

4.6.7 Testy o strednej hodnote – dve nezávislé vzorky/neparametrický postup

Manažment banky sa zaujíma o porovnanie úrokovej miery stavebných pôžičiek od stavebných sporiteľní (SS) a hypotekárnych úverov ponúkaných bankami. Chce zistiť, či úroková miera je podobná v stavebných sporiteľniach a bankách. Za týmto účelom sa zozbierali nasledujúce údaje od reprezentatívnej vzorky 11 sporiteľní a 8 bánk. Nulová hypotéza tvrdí, že nie je štatisticky významný rozdiel v úrokovej miere medzi stavebnými pôžičkami od SS a hypotekárnymi úvermi ponúkanými bankami.

ÚROKOVÁ MIERA	POSKYTOVATEĽ
9,5	SS
9,25	SS
9	SS
10,25	SS
10	SS
9,75	SS
9,5	SS
10	SS
10,5	SS
9,75	SS
10,25	SS
10,5	Banka
11	Banka
9,5	Banka
10	Banka
11	Banka
10,5	Banka
10,25	Banka
9,75	Banka


Riešenie.

K analýze týchto dát použijeme neparametrickú metódu vzhľadom na to, že pochádzajú z relatívne malej vzorky a neznámeho rozdelenia.

Položíme

$H_0: F = G$.

Nulová hypotéza predpokladá, že rozdelenie sledovanej premennej v oboch skupinách je totožné. Budeme túto hypotézu testovať na 5% hladine významnosti.

Vyberieme modul  neparametrická štatistika (Nonparametrics/Distrib.) a vytvoríme tabuľku, do ktorej vložíme údaje, pokračujeme rovnako ako v prvom príklade. V programovom menu si spustíme postupne neparametrické testy pre dve nezávislé vzorky: Mann-Whitneyov U test/dvojvýberový Wilcoxonov test, Kolmogorov-Smirnovov dvojvýberový test a Wald-Wolfowitzov test (Mann-Whitney U Test, Kolmogorov-Smirnov Test, Wald-Wolfowitz Runs Test). Všetky tieto testy predstavujú neparametrickú alternatívu k dvojvýberovému t-testu. Po deklarácii premenných máme k dispozícii možnosti na vizualizáciu základných popisných charakteristík a výsledky testov.

Mann-Whitneyov U test/dvojvýberový Wilcoxonov test (Mann-Whitney U Test):

	Rank Sum SS	Rank Sum Banka	U	Z	p-level	Z adjusted	p-level	Valid N SS	Valid N Banka	2*1sided exact p
ÚROK	87	103	21	-1,8992	0,0576	-1,9169	0,0553	11	8	0,0620

Test overuje, či je rozdiel priemerov poradí dvoch skupín štatisticky významný alebo iba náhodný.

Rank Sum – súčet poradí pre skupinu SS a Banka.

U – testovacia štatistika. U test predstavuje najsilnejšiu neparametrickú alternatívu k dvojvýberovému t-testu.

Z – pre test je možné použiť testovaciu *Z* štatistiku, ktorú vypočítame tak, že *U* štandardizujeme.

p-level – hodnota významnosti (*p*-hodnota) pre testovacie štatistiky *U* a *Z*. Ak je väčšia ako 0,05, nulovú hypotézu nemožno zamietnuť s 95% spoľahlivosťou. Znamená to, že rozdiel priemerov poradí nie je štatisticky významne rôzny od nuly. Ak je menšia alebo rovná ako 0,05, nulová hypotéza sa s 95% spoľahlivosťou zamietne.

Z adjusted – upravená testovacia štatistika *Z*.

p-level – hodnota významnosti pre upravené *Z*.

Valid N – počet platných prípadov pre skupinu SS a Banka.

*2*1sided exact p* – upravená hodnota významnosti pre malé vzorky, ($n < 20$).

Na základe výsledkov testu nezamietame nulovú hypotézu.

Kolmogorov-Smirnovov dvojitýberový test (Kolmogorov-Smirnov Test):

	Max Neg Differnc	Max Pos Differnc	p-level	Mean SS	Mean Banka	Std.Dev. SS	Std.Dev. Banka	Valid N SS	Valid N Banka
ÚROK	-0,4091	0	$p >,10$	9,7955	10,3125	0,4585	0,5469	11	8

Test overuje, či oba výbery pochádzajú z jedného základného súboru - populácie.

Max Neg Differnc – maximálny záporný rozdiel.

Max Pos Differnc – maximálny kladný rozdiel.

p-level – hodnota významnosti. Ak je väčšia ako 0,05, nulovú hypotézu nemožno zamietnuť s 95% spoľahlivosťou. Znamená to, že oba výbery pochádzajú z jednej populácie. Ak je menšia alebo rovná ako 0,05, nulová hypotéza sa s 95% spoľahlivosťou zamietne.

Mean – priemer pre skupinu SS a Banka.

Std.Dev. – smerodajná odchýlka pre skupinu SS a Banka.

Valid N – počet platných prípadov pre skupinu SS a Banka.

Hodnota významnosti je väčšie ako 0,1, nezamietame nulovú hypotézu.

Wald-Wolfowitzov test (Wald-Wolfowitz Runs Test):

	Valid N SS	Valid N Banka	Mean SS	Mean Banka	Z	p-level	Z adjstd	p-level	No. of Runs	No. of ties
ÚROK	11	8	9,7955	10,3125	0,8423	0,3997	0,5998	0,5487	12	8

Test rovnako ako predchádzajúci overuje, či oba výbery pochádzajú z jedného základného súboru - populácie.

Valid N – počet platných prípadov pre skupinu SS a Banka.

Mean – priemer pre skupinu SS a Banka.

Z – testovacia štatistika.

p-level - hodnota významnosti. Ak je väčšia ako 0,05, nulovú hypotézu nemožno zamietnuť s 95% spoľahlivosťou. Znamená to, že oba výbery pochádzajú z jednej populácie. Ak je menšia alebo rovná ako 0,05, nulová hypotéza sa s 95% spoľahlivosťou zamietne.

Z adjstd – upravená testovacia štatistika Z. Táto korigovaná štatistika sa používa, keď vzorky sú malé.

p-level – hodnota významnosti pre upravené Z.

No.of Runs – počet skupín.

No.of ties – počet zhodných

Podobne ako v predchádzajúcich testoch, aj tu na základe výsledkov testu nezamietame nulovú hypotézu. V úrokových mierach medzi bankami a SS nie je štatisticky významný rozdiel, respektíve výška úrokovej miery nezávisí od toho, či je pôžička poskytnutá bankou alebo SS.

4.6.8 Testy o strednej hodnote – dve závislé vzorky/neparametrický postup

Personálne oddelenie chce zistiť účinnosť organizovaných kurzov z komunikácie pre regionálnych manažérov spoločnosti. Chce testovať hypotézu, či kurz významne zlepšil komunikáciu regionálnych manažérov so zamestnancami spoločnosti. Manažéri, ktorí sa zúčastnili kurzu, boli podrobení interview so psychológom pred a po kurze. Nasledujúca tabuľka ukazuje výsledky interview (1-100) so psychológom pred (pretest) a po kurze (posttest).

MANAŽÉR	PRETEST	POSTTEST
1	29	45
2	35	37
3	28	28
4	38	49
5	36	38
6	42	38
7	38	41
8	37	45
9	52	57
10	48	60

Riešenie.

K analýze týchto dát použijeme neparametrickú metódu vzhľadom na to, že pochádzajú z relatívne malej vzorky a z neznámeho rozdelenia. Pretože máme dáta pochádzajúce z dvoch závislých vzoriek, dve merania na tých istých jedincoch, použijeme Wilcoxonov párový test alebo znamienkový párový test.

Položíme


$H_0: F(-x) = 1 - F(x)$ pre všetky $x \in R$, kde F je distribučná funkcia rozdielov párov.

Nulová hypotéza predpokladá, že rozdelenie rozdielov párov je symetrické okolo nuly.

V literatúre môžeme nájsť aj nasledujúcu formuláciu nulovej hypotézy

$H_0: \tilde{\mu}_1 - \tilde{\mu}_2 = 0$.

Nulová hypotéza predpokladá, že medián rozdielov párov pretestu a posttestu je rovný nule. Budeme túto hypotézu testovať na 5% hladine významnosti.

Vyberieme modul  neparametrická štatistika (Nonparametrics/Distrib.) a vytvoríme tabuľku, do ktorej vložíme údaje, pokračujeme rovnako ako v prvom príklade. V programovom menu spustíme postupne neparametrické testy pre dve závislé vzorky: znamienkový párový test, Wilcoxonov párový test (Sign test, Wilcoxon matched pairs test) a za predpokladu, že závislá premenná by bola dichotomická, mohli by sme použiť aj McNemarov test (McNemar test). McNemarov test testuje nulovú hypotézu o zhode početností v poliach kontingenčnej tabuľky (2x2) na vedľajšej diagonále. Testové kritérium má za predpokladu platnosti nulovej hypotézy chí-kvadrát rozdelenie s jedným stupňom voľnosti. V tomto prípade sa nedá použiť. Všetky tieto testy predstavujú neparametrickú alternatívu k párovému t-testu. Po deklarácii premenných máme k dispozícii možnosti na vizualizáciu základných popisných charakteristík a výsledky testov.

Znamienkový párový test (Sign test):

PRE & POST	No. of Non-ties	Percent $v < V$	Z	p-level
	9	88,88889	2	0,0455

Test je založený na rozdieloch párových hodnôt. Testujeme nulovú hypotézu, že medián diferencií je rovný nule. Základom je menší počet rozdielov určitého typu (kladných alebo záporných).

No. of Non-ties – počet rôznych prípadov.

Percent $v < V$ – percento vyjadruje koľko hodnôt premennej je väčších ako druhej premennej. Za platnosti nulovej hypotézy by malo byť približne 50%.

Z – testovacia štatistika.

p-level – hodnota významnosti. Ak je väčšia ako 0,05, nulovú hypotézu nemožno zamietnuť s 95% spoľahlivosťou. Znamená to, že nie je štatisticky významný rozdiel v skóre pretestu a posttestu. Ak je menšia alebo rovná ako 0,05, nulová hypotéza sa s 95% spoľahlivosťou zamietne.

Zamietame nulovú hypotézu s 95% spoľahlivosťou, t.j. medián rozdielov párov pretestu a posttestu je štatisticky významne rôzny od nuly.

Wilcoxonov párový test (Wilcoxon matched pairs test):

	Valid N	T	Z	p-level
PRE & POST	10	4	2,191691	0,028409

V tomto prípade opäť testujeme nulovú hypotézu, že rozdiely sú symetricky rozdelené okolo 0. Postupuje sa tak, že k nenulovým rozdielom sú priradené poradové čísla. Zvlášť pre kladné a zvlášť pre záporné rozdiely, následne je vypočítaný súčet týchto poradí. Základom testu je menší súčet.

Valid N - počet platných prípadov.

T – testovacia štatistika.

Z – testovacia štatistika.

p-level – hodnota významnosti.

Zamietame nulovú hypotézu s 95% spoľahlivosťou. Na základe výsledkov testov a vzhľadom na vyššie skóre posttestu sme potvrdili, že kurz významne zlepšil komunikáciu manažérov.

4.6.9 Korelačná analýza/neparametrický postup

Spoločnosť v procese hodnotenia jej 10 regionálnych marketingových manažérov zozbierala nasledujúce údaje o ich schopnosti viesť ľudí (leadership) a o predaji v danom regióne. Stupeň schopnosti viesť ľudí získala zo série psychologických testov a stupeň predaja na základe výkazov o predaji za posledný rok. V oboch prípadoch boli hodnotení škálou od 1 do 10. Cieľom je odhadnúť mieru závislosti medzi schopnosťou viesť ľudí a predajom.

MANAŽÉR	LEADERSHIP	PREDAJ
1	2	3
2	4	7
3	7	5
4	9	9
5	6	4
6	3	1
7	8	10
8	1	2
9	5	8
10	1	6


Riešenie.

K analýze týchto dát aplikujeme neparametrickú metódu vzhľadom na to, že pochádzajú z relatívne malej vzorky a premenné sú ordinálne. Konkrétne použijeme neparametrickú koreláciu a budeme testovať štatistickú významnosť vypočítaných korelačných koeficientov.

Položíme

H0: $\rho = 0$.

Nulová hypotéza predpokladá, že korelačný koeficient nie je štatisticky významne rôzny od nuly. Budeme túto hypotézu testovať na 5% hladine významnosti.

Vyberieme modul  neparametrická štatistika (Nonparametrics/Distrib.) a vytvoríme tabuľku, do ktorej vložíme údaje, pokračujeme rovnako ako v prvom príklade. V programovom menu spustíme neparametrickú koreláciu (Correlations), kde na určenie miery vzťahu dvoch premenných máme k dispozícii nasledovné korelačné koeficienty: Spearmanov, Kendallov a koeficient gama (Spearman R, Kendall tau, Gamma). Všetky tieto koeficienty poskytujú neparametrický test nezávislosti – test významnosti koeficientu. Po deklarácii premenných máme k dispozícii možnosť na vizualizáciu korelácie – maticový graf, korelačné koeficienty a výsledky testov významnosti.

Spearmanovo R (Spearman R):

	Valid N	Spearman R	t(N - 2)	p-level
LSHIP & PREDAJ	10	0,684848	2,658272	0,028883

Spearmanovo R sa počíta rovnako ako Pearsonov korelačný koeficient, pričom namiesto pôvodných hodnôt sa použijú ich poradové čísla.

Valid N – počet platných prípadov.

Spearman R – hodnota korelačného koeficientu.

$t(N - 2)$ – testovacia štatistika.

p-level - hodnota významnosti. Ak je väčšia ako 0,05, nulovú hypotézu nemožno zamietnuť s 95% spoľahlivosťou. Znamená to, že korelačný koeficient nie je štatisticky významný. Ak je menšia alebo rovná ako 0,05, nulová hypotéza sa s 95% spoľahlivosťou zamietne.

Mieru závislosti môžeme určiť podľa Cohena.

Kendallov koeficient tau (Kendall tau):

	Valid N	Kendall Tau	Z	p-level
LSHIP & PREDAJ	10	0,511111	2,057183	0,039669

Kendallov koeficient je lepší ako často používané Spearmanovo R , pretože je citlivý na niektoré druhy závislostí, ktoré nemôžu byť zachytené Spearmanovým koeficientom. Kendallov koeficient τ vyjadruje rozdiel medzi pravdepodobnosťou, že hodnoty dvoch

premenných sú v rovnakom poradí oproti pravdepodobnosti, že hodnoty nie sú v rovnakom poradí.

$$\tau = \frac{n_c - n_d}{n(n-1)/2},$$

kde n_c je počet súhlasných párov a n_d je počet nesúhlasných párov.

Pár (x_i, y_i) a (x_j, y_j) , kde $i, j = 1, \dots, n$ a $i \neq j$ je súhlasný (concordant), ak platí $x_i > x_j$ a $y_i > y_j$ alebo $x_i < x_j$ a $y_i < y_j$.

Pár je nesúhlasný (discordant), ak platí $x_i > x_j$ a $y_i < y_j$ alebo $x_i < x_j$ a $y_i > y_j$.

Pár je nerozhodný, ak platí $x_i = x_j$ alebo $y_i = y_j$.

Valid N – počet platných prípadov.

Kendall tau – hodnota korelačného koeficientu.

Z – testovacia štatistika.

p-level - hodnota významnosti.

Mieru závislosti môžeme určiť rovnako ako v predchádzajúcom prípade podľa Cohena.

Gama (Gamma):

	Valid N	Gamma	Z	p-level
LSHIP & PREDAJ	10	0,511111	2,057183	0,039669

Koeficient Goodman-Kruskalova *gama* uprednostňujeme v prípade vysokého výskytu nerozhodných párov

$$\gamma = \frac{n_c - n_d}{n_c + n_d}.$$

Valid N – počet platných prípadov.

Gamma – hodnota korelačného koeficientu.

Z – testovacia štatistika.

p-level - hodnota významnosti.

Mieru závislosti môžeme interpretovať rovnako ako v predchádzajúcich prípadoch podľa Cohena. Všetky tri korelačné koeficienty ukazujú veľkú koreláciu medzi schopnosťou viesť ľudí a predajom. Testy významnosti preukázali, že korelačné koeficienty sú štatisticky významné.

4.6.10 Testy o strednej hodnote – dve a viac nezávislých vzoriek/neparametrický postup

Vedenie spoločnosti sa zaujímal o určenie vzťahu medzi mesačným objemom predaja a spôsobom platenia zákazníkom. V tomto prípade zákazník platí jednou z troch metód: hotovosťou, obchodnou kartou (OK) alebo bankovou kartou (BK). Za týmto účelom sa zozbierali dáta o objeme predaja pre každú zo spomínaných troch platobných metód za posledných šesť mesiacov. Cieľom je overiť hypotézu, či objem predaja závisí od spôsobu platby.

MESIAC	PREDAJ	METÓDA PLATENIA
Január	8,5	Hotovosť
Február	52	Hotovosť
Marec	44,5	Hotovosť
Apríl	48	Hotovosť
Máj	50,5	Hotovosť
Jún	56	Hotovosť
Január	61,5	OK
Február	57,7	OK
Marec	42	OK
Apríl	38	OK
Máj	51	OK
Jún	55	OK
Január	64,5	BK
Február	60	BK
Marec	48	BK
Apríl	41,5	BK
Máj	45,5	BK
Jún	52,5	BK

Riešenie.


K analýze týchto dát použijeme neparametrickú metódu vzhľadom na to, že pochádzajú z relatívne malej vzorky a neznámeho rozdelenia. Pretože máme dáta pochádzajúce z troch nezávislých vzoriek, použijeme Kruskal-Wallisovu analýzu rozptylu a mediánový test.

Položíme

$$H_0: F_1 = \dots = F_l,$$

$$H_0: \tilde{\mu}_1 = \dots = \tilde{\mu}_l.$$

Nulová hypotéza predpokladá, že pozorované vzorky boli vybrané z rovnakého základného súboru, respektíve mediány základných súborov sú rovnaké. Budeme túto hypotézu testovať na 5% hladine významnosti.

Vyberieme modul  neparametrická štatistika (Nonparametrics/Distrib.) a vytvoríme tabuľku, do ktorej vložíme údaje, pokračujeme rovnako ako v prvom príklade. V programovom menu spustíme postupne neparametrické testy pre dve a viac nezávislých vzoriek: Kruskal-Wallisova ANOVA, mediánový test (Kruskal-Wallis ANOVA, Median test). Všetky tieto testy predstavujú neparametrickú alternatívu k analýze rozptylu jednoduchého triedenia. Po deklarácii premenných máme k dispozícii možnosti na vizualizáciu základných popisných charakteristík a výsledky testov.

Kruskal-Wallisova ANOVA (Kruskal-Wallis ANOVA)

	Code	Valid N	Sum of Ranks
Hotovosť	100	6	47,5
OK	101	6	61
BK	102	6	62,5

df	N	H	p
2	18	0,79907	0,6706

Test je rozšírením Mann-Whitneyho testu na tri a viac vzoriek (v prípade dvoch vzoriek sú ekvivalentné). Test odpovedá na otázku, či sú namerané rozdiely hodnôt premennej v skupinách iba náhodné (premenná nezávisí od faktora), alebo sú štatisticky významné (premenná závisí od faktora). Kruskal-Wallisova ANOVA pracuje s poradovými číslami, ktoré boli údajom pridelené.

Code – kód úrovni premennej METÓDA PLATENIA.

Valid N – počet platných prípadov.

Sum of Ranks – súčet poradí.

df – stupne voľnosti.

N – počet platných prípadov.

H – testovacia štatistika.

p - hodnota významnosti. Ak je väčšia ako 0,05, nulovú hypotézu nemožno zamietnuť s 95% spoľahlivosťou. Znamená to, že pozorované vzorky boli vybrané z rovnakého základného súboru. Ak je menšia alebo rovná ako 0,05, nulová hypotéza sa s 95% spoľahlivosťou zamietne.

Nezamietame nulovú hypotézu, nie je štatisticky významný rozdiel v objeme predaja medzi platobnými metódami.

Mediánový test (Median test)

	Hotovosť	OK	BK	Total
<= Median: observed	4	2	3	9
expected	3	3	3	
obs. - exp.	1	-1	0	
> Median: observed	2	4	3	9
expected	3	3	3	
obs. - exp.	-1	1	0	
Total: observed	6	6	6	18

Overall Median	df	Chi-Square	p
50,75000	2	1,333333	0,5134

Mediánový test pracuje s početnosťami a má menšiu silu v porovnaní s predchádzajúcim testom. V rámci tohto postupu sa spočíta, koľko prípadov v každej vzorke nadobúda menšie a koľko väčšie hodnoty ako spoločný medián. Pre výslednú kontingenčnú tabuľku sa vypočíta Chí-kvadrát test nezávislosti. Ak platí nulová hypotéza, očakávame, že približne polovica prípadov v každej vzorke bude mať hodnotu nad alebo pod mediánom.

<= Median: observed – pozorované početnosti hodnôt menších alebo rovných ako spoločný medián.

> Median: observed - pozorované početnosti hodnôt väčších ako spoločný medián.

Expected – očakávané početnosti.

Obs. - exp. – rozdiel pozorovaných a očakávaných početností.

Total: observed – riadkové a stĺpcové pozorované početnosti.

Overall Median – spoločný medián.

df – stupne voľnosti.

Chi-Square – testovacia štatistika.

p - hodnota významnosti. Ak je väčšia ako 0,05, nulovú hypotézu nemožno zamietnuť s 95% spoľahlivosťou. Znamená to, že mediány základných súborov sú rovnaké. Ak je menšia alebo rovná ako 0,05, nulová hypotéza sa s 95% spoľahlivosťou zamietne.

Aj na základe výsledkov tohto testu nezamietame nulovú hypotézu.

4.6.11 Testy o strednej hodnote – dve a viac závislých vzoriek/neparametrický postup

Školská inšpekcia sa rozhodla v rámci kontroly sledovať aj úroveň teoretickej pripravenosti súčasných riaditeľov škôl. Za týmto účelom bol vytvorený test k posúdeniu tohto stavu. Test je skóvaný binárne. Na základe prvotných výsledkov testu chce zistiť, či sú úlohy testu rovnako obtiažne a identifikovať tak podozrivé položky ešte pred celoplošnou distribúciou testu.

	1. ÚLOHA	2. ÚLOHA	...	29. ÚLOHA	30. ÚLOHA
1	0	1	...	1	1
2	1	1	...	1	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
121	1	0	...	0	0
122	0	0	...	0	1


Riešenie.

K analýze týchto dát použijeme neparametrickú metódu vzhľadom na to, že premenné sú dichotomické. Pretože máme dáta pochádzajúce z viacerých závislých vzoriek, 30 meraní na tých istých jedincoch, použijeme Cochranov Q test.

Položíme

$$H_0: \pi_1 = \dots = \pi_I.$$

Nulová hypotéza predpokladá, že nie je štatisticky významný rozdiel medzi premennými, t.j. pravdepodobnosť vyriešenia úlohy je pre všetky úlohy rovnaká. Budeme túto hypotézu testovať na 5% hladine významnosti.

Vyberieme modul  neparametrická štatistika (Nonparametrics/Distrib.) a vytvoríme tabuľku, do ktorej vložíme údaje, pokračujeme rovnako ako v prvom príklade. V programovom menu spustíme neparametrické testy pre dve a viac závislých vzoriek. V našom prípade, keď závislá premenná je dichotomická použijeme Cochranov Q test (Cochran's Q test) a za predpokladu, že závislá premenná by bola intenzívna (ordinálna, metrická) mohli by sme použiť Friedmanov test a Kendallov koeficient zhody (Friedman ANOVA, Coefficient of Concordance). Všetky tieto testy predstavujú neparametrickú alternatívu k analýze rozptylu pre opakované merania. Po deklarácii premenných a prípadnom prekódovaní hodnôt premenných na 0 a 1 máme k dispozícii výsledky testu.

Cochranov Q test (Cochran's Q test):

		Percent	Percent
--	--	---------	---------

	Sum	0's	1's
1. ÚLOHA	65,0000	46,72131	53,27869
2. ÚLOHA	71,0000	41,80328	58,19672
3. ÚLOHA	105,0000	13,93443	86,06557
4. ÚLOHA	104,0000	14,75410	85,24590
5. ÚLOHA	65,0000	46,72131	53,27869
6. ÚLOHA	74,0000	39,34426	60,65574
7. ÚLOHA	88,0000	27,86885	72,13115
8. ÚLOHA	54,0000	55,73770	44,26230
9. ÚLOHA	41,0000	66,39344	33,60656
10. ÚLOHA	27,0000	77,86885	22,13115
11. ÚLOHA	81,0000	33,60656	66,39344
12. ÚLOHA	57,0000	53,27869	46,72131
13. ÚLOHA	41,0000	66,39344	33,60656
14. ÚLOHA	84,0000	31,14754	68,85246
15. ÚLOHA	69,0000	43,44262	56,55738
16. ÚLOHA	56,0000	54,09836	45,90164
17. ÚLOHA	111,0000	9,01639	90,98361
18. ÚLOHA	101,0000	17,21311	82,78689
19. ÚLOHA	113,0000	7,37705	92,62295
20. ÚLOHA	85,0000	30,32787	69,67213
21. ÚLOHA	81,0000	33,60656	66,39344
22. ÚLOHA	61,0000	50,00000	50,00000
23. ÚLOHA	60,0000	50,81967	49,18033
24. ÚLOHA	59,0000	51,63934	48,36066
25. ÚLOHA	32,0000	73,77049	26,22951
26. ÚLOHA	52,0000	57,37705	42,62295
27. ÚLOHA	90,0000	26,22951	73,77049
28. ÚLOHA	40,0000	67,21311	32,78689
29. ÚLOHA	44,0000	63,93443	36,06557
30. ÚLOHA	116,0000	4,91803	95,08197

Number of valid cases	df	Q	p
122	29	645,5876	0,0000

Q test testuje, či závislé vzorky majú štatisticky významne odlišné podiely – percentá dichotomickej premennej. Test predstavuje rozšírenie McNemarovho testu na viac ako dve závislé vzorky. Obtiažnosť binárne skórovaných položiek testu/dotazníka je typickým príkladom použitia Q testu. Ak je Q test významný, znamená to, že otázky sú rôzne obtiažne, pretože percentá správne zodpovedaných otázok sa štatisticky významne líšia.

Sum – súčet hodnôt premennej.

Percent 0's – percentuálne zastúpenie núl.

Percent 1's – percentuálne zastúpenie jednotiek.

Number of valid cases – počet platných prípadov.

df – stupne voľnosti.

Q – testovacia štatistika.

p - hodnota významnosti. Ak je väčšia ako 0,05, nulovú hypotézu nemožno zamietnuť s 95% spoľahlivosťou. Znamená to, že nie je štatisticky významný rozdiel medzi premennými. Ak je menšia alebo rovná ako 0,05, nulová hypotéza sa s 95% spoľahlivosťou zamietne.

Zamietame nulovú hypotézu, že úlohy sú rovnako obtiažne.