

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ THÔNG TIN
VÀ TRUYỀN THÔNG

VƯƠNG TOÀN DŨNG

PHƯƠNG PHÁP SAI PHÂN GIẢI BÀI TOÁN Ô NHIỄM
KHÔNG KHÍ

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC
Chuyên ngành: Khoa học máy tính
Mã số: 60.48.01.01

Thái Nguyên - 2015

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ THÔNG TIN
VÀ TRUYỀN THÔNG

VƯƠNG TOÀN DŨNG

PHƯƠNG PHÁP SAI PHÂN GIẢI BÀI TOÁN Ô NHIỄM
KHÔNG KHÍ

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC
Ngành: Khoa học máy tính
Mã số: 60.48.01

Cán bộ hướng dẫn: GS. TS Đặng Quang Á

Thái Nguyên - 2015

LỜI CẢM ƠN

Bằng tấm lòng thành kính, tôi xin tỏ lòng biết ơn sâu sắc và sự kính trọng tới:

- Thầy giáo, GS TS. Đặng Quang Á đã quan tâm, tận tình hướng dẫn và giúp đỡ tôi trong quá trình triển khai nghiên cứu đề tài và hoàn thành luận văn này.

- Các thầy cô trong Khoa CNTT cùng toàn thể các cán bộ , nhân viên trường ĐH Công Nghệ Thông Tin và Truyền Thông - Đại Học Thái Nguyên, trung tâm học liệu của Đại học Thái Nguyên đã giúp đỡ tôi trong suốt thời gian học tập, nghiên cứu khoa học, tạo thuận lợi các thủ tục hành chính, tài liệu cần thiết để tôi hoàn thành luận văn.

- Ban Giám hiệu trường THCS Cộng Hòa, các thầy cô giáo trong tổ Khoa học Tự nhiên và anh em bè bạn đồng nghiệp đã tạo điều kiện giúp đỡ, động viên tôi trong quá trình học tập và nghiên cứu khoa học.

Hà Nội, ngày 11 tháng 11 năm 2015.

Học viên

Vương Toàn Dũng

Mục lục

LỜI CẢM ƠN	1
Mở đầu	3
1 Mô hình toán học của bài toán ô nhiễm khí quyển	7
1.1 Phương trình khuếch tán - truyền tải vật chất trong không khí và bài toán khuếch tán - truyền tải dừng	8
1.2 Sự tồn tại nghiệm của bài toán khuếch tán truyền tải dừng .	9
1.3 Nghiệm giải tích của bài toán khuếch tán-truyền tải dừng trong trường hợp riêng	12
2 Phương pháp số giải bài toán lan truyền khí thải	14
2.1 Giới thiệu một số phương pháp giải bài toán ô nhiễm	14
2.2 Giới thiệu sơ lược về phương pháp sai phân giải phương trình đạo hàm riêng	16
2.3 Phương pháp sai phân giải bài toán khuếch tán - truyền tải .	27
2.3.1 Xây dựng lược đồ sai phân	27
2.3.2 Giải hệ phương trình sai phân	31
3 Xây dựng chương trình tính nồng độ khí thải trong không khí	35
3.1 Thiết kế chương trình	35
3.2 Kết quả thử nghiệm	39
3.3 Đánh giá kết quả	47
Tài liệu tham khảo	50

Danh sách hình vẽ

2.1	Nghiệm số xấp xỉ trên lưới	17
2.2	Nghiệm chính xác $(x) = -(x + \sin \pi x)$, $\mu_0 = 0$, $\mu_1 = \frac{\pi}{6}$	18
2.3	Nghiệm số với $h = 0.1$	21
2.4	Nghiệm số với $h = 0.01$	21
2.5	Nghiệm số với $h = 0.001$	22
2.6	Sai số với $h = 0.1$	22
2.7	Sai số với $h = 0.01$	23
2.8	Sai số với $h = 0.001$	23
3.1	Giao diện chính của chương trình	37
3.2	Nhập các dữ liệu của bài toán	37
3.3	Nhập hoàn chỉnh các dữ liệu	38
3.4	Thực hiện tính nồng độ của chất gây ô nhiễm	38
3.5	Các tùy chọn để lấy dữ liệu đầu ra	39
3.6	Đường bình độ khi vận tốc gió $u = 4 \times (z + 0.2)^{0.15}$	45
3.7	Mặt phân bố nồng độ x và z	45
3.8	Phân bố nồng độ khí thải theo x thì cố định z	46
3.9	Phân bố nồng độ khí thải theo z tại $x = jh_x$	46

Mở đầu

Ngày nay thế giới nói chung và Việt nam nói riêng đang phải đối mặt với một thực tế là môi trường không khí, nước và đất ngày càng bị ô nhiễm nghiêm trọng. Với sự công nghiệp hóa ngày càng cao nhiều nhà máy, xí nghiệp được mọc lên và đi vào hoạt động đã và đang thải ra môi trường nhiều chất độc hại ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe con người và hủy hoại môi trường sinh thái. Vì thế việc tính toán dự báo mức độ ô nhiễm môi trường là vô cùng quan trọng trong quy hoạch phát triển các xí nghiệp công nghiệp.

Để làm việc này cần nghiên cứu mô hình toán học của bài toán lan truyền khí thải trong môi trường khí, phương pháp giải bài toán này và xây dựng chương trình tính toán các kịch bản có thể xảy ra phục vụ cho thẩm định môi trường trong các dự án đầu tư phát triển các khu công nghiệp.

Phương pháp sai phân giải bài toán ô nhiễm môi trường có nhiều ứng dụng trong thực tế. Chẳng hạn, đó là những bài toán về cơ học lượng tử, năng lượng hạt nhân, hóa học và một số bài toán trong các lĩnh vực khác.

Trong phạm vi đề tài này, chúng tôi nghiên cứu các bài toán liên quan đến môi trường và khí hậu. Sự tác động qua lại của các phần tử khí trong môi trường chính là trọng tâm cần nghiên cứu mang tính khoa học và thực tiễn cao vì nó ảnh hưởng trực tiếp tới sự sống của trái đất. Trong môi trường không khí, khí quyển, các thành phần khí cũng như các thành phần khác được pha trộn lẫn nhau (theo một tỷ lệ nào đó) dưới tác động của gió và hiện tượng khuếch tán trong môi trường.

Khí thải công nghiệp là tác nhân lớn nhất gây ô nhiễm không khí. Các thực thể vật chất bị nhiễm bẩn ở dạng khí (khói nhà máy, lò hạt nhân, núi lửa ...) được lan truyền, khuếch tán trong khí quyển, tác động với nhau dưới sự ảnh hưởng của nhiệt độ và độ ẩm tạo thành một hợp chất phức tạp, gọi chung là hợp chất khí. Trong quá trình chuyển động các thành phần của hợp

chất khí tác động với nhau, một số thành phần đang từ không độc hại trở thành độc hại đối với đời sống sinh vật. Quá trình này dẫn đến ô nhiễm các lục địa và đại dương.

Để giải quyết được vấn đề đó ta cần biết được những quá trình lan truyền và khuếch tán ác thực thể nhiễm bẩn trong môi trường vì khi di chuyển chúng sẽ không biến thành những thành phần có hại và ngược lại. Đó là vấn đề rất đáng quan tâm. Vì thế giới không ngừng hoàn thiện, bên cạnh đó là nền công nghiệp phát triển. Chính vì vậy, để bảo vệ môi trường chúng ta phải điều chỉnh những tiềm năng sẵn có trong thiên nhiên để ít bị mất đi, mà còn nâng cao nó, cải thiện môi trường. Tuy nhiên, đòi hỏi một lượng kinh phí rất lớn, cần sự chung tay, góp sức của cả quốc gia và sự quan tâm của nhân loại.

Nội dung của đề tài này, chúng tôi trình bày những phương trình liên hợp được phân tích dựa trên các phương trình đã được thừa nhận các điều kiện biên, điều kiện ban đầu đồng thời nghiên cứu các phương pháp giải các bài toán thu được kết quả cuối cùng mà nhờ chúng có thể đánh giá được mức độ tác động của thực trạng ô nhiễm trong môi trường của một vùng lãnh thổ. Phần trình bày của luận văn gồm có 03 chương, cụ thể

◇ *Chương 1:* Mô hình toán học của bài toán ô nhiễm

Nội dung là phân tích mô hình toán học của bài toán ô nhiễm không khí. Phương trình khuếch toán-truyền tải vật chất trong khí quyển, bài toán khuếch tán-truyền tải dừng, nghiệm giải tích trong trường hợp riêng

◇ *Chương 2:* Phương pháp số giải bài toán lan truyền khí thải.

Nội dung của chương này trình bày một số phương pháp khác nhau giải bài toán ô nhiễm. Trong đó, luận văn tập trung chính vào phương pháp sai phân giải bài toán khuếch tán - truyền tải. Lược đồ sai phân cho bài toán khuếch tán - truyền tải được xây dựng. Đồng thời phương pháp giải hệ phương trình sai phân thu được từ việc rời rạc hóa phương trình sai phân được đưa ra.

◇ *Chương 3:* Xây dựng chương trình tính nồng độ khí thải trong không khí.

Trong chương này, xây dựng phương pháp giải các bài toán đã đặt ra

ở Chương 1. Do độ phức tạp của phương trình, với những giả thiết về điều kiện biên, giá trị ban đầu chặt chẽ người ta mới nhận được nghiệm chính xác của bài toán. Thực tế cho thấy các bài toán đặt ra thường rộng hơn, phức tạp hơn. Do đó, việc tìm các phương pháp giải số cho lớp các bài toán trên là một trong những phương pháp hữu hiệu được sử dụng. Luận văn trình bày phương pháp sai phân của bài toán khuếch tán đặt ra ở Chương 1 bằng toán tử sai phân với độ chính xác cấp hai theo các biến không gian và thoả mãn tính không âm.

Trong luận văn này các lược đồ sai phân giải bài toán ô nhiễm môi trường được cài đặt bằng ngôn ngữ MatLab trên máy tính PC.

Chương 1

Mô hình toán học của bài toán ô nhiễm khí quyển

Môi trường, các trạng thái của nó và vấn đề ô nhiễm từ lâu đã trở thành vấn đề trọng tâm nghiên cứu của các nhà khoa học. Các chất thải công nghiệp với các thành phần nhiễm bẩn được thải vào khí quyển và đại dương gây tác động xấu đến môi trường không khí, môi trường nước, đất và môi trường sinh thái của các vùng công nghiệp lớn. Điều này đã làm tăng nồng độ cacbondioxidit và các thành phần khác trong khí quyển. Những thay đổi của quá trình sinh thái được biểu hiện rõ nét ở những khu công nghiệp lớn như "mưa a - xít" . . .

Sự lan truyền các thực thể nhiễm bẩn trong khí quyển là do các luồng gió và sự chuyển động rối. Dòng chảy trung bình của các thực thể vật chất ấy được trung bình hoá và được xem như là hiện tượng khuếch tán trên nền chuyển động trung bình.

Ta sẽ xét các mô hình toán học khác nhau của sự truyền tải và khuếch tán vật chất trong môi trường lỏng và môi trường khí.

Bài toán 1. Cho một nguồn phát thải với công suất f , cho trường gió với vận tốc $\vec{u} = (u, v, \omega)$. Giả sử hệ số khuếch tán theo phương nằm ngang là μ , hệ số khuếch tán theo phương thẳng đứng là ν . Ta cần xác định nồng độ khí thải tại điểm (x, y, z) tại thời điểm t , ký hiệu là $\varphi(x, y, z, t)$.

Các kết quả của phần này dựa trên kết quả của Đặng Quang Á và Ngô Văn Lược (xem [8]).

1.1 Phương trình khuếch tán - truyền tải vật chất trong không khí và bài toán khuếch tán - truyền tải dừng

Trong mục này chúng ta giới thiệu về bài toán khuếch tán - truyền tải vật chất trong không khí và bài toán khuếch tán - truyền tải dừng. Như chúng ta đã biết, quá trình khuếch tán - truyền tải các chất gây ô nhiễm trong khí quyển có thể được mô tả bằng phương trình đạo hàm riêng có dạng (xem [8])

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + u \frac{\partial \varphi}{\partial x} + v \frac{\partial \varphi}{\partial y} + (\omega - \omega_g) \frac{\partial \varphi}{\partial z} - \mu \Delta \varphi - \frac{\partial \varphi}{\partial z} \nu \frac{\partial \varphi}{\partial z} + \sigma \varphi = f, \quad (1.1)$$

trong đó

- φ là nồng độ của chất gây ô nhiễm.
- u, v, ω là các thành phần của vận tốc gió.
- f là công suất của nguồn phát thải.
- $\omega_g = \text{const}$ là vận tốc rơi của chất gây ô nhiễm bởi trọng lực.
- $\sigma = \text{const} \geq 0$ là hệ số biến đổi của chất gây ô nhiễm, ν, μ là các hệ số khuếch tán.
- $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$ là toán tử Laplace.

Phương trình (1.1) là cực kỳ phức tạp. Không có hi vọng tìm được nghiệm chính xác. Tuy nhiên, trong một số trường hợp đơn giản (được chấp nhận trong thực tế) chúng ta có thể tìm được nghiệm giải tích của (1.1) (xem [8]). Vấn đề này sẽ được trình bày chi tiết trong mục 1.3 cuối chương này.

Bây giờ, chúng ta xét bài toán khuếch tán - truyền tải (1.1) với các giả thiết

1. Nguồn phát thải có công suất phát thải không đổi Q và tập trung tại một điểm. Tức là $f = Q\delta(x)\delta(y)\delta(z - z_0)$, trong đó δ là ký hiệu của hàm Dirac.
2. Quá trình lan truyền đã ổn định (tức là không còn phụ thuộc thời gian)
$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = 0.$$