

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG BẢN ĐỒ CHỈ SỐ ĐỘ ẨM KHU VỰC TỈNH BẾN TRE TỪ ẢNH VỆ TINH SENTINEL-1

HOÀNG MINH HẢI⁽¹⁾, VƯƠNG TRỌNG KHA⁽²⁾

⁽¹⁾Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ

⁽²⁾Trường Đại học Mở - Địa chất

Tóm tắt:

Bộ cảm SAR trên vệ tinh Sentinel-1 là bộ cảm chủ động hoạt động trong băng tần C (từ 4 đến 8 GHz) của dải quang phổ điện từ, không chịu ảnh hưởng bởi các yếu tố thời tiết hay điều kiện ngày đêm. Thông tin thu nhận được trên ảnh, hay còn được gọi là giá trị tán xạ ngược của tín hiệu radar, có mối tương quan với giá trị độ ẩm đất. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thành lập bản đồ độ ẩm đất từ dữ liệu ảnh vệ tinh Sentinel-1. Để tính toán thực nghiệm cho việc thành lập hàm phù hợp (hồi quy) thể hiện mối quan hệ toán học giữa giá trị độ ẩm đất đo thực tế với các giá trị được chiết tách từ các điểm tương ứng trên ảnh tán xạ ngược ở phân cực VV đã được lựa chọn. Trong nghiên cứu này, tác giả đã tiến hành nghiên cứu khả năng sử dụng ảnh Sentinel-1 (băng tần C) kết hợp với dữ liệu đo độ ẩm đất ngoài thực địa (cùng hay gần thời điểm với ảnh được chụp) để xây dựng thành lập bản đồ độ ẩm đất trên khu vực tỉnh Bến Tre.

1. Mở đầu

Trên thế giới, việc ứng dụng dữ liệu viễn thám hồng ngoại nhiệt trong nghiên cứu và giám sát hạn hán đã đạt được những kết quả quan trọng [4,5,7]. Ở Việt Nam, một số nghiên cứu đã sử dụng ảnh nhiệt MODIS, NOAA/AVHRR trong xác định độ ẩm đất dựa trên mối quan hệ giữa nhiệt độ bề mặt và các loại hình lớp phủ [8]. Tuy nhiên, độ phân giải không gian của ảnh MODIS, NOAA/AVHRR là rất thấp, độ chính xác không cao và không thích hợp cho các nghiên cứu chi tiết. Ảnh hồng ngoại nhiệt LANDSAT với độ phân giải không gian 120m (TM), 60m (ETM+), 100m (LANDSAT 8) cung cấp thông tin rõ ràng hơn về sự thay đổi nhiệt độ mặt đất so với ảnh MODIS, NOAA/AVHRR, do vậy có thể được sử dụng hiệu quả trong nghiên cứu tình trạng khô hạn bề mặt Trái Đất [9]. Bộ cảm SAR trên vệ tinh Sentinel-1 là bộ cảm chủ động hoạt động trong băng tần C (từ 4 đến 8 GHz) của dải quang phổ điện từ, không chịu ảnh hưởng bởi các yếu tố thời tiết hay điều kiện ngày đêm. Nhiều nghiên cứu đã chứng minh khả năng thành lập bản đồ độ ẩm đất từ các ảnh radar thuộc băng tần X[1], hay thuộc băng tần C [2,3] và trên băng tần L [6].

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thành lập bản đồ độ ẩm đất từ dữ liệu ảnh vệ tinh Sentinel-1. Để tính toán thực nghiệm cho việc thành lập hàm phù hợp (hồi quy) thể hiện mối quan hệ toán học giữa giá trị độ ẩm đất đo thực tế với các giá trị được chiết tách từ các điểm tương ứng trên ảnh tán xạ ngược ở phân cực VV đã được lựa chọn để xây dựng thành lập bản đồ độ ẩm đất trên khu vực tỉnh Bến Tre.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp xử lý ảnh radar

Bước 1: Loại bỏ nhiễu (Noise Removal)

Việc loại bỏ nhiễu là khâu quan trọng cần luôn được thực hiện khi xử lý các loại ảnh radar. Mục đích là nhằm loại bỏ các tín hiệu radar bị nhiễu động bởi các yếu tố môi trường xung quanh.

Bước 2: Hiệu chỉnh tán xạ (Calibration)

Để chuyển giá trị của các pixel ảnh về giá trị tán xạ ngược được hiệu chỉnh bức xạ thì cần sử dụng các thông tin cần thiết đã được cung cấp trong metadata của ảnh để chuyển giá trị cường độ sang giá trị Sigma0 (σ^0). Hiệu chỉnh tán xạ

Ngày nhận bài: 07/01/2020, ngày chuyển phản biện: 10/01/2020, ngày chấp nhận phản biện: 15/01/2020, ngày chấp nhận đăng: 18/01/2020

được thực hiện theo công thức sau:

$$\sigma^{\circ} = \frac{DN^2}{A_{\sigma}^2}$$

Trong đó: DN là giá trị số (digital number) của độ xám nguyên gốc; A_{σ}^2 là diện tích thiết diện quy chiếu của bề mặt tán xạ.

Bước 3: Lọc dữ liệu (Filter)

Nhiều Speckle là nhiễu đặc trưng luôn có trên các loại ảnh radar, hoàn toàn ngẫu nhiên và do bộ cảm không nhận được tín hiệu phản hồi (tán xạ) từ đối tượng có tín hiệu bị phân tán mạnh, hoặc do bộ cảm nhận được tín hiệu phản hồi cao bất thường (cực đại) từ các đối tượng có tín hiệu giao thoa với nhau tại một vị trí bất kỳ trên ảnh. Vì vậy, việc sử dụng bộ lọc để loại bỏ các đốm này trên ảnh radar là cần thiết để giúp làm tăng chất lượng hình ảnh và nâng cao độ chính xác trong khi phân tích ảnh.

Bước 4: Nắn chỉnh hình học

Một trong những đặc điểm đặc trưng của ảnh radar là biến dạng địa hình. Vì vậy việc nắn chỉnh hình học cho ảnh radar cũng là yêu cầu bắt buộc. Việc nắn chỉnh này cần dựa vào các thông số được cung cấp trong metadata của ảnh và mô hình số độ cao.

Bước 5: Trích xuất khu vực nghiên cứu

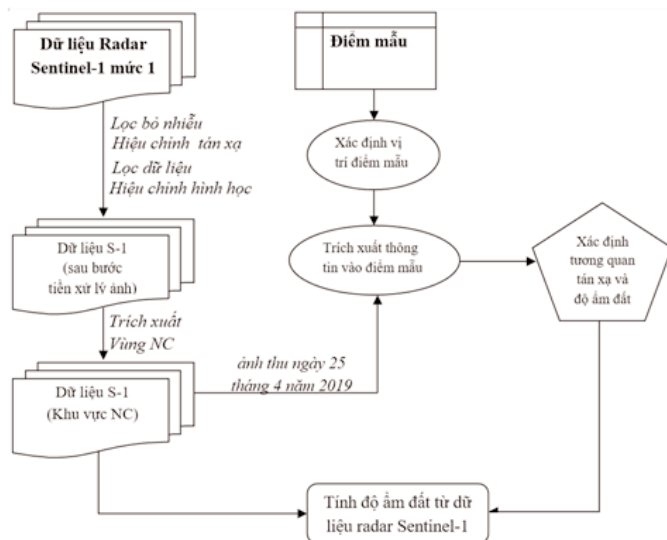
Kích thước của một cảnh ảnh radar Sentinel-1 là rất lớn, 250 km², do vậy để giảm dung lượng lưu trữ và thời gian xử lý, dữ liệu khu vực nghiên cứu được trích xuất bằng chức năng Subset của phần mềm SNAP 6.0. (Xem hình 1)

2.2. Phương pháp xử lý ảnh lấy mẫu

Trên cơ sở tọa độ các điểm được lấy mẫu ngoài thực địa, tại mỗi vị trí của điểm mẫu, thông tin về độ ẩm đất và thông tin tán xạ ngược của các phân cực (VV, VH) và góc tới cục bộ (PLIA) từ ảnh Sentinel-1 (sau khi xử lý) sẽ được trích xuất. Như vậy, mỗi điểm mẫu sẽ chứa thông tin về độ ẩm đất và tán xạ ngược của các phân cực VV, VH, cũng như giá trị góc tới cục bộ PLIA. Dữ liệu được chiết tách cho các điểm mẫu được tiến hành trên ảnh được thu ngày 25 tháng 4 năm 2019 (dữ liệu đo đạc thực địa được thực hiện từ ngày 24 đến ngày 26 tháng 4 năm 2019).

2.3. Xác định mối quan hệ giữa tán xạ ngược và góc tới cục bộ với độ ẩm đất

Mối quan hệ giữa tán xạ ngược radar và góc tới cục bộ với độ ẩm đất được xác định dựa trên biểu đồ dạng đường và đám mây điểm. Dựa vào sự phân bố của đám mây điểm để xác định mô



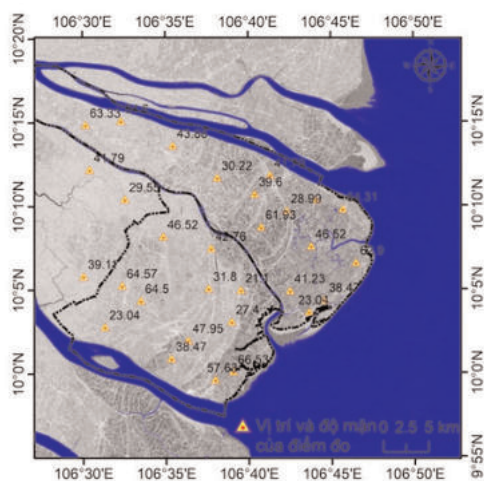
Hình 1: Quy trình xử lý ảnh radar Sentinel-1 trong thành lập bản đồ độ ẩm đất

hình tương quan giữa các yếu tố ghi nhận được trên ảnh Sentinel-1 ở các phân cực và góc tới cục bộ với giá trị độ ẩm đất được đo đạc trong phòng thí nghiệm (trên cơ sở các mẫu đất được lấy trực tiếp ngoài thực địa), từ đó xác định được phương trình tương quan và hệ số tương quan R^2 . Dựa trên phương trình tương quan này ta có thể tính toán giá trị độ ẩm đất cho tất cả các pixel còn lại trên ảnh.

2.4. Thông tin về dữ liệu ảnh Sentinel-1 được sử dụng trong nghiên cứu

Dữ liệu Sentinel-1 thu ngày 25 tháng 4 năm 2019, 24 tháng 4 năm 2018 và 22 tháng 4 năm 2016, mức xử lý 1 gồm phân cực VV và VH độ phân giải không gian $5 \times 20m$, kích thước pixel ảnh được tái chia mẫu về kích thước $10 \times 10 m$.

2.5. Thông tin về vị trí và giá trị độ ẩm đất tương ứng đo trực tiếp từ mẫu đất lấy tại thực địa



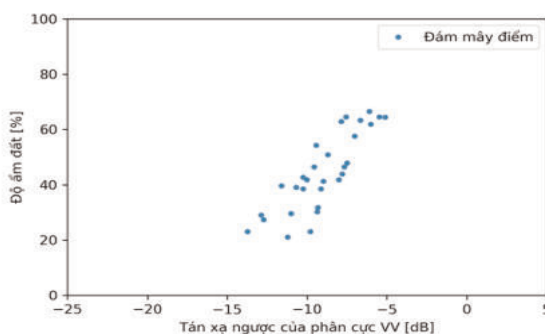
Hình 2: Vị trí các điểm lấy mẫu để đo độ ẩm đất được chồng xếp lên ảnh Sentinel-1

Tổng số 30 điểm mẫu được lấy phân bố đều trên khu vực nghiên cứu (hình 2). Số liệu đo ẩm đất được chiết tách trong phòng thí nghiệm cho từng điểm mẫu được mô tả như trong bảng 1.

3. Kết quả nghiên cứu

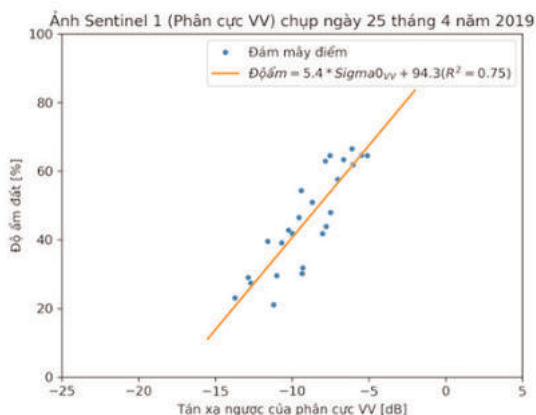
3.1. Kết quả tính toán ảnh phân cực, góc tới cục bộ và độ ẩm đất từ ảnh Sentinel-1

(Xem hình 3, bảng 1, hình 4)



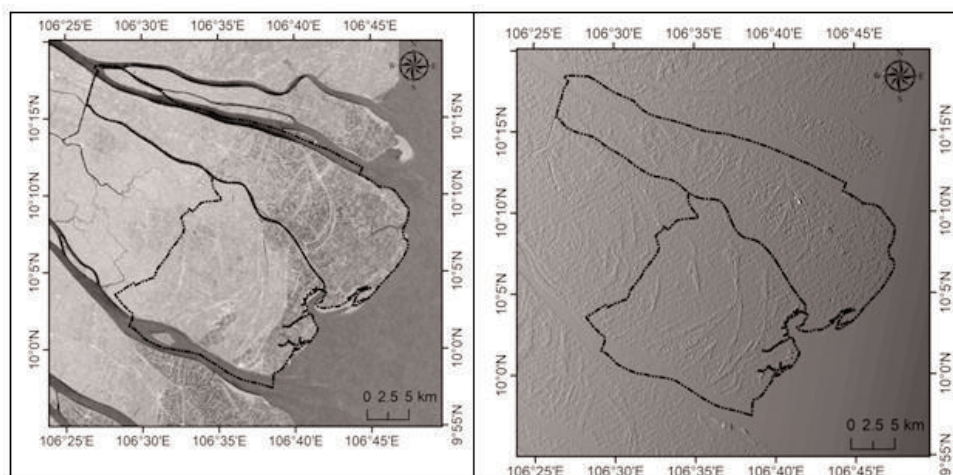
Hình 4: Scatter plot giữa giá trị độ ẩm đất (đo trong phòng thí nghiệm) với giá trị tán xạ ngược được chiết tách từ các ảnh phân cực VV

Kênh ảnh Sentinel-1 ở phân cực VV được lựa chọn để tính toán thực nghiệm cho việc thành lập hàm phù hợp (hồi quy) thể hiện mối quan hệ toán học giữa giá trị độ ẩm đất đo thực tế với các giá trị được chiết tách từ các điểm tương ứng. Hàm tuyến tính bậc 1 được sử dụng để mô hình hóa mối quan hệ toán học này là: $\text{Độ ẩm} = 5.4 \times \text{Sigma}_{0_{VV}} + 94.3$ (1)



Hình 5: Tương quan tuyến tính (bậc 1) giữa giá trị độ ẩm đất (%) với giá trị tán xạ ngược của ảnh Sentinel-1 (phân cực VV, thu ngày 25 tháng 4 năm 2019)

Áp dụng công thức hàm hồi quy (1) để xây dựng ảnh thể hiện độ ẩm đất cho 3 thời kì: 25/4/2019, 24/4/2018 và 22/4/2016. Kết quả như sau: (Xem hình 6, 7, 8)



Hình 3: Ảnh tán xạ ngược, phân cực VV và góc tới cục bộ của ảnh Sentinel-1 thu ngày 25 tháng 4 năm 2019 khu vực nghiên cứu

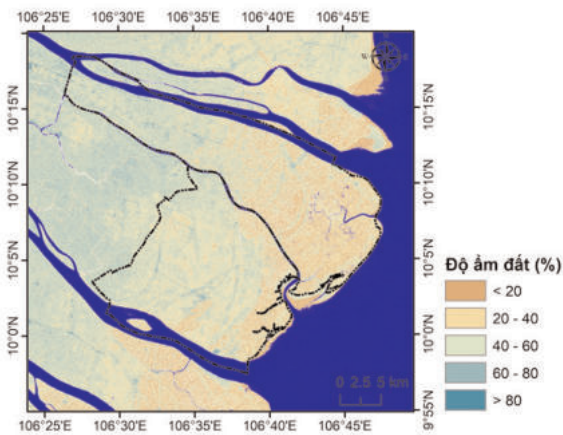
Bảng 1: Số liệu chiết tách từ ảnh vệ tinh Sentinel-1 (thu ngày 25 tháng 4 năm 2019) cho các phân cực tương ứng và giá trị độ ẩm đất được đo trong phòng thí nghiệm

Nº	Tọa độ điểm đo		Số hiệu điểm	Sigma0_VV(dB)	Độ ẩm đất (%)
	X	Y			
1	681796.000	1115046.000	BT01	-11.21	21.10
2	680744.000	1111570.000	BT02	-12.71	27.40
3	678977.000	1105184.000	BT03	-7.03	57.63
4	678502.000	1119643.000	BT04	-10.25	42.76
5	678219.000	1115229.000	BT05	-9.32	31.80
6	666822.000	1111074.000	BT06	-13.73	23.04
7	665063.000	1128276.000	BT07	-10.01	41.79
8	681000.000	1106000.000	BT08	-6.1	66.53
9	675970.000	1109505.000	BT09	-7.49	47.95
10	668984.000	1125045.000	BT10	-11.01	29.55
11	664520.000	1116526.000	BT11	-10.68	39.11
12	670743.000	1113859.000	BT12	-5.1	64.50
13	668693.000	1115521.000	BT13	-7.55	64.57
14	673201.000	1120927.000	BT14	-9.56	46.52
15	674118.000	1107498.000	BT15	-9.12	38.47
16	690047.000	1125046.000	BĐ06	-8.69	50.89
17	686800.000	1123800.000	BĐ07	-12.87	28.99
18	684000.000	1122000.000	BĐ08	-6.02	61.93
19	679169.000	1127423.000	BĐ09	-9.36	30.22
20	684994.000	1127705.000	BĐ10	-8.02	41.79
21	694604.000	1118059.000	BĐ11	-7.85	62.90
22	674239.000	1130943.000	BĐ12	-7.79	43.88
23	668494.000	1133621.000	BĐ13	-5.48	64.60
24	683271.000	1125643.000	BĐ14	-11.6	39.60
25	664626.000	1133198.000	BĐ15	-6.66	63.33

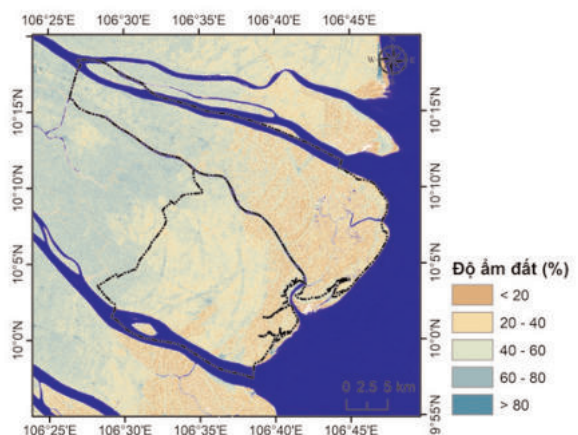
3.2. Đánh giá kết quả thực nghiệm

Từ phương trình (1), sử dụng các phần mềm Envi 5.3, ArcGis và Excel tiến hành chiết xuất giá trị độ ẩm trên ảnh Sentinel 1 để đánh giá độ chính xác của mô hình với 5 điểm kiểm tra. Kết quả như sau: (Xem bảng 2)

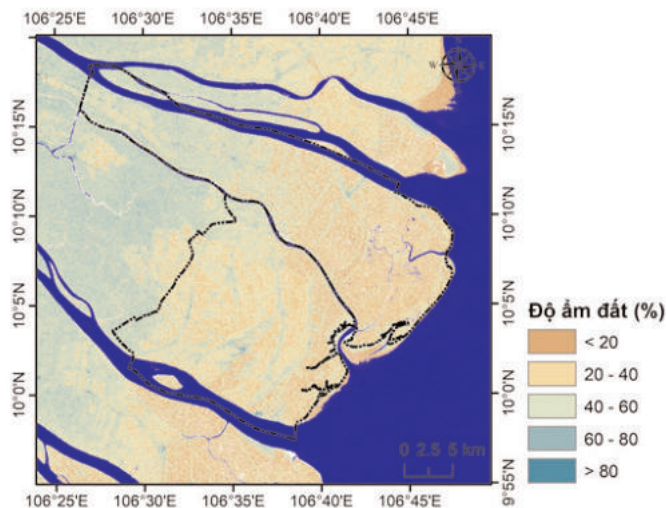
Qua kết quả kiểm tra các vị trí đo độ ẩm đất trên thực địa tại khu vực huyện Ba Tri và Bình Đại so sánh với kết quả độ ẩm đất chiết xuất trực tiếp trên ảnh vệ tinh Sentinel 1 cho thấy việc cung cấp giá trị độ ẩm đất bằng ảnh Sentinel có độ chính xác tương đối cao (bảng 3.2). Từ đây, có thể thấy độ tin cậy của mô hình tính độ ẩm đất



Hình 6: Kết quả độ ẩm đất được tính từ dữ liệu ảnh vệ tinh Sentinel-1 (phân cực VV, chụp ngày 25 tháng 4 năm 2019)



Hình 7: Kết quả độ ẩm đất được tính từ dữ liệu ảnh vệ tinh Sentinel-1 (phân cực VV, chụp ngày 24 tháng 4 năm 2018)



Hình 8: Kết quả độ ẩm đất được tính từ dữ liệu ảnh vệ tinh Sentinel-1 (phân cực VV, chụp ngày 22 tháng 4 năm 2016)

Bảng 2: So sánh kết quả tính toán độ ẩm được chiết xuất từ ảnh Sentinel 1 và kết quả đo đạc trực tiếp ngoài thực địa

N ^o	Tọa độ điểm đo		Số hiệu điểm	Độ ẩm đất (%) đo đạc trong PTN	Độ ẩm đất (%) trên ảnh	Độ lệch
	X	Y				
1	689312.000	1112662.000	BĐ01	23.04	31.38	-8.34
2	691000.000	1114000.000	BĐ02	38.47	38.95	-0.48
3	687232.000	1114961.000	BĐ03	41.23	45.808	-4.578
4	689524.000	1119912.000	BĐ04	46.52	52.936	-6.416
5	693000.000	1124000.000	BĐ05	54.31	43.432	10.878

được xây dựng từ dữ liệu đo đặc độ ẩm từ thực địa và dữ liệu ảnh vệ tinh Sentinel 1.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, một mô hình thực nghiệm đã được phát triển để thành lập bản đồ độ ẩm đất từ dữ liệu Sentinel-1 SAR. Để xây dựng mô hình, phương pháp hồi quy tuyến tính đã được sử dụng, các hàm hồi quy tuyến tính và giá trị độ tương quan (R^2) đồng thời tính toán để đánh giá mối tương quan giữa giá trị độ ẩm đất với giá trị phản xạ ngược trên các kênh ảnh tương ứng (phân cực VV, phân cực VH và góc tới cực bộ tham chiếu PLIA).

Dữ liệu ảnh vệ tinh chụp ngày 25 tháng 4 năm 2019 và giá trị độ ẩm đất được đo cùng và gần thời điểm với thời điểm chụp ảnh đã được sử dụng để xây dựng mô hình thực nghiệm. Kết quả nghiên cứu cho thấy ảnh phân cực VV có tương quan cao với độ ẩm đất ($R^2 = 0.75$). Các ảnh phân cực VH và góc tới cực bộ tham chiếu PLIA gần như không có tương quan với giá trị độ ẩm đất. Bản đồ độ ẩm đất hai thời kỳ (22 tháng 4 năm 2016 và 24 tháng 4 năm 2018) đã được thành lập trên cơ sở sử dụng mô hình thực nghiệm có được từ ảnh Sentinel 1 chụp ngày 25 tháng 4 năm 2019. Kết quả cho thấy, vào thời điểm 22 tháng 4 năm 2016 độ ẩm đất trên khu vực nghiên cứu có giá trị thấp hơn so với ảnh chụp ngày 24 tháng 4 năm 2018. ○

Tài liệu tham khảo

[1]. Aubert, M., Baghdadi, N., Zribi, M., Douaoui, A., Loumagne, C., Baup, F., ... Garrigues, S. (2011). Analysis of TerraSAR-X data sensitivity to bare soil moisture, roughness, composition and soil crust. *Remote Sensing of Environment*, 115(8), 1801–1810. <http://doi.org/10.1016/j.rse.2011.02.021>.

[2]. Dubois, P. C., van Zyl, J., and Engman, T. (1995). Measuring soil moisture with imaging radars. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33(4), 915–926. <http://doi.org/10.1109/36.406677> Esetlili, M. T., and Kurucu, Y. (2016).

[3]. Gao, Q., Zribi, M., Escorihuela, M., and Baghdadi, N. (2017). Synergetic Use of Sentinel-1 and Sentinel-2 Data for Soil Moisture Mapping at 100 m Resolution. *Sensors*, 17(9), 1966. <http://doi.org/10.3390/s17091966>.

[4]. Heilman, J. ., Kanemasu, E. ., Bagley, J. ., and Rasmussen, V. . (1977). Evaluating soil moisture and yield of winter wheat in the Great Plains using Landsat data. *Remote Sensing of Environment*, 6(4), 315–326. [http://doi.org/10.1016/0034-4257\(77\)90051-7](http://doi.org/10.1016/0034-4257(77)90051-7).

[5]. Kseneman, M., Gleich, D., and Potočnik, B. (2012). Soil-moisture estimation from TerraSAR-X data using neural networks. *Machine Vision and Applications*, 23(5), 937–952. <http://doi.org/10.1007/s00138-011-0375-3>.

[6]. Lievens, H., and Verhoest, N. E. C. (2012). Spatial and temporal soil moisture estimation from RADARSAT-2 imagery over Flevoland, The Netherlands. *Journal of Hydrology*, 456–457, 44–56.

[7]. Sundara Kumar K., Udaya Bhaskar P., Padmakumari K., 2012: Estimation of land surface temperature to study urban heat island effect using 270 LANDSAT ETM+ image. *International journal of Engineering Science and technology*, Vol. 4, No. 2, pp. 771-778.

[8]. Trần Thị Vân, Hoàng Thái Lan, Lê Văn Trung, 2009: Phương pháp viễn thám nhiệt trong nghiên cứu phân bố nhiệt độ đô thị. *Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất*, T.31, 2, 168-177.

[9]. Trịnh Lê Hùng, 2014: Nghiên cứu sự phân bố nhiệt độ bề mặt bằng dữ liệu ảnh đa phổ LANDSAT. *Tạp chí Các khoa học về Trái Đất*, tập 36, số 01, 82-89. ○

(Xem tiếp trang 57)