

# Obsah

Předmluva	17
<b>1 Úvod</b>	21
1.1 Empirický výzkum a jeho etapy	23
1.2 Význam teorie pro výzkum	27
1.2.1 Konstrukty a jejich operacionalizace	27
1.2.2 Role teorie ve výzkumu	28
1.2.3 Proces ověření hypotéz a teorií	30
1.3 Etika vědecké práce	33
1.4 Návrh výzkumného projektu	35
Souhrn	40
<b>2 Základy statistiky</b>	41
2.1 Populace, výběr a statistické usuzování	41
2.2 Typy proměnných	43
2.2.1 Závisle a nezávisle proměnné, rušivé proměnné	44
2.2.2 Proměnné podle typu použitého měřítka	47
2.2.3 Diskrétní a spojité proměnné	48
2.3 Kvalita měření	50
2.3.1 Přesnost, správnost, nejistota	52
2.3.2 Objektivita, reliabilita, validita	52
2.4 Výzkumný plán	55
2.4.1 Cenzus	56
2.4.2 Výběrové šetření	56
2.4.3 Experiment	65
2.4.4 Kategorizace výzkumných plánů	79
2.5 Organizace dat a jejich kontrola, scházející údaje	81
2.6 Statistika a modelování	85
Souhrn	89

<b>3</b>	<b>Grafický a číselný popis rozložení dat</b>	91
3.1	Způsoby zobrazení dat	92
3.1.1	Metody zobrazení kvalitativních a ordinálních dat	93
3.1.2	Metody zobrazení kvantitativních dat	93
3.2	Míry centrální tendence	99
3.2.1	Aritmetický průměr	99
3.2.2	Medián a modus	100
3.2.3	Použití měř centrální tendence	101
3.3	Míry rozptýlenosti	101
3.3.1	Variační rozpětí	102
3.3.2	Rozptyl a směrodatná odchylka	102
3.3.3	Míry rozptýlenosti založené na empirických kvantilech	104
3.4	Míry špičatosti a šikmosti	105
3.5	Popis dat pomocí pěti hodnot a krabicový graf s anténami	107
3.6	Zkoumání přítomnosti odlehklých hodnot a rezistentní odhady	107
3.7	Transformace dat, standardizace	110
3.8	Explorační analýza dat	113
	Souhrn	119
<b>4</b>	<b>Počet pravděpodobnosti jako základ statistického usuzování</b>	121
4.1	Základní pojmy a výpočty	122
4.1.1	Náhodné jevy, pravděpodobnost	122
4.1.2	Podmíněná pravděpodobnost, Bayesova věta	126
4.1.3	Šance	128
4.1.4	Využití simulace pro odhad pravděpodobností	130
4.2	Náhodná proměnná, rozdělení náhodné proměnné	132
4.3	Parametry rozdělení náhodné proměnné	134
4.4	Distribuční funkce	137
4.5	Základní pravděpodobnostní rozdělení	140
4.5.1	Binomické rozdělení	140
4.5.2	Poissonovo rozdělení	143
4.5.3	Normální rozdělení	145
4.5.4	Standardizované normální rozdělení	148
4.5.5	Centrální limitní teorém	152
4.5.6	Log-normální rozdělení	154
4.6	Pojem výběrového rozdělení	156
4.6.1	Výběrové rozdělení aritmetického průměru při známém $\sigma$	156
4.6.2	Výběrové rozdělení aritmetického průměru při neznámém $\sigma$	160
4.6.3	Výběrové rozdělení relativní četnosti	162

4.6.4	Výběrové rozdělení rozdílů dvou průměrů a dvou relativních četností . . . . .	163
4.6.5	Výběrové rozdělení rozptylu . . . . .	165
4.6.6	Výběrové rozdělení poměru rozptylů . . . . .	166
Souhrn . . . . .		167
<b>5</b>	<b>Úvod do statistického usuzování . . . . .</b>	<b>171</b>
5.1	Základní koncepty statistického usuzování . . . . .	172
5.2	Spolehlivé odhadování . . . . .	174
5.2.1	Kvalita bodových odhadů . . . . .	175
5.2.2	Interval spolehlivosti pro $\mu$ . . . . .	176
5.2.3	Potřebný počet pozorování . . . . .	179
5.2.4	Vlastnosti intervalů spolehlivosti . . . . .	180
5.3	Testy významnosti . . . . .	181
5.3.1	Kroky při testování hypotézy . . . . .	182
5.3.2	Testování průměru jednostranným z-testem . . . . .	185
5.3.3	Testování průměru dvoustranným z-testem . . . . .	187
5.3.4	Chybné interpretace testů nulové hypotézy . . . . .	189
5.3.5	Vztah testování hypotéz a intervalů spolehlivosti . . . . .	190
5.3.6	Test jako rozhodování . . . . .	191
5.3.7	Vztah mezi charakteristikami testu . . . . .	193
5.3.8	Hodnocení velikosti účinku . . . . .	195
5.3.9	Přesné a asymptotické testy . . . . .	196
5.4	Neparametrické postupy statistického usuzování . . . . .	197
5.4.1	Přesný znaménkový test hodnoty mediánu . . . . .	199
5.4.2	Permutační testy . . . . .	200
5.4.3	Eficiency neparametrických testů . . . . .	203
5.5	Problém simultánního statistického usuzování . . . . .	204
5.6	Odhad a testování hypotéz pomocí funkce věrohodnosti . . . . .	206
Souhrn . . . . .		210
<b>6</b>	<b>Základní situace statistického usuzování . . . . .</b>	<b>213</b>
6.1	Hodnocení průměru v jednom výběru . . . . .	214
6.2	Porovnání průměrů ve dvou výběrech . . . . .	217
6.2.1	Metoda 1 – Dva velké nezávislé výběry . . . . .	220
6.2.2	Metoda 2 – Dva nezávislé výběry se stejným rozptylem . . . . .	220
6.2.3	Metoda 3 – Dva nezávislé výběry, nestejně rozptily . . . . .	221
6.2.4	Párová data – dva závislé výběry . . . . .	224
6.3	Hodnocení rozptylu . . . . .	226
6.3.1	Hodnocení rozptylu v jednom výběru . . . . .	227
6.3.2	Porovnání rozptylů ve dvou nezávislých výběrech . . . . .	229

6.4	Neparametrické posouzení středních hodnot a test normality dat	230
6.4.1	Znaménkový test střední hodnoty pro jeden výběr . . .	231
6.4.2	Wilcoxonův test střední hodnoty pro jeden výběr . . .	233
6.4.3	Znaménkový a Wilcoxonův test pro dva závislé výběry	234
6.4.4	Konstrukce neparametrických intervalů spolehlivosti .	236
6.4.5	Mediánový test pro dva nezávislé výběry . . . . .	237
6.4.6	Wilcoxonův test pro dva nezávislé výběry . . . . .	239
6.4.7	Kolmogorovův-Smirnovův test normality a Lillieforsův test . . . . .	243
	Souhrn . . . . .	244
<b>7</b>	<b>Analýza závislostí . . . . .</b>	<b>247</b>
7.1	Zobrazení dvojrozměrných dat . . . . .	248
7.2	Korelační analýza . . . . .	250
7.2.1	Pearsonův korelační koeficient . . . . .	253
7.2.2	Pravděpodobnostní rozdělení dvou náhodných proměnných . . . . .	257
7.2.3	Odhad a testování korelačního koeficientu . . . . .	262
7.2.4	Problém třetí proměnné v korelační analýze . . . . .	264
7.2.5	Vliv dvou nezávisle proměnných na závisle proměnnou	266
7.2.6	Spearmanův korelační koeficient pořadí . . . . .	268
7.2.7	Kendallův koeficient pořadové korelace . . . . .	271
7.2.8	Bodově biseriální korelační koeficient a koeficient $\phi$ .	273
7.2.9	Korelační koeficient v klasickém modelu teorie měření	274
7.3	Regresní analýza . . . . .	277
7.3.1	Prokládání dat přímkou a metoda nejmenších čtverců .	279
7.3.2	Grafická analýza reziduálních hodnot . . . . .	282
7.3.3	Statistické usuzování v lineárním regresním modelu .	282
7.3.4	Ověřování předpokladů regresní analýzy . . . . .	287
7.3.5	Test náhodnosti . . . . .	290
7.3.6	Nelineární regresní analýza . . . . .	291
7.3.7	Porovnání metod měření a Blandův-Altmanův graf . .	294
7.4	Regrese k průměru . . . . .	302
	Souhrn . . . . .	306
<b>8</b>	<b>Analýza kategoriálních dat . . . . .</b>	<b>307</b>
8.1	Jednoduché hodnocení četností . . . . .	308
8.1.1	Porovnání relativní četnosti s teoretickou hodnotou . .	309
8.1.2	Porovnání dvou relativních četností . . . . .	311
8.1.3	Porovnání četností majících Poissonovo rozdělení . .	313
8.2	$\chi^2$ -test dobré shody . . . . .	314

8.3	Závislost kategoriálních proměnných . . . . .	315
8.3.1	Posuzování závislosti v kontingenčních tabulkách . . . . .	321
8.3.2	Analýza párových dichotomických proměnných . . . . .	328
8.3.3	Cochranův test a test podle Bowkera . . . . .	331
8.3.4	Kappa koeficient shody . . . . .	332
8.4	Ordinální kategoriální data . . . . .	334
8.5	Problém třetí proměnné a Simpsonův paradox . . . . .	339
	Souhrn . . . . .	345
<b>9</b>	<b>Analýza rozptylu: porovnání více průměrů . . . . .</b>	<b>347</b>
9.1	Analýza rozptylu při jednoduchém třídění . . . . .	349
9.1.1	Ověření předpokladů analýzy rozptylu . . . . .	353
9.1.2	Simultánní porovnávání . . . . .	354
9.1.3	Velikost účinku . . . . .	356
9.1.4	Kruskalův-Wallisův test . . . . .	357
9.1.5	Jonckheerův-Terpstrův test . . . . .	358
9.2	Analýza rozptylu dvojného třídění . . . . .	361
9.3	Analýza rozptylu s opakováním měření . . . . .	367
9.3.1	Friedmanův test . . . . .	370
9.3.2	Vnitrotřídní koeficient korelace . . . . .	372
9.3.3	Konkordance . . . . .	375
9.3.4	Další přístupy k analýze opakovaných měření . . . . .	377
9.4	Náhodný výběr, randomizace a analýza rozptylu . . . . .	378
	Souhrn . . . . .	381
<b>10</b>	<b>Mnohonásobná lineární regrese . . . . .</b>	<b>383</b>
10.1	Mnohonásobná regrese a metoda nejmenších čtverců . . . . .	384
10.2	Lineární model, statistické testy a intervalové odhady . . . . .	389
10.3	Hledání optimální množiny prediktorů . . . . .	392
10.4	Předpoklady lineárního modelu . . . . .	393
10.5	Aplikační problémy v regresní analýze . . . . .	394
10.6	Mnohonásobná regrese a analýza rozptylu . . . . .	395
10.7	Analýza kovariance a analýza dat typu pretest-posttest . . . . .	399
10.8	Porovnávání vnořených modelů . . . . .	410
10.9	Neparametrické a robustní postupy v lineárním modelu . . . . .	411
	Souhrn . . . . .	415
<b>11</b>	<b>Rozsah výběru, síla a velikost účinku . . . . .</b>	<b>417</b>
11.1	Odhad průměru nebo rozdílu průměrů . . . . .	419
11.2	Odhad relativní četnosti a rozdílu relativních četností . . . . .	420
11.3	Testování průměrů . . . . .	421

11.4	Síla testu nulové hypotézy o průměrech . . . . .	421
11.5	Rozsahy výběru odvozené na základě velikosti účinku . . . . .	423
11.6	Typy analýzy síly testu . . . . .	426
	Souhrn . . . . .	428
<b>12</b>	<b>Volba statistické metody . . . . .</b>	<b>429</b>
12.1	Klasifikace statistických metod . . . . .	429
12.2	Problémy testů statistické významnosti . . . . .	434
12.2.1	Analýza chybných interpretací a nedostatků . . . . .	435
12.2.2	Obrana a metody odstranění nedostatků . . . . .	438
12.3	Bayesovský přístup ke statistickému usuzování . . . . .	441
12.4	Výpočetně intenzivní metody . . . . .	447
12.4.1	„Bootstrap“ . . . . .	448
12.4.2	„Jackknife“ . . . . .	448
12.4.3	Křížová validizace . . . . .	448
12.4.4	Grafická analýza . . . . .	449
	Souhrn . . . . .	449
<b>13</b>	<b>Metody vícerozměrné analýzy . . . . .</b>	<b>451</b>
13.1	Charakteristiky vícerozměrných metod . . . . .	451
13.1.1	Metody externální analýzy . . . . .	452
13.1.2	Metody internální analýzy . . . . .	453
13.1.3	Metody strukturální analýzy . . . . .	454
13.2	Logistická regresní analýza . . . . .	455
13.3	Modelování závislosti pomocí regresních stromů . . . . .	459
13.4	Víceúrovňové modelování závislosti . . . . .	464
13.4.1	Základní koncept analýzy víceúrovňových dat . . . . .	465
13.4.2	Analýza křivek růstu . . . . .	470
13.4.3	Plány výzkumu vhodné pro víceúrovňovou regresi . . . . .	473
13.4.4	Problémy víceúrovňového modelování . . . . .	473
13.5	Analýza historie události . . . . .	475
13.5.1	Funkce přežití . . . . .	478
13.5.2	Odhad funkce přežití $S(t)$ . . . . .	479
13.5.3	Tabulka přežití . . . . .	481
13.5.4	Testy shody funkcí přežití . . . . .	483
13.5.5	Coxův regresní model . . . . .	486
13.6	Shluková analýza . . . . .	491
13.7	Analýza hlavních komponent . . . . .	499
13.8	Explorační faktorová analýza . . . . .	505
13.9	Kanonická korelační analýza . . . . .	512

13.10	Diskriminační analýza a klasifikace . . . . .	518
13.11	Mnohorozměrné škálování . . . . .	529
13.12	Modelování pomocí latentních proměnných . . . . .	533
13.12.1	Grafické vyjádření modelů . . . . .	535
13.12.2	Analýza korelačních cest – úseková analýza . . . . .	535
13.12.3	Konfirmační faktorová analýza . . . . .	538
13.12.4	Metody odhadu a posuzování vhodnosti modelů . . . . .	545
13.12.5	Užití faktorové analýzy při vývoji škál . . . . .	549
13.12.6	Analýza pomocí modelu LISREL . . . . .	552
13.12.7	Sběr dat a chybějící hodnoty . . . . .	560
13.12.8	Problém identifikace modelů . . . . .	561
13.12.9	Formativní a efektové latentní proměnné . . . . .	562
13.12.10	Proces modelování latentními proměnnými . . . . .	565
13.12.11	Aplikace modelů s latentními proměnnými . . . . .	569
13.12.12	Problémy modelování pomocí latentních proměnných . . . . .	572
13.13	Vícerozměrné kontingenční tabulky . . . . .	573
13.14	Analýza latentních tříd . . . . .	577
13.15	Analýza pomocí IRT modelů . . . . .	582
13.16	Korespondenční analýza . . . . .	588
13.17	Zobecněný lineární regresní model . . . . .	592
13.18	Korelační koeficient v analýze časových řad . . . . .	600
	Souhrn . . . . .	607
<b>14</b>	<b>Metaanalýza . . . . .</b>	<b>609</b>
14.1	Etapy metaanalýzy . . . . .	612
14.1.1	Definice problému . . . . .	613
14.1.2	Vyhledání a selekce primárních studií . . . . .	614
14.1.3	Vytváření matice dat kódováním . . . . .	615
14.1.4	Agregace výsledků jednotlivých studií . . . . .	616
14.1.5	Hledání moderujících proměnných, analýza citlivosti . . . . .	616
14.1.6	Interpretace výsledků . . . . .	617
14.1.7	Prezentace výsledků . . . . .	617
14.1.8	Alternativní schémata metaanalýzy . . . . .	618
14.2	Statistické metody metaanalýzy . . . . .	619
14.2.1	Jednoduché metody metaanalýzy . . . . .	619
14.2.2	Agregace velikosti účinku a test homogenity . . . . .	621
14.2.3	Základní modely variability velikostí účinku . . . . .	623
14.2.4	Varianty velikostí účinku . . . . .	624
14.2.5	Dopočítávání velikosti účinku . . . . .	629
14.2.6	Kódování informací o účinku . . . . .	631

14.2.7	Moderující proměnné a analýza citlivosti . . . . .	632
14.2.8	Publikační zkrácení . . . . .	633
14.2.9	Grafické metody metaanalýzy . . . . .	634
14.3	Příprava zprávy o výsledcích metaanalýzy . . . . .	639
14.3.1	Informace o procesu hledání . . . . .	639
14.3.2	Informace o základních výsledcích jednotlivých studií . . . . .	639
14.3.3	Výsledky analýzy dat . . . . .	639
14.3.4	Diskuse výsledků . . . . .	640
14.4	Mnohorozměrné metody v metaanalýze . . . . .	643
14.5	Výhody a nevýhody metaanalýzy . . . . .	645
	Souhrn . . . . .	648
<b>15</b>	<b>Závěrečná zpráva o výzkumu . . . . .</b>	<b>649</b>
15.1	Struktura výzkumné zprávy . . . . .	651
15.2	O roli etiky ve statistice a při zpracování výzkumné zprávy . . . . .	660
	Souhrn . . . . .	663
<b>16</b>	<b>Statistické programové systémy . . . . .</b>	<b>665</b>
16.1	Statistické systémy – charakteristiky a příklady . . . . .	665
16.2	Volné statistické systémy . . . . .	667
16.3	Statistický systém a jazyk R . . . . .	669
	Souhrn . . . . .	681
	<b>Přílohy . . . . .</b>	<b>683</b>
	Příloha A Struktura závěrečné zprávy . . . . .	683
	Příloha B Statistické tabulky . . . . .	686
	Příloha C Základní pojmy a vztahy vektorového a maticového počtu . . . . .	702
	Příloha D Jednodimenzionální faktorové modely měření . . . . .	709
	Příloha E Řecká abeceda . . . . .	711
	Příloha F Zápis speciálních symbolů . . . . .	711
	Příloha G Popis vybraných příkazů v jazyku R . . . . .	712
	<b>Použitá literatura . . . . .</b>	<b>719</b>
	<b>Rejstřík . . . . .</b>	<b>726</b>