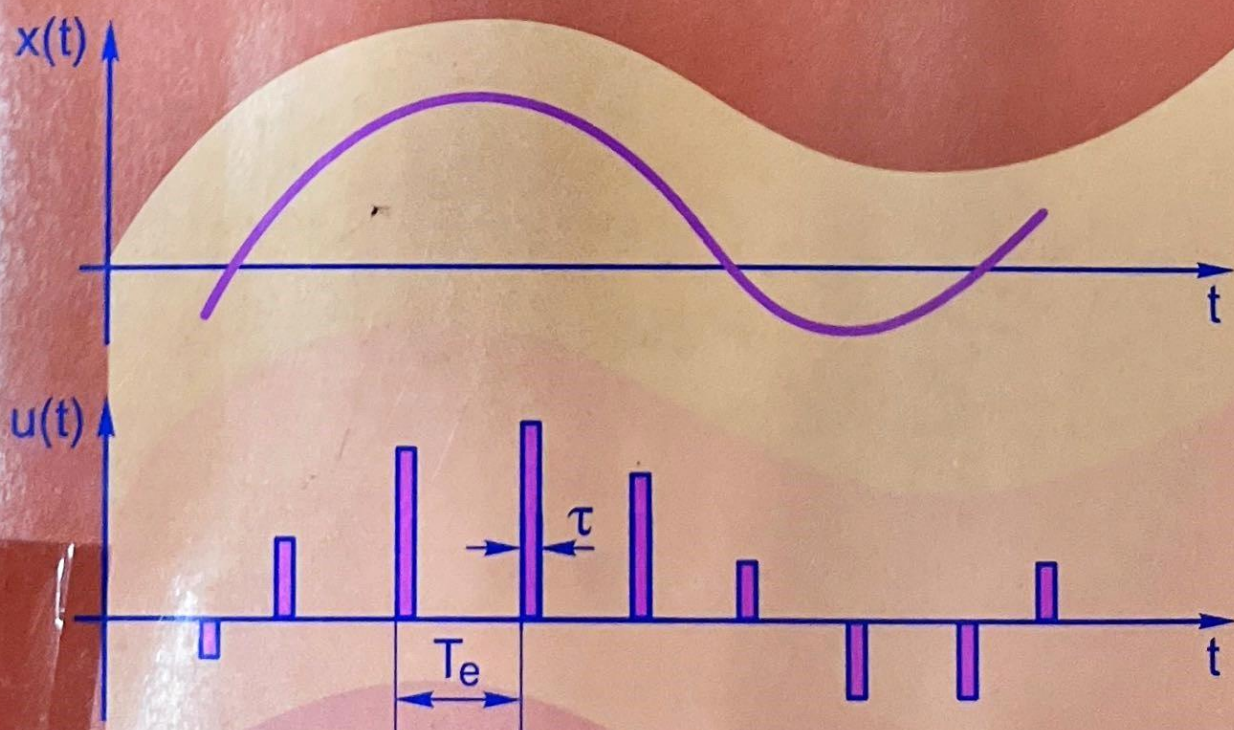


PGS. TS. PHẠM THƯỢNG HÀN

XỬ LÝ SỐ TÍN HIỆU và ỨNG DỤNG

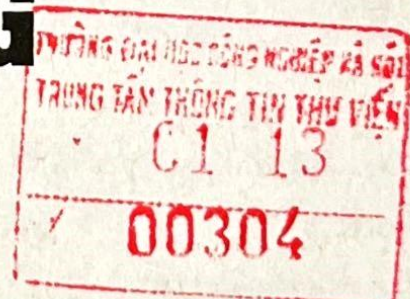


NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

PGS.TS. PHẠM THƯỢNG HÀN

XỬ LÝ SỐ TÍN HIỆU VÀ ỨNG DỤNG

(Tái bản lần thứ hai)



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

LỜI GIỚI THIỆU

Quyển sách này là kết quả của một quá trình nhiều năm giảng dạy và nghiên cứu của ông Phạm Thượng Hàn ở trường Đại học Bách khoa Hà Nội về “Xử lý số tín hiệu và ứng dụng”.

Trong quyển sách này tác giả đã giới thiệu đầy đủ, lần lượt những kiến thức cơ bản về lý thuyết tín hiệu, từ những khái niệm cơ sở về tín hiệu tiền định tín hiệu ngẫu nhiên và các phép biến đổi chúng và các thuật toán để thực hiện các biến đổi đó trên máy tính.

Ngoài ra, để giúp bạn đọc dễ theo dõi nội dung kỹ thuật và khỏi sa vào những chi tiết toán học phức tạp, tác giả cũng đã giới thiệu ngắn gọn, đủ dùng các phép biến đổi Furiê, biến đổi Hartley, biến đổi Walsh, biến đổi Laplatxơ, biến đổi Z và biến đổi Wavelet là những công cụ toán học cần thiết cho việc tìm hiểu lý thuyết tín hiệu.

Đặc biệt, trong các chương cuối, tác giả đã giới thiệu nhiều thuật toán mới để phân tích, xử lý các tín hiệu ngẫu nhiên, trong đó có những thuật toán được trình bày chi tiết đến mức có thể thực hiện ngay trên máy tính với bất kỳ ngôn ngữ thông dụng nào, là những kết quả mới nhất của tác giả và các đồng nghiệp của ông.

Chúng tôi hy vọng rằng quyển sách này sẽ rất bổ ích đối với sinh viên các ngành kỹ thuật khác nhau cũng như đối với những ai có nhu cầu sử dụng các phương pháp có hiệu quả để xử lý các tín hiệu ngẫu nhiên.

PGS. NGUYỄN HỒ QUỲNH

LỜI NÓI ĐẦU

Trong sự phát triển của khoa học kỹ thuật, các phương pháp tiên tiến để xử lý tín hiệu trong đó nổi bật là các phương pháp xử lý số tín hiệu có một ý nghĩa rất lớn - việc thực hiện các phương pháp xử lý số tín hiệu trong kỹ thuật nói chung và kỹ thuật đo lường điều khiển nói riêng (ĐL - ĐK) thực sự là một cuộc cách mạng, nó đòi hỏi phải thay đổi chương trình đào tạo kỹ sư ngành ĐL - ĐK cho phù hợp với kỹ thuật mới của thời đại tin học, đó là kỹ thuật vi xử lý và vi tính ứng dụng vào ĐL - ĐK.

Thuật ngữ xử lý tín hiệu (SP: Signal Processing) đại biểu cho tập hợp những phương pháp và kỹ thuật dựa trên cơ sở lý thuyết hàm ngẫu nhiên và các phương pháp xác suất thống kê, được sử dụng khi phải phân tích một tín hiệu bất kỳ (ngẫu nhiên hay tiền định) nhận được sau phép đo hay lọc một tín hiệu khi phải truyền nó qua một đường truyền tin không lý tưởng.

Trong thực tế kỹ thuật đo lường, đa số tín hiệu nhận được đều là tín hiệu ngẫu nhiên (THNN), nghĩa là sự thay đổi của nó theo thời gian không theo một quy luật nào cả, mọi giá trị của nó tại mọi thời điểm đều là giá trị ngẫu nhiên. Tần số của THNN có thể rất cao. Để thu nhận được thông tin bổ ích từ THNN phải sử dụng các phép phân tích tín hiệu đó là các phép phân tích tương quan (phân tích tín hiệu trong miền thời gian) và phép phân tích phổ (phân tích tín hiệu trong miền tần số) - Đó chính là nội dung cơ bản của kỹ thuật xử lý tín hiệu.

Ngoài việc phân tích tín hiệu trong kỹ thuật thông tin viễn thông, đo và điều khiển từ xa, phép xử lý tín hiệu còn có tác dụng như một phép lọc.

Phép xử lý tín hiệu tác động vào thiết bị gia công để giúp ta lặp lại đến mức chính xác nhất tín hiệu ban đầu, mặc dù nó đã bị lẫn với tạp âm. Như thế quá trình xử lý tín hiệu là thực hiện một phép lọc tín hiệu khi gia công nó.

Để thực hiện được các phương pháp xử lý tín hiệu ta phải sử dụng các khái niệm toán học như các phép biến đổi tín hiệu (biến đổi Furiê, biến đổi Hartley, biến đổi Uansơ, biến đổi Laplatxơ, biến đổi Z, biến đổi Wavelet, thuật toán nhân chập, lọc số v.v...) và các đặc trưng thống kê của tín hiệu ngẫu nhiên như: hàm phân bố xác suất, hàm tương quan, hàm mật độ phổ công suất v.v...

Việc nghiên cứu, tìm tòi các angôrit (algorithm) xử lý nhanh đã trở nên cấp thiết nhằm mục đích xử lý tín hiệu ở toạ độ thời gian thực bằng máy tính. Về phương diện này thì các phương pháp tương tự có ưu điểm là phân tích nhanh nhưng nhược điểm lớn là kém chính xác nên việc tiến hành xử lý số tín hiệu với các angôrit nhanh ngày càng chiếm ưu thế.

Giáo trình này được viết ra trước tiên cho sinh viên ngành Đo lường - điều khiển làm cơ sở cho những môn học chuyên ngành. Nó cũng được dùng cho những ngành khác như Điện tử, Tin học, Viễn thông, Vật lý, Y học, Cơ học v.v... và những ai quan tâm đến nó.

Cuốn sách lần đầu được viết ra vào năm 1993 cho đến nay đã được nhiều bạn đọc hoan nghênh và khích lệ. Trong lần in này chúng tôi cố gắng hiện đại hoá, sửa chữa và chỉnh lý bổ sung thêm cho phù hợp với yêu cầu thực tế. Tuy nhiên, vẫn còn nhiều thiếu sót, rất mong quý độc giả góp ý, phê bình. Mọi ý kiến xin gửi về Bộ môn Kỹ thuật đo và Tin học công nghiệp, Đại học Bách khoa Hà Nội. ĐT: 04. 8696233 hoặc gọi trực tiếp cho tác giả ĐT : 0912346632 hoặc gửi về Công ty cổ phần Sách Đại học - Dạy nghề, Nhà xuất bản Giáo dục, 25 - Hàn Thuyên, Hà Nội.

Tác giả xin chân thành cảm ơn bộ môn Kỹ thuật đo và Tin học công nghiệp, ĐHBK Hà Nội cùng các PGS. TS. Lê Đình Anh, PGS.TS. Nguyễn Thế Thắng đã có những nhận xét quý cho bản thảo cuốn sách.

Đặc biệt tác giả xin chân thành cảm ơn Phó Giáo sư Nguyễn Hồ Quỳnh, một chuyên gia nổi tiếng trong lĩnh vực xử lý tín hiệu và toán học thống kê đã đọc, duyệt bản thảo và góp nhiều ý kiến cho cuốn sách được hoàn thiện hơn.

Tác giả

PGS.TS PHẠM THUƠNG HÀN

MỤC LỤC

	Trang
Lời giới thiệu	3
Lời nói đầu	5
Phần I. TÍN HIỆU VÀ CÁC PHÉP BIẾN ĐỔI TÍN HIỆU	
Chương 1. Khái niệm về tín hiệu	
1.1. Định nghĩa về tín hiệu	7
1.2. Phân loại tín hiệu	8
1.3. Tín hiệu gần tiên định và các đặc trưng của nó	10
1.4. Tín hiệu ngẫu nhiên và các đặc tính thống kê cơ bản của chúng	18
1.5. Bốn đặc tính số của THNN	22
1.6. Hệ thống các THNN	37
1.7. Tín hiệu ngẫu nhiên phức (THNNP)	42
1.8. Trường ngẫu nhiên (TNN)	45
Chương 2. Lấy mẫu tín hiệu	
2.1. Rời rạc hoá tín hiệu	61
2.2. Các định lý lấy mẫu	69
2.3. Lượng tử hoá tín hiệu	83
2.4. Mã hoá tín hiệu	85
Chương 3. Các phép biến đổi tín hiệu	
3.1. Phép biến đổi Furiê	88
3.2. Phép biến đổi HARTLEY	107
3.3. Phép biến đổi Walsh	108

3.4.	Phép biến đổi Laplace (LAPLACE)	112
3.5.	Phép biến đổi Z	115
3.6.	Phép biến đổi sóng nhỏ WT (WAVELET TRANSFORM)	118
3.7.	Thuật toán nhân chập	125

Phần II. XỬ LÝ TÍN HIỆU

Chương 4. Lọc tín hiệu

4.1.	Khái niệm về phép lọc	133
4.2.	Lọc tương tự	133
4.3.	Lọc số	138
4.4.	Đặc tính tần của lọc số	145
4.5.	Các dạng thể hiện của lọc số	148
4.6.	Tổng hợp lọc số	150
4.7.	Bộ lọc tuyến tính	158
4.8.	Phép lọc tối ưu	160
4.9.	Phép lọc thích nghi	161
4.10.	Phép lọc tương quan	164
4.11.	Ứng dụng của phép lọc thích nghi và lọc tương quan	166

Chương 5. Xử lý tín hiệu bằng phép phân tích tương quan

5.1.	Khái niệm về phép phân tích tương quan	167
5.2.	Áp dụng toán tử tương quan cho các tín hiệu ngẫu nhiên dừng và Êrgôdic	167
5.3.	Áp dụng toán tử tương quan cho các tín hiệu tuần hoàn	170
5.4.	Áp dụng toán tử tương quan cho các tín hiệu quá độ	174
5.5.	Tính kết hợp của toán tử tương quan	177
5.6.	Các angôrit (Algorithm) tính hàm tương quan của THNN dừng	177
5.7.	Angôrit nhanh tính HTQ - Angôrit thích nghi	181
5.8.	Thời gian lấy tích phân trong phép tính ước lượng HTQ	183

Chương 6. Xử lý tín hiệu bằng phép phân tích phổ

6.1. Khái niệm về phép phân tích phổ	186
6.2. Mật độ phổ năng lượng	187
6.3. Đo mật độ phổ	190
6.4. Đo mật độ phổ bằng phương pháp lọc	192
6.5. Đo mật độ phổ bằng phép biến đổi Furiê	194
6.6. Đo mật độ phổ qua hàm tương quan	197
6.7. Thực hiện bộ biến đổi Furiê rời rạc	197
6.8. Nhận xét về phép phân tích phổ tần số giới hạn trên $f_{\max}$	198

Chương 7. Ứng dụng xử lý tín hiệu trong kỹ thuật

7.1. Khái niệm chung	200
7.2. Xác định các đặc tính thống kê của tín hiệu vào một hệ thống đo lường tuyến tính	200
7.3. Xác định sai số bình quân phương khi đo một tín hiệu ngẫu nhiên	201
7.4. Đo đặc tính động (hàm truyền đạt, đáp ứng xung) của những hệ tuyến tính - Nhận dạng quá trình	203
7.5. Đo tính kết hợp (hệ số phụ thuộc)	207
7.6. Hệ thống đo lường tương quan	208
7.7. Đo hàm truyền đạt của một động cơ máy bay, động cơ phản lực kiểu Tuabin	209
7.8. Tự động nhận dạng quá trình	210
7.9. Phân tích các rung động	211
7.10. Ứng dụng vào khảo sát các hiện tượng âm học	216
7.11. Ứng dụng trong lĩnh vực vật lí địa cầu	217
7.12. Ứng dụng trong sinh học và y học	218
7.13. Đo từ xa các thông số của hệ thống điện	219

PHÂN BÀI TẬP

I. Bài tập về tín hiệu ngẫu nhiên	222
II. Bài tập về các phép biến đổi tín hiệu	227
III. Bài tập về lọc số	228

Tài liệu tham khảo

230