

# NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN VÀ MÔ HÌNH HÓA SỰ PHÂN BỐ KHÔNG GIAN CỦA ĐỘ ẨM ĐẤT KHU VỰC BẮC TÂY NGUYÊN SỬ DỤNG ẢNH SENTINEL 2A

NGÔ THỊ DINH<sup>(1)</sup>, PHẠM QUANG VINH<sup>(2)</sup>, NGUYỄN THỊ THU HÀ<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Viện Quản lý đất đai và Phát triển Nông thôn, Trường Đại học Lâm nghiệp

<sup>(2)</sup>Viện Địa Lý, Viện Hàn Lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

<sup>(3)</sup>Khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên

## **Tóm tắt:**

Trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng ảnh vệ tinh độ phân giải cao Sentinel 2A vào tính toán độ ẩm đất bề mặt khu vực Bắc Tây Nguyên thông qua lựa chọn thông số phù hợp và xây dựng được một phương trình tính toán độ ẩm đất từ dữ liệu ảnh. Tám mẫu đất bề mặt đại diện cho sáu kiểu đất trong vùng được thu thập và đưa về 10 mức độ ẩm khác nhau cho mỗi mẫu rồi đo phổ bề mặt để từ đó xác định tỷ số kênh phổ phù hợp và xây dựng phương trình tính toán độ ẩm đất. Kết quả cho thấy, độ ẩm đất có tương quan cao với tỷ số kênh 8 (cận hồng ngoại, 865 nm) và kênh 12 (hồng ngoại sóng ngắn, 2190 nm) của ảnh và có thể tính toán từ tỷ số hai kênh này bằng phương trình hàm log-arith ( $R^2 = 0,65$ ). Áp dụng thử nghiệm phương trình vào ảnh S2A thu vào tháng 3 các năm 2016 đến 2020 cho thấy hạn hán năm 2016 xảy ra mạnh hơn các năm còn lại, không gian của vùng có độ ẩm đất < 25 % chiếm đến 1/3 diện tích đất tự nhiên của vùng, tuy nhiên cần có những nghiên cứu sâu hơn để dự báo được độ ẩm đất của các vùng cây trồng để có phương án chủ động chống hạn.

## **1. Giới thiệu**

Độ ẩm đất (soil moisture content - SMC) là một thông số quan trọng trong chu trình nước trong tự nhiên và là thông số quan trọng cần giám sát trong nhiều lĩnh vực như nông nghiệp, môi trường (bão cát và xói mòn), khí hậu và thời tiết, dự đoán thiên tai (lũ lụt và hạn hán) và tái tạo nước ngầm (Ahmad và nnk, 2011; Zhang và Zhou, 2016). Đặc biệt trong đánh giá hạn nông nghiệp, độ ẩm của đất là một thông số định lượng đánh giá tác động của hạn hán đến năng suất cây trồng bởi độ ẩm đất quá lớn hay quá nhỏ đều ảnh hưởng đến sự hấp thụ dinh dưỡng và sự phát triển của cây. Thông thường, độ ẩm đất được xác định bằng tỷ lệ phần trăm trọng lượng của nước trong đất so với trọng lượng đất hoặc tỷ số phần trăm dung tích nước trong đất so với tổng thể tích của đất (TCVN 4048:2011). Trong thực tế, độ ẩm đất thay đổi trong không gian và thời gian phụ thuộc vào thành phần cơ giới của đất, kết cấu hạt đất, độ ẩm không khí và lượng nước bề mặt đất... nên nếu chỉ theo dõi giá trị độ

ẩm đất tại một số điểm quan trắc thì không phản ánh được xu hướng thay đổi của thông số này, dẫn đến khó có các giải pháp thích ứng chủ động nếu có hạn.

Hiện nay, có rất nhiều phương pháp xác định độ ẩm đất, từ các phương pháp truyền thống để thông qua thu thập mẫu đất về xác định trong phòng thí nghiệm đến đo hiện trường bằng trọng lực, cảm biến điện từ... Nhìn chung, các phương pháp này chỉ cho giá trị đo tại các điểm và có ảnh hưởng trong một không gian nhỏ, không đáp ứng được yêu cầu quản lý cây trồng trong một khu vực lớn hoặc đánh giá hạn nông nghiệp. Trong những năm gần đây, viễn thám đã được sử dụng trong nhiều nghiên cứu để đánh giá nhanh và cung cấp bản đồ độ ẩm đất cho một vùng rộng lớn (Prakash và nnk, 2012) dựa trên độ phát xạ và phản xạ che phủ của đất. Các nghiên cứu về độ ẩm đất sử dụng viễn thám siêu cao tần (radar) chủ động và viễn thám siêu cao tần (radar) thụ động đã giúp trực tiếp tính toán hàm lượng của nước trong lớp đất bề mặt một cách tương đối

Ngày nhận bài: 07/08/2020, ngày chuyển phản biện: 12/08/2020, ngày chấp nhận phản biện: 19/08/2020, ngày chấp nhận đăng: 25/08/2020

hiệu quả (Gou và nnk, 2017). Tuy nhiên, viễn thám siêu cao tần (radar) thụ động có độ phân giải thấp nên không thích hợp để theo dõi sự biến đổi của SMC ở quy mô địa phương, ngược lại, viễn thám siêu cao tần siêu cao tần chủ động cung cấp độ phân giải cao hơn nhưng lại không thích hợp để quan trắc SMC tại khu vực nhiệt đới do thời gian lặp lại lâu và yêu cầu chi phí cao (Li và nnk, 2016). Bên cạnh đó, trong những năm qua viễn thám quang học và nhiệt học đã phát triển tương đối mạnh mẽ, các ảnh vệ tinh quang học giám sát toàn cầu ở độ phân giải trung bình đến cao như Landsat và Sentinel 2 cũng được phân phối đến người sử dụng một cách miễn phí với dữ liệu ảnh tương đối ổn định. Sử dụng viễn thám quang học để giám sát độ ẩm đất cũng đã được thực hiện thành công trong nhiều nghiên cứu và đã đưa ra được các phương pháp tính toán độ ẩm đất từ dữ liệu ảnh Landsat 8 (Ahmad và nnk, 2011; Zhang và Zhou, 2016; Ngo-Thi và nnk, 2019). Theo đó, cần đẩy mạnh các nghiên cứu sử dụng ảnh vệ tinh quang học miễn phí vào giám sát độ ẩm đất tại các địa phương nước ta giúp hỗ trợ quản lý hiệu quả nông nghiệp và chủ động ứng phó với hạn nông nghiệp.

Vệ tinh Sentinel 2A (S2A) được Cơ quan Không gian Châu Âu (ESA) phóng lên ngày 23 tháng 6 năm 2015 để quan sát Trái Đất. Với 13 kênh phổ nằm trong các dải sóng cận hồng ngoại, hồng ngoại và sóng ngắn, dữ liệu ảnh S2A có độ phân giải không gian là 10m, 20m và 60m tùy theo kênh có thể giúp tính toán và theo dõi chi tiết sự thay đổi của độ ẩm đất cấp tính một cách tương đối chi tiết.

Nghiên cứu này nhằm xây dựng phương trình tính toán độ ẩm đất từ dữ liệu ảnh vệ tinh S2A cho khu vực Bắc Tây Nguyên và ứng dụng phương trình này vào tính toán, mô phỏng sự phân bố không gian của độ ẩm đất trong các tháng cao điểm của mùa khô các năm 2016 đến 2020. Sơ đồ phân bố không gian của độ ẩm đất tính toán từ các ảnh vệ tinh S2A thu vào mùa khô các năm phần nào cho thấy bức tranh của hạn nông nghiệp diễn ra trong vùng.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu là không gian của toàn bộ diện tích đất tự nhiên hai tỉnh Gia Lai và Kon Tum (được gọi chung là Bắc Tây Nguyên) như trình bày trong hình 1. Đây là hai tỉnh thường xuyên xảy ra hạn hán trong những năm gần đây, ảnh hưởng nghiêm trọng đến năng suất cây trồng và đời sống của cư dân (Baca & Nguyen, 2017). Theo ADB (2016), các loại đất trong vùng được gộp lại thành 6 loại đất, gồm có: đất vàng đỏ; đất feralit nâu đỏ; đất feralit vàng nhạt; đất feralit đỏ vàng; đất phù sa; đất gley. Về khí hậu, vùng có 2 mùa tương đối rõ rệt: mùa mưa từ tháng 4 đến tháng 11 hàng năm; mùa khô từ tháng 12 đến hết tháng 3 năm sau. Hạn hán thường xảy ra trong mùa khô, trùng với lịch vụ canh tác đông-xuân trong nông nghiệp. (Xem hình 1)

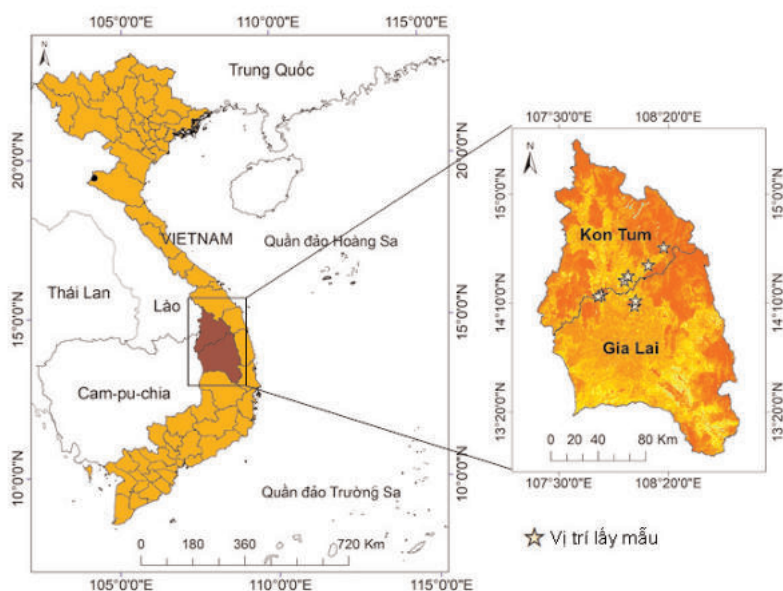
### 2.2. Dữ liệu ảnh S2A sử dụng

Trong nghiên cứu này, 30 cảnh ảnh S2A chụp khu vực nghiên cứu trong tháng 3 - tháng cao điểm nhất trong mùa khô các năm ở Tây Nguyên được sử dụng. Các cảnh ảnh được tải về trực tiếp từ trang web của Cơ quan vũ trụ Châu Âu (ESA) ở mức 2A - mức đã chuyển đổi các giá trị số của ảnh về giá trị phổ phản xạ mặt đất có thể sử dụng trực tiếp cho nghiên cứu. Thông số các ảnh sử dụng được trình bày trong bảng 1.

### 2.3. Phương pháp lấy mẫu, xác định độ ẩm đất và đo độ phản xạ

Do kết cấu của mỗi loại đất khác nhau nên khả năng lưu giữ nước cũng khác nhau, độ ẩm của đất cũng khác nhau, vì vậy, nghiên cứu đã tiến hành lấy mẫu đất bề mặt (độ sâu 0-20 cm) của tất cả 6 loại đất chính trong vùng tại các điểm lấy mẫu như phân bố trong hình 1. Theo đó số lượng mẫu lấy trên từng loại đất là: đất vàng đỏ (1 mẫu), đất feralit đỏ vàng (2 mẫu), đất feralit nâu đỏ (1 mẫu), đất feralit vàng nhạt (2 mẫu), đất phù sa (1 mẫu), đất gley (1 mẫu). Các mẫu được lấy theo khối lượng quy định theo TCVN 7538-1:2006.

Tại phòng thí nghiệm các mẫu đất được



Hình 1: Vị trí lấy mẫu đất tại khu vực Bắc Tây Nguyên (ngày 11/04/2017)

Bảng 1: Thông số của các cảnh ảnh sử dụng

TT	Phân cảnh	ID của ảnh	Ngày chụp	TT	Phân cảnh	ID của ảnh	Ngày chụp
1.	T48PYA	A003933_2016 0324T103015	24/03/2016	19.	T48PYA	A014372_2018 0324T031152	09/03/2019
2.	T48PYB			20.	T48PYB		
3.	T48PYV			21.	T48PYV		
4.	T48PZA			22.	T48PZA		
5.	T48PZB			23.	T48PZB		
6.	T48PZV			24.	T48PZV		
7.	T48PYA	A008938_2017 0309T032314	09/03/2017	25.	T48PYA	A024668_2020 0313T031139	13/03/2020
8.	T48PYB			26.	T48PYB		
9.	T48PYV			27.	T48PYV		
10.	T48PZA			28.	T48PZA		
11.	T48PZB			29.	T48PZB		
12.	T48PZV	30.	T48PZV				
13.	T48PYA	A014372_2018 0324T031152	24/03/2018				
14.	T48PYB						
15.	T48PYV						
16.	T48PZA						
17.	T48PZB						
18.	T48PZV						

nghiên về mức độ hạt  $\leq 0,1$  mm để loại trừ ảnh hưởng của cấp hạt đến độ phản xạ, sau đó mỗi mẫu đất được chế thành 10 mẫu đất ở 10 mức độ ẩm khác nhau dao động từ 0% (mẫu được sấy khô hoàn toàn) đến bão hòa (với mức độ ẩm dao động từ 44,7% đến 54,6% tùy theo từng loại đất). Giá trị tuyệt đối của độ ẩm đất được xác định trong phòng thí nghiệm theo TCVN 4048:2011.

Phổ phản xạ của 80 mẫu đất đã thêm độ ẩm được đo trong phòng thí nghiệm bằng máy quang phổ ASD FieldSpec 3 Max Portable (Analytical Spectral Devices Inc. Boulder, CO, USA). Máy đo quang phổ ASD cho phép đo phổ phản xạ trong dải sóng từ 350 nm đến 1000 nm với độ phân giải phổ là 1,4 nm và trong dải sóng từ 1000 đến 2500 nm với độ phân giải phổ là 2 nm. Phổ phản xạ của các mẫu đất được chuẩn hóa về phổ phản xạ của các kênh ảnh S2A sử dụng giá trị trung bình của các giá trị ghi nhận được trong dải sóng của kênh ảnh. Các giá trị này được so sánh, phân tích hồi quy với giá trị độ ẩm của các mẫu đất đo trực tiếp để đưa ra phương trình thực nghiệm tính toán độ ẩm từ dữ liệu ảnh S2A.

#### **2.4. Phương pháp phân tích thống kê, đánh giá độ chính xác**

Các phép phân tích hồi quy, thống kê cơ bản, tính toán độ lệch, sai số trong nghiên cứu được tính toán bằng phần mềm IBM SPSS Statistics 20 dựa trên 95% phân bố của các chuỗi số với hệ số tương quan được tính trong bài báo là hệ số tương quan Pearson.

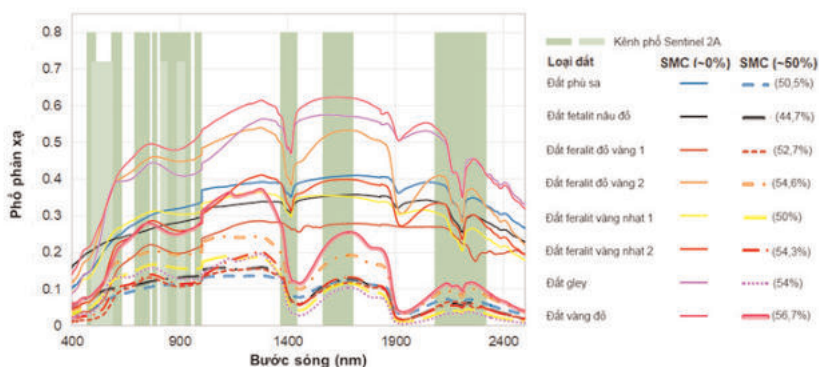
### **3. Kết quả và thảo luận**

#### **3.1. Phương trình tính toán độ ẩm đất từ ảnh S2A**

Hình 2 thể hiện đặc trưng phổ phản xạ của 8 loại đất ở hai mức độ ẩm khác nhau: khô hoàn toàn (độ ẩm đất = 0%) và bão hòa (độ ẩm đất dao động từ 44,7% đến 54,6% tùy loại đất). Nhìn chung, độ phản xạ của đất ở trạng thái khô cao gấp hai lần so với độ phản xạ của đất ở trạng thái bão hòa. Chi tiết đặc trưng đường phổ cho thấy,

phổ phản xạ của đất trong dải sóng từ 400 nm đến 2500 nm có xu hướng đạt cực tiểu ở dải sóng 1400 nm và 2200 nm ứng với kênh SWIR và SWIR 2 của ảnh S2A (kênh 10 và kênh 12). Trong khi đó, phổ phản xạ của đất đạt cực đại trong dải sóng từ 1539 nm đến 1682 nm tương ứng với kênh 11 của ảnh. Kênh 8A và 8 của ảnh S2A cũng nằm trong vùng có một cực tiểu nhưng không rõ ràng của đường phổ phản xạ nên cũng cần được đưa vào phân tích khi xây dựng phương trình. Kênh 8A có độ phủ hẹp hơn nên phản ánh rõ nét hơn những thay đổi nếu có. Như vậy, dựa trên đặc trưng của phổ phản xạ của đất, các kênh phổ ảnh S2A cần đưa vào xem xét để tính toán độ ẩm của đất là: kênh 12 (2202.4 nm); kênh 11 (1613.7 nm); kênh 10 (1373.5 nm), kênh 8A (864.8 nm). Kênh 12 chứa đựng rõ nét cực tiểu phổ phản xạ của đất nên được chú trọng đưa vào trong các phân tích sử dụng tỷ số kênh phổ. Cũng từ đặc trưng phản xạ đo được cho thấy, trong các loại đất, đất vàng đỏ có độ phản xạ cao nhất ở cả 2 mức độ ẩm là khô và bão hòa. Đất feralit nâu đỏ có phổ phản xạ thấp nhất so với các loại đất khác khi ở trạng thái khô nhưng lại ở mức phản xạ trung bình so với các loại đất khác khi ở trạng thái bão hòa. Như vậy, phổ phản xạ đất ngoài chịu sự ảnh hưởng của độ ẩm đất thì còn bị chi phối với bởi các thành phần khác của đất. (Xem hình 2)

Bảng 2 biểu hiện kết quả khảo sát mối quan hệ tuyến tính giữa các kênh phổ của ảnh S2A trong giải sóng SWIR, các tỷ số của các kênh phổ có độ chênh lệch lớn với giá trị độ ẩm của đất. Theo đó, độ ẩm đất tương quan cao với giá trị phổ phản xạ ghi nhận trên kênh 12 của ảnh S2A với hệ số xác định ( $R^2$ ) tương đối cao từ 0,62 đến 0,71 ứng với các hàm hồi quy khác nhau. Điều đó cho thấy vai trò khá rõ ràng của kênh 12 trong việc tính toán độ ẩm đất. Việc sử dụng đơn kênh phổ trong tính toán các thông số từ ảnh vệ tinh thường mang lại nhiều rủi ro do ảnh hưởng của các yếu tố khí quyển và địa hình lên giá trị phổ phản xạ chung của ảnh. Sử dụng tỷ số kênh ảnh là một trong những phương pháp loại trừ được các nhiễu động từ các yếu tố trên



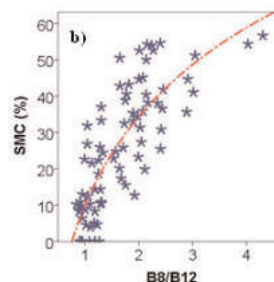
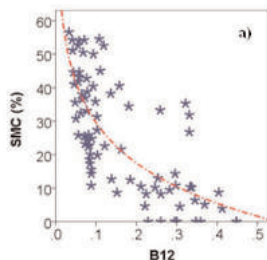
Hình 2: Phổ phản xạ của đất khu vực Bắc Tây Nguyên ở trạng thái khô (độ ẩm đất = 0%) và bão hòa tương ứng với các vị trí kênh phổ S2A

đối với ảnh vệ tinh (Huang et al, 2008). Chính vì vậy, các tỷ số kênh phổ với kênh 12 được đưa vào phân tích trong đó ưu tiên các kênh phổ có sự khác biệt hẳn với kênh 12 (có chứa giá trị cực đại phổ). Kết quả phân tích cho thấy tỷ số kênh phổ B8/B12 có giá trị  $R^2 = 0,65$  và sai số thấp nhất (RMSE=10,08) nên được lựa chọn để tính toán độ ẩm đất từ ảnh. (Xem bảng 2)

Hình 3 thể hiện mối tương quan giữa độ ẩm đất với kênh 12 và tỷ số kênh B8/B12 của ảnh S2A. Có thể thấy rõ, độ ẩm đất tương quan chặt chẽ với tỷ số kênh B8/B12 hơn kênh 12 của ảnh S2A và đường cong hàm logarit là đường cong phù hợp nhất diễn tả mối quan hệ này. Phương trình tính toán của ảnh ghi nhận được là phương trình 1 như sau:

$$SMC = 10,76 + 34,00 \times \ln\left(\frac{B8}{B12}\right) \quad (1)$$

trong đó: SMC là độ ẩm đất (có đơn vị là %); B8/B12 ứng với tỷ số phổ phản xạ ghi nhận ở kênh 8 và kênh 12 của ảnh Sentinel 2A (Level 1C).



Hình 3: Đồ thị thể hiện sự tương quan cao và sự phù hợp của hàm logarit cho mối quan hệ giữa độ ẩm đất (SMC) với tỷ số B8/B12 của ảnh S2A.

### 3.2. Tính toán và mô phỏng phân bố của độ ẩm đất từ ảnh S2A

Hình 4 biểu diễn sự phân bố không gian của độ ẩm đất trong vùng nghiên cứu tính toán được từ các ảnh chụp trong tháng 3 (tháng cao điểm của mùa khô) các năm 2016, 2017, 2018, 2019, 2020. Trong các sơ đồ này, có thể nhận thấy năm 2016 là năm có hạn nông nghiêm trọng xảy ra mạnh mẽ nhất ở vùng Bắc Tây Nguyên với diện phủ của vùng mặt đất có độ ẩm < 10% lớn nhất. Điểm khác biệt có thể so sánh một cách rõ ràng nhất là địa phận huyện Krông Pa (phía Đông Nam của tỉnh Gia Lai), trong mùa khô năm 2016, toàn bộ diện tích bề mặt đất trồng của khu vực có độ ẩm đất < 10%, trong khi đó ghi nhận ở huyện này trong các năm khác độ ẩm đất dao động trong khoảng từ 10 đến 30%. So với các năm 2017, 2018, 2019 thì mùa khô năm 2020 hạn nông

**Bảng 2: Mối quan hệ giữa độ ẩm đất với các kênh phổ ảnh S2A trong dải sóng SWIR và tỷ số kênh ảnh tương ứng với các hàm tuyến tính, hàm logarit và hàm số mũ**

Tỷ số kênh phổ S2A	Hàm tuyến tính			Hàm logarit			Hàm mũ		
	R	R <sup>2</sup>	RMSE	R	R <sup>2</sup>	RMSE	R	R <sup>2</sup>	RMSE
B12	0,71	0,5	12,13	0,74	0,55	11,52	0,62	0,39	2,16
B4/B12	0,74	0,54	11,58	0,77	0,59	10,94	0,43	0,19	2,48
B8A/B12	0,75	0,57	11,27	0,79	0,62	10,62	0,45	0,20	2,46
B8/B12	0,78	0,59	10,96	<b>0,81</b>	<b>0,65</b>	<b>10,08</b>	0,46	0,21	2,44
B9/B12	0,76	0,58	11,06	0,79	0,62	10,57	0,46	0,21	2,45
B10/B12	0,79	0,63	10,44	0,79	0,63	10,42	0,57	0,32	2,27
B11/B12	0,79	0,62	10,55	0,79	0,63	10,42	0,52	0,27	2,34
B11/(B10+B12)	0,60	0,36	13,72	0,60	0,36	13,69	0,44	0,20	2,47

nghiệp có biểu hiện mạnh mẽ hơn với diện phủ của vùng mặt đất có độ ẩm < 10% che phủ hầu hết địa phận các huyện Ia Pa, Yaun Pa và Phú Thiện của tỉnh Gia Lai. Một điểm đáng ghi nhớ là tính toán độ ẩm đất chỉ được thực hiện ở những vùng đất trống, không có sự che phủ của thực vật (chỉ số khác biệt thực vật - NDVI < 0.2) nên sự mở rộng diện phủ của vùng tính toán độ ẩm đất cũng tỷ lệ nghịch với sự suy giảm diện tích lớp phủ thực vật. (Xem hình 4)

Kết quả nghiên cứu trên ảnh vệ tinh S2A cũng cho thấy sự tương đồng với kết quả của nhóm nghiên cứu trước đó khi sử dụng ảnh Landsat 8 về không gian phân bố của độ ẩm đất và so sánh mức hạn các năm (Ngo-Thi et al., 2019). Trong nghiên cứu đó, tỷ số phổ phản xạ ở hai dải sóng cận hồng ngoại (NIR, 860 nm) và hồng ngoại sóng ngắn (SWIR2, 2200 nm) đã được kiểm chứng so sánh với kết quả đo các mẫu đất hiện trường ở vùng Tây Nghệ An (xã Nậm Cắn, huyện Kỳ Sơn). Kênh phổ của ảnh S2A ở vị trí kênh 8 và kênh 12 có độ phân giải phổ khá tương đồng với kênh 5 và kênh 7 của ảnh Landsat 8 nên mối quan hệ giữa tỷ số 2 kênh này với độ ẩm đất một lần nữa được thể hiện rõ ràng. Tuy nhiên, do độ phân giải không gian của ảnh S2A ở hai kênh này là 10 m và 20 m (có thể đưa về 10 m) giúp tính toán chi tiết hơn độ ẩm đất ở các vùng có không gian nhỏ hơn 1 pixel ảnh Landsat 8. Sự ghi nhận về độ ẩm đất cũng cho kết quả khá tương đồng với tình hình thực tế ghi nhận của địa phương về hạn nông nghiệp, cụ thể là trong mùa khô năm 2016 cả Gia Lai và Kon

Tum đều phải công bố tình trạng hạn hán cấp độ 1 (Quyết định số 203/QĐ-UBND ngày 03/3/2016 của Chủ tịch UBND tỉnh Gia Lai và Quyết định số 240/QĐ-UBND ngày 16/3/2016, UBND tỉnh Kon Tum) còn trong các năm còn lại chưa đến mức phải công bố.

### 5. Kết luận

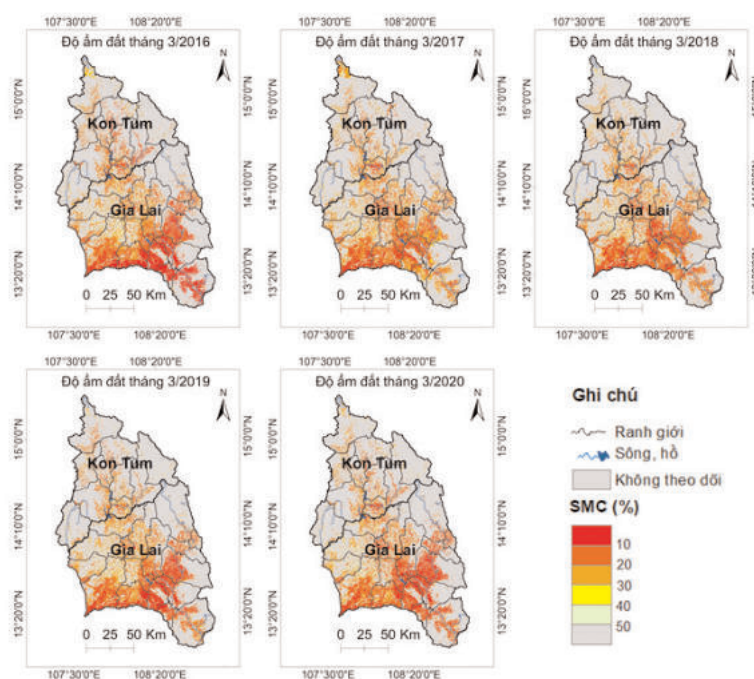
Kết quả phân tích mối quan hệ phổ phản xạ mặt đất và độ ẩm đất cho thấy độ ẩm đất có thể tính toán từ ảnh vệ tinh S2A bằng một phương trình hàm logarithm của tỷ số kênh 8/kênh 12 của ảnh. Ứng dụng thử nghiệm vào vùng Bắc Tây Nguyên cho thấy việc tính toán độ ẩm mặt đất phù hợp để theo dõi tình hình hạn nông nghiệp, so sánh và đánh giá mức hạn các năm phục vụ công tác chủ động ứng phó với hạn. Để phát triển hiệu quả ứng dụng này, trong thời gian tới cần có sự đầu tư nghiên cứu để tính toán được sự tương quan giữa độ ẩm đất của vùng đất trống và vùng có cây trồng để từ đó có sự chủ động trong tưới tiêu, phát triển bền vững nông nghiệp vùng. ○

### Lời cảm ơn

Để thực hiện nghiên cứu này, tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn sự tài trợ, giúp đỡ của Chương trình hỗ trợ nghiên cứu viên cao cấp, mã số: NVCC10.04/20-20 của Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

### Tài liệu tham khảo

[1]. ADB - Asian Development Bank (2016). Environment Operations Center based on UN



Hình 4: Phân bố độ ẩm đất của khu vực Bắc Tây Nguyên sử dụng ảnh vệ tinh S2A thu được vào tháng 3 - cao điểm của mùa khô các năm 2016, 2017, 2018, 2019, 2020.

FAO Digital Soil Map of the World V. 3.6 (www.fao.org/geonetwork).

[2]. Ahmad A., Zhang Y., & Nichols S. (2011). Review and evaluation of remote sensing methods for soil-moisture estimation. *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE)*, Vol. 2. Doi: 10.1117/1.3534910.

[3]. Baca, A. C., & Nguyen, D. H. (2017). Toward integrated disaster risk management in Vietnam: recommendations based on the drought and saltwater intrusion crisis and the case for investing in longer-term resilience. *The World Bank No. 120898*, pp. 1-35.

[4]. Guo, S., Bai, X., Chen, Y., Zhang, S., Hou, H., Zhu, Q., & Du, P. (2019). An Improved Approach for Soil Moisture Estimation in Gully Fields of the Loess Plateau Using Sentinel-1A Radar Images. *Remote Sensing*, 11(3), 349.

[5]. Huang, H., Gong, P., Clinton, N., & Hui, F. (2008). Reduction of atmospheric and topo-

graphic effect on Landsat TM data for forest classification. *International Journal of Remote Sensing*, 29(19), 5623-5642.

[6]. Li, B., Ti, C., Zhao, Y., & Yan, X. (2016). Estimating soil moisture with Landsat data and its application in extracting the spatial distribution of winter flooded paddies. *Remote Sensing*, 8(1), 38.

[7]. Ngo Thi, D., Ha, N. T. T., Tran Dang, Q., Koike, K., & Mai Trong, N. (2019). Effective Band ratio of Landsat 8 images based on VNIR-SWIR reflectance spectra of topsoils for soil moisture mapping in a tropical region. *Remote Sensing*, 11(6), 716.

[8]. Prakash, R., Singh, D., & Pathak, N. P. (2011). A fusion approach to retrieve soil moisture with SAR and optical data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 5(1), 196-206.

(Xem tiếp trang 49)