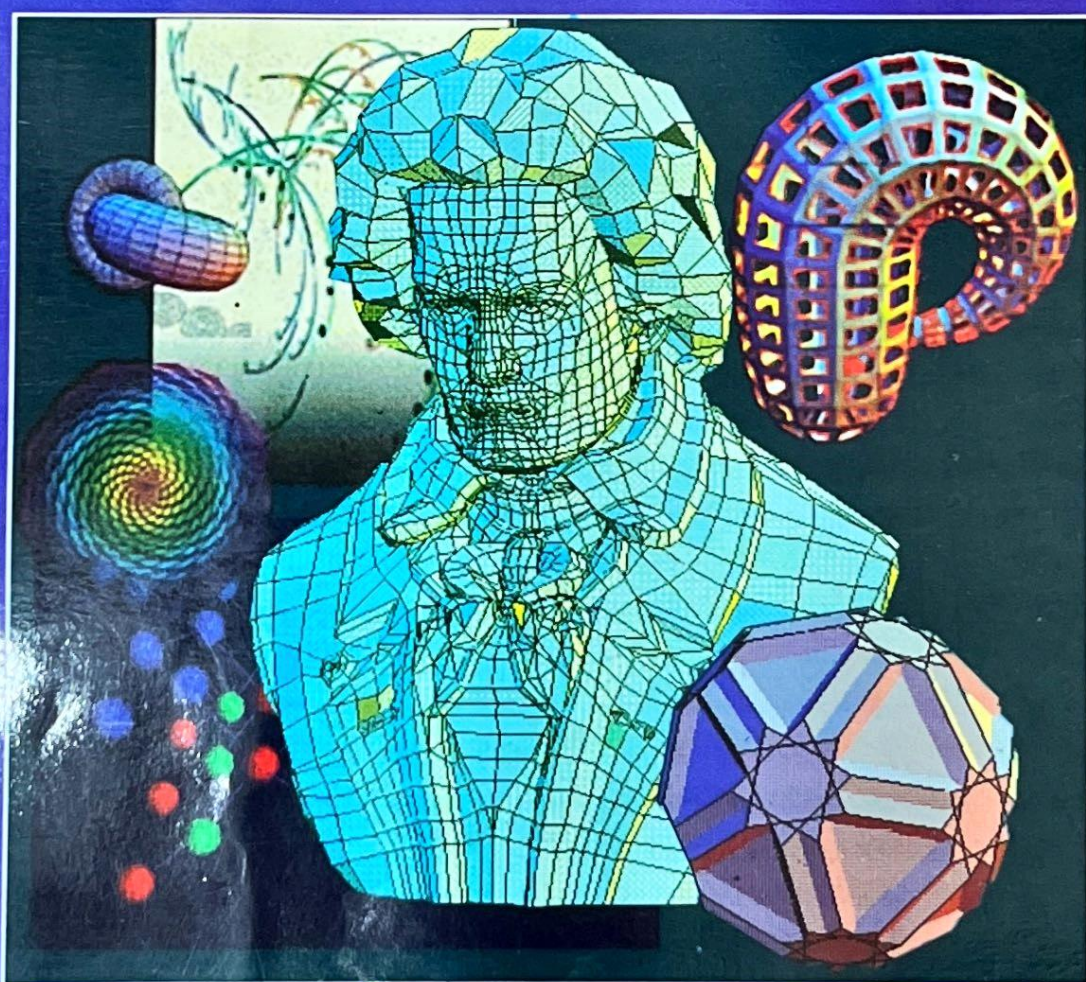


TỦ SÁCH KHOA HỌC KỸ THUẬT ĐH BÁCH KHOA HÀ NỘI

TS. VŨ NGỌC TƯỚC

# MÔ HÌNH HÓA VÀ MÔ PHỎNG BẰNG MÁY TÍNH



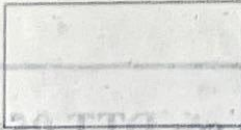
NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

TS. VŨ NGỌC TƯỚC



# MÔ HÌNH HÓA VÀ MÔ PHỎNG BẰNG MÁY TÍNH



 NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

## PHẦN MỞ ĐẦU

Mô hình hoá và mô phỏng bằng máy tính đang là một kỹ thuật được áp dụng cho tất cả các ngành khoa học kỹ thuật và kinh tế. Nếu trước kia việc thiết lập một mô hình, triển khai các dự đoán, tính toán thống kê và trình bày số liệu, đòi hỏi có kiến thức về toán ứng dụng nhiều, giải các phương trình vi phân, tính các tích phân, các phương pháp toán thống kê thì hiện nay với sự trợ giúp của máy tính và nhất là các ngôn ngữ lập trình bậc cao đặc biệt (như *Mathematica* dùng để minh hoạ trong quyển sách này hay *MatLab*, *Maple*...), các kiến thức toán này đã tích hợp hoàn toàn trong các hàm và lệnh của các ngôn ngữ, tạo điều kiện cho người dùng tiếp cận trực tiếp và tập trung vào vấn đề mình nghiên cứu mà không phải dành quá nhiều thời gian cho kỹ thuật lập trình hay công cụ toán lý thuyết.

Quyển sách này được dự định viết cho mọi đối tượng rộng rãi các độc giả nên được trình bày từ thấp đến cao, từ dễ đến khó, trình bày các kiến thức toán học của môn *Phương pháp tính* không phải là mục đích của quyển sách này nên các kiến thức toán chỉ được đưa vào khi cần thiết. Mục đích chính của nó là giới thiệu cách tổ chức xây dựng và triển khai một mô hình hay mô phỏng một quá trình thực tế.

Trong thời gian gần đây 2 khái niệm *mô hình* và *mô phỏng* thường đi kèm với nhau và đôi khi lại trùng lặp lên nhau. Phải hiểu thế nào là mô hình hoá máy tính (*computer modeling*) và mô phỏng (*simulation*) bằng máy tính, nói chung không có một định nghĩa chung cho 2 khái niệm này tuy nhiên theo ý tôi có thể phân biệt 2 khái niệm này như sau. **Mô hình hoá** là ta xây dựng hay tìm cách hiểu một vấn đề từ cơ chế hoạt động của nó (*mechanism*), thí dụ bản chất bên trong của nó, quy luật hoạt động của nó. Để đơn giản thường thì ta không đưa hết tất cả các *yếu tố liên quan* mà chỉ đưa vào những yếu tố cần thiết hay quan trọng nhất, do vậy kết quả của mô hình khi ta xây dựng lên thường không tính đến các hiệu ứng phụ, các ảnh hưởng của các yếu tố còn lại (*không được tính đến là quan trọng*) - mà ta gọi chung là *môi trường*, do vậy thường có một sự sai khác nhỏ đối với các hiện tượng thực tế, sai khác này phải nhỏ vì ta đã lý tưởng hoá yếu tố quan trọng nhất mà loại bỏ hoặc không tính đến các yếu tố phụ để làm nổi bật lên bản chất của vấn đề và thông thường các sai khác nhỏ này chỉ có tác dụng cho phép ta đánh giá phạm vi ứng dụng của mô hình. Còn **Mô phỏng** nói một cách thô thiển nó gần với khái niệm "*bắt chước*", còn nói rộng hơn là ta bắt đầu từ các số

liệu thực nghiệm (*số liệu thực tế*) hoặc từ một tính chất nào đó của vấn đề (*thường thì nó là các biểu hiện bên ngoài của một vấn đề*) để dự đoán tiến triển của sự việc mà không đề cập đến cơ chế hoạt động (*thường là do không biết được cơ chế này hay ta còn gọi bản chất nó là một quá trình ngẫu nhiên nào đó*).

Việc 2 khái niệm này đi kèm lẫn nhau thể hiện các vấn đề ta nghiên cứu còn chưa được hiểu biết hoàn toàn nội dung hay bản chất của vấn đề. Và việc mô hình hay mô phỏng của ta là để tìm hiểu thêm về nó. Một số lượng lớn các bài tập và thí dụ dành cho tự luận sẽ giúp các bạn củng cố thêm kỹ năng mô hình hoá của mình. Lời giải có thể tìm thấy trong đĩa CD đi kèm theo quyển sách này.

Hầu hết tất cả các đoạn mã nguồn được viết trên ngôn ngữ Mathematica 3.0 trong quyển sách này đều là của tác giả tự viết ra có dựa một phần trên các bài toán về lý thuyết mô hình hoá được giải trên các ngôn ngữ khác như C, FORTRAN, BASIC v.v. Các số liệu nếu không có tham chiếu đến nguyên gốc thì đều là giả tưởng của tác giả để minh hoạ cho mô hình và không có tính thực tế. Các thuật ngữ tiếng Anh đưa ra bên cạnh các thuật ngữ tiếng Việt (*trong phần in nghiêng*) - để đảm bảo tính chính xác và để tiện tham khảo các sách khác, chắc chắn sẽ không gây phiền hà cho người đọc vì hầu hết các khái niệm toán và nhất là tin học được tất cả chúng ta biết đến với tên tiếng Anh.

Xin chân thành cảm ơn Giáo sư Lương Duyên Bình, giám đốc Trung tâm đào tạo kỹ sư tài năng, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, đã đọc và góp ý kiến cho bản thảo này.

Rất mong nhận được ý kiến đóng góp của các bạn cho quyển sách này theo địa chỉ: Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, Viện Vật lý kỹ thuật, Bộ môn Vật lý Tin học; Tel: 8681572 hoặc E-mail: [tuocvungoc@mail.hut.edu.vn](mailto:tuocvungoc@mail.hut.edu.vn).

**TÁC GIẢ**

## MỤC LỤC

|                                                                                                                                      | trang số |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Phân mở đầu                                                                                                                          | 03       |
| Mục lục                                                                                                                              | 05       |
| Chương 0. Sơ bộ về mô hình hoá và mô phỏng                                                                                           | 08       |
| § 0.1 Sơ bộ về ngôn ngữ lập trình Mathematica.                                                                                       | 08       |
| § 0.2 Về mô hình hoá bằng máy tính và mô phỏng các bài toán khoa học kỹ thuật và kinh tế trên các ngôn ngữ bậc cao như Mathematica . | 09       |
| § 0.3 Thu thập và trình bày số liệu.                                                                                                 | 11       |
| Chương 1. Các bước xây dựng một mô hình                                                                                              | 17       |
| § 1.1 Tổ chức một mô hình.                                                                                                           | 17       |
| § 1.2 Phát triển một mô hình (xây dựng mô hình toán học cho vấn đề).                                                                 | 19       |
| § 1.3 Kiểm chứng mô hình toán học.                                                                                                   | 23       |
| Chương 2. Mô hình hoá các đại lượng rời rạc                                                                                          | 29       |
| § 2.1 Phương trình sai phân                                                                                                          | 29       |
| § 2.2 Phương pháp hàm đệ quy và phương pháp khử Gausse và đưa về phương trình đa thức                                                | 30       |
| § 2.3 Phương pháp giải phương trình vector và ma trận chuyển.                                                                        | 32       |
| § 2.4 Các thí dụ khác.                                                                                                               | 36       |
| § 2.5 Phương trình sai phân phi tuyến và sự xuất hiện của "hỗn loạn".                                                                | 44       |
| Chương 3. Mô hình hoá các đại lượng liên tục                                                                                         | 55       |
| § 3.1 Mô hình tuyến tính                                                                                                             | 55       |
| § 3.2 Các mô hình phi tuyến bậc 2 và cao hơn                                                                                         | 57       |
| § 3.3 Các biến đổi toán học                                                                                                          | 59       |
| § 3.4 Các mô hình mang tính tuần hoàn                                                                                                | 60       |
| § 3.5 Mô hình hoá bằng các phương trình vi phân.                                                                                     | 63       |
| 3.5.1 Tổ chức mô hình.                                                                                                               | 63       |
| 3.5.2 Phương trình vi phân cho lời giải giải tích.                                                                                   | 64       |
| 3.5.3 Hệ phương trình vi phân cho lời giải giải tích.                                                                                | 66       |
| 3.5.4 Hệ phương trình vi phân không có lời giải giải tích, phương pháp giải bằng số.                                                 | 75       |
| 3.5.5 Phương trình vi phân đạo hàm riêng                                                                                             | 110      |

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| § 3.6 Mô hình hoá bằng các phép tích phân.                                  | 117 |
| 3.6.1 Mô hình tích phân cho lời giải giải tích.                             | 117 |
| 3.6.2 Mô hình tích phân bằng số.                                            | 125 |
| Chương 4. Mô phỏng các quan hệ số liệu                                      | 139 |
| § 4.1 Đánh giá gần đúng quan hệ hàm số bằng phương pháp nội suy             | 140 |
| 4.1.1 Nội suy Lagrange                                                      | 140 |
| 4.1.2 Nội suy đa thức hay nội suy Newton                                    | 142 |
| 4.1.3 Nội suy Hermite                                                       | 142 |
| 4.1.4 Nội suy Spline                                                        | 143 |
| § 4.2 Đánh giá gần đúng quan hệ hàm số bằng phương pháp gần đúng xấp xỉ đều | 156 |
| 4.2.1 Gần đúng xấp xỉ đều bằng bình phương tối thiểu                        | 156 |
| 4.2.2 Xấp xỉ đều bằng bình phương tối thiểu và các đa thức trực giao        | 157 |
| 4.2.3 Bình phương tối thiểu phi tuyến                                       | 159 |
| Chương 5. Biến đổi Fourier và phân tích Fourier                             | 177 |
| § 5.1 Phép Biến đổi Fourier cho các đại lượng liên tục                      | 177 |
| 5.1.1 Cơ sở lý thuyết: Chuỗi Fourier                                        | 177 |
| 5.1.2 Biến đổi Fourier                                                      | 180 |
| 5.1.3 Các tính chất của phép biến đổi Fourier                               | 182 |
| § 5.2 Phép Biến đổi Fourier rời rạc (DFT)                                   | 191 |
| § 5.3 Phép Biến đổi Fourier nhanh (FFT)                                     | 194 |
| Chương 6. Mô hình hoá và mô phỏng các số liệu thống kê và xác suất          | 202 |
| § 6.1 Thống kê mô tả                                                        | 202 |
| § 6.2 Thống kê các đại lượng rời rạc                                        | 208 |
| § 6.3 Thống kê các đại lượng liên tục                                       | 214 |
| 6.3.1 Các loại phân bố liên tục và các hàm liên quan                        | 214 |
| 6.3.2 Các định lý quan trọng dùng trong thống kê                            | 221 |
| 6.3.3 Xử lý các số liệu thống kê:                                           | 222 |
| § 6.4 Đánh giá khoảng tin cậy và kiểm định giả thuyết thống kê              | 236 |
| 6.4.1 Đánh giá khoảng tin cậy.                                              | 236 |
| 6.4.2 Xác định kích thước tối thiểu mẫu thống kê                            | 240 |
| 6.4.3 Kiểm định giả thuyết thống kê                                         | 244 |
| Chương 7. Mô phỏng các quá trình ngẫu nhiên                                 | 260 |
| § 7.1 Lệnh tạo các số giả ngẫu nhiên                                        | 260 |
| § 7.2 Mô phỏng các tín hiệu ngẫu nhiên                                      | 262 |

|                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| § 7.3 Mô phỏng Monte Carlo                                                         | 265 |
| § 7.4 Phương pháp bước ngẫu nhiên                                                  | 270 |
| § 7.5 Phương pháp lấy mẫu quan trọng và thuật toán Metropolis                      | 278 |
| § 7.6 Phương pháp phân tích bằng loại mẫu và phương pháp Von Newman                | 287 |
| Chương 8 Xử lý các dữ liệu dạng xâu ký tự trong Mathematica                        | 289 |
| § 8.1 Làm việc với các dữ liệu dạng ký tự                                          | 289 |
| § 8.2 Làm việc với dữ liệu dạng đa hình                                            | 293 |
| Phụ lục A. Về cấp chính xác tùy chọn trong các tính toán bằng số trong Mathematica | 297 |
| Phụ lục B. Các quy ước về cú pháp trong Mathematica                                | 301 |
| Tài liệu tham khảo                                                                 | 305 |