

Obsah

Předmluva	15
1 CHYBY INSTRUMENTÁLNÍCH MĚŘENÍ	21
1.1 Klasifikace chyb měření	21
1.2 Charakteristika přesnosti přístrojů	23
1.2.1 Mezní hodnoty chyb a třída přesnosti přístroje	24
1.2.2 Zařazení přístroje do třídy přesnosti	25
1.2.3 Zaokrouhlování chyby výsledku	26
1.2.4 Složky chyby výsledku měření	28
1.3 Modely měření	28
1.3.1 Aditivní model měření	29
1.3.2 Modely se systematickou chybou	30
1.3.3 Multiplikativní model měření	31
1.3.4 Kombinovaný model měření	32
1.3.5 Rozdělení chyb měřicích přístrojů	34
1.4 Kvantilové odhady chyb	36
1.5 Sčítání kvantilových chyb	39
1.6 Momentové odhady chyb	40
1.6.1 Pravděpodobnostní interval chyb	41
1.6.2 Toleranční interval chyby	42
1.7 Chyba výsledků instrumentálních měření	43
1.7.1 Metoda Taylorova rozvoje	44
1.7.2 Metoda dvoubodové aproximace	49
1.7.3 Metoda simulací Monte Carlo	49
1.8 Nejistoty měření	51
1.8.1 Modely zahrnující působení neměřených faktorů	52
1.8.2 Intervaly spolehlivosti a nejistoty	55
1.8.3 Porovnání nejistot výsledků měření	58
1.8.3.1 Přímá měření	58
1.8.3.2 Nepřímá měření	60
1.8.4 Přístup intervalové analýzy k nejistotám	61
1.8.5 Doplnující poznámky k nejistotám	63
1.9 Postup určení chyby instrumentálních měření	66
1.10 Ostatní řešené příklady	66
Literatura	73
2 PRŮZKUMOVÁ ANALÝZA JEDNOROZMĚRNÝCH DAT	75
2.1 Metody průzkumové analýzy dat	76
2.1.1 Grafy identifikace statistických zvláštností dat	79
2.1.2 Konstrukce a identifikace rozdělení výběru	92

2.1.3	Identifikace rozdělení výběru pro diskrétní náhodné veličiny	113
2.1.4	Transformace dat	115
2.1.5	Zpětná transformace	122
2.2	Ověření předpokladů o datech	124
2.2.1	Určení minimální velikosti výběru	125
2.2.2	Ověření předpokladu nezávislosti prvků výběru	126
2.2.3	Ověření normality výběru	128
2.2.4	Ověření homogenity výběru	132
2.3	Postup průzkumové analýzy	137
2.3.1	Postup analýzy rutinních dat	137
2.3.2	Postup při nesplnění předpokladů o datech	138
2.4	Ostatní řešené příklady	140
	Literatura	147
3	STATISTICKÁ ANALÝZA JEDNOROZMĚRNÝCH DAT	149
3.1	Bodové odhady parametrů polohy, rozptýlení a tvaru	150
3.1.1	Metoda maximální věrohodnosti	150
3.1.2	Výběrové charakteristiky	152
3.2	Intervalový odhad parametrů polohy a rozptýlení	163
3.2.1	Povaha intervalového odhadu	163
3.2.2	Konstrukce intervalových odhadů	164
3.2.3	Intervaly spolehlivosti pro zešíkmená rozdělení	168
3.3	Odhady parametrů polohy rozptýlení a tvaru u vybraných rozdělení	175
3.3.1	Poissonovo rozdělení	175
3.3.2	Normální rozdělení	178
3.3.3	Laplaceovo rozdělení	181
3.3.4	Rovnoměrné rozdělení	182
3.3.5	Exponenciální rozdělení	184
3.3.5.1	Jednparametrové exponenciální rozdělení	184
3.3.5.2	Dvoupřímětrové exponenciální rozdělení	185
3.3.6	Logaritmicko-normální rozdělení	187
3.3.6.1	Dvoupřímětrové logaritmicko-normální rozdělení	188
3.3.6.2	Třípřímětrové logaritmicko-normální rozdělení	191
3.4	Robustní odhady parametrů polohy a rozptýlení	193
3.4.1	Medián	194
3.4.2	Uřezaný průměr	195
3.4.3	Robustní M -odhady	199
3.4.4	Analýza malých výběrů	202
3.4.5	Nepřímětrické odhady rozptýlení	206
3.5	Testování statistických hypotéz	212
3.5.1	Postup testování statistické hypotézy	212
3.5.2	Testy hypotéz o parametrech jednoho souboru	215

3.5.3 Testy hypotéz o parametrech dvou souborů	216
3.5.3.1 Testy shody středních hodnot („testy shodnosti“)	218
3.5.3.2 Testy shody rozptylů	225
3.6 Postup vyhodnocení jednorozměrných výběrů	227
3.7 Ostatní řešené příklady	229
Literatura	239
4 STATISTICKÁ ANALÝZA VÍCEROZMĚRNÝCH DAT	241
Popisné statistiky vícerozměrných dat	244
4.1 Pojem vícerozměrné náhodné veličiny	244
4.1.1 Charakteristiky vícerozměrných náhodných veličin	247
4.1.2 Odhady parametrů polohy, rozptýlení a tvaru	251
4.1.3 Vybočující body	259
4.1.4 Statistická analýza vektoru středních hodnot	264
4.1.5 Statistická analýza kovariančních matic	271
4.2 Předúprava vícerozměrných dat	274
4.2.1 Různé formy standardizace dat	275
4.2.2 Užití statistických vah	280
4.3 Průzkumová analýza vícerozměrných dat	281
4.3.1 Zobrazení vícerozměrných dat	281
4.3.2 Analýza profilů	290
4.3.3 Ověření normality	293
4.3.3.1 Grafy pro ověření normality	293
4.3.3.2 Testy normality	295
Určení struktury ve znacích a objektech	300
4.4 Analýza hlavních komponent (PCA)	301
4.4.1 Zaměření metody PCA	301
4.4.2 Podstata metody PCA	302
4.4.3 Statistická analýza hlavních komponent	322
4.4.4 Grafické pomůcky analýzy hlavních komponent	327
4.4.5 Diagnostika metody hlavních komponent	330
4.4.6 Určení počtu komponent směsí analýzou absorbanční matice	332
4.4.7 Řešení častých problémů v PCA	340
4.5 Faktorová analýza (FA)	344
4.5.1 Zaměření metody FA	344
4.5.2 Podstata metody FA	346
4.5.3 Grafické pomůcky FA	354
4.5.4 Průběh diagnostikování dle FA	355

4.6 Kanonická korelační analýza (CCA)	371
4.6.1 Zaměření metody CCA	371
4.6.2 Podstata metody CCA	371
4.6.3 Průběh diagnostikování CCA	378
Klasifikace objektů	385
4.7 Diskriminační analýza (DA)	387
4.7.1 Zaměření metody DA	387
4.7.2 Zařazovací pravidla DA	388
4.7.3 Lineární (LDA) a kvadratická (QDA) diskriminační funkce	389
4.7.4 Užití kanonické korelace v diskriminační analýze	397
4.7.5 Úprava prahového bodu	398
4.7.6 Volba znaků, diskriminátorů	399
4.7.7 Kvalita zařazení objektů do tříd	402
4.7.8 Logistická diskriminace	403
4.7.9 Průběh diagnostikování DA	405
4.8 Logistická regrese (LR)	429
4.8.1 Zaměření metody LR	429
4.8.2 Logistický regresní model	432
4.8.3 Volba proměnných	439
4.8.4 Těsnost proložení logistickým modelem	440
4.8.5 Kvalita vyhodnocení logistickou regresí	442
4.8.6 Aplikace logistické regrese	443
4.9 Analýza shluků (CLU)	454
4.9.1 Dendrogramy hierarchického shlukování	468
4.9.2 Shlukování metodou nejbližších těžišť (K-Means)	477
4.9.3 Shlukování metodou optimálních středů čili medoidů	482
4.9.4 Fuzzy shlukování	487
4.9.5 Postup obecné analýzy shluků	491
4.10 Mapování objektů vícerozměrným škálováním (MDS)	497
4.10.1 Zaměření metody MDS	497
4.10.2 Podstata metody MDS	497
4.10.3 Postup subjektivního mapování objektů	502
4.11 Korespondenční analýza (CA)	515
4.11.1 Zaměření metody CA	515
4.11.2 Podstata metody CA	516
4.11.3 Postup korespondenční analýzy	518
Literatura	526

5 ANALÝZA ROZPTYLU (ANOVA)	529
5.1 Základní pojmy analýzy rozptylu	529
5.2 Jednofaktorová analýza rozptylu	531
5.2.1 Modely s pevnými efekty	533
5.2.1.1 Metodologie statistické analýzy	533
5.2.1.2 Technika vícenásobného porovnání	535
5.2.1.3 Lineární regresní model	537
5.2.1.4 Ověření normality chyb	539
5.2.1.5 Ověření konstantnosti rozptylu (homoskedasticity)	540
5.2.2 Modely s náhodnými efekty	541
5.3 Dvoufaktorová analýza rozptylu	543
5.3.1 Modely s pevnými efekty	545
5.3.1.1 Modely pro případ bez opakování měření (ANOVA#2P)	545
5.3.1.2 Vyvážené modely (ANOVA#2B)	551
5.3.1.3 Nevyvážené modely (ANOVA#2U)	556
5.3.2 Modely se smíšenými efekty	557
5.3.3 Modely s náhodnými efekty	558
5.4 Zhodnocení postupu při analýze rozptylu	560
5.5 Ostatní řešené příklady	560
Literatura	564
6 LINEÁRNÍ REGRESNÍ MODELY	565
6.1 Formulace lineárního regresního modelu	565
6.2 Geometrie a předpoklady metody nejmenších čtverců	567
6.2.1 Geometrie metody nejmenších čtverců	567
6.2.2 Předpoklady metody nejmenších čtverců	573
6.3 Statistické vlastnosti metody nejmenších čtverců	575
6.3.1 Konstrukce intervalů spolehlivosti	584
6.3.2 Testování hypotéz	587
6.3.2.1 Test multikolinearity	590
6.3.2.2 Test významnosti absolutního členu	592
6.3.2.3 Testy složených hypotéz	595
6.3.2.4 Test shody dvou lineárních modelů	598
6.3.2.5 Testy vhodnosti lineárního modelu	601
6.3.3 Porovnání regresních přímek	607
6.3.3.1 Test homogenity úseků	608
6.3.3.2 Test homogenity směrnice	610
6.3.3.3 Test shody regresních přímek	610

6.4	Numerické problémy lineární regrese na počítači	613
6.4.1	Metoda ortogonálních funkcí	618
6.4.2	Metoda racionálních hodnotí	621
6.4.3	Metody hřebenové regrese	625
6.5	Regresní diagnostika	628
6.5.1	Využití průzkumové analýzy dat	629
6.5.2	Posouzení kvality dat	630
6.5.2.1	Statistická analýza reziduí	631
6.5.2.2	Analýza prvků projekční matice H	636
6.5.2.3	Grafy identifikace vlivných bodů	638
6.5.2.4	Ostatní charakteristiky vlivných bodů	644
6.5.3	Posouzení kvality navrženého regresního modelu	650
6.5.3.1	Parciální regresní grafy	651
6.5.3.2	Parciální reziduální grafy	653
6.5.3.3	Znaménkový test vhodnosti modelu	656
6.5.4	Ověření předpokladů metody nejmenších čtverců	658
6.5.4.1	Heteroskedasticita (nekonstantnost rozptylu)	658
6.5.4.2	Autokorelace	659
6.5.4.3	Normalita chyb	660
6.6	Postupy při porušení předpokladů metody nejmenších čtverců	661
6.6.1	Omezení na parametry	662
6.6.2	Metoda zobecněných nejmenších čtverců (MZNČ)	666
6.6.2.1	Heteroskedasticita	668
6.6.2.2	Autokorelace	673
6.6.3	Multikolinearita	679
6.6.4	Proměnné zatížené náhodnými chybami	685
6.6.5	Jiná rozdělení chyb	689
6.6.6	Zobecněný lineární regresní model	702
6.7	Kalibrace	704
6.7.1	Druhy kalibrace a kalibrační modely	705
6.7.2	Kalibrační přímka	707
6.7.3	Přesnost kalibrace	713
6.8	Postup při lineární regresní analýze	717
6.9	Ostatní řešené příklady	718
	Literatura	734
7	KORELACE	737
7.1	Korelační modely	738
7.1.1	Korelační modely pro dvě náhodné veličiny	738
7.1.2	Korelační model pro více náhodných veličin	744

7.2 Korelační koeficienty	754
7.2.1 Párový korelační koeficient	756
7.2.2 Interpretace korelačního koeficientu	762
7.2.3 Korelační křivka	769
7.2.4 Parciální korelační koeficient	772
7.2.5 Vícenásobný korelační koeficient	773
7.2.6 Pořadové korelace	777
Literatura	779
8 NELINEÁRNÍ REGRESNÍ MODELY	781
8.1 Formulace nelineárního regresního modelu	783
8.2 Modely chyb měření	788
8.3 Formulace kritéria regrese	793
8.4 Geometrie nelineární regrese	799
8.5 Numerické postupy odhadování parametrů	805
8.5.1 Nederivační optimalizační postupy	806
8.5.1.1 Metody přímého hledání	807
8.5.1.2 Simplexové metody	808
8.5.1.3 Metody využívající náhodných čísel	814
8.5.1.4 Speciální postupy pro metodu nejmenších čtverců (MNČ)	817
8.5.2 Derivační metody pro kritérium MNČ	821
8.5.2.1 Gaussovy–Newtonovy metody	824
8.5.2.2 Metody Marquardtova typu	827
8.5.2.3 Postupy typu dog–leg	829
8.5.3 Komplikace procesu nelineární regrese	831
8.5.3.1 Neodhadnutelnost některých parametrů	831
8.5.3.2 Existence minima $U(\beta)$	832
8.5.3.3 Výskyt lokálních minim	833
8.5.3.4 Špatná podmíněnost parametrů v modelu	834
8.5.3.5 Malé rozmezí experimentálních dat	834
8.5.4 Testování spolehlivosti regresních algoritmů	837
8.6 Statistická analýza nelineární regrese	839
8.6.1 Nelinearita regresního modelu	841
8.6.1.1 Vychýlení odhadů parametrů	841
8.6.1.2 Asymetrie odhadů parametrů	844
8.6.2 Intervalové odhady parametrů	845
8.6.2.1 Oblasti spolehlivosti parametrů	845
8.6.2.2 Intervaly spolehlivosti parametrů	850
8.6.2.3 Intervaly spolehlivosti predikce	852
8.6.3 Testy hypotéz o odhadech parametrů	853

8.6.4 Těsnost proložení regresní křivky	855
8.6.4.1 Statistická analýza reziduí	855
8.6.4.2 Analýza vlivných bodů	857
8.7 Postup při testování navrženého modelu	859
8.8 Ostatní řešené příklady	862
Literatura	868
9 INTERPOLACE A APROXIMACE	871
9.1 Klasické interpolační postupy	872
9.1.1 Lagrangeova a Newtonova interpolační formule	874
9.1.2 Hermitovská interpolace	879
9.1.3 Racionální interpolace	881
9.2 Spline interpolace	883
9.2.1 Lokální hermitovská interpolace	888
9.2.2 Kubický spline	893
9.3 Aproximace funkcí	901
9.4 Aproximace tabelárních závislostí	905
9.4.1 Polynomická aproximace	905
9.4.2 Úseková regrese	908
9.5 Numerické vyhlazování	914
9.5.1 Spline vyhlazování	914
9.5.2 Neparаметrická regrese	924
9.5.3 Číslicová filtrace	926
9.6 Postup při interpolaci a aproximaci	934
9.7 Ostatní řešené příklady	935
Literatura	936
Komentář k CD	939
Rejstřík	941