MỐI QUAN HỆ GIỮA ĐỘ DÀY QUANG HỌC SOL KHÍ AOD VÀ CHỈ SỐ THỰC VẬT TRONG ĐIỀU KIỆN KHÍ HẬU VIỆT NAM

PHẠM QUANG VINH⁽¹⁾, LƯƠNG CHÍNH KẾ⁽²⁾,

PHẠM MINH HẢI⁽³⁾, NGUYỄN THANH BÌNH⁽¹⁾

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

⁽²⁾Hội Trắc địa, Bản đồ, Viễn thám Việt Nam; ⁽³⁾Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ

Tóm tắt

Trong những năm gần đây, việc sử dụng các chỉ số thực vật chiết xuất từ tư liệu viễn thám để giám sát quá trình biến đổi khí hậu (BĐKH) được các nhà khoa học đặc biệt quan tâm. Tuy nhiên, sol khí đã làm thay đổi giá trị các chỉ số thực vật. Vấn đề là tìm một chỉ số ít bị ảnh hưởng bởi sol khí. Bằng phương pháp thực nghiệm, nghiên cứu này tìm mối quan hệ giữa các chỉ số thực vật (NDVI, AFRI, ARVI) dưới tác động của các sol khí, cũng như mối quan hệ của chúng với sol khí. Trên cơ sở đó, lựa chọn chỉ số phù hợp nhất trong giám sát BĐKH. Nội dung của nghiên cứu này bao gồm ba phần chính: 1/ tạo ra các chỉ số thực vật; 2/ Chiết xuất độ dày quang học sol khí AOD; 3/ Tìm mối quan hệ giữa các chỉ số thực vật và AOD. Kết quả cho thấy mối tương quan giữa AFRI và NDVI thay đổi theo giá trị của AOD (0,76 ở khu vực có AOD cao, 0,46 ở khu vực AOD thấp). Kết quả cũng cho thấy rằng AFRI bị ảnh hưởng ít nhất bởi sol khí so với hai chỉ số NDVI và ARVI. Do đó, trong khu vực AOD cao, AFRI nên được sử dụng để theo dõi thảm thực vật thay vì NDVI.

1. Mở đầu

Sol khí là một phần của khí quyển, bao gồm chất lỏng và các hạt rắn (bán kính từ vài nm đến hơn 100 μm). Một mặt, sol khí có thể phản xạ bức xạ mặt trời; do đó làm giảm sự chiếu xạ và ảnh hưởng tiêu cực đến sự quang hợp của thảm thực vật. Mặt khác, sol khí cũng ngăn chặn bức xạ phát ra (Singh, 2003), gây ra sự mất cân bằng năng lượng bề mặt, dẫn đến khí nhà kính và nhiệt độ tăng lên (Sellers, et al., 1996; Boegh, Soegaard, Hana, Kabat, & Lesch, 1999; Yu, 2003).

Sol khí có thể được quan trắc trực tiếp nhờ thiết bị đo chuyên dụng (Sun Photometer) để xác định độ dày quang học của nó AOD (Aerosol Optical Depth) trong khí quyển, nhưng cũng có thể được xác định gián tiếp nhờ tư liệu ảnh vệ tinh (Sellers, et al., 1994; Sellers, Mintz, Sud, & Dalcher, 1986; Green, Conel, & Robert, 1993; Wang, 2003). Mối liên hệ vật lý của hệ thống Mặt Trời-Khí Quyển-Mặt Đất, SAE (Sun-Atmosphere-Earth) là mối quan hệ vật lý phức

tạp, tạo nên khí hậu toàn cầu (Xiao, et al., 2003). Bốn tham số đặc trưng của hệ thống SAE là bức xạ Mặt Trời-Rs, độ sâu quang học aerosol-S, thảm thực vật thông qua chỉ số thực vật-VI (Vegetation index), và nhiệt bề mặt-Ts (Land Surface Temperature). Giữa bốn tham số trên có mối liên hệ hữu cơ chặt chẽ và có sự tương tác qua lại. Bốn tham số có thể được quan trắc trực tiếp, hoặc có thể được trích xuất từ tư liệu viễn thám (ảnh vệ tinh). Nghiên cứu quá trình biến đổi khí hậu (BĐKH) của vùng, khu vực đòi hỏi cần đánh giá sự tương tác giữa những tham số đó thông qua những chuỗi thời gian (đa thời gian).

Chỉ số thực vật là chỉ số định lượng cho thấy mức độ phát triển của thảm thực vật. Tư liệu viễn thám của các khu vực thực vật là sự hỗn hợp phức tạp của thảm thực vật, hiệu ứng môi trường, bóng tối, độ sáng của đất (Bannari, Morin, Bonn, & Huete, 1995). Hơn nữa, chỉ số thực vật bị ảnh hưởng bởi các biến thể không gian-thời gian của khí quyển. Trong bài báo này, chúng tôi trình bày mối quan hệ giữa AOD và ba

Ngày nhận bài: 31/5/2018, ngày chuyển phản biện: 04/6/2018, ngày chấp nhận phản biện: 18/6/2018, ngày chấp nhận đăng: 19/6/2018

chỉ số thực vật: NDVI, AFRI, ARVI trong điều kiện khí hậu Việt Nam.

2. Khu vực, phương pháp và tư liệu nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu nằm trong phạm vi Hà Nội, nằm ở vị trí: 20°53' - 21°23' vĩ độ bắc; 105°44' - 106°02' kinh độ đông, giáp với các tỉnh: Thái Nguyên, Vĩnh Phúc ở phía Bắc; Hà Nam và Hoà Bình ở phía Nam; Bắc Ninh, Bắc Giang, Hưng Yên ở phía Đông; Hoà Bình và Phú Thọ ở phía Tây. Địa hình Hà Nội thấp dần từ Bắc xuống Nam và từ Tây sang Đông với độ cao trung bình từ 5 đến 20m so với mực nước biển.

2.2. Chỉ số thực vật

a/ *Chỉ số thực vật hiệu số chuẩn hóa NDVI* (normalized difference vegetation index).

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:

$$NDVI = (\rho_{NIR} - \rho_{RED}) / (\rho_{NIR} + \rho_{RED}) \quad (1)$$

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

b/ *Chỉ số thực vật ứng suất khí quyển ARVI* (Atmospherically Resistant vegetation index). Chỉ số ARVI sử dụng dải phổ màu xanh để tính toán theo công thức (2):

$$ARVI = (\rho_{NIR} - \rho_{rb}) / (\rho_{NIR} + \rho_{rb}) \quad (2)$$

Trong đó ρ_{NIR} là phản xạ của tia cận hồng ngoại, $\rho_{rb} = \rho_r - \gamma(\rho_b - \rho_r)$, γ (giá trị gamma) giống như hàm trọng số (weighting function) phụ thuộc vào loại sol-khí; ρ_r và ρ_b là phản xạ của các dải phổ màu đỏ và màu xanh tương ứng.

c/ *Chỉ số thực vật kháng sol-khí AFRI* (Aerosol free vegetation index). AFRI sử dụng chủ yếu “hồng ngoại sóng ngắn” (SWIR) để phát triển chỉ số thực vật:

$$AFRI_{2,1} = (\rho_{NIR} - 0.5\rho_{2,1}) / (\rho_{NIR} - 0.5\rho_{2,1}) \quad (3)$$

$$AFRI_{1,6} = (\rho_{NIR} - 0.66\rho_{1,6}) / (\rho_{NIR} - 0.66\rho_{1,6}) \quad (4)$$

Trong đó các chỉ số 2,1 và 1,6 là các bước sóng (μm) nằm trong vùng SWIR, và ρ_{NIR} biểu thị phản xạ của tia hồng ngoại gần. Chỉ số AFRI nằm trong khoảng -1 và +1.

2.3. Chiết xuất sol khí từ ảnh Viễn thám

Phương trình đưa ra bởi Sifakis (1992) được sử dụng để tính Sol khí:

$$\sigma\rho^* = \sigma(\rho) \frac{T(\theta_s)t_{dir}(\theta_v)}{1 - \rho S} \quad (5)$$

Trong đó: $\sigma\rho^*$ là $\sigma(\rho)$ độ lệch chuẩn của phản xạ bề mặt và phản xạ biểu kiến; S là albedo của khí quyển; θ_s – góc thiên đỉnh mặt trời; θ_v – góc thiên đỉnh; $T(\theta_v)$ – hàm tổng lượng lan truyền trên đường rời khỏi mặt đất. Hàm này có thể được phân tích thành tổng của $t_{dir}(\theta_v)$ và $t_{diff}(\theta_v)$ – là hàm lan truyền trực tiếp và khuếch tán.

Sử dụng luật truyền dẫn Lambert-Bouguer ở phương trình (6), phương trình (5) được chuyển sang thành phương trình (7).

$$t_{dir}(\theta_v) = \exp(-k_\lambda m) \quad (6)$$

Trong đó: $-k_\lambda m$ là độ dày quang học sol khí (AOD), vô hướng và được đo lường bởi các tia sáng (Iqbal 1983). Khi Sol khí được ký hiệu là τ , ta có Sol khí dọc theo đường đi là $\tau/\cos \theta_v$. Do vậy phương trình (5) có thể được thể hiện lại ở dạng (7).

$$\sigma\rho^* = \sigma(\rho) \frac{T(\theta_s)\exp(-\tau/\cos \theta_v)}{1 - \rho S} \quad (7)$$

Phương trình (7) có thể được áp dụng vào ngày tham chiếu (bầu trời sạch) và ngày ô nhiễm theo phương trình (8) cho ngày tham chiếu và phương trình (9) cho ngày ô nhiễm. Yếu tố $T(\theta_s)$ có thể giả định là hằng số độc lập với tất cả những biến thiên về thời gian của Sol khí, bởi vì sự biến thiên của ($t_{dir}(\theta_s)$ và $t_{diff}(\theta_s)$) đã triệt tiêu lẫn nhau, tức là $t_{dir}(\theta_s)$ giảm trong lúc $t_{diff}(\theta_s)$ tăng khi τ tăng. Tỉ số của phương trình (8) trên (9) có thể được viết lại thành (10)

$$\sigma_1 \rho^* = \sigma(\rho) \frac{T(\theta_s) \exp(-\tau_1 / \cos \theta_{v1})}{1 - \rho S} \quad (8)$$

$$\sigma_2 \rho^* = \sigma(\rho) \frac{T(\theta_s) \exp(-\tau_2 / \cos \theta_{v2})}{1 - \rho S} \quad (9)$$

$$\frac{\sigma_1 \rho^*}{\sigma_2 \rho^*} = \exp((- \tau_1 / \cos \theta_{v1}) + (\tau_2 / \cos \theta_{v2})) \quad (10)$$

Do tính chất riêng biệt của dải phổ Green đối với tán xạ các hạt trong khí quyển mạnh hơn dải phổ Blue. Vì vậy, trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng kênh phổ Green trên ảnh của 2 thời kỳ để chiết xuất sol-khí từ tư liệu ảnh Landsat, dựa theo biểu thức rút gọn của công thức (10) như sau:

$$AOD = \ln[\sigma_1(\rho^*) / \sigma_2(\rho^*)] \quad (11)$$

Trong đó: $\sigma_1(\rho^*)$ và $\sigma_2(\rho^*)$ là ảnh phương sai của ảnh phản xạ ở đỉnh khí quyển.

2.4. Tư liệu nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng tư liệu ảnh vệ tinh Landsat (TM, ETM+ và OLI) giai đoạn 2000-2015 với sáu thời điểm chụp ảnh là 4/11/2000, 8/11/2007, 8/11/2010, 24/9/2011, 2/12/2013, và 1/7/2015. Toàn bộ ảnh đã được nắn chỉnh hình học về hệ tọa độ VN2000 trước khi tính toán các chỉ số.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Ảnh chỉ số thực vật và sol khí chiết xuất từ ảnh Landsat

Sử dụng công thức (1), (2), (3) và (11) để tính các chỉ số thực vật và AOD. Kết quả ba chỉ số thực vật NDVI, ARVI, AFRI, ảnh tổ hợp màu RGB với 3 kênh phổ và ảnh AOD cho tất cả các thời kỳ nghiên cứu được trình bày trong hình 1.

Các kết quả cho thấy các giá trị NDVI và ARVI không được phân biệt rõ nét ở các khu vực có AOD cao (khu công nghiệp, đường giao thông...), do AOD làm giảm giá trị NDVI và ARVI, trong khi đó giá trị của AFVI thể hiện rõ nét ở các khu vực này (những đối tượng không phải thực vật tương phản rõ nét). Đây có thể là bằng chứng cho thấy chỉ số AFRI thực sự có khả năng ngăn chặn ảnh hưởng khí quyển.

3.2. Phân tích, đánh giá kết quả

3.2.1. Hàm quan hệ tuyến tính và hệ số tương quan giữa các chỉ số thực vật

Kết quả khảo sát mối quan hệ giữa ba chỉ số thực vật cho các thời kỳ nghiên cứu chúng ta nhận được hàm tương quan và hệ số tương quan R^2 như ở hình 2 và 3.

Hình 2 biểu diễn mối tương quan giữa chỉ số thực vật NDVI với 2 chỉ số AFVI và ARVI ở hai khu vực có AOD thấp và cao. Có thể dễ dàng nhận thấy sự khác biệt về tương quan giữa NDVI và AFVI tại hai khu vực này (0.76 với khu vực có AOD thấp và 0.46 đối với khu vực có AOD cao). AOD đã ảnh hưởng đến giá trị của NDVI và ARVI, chỉ số AFVI có khả năng làm giảm ảnh hưởng của thông số khí quyển này.

Đối với toàn khu vực nghiên cứu (hình 3), nhìn chung giữa NDVI và ARVI có mối tương quan mạnh hơn so với mối tương quan giữa NDVI và AFRI và mạnh hơn so với mối tương quan giữa AFRI và ARVI cho cả hai thời kỳ. Mối tương quan giữa NDVI và AFRI có R^2 nhỏ hơn 0.5 cho tất cả các thời kỳ, điều đó thể hiện:

- NDVI và ARVI chịu tác động mạnh của sol-khí.

- AFRI chịu tác động của sol-khí kém hơn so với ARVI và NDVI.

3.2.2. Hàm quan hệ tuyến tính và hệ số tương quan giữa chỉ số thực vật và sol-khí

Khảo sát dựa trên ảnh sol khí (AOD) và ba ảnh chỉ số thực vật chúng ta thiết lập hàm quan hệ tuyến tính và xác định hệ số tương quan R^2 giữa chúng. Kết quả được thể hiện trong hình 4 và bảng 1.

Thông qua hệ số tương quan R^2 , chúng ta nhận thấy mối tương quan giữa AFRI và sol khí là nhỏ nhất so với hai chỉ số thực vật còn lại còn lại (hệ số tương quan nhỏ hơn 0.2 cho tất cả các thời kỳ quan sát). Điều đó chứng tỏ chỉ số thực vật kháng sol khí AFVI thể hiện tác động của sol khí vào nó kém hơn so với chỉ số ARVI và NDVI. Sử dụng biến động tỷ số R^2 cho thấy: quan hệ tuyến tính giữa ARVI và sol khí là lớn

Hình 1: Ảnh tổ hợp màu RGB (gốc), ảnh ba chỉ số thực vật NDVI, ARVI, AFRI và ảnh AOD cho các thời kỳ khu vực Hà Nội.

nhất so với quan hệ tuyến tính giữa NDVI và sol khí. Từ đây chúng ta có thể kết: có thể sử dụng quan hệ giữa ARVI và sol khí thay cho quan hệ giữa NDVI và sol khí.

Đồ thị trong hình 4 cho thấy giá trị chỉ số NDVI đi xuống với AOD gia tăng. Điều này phù hợp với thực tế là AOD cao gây ra các hạt lơ lửng trong không khí làm phân tán ánh sáng màu đỏ nhiều hơn. Sự tán xạ này có thể tạo ra một phản xạ lớn hơn trong dải màu đỏ so với dải sóng NIR và do đó làm cho giá trị của chỉ số NDVI giảm xuống. Trong khi đó, tương quan giữa chỉ số AFRI với AOD có đường hồi quy giảm xuống một chút với AOD tăng. Điều này cho thấy rằng

SWIR vẫn bị ảnh hưởng một chút từ AOD tăng, nhưng không nhiều như kênh phổ màu đỏ. Ở đây, các hệ số tương quan thấp cho thấy rằng mô hình tính chỉ số thực vật ít nhạy hơn với sự biến đổi AOD.

3.2.3. Hàm quan hệ tuyến tính của biến động chỉ số thực vật với sol-khí

Để đánh giá mối quan hệ giữa biến động chỉ số thực vật với sol khí, chúng ta tiến hành tạo ảnh biến động cho ba loại chỉ số thực vật hai thời kỳ 2000 – 2007 và 2010 - 2015, ký hiệu là ΔNDVI , ΔARVI và ΔAFRI ; đồng thời đánh giá cho hai khu vực nhạy cảm là khu công nghiệp và

Hình 2: Mối tương quan giữa chỉ số NDVI với AFRI và ARVI tại hai khu vực:
a. Khu vực có AOD thấp và b. Khu vực có AOD cao

Hình 3: Mối tương quan giữa các chỉ số thực vật toàn bộ khu vực nghiên cứu

Hình 4: Mối tương quan giữa các chỉ số thực vật và AOD

Bảng 1: Hàm quan hệ tuyến tính giữa chỉ số thực vật và sol khí

STT	Chỉ số thực vật	Sol-khí	Biến động tỷ số R ²
2007	NDVI	$y = 0.0168x + 0.1927$; $R^2 = 0.0236$	1
	ARVI	$y = 0.0174x + 0.1786$; $R^2 = 0.0186$	0.79
	AFRI	$y = 0.0098x + 0.4395$; $R^2 = 0.0140$	0.59
2010	NDVI	$y = -0.0125x + 0.1431$; $R^2 = 0.2558$	1
	ARVI	$y = -0.0116x + 0.1442$; $R^2 = 0.406$	1.58
	AFRI	$y = -0.0094x + 0.1453$; $R^2 = 0.2231$	0.87
2011	NDVI	$y = -0.0071x + 0.0458$; $R^2 = 0.2848$	1
	ARVI	$y = -0.0055x + 0.0458$; $R^2 = 0.293$	1.10
	AFRI	$y = -0.0055x + 0.0467$; $R^2 = 0.2004$	0.70
2013	NDVI	$y = -0.0221x + 0.1415$; $R^2 = 0.1716$	1
	ARVI	$y = -0.0178x + 0.1425$; $R^2 = 0.1804$	1.10
	AFRI	$y = -0.0155x + 0.1431$; $R^2 = 0.101$	0.59
2015	NDVI	$y = -0.0153x + 0.038$; $R^2 = 0.1074$	1
	ARVI	$y = -0.0147x + 0.0383$; $R^2 = 0.1638$	1.52
	AFRI	$y = -0.0164x + 0.0422$; $R^2 = 0.1054$	0.98

khu đô thị mới (khu vực có nồng độ khí thải cao và bụi xây dựng lớn). Kết quả xây dựng hàm tương quan được thể hiện trên bảng 2, 3 và hình 5.

Từ bảng 2 và 3 cho thấy tương quan giữa Δ ARVI và sol khí mạnh hơn hai trường hợp còn lại cho cả hai khu vực công nghiệp và đô thị mới (giai đoạn 2000-2007 mạnh gấp 3,34 lần so với Δ NDVI ở khu công nghiệp). Tương quan giữa Δ AFRI và sol khí là nhỏ nhất so với hai trường hợp còn lại cho cả hai khu vực. Trong khi đó,

biến động chỉ số thực vật ở hai khu vực này có mối tương quan với sol khí mạnh hơn so với mối tương quan giữa chỉ số thực vật và sol khí.

4. Kết luận

Chỉ số thực vật NDVI dễ bị ảnh hưởng bởi AOD hơn các chỉ số thực vật AFRI hoặc ARVI do các hạt lơ lửng trong không khí (sol khí) có khả năng phân tán các kênh phổ nằm trong dải sóng màu đỏ làm giá trị của chỉ số NDVI giảm xuống.

Bảng 2: Hàm quan hệ giữa biến động chỉ số thực vật với sol khí khu công nghiệp

STT	Biến động chỉ số thực vật	Sol-khí	Biến động tỷ số R ²
2007-2000	Δ NDVI	$y = 0.0192x - 0.1017; R^2 = 0.0116$	1
	Δ ARVI	$y = -0.0495x - 0.1619; R^2 = \mathbf{0.0399}$	3.34
	Δ AFRI	$y = 0.0125x - 0.1212; R^2 = 0.0074$	0.64
2015-2010	Δ NDVI	$y = -6.9823x + 0.5901; R^2 = 0.1054$	1
	Δ ARVI	$y = 11.56x - 1.13162; R^2 = 0.2581$	2.5
	Δ AFRI	$y = -4.67x + 0.4306; R^2 = 0.0847$	0.8

Bảng 3: Hàm quan hệ giữa biến động chỉ số thực vật với sol khí khu đô thị mới

STT	Biến động chỉ số thực vật	Sol-khí	Biến động tỷ số R ²
2000-2007	Δ NDVI	$y = 0.0921x - 0.4206; R^2 = 0.0857$	1
	Δ ARVI	$y = 0.1314x - 0.8578; R^2 = \mathbf{0.0941}$	1.10
	Δ AFRI	$y = 0.0365x - 0.1676; R^2 = 0.0389$	0.45
2010-2015	Δ NDVI	$y = -12.897x + 1.2471; R^2 = 0.4059$	1
	Δ ARVI	$y = 17.528x - 1.8285; R^2 = 0.4117$	1.02
	Δ AFRI	$y = -5.9391x + 0.6301; R^2 = 0.1511$	0.37

Hình 5: Đồ thị tương quan biến động các chỉ số thực vật và sol khí (a- khu đô thị mới; b-khu công nghiệp)

AFVI và ARVI được xây dựng nhằm giảm ảnh hưởng gây ra bởi sol khí trong khí quyển, do 2 chỉ số này được mô phỏng từ dải phổ màu lam và dải hồng ngoại gần là những dải phổ có khả năng đâm xuyên bầu khí quyển, tuy cũng chịu ảnh hưởng của sol khí nhưng không nhiều như kênh màu đỏ.

Từ mối tương quan giữa NDVI và AFVI cho phép xác định mức độ cao thấp của AOD, khu vực có tương quan giữa NDVI và AFVI thấp thì AOD cao và ngược lại khu vực có mối tương quan này lớn thì AOD thấp.

Khi tiến hành giám sát các khu công nghiệp, khu phát triển đô thị mới - những khu vực có AOD lớn, chúng ta có thể sử dụng chỉ số thực vật

AFVI và ARVI thay cho NDVI vì giữa chúng có mối tương quan mạnh. Hơn nữa, biến động chỉ số thực vật Δ ARVI có mối tương quan mạnh, thậm chí mạnh hơn Δ NDVI đối với sol-khí. ○

Tài liệu tham khảo

- [1]. Bannari, A., Morin, D., Bonn, F., & Huete, A. R. (1995). A review of vegetation indices. *Remote Sensing Review*, 13, 95-120.
- [2]. Boegh, E., Soegaard, H., Hana, N., Kabat, P., & Lesch, L. (1999). A remote sensing study of the NDVI-Ts relationship and the transpiration from sparse vegetation in the Sahel based on high-resolution satellite data. *Rem. Sens. Environ*, 224-240.

- [3]. Green, R., Conel, & Robert. (1993). Estimation of aerosol optical depth & calculation of apparent surface reflectance from radiance measured by the airborne visible-infrared imaging spectrometer (AVIRIS) using MODTRAN2. *Imaging Spectrometry of the Terrestrial Environment*, 2-11.
- [4]. Sellers, P. J., Mintz, Y., Sud, Y. C., & Dalcher, A. (1986). A Simple Biosphere Model (SIB) for Use within General Circulation Models. *J. Atmos. Sci.*, 505-531.
- [5]. Sellers, P. J., Randall, D. A., Collatz, G. J., Berry, J. A., Field, C. B., Dazlich, D. A., . . . Bounoua, L. (1996). A revised land surface parameterization (SiB2) for atmospheric GCMS. Part I: model formulation. *J. Clim.*, 676-705.
- [6]. Sellers, P. J., Tuckers, C. J., Collatz, G. J., Los, S. O., Justice, C. O., Dazlich, D. A., & Randall, D. A. (1994). A global 1° by 1° NDVI data set for climate studies, 2. The generation of global fields of terrestrial biophysical parameters from the NDVI. *Int. J. Rem. Sens.*, 3519-3545.
- [7]. Sifakis, N., Deschamps, P.Y., 1992. Mapping of air pollution using SPOT satellite data. *Photo Eng. Rem. Sens.* 58, 1433-1437.
- [8]. Singh, R. P. (2003). Vegetation and temperature condition indices from NOAA AVHRR data for drought monitoring over India. *Int. J. Remote Sens.*, 4393-4402.
- [9]. Wang, J. (2003). Temporal responses of NDVI to precipitation and temperature in the central Great Plains, USA. *Int J. Remote Sens.*, 2345-2364.
- [10]. Xiao, X., Braswell, B., Zhang, Q., Boles, S., Frolking, S., & Moore, B. (2003). Sensitivity of vegetation indices to atmospheric aerosol: continental-scale observations in Northern Asia. *Rem. Sens. Environ.*, 385-392.
- [11]. Yu, F. F. (2003). Response of seasonal vegetation development to climatic variations in eastern central Asia. *Rems. Sens. Environ.*, 42-54.○

Summary

The relationship between AOD (Aerosol Optical Depth) and vegetation index (VI) in climate condition of Vietnam

Pham Quang Vinh, Nguyen Thanh Binh, Institute of Geography, Vietnam Academy of Science of Technology

Luong Chinh Ke, Vietnam Association of Geodesy, Cartography and Remote Sensing

Pham Minh Hai, Vietnam Institute Of Geodesy and Cartography

In recent years, NDVI has been used to study climate change through vegetation monitoring and biomass assessment. However, due to the effects of the particular atmosphere (especially aerosols) have changed NDVI values which extracted from remote sensing data. The problem is to find an index that is less affected by the atmosphere. By empirical method, this study find the relationship between the vegetation indices (NDVI, AFRI, ARVI) under the influence of aerosols, and also the relationship between the vegetation indices and the aerosol. On that basis, choose the most suitable indicators for climate change monitoring. The content of this study consist soft threemain components: 1/ creating vegetation indices; particularly “Atmospherically Resistant Vegetation Index, ARVI” and “Aerosol-Free Vegetation Index, AFRI”; 2/ extracting aerosol from the Landsat imagery; 3/ finding the relationship between the vegetation indices and the aerosols. The results show that the correlation between AFRI and NDVI changes by AOD value (0.76 in high-AOD area, 0.46 in low-AOD area). This relationship allows using vegetation indices to monitor climate change. The results also show that AFRI is least affected by aerosol comparing NDVI and ARVI. Therefore, in high-AOD area, AFRI should be used to monitor vegetation instead of NDVI.○