

Biên Dịch: TRẦN THẾ SAN
Hiệu Đính: TS NGUYỄN TIẾN DŨNG
Khoa Cơ Khí Chế Tạo Máy Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật Tp. HCM

THUẬT TOÁN
&
LẬP TRÌNH



CYBERNETICS
AND
AUTOMATION

CƠ SỞ NGHIÊN CỨU & SÁNG TẠO ROBOT

A DYNAMIC LEARNING PLATFORM !

ROBOT

TÍNH HỌC

ĐỘNG HỌC

ĐỘNG LỰC
HỌC

NHÀ XUẤT BẢN THỐNG KÊ

Cơ sở
NGHIÊN CỨU
và SÁNG TẠO
ROBOT

Biên dịch: TRẦN THẾ SAN
Hiệu đính: TS. NGUYỄN TIẾN DŨNG
KHOA CHẾ TẠO MÁY
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH

Cơ sở
NGHIÊN CỨU và SÁNG TẠO
ROBOT

NHÀ XUẤT BẢN THỐNG KÊ

Lời nói đầu

Kỹ thuật tự động hóa là một trong những ngành kỹ thuật cao đang phát triển mạnh mẽ. Robotics, là một trong các chuyên ngành kỹ thuật điều khiển tự động, đang được ứng dụng rộng rãi trên thế giới, bắt đầu được chú ý nhiều ở nước ta. Để xây dựng nền sản xuất hiện đại, chúng ta cần nhanh chóng ứng dụng và phát triển ngành tự động hóa và robotics. Nhiều trường đại học, viện nghiên cứu, ... đang có các công trình về tự động hóa và robotics. Chuyên ngành này cũng rất hấp dẫn các bạn trẻ, nhất là các sinh viên kỹ thuật.

Trong các khu công nghiệp đang xuất hiện các hệ thống và quy trình sản xuất tự động hoặc bán tự động, trong đó các tay máy, người máy được sử dụng rộng rãi.

Cuốn sách này cung cấp kiến thức cơ bản để tìm hiểu, nghiên cứu, và sáng tạo robot, đặc biệt tập trung vào các vấn đề cơ học, động học, và động lực học của các cơ cấu chấp hành.

Từ cuốn sách này, bạn đọc có kiến thức cơ bản về toán cao cấp, cơ lý thuyết, cơ học máy, ... có thể tìm được nhiều kiến thức bổ ích và lý thú. Sách phục vụ rộng rãi cho đông đảo bạn đọc là sinh viên, cán bộ kỹ thuật, kỹ sư, các nhà quản lý, và mọi người quan tâm đến lĩnh vực tay máy, người máy.

MỤC LỤC

Chương 1. Giới thiệu	7
Lịch sử phát triển	8
Các cơ cấu	10
Khâu và khớp	10
Chuỗi động học, cơ cấu, máy móc	12
Bậc tự do của cơ cấu	13
Tiêu chuẩn chuyển động theo vòng	18
Hệ thống robot	20
Phân loại robot	22
Phân loại theo số bậc tự do	22
Phân loại theo cấu trúc động học	22
Phân loại theo hệ thống truyền động	22
Phân loại theo dạng hình học không gian làm việc	24
Phân loại theo đặc tính chuyển động	25
Định vị, định hướng, và vị trí của vật rắn	27
Xác định vị trí	28
Xác định hướng	29
Xác định vị trí	39
Các biến đổi đồng nhất	40
Tọa độ đồng nhất	40
Ma trận biến đổi đồng nhất	41
Biến đổi đồng nhất phối hợp	42
Cơ học cơ cấu chấp hành robot	43
Động học	43
Tĩnh học	44
Động lực học	44
Tóm tắt	45

Chương 2. Phân tích vị trí của cơ cấu chấp hành nối tiếp..... 46

Giới thiệu	46
Các thông số khâu và hệ thống tọa độ khâu	47
Các ma trận biến đổi đồng nhất Denavit-Hartenberg	50
Phương trình vòng kín	55
Các hệ tọa độ	59
Phương pháp Denavit-Hartenberg	59
Phân tích vị trí cơ cấu chấp hành 3-dof phẳng	60
Phân tích vị trí của robot Scorbot	64
Phân tích vị trí của robot Fanuc S-900W	66
Giải pháp Tsai và Morgan	75
Phương pháp chuyển vị xoắn liên tiếp	81
Phép biến đổi dựa trên chuyển vị xoắn	81
Sự chuyển vị xoắn liên tiếp	85
Phân tích vị trí của cơ cấu chấp hành khuỷu	88
Phân tích vị trí tay máy Stanford	93
Tóm tắt	99

Chương 3. Phân tích vị trí cơ cấu chấp hành song song..... 100

Giới thiệu	100
Phân loại cấu trúc cơ cấu chấp hành song song	101
Cơ cấu chấp hành song song phẳng	102
Các cơ cấu chấp hành song song cầu	103
Cơ cấu chấp hành song song không gian	104
So sánh phương pháp DENAVIT-HARTENBERG với phương pháp hình học	105
Phân tích vị trí cơ cấu chấp hành song song 3RRR phẳng	107
Hình học của cơ cấu chấp hành	107
Đông học đảo	109
Động học thuận	109
Phân tích vị trí cơ cấu định hướng không gian	111

Hình học của cơ cấu	112
Động học đảo	114
Động học thuận	115
Phân tích vị trí cơ cấu chấp hành MARYLAND	116
Hình học cơ cấu	116
Động học đảo	118
Động học thuận	120
Phân tích vị trí cơ cấu chấp hành song song không gian 3 RPS .	123
Hình học cơ cấu vận hành	123
Các ràng buộc của khớp quay	126
Chiều dài nhánh i	127
Động học đảo	127
Động học thuận	128
Phân tích vị trí bộ STEWART- GOUGH tổng quát	132
Hình học cơ cấu	133
Động học đảo	134
Động học thuận	134
Phân tích vị trí bộ STEWART- GOUGH cận tổng quát	136
Phân tích vị trí bộ STEWART- GOUGH 3-3	138
Tóm tắt	140

Chương 4. Phân tích JACOBI trong cơ cấu chấp hành nối tiếp..... 141

Giới thiệu	141
Động học vi phân của vật rắn	142
Vận tốc góc của vật rắn	143
Vận tốc tuyến tính của một điểm	145
Trục quay tức thời	146
Động học vi phân của cơ cấu chấp hành nối tiếp.....	148
Ma trận biến đổi vi phân khâu	148
Ma trận biến đổi vi phân toàn bộ cơ cấu	150
Tọa độ quay và hệ thống quay	152
Ma trận Jacobi của cơ cấu chấp hành	155

Ma trận Jacobi quy ước	156
Ma trận Jacobi của cơ cấu chấp hành phẳng 2 bậc tự do	158
Ma trận Jacobi của cơ cấu chấp hành phẳng 3 bậc tự do	159
Ma trận Jacobi của cơ cấu chấp hành Stanford	160
Ma trận Jacobi quay vít	163
Ma trận Jacobi quay vít của cơ cấu chấp hành Stanford	166
Ma trận Jacobi quay vít của cơ cấu chấp hành khuỷu	169
Ma trận Jacobi quay vít của cơ cấu chấp hành 6R cận tổng quát	174
Biến đổi tọa độ quay vít	177
Quan hệ giữa hai phương pháp	183
Số điều kiện	184
Phân tích cấu hình đặc biệt	187
Cấu hình đặc biệt của cơ cấu chấp hành phẳng 3 bậc tự do ..	189
Cấu hình đặc biệt cơ cấu chấp hành Stanford	189
Cấu hình đặc biệt của cơ cấu khuỷu	191
Tóm tắt	192

Chương 5. Phân tích JACOBI cơ cấu chấp hành song song 193

Giới thiệu	193
Ma trận Jacobi	193
Các điều kiện đặc biệt	194
Trạng thái đặc biệt động học đảo	194
Trạng thái đặc biệt động học thuận	195
Trạng thái đặc biệt hỗn hợp	195
Jacobi quy ước	195
Jacobi của cơ cấu song song phẳng 3 RRR	196
Ma trận Jacobi của cơ cấu định hướng không gian	200
Ma trận Jacobi cơ cấu chấp hành của Đại học Maryland	203
Ma trận Jacobi của tay máy Stewart-Gough	207
Quay vít thuận nghịch	208
Các quay vít thuận nghịch của vài cặp động học	211
Các quay vít của chuỗi động học	212

Ma trận Jacobi quay vít	214
Ma trận Jacobi quay vít của bộ Stewart-Gough	217
Ma trận Jacobi quay vít của cơ cấu chấp hành có ba động cơ phẳng	220
Tóm tắt	224
Chương 6. Tĩnh học và phân tích độ cứng vững	225
Giới thiệu	225
Tĩnh học cơ cấu chấp hành nối tiếp	225
Sự cân bằng lực và moment khâu	226
Phương pháp đệ qui	227
Moment ngẫu lực khớp tương đương	229
Ứng dụng nguyên lý công ảo	236
Ellipsoid lực	237
Phép biến đổi lực và moment	239
Phân tích độ cứng vững cơ cấu chấp hành nối tiếp	243
Ma trận phối hợp	243
Ma trận cứng vững	244
Tĩnh học cơ cấu chấp hành song song	246
Phương pháp giản đồ vật thể tự do	246
Áp dụng nguyên lý công ảo	249
Phân tích độ vững cứng cơ cấu chấp hành song song	252
Phân tích độ cứng vững bộ Stewart-Gough 3-3	252
Tóm tắt	256
Chương 7 Cơ cấu cổ tay	257
Giới thiệu	257
Cơ cấu cổ tay bánh răng nón	259
Cấu trúc cơ cấu	261
Sơ đồ chức năng	261
Biểu diễn đồ thị	261
Biểu diễn theo đồ thị chuẩn tắc	262
Đặc tính cấu trúc bộ truyền động bánh răng epicyclic	264
Phân loại cơ cấu cổ tay	266

Động học truyền động bánh răng epicyclic	268
Phương trình mạch cơ sở	268
Điều kiện đồng trục	269
Động học cơ cấu cổ tay robot	273
Chuỗi vòng hở tương đương	274
Phép biến đổi giữa không gian khớp và không gian bộ tác động	275
Quan hệ vận tốc góc	277
Phân tích lực tĩnh học	277
Nguyên lý công ảo	277
Đường truyền động	279
Động học của cổ tay Bendix	280
Tóm tắt	282
Chương 8. Cơ cấu chấp hành truyền động bằng đai	283
Giới thiệu	283
Phân loại cơ cấu truyền động đai	283
Truyền động đai vòng kín	283
Truyền động đai đầu hở	284
Biểu diễn sơ đồ phẳng	286
Động học cơ cấu chấp hành truyền động đai	288
Phương trình mạch cơ sở	289
Điều kiện đồng trục	290
Đường truyền động	290
Phân tích lực tĩnh học	295
Ma trận cấu trúc khả thi	298
Đặc tính cấu trúc	298
Ma trận cấu trúc đẳng cấu	299
Ma trận cấu trúc giả tam giác khả thi	300
Phân giải lực dư thừa	302
Nguyên lý cơ bản	304
Ứng dụng vào hệ thống đa bậc tự do	306
Tóm tắt	314

Chương 9. Động lực học cơ cấu chấp hành nối tiếp315

Giới thiệu	315
Các tính chất khối lượng	317
Tâm khối lượng	317
Ma trận quán tính	318
Định lý trục song song	319
Moment quán tính chính	320
Moment khối lượng	321
Moment khối lượng tuyến tính	321
Moment khối lượng góc	322
Biến đổi ma trận quán tính	323
Động năng	324
Định luật NEWTON - EULER	325
Điểm quy chiếu chung	325
Tâm khối lượng là điểm quy chiếu	326
Công thức NEWTON - EULER đệ quy	328
Tính toán thuận	330
Tính toán ngược	332
Phương trình moment ngẫu lực khớp	333
Công thức LAGRANGE	337
Tọa độ tổng quát hóa	339
Động năng	340
Thế năng	342
Lực tổng quát hóa	343
Dạng tổng quát các phương trình động lực	344
Tác dụng quán tính của rotor	354
Phân tích động học	355
Động năng của rotor quay	356
Phân tích động lực học	358
Phương trình động lực không gian bộ tác động cuối	361
Tóm tắt	363

Chương 10. Động lực học cơ cấu	
chấp hành song song	364
Giới thiệu	364
Công thức NEWTON - EULER	364
Động lực học hệ Stewart - Gough	365
Động lực học của các nhánh	371
Động lực học hệ di động	373
Bộ tác động và phản lực nền	374
Quy trình Newton-Euler	375
Nguyên lý công ảo	376
Ma trận Jacobi khâu	378
Sự quay xoắn quán tính và tác dụng	381
Phương trình chuyển động	381
Qui trình d'Alembert	383
Ví dụ bằng số	384
Công thức LAGRANGE	387
Động lực học Lagrange cơ cấu chấp hành của	
đại học Maryland	388
Tóm tắt	393
Phụ lục A. Phương pháp liên tục	394
Số Bezout	394
Công thức đồng nhất cơ bản	395
Sự đồng nhất hóa - m	396
Nghiệm ở vô cực	398
Phương pháp liên tục	399
Hàm đồng nhất	400
Hệ ban đầu	400
Đường dẫn	402
Nghiệm Tsai và Morgan	402
Tính đồng nhất Cheater	405

Phụ lục B. Phương pháp loại trừ thẩm tách Sylvester 407

Các bước loại trừ 407

Ví dụ 408

Phụ Lục C. Giải pháp Raghavan và Roth 409

Phương trình vòng kín 409

Loại trừ θ_1 và θ_2 412

Loại trừ θ_4 và θ_5 412

CƠ SỞ NGHIÊN CỨU & SÁNG TẠO

ROBOT

Trần Thế Sơn

Chịu trách nhiệm xuất bản :

Giám Đốc **CÁT VĂN THÀNH**

Biên tập : **NGUYỄN HẠNH**

Bìa : **DUY TRẦN**

Sửa bản in : **TÁC GIẢ**

In 1.000 cuốn khổ (14,5x20,5)cm tại Xưởng In Trung Tâm Hội Chợ Triển Lãm Việt Nam. GPXB số 23-1232/XB-QLXB do Cục Xuất Bản cấp ngày 23/10/2002. In xong và nộp lưu chiểu quý 1/ 2003.