



NGHIÊN CỨU ƯỚC TÍNH ĐỘ MẶN CỦA ĐẤT SỬ DỤNG ẢNH VỆ TINH SENTINEL-2 VÀ THIẾT BỊ ĐO ĐỘ DẪN ĐIỆN MẶT ĐẤT EM31-EK2

Tống Thị Huyền Ái^{1*}, Nguyễn Vũ Giang¹, Nguyễn Cao Hanh²,
Giang Thị Phương Thảo², Danh Môn², Phạm Việt Hòa²

¹ Viện Công nghệ Vũ trụ – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

² Viện Địa lý Tài nguyên Thành phố Hồ Chí Minh – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Ngày nhận bài: 15-9-2018; ngày nhận bài sửa: 19-10-2018; ngày duyệt đăng: 21-11-2018

TÓM TẮT

Nghiên cứu ứng dụng viễn thám và số liệu đo đạc độ dẫn điện (EC) trong theo dõi đánh giá xâm nhập mặn là một chủ đề thu hút sự quan tâm của các nhà khoa học và nhà quản lý. Nghiên cứu này tập trung vào thử nghiệm đánh giá mối quan hệ giữa EC của đất lúa đã gặt với các chỉ số tính từ ảnh vệ tinh Sentinel-2 bằng kỹ thuật phân tích hồi quy đa biến tại xã Bình Thạnh, huyện Ba Tri, tỉnh Bến Tre. Trong đó, 122 điểm EC được đo ngoài thực địa vào tháng 4-2018. Các nhóm chỉ số tính từ Sentinel 2 (tháng 4-2018): kênh phổ, chỉ số tỉ lệ, PCA, chỉ số độ mặn (SI) và chỉ số độ sáng (BI). Kết quả cho thấy rằng, kênh BI của ảnh Sentinel-2 có độ nhạy tốt với EC ($R^2=0,64$), kế đó là chỉ số kênh B/NIR ($R^2=0,50$). Nghiên cứu cũng chỉ ra được các chỉ số độ mặn (SI) cho phép cải thiện tương đối hệ số hồi quy ước tính độ mặn trong đất.

Từ khóa: ảnh vệ tinh Sentinel-2, độ mặn của đất, phân tích hồi quy.

ABSTRACT

Study on soil salinity estimation using Sentinel-2 satellite images and EM31-EK2 ground conductivity instrument

Application of remote sensing technology and electric conductivity (EC) for monitoring salinity-affected soil has been the interest of many scientists and managers. This study focused on the relationship analysis between EC and Sentinel-2 satellite data using the multi-variable regression techniques at Binh Thanh Commune, Ba Tri District, Ben Tre Province. 122 EC points were taken in April 2018 (dry season). The extracted indices from Sentinel 2 (4-2018) include original bands, ratio bands, principal component analysis (PCA), salinity indices (SIs) and Brightness indices (BIs). Results show that the band BI of reflectance Sentinel-2 image has the best sensitivity to EC ($R^2 = 0,644$) and the next is B/NIR index ($R^2=0,50$). In addition, the integration of salinity indices (SI) allowed improving of the regression coefficient to estimates soil salinity.

Keywords: Sentinel-2 image, soil salinity, regression analysis.

1. Giới thiệu chung

Độ mặn của đất là một trong những vấn đề môi trường được quan tâm lớn bởi sự ảnh hưởng tiêu cực của nó đến sự tăng trưởng của cây trồng, sản xuất nông nghiệp và sử dụng bền vững tài nguyên nông nghiệp (chất lượng đất và nước), và là nguyên nhân gây ra suy thoái đất [1], [2]. Theo Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, độ mặn của đất thường được đo bằng máy đo độ dẫn điện EC trong hỗn hợp đất bão hòa (EC bão hòa) hoặc tỉ lệ giữa đất và nước (EC 1:5). Các loại đất có giá trị EC bão hòa cao hơn 4 dS/m và EC 1:5 lớn hơn 0,6 dS/m được gọi là đất mặn [3].

*Email: ai.tonghuyen@gmail.com

Bến Tre là tỉnh nằm cuối nguồn của đồng bằng sông Cửu Long, giáp Biên Đông, địa hình thấp trũng và bị chia cắt bởi rất nhiều hệ thống sông rạch. Tỉnh thường xuyên bị ảnh hưởng của xâm nhập mặn vào mùa khô, khi mà nước từ thượng nguồn ít, không mưa, mực nước sông thấp, yếu tố gió chướng và triều cường làm cho ranh giới mặn 4‰ theo các sông, kênh mương xâm nhập sâu đất liền khoảng 50 km từ cửa sông [4]. Do đó, giám sát sự phát triển và phân bố của đất mặn là công việc rất quan trọng. Các phương pháp truyền thống như đo đạc, thí nghiệm mẫu trong phòng thường cần phải có một số lượng mẫu lớn và chi phí rất cao [1], [2]. Dữ liệu viễn thám là một trong những lựa chọn thay thế tốt nhất bởi chúng tiết kiệm được chi phí, thời gian, nhân lực và được thu thập một cách có hệ thống, bao phủ khu vực rộng và theo chuỗi thời gian.

Tác giả Mougenot (1993) [5] đã chỉ ra rằng hàm lượng muối, thành phần khoáng vật, độ ẩm đất, màu sắc bề mặt đất và độ nhám là các yếu tố chính ảnh hưởng đến sự phản xạ của bề mặt đất. Hơn nữa, nhóm tác giả Dematte (2004) [6] cũng đã chứng minh có mối tương quan cao giữa phản xạ của đất với các đặc tính hóa học của đất. Do đó, đã có rất nhiều tác giả theo dõi độ mặn và đánh giá sự ảnh hưởng của nó tới đất nông nghiệp bằng cách ứng dụng dữ liệu vệ tinh [1], [2], [5], [7], [8]. Các nghiên cứu này sử dụng phương pháp đánh giá mối tương quan giữa dữ liệu đo mặn với các kênh phổ của ảnh, các kênh tỉ lệ, kênh chỉ số độ sáng (BI), các chỉ số độ muối (SI) và chỉ số thực vật khác nhau. Mặc dù các chỉ số muối và thực vật rất hữu ích cho đánh giá độ mặn của đất, nhưng không có chỉ số nào có thể được áp dụng cho tất cả các điều kiện khác nhau [1]. Khả năng ứng dụng của các chỉ số này thay đổi theo các yếu tố môi trường, loại đất, kiểu thảm thực vật và mật độ. Nghiên cứu của nhóm tác giả Lhissoui (2014) cho thấy các chỉ số dựa trên dải sóng nhìn thấy nhạy cảm với đất mặn cao hơn các bước sóng khác [2].

Mục tiêu của nghiên cứu này là xây dựng mô hình thực nghiệm để ước tính độ mặn của đất lúa đã thu hoạch ở huyện Ba Tri, tỉnh Bến Tre. Trong đó, nhóm tác giả đã đánh giá mối tương quan giữa giá trị độ dẫn điện EC đo ngoài thực địa với các kênh chỉ số được tính toán từ dữ liệu ảnh vệ tinh đa phổ Sentinel 2 bao gồm: các kênh phổ, các kênh phổ tỉ lệ, kênh thành phần chính, các chỉ số muối và chỉ số độ sáng.

2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

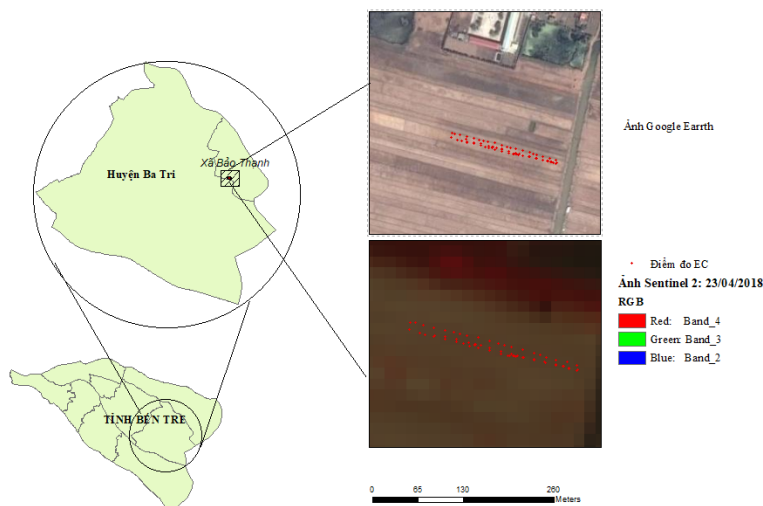
2.1. Khu vực nghiên cứu, dữ liệu đo ngoài thực địa và ảnh vệ tinh Sentinel-2

Khu vực nghiên cứu thực nghiệm được lựa chọn là một mảnh ruộng lúa 2 vụ đã thu hoạch thuộc Ấp 9, của xã Bình Thạnh, huyện Ba Tri tỉnh Bến Tre. Vào mùa khô, tỉnh Bến Tre thường xuyên đối mặt với hiện tượng xâm nhập mặn do mực nước sông Cửu Long ở mức thấp và chịu ảnh hưởng mạnh của thủy triều. Mùa khô năm 2016, tỉnh Bến Tre chịu thiệt hại nặng nề do hạn hán kéo dài và xâm nhập mặn xuất hiện sớm. 100% diện tích lúa ở huyện Ba Tri bị thiệt hại và ảnh hưởng kéo dài đến cả vụ sau. Do đó, các công tác phòng chống thiếu nước, hạn hán, xâm nhập mặn cần phải kịp thời và phải dự báo được khả năng xảy ra nhiễm mặn nhằm hạn chế thấp nhất những thiệt hại xảy ra.

122 điểm mẫu được đo EC bằng thiết bị đo cảm ứng điện từ EM31-MK2 vào mùa khô tháng 4/2018 trên mảnh ruộng đã gặt. Thiết bị EM31-MK2 này có khoảng cách đo từ mặt đất đến độ sâu tối đa là 6m. Khi đo ngoài thực địa, các yếu tố về nhiệt độ, độ ẩm được

cài đặt đồng bộ. Các điểm này sau đó được nội suy, xử lý đồng bộ các đặc điểm môi trường và tổng quát hóa về tầng dày mặt đất 0-15 cm, đơn vị là mS/m.

Dữ liệu ảnh vệ tinh đa phổ Sentinel 2 được cung cấp miễn phí, thời điểm chụp là 23/04/2018. Ảnh này sau khi tải xuống thì được hiệu chỉnh phổ, tiền xử lý và đưa ảnh về giá trị phản xạ mặt đất bằng phần mềm QGIS phiên bản 3.2.2. Chỉ các kênh phổ có độ phân giải 10m (kênh 2, 3, 4 và 8) được sử dụng trong nghiên cứu này.



Hình 1. Sơ đồ khu vực nghiên cứu và các điểm đo EC

2.2. Các kênh chỉ số tính từ ảnh vệ tinh

Để xây dựng mối quan hệ giữa EC với dữ liệu ảnh vệ tinh, nhóm tác giả sử dụng phương pháp phân tích hồi quy. Trong đó, có 5 nhóm chỉ số được tính toán từ ảnh vệ tinh bao gồm: các kênh phổ (4 chỉ số kênh 2, 3, 4 và 8 tương đương với Blue, Green, Red và NIR) của ảnh Sentinel-2, nhóm các kênh tỉ lệ (6 chỉ số), nhóm chỉ số muối (6 chỉ số), nhóm phân tích thành phần chính PCA (4 chỉ số) và nhóm chỉ số độ sáng (2 chỉ số). Những chỉ số này được tính toán trên phần mềm QGIS phiên bản 3.2.2. Công thức tính toán các chỉ số được liệt kê chi tiết trong Bảng 1.

Bảng 1. Các kênh chỉ số tính từ ảnh Sentinel-2

STT	Nhóm chỉ số	Công thức	Tham khảo
I	Nhóm các kênh tỉ lệ (Ratio indexes)	$R1 = B/G$	[1]
		$R2 = B/R$	[1]
		$R3 = B/NIR$	[1]
		$R4 = G/R$	[1]
		$R5 = G/NIR$	[1]
		$R6 = R/NIR$	[1]
II	Nhóm chỉ số muối (Salinity indexes)	$SI1 = \sqrt{G * R}$	[2]
		$SI2 = \sqrt{G^2 + R^2 + NIR^2}$	[2]
		$SI3 = \sqrt{G^2 + R^2}$	[2]
		$SI4 = \sqrt{\frac{(NIR * R) - (G * B)}{(NIR * R) + (G * B)}}$	[8]

		$SI5 = (R - NIR) / (R + NIR)$	[7]
		$SI6 = \sqrt{R * NIR}$	[7]
III	Nhóm chỉ số độ sáng (Brightness indexes)	$BI = \sqrt{G^2 + NIR^2}$	[2]
		$BI2 = \sqrt{R^2 + NIR^2}$	[2, 7]

Phân tích thành phần chính PCA được ứng dụng để chiết xuất các yếu tố không tương quan của các kênh phổ của ảnh Sentinel 2.

2.3. Mô hình đánh giá hồi quy

Các kênh chỉ số vật lý sau khi được tính toán thì chiết xuất theo dữ liệu điểm đo EC và phân tích hồi quy trên phần mềm SPSS. Trong đó, EC là biến phụ thuộc, còn các kênh chỉ số là các biến độc lập. Các tiêu chí để đánh giá hồi quy bao gồm hệ số tương quan Pearson và hệ số hồi quy R^2 .

Hệ số tương quan Pearson được ứng dụng đầu tiên để hiểu được mối quan hệ giữa giá trị EC với tất cả các chỉ số từ ảnh vệ tinh. Sau đó, phân tích mô hình hồi quy tuyến tính đa biến với độ tin cậy 95% giữa giá trị EC với các kênh chỉ số mà có tương quan Pearson tốt nhất và theo từng nhóm chỉ số.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Dữ liệu đo đạc thực địa

Bảng 2 mô tả phân tích thống kê 122 điểm mẫu giá trị EC đo được tại huyện Ba Tri, tỉnh Bến Tre vào mùa khô tháng 4-2018. Giá trị EC đo được ngoài thực địa thể hiện sự tích tụ muối trên bề mặt đất và khái quát hóa cùng độ sâu tầng mặt là 15 cm. Giá trị EC trung bình của khu vực nghiên cứu 15,323 mS/m có nghĩa nằm trong khu vực có độ mặn nhẹ.

Bảng 2. Thống kê giá trị EC thực địa khu vực nghiên cứu (mS/m)

Số lượng điểm	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn
122	13,726	16,525	15,323	0,653

3.2. Phân tích hồi quy

Bảng 3 cho thấy rằng, các kênh chỉ số R/NIR, PCA2, PCA4 và SI5 bị loại bỏ trong đánh giá tương quan hồi quy. Phần lớn các chỉ số đều có tương quan nghịch với giá trị EC đo ngoài thực địa bởi hệ số Pearson âm. Trong đó, Kênh B1 là chỉ số tốt nhất để có thể dự báo độ dẫn điện bởi hệ số Pearson rất cao (-0,8) có nghĩa giá trị EC thực địa và kênh B1 có mối tương quan nghịch rất cao. Các nhóm chỉ số khác có mối tương quan thấp hơn với EC thực địa.

Bên cạnh đó, hệ số hồi quy (R^2) cũng được tính toán cho từng các chỉ số khác nhau theo các hàm hồi quy khác nhau. Trong các hàm hồi quy, hàm đa thức bậc 2 thể hiện được rõ nhất mối tương quan giữa EC với các kênh chỉ số, bởi giá trị R^2 của hàm này cao nhất. Riêng đối với kênh B1 của ảnh Sentinel-2 thì hệ số hồi quy theo hàm đa thức bậc 2 đạt cao

nhất ($R^2= 0,6441$). Do đó, mô hình hồi quy để ước tính độ mặn dựa trên ảnh viễn thám có thể được tính toán theo phương trình sau:

$$EC= 0,0003(B1)^2 - 0,013(B1) + 0,2344$$

Trong từng nhóm kênh chỉ số thì hệ số tương quan cũng thấp. Trong nhóm kênh tỉ lệ, mặc dù chỉ số B/NIR là cao nhất nhưng cũng chỉ đạt $R^2= 0,5012$, nhóm chỉ số độ sáng R^2 của BI: 0,3165, nhóm thành phần chính PCA là 0,41 và nhóm chỉ số muối SI4 chỉ đạt 0,49. Nhìn chung, khi tính tương quan giữa EC với từng chỉ số riêng lẻ thì hệ số hồi quy thấp, mỗi tương quan yếu.

Bảng 3. Hệ số tương quan Pearson và R^2 giữa EC với tất cả các kênh chỉ số

STT	Chỉ số	Hệ số Pearson	sig	Hệ số hồi quy R^2				
				Hàm tuyến tính	Hàm ln()	Hàm đa thức bậc 2	Hàm exp ()	Hàm (x) ⁿ
Nhóm kênh phổ	B1	-0,8	0	0,6402	0,6423	0,6441	0,6381	0,6399
	B2	-0,572	0	0,3269	0,3382	0,4655	0,3237	0,3349
	B3	-0,439	0	0,193	0,1989	0,259	0,1934	0,1993
	B4	-0,474	0	0,2246	0,2235	0,2257	0,2248	0,2237
Nhóm kênh tỉ lệ	B/G	-0,418	0	0,175	0,1659	0,3348	0,1756	0,1665
	B/R	-0,607	0	0,3687	0,3638	0,3883	0,3661	0,3611
	B/NIR	-0,705	0	0,4975	0,5012	0,5093	0,4934	0,497
	G/R	-0,405	0	0,0772	0,0841	0,2806	0,078	0,0848
	G/NIR	-0,278	0,002	0,1643	0,1709	0,2557	0,1629	0,1694
Nhóm chỉ số độ sáng	R/NIR	-0,11	0,902	0,0001	0,0004	0,0903	0,0003	0,0006
	Bi	-0,556	0	0,3095	0,3117	0,3165	0,3084	0,3106
Nhóm PCA	Bi2	-0,530	0	0,2808	0,2836	0,2928	0,2808	0,2836
	PCA1	0,636	0	0,4045	0,41	0,434		
	PCA2	-0,121	0,184	0,0146	0,0167	0,113		
	PCA3	-0,238	0,008	0,0567	0,054	0,101		
Nhóm chỉ số muối	PCA4	0,121	0,183	0,0147	0,0118	0,2359		
	SI1	-0,539	0	0,2903	0,2999	0,4043	0,2895	0,2991
	SI2	-0,560	0	0,314	0,3187	0,3418	0,3135	0,3182
	SI3	-0,502	0	0,2516	0,2597	0,3452	0,2515	0,2596
	SI4	0,666	0	0,4431	0,4506	0,4903	0,445	0,4525
	SI5	-0,016	0,863	0,0002	0,0006	0,0893		
	SI6	-0,530	0	0,2808	0,2845	0,3		

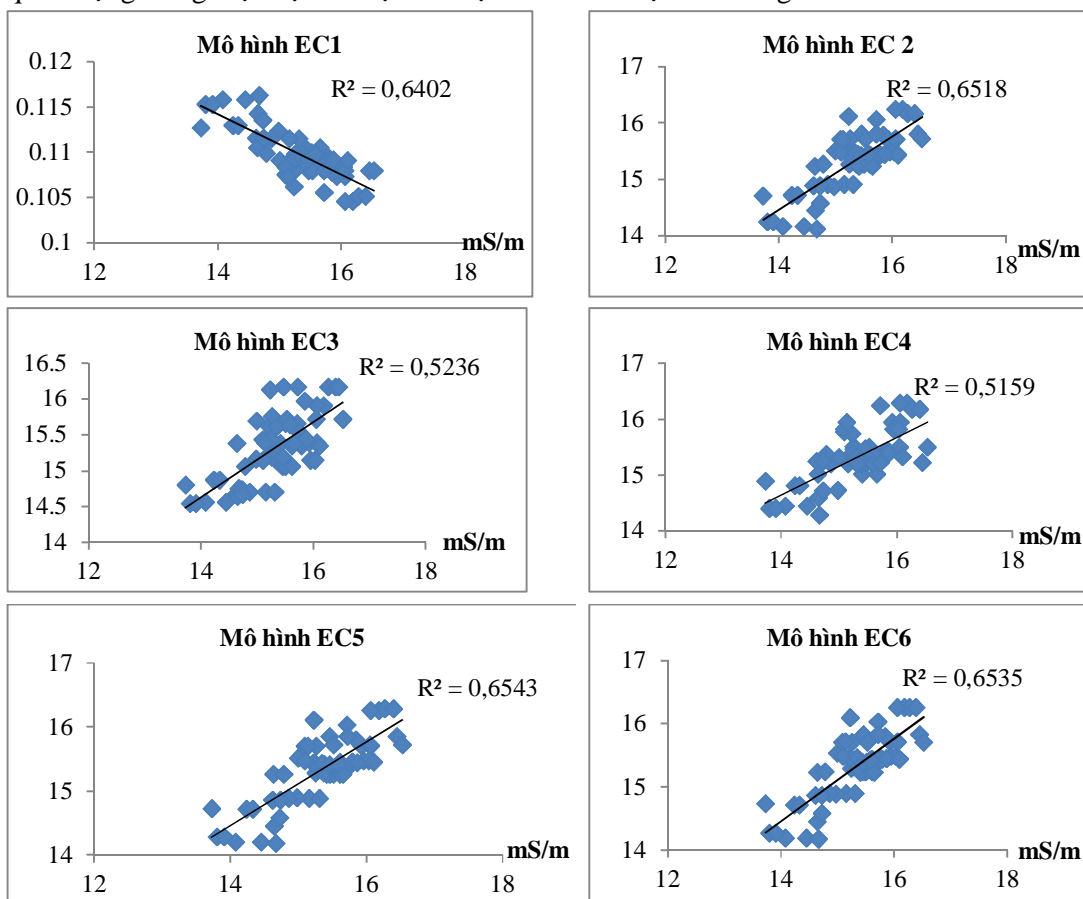
Để gia tăng độ chính xác cho mô hình hồi quy thực nghiệm, bước tiếp theo, nhóm tác giả thực hiện phân tích hồi quy tuyến tính đa biến lần lượt cho từng nhóm chỉ số và các chỉ số có hệ số Pearson cao nhất trong từng nhóm. Kết quả được thể hiện trong Bảng 4, các mô hình dự báo này đều có hệ số $R^2 > 0,5$ do đó có thể được sử dụng để ước tính được độ dẫn điện của đất lúa đã gặt trong tương lai dựa trên dữ liệu ảnh vệ tinh Sentinel 2.

Bảng 4. Các mô hình dự báo độ dẫn điện dựa trên ảnh vệ tinh Sentinel-2

Mô hình	R ²	R ² adj	df	F
EC1=36,323-191,294*B1	0,64	0,637	1:121	213,477
EC2=32,534-215,940*B1+23,395*B4	0,652	0,646	2:121	111,399
EC3=45,280-8,477*B/G-58,611*B/NIR	0,524	0,516	2:121	65,403
EC4=19,934+75,228*pca1-99,230*pca3	0,516	0,508	2:121	63,400
EC5=-66,390+123,260*SI1+319,448*SI2+125,434*SI4-641,274*SI6	0,654	0,643	4:121	55,367
EC6=31,938-226,188*B1+26,528*BI	0,653	0,648	2:121	112,193

Mô hình hồi quy được xây dựng tốt nhất là mô hình số 5 với $R^2 = 0,654$ và $R^2_{adj} = 0,643$ khi sử dụng tích hợp các kênh chỉ số muối. Bên cạnh đó, các kênh chỉ số độ sáng kết hợp với kênh phổ B1 (mô hình 6) cũng góp phần làm gia tăng mối tương quan giữa ảnh viễn thám và EC, làm cơ sở cho việc ước tính độ mặn từ dữ liệu viễn thám đa phổ Sentinel.

Kênh phổ B1 của ảnh có độ nhạy với độ dẫn điện EC cũng cao hệ số hồi quy $R^2 = 0,64$. Điều đó cho thấy, các kênh phổ của ảnh Sentinel 2, cụ thể là B1 và B4 đóng vai trò quan trọng trong việc dự báo độ dẫn điện EC ở khu vực đất trồng.

**Hình 2.** Tương quan giữa EC thực địa và các mô hình ước tính

Các tài liệu nghiên cứu trước đây đều chỉ ra rằng, độ mặn của đất là một trong những tham số mà có mối tương quan thấp với dữ liệu ảnh viễn thám [1]. Mô hình EC5 có mối tương quan mạnh ($R^2 = 0,6543$) ở mức xác suất 95% cho thấy ưu thế về khả năng dự báo độ mặn của đất so với các mô hình đơn lẻ (Bảng 3) là do hiệu quả của việc sử dụng các chỉ số tăng cường làm nổi bật thông tin độ mặn của đất. Để gia tăng độ chính xác trong ước tính độ mặn, các tác giả đã áp dụng nhiều kỹ thuật khác nhau, Scudiero (2011) [8] kết hợp chỉ số muối SI4 với các dữ liệu mưa và nhiệt ($R^2=0,728$), Lhissou (2014) [2] thực nghiệm mô hình hồi quy Stepwise với chỉ số muối SI6 ($R^2=0,68$), Rahmati (2016) xây dựng mối quan hệ giữa kênh tỉ số NIR/SWIR của ảnh ETM+ cho vùng có giá trị NDVI>0,35 ($R^2=0,898$) [1]. Tuy nhiên, đa phần các kỹ thuật này được áp dụng cho những vùng đất khô cằn hoặc bán khô cằn với dữ liệu viễn thám Landsat TM và ETM+.

Kết quả của nghiên cứu này cho thấy các chỉ số muối được tính toán từ các kênh phổ trong dải sóng nhìn thấy của dữ liệu ảnh vệ tinh Sentinel-2 ở khu vực đất lúa đã thu hoạch vào mùa khô có độ nhạy cao với độ dẫn điện EC, từ đó có thể ước tính được độ mặn của đất từ ảnh vệ tinh. Điều này là phù hợp với quan điểm của nhiều tác giả trước đây chỉ ra rằng đất bị nhiễm mặn thường phản xạ cao trong dải sóng nhìn thấy và cận hồng ngoại [7]. Bên cạnh đó, việc kết hợp giữa các dải phổ và các kênh chỉ số tăng cường (mô hình 6, $R^2 = 0,6535$) cũng mang lại hiệu quả tốt hơn so với việc sử dụng mô hình các kênh phổ đơn lẻ. Do đó, phương pháp kết hợp các kênh phổ của ảnh vệ tinh Sentinel-2 với các kênh chỉ số tăng cường cũng là một công cụ có tiềm năng để ước tính độ mặn của đất.

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã đánh giá nhiều mô hình hồi quy khác nhau để ước tính độ mặn của đất sử dụng dữ liệu ảnh viễn thám Sentinel-2. Kết quả cho thấy rằng phương pháp phân tích mối quan hệ giữa EC thực địa với độ phản xạ của đất là đáng tin cậy. Trong đó, mô hình tích hợp các kênh chỉ số muối SI là phù hợp nhất ($R^2=0,654$) để ước tính độ mặn từ ảnh Sentinel 2 trong tương lai. Bên cạnh đó, kênh phổ B1 của ảnh Sentinel-2 cũng được ưu tiên sử dụng bởi nó rất nhạy với giá trị EC, đặc biệt trong mô hình hồi quy đa thức bậc 2 ($R^2=0,644$). Kỹ thuật phân tích hồi quy tuyến tính đa biến có khả năng cao cho xác định những khu vực ảnh hưởng mặn, đặc biệt là vùng đất nông nghiệp đã thu hoạch.

❖ **Tuyên bố về quyền lợi:** Các tác giả xác nhận hoàn toàn không có xung đột về quyền lợi.

❖ **Lời cảm ơn:** Dữ liệu và kết quả của nghiên cứu này được hỗ trợ từ đề tài: “Nghiên cứu, đánh giá và 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 tại tỉnh Bến Tre” do Phạm Việt Hòa (Viện Địa lí Tài nguyên TPHCM) chủ nhiệm, nằm trong chương trình KH&CN cấp Quốc gia về Công nghệ Vũ trụ giai đoạn 2016-2020.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Mehdi Rahmati, and Nikou Hamzeshpour, "Quantitative Remote Sensing of Soil Electrical Conductivity Using Etm+ and Ground Measured Data," *International Journal of Remote Sensing*, 38, pp. 123-140, 2016.
- [2] Rachid Lhissou, Abderrazak El Harti, and Karem Chokmani, "Mapping Soil Salinity in Irrigated Land Using Optical Remote Sensing Data," *Eurasian Journal of Soil Science*, 3, pp. 82-88, 2014.
- [3] Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, *Phương pháp phân tích đất – Cẩm nang sử dụng đất nông nghiệp*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2008.
- [4] Ủy ban nhân dân tỉnh Bến Tre, *Kế hoạch phòng chống thiếu nước, hạn hán, xâm nhập mặn vụ Đông Xuân 2015-2016 và Hè Thu 2016 trên địa bàn tỉnh Bến Tre*. 2016.
- [5] B. Mougnot, M. Pouget, and G. F. Epema, "Remote Sensing of Salt Affected Soil," *Remote Sensing Reviews*, 7, pp. 241-259, 1993.
- [6] José A.M Demattê, Rogério C Campos, Marcelo C Alves, Peterson R Fiorio, and Marcos RNanni, "Visible-Nir Reflectance: A New Approach on Soil Evaluation," *Geoderma*, 121, pp. 95-112, 2004.
- [7] Engdawork Asfaw, K. V. Suryabagavan, and Mekuria Argaw, "Soi Salinity Modeling and Mapping Using Remote Sensing and Gis: The Case of Wonji Sugra Cane Irrigation Farm, Ethiopia," *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(3), pp. 250-258, 2016.
- [8] Elia Scudiero, Todd H. Skaggs, and Dennis L. Corwin, "Regional-Scale Soil Salinity Assessment Using Landsat Etm + Canopy Reflectance," *Remote Sensing of Environment*, 169, pp. 335-343, 2015.