

SPIS TREŚCI

Przedmowa	9
1. Wstęp	11
2. Pojęcia podstawowe	13
2.1. Identyfikacja, symulacja i analiza	13
2.2. Obiekt badań	14
2.3. Układ eksperymentu	16
2.4. Model podstawowy	17
2.5. Model scalony	17
2.6. Zależność funkcyjna i statystyczna	17
3. Elementy statystyki matematycznej	19
3.1. Wprowadzenie	19
3.2. Wybrane zagadnienia z teorii estymacji	20
3.2.1. Estymacja punktowa	21
3.2.2. Właściwości najlepszego estymatora	21
3.2.3. Ocena parametrów rozkładu zmiennej losowej	23
3.2.4. Estymacja przedziałowa	26
3.3. Weryfikacja hipotez statystycznych	29
3.3.1. Testy parametryczne	30
3.3.2. Testy nieparametryczne	33
4. Wyznaczanie czynników na wejściu obiektu badań	38
4.1. Badania rozpoznawcze	39
4.2. Program statyczny randomizowany kompletny	40
4.3. Programy statyczne randomizowane blokowe	42
4.3.1. Program statyczny randomizowany blokowy kompletny	43
4.3.2. Program statyczny randomizowany blokowy niekompletny zrównoważony i częściowo zrównoważony	44
4.4. Programy statyczne randomizowane kwadratowe	46

4.4.1.	Program statyczny randomizowany kwadrat łaciński	46
4.4.2.	Program statyczny randomizowany kwadrat grecko-łaciński	50
4.5.	Program statyczny randomizowany prostokąt Youdena	53
4.6.	Program statyczny randomizowany „bilans losowy”	57
4.7.	Programy Placketta–Burmana	63
4.8.	Przykład wyznaczania zbioru czynników na wejściu obiektu z zastosowaniem programu statycznego randomizowanego kwadrat grecko-łaciński rzędu 5×5	66
4.9.	Grupowanie czynników wejściowych	71
5.	Model matematyczny obiektu badań	76
5.1.	Modele liniowe ze względu na współczynniki	77
5.2.	Modele nieliniowe ze względu na współczynniki	79
5.3.	Przekształcanie funkcji nieliniowych ze względu na współczynniki	81
5.4.	Normowanie zmiennych wejściowych	85
5.5.	Renormowanie zmiennych wejściowych	88
5.6.	Dobór postaci modelu matematycznego	90
6.	Identyfikacja obiektów wielowymiarowych metodą funkcji korelacji	92
6.1.	Statystyczne metody identyfikacji obiektów wielowymiarowych	92
6.2.	Metoda funkcji korelacji	93
7.	Identyfikacja obiektów wielowymiarowych metodą analizy regresji	102
7.1.	Opis metody	102
7.2.	Zasada najmniejszej sumy kwadratów	103
7.3.	Udoskonalona zasada najmniejszej sumy kwadratów	107
7.4.	Minimalna suma modułów błędów	108
8.	Identyfikacja obiektów wielowymiarowych metodą analizy czynnikowej	110
8.1.	Wprowadzenie	110
8.2.	Konieczna liczba powtórzeń	111
8.3.	Programy statyczne zdeterminowane	114
8.3.1.	Dwupoziomowy plan całkowity	114
8.3.2.	Dwupoziomowe plany ułamkowe	122
8.3.3.	Plany trójpoziomowe	123
8.3.4.	Plany pięciopoziomowe kompozycyjne	130
9.	Identyfikacja silnie nieliniowych układów mechanicznych metodą przekształcenia modulacyjnego	139
9.1.	Wprowadzenie	139
9.2.	Układ mechaniczny i jego nieliniowości	139
9.3.	Model nominalny układu mechanicznego	140
9.4.	Model matematyczny układu mechanicznego	141
9.5.	Identyfikacja układu dynamicznego	145
9.6.	Metody identyfikacji nieliniowych układów mechanicznych	146
9.7.	Metoda funkcji modulującej	146
9.8.	Przekształcenie modulacyjne funkcji	148
9.9.	Algorytm identyfikacji silnie nieliniowego układu mechanicznego	151

9.9.1. Schemat procesu identyfikacji w przypadku modelu zdeterminowanego . . .	153
9.9.2. Schemat procesu identyfikacji w przypadku modelu losowego	154
9.9.3. Identyfikacja układów w przypadku występowania zakłóceń	155
9.9.4. Identyfikacja wielomasowych, nieliniowych układów mechanicznych	159
9.10. Wybór funkcji jakości modelu matematycznego	161
9.11. Metody szukania minimum funkcji jakości	162
9.11.1. Metoda analityczna I	163
9.11.2. Metoda analityczna II	163
9.11.3. Metoda iteracyjna	164
9.12. Rodzaje nieliniowych równań różniczkowych opisujących układ mechaniczny	165
9.12.1. Zastępowanie zależności nieliniowej wielomianem	165
9.12.2. Opis układu dynamicznego dla przypadku zdeterminowanego	166
9.12.3. Opis układu dynamicznego dla przypadku losowego	168
9.13. Zalety i wady metody przekształcenia modulacyjnego	173
10. Przykład pełnej analizy wyników doświadczenia	174
10.1. Określenie zbiorów czynników badanych, stałych, zakłócających i wynikowych	175
10.2. Ustalenie przedziału zmienności czynników badanych	176
10.3. Przyjęcie klasy modelu matematycznego obiektu badań	176
10.4. Kodowanie czynników badanych	177
10.5. Realizacja badań właściwych — plan eksperymentu	180
10.6. Wyniki eksperymentu	182
10.7. Eliminacja wyników obarczonych błędem grubym	183
10.8. Obliczanie wariancji międzywierszowej i odchylenia standardowego	184
10.9. Sprawdzanie jednorodności wariancji w próbie	185
10.10. Obliczanie współczynników w funkcji regresji	186
10.11. Analiza statystyczna funkcji regresji	192
10.12. Badanie istotności współczynnika korelacji wielowymiarowej	194
10.13. Sprawdzanie adekwatności modelu matematycznego	200
10.14. Odkodowanie funkcji regresji	200
10.15. Określanie przedziału ufności funkcji regresji	203
11. Optymalizacja obiektu badań na podstawie modelu matematycznego	209
11.1. Wprowadzenie	209
11.2. Model matematyczny procesu nagniatania	209
11.3. Optymalizacja procesu nagniatania	210
11.4. Polioptymalizacja procesu nagniatania	217
11.5. Podsumowanie	220
12. Komputerowe wspomaganie badań inżynierskich	221
12.1. Program CADEX	221
12.2. Program PLANEKS-STAT	223
12.3. Przykład komputerowego wspomagania badań	225
12.4. Podsumowanie	238
13. Tablice statystyczne	239
Tablica 13.1. Gęstość prawdopodobieństwa rozkładu normalnego	239
Tablica 13.2. Dystrybuenta rozkładu normalnego	240

Tablica 13.3.	Kwantyle rozkładu normalnego	241
Tablica 13.4.	Wartości krytyczne $t_{\alpha; n}$ rozkładu t Studenta	242
Tablica 13.5.	Wartości krytyczne $\chi^2_{\alpha; r}$ rozkładu χ^2	243
Tablica 13.6.	Wartości krytyczne $F_{\alpha; r_1; r_2}$ rozkładu F Snedecora	247
Tablica 13.7.	Wartości krytyczne $z_{\alpha; r_1; r_2}$ rozkładu z Fishera	252
Tablica 13.8.	Wartości krytyczne $B_{\alpha; N}$ statystyki Grubbsa	255
Tablica 13.9.	Wartości krytyczne $m_{1(\alpha; k; c_1)}$ i $m_{2(\alpha; k; c_1)}$ testu Bartletta	256
Tablica 13.10.	Wartości pomocnicze $c = c_1^3/k^2$ testu Bartletta	257
Tablica 13.11.	Wartości krytyczne $g_{\alpha; k; v}$ testu Cochran	258
Tablica 13.12.	Wartości krytyczne $f_{\max(\alpha; k; v)}$ statystyki $F_{\max} = S_{\max}^2/S_{\min}^2$ Hartleya	259
Tablica 13.13.	Wartości krytyczne $b_{4(\alpha; N)}^+$ statystyki B_4^+	260
Tablica 13.14.	Wartości krytyczne $b_{6(\alpha; N)}^+, b_{7(\alpha; N)}^+, b_{8(\alpha; N)}^+$ statystyk B_6^+, B_7^+, B_8^+	261
Tablica 13.15.	Wartości krytyczne $D_{n(\alpha)}$	262
Tablica 13.16.	Rozkład $K(y)$ Kołmogorowa	263
Tablica 13.17.	Wartości funkcji Laplace'a	264
Tablica 13.18.	Liczby losowe	266
Bibliografia		268
Skorowidz		271