

# Obsah

<b>1 Úvod</b>	<b>9</b>
<b>2 Obecné úvahy</b>	<b>13</b>
2.1 Rozdíly biologie a matematiky . . . . .	13
2.2 Přístupy k řešení problémů . . . . .	15
<b>3 Typy veličin studovaných matematickou statistikou</b>	<b>17</b>
3.1 Co můžeme sledovat . . . . .	17
3.2 Populace a výběr . . . . .	18
3.3 Náhoda - pravděpodobnost - rozložení pravděpodobnosti . . . . .	20
3.3.1 Alternativní veličiny . . . . .	20
3.3.2 Pravděpodobnost - charakteristika alternativní veličiny v základní populaci	20
3.3.3 Relativní četnost - charakteristika alternativní veličiny ve výběru . . . . .	21
3.3.4 Vztah pravděpodobnosti a relativní četnosti . . . . .	22
3.3.5 Nominální veličiny . . . . .	22
3.3.6 Ordinální veličiny . . . . .	24
3.3.7 Kvantitativní veličiny . . . . .	26
3.3.8 Spojité veličiny . . . . .	26
3.3.9 Celočíselné veličiny . . . . .	29
<b>4 Základní charakteristiky spojitých veličin</b>	<b>31</b>
4.1 Míry polohy . . . . .	32
4.1.1 Průměr . . . . .	32
4.1.2 Medián . . . . .	33
4.1.3 Modus . . . . .	34
4.1.4 Kvantil . . . . .	35
4.2 Míry měřítka . . . . .	35
4.2.1 Rozptyl . . . . .	35
4.2.2 Rozpětí . . . . .	36
4.2.3 Mezikvartilové rozpětí . . . . .	36

4.2.4	Odhad MAD . . . . .	37
4.2.5	Variační koeficient . . . . .	37
4.3	Ostatní charakteristiky . . . . .	37
4.3.1	Šikmost . . . . .	37
4.3.2	Špičatost . . . . .	37
4.4	Praktické příklady jednotlivých charakteristik . . . . .	38
<b>5</b>	<b>Rozložení pravděpodobností</b> . . . . .	<b>41</b>
5.1	Nominální veličiny . . . . .	41
5.2	Diskrétní kvantitativní veličiny . . . . .	41
5.2.1	Binomické rozložení . . . . .	41
5.2.2	Multinomické rozložení . . . . .	42
5.2.3	Poissonovo rozložení . . . . .	43
5.2.4	Negativně binomické (Pascalovo) rozložení . . . . .	44
5.2.5	Nakažlivá rozložení . . . . .	45
5.3	Spojité kvantitativní veličiny . . . . .	46
5.3.1	Normální (Gaussovo) rozložení . . . . .	46
5.3.2	Logaritmicko-normální rozložení . . . . .	47
5.3.3	Exponenciální rozložení . . . . .	48
5.3.4	Rovnoměrné rozložení . . . . .	48
5.3.5	Logistické rozložení . . . . .	49
5.4	Výběrová rozložení . . . . .	49
5.4.1	$\chi^2$ -rozložení . . . . .	50
5.4.2	Studentovo t-rozložení . . . . .	50
5.4.3	Fisherovo F-rozložení . . . . .	50
<b>6</b>	<b>Základní principy statistických odhadů a testů</b> . . . . .	<b>51</b>
6.1	Odhady populačních charakteristik . . . . .	51
6.1.1	Bodové odhady . . . . .	52
6.1.2	Intervalové odhady populačních charakteristik - intervaly spolehlivosti . . . . .	52
6.1.3	Intervalové odhady pro jednotlivá pozorování - toleranční intervaly . . . . .	55
6.1.4	Rozdíl interpretace intervalu spolehlivosti a tolerančního intervalu . . . . .	56
6.1.5	Obecné principy při konstrukci odhadů . . . . .	57
6.2	Statistické testy . . . . .	59
6.3	Nové možnosti výpočetní techniky . . . . .	63
6.3.1	Iterační postupy odhadu . . . . .	63
6.3.2	Metody Monte Carlo a bootstrap . . . . .	63

<b>7</b>	<b>Porovnání teoretického a empirického rozložení</b>	<b>65</b>
7.1	Grafické zobrazení výběrového rozložení	65
7.2	Testy k ověření typu rozložení	68
7.2.1	$\chi^2$ testy dobré shody	68
7.2.2	Kolmogorov-Smirnovův test	71
7.2.3	Test normality Shapiro-Wilk	72
7.2.4	Další možnosti	73
7.3	Význam znalosti typu rozložení	73
<b>8</b>	<b>Porovnání kvantitativní veličiny v různých skupinách</b>	<b>79</b>
8.1	Jedna skupina	79
8.1.1	Jednovýběrový U-test	80
8.1.2	Jednovýběrový t-test	81
8.1.3	Jednovýběrový znaménkový (mediánový) test	82
8.1.4	Jednovýběrový Wilcoxonův test	83
8.1.5	Test rozptylu jednoho výběru	84
8.2	Intervalové odhady	84
8.2.1	Intervaly spolehlivosti	84
8.2.2	Toleranční intervaly	86
8.2.3	Praktické ukázky intervalových odhadů	86
8.2.4	Co nejsou intervalové odhady	88
8.3	Dvě skupiny	89
8.3.1	Dvouvýběrový t-test	89
8.3.2	Porovnání dvou rozptylů	90
8.3.3	Dvouvýběrový znaménkový test	91
8.3.4	Dvouvýběrový Wilcoxonův test	91
8.3.5	Poznámka k testům porovnání dvou skupin	91
8.4	Párové porovnání	92
8.4.1	Párový t-test	92
8.4.2	Párový znaménkový test	92
8.4.3	Párový Wilcoxonův test	92
8.4.4	Praktické použití párových porovnání	93
8.5	Více skupin - Analýza rozptylu - ANOVA	95
8.5.1	Více skupin - Analýza rozptylu jednoduchého třídění	95
8.5.2	Podmínky použitelnosti analýzy rozptylu	97
8.5.3	Poznámka k interpretaci modelu	98
8.5.4	Test shody rozptylů	99

8.5.5	Kruskall-Wallisův test . . . . .	99
8.5.6	Znaménkový test . . . . .	100
8.5.7	Metody mnohonásobného porovnávání . . . . .	101
8.5.8	Analýza rozptylu dvojnásobného třídění . . . . .	103
8.5.9	Obecnější modely analýzy rozptylu . . . . .	107
<b>9</b>	<b>Analýza vztahu dvou spojitých veličin</b> . . . . .	<b>111</b>
9.1	Společné rozložení dvou veličin . . . . .	111
9.2	Kovariance - míra lineárního vztahu dvou veličin . . . . .	114
9.3	Koeficient lineární korelace . . . . .	115
9.4	Robustní varianty korelačních koeficientů . . . . .	117
9.4.1	Spearmanův korelační koeficient . . . . .	117
9.4.2	Kendallův korelační koeficient . . . . .	117
9.5	Praktické ukázky různých typů závislostí . . . . .	118
9.6	Lineární regresní model . . . . .	118
9.6.1	Lineární regresní model normálně rozložené náhodné veličiny . . . . .	120
9.6.2	Vztahu regresního lineárního modelu a lineárního korelačního koeficientu . . . . .	122
9.6.3	Oblasti spolehlivosti - intervalové odhady . . . . .	125
9.6.4	Problémy s linearitou a normalitou - transformace modelu . . . . .	126
9.6.5	Ověření lineárního modelu . . . . .	127
9.6.6	Odlehlá pozorování v regresi . . . . .	129
9.6.7	Analýza reziduí . . . . .	130
9.7	Vztah více než dvou veličin . . . . .	132
9.7.1	Vícerozměrná regrese . . . . .	132
9.7.2	Korelace více veličin . . . . .	134
9.7.3	Porovnání použití jedno a více rozměrného modelu . . . . .	135
9.7.4	Polynomická regrese . . . . .	137
9.8	Vztah mezi regresí a analýzou rozptylu . . . . .	138
<b>10</b>	<b>Kvalitativní veličiny a jejich vztah</b> . . . . .	<b>141</b>
10.1	Odhad a testy pravděpodobnosti alternativní veličiny . . . . .	141
10.1.1	Aproximace normálním rozložením . . . . .	141
10.1.2	Fleissova kvadratická aproximace . . . . .	142
10.1.3	Exaktní binomický test . . . . .	142
10.2	Obecná kontingenční tabulka . . . . .	142
10.3	Kontingenční tabulka $2 \times 2$ . . . . .	144
10.3.1	Míry vztahu dvou alternativních veličin . . . . .	146

10.3.2	Hypotéza symetrie McNemar . . . . .	147
10.4	Typy studií - způsoby konstrukce kontingenčních tabulek . . . . .	148
10.4.1	Průřezová studie . . . . .	149
10.4.2	Kohortová studie . . . . .	149
10.4.3	Studie případ-kontrola . . . . .	149
10.4.4	Typy studií a míry nezávislosti . . . . .	150
10.5	Stratifikované kontingenční tabulky . . . . .	151
10.6	Test trendu v kontingenční tabulce . . . . .	154
<b>11</b>	<b>Výběr a jeho reprezentativnost</b>	<b>159</b>
11.1	Rušivé faktory . . . . .	160
11.2	Konstrukce výběru pro studie popisující populaci . . . . .	160
11.3	Plány experimentu . . . . .	162
11.3.1	Volba kontrolní skupiny . . . . .	162
11.3.2	Párové uspořádání dat . . . . .	163
11.3.3	Křížový pokus . . . . .	164
11.4	Stanovení rozsahu výběru . . . . .	164
11.4.1	Rozsah výběru pro jednovýběrový t-test . . . . .	165
11.4.2	Rozsah výběru pro dvouvýběrový t-test . . . . .	166
11.4.3	Rozsah výběru pro test binomické veličiny . . . . .	166
11.5	Metoda vážení . . . . .	166
11.6	Standardizace . . . . .	168
11.6.1	Přímá standardizace . . . . .	170
11.6.2	Nepřímá standardizace . . . . .	170
11.6.3	Inverzní standardizace . . . . .	170
11.6.4	Intervaly spolehlivosti pro standardizované ukazatele . . . . .	172
<b>A</b>	<b>Využití výpočetní techniky pro statistická hodnocení</b>	<b>175</b>
<b>B</b>	<b>Grafy - užitečný nástroj interpretace a jejich úskalí</b>	<b>179</b>
	<b>Literatura</b>	<b>183</b>
	<b>Rejstřík</b>	<b>185</b>