

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH WRF-CMAQ ĐÁNH GIÁ LẮNG ĐỘNG A-XÍT Ở VIỆT NAM

Lê Văn Quy, Ngô Thị Vân Anh, Lê Văn Linh
Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

Ngày nhận bài: 15/10/2018; ngày chuyển phản biện: 17/10/2018; ngày chấp nhận đăng: 24/11/2018

Tóm tắt: Lắng đọng a-xít là một trong những vấn đề ô nhiễm môi trường nghiêm trọng không chỉ vì mức độ ảnh hưởng mạnh mẽ của chúng tới cuộc sống con người và hệ sinh thái mà còn vì tác động của chúng đã vượt ra khỏi phạm vi kiểm soát của mỗi quốc gia và các nhà khoa học đang phải xem xét ảnh hưởng của chúng ở quy mô khu vực và toàn cầu. Lắng đọng a-xít xảy ra dưới hai hình thức khác nhau, đó là quá trình lắng đọng khô và lắng đọng ướt. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ứng dụng hệ thống mô hình WRF-CMAQ phục vụ đánh giá lắng đọng a-xít ướt và khô trên quy mô toàn lãnh thổ Việt Nam. Các kết quả đánh giá mức độ lắng đọng ướt và khô được thực hiện vào các tháng đại diện là tháng 1, 4, 7, 10 cho cả thời kỳ 2010-2015.

Từ khóa: WRF-CMAQ, lắng đọng a-xít, lắng đọng khô, lắng đọng ướt, Việt Nam.

1. Mở đầu

Lắng đọng a-xít là một quá trình mà các chất ô nhiễm có tính a-xít trong khí quyển rơi xuống bề mặt trái đất. Lắng đọng a-xít được tạo thành trong điều kiện khí quyển bị ô nhiễm do sự phát thải quá mức các khí SO_2 , NO_x , CO [1]. Lắng đọng a-xít xảy ra theo hai hình thức, đó là lắng đọng ướt và lắng đọng khô. Lắng đọng ướt là quá trình a-xít H_2SO_4 và a-xít HNO_3 được ngưng tụ cùng với hơi nước trong những đám mây và rơi xuống mặt đất dưới các hình thức như mưa, tuyết, sương mù. Khi trong nước mưa có chứa một lượng a-xít làm cho pH nước mưa nhỏ hơn 5,6 thì được gọi là mưa a-xít. Lắng đọng khô xảy ra trong những ngày không mưa, không khí có chứa các a-xít H_2SO_4 và a-xít HNO_3 dạng khí hoặc sol khí được gió vận chuyển đi rồi lắng xuống mặt đất, cây cối, nhà cửa, công trình và có thể xâm nhập vào cơ thể con người qua đường hô hấp [8]. Quá trình lắng đọng khô phụ thuộc vào kích thước hạt chất ô nhiễm (khí, sol khí), điều kiện khí tượng và điều kiện mặt đệm (bề mặt hứng chịu lắng đọng a-xít).

Hiện tại, ở Việt Nam số lượng trạm giám sát lắng đọng a-xít còn hạn chế và chủ yếu là giám

sát lắng đọng ướt - mưa a-xít. Phương pháp giám sát lắng đọng a-xít chủ yếu là đo đạc, phân tích thành phần hóa nước mưa. Việt Nam là một thành viên của mạng lưới giám sát lắng đọng a-xít Đông Á (EANET) và hiện tại có 7 trạm giám sát lắng đọng a-xít (Hà Nội, Hòa Bình, Cúc Phương, Đà Nẵng, TP. Hồ Chí Minh, Cần Thơ, Yên Bái) [9].

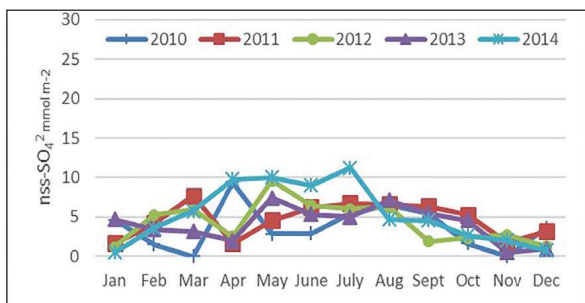
Phương pháp mô hình mô phỏng lan truyền, lắng đọng ô nhiễm không khí đang ngày càng phát triển trên thế giới, phương pháp này phù hợp với việc đánh giá ở quy mô không gian lớn (quốc gia, khu vực, toàn cầu).

2. Hiện trạng lắng đọng a-xít

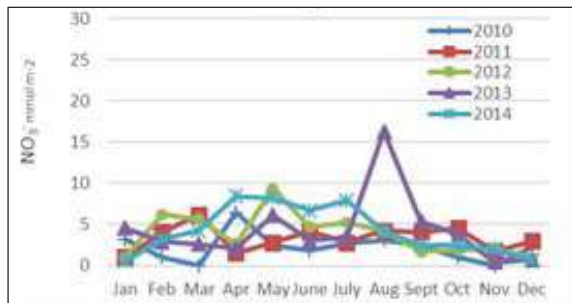
Lượng lắng đọng ướt tại các trạm phụ thuộc vào mức độ ô nhiễm không khí và điều kiện thời tiết (đặc biệt là lượng mưa) tại khu vực đó. Kết quả quan trắc tại các trạm EANET Việt Nam cho thấy lượng lắng đọng ướt nss-SO_4^{2-} , NO_3^- tại Hà Nội có xu hướng tăng vào mùa mưa (từ tháng 4 đến tháng 10) và giảm vào mùa khô (từ tháng 11 đến tháng 3 năm sau) (Hình 1, Hình 2).

Tại Đà Nẵng, lượng lắng đọng ướt nss-SO_4^{2-} , NO_3^- tăng từ tháng 9 đến tháng 12, đỉnh điểm vào tháng 12 năm 2011 do có lượng mưa cao đột biến (3.500mm) dẫn đến lượng lắng đọng của các ion cũng rất cao: NO_3^- (28,32mmol/m²), nss-SO_4^{2-} (25,25mmol/m²) (Hình 3, Hình 4).

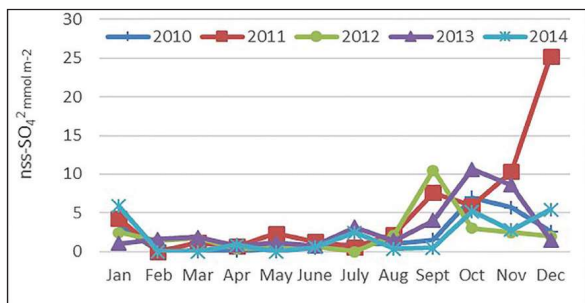
Liên hệ tác giả: Ngô Thị Vân Anh
Email: vananhmd@gmail.com



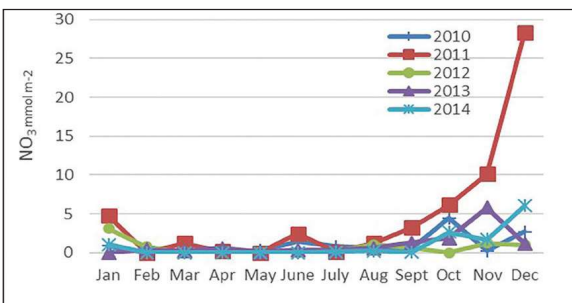
Hình 1. Sự biến đổi lượng lắng đọng $nss-SO_4^{2-}$ theo mùa tại trạm Hà Nội



Hình 2. Sự biến đổi lượng lắng đọng NO_3^- theo mùa tại trạm Hà Nội



Hình 3. Sự biến đổi lượng lắng đọng $nss-SO_4^{2-}$ theo mùa tại trạm Đà Nẵng



Hình 4. Sự biến đổi lượng lắng đọng NO_3^- theo mùa tại trạm Đà Nẵng

3. Phương pháp nghiên cứu và số liệu đầu vào

3.1. Mô hình WRF

Mô hình nghiên cứu và dự báo thời tiết WRF là mô hình được phát triển từ những đặc tính ưu việt nhất của mô hình MM5 với sự cộng tác của nhiều cơ quan tổ chức lớn trên thế giới [5]. WRF là một hệ thống bao gồm nhiều mô đun khác nhau, linh hoạt và tối ưu cho cả mục đích nghiên cứu cũng như chạy nghiệp vụ, cho phép sử dụng các tùy chọn khác nhau đối với tham số hóa các quá trình vật lý và thường xuyên được cập nhật các phiên bản mới. Hiện tại, WRF có hai phiên bản là phiên bản nghiên cứu nâng cao ARW (Advanced Research WRF) cho phép người sử dụng có thể đưa hệ thống đồng hóa số liệu 3DVAR vào mô hình và phiên bản mô hình qui mô vừa phi thủy tĩnh NMM (Nonhydrostatic Meso Model).

3.2. Mô hình CMAQ

CMAQ là hệ thống mô hình có khả năng mô phỏng các quá trình khí quyển phức tạp ảnh hưởng tới biến đổi, lan truyền và lắng đọng có giao diện thân thiện với người sử dụng. CMAQ tiếp cận chất lượng không khí một cách tổng quát với các kỹ thuật hiện đại trong các vấn đề

về mô hình chất lượng không khí, bao gồm khí ôzôn trên tầng đối lưu, độc tố, bụi mịn, lắng đọng a-xít, suy giảm tầm nhìn. CMAQ cũng được thiết kế đa quy mô để khỏi phải tạo ra các mô hình riêng biệt cho vùng đô thị hay nông thôn. Độ phân giải và kích thước miền tính có thể khác nhau một vài bậc đại lượng theo không gian và thời gian. Tính mềm dẻo theo thời gian cho phép thực hiện các mô phỏng nhằm đánh giá dài hạn của các chất ô nhiễm (trung bình khí hậu) hay lan truyền hạn ngắn mang tính địa phương. Tính mềm dẻo theo không gian cho phép sử dụng CMAQ để mô phỏng quy mô đô thị hay khu vực [6].

3.3. Thuật toán tính lắng đọng a-xít

Lắng đọng khô

Lắng đọng khô tượng trưng cho việc loại bỏ các chất ô nhiễm từ khí quyển xuống bề mặt trái đất [4]. Sự phức tạp của các yếu tố ảnh hưởng đến mức độ vận chuyển, vận tốc lắng đọng, làm cho quá trình khái quát hóa gặp khó khăn. CMAQ thông qua phương pháp ước lượng lắng đọng khô từ Wesley [5] và Walcek [6]. Dòng lắng đọng khô của chất khí và các hạt vật chất được tính bằng tích của nồng độ chất ô nhiễm trong

không khí và tốc độ lắng đọng:

$$F_i = V_d^i \times C_i$$

Trong đó: F_i là lượng lắng đọng; V_d là tốc độ lắng đọng; C_i là nồng độ ion trung bình ngày.

Theo Walcek (1987) ước lượng tốc độ lắng đọng cần xem xét các yếu tố khí tượng, sử dụng đất - bề mặt đệm. Mô hình CMAQ đánh giá sự ổn định và bất ổn định bằng cách sử dụng phương pháp trở kháng khí động học:

$$V_d = \frac{1}{r_a + r_b + r_c}$$

Trong đó: V_d là tốc độ lắng đọng; r_a là trở kháng khí động học (aerodynamic resistance), r_b là trở kháng đoạn tầng; r_c là trở kháng bề mặt.

Lắng đọng ướt

Lượng lắng đọng ướt (D_w) được tính như sau [9]:

$$D_w = \hat{C} \times P / 100$$

$$\hat{C} = \sum(C_i P_i) / \sum P_i$$

Trong đó:

D_w : Lượng lắng đọng ướt ($\text{mmol/m}^2/\text{tháng}$)

P : Tổng lượng mưa tháng (mm)

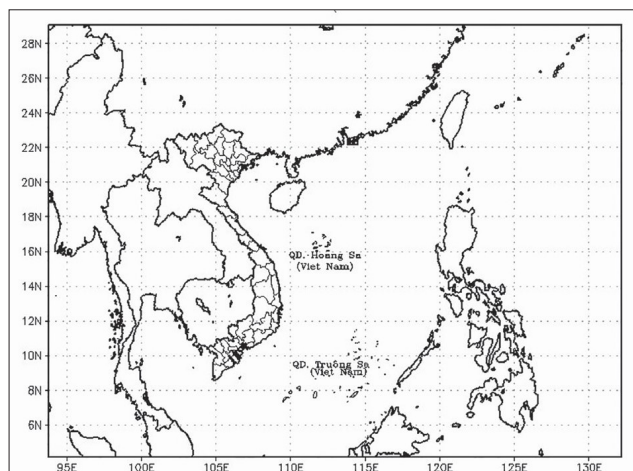
\hat{C} : Nồng độ ion trung bình tháng ($\mu\text{mol/L}$)

C_i : Nồng độ ion trung bình ngày ($\mu\text{mol/L}$)

P_i : Tổng lượng mưa ngày i (mm)

3.4. Số liệu đầu vào

Miền lưới tính: Bài báo thực hiện mô phỏng WRF phục vụ xây dựng dữ liệu khí tượng đầu vào cho CMAQ. Do đó, miền tính của WRF bao phủ toàn bộ miền tính của CMAQ và được xác định trong khoảng 5-28 vĩ độ Bắc và từ 95-130 kinh độ Đông bao phủ toàn bộ Biển Đông, một phần Tây Bắc Thái Bình Dương, vịnh Bengan, vịnh Thái Lan, Nam Trung Quốc. Miền tính có độ phân giải 13km, với kích thước lưới 300x196 mô phỏng được các quá trình quy mô vừa như gió mùa Đông Bắc vào mùa đông và gió mùa Tây Nam vào mùa hè (Hình 5).



Hình 5. Miền lưới tính trong mô hình

Số liệu khí tượng: Trong nghiên cứu này sẽ sử dụng mô hình WRF mô phỏng lại các trường khí tượng cho khu vực Biển Đông và đất liền Việt Nam với số liệu tái phân tích từ NCAR. Dữ liệu khí tượng tái phân tích từ toàn cầu với độ phân giải $1^\circ \times 1^\circ$ được tải về tại website: rda.ucar.edu/datasets/ds083.2/.

Số liệu sử dụng đất: Dữ liệu về 25 loại đất sử dụng trong nghiên cứu được cung cấp bởi Trung Tâm nghiên cứu Địa chất Hoa Kỳ (USGS). Dữ liệu đất sử dụng từ USGS là cơ sở dữ liệu đặc trưng cho đất bao phủ toàn cầu độ phân

giải 1km.

Số liệu phát thải: Số liệu phát thải được cập nhật bổ sung trong nghiên cứu này được cung cấp từ nguồn số liệu kiểm kê phát thải cho khu vực Châu Á (REAS) được thực hiện bởi Trung Tâm Nghiên cứu Biến đổi Toàn cầu (FRCGC) và Cục Khoa học Kỹ thuật Biển - Địa cầu Nhật Bản. Số liệu kiểm kê được cập nhật đến năm 2008 với độ phân giải $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ (phiên bản 2.1) bao gồm các chất như: SO_2 , NO_x , NH_3 , CO, NMVOC, BC (các-bon đen) từ các nguồn đốt và NO_x , NH_3 , N_2O , CH_4 từ nguồn sinh học.

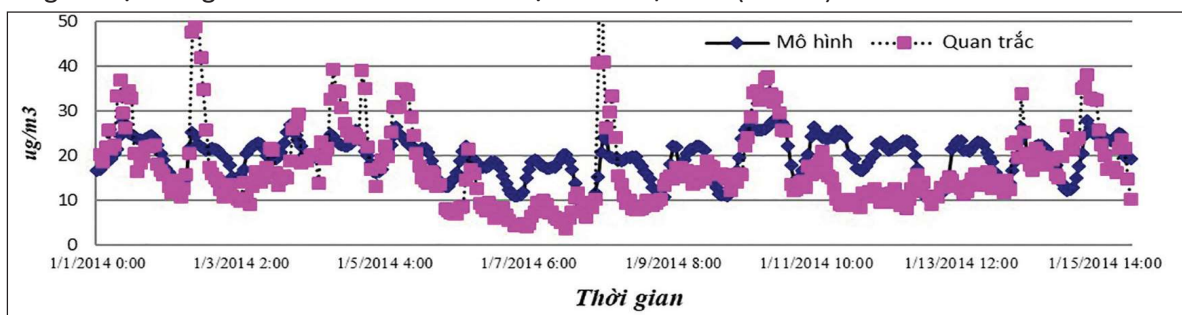
4. Kết quả và thảo luận

4.1. Kết quả kiểm định mô hình

Để đánh giá mức độ tin cậy của mô hình, các số liệu quan trắc tự động trung bình giờ tại các trạm: Nguyễn Văn Cừ - Hà Nội, Phú Thọ, Huế và Khánh Hòa trong tháng 1, tháng 7 và tháng 8 năm 2014 (Nguồn: Tổng cục Môi trường) sẽ được so sánh với các nồng độ mô phỏng từ hệ thống mô hình WRF-CMAQ ở tọa

độ của các trạm này.

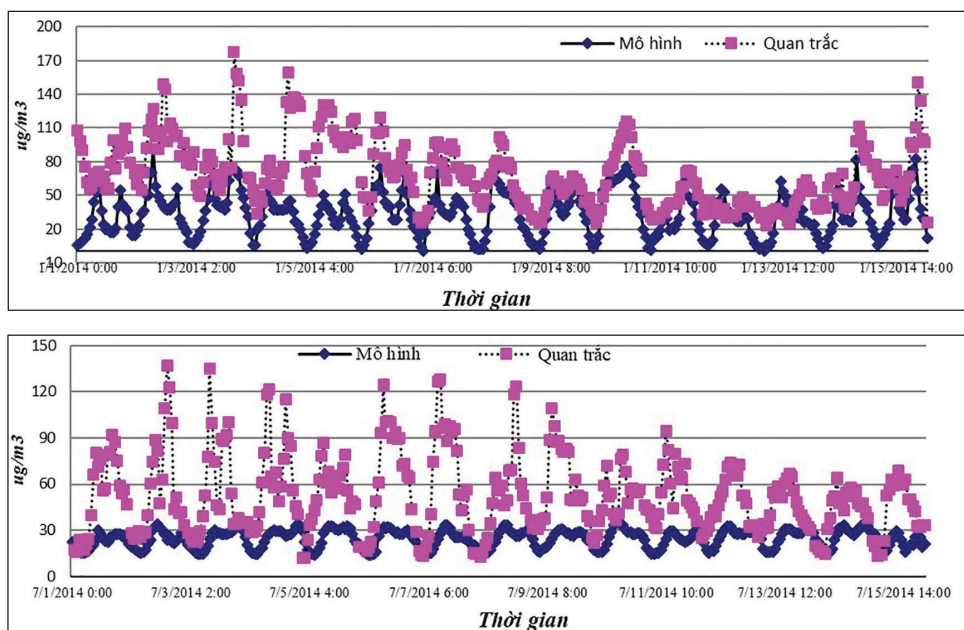
Biến trình nồng độ SO_2 mô phỏng từ hệ thống mô hình WRF-CMAQ khá phù hợp với số liệu thực đo từ ngày 1-15 tháng 1 năm 2014 tại trạm Nguyễn Văn Cừ - Hà Nội. Mức tương quan giữa 2 chuỗi giá trị quan trắc và mô hình đạt $r=0,46$. Biến trình nồng độ SO_2 mô phỏng từ mô hình trong khoảng từ $15\text{-}30\mu\text{g}/\text{m}^3$ vào tháng 1/2014 (Hình 6).



Hình 6. Nồng độ SO_2 trung bình giờ tháng 1/2014 thực đo và mô hình tại trạm Nguyễn Văn Cừ - Hà Nội

Trong Hình 7 thể hiện biến trình nồng độ NO_2 giữa tính toán và thực đo. Biến trình và giá trị nồng độ NO_2 mô phỏng từ mô hình khá phù hợp với chuỗi số liệu quan trắc tại trạm Nguyễn Văn Cừ. Tuy nhiên, có thể nhận thấy trong cả thời đoạn tính toán, giá trị nồng độ từ mô hình

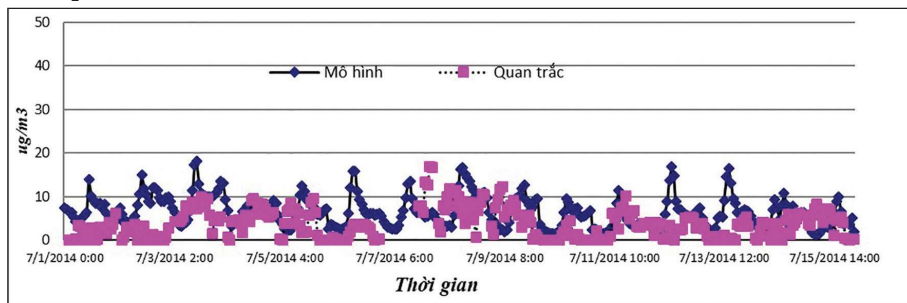
thường thấp hơn giá trị quan trắc. Hệ số tương quan giữa 2 chuỗi quan trắc và mô hình $r = 0,50$ (tháng 1) và $r = 0,47$ (tháng 7). Biến trình nồng độ NO_2 mô phỏng từ mô hình trong khoảng từ $5\text{-}80\mu\text{g}/\text{m}^3$ vào tháng 1 và từ $15\text{-}35\mu\text{g}/\text{m}^3$ vào tháng 7/2014.



Hình 7. Nồng độ NO_2 trung bình giờ thực đo và mô hình tại trạm Nguyễn Văn Cừ - Hà Nội: tháng 1/2014 (trên), tháng 7/2014 (dưới)

Hình 8 thể hiện biến trình nồng độ SO_2 giữa mô hình và quan trắc tại trạm Huế. Nhìn chung, chuỗi giá trị nồng độ SO_2 mô phỏng từ mô hình nằm

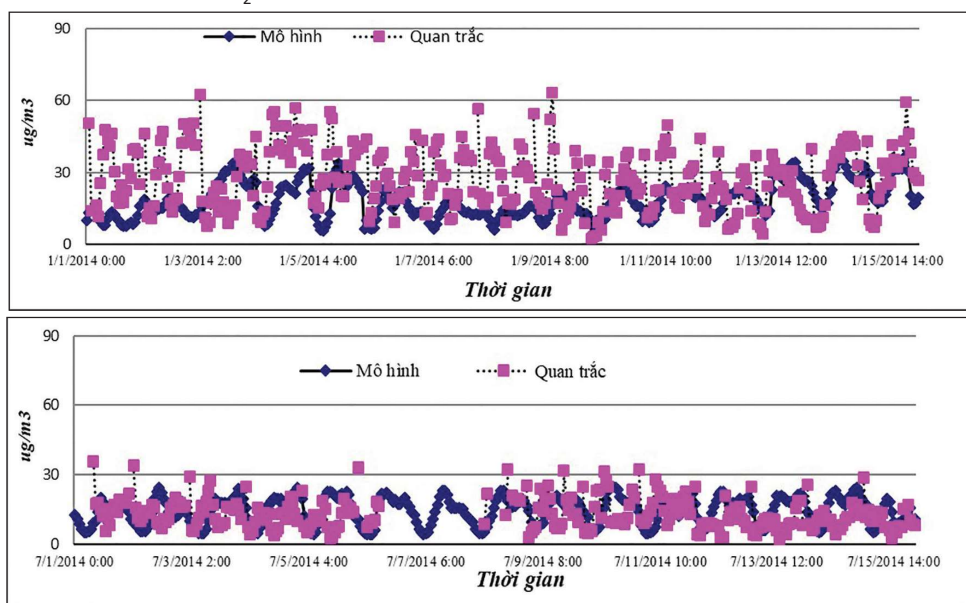
trong khoảng giá trị nồng độ quan trắc tại trạm. Biến trình nồng độ SO_2 mô phỏng từ mô hình trong khoảng từ $5-20\mu g/m^3$ vào tháng 7/2014.



Hình 8. Nồng độ SO_2 trung bình giờ thực đo và mô hình tại trạm Huế tháng 7/2014

Hình 9 thể hiện biến trình nồng độ NO_2 giữa mô hình và quan trắc tại trạm Thừa Thiên Huế. Hệ thống mô hình WRF-CMAQ mô phỏng khá tốt, với kết quả chuỗi giá trị nồng độ NO_2 mô phỏng từ mô

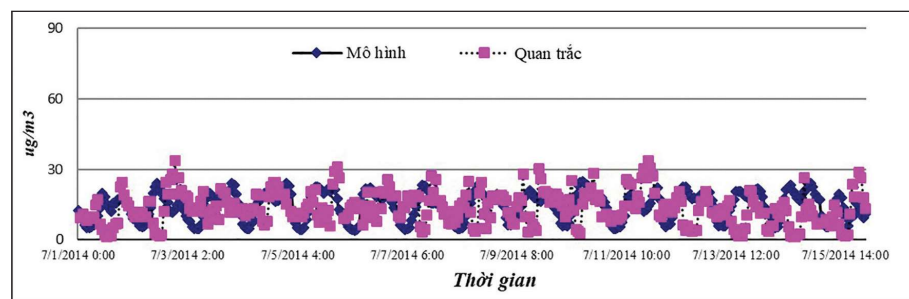
hình nằm trong khoảng giá trị nồng độ quan trắc tại trạm. Biến trình nồng độ NO_2 mô phỏng từ mô hình trong khoảng từ $5-35\mu g/m^3$ vào tháng 01/2014; từ $5-20\mu g/m^3$ vào tháng 7/2014.



Hình 9. Nồng độ NO_2 trung bình giờ thực đo và mô hình tại trạm Huế: tháng 1/2014 (trên), tháng 7/2014 (dưới)

Hình 10 thể hiện biến trình nồng độ NO_2 giữa mô hình và quan trắc tại trạm Khánh Hòa. Mô hình mô phỏng khá tốt khoảng giá trị nồng độ

quan trắc tại trạm. Biến trình nồng độ NO_2 mô phỏng từ mô hình trong khoảng từ $5-25\mu g/m^3$ vào tháng 7 năm 2014.



Hình 10. Nồng độ NO_2 trung bình giờ thực đo và mô hình tại trạm Khánh Hòa tháng 7/2014

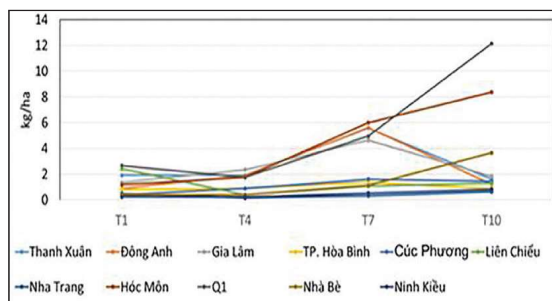
Sau khi kiểm nghiệm hệ thống mô hình WRF-CMAQ, nghiên cứu thực hiện mô phỏng đánh giá phân bố lắng đọng a-xít cho Việt Nam vào trong thời kỳ 2010-2015.

4.2. Kết quả đánh giá lắng đọng a-xít

a) Lắng đọng ướt SO_4^{2-}

Tổng lượng lắng đọng ướt SO_4^{2-} trung bình

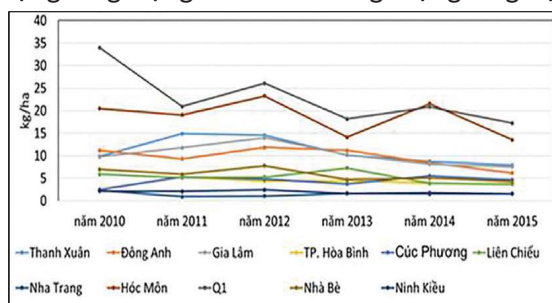
các tháng thời kỳ 2010-2015 có xu hướng cao vào các tháng mùa mưa (tháng 7 và tháng 10); và thấp vào các tháng mùa khô (tháng 1 và tháng 4). Tổng lượng lắng đọng tháng 10 cao hơn hẳn tháng 1 (cao hơn 4 lần tại khu vực Quận 1). Tuy nhiên, một số khu vực như Hòa Bình, Cúc Phương, Ninh Kiều không thấy rõ xu thế này (Hình 11).



Hình 11. Tổng lượng lắng đọng ướt SO_4^{2-} trung bình các tháng thời kỳ 2010-2015

Tổng lượng lắng đọng ướt SO_4^{2-} theo các năm thời kỳ 2010-2015 có xu thế giảm ở hầu hết các vị trí đánh giá trên cả nước. Trong giai đoạn này, xu thế tăng đáng kể tổng lượng lắng đọng ướt

SO_4^{2-} xảy ra ở Hòa Bình và Cúc Phương. Tổng lượng lắng đọng cao nhất vào năm 2010 (tổng 4 tháng) tại khu vực Quận 1 - TP. Hồ Chí Minh, với tổng lượng lắng đọng 34kg/ha (Hình 12).

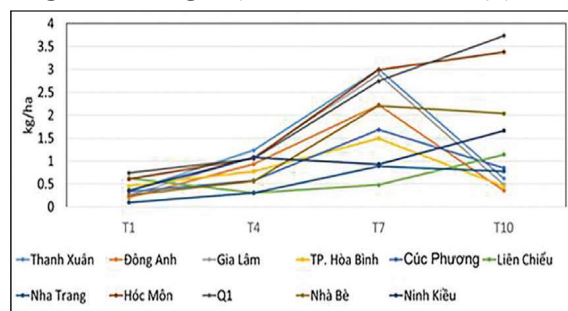


Hình 12. Tổng lượng lắng đọng ướt SO_4^{2-} theo các năm thời kỳ 2010-2015

b) Lắng đọng ướt NO_3^-

Tổng lượng lắng đọng ướt NO_3^- trung bình các tháng thời kỳ 2010-2015 có xu hướng cao vào các tháng mùa mưa (tháng 7 và tháng 10);

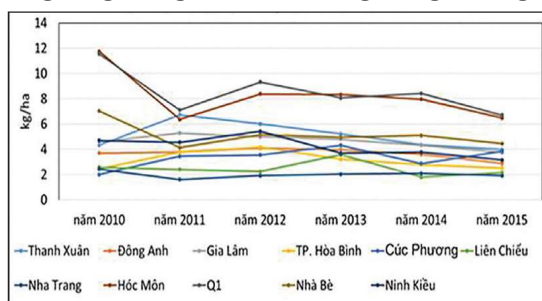
và thấp vào các tháng mùa khô (tháng 1 và tháng 4). Tổng lượng lắng đọng tháng 10 cao hơn hẳn tháng 01 (cao hơn 5 lần tại khu vực Quận 1 - TP. Hồ Chí Minh) (Hình 13).



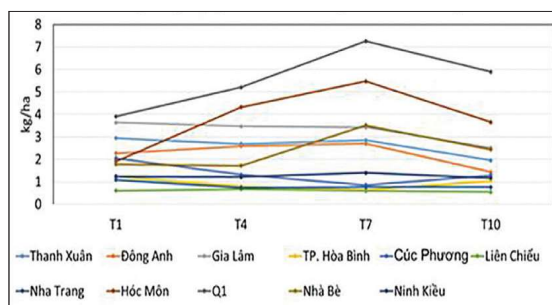
Hình 13. Tổng lượng lắng đọng ướt NO_3^- theo các năm thời kỳ 2010-2015

Tổng lượng lắng đọng ướt NO_3^- theo các năm thời kỳ 2010-2015 có xu thế giảm ở hầu hết các vị trí đánh giá trên cả nước. Trong giai đoạn này, xu thế tăng đáng kể tổng lượng lắng đọng ướt

NO_3^- xảy ra ở Cúc Phương. Tổng lượng lắng đọng cao nhất vào năm 2010 (tổng 4 tháng) tại khu vực Hóc Môn - TP. Hồ Chí Minh, với tổng lượng lắng đọng 11,8kg/ha (Hình 14).



Hình 14. Tổng lượng lắng đọng ướt NO_3^- theo các năm thời kỳ 2010-2015

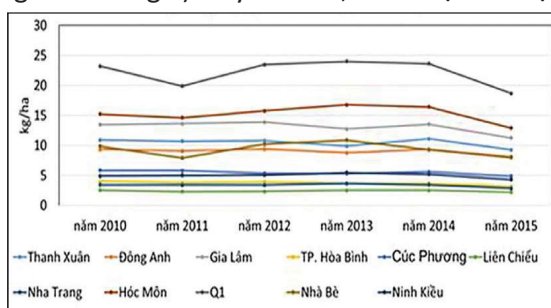


Hình 15. Tổng lượng lắng đọng khô SO_2 trung bình các tháng thời kỳ 2010-2015

c) Lắng đọng khô SO_2

Tổng lượng lắng đọng khô SO_2 trung bình các tháng thời kỳ 2010-2015 có xu hướng thấp vào các tháng mùa mưa (tháng 7 và tháng 10) và cao vào các tháng mùa khô (tháng 1 và tháng 4). Tuy

nhiên, trong thời kỳ này, tại khu vực Quận 1 và Hóc Môn có tổng lượng lắng đọng khô cao vào tháng 7 và tháng 10. Đặc biệt, tổng lượng lắng đọng tháng 10 cao hơn hẳn tháng 1 (cao hơn 1,75 lần tại khu vực Quận 1) (Hình 15).



Hình 16. Tổng lượng lắng đọng khô SO_2 theo các năm thời kỳ 2010-2015

Tổng lượng lắng đọng khô SO_2 (tổng 4 tháng 1, 4, 7, 10) theo các năm thời kỳ 2010-2015 có xu thế giảm tất cả các vị trí lựa chọn đánh giá trên cả nước. Trong giai đoạn này, một số khu vực có tổng lượng lắng đọng lớn bao gồm quận 1, Hóc Môn, Gia Lâm và Thanh Xuân. Tổng lượng lắng đọng cao nhất vào năm 2013 tại khu vực Quận 1 - TP. Hồ Chí Minh, với tổng lượng lắng đọng 24kg/ha (Hình 16).

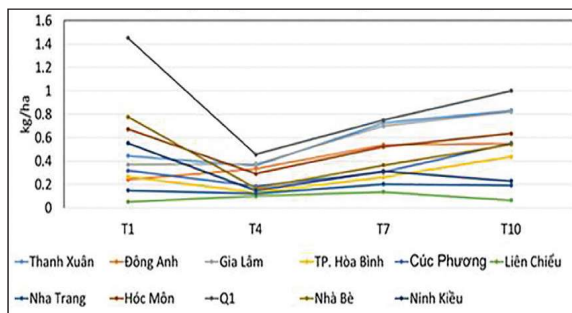
d) Lắng đọng khô NO_2

Tổng lượng lắng đọng khô NO_2 trung bình các tháng thời kỳ 2010-2015 có xu hướng thấp vào các tháng 4 và 7; cao vào tháng 1 và tháng 10. Tổng lượng lắng đọng trung bình tháng 1 cao nhất tại khu vực Quận 1 - TP. Hồ Chí Minh, với tổng lượng lắng đọng 1,45kg/ha/tháng

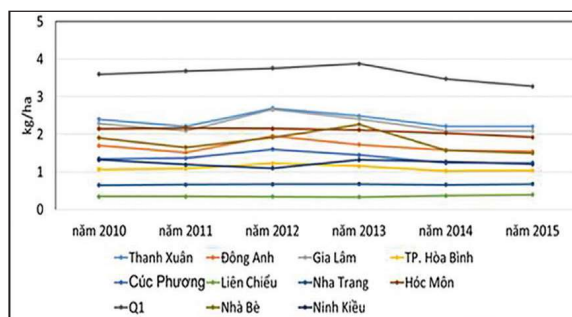
(Hình 17).

Tổng lượng lắng đọng khô NO_2 (tổng 4 tháng 1, 4, 7, 10) theo các năm thời kỳ 2010-2015 có xu thế giảm hầu hết các vị trí lựa chọn đánh giá trên cả nước. Một số khu vực có tổng lượng lắng đọng tăng nhẹ gồm: Liên Chiểu và Nha Trang.

Trong giai đoạn này, một số khu vực có tổng lượng lắng đọng lớn gồm: Quận 1 - TP. Hồ Chí Minh, Gia Lâm và Thanh Xuân - Hà Nội. Tổng lượng lắng đọng cao nhất vào năm 2013 tại khu vực Quận 1 - TP. Hồ Chí Minh, với tổng lượng lắng đọng 3,9kg/ha (Hình 18).



Hình 17. Tổng lượng lắng đọng khô NO_2 trung bình các tháng thời kỳ 2010-2015



Hình 18. Tổng lượng lắng đọng khô NO_2 theo các năm thời kỳ 2010-2015

e) Phân bố tổng lượng lắng đọng nitơ

Bản đồ phân bố tổng lượng lắng đọng a-xít năm thể hiện theo tổng lượng lắng đọng lưu huỳnh (S) được tính từ tổng lượng lắng đọng ướt của SO_4^{2-} và tổng lượng lắng đọng khô của SO_2 ; tổng lượng lắng đọng nitơ (N) được tính từ tổng lượng lắng đọng ướt của NO_3^- và tổng lượng lắng đọng khô của NO_2 trong 12 tháng của năm 2015.

Phân bố lắng đọng nitơ (N) tập trung chủ yếu tại khu vực đồng bằng sông Hồng và đồng bằng sông Cửa Long. Lượng lắng đọng N lớn nhất tại Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh, với mức giá trị trong khoảng 7-8kg/ha/năm. Trong đó, tổng lượng lắng đọng ướt N chiếm khoảng 50-60% tổng lượng lắng đọng (Hình 19).

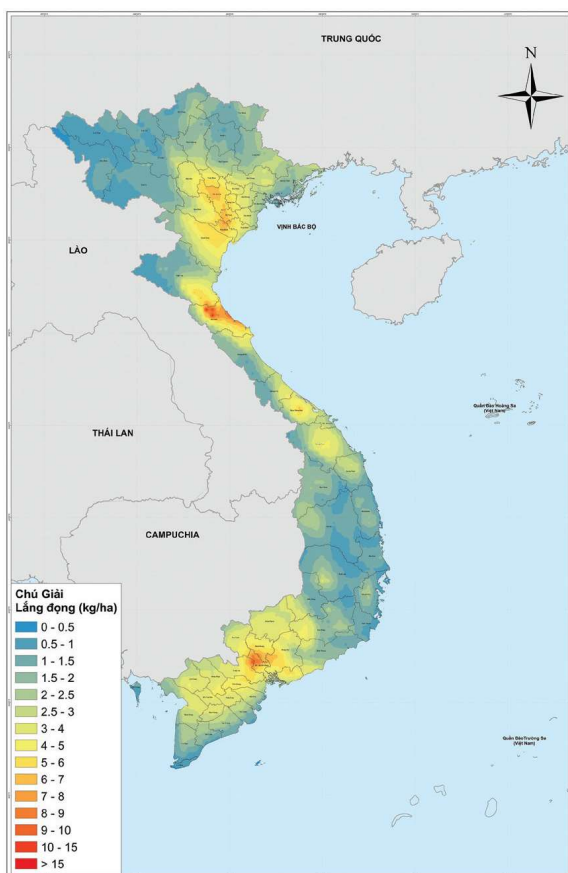
Phân bố lắng đọng lưu huỳnh (S) tập trung chủ yếu tại khu vực đồng bằng sông Hồng và đồng bằng sông Cửa Long. Lượng lắng đọng lưu huỳnh lớn nhất tại Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh trong khoảng 30-50kg/ha/năm. Trong đó, tổng

lượng lắng đọng ướt S chiếm khoảng 40-50% tổng lượng lắng đọng (Hình 20).

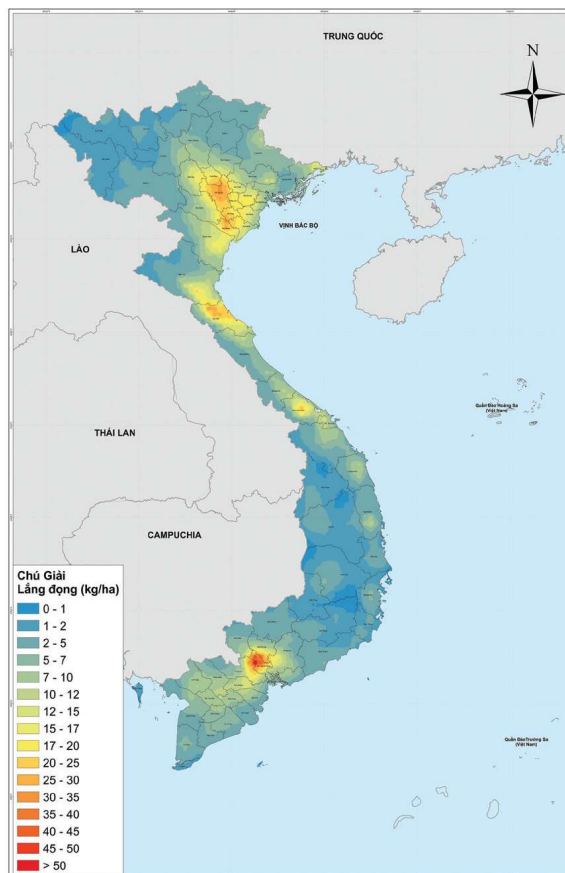
4. Kết luận

Nghiên cứu ứng dụng thành công hệ thống mô hình WRF-CMAQ phục vụ mô phỏng lắng đọng a-xít tại Việt Nam. Kết quả mô phỏng cho thấy, tổng lượng lắng đọng khô SO_2 , NO_2 theo các năm thời kỳ 2010-2015 có xu thế giảm tất cả các vị trí lựa chọn đánh giá trên cả nước. Trong giai đoạn này, một số khu vực có tổng lượng lắng đọng lớn gồm: Quận 1 - TP. Hồ Chí Minh, Hóc Môn, Gia Lâm và Thanh Xuân - Hà Nội. Tổng lượng lắng đọng (tổng 4 tháng 1, 4, 7, 10) cao nhất vào năm 2013 tại khu vực Quận 1 - TP. Hồ Chí Minh, với tổng lượng lắng đọng 24kg/ha đối với SO_2 và 3,9kg/ha đối với NO_2 .

Tổng lượng lắng đọng ướt SO_4^{2-} và NO_3^- theo các năm thời kỳ 2010-2015 có xu thế giảm ở hầu hết các vị trí đánh giá trên cả nước. Trong giai đoạn này, xu thế tăng đáng kể tổng lượng lắng đọng ướt SO_4^{2-} xảy ra ở Hòa Bình và Cúc Phương.



Hình 19. Phân bố tổng lượng lắng đọng nitơ (N) năm 2015 ở Việt Nam



Hình 20. Phân bố tổng lượng lắng đọng lưu huỳnh (S) năm 2015 ở Việt Nam

Tổng lượng lắng đọng (tổng 4 tháng 1, 4, 7, 10) cao nhất vào năm 2010 tại khu vực Quận 1 - TP.

Hồ Chí Minh, với tổng lượng lắng đọng 34kg/ha đối với SO_4^{2-} và 11,8kg/ha đối với NO_3^- .

Bài báo là sản phẩm của đề tài Nghiên cứu khoa học và công nghệ cấp Bộ "Nghiên cứu đánh giá hiện trạng và lập bản đồ phân bố lắng đọng a-xít ở Việt Nam".

Tài liệu tham khảo

1. Dương Hồng Sơn, Trần Thị Diệu Hằng (2012), *Mưa a-xít trên thế giới và Việt Nam*, NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.
2. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2014), *Báo cáo môi trường quốc gia 2013 - Môi trường không khí*.
3. Phạm Thị Thu Hà (2014), *Nghiên cứu đánh giá lắng đọng a-xít ở vùng đồng bằng sông Hồng Việt Nam*, Luận án tiến sỹ.
4. Trần Thị Diệu Hằng (2005), "Bước đầu đánh giá tình hình lắng đọng a-xít ở Việt Nam", *Tuyển tập báo cáo hội thảo khoa học lần thứ 9, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường*, tr. 395-399.
5. www.wrf-model.org - Weather research and forecasting model.
6. *CMAQ User's Manual*.
7. Wesley, (1989), *Parameterizations of surface resistances to gaseous dry deposition in regional scale numerical models*, *Atmospheric Environment*, 23, 1293-1304.
8. Viện Khí tượng Thủy văn (2002), *Hỏi đáp về lắng đọng a-xít*, NXB Nông nghiệp.
9. www.eanet.asia.

APPLICATION OF THE WRF-CMAQ MODEL SYSTEM FOR ACID DEPOSITION ASSESSMENT IN VIET NAM

Le Van Quy, Ngo Thi Van Anh, Le Van Linh

Viet Nam Institute of Meteorology Hydrology and Climate change

Received: 15/10/2018; Accepted: 24/11/2018

Abstract: *Acid deposition is one of the serious environmental pollution issues because of not only its impact severity on human life and ecosystems, but also its impact scale. The impact of acid deposition extends beyond the control of a single country, thus scientists are considering its impact in regional and global scale. Acid deposition occurs in two different forms: Dry deposition and wet deposition. This article presents results on application of WRF-CMAQ model system for assessing wet and dry acid deposition in Viet Nam. Assessment of wet and dry deposition levels are conducted in January, April, July, October for the period of 2010-2015.*

Keywords: *WRF-CMAQ model, acid deposition, dry deposition, wet deposition, Viet Nam.*