

CZU: 378:37.013.75+519.17

DOI: 10.36120/2587-3636.v29i3.108-118

ASPECTE METODOLOGICE
PRIVIND PRELUCRAREA DATELOR EXPERIMENTALE PEDAGOGICE
APLICÂND CRITERIILE φ^* - FISHER ȘI U-MANN-WHITNEY

Marina BOSTAN, drd., asistent univ.

<https://orcid.org/0000-0002-1191-9501>

Universitatea de Stat din Tiraspol, Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă”

Rezumat. În articolul respectiv sunt prezentate rezultatele experimentului pedagogic privind studierea „Teoriei Grafurilor” în sistemul universitar din perspectiva implementării noilor tehnologii informaționale. Prelucrarea datelor statistice s-a realizat aplicând criteriile neparametrice φ^* - transformare unghiulară Fisher și U-Mann-Whitney. Sunt punctate concluziile centrale care țin de experimentul realizat.

Cuvinte-cheie: experiment pedagogic, criterii neparametrice, criteriul φ^* - transformarea unghiulară a lui Fisher, criteriul Mann-Whitney, fiabilitatea statistică, nivelul de semnificație.

METHODOLOGICAL ASPECTS REGARDING
THE PROCESSING OF PEDAGOGICAL EXPERIMENTAL DATA
APPLYING THE φ^* -FISHER AND U-MANN-WHITNEY CRITERIA

Abstract. In that article, the results of the pedagogical experiment regarding the study of "Graph Theory" in the university system from the perspective of the implementation of new information technologies are presented. Statistical data processing was carried out by applying the non-parametric criteria φ^* - Fisher's angular transformation and U-Mann-Whitney. The central conclusions related to the conducted experiment are highlighted.

Key words: pedagogical experiment, non-parametric criteria, φ^* criterion - Fisher's angular transformation, Mann-Whitney criterion, statistical reliability, significance level.

1. Descrierea cercetării pedagogice privind implementarea noilor tehnologii informaționale în procesul de predare a cursului universitar „Teoria grafurilor”

Experimentul pedagogic este o metodă principală de investigație pedagogică directă, care are drept scop optimizarea procesului pedagogic și îmbunătățirea unor soluții instructiv-educative ori își propune să descopere unele soluții noi, calitativ superioare, mai moderne și mai eficiente [1, 2].

Printr-un experiment pedagogic, pedagogia modernă a învățământului superior înțelege o metodă de cercetare care este utilizată pentru a determina eficacitatea utilizării metodelor și mijloacelor individuale de predare și educație. Implementarea noilor tehnologii informaționale în procesul de predare-învățare-evaluare facilitează calea spre finalitățile determinate de obiectivele pe care experimentatorul și le planifică pentru o anumită componentă structurală de învățare.

În cadrul cercetării noastre a fost organizat și realizat un experiment pedagogic în cadrul predării cursului universitar „Teoria grafurilor”.

Teoria grafurilor are o mare importanță practică, întrucât prin o serie de probleme legate de transport, turism, economie, logistică, fizică, biologie, chimie ș.a. sunt rezolvate cu ajutorul algoritmilor și metodelor acestei teorii. Luând în considerație provocările tehnologice din ultima perioadă, evident, este necesar să se schimbe accentele și paradigmele privind studierea Teoriei Grafurilor în instituțiile superioare de învățământ [1-8].

În proiectarea unui experiment pedagogic privind implementarea noilor tehnologii în predarea „Teoriei grafurilor”, a fost elaborată și propusă o nouă abordare metodologică care presupune:

- utilizarea platformelor educaționale online – opensource: campion.edu.ro, graphonline.ru;
- implementarea softului matematic Maple18 în tratarea și studierea conceptelor din Teoria Grafurilor;
- soluționarea manuală a problemelor care țin de aplicarea teoriei grafurilor urmată de elaborarea și implementarea algoritmilor și programelor în limbajele de programare Pascal/C++;
- conținuturile și sarcinile cursului plasate pe platforma educațională moodle.upsc.md.

2. Verificarea eficacității modelului pedagogic

Experimentul pedagogic a fost realizat pe parcursul anilor 2016-2020, cu studenții din anul I, specialitatea Informatică, Informatică și Matematică, Matematică și Informatică, din Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” și Universitatea de Stat din Tiraspol. În experimentul pedagogic au fost implicați în total 181 de studenți.

Grupul experimental (SGE) a inclus studenții de la Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” – 96 de studenți: anul universitar 2016-2017 – 29 de persoane; anul universitar 2017-2018 – 27 de persoane, anul universitar 2018-2019 – 25 de persoane și anul universitar 2019-2020 – 15 de persoane.

Grupul de control (SGC) este constituit din studenții Universității de Stat din Tiraspol – 85 de studenți: anul universitar 2016-2017 – 26 de studenți; anul universitar 2017-2018 – 19 studenți; anul universitar 2018-2019 – 16 studenți și anul universitar 2019-2020 – 24 de studenți.

Analiza rezultatelor testelor finale din cele patru serii ale experimentului pedagogic este prezentată în Tabelul 1.

Tabelul 1. Principalii indicatori statistici ai experimentului pedagogic

Anul	Eșantion	Numărul studenților (n)	Media (m)	Mediana	Abateră standard (σ)	Coefficientul de variație (R_v), %	Asimetric
2016-2017	SGE	29	7,80	8,00	1,2553	16,0795	-0,1821
	SGC	26	7,09	7,15	1,2304	17,3478	-0,0255
2017-2018	SGE	27	7,99	8,00	1,1411	14,1422	-0,1290
	SGC	19	7,42	7,30	0,8973	12,0823	-0,1771
2018-2019	SGE	25	8,10	8,30	1,0910	13,4561	-0,1340
	SGC	16	7,40	7,30	0,8909	12,0395	0,4548
2019-2020	SGE	15	8,44	8,60	1,0525	12,4702	-0,0162
	SGC	24	7,30	7,30	0,9330	12,7728	0,2593
Total		181					

Tabelul 1 prezintă principalii indicatori statistici ai rezultatelor experimentului pedagogic: valoarea medie, mediana, abaterea (deviația) standard, coeficientul de variație și asimetria. Coeficientul de variație - raportul dintre valoarea medie și abaterea standard - indică omogenitatea tuturor grupurilor în ceea ce privește indicatorul de evaluare, deoarece valoarea sa pentru fiecare grupă este mai mică de 33%. Valori negative de asimetrie pentru grupurile experimentale și de control (cu excepția anului universitar SGC 2018-2019) indică o schimbare a distribuției în raport cu media către valori mai mari.

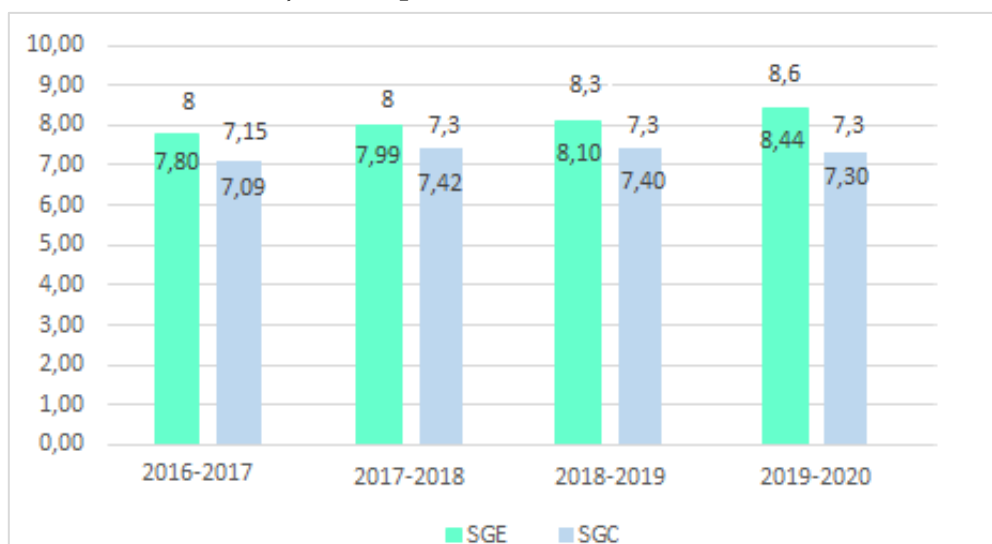


Figura 1. Indicatori statistici ai experimentului pedagogic privind SGE și SGC

Diferențele dintre valorile medii ale estimărilor din SGE și SGC în fiecare serie a experimentului pedagogic (Figura 1) ne permite să presupunem eficacitatea modelului didactic proiectat aplicat în predarea cursului universitar „Teoria grafurilor”. Este necesar să se verifice semnificația diferențelor obținute pe baza criteriilor statistice. Natura eșantioanelor disponibile (câte 2 eșantioane independente în fiecare serie, mai puțin de 30

de persoane în fiecare grup) implică utilizarea unor criterii neparametrice.

Să evaluăm semnificația statistică a diferențelor dintre rezultatele obținute în SGE și SGC folosind criterii neparametrice Fisher φ^* -unghiulară [7] și (U) Mann-Whitney [7].

3. Algoritmul aplicării criteriului φ^* -Fisher

În situația când dimensiunile eșantionului sunt reduse este dificil de spus dacă populațiile se subordonează distribuției normale. În astfel de situații este potrivit de aplicat teste neparametrice. Metodele respective nu au nici o dependență de populația examinată. Setul de parametri nu mai este fixat și nici distribuția pe care o folosim nu se cunoaște, ca în cazul metodelor parametrice. Din aceste considerente, metodele neparametrice sunt denumite și metode fără distribuție. Mai jos vom examina, testul neparametric φ^* - **criteriul de transformare unghiulară Fischer, ori succint criteriul φ^* - Fischer** [5-7].

Criteriul φ^* - Fischer „este conceput pentru a compara două eșantioane în funcție de frecvența de apariție a efectului de interes pentru cercetător” [7, p. 158].

Avantajele criteriului φ^* - Fischer includ: 1) aplicarea pentru eșantioane dependente (indicatori ai unui grup de subiecți măsurați în condiții diferite) și independente (măsurători în două grupuri diferite de subiecți); 2) nici o limită superioară - probele pot fi arbitrar mari; 3) prezența a cel puțin 5 observații în probe; 4) se acceptă aplicarea următoarelor număr de probe în eșantioanele examinate: $n_1=2, n_2 \geq 30$; sau $n_1=3, n_2 \geq 7$; sau $n_1=4, n_2 \geq 5$, unde n_1 este numărul de observații din primul eșantion, n_2 este în al doilea.

Esența metodei neparametrice φ^* - Fisher constă în convertirea procentelor (acțiunilor) într-o valoare φ , a cărei distribuție este apropiată de normal. Astfel se determină:

- Formula de transformare unghiulară: $\varphi = \arcsin \sqrt{p}$, unde p este un procent exprimat în fracții.
- Formula de evaluare a semnificației diferențelor de acțiuni (procente):

$$\varphi_{emp}^* = (\varphi_1 - \varphi_2) * \sqrt{\frac{n_1 * n_2}{n_1 + n_2}} \quad (1)$$

unde n_1 și n_2 sunt dimensiunile eșantionului, φ_1 și φ_2 – sunt variațiile primului și, respectiv, celui de-al doilea eșantion.

În cazul experimentului nostru, la rezolvarea testului final, studentul poate obține maximum nota 10. Considerăm că „există efect” dacă nota medie obținută este 8,0 ori mai mare. Vom considera că nu ”există efect”, dacă nota obținută este mai mică comparativ cu 8,0.

Să formulăm ipoteze:

- H_0 : proporția studenților care au obținut nota 8,0 sau mai mult în SGE nu este mai mare decât în SGC.

- H_1 : proporția studenților care obțin nota 8,0 sau mai mult în SGE este mai mare decât în SGC.

Să calculăm valoarea empirică φ_{emp}^* folosind formula (1). Valoare critică φ_i poate fi găsită în tabele de referințe sau după formula [7, p.159; 5, p.154]:

$$\varphi_i(P_i) = 2 * \arcsin \sqrt{P_i} \quad (2)$$

unde P_i – este procentul efectului în fiecare grup; i – numărul eșantionului.

Valoarea critică este determinată din tabele [7, p. 162; 5, p.159]: $\varphi_{0,01}^* = 2,31$ pentru nivelul de semnificație $p=0,01$ și $\varphi_{0,05}^* = 1,64$ pentru $p = 0,05$. Pentru a lua o decizie privind validitatea statistică, valoarea empirică este comparată cu nivelul critic de semnificației dat.

Dacă $\varphi_{emp}^* < \varphi_{crit}^*$, atunci ipoteza H_0 cu probabilitate $1 - p$ este acceptată.

Dacă $\varphi_{emp}^* > \varphi_{crit}^*$, atunci ipoteza H_0 cu probabilitate $1 - p$ este respinsă.

Rezultatele calculării *criteriului* φ^* al transformării unghiulare lui Fisher pentru patru serii ale experimentului pedagogic sunt prezentate în Tabelul 2.

Tabelul 2. Criteriul φ^* pentru eșantioanele experimentului pedagogic

Anul	Eșantion	Numărul studenților	φ_{emp}^*	φ_{crit}^* ($p=0.05$)	φ_{crit}^* ($p=0.01$)	p	Ipoteza acceptată
2016-2017	SGE	29	2,16	1,64	2,31	0,015	H_1
	SGC	26					
2017-2018	SGE	27	2,03	1,64	2,31	0,021	H_1
	SGC	19					
2018-2019	SGE	25	2,10	1,64	2,31	0,017	H_1
	SGC	16					
2019-2020	SGE	15	2,34	1,64	2,31	0,009	H_1
	SGC	24					
Total		181					

Valoarea empirică (calculată) a criteriului φ^* (φ_{emp}^*) se compară cu valorile critice: $\varphi_{crit}^* = 1.64$ la $p = 0,01$ și la $\varphi_{crit}^* = 2,31$ pentru $p = 0,05$.

**Tabelul 3. Rezultatele testării finale la disciplina „Teoriei Grafurilor”
pentru anul de învățământ 2016-2017**

Anul	Eșantion	Este efect $m \geq 8,0$		Nu este efect $m < 8,0$		Numărul studenților
		Nr	%	Nr	%	
2016-2017	SGE	16	55,2%	13	44,8%	29
	SGC	7	26,9%	19	73,1%	26
Total		23		32		55

Calculăm:

$$\varphi_1 = \varphi_{55,2\%} = 2 * \arcsin \sqrt{0,552} = 1,675; \varphi_2 = \varphi_{26,9\%} = 2 * \arcsin \sqrt{0,269} = 1,091.$$

$$\varphi_{emp}^* = (1,675 - 1,091) * \sqrt{\frac{29 * 26}{29 + 26}} = 0,584 * \sqrt{\frac{754}{55}} = 0,584 * \sqrt{13,71}$$

$$\approx 0,584 * 3,70 = 2,16$$

Pentru $\varphi_{emp}^* = 2,16$ avem $\rho = 0,015$ (1,5%) și $2,16 \geq 1,64$ iar $0,015 \leq 0,05$. Atunci ipoteza H_0 se respinge și se acceptă ipoteza H_1 . Altfel spus numărul de studenți care au obținut nota medie 8,0 și mai mult este mai mare în grupul experimental comparativ cu numărul de studenți din grupul de control, cu probabilitatea de 98.5%.

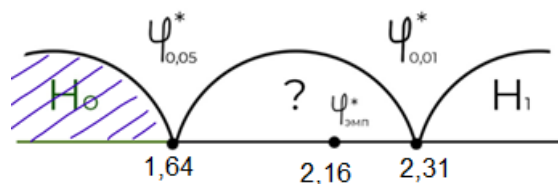


Figura 2. Domeniul de acceptare a criteriului φ^*_{emp}

Tabelul 4. Rezultatele testării finale la disciplina „Teoriei Grafurilor” pentru anul de învățământ 2017-2018

Anul	Eșantion	Este efect $m \geq 8,0$		Nu este efect $m < 8,0$		Numărul studenților
		Nr	%	Nr	%	
2017-2018	SGE	18	66,7%	9	33,3%	27
	SGC	7	36,8%	12	63,2%	19
Total		25		21		46

Calculăm:

$$\varphi_1 = \varphi_{66,7\%} = 2 * \arcsin \sqrt{0,667} = 1,911;$$

$$\varphi_2 = \varphi_{36,8\%} = 2 * \arcsin \sqrt{0,368} = 1,304;$$

$$\varphi_{emp}^* = (1,911 - 1,304) * \sqrt{\frac{27 * 19}{27 + 19}} = 0,607 * \sqrt{\frac{513}{46}} = 0,607 * \sqrt{11,15}$$

$$\approx 0,607 * 3,34 = 2,03$$

Pentru $\varphi_{emp}^* = 2,03$ avem $\rho = 0,021$ (2,1%) și $2,03 \geq 1,64$ iar $0,021 \leq 0,05$. În acest caz ipoteza H_0 se respinge și se acceptă ipoteza H_1 . Altfel spus numărul de studenți care au obținut nota medie 8,0 și mai mult este mai mare în grupul experimental decât numărul de studenți în grupul de control, cu probabilitatea 97,9%

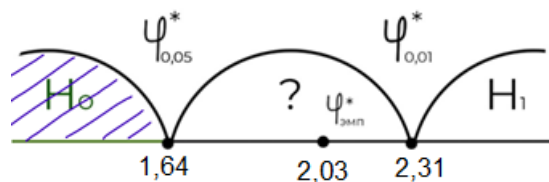


Figura 3. Domeniul de acceptare a criteriului φ^*_{emp}

Tabelul 5. Rezultatele testării finale la disciplina „Teoriei Grafurilor”

pentru anul de învățământ 2018-2019

Anul	Eșantion	Este efect $m \geq 8,0$		Nu este efect $m < 8,0$		Numărul studenților
		Nr	%	Nr	%	
2018-2019	SGE	15	60,0%	10	40,0%	25
	SGC	5	31,3%	11	68,7%	16
Total		20		21		31

Calculăm:

$$\varphi_1 = \varphi_{60,0\%} = 2 * \arcsin \sqrt{0,6} = 1,772;$$

$$\varphi_2 = \varphi_{31,3\%} = 2 * \arcsin \sqrt{0,313} = 1,187;$$

$$\varphi_{emp}^* = (1,772 - 1,187) * \sqrt{\frac{25 * 16}{25 + 16}} = 0,585 * \sqrt{\frac{400}{31}} = 0,585 * \sqrt{12,90}$$

$$\approx 0,585 * 3,60 = 2,10$$

Pentru $\varphi_{emp}^* = 2,10$ avem $\rho = 0,017$ (1,7%) și $2,10 \geq 1,64$ iar $0,017 \leq 0,05$. Atunci ipoteza H_0 se respinge și se acceptă ipoteza H_1 . Adică numărul de studenți care au obținut nota medie 8,0 și mai mult este mai mare în grupul experimental comparativ cu numărul de studenți din grupul de control, cu probabilitatea 98,3%.

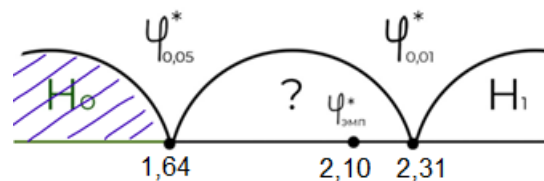


Figura 4. Domeniul de acceptare a criteriului φ^*_{emp}

**Tabelul 6. Rezultatele testării finale la disciplina „Teoriei Grafurilor”
pentru anul de învățământ 2019-2020**

Anul	Eșantion	Este efect $m \geq 8,0$		Nu este efect $m < 8,0$		Numărul studenților
		Nr	%	Nr	%	
2019-2020	SGE	10	66,7%	5	33,3%	15
	SGC	7	29,2%	17	70,8%	24
Total		17		22		39

Calculăm:

$$\varphi_1 = \varphi_{66,7\%} = 2 * \arcsin \sqrt{0,667} = 1,911;$$

$$\varphi_2 = \varphi_{29,2\%} = 2 * \arcsin \sqrt{0,292} = 1,142;$$

$$\varphi_{emp}^* = (1,911 - 1,142) * \sqrt{\frac{15 * 24}{15 + 24}} = 0,769 * \sqrt{\frac{360}{39}} = 0,769 * \sqrt{9,23}$$

$$\approx 0,769 * 3,04 = 2,34$$

Pentru $\varphi_{emp}^* = 2,34$ avem $\rho = 0,009$ (0,9%) și $2,34 \geq 2,31$ iar $0,009 \leq 0,05$. Atunci ipoteza H_0 se respinge și se acceptă ipoteza H_1 . Rezultă că numărul de studenți care au obținut nota medie 8,0 și mai mult este mai mare în grupul experimental comparativ cu numărul de studenți din grupul de control, cu probabilitatea 99,1%.



Figura 5. Domeniul de acceptare a criteriului φ_{emp}^*

4. Evaluarea importanței rezultatelor experimentului pedagogic conform testului (U)Mann-Whitney

Testul (U) Mann-Whitney este un test statistic folosit pentru a evalua diferențele dintre două eșantioane independente în ceea ce privește nivelul oricărei trăsături, măsurat cantitativ. Testul permite detectarea diferențelor de valoare a unui parametru între eșantioane mici. Această metodă de detectare a diferențelor dintre probe a fost propusă în 1945 de Frank Wilcoxon (*F. Wilcoxon*). În 1947 a fost revizuit și extins substanțial de H. B. Mann (*H. B. Mann*) și D. R. Whitney (*D. R. Whitney*), sub al cărui nume este de obicei numit astăzi.

Să verificăm rezultatele experimentului pedagogic folosind testul neparametric (U) Mann-Whitney.

Condițiile pentru a aplica testul respectiv țin de următoarele:

1. Fiecare dintre eșantioane trebuie să conțină cel puțin 3 valori caracteristice. Este permis ca într-o probă să fie două valori, dar în a doua să fie cel puțin cinci.
2. Nu ar trebui să existe valori de potrivire în datele eșantionului (toate numerele sunt diferite) sau ar trebui să existe foarte puține astfel de potriviri.
3. Distribuția normală a observațiilor nu este obligatorie să se îndeplinească.

Formulăm ipotezele:

- H_0 : rezultatele învățării în SGE și SGC nu diferă statistic unele de altele.
- H_1 : rezultatele învățării în SGE și SGC sunt statistic diferite.

Valorile empirice ale testului (U) Mann-Whitney au fost calculate folosind relația:

$$U_i = n_1 * n_2 + \frac{n_i(n_i+1)}{2} - R_i \quad (3)$$

unde R_i este suma rangurilor pentru eșantionul i ; n_1 și n_2 sunt numărul de observații din grupele SGE și SGC.

Valorile critice ale testului (U) Mann-Whitney $U_p(n_1, n_2)$ sunt determinate conform tabelelor [7, p. 316] pentru n_1 și n_2 și nivelurile de semnificație $p=0,01$ și $p=0,05$ sunt descrise în Tabelul 2.

Valorile critice ale criteriului (U) Mann-Whitney pentru nivelurile de semnificație $\rho \leq 0,05$ și $\rho \leq 0,01$. Diferențele dintre două observații pot fi considerate semnificative ($\rho < 0,05$), dacă $U_{emp} \leq U_{0,05}$, și cu atât mai credibile ($\rho < 0,01$), dacă $U_{emp} \leq U_{0,01}$. [7, p.316]

Testul (U) Mann-Whitney, spre deosebire de majoritatea celorlalte criterii, presupune că diferențele statistice sunt semnificative dacă valoarea empirică (U_{emp}) este mai mică decât valoarea critică (U_{crit}), adică, ipoteză nulă H_0 despre nesemnificația statistică a diferențelor dintre valorile medii din două eșantioane este acceptată la nivelul de semnificație p dacă $U_{emp} > U_{crit}$. Și, invers, ipoteza alternativă H_1 despre semnificația statistică a diferențelor dintre valorile medii din două eșantioane este acceptată la nivelul de semnificație p dacă $U_{emp} < U_{crit}$ [6].

Datele au fost colectate și prelucrate statistic în aplicația SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) [3, 4]. Rezultatele calculării testului (U) Mann Whitney pentru patru serii ale experimentului de formare sunt prezentate în Tabelul 7.

Tabelul 7. Criteriul Mann-Whitney pentru eșantioanele experimentului

Anul	Eșantion	Numărul studenților	U_{emp}	$U_{0,05}$	$U_{0,01}$	Semnificația p	Ipoteza acceptată
2016-2017	SGE	$n_1=29$	260,5	278	238	0,049	H_1
	SGC	$n_2=26$					
2017-2018	SGE	$n_1=27$	179,5	182	151	0,084	H_1
	SGC	$n_2=19$					
2018-2019	SGE	$n_1=25$	126,5	137	112	0,049	H_1
	SGC	$n_2=16$					
2019-2020	SGE	$n_1=15$	79,0	122	98	0,003	H_1
	SGC	$n_2=24$					
Total		181					

Analizând datele din tabelul 7, observăm că în fiecare serie a experimentului formativ ipoteza H_1 este confirmată. Acest lucru este evidențiat de relația $U_{emp} < U_{crit}$ obținut în fiecare serie.

Conform rezultatelor testelor finale al anului de studii universitar 2016-2017, se stabilește că $U_{emp} = 260,5 \leq 278 = U_{0,05} (29; 26)$, adică ipoteza H_0 este respinsă și este acceptată ipoteza alternativă H_1 cu nivelul de semnificație $p = 0,049$, indică existența unor diferențe semnificative din punct de vedere statistic între scorul mediu din SGE și SGC.

Pe baza rezultatelor testelor finale al anului de studii universitar 2017-2018, se stabilește că $U_{emp} = 179,5 \leq 182 = U_{0,05} (27; 19)$, adică ipoteza H_0 este respinsă și este acceptată ipoteza alternativă H_1 cu nivelul de semnificație $p = 0,084$, indică existența unor diferențe semnificative din punct de vedere statistic între scorul mediu din SGE și SGC.

Pe baza rezultatelor testelor finale al anului de studii universitar 2018-2019, se stabilește că $U_{emp} = 126,5 \leq 137 = U_{0,05} (25; 16)$, adică ipoteza H_0 este respinsă și este

acceptată ipoteza alternativă H_1 cu nivelul de semnificație $\rho = 0,049$, indică existența unor diferențe semnificative din punct de vedere statistic între scorul mediu din SGE și SGC.

Pe baza rezultatelor testelor finale al anului de studii universitar 2019-2020, se stabilește că $U_{emp} = 79,0 \leq 98 = U_{0,01}(15; 24)$, adică ipoteza H_0 este respinsă și este acceptată ipoteza alternativă H_1 cu nivelul de semnificație $\rho = 0,003$, indică existența unor diferențe semnificative din punct de vedere statistic între scorul mediu din SGE și SGC.

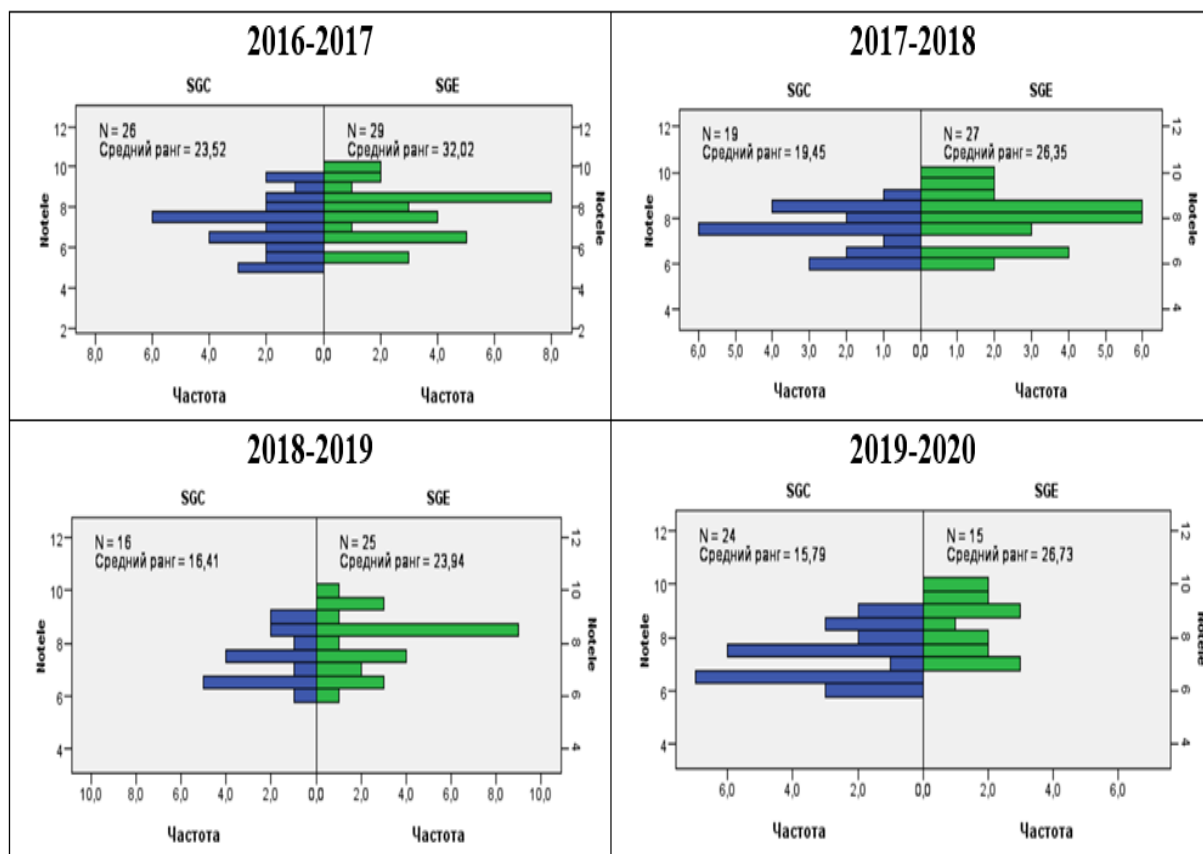


Figura 2. Valorile testelor (U)Mann-Whitney în patru serii

Se poate concluziona că nivelul de formare (scorul mediu) din SGE este statistic semnificativ mai mare decât nivelul de formare în SGC la nivelul de semnificație $p = 0,05$ în fiecare serie a experimentului formativ (Figura 2).

5. Concluzii

Experimentul pedagogic, realizat a permis sintetizarea următoarelor concluzii în baza analizei statistice efectuate:

- s-a demonstrat eficiența modelului pedagogic, axat pe valorificarea tehnologiilor interactive în procesul de studiu al cursului universitar „Teoria Grafurilor” și a metodologiei de implementare prin înregistrarea de rezultate mult mai eficiente în eșantioanele experimentale comparativ cu eșantioanele de control;

- s-a demonstrat că implementarea modelului pedagogic elaborat este centrat pe integrarea tehnologiilor informaționale interactive în procesul de studiu la cursul respectiv care a contribuit la înregistrarea unei tendințe de creștere a performanțelor academice pentru studenții din eșantioanele experimentale în comparație cu eșantioanele de control;
- s-a identificat dependența directă dintre metodele didactice interactive cu integrarea în procesul de studii a tehnologiilor informaționale interactive și creșterea gradului de pregătire al studenților la cursul universitar „Teoria grafurilor”.

Articol realizat în cadrul proiectului de cercetări științifice „Metodologia implementării TIC în procesul de studiere a științelor reale în sistemul de educație din Republica Moldova din perspectiva inter/transdisciplinarității (concept STEAM)”, inclus în „Program de stat” (2020-2023), Prioritatea IV: Provocări societale, cifrul 20.80009.0807.20, cu suportul financiar oferit de Agenția Națională pentru Dezvoltare și Cercetare

Bibliografie

1. ANIȚEI, M. *Psihologie experimentală*. Iași: Editura Polirom, 2007. 400 p.
2. DUMITRIU, C. *Introducere în cercetarea psihopedagogică*. București: Editura didactică și pedagogică, R.A., 2004. 230 p.
3. LABĂR, A.V. *SPSS pentru științele educației*. Iași: Polirom, 2008. 347 p.
4. PAVEL, M. Utilizarea aplicației SPSS la prelucrarea datelor experimentale obținute în cercetarea pedagogică privind impactul TIC asupra formării inițiale a învățătorilor. În: *Mathematics & Information Technologies: Research and Education*, iulie 2-5, 2015. ISBN 978-9975-71-678-9. Chișinău, 2015. p. 117.
5. URBACH, V. Y. *Analiza statistică în cercetarea biologică și medicală*. M.: Meditsina, 1975. 297 p.
6. БОГДАНОВА, В. А. Методология обработки педагогической информации с помощью критериев χ^2 -углового преобразования Фишера и Манна-Уитни. În: *Univers Pedagogic*, 2021. nr.3 (71), p. 56-63.
7. СИДОРЕНКО, Е.В. Методы математической обработки в психологии. С.-Пб.: ООО «Речь», 2000. 350 с.