

Spis treści



Przedmowa	9
1. Wprowadzenie	11
1.1. Podstawowe reguły i etapy modelowania	12
1.2. Wybór parametrów do opisu ruchu modelu układu rzeczywistego	13
1.3. Więzy krepujące układy materialne	22
1.4. Skutki linearyzacji modelu nieliniowego	23
1.5. Skutki założeń modelowych – przykład – koło sztywne i koło ogumione	25
2. Klasyfikacje modeli kinematyki i dynamiki dla układów mechanicznych	27
2.1. Klasyfikacja więzów	27
2.2. Modele układów holonomicznych – przykłady	31
2.3. Modele układów nieholonomicznych – przykłady	32
2.4. Klasyfikacja modeli układów z punktu widzenia zadań sterowania	37
3. Metody modelowania nieliniowych układów holonomicznych	43
3.1. Równania Lagrange'a II rodzaju	43
3.2. Kanoniczne równania Hamiltona	47
3.3. Manipulator wielocłonowy – budowa i analiza modelu dynamiki	51
3.3.1. Sformułowanie celu modelowania i założeń fizycznych	52
3.3.2. Model fizyczny manipulatora	53
3.3.3. Modele matematyczne trójcłonowego manipulatora płaskiego	56
3.3.4. Weryfikacja modelu matematycznego trójcłonowego manipulatora płaskiego	62
4. Metody modelowania nieliniowych układów nieholonomicznych	71
4.1. Kinematyczne i dynamiczne modele układów nieholonomicznych	71
4.2. Równania Lagrange'a z mnożnikami	72
4.3. Równania Maggiiego	73
4.4. Równania Boltzmann-Hamela	79
4.5. Roller-racer – pojazd z kołami biernymi – przykład budowy modelu dynamiki	86

4.6.	Pojazd kołowy z kołami czynnymi – przykład budowy modelu dynamiki	89
4.7.	Snake-board – pojazd z kołami biernymi – przykład budowy modelu dynamiki	94
4.8.	Pojazd z przyczepą – przykład modelowania z wykorzystaniem quasi-współrzędnych	98
4.9.	Pojazd podwodny – przykład budowy modelu dynamiki	101
4.10.	Układ biomechaniczny – przykład budowy modelu dynamiki robaka z łuską	108
4.11.	Robot typu wąż – model inspirowany ruchem organizmu żywego	111
4.12.	Model manipulatora kosmicznego – przykład budowy modelu dynamiki	113
4.13.	Model satelity serwisowego – przykład budowy modelu dynamiki z wykorzystaniem kwaternionów	118
5.	Reprezentacja równań więzów w analizie numerycznej modeli nieliniowych i aspekty numeryczne rozwiązywania równań ruchu układów mechanicznych	123
6.	Wprowadzenie do teorii sterowania nieliniowego – podstawowe narzędzia stosowane w nieliniowej teorii sterowania (NTS)	137
6.1.	Rodzaje zadań sterowania i etapy projektowania sterowania nieliniowego	137
6.2.	Sterowalność lokalna, globalna oraz narzędzia jakościowego i ilościowego badania sterowalności modeli nieliniowych	139
6.3.	Metody linearyzacji nieliniowych modeli sterowania w pętli sprzężenia zwrotnego – linearyzacja zupełna i częściowa, linearyzacja wejście-stan, wejście-wyjście	151
6.4.	Stateczność i badanie stateczności modelu sterowania w pętli sprzężenia zwrotnego	155
7.	Strategie i algorytmy sterowania dla modeli nieliniowych holonomicznych i nieholonomicznych na poziomie kinematyki	169
8.	Strategie i algorytmy sterowania nieliniowego oparte na modelach dynamicznych	179
8.1.	Klasyfikacje modeli oraz strategii i algorytmów sterowania nieliniowego	179
8.2.	Metody sterowania nieadaptacyjnego na poziomie dynamiki – przykłady algorytmów sterowania dla modeli układów holonomicznych	180
8.3.	Metody sterowania nieadaptacyjnego na poziomie dynamiki – przykłady algorytmów sterowania dla modeli układów z więzami holonomicznymi i nieholonomicznymi	184
8.4.	Metody sterowania adaptacyjnego na poziomie dynamiki – przykłady algorytmów	191
8.5.	Metody sterowania dla układów niedostereowanych	195
8.6.	Metody sterowania typu learning, repetitive i inne metody sterowania na poziomie dynamiki	204
8.7.	Inne współczesne metody sterowania – wybrane przykłady	207
8.7.1.	Metoda sterowania typu backstepping	208
8.7.2.	Sterowanie typu flatness based oparte na własności płaskości różniczkowej	212
9	Badania eksperymentalne w zakresie zastosowania i oceny efektywności algorytmów sterowania nieliniowego	221
9.1.	Specyfikacja techniczna i oprogramowanie robota Pioneer 3-DX	222
9.2.	Model sterowania robota Pioneer 3-DX	224
9.3.	Implementacja algorytmu śledzącego w środowisku ARIA	224
9.4.	Testy w symulatorze MobileSim	226
9.5.	Testy eksperymentalne na robocie Pioneer 3-DX	228