

DOI: 10.20913/2618-7515-2025-2-14
УДК 378.01

Оригинальная научная статья

Математическая статистика в исследовании: педагогический аспект

О. Ю. Шитакова

*Новосибирский государственный аграрный университет
Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: Ch1989@yandex.ru*

А. Ю. Гуськов

*Новосибирский государственный аграрный университет
Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: alexguskov1@vk.com*

Н. Е. Горбачева

*Новосибирский государственный аграрный университет
Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: nata-gor15@yandex.ru*

Р. В. Орлов

*Новосибирский военный ордена Жукова институт имени генерала армии
И. К. Яковлева войск национальной гвардии Российской Федерации
Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: roman_eagle@mail.ru*

Т. В. Сидорина

*Новосибирский государственный аграрный университет,
Новосибирский военный ордена Жукова институт имени генерала армии
И. К. Яковлева войск национальной гвардии Российской Федерации
Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: sidorinata@mail.ru*

Аннотация. *Введение.* Актуальность статьи обусловлена проблемой применения методов математической статистики в педагогических исследованиях. *Постановка задачи.* Цель исследования состоит в обобщении информации о применении в педагогических исследованиях наиболее часто встречающихся методов математической статистики и показ их применения в исследованиях авторов статьи. *Методика и методология исследования.* Исследование включает обзор библиографических и теоретических источников по раскрытию особенностей использования математической статистики в исследованиях педагогов и показ парадокса матстатистики, которая сама по себе не раскрывает сущности явления и не объясняет причины различий между отдельными сторонами этого явления. *Результаты.* К результатам работы можно отнести описание и анализ проблем, связанных с раскрытием понятий зависимой и независимой переменных в педагогическом исследовании, количественных и качественных методов исследования, критериев и показателей оценки результатов исследований. Раскрыто представление о том, что только рациональное применение статистики позволяет и педагогу находить зависимости между экспериментальными данными, выявлять наличие или отсутствие тенденций в экспериментальных и контрольных группах. Авторами предложены методы математической статистики, которые они применили в своих педагогических исследованиях: критерий ϕ^* Фишера, критерий Краскела – Уоллиса, критерий «хи» – квадрат Пирсона и методика И. К. Шалаева по оценке результативности экспериментальной работы. *Выводы.* В заключительной части работы говорится о том, что проблема применения методов матстатистики носит практико-ориентированный характер и успех научного исследования зависит не только от творческой мысли исследователя и расширения диапазона его математического аппарата.

Ключевые слова: статистические методы, педагогика, гипотеза, вычисление, обработка информации

Для цитирования: Шитакова О. Ю., Гуськов А. Ю., Горбачева Н. Е., Орлов Р. В., Сидорина Т. В. Математическая статистика в исследовании: педагогический аспект // Профессиональное образование в современном мире. 2025. Т. 15, №2. С. 324–334 DOI: <https://doi.org/10.20913/2618-7515-2025-2-14>

DOI: 10.20913/2618-7515-2025-2-14

Full Article

Mathematical statistics in research: pedagogical aspect

Shitakova, O. Yu.

*Novosibirsk State Agrarian University
Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: Ch1989@yandex.ru*

Guskov, A. Yu.

*Novosibirsk State Agrarian University
Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: alexguskov1@vk.com*

Gorbacheva, N. E.

*Novosibirsk State Agrarian University
Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: nata-gor15@yandex.ru*

Orlov, R. V.

*Novosibirsk State Agrarian University; Novosibirsk Military Order of Zhukov Institute named after General of the Army I. K. Yakovlev of the National Guard of the Russian Federation
Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: roman_eagle@mail.ru*

Sidorina, T. V.

*Novosibirsk State Agrarian University; Novosibirsk Military Order of Zhukov Institute named after General of the Army I. K. Yakovlev of the National Guard of the Russian Federation
Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: sidorinata@mail.ru*

Abstract. Introduction. The relevance of the article is due to the problem of applying mathematical statistics methods in pedagogical research. **Purpose setting.** The purpose of the study is to summarize information about the use of the most common mathematical statistics methods in pedagogical research and to show their application in the research of the authors of the article. **Methodology and methods of the study.** The study includes a review of bibliographic and theoretical sources on the disclosure of the features of the use of mathematical statistics in the research of teachers and shows the paradox of mathematical statistics, which in itself does not reveal the essence of the phenomenon and does not explain the reasons for the differences between the individual sides of this phenomenon. **Results.** The results of the work include the description and analysis of problems related to the disclosure of the concepts of dependent and independent variables in pedagogical research, quantitative and qualitative research methods., criteria and indicators for evaluating research results. The idea is revealed that only the rational use of statistics allows the teacher to find dependencies between experimental data, to identify the presence or absence of trends in experimental and control groups. The authors propose methods of mathematical statistics that they have applied in their pedagogical research: the Fisher φ^* criterion, the Kraskel-Wallis criterion, the Pearson chi-square criterion and the I. K. Shalaev methodology for evaluating the effectiveness of experimental work. **Conclusion.** In the final part of the paper, it is said that the problem of applying mathematical methods is practice-oriented and the success of scientific research depends not only on the creative thought of the researcher and the expansion of the range of his mathematical apparatus.

Keywords: statistical methods, pedagogy, hypothesis, calculation, information processing

Citation: Shitakova, O. Yu., Guskov, A. Yu., Gorbacheva, N. E., Orlov, R. V., Sidorina, T. V. [Mathematical statistics in research: pedagogical aspect]. *Professional education in the modern world*, 2025, vol. 15, no. 2, pp. 324–334. DOI: <https://doi.org/10.20913/2618-7515-2025-2-14>

Введение. Успех научного исследования зависит не только от творческой мысли исследователя и его исследовательских умений применить аппарат исследования. Во многом этот успех зависит от правильного выбора методов исследования. Здесь уместно мнение А. Эйнштейна о том, что «не на все, что можно сосчитать, можно полагаться, и не все, на что можно полагаться, поддается счету» [1]. Первый нобелевский российский лауреат Иван Петрович Павлова говорил: «с помощью удачно выбранных методов даже не очень одаренный исследователь успешен, а неудачные же методы не помогут и гениальному ученому» [2, с. 12]. Согласимся с Б.Е. Механцевым в том, что «редкое прикладное педагогическое исследование обходится без применения статистико-математических методов, целью которых является обеспечение достоверности полученной информации в процессе изучения свойств педагогического объекта» [3], так как без доказательной статистико-математической базы результаты научно-педагогических исследований и следующие из них выводы и предложения оказываются проблематичными. Актуальность проблемы исследования состоит в показе того, что сама по себе математика не раскрывает сущности явления и не объясняет причины различий между отдельными сторонами явления! Математические вычисления не могут дать ответ на вопрос исследователя: «почему один метод лучше другого?», но они объединяют количественные и качественные результаты исследования, которые способны ответить на эти вопросы.

При рассмотрении возможностей применения методов математической статистики в обработке информации, полученной в результате педагогического исследования, опираемся на исследования ученых, разрабатывающих методологические основы педагогики (Гмурман В.Е., Загвязинский В.И., Ильин В.С., Краевский В.В., Новиков Д.А., Скаткин М.Н., Щукина Г.И. и др.).

Постановка задачи. В педагогической литературе предлагается ряд методик математико-статистической обработки данных педагогического исследования (В.П. Давыдов, Л.Б. Ительсон, Ю.З. Кушнер и др.); исследователи считают, что в числе основной проблемой включения в педагогическую науку и практику количественно-качественных методов – сложность протекания педагогических процессов [4]. Так как целью педагогического эксперимента является подтверждение или опровержение гипотезы исследования и справедливости теоретических результа-

тов, то есть обоснование предлагаемого педагогического воздействия и ответ на вопрос: более эффективно (или наоборот, – менее эффективно) предлагаемое исследованием, то математическая обработка результатов психолого-педагогических диагностик становится важнейшим этапом научного поиска.

Современные математические методы достаточно сложны, но благодаря разработкам статистических пакетов анализа данных достаточно становятся приемлемыми в практическом применении. Наиболее приемлемыми математическими методами в педагогической науке являются: методы первичной обработки данных, корреляционный анализ, регрессионный анализ, дисперсионный анализ, кластерный анализ, методы математического моделирования, методы математического программирования, сетевые методы, методы проверки значимости и достоверности экспериментальных результатов и др. [5]. Применение математики в педагогической науке началось в начале 70-х гг. XX в. и связано с опубликованием исследования Л.Б. Ительсона «Математические и кибернетические методы в педагогике» (1964) [6], а далее, для формирования единой терминологии, был осуществлен перенос аппарата математической статистики в психологию, педагогику и другие науки.

Г.А. Федотова предлагает рассматривать в педагогических исследованиях три раздела статистики: *описательную* (описывать и воспроизводить информацию в виде таблиц или графиков выявленную тенденцию); данные того или иного распределения; *индуктивную* (распространение на всю генеральную совокупность результатов, полученных на выборке); *корреляции* (обнаружение связи между двумя переменными, позволяющей прогнозировать значение одной из них) [7]. Рациональное применение статистики позволяет и педагогу и психологу находить зависимости между экспериментальными данными; выявлять наличие или отсутствие предполагаемых тенденций в экспериментальных и контрольных группах; а также установить эффективность проведения тренингов и определенных коррекционных воздействий.

Любое математическое представление педагогического объекта достаточно приблизительное и условное, а потому «требует доказательств своей адекватности» [8] и главная сложность заключается в необходимости качественного описания педагогических процессов или явлений, так как «применение математического аппарата в педагогиче-

ской теории и практике ограничено особенностями гуманитарной сферы, несмотря на то, что изначально она достаточно далека от математики» [9]. Неопределенность педагогической терминологии осложняет задачу, когда появляется «необходимость интерпретации педагогических терминов на математическом языке и обратном переводе с языка математики на язык педагогики» [10].

Процесс эволюции науки и логика рассматриваемых проблем влияют на степень их математизации. Слияние математики с другими науками ярко выражено в начале XIX века, когда основными потребителями вероятностных методов были теория артиллерийской стрельбы и теория ошибок. В конце XIX и в начале XX века в теории вероятностей появляются много новых областей ее применения с развитием статистической физики и механики, разработкой аппарата математической статистики. В этот период математическая статистика приобретает самостоятельный статус. С прошлого века необходимость математизации наметилась в экономике, затем к ней присоединились социология, психология, педагогика, лингвистика и т.д. [11]. Математические методы, используемые в педагогике, в настоящее время фактически являются междисциплинарными, заключающиеся в определенном «приспособлении» именно математических методов к разным научным дисциплинам, в том числе педагогике. Выводы, к которым приходит исследователь в ходе интерпретации данных, основанные на первичном восприятии определенной зависимости между изучаемыми явлениями, не являются истинными, если они не подкреплены математической статистикой [12].

Математическая статистика как раздел математики, разрабатывает методы регистрации, описания и анализа данных наблюдений и экспериментов с целью построения вероятностных моделей массовых случайных явлений. Особенности использования математических методов в образовательном процессе заключается в высшей степени сложности самих процессов.

Методика и методология исследования. Анализ литературных и нормативных источников и обобщение информации позволили выявить тот факт, что в отечественной и зарубежной педагогике накоплен опыт определения математических измерителей и моделей для обеспечения качества образования: теория применения математических методов в педагогике (В. П. Беспалько, М. Н. Грабарь, Л. Б. Ительсон, К. А. Краснянская, Г. В. Суходольский, Л. В. Чуйко, В. Я. Якунин и др.); философские и методологические основы квалитологии образования (С. А. Сафонцев, А. И. Субетто, Н. А. Селезнева и др.); технологии анализа оценочных шкал (В. В. Гузеев, М. А. Чошанов); теории оценки качества образования и образова-

тельных систем (А. А. Макаров, В. П. Панасюк, Т. А. Родыгина, И. Г. Салова и др.); система критериев оценки качества образования (А. Г. Бермус, Б. С. Гершунский, М. М. Потапшик и др.); методики статистической обработки данных педагогического эксперимента (Е. Г. Булатова, В. П. Давыдов, Л. Б. Ительсон, Ю. З. Кушнер, А. А. Кыверялг, Б. Е. Стариченко и др.).

Независимой переменной в педагогическом исследовании выбирается определенная ситуация, стимул и др., которые намеренно подбираются экспериментатором и значениями которых можно управлять, с целью выяснения их влияния на зависимую переменную. *Зависимая переменная* – это измеряемая и регистрируемая переменная, изменения которой связываются с изменениями независимой переменной; в качестве зависимой переменной выступают, качество обучения, уровень знаний и умений обучающихся, социально-психологическая адаптация, управленческая культура, и другие особенности субъектов и объектов образовательного процесса, изменяемые под влиянием независимой переменной. В большинстве случаев в качестве такой зависимой переменной в педагогических исследованиях становятся психолого-педагогические условия, моделируемые и реализуемые исследователем в ходе взаимодействия с субъектами и объектами образовательного процесса [13].

Исследователями выделяются два класса методов исследования:

1. *Количественные методы исследования* – формализованные способы действий, основанные на строгом соблюдении заданных правил; расчеты по формулам, предназначенные для массовых исследований. Исследователем заранее определяются изучаемые переменные (признаки, факторы, условия), и отступление от алгоритма исследования не допускается. Количественный подход ориентирует исследователя на поиск ответов на вопросы: «сколько?», «на сколько?», «во сколько раз?», «как часто?», т.е. на сбор количественных данных. Собранные данные обрабатываются с помощью статистических методов, строятся графики, диаграммы и др.

В естественных науках и технике существуют «материальные эталоны» (длины, времени, массы и др.), а вот в измерениях в психолого-педагогических исследованиях, эталоны носят достаточно условный характер, не поддающиеся измерению. Так, трудно представить эталоны мотивации, активности, креативности, честности, гражданственности и т.д. Большинство психолого-педагогических параметров (признаки, качества, свойства, факторы) являются скрытыми (латентными) и о них можно судить косвенно. Здесь применимы «качественные исследования».

2. *Качественные исследования* – это неформализованный сбор данных нестандартизированной формой их анализа (опрос, интервью, наблюдение, эксперимент, фокус-группа, эксперимент и т.д.). Так, эффективность нового метода обучения оценивается успеваемостью учащихся; сложность и трудность изучаемого материала – количеством новых понятий; активность студента – количеством заданных им вопросов и т.д. В «качественных» исследованиях для объяснения фактов используются вопросы «как?», «почему?», «зачем?», «из-за чего?», «каким образом?». С помощью «качественных методов» посредством содержательного анализа, через выявление новых сторон изучаемого объекта становится возможным выйти на новые понятия, уточнение значений уже применяемых понятий и категорий.

3. Третий тип данных исследования, – это *порядковые данные*, соответствующие местам этих элементов в последовательности, полученной при их расположении в возрастающем порядке, например 1-й, 2-ой и т.д.; или А, Б, В и т.д.).

Наиболее приемлемыми математическими методами в педагогической науке являются: методы первичной обработки данных, корреляционный анализ, регрессионный анализ, дисперсионный анализ, кластерный анализ, методы математического моделирования, методы математического программирования, сетевые методы, методы проверки значимости и достоверности экспериментальных результатов и др. [5]. Анализируя психолого-педагогическую, математическую и методическую литературу, мы замечаем, что особенности применения математических методов в педагогике связаны с определенной областью педагогики.

В качестве *критериев* оценки результатов исследований выделяют условные уровни состояния объекта исследования (усвоение учебной информации (понимание, умение и запоминание); сформированность каких-то качеств личности: моральная ответственность, эстетическая культура и т.п.); овладение какой-либо деятельностью и т.д.), при этом выделяют три уровня реализации, – низкий, средний, высокий; *показатель* выполняет роль эмпирического индикатора критерия. При этом необходима осторожность, так как при введении числовых показателей затем начинают судить, например об определенных качествах учащихся и строить функциональные зависимости, из которых иногда появляются со-

мнительные выводы, среди которых, например такой, «если один ученик решит в два раза больше задач определенного вида, чем другой, то его интеллект превышает интеллект другого ученика в два раза!». Можно лишь посочувствовать исследователю, который считает существенными различия в 20% и даже в 10%, не проверив их достоверность с помощью, например, критерия ϕ^* Фишера [14].

Обсуждение. При выполнении диссертационной работы у каждого исследователя свой комплект методов исследования, среди которых: *теоретические* (анализ научных источников по проблеме исследования, теоретическое моделирование, анализ результатов деятельности профессорско-педагогического состава и студентов и др.); *эмпирические* (анализ результатов деятельности, наблюдение, тестирование, беседа, опрос и др.); а также методы математической статистики при обработке результатов исследования.

Несмотря на разность тем исследования, нас заинтересовала идея показа применения методов математической и статистической обработки результатов исследования:

– у Горбачевой Н.Е., по теме исследования «Теория и практика создания культурно-образовательной среды для самоорганизации профессионального опыта (на примере системы дополнительного образования аграрного университета)», показ применения методики И. К. Шалаева;

– у Гуськова А.Ю., по теме исследования «Система организационно-методического сопровождения адаптационного практикума первокурсника в техническом вузе», описание применения критерия ϕ^* Фишера;

– у Шитаковой О.Ю., по теме исследования «Подготовка тьюторов в системе высшего профессионального образования», показ возможностей в применении критерия Краскела – Уоллиса;

– у Орлова Р.В., по теме исследования «Формирование основ исследовательской культуры у курсантов военных институтов», представление использования критерия «хи» – квадрат Пирсона.

Результаты. 1. Методика И.К. Шалаева позволяет найти «приращение определенного свойства субъекта образовательного процесса», что характеризует степень результативности проведенной экспериментатором работы. Коэффициент результативности K_p по методике И.К. Шалаева вычисляется по формуле:

$$K_p = \frac{\sum W - \sum V}{\sum W} \cdot 100 \% \quad (1)$$

где: $\sum W$ – уровень «свойства» по окончании формирующего этапа эксперимента,

$\sum V$ – уровень «свойства» на начало формирующего этапа эксперимента.

Результат подсчета коэффициента показывает качество реализуемой методики работы с респондентами экспериментальной группы в процессе эксперимента. Оно оценивается как низкое,

если $K_p < 10\%$; как среднее, если $10\% \leq K_p \leq 30\%$ и как высокое, если $K_p > 30\%$ [15].

В экспериментальной группе Н.Е. Горбачевой в январе 2025 года с преподавателями дополнительного образования аграрного университета

проведен контрольный срез по умениям самоорганизации, проведен комплекс занятий, по окончании которого было предложено контрольное задание и расчет по методике И.К. Шалаева; результаты срезов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты начального и конечного срезов
 Table 1. Results of the initial and final surveys

N п/п	До занятий	После занятий	N п/п	До занятий	После занятий
1	3,0	6,0	5	4,0	8,0
2	5,0	8,0	6	6,0	9,0
3	6,0	10,0	7	3,0	5,0
4	8,0	14,0	8	4,0	5,0
			Сумма	39	69

Применив формулу (1), получаем: $\Sigma W=65$, $\Sigma V=39$. Тогда получаем: $K_p=(65-39):65 \cdot 100\%=40\%$, то есть «приращение умений самоорганизации», у преподавателей дополнительного образования достаточно высокий, что дает возможность заявить, что качество проведенной работы высокое.

2. С помощью статистического критерия φ^* Фишера обрабатываются любые данные, пред-

ставленные в любой шкале при проверке статистических гипотез (нулевая гипотеза (H0) утверждает отсутствие различий между распределениями признака в исследуемых группах, альтернативная гипотеза (H1) утверждает наличие различий между распределениями признака в исследуемых группах). Затем применяется формула Фишера (2):

$$\varphi_{эм}(\varphi_1 - \varphi_2) \cdot \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}} \quad (2)$$

где: φ_1 – угол, соответствующий большей процентной доле респондентов;

φ_2 – угол, соответствующий меньшей процентной доле респондентов;

n_1 – количество респондентов в первой выборке;

n_2 – количество респондентов во второй выборке.

Для уровней статистической значимости 0,01 и 0,05 по таблице критических значений величины угла φ для процентных долей определяются величины φ_1 и φ^2 . Затем на оси значимости показываются эти величины φ_1 и φ^2 и $\varphi_{эм}$. и, по его расположению в «зонах значимости и незначимости» делается вывод о принятии соответствующей статистической гипотезы [16].

В экспериментальной группе Гуськова А.Ю. в феврале 2025 года проведены занятия со студентами первого курса Инженерного института НГАУ по направлению «Технические системы и эксплуатация машин» по программе «Практикума первокурсника», а затем было предложено контрольное задание; расчет результата проведен с помощью статистического критерия φ^* Фишера.

Ситуация для исследования характеризуется тем, что в первой выбранной группе студентов

из 16 человек с предложенным заданием справились 10 человек, а во второй, – из 17 человек 8 человек. Значимым для этого исследования являлся ответ на вопрос: есть ли различие между выбранными группами респондентов в выполнении задания.

Поскольку исследователя интересовал факт «решения задачи», то «эффектом» считался успех в решении этой задачи, а отсутствием «эффекта» – неудачу в ее решении. Были сформулированы статистические гипотезы:

H0: доля лиц, справившихся с задачей, в первой группе не больше, чем во второй группе, то есть различия нет.

H1: доля лиц, справившихся с задачей, в первой группе больше, чем во второй группе, то есть различие есть.

Затем определены процентные доли студентов, справившихся с заданием. В первой группе это $10/16 \cdot 100\%=61\%$, во второй: $8/17 \cdot 100\%=47\%$. Казалось бы, и «на глаз», можно предположить, что 61% значительно выше 47%. Однако на самом деле различия результатов при данных $n_1=16$ и $n_2=17$ недостоверны. Проверим это с помощью критерия φ^* Фишера.

По таблице «Величины угла φ (в радианах) для процентных долей» определены величины φ , соответствующие процентным долям в каждой из групп: φ_1 (61%) = 1,774; и φ_2 (47%) = 1,384.

Применением формулы Фишера (2), получено эмпирическое значение $\varphi_{эмп}$ для $n_1=16$ и $n_2=17$:

$\varphi_{эмп} = (1,774 - 1,384) \cdot \sqrt{16 \cdot 17 : (16 + 17)} = 0,39$
 $\cdot \sqrt{272 : 33} = 0,39 \cdot 2,87 = 1,11$. Получаем = 1,11.

Рассмотрим ось значимости, где расположим высчитанное $\varphi_{эмп} = 1,11$ (рис.).

По таблице «Уровни статистической значимости разных значений φ -критерия Фишера» (по Гублеру Е.В.) получены коэффициенты для уровней статистической значимости: для 0,01, – это $\varphi = 2,31$ и для 0,05, – это $\varphi = 1,64$, что показано размещением их на оси значимости (рис.).

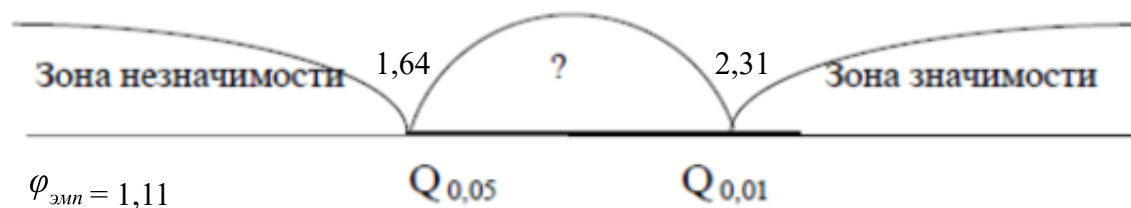


Рис. Ось значимости
Fig. The significance axis

Эмпирическое значение $\varphi_{эмп} = 1,11$ оказывается в «зоне незначимости». Это означает, что из двух статистических гипотез принимается гипотеза H_0 : доля лиц, справившихся с заданием в первой группе не больше, чем во второй группе. В целом, это означает, что различие между группами по этому признаку считается несущественным, то есть группы одинаковые по способности выполнять задания этого типа.

3. Критерий Краскела – Уоллиса – это метод математической статистики, при котором сравнивают средние значения в трех и более выборках, что помогает оценить различия между ними; особенно удачен для обработки порядковых данных или когда размер выборки слишком мал. Методика Краскала-Уоллиса основана на ранжировании данных, при котором

информация сортируется от меньшего значения к большему. Сначала все значения, независимо от того, какой выборке они принадлежат, упорядочивают по возрастанию. Каждому значению присваивается ранг (номер его места в упорядоченном ряду) от наименьшего к наибольшему; если значения совпадают, то независимо, в каких выборках это произошло, присваиваем одинаковый ранг, причем равный среднему арифметическому тех мест, которые эти величины делят между собой в общем упорядоченном ряду. Вычисляем суммы рангов в каждой группе (R_i); если значения совпадают, то независимо, в каких выборках это произошло, присваивается одинаковый ранг, равный среднему арифметическому. Определения критерия выполняется по формуле:

$$k_{u_{эмп}} = \frac{12}{n(n+1)} \sum \frac{R_i^2}{n_i} - 3(n+1) \quad (3)$$

где: R_i – сумма рангов для каждой группы респондентов;

n_i – количество элементов (наблюдений) в каждой группе;

n – общее количество элементов (наблюдений) в объединенной выборке.

Формулируются статистические гипотезы: H_0 – об отсутствии различий между распределениями признака в исследуемых группах и H_1 – о наличии различий между распределениями признака в исследуемых группах.

Расчетное значение сравнивается с критическим значением хи-квадрат Пирсона (χ^2), так как распределение $k_{u_{эмп}}$ близко распределению χ^2 с числом степеней свободы $df = k - 1$, где k – число групп. Для оценки

результата применяется таблицей критических уровней для критерия Краскела – Уоллиса. Стандартное значение выбирается относительно 0,05: если расчетное значение $k_{u_{эмп}}$ равно или превышает критическое значение χ^2 , то отвергается H_0 [17].

В экспериментальных группах Шитаковой О.Ю. в ноябре 2024 года с тремя группами студентов-бакалавров 1-го, 2-го и 3-го курсов Инженерного института НГАУ по направлению «Технические системы и эксплуатация машин» проведен тренинг по программе «Подготовка тьюторов в системе высшего профессионального образования»; затем было предложено контрольное задание; расчет результата проведен с помощью критерия Краскела – Уоллиса.

Сформулированы гипотезы: H_0 – уровень исследуемого признака в выборках одинаковы, то есть различий нет; H_1 : выборки различаются по уровню исследуемого признака.

Значения в каждой из трех выборок упорядочены и размещены по возрастанию, каждому из них присвоен ранг (табл. 2).

Таблица 2. Ранжирование значений результатов тренинга в выборках групп студентов для расчета тестовой статистики критерия Краскела – Уоллиса

Table 2. Ranking of training results in student groups for calculating the Kruskal-Wallis test statistic

N п/п	Гр 1, n = 7	Ранг	N п/п	Гр 1, n = 5	Ранг	N п/п	Гр 1, n = 6	Ранг
1	1,22	1	8 (1)	1,47	6	13 (1)	1,56	10
2	1,24	2	9 (2)	1,52	7,5	14 (2)	1,58	11
3	1,31	3,5	10 (3)	1,55	9	15 (3)	1,81	13
4	1,31	3,5	11 (4)	1,7	12	16 (4)	1,89	16
5	1,45	5	12 (5)	1,93	17	17 (5)	1,88	15
6	1,52	7,5				18 (6)	2	18
7	1,84	14						
Сумма рангов		36,5	Сумма рангов		51,5	Сумма рангов		83

Применив формулу (2), получаем значение критерия Краскела – Уоллиса для групп численностью 7, 5 и 6 студентов, изъявивших пройти тренинг:

$$ku_{\text{эм}} = 12 \cdot (18 \cdot 19) \cdot (36,5^2 : 7 + 51,5^2 : 5 + 83^2 : 6) - 3 \cdot (18+1) = 0,035 \cdot (190,3 + 530,45 + 1148,16) - 57 = 8,41.$$

Расчетное значение тестовой статистики критерия Краскела – Уоллиса (ku) оказалось равным 8,41. Для оценки нулевой гипотезы необходимо расчетное значение критерия (ku) сравнить с табличным значением критерия χ^2 . Из таблицы критических значений критерия χ^2 для числа степеней свободы $df = k - 1 = 3 - 1 = 2$ и уровня статистической значимости 0,05 критическое значение χ^2 составляет 5,99. Так как расчетное значение больше критического, то принимается гипотеза H_1 , то есть

выборки различаются по уровню исследуемого признака; имеют место статистически значимые ($p < 0,05$) различия в подготовленности групп студентов-бакалавров 1-го, 2-го и 3-го курсов.

4. Критерий хи-квадрат Пирсона в педагогических исследованиях используется для проверки однородности сформированных групп по уровню начальных знаний; для сравнения распределений объектов в двух независимых выборках. Формулируются статистические гипотезы: H_0 отсутствия различий между распределениями признака в исследуемых группах и H_1 – о наличии различий между распределениями признака в исследуемых группах.

Формула определения критерия «хи» – квадрат Пирсона:

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_m)^2}{f_m} \quad (4)$$

Где f_o – наблюдаемые (эмпирические) численности (частоты).

С учетом признака степеней свободы, по таблице критических значений хи-квадрат Пирсона определяются коэффициенты для уровней статистической значимости 0,01 и 0,05. Затем на оси значимости показываются эти величины и критерий «хи» – квадрат Пирсона. По их расположению в «зонах значимости и незначимости» делается вывод о принятии соответствующей статистической гипотезы [18].

В экспериментальных взводах Орлова Р.В. в декабре 2024 года проведены занятия с кур-

сантами 2–3-го курсов военного института НВИ по формированию алгоритма основ исследовательской культуры, а затем было предложено контрольное задание. Расчет результатов проведен с помощью хи-квадрат Пирсона.

Сформулированы статистические гипотезы: H_0 : подготовка в исследуемых взводах не отличается. H_1 : подготовка в исследуемых взводах отличается. Для применения формулы (2) составлена таблица 3, в которой каждый столбик представляет собой последовательность применения формулы (2) (табл. 3).

Таблица 3. Эмпирические данные и вычисление по ним критерия «хи» – квадрат Пирсона
Table 3. Empirical data and calculation of the Pearson chi-square test

Группы	f_s	f_m	$f_s - f_m$	$(f_s - f_m)^2$	$(f_s - f_m)^2 : f_m$
Группа 1	16	16,5	- 0,5	0,25	0,15
Группа 2	17	16,5	0,5	0,25	0,15
Сумма	33	33	0	-	0,3

Значение χ^2 по выборочным данным с применением формулы (2) составило $\chi^2 = 0,3$. На уровне значимости 0,05, таким образом, принимается нулевая гипотеза, то есть подготовка в исследуемых группах студентов не отличается.

Выводы. Таким образом, при строгом использовании педагогической терминологии применение статистического математического аппарата позволяет представлять и объяснять структуру педагогических объектов и явлений, описывать их за пределами видимых наблюдений и прогнозировать поведение педагогических объектов. Поэтому для повышения качества научной работы

исследователю необходимо владеть не только методологией проведения педагогического исследования, но и методами математической статистики. Новизна исследования заключается в разработке теоретико-практических рамок применения матстатистики в педагогическом исследовании. Теоретическая значимость включает в себя обогащение знаний об особенностях осуществления математического сопровождения исследовательского труда в педагогике. Практическая значимость состоит в ответе авторов на проблемный вопрос о возможностях и диапазоне применения матстатистики в педагогическом исследовании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Майерс Д. Интуиция. URL: <https://www.livelib.ru/quote/42760037-intuitsiya-d-majers> (дата обращения 01.11.2024).
2. Кыверялг А. А. Методы исследования в профессиональной педагогике. Таллинн, 1980.
3. Механцев Б. Е. Нормализация применения статистико-математических методов в научно-педагогическом исследовании: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Сочи, 2011. 23 с.
4. Дроздикова-Зарипова А. Р. Применение математических методов в диссертационных исследованиях по педагогике. URL: <https://core.ac.uk/reader/197437685> (дата обращения 01.11.2024).
5. Чуйко Л. В. Математические методы в педагогике как условие совершенствования качества образования: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Смоленск, 2006. 20 с.
6. Ительсон Л. Б. Математические и кибернетические методы в педагогике. М.: Просвещение, 1964. 246 с.
7. Федотова Г. А. Методология и методика психолого-педагогических исследований: учеб. пособие. Великий Новгород: НГУ, 2006. 112 с.; Грабарь М. И., Краснянская К. А. Применение математической статистики в педагогических исследованиях. Непараметрические методы. М.: Педагогика, 1977. 136 с.
8. Киселева О. М., Тимофеева Н. М., Быков А. А. Формализация элементов образовательного процесса на основе математических методов // Современные проблемы науки и образования 2013. № 1. С. 224.
9. Загвязинский В. И., Атаханов Р. Методология и методы психолого-педагогического исследования: учеб. пос. М.: Академия, 2001. 206 с.
10. Никандров В. В. Метод моделирования в психологии: учеб. пособие. СПб.: Речь, 2003.
11. Киселева О. М. Теоретико-методологические аспекты применения методов математического моделирования в обучении информатике // Вестник Елецкого государственного университета им. И. А. Бунина. 2010. С. 101–104.
12. Осипова С. И., Бутакова С. М., Дулинец Т. Г., Шаипова Т. Б. Математические методы в педагогических исследованиях: учеб. пос. Красноярск: СФУ, 2012. 264 с.
13. Дубовицкая Т. Д., Нестерова И. Н. Нужен ли в педагогическом исследовании дисперсионный анализ // Педагогический журнал Башкортостана. 2014. № 1 (50). С. 111–117.
14. Большакова Л. В., Яковлева Н. А. Теория проверки статистических гипотез при математико-статистическом исследовании педагогических проблем // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. 2016. № 4 (72). С. 149–157.
15. Шалаев И. К. Программно-целевая психология управления: учеб. пос. Барнаул: БГПУ, 1998. 216 с.
16. Подлиняев О. Л., Афанасьева Ж. С., Афанасьев А. Д. Методы математической статистики и инструменты искусственного интеллекта для анализа данных психолого-педагогических исследований // Психопедагогика в правоохранительных органах. 2025. № 1 (100). С. 90–96.

17. Унгурияну Т. Н., Гржибовский А. М. Сравнение трех и более независимых групп с использованием непараметрического критерия Краскел – Уоллиса // *Экология человека*. 2014. №6. С. 55–58.
18. Левин и др. *Статистика для менеджеров*. М.: Вильямс, 2004.

REFERENCES

1. Myers D. *Intuition*. URL: <https://www.livelib.ru/quote/42760037-intuitsiya-d-majers> (accessed 11.01.2024). (in Russ.)
2. Kyveryalg A. A. *Research methods in professional pedagogy*. Tallinn, 1980. (in Russ.)
3. Mekhantsev B. E. *Normalization of the application of statistical and mathematical methods in scientific and pedagogical research*: abstract.... Candidate of Pedagogical Sciences. Sochi, 2011, 23 p. (in Russ.)
4. Drozdikova-Zaripova A. R. Application of mathematical methods in dissertation research on pedagogy. URL: <https://core.ac.uk/reader/197437685> (accessed 11.01.2024). (in Russ.)
5. Chuiko L. V. Mathematical methods in pedagogy as a condition for improving the quality of education: abstract. diss.... Candidate of Pedagogical Sciences. Smolensk, 2006, 20 p. (in Russ.)
6. Itelson L. B. Mathematical and cybernetic methods in pedagogy. Moscow: Prosveshchenie Publ., 1964, 246 p. (in Russ.)
7. Fedotova G. A. *Methodology and methodology of psychological and pedagogical research*: textbook. stipend. Veliky Novgorod: NSU, 2006, 112 p.; Grabar M. I., Krasnyanskaya K. A. *Application of mathematical statistics in pedagogical research*. Nonparametric methods. Moscow: Pedagogika Publ., 1977, 136 p. (in Russ.)
8. Kiseleva O. M., Timofeeva N. M., Bykov A. A. Formalization of the elements of the educational process based on mathematical methods. *Modern problems of science and education*, 2013, no. 1, pp. 224. (in Russ.)
9. Zagvyazinsky V. I., Atakhanov R. *Methodology and methods of psychological and pedagogical research*: textbook. manual. Moscow: Academy Publ., 2001, 206 p. (in Russ.)
10. Nikandrov V. V. *Method of modeling in psychology*: textbook. manual. St. Petersburg: Rech Publ., 2003.
11. Kiseleva O. M. Theoretical and methodological aspects of the application of mathematical modeling methods in teaching computer science. *Bulletin of I. A. Bunin Yelets State University*. Yelets, 2010. pp. 101–104.
12. Osipova S. I., Butakova S. M., Dulinets T. G., Shaipova T. B. *Mathematical methods in pedagogical research*: textbook. Krasnoyarsk: SibFU, 2012, 264 p. (in Russ.)
13. Dubovitskaya T. D., Nesterova I. N. Is variance analysis necessary in pedagogical research. *Pedagogical Journal of Bashkortostan*, 2014, no. 1 (50), pp. 111–117. (in Russ.)
14. Bolshakova L. V., Yakovleva N. A. Theory of statistical hypothesis testing in mathematical and statistical research of pedagogical problems. *Bulletin of the Saint Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia*, 2016, no. 4 (72), pp. 149–157. (in Russ.)
15. Shalaev I. K. *Program-target psychology of management*. Study guide. Barnaul: BSPU, 1998, 216 p. (in Russ.)
16. Podlinyaev O. L., Afanasyeva Zh. S., Afanasyev A. D. Methods of mathematical statistics and artificial intelligence tools for analyzing psychological and pedagogical research data. *Psychopedagogy in law enforcement agencies*, 2025, no. 1 (100), pp. 90–96. (in Russ.)
17. Ungureanu T. N., Grzhibovsky A. M. Comparison of three and more independent groups using the nonparametric Kruskal – Wallis test. *Human Ecology*, 2014, no. 6, pp. 55–58. (in Russ.)
18. Levin et al. *Statistics for managers*. Moscow: Williams Publ., 2004. (in Russ.)

Информация об авторах

Шитакова Ольга Юрьевна – аспирант, Новосибирский государственный аграрный университет (Российская Федерация, 630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, e-mail: Ch1989@yandex.ru). ORCID: 0009-0002-8594-9807.

Гуськов Александр Юрьевич – аспирант, Новосибирский государственный аграрный университет (Российская Федерация, 630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, e-mail: alexguskov1@vk.com). ORCID: 0009-0002-3191-4799.

Горбачева Наталья Евгеньевна – аспирант, Новосибирский государственный аграрный университет (Российская Федерация, 630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, e-mail: nata-gor15@yandex.ru). ORCID: 0009-0003-8645-4790.

Орлов Роман Викторович – адъюнкт, Новосибирский военный ордена Жукова институт имени генерала армии И. К. Яковлева войск национальной гвардии Российской Федерации (Российская Федерация, 630114, г. Новосибирск, ул. Ключ-Камышенское плато, 6/2, e-mail: roman_eagle@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4344-2776>.

Сидорина Татьяна Владимировна – доктор педагогических наук, профессор, Новосибирский государственный аграрный университет (Российская Федерация, 630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160), Новосибирский военный ордена Жукова институт имени генерала армии И. К. Яковлева войск национальной гвардии Российской Федерации (Российская Федерация, 630114, Новосибирск, ул. Ключ-Камышенское плато, 6/2, e-mail: sidorinata@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3039-2765>

Статья поступила в редакцию 12.05.2025

После доработки 14.08.2025

Принята к публикации 22.08.2025

Information about the authors

Olga Yu. Shitakova – postgraduate student, Novosibirsk State Agrarian University (160 Dobrolyubova str., Novosibirsk, 630039, Russian Federation, e-mail: Ch1989@yandex.ru). ORCHID: 0009-0002-8594-9807.

Alexander Yu. Guskov – postgraduate student, Novosibirsk State Agrarian University (160 Dobrolyubova str., Novosibirsk, 630039, Russian Federation, e-mail: alexguskov1@vk.com). ORCHID: 0009-0002-3191-4799.

Nataliya E. Gorbacheva – postgraduate student, Novosibirsk State Agrarian University (160 Dobrolyubova str., Novosibirsk, 630039, Russian Federation, e-mail: nata-gor15@yandex.ru). ORCHID: 0009-0003-8645-4790.

Roman V. Orlov – associate professor, Novosibirsk Military Order of Zhukov Institute named after General of the Army I. K. Yakovlev of the National Guard of the Russian Federation (6/2 Klyuch-Kamyshenskoe Plato str., Novosibirsk, 630114, Russian Federation, e-mail: roman_eagle@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4344-2776>.

Tatiana V. Sidorina – doctor of pedagogical sciences, professor Novosibirsk State Agrarian University (160, Dobrolyubova str., Novosibirsk, 630039, Russian Federation). Novosibirsk Military Order of Zhukov Institute named after General of the Army I. K. Yakovlev of the National Guard of the Russian Federation (6/2, Klyuch-Kamyshenskoe Plateau str., Novosibirsk, 630114, Russian Federation, e-mail: sidorinata@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3039-2765>

The paper was submitted 12.05.2025

Received after reworking 14.08.2025

Accepted for publication 22.08.2025