

ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ
ПРОФЕСІЙНО-ПЕДАГОГІЧНОЇ НАУКИ

УДК 378:373.3:51(043.3)

<https://doi.org/10.28925/2311-2409.2024.428>**Руденко Н.,**

старша викладачка кафедри початкової освіти
Факультету педагогічної освіти
Київського столичного університету імені Бориса Грінченка,
кандидатка педагогічних наук,
Київ, Україна
n.rudenko@kubg.edu.ua

ORCID iD 0000-0002-6274-9311

СТАТИСТИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ В ПЕДАГОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

У зв'язку з активним розвитком науково-технічного прогресу відбувається вплив математичної науки на всі наукові галузі, зокрема і на педагогіку. Важливим аспектом є підвищення якості педагогічних досліджень при організації експерименту, експертизі отриманих наукових результатів та підтвердженні вірогідності цих результатів методами математичної статистики. Складнощі, пов'язані з коректним застосуванням статистичних методів в педагогічних дослідженнях, пояснюються тим, що в таких дослідженнях вивчаються якісні ознаки феноменів та явищ, які вимагають узгодження мети й змісту дослідницьких завдань з арсеналом математичних та статистичних процедур. Статистика прагне математичними методами надати відповідні докази твердженням експертів у різних галузях з метою знаходження консенсусу в прийнятті правильних дій на основі статистичної інформації.

У статті теоретично висвітлено математичні та статистичні методи в педагогічних дослідженнях при організації експерименту, експертизі отриманих наукових результатів та підтвердженні вірогідності цих результатів методами математичної статистики; означено основні дефініції дослідження, а саме: математична статистика, задачі математичної статистики, методи математичної статистики, статистична грамотність, статистична гіпотеза, критерії узгодження, е-ресурси для статистичного аналізу.

Відібрано основні математичні методи, які застосовуються в педагогічних дослідженнях, наведено алгоритм перевірки статичних гіпотез в педагогічних дослідженнях, виокремлено статистичні критерії узгодження для перевірки гіпотези про вид розподілу випадкової величини (Пірсона, Фішера, Стюдента) та розглянуто сучасні е-ресурси для обчислень критеріїв узгодження (JASP, PSP, DataMelt та Sisense та інші) та деякі онлайн-калькулятори.

Ключові слова: задачі математичної статистики, е-ресурси для статистичного аналізу, критерії узгодження, методи математичної статистики, статистична гіпотеза, статистична грамотність.

© Руденко Н., 2024

© Київський столичний університет імені Бориса Грінченка, 2024

Вступ. У зв'язку з активним розвитком науково-технічного прогресу відбувається вплив математичної науки на всі наукові галузі, зокрема і на педагогіку. Важливим аспектом

є підвищення якості педагогічних досліджень при організації експерименту, експертизі отриманих наукових результатів та підтвердженні вірогідності отриманих результатів методами

математичної статистики. Складнощі, пов'язані з коректним застосуванням статистичних методів в педагогічних дослідженнях, науковці пояснюють тим, що в таких дослідженнях вивчаються якісні ознаки феноменів та явищ, які вимагають узгодження мети й змісту дослідницьких завдань з арсеналом математичних та статистичних процедур (В. Андрієнко, С. Гончаренко та ін.).

Як зазначають науковці Gonda D., Pavlovičová G, Ďuris V, Tírpáková A., статистика прагне математичними методами надати відповідні докази твердженням експертів у різних галузях з метою знаходження консенсусу в прийнятті правильних дій на основі статистичної інформації. Статистика відіграє ключову роль у виконанні Стамбульської декларації «Organization for Economic Co-operation and Development» (OECD), яка базується на фактах та рекомендує залучати громадян до розвитку свого статистичного потенціалу (Gonda D., Pavlovičová G., Ďuris V., Tírpáková A., 2022, с. 1.).

Метою даної статті є теоретичне висвітлення математичних та статистичних методів в педагогічних дослідженнях.

Завдання статті — відібрати основні математичні методи, які застосовуються в педагогічних дослідженнях, виокремити статистичні критерії узгодження для перевірки гіпотези про вид розподілу випадкової величини та розглянути сучасні е-ресурси для обчислень критеріїв узгодження.

Аналіз сучасних досліджень вказує на те, що зі статистичною інформацією завдяки сучасним технологіям стикається кожна людина у повсякденному житті, вона призначена не тільки для інформування людей, але й для формування їх поведінки та ставлення до певних явищ та процесів. Вчені вважають, що головною метою статистики є розуміння числової інформації, яка отримується в конкретному контексті, забезпеченні відповідних доказів за допомогою статистичних методів для тверджень експертів, науковців в різних галузях, зокрема й педагогічних, а не лише просто в інформуванні.

Виклад основного матеріалу. Коротко означимо основні дефініції нашого дослідження, а саме: математична статистика, задачі математичної статистики, методи математичної статистики, статистична грамотність, статистична гіпотеза, критерії узгодження, е-ресурси для статистичного аналізу.

Математична статистика — самостійна математична наука, яка вивчає методи відбору та аналізу результатів спостережень випадкових явищ для виявлення їх закономірностей

та обчислення наближених значень ймовірнісних характеристик та є теоретичною основою викладання багатьох економічних, соціальних та педагогічних наук (Грисенко М. В., Рижов А. Ю., 2011, с. 5–7).

Задачі математичної статистики умовно діляться на дві групи: 1) розробка методів збору та групування статистичних даних, отриманих шляхом спостережень, або даних спеціально проведених експериментів; 2) розробка методів аналізу статистичних даних залежно від поставленої мети: оцінка невідомої функції розподілу (задача полягає в тому, щоб за результатами спостережень наближено подати невідому функцію розподілу $y = F(x)$ випадкової величини X); оцінка невідомих параметрів розподілу (суть задачі полягає в тому, що на підставі спостережень за випадковою величиною X , яка описує певну ознаку випадкового явища, має функцію розподілу певного типу $y = F(x, a_1, a_2 \dots a_n)$, але значення параметрів $a_1, a_2 \dots a_n$ від яких залежить ця функція, невідомі, знайти оцінки цих параметрів); перевірка статистичних гіпотез (для випадкової величини X , яка описує певну ознаку випадкового явища, висувається гіпотеза про те, що вона має певний закон розподілу, і важливою задачею є перевірка статистичної гіпотези про вигляд цього розподілу або про значення параметрів розподілу, вигляд якого є відомим) (Грисенко М. В., Рижов А. Ю., 2011, с. 7).

У педагогічних науках використовують деякі види досліджень: *метод реєстрування* — виявлення конкретної якості події та її кількісного значення (наприклад, відвідування пар студентами); *метод ранжування* — розташування у порядку зростання чи спадання показників та визначення місця у цьому ряду (наприклад, складання рейтингу успішності студентів групи або курсу); *метод моделювання* — розробка та дослідження моделей певного педагогічного чи психологічного явища; статистичні методи — це методи математичної статистики, які використовуються для опрацювання даних проведеного експерименту з метою обґрунтування висновків, прийняття або спростування певної гіпотези (Паламар С. П., 2017, с. 65).

У педагогіко-психологічних науках статистичні методи представлені на *рис. 1*.

Статистична грамотність — це набір базових статистичних знань та умінь, якими має оволодіти кожна людина, щоб використовувати доцільно статистичні дані в повсякденному житті для формування власних установок та форм поведінки (Gonda D., Pavlovičová G, Ďuris V, Tírpáková A., 2022, с. 2).

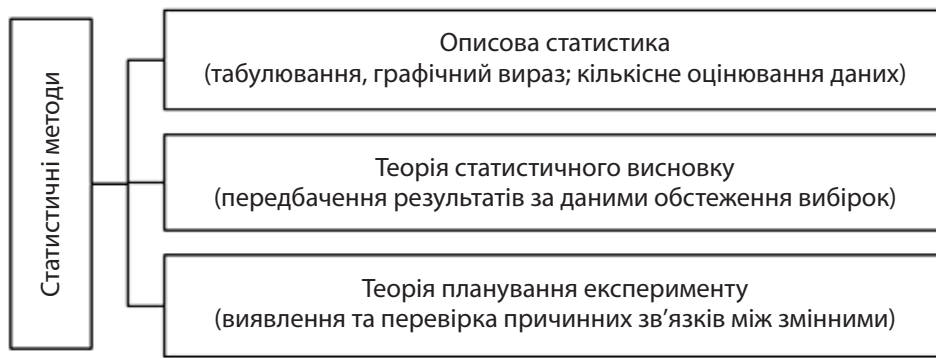


Рис. 1. Статистичні методи

Хочемо зазначити, що поняття «*статистична грамотність*» дуже динамічне: змінюється у реальному житті відповідно до мінливих вимог людських статистичних компетенцій. Дослідженням цього феномену досить детально з різних наукових позицій займалось багато зарубіжних науковців, зокрема N. Broers, K. Wallman, J. Watson, I. Gal та ін.

Структура статистичної грамотності, за J. Watson, складається з трьох за зростаючою складністю рівнів: базового розуміння імовірнісної та статичної термінології; розуміння статистичної мови та концепцій у контексті ширшої соціальної дискусії; позиція сумніву (the questioning position), яку можна зайняти, щоб суперечити твердженням без належної статичної бази (Watson J., 1997, с. 110). Подальші дослідження учених розширили структуру статистичної грамотності, зокрема I. Gal у своєму описі статистичної грамотності охопив дві взаємопов'язані компоненти — уміння людей інтерпретувати та критично оцінювати статичну інформацію з умінням обговорювати та повідомляти свою реакцію на цю статистичну інформацію (Gal I., 2022, с. 8).

Статистична гіпотеза — це передбачення щодо генеральної сукупності, яке перевіряється на основі вибірки.

Існує два основних типи статистичних гіпотез: *непараметричні* — про закон розподілу ймовірностей випадкової величини (ознаки генеральної сукупності); *параметричні* — про значення параметрів розподілу випадкової величини.

Нульовою або основною гіпотезою H_0 називають передбачення (припущення), яке висувують спочатку. Конкуруючою або альтернативною називають гіпотезу H_1 , яка суперечить нульовій гіпотезі H_0 та яку приймають у випадку відхилення нульової H_0 (Грисенко М., Рижов А., 2011, с. 90–91).

Приклад обрання гіпотез в педагогічних дослідженнях. Гіпотеза H_0 : вибірка оцінок (з предмету, який досліджується) майбутніх учителів початкової школи в експериментальній групі не вища, ніж вибірка оцінок у контрольній групі після формульованого етапу експерименту. Гіпотеза H_1 : вибірка оцінок (з предмету, який досліджується) майбутніх учителів початкової школи в експериментальній групі вища, ніж вибірка оцінок у контрольній групі після формульованого етапу експерименту.

Алгоритм перевірки статистичних гіпотез подано в *табл. 1* (Грисенко М., Рижов А., 2011, с. 95).

Таблиця 1

АЛГОРИТМ ПЕРЕВІРКИ СТАТИСТИЧНИХ ГІПОТЕЗ

1	Сформулювати нульову гіпотезу H_0 , альтернативну гіпотезу H_1 , задати рівень значущості α для перевірки H_0
2	Визначити критерій K для перевірки гіпотези H_0 , який є випадковою величиною з відомим розподілом ймовірностей
3	Визначити критичні області відносно заданих критерію K та рівня значущості α
4	Знайти емпіричне (спостережуване) значення критерію $K_{\text{емп}}$ за конкретною вибіркою
5	Зробити висновок: якщо емпіричне значення критерію $K_{\text{емп}}$ потрапляє до критичної області, то нульову гіпотезу H_0 відхиляють; якщо значення $K_{\text{емп}}$ потрапляє до області допустимих значень, то гіпотезу H_0 приймають

Критерій узгодження — це статистичний критерій перевірки гіпотези про вид розподілу випадкової величини (генеральної сукупності).

Найчастіше в педагогічних дослідженнях для проведення експерименту й підтвердження статистичними методами його результатів використовують критерії узгодження Пірсона, Фішера, Стьюдента тощо.

Критерій узгодження Пірсона є зручним для перевірки гіпотез у загальних схемах.

Нехай гіпотеза H_0 така, що закон розподілу X описується функцією розподілу $y = F(x)$ або щільністю розподілу $y = f(x)$, тоді гіпотеза H_0 : закон розподілу X не описується функцією розподілу $y = F(x)$ або щільністю розподілу $y = f(x)$.

Нехай k — число груп у статистичному розподілі вибірки, n_i — частота ознаки X в i -й групі, $n'_i = np_i$ — теоретична частота, p_i — ймовірність того, що значення X належить i -й групі, при чому ці ймовірності розраховані за допомогою гіпотетичної функції розподілу $y = F(x)$ або щільності розподілу $y = f(x)$, $i = 1, 2, \dots, k$.

Якщо гіпотеза H_0 істинна, то розподіл статистики

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$$

при $n \rightarrow \infty$ збігається до розподілу χ^2 з ступенями вільності $m = k - 1$. У протилежному випадку статистика прямує до нескінченності (Грисенко М., Рижов А., 2011, с. 98).

Зрозуміло, що якщо вибірки досить великі, то робити досить громіздкі обчислення для науковців-нематематиків проблематично, тому зручно використовувати онлайн-ресурси для таких обчислень.

Е-ресурси для статистичного аналізу — це спеціальний онлайн-ресурс, створений безпосередньо для обчислень статистичних даних та перевірки статистичних гіпотез Пірсона, Фішера, Стьюдента тощо.

З розвитком ІКТ перевіряти статистичні гіпотези за певним критерієм все простіше, для цього не потрібно знати певні мови програмування та виконувати обчислення в Excel, а достатньо скористатися одним із електронних ресурсів, наприклад, JASP, PSPP тощо.

Ми провели опитування щодо використання статистичних інструментів в педагогічних дослідженнях. У ньому взяли участь здобувачі освіти другого (магістерського) рівня освіти на Факультеті педагогічної освіти Київського столичного університету імені Бориса Грінченка (55 респондентів першого та другого року навчання).

На запитання «У чому полягає мета статистики?» 5 % опитаних респондентів відповіли: «Лише в інформуванні людей»; 40 % — «У встановленні незаперечності числової інформації, отриманої в певному контексті»; 55 % — «У наданні математичними методами відповідних доказів твердженням експертів з різних галузей знань».

Це підтверджує нашу думку про те, що всі дані, отримані при проведенні педагогічного експерименту, необхідно підтверджувати статистичними методами.

На запитання про статистичну грамотність відповіді опитуваних розділись таким чином: мінімальний набір базових статистичних знань і навичок, якими повинен оволодіти індивід (0 %); визначений набір статистичних знань і навичок, які дозволяють людині правильно використовувати статистичні дані в повсякденному житті для формування власного ставлення та форм поведінки в певних ситуаціях, які характеризують ці статистичні дані (50 %); уміння розуміти та критично оцінювати статистичні результати, які пронизують наше повсякденне життя, разом із умінням оцінювати переваги, які статистичне мислення може принести в суспільне, приватне та професійне життя (50 %).

На запитання «На Вашу думку, чи потрібно оволодіти статистичною грамотністю?» 100 % опитаних відповіли: «Так». Аналогічно 100 % респондентів відповіли, що використовують статистичні методи у своїй навчальній (педагогічній) діяльності.

Ці статистичні дані підтверджують нашу думку: майбутні вчителі розуміють, що потрібно підвищувати свою статистичну грамотність та використовувати статистичні методи в педагогічній діяльності.

Хочемо також зазначити що зарубіжні науковці, зокрема Callingham R., Carmichael C., Watson J., у своїх дослідженнях також підтверджують, що вищий рівень статистичної грамотності вчителів (викладачів) прямо пропорційний до вищої успішності в навчанні учнів (студентів) (Callingham R., Carmichael C., Watson J., с. 1340). Науковці Chick H., Pierce R., Wander R. виявили залежність розуміння викладачами статистики при інтерпретації даних, які отримали під час тестування студентів (Chick H., Pierce R., Wander R., 2014, с. 2).

На уточнююче запитання «Які методи математичної статистики використовуєте?» відповіді розподілились наступним чином (рис. 2).

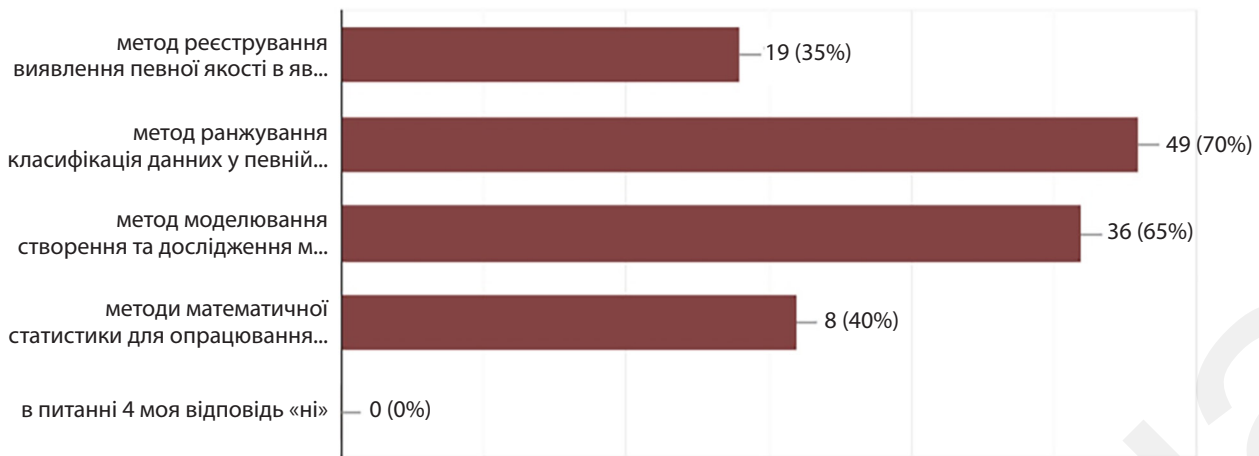


Рис. 2 Використання методів математичної статистики

Магістранти стовідсотково відповіли, що використовують сучасні е-ресурси для виконання дій із статистичними даними. На уточнююче запитання, які ресурси використовують із запропонованих варіантів (Google-сервіси, JASP, PSPP та інші), 100 % респондентів відпові-

ли, що користуються Google-сервісами, зокрема Google-опитувальником, 5 % — вказали, що, окрім Google-опитувальника, використовували JASP, DataMelt та Sisense; 5 % зазначили, що поєднують Google-опитувальник та е-ресурс Sisense.

Якщо ваша відповідь в попередньому питанні «так», то уточніть, будь ласка, які е-ресурси використовуєте

Гугл опитувальник, JASP, DataMelt, Sisense
5%
Гугл опитувальник, Sisense
5%

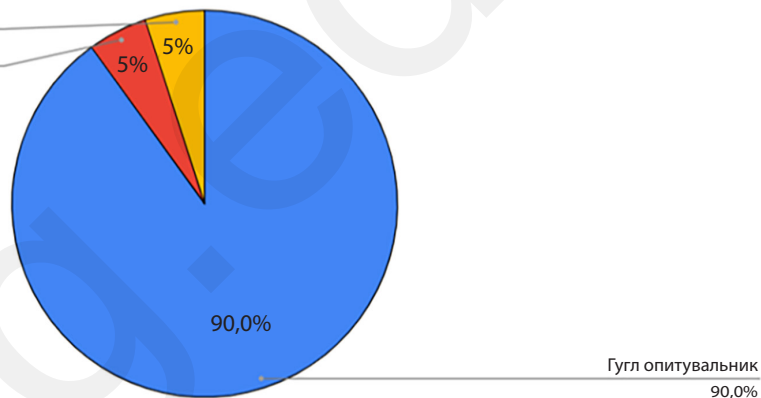


Рис. 3. Використання е-ресурсів для статистичних обчислень

В табл. 2 ми запропонували короткий огляд можливостей двох сучасних безкоштовних е-ресурсів, які зручно використовувати в педагогічних дослідженнях, оскільки вони є досить простими у використанні й не потребують виконання складних математичних процедур.

Хочемо зазначити, що існують також інші е-ресурси, які можна використовувати в педагогічних дослідженнях для обробки статистичних даних. Так, у нашому опитуванні магістранти вказали DataMelt та Sisens. Також у відкритому доступі в Internet є онлайн-калькулятори для обчислення t-test, наприклад,

<https://www.graphpad.com/quickcalcs/ttest1.cfm>.

Даний калькулятор має безкоштовну версію для t-test та порівнює середні значення двох вибірок, зосереджений на трьох найпоширеніших типах t-тестів: непарному, Велча та парному. На головній сторінці наведено вказівки щодо використання калькулятора, додаткову інформацію про два зразки t-тестів та довідку, яка підходить для вашого аналізу. На рис. 4 зображено сторінку для введення вибірки.

Також у програмі Microsoft Exel є функція T.TEST, яка використовується для обчислення t-test Стьюдента.

Е-РЕСУРСИ ДЛЯ СТАТИСТИЧНИХ ОБЧИСЛЕНЬ
В ПЕДАГОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

№	Посилання на е-ресурс	Опис ресурсу для проведення статистичних обчислень
1	JASP (Jeffreys's Amazing Statistics Program) https://jasp-stats.org Програма підтримується університетом Амстердама	Безкоштовна програма з відкритим кодом для статистичного аналізу даних з досить простою реєстрацією та підтвердженням діючої електронної пошти, Google-акаунту або сторінки на Facebook. Виконує всі класичні статистичні аналізи, які доступні в SPSS та їх аналогах. Має досить великий список модулів та їх аналізів. Щоб дізнатися, як використовувати певні аналізи та функції, існує спеціальний розділ «Як використовувати JASP». У разі відсутності важливого аналізу можна надіслати запит на цю функцію. Має відеоінструкції про користування основними функціями. Наразі JASP читає такі формати: .csv, .txt, .tsv, .ods, .dta, .sav, .zsav, .por, .sas7bdat, .sas7bcat, .xpt і, звичайно, формат .jasp
2	GNU PSPP GNU: http://ftp.gnu.org/gnu/pspp/	Безкоштовна програма для статистичного аналізу вибірових даних, є стабільною та надійною програмою. Даний ресурс може виконувати описову статистику, Т-тести, лінійну та логістичну регресію, вимірювання асоціації, кластерний аналіз, аналіз надійності та факторний аналіз, непараметричні тести тощо. Серверна частина розроблена для виконання аналізу якомога швидше, незалежно від розміру вибірки. Має такі важливі функції: синтаксис та файли даних, сумісні з файлами SPSS; графічний інтерфейс на вибір користувача; має різні формати введення даних (текст, postscript, pdf, opendocument або html); має взаємодію з іншими безкоштовними програмами, зокрема Gnumeric, LibreOffice, OpenOffice.Org; простий імпорт даних з електронних таблиць, текстових файлів і джерел бази даних; має можливість відкривати, аналізувати та редагувати два або більше наборів числових вибірок одночасно (за необхідності їх також можна об'єднати); інтерфейс користувача, який підтримує всі загальні набори символів, перекладений багатьма мовами, зокрема українською. Також на сайті PSPP є сторінки зі знімками екрану та зразками вхідних даних для полегшення користування програмою

1. Виберіть формат введення даних
Застереження: зміна формату призведе до видалення даних.

Введіть до 50 рядків
 Введіть або вставте до 2000 рядків
 Введіть середні значення, SEM і N
 Введіть середні, SD і N

2. Виберіть тест
Допоможіть вибрати

Непарний t-тест
 Непарний t-тест Велча (використовується рідко)
 Парний t-тест

3. Введіть дані
Допоможіть мені впорядкувати дані

Мітка:

	1 група	2 група
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		

4. Переглянути результати

Рис. 4. Онлайн-калькулятор для обчислення t-test

Висновки. Отже, для підтвердження педагогічного дослідження засобами статистичного інструментарію необхідно дотримуватися певних вимог, а саме: сформулювати статистичні гіпотези; упорядкувати отримані в результаті педагогічного дослідження дані згідно сформульованих статистичних гіпотез; вибрати критерій узгодження перевірки гіпотези про вид розподілу випадкової величини; підібрати е-ресурс для обчислень статистичних даних та перевірки статистичних гіпотез (Пірсона, Фішера, Стьюдента тощо); перевірити статистичні гіпотези за допомогою числових характеристик;

зробити узагальнення про відхилення або прийняття гіпотез.

Для швидкої обробки статистичних даних доцільно виконувати статистичний аналіз за допомогою сучасних е-ресурсів (JASP, PSPP та ін.), які не потребують від користувачів глибоких математичних знань.

Дане дослідження не вичерпує всіх питань проблеми застосування статистичного інструментарію в педагогічних дослідженнях, оскільки подальшого вивчення потребують інші новітні е-ресурси та алгоритмізація їхнього застосування.

ДЖЕРЕЛА

1. Герич М. С., Синявська О. О. Математична статистика: навч. посібник. Ужгород, ДВНЗ «УжНУ», 2021, 146 с.
2. Грисенко М. В., Ришов А. Ю. Математична статистика для економістів міжнародників. Київ : ВПЦ «Київ. ун-т», 261 с.
3. Міер Т. І., Бондаренко Г. Л. Дослідницькі основи інноваційної складової професійної підготовки вчителя початкової школи з використанням європейського та вітчизняного досвіду. *Освіта і суспільство VI: Міжнародний збірник наукових праць*. С. 262–271. URL: <https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/36169>
4. Остапенко Я. О. Використання PSPP під час статистичного аналізу. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. № 13, с. 254–265. URL: http://www.easterneurope-ebm.in.ua/journal/13_2018/46.pdf
5. Паламар С. П., Кондратюк С. Г. Системний підхід до формування навичок проведення науково-педагогічного дослідження. *Молодий вчений*. № 10.2 (50.2). 2017. С. 65–69. URL: https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/21902/1/S_Palamar__S_Kondratiuk_SAFS_2017_PI.pdf
6. Brydges, C & Gaeta, L. (2019). An Introduction to Calculating Bayes Factors in JASP for Speech, Language, and Hearing Research. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 62(12): 4523–4533. doi:10.1044/2019_JSLHR-H-19-0183. PMID 31830850. S2CID 209342577
7. Callingham, R., Carmichael, C., & Watson, J. (2016). Explaining Student Achievement: The influence of teachers' pedagogical content knowledge in statistics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2016, 14, 1339–1357. DOI:10.1007/s10763-015-9653-2
8. Chick, H., Pierce, R., & Wander, R. (2014). Sufficiently Assessing Teachers' Statistical Literacy. ICOTS9 (2014) Invited Paper – Refereed. https://iase-web.org/icots/9/proceedings/pdfs/ICOTS9_7C3_WANDER.pdf?1405041694
9. Gal, I. (2002) Adults' Statistical Literacy: Meanings, components, responsibilities. *Int. Stat. Rev.* 2002, 70, 1–25.
10. Gonda, D., Pavlovičová, G., Ďuris, V., & Tirpáková, A. (2022). Implementation of Pedagogical Research into Statistical Courses to Develop Students' Statistical Literacy. *Mathematics* 2022, 10(11), 1793; <https://doi.org/10.3390/math10111793>
11. Jonathon Love, Ravi Selker, Maarten Marsman, et al (2019) JASP: Graphical Statistical Software for Common Statistical Designs. *Journal of Statistical Software*, January 2019, 88(2), 1–13 DOI:10.18637/jss.v088.i02
12. Pierce, R., Chick, H., Watson, J., Les, M., & Dalton, M. (2014). A Statistical Literacy Hierarchy for Interpreting Educational System Data. *Aust. J. Educ.* 2014, 58, 195–217.
13. Wagenmakers, E., Love, J., Marsman, M., Jamil, T., Ly, A., Verhagen, J., et al (2018). Bayesian inference for psychology. Part II: Example applications with JASP». *Psychonomic Bulletin & Review*. 25(1): 58–76. doi:10.3758/s13423-017-1323-7. PMC 5862926. PMID 28685272
14. Watson, J. (1997) Assessing Statistical Literacy through the Use of Media Surveys. In *The Assessment Challenge in Statistics Education*; Gal, I., Garfield, J., Eds.; International Statistical Institute IOS Press: Amsterdam, The Netherlands, 1997; pp. 107–121.

REFERENCES

1. Herych, M. S., Syniavska, O. O. (2021) Matematychna statystyka [Mathematical Statistics]. 146 p. [in Ukrainian].
2. Hrysenko, M. V., & Ryzhov, A. Yu. (2011). Matematychna statystyka dlia ekonomistiv mizhnarodnykiv [Mathematical Statistics for International Economists]. 261 p. [in Ukrainian].
3. Miyer, T. I., & Bondarenko, H. L. (2021). Doslidnytski osnovy innovatsiinoi skladovoi profesiinoi pidhotovky vchytelia pochatkovoї shkoly z vykorystanniam yevropeiskoho ta vitchyznianoho dosvidu [Research Basis of the Innovative Component of Professional Training of Primary School Teachers Using European and Domestic Experience]. *Osvita i suspilstvo*, VI, pp. 262–271 ISSN 978–83–66567–26–9 [in Ukrainian].
4. Ostapenko, Ya. O. (2018). Vykorystannia PSPP pid chas statystychnoho analizu [Use of the PSPP in Statistical Analysis]. *Skhidna Yevropa: ekonomika, biznes ta upravlinnia*, 13, pp. 254–265 [in Ukrainian]. http://www.easterneurope-ebm.in.ua/journal/13_2018/46.pdf
5. Palamar, S. P., & Kondratiuk, S. H. (2017). Systemnyi pidkhid do formuvannia navychok provedennia naukovo-pedahohichnoho doslidzhennia [A systematic approach to the formation of skills in scientific and pedagogical research]. *Molodyi vchenyi* (10.2), pp. 65–69. ISSN 2304-5809 [in Ukrainian].
6. Brydges, C., & Gaeta, L. (2019). An Introduction to Calculating Bayes Factors in JASP for Speech, Language, and Hearing Research. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 62(12): 4523–4533 [in English].
doi:10.1044/2019_JSLHR-H-19-0183. PMID 31830850. S2CID 209342577
7. Callingham, R., Carmichael, C., & Watson, J. (2016). Explaining Student Achievement: The influence of teachers' pedagogical contentknowledge in statistics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2016, 14, 1339–1357. DOI:10.1007/s10763-015-9653-2 [in English].
8. Chick, H., Pierce, R., & Wander, R. (2014). Sufficiently assessing teachers' statistical literacy. *ICOTS9 (2014) Invited Paper — Refereed* [in English].
https://iaseweb.org/icots/9/proceedings/pdfs/ICOTS9_7C3_WANDER.pdf?1405041694
9. Gal, I. (2002). Adults' Statistical Literacy: Meanings, components, responsibilities. *Int. Stat. Rev.* 2002, 70, 1–25 [in English].
10. Gonda, D., Pavlovičová, G., Ďuris, V., & Tirpáková, A. (2022). Implementation of Pedagogical Research into Statistical Courses to Develop Students' Statistical Literacy. *Mathematics* 2022, 10 (11), 1793 [in English].
<https://doi.org/10.3390/math10111793>
11. Jonathon Love, Ravi Selker, Maarten Marsman, et al (2019). JASP: Graphical Statistical Software for Common Statistical Designs. *Journal of Statistical Software*, January 2019, 88(2), DOI:10.18637/jss.v088.i02 [in English]
12. Pierce, R., Chick, H., Watson, J., Les M., & Dalton, M. (2014). A Statistical Literacy Hierarchy for Interpreting Educational System Data. *Aust. J. Educ.* 2014, 58, 195–217 [in English].
13. Wagenmakers, E., Love, J., Marsman, M., Jamil, T., Ly, A., Verhagen, J., et al (2018). Bayesian inference for psychology. Part II: Example applications with JASP». *Psychonomic Bulletin & Review*, 25 (1): 58–76 [in English].
doi:10.3758/s13423-017-1323-7 PMC 5862926. PMID 28685272
14. Watson, J. (1997). Assessing Statistical Literacy through the Use of Media Surveys. In *The Massessment Challenge in Statistics Education*; Gal, I., Garfield, J., Eds.; International Statistical Institutel IOS Press: Amsterdam, The Netherlands, 1997; pp. 107–121 [in English].

Rudenko N.

STATISTICAL TOOLS IN PEDAGOGICAL RESEARCH

Due to the active development of scientific and technological progress, mathematical science has impacted on all scientific fields, including pedagogy. A crucial element is enhancing the quality of pedagogical research through the organization of experiments, the evaluation of acquired scientific data, and the validation of these results employing methods of mathematical statistics. The complexities involved in the proper implementation of statistical methods in pedagogical research arise from the necessity to investigate qualitative attributes of phenomena and events, requiring the alignment of research objectives and content with the appropriate mathematical and statistical techniques. Statistics seeks to provide relevant evidence to the claims of experts in various fields using mathematical methods to reach a consensus on making appropriate decisions based on statistical information.

The article theoretically highlights mathematical and statistical methods in pedagogical research when organizing an experiment, evaluating acquired scientific data and verifying the reliability of these results using

methods of mathematical statistics. It defines the main concepts of the research, namely: mathematical statistics, problems of mathematical statistics, methods of mathematical statistics, statistical literacy, statistical hypothesis, criteria of agreement, e-resources for statistical analysis.

The main mathematical methods used in pedagogical research have been selected, and the algorithm for testing statistical hypotheses in pedagogical research has been provided. The statistical criteria of agreement have been identified for testing the hypothesis about the type of distribution of a random variable (Pearson, Fisher, Student), and modern e-resources for calculating the criteria of agreement (JASP, PSPP, DataMelt, Sisense and others), as well as some online calculators, have been discussed.

Keywords: *problems of mathematical statistics, e-resources for statistical analysis, criteria of agreement, methods of mathematical statistics, statistical hypothesis, statistical literacy.*

*Стаття надійшла до редакції: 09.10.2024 р.
Прийнято до друку: 23.10.2024 р.*