

Biostatistika



Opakování Shrnutí statistických testů Neparametrické testy

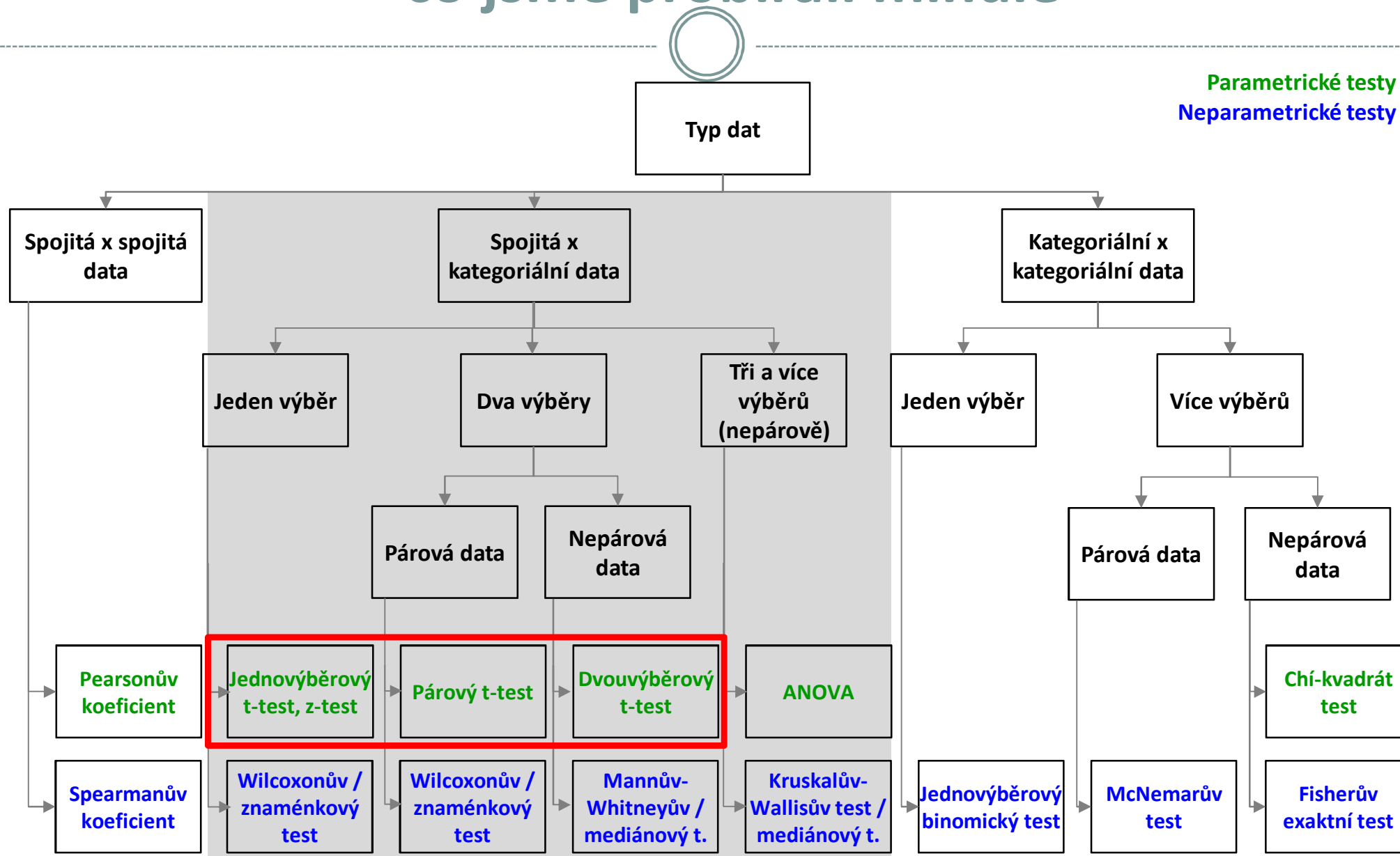
Co byste měli umět z minula:



1. Vybrat typ parametrického testu – jednovýběrový, párový nebo dvouvýběrový?
2. Ověřit předpoklady parametrických testů (normalitu, shodu rozptylů; graficky i pomocí testů).
3. Provést testování v softwaru Statistica.
4. Interpretovat výsledky testování.

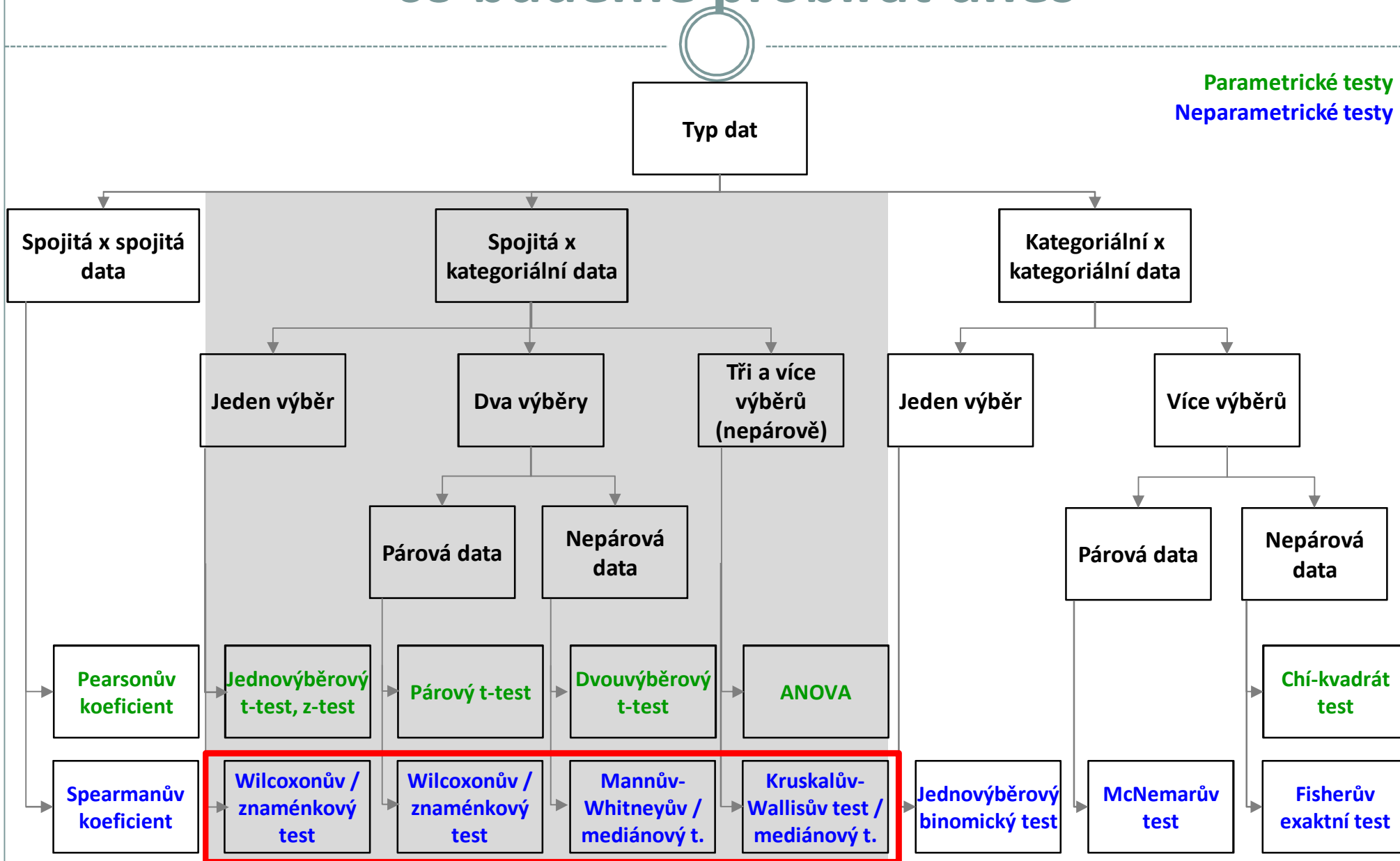
Základní rozhodování o výběru statistických testů

- co jsme probírali minule

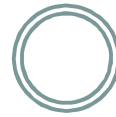


Základní rozhodování o výběru statistických testů

- co budeme probírat dnes



Parametrické vs. neparametrické testy



Parametrické testy

- Mají předpoklady o rozložení vstupujících dat (např. normální rozložení)
- Při stejném N a dodržení předpokladů mají vyšší sílu testu než testy neparametrické
- **Pokud nejsou dodrženy předpoklady parametrických testů, potom jejich síla testu prudce klesá a výsledek testu může být zcela chybný a nesmyslný**



Neparametrické testy

- Vyžadují méně předpokladů o rozložení vstupujících dat, lze je tedy použít i při asymetrickém rozložení, odlehlých hodnotách, či nedetekovatelném rozložení
- Snížená síla těchto testů je způsobena redukcí informační hodnoty původních dat, kdy neparametrické testy nevyužívají původní hodnoty, ale nejčastěji pouze jejich **pořadí**
- Souvisí s malou velikostí souboru (nejsme schopni normalitu dat ověřit)

Proč nemusí parametrický a neparametrický test vyjít stejně?

1. Statistické testy o parametrech jednoho výběru



Jednovýběrový Wilcoxonův test
Jednovýběrový znaménkový test

Jednovýběrový Wilcoxonův test



- Předpokladem je symetrické rozdělení dat kolem mediánu.
- Testuje, zda je **medián** jednoho výběru roven hodnotě c (v případě párového designu je $x_{0.5}$ reprezentováno mediánem rozdílu hodnot)

$$H_0: x_{0.5}=c \text{ proti } H_1: x_{0.5} \neq c.$$

Postup:

1. Spočítáme rozdíly hodnot výběru s testovanou hodnotou mediánu.
2. Absolutní hodnoty rozdílů uspořádáme vzestupně a přiřadíme jim pořadí.
3. Spočítáme statistiky S_w^+ a S_w^- , které odpovídají **součtu pořadí kladných (S_w^+) a záporných rozdílů (S_w^-)**. Jako finální hodnotu testové statistiky bereme minimum z S_w^+ a S_w^- . Nulovou hypotézu zamítáme, pokud hodnota testové statistiky menší nebo rovna tabelované kritické hodnotě (při dané hladině významnosti a počtu nenulových rozdílů).

nebo

3. Pro $N > 30$ lze využít asymptotické normality statistiky S_w^+

$$E(S_w^+) = \frac{n(n+1)}{4}$$

$$D(S_w^+) = \frac{n(n+1)(2n+1)}{24}$$

$$Z = \frac{S_w^+ - E(S_w^+)}{\sqrt{D(S_w^+)}} \approx N(0,1)$$

Pokud $|Z| \geq u_{1-\alpha/2}$ zamítáme nulovou hypotézu, že medián výběru je roven hodnotě c .

Jednovýběrový znaménkový test



- Lze použít v situaci, kdy není splněn předpoklad symetrie rozdělení kolem mediánu.
- Testuje, zda je medián jednoho výběru roven hodnotě c (v případě párového designu je $x_{0.5}$ reprezentováno mediánem rozdílu hodnot)

$$H_0: x_{0.5}=c \text{ proti } H_1: x_{0.5} \neq c.$$

Postup:

1. Spočítáme rozdíly hodnot výběru s testovanou hodnotou mediánu.
2. Spočítáme statistiku S_z^+ , která odpovídá počtu kladných rozdílů → **test nevyužívá hodnot pořadí původních dat ale pouze informaci, zda se hodnota realizuje nad nebo pod mediánem** → dochází ke snížení síly testu
3. Nulovou hypotézu zamítáme, pokud statistika S_z^+ realizuje v kritickém oboru hodnot $W=(0,k_1)U(k_2,n)$, kde n odpovídá počtu nenulových rozdílů a hodnoty k_1 a k_2 lze dohledat v matematických tabulkách.

nebo

3. Pro $N > 20$ lze využít asymptotické normality statistiky S_z^+ .

$$E(S_z^+) = \frac{n}{2} \quad D(S_z^+) = \frac{n}{4} \quad Z = \frac{S_z^+ - E(S_z^+)}{\sqrt{D(S_z^+)}} \approx N(0,1)$$

Pokud $|Z| \geq u_{1-\alpha/2}$ zamítáme nulovou hypotézu, že medián výběru je roven hodnotě c .

Příklad 1: jednovýběrový test



- U 15 náhodně vybraných pacientů byla vyhodnocena doba, kterou museli strávit v čekárně, než byli sestrou pozváni do ordinace. Na 5% hladině významnosti testujte nulovou hypotézu, že medián čekací doby je roven půl hodině.



Příklad 1: jednovýběrový test

– Wilcoxonův test



- U 15 náhodně vybraných pacientů byla vyhodnocena doba, kterou museli strávit v čekárně, než byli sestrou pozváni do ordinace. Na 5% hladině významnosti testujte nulovou hypotézu, že medián čekací doby je roven půl hodině.

Pacient č.	čekací doba (min)	medián	rozdíl	rozdíl	pořadí
1	1	30	-29	29	15
2	45	30	15	15	10
3	25	30	-5	5	3.5
4	15	30	-15	15	10
5	34	30	4	4	2
6	19	30	-11	11	8
7	31	30	1	1	1
8	25	30	-5	5	3.5
9	8	30	-22	22	14
10	12	30	-18	18	12
11	20	30	-10	10	6
12	15	30	-15	15	10
13	40	30	10	10	6
14	20	30	-10	10	6
15	10	30	-20	20	13



$$S_w^+ = 19$$

$$S_w^- = 101$$

$$\min(S_w^+, S_w^-) = 19$$

Kritická hodnota $w_{15}(0,05) = 25$

Hodnota testové statiky je menší než kritická hodnota → **zamítáme H_0**

Příklad 1: jednovýběrový test

– Znaménkový test



- U 15 náhodně vybraných pacientů byla vyhodnocena doba, kterou museli strávit v čekárně, než byli sestrou pozváni do ordinace. Na 5% hladině významnosti testujte nulovou hypotézu, že medián čekací doby je roven půl hodině.

Pacient č.	čekací doba (min)	medián	rozdíl	Větší než medián?
1	1	30	-29	Ne
2	45	30	15	Ano
3	25	30	-5	Ne
4	15	30	-15	Ne
5	34	30	4	Ano
6	19	30	-11	Ne
7	31	30	1	Ano
8	25	30	-5	Ne
9	8	30	-22	Ne
10	12	30	-18	Ne
11	20	30	-10	Ne
12	15	30	-15	Ne
13	40	30	10	Ano
14	20	30	-10	Ne
15	10	30	-20	Ne



$$S_z^+ = 4$$

Kritický obor: $W = (0, 3) \cup (12, 15)$

Hodnota statistiky se realizuje mimo kritický obor hodnot → **nezamítáme H_0**

Příklad 1: Řešení v softwaru Statistica I

- Datový soubor si připravíme tak, že první proměnná obsahuje testované hodnoty a druhá proměnná medián, který chceme testovat

- V menu **Statistics** zvolíme **Nonparametrics**, vybereme **Comparing two dependent samples (groups)**

The screenshot shows the Statistica software interface. The 'Statistics' menu is open, and the 'Nonparametrics' option is highlighted. A yellow arrow labeled '1' points to the 'Statistics' menu, and another yellow arrow labeled '2' points to the 'Nonparametrics' option. Below the menu, a data table is visible with two columns: '1 doba' and '2 median'. A third yellow arrow labeled '3' points to the 'Comparing two dependent samples (variables)' option in the 'Nonparametric Statistics' dialog box.

	1 doba	2 median
1	1	30
2	45	30
3	25	30
4	15	30
5	34	30
6	19	30
7	31	30
8	25	30
9	8	30
0	12	30
1	20	30
2	15	30
3	40	30
4	20	30
5	10	30

Příklad 1: Řešení v softwaru Statistica II

- Vybereme proměnné, které chceme testovat (testovaný parametr, medián)
- Kliknutím na **Sign test** a následně **Wilcoxon matched pair test** získáme výsledky znaménkového a jednovýběrového Wilcoxonova testu



Příklad 1: Řešení v softwaru Statistica III



1) Výstup Wilcoxonova testu

Testová statistika: $\min(S_w^+, S_w^-)$

Wilcoxon Matched Pairs Test (v cekarne.sta)				
Marked tests are significant at p < .05000				
Pair of Variables	Valid N	T	Z	p-value
doba & median	15	19.00000	2.328644	0.019879

Statistika a p-hodnota pro asymptotickou variantu testu (používat pouze pro $N > 30$)

Počet nenulových rozdílů

2) Výstup znaménkového testu

Podíl hodnot menších než testovaný medián

Sign Test (v cekarne.sta)				
Marked tests are significant at p < .05000				
Pair of Variables	No. of Non-ties	Percent $v < V$	Z	p-value
doba & median	15	73.33333	1.549193	0.121335

Statistika a p-hodnota pro asymptotickou variantu testu (používat pouze pro $N > 20$)

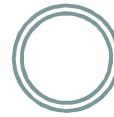
Počet nenulových rozdílů

2. Statistické testy o parametrech dvou výběrů



Nepárový Mannův-Whitneyův test
Párový Wilcoxonův a znaménkový test

Mannův-Whitneyův U test



- Neparametrická alternativa dvouvýběrového t-testu.
- Počítá s pořadím dat v souborech namísto s originálními daty.
- Předpoklad: rozdělení pravděpodobnosti veličiny ve skupinách se může lišit pouze posunutím.

Postup:

1. Stanovíme nulovou a alternativní hypotézu ($F(x)$ =distribuční funkce):

$$H_0: F(x_1)=F(x_2)$$

$$H_1: F(x_1) \neq F(x_2).$$

2. Čísla obou souborů jsou sloučena a je určeno jejich pořadí v tomto sloučeném souboru.
3. Pro oba výběry zvlášť je spočítán součet pořadí (T_1 a T_2).
4. Ze součtů pořadí ve skupinách je určena finální hodnota testové statistiky U .

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1 - (n_1 + 1)}{2} - T_1$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2 - (n_2 + 1)}{2} - T_2$$

$$U = \min(U_1, U_2)$$

5. Hodnotu testové statistiky U porovnáme s kritickou hodnotou testu, pokud je tato hodnota menší než kritická hodnota testu, zamítáme nulovou hypotézu shody distribučních funkcí obou skupin.

Mannův-Whitneyův U test

– asymptotická varianta



5. Pro velká n_1 a n_2 (>30) lze využít asymptotické normality statistiky U.

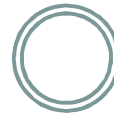
$$E(U) = \frac{n_1 n_2}{2} \quad D(U) = \frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}$$

6. Pro testování lze využít Z-statistiky:

$$Z = \frac{U - E(U)}{\sqrt{D(U)}} \approx N(0,1)$$

7. Pokud $|Z| \geq u_{1-\alpha/2}$ zamítáme nulovou hypotézu o shodnosti distribučních funkcí.

Mannův-Whitneyův U test



X1	X2	ALL	Rank ALL	X1 rank	X2 rank
27	25	25	5	6	5
35	29	29	7,5	11	7,5
38	31	31	9	13	9
37	23	23	4	12	4
39	18	18	2	14	2
29	17	17	1	7,5	1
41	32	32	10	15	10
	19	19	3		3
		27	6		
		35	11		
		38	13		
		37	12		
		39	14		
		29	7,5		
		41	15		

Mann Whitney U-test

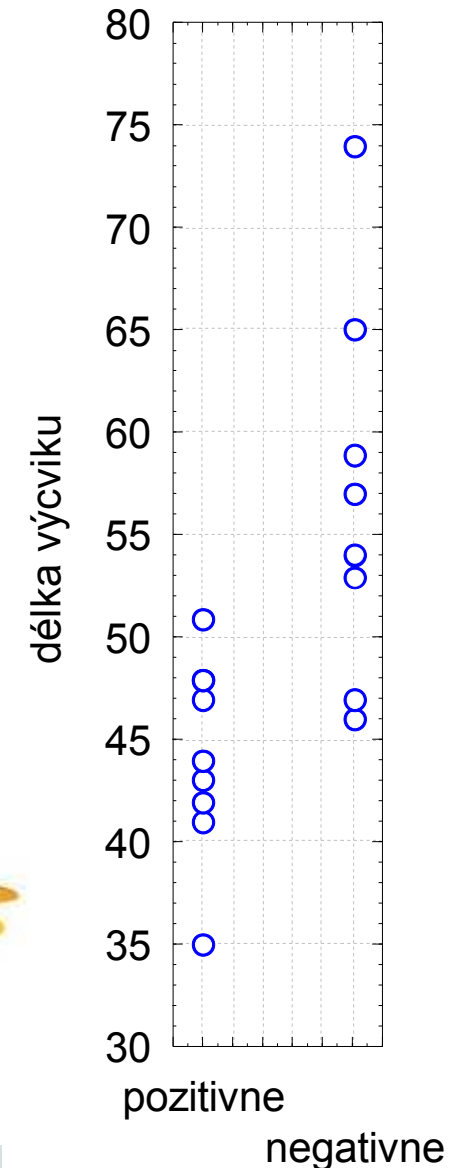
- Stejně jako řada jiných neparametrických testů počítá i tento test s pořadím dat v souborech namísto s originálními daty. Jde o neparametrickou obdobu nepárového t-testu a z těchto neparametrických testů má nejvyšší sílu testu (95% párového t-testu).
- V případě Mann-Whitney testu jsou nejprve čísla obou souborů sloučena a je vytvořeno jejich pořadí v tomto sloučeném souboru, pak jsou hodnoty vráceny do původních souborů a nadále se pracuje již jen s jejich pořadím.
- Pro oba soubory je tedy vytvořen součet pořadí a menší z obou součtů je porovnán s kritickou hodnotou testu, pokud je tato hodnota menší než kritická hodnota testu, zamítáme nulovou hypotézu shody distribučních funkcí obou skupin.

Příklad 2: Mannův-Whitneyův U test



- 17 štěňat bylo trénováno v chození na záchod metodou pozitivní motivace (pochvala, když jde na záchod venku) nebo negativní motivace (trest, když jde na záchod doma). Jako parametr bylo měřeno, za kolik dní je štěně vycvičeno.
- Nulová hypotéza je, že není rozdíl v metodách tréninku, tedy, že oběma metodami je štěně vycvičeno za stejnou dobu.
- Po srovnání rozložení + kvůli nízkému počtu hodnot je vhodné použít neparametrický test.
- Je vytvořeno pořadí hodnot v kompletním souboru.
- Hodnota testové statistiky je určena ze součtu pořadí hodnot v jednotlivých skupinách.

- **Jak dopadne testování?**



Příklad 2: Řešení v softwaru Statistica I

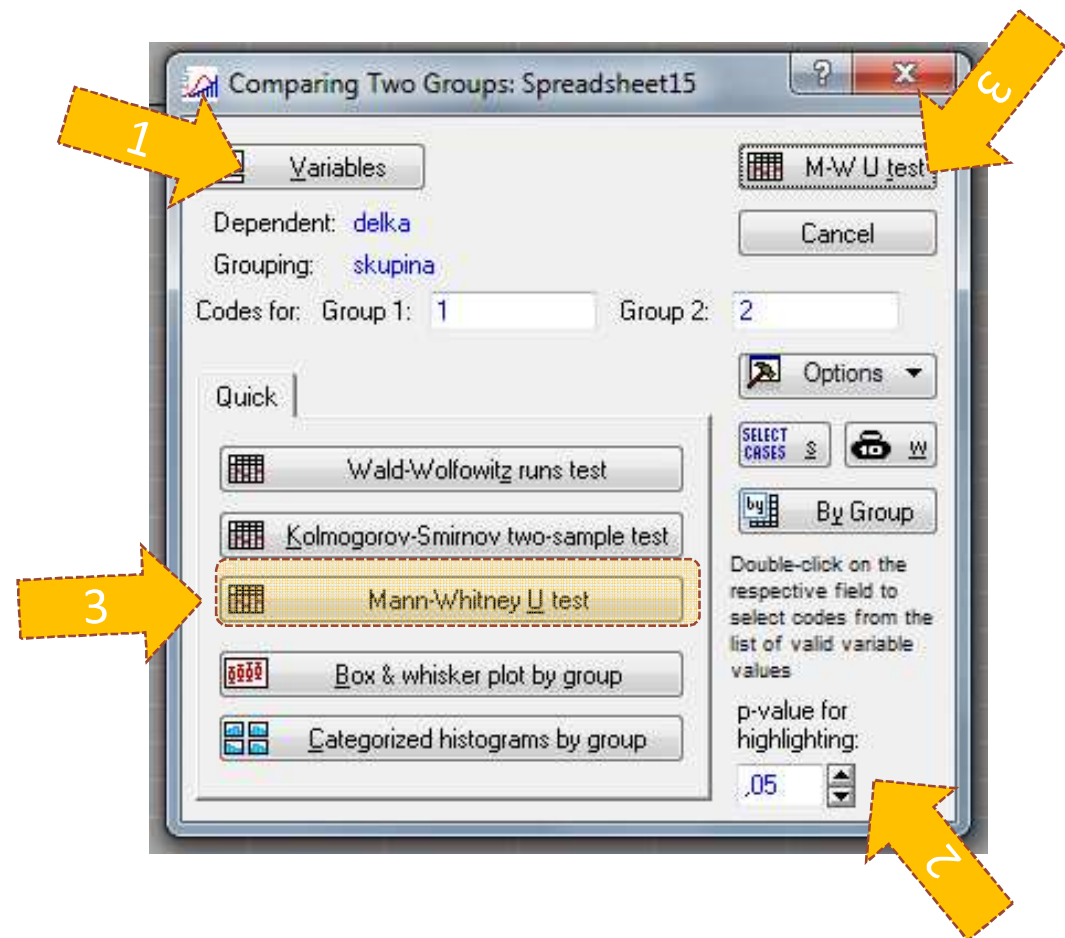
- V menu **Statistics** zvolíme **Nonparametrics**, vybereme **Comparing two independent samples (groups)**

The screenshot shows the Statistica software interface. The **Statistics** menu is open, and the **Nonparametrics** option is highlighted with a yellow arrow labeled '2'. A yellow arrow labeled '1' points to the **Statistics** menu itself. Below the menu, a data table is visible with columns labeled 'ativne', 'delka', and 'skupina'. A yellow arrow labeled '3' points to the 'Comparing two independent samples (groups)' option in the 'Nonparametric Statistics: Spreadsheet15' dialog box.

2	3	4
ativne	delka	skupina
42	35	1
46	41	1
47	43	1
53	44	1
54	47	1
57	48	1
59	48	1
65	51	1
74	42	2
	46	2
	47	2
	53	2
	54	2
	57	2
	59	2
	65	2
	74	2

Příklad 2: Řešení v softwaru Statistica II

- Vybereme proměnné, které chceme testovat
- ***p-value for highlighting***
Úroveň p lze změnit
- Kliknutím na ***Mann-Whitney U test***, nebo na M-W U test získáme výstupy



Příklad 2: Řešení v softwaru Statistica III



Součet pořadí T_1

Součet pořadí T_2

Hodnota Z statistiky

Mann-Whitney U Test (Spreadsheet15)										
By variable skupina										
Marked tests are significant at p <,05000										
variable	Rank Sum Group 1	Rank Sum Group 2	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N Group 1	Valid N Group 2	2*1sided exact p
delka	49,50000	103,5000	135,0000	-2,11695	0,034265	-2,11955	0,034045	8	9	0,027396

Hodnota testové statistiky

Asymptotická p-hodnota

Přesná p-hodnota

(použít, jestliže rozsah výběru je menší než 30)

Párový Wilcoxonův a znaménkový test



- Vycházíme z rozdílů párových hodnot a přecházíme na design jednovýběrových testů
- Testuje, zda je **medián diferencí (D)** párových hodnot roven hodnotě c

$$H_0: D_{0.5} = c \text{ proti } H_1: D_{0.5} \neq c.$$

Wilcoxonův párový test

1. Spočítáme rozdíly **diferencí** výběru s testovanou hodnotou mediánu $= c$.
2. Absolutní hodnoty rozdílů uspořádáme vzestupně a přiřadíme jim pořadí.
3. Spočítáme statistiky S_w^+ a S_w^- , které odpovídají součtu pořadí kladných (S_w^+) a záporných rozdílů (S_w^-). Jako finální hodnotu testové statistiky bereme minimum z S_w^+ a S_w^- . Nulovou hypotézu zamítáme, pokud hodnota testové statistiky menší nebo rovna tabelované kritické hodnotě (při dané hladině významnosti a počtu nenulových rozdílů).

Znaménkový párový test

1. Spočítáme rozdíly **diferencí** výběru s testovanou hodnotou mediánu $= c$.
2. Spočítáme statistiku S_z^+ , která odpovídá počtu kladných rozdílů \rightarrow test nevyužívá hodnot pořadí původních dat ale pouze informaci, zda se hodnota realizuje nad nebo pod mediánem \rightarrow dochází ke snížení síly testu
3. Nulovou hypotézu zamítáme, pokud statistika S_z^+ realizuje v kritickém oboru hodnot $W = (0, k_1) \cup (k_2, n)$, kde n odpovídá počtu nenulových rozdílů a hodnoty k_1 a k_2 lze dohledat v matematických tabulkách.

Příklad 3: Wilcoxonův párový test



- Na 5% hladině významnosti testujte, zda se liší hladina krevního parametru před a po podání léku.

$$H_0: D_{0.5}=0 \text{ proti } H_1: D_{0.5} \neq 0.$$

pacient	Před podáním léku	Po podání léku	Diference (D)	Pořadí
1	142	138	4	4,5
2	140	136	4	4,5
3	144	147	-3	3
4	144	139	5	7
5	142	143	-1	1
6	146	141	5	7
7	149	143	6	9,5
8	150	145	5	7
9	142	136	6	9,5
10	148	146	2	2

S_w^+ součet pořadí přes kladné hodnoty rozdílů = 51

S_w^- součet pořadí přes záporné hodnoty rozdílů = 4

$$\begin{aligned} \min(S_w^+; S_w^-) &= 4 \\ \text{počet párů} &= n = 10 \\ w_n(\alpha) &= w_{10}(0,05)=8 \end{aligned}$$

Hodnota testové statiky je menší než kritická hodnota \rightarrow **zamítáme H_0**

Příklad 3: Řešení v softwaru Statistica I

- V menu **Statistics** zvolíme **Nonparametrics**, vybereme **Comparing two dependent samples (variables)**

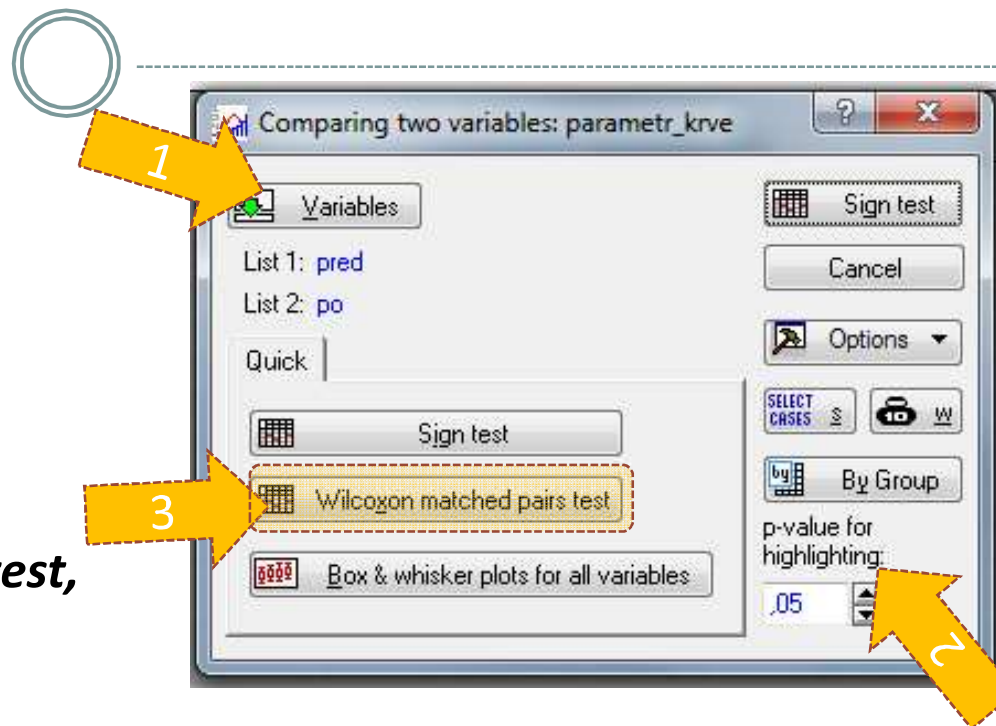
The screenshot shows the Statistica software interface. The 'Statistics' menu is open, and the 'Nonparametrics' option is highlighted. The 'Comparing two dependent samples (variables)' option is selected in the dialog box. A yellow arrow labeled '1' points to the 'Statistics' menu, a yellow arrow labeled '2' points to the 'Nonparametrics' option, and a yellow arrow labeled '3' points to the 'Comparing two dependent samples (variables)' option.

	1 pred	2 po
1	142	138
2	140	136
3	144	147
4	144	139
5	142	143
6	146	141
7	149	143
8	150	146
9	142	146
10	148	146

Pozn.: Pokud bychom chtěli testovat c různé od 0, musíme vstupní data uspořádat tak, že první proměnná bude obsahovat difference párových hodnot a druhá proměnná testovanou hodnotu mediánu c .

Příklad 3: Řešení v softwaru Statistica II

- Vybereme proměnné, které chceme testovat
- ***p-value for highlighting***
Úroveň p lze změnit
- Kliknutím na ***Wilcoxon matched pairs test***, získáme výstupy:



Rozsah výběru

		Wilcoxon Matched Pairs Test (parametr_krve)			
		Marked tests are significant at p < .05000			
Pair of Variables		Valid N	T	Z	p-value
pred	& po	10	4,000000	2,395342	0,016605

POZOR: podmínka pro použití asymptotické p-hodnoty je: $n \geq 30$

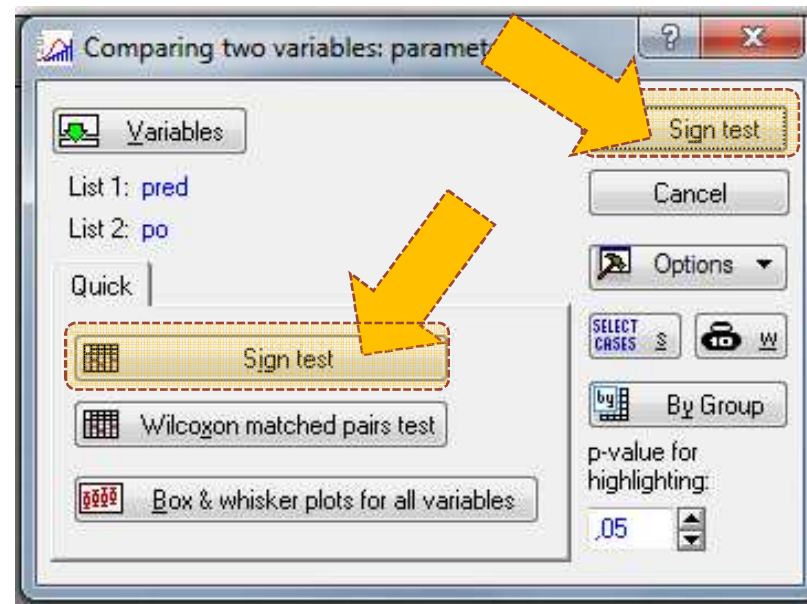
Hodnota testovací statistiky

Asymptotická p-hodnota

Hodnota asymptotické testové statistiky

Příklad 3: Řešení v softwaru Statistica III

- Vybereme proměnné, které chceme testovat
- ***p-value for highlighting***
Úroveň p lze změnit
- Kliknutím na ***Sign test (párový znaménkový test)*** získáme výstupy:



Počet nenulových hodnot, z nich záporných je 20%.

Pair of Variables		No. of Non-ties	Percent $v < V$	Z	p-value
pred	& po	10	20,00000	1,581139	0,113846

POZOR: podmínka pro použití asymptotické p-hodnoty je: $n > 20$

Hodnota asymptotické testové statistiky

Asymptotická p-hodnota

3. Statistické testy o parametrech tří a více výběrů



Kruskalův-Wallisův test

Kruskalův-Wallisův test I



- Neparametrická alternativa analýzy rozptylu (ANOVA)
- Zobecnění Mannova-Whitneyova U testu pro **více než dvě** srovnávané skupiny.
- Počítá s pořadím dat v souborech namísto s originálními daty.
- Nulová hypotéza předpokládá stejné rozdělení pravděpodobnosti veličiny ve více skupinách.
- Předpoklad: rozdělení pravděpodobnosti veličiny ve skupinách se může lišit pouze posunutím.

Kruskalův-Wallisův test II



Postup:

1. Stanovíme nulovou a alternativní hypotézu pro k skupin ($F(x)$ =distribuční funkce):

$$H_0: F(x_1) = F(x_2) = \dots = F(x_k)$$

$$H_1: \text{alespoň jedna } F(x_i) \text{ se liší od ostatních}$$

2. Čísla obou souborů jsou sloučena a je určeno jejich pořadí v tomto sloučeném souboru.
3. Pro všechny výběry zvlášť je spočítán součet pořadí (T_1, T_2, \dots, T_k).
4. Ze součtů pořadí ve skupinách je určena finální hodnota testové statistiky Q :

$$Q = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{j=1}^k \frac{T_j^2}{n_j} - 3(n+1)$$

5. Pokud je $Q \geq \chi^2(k-1)$, zamítáme nulovou hypotézu. Pro malé velikosti vzorků určujeme kritický obor z tabulek pro Kruskalův-Wallisův test.
6. V případě zamítnutí nulové hypotézy pomocí **metod mnohonásobného porovnávání** určíme, které dvojice skupin se liší.

Příklad 4: Kruskalův-Wallisův test



- Bylo získáno 150 kosatců pocházejících ze tří základních tříd: *Iris setosa*, *Iris versicolor*, *Iris virginica*. Z botaniky je známo že *Iris versicolor* je hybridem zbývajících dvou druhů. U květů byly měřeny následující údaje: délka a šířka kališních lístků, délka a šířka korunních plátků.
- Na hladině významnosti 0,05 testujte hypotézu, že délka kališních lístků u třech tříd kosatců se neliší. Pokud zamítnete nulovou hypotézu, zjistěte, které dvojice tříd se od sebe liší.



Iris virginica

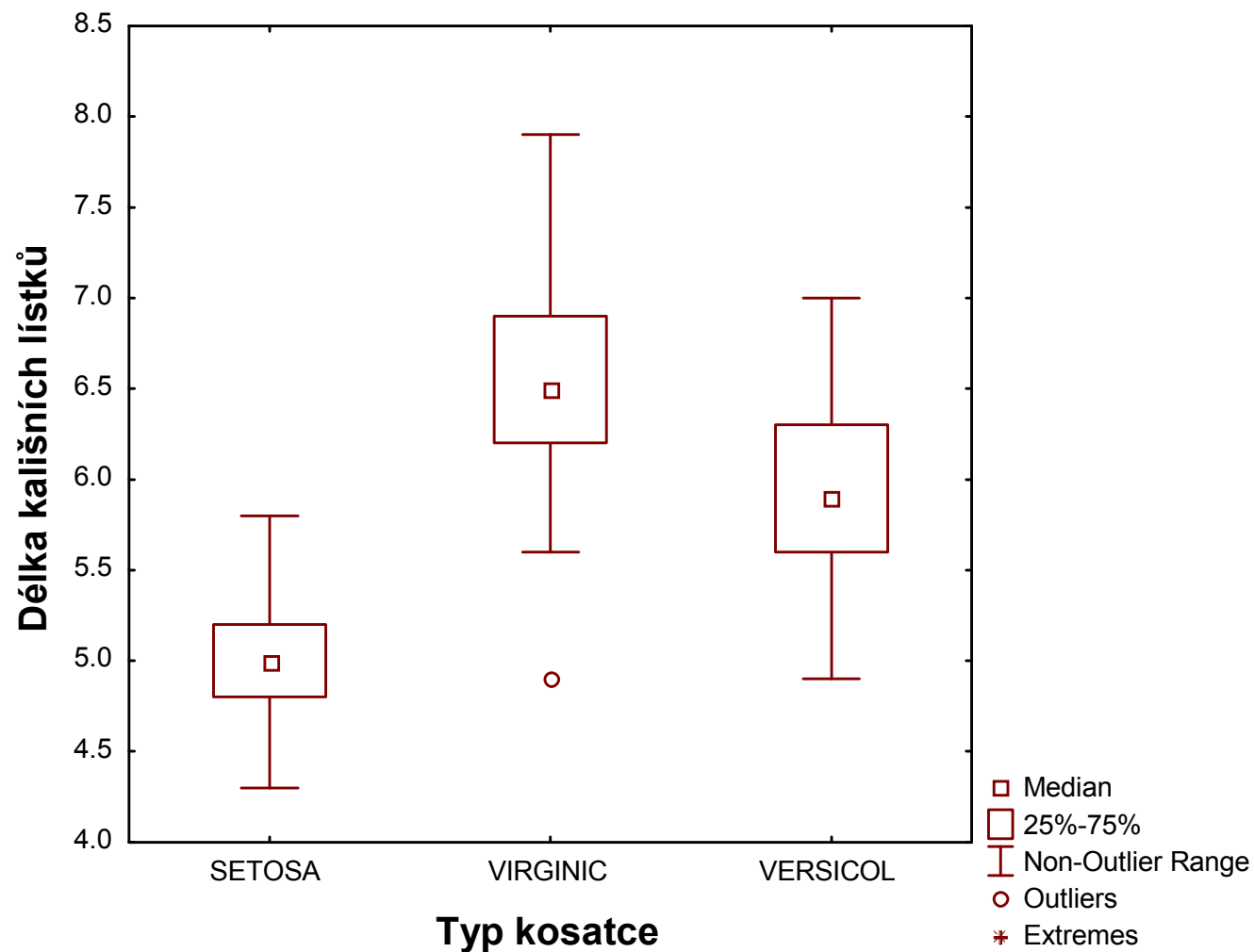
Iris versicolor

Iris setosa

Příklad 4: Řešení v softwaru Statistica I



- nejprve se pomocí grafu podíváme na rozložení dat v rámci srovnávaných skupin



Příklad 4: Řešení v softwaru Statistica II

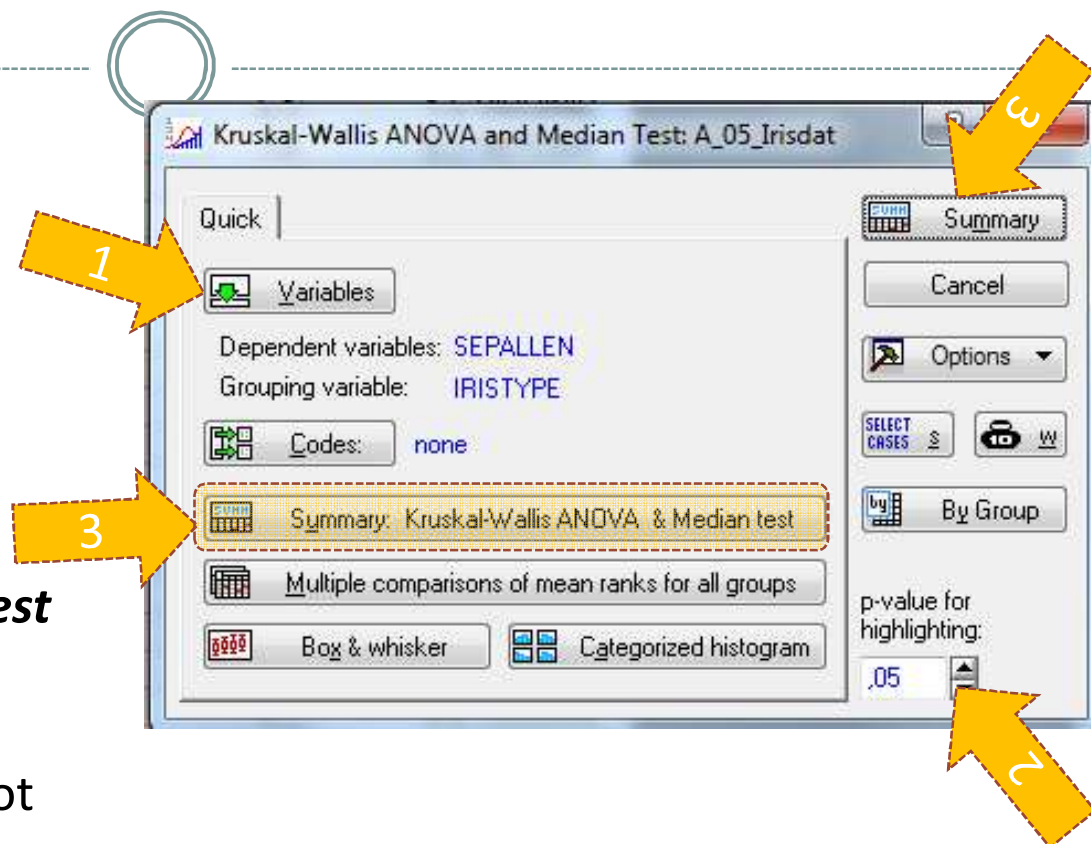
- V menu **Statistics** zvolíme **Nonparametrics**, vybereme **Comparing multiple indep. samples (groups)**

The screenshot shows the Statistica II software interface. The 'Statistics' menu is open, and the 'Nonparametrics' option is highlighted with a yellow arrow labeled '2'. The 'Nonparametric Statistics: A_05_Irisdat' dialog box is open, and the 'Comparing multiple indep. samples (groups)' option is highlighted with a yellow arrow labeled '3'. A yellow arrow labeled '1' points to the 'Statistics' menu. The background shows a data table with columns 'Fisher (1936)' and 'SEPALLEN'.

Fisher (1936)	SEPALLEN
1	5
	6,4
	6,5
	6,7
	6,9
	6,2
	5,9
	4,6
	6,1
	6
	6,5

Příklad 4: Řešení v softwaru Statistica II

- Vybereme proměnné, které chceme testovat
- **p-value for highlighting**- Úroveň p lze změnit
- Kliknutím na **Summary: Kruskal-Wallis ANOVA & Median test** získáme výstupy.



Počet hodnot
v každém výběru

Součet pořadí hodnot

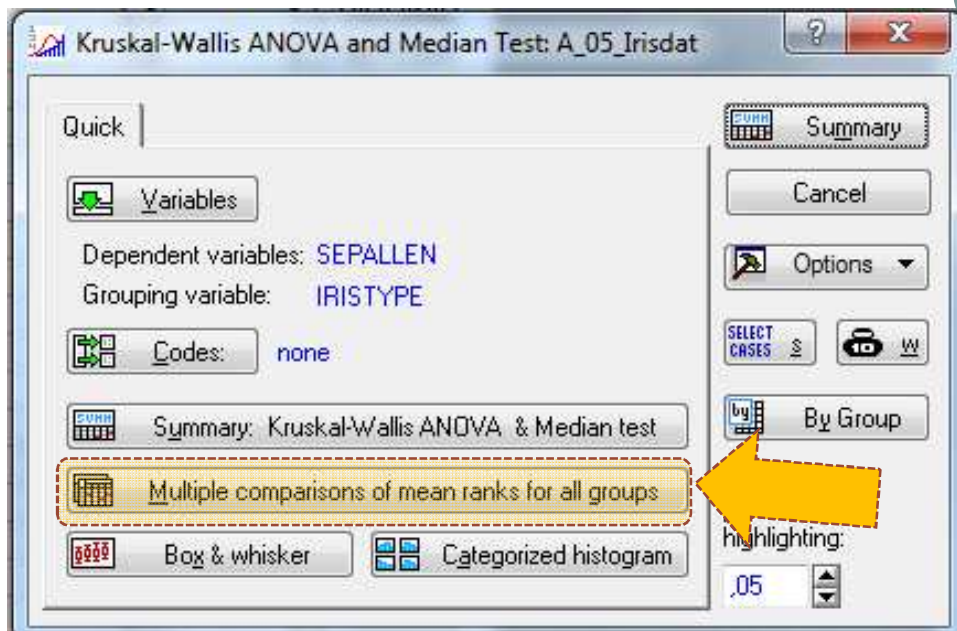
Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; SEPALLEN (A_05_Irisdat)				
Independent (grouping) variable: IRISTYPE				
Kruskal-Wallis test: H (2, N= 150) =96,93744 p =0,000				
Depend.:	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank
SEPALLEN				
SETOSA	1	50	1482,000	29,6400
VERSICOL	2	50	4132,500	82,6500
VIRGINIC	3	50	5710,500	114,2100

Hodnota testové statistiky

p-hodnota

Pokud $p < 0,05$, musíme provést **test mnohonásobného porovnání**.

Příklad 4: Řešení v softwaru Statistica III



Testy mnohonásobného porovnávání

- Kliknutím na ***Multiple comparisons of mean ranks for all groups***

Multiple Comparisons p values (2-tailed); SEPALLEN (A_05_Irisdat)
Independent (grouping) variable: IRISTYPE
Kruskal-Wallis test: $H(2, N=150) = 96,93744$ $p = 0,000$

Depend.:	SETOSA	VERSICOL	VIRGINIC				
SEPALLEN	R:29,640	R:82,650	R:114,21				
SETOSA		0,000000	0,000000				
VERSICOL	0,000000		0,000843				
VIRGINIC	0,000000	0,000843					

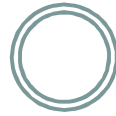
p - hodnoty

Samostatné cvičení



Mannův-Whitneyův test
Párový Wilcoxonův test, párový znaménkový test,
Kruskalův-Wallisův test,
Metoda mnohonásobného porovnání

1. Příklad k procvičení



- Načtěte data 05_1_příklad. Ke zjištění, zda se liší spotřeba při dvou určitých druzích benzínu (A, B), bylo vybráno 10 aut, u kterých za jinak stejných zkušebních podmínek byla změřena spotřeba při použití každého ze dvou druhů benzínu.
 1. Pomocí vhodného testu testujte hypotézu, že spotřeba benzínu A i B byla stejná (hladina významnosti = 0,05).

2. Příklad k procvičení



- Načtěte data 05_2_příklad. Byl sledován vliv vitamínového doplňku do krmiva na zvyšování váhových přírůstků u selat. U 19 z 38 selat byl aplikován vitamínový přípravek.
- 1. Pomocí vhodného testu testujte hypotézu, že porovnávané způsoby výkrmů (1: klasická směs, 2: směs s vitamínovým doplňkem) se neliší (hladina významnosti = 0,05).

3. Příklad k procvičení



- Načtěte data 05_3_priklad. Výrobce koláčů má 4 nové recepty (A,B,C,D) a chce zjistit, zda se jejich kvalita liší. Upekł proto 5 koláčů od každého druhu a dal je porotě k ohodnocení. Hodnocení poroty je v následující tabulce:

Recept	Body				
A	72	88	70	87	71
B	85	89	86	82	88
C	94	94	88	87	89
D	91	93	92	95	94

- Pomocí vhodného testu testujte hypotézu, že recepty se neliší (hladina významnosti = 0,05). Pokud nulovou hypotézu zamítnete, zjistěte, které dvojice receptů se liší.