

**СТАТИСТИЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ПЕДАГОГІЧНОГО  
ЕКСПЕРИМЕНТУ ЩОДО СФОРМОВАНОСТІ КОМПОНЕНТІВ  
ПРОФЕСІЙНОЇ МОБІЛЬНОСТІ**

В математичній статистиці розроблено велике число критеріїв, які призначені для перевірки статистичних гіпотез. При оцінюванні результатів експерименту у педагогічних дослідженнях в основному використовують критерії згоди (наприклад Пірсона), які дають відповідь лише на наявність розбіжностей результатів параметрів, що досліджуються, але суттєвості відмінностей не визначають. Тому для впевненості отриманих даних нами використано теорія перевірки гіпотез відносно числових характеристик (статистичної середньої та дисперсії), які вказують на суттєвості відмінностей між досліджуваними параметрами.

Згідно з запропонованою методикою, а саме запропонованим алгоритмом [1] висунемо і перевіримо гіпотезу  $H_0$ : запропонована система суттєво впливає на сформованість базового рівня професійної мобільності майбутніх інженерів. Задамо надійною ймовірністю  $P=1-\alpha=0,95$ .

Проведемо для прикладу статистичну обробку даних одного із компонентів професійної мобільності, наприклад когнітивного. За результатами випробувань отримана вибірка і обчислені точкові оцінки (табл. 1): математичного сподівання та середньої

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n x_i p_i \quad (1)$$

і дисперсії – вибіркова дисперсія  $S^2 = \frac{N}{N-1} (\overline{X^2} - (\bar{X})^2)$ , (2)

$$\text{де } \overline{X^2} = \sum_{i=1}^n x_i^2 p_i \quad (3)$$

Таблиця 1

Вибірка та точкові оцінки для рівнів сформованості когнітивного  
компоненту

Експериментальна група ЕГ (277)				
інтервали	(0; 389)	(3,9; 4,49)	(4,5; 5,39)	(5,4; 6)
$x_i$	1,945	4,195	4,945	5,7
$p_i$	0,08	0,36	0,39	0,17
$\overline{X}_1$	0,1556	1,5102	1,928	0,969
$S_1^2$	0,279	4,093	5,843	4,59
Контрольна група ЕГ (276)				
$x_i$	1,945	4,195	4,945	5,7
$p_i$	0,18	0,5	0,24	0,08
$\overline{X}_2$	0,3501	2,0975	1,1868	0,456
$S_2^2$	0,5603	4,41	4,47	2,39

Перевіримо гіпотезу про рівність математичних сподівань  $m_1 = m_2$  випадкових величин  $X_1$  та  $X_2$  проти альтернативи  $m_1 \neq m_2$ . Для цього розглянемо випадкову величину  $Y = X_1 - X_2$ . Вона дорівнює різниці двох незалежних випадкових величин, які мають нормальний розподіл, математичні сподівання  $m_1, m_2$  і дисперсії  $\sigma_1^2, \sigma_2^2$ . За теоремою додавання числових характеристик незалежних випадкових величин маємо  $m_y = m_{X_1} - m_{X_2}$ ;  $\sigma_y^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2$ . Оцінкою математичного сподівання випадкової величини  $Y$  є середня

$$\overline{Y} = \overline{X}_1 - \overline{X}_2 = \sum_{i=1}^{n_1} X_{i1} p_{i1} - \sum_{i=1}^{n_2} X_{i2} p_{i2}, \quad (4)$$

а оцінкою дисперсії цієї статистики є вибіркова дисперсія

$$S_y^2 = \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) \frac{1}{n_1 + n_2 - 2} \left( (n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2 \right) \quad (5)$$

Гіпотеза  $H_0: m_y = 0$ . Альтернативна гіпотеза  $H_1: m_y \neq 0$ . Рівень значущості  $\alpha$ . Критерій (критична статистика):

$$t = \frac{|\bar{Y} - 0|}{S_y} = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{S_y}, \quad (6)$$

де  $\bar{X}_1, \bar{X}_2, S_1^2, S_2^2$  визначаються за формулами (2), (4), а  $S_y$  – за (5).

Перевіримо гіпотезу про рівність математичних сподівань для низького рівня сформованості когнітивного компоненту професійної мобільності.

$$\bar{Y} = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 = 0,1556 - 0,3501 = -0,1941.$$

$$S_y^2 = \left(\frac{1}{276} + \frac{1}{277}\right) \frac{1}{276 + 277 - 2} ((277 - 1)0,279 + (276 - 1)0,5603) \approx 0,003.$$

$$\text{Обчислюємо критерій Стьюдента: } t = \frac{|-0,1941|}{\sqrt{0,003}} \approx 3,54.$$

Для заданого рівня значущості  $\alpha = 0,05$  і числа ступенів вільності  $\nu = n_1 + n_2 - 2 = 277 + 276 - 2 = 551$  за таблицею квантилів розподілу Стьюдента знаходимо  $t_{0,025;551} = t_{кр} = 1,96$ . Оскільки  $t = 3,54 > 1,96$ , то гіпотезу  $H_0$  слід відхилити і прийняти їй альтернативну  $H_1: m_1 \neq m_2$ . Це означає, що різниця в середніх на користь вдосконаленої системи є статистично значущою.

Перевіримо гіпотезу відносно дисперсій двох вибірок [2]. Дисперсія характеризує стабільність будь-якого процесу, зокрема навчального. Тому перевірка гіпотези про значущість зміни дисперсії - важлива задача, яка формулюється таким чином: є дві нормально розподілені випадкові величини  $X_j \in N(m_j, \sigma_j), j=1,2$ , для яких відомі вибіркові дисперсії  $S_1^2 \neq S_2^2$  і об'єми вибірок  $n_1, n_2$ . Потрібно прийняти рішення про значущість відмінностей між дисперсіями  $\sigma_1^2$  і  $\sigma_2^2$ . Це рішення може бути прийнятим за результатами перевірки нульової гіпотези  $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$  проти альтернативи  $H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ . Гіпотеза  $H_0$  перевіряється за схемою: 1) гіпотеза  $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ ; 2) альтернативна гіпотеза  $H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ ; 3) рівень значущості  $\alpha$ ; 4) критерій (критична

статистика):  $F = \frac{S_A^2}{S_B^2}$ , де  $S_A^2$ ,  $S_B^2$  - відповідно, більша та менша з порівнюваних дисперсій  $S_j^2$ .

Ця статистика має  $F$ -розподіл Фішера. Перевіримо гіпотезу відносно дисперсій двох вибірок для низького рівня сформованості когнітивного компоненту базового рівня професійної мобільності.

Обчислимо спостережувальне значення  $F$  – критерію:

$$F = \frac{S_A^2}{S_B^2} = \frac{0,5603}{0,279} \approx 2,008.$$

В даному випадку критична область є одностороння, тому критичний квантиль знаходимо для рівня значущості  $\alpha = 0,05$  і числа ступенів вільності

$\nu_1 = n_1 - 1 = 277 - 1 = 276$ ,  $\nu_2 = n_2 - 1 = 276 - 1 = 275$  з таблиці квантилів розподілу Фішера  $F_{(276,275,0,05)} = 1$ . Оскільки  $F = 2,008 > 1$ , то є підстави

відхилити нульову гіпотезу і прийняти альтернативну  $H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ .

Розбіжність між дисперсіями  $S_A^2 - S_B^2 = 0,5603 - 0,279 = 0,2813$  є статистично значущою й дає підстави прийняти рішення про те, що запропонована система суттєво впливає на сформованість когнітивного компоненту базового рівня професійної мобільності майбутніх інженерів.

Аналогічно проводимо статистичну перевірку щодо сформованості решти компонентів базового рівня професійної мобільності та рівнів професійної мобільності. Для статистичного аналізу показників рівнів сформованості базового рівню професійної мобільності нами складена табл. 2 значень числових характеристик і значущість їх відмінності у студентів при вивченні фізико-математичних дисциплін, зокрема вищої математики. Перевіряємо гіпотезу про рівність середніх та дисперсій у двох порівнювальних вибірках і визначаємо значущість відмінностей. Незначну відмінність позначимо – 0, значну – 1.

Таблиця 2

Результати порівняння сформованості компонентів базового рівня професійної мобільності студентів молодших курсів

Рівні	Група ЕГ		Група КГ		$ \overline{X_1} - \overline{X_2} $	$S_y^2$	$\overline{X_1}$	$\frac{S_A^2}{S_B^2}$	$S_1^2$
	$\overline{X_1}$	$S_1^2$	$\overline{X_2}$	$S_2^2$					
	Когнітивного компоненту								
високий	0,969	4,59	0,456	2,39	0,513	0,0252	1	1,9205	1
достатній	1,928	5,843	1,186	4,47	0,7412	0,0372	1	1,307	1
задовільний	1,510	4,093	2,098	4,41	0,5873	0,03068	1	1,077	1
низький	0,156	0,279	0,350	0,560	0,1941	0,003	1	2,008	1
	Професійно-мотиваційного компоненту								
високий	1,157	5,275	0,325	1,746	0,8321	0,02516	1	3,021	1
достатній	2,304	6,108	1,053	4,114	1,251	0,0366	1	1,484	1
задовільний	1,229	3,658	2,298	4,378	1,069	0,02877	1	1,196	1
низький	0,074	0,139	0,354	0,565	0,2801	0,00252	1	4,064	1
	Діяльнісного компоненту								
високий	1,442	6,162	0,387	2,067	1,055	0,0294	1	2,981	1
достатній	2,64	6,110	1,216	4,553	1,424	0,0381	1	1,342	1
задовільний	0,696	2,445	2,156	4,413	1,46	0,24549	1	1,804	1
низький	0,091	0,17	0,335	0,541	0,244	0,00254	1	3,18	1
	Гностичного компоненту								
високий	0,963	4,580	0,205	1,172	0,7578	0,02062	1	3,907	1
достатній	1,909	5,816	0,929	3,747	0,9797	0,03426	1	1,552	1
задовільний	1,397	3,922	1,9	4,376	0,503	0,02971	1	1,115	1
низький	0,217	0,378	0,628	0,596	0,4102	0,00348	1	1,576	1
	Рівні професійної мобільності								
високий	0,476	0,911	0,143	0,322	0,333	0,0044	1	2,826	1
достатній	0,924	1,068	0,462	0,747	0,462	0,0065	1	1,429	1
задовільний	0,505	0,632	0,885	0,769	0,38	0,0050	1	1,218	1
низький	0,056	0,042	0,173	0,110	0,117	0,00055	1	2,63	1

Таким чином, результати статистичного аналізу порівняння середніх і дисперсій підтвердили нашу гіпотезу  $H_0$ : запропонована система формування базового рівня професійної мобільності майбутніх інженерів у технічному ВНЗ значно підвищує якість знань, умінь і навичок з вивчених тем, рівень професійної мотивації студентів, формує здатність швидко переключатися з одного виду діяльності на інший.

### Література:

1. Петрук В. А. Ймовірно-статистичні моделі та статистична оцінка рішень / В. А. Петрук, Г. Г. Кашканова // Навч. посіб. – Вінниця: ВДТУ, 2000. – 147 с.