

ЙМОВІРНОСНО-СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ З ФОРМУВАННЯ
КОМПОНЕНТІВ БАЗОВОГО РІВНЯ ПРОФЕСІЙНОЇ МОБІЛЬНОСТІ

В статті проаналізовано результати експериментального дослідження формування складових професійної мобільності майбутніх інженерів. Наведено використання статистичного оцінювання результатів педагогічного експерименту – порівняння числових характеристик (статистичної середньої і дисперсії – квадрат відхилення від середнього значення) двох вибірок, що дало можливість на основі одержання значущості відмінностей між досліджуваними параметрами прийняти рішення щодо ефективності запропонованих методик навчання.

Ключові слова: професійна мобільність, статистична середня, дисперсія, статистичний аналіз.

Постановка проблеми. Ефективність запропонованої моделі формування професійної мобільності майбутніх фахівців технічних спеціальностей експериментально перевірена різними методами. Кількісною оцінкою рівнів знань, умінь та навичок обробки результатів анкетування в нас слугував відомий коефіцієнт успішності. Для наочності і зручності числових показників були побудовані гістограми і діаграми. Проте відсотковий аналіз, який ми отримали, застосовуючи традиційні методи статистичного аналізу результатів педагогічного експерименту, не завжди може відповісти на питання ефективності запропонованих методик.

Аналізуючи психолого-педагогічну літературу, ми встановили, що основні математично-статистичні поняття і формули в економічному аналізі досліджував Венецький І.Г.; використанням теорії ймовірностей та математичної статистики в педагогіці та психології присвячені роботи Воловика П. І., Гласса Дж., Рудницької О. П.; непараметричні методи статистичної обробки в педагогічних дослідженнях знаходять висвітлення в працях Грабар М. І. та Краснянської К. А.; Петрук В. А., Кашканова Г. Г.

займаються ймовірно-статистичними моделями та статистичною оцінкою рішень.

Мета даної статті – проаналізувати використання статистичного оцінювання результатів педагогічного експерименту – порівняння числових характеристик (статистичної середньої і дисперсії) двох вибірок.

Виклад основного матеріалу. В математичній статистиці розроблено велике число критеріїв, які призначені для перевірки статистичних гіпотез [1; 2; 3; 4]. О. Рудницька вважає, що статистична характеристика проведеного педагогічного дослідження обов'язкова, оскільки крім неї немає інших засобів підтвердження вірогідності отриманих результатів. Розрахунок кількісних характеристик дослідних результатів важливий не тільки для виміру їхніх абсолютних або відносних значень, але й для порівняння об'єктів, ефективності процесів, прогнозування найбільш ймовірного перебігу розвитку явищ, які вивчаються [4, с. 261]. 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 суттєвість відмінностей не визначають. Тому для впевненості отриманих даних нами використано теорія перевірки гіпотез відносно числових характеристик (статистичної середньої та дисперсії), які вказують на суттєвість відмінностей між досліджуваними параметрами.

Згідно з запропонованою методикою, а саме запропонованим алгоритмом [3] висунемо і перевіримо гіпотезу H_0 : запропонована система суттєво впливає на сформованість базового рівня професійної мобільності майбутніх інженерів. Задамоь надійною ймовірністю $P=1-\alpha=0,95$.

Проаналізуємо отримані статистичні дані показників рівнів усіх виділених нами раніше компонент базового рівня професійної мобільності майбутніх фахівців технічного профілю у процесі вивчення фундаментальних дисциплін.

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

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

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

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

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
\bar{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
\bar{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 σ_1^2, σ_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

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

а оцінкою дисперсії цієї статистики є вибіркова дисперсія

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

Отже, задача порівняння середніх двох вибірок може бути сформульована таким чином. Характеристика вихідних даних:

$$Y \in N(0, \sigma_y), \quad Y = X_1 - X_2; \quad X_1(n) = (X_{11}, \dots, X_{1n1})^T; \quad X_2(n) = (X_{21}, \dots, X_{2n2})^T,$$

відомі оцінки $\bar{X}_1, S_1^2, \bar{X}_2, S_2^2, \bar{Y} = \bar{X}_1 - \bar{X}_2; S_y^2 = \left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} \right) \frac{n_1 + n_2}{n_1 + n_2 - 2}$.

Гіпотеза $H_0: m_y = 0$. Альтернативна гіпотеза $H_1: m_y \neq 0$. Рівень значущості α . 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 (1), (3), а S_y – за (5).

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

а) низький рівень:

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

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

Обчислюємо критерій Стюдента:

$$t = \frac{|-0,1941|}{\sqrt{0,003}} \approx 3,54.$$

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 Стюдента знаходимо $t_{0,025;551} = t_{kp} = 1,96$. 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.

б) задовільний рівень:

$$\bar{Y} = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 = 0,5102 - 2,0975 = -0,5873.$$

$$S_y^2 = \left(\frac{1}{276} + \frac{1}{277}\right) \frac{1}{276 + 277 - 2} ((277 - 1)4,093 + (276 - 1)4,41) \approx 0,03068.$$

Обчислюємо критерій Стьюдента:

$$t = \frac{|-0,5873|}{\sqrt{0,03068}} \approx 3,35.$$

Оскільки $t = 3,35 > 1,96$, то гіпотезу H_0 слід відхилити і прийняти її альтернативну $H_1: m_1 \neq m_2$. Це означає, що різниця в середніх на користь вдосконаленої системи є статистично значущою.

в) достатній рівень:

$$\bar{Y} = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 = 1,928 - 1,1868 = 0,7412.$$

$$S_y^2 = \left(\frac{1}{276} + \frac{1}{277}\right) \frac{1}{276 + 277 - 2} ((277 - 1)5,843 + (276 - 1)4,47) \approx 0,0372.$$

Обчислюємо критерій Стьюдента:

$$t = \frac{|0,7412|}{\sqrt{0,0372}} \approx 3,84.$$

Оскільки $t = 3,84 > 1,96$, то гіпотезу H_0 слід відхилити і прийняти її альтернативну $H_1: m_1 \neq m_2$. Це означає, що різниця в середніх на користь вдосконаленої системи є статистично значущою.

г) високий рівень:

$$\bar{Y} = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 = 0,969 - 0,456 = 0,513.$$

$$S_y^2 = \left(\frac{1}{276} + \frac{1}{277}\right) \frac{1}{276 + 277 - 2} ((277 - 1)4,59 + (276 - 1)2,39) \approx 0,0252.$$

Обчислюємо критерій Стьюдента:

$$t = \frac{|0,513|}{\sqrt{0,0252}} \approx 3,232.$$

Оскільки $t = 3,232 > 1,96$, то гіпотезу H_0 слід відхилити і прийняти її 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 [3].

Дисперсія характеризує стабільність будь-якого процесу, зокрема навчального. Будь-які управлінські рішення спрямовані на зменшення дисперсії. 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 σ_1^2 і σ_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. Характеристика вихідних даних: $X_j \in N(m_j, \sigma_j), j=1,2$, відомі вибіркові дисперсії σ_j^2 , об'єми вибірок n_j .

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 α .
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 когнітивного компоненту базового рівня професійної мобільності.

а) низький рівень:

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 [3] $F_{(276,275,0,05)} = 1$. 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.

б) задовільний рівень:

Обчислимо спостережувальне значення F – критерію

$$F = \frac{S_A^2}{S_B^2} = \frac{4,41}{4,093} \approx 1,077.$$

Оскільки $F = 1,077 > 1$, то є підстави відхилити нульову гіпотезу і прийняти альтернативну $H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$. Розбіжність між дисперсіями $S_A^2 - S_B^2 = 4,41 - 4,093 = 0,317$ є статистично значущою.

в) достатній рівень:

Обчислимо спостережувальне значення F – критерію

$$F = \frac{S_A^2}{S_B^2} = \frac{5,843}{4,47} \approx 1,307.$$

Оскільки $F = 1,307 > 1$, то є підстави відхилити нульову гіпотезу і прийняти альтернативну $H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$. Розбіжність між дисперсіями $S_A^2 - S_B^2 = 5,843 - 4,47 = 1,373$ є статистично значущою.

г) високий рівень:

Обчислимо спостережувальне значення F – критерію

$$F = \frac{S_A^2}{S_B^2} = \frac{4,59}{2,39} \approx 1,9205.$$

Оскільки $F = 1,9205 > 1$, то є підстави відхилити нульову гіпотезу і прийняти альтернативну $H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$. Розбіжність між дисперсіями $S_A^2 - S_B^2 = 4,59 - 2,39 = 2,2$ є статистично значущою.

Отже, статистична оцінка результатів педагогічного експерименту підтверджує, 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									
IV (високий)	0,969	4,59	0,456	2,39	0,513	0,0252	1	1,920 5	1
III (достатній)	1,928	5,843	1,186	4,47	0,7412	0,0372	1	1,307	1
II (задовільний)	1,510	4,093	2,098	4,41	0,5873	0,03068	1	1,077	1
I (низький)	0,156	0,279	0,350	0,560	0,1941	0,003	1	2,008	1
Професійно-мотиваційного компоненту									
IV (високий)	1,157	5,275	0,325	1,746	0,8321	0,02516	1	3,021	1
III (достатній)	2,304	6,108	1,053	4,114	1,251	0,0366	1	1,484	1
II (задовільний)	1,229	3,658	2,298	4,378	1,069	0,02877	1	1,196	1
I (низький)	0,074	0,139	0,354	0,565	0,2801	0,00252	1	4,064	1
Діяльнісного компоненту									
IV (високий)	1,442	6,162	0,387	2,067	1,055	0,0294	1	2,981	1
III (достатній)	2,64	6,110	1,216	4,553	1,424	0,0381	1	1,342	1
II (задовільний)	0,696	2,445	2,156	4,413	1,46	0,24549	1	1,804	1
I (низький)	0,091	0,17	0,335	0,541	0,244	0,00254	1	3,18	1
Гностичного компоненту									
IV (високий)	0,963	4,580	0,205	1,172	0,7578	0,02062	1	3,907	1
III (достатній)	1,909	5,816	0,929	3,747	0,9797	0,03426	1	1,552	1

II (задовільний)	1,397	3,922	1,9	4,376	0,503	0,02971	1	1,115	1
I (низький)	0,217	0,378	0,628	0,596	0,4102	0,00348	1	1,576	1
Рівні професійної мобільності									
IV (високий)	0,476	0,911	0,143	0,322	0,333	0,0044	1	2,826	1
III (достатній)	0,924	1,068	0,462	0,747	0,462	0,0065	1	1,429	1
II (задовільний)	0,505	0,632	0,885	0,769	0,38	0,0050	1	1,218	1
I (низький)	0,056	0,042	0,173	0,110	0,117	0,00055	1	2,63	1

Аналізуючи отримані результати бачимо, що за всіма параметрами відмінність є суттєва. Відмінність між значеннями в експериментальній групі формуючого (ЕГ) і контрольній групі (КГ) експерименту свідчать про те, запропонована система суттєво впливає на сформованість базового рівня професійної мобільності майбутніх інженерів. А отже, рішення використати модель формування професійної мобільності в процесі вивчення фундаментальних дисциплін було правильним.

Висновки. 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 професійну спрямованість, здатність швидко переключатися з одного виду діяльності на інший, професійно значущі якості майбутнього випускника вищого технічного закладу, тобто, формує базові складові професійної мобільності майбутніх фахівців інженерних спеціальностей.

Список використаних джерел

1. Венецкий И. Г. Основные математическо-статистические понятия и формулы в экономическом анализе / И. Г. Венецкий, В. И. Венецкая. – М. : Статистика. – 1974. – 277 с.
2. Гласс Дж. Статистические методы в педагогике и психологии / Дж. Гласс, Дж. Стенли. – М. : Прогресс, 1976. – 490 с.

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

4. Рудницька О. П. Основи педагогічних досліджень / О. П. Рудницька. – К. : Експрес, 1998 – 143 с.

В статье проанализированы результаты экспериментального исследования формирования составляющих профессиональной мобильности будущих инженеров. Приведено использование статистического оценивания результатов педагогического эксперимента – сравнение числовых характеристик (статистической средней и дисперсии – квадрата отклонения от среднего значения) двух выборок, что дало возможность на основе полученных значимых отличий между исследуемыми параметрами принять решение об эффективности предложенных методик обучения.

Ключевые слова: профессиональная мобильность, статистическая средняя, дисперсия, статистический анализ.

The article analyzes the results of the study formation of a professional mobility of future engineers. Given the use of a statistical evaluation of the results of the experiments namely – comparison of numerical characteristics (statistical mean and variance – the square of the deviation from the mean) of the two samples, which made it possible for the basis of the significant differences between the studied parameters to decide on the effectiveness of the proposed methods of training.

Key words: professional mobility, the statistical average, variance, statistical analysis.