

УДК 372.851

DOI: 10.34670/AR.2026.25.62.029

Веб-платформа для моделирования стохастических экспериментов как средство формирования статистического мышления: экспериментальное исследование

Вагнер Владимир Владимирович

Магистрант,
кафедра вычислительной математики и информатики,
Кубанский государственный университет,
350040, Российская Федерация, Краснодар, ул. Ставропольская, 149;
e-mail: voffmail.ru@yandex.ru

Аннотация

В статье рассматривается проблема формирования статистического мышления в условиях цифровой трансформации образования. Представлена авторская разработка — комплексная веб-платформа для моделирования и визуализации стохастических экспериментов, охватывающая ключевые вероятностные модели и реализующая принципы наглядности, исследовательского обучения и мгновенной обратной связи. Для проверки эффективности проведен педагогический эксперимент с участием 120 учащихся. Статистический анализ (t-критерий Стьюдента, U-критерий Манна-Уитни, χ^2 -критерий Пирсона) подтвердил значимое ($p < 0.05$) превосходство экспериментальной группы над контрольной. Сделаны выводы о практической значимости разработанного инструмента.

Для цитирования в научных исследованиях

Вагнер В.В. Веб-платформа для моделирования стохастических экспериментов как средство формирования статистического мышления: экспериментальное исследование // Педагогический журнал. 2026. Т. 16. № 6А. С. 301-308. DOI: 10.34670/AR.2026.25.62.029

Ключевые слова

Веб-платформа, статистическое мышление, стохастические эксперименты, интерактивное обучение, педагогический эксперимент.

Введение

Теория вероятностей и математическая статистика являются фундаментальными разделами математического образования. Способность понимать случайные процессы и интерпретировать статистические данные становится одной из ключевых компетенций XXI века. Однако традиционные методы обучения, основанные на решении абстрактных задач, не позволяют сформировать интуитивное понимание статистических закономерностей [Овчинников, 2015]. Исследователи отмечают, что школьники, успешно решающие формальные задачи, зачастую не видят связи между теорией и реальными статистическими процессами [Травкин, 2018].

Особую сложность представляют закон больших чисел, статистическая устойчивость и центральная предельная теорема. Их изучение требует проведения массовых экспериментов, невозможных вручную. В связи с этим актуальна разработка программных инструментов, автоматизирующих стохастические эксперименты. Анализ существующих решений показывает, что профессиональные пакеты (R, MATLAB) требуют навыков программирования, разрозненные апплеты решают узкие задачи, а комплексные платформы (PhET) имеют ограниченный набор экспериментов [Качков, Пахомов, Горин, 2023].

Цель исследования – разработать веб-платформу для моделирования стохастических экспериментов и экспериментально проверить ее эффективность. Задачи: определить требования к платформе; разработать платформу, реализующую ключевые вероятностные модели; провести педагогический эксперимент с участием 120 учащихся; выполнить статистический анализ результатов.

Обзор литературы и теоретическая основа

Значительная часть исследований посвящена обоснованию компьютерных симуляций для визуализации абстрактных понятий. А. В. Овчинников подчеркивает, что наглядность является важнейшим принципом обучения в областях, где объекты не могут быть непосредственно восприняты [Овчинников, 2015]. И. Ю. Травкин отмечает, что интерактивные симуляторы способствуют формированию исследовательских навыков и познавательного интереса, позволяя учащемуся выступать в роли активного исследователя [Травкин, 2018].

В фундаментальных работах Л. С. Выготского и А. Н. Леонтьева неоднократно подчеркивалось, что мышление формируется в процессе деятельности, а эффективное усвоение абстрактных понятий требует их «опредмечивания» — перевода в наглядную, чувственно воспринимаемую форму. Применительно к стохастике это означает, что формирование вероятностного мышления невозможно без накопления эмпирического опыта работы со случайностью. Компьютерная симуляция в этом контексте выступает как идеальный инструмент, позволяющий не только визуализировать абстракции, но и создавать условия для активного экспериментирования, где учащийся становится не пассивным наблюдателем, а исследователем, проверяющим свои гипотезы. Такой подход соответствует современным требованиям компетентностного образования, где акцент смещается с запоминания формул на развитие умений применять знания в новых ситуациях.

Зарубежные исследования также подтверждают эффективность симуляций в обучении статистике. С. J. Wild и M. Pfannkuch показывают, что статистическое мышление формируется через цикл «постановка вопроса – сбор данных – анализ – интерпретация» [Wild, Pfannkuch, 1999].

Теоретической основой исследования выступают положения деятельностного подхода, согласно которому знания не передаются в готовом виде, а усваиваются в процессе активной целенаправленной деятельности самого учащегося. Применительно к обучению статистике это означает, что формирование статистического мышления требует организации такой учебной деятельности, в которой учащийся самостоятельно проводит эксперименты, анализирует данные и делает умозаключения. Разработанная платформа выступает инструментом, обеспечивающим возможность такой деятельности.

Кроме того, за основу взят принцип наглядности, переосмысленный в контексте цифровой образовательной среды. Если Я. А. Коменский понимал под наглядностью непосредственное наблюдение предметов и явлений, то в современной интерпретации наглядность означает возможность представления абстрактных понятий в визуальной, динамической форме. Именно такую наглядность обеспечивает наша платформа, визуализируя статистические закономерности через интерактивные графики и диаграммы. Вопросы использования интерактивных методов в современной школе рассматриваются в работах А. А. Макарова, который подчеркивает, что цифровые инструменты должны не заменять, а дополнять традиционные формы обучения, создавая условия для активной познавательной деятельности учащихся. Исследования, опубликованные в журнале «Антропологическая дидактика и воспитание», также подтверждают эффективность цифровых образовательных сред в различных педагогических контекстах – от проектного обучения иностранных граждан до формирования профессиональной лексической компетенции студентов [Шимкович, Азитов, Азитова, 2023; Шимкович, Азитов, Азитова, 2023]. Историко-педагогический анализ, представленный в работах Б. Ю. Борисова, показывает устойчивость традиций наглядного обучения в отечественной педагогике, что позволяет рассматривать современные цифровые инструменты как закономерное развитие этих традиций [Борисов, 2022; Борисов, 2023].

Архитектура и функциональные возможности платформы

Центральный элемент исследования – авторская веб-платформа, размещенная по адресу <https://mathlaboratory.pythonanywhere.com/>. Это многофункциональная среда для проведения вероятностных экспериментов, визуализации результатов и статистического анализа.

Платформа построена как веб-приложение с русскоязычным интерфейсом, работающее в браузере без установки ПО. Техническая реализация подчинена педагогической задаче: сделать абстрактные закономерности наглядными и доступными для экспериментального исследования.

Методическое применение платформы может быть гибко адаптировано под различные формы организации учебного процесса. На этапе знакомства с новой темой симулятор используется для демонстрации базовых закономерностей, например, стабилизации частоты при увеличении числа испытаний, что создает у учащихся целостное первичное представление о стохастическом процессе. В ходе практического занятия платформа выступает инструментом для выполнения исследовательских заданий: учащиеся могут самостоятельно изменять параметры эксперимента (количество бросков кубика, схему выборки из урны) и наблюдать за изменениями в графиках и статистических показателях, формулируя гипотезы и проверяя их в режиме реального времени. Для организации дифференцированного подхода учитель может предлагать задания разного уровня сложности: от простого воспроизведения эксперимента до сравнительного анализа различных вероятностных моделей и формулировки статистически

обоснованных выводов. Возможность проводить эксперименты с большим объемом выборки (до миллиона испытаний) позволяет изучать закон больших чисел в условиях, недоступных для ручного моделирования, что особенно ценно для глубокого понимания его сути. Таким образом, платформа становится не просто демонстрационным инструментом, а полноценной лабораторной средой, поддерживающей все этапы учебного исследования от наблюдения до эмпирической проверки теоретических положений.

Разработанная образовательная система позволяет моделировать широкий спектр вероятностных схем: схему Бернулли, дискретное равномерное распределение, гипергеометрическое и биномиальное распределения, непрерывные распределения; исследовать закон больших чисел, статистическую устойчивость и центральную предельную теорему; проводить сравнительный анализ моделей в единой среде; получать мгновенную визуализацию в виде динамических графиков и гистограмм [9].

Платформа выступает ассистентом учителя: визуализирует абстракции, реализует исследовательский подход, обеспечивает мгновенную обратную связь, охватывает ключевые темы курса статистики. Она представляет собой целостный дидактический инструмент, позволяющий организовать обучение как последовательное исследование, где каждая новая модель является развитием предыдущей. Такой системный подход позволяет учащимся не только изучать отдельные темы, но и видеть внутренние связи между ними, формируя целостное научное мировоззрение.

Организация и методы педагогического эксперимента

Для проверки эффективности платформы проведено педагогическое исследование по плану «пост-тест только с контрольной группой». В экспериментальной группе изучение тем сопровождалось работой с платформой, в контрольной – традиционными методами. Группы сформированы с выравниванием по успеваемости.

В эксперименте приняли участие 120 учащихся старших классов общеобразовательных школ в возрасте 15–17 лет. Экспериментальная группа составила 60 человек, контрольная – 60 человек.

Для сбора эмпирических данных была разработана специализированная веб-платформа <https://pedexperiment.pythonanywhere.com/>.

Выбор веб-формата обусловлен его доступностью, кроссплатформенностью и возможностью автоматизировать процесс сбора и первичной обработки данных, что минимизирует влияние человеческого фактора на результаты эксперимента. Платформа содержит блок из 10 тестовых заданий, разработанных для оценки уровня сформированности статистического мышления (интерпретация графиков, анализ частотных таблиц, понимание вероятностных категорий). Задания охватывают материал всех функциональных блоков платформы. Все результаты автоматически фиксируются в базе данных, что исключает ошибки при ручном подсчете и гарантирует сохранность первичных данных. Платформа предоставляет наглядную инфографику и встроенный модуль статистического анализа, автоматически рассчитывающий основные статистические критерии.

Эксперимент проводился в два этапа. На обучающем этапе (2 недели) в экспериментальной группе использовалась платформа, в контрольной – стандартные задачи. На втором этапе все участники прошли итоговое тестирование. Для оценки значимости различий использованы t -критерий Стьюдента, U -критерий Манна-Уитни и χ^2 -критерий Пирсона.

Результаты эксперимента и их обсуждение

Средний балл в экспериментальной группе на итоговом тестировании составил 7.57 (из 10 возможных), в контрольной группе – 6.62. Таким образом, средний балл в экспериментальной группе оказался на 0.95 балла выше, чем в контрольной, что составляет прирост около 14% относительно среднего балла в контрольной группе. Стандартное отклонение в экспериментальной группе составило 1.82, в контрольной – 1.91, что свидетельствует о сопоставимой вариативности результатов в группах. Анализ распределения баллов показывает, что в экспериментальной группе доля учащихся, набравших 8 и более баллов (высокий уровень), составила 58,3% (35 человек), тогда как в контрольной группе – 31,7% (19 человек). Доля учащихся с низкими результатами (менее 5 баллов) в экспериментальной группе составила 6,7% (4 человека), а в контрольной – 15,0% (9 человек). Эти данные свидетельствуют о том, что работа с платформой способствует смещению распределения результатов в сторону более высоких оценок.

Результаты тестирования представлены на рисунке 1.

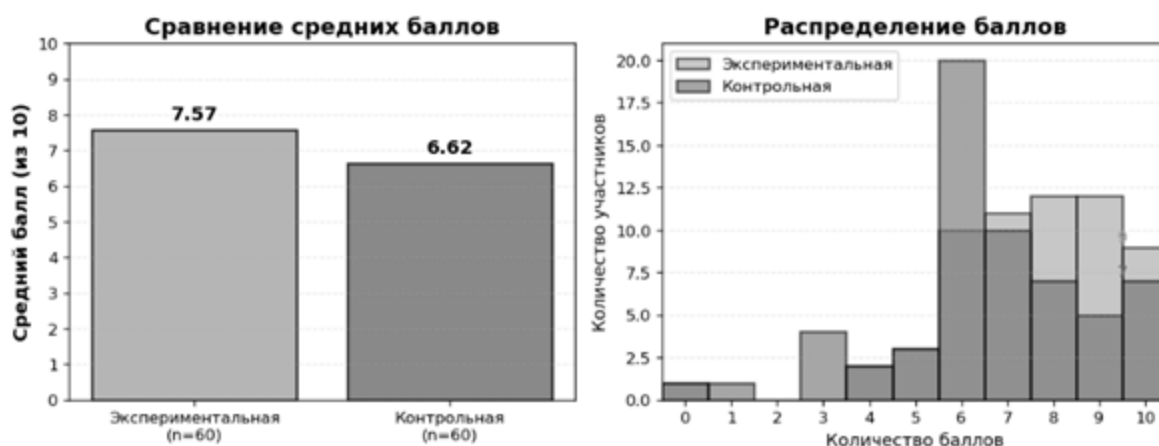


Рисунок 1 – Результаты педагогического исследования

Для проверки гипотезы о наличии значимых различий между группами были применены три статистических критерия, реализованных на веб-платформе. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты статистического анализа

Критерий	Значение	Уровень значимости	Вывод
t-критерий Стьюдента	2.5511	0.012	Различия статистически значимы
U-критерий Манна-Уитни	1302.5	$\approx 0 (1 \times 10^{-10})$	Различия высокосignимы
χ^2 -критерий Пирсона	15.3948	0.00046	Различия высокосignимы

Полученные значения уровня значимости для всех трех критериев значительно ниже порогового уровня 0.05, а для U-критерия и χ^2 -критерия – ниже 0.001. Это позволяет отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии различий между группами с очень высокой степенью уверенности. Иными словами, вероятность того, что наблюдаемые различия в результатах являются случайными, составляет менее 0,001% (для U-критерия) и менее 0,006% (для χ^2 -критерия).

Столь низкие значения p -value являются исключительно сильным аргументом в пользу эффективности разработанной методики. Учащиеся, использовавшие веб-платформу для моделирования стохастических экспериментов, продемонстрировали значимо более высокий уровень сформированности статистического мышления по сравнению с контрольной группой. Особенно показательным является различие в распределении высоких баллов: в экспериментальной группе таких учащихся почти в два раза больше, чем в контрольной. Это свидетельствует о том, что интерактивная работа с симуляциями помогает не просто усвоить материал на базовом уровне, а выйти на более глубокое понимание, позволяющее решать сложные задачи и интерпретировать статистические данные. Анализ выполнения отдельных заданий показывает, что наибольшие различия между группами наблюдаются в заданиях, требующих работы с динамическими графиками, сравнения теоретических и эмпирических распределений, а также понимания влияния параметров эксперимента на результат. Это подтверждает, что платформа эффективно формирует именно те компетенции, на развитие которых она была нацелена: визуальное восприятие статистических закономерностей, экспериментальное мышление и способность связывать теорию с практикой [Ляпунов, 1957].

Выводы и заключение

Разработанная веб-платформа представляет собой эффективный педагогический инструмент, реализующий принципы наглядности, исследовательского обучения и мгновенной обратной связи. Объединение ключевых стохастических экспериментов в единой исследовательской среде создает целостное представление о статистических закономерностях и позволяет учащимся проследивать связи между различными вероятностными моделями.

Педагогический эксперимент с участием 120 учащихся подтвердил гипотезу о положительном влиянии платформы на формирование статистического мышления. Средний балл в экспериментальной группе (7,57) значимо превышает соответствующий показатель в контрольной группе (6,62), а доля учащихся с высокими результатами в экспериментальной группе почти вдвое выше.

Использование трех статистических критериев (t -критерий Стьюдента, U -критерий Манна-Уитни, χ^2 -критерий Пирсона) продемонстрировало высокую надежность полученных выводов. Значения уровня значимости ниже 0,05 для всех трех критериев, а для двух из них ниже 0,001, позволяют с уверенностью утверждать, что наблюдаемые различия не являются случайными.

Веб-формат платформы обеспечивает ее доступность и простоту использования, что позволяет интегрировать ее в образовательный процесс как на уроках, так и во внеурочной деятельности. Отсутствие необходимости установки дополнительного ПО, русскоязычный интерфейс и интуитивно понятное управление делают платформу удобным инструментом для широкого круга пользователей – от школьников до студентов педагогических вузов.

Практическая значимость работы заключается в создании готового цифрового ресурса, который может быть использован учителями математики и информатики для организации лабораторных работ, проектной и исследовательской деятельности учащихся. Платформа позволяет эффективно демонстрировать абстрактные статистические концепции, которые традиционно трудно поддаются усвоению, и может служить основой для разработки методических материалов по преподаванию теории вероятностей и статистики.

Перспективы дальнейших исследований связаны с расширением функциональности платформы за счет добавления новых вероятностных моделей, проведением более масштабных

экспериментов с участием разных возрастных групп и разработкой методических рекомендаций по системному использованию платформы в преподавании статистики на разных уровнях образования. Также представляет интерес исследование долгосрочного эффекта использования платформы на устойчивость сформированных знаний и навыков.

Библиография

1. Борисов Б.Ю. Традиции изучения церковнославянского языка для духовно-нравственного воспитания учащихся: историко-педагогический аспект // Антропологическая дидактика и воспитание. 2022. Т. 5, № 6. С. 67–81.
2. Борисов Б.Ю. Педагогические традиции военно-патриотического воспитания учащихся в России в годы Первой Мировой войны: историко-педагогический опыт // Антропологическая дидактика и воспитание. 2023. Т. 6, № 3. С. 84–93.
3. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. М.: УРСС, 2022. 448 с.
4. Качков М.С., Пахомов П.А., Горин И.А. Выбор инструментальных средств для разработки образовательного веб-приложения // Известия ТулГУ. Технические науки. 2023. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-instrumentalnyh-sredstv-dlya-razrabotki-obrazovatel'nogo-veb-prilozheniya>
5. Ляпунов А.М. О некоторых общих вопросах, касающихся математической статистики // Теория вероятностей и ее применения. 1957. Т. 2, № 1. С. 3–14.
6. Максимова Ю.О., Буслаева Т.Х., Павлова Ю.И. Инновационные технологии как средство формирования профессиональной лексической компетенции студентов педагогических специальностей и профилей подготовки // Антропологическая дидактика и воспитание. 2024. Т. 7, № 2. С. 193–207.
7. Овчинников А.В. Наглядность на уроке информатики // Экономика и социум. 2015. № 5-2 (18). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/naglyadnost-na-uroke-informatiki>
8. Травкин И.Ю. Элементы функционального программирования на языке JavaScript: две задачи из теории вероятностей // Информатика в школе. 2018. № 7. С. 40–45. URL: <https://school.infojournal.ru/jour/article/view/288/289>
9. Шимкович Е.Д., Азитов Р.Ш., Азитова Г.Ш. Проектное обучение иностранных граждан с использованием средств цифровой образовательной среды // Антропологическая дидактика и воспитание. 2023. № 2, т. 6. С. 232–242.
10. Wild C.J., Pfannkuch M. Statistical thinking in empirical enquiry // International Statistical Review. 1999. Vol. 67, No. 3. P. 223–248.

Web Platform for Modeling Stochastic Experiments as a Means of Developing Statistical Thinking: An Experimental Study

Vladimir V. Vagner

Master's Degree Student,
Department of Computational Mathematics and Informatics,
Kuban State University,
350040, 149, Stavropol'skaya str., Krasnodar, Russian Federation;
e-mail: voffmail.ru@yandex.ru

Abstract

The article examines the problem of developing statistical thinking in the context of the digital transformation of education. The author's development is presented – a comprehensive web platform for modeling and visualizing stochastic experiments, covering key probabilistic models and implementing the principles of visualization, inquiry-based learning, and instant feedback. To verify its effectiveness, a pedagogical experiment involving 120 students was conducted. Statistical analysis (Student's t-test, Mann-Whitney U-test, Pearson's χ^2 test) confirmed a significant ($p < 0.05$)

superiority of the experimental group over the control group. Conclusions are drawn about the practical significance of the developed tool.

For citation

Vagner V.V. (2026) Veb-platforma dlya modelirovaniya stokhasticheskikh eksperimentov kak sredstvo formirovaniya statisticheskogo myshleniya: eksperimental'noe issledovanie [Web Platform for Modeling Stochastic Experiments as a Means of Developing Statistical Thinking: An Experimental Study]. *Pedagogicheskii zhurnal* [Pedagogical Journal], 16 (6A), pp. 301-308. DOI: 10.34670/AR.2026.25.62.029

Keywords

Web platform, statistical thinking, stochastic experiments, interactive learning, pedagogical experiment.

References

1. Borisov, B. Yu. (2022). Traditsii izucheniya tserkovnoslavianskogo yazyka dlya dukhovno-nravstvennogo vospitaniya uchashchikhsya: istoriko-pedagogicheskiy aspekt [Traditions of Studying Church Slavonic for Spiritual and Moral Education of Students: Historical and Pedagogical Aspect]. *Antropologicheskaya didaktika i vospitanie* [Anthropological Didactics and Education], 5(6), 67–81.
2. Borisov, B. Yu. (2023). Pedagogicheskiye traditsii voyenno-patrioticheskogo vospitaniya uchashchikhsya v Rossii v gody Pervoy Mirovoy voyny: istoriko-pedagogicheskiy opyt [Pedagogical Traditions of Military-Patriotic Education of Students in Russia during the First World War: Historical and Pedagogical Experience]. *Antropologicheskaya didaktika i vospitanie* [Anthropological Didactics and Education], 6(3), 84–93.
3. Gnedenko, B. V. (2022). *Kurs teorii veroyatnostey* [Course in Probability Theory]. Moscow: URSS.
4. Kachkov, M. S., Pakhomov, P. A., & Gorin, I. A. (2023). Vybór instrumental'nykh sredstv dlya razrabotki obrazovatel'nogo veb-prilozheniya [Selection of Tools for Developing an Educational Web Application]. *Izvestiya TulGU. Tekhnicheskiye nauki* [Bulletin of Tula State University. Technical Sciences], (1). <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-instrumental'nykh-sredstv-dlya-razrabotki-obrazovatel'nogo-veb-prilozheniya>
5. Lyapunov, A. M. (1957). O nekotorykh obshchikh voprosakh, kasayushchikhsya matematicheskoy statistiki [On Some General Questions Concerning Mathematical Statistics]. *Teoriya veroyatnostey i yeye primeneniya* [Theory of Probability and Its Applications], 2(1), 3–14.
6. Maksimova, Yu. O., Buslaeva, T. Kh., & Pavlova, Yu. I. (2024). Innovatsionnyye tekhnologii kak sredstvo formirovaniya professional'noy leksicheskoy kompetentsii studentov pedagogicheskikh spetsial'nostey i profiley podgotovki [Innovative Technologies as a Means of Forming Professional Lexical Competence of Students of Pedagogical Specialties and Training Profiles]. *Antropologicheskaya didaktika i vospitanie* [Anthropological Didactics and Education], 7(2), 193–207.
7. Ovchinnikov, A. V. (2015). Naglyadnost' na uroke informatiki [Visualisation in Computer Science Lessons]. *Ekonomika i sotsium* [Economics and Society], (5-2/18). <https://cyberleninka.ru/article/n/naglyadnost-na-uroke-informatiki>
8. Shimkovich, E. D., Azitov, R. Sh., & Azitova, G. Sh. (2023). Proyektnoye obucheniye inostrannykh grazhdan s ispol'zovaniyem sredstv tsifrovoy obrazovatel'noy sredy [Project-Based Learning for Foreign Citizens Using Digital Educational Environment Tools]. *Antropologicheskaya didaktika i vospitanie* [Anthropological Didactics and Education], 6(2), 232–242.
9. Travkin, I. Yu. (2018). Elementy funktsional'nogo programmirovaniya na yazyke JavaScript: dve zadachi iz teorii veroyatnostey [Elements of Functional Programming in JavaScript: Two Problems from Probability Theory]. *Informatika v shkole* [Informatics at School], (7), 40–45. <https://school.infojournal.ru/jour/article/view/288/289>
10. Wild, C. J., & Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry. *International Statistical Review*, 67(3), 223–248.