

Obsah

1 CHYBY INSTRUMENTÁLNÍCH MĚŘENÍ	1
1.1 Klasifikace chyb měření	1
1.2 Charakteristika přesnosti přístrojů	3
1.2.1 Mezní hodnoty chyb a třída přesnosti přístroje	5
1.2.2 Zařazení přístroje do třídy přesnosti	6
1.2.3 Zaokrouhlování chyby výsledku	8
1.2.4 Složky chyby výsledku měření	9
1.3 Modely měření	10
1.4 Kvantilové odhady chyb	13
1.5 Sčítání kvantilových chyb	16
1.6 Momentové odhady chyb	18
1.6.1 Pravděpodobnostní interval chyb	18
1.6.2 Toleranční interval chyby	20
1.7 Chyba výsledků instrumentálních měření	21
1.7.1 Metoda Taylorova rozvoje	22
1.7.2 Metoda dvoubodové aproximace	27
1.7.3 Metoda simulací Monte Carlo	27
1.8 Souhrn: Postup určení chyby instrumentálních měření	30
1.9 Výpočetní programy	30
1.10 Ostatní řešené příklady	31
1.11 Úlohy k procvičování	40
1.12 Literatura	43
2 PRŮZKUMOVÁ ANALÝZA JEDNOROZMĚRNÝCH DAT	45
2.1 Metody průzkumové analýzy dat	46
2.1.1 Grafy identifikace statistických zvláštností dat	50
2.1.2 Konstrukce a identifikace rozdělení výběru	66
2.1.3 Identifikace rozdělení výběru pro diskrétní náhodné veličiny ..	81
2.1.4 Transformace dat	85
2.1.5 Zpětná transformace	90
2.2 Ověření předpokladů o datech	92

2.2.1 Určení minimální velikosti výběru	92
2.2.2 Ověření předpokladu nezávislosti prvků výběru	94
2.2.3 Ověření normality výběru	95
2.2.4 Ověření homogenity výběru	99
2.3 Souhrn: Postup průzkumové analýzy	101
2.4 Výpočetní programy	103
2.5 Ostatní řešené příklady	109
2.6 Úlohy k procvičování	119
2.7 Literatura	125
3 STATISTICKÁ ANALÝZA JEDNOROZMĚRNÝCH DAT	127
3.1 Bodové odhady parametrů polohy, rozptýlení a tvaru	128
3.1.1 Metoda maximální věrohodnosti	129
3.1.2 Výběrové charakteristiky	130
3.2 Intervalový odhad parametrů polohy a rozptýlení	138
3.2.1 Povaha intervalového odhadu	138
3.2.2 Konstrukce intervalových odhadů	139
3.3 Odhady parametrů vybraných rozdělení	142
3.3.1 Poissonovo rozdělení	142
3.3.2 Normální rozdělení	146
3.3.3 Laplaceovo rozdělení	149
3.3.4 Rovnoměrné rozdělení	151
3.3.5 Exponenciální rozdělení	153
3.3.5.1 Jednparametrové exponenciální rozdělení	153
3.3.5.2 Dvoupparametrové exponenciální rozdělení	154
3.3.6 Logaritmicke-normální rozdělení	157
3.3.6.1 Dvoupparametrové lognormální rozdělení	158
3.3.6.2 Tříparametrové lognormální rozdělení	162
3.4 Robustní odhady parametrů polohy a rozptýlení	164
3.4.1 Medián	165
3.4.2 Uřezaný průměr	167
3.4.3 Robustní M-odhady	171
3.4.4 Analýza malých výběrů	176
3.4.5 Neparametrické odhady rozptýlů	178
3.5 Testování statistických hypotéz	181
3.5.1 Postup testování statistické hypotézy	182
3.5.2 Testy hypotéz o parametrech jednoho souboru	185
3.5.3 Testy hypotéz o parametrech dvou souborů	187
3.6 Souhrn: Postup vyhodnocení jednorozměrných výběrů	199
3.7 Výpočetní programy	201
3.8 Ostatní řešené příklady	203
3.9 Úlohy k procvičování	216
3.10 Literatura	219

4	STATISTICKÁ ANALÝZA VÍCEROZMĚRNÝCH DAT	221
4.1	Vícerozměrné náhodné veličiny	222
4.2	Charakteristiky vícerozměrných náhodných veličin	226
4.3	Odhady parametrů polohy, rozptýlení a tvaru	230
4.4	Zobrazení vícerozměrných dat	236
4.4.1	Zobecněné rozptylové grafy	237
4.4.2	Symbolové grafy	244
4.5	Ověření normality	251
4.5.1	Testy normality	251
4.5.2	Grafické ověření normality	253
4.6	Statistická analýza vektoru středních hodnot	255
4.7	Statistická analýza kovariančních matic	263
4.8	Souhrn: Postup při analýze vícerozměrných dat	267
4.9	Výpočetní programy	267
4.10	Ostatní řešené příklady	268
4.10	Úlohy k procvičování	273
4.11	Literatura	275
5	ANALÝZA ROZPTYLU (ANOVA)	277
5.1	Základní pojmy analýzy rozptylu	278
5.2	Jednofaktorová analýza rozptylu	280
5.2.1	Modely s pevnými efekty	281
5.2.1.1	Metodologie statistické analýzy	281
5.2.1.2	Technika vícenásobného porovnání	285
5.2.1.3	Lineární regresní model	286
5.2.1.4	Ověření normality chyb	288
5.2.1.5	Ověření konstantnosti rozptylu (homoskedasticity)	291
5.2.2	Modely s náhodnými efekty	291
5.3	Dvoufaktorová analýza rozptylu	294
5.3.1	Modely s pevnými efekty	296
5.3.1.1	Modely pro případ bez opakování měření	297
5.3.1.2	Vyvážené modely	303
5.3.1.3	Nevyvážené modely	309
5.3.2	Modely se smíšenými efekty	310
5.3.3	Modely s náhodnými efekty	311
5.4	Souhrn: Postup při analýze rozptylu	313
5.5	Výpočetní programy	314
5.6	Ostatní řešené příklady	316
5.7	Úlohy k procvičování	320
5.8	Literatura	326

6 LINEÁRNÍ REGRESNÍ MODELY	327
6.1 Formulace lineárního regresního modelu	327
6.2 Geometrie a předpoklady metody nejmenších čtverců	329
6.2.1 Geometrie metody nejmenších čtverců	329
6.2.2 Předpoklady metody nejmenších čtverců	338
6.3 Statistické vlastnosti metody nejmenších čtverců	340
6.3.1 Konstrukce intervalů spolehlivosti	350
6.3.2 Testování hypotéz	354
6.3.2.1 Test multikolinarity	358
6.3.2.2 Test významnosti absolutního členu	361
6.3.2.3 Testy složených hypotéz	365
6.3.2.4 Test shody dvou lineárních modelů	368
6.3.2.5 Testy vhodnosti lineárního modelu	372
6.3.3 Porovnání regresních přímek	380
6.3.3.1 Test homogenity úseků	381
6.3.3.2 Test homogenity směrnic	383
6.3.3.3 Test shody regresních přímek	384
6.4 Numerické problémy lineární regrese na počítači	387
6.4.1 Metoda ortogonálních funkcí	391
6.4.2 Metoda racionálních hodnotí	394
6.5 Regresní diagnostika	399
6.5.1 Využití průzkumové analýzy dat	400
6.5.2 Posouzení kvality dat	401
6.5.2.1 Statistická analýza reziduí	402
6.5.2.2 Analýza prvků projekční (H) matice	409
6.5.2.3 Grafy identifikace vlivných bodů	411
6.5.2.4 Ostatní charakteristiky vlivných bodů	419
6.5.3 Posouzení kvality navrženého regresního modelu	428
6.5.3.1 Parciální regresní grafy	428
6.5.3.2 Parciální reziduální grafy	431
6.5.3.3 Znaménkový test vhodnosti modelu	435
6.5.4 Ověření předpokladů metody nejmenších čtverců	437
6.5.4.1 Heteroskedasticita (nekonstantnost rozptylu)	437
6.5.4.2 Autokorelace	439
6.5.4.3 Normalita chyb	440
6.6 Postupy při porušení předpokladů metody nejmenších čtverců	442
6.6.1 Omezení na parametry	442
6.6.2 Metoda zobecněných nejmenších čtverců (MZNČ)	447
6.6.2.1 Heteroskedasticita	450
6.6.2.2 Autokorelace	457
6.6.3 Multikolinarita	464
6.6.4 Všechny proměnné zatížené náhodnými chybami	471
6.6.5 Jiná rozdělení chyb	477

6.7 Kalibrace	493
6.7.1 Druhy kalibrace a kalibrační modely	494
6.7.2 Kalibrační přímka	497
6.7.3 Přesnost kalibrace	504
6.8 Souhrn: Postup při lineární regresní analýze	509
6.9 Výpočetní programy	511
6.10 Ostatní řešené příklady	514
6.11 Úlohy k procvičování	536
6.12 Literatura	547
 7 KORELACE	 551
7.1 Korelační modely	552
7.1.1 Korelační modely pro dvě náhodné veličiny	552
7.1.2 Korelační model pro více náhodných veličin	560
7.2 Korelační koeficienty	571
7.2.1 Párový korelační koeficient	571
7.2.2 Parciální korelační koeficient	578
7.2.3 Vícenásobný korelační koeficient	580
7.2.4 Pořadové korelace	583
7.3 Úlohy k procvičování	585
7.4 Literatura	588
 8 NELINEÁRNÍ REGRESNÍ MODELÝ	 589
8.1 Formulace nelineárního regresního modelu	592
8.2 Modely chyb měření	597
8.3 Formulace kritéria regrese	604
8.4 Geometrie nelineární regrese	611
8.5 Numerické postupy odhadování parametrů	618
8.5.1 Nederivační optimalizační postupy	620
8.5.1.1 Metody přímého hledání	620
8.5.1.2 Simplexové metody	622
8.5.1.3 Metody využívající náhodných čísel	629
8.5.1.4 Postupy speciálně pro metodu nejmenších čtverců	632
8.5.2 Derivační metody pro kritérium metody nejmenších čtverců	637
8.5.2.1 Gaussovy-Newtonovy metody	640
8.5.2.2 Metody Marquardtova typu	644
8.5.2.3 Postupy typu dog-leg	646
8.5.3 Komplikace procesu nelineární regrese	648
8.5.3.1 Neodhadnutelnost některých parametrů	648
8.5.3.2 Existence minima $U(\beta)$	650
8.5.3.3 Výskyt lokálních minim	651
8.5.3.4 Špatná podmíněnost parametrů v modelu	652
8.5.3.5 Malé rozmezí experimentálních dat	653

8.5.4 Testování spolehlivosti regresních algoritmů	656
8.6 Statistická analýza nelineární regrese	658
8.6.1 Nelinearita regresního modelu	660
8.6.1.1 Vychýlení odhadů parametrů	661
8.6.1.2 Asymetrie odhadů parametrů	665
8.6.2 Intervalové odhady parametrů	666
8.6.2.1 Oblasti spolehlivosti parametrů	666
8.6.2.2 Intervaly spolehlivosti parametrů	673
8.6.2.3 Intervaly spolehlivosti predikce	675
8.6.3 Testy hypotéz o odhadech parametrů	677
8.6.4 Těsnost proložení regresní křivky	679
8.6.4.1 Statistická analýza reziduí	680
8.6.4.2 Analýza vlivných bodů	682
8.7 Souhrn: Postup při testování navrženého modelu	685
8.8 Výpočetní programy	688
8.9 Ostatní řešené příklady	689
8.10 Úlohy k procvičování	698
8.11 Literatura	703
9 INTERPOLACE A APROXIMACE	707
9.1 Klasické interpolační postupy	708
9.1.1 Lagrangeova a Newtonova interpolační formule	710
9.1.2 Hermitovská interpolace	718
9.1.3 Racionální interpolace	719
9.2 Spline interpolace	722
9.2.1 Lokální Hermitovská interpolace	728
9.2.2 Kubické spline	735
9.3 Aproximace funkcí	744
9.4 Aproximace tabelárních závislostí	748
9.4.1 Polynomická aproximace	749
9.4.2 Úseková regrese	752
9.5 Numerické vyhlazování	760
9.5.1 Spline vyhlazování	760
9.5.2 Neparametrická regrese	772
9.5.3 Číslicová filtrace	775
9.6 Souhrn: Postup při interpolaci a aproximaci	787
9.7 Výpočetní programy	788
9.8 Ostatní řešené příklady	790
9.9 Úlohy k procvičování	791
9.10 Literatura	793

10 DERIVACE A INTEGRACE	795
10.1 Derivace	796
10.1.1 Analytická derivace	798
10.1.2 Numerické derivace	798
10.2 Integrace	802
10.2.1 Analytická integrace	802
10.2.2 Numerická integrace	802
10.3 Souhrn: Postup při numerické derivaci a integraci	810
10.4 Výpočetní programy	811
10.5 Ostatní řešené příklady	811
10.6 Úlohy k procvičování	813
10.7 Literatura	814
 DODATEK	
SOFTWARE - Statistický systém ADSTAT	815
 Rejstřík	825