

ỨNG DỤNG ẢNH VỆ TINH MODIS TRONG TÍNH TOÁN NHIỆT ĐỘ LỚP PHỦ BỀ MẶT

TS. Dương Văn Khâm, KS. Chu Minh Thu, CN. Đỗ Thanh Tùng
Phòng Nghiên cứu Viễn thám và Hệ thống thông tin địa lý
Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường

Tính toán nhiệt độ lớp phủ bề mặt (LST) là một trong những ứng dụng của ảnh vệ tinh MODIS, dựa trên cơ sở sự phát xạ của các đối tượng bề mặt (đất đai, nhà cửa, thảm thực vật...) trên băng nhiệt hồng ngoại. Trong quá trình tính toán LST bài viết sử dụng thuật toán chia cửa sổ tổng quát, đây là thuật toán được xây dựng để hiệu chỉnh ảnh hưởng của các nhân tố lớp phủ và khí quyển đến giá trị phát xạ của bề mặt. Những kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy: hoàn toàn có khả năng ứng dụng tư liệu ảnh MODIS trong việc theo dõi diễn biến của trường nhiệt độ bề mặt, làm cơ sở dữ liệu cho các mô hình dự báo khí tượng thủy văn, khí tượng nông nghiệp...

1. Giới thiệu chung

Với 11 kênh đo phản xạ và 15 kênh đo phát xạ, đầu thu MODIS trên vệ tinh quan trắc Trái đất TERRA và AQUA cung cấp những hình ảnh mới về Trái đất ở giải phổ hồng ngoại. Với chu kỳ bay chụp ngắn (4 ảnh ngày) độ trùm phủ không gian rộng (2230km) tư liệu MODIS có thể được cập nhật thường xuyên rất thuận lợi cho việc theo dõi, quản lý môi trường và tài nguyên, theo dõi diễn biến trạng thái lớp phủ.

Việc thu nhận dữ liệu của thiết bị MODIS có thể bị ảnh hưởng do lỗi hệ thống và nhiễu tín hiệu. Do đó, những ảnh hưởng này cần được xem xét trước

khi đánh giá độ chính xác định chuẩn và sử dụng dữ liệu hồng ngoại nhiệt MODIS (Guenther và nnk., 1998). Wan (2002) đã đánh giá nhiều và sai số hệ thống MODIS hồng ngoại nhiệt lúc ban đầu và kết luận rằng sai số hệ thống là nhỏ đối với kênh 31 và 32. Với nghiên cứu này, có thể sử dụng kênh 31 và 32 của MODIS để thu được LST với kết quả chấp nhận được.

2. Mô tả thuật toán

Để tính toán nhiệt độ bề mặt lớp phủ khu vực Việt Nam, chúng tôi sử dụng 3 thuật toán LST (thuật toán theo cấu trúc Becker và Li - LST1, thuật toán bậc 2 - LST2 và thuật toán tuyến tính - LST3) [7]

$$LST1 = (a_1 + a_2 W) + \left[a_3 + a_4 W + (a_5 + a_6 W) \frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon} + (a_7 + a_8 W) \frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2} \right] \frac{T_{31} + T_{32}}{2} + \left[a_9 + a_{10} W + (a_{11} + a_{12} W) \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} + (a_{13} + a_{14} W) \frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2} \right] \frac{T_{31} - T_{32}}{2} \quad (1)$$

$$LST2 = T_{31} + a_1 + a_2(T_{31} - T_{32}) + a_3(T_{31} - T_{32})^2 + (a_4 + a_5 W)(1 - \varepsilon) + (a_6 + a_7 W)\Delta\varepsilon \quad (2)$$

$$LST3 = T_{31} + (a_1 + a_2 W)(T_{31} - T_{32}) + a_3 + a_4 W + (a_5 + a_6 W)(1 - \varepsilon) + (a_7 + a_8 W)\Delta\varepsilon \quad (3)$$

Trong đó: T31, T32 - nhiệt độ phát sáng kênh 31, 32; W - hàm lượng hơi nước trong khí quyển; $\varepsilon = (\varepsilon_{31} + \varepsilon_{32})/2$ - giá trị trung bình hệ số phát xạ của kênh 31 và 32; $\Delta\varepsilon = (\varepsilon_{31} - \varepsilon_{32})$ là sai phân hệ số phát xạ phổ; ai là hệ số chia cửa sổ khí quyển

a. Nhiệt độ bức xạ tại đầu thu MODIS

Nhiệt độ bức xạ tại đầu thu MODIS cho kênh 31 và 32 được tính theo công thức Plank:

$$T_i(R_i) = \frac{C_2 V_i}{\ln\left(\frac{C_1 V_i^3}{R_i} + 1\right)} \quad (4)$$

Trong đó: $T_i(R_i)$ - nhiệt độ bức xạ tính theo độ Kelvin cho từng pixel của kênh i; $C_1 = 1.1911 \times 10^{-5} \text{ mWm}^{-2}\text{sr}^{-1}\text{cm}^4$; $C_2 = 1.438833 \text{ cm}^2\text{K}$; V_i - giá trị bước sóng trung tâm cho kênh i; R_i - bức xạ phổ đã được hiệu chỉnh cho từng pixel của kênh i.

b. Hàm lượng hơi nước từ MODIS

Hàm lượng hơi nước được tính dựa trên tỷ số của các kênh cận hồng ngoại có bước sóng trung tâm: $0.905 \mu\text{m}$, $0.936 \mu\text{m}$, $0.94 \mu\text{m}$ với kênh cửa sổ khí quyển ở bước sóng $0.865 \mu\text{m}$ (xem chi tiết phương pháp tính hàm lượng hơi nước từ dữ liệu MODIS trong [3]).

c. Hệ số phát xạ

Trước khi thu được sản phẩm LST thì việc cần thiết là phải đánh giá độ phát xạ bề mặt. Áp dụng phương pháp ngưỡng NDVI (Sobrino và nnk 2001), được sử dụng cho NOAA-AVHRR, đã được điều chỉnh cho ảnh MODIS và trong trường hợp này NDVI thu được từ MODIS kênh 1 ($\lambda = 0.645$) và kênh 2 ($\lambda = 0.859$). Việc áp dụng phương pháp ngưỡng mang lại đặc điểm của mặt đất hiện có trong điểm ảnh theo thứ tự sau:

1) Hệ số phát xạ thu được do sự không đồng nhất trong một điểm ảnh

Thông thường, trong trường hợp bề mặt của một điểm ảnh không đồng nhất sẽ tương ứng với giá trị điểm ảnh từ 0.2 đến 0.5. Giá trị trung bình và hiệu phổ phản xạ cho các điểm ảnh pha trộn này thu được từ MODIS kênh 31 và 32 qua phương trình:

$$\varepsilon = 0.971 + 0.018 P_v \quad (5)$$

$$\Delta\varepsilon = 0.006(1 - P_v) \quad (6)$$

Ở đây P_v là sự hấp thụ thực vật tầng phân thu được theo Carlson và Ripley 1997 bằng phương trình (7):

$$P_v = \frac{(NDVI - NDVI_{\min})^2}{(NDVI_{\max} - NDVI_{\min})^2} \quad (7)$$

Trong đó, theo nghiên cứu của Sobrino và các cộng tác viên, giá trị $NDVI_{\min} = 0.2$ và $NDVI_{\max} = 0.5$ [6].

2) Hệ số phát xạ thu được từ điểm ảnh bao phủ bởi thực vật

Điểm ảnh mang giá trị NDVI lớn hơn 0.5 được coi như là bao phủ dày đặc bởi thực vật $P_v = 1$. Do đó giá trị trung bình ảnh hưởng phát xạ được viết:

$$\varepsilon = 0.985 + d\varepsilon \quad \text{với } d\varepsilon = 0.005 \quad (8)$$

$$\Delta\varepsilon = 0.001$$

3. Hệ số phát xạ thu được từ điểm ảnh là đất trống

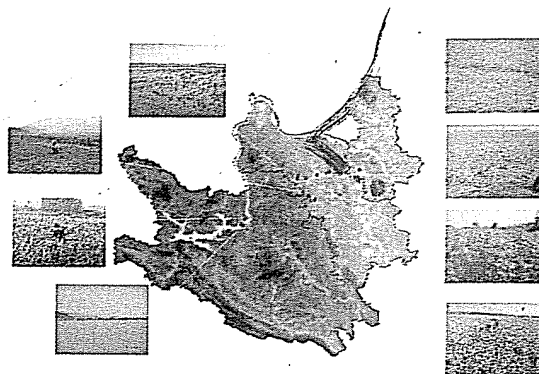
Giá trị điểm ảnh nhỏ hơn 0.2 được coi như đất trống hoặc với thực vật rất thưa thớt $P_v = 0$. Và được tính theo công thức:

$$\varepsilon = 0.9832 - 0.058 \rho_1 \quad (9)$$

$$\Delta\varepsilon = 0.0018 - 0.06 \rho_1 \quad (10)$$

3. Dữ liệu MODIS và kết quả tính toán

a. Dữ liệu tính toán



Hình 1. Vị trí các điểm đo đạc thực địa

Dữ liệu MODIS được sử dụng trong bài báo gồm

11 cảnh trong năm 2005 (so sánh với số liệu thực đo tại trạm khí tượng) và 11 cảnh trong năm 2007 (so sánh với số liệu đo đạc thực địa). Dữ liệu MODIS sau khi được thu nhận sẽ tiến hành các bước tiền xử lý ảnh theo phương pháp của Prasad và các cộng sự [7].

b. Kết quả tính toán LST

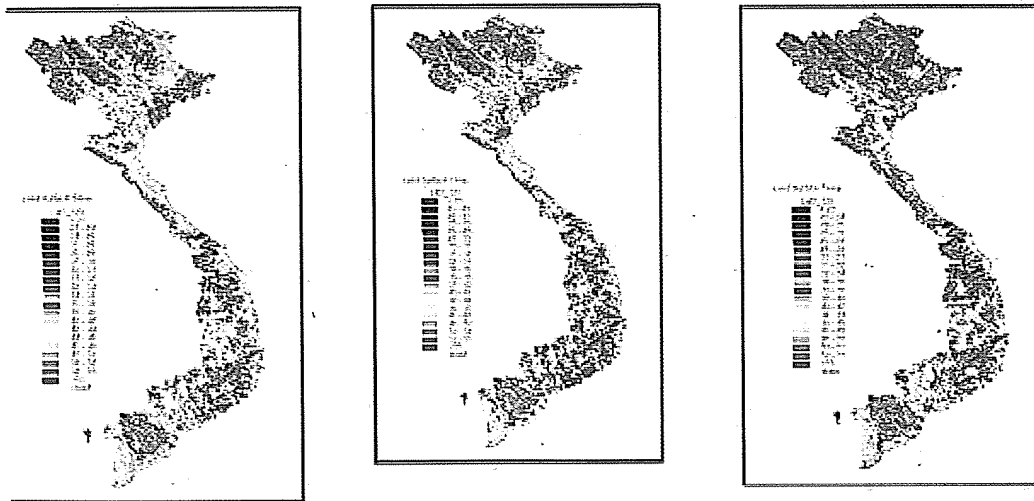
1) So sánh với số liệu thực đo tại trạm khí tượng

Sự phân bố nhiệt độ bề mặt theo 3 thuật toán rất đồng đều (hình 2 và hình 3). So sánh 2 hình ta thấy, nhiệt độ bề mặt phân bố tuân theo quy luật rõ nét: nhìn chung cả nước, nhiệt độ bề mặt mùa đông (ảnh ngày 09/3/2005) thấp hơn nhiệt độ bề mặt mùa hè (ảnh ngày 30/4/2005); đối với ảnh ngày 09/3/2005 nhiệt độ bề mặt thấp ở miền Bắc và cao ở khu vực phía nam phù hợp với điều kiện nước ta khi đó chịu ảnh hưởng của khối không khí lạnh ở phía Bắc; nhiệt độ bề mặt cao thường ở khu vực Nam Trung

bộ và Tây Nguyên.

Nhiệt độ bề mặt tính theo thuật toán bậc hai cho giá trị thiên cao ở vùng nhiệt độ cao và thiên thấp ở vùng nhiệt độ thấp so với hai thuật toán còn lại; thuật toán bậc nhất cho giá trị nhiệt độ bề mặt tính toán thiên thấp hơn so với thuật toán cấu trúc của Becker và Li.

Nhiệt độ bề mặt thu từ ảnh MODIS theo cả 3 thuật toán đều cho giá trị thấp hơn nhiệt độ thực đo tại các trạm. Sự sai khác này do nhiều nguyên nhân: do thời điểm thu ảnh không trùng với thời điểm quan trắc, do ảnh hưởng của mây đến kết quả tính toán, nhưng chủ yếu là do giá trị nhiệt độ bề mặt tính từ ảnh MODIS là giá trị trung bình cho 1 pixel ảnh có diện tích 1 km² và có tính đến ảnh hưởng của thảm phủ thực vật trong khi nhiệt độ thực đo là giá trị đo được trên bãi đất trống không đại biểu cho vùng đó.



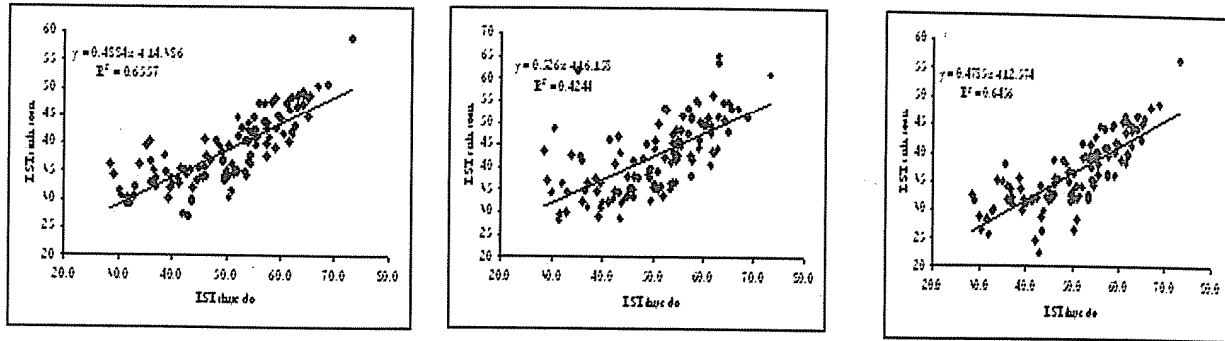
a) Thuật toán Becker và Li

b) Thuật toán bậc 2

c) Thuật toán tuyến tính

Hình 2. Nhiệt độ bề mặt LST theo 3 thuật toán (13h05 ngày 30/4/2005)

So sánh 3 kết quả tính toán cho 3 thuật toán với số liệu thực đo nhận thấy, thuật toán bậc 2 cho quan hệ kèm nhất với hệ số tương quan $R = 0.65$; hai thuật toán còn lại cho hệ số tương quan cao ($R = 0.81$ và 0.80), trong đó thuật toán cấu trúc của Becker và Li cho hệ số tương quan cao hơn, bằng 0.81 (xem hình 4)



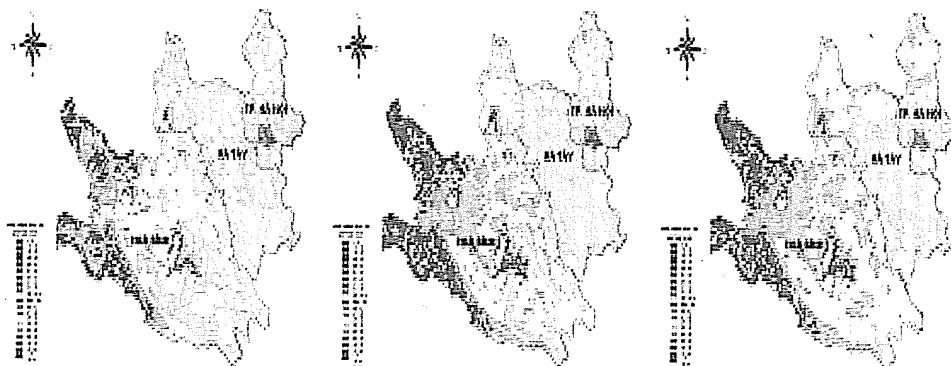
a) Thuật toán Becker và Li b)) Thuật toán bậc 2 c) Thuật toán tuyến tính
Hình 4. Quan hệ giữa LST thực đo và LST tính toán theo 3 thuật toán

b. So sánh với số liệu thực địa

So sánh kết quả tính toán LST trên hình 5 cho thấy: xét về mặt định tính các thuật toán cho kết quả khá đồng đều, phân bố nhiệt độ tuân thủ theo các quy luật nhiệt độ giảm dần theo độ cao... Khu dân cư cho nhiệt độ bề mặt cao hơn so với các điểm còn lại, có thể xác định rõ trên hình khu vực đô thị của Hà Nội là vùng có màu đỏ sẫm (hình 5); khu vực tỉnh Hoà Bình có nhiệt độ thấp hơn do nằm ở độ cao, đồng thời có lớp phủ dày hơn ở các khu vực Hà Tây, Hà Nội. Giá trị LST tính toán tại các điểm thực đo theo 3 thuật toán cho thấy thuật toán cấu trúc của Becker và Li cho kết quả tốt nhất với sai số quân phương nhỏ nhất ($=1,300$ C). Các điểm đo có diện tích bề mặt đồng nhất lớn như bãi cỏ hoặc khu dân cư cho sai số tính toán nhỏ (<10 C), những vị trí cho

sai số lớn (~ 20 C) thường rơi vào những điểm đo có độ ẩm cao như gốc dạ ướt, mặt nước, mặt ruộng ướt..., ở vị trí này giá trị nhiệt độ tính toán thường cao hơn giá trị thực đo, điều này có thể do các điểm thực địa như ruộng đất ẩm, mặt nước có diện tích nhỏ, giá trị đo được chỉ mang tính chất cục bộ không đại biểu như 1 pixel ảnh, trong khi giá trị tính toán được là nhiệt độ trung bình cho 1 pixel có kích thước $1\text{km} \times 1\text{km}$.

Như vậy sử dụng cả hai số liệu (số liệu tại các trạm quan trắc bề mặt và số liệu tại các điểm đo đặc khảo sát) để so sánh đều cho thấy thuật toán cấu trúc của Becker và Li cho kết quả chính xác nhất, do đó hoàn toàn có khả năng tin tưởng trong việc sử dụng thuật toán cấu trúc của Becker và Li trong tính toán nhiệt độ lớp phủ bề mặt LST.



a) Thuật toán Becker và Li b) Thuật toán bậc 2 c) Thuật toán tuyến tính
Hình 5. Nhiệt độ bề mặt LST theo 3 thuật toán (10h25 ngày 25/10/2007)

4. Kết luận

Tính toán giá trị nhiệt độ lớp phủ bề mặt từ MODIS với độ phân giải cao, rất hữu ích trong việc bổ sung các số liệu cho các mô hình dự báo khí tượng, khí hậu, biến đổi khí hậu.

Các kết quả tính toán LST từ ảnh MODIS sẽ hỗ trợ đắc lực trong các mô hình giám sát và phòng

chống thiên tai như: hạn hán, cháy rừng....

Việc lựa chọn các thuật toán LST đang được sử dụng rộng rãi trên thế giới vào tính toán trường nhiệt độ bề mặt ở khu vực Việt Nam cho kết quả khá chính xác, đảm bảo độ tin cậy trong việc tính toán và ứng dụng vào nghiệp vụ.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Xuân Đạo, Cơ sở viễn thám, Trung tâm viễn thám (Geomatic), 1994.
2. Nguyễn Ngọc Thạch, Viễn thám trong nghiên cứu tài nguyên môi trường, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1997.
3. Zhengming Wan, MODIS Land-Surface Temperature algorithm theoretical basis document, Institute for computational Earth system Science university of California, Santa Barbara, April 1999.
4. C. J. Tucker et. al., Satellite remote sensing of total herbaceous biomass production in the Sahel, Remote sensing of Environment, 1985.
5. José A. Sobrino et. al., Land surface emissivity retrieval from different VNIR and TIR sensors, IEEE transactions on geoscience and remote sensing, 2007.
6. Prasad S. Thenkabaila, Mitchell Schull, Hugh Turrall, Ganges and Indus river basin land use/land cover (LULC) and irrigated area mapping using continuous streams of MODIS data, Remote sensing of environment 95 (2005) 317-341.
7. Vương Vũ Minh, Kỹ thuật viễn thám và ứng dụng, Nhà xuất bản giao thông nhân dân, Bắc Kinh 1990 (nguyên bản tiếng Trung Quốc)