



Развитие статистического мышления студентов естественно-научных направлений подготовки в процессе математического образования в вузе

С. И. ТОРОПОВА, Ж. Г. ВЕГЕРА, З. В. ШИЛОВА

АННОТАЦИЯ

Введение. Новые технологии, такие как искусственный интеллект, кардинально меняют способы доступа, обмена и анализа данных, что актуализирует необходимость развития статистического мышления среди студентов и общества в целом. *Цель исследования* – выявить и апробировать методические условия, обеспечивающие развитие статистического мышления студентов естественно-научных направлений подготовки в процессе обучения математике в вузе.

Материалы и методы. В исследовании, проведенном в 2024–2025 гг., участвовало 64 студента Института биологии и биотехнологии Вятского государственного университета (Российская Федерация). Однородность контрольной и экспериментальной групп установлена с помощью инструмента «Оценка статистического мышления» (Statistical Reasoning Assessment, SRA). Достоверность различий выявлена на основе Теста на статистическое мышление (Statistical Reasoning Test, SRT) и Инвентаря статистических рассуждений в биологии (Statistical Reasoning in Biology Concept Inventory, SRBCI). Статистический анализ выполнен посредством U-критерия Манна-Уитни.

Результаты исследования. Установлено, что одной из ключевых целей современного математического образования является развитие статистического мышления подрастающего поколения как важнейшего жизненного навыка в современном мире. В ходе исследования обнаружено, что такое развитие сопряжено со значительными трудностями мотивационного и содержательного характера. Сформулирован ряд методических условий, обеспечивающих их преодоление, что уточняет и расширяет представления о системе математической подготовки студентов естественно-научного профиля. Первостепенное значение для развития навыков статистического мышления отводится построению процесса обучения как исследования и интеграции в него содержания образования, основанного на реальных данных в профессионально значимом контексте, активных методов обучения и компьютерных технологий. Отдельное внимание уделяется приобщению к математическому моделированию и критическому восприятию данных и их визуализаций в медиасреде. Впервые представлена реализация предложенных методических условий на выборке студентов – будущих работников фармацевтической отрасли с целью формирования у них умений мыслить статистически. Эффективность вмешательства подтверждена достоверными различиями по SRT ($U_{\text{эмп.}} = 141,5$; $p < 0,01$) и по SRBCI ($U_{\text{эмп.}} = 30$; $p < 0,01$).

Заключение. Выявленные методические условия могут служить основой проведения аналогичных исследований и наряду со статистическим мышлением стимулировать мотивацию и критическое мышление обучающихся, повышая воспринимаемую ими ценность математического образования и математики в целом.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

статистическое мышление, критическое мышление, статистическое исследование, математическое моделирование, студенты естественно-научных направлений подготовки, математическое образование

Для цитирования: Торопова С. И., Веера Ж. Г., Шилова З. В. Развитие статистического мышления студентов естественно-научных направлений подготовки в процессе математического образования в вузе // Перспективы науки и образования. 2026. № 3. С. 204–218. <https://doi.org/10.32744/pse.2026.3.13>

Поступила: 14.12.2025 | Одобрена: 11.03.2026 | Опубликована: 30.06.2026



Лицензия «С указанием авторства — С сохранением условий». Позволяет перерабатывать, исправлять и развивать произведения при условии указания авторства и лицензирования производных работ на аналогичных условиях.



Development of Statistical Thinking of Students Majoring in Natural Sciences in the Process of Mathematical Education at a University

S. I. TOROPOVA, ZH. G. VEGERA, Z. V. SHILOVA

ABSTRACT

Introduction. New technologies such as AI are fundamentally changing the way we access, share, and analyze data, reinforcing the need to develop statistical thinking among students and society on the whole. *The purpose of the study* is to identify and test the methodological conditions that ensure the development of statistical thinking of students in natural sciences in the process of teaching mathematics at the university.

Materials and methods. The research was conducted in 2024–2025 and involved 64 students from the Institute of Biology and Biotechnology of Vyatka State University (Russian Federation). The uniformity of the control and experimental groups was established using the Statistical Reasoning Assessment (SRA) tool. The significance of the differences was revealed on the basis of the Statistical Reasoning Test (SRT) and the Statistical Reasoning in Biology Concept Inventory (SRBCI). Statistical analysis of the obtained results was performed using the Mann-Whitney U test.

Results. It is established that one of the key goals of modern mathematical education is the development of statistical thinking of the younger generation as the most important life skill in the modern world. The study found that such development is associated with significant difficulties of a motivational and substantive nature. A number of methodological conditions are formulated to ensure their overcoming, which clarifies and expands the understanding of the mathematical training system for students of natural sciences. The primary importance for the development of statistical thinking skills is given to the construction of the learning process as research and integration of educational content based on real data in a professionally relevant context, active teaching methods and computer technology. Special attention is paid to introducing mathematical modeling and critical perception of data and their visualizations in the media environment. For the first time, the implementation of the proposed methodological conditions is presented on a sample of students who are future employees of the pharmaceutical industry in order to develop their statistical thinking skills. The effectiveness of the intervention was confirmed by significant differences in SRT ($U_{\text{emp.}} = 141,5$; $p < 0,01$) and according to SRBCI ($U_{\text{emp.}} = 30$; $p < 0,01$).

Conclusion. The identified methodological conditions can serve as a basis for conducting similar research and, along with statistical thinking, stimulate motivation and critical thinking of students, increasing the perceived value of mathematical education and mathematics in general.

KEYWORDS

statistical thinking, critical thinking, statistical research, mathematical modeling, students majoring in natural sciences, mathematics education

For Citation: Toropova, S. I., Vegera, Zh. G., & Shilova, Z. V. (2026). Development of Statistical Thinking of Students Majoring in Natural Sciences in the Process of Mathematical Education at a University. *Perspektivy nauki i obrazovania = Perspectives of Science and Education*, (3), 204–218. <https://doi.org/10.32744/pse.2026.3.13>

Received: 14 December 2025 | Approved: 11 March 2026 | Published: 30 June 2026



This is an open access article distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike International License (CC-BY-SA 4.0) that allows others to share the work with an acknowledgement of the work's authorship and initial publication in this journal

ВВЕДЕНИЕ

В эпоху больших данных статистическая информация используется практически во всех сферах жизни современного общества от продвижения определенных идеологий, обоснования принятых политических и социальных решений, изменения стиля поведения людей до простого освещения событий, происходящих в мире [1]. По сообщению ЮНЕСКО новые технологии, такие как искусственный интеллект, кардинально меняют способы доступа, обмена и анализа данных, что имеет существенное значение для будущего образования в области статистики [2]. Согласно цитируемому источнику, чтобы оно перестало быть формальным, целесообразно выявлять критические темы, делать акцент на актуальных проблемах и таких навыках, как самостоятельный сбор данных.

В соответствии с докладом Всемирного экономического форума происходящая в настоящее время трансформация рынка труда обусловила спрос на сотрудников, имеющих экспертные знания в области статистики. Как ожидается, к 2030 году будут особо востребованы специалисты по большим данным, специалисты по хранилищам данных, дата-аналитики и дата-сайентисты [3, с. 21]. Однако, по словам S. M. Hasim с соавторами, представители научной общественности все больше признают необходимость дополнительных усилий по обучению работников других профессий статистическим аспектам [4]. Так, A. De подчеркивает, что статистическое мышление требуется разработчикам медицинских тестов и биомаркеров [5]. В целом, по утверждению D. Frischmeier и S. Schnell, во времена фейковых новостей и альтернативных фактов грамотное понимание и обработка данных имеют решающее значение для каждого человека [6].

Осознание важности того факта, что одним из главных общественных вызовов XXI века является существование гражданина в информационном обществе с присущими ему рисками, побудило дискуссию о развитии статистического мышления с детства. С этой целью R. S. Buehring и R. C. Grando применительно к бразильскому контексту предлагают использовать реальные данные о ключевых социальных явлениях (миграции, безработице, социальном неравенстве, бедности и т. п.). С точки зрения авторов, формируемая при этом активная гражданская позиция проявляется при условии, что подрастающее поколение владеет навыками изучать факты на основе данных, анализировать, критически осмысливать и действовать на их основе [7]. Тем более важным представляется совершенствование статистического мышления будущих специалистов в таких критически важных областях, как биотехнология и фармацевтика.

Вятский государственный университет (ВятГУ) реализует образовательные программы высшего образования в рамках естественно-научных направлений подготовки 06.03.01 Биология (профиль – контроль качества лекарственных средств) и 19.03.01 Биотехнология (профиль – фармацевтическая биотехнология). Рассуждая о применимости статистического мышления в фармацевтическом секторе, W.-M. Chung и др. отмечают востребованность статистических методов для повышения качества и эффективности продукции фармацевтической промышленности. Исследователи особо подчеркивают заинтересованность ее представителей в кадрах, не столько владеющих в совершенстве статистическими инструментами, сколько обладающих статистическим мышлением. По их мнению, первое (владение статистическими инструментами) позволяет осуществлять анализ данных, а второе (собственно статистическое мышление) – выходить за рамки количественных результатов, демонстрируя широкое концептуальное понимание [8].

Тем не менее многие исследователи в области статистического образования сообщают о том, что обучающиеся нередко испытывают трудности с освоением статистических концепций и поддержанием интереса к их изучению. Так, E. Bauer с коллегами обнаружили, что студенты бакалавриата по социальным наукам имеют неоднозначные взгляды на статистику, подходят к соответствующим курсам с низким уровнем мотивации и воспринимают предмет как чрезмерно абстрактный и оторванный от их профильных дисциплин. По мысли авторов, такому восприятию способствует традиционное обучение, сфокусированное на передаче знаний о математических формулах и приемах вычислений [9].

Аналогично B. A. R. González и др. заявляют о преобладании стереотипного подхода к преподаванию тем по теории вероятностей и математической статистике, копированию объяснительно-иллюстративных методов обучения, сконцентрированных на информационной составляющей содержания образования. Вместе с тем, по убеждению исследователей, в сфере высшего образования студентам необходимо больше, чем просто теоретическая и техническая подготовка; у них целесообразно развивать навыки статистического мышления [10].

На примере обучения аспирантов-медиков J. A. Gaviria-Bedoya с коллегами перечисляют некоторые ограничения, имеющие место на пути формирования статистического мышления специалистов в сфере медицинских наук: приоритет вычислений над контекстным пониманием, ориентация на общие навыки, а не на профессиональное применение, отсутствие механизма, реализующего обучение всем этапам статистического исследования от сбора данных до их интерпретации и представления широкой общественности [11].

Вышесказанное определило тематику настоящей работы, посвященной обсуждению того значения, которое математическое образование может иметь в приобретении навыков статистического мышления. *Целью* представленного исследования является выявление и апробация методических условий, обеспечивающих развитие статистического мышления студентов естественно-научных направлений подготовки в процессе обучения математике в вузе.

Для достижения поставленной цели потребуется дать ответ на два исследовательских вопроса.

1. Возможно ли на основании анализа современной научно-методической литературы обосновать значимость математического образования для развития статистического мышления у обучающихся?
2. Изменяются ли (и каким образом) у студентов естественно-научных направлений подготовки в процессе обучения высшей математике навыки статистического мышления и какие методические условия обеспечивают эти изменения?

Гипотеза исследования состоит в том, что реализация предложенных методических условий в математическом образовании будущих специалистов естественно-научного профиля будет способствовать развитию их статистического мышления без введения специального академического курса. Ограничения исследования обусловлены объемом выборки и рамками одного высшего учебного заведения (ВятГУ).

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

По утверждению D. Frischemeier и S. Schnell, одной из важнейших общих целей статистического образования на любой ступени обучения является развитие статистического мышления [6]. Согласно J. Garfield статистическое мышление представляет собой способ, с помощью которого люди рассуждают и осмысливают статистические идеи, а также значение, которое они придают статистической информации [12]. Несмотря на то, что в настоящее время не существует консенсуса по поводу трактовки данного термина, большинство исследователей, в частности F. Nursyahidah и др. [13], указывают на его интегративный характер, включающий не только понимание и обработку данных, но и критическую оценку предположений, условий и ограничений, лежащих в их основе.

Применительно к сфере общественного здравоохранения и эпидемиологии J. A. Gaviria-Bedoya с коллегами конкретизируют статистическое мышление как совокупность когнитивных процессов, обеспечивающих понимание различных событий, связанных со здоровьем и сосредоточенных вокруг центральных идей (данные, распределение, изменчивость, случайность, выборка, модели, ковариация, статистический вывод), которые позволяют обосновывать процедуры и осмысливать результаты в контексте [11]. Очевидно, что все перечисленные понятия рассматриваются и формируются в содержании математического образования в вузе.

Анализируя процесс обучения математике и математической статистике как ее составляющей, S. Wright с соавторами отмечают, что серьезной проблемой на пути формирования статистических привычек мышления является ограниченная доступность учебных материалов, которые содержат фактические данные, отражающие реальные проблемы в различных контекстных областях. По мнению исследователей, целесообразно подбирать междисциплинарные темы так, чтобы они представляли интерес для обучающихся и были актуальны для них. Это продемонстрирует практическую полезность математики в целом и математической статистики в частности, включая востребованность статистического мышления в реальных ситуациях [14].

В продолжение этой мысли K. Kafadar приводит несколько примеров, когда математическая статистика действительно оказала долгосрочное влияние на общество. В историческом контексте упоминаются рандомизированные испытания стрептомицина в 1946–1948 гг. при туберку-

лезе, а также рандомизированные испытания вакцины Солка против полиомиелита в середине прошлого века. В современном контексте особое внимание уделяется глобальной пандемии, породившей анализ данных для выявления временных и пространственных закономерностей заболевания, моделирование развития инфекционных заболеваний, разработку и сравнение статистических методов оценки масштабов эпидемии, проведение клинических испытаний вакцин. В заключение ученый подчеркивает, что математика и математическое образование остаются сегодня критически важными для науки и общества [15].

Для достижения указанной цели – развития статистического мышления – учеными предлагаются различные методические условия. Выделим наиболее существенные из них с точки зрения формирования навыков статистического мышления в контексте высшего математического образования. А. L. Gómez-Blancarte и др. отдают приоритет преподаванию математической статистики как процесса исследования для решения реальных проблем в соответствии с циклом «Проблема – План – Данные – Анализ – Выводы» (Problem – Plan – Data – Analysis – Conclusion, PPDAC) [16].

С ними проявляет солидарность М. A. Sole, полагая, что статистические исследования от сбора данных до интерпретации результатов идеально подходят для обучения статистическому мышлению. По мысли автора исследовательские проекты с реальными данными в аутентичном контексте, реализующие все этапы работы статистика, моделируют деятельность, в процессе выполнения которой студенты учатся мыслить статистически. Вместе с тем новостные сюжеты могут стать отправной точкой для проектирования статистического исследования, учитывая значение информации, которая влияет на важные общественные, профессиональные и личные решения. Также они представляют обучающимся возможность оценить доказательства для подтверждения или опровержения опубликованных выводов. Особое внимание М. A. Sole уделяет процедуре самостоятельного сбора данных, позволяющей студентам убедиться, что наборы реальных данных могут содержать выбросы, недостающую информацию, ошибки и дублирующие записи [17].

D. Frischemeier и S. Schnell делают акцент на освоении обучающимися технологических инструментов, которые позволяют им исследовать большие и многомерные наборы данных, сосредоточившись на фундаментальных идеях статистики, а не на изучении отдельных алгоритмов [6]. В таком же ключе рассуждают F. Rodríguez-Alveal и M. Aguerrea, указывая на ряд преимуществ автоматизации статистических процессов на занятиях по математике: эффективное создание графиков, облегчение вычислений, концентрация на решении реальных статистических задач и концептуальном понимании, что в конечном итоге способствует формированию навыков статистического мышления [18].

Z. Branson с коллегами тоже задаются вопросом, как преподавать математическую статистику, выдвигая на первый план статистическое мышление, и предлагают решение: сконцентрировать внимание на математическом моделировании. В качестве примера ученые рассматривают графические модели как действенный и естественный способ в процессе их исследования актуализировать понятия «вероятность», «распределение», «проверка статистических гипотез» и облегчить изучение сложных тем по регрессионному анализу, анализу главных компонент и др. В целом авторы считают, что создание визуализации данных является ключевым навыком любой статистической практики и статистическим процессом, требующим не только опыта программирования и выбора дизайна, но и развитого статистического мышления [19].

L. Boels и др., анализируя использование взрослыми людьми современных данных, распространяемых в сети Интернет, установили, что большинство из них испытывает трудности при изучении, выборе, интерпретации и оценке соответствующей информации. Исследователи приходят к выводу о необходимости целенаправленного обучения критически воспринимать данные и их визуализации, представленные в медиасреде, как обязательном этапе формирования статистического мышления граждан [20].

J. Mulligan с коллегами говорят о необходимости развития статистического мышления с раннего возраста. В качестве средства развития авторы предлагают использовать технологии активного обучения, включая междисциплинарные проекты в области математики и естественных наук [21]. Развивая эту точку зрения, F. Rodríguez-Alveal и M. Aguerrea подчеркивают невозможность усвоения статистических знаний в отрыве от окружающего мира. Вместе с тем проектное

обучение, особенно при совместной работе над проектом в группе, позволяет студентам контекстуализировать статистические концепции и методы, используя реальные данные [18].

V. Woodard и др., выполняя обзор различных типов заданий для оценки статистического мышления, упоминают совокупность методических условий, обеспечивающих студентов умениями мыслить статистически. В их числе изложение фактов в контексте, демонстрация критического мышления, работа с математическими моделями [22].

Подводя итог, С. Legasy с соавторами констатируют, что в развитии статистического мышления можно достигнуть синергетического эффекта за счет построения процесса обучения математической статистике как исследования и интеграции в него содержания образования, основанного на реальных данных в профессионально значимом контексте, активных методов обучения и компьютерных технологий [23].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сравнительное исследование эффективности развития статистического мышления выполнено на базе Института биологии и биотехнологии ВятГУ в 2024–2025 гг. В общей сложности 64 студента направлений подготовки 06.03.01 Биология (41 человек) и 19.03.01 Биотехнология (23 человека) были произвольным образом разделены на контрольную и экспериментальную группы по 32 человека в каждой. В контрольной группе (КГ) содержание курса высшей математики являлось исключительно дисциплинарным и целенаправленное развитие навыков статистического мышления не велось. В экспериментальной группе (ЭГ) были реализованы семь методических условий, подробно описанных в следующем разделе и направленных на интеграцию математики и основ биологических, экологических, эпидемиологических знаний, предоставляя контекстную среду для анализа реальных проблем, что полностью соответствует будущей профильной специализации участвовавших в эксперименте студентов.

Эффективность вмешательства с учетом этих методических условий подтверждена результатами Теста на статистическое мышление (Statistical Reasoning Test, SRT) [24] и Инвентаря статистических рассуждений в биологии (Statistical Reasoning in Biology Concept Inventory, SRBCI), отдельные элементы которого контекстуализированы в сценариях биологических экспериментов [25].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Одним из объективных инструментов исследования уровня статистического мышления обучающихся является опросник «Оценка статистического мышления» (Statistical Reasoning Assessment, SRA) [12], содержащий 20 вопросов с множественным выбором, каждый из которых описывает статистическую или вероятностную проблему. Опрос по нему с целью установления однородности КГ и ЭГ осуществлен в сентябре 2024 г. Студентам предлагалось выбрать ответ, который наилучшим образом соответствует их собственным мыслям о каждой проблеме.

Результаты диагностики (в %) статистического мышления по SRA отражены в первых семи строках табл. 1.

Таблица 1 Диагностика статистического мышления студентов КГ и ЭГ

Оценка статистического мышления, SRA												
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ЭГ	52,6	100	36,8	21,1	68,4	89,5	63,2	73,7	94,7	84,2	63,2	21,1
КГ	72,2	83,3	55,5	33,3	50	50	55,6	83,3	88,9	77,8	61,1	50
№	13	14	15	16	17	18	19	20				
ЭГ	15,8	57,9	42,1	73,7	57,9	26,3	42,1	47,4				
КГ	44,4	66,7	5,6	61,1	44,4	44,4	33,3	50				

Тест на статистическое мышление, SRT												
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ЭГ	26	74	63	78	74	64	37	70	13	41	91	37
КГ	5	57	48	63	50	52	0	58	5	21	74	18
№	13	14	15	16, Мо		16, Ме	16, ср.		17	18	19	20
ЭГ	82	47	53	52		41	59		91	22	36	36
КГ	74	30	36	46		35	37		53	0	11	17
Инвентарь статистических рассуждений в биологии, SRBCI												
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ЭГ	9	86	27	32	47	53	55	47	55	65	14	20
КГ	0	75	9	20	5	25	30	7	14	53	0	5

При всем том, что наблюдаются некоторые различия в количестве верных ответов студентов двух групп, в них можно выделить общие тенденции. Так, лучше всего решена задача № 2 биологического характера на интерпретацию величины, выраженной в процентах. Также высокие результаты продемонстрированы при решении заданий, имеющих знакомый из школьного курса математики сюжет: № 8 на извлечение шаров определенного цвета из контейнера, № 9 и № 10 на подбрасывание симметричной монеты, № 16 на возможную связь между снижением успеваемости в школе и увеличением времени просмотра телевизора.

Наибольшие затруднения вызвала задача № 15 на интерпретацию результатов эксперимента, связанного с продолжительностью времени сна, с участием контрольной и экспериментальной групп на основе статистической информации, представленной графически диаграммой рассеяния. Определенные трудности у студентов возникли в процессе решения заданий № 4 на определение моды и № 12 о покупке машины на основе сведений, полученных из медиаканалов и общения с друзьями.

В связи с тем, что опрос проводился в начале первого курса перед систематическим изучением тем по высшей математике и математической статистике, в частности, мы выдвинули гипотезу об отсутствии статистически значимых различий ЭГ и КГ по уровню развития статистического мышления. Данная гипотеза нашла свое подтверждение посредством применения U-критерия Манна-Уитни ($U_{\text{Эмп.}} = 193$, $U_{\text{Кр.}} = 138$ при $p < 0,05$), т. е. по уровню развития статистического мышления группы однородны на начало обучения в университете.

Подчеркнем, что с помощью применения инструмента SRA обучающимся была предоставлена возможность не только дать ответ на вопросы традиционного содержания, но и оценить сложные реальные утверждения с целью проиллюстрировать, что статистическое мышление требует большего, нежели просто правильное применение формул. Выявленные пробелы в математической подготовке легли в основу целенаправленных усилий по развитию статистического мышления студентов ЭГ в 2024–2025 уч. гг. посредством реализации следующих методических условий.

Реализацию большинства описанных ниже методических условий продемонстрируем на примере четырех междисциплинарных тем (см. табл. 2). Они представляют собой реальные проблемы, имеющие отношение к сфере здравоохранения и экологии, большая часть из которых рассмотрена в региональном контексте. В отличие от традиционных учебных математических задач данные темы предусматривают работу не в симулированной среде, а с реальными данными. Подобная работа носит мотивирующий характер, согласована с профессиональной направленностью осваиваемых обучающимися образовательных программ и предполагает возможность обсуждения с ними некоторых практических аспектов, недостаточно освещенных в учебной литературе. В частности, к ним относятся ограничения, связанные с доступностью и полнотой данных, границы применимости используемых методик.

Количество представленных тем невелико, что объясняется несколькими причинами. С одной стороны, мы рассматриваем развитие статистического мышления студентов в процессе обучения курсу высшей математики, который включает помимо тем по теории вероятностей и математической статистике основы линейной и векторной алгебры, элементы аналитической геометрии

на плоскости и в пространстве, интегральное и дифференциальное исчисление функции одной независимой переменной, теории функции нескольких переменных и обыкновенных дифференциальных уравнений, что накладывает необходимые ограничения по времени и содержанию. С другой стороны, мы показываем, что даже небольшое количество тем достаточно для стимулирования и развития статистического мышления студентов.

Таблица 2 Междисциплинарные темы, обеспечивающие интеграцию статистического мышления в содержание математического образования студентов ЭГ

Темы	Источник
Взаимосвязь качества окружающей среды и состояния здоровья населения Кировской области	Калинин С. И., Торопова С. И. Статистические методы анализа взаимосвязи качества атмосферного воздуха и состояния здоровья детского населения Кировской области // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 2. С. 143–148. Торопова С. И., Казакова А. В. Нелинейные регрессионные модели как инструмент анализа и прогнозирования в экологии // Advanced Science. 2018. № 2. С. 15–19.
Динамика заболеваемости COVID-19 в Кировской области	Крутихина М. В., Торопова С. И. Совершенствование навыков критического мышления обучающихся средствами математики // Математика и математическое образование: проблемы, технологии, перспективы: материалы 42-го Международного научного семинара преподавателей математики и информатики университетов и педагогических вузов. Смоленск: Изд-во СмолГУ, 2023. С. 117–120.
Изучение флуктуирующей асимметрии листа березы повислой как индикатора состояния окружающей среды на территории г. Кирова	Торопова С. И., Чулкова А. А. Совершенствование статистической грамотности студентов на занятиях по математике в вузе // Теоретические и практические аспекты развития науки в современном мире: сборник статей международной научной конференции. СПб.: ГНИИ «Нацразвитие», 2024. С. 35–37.
Моделирование численности популяции амурского тигра, обитающего на Дальнем Востоке РФ	Торопова С. И., Шелимова М. А. Использование информационных технологий для решения прикладных задач экологии на занятиях по математике в вузе // Современная информационно-образовательная среда: сборник статей всероссийской научной конференции. СПб.: ГНИИ «Нацразвитие», 2022. С. 25–27.

Обратим внимание также на тот факт, что часть отмеченных в табл. 2 публикаций выполнена в соавторстве с обучающимися, что отражает такой важный этап работы с данными, как их представление широкой общественности, и позволяет использовать информацию, собранную студентами, при обучении следующих поколений.

Рассмотрим подробно методические условия по развитию статистического мышления студентов ЭГ.

Первое методическое условие – *обучение всем этапам статистического исследования* от самостоятельного сбора данных до интерпретации и публикации полученных результатов. Мы полагаем, что формирование этих прикладных навыков имеет первостепенное значение, поскольку они позволяют будущим специалистам в сфере фармацевтики критически оценивать доказательства эффективности и безопасности лекарственных препаратов, а также трансформировать количественную информацию в действенные и обоснованные решения по совершенствованию способов лечения и профилактики.

Возможность освоить весь исследовательский цикл представляется студентам посредством проведения полевого исследования по изучению флуктуирующей асимметрии листа березы повислой как индикатора состояния окружающей среды на территории г. Кирова. Целенаправленно для сравнения выбираются два типа участков: экологически благополучные места отдыха жителей и гостей города в его исторической части (Александровский сад, сквер у дома архитектора А. Л. Витберга и др.) и места концентрации транспортных магистралей и промышленных предприятий (район железнодорожного вокзала и автовокзала, перекресток ул. Дзержинского и Октябрьского проспекта и т. п.). В результате происходит интеграция статистического мышления не только в профессиональный контекст, но и в сферу личной и общественной значимости обучающихся.

Заметим, что стимулировать студентов мыслить статистически, на наш взгляд, могут новые и дополнительные исследовательские вопросы, порожденные текущим исследованием. Так, один

студент ЭГ задумался о том, можно ли в качестве растительного материала использовать другие деревья, что породило работу с листьями клена, липы и дуба, произрастающими на улицах г. Кирова, и неизбежно повлекло сопоставление результатов. Несомненно, подобные вопросы, достойные самостоятельного исследования, обладают ценностью, мотивируя студентов и побуждая их активно участвовать в формулировании соответствующих проблем. Таким образом, формируется всестороннее понимание статистических методов от зарождения идеи до работы с данными, которые сами студенты собирают, анализируют и интерпретируют, чтобы ответить на поставленный вопрос. Мы рекомендуем, если это осуществимо, проводить такие незапланированные исследования на основе собственных идей обучающихся.

Второе методическое условие заключалось в *интеграции реальных данных в содержание математического образования* студентов ЭГ. Отметим, что использовались как данные, самостоятельно собранные обучающимися (например, в предыдущем случае), так и данные, имеющиеся в свободном доступе. К последним относятся показатели загрязнения атмосферного воздуха Кировской области и сведения о заболеваемости населения региона, публикуемые в ежегодных государственных докладах на сайтах Кировстата (<https://43.rosstat.gov.ru/>) и Роспотребнадзора Кировской области (<https://www.43.rospotrebnadzor.ru/>); статистика заражений коронавирусом, размещенная на ресурсе <https://coronavirus-monitor.info/country/russia/kirovskaya-oblast/>. Используемые данные отличались также по временным характеристикам. В частности, указанная статистика заражения доступна с момента регистрации в регионе первых случаев по настоящее время; вместе с тем опубликованные данные учетов численности амурского тигра ограничены десятью измерениями с 1959 по 2015 гг.

Третье методическое условие связано с *приобщением студентов к математическому моделированию*. Так, в процессе исследования взаимосвязи качества атмосферного воздуха Кировской области и состояния здоровья населения региона были построены разнообразные статистически значимые модели (использовались данные с 2002 по 2016 гг.): линейной парной регрессии (например, функция зависимости первичной заболеваемости болезнями органов дыхания детского населения от количества выброшенных (здесь и далее от стационарных источников загрязнения) углеводородов); три типа регрессионных моделей по панельным данным (в частности, модели, характеризующие заболеваемость детского населения острыми инфекциями верхних дыхательных путей от общего количества выброшенных в атмосферу загрязняющих веществ); нелинейной регрессии (включая обратную параболическую модель, выражающую зависимость первичной заболеваемости болезнями органов дыхания подросткового населения от количества выброшенных летучих органических соединений).

Четвертое методическое условие – *применение различных информационных технологий*. Изучение описанных выше математических моделей предварялось проведением кластерного анализа с помощью пакета прикладных программ «Statistica» методом k-средних с целью классифицировать районы Кировской области по экологическому состоянию на основании данных 2008–2017 гг. Практически все регрессионные модели были построены и проанализированы на достоверность посредством MS Excel, за исключением моделей по панельным данным, для которых использовался программный пакет Gretl. Данные о численности амурских тигров исследовались с применением языка программирования Python. Визуализация данных о заболеваемости COVID-19 в Кировской области осуществлялась в линейной и логарифмической шкалах на основе разнообразных графических инструментов.

Пятое методическое условие характеризуется акцентом на *формировании способности студентов критически оценивать результаты, опубликованные в средствах массовой информации*. В частности, составлены кейс-задания, направленные на критику новостных сообщений, поскольку сегодня, как никогда ранее, умение выбирать информацию, оценивать ее источник, истинность представленных данных является базовым. К примеру, студентам было предложено проанализировать две столбчатые диаграммы, одна из которых сопровождалась сообщением о снижении цен на бензин, а другая иллюстрировала рейтинг кандидатов в президенты Португалии (см. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/test.12394>). Подобная исследовательская деятельность требовала от обучающихся как технических навыков, так и высокого уровня критического мышления. Отметим, что подробно развитие навыков критически мыслить о соционаучных темах, представленных в медиапространстве, в частности, связанных со здоровьем, рассмотрено нами в работе [26].

Подчеркнем, что работа с медиатекстами не ограничивалась критикой их содержания. Так, в целях ознакомления обучающихся с новыми статистическими моделями и методами, пока не вошедшими в учебники, мы рекомендовали им к изучению ряд научных статей. Например, студенты ЭГ, построившие экспоненциальную и логистическую модели на основе данных заболеваемости COVID-19 в Кировской области, проявили интерес к публикации F. M. Correa и др., предложивших экспоненциальную модель Топпа-Леоне Парето (Topp-Leone Exponentiated Pareto Distribution) к аналогичным данным в Пакистане [27]. Также профессиональный интерес со стороны будущих работников фармацевтической отрасли вызвало исследование F. G. Habtewold с соавторами об использовании модификации распределения бета-Вейбулла (Beta-Weibull Distribution), освоенного на занятиях по теории вероятностей, применительно к четырем реальным наборам данных по онкологии у американских детей [28].

Шестое методическое условие предполагает *решение со студентами контекстных математических задач междисциплинарного характера на основе реальных данных*, чтобы сделать статистические концепции более понятными и преодолеть разрыв между абстрактной статистикой и сферой профессиональных интересов обучающихся. По возможности использовались задания, не нашедшие широкого распространения в учебно-методической литературе. Особое внимание было уделено составлению открытых вопросов, ввиду того что, по нашему убеждению, тесты с закрытыми ответами не в полной мере отражают адекватно природу статистического мышления.

Приведем пример такой задачи. Исследователь интересуется средним размахом крыльев определенного типа насекомых. Он случайным образом выбрал тридцать пять из них и измерил размах крыльев. При проведении анализа обнаружилась асимметрия вправо. Объясните, может ли исследователь использовать нормальное распределение для оценки выборочного среднего.

Седьмое методическое условие базируется на *применении ряда педагогических технологий, реализующих принципы активного обучения*.

Так, полагая, что статистическое мышление включает в себя понимание того, как и почему проводятся статистические исследования, сформулирован перечень проектных заданий, предусматривающих комплексную практическую работу по выявлению проблем, самостоятельному сбору, анализу и интерпретации данных. Например, известно, что рост ребенка в определенной степени детерминирован генетическими факторами, в частности, ростом родителей. Студентам ЭГ – будущим биотехнологам было предложено сформулировать соответствующие статистические гипотезы, провести опрос на выборке однокурсников, на основе полученных данных построить регрессионные модели, проверить статистическую значимость уравнений регрессии и сделать выводы в терминах предметной области. Аналогичное исследование по изучению взаимосвязи роста человека и размера его обуви в зависимости от пола осуществлено студентами ЭГ – биологами. В настоящее время к публикации готовятся полученные результаты. Другие имеющие место корреляционные связи между различными антропометрическими показателями могут служить источником подобных проектов в будущем.

Количественный анализ результатов (см. табл. 1) повторной диагностики развития статистического мышления, проведенной в июле 2025 г., на основе U-критерия Манна-Уитни подтвердил достоверность различий в КГ и ЭГ по SRT ($U_{\text{эмп.}} = 141,5$; $p < 0,01$) и по SRBCI ($U_{\text{эмп.}} = 30$; $p < 0,01$).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Значительная потребность мыслить статистически в современных условиях обусловила исследование понимания статистики и вероятности студентами, чья будущая профессиональная деятельность непосредственно связана с принятием ответственных решений на основе данных. Анализ полученных результатов по SRA показал, что хотя будущие работники фармацевтической отрасли смогли правильно понять и решить предложенную вероятностную или статистическую проблему данного опросника, большинство из них испытывали трудности с формулированием выводов на основе выборок, выбором и использованием подходящих статистических методов, а также с интерпретацией информации, представленной в графическом виде. В целом выявленные затруднения респондентов совпадают с ранее обнаруженными методическими и организационными проблемами обучения студентов статистическому анализу данных, отраженными, в частности, в публикации [18] F. Rodríguez-Alveal и M. Aguerrea. Они утверждают, что

препятствиями на пути развития статистического мышления могут быть: использование единственного технологического инструмента (MS Excel), некорректное толкование графиков, игнорирование контекста задачи, склонность буквально трактовать информацию.

Аналогично J. Garfield заявляет о целесообразности развития статистического мышления у будущих врачей и представителей смежных профессий, которым необходимо понимать и интерпретировать риски, оценивать вероятность различных исходов и результатов специализированных тестов [12]. J. A. Gaviria-Bedoya и др. также фокусируются на статистическом мышлении работников здравоохранения Колумбии, обеспечивающем их умениями соотносить, подвергать сомнению, анализировать статистическую информацию в уникальном контексте медицинского события. В их работе [11] одним из основных аспектов интеграции статистического мышления стала практика применения статистики к фактическим данным. W.-M. Chung с коллегами, рассматривая статистическое образование в Тайване, делают акцент на развитие статистического мышления обучающихся, утверждая, что в обозримом будущем оно станет таким же необходимым, как и базовые навыки чтения и письма [8].

В исследовании [6] D. Frischmeier и S. Schnell обучающиеся работали в группах с программным обеспечением TinkerPlots над реальным набором данных, содержащим результаты опроса более шестисот учащихся начальной школы. На этом примере было проиллюстрировано, как в условиях статистического исследования имеющего места в действительности социального контекста можно научиться доверять данным и их анализу больше, чем собственному опыту и своим первоначальным предположениям. Такое умение, по мнению авторов и, на наш взгляд, представляет собой важный этап в приобретении навыков статистического мышления и может быть сформировано только посредством целенаправленных усилий.

В представленном исследовании мы обозначили несколько направлений таких усилий, отдельно выделив с учетом важности медиа в современных условиях настоятельную необходимость интеграции статистического и критического мышления. Схожую позицию демонстрируют J. C. Casas-Rosal с коллегами в работе [29]. Согласно их точке зрения критическое мышление относительно информации, получаемой через различные медиаканалы, выступает насущной потребностью людей, которая усиливается, когда критически анализируемая информация является статистической, что требует от пользователя дополнительных когнитивных навыков. По наблюдению ученых, поставщики контента эксплуатируют эту проблему, используя определенные представления обычно точных данных, например, в разнообразных шкалах или масштабах. В этом контексте синтез навыков критического мышления и решения математических задач, содержащих аутентичные графики, имеет решающее значение, одновременно повышая вовлеченность обучающихся и воспринимаемую ими ценность математического образования и математики в целом.

В качестве итогового замечания отметим, что мы полностью соглашаемся с мнением S. Çaylı и K. Akoğlu, утверждающих, что статистическое мышление не является фиксированной, окончательно сформированной конструкцией; оно нуждается в непрерывном развитии, обусловленном совершенствованием технологий и растущим значением данных в современном мире [30].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Понимание проблем, с которыми сталкивается общество, требует помимо прочего применения статистического мышления с целью осмысления сложных наборов многомерных данных. Такая деятельность является весьма непростой, а необходимые для этого навыки далеко не всегда могут быть сформированы при выполнении тех учебных заданий, которые содержатся в классических учебниках по математической статистике. Данное положение вполне справедливо и для будущих специалистов в сфере биотехнологии и фармацевтики, поскольку используемые для их обучения материалы зачастую не соответствуют тому, как представляется биологическая информация в современных исследованиях и как она находит применение в профессиональном контексте.

В работе впервые акцентируется внимание на развитии статистического мышления у студентов, чья будущая профессиональная деятельность непосредственно связана с производством и контролем качества лекарственных средств. Ключевым фактором такого развития становится привлечение студентов ко всем циклам статистического исследования от сбора до

интерпретации информации, содержание которой максимально приближено к профилю обучающихся. Эффективность подобной деятельности во многом обусловлена актуальным социальным контекстом и использованием реальных данных, что повышает мотивацию к решению. Предложенные темы также могут служить основой проведения аналогичных исследований со студентами смежных естественно-научных направлений подготовки (химиками, экологами и др.) и наряду со статистическим мышлением стимулировать и критическое мышление обучающихся.

Наше видение ресурсов математики для совершенствования навыков статистического мышления обучающихся состоит не только в том, чтобы обучить их набору определенных математических процедур, познакомить с рядом облегчающих вычисления технологических инструментов и предупредить о потенциально возможных манипуляциях с данными, например, в средствах массовой информации. Представляется целесообразным более глубокое понимание того, как создаются научные знания, формулируются исследовательские вопросы и в целом осуществляется весь цикл статистического исследования.

Таким образом, представленные результаты показывают, что создание предложенных методических условий может рассматриваться в качестве одного из возможных ресурсов развития статистического мышления студентов естественно-научных направлений подготовки без введения специального курса в рамках изучаемых академических дисциплин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gibeau R.-M., Cousineau D. Uncovering key statistical concepts from an investigation of four standardized tests // *Teaching Statistics*. 2025. P. 1–16. DOI: 10.1111/test.12410
2. UNESCO: Conference on Education Data and Statistics. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization: France, 2024. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000389084> (дата обращения 26.10.2025).
3. World Economic Forum: The future of jobs report 2025. World Economic Forum: Switzerland, 2025. URL: https://reports.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_Report_2025.pdf (дата обращения 26.08.2025).
4. Hasim S. M., Rosli R., Halim L. A quantitative case study of secondary school students' level of statistical thinking // *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 2024. Vol. 20. No. 4. DOI: 10.29333/ejmste/14358
5. De A. Statistical Considerations and Challenges for Pivotal Clinical Studies of Artificial Intelligence Medical Tests for Widespread Use: Opportunities for Inter-Disciplinary Collaboration // *Statistics in Biopharmaceutical Research*. 2023. DOI: 10.1080/19466315.2023.2169752
6. Frischemeier D., Schnell S. Statistical investigations in primary school – the role of contextual expectations for data analysis // *Mathematics Education Research Journal*. 2023. Vol. 35. P. 217–242. DOI: 10.1007/s13394-021-00396-5
7. Buehring R. S., Grando R. C. Reading and writing the world with children: Statistical thinking and multivariate data // *Statistics Education Research Journal*. 2023. Vol. 22. No. 2. DOI: 10.52041/serj.v22i2.446
8. Chung W.-M., Chen H.-C., Lin M.-C., Chen P.-C., Chang C.-Y. What are statisticians contemplating?—A thirty-year literature review and trend analysis on statistical thinking // *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 2024. Vol. 20. No. 12. DOI: 10.29333/ejmste/15708
9. Bauer E., Richters C., Pickal A. J., Klippert M., Sailer M., Stadler M. Effects of AI- generated adaptive feedback on statistical skills and interest in statistics: A field experiment in higher education // *British Journal of Educational Technology*. 2025. Vol. 56. P. 1735–1757. DOI: 10.1111/bjet.13609
10. González B. A. R., Ibarra G. N. F., Barbosa O. G., Muñoz H. A. D. The Use of the Empirical Rule in the Probability Class: A Proposed Application for University Students to Determine the Type of Statistical Thinking // *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*. 2022. Vol. 22. Iss. 3. P. 521–537. DOI: 10.1007/s42330-022-00237-y
11. Gaviria-Bedoya J. A., Villa-Ochoa J. A., González-Gómez D. Situated statistical reasoning assessment for postgraduate health sciences students: Design and validation // *ZDM Mathematics Education*. 2025. DOI: 10.1007/s11858-025-01753-5
12. Garfield J. B. Assessment Statistical Reasoning // *Statistics Education Research Journal*. 2003. Vol. 2. No. 1. DOI: 10.52041/serj.v2i1.557
13. Nursyahidah F., Wardono W., Mariani S., Wijayanti K. Integrating technology, ethnomathematics, and realistic mathematics education in learning statistics: A learning trajectory // *Infinity Journal*. 2025. Vol. 14. No. 3. P. 633–654. DOI: 10.22460/infinity.v14i3.p633-654
14. Wright C., Meng Q., Breshock M. R., Atta L., Taub M. A., Jager L. R., Muschelli J., Hicks S. C. Open Case

- Studies: Statistics and Data Science Education through Real-World Applications // Journal of Statistics and Data Science Education. 2024. Vol. 32. No. 4. P. 331–344. DOI: 10.1080/26939169.2024.2394541
15. Kafadar K. Reinforcing the Impact of Statistics on Society // Journal of the American Statistical Association. 2020. Vol. 115. No. 530. P. 491–500. DOI: 10.1080/01621459.2020.1761217
 16. Gómez-Blancarte A. L., Rivera-Pérez J. G., Zapata-Cardona L. A national study on the teaching of statistics by Mexican college lecturers // ZDM Mathematics Education. 2025. DOI: 10.1007/s11858-025-01724-w
 17. Sole M. A. An Investigation Designed to Teach Statistical Thinking in the Midst of the COVID-19 Pandemic: Are Teens Living Like Vampires? // Journal of Statistics and Data Science Education. 2025. DOI: 10.1080/26939169.2025.2455197
 18. Rodríguez-Alveal F., Aguerrea M. Statistical Literacy and Thinking in Future Mathematics Teachers // Educação & Realidade. 2025. Vol. 50. DOI: 10.1590/2175-6236131123vs02
 19. Branson Z., Parra M. P., Yurko R. The Landscape of College-level Data Visualization Courses, and the Benefits of Incorporating Statistical Thinking // Journal of Statistics and Data Science Education. 2025. DOI: 10.1080/26939169.2025.2537049
 20. Boels L., Boels A., Alberto R., Hoogland K. Citizens' data-ing with contemporary data in their daily life // ZDM Mathematics Education. 2025. Vol. 57. P. 87–101. DOI: 10.1007/s11858-025-01665-4
 21. Mulligan J., Tytler R., Prain V., Kirk M. Implementing a pedagogical cycle to support data modeling and statistical reasoning in years 1 and 2 through the Interdisciplinary Mathematics and Science (IMS) project // Mathematics Education Research Journal. 2024. Vol. 36. P. 37–66. DOI: 10.1007/s13394-023-00454-0
 22. Woodard V., Lee H., Woodard R. Writing Assignments to Assess Statistical Thinking // Journal of Statistics Education. 2020. Vol. 28. No. 1. P. 32–44. DOI: 10.1080/10691898.2019.1696257
 23. Legacy C., Le L., Zieffler A., Fry E., Corrales P. V. The Teaching of Introductory Statistics: Results of a National Survey // Journal of Statistics and Data Science Education. 2024. Vol. 32. No. 3. P. 232–240. DOI: 10.1080/26939169.2024.2333732
 24. Arican M., Kuzu O. Diagnosing Preservice Teachers' Understanding of Statistics and Probability: Developing a Test for Cognitive Assessment // International Journal of Science and Mathematics Education. 2020. Vol. 18. P. 771–790. DOI: 10.1007/s10763-019-09985-0
 25. Deane T., Nomme K., Jeffery E., Pollock C., Birol G. Development of the Statistical Reasoning in Biology Concept Inventory (SRBCI) // CBE–Life Sciences Education. 2016. Vol. 15. P. 1–13. DOI: 10.1187/cbe.15-06-0131
 26. Торопова С. И. Развитие медиаграмотности студентов – будущих биотехнологов средствами математики // Перспективы науки и образования. 2025. № 3. С. 265–281. DOI: 10.32744/pse.2025.3.17
 27. Correa F. M., Odunayo B. J., Sule I., Bello O. A. Topp-Leone Exponentiated Pareto Distribution: Properties and Application to Covid-19 Data // Journal of Statistical Theory and Applications. 2024. Vol. 23. P. 145–163. DOI: 10.1007/s44199-024-00076-w
 28. Habtewold F. G., Goshu A. T., Arero B. G. Bayesian Inference for the Beta-Weibull Distribution with Applications to Cancer and Under-nutrition Data // Journal of Statistical Theory and Applications. 2025. DOI: 10.1007/s44199-025-00106-1
 29. Casas-Rosal J. C., Leon-Mantero C., Gutiérrez-Rubio D., Arencibia O. Task design to support preservice teacher development of statistical graphic critical thinking skills // Teaching Statistics. 2025. P. 1–9. DOI: 10.1111/test.12394
 30. Çaylı S., Akoğlu K. The impact of an undergraduate course on teaching statistics and probability on preservice mathematics teachers' statistical knowledge // International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology. 2025. Vol. 13. No. 4. P. 914–929. DOI: 10.46328/ijemst.4917

REFERENCES

1. Gibeau R.-M., Cousineau D. Uncovering key statistical concepts from an investigation of four standardized tests. *Teaching Statistics*, 2025, pp. 1–16. DOI: 10.1111/test.12410
2. UNESCO: Conference on Education Data and Statistics. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization: France, 2024. Available at: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000389084> (accessed 26 October 2025).
3. World Economic Forum: The future of jobs report 2025. World Economic Forum: Switzerland, 2025. Available at: https://reports.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_Report_2025.pdf (accessed 26 August 2025).
4. Hasim M. S., Rosli R., Halim L. A quantitative case study of secondary school students' level of statistical thinking. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2024, vol. 20, no. 4. DOI: 10.29333/ejmste/14358
5. De A. Statistical Considerations and Challenges for Pivotal Clinical Studies of Artificial Intelligence Medical Tests for Widespread Use: Opportunities for Inter-Disciplinary Collaboration. *Statistics in Biopharmaceutical Research*, 2023. DOI: 10.1080/19466315.2023.2169752
6. Frischmeier D., Schnell S. Statistical investigations in primary school – the role of contextual expectations for data analysis. *Mathematics Education Research Journal*, 2023, vol. 35, pp. 217–242. DOI: 10.1007/s13394-021-00396-5
7. Buehring R. S., Grando R. C. Reading and writing the world with children: Statistical thinking and

- multivariate data. *Statistics Education Research Journal*, 2023, vol. 22, no. 2. DOI: 10.52041/serj.v22i2.446
8. Chung W.-M., Chen H.-C., Lin M.-C., Chen P.-C., Chang C.-Y. What are statisticians contemplating?—A thirty-year literature review and trend analysis on statistical thinking. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2024, vol. 20, no. 12. DOI: 10.29333/ejmste/15708
9. Bauer E., Richters C., Pickal A. J., Klippert M., Sailer M., Stadler M. Effects of AI- generated adaptive feedback on statistical skills and interest in statistics: A field experiment in higher education. *British Journal of Educational Technology*, 2025, vol. 56, pp. 1735–1757. DOI: 10.1111/bjet.13609
10. González B. A. R., Ibarra G. N. F., Barbosa O. G., Muñoz H. A. D. The Use of the Empirical Rule in the Probability Class: A Proposed Application for University Students to Determine the Type of Statistical Thinking. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2022, vol. 22, iss. 3, pp. 521–537. DOI: 10.1007/s42330-022-00237-y
11. Gaviria-Bedoya J. A., Villa-Ochoa J. A., González-Gómez D. Situated statistical reasoning assessment for postgraduate health sciences students: Design and validation. *ZDM Mathematics Education*, 2025. DOI: 10.1007/s11858-025-01753-5
12. Garfield J. B. Assessment Statistical Reasoning. *Statistics Education Research Journal*, 2003, vol. 2, no. 1. DOI: 10.52041/serj.v2i1.557
13. Nursyahidah F., Wardono W., Mariani S., Wijayanti K. Integrating technology, ethnomathematics, and realistic mathematics education in learning statistics: A learning trajectory. *Infinity Journal*, 2025, vol. 14, no. 3, pp. 633–654. DOI: 10.22460/infinity.v14i3.p633-654
14. Wright C., Meng Q., Breshock M. R., Atta L., Taub M. A., Jager L. R., Muschelli J., Hicks S. C. Open Case Studies: Statistics and Data Science Education through Real-World Applications. *Journal of Statistics and Data Science Education*, 2024, vol. 32, no. 4, pp. 331–344. DOI: 10.1080/26939169.2024.2394541.
15. Kafadar K. Reinforcing the Impact of Statistics on Society. *Journal of the American Statistical Association*, 2020, vol. 115, no. 530, pp. 491–500. DOI: 10.1080/01621459.2020.1761217
16. Gómez-Blancarte A. L., Rivera-Pérez J. G., Zapata-Cardona L. A national study on the teaching of statistics by Mexican college lecturers. *ZDM Mathematics Education*, 2025. DOI: 10.1007/s11858-025-01724-w
17. Sole M. A. An Investigation Designed to Teach Statistical Thinking in the Midst of the COVID-19 Pandemic: Are Teens Living Like Vampires? *Journal of Statistics and Data Science Education*, 2025. DOI: 10.1080/26939169.2025.2455197
18. Rodríguez-Alveal F., Aguerrea M. Statistical Literacy and Thinking in Future Mathematics Teachers. *Educação & Realidade*, 2025, vol. 50. DOI: 10.1590/2175-6236131123vs02
19. Branson Z., Parra M. P., Yurko R. The Landscape of College-level Data Visualization Courses, and the Benefits of Incorporating Statistical Thinking. *Journal of Statistics and Data Science Education*, 2025. DOI: 10.1080/26939169.2025.2537049
20. Boels L., Boels A., Alberto R., Hoogland K. Citizens' data-ing with contemporary data in their daily life. *ZDM Mathematics Education*, 2025, vol. 57, pp. 87–101. DOI: 10.1007/s11858-025-01665-4
21. Mulligan J., Tytler R., Prain V., Kirk M. Implementing a pedagogical cycle to support data modeling and statistical reasoning in years 1 and 2 through the Interdisciplinary Mathematics and Science (IMS) project. *Mathematics Education Research Journal*, 2024, vol. 36, pp. 37–66. DOI: 10.1007/s13394-023-00454-0
22. Woodard V., Lee H., Woodard R. Writing Assignments to Assess Statistical Thinking. *Journal of Statistics Education*, 2020, vol. 28, no. 1, pp. 32–44. DOI: 10.1080/10691898.2019.1696257
23. Legacy C., Le L., Zieffler A., Fry E., Corrales P. V. The Teaching of Introductory Statistics: Results of a National Survey. *Journal of Statistics and Data Science Education*, 2024, vol. 32, no. 3, pp. 232–240. DOI: 10.1080/26939169.2024.2333732
24. Arican M., Kuzu O. Diagnosing Preservice Teachers' Understanding of Statistics and Probability: Developing a Test for Cognitive Assessment. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2020, vol. 18, pp. 771–790. DOI: 10.1007/s10763-019-09985-0
25. Deane T., Nomme K., Jeffery E., Pollock C., Birol G. Development of the Statistical Reasoning in Biology Concept Inventory (SRBCI). *CBE—Life Sciences Education*, 2016, vol. 15, pp. 1–13. DOI:10.1187/cbe.15-06-0131
26. Toropova S. I. Development of media literacy of students – future biotechnologists in the process of teaching mathematics. *Perspektivy nauki i obrazovania = Perspectives of Science and Education*, 2025, no. 3, pp. 265–281. DOI: 10.32744/pse.2025.3.17 (In Russ.)
27. Correa F. M., Odunayo B. J., Sule I., Bello O. A. Topp-Leone Exponentiated Pareto Distribution: Properties and Application to Covid-19 Data. *Journal of Statistical Theory and Applications*, 2024, vol. 23, pp. 145–163. DOI: 10.1007/s44199-024-00076-w
28. Habtewold F. G., Goshu A. T., Arero B. G. Bayesian Inference for the Beta-Weibull Distribution with Applications to Cancer and Under-nutrition Data. *Journal of Statistical Theory and Applications*, 2025. DOI: 10.1007/s44199-025-00106-1
29. Casas-Rosal J. C., Leon-Mantero C., Gutiérrez-Rubio D., Arencibia O. Task design to support preservice teacher development of statistical graphic critical thinking skills. *Teaching Statistics*, 2025, pp. 1–9. DOI 10.1111/test.12394
30. Çaylı S., Akoğlu K. The impact of an undergraduate course on teaching statistics and probability on preservice mathematics teachers' statistical knowledge. *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology*, 2025, vol. 13, no. 4, pp. 914–929. DOI: 10.46328/ijemst.4917

Авторы**Торопова Светлана Ивановна**

[Автор-корреспондент]

(Россия, Киров)

Доцент, кандидат педагогических наук,
доцент кафедры фундаментальной математики

Вятский государственный университет

E-mail: svetori82@mail.ru

ORCID ID: 0000-0003-0533-5654

Scopus Author ID: 57207460543

Вегера Жанна Геннадьевна

(Россия, Москва)

Доцент, кандидат физико-математических наук,
заведующий кафедрой высшей математики

Институт кибербезопасности и цифровых технологий

МИРЭА – Российский технологический университет

E-mail: vegera@mirea.ru

ORCID ID: 0000-0001-7312-3341

Scopus Author ID 57212931836

Шилова Зоя Вениаминовна

(Россия, Москва)

Доцент, кандидат педагогических наук,
доцент кафедры высшей математики

Институт кибербезопасности и цифровых технологий

МИРЭА – Российский технологический университет

доцент кафедры ФН-12

Московский государственный технический университет
имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский

университет)

E-mail: zoya@soi.su

ORCID ID: 0000-0003-1715-2513

Scopus Author ID 57103529600

Author's**Svetlana I. Toropova**

[Corresponding author]

(Russia Kirov)

Cand. Sci. (Educ.),

Associate Professor of the Department of Fundamental
Mathematics

Vyatka State University

Email: svetori82@mail.ru

ORCID ID: 0000-0003-0533-5654

Scopus Author ID: 57207460543

Zhanna G. Vegera

(Russia, Moscow)

Cand. Sci. (Phys.-Math.),

Associate Professor, Head of the Department of Higher
Mathematics

Institute for Cybersecurity and Digital Technologies

MIREA – Russian Technological University

Email: vegera@mirea.ru

ORCID ID: 0000-0001-7312-3341

Scopus Author ID 57212931836

Zoia V. Shilova

(Russia, Moscow)

Cand. Sci. (Educ.),

Associate Professor of the Department of Higher Mathematics

Institute for Cybersecurity and Digital Technologies

MIREA – Russian Technological University

Associate Professor of the Department of FN-12

Bauman Moscow State Technical University (BMSTU)

Email: zoya@soi.su

ORCID ID: 0000-0003-1715-2513

Scopus Author ID 57103529600

Вклад авторов**Торопова С. И.:** концептуализация, методология,
проведение исследования, создание рукописи и ее
редактирование**Вегера Ж. Г.:** руководство исследованием, верификация
данных, администрирование проекта**Шилова З. В.:** формальный анализ, визуализация,
программное обеспечение

© Торопова С. И., Вегера Ж. Г., Шилова З. В., 2026

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Author's contribution**Svetlana I. Toropova:** Conceptualization, Methodology,
Investigation, Writing - Review & Editing**Zhanna G. Vegera:** Supervision, Validation,
Project administration**Zoia V. Shilova:** Formal analysis, Visualization, Software© Svetlana I. Toropova, Zhanna G. Vegera,
Zoia V. Shilova, 2026

The author's declared no conflicts of interest