

УДК 37.012

В. М. Малихіна

МАТЕМАТИЧНІ ТА СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ РЕЗУЛЬТАТУ ПЕДАГОГІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Постановка проблеми. З уходом України в міжнародний освітній і науковий простір, збільшенням кількості ВНЗ і втратою наукових позицій посилилася увага до розробки моделей організації системи науково-дослідної роботи у вищих навчальних закладах освіти.

Важливість покращення якості сучасної освіти й зумовлює потребу в модернізації педагогічного дослідження, успіх якого має стати одним з чинників соціально-економічного розвитку країни. Підвищення рівня освіти – міждисциплінарна комплексна проблема, розв'язанню якої й сприятиме правильно підібрані математичні та статистичні методи аналізу педагогічного дослідження. А це вимагає від нього випереджального характеру в освіті, що в інтересах теперішнього та майбутнього поколінь, стане запорукою успішної соціалізації випускників, їхньої адаптації до умов сучасного життя.

Отже, проблема аналізу математичних та статистичних методів аналізу результату педагогічного дослідження стає вкрай актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання організації та проведення педагогічного дослідження, розробок, аналізу діяльності в цій галузі вивчали М. Архвнгельський, Д. Гвішіані, К. Горфан, Г. Добров, К. Дубровський, В. Іриков, М. Комков. Зокрема проблемам перспективного програмно-цільового планування наукових досліджень присвятили свої праці В. Ларичев, Г. Посиєлов, К. Пузинь, В. Соловйов, В. Філіпов та інші дослідники. Питання методичного планування педагогічних досліджень і розробок розглядали А. Андрейкевич, моделювання – Л. Гельман, М. Левін, О. Надірашвілі.

Деякі питання державної організації науки вивчали українські дослідники Ю. Доценко, Б. Малицький, В. Онопрієнко та ін. При цьому вони використовували різні підходи до процесу дослідження наукових систем та педагогічних досліджень, зокрема цільовий (Г. Балаян), системний (Г. Добров, Г. Лахтін, С. Ніканоров), морфологічний (С. Каргаров, В. Одрін), ситуаційний (Ю. Кликов), програмно-цільовий (М. Стефанов), структурний (Г. Біргкоф, Б. Мільнер), аксіоматичний (М. Комков).

Мета статті проаналізувати та теоретично обґрунтувати доцільність використання математичних та статистичних методів аналізу упродовж обробки результатів педагогічного дослідження.

Виклад основного матеріалу. У практичних задачах існує сукупність спостережень (десятки, сотні, а інколи – тисячі результатів вимірювання індивідуальних характеристик), тому виникає задача компактного описання

наявних даних. Для цього використовують методи описової статистики-описання результатів з допомогою різних агрегованих показників і графіків. Крім цього, деякі показники описової статистики використовуються в статистичних критеріях при визначенні достовірності співпадіння і відмінності характеристик експериментальних і контрольних груп.

Для результатів вимірювання в шкалі відношень показники описової статистики можна розбити на декілька груп [2, с. 134]:

– показники положення: описують положення експертних даних на числовій осі. Приклади таких даних-максимальний і мінімальний елементи вибірки, середнє значення, медіана, мода тощо.

– показники розкидання: описують степінь різних даних відносно свого центра (середнього значення). До них зараховують: вибіркова дисперсія, різниця між мінімальними і максимальними елементами тощо.

– показники асиметрії: положення медіани відносно середнього тощо.

– гістограма тощо.

Ці показники використовуються для наглядного представлення і зорового аналізу результатів вимірювання характеристик експериментальної і контрольної груп.

В комп'ютерній програмі Microsoft Excel для Windows описова статистика отримує інструмент аналізу даних „Описательная статистика” (Сервіс/Аналіз даних/Описательна статистика). Описова статистика для першого стопчика таблиці 1 (числа вірного вирішення задач в контрольній групі до початку дослідження) наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Описова статистика числа правильного розв'язання задач в контрольній групі до початку експерименту.

Середнє значення	12,6
Стандартна помилка	0,76
Медіана	13
Мода	15
Стандартне відхилення	4,16
Дисперсія вибірки	17,28
Ексцес	-0,89
Асиметричність	-0,03
Інтервал	15
Мінімум	5
Максимум	20
Сума	378
Сет (об'єм вибірки)	30

У таблиці 1 наведено всі показники, які автоматично виводить „Описательная статистика” в комп'ютерній програмі Microsoft Excel для Windows (таблиця 1 дослідження із Excel). За загальними статистичними характеристиками можна порівнювати результати успішності груп навіть з різною кількістю членів [4, с. 83].

Для опрацювання даних часто зручно представити ці дані у вигляді інтервального статичного ряду та гістограми. Гістограма в Excel отримують при застосуванні інструмента „Аналізу даних „Гістограма” (Сервіс/Аналіз даних/Гістограма). Для результатів вимірювання в порядковій шкалі при невеликому числі градацій гістограма є єдиним інформативним показником описової статистики.

Для візуального порівняння експериментальної і контрольної груп зручно використовувати для них спільні гістограми. Таким чином, описова статистика, по-перше, дозволяє представити результати педагогічного дослідження в компактному і інформаційному вигляді, що дозволяє проводити якісний аналіз досліджуваних об'єктів. По-друге, низка показників описової статистики використовується в кількісному аналізі.

Типовою задачею аналізу даних в педагогічних дослідженнях є установлення співпадіння або відмінностей характеристик експериментальної і контрольної групи. Для цього формується статистичні гіпотези:

- гіпотеза про відсутність відмінностей (нульова гіпотеза);
- гіпотеза про значущості відмінностей (альтернативна гіпотеза) [3, с. 207].

Для прийняття рішення про те, яку із гіпотез (нульову або альтернативну) потрібно прийняти, використовують спеціальні правила-статистичні критерії. Отже, на основі інформації про результати спостереження обчислюється число, що називається емпіричним значенням критерія. Це число порівнюється з відомим (наприклад, заданим таблично) еталонним числом, що має назву критичного значення критерію.

Критичне значення наводиться, як правило, для декількох рівнів значущості. Рівнем значущості називається ймовірність помилки, яка полягає у відхиленні нульової гіпотези, тобто це є ймовірність того, що відмінності приймаються за значущі, в той час як вони є випадковими. У педагогічних дослідженнях звичайно обмежуються значенням 0,05, тобто допускається не більше ніж 5% можливих помилок [6, с. 178].

Якщо отримане дослідником емпіричне значення критерію виявляється менше або дорівнює критичному, то приймається нульова гіпотеза, тобто вважається, що на заданому рівні значущості характеристики експериментальної і контрольної груп співпадають. В зворотному випадку, якщо емпіричні значення критерію виявляються більшими за критичне, то нульова гіпотеза відхиляється і приймається альтернативна гіпотеза – характеристики експериментальної і контрольної групи вважаються відмінними з достовірністю відмінністю $1 - \alpha$. Іншими словами, чим менше емпіричне значення критерію, тим більше ступінь співпадіння характеристик порівнювальних об'єктів, і навпаки, чим більше емпіричне значення критерію, тим сильніше розрізняються характеристики порівнюваних об'єктів. Якщо емпіричне значення критерію виявляється менше або рівне критичному, то можна зробити висновок, що „характеристики експериментальної і контрольної груп співпадають з

рівнем значимості $\alpha = 0,05$ ". Якщо емпіричне значення критерію виявляється більшим критичного, то можна зробити висновок, що „достовірність відмінностей характеристик експериментальної і контрольної груп дорівнює 95%”.

Опишемо методику розрахунків емпіричних значень критеріїв для двох типових задач аналізу даних - порівняння вибірок, які містять в собі дані, що виміряні в шкалі відношень і порядковій шкалі.

Розглянемо випадок, коли для вимірювання використовується шкала відношень [1, с. 49]. Нехай є експериментальна група, яка складається із N людей, і контрольна група, яка складається із M людей. Припустимо, що в результаті вимірювання одного і того ж показника за допомогою однієї і тієї ж процедури вимірювання були отримані наступні дані:

$X=(x_1, x_2, \dots, x_N)$ – вибірка для експериментальної групи

$Y=(y_1, y_2, \dots, y_M)$ – вибірка для контрольної групи,

де x_i – елемент вибірки-значення досліджуваного показника у i -го члена експериментальної групи, $i=1, 2, \dots, N$, а y_j значення досліджуваного показника у j -го члена контрольної групи, $j=1, 2, \dots, M$.

Оскільки вимірювання проходило в шкалі відношення, то x і y позитивні, зокрема, можливо, – цілі числа, для яких визначені всі арифметичні операції. В якості приклада можна розглянути результати вимірювань рівня знань в контрольній і експериментальній групах до і після дослідження.

Для даних, вимірюваних в шкалі відношень, для перевірки гіпотези про співпадіння характеристик двох груп використовують критерій Крамера-Уелча, або критерій Вілкокса-Манна-Уїтні. Критерій Крамера-Уелча призначений для перевірки гіпотези про рівність середніх двох вибірок, критерій Вілкокса-Манна-Уїтні виявляється більш „тонким” (і більш трудомістким), він дозволяє перевірити гіпотезу про те, що дві вибірки „однакові” (зокрема співпадають їх середнє значення, дисперсія і всі інші показники).

Критерій Крамера-Уелча [5, с. 58]. Емпіричне значення даного критерія розраховується на основі інформації про об’єми N і M вибірок x і y , вибіркові середні \bar{x} і \bar{y} та вибіркові дисперсії D_x і D_y порівнювальних вибірок:

$$T_{emp} = \frac{\sqrt{M \cdot N} |\bar{x} - \bar{y}|}{\sqrt{M \cdot D_x + N \cdot D_y}} \quad (1)$$

Алгоритм визначення достовірності співпадання і відмінності характеристик порівнюваних вибірок для експериментальних даних, виміряних в шкалі відношень, за допомогою критерію Крамера-Уелча полягає в тому, що:

– обчислюється для порівняння вибірок T_{emp} -емпіричне значення критерію Крамера-Уелча за формулою (3).

– порівнюються це значення з критичним значенням $T_{0,05}=1,96$. Якщо $T_{\text{емп}}$ менше або дорівнює 1,96, то можна зробити висновок „характеристики порівняних вибірок співпадають на рівні значущості 0,05”, якщо $T_{\text{емп}} > 1,96$, то можна зробити висновок „достовірність відмінностей характеристик порівнювальних вибірок складає 95%”.

Критерій Вілкокса-Манна-Уїтні [5, с. 59]. Цей критерій використовують не з абсолютними значенням елементів двох вибірок, а з результатами їх парних порівнянь, наприклад, учень Петров вирішив більше задач, ніж Іванов, а на скільки більше-не важливо.

Алгоритм визначення достовірності співпадання і відмінності для експериментальних даних, виміряних в шкалі відношень, за допомогою критерію Вілкокса-Манна-Уїтні полягає у наступному:

– знайти для порівняння вибірок $W_{\text{емп}}$ -емпіричне значення критерію Вілкокса за допомогою формули: (2)

$$W_{\text{емп}} = \frac{\left| \frac{N \cdot M}{2} - u \right|}{\sqrt{\frac{N \cdot M \cdot (N + M + 1)}{12}}} \quad (2)$$

– порівняти значення з критичним значенням $W_{0,05}=1,96$. Якщо $W_{\text{емп}}$ менше або дорівнює 1,96, зробимо висновок: „характеристики порівняних вибірок співпадають на рівні значущості 0,05”, якщо $W_{\text{емп}} > 1,96$, з цього можна зробити висновок: „достовірність відмінностей характеристик порівнювальних вибірок складає 95%”.

Методика поняття достовірності співпадання і відмінностей для експериментальних даних, виміряних в порядковій шкалі. Розглянемо випадок, коли використовується порядкова шкала L з різними балами. Характеристикою групи буде число її членів, які набрали той чи інший бал.

Для даних, виміряних в порядковій шкалі, використовується *критерій однорідності χ^2* Алгоритм поняття достовірності співпадання і відмінностей для експериментальних даних, виміряних в порядковій шкалі, міститься в наступному:

– обчислити для порівняння вибірок $\chi^2_{\text{емп}}$ -емпіричне значення критерію за формулою (3):

$$\chi^2_{\text{емп}} = N \cdot M \cdot \sum \frac{\left| \frac{N_i}{N} - \frac{m_i}{M} \right|}{n_i + m_i} \quad (3)$$

– порівняти це значення з критичним значенням $\chi^2_{0,05}$, яке знаходиться в таблиці: якщо $\chi^2_{\text{емп}} < \chi^2_{0,05}$, то робимо висновок: „характеристики порівнюваних вибірок співпадають з рівнем значущості 0,05”, якщо $\chi^2_{\text{емп}} > \chi^2_{0,05}$, робимо висновок: „достовірність відмінностей характеристик порівнювальних вибірок складає 95%”.

Спочатку потрібно вибирати статистичні критерії, наведемо алгоритм вибору статистичного критерію-процедуру прийняття

розв'язання, відносно того, який статистичний критерій використання в даному або іншому випадку, показано на рис. 1.

У першому наближенні алгоритм надзвичайно простий: якщо дані отримані в результаті вимірювань в шкалі відношень, то слідє використовувати критерій Вілкокса-Манна-Уїтні. По-перше, необхідно визначити, яка шкала вимірювання використовується – відношення або порядку.

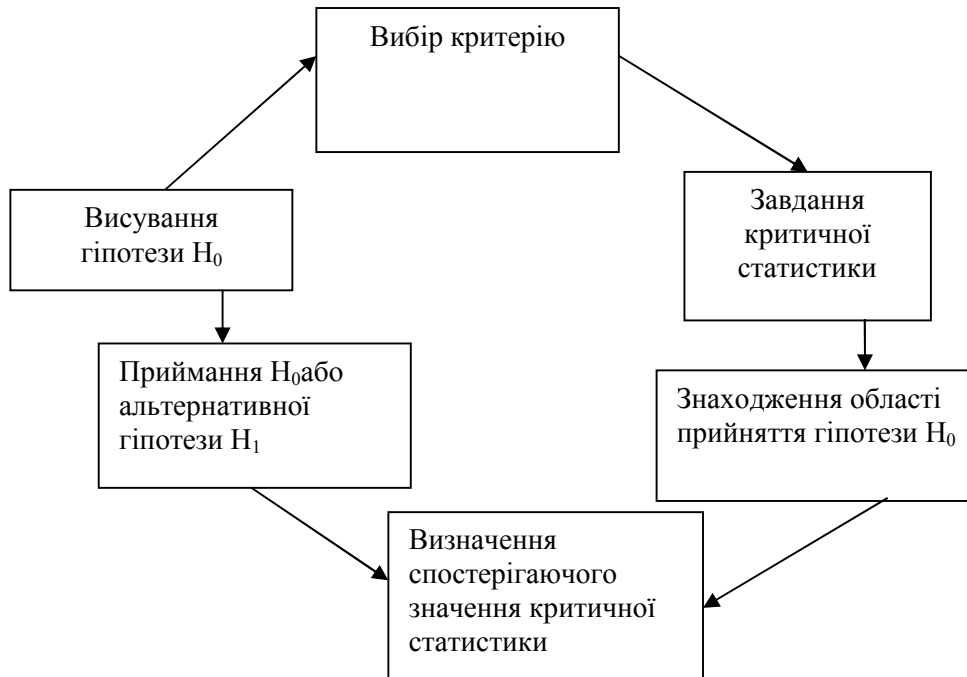


Рис. 1. Алгоритм вибору критерію

Для шкали відношення потрібно вирішити, чи полягає задача у знаходженні відмінностей середніх значень. Якщо „так”, то використовують критерій Крамера-Уелча. Якщо потрібно визначити випадкові відмінності характеристик вибірок, то краще використовувати критерій Вілкокса-Манна-Уїтні.

Якщо кількість значень, що відрізняється між собою у порівнюваних вибірках велике (більше десяти), то використовують критерій Вілкокса-Манна-Уїтні. Якщо число відмінних значень в порівнюваних вибірках мале (менше десяти), то склавши групування результатів вимірювань, можна використовувати критерій χ^2 .

Якщо об'єм вибірок малий (N і $M < 50$), то слідє використовувати критерій Вілкокса-Манна-Уїтні. Якщо об'єм вибірок великий, то знову за допомогою групування результатів вимірювань, має значення використовувати критерій χ^2 .

Для порядкової шкали у випадку, коли число градацій (різних балів) більше або дорівнює трьом, використовують критерій χ^2 .

Висновки. Використання комп'ютера при аналізі результатів педагогічного дослідження безперечно, доцільно. Але статичні критерії, „зашиті” в пакет програми слідє використовувати обережно. Всі чотири, запропонованих до використання для обробки результатів педагогічного дослідження, статистичних пакетів серед яких можна виділити і рекомендувати такі найбільш відомі пакети статистичного аналізу як: Statistika. Але ці програми, по-перше, виявляються ліцензійними і коштують дорого. По-друге, вони дуже складні і потребують багато часу для вивчення. Також існують інструменти статистичного аналізу в електронних таблицях Microsoft Excel, який входить в стандартний комплект Microsoft Office і встановлених на будь-якому популярному комп'ютері. Але нажаль, жоден з чотирьох рекомендованих статистичних критеріїв не реалізований в Excel, тому можна використовувати розрахунок емпіричного значення критеріїв вручну, використовуючи комп'ютер або калькулятор для отримання описової статистики і автоматизації розрахунків.

Список використаної літератури

- 1. Кармазіна В. В.** Програмне забезпечення контролю знань учнів / В. В. Кармазіна, Т. О. Гранкіна // Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції „Динаміка наукових досліджень, 2004”. – Том 29. Педагогіка. – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2004. – С. 49 – 50.
- 2. Методологические вопросы** науковедения / под. ред. В. И. Оноприенко. – К. : УкрИНТЭИ, 2001. – 323 с.
- 3. Мигаль В. Д.** Теорія і методи наукової творчості : навч. посіб. / В. Д. Мигаль ; Харк. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Х. : ІНЖЕК, 2007. – 423 с.
- 4. Мортук В. В.** Основи наукових досліджень : тексти лекцій / В. В. Мортук ; Дрогобич. держ. пед. ун-т ім. Івана Франка. – Дрогобич : Вимір, 2005. – 142 с.
- 5. Науково-дослідна** робота студентів і методологія педагогічних досліджень : навч. посіб. / [уклад. : Федірчик Т. Д., Предик А. А.]; Чернів. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича. – Чернівці : Рута, 2004. – 71 с.
- 6. Пілюшенко В. Л.** Наукове дослідження: організація, методологія, інформаційне забезпечення : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В. Л. Пілюшенко, І. В. Шкрабак, Е. І. Словенко. – К. : Лібра, 2004. – 343 с.

Малихіна В. М. Математичні та статистичні методи аналізу результату педагогічного дослідження

У статті проаналізовано та теоретично обґрунтовано доцільність використання математичних та статистичних методів аналізу упродовж обробки результатів педагогічного дослідження. Автор доводить, що для описання наявних даних педагогічних досліджень слід використовувати методи описової та математичної статистики – описання результатів за допомогою різних агрегованих показників і графіків, що суттєво підвищить рівень якості та об'єктивності результатів педагогічного дослідження.

Ключові слова: педагогічне дослідження, математичні методи, статистичні методи, викладачі, студенти, педагогічне ВНЗ.

Малыхина В. М. Математические и статистические методы анализа результатов педагогического исследования

В статье проанализировано и теоретически обосновано целесообразность использования математических и статистических методов анализа для обработки результатов педагогического исследования. Автор доказывает, что для описания существующих данных педагогических исследований следует использовать методы описательной и математической статистики – описание результатов с помощью различных агрегированных показателей и графиков, что существенно повысит уровень качества и объективности результатов педагогического исследования.

Ключевые слова: педагогическое исследование, математические методы, статистические методы, преподаватели, студенты, педагогические вузы.

Malykhina V. M. Mathematical and Statistical Methods for Analyzing the Results of Pedagogical Research

In the article analyzes and theoretically justified the feasibility of using mathematical and statistical methods for processing the results of pedagogical research. The author argues that to describe the existing data, educational research methods should be used descriptive and mathematical statistics – the description of the results of using different aggregates and charts that will significantly increase the quality and objectivity of the results of pedagogical research.

Key words: pedagogical research, mathematical methods, statistical methods, teachers, students, Pedagogical Universities.

Стаття надійшла до редакції 22.08.2012 р.

Прийнято до друку 26.10.2012 р.