

Nguyễn Doãn Phước & Phan Xuân Minh

**NHẬN DẠNG
HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN**

**(IN LẦN THỨ HAI, CÓ SỬA ĐỔI VÀ BỔ
SUNG)**

**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI (2005)**

Author: **Nguyen Doan Phuoc**

Assoc. Prof. of Department of Automatic Control, Hanoi University of Technology.

Phan Xuan Minh

Assoc. Prof. of Department of Automatic Control, Hanoi University of Technology.

Title: **Identification Control Systems**

This book aims to provide basic knowledges of systems modelling such as model-estimation, identification Many examples are given in the book to illustrate the theory.

This book is the product of several courses given by the authors at the Hanoi University of Technology (HUT). It is written for control engineering students and master students in Universities as a course- and self study textbook.

Chịu trách nhiệm xuất bản: **PGS. TS. Tô Đăng Hải**

Biên tập: **Nguyễn Đăng**

Trình bày và chế bản: **Tác giả**

Vẽ bìa: **Trần Thắng**

In 1000 cuốn khổ 16×24 cm tại Xưởng in NXB Văn hóa Dân tộc. Quyết định xuất bản số 75-2005/CXB/55-02/KHKT. In xong và nộp lưu chiểu

Lời nói đầu

Nhận dạng hệ thống là một trong những công việc đầu tiên phải thực hiện khi giải quyết một bài toán Điều khiển Tự động. Lý do đơn giản chỉ là vì không thể phân tích, tổng hợp hệ thống khi không có mô hình toán học mô tả hệ thống. Trong quá trình xây dựng mô hình hệ thống trên phương diện lý thuyết người ta thường không thể khảo sát được mọi ảnh hưởng của môi trường đến tính động học của hệ thống cũng như những tác động qua lại bên trong hệ thống một cách chính xác tuyệt đối. Rất nhiều yếu tố đã bị bỏ qua hoặc chỉ được xem xét đến như một tác động ngẫu nhiên. Bởi vậy, nếu nói một cách chặt chẽ thì những hiểu biết lý thuyết ban đầu về hệ thống mới chỉ có thể giúp người ta khoanh được vùng lớp các mô hình thích hợp. Để có thể có được một mô hình cụ thể có chất lượng phù hợp với bài toán điều khiển đặt ra trong lớp các mô hình thích hợp đó thì phải sử dụng phương pháp nhận dạng.

Thời điểm ra đời của chuyên ngành Nhận dạng có thể được xem là vào khoảng cuối thập niên 50. Tuy ra đời muộn nhưng Nhận dạng đã phát triển rất nhanh và đã có những thành tựu vượt bậc. Nguyên nhân của sự phát triển vượt bậc đó một phần từ yêu cầu thực tế, song có lẽ phần chính là nhờ có những hỗ trợ tích cực của các ngành khoa học liên quan, đặc biệt là Xir lý tín hiệu và Tin học.

Sự phát triển của Nhận dạng trong lĩnh vực Điều khiển tự động từ năm 1960 đến nay có thể chia ra làm ba giai đoạn phát triển như sau:

- *Giai đoạn một khoảng từ năm 1960 đến 1975 được đánh dấu bằng nhận dạng các mô hình không tham số cho đối tượng điều khiển tuyến tính mà trọng tâm chủ yếu là thiết lập hàm trọng lượng hay hàm đặc tính tần biên–pha dưới dạng một dãy giá trị (phức). Kiến thức lý thuyết cần thiết cho giai đoạn này phần lớn được xây dựng trên cơ sở lý thuyết hàm phức và phân tích phổ tín hiệu.*

- Giai đoạn hai được đặc trưng bởi sự ra đời của lớp mô hình động liên tục hoặc rời rạc có tham số và được gọi là giai đoạn của nhận dạng tham số mô hình. Thông tin lý thuyết ban đầu về hệ thống ở đây chỉ vừa đủ để người ta có thể lựa chọn được bậc (hay cấu trúc) cho mô hình liên tục hoặc rời rạc. Nhiệm vụ của nhận dạng trong giai đoạn này là xác định giá trị các tham số của mô hình đó với hướng nghiên cứu tập trung là xét tính hội tụ của các phương pháp và ảnh hưởng của nhiễu vào kết quả.
- Giai đoạn ba khoảng từ năm 1990 trở lại đây được đánh dấu bằng nhận dạng mô hình động học liên tục phi tuyến và nhận dạng mô hình tham số cho hệ nhiều chiều, trong đó hướng nghiên cứu chính là xét tính nhận dạng được của hệ nhiều chiều. Dần dần, cũng trong giai đoạn này người ta chuyển hướng đi vào nhận dạng các hệ thống suy biến (singular systems).

Trong vô vàn các phương pháp nhận dạng hệ thống hiện được dùng rộng rãi, chúng tôi chỉ có thể chọn lọc ra và giới thiệu một vài phương pháp đặc trưng làm đại diện. Phương hướng chọn lựa là đi từ mô hình không tham số với công cụ phân tích phổ tín hiệu (chương 2) để làm nền cho công việc nhận dạng tham số mô hình liên tục tuyến tính và mô hình rời rạc tuyến tính sau này (chương 3 và chương 4). Như vậy cuốn sách có nội dung chủ yếu là giới thiệu các phương pháp nhận dạng được hình thành trong giai đoạn 1 và 2. Một phần lý do là những phương pháp này đã trở thành chuẩn mực và đã được cài đặt trong những chương trình tiện dụng của MATLAB giúp bạn đọc có thể sử dụng chúng để kiểm nghiệm lại những điều đã đọc được. Phần nữa là những phương pháp của giai đoạn 3 cho đến nay vẫn chưa có được nhiều sức thuyết phục trong ứng dụng như mong muốn.

Cuốn sách được viết với mục đích cung cấp thêm một tài liệu hỗ trợ việc tự học cho sinh viên ngành Điều khiển Tự động đang học môn Lý thuyết Điều khiển nâng cao, sinh viên ngành Điện, cũng như các ngành khác có liên quan tới việc xây dựng mô hình hệ thống. Ngoài ra, cuốn sách còn có mục đích xa hơn là giới thiệu được với những người đang công tác trong

lĩnh vực phân tích và tổng hợp hệ thống kỹ thuật một tài liệu tra cứu, tham khảo trong công việc xây dựng mô hình hệ thống.

Mặc dù, kể từ lần xuất bản đầu tiên vào năm 2001, cho tới nay quyển sách Nhận dạng hệ thống điều khiển này đã được tái bản nhiều lần, song chắc không thể tránh khỏi còn thiếu sót. Để có thể đạt được chất lượng hoàn thiện hơn, các tác giả rất mong nhận được những góp ý sửa đổi hay bổ sung thêm từ phía bạn đọc. Thư góp ý xin gửi về:

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội
Khoa Điện, Bộ môn Điều khiển Tự động.
Số 1 Đại Cồ Việt. C9/305–306

Hà Nội, ngày 28.5.2005

Các tác giả

Mục lục

1	Nhập môn	2
1.1	Tại sao phải nhận dạng	2
1.1.1	Định nghĩa	2
1.1.2	Lớp mô hình thích hợp	2
1.1.3	Mô tả sai lệch giữa mô hình và đối tượng thực	2
1.2	Phân lớp các bài toán nhận dạng	2
1.3	Quá trình ngẫu nhiên	2
1.3.1	Khái niệm	2
1.3.2	Các tham số của quá trình ngẫu nhiên	2
1.3.3	Đại lượng đánh giá lượng thông tin có trong nguồn phát tín hiệu ngẫu nhiên	2
2	Nhận dạng mô hình không tham số nhờ phân tích phổ tín hiệu	2
2.1	Toán tử Fourier rời rạc (DFT)	2
2.1.1	Hàm mở rộng dirac	2
2.1.2	Mô hình hóa quá trình rời rạc tín hiệu	2
2.1.3	ảnh Fourier của hàm mở rộng	2
2.1.4	Quan hệ giữa $X(j\omega)$ và $Xa(j\omega)$	2
2.1.5	Hiệu ứng trùng phổ và định lý Shannon	2
2.1.6	Hiệu ứng rò rỉ (leakage) và kỹ thuật hàm cửa sổ	2
2.1.7	Kết luận về DFT và thuật toán FFT	2
2.1.8	Toán tử DFT ngược	2
2.2	Nhận dạng mật độ phổ tín hiệu	2
2.2.1	Nhận dạng hàm tương quan	2
2.2.2	Nhận dạng mật độ phổ	2
2.3	Nhận dạng mô hình không tham số	2
2.3.1	Xác định đường đặc tính tần biên pha	2
2.3.2	Xác định hàm trọng lượng từ đường đặc tính tần	2
	Câu hỏi ôn tập và bài tập	2
3	Nhận dạng mô hình liên tục, tuyến tính có tham số từ mô hình không tham số	2
3.1	Xác định tham số mô hình từ hàm quá độ	2
3.1.1	Những kết luận tổng quát	2
3.1.2	Xác định tham số mô hình quán tính bậc nhất	2
3.1.3	Xác định tham số cho mô hình tích phân quán tính	2

3.1.4	Xác định tham số mô hình quán tính bậc cao	2
3.1.5	Xác định tham số mô hình Lead/Lag	2
3.1.6	Xác định tham số mô hình đối trọng dao động bậc hai tắt dần.....	2
3.2	Xác định tham số mô hình từ những giá trị $G(jn\Omega_\lambda)$ đã có	2
3.2.1	Thuật toán Cholesky	2
3.2.2	Nhận dạng tham số mô hình	2
3.2.3	Nhận dạng lặp tham số mô hình	2
	Câu hỏi ôn tập và bài tập	2
4	Nhận dạng tham số mô hình ARMA	2
4.1	Đặt vấn đề	2
4.1.1	Phát biểu bài toán nhận dạng mô hình ARMA	2
4.1.2	Chuyển thành bài toán tương đương có hệ số khuếch đại của mô hình bằng 1	2
4.2	Nhận dạng chủ động tham số mô hình AR	2
4.2.1	Phương pháp Yule–Walker	2
4.2.2	Sai số dự báo tuyến tính của phương pháp Yule–Walker	2
4.2.3	Giải phương trình Yule–Walker nhờ thuật toán Levinson	2
4.2.4	Phương pháp dự báo điều hòa và thuật toán Burg	2
4.2.5	Kết luận.....	2
4.3	Nhận dạng chủ động tham số mô hình MA	2
4.3.1	Thay mô hình MA bằng mô hình AR tương đương	2
4.3.2	Thuật toán nhận dạng cho trường hợp $s=2nb$	2
4.3.3	Thuật toán nhận dạng cho trường hợp $s>2nb$	2
4.4	Nhận dạng chủ động tham số mô hình ARMA	2
4.4.1	Nhận dạng tham số AR của mô hình ARMA	2
4.4.2	Nhận dạng tham số MA của mô hình ARMA	2
4.4.3	Thuật toán nhận dạng tham số mô hình ARMA	2
4.5	Nhận dạng bị động tham số mô hình ARMA	2
4.5.1	Nhận dạng bị động khi các tín hiệu vào ra là tiền định.....	2
4.5.2	Nhận dạng bị động với các tín hiệu vào ra là ngẫu nhiên.....	2
4.5.3	Chuyên về bài toán nhận dạng chủ động	2
	Câu hỏi ôn tập và bài tập	2
5	Những kỹ thuật bổ trợ	2
5.1	DFT thời gian ngắn (SFT)	2
5.1.1	Tư tưởng của phương pháp.....	2
5.1.2	Thuật toán SFT với hàm cửa sổ Bartlett.....	2
5.1.3	Thuật toán SFT với một hàm cửa sổ bất kỳ.....	2

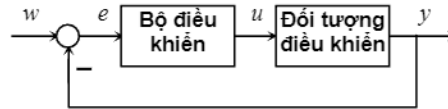
5.1.4 ứng dụng để nhận dạng mô hình có tham số thay đổi.....	2
5.2 Nội suy	2
5.2.1 Nội suy cổ điển.....	2
5.2.2 Nội suy spline.....	2
5.2.3 Nội suy B-spline.....	2
5.2.4 Sai số phổ của nội suy B-spline.....	2
5.3 Ngoại suy	2
5.3.1 Cực đại entropie loại 1	2
5.3.2 Cực đại entropie loại 2	2
5.4 Lý thuyết hàm mở rộng	2
5.4.1 Định nghĩa	2
5.4.2 Tính chất.....	2
5.4.3 Toán tử Fourier mở rộng	2
Câu hỏi ôn tập và bài tập	2
Tài liệu tham khảo	2

1 Nhập môn

1.1 Tại sao phải nhận dạng

Xét một bài toán điều khiển theo nguyên tắc phản hồi đầu ra như ở hình 1.1. Muốn tổng hợp được bộ điều khiển cho đối tượng để hệ kín có được chất lượng như mong muốn thì trước tiên cần phải hiểu biết về đối tượng, tức là cần phải có một mô hình toán học mô tả đối tượng. Không thể điều khiển đối tượng khi không hiểu biết hoặc hiểu sai lệch về nó. Kết quả tổng hợp bộ điều khiển phụ thuộc rất nhiều vào mô hình mô tả đối tượng. Mô hình càng chính xác, hiệu suất công việc càng cao.

Hình 1.1: Điều khiển theo nguyên tắc phản hồi đầu ra.



Việc xây dựng mô hình cho đối tượng được gọi là mô hình hóa. Người ta thường phân chia các phương pháp mô hình hóa ra làm hai loại:

- phương pháp lý thuyết và
- phương pháp thực nghiệm.

Phương pháp lý thuyết là phương pháp thiết lập mô hình dựa trên các định luật có sẵn về quan hệ vật lý bên trong và quan hệ giao tiếp với môi trường bên ngoài của đối tượng. Các quan hệ này được mô tả theo quy luật lý-hóa, quy luật cân bằng, ... dưới dạng những phương trình toán học.

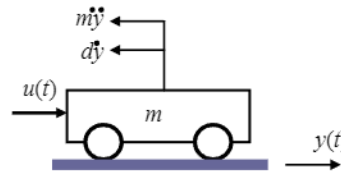
Trong các trường hợp mà ở đó sự hiểu biết về những quy luật giao tiếp bên trong đối tượng cũng về mối quan hệ giữa đối tượng với môi trường bên ngoài không được đầy đủ để có thể xây dựng được một mô hình hoàn chỉnh, nhưng ít nhất từ đó có thể cho biết các thông tin ban đầu về dạng mô hình thì tiếp theo người ta phải áp dụng phương pháp thực nghiệm để hoàn thiện nốt việc xây dựng mô hình đối tượng trên cơ sở *quan sát tín hiệu vào $u(t)$ và ra $y(t)$* của đối tượng sao cho mô hình thu được bằng phương pháp thực

nghiệm thỏa mãn các yêu cầu của phương pháp lý thuyết đề ra. Phương pháp thực nghiệm đó được gọi là *nhận dạng* hệ thống điều khiển.

Như vậy, khái niệm nhận dạng hệ thống điều khiển được hiểu là sự bổ sung cho việc mô hình hóa đối tượng mà ở đó lượng *thông tin ban đầu về đối tượng điều khiển không đầy đủ*. Các thông tin ban đầu này có tên gọi chung là thông tin *A-priori*.

Ví dụ 1: Chẳng hạn ta phải xây dựng mô hình cho đối tượng là một chiếc xe chuyển hàng. Tín hiệu đầu vào tác động để đẩy xe là lực $u(t)$. Dưới tác động của lực $u(t)$ xe sẽ đi được quãng đường ký hiệu bởi $y(t)$.

Hình 1.2: Xây dựng mô hình cho đối tượng là một chiếc xe chuyển hàng.



Khi chuyển động sẽ có hai lực cản trở sự chuyển động của xe (bỏ qua ma sát tĩnh). Thứ nhất là lực ma sát động xác định bởi:

$$F_s = d \frac{dy}{dt}, \quad d \text{ là hệ số ma sát động}$$

và thứ hai là lực cản trở sự thay đổi tốc độ

$$F_{gt} = m \frac{d^2 y}{dt^2}, \quad m \text{ là khối lượng của xe.}$$

Theo nguyên lý cân bằng lực ta có được mô hình mô tả đối tượng, tức là mô tả quan hệ giữa tín hiệu vào $u(t)$ và tín hiệu ra $y(t)$ như sau:

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} + d \frac{dy}{dt} = u \quad \Rightarrow \quad G(s) = \frac{k}{s(1+Ts)} \quad (1.1a)$$

trong đó $k = \frac{1}{d}$ và $T = \frac{m}{d}$.