



Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội:
Các Khoa học Trái đất và Môi trường

Website: <https://js.vnu.edu.vn/EES>



Mô hình xác định bụi PM10 trong không khí khu vực Hà Nội bằng dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI và dữ liệu đo bụi bằng mắt

Nguyễn Như Hùng^{1,*}, Trần Văn Anh²,
Phạm Quang Vinh³, Nguyễn Thanh Bình³, Vũ Văn Hoàng¹

¹Học viện Kỹ thuật Quân sự, 236 Hoàng Quốc Việt, Hà Nội, Việt Nam

²Đại học Mỏ - Địa chất Hà Nội, 18 Phố Viên, Đông Ngạc, Bắc Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam

³Viện Địa lý, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam,
18 Hoàng Quốc Việt, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 28 tháng 9 năm 2017

Chỉnh sửa ngày 04 tháng 3 năm 2018; Chấp nhận đăng ngày 21 tháng 3 năm 2018

Tóm tắt: Bụi PM10 (bụi có đường kính khí động học từ $0,001 \div 10 \mu\text{m}$) là một trong những tác nhân ô nhiễm không khí ảnh hưởng lớn tới sức khỏe con người. Trong nghiên cứu này, chúng tôi tiến hành xây dựng mô hình xác định bụi PM10 trong không khí bằng cách sử dụng các kênh ảnh của vệ tinh Landsat 8 OLI, cùng với dữ liệu đo bụi PM10 tại thực địa bằng máy đo DustTrak II. Tiến hành phân tích hồi quy để xác định mô hình tương quan. Ở đây, chúng tôi sử dụng 16 điểm đo bụi thực địa. Trong đó, 10 điểm dùng để đề xuất mô hình và 6 điểm dùng để kiểm tra mô hình. Kết quả được đánh giá dựa trên hệ số tương quan (R) và căn bậc hai sai số trung bình (RMSE) giữa số liệu đo và số liệu tính.

Từ khóa: PM10, Landsat 8 OLI, Ô nhiễm không khí.

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, vấn đề ô nhiễm môi trường không khí, đặc biệt tại các đô thị không còn là vấn đề riêng lẻ của một quốc gia hay một khu vực mà nó đã trở thành vấn đề toàn cầu. Thực trạng phát triển kinh tế - xã hội của các quốc gia trên thế giới trong thời gian qua đã có những tác

động lớn đến môi trường và đã làm cho môi trường sống của con người bị thay đổi và ngày càng trở nên nghiêm trọng hơn. Trên thế giới vấn đề ô nhiễm môi trường không khí ngày càng được quan tâm.

Ở Việt Nam ô nhiễm môi trường không khí đang là một vấn đề bức xúc đối với môi trường đô thị, công nghiệp và các làng nghề. Ô nhiễm môi trường không khí không chỉ tác động xấu đối với sức khỏe con người (đặc biệt là gây ra các bệnh đường hô hấp) mà còn ảnh hưởng đến các hệ sinh thái và biến đổi khí hậu như: hiệu

*Tác giả liên hệ. ĐT.: 84-982963469.

Email: nhuhungvktqs@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4146>

ứng nhà kính, mưa axit và suy giảm tầng ôzôn,... Công nghiệp hóa càng mạnh, đô thị hóa càng phát triển thì nguồn thải gây ô nhiễm môi trường không khí càng nhiều, áp lực làm biến đổi chất lượng không khí theo chiều hướng xấu càng lớn. Tại các khu công nghiệp, các trục đường giao thông lớn đều bị ô nhiễm với các cấp độ khác nhau, nồng độ các chất ô nhiễm đều vượt quá tiêu chuẩn cho phép. Và sự gia tăng dân số, gia tăng đột biến của các phương tiện giao thông khi cơ sở hạ tầng còn thấp làm cho tình hình ô nhiễm trở nên trầm trọng [1, 2].

Kết quả đánh giá chất lượng không khí thông qua chỉ số chất lượng không khí AQI (Air Quality Index) cho thấy, tại các đô thị lớn, số ngày có AQI ở mức kém (AQI = 101 - 200) và xấu (AQI = 201 - 300) chiếm tỷ lệ khá lớn. Điển hình như tại đường Nguyễn Văn Cừ (Gia Lâm, Hà Nội), số ngày trong năm 2014 có AQI ở mức kém chiếm tỷ lệ hơn 50% tổng số ngày quan trắc trong năm, thậm chí, có những ngày chất lượng không khí suy giảm đến ngưỡng xấu và nguy hại (AQI>300) [2].

Tuy nhiên, trong lĩnh vực giám sát ô nhiễm không khí, hiện nay ở Việt Nam chủ yếu là nội suy dựa trên dữ liệu từ các trạm giám sát, để đo lường và phủ trùm một khu vực có chi phí rất lớn. Vì vậy, việc cung cấp thông tin ô nhiễm trên một khu vực có diện tích lớn là rất khó khăn.

Các nghiên cứu trên thế giới đã chỉ ra rằng việc sử dụng các hình ảnh vệ tinh đa phổ hoàn toàn có thể phát hiện ô nhiễm không khí ở các khu vực mà chúng ta quan tâm. Một số nghiên cứu đã chỉ ra các mối quan hệ có thể có giữa các dữ liệu vệ tinh và ô nhiễm không khí như [3-5]. Có những nghiên cứu sử dụng dữ liệu vệ tinh khác nhau cho việc nghiên cứu khí quyển môi trường như: Sử dụng ảnh NOAA-14 AVHRR[6]; ảnh Landsat TM [7, 8]; ảnh Landsat 7 [9]; ảnh SPOT[10] và ảnh MODIS [11].

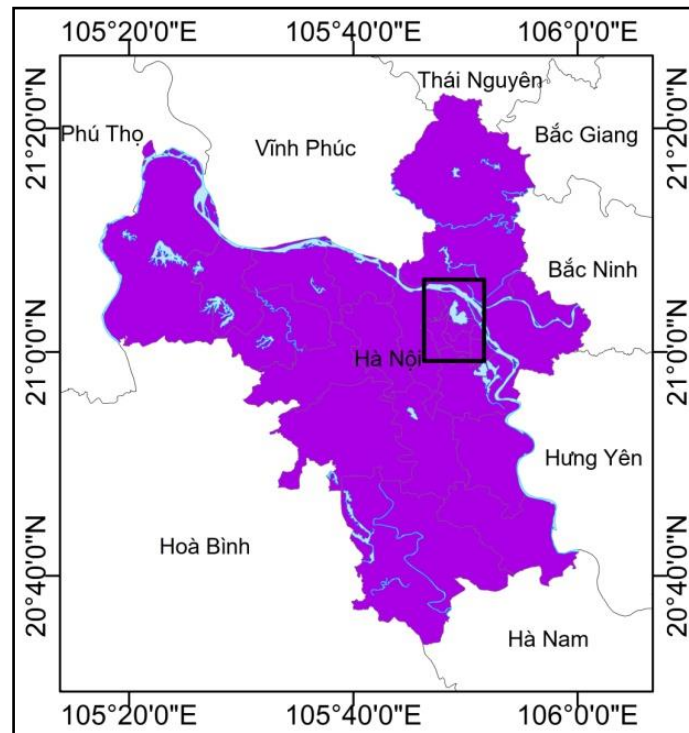
Ở Việt Nam, có một số tác giả đã nghiên cứu khả năng giám sát ô nhiễm không khí bằng cách sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 7 [12, 13]; sử dụng ảnh SPOT5 [14, 15].

Tuy nhiên, các nghiên cứu trên có những hạn chế như: Các ảnh vệ tinh MODIS và NOAA có độ phân giải không gian thấp, chỉ phù hợp cho các nghiên cứu xác định nồng độ các chất ô nhiễm trong không khí ở phạm vi rộng với độ chính xác không cao, không thể áp dụng cho quy mô nhỏ như một thành phố; Ảnh hay SPOT có độ phân giải không gian cao nhưng việc tiếp cận khó khăn và giá thành cao; Còn khi sử dụng ảnh vệ tinh Landsat có độ phân giải không gian tương đương đã được nghiên cứu, thì phần lớn sử dụng các loại ảnh cũ Landsat 4,5,7, đối với ảnh Landsat 7 từ năm 2003 bị lỗi, trên ảnh có các sọc đen vì vậy ảnh hưởng đến kết quả tính toán.

Hiện nay ảnh Landsat 8 OLI đã đi vào hoạt động từ năm 2013, tuy nhiên việc nghiên cứu khả năng ứng dụng nó vào xác định bụi PM10 là chưa có. Vì vậy, trong nghiên cứu này, chúng tôi trình bày các tiềm năng thu hồi nồng độ các hạt vật chất có đường kính ít hơn mười micromet (PM10) trong khí quyển bằng cách sử dụng các hình ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI thực nghiệm tại khu vực trung tâm thành phố Hà Nội.

2. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu là các quận trung tâm Thành phố Hà nội, nơi có mật độ dân cư, giao thông cao và các khu vực đang xây dựng gây ô nhiễm môi trường rất lớn. Theo số liệu của Trung tâm Quan trắc môi trường, Tổng cục Môi trường Việt Nam cho thấy tại nhiều nút giao thông như Kim Liên - Giải Phóng, Phùng Hưng - Hà Đông, Phạm Văn Đồng – Trần Duy Hưng... những khu vực đông dân cư, nồng độ bụi thường cao hơn mức cho phép, có lúc lên gấp 7 lần. Các khí ô nhiễm khác như CO, SO₂ đang có xu hướng tăng [1].



Hình 1. Khu vực nghiên cứu.

3. Dữ liệu sử dụng

3.1. Dữ liệu ảnh vệ tinh

Vệ tinh LANDSAT 8 OLI được phóng thành công vào năm 2013, có hai bộ cảm biến

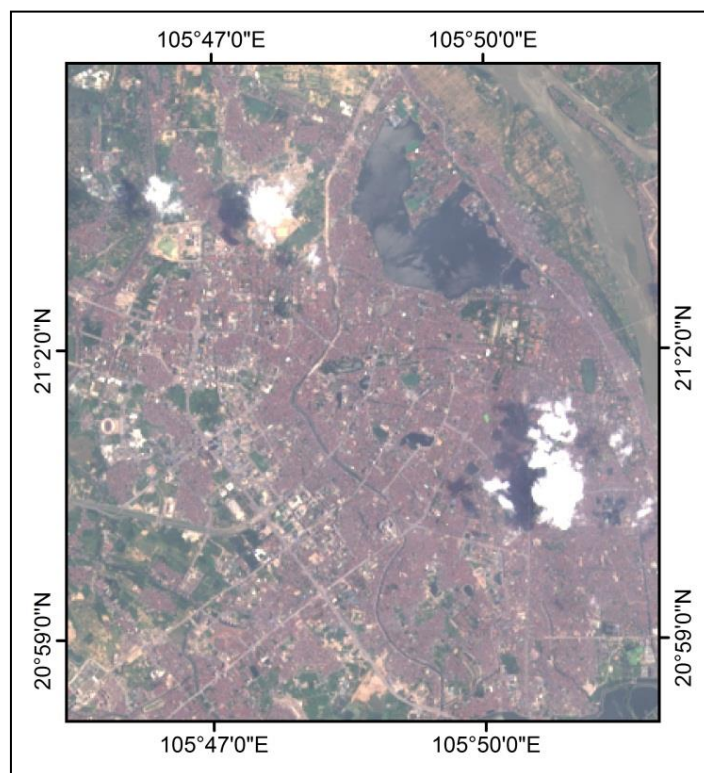
chính: bộ thu nhận ảnh mặt đất (OLI - Operational Land Imager) và bộ cảm biến hồng ngoại nhiệt (TIRS - Thermal Infrared Sensor)[16].

Bảng 1. Các kênh ảnh và độ phân giải không gian của ảnh Landsat 8 OLI

Kênh ảnh	Bước sóng (μm)	Độ phân giải (m)
Kênh 1 - Coastal aerosol	0.43 – 0.45	30
Kênh 2- Blue	0.45 - 0.51	30
Kênh 3 - Green	0.53 – 0.59	30
Kênh 4 - Red	0.64 – 0.67	30
Kênh 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 – 0.88	30
Kênh 6 – SWIR 1	1.57 – 1.65	30
Kênh 7 - SWIR 1	2.11 – 2.29	30
Kênh 8 - Panchromatic	0.50 – 0.68	15
Kênh 9 – Cirrus	1.36 – 1.38	30
Kênh 10 – Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 – 11.19	100
Kênh 10 – Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 – 12.51	100

- Ảnh Landsat 8 OLI sử dụng trong nghiên cứu này là cảnh ảnh có số hiệu: LC81270452015022LGN00 chụp ngày 22 tháng 1 năm 2015 và được tải xuống từ trang <http://landsat.usgs.gov>, ảnh đã được nhà cung cấp xử lý ở mức L1 (level 1). Do đặc thù của

thời tiết miền Bắc nên trên toàn cảnh ảnh có một số khu vực mùa này có mây và mây mù, tuy nhiên khu vực và các vị trí quan trắc bụi vẫn đảm bảo cho việc thực nghiệm của nghiên cứu.



Hình 2. Ảnh Landsat 8 OLI với tổ hợp kênh (4,3,2)

Bảng 2. Các thông số các kênh của ảnh Landsat 8 OLI chụp ngày 22/1/2015

Kênh ảnh	M_L	A_L	M_p	A_p	ESUN	L_{max}	L_{min}
Kênh 1	0.012963	-64.81459	0.00002	-0.1	1972.2325	784.715615	-64.801627
Kênh 2	0.013274	-66.37093	0.00002	-0.1	2019.5903	803.54066	-66.357656
Kênh 3	0.012232	-61.16025	0.00002	-0.1	1861.0352	740.46387	-61.148018
Kênh 4	0.010315	-51.57377	0.00002	-0.1	1569.3297	624.419755	-51.563455
Kênh 5	0.0063121	-31.56057	0.00002	-0.1	960.35153	382.1029035	-31.554258
Kênh 6	0.0015698	-7.84883	0.00002	-0.1	238.83069	95.028013	-7.8472602
Kênh 7	0.0005291	-2.64548	0.00002	-0.1	80.498733	32.0290885	-2.6449509
Kênh 8	0.011673	-58.36731	0.00002	-0.1	1776.0492	706.622745	-58.355637
Kênh 9	0.0024669	-12.33459	0.00002	-0.1	375.32713	149.3337015	-12.332123

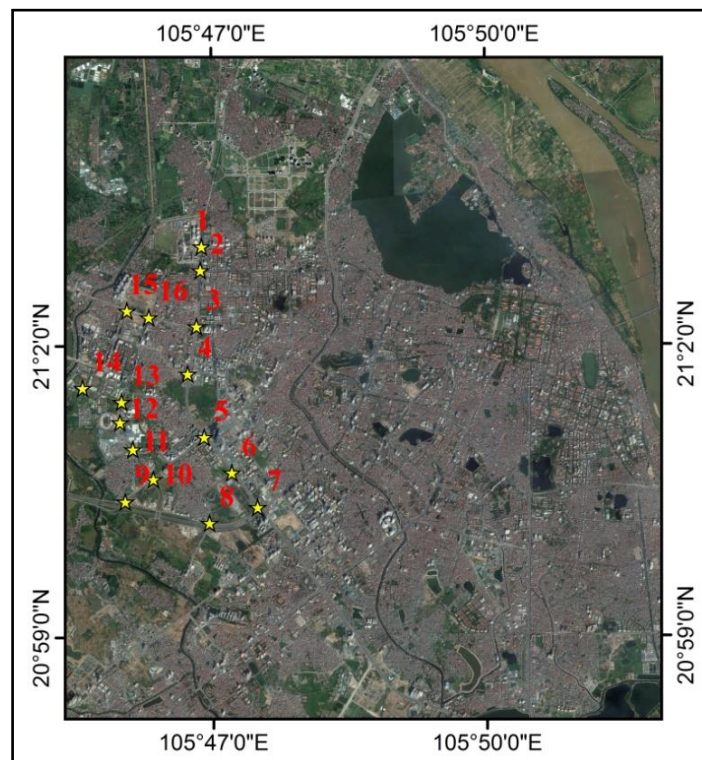
3.2. Dữ liệu đo bụi mặt đất

- Trên cơ sở lập lịch chụp ảnh của vệ tinh Landsat 8 OLI và quan sát, theo dõi thời tiết để tiến hành thu thập dữ liệu bụi thực địa cùng ngày chụp ảnh vệ tinh. Việc thu thập dữ liệu đo mặt đất được tiến hành vào 22 tháng 1 năm 2015 bằng máy đo bụi DustTrak II-Model 8532

sản xuất tại Mỹ. Máy cung cấp kết quả đo theo thời gian thực, dựa trên nguyên tắc tán xạ ánh sáng 90° , bơm hút mẫu khí qua buồng quang học để đo, có độ chính xác đọc số đến $0.001\text{mg}/\text{m}^3$. Mỗi điểm đo đều xác định tọa độ bằng GPS và thời gian đo đảm bảo theo yêu cầu của máy đo bụi (hình 2, hình 3).



Hình 3. Đo bụi tại thực địa và xử lý số liệu đo.



Hình 4. Sơ đồ vị trí đo bụi tại thực địa.

Bảng 3. Dữ liệu đo bụi tại thực địa bằng máy đo bụi DustTrack II

TT điểm đo	PM10 (µg/m ³)	TT điểm đo	PM10 (µg/m ³)
L1.1	421	L1.9	384
L1.2	431	L1.10	347
L1.3	483	L1.11	403
L1.4	408	L1.12	395
L1.5	418	L1.13	347
L1.6	417	L1.14	360
L1.7	353	L1.15	433
L1.8	380	L1.16	460

4. Phương pháp nghiên cứu

Quá trình nghiên cứu được chia thành các bước sau: Thu thập dữ liệu, tiền xử lý ảnh, xử lý dữ liệu, lựa chọn mô hình và đánh giá các kết quả. Tất cả các bước tiền xử lý và xử lý dữ liệu được thực hiện bằng cách sử dụng các phần mềm Matlab, ERDAS image, ArGIS và Microsoft Excel.

4.1. Tiền xử lý ảnh

Việc tiền xử lý ảnh được tiến hành bằng cách chuyển các giá trị số (DN- Digital Number) sang giá trị bước xạ phổ hoặc phản xạ

phổ. Có nhiều mức hiệu chỉnh bức xạ. Đầu tiên chuyển đổi DN thành giá trị bức xạ tại đầu thu, thứ hai là chuyển đổi bức xạ phổ tại đầu thu về bức xạ phổ ở bề mặt trái đất, cuối cùng tiến hành hiệu chỉnh khí quyển ảnh để loại bỏ ảnh hưởng của điều kiện khí quyển đến chất lượng ảnh.

Chuyển đổi DN sang giá trị bức xạ phổ tại đỉnh khí quyển (TOA)

Dữ liệu ảnh Landsat 8 OLI được chuyển đổi sang dữ liệu bức xạ phổ đỉnh khí quyển [16] sử dụng công thức sau:

$$L_{\lambda} = M_L * Q_{cal} + A_L \tag{1}$$

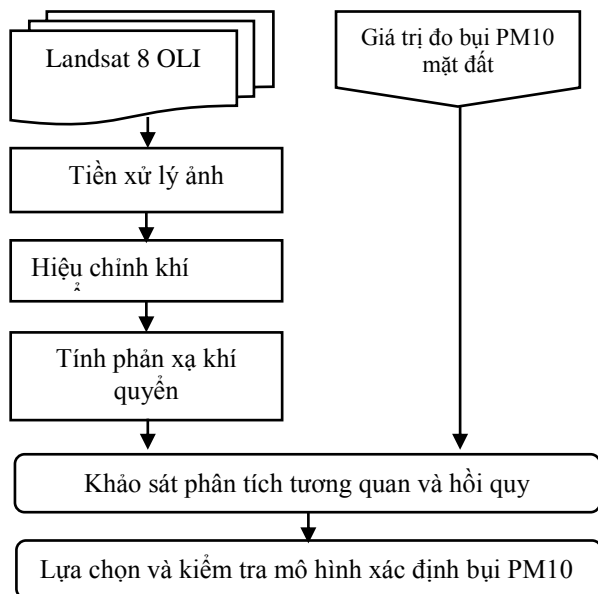
Trong đó:

L_{λ} - Bức xạ phổ đỉnh khí quyển (Watts/(m2 * srad * µm))

M_L - Hệ số thay đổi tỷ lệ bức xạ của kênh ảnh theo tính chất đa bội, được lấy trong tệp dữ liệu metadata (RADIANCE_MULT_BAND_x, trong đó x là kênh ảnh)

A_L - Hệ số thay đổi tỷ lệ bức xạ của kênh ảnh theo tính chất cộng dồn, được lấy trong tệp dữ liệu metadata (RADIANCE_ADD_BAND_x, trong đó x là kênh ảnh)

Q_{cal} - Lượng tử hóa và hiệu chuẩn tiêu chuẩn giá trị số của kênh ảnh (DN)



Hình 5. Quy trình xác định bụi PM10 từ dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI và dữ liệu đo bụi mặt đất.

Chuyển đổi giá trị số DN sang phản xạ tại đỉnh khí quyển

Dữ liệu các kênh ảnh Landsat 8 OLI chuyển đổi thành phản xạ tại đỉnh khí quyển TOA bằng cách sử dụng hệ số phản xạ hồi quy được cung cấp trong tệp dữ liệu metadata (tệp tin MTL). Phương trình sau đây được sử dụng để chuyển đổi các giá trị DN sang phản xạ TOA đối với dữ liệu Landsat 8 OLI [16] như sau:

$$\rho_{\lambda} = M_p * Q_{cal} + A_p \quad (2)$$

trong đó:

ρ_{λ} - TOA Phản xạ tại đỉnh khí quyển, chưa hiệu chỉnh góc tới

M_p - Hệ số thay đổi tỷ lệ phản xạ của kênh ảnh theo tính chất đa bội, được lấy trong tệp dữ liệu metadata (REFLECTANCE_MULT_BAND_x, trong đó x là kênh ảnh)

A_p - Hệ số thay đổi tỷ lệ phản xạ của kênh ảnh theo tính chất cộng dồn, được lấy trong tệp dữ liệu metadata (REFLECTANCE_ADD_BAND_x, trong đó x là kênh ảnh)

Q_{cal} - Lượng tử hóa và hiệu chuẩn tiêu chuẩn giá trị số của kênh ảnh (DN)

TOA phản xạ đỉnh khí quyển khi hiệu chỉnh góc tới mặt trời:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\cos(\theta_{SZ})} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\sin(\theta_{SE})} \quad (3)$$

trong đó:

ρ_{λ} - TOA Phản xạ tại đỉnh khí quyển

θ_{SE} - Góc tới mặt trời (SUN_ELEVATION).

θ_{SZ} - Góc thiên đỉnh mặt trời; $\theta_{SZ} = 90^{\circ} - \theta_{SE}$

4.2. Hiệu chỉnh khí quyển

Để xác định phản xạ khí quyển ta cần tiến hành tính phản xạ bề mặt. Tuy nhiên, ánh sáng khi qua tầng khí quyển chịu tác động như tán xạ, hấp thụ của các hạt lơ lửng trong bầu khí

quyển. Vì vậy, để nâng cao kết quả xác định phản xạ tại bề mặt đất cần phải hiệu chỉnh khí quyển.

Ảnh Landsat 8 OLI được cung cấp cho phép chúng ta chuyển đổi trực tiếp từ giá trị số của ảnh (DN) sang phản xạ đỉnh khí quyển (TOA), từ đây tiếp tục tính phản xạ tại mặt đất. Theo [17] phản xạ mặt đất (ρ) được tính theo công thức sau:

$$\rho = \frac{\pi * (L_{\lambda} - L_p) * d^2}{T_V * \{(ESUN_{\lambda} * \cos\theta_{SZ} * T_Z) + E_{down}\}} \quad (4)$$

trong đó:

L_p - Bức xạ đường truyền,

T_V - Hàm truyền bức xạ qua khí quyển từ bề mặt trái đất về đầu thu,

T_Z - Hàm truyền bức xạ qua khí quyển từ mặt trời về bề mặt quả đất,

E_{down} - Bức xạ phổ đi tới mặt phẳng địa hình của đối tượng.

$ESUN_{\lambda}$ - Bức xạ phổ mặt trời ở mặt phẳng địa hình vuông góc với tia sáng mặt trời

d - Khoảng cách từ trái đất đến mặt trời.

Để hiệu chỉnh khí quyển ở đây chúng tôi sử dụng phương pháp trừ đối tượng tối DOS (Dark Object Subtraction) của [18] và xác định bức xạ đường truyền theo [19]. Phương pháp DOS loại trừ ảnh hưởng của khí quyển dựa trên cơ sở phản xạ của các đối tượng. Đây là phương pháp đơn giản, dựa trên giá trị phản xạ thu được (TOA) của chính các kênh ảnh. Nguyên lý của phương pháp này dựa trên giả thuyết rằng một số điểm ảnh trên ảnh vệ tinh sẽ có giá trị phản xạ bằng không. Vì vậy, những giá trị phản xạ ghi nhận được của đối tượng này trên ảnh là do kết quả của các tia tán xạ trong khí quyển. Phương pháp DOS là phương pháp đơn giản và có hiệu quả nhất định trong hiệu chỉnh ảnh hưởng của khí quyển, loại bỏ lớp mây mù.

Đối với ảnh Landsat 8 OLI chúng ta có công thức như sau:

$$L_p = L_{min} - 0.01 * \frac{T_V * \{(ESUN_{\lambda} * \cos\theta_{SZ} * T_Z) + E_{down}\}}{\pi * d^2} \quad (5)$$

Trong đó, L_{\min} là giá trị bức xạ phổ bé nhất của kênh ảnh, được lấy trong tệp dữ liệu metadata

(RADIANCE_MINIMUM_BAND_x, trong đó x là kênh ảnh)

Với phương pháp DOS phụ thuộc vào việc xác định các thông số T_V , T_Z và E_{down} mà chia ra các phương pháp khác nhau (DOS1, DOS2, DOS3, DOS4) có độ chính xác khác nhau.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng DOS1, trong đó các thông số được xác định theo [17]: $T_V = 1$; $T_Z = 1$; $E_{\text{down}} = 0$. Lúc này bức xạ đường truyền được tính theo công thức:

$$L_P = L_{\min} - 0.01 * \frac{ESUN_{\lambda} * \cos\theta_{SZ}}{\pi * d^2} \quad (6)$$

Và phản xạ mặt đất được tính theo công thức sau:

$$\rho = \frac{\pi * (L_{\lambda} - L_P) * d^2}{ESUN_{\lambda} * \cos\theta_{SZ}} \quad (7)$$

4.3. Mối quan hệ giữa độ dày sol khí (AOT) và hàm lượng bụi PM10

Năng lượng mặt trời đi vào lớp Sol khí ở tầng đối lưu, dưới tác động của các phân tử khí ô nhiễm và các hạt bụi, một phần bị phản xạ ngay trong lớp Sol khí rồi đi về đầu thu ảnh của vệ tinh, một phần tia nắng đi tới đối tượng trên bề mặt đất rồi phản xạ đi về đầu thu ảnh của vệ tinh. Dựa trên sự suy giảm năng lượng tới đầu thu vệ tinh do bị hấp thụ, tán xạ của các phân tử khí ô nhiễm và các hạt bụi từ đây tính toán hàm lượng bụi trong không khí.

Sau khi hiệu chỉnh khí quyển, ta tính được phản xạ ở đỉnh của khí quyển (TOA) và phản xạ mặt đất từ đó ta tính được phản xạ khí quyển. Từ đó, tính độ dày sol khí (AOT) như sau được đưa ra bởi [8]

$$AOT(\lambda) = a_0 R(\lambda) \quad (8)$$

Trong đó:

$R(\lambda)$ - Hàm phản xạ khí quyển tương ứng với bức sóng (λ)

Phương trình (8) được viết lại cho các kênh ảnh như sau:

$$AOT(\lambda) = a_0 R_{\lambda 1} + a_1 R_{\lambda 2} + a_2 R_{\lambda 3} + \dots \quad (9)$$

Trong đó $R_{\lambda i}$ là phản xạ khí quyển ($i = 1, 2$ và 3 tương ứng với bước sóng vệ tinh), và a_j là hệ số thuật toán ($j = 0, 1$ và 2) được xác định bằng thực nghiệm.

Mối quan hệ giữa PM và AOT bắt nguồn từ một lớp khí quyển đồng nhất đơn thuần chứa các hạt Sol khí hình cầu. Nồng độ tập trung ở bề mặt thu được sau khi sấy mẫu không khí được đưa ra bởi [20].

$$PM_X = \frac{4}{3} \pi \rho \int_0^{X/2} r^3 n(r) dr \quad (10)$$

Trong đó $n(r)$ mô tả sự phân bố kích thước hạt trong điều kiện khô và ρ là mật độ khối lượng Sol khí

Do đó, ta thấy rằng hàm lượng PM tương quan tốt hơn với AOT trực tiếp. Bằng cách thay thế AOT bằng PM10 vào phương trình (9) ta có phương trình (11), và thuật toán cho kênh ảnh hoặc bước sóng (λ), PM10 được đơn giản hóa bởi [7, 8]

$$PM10 = a_0 R_{\lambda 1} + a_1 R_{\lambda 2} + a_2 R_{\lambda 3} + \dots \quad (11)$$

Trong đó $R_{\lambda i}$ là phản xạ khí quyển ($i = 1, 2$ và 3 tương ứng với bước sóng vệ tinh), và a_j là hệ số thuật toán ($j = 0, 1$ và 2) được xác định bằng thực nghiệm

5. Kết quả thực nghiệm

5.1. Phân tích tương quan và hồi quy

Trên cơ sở phương trình (11) tiến hành khảo sát phân tích tương quan và hồi quy các mô hình tính bụi PM10 với ảnh Landsat 8 OLI chụp ngày 22 tháng 1 năm 2015 khu vực Hà Nội, Việt Nam. Như các nghiên cứu trước đây về việc xác định bụi PM10 cũng như xác định độ dày sol khí (AOT) bằng các dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat và các tư liệu ảnh khác như các nghiên cứu [7-9]... chủ yếu sử dụng các kênh phổ xanh (blue), xanh lá (green) và đỏ (red) có bước sóng từ $0.45\mu\text{m}$ ÷ $0.69\mu\text{m}$. Vì vậy trong nghiên cứu này tiến hành khảo sát với 4 kênh

phổ ảnh Landsat 8 OLI bao gồm Kênh 1 - Coastal aerosol ($0.43\mu\text{m} \div 0.45\mu\text{m}$), Kênh 2- Blue ($0.45\mu\text{m} \div 0.51\mu\text{m}$), Kênh 3 - Green ($0.53\mu\text{m} \div 0.60\mu\text{m}$) và Kênh 4 - Red ($0.63\mu\text{m} \div 0.68\mu\text{m}$).

Từ dữ liệu ảnh gốc, ta tiến hành thực hiện một loạt các bước xử lý để lấy ra dữ liệu từ ảnh, sau đó kết hợp với dữ liệu đo mặt đất để tính toán hệ số của phương trình hồi quy tuyến tính với các mô hình ở Bảng 4. Với 16 điểm đo dữ liệu bụi tại thực địa bằng máy DustTrack II

(Bảng 3), ở đây chúng tôi sử dụng 10 điểm để tiến hành phân tích hồi quy tuyến tính, 6 điểm còn lại dùng để kiểm tra kết quả mô hình hồi quy.

Các mô hình hồi quy được tính toán và phân tích trên phần mềm Microsoft Excel. Trong đó giá trị phản xạ khí quyển R_i được xem như là các biến độc lập, nồng độ bụi PM10 đo được tại các trạm đo thực địa là biến phụ thuộc và kết quả tính toán hồi quy được thể hiện ở Bảng 5.

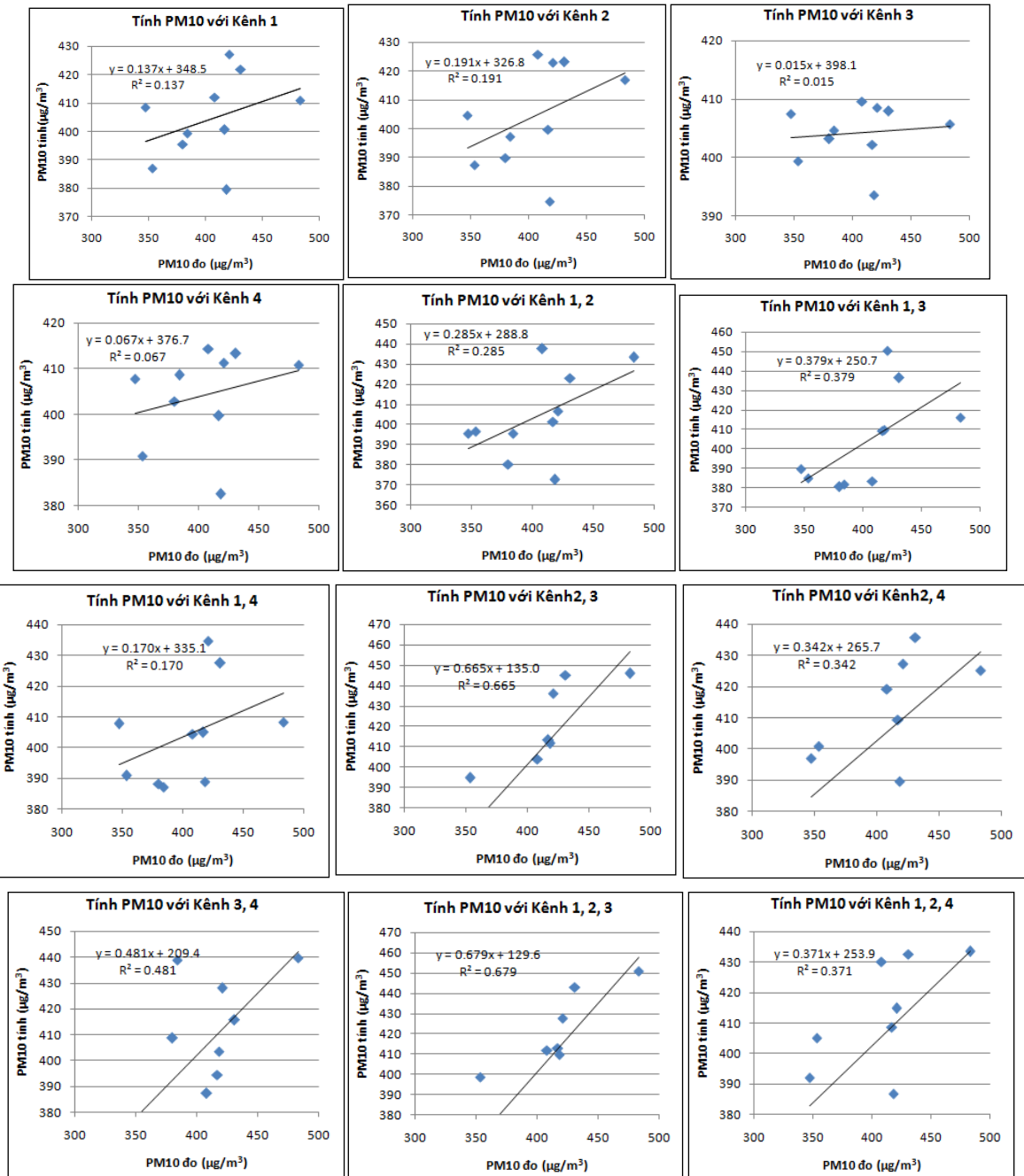
Bảng 4. Các mô hình khảo sát phân tích tương quan và hồi quy

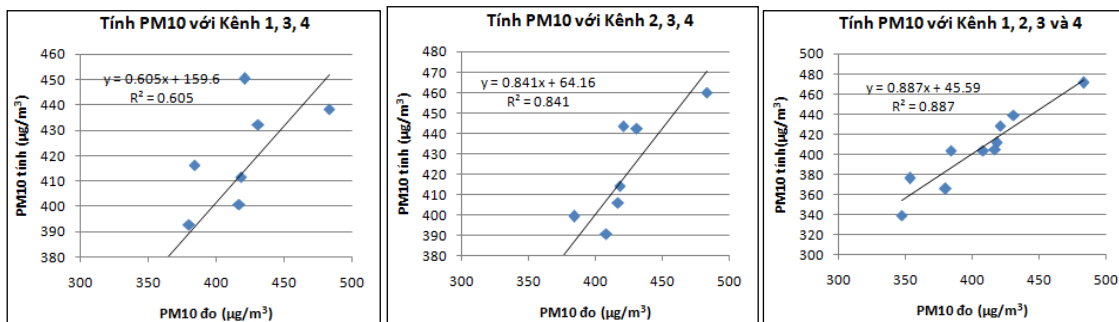
	Kênh 1	Kênh 2	Kênh 3	Kênh 4
PM10 =	$a_0 + a_1.R_1$			
PM10 =	a_0	$+ a_2.R_2$		
PM10 =	a_0		$+ a_3.R_3$	
PM10 =	a_0			$+ a_4.R_4$
PM10 =	$a_0 + a_1.R_1$	$+ a_2.R_2$		
PM10 =	$a_0 + a_1.R_1$		$+ a_3.R_3$	
PM10 =	$a_0 + a_1.R_1$			$+ a_4.R_4$
PM10 =	a_0	$+ a_2.R_2$	$+ a_3.R_3$	
PM10 =	a_0	$+ a_2.R_2$		$+ a_4.R_4$
PM10 =	a_0		$+ a_3.R_3$	$+ a_4.R_4$
PM10 =	$a_0 + a_1.R_1$	$+ a_2.R_2$	$+ a_3.R_3$	
PM10 =	$a_0 + a_1.R_1$	$+ a_2.R_2$		$+ a_4.R_4$
PM10 =	$a_0 + a_1.R_1$		$+ a_3.R_3$	$+ a_4.R_4$
PM10 =	a_0	$+ a_2.R_2$	$+ a_3.R_3$	$+ a_4.R_4$
PM10 =	$a_0 + a_1.R_1$	$+ a_2.R_2$	$+ a_3.R_3$	$+ a_4.R_4$

Bảng 5. Kết quả phân tích tương quan và hồi quy

a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	R	R^2	RMSE($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
-1459	7829				0.371	0.138	39.490
-1125		7000			0.437	0.191	38.239
114			1531		0.122	0.015	42.204
10				2189	0.261	0.068	41.054
385	-23732	25949			0.534	0.285	38.428
-3921	29535		-14269		0.616	0.380	35.807
-2925	16832			-3749	0.413	0.171	41.395
-2770		31766	-19864		0.816	0.666	26.280
-3017		21804		-7430	0.585	0.343	36.859
2775			-36455	25143	0.694	0.482	32.721
-1996	-10166	38551	-18994		0.824	0.679	27.806

-1679	-15265	31346	-6260	0.610	0.372	38.922
-432	18890		-37618	19224	0.778	0.605
-435		25336	-40526	16543	0.917	0.841
1298	-19224	37418	-41283	18466	0.942	0.887





Hình 6. Biểu đồ tương quan tuyến tính giữa giá trị PM10 tính và giá trị PM10 đo tại thực địa dùng để tính các mô hình.

Từ kết quả phân tích (bảng 5) và biểu đồ tương quan tuyến tính giữa giá trị PM10 tính và giá trị PM10 đo tại thực địa (hình 6) ta thấy rằng, với việc sử dụng các kênh phổ độc lập hệ số tương quan R rất thấp và sai số trung bình (RMSE) cao. Việc kết hợp các kênh phổ với nhau cho kết quả tốt hơn. Khi kết hợp ba kênh 2, 3 và 4 (blue, green và red) như các nghiên cứu đã có cho ta hệ số tương quan là $R = 0.917$; $R^2 = 0.84$ và sai số trung bình $RMSE = 19.563 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cao hơn việc sử dụng các kênh phổ đơn lẻ hoặc kết hợp hai đến 3 kênh phổ thì cho kết quả cao tốt hơn. Tuy nhiên, từ kết quả tính toán cho thấy khi kết hợp phân xạ khí quyển được tính từ 4 kênh phổ thì có hệ số tương quan cao nhất ($R = 0.942$ và $R^2 = 0.887$) và sai số trung bình thấp nhất ($RMSE = 18.065 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Qua kết quả khảo sát trên, mô hình hồi quy được áp dụng dựa trên hệ số tương quan cao nhất và giá trị lỗi sai số trung bình thấp nhất (RMSE) như đã nêu trong Bảng 5. Vì vậy, hàm hồi quy cho kết quả tốt nhất có dạng sau:

$$PM10 = 1298 - 19224R_1 + 37418.R_2 - 41283.R_3 + 18466.R_4 \quad (12)$$

Trong đó R_i là phản xạ khí quyển ($i = 1, 2, 3$ và 4 tương ứng với các kênh phổ vệ tinh)

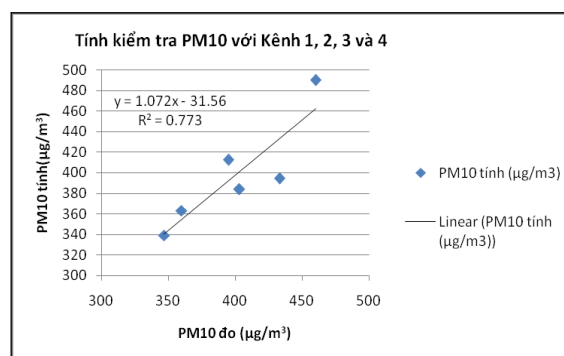
5.2. Kiểm tra mô hình hồi quy

Từ phương trình (12), sử dụng các phần mềm ERDAS, ArcGis tiến hành tính bụi PM10 từ dữ liệu phản xạ khí quyển của các kênh phổ. Dựa trên tạo độ 6 điểm đo dữ liệu bụi tại thực địa dùng để kiểm tra mô hình, tiến hành chiết

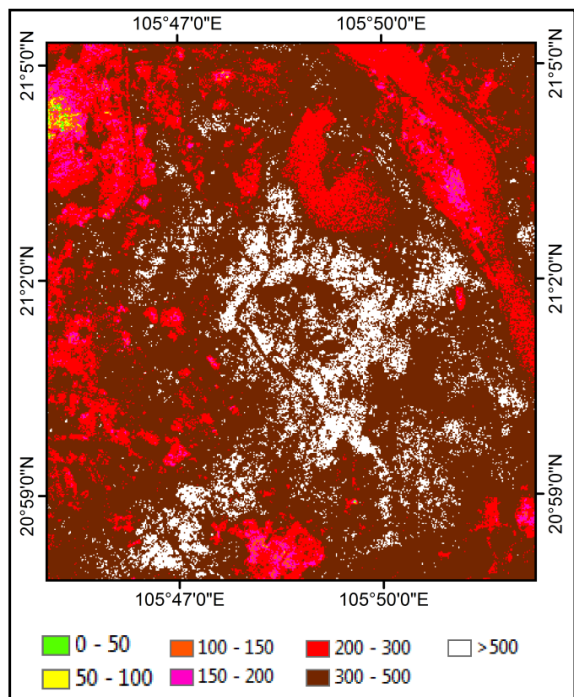
xuất giá trị bụi MP10 trên ảnh. Kết quả tính toán được đưa vào so sánh sai số và tương quan với giá trị 6 điểm đo tại thực địa cho ta kết quả sau:

Bảng 6. Bảng tính và so sánh độ bụi PM10 tại các điểm kiểm tra

Tên điểm kiểm tra	PM10 đo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 tính ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Sai số ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
11	403	383.654	19.346
12	395	412.646	-17.646
13	347	339.200	7.800
14	360	363.267	-3.267
15	433	394.368	38.632
16	460	490.139	-30.139



Hình 7. Tính tương quan giữa giá trị PM10 tính kiểm tra theo mô hình (8) và giá trị PM10 đo tại thực địa.



Hình 8. Bản đồ phân bố bụi PM10 Hà Nội từ ảnh vệ tinh Landsat 8OLI.

Tương ứng với vị trí của các phép đo PM10 tại thực địa tại thành phố Hà Nội, Việt Nam ta có các giá trị tính toán PM10 từ mô hình và các sai số tuyệt đối của mỗi điểm đo (bảng 6). Mối quan hệ giữa bụi PM10 chiết xuất từ ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI với phép đo mặt đất PM10 đã được kiểm tra và phân tích tương quan (hình 5). Kết quả cho thấy mối tương quan cao, hệ số tương quan $R = 0.879$, $R^2 = 0.773$ và sai số trung bình (RMSE) là $22.727 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Từ đây ta thấy tính đúng đắn của mô hình tính nồng độ bụi PM10 được xây dựng từ dữ liệu đo thực địa và dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI.

Mặt khác từ bản đồ bụi PM10 (hình 6) so sánh với thực tế và các báo cáo về ô nhiễm không khí của thành phố [1]. Ta thấy mật độ PM10 phản ánh đúng thực tế, ô nhiễm PM10 tập trung ở các khu đô thị đang được xây dựng và các tuyến giao thông lớn.

6. Kết luận

Kết quả của nghiên cứu này ($R = 0.942$ và $R^2 = 0.887$ và sai số trung bình thấp nhất $\text{RMSE} = 18.065 \mu\text{g}/\text{m}^3$) chỉ ra rằng tính đúng đắn của phương pháp xác định ô nhiễm không khí PM10 có thể được tính toán bằng cách sử dụng giá trị phản xạ khí quyển của các kênh ảnh Landsat 8 OLI kết hợp với dữ liệu đo bụi PM10 tại mặt đất.

Kết quả kiểm tra mô hình ($R = 0.879$, $R^2 = 0.773$ và sai số trung bình (RMSE) là $22.727 \mu\text{g}/\text{m}^3$) từ các điểm đo bụi độc lập, từ đây ta thấy tính tin cậy của mô hình tính nồng độ bụi PM10 được xây dựng từ tập dữ liệu đo thực địa đã có của nghiên cứu và dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI cùng ngày.

Hình ảnh Landsat 8 OLI đã được sử dụng thành công để tính nồng độ PM10 trên Thành phố Hà Nội. Việc tính toán PM10 dựa trên mô hình phản xạ khí quyển cho bản đồ bụi phản ánh thực tế các khu vực tập trung ô nhiễm bụi của Thành phố Hà Nội.

Nghiên cứu trong tương lai cần xem xét sử dụng nhiều hơn nữa trạm ô nhiễm không khí và các dữ liệu đo thực địa để tính toán hồi quy để lựa chọn được mô hình chính xác hơn. Trong nghiên cứu này chúng tôi mới chủ yếu xác định bụi ở các khu vực có nồng độ bụi cao, để nâng cao độ tin cậy khách quan của phương pháp cần phải tăng dày điểm đo bụi và đo đạc ở các khu vực có mức độ ô nhiễm không khí khác nhau.

Trên cơ sở kết quả bản đồ phân bố bụi PM10 có được, chúng ta thấy việc ảnh hưởng của khí quyển và địa vật bề mặt tác động ảnh hưởng đến kết quả của việc xác định bụi PM10 từ ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI. Vì vậy cần nghiên cứu tiếp các phương pháp hiệu chỉnh ảnh nâng cao độ chính xác của phương pháp này.

Lời cảm ơn

Tác giả bài báo xin chân thành cảm ơn Phòng thí nghiệm Môi trường Xây dựng – Viện Kỹ thuật Công trình đặc biệt – Học Viện Kỹ

thuật Quân sự đã cung cấp máy đo bụi thực địa DustTrak II cho nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1] Bộ Tài nguyên và Môi trường, Báo cáo môi trường quốc gia 2013- Môi trường không khí, . Số ĐKKHXB: 31-2014/CXB/19-915/BD; Quyết định số 51/QĐXB ngày 01 tháng 08 năm 2014, 2014.
- [2] Bộ Tài nguyên và Môi trường, Báo cáo hiện trạng môi trường Quốc gia giai đoạn 2011-2015. 2015.
- [3] Ung, A., et al. Satellite data for the air pollution mapping over a city–The use of virtual stations. in EARSeL Symposium 2001 “Observing our environment from space: new solutions for a new millenium”. 2001. Balkema.
- [4] Ung, A., et al. Air pollution mapping over a city–virtual stations and morphological indicators. in 10th International Symposium “Transport and Air Pollution”. 2001.
- [5] Weber, C., et al. Urban morphology, remote sensing and pollutants distribution: An application to the city of Strasbourg, France. in 12th World Clean Air & Environment Congress, Greening the New Millennium. 2001.
- [6] Asmala Ahmad and Mazlan Hashim, Determination of haze using NOAA-14 AVHRR satellite data. [Online] available: <http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/2002/czm/050.pdf>, 2002.
- [7] Lim, H., et al., Remote sensing of PM10 from LANDSAT TM imagery. ACRS 2004, 2004: p. 739-744.
- [8] Nadzri, O., Z.M.J. Mohd, and H.S. Lim, Estimating Particulate Matter Concentration over Arid Region Using Satellite Remote Sensing: A Case Study in Makkah, Saudi Arabia. . Modern applied Science 4., 2010: p. 131-142.
- [9] Sam Appadurai.A and J.Colins JohnnyM.E, Satellite based estimation of pm10 from AOT of landsat 7ETM+ over Chennai city. International Journal of Advances in Engineering Research, 2016. Vol. No. 11.
- [10] Sifakis, N. and P.-Y. Deschamps, Mapping of Air Pollution Using SPOT Satellite. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1992. 5: p. 4.
- [11] Péré, J.-C., et al., Mapping of PM10 surface concentrations derived from satellite observations of aerosol optical thickness over South-Eastern France. Atmospheric Research, 2009. 91(1): p. 1-8.
- [12] Trần Xuân Trường, Vương Trọng Kha, and Nguyễn Văn Mạnh, Nghiên cứu xây dựng chương trình giám sát ô nhiễm không khí vùng mở từ dữ liệu ảnh vệ tinh. Tạp chí Công nghiệp Mỏ, 2013. số 26
- [13] Trần Thị Vân, Nguyễn Phú Khánh, and Hà Dương Xuân Bảo, Viễn thám độ dày quang học mô phỏng phân bố bụi PM10 khu vực nội thành Thành phố Hồ Chí Minh,. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường,, 2014. Số 20: p. 52-62.
- [14] Luong Chinh Ke, et al. Detecting Air Pollution In Vietnam By Optical Satellite Images. in E-proceedings of The 31th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS2010). 2010.
- [15] Trần Thị Vân, Trịnh Thị Bình, and Hà Dương Xuân Bảo, Nghiên cứu khả năng phát hiện ô nhiễm bụi trên khu vực đô thị bằng công nghệ viễn thám nhằm hỗ trợ quan trắc môi trường không khí. Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ, 2014. 16(2M): p. 33-47.
- [16] Using the USGS Landsat 8 Product, https://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php
- [17] Moran, M.S., et al., Evaluation of simplified procedures for retrieval of land surface reflectance factors from satellite sensor output. Remote Sensing of Environment, 1992. 41(2-3): p. 169-184.
- [18] Chavez, P.S., Image-based atmospheric corrections-revisited and improved. Photogrammetric engineering and remote sensing, 1996. 62(9): p. 1025-1035.
- [19] Sobrino, J.A., J.C. Jiménez-Muñoz, and L. Paolini, Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. Remote Sensing of Environment, 2004. 90(4): p. 434-440.
- [20] Koelemeijer, R., C. Homan, and J. Matthijsen, Comparison of spatial and temporal variations of aerosol optical thickness and particulate matter over Europe. Atmospheric Environment, 2006. 40(27): p. 5304-5315.

Determining PM10 Model in Hanoi Using Landsat 8 Oli and Ground-measured Dust Data

Nguyen Nhu Hung¹, Tran Van Anh², Pham Quang Vinh³,
Nguyen Thanh Binh³, Vu Van Hoang¹

¹*Military of Technical Academy, 236 Hoang Quoc Viet, Hanoi, Vietnam*

²*Hanoi University of Mining and Geology, 18 Pho Vien, Dong Ngac, Bac Tu Liem, Hanoi, Vietnam*

³*Institute of Geography - Vietnam Academy of Science and Technology,
18 Hoang Quoc Viet, Hanoi, Vietnam*

Abstract: PM10 (Particulate matter 10 is a dust with aerodynamic diameters of $0.001 \div 10\mu\text{m}$) is one of the air pollutants affecting human health. In this study, we conducted a modeling study to identify PM10 dust in the air by using Landsat 8 OLI satellite image, along with PM10 ground-measured data using the machine DustTrak II . Conduct regression analysis to determine the correlation model. Here, we used 16 in-situ measurement points. In that, 10 points were used to determine the regression function and 6 other points were used to test the regression model. Results were evaluated based on correlation coefficient (R) and Root Mean Square Error (RMSE) between measured and calculated data.

Keywords: PM10, Landsat 8 OLI, air pollution.