

XÂY DỰNG CÔNG CỤ TÍCH HỢP TRỢ GIÚP CÔNG TÁC GIÁM SÁT Ô NHIỄM KHÔNG KHÍ VÙNG KINH TẾ TRỌNG ĐIỂM

TS. Lê Thị Quỳnh Hà, KS. Lưu Minh Tùng, TSKH. Bùi Tá Long
Viện Cơ học ứng dụng, Trung tâm Khoa học tự nhiên và Công nghệ quốc gia

1. Mở đầu

Trong những năm đổi mới vừa qua, tốc độ đô thị hóa diễn ra nhanh chóng, đặc biệt là tại ba vùng kinh tế trọng điểm. Dân số đô thị Việt Nam năm 1986 mới khoảng 11,87 triệu người, chiếm khoảng 19%; năm 1990 là trên 13 triệu, chiếm tỷ lệ khoảng 20%; năm 1995 tỷ lệ dân số đô thị là 20,75 %, đến năm 2002 tỷ lệ đó là gần 25% [10].

Tại các vùng kinh tế trọng điểm (VKTĐ) của đất nước, nơi diễn ra tốc độ đô thị hóa và công nghiệp hóa trong những năm gần đây rất cao, diễn biến môi trường đang có những xu hướng phức tạp. Các hoạt động khai thác tài nguyên, sản xuất công nghiệp, tiểu thủ công nghiệp tiếp tục mở rộng, tốc độ đô thị hóa diễn ra nhanh chóng, dân cư ngày càng đông đúc, các phương tiện giao thông cơ giới tăng lên đáng kể . . . Tất cả các quá trình này đã dẫn tới sự cạn kiệt tài nguyên, ô nhiễm môi trường xung quanh trong đó có môi trường không khí [10].

Bài toán đánh giá tổng hợp chất lượng không khí tại vùng kinh tế trọng điểm phía Nam (VKTĐPN) trong nhiều năm qua là đối tượng nghiên cứu của nhiều chương trình nghiên cứu cấp quốc gia, vùng và địa phương [2,11,9]. Để xác định chất lượng không khí vùng kinh tế trọng điểm cần phải giải quyết nhiều bài toán phức tạp như: xác định mối quan hệ giữa nguồn thải và nơi tiếp nhận (như ô nhiễm tại một vùng không có nguồn thải là do nguồn thải nào gây ra), mối quan hệ giữa các yếu tố khí tượng với sự phát tán ô nhiễm cũng như mối quan hệ giữa sự gia tăng tải lượng ô nhiễm với sự phát triển kinh tế. . . Tất cả những điều này đòi hỏi phải phát triển và ứng dụng các phương pháp tiếp cận mô hình hóa, kết hợp với thu thập số liệu và công cụ tin học [10].

Bài báo này trình bày phương pháp tiếp cận mô hình hóa và ứng dụng công nghệ thông tin nhằm xây dựng một công cụ trợ giúp cho công tác giám sát môi trường không khí trên phạm vi một vùng và lấy VKTĐPN làm trường hợp nghiên cứu.

2. Các phương pháp nghiên cứu

a. Mô hình hóa mối quan hệ giữa nguồn thải và môi trường xung quanh

Sự lan truyền các chất ô nhiễm trên một diện rộng trong khí quyển là quá trình vật lý rất quan trọng. Sự lan truyền các chất ô nhiễm không khí theo diện rộng trong khí quyển có thể gây ra tổn thất nặng nề (ít nhất dưới các điều kiện khí tượng nào đó) cho nhiều vùng khác nhau mặc dù có thể trong những vùng này không có bất kỳ nguồn thải lớn nào. Vì vậy, quá trình này là đối tượng nghiên cứu của nhiều nhóm các nhà khoa học trên thế giới. Câu hỏi được quan tâm ở đây là: ảnh hưởng của các nguồn thải từ một vùng xác định tới các vùng lân cận diễn ra như thế nào và mối liên hệ giữa mức phát thải với mức độ ô nhiễm tại các vùng lân cận ?

Giảm ô nhiễm là quá trình tốn kém, vì vậy làm thế nào để giảm thiểu ô nhiễm đến mức cần thiết là một bài toán mang ý nghĩa thực tiễn quan trọng. Giải đáp câu

hỏi trên là nỗ lực lớn trong việc giảm thiểu ô nhiễm (còn ở mức thấp nhất). Các mô hình toán mô phỏng ô nhiễm không khí là những công cụ không thể thiếu để giải quyết các bài toán được phác họa ở trên.

Ngày nay, trên thế giới đã tích lũy được nhiều kinh nghiệm quý báu trong việc xây dựng các mô hình liên quan tới ô nhiễm không khí. Viện sĩ Moiseev N.N., nhà khoa học hàng đầu của Liên Xô (trước đây) về nghiên cứu môi trường, khi đề cập tới các công trình xây dựng mô hình đã đưa ra bức tranh khái quát về hai phương pháp tiếp cận /Moiseev N.N. và CTV, 1985/. Hướng nghiên cứu thứ nhất xây dựng các mô hình ở mức độ chi tiết cao đòi hỏi các phương tiện tính toán mạnh và cơ sở dữ liệu (CSDL) đầy đủ. Các mô hình này phục vụ cho các mục tiêu nghiên cứu và việc đưa ra phổ biến để sử dụng rộng rãi ít được khuyến cáo. Hướng nghiên cứu thứ hai đặt mục tiêu khiêm tốn hơn và hướng tới sử dụng rộng rãi cho các bài toán thông qua các quyết định hành chính. Bài toán thực tiễn ở đây là sự cần thiết phải so sánh các kịch bản thực thi quyết định khác nhau, do vậy cần phải xây dựng một phần mềm với khả năng đối thoại rộng rãi, với khả năng đưa vào các đánh giá chuyên gia, khả năng tính toán một số các hệ số bán thực nghiệm từ các số liệu quan trắc (các phương pháp tính toán này đã được kiểm nghiệm tốt từ thực tiễn). Các mô hình như vậy có thể tương đối đơn giản nhưng đủ để thông qua quyết định trong bài toán bảo vệ môi trường.

Trong công trình này, hai mô hình sau đây được triển khai. Thứ nhất đó là mô hình thống kê thủy động do nhà khoa học hàng đầu của Liên Xô (trước đây) là Berliand M.E. (sau đây được gọi là mô hình Berliand) cùng trường phái của ông đề xuất. Cơ sở lý luận của mô hình Berliand được trình bày trong [17,2,1]. Các hệ số khuếch tán rối theo phương ngang và phương đứng được tính toán theo lý thuyết thống kê bán thực nghiệm /Ozmidov, R.B, 1986; Lê Đình Quang, Phạm Ngọc Hồ, 2001/. Mô hình thứ hai là mô hình nguồn thải vùng do Hanna đề xuất [Gifford F.A., Hanna R.S., 1970;7], mô hình này được áp dụng tại một số nước trong khối NATO, và được một số tác giả áp dụng tính toán cho một số dự án môi trường trong nước [8].

b. Tích hợp GIS, CSDL và mô hình toán

Những công bố gần đây của các Trung tâm khoa học trên thế giới cho thấy phương pháp tích hợp hiện nay đang là cơ sở cho công tác quản lý qui hoạch phát triển bền vững tại nhiều nước tiên tiến trên thế giới. Tại nhiều khu vực trên thế giới đã và đang xây dựng các công cụ tích hợp dựa trên công nghệ cơ sở dữ liệu, mô hình toán học, hệ thống thông tin địa lý (GIS) và công nghệ mạng. Các công cụ này trợ giúp đắc lực cho bài toán chức năng xử lý và phân tích số liệu có bản chất khác nhau cũng như cho phép tính toán theo các kịch bản phát triển khác nhau /xem Backhaus R., Braun G, 1998; [16].

Công nghệ CSDL là trái tim của bất cứ một hệ thống thông tin quản lý môi trường. Để quản lý tổng hợp và thống nhất chất lượng môi trường không khí tại một vùng kinh tế trọng điểm cần thiết phải thiết lập một số CSDL sau đây:

- CSDL về các nguồn thải: CSDL loại này phản ánh thông tin đầy đủ về nguồn thải. Thông tin quan trọng ở đây là loại nguồn, đánh giá về lượng thải từ mỗi nguồn cho từng chất ô nhiễm. Ngoài ra CSDL còn chứa mô tả về nguồn như tên gọi và tọa độ địa lý của nó trên bản đồ số.
- CSDL về các loại chất thải gây ô nhiễm môi trường không khí: Các chất ô nhiễm chính được xác định trong TCVN 5937 - 1995 liên quan tới các phát thải và nồng độ môi trường xung quanh bao gồm cacbon oxít CO, nitơ oxit NOx, sunfua đioxit SO₂, chì Pb, khí ozon O₃, bụi. Một trong những chất bản chủ yếu là ozon, không

phải trực tiếp do các nguồn thải phát thải ra nhưng sản sinh ra do các phản ứng quang hóa kéo theo các thành phần hữu cơ dễ bay hơi (Volatile Organic Compounds – được kí hiệu là VOC). Phần mềm có chức năng trợ giúp, cho phép bổ sung các chất khác theo yêu cầu của người sử dụng.

▪ CSDL về khí tượng: Như đã biết, nồng độ ô nhiễm của chất khí độc hại không chỉ phụ thuộc vào tải lượng nguồn, kích thước, thông số của nguồn thải mà còn phụ thuộc rất nhiều vào điều kiện khí tượng như tốc độ gió, hướng gió, nhiệt độ, cường độ mưa, độ ổn định của khí quyển...[2]. CSDL về khí tượng chứa đựng những thông tin sau đây: hướng gió, vận tốc gió, nhiệt độ và gradien nhiệt độ tại các độ cao khác nhau, bức xạ, độ ẩm, áp suất không khí.

▪ CSDL về các nhà máy thải chất ô nhiễm vào không khí: Các yếu tố về các hoạt động kinh tế của con người đóng vai trò quan trọng trong việc hình thành chế độ ô nhiễm không khí. Điều này được thể hiện rõ nét nhất tại các khu vực nằm gần các vùng có hoạt động kinh tế mạnh mẽ. Để giải quyết các bài toán kiểm soát và quản lý ô nhiễm không khí, việc phân loại các nguồn tác động do hoạt động kinh tế của con người có một ý nghĩa đặc biệt quan trọng. Từ các phần mềm trong lĩnh vực quản lý ô nhiễm rút ra các phương pháp phân loại CSDL liên quan tới các nguồn thải (các nhà máy sản xuất gây ô nhiễm không khí) như sau:

- * Tên nguồn, tên nhà máy, xí nghiệp, công ty quản lý nguồn;
- * Địa chỉ nhà máy, xí nghiệp, công ty quản lý nguồn;
- * Mã ngành công nghiệp theo quy định nhà nước (nhà máy, xí nghiệp đã cho thuộc ngành công nghiệp nào);

- * Mã ID nhận biết nguồn thải;

- * Kinh, vĩ độ của nguồn thải.

▪ CSDL quan trắc tại các điểm lấy mẫu: Một phần mềm quản lý chất lượng không khí cần phải có mô đun quản lý các dữ liệu quan trắc chất lượng không khí trong vùng đang xét. Cơ sở dữ liệu được đề xuất để quản lý các dữ liệu quan trắc chất lượng không khí là:

- * Tên trạm (hay mã trạm),

- * Địa chỉ,

- * Tọa độ địa lý,

- * Các chất quan trắc,

- * Các giá trị quan trắc theo thời gian.

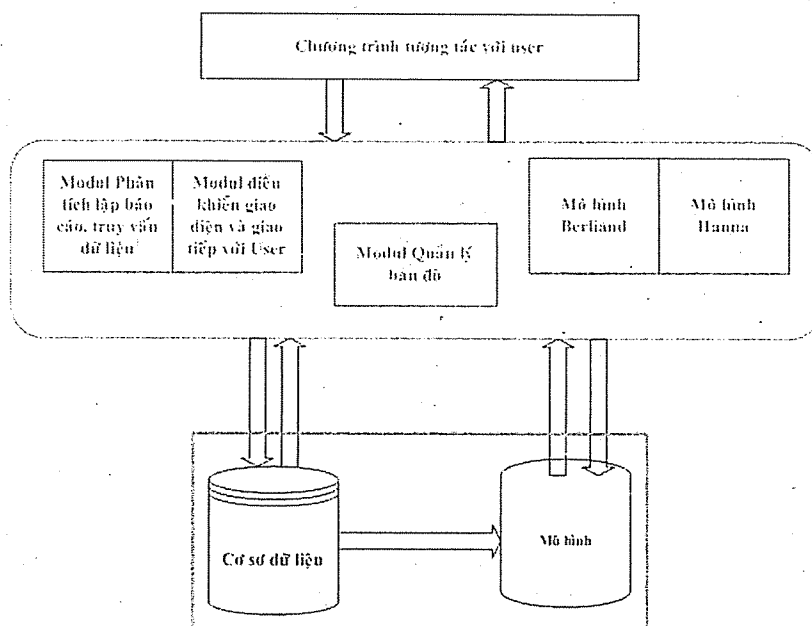
Địa lý là ngôn ngữ chung cho các lĩnh vực quản lý môi trường. Đối với các vùng kinh tế trọng điểm, câu hỏi thường xuyên được quan tâm là vùng nào chịu ô nhiễm nặng nhất hay khi có sự cố về môi trường, khu vực nào chịu ảnh hưởng trước tiên. Ngoài ra, khi tính toán mô phỏng sự lan truyền và khuếch tán chất ô nhiễm thường xuất hiện sự cần thiết phải thể hiện bức tranh kết quả mô phỏng dưới các dạng khác nhau. Quá trình mô phỏng đòi hỏi bổ sung, lưu trữ và kết nối CSDL với thông tin cần thiết cho bài toán mô phỏng, kết nối kết quả tính toán với dữ liệu không gian cụ thể.

Để tích hợp CSDL môi trường, GIS và các mô hình toán, các tác giả đã đưa ra một số phương pháp tiếp cận khác nhau [3,6,12]. Kết quả nhận được, hệ thống thông tin – mô hình có thể trợ giúp đắc lực công tác kiểm soát môi trường. Trong quá trình làm việc, các hệ thống thông tin – mô hình này diễn ra sự phối hợp, trao đổi thông tin chặt chẽ với các CSDL môi trường và GIS. Các mô hình nhận được các dữ liệu từ

GIS, còn kết quả làm việc được thông báo ngược trở lại vào GIS dưới hình thức thông tin bản đồ. Như vậy, ở đây chúng ta thấy diễn ra quá trình phân công chức năng tự nhiên: GIS đảm nhận việc biểu diễn thông tin, mô hình đảm nhận thực hiện các thuật toán xử lý thông tin.

c. Xây dựng các môđun cho phần mềm tích hợp

Trên cơ sở các mô hình toán được lựa chọn và CSDL môi trường được đề xuất ở trên, trong mục này đề xuất cấu trúc phần mềm hỗ trợ công tác giám sát chất lượng



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc phần mềm quản lý chất lượng không khí VKTTĐ

môi trường không khí vùng kinh tế trọng điểm. Cấu trúc phiên bản đầu tiên có thể xây dựng theo sơ đồ được chỉ ra trên hình 1.

Các bước thực thi để xây dựng phần mềm tích hợp đã được triển khai. Bảng 1 liệt kê tên gọi các môđun chính và mô tả chức năng của chúng nhằm phục vụ cho công tác xây dựng phần mềm.

Trong quá trình đo đạc hay tính toán tải lượng ô nhiễm tại từng ô lưới, với mỗi chất ô nhiễm dạng ξ hình thành một giá trị $P(i,j,\xi,t)$ (ở đây chỉ số i ký hiệu số thứ tự của hàng và chỉ số j ký hiệu chỉ số cột) với thứ nguyên là g/s. Diện tích mỗi ô vuông $\Delta S = \Delta x \times \Delta y$. Phần mềm tích hợp thực hiện phép chia $P(i,j,\xi,t)/\Delta S$. Kết quả của phép chia này được ký hiệu qua $q(i,j,\xi,t)$. Giá trị đã được chuẩn hóa $q(i,j,\xi,t)$ được gán cho tâm của ô vuông. Kết quả nhận được là một lưới mới với các nút lưới là tâm các ô vuông và một ma trận các giá trị đã được chuẩn hóa $q(i,j,\xi,t)$. Trên cơ sở đó, môđun APPROX thực hiện việc nội suy dữ liệu theo không gian và ISOLINE thực hiện phép vẽ các đường đồng mức theo yêu cầu của người sử dụng.

Bộ số liệu tải lượng ô nhiễm tại tâm các ô lưới cùng với số liệu khí tượng trung bình hàng tháng theo 8 hướng gió tạo thành một kịch bản tính toán cho mô hình

Hanna – Gifford. Kết quả đầu ra của môđun Hanna là bộ các giá trị $c(i,j,\xi,t)$ – giá trị nồng độ chất ô nhiễm ξ tại tâm (i,j) vào thời điểm t . Dựa trên bộ số liệu tính toán $\{c(i,j,\xi,t)\}$ với $i = 1, M_0$; $j = 1, N_0$, ở đây M_0 – là số hàng, N_0 – là số cột (của lưới các ô vuông), các môđun APPROX và ISOLINE sẽ thực hiện các thuật toán nội suy và vẽ đường đồng mức. Sau đó, môđun MAP thể hiện đường đồng mức trên bản đồ số.

Bảng 1. Các môđun cần thiết cho phần mềm tích hợp

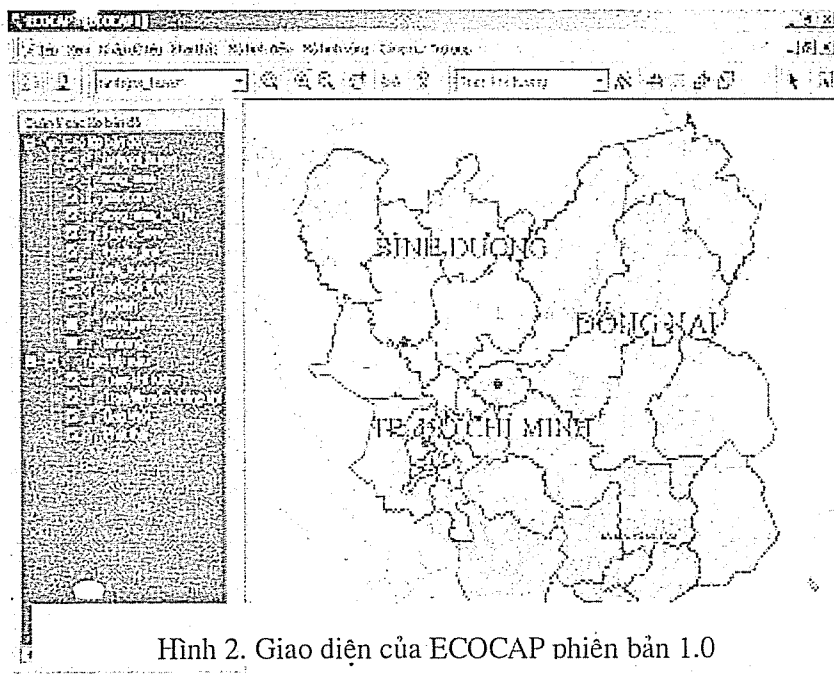
Ký hiệu tên các môđun	Chức năng của môđun
APPROX	Nội suy các dữ liệu theo không gian và cho phép vẽ đường đồng mức
ISOLINE	Vẽ đường đồng mức
BERLIAND	Mô hình Berliand tính toán mô phỏng lan truyền và khuếch tán chất ô nhiễm cho nguồn điểm thải cao
HANNA	Mô hình Hanna – Gifford tính toán mô phỏng phát tán chất ô nhiễm cho nguồn vùng
DEVIDE	Xây dựng lưới tính toán rời rạc theo không gian cho tính toán mô phỏng cũng như biểu diễn trực diện các dữ liệu
CHOICE	Lấy những thông tin cần thiết từ CSDL cho tính toán mô phỏng
ACCESOL	Lấy những thông tin cần thiết từ kết quả tính toán mô phỏng để biểu diễn kết quả hoặc thông qua quyết định
CHART	Biểu diễn kết quả tính toán mô phỏng dưới dạng các đồ thị
MAP	Biểu diễn kết quả tính toán theo phương pháp chồng lớp thông tin của GIS
IBMMEN	Giao diện người – máy
MAIN	Quản lý và tương tác giữa các khối trong phần mềm

3. Một số kết quả bước đầu

Dựa trên cơ sở lý luận được trình bày trong phần trên kết hợp với số liệu thu thập được từ VKTTĐPN, các tác giả bài báo này đã xây dựng phần mềm ECOCAP phiên bản 1.0 trợ giúp cho công tác giám sát chất lượng môi trường không khí. Giao diện của ECOCAP 1.0 được thể hiện trên hình 2. Dữ liệu bản đồ số của 4 tỉnh thuộc VKTTĐPN gồm: Tp. Hồ Chí Minh, Bình Dương, Đồng Nai, Bà Rịa – Vũng Tàu.

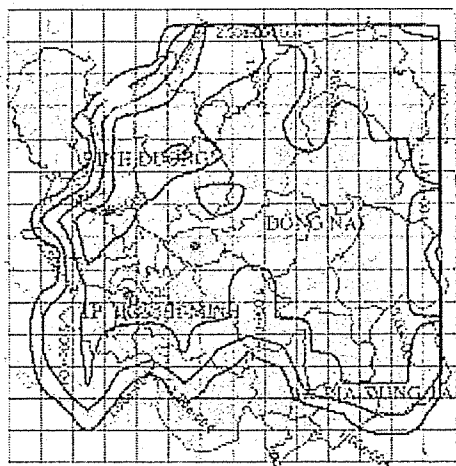
ECOCAP 1.0 cho phép hỗ trợ một số chức năng như: nhập, lưu trữ các số liệu quan trắc chất lượng không khí tại các điểm lấy mẫu, quản lý các dữ liệu khí tượng tại các điểm quan trắc, hiển thị bản đồ tải lượng ô nhiễm tại các ô vuông, tính toán mô phỏng lan truyền và khuếch tán tác nhân ô nhiễm không khí theo các kịch bản khác nhau, làm báo cáo về môi trường.

Dựa trên số liệu thu thập được [9], để thuận tiện cho việc biểu diễn bản đồ ô nhiễm cũng như tính toán sự phát tán chất ô nhiễm, ECOCAP phủ vùng kinh tế trọng điểm phía Nam bằng một lưới có kích thước là 14×14 ô, mỗi ô là hình vuông có cạnh là 10 km. Tại mỗi ô ECOCAP cho phép nhập vào tải lượng phát thải gồm: tổng phát thải do giao thông, do sinh hoạt (đun nấu), do hoạt động công nghiệp; do sản xuất gạch gốm (ngành gốm sứ chủ yếu tập trung ở 2 tỉnh là Bình Dương và Đồng Nai). ECOCAP cho phép tự động vẽ bản đồ tải lượng ô nhiễm (hình 3).



Hình 2. Giao diện của ECOCAP phiên bản 1.0

Các số liệu phát thải cũng là đầu vào cần thiết cho ECOCAP tính sự phát tán ô nhiễm. Kịch bản tính toán bao gồm số liệu phát thải của một chất ô nhiễm cụ thể, số liệu khí tượng trung bình tháng, độ ổn định tầng kết. Số liệu khí tượng được lựa chọn là tháng I-1998 được các tác giả lấy trực tiếp từ số liệu quan trắc cho thành phố Hồ Chí Minh. Các kết quả tính toán cho bụi được thể hiện dưới dạng bản đồ và các đường đồng mức (hình 4). Kết quả tính toán cho thấy, tất cả các trường hợp, nồng độ các chất ô nhiễm đều đạt tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5937-1995. Vùng có nồng độ CO cao nhất (nồng độ CO lớn hơn $0,015 \text{ mg/m}^3$) nằm trong địa phận tỉnh Bình



Hình 3. Phát thải CO trong tháng I/1998



Hình 4. Nồng độ CO (mg/m^3) trong tháng I/1998

Dương. Vùng có nồng độ bụi lớn hơn $0,3 \text{ mg/m}^3$ cũng rơi vào cả 4 tỉnh, và một phần diện tích đáng kể nằm trong địa phận TP Hồ Chí Minh.

4. Kết luận

Bài báo này trình bày một số kết quả xây dựng công cụ tích hợp trợ giúp công tác giám sát môi trường vùng kinh tế trọng điểm và giới thiệu phiên bản đầu tiên của phần mềm ECOCAP gồm một số chức năng chính sau: quản lý các số liệu quan trắc chất lượng môi trường không khí tại các điểm lấy mẫu không khí, tự động vẽ bản đồ tải lượng ô nhiễm và tính toán phát tán ô nhiễm từ các nguồn điểm và vùng.

Qua quá trình thực hiện có thể rút ra một số kết luận sau: để có thể giải quyết tốt bài toán giám sát môi trường không khí cần thiết phải xây dựng công cụ tích hợp CSDL, mô hình toán học và GIS đồng thời có một số đề xuất sau đây:

- Các cấp có thẩm quyền nên xem xét xây dựng hệ thống thông tin môi trường cho từng vùng kinh tế trọng điểm của đất nước;
- Cần hình thành chương trình nghiên cứu ứng dụng (nên ở cấp nhà nước) các mô hình chất lượng môi trường không khí đang được áp dụng mạnh mẽ trên thế giới. Theo định kỳ, cần tổ chức các hội thảo quốc gia để lấy ý kiến của các chuyên gia trong cả nước.

Thông qua bài báo này, các tác giả bày tỏ lòng mong muốn nhận được các ý kiến đóng góp của đồng nghiệp, những ai quan tâm tới nội dung, kết quả đạt được.

5. Lời cảm ơn

Bài báo này được hoàn thành do sự tài trợ từ đề tài nghiên cứu cơ bản cấp nhà nước mã số 320801. Các tác giả chân thành cảm ơn Ban chủ nhiệm đề tài.

Tài liệu tham khảo

1. Trần Ngọc Chấn. *Ô nhiễm môi trường không khí và xử lý khí thải*. _ Tập 1, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2000. 214.
2. Phạm Ngọc Đăng. *Môi trường không khí*. _ NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1997, 371.
3. Nguyễn Hồ Nhất Khoa, Bùi Tá Long. Thiết kế cơ sở dữ liệu sử dụng trong các phần mềm quan trắc môi trường và dự báo ô nhiễm. _ *Nội san Cơ học ứng dụng*, Tập II, số 2, 2001, tr. 28 – 40.
4. Bùi Tá Long và CTV. Thiết kế và xây dựng phần mềm mô phỏng sự nhiễm bẩn không khí trên một vùng lãnh thổ Việt Nam. _ Báo cáo kết quả đề tài cấp Tp.HCM 1997 – 1999.
5. Bùi Tá Long, Đoàn Văn Phúc, Nguyễn Hồ Nhất Khoa. Xây dựng công cụ tin học đánh giá tác động mang yếu tố con người lên môi trường không khí. _ *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, Hà Nội, số 4, 1999, tr. 21-27.
6. Phùng Chí Sỹ và CTV. Điều tra hiện trạng và xây dựng phương án bảo vệ môi trường cho khu vực xây dựng cảng nước sâu và khu công nghiệp Dung Quất. _ Báo cáo kết quả dự án. Trung tâm bảo vệ môi trường EPC, 1996.

7. Phùng Chí Sỹ và CTV. Báo cáo nhiệm vụ : Đánh giá hiện trạng môi trường và dự báo diễn biến môi trường dưới tác động của quá trình phát triển kinh tế – xã hội, định hướng quy hoạch môi trường vùng Đông Nam Bộ, Cục Môi trường, 12-2000.
8. Nguyễn Hữu Tăng và CTV. *Bảo vệ môi trường và phát triển bền vững ở Việt Nam*. NXB Chính trị quốc gia, 2003, 412 trang.
9. Lâm Minh Triết và CTV. "Nghiên cứu các giải pháp bảo đảm môi trường tại các khu đô thị và khu công nghiệp trọng điểm ở Tp.HCM và vùng phụ cận". Báo cáo tổng hợp Đề tài cấp Nhà nước KHCN.07.10, 1998.
10. Lưu Minh Tùng. Mô phỏng ô nhiễm môi trường bằng hệ thống thông tin địa lý. Luận văn tốt nghiệp đại học khoa CNTT. ĐH Bách khoa Tp.HCM, Trường ĐHQG Tp.HCM, 2001.
11. Hanna R.S., A simple method of calculating dispersion from urban area sources, *J. of the air pollution control*, vol. 21, N.12, 1971, pp.774 – 777.
12. Hanna R.S., Reviews of atmospheric diffusion models for regulatory applications. WHO technical note. 177, 1- 37, WHO, 1982.
13. Lasserre F., Razack, Banton O., A GIS-linked model for the assessment of nitrate contamination in groundwater. *Journal of Hydrology* 224 (1999) 81–90.
14. Берлянд М.Е., Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы, - Гидрометеиздат Л, 1975, 436 с.