



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Analýza dat v programu SPSS pro začátečníky a mírně pokročilé II.

Ondřej Háva



2019

Informace o autorech:

Mgr. Ondřej Háva, Ph.D.

ACREA CR, spol. s r.o.

hava@acrea.cz



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

OBSAH

ÚVOD	4
1 ONE-WAY ANOVA - JEDNODUCHÁ ANALÝZA ROZPTYLU	5
1.1 VOLÁNÍ PROCEDURY V IBM SPSS STATISTICS	6
1.1.1 Tlačítko Contrasts	7
1.1.2 Tlačítko Post Hoc	8
1.1.3 Tlačítko Options	9
1.2 VÝSTUPY	10
1.2.1 Ověření předpokladu normality.....	11
1.2.2 Popisné statistiky	12
1.2.3 Graf průměrů ve skupinách	13
1.2.4 Levenův test shody rozptylů	14
1.2.5 Tabulka analýzy rozptylu	14
1.3 KOEFICIENTY KONTRASTŮ	15
1.3.1 Kontrasty - testování hypotéz	16
1.4 TABULKA MNOHONÁSOBNÝCH SROVNÁNÍ	17
2 NEPARAMETRICKÉ TESTY PRO DVA NEZÁVISLÉ VÝBĚRY	19
2.1 MANN-WHITNEYŮV TEST	19
2.2 DVOUVÝBĚROVÝ KOLMOGOROV-SMIRNOVŮV TEST	20
2.3 WALD-WOLFOWITZŮV TEST POŘADÍ	20
2.4 MOSESŮV TEST EXTRÉMNÍCH REAKCÍ	20
2.5 VOLÁNÍ PROCEDURY V IBM SPSS STATISTICS	21
2.5.1 Tlačítko Define Groups.....	22
2.5.2 Tlačítko Exact	22
2.5.3 Tlačítko Options	23
2.6 VÝSTUPY	24
2.6.1 Grafické znázornění	24
2.6.2 Mann-Whitneyův test.....	25
2.6.3 Dvouvýběrový Kolmogorov-Smirnovův test.....	26
SHRNUTÍ	28
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	29
SEZNAM OBRÁZKŮ	30
SEZNAM TABULEK	31





ÚVOD

Tento text podává informace o dvou procedurách programu IBM SPSS Statistics, a to One-Way ANOVA a 2 Independent Samples.

Materiál nepokrývá celou náplň kurzu, protože část už byla sepsána v kurzu minulém.

Opěrnými zdroji tohoto materiálu jsou tři učebnice (Field, 2005; Anděl, 2007; Norušis, 2012), nicméně text vychází primárně z autorova pojetí problematiky.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



1 ONE-WAY ANOVA - JEDNODUCHÁ ANALÝZA ROZPTYLU

Jednoduchá analýza rozptylu (ANOVA, Analysis of Variance) je statistická metoda, která se užívá k testování hypotézy o shodě středních hodnot dané číselné proměnné v několika nezávislých skupinách. ANOVA je zobecněním T-testu pro dva nezávislé výběry, umožňuje však porovnávat více skupin. Skupiny jsou definovány na základě kategorií jedné kategorizované proměnné (faktoru) a mohou mít různý rozsah. Užití testu má smysl pouze tehdy, pracujeme-li s výběrovými daty a neznáme skutečné střední hodnoty rozdělení, ze kterých data pocházejí.

Analýzu rozptylu aplikujeme například při zjišťování, které z faktorů významně ovlivňují sledovanou proměnnou.

ANOVA vychází z následujících předpokladů:

- pozorování jsou mezi sebou navzájem nezávislá
- skutečné hodnoty a chyby jsou navzájem nezávislé
- výběry pocházejí z normálního rozdělení
- výběry jsou navzájem nezávislé (mají prázdný průnik)
- ve skupinách jsou stejné rozptyly.

Procedura rovněž poskytuje výsledek Levenova testu pro ověření shody rozptylů ve skupinách. Jestliže předpoklad není splněn, jsou k dispozici alternativní testy (Welsch, Brown-Forsythe), jejichž užití je v této situaci vhodnější. Statistika F je přitom poměrně robustní vzhledem k odchylkám od tohoto předpokladu v případě, že je velikost skupin stejná nebo téměř stejná. Pokud se však velikosti skupin i rozptyly ve skupinách liší, je vhodnější užít Welschův test.

Analýza rozptylu je poměrně robustní vzhledem k odchylkám od normálního rozdělení, je však nutné především ověřit, zda je rozdělení symetrické a nevyskytují se v něm extrémní hodnoty.



Pro podrobnější porovnání průměrů existují dva typy testů – kontrasty a Post Hoc testy. Kontrast je lineární funkce průměrů, která vyjadřuje hypotézu složitější komparace (průměry zde vystupují váženě). Tyto hypotézy jsou obvykle formulovány před začátkem experimentu. Je-li faktorem ordinální proměnná, je dále k dispozici test pro zjišťování, zda v datech existuje trend závislé proměnné vzhledem k uspořádaným hodnotám faktoru. Můžeme tedy například testovat, zda existuje lineární vztah mezi průměrným platem a stupněm vzdělání respondenta.

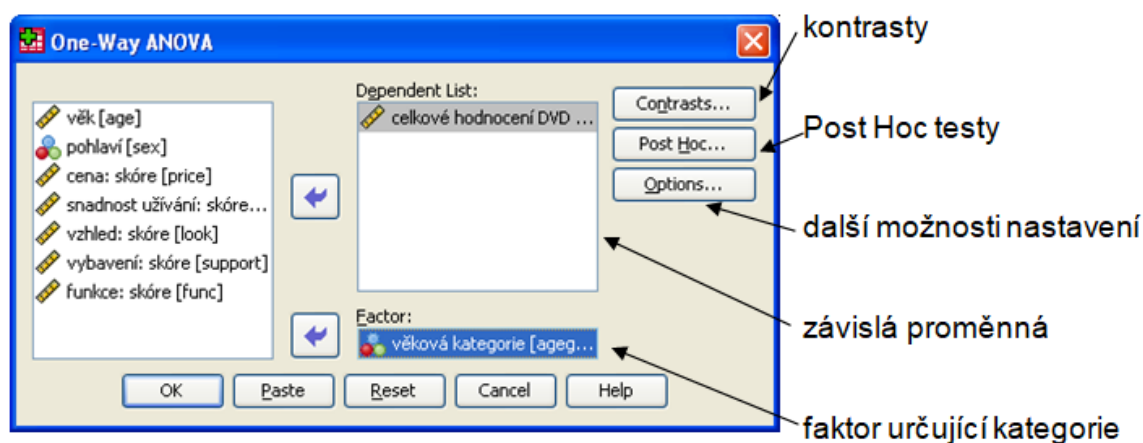
Post Hoc testy naopak poskytují dodatečnou informaci v případě, že zjistíme mezi průměry statisticky významný rozdíl a chceme konkrétně vědět, které skupiny se od sebe odlišují.

Pro vícerozměrnou analýzu rozptylu (tj. pro případ, že jsou skupiny definovány na základě kategorií více proměnných a zajímají nás rovněž vzájemné interakce) je určena nabídka *Analyze, General Linear Model, Univariate*.

1.1 Volání procedury v IBM SPSS Statistics

Analyze → Compare Means → One-Way ANOVA

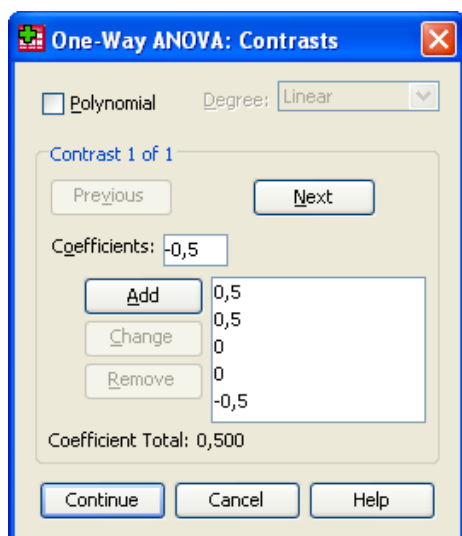
Nastavení dialogu



Obrázek 1: Nastavení dialogu procedury One-Way ANOVA

- Do pole *Dependent List* přeneseme proměnnou, jejíž střední hodnoty porovnááme. Uvedeme-li současně více proměnných, provede se test pro každou z nich zvlášť.
- Do pole *Factor* zadáme kategorizovanou proměnnou (faktor), na základě které se data rozdělí do skupin.

1.1.1 Tlačítko Contrasts

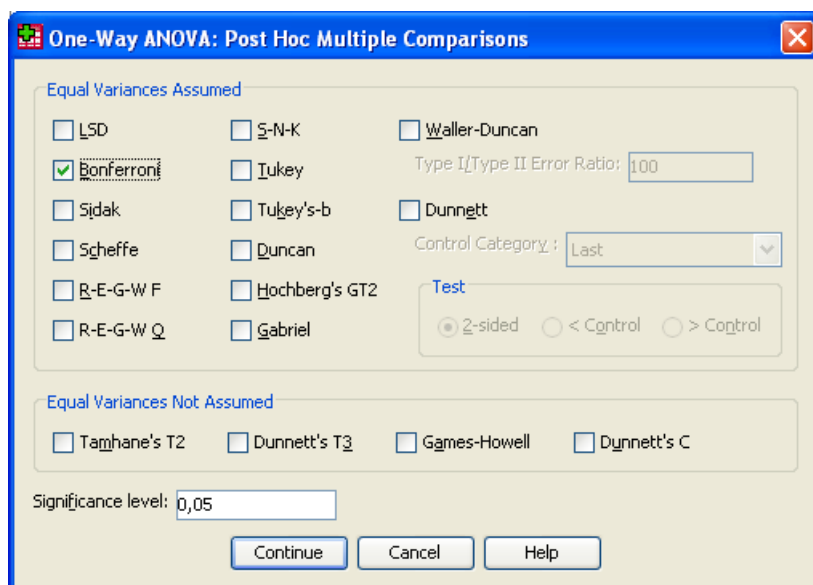


Obrázek 2: Tlačítko Contrasts procedury One-Way ANOVA

- Při zaškrtnutí políčka *Polynomial* testujeme, zda existuje trend ve vztahu středních hodnot závislé proměnné na faktoru. V rozbalovacím seznamu *Degree* vybereme typ zkoumané závislosti (lineární, kvadratická, kubická, polynom 4. nebo 5. stupně). Tento test má smysl pouze v případě, že je faktorem ordinální proměnná.
- Pro testování uživatelem definovaného typu závislosti se užívá dolní část okna. Do políčka *Coefficients* postupně doplníme vhodné koeficienty kontrastu v pořadí skupin a potvrdíme tlačítkem *Add*. Tyto koeficienty definují lineární kombinaci středních hodnot ve skupinách, která má být za nulové hypotézy rovna nule. Počet koeficientů musí být stejný jako počet skupin (první koeficient se

vztahuje k nejnižší skupině, poslední k nejvyšší). Součet koeficientů by měl být nulový. Pokud při zadání uděláme chybu, můžeme ji opravit tlačítky *Change* nebo *Remove*.

1.1.2 Tlačítko Post Hoc

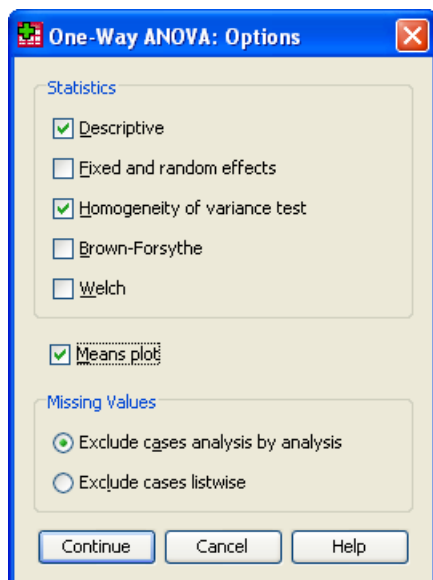


Obrázek 3: Tlačítko Post Hoc procedury One-Way ANOVA

Tlačítkem *Post Hoc* zadáváme požadavek na výpočet dalších testů pro podrobnější porovnání průměrů. V případě, že zjistíme mezi průměry statisticky významný rozdíl, můžeme zde konkrétně testovat, které průměry se od sebe odlišují. Uvedené testy nabízejí především vzájemné srovnání středních hodnot všech dvojic skupin nebo vytvoření homogeních podmnožin.

- V oddíle *Equal Variances Assumed* jsou k dispozici metody, které předpokládají vzájemnou shodu rozptylů ve skupinách.
- Pro výběr robustnějších metod, které shodu rozptylů nevyžadují, je určen oddíl *Equal Variances Not Assumed*.
- V poli *Significance level* určíme požadovanou hladinu významnosti pro použité testy.

1.1.3 Tlačítko Options



Obrázek 4: Tlačítko Options procedury One-Way ANOVA

Pomocí tlačítka *Options* si můžeme vyžádat další typy výstupů a zvolit způsob práce s chybějícími hodnotami.

V části *Statistics* označíme požadované statistiky a doprovodné testy:

- *Descriptive* – přehled popisných statistik ve skupinách i celkem (počet případů, průměr, směrodatná odchylka, standardní chyba průměru, 95% interval spolehlivosti, minimum, maximum).
- *Fixed and random effects* – míry pro pevné efekty: směrodatná odchylka, standardní chyba, 95% interval spolehlivosti a míry pro náhodné efekty: standardní chyba, 95% interval spolehlivosti, odhad rozptylu komponent. Za pevný efekt považujeme takový faktor, jehož kategorie jsou v datech zastoupeny kompletně. U náhodného efektu předpokládáme, že kategorie v našich datech představují pouze náhodný výběr z většího počtu možností.
- *Homogeneity of variance test* – Levenův test shody rozptylů ve skupinách.
- *Brown-Forsythe* – výpočet Brown-Forsytheovy statistiky pro testování shody středních hodnot ve skupinách. Tato statistika je vhodnější než statistika F v případě, že není splněn předpoklad shody rozptylů ve skupinách.

- *Welch* – výpočet Welchovy statistiky pro testování shody středních hodnot ve skupinách. Tato statistika je vhodnější než statistika *F* v případě, že není splněn předpoklad shody rozptylů ve skupinách.

Mean plot – čárový graf průměrných hodnot analyzované proměnné ve skupinách určených kategoriemi faktoru.

V části *Missing Values* volíme způsob zacházení s chybějícími hodnotami:

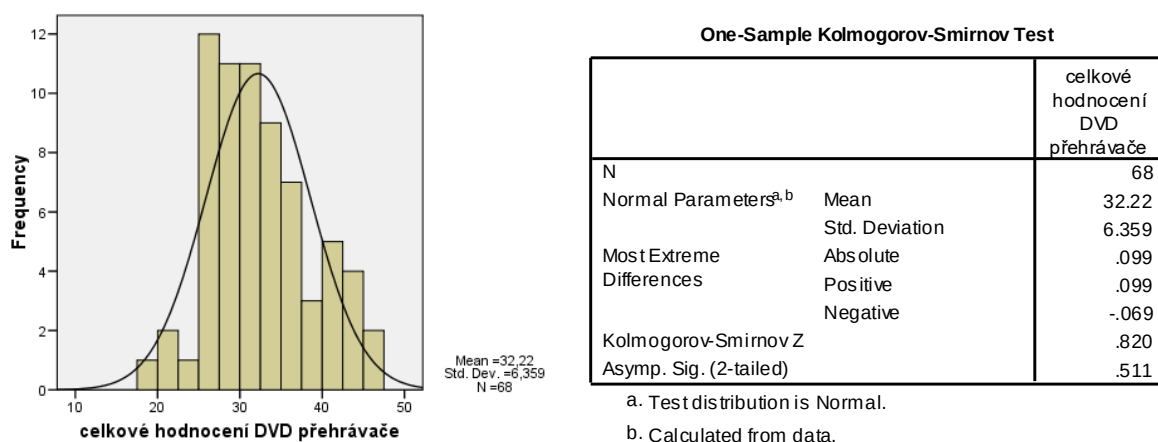
- Označíme-li *Exclude cases analysis by analysis*, vyloučí se v každé analýze samostatně pouze nezbytně nutné případy (tj. ty případy, kde chybí hodnota u analyzované proměnné nebo u faktoru). Výhodou tohoto přístupu je využití maximálního možného počtu případů. Nevýhodou mohou být naopak různé počty případů, ze kterých jednotlivé analýzy vycházejí.
- Při volbě *Exclude cases listwise* program vyloučí ze všech analýz případy, které mají u některé z analyzovaných proměnných vynechanou hodnotu. Všechny analýzy tedy vycházejí ze stejných případů, je-li však chybějících hodnot větší počet, může se tímto způsobem počet analyzovaných případů výrazně snížit.

1.2 Výstupy

Firma vyvinula nový typ DVD přehrávače. Na základě informací z výzkumu, který provedla, je třeba porovnat, zda respondenti různých věkových kategorií hodnotí přehrávač různě. Datový soubor obsahuje informace o celkovém hodnocení DVD přehrávače i o věkové kategorii respondenta.



1.2.1 Ověření předpokladu normality



Obrázek 5: Výstupy pro ověření předpokladu normality v proceduře One-Way ANOVA

Před užitím analýzy rozptylu je nejprve nutné ověřit, zda jsou splněny předpoklady modelu. K ověření normality použijeme například histogram pro vizuální kontrolu a dále Kolmogorov-Smirnovův neparametrický test (*Analyze, Nonparametric Tests, 1-Sample K-S*). Z posledního řádku tabulky vyplývá, že na 95% hladině spolehlivosti nezamítáme nulovou hypotézu o tom, že výběr pochází z normálního rozložení.

Následující výstupy byly získány pomocí jednoduché analýzy rozptylu.

1.2.2 Popisné statistiky

Descriptives

celkové hodnocení DVD přehrávače

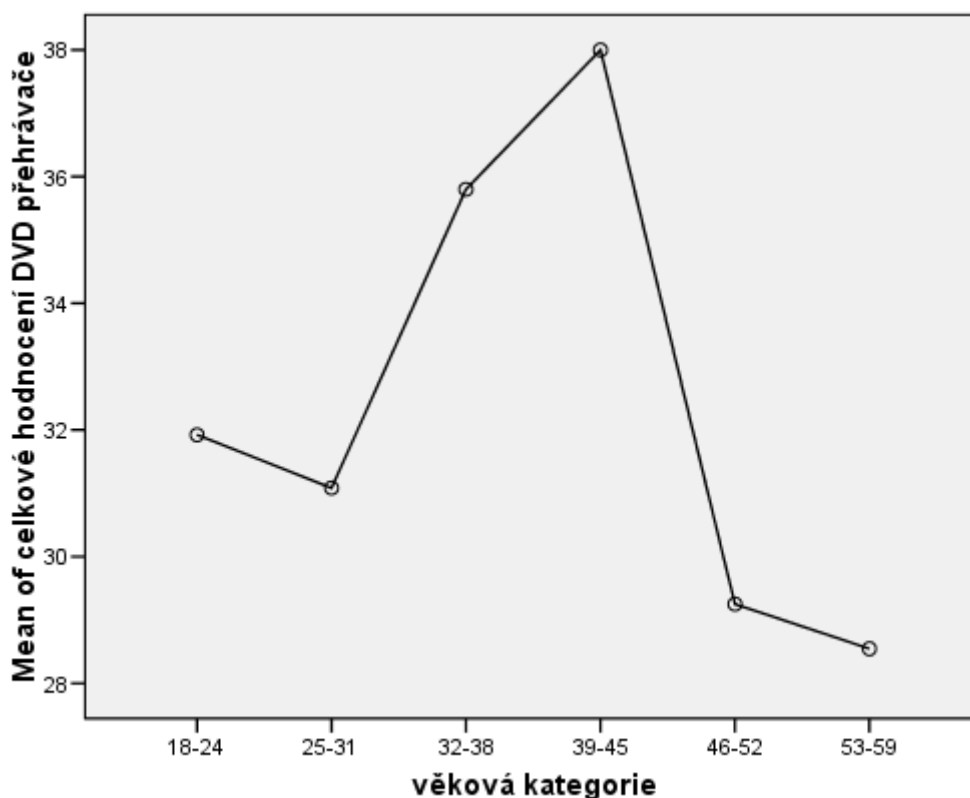
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
18-24	13	31.92	4.958	1.375	28.93	34.92	26	39
25-31	12	31.08	5.664	1.635	27.48	34.68	24	40
32-38	10	35.80	5.308	1.679	32.00	39.60	30	44
39-45	10	38.00	6.600	2.087	33.28	42.72	28	47
46-52	12	29.25	6.047	1.746	25.41	33.09	20	41
53-59	11	28.55	5.298	1.598	24.99	32.10	18	37
Total	68	32.22	6.359	.771	30.68	33.76	18	47

Tabulka 1: Popisné statistiky z procedury One-Way ANOVA

Tabulka *Descriptives* poskytuje přehled o průměrech a dalších popisných statistikách celkového hodnocení DVD přehrávače ve skupinách určených věkovými kategoriemi.



1.2.3 Graf průměrů ve skupinách



Obrázek 6: Graf průměrů z procedury One-Way ANOVA

V čárovém grafu průměrů máme k dispozici vizuální srovnání průměrných hodnot celkového hodnocení ve skupinách. Je-li kategorizovaná proměnná ordinální (kategorie jsou uspořádané), získáme zde například informaci o tom, zda je mezi skupinami patrný určitý trend. V našem případě přehrávač průměrně hodnotí o něco výše respondenti ve věku 32–38 a 39–45 let, ve srovnání s ostatními kategoriemi.

1.2.4 Levenův test shody rozptylů

Test of Homogeneity of Variances

celkové hodnocení DVD přehrávače

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.574	5	62	.720

Tabulka 2: Levenův test z procedury One-Way ANOVA

Pomocí Levenova testu ověříme, zda je splněn předpoklad shody rozptylů ve skupinách. Tabulka zobrazuje ve sloupcích postupně: testovou statistiku (Levene Statistic), stupně volnosti (df1, df2) a significance testu (Sig.). Vzhledem k tomu, že hodnota significance je větší než 5 %, nezamítáme na 95% hladině spolehlivosti nulovou hypotézu o shodě rozptylů.

1.2.5 Tabulka analýzy rozptylu

ANOVA

celkové hodnocení DVD přehrávače

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	733.274	5	146.655	4.601	.001
Within Groups	1976.417	62	31.878		
Total	2709.691	67			

Tabulka 3: Tabulka analýzy rozptylu z procedury One-Way ANOVA

Analýza rozptylu testuje nulovou hypotézu o rovnosti středních hodnot ve skupinách proti alternativní hypotéze, že existují alespoň dvě skupiny, jejichž střední hodnoty se od sebe liší. Metoda je založena na podílu variability mezi skupinami a variability uvnitř skupin. Z tohoto poměru vychází výpočet testové statistiky F, která je dále charakterizována dvěma stupni volnosti.



Tabulka ANOVA obsahuje součty čtverců (tj. míru variability) ve skupinách, mezi skupinami a celkem (*Sum of Squares*), stupně volnosti (*df*), průměrné čtverce, tj. podíl součtu čtverců a stupňů volnosti (*Mean Square*), testovou statistiku (*F*) a dosaženou hladinu významnosti (*Significance*). V našem případě je hodnota significance menší než 5 %, a proto na 95% hladině spolehlivosti zamítáme nulovou hypotézu o shodě středních hodnot ve skupinách.

Z tabulky ANOVA tedy vyplývá, že existují rozdíly ve středních hodnotách celkového hodnocení DVD přehrávače ve skupinách. Nyní se pokusíme konkrétně prozkoumat, které skupiny se od sebe odlišují. Procedura umožňuje testovat kromě shody všech středních hodnot také dílčí hypotézy.

1.3 Koeficienty kontrastů

Contrast Coefficients						
Contrast	věková kategorie					
	18-24	25-31	32-38	39-45	46-52	53-59
1	.5	.5	0	0	-.5	-.5

Tabulka 4: Koeficienty kontrastů z procedury One-Way ANOVA

Kontrast je lineární funkce průměrů, která vyjadřuje hypotézu složitější komparace. Pomocí kontrastů můžeme testovat, zda střední hodnoty ve skupinách vykazují určitý typ závislosti na kategorizované proměnné (např. lineární závislost), nebo formulovat obecnější hypotézu přímo zadáním koeficientů lineární funkce.

Tabulka *Contrast Coefficients* poskytuje přehled koeficientů požadovaných kontrastů. V tomto případě jsme formulovali jednu hypotézu, která je určena koeficienty 0.5, 0.5, 0, 0, -0.5, -0.5, které se postupně vztahují k jednotlivým věkovým kategoriím. Budeme tedy testovat, zda se součet středních hodnot dvou nejnižších věkových kategorií rovná součtu středních hodnot dvou nejvyšších kategorií.



1.3.1 Kontrasty - testování hypotéz

Contrast Tests						
		Contrast	Value of Contrast	Std. Error	t	Sig. (2-tailed)
celkové hodnocení	Assume equal variances	1	2.61	1.633	1.596	.116
DVD přehrávače	Does not assume equal	1	2.61	1.594	1.635	.110

Tabulka 5: Výsledek testování hypotéz kontrastů z procedury One-Way ANOVA

Tabulka Contrast Tests obsahuje výsledky testování hypotéz kontrastů. Tabulka je rozdělena na dvě části – pro případ, že je splněn předpoklad o shodě rozptylů ve skupinách (*Assume equal variance*), a pro případ, že předpoklad splněn není (*Does not assume equal*). Zde budeme číst pouze první řádek.

Tabulka postupně zobrazuje: hodnotu kontrastu, tj. hodnotu dané lineární kombinace průměrů (*Value of Contrast*) a její standardní chybu (*Std. Error*), testovou statistiku pro testování hypotézy kontrastu (*t*), stupně volnosti (*df*) a oboustrannou dosaženou hladinu významnosti (*Sig. (2-tailed)*). Na základě significance rozhodujeme o zamítnutí nulové hypotézy. Zde je hodnota significance větší než 5 %, proto na 95% hladině spolehlivosti nezamítáme nulovou hypotézu.



1.4 Tabulka mnohonásobných srovnání

Multiple Comparisons

Dependent Variable: celkové hodnocení DVD přehrávače

Bonferroni

(I) věková kategorie	(J) věková kategorie	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
18-24	25-31	.840	2.260	1.000	-6.06	7.74
	32-38	-3.877	2.375	1.000	-11.13	3.37
	39-45	-6.077	2.375	.194	-13.33	1.17
	46-52	2.673	2.260	1.000	-4.23	9.57
	53-59	3.378	2.313	1.000	-3.68	10.44
25-31	18-24	-.840	2.260	1.000	-7.74	6.06
	32-38	-4.717	2.417	.834	-12.10	2.66
	39-45	-6.917	2.417	.086	-14.30	.46
	46-52	1.833	2.305	1.000	-5.20	8.87
	53-59	2.538	2.357	1.000	-4.66	9.73
32-38	18-24	3.877	2.375	1.000	-3.37	11.13
	25-31	4.717	2.417	.834	-2.66	12.10
	39-45	-2.200	2.525	1.000	-9.91	5.51
	46-52	6.550	2.417	.131	-.83	13.93
	53-59	7.255	2.467	.069	-.28	14.79
39-45	18-24	6.077	2.375	.194	-1.17	13.33
	25-31	6.917	2.417	.086	-.46	14.30
	32-38	2.200	2.525	1.000	-5.51	9.91
	46-52	8.750*	2.417	.009	1.37	16.13
	53-59	9.455*	2.467	.004	1.92	16.99
46-52	18-24	-2.673	2.260	1.000	-9.57	4.23
	25-31	-1.833	2.305	1.000	-8.87	5.20
	32-38	-6.550	2.417	.131	-13.93	.83
	39-45	-8.750*	2.417	.009	-16.13	-1.37
	53-59	.705	2.357	1.000	-6.49	7.90
53-59	18-24	-3.378	2.313	1.000	-10.44	3.68
	25-31	-2.538	2.357	1.000	-9.73	4.66
	32-38	-7.255	2.467	.069	-14.79	.28
	39-45	-9.455*	2.467	.004	-16.99	-1.92
	46-52	-.705	2.357	1.000	-7.90	6.49

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabulka 6: Mnohonásobná srovnání z procedury One-Way ANOVA

Dalším typem testů pro detailnější porovnání skupin jsou Post Hoc testy. Procedura nabízí široké spektrum metod, které umožňují především provádět párová srovnání nebo nalézt podmnožiny skupin s blízkými hodnotami průměrů.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

V tomto případě chceme zjistit, které dvojice průměrů se od sebe významně odlišují. Opakované užití dvouvýběrového T-testu však není vhodné. Pokud bychom každou z hypotéz testovali samostatně na hladině spolehlivosti 95 %, celková spolehlivost složeného výroku nebude 95 %, ale menší. (Například při testování dvou hypotéz o shodě středních hodnot skupin A a B a skupin C a D na 95% hladině spolehlivosti, bude celková spolehlivost $0.95 \cdot 0.95 = 0.9025$.) Z tohoto důvodu je vhodnější užít některou z metod pro mnohonásobná srovnání, které procedura nabízí. Tímto způsobem zabráníme tomu, aby bylo příliš mnoho dvojic označeno jako významně odlišných.

Zde jsme užili *Bonferroniho* metodu, která vychází z jednoduchého principu: dělí hladinu významnosti počtem testovaných párů. Tabulka *Multiple Comparisons* obsahuje: rozdíly průměrů (*Mean Difference*) a jejich standardní chyby (*Std. Error*), dosažené hladiny významnosti (*Sig.*) a dolní i horní meze intervalů spolehlivosti pro rozdíl (95% Confidence Interval). Dvojice skupin, které se od sebe na 95% hladině spolehlivosti významně odlišují, jsou v prvním sloupci označeny hvězdičkou. V našem případě se tedy jedná o dvě významně odlišné dvojice: věkové kategorie 39-45 a 46-52 a dále 39-45 a 53-59.



2 NEPARAMETRICKÉ TESTY PRO DVA NEZÁVISLÉ VÝBĚRY

Nabídka obsahuje čtyři odlišné testy určené pro porovnání dvou nezávislých výběrů. Tyto metody využijeme například v situaci, kdy porovnáváme dvě skupiny a nejsou splněny předpoklady dvouvýběrového T-testu. Všechny uvedené testy jsou založeny na pořadí případů, proto jsou vhodné pouze pro číselné proměnné, které mohou být seřazeny.

IBM SPSS Statistics nabízí následující testy: Mann-Whitneyův, dvouvýběrový Kolmogorov-Smirnovův, Wald-Wolfowitzův test pořadí a Mosesův test extrémních reakcí. Ve srovnání s T-testem se jedná o obecnější metody, protože nevycházejí ze žádných předpokladů o typu rozdělení dat. Z toho důvodu se také označují jako neparametrické testy. Přesto však předpokládají, že porovnávané skupiny představují dva navzájem nezávislé náhodné výběry. Nulová hypotéza je vždy formulovaná tak, že obě skupiny pocházejí ze stejného rozdělení.

Je-li datový soubor vážený (*Data, Weight Cases*), dovoluje procedura využívat pouze celočíselné váhy, v ostatních případech jsou váhy zaokrouhleny na nejbližší přirozené číslo. Při realizaci výpočtu je potom každý případ započítán tolikrát, kolik udává příslušná hodnota váhy.

Součástí výstupu může být rovněž přehled základních popisných statistik vstupních proměnných (průměr, směrodatná odchylka, minimum, maximum, počet platných případů, medián a kvartily).

2.1 Mann-Whitneyův test

Mann-Whitneyův test patří mezi nejoblíbenější testy pro dva nezávislé výběry a je ekvivalentní s Wilcoxonovým a Kruskal-Wallisovým testem pro dvě skupiny. K výše uvedenému předpokladu přidává další – stejný tvar rozdělení dat ve skupinách. Problém se tedy redukuje na testování posunutí daných rozdělení. Princip metody je následující: případy z obou skupin se sloučí a přiřadí se jim společné pořadí. V seřazené posloupnosti by se potom měla náhodně střídát pozorování z obou skupin.



Pro každou skupinu je vyhodnoceno, kolikrát nastává situace, kdy je pořadí případu z dané skupiny vyšší než pořadí případu z druhé skupiny. Mann-Whitneyova statistika U potom vyjadřuje minimum z těchto dvou hodnot. Ve výstupu se zobrazí rovněž Wilcoxonova statistika W , která je založena na součtu pořadí jedné ze skupin.

2.2 Dvouvýběrový Kolmogorov-Smirnovův test

Dvouvýběrový Kolmogorov-Smirnovův test je obecnější než Mann-Whitneyův (nepředpokládá stejný tvar rozložení ve skupinách), a tedy také slabší. Je založen na porovnání empirických distribučních funkcí odhadnutých z dat. Testová statistika Z vychází z maximální absolutní odchylky těchto funkcí. Je-li odchylka velká, svědčí to proti testované hypotéze.

2.3 Wald-Wolfowitzův test pořadí

Wald-Wolfowitzův test pořadí rovněž nemá žádné dodatečné předpoklady. Provádí se podobně jako Mann-Whitneyův test. Případům z obou skupin je přiřazeno společné pořadí. V setříděné posloupnosti by se potom měla náhodně střídat pozorování z obou skupin. Náhodnost výskytu skupin je ověřována testem pořadí (Runs Test), který je podrobněji popsán v samostatném listu procedury.

2.4 Mosesův test extrémních reakcí

Mosesův test extrémních reakcí je určen pro situaci, kdy jednu skupinu dat považujeme za kontrolní a druhou za experimentální (tj. ovlivněnou určitým jevem, experimentem, ošetřením apod.). Test předpokládá, že tento jev působí na subjekty oběma směry – na některé jedním směrem, na jiné opačným.

Metoda zjišťuje výskyt extrémních hodnot vzhledem ke kontrolní skupině. Testuje, jak ovlivní extrémní hodnoty z experimentální skupiny rozpětí kontrolní skupiny (při jejich sloučení). Případům z obou skupin je přiřazeno společné pořadí. Rozpětí kontrolní skupiny je definováno jako rozdíl největšího a nejmenšího pořadí v kontrolní skupině zvětšený o

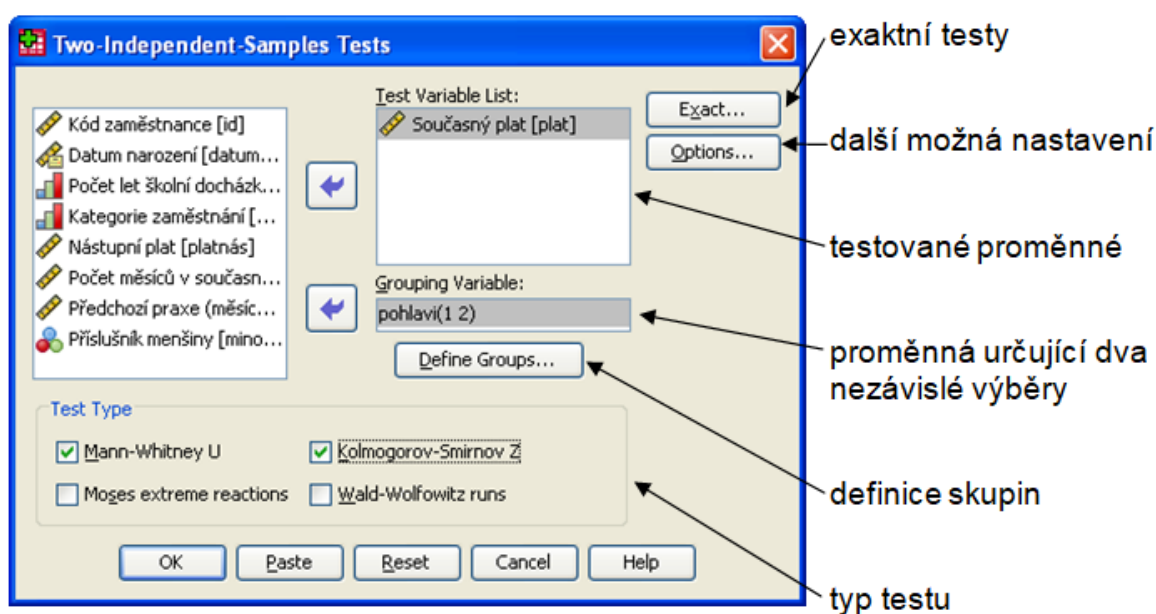


jednotku a zaokrouhlený na nejbližší přirozené číslo. Vzhledem k tomu, že rozpětí je citlivé na extrémy, je z kontrolní skupiny vyloučeno 5 % pozorování s největší a 5 % pozorování s nejmenší hodnotou.

2.5 Volání procedury v IBM SPSS Statistics

Analyze → Nonparametric Tests → 2 Independent Samples

Nastavení dialogu

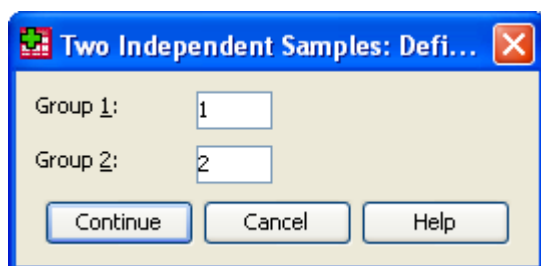


Obrázek 7: Nastavení dialogu pro test dvou nezávislých výběrů

- Do pole *Test Variable List* přeneseme testované proměnné.
- Do pole *Grouping Variable* zadáme proměnnou, jejíž kategorie definují dva nezávislé výběry (proměnná nemusí nutně nabývat pouze dvou hodnot). Tlačítkem *Define Groups* dále specifikujeme kategorie určující skupiny. Zadáání je společné pro všechny testované proměnné.
- V části *Test Type* označíme požadované typy testů. K dispozici jsou: Mann-Whitneyův (*Mann-Whitney U*), dvouvýběrový Kolmogorov-Smirnovův (*Kol-*

mogorov-Smirnov Z), Mosesův test extrémních reakcí (*Moses extreme reactions*) a Wald-Wolfowitzův test pořadí (*Wald-Wolfowitz runs*).

2.5.1 Tlačítko Define Groups



Obrázek 8: Tlačítko Define pro test dvou nezávislých výběrů

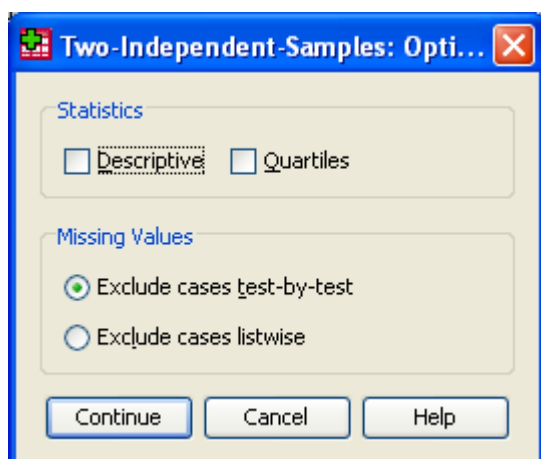
Tlačítkem *Define Groups* definujeme kategorie určující dva nezávislé výběry. Kódy kategorií zadáme do příslušných polí (skupina určená v poli Group 1 je kontrolní pro Mosesův test extrémních reakcí).

2.5.2 Tlačítko Exact

Tlačítko *Exact* je dostupné pouze v případě, že je nainstalován také modul IBM SPSS Statistics Exact Tests. Tento modul poskytuje exaktní statistické testy, tj. metody určené především pro analýzu malých datových souborů nebo řídce zastoupených skupin případů, kde nejsou splněny předpoklady standardních testů a jejich závěry nejsou spolehlivé.



2.5.3 Tlačítko Options



Obrázek 9: Tlačítko Options pro test dvou nezávislých výběrů

Tlačítkem *Options* specifikujeme další požadované výstupy a způsob práce s chybějícími hodnotami.

Statistics

- Při zaškrtnutí políčka *Descriptive* se ve výstupovém okně zobrazí tabulka se základními popisnými statistikami všech vstupních proměnných – průměr, směrodatná odchylka, minimum, maximum a počet platných případů.
- Pro výpočet kvartilů a mediánu označíme *Quartiles*.

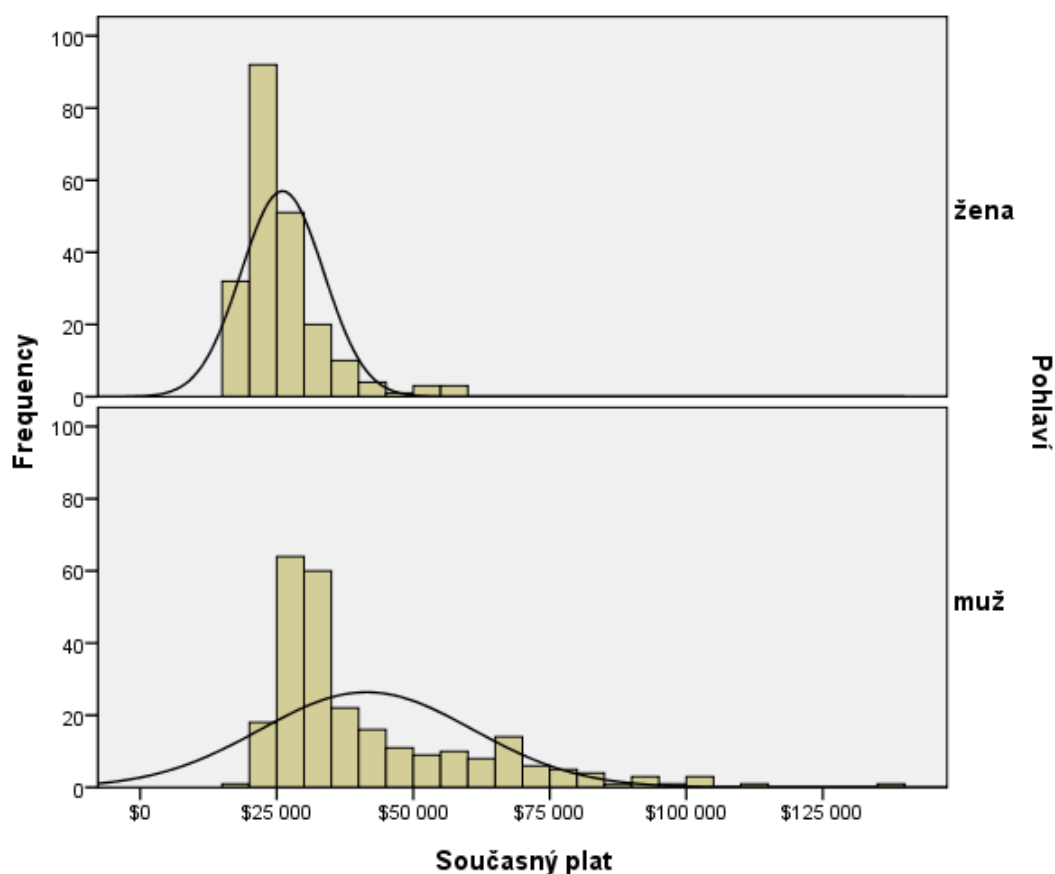
Missing Values

- Při volbě *Exclude cases test-by-test* vyloučí program případ s chybějící hodnotou pouze z výpočtu příslušného testu. Tímto způsobem využijeme maximum informace obsažené v datech, jednotlivé testy však mohou vycházet z různých případů.
- Označíme-li *Exclude cases listwise*, vyloučí se případy s vynechanou hodnotou u některé z analyzovaných proměnných z výpočtu všech testů. Je-li však chybějících hodnot větší počet, může se počet analyzovaných případů výrazně snížit.

2.6 Výstupy

Datový soubor představuje výběr zaměstnanců pracujících v určitém oboru, u kterých byla mimo jiné zjišťována výše současného platu. Celkem se výzkumu účastnilo 474 zaměstnanců, z toho 216 žen a 258 mužů. Naším cílem je otestovat, zda se liší platové podmínky mužů a žen.

2.6.1 Grafické znázornění



Obrázek 10: Grafické výtupy testu dvou nezávislých výběrů

Rozložení dat pro muže a ženy porovnáme pomocí histogramu, do kterého zakreslíme rovněž hustotu normálního rozdělení (Gaussovu křivku). Graf získáme pomocí nabídky *Graphs, Legacy Dialogs, Histogram*.

Z obrázku je patrné, že mezi zaměstnanci s vysokým platem je více mužů než žen. Rozdělení proměnné je u obou skupin výrazně zešikmené doprava (u mužů je tato tendence ještě výraznější) a neodpovídá normálnímu rozložení. Užijeme tedy neparametrické testy a provedeme srovnání výsledků Mann-Whitneyova a dvouvýběrového Kolmogorov-Smirnovova testu.

Následující výstupy již byly získány pomocí nabídky *Analyze, Nonparametric Tests, 2 Independent Samples*.

2.6.2 Mann-Whitneyův test

Pořadí

Ranks				
	Pohlaví	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Současný plat	žena	216	153.02	33052.50
	muž	258	308.23	79522.50
	Total	474		

Tabulka 7: Pořadí - Mannův-Whitneyův test

V tabulce *Ranks* je pro každý výběr uveden počet platných případů (*N*), průměrné pořadí (*Mean Rank*) a součet pořadí (*Sum of Ranks*). Obě pořadové statistiky jsou u žen výrazně nižší ve srovnání s muži, což naznačuje nesoulad s nulovou hypotézou.



Testové statistiky

Test Statistics ^a	
	Současný plat
Mann-Whitney U	9616.500
Wilcoxon W	33052.500
Z	-12.286
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

a. Grouping Variable: Pohlaví

Tabulka 8: Testové statistiky - Mannův-Whitneyův test

Tabulka Test Statistics zobrazuje hodnotu Mann-Whitneyovy statistiky U (*Mann-Whitney U*), Wilcoxonovy statistiky W (*Wilcoxon W*), normovanou testovou statistiku Z (*Z*) a dosaženou hladinu významnosti oboustranného testu (*Asymp. Sig. (2-tailed)*). Poznámka pod tabulkou doplňuje informaci o proměnné určující dva výběry.

Na základě Mann-Whitneyova testu zamítáme na 95% hladině spolehlivosti hypotézu, že současný plat mužů a žen pochází ze stejného rozdělení – dosažená hladina významnosti je menší než 0,05.

Tato metoda však vyžaduje stejný tvar rozdělení dat ve skupinách. Výše uvedené histogramy však naznačují, že by předpoklad nemusel být splněn, proto provedeme ještě dvouvýběrový Kolmogorov-Smirnovův test, který je obecnější.

2.6.3 Dvouvýběrový Kolmogorov-Smirnovův test

Četnosti

Frequencies		
	Pohlaví	N
Současný plat	žena	216
	muž	258
	Total	474

Tabulka 9: Četnosti - Kolmogorovův-Smirnovův test



Tabulka *Frequencies* zobrazuje počty platných hodnot v obou výběrech i celkem.

Testové statistiky

Test Statistics ^a			Současný plat
Most Extreme Differences	Absolute		.523
	Positive		.000
	Negative		-.523
Kolmogorov-Smirnov Z			5.667
Asymp. Sig. (2-tailed)			.000

a. Grouping Variable: Pohlaví

Tabulka 10: Testové statistiky - Kolmogorovův-Smirnovův test

V tabulce *Test Statistics* jsou uvedeny největší rozdíly mezi empirickými distribučními funkcemi testovaných výběrů (*Most Extreme Differences*), a to v absolutní hodnotě (*Absolute*), největší kladný rozdíl (*Positive*) a největší záporný rozdíl (*Negative*), dále hodnota Kolmogorov-Smirnovovy statistiky *Z* (*Kolmogorov-Smirnov Z*) a dosažená hladina významnosti oboustranného testu (*Asymp. Sig. (2-tailed)*). Poznámka pod tabulkou doplňuje informaci o proměnné určující dva výběry.

Kolmogorov-Smirnovův test potvrzuje předchozí výsledek – na 95% hladině spolehlivosti zamítáme nulovou hypotézu, že současný plat mužů a žen pochází ze stejného rozdělení.





SHRNUTÍ

Materiál je pojat jako podpora práce s programem IBM SPSS Statistics a slouží jako doplnění výkladu kurzu.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání





SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Anděl, J. (2007). Statistické metody (4., upr. vyd). Praha: Matfyzpress.

Field, A. (2005) Discovering Statistics Using SPSS. Los Angeles: SAGE.

Norušis, M. J. (2012). IBM SPSS statistics 19 guide to data analysis. Upper Saddle River: Prentice Hall.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Nastavení dialogu procedury One-Way ANOVA	6
Obrázek 2: Tlačítko Contrasts procedury One-Way ANOVA	7
Obrázek 3: Tlačítko Post Hoc procedury One-Way ANOVA	8
Obrázek 4: Tlačítko Options procedury One-Way ANOVA.....	9
Obrázek 5: Výstupy pro ověření předpokladu normality v proceduře One-Way ANOVA.....	11
Obrázek 6: Graf průměrů z procedury One-Way ANOVA	13
Obrázek 7: Nastavení dialogu pro test dvou nezávislých výběrů	21
Obrázek 8: Tlačítko Define pro test dvou nezávislých výběrů	22
Obrázek 9: Tlačítko Options pro test dvou nezávislých výběrů	23
Obrázek 10: Grafické výtupy testu dvou nezávislých výběrů.....	24





SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Popisné statistiky z procedury One-Way ANOVA.....	12
Tabulka 2: Leveneův test z procedury One-Way ANOVA.....	14
Tabulka 3: Tabulka analýzy rozptylu z procedury One-Way ANOVA	14
Tabulka 4: Koeficienty kontrastů z procedury One-Way ANOVA.....	15
Tabulka 5: Výsledek testování hypotéz kontrastů z procedury One-Way ANOVA	16
Tabulka 6: Mnohonásobná srovnání z procedury One-Way ANOVA	17
Tabulka 7: Pořadí - Mannův-Whitneyův test	25
Tabulka 8: Testové statistiky - Mannův-Whitneyův test	26
Tabulka 9: Četnosti - Kolmogorovův-Smirnovův test	26
Tabulka 10: Testové statistiky - Kolmogorovův-Smirnovův test	27

