

THÀNH LẬP BẢN ĐỒ ĐỘ ẨM ĐẤT SỬ DỤNG TƯ LIỆU VIỄN THÁM ĐA THỜI GIAN MODIS BẰNG PHƯƠNG PHÁP TAM GIÁC NDVI/LST, NGHIÊN CỨU THÍ ĐIỂM CHO LƯU VỰC SÔNG CẢ

NGUYỄN THANH BÌNH⁽¹⁾, PHẠM MINH HẢI⁽²⁾, NGUYỄN VĂN TUẤN⁽³⁾

⁽¹⁾Viện Địa lý, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

⁽²⁾Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ, Bộ Tài nguyên và Môi trường

⁽³⁾Viện Quy hoạch Thủy lợi, Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn

Tóm tắt:

Các tham số bề mặt đất như mức độ gồ ghề hay mật độ che phủ thực vật là những yếu tố cản trở việc ứng dụng phổ biến tư liệu radar trong ước tính độ ẩm đất. Vì vậy, một kỹ thuật phù hợp để ước lượng độ ẩm đất, mà không yêu cầu thông tin về tình trạng gồ ghề của bề mặt đất, và không giới hạn ở các điểm ảnh có NDVI > 0.4, là cần thiết. Bài báo này sử dụng mối quan hệ giữa nhiệt độ bề mặt LST và chỉ số NDVI được tính từ tư liệu MODIS kết hợp với số liệu độ ẩm đất thực địa để ước tính độ ẩm đất cho lưu vực sông Cả. Kết quả bước đầu đã thành lập được bản đồ độ ẩm đất khu vực nghiên cứu với hệ số tương quan $R^2 > 0.7$ và sai số bình phương trung bình RMSE là 0.045. Nghiên cứu này cho thấy việc ước lượng độ ẩm đất bằng cách kết hợp độ ẩm đất thực địa và các thông số của bề mặt đất được chiết xuất từ dữ liệu MODIS là chính xác và hiệu quả, có thể được sử dụng như một đầu vào cho nhiều mô hình thủy văn.

1. Mở đầu

Độ ẩm đất là một tham số quan trọng đối với phương trình cân bằng nước-đất ở quy mô toàn cầu, vùng và địa phương, bao gồm định lượng các thành phần của phương trình và những trao đổi trong vùng thấm thấu (Davenport, 2005). Độ ẩm của đất thường được gọi là độ ẩm của bề mặt đất, là lượng nước bên trong 10 cm lớp đất bề mặt, hoặc độ ẩm của vùng rễ, lượng nước ở trong lớp đất có độ dày từ 100 đến 200cm (Wang, 2009).

Từ trước đến nay, việc xác định độ ẩm đất được thực hiện bằng phương pháp đo trực tiếp ngoài thực địa, đòi hỏi một khối lượng công việc lớn và chỉ thu được các giá trị tại những điểm được đo. Những kết quả đo thường không thể lý giải được những biến đổi không gian và thời gian vốn có của độ ẩm (Engman, 1991). Tuy nhiên, những tiến bộ về công nghệ viễn thám đã đưa ra nhiều cách tiếp cận khác nhau để đo độ

ẩm đất trên một diện tích rộng và liên tục về thời gian (Shi, 1997). Các phương pháp thực nghiệm được xây dựng dựa trên các mối quan hệ chức năng giữa các biến đo, trong khi các phương pháp lý thuyết đưa ra các hiện tượng tán xạ phức tạp từ các mô hình của đất, thực vật và địa hình (Ahmad, 2010). Castro (2014) và Wang (2009) đã phân loại các kỹ thuật ước tính độ ẩm đất sử dụng tư liệu viễn thám thành 3 loại: kỹ thuật sử dụng vệ tinh quang học, kỹ thuật sử dụng tư liệu hồng ngoại nhiệt, và kỹ thuật Radar. Các phương pháp kỹ thuật radar hiện đang là phương pháp tiếp cận ưa thích của viễn thám độ ẩm đất do khả năng chụp ảnh không phụ thuộc vào điều kiện thời tiết và mối quan hệ chặt chẽ hơn với hàm lượng nước trong đất. Tuy nhiên kỹ thuật radar không được áp dụng phổ biến do cần thiết các thông tin về độ gồ ghề bề mặt và thông tin thực vật (Wang, 2009). Mặc dù viễn thám quang học chịu ảnh hưởng bởi các yếu tố thời tiết, nhưng chúng có độ phân giải không gian tốt và có thể

Ngày nhận bài: 14/3/2018, ngày chuyển phân biên: 19/3/2018, ngày chấp nhận phân biên: 10/4/2018, ngày chấp nhận đăng: 13/4/2018

đễ dàng giải thích hơn so với radar (Wang, 2009).

Nghiên cứu này sử dụng tư liệu viễn thám quang học để ước tính độ ẩm đất cho lưu vực sông Cả dựa trên mối quan hệ giữa giá trị độ ẩm đất thực tế với hai chỉ số NDVI và LST.

2. Phương pháp và tư liệu nghiên cứu

2.1. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp được sử dụng để thành lập bản đồ độ ẩm đất từ chỉ số NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) và nhiệt độ bề mặt LST (Land Surface Temperature) được gọi là phương pháp Tam giác. Về cơ bản, nếu có một số lượng đủ lớn các điểm ảnh thì hình dạng không gian đặc trưng giữa NDVI và LST giống với hình tam giác (xem hình 1). Các giá trị hoành độ và tung độ được tính theo công thức sau:

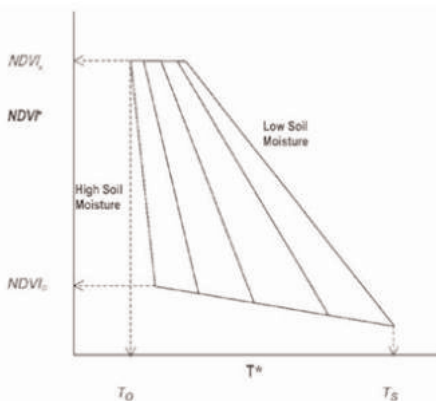
$$T^* = \frac{T - T_0}{T_s - T_0} \quad (1)$$

$$NDVI^* = \frac{NDVI - NDVI_0}{NDVI_s - NDVI_0} \quad (2)$$

Trong đó: T^* và $NDVI^*$ là giá trị nhiệt độ bề mặt và chỉ số thực vật, 0 và s là các giá trị cực đại và cực tiểu trong tam giác.

Từ tam giác có ba đặc điểm quan trọng về quan hệ giữa NDVI, LST và độ ẩm đất có thể quan sát được:

- 1) Tồn tại sự thay đổi độ ẩm của đất từ phải



Hình 1: Tam giác quan hệ giữa độ ẩm đất, nhiệt độ và NDVI, (Chauhan, 2003)

sang trái của tam giác. Phía bên phải của tam giác có độ ẩm đất thấp và phía trái của tam giác có độ ẩm đất cao;

- 2) Tam giác dốc về phía trái. Trong trường hợp này nhiệt độ bề mặt giảm khi NDVI tăng. Mối quan hệ nghịch tuyến này cho thấy khu vực có thảm thực vật nhìn chung mát hơn vùng đất trống;

- 3) Tại đỉnh của tam giác giá trị của NDVI cao hơn nhưng giá trị tương ứng của nhiệt độ bề mặt thấp và có sự thay đổi nhỏ. Sự thay đổi nhỏ của nhiệt độ bề mặt với NDVI cao cho thấy vùng có thực vật có độ ẩm cao. Từ ba đặc điểm trên cho chúng ta thấy nhiệt độ thực vật không thay đổi theo không gian, mà sự thay đổi nhiệt độ trong tam giác chỉ phản ánh độ khô hoặc độ ẩm của đất (Carlson, 2007). Do đó có một mối quan hệ phức tạp giữa độ ẩm của đất, chỉ số thực vật NDVI, và nhiệt độ bề mặt LST (Chauhan, 2003). Dựa trên mối quan hệ này chúng ta có thể định lượng độ ẩm của đất cho một khu vực nhất định.

Carlson (1994) nhận thấy mối quan hệ giữa độ ẩm của đất M , $NDVI^*$ và T^* có thể được biểu hiện qua công thức hồi quy như sau:

$$M = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n a_{ij} NDVI^* \cdot T^* \quad (3)$$

Đa thức bậc 2 và 3 miêu tả chính xác hơn mối quan hệ giữa độ ẩm đất và các chỉ số NDVI/LST (Chauhan, 2003). Vì vậy, trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng đa thức bậc 2 để ước tính độ ẩm đất cho lưu vực sông Cả.

2.2. Quy trình ước tính độ ẩm đất sử dụng phương pháp tam giác

Ước tính độ ẩm đất sử dụng phương pháp tam giác có bốn giai đoạn và tám bước xử lý để thu được độ ẩm đất với độ phân giải và độ chính xác cao (xem hình 2):

Giai đoạn 1 - Điều tra thực địa: Trong gian đoạn này, các thông tin về khu vực nghiên cứu (lớp phủ, thổ nhưỡng...) được thu thập phục vụ

công tác xử lý viễn thám. Đặc biệt 46 mẫu độ ẩm đất đã được lấy tại khu vực nghiên cứu (hình 3) để xây dựng hàm hồi quy và đánh giá độ chính xác ước tính độ ẩm đất từ tư liệu MODIS.

Giai đoạn 2 - Xử lý viễn thám: Giai đoạn 2 bao gồm việc chiết xuất dữ liệu NDVI và LST từ dữ liệu viễn thám, xây dựng tam giác không gian NDVI/LST và tính toán các dữ liệu NDVI* và LST*. Các chỉ số được tính theo các công thức sau:

- Chỉ số thực vật chuẩn hóa NDVI

Chỉ số thực vật NDVI thường được sử dụng trong thực tiễn. Giá trị chỉ số thực vật nằm trong khoảng từ -1 đến +1, và được xác định theo công thức (4):

$$NDVI = (\rho_{NIR} - \rho_{RED}) / (\rho_{NIR} + \rho_{RED}) \quad (4)$$

Trong đó: NIR, RED – kênh ảnh ứng với dải phổ cận hồng ngoại và dải phổ màu đỏ; ρ – phản xạ bề mặt.

- Chỉ số nhiệt độ bề mặt LST

Phương trình tính nhiệt độ bề mặt phù hợp với băng tần số 31 của MODIS được mô tả trong công thức (5):

Cho kênh 31:

$$B_{31}(T) = 0.13787T_{31} - 31.65677 \quad (5)$$

Trong đó: T_{31} là nhiệt độ chói kênh 31 của tư liệu MODIS

- Nhiệt độ tiềm năng

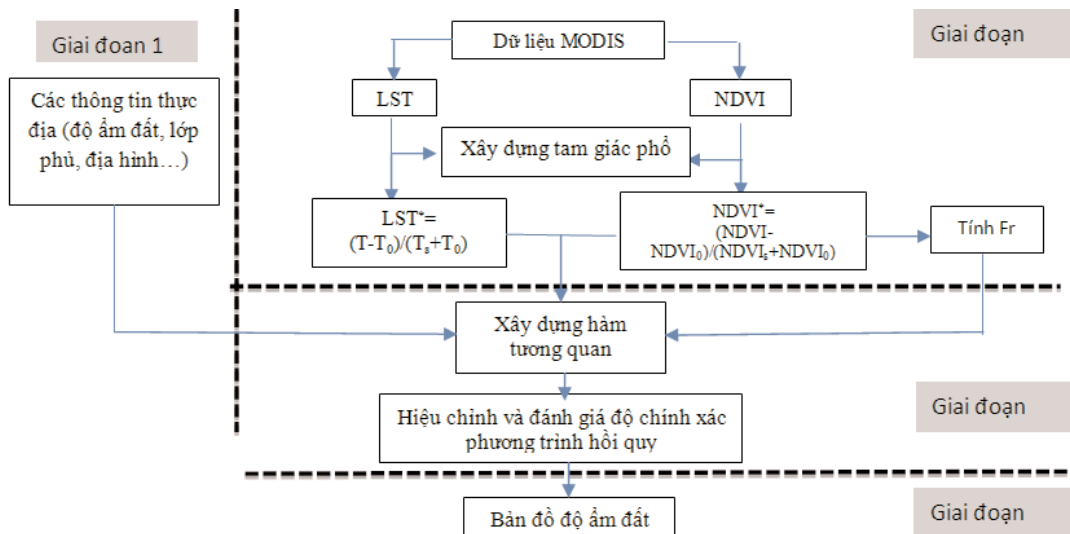
Độ cao địa hình là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến việc ước tính độ ẩm đất, vì độ cao là yếu tố kiểm soát địa hình và là giá trị chi phối nhiệt độ bề mặt LST. Do đó, để giảm thiểu các ảnh hưởng của địa hình do sự khác biệt lớn về độ cao cần phải có nhiệt độ bề mặt đất được hiệu chỉnh theo độ cao. Nhiệt độ này gọi là nhiệt độ tiềm năng và có thể được tính bằng phương trình (6).

$$\theta = LST \left(\frac{P_0}{P} \right)^{0.286} \quad (6)$$

Trong đó: θ là nhiệt độ tiềm năng (K), LST là nhiệt độ bề mặt (K) tính từ ảnh vệ tinh, $P_0 = 1013\text{mb}$ là áp suất tiêu chuẩn và P là áp suất khí quyển tại bề mặt (mb).

Giai đoạn 3 - Xây dựng hàm hồi quy: Mối quan hệ giữa độ ẩm đất và các giá trị NDVI*/LST* được xây dựng từ tam giác NDVI/LST được thiết lập sử dụng hàm hồi quy bậc 2 được phát triển từ công thức (3).

Giai đoạn 4 - Lập bản đồ độ ẩm đất: Sau khi



Hình 2: Quy trình tính độ ẩm đất từ tư liệu viễn thám sử dụng phương pháp tam giác

hiệu chỉnh và xác định hàm tương quan trong giai đoạn 3, độ ẩm đất có thể được ước tính từ các giá trị NDVI và LST đã thu được từ dữ liệu vệ tinh.

2.3. Đánh giá độ chính xác ước tính độ ẩm đất

Sai số bình phương trung bình là một phép đo được sử dụng để đánh giá độ chính xác ước tính độ ẩm đất từ tư liệu viễn thám, được tính theo công thức:

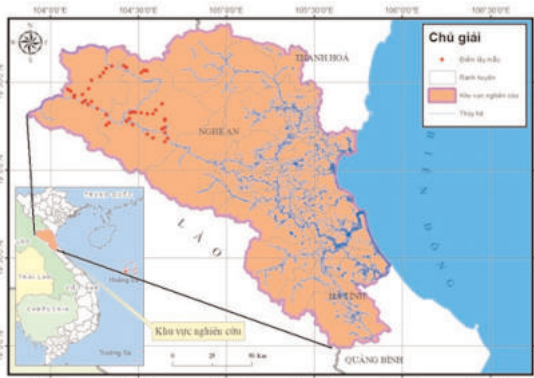
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_0 - X_i)^2}{N}} \quad (7)$$

Trong đó: RMSE là sai số bình phương trung bình, X_0 là giá trị đo thực tế, X_i là giá trị mô phỏng của phương trình và N là số mẫu.

2.4. Tư liệu nghiên cứu

- Tư liệu vệ tinh: Ảnh vệ tinh MODIS được sử dụng trong nghiên cứu được thu nhận vào ngày 18/6/2017, với độ phân giải không gian bằng 1000 mét, xử lý mức 1A. Ngoài ra một số sản phẩm MODIS đã được đưa vào sử dụng, bao gồm: Nhiệt độ bề mặt đất (MYD11A2, MOD11A2) và Chỉ số NDVI (MOD13A2, MYD13A2).

- Dữ liệu thực địa: Một chuyến thực địa từ 19 đến 23/6/2017 đã được thực hiện để thu thập các số liệu thực địa và tiến hành lấy 46 mẫu độ ẩm đất trên các loại đất khác nhau trong khu vực nghiên cứu. Sơ đồ vị trí các mẫu trình bày trong hình (xem hình 3).



Hình 3: Khu vực nghiên cứu

2.5. Khu vực nghiên cứu

Sông Cả là một lưu vực lớn ở Bắc Trung Bộ, có diện tích lưu vực 27.200km² phân bố trên lãnh thổ 2 quốc gia: Việt Nam và CHDCND Lào. Ở Việt Nam sông Cả nằm trên địa giới hành chính của 3 tỉnh (Nghệ An, Hà Tĩnh và Thanh Hoá), phần diện tích trên lãnh thổ Việt Nam là 17.730km² chiếm tới 65% diện tích toàn bộ lưu vực. Khu vực nghiên cứu là phần lưu vực sông Cả nằm trong lãnh thổ Việt Nam (xem hình 3).

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Kết quả nghiên cứu

- Chiết xuất dữ liệu LST và NDVI từ dữ liệu MODIS

Sử dụng công thức (4) và (5), dữ liệu LST và NDVI được chiết xuất từ ảnh MODIS ngày 18/06/2017 cho toàn bộ khu vực nghiên cứu được thể hiện trong hình (xem hình 4).

- Tính nhiệt độ tiềm năng

Nhiệt độ tiềm năng được sử dụng để điều chỉnh các hiệu ứng địa hình đối với độ ẩm đất mô phỏng và được tính bằng phương trình (6) được thể hiện trong hình (xem hình 5).

- Xây dựng tam giác quan hệ NDVI/LST

Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa nhiệt độ bề mặt LST với NDVI được thể hiện trong hình (xem hình 6).

Đồ thị (6) cho thấy các giá trị của NDVI và LST có quan hệ nghịch tuyến đối với hầu hết các điểm ảnh bên trong tam giác. Đối với khu vực đất trồng, sự thay đổi nhiệt độ bề mặt có mối tương quan cao với sự thay đổi hàm lượng nước bề mặt. Điểm A và B trên hình 6 tượng trưng cho đất ẩm (NDVI cao, LST thấp) và đất khô (NDVI thấp, LST cao). Điểm C trong hình tương ứng

với khu vực có thực vật dày có khả năng chống bốc hơi cao (NDVI cao, LST tương đối cao). Đường bao quát bên phải của đồ thị B-C, đại diện cho đường bốc hơi thấp hoặc khu vực đất khô. Đường bao phủ bên trái A-D đại diện cho sự bốc hơi lớn hoặc vùng đất ướt.

- Ước tính độ ẩm đất từ dữ liệu MODIS

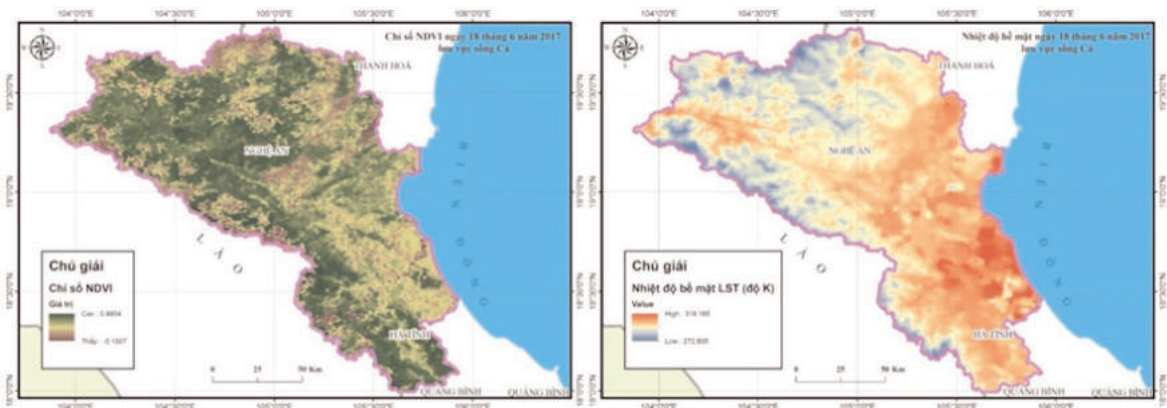
Tổng cộng có 30/46 điểm lấy mẫu được sử dụng để hiệu chỉnh các hệ số a_{ij} của phương trình (3) được lập bảng trong bảng (xem bảng 1). Bản đồ độ ẩm đất ngày 18/6/2017 được mô phỏng bằng cách sử dụng phương trình được phát triển thể hiện trong hình (xem hình 7).

Nhìn chung sự phân bố độ ẩm đất của khu

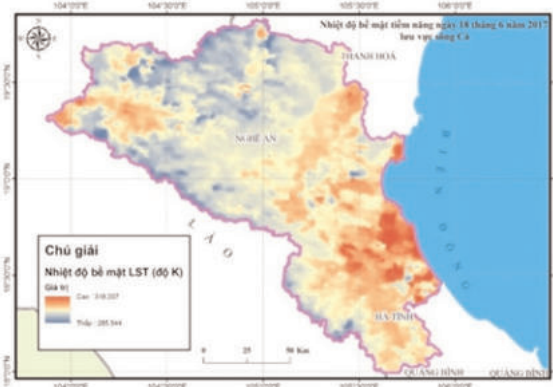
vực nghiên cứu phụ thuộc vào sự thay đổi của nhiệt độ bề mặt. Độ ẩm của đất tăng khi nhiệt độ bề mặt đất giảm, trong khi NDVI trung bình gần như không thay đổi trong suốt thời gian nghiên cứu.

- Tương quan giữa độ ẩm đất ước tính và đo thực tế

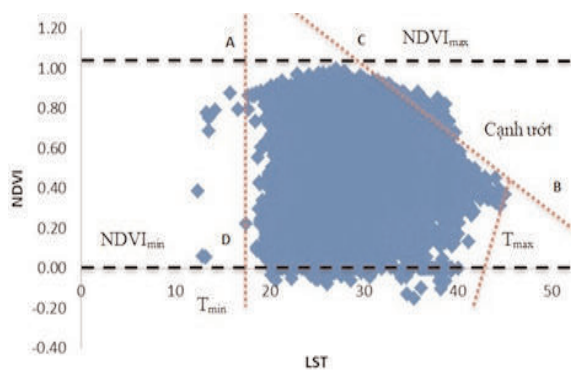
Độ ẩm đất được mô phỏng bằng hàm đa thức được trình bày ở bảng (xem bảng 1) có mối tương quan chặt chẽ với độ ẩm đất đo ngoài thực địa (xem hình 8), với hệ số tương quan R^2 thu được từ thuật toán lớn hơn 0,70 và sai số RMSE nhỏ hơn 0,045.



Hình 4: Bản đồ NDVI và LST khu vực sông Cà ngày 18/06/2017



Hình 5: Nhiệt độ bề mặt tiềm năng khu vực sông Cà ngày 18/6/2017



Hình 6: Tam giác xây dựng từ giá trị NDVI và LST của ảnh MODIS ngày 18/6/2017

3.2. Thảo luận

Độ ẩm độ ẩm trung bình thu được từ thuật toán đa thức bậc 2 dao động từ 4.5-49.5% cho ngày 18/6/2017. NDVI trung bình là 0.27 và LST trung bình là 293,78 K. Hàm lượng độ ẩm đất cao, NDVI cao và LST tương đối thấp cho thấy diện tích nghiên cứu được che phủ cao với thảm thực vật và thời gian nghiên cứu là mùa mưa. Và cũng có thể, phạm vi biến động không gian của độ ẩm đất, NDVI và LST tương đối thấp.

Sự đồng nhất về không gian của NDVI gây khó khăn khi xác định những cạnh khô và ẩm trong tam giác quan hệ NDVI/LST cho một ngày cụ thể. Sự hình thành kém của tam giác làm cho độ chính xác của phương pháp giảm đáng kể.

Sai số liên quan đến độ chính xác của việc đo độ ẩm đất ngoài thực địa và sai số do độ chính xác của dữ liệu viễn thám sẽ làm sai lệch kết quả ước lượng độ ẩm đất. Để để giảm các sai số này, một phương trình đa thức (6) ở trên đã được thiết lập sử dụng độ ẩm đất thực tế, NDVI và LST cho toàn bộ khu vực nghiên cứu. RMSE được sử dụng để đánh giá độ chính xác của phương pháp dựa trên độ ẩm đất thực tế và độ ẩm đất mô phỏng bằng cách sử dụng các thuật toán đã được phát triển. Kết quả đánh giá độ chính xác với

RMSE là 0,045.

Theo kết quả phân tích không gian, vùng đất thấp có độ ẩm thấp hơn vùng cao. Sự chênh lệch này xuất phát từ số điểm mẫu không đủ ở vùng thấp và khu vực này đang là giai đoạn thu hoạch nên đất tương đối khô, điều này không thể lý giải được với thuật toán. Số điểm lấy mẫu ít ở khu vực thấp gây ra lỗi về các thuật toán phát triển. Nghiên cứu này đã đạt được đủ số điểm lấy mẫu ở vùng cao và dựa trên hệ số tương quan ($R^2 > 0.70$) từ kết quả trước và sau khi đã hiệu chỉnh. Từ đó, có thể kết luận rằng phương pháp tam giác có thể mô phỏng độ ẩm đất với độ chính xác tốt hơn khi có đủ số mẫu điểm được lấy và khi không có sự khác biệt về độ cao lớn.

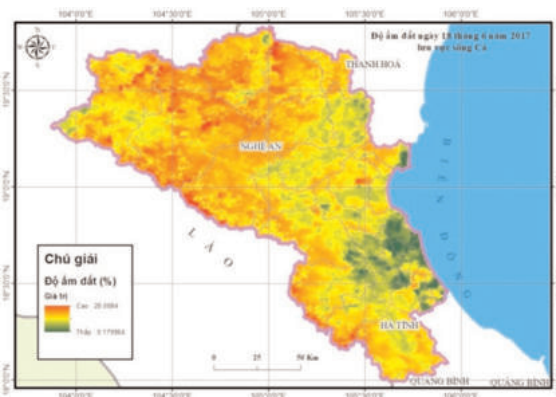
Trong nghiên cứu này, sự biến đổi về không gian của độ ẩm đất được quan sát dễ dàng trong toàn bộ lưu vực. Vùng gần sông suối trở nên ẩm hơn do sự dịch chuyển dòng chảy bề mặt khi trời mưa, trong khi khu vực có nhiệt độ bề mặt LST cao khô nhanh hơn khu vực có nhiệt độ bề mặt LST thấp sau mưa do chuyển động ngang cao hoặc từ quá trình bốc hơi hoặc do độ dẫn nước cao của đất.

Hạn chế của phương pháp hình tam giác:

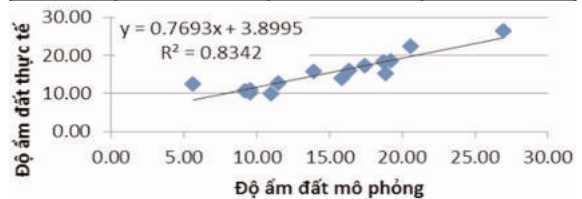
- Sự chênh lệch thời gian giữa các phép đo

Bảng 1: Các hệ số của hàm đa thức bậc 2

a_{ij}	$j = 0$	$j = 1$	$j = 2$
$i = 0$	-2.328	6.213	-2.658
$i = 1$	6.786	-13.92	4.152
$i = 2$	-12.92	11.264	5.835



Hình 7: Bản đồ độ ẩm đất của sông Cả ngày 18/6/2017



Hình 8: Tương quan giữa độ ẩm đất ước tính từ MODIS và độ ẩm đất đo thực địa

mặt đất và thời gian chụp ảnh vệ tinh có thể ảnh hưởng đến kết quả. Đối với các nghiên cứu này, các phép đo mặt đất được thực hiện dựa trên thời gian chụp ảnh của tư liệu MODIS (18/6/2017);

- Viễn thám quang học chịu ảnh hưởng của điều kiện thời tiết, khó có thể thu được độ ẩm đất từ phương pháp này khi trời có mây bao phủ;

- Hạn chế lớn nhất của phương pháp tam giác là nhận dạng hình tam giác. Để xây dựng được tam giác quan hệ NVDI/LST đòi hỏi một số lượng lớn các điểm ảnh trên một khu vực có nhiều vùng đất ướt và che phủ thực vật. Phương pháp này không chỉ rõ tác động của mức độ thực vật che phủ và điều kiện địa hình. Hơn nữa, phương pháp yêu cầu có đủ mẫu đất thực tế để thiết lập quan hệ đa thức.

4. Kết luận

Kết luận chung của nghiên cứu này là có thể ước tính độ ẩm đất bằng phương pháp tam giác với độ phân giải không gian hợp lý, vì có thể tìm được mối tương quan lớn giữa độ ẩm đất với các thông số bề mặt trái đất NDVI và LST. Kỹ thuật này phù hợp để ước lượng độ ẩm đất vì không yêu cầu thông tin về thảm thực vật và tình trạng gồ ghề của bề mặt. Kết quả thu được từ nghiên cứu này cho thấy việc ước lượng độ ẩm đất bằng cách kết hợp độ ẩm đất và các thông số của bề mặt đất được chiết xuất từ dữ liệu MODIS là chính xác và hiệu quả cho lưu vực sông Cà.

Phương trình đa thức thể hiện mối quan hệ của độ ẩm đất với các giá trị NDVI và LST được sử dụng để mô phỏng độ ẩm đất với độ chính xác cao ở các khu vực có độ cao thấp, nơi có đủ điểm lấy mẫu và ở đó sự khác biệt về độ cao là tối thiểu. Các hàm đa thức này vẫn có một hạn chế là không có khả năng giảm thiểu các sai số của độ ẩm đất mô phỏng ở nơi có độ cao lớn và không đủ số điểm lấy mẫu.

Trong số các đặc điểm địa hình ảnh hưởng đến kết quả ước tính độ ẩm đất từ tư liệu viễn thám thì độ cao là yếu tố địa hình chính ảnh hưởng đến sự biến đổi độ ẩm của đất. Để giảm sai số do độ cao địa hình đến giá trị độ ẩm đất, việc hiệu chỉnh độ cao địa hình được thực hiện bằng cách thay thế LST với nhiệt độ bề mặt tiềm năng.

Ước lượng độ ẩm đất từ viễn thám là một nhiệm vụ khó khăn do ảnh hưởng của địa hình và thảm thực vật. Tuy nhiên, thông tin không gian được cung cấp bởi viễn thám rất có giá trị đối với nhiều ứng dụng. Trong nghiên cứu này, có thể ước lượng độ ẩm đất ở độ phân giải không gian 1km và độ phân giải thời gian hàng ngày với độ chính xác cao, được sử dụng như một tham số đầu vào cho nhiều mô hình thủy văn. ○

Tài liệu tham khảo

- [1]. Carlson, T., 2007. An overview of the "triangle method" for estimating surface evapotranspiration and soil moisture from satellite imagery. *Sensors*, 7(8):1612-1629.
- [2]. Castro, M., Parra, J.C., Morales, L.J., Salas, C. 2014. Establishment of empirical relations between fuel moisture content and the normalized difference vegetation index. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 14 (3), 670-675.
- [3]. Chauhan, N.S., Miller, S. and Ardanuy, P., 2003. Spaceborne soil moisture estimation at high resolution: a microwave-optical/IR synergistic approach. *International Journal of Remote Sensing*, 24(22): 4599 - 4622.
- [4]. Davenport, I.J., Fernandez-Galvez, J., Gurney, R.J. 2005. A sensitivity analysis of soil moisture retrieval from the Tau-Omega microwave emission model. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote*

Sensing. 43,1304–1316.

[5]. Engman, E.T. 1991. Applications of microwave remote sensing of soil moisture for water resources and agriculture. *Remote Sensing of Environment*. 35, 213-226.

[6]. Shi, J., Wang, A., Hsu, Y., O'Neill, P.E., Engman, E.T. 1997. Estimation of bare surface-soil moisture and surface roughness parameter

using L-band SAR imagedata. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 35, 1254–66.

[7]. Wang, L., Qu, J.J. 2009. Satellite remote sensing applications for surface soil moisture monitoring: A review. *Frontiers of Earth Science in China*. 3, 237-247. ○

Summary

Mapping soil moisture using multi-temporal remote sensing data MODIS by NDVI/LST triangle method, pilot study for the Ca river basin

Nguyen Thanh Binh

Institute of Geography, Vietnam Academy of Science of Technology

Pham Minh Hai

Vietnam Institute of Geodesy and Cartography, Ministry of Natural Resources and Environment

Nguyen Van Tuan

Institute of Water Resources Planning, Ministry of Agriculture and Rural Development

Surface parameters such as roughness or vegetation density are factors that prevent the widespread adoption of radar data in mapping soil moisture. Therefore, a suitable technique for estimating soil moisture without requiring information about the roughness of the soil surface and not limited to pixels with $NDVI > 0.4$ is necessary. This paper uses the relationship between surface temperature LST and NDVI calculated from MODIS data combined with field soil moisture data to estimate soil moisture for the Ca river basin. Initial results show that the soil moisture is estimated with correlation coefficient $R^2 > 70$ and the root mean squared error RMSE is 0.045. This study shows that the estimation of soil moisture by combining field and parameters (LST, NDVI) extracted from MODIS data is accurate and effective can be used as an input for many hydrological models. ○