

2022

Statistické zpracování dat

S VYUŽITÍM SOFTWARE JAMOVI
JAN HNÍZDIL

KTVS PF UJEP | v Ústí nad Labem

Jan Hnízdl

Statistické zpracování dat
s využitím software Jamovi

Úvod

předkládané skriptum je určeno pro cvičení z předmětu Statistické zpracování dat pro studenty všech studijních oborů studijního programu tělesná výchova a sport. Obsahově navazuje na předmět problematiku matematicko-statistických postupy, které byly prezentovány v předmětu Antropomotorika. Obsahuje postupy výpočtu jednotlivých statistických testů pomocí statistického software Jamovi. Tento programový balík je funkční v režimu off-line a naistalovat jej lze z odkazu <https://www.jamovi.org/> Stahujte verzi 2.2.5 solid.

Kapitoly jsou uspořádány tak, že písmenem „S“ jsou označeny názvy témat jednotlivých seminářů a je vhodné, aby se student na ně připravil.

Po úvodní teorii následuje ukázka výpočtu příkladu základního postupu matematické statistiky, způsob, podle kterého je možné počítat podobné příklady. Každý seminář obsahuje dále cvičné příklady pro individuální doplnění samostudiem.

Skriptum obsahuje stručný text, spíše pracovní postupy při řešení podobného zadání. Podrobnější informace i výklad specializovaných statí naleznou studenti v doporučené literatuře.

Poděkování: Je naší milou povinností poděkovat oběma recenzentům Doc. RNDr. T. Zdráhalovi, CSc. a Mgr. Josefovi Heidlerovi, PhD za posouzení textu, připomínky a doplňky. Za případné chyby a nedostatky jsou však odpovědni autoři. Studentům a dalším laskavým čtenářům budeme vděčni za připomínky a upozornění na případné chyby a nejasnosti v textu.

Autor





S 1 Základní charakteristiky statistických souborů

TEORIE Statistické třídění dat a jejich základní zpracování, základní charakteristika statistických souborů.

Měrné škály

Výsledky měření nebo odborného posuzování lze podle charakteristik a vlastností dat vyjádřit na stupnicích (měrných škálách), které můžeme podle jejich rostoucího stupně dokonalosti seřadit v pořadí:

Tab.1 Hlavní typy měrných škál a jejich označení v programu Jamovi

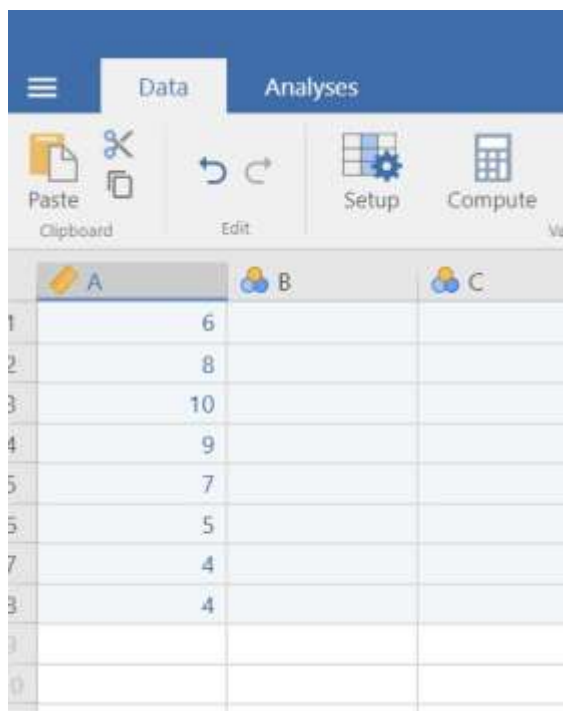
MĚRNÁ ŠKÁLA	ZÁKL. OPERACE	RELACE	CHARAKTERISTIKA	PŘÍKLAD	POUŽITELNÉ STATISTICKÉ POSTUPY	OZNAČENÍ V JAMOVI
<i>Nominální</i>	Klasifikace	= ≠	numerizace, jako pojmenování objektů	muž=1 žena =0 plavec neplavec	četnost, modus, procenta, χ^2 -test	
<i>Ordinální</i>	Posuzování	< >	stanovení pořadí, bez jednotky měření	lyžařský kurs, družstva dle výkonnosti	Četnost, modus, medián, koef. pořadové korelace, χ^2 -test	
<i>Metrická - Intervalová</i>	Měření	rovnost intervalů	nulový bod dohodou, konstantní jednotka měření	motorický věk	aritm. průměr směrodatná odchylka	
<i>Metrická - Poměrová</i>	Měření	rovnost vztahů	přirozený nulový bod. konst. jednotka měření	měření dálky, výšky síly...	korelace, testy významnosti	



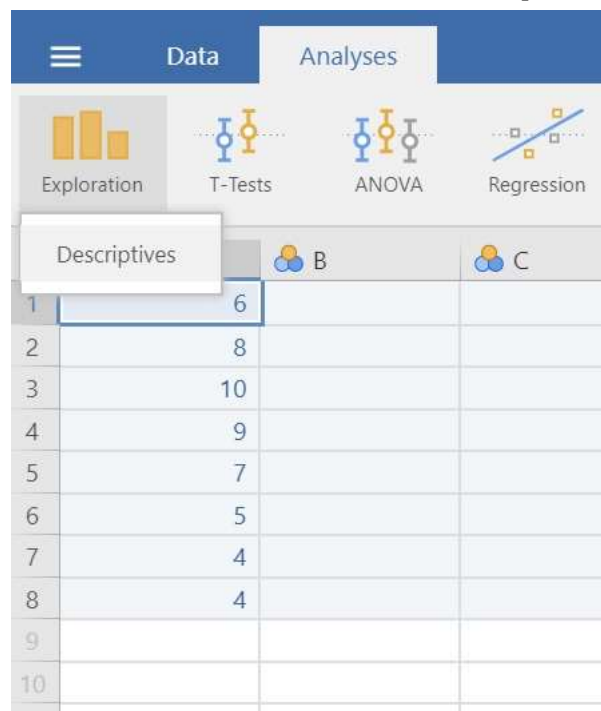
Stanov základní míry polohy a variability s využití programu Jamovi.
Využij tato data:

Počet shybů
6
8
10
9
7
5
4
4

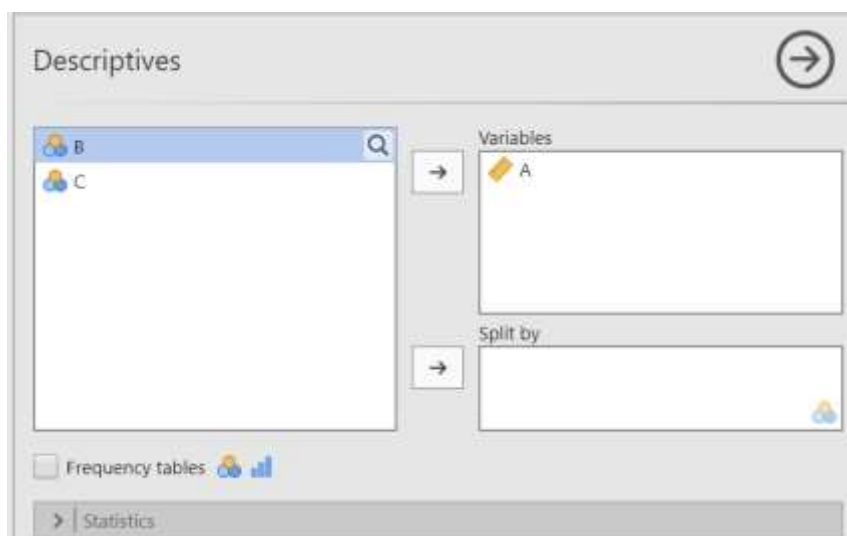
Hodnoty zkopíruj do karty *Data*



následují volby *Analyses Exploration a Descriptives*



Vyber data (A) a přejdi na položku *Statistics*



Vyber následující položky a v pravém okně (*Descriptives*) budou poté zobrazeny požadované výsledky:

Sample Size
 N Missing

Percentile Values
 Quartiles
 Cut points for equal groups

Dispersion
 Std. deviation Minimum
 Variance Maximum
 Range S. E. Mean

Central Tendency
 Mean
 Median
 Mode
 Sum

Distribution
 Skewness
 Kurtosis

Normality
 Shapiro-Wilk

Descriptives

Descriptives	
	A
N	8
Mean	6.63
Median	6.50
Mode	4.00
Sum	53
Standard deviation	2.26
Variance	5.13
Range	6
Minimum	4
Maximum	10

ÚKOLY

Statistické zpracování dat:

Vaši tělesnou výšku v cm zaznamenejte dle jednotlivých studijních oborů do formulář na adrese:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1tW1SoQu40IVkjYb3cdb4eoEcmMPzHAknxa9fT27FG6U/edit?usp=sharing>

Pomocí programu Jamovi:

- 1) Určete nejvyšší a nejnižší hodnotu, vypočtete variační rozpětí. Určete hodnotu mediánu.
- 2) Vypočtete aritmetický průměr tělesné výšky a směrodatnou odchylku své studijní skupiny. Stanovte medián a modus.

S 2 Testování statistických hypotéz – nezávislé výběry

testování hypotéz o průměru dvou nezávislých souborů

1. T – test pro nezávislé výběry, jestliže se rozptyly rovnají ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$)

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n-1} + \frac{s_2^2}{n-1}}}$$

2. T – test pro nezávislé výběry, jestliže se rozptyly nerovnají ($\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$) (Welshův test)

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}$$

PŘÍKLAD 1

Ruční dynamometrií jsme měřili sílu stisku ruky u dvou **výběrových** souborů mužů: učitelské ($n_1 = 20$) a neučitelské ($n_2 = 30$) skupiny. Proved'te srovnání obou skupin. Vypočítali jsme tyto hodnoty (ze zdrojových dat z následné tabulky)

$$\begin{array}{lll} n_1 = 20 & \bar{x}_1 = 60 & s_1 = 3,2 \\ n_2 = 30 & \bar{x}_2 = 66 & s_2 = 3,6 \end{array}$$

Zdrojová data

n_1	Výkon	Stud.skupina	n_2	Výkon	Stud.skupina
1	60	učitel.	1	65	neučitel.
2	62	učitel.	2	66	neučitel.
3	58	učitel.	3	67	neučitel.
4	61	učitel.	4	65	neučitel.
5	60	učitel.	5	66	neučitel.
6	55	učitel.	6	70	neučitel.
7	65	učitel.	7	64	neučitel.
8	62	učitel.	8	59	neučitel.
9	61	učitel.	9	63	neučitel.
10	57	učitel.	10	72	neučitel.
11	64	učitel.	11	70	neučitel.
12	60	učitel.	12	66	neučitel.
13	61	učitel.	13	61	neučitel.
14	59	učitel.	14	72	neučitel.
15	58	učitel.	15	65	neučitel.
16	60	učitel.	16	67	neučitel.
17	52	učitel.	17	67	neučitel.
18	66	učitel.	18	63	neučitel.
19	59	učitel.	19	65	neučitel.
20	60	učitel.	20	66	neučitel.
			21	59	neučitel.
			22	70	neučitel.
			23	67	neučitel.
			24	68	neučitel.
			25	60	neučitel.
			26	61	neučitel.
			27	66	neučitel.
			28	69	neučitel.
			29	70	neučitel.
			30	70	neučitel.



Postup výpočtu v programu Jamovi.

Vložíme data z obou skupin do sloupce A, označíme je jako metrická (*Continuous*)

The screenshot shows the Jamovi software interface. The top menu bar includes 'Data' and 'Analyses'. Below the menu is a toolbar with icons for 'Clipboard' (Paste, Copy), 'Edit' (Undo, Redo), 'Variables' (Setup, Compute, Transform), and 'Rows' (Add, Delete, Filters). The main area is divided into a 'DATA VARIABLE' configuration panel on the right and a data table on the left.

The 'DATA VARIABLE' panel shows the following settings for variable 'A':

- Variable name: A
- Description: (empty)
- Measure type: Continuous
- Data type: Integer (auto)
- Missing values: (empty)

The data table below shows the following data:

	A	B	C
16	60	učitel	
17	52	učitel	
18	66	učitel	
19	59	učitel	
20	60	učitel	
21	65	neučitel	
22	66	neučitel	
23	67	neučitel	
24	65	neučitel	
25	66	neučitel	
26	70	neučitel	

The status bar at the bottom indicates: Ready, Filters 0, Row count 50, Filtered 0, Deleted 0, Added 50, Cells edited 150.

Do sloupce B zadáme příslušnost ke studijní skupině. Data označíme jako *Nominální*, typ dat *Text*.

The screenshot shows the 'DATA VARIABLE' dialog box for variable 'B'. The 'Measure type' is set to 'Nominal' and the 'Data type' is set to 'Text'. The 'Missing values' field is empty. On the right, the 'Levels' list contains 'učitel' and 'neučitel'.

Pomocí funkcí *Analyses* → *Exploration* → *Descriptives* přiřadíme data do položky *Variables* (proměnné, v našem případě jednotlivé výkony) a třídy (v našem příkladě učitel/neučitel) do položky (*Split by*)

The screenshot shows the 'Descriptives' dialog box. The 'Variables' list contains 'A' and the 'Split by' list contains 'B'. A search icon is visible in the top right corner of the dialog box.

V záložce *Statistics* zvolíme následné položky popisné statistiky včetně testu normality – *Shapiro- Wilkův test*.

Descriptives		
	B	A
N	učitel	20
	neučitel	30
Mean	učitel	60.0
	neučitel	66.0
Median	učitel	60.0
	neučitel	66.0
Standard deviation	učitel	3.21
	neučitel	3.61
Shapiro-Wilk W	učitel	0.955
	neučitel	0.954
Shapiro-Wilk p	učitel	0.454
	neučitel	0.214

Ve výsledcích v pravé části zkontrolujeme výslednou hodnotu p Shapiro- Wilkova testu. Pokud je vyšší než 0,05 u obou skupin, konstatujeme normální rozdělení četností, což nás opravňuje k použití zamýšleného parametrického T testu pro nezávislé výběry. V opačném případě bychom použili neparametrickou obdobu T testu – tedy Mann- Whitney U test (viz seminář 9).

Pozn. Předpoklad, že oba výběry pocházejí z normálního rozdělení, nemusí být za každou cenu dodržen. Dle Sebery (2014), T-test totiž pracuje s průměry obou výběrů, a ty již při rozsahu výběru v řádu desítek mají přibližně normální rozdělení díky centrální limitní větě.

Výpočet hodnoty t testu pro nezávislé výběry: postupujeme přes nabídky *Analyses* → *T – tests* → *Independent Samples T - test*

Zvolíme následné položky a v pravém okně budou zobrazeny výsledky:

The image shows the SPSS 'Independent Samples T-Test' dialog box on the left and the corresponding output window on the right. In the dialog box, 'A' is selected as the dependent variable and 'B' as the grouping variable. Under 'Tests', 'Student's t' is checked with a 'p' value of 0.707. Under 'Assumption Checks', 'Homogeneity test' is checked. The output window displays a table for the Student's t test and a table for Levene's test for homogeneity of variances.

	Statistic	df	p	Cohen's d	
A	Student's t	-5.57	48.0	<.001	-1.72

	F	df	df2	p
A	0.765	1	48	0.386

Výsledná hodnota p pro T test je menší než 0,001. Srovnáním hodnoty p (s hladinou významnosti 0,05) tak zamítáme nulovou hypotézu H_0 a usuzujeme na statisticky významný rozdíl mezi oběma výběry.

Zatržením volby *Homogeneity test* jsme otestovali, zda se rozptyly obou souborů rovnají, či nikoliv. V tomto případě je hodnota p (0,386) pro Levenův test vyšší než 0,05 což indikuje rovnost rozptylů. Použití T testu pro nezávislé soubory s rovností rozptylů tak bylo korektní. V případě opačném, tedy pokud by hodnota p byla menší než 0,05 konstatovali bychom nerovnost rozptylů. V tomto případě se pro testování hypotézy o průměru používá T test pro nezávislé soubory s nerovností rozptylů, tzv. Welschův test (viz volba v předchozím obrázku). Tuto variantu nám přiblíží příklad 2 v tomto semináři.

Teorie

Věcná (praktická) významnost.

Doposud výzkumní pracovníci hodnotili věcnou významnost výhradně v naměřených jednotkách např. v cm, sekundách, bodech apod., což je i nadále nutné. Současně se však užívají statistické koeficienty „effect size“ které určují podíl „vysvětleného rozptylu“. Jsou to koeficienty, které budeme považovat za obsahově podstatné v relaci k ostatním nesledovaným vlivům a zpravidla jsou uvedeny v procentech.

Pro posouzení věcné významnosti máme k dispozici minimálně tři dostupné nástroje:

1. Statistickou významnost na určené hladině významnosti, zpravidla $p = 0,05$
2. Logický úsudek, kdy předem stanovíme minimální hodnotu velikosti v jednotkách měření
3. Stanovení procenta velikosti účinku „effect size“

Zpracováno volně dle Blahuše, (2000)

Postup výpočtu věcné (praktické) významnosti (effect size, ω^2)

vypočítá se podle vzorce: $\omega^2 = \frac{t^2 - 1}{t^2 + n_1 + n_2 - 1}$

$$\omega^2 = \frac{-5,97^2 - 1}{-5,97^2 + 20 + 30 - 1} = 0,409$$

Výsledek je větší než 0,1 a proto je sledovaný rozdíl věcně (prakticky) významný. Znamená to, že rozdíl ve výkonu mezi dvěma skupinami je ze 41 % ovlivněn příslušností ke studijní skupině. Jinými, zpravidla neznámými faktory je ovlivněno 59 % rozdílu.



Mezi další z použitelných koeficientů věcné významnosti patří Cohenovo d . Výpočet tohoto koeficientu je součástí programu Jamovi. V nabídce pro výpočet hodnoty T testu zaškrtneme volbu *Effect size*. Hodnota Cohenova d je poté uvedena ve výsledkové části. Viz předchozí obrázek z programu Jamovi. Výslednou uváděnou hodnotu interpretujeme v absolutní hodnotě, tedy v předchozím konkrétním příkladu se jedná o hodnotu 1,72. Rozdíl mezi skupinami tak dle následujícího schématu hodnotíme slovně jako velmi velký.

<i>Velikost efektu</i>	<i>d</i>	<i>Zdroj</i>
Velmi malý	0,01	Sawilowsky, 2009
Malý	0,20	Cohen, 1988
Střední	0,50	Cohen, 1988
Velký	0,80	Cohen, 1988
Velmi velký	1,20	Sawilowsky, 2009
Obrovský	2,00	Sawilowsky, 2009

PŘÍKLAD 2

Náhodné výběry žen studijních skupin Tv-Čj ($n_1 = 20$) a Tv-Z ($n_2 = 30$) dosáhly těchto průměrných výkonů ve vertikálním výskoku (Sargentův test).

$$n_1 = 20 \quad \bar{x}_1 = 62,2 \quad s_1 = 9,2$$

$$n_2 = 30 \quad \bar{x}_2 = 65,2 \quad s_2 = 13,6$$

Proveďte srovnání obou skupin. Zdrojová data jsou uvedena v následné tabulce.

n_1	Výkon	Studijní aprobace	n_2	Výkon	Studijní aprobace
1	60	Tv-Čj	1	71	Tv-Geo
2	65	Tv-Čj	2	62	Tv-Geo
3	62	Tv-Čj	3	60	Tv-Geo
4	45	Tv-Čj	4	58	Tv-Geo
5	62	Tv-Čj	5	60	Tv-Geo
6	80	Tv-Čj	6	77	Tv-Geo
7	65	Tv-Čj	7	77	Tv-Geo
8	65	Tv-Čj	8	77	Tv-Geo
9	65	Tv-Čj	9	77	Tv-Geo
10	65	Tv-Čj	10	77	Tv-Geo
11	65	Tv-Čj	11	56	Tv-Geo
12	70	Tv-Čj	12	63	Tv-Geo
13	70	Tv-Čj	13	85	Tv-Geo
14	73	Tv-Čj	14	55	Tv-Geo
15	65	Tv-Čj	15	45	Tv-Geo
16	56	Tv-Čj	16	65	Tv-Geo
17	55	Tv-Čj	17	44	Tv-Geo
18	68	Tv-Čj	18	36	Tv-Geo
19	45	Tv-Čj	19	45	Tv-Geo
20	43	Tv-Čj	20	81	Tv-Geo
			21	55	Tv-Geo
			22	60	Tv-Geo
			23	77	Tv-Geo
			24	65	Tv-Geo
			25	75	Tv-Geo
			26	80	Tv-Geo
			27	45	Tv-Geo
			28	70	Tv-Geo
			29	93	Tv-Geo
			30	64	Tv-Geo



Při výpočtu v programu Jamovi postupujeme shodně jako v předchozím případě. Ve výsledkové části (viz obr.) můžeme vidět upozornění, že rozptyly obou souborů se nerovnají. (*Levene's test is significant ($p < .05$), suggesting a violation of the assumption of equal variances*). Tuto skutečnost můžeme, popřípadě ověřit i zaškrtnutím volby *Homogeneity test's* výsledkem hodnoty $p = 0,041$.

V takovém případě Studentova t testu volíme Welchův test. p hodnota = 0,373 je větší než 0,05 nemůžeme tak zamítnout nulovou hypotézu, soubory se neliší. Z tohoto důvodu nestanovujeme ani významnost věcnou.

Independent Samples T-Test

Grouping Variable: B

Tests

- Student's
- Bayes factor
- Welch's
- Mann-Whitney U

Additional Statistics

- Mean difference
- Confidence interval: 95 %
- Effect size
- Confidence interval: 95 %
- Descriptives
- Descriptives plots

Hypothesis

- Group 1 \neq Group 2
- Group 1 $>$ Group 2
- Group 1 $<$ Group 2

Missing values

- Exclude cases analysis by analysis
- Exclude cases listwise

Assumption Checks

- Homogeneity test
- Normality test
- Q-Q plot

Independent Samples T-Test Results

		Statistic	df	p
A	Student's t	-0.834*	48.0	0.408
	Welch's t	-0.899	48.0	0.373

* Levene's test is significant ($p < .05$), suggesting a violation of the assumption of equal variances

Assumptions

Homogeneity of Variances Test (Levene's)				
	F	df	df2	p
A	4.43	1	48	0.041

Note: A low p-value suggests a violation of the assumption of equal variances

ÚKOL

Je statisticky významný rozdíl v hodnotách startovní reakce vrcholových sprinterů a sprinterek? (Je hodnota startovní reakce ovlivněna pohlavím?)

Jako vstupní data použijte startovní reakce závodníků **v rozběhích** na atletickém mistrovství světa v Dauhá 2019. Proveďte náhodný výběr 15 mužů a 15 žen. Data naleznete na:

<https://www.worldathletics.org/competitions/world-athletics-championships/iaaf-world-athletics-championships-doha-2019-7125365/timetable/bydiscipline>

I v případě detekce odchylky od normality rozdělení použijte z cvičných důvodů T test.

S 3 Testování statistických hypotéz – závislé výběry (t – test pro párové hodnoty)

$$t = \frac{|\bar{d}|\sqrt{n}}{s_d}$$

$|\bar{d}|$... absolutní hodnota průměrné difference

s_d ... směrodatná odchylka diferencí

PŘÍKLAD

Náhodně vybraní muži ze základního souboru učitelského studijního programu s TV prováděli po dobu jednoho měsíce kruhový trénink při výuce atletiky. Změřili jsme jim počet shybů před zahájením a po skončení posilování. Hodnoty výběrového souboru jsou uvedeny v tabulce. Zajímá nás, zda jsou přírůstky věcně a statisticky významné. Jinak vyjádřeno, je-li zvolená metoda stimulace silových schopností účinná.

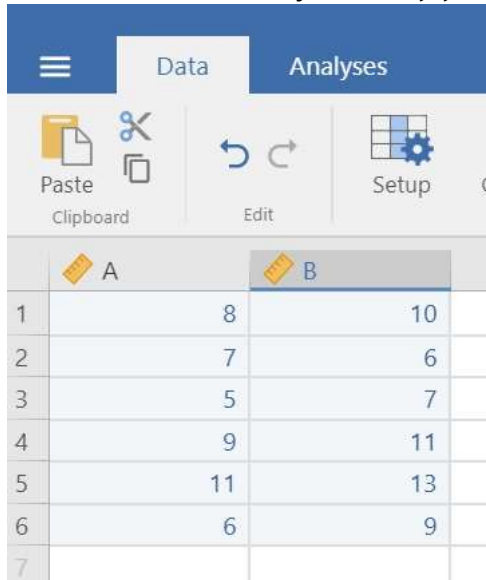
Proband	1. měření x_{i1}	2. měření x_{i2}
1	8	10
2	7	6
3	5	7
4	9	11
5	11	13
6	6	9
\bar{x}	7,67	9,33



Postup výpočtu:

Podmínkou použití T testu pro závislé výběry je stejně jako v předchozích příkladech normální rozložení četností. Proto jej nejdříve otestujeme:

Po zadání dat do karty *Data* a jejich označení jako metrických



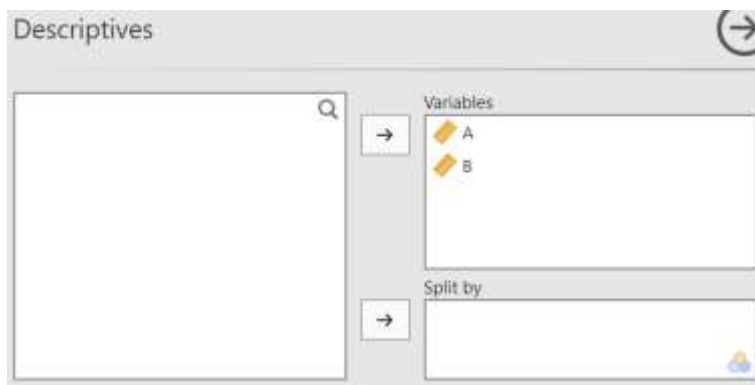
	A	B
1	8	10
2	7	6
3	5	7
4	9	11
5	11	13
6	6	9
7		

Pokračujeme volbou *Analyses* → *Exploration* → *Descriptives*



	A	B
1	8	10
2	7	6
3	5	7
4	9	11
5	11	13
6	6	9
7		

Po přesunu dat z obou souborů do položky *Variables*



Označíme volbu *Shapiro – Wilk* (test normality rozdělení četností)

The image shows the SPSS Statistics dialog box for a Descriptives analysis. The 'Normality' section has the 'Shapiro-Wilk' checkbox checked. To the right, the 'Descriptives' output table is visible, showing the Shapiro-Wilk test results for two groups, A and B.

Descriptives	A	B
N	6	6
Shapiro-Wilk W	0.983	0.979
Shapiro-Wilk p	0.964	0.945

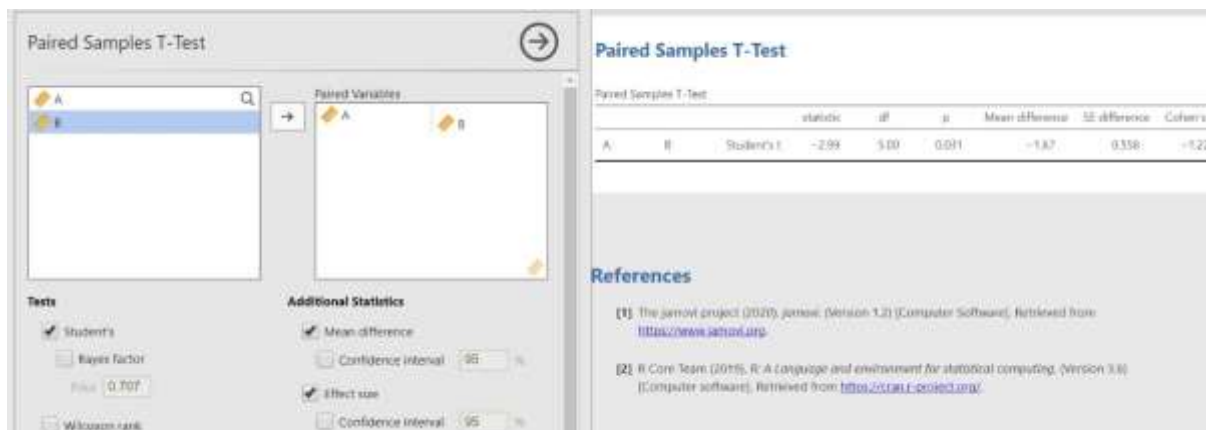
Hodnoty p ve výsledkové části 0,964 pro soubor A a 0,945 pro soubor B jsou vyšší než 0,05 a z toho usuzujeme že oba soubory mají normální rozdělení četností. Uvažovaný T test pro porovnání průměrů obou závislých souborů tedy lze použít. V opačném případě bychom museli použít jeho neparametrickou obdobu, tedy Wilcoxonův test (viz seminář 9)

Vypočet T testu pro párové hodnoty: Volba *Analyses* → *T – Tests* → *Paired Samples T – Test*

The image shows the SPSS 'Analyses' menu with 'T-Tests' selected. A dropdown menu is open, showing 'Independent Samples T-Test', 'Paired Samples T-Test', and 'One Sample T-Test'. Below the menu, a data table is visible with two columns of numerical data.

	9	11
4	9	11
5	11	13
6	6	9

Po označení příslušných voleb můžeme v pravé části odečíst výsledky:



Hodnota $p < 0,05$ popíráme H_0 . Přírůstky v počtu shybů jsou **statisticky významné**. Použití stimulační metody pro rozvoj silové schopnosti se ukázalo vhodné.

Postup výpočtu **věcné (praktické) významnosti** (effect size)



Koeficient věcné (praktické) významnosti (effect size), Cohenovo d nalezneme po zaškrtnutí příslušné volby ve výsledkové části. Viz předchozí obrázek. V tomto konkrétním příkladu je jeho hodnota $|-1,22| = 1,22$. Interpretace tohoto koeficientu viz tabulka v semináři 3.

ÚKOL

Ověřte t – testem pro párové hodnoty první a druhý pokus dominantní paže v testu stisk ruky u své studijní skupiny. Výkony deseti náhodně studentů naleznete v následující tabulce:

Dominantní 1.pokus (kN)	Dominantní 2.pokus (kN)
37	40
20	21
25	23
54	46
30	36
35	39
70	70
15	31
50	60
21	21

S 5 Výpočet a interpretace koeficientu součinné korelace

PŘÍKLAD

A) Výpočet Pearsonova koeficientu součinné korelace

Zajímá nás, zda u souboru chlapců je statisticky a věcně významná **závislost** v počtu provedených shybů a kliků. Výkony jsou uvedeny v tabulce 5.

Tab. 5

<i>proband</i>	<i>shyby x_i</i>	<i>kliky y_i</i>
1	1	2
2	3	3
3	2	3
4	0	0
5	5	8
6	6	5
7	1	1
8	4	6
9	3	7
10	5	5
11	6	8
12	2	2
13	1	5
14	1	3
15	8	12
Σ	48	70

V případě, že se jedná o náhodný výběr ze základního souboru můžeme posoudit, zda se jedná o statisticky významnou závislost, pomocí výpočtu p hodnoty:



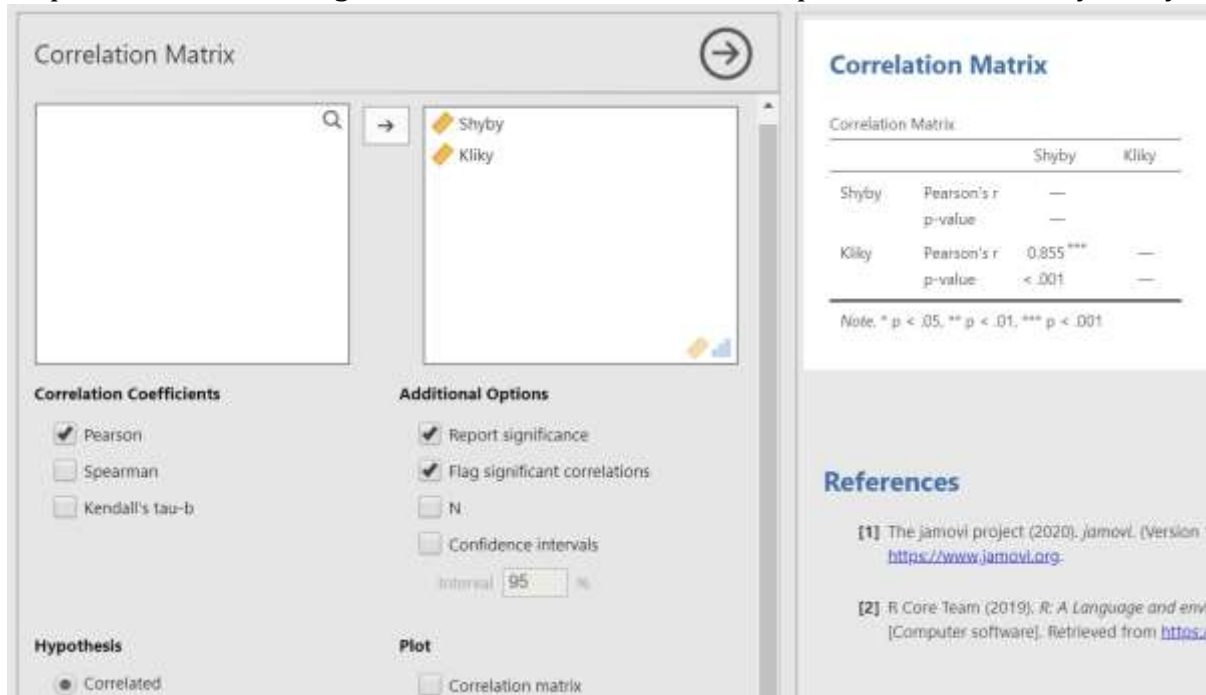
Po vložení dat, jejich označení jako metrická a přiřazení kategorií (shyby, kliky) pokračujeme přes volbu *Analyses* → *Regression* → *Correlation Matrix*



The screenshot shows the SPSS 'Analyses' menu with the following options: Exploration, T-Tests, ANOVA, Regression, and Frequencies. The 'Regression' option is selected, and a dropdown menu is open, showing the following options: Correlation Matrix, Linear Regression, Logistic Regression, 2 Outcomes (Binomial), N Outcomes (Multinomial), and Ordinal Outcomes.

	Shyby	Kliky
1	1	2
2	3	3
3	2	3
4	0	0
5	5	8
6	6	5
7	1	1
8	4	6
9	3	7
10	5	5
11	6	8
12	2	2
13	1	5
14	1	3
15	8	12

Po přiřazení dat do kategorií a volbě Personova testu se v pravé části zobrazí výsledky.



Hodnota Pearsonova koeficientu součinnové korelace je 0,855.

Hodnota $p < 0,01$ Závislost shybů a kliků je statisticky významná.

ÚKOLY

1. Sestrojte v kartézské soustavě souřadnic tzv. korelační diagram (korelogram) sestávající z bodů o souřadnicích (x_i, y_i) pro stisk dominantní (x_i) a nedominantní (y_i) paže. Korelogram (*plot*) sestrojte pomocí software Jamovi. Data naleznete ve vámi vyplněné tabulce na odkazu: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1K2nki8oDTRTQ7aC1MYgiiLLMA70pWhU3mlofiQjMxi0/edit?usp=sharing>
2. Předpokládejte, že se jedná o součinnovou korelační závislost a proveďte výpočet korelačního koeficientu ($r_{x,y}$).

S 7 Pořadová korelace, kontingenční tabulka.

PŘÍKLAD

A) Výpočet a interpretace koeficientu pořadové korelace.

Určete závislost mezi kvalitou provedení modifikovaného IOWA Brace -testu (test pohybového nadání) a rondátem u skupiny mužů Tv – Sv. Pořadí v provedení rondátu sestavil vyučující SG.

Studenti	Brace-test	Rondát
A	6	2
B	5	10
C	8	4
D	4	5
E	3	3
F	10	9
G	7	6
H	1	1
CH	2	8
I	9	7
Σ 10	-	-

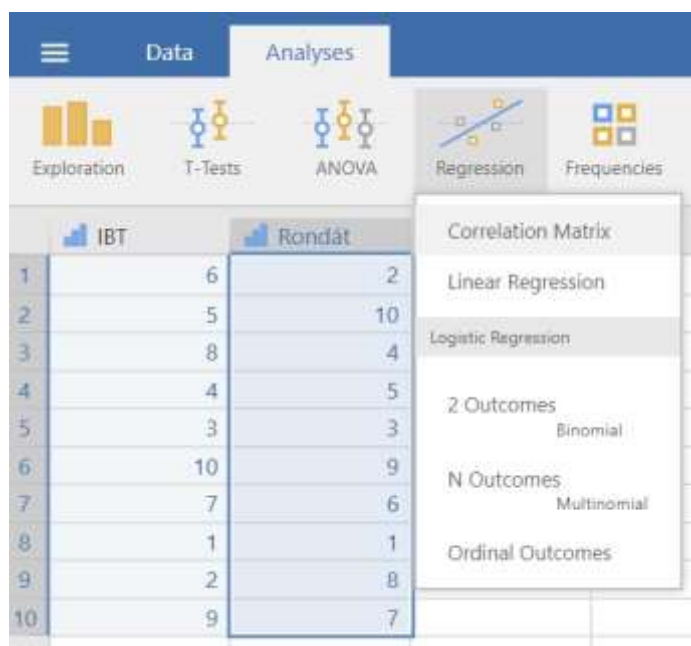
B) Statistická významnost:

V případě, že se jedná o náhodný výběr ze základního souboru můžeme výpočtem **Spearmanova testu** pořadové korelace a stanovením hodnoty p stanovit, zda se jedná o statisticky významnou závislost.



Po vložení dat, jejich označení jako pořadová a přiřazení kategorií (IBT, rondát) pokračujeme přes volbu *Analyses* → *Regression* → *Correlation Matrix*





Po přiřazení dat do kategorií a volbě Spearmanova testu se v pravé části zobrazí výsledky.

		IBT	Rondát
IBT	Spearman's rho	—	—
	p-value	—	—
Rondát	Spearman's rho	0,394	—
	p-value	0,263	—

Note. * $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$

References

- [1] The jamovi project (2020), jamovi. (Version 1.2) <https://www.jamovi.org>.
- [2] R Core Team (2019). R: A Language and Environ [Computer software]. Retrieved from <https://r.r-project.org/>

Hodnota Spearmanova koeficientu pořadové korelace je 0,394. $p = 0,263$. Hodnota $p > 0,05$. Na základě uvedených hodnot nemůžeme tvrdit, že uvedená závislost existuje.

ÚKOL

Zjistěte, zdali je závislost mezi výkonem Vaší studijní skupiny v cyklistické časovce na Bukovině a pořadím v zápočtovém orientačním závodě tamtéž. Dat naleznete v tabulce se seznamem přednášek a seminářů (časovka a OB)

Čtyřpolní a kontingenční tabulka, χ^2 test

Čtyřpolní tabulka:

PŘÍKLAD

Požadavky ze sportovní gymnastiky nezvládli v posledním roce tito studenti a studentky. Je mezi nimi rozdíl? (Je úspěšnost v gymnastice ovlivněna pohlavím?)

1.stup. ZŠ	Zvládli	Nezvládli	Σ
Ženy	80	6	86
Muži	31	18	49
Σ	111	24	135



Výpočet: Data zadáme do jednoho sloupce dle pohlaví a do druhého sloupce dle úspěšnosti (ano/ne). Data označíme jako nominální a pojmenujeme sloupce (Pohlaví/Úspěšnost). Poté pokračujeme přes volby:

Analyses → Frequencies → Independent Samples (χ^2 test of associations)

The screenshot shows the SPSS 'Analyses' menu with various test options. A dropdown menu is open, showing the following categories and tests:

- One Sample Proportion Tests
 - 2 Outcomes: Binomial test
 - N Outcomes: χ^2 Goodness of fit
- Contingency Tables
- Independent Samples: χ^2 test of association
- Paired Samples: McNemar test
- Log-Linear Regression

The background data table is as follows:

	Pohlaví	Úspěšnost
1	žena	ano
2	žena	ano
3	žena	ano
4	žena	ano
5	žena	ano
6	žena	ano
7	žena	ano
8	žena	ano
9	žena	ano
10	žena	ano
11	žena	ano
12	žena	ano
13	žena	ano
14	žena	ano

Přiřadíme data do řádků (*Rows*) a sloupců (*Columns*) a zaškrtneme volbu χ^2

The screenshot shows the 'Contingency Tables' dialog box with 'Pohlaví' assigned to Rows and 'Úspěšnost' to Columns. The χ^2 test is selected. Below the dialog, the resulting contingency table and χ^2 test results are displayed.

Contingency Tables

Pohlaví	Úspěšnost		Total
	ano	ne	
žena	80	6	86
muž	31	18	49
Total	111	24	135

χ^2 Tests

	Value	df	p
χ^2	18,9	1	< .001
N	135		

V pravé části jsou zobrazeny výsledky. Výsledná hodnota χ^2 testu je 18,9 $p < 0,001$. Rozdíl studentů a studentek je statisticky významný, úspěšnost v gymnastice je ovlivněna pohlavím.

B) Postup výpočtu věcné (praktické) významnosti (effect size)

Cramerovo φ se hodnotí následovně:

φ 0, 10....malý efekt

φ 0, 30....střední efekt

φ 0, 50....velký efekt

Vypočítá se podle vzorce pro parciální korelaci $\varphi = \sqrt{\frac{\chi^2}{n}}$



Pro výpočet v programu Jamovi zaškrtneme volbu *Phi and Cramer's V*.

χ^2 Tests			
	Value	df	p
χ^2	18.9	1	< .001
N	135		

Nominal	
	Value
Phi-coefficient	0.374
Cramer's V	0.374

Výsledek (0,374) je větší než 0,3 a proto je sledovaný rozdíl i věcně (prakticky) významný, hovoříme o středním efektu.

PŘÍKLAD Kontingenční tabulka

Zajímá nás, zda známky ze zkoušky z Antropomotoriky jsou přibližně po čtyři léta za sebou shodně rozložené (H_0)

Roky/známka	Výborně	Velmi dobře	Dobře	Σ
2016	18	13	10	41
2017	23	13	12	48
2018	11	14	23	48
2019	8	16	29	53
Σ	60	56	74	190



Při zadávání dat postupujeme obdobně jako u čtyřpolní tabulky.

Contingency Tables

Rows: Rok
Columns: Hodnocení

Statistics: Chi-square, Chi-square continuity correction, Likelihood ratio

Comparative Measures (2x2 only): Log odds ratio, Odds ratio, Relative risk

Contingency Tables

Contingency Tables

Rok	Hodnocení			Total
	Výborně	Velmi dobře	Dobře	
2016	18	13	10	41
2017	23	13	12	48
2018	11	14	23	48
2019	8	16	29	53
Total	60	56	74	190

Chi-square Tests

	Value	df	p
Chi-square	20.9	6	0.002
N	190		

Nominal

	Value
Phi-coefficient	NaN
Cramer's V	0.235

$p < 0,01$. Na hladině významnosti 99% zamítáme nulovou hypotézu (H_0) a zjišťujeme, že známky nejsou v jednotlivých letech shodně rozloženy.

B) Věcné (praktické) významnosti (effect size)

Postup je totožný jako předchozí výpočet u čtyřpolní tabulky.

Cramerovo $\phi = 0,235$ můžeme hovořit o nízkém/středním efektu.

ÚKOL

Posuďte, která ze studijních skupin je na tom lépe v akrobacii, když za rozhodující prvek je bráno zvládnutí přemetu vpřed (řešte statistickou i věcnou významnost)

	Zvládl	Nezvládl
TV-Z	21	11
TV-Ov	15	6

S 8 Neparametrické varianty T testu:

- Mann – Whitney U test,
- Kruskal – Wallisův test
- Wilcoxonův test

2.1 Mann – Whitney U test

Tento test je obdobou parametrického T testu pro nezávislé výběry (seminář 2), na rozdíl od něj však pracuje s neparametrickými daty, popřípadě pokud soubory s parametrickými daty nevykazují normalitu rozdělení četností. Testovány jsou hypotézy o mediánu.

Testované hypotézy jsou následující:

H_0 : Mediány obou souborů se rovnají.

H_1 : Mediány obou souborů jsou odlišné.

Testové kritérium se počítá ze vztahů:

$$U_1 = S_1 - \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} \qquad U_2 = S_2 - \frac{n_2(n_2 + 1)}{2}$$

$U_{1,2}$...součty pořadí v jednotlivých skupinách

PŘÍKLAD

V tabulce jsou uvedeny výkony randomizací vybraných členů dvou skupin ve vrhu koulí. Zjistěte, zda je mezi skupinami statisticky významný rozdíl.

Skupina1 (cm)	Skupina 2 (cm)
886	776
992	547
997	887
857	993
654	569
534	449
765	943
458	659
991	499
667	668
994	865
995	599



Po testu normality rozdělení četností (viz seminář 3) jsme zjistili že soubor A vykazuje porušení normality rozdělení. (Shapiro- Wilk $p=0,042$). Proto je k testování hypotézy o rozdílu mezi nezávislými soubory potřeba použít Mann-Whitney test.

Po zadání dat pokračujeme shodně jako při volbě T testu (seminář 3), tedy:
Analyses → *T-Tests – Independent samples T- Test*

Při následné volbě zaškrtneme pole *Man-Whitney test*.

The screenshot shows the SPSS 'Independent Samples T-Test' dialog box on the left and the corresponding output window on the right. In the dialog box, 'Výkon' is selected as the dependent variable and 'Skupiny' as the grouping variable. Under 'Tests', the 'Mann-Whitney U' option is checked. Under 'Additional Statistics', 'Effect size' is checked. The output window shows a table with the following data:

Independent Samples T-Test				
Independent Samples T-Test				
		Statistic	p	Cohen's d
Výkon	Mann-Whitney U	48.0	0.178	0.586

Below the table, there is a 'References' section with two entries:

- [1] The jamovi project (2020). jamovi. (Version 1.2) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>
- [2] R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. Retrieved from <https://cran.r-project.org>

$p > 0,05$, nulovou hypotézu nemůžeme zamítnout, mezi skupinami není statisticky významný rozdíl.

Pozn. Protože soubory byly náhodně vybrány ze základního souboru, věcnou významnost v tomto případě nepočítáme. Pokud by toto bylo potřeba, zaškrtneme příslušnou volbu pro výpočet Cohena d. Viz výsledky.

2.2 Kruskal – Wallisův test

Tento test je rozšířením předchozího Mann-Whitney testu na více jak 2 skupiny. Měrná stupnice musí být přinejmenším ordinální, všechny hodnoty jsou zjištěny u náhodných výběrů.

Testovým kritériem je hodnota H, která se vypočítá podle vzorce

$$H = \left[\frac{12}{N(N+1)} \sum \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(N+1)$$

N = celková četnost všech hodnot

R_i = součet pořadí v jednotlivých skupinách

n_i = četnosti hodnot v jednotlivých skupinách

PŘÍKLAD

Pro přijímací řízení uchazečů bakalářského studijního programu, oboru TVS, je zařazen písemný test z problematiky všeobecného přehledu v oblasti tělesné kultury a sportu. Chceme posoudit, zda se výsledky testu významně liší podle typu škol, ze kterých se uchazeč na obor hlásí. Náhodně vybereme z jednotlivých typů škol (Gymnázia, SOŠ, SOU) 6 uchazečů. Hladinu významnosti jsme stanovili na 0,05%

Dosažené výsledky (počet bodů) podle typu škol:

Uchazeč	Gymnázium	SOŠ	SOU
A	81	93	58
B	72	89	66
C	94	73	85
D	91	66	91
E	75	77	71
F	68	74	73

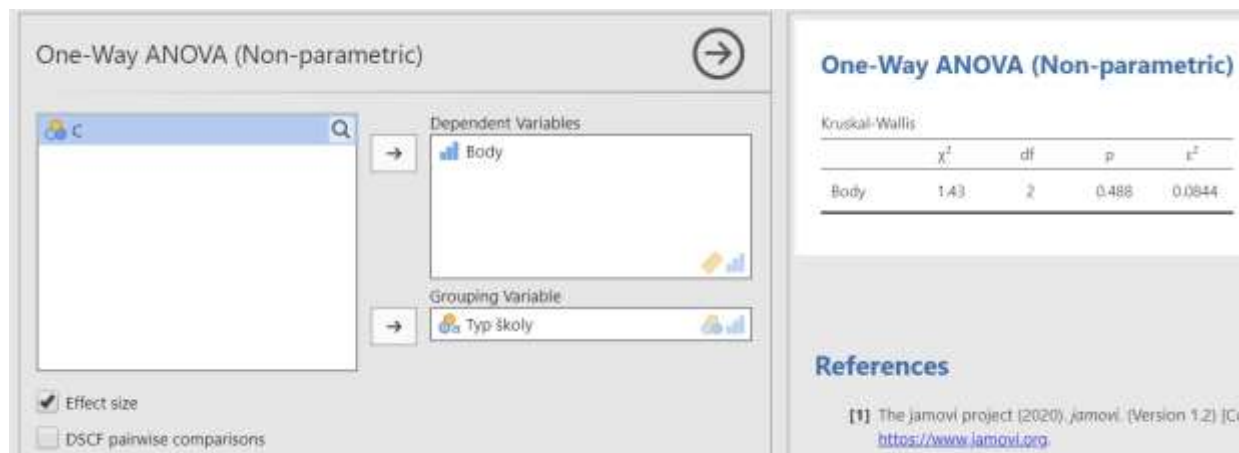


Řešení: Zadáme hodnoty do dvou sloupců a označíme příslušné skupiny a typ dat (body – ordinální a typ školy – nominální). Pokračujeme přes volby:

Analyses → *ANOVA* → *One-Way ANOVA* Kruskal-Wallis

The screenshot shows the Minitab software interface. The 'Data' tab is active, and the 'Analyses' menu is open. The 'ANOVA' option is selected, and a sub-menu is displayed. The sub-menu options are: One-Way ANOVA, ANOVA, Repeated Measures ANOVA, ANCOVA, MANCOVA, Non-Parametric, One-Way ANOVA Kruskal-Wallis, and Repeated Measures ANOVA Friedman. The 'One-Way ANOVA Kruskal-Wallis' option is highlighted. The background shows a data table with columns for 'Body' and 'School Type'.

Výsledky:



Hodnota $p > 0,05$ = mezi skupinami neexistuje statisticky významný rozdíl.
Effect size $\varepsilon^2 < 0,1$ = mezi skupinami není věcně významný rozdíl

2.3 Wilcoxonův test

Tento test je neparametrickou obdobou párového T testu (T test pro závislé soubory – viz seminář 4)

Představme si, že testujeme, zda došlo po aplikaci tréninkového plánu ke zlepšení silových schopností testovaných probandů. Provedeme úvodní testování (např. vrh koulí), následně budeme aplikovat tréninkový plán a po jeho aplikaci opětovně provedeme testování. Jak již bylo zmíněno, je důležité, aby byl počet probandů u prvního a druhého měření stejný, tedy ty probandy, kteří se neúčastnili obou měření, je nutné vyloučit. Nyní je důležité zjistit, zda lze výkony ve vrhu koulí posuzovat jako normálně rozdělené (viz seminář 3, Shapiro - Wilkův test).

V případě, že lze výkony posoudit jako normálně rozložené, použili bychom párový T-test (seminář 4). **Wilcoxonův test používáme v případě, kdy nelze usuzovat na normální rozdělení hodnot.**

(Stejný test použijeme i v případě že budeme zpracovávat neparametrická data – obvykle ordinální).

V párovém T testu se nulová a alternativní hypotéza vztahují k průměru. U Wilcoxonova párového testu se hypotézy vztahují k mediánu.

PŘÍKLAD

Data z výše uvedeného příkladu jsou uvedena v následující tabulce. Ověřte, zda existuje statisticky významný rozdíl ve výkonech před a po aplikaci tréninkového plánu na rozvoji explozivních silových schopností u osmi náhodně vybraných probandů.

Měření před (cm)	Měření po (cm)
776	772
892	947
797	687
857	893
654	769
534	549
765	743
458	359
791	851
667	578



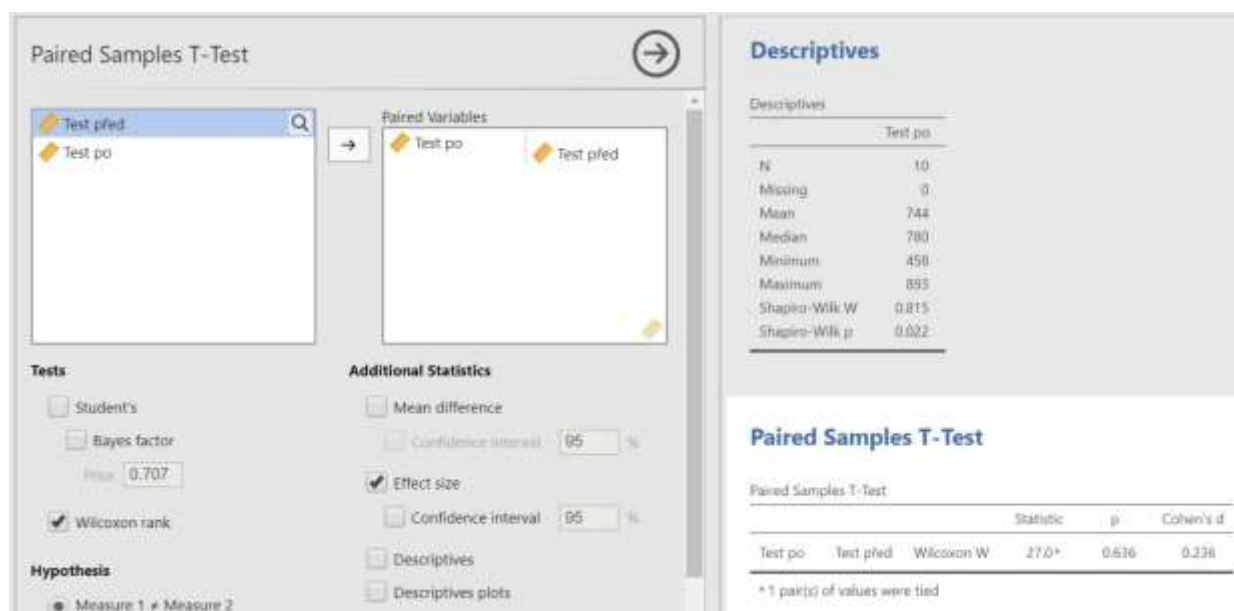
Po analýze dat (*Analyses* → *Exploration*, → *Descriptives*) detekujeme porušení normality dat u souboru dat z druhého měření ($p < 0,05$).

The screenshot displays the SPSS data editor with two columns: 'Test před' and 'Test po'. The data rows are numbered 1 to 10. To the right, the 'Descriptives' output is shown for both variables. For 'Test před', the Shapiro-Wilk p-value is 0.922. For 'Test po', the Shapiro-Wilk p-value is 0.022, indicating a significant deviation from normality.

Descriptives	
	Test před
N	10
Mean	719
Median	771
Minimum	458
Maximum	892
Shapiro-Wilk W	0.922
Shapiro-Wilk p	0.375

Descriptives	
	Test po
N	10
Missing	0
Mean	744
Median	780
Minimum	458
Maximum	893
Shapiro-Wilk W	0.815
Shapiro-Wilk p	0.022

Pro výpočet tedy použijeme Wilcoxonův test. *Analyses* → *T- Tests* → *Paired Samples T-test*. Zaškrtneme volbu *Wilcoxon rank*.



Výsledná hodnota $p (0,636) > 0,05$. Rozdíl mezi výkony před a po aplikaci tréninkového plánu je tedy statisticky nevýznamný. Stimulace silových schopností se ukázala jako neúčinná.

V případě že by naším úkolem bylo stanovit věcnou významnost, využili bychom k interpretaci Cohenovo d .

ÚKOLY

1) V předmětu „Rozvoj pohybových schopností“ absolvovali studenti v rámci kontroly studia závěrečný test. Chceme posoudit, zda se výsledky testu liší podle oboru studia. Náhodně bylo vybráno 10 studentů z každého studijního oboru. V tabulce je u každého z nich uvedena bodová hodnota, kterou v testu dosáhl. Rozhodněte, zda je mezi studijními obory statisticky významný rozdíl v úrovni vědomostí učiva daného předmětu.

TVS prezenční	TVS kombi	Učitelství ZŠ	Učitelství SŠ
19	27	13	30
25	30	23	23
18	22	24	31
18	29	30	28
15	22	11	22
24	21	21	20
29	24	20	13
16	13	21	24
23	22	15	25
13	15	28	15