

КРИТЕРИЙ ХИ-КВАДРАТ ПИРСОНА КАК ИНСТРУМЕНТ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Закиева Р. Р. ORCID ID 0000-0001-9513-7672

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», Казань, Российская Федерация, e-mail: rafina@bk.ru

В современных педагогических исследованиях объективная оценка образовательных инноваций невозможна без применения статистических методов обработки данных. Критерий хи-квадрат Пирсона занял прочное положение в ряду достоверных методов установления степени взаимосвязи между педагогическими подходами и результатами обучения, так как позволяет на основе количественных данных подтвердить или опровергнуть исследовательские гипотезы. Цель статьи – показать на конкретном примере практическое применение критерия хи-квадрат Пирсона в педагогических исследованиях, а именно в плане оценки влияния методики обучения на успеваемость студентов. В исследовании мы сравнивали академические успехи двух групп обучающихся: экспериментальной (где применялось реверсивное обучение) и контрольной (где использовался традиционный подход). Основным методом анализа явился критерий хи-квадрат Пирсона. Предметом исследования послужила нулевая гипотеза о том, что нет связи между применяемым способом обучения и уровнем успеваемости. Для этого расчетные показатели сопоставлялись с пороговыми значениями при стандартном уровне значимости. Результаты подтвердили применимость критерия хи-квадрат Пирсона в педагогике – но только при выполнении ключевых условий его использования. Полученные результаты подчеркивают, что использование критерия хи-квадрат повышает научную достоверность педагогических исследований: вместо субъективных оценок он дает возможность подтвердить или опровергнуть гипотезы на основе объективных данных. Это, в свою очередь, способствует развитию доказательной педагогики – подхода, ориентированного на эмпирически обоснованные решения в сфере образования.

Ключевые слова: реверсивное обучение, успеваемость студентов, иностранные студенты, педагогические методики, эффективность обучения, статистический анализ, критерий хи-квадрат Пирсона, инженер

PEARSONS CHI-SQUARE TEST AS A TOOL OF STATISTICAL ANALYSIS IN PEDAGOGICAL RESEARCH

Zakieva R. R. ORCID ID 0000-0001-9513-7672

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kazan State Power Engineering University”, Kazan, Russian Federation, e-mail: rafina@bk.ru

In modern pedagogical research, an objective assessment of educational innovations is impossible without the use of statistical methods for data processing. The Pearson chi-square test has gained a firm position among reliable methods for establishing the degree of relationship between pedagogical approaches and learning outcomes, as it allows one to confirm or refute research hypotheses using quantitative data. The purpose of this article is to demonstrate, using a specific example, the practical application of the Pearson chi-square test in pedagogical research, namely, in assessing the impact of various teaching methods on student performance. In this study, we compared the academic achievements of two groups of students: an experimental group (which utilized reversed instruction) and a control group (which utilized a traditional approach). The primary analysis method was the Pearson chi-square test. The subject of the study was the null hypothesis that there is no relationship between the teaching method used and the level of academic performance. To this end, the calculated indicators were compared with threshold values at a standard significance level. The results confirmed the applicability of the Pearson chi-square test in pedagogy—but only when key conditions for its use are met. The findings emphasize that the use of the chi-square test enhances the scientific validity of pedagogical research: instead of subjective assessments, it allows for the confirmation or refutation of hypotheses based on objective data. This, in turn, contributes to the development of evidence-based pedagogy—an approach focused on empirically substantiated decisions in education.

Keywords: reverse learning, student performance, international students, teaching methods, learning effectiveness, statistical analysis, Pearson chi-square test, engineer

Введение

В условиях активного внедрения инновационных образовательных методик и технологий особую актуальность приобретает задача объективной оценки их эффективности. Традиционные способы анализа учебных результатов зачастую не позволя-

ют в полной мере выявить статистические закономерности и подтвердить значимость наблюдаемых изменений – для этого требуются надежные инструменты математико-статистической обработки данных. Одним из таких инструментов выступает критерий хи-квадрат Пирсона – непараме-

трический метод, позволяющий анализировать категориальные данные и проверять гипотезы о взаимосвязи между различными переменными. В педагогическом исследовании он дает возможность оценить, существует ли статистически значимая связь между применяемой методикой обучения и учебными результатами, сравнить распределение показателей успеваемости в разных группах, а также подтвердить или опровергнуть предположения исследователя на количественной основе. Современные педагогические исследования все чаще сталкиваются с необходимостью обработки категориальных данных – например, при сравнении распределения оценок до и после внедрения новой методики; уровней освоения компетенций в экспериментальной и контрольной группах; показателей вовлеченности обучающихся в учебный процесс; результатов анкетирования и опросов с категориальными ответами. Актуальность применения критерия хи-квадрат Пирсона в педагогике обусловлена его универсальностью, он подходит для анализа данных разного типа (оценки, уровни освоения компетенций, распределение по группам успеваемости и т. д.), не требует строгого соблюдения нормальности распределения и может использоваться при работе с относительно небольшими выборками (при соблюдении базовых условий применимости).

Критерий хи-квадрат Пирсона разработал Карл Пирсон – английский математик, биолог и философ, один из основоположников математической статистики. Он предложил этот метод в 1900 г. для проверки соответствия эмпирических данных теоретическому распределению [1, с. 179]. Среди других ученых, связанных с развитием методов математической статистики, можно назвать: Рональда Эйлмера Фишера [2] продолжателя работ Пирсона в области прикладной математической статистики; Эгона Пирсона [3, с. 241] – сына Карла Пирсона, который также внес значительный вклад в развитие статистики; Южи Неймана [4] – ученого, работавшего вместе с Эгоном Пирсоном над развитием статистических методов. В педагогике критерий хи-квадрат начали применять для анализа результатов экспериментов, анкетирования и сравнения групп. Например, в статье Л. А. Аблаевой [5] рассматривается применение этого критерия для обработки данных эксперимента с участием учителей, обучавшихся по разным методикам. В работе Э. Ф. Зеер [6] и Н. К. Жиганова [7] критерий хи-квадрат используется в комбинации с факторным анализом для изучения результатов анкетирования.

В последние годы в диссертационных исследованиях по педагогике заметно возросла частота применения методов математической и статистической обработки данных, среди которых особое распространение получил критерий хи-квадрат Пирсона. В. И. Загвязинский [8] подчеркивал, что недостаточный уровень математической подготовки исследователей чреват возникновением спекуляций, маскируемых так называемым «математическим камуфляжем». По его мнению, применение математического аппарата без глубокого понимания его теоретических оснований и корректного использования инструментария не только не повышает достоверность результатов, но и усугубляет ошибки, создавая ложную видимость научной обоснованности. Вопросы математизации педагогического знания и границ применимости статистических методов затрагивали и другие ученые. В. В. Краевский [9] рассматривал взаимосвязь эмпирического и теоретического уровней педагогического исследования, отмечая необходимость строгого обоснования выбора методов обработки данных. П. И. Образцов [10] акцентировал внимание на практической важности методологической грамотности исследователя при использовании статистических инструментов. Л. А. Шипилина [11] исследовала содержание количественных методов в психолого-педагогических исследованиях, подчеркивая их сочетание с качественными подходами. Н. В. Бордовская [12] и А. А. Реан [13] в своих исследованиях по педагогической психологии отмечали риски механического применения статистических критериев без учета специфики педагогических данных. В ряде работ по методологии осуществления научного исследования Л. С. Выготский [14, с. 113] и Т. Таган с соавт. [15] подчеркивали необходимость соблюдения в педагогических экспериментах двух ключевых требований: репрезентативности выборки и корректной интерпретации статистических показателей. Таким образом, проблема применения статистических методов в педагогических исследованиях, хоть и достаточно полно рассмотрена в научной литературе, требует последующего уточнения методических рекомендаций по корректному использованию критерия хи-квадрат Пирсона, с учетом специфики педагогических данных.

Цель исследования – продемонстрировать практическое использование критерия хи-квадрат Пирсона в педагогических исследованиях и показать его возможность для оценки влияния образовательной методики на успеваемость обучающихся. В работе представлен алгоритм исполь-

зования критерия, ключевые требования, а также интерпретация полученных результатов на примере сравнения традиционной и инновационной (реверсивного обучения) методик.

Материалы и методы исследования

Эмпирической основой исследуемого вопроса послужили данные успеваемости иностранных студентов Казанского государственного энергетического университета за один семестр, в исследовании принимали участие 99 студентов, из которых 50 чел. входили в экспериментальную группу, а 49 – в контрольную. Экспериментальная группа обучалась по реверсивному (перевернутому) обучению, требующему самостоятельного изучения лекций вне аудитории и применения полученных знаний в ходе практических занятий. Контрольная группа обучалась по традиционной схеме, которая предполагает лекции в аудитории и самостоятельную работу с практическими заданиями. В исследовании были применены результаты текущего контроля, в частности оценки за практические работы, лабораторные задания, тестирование, а также промежуточной аттестации, то есть результаты зачетов и экзамена по профильным дисциплинам. Иными словами, исследовались и оценивались категориальные показатели успеваемости студентов по уровням «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично», а также показатели вовлеченности студентов в учебный процесс: посещаемость практических занятий, активность выполнения групповых заданий и участие в обсуждениях. Основным методом анализа был взят хи-квадрат Пирсона, который позволил проверить выдвинутую гипотезу о связи между методом обучения и успеваемостью. В рамках анализа были выдвинуты две гипотезы – нулевая гипотеза, согласно которой между используемой методикой обучения и распределением оценок студентов статистически значимой связи нет (различия случайны), и альтернативная – о наличии, то есть существовании статистической связи (при котором распределение оценок в группах неслучайно).

Результаты исследования и их обсуждение

Для корректного применения критерия хи-квадрат Пирсона необходимо соблюдать следующие условия:

- данные должны иметь категориальную природу – например, распределяться по уровням успеваемости («низкий», «средний», «высокий») или группироваться по

типу обучения («экспериментальная группа», «контрольная группа»);

- каждое наблюдение должно быть независимым: один объект исследования (например, студент) дает только одно наблюдение, не связанное с другими;

- в каждой ячейке таблицы сопряженности ожидаемая частота должна составлять не менее 5 – если это условие не выполняется, предпочтительнее использовать точный критерий Фишера;

- объем выборки должен быть достаточно крупным: как правило, он должен включать от 20 до 50 и более наблюдений, чтобы обеспечить надежность и достоверность результатов анализа.

При соблюдении условий применения критерия хи-квадрат Пирсона процедура расчета соответствующей статистической величины проводится по стандартной формуле

$$X^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i},$$

где O_i – наблюдаемая частота в i -й ячейке (реальные данные из эксперимента);

E_i – ожидаемая частота в i -й ячейке (рассчитывается теоретически при условии, что нулевая гипотеза верна).

Построим таблицу наблюдаемых частот с учетом заданных условий. В исследовании участвуют две группы по 49 и 50 чел.: контрольная и экспериментальная. Уровень сформированности компетенций оценивается по четырем категориям: «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично». Для анализа данных формируется таблица сопряженности размером 2×4 (две группы и четыре уровня успеваемости) либо 4×2 (четыре уровня успеваемости и две группы) – выбор ориентации зависит от удобства представления данных. Число степеней свободы в данном случае составляет 3, что рассчитывается по формуле: (число строк – 1) \times (число столбцов – 1). В ячейки таблицы вносятся фактические (наблюдаемые) частоты – то есть количество студентов в каждой группе, получивших оценку соответствующего уровня. Например, фиксируется, сколько человек в контрольной группе получили «неудовлетворительно», сколько «удовлетворительно» и т. д., и аналогично для экспериментальной группы. После заполнения таблицы наблюдаемых частот переходят к расчету ожидаемых частот – то есть тех значений, которых следовало бы ожидать при условии отсутствия связи между методикой обучения и уровнем успеваемости (при справедливости нулевой

гипотезы). Ожидаемая частота для каждой ячейки вычисляется как произведение суммарного итога по строке и суммарного итога по столбцу, деленное на общий объем выборки. Далее, на основе сопоставления наблюдаемых и ожидаемых частот производится расчет статистики критерия хи-квадрат Пирсона. Полученное значение сравнивается с критическим для заданного уровня значимости (обычно 0,05) и числа степеней свободы (в данном случае – 3). Это позволяет сделать вывод о наличии или отсутствии статистически значимой связи между применяемой образовательной методикой и уровнем сформированности

компетенций у студентов. Если рассчитанное значение критерия превышает критическое, нулевая гипотеза отвергается – значит, методика обучения оказывает значимое влияние на результаты. В противном случае нет оснований утверждать, что различия в успеваемости обусловлены именно способом организации учебного процесса.

В качестве примера построим таблицу наблюдаемых частот на основе заданных условий: контрольная группа – 49 чел.; экспериментальная группа – 50 чел.; уровни сформированности компетенций: «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично».

Наблюдаемые частоты успеваемости

Уровень успеваемости	Контрольная группа	Экспериментальная группа	Всего
Неудовлетворительно	14	6	20
Удовлетворительно	18	11	29
Хорошо	12	24	36
Отлично	5	9	14
Всего	49	50	99

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования

Шаг 1. Расчет ожидаемых частот. Ожидаемая частота для каждой ячейки вычисляется по формуле: (сумма по строке × сумма по столбцу) / общий объем выборки. Рассчитаем ожидаемые частоты для всех ячеек:

«неудовлетворительно», контрольная: $(20 \times 49) / 99 \approx 9,899$;
 «неудовлетворительно», экспериментальная: $(20 \times 50) / 99 \approx 10,101$;
 «удовлетворительно», контрольная: $(29 \times 49) / 99 \approx 14,343$;
 «удовлетворительно», экспериментальная: $(29 \times 50) / 99 \approx 14,657$;
 «хорошо», контрольная: $(36 \times 49) / 99 \approx 17,818$;
 «хорошо», экспериментальная: $(36 \times 50) / 99 \approx 18,182$;
 «отлично», контрольная: $(14 \times 49) / 99 \approx 6,929$;
 «отлично», экспериментальная: $(14 \times 50) / 99 \approx 7,071$.

Шаг 2. Расчет статистики критерия хи-квадрат. Расчеты для каждой ячейки:

«неудовлетворительно», контрольная: $(14 - 9,899)^2 / 9,899 \approx 1,700$;
 «неудовлетворительно», экспериментальная: $(6 - 10,101)^2 / 10,101 \approx 1,667$;
 «удовлетворительно», контрольная: $(18 - 14,343)^2 / 14,343 \approx 0,930$;
 «удовлетворительно», экспериментальная: $(11 - 14,657)^2 / 14,657 \approx 0,909$;
 «хорошо», контрольная: $(12 - 17,818)^2 / 17,818 \approx 1,894$;
 «хорошо», экспериментальная: $(24 - 18,182)^2 / 18,182 \approx 1,854$;
 «отлично», контрольная: $(5 - 6,929)^2 / 6,929 \approx 0,537$;
 «отлично», экспериментальная: $(9 - 7,071)^2 / 7,071 \approx 0,525$.

Суммируем все значения:

$$\chi^2_{\text{набл.}} = 1,700 + 1,667 + 0,930 + 0,909 + 1,894 + 1,854 + 0,537 + 0,525 \approx 10,016.$$

Шаг 3. Определение числа степеней свободы:

$$\nu = (4 - 1)(2 - 1) = 3.$$

Шаг 4. Сравнение с критическим значением. При уровне значимости $p = 0,05$ (опирайтесь на стандартную таблицу критических значений распределения хи-квадрат Пирсона для заданного уровня значимости) и числе степеней свободы $\nu = 3$ критическое значение $\chi^2_{\text{крит.}} = 7,815$.

Поскольку $\chi^2_{\text{набл.}} > \chi^2_{\text{крит.}}$ ($10,016 > 7,815$), нулевая гипотеза об отсутствии связи между методикой обучения и уровнем успеваемости отвергается.

Заключение

Проведенный анализ на базе Казанского государственного энергетического университета показал, что использование критерия хи-квадрат Пирсона позволяет объективно оценить влияние реверсивного обучения на успеваемость студентов. Расчетное значение статистики критерия превысило критическое, что дало возможность отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии связи между методикой обучения и уровнем успеваемости и подтвердить неслучайный характер различий в распределении оценок между контрольной и экспериментальной группами. Предложенный на основе хи-квадрат Пирсона расчет дал педагогам и администрации вуза объективное основание для внедрения реверсивного обучения, особенно для иностранных студентов технических направлений подготовки. Таким образом, критерий хи-квадрат Пирсона продемонстрировал свою ценность как инструмент доказательной педагогики, помогающий перейти от интуитивных предположений к объективным выводам и способствующий научно обоснованному совершенствованию образовательного процесса.

Список литературы

1. Высшее образование в России: проблемы и вызовы времени / Отв. ред. А. Ю. Нагорнова. Ульяновск: Зебра, 2025. 406 с. EDN: JXIGXM. ISBN 978-5-93856-929-4.
2. Armitage P. Fisher, Bradford Hill, and randomization // *Int J. Epidemiol.* 2003. Vol. 32 (6). P. 925–928. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14681247/> (дата обращения: 13.03.2026). DOI: 10.1093/ije/dyg286.
3. Pearson E. S. *The Selected Papers of E. S. Pearson*. London: Biometrika Trust, 1966. 327 p. URL: <https://www.abebooks.co.uk/Selected-Papers-E.S-Pearson-E-S/31992995290/bd> (дата обращения: 13.03.2026).
4. Нейман Ю. Вводный курс теории вероятностей и математической статистики / Пер. с англ. Н. М. Митрофановой и А. П. Хусу. Под ред. Ю. В. Линника. М.: Наука, 1968. 448 с. [Электронный ресурс]. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_006426411/ (дата обращения: 13.03.2026).
5. Аблаева Л. А. Применение инновационных образовательных технологий в преподавании профильных предметов в образовательных организациях среднего профессионального образования и высшего образования // *Информационные технологии в образовании*. 2023. № 6. С. 16–20. EDN: SBVUGK.
6. Зеер Э. Ф., Церковникова Н. Г., Третьякова В. С. Цифровое поколение в контексте прогнозирования профессионального будущего // *Образование и наука*. 2021. № 6. С. 153–184. DOI: 10.17853/1994-5639-2021-6-153-184.
7. Фомина Е. Е., Жиганов Н. К. Методика обработки результатов анкетирования с использованием методов многомерной и параметрической статистики // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки*. 2017. № 1. С. 106–115. DOI: 10.15593/2224-9354/2017.1.9.
8. Загвязинский В. И. Методологическая культура социально-педагогического исследования // *Социальная педагогика в России*. 2019. № 4. С. 14–19. EDN: АВКРАН.
9. Краевский В. В. Методологические характеристики научного исследования // *Народное образование*. 2010. № 5 (1398). С. 135–143. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15516802> (дата обращения: 13.03.2026).
10. Образцов П. И., Марченко Е. Ю. Формирование межкультурной толерантности будущих учителей с помощью цифрового образовательного ресурса в организациях профессионального образования // *Перспективы науки и образования*. 2022. № 3 (57). С. 174–190. DOI: 10.32744/pse.2022.3.10.
11. Шипилина Л. А. Особенности карьерных ориентаций магистрантов в контексте теории поколений: результаты эмпирического исследования // *Известия Волгоградского государственного педагогического университета*. 2022. № 10 (173). С. 96–102. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-kariernyh-orientatsiy-magistrantov-v-kontekste-teorii-pokoleniy-rezultaty-empiricheskogo-issledovaniya> (дата обращения: 13.03.2026).
12. Бордовская Н. В., Кошкина Е. А., Тихомирова М. А., Исхакова М. П. Эффективность смешанных образовательных технологий в вузе: методология оценки // *Образование и наука*. 2023. Т. 25. № 7. С. 69–102. DOI: 10.17853/1994-5639-2023-7-69-102.
13. Реан А. А., Ставцев А. А., Мозеров А. А. Разработка и апробация методики диагностики саморазвития личности // *Психология человека в образовании*. 2025. Т. 7. № 4. С. 531–545. DOI: 10.33910/2686-9527-2025-7-4-531-545. EDN: WUHNEV.
14. Выготский Л. С. *Мышление и речь*. М.: АСТ, 2023. 576 с. ISBN 978-5-17-155130-8.
15. Tarang T., Smriti R., Vatsala S., Palaash B., Chandraditya R. Teaching and learning with AI: a qualitative study on K-12 teachers' use and engagement // *Frontiers in Education*. 2025. Vol. 10. P. 1651217. DOI: 10.3389/educ.2025.1651217.

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The author declares that there is no conflict of interest.

Финансирование: Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding.