớp bề mặt khác. Để giải quyết điều đó thì "Chỉ số nước" được đề xuất:

$$\begin{aligned} \text{Water_Index} &= \text{COMP124} / \text{ETM4_STR} \\ \text{COMP124} &= 6 * \text{ETM2} + 36 * \text{ETM4} \end{aligned}$$

Nó được thu được bằng cách sử dụng mô-đun COMPOSIT của với kiểu độ tương phản được xác định là tuyến tính với mức bão hòa là 2,5%. Tham số

ETM4_STR là dữ liệu vệ tinh nhận được trong dải phổ thứ 4 và kéo dài với việc sử dụng mô-đun STRETCH trong chế độ cân bằng biểu đồ. Các thành tựu chính của quy trình được mô tả là hành động nhận được hình ảnh nơi các đối tượng nước (bao gồm khu vực ngập nước). Điều này đã trở thành có thể do kéo dài ETM + 4 và sử dụng nó theo cách được mô tả trong (2). Nhóm tác giả đã tính toán một hình ảnh tổng hợp màu sử dụng ba chỉ số: NDSI, Chỉ số nước và NDVI.

$$SI(\text{Salinity_Index}) = \text{SQRT} (ETM3 * ETM4)$$

$$NDSI = (ETM3 - ETM4) / (ETM3 + ETM4)$$

$$IS_Modified = [\text{SQRT} (ETM3)^2 + (ETM4)^2]$$

$$VSSI = 2 * ETM2 - 5 * (ETM3 + ETM4)$$

$$\text{Brightness_Index} = \text{SQRT} [(ETM3)^2 + (ETM4)^2]$$

$$\text{Salinity Ratio} = (ETM3 - ETM4) / (ETM2 + ETM4)$$

$$NDBI = (ETM6 - ETM4) / (ETM6 + ETM4)$$

$$NDVI = (ETM4 - ETM4) / (ETM3 + ETM4)$$

Trong đó:

- VSSI : Chỉ số độ mặn của đất để phân biệt giữa đất và thảm thực vật
- NDBI : Chỉ số khác biệt của vùng xây dựng: lấy mẫu ETM6 (60m to 30m)
- Bản đồ độ mặn được thành lập sử dụng tổ hợp màu giả (Blue=B=TM3), (Green=G=TM2) and (Red=R=TM1)

Viễn thám và GIS đã được sử dụng hiệu quả để nghiên cứu các diễn biến của độ mặn và ngập nước. Hình ảnh vệ tinh và tổng hợp màu giả được giải thích trực quan để xác định các vùng đất bị ảnh hưởng bởi muối. Phần mềm viễn thám và GIS, IDRISI được sử dụng để phân tích dữ liệu viễn thám kỹ thuật số. Ở Oran, khu vực bị ảnh hưởng bởi việc khai thác nước do sự ngập nước từ kênh và độ mặn do các muối trên bề mặt xuất hiện như là một lớp muối trắng.

Các hình ảnh đa thời gian của LANDSAT (1987, 2002 và 2009) đã chứng tỏ là rất hữu ích trong việc xác định và phân định đất mặn / đất natri. Lớp vỏ màu trắng xanh hoặc trắng tích lũy trên bề mặt là một chỉ báo tốt cho việc phát hiện và tương quan độ mặn trong mùa khô. Chỉ số ẩm ướt được sử dụng để tăng cường quang phổ của đất ẩm ướt. Hơn nữa, lập bản đồ dựa trên việc sử dụng đất. Phân loại với

phương pháp không giám sát (ISOCLUST, K-Means) hoặc phương pháp được giám sát (thuật toán Maxlike) đưa ra đủ chính xác; mặc dù các loại sử dụng đất phân biệt độ dẫn điện của đất trong các khu vực có độ mặn cao sử dụng mô hình thống kê địa lý (Variogram, Correlogram). Kết quả cho thấy ảnh hưởng ngày càng tăng của độ dẫn điện (độ mặn) của 186 điểm lấy mẫu và sự mất cân đối đối với ước lượng không gian trạng thái bề mặt tầng chứa nước Es-Senia. Dữ liệu viễn thám từ xa được cung cấp thông tin thời gian thực của những vùng đất này đã chứng minh là công cụ phân tích hiệu quả để ước tính diện tích bị ảnh hưởng của muối và cây trồng bị nhiễm mặn.

2.2.1.3. Nghiên cứu tại vùng xa mạc Saudi Arabia

Đặc điểm khu vực nghiên cứu Saudi Arabia, là cao nguyên có độ cao từ 750m tới 1360 m so mực nước biển, biên độ nhiệt từ 60 – 430, độ ẩm trung bình năm 24%, giờ nắng trung bình 11h trong 1 ngày, lượng mưa trung bình hàng năm 37.6 mm. Nguyên nhân khai thác nước ngầm lớn dẫn tới tình trạng hạ mực nước ngầm vào mùa đông dẫn tới tình trạng đất bị mặn hóa. Khung phương pháp luận, nghiên cứu dựa trên việc đánh giá mối tương quan hồi quy giữa dữ liệu thực địa và các giá trị của chỉ số độ mặn tương ứng được thực hiện từ hình ảnh vệ tinh. Do đó, đồng bộ hóa chính dữ liệu thực địa và vệ tinh đã được thực hiện. Lấy 150 mẫu đất ngẫu nhiên phân tích, khoảng cách tối thiểu các mẫu đất là 100m tránh tình trạng dữ liệu bị gộp. Quy trình xác định độ mặn của đất, độ dẫn điện (EC) được thực hiện theo Shaw [3]. Dữ liệu là ảnh Landsat 8 (OLI). Kiểm chứng bằng mô hình hồi quy tuyến tính về sự tương quan được thiết lập giữa các dữ liệu thực địa mặt và các giá trị của chỉ số độ mặn tương ứng được ước tính bằng cách sử dụng các hàm nói trên: R (hệ số điều chỉnh xác định bội), R² (hệ số xác định bội), căn bậc sai số bình phương trung bình, mean response, và được sử dụng để biểu thị sự không đồng đều của phương sai và tương quan của tuyến tính mô hình hồi quy [3].

Bộ chỉ số độ mặn nghiên cứu bao gồm 9 chỉ số thống kê trong bảng dưới:

Bảng 2. 1: Bộ chỉ số nghiên cứu độ mặn trên ảnh Landsat 8

Salinity index	Band ratios
Normalized difference salinity index	$NDSI = \frac{(R - NIR)}{(R + NIR)}$
Brightness index	$BI = \sqrt{(R^2 + NIR^2)}$
Salinity index-1	$SI = \sqrt{(B \times R)}$
Salinity index-2	$SI = \sqrt{(G \times R)}$
Salinity index-3	$SI = \sqrt{(G^2 + R^2 + NIR^2)}$
Salinity index-4	$SI = \sqrt{(G^2 + R^2)}$
Salinity index-5	$SI = \frac{B}{R}$
Salinity index-6	$SI = \frac{(B - R)}{(B + R)}$
Salinity index-7	$SI = \frac{(G \times R)}{B}$
Salinity index-8	$SI = \frac{(B \times R)}{G}$
Salinity index-9	$SI = \frac{(NIR \times R)}{G}$

B, blue band; G, green band; R, red band; NIR, near infrared band of Landsat 8 image.

Kết quả nghiên cứu chỉ ra chỉ số mặn thích hợp nhất là : SI-3, SI-9, BI

$$\text{Salinity index-3 } SI = [SQRT(G^2 + R^2 + NIR^2)]$$

$$\text{Salinity index-9 } SI = (NIR \times R)/G$$

$$\text{Brightness index } BI = [SQRT(R^2 + NIR^2)]$$

2.2.1.4. Nghiên cứu tại khu vực sông ven biển

Khu vực nghiên cứu là đồng bằng sông Hoàng Hà hình thành đất muện, mực nước cao và tỷ lệ khoáng chất, muối dễ dàng tăng lên bề mặt. Bên cạnh đó, nước của sông Hoàng Hà có lọc nước. Trong mùa xuân hạn hán là rất nghiêm trọng. Cùng với những lý do như nước biển, đất của khu vực này có độ mặn cao và kiềm hóa gây ra thảm thực vật thưa thớt trên bề mặt với độ che phủ thấp. Hệ sinh thái rất mong manh Kenli County nằm ở lối vào của hạ lưu sông Hoàng Hà. Nó nằm gần biển Bột Hải ở phía đông. Đây là vùng lõi và điển hình nhất của đồng bằng sông Hoàng Hà. Khu vực nghiên cứu là khí hậu gió mùa ẩm ướt ẩm áp vùng ôn đới. Vào mùa xuân hạn hán gây ra sự tích lũy muối trên bề mặt. Trong nhiều năm, lượng mưa trung bình là 600 mm. Lượng bốc hơi trung bình là 1944 mm. Tỷ lệ giữa bốc hơi và lượng mưa đạt lên đến 3: 1. Khu vực này có địa hình thấp và có mực nước ngầm và tỷ lệ khoáng cao. Nó chủ yếu sử dụng nước từ sông Hoàng Hà để phát triển nông nghiệp thủy lợi. Địa hình thấp và bằng phẳng với độ dốc tự nhiên từ 1/8000 - 1 / 12.000 m. Với hành động kết hợp của rửa trôi bên sông Hoàng Hà của nước và xâm nhập và cướp biển nước, có sự xâm nhập mặn nghiêm trọng và kiềm hóa và thay

đôi thường xuyên. Vì thế, nó là cấp bách để tìm một cách nhanh chóng và khả thi để cảm ứng độ mặn của đất. Nghiên cứu của Tongrui Zhang và cộng sự tại khu vực hạ lưu sông Hoàng Hà gần biển Bohai. Kết quả nghiên cứu đưa ra công thức chỉ số độ mặn thích hợp

$$SSSI = \frac{65535 - OLI5 - OLI6}{65535 + OLI5 + OLI6} \quad [4].$$

2.2.1.5. Nghiên cứu tại khu vực hoang mạc, bán hoang mạc đông bắc của lưu vực Yarmouk ở Jordan .

Khu vực nghiên cứu phía Đông Bắc khu vực Jordan, là khu vực bán khô hạn của vùng Địa Trung Hải với lượng mưa và nhiệt độ cao, đặc trưng bởi mùa mưa từ tháng 10 đến tháng 4 và mùa khô kéo dài từ tháng 5 đến tháng 9, lượng mưa và nhiệt độ hàng năm tương ứng là 350 mm và 18°C, được đo tại trạm Irbid (phía bắc Jordan). Đất của khu vực này được đặc trưng bởi sự xâm nhập mặn thứ cấp do thủy lợi gây ra.

Đối với nghiên cứu này, nhóm tác giả đã sử dụng ảnh *Landsat 8 OLI*.

Bước quan trọng khác trong việc phân định chính xác độ mặn của đất được chọn là tổ hợp dải tốt nhất. Tổ hợp kênh là một trong những kỹ thuật nâng cao hình ảnh bởi vì nó cung cấp thông tin tối đa với số lượng quang phổ tối thiểu. Quá trình này có thể dễ dàng sử dụng kỹ thuật OIF giúp xác định các trục chính có chất lượng hình ảnh của ảnh màu cuối cùng (kết hợp R-G-B) . Áp dụng hệ số chỉ số tối ưu (OIF) cho dữ liệu viễn thám, cách kết hợp kênh 4-5-6 và 4-6-7 là tốt nhằm mục đích làm nổi bật các vùng nhiễm mặn và để phân biệt các đặc tính bề mặt. Hơn nữa, tỷ lệ băng tần có thể nhìn thấy, gần hồng ngoại và giữa các dải hồng ngoại sẽ được sử dụng để phát hiện độ mặn của đất. Đánh giá mức độ tương quan giữa chỉ số độ mặn và nồng độ Natri được kết quả tương quan nhất của hai chỉ số SI1, SI dựa trên kết quả trị số p, hệ số xác định bội R2.

$$SI1 = [SQRT G * R]$$

$$SI = [SQRT B * R]$$

2.2.1.6. Nghiên cứu tại khu vực ven biển tại Cukurova, Thổ Nhĩ Kỳ

Azabdaftari a, F. Sunar thực hiện nghiên cứu tại vùng Cukurova, Thổ Nhĩ Kỳ[6], Cukurova là một huyện ở phía nam trung tâm của Thổ Nhĩ Kỳ bao gồm các tỉnh Adana và Mersin. Nó nằm ở tọa độ $37^{\circ} 02'52''$ vĩ độ Bắc và $35^{\circ} 17'54''$ Đông kinh độ. Tổng diện tích của Cukurova là khoảng 38.000 km², đồng bằng châu thổ lớn nhất của Thổ Nhĩ Kỳ với một dải đất bằng phẳng và màu mỡ rộng lớn, là một trong những khu vực sản xuất nông nghiệp nhất trên thế giới. Khí hậu tương đối ôn hòa và ẩm ướt trong những tháng mùa đông và đất phù sa làm cho khu vực này rất thích hợp cho nông nghiệp. Dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 7 TM. Các bước thực hiện nghiên cứu: các kỹ thuật tiền xử lý như điều chỉnh khí quyển và phóng xạ nên được áp dụng cho hình ảnh Landsat TM. Về cảm biến (ETM+), việc tách dữ liệu vệ tinh Landsat 7 là thực hiện như một hiệu chỉnh phóng xạ. Sau đó, hiệu chỉnh khí quyển được áp dụng để loại bỏ hoặc giảm ảnh hưởng của khí quyển. Đặc biệt, sự điều chỉnh này được khuyến khích thực hiện trong các nghiên cứu, khi thiết lập mối quan hệ giữa các phép đo thực địa và các giá trị phản xạ phổ là cần thiết (Selch, 2012). Hiệu chuẩn phản xạ được áp dụng bằng cách lấy giá trị phản xạ từ DN và tính toán độ phản xạ của bầu khí quyển (TOA). Sử dụng mô hình hồi quy tuyến tính đánh giá tương quan của tính dẫn điện (EC), độ phản xạ của bầu khí quyển TOA, Digital Number .

Các chỉ số tính mặn (NDSI, SI 1, SI 2, SI 4, SI 9, SI 10, SI 14) kết hợp với chỉ số gián tiếp như NDVI, Savi. Công thức tính như sau:

Salinity indices	Equation	Reference
Normalized Differential Salinity Index	$NDSI = \frac{(R - NIR)}{(R + NIR)}$	(Khan, Rastoskuev et al. 2001)
Salinity Index 1	$SI = \sqrt{B \times R}$	(Khan, Rastoskuev et al. 2001)
Salinity Index 2	$SI = \sqrt{G \times R}$	(Douaoui, 2006)
Salinity Index 4	$SI = \sqrt{G^2 + R^2}$	(Douaoui, 2006)
Salinity Index 9	$SI = \frac{(B_5 \times B_6 - B_6 \times B_6)}{B_5}$	(Bannari, Guedon et al. 2008)
Salinity Index 10	$SI = \frac{B}{R}$	(Abbas, 2007)
Salinity Index 14	$SI = \frac{R \times NIR}{G}$	(Abbas, 2007)

Hình 2. 2: Công thức chỉ số độ mặn

Vì kết quả của cuộc khảo sát hồi quy tuyến tính đơn giản là không thỏa đáng, nhóm nghiên cứu đã dùng kỹ thuật hồi qui đa tuyến tính (MLR). Trong phương pháp hồi quy này, các giá trị pixel của tất cả sáu dải Landsat 7 (ngoại trừ dải 6) được sử dụng như một biến độc lập, và giá trị EC của đất được sử dụng như một biến phụ thuộc. Trong hồi quy nhiều lần, hai tiêu chí định lượng giữa các giá trị được đo và dự đoán được tính toán. Giá trị R^2 cho biết cường độ của mối quan hệ tuyến tính thống kê giữa các giá trị độ mặn đất được đo lường và dự đoán và giá trị P kiểm tra giả thuyết cho mỗi thuật ngữ trong hồi quy tuyến tính. Giá trị p thấp (<0.05) chỉ ra rằng có thể từ chối giả thuyết không và có đủ bằng chứng để kết luận rằng hệ số không bằng 0 và các thay đổi trong dự báo được liên kết với các thay đổi trong biến trả lời. Trong phần mềm Minitab được sử dụng, giá trị p cao ($> 0,05$) được coi là điểm bị loại và bị loại khỏi phân tích. Sau khi loại bỏ một số điểm mẫu nhiều hồi quy đã được áp dụng lại, cho đến khi không có bất kỳ điểm lấy mẫu bị loại.

Sử dụng phương pháp hồi quy theo bước nghiên cứu với 22 điểm giá trị EC từ thực địa cho công thức dự báo độ mặn của đất = $2,24 - 0,0341 B1 - 0,0093 B2 +$

$0,0576 B3 + 0,00125 B4 - 0,0089 B5 - 0,0410 B6$; nghiên cứu với 16 điểm giá trị EC từ thực địa cho công thức dự báo độ mặn của đất $= 0,955 - 0,0406 B2 + 0,0081 B5 - 0,0370 B6 + 0,0471 SI 4 - 0,0454 SI 9$

Bảng 2. 2: phân chia phạm vi độ mặn:

Levels of salinity	Saturation extract salinity (ECe, dS/m)
Non salinity	0-2
Low salinity	2-4
Medium salinity	4-8
High salinity	8-16
Extra high salinity	>16

2.2.2. Một số nghiên cứu độ mặn sử dụng ảnh SENTINEL

2.2.2.1. Lập bản đồ độ mặn của đất bằng cách sử dụng dữ liệu SAR Sentinel-1 và các thuật toán học máy tiên tiến: Một trường hợp nghiên cứu tại tỉnh Bến Tre của đồng bằng sông Cửu Long (Việt Nam)

Mục tiêu chính của nghiên cứu này là lập bản đồ xâm nhập độ mặn của đất tại tỉnh Bến Tre nằm trên đồng bằng sông Cửu Long của Việt Nam bằng cách sử dụng dữ liệu băng tần C của Sentinel-1 Radar khẩu độ tổng hợp (SAR) kết hợp với mô hình học máy Mạng đa lớp Perceptron (MLP-NN), Mạng hàm cơ sở bán kính (RBF-NN), Quy trình Gaussian (GP), Hồi quy véc tơ hỗ trợ (SVR) và ngẫu nhiên (RF). Với mục đích này, 63 mẫu đất đã được thu thập trong cuộc khảo sát thực địa được thực hiện từ ngày 4 tháng 6 năm 2018 tương ứng với hình ảnh SAR của Sentinel-1. Hiệu suất của năm mô hình được đánh giá và so sánh bằng cách sử dụng sai số trung bình bình phương gốc (RMSE), sai số tuyệt đối trung bình (MAE) và hệ số tương quan (r). Kết quả cho thấy mô hình GP mang lại hiệu suất dự đoán cao nhất (RMSE = 2.885, MAE = 1.897 và r = 0.808) và vượt trội so với các mô hình học máy khác. Chúng tôi kết luận rằng các mô hình máy học có thể được sử dụng để lập bản đồ độ mặn của đất ở khu vực đồng bằng.

2.2.2.2. Khả năng của dữ liệu MSI Sentinel-2 để theo dõi và lập bản đồ độ mặn của đất trong mùa khô và mùa mưa ở khu vực hồ Ebinur, Tân Cương, Trung Quốc

Tại nghiên cứu này nhóm tác giả đưa ra giả thuyết rằng các quan sát trường, dữ liệu MSI và MSI các chỉ số phổ xuất phát từ dữ liệu sử dụng phương pháp hồi quy bình phương nhỏ nhất một phần sẽ cho ra bản đồ độ mặn một cách chính xác. Đây là phương pháp mới và cần cần thiết đánh giá. Dựa trên tính dẫn điện trong số 74 phép đo trên mặt đất và theo các thông số phổ khác nhau, chẳng hạn như độ phản xạ của dải vệ tinh, chỉ số độ mặn vệ tinh được công bố, chỉ số cạnh đỏ, chỉ số hai băng tần mới được xây dựng và chỉ số ba băng tần từ Dữ liệu MSI, nhóm tác giả xây dựng các mô hình đảo ngược. Các thuật toán khác nhau bao gồm phương pháp hệ số tương quan Pearson tầm quan trọng của biến số trong phép chiếu phân tích quan hệ xám và ngẫu nhiên đã được áp dụng cho lựa chọn biến. Kết quả cho thấy cả hai, chỉ số chênh lệch chuẩn hóa mới được đề xuất $(NDI)[(B12 - B7) / (B12 + B7)]$ và chỉ số ba dải $[(B12 - B3) / (B3 - B11)]$ cho thấy mối tương quan tốt hơn với dữ liệu xác nhận và có thể được áp dụng để ước tính độ mặn của đất trong khu vực hồ Ebinur. Các mô hình thành lập được xác nhận bằng 44 phép đo trên mặt đất độc lập còn lại và sau đó được sử dụng để lập bản đồ đất độ mặn trên khu vực nghiên cứu. Mô hình RF-PLSR hoạt động tốt nhất trong năm mô hình với R^2V , $RMSEV$ và RPD lần lượt là 0,92, 7,58 dS $[U + 202F]$ m - 1 và 2,36. Kết quả cho thấy thay đổi độ mặn của đất là khác nhau đáng kể cho mỗi mùa. Cụ thể, độ mặn của đất trong mùa khô cao hơn so với mùa mưa, chủ yếu ở khu vực hồ và bờ biển gần đó. Kết quả từ nghiên cứu này cố gắng tạo ra nhiều hơn bản đồ độ mặn đất đáng tin cậy cho môi trường khô cằn và có thể hữu ích cho các nhà quy hoạch môi trường cho chính xác hơn giám sát suy thoái đất và cải tạo đất trong tương lai ở vùng khô cằn hoặc bán khô cằn [7].

2.2.2.3. Chiết tách thông tin độ mặn của đất từ dữ liệu ảnh Sentinel-2

Độ mặn của đất là một mối nguy môi trường phổ biến và là nguyên nhân chính của suy thoái đất và sa mạc hóa, đặc biệt là ở các khu vực khô cằn và bán khô cằn. Bước đầu tiên trong việc tìm kiếm một giải pháp như vậy là cung cấp thông tin chính xác về mức độ nghiêm trọng và mức độ lan truyền của độ mặn ở các khu vực bị ảnh hưởng; điều này có thể được thực hiện bằng cách lập bản đồ độ dẫn điện của đất. Sử dụng tiềm năng của hình ảnh vệ tinh độ phân giải cao cùng với các kỹ thuật viễn thám là một phương pháp đầy hứa hẹn để lập bản đồ độ mặn, vì nó cho phép giám sát quy mô lớn và cung cấp độ chính xác và hiệu quả cao. Nghiên cứu này nhằm mục đích đánh giá độ mặn của đất bằng cách lập bản đồ EC của đất, sử dụng hình ảnh vệ tinh từ vệ tinh Sentinel-2 mới phóng cũng như dữ liệu Landsat-8. Một nghiên cứu thực địa đã được thực hiện bằng cách sử dụng những dữ liệu đó và các tính năng muối khác nhau đã được trích xuất liên quan đến giá trị EC của các mẫu hiện trường với các tính năng muối có nguồn gốc từ vệ tinh. Nghiên cứu đã sử dụng hai phương pháp hồi quy khác nhau MLP và SVR. Ngoài ra, hai thuật toán lựa chọn tính năng GA và SFS, đã được triển khai trên dữ liệu để cải thiện hiệu suất mô hình. Nghiên cứu kết luận rằng phương pháp đề xuất mô hình độ mặn và lập bản đồ EC đất có thể được coi là một phương pháp hiệu quả để theo dõi độ mặn của đất [8].

2.2.2.4. Phát hiện độ mặn của đất dựa trên học máy vùng sa mạc khô cằn, Tây Bắc Trung Quốc: So sánh giữa Landsat-8 OLI và Sentinel-2 MSI

Dữ liệu viễn thám đa phổ bao gồm chuỗi vệ tinh Landsat cung cấp tiềm năng cho các cuộc khảo sát thường xuyên về nhiễm mặn đất ở các quy mô và độ phân giải khác nhau. Ngoài ra, chùm vệ tinh Sentinel-2 được phóng gần đây có tần suất theo thời gian là 5 ngày, được chứng minh là một phương pháp lý tưởng để đánh giá độ mặn của đất. Tuy nhiên, các nghiên cứu về so sánh chi tiết trong theo dõi độ mặn của đất giữa Landsat-8 OLI và Sentinel-2 MSI vẫn còn hạn chế. Với mục đích này, nhóm tác giả đã thu thập tổng cộng 64 mẫu đất mặt ở khu vực sa mạc khô cằn, khu bảo tồn thiên nhiên quốc gia đầm lầy hồ Ebinur để so sánh độ chính xác giám sát

giữa Landsat-8 OLI và Sentinel-2 MSI. Trong nghiên cứu này, mô hình của người Cuba đã được đào tạo bằng cách sử dụng các đồng biến có nguồn gốc RS (dải quang phổ, độ ẩm có nguồn gốc chuyển đổi Caped Cap và chỉ số độ mặn vệ tinh và phòng thí nghiệm đo độ dẫn điện của đất 1: 5: chiết xuất nước (EC). Kết quả cho thấy độ mặn của đất đo được có mối tương quan đáng kể với độ ẩm đất bề mặt (Pearson's $r = 0,75$). Sự ra đời của TCW tạo ra hiệu suất ước tính phù hợp. So với tập dữ liệu OLI, sự kết hợp giữa tập dữ liệu MSI và mô hình Cubist mang lại hiệu suất mô hình và độ chính xác tổng thể tốt hơn ($R^2 = 0,912$, $RMSE = 6.462$ dS m⁻¹, $NRMSE = 9.226\%$, $RPD = 3.400$ và $RPIQ = 6.824$, tương ứng). Sự khác biệt giữa Landsat-8 OLI và Sentinel-2 MSI là có thể phân biệt được. Tóm lại, hình ảnh MSI với độ phân giải không gian tốt hơn thực hiện tốt hơn OLI. Kết hợp các bộ dữ liệu RS và TCW dẫn xuất của chúng trong khuôn khổ của người Cuba đã mang lại bản đồ độ mặn khu vực chính xác. Tần số xem xét lại theo thời gian và độ phân giải phổ của dữ liệu MSI được dự kiến sẽ là những cải tiến tích cực cho việc thu thập thông tin độ mặn của đất chất lượng cao của đất sa mạc [9].

2.2.3. Khả năng nghiên cứu độ mặn sử dụng ảnh VNREDSAT-1

VNREDSAT-1 là vệ tinh được điều khiển và thu chụp của Việt Nam, ảnh VNREDSAT-1 có tương đồng về độ rộng 4 kênh ảnh Red, Green, Blue, NIR với ảnh LandSat-8 và Sentinel-2. Mặc dù số lượng nghiên cứu về đất mặn sử dụng ảnh VNREDSAT-1 được nghiên cứu là hạn chế, nhóm tác giả đã nghiên cứu khả năng ứng dụng ảnh vệ tinh VNREDSAT-1 trong đề tài “Nghiên cứu khả năng chiết xuất chỉ số độ mặn của đất từ ảnh vệ tinh VNREDSAT-1” có tính tương quan từ 0,6-0,8 giữa chỉ số độ mặn tính từ ảnh VNREDSAT-1 và ảnh Landsat là một kết quả chấp nhận được. Cùng với lợi thế của việc chủ động được thời gian bay chụp tại khu vực nghiên cứu nói riêng và của Việt Nam nói chung, việc lựa chọn ảnh VNREDSAT-1 hoàn toàn có cơ sở khoa học và sẽ là một trong những nghiên cứu tiên phong của việc sử dụng ảnh vệ tinh của Việt Nam về đất mặn.

2.3. Phương pháp thu thập thông tin bề mặt của đất nhiễm mặn

2.3.1. Quang phổ đất

Mặc dù phổ đất có thể trông hơi nhàm chán so với phổ của các loại đá và khoáng chất tinh khiết, nó chứa thông tin quan trọng về nhiều thành phần đất. Quang phổ cung cấp dữ liệu phản xạ hoặc phát xạ chất lượng gần phòng thí nghiệm từ các phép đo được thực hiện từ khoảng cách xa (mét hoặc km) (Goetz et al., 1985). Thông tin phổ cho phép xác định vật chất dựa trên các tính năng hấp thụ quang phổ của các nhiễm sắc thể của vật liệu (nghĩa là sự hấp thụ cụ thể của các nhóm hoạt động quang phổ), và điều này đã rất hữu ích trong nhiều ứng dụng trên mặt đất và trên biển (ví dụ: Clark và Roush, 1984; Dekker et al., 2001). Một đánh giá toàn diện về quang phổ đất được cung cấp bởi Ben-Dor et al. (1999) và Ben-Dor (2002).

Phổ đất trên VIS, NIR và SWIR (400 - 2500nm) đặc trưng bởi các tính năng hấp thụ quang phổ quan trọng cho phép phân tích định lượng các tính chất của đất (Ben-Dor et al., 1999, 2002; Shepherd và Walsh, 2002; Malley và Ben Dor, 2004; Huete, 2005; Nanni và Demattê, 2006). Phổ đất có thể được đánh giá trên cơ sở từng điểm bằng máy quang phổ, trong khi tổng quan về không gian quang phổ có thể thu được bằng cách vẽ các điểm đo tương tự vào hình ảnh bằng máy quét quang phổ hình ảnh (còn gọi là cảm biến siêu âm). Do đó, các cảm biến siêu âm từ không khí hoặc vệ tinh cung cấp một chiều hướng mới mà quang phổ hình ảnh điểm hoặc mặt đất truyền thống, chụp ảnh không khí và các hình ảnh đa sắc khác không thể cung cấp riêng.

Các nghiên cứu kiểm tra số lượng tối ưu của các dải quang phổ cho các ứng dụng đất sử dụng máy quang phổ hình ảnh trong không gian và không gian cho thấy sự thay đổi đáng kể, bắt đầu từ sáu băng quang phổ của vệ tinh Landsat (Ben-Dor và Banin, 1995a, b) đến 224 kênh của AVIRIS trên không (Accioly et al., 1998). Ben-Dor và cộng sự (1999) nói rằng, để phân tích quang phổ định lượng của đất, băng thông tối ưu và số lượng kênh có thể phụ thuộc mạnh vào loại đất và các tính

chất được kiểm tra. Ngày nay, người ta cũng xác định rõ rằng chất lượng của quang phổ là rất quan trọng để đánh giá định lượng các tính chất của đất.

Không phân biệt loại cảm biến và nền tảng, tính chất đất được phân tích phải mang các tính năng hấp thụ quang phổ trực tiếp hoặc, ít nhất, có tương quan với một nhóm mang màu của đất (mối quan hệ gián tiếp). Farifteh (2007) đã đưa ra một kết luận tương tự khi phân tích mối quan hệ giữa các loại muối và hàm lượng khác nhau trong điều kiện phòng thí nghiệm. Sử dụng một số hàm lượng và loại muối (bischofite, halite, sylvite, arcanite, epsomite và thenardite), Farifteh đã quan sát những thay đổi quang phổ đáng kể như các đỉnh hấp thụ nước dựa trên sự hydrat hóa của muối ở khoảng 1400 và 1900 nm, và thay đổi albedo. Các mô hình dựa trên quang phổ để dự đoán các loại muối và hàm lượng trong các mẫu đất được tạo ra bằng phân tích đa biến. Nghiên cứu kết luận rằng quang phổ bị hạn chế trong việc đánh giá trực tiếp nội dung và rõ ràng là loại muối. Nghiên cứu sâu hơn, bao gồm nhiều tính chất đất có thể được sử dụng làm chỉ số gián tiếp, được yêu cầu để ước tính hàm lượng muối trong đất bằng phương pháp quang phổ. Ví dụ, sử dụng các kỹ thuật quang phổ hình ảnh trong không khí, Ben-Dor et al. (2002) đã phát hiện các khu vực bị ảnh hưởng bởi muối từ các mối quan hệ gián tiếp giữa độ dẫn điện (EC) của nước được chiết xuất từ bột đất bão hòa và tính chất quang phổ của đất.

2.3.2. Máy đo quang phổ

Để cảm nhận bề mặt của các khu vực bị ảnh hưởng bởi muối, máy đo quang phổ trên mặt đất được sử dụng, như Field Spec Pro, Field Spec JR và Field Spec VNIR (Thiết bị quang phổ phân tích); GER3700 và GER2600 (Tổng công ty nghiên cứu địa vật lý và môi trường); và PIMA SP (Quang phổ tích hợp). Các thiết bị này tập hợp các phép đo phổ liên tục, hẹp (ví dụ: độ rộng băng tần 3 - 30 nm) trong các vùng phổ của VIS và NIR đến SWIR, thường nằm trong phạm vi 350 - 2500 nm, với trường nhìn tức thời từ 18 đến 228. Phổ được thu thập được sử dụng chủ yếu để tạo ra các thư viện quang phổ về các đặc điểm bề mặt (đất, thảm thực vật, khoáng chất), được sử dụng nhiều hơn nữa để phân loại dữ liệu từ không khí hoặc vệ tinh

(Shepherd và Walsh, 2002), để xác định sự hiện diện và vị trí quang phổ của các đặc điểm phổ chẩn đoán chính của khoáng muối (Howari et al., 2002), và để hiệu chỉnh hình ảnh không khí hoặc vệ tinh thu được trong cùng một phạm vi phổ. Thông tin phổ thu thập có thể được sử dụng theo cách định tính để xác định các khu vực bị ảnh hưởng bởi muối (Dehaan và Taylor, 2002; Howari et al., 2002) hoặc theo cách định lượng để liên kết các đặc tính quang phổ và sự phong phú của khoáng chất muối trong đất bị ảnh hưởng bởi muối (Farifteh và cộng sự, 2004; Shuya và cộng sự, 2005).

Gần đây, các máy quang phổ hình ảnh trên mặt đất như Hyperspec (Headwall Photonics), HySpex (Norsk Elektro Optikk) và CTHIS (Solid State Science Corporation) đã có sẵn để sử dụng tại hiện trường, mặc dù chúng đòi hỏi sự tập trung nhiều hơn so với máy quang phổ điểm thông thường. Mặc dù có các vấn đề như hiệu chỉnh khí quyển trong các góc nhìn xiên và biến dạng hình học của hình ảnh cuối cùng, các máy quang phổ này có thể rất hữu ích vì chúng cung cấp các chế độ xem không gian và quang phổ của trường trong chế độ thời gian thực. Vì lý do này, chúng có thể ngày càng được sử dụng cho các ứng dụng đất nói chung và độ mặn của đất nói riêng.

Ngoài các hình ảnh siêu âm dựa trên trường bao gồm VIS đến SWIR, hình ảnh nhiệt cũng có thể được thu được trong trường trên phạm vi phổ phát ra (8 - 14 và 3 - 5 mm). Máy đo phóng xạ hình ảnh thân thiện với người dùng được làm mát và không làm mát nhỏ, chẳng hạn như dòng ThermaCAM được sản xuất bởi các hệ thống FLIR, được sử dụng cho mục đích này. Mặc dù các máy quang phổ này thường không được sử dụng để phát hiện độ mặn của đất, dữ liệu nhiệt có thể cung cấp thông tin về những thay đổi gián tiếp liên quan đến độ mặn của đất, chẳng hạn như sự thay đổi độ ẩm của đất, ứng suất của thực vật hoặc biến đổi dựa trên albedo. Máy đo nhiệt độ hiện tại với một kênh rộng rất nhỏ và gọn và có thể dễ dàng gắn trên các bộ máy bay. Lập bản đồ nhiệt độ trong không khí của đất là một lĩnh vực nghiên cứu cần phát triển hơn nữa.

2.3.3. Cảm biến của ảnh hàng không

Nhũ tương panchromatic, sóng cực ngắn, siêu cảm biến được gắn trên máy bay (ví dụ: ảnh chụp từ trên không, AirSAR, HyMap, DAIS-7915, AVIRIS, AISA-ES, và hình ảnh đa bán cầu kỹ thuật số [DMSI]) có khả năng cảm nhận cảnh quan bị nhiễm mặn ở độ phân giải không gian cao và rất cao (ví dụ 0,25, 5 m) và có khả năng xem lại được xác định bởi người dùng. Các ứng dụng phổ biến của các cảm biến này trong nghiên cứu độ mặn của đất được thảo luận sau đây.

a) Ảnh chụp từ trên không, quay phim và Máy ảnh đa năng kỹ thuật số

b) Cảm biến siêu âm

c) Cảm biến vi sóng

2.3.4. Cảm biến trên vệ tinh

Nghiên cứu mở rộng sử dụng hình ảnh vệ tinh cho các khu vực bị ảnh hưởng mặn lập bản đồ đã được tiến hành trong vòng ba thập kỷ qua, hầu hết là với toàn sắc và đa phổ (VIS-NIR-SWIR hoặc TIR), và với vi sóng với mức độ thấp hơn. Nghiên cứu của Epema (1990), Csillag et al. (1993), Rao et al. (1995), Metternicht và Zinck (1997), Evans và Caccetta (2000) và Fraser (Chương 4) cung cấp các ví dụ ứng dụng từ các lục địa và môi trường khác nhau. Nhìn chung, tất cả các công trình này đã thành công trong việc lập bản đồ nước mặn so với bề mặt không mặn. Một số nhà nghiên cứu đã cố gắng lập bản đồ các loại độ mặn (ví dụ: độ mặn và kiềm) và mức độ nghiêm trọng (ví dụ: thấp, trung bình và cao) với mức độ thành công khác nhau (Kalra và Joshi, 1996; Metternicht và Zinck, 1996). Để cải thiện độ chính xác của ánh xạ, các tác giả như Metternicht và Zinck (1997), Bell et al. (2001), và Castañeda và Herrero (Chương 10) đã thử các cách tiếp cận tập trung vào sự hợp nhất dữ liệu từ các phần khác nhau của quang phổ (ví dụ, VIS VIS NIR và sóng cực ngắn), trong khi đó, Lobell et al. (2007) đề xuất tích hợp dữ liệu năng suất đa vệ tinh và đa năng để lập bản đồ độ mặn ở mức dưới bề mặt.

Gần đây, từ năm 2000 trở đi, dữ liệu vệ tinh siêu âm thử nghiệm, từ các cảm biến như CHRIS trên tàu ESA PROBA-1 hoặc Hyperion trên EO-1, đã được đánh giá cho khả năng của họ trong việc xác định và lập bản đồ các khu vực bị ảnh hưởng bởi muối (Dutkiewicz, 2006; Schmid và cộng sự, 2007). Mặt khác, cho đến nay, việc lập bản đồ dựa trên vệ tinh radar bị giới hạn trong việc sử dụng băng tần đơn, các chế độ phân cực đơn (ví dụ: ERS, JERS-1 và Radarsat). Sự ra mắt gần đây của nhiệm vụ ESA Envisat với băng tần C, công cụ ASAR phân cực HH hoặc VV xen kẽ và nhiệm vụ ALOS, được trang bị một công cụ PALSAR phân cực đầy đủ cung cấp dữ liệu băng tần L, với phân cực đơn (HH hoặc VV) Chế độ -beam, phân cực kép (HHHV hoặc VVpVH) hoặc phân cực toàn phần (HH p HV VH p VV), sẽ cho phép nghiên cứu thêm về khả năng của SAR sinh ra trong không gian để lập bản đồ nhiễm mặn đất. Các phần sau đây tóm tắt các ví dụ ứng dụng của dữ liệu đa phổ bao gồm các phần VIS, TIR và vi sóng của phổ để ánh xạ các khu vực bị ảnh hưởng bởi muối từ các nền tảng quỹ đạo.

2.4. Đặc trưng cơ bản và các dấu hiệu nhận biết đất nhiễm mặn từ ảnh viễn thám

2.4.1. Đặc trưng cơ bản của ảnh viễn thám quang học

Dữ liệu ảnh viễn thám được dùng để thu thập thông tin về bề mặt Trái đất bằng cách ghi lại bức xạ điện từ thông qua một hoặc nhiều vùng của phổ điện từ phản xạ từ bề mặt Trái đất. Mức độ phản xạ và hấp thụ của từng đối tượng trên bề mặt Trái đất khác nhau và mỗi vật thể tương tác duy nhất với năng lượng EM. Các vùng thích hợp nhất của phổ điện từ cho các ứng dụng viễn thám là các vùng nhìn thấy (VIS), cận hồng ngoại (NIR), hồng ngoại sóng ngắn (SWIR) và hồng ngoại nhiệt (TIR).

Các cảm biến vệ tinh thu được năng lượng điện từ phản xạ hoặc phát xạ và chuyển đổi nó thành một lưới các ô (pixel). Mỗi pixel chứa một giá trị số thô (Digital Number -DN), đại diện cho mức độ phản xạ/phát xạ của một vùng cụ thể trong phổ điện từ (VIS, NIR hoặc SWIR). Vùng cụ thể này thường được gọi là một

dải cảm biến. Mảng pixel tạo thành ảnh raster được dùng để phân tích. Mỗi hình ảnh raster được xác định duy nhất bởi các đặc điểm nhất định liên quan đến hệ thống vệ tinh của nó, mà cuối cùng xác định giá trị của nó cho các vấn đề viễn thám cụ thể. Những đặc điểm này là độ phân giải không gian, quang phổ, thời gian và bức xạ.

Độ phân giải không gian đề cập đến mức độ chi tiết hiển thị các đối tượng trên ảnh, hay là vật thể nhỏ nhất có thể phát hiện được của mặt đất ở trên ảnh. Đối với các vệ tinh, nó chủ yếu được xác định bởi trường nhìn tức thời của nó (IFOV) và được đo bằng mét trên mặt đất. Độ phân giải không gian của hình ảnh vệ tinh có thể dao động từ vài cm đến km, tùy thuộc vào hệ thống vệ tinh.

Độ phân giải phổ xác định có bao nhiêu dải cảm biến được cung cấp. Độ phân giải phổ lớn hơn có nghĩa là độ bao phủ của phổ điện từ lớn hơn, cho phép ghi lại tốt hơn các đặc điểm phổ của các vật thể bề mặt. Ảnh raster đa phổ có độ phân giải phổ từ ba đến hơn 30 dải phổ, trong khi hình ảnh siêu phổ có thể chứa hơn 100 dải phổ hẹp.

Độ phân giải thời gian là một phép đo tần suất một hệ thống vệ tinh quan sát lại một khu vực cụ thể. Độ phân giải này được xác định bởi các đặc điểm quỹ đạo của hệ thống vệ tinh và sự phủ trùm của nó. Các hệ thống vệ tinh có độ phân giải thời gian cao sẽ có giá trị hơn để theo dõi sự thay đổi. Một số hệ thống vệ tinh thu thập dữ liệu của một khu vực cụ thể hai lần mỗi ngày, trong khi những hệ thống khác chỉ thu thập dữ liệu một vài lần mỗi tháng.

Độ phân giải bức xạ liên quan đến độ nhạy của cảm biến vệ tinh và khả năng phân biệt giữa sự thay đổi trong dải phổ đã ghi. Độ phân giải bức xạ cao hơn thường đề cập đến số lượng cấp độ xám cao hơn trong một dải và được đo bằng số bit.

Các độ phân giải này được kết nối với nhau một cách mật thiết và độ phân giải này tăng thì ở một độ phân giải khác lại giảm. Ảnh vệ tinh có độ phân giải không gian cao thường có độ phân giải quang phổ và thời gian thấp và ngược lại. Điều này là do sự kết hợp của các yếu tố, bao gồm IFOV, tốc độ quét của vệ tinh, quang học

của vệ tinh, cảm biến và tốc độ đường dẫn tải xuống. Việc chọn nguồn dữ liệu vệ tinh nào phù hợp nhất để phân tích tùy thuộc vào đối tượng và mục tiêu nghiên cứu.

Dữ liệu ảnh quang học có thể được thu thập từ hai nguồn chính: trên không (bao gồm cả máy bay không người lái) và không gian (hệ thống vệ tinh). Ảnh trên không có thể thu được bằng hệ thống camera chụp thẳng đứng hoặc xiên xuống mặt đất từ máy bay hoặc máy bay không người lái. Ảnh trên không thường có độ phân giải không gian cao và nó phụ thuộc vào chiều cao của máy bay hoặc góc chụp của camera. Độ phân giải thời gian của ảnh này phụ thuộc vào nhà cung cấp hình ảnh và thường rất thấp, hơn nữa phụ thuộc nhiều vào điều kiện thời tiết.

Hiện nay, có khoảng hơn 1381 vệ tinh hoạt động trên quỹ đạo, trong đó có khoảng 344 vệ tinh (bao gồm 152 vệ tinh quang học) được sử dụng để quan sát trái đất. Trong đó, có một vài ảnh quang học được sử dụng miễn phí, hay thương mại hoặc cho mục đích nghiên cứu.

2.4.2. Các dấu hiệu nhận biết

Hiện nay, phương pháp viễn thám được sử dụng rất phổ biến trong các nghiên cứu về xâm nhập mặn, và sự kết hợp giữa phương pháp này với phương pháp đo truyền thống như dùng thiết bị đo độ dẫn điện cho độ chính xác khá cao và thu hút được sự quan tâm của nhiều nhà nghiên cứu. Trong công nghệ viễn thám, đất nhiễm mặn có thể được nhận biết bằng các dấu hiệu trực tiếp trên ảnh như màu đất, độ phản xạ, do độ mặn làm thay đổi màu đất, hay do muối tích tụ trên bề mặt đất; hoặc nhận biết qua các dấu hiệu gián tiếp như **sự xuất hiện của các loài cây chịu mặn** và các **dấu hiệu khác như năng suất cây trồng**.

Độ phản xạ của đất do rất nhiều yếu tố quyết định như hàm lượng muối, thành phần khoáng chất, độ ẩm, màu sắc và độ gồ ghề của đất. Khi sử dụng công nghệ viễn thám để nghiên cứu đất nhiễm mặn thì đặc trưng phản xạ của đất được coi là dấu hiệu nhận biết, giải đoán trực tiếp. Hai nhóm nghiên cứu của Stoner và Schmid đã kết luận rằng đất có hàm lượng muối hòa tan cao thì cho độ phản xạ cao hơn trên dải sóng nhìn thấy và cận hồng ngoại (từ 520 đến 900 nm), đặc biệt là trên dải sóng

xanh, khi ảnh hưởng của oxit sắt bị loại bỏ. Kết quả nghiên cứu của Z. E. Mashimbye cùng các đồng nghiệp cũng chỉ ra mối quan hệ giữa EC và độ phản xạ của đất nhiễm mặn tăng dần từ dải nhìn thấy sang hồng ngoại sóng ngắn. Hai tác giả Everitt và Shrestha thì cho rằng dải sóng cận hồng ngoại và hồng ngoại trung có mối tương quan cao nhất với giá trị EC của đất. Tuy nhiên, Baumgardner đã lưu ý rằng đất có giá trị EC lớn hơn 4 dS/m lại phản xạ yếu hơn trên dải sóng 500-2380nm.

Metternicht và Zinck cho rằng độ phản xạ của đất nhiễm mặn trên dải sóng nhìn thấy và cận hồng ngoại chịu ảnh hưởng mạnh mẽ bởi màu của lớp cận muối và độ gồ ghề của bề mặt đất. Về màu sắc, bề mặt đất nhiễm mặn thường có màu trắng, trắng xám, xám, nâu nhạt và đậm hơn, trong khi đất nhiễm mặn mức độ trung bình thường có tông màu xanh sáng, và đất nhiễm mặn nhẹ thì có màu trắng hơi hồng, thậm chí là đỏ. Nhóm nghiên cứu của Fernvæez-Buces, đã thiết lập được hệ số tương quan giữa màu sắc của bề mặt đất nhiễm mặn, giá trị EC và tỷ lệ hấp thụ Natri và kết luận rằng màu sắc của cận muối trên bề mặt đất có thể được sử dụng làm chỉ thị tốt để đánh giá mức độ xâm nhập mặn. Bên cạnh đó, để hạn chế ảnh hưởng của độ ẩm đất, Amal Med-hut Abdul-Qadir đã khuyến cáo sử dụng dải sóng nhìn thấy hơn là dải sóng cận hồng ngoại trong việc xác định giá trị độ sáng của đất nhiễm mặn.

Dấu hiệu xâm nhập mặn cũng có thể biểu hiện gián tiếp thông qua biểu hiện của hệ sinh thái hoặc thay đổi loại hình sử dụng đất có thể nhận biết bằng ảnh viễn thám. Các loài cây chịu mặn là các loài có thể chịu được hàm lượng muối hòa tan cao trong đất và có thể sinh trưởng bình thường trên đất nhiễm mặn. Các sinh cảnh hoặc hệ sinh thái có đất bị nhiễm mặn, các loài cây không chịu được mặn sẽ bị ảnh hưởng và thay thế dần bằng các loài cây ưa mặn. Khi đất mới bị nhiễm mặn ở mức độ nhẹ, thì một số loài cây chịu mặn vẫn tồn tại được nhưng không phải loài nào cũng phù hợp để dùng làm dấu hiệu nhận biết đất nhiễm mặn được. Metternicht, 1998 đã chỉ ra rằng, cùng là cây chịu mặn, nhưng có loài thể hiện độ phản xạ mạnh trên dải sóng nhìn thấy và cận hồng ngoại, nhưng cũng lại có loài phản xạ yếu trên

dải sóng này, do sự khác biệt về hàm lượng chlorophyll. Mỗi vùng sinh thái lại có những đặc trưng riêng về loài. Nghiên cứu khảo sát chuyên sâu có thể chỉ ra sự khác biệt về phổ phản xạ và trạng thái sinh trưởng của các loài/nhóm loài cây.

Sự hiện diện của muối hoặc các ion Na với tỷ lệ cao tạo điều kiện bất lợi cho sự phát triển của thảm thực vật, thường dẫn đến bề mặt địa hình đất trống. Tuy nhiên, nồng độ muối thấp vẫn cho phép một số quần thể thực vật chịu mặn có thể tồn tại và sinh trưởng. Đây là yếu tố có thể được sử dụng làm chỉ số gián tiếp để lập bản đồ vùng mặn hoặc kiềm. Tương tự như vậy, sự hiện diện của cây chết, cây bụi hay sự xâm lấn của cây tiên phong chịu mặn xâm chiếm các khu vực thực vật trước đây là các chỉ thị sinh thái cho thấy hiện tượng nhiễm mặn đang diễn ra. Các cây chịu mặn phổ biến ở vùng đất như mắm, đước, hoặc chịu lợ như dừa nước có thể cân nhắc sử dụng như là các chỉ số viễn thám tốt về độ mặn của đất.

Một số hoạt động canh tác trên đất nhiễm mặn như trồng cây mía, bông, hoặc lúa cũng có thể phản ánh được mức độ xâm nhập mặn. Ví dụ, dựa vào độ tương quan chặt chẽ giữa giá trị NDVI của các cánh đồng trồng mía, bông, với giá trị EC, một số nhà nghiên cứu đã phân biệt được đất nhiễm mặn và đất bình thường, đồng thời đánh giá được mức độ xâm nhập mặn dựa trên sự ảnh hưởng của các hoạt động canh tác trên khu vực nghiên cứu. Hai tác giả Luis Garcia, và Ahmed Eldeiry cũng kết luận rằng việc sử dụng các yếu tố về trạng thái mùa màng như một chỉ thị chính cho đất nhiễm mặn là phương pháp viễn thám khả thi. Tuy nhiên, phương pháp này được khuyến cáo sử dụng khi xâm nhập mặn là yếu tố chính, chi phối năng suất nông nghiệp bên cạnh các yếu tố khác như địa hình, chính sách sử dụng đất.

Ngoài ra, một số chỉ số trên ảnh viễn thám có thể được sử dụng để làm nổi bật và xác định những thay đổi của hệ sinh thái do thay đổi độ mặn trên đất. Các chỉ số thực vật như NDVI, LAI xác định mức độ, trạng thái sinh trưởng của cây trồng. Các chỉ số về độ mặn SI (Salinity Index) làm nổi bật hoặc gia tăng sự khác biệt giữa các trạng thái, biểu hiện của đất mặn, đất không mặn. Các chỉ số này có thể được sử dụng kết hợp theo những cách khác nhau để lập bản đồ diễn biến độ mặn của đất.

Để khắc phục, loại bỏ ảnh hưởng của các yếu tố bên ngoài trong nghiên cứu xâm nhập mặn, dữ liệu viễn thám đa thời gian được đề xuất sử dụng để có thể trích xuất được thông tin về năng suất canh tác trong một chuỗi thời gian liên tiếp, đủ dài, và từ đó có thể khoanh vùng khu vực XNM một cách chính xác nhất. Lobell và các đồng nghiệp đã sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh trong khoảng thời gian 6 năm để thiết lập mối quan hệ giữa năng suất nông nghiệp và độ nhiễm mặn của đất, và đưa ra kết luận rằng: sự sụt giảm về năng suất do một số nguyên nhân chính gây ra, trong đó có xâm nhập mặn. Tương tự như vậy, nghiên cứu của Weicheng Wu và cộng sự cũng sử dụng chuỗi dữ liệu viễn thám đa thời gian để xác định diễn biến xâm nhập mặn trên đất canh tác do các yếu tố như sự chuyển đổi mục đích sử dụng đất, ví dụ từ đất trồng sang đất canh tác, từ đất trồng cây nông nghiệp sang đất nuôi trồng thủy sản[12]. Sau đó, các tác giả sử dụng các chỉ số thực vật, chỉ số xâm nhập mặn và các chỉ số khác tính từ ảnh viễn thám để thiết lập mối quan hệ với giá trị EC đo ngoài thực địa để xác định mức độ, diễn biến xâm nhập mặn trong đất.

2.5. Các chỉ số viễn thám trong nghiên cứu đất mặn

Viễn thám có khả năng thu thập thông tin theo không gian và thời gian, do đó, nó có khả năng xác định sự biến đổi của muối trong đất. Có hai cách tiếp cận để phát hiện sự tích tụ muối bằng viễn thám: một là xác định sự tích tụ muối trực tiếp trên đất trồng dựa trên đặc điểm phản xạ phổ của đất bị ảnh hưởng bởi mặn (như thành phần khoáng vật của đất, muối trên bề mặt đất). Hai là phát hiện sự tích tụ muối gián tiếp thông qua các biểu hiện thứ sinh của sự tích tụ muối (như sự thay đổi của lớp phủ, hay quá trình sinh trưởng của thực vật). Tài liệu viễn thám có thể ứng dụng trong nghiên cứu và lập bản đồ nhiễm mặn đất là bởi mặn hóa không phải là một trạng thái tĩnh tĩnh, nó thay đổi thông qua quá trình biến đổi hệ thống sử dụng đất hay các biểu hiện sinh lý (biophysical parameters) của hệ sinh thái ở khu vực nghiên cứu. Trong đề tài này, nghiên cứu tập trung vào khai thác các chỉ số về biểu hiện sinh lý của hệ sinh thái, đất và thực vật có khả năng ứng dụng trong giám sát và thành lập bản đồ nhiễm mặn đất hướng tới khai thác các loại tài liệu vệ tinh phổ biến hiện có như LANDSAT và Sentinel-2.

Các thông tin viễn thám được phân thành các nhóm khác nhau như nhóm chỉ số độ mặn SI (Salinity Index), chỉ số khác biệt độ mặn NDSI (Normalized Difference Salinity Index), chỉ số độ sáng BI (Brightness Index), các chỉ số thực vật NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) để đánh giá, thành lập bản đồ xâm nhập mặn của đất. Với nhóm chỉ số thực vật mà đại diện là chỉ số NDVI phù hợp để đánh giá diễn biến xâm nhập mặn của đất vì đất càng mặn thì sự sinh trưởng của cây trồng càng giảm và giá trị NDVI càng thấp. Tuy nhiên, việc phát hiện độ mặn của đất mà chỉ dùng NDVI có thể bị ảnh hưởng bởi sự xuất hiện của cây ngập mặn và cây chịu mặn làm cho sự phản xạ của đất mặn bị nhiễu, dẫn đến phân loại không đúng. Để giảm thiểu sai số phân loại, chỉ số SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) và các chỉ số thực vật khác như EVI (Enhanced Vegetation Index) được bổ sung để phân biệt phản xạ của đất và thảm thực vật. Ngoài ra chỉ số GDVI (Greenness Difference Vegetation Index) được phát triển trong những năm gần đây cho thấy kết quả khả quan trong việc đánh giá độ mặn của đất cũng được xem xét trong nghiên cứu này.

2.5.1. Chỉ số thực vật

Chỉ số thực vật dựa trên nguyên tắc toán học để làm tăng cường sự khác biệt về phổ phản xạ của thực vật trên các kênh phổ, qua đó làm nổi bật một đặc tính nào đó của lớp phủ thực vật thông qua các giá trị tính được cho mỗi pixel/điểm ảnh. Chẳng hạn như sự tăng trưởng của cây thể hiện qua các chỉ số về sinh lý của thực vật hàm lượng chlorophyll, lượng nước trong lá (NDVI, NDWI), hay chỉ số về cấu trúc thực vật như cấu trúc lá, cấu trúc tán (LAI, EVI). Trong nhóm chỉ số thực vật, NDVI là chỉ số được nhiều người biết đến và hay sử dụng do tính phổ biến và dễ hiểu, dễ áp dụng của chỉ số. NDVI nhạy với các biểu hiện về sinh trưởng của thực vật do có tương quan cao với hàm lượng diệp lục/chlorophyll có trong lá, tuy nhiên nhược điểm của chỉ số này là khả năng bị bão hòa ở giải giá trị cao khoảng 0,8 ~ 1.

Các chỉ số khác như SAVI có tính đến yếu tố hiệu chỉnh đất có thể giải quyết các vấn đề phản xạ nhiễu nền ở khu vực có mật độ thực vật thưa hơn. Hay chỉ số

EVI bao gồm giá trị hệ số sol khí để giảm thiểu ảnh hưởng của nhiễu khí quyển với phản xạ thực vật. Trong mỗi trường hợp khác nhau, việc hiệu chỉnh các chỉ số thực vật là rất cần thiết để cải tiến độ chính xác của việc xác định nhiễm mặn.

Bảng 2. 3: Một số chỉ số thực vật phổ biến sử dụng trong nghiên cứu xâm nhập mặn

Chỉ số thực vật	Công thức	Ghi chú
Normalized difference vegetation index	$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$	
Soil-adjusted vegetation index	$SAVI = (1 + L) \frac{(NIR - R)}{(NIR + R + L)}$	Trong đó $L = 0.5$
Enhanced vegetation index	$EVI = G \frac{(NIR - R)}{(NIR + C_1 R - C_2 B + L)}$	Trong đó: $L = 1$, $c_1 = 6$, $c_2 = 7.5$
Generalized Difference Vegetation Index	$GDVI = \frac{(NIR^n - R^n)}{(NIR^n + R^n)}$	$n = 1$ thì $GDVI = NDVI$ $n = 2$ thì GDVI có mối quan hệ tốt hơn với chỉ số LAI. Khi n tăng lên 3, 4 thì chỉ số GDVI trở nên bão hòa

Các chỉ số thực vật được sử dụng phổ biến để gián tiếp xác định mức độ nhiễm mặn của đất. Tuy nhiên, đặc điểm canh tác và cải tạo đất có thể dẫn tới những nhận định sai về diễn biến mặn và sự phát triển của thực vật. Hơn nữa, các loài cây trong giai đoạn sinh trưởng ban đầu có mức độ chịu mặn khác nhau khiến

phản xạ phổ trên ảnh khác nhau cũng là một yếu tố cần lưu ý khi sử dụng chỉ số thực vật trong nghiên cứu diễn biến xâm nhập mặn.

2.5.2. Chỉ số muối, chỉ số độ mặn

Có nhiều chỉ số muối hay chỉ số độ mặn được nghiên cứu phát triển bởi các nhóm nghiên cứu trên thế giới nhằm làm nổi bật các biểu hiện về mặn trên đất so với các nhóm đối tượng lớp phủ khác. Tùy đặc điểm điều kiện tự nhiên, môi trường sinh thái, lớp phủ của khu vực nghiên cứu mà đánh giá, lựa chọn chỉ số phù hợp. Thường các chỉ số muối/chỉ số độ mặn được tính từ các kênh phổ trong vùng sóng khả kiến và cận hồng ngoại. Các kênh phổ này phù hợp để có thể nghiên cứu thử nghiệm trên ảnh vệ tinh LANDSAT và Sentinel-2 để thành lập bản đồ xâm nhập mặn trong đất.

Bảng 2. 4: Các kênh chỉ số muối có khả năng ứng dụng cho ảnh Sentinel2 và ảnh LANDSAT

Chỉ số muối	Công thức
Canopy Response Salinity Index	$CRSI = \sqrt{\frac{(NIR \times R) - (G \times B)}{(NIR \times R) + (G \times B)}}$
Normalized difference salinity index	$NDSI = \frac{(R - NIR)}{(R + NIR)}$
Salinity index-1	$SI = \sqrt{(B \times R)}$
Salinity index-2	$SI = \sqrt{(G \times R)}$
Salinity index-3	$SI = \sqrt{(G^2 + R^2 + NIR^2)}$
Salinity index-4	$SI = \sqrt{(G^2 + R^2)}$
Salinity index-5	$SI = \frac{B}{R}$
Salinity index-6	$SI = \frac{(B - R)}{(B + R)}$
Salinity index-7	$SI = \frac{(G \times R)}{B}$

Salinity index-8	$SI = \frac{(B \times R)}{G}$
Salinity index-9	$SI = \frac{(NIR \times R)}{G}$
Salinity index-10	$SI = \frac{(SWIR1 - SWIR2)}{(SWIR1 + SWIR2)}$
Salinity index-11	$SI = \frac{SWIR1}{SWIR2}$
Salinity index-11	$SI7 = \sqrt{R * NIR}$

2.5.3. Các chỉ số khác

Trong nghiên cứu xâm nhập mặn, để làm nổi bật và gia tăng mối tương quan giữa dữ liệu mặn với thông tin phản xạ phổ trên ảnh vệ tinh, một số các ảnh chỉ số khác được sử dụng như chỉ số độ sáng của đất, chỉ số nhiệt cũng như các chỉ số tỷ lệ giữa các kênh ảnh phản xạ.

Bảng 2. 5: Các chỉ số vật lý khác

Chỉ số	Công thức
Chỉ số độ sáng	$BI = \sqrt{(R^2 + NIR^2)}$
Chỉ số cường độ của các kênh trong dải nhìn thấy	$INT1 = \frac{(G+R)}{2}$
Chỉ số cường độ của các kênh trong dải nhìn thấy và cận hồng ngoại	$INT2 = \frac{(G+R+NIR)}{2}$

Bên cạnh các nhóm chỉ số vật lý trên, phân tích thành phần chính PCA là một trong những nhóm chỉ số được ứng dụng để chiết xuất các yếu tố không tương quan giữa các kênh phổ của ảnh Sentinel2.

CHƯƠNG 3. THỰC NGHIỆM XÂY DỰNG BẢN ĐỒ ĐỘ MẶN KHU VỰC HUYỆN TIỀN HẢI, TỈNH THÁI BÌNH BẰNG CÔNG NGHỆ VIỄN THÁM VÀ GIS

3.1 Giới thiệu chung về khu vực nghiên cứu

3.1.1. Vị trí địa lý

Tiền Hải là một huyện ven biển của tỉnh Thái Bình, có chiều dài bờ biển trên 23 km, diện tích tự nhiên trên 23 nghìn ha; nằm giữa hai cửa biển Trà Lý và Ba Lạt của sông Hồng; là địa bàn chiến lược quan trọng về chính trị, kinh tế, an ninh - quốc phòng ở vùng duyên hải Bắc bộ.

Huyện Tiền Hải nằm ở phía đông nam tỉnh Thái Bình, có vị trí địa lý:

- Phía đông giáp Vịnh Bắc Bộ
- Phía tây giáp huyện Kiến Xương
- Phía nam giáp huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định với ranh giới là sông Hồng
- Phía bắc giáp huyện Thái Thụy với ranh giới là sông Trà Lý.

Huyện Tiền Hải nằm kẹp giữa hai cửa biển Trà Lý và Ba Lạt của sông Hồng. Đây là địa phương có dự án Đường cao tốc Ninh Bình - Hải Phòng - Quảng Ninh đi qua. Huyện Tiền Hải cách thành phố Thái Bình 31km, cách Hà Nội 141km.



Hình 3. 1: Vị trí địa lý huyện Tiền Hải, tỉnh Thái Bình

Tọa độ: 20°24'20"B 106°30'14"Đ

Diện tích: 226 km²

Tổng cộng: 218.616 người (2009)

Mật độ: 945 người/km²

Dân tộc: Hầu hết là Kinh

Trên địa bàn huyện có hai tôn giáo chính: Phật giáo và Thiên Chúa giáo, 18,5% dân số theo đạo Thiên Chúa.

3.1.2. Đặc điểm địa hình

Thái Bình là một tỉnh đồng bằng có địa hình tương đối bằng phẳng với độ dốc nhỏ hơn 1%; cao trình biến thiên phổ biến từ 1 - 2 m so với mực nước biển, thấp dần từ tây bắc xuống đông nam.

Thái Bình được bao bọc bởi hệ thống sông, biển khép kín. Bờ biển dài trên 50 km và 4 sông lớn chảy qua địa phận của tỉnh: Phía bắc và đông bắc có sông Hóa dài 35,3 km, phía bắc và tây bắc có sông Luộc (phân lưu của sông Hồng) dài 53 km, phía tây và nam là đoạn hạ lưu của sông Hồng dài 67 km, sông Trà Lý (phân lưu cấp 1 của sông Hồng) chảy qua giữa tỉnh từ tây sang đông dài 65 km. Đồng thời có 5 cửa sông lớn (Văn Úc, Diêm Điền, Ba Lạt, Trà Lý, Lân). Các sông này đều chịu ảnh hưởng của chế độ thủy triều, mùa hè mực nước dâng nhanh, lưu lượng lớn, hàm lượng phù sa cao, mùa đông lưu lượng giảm nhiều, lượng phù sa không đáng kể. Nước mặn ảnh hưởng sâu vào đất liền (15-20 km).

3.1.3. Tiềm năng khoáng sản

Thái Bình có mỏ khí đốt Tiền Hải (C) đã được khai thác từ năm 1986 với sản lượng khai thác bình quân mỗi năm hàng chục triệu m² khí thiên nhiên phục vụ cho sản xuất đồ sứ, thủy tinh, gạch ốp lát, xi măng trắng thuộc khu công nghiệp Tiền Hải.

Nguồn khí mỏ, nước khoáng: Thái Bình có mỏ khí đốt Tiền Hải đã được khai thác từ năm 1986 với sản lượng khai thác bình quân mỗi năm hàng chục triệu m³

khí thiên nhiên phục vụ cho sản xuất đồ sứ, thủy tinh, gạch ốp lát, xi măng trắng thuộc khu công nghiệp Tiền Hải. Tháng 5-6 năm 2003, Tổng công ty Dầu khí Việt Nam đã tiến hành nổ địa chấn 3D lô 103/107 Vịnh Bắc Bộ (trữ lượng ước tính ban đầu khoảng 7 tỷ m³). Ngày 23/3/2005, Công ty Đầu tư phát triển Dầu khí (PIDC), Tổng Công ty Dầu khí Việt Nam đã thử vỉa thành công tại giếng khoan xã Đông Lâm, huyện Tiền Hải ở độ sâu 2.600 m. Theo kết quả đánh giá ban đầu lưu lượng khí khai thác đạt 30.000 m³/ngày đêm kịp thời bổ sung cho nguồn khí phục vụ phát triển công nghiệp của tỉnh.

Mỏ nước khoáng Tiền Hải ở độ sâu 450 m có trữ lượng tính khoảng 12 triệu m³, đã khai thác từ năm 1992, sản lượng 9,5 triệu lít được trong và ngoài nước biết đến với các nhãn hiệu nước khoáng Vital, nước khoáng Tiền Hải.

Gần đây tại vùng đất xã Duyên Hải huyện Hưng Hà đã thăm dò và phát hiện mỏ nước nóng 57°C ở độ sâu 50 m và nước nóng 72°C ở độ sâu 178 m hiện đang được đầu tư khai thác phục vụ phát triển du lịch và chữa bệnh cho nhân dân.

Trong lòng đất Thái Bình còn có than nâu thuộc bể than nâu vùng đồng bằng sông Hồng, được đánh giá có trữ lượng rất lớn (trên 30 tỷ tấn) nhưng phân bố ở độ sâu 600 - 1.000 m nên chưa đủ điều kiện để khai thác.

3.1.2. Tài nguyên đất

Đất đai Thái Bình phì nhiêu màu mỡ, nổi tiếng 'bờ xôi ruộng mật' do được bồi tụ bởi hệ thống sông Hồng và sông Thái Bình. Hệ thống công trình thủy lợi tưới tiêu thuận lợi, góp phần làm nên cánh đồng 14 - 15 tấn/ha và đang thực hiện chuyển đổi cơ cấu nông nghiệp để xây dựng cánh đồng 50 triệu đồng/ha trở lên.

Tổng diện tích tự nhiên 153.596 ha. Trong đó: Diện tích cây hàng năm: 94.187 ha; Ao hồ đã đưa vào sử dụng: 6.018 ha. Hầu hết đất đai đã được cải tạo hàng năm có thể cấy trồng được 3-4 vụ, diện tích có khả năng làm vụ đông khoảng 40.000 ha.

Ngoài diện tích cấy lúa, đất đai Thái Bình rất thích hợp cho các loại cây: Cây thực phẩm (khoai tây, dưa chuột, sa lát, hành, tỏi, lạc, đậu tương, ớt xuất khẩu), cây công nghiệp ngắn ngày (cây đay, cây dâu, cây cói), cây ăn quả nhiệt đới (cam, táo, ổi bo, vải thiều, nhãn, chuối), trồng hoa, cây cảnh v.v

Tiềm năng và nguồn lợi thủy sản là một trong những thế mạnh của tỉnh Thái Bình. Thái Bình có 3 thủy vực khác nhau: nước ngọt, nước lợ, nước mặn.

- Nước mặn chiếm khoảng 17 km² chủ yếu dành cho hoạt động khai thác khoáng sản. Tổng trữ lượng hải sản vùng ven biển Thái Bình khoảng 26.000 tấn. Trong đó trữ lượng cá 24.000 - 25.000 tấn, tôm 600 - 1.000 tấn, mực 700 - 800 tấn. Khả năng khai thác tối đa cho phép 12.000 -13.000 tấn. Các loài khai thác chính là cá Trích, cá Đé, cá Khoai, cá Đồi, cá Vược.... các loài tôm: tôm Vàng, tôm Bộp, tôm He... Hiện tại mới duy trì các hoạt động đánh bắt nhỏ, khai thác tự nhiên, phần lớn là nguồn cung cấp nguyên liệu để chế biến các mặt hàng truyền thống như nước mắm, mắm tôm và chế biến thức ăn thủy sản.

- Vùng nước lợ: Chủ yếu ở các khu vực cửa sông Hồng, sông Thái Bình và sông Trà Lý có các nguồn phù du sinh vật, các loại tảo thực vật, thủy sinh phong phú làm thức ăn tự nhiên cho nuôi trồng thủy sản. Vùng này có khoảng 20.705 ha (Tiền Hải 9.949 ha, Thái Thụy 10.756 ha), trong đó diện tích có khả năng phát triển nuôi trồng thủy sản nước lợ là 5.453 ha. Hiện đã đưa vào khai thác 3.629 ha để nuôi trồng thủy sản: tôm, cua, sò, hến, trồng rau câu. Bên cạnh đó Thái Bình còn có các cồn cát ven biển như: Cồn Vành, Cồn Thủ, Cồn Đen và vùng đất ngập mặn rất thích hợp trồng tập trung cây sù vẹt, bần. Hiện tại có gần 5.000 ha rừng vừa giữ đất, chắn sóng, vừa tạo môi trường sinh thái và cảnh quan thiên nhiên du lịch ven biển.

- Vùng nước ngọt: Tổng diện tích có khả năng nuôi thủy sản là 9.256 ha, hiện mới đưa vào nuôi khoảng 6.020 ha. Ngoài ra còn có trên 3.000 ha vùng lúa ruộng trũng cấy 1 vụ năng suất thấp có thể chuyển sang nuôi thủy sản.

Thái Bình có triển cỏ ven đê, ven sông và hệ thống kênh mương ao hồ rộng khắp là điều kiện để phát triển chăn nuôi trâu, bò, bò sữa, lợn, gà, vịt, cá....

Nguồn nước ngọt cho nhu cầu dân sinh và công nghiệp tương đối dồi dào, chủ yếu là nguồn nước mặt của các sông lớn.

3.2. Dữ liệu sử dụng

Dữ liệu ảnh chọn thực hiện nghiên cứu ảnh **VNREDSat-1**

Các thông số của vệ tinh VNREDSat-1:

- Vệ tinh có kích thước 600 mm x 570 mm x 500 mm, có trọng lượng khoảng 120kg. Tuổi thọ của vệ tinh theo thiết kế là 5 năm.
- Vệ tinh có quỹ đạo đồng bộ Mặt trời (SSO)
- Độ cao quỹ đạo trên xích đạo: 680km
- Góc nghiêng mặt phẳng quỹ đạo: $98,13^\circ$
- Độ tròn quỹ đạo: 0,001193
- Chu kỳ quỹ đạo: 5909,6 giây
- Hệ thống quang học được đặt trên vệ tinh VNREDSat-1 là **NAOMI** (New AstroSat Optical Modular Instrument)
- Thời gian chụp lặp lại (vệ tinh nghiêng $\pm 35^\circ$): 3 ngày
- Thời gian chụp lặp lại (vệ tinh nghiêng $\pm 15^\circ$): 7 ngày

Đặc điểm ảnh vệ tinh VNREDSat-1

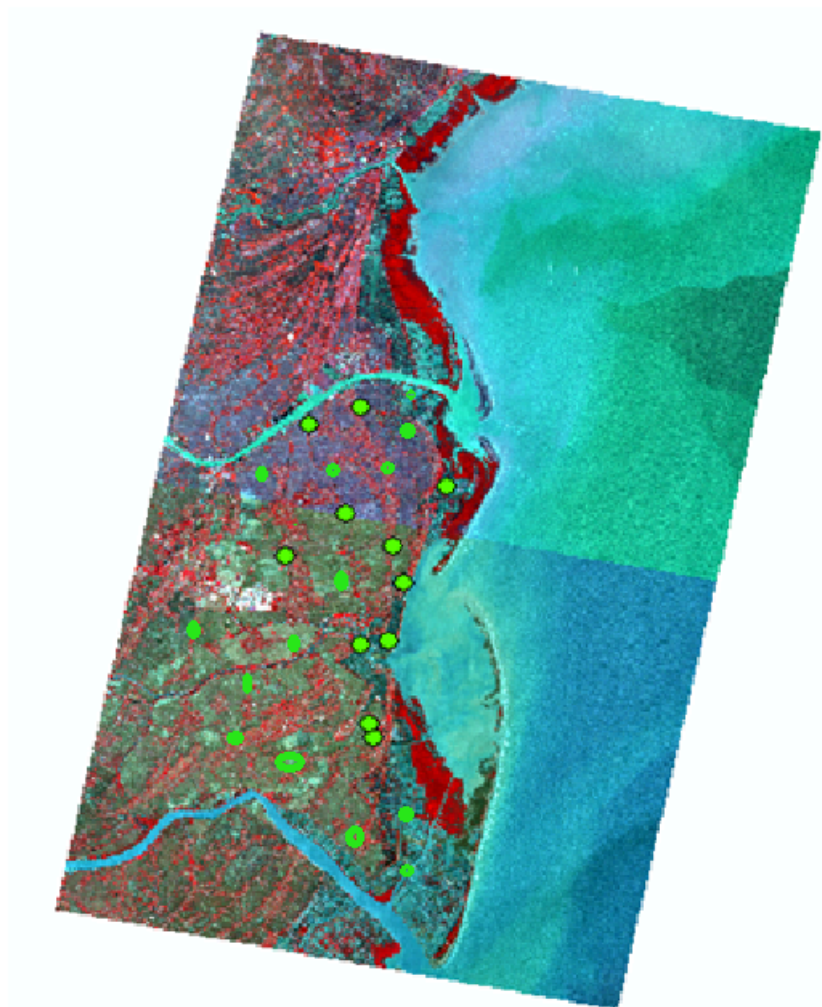
Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
Panchromatic	0,45 – 0,75	2,5
Band 1 (Blue)	0,45 – 0,52	10
Band 2 (Green)	0,53 – 0,60	10

Band 3 (Red)	0,62 – 0,69	10
Band 4 (NIR)	0,76 – 0,89	10

Ngày 4/12/2013, sau 3 tháng nhận bàn giao vận hành khai thác VNREDSat-1 từ Pháp, tổng số các ảnh đã chụp, xử lý và lưu trữ thành công của vệ tinh là 18.427 cảnh ảnh với kích thước 17,5km x 17,5km trong đó bao gồm 9.817 cảnh ảnh đa phổ (Multi-spectral) và 8.610 cảnh ảnh toàn sắc (Panchromatic). Riêng vùng lãnh thổ và lãnh hải Việt Nam, vệ tinh đã chụp và xử lý 4.003 cảnh, trong đó có 2.018 ảnh đa phổ và 1.985 ảnh toàn sắc.

3.3. Phản xạ phổ của đất và đất nhiễm mặn

Trong khu vực nghiên cứu, nhóm thực hiện đã lựa chọn những khu vực là đất trồng lúa và đất trống để tiến hành đo đạc phản xạ phổ của các mẫu đất tại đây. Sơ đồ các điểm được thể hiện trong hình 2 dưới đây



Hình 3. 1: Vị trí đo đặc phản xạ phổ trong khu vực nghiên cứu

Theo như hình trên, đất trồng lúa và đất trống được đo phản xạ phổ nằm trên một số loại đất, cụ thể như sau:

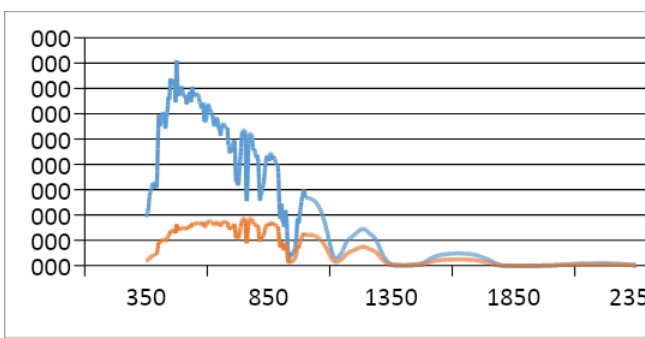
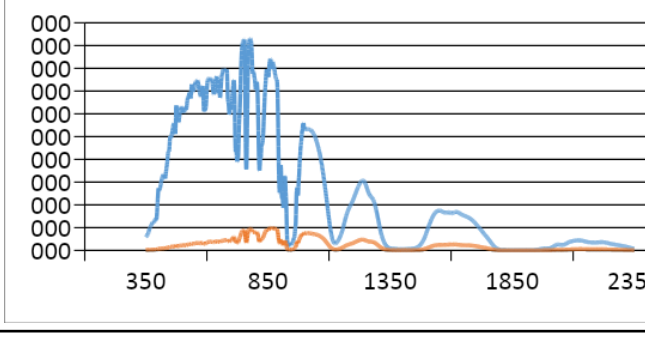
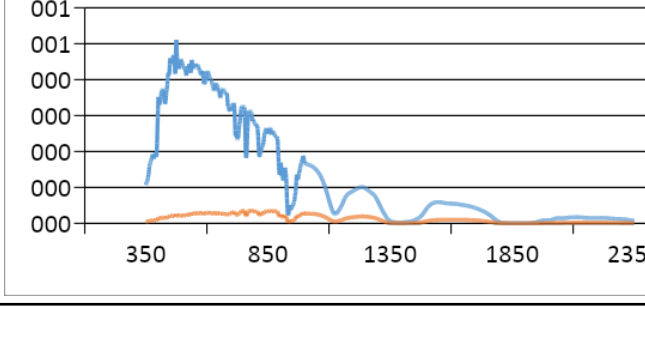
Bảng 3. 2: Số điểm đo phản xạ phổ trên các loại đất

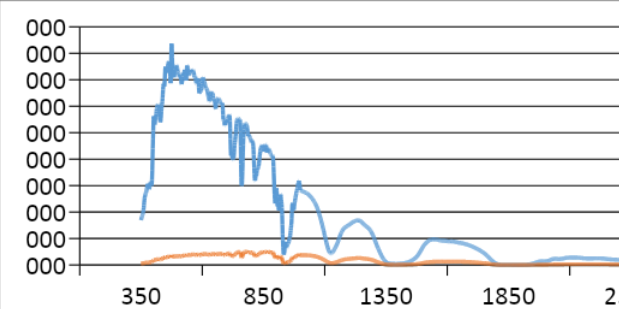
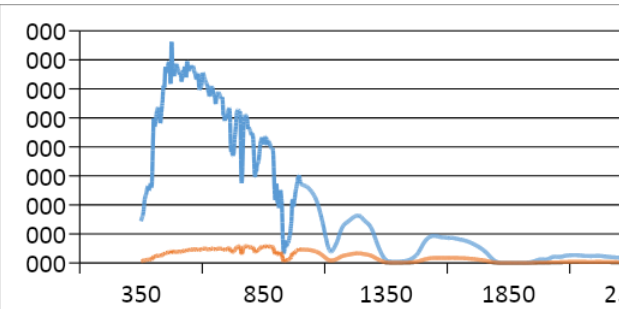
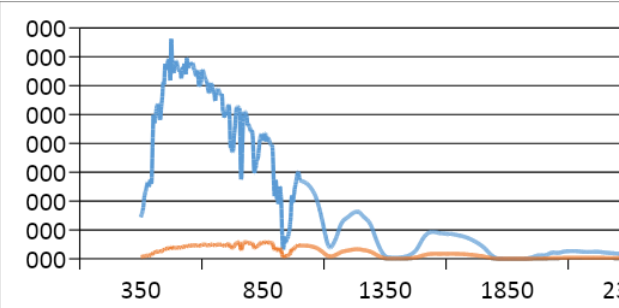
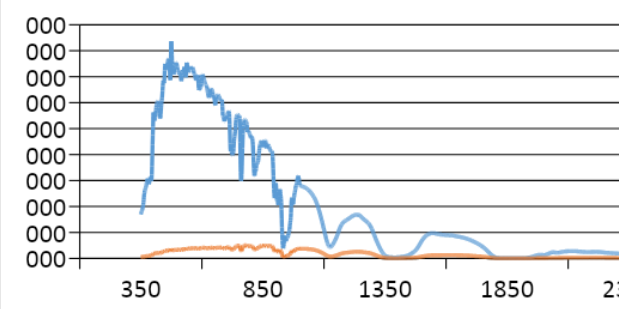
ST T	Hiện trạng	Loại đất
1	Đất trồng lúa	Đất gley phèn tiềm tàng, sâu (GLt.pt2)
2	Đất trống	Đất gley phèn tiềm tàng, sâu (GLt.pt2)
3	Đất trồng lúa	Đất gley mùn, chua (Glu.dy)
4	Đất trồng lúa	Đất phèn tiềm tàng sâu, mặn (FLt.pt2sa)
5	Đất trống	Đất phèn tiềm tàng sâu, mặn (FLt.pt2sa)

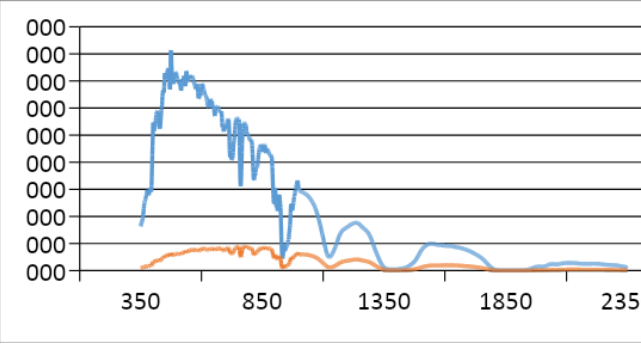
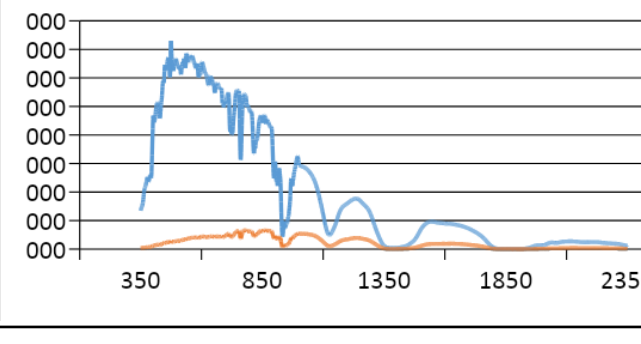
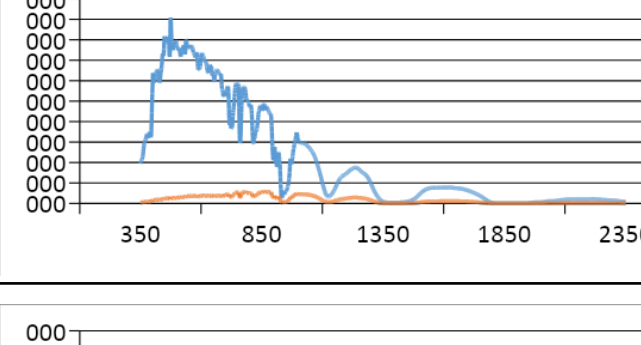
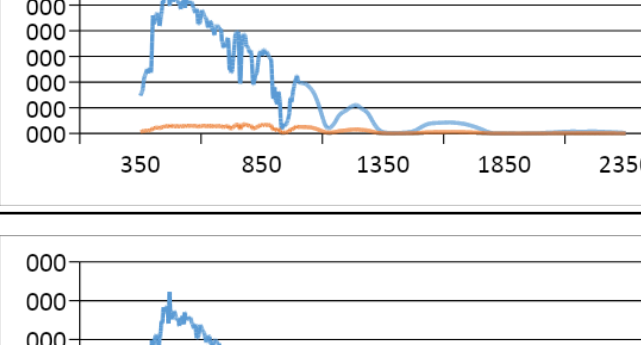
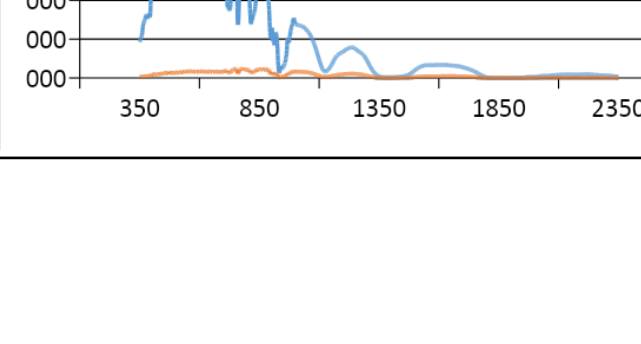
6	Đất trồng lúa	Đất phèn tiềm tàng sâu (FLt.pt2)
7	Đất trồng lúa	Đất phù sa ít chua, gley (Flu.gl)
8	Đất trồng	Đất phèn hoạt động, sâu, mặn (FLt.ot2sa)
9	Đất trồng	Đất phèn tiềm tàng nông, mặn (FLt.pt1sa)
10	Đất trồng lúa	Đất xám gley cơ giới nhẹ (Acg.ar)
11	Đất trồng lúa	Đất xám cơ giới nhẹ, rất nghèo Bazơ (Acr.ve)

3.3.1. Đối với nhóm đất gley phèn tiềm tàng

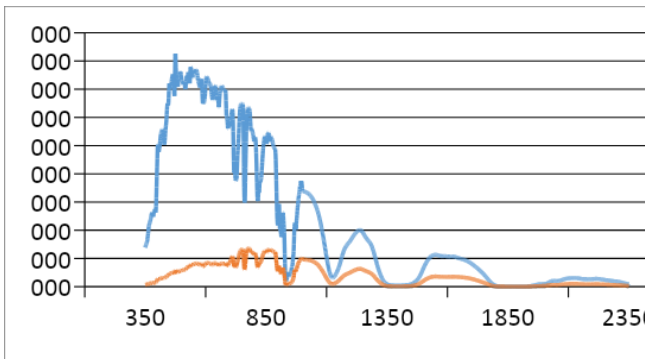
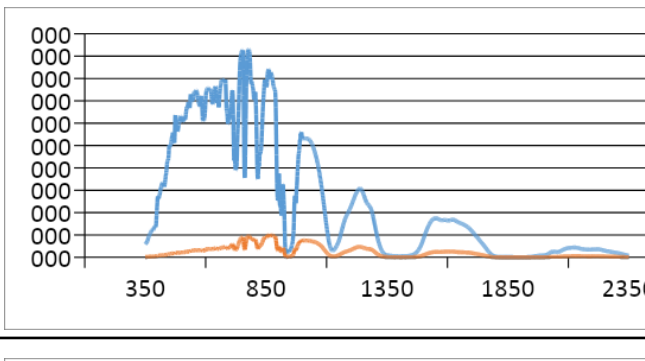
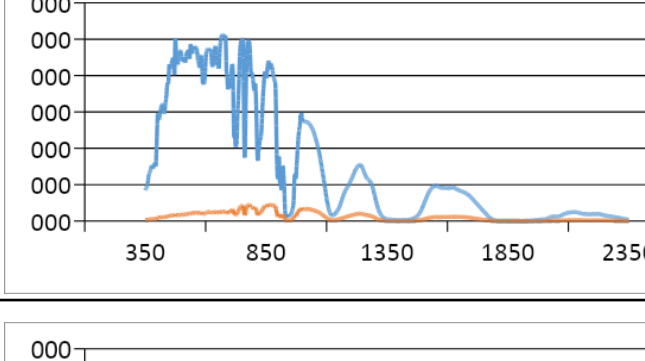
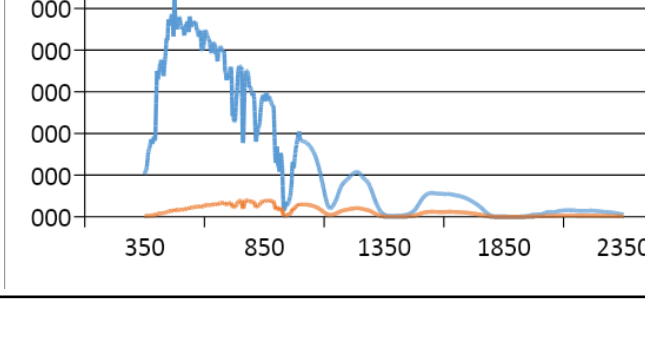
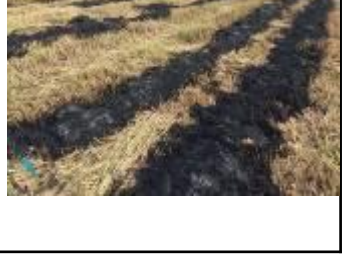
Bảng 3. 3: Phản xạ phổ của nhóm đất gley phèn tiềm tàng

ST T	Hiện trạng	Phản xạ phổ	Ảnh thực địa
1	Đất trồng		
2	Ruộng lúa sắp thu hoạch		
3	Ruộng mới gieo mạ		

4	Ruộng lúa chín sắp gặt		
5	Ruộng lúa chín sắp gặt		
6	Ruộng lúa chín sắp gặt		
7	Ruộng lúa chín sắp gặt		

8	Ruộng lúa chín sắp gặt		
9	Ruộng lúa chín sắp gặt		
10	Đất trồng màu để trồng		
11	Ruộng mới sạ		
12	Ruộng lúa vừa gặt		

13	Lúa mới trổ bông		
14	Lúa mới sạ		
15	Ruộng lúa hỏng vì thiếu nước		
16	Ruộng lúa vừa gặt		

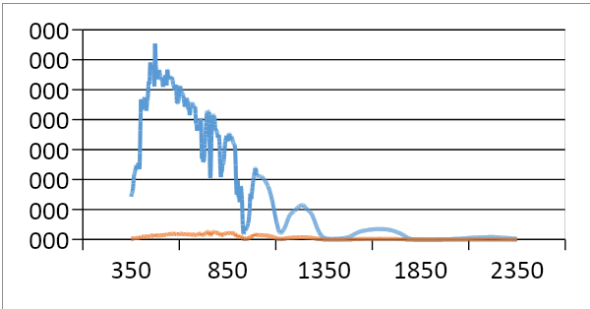
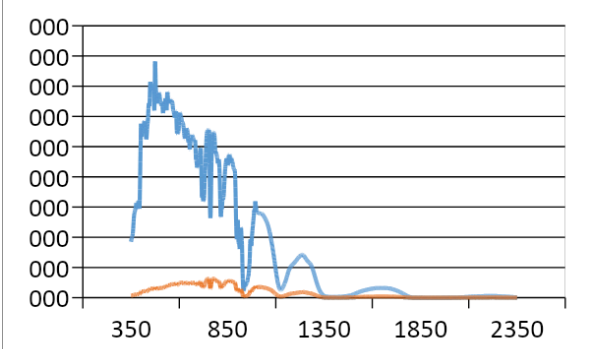
17	Ruộng lúa bỏ vụ		
18	Ruộng lúa chín sắp gặt		
19	Đất lúa mới sạ		
20	Ruộng lúa vừa gặt		

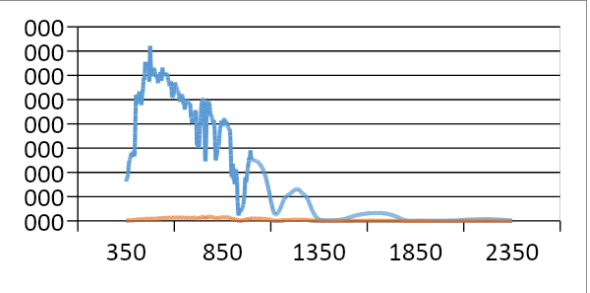
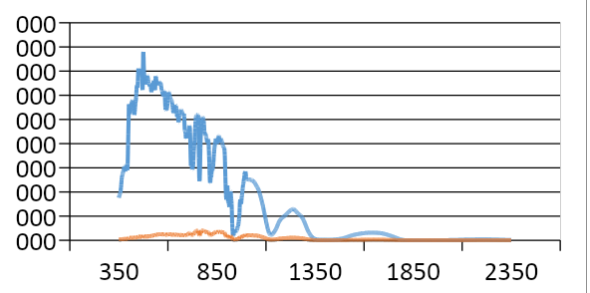
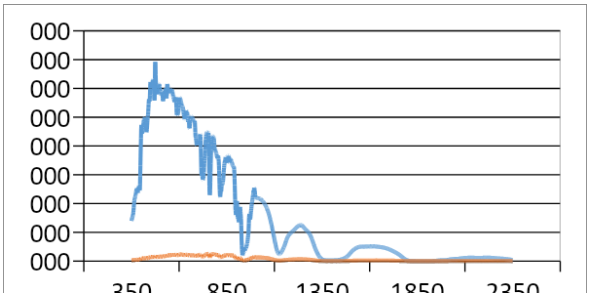
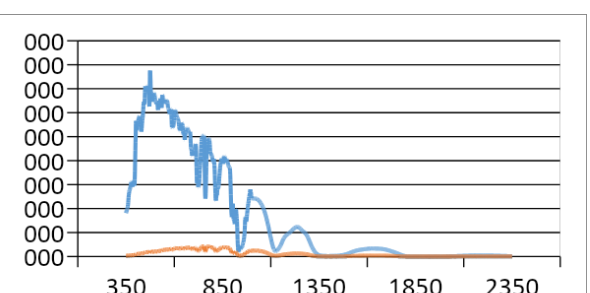
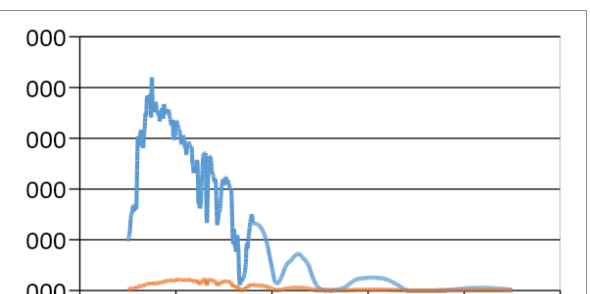
Có thể dễ dàng nhận thấy, đường cong phản xạ phổ của nhóm đất này khá tương đồng với nhau. Mức độ phản xạ khá thấp, khoảng 2%. Tuy nhiên một số mẫu có hình dạng khác biệt như tại điểm 1, đây là vị trí đất trồng, được đắp từ việc vét

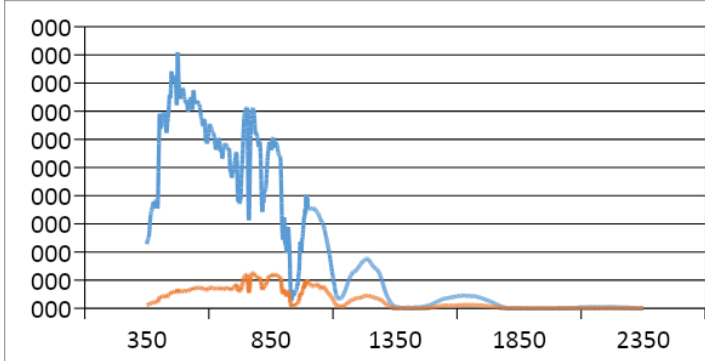
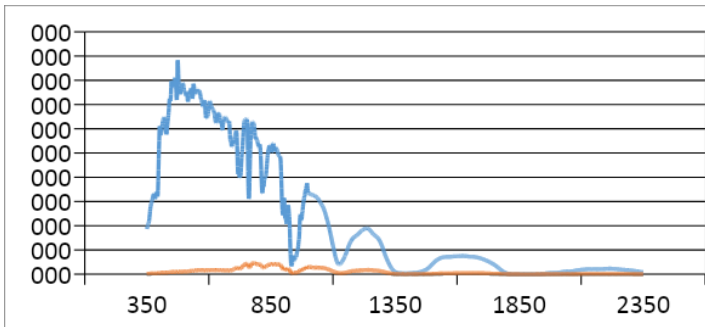
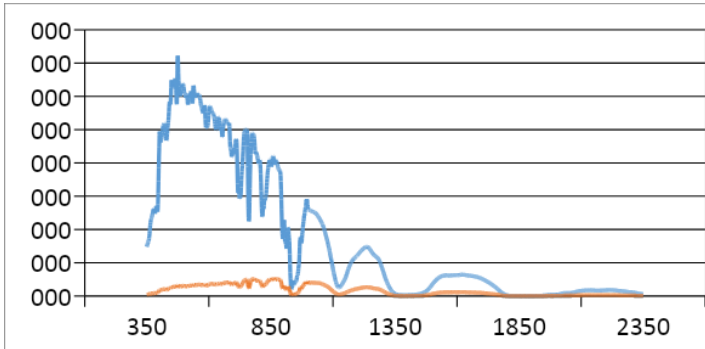
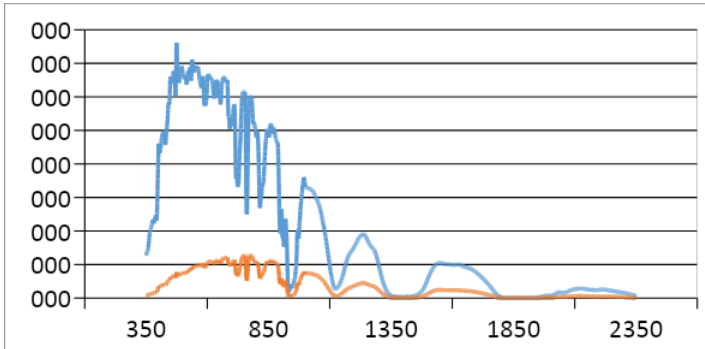
mương và để khô, do vậy đã không còn là đất gley nữa; dẫn đến đường cong phản xạ phổ khác biệt so với phần còn lại. Bên cạnh đó, điểm khác cũng khác hơn các điểm khác vì tại điểm 13, ruộng lúa được tháo nước vào nhiều hơn, làm cho độ ẩm tăng cao hơn các điểm khác là các ruộng lúa chuẩn bị thu hoạch hay mới thu hoạch hoặc mới sạ; điểm 7 do bị bỏ hoang nên không có nước, đất bị khô làm cho phản xạ phổ tăng cao hơn các điểm khác. Sự sai khác giữa các điểm còn lại chủ yếu là do độ ẩm chênh lệch, còn dáng đường cong phản xạ phổ là tương tự nhau; nhóm đất này có xu hướng phản xạ mạnh tại khu vực kênh đỏ và cận hồng ngoại.

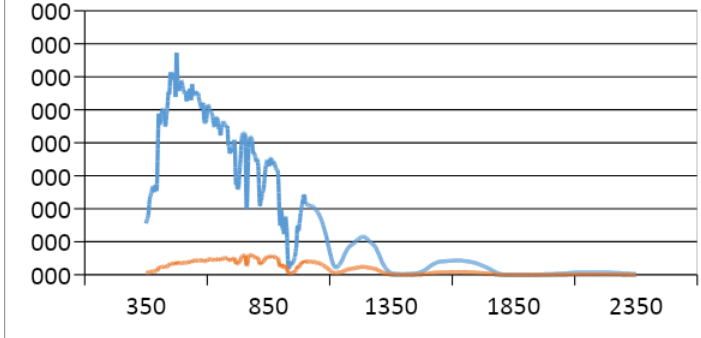
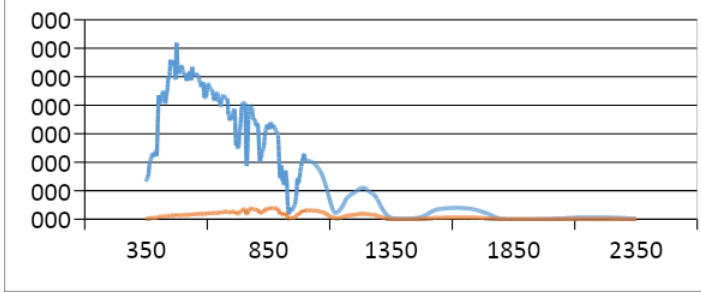
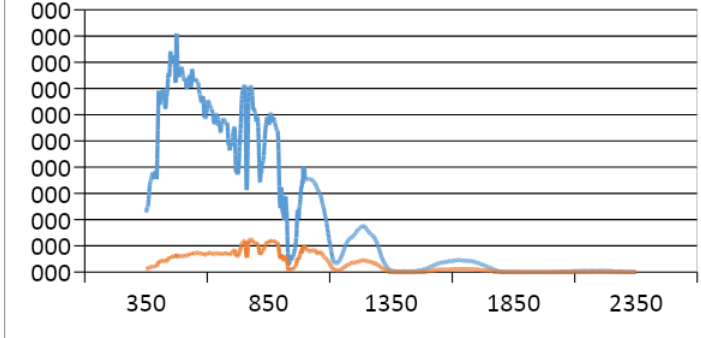
3.3.2. Đối với nhóm đất gley mùn, chua

Bảng 3. 4: Phản xạ phổ của nhóm đất gley mùn, chua

ST T	Hiện trạng	Phản xạ phổ	Ảnh thực địa
1	Lúa chín sắp gặt		
2	Lúa chín sắp gặt		

3	Lúa chín sắp gặt		
4	Lúa chín sắp gặt		
5	Lúa chín sắp gặt		
6	Đất lúa gốc rạ		
7	Đất lúa gốc rạ		

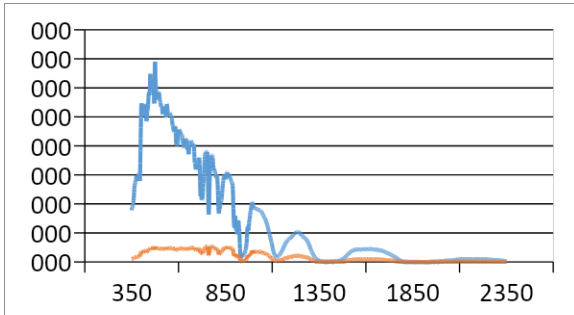
2	Ruộng lúa		
3	Ruộng lúa		
4	Đất trồng, đất vét mương đắp bờ		
5	Đất trồng		

6	Đất trồng		
7	Đất trồng		
8	Ruộng lúa		

Có thể dễ dàng nhận thấy, đối với nhóm đất phèn tiềm tàng sâu, mặn này chia thành hai dạng đường cong phản xạ phổ rõ ràng. Đối với các đối tượng là đất trồng thì phản xạ phổ lại khá thấp, trừ điểm 1 và điểm 5 là đất rất khô, nên phản xạ mạnh còn lại đều có phản xạ dưới 2%. Tại các ruộng lúa trên nền nhóm đất này, phản xạ phổ còn thấp hơn cả đất trồng, nhưng đường cong phản xạ phổ lại bắt đầu thay đổi tại các bước sóng trong khoảng 450-470nm, mà không chạy ngang như đối tượng đất trồng.

3.3.4. Đối với nhóm đất phù sa ít chua, gley

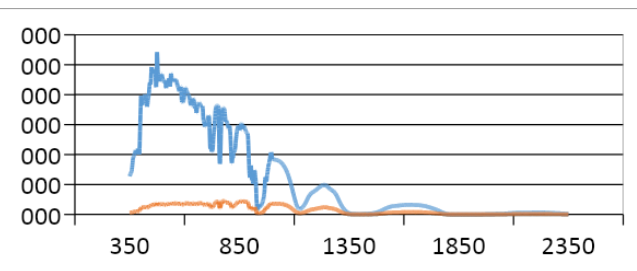
Bảng 3. 6: Phản xạ phổ của nhóm đất phù sa ít chua, gley

ST T	Hiện trạng	Phản xạ phổ	Ảnh thực địa
1	Đất lúa đã gặt đang lấy nước vào		

Đây là nhóm đất khá thích hợp cho việc trồng lúa, tại thời điểm đo mẫu, cánh đồng nơi đây đã được tháo nước vào để chuẩn bị cho vụ mới. Chỉ còn lại một vài điểm có thể đo được phản xạ phổ của đất; do vậy có thể phản xạ phổ khá thấp, lý do là đất có độ ẩm cao; đồng thời cũng có thể thấy là phản xạ ở nhóm đất này khá mạnh trong dải từ 470-710nm, thuộc vùng nhìn thấy.

3.3.5. Đối với nhóm đất phèn hoạt động, sâu, mặn

Bảng 3. 7: Phản xạ phổ của nhóm đất phèn hoạt động, sâu, mặn

ST T	Hiện trạng	Phản xạ phổ	Ảnh thực địa
1	Đất trồng		

Nhóm đất này chỉ chiếm tỉ lệ khá nhỏ trong khu vực nghiên cứu, hơn nữa với tính chất phèn, mặn nên không thích hợp để trồng lúa. Thực phủ chủ yếu là các cây ưa mặn như lác,... Tại điểm lấy mẫu, đất đã khô trắng trên bề mặt, tuy nhiên do sự hiện diện của tinh khoáng jasorit đã làm cho phản xạ phổ của nhóm này chỉ vào khoảng 1-2%, và khá đồng đều trong dải sóng nhìn thấy (470-710nm).

3.3.6. Đối với nhóm đất phèn tiềm tàng, nông, mặn

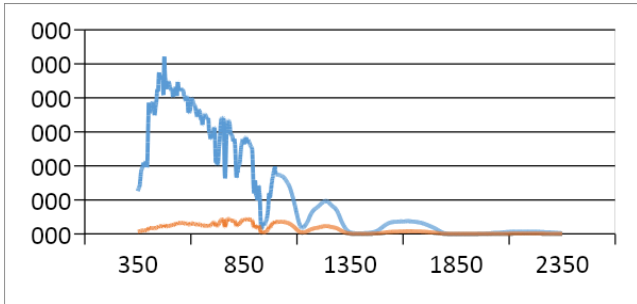
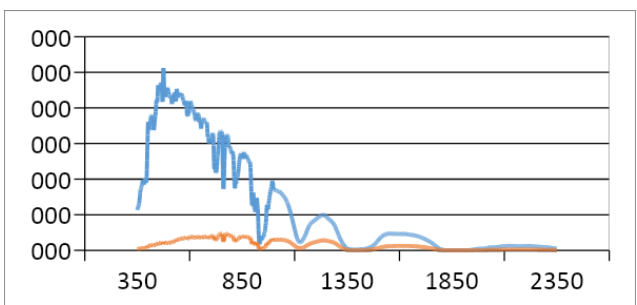
Bảng 3. 8: Phản xạ phổ của nhóm đất phèn tiềm tàng, nông, mặn

ST T	Hiện trạn g	Phản xạ phổ	Ảnh thực địa
1	Đất trống		
2	Đất trống		
3	Đất trống		

Có thể nhận thấy, đường cong phản xạ phổ của các mẫu trong nhóm đất này khá giống nhau. Phản xạ mạnh nhất tập trung vào bước sóng từ 590-710nm. Sự khác nhau giữa các điểm đo là do độ ẩm của đất.

3.3.7. Đối với nhóm đất xám gley cơ giới nhẹ

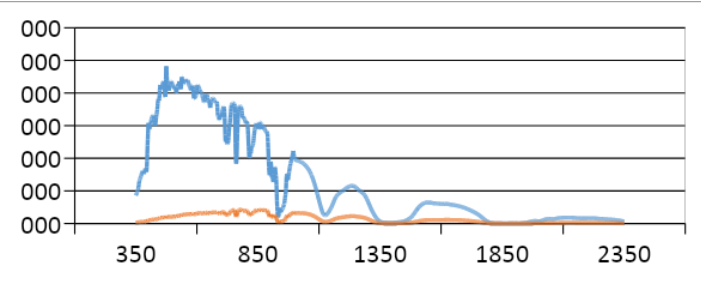
Bảng 3. 9: Phản xạ phổ của nhóm đất xám gley cơ giới nhẹ

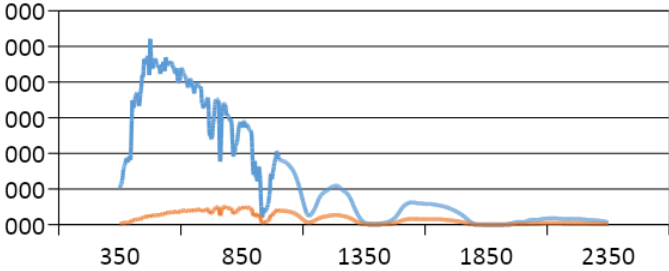
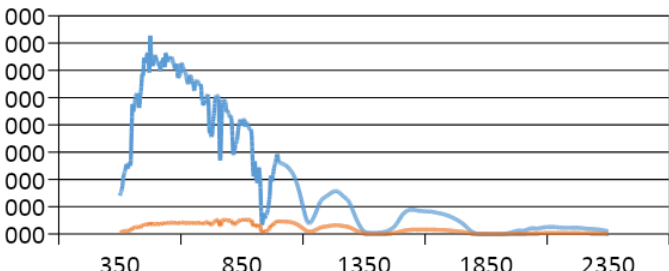
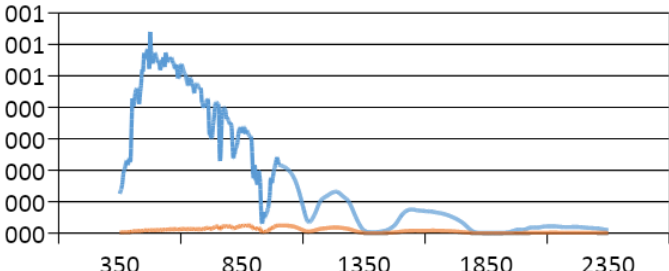
STT	Hiện trạng	Phản xạ phổ	Ảnh thực địa
1	Đất lúa mới gieo mạ		
2	Ruộng lúa cạn, để hoang		

Nhóm đất này cũng có đường cong phản xạ phổ khá giống với nhóm đất phèn tiềm tàng nông, mặn; phản xạ mạnh nhất trong khoảng 590-710nm. Tại điểm 1, có mạ mới lên khoảng 2-3cm, nhưng tại điểm số 2, lúa cạn để hoang vì có nhiều phèn, không có năng suất lúa tại đây. Phản xạ phổ tại điểm 2 vì vậy cũng cao hơn so với điểm 1.

3.3.8. Đối với nhóm đất xám cơ giới nhẹ, rất nghèo bazo

Bảng 3. 10: Phản xạ phổ của nhóm đất xám cơ giới nhẹ, rất nghèo Bazo

ST T	Hiện trạng	Phản xạ phổ	Ảnh thực địa
1	Ruộng lúa chín sắp gặt		

2	Ruộng g lúa vừa gặt		
3	Ruộng g lúa chín sắp gặt		
4	Ruộng g lúa mới gieo sạ		

Đường cong phản xạ phổ của nhóm đất này cũng tương tự như nhóm đất xám gley cơ giới nhẹ. Phản xạ phổ tốt nhất trong khoảng từ 590-710nm, nhưng phản xạ bắt đầu mạnh lên từ bước sóng 470nm. Sự khác biệt giữa các điểm mẫu về phần trăm phản xạ phổ là do độ ẩm tại các điểm khác nhau. Các điểm 1, 2, 3 là các cánh đồng sắp thu hoạch hoặc vừa thu hoạch nên độ ẩm thấp hơn so với điểm 4 khi ruộng mới sạ; do đó phản xạ phổ tại điểm 4 là thấp hơn so với các điểm còn lại.

Các kết quả phân tích đặc điểm đất nhiễm mặn và phản xạ phổ của mỗi loại đất tại khu vực nghiên cứu được thực hiện thành công trên cơ sở những đo đạc thực địa. Vị trí đo đạc tập trung vào hai đối tượng chính là đất trồng lúa bao gồm các hình thái khác nhau như: ruộng lúa chín sắp gặt, ruộng lúa mới được gieo sạ, ruộng lúa được tháo nước vào; ruộng lúa vừa gặt, ruộng lúa để hoang do thiếu nước hoặc

do đất bị phèn, mặn không canh tác được; và đất trống. Đồng thời các điểm này cũng nằm ở các loại đất khác nhau bao gồm: đất phù sa, đất gley, đất cát, đất đen, đất xám, đất đỏ.

3.4. Tính chỉ số nhiễm mặn và lựa chọn

VNREDSAT-1 là vệ tinh được điều khiển và thu chụp của Việt Nam, ảnh VNREDSAT-1 có tương đồng về độ rộng 4 kênh ảnh Red, Green, Blue, NIR với ảnh Landsat-8 và Sentinel-2. Mặc dù số lượng nghiên cứu về đất mặn sử dụng ảnh VNREDSAT-1 được nghiên cứu là hạn chế, nhóm tác giả đã nghiên cứu khả năng ứng dụng ảnh vệ tinh VNREDSAT-1 trong đề tài “Nghiên cứu khả năng chiết xuất chỉ số độ mặn của đất từ ảnh vệ tinh VNREDSAT-1” có tính tương quan từ 0,6-0,8 giữa chỉ số độ mặn tính từ ảnh VNREDSAT-1 và ảnh Landsat là một kết quả chấp nhận được. Cùng với lợi thế của việc chủ động được thời gian bay chụp tại khu vực nghiên cứu nói riêng và của Việt Nam nói chung, việc lựa chọn ảnh VNREDSAT-1 hoàn toàn có cơ sở khoa học và sẽ là một trong những nghiên cứu tiên phong của việc sử dụng ảnh vệ tinh của Việt Nam về đất mặn.

Bảng 3. 11: Các chỉ số được lựa chọn

ên	Công thức	Th am khảo
I 1	$SI = \sqrt{(B \times R)}$	[3]
I 2	$SI = \sqrt{(G \times R)}$	[3]
I 3	$SI = \sqrt{(G^2 + R^2 + N)}$	[2]
I 4	$SI = \sqrt{(G^2 + R^2)}$	[2]

I 5	$SI = \frac{B}{R}$	[4]
I 6	$SI = \frac{(B-R)}{(B+R)}$	[4]
I 7	$SI = \frac{(G \times R)}{B}$	[4]
I 8	$SI = \frac{(B \times R)}{G}$	[5]
I 9	$SI = \frac{(NIR \times R)}{G}$	[5]

Tiền xử lý ảnh VNREDSAT-1

Sử dụng phần mềm RESPEED để thực hiện công tác hiệu chỉnh khí quyển cho các dữ liệu thu thập được. Kết quả thu được có hai phần là:

Giá trị phản xạ phổ tại đỉnh khí quyển (các file kết quả tên có phần cuối là toar)

Giá trị phản xạ phổ thực tế của đối tượng trên mặt đất (các file kết quả tên có phần cuối là rrs)

Bước 1: Khởi động phần mềm RESPEED, lựa chọn công cụ Xử lý ảnh, phần Hiệu chỉnh khí quyển

Bước 2: Chọn tệp tin ảnh trong dữ liệu ảnh thu thập, đây là file có đuôi .TIF

Bước 3: Chọn file siêu dữ liệu đi kèm để lấy thông tin phụ trợ như thời gian chụp, góc mặt trời,... đây là file có đuôi .DIM

Bước 4: Chọn loại dữ liệu là đa phổ (MS) hoặc toàn sắc (Pan). Sau đó chọn file dữ liệu đầu ra

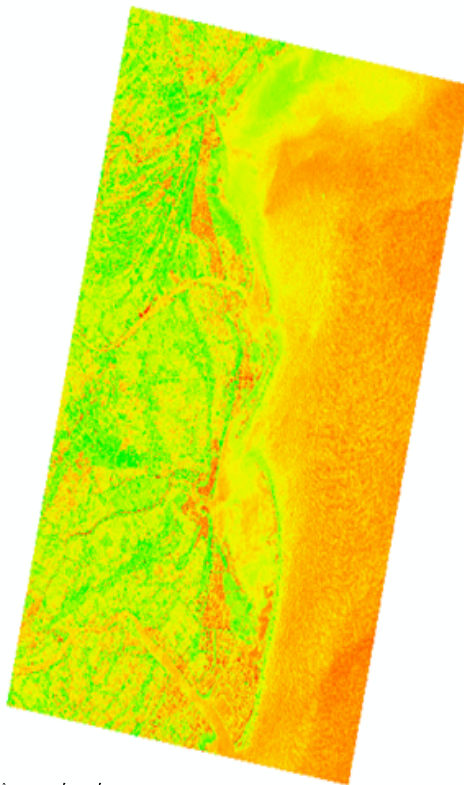
Sau đó đợi phần mềm tính toán, xử lý và đưa ra thông báo hoàn thành quá trình hiệu chỉnh

Bước 5: Kiểm tra kết quả sau hiệu chỉnh. Tìm đến thư mục chứa dữ liệu ảnh thu thập, kiểm tra xem đã có đủ các file,

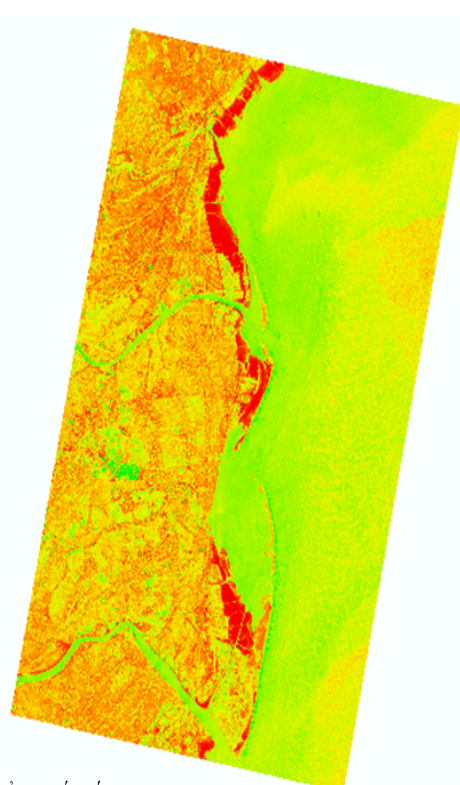
Đối với dữ liệu ảnh đa phổ kiểm tra sẽ có 8 file: tương ứng với 2 loại giá trị (toar và rrs) cho 4 kênh của dữ liệu là Blue, Green, Red, NIR

Đối với dữ liệu ảnh toàn sắc kiểm tra sẽ có 2 file: tương ứng với 2 loại giá trị (toar và rrs) cho 1 kênh của dữ liệu là Panchromatic.

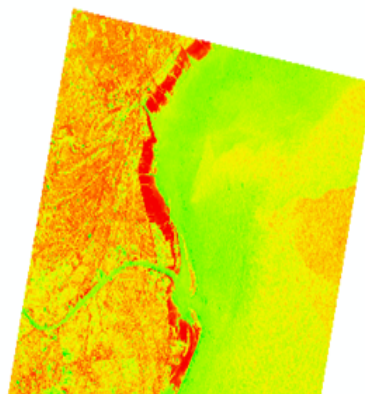
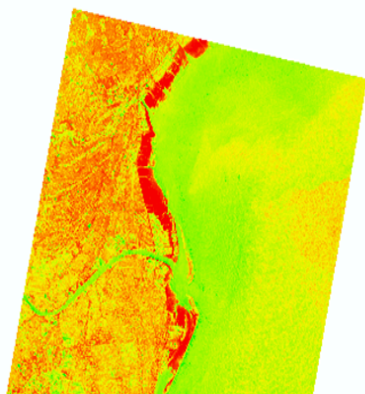
Chiết xuất các chỉ số độ mặn từ ảnh

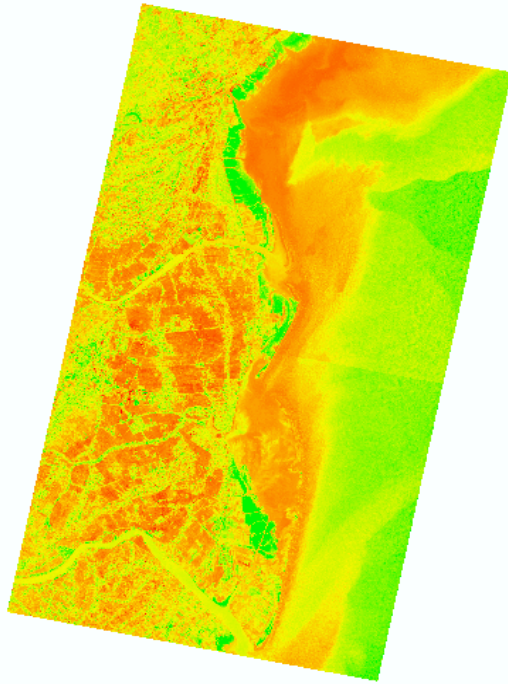


Ảnh chiết suất giá trị SI1 trên ảnh VNREDSAT-1

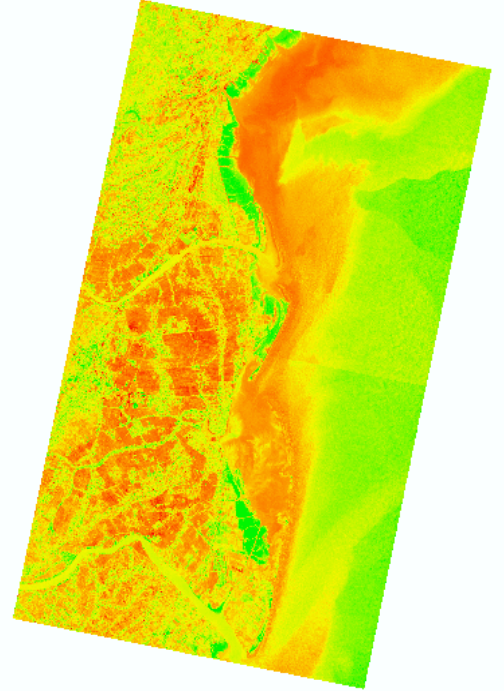


Ảnh chiết suất giá trị SI2 trên ảnh VNREDSAT-1

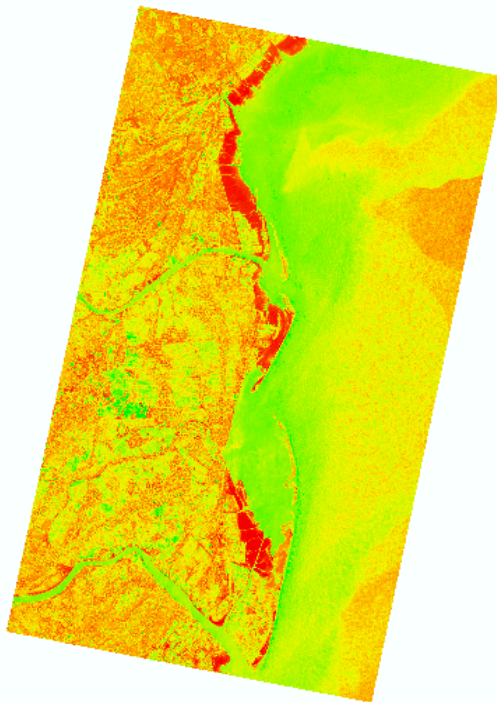




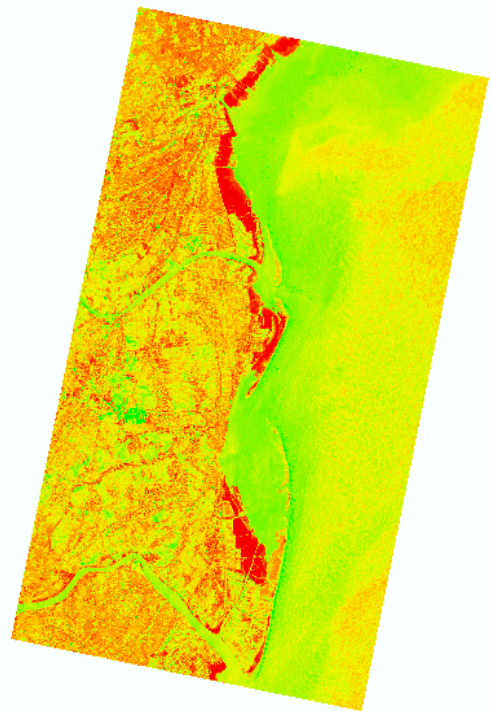
*Ảnh chiết suất giá trị SI5
trên ảnh VNREDSAT-1*



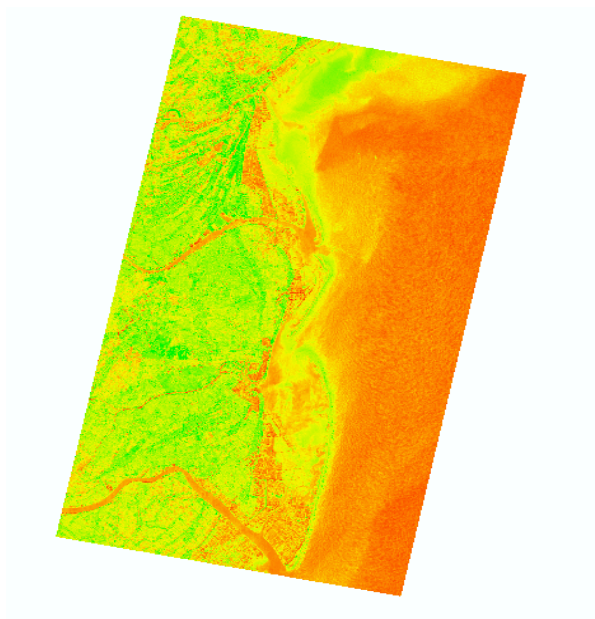
*Ảnh chiết suất giá trị SI6
trên ảnh VNREDSAT-1*



*Ảnh chiết suất giá trị SI7
trên ảnh VNREDSAT-1*



*Ảnh chiết suất giá trị SI8
trên ảnh VNREDSAT-1*



*Ảnh chiết suất giá trị SI9
trên ảnh VNREDSAT-1*

Hình 3. 5: Các ảnh chiết suất giá trị trên ảnh VNREDSAT-1

Bảng sau đây là kết quả chiết xuất độ mặn từ ảnh VNREDSAT 1 tại vị trí các điểm khảo sát.

Bảng 3. 12: Thống kê kết quả chiết xuất độ mặn từ ảnh VNREDSAT 1

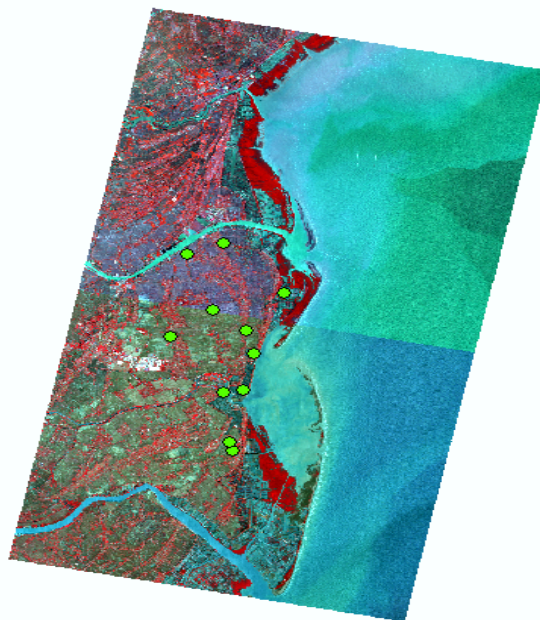
STT	EC	Si1	si2	si3	si4	Si5	Si6	Si7	Si8	Si9
1	13,120	0,30	0,29	0,86	0,43	1,04	0,34	0,36	0,73	0,16
2	7,150	0,42	0,44	1,02	0,63	1,06	0,55	0,46	0,68	0,19
3	6,240	0,48	0,51	1,21	0,73	1,31	0,65	0,53	0,66	0,20
4	9,592	0,42	0,44	1,66	0,64	2,20	0,56	0,49	0,65	0,21
5	5,700	0,30	0,31	1,07	0,44	1,15	0,36	0,31	0,79	0,12
6	0,163	0,42	0,43	1,48	0,63	1,96	0,56	0,49	0,63	0,22
7	5,000	0,25	0,25	1,09	0,35	1,14	0,26	0,26	0,89	0,06
8	8,192	0,37	0,38	1,23	0,56	1,68	0,49	0,44	0,62	0,23
9	0,892	0,49	0,52	1,71	0,76	2,22	0,72	0,55	0,60	0,25
10	2,110	0,51	0,56	1,70	0,84	2,30	0,84	0,58	0,54	0,30

11	1,607	0,54	0,59	1,76	0,87	2,39	0,88	0,61	0,51	0,32
12	9,585	0,58	0,64	1,87	0,95	2,56	0,98	0,66	0,46	0,35
13	5,564	0,62	0,69	1,98	1,03	2,74	1,08	0,70	0,42	0,39
14	7,543	0,67	0,75	2,09	1,12	2,91	1,18	0,75	0,37	0,42
15	1,521	0,71	0,80	2,19	1,20	3,09	1,29	0,80	0,32	0,45
16	6,500	0,75	0,86	2,30	1,28	3,26	1,39	0,85	0,27	0,49
17	6240	0,48	0,51	1,21	0,73	1,31	0,65	0,53	0,66	0,20
18	3,592	0,42	0,44	1,66	0,64	2,20	0,56	0,49	0,65	0,21
19	5,700	0,30	0,31	1,07	0,44	1,15	0,36	0,31	0,79	0,12
20	0,163	0,42	0,43	1,48	0,63	1,96	0,56	0,49	0,63	0,22

3.5. Phân tích tương quan giữa kết quả thu được từ xử lý ảnh viễn thám và kết quả đo thực địa

3.5.1. Chiết xuất giá trị độ mặn tại điểm đo thực địa

Để đánh giá tương quan của chỉ số độ mặn trên ảnh và độ mặn phân tích mẫu đo, đề tài thực hiện lấy 20 mẫu đo như hình dưới đây.



Hình 3. 6: Sơ đồ điểm mẫu lấy giá trị độ mặn

3.5.1.1. Thiết bị và quy trình đo

1. Thiết bị đo

Item number: Máy đo độ dẫn điện của đất Spectrum Fieldscout EC 2265FS

Hãng sản xuất: Spectrum, Auror



Hình 3. 7: Máy đo độ dẫn điện của đất Spectrum Fieldscout EC 2265FS

a) THÔNG SỐ KỸ THUẬT

- Đọc số liệu: Hiển thị bằng màn hình kỹ thuật số LCD.
- Giới hạn EC: 0,00-19,99 mS /cm.
- Phạm vi nhiệt độ: 0-55oC (32-122oF).
- Bù nhiệt độ: Tự động bù nhiệt trong khoảng từ 0 - 500
- Năng lượng: 4 pin LR44 1.5V alkaline.
- Tuổi thọ pin: 150 giờ.
- Đường kính đầu dò: 2265FS: 7.7 in (19.5 cm).

b) ĐẶC TÍNH CÔNG DỤNG

- Thiết bị đồng hồ đo chuyên nghiệp.
- Cách sử dụng đơn giản không cần phải chuẩn bị mẫu – lấy mẫu có thể thông qua cấu hình.

- Kết hợp tinh xảo với mũi cảm biến tạo sự tiếp xúc tối đa giữa đất-đầu dò giúp độ chính xác cao hơn.
- Có thể lấy mẫu trực tiếp khi cắm đầu dò cảm biến vào khay, chậu, thùng chứa, dung dịch, hoặc đất bề mặt
- Đặc điểm kỹ thuật: 0-19,9 mS/cm (Độ chính xác $\pm 1\%$, độ phân giải 0.01 mS/cm)
- Bù nhiệt tự động.
- Bao gồm pin và tiêu chuẩn hiệu chỉnh EC.

2. Quy trình đo

ĐO TỔNG EC CỦA ĐẤT

Sử dụng tốt nhất: Đo liên tục, Đo tại hiện trường

Ưu điểm: tổng độ dẫn của không khí, nước, đất. Dễ dàng kiểm tra và không cần thiết bị bổ sung.

Nhược điểm: Không thể phân biệt giữa đất, không khí trong đất, hoặc nước trong đất.

Độ dẫn điện toàn bộ của đất là đo tổng độ dẫn điện. Tổng độ dẫn điện bao gồm EC của đất, không khí và độ ẩm trong mẫu. Tất cả những thứ này mang các ion tích điện được đọc như EC. Việc kiểm tra này rất hữu ích; có thể tính toán độ dẫn nước lỗ rỗng và độ dẫn trích xuất của bão hòa từ kết quả. Cần biết hàm lượng nước để thực hiện phép tính đó (lượng nước trong đất).

Cách đo Tổng EC

1. Chọn vị trí cần đo.
2. Rửa đầu dò bằng nước khử ion, và đảm bảo nó khô.
3. Kiểm tra đất và đảm bảo đất ẩm.
4. Tạo một lỗ trong đất. Điều này giúp cho độ sâu cần đo được nhất quán.
5. Đưa đầu dò của bạn trực tiếp vào đất và đo.



Hình 3. 8: Ảnh thực địa tại khu vực nghiên cứu

3.5.1.2. Kết quả đo

Bảng sau đây là kết quả đo tại thực địa khu vực nghiên cứu

Bảng 3. 13: Kết quả đo thực địa khu vực nghiên cứu

STT	X	Y	EC
1	20,25111	106,59389	1120
2	20,29472	106,58056	7150
3	20,30750	106,58028	6240
4	20,31528	106,57194	1592
5	20,32417	106,57528	5700
6	20,32417	106,57528	163
7	20,32889	106,57583	5000
8	20,39028	106,56500	192,1
9	20,39111	106,56500	13
10	20,45000	106,46889	60
11	20,43278	106,40444	390

12	20,43278	106,40444	892
13	20,40167	106,51722	2110
14	20,40111	106,51722	370
15	20,40222	106,51806	1443
16	20,37890	106,57234	1182
17	20,47097	106,56431	1173,3
18	20,46492	106,59616	5700
19	20,44808	106,59300	1155,9
20	20,32768	106,45670	80000

3.5.2. Đánh giá tương quan chỉ số độ mặn chiết xuất từ ảnh và độ mặn đo thực tế

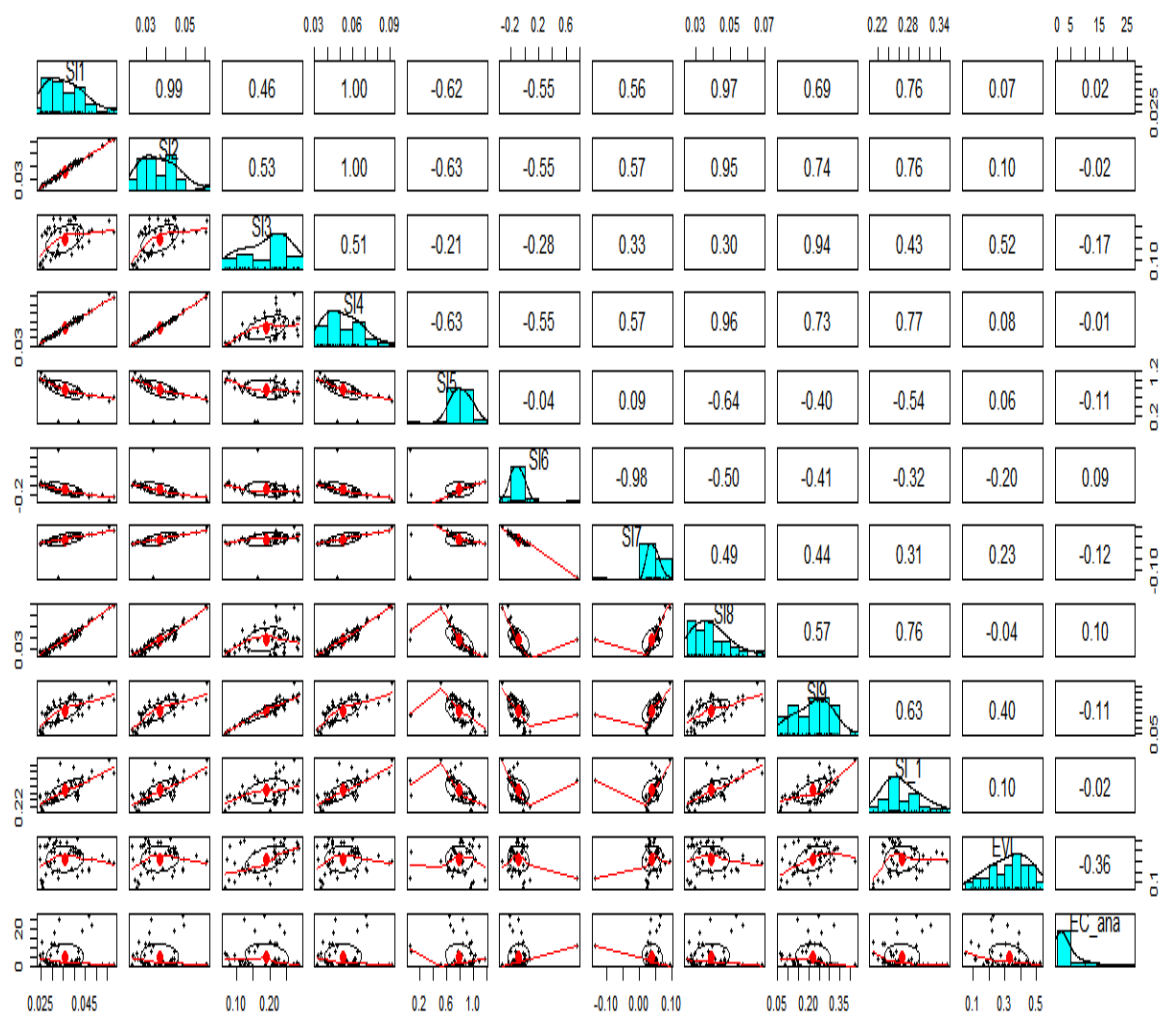
Đánh giá tương quan chỉ số độ mặn dựa trên các hệ số R, Sig, R^2 [1]. Đề tài đã thực hiện đánh giá 10 chỉ số SI với EC được phân tích tại phòng thí nghiệm. Các hàm sử dụng đánh giá gồm: hàm tuyến tính, hàm ln, hàm đa thức bậc hai.

Đánh giá tương quan chỉ số độ mặn chiết xuất từ ảnh VNREDSAT 1 và độ mặn đo thực tế

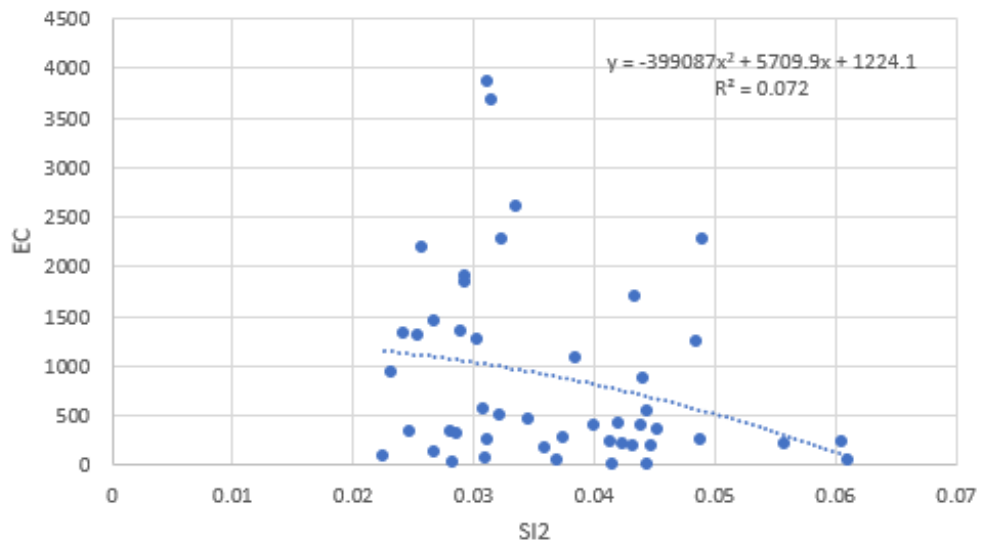
Bảng 3. 14: Thống kê các chỉ số đánh giá tương quan độ mặn chiết xuất từ ảnh VNREDSAT 1 và độ mặn đo thực tế

Chỉ số	r	sig	Hệ số xác định R^2		
			Hàm tuyến tính	Hàm ln()	Hàm đa thức bậc 2
SI1	-0.24345	0.099153	0.0593	0.0561	0.0596
SI2	-0.26437	0.072540	0.0699	0.0631	0.072
SI3	-0.09358	0.531558	0.0088	0.0038	0.0443
SI4	-0.26176	0.075509	0.0685	0.0627	0.0694
SI5	0.031397	0.834058	0.001	0.0089	0.0569
SI6	0.365771	0.011460	0.01338	0.0132	0.1384
SI7	-0.37612	0.009172	0.1415	0.1045	0.1484

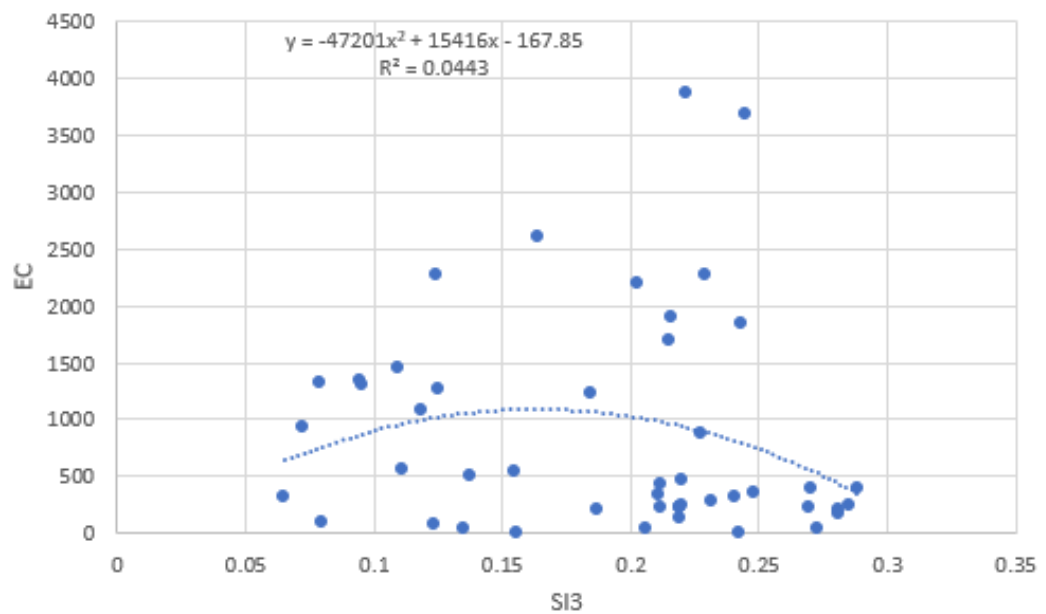
SI8	-0.19441	0.190375	0.0378	0.0364	0.0378
SI9	-0.1343	0.368118	0.018	0.0078	0.0524
SI10	-0.22406	0.130011	0.0502	0.0513	0.0514
EVI	-0.28052	0.056148	0.0787	0.0611	0.0799



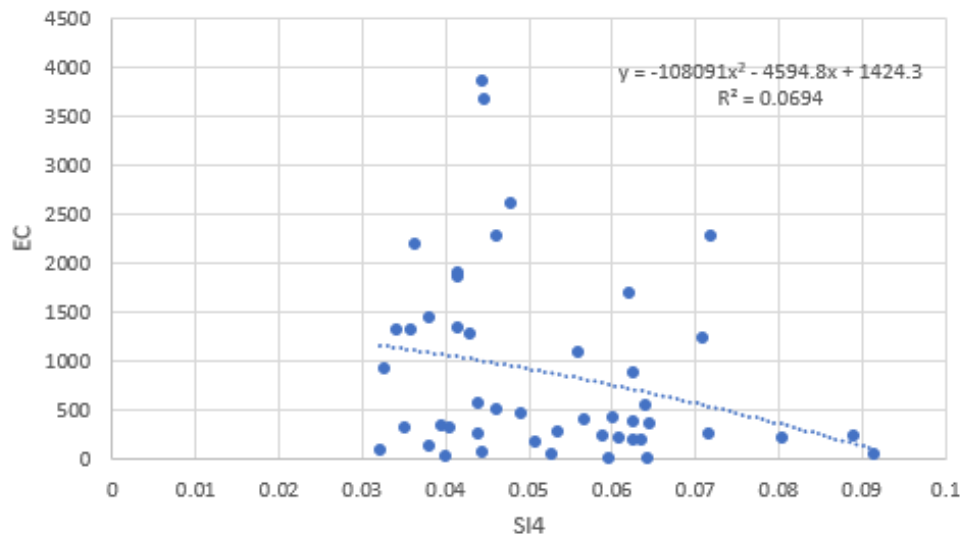
Hình 3. 9: Ma trận tương quan chỉ số độ mặn tính trên ảnh VNREDSAT 1 và giá trị EC



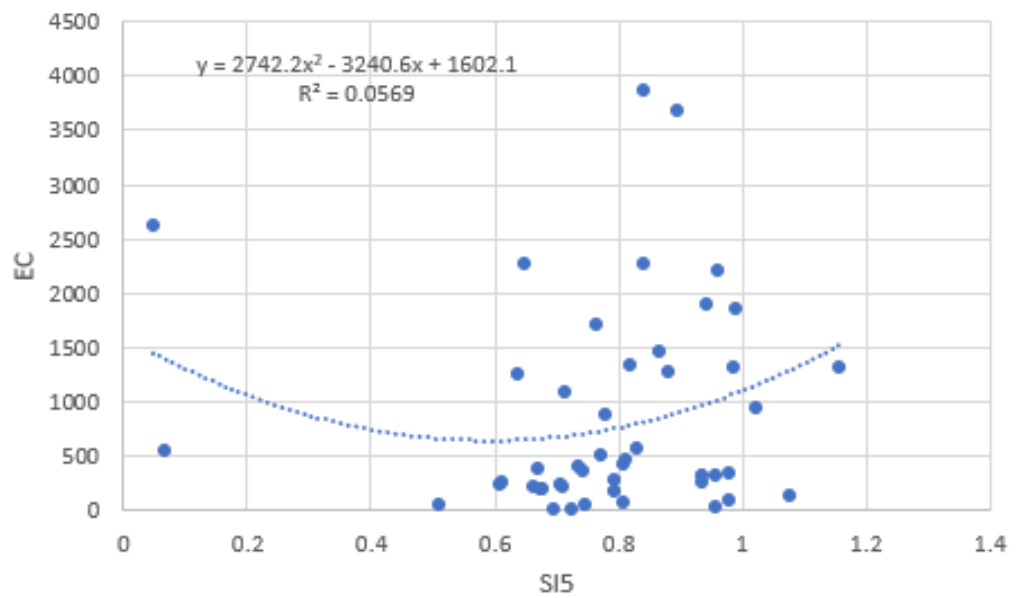
Hình 3. 10: Tương quan giữa chỉ số SI2 tính từ ảnh VNREDSAT 1 và EC



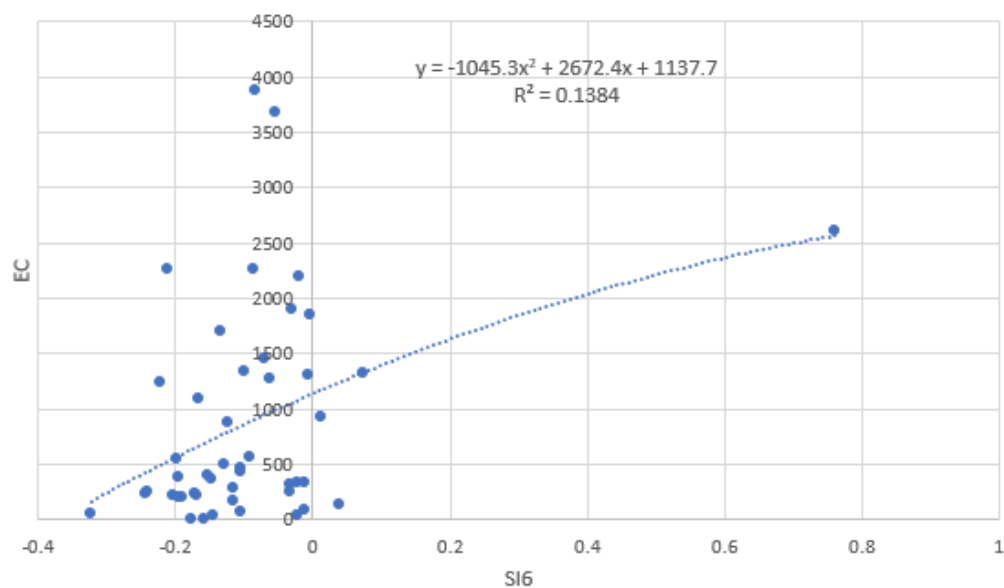
Hình 3. 11: Tương quan giữa chỉ số SI3 tính từ ảnh VNREDSAT 1 và EC



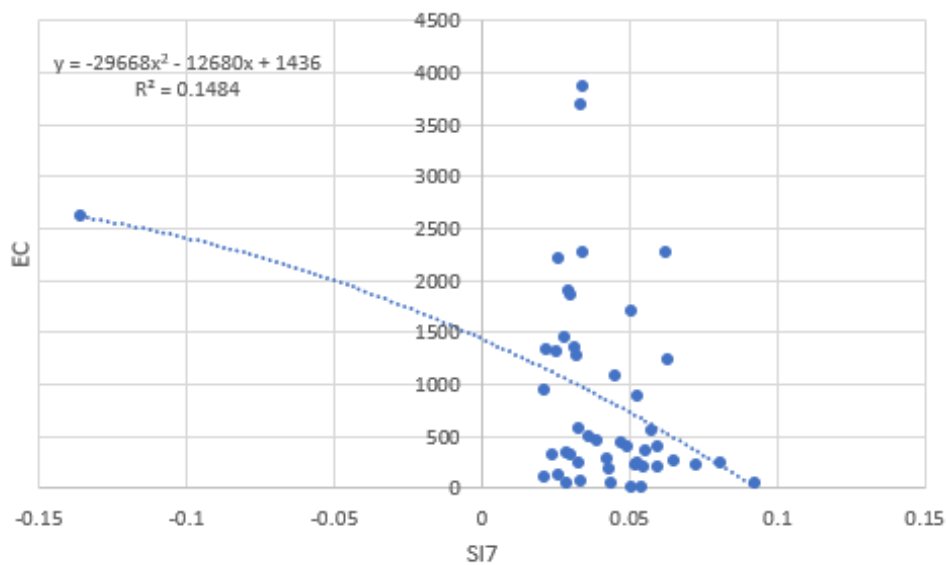
Hình 3. 12: Tương quan giữa chỉ số SI4 tính từ ảnh VNREDSAT 1 và EC



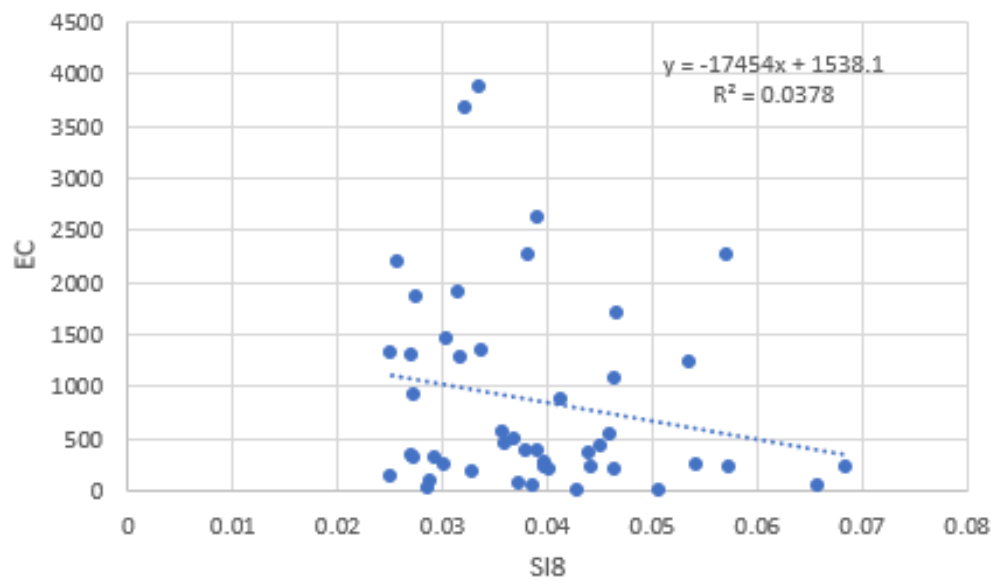
Hình 3. 13: Tương quan giữa chỉ số SI5 tính từ ảnh VNREDSAT 1 và EC



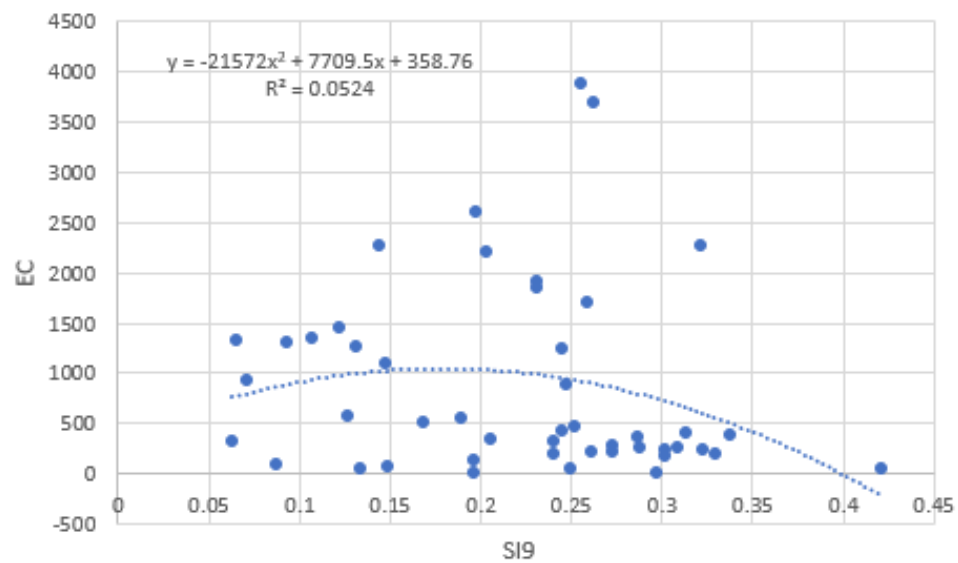
Hình 3. 14: Tương quan giữa chỉ số SI6 tính từ ảnh VNREDSAT 1 và EC



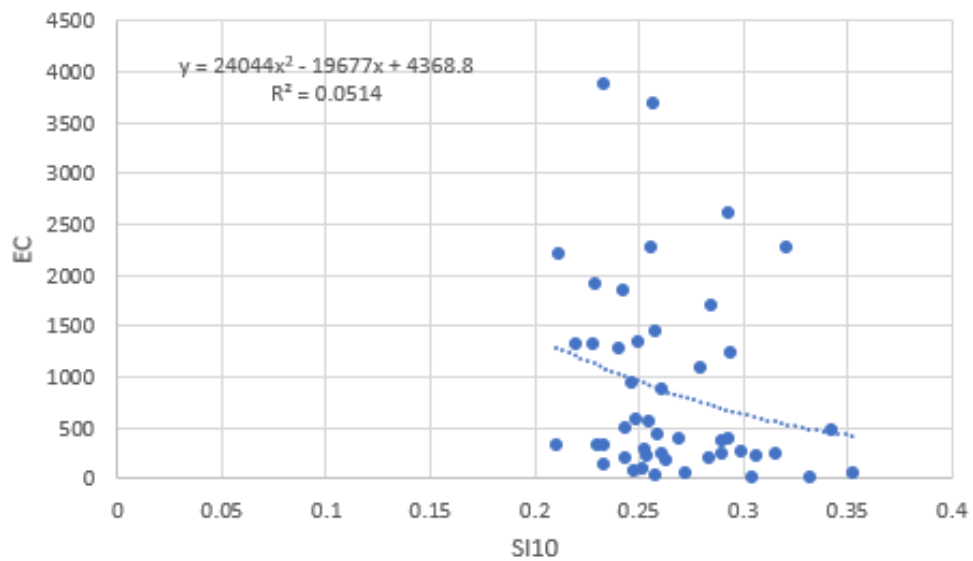
Hình 3. 15: Tương quan giữa chỉ số SI7 tính từ ảnh VNREDSAT 1 và EC



Hình 3. 16: Tương quan giữa chỉ số SI8 tính từ ảnh VNREDSAT 1 và EC



Hình 3. 17: Tương quan giữa chỉ số SI9 tính từ ảnh VNREDSAT 1 và EC



Hình 3. 18: Tương quan giữa chỉ số SI10 tính từ ảnh VNREDSAT 1 và EC

Từ bảng giá trị thống kê ta thấy được tương quan của hàm đơn biến với EC là ở mức rất thấp với giá trị R^2 chỉ đạt cao nhất là 0.2. Như vậy, để cải thiện mức tương quan của mô hình dự báo cần thực hiện xây dựng mô hình hồi quy đa biến cho ảnh VNREDSAT1.

Lựa chọn lần lượt các chỉ số SI được chiết xuất và dữ liệu thực địa đo độ mặn của đất. Sử dụng thuật toán hồi quy tuyến tính đa biến lựa chọn mô hình ước lượng độ mặn của đất. Mô hình dự báo độ mặn:

$$EC = 1,278 * SI2 + 0.983 * SI5 - 0.895 * SI9$$

với kết quả tin cậy R^2 là 0,65

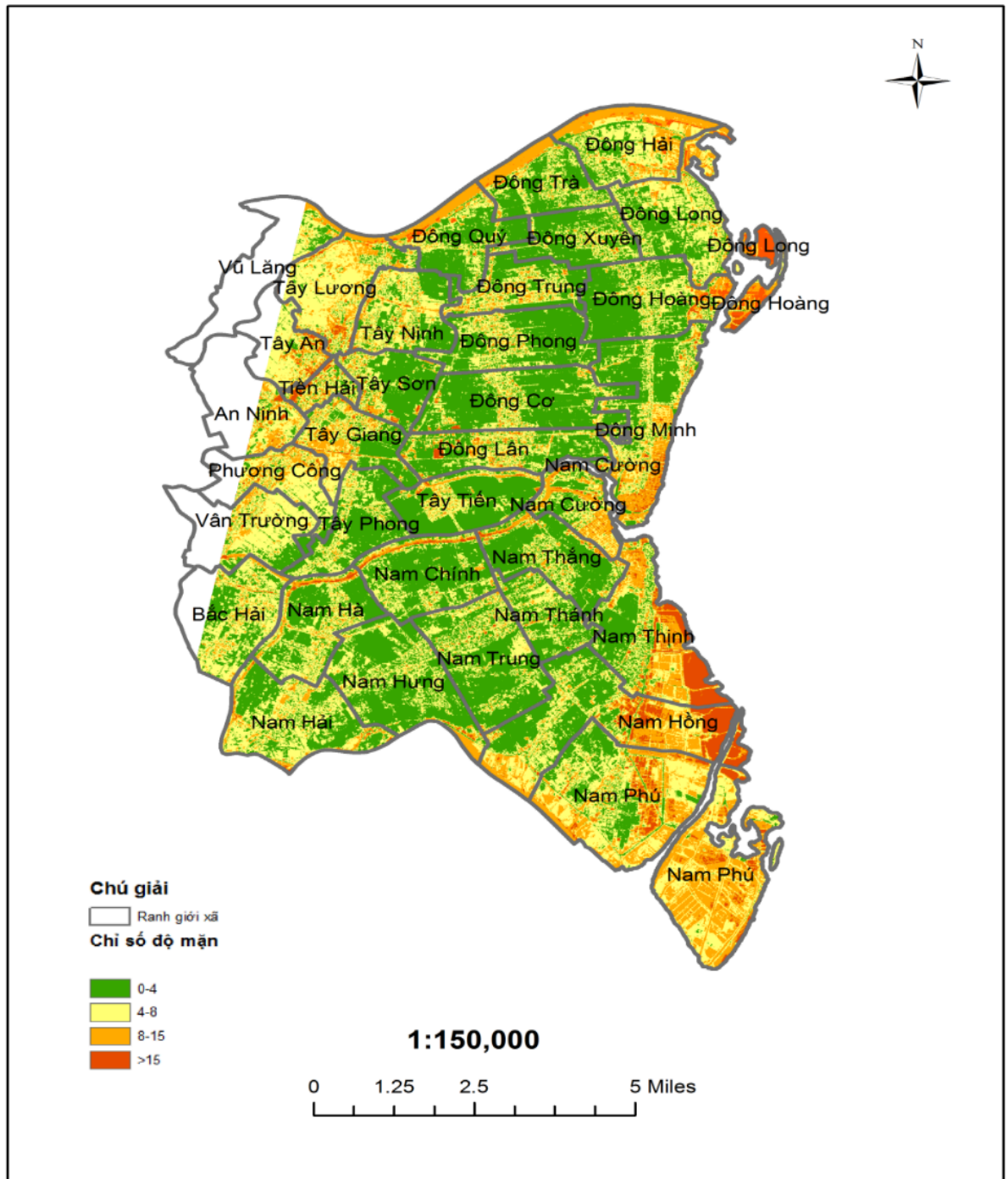
3.6. Đánh giá đất mặn

Sau khi mô hình được kiểm chứng và đạt kết quả tốt, học viên đã thực hiện thành lập bản đồ đất nhiễm mặn theo phương pháp nền chất lượng với cấp độ mặn được chia theo tiêu chuẩn của tổ chức Nông lương Liên hiệp quốc FAO, cụ thể như sau:

Bảng 3. 15: Cấp độ mặn theo FAO

STT	Mức độ mặn	Giá trị EC (dS/m)
1	Không mặn	< 4
2	Mặn nhẹ	4 - 8
3	Mặn vừa	8 - 15
4	Mặn nặng	> 15

Trên bản đồ tại hình sau đây có thể thấy, các khu vực chịu ảnh hưởng mạnh nhất là phía Nam của khu vực nghiên cứu, thuộc các xã như Nam Thịnh, Nam Hồng và Nam Phú, đất trồng lúa bị mặn (nằm trong khoảng 8-15dS/m) nhiều nên sản lượng thấp.



Hình 3. 19: Bản đồ phân bố đất nhiễm mặn tại một số khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu là nơi có nhiều loại hình sử dụng đất, tuy nhiên nhóm nghiên cứu mới chỉ tập trung vào đất trồng lúa, là đối tượng chịu ảnh hưởng nhiều nhất của đất mặn. Hơn thế nữa, một số khu vực đất đã bị mặn đến mức không thể

trồng lúa hoặc cho sản lượng thấp, người dân đã để hoang hoặc bắt đầu chuyển đổi mục đích sử dụng để khai thác đất hiệu quả hơn.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Với vấn đề đặt ra là tiếp cận nghiên cứu, đánh giá diễn biến và phân vùng xâm nhập mặn ở khu vực nghiên cứu, cụ thể là đất sản xuất bị ảnh hưởng bởi mặn trên cơ sở khai thác công nghệ, dữ liệu viễn thám đa tầng, đa độ phân giải, đa thời gian. Trong đó, yếu tố đa tầng được xác định là tầng viễn thám vệ tinh (quy mô vùng), và viễn thám mặt đất (dạng điểm) bao gồm cả đo phổ phản xạ kết hợp với số liệu phân tích thổ nhưỡng. Sự xuất hiện của các loại cây trồng hay thảm thực vật khác nhau cũng có những phản xạ riêng, đặc thù trên ảnh vệ tinh và các chỉ số tính toán được từ ảnh. Từ đó, tính toán được những ảnh chỉ số gián tiếp, giúp khoanh vùng ảnh hưởng và đánh giá được diễn thế của hiện tượng xâm nhập mặn hay sự mặn hóa của đất trên địa bàn nghiên cứu.

Kết quả nghiên cứu của chuyên đề đã xác lập được cơ sở khoa học, mô hình nghiên cứu xâm nhập mặn từ nhiều nguồn tư liệu viễn thám bao gồm viễn thám radar, viễn thám quang học, viễn thám mặt đất. Nghiên cứu đánh giá xâm nhập mặn bằng viễn thám đa phổ sử dụng mô hình hồi quy đa biến khai thác tư liệu ảnh vệ tinh VNREDSAT 1 cho thấy kết quả tương quan tương đối cao. Kết quả cho thấy mô hình hồi quy đa biến trên ảnh VNREDSAT 1 có hệ số tương quan R² đạt 0.6.

Độ mặn của đất là thông số thay đổi theo thời gian, chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của quá trình xâm nhập mặn của nước biển, lượng mưa, độ ẩm đất và quá trình bốc hơi; hậu quả của đất mặn là suy thoái đất, giảm sản lượng cây trồng,... Tại khu vực nghiên cứu, nguyên nhân chính gây ra đất mặn là quá trình xâm nhập mặn đặc biệt là vào mùa khô khi lượng mưa ít. Bỏ qua phương pháp hồi quy tuyến tính đơn biến do tương quan giữa kết quả đo đạc và tính toán từ ảnh thấp, nhóm nghiên cứu đã đưa ra mô hình ước tính độ mặn của đất trên cơ sở áp dụng phương pháp hồi quy tuyến tính đa biến.

Trên cơ sở nghiên cứu tổng quan các yếu tố ảnh hưởng tới độ mặn của đất, các yếu tố ảnh hưởng tới độ phản xạ của bề mặt mặn cùng với các nghiên cứu đã được thực hiện trên ảnh VNREDSAT-1, nhóm tác giả đã tổng hợp chỉ ra các bộ chỉ số độ

mặn gồm 9 chỉ số SI1, SI2, SI3, SI4, SI5, SI6, SI7, SI8, SI9. Đánh giá tương quan các chỉ số đất mặn với số liệu đo thực địa. Nhóm nghiên cứu đã lựa chọn ra mô hình dự báo độ nhiễm mặn của đất với tương quan R đạt 0,65; từ mô hình dự báo tác giả xây dựng được bản đồ ước lượng độ mặn đất cho khu vực nghiên cứu.

Trên cơ sở phân chia độ mặn theo thang của tổ chức Nông lương thế giới FAO, và kết quả thu được cho thấy khu vực đất bị mặn cao nhất trong khu vực nghiên cứu đang diễn ra tại khu vực đất thấp, ven biển hay sông. Các phần khác của khu vực chỉ bị ảnh hưởng ở mức nhẹ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. N.H. Abu-Hamde and R.C. Reeder, *Soil thermal conductivity effects of density, moisture, salt concentration, and organic matter*. Soil Sci. Soc. Amer. J. (SSSAJ), 2000. 64: p. 1285–1290.
2. D. Bell, Menges, A. C. *The application of dielectric retrieval algorithms for mapping soil*
3. R.S. Dwivedi, *Soil Resources Mapping: A Remote Sensing Perspective*. Remote Sensing Reviews, 2001. 20: p. 89-122.
4. F. Evans and P. Caccetta, *Broad-scale spatial prediction of areas at risk from dryland salinity*. Cartography, 2000. 29(33–40).
5. K.A. McColl, et al., *Salinity effects on l-band microwave remote sensing of soil moisture*.
6. SZABOLCS I. & DARAB K. 1974. *Accumulation and dynamism of silicic acid in irrigated alkali ("szik") soils*. Acta Agronomy, Academy of Sciences, Hungary 8, 213-235.
7. Jan Kotuby-Amacher, Rich Koenig, Boyd Kitchen, 2000. *Salinity and plant tolerance*. Utah State University Extension.