

Przedmowa	7
Notacja	13
1. Wprowadzenie do problemu identyfikacji	17
1.1. System rzeczywisty i jego model	17
1.2. Praktyczne znaczenie modeli i ich rodzaje	22
1.3. Modelowanie analityczne a identyfikacja	25
1.3.1. Zasady modelowania analitycznego	25
1.3.2. Identyfikacja jako modelowanie empiryczne	28
1.4. Procedura identyfikacji – schemat wyznaczania modelu	32
Pytania i polecenia sprawdzające	34
2. Pozyskiwanie wiedzy wstępnej	37
2.1. Znaczenie wiedzy wstępnej	37
2.2. Deterministyczne metody pozyskiwania wiedzy wstępnej	38
2.2.1. Analiza odpowiedzi czasowych procesów liniowych	39
2.2.2. Ilościowa ocena dominujących cech procesów	41
2.3. Nieparametryczne stochastyczne metody identyfikacji	47
2.3.1. Analiza korelacyjna	48
2.3.2. Analiza widmowa	54
Pytania i polecenia sprawdzające	62
3. Modele parametryczne	63
3.1. Znaczenie struktury modelu	63

3.2.	Liniowość modelu ze względu na parametry	64
3.2.1.	Model w postaci regresji liniowej	64
3.2.2.	Zapis modelu w postaci regresji liniowej	65
3.3.	Modele systemów statycznych	71
3.4.	Modele obiektów dynamicznych	75
3.4.1.	Ogólne schematy identyfikacji modeli	75
3.4.2.	Ogólny model wejściowo-wyjściowy	79
3.4.3.	Modele czasu dyskretnego	84
3.4.4.	Podstawowy model czasu ciągłego (SISOC)	91
3.4.5.	SVF – przygotowanie regresji liniowej dla modeli SISOC	93
3.4.6.	Zastosowanie filtracji SVF do danych próbkowanych	96
3.4.7.	Model symulowany i predyktor jednokrokowy	99
3.4.8.	Dodatkowe uwagi na temat modeli	106
	Pytania i polecenia sprawdzające	114
4.	Wsadowe metody estymacji parametrycznej	115
4.1.	Problem estymacji parametrycznej	115
4.2.	Estymacja metodą LS błędu równaniowego	117
4.2.1.	Wsadowy estymator LS	117
4.2.2.	Własności statystyczne estymatora LS	125
4.2.3.	Ważony estymator LS	133
4.3.	Estymacja metodą IV zmiennych instrumentalnych	135
4.3.1.	Wsadowy estymator IV	135
4.3.2.	Własności statystyczne estymatora IV	136
4.3.3.	Sposoby generowania zmiennych instrumentalnych	139
4.4.	Zastosowanie metod LS i IV do identyfikacji	144
4.4.1.	Typy modeli a metody estymacji	144
4.4.2.	Ograniczanie obciążenia estymat	146
4.4.3.	Strategie wyboru metod estymacji parametrycznej	149
4.4.4.	Przykłady identyfikacji metodami LS i IV	150
	Pytania i polecenia sprawdzające	166
5.	Rekursywne metody estymacji parametrycznej	169
5.1.	Uzasadnienie wykorzystania estymatorów rekursywnych	169
5.2.	RLS – rekursywna wersja estymatora LS	170
5.3.	RELS – rekursywny estymator ELS	175
5.4.	RIV – rekursywna wersja estymatora IV	176
5.5.	Adaptacyjna identyfikacja rekursywna	178
5.6.	Wybór algorytmu rekursywnego	188
5.7.	Przykłady identyfikacji metodami rekursywnymi	188

Pytania i polecenia sprawdzające	209
6. Projektowanie eksperymentu identyfikacyjnego	211
6.1. Podstawowe decyzje projektowe	211
6.2. Dobór sygnałów pobudzających	213
6.2.1. Informatywność danych i nieustanne pobudzenie obiektu	213
6.2.2. Przykłady stosowanych sygnałów pobudzających	217
6.3. Identyfikacja w obecności sprzężenia zwrotnego	224
6.4. Dobór okresu próbkowania sygnałów	228
6.5. Wstępne przetwarzanie danych i łączenie estymat	231
6.5.1. Problem jakości i wyboru danych pomiarowych	231
6.5.2. Usuwanie niezerowych średnich (offsetów)	233
6.5.3. Filtracja danych pomiarowych	235
6.5.4. Agregacja estymat z podzbiorów danych	240
6.6. Uwagi dodatkowe	241
6.6.1. Zalecenia praktyczne	241
6.6.2. Identyfikacja etapowa	242
6.6.3. Identyfikacja parametryczna procesów całkujących . . .	243
6.6.4. Stosowanie heurystyk	245
Pytania i polecenia sprawdzające	245
7. Weryfikacja modeli	247
7.1. Jakość i koszt modelu	247
7.2. Metody sprawdzania elastyczności modelu	250
7.2.1. (m1): Weryfikacja krzyżowa (walidacja skrośna)	250
7.2.2. (m2): Porównanie modeli parametrycznych i nieparametrycznych	254
7.2.3. (m3) i (m4): Testowanie hipotez statystycznych	255
7.3. Metody sprawdzania oszczędności modelu	258
7.3.1. Zasada oszczędności	258
7.3.2. (m5): Metoda porównywania wartości statystyk	258
7.3.3. (m6): Uwarunkowanie macierzy $\mathbf{M}_I$	259
7.3.4. (m7): Analiza przedziałów ufności estymat	260
7.3.5. (m8): Kontrola skracania zer z biegunami transmitancji	261
7.3.6. Przykłady analizy elastyczności i oszczędności modeli .	261
7.4. Uwagi i zalecenia praktyczne	266
Pytania i polecenia sprawdzające	268

8. Przykład identyfikacji obiektu	269
8.1. Protokół identyfikacji systemu	269
8.2. Identyfikacja obiektu dynamicznego – emulator HILSys	270
8.3. Źródła danych do celów identyfikacji	280
 Dodatki	
A. Wybrane zagadnienia statystyki	281
A.1. Zbieżność według prawdopodobieństwa	281
A.2. Estymatory i ich własności	281
A.3. Przedziały ufności	285
B. Wybrane zagadnienia teorii systemów	287
B.1. Zasada superpozycji	287
B.2. Charakterystyka statyczna systemu	287
B.3. Transmitancja a operator transmitancyjny	288
B.4. Rząd dynamiki i rząd względny systemu liniowego	289
B.5. Wymierna aproksymacja modelu członu opóźniającego	290
B.6. Liniowe systemy nieminimalnofazowe	291
B.7. Wybrane metody dyskretyzacji	296
B.8. Statystyczne relacje wejście-wyjście dla systemu liniowego	299
C. Wybrane zagadnienia teorii sygnałów	301
C.1. Procesy stochastyczne	301
C.2. Funkcje korelacji i ich estymatory	305
C.3. Właściwości sygnałów w dziedzinie częstotliwości	309
C.4. Zasady próbkowania sygnałów	314
D. Informacje uzupełniające	317
D.1. Postaci transmitancji do wykresów z rys. 2.1 i rys. 2.2	317
 Bibliografia	319
 Indeks	325