

Spis treści

Wstęp	13
1. Wprowadzenie	19
1.1. Statystyka opisowa	21
1.2. Wnioskowanie statystyczne	22
1.3. Związki i przewidywanie	23
1.4. Przedmiot naszego zainteresowania: statystyka stosowana	23
1.5. Rola statystyki stosowanej	24
1.6. Czy statystyka kłamie?	26
Kwestia kontrowersyjna: Czy procedury statystyczne są nam potrzebne?	28
1.7. Kilka wskazówek dotyczących uczenia się statystyki	29
1.8. Podsumowanie	31
2. Pojęcia wstępne	34
2.1. Próby losowe	35
2.2. Zmienne i stałe	37
2.3. Skale pomiarowe	38
2.4. Skale pomiarowe i problemy związane z postępowaniem statystycznym	41
2.5. Dokładność obliczeń dla zmiennych ciągłych	42
2.6. Statystyka i komputery	43
2.7. Podsumowanie	45
3. Rozkłady częstości, centyle i rangi centylowe	49
3.1. Porządkowanie danych jakościowych	51
3.2. Wyniki pogrupowane	51
3.3. Jak utworzyć rozkład liczebności pogrupowanych	54
3.4. Granice pozorne a granice realne	55
3.5. Rozkład liczebności względnych	56
3.6. Diagramy „pień i liść”	58
3.7. Rozkład liczebności skumulowanych	59
3.8. Centyle i rangi centylowe	61
3.9. Obliczanie centyli z danych pogrupowanych	63
3.10. Obliczanie rang centylowych	65
3.11. Podsumowanie	66

4. Graficzna reprezentacja rozkładów liczebności	73
4.1. Podstawowe procedury	74
4.2. Histogram	75
4.3. Wielobok liczebności	77
4.4. Wybór między histogramem a wielobokiem liczebności	78
4.5. Wykres słupkowy i wykres kołowy	81
4.6. Krzywa procentów skumulowanych	83
4.7. Czynniki wpływające na kształt wykresu	85
4.8. Cechy rozkładów liczebności	90
4.9. Podsumowanie	92
5. Tendencja centralna	97
5.1. Wartość modalna	98
5.2. Mediana	98
5.3. Średnia arytmetyczna	100
5.4. Właściwości wartości modalnej	102
5.5. Właściwości średniej	102
Kwestia kontrowersyjna: Czy dopuszczalne jest obliczanie średniej dla wyników testów psychologicznych i pedagogicznych?	104
5.6. Właściwości mediany	106
5.7. Miary tendencji centralnej w rozkładach symetrycznych i asymetrycznych	108
5.8. Efekty transformacji wyników	110
5.9. Podsumowanie	111
6. Zmienność i wyniki standaryzowane (z)	117
6.1. Rozstęp	119
6.2. Odchylenie ćwiartkowe	119
6.3. Odchylenie wyniku	120
6.4. Miary odchylenia: wariancja	121
Kwestia kontrowersyjna: Obliczanie wariancji z próby: Czy powinniśmy dzielić przez n, czy przez $(n-1)$?	123
6.5. Miary odchylenia: odchylenie standardowe	124
6.6. Obliczanie wariancji i odchylenia standardowego: metoda wykorzystująca wyniki surowe	125
6.7. Właściwości rozstępu	127
6.8. Właściwości odchylenia ćwiartkowego	127
6.9. Właściwości odchylenia standardowego	128
6.10. Jak wielkie jest odchylenie standardowe?	130
6.11. Transformacje wyników i miary zmienności	131
6.12. Wyniki standaryzowane (wyniki z)	132
6.13. Porównanie wyników z i rang centylowych	136
6.14. Porównywalność wyników	137
6.15. Podsumowanie	138
7. Wyniki standaryzowane i krzywa normalna	144
7.1. Historyczne aspekty krzywej normalnej	146
7.2. Natura krzywej normalnej	147
7.3. Wyniki standaryzowane i krzywa normalna	149

7.4. Krzywa normalna standaryzowana: odszukiwanie powierzchni pod krzywą wtedy, gdy znany jest wynik	150
7.5. Krzywa normalna standaryzowana: odszukiwanie wyników wtedy, gdy znany jest obszar pod krzywą	154
7.6. Krzywa normalna jako model dla zmiennych realnych	156
Kwestia kontrowersyjna: Na ile normalna jest krzywa normalna?	157
7.7. Krzywa normalna jako model dla rozkładów losowych	159
7.8. Podsumowanie	159
8. Korelacja	164
8.1. Trochę historii	166
8.2. Graficzna forma rozkładów dwuzmiennowych: diagram rozrzutu	167
8.3. Korelacja: problem kierunku	171
8.4. Korelacja: problem siły	173
8.5. Rozumienie znaczenia siły korelacji	175
8.6. Wzory na współczynnik korelacji Pearsona	177
8.7. Wyliczanie r na podstawie wyników surowych	181
8.8. Współczynnik korelacji rangowej Spearmana	182
8.9. Jak rangujemy wyniki	184
8.10. Obliczanie r_s Spearmana	185
8.11. Istnienie korelacji nie jest dowodem na istnienie związku przyczynowego	186
8.12. Efekt transformacji wyników	188
8.13. Przestrogi związane ze współczynnikami korelacji	189
8.14. Inne sposoby pomiaru związku	192
8.15. Podsumowanie	194
9. Predykcja	202
9.1. Problem predykcji	203
9.2. Kryterium najlepszego dopasowania	205
Kwestia kontrowersyjna: Regresja najmniejszych kwadratów a prosta rezystentna	207
9.3. Równanie regresji: postać dla wyników standaryzowanych	208
9.4. Równanie regresji: postać dla wyników surowych	209
9.5. Błąd predykcji: standardowy błąd oszacowania	212
9.6. Alternatywny (i preferowany) wzór na S_{yx}	215
9.7. Błąd w szacowaniu Y na podstawie X	215
9.8. Przestrogi związane z szacowaniem błędu predykcji	217
9.9. Podsumowanie	219
10. Interpretacyjne aspekty korelacji i regresji	225
10.1. Czynniki oddziałujące na r : zakres zmienności	225
10.2. Współczynnik korelacji w rozkładach nieciągłych	228
10.3. Czynniki oddziałujące na r : heterogeniczność prób	229
10.4. Interpretacja r : równanie regresji I	231
10.5. Interpretacja r : równanie regresji II	233
10.6. Problem zjawiska regresji w badaniach	235
10.7. Pozorny paradoks w regresji	236
10.8. Interpretacja r : proporcja zmienności Y niezwiązana ze zmiennością X	238
10.9. Interpretacja r : proporcja zmienności Y związana ze zmiennością X	239
10.10. Interpretacja r : proporcja poprawnie przyporządkowanych obserwacji	242
10.11. Podsumowanie	244

11. Prawdopodobieństwo	250
11.1. Definiowanie prawdopodobieństwa	251
11.2. Matematyczny model prawdopodobieństwa	252
11.3. Dwa prawa w probabilistyce	254
11.4. Przykład rozkładu prawdopodobieństwa: rozkład dwumianowy	256
11.5. Zastosowanie dwumianu	259
11.6. Rozkład liczebności (i krzywa normalna) jako rozkład prawdopodobieństwa	262
11.7. Czy zdumiewający zbieg okoliczności jest w istocie aż tak zdumiewający?	263
11.8. Podsumowanie	264
12. Losowy dobór do próby i rozkłady z próby	270
12.1. Losowy dobór do próby	272
12.2. Korzystanie z tablic liczb losowych	275
12.3. Rozkład średniej z próby losowej: wprowadzenie	275
12.4. Cechy rozkładu średniej z próby losowej	279
12.5. Wykorzystanie rozkładu wartości $\bar{X}$ z próby do określania prawdopodobieństwa dla różnych zakresów wartości $\bar{X}$	282
12.6. Podsumowanie	287
13. Wstęp do wnioskowania statystycznego: testowanie hipotez o średnich pojedynczych (z oraz t)	294
13.1. Testowanie hipotezy o średniej pojedynczej	296
13.2. Hipoteza zerowa i hipoteza alternatywna	297
13.3. Kiedy odrzucamy hipotezę zerową, a kiedy jej nie odrzucamy?	297
13.4. Ogólne zasady obowiązujące w procedurze testowania hipotez	298
13.5. Problem doktor Brown: wniosek	299
13.6. Decyzja statystyczna	301
13.7. Wybór H_A : test jednostronny i test dwustronny	303
13.8. Przegląd założeń obowiązujących w procedurze testowania hipotez o średniej pojedynczej	305
Kwestia kontrowersyjna: Plan badawczy dla $n = 1$	309
13.9. Szacowanie błędu standardowego średniej wtedy, gdy wartość σ nie jest znana	306
13.10. Rozkład t	311
13.11. Cechy rozkładu t Studenta	313
13.12. Stopnie swobody i rozkład t Studenta	315
13.13. Użycie rozkładu t Studenta	316
13.14. Przykład: problem profesor Dyett	317
13.15. Obliczanie wartości t na podstawie wyników surowych	320
13.16. Poziom istotności a wartości p	323
13.17. Podsumowanie	325
14. Interpretacja wyników testowania hipotez: wielkość efektu, błąd I rodzaju i błąd II rodzaju oraz moc testu	334
14.1. Różnica istotna statystycznie a różnica ważna w praktyce	335
14.2. Wielkość efektu	336
Kwestia kontrowersyjna: Niepublikowanie wyników „nieistotnych”	340
14.3. Błędy popełniane podczas testowania hipotez	342
14.4. Moc testu	345
14.5. Czynniki wpływające na moc testu: rozbieżność między prawdziwą średnią populacyjną a średnią hipotetyczną (wielkość efektu)	346

14.6. Czynniki wpływające na moc testu: liczebność próby	347
14.7. Czynniki wpływające na moc testu: zmienność pomiarów	348
14.8. Czynniki wpływające na moc testu: poziom istotności (α)	348
14.9. Czynniki wpływające na moc testu: testy jednostronne a testy dwustronne	350
14.10. Obliczanie mocy testu	350
14.11. Szacowanie mocy oraz wielkości próby dla testów weryfikujących hipotezy o średnich	353
Kwestia kontrowersyjna: Metaanaliza	355
14.12. Problemy związane z losowym doбором do próby oraz z wyprowadzaniem wniosków	358
14.13. Podsumowanie	359
15. Testowanie hipotez o różnicach między dwiema niezależnymi grupami	364
15.1. Hipoteza zerowa i hipoteza alternatywna	365
15.2. Losowy rozkład z próby różnicy między dwiema średnimi z próby	366
15.3. Przykład losowego rozkładu różnic między średnimi z próby	368
15.4. Właściwości rozkładu różnic między średnimi z próby	370
15.5. Określanie wzoru na wartość t	371
15.6. Testowanie hipotez o braku różnic między dwiema średnimi niezależnymi: eksperyment z udziałem dzieci dyslektycznych	374
15.7. Wykonywanie testu jednostronnego	376
15.8. Wielkość próby we wnioskowaniu o dwóch średnich	377
Kwestia kontrowersyjna: Testowanie równoważności grup eksperymentalnych	378
15.9. Wielkość efektu	379
15.10. Szacowanie mocy i wielkości próby podczas testowania hipotez o różnicy między dwiema średnimi niezależnymi	383
15.11. Założenia związane z wnioskowaniem o różnicy między dwiema średnimi niezależnymi	385
15.12. Model losowego doboru do próby a model losowego przydzielania do grup	387
15.13. Losowy dobór do próby i losowe przydzielanie do grup jako narzędzia kontroli eksperymentalnej	388
15.14. Eksperyment a badania w modelu <i>in situ</i>	389
15.15. Podsumowanie	391
16. Testowanie hipotez o różnicy między dwiema grupami zależnymi (skorelowanymi)	399
16.1. Określanie wzoru na wartość t	401
16.2. Stopnie swobody dla testów weryfikujących hipotezy o braku różnic między średnimi zależnymi	402
16.3. Testowanie hipotez o dwóch średnich zależnych	402
16.4. Alternatywne podejście do problemu dwóch średnich zależnych	406
16.5. Wielkość efektu	408
16.6. Moc testu	410
16.7. Założenia związane z testowaniem hipotez o różnicach między dwiema średnimi zależnymi	410
16.8. Zagrożenia związane z planem prób zależnych	411
16.9. Podsumowanie	413
17. Wnioskowanie o współczynniku korelacji	418
17.1. Losowy rozkład wartości r z próby	418
17.2. Testowanie hipotezy o tym, że $\rho = 0$	420

17.3. Transformacja z' Fishera	422
17.4. Testowanie hipotezy o braku różnicy między ρ_1 a ρ_2 : próby niezależne	424
17.5. Siła związku	425
17.6. Uwagi na temat założeń	426
17.7. Wnioskowanie w sytuacji, gdy używamy r_s Spearmana	426
17.8. Podsumowanie	426
18. Alternatywa dla testowania hipotez: przedziały ufności	430
18.1. Przykłady oszacowań	432
18.2. Przedziały ufności dla μ_x	433
18.3. Związek między przedziałami ufności a testowaniem hipotez	437
18.4. Zalety przedziałów ufności	438
18.5. Losowy dobór do próby i uogólnianie wyników	439
18.6. Wyznaczanie przedziału ufności	440
Kwestia kontrowersyjna: Obiektywność i subiektywność we wnioskowaniu statystycznym: statystyka bayesowska	442
18.7. Przedziały ufności dla $\mu_x - \mu_y$	444
18.8. Wielkość próby wymagana podczas tworzenia przedziałów ufności dla μ_x oraz dla $\mu_x - \mu_y$	448
18.9. Przedziały ufności dla ρ	450
18.10. Podsumowanie	453
19. Chi-kwadrat i wnioskowanie o częstości	458
19.1. Test zgodności chi-kwadrat	458
19.2. Chi-kwadrat (χ^2) jako miara rozbieżności między liczebnościami oczekiwanymi i obserwowanymi	460
19.3. Logika testu chi-kwadrat	461
19.4. Interpretacja wyników testu chi-kwadrat	463
19.5. Różne hipotetyczne proporcje w teście zgodności	464
19.6. Testowanie hipotez wtedy, gdy $df = 1$	465
19.7. Wielkość efektu w przypadku problemów zgodności	466
19.8. Założenia związane z użyciem teoretycznego rozkładu chi-kwadrat	467
19.9. Chi-kwadrat jako test niezależności między dwiema zmiennymi	467
19.10. Odszukiwanie liczebności oczekiwanych w tabeli kontyngencji	470
19.11. Obliczanie chi-kwadrat i określanie istotności w tabeli kontyngencji	472
Kwestia kontrowersyjna: Poprawka Yatesa na ciągłość	474
19.12. Miary wielkości efektu (siły związku) w testach niezależności	475
19.13. Moc i test niezależności chi-kwadrat	477
19.14. Podsumowanie	478
20. Testowanie hipotez o różnicach między trzema grupami albo większą ich liczbą: jednoczynnikowa analiza wariancji (i niektóre jej alternatywy)	484
20.1. Hipoteza zerowa	486
20.2. Logika jednoczynnikowej analizy wariancji: zróżnicowanie wewnątrzgrupowe i zróżnicowanie międzygrupowe	487
20.3. Podział sum kwadratów	490
20.4. Stopnie swobody	493
20.5. Oszacowania wariancji oraz stosunek F	494

20.6. Tabela zbiorcza	496
20.7. Przykład	497
20.8. Porównanie t oraz F	500
20.9. Wzory w analizie wariancji odwołujące się do wyników surowych	501
20.10. Założenia związane z modelem ANOVA	503
20.11. Wielkość efektu	504
20.12. Model ANOVA a moc testu	506
20.13. Porównania <i>post hoc</i>	506
20.14. Kilka obaw związanych z porównaniami <i>post hoc</i>	509
20.15. Alternatywa dla testu F : porównania zaplanowane	509
20.16. Jak konstruować porównania zaplanowane	511
Kwestia kontrowersyjna: Analiza wariancji a porównania a priori	514
20.17. Analiza wariancji dla pomiarów powtarzanych	516
20.18. Podsumowanie	522
21. Czynnikowa analiza wariancji: plan dwuczynnikowy dla grup niezależnych	529
21.1. Efekty główne	531
21.2. Interakcja	533
21.3. Waga interakcji	536
21.4. Podział sumy kwadratów w dwuczynnikowej analizie wariancji	538
21.5. Stopnie swobody	543
21.6. Oszacowania wariancji oraz testy F	543
21.7. Analiza rezultatów dwuczynnikowej analizy wariancji	545
21.8. Wielkość efektu	547
21.9. Porównania zaplanowane	549
21.10. Założenia związane z planem dwuczynnikowym i problem nierównej liczby wyników	549
21.11. Podsumowanie	550
22. Niektóre testy (prawie) wolne od założeń	555
22.1. Hipoteza zerowa w testach wolnych od założeń	556
22.2. Testy randomizacyjne	556
22.3. Testy porządku rang	559
22.4. Metoda <i>bootstrap</i> (symulacyjna) we wnioskowaniu statystycznym	560
22.5. Wolna od założeń alternatywa dla testu t analizującego różnice między dwiema niezależnymi grupami: test U Manna-Whitneya	562
Kwestia kontrowersyjna: Porównanie testu t i testu U Manna-Whitneya dla rozkładów spotykanych w realnych badaniach empirycznych	566
22.6. Wolna od założeń alternatywa dla testu t analizującego różnice między dwiema zależnymi grupami: test znaków	567
22.7. Inna wolna od założeń alternatywa dla testu t analizującego różnice między dwiema zależnymi grupami: test znaków rangowanych Wilcozona	570
22.8. Wolna od założeń alternatywa dla jednoczynnikowej analizy wariancji dla grup niezależnych: test Kruskala-Wallisa	573
22.9. Wolna od założeń alternatywa dla analizy wariancji dla pomiarów powtarzanych: test rang Friedmana dla prób skorelowanych	576
22.10. Podsumowanie	578
Zakończenie: Domena statystyki	585

Dodatek A: Przegląd podstawowych operacji matematycznych	588
Dodatek B: Reguły sumowania	602
Dodatek C: Lista symboli	604
Dodatek D: Odpowiedzi do zadań	607
Dodatek E: Tablice statystyczne	635
Tablica A: Obszary pod krzywą normalną odpowiadające danej wartości z	635
Tablica B: Rozkład dwumianowy	640
Tablica C: Liczby losowe	644
Tablica D: Rozkład t Studenta	647
Tablica E: Rozkład F	649
Tablica F: Statystyka rozstępu studentyzowanego	654
Tablica G: Wartości współczynnika korelacji wymagane dla różnych poziomów istotności wtedy, gdy $H_0: \rho = 0$	655
Tablica H: Wartości z' Fishera i odpowiadające im wartości r	657
Tablica I: Rozkład χ^2	658
Tablica J: Wartości krytyczne ΣR_x dla jednostronnego testu U Manna-Whitneya	659
Tablica K: Wartości krytyczne dla mniejszej z dwóch sum rang (R_+ oraz R_-) dla testu znaków rangowanych Wilcozona	662
Bibliografia	663
Indeks nazwisk	670
Indeks rzeczowy	674