

ƯỚC TÍNH ĐỘ NHIỄM MẶN CỦA ĐẤT TỪ DỮ LIỆU ẢNH VIỄN THÁM KHU VỰC VEN BIỂN TỈNH NGHỆ AN

Phạm Văn Mạnh¹, Nguyễn Ngọc Thạch¹, Nguyễn Như Hùng², Lại Tuấn Anh³

Tóm tắt: Độ nhiễm mặn của đất là một trong những mối đe dọa nghiêm trọng tới môi trường, có tác động tiêu cực đến năng suất cây trồng trong lĩnh vực nông nghiệp. Ước tính độ nhiễm mặn của đất từ dữ liệu viễn thám là một cách tiếp cận thực tế để giám sát mức độ nhiễm mặn của đất lâu dài, hỗ trợ quản lý đất đai và môi trường bền vững. Nghiên cứu này trình bày việc sử dụng dữ liệu Landsat-8 OLI được thu ngày 18/12/2018 để chiết xuất các chỉ số vật lý để ước tính sự biến đổi không gian của độ nhiễm mặn của đất tại các huyện, thị xã ven biển tỉnh Nghệ An. Các mô hình hồi quy tuyến tính đơn biến và đa biến được thực hiện bằng cách sử dụng dữ liệu độ dẫn điện (EC) của đất từ khảo sát thực địa trong khoảng thời gian 25/12/2018 đến 8/1/2019. Mối tương quan giữa các chỉ số khác nhau và dữ liệu thực địa về độ nhiễm mặn của đất được tính toán để tìm ra các chỉ số tương quan cao. Mô hình hồi quy tối ưu được chọn khi xem xét giá trị R^2 cao và RMSE nhỏ nhất. Kết quả cho thấy, mô hình hồi quy tuyến tính đa biến có độ chính xác cao với hệ số xác định ($R^2=0,67$) và sai số trung phương (RMSE=1,19). Điều này cho thấy dữ liệu viễn thám có thể được sử dụng một cách hiệu quả để mô hình hóa và lập bản đồ biến đổi không gian của độ nhiễm mặn của đất ở khu vực ven biển.

Từ khóa: Chỉ số độ nhiễm mặn, hồi quy tuyến tính, landsat 8 OLI, viễn thám, Nghệ An.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xâm nhập mặn là một trong những mối nguy cơ ảnh hưởng tiêu cực đến môi trường đất và sinh trưởng của thực vật (Hamzeh et al., 2013). Bên cạnh đó, xâm nhập mặn làm giảm diện tích tưới tiêu của Thế giới 1-2%/năm và ngày càng tăng dữ dội hơn ở các nước khô hạn và bán khô hạn (FAO, 2005). Sự tích tụ quá mức của hàm lượng muối hòa tan trong bề mặt đất làm ảnh hưởng đến tính chất của đất, làm suy giảm năng suất, hạn chế sự phát triển của cây trồng và hạn chế năng suất nông nghiệp. Nồng độ muối quá cao trong đất có thể dẫn đến việc bỏ đất nông nghiệp (Li et al., 2011). Sự gia tăng của đất nhiễm mặn là một hiện tượng có tính động, cần phải được theo dõi thường xuyên để nắm bắt kịp thời mức độ mở rộng, mức độ trầm trọng, phạm vi phân bố không gian - thời gian và tính chất nhiễm mặn. Các phương pháp thường được sử dụng (đo đạc trực tiếp, phân tích

trong phòng thí nghiệm) thường rất tốn kém, tốn nhiều công sức và không phù hợp với tốc độ thay đổi của hiện tượng này (Barbouchi et al., 2015). Do đó, cần phải phát triển các phương pháp hiệu quả để đưa ra các quyết định giảm thiểu phù hợp và tức thời (Metternicht et al., 2009). Việc tích hợp dữ liệu viễn thám và dữ liệu máy đo quang phổ tại chỗ để lập bản đồ độ nhiễm mặn của đất là rất hứa hẹn vì độ nhạy giữa phổ của đất với hàm lượng muối trong đất (Abbas et al., 2013; Sidike et al., 2014). Có rất nhiều tác giả đã chứng minh lợi ích của việc kết hợp các chỉ số vật lý được chiết xuất các loại ảnh vệ tinh khác nhau với các phép đo trong phòng thí nghiệm. Tuy nhiên, có rất ít nghiên cứu về giám sát không gian độ nhiễm mặn của đất bằng cách sử dụng các chỉ số độ nhiễm mặn của đất (SSSi).

Trong nghiên cứu này, một cách tiếp cận tích hợp dựa trên chỉ số độ nhiễm mặn của đất được phát triển để giám sát không gian phát triển độ nhiễm mặn của đất nông nghiệp ở các huyện ven biển tỉnh Nghệ An. Để đạt được mục đích này, chỉ số độ nhiễm mặn của đất (SSSi) và các phép đo

¹ Khoa Địa lý, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN

² Bộ môn Trắc địa-Bản đồ, Học viện Kỹ thuật quân sự

³ Bộ môn Trắc Địa, Trường Đại học Thủy lợi

trong phòng thí nghiệm về độ dẫn điện (EC) được sử dụng cho mô hình dự đoán độ nhiễm mặn của đất. Sau đó, phát triển mô hình đã sử dụng để thành lập bản đồ phân bố hàm lượng muối trong đất bằng SSSI từ dữ liệu ảnh viễn thám.

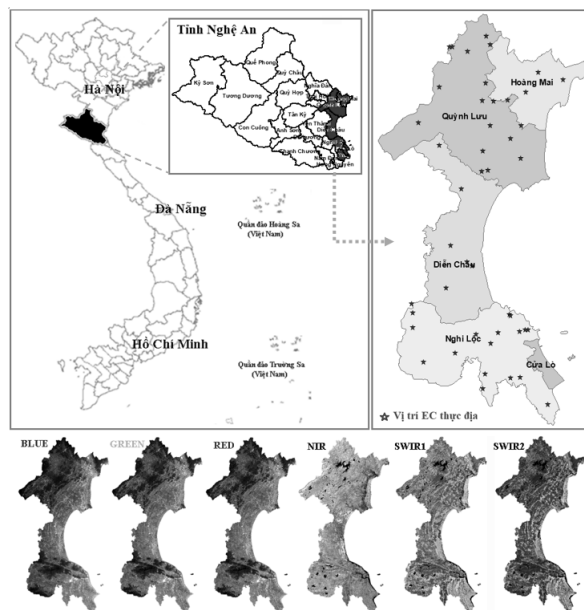
2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Khu vực nghiên cứu, dữ liệu sử dụng

2.1.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu 5 huyện, thị xã ven biển của tỉnh Nghệ An, gồm: thị xã Hoàng Mai, Quỳnh Lưu, Diễn Châu, Nghi Lộc và thị xã Cửa Lò; nằm trải dài từ $105^{\circ}24'56''$ - $105^{\circ}50'24''$ E và $18^{\circ}40'54''$ - $19^{\circ}23'55''$ N, với diện tích tự nhiên khoảng 1.311 km², có đường bờ biển dài khoảng 90 km. Khu vực nghiên cứu chịu nhiều ảnh hưởng do biến đổi khí hậu toàn cầu. Đất đai bị bạc màu; đa dạng sinh học giảm mạnh; diện tích đất bị xâm nhập mặn, đất bị khô hạn, nhiễm phèn ngày càng tăng; nhiệt độ không khí tăng cao và hạn hán bất thường, lũ lụt không theo quy luật; nhiều dịch bệnh mới hình thành... đã đe dọa đến các hoạt động kinh tế-xã hội. Nhiệt độ trung bình hàng năm từ 23-24°C. Sự chênh lệch nhiệt độ giữa các tháng trong năm khá cao. Nhiệt độ trung bình các tháng nóng nhất (tháng 6 đến tháng 7) là 33°C, nhiệt độ cao tuyệt đối 42,7°C; nhiệt độ trung bình các tháng lạnh nhất (tháng 12 năm trước đến tháng 2 năm sau) là 19°C, nhiệt độ thấp tuyệt đối -0,5°C. Số giờ nắng

trung bình/năm là 1.500 - 1.700 giờ. Lượng mưa bình quân hàng năm dao động từ 1.200 - 2.000 mm/năm.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu và dữ liệu sử dụng

Dữ liệu ảnh viễn thám Landsat-8 OLI chụp ngày 18/2/2019 được sử dụng trong nghiên cứu này và được tải miễn phí tại trang web (<http://earthexplorer.usgs.gov>). Với các kênh phổ được sử dụng trong nghiên cứu (Bảng 1).

Bảng 1. Các kênh phổ ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI sử dụng trong nghiên cứu.

Kênh phổ	Bước sóng (μm)	Độ phân giải không gian (m)
Kênh 2 - Blue	0.45 ÷ 0.51	30
Kênh 3 - Green	0.53 ÷ 0.59	30
Kênh 4 - Red	0.64 ÷ 0.67	30
Kênh 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 ÷ 0.88	30
Kênh 6 - SWIR 1	1.57 ÷ 1.65	30
Kênh 7 - SWIR 2	2.11 ÷ 2.29	30

2.1.2. Thu thập dữ liệu thực địa

Dữ liệu đo độ mặn của đất từ ngày 25/12/2018 – 8/1/2019 được thu thập từ Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Nghệ An (2019). Được đo bằng máy EM-38, phương pháp sử dụng để tính toán độ nhiễm mặn của đất từ dữ liệu thực địa là độ dẫn

điện (EC- Electrical Conductivity: dS/m). Hầu hết các dung dịch dinh dưỡng có giá trị $EC \leq 4$ mS/cm, nếu lớn hơn sẽ gây hại cho cây trồng. Đất mặn là những loại đất có độ dẫn điện > 4 dS/m ở 25°C. Toàn bộ các ô mẫu thực địa được phân bố đồng đều theo các huyện, thị xã ven biển của khu

vực nghiên cứu và được chia thành hai phần: (i) sử dụng tham gia cho các mô hình tính toán (khoảng 70% số mẫu) và (ii) phần còn lại được sử dụng để kiểm chứng kết quả mô hình dự đoán (khoảng 30% số mẫu). Các mẫu này được sử dụng là biến phụ thuộc, trong khi đó biến độc lập được chiết xuất từ dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 8-OLI và các sản phẩm của mô hình số độ cao (độ cao địa hình, độ dốc). 45 mẫu đã được thu thập bao gồm 4 mẫu ở thị xã Hoàng Mai; 17 mẫu ở huyện Quỳnh Lưu; 16 mẫu ở huyện Diễn Châu; 18 mẫu huyện Nghi Lộc; 5 mẫu ở thị xã Cửa Lò. Do đó, 30/45 ô mẫu được chọn theo phương pháp lấy mẫu ngẫu nhiên được sử dụng trong tính toán để lựa chọn mô hình tối ưu trong ước tính độ nhiễm mặn của đất; các ô mẫu còn lại được sử dụng để xác thực độc lập kết quả ước tính độ nhiễm mặn của đất.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

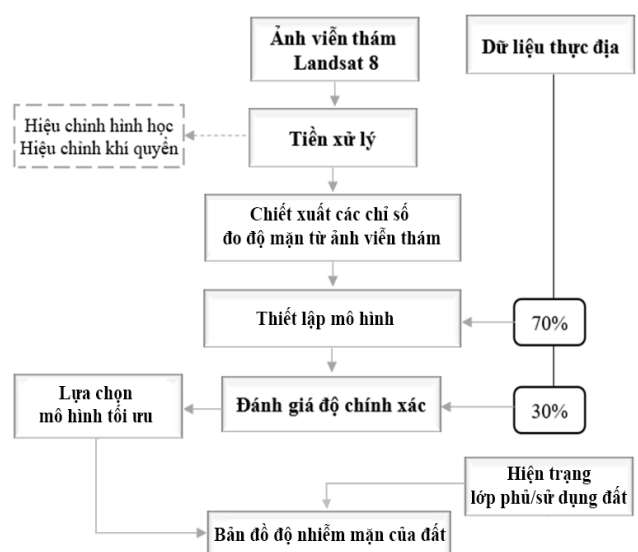
Phương pháp được sử dụng để ước tính độ nhiễm mặn của đất trong nghiên cứu này được trình bày ở Hình 2. Bao gồm các bước: (1) Hiệu chỉnh ảnh hưởng khí quyển, hiệu chỉnh hình học; (2) Tính toán các chỉ số đo độ nhiễm mặn của đất; (3) Hiệu chuẩn chỉ số đo độ nhiễm mặn của đất; và (4) Lựa chọn mô hình tối ưu để ước tính độ nhiễm mặn của đất nông nghiệp tại các huyện ven biển tỉnh Nghệ An.

2.2.1. Lựa chọn mô hình tối ưu để ước tính độ nhiễm mặn của đất

Tiền xử lý ảnh vệ tinh Landsat 8-OLI: Quá trình này được thực hiện qua hai giai đoạn: hiệu chỉnh hình học và hiệu chỉnh ảnh hưởng của khí quyển (Pons *et al.*, 2014). Trong nghiên cứu này, mô hình FLAASH được tích hợp trong phần mềm ENVI 5.3.1 SP1 (Trial mode) được lựa chọn để tiến hành các bước tiền xử lý ảnh. Ảnh Landsat-8 OLI khu vực ven biển tỉnh Nghệ An sau khi được nắn chỉnh sơ bộ, sau đó được tiến hành nắn chỉnh địa lý về hệ tọa độ VN2000_Z48 để đồng bộ về mặt tọa độ với dữ liệu đã được nắn chỉnh ở hệ tọa độ VN2000.

Mô hình hồi quy mô phỏng độ nhiễm mặn của đất: Đầu tiên, độ tương quan giữa độ dẫn điện (EC) của các mẫu thu ở thực địa và các chỉ số vật lý được chiết xuất từ dữ liệu ảnh vệ tinh (Sidike *et al.*, 2014), để tìm mối liên hệ giữa các biến số này

và đánh giá độ hiệu quả của chúng trong việc ước lượng độ nhiễm mặn của đất bằng hàm hồi quy tuyến tính đơn giản (SLR) và hàm hồi quy tuyến tính đa biến (MLR) (Lhissou *et al.*, 2014). (i) **Mô hình SLR:** được áp dụng bằng cách sử dụng các giá trị của chỉ số độ đo riêng biệt để ước tính độ nhiễm mặn của đất. Để tính mối tương quan trên từng chỉ số đo độ nhiễm mặn của đất với các giá trị EC thực tế. Thiết lập 13 biến độc lập, trong đó 11 biến được chiết xuất từ ảnh Landsat 8 OLI (SI_1, SI_2, SI_3, SI_11, INT_1, INT_2, BI, SAVI, NDVI, RAT_{NIR/RED} và EVI) để đo độ mặn để phát hiện hàm lượng muối và lập bản đồ độ nhiễm mặn của đất và 2 biến được chiết xuất từ mô hình số độ cao (Elev và Slope). Các chỉ số này được chọn sau khi đã tham khảo các nghiên cứu trước đây trong việc lập bản đồ độ nhiễm mặn đất (Abbas *et al.*, 2013; Lhissou *et al.*, 2014). (ii) **Mô hình MLR:** 13 chỉ số được dùng làm biến độc lập, giá trị EC của đất được dùng làm biến phụ thuộc. Trong phương pháp hồi quy tuyến tính đa biến, cần tính 2 chỉ số định lượng giữa giá trị đo được và giá trị dự đoán được tính toán trong phần mềm R (*R-Development Core Team*, 2011). Việc so sánh giữa các giá trị ước tính EC của đất và giá trị đo EC thực tế được thực hiện bằng hệ số xác định (R^2), sai số trung phương (RMSE). Ước tính EC tối ưu tương ứng với giá trị của R^2 cao và giá trị RMSE thấp nhất.



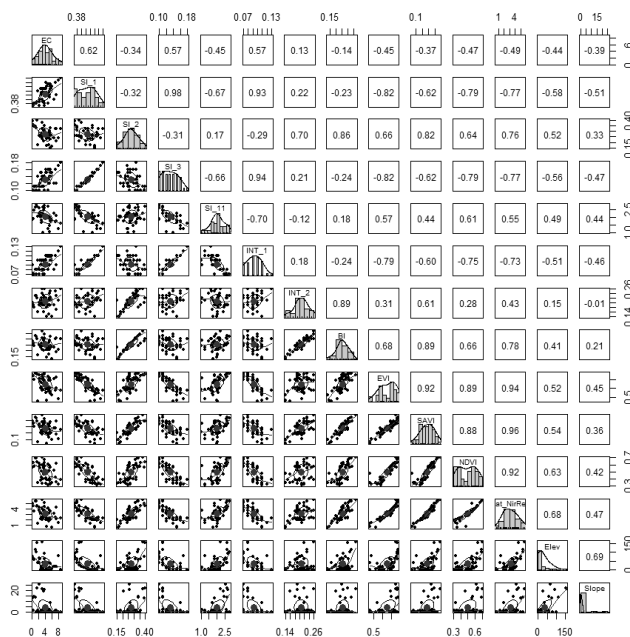
Hình 2. Sơ đồ phương pháp tổng thể

Bảng 2. Dữ liệu biến đầu vào mô hình giữa EC (biến phụ thuộc) và biến độc lập (SI_1, SI_2, SI_3, SI_11, INT_1, INT_2, BI, EVI, SAVI, NDVI, RAT_{NIR/RED}, Elev, Slope)

ID	Các biến	Công thức tính toán
1	EC	Độ dẫn điện (dS/m)
2	SI_1	$\sqrt{GREEN + RED}$
3	SI_2	$\sqrt{GREEN^2 + RED^2 + NIR^2}$
4	SI_3	$\sqrt{GREEN^2 + RED^2}$
5	SI_11	SWIR1/SWIR2
6	INT_1	(GREEN + RED)/2
7	INT_2	(GREEN + RED + NIR)/3
8	BI	$\sqrt{GREEN^2 + NIR^2}$
9	SAVI	(NIR - RED) x (1 + L) / (NIR + RED + L)
10	NDVI	NIR - RED / NIR + RED
11	EVI	2,5 x ((NIR - RED)/(NIR + c1 x RED - c2 x BLUE + L))
12	RAT _{NIR/RED}	NIR/RED
13	Elev	Độ cao, độ phân giải 20-m
14	Slope	Độ dốc (°)

(Trong đó: chỉ số EVI có các giá trị c1=6; c2=7,5 và L=1. Chỉ số SAVI có các giá trị L=0,5)

2.2.2. Thành lập bản đồ độ nhiễm mặn của đất và phân tích sự thay đổi độ nhiễm mặn của đất nông nghiệp



Hình 3. Hệ số tương quan được tính giữa các biến độc lập (SI_1, SI_2, SI_3, SI_11, INT_1, INT_2, BI, EVI, SAVI, NDVI, RAT_{NIR/RED}, Elev, Slope) và biến phụ thuộc EC của đất

Các mô hình phát triển đã được sử dụng để ước tính EC của đất. Nghiên cứu áp dụng phương pháp tạo lát cắt giá trị (density slicing) để phân ngưỡng các mức độ nhiễm mặn khác nhau với khoảng nhiễm mặn theo chuẩn quốc tế (Yu et al., 2010): (1)-Không mặn: dS/m < 1; (2)-Độ mặn rất thấp: 1 < dS/m < 2; (3)-Độ mặn thấp: 2 < dS/m < 4; (4)-Độ mặn trung bình: 4 < dS/m < 6; (5)-Độ mặn cao: 6 < dS/m < 8; (6)-Độ mặn rất cao: 8 < dS/m. Bản đồ được thành lập đã được sử dụng nghiên cứu sự phân bố không gian của các lớp độ nhiễm mặn của đất nông nghiệp ven biển tỉnh Nghệ An.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

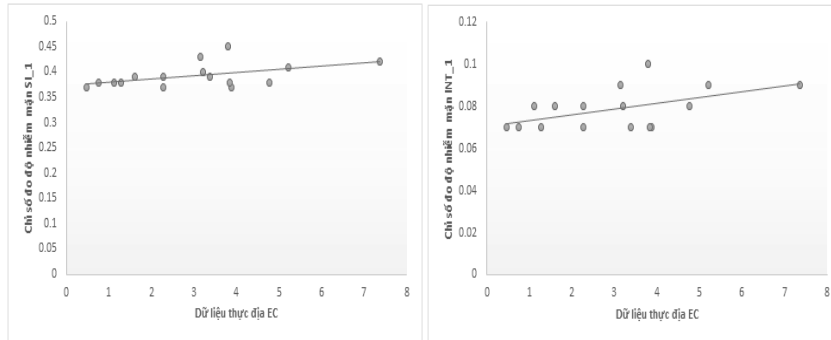
3.1. Mô hình đo độ nhiễm mặn của đất

3.1.1. Mô hình hồi quy tuyến tính đơn biến giữa EC của đất và các biến độc lập

Hình 3 cho thấy, mối quan hệ giữa các biến độc lập và biến phụ thuộc EC của đất. Kết quả so sánh các mô hình hồi quy tuyến tính và mối quan hệ giữa các chỉ số đo độ nhiễm mặn của đất được chiết xuất từ dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat-8 OLI có ý nghĩa thống kê (p < 0,05) với hệ số tương quan (R): SI_1 (R = 0,62); SI_2 (R = -0,34); SI_3 (R = 0,57); SI_11 (R = -0,45); INT_1 (R = 0,57); EVI (R = -0,45); SAVI (R = -0,37); NDVI (R = -

0,47); RATNIR/RED ($R = -0,49$); Elev ($R = -0,44$); và Slope ($R = -0,39$). Các biến độc lập INT_2 và BI không có mối tương quan đáng kể

với EC của đất. Do đó, có thể thấy rằng EC của đất có mối tương quan cao và chặt chẽ với chỉ số SI_1, SI_3



Hình 4. So sánh hai biến độc lập: SI_1 ($R^2=0,23$) (bên trái), và INT_1 ($R^2=0,36$) (bên phải).

Hình 4 minh họa mối quan hệ giữa EC của đất và hai biến độc lập (SI_1 và INT_1) là hai chỉ số có hệ số tương quan cao nhất trong các biến độc lập tham gia mô hình hồi quy tuyến tính đơn biến. Khi EC của đất tăng, SI_1 và INT_1 cũng tăng. Thông qua biểu đồ phân tích tương quan, EC~SI_1 và EC~INT_1 có hệ số R^2 tương ứng 0,23 và 0,36 (Hình 4). Chỉ số đo độ mặn của đất INT_1 là biến đơn tốt nhất và có hệ số xác định cao với các giá trị độ nhiễm mặn của đất đã lấy mẫu.

3.1.2. Mô hình hồi quy tuyến tính đa biến giữa EC của đất với các biến chiết xuất từ dữ liệu ảnh Landsat-8 OLI và biến bổ sung (độ cao, độ dốc)

Trong nghiên cứu này, thuật toán Bayesian Model Average (BMA) đã được sử dụng để tìm

các mô hình hồi quy tuyến tính tối ưu để ước tính độ nhiễm mặn của đất. Thuật toán BMA ước tính các hệ số hồi quy dựa trên xác suất xuất hiện của các mô hình được xem xét. Trong trường hợp số biến độc lập ít hơn 20 biến, tất cả các tập hợp con có thể được liệt kê và đánh giá, và sử dụng phép lọc các mô hình dựa trên tiêu chí thông tin của BIC (Bayesian Information Criterion) (Hoeting *et al.*, 1999). Kết quả là mô hình thể hiện 5 mô hình tốt nhất trong số 43 mô hình được tính toán phù hợp với mô hình ước tính độ mặn của đất và được sắp xếp theo thứ tự ưu tiên (Bảng 3). Do đó, Model 1 có thể được sử dụng để đo độ nhiễm mặn của đất thông qua các biến độc lập (EVI, SI_1 và SI_2) với hệ số $R^2=0,507$; BIC=-20,378; và Post prob=0,166.

Bảng 3. Thống kê kết quả lựa chọn các mô hình hồi quy đa biến bằng thuật toán BMA

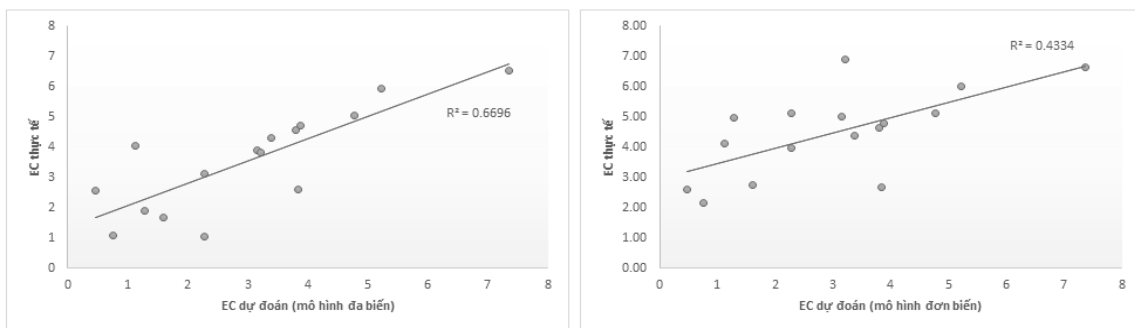
	p!=0	EV	SD	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
Intercept	100	-2,251e+01	11,092	-22,13	-30,87	-10,29	-23,57	-19,36
BI	9,6	3,714e-01	6,963	-	-	-	-	-
Elev	7,5	4,009e-04	0,002	-	-	-	-	-
EVI	75,5	2,849e+00	2,192	3,71	3,39	-	-	3,85
INT_1	4,2	8,189e-01	9,708	-	-	-	-	-
INT_2	6,9	3,077e-01	7,273	-	-	-	-	-
NDVI	4,0	5,677e-02	0,948	-	-	-	-	-
RAT_{NIR/RED}	9,4	-4,271e-02	0,308	-	-	-	-	-
SAVI	11,6	-3,542e-01	4,499	-	-	-	-	-
SI_1	97,5	7,241e+01	38,505	61,84	107,74	33,66	98,87	58,19
SI_11	6,8	-4,265e-02	0,239	-	-	-	-	-0,59

	p!=0	EV	SD	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
SI_2	78,1	-1,314e+01	9,339	-17,54	-16,23	-	-	-18,22
SI_3	34,0	-3,228e+01	56,845	-	-82,57	-	-111,17	-
Slope	4,7	-2,196e-04	0,008	-	-	-	-	-
nVAR				3	4	1	2	4
R²				0,507	0,532	0,383	0,430	0,516
BIC				-20,378	-18,949	-17,893	-17,68	-17,423
POST PROB				0,166	0,081	0,048	0,043	0,038

3.1.3. Lựa chọn mô hình tối ưu

Việc lựa chọn và xác nhận mô hình là một bước quan trọng để xác định mô hình tối ưu (Manh Van Pham *et al.*, 2019). Trong nghiên cứu này, đã so sánh các hệ số hồi quy của các mô hình khác nhau dựa trên dữ liệu Landsat 8 OLI (SI_1, SI_2, SI_3, SI_11, INT_1, INT_2, BI, EVI, SAVI, NDVI, RAT_{NIR/RED}) và dữ liệu từ DEM (Elev, Slope). Để giải thích mối tương quan của EC của đất và các biến EVI, SI_1, SI_2 (mô hình đa biến), INT_1 (mô hình đơn biến); 15/45 ô mẫu thực địa đã được chọn

ngẫu nhiên để đánh giá hiệu suất của các mô hình này, trong đó EC của đất nằm trong khoảng từ 0,47 - 7,36dS/m. Hình 5 minh họa đồ thị phân tán của EC dự đoán và EC thực tế, độ chính xác của EC dự đoán theo mô hình đơn biến (1,3 - 8,75 dS/m) và mô hình hồi quy đa biến (1,02 - 6,54 dS/m) từ thuật toán tối ưu (RMSE thấp nhất và R² cao nhất) đã được chọn cho khu vực nghiên cứu. Kết quả cho thấy mô hình hồi quy tuyến tính đa biến tối ưu hơn để ước tính độ nhiễm mặn của đất nông nghiệp tại các huyện, thị xã ven biển tỉnh Nghệ An.



Hình 5. Biểu đồ phân tán của giá trị dự đoán so với thực tế. Kết quả mô hình hồi quy tuyến tính đơn biến để tính EC với hệ số R² (R²=0,43, RMSE=1,97): $EC = -4,7 + 98,3 * INT_1$ (bên trái), mô hình hồi quy tuyến tính đa biến với R (R²=0,67, RMSE= 1,19): $EC = -22,13 + 3,71 * EVI + 61,84 * SI_1 - 17,54 * SI_2$ (bên phải).

3.2. Bản đồ độ nhiễm mặn của đất ven biển tỉnh Nghệ An

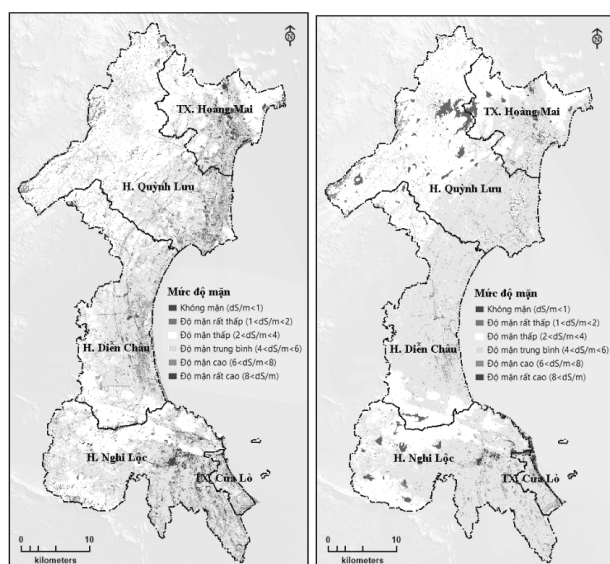
Bản đồ độ nhiễm mặn đất cho thấy mức độ mặn hóa theo các khoảng mặn được thể hiện trong bảng 4. Chỉ có một phần diện tích (2.661,21 ha) là không bị nhiễm mặn ở phía Bắc của huyện Quỳnh Lưu và phía Tây của huyện Nghi Lộc (nơi có địa hình cao). Độ mặn rất thấp chiếm 1,36%, độ mặn thấp chiếm 39,52% (1.770,47 ha) diện tích đất của khu vực tập trung chủ yếu ở phía Tây huyện Quỳnh Lưu, phía Bắc thị xã Hoàng Mai, phía Tây và Bắc huyện

Nghi Lộc và một phần ít ở phía Nam huyện Diễn Châu (có địa hình tương đối cao), độ mặn trung bình chiếm hơn 50% diện tích đất của khu vực 51.351,12 ha (52,57%), phân bố hầu hết ở huyện Diễn Châu, Nghi Lộc, thị xã Cửa Lò, ½ diện tích của huyện Quỳnh Lưu và thị xã Hoàng Mai (vào sâu trong đất liền khoảng 10km) (nơi có địa hình tương đối bằng phẳng). Trong khi đó, độ mặn cao và rất cao chỉ chiếm lần lượt là 3,79% và 0,7% tổng diện tích đất và được phân bố rải rác của các huyện, thị xã ven biển tỉnh Nghệ An.

Bảng 4. So sánh các cấp độ mặn khác nhau trong khu vực nghiên cứu

Ngưỡng mặn	EC (dS/m)	Diện tích (ha)	Phần trăm (%)
Không mặn	$dS/m < 1$	2.661,21	2,05
Độ mặn rất thấp	$1 < dS/m < 2$	1.770,48	1,36
Độ mặn thấp	$2 < dS/m < 4$	51.351,12	39,52
Độ mặn trung bình	$4 < dS/m < 6$	68.314,32	52,57
Độ mặn cao	$6 < dS/m < 8$	4.930,92	3,79
Độ mặn rất cao	$8 < dS/m$	914,22	0,7

Như vậy có thể khẳng định rằng khu vực địa hình càng cao thì khả năng nhiễm mặn càng thấp. Dựa trên sự phân bố không gian phần lớn diện tích đất có độ mặn trung bình nằm ở khu vực có địa hình cao dần, diện tích đất có độ mặn cao ở phía Đông Nam huyện Nghi Lộc nơi có nhiều cánh đồng muối phục vụ kinh tế và một phần ở bãi biển Cửa Lò thuộc thị xã Cửa Lò.



Hình 6. Phân bố không gian độ nhiễm mặn của đất theo mô hình hồi quy tuyến tính đơn biến (bên trái), và mô hình đa biến (bên phải)

Nhiễm mặn đất là hiện tượng động, có thể thay đổi nhanh chóng do độ tụ nước, độ ẩm đất và lượng bốc hơi nước, và gây ra nhiều vấn đề như suy thoái đất, giảm sản lượng cây trồng nông nghiệp, v.v. Do tương quan chưa cao giữa đo đạc thực địa và trên ảnh viễn thám trong nhiều nghiên cứu trước đây, nghiên cứu này đã phân tích tương quan giữa trị đo độ dẫn điện (EC) của đất và ảnh

Landsat-8 OLI bằng các kỹ thuật hồi quy tuyến tính, cho kết quả khả quan trong ước tính độ nhiễm mặn của đất.

Nhìn chung, nghiên cứu này cho thấy tính hữu ích của dữ liệu viễn thám Landsat-8 OLI có thể được sử dụng để tính toán và ước tính độ nhiễm mặn của đất ở các huyện, thị xã ven biển tỉnh Nghệ An nói riêng, các tỉnh ven biển Việt Nam nói chung và các khu vực tương tự trên thế giới. Độ chính xác dự đoán tương đương với kết quả thực tế, có hệ số tương quan cao ($R^2=0,67$) giữa dữ liệu kiểm chứng thực địa và các chỉ số được chiết xuất từ dữ liệu ảnh viễn thám Landsat-8 OLI (SI_1, SI_2 và EVI).

4. KẾT LUẬN

Bài báo này đề xuất một chỉ số đo độ nhiễm mặn của đất mới cho mô hình tính toán độ nhiễm mặn của đất. Kết quả của nghiên cứu đã chứng minh hiệu suất của việc sử dụng dữ liệu viễn thám để tính toán các chỉ số đo độ nhiễm mặn của đất trong giám sát không gian phân bố độ nhiễm mặn của đất khu vực ven biển các huyện, thị xã của tỉnh Nghệ An. Việc tích hợp các chỉ số vật lý được chiết xuất từ ảnh Landsat-8 OLI nhạy cảm với đặc tính độ nhiễm mặn của đất. Với độ chính xác tương đối cao của mô hình hồi quy tuyến tính đa biến, đây sẽ là một phương pháp đầy hứa hẹn trong việc sử dụng dữ liệu Landsat-8 OLI trong ước tính độ nhiễm mặn của đất. Giám sát động lực phát triển không gian của độ nhiễm mặn của đất là cơ sở để hiểu được mức độ ảnh hưởng của lượng mưa, thủy lợi và phương thức canh tác nông nghiệp đối với độ nhiễm mặn của đất. Kết quả của bài báo cũng góp phần thúc đẩy sự phát triển của các chuyên ngành khoa học liên quan, đổi mới sự nghiên cứu tài nguyên nước bằng tổ hợp các

phương pháp hiện đại, góp phần nâng cao nhận thức cho cán bộ quản lý và người dân về khai thác, sử dụng và bảo vệ tài nguyên nước, đặc biệt tăng khả năng ứng phó của con người đối với sự xâm nhập mặn các nguồn nước dưới tác động của biến đổi khí hậu, nước biển dâng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Abbas, A., Khan, S., Hussain, N., Hanjra, M.A., Akbar, S., 2013. *Characterizing soil salinity in irrigated agriculture using a remote sensing approach*. Phys. Chem. Earth Part A/B/C. 55–57, 43–52, <http://dx.doi.org/10.1016/j.pce.2010.12.004>.
- Barbouchi, M., Abdelfattah, R., Chokmani, K., Ben Aissa, N., Lhissou, R., El Harti, A., 2015. *Soil salinity characterization using polarimetric InSAR coherence: case studies in Tunisia and Morocco*. IEEE J. Sel. Topics Appl. Earth Observ. Remote Sens. 8, 3823–3832, <http://dx.doi.org/10.1109/jstars.2014.2333535>.
- FAO. (2005). *Management of irrigation-induced salt affected soils*. Rome (Italy). CISEAU/FAO/IPTRID. ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/salinity_brochure_eng.pdf.
- Hamzeh, S., Naseri, A.A., AlaviPanah, S.K., Mojaradi, B., Bartholomeus, H.M., Clevers, J.G.P.W., Behzad, M., 2013. *Estimating salinity stress in sugarcane fields with spaceborne hyperspectral vegetation indices*. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf. 21, 282–290, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2012.07.002>.
- Hoeting, J.A., Madigan, D., Raftery, A.E., Volinsky, C.T., 1999. *Bayesian Model Averaging: A Tutorial* 36.
- Lhissou, R., El Harti, A., Chokmani, K., 2014. *Mapping soil salinity in irrigated land using optical remote sensing data*. Eurasian J. Soil Sci. 3, 82–88, <http://dx.doi.org/10.18393/ejss.84540>.
- Li, D. J., Chun, W. M., & Tiyp, T. (2011). *Study on soil salinization information in arid region using remote sensing technique*. Agricultural Science in China, 10(3), 404–411.
- Manh Van Pham, Tam Minh Pham, Quan Vu Viet Du, Quang-Thanh Bui, Anh Van Tran, Hai Minh Pham, Thach Ngoc Nguyen (2019). *Integrating Sentinel-1A SAR data and GIS to estimate aboveground biomass and carbon accumulation for tropical forest types in Thuan Chau district, Vietnam*. Remote Sensing Applications: Society and Environment, <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2019.03.003>, ISSN: 2352-9385.
- Metternicht, G.I., Zinck, J.A., 2009. *Remote Sensing of Soil Salinization: Impact on Land Management*. CRC Press, Boca Raton, FL <https://www.crcpress.com/9781420065022>.
- Pons, X., Pesquer, L., Cristóbal, J., González-Guerrero, O., 2014. *Automatic and improved radiometric correction of Landsat imagery using reference values from MODIS surface reflectance images*. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf. 33, 243–254, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2014.06.002>.
- R-Development Core Team, 2011. *A Language and Environment for Statistical Computing*.
- Sidike, A., Zhao, S., Wen, Y., 2014. *Estimating soil salinity in Pingluo County of China using QuickBird data and soil reflectance spectra*. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf. 26, 156–175, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2013.06.002>.
- Yu, R., Liu, T., Xu, Y., Zhu, C., Zhang, Q., Qu, Z., Liu, X., Li, C., 2010. *Analysis of salinization dynamics by remote sensing in Hetao Irrigation District of North China*. Agr. Wat. Man. 97, 1952–1960, <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2010.03.009>.

Abstract:
**ESTIMATING SOIL SALINITY FROM REMOTE SENSING DATA IN COASTAL
DISTRICTS OF NGHE AN PROVINCE**

Soil salinity is one of the serious threats to the environment, which has a negative impact on crop yields in agriculture. Estimation of soil salinity from remote-sensing data is a practical approach for long-term monitoring quality of land, which assists the land management and environmental sustainability. This study presents the use of Landsat-8 OLI data which received on December 18 2018 to extract physical indicators to estimate the spatial variation of salinity of land in coastal districts and towns of Nghe An province. Univariate and multivariate linear regression models were performed by using electrical conductivity (EC) of land from the field survey between December 25, 2018 and January 8, 2018. The correlation between different indicators and field data on soil salinity is calculated to find high correlation indexes. The optimal regression model is selected when considering the maximum R^2 value and the smallest RMSE. The results show that the multivariate linear regression model has high accuracy with the coefficient of determination ($R^2=0.67$), and the root mean square error (RMSE=1.19). This suggests that remote-sensing data can be used effectively to model and map spatial variations in soil salinity in coastal areas.

Keywords: Salinity index, Linear regression, Landsat 8 OLI, Remote-sensing, Nghe An.

Ngày nhận bài: 27/8/2019

Ngày chấp nhận đăng: 22/9/2019