

# Spis treści

Przedmowa.....	9
1. Wybrane zagadnienia z rachunku prawdopodobieństwa .....	11
1.1. Rodzaje zdarzeń .....	11
1.1.1. Podział zdarzeń .....	11
1.1.2. Działania na zdarzeniach .....	12
1.1.3. Zbiór zdarzeń elementarnych.....	13
1.2. Definicje prawdopodobieństwa .....	13
1.2.1. Uwagi ogólne .....	13
1.2.2. Definicja klasyczna.....	13
1.2.3. Definicja geometryczna .....	15
1.2.4. Definicja częstościowa (statystyczna).....	16
1.2.5. Definicja aksjomatyczna.....	17
1.3. Rodzaje prawdopodobieństw .....	17
1.3.1. Prawdopodobieństwo warunkowe .....	17
1.3.2. Niezależność zdarzeń .....	18
1.3.3. Prawdopodobieństwo iloczynu zdarzeń.....	18
1.3.4. Prawdopodobieństwo sumy zdarzeń.....	20
1.3.5. Prawdopodobieństwo całkowite.....	20
1.3.6. Prawdopodobieństwo Bayesa .....	21
1.4. Zadania.....	22
2. Zmienna losowa i jej rozkład. Podstawowe parametry rozkładu .....	25
2.1. Rodzaje zmiennych losowych oraz ich rozkłady.....	25
2.2. Dystrybuanta .....	27
2.3. Parametry rozkładu .....	29
2.3.1. Uwagi ogólne .....	29
2.3.2. Wartość oczekiwana .....	29
2.3.3. Parametry pozycyjne .....	30
2.3.4. Momenty centralne.....	30
2.3.5. Rozstęp.....	31
2.3.6. Skośność i kurtoza .....	32
2.4. Dwuwymiarowe zmienne losowe .....	32
2.5. Zadania.....	36
3. Wskaźniki statystyczne .....	39
3.1. Populacja i próba .....	39
3.2. Wskaźniki statystyczne próby.....	40

---

3.3.	Miary położenia.....	40
3.3.1.	Średnia arytmetyczna.....	40
3.3.2.	Średnia ważona .....	40
3.3.3.	Średnia przycięta.....	42
3.3.4.	Średnia winsorowska .....	43
3.3.5.	Średnia harmoniczna.....	44
3.3.6.	Średnia geometryczna.....	45
3.3.7.	Kwantyle.....	45
3.3.8.	Moda.....	48
3.3.9.	Obliczanie podstawowych wskaźników skupienia z szeregów rozdzielczych.....	48
3.4.	Miary rozproszenia.....	51
3.4.1.	Wariancja i odchylenie standardowe .....	51
3.4.2.	Współczynnik zmienności.....	52
3.5.	Zadania.....	52
4.	Rozkłady zmiennych dyskretnych (skokowych) .....	55
4.1.	Rozkład Bernoulliego .....	55
4.2.	Rozkład geometryczny.....	59
4.3.	Rozkład Poissona.....	60
4.4.	Zadania.....	62
5.	Rozkłady ciągłe .....	65
5.1.	Rozkład jednostajny (prostokątny, równomierny).....	65
5.2.	Rozkład normalny.....	68
5.3.	Inne rozkłady ciągłe .....	72
5.3.1.	Rozkład chi-kwadrat ( $\chi^2$ ).....	72
5.3.2.	Rozkład t-Studenta .....	73
5.4.	Zadania.....	73
6.	Estymacja i estymatory.....	75
6.1.	Uwagi ogólne .....	75
6.2.	Przedział ufności dla średniej.....	76
6.3.	Przedziały ufności dla wariancji i odchylenia standardowego.....	79
6.3.1.	Duża próba, nieznane parametry $m$ i $\sigma$ .....	79
6.3.2.	Mała próba, nieznane parametry $m$ i $\sigma$ .....	79
6.4.	Zadania.....	81
7.	Hipotezy statystyczne .....	85
7.1.	Uwagi ogólne .....	85
7.2.	Weryfikacja hipotez statystycznych.....	86

---

7.3.	Testy istotności dla jednej średniej .....	88
7.3.1.	Uwagi ogólne .....	88
7.3.2.	Weryfikacja, gdy rozkład cechy jest normalny i znane jest odchylenie standardowe .....	89
7.3.3.	Weryfikacja, gdy rozkład cechy jest normalny, ale nieznane jest odchylenie standardowe .....	89
7.4.	Testy weryfikacyjne dla wskaźnika struktury .....	90
7.5.	Testy istotności dla wariancji .....	91
7.6.	Testy dla dwóch wartości średnich .....	92
7.6.1.	Uwagi ogólne .....	92
7.6.2.	Rozkład cechy jest normalny i znane jest odchylenie standardowe .....	92
7.6.3.	Rozkład cechy jest normalny, a odchylenie standardowe jest nieznane .....	94
7.7.	Test porównania dwóch proporcji .....	97
7.8.	Test t dla prób zależnych .....	99
7.9.	Testy istotności dwóch wariancji .....	102
7.10.	Zadania .....	103
8.	Hipotezy nieparametryczne i ich weryfikacja .....	107
8.1.	Uwagi ogólne .....	107
8.2.	Test chi-kwadrat Pearsona ( $\chi^2$ ) .....	108
8.3.	Sprawdzanie normalności rozkładu .....	111
8.4.	Przekształcanie zmiennej .....	116
8.5.	Metoda transformacji Boxa–Coxa .....	118
8.6.	Zadania .....	121
9.	Inne testy nieparametryczne .....	123
9.1.	Testy dla prób niezależnych .....	123
9.1.1.	Test U Manna–Whitneya .....	123
9.1.2.	Test serii Walda–Wolfowitza .....	126
9.2.	Testy nieparametryczne dla prób zależnych .....	128
9.2.1.	Uwagi ogólne .....	128
9.2.2.	Test znaków .....	128
9.2.3.	Test kolejności par Wilcoxona .....	130
9.3.	Zadania .....	132
10.	Jednoczynnikowa analiza wariancji .....	135
10.1.	Uwagi ogólne .....	135
10.2.	Test najmniejszej istotnej różnicy (NIR, LSD) .....	141
10.3.	Test Bonferroniego .....	142
10.4.	Test Duncana .....	142

---

10.5. Inne testy <i>post hoc</i> (po fakcie) .....	143
10.5.1. Test Scheffego .....	143
10.5.2. Test Newman–Keulsa .....	145
10.5.3. Test Tukeya .....	145
10.6. Sprawdzanie założeń stosowalności analizy wariancji .....	148
10.7. Zadania .....	154
11. Analiza sumy rang Kruskala–Wallisa i analiza wariancji z powtarzanymi pomiarami .....	159
11.1. Analiza sumy rang Kruskala–Wallisa .....	159
11.2. Analiza wariancji z powtarzanymi pomiarami .....	162
11.3. Zadania .....	170
12. Analiza wariancji dla układów czynnikowych .....	177
12.1. Zadania .....	188
13. Korelacja prosta .....	193
13.1. Uwagi ogólne .....	193
13.2. Korelacja cząstkowa .....	196
13.3. Korelacja rang Spearmana .....	198
13.4. Inne miary korelacji rang .....	202
13.5. Regresja prosta .....	202
13.6. Zadania .....	212
14. Analiza kowariancji .....	217
14.1. Zadania .....	224
Załączniki .....	229
Załącznik A. Wprowadzenie do programu <i>Statistica</i> .....	231
A.1. Struktura okna podstawowego .....	231
A.2. Okno specyfikacji zmiennej .....	233
A.3. Praca w arkuszu danych .....	236
A.4. Operacje na zmiennych i przypadkach .....	238
A.5. Formuły i ich przeliczanie .....	243
A.6. Selekcja przypadków .....	245
A.7. Sprawdzanie wartości danych .....	247
A.8. Transponowanie danych .....	248
A.9. Tworzenie nowego arkusza .....	249
A.10. Import plików do programu <i>Statistica</i> .....	249

---

Załącznik B. Kombinatoryka .....	253
B.1. Permutacje .....	253
B.2. Wariacje .....	253
B.3. Kombinacje.....	254
B.4. Zadania .....	255
Załącznik C. Tablice statystyczne.....	257
Tablica C.1. Dystrybuanta rozkładu normalnego .....	257
Tablica C.2. Wartości krytyczne rozkładu t-Studenta .....	258
Tablica C.3. Wartości krytyczne rozkładu $\chi^2$ .....	259
Tablica C.4. Wartości krytyczne rozkładu F-Snedecora, $\alpha = 0,05$ .....	260
Tablica C.5. Wartości dla testu U Manna-Whitneya.....	261
Piśmiennictwo.....	263