

Khả năng ứng dụng ảnh vệ tinh độ phân giải trung bình - MODIS TRONG GIÁM SÁT CHẤT LƯỢNG RỪNG TÂY NGUYÊN

PHẠM VIỆT HÒA, LÊ QUANG TOÀN, VŨ HỮU LONG,
NGUYỄN THỊ QUỲNH TRANG, TÔNG SĨ SƠN, NGUYỄN VŨ GIANG

Viện Công nghệ Vũ trụ

Trong phạm vi bài báo này, nhóm tác giả tập trung nghiên cứu khả năng ứng dụng ảnh vệ tinh có độ phân giải trung bình - MODIS trong giám sát các thông tin về điều kiện môi trường liên quan đến sự phát triển của rừng ở Tây Nguyên nhằm có những biện pháp quản lý thích hợp. Ở đây, những chỉ số quan trọng có khả năng chiết tách từ tư liệu ảnh MODIS như các chỉ số sinh trưởng thực vật, nhiệt độ bề mặt lớp phủ, độ bốc hơi nước bề mặt sẽ được đi sâu phân tích, đánh giá nhằm xác định một cách tiếp cận phù hợp cho trường hợp đặc thù ở Tây Nguyên.

Đặt vấn đề

Rừng là một trong những tài nguyên quan trọng nhất của Tây Nguyên, và trong quá trình phát triển, rừng cũng là một trong những tài nguyên bị đe dọa tàn phá nhiều nhất. Trong những năm gần đây, nỗ lực bảo vệ rừng ở Tây Nguyên đã có nhiều kết quả đáng ghi nhận, từ chủ trương cho tới các hành động cụ thể. Trước áp lực phá rừng lấy đất trồng cây công nghiệp, các nỗ lực phát triển rừng đã đem lại thay đổi đáng kể về diện tích và chất lượng lớp phủ rừng ở Tây Nguyên. Tuy vậy, cho đến nay, các đơn vị quản lý rừng vẫn chưa có một công cụ hữu hiệu hỗ trợ cho công tác quản lý, giám sát chất lượng rừng, phản ánh chính xác sự biến động lớp phủ rừng trong khu vực quản lý, đặc biệt là các khu vực trọng điểm như rừng đầu nguồn. Chính vì thế, khó có thể phân tích được ảnh hưởng xung đột của việc phát triển cây công nghiệp, nông nghiệp và các hoạt động sử dụng đất khác tới lớp phủ rừng trên địa bàn. Với đặc thù về địa hình, khí hậu và sử dụng đất, rừng Tây Nguyên có vai trò cực kỳ quan trọng, đang đứng trước những thách thức rất lớn, đòi hỏi phải có những nỗ

lực giám sát, quản lý thường xuyên. Để có thể đáp ứng các yêu cầu này, cần thiết phải xây dựng được một hệ thống có khả năng cung cấp kịp thời, liên tục các thông tin giám sát và quản lý rừng.

Cùng với sự phát triển của công nghệ vệ tinh quan sát trái đất, khả năng ứng dụng công nghệ viễn thám kết hợp với hệ thống tin địa lý trong công tác giám sát rừng cho thấy có nhiều ưu thế với điều kiện đặc thù của Tây Nguyên. Ảnh vệ tinh đa phổ, đa độ phân giải, có độ phủ trùm lớn, có chu kỳ lặp lại theo thời gian giúp thu thập thông tin nhanh chóng, đồng bộ, khách quan, rất phù hợp cho công tác giám sát lớp phủ và phát triển của rừng ở các tỉnh Tây Nguyên. Trong phạm vi bài báo này, nhóm tác giả tập trung vào nghiên cứu khả năng sử dụng ảnh vệ tinh có độ phân giải trung bình (MODIS) trong giám sát các thông tin về điều kiện môi trường liên quan đến sự phát triển của rừng nhằm có những biện pháp quản lý thích hợp. Việc giám sát đòi hỏi phải có thông tin được cung cấp thường xuyên trên phạm vi toàn lãnh thổ. Vì thế, ứng dụng ảnh viễn thám, đặc biệt là ảnh MODIS (có khả năng chụp 1-

4 ảnh/ngày) là rất có ý nghĩa. Trong vấn đề này, những chỉ số quan trọng có khả năng chiết tách từ tư liệu ảnh MODIS như các chỉ số sinh trưởng thực vật, nhiệt độ bề mặt lớp phủ, độ bốc hơi nước bề mặt sẽ được đi sâu phân tích, đánh giá nhằm xác định một cách tiếp cận phù hợp cho trường hợp đặc thù ở Tây Nguyên.

Khái quát về ảnh vệ tinh MODIS và khả năng ứng dụng trong giám sát lớp phủ rừng

Ảnh vệ tinh MODIS

MODIS (MODerate resolution Imaging Spectroradiometers) là bộ cảm có độ phân giải trung bình đặt trên vệ tinh TERRA được NASA phóng vào quỹ đạo tháng 12.1999 và vệ tinh AQUA được phóng vào quỹ đạo tháng 5.2002 với mục đích quan trắc, theo dõi các thông tin về mặt đất, đại dương và khí quyển trên phạm vi toàn cầu. Các ứng dụng tiêu biểu có thể kể đến là: nghiên cứu khí quyển, mây, thời tiết, lớp phủ thực vật, biến động về nông nghiệp và lâm nghiệp, cháy rừng, nhiệt độ mặt nước biển và màu nước biển... Ảnh vệ tinh MODIS có độ phủ trùm lên đến hơn 2.330 km, chu



Theo dõi các chỉ số thực vật trong lá cây

kỳ lặp lại 2 lần/ngày có thể quan trắc gần như toàn bộ bề mặt trái đất. Dữ liệu ảnh MODIS có 36 băng phổ, bước sóng 0,405-14.385 μm , định dạng 12 bit, với 3 độ phân giải: 250, 500 và 1.000 m, rất phù hợp cho nghiên cứu, giám sát lớp phủ rừng. Ngoài ra, ảnh MODIS còn có các sản phẩm đã được tiền xử lý với độ phân giải theo thời gian khá rộng, từ ảnh hàng ngày, ảnh tổ hợp 8 ngày, 16 ngày, hàng tháng, hàng quý đến hàng năm.

Ứng dụng chỉ số thực vật trong theo dõi lớp phủ rừng

Với thực vật nói chung và các nhóm lớp phủ rừng nói riêng thì trạng thái sinh trưởng được thể hiện bằng lượng chlorophyll có trong lá cây. Khi ở trạng thái khỏe mạnh hoặc theo chu trình rụng lá theo mùa thì lượng chlorophyll luôn có một sự ổn định, nhưng khi ở trạng thái sinh trưởng xấu thì thay đổi rõ rệt nhất có thể quan sát được là lượng chlorophyll trong lá giảm đi đột ngột và cấu trúc lá cũng

thay đổi.

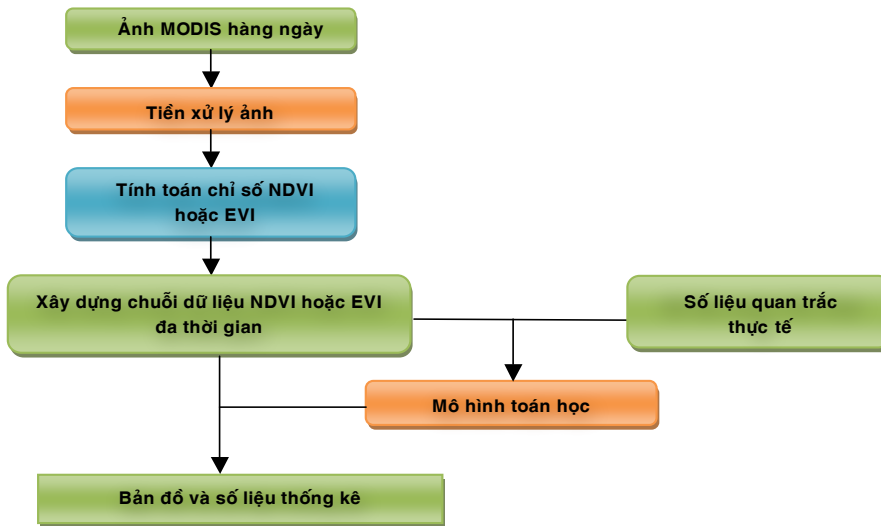
Cơ sở khoa học để nghiên cứu phát hiện và theo dõi sự thay đổi này từ tư liệu ảnh vệ tinh là dựa vào tính chất phản xạ và hấp thụ phổ của thảm thực vật, thảm thực vật khỏe mạnh hấp thụ năng lượng ánh sáng ở dải phổ xanh dương và đỏ làm nhiên liệu cho quá trình quang hợp để tạo ra chất diệp lục (chlorophyll). Chất này phản xạ rất mạnh với dải phổ ở vùng cận hồng ngoại và xanh lục. Vì vậy, với thực vật khỏe mạnh có trạng thái sinh trưởng tốt thì chlorophyll trong lá cây sẽ phản xạ sóng cận hồng ngoại và xanh lục mạnh hơn so với những nhóm có trạng thái không tốt. Hiện tượng này có thể quan sát trên ảnh vệ tinh những nhóm thực vật có lượng chất diệp lục cao (ví dụ như nhóm rừng thường xanh) khi tổ hợp màu thật thì thường có màu xanh lục đậm hơn so với nhóm rừng thưa, cây bụi. Tương tự như vậy, trên tổ hợp màu giả "chuẩn", nhóm rừng thường xanh có màu đỏ đậm, trong khi nhóm rừng thưa và cây bụi có màu đỏ nhạt.

Có rất nhiều chỉ số thực vật có khả năng tính toán từ các kênh phổ của ảnh vệ tinh phục vụ công tác giám sát rừng. Một số chỉ số hữu dụng có thể tính từ các kênh phổ của ảnh MODIS được nhóm nghiên cứu đề xuất sử dụng dựa trên mối quan hệ của chúng với hiện trạng lớp phủ rừng ở Tây Nguyên như: chỉ số thực vật khác biệt chuẩn - NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), chỉ số thực vật tăng cường - EVI (Enhanced Vegetation Index), chỉ số diện tích lá - LAI (Leaf Area Index), chỉ số sinh trưởng thực vật - VCI (Vegetation Condition Index). Trong đó, chỉ số NDVI là chỉ số thực vật thông dụng nhất dùng để phân loại lớp phủ đất, nghiên cứu đặc tính sinh lý của thảm thực vật, ước tính sản lượng cây trồng và giám sát các hoạt động môi trường. Bằng việc sử dụng các phương pháp phân tích thông tin lấy từ chuỗi dữ liệu đa thời gian, NDVI có thể phát hiện được sự thay đổi lớp phủ thực vật theo mùa, cung cấp các tham số cho các

mô hình về khí hậu, thủy văn, vòng tuần hoàn sinh địa hóa... NDVI được tính toán từ ảnh MODIS theo công thức:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) = \frac{\text{Kênh 2} - \text{Kênh 1}}{\text{Kênh 2} + \text{Kênh 1}}$$

Trong đó, NIR là kênh hồng ngoại gần (near infrared), R là kênh có bước sóng trong dải màu đỏ (red). Nhóm nghiên cứu bước đầu triển khai nghiên cứu mối quan hệ giữa sự biến thiên giá trị NDVI theo thời gian của từng nhóm lớp phủ rừng tương ứng với trạng thái sinh trưởng của chúng. Nói cách khác là nghiên cứu sự thay đổi trạng thái sinh trưởng của các nhóm lớp phủ rừng có liên quan tới sự thay đổi giá trị NDVI của chúng theo thời gian. Ảnh MODIS với đặc tính chu kỳ lặp lại cao, mỗi ngày có thể thu được 2 ảnh vào ban ngày, vì vậy chuỗi dữ liệu NDVI sẽ được đảm bảo tính liên tục và cập nhật. Ngoài ra, cũng tùy vào tính chất đối tượng lớp phủ cần nghiên cứu mà quyết định sử dụng chuỗi dữ liệu NDVI đa thời gian theo kiểu ảnh hàng ngày, ảnh tổ hợp 8 ngày, 16 ngày hoặc 32 ngày. Những thông tin thu được về sự thay đổi màu lá rừng từ ảnh vệ tinh đã nhiều lần được chứng minh là phù hợp để lập bản đồ và giám sát các ổ dịch côn trùng trên cả quy mô khu vực và địa phương, trong đó có việc sử dụng chỉ số NDVI tính từ ảnh MODIS trong phát hiện, giám sát sâu bệnh hại cây rừng (J.U. Jepsen et al, 2009). Các nghiên cứu trên thế giới đã sử dụng dữ liệu NDVI tổ hợp 16 ngày tính từ ảnh MODIS để xây dựng chuỗi dữ liệu đa thời gian diện tích rừng bị rụng lá bởi nguyên nhân do ấu trùng sâu bướm tấn công. Họ đã xác định được mối quan hệ giữa mật độ ấu trùng sâu bướm trên mặt đất với mức độ rụng lá dựa trên ảnh MODIS - NDVI, sau đó hiệu chỉnh và chuẩn hóa một mô hình cho mức độ rụng lá trên ảnh MODIS - NDVI có liên quan tới mật độ ấu trùng sâu bướm, trên cơ sở đó có thể xác định được các điểm bùng phát dịch trên ảnh. Chúng tôi cho rằng, với điều kiện ở Việt Nam, việc giám sát các ổ dịch sâu bệnh trên quy mô toàn khu



Sơ đồ thu gọn một hệ thống theo dõi lớp phủ rừng sử dụng chuỗi dữ liệu NDVI đa thời gian tính từ ảnh MODIS

vực Tây Nguyên hoặc trên địa bàn các tỉnh sử dụng dữ liệu MODIS - NDVI là hoàn toàn khả thi. Trước đây, một số địa phương như Kon Tum đã từng xảy ra dịch sâu róm tấn công các khu rừng thông ở địa phương và đã gây thiệt hại đáng kể, nếu xây dựng được hệ thống cảnh báo phát hiện sớm dịch sâu róm hoặc sâu bệnh khác nhờ sử dụng chuỗi giá trị NDVI thì sẽ giúp cho các chủ rừng và các nhà quản lý sớm có biện pháp khoanh vùng và xử lý.

Nhiệt độ bề mặt lớp phủ

Ngoài các yếu tố ảnh hưởng đến sự phát triển rừng như tổng lượng mưa, lượng nhiệt mặt trời hàng năm có thể thu thập được qua số liệu thống kê, các thông số về nhiệt độ bề mặt - LST (Land Surface Temperature) hay chỉ số khô hạn hoàn toàn có thể tính được từ ảnh vệ tinh phục vụ công tác đánh giá sinh trưởng rừng. Trong đó, chỉ số mức độ khô hạn liên quan mật thiết tới nhiệt độ bề mặt đất, độ che phủ thực vật, độ ẩm đất và mức độ bốc hơi bề mặt. LST có mối liên hệ chặt chẽ với các quá trình biến đổi của môi trường đất, đồng thời cũng phản ánh sự thay đổi của thực vật. Trong điều kiện khô hạn, nhiệt độ lá cây tăng cao là một chỉ số phản ánh sự thiếu nước của thực vật (Mcvicar T.R. và Jupp D.L.B, 1998). Để tính toán LST ở tỷ lệ nhỏ, có thể dùng sản phẩm MOD11A2

của ảnh MODIS. Đây là ảnh nhiệt tính trung bình cho 8 ngày, được tính toán từ kênh hồng ngoại nhiệt của ảnh MODIS với độ phân giải 1 km. Việc tính toán này dựa trên một cơ sở dữ liệu về các loại vật liệu với độ phát xạ nhiệt đã được biết trước. Ảnh nhiệt MOD11A2 đã được kiểm nghiệm với độ chính xác 1°K trong điều kiện trời quang mây (Wan, 1999). Bên cạnh đó, các chỉ số kỹ thuật đối với phát xạ bề mặt đất thu nhận từ dữ liệu MODIS là 0,02 cho kênh 29, 31 và 32, và 0,05 cho kênh 20, 22 và 23. Sau khi hiệu chỉnh dữ liệu của MODIS được kiểm chứng bởi các phép đo thực địa, nó có thể đạt tới độ chính xác cỡ 0,5°K đối với các bề mặt đồng nhất trong điều kiện không khí khô.

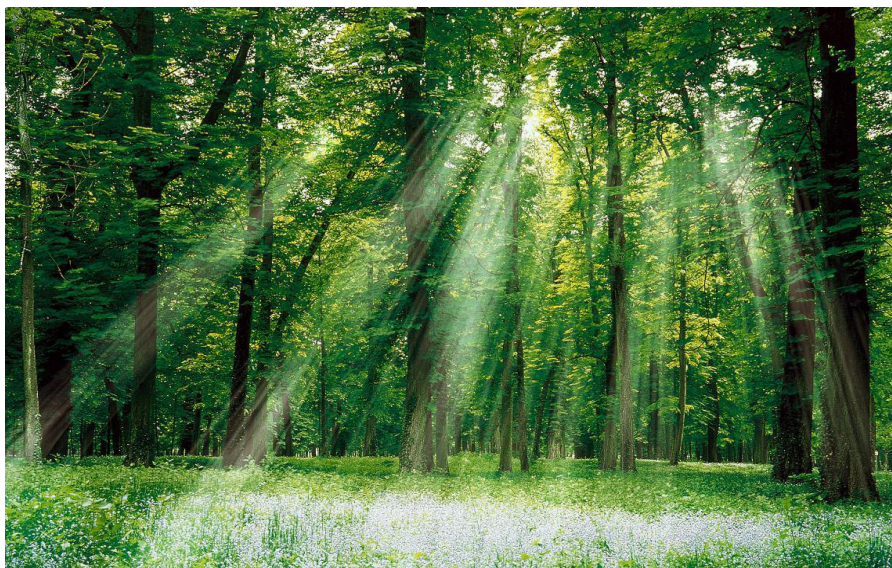
Để đánh giá mức độ sinh trưởng của thực vật trong mối tương quan với nhiệt độ bề mặt có thể sử dụng chỉ số nhiệt thực vật VTCL (Vegetation Temperature Condition Index) được phát triển bởi Wan và cộng sự (2004). VTCL là tỷ số về sự chênh lệch nhiệt độ giữa các pixel có cùng một chỉ số NDVI. Giá trị của VTCL chạy từ 0 đến 1, chỉ số này càng thấp thì khả năng xảy ra khô hạn càng cao.

Chỉ số bốc hơi nước

Trong nghiên cứu của Venturini và cộng sự, mức độ bốc hơi nước bề

mặt - Evapotranspiration (ET) không thể ước tính trực tiếp từ dữ liệu viễn thám được, nhưng hệ số bốc hơi - EF (Evaporative Fraction) có thể ước tính được và cho kết quả khá tốt (Venturini et al, 2004). EF được tính toán theo công thức: $EF = LE / (R_n - G)$, trong đó LE là dòng nhiệt ngấm; R_n là mạng bức xạ và G là dòng nhiệt mặt đất. Chỉ số EF này có thể tính được từ dữ liệu ảnh AVHRR và MODIS. EF là một trong những đầu vào dùng để tính toán ET. Năm 2007, Cleugh và cộng sự đề xuất hai mô hình trong nghiên cứu ước tính ET bề mặt sử dụng dữ liệu đầu vào là MODIS tổ hợp 16 ngày và dữ liệu khí tượng bề mặt. Mô hình thứ nhất là cân bằng năng lượng khí động lực học mặt đất, mô hình thứ hai sử dụng phương trình P-M (Penman-Monteith) với chỉ số diện tích lá - LAI được tính toán từ dữ liệu viễn thám. Mô hình dùng phương trình P-M tỏ ra hiệu quả hơn khi sử dụng mô hình dựa trên nhiệt độ bề mặt. Phương trình P-M được sử dụng để thử nghiệm ước tính ET theo tháng cho khu vực nghiên cứu là Australia từ năm 2001 đến năm 2004. Nhóm nghiên cứu của Cleugh đề xuất có thể sử dụng phương pháp này để giám sát ET theo các thời gian từng tuần đến tháng ở phạm vi khu vực và châu lục. Jang và cộng sự đã đưa ra mô hình tính toán ET hàng ngày với độ phân giải không gian là 1 km được tính từ tổng hai thành phần ET từ đất và ET từ thực vật (Jang et al, 2010). Trong khi đó, thuật toán hiệu chỉnh từ phương trình P-M được tác giả Mu và cộng sự áp dụng trong một nghiên cứu khác (Mu et al, 2007). Trong trường hợp thứ nhất, nhóm tác giả đưa ra mô hình tính ET độc lập trong điều kiện ảnh MODIS không mây với các đầu vào như hiện trạng lớp phủ và dữ liệu khí quyển được chiết tách từ dữ liệu MODIS. Trường hợp thứ hai sử dụng dữ liệu MODIS và MM5 của hệ thống FDDA để ước tính ET trong điều kiện ngày có mây. Cả hai trường hợp này đều khả thi và có thể ứng dụng trong giám sát ET hàng ngày.

Trong nghiên cứu này, dữ liệu MODIS và khí tượng toàn cầu được



Rừng Tây Nguyên

sử dụng, độ phân giải là 1 km và tổ hợp 8 ngày, tháng và năm. Mô hình nghiên cứu trên được cải thiện từ mô hình của Mu và cộng sự năm 2007 và 2009: đơn giản hóa việc tính toán VCF (Vegetation Cover Fraction); tính toán ET dựa trên các hợp phần ngày và đêm; tính toán thêm dòng nhiệt mặt đất; cải thiện việc ước tính độ dẫn khí khổng (stomatal conductance), sức kháng khí động học và lớp ranh giới sức kháng; tách riêng vùng khô từ vùng ẩm ướt; phân ra các bề mặt dựa trên bề mặt ẩm ướt bão hòa. Nhóm tác giả đã hiệu chỉnh thuật toán tính toán ET trong nghiên cứu này ở cả phạm vi khu vực và toàn cầu và đưa ra cái nhìn tổng quan về các vòng tuần hoàn năng lượng, nước và các biến động môi trường.

Kết luận

Ảnh vệ tinh MODIS cho thấy những ưu việt đáng kể sử dụng trong công tác giám sát rừng Tây Nguyên. Tuy có độ phân giải không gian ở mức trung bình nhưng ảnh vệ tinh này lại có ưu thế lớn về số lượng kênh phổ, tần suất chụp ảnh lặp lại và độ trùm phủ lớn. Tư liệu ảnh MODIS có thể được download miễn phí trên một số trang web chia sẻ dữ liệu. Tuy nhiên, các mô hình cũng chỉ ra rằng, việc sử

dụng ảnh MODIS trung bình 8 ngày, 16 ngày là phù hợp hơn trong nghiên cứu và tính toán các chỉ số bề mặt từ ảnh. Kết hợp các chỉ số thực vật với nhau một cách hợp lý, hiệu quả sẽ cho phép xây dựng được bản đồ lớp phủ rừng và biến động lớp phủ rừng cho toàn khu vực Tây Nguyên. Hơn thế nữa, các thông số môi trường rừng như chỉ số thực vật, tầng trưởng thực vật, nhiệt độ bề mặt, độ ẩm đất, lượng bốc hơi được tính toán và cập nhật liên tục cho toàn khu vực có thể là nguồn thông tin bổ trợ cho những nghiên cứu, giám sát rừng khác như dự báo cháy, phát hiện sâu bệnh, hay phát hiện sớm mất rừng, suy thoái rừng.

Ứng dụng công nghệ viễn thám trong theo dõi lớp phủ rừng đã được nghiên cứu trên thế giới từ nhiều năm nay. Với sự xuất hiện ngày càng nhiều của các hệ thống vệ tinh quan sát trái đất, việc kết hợp nhiều loại ảnh vệ tinh đa độ phân giải trong nghiên cứu theo dõi lớp phủ rừng cũng đã và đang được tiến hành. Đặc biệt, kết hợp tư liệu ảnh vệ tinh MODIS với các loại ảnh vệ tinh khác có độ phân giải cao hơn như Landsat, SPOT, hay VNREDSAT của Việt Nam sẽ giúp cải thiện đáng kể chất lượng phân loại rừng và cung cấp các thông tin cho

việc theo dõi, giám sát, đánh giá biến động lớp phủ thực vật rừng trên quy mô lớn ■

Tài liệu tham khảo

1. Cleugh H.A., Leuning R., Mu Q., Running S.W., "Regional evaporation estimates from flux tower and MODIS satellite data". Remote Sensing of Environment, vol 106, p.285-304, 2007.
2. Gillespie A., Rokugawa S., Matsunaga T., Cothren J.S., Hook S. and Kahle A.B., "A temperature and emissivity separation algorithm for Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) images". IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, No. 36, p.1113-1126, 1998.
3. Hoàng Việt Anh, Meredith Williams, David Manning, "Ứng dụng chỉ số nhiệt thực vật cho việc đánh giá sa mạc hóa vùng bờ biển Việt Nam". Tạp chí Khoa học Đất, số 26, p.143-149, 2007.
4. Jang K., Kang S., Kim J., Lee C.B., Kim T., Kim J., Hirata R., Saigusa N., "Mapping evapotranspiration using MODIS and MM5 Four-Dimensional Data Assimilation". Remote Sensing of Environment vol 114, p.657-673. 2010.
5. J.U. Jepsen, S.B. Hagen, K.A. Høgdal, R.A. Ims, S.R. Karlsson, H. Tømmervik, N.G. Yoccoz, "Monitoring the spatio-temporal dynamics of geometrid moth outbreaks in birch forest using MODIS-NDVI data", 2009.
6. Mcvicar T.R., JUPP D.L.B., "The current and potential operational use of remote sensing to aid decisions on drought exceptional circumstances in Australia: a review". Agricultural Systems, vol 57, p.399-468, 1998.
7. Mu Q., F.A. Heinsch, M. Zhao and S.W. Running, "Development of a global evapotranspiration algorithm based on MODIS and global meteorology data". Remote Sensing of Environment, vol 111, p.519-536, 2007.
8. Mu Q., Jones L.A., Kimball J.S., McDonald K.C., Running S.W., Satellite assessment of land surface evapotranspiration for the pan-Arctic domain. Water resources research, Vol 45, W09420. 2009.
9. Mu Q., M. Zhao, S.W. Running, Improvements to a MODIS Global Terrestrial Evapotranspiration Algorithm. Remote Sensing of Environment, 115 (2011) 1781-1800. 2011.
10. Venturini V., Bisht G., Islam S., Jiang L., "Comparison of evaporative fractions estimated from AVHRR and MODIS sensors over South Florida". Remote Sensing of Environment, vol 93, p.77-86, 2004.
11. Wan Z., "MODIS Land-Surface Temperature Algorithm Theoretical Basis Document", Institute for Computational Earth System Science. University of California, Santa Barbara, 1999.
12. Wan Z., Wang P. and L. X., "Using MODIS Land surface temperature and Normalized Difference Vegetation index products for monitoring drought in the southern Great Plains", USA. International Journal of remote sensing, vol 25, p.61-72, 2004.