

Spis treści

Spis przykładów	16
Spis programów	19
Przedmowa do wydania polskiego	27
Najczęściej używane symbole i oznaczenia	29
1. Wstęp	31
1.1. Typowe problemy analizy danych	31
1.2. Uwagi o układzie książki	32
1.3. Uwagi o programach komputerowych	35
2. Prawdopodobieństwo	38
2.1. Doświadczenia, zdarzenia, przestrzeń prób	38
2.2. Pojęcie prawdopodobieństwa	39
2.3. Reguły obliczania prawdopodobieństwa. Prawdopodobieństwo warunkowe	41
2.4. Przykłady	43
2.4.1. Prawdopodobieństwo wyrzucenia n oczek w rzucie dwiema kostkami	43
2.4.2. Losowanie 6 liczb z 49 (toto-lotek)	44
2.4.3. Gra z trojgiem drzwi	44
2.5. Zadania	45
2.5.1. Wyznaczanie prawdopodobieństwa oparte na symetrii problemu	45
2.5.2. Prawdopodobieństwo zajścia zdarzeń nie wykluczających się	45
2.5.3. Zdarzenia zależne i niezależne	45
2.5.4. Zdarzenia przeciwne	46
2.5.5. Prawdopodobieństwa w przypadku losowań z dużych i małych zbiorów	46
2.6. Wskazówki i rozwiązania	46
3. Zmienne losowe. Rozkłady zmiennych losowych	48
3.1. Zmienne losowe	48
3.2. Rozkłady jednej zmiennej losowej	49
3.3. Funkcje jednej zmiennej losowej, wartość oczekiwana, wariancja, momenty	51

3.4. Dystrybuenta i gęstość prawdopodobieństwa dla dwu zmiennych. Prawdopodobieństwo warunkowe	59
3.5. Wartości oczekiwane, wariancje, kowariancje i współczynnik korelacji	62
3.6. Rozkłady wielu zmiennych losowych. Notacja wektorowa i macierzowa	65
3.7. Zamiana zmiennych	68
3.8. Transformacje liniowe i ortogonalne. Propagacja błędów	71
3.9. Zadania	76
3.9.1. Wartość oczekiwana, wariancja i skośność dla rozkładu skokowego	76
3.9.2. Wartość średnia, wartość modalna, mediana i wariancja dla rozkładu ciągłego	76
3.9.3. Zamiana zmiennych: przypadek jednej zmiennej	77
3.9.4. Zamiana zmiennych: przypadek wielu zmiennych	77
3.9.5. Propagacja błędów	78
3.9.6. Kowariancja i współczynnik korelacji	78
3.10. Wskazówki i rozwiązania	78
 4. Generowanie liczb losowych za pomocą komputera. Metoda Monte Carlo	82
4.1. Liczby losowe	82
4.2. Zapis liczb w komputerze	83
4.3. Generatory liniowe kongruentne	86
4.4. Generatory multiplikatywne liniowe kongruentne	87
4.5. Jakość generatorów MLCG. Test widmowy	89
4.6. Implementacja i przenośność generatorów MLCG	93
4.7. Układ kilku generatorów MLCG	95
4.8. Program generujący liczby losowe o rozkładzie jednostajnym	98
4.9. Generowanie liczb losowych o dowolnym rozkładzie	100
4.9.1. Metoda oparta na transformacji rozkładu jednostajnego	100
4.9.2. Generowanie liczb losowych metodą von Neumanna akceptacji i odrzucania	104
4.10. Generowanie liczb losowych zgodnych z rozkładem normalnym	108
4.11. Generowanie liczb losowych o wielowymiarowym rozkładzie normalnym ..	111
4.12. Zastosowanie metody Monte Carlo do obliczania całek	112
4.13. Zastosowanie metody Monte Carlo do symulacji	114
4.14. Programy wzorcowe	117
4.14.1. Program główny E1RN służący do demonstracji procedur RNMLCG, RNECUY i RNSTNR	117
4.14.2. Program główny E2RN służący do demonstracji procedury RNLINE ..	117
4.14.3. Program główny E3RN służący do demonstracji procedury RNRADI ..	117
4.14.4. Program główny E4RN do symulacji ruchu cząsteczek gazu	118
4.14.5. Program główny E5RN służący do demonstracji procedur RNMNPR i RNMNGN	119
4.15. Zadania z programowania	119
4.15.1. Program do generowania liczb losowych mających rozkład Breita-Wignera	119
4.15.2. Program do generowania liczb losowych mających rozkład trójkątny ..	120
4.15.3. Program do generowania danych pomiarowych z błędami o różnej wielkości	121
4.15.4. Programy do symulacji ruchu cząsteczek	123

5. Niektóre ważne rozkłady i twierdzenia	124
5.1. Rozkład dwumianowy i wielomianowy	124
5.2. Częstość. Prawo wielkich liczb	128
5.3. Rozkład hipergeometryczny	129
5.4. Rozkład Poissona	132
5.5. Funkcja charakterystyczna rozkładu	137
5.6. Rozkład normalny standardowy	139
5.7. Rozkład normalny lub rozkład Gaussa	141
5.8. Własności rozkładu normalnego	143
5.9. Centralne twierdzenie graniczne	146
5.10. Wielowymiarowy rozkład normalny	150
5.11. Sploty rozkładów	156
5.11.1. Sploty całek	156
5.11.2. Sploty z rozkładem normalnym	160
5.12. Programy wzorcowe	163
5.12.1. Program główny E1DS służący do symulacji częstości występowania badanego efektu oraz ilustrujący fluktuacje statystyczne	163
5.12.2. Program główny E2DS służący do symulacji doświadczenia Ruther- forda i Geigera	164
5.12.3. Program główny E3DS służący do symulacji deski Galtona	165
5.13. Zadania	166
5.13.1. Rozkład dwumianowy	166
5.13.2. Rozkład Poissona	167
5.13.3. Rozkład normalny	167
5.13.4. Wielowymiarowy rozkład normalny	167
5.13.5. Sploty	167
5.14. Zadania z programowania	168
5.14.1. Splot rozkładów jednostajnych	168
5.14.2. Splot rozkładu jednostajnego i rozkładu normalnego	169
5.15. Wskazówki i rozwiązania	170
6. Pobieranie próby	173
6.1. Pobieranie losowe próby. Rozkład w próbie. Estymatory	173
6.2. Pobieranie próby z populacji typu ciągłego. Wartość średnia z próby i wariancja z próby	175
6.3. Przedstawienie prób w postaci graficznej. Histogramy i wykresy kreskowe	180
6.4. Pobieranie próby z rozkładów cząstkowych	192
6.5. Pobieranie próby ze skończonej populacji bez uzupełnień. Odchylenie średnie kwadratowe. Stopnie swobody	196
6.6. Pobieranie próby z rozkładu normalnego. Rozkład χ^2	199
6.7. Związek rozkładu χ^2 z estymatorem wariancji	204
6.8. Pobieranie próby z odliczaniem. Próbki	205
6.9. Próbki z tłem	212
6.10. Wyznaczanie stosunku liczb przypadków w próbce	216
6.11. Stosunek liczb przypadków w próbkach z tłem	217
6.12. Programy wzorcowe	222
6.12.1. Program główny E1SM służący do demonstracji procedury SMMNVR..	222
6.12.2. Program główny E2SM służący do demonstracji procedur SMHSIN, SMHSFL i SMHSGR	222
6.12.3. Program główny E3SM służący do demonstracji procedury SMSDGR..	223

6.12.4. Program główny E4SM służący do demonstracji procedury SMERSS..	223
6.12.5. Program główny E5SM służący do demonstracji procedury SMERQS..	224
6.12.6. Program główny E6SM służący do symulacji doświadczeń, w których występuje niewielka liczba przypadków i tło	224
6.12.7. Program główny E7SM służący do symulacji doświadczeń, w których występuje niewielka liczba przypadków sygnału i przypadków porównawczych	224
6.13. Zadania	225
6.13.1. Efektywność estymatorów	225
6.13.2. Wartość średnia z próby i wariancja z próby	225
6.13.3. Pobieranie próby z rozkładów cząstkowych	226
6.13.4. Rozkład χ^2	226
6.13.5. Histogram	226
6.14. Wskazówki i rozwiązania	226
7. Metoda największej wiarygodności	230
7.1. Iloraz wiarygodności. Funkcja wiarygodności	230
7.2. Metoda największej wiarygodności	232
7.3. Nierówność informacyjna. Estymatory o minimalnej wariancji. Estymatory wystarczające	235
7.4. Własności asymptotyczne estymatorów i funkcji wiarygodności	242
7.5. Jednoczesna estymacja kilku parametrów. Przedziały ufności	246
7.6. Programy wzorcowe	251
7.6.1. Program E1ML obliczający średni czas życia i błędy asymetryczne na podstawie małej liczby zaobserwowanych rozpadów	251
7.6.2. Program E2ML obliczający z symulowanej próby estymatory największej wiarygodności parametrów dwuwymiarowego rozkładu normalnego	251
7.7. Zadania z programowania	252
7.7.1. Rozkład czasów życia otrzymany na podstawie małej liczby zaobserwowanych rozpadów	252
7.7.2. Rozkład współczynnika korelacji próby	252
7.8. Zadania	253
7.8.1. Estymatory największej wiarygodności	253
7.8.2. Informacja	253
7.8.3. Wariancja estymatora	254
7.9. Wskazówki i rozwiązania	254
8. Weryfikacja hipotez statystycznych	257
8.1. Wstęp	257
8.2. Test równości wariancji (test F -Fischera)	259
8.3. Test Studenta. Porównanie wartości średnich	263
8.4. Niektóre aspekty ogólnej teorii testów	268
8.5. Twierdzenie Neymana-Pearsona i jego zastosowania	274
8.6. Metoda ilorazu wiarygodności	277
8.7. Test χ^2 dobroci dopasowania	283
8.7.1. Test χ^2 z maksymalną liczbą stopni swobody	283
8.7.2. Test χ^2 z mniejszą liczbą stopni swobody	283
8.7.3. Test χ^2 i doświadczalny rozkład częstości	284

8.8. Tabele wkładów	287
8.9. Test oparty na tabeli 2×2	288
8.10. Programy wzorcowe	289
8.10.1. Program główny E1TEST generujący próby i przeprowadzający test F -Fishera hipotezy o równości wariancji z prób	289
8.10.2. Program główny E2TEST generujący próby i weryfikujący za pomocą testu Studenta hipotezę zakładającą, że wartość średnia jest równa zadanej liczbie	290
8.10.3. Program główny E3TEST generujący próby i obliczający statystykę podlegającą rozkładowi χ^2 , służącą do weryfikacji hipotezy zakładającej, że próby pobierane są z rozkładu normalnego o znanych parametrach	290
8.11. Zadania	292
8.11.1. Test F -Fishera	292
8.11.2. Test Studenta	292
8.11.3. Test χ^2 dla wariancji	292
8.11.4. Test χ^2 dobroci dopasowania	292
8.11.5. Tabela wkładów	293
8.12. Wskazówki i rozwiązania	293
9. Metoda najmniejszych kwadratów	296
9.1. Pomiary bezpośrednie o równej i różnej dokładności	297
9.2. Pomiary pośrednie. Przypadek liniowy	301
9.3. Dopasowanie prostej	305
9.4. Programy dopasowujące funkcje liniowe zależne od nieznanymi wielkości ..	309
9.4.1. Dopasowanie wielomianu	310
9.4.2. Dopasowanie ogólnej funkcji liniowej	313
9.5. Pomiary pośrednie. Przypadek nieliniowy	316
9.6. Programy dopasowujące funkcje nieliniowe	318
9.6.1. Procedura z redukcją kroku iteracji	319
9.6.2. Iteracja Marquardta	329
9.7. Własności metody najmniejszych kwadratów. Test χ^2	336
9.8. Obszary ufności i błędy niesymetryczne w przypadku nieliniowym	338
9.9. Pomiary zależne	347
9.9.1. Metoda elementów	347
9.9.2. Metoda mnożników Lagrange'a	350
9.10. Przypadek ogólny dopasowania metodą najmniejszych kwadratów	355
9.11. Program rozwiązujący ogólny problem dopasowania metodą najmniejszych kwadratów	358
9.12. Stosowanie programu do ogólnego dopasowania w przypadku pomiarów zależnych	366
9.13. Obszar ufności i błędy niesymetryczne w przypadku ogólnym problemu dopasowania	368
9.14. Programy wzorcowe	372
9.14.1. Program główny E1LSQ służący do demonstracji podprogramu LSQPOL	372
9.14.2. Program główny E2LSQ służący do demonstracji podprogramu LSQLIN	373
9.14.3. Program główny E3LSQ służący do demonstracji podprogramu LSQNON	373

9.14.4.	Program główny E4LSQ służący do demonstracji podprogramu LSQMAR	374
9.14.5.	Program główny E5LSQ służący do demonstracji podprogramu LSQASN	375
9.14.6.	Program główny E6LSQ służący do demonstracji podprogramu LSQCON	375
9.14.7.	Program główny E7LSQ służący do demonstracji podprogramu LSQGEN	376
9.14.8.	Program główny E8LSQ służący do demonstracji podprogramów LSQASG i LSQCOG	376
9.15.	Zadania z programowania	377
9.15.1.	Dopasowanie wielomianu pierwszego stopnia do danych opisywanych wielomianem drugiego stopnia	377
9.15.2.	Dopasowanie funkcji potęgowej (przypadek liniowy)	378
9.15.3.	Dopasowanie funkcji potęgowej (przypadek nieliniowy)	379
9.15.4.	Dopasowanie funkcji Breita-Wignera do punktów pomiarowych obciążonych błędami	381
9.15.5.	Błędy niesymetryczne i obszar ufności dla dopasowania funkcji Breita-Wignera	382
9.15.6.	Dopasowanie funkcji Breita-Wignera do histogramu	382
9.15.7.	Dopasowanie okręgu do punktów obciążonych błędami pomiarowymi na osi odciętych i osi rzędnych	383
10.	Minimalizacja funkcji	385
10.1.	Przegląd. Dokładność numeryczna	385
10.2.	Parabola przechodząca przez trzy punkty	392
10.3.	Funkcja n zmiennych określona na prostej leżącej w przestrzeni n -wymiarowej	394
10.4.	Otoczanie minimum	396
10.5.	Wyznaczanie minimum za pomocą złotego podziału	399
10.6.	Wyznaczanie minimum za pomocą interpolacji kwadratowej	403
10.7.	Minimalizacja wzdłuż zadanego kierunku w przestrzeni n -wymiarowej ..	407
10.8.	Minimalizacja metodą sympleksów w przestrzeni n -wymiarowej	409
10.9.	Minimalizacja wzdłuż kierunków współrzędnych	415
10.10.	Kierunki sprzężone	417
10.11.	Minimalizacja wzdłuż wybranych kierunków	418
10.12.	Minimalizacja w kierunku największego spadku	422
10.13.	Minimalizacja wzdłuż kierunków sprzężonych do gradientu funkcji	423
10.14.	Minimalizacja oparta na przybliżeniu funkcji formą kwadratową	427
10.15.	Minimalizacja metodą Marquardta	430
10.16.	Uwagi o wyborze metody minimalizacji	433
10.17.	Rozważania o błędach minimalizacji	435
10.18.	Przykłady	442
10.19.	Programy wzorcowe	450
10.19.1.	Program główny E1MIN służący do demonstracji podprogramów MINSIM, MINPOW, MINCJG, MINQDR i MINMAR	450
10.19.2.	Program główny E2MIN wyznaczający wartości parametrów rozkładu z elementów próby i służący do demonstracji podprogramu MINCOV	451

10.19.3. Program główny E3MIN służący do demonstracji podprogramów MINASY i MINCNT	452
10.19.4. Program główny E4MIN wyznaczający wartości parametrów rozkładu z histogramu próby i służący do demonstracji podprogramów MINGLP i MINGSQ	452
10.20. Zadania z programowania	453
10.20.1. Minimalizacja oparta na metodzie Monte Carlo mająca za zadanie wyznaczenie dobrego pierwszego przybliżenia wartości parametrów	453
10.20.2. Wyznaczanie wartości parametrów rozkładu Breita-Wignera z elementów próby	453
10.20.3. Wyznaczanie wartości parametrów rozkładu Breita-Wignera z histogramu próby	454
10.20.4. Wyznaczanie wartości parametrów sumy dwóch rozkładów Breita-Wignera z histogramu próby	454
11. Analiza wariancji	456
11.1. Klasyfikacja pojedyncza	456
11.2. Kilka zagadnień klasyfikacji podwójnej	460
11.3. Programy wzorcowe	471
11.3.1. Program główny E1AV służący do demonstracji procedur AVTBLE i AVOUTP	472
11.3.2. Program główny E2AV służący do generowania symulowanych danych i przeprowadzający analizę wariancji	472
11.4. Zadania z programowania	472
11.4.1. Analiza wariancji z podwójną klasyfikacją krzyżową	472
11.4.2. Analiza wariancji z podwójną klasyfikacją współzależną	473
12. Regresja liniowa i wielomianowa	474
12.1. Wielomiany ortogonalne	474
12.2. Krzywa regresji. Przedział ufności	481
12.3. Regresja z nieznanymi błędami	482
12.4. Programy wzorcowe	484
12.4.1. Program główny E1REG służący do demonstracji podprogramu REGPOL	484
12.4.2. Program główny E2REG służący do przedstawienia w formie graficznej danych pomiarowych i wszystkich wielomianów użytych przy przeprowadzaniu regresji wielomianowej	485
12.4.3. Program główny E3REG służący do demonstracji podprogramu REGCON i wykreślający kształt dopasowanego wielomianu wraz z granicami przedziału ufności	486
12.4.4. Program główny E4REG służący do symulacji danych wraz z błędami pomiarowymi i przeprowadzający regresję wielomianową	487
12.5. Zadania z programowania	487
12.5.1. Symulacja danych i przedstawienie graficzne wielomianów różnych stopni otrzymanych w wyniku przeprowadzonej regresji	487
12.5.2. Symulowanie danych i przedstawienie graficzne linii regresji oraz granic przedziału ufności	489

13. Analiza szeregów czasowych	490
13.1. Szeregi czasowe. Tendencja	490
13.2. Wartości średnie ruchome	492
13.3. Efekty brzegowe	495
13.4. Przedziały ufności	496
13.5. Program do przeprowadzania analizy szeregów czasowych. Przykłady	497
13.6. Programy wzorcowe	502
13.6.1. Program główny E1TIM służący do demonstracji podprogramu TIMSER	502
13.6.2. Program główny E2TIM służący do przeprowadzania analizy szeregów czasowych oraz przedstawiający wyniki w postaci graficznej	502
13.7. Zadania z programowania	502
13.7.1. Przedłużanie krzywej w analizie szeregów czasowych	502
13.7.2. Nieciągłości szeregów czasowych	503
A. Rachunek macierzowy	505
A.1. Definicje wektorów i macierzy. Działania na macierzach	506
A.2. Przestrzeń wektorowa, podprzestrzeń, rząd macierzy	509
A.3. Programy umożliwiające dokonywanie prostych działań na wektorach i macierzach	513
A.4. Transformacje ortogonalne	524
A.4.1. Transformacja Givensa	524
A.4.2. Transformacja Householdera	527
A.4.3. Transformacja zmiany znaku	531
A.4.4. Transformacja permutacji	532
A.5. Wyznaczniki	533
A.6. Równania macierzowe. Rozwiązanie najmniejszych kwadratów	535
A.7. Macierz odwrotna	539
A.8. Metoda Gaussa	541
A.9. Rozkład LR	546
A.10. Rozkład Cholesky'ego	548
A.11. Macierz pseudoodwrotna	553
A.12. Wartości własne i wektory własne	554
A.13. Rozkład na wartości osobliwe	557
A.14. Analiza wartości osobliwych	559
A.15. Algorytm dla rozkładu na wartości osobliwe	564
A.15.1. Strategia	564
A.15.2. Przekształcenie do macierzy dwudiagonalnej	568
A.15.3. Diagonalizacja macierzy	571
A.15.4. Uporządkowanie wartości osobliwych i ich permutacja	578
A.15.5. Analiza wartości osobliwych	579
A.16. Najmniejsze kwadraty z wagami	581
A.17. Najmniejsze kwadraty ze zmianą skali	582
A.18. Wariant Marquardta najmniejszych kwadratów	583
A.19. Najmniejsze kwadraty z więzami	587
A.20. Programy wzorcowe służące do wykonywania prostych działań na macierzach i wektorach	591
A.20.1. Program główny E1MTX służący do demonstracji prostych działań algebraicznych na macierzach i wektorach wykonywanych za po-	

mocą procedur MTXTRA, MTXWRT, MTXADD, MTXSUB, MTXMLT, MTXMBT, MTXMAT, MTXUNT, MTXZER, MTXMSC, MTXTRP, MTXCPV, MTXADV, MTXSBV, MTXDOT, MTXMSV, MTXZRV	592
A.20.2. Program główny E2MTX służący do demonstracji operacji na podmacierzach i podwektorach, wykonywanych za pomocą procedur MTXGSM, MTXPSM, MTXGCL, MTXPCL, MTXGRW, MTXPRW, MTXGSV, MTXPSV	593
A.21. Programy wzorcowe związane z transformacjami ortogonalnymi	593
A.21.1. Program główny E3MTX służący do demonstracji transformacji Givensa wykonywanej za pomocą procedur MTXGVD, MTXGVT i MTXGVA	593
A.21.2. Program główny E4MTX służący do demonstracji transformacji Householdera wykonywanej za pomocą procedur MTXHSD i MTXHST	594
A.22. Programy wzorcowe służące do rozwiązywania równań macierzowych ...	594
A.22.1. Program główny E5MTX służący do demonstracji algorytmu Gaussa i wykorzystujący procedurę MTXQU	594
A.22.2. Program główny E6MTX służący do demonstracji rozkładu Cholesky'ego oraz opartej na tym rozkładzie metody wyznaczania macierzy odwrotnej i wykorzystujący procedury MTXCHL, MTXCHI i MTXCHM	594
A.22.3. Program główny E7MTX służący do demonstracji rozkładu na wartości osobliwe przeprowadzonego przy użyciu procedury MTXSVD	595
A.22.4. Program główny E8MTX służący do demonstracji w 9 różnych przypadkach metody rozwiązywania równań macierzowych opartej na rozkładzie na wartości osobliwe i posługującej się procedurą MTXDEC	595
A.22.5. Program główny E9MTX służący do demonstracji procedury MTXMAR	597
A.22.6. Program główny E10MTX służący do demonstracji metody rozwiązywania problemu najmniejszych kwadratów z więzami wykorzystującej procedurę MTXLSC	597
B. Elementy analizy kombinatorycznej	598
C. Wzory i programy dotyczące funkcji statystycznych	601
C.1. Rozkład dwumianowy	601
C.2. Rozkład hipergeometryczny	602
C.3. Rozkład Poissona	604
C.4. Rozkład normalny	606
C.5. Rozkład χ^2	610
C.6. Rozkład F	612
C.7. Rozkład t Studenta	615
C.8. Programy wzorcowe	617
C.8.1. Program główny E1SD służący do demonstracji procedur SDBINM, SCBINM, SDHYPG, SCHYPG, SDPOIS, SCPOIS, SQPOIS	617
C.8.2. Program główny E2SD służący do demonstracji procedur SDSTNR, SCSTNR, SQSTNR, SDNORM, SCNORM, SQNORM, SDCHI2, SCCHI2, SQCHI2, SDFTST, SCFTST, SQFTST, SCSTUD, SDSTUD, SQSTUD	617
C.9. Zadania z programowania	618

C.9.1.	Przedstawienie w postaci graficznej funkcji statystycznych zależnych od zmiennej typu skokowego	618
C.9.2.	Przedstawienie w postaci graficznej funkcji statystycznych zależnych od zmiennej typu ciągłego	618
D.	Funkcja gamma i funkcje pokrewne. Metody obliczania ich wartości wraz z właściwymi programami.....	619
D.1.	Funkcja gamma Eulera	619
D.2.	Silnia i współczynniki dwumianowe	623
D.3.	Funkcja beta	624
D.4.	Obliczanie wartości ułamków łańcuchowych	625
D.5.	Niezupełna funkcja gamma	626
D.6.	Niezupełna funkcja beta	628
D.7.	Programy wzorcowe	631
D.7.1.	Program główny E1GAM służący do demonstracji procedur GGAMMA i GLNGAM	631
D.7.2.	Program główny E2GAM służący do demonstracji procedury GBINCO	631
D.7.3.	Program główny E3GAM służący do demonstracji procedur GBETAF, GINCGM i GINCBT	631
D.8.	Zadania z programowania	632
D.8.1.	Przedstawienie funkcji $\Gamma(x)$ i $1/\Gamma(x)$ w postaci graficznej	632
D.8.2.	Przedstawienie funkcji beta, niezupełnej funkcji gamma i niezupełnej funkcji beta w postaci graficznej	632
E.	Programy pomocnicze	633
E.1.	Różniczkowanie numeryczne	633
E.2.	Wyznaczanie numeryczne położenia miejsc zerowych funkcji	640
F.	Pakiet programów graficznych GRPACK	643
F.1.	Uwagi wstępne	643
F.2.	Procedury kontrolne	644
F.3.	Układy współrzędnych i transformacje	645
F.3.1.	Układy współrzędnych	645
F.3.2.	Transformacje liniowe. Okno – Pole wizualizacji	646
F.4.	Procedury transformujące	648
F.5.	Programy kreślące	651
F.6.	Pomocnicze procedury graficzne	657
F.7.	Tekst na wykresie	659
F.8.	Programy wytwarzające pełny wykres	662
F.9.	Graficzne stacje robocze	664
F.9.1.	Rodzaje stacji roboczych. Program inicjujący. Indeks koloru ...	664
F.9.2.	Ekran komputera lub okno na ekranie	665
F.9.3.	Pliki służące później do drukowania lub wykreslania	666
F.9.4.	Ustalenie numerów stacji roboczych	667
F.9.5.	Pliki z informacjami o błędach. Obsługa plików	668
F.10.	Programy wzorcowe	668
F.10.1.	Program główny E1GR służący do demonstracji procedur GRNBWS, GROOPEN, GRCLSE, GROPPWS, GRCLWS, GRWNCC, GRVWWC, GRWNWC, GRSTFR, GRFRAM, GRBOUN, GRSTCL, GRPLIN, GRBRPL, GRSCCLX, GRSCLY, GRTXTX	668

F.10.2. Program główny E2GR służący do demonstracji procedury GRMARK	669
F.10.3. Program główny E3GR służący do demonstracji procedury GRDATP	669
F.10.4. Program główny E4GR służący do demonstracji procedury GRPLCT	669
F.10.5. Program główny E5GR służący do demonstracji procedur GRSCDF i GRCCRS	670
F.10.6. Program główny E6GR służący do demonstracji procedury GRHSCV	671
F.10.7. Program główny E7GR służący do demonstracji procedury GRDTCV	671
F.10.8. Program główny E8GR służący do demonstracji procedury GRDTMC	672

G. Instalowanie programów i zalecenia techniczne..... 674

G.1. Płyta kompaktowa CD-ROM	674
G.2. Typy kompilatorów i systemy operacyjne	675
G.3. Korzystanie z programów w języku C	677
G.4. Programowanie w środowisku Windows	679
G.4.1. Uwagi wstępne	679
G.4.2. Program główny	680
G.4.3. Program aplikacyjny	681
G.5. Instalowanie programów	682
G.6. Katalog \DATAN i jego podkatalogi	682
G.6.1. Podkatalog \DATAN\DATSRC	683
G.6.2. Podkatalog \DATAN\EXASRC	683
G.6.3. Podkatalog \DATAN\SOLSRC	683
G.6.4. Podkatalog \DATAN\DLIB. Biblioteka analizy danych	683
G.6.5. Podkatalog \DATAN\GLIB. Biblioteka graficzna	683
G.7. Modyfikacje biblioteki analizy danych	683
G.8. Kompilowanie, łączenie i wykonywanie programów	684
G.9. Ograniczenia wymiarów tabel z danymi w niektórych programach	684

H. Zestawienie najważniejszych wzorów..... 687

I. Tabele statystyczne..... 703

Bibliografia..... 716

Spis programów..... 721

Skorowidz..... 723