



DOI 10.31110/2413-1571-2022-033-1-006

УДК 378.147

НОВІ ПІДХОДИ ДО СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ РЕЗУЛЬТАТІВ ПЕДАГОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Віра ПЕТРУК ✉

Вінницький національний технічний університет,
 Вінниця, Україна
 petruk-va@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0001-7588-6721>

Олена СЕМЕНІХІНА

Сумський державний педагогічний університет
 імені А.С.Макаренка, Суми, Україна
 e.semenikhina@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0002-3896-8151>

Юлія САБАДОШ

Вінницький національний технічний університет,
 Вінниця, Україна
 avataric87@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2850-1224>

NEW APPROACHES TO THE STATISTICAL ANALYSIS OF THE RESULTS OF PEDAGOGICAL EXPERIMENT

Vira PETRUK ✉

Vinnitsia National Technical University,
 Vinnitsia, Ukraine
 petruk-va@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0001-7588-6721>

Olena SEMENIKHINA

Makarenko Sumy State Pedagogical University,
 Sumy, Ukraine
 e.semenikhina@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0002-3896-8151>

Yuliia SABADOSH

Vinnitsia National Technical University,
 Vinnitsia, Ukraine
 avataric87@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2850-1224>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Наукові праці, пов'язані із статистичним аналізом даних, часто перенасичені математичними формулами для обґрунтування запропонованого підходу, а тому важко сприймаються або й взагалі відкидаються науковцями-педагогами. Тому актуальними стають такі підходи до статистичної перевірки результатів, які, з одного боку, базуються на коректному математичному апараті, а з іншого, спрощують сприйняття громіздких емпіричних даних і на науковій основі уможливають якісні висновки за ними.

Матеріали і методи. Для досягнення результату використано: теоретичний аналіз наукових джерел з метою визначення теоретичних основ статистичного аналізу у педагогічних дослідженнях, порівняльний аналіз і зіставлення результатів науково-педагогічних досліджень з метою з'ясування найбільш затребуваних методів статистичного аналізу; контент-аналіз ресурсів Інтернет з метою визначення ресурсів для автоматизації статистичних розрахунків; емпіричні методи (педагогічний експеримент) для демонстрації процесу опрацювання емпіричних даних за розробленою методикою.

Результати. Авторський підхід до статистичного аналізу результатів педагогічного експерименту базується на двох позиціях: 1) інтегральне врахування змін у середніх та дисперсіях обох вибірок: ідея полягає в одночасному аналізі вибірок за критерієм Ст'юдента і за критерієм Фішера, щоб, зіставляючи середні і дисперсії, зробити відповідний висновок про ефективність авторської моделі чи підходу; 2) відслідковування проміжних результатів педагогічного експерименту для вчасного корегування розробленої методики чи підходу: ідея в тому, що спочатку відслідковується пара «контрольна група і експериментальна група на уточнювальному етапі експерименту», за результатами вдосконалюється (або ні) методика, і на новій парі «контрольна група і експериментальна група на формувальному етапі експерименту» авторська методика підтверджується остаточно.

Висновки. Запропонований алгоритм статистичного аналізу результатів педагогічного експерименту не лише автоматизує розрахунки, а й має перевагу над іншими статистичними методами у тому, що досліднику залишається лише проаналізувати табличні пари середніх і дисперсій про суттєвість відмінностей та зробити відповідні висновки. Перспективним бачимо впровадження алгоритму в науково-педагогічну практику, а також написання

ABSTRACT

Formulation of the problem. Scientific work related to statistical analysis of data is often oversaturated with mathematical formulas to justify the proposed approach, and therefore difficult to accept or even reject by social and humanitarian scientists. Therefore, such approaches to statistical verification of results are becoming relevant, which, on the one hand, are based on the correct mathematical apparatus, and on the other hand, simplify the perception of cumbersome empirical data and on a scientific basis allow qualitative conclusions.

Materials And Methods. To achieve the result used: theoretical analysis of scientific sources to determine the theoretical foundations of statistical analysis in pedagogical research, comparative analysis, and comparison of results of scientific and pedagogical research to determine the most popular methods of statistical analysis; content analysis of Internet resources to determine resources for automation of statistical calculations; empirical methods (pedagogical experiment) to demonstrate the process of processing empirical data according to the developed methodology.

Results. The author's approach to statistical analysis of the results of pedagogical experiments is based on two positions: 1) integrated consideration of changes in the means and variances of both samples: the idea is to simultaneously analyze samples by Student's and Fisher's criteria conclusion on the effectiveness of the author's model or approach; 2) tracking the intermediate results of the pedagogical experiment for timely adjustment of the developed methodology or approach: the idea is that the pair "control group and experimental group at the refinement stage of the experiment" is monitored first, the method is improved (or not), and the new pair "control group and experimental group at the formative stage of the experiment" author's method is finally confirmed.

Conclusions. The proposed algorithm of statistical analysis of the results of the pedagogical experiment not only automates calculations but also has an advantage over other statistical methods in that the researcher can only analyze tabular pairs of averages and variances on the significance of differences and draw appropriate conclusions. We see the implementation of the algorithm in scientific and pedagogical practice as promising and the writing of a macro that automates the filling of the table based on the entered data of three samples.

Петрук В., Семеніхіна О., Садобаш Ю. Нові підходи до статистичного аналізу результатів педагогічного експерименту. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 33, № 1. С. 36-42. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-033-1-006

Для цитування:

Петрук, В., Семеніхіна, О., & Садобаш, Ю. (2022). Нові підходи до статистичного аналізу результатів педагогічного експерименту. *Фізико-математична освіта*, 33(1), 36-42. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-006>

Petruk, V., Semenikhina, O., & Sabadosh, Yu. (2022). New approaches to the statistical analysis of the results of pedagogical experiment. *Physical and Mathematical Education*, 33(1), 36-42. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-006>

For citation:

Petruk, V., Semenikhina, O., & Sabadosh, Yu. (2022). Novi pidkhody do statystychnoho analizu rezultativ pedahohichnoho eksperymentu [New approaches to the statistical analysis of the results of pedagogical experiment]. *Fyzyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 33(1), 36-42. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-033-1-006>

✉ Corresponding author

© V. Petruk, O. Semenikhina, Yu. Sadobash, 2022

макросу, який автоматизує заповнення таблиці за введеними даними трьох вибірок.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: педагогічний експеримент; статистичний аналіз результатів педагогічного експерименту; науково-педагогічні дослідження; порівняння середніх і дисперсій; статистичний аналіз; експериментальна модель; підготовка фахівця.

KEYWORDS: pedagogical experiment; statistical analysis of the results of pedagogical experiment; scientific and pedagogical research; comparison of means and variances; statistical analysis; experimental model; specialist training.

ВСТУП

Постановка проблеми. Багаторічний досвід досліджень педагогічної науки звертає увагу на монотонність застосування методів математичної статистики для аналізу результатів педагогічного експерименту. Також досить часто трапляються випадки лише відсоткової оцінки отриманих у педагогічному експерименті даних без супровідного статистичного аналізу, який би науково підтвердив або ж спростував значущість отриманих позитивних зрушень. Крім того, багато науковців педагогічної галузі не мають достатньої для проведення якісного статистичного аналізу математичної освіти, що стає перешкодою для глибокого аналізу експериментальних результатів, отриманих у процесі дослідження. Зазначене актуалізує праці, які обґрунтовують використання статистичних критеріїв для обробки та якісної оцінки даних для різного типу педагогічних експериментів. Водночас наукові праці такого напрямку, як правило, перенасичені математичними формулами для обґрунтування запропонованого підходу, а тому важко сприймаються або й взагалі відкидаються науковцями-педагогами. Тому актуальними стають такі підходи до статистичної перевірки результатів, які, з одного боку, базуються на коректному математичному апараті, а з іншого, спрощують сприйняття громіздких емпіричних даних і на науковій основі уможливають якісні висновки за ними.

Аналіз актуальних досліджень. Математична статистика налічує значну кількість критеріїв, призначених для перевірки різноманітних статистичних гіпотез. Як правило, гіпотези стосуються або закону розподілу даних у вибірці (нормальний, біноміальний та ін.) або ж числових характеристик вибірки (середні, дисперсія, кореляція тощо) посібник (Петрук & Кашканова, 2006), де описано використання критеріїв для нормального закону розподілу.

Також існує низка непараметричних методів для статистичної оцінки результатів (критерій Вілкоксона-Манна-Уїтні, Спірмена та ін.) (Грабарь & Краснянская, 1977).

Найбільш розробленою є теорія для перевірки гіпотез щодо числових характеристик нормального закону розподілу. Зокрема, для того, щоб визначити, чи є розподіл за певним показником у вибірці нормальним, використовують критерій χ^2 -квадрат (Пірсона) (Петрук, 2008). Перевірка середніх у двох вибірках здійснюється з використанням t -критерію (Ст'юдента) (Гончаренко, 2008).

Для порівняння χ^2 зіставлення розподілів у двох вибірках (як правило, контрольна та експериментальна група) використовують критерій Пірсона, Ст'юдента, Фішера (Новиков, 2004).

При оцінці виробничих, медичних, педагогічних та інших управлінських рішень зазвичай використовується гіпотези про числові характеристики вибірки контрольної та експериментальної груп. У науково-педагогічних дослідженнях часто порівнюються середні бали або ж досліджується значущість зрушень у результатах навчання, для чого використовують критерій Ст'юдента оцінки середніх або ж непараметричний критерій знаків (Гончаренко, 2008; Грабарь & Краснянская, 1977).

Часто науковці, які не мають глибокої математичної освіти, керуються працями, де на прикладах пояснюються особливості перевірки результатів педагогічного експерименту за тим чи іншим критерієм. Серед таких праць найбільш поширеними вважаємо:

– працю (Гласс & Стэнли, 1976), де викладено значну кількість статистичних методів, які варто використовувати у психолого-педагогічних дослідженнях. Автори Glass Gene, Stanley Julian ставили таку мету: по-перше, навчити розуміти звіти досліджень у наукових роботах за умови обізнаності з проблемою, яка вивчається; по-друге, навчити планувати дослідження і аналізувати отримані результати з використанням довідника. Вчені вважали саме першу мету основною (Гласс & Стэнли, 1976). Дійсно, без неї не можна здійснити власне дослідження, а головне - зрозуміти результати отриманих статистичних характеристик. Книга фактично є зручним підручником але для навчання майбутніх педагогів з негуманітарного напрямку підготовки;

– працю (Грабарь & Краснянская, 1977), в якій подано короткі теоретичні відомості про використання найбільш поширених статистичних критеріїв, які базуються на непараметричних методах оцінки вибірки. Автори зазначають, що зазначають, що будь-який виклад загальної теорії перевірки статистичних гіпотез неминуче припускає дуже серйозну математичну підготовку, якою не володіє більшість дослідників-педагогів, а тому й розглядають велику кількість типових досліджень і статистичні критерії, які варто при цьому використовувати;

– працю (Новиков, 2004), де описано типові випадки використання статистичних методів у педагогічних дослідженнях. Автор наводить «рецепти» застосування статистичних методів в типових випадках аналізу експериментальних даних за результатами педагогічних досліджень, наводить алгоритм вибору статистичного критерію, методики визначення статистичної подібності та відмінності характеристик досліджуваних об'єктів. Робота розрахована на педагогів-дослідників, насамперед, на аспірантів та здобувачів (Новиков, 2004);

– посібник (Гончаренко, 2008) містить методологічні поради для молодих науковців щодо організації педагогічного експерименту, алгоритму його реалізації, а також пропонує варіанти статистичного аналізу результатів педагогічного експерименту.

– посібник (Петрук & Кашканова, 2006), де описано використання критеріїв для нормального закону розподілу;

– онлайн-ресурси для автоматизації розрахунків, наприклад, для визначення коефіцієнту лінійної парної кореляції Пірсона (hostcity.net; math.semestr.ru).

Слід зазначити, що з розвитком інформаційних технологій з'явилося багато комп'ютерних програм, де розробниками передбачено інструменти для супроводу статистичних розрахунків. Серед таких: *Statistica*, *Maple* (підпакет *stats*), *GeoGebra*, *MS Excel* (статистичні функції та Пакет аналізу) та ін. За умови коректної інтерпретації команд

(комп'ютерних інструментів) стає можливою швидка обробка громіздких математичних формул і спрощення розрахунків. І тоді важливим стає не скільки вміння записати формулу, скільки усвідомлення гіпотез та коректне сприйняття й інтерпретація результату.

Отже, з'явилися умови, що дозволяють дослідникам з гуманітарною освітою лише робити висновок без проведення складних математичних обчислень. Тому актуальною бачимо задачу запропонувати такий підхід (методику) до статистичного аналізу результатів педагогічного експерименту, який би, з одного боку, вимагав знань лише початкового курсу статистики (розуміння понять вибірка, обсяг вибірки, генеральна сукупність, середнє, дисперсія, середнє квадратичне відхилення), а з іншого, забезпечував результати, які ґрунтуються саме на апараті математичної статистики і які мають стати основою для якісного аналізу і обґрунтованих висновків у педагогічному експерименті. Зазначене стало метою нашого дослідження.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Наведемо типовий алгоритм перевірки статистичної гіпотези:

1. На першому етапі формуються вибірки за певним показником (спостереженням).
2. Формулюються нульова гіпотеза H_0 і альтернативна гіпотеза H_1 . Нульову гіпотезу перевіряють за допомогою спеціально підібраної випадкової величини, точний чи наближений розподіл якої наперед відомий.
3. Обирається статистичний критерій K_n . Для перевірки нульової гіпотези за даними вибірки обчислюють спостережуване (емпіричне) значення критерію із заданим рівнем значущості (для педагогічних наук прийнято надійна ймовірність 0,95 або ж рівень значущості 0,05). Критичне і емпіричне значення порівнюються між собою. Якщо емпіричне значення критерію потрапляє в критичну область (рис. 1), то гіпотеза H_0 відхиляється на користь альтернативної гіпотези H_1 .

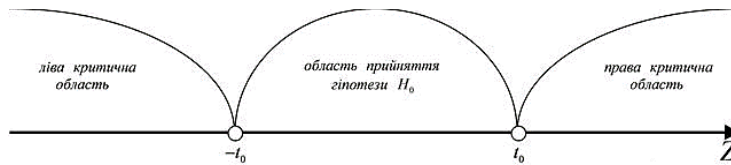


Рис. 1. Области прийняття гіпотез

Перевіркою гіпотез можуть розв'язуватись, перш за все, задачі порівняння вибірових числових характеристик (середніх, дисперсії) з відповідними заданими величинами, числових характеристик двох чи кількох вибірок між собою (перевірка гіпотези про належність цих вибірок одній сукупності).

Перевірка статистичних гіпотез про рівність середніх ґрунтується наприклад, на алгоритмі критерія Ст'юдента, а про рівність дисперсій – на алгоритмі критерія Фішера.

Згадані критерії закладені в більшості спеціалізованих комп'ютерних програм, що автоматизує розрахунок як критичного значення критерію, так і емпіричне значення статистики за цим критерієм.

Як приклад, наведемо розрахунки в табличному процесорі MS Excel, який встановлено майже на кожному комп'ютері (рис. 2).

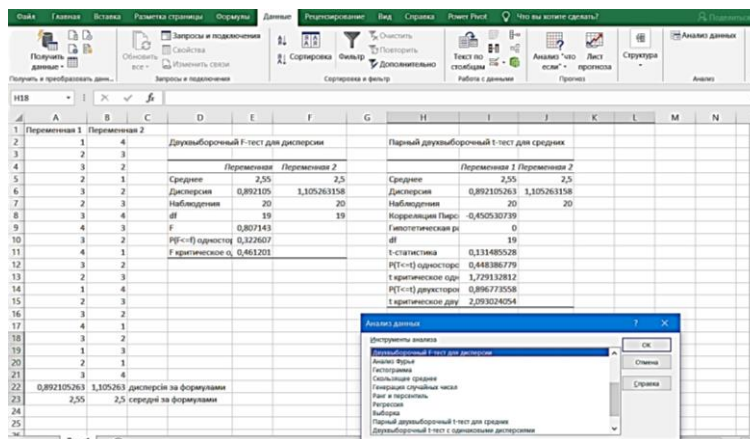


Рис. 2. Приклад розрахунків у MS Excel

Статистичний аналіз даних двох вибірок (стовпчики А і В) можна провести з використанням надбудови *Данные/Пакет Аналізу*, де закладені функції *Двухвыборочный F-тест для дисперсии* та *Парный двухвыборочный t-тест для средних*. Ці інструменти як результат формують таблиці характеристик вибірки:

- для критерія Фішера – середнє, дисперсія, обсяг вибірок (наблюдения), кількість степенів свободи (df), емпіричне значення статистики (F) та критичне значення статистики (F критичне);
- для критерія Стюдента - середнє, дисперсія, обсяг вибірок (наблюдения), коефіцієнт кореляції для набору даних (кореляція Пірсона), задану нульовою гіпотезою різницю середніх для двох вибірок (гіпотетическая разность), кількість степенів свободи (df), емпіричне значення статистики (t-статистика) та критичне значення статистики (t критичне для односторонньої та двосторонньої областей).

Досліднику залишається лише зіставити критичне і емпіричне значення для того, щоб зробити висновок про прийняття чи відхилення нульової гіпотези. Для прикладу, що подано на рисунку (рис.2), ми маємо:

– для зіставлення середніх порівняти емпіричне значення статистики $t=0.13$ (комірка I11) та критичне значення $t=2.09$ (комірка I15) і зробити висновок, що дані вибірок дають підстави прийняти нульову гіпотезу ($0.13 < 2.09$) про статистичну рівність середніх (різниця середніх дорівнює нулю);

– для зіставлення дисперсій порівняти емпіричне значення статистики $F=0.80$ (комірка E9) з критичним значенням $F=0.46$ (комірка E11) і зробити висновок, що дані вибірок дають підстави відхилити нульову гіпотезу ($0.80 > 0.46$) на користь альтернативної (дисперсії не є рівними, причому відмінність статистично значуща).

В педагогічних дослідженнях з'являється доцільність порівняння середніх і дисперсій на різних етапах педагогічного експерименту для корегування запропонованих методик навчання.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для досягнення результату використано: теоретичний аналіз наукових джерел з метою визначення теоретичних основ статистичного аналізу у педагогічних дослідженнях, порівняльний аналіз і зіставлення результатів науково-педагогічних досліджень з метою з'ясування найбільш затребуваних методів статистичного аналізу; контент-аналіз ресурсів Інтернет з метою визначення ресурсів для автоматизації статистичних розрахунків; емпіричні методи (педагогічний експеримент) для демонстрації процесу опрацювання емпіричних даних за розробленою методикою.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У педагогічних дослідженнях експериментальна перевірка ефективності авторської методичної системи (моделі, підходу тощо) передбачає використання нормального закону розподілу. Але підходи до порівняння експериментальних даних в контрольних та експериментальних групах вимагають не лише перевірки на нормальність їх розподілу, а й більш детального аналізу, який стосується не тільки середнього значення отриманих даних (середньостатистичної – математичного сподівання), а й дисперсії, яка дає можливість схарактеризувати розкид значень вибірки навколо середнього її значення (середнє квадратичне відхилення) і з додатковим урахуванням якої стає можливим більш глибокий аналіз отриманих даних і більш обґрунтовані висновки стосовно стабільності досліджуваних параметрів та їх прогнозування.

Тому наш підхід до статистичного аналізу результатів педагогічного експерименту базується на двох позиціях:

1) інтегральне врахування змін у середніх та дисперсіях обох вибірок: ідея полягає в одночасному аналізі вибірок за критерієм Ст'юдента і за критерієм Фішера, щоб, зіставляючи середні і дисперсії, зробити відповідний висновок про ефективність авторської моделі чи підходу;

2) відслідковування проміжних результатів педагогічного експерименту для вчасного корегування розробленої методики чи підходу: ідея в тому, що спочатку відслідковується пара «контрольна група і експериментальна група на уточнювальному етапі експерименту», за результатами вдосконалюється (або ні) методика, і на новій парі «контрольна група і експериментальна група на формульовальному етапі експерименту» авторська методика підтверджується остаточно.

Для опрацювання результатів педагогічного експерименту пропонуємо наступний алгоритм дій, який спрощує аналіз і водночас базується на математичному апараті та забезпечує обґрунтовані висновки.

1. На початку педагогічного експерименту формуємо групи: КГ (\bar{Z} – середнє для КГ, S_z^2 – дисперсія для КГ) як контрольна; ЕГ-1 (\bar{Y} – середнє для ЕГ-1, S_y^2 – дисперсія для ЕГ-1) як експериментальна на уточнювальному етапі експерименту. Пізніше формуємо групу ЕГ-2 (\bar{X} – середнє для ЕГ-2, S_x^2 – дисперсія для ЕГ-2) як експериментальну на формульовальному етапі експерименту.

2. Групи добираємо так, щоб на вході в експеримент вони були однорідні за складом відносно того показника, який досліджується (наприклад, результати контрольних робіт чи результати анкетування). Така перевірка здійснюється попередньо, наприклад, з використанням критерію χ^2 -квадрат (Грабарь & Краснянская, 1977).

3. Задаємо рівень значущості (як правило, 5% або 0,05).

4. Фіксуємо результати досліджуваного показника для кожної із вибірок (тобто формуємо вибірки).

5. З використанням комп'ютерних інструментів (у даному випадку MS Excel) визначаємо результати застосування статистичних критеріїв оцінки середніх (критерій Ст'юдента) і оцінки дисперсій (критерій Фішера).

6. Будуємо таблицю (табл.1): якщо приймається гіпотеза H_0 , то в таблицю заносимо значення 0 (незначуща розбіжність або відхилення у результатах). Якщо приймається альтернативна гіпотеза H_1 , то в таблицю заносимо значення 1 (суттєві розбіжності або відхилення у результатах). Заповнюємо комірки, залиті блакитним кольором.

Таблиця 1

Значущість відмінності середнього і дисперсії для заданого показника
(«1» - значуще відхилення, «0» – не значуще відхилення)

Показник	1	2	3	4	5	6
	\bar{X}	\bar{X}	\bar{Y}	S_x^2	S_x^2	S_y^2
	\bar{Y}	\bar{Z}	\bar{Z}	S_y^2	S_z^2	S_z^2
Показник-1						

7. Здійснюємо якісний аналіз результатів, тобто зіставляємо відповідні пари «оцінка вибірок за критерієм Ст'юдента» (один із стовпчиків 1-3 таблиці 1) і «оцінка вибірок за критерієм Фішера» (один із стовпчиків 4-6 таблиці 1), які можуть бути у варіаціях:

а. «0 (для середніх) і 0 (для дисперсій)» – означає, що середні статистично однакові, і дисперсії статистично однакові, з чого слідує висновок про відсутність будь-якого впливу розробленої методики (чи підходу) на досліджуваний показник;

б. «0 (для середніх) і 1 (для дисперсій)» – означає, що середні статистично однакові, а дисперсії статистично відрізняються, з чого слідує висновок про відсутність навіть при зафіксованій відмінності дисперсій впливу розробленої методики (чи підходу) на досліджуваний показник. Якщо в експериментальній групі дисперсія більша, треба з'ясувати причини та удосконалити методику або ж відмовитися від неї;

с. «1 (для середніх) і 0 (для дисперсій)» – означає, що середні статистично різні, а дисперсії статистично однакові, з чого слідує висновок про наявний, статистично значущий, вплив розробленої методики (чи підходу) на досліджуваний показник. Потрібно оцінити прогрес (динаміку) середніх для якісного і коректного висновку про ефективність чи навпаки (негативний вплив) запровадженої методики;

д. «1 (для середніх) і 1 (для дисперсій)» – означає, що середні статистично різні, і дисперсії статистично різні, з чого слідує висновок про суттєві розбіжності в експериментальній і контрольній групах, що, як правило, свідчить на користь експериментальної групи і доводить позитивний вплив запропонованої методики (чи підходу) на досліджуваний показник. При цьому важливо оцінити не лише динаміку середніх (збільшується чи зменшується), але й зіставити дисперсії: якщо в процесі експерименту дисперсія зменшується, то це додатково свідчить на якість впливу розробленої методики (чи підходу); якщо дисперсія збільшується, то це означає, що зі зміною середнього збільшується розкид оцінок навколо середнього, тобто в експериментальній групі неоднозначним є сприйняття (і вплив) обраної методики, що також вимагає певного коригування останньої.

ОБГОВОРЕННЯ

Особливості процесу навчання й виховання вивчити і розкрити нелегко. Педагогічні процеси мають неоднозначний характер. Їхні результати залежать від одночасного впливу багатьох чинників. Достатньо змінити вплив одного фактора, щоб результати процесу суттєво відрізнялись один від одного. Для педагогічних процесів характерна неповторність. Якщо дослідник природничих наук (у хімії, фізиці) може кількаразово повторити експеримент, використовуючи ті самі матеріали, створюючи однакові умови, то педагог-дослідник такої можливості не має: повторне дослідження пропонує вже інші умови праці і як наслідок – інші результати. Ось чому «чистий» експеримент у педагогіці неможливий. Зважаючи на цю обставину, педагоги мають робити свої висновки обережно й зважено, розуміючи відносність умов, у яких ці висновки були отримані. Кількаразові спостереження (повторення експерименту) дають змогу в узагальненій формі формулювати висновки і визначати найхарактерніші тенденції (readbookz.com). Саме ця теза зумовила проміжний педагогічний експеримент, який покладено в основу нашої методики статистичного аналізу.

Ідея запропонованого алгоритму статистичного аналізу з'явилася й апробована у 2008 р. (Петрук, 2008) при розробленні та удосконаленні моделі професійної підготовки майбутніх фахівців технічних спеціальностей. Його подальше використання можна знайти в роботах (Хом'юк, 2013; Петрук, 2011; Прозор, 2013).

Нижче опишемо використання наведеного алгоритму на прикладі опрацювання результатів одного з етапів педагогічного експерименту.

Математична освіта є основою системи професійної підготовки майбутніх спеціалістів комп'ютерної інженерії в технічних вищих навчальних закладах. Тому перевірялася ефективність авторської системи навчання дисциплін вищої математики майбутніх фахівців комп'ютерної інженерії.

Для педагогічного експерименту відібрано контрольну групу – $KГ(\bar{Z}, S_z^2)$, групу $ЕГ-1(\bar{Y}, S_y^2)$ – уточнювального експерименту та групу $ЕГ-2(\bar{X}, S_x^2)$ – формувального експерименту.

Серед інших досліджувався показник «Знання» на основі підсумкових контрольних робіт для різних розділів вищої математики. Результати контрольних робіт під кожен дисципліну утворили вибірки, які відповідно до алгоритму порівнювалися між собою. Результати порівняння за критеріями Ст'юдента і Фішера заносилися у таблицю (табл. 2).

Аналіз значущості відмінностей середніх і дисперсій між групами показує, що запропонована система навчання математичних дисциплін значно підвищує рівень набутих студентами знань. Про те свідчать дані стовпців 5 і 8. Показник вказує на суттєву відмінність у знаннях студентів за всіма темами на користь запропонованої системи. При цьому статистична середня з усіх тем була вища в експериментальній групі формувального етапу.

Після статистичної обробки результатів уточнювального етапу експерименту ми побачили, що хоча результати тестів у експериментальній групі $ЕГ-1$ були вищі за результати контрольної групи $КГ$, відмінність показників не була стабільно суттєвою (стовпці 6 і 9). Це означало, що цей елемент у системі навчання суттєво не впливає на результати, які ми бажали отримати. Була вдосконалена (змінена) методика лекційних і практичних занять з векторної алгебри, аналітичної геометрії, визначеного інтегралу, теорії рядів, функції комплексної змінної та операційного числення (зокрема, було впроваджено авторські навчальні посібники, що передбачали самостійне опрацювання студентами розділів вищої математики).

Результати статистичного аналізу після проведення формувального експерименту підтвердили позитивний зсув результатів набуття знань після коригування методики занять, про що свідчать дані стовпців 4 і 7 та 6 і 9.

Аналізуючи отримані результати значущості відмінності показників числових характеристик бачимо, що за всіма параметрами відмінність між запропонованою системою навчання математичних дисциплін і традиційною істотна. Відмінність між значеннями в експериментальній групі формувального ($ЕГ-2$) і уточнювального ($ЕГ-1$) експериментів свідчать про те, що рішення її випробувати за допомогою уточнювального експерименту, а потім проводити формувальний було правильним.

Таблиця 2

Значущість відмінності показників числових характеристик сформованості знань у групах К, Е та F
(«1» - значуще відхилення, «0» – не значуще відхилення)

№	Розділ	1		2		3		4	5	6	7	8	9
		Група ЕГ-2		Група ЕГ-1		Група КГ		\bar{X}	\bar{X}	\bar{Y}	S_x^2	S_x^2	S_y^2
		\bar{X}	S_x^2	\bar{Y}	S_y^2	\bar{Z}	S_z^2	\bar{Y}	\bar{Z}	\bar{Z}	S_y^2	S_z^2	S_z^2
1	Лінійна алгебра	4,06	0,79	3,94	0,75	3,08	0,96	0	1	1	0	1	1
2	Векторна алгебра	3,99	0,28	3,63	0,32	2,78	0,58	1	1	1	0	1	0
3	Аналітична геометрія	3,81	0,57	3,78	0,98	2,59	0,80	0	1	1	0	1	0
4	Диференціювання функцій	4,12	0,56	4,08	0,48	3,50	0,86	0	1	1	0	1	1
5	Визначений інтеграл	3,96	0,35	3,47	0,90	3,44	1,01	1	1	0	1	1	0
6	Кратні та криволінійні інтеграли	3,67	0,79	3,40	0,72	3,11	0,34	1	1	1	0	1	1
7	Диференціальні рівняння	3,63	0,69	3,51	0,73	2,83	0,77	0	1	1	0	1	1
8	Теорія числових та функціональних рядів	3,46	0,82	3,18	0,89	2,84	0,90	1	1	1	1	1	0
9	Функції комплексної змінної	3,52	0,98	3,12	0,99	2,94	0,99	1	1	0	1	0	0
10	Операційне числення	3,46	0,78	3,40	0,81	3,10	0,93	0	1	0	0	1	0
11	Теорія ймовірностей та матем. статистика	4,35	0,83	4,13	0,63	3,13	0,50	0	1	1	1	1	1
Рівні залишкових знань з вищої математики (4-й курс)													
Високий		0,26	0,43	0,21	0,73	0,13	0,89	1	1	1	1	1	1
Достатній		0,21	0,62	0,19	0,77	0,14	0,25	0	1	1	0	1	1
Задовільний		0,36	0,91	0,51	0,70	0,58	0,88	1	1	1	0	1	1
Низький		0,07	0,57	0,09	0,41	0,15	0,56	1	1	1	1	1	1

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Запропонований алгоритм статистичного аналізу результатів педагогічного експерименту не лише автоматизує розрахунки, а й має перевагу над іншими статистичними методами у тому, що досліднику залишається лише проаналізувати табличні пари середніх і дисперсій про суттєвість відмінностей та зробити відповідні висновки.

Перспективним бачимо впровадження алгоритму в науково-педагогічну практику, а також написання макросу, який автоматизує заповнення таблиці за введеними даними трьох вибірок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Arens, K. (2020). The Structure of Academic Self-Concept: A Methodological Review and Empirical Illustration of Central Models. *The Review of Educational Research*, 91(1), 34-72. <https://doi.org/10.3102/0034654320972186>.
- Rodgers, W. J., Morris-Mathews, H., Romig, J. E., & Bettini, E. (2021). Observation Studies in Special Education. *A Synthesis of Validity Evidence for Observation Systems*. <https://doi.org/10.3102/00346543211042419>.
- Гласс, Дж., & Стэнли, Дж. (1976). Статистические методы в педагогике и психологии. М.: Изд-во «Прогресс».
- Гончаренко, С. У. (2008). Педагогічні дослідження: методологічні поради молодим науковцям. Київ-Вінниця: ДОВ «Вінниця».
- Грабарь, М.И., & Краснянская, К.А. (1977). Применение математической статистики в педагогических исследованиях. Непараметрические методы. Москва: «Педагогика».
- Коеффициент корреляции Пирсона. <http://hostciti.net/calc/statistics/pearson.html>
- Методи педагогічних досліджень. Бібліотека он-лайн. Київ, МОН. <http://www.readbookz.com/book/>
- Новиков, Д.А. (2004). Статистические методы в педагогических исследованиях (типовые случаи). М.: МЗ-Пресс.
- Петрук, В. А. (2008). Теоретико-методичні засади формування базових професійних компетенцій у майбутніх фахівців технічних спеціальностей. [Дис... д-ра наук: 13.00.04, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова]. <http://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/36497>.
- Петрук, В. А. (2011). Формування базового рівня професійної компетентності у майбутніх фахівців технічних спеціальностей засобами інтерактивних технологій. ВНТУ.
- Петрук, В.А., & Кашканова, Г.Г. (2006). Ймовірно-статистичні моделі та статистична оцінка рішень (друге доповнене видання). Навчальний посібник МОН України, „Універсум-Вінниця”.
- Пример нахождения коэффициента корреляции. <https://math.semestr.ru/corel/prim.php>
- Прозор, О.П. (2012). Формування когнітивно-творчої компетенції майбутніх фахівців із системної інженерії. [Дис... к-та наук: 13.00.04, Нац. ун-т біоресурсів і природокористування]. <http://www.disslib.org/formuvannja-kohnnyvno-tvorchoyi-kompetentsiyi-majbutnikh-fakhivtsiv-iz-sistemnoyi.html>.
- Хом'юк, І. В. (2013). Система формування професійної мобільності майбутніх інженерів машинобудівної галузі. [Дис... д-ра наук: 13.00.04, Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України]. <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/14700>.
- Шишкіна, М. (2010). Вимоги до засобів інформатизації науково-педагогічного дослідження. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 9(1). <https://doi.org/10.33407/itlt.v9i1.19>.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- Arens, K. (2020). The Structure of Academic Self-Concept: A Methodological Review and Empirical Illustration of Central Models. *The Review of Educational Research*, 91(1), 34-72. <https://doi.org/10.3102/0034654320972186>.
- Rodgers, W. J., Morris-Mathews, H., Romig, J. E., & Bettini, E. (2021). Observation Studies in Special Education. *A Synthesis of Validity Evidence for Observation Systems*. <https://doi.org/10.3102/00346543211042419>.
- Glass, J., & Stanley, J. (1976). *Statisticheskiye metody v pedagogike i psikhologii [Statistical methods in pedagogy and psychology]*. М.: Izd-vo «Progress». (in Russian).

4. Goncharenko, S. U. (2008). *Pedahohichni doslidzhennya: metodolohichni porady molodym naukovtshym [Pedagogical research: methodological advice for young scientists]*. Kyiv-Vinnytsya : DOV «Vinnytsya». (in Ukrainian).
5. Grabar, M.I., & Krasnyanskaya, K.A. (1977). *Primeneniye matematicheskoy statistiki v pedagogicheskikh issledovaniyakh. Neparаметриcheskiye metody [Application of mathematical statistics in pedagogical research. non-parametric methods]*. Moskva: «Pedagogika. (in Russian).
6. *Koeffitsiyent korrelyatsii Pirona [Pearson's correlation coefficient]*. <http://hostciti.net/calc/statistics/pearson.html>. (in Russian).
7. *Metody pedahohichnykh doslidzhen [Methods of pedagogical research]*. *Biblioteka on-layn*. Kyiv, MON. <http://www.readbookz.com/book/>
8. Novikov, D.A. (2004). *Statisticheskiye metody v pedagogicheskikh issledovaniyakh (tipovyye sluchai) [Statistical Methods in Pedagogical Research (Typical Cases)]*. M.: MZ-Press. (in Russian).
9. Petruk, V. A. (2008). *Teoretyko-metodychni zasady formuvannya bazovykh profesiynykh kompetentsii u maibutnikh fakhivtsiv tekhnichnykh spetsialnostei – Theoretical and methodological principles of formation of basic professional competencies in future specialists of technical specialties*. [Dys... d-ra nauk: 13.00.04, Natsionalnyi pedahohichnyi universytet imeni M.P. Drahomanova]. <http://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/36497>. (in Ukrainian).
10. Petruk, V.A. (2011). Formation of the basic level of professional competence in future specialists of technical specialties by means of interactive technologies [Formuvannya bazovoho rivnia profesiinoi kompetentnosti u maibutnikh fakhivtsiv tekhnichnykh spetsialnostei zasobamy interaktyvnykh tekhnolohii]. VNTU. (in Ukrainian).
11. Petruk, V.A., & Kashkanova, H.H. (2006). Probabilistic-statistical models and statistical evaluation of decisions (second supplemented edition) [Ymovirnisno-statystychni modeli ta statystychna otsinka rishen (druhe dopovnene vydannia)]. *Navchalnyi posibnyk MON Ukrainy – Textbook of the Ministry of Education and Science of Ukraine. „Universum-Vinnytsia”*. (in Ukrainian).
12. *Primer nakhozhdeniya koeffitsiyenta korrelyatsii [An example of finding the correlation coefficient]*. <https://math.semestr.ru/corel/prim.php>. (in Russian).
13. Prozor, O.P. (2012). *Formuvannya kohnityvno-tvorchoi kompetentsii maibutnikh fakhivtsiv iz systemnoi inzhenerii – Formation of cognitive and creative competence of future specialists in systems engineering*. [Dys... k-ta nauk: 13.00.04, Nats. un-t bioresursiv i pryrodokorystuvannya]. <http://www.disslib.org/formuvannya-kohnityvno-tvorchoyi-kompetentsiyi-majbutnikh-fakhivtsiv-iz-systemnoyi.html>. (in Ukrainian).
14. Khomiuk, I. V. (2013). *Systema formuvannya profesiinoi mobilnosti maibutnikh inzheneriv mashynobudivnoi haluzi – The system of formation of professional mobility of future engineers of the machine-building industry*. [Dys... d-ra nauk: 13.00.04, Nats. un-t bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy]. <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/14700>. (in Ukrainian).
15. Shyshkina, M. (2010). Vymohy do zasobiv informatyzatsii naukovo-pedahohichnoho doslidzhennia [Tools of computerization and the structure of scientific pedagogical research planning of scientific researches in aps of ukraine]. *Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia – Information Technologies and Learning Tools*, 9(1). <https://doi.org/10.33407/itlt.v9i1.19>. (in Ukrainian).

