

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG PHÁT HIỆN Ô NHIỄM BỤI TRÊN KHU VỰC ĐÔ THỊ BẰNG CÔNG NGHỆ VIỄN THÁM NHẪM HỖ TRỢ QUAN TRẮC MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ

Trần Thị Vân⁽¹⁾, Trịnh Thị Bình⁽¹⁾, Hà Dương Xuân Bảo⁽²⁾

(1) Viện Môi trường và Tài nguyên, ĐHQG - HCMHCM

(2) Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG – HCM

(Bài nhận ngày 07 tháng 09 năm 2012, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 02 tháng 11 năm 2012)

TÓM TẮT: Bài báo trình bày phương pháp tiếp cận theo hướng ứng dụng công nghệ viễn thám vào công tác giám sát môi trường không khí, cụ thể bước đầu nghiên cứu phát hiện thành phần bụi PM10 từ ảnh vệ tinh SPOT 5. Quá trình tính toán dựa trên giá trị phản xạ của ảnh vệ tinh viễn thám. Phương pháp chính là tính thống kê hồi quy tương quan giữa nồng độ bụi PM10 quan trắc từ trạm mặt đất và giá trị phản xạ trên từng kênh ảnh và các thành phần chính của ảnh vệ tinh năm 2003 để tìm hàm hồi quy tốt nhất, và áp dụng cho ảnh năm 2011 sau khi đã được chuẩn hóa bức xạ tương đối theo các điều kiện khí quyển, hình học, chiếu sáng và môi trường của ảnh năm 2003. Kết quả cho thấy có sự tương quan tốt nhất trên hàm hồi quy phi tuyến. Phân bố không gian nồng độ bụi PM10 > 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ được phát hiện hầu hết trên các trục lộ giao thông, các khu công nghiệp và cả khu dân cư. Nghiên cứu này là bước đầu thử nghiệm, nhưng kết quả đã chứng minh rằng ảnh vệ tinh có thể được sử dụng như một công cụ hữu ích, hiệu quả để giám sát môi trường không khí ở các thành phố.

Từ khóa: ô nhiễm không khí, bụi PM10, viễn thám, hồi quy tương quan, phản xạ.

1. MỞ ĐẦU

Trong những năm gần đây, ô nhiễm không khí đang là vấn đề bức xúc đối với môi trường đô thị, công nghiệp và kể cả các vùng nông thôn. Vấn đề ô nhiễm tại các thành phố ở Việt Nam đang phát triển tạo ra một sự đe dọa nghiêm trọng cho sức khỏe của con người khi mà các chất thải trong không khí như SO_x, NO_x, CO₂, bụi khí PM10 (kích thước bụi < 10 μm) vượt xa giới hạn cho phép của WHO và US EPA.

Đã có nhiều nghiên cứu về môi trường không khí, đặc biệt đánh giá tình hình ô nhiễm không

khí cho các đô thị lớn như Hà Nội, TPHCM, Đà Nẵng, Cần Thơ... Các nghiên cứu tập trung vào phân tích thống kê từ nguồn số đo mặt đất tại các trạm quan trắc mặt đất. Số trạm này khá ít so với toàn khu vực của một đô thị, do đó kết quả thiếu định lượng về mặt không gian. Các nghiên cứu khác trên cơ sở mô hình hóa thì yêu cầu khá nhiều dữ liệu kết hợp giữa số đo mặt đất với các dữ liệu khí tượng, dữ liệu phát thải... để mô phỏng không gian, nhưng kết quả định lượng không gian chưa được chi tiết.

Thông tin được ghi nhận trên các ảnh viễn thám là kết quả của các quá trình tương tác của các bức xạ (phản xạ và phát xạ) từ mặt trời và

trái đất. Bức xạ đi qua lớp khí quyển dày và phải chịu tương tác với các thành phần của khí quyển và sau đó bị suy giảm từng phần do các quá trình tán xạ, hấp thụ và truyền xạ trước khi đến các bộ cảm biến trên vệ tinh. Kết quả phân tích ảnh vệ tinh sẽ cho các giá trị ô nhiễm thể hiện trên từng pixel tùy thuộc vào độ phân giải ảnh và trên toàn vùng đồng thời vào cùng thời điểm quan sát, mà với điều kiện và khả năng của thiết bị và trạm đo mặt đất hiện tại không thể nào đạt được.

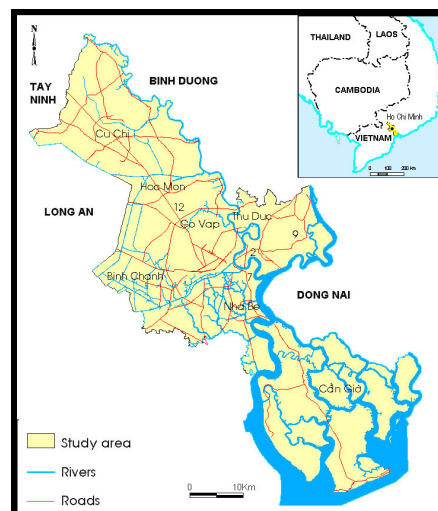
Ảnh vệ tinh được nghiên cứu ứng dụng ở Việt Nam bắt đầu từ những năm 80 và ứng dụng công nghệ viễn thám trong nhiều năm nay chủ yếu tập trung vào hai loại tài nguyên đất và nước. Tài nguyên thứ ba là không khí - liên quan trực tiếp tới sự sinh tồn của con người, nhưng công nghệ viễn thám ở nước ta chưa có điều kiện ứng dụng chuyên sâu, một số ít công trình thử nghiệm chỉ mới được đề cập trong những năm gần đây. Có thể kể đến nghiên cứu của nhóm tác giả Văn Công Quốc Anh [1] đã ứng dụng Mô hình quang học không khí áp dụng trên ảnh Landsat ETM+ năm 2006. Nhóm đã bước đầu ứng dụng đơn giản các phép toán và giả định để tính ra nồng độ bụi PM10 và thành lập bản đồ khí bụi PM10. Quy mô hơn và được đầu tư kinh phí tốt, có nghiên cứu của nhóm tác giả Lương Chính Kế [5]. Đề tài đã nghiên cứu cơ sở khoa học về khả năng phát hiện và giám sát một số thành phần ô nhiễm môi trường không khí, trên cơ sở kết hợp tư liệu ảnh viễn thám vệ tinh và tư liệu trạm quan trắc, đồng thời đề xuất quy trình công nghệ

thành lập bản đồ ô nhiễm môi trường không khí cho thành phố Hà Nội.

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu khả năng phát hiện và giám sát thành phần bụi PM10 trong không khí từ công nghệ viễn thám trên khu vực đô thị, dựa trên các tương quan kênh ảnh và số đo mặt đất. Qua đó xây dựng phương pháp thành lập bản đồ phân bố ô nhiễm bụi nhằm hỗ trợ công tác quan trắc mặt đất.

2. KHU VỰC NGHIÊN CỨU

Khu vực được chọn lựa nghiên cứu là thành phố Hồ Chí Minh (TPHCM), giới hạn phần phía Bắc tính về mặt không gian, tập trung phân tích trong phần giữa, bao gồm 13 quận nội thành và 6 quận mới. Lý do chọn khu vực giữa này vì chỉ có ở khu vực này mới có đặt hầu hết các trạm quan trắc mặt đất tự động và bán thường xuyên, đồng thời tại đây cũng diễn ra nhiều hoạt động gây ô nhiễm không khí (Hình 1).



Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu

3. CƠ SỞ DỮ LIỆU THỰC HIỆN NGHIÊN CỨU

Dữ liệu viễn thám được sử dụng là các ảnh vệ tinh SPOT 5 ở mức 1A, thu nhận vào các ngày 23-03-2003 và 24-02-2011. Ảnh năm 2003 được dùng làm chuẩn phân tích và ảnh năm 2011 là kết quả mô phỏng tính toán trên cơ sở của ảnh năm 2003. Bên cạnh đó, số đo quan trắc bụi PM10 từ các trạm đo tự động trên địa bàn TPHCM vào năm 2003 cũng được sử dụng trong tính toán tương quan.

4. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Các bộ cảm biến trên vệ tinh viễn thám quang học ghi nhận thông tin mặt đất từ các giá trị bức xạ là nguồn năng lượng của Mặt trời đi qua lớp khí quyển dày 2 lần. Sự biến đổi năng lượng bức xạ mặt trời trong khí quyển là tán xạ và hấp thụ sóng điện từ bởi các thành phần khí quyển và các hạt lơ lửng. Tán xạ khí quyển gây nên hiện tượng sương mù trên ảnh viễn thám, làm giảm độ tương phản và độ sắc nét của hình ảnh. Quá trình này diễn ra trong dải phổ nhìn thấy đến cận hồng ngoại. Vì vậy, các ảnh viễn thám trong dải phổ này sẽ được sử dụng, kiểm nghiệm, để tìm ra mối quan hệ với các hạt lơ lửng kích thước $\leq 10\mu\text{m}$ hay còn gọi là bụi PM10.

4.1. Hiệu chỉnh bức xạ

Các bước hiệu chỉnh bức xạ nhằm để cực tiểu hóa hoặc loại trừ các nhiễu ảnh hưởng đến giá trị độ sáng của các pixel ảnh.

a. Chuyển đổi giá trị phổ

Các bộ cảm biến ghi nhận cường độ bức xạ điện từ bề mặt đất được thể hiện theo giá trị số nguyên dương DN đối với mỗi kênh. Điều này

thực tốt cho công tác giải đoán đối tượng bề mặt đất. Trong khi đó các giá trị ảnh phụ thuộc vào tính chất hình học khi chụp hình của vệ tinh, vào vị trí Mặt Trời, các điều kiện thời tiết... do đó đơn vị có giá trị thực - con số tính chính xác đến phần thập phân - có ý nghĩa đo lường hơn với giá trị bức xạ là $\text{W.m}^{-2}.\text{ster}^{-1}.\mu\text{m}^{-1}$. Chuyển đổi từ giá trị DN sang giá trị phổ sẽ hữu ích hơn, đặc biệt đối với các bài toán có tính đến ảnh hưởng của khí quyển. Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã thực hiện hiệu chỉnh bức xạ với các bước như sau:

Chuyển đổi giá trị bức xạ trên vệ tinh (at-satellite radiance) từ DN sang giá trị thực cho tất cả các kênh: Đối với mỗi loại vệ tinh, tùy thuộc vào thiết bị sẽ có cách tính và những hệ số chuyển đổi riêng trong hiệu chỉnh bức xạ. Ảnh vệ tinh SPOT5 được hiệu chỉnh theo công thức:

$$B_{\lambda} = (\text{DN}/g) + B \quad (1)$$

Trong đó, g - giá trị gain, B - Hệ số trượt, được cung cấp sẵn trong metadata của ảnh Spot

Chuyển đổi giá trị thực bức xạ trên vệ tinh sang giá trị phản xạ trên vệ tinh đối với các kênh nhìn thấy và hồng ngoại gần

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi B_{\lambda} d^2}{E_{\lambda} \cos(z)} \quad (2)$$

ρ_{λ} : giá trị phản xạ trên vệ tinh đối với bước sóng λ , không có đơn vị

d : khoảng cách giữa Trái Đất và Mặt Trời, theo đơn vị thiên văn

E_{λ} : độ chiếu sáng của khí quyển tầng trên từ Mặt Trời trung bình ($\text{W.m}^{-2}.\mu\text{m}^{-1}$)

z : góc thiên đỉnh Mặt Trời

b. Chuẩn hóa bức xạ tương đối cho trường hợp ảnh đa thời gian

Các đối tượng trong các ảnh đa thời gian rất thay đổi và hầu như không thể thực hiện so sánh theo phương pháp tự động. Để phát hiện chính xác các thay đổi của cảnh quan theo các thay đổi của phản xạ bề mặt từ ảnh đa thời gian, cần thiết phải thực hiện chuẩn hóa bức xạ (radiometric normalization). Có hai phương pháp chuẩn hóa bức xạ trong trường hợp này là chuẩn hóa tuyệt đối và chuẩn hóa tương đối. Phương pháp chuẩn hóa tuyệt đối yêu cầu sử dụng các số đo mặt đất vào thời điểm thu nhận dữ liệu. Điều này không thể thực hiện vì không có các dữ liệu đo song hành trên mặt đất cho các ảnh khác nhau. Phương pháp chuẩn hóa tương đối (Relative radiometric normalization) không yêu cầu số đo mặt đất về khí quyển vào thời gian ảnh thu nhận. Theo đó, một ảnh được dùng làm ảnh “tham chiếu” (reference image) các ảnh còn lại sẽ là ảnh “phụ thuộc” (subject image) nghĩa là ảnh sẽ được hiệu chỉnh theo các điều kiện khí quyển, hình học, chiếu sáng và môi trường theo ảnh “tham chiếu”. Tiền đề cơ sở của phương pháp này là *bức xạ đạt đến bộ cảm biến trên vệ tinh có thể được biểu diễn như là hàm số tuyến tính của độ phản xạ* [6]. Đối với nhiều bộ cảm biến, giá trị phổ trên mỗi kênh là hàm số tuyến tính của bức xạ khi đạt đến bộ cảm biến. Vì vậy, các khác biệt về khí quyển và phổ giữa các ảnh cũng là quan hệ tuyến tính [6], [3], [4]. Biểu thức tuyến tính được áp dụng cho quá trình chuẩn hóa như sau:

$$S_{ref-i} = a_i S_{sub-i} + b_i \quad (3)$$

Trong đó: S_{ref-i} : giá trị của pixel ở kênh thứ i của ảnh “tham chiếu”

S_{sub-i} : giá trị của pixel ở kênh thứ i của ảnh “phụ thuộc”

a_i, b_i : các hệ số hồi quy sẽ được tính theo S_{ref-i} và S_{sub-i}

Một trong những phương pháp quan trọng để có thể xác định được các hệ số a_i và b_i là phương pháp phân tích hồi quy tuyến tính theo các cặp điểm không thay đổi trích từ 2 ảnh này. Các điểm không thay đổi hay gần như không thay đổi theo thời gian được chọn là các đối tượng nhân tạo như đường giao thông, mái nhà, bãi đỗ... Theo Schott và cộng sự [6] các đối tượng nhân tạo có phản xạ độc lập với chu kỳ mùa và sinh thái. Các khác biệt trong giá trị phổ của các đối tượng này được giả thiết là hàm tuyến tính.

Sau khi xác định được các hệ số a_i và b_i , ảnh “phụ thuộc” lúc này sẽ được chuẩn hóa theo công thức sau:

$$S'_i = a_i S_i + b_i \quad (4)$$

Trong đó: S'_i : giá trị của pixel đã được chuẩn hóa ở kênh thứ i

S_i : giá trị của pixel trên ảnh gốc ở kênh thứ i

a_i, b_i : các hệ số hồi quy đã được tính từ phương trình trên

Sai số RMSE (root mean square error) được đánh giá cho trường hợp trước và sau chuẩn hóa để chứng minh tính hiệu quả [7]. Trong đó, n là số pixel được lấy để tính RMSE. Giá trị RMSE phải giảm sau khi chuẩn hóa thì kết quả coi như thành công.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (S' - S)^2} \quad (5)$$

4.2. Quy trình xây dựng bản đồ phân bố không gian thành phần bụi

Quy trình được xây dựng cho 2 trường hợp:

a. Trường hợp có đầy đủ số đo viễn thám và quan trắc mặt đất đồng thời

Đây là trường hợp lý tưởng để thành lập bản đồ phân bố không gian thành phần bụi theo phương pháp viễn thám. Sau các quá trình hiệu chỉnh bức xạ cho ảnh vệ tinh và thực hiện các phép toán biến đổi, ví dụ phân tích thành phần chính PCA, lúc này các số đo mặt đất PM10 được dùng làm biến độc lập và giá trị phân xạ từ ảnh vệ tinh làm biến phụ thuộc trong phân tích hồi quy để tìm ra các hệ số thực nghiệm. Dạng của hàm hồi quy tốt nhất sẽ được xác định trong quá trình phân tích thống kê để xác định giá trị ước tính của PM10 cho toàn ảnh và thành lập bản đồ phân bố bụi PM10.

b. Trường hợp thiếu số đo mặt đất

Trong nhiều trường hợp không có số đo mặt đất để tính hồi quy cho năm ảnh cần tính, lúc này sẽ cần có một ảnh làm chuẩn (ảnh thứ nhất - ảnh “tham chiếu”) vào năm có đầy đủ số đo mặt đất để tìm ra hàm hồi quy tốt nhất. Sau đó, ảnh của năm cần tính (ảnh thứ hai - ảnh “phụ thuộc”) sẽ được chuẩn hóa theo các điều kiện về khí quyển, hình học và môi trường của ảnh làm chuẩn ban đầu. Sau đó có thể áp dụng hàm hồi quy tốt nhất để tính cho ảnh thứ hai. Trong nghiên cứu này, phương pháp đã được áp dụng nhằm để chuẩn hóa cho ảnh SPOT5 năm 2011 theo ảnh năm 2003. Ảnh 2003 được chọn làm

ảnh tham chiếu, ảnh năm 2011 được chuẩn hóa theo các điều kiện về khí quyển, hình học và môi trường theo ảnh tham chiếu năm 2003. Phương trình hồi quy từ ảnh tham chiếu 2003 được áp dụng cho ảnh năm 2011 để xác định phân bố không gian thành phần bụi PM10.

Sơ đồ quy trình tổng quát xây dựng bản đồ phân bố không gian nồng độ PM10 được minh họa trên Hình 2.

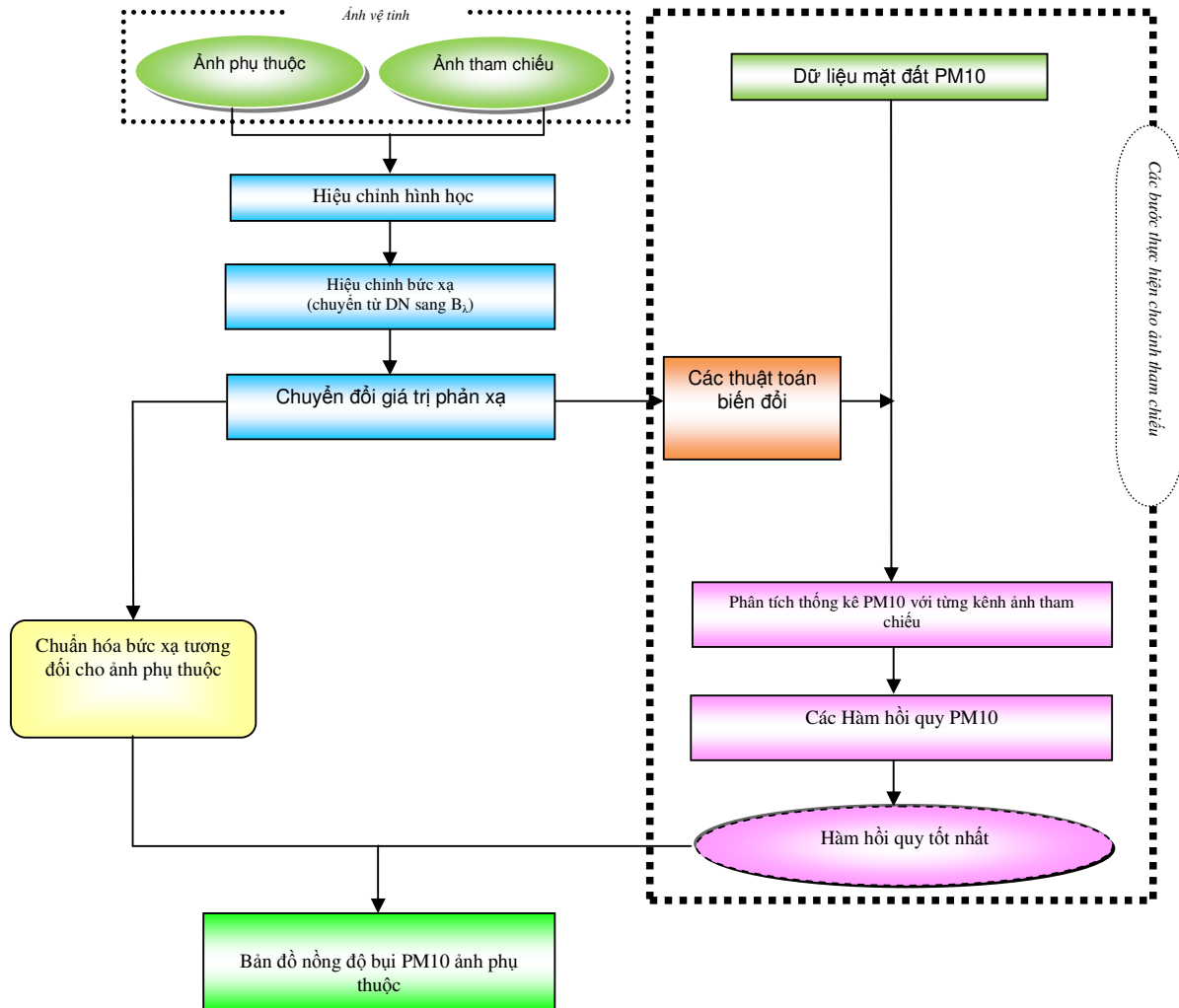
5. XỬ LÝ PHÂN TÍCH ẢNH VỆ TINH THÀNH LẬP BẢN ĐỒ PHÂN BỐ BỤI PM10

5.1. Số đo trạm mặt đất

Công tác thu thập số đo mặt đất PM10 được thực hiện theo nguyên tắc:

- Chọn số đo có ngày đo đúng vào ngày có ảnh vệ tinh của nghiên cứu
- Số đo vào lúc 10g sáng
- Cùng thời gian trên các điểm quan trắc

Qua khảo sát thực tế, để thỏa mãn các tiêu chí trên chỉ có số đo quan trắc của các trạm ghi tự động do Chi cục Bảo vệ Môi trường TPHCM quản lý. Các trạm này được thiết lập vào năm 2002 có tổng cộng là 9 trạm, tập trung khu vực giữa của TPHCM. Nghiên cứu quan tâm đến PM10 và số đo này tốt nhất được tập trung vào năm 2003, các năm khác ghi nhận có những thời điểm bị đứt quãng, có lúc chỉ có từ 1 đến vài ba trạm có số đo. Đến năm 2009 thì hoàn toàn không có số đo nào về thông số PM10, do trạm đã xuống cấp và chưa được bảo trì, sửa chữa. Vì vậy, nghiên cứu đã chọn ảnh vệ tinh vào năm 2003 làm chuẩn phân tích theo các số đo mặt đất này (Bảng 1).



Hình 2. Sơ đồ quy trình tổng quát xây dựng bản đồ phân bố không gian nồng độ PM10

Bảng 1. Số đo PM10 từ các trạm quan trắc tự động lúc 10g sáng ngày 23/3/2003

Tên Trạm	PM10 ($\mu\text{m}/\text{m}^3$)
DOSTE	189.7
Bình Chánh	114.2
Tân Sơn Hoà	59.5
Thống Nhất	55.5
Sở Thú	38.8

(Nguồn: [2])

5.2. Xử lý ảnh vệ tinh

Hiệu chỉnh hình học

Ảnh SPOT5 năm 2003 khu vực TPHCM được nắn bằng các điểm khống chế chọn trên bản đồ địa hình tỷ lệ 1:50.000. Bậc nắn được chọn là bậc 1 nhằm để giảm thiểu sự biến đổi đáng kể giá trị bức xạ phổ tại các pixel sau phép nắn và ảnh hưởng tới các bước xử lý ảnh số sau này. Đồng thời, để đảm bảo giữ được thông tin bức xạ phổ sau phép nắn, phương pháp nội suy người láng giềng gần nhất được sử dụng cho tất cả 4 kênh phổ của ảnh SPOT. Kết quả nắn chỉnh cho sai số RMSE bảo đảm nhỏ hơn 0,5 pixel. Để đảm bảo chính xác cho việc định chuẩn tương đối ảnh vệ tinh đa thời gian, ảnh SPOT5 năm 2011 được nắn theo ảnh năm 2003 để sai số nắn chỉnh giữa hai ảnh là nhỏ nhất và bảo đảm nhỏ hơn 1 pixel.

Hiệu chỉnh bức xạ

Hiệu chỉnh bức xạ thực hiện đồng thời cho ảnh năm 2003 và ảnh năm 2011 để chuyển đổi giá trị bức xạ từ số nguyên DN sang số thực với đơn vị của bức xạ B_λ là $W.m^{-2}.ster^{-1}.\mu m^{-1}$. Sau đó công việc thực hiện tiếp cho 2 ảnh với việc chuyển đổi sang giá trị phản xạ. Các bước tính toán và công thức tính được thực hiện như đã trình bày trong mục “Phương pháp nghiên cứu”.

Phân tích thành phần chính PCA

Các kênh phổ khác nhau của ảnh vệ tinh đa phổ thường có sự tương quan lẫn nhau. Kỹ thuật PCA cho phép chuyển đổi giá trị độ sáng của pixel và sự chuyển đổi này sẽ nén dữ liệu ảnh bằng cách giữ tối đa lượng thông tin hữu ích và loại bỏ các thông tin trùng lặp (các yếu tố tương quan). Kết quả là dữ liệu ảnh thu được (gọi là ảnh thành phần chính) chỉ chứa các kênh ảnh ít tương quan (độc lập tuyến tính). Các trục thành phần chính và các kênh ảnh vệ tinh được trình bày trong ma trận hiệp phương sai với sự thay đổi cao nhất trên dữ liệu ảnh đặt trên trục thành phần chính thứ nhất và thay đổi ít nhất trên trục cuối. Kỹ thuật này được áp dụng thực hiện trên 4 kênh ảnh SPOT5 của 2 năm 2003 và 2011 nhằm để loại bỏ nhiễu và tương quan giữa các kênh ảnh.

5.3. Phân tích tương quan và hồi quy ảnh năm 2003

Các trạm đo mặt đất tự động được số hóa và đưa lên ảnh vệ tinh. Tại các trạm có số đo cùng ngày giờ với ảnh SPOT 2003 giá trị phản xạ phổ của 4 kênh ảnh được trích xuất để tính tương quan với số đo nồng độ PM10 (Bảng 2).

Bảng 2. Tập số liệu mẫu để tính tương quan và hồi quy

Tên Trạm	P_{do}	ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_4
DOSTE	189.7	0.233700	0.242662	0.267288	0.294520
Bình Chánh	114.2	0.208772	0.216569	0.237862	0.329062
Tân Sơn Hoà	59.5	0.153723	0.146119	0.228053	0.221799

Thông Nhất	55.5	0.164110	0.176125	0.188818	0.265431
Sơ Thứ	38.8	0.123602	0.121331	0.203531	0.169076

($P_{đo}$ – nồng độ PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) đo tại trạm tự động; ρ_i – phản xạ phổ kênh i ($i=1,2,3,4$))

Việc tính tương quan trong nghiên cứu này nhằm để tìm hàm hồi quy tốt nhất cho quá trình tính toán biểu diễn phân bố không gian nồng độ bụi PM10 từ ảnh vệ tinh. Số đo trên ảnh vệ tinh là giá trị phản xạ sẽ được tính tương quan với số đo nồng độ bụi quan trắc tại mặt đất. Giá trị phản xạ phổ trên ảnh SPOT được dùng như là biến độc lập, nồng độ PM10 đo tại trạm tự động như là biến phụ thuộc trong phân tích hồi quy để tìm ra các hệ số thực nghiệm.

Phần mềm Minitab và Excel được sử dụng cho quá trình tính toán và phân tích tương quan và hồi quy. Đồ thị điểm được sử dụng để biểu diễn mối liên hệ giữa nồng độ PM10 và giá trị phản xạ phổ của từng kênh ảnh. Quá trình tính toán được thử nghiệm bao gồm cho trường hợp tuyến tính và phi tuyến. Hồi quy tuyến tính là trường hợp đơn giản để mô tả xấp xỉ, gần đúng mối quan hệ giữa 2 đối tượng khi chưa rõ hình thức. Tuy nhiên, để mô tả chính xác hiện tượng hơn cần thiết phải tìm hàm hồi quy phi tuyến phù hợp. Vì vậy, trong toàn bộ phân tích thống kê, nghiên cứu đã tính toán và phân tích cho cả 2 trường hợp quan hệ tuyến tính và quan hệ phi tuyến

Các Hình 3a, 3b, 3c, 3d là kết quả tìm kiếm tương quan để xác định hàm hồi quy phù hợp trên từng kênh ảnh vệ tinh (4 kênh ảnh SPOT). Sau khi tính cho trường hợp hồi quy tuyến tính, các kiểu hàm hồi quy phi tuyến được thử nghiệm cho cùng tập số liệu mẫu và tìm thấy

chỉ có hàm mũ cơ số e là cho hệ số độ chặt (R^2) cao nhất.

Phân tích các cặp biểu đồ trên các hình 3a, 3b, 3c, 3d cho thấy, giá trị nồng độ PM10 mặt đất và giá trị phản xạ trích từ ảnh vệ tinh đều có mối tương quan thuận khá tốt và hệ số tương quan r có xu hướng giảm dần khi bước sóng tăng dần (từ dải sóng green – kênh 1 đến cuối cùng dải sóng SWIR kênh 4). Trong đó tìm thấy tương quan tốt nhất giữa nồng độ PM10 với giá trị phản xạ trên kênh 1 (green) với hệ số tương quan khi tuyến tính là 0,95 và khi phi tuyến là 0,98. Trường hợp với kênh 4 (SWIR), hệ số tương quan yếu ($r = 0.7$), mức xác suất ý nghĩa không đạt được 95% ($F = 0.2$), vì vậy không tồn tại tương quan giữa nồng độ PM10 mặt đất với giá trị phản xạ phổ trên kênh SWIR.

Trên 3 cặp biểu đồ tương quan đầu tiên, ta thấy rằng, khi biểu diễn bằng hàm phi tuyến $y = a * e^{bx}$ các hệ số tương quan đều > 0,9 cao hơn hệ số tương quan tuyến tính và tiến đến gần giá trị 1. Đây sẽ là một chú ý tốt để chọn hàm hồi quy phi tuyến tốt nhất trong trường hợp nghiên cứu này.

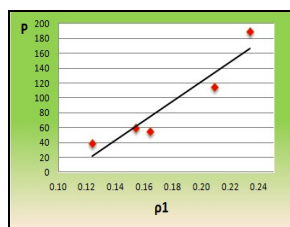
Thực hiện thuật toán phân tích thành phần chính PCA cho 4 kênh ảnh SPOT để tạo ra các kênh ảnh mới còn ít tương quan với nhau và có chứa nhiều thông tin nhất. Sau khi chuyển đổi trong phân tích thành phần chính PCA, kết quả tạo ra 4 thành phần chính mới là PC1, PC2,

PC3, PC4 với thông tin hữu ích tập trung ở 3 thành phần đầu và đặc biệt là trong thành phần thứ nhất PC1 (chiếm giữ thông tin lên đến 0,90% của toàn bộ ảnh). Khảo sát tương tự trường hợp quan hệ với từng kênh ảnh SPOT và so sánh các thông số thống kê r , F , E_{tb} của 4 thành phần chính, cho thấy hàm hồi quy tốt nhất là hàm giữa số đo mặt đất và thành phần chính PC1 với hệ số tương quan cao nhất trong trường hợp hồi quy phi tuyến đạt đến 0,99 (Hình 3e).

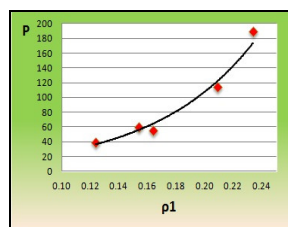
So sánh các thông số thống kê giữa trường hợp tìm hàm hồi quy phi tuyến trong phân tích các kênh phổ phản xạ cùng với hàm hồi quy trường hợp phân tích thành phần chính, rõ ràng là hàm hồi quy phi tuyến trên kênh thành phần chính thứ nhất PC1 là tốt nhất. Đây là yếu tố quyết định để chọn hàm tính nồng độ PM10 cho toàn ảnh vệ tinh:

$$P = 24.632 * e^{10.502 * PC1} \quad (6)$$

Hàm hồi quy này được áp dụng để tính nồng độ bụi PM10 cho ảnh SPOT năm 2003.

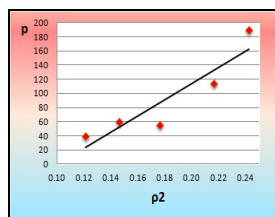


$r = 0.95$; $F = 0.015 < 0.05$

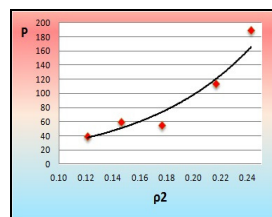


$R = 0.98$

a)

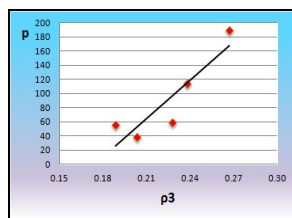


$r = 0.92$; $F = 0.026 < 0.05$

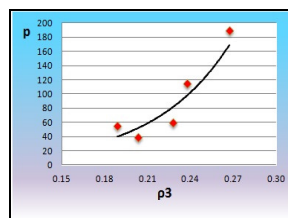


$r = 0.96$

b)

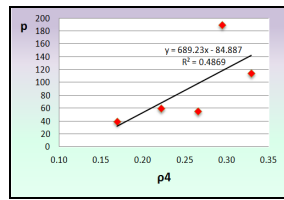


$r = 0.90$; $F = 0.038 < 0.05$

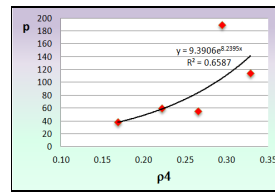


$r = 0.96$

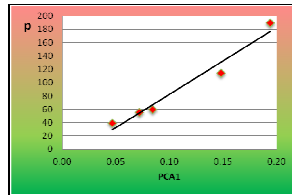
c)



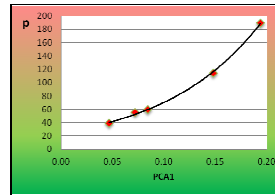
$r = 0.7, F = 0.2 > 0.05$



$r = 0.81$



$r = 0.98$



(j) $r = 0.99$

d)

e)

Hình 3. Đồ thị biểu diễn tương quan theo hồi quy tuyến tính và phi tuyến giữa nồng độ PM10 từ trạm đo mặt đất và giá trị phân xạ của pixel trên: (a) kênh 1; (b) kênh 2; (c) kênh 3; (d) kênh 4; (e) thành phần chính PC1

5.4. Đánh giá sai số tính nồng độ bụi từ ảnh vệ tinh

Sai số E được đánh giá cho trường hợp nồng độ bụi PM10 tính từ ảnh vệ tinh so với nồng độ PM10 thực đo tại trạm quan trắc để minh chứng tính hiệu quả của phương pháp.

$$E = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (P_{tính} - P_{đo})^2} \quad (7)$$

Trong đó, n là số mẫu được lấy để tính E; P_{tính} và P_{đo} là giá trị nồng độ bụi tính từ ảnh vệ tinh và số đo tại trạm quan trắc mặt đất.

Bảng 3 là kết quả tổng hợp tính toán sai số giữa các số đo kết quả tính từ ảnh vệ tinh viễn thám và số đo quan trắc mặt đất, trên đó cho thấy sai số tính nồng độ PM10 trực tiếp theo quan hệ kênh ảnh giữa các kênh GREEN, RED, NIR và SWIR cho cả 2 trường hợp: tính theo hàm hồi quy tuyến tính và tính theo hàm hồi

quy phi tuyến. Các kết quả sai số trung bình khi tính từ hàm hồi quy phi tuyến đều cho giá trị thấp hơn so với tính theo hàm hồi quy tuyến tính trong trường hợp cùng kênh ảnh. Sai số cao nhất tìm thấy theo quan hệ trên kênh SWIR đạt đến 28,7μg/m³, trong khi đó sai số tính trên kênh GREEN cho giá trị thấp nhất 7,81μg/m³. Điều này cho biết dải phổ với bước sóng GREEN trên ảnh SPOT5 2003 hấp thụ nhiều nhất thành phần bụi PM10.

Phân tích tiếp với trường hợp biến đổi thành phần chính PCA thì kết quả sai số rất tốt, chỉ sai lệch trong vòng 1,64μg/m³.

Như vậy, việc ứng dụng công nghệ viễn thám sử dụng các ảnh vệ tinh kết hợp số đo mẫu quan trắc mặt đất theo phương pháp trên cho kết quả mô phỏng phân bố không gian nồng độ bụi PM10 khá tốt và chi tiết trên toàn khu vực nghiên cứu.

Bảng 3. Sai số trung bình khi tính hồi quy cho trường hợp tuyến tính và phi tuyến trên các kênh ảnh

Kênh phản xạ	E_{tb} (tuyến tính)	E_{tb} (phi tuyến)
Kênh 1 (GREEN)	16.2	7.8
Kênh 2 (RED)	19.8	11.6
Kênh 3 (NIR)	20.6	17.7
Kênh 4 (SWIR)	31.5	28.2
PC1	9.5	1.6

5.5. Định chuẩn ảnh 2011 theo ảnh 2003

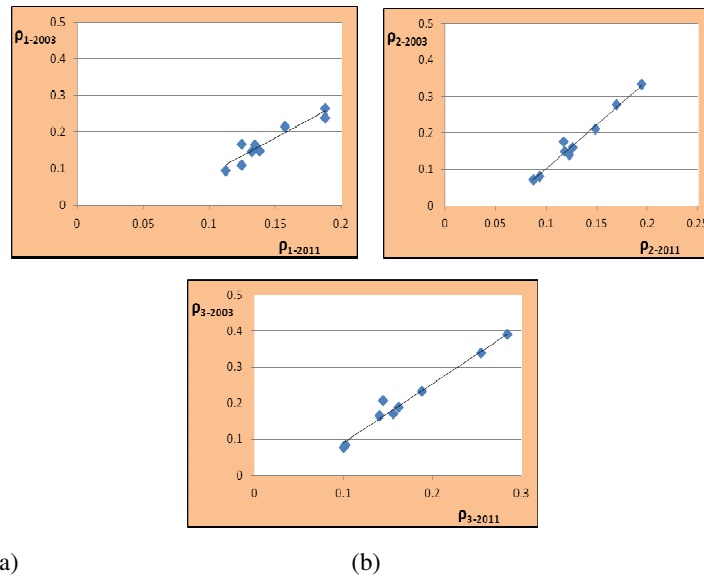
Ảnh năm 2003 được chọn như là ảnh tham chiếu, vì có số đo mật đất nồng độ PM10 đồng thời. Ảnh năm 2011 không có số đo tại trạm quan trắc mặt đất, vì vậy, khi chuẩn hóa ảnh 2011 về theo ảnh 2003 có thể sử dụng được hàm hồi quy tốt nhất tìm thấy từ năm 2003 để tính cho năm 2011 như đã phân tích trong mục “Phương pháp nghiên cứu”.

Các điểm mẫu được chọn ra cho quá trình định chuẩn tương đối là các đối tượng bất biến hoặc bất biến không đáng kể (giả như bất biến - pseudoinvariant), đó là các điểm giao lộ nằm trên đường bê tông, mái nhà, các điểm di tích lịch sử lâu đời... Hàm hồi quy tuyến tính được xác định từ tập số liệu mẫu để tính ra các hệ số thực nghiệm a và b theo công thức (3). Sau đó

các hệ số này được kết hợp với biến độc lập là giá trị phản xạ của ảnh 2011 để tính ra giá trị phụ thuộc mới theo công thức (4). Ảnh 2011 đã chuẩn hóa được chuyển đổi sang ảnh PCA. Sau đó thành phần chính thứ nhất PC1 được áp dụng hàm hồi quy (6) để thành lập bản đồ phân bố không gian nồng độ bụi PM10 cho năm 2011. Hình 4 cho thấy các đường hồi quy tuyến tính khá tốt với hệ số tương quan r luôn luôn lớn hơn 0.9 (0.94; 0.98; 0.99). Điều này phản ánh các điểm mẫu trên 2 ảnh được chọn khá chính xác. Bảng 4 tổng hợp các hàm hồi quy tuyến tính phù hợp để xác định các hệ số a và b dùng để định chuẩn tương đối cho các kênh ảnh 2011. Các giá trị sai số trung bình trong trường hợp sau khi chuẩn hóa ảnh đều nhỏ hơn sai số trung bình trước khi chuẩn hóa.

Bảng 4. Các thông số thống kê tính trên 3 kênh ảnh SPOT5 năm 2011

Kênh	Hàm hồi quy	r	F	$E_{tb(trước)}$	$E_{tb(sau)}$
B1 (GREEN)	$\rho_{1-2003} = 2.9084\rho_{1-2011} - 0.2427$	0.94	0.002	0.034	0.02
B2 (RED)	$\rho_{2-2003} = 2.4371\rho_{2-2011} - 0.1425$	0.99	0.0002	0.05	0.009
B3 (NIR)	$\rho_{3-2003} = 1.6346\rho_{3-2011} - 0.0726$	0.98	0.0006	0.05	0.01



Hình 3.8. Đồ thị tương quan xác định các hệ số thực nghiệm dùng trong định chuẩn tương đối cho ảnh 2011 theo ảnh 2003 (a) kênh 1; (b) kênh 2; (c) kênh 3

6. KẾT QUẢ

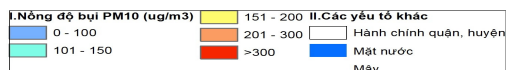
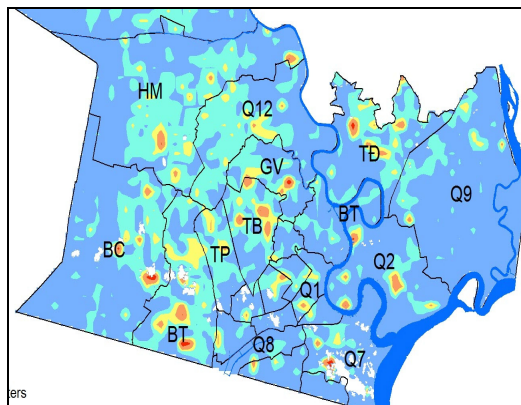
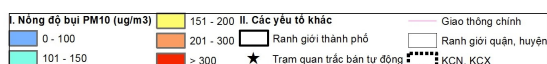
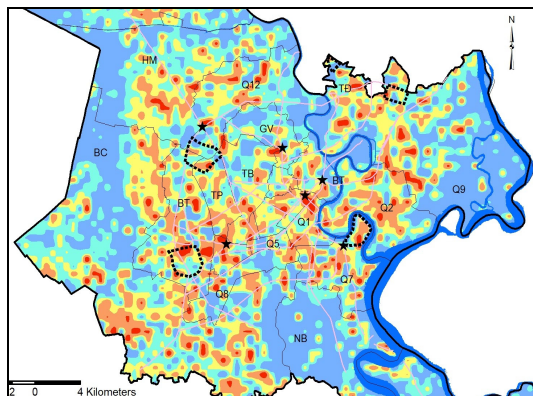
Bản đồ phân bố không gian nồng độ bụi PM10 theo ảnh SPOT 5 ngày 24-02-2011 được thành lập cho khu vực giữa của TPHCM (Hình 5). Đây là ảnh thể hiện môi trường không khí vào lúc 10g sáng (là giờ đã có các xe tải được phép di chuyển trong khu vực nội thành). Đánh giá bức tranh tổng thể cho thấy, trên toàn bộ khu vực, giá trị nồng độ bụi PM10 thấp $<100\mu\text{g}/\text{m}^3$ tìm thấy trên các khu vực đất ẩm, đất ruộng thuộc phía Bắc huyện Bình Chánh giáp Long An, phía Tây huyện Hóc Môn giáp Long An, Nhà Bè, phía Nam Quận 9, bán đảo Thanh Đa và dọc sông Sài Gòn thuộc Quận 12. Các khu vực có giá trị nồng độ bụi PM10 cao đều tập trung ở các tuyến giao thông chính, trục lộ, các khu công nghiệp với giá trị cao hơn $200\mu\text{g}/\text{m}^3$, có nơi đạt trên $300\mu\text{g}/\text{m}^3$. Bảng 5 là một số vị trí khảo sát với nồng độ bụi PM10

$>300\mu\text{g}/\text{m}^3$. Đó là các khu vực thuộc KCN Tân Bình, KCN Tân Tạo, KCX Linh Trung, các đoạn quốc lộ 1A từ ngã tư Gò Dưa đến ga Sóng Thần, đoạn dốc xuống cầu vượt Tân Thới Hiệp hướng đi An Sương, Công Trường Dân Chủ, Ngã 6 Gò Vấp, Vòng xoay Phú Lâm.

Nếu xem xét về diễn thế của môi trường bụi PM10, có thể so sánh giữa năm 2011 và 2003 từ kết quả 2 bản đồ cho thấy chất lượng môi trường bụi PM10 của thành phố giảm xuống rõ rệt. Trên bản đồ năm 2003 (Hình 6) nhìn chung không gian của các khu vực có giá trị nồng độ bụi PM10 $<100\mu\text{g}/\text{m}^3$ khá rộng, các khu vực có giá trị nồng độ bụi PM10 $>200\mu\text{g}/\text{m}^3$ chỉ là vài điểm lốm đốm. Trong khi đó, so sánh trên bản đồ năm 2011, diện tích vùng có môi trường bụi PM10 chất lượng tốt giảm mạnh, chỉ còn ở một phần phía Bắc huyện Bình Chánh giáp Long An, phía Tây huyện Hóc Môn giáp Long An,

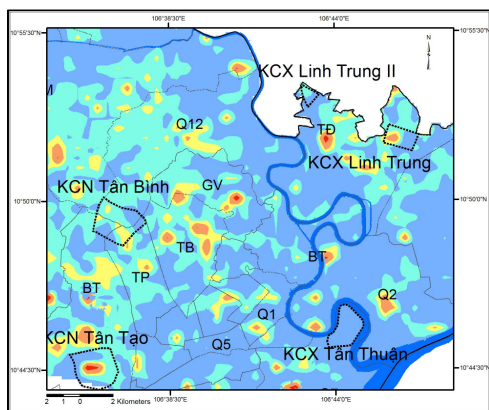
Nhà Bè, phía Nam Quận 9, bán đảo Thanh Đa và dọc sông Sài Gòn thuộc Quận 12. Diện tích vùng ô nhiễm bụi PM10 tăng lên đáng kể, tập

trung chủ yếu ở khu vực nội thành các quận, các khu công nghiệp, chốt giao thông (Bảng 5) (Hình 7).

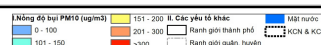
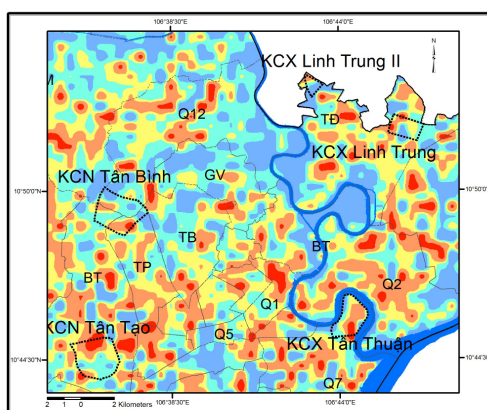


Hình 5. Bản đồ phân bố không gian nồng độ bụi PM10 lúc 10g ngày 24-02-2011

Hình 6. Bản đồ phân bố không gian nồng độ bụi PM10 lúc 10g ngày 23-03-2003



23-03-2003



24-02-2011

Hình 7. Vị trí các khu công nghiệp trên bản đồ phân bố nồng độ bụi PM10 năm 2003 và 2011

Bảng 5. Một số vị trí khảo sát có nồng độ bụi PM10 > 300ug/m³ vào năm 2011

Vị trí các điểm chú ý	$P_{\max 2003}$	$P_{\max 2011}$	Nguyên nhân dự đoán
Khu Công Nghiệp Tân Bình	208	385	Hoạt động công nghiệp
Khu Chế Xuất Linh Trung, Thủ Đức	281	329	Hoạt động công nghiệp
KCN Tân Tạo, Quốc Lộ 1A, Bình Tân	394	385	Hoạt động công nghiệp
Đoạn Quốc Lộ 1 A từ ngã tư Gò Dưa đến Ga Sóng Thần, Thủ Đức	246	380	Hoạt động giao thông
Đoạn dốc xuống cầu vượt Tân Thới Hiệp hướng đi An Sương (Quốc Lộ 1A, Quận 12)	235	358	Hoạt động giao thông
Khu dân cư kẹp bởi Quốc Lộ 1A- Hương Lộ 2- Hương Lộ 10, Bình Tân	316	386	Hoạt động giao thông
Công Trường Dân Chủ, Quận 3 và 10	260	350	Hoạt động giao thông
Ngã 6 Gò Vấp	243	342	Hoạt động giao thông
Vòng xoay Phú Lâm, Quận 6	221	378	Hoạt động giao thông

7. KẾT LUẬN

Kết quả của nghiên cứu thử nghiệm này đã chứng minh được việc ứng dụng công nghệ viễn thám sử dụng các ảnh vệ tinh kết hợp số đo mẫu quan trắc mặt đất cho kết quả mô phỏng phân bố không gian nồng độ bụi PM10. Trong điều kiện không có số liệu đo mặt đất để tính toán, với phương pháp này chúng tôi đã cố gắng tái hiện không gian phân bố thành phần PM10 trên khu vực TPHCM vào năm 2011. Về độ chính xác chúng tôi không có cơ sở nào để thực hiện (do không có số đo mặt đất để đối chứng), nhưng theo kết quả và các phân tích ở bên trên, tại các khu vực đường giao thông, khu công nghiệp, khu dân cư, dưới các điều kiện khí tượng và đối chiếu với các thông tin về tình hình ô nhiễm bụi tại TPHCM từ những năm qua và hiện nay, kết quả nghiên cứu có phần nào phản ánh đúng thực trạng ô nhiễm này.

Số điểm quan trắc mặt đất khá ít (5 điểm), do đó, phương trình hồi quy chưa thuyết phục lắm, điều đó chắc chắn có thể làm cho độ chính xác của kết quả mô phỏng phân bố không gian từ ảnh vệ tinh viễn thám chưa được tốt. Tuy nhiên trong điều kiện các trạm quan trắc tự động thường xuyên không còn hoạt động, việc đánh giá tình hình ô nhiễm bụi hiện nay chỉ dựa vào các điểm đo bán thường xuyên với chỉ có 6 điểm, khó có thể biết được tình hình ô nhiễm tại mọi nơi trên toàn thành phố. Đồng thời với việc đầu tư cho trạm quan trắc tự động khá tốn kém, thì với ưu điểm của ảnh vệ tinh, chụp ảnh trên toàn khu vực, với các phương pháp xử lý và tính toán đã được kiểm nghiệm trên thế giới nhiều năm qua, phương pháp của nghiên cứu này là một sự bổ sung vào các phương pháp quan trắc để có thể góp phần đánh giá tình hình ô nhiễm bụi cho TPHCM hiện nay.

STUDY OF DUST POLLUTION DETECTING ABILITY IN URBAN AREAS BY REMOTE SENSING TECHNOLOGY TO SUPPORT AIR ENVIRONMENT OBSERVATION

Tran Thi Van⁽¹⁾, Trinh Thi Binh⁽¹⁾, Ha Duong Xuan Bao⁽²⁾

(1) Institute for Environment and Resources, VNU-HCM; (2) University of Technology, VNU-HCM

ABSTRACT: This paper presents the approach towards application of remote sensing technology to monitor the air environment. Specific initial research is findings PM10 dust from SPOT 5 satellite image. The calculation based on reflectance value on remote sensing satellite images. The main method is to calculate statistical correlation regression between the PM10 concentration from ground station observations and reflectance value on each image band and the main components of satellite imagery in 2003 to find the best regression function, applied then to images 2011 where its radiance value was relatively normalized under atmospheric, geometric, environmental conditions of image 2003. The results showed the best correlation in nonlinear regression case. Spatial distribution of PM10 concentrations $> 200\mu\text{g}/\text{m}^3$ found on most main roads, industrial parks and residential areas. This study is a first step test, but the results have demonstrated that satellite imagery can be used as a useful, effective tool, to monitor air environment in cities.

Keywords: air pollution, correlation regression, PM10, reflectance, remote sensing.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Văn Công Quốc Anh và cộng sự, *Ứng dụng công nghệ Viễn thám và GIS để thành lập bản đồ phân bố ô nhiễm không khí khu vực Thành phố Hồ Chí Minh*, Đề tài NCKH cấp cơ sở, Trung tâm Địa tin học, Khu công nghệ phần mềm, Đại học Quốc gia TP HCM, (2007).
- [2]. Chi Cục Bảo Vệ Môi Trường thành phố Hồ Chí Minh, *Báo cáo thống kê nguồn thải giao thông năm 2010 trên một số tuyến đường tại tp Hồ Chí Minh*, (2010).
- [3]. Caselles, V. and Lopez Garcia, M.J., An alternative simple approach to estimate atmospheric correction in multitemporal studies. *Int. J. Remote Sens.*, 10: 1127-1134, (1989).
- [4]. Hall, F. G., Strelbel, D. E., Nickeson, J. E., & Goets, J. E., Radiometric rectification: Toward a common radiometric response among multitemporal, multisensor images. *Remote Sensing of Environment*, 35, 11 – 27, (1991).
- [5]. Luong Chinh Ke, Ho Thi Van Trang, Tran Ngoc Tuong, Nguyen Le Dang, Detecting Air Pollution In Vietnam By Optical Satellite Images, *E-proceedings of The 31th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS2010)*, 1-5 November 2010, Hanoi, Vietnam, (2010).
- [6]. Schott, J. R., Salvaggio, C. & Volchok, W. J., Radiometric scene normalization using pseudoinvariant features. *Remote Sensing of Environment*, 26, 1-16, (1988).
- [7]. Yuan & Elvidge, Comparison of relative radiometric normalization techniques. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 51, 117– 126, (1996)