

Оглавление

Предисловие редактора перевода	xiii
Предисловие	xv
ГЛАВА 1. Введение	1
1.1. История автоматизации промышленного производства	1
1.2. Механика манипуляторов и управление ими	4
1.3. Условные обозначения	20
ГЛАВА 2. Пространственные описания и преобразования	27
2.1. Введение	27
2.2. Описания: положения, ориентации, системы отсчета	27
2.3. Отображения: перевод описаний из одной системы отсчета в другую	32
2.4. Операторы: сдвиги, вращения и преобразования	40
2.5. Общие выводы	46
2.6. Арифметика преобразования	47
2.7. Уравнения преобразования	50
2.8. Другие способы представления ориентации	54
2.9. Преобразование свободных векторов	68
2.10. Эффективность вычислений	70
ГЛАВА 3. Кинематика манипуляторов	85
3.1. Введение	85
3.2. Описание звена	85
3.3. Описание соединения звеньев	89
3.4. Привязка систем отсчета к звеньям манипулятора	92
3.5. Кинематика манипуляторов	100
3.6. Пространство положений приводов, конфигурационное про- странство и декартово пространство	103
3.7. Примеры: кинематика двух промышленных роботов	105

3.8.	Системы отсчета со стандартными именами	118
3.9.	Где находится инструмент?	121
3.10.	Эффективность вычислений	121
ГЛАВА 4.	Обратная задача кинематики манипуляторов	135
4.1.	Введение	135
4.2.	Разрешимость	135
4.3.	Понятие подпространства манипулятора с $n < 6$	142
4.4.	Алгебраический и геометрический подходы	145
4.5.	Алгебраическое решение за счет сведения к многочлену	151
4.6.	Решение Пайпера в случае трех пересекающихся осей	152
4.7.	Примеры решения обратной задачи кинематики манипуляторов	155
4.8.	Стандартные системы отсчета	165
4.9.	Функция SOLVE для манипулятора	167
4.10.	Повторяемость и точность	168
4.11.	Эффективность вычислений	169
ГЛАВА 5.	Якобианы: скорости и статические силы	181
5.1.	Введение	181
5.2.	Положение и ориентация, изменяющиеся во времени	181
5.3.	Линейная и угловая скорости твердых тел	185
5.4.	Более подробно об угловой скорости	189
5.5.	Движение звеньев робота	194
5.6.	«Распространение» скорости от звена к звену	194
5.7.	Якобианы	200
5.8.	Особые точки	203
5.9.	Статические силы в манипуляторе	206
5.10.	Якобианы в пространстве сил	210
5.11.	Декартово преобразование скоростей и статических сил	211
ГЛАВА 6.	Динамика манипуляторов	223
6.1.	Введение	223
6.2.	Ускорение твердого тела	223
6.3.	Распределение масс	226
6.4.	Уравнение Ньютона и уравнение Эйлера	231
6.5.	Итерационный метод Ньютона–Эйлера	232
6.6.	Сравнение итерационного и аналитического методов	237
6.7.	Пример динамических уравнений в замкнутой форме	237

6.8.	Структура динамических уравнений манипулятора	241
6.9.	Динамика манипуляторов в формулировке Лагранжа	244
6.10.	Формулировка динамики манипуляторов в декартовом пространстве	248
6.11.	Включение в уравнения динамики влияния нетвердых тел	252
6.12.	Моделирование динамики	253
6.13.	Эффективность вычислений	254

ГЛАВА 7. Генерация траектории	269	
7.1.	Введение	269
7.2.	Общие сведения, касающиеся описания и расчета траектории	270
7.3.	Траектории в конфигурационном пространстве	271
7.4.	Траектории в декартовом пространстве	290
7.5.	Геометрические проблемы построения траекторий в пространстве декартовых координат	293
7.6.	Генерация траекторий во время выполнения программы	297
7.7.	Описание траекторий на языке программирования роботов	300
7.8.	Планирование траекторий на основе динамической модели	301
7.9.	Планирование траекторий без столкновений	301

ГЛАВА 8. Проектирование манипуляторов	309	
8.1.	Введение	309
8.2.	Проектирование с учетом требований задачи	310
8.3.	Конфигурация кинематической цепи	314
8.4.	Количественная оценка рабочего пространства	321
8.5.	Избыточные и замкнутые структуры	325
8.6.	Приводные схемы	329
8.7.	Жесткость и прогибы	332
8.8.	Датчики положения	338
8.9.	Датчики силы	339
8.10.	Нюансы проектирования датчиков силы	340

ГЛАВА 9. Линейное управление манипуляторами	353	
9.1.	Введение	353
9.2.	Управление с обратной связью	354
9.3.	Линейные системы второго порядка	356
9.4.	Управление системами второго порядка	365
9.5.	Разделение закона управления	367

13.2. Основные вопросы, связанные с разработкой систем автономного программирования	483
13.3. Симулятор Pilot	490
13.4. Автоматическое выполнение подзадач в системах автономного программирования роботов	500
Приложение А. Тригонометрические тождества	507
Приложение В. 24 представления ориентации с помощью множества углов	509
Приложение С. Некоторые формулы обратной кинематики	513
Решения отдельных упражнений	515
Предметный указатель	525