

Bài báo khoa học

## Nghiên cứu đánh giá hiện trạng xâm nhập mặn dựa trên ảnh vệ tinh Sentinel 2 khu vực tỉnh Quảng Trị

Doãn Hà Phong<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi Khí hậu; dhphong@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: dhphong@gmail.com; Tel.: +84–913212325

Ban Biên tập nhận bài: 15/12/2022; Ngày phản biện xong: 22/1/2023; Ngày đăng bài: 25/1/2023

**Tóm tắt:** Độ mặn là một đặc tính quan trọng trong việc đánh giá hiện trạng xâm nhập mặn. Nghiên cứu được thực hiện để phát triển một mô hình dự báo độ mặn của đất hiệu quả sử dụng dữ liệu vệ tinh Sentinel 2A cho tỉnh Quảng Trị. Ban đầu các mẫu đất thu thập được phân tích độ mặn (ECe). Sau đó phân tích hồi quy tuyến tính được thực hiện giữa các giá trị ECe thu được với các chỉ số của đất thu được từ ảnh Sentinel 2. Kết quả nghiên cứu cho thấy ECe có mối tương quan cao với các băng tần riêng lẻ SWIR1 và chỉ số SBI (chỉ số độ sáng đơn giản) với  $R^2 = 0,65$ . Kết quả nghiên cứu chứng minh khả năng ước tính đáng tin cậy EC dựa trên sử dụng dữ liệu Sentinel 2.

**Từ khóa:** Ảnh vệ tinh; Sentinel 2; Độ mặn; Phân tích hồi quy tuyến tính; SWIR1; SBI.

### 1. Mở đầu

Độ dẫn điện (EC) có liên quan chặt chẽ với thành phần và nồng độ muối hòa tan trong dung dịch đất, và do đó EC của chiết xuất bão hòa đất (ECe) được sử dụng làm thước đo tiêu chuẩn về độ mặn của đất (được biểu thị bằng mS/cm hoặc dS/m) [1–2]. Phạm vi độ mặn của đất thường được chấp nhận cho thấy đất có ECe lớn hơn 4 dS/m ở 25°C được định nghĩa là đất mặn và đất có ECe lớn hơn 15 dS/m ở 25°C. ECe lớn hơn 15 dS/m là đất nhiễm mặn mạnh [3].

Mặc dù khảo sát thực địa và phân tích trong phòng thí nghiệm là chính xác, nhưng các phương pháp này tốn nhiều thời gian, chi phí và nhân công, đặc biệt đối với các phép đo quy mô lớn. Vì thế, phương pháp viễn thám hỗ trợ lập bản đồ EC và cung cấp thông tin chính xác về các khu vực bị ảnh hưởng bởi muối được cho là một giải pháp hữu hiệu. Trong bối cảnh này, các bộ dữ liệu vệ tinh tiên tiến và các kỹ thuật phân tích ảnh đã góp phần vào việc lập bản đồ độ mặn của đất một cách chính xác và kinh tế [4–5]. Các ảnh vệ tinh đa phổ như MODIS (250 m) [6], Landsat TM (30 m) [7], Landsat ETM+ (30 m) [8–9], Landsat 8 (30 m) [10–11], đã được sử dụng rộng rãi để lập bản đồ độ mặn của đất. Các chỉ số độ mặn khác nhau đã được lấy từ hình ảnh vệ tinh và được sử dụng để xác định các khu vực bị ảnh hưởng bởi xâm nhập mặn.

Tại Việt Nam ứng dụng viễn thám trong đánh giá xâm nhập mặn vẫn còn khá mới mẻ. [12] đã sử dụng là ảnh vệ tinh Landsat 8 kết hợp với số liệu quan trắc độ mặn của nước được thu thập từ 11 trạm quan trắc. Kết quả phân tích cho thấy sự tương quan cao giữa giá trị quan trắc độ mặn của nước và giá trị độ sáng pixel của ảnh thành phần chính thứ nhất. Điều này cho phép áp dụng mô hình hồi quy và công cụ phân tích không gian của GIS để phát triển giải pháp giám sát xâm nhập mặn dọc sông Cửa Long. [13] đã nghiên cứu, đánh giá phân vùng xâm nhập mặn trên cơ sở công nghệ viễn thám đa tầng, đa độ phân giải, đa thời gian, ứng dụng thí điểm cho tỉnh Bến Tre. Bài báo sử dụng ảnh radar Sentinel-1 SAR. Ảnh được

tiền xử lý bằng công cụ SNAP, trong khi mô hình hóa được thực hiện trong môi trường MATLAB bằng công cụ học máy WEKA API. Từ ảnh phổ phản xạ, các kênh chỉ số vật lý được tính toán và chia thành các nhóm chỉ số: nhóm kênh phổ gốc, nhóm chỉ số PCA, nhóm kênh tỷ lệ, nhóm chỉ số muối, nhóm chỉ số thực vật và nhóm chỉ số độ sáng, nhiệt (ảnh LANDSAT). Các nhóm kênh chỉ số vật lý này sẽ là biến độc lập và giá trị EC sẽ là biến phụ thuộc trong mô hình phân tích hồi quy. Nghiên cứu thử nghiệm với các nhóm kênh, chỉ số ảnh khác nhau để xác định giải pháp tối ưu. Kết quả mô hình được so sánh với số liệu thực địa để kiểm chứng độ tin cậy của mô hình. Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình EC tính từ ảnh Sentinel-2 có hệ số tương quan cao hơn so với mô hình EC tính từ ảnh LANDSAT, với  $R^2$  tương ứng là 0,826 và 0,7. Do đó, mô hình EC tính từ Sentinel 2 được áp dụng cho tính toán độ mặn khu vực nghiên cứu tỉnh Bến Tre trong các năm 2005, 2010 và 2015 theo 4 mức phân cấp độ mặn tương ứng với giá trị EC (dS/m) của Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn [13]. [14] đã đánh giá tác động của xâm nhập mặn do biến đổi khí hậu trên hiện trạng canh tác lúa tại tỉnh Sóc Trăng. Nghiên cứu phân tích chuỗi ảnh chỉ số thực vật (NDVI) đa thời gian trên dữ liệu MODIS (MOD09Q1) độ phân giải không gian 250m từ 31/07/2014 đến 31/07/2015 kết hợp với ảnh vệ tinh Landsat 8 nhằm xây dựng bản đồ hiện trạng mặt phủ từ đó xác định vùng cơ cấu canh tác lúa tỉnh Sóc Trăng. Kết quả phân tích ảnh viễn thám đã xác định được vùng canh tác lúa bao gồm 3 cơ cấu chính: lúa 3 vụ (99.182,2 ha chiếm 30,3% tổng diện tích tự nhiên), lúa 2 vụ (69.484,2 ha chiếm 21,2%) và lúa-tôm (69.484,2 ha chiếm 4,3%) với độ tin cậy cao (chỉ số Kappa = 0,78) dựa trên 100 điểm khảo sát thực tế [14].

Hiện nay với sự phát triển hơn nữa của công nghệ viễn thám, ngày càng nhiều các vệ tinh được phát triển với độ phân giải không gian và thời gian tốt hơn có thể được cung cấp miễn phí tới người dùng như ảnh vệ tinh Sentinel 2 (10 m). Vậy nên ứng dụng ảnh Sentinel 2 trong đánh giá xâm nhập mặn cho là một hướng tiếp cận hoàn toàn mới.

Do tác động tiêu cực của đất mặn đối với hoạt động nông nghiệp và cuối cùng là sản xuất cây trồng, cần phải duy trì chất lượng đất và cải tạo đất mặn, đặc biệt là ở các vùng khô hạn như tỉnh Quảng Trị ở Việt Nam. Về vấn đề này, việc theo dõi liên tục độ mặn của đất trong các lĩnh vực nông nghiệp là rất quan trọng. Vì vậy, mục đích của nghiên cứu là phát triển các mô hình toán dựa trên ảnh vệ tinh để theo dõi độ mặn của đất sử dụng dữ liệu đa phổ Sentinel 2A cho tỉnh Quảng Trị.

## 2. Khu vực và dữ liệu nghiên cứu

### 2.1. Khu vực nghiên cứu

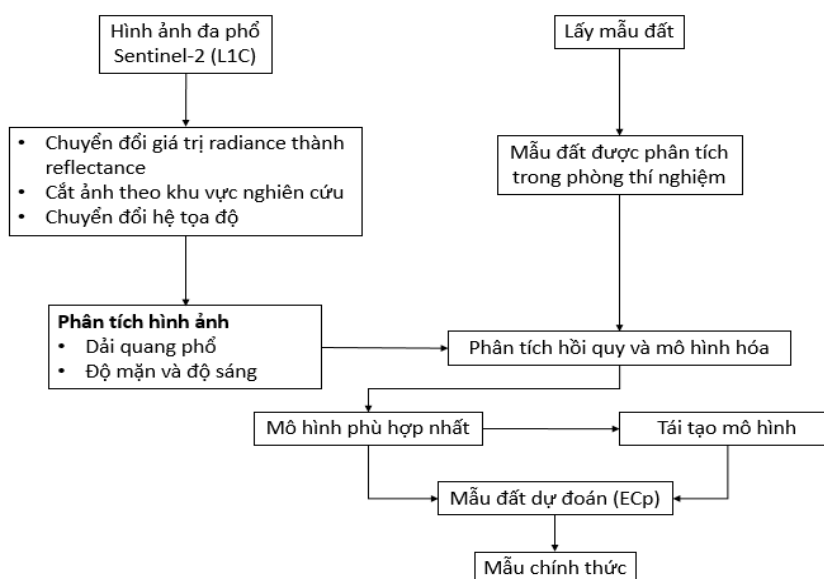
Quảng Trị là một tỉnh nằm ở dải đất miền Trung Việt Nam, nơi chuyển tiếp giữa hai miền địa lý Bắc-Nam. Tọa độ địa lý tỉnh Quảng Trị ở vào vị trí từ 16°18' đến 17°10' vĩ độ Bắc, 106°32' đến 107°34' kinh độ Đông (Hình 1). Quảng Trị nằm trong vùng đứt gãy của dãy Trường Sơn. Địa hình đa dạng bao gồm núi, đồi, đồng bằng, cồn cát và bãi biển chạy theo hướng Tây Bắc-Đông Nam. Quảng Trị có nhiều sông ngòi với 7 hệ thống sông chính là sông Thạch Hãn, sông Bến Hải, sông Hiếu, sông Ô Lâu, sông Bến Đá, sông Xê Pôn và sông Sê Păng Hiêng. Sông ở các huyện miền núi có khả năng xây dựng thủy điện vừa và nhỏ. Nhìn đại thể, địa hình núi, đồi và đồng bằng Quảng Trị chạy dài theo hướng Tây Bắc-Đông Nam và trùng với phương của đường bờ biển. Do đặc thù xâm nhập mặn chủ yếu diễn ra ở các tỉnh ven biển nên khu vực nghiên cứu chỉ tập trung ở các huyện Vĩnh Linh, Gio Linh, thành phố Quảng Trị, Triệu Phong, Hải Lăng.

### 2.2. Dữ liệu nghiên cứu

Dữ liệu chuẩn bị gồm có dữ liệu thực địa và dữ liệu vệ tinh:

- Về dữ liệu thực địa, tổng số 83 mẫu đất đã được thu thập ngẫu nhiên từ lớp đất mặt (0–25 cm) (Hình 2a). Lí do lựa chọn độ sâu lấy mẫu đất này do thực tế rễ cây, các hoạt động sinh học và dinh dưỡng chủ yếu ở tầng đất này. Các mẫu được thu thập ngẫu nhiên từ thực





**Hình 3.** Quy trình xây dựng bản đồ xâm nhập mặn.

Tiếp theo sử dụng các dải quang phổ của ảnh đã được tiền xử lý để tính chỉ số độ mặn (SI), chỉ số cường độ (INT) và độ sáng đơn giản hóa chỉ số (BI) theo các công thức tính (Bảng 1).

**Bảng 1.** Bộ chỉ số sử dụng trong nghiên cứu ( $\rho$  là hệ số phản xạ của đất).

Mục lục	Công thức	Tài liệu
Chỉ số độ mặn 1	$SI_1 = \sqrt{P_{green} \times P_{red}}$	
Chỉ số độ mặn 2	$SI_2 = \sqrt{P_{green}^2 \times P_{red}^2 + R_{NIR}^2}$	15
Chỉ số độ mặn 3	$SI_3 = \sqrt{P_{green}^2 \times P_{red}^2}$	
Chỉ số độ mặn 4	$SI_4 = P_{red}/P_{NIR}$	
Chỉ số độ mặn 11	$SI_{11} = P_{SWIR1}/P_{SWIR2}$	16
Cường độ 1	$INT_1 = (P_{green} + P_{red})/2$	15
Cường độ 2	$INT_2 = (P_{green} + P_{red} + P_{NIR})/2$	
Chỉ số độ sáng đơn giản hóa	$SBI = \sqrt{P_{green}^2 + P_{NIR}^2}$	17
Chênh lệch bình thường hóa	$NDSI = (P_{red} - P_{NIR})/(P_{red} + P_{NIR})$	
Chỉ số độ mặn Thực vật đất mặn	$VSSI = 2 \times P_{green} - (5 \times (P_{red} + P_{NIR}))$	18
Chỉ số Chỉ số độ mặn NIR SWIR	$NSI = \frac{(P_{SWIR1} - P_{SWIR2})}{(P_{SWIR1} - P_{NIR})}$	19
Chỉ số thực vật điều chỉnh đất; $L=0.5$	$SAVI = (1 + L) \times \left(\frac{P_{NIR} - P_{red}}{L + P_{NIR} + P_{red}}\right)$	20

Lưu ý: P là chỉ số phản xạ của đất. Các chỉ số Xanh lam, Xanh lục, Đỏ, NIR, SWIR1 và SWIR2 đại diện cho các dải Sentinel-2A.

Các chỉ số ảnh vừa được tính toán cũng như các band riêng lẻ sẽ được phân tích hồi quy tuyến tính với E<sub>ce</sub> thu được ngoài thực địa để chọn ra được các biến có ý nghĩa nhất cho dự đoán E<sub>ce</sub> của đất. Cuối cùng từ biến tối ưu vừa được lựa chọn sẽ tiến hành mô hình hóa dự báo E<sub>ce</sub> bằng các phân tích hồi quy đa biến. Hiệu suất của các mô hình đã phát triển sẽ được đánh giá bằng cách sử dụng hệ số R<sup>2</sup>. Mô hình hồi quy được thực hiện tốt nhất sẽ được chọn cho dự đoán và lập bản đồ EC cho tỉnh Quảng Trị (Hình 3). Các Phân tích hồi quy tuyến tính (đa biến và từng biến) được thực hiện bằng phần mềm thống kê SPSS (Phiên bản 20).

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Kết quả phân tích mẫu đất

Kết quả phân tích mẫu đất cho thấy xâm nhập mặn của đất vào tháng 7/2019 diễn ra chủ yếu dọc theo các con sông lớn của tỉnh :

- Sông Thạch Hãn: Xâm nhập mặn đã tác động mạnh đến khu vực đập Trám, tại đây độ mặn trung bình của nước sông đạt 4,6‰; Khu vực trung tâm thị xã Quảng Trị độ mặn trung bình là 8,8‰. Tại cầu An Mô, độ mặn đạt 12,6‰; khu vực cầu Đại Lộc, độ mặn là 17,2‰.

- Sông Hiếu: Khu vực Trạm Thủy văn Đông Hà đạt 16,4‰; khu vực cách cầu Đông Hà 500m về phía hạ lưu độ mặn là 23,0‰.

- Sông Bến Hải: Khu vực cách cầu Tiên An khoảng 6–8 km độ mặn của nước sông đạt 6,4‰. Điểm tại cầu Tiên An độ mặn đo được là 12,0‰. Độ mặn xâm nhập đến khu vực cầu phao Lâm Sơn Thủy đạt 14,3‰; khu vực xã Vĩnh Giang có độ mặn trung bình là 21,2‰.

- Sông Sa Lung: Độ mặn đo được tại chân đập ngăn mặn đạt 11,3‰, cầu đường sắt Sa Lung đạt 14,0‰, tại khu vực cách cầu Hiền Lương 2km là 16,3‰.

#### 3.2. Kết quả xây dựng mô hình

Bảng 2 cho thấy kết quả phân tích hồi quy tuyến tính mô tả mối quan hệ giữa EC đất như một biến độc lập và các biến phụ thuộc (các dải band riêng lẻ của Sentinel 2 và chỉ số quang phổ của Sentinel 2). Kết quả cho thấy kênh SWIR-1 và chỉ số SBI được coi là các biến hữu ích nhất để dự đoán EC của đất trong nghiên cứu. Dựa trên kết quả hồi quy thu được, dải SWIR1 và các biến SBI được sử dụng trong việc phát triển các mô hình dự đoán EC.

**Bảng 2.** Độ chính xác mô hình và kết quả mô phỏng cho phân tích hồi quy tuyến tính.

Tham số	Dải Sentinel-2A		Tỷ lệ/chỉ số băng tần Sentinel-2A		
	Mô hình hóa	Độ chính xác	Tham số	Mô hình hóa	Độ chính xác
B2 (Blue)	0,25NS	0,05NS	SI-1	0,53NS	0,41NS
B4 (Red)	0,63*	0,58*	SI-3	0,14NS	0,41*
B5 (RedEdge-1)	0,65*	0,57*	SI-4	0,63*	0,58*
B6 (RedEdge-2)	0,65*	0,58*	SI-11	0,60*	0,47*
B7 (RedEdge-3)	0,66NS	0,59*	INT-1	0,63*	0,56*
B8 (NIR)	0,64*	0,57*	INT-2	0,39NS	0,26NS
B8A (RedEdge-4)	0,65*	0,58*	SBI	0,65**	0,54**
B9 (WA)	0,57NS	0,56NS	NDSI	0,39NS	0,26NS
B10 (Cirrus)	0,18NS	0,05NS	SAVI	0,64NS	0,56NS
B11 (SWIR-1)	0,65**	0,58**	VSSI	0,63*	0,58*
B12 (SWIR-2)	0,61**	0,57**	NSI	0,43NS	0,30NS

\*Có ý nghĩa ở mức 0,05; \*\*Có ý nghĩa ở mức 0,01; NS, Không đáng kể.

Tiếp theo sử dụng dải SWIR1 và các biến SBI phân tích hồi quy tuyến tính đa biến, thu được tiếp ba mô hình dự đoán EC của đất như sau:

$$EC = 2.961 \times SWIR1 + 2.070 \tag{1}$$

$$EC = 3.076 \times SBI + 1.797 \tag{2}$$

$$EC = (2.148 \times SBI) + (0.912 \times SWIR1) + 1.872 \tag{3}$$

**Bảng 3.** Hiệu suất của các mô hình dự đoán cho EC đất.

Model	Training/Test	R <sup>2</sup>	Sai số toàn phương trung bình (RMSE; dS m-1)	Sai lệch trung bình (MBE; dS m-1)
M1	Training	0,65**	-	-
	Test	0,58**	0,13	-0,16
M2	Training	0,65**	-	-
	Test	0,54**	0,14	-0,24
M3	Training	0,67**	-	-
	Test	0,59**	0,21	-0,19

\*\*Có ý nghĩa ở mức 0.01.

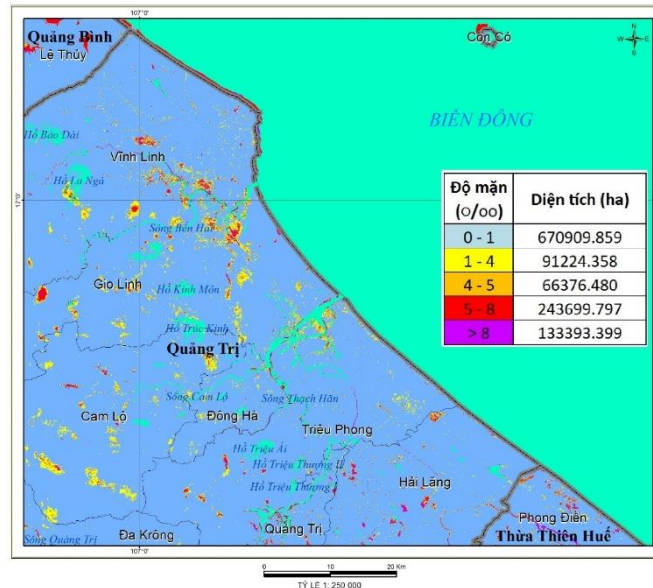
Kết quả phân tích thống kê được trình bày trong bảng 3 cho thấy mô hình 3 là tốt nhất để dự đoán EC với R<sup>2</sup> = 0,67 và P < 0,001 so với 2 mô hình còn lại. Vậy nên kết quả của mô hình 3 sẽ được sử dụng để dự đoán EC cho nghiên cứu này.

### 3.3. Kết quả xây dựng bản đồ xâm nhập mặn cho tỉnh Quảng Trị

Ứng dụng mô hình dự báo:

$$EC = (2.148 \times SBI) + (0.912 \times SWIR1) + 1.872 \tag{4}$$

Nghiên cứu đã xây dựng bản đồ xâm nhập mặn cho tỉnh Quảng Trị dựa trên chỉ số SBI và kênh SWIR1. Độ mặn sẽ được quy đổi phần nghìn lấy theo bản đồ nguy cơ rủi ro theo bộ TNMT hướng dẫn.



**Hình 2.** Bản đồ xâm nhập mặn tỉnh Quảng Trị.

Nhìn trên bản đồ có thể thấy diện tích bị xâm nhập mặn với độ mặn từ 0–1‰ là 670909,859 ha. Độ mặn thấp chiếm chủ yếu diện tích các khu vực của tỉnh Quảng Trị. Dọc theo các sông lớn ven biển tỉnh Quảng Trị như sông Bến Hải, sông Thạch Hãn, độ mặn chủ yếu từ 1–4‰, 4–5‰ và 5–8‰ với diện tích bị xâm nhập mặn lần lượt là 91224,358 ha, 66376,480 ha và 243699,797 ha. Ngoài các khu vực dọc theo các sông lớn, khu vực bị xâm

nhập mặn còn rải rác quanh khu vực các xã ven biển thuộc huyện Cam Lộ. Khu vực các xã ven biển thuộc huyện Hải Lăng bị xâm nhập mặn nặng nhất với độ mặn hơn 8‰. Tổng diện tích bị xâm nhập mặn với độ mặn hơn 8‰ là 133393,399 ha.

#### 4. Kết luận và kiến nghị

Độ mặn là một yếu tố quan trọng đối với việc quản lý bền vững tài nguyên đất và nước, đặc biệt là ở các khu vực khô hạn như ở tỉnh Quảng Trị. Do đó, nghiên cứu này được thực hiện để sử dụng mô hình hồi quy tuyến tính đa biến để ước tính độ mặn của đất bằng hình ảnh vệ tinh Sentinel 2. Các mô hình được tạo ra cho thấy kết quả dự đoán EC của đất có độ tin cậy cao. Sau đây là những kết luận cụ thể:

- Mô hình hồi quy cho phép ước tính đáng tin cậy EC của đất bằng cách sử dụng dữ liệu Sentinel 2 với KÊNH SWIR-1 và SBI được coi là các chỉ số tốt để dự đoán EC của đất.

- Ba mô hình ước tính độ mặn của đất đã được tìm thấy từ dữ liệu Sentinel 2. Trong số này, mô hình 3 với sự kết hợp của dải SWIR-1 và SBI là có độ chính xác cao nhất ( $R^2 = 0,67$ ;  $P < 0,001$ ).

Hạn chế của nghiên cứu ở đây là mới chỉ sử dụng ảnh Sentinel 2 để dự báo, cũng như các mô hình thống kê hồi quy tuyến tính đơn giản. Để khắc phục những nhược điểm này có thể sử dụng nghiên cứu kết dữ liệu quang học và radar cũng như sử dụng các thuật toán machine learning để nâng cao hơn nữa độ chính xác của kết quả.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu; Xử lý số liệu; Viết bản thảo bài báo; Chỉnh sửa bài báo: D.H.P.

**Lời cam đoan:** Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

#### Tài liệu tham khảo

1. Rhoades, J.D.; Chanduvi, F.; Lesch, S. Determination of soil salinity from aqueous electrical conductivity. In *Soil Salinity Assessment – Methods and Interpretation of Electrical Conductivity Measurements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 57, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 1999. ISBN: 92-5-104281-0. <http://www.fao.org/3/x2002e/x2002e.pdf>.
2. Grisso, R.; Alley, M.; Wysor, W.G.; Holshouser, D.; Thomason, W. Precision Farming Tools: soil Electrical Conductivity. Virginia Cooperative Extension Publication, USA, 2009, pp. 442–508. Online available: <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/51377/442508.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
3. Shahid, S.A.; ur-Rahman, K. Soil salinity development, classification, assessment and management in irrigated agriculture. In *Handbook of Plant and Crop Stress* (ed. Pessarakli, M.), CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida, USA, 2011, pp. 23–40.
4. Eldeiry, A.; Garcia, L.A. Detecting soil salinity in alfalfa fields using spatial modeling and remote sensing. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **2008**, *72(1)*, 201–211. <https://doi:10.2136/sssaj2007.0013>.
5. Morshed, M.M.; Islam, M.T.; Jamil, R. Soil salinity detection from satellite image analysis: an integrated approach of salinity indices and field data. *Environ. Monitor. Assess.* **2016**, *188(2)*, 119. <https://doi:10.1007/s10661-015-5045-x>.
6. Zhang, T.T.; Qi, J.G.; Gao, Y.; Ouyang, Z.T.; Zeng, S.L.; Zhao, B. Detecting soil salinity with MODIS time series VI data. *Ecol. Indic.* **2015**, *52*, 480–489. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.01.004>.

7. Elnaggar, A.A.; Noller, J.S. Application of remote-sensing data and decision-tree analysis to mapping salt-affected soils over large areas. *Remote Sens.* **2010**, *2*(1), 151–165. <https://doi.org/10.3390/rs2010151>.
8. Katawatin, R.; Kotrapat, W. Use of LANDSAT-7 ETM+ with ancillary data for soil salinity mapping in northeast Thailand. In Third International Conference on Experimental Mechanics and Third Conference of the Asian Committee on Experimental Mechanics, SPIE Proceedings 5852, International Society for Optics and Photonics, Singapore. 12 April 2005, pp. 708–717. <https://doi.org/10.1117/12.621889>.
9. Masoud, A.A. Predicting salt abundance in slightly saline soils from Landsat ETM+ imagery using spectral mixture analysis and soil spectrometry. *Geoderma* **2014**, 217–218, 45–56. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.10.027>.
10. Didi, S.; Ezzahra, F.; Housni, F.E.; Toro, H.B.; Najine, A. Mapping of soil salinity using the Landsat 8 image and direct field measurements: a case study of the Tadla Plain, Morocco. *J. Indian Soc. Remote Sens.* **2019**, *47*(7), 1235–1243. <https://doi.org/10.1007/s12524-019-00979-7>.
11. Abuelgasim, A.; Ammad, R. Mapping soil salinity in arid and semi-arid regions using Landsat 8 OLI satellite data. *Remote Sens. App. Soc. Environ.* **2019**, *13*, 415–425. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.12.010>.
12. Trung, L.V.; Vân, T.T. Giải pháp tích hợp viễn thám và GIS trong giám sát xâm nhập mặn sông Cửu Long. *Tap chí khoa học công nghệ Việt Nam* **2018**, *61*(3), 22–26.
13. Hòa, P.V. Nghiên cứu đánh giá và phân vùng xâm nhập mặn trên cơ sở công nghệ viễn thám đa tầng, đa độ phân giải và đa thời gian - Ứng dụng thí điểm tại tỉnh Bến Tre. Báo cáo tổng kết đề tài, Viện Địa lý tài nguyên Tp. HCM, 2016-2019.
14. Diệp, N.T.H. Đánh giá tác động của xâm nhập mặn do biến đổi khí hậu trên hiện trạng canh tác lúa tại tỉnh Sóc Trăng. *Can Tho Univ. J. Sci.* **2017**, *2*, 137–143. Doi:10.22144/ctu.jsi.2017.062.
15. Douaoui, A.E.K.; Nicolas, H.; Walter, C. Detecting salinity hazards within a semiarid context by means of combining soil and remote-sensing data. *Geoderma* **2006**, *134*, 217–230. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.10.009>.
16. Bannari, A.; Guedon, A.M.; El-Harti, A.; Cherkaoui, F.Z.; ElGhmari, A. Characterization of slightly and moderately saline and sodic soils in irrigated agricultural land using simulated data of advanced land imaging (EO-1) sensor. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **2008**, *39*(19–20), 2795–2811. <https://doi.org/10.1080/00103620802432717>.
17. Meti, S.; Hanumesh, K.; Lakshmi, P.D.; Nagaraja, M.S.; Shreepad, V. Sentinel 2 and Landsat-8 bands sensitivity analysis for mapping of alkaline soil in northern dry zone of Karnataka, India. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sensing Spat. Inf. Sci. ISPRS–GEOGLAM–ISRS XLII–3/W6*, 2019, 307–385. <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLII-3-W6/307/2019/isprs-archives-XLII-3-W6-307-2019.pdf>
18. Hihi, S.; Rabah, Z.B.; Bouaziz, M.; Chtourou, M.Y.; Bouaziz, S. Prediction of soil salinity using remote sensing tools and linear regression model. *Adv. Remote Sens.* **2019**, *8*(3), 77–88. <https://doi.org/10.4236/ars.2019.83005>.
19. Samra, R.M.A.; Ali, R.R. The development of an overlay model to predict soil salinity risks by using remote sensing and GIS techniques: a case study in soils around Idku Lake, *Egypt. Environ. Monitor. Assess.* **2018**, *190*, 706–721. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-7079-3>.
20. Dehni, A. and Lounis, M., Remote sensing techniques for salt affected soil mapping: application to the Oran region of Algeria. *Procedia Eng.* **2012**, *33*, 188–198.



21. Alhammadi, M.S.; Glenn, E.P. Detecting date palm trees health and vegetation greenness change on the eastern coast of the United Arab Emirates using SAVI. *Int. J. Remote Sens.* **2008**, 29(6), 1745–1765.

## **Research and assessment of the current situation based on Sentinel 2 satellite images of Quang Tri province**

**Doan Ha Phong<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> Viet Nam institute of Meteorology, Hydrology&Climate Change; dhphong@gmail.com

**Abstract:** Salinity is an important characteristic in assessing the status of saline intrusion. This research was carried out to develop an efficient soil salinity prediction model using Sentinel 2A satellite data for Quang Tri province. Initially, the collected soil samples were analyzed for salinity (ECe). Then, a linear regression analysis was performed between the ECe values obtained with the soil index obtained from the Sentinel 2 image. Research results show that ECe has a high correlation with the individual bands SWIR1. and the SBI (simple luminosity index) with  $R^2 = 0.65$ . The results demonstrate the ability to reliably estimate EC based on using Sentinel 2 data.

**Keywords:** Satellite image; Sentinel 2; Salinity; Linear regression analysis; SWIR1; SBI.