

# Obsah

<b>1 Úvod</b>	<b>9</b>
<b>2 Obecné úvahy</b>	<b>11</b>
2.1 Přístupy k řešení problémů	12
2.2 Populace a výběr – základ statistické indukce	12
<b>3 Typy sledovaných veličin</b>	<b>15</b>
3.1 Co můžeme sledovat	15
3.2 Typy náhodných veličin	16
3.2.1 Alternativní veličiny	16
3.2.2 Nominální veličiny	17
3.2.3 Ordinální veličiny	17
3.2.4 Kvantitativní veličiny	18
3.2.5 Celočíslné veličiny	20
<b>4 Základní statistické charakteristiky</b>	<b>21</b>
4.1 Míry pro kvalitativní veličiny	21
4.1.1 Pravděpodobnost	22
4.1.2 Relativní četnost	22
4.2 Míry polohy	23
4.2.1 Průměr (aritmetický)	23
4.2.2 Geometrický průměr	24
4.2.3 Medián	24
4.2.4 Modus	24
4.2.5 Useknutý průměr	24
4.2.6 Kvantil	25
4.3 Míry měřítka	25
4.3.1 Rozptyl	25
4.3.2 Rozpětí	26
4.3.3 Mezikvartilové rozpětí	26
4.3.4 Variační koeficient	27
4.4 Ostatní charakteristiky	27
4.4.1 Šikmost – skewness	27
4.4.2 Špičatost – kurtosis	27
<b>5 Modely náhodné veličiny – rozložení pravděpodobnosti</b>	<b>29</b>
5.1 Nominální veličiny	29
5.2 Diskrétní (celočíslné) kvantitativní veličiny	29
5.2.1 Binomické rozložení	29
5.2.2 Multinomické rozložení	30
5.2.3 Poissonovo rozložení	30
5.2.4 Negativně binomické (Pascalovo) rozložení	30
5.2.5 Nakažlivá rozložení	30



5.3	Spojité kvantitativní veličiny . . . . .	31
5.3.1	Normální (Gaussovo) rozložení . . . . .	31
5.3.2	Logaritmicke-normální rozložení . . . . .	31
5.3.3	Exponenciální rozložení . . . . .	32
5.3.4	Weibullovo rozložení . . . . .	32
5.3.5	Rovnoměrné rozložení . . . . .	32
5.3.6	Logistické rozložení . . . . .	32
5.4	Výběrová rozložení – rozložení testovacích statistik . . . . .	32
5.4.1	$\chi^2$ -rozložení . . . . .	33
5.4.2	Studentovo t-rozložení . . . . .	33
5.4.3	Fisherovo F-rozložení . . . . .	33
<b>6</b>	<b>Statistické odhady a testy – základní principy</b>	<b>35</b>
6.1	Odhady populačních charakteristik . . . . .	35
6.2	Bodové odhady . . . . .	36
6.3	Intervalové odhady . . . . .	36
6.3.1	Intervalové odhady populačních charakteristik – intervaly spolehlivosti . . . . .	36
6.3.2	Intervalové odhady – predikční intervaly . . . . .	38
6.3.3	Intervalové odhady – toleranční intervaly . . . . .	38
6.4	Rozdíl interpretace intervalu spolehlivosti a tolerančního intervalu . . . . .	38
6.5	Statistické testy . . . . .	40
<b>7</b>	<b>Ověřování typu rozložení dat – klíč k volbě modelu</b>	<b>43</b>
7.1	Grafické zobrazení výběrového rozložení . . . . .	43
7.2	Testy k ověření typu rozložení . . . . .	44
7.2.1	$\chi^2$ testy dobré shody . . . . .	44
7.2.2	Kolmogorovův-Smirnovův test . . . . .	44
7.2.3	Test normality Shapirů-Wilkův . . . . .	45
7.2.4	Další možnosti . . . . .	45
7.3	Význam znalosti typu rozložení . . . . .	45
<b>8</b>	<b>Porovnání kvantitativní veličiny jednoho výběru s pevnou hodnotou</b>	<b>47</b>
8.1	Testy charakteristik . . . . .	47
8.1.1	Jednovýběrový Z-test . . . . .	47
8.1.2	Jednovýběrový t-test . . . . .	48
8.1.3	Jednovýběrový znaménkový (mediánový) test . . . . .	48
8.1.4	Jednovýběrový Wilcoxonův test . . . . .	49
8.2	Intervalové odhady . . . . .	49
8.2.1	Intervaly spolehlivosti . . . . .	49
8.2.2	Predikční intervaly . . . . .	50
8.2.3	Toleranční intervaly . . . . .	50
<b>9</b>	<b>Porovnání kvantitativní veličiny ve dvou různých výběrech</b>	<b>51</b>
9.1	Dvě skupiny . . . . .	51
9.1.1	Dvouvýběrový t-test . . . . .	52
9.1.2	Porovnání dvou rozptylů . . . . .	52
9.1.3	Dvouvýběrový znaménkový test (mediánový) . . . . .	52
9.1.4	Dvouvýběrový Wilcoxonův test . . . . .	52
9.2	Párové porovnání . . . . .	52
9.2.1	Párový t-test . . . . .	53
9.2.2	Párový znaménkový test . . . . .	53



9.2.3	Párový Wilcoxonův test . . . . .	53
<b>10</b>	<b>Analýza vztahu dvou spojitých veličin</b>	<b>55</b>
10.1	Společné rozložení dvou veličin . . . . .	55
10.2	Kovariance – míra lineárního vztahu dvou veličin . . . . .	56
10.3	Koeficient lineární korelace . . . . .	57
10.4	Robustní varianty korelačních koeficientů . . . . .	57
10.4.1	Spearmanův koeficient monotónní korelace . . . . .	59
10.4.2	Kendallův koeficient monotónní korelace . . . . .	59
10.5	Praktické ukázky různých typů závislosti . . . . .	59
10.6	Lineární regresní model . . . . .	60
10.6.1	Lineární regresní model normálně rozložené náhodné veličiny . . . . .	61
10.6.2	Regresní modely procházející počátkem (bez interceptu) – regrese procházející počátkem . . . . .	61
10.6.3	Oblasti spolehlivosti – intervalové odhady . . . . .	63
10.6.4	Problémy s linearitou a normalitou – transformace modelu . . . . .	64
10.6.5	Ověření předpokladu lineárního regresního modelu . . . . .	65
10.6.6	Odlehlá pozorování v regresi . . . . .	65
10.7	Vztah více než dvou veličin . . . . .	67
10.7.1	Vicenásobná regrese . . . . .	67
10.7.2	Korelace více veličin . . . . .	68
10.7.3	Polynomická regrese . . . . .	68
10.8	Nelineární regrese . . . . .	68
10.9	Robustní regresní metody . . . . .	69
10.10	Metody vyhlazování časových řad . . . . .	69
<b>11</b>	<b>Porovnání kvantitativní veličiny ve více skupinách – Analýza rozptylu – ANOVA</b>	<b>71</b>
11.1	Podmínky použitelnosti analýzy rozptylu . . . . .	72
11.1.1	Test shody rozptylů . . . . .	72
11.2	Více skupin – Analýza rozptylu jednoduchého třídění – způsob výpočtu . . . . .	73
11.2.1	Kontrasty . . . . .	73
11.2.2	Metody mnohonásobného srovnání . . . . .	73
11.3	Neparametrické varianty analýzy rozptylu . . . . .	74
11.4	Vztah mezi regresí a analýzou rozptylu . . . . .	75
11.5	Analýza rozptylu dvojnásobného třídění . . . . .	76
11.6	Opakované pozorování . . . . .	78
11.7	Testování modelu a „podmodelu“ . . . . .	78
11.8	Obecnější modely analýzy rozptylu . . . . .	78
<b>12</b>	<b>Kvalitativní veličiny a jejich vztah</b>	<b>81</b>
12.1	Odhad a testy pravděpodobnosti alternativní veličiny . . . . .	81
12.1.1	Aproximace normálním rozložením . . . . .	81
12.1.2	Fleissova kvadratická aproximace . . . . .	82
12.1.3	Exaktní binomický test . . . . .	82
12.2	Obecná kontingenční tabulka . . . . .	82
12.3	Kontingenční tabulka $2 \times 2$ . . . . .	84
12.3.1	Míry vztahu dvou alternativních veličin . . . . .	85
12.3.2	Hypotéza symetrie McNemar . . . . .	86
12.3.3	Shoda dvou hodnotitelů . . . . .	87



12.4	Typy studií – způsoby konstrukce kontingenčních tabulek . . . . .	87
12.4.1	Průřezová studie . . . . .	88
12.4.2	Kohortová studie . . . . .	88
12.4.3	Studie případ-kontrola . . . . .	88
12.5	Stratifikované kontingenční tabulky . . . . .	88
12.6	Test trendu v kontingenční tabulce . . . . .	89
12.7	Souvislost testů pro kategoriální a spojité veličiny . . . . .	90
12.8	Intenzita incidence . . . . .	91
12.9	Hodnocení kvality skriningových testů . . . . .	92
12.10	ROC křivky . . . . .	93
<b>13</b>	<b>Výběr a jeho reprezentativnost</b>	<b>95</b>
13.1	Rušivé faktory . . . . .	96
13.2	Konstrukce výběru pro studie popisující populaci . . . . .	96
13.3	Plány experimentu . . . . .	97
13.3.1	Rozdělení na skupiny (do větví) . . . . .	97
13.3.2	Volba kontrolní skupiny . . . . .	98
13.3.3	Párové uspořádání dat . . . . .	99
13.3.4	Křížový pokus . . . . .	99
13.4	Stanovení rozsahu výběru . . . . .	99
13.4.1	Rozsah výběru pro jednovýběrový t-test . . . . .	99
13.5	Standardizace . . . . .	100
13.5.1	Přímá standardizace . . . . .	102
13.5.2	Nepřímá standardizace . . . . .	102
13.5.3	Inverzní standardizace . . . . .	102
13.5.4	Intervaly spolehlivosti pro standardizované ukazatele . . . . .	102
<b>14</b>	<b>Další modely pro studium závislosti veličin</b>	<b>103</b>
14.1	Logistická regrese – model závislosti alternativní veličiny . . . . .	103
14.1.1	Účinná dávka ED50 či LD50 . . . . .	105
14.2	Poissonovská regrese – model závislosti počtů na spojité či kvalitativní veličině . . . . .	105
<b>15</b>	<b>Analýza cenzorovaných dat</b>	<b>107</b>
15.0.1	Neúplná informace – cenzorovaná data . . . . .	107
15.0.2	Analýza přežití . . . . .	108
15.0.3	Odhad doby do události (doby přežití) . . . . .	110
15.0.4	Složitější parametrické modely pro analýzu přežití . . . . .	115
15.1	Cenzorovaná data – hodnoty pod detekčním limitem . . . . .	116
	<b>Literatura</b>	<b>117</b>
	<b>Rejstřík</b>	<b>121</b>