

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH FLAASH HIỆU CHỈNH ẢNH HƯỞNG CỦA KHÍ QUYỂN ẢNH VỆ TINH LANDSAT

Hoàng Anh Huy¹

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu cơ sở khoa học và kết quả phương pháp hiệu chỉnh ảnh hưởng của khí quyển cho ảnh vệ tinh LANDSAT 8 OLI. Với ưu điểm là khả năng hiệu chỉnh ảnh hưởng của tán xạ và hấp thụ của sóng điện từ trong quá trình truyền qua tầng khí quyển nên mô hình FLAASH được lựa chọn để sử dụng trong nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu cho thấy: (i) Ảnh sau hiệu chỉnh có hệ số phản xạ cao hơn so với ảnh trước hiệu chỉnh; (ii) đường cong phản xạ phổ thực nghiệm (của thực vật và nước) của ảnh sau hiệu chỉnh tuân theo xu hướng của đường cong phản xạ phổ lý thuyết. Từ kết quả nghiên cứu có thể kết luận, ứng dụng mô hình FLAASH hiệu chỉnh một cách hiệu quả ảnh hưởng của khí quyển cho ảnh vệ tinh LANDSAT 8 OLI.

Từ khóa: Hiệu chỉnh khí quyển, mô hình FLAASH, ảnh LANDSAT 8 OLI.

Ban Biên tập nhận bài: 15/6/2017

Ngày phản biện xong: 12/7/2017

1. Đặt vấn đề

Trong quá trình thu nhận ảnh vệ tinh, năng lượng bức xạ điện từ bị suy giảm do tán xạ ánh sáng bởi sol khí (như cát, bụi, khói, và CO₂...) và hấp thụ bởi hơi nước trong quá trình truyền qua tầng khí quyển [1, 2], do đó việc hiệu chỉnh ảnh hưởng đối với ảnh vệ tinh quang học là điều cần thiết để đảm bảo chất lượng các ứng dụng thực tế.

Nhiều công trình đã tập trung nghiên cứu phương pháp hiệu chỉnh ảnh hưởng của khí quyển đối với ảnh vệ tinh quang học nói chung và ảnh vệ tinh LANDSAT nói riêng [2, 7]. Tất cả các phương pháp này có thể phân thành các nhóm: (i) Phương pháp dựa vào đối tượng bất biến; (ii) phương pháp làm phù hợp biểu đồ tần suất; phương pháp trừ đối tượng tối; (iii) phương pháp làm giảm độ tương phản và hàm truyền bức xạ. Phương pháp đối tượng bất biến (*Invariant-object method*) dựa trên cơ sở sự bền vững (bất biến) về giá trị phản xạ của một số đối tượng trên một (vài) cảnh ảnh thiết lập mối quan hệ tuyến tính giữa các kênh ảnh để chuẩn hóa các cảnh ảnh được thu nhận ở các thời điểm khác nhau [7]. Ưu điểm của phương pháp này là đơn giản và trực tiếp, tuy nhiên đây chỉ là phương pháp hiệu chỉnh tương đối. Nhược điểm chính của

¹Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội
Email: hahuy@hunre.edu.vn

phương pháp này là khó hiệu chỉnh ảnh hưởng của tán xạ sol khí không đồng nhất 9. Chavez đề xuất phương pháp trừ đối tượng tối - DOS (*Dark-Object Subtraction Methods*) sử dụng để hiệu chỉnh ảnh vệ tinh Landsat ETM+/TM3. Nguyên lý cơ bản của phương pháp này là dựa vào các đối tượng tối (*Dark-Object*) mà giá trị phản xạ sóng điện từ của chúng gần như bằng không trên một cảnh ảnh như thảm thực vật dày đặc tại bước sóng khoảng 2,1 μm (*tương ứng với kênh 7 của Landsat ETM+/TM*) hay sự phản xạ sóng điện từ của những vùng nước sâu tại bước sóng cận hồng ngoại và hồng ngoại bước sóng ngắn [3, 4]. DOS là phương pháp đã được sử dụng phổ biến trong nhiều nghiên cứu [12, 15]. Đây là phương pháp có cơ sở lý luận đơn giản, tuy nhiên nhược điểm chủ yếu của DOS là khó tìm đối tượng tối (như thảm thực vật dày đặc và nước sâu) trên cảnh ảnh 9. Hiện nay, với ưu điểm vượt trội là hiệu chỉnh ảnh hưởng của tán xạ và hấp thụ của khí quyển nên phương pháp dựa vào hàm truyền bức xạ đã được ứng dụng đã và đang được ứng dụng ngày nhiều trong các nghiên cứu [5]. Các phương pháp này có thể kể đến như mô hình 6S (*Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum*), MODTRAN4 (*MODerate resolution TRANsmiission code*), ATREM (*Atmospheric REMoval*), ACORN (*Atmospheric CORrection Now*) và FLAASH (*Fast*

Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes) [2, 14]. Đặc biệt là mô hình FLAASH được phát triển thành công từ mô hình MODTRAN4 và đã được ứng dụng rộng rãi trong các nghiên cứu gần đây [5]. Xuất phát từ lý do trên, bài báo giới thiệu cơ sở lý thuyết và kết quả ứng dụng mô hình FLAASH để hiệu chỉnh ảnh hưởng của khí quyển cho ảnh vệ tinh LANDSAT.

2. Phương pháp nghiên cứu và số liệu sử dụng

2.1. Số liệu sử dụng

Để hiệu chỉnh ảnh hưởng của khí quyển đối với sai số về bức xạ, ảnh vệ tinh LANDSAT 8 OLI độ phân giải không gian 30 m có Path/Row 127/45 khu vực huyện Đông Anh thu thập từ trang Web của Cục Điều tra Địa chất Hoa Kỳ (USGS) [6] được lựa chọn để tiến hành thực nghiệm. Ảnh vệ tinh LANDSAT thu nhận ngày 01 tháng 6 năm 2016 vào hồi 10 giờ 23 phút 04 giây (giờ Việt Nam). Ảnh đã được xử lý ở mức L1T: được hiệu chỉnh bức xạ do ảnh hưởng của sai số hệ thống; sử dụng 267 điểm khống chế mặt đất và dữ liệu mô hình số độ cao DEM để hiệu chỉnh hình học.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Mô hình FLAASH

Trong quá trình thu nhận ảnh vệ tinh, năng lượng bức xạ điện từ bị suy giảm do tán xạ ánh sáng bởi sol khí (như cát, bụi, khói, và CO₂...) và hấp thụ bởi hơi nước trong quá trình truyền qua tầng khí quyển. Việc hiệu chỉnh ảnh hưởng của khí quyển để nâng cao chất lượng ảnh vệ tinh có thể được thực hiện bằng nhiều thuật toán như DOS, COST, ATCOR, 6S và FLAASH. Trong đó mô hình FLAASH (*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes*) dựa trên cơ sở của mô hình truyền bức xạ trong khí quyển nên hiệu chỉnh ảnh hưởng của cả tán xạ lẫn hấp thụ sóng điện từ. Trong mô hình FLAASH, giá trị bức xạ điện từ trên đỉnh khí quyển, L_a^* , được xác định theo công thức (1) [13, 14]:

$$L^* = \left(\frac{A\rho}{1-\rho_e S} \right) + \left(\frac{B\rho_e}{1-\rho_e S} \right) + L_a^* \quad (1)$$

Trong đó: ρ là giá trị phản xạ phổ trên bề mặt đất; ρ_e là giá trị phản xạ phổ trung bình của bản thân pixel và các pixel xung quanh; S là suất phản chiếu của khí quyển; L_a^* là giá trị bức xạ điện từ bị tán xạ trở lại bởi khí quyển và được thu nhận tại bộ cảm; A và B là các hệ số phụ thuộc vào điều kiện khí quyển và điều kiện hình học. Các giá trị A , B , S và L_a^* có thể được xác định nếu biết rõ mô hình khí quyển sử dụng MODTRAN4 [1, 2]. Khi đó, giá trị phản xạ phổ trung bình về không gian, ρ_e , được xác định theo công thức (2) [13]:

$$L_e = \left(\frac{(A+B)\rho_e}{1-\rho_e S} \right) + L_a^* \quad (2)$$

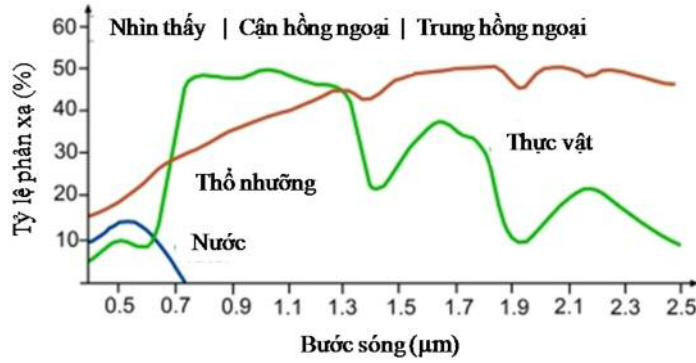
Mô hình FLAASH sử dụng phương pháp ước tính lượng sol khí từ các pixel tối trên cảnh ảnh. Đây là phương pháp do Kaufman đề xuất [13] dựa trên tỷ số phản xạ sóng điện từ của các pixel tại bước sóng 660 nm và 2100 nm.

2.2.2. Đánh giá độ chính xác

Trong nghiên cứu này, thực vật và thủy thể được lựa chọn để đánh giá độ chính xác hiệu chỉnh khí quyển cho ảnh vệ tinh LANDSAT bằng cách so sánh đường cong phản xạ phổ của thực vật, nước trước và sau khi hiệu chỉnh khí quyển bằng mô hình FLAASH.

Đối với thực vật: Trong dải sóng điện từ nhìn thấy, khả năng phản xạ phổ thấp ở bước sóng xanh lam (blue 0,45 μ m) cao ở bước sóng xanh lá cây (green 0,55 μ m), giảm xuống ở vùng sóng đỏ và tăng rất mạnh ở vùng sóng cận hồng ngoại (NIR). Đồng thời, thực vật có khả năng hấp thụ năng lượng điện từ mạnh nhất tại các bước sóng 1,4 μ m, 1,9 μ m và 2,7 μ m (Hình 1).

Đối với nước: Có khả năng phản xạ sóng điện từ khá cao ở dải sóng xanh lam (0,45 μ m), tăng mạnh ở dải sóng xanh lá cây (0,55 μ m) và bắt đầu giảm mạnh từ dải ánh sáng màu đỏ (0,65 μ m), đặc biệt hầu như không phản xạ năng lượng điện từ trong dải cận hồng ngoại (NIR).



Hình 1. Đặc trưng phản xạ phổ của thực vật và nước



Hình 2. Ảnh vệ tinh LANDSAT trước (a) và sau (b) hiệu chỉnh ảnh hưởng của khí quyển

3. Kết quả và thảo luận

Kết quả hiệu chỉnh ảnh hưởng của khí quyển đối với ảnh vệ tinh LANDSAT ứng dụng mô hình FLAASH được thể hiện trong hình 2. Về tổng thể có thể thấy, ảnh sau hiệu chỉnh có độ sáng cao hơn (các đối tượng có khả năng phản xạ sóng điện từ cao hơn).

Đối với thực vật: Ảnh sau hiệu chỉnh, đường cong phản xạ phổ của thực vật phản ánh chính xác hơn đặc trưng phản xạ phổ của thực vật so với ảnh trước hiệu chỉnh. Trong dải ánh sáng nhìn thấy, tại dải ánh sáng xanh lam, ảnh trước hiệu chỉnh có đặc trưng phản xạ phổ khá cao và bằng với khả năng phản xạ của thực vật ở bước sóng xanh lá cây và giảm ở dải ánh sáng màu đỏ. Điều này chưa chính xác. Nguyên nhân chính là do ảnh hưởng của khí quyển. Đối với ảnh sau hiệu chỉnh sử dụng mô hình FLAASH, đường cong phản xạ phổ thực nghiệm của thực vật đã tuân theo xu hướng của đường cong phản xạ lý thuyết (Hình 3), đặc biệt hệ số phản xạ sóng điện

từ tại bước sóng xanh lam thấp (0,05), tăng tại bước sóng (0,1), giảm tại bước sóng màu đỏ (0,05) và tăng mạnh tại bước sóng cận hồng ngoại (khoảng 0,7).

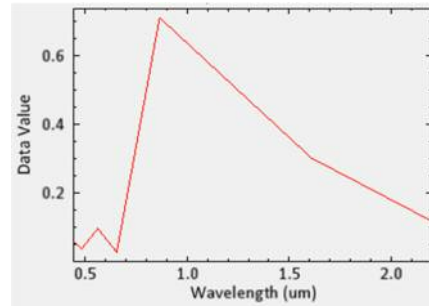
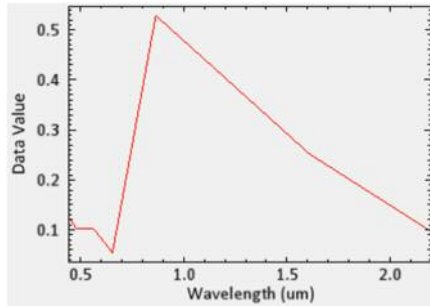
Đối với nước: Ảnh sau hiệu chỉnh có hệ số phản xạ cao hơn so với ảnh trước hiệu chỉnh, nước sông có hệ số phản xạ cao nhất 0,19 so với 0,3; nước ao, hồ có hệ số phản xạ cao nhất lần lượt tương ứng là 0,16 và 0,2. Do ảnh hưởng của khí quyển nên hệ số phản xạ sóng điện từ của nước ao, hồ trong dải sóng xanh lam (khoảng 0,145) gần như là tương đương tại dải sóng xanh lá cây (0,147) đối với ảnh chưa hiệu chỉnh khí quyển. Sau khi hiệu chỉnh thì đường cong phản xạ phổ thực nghiệm của nước ao hồ đã tuân theo xu hướng của đường cong lý thuyết: Hệ số phản xạ sóng điện từ tại dải xanh lam thấp (khoảng 0,16), tăng lên đỉnh tại dải xanh lá cây (gần 0,2) và giảm mạnh tại dải cận hồng ngoại (xấp xỉ 0) (Hình 3).

Thảm
phủ

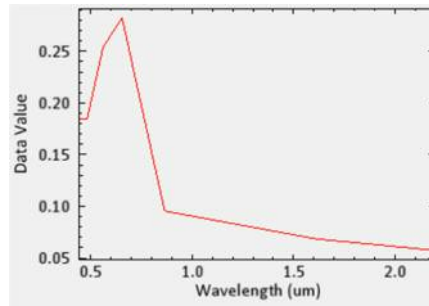
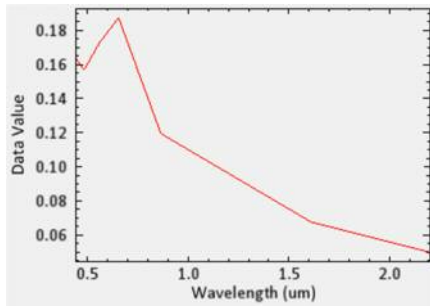
Ảnh trước hiệu chỉnh khí quyển

Ảnh sau hiệu chỉnh khí quyển

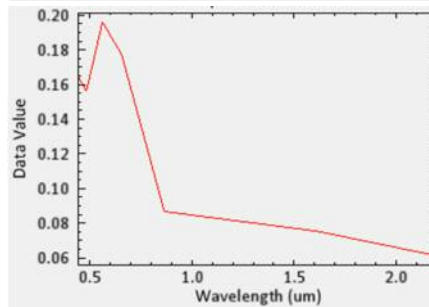
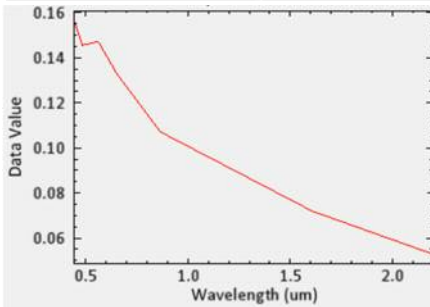
Thực
vật



Nước
sông



Nước
ao, hồ



(a)

(b)

Hình 3. Đường cong phản xạ phổ của thực vật và nước trước (a) và sau (b) hiệu chỉnh ảnh hưởng của khí quyển bằng mô hình FLAASH.

4. Kết luận

Nghiên cứu giới thiệu cơ sở lý thuyết và kết quả thực nghiệm phương pháp hiệu chỉnh ảnh hưởng của khí quyển cho ảnh vệ tinh LANDSAT 8 OLI. Kết quả nghiên cứu cho thấy: (i) Ảnh sau hiệu chỉnh có hệ số phản xạ cao hơn so với ảnh trước hiệu chỉnh; (ii) đường cong phản xạ phổ thực nghiệm (của thực vật và nước) của ảnh sau hiệu chỉnh tuân theo xu hướng của đường cong phản xạ phổ lý thuyết. Với ưu điểm vượt trội về khả năng hiệu chỉnh ảnh hưởng của tán xạ và hấp

thụ của sóng điện từ qua tầng khí quyển so với các phương pháp hiệu chỉnh dựa trên thông tin phổ trên ảnh (image-based methods như DOS, COST v.v...) nên mô hình FLAASH cho thấy tính hiệu quả trong việc làm suy giảm ảnh hưởng của khí quyển đối với sai số phổ của ảnh vệ tinh LANDSAT 8 OLI. Kết quả nghiên cứu của đề tài có thể làm cơ sở để nâng cao độ chính xác của các ứng dụng trong thực tế từ ảnh vệ tinh, đặc biệt là các nghiên cứu về khí quyển, khí hậu và thảm thực vật.

Tài liệu tham khảo

1. Adler-Golden, S.M.; Berk, A.; Bernstein, L.S.; Richtsmeier, S.C.; Acharya, P.K.; Matthew, M.W.; Anderson, G.P.; Allred, C.; Jeong, L.S.; Chetwynd, J.H (1998), *FLAASH, A MODTRAN4 Atmospheric Correction Package for Hyperspectral Data Retrievals and Simulations, Summaries of the Seventh Annual JPL Earth Science Workshop*, 1, 1998, 98.

2. Adler-Golden, S.M.; Matthew, M.W.; Bernstein, L.S.; Levine, R.Y.; Berk, A.; Richtsmeier, S.C.; Acharya, P.K. (1999), *Atmospheric Correction for Short-wave Spectral Imagery Based on MODTRAN4. SPIE Proceedings on Imaging Spectrometry*, 3753, 61.
3. Chavez, P. (1988), *An Improved Dark-Object Subtraction Technique for Atmospheric Scattering Correction of Multispectral Data. Remote Sensing of Environment*, 24, 459-479.
4. Chavez, P. (1996) *Image-based atmospheric corrections - Revisited and improved. Photogramm. Eng. Remote Sensing*, 62, 1025-1036.
5. Cooley, T. et al. (2002), *FLAASH, a MODTRAN4-based atmospheric correction algorithm, its application and validation. Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2002. IGARSS'02. 2002 IEEE International. Vol. 3. IEEE.*
6. Cục Điều tra Địa chất Hoa Kỳ (USGS) <https://www.usgs.gov/>.
7. Hall, F. G.; Strelbel, D. E.; Nickeson, J. E.; Goetz, S. J. (1991), *Radiometric rectification: Toward a common radiometric response among multirate, multisensor images. Remote Sens. Environ.*, 35, 11-27.
8. Houborg, R.; McCabe, M. F. (2017), *Impacts of dust aerosol and adjacency effects on the accuracy of Landsat 8 and RapidEye surface reflectances. Remote Sensing of Environment*, 194, 127-145.
9. Liang, S. L.; Fang, H.L.; Chen, M. Z. (2001), *Atmospheric Correction of Landsat ETM+ Land Surface Imagery-Part I: Methods. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 39, 11, 2490-2498.
10. Liang, S.; Fallah, A. H.; Kalluri, S.; Jaja, J.; Kaufman, Y. J.; Townshend, J. R. (1997), *An operational atmospheric correction algorithm for Landsat Thematic Mapper imagery over the land. Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 102(D14), 17173-17186.
11. Liang, S.; Fallah-Adl, H.; Kalluri, S.; Jaja, J.; Kaufman, Y.; Townshend, J. (1997), *Development of an operational atmospheric correction algorithm for TM imagery. J. Geophys. Res.*, 102, 17173-17186.
12. Kaufman, Y. J.; Sendra, C. (1988), *Automatic atmospheric correction. Int. J. Remote Sensing*, 9, 1357-1381.
13. Kaufman, Y. J.; Wald, A.; Lorraine, L. A.; Gao, B. C.; Li, R. R.; Flynn, L. (1997), *Remote sensing of aerosol over the continents with the aid of a 2.2 μm channel. IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, 35, 1286-1298.
14. Kruse, F. A. (2004), *Comparison of ATREM, ACORN, and FLAASH atmospheric corrections using low-altitude AVIRIS data of Boulder, CO. Summaries of 13th JPL Airborne Geoscience Workshop, Jet Propulsion Lab, Pasadena, CA.*
15. Teillet, P. M.; Fedosejevs, G. (1995), *On the dark target approach to atmospheric correction of remotely sensed data. Can. J. Remote Sensing*, 21, 374-387.

USING FLAASH MODEL TO ADJUST THE ATMOSPHERIC EFFECTS OF LANDSAT IMAGERY

Hoang Anh Huy

Ha Noi University of Natural Resources and Environment

Abstract: *This paper presents the scientific foundation and the results of adjusting the atmospheric effects of LANDSAT 8 OLI imagery. The FLAASH model was chosen in the study as its capabilities of the effects of scattering and absorption of electromagnetic waves during the process of atmospheric propagation. Research was found that higher reflectance occurred in post-calibrated images, the experimental spectral response curves for vegetation and water followed the trend of theoretical response curves. It can be concluded that, the FLAASH model can be used to effectively adjust the atmospheric effects of LANDSAT 8 OLI imagery.*

Keywords: *Atmospheric correction, FLAASH model, LANDSAT 8 OLI imagery.*