

ỨNG DỤNG GIS TRONG QUẢN LÝ MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ BỊ Ô NHIỄM DO GIAO THÔNG

TS.KH. **Bùi Tá Long, Nguyễn Vinh Nam,**
Phạm Thanh Bình, Lưu Quang Đạt

Viện cơ học ứng dụng
Trung tâm khoa học tự nhiên và công nghệ quốc gia

Tóm tắt: Bài báo này trình bày một số kết quả nghiên cứu bước đầu của Phòng tin học môi trường, Viện cơ học ứng dụng trong ứng dụng phương pháp mô hình hóa toán học kết hợp với công nghệ Hệ thông tin địa lý (GIS) trong việc quản lý chất lượng môi trường không khí bị ô nhiễm do các phương tiện giao thông.

Thông tin về môi trường nói chung và thông tin về môi trường không khí chịu sự ô nhiễm do giao thông nói riêng có liên quan đến không gian và thời gian. Thông tin môi trường được cập nhật liên tục từ các trạm quan trắc cũng như từ tính toán theo mô hình là tài sản quý giá cho công tác quản lý môi trường. GIS cung cấp môi trường làm việc cho nhiều loại thông tin môi trường gắn kết với thông tin dữ liệu không gian và tích hợp các mô hình môi trường riêng rẽ lại với nhau thuận tiện cho việc phân tích, đánh giá và ra quyết định. Vì vậy, ứng dụng công nghệ GIS vào quản lý môi trường nói chung và môi trường không khí chịu sự ô nhiễm do các phương tiện giao thông là một vấn đề cấp thiết và cần được nghiên cứu trong khuôn khổ bài toán bảo vệ môi trường. Phần mềm TOWN phiên bản 1.0 do các chuyên gia Viện cơ học ứng dụng viết và được đề cập trong tài liệu này chỉ là một ví dụ của loại ứng dụng như vậy. Trong Town phiên bản 1.0 các mô hình phát thải và phát tán được tích hợp trong hệ thống thông tin địa lý GIS cho phép biểu diễn kết quả một cách trực diện.

I. Mở đầu

Các phát thải từ các phương tiện giao thông được xếp vào loại các nguồn thấp không có tổ chức. Các phát thải như vậy khi gia nhập vào không khí lập tức xâm nhập vào lớp hoạt động dân cư và khả năng pha trộn vào khí quyển là rất yếu. Do vậy các nguồn thải thấp thường là nguyên nhân gây ra tình trạng môi trường không thuận lợi trong thành phố.

Phân ô nhiễm do giao thông gây ra chiếm 70% ô nhiễm trong thành phố [15]. Các phát thải do ô tô gây ra là một hỗn hợp lớn hơn 200 chất. Các chất ô nhiễm chính trong phát thải do ô tô là các chất khí, trong số này phần lớn là ôxit cacbon, điôxit cacbon, ôxit nitơ, điôxit nitơ và các hạt rắn (bụi, bồ hóng).

Ở Việt Nam, trước những năm đổi mới, tổng số lượng ô tô dưới 150.000 chiếc [14], việc đi lại trong các thành phố và cả nước chủ yếu là một ít xe khách cũ, xe buýt cũ và xe đạp, cùng một ít xe gắn máy. Thời gian ấy sự ô nhiễm môi trường do các phương tiện giao thông chưa được đặt ra. Tuy nhiên sau 1985, cùng với sự mở cửa về kinh tế, Việt Nam đã nhập về hàng loạt xe cũ đã qua sử dụng lâu năm. Đáng chú ý là việc nhập về xe tải nặng Diesel cũ đã làm ô nhiễm môi trường trầm trọng. Chỉ tính riêng qua con đường nhà nước, từ 1985 - 1989 đã nhập khoảng 22.000 xe tải nặng và

xe buýt Diesel các loại, chủ yếu là ở các tỉnh khu vực phía Nam, trong đó nhiều nhất là khu vực Tp. Hồ Chí Minh [14].

Ô nhiễm không khí do các phương tiện giao thông tại các thành phố lớn của nước ta đang là nguyên nhân chính gây nên tình trạng ô nhiễm không khí tại các khu vực này. Thủ tướng Phan Văn Khải trong chuyến công tác và làm việc tại TpHCM tháng 7-1999 đã nhắc nhở TpHCM phải có những biện pháp tổng hợp và đồng bộ để giải quyết bài toán ô nhiễm không khí do giao thông, theo Thủ tướng, vấn đề ô nhiễm không khí ở TpHCM do ô nhiễm giao thông đã tới mức báo động.

Không chỉ riêng tại Việt Nam mà tại nhiều nước trên thế giới, ô nhiễm không khí do các phương tiện giao thông được coi là nguyên nhân chính gây nên sự ô nhiễm không khí tại các đô thị [12,13,17,18,19,20]. Tại nhiều thành phố trên thế giới, các phát thải do giao thông vượt hơn các phát thải từ các nguồn cố định. Ví dụ, ở thành phố Matxcova năm 1995, lượng thải do giao thông là 586 ngàn tấn, chiếm 66% tổng lượng thải các chất độc hại. Người ta đặc biệt lưu ý tới nhiều thành phố du lịch, nơi các phát thải chủ yếu là giao thông (những thành phố này người ta không xây dựng các nhà máy công nghiệp) [11,15].

II. Sự cần thiết phải áp dụng phương pháp mô hình toán học và công cụ tin học GIS

Trong công trình [11,15] các tác giả đã tiến hành phân tích giao thông như một nguồn thải gây nguy hiểm cho sức khỏe con người. Các tác giả đã chỉ ra ngoài những nguyên nhân công nghệ liên quan hệ thống xử lý khí thải [14] (hiện nay đại bộ phận các loại xe cũ đều không có hệ thống xử lý khí thải nên đã đưa ra môi trường một khối lượng lớn khí như CO, NOx, HC,... gây ra tình hình ô nhiễm một cách nghiêm trọng) thì các điều kiện khí tượng cũng góp phần đáng kể gây nên mức nồng độ cao ô nhiễm không khí, đặc biệt là xuất phát từ các nguồn phát thải thấp như giao thông. Ở đây cần lưu ý rằng trong nhiều trường hợp không thể và về mặt kinh tế không hợp lý nếu chỉ bằng cách hạn chế lượng khí thải từ các phương tiện giao thông để sao cho trong mọi điều kiện khí tượng, nồng độ mặt đất của tác nhân ô nhiễm trong không khí không vượt quá nồng độ giới hạn cho phép. Mức độ ô nhiễm không khí do các chất độc hại không chỉ phụ thuộc vào lượng các chất thải độc hại mà còn phụ thuộc rất nhiều vào các điều kiện phát tán tạp chất trong khí quyển. Với một số điều kiện khí tượng xác định, nồng độ các tạp chất trong khí quyển tăng lên và có thể đạt được những giá trị nguy hiểm. Do vậy hợp lý hơn trong trường hợp này là làm sáng tỏ những điều kiện khí tượng không thuận lợi (là những điều kiện bất thường gây ra nồng độ ô nhiễm cao) để từ đó giúp cho các cơ quan chính quyền có biện pháp điều chỉnh các phát thải ví dụ như hạn chế xe đi lại vào các thời điểm đó, phân luồng xe đi vào các tuyến đường khác, khi thiết kế mở đường mới cần phải lưu ý tới các đặc điểm khí tượng.... Mức độ kỹ thuật hiện nay ở nước ta chưa cho phép đảm bảo làm sạch cần thiết các phát thải, do vậy xuất hiện sự cần thiết làm giảm các phát thải vào một giai đoạn ngắn (giai đoạn tạo ra sự ô nhiễm nguy hiểm). Như vậy, soạn thảo phương pháp dự báo ngắn hạn ô nhiễm không khí hiện nay là một bài toán cấp thiết. Để giải quyết bài toán này, phương pháp mô hình toán học từ lâu đã trở thành một công cụ hữu hiệu.

Bảo vệ môi trường là công việc làm đặc biệt và rất quan trọng, đặc biệt là trong bối cảnh hiện nay. Hiệu quả của công tác bảo vệ môi trường phụ thuộc nhiều vào việc thi hành và quản lý quy định liên quan tới công tác bảo vệ môi trường. Công

tác quản lý môi trường liên quan tới nhiều người khác nhau: các nhà sản xuất gây ô nhiễm, các nhà quản lý, các nhà hoạt động môi trường. Chính vì vậy, quản lý và lập kế hoạch môi trường là một công việc khá phức tạp. Vấn đề môi trường xuất hiện từ đầu những năm 1970, đến nay môi trường đang là vấn đề toàn cầu được sự quan tâm rộng rãi của toàn thế giới. Nhiều dữ liệu và các sản phẩm nghiên cứu được chất thành hàng đống trong nhiều năm. Trong những năm gần đây, công nghệ tin học đang có những bước phát triển nhảy vọt. Sự phát triển của công nghệ thông tin đã và đang ảnh hưởng sâu sắc đến cách nghiên cứu, quản lý, lập kế hoạch và ra quyết định về môi trường. Bên cạnh lập mô hình môi trường, nhiều phần mềm máy tính được viết ra nhằm liên kết các cơ sở dữ liệu về thông tin môi trường khác nhau.

Trong sự phát triển chung của công nghệ thông tin, công nghệ Hệ thống tin địa lý (GIS) đang đóng một vai trò quan trọng trong công tác quản lý môi trường. Đặc điểm của thông tin môi trường là sự liên quan chặt chẽ của nó với địa lý. Các nguồn ô nhiễm không khí, việc di chuyển của các chất ô nhiễm không khí, và phân bố ô nhiễm không khí cũng liên quan đến không gian, vì vậy các ứng dụng GIS cho quản lý chất lượng không khí là một điều tự nhiên. Quản lý chất lượng không khí thường bao gồm quản lý nguồn phát thải, kế hoạch giảm phát thải, đánh giá ảnh hưởng môi trường, quản lý dữ liệu quan trắc, phân tích thống kê, lập kế hoạch môi trường khí quyển, Công nghệ GIS có thể áp dụng có hiệu quả trong vấn đề kiểm soát ô nhiễm không khí. Rất nhiều nước trên thế giới đã nghiên cứu ứng dụng công nghệ này trong công tác quản lý chất lượng môi trường không khí chịu sự ô nhiễm do các phương tiện giao thông [12,13,17,18,19,20].

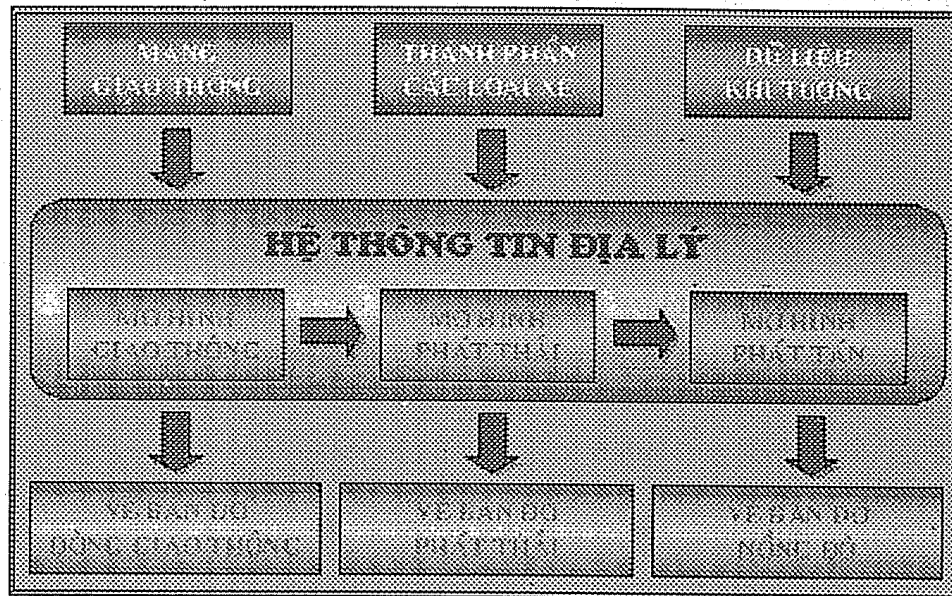
III. Mô hình toán học tính trường nồng độ ô nhiễm do giao thông

Tồn tại một loạt các biện pháp hướng tới mục tiêu làm giảm các phát thải độc hại do giao thông. Trong số này có việc chuẩn hóa thành phần phát thải do giao thông, giảm tính độc hại do cách phát thải do giao thông với các phương tiện kỹ thuật, bảo vệ không khí khỏi sự ô nhiễm do phát thải giao thông bằng các phương pháp kế hoạch, qui hoạch và xây dựng các công trình của thành phố.

Nhận thức được tầm quan trọng của vấn đề ô nhiễm không khí do giao thông, nhiều nước trên thế giới đã tiến hành nhiều nghiên cứu nhằm xây dựng một mô hình cho phép tính toán nhằm đưa ra các giải pháp làm giảm mức độ ô nhiễm không khí trong thành phố trên thực tế.

Tính toán trường nồng độ các chất độc hại do giao thông là một bài toán phức tạp. Các tham số phát thải của mỗi loại ô tô dao động trong phạm vi lớn phụ thuộc vào các loại nhiên liệu được sử dụng, công suất động cơ, tình trạng kỹ thuật cũng như chế độ làm việc của ô tô. Ngoài ra giao thông là nguồn phát thải thấp, sự phát tán (của các nguồn này) phụ thuộc vào một số lượng lớn các yếu tố. Mặc dù có rất nhiều nghiên cứu khác nhau được tiến hành ở nhiều nơi trên thế giới [12,13,17,18,19,20] nhưng trên thực tế vẫn thiếu vắng các mô hình đáng tin cậy cho phép xác định nồng độ các chất độc hại tại các khoảng cách khác nhau so với đường ô tô cũng như sự thiếu vắng một số lượng cần thiết các công việc thực nghiệm, cho nên hiện nay chưa có một phương pháp tính toán sự phát tán các phát thải ô tô nào đạt được độ tin cậy cần thiết để làm cơ sở ứng dụng vào thực tế. Chính vì vậy các tác giả của công trình này chỉ dừng lại ở việc nghiên cứu một số mô hình mà theo ý kiến các tác giả là có triển vọng. Các mô hình này có thể hiệu chỉnh để mang ra sử dụng nếu kết hợp chặt chẽ với việc đo thực tế và dựa trên các số liệu quan trắc trong nhiều năm để hiệu chỉnh mô hình.

Cấu trúc GIS kết hợp với cơ sở dữ liệu và mô hình toán học được sử dụng cho bài toán quản lý ô nhiễm không khí chịu ô nhiễm do giao thông được trình bày trên hình 1.



Hình 1. Cấu trúc thông tin địa lý GIS cho bài toán quản lý ô nhiễm không khí do giao thông.

Một trong những mục đích chính của công trình là xây dựng công cụ tin học trợ giúp công tác quản lý môi trường không khí bị tác động bởi các phương tiện giao thông.

Để đạt được mục tiêu này các tác giả của công trình này cần thiết phải giải quyết các bài toán sau:

- ❑ Làm sáng tỏ trên cơ sở các nghiên cứu lý thuyết và thí nghiệm các điều kiện khí tượng dẫn tới sự tăng mức độ ô nhiễm không khí do giao thông [4].
- ❑ Điềm qua một số công trình trong và ngoài nước (chủ yếu trong công trình này là điềm qua các công trình trên thế giới), nghiên cứu các khía cạnh khác nhau của bài toán ô nhiễm không khí do giao thông [4];
- ❑ Soạn thảo phương pháp dự báo ô nhiễm không khí do một số các tuyến đường giao thông riêng biệt hay do một nhóm các tuyến đường tạo nên;
- ❑ Nghiên cứu ứng dụng công nghệ tự động hóa nghiên cứu thí nghiệm trong bài toán ô nhiễm không khí do giao thông;
- ❑ Nghiên cứu ứng dụng công nghệ Hệ thống thông tin địa lý quan trắc môi trường GIMS [8] vào bài toán bảo vệ môi trường không khí chịu sự ô nhiễm do giao thông;
- ❑ Viết phần mềm TOWN cho phép tiến hành các tính toán thí nghiệm cần thiết trên mô hình. Phần mềm này cho phép dựa trên các số liệu đầu vào về khí tượng, tải lượng ô nhiễm (số lượng ô tô, loại ô tô, chất ô nhiễm, ...) tính trường nồng độ ô nhiễm trong thành phố do giao thông.

Dữ liệu bản đồ trong TOWN phiên bản 1.0 là thành phố Hồ Chí Minh. Trên cơ sở phân tích một số tài liệu đã được công bố, các tác giả tiến hành phân tích mức độ ô nhiễm không khí tại một số trục đường của thành phố Hồ Chí Minh.

Mô hình phát thải chõ nguồn đường

Theo GSTS Phạm Ngọc Đăng [16], hiện nay nước ta chưa có số liệu tiêu chuẩn hóa về nguồn thải các chất ô nhiễm do các loại xe thải ra, cho nên có thể sử dụng phương pháp xác định nhanh nguồn thải của các loại xe theo " Hệ số ô nhiễm không khí" căn cứ vào tài liệu của Tổ chức Y tế thế giới WHO [1].

Để tính toán tải lượng ô nhiễm cho nguồn đường, trong công trình này các tác giả dựa vào sự phân loại xe như sau :

- Xe ca (gồm xe ô tô con và xe khách) được chia ra thành 3 loại theo động cơ: động cơ < 1400 cc, động cơ 1400-2000 cc, động cơ > 2000 cc.
- Xe tải được chia ra thành 5 loại: xe tải chạy xăng > 3,5 tn; xe tải nhỏ, động cơ diesel < 3,5 tn; xe tải nhỏ, động cơ diesel 3,5 - 16 tn; xe tải lớn, động cơ diesel > 16 tn; xe buýt lớn, động cơ diesel > 16 tn.
- Xe máy được chia thành 3 loại: động cơ < 500 cc 4 kỳ; động cơ > 50 cc 2 kỳ; động cơ > 50 cc 4 kỳ.

Tương ứng với cách chia này trong [16] đã đưa ra cách tính tải lượng ô nhiễm cho nguồn đường. Theo ý kiến các tác giả báo cáo này thì cách chia như vậy cũng chỉ là tương đối và cần phải có những chương trình nghiên cứu riêng cho từng vùng cụ thể của đất nước. Trong [11] có chỉ ra một số ví dụ tính toán cụ thể.

Lưu ý tới các tham số khí tượng trong mô hình

Trong công trình [21] các tác giả đã trình bày sự ảnh hưởng của các tham số khí tượng lên mô hình phát tán chất ô nhiễm. Các tham số khí tượng được xét ở đây là: tham số nhám, tham số đặc trưng cho sự phân tầng, các gradien nhiệt độ. Ngoài ra, trong công trình vừa được kể ở trên, các tác giả cũng trình bày phương pháp tính toán hệ số rối trong mô hình dựa theo các số liệu quan trắc.

Mô hình làm việc khuếch tán rối

Tồn tại một số lượng lớn các công trình của nhiều nhóm tác giả nghiên cứu bài toán mô hình hóa bài toán lan truyền và khuếch tán các tác nhân ô nhiễm trong môi trường không khí thoát ra từ các phương tiện giao thông. Số lượng các công trình như vậy cho tới nay có thể tới hàng trăm. Có nhiều công trình như vậy là do có nhiều cách tiếp cận khác nhau đối với bài toán này và rất nhiều các hệ số tham gia vào tính toán được xác định một cách thực nghiệm theo nhiều cách khác nhau dựa trên các dữ liệu quan trắc. Trong nhiều chương trình ở Mỹ và các nước Tây Âu đã sử dụng các công thức cải tiến từ mô hình Gauss [12,13,17,18,19]. Các công trình ở các nước thuộc Liên Xô cũ theo hướng này đã phát triển theo trường phái Beclian dựa trên một số giả thiết về sự phụ thuộc của hệ số trao đổi rối phương đứng theo độ cao. Cả hai phương

pháp tiếp cận này theo chúng tôi đều có những ưu điểm của mình. Trong công trình này chúng tôi chọn phương pháp tiếp cận thứ hai.

Việc thiết lập phương trình lan truyền và khuếch tán chất bẩn cho nguồn đường và một số phương pháp để giải nó được trình bày trong [4]. Ở đây chỉ đưa ra kết quả cuối cùng phục vụ cho tính toán trong phần mềm TOWN phiên bản 1.0.

Giả thiết rằng trục x hướng theo vận tốc gió và tạo với đường phố một góc α , gốc tọa độ trùng với trung điểm nguồn đường (lưu ý trên thực tế mỗi đoạn của phố là như vậy). Khi đó việc dự báo trường nồng độ (qd) do giao thông được tính theo công thức:

$$q_d = 0 \quad \text{với } x \leq -L/2 \cos \alpha$$

$$q_d = \frac{0,83M(\text{erf}(t_4) - \text{erf}(t_3))}{2k_1|y^* \cos \alpha - x^* \sin \alpha|} \quad \text{với } x > \frac{L}{2} \cos \alpha$$

$$q_d = \frac{0,83M(1 - \text{sign}(y - x \tan \alpha)^* \text{erf}(t_4))}{2k_1|y^* \cos \alpha - x^* \sin \alpha|} \quad \text{với } -\frac{L}{2} \cos \alpha < x < \frac{L}{2} \cos \alpha$$

ở đó

$$t_3 = \frac{y - L/2 \sin \alpha}{\varphi_0 \sqrt{2}(x - L/2 \cos \alpha)}, \quad t_4 = \frac{y + L/2 \sin \alpha}{\varphi_0 \sqrt{2}(x + L/2 \cos \alpha)}$$

x, y - tọa độ điểm quan sát;

M - công suất phát thải của một đơn vị độ dài nguồn đường (được tính theo mô hình phát thải);

k_1 - hệ số rối;

φ_0 - độ lệch trung bình bình phương hướng gió;

L - độ dài nguồn đường;

t_3, t_4 - giới hạn trên của tích phân xác định tham gia vào hàm Laplace;

$\text{erf}t_3, \text{erf}t_4$ - giá trị của hàm Laplace;

Hệ số k_1 được tính theo công thức được chỉ ra trong [4], hàm Laplace có dạng:

$$\phi(b) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^b \exp(-x^2) dx$$

Các công thức trên do Beclian và các học trò nhận được và được công bố trong công trình [3].

IV. Phần mềm TOWN phiên bản 1.0

Dựa trên cơ sở mô hình toán học được trình bày ở phần trên, các chuyên gia Phòng Tin học môi trường, Viện cơ học ứng dụng đã viết phần mềm TOWN phiên bản 1.0. Thời điểm ra đời của phiên bản này là tháng 1-2000. Trong phần dưới đây chúng tôi sẽ trình bày một số giới thiệu tổng quan về phần mềm này.

Đặc điểm của Town phiên bản 1.0 là:

- Người sử dụng có thể chọn vùng tính toán theo ý mình bằng cách sử dụng mouse, các thông số của lưới chọn để tính toán có thể được thay đổi dễ dàng trong các công cụ được xây dựng trong phần mềm.

- CSDL bản đồ chủ yếu được sử dụng cho quá trình tính toán mô hình, cụ thể là các tọa độ các đầu mút của đoạn đường được chọn sẽ được tự động ghi vào phần CSDL được sử dụng cho tính toán.

- Dữ liệu khí tượng được tổ chức dưới dạng bảng. Trong Town phiên bản 1.0 giả thiết rằng mỗi đoạn đường được chia bởi người sử dụng có cùng các tham số khí tượng.

- Các dữ liệu tải lượng ô nhiễm cho các đoạn đường cũng được tổ chức dưới dạng bảng.

- Các dữ liệu khí tượng và tải lượng ô nhiễm cho mỗi đoạn đường có thể được nhập vào qua phần mềm quản trị cơ sở dữ liệu thông dụng Access. Điều này có nghĩa là Town phiên bản 1.0 có thể tận dụng các nguồn CSDL rất khác nhau (thông thường các CSDL liên quan tới giao thông không phải do một người thực hiện công việc vào số liệu mà do rất nhiều người từ các tổ chức khác nhau). Đây có thể nói là một ưu điểm nổi bật của Town phiên bản 1.0.

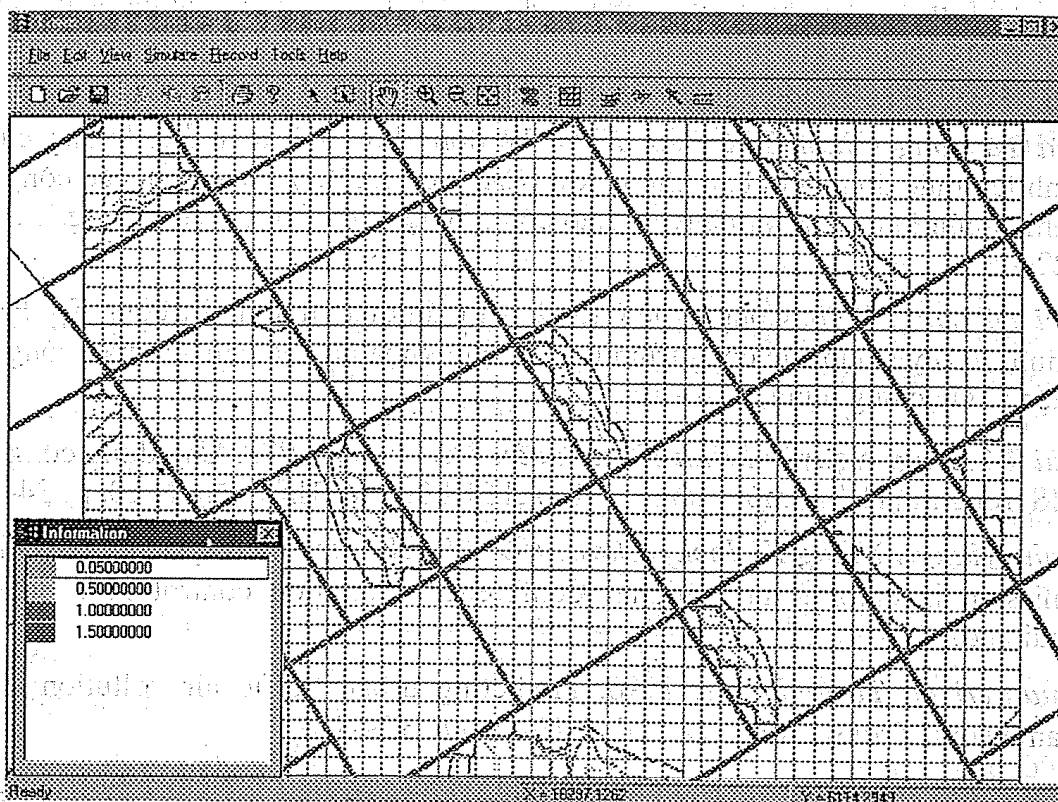
- Kết quả tính toán của Town được thể hiện dưới dạng đường đồng mức với các mức ô nhiễm khác nhau do người sử dụng toàn quyền quyết định. Phần thể hiện kết quả này gắn chặt với CSDL bản đồ và thừa kế một số chức năng truyền thống của GIS. Phần demo kết quả này của Town phiên bản 1.0 được kế thừa các phiên bản CAP được các tác giả thực hiện từ trước.

V. Lời cảm ơn và đề xuất

Bài toán ô nhiễm giao thông được giải quyết trên nhiều khía cạnh khác nhau (các biện pháp hạn chế các phát thải bằng cách cải tiến ống xả khí, hạn chế sử dụng nhiên liệu gây ô nhiễm,...), tuy nhiên cách đặt vấn đề như công trình này là xây dựng một công cụ tin học tích hợp các số liệu khác nhau trên nền GIS cho phép quản lý các dữ liệu liên quan tới bài toán môi trường theo ý kiến các tác giả sẽ hỗ trợ đắc lực cho công tác quản lý môi trường. Một phần mềm như TOWN là cần thiết, nó cung cấp môi trường làm việc thuận lợi cho nhiều loại nguồn dữ liệu khác nhau ví dụ như CSDL giao thông do các Trung tâm GIS các nơi thực hiện, các dữ liệu về các phát thải do giao thông do các cơ quan chức năng của Sở giao thông công chánh thực hiện, các dữ liệu khí tượng thủy văn do Trung tâm khí tượng thủy văn phía Nam thực hiện, các dữ liệu về ô nhiễm môi trường không khí do Sở khoa học, Công nghệ và Môi trường thành phố quản lý.

Tuy nhiên, công trình này cần tiếp tục được tiến hành : ví dụ như cần phải thích nghi mô hình được dùng ở đây vào các điều kiện địa vật lý của một thành phố cụ thể, điều này đạt được trên cơ sở có các số liệu quan trắc trong nhiều năm. Các tác giả hy vọng tìm được sự cộng tác của nhiều nhà khoa học và các nhà quản lý môi trường khắp nơi có quan tâm với những vấn đề ô nhiễm do giao thông nhằm đưa nhanh các kết quả nghiên cứu ở đây vào ứng dụng.

Công trình này được thực hiện trong khuôn khổ chương trình nghiên cứu cơ bản cấp nhà nước số 3.2.14/2000



Hình 2. Biểu diễn kết quả tính toán trong TOWN phiên bản 1.0

Tài liệu tham khảo

1. **Alexander P.** 1993. Economopoulos. Assessment of sources of Air, Water and land pollution, Part one : Rapid inventory techniques in environmental pollution. WHO, Geneva.
2. **Belkin V.A., Costarev S.V., Milovanov V.N.**, 1998. GIS các phát thải do giao thông tại vùng Omxơ. Hội thảo toàn liên bang Nga về GIS (tiếng Nga).
3. **Beclian M.E.**, 1985. Dự báo và điều chỉnh sự ô nhiễm không khí.- NXB Khí tượng thủy văn Leningrad. 272 trang. (tiếng Nga).
4. **Bùi Tá Long, Nguyễn Minh Nam, Nguyễn Vĩnh Nam, Nguyễn Phước Bảo Ân, Lưu Quang Đạt**, 1999. Phân tích và dự báo nhiễm bẩn không khí do giao thông bằng công cụ tin học và toán học. // Báo cáo đề tài nghiên cứu cấp Viện, 35 trang.
5. **Bùi Tá Long, Nguyễn Minh Nam**, 1997. Mô hình mô phỏng quá trình lan truyền và khuếch tán chất bẩn trong bài toán thiết lập quan trắc sự nhiễm bẩn trong môi trường không khí. // Tạp chí Khí tượng Thủy văn, N 10, tr.38-48.
6. **Bùi Tá Long**, 1998. Phần mềm trợ giúp công tác quản lý, qui hoạch và đánh giá tác động môi trường không khí. // Tạp chí Khí tượng Thủy văn, N 2, tr.24-28.
7. **Bùi Tá Long, Nguyễn Minh Nam, Đoàn Văn Phúc**, 1998. Sử dụng mô hình thống kê thủy động trong tính toán nhiễm bẩn không khí. // Tuyển tập các công trình nghiên cứu khoa học và chuyển giao công nghệ Viện Cơ học ứng dụng, tr. 123 -131.

8. **Bùi Tá Long, Krapivin V. F., 1998.** Công nghệ GIMS - một phương pháp tiếp cận mới trong nghiên cứu môi trường. // Tuyển tập các công trình nghiên cứu khoa học và chuyển giao công nghệ Viện Cơ học ứng dụng, tr. 1 -7.
9. **Bùi Tá Long, Phạm Thế Bảo, 1998.** Tự động hóa tính toán ảnh hưởng của địa hình lên mức độ nhiễm bẩn không khí (CAP ver 1.25). // Tuyển tập các công trình nghiên cứu khoa học và chuyển giao công nghệ Viện Cơ học ứng dụng, tr. 115 - 122.
10. **Bùi Tá Long, 1998.** Công nghệ GIS và bài toán quan trắc môi trường Tp. Hồ Chí Minh. // Tuyển tập các công trình nghiên cứu khoa học và chuyển giao công nghệ Viện Cơ học ứng dụng, tr. 8 - 16.
11. **Bùi Tá Long, Nguyễn Minh Nam, Đoàn Văn Phúc, 1999.** Ứng dụng công nghệ GIS trong mô phỏng môi trường. // Tạp chí Khí tượng Thủy văn, N 10, tr. 34-41.
12. **Dahe Jiang và Ying Ki Jacky Chow, 1997.** A GIS supported system for vehicular emission inventory. International Conference "Pollution control 97", Bangkok, Thailand.
13. **Gualtieri G, Tartaglia M, 1998.** Predicting urban traffic air pollution: a GIS framework, *Transp. Res. - D, Vol. 5, No. 3, pp. 329-336.*
14. **Ngô Xuân Ngát, 1998.** Nghiên cứu giải quyết vấn đề ô nhiễm môi trường trên các phương tiện giao thông đường bộ. // Đề tài NCKH cấp Bộ mã số B98-20-43
15. **Numan N.L., 1996.** Nghiên cứu và soạn thảo các phương pháp điều chỉnh ô nhiễm không khí thành phố do ô nhiễm giao thông.// Luận án PTS, Sankt-Peterburg, 175 tr. (tiếng Nga).
16. **Phạm Ngọc Đăng, 1997.** Môi trường không khí. NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 372 tr.
17. **Rebolj D., Sturm P., 1999.** A GIS based component-oriented integrated system for estimation, visualization and analysis of road traffic air pollution. *Environmental Modelling and software* 14 (1999), pp. 531-539.
18. **Schmidt M., Schafer R-P., 1998.** An integrated simulation system for traffic induced air pollution. *Environmental Modelling and software* 13 (1998), pp. 295-303.
19. **Steen Solvang Jensen, 1998.** Mapping human exposure to traffic air pollution using GIS. *Journal of Hazardous Materials* 61 (1998), 385-392.
20. **V.A. Belkin, S.V. Costarev, V.N. Milovanov, 1998.**
21. **Numan N. L., 1996, Bùi Tá Long và các tác giả khác, 1999, Báo cáo đề tài nghiên cứu cấp Viện.**