HNUE JOURNAL OF SCIENCE DOI: 10.18173/2354-1059.2020-0018
Natural Sciences, 2020, Volume 65, Issue 3, pp. 146-157
This paper is available online at http://stdb.hnue.edu.vn

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH HỒI QUY TUYẾN TÍNH TRONG NGHIÊN CỨU PHÂN BỐ NỒNG ĐỘ BỤI PM10 TRÊN ĐỊA BÀN CÁC QUẬN NỘI THÀNH HÀ NỘI

Doãn Hoài Trang[1], Đặng Vũ Khắc[1], Nguyễn Khắc Anh[1] và Phạm Thanh Hải[2]
[1]*Khoa Địa lí, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội*
[2]*Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

Tóm tắt. Nghiên cứu này ứng dụng hàm hồi quy tuyến tính vào ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI và dữ liệu đo bụi mặt đất để thành lập bản đồ phân bố nồng độ bụi PM10, qua đó hỗ trợ việc giám sát và đánh giá chất lượng không khí tại các quận nội thành Hà Nội. Nồng độ bụi PM10 được ước tính dựa trên mối tương quan giữa phản xạ khí quyển được xác định từ các kênh ảnh thu chụp trong dải nhìn thấy của vệ tinh Landsat 8 OLI với nồng độ bụi PM10 được đo tại mặt đất. Thông qua phương pháp phân tích hồi quy tuyến tính, chúng tôi đã tìm được hàm hồi quy phù hợp nhất tương ứng với giá trị R lớn (0,971) và sai số toàn phương trung bình – root mean square error thấp (RMSE = 7,75 $\mu g/m^3$) do nó thể hiện sự khác biệt giữa nồng độ bụi PM10 đo được trên mặt đất và nồng độ bụi PM10 tính được từ ảnh vệ tinh. Kết quả nhận được cho thấy một số khu vực có nồng độ PM10 rất cao, đạt tới trên 300 $\mu g/m^3$; chúng phân bố rải rác xung quanh các khu công nghiệp, cụm công nghiệp, các trục lộ giao thông nơi có mật độ giao thông cao hay có các công trình đang xây dựng, các khu đô thị mới và các dự án đang thi công. Trong khi đó, một số nơi ở ven đô có nồng độ PM10 thấp hơn nhiều, chỉ tới 50 $\mu g/m^3$ phân bố ở phía tây bắc, đông bắc của trung tâm thành phố.
Từ khóa: PM10, chất lượng không khí, viễn thám, Landsat 8 OLI, hồi quy tuyến tính.

1. Mở đầu

Không khí có vai trò đặc biệt quan trong đối với sự sống trên Trái Đất. Đó là nhân tố không thể thiếu đối với quá trình hô hấp và quang hợp, giúp duy trì sự tồn tại của con người và các loài sinh vật. Tuy nhiên trong những năm gần đây, môi trường không khí đang bị ô nhiễm nghiêm trọng. Báo cáo năm 2017 của cho thấy thiệt hại về kinh tế chủ yếu do tổn hại sức khỏe, bệnh tật, chết yểu chiếm phần lớn tổng thiệt hại từ ô nhiễm không khí (ước tính trên 90% tổng thiệt hại). Các thiệt hại về tài sản hay về khả năng sản xuất rất khó lượng hóa nhưng những thiệt hại gián tiếp khác liên quan tới mưa acid, cảnh quan, giá trị bất động sản bị ảnh hưởng ở khu vực bị ô nhiễm. Con số thống kê ở Việt Nam cho thấy tổng thiệt hại quy đổi vào khoảng 5 - 7% GDP vào năm 2013 [21]. Ô nhiễm không khí tại Việt Nam hiện nay cũng đang là vấn đề báo động. Đặc biệt tại các thành phố lớn, nơi mà quá trình đô thị hóa diễn ra mạnh mẽ và Hà Nội là một trong thí dụ điển hình đó. Dựa trên cơ sở dữ liệu của WHO, Trung tâm Phát triển và Sáng tạo Xanh (GreenID) đã phân tích và chỉ ra rằng không khí tại Hà Nội bị ô nhiễm với mức độ thứ 2 trong 23 thành phố được khảo sát ở một số quốc gia thuộc khu vực Đông Nam Á (bao gồm Việt Nam, Thái Lan, Myanmar và Indonesia) [11]. Một trong các chỉ số được sử dụng để đánh giá chất

Ngày nhận bài: 10/3/2020. Ngày sửa bài: 17/3/2020. Ngày nhận đăng: 24/3/2020.
Tác giả liên hệ: Đặng Vũ Khắc. Địa chỉ e-mail: dangvukhac@gmail.com

lượng không khí là nồng độ hạt bụi PM10 - tác nhân gây ô nhiễm môi trường không khí, và tác động xấu đến sức khỏe con người. Nồng độ này là tổng lượng các hạt bụi lơ lửng có đường kính khí động học ≤ 10 µm trong một đơn vị thể tích không khí [12].

Vì vậy rất cần giám sát môi trường không khí ở quy mô quốc gia và khu vực nhằm xác định chất lượng không khí, đánh giá và đưa ra những quy định, những biện pháp kịp thời để cải thiện chất lượng không khí và giảm thiểu những hậu quả mà ô nhiễm không khí gây ra. Tuy nhiên hiện nay, việc giám sát ô nhiễm không khí chủ yếu dựa vào dữ liệu đo đạc từ các trạm quan trắc mặt đất. Số lượng các trạm này không những phân bố rải rác mà còn khá ít về số lượng so với toàn bộ phạm vi của một đô thị như Hà Nội, do đó kết quả nghiên cứu thiếu sự liên tục về mặt không gian.

Ảnh viễn thám là một nguồn thông tin phong phú và được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau mà giám sát ô nhiễm môi trường là một trong những lĩnh vực đó. Đã có nhiều nghiên cứu dùng ảnh vệ tinh để giám sát ô nhiễm không khí như của A. Ung và cộng sự (2001) [18], C. Weber và cộng sự [19]. Trong các nghiên cứu này thông tin từ ảnh viễn thám được coi là kết quả của quá trình tương tác của bức xạ điện từ tới từ Mặt Trời với các đối tượng trên bề mặt Trái Đất. Tuy nhiên khi bức xạ điện từ đi qua lớp khí quyển thì nó tương tác với các thành phần trong khí quyển. Quá trình đó làm năng lượng suy giảm từng phần do hiện tượng hấp thụ, tán xạ, truyền xạ trước khi được thu nhận bởi các bộ cảm biến của vệ tinh. Kết quả phân tích ảnh viễn thám sẽ giúp xác định nồng độ PM10 trong không khí tại từng điểm ảnh - pixel. Mức độ chi tiết tùy thuộc vào độ phân giải của ảnh vệ tinh, nên đó chính là ưu thế vượt trội của phương pháp này so với các quan trắc trên mặt đất.

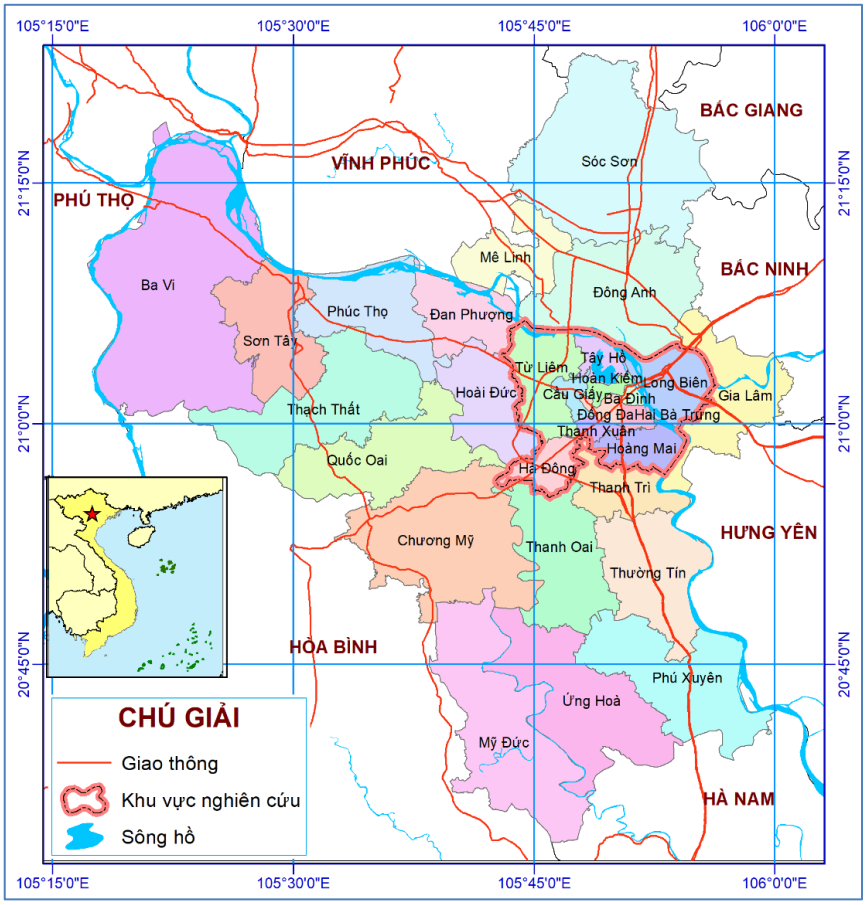
Ở Việt Nam đã có nhiều nghiên cứu ứng dụng viễn thám trong giám sát ô nhiễm môi trường. Tuy nhiên các nghiên cứu đó chủ yếu tập trung vào môi trường đất và nước, còn môi trường không khí chỉ mới được tiến hành trong những năm gần đây. Một số công trình đã nghiên cứu ứng dụng viễn thám trong giám sát chất lượng không khí, cụ thể là giám sát ô nhiễm bụi sử dụng ảnh MODIS [4], ảnh SPOT 5 [14], ảnh Landsat 7 ETM [15], và ảnh Landsat 8 OLI [7]. Mỗi loại ảnh đều có những ưu nhược điểm riêng ví dụ như ảnh MODIS được cập nhật thường xuyên, liên tục, và có chứa thông số về độ dày quang học. Đó là một trong những dữ liệu đầu vào dùng để tính toán nồng độ bụi, giúp việc tính toán thuận tiên hơn. Tuy nhiên độ phân giải của ảnh MODIS thấp nên chỉ thích hợp với những khu vực nghiên cứu rộng lớn, còn đối với các khu vực có quy mô nhỏ thì độ chính xác không cao. Ảnh SPOT 5 có độ phân giải cao nhưng giá thành đắt và khó tiếp cận. Trong khi đó ảnh Landsat có độ phân giải gần tương đương nên thích hợp cho nghiên cứu chi tiết các khu vực có quy mô nhỏ. Tuy nhiên vệ tinh Landsat 7 đã bị lỗi hệ thống từ năm 2003, nên đến năm 2013 vệ tinh Landsat 8 OLI đi vào hoạt động và ảnh được cung cấp miễn phí qua trang web của Sở Địa chất Mỹ (USGS). Vì vậy, trong nghiên cứu này, chúng tôi hướng tới mục tiêu ứng dụng mô hình hồi quy tuyến tính vào các kênh ảnh Landsat 8 OLI và dữ liệu đo đạc mặt đất để tính toán nồng độ bụi PM10. Từ đó thành lập bản đồ phân bố nồng độ bụi PM10 tại các quận nội thành Hà Nội để đưa ra các phân tích, đánh giá khách quan về chất lượng không khí cho từng địa điểm cụ thể.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Thủ đô Hà Nội là trung tâm kinh tế - chính trị - văn hóa của cả nước. Cùng với tốc độ đô thị hóa diễn ra nhanh chóng, Hà Nội hiện đang phải gánh chịu tác động nghiệm trọng của ô nhiễm môi trường mà một trong các loại ô nhiễm đó là sự suy giảm của chất lượng không khí. Dựa trên dữ liệu thu thập từ các trạm quan trắc chất lượng không khí của Đại sứ quán Mỹ tại Hà Nội, Trung tâm Phát triển và Sáng tạo Xanh (GreenID) đã thống kê được 91% số ngày trong ba

tháng đầu năm 2018, mức độ ô nhiễm không khí của Hà Nội đã vượt quá giới hạn cho phép của Tổ chức Y tế Thế giới (WHO) [11]. Trong tháng 9 năm 2019, liên tục trong nhiều ngày chất lượng không khí trên địa bàn thành phố Hà Nội ở mức kém. Đây là những nhân tố gây tác động xấu, ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe cộng đồng [9]. Khu vực nghiên cứu của chúng tôi tập trung vào các quận nội thành của Hà Nội, bao gồm: Cầu Giấy, Ba Đình, Hoàn Kiếm, Đống Đa, Tây Hồ, Long Biên, Hai Bà Trưng, Hoàng Mai, Thanh Xuân, Bắc Từ Liêm, Nam Từ Liêm, Hà Đông, nơi có tốc độ đô thị hóa cao trong những năm vừa qua. Đây là khu vực có dân cư tập trung đông đúc, chịu áp lực nặng nề nhất của ô nhiễm môi trường không khí.



Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu

2.2. Dữ liệu sử dụng

2.2.1. Dữ liệu ảnh vệ tinh

Nghiên cứu này sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 8 OLI, được Mỹ phóng thành công lên quỹ đạo ngày 11/02/2013 với tên gọi gốc Landsat Data Continuity Mission (LDCM). Nhiệm vụ của Landsat 8 là cung cấp những thông tin quan trọng trong nhiều lĩnh vực như quản lí năng lượng và nước, theo dõi rừng, giám sát tài nguyên môi trường, quy hoạch đô thị, khắc phục thảm họa và canh tác nông nghiệp. Landsat 8 (LDCM) mang theo 2 bộ cảm biến: bộ thu nhận ảnh mặt đất (OLI - Operational Land Imager) và bộ cảm biến hồng ngoại nhiệt (TIRS - Thermal Infrared Sensor). Landsat 8 thu nhận ảnh trên 11 kênh phổ, bao gồm 9 kênh sóng ngắn và 2 kênh nhiệt sóng dài [13].

Ảnh Landsat 8 OLI được sử dụng trong nghiên cứu này có số hiệu LC81270452019273LGN00, chụp vào thời điểm 03h23'46'' (giờ GMT) ngày 30/09/2019. Ảnh có độ che phủ mây 12%, và được tải từ trang web https://earthexplorer.usgs.gov. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng đồng thời ảnh đã được xử lí ở mức 1 (L1) và mức 2 (L2). Ảnh Landsat mức 1 được coi là sản phẩm dữ liệu tiêu chuẩn của Landsat, được phân phối dưới dạng số và mỗi pixel mang một giá trị nguyên dương (DN). Các giá trị DN có thể được chuyển đổi thành các giá trị độ rọi hoặc giá trị phản xạ tại đỉnh khí quyển (TOA) - hiệu chỉnh tuyệt đối bằng tệp tin siêu dữ liệu được phân phối cùng với sản phẩm [10]. Ảnh Landsat mức 2 cung cấp giá trị phản xạ trên mặt đất tại từng pixel (BOA). Dữ liệu phản xạ này của ảnh Landsat 8 đã được USGS hiệu chỉnh bằng phương pháp LaSRC nhằm loại bỏ ảnh hưởng của khí quyển như tán xạ, hấp thụ khí quyển, từ đó được dùng để ước tính giá trị phản xạ bề mặt [8].

Bảng 1. Các kênh ảnh và độ phân giải không gian của ảnh Landsat 8 OLI [13]

Kênh ảnh	Bước sóng (µm)	Độ phân giải (m)
Kênh 1 - Xanh dương sẫm	0,43 - 0,45	30
Kênh 2 - Xanh dương	0,45 - 0,51	30
Kênh 3 - Xanh lá cây	0,53 - 0,59	30
Kênh 4 - Đỏ	0,64 - 0,67	30
Kênh 5 - Cận hồng ngoại (NIR)	0,85 - 0,88	30
Kênh 6 - Hồng ngoại sóng ngắn 1 (SWIR)	1,57 - 1,65	30
Kênh 7 - Hồng ngoại sóng ngắn 2 (SWIR)	2,11 - 2,29	30
Kênh 8 - Toàn sắc	0,50 - 0,68	15
Kênh 9 – Cirrus	1,36 - 1,38	30
Kênh 10 - Hồng ngoại nhiệt (TIRS) 1	10,60 - 11,19	100
Kênh 11 - Hồng ngoại nhiệt (TIRS) 2	11,50 - 12,51	100

Trong nghiên cứu này, 4 kênh phổ được sử dụng để tính toán nồng độ bụi PM10 bao gồm: kênh 1 (Xanh dương sẫm), kênh 2 (Xanh dương), kênh 3 (Xanh lá) và kênh 4 (Đỏ).

Bảng 2. Các thông số của ảnh Landsat 8 OLI chụp ngày 30/09/2019

• Mã hiệu cảnh: LC81270452019273LGN00	• Độ phủ mây: 0,12
• Đầu thu: OLI	• Góc cao Mặt Trời: 58,10556504
• Ngày thu: 30/09/2019	• Phương vị Mặt Trời: 137,12412528
• Ngày cập nhật: 30/09/2019	• Thời gian bắt đầu thu: 03:23:46 (GMT)
• Tuyến bay: 127	• Tháng: 03
• Dòng bay: 45	• Năm: 2019

2.2.2. Dữ liệu đo bụi mặt đất

Dữ liệu đo nồng độ bụi PM10 mặt đất sử dụng trong nghiên cứu này được Trung tâm Công nghệ tích hợp liên ngành giám sát hiện trường (FIMO) - Trường Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia Hà Nội cung cấp. Trung tâm đã sử dụng thiết bị Fairkit để đo các thông số chất lượng không khí cơ bản, trong đó có nồng độ bụi PM10. Các thiết bị trong mạng lưới FairKit tự động kết nối (không dây) liên tục 24/7 với hệ thống FairNet để lưu trữ, xử lí dữ liệu và công bố thông tin trên trang web http://airnet.vn và app Airnet trên điện thoại di động. Do đó việc tiếp cận với dữ liệu rất dễ dàng [1, 5].

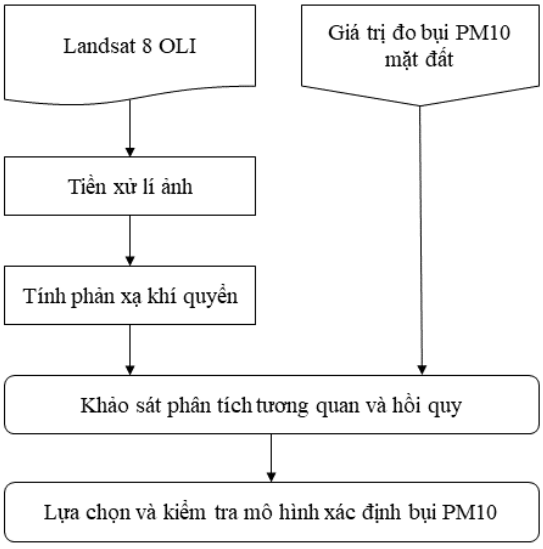
Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng nồng độ bụi PM10 đo đạc tại 15 trạm quan trắc theo trung bình giờ (10 giờ ngày 30/09/2019), trùng với thời gian chụp ảnh của vệ tinh Landsat 8 (Bảng 3).

Bảng 3. Dữ liệu đo bụi mặt đất ngày 30/09/2019

Stt	Địa chỉ lắp đặt	Tọa độ	Mã FKID	PM10 ($\mu g/m^3$)
1	Phố Sách	21,02424; 105,84765	1022	144,12
2	Live & Learn office	21,05226; 105,8117	1037	254,02
3	Trường THCS, THPT Tạ Quang Bửu	21,00257; 105,84653	1038	204,98
4	Viện Sức khỏe Nghề nghiệp và Môi trường	21,013180; 105,860812	1040	240,2
5	Tiểu học Công nghệ Giáo dục	20,99603;105,84455	1041	251,5
6	Viện Tư vấn Phát triển KTXH Nông thôn và Miền núi	21,041691; 105,809003	1043	524,6
7	Trường Mầm non Casa Dei Piccioni	21,024317; 105,821397	1045	231,05
8	Mầm non Búp sen xanh	21,037930; 105,785430	1046	216,52
9	Trường Tiểu học Thực nghiệm	21,032812; 105,812577	1047	119,02
10	Trường Tiểu học Olympia	20,991518; 105,790201	1055	269,96
11	ĐH Y Tế Công cộng	21,08284; 105,779777	1080	217,29
12	THCS Nam Từ Liêm	21,032317; 105,748720	1084	195,62
13	ĐH Khoa học Tự nhiên Hà Nội	20,995777; 105,807868	1085	234,04
14	Học viện Nông nghiệp	21,000939; 105,931785	1088	206,92
15	THCS - THPT Nguyễn Tất Thành	21,037454; 105,784927	1089	239

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Quy trình xử lí



Hình 2. Quy trình xử lí để xác định nồng độ bụi PM10

Trên cơ sở các nghiên cứu của Salah Abdul Hameed Saleh (2014) [17] và Nguyễn Như Hùng (2018) [7], chúng tôi tiến hành các bước xử lí như sau: Thu thập dữ liệu, tiền xử lí ảnh viễn thám, tính phản xạ khí quyển, phân tích tương quan và hồi quy, lựa chọn mô hình và thành lập bản đồ, phân tích và đánh giá kết quả. Các phần mềm, công cụ hỗ trợ được sử dụng trong nghiên cứu bao gồm phần mềm Envi 5.2, Mapinfor 9.0, Arcgis 10.2.2, SPSS 20.

2.3.2. Tiền xử lí ảnh viễn thám

Giá trị trên từng pixel của ảnh Landsat 8 là giá trị kĩ thuật số (DN) được định lượng và hiệu chuẩn đại diện cho dữ liệu hình ảnh đa diện được thu bởi cả Bộ thu nhận ảnh mặt đất (OLI) và Bộ cảm biến hồng ngoại nhiệt (TIRS) [17]. Giá trị DN chỉ có ý nghĩa trong công tác giải đoán đối tượng bề mặt đất. Trong nghiên cứu này giá trị thực - con số chính xác đến phần thập phân có ý nghĩa đo lường hơn, đặc biệt đối với bài toán có tính đến ảnh hưởng của khí quyển [14]. Do đó chúng tôi chuyển đổi giá trị DN sang giá trị thực cho các kênh ảnh thuộc dải nhìn thấy.

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

Giá trị DN của các kênh ảnh Landsat 8 OLI được chuyển đổi thành giá trị 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 [2] :

$$\rho\lambda' = M\rho \times Qcal + A\rho \quad (1)$$

trong đó: - ρλ': Phản xạ tại đỉnh khí quyển TOA, chưa hiệu chỉnh góc tới;

- Mρ: 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 tương ứng);

- Aρ: 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 tương ứng);

- Qcal: Lượng tử hóa và hiệu chuẩn tiêu chuẩn - giá trị số của kênh ảnh (DN).

Phản xạ đỉnh khí quyển TOA khi hiệu chỉnh góc tới Mặt Trời [2]:

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\cos(\theta SZ)} = \frac{\rho\lambda'}{\sin(\theta SE)} \quad (2)$$

trong đó: - ρλ: Phản xạ tại đỉnh khí quyển TOA

- θSE: Góc độ cao Mặt Trời (SUN_ELEVATION).

- θSZ: Góc thiên đỉnh Mặt Trời; θSZ = 90° - θSE

2.3.3. Tính phản xạ khí quyển

Giá trị bức xạ được ghi nhận tại các bộ cảm biến của vệ tinh là năng lượng của bức xạ Mặt Trời. Tuy nhiên nguồn năng lượng đó sau 2 lần đi qua lớp khí quyển dày đã bị biến đổi do ảnh hưởng của các quá trình tán xạ và hấp thụ bức xạ điện từ gây ra bởi các thành phần khí quyển và các hạt lơ lửng. Các quá trình này diễn ra trong dải nhìn thấy đến cận hồng ngoại. Do đó, các kênh ảnh trong vùng quang phổ nhìn thấy được sử dụng để tìm ra mối quan hệ với nồng độ bụi PM10 trong không khí. Việc xác định chính xác năng lượng của bức xạ điện từ mất đi do ảnh hưởng của các quá trình tán xạ và hấp thụ khí quyển là cơ sở khoa học của việc xác định nồng độ bụi trong không khí từ ảnh viễn thám [6, 15].

Giá trị phản xạ khí quyển trong nghiên cứu này được xác định bằng phương pháp sử dụng giá trị phản xạ trên đỉnh khí quyển trừ đi giá trị phản xạ trên bề mặt của từng pixel trên ảnh vệ tinh quang học [6]. Để xác định được giá trị phản xạ bề mặt cần phải dùng các phương pháp hiệu chỉnh khí quyển để loại bỏ ảnh hưởng của khí quyển do ánh sáng khi đi qua tầng khí quyển chịu tác động như tán xạ, hấp thụ của các hạt lơ lửng trong khí quyển. Tuy nhiên hiện nay đối với Landsat 8, USGS cung cấp miễn phí ảnh phản xạ bề mặt, được hiệu chỉnh bằng phương pháp LaSRC (Landsat 8 Surface Reflectance Code), làm cho việc tính toán cũng trở nên đơn giản và dễ dàng hơn. Hơn nữa, nghiên cứu của tác giả Nguyễn Như Hùng (2019) đã chứng minh rằng phương pháp hiệu chỉnh khí quyển LaSRC dành riêng cho Landsat 8 là tốt nhất với

giá trị phản xạ phổ mặt đất so với các phương pháp hiểu chỉnh khí quyển khác như DOS (Dark Object Subtraction) hay FLAASH (Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes) [6].

2.3.4. Phân tích tương quan và hồi quy

Từ phản xạ khí quyển ta có thể tính được độ dày sol khí (AOT) dựa trên công thức được tác giả O. Nadzri và cộng sự (2010) đưa ra [16]:

$$AOT(\lambda) = a_1 \times R(\lambda_1) + a_2 \times R(\lambda_2) + a_3 \times R(\lambda_3) + \ldots \quad (3)$$

Trong đó $R(\lambda_i)$ là phản xạ khí quyển (i = 1, 2, 3… tương ứng với từng kênh ảnh), và a_j là hệ số thuật toán (j = 1, 2, 3, …) được xác định bằng thực nghiệm.

Các nghiên cứu trước đó của tác giả Nadzri và cộng sự [16], Lim H.S. và cộng sự [16, 20] đã chứng minh rằng hàm lượng PM tương quan tốt hơn với AOT trực tiếp và có thể thay thế AOT bằng PM10 vào phương trình (3). Từ đó ta có phương trình (4):

$$PM10 = b_1 \times R(\lambda_1) + b_2 \times R(\lambda_2) + b_3 \times R(\lambda_3) + \ldots \quad (4)$$

Trong đó R(λi) là phản xạ khí quyển (i = 1, 2, 3… tương ứng với từng kênh ảnh), và bj là hệ số phương trình (j = 1, 2, 3, …) được xác định bằng thực nghiệm.

Các hệ số b_j của phương trình (4) được xác định bằng phương pháp phân tích hồi quy tuyến tính dựa trên dữ liệu đo đạc nồng độ PM10 tại các trạm quan trắc mặt đất và dữ liệu ảnh vệ tinh thu chụp cùng thời điểm. Trong đó giá trị phản xạ khí quyển $R(\lambda_i)$ được coi là các biến độc lập, nồng độ bụi PM10 đo được tại các trạm là biến phụ thuộc. Với 15 điểm đo nồng độ bụi mặt đất PM10, chúng tôi sử dụng 10 điểm để tiến hành phân tích hồi quy tuyến tính, 5 điểm còn lại dùng để kiểm tra mô hình. Mô hình được lựa chọn trình bày ở Bảng 4 và Bảng 5, dựa trên hệ số tương quan (R) và căn bậc hai sai số toàn phương trung bình (RMSE) giữa số liệu đo và số liệu tính toán.

Bảng 4. Mô hình dùng để khảo sát phân tích tương quan và hồi quy

Mô hình		Kênh 1	Kênh 2	Kênh 3	Kênh 4
1	PM10 = b_0	$b_1 \times R(\lambda_1)$	$+ b_2 \times R(\lambda_2)$	$+ b_3 \times R(\lambda_3)$	$+b_4 \times R(\lambda_4)$
					Với b_0 là hằng số

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

Stt	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	R	RMSE (μg/m^3)
1	414,0	8088,5	-12069,5	-7311,4	5355,5	0,971	7,75

Qua tính toán, khảo sát các mô hình hồi quy cho thấy nồng độ bụi PM10 khi được tính bằng phản xạ khí quyển của cả 4 kênh phổ thì có hệ số tương quan cao nhất (R = 0,971 và R^2 = 0,943) và sai số trung bình thấp nhất (RMSE = 7,75 μg/m^3). Do đó hàm hồi quy cho kết quả phù hợp nhất có dạng sau:

$$PM10 = 414{,}0 + 8088{,}5 \times R(\lambda 1) - 12069{,}5 \times R(\lambda 2) - 7311{,}4 \times R(\lambda 3) + 5355{,}5 \times R(\lambda 4) \quad (5)$$

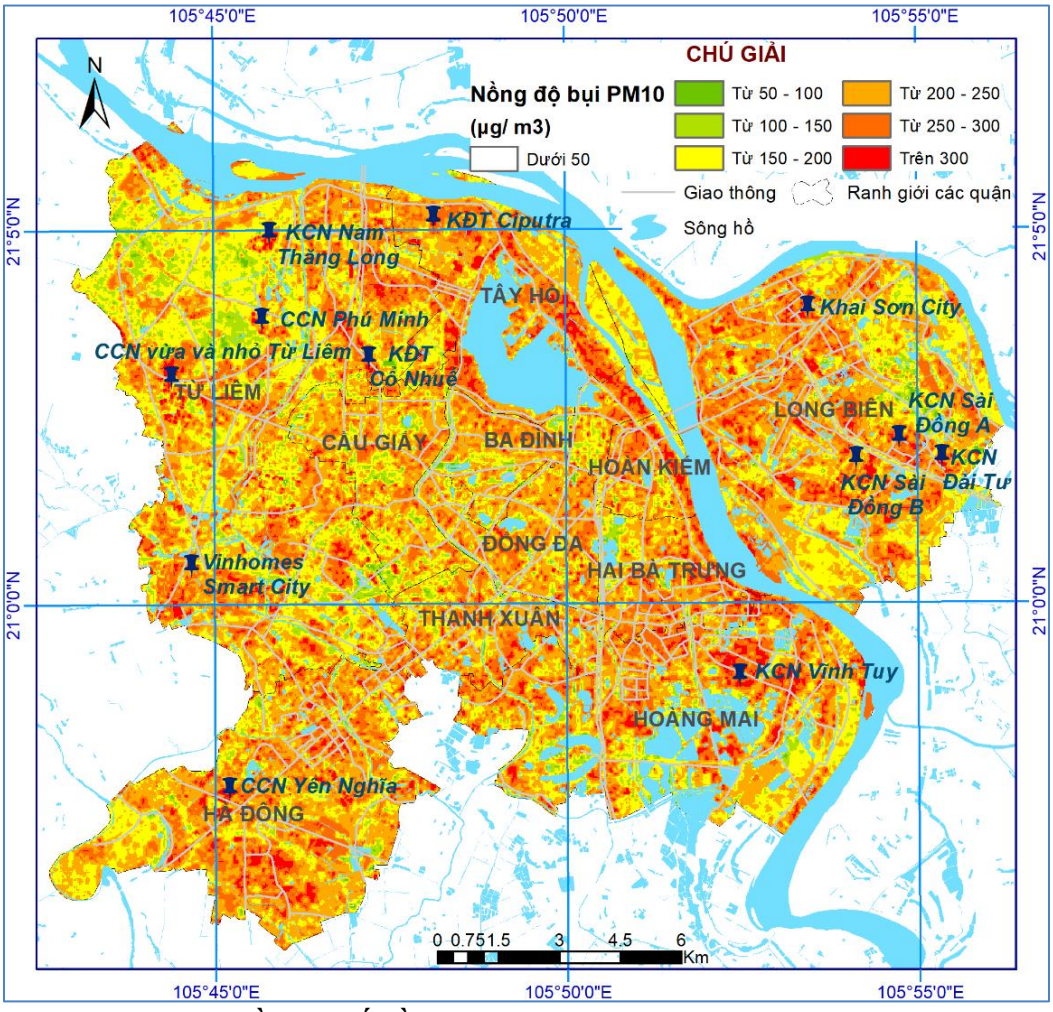
Trong đó $R(\lambda_i)$ là phản xạ khí quyển (i = 1, 2, 3… tương ứng với từng kênh ảnh).

2.4. Kết quả và thảo luận

2.4.1. Phân bố nồng độ bụi PM10

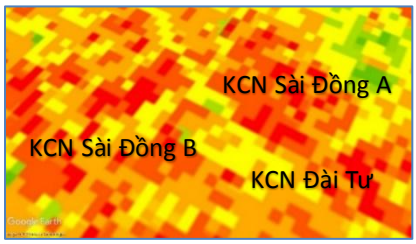
Từ phương trình (5), chúng tôi tiến hành tính nồng độ bụi PM10 thông qua giá trị phản xạ khí quyển trên ảnh vệ tinh để thành lập bản đồ phân bố nồng độ bụi PM10 trong không gian tại các quận nội thành Hà Nội vào lúc 10 giờ sáng ngày 30/09/2019. Bản đồ thể hiện nồng độ bụi PM10 trong không khí vào thời điểm các xí nghiệp công nghiệp và các phương tiện giao thông đã đi vào hoạt động. Bản đồ cho thấy sự phân bố của nồng độ bụi PM10 mang tính cục bộ, phát tán nhiều hướng. Sự phát tán của nồng độ bụi PM10 trong không khí chịu tác động mạnh của gió. Tuy nhiên khu vực các quận nội thành Hà Nội có mức độ đô thị hóa cao, nhiều tòa nhà cao

tầng sát nhau tạo nên "độ nhám" khá lớn, vì vậy ảnh hưởng của gió thịnh hành ở đây không lớn. Hơn nữa, đây là thời điểm mùa thu, trời khá lặng gió, tốc độ gió tại khu vực nội thành lúc 10h ngày 30/09/2019 chỉ vào khoảng 5 - 6 km/h [3]. Gió tại thời điểm này chủ yếu là "gió quẩn", thổi theo nhiều hướng do chịu tác động của các luồng di chuyển của các phương tiện giao thông và từ quá trình thải nhiệt của các hoạt động nhân sinh.

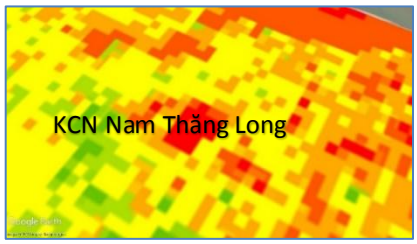


Hình 3. Bản đồ phân bố nồng độ bụi PM10 tại các quận nội thành Hà Nội

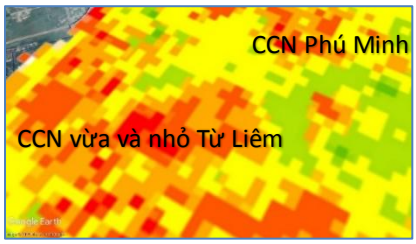
Quan sát bản đồ trên ta có thể thấy gần như nhiều khu vực các quận nội thành Hà Nội có nồng độ PM10 cao, vượt quy chuẩn cho phép (150 µg/ m^3) của Bộ Tài nguyên và Môi trường [12]. Điều này hoàn toàn trùng khớp với diễn biến tình trạng ô nhiễm môi trường không khí trong tháng 9 tại thành phố Hà Nội theo thống kê của Trung tâm quan trắc Môi trường Miền Bắc - Tổng cục Môi trường [9]. Trong nửa cuối tháng 9, nhiều ngày liên tiếp chất lượng không khí của thành phố Hà Nội luôn ở mức trung bình và kém. Nguyên nhân dẫn đến nồng độ bụi PM10 tăng cao do thời điểm giao mùa, không khí khô, kèm theo hiện tượng nghịch nhiệt làm giảm khả năng phát tán và gia tăng các chất ô nhiễm trong không khí. Hơn nữa, thống kê cho thấy tháng 9 năm 2019 là tháng có lượng mưa thấp nhất trong 6 năm trở lại đây. Nhiều ngày liên tiếp (từ ngày 21/09 đến ngày 30/09) Hà Nội không có mưa [3, 9]. Đó cũng là một trong những nguyên nhân khiến nồng độ bụi PM10 tăng cao đột biến. Ngoài ra, việc đốt rơm rạ trong mùa thu hoạch lúa tại thời điểm này ở ngoại thành cũng góp phần làm gia tăng nồng độ bụi PM10 trong không khí.



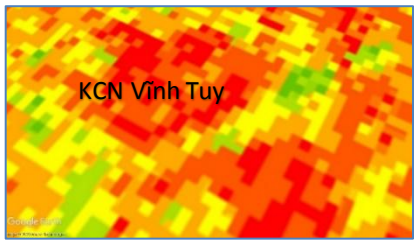
a) *Các KCN quận Long Biên*



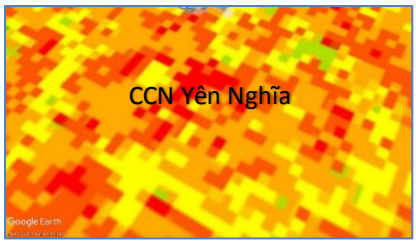
b) *KCN Nam Thăng Long*



c) *Các CCN quận Bắc Từ Liêm*



d) *KCN Vĩnh Tuy*



e) *CCN Yên Nghĩa*

f) *KĐT Vinhomes Smart City*

g) *KĐT Ciputra*

h) *KĐT Khai Sơn City*

Hình 4. Một số khu vực có nồng độ bụi PM10 đạt trên 300 µg/ m^3 (Vị trí trên Hình 3)

Nhìn chung trong tất cả các quận đều có những nơi nồng độ bụi PM10 cao (trên 150 µg/ m^3), tập trung chủ yếu ở các khu công nghiệp, cụm công nghiệp, các trục lộ giao thông nơi có mật độ giao thông cao hay có các công trình đang xây dựng, các khu đô thị mới và các dự án đang thi công. Tại khu vực có các khu công nghiệp, cụm công nghiệp của các quận Long Biên, Từ Liêm, Hoàng Mai và Hà Đông đều có mức độ nồng độ bụi PM10 cao, cụ thể như: KCN Sài Đồng A, KCN Sài Đồng B, KCN Đài Tư (Quận Long Biên); KCN Nam Thăng Long, CCN vừa và nhỏ Từ Liêm, CCN Phú Minh (Quận Từ Liêm); KCN Vĩnh Tuy (Quận Hoàng Mai); CCN Yên Nghĩa (Quận Hà Đông). Quá trình đô thị hóa diễn ra mạnh kéo theo hàng loạt các dự án khu đô thị mới đang được thi công và phân bố trên khắp tất cả các quận nội thành Hà Nội. Các công trình này đã thải ra một lượng lớn vật liệu, khiến cho tại các khu vực này nồng độ bụi PM10 ở mức cao. Điển hình như Dự án khu đô thị mới Vinhomes Smart City nằm trên trục đường Đại lộ Thăng Long (quận Nam Từ Liêm); KĐT Ciputra (quận Tây Hồ); KĐT Cổ Nhuế (quận Bắc Từ Liêm); Khai Sơn City (quận Long Biên), vv. Bên cạnh các khu đô thị còn có rất nhiều khu

chung cư, các tòa nhà, các công trình đang trong quá trình xây dựng, đây cũng là những nơi có nồng độ PM10 ở mức cao.

Nồng độ bụi PM10 cũng tập trung cao ở các nút giao trong nội thành, các trục lộ giao thông, nơi có mật độ giao thông cao hay có các công trình đang xây dựng. Cụ thể như: xung quanh tuyến đường Phạm Văn Đồng, đặc biệt tại nút giao giữa Cổ Nhuế, Trần Cung và Phạm Văn Đồng; dọc theo QL32 qua khu vực đường Hồ Tùng Mậu và Cầu Diễn; xung quanh các tuyến đường Lê Đức Thọ, Lê Quang Đạo, Nguyễn Trãi, Nguyễn Xiển, Minh Khai; dọc theo trục đường Âu Cơ - Nghi Tàm - Yên Phụ - Trần Quang Khải, v.v. Các khu vực có nồng độ bụi PM10 tương đối thấp (< 150 μg/m^3) phân bố chủ yếu trên các vùng đất nông nghiệp, cách xa trung tâm thành phố, xa các trục lộ giao thông hoặc các vùng có mật độ cây xanh cao, cụ thể như: phía tây quận Bắc Từ Liêm; phía nam quận Hoàng Mai; phía đông bắc và phía tây nam quận Long Biên; các công viên cây xanh như công viên Thủ Lệ, công viên Yên Sở; KĐT Vinhomes Riverside, vv.

2.4.2. Kiểm chứng kết quả

Sau khi thu được bản đồ phân bố nồng độ bụi PM10, chúng tôi chiết xuất giá trị đã tính được tại các pixel tương ứng với vị trí của 5 trạm quan trắc mặt đất và sử dụng để kiểm tra mô hình. Từ đó nhận được kết quả ở Bảng 6.

Bảng 6. Kiểm tra và so sánh nồng độ bụi PM10 đo tại trạm quan trắc mặt đất và nồng độ bụi PM10 được tính từ ảnh vệ tinh

Stt	Mã FKID	PM10 đo tại trạm quan trắc (μg/m^3)	PM10 tính từ ảnh vệ tinh (μg/ m^3)	Sai số (μg/ m^3)
1	1037	254,02	220,04	33,98
2	1047	119,02	175,83	-56,81
3	1053	256,54	261,90	-5,36
4	1084	195,62	233,47	-37,85
5	1085	234,04	233,54	0,50

So sánh trên cho thấy mối tương quan khá cao giữa nồng độ PM10 đo tại các trạm quan trắc mặt đất với nồng độ PM10 tính được từ ảnh vệ tinh. Sai số ở mức có thể chấp nhận với giá trị trung bình (RMSE) là 24,17 μg/ m^3.

3. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy khả năng của phương pháp xác định nồng độ bụi PM10 từ dữ liệu ảnh viễn thám Landsat 8 OLI kết hợp với dữ liệu đo bụi mặt đất. Qua đó bản đồ phân bố nồng độ bụi PM10 theo không gian tại khu vực các quận nội thành Hà Nội đã được xây dựng. Nghiên cứu đã sử dụng ảnh Landsat 8 OLI chụp ngày 30/09/2019 và dữ liệu bụi PM10 của 15 trạm quan trắc mặt đất trên địa bàn các quận nội thành thành phố Hà Nội (10 trạm để tính toán hồi quy và 5 trạm để kiểm chứng). Qua các bước xử lí, tính toán phân tích hồi quy cho kết quả tương quan cao (R = 0,971 và R^2 = 0,943) và sai số trung bình thấp (RMSE = 7,75 μg/m^3); kết quả kiểm chứng có sai số trung bình ở mức chấp nhận được (RMSE = 24,17 μg/m^3). Trong tình hình hiện nay, một mặt do vấn đề ô nhiễm môi trường không khí đang là một trong những mối quan tâm hàng đầu của các đô thị, đặc biệt tại thành phố Hà Nội. Mặt khác do số lượng các trạm quan trắc tự động còn hạn chế, chi phí lắp đặt đắt đỏ thì việc ứng dụng công nghệ viễn thám trong nghiên cứu, giám sát tình hình ô nhiễm bụi trong không khí tỏ ra rất nhanh chóng và hiệu

quả nhằm hỗ trợ cho công tác quản lí môi trường. Bản đồ phân bố nồng độ bụi PM10 là kết quả từ việc xử lí ảnh viễn thám, do đó phản ảnh tình trạng ô nhiễm tại thời điểm chụp ảnh. Tuy nhiên, phân bố bụi trong không khí còn chịu tác động của hướng gió. Do nghiên cứu không có dữ liệu về hướng gió tại thời điểm chụp ảnh nên chúng tôi chưa phân tích mối quan hệ giữa kết quả đạt được với nhân tố này.

Lời cám ơn. Các tác giả trân trọng cám ơn Trung tâm Công nghệ tích hợp liên ngành Giám sát hiện trường (FIMO), Đại học Quốc gia Hà Nội đã cung cấp dữ liệu để thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Văn Hào (TTXVN/Vietnam+), 2019. *Phát triển mạng lưới quan trắc chất lượng không khí tại Hà Nội*, truy cập ngày 12/02-2020, tại trang web http://kbchn.net/phat-trien-mang-luoi-quan-trac-chat-luong-khong-khi-tai-ha-noi-104047.html.

[2] Phương Anh, 2014. *Giới thiệu tổng quan và khái quát về địa lí thành phố Hà Nội*, Cổng giao tiếp điện tử - UBND Thành phố Hà Nội, truy cập ngày 22/02-2020, tại trang web https://hanoi.gov.vn/diachihanoi/-/hn/RtLibd2X8kEn/1001/124742/gioi-thieu-tong-quan-va-khai-quat-ve-ia-li-thanh-pho-ha-noi.html.

[3] Công ty InMeteo, Ventusky: Dự báo thời tiết, truy cập ngày 10/03-2020, tại trang web https://www.ventusky.com/.

[4] Phạm Thị Duyên, 2016. *Sử dụng tư liệu vệ tinh MODIS đánh giá chất lượng không khí khu vực Đồng bằng Sông Hồng*, Khoa Địa lí, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.

[5] Hà Nội vài nét tổng quan, 2017. Báo ảnh Dân tộc và Miền núi, truy cập ngày 22/02-2020, tại trang web https://www.dantocmiennui.vn/xa-hoi/ha-noi-vai-net-tong-quan/130704.html.

[6] Nguyễn Như Hùng, 2019. *Nghiên cứu đề xuất phương pháp xác định nồng độ bụi (PM10) trong không khí khu vực đô thị Việt Nam từ dữ liệu ảnh vệ tinh* Trắc địa, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

[7] Nguyễn Như Hùng, Trần Vân Anh, Phạm Quang Vinh, Nguyễn Thanh Bình và Vũ Văn Hoàng, 2018. 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. *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội:* Các Khoa học Trái Đất và Môi Trường. Vol. 34, Số. 1, tr. 23-36.

[8] Thu Hường, 2019. *Cục Thống kê TP. Hà Nội tổ chức Họp báo công bố số liệu thống kê kinh tế - xã hội Thủ đô năm 2019*, truy cập ngày 22/02-2020, tại trang web http://consosukien.vn/hop-bao-cong-bo-so-lieu-thong-ke-kinh-te-xa-hoi-thanh-pho-ha-noi-nam-2019.htm.

[9] Quang Huy, 2019. *Tháng 9, Hà Nội có nồng độ bụi cao nhất từ đầu năm 2019*, Hội Nhà báo Việt Nam, truy cập ngày 01/02-2019, tại trang web http://www.hoinhabaovietnam.vn/Thang-9-Ha-Noi-co-nong-do-bui-cao-nhat-tu-dau-nam-2019_n55388.html?page=4190.

[10] Hoàng Phúc, 2019. *Dân số Hà Nội vượt 8 triệu người*. Báo điện tử Lao động thủ đô, truy cập ngày 22/02-2020, tại trang web http://laodongthudo.vn/dan-so-ha-noi-vuot-8-trieu-nguoi-93656.html.

[11] Nguyễn Trang, 2018. *Hà Nội có 91% số ngày ô nhiễm không khí vượt tiêu chuẩn của WHO*, Báo điện tử của Đài tiếng nói Việt Nam, truy cập ngày 22/01-2020, tại trang web https://vov.vn/tin-24h/ha-noi-co-91-so-ngay-o-nhiem-khong-khi-vuot-tieu-chuan-cua-who-762402.vov.

[12] Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2013. Quy chuẩn kĩ thuật quốc gia về chất lượng không khí xung quanh, *QCVN 05:2013/BTNMT*. Tổng Cục Môi Trường, chủ biên, Hà Nội.

[13] Thông tin chi tiết về vệ tinh Landsat 8 do cơ quan Đo đạc địa chất Mỹ cung cấp USGS, truy cập ngày 01/02-2020, tại trang web http://landsat.usgs.gov/landsat8.php.

[14] Trần Thị Vân, Trịnh Thị Bình và Hà Dương Xuân Bảo, 2014. 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*. Vol. 16, Số. 2, tr. 33-47.

[15] Trần Thị Vân, Nguyễn Phú Khánh và Hà Dương Xuân Bảo, 2014. 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 Đại Học Quốc Gia Hà Nội:* Các Khoa học Trái Đất và Môi Trường. Vol. 30, Số. 2, tr. 52-62.

[16] Othman Nadzri, Hwee San Lim và Mohd Zubir Mat Jafri, 2010. Estimating Particulate Matter Concentration over Arid Region Using Satellite Remote Sensing: A CaseStudy in Makkah, Saudi Arabia. *Modern Applied Science*. Vol. 4, Số. 11, tr. 131-142.

[17] Salah Abdul Hameed Saleh và Ghada Hasan, 2014. Estimation of PM10 Concentration using Ground Measurements and Landsat 8 OLI Satellite Image. *Journal of Remote Sensing & GIS*. Vol. 3, Số. 120.

[18] Anthony Ung, Thierry Ranchin, Lucien Wald, Christiane Weber, Jacky Hirsch, Gilles Perron và Joseph Kleinpeter, 2001. 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*, Paris, France, tr. 147-151.

[19] Christiane Weber, Jacky Hirsch, Gilles Perron, Joseph Kleinpeter, Thierry Ranchin, Anthony Ung và Lucien Wald, 2001. 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*, International Union of Air Pollution Prevention and Environmental Protection Associations Seoul, South Korea.

[20] Lim H.S., MatJafri M.Z., Abdulla K., Mohd N.S. và Sultan A.S., 2004. Remote Sensing of PM10 From LANDSAT TM Imagery, In *25th ACRS 2004*, Chiang Mai, Thailand, tr. 739-744.

[21] Nguyễn Thị Anh Thư và Lars Blume, 2017. *Chất lượng không khí Việt Nam*, GreenID, Hà Nội.

ABSTRACT

Application of a linear regression model in the study of PM10 distribution at urban districts of Hanoi city

Doan Hoai Trang[1], Dang Vu Khac[1], Nguyen Khac Anh[1] and Pham Thanh Hai[2]

[1]*Faculty of Geography, Hanoi National University of Education*

[2]*Institute of Geological Sciences, Vietnam Academy of Science and Technology*

This study applied the linear regression model to Landsat 8 OLI satellite images and in-situ measurement data to create a distribution map of PM10 concentration, thereby supporting the monitoring and assessing the air quality in urban districts of Hanoi. The PM10 concentration is estimated based on the correlation between atmospheric reflectance, which is determined from Landsat 8 OLI images using visible bands and the PM10 concentration measured at ground level. Through linear regression analysis, we have found the most appropriate regression function corresponding to R and R^2 values (0.971 and 0.943 respectively) and low root mean square error (RMSE = 7.75 $\mu g/m^3$). The results showed that some areas have very high PM10 concentration, reaching over 300 $\mu g/m^3$, scattered distribution of industrial parks, industrial clusters, traffic routes where there is high traffic density or there are new urban areas and projects under construction. Meanwhile, some suburban areas have much lower concentration of PM10, only up to 50 $\mu g\ m^3$ distributed northwest and northeast of the city center.

Keywords: PM10, air quality, remote sensing, Landsat 8 OLI, linear regression.