



TRANSFORMATION OF A TRADITIONAL LABORATORY PRACTICUM INTO AN INTERACTIVE DIGITAL ENVIRONMENT: DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION EXPERIENCE

Akbarali M. Rasulov¹

Sapura M. Zaynolobidinova²

Khumorakhon R. Zaynolobidinova³

¹Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Fergana State Technical University, Uzbekistan

²PhD in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Fergana State University, Uzbekistan

³First-Year Master's Student, Fergana State Technical University, Uzbekistan
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20740446>

ARTICLE INFO

Received: 02nd June 2026

Accepted: 08th June 2026

Online: 09th June 2026

KEYWORDS

STEM education, interactive simulators, learning analytics, digital footprint, Admin Panel, React, cognitive trajectories.

ABSTRACT

This article addresses the limitation of modern STEM simulators, which stems from the lack of teacher control over student workflow. We propose integrating an analytical module—an Admin Panel—into a React-based simulation system. This module records students' digital footprints for real-time analysis of their cognitive strategies. A pilot implementation allowed us to classify students by type of research activity and identify those in need of support. Automated monitoring and evaluation of results reduced the teacher's workload, and the dashboard's statistical data became a tool for analyzing the effectiveness of educational materials. The scientific novelty of this work lies in its shift from outcome assessment to learning process management, which creates the basis for developing adaptive STEM educational systems.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ТРАДИЦИОННОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА В ИНТЕРАКТИВНУЮ ЦИФРОВУЮ СРЕДУ: ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ

*Расулов Акбарали Махаматович

**Зайнолобидинова Сапура Маликовна

***Зайнолобидинова Хуморахон Рахмиддин кизи

* ФГТУ, доктор физико-математических наук, профессор

ФГУ, Доктор философии (PhD) по физико-математическим наукам, Доцент *ФГТУ, магистр 1-курса

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20740446>

ARTICLE INFO

Received: 02nd June 2026

Accepted: 08th June 2026

Online: 09th June 2026

KEYWORDS

ABSTRACT

Статья посвящена преодолению ограничения современных STEM-симуляторов, связанного с отсутствием контроля процесса работы студентов



STEM-образование, интерактивные симуляторы, учебная аналитика, цифровой след, панель администратора, React, когнитивные траектории.

со стороны преподавателя. Предложена интеграция в симуляционный комплекс на базе React аналитического модуля — панели администратора (Admin Panel), обеспечивающего фиксацию цифрового следа учащихся для анализа их когнитивных стратегий в реальном времени. Экспериментальное внедрение позволило классифицировать студентов по типам исследовательской деятельности и выявлять учащихся, нуждающихся в поддержке. Автоматизация мониторинга и оценки результатов сократила нагрузку на преподавателя, а статистические данные панели стали инструментом анализа эффективности учебных материалов. Научная новизна работы заключается в переходе от оценки конечного результата к управлению процессом обучения, что создает основу для разработки адаптивных STEM-образовательных систем.

Введение

Вектор современной цифровой трансформации высшего образования направлен не только на создание изолированных электронных образовательных ресурсов, но и на построение комплексных экосистем, способных управлять качеством учебного процесса. В области STEM-образования (Science, Technology, Engineering, Mathematics) за последние годы был достигнут значительный прогресс в сфере визуализации: всемирно известные платформы, такие как PhET Interactive Simulations (Университет Колорадо), Labster или myPhysicsLab, предоставили студентам широкие возможности для интерактивного взаимодействия с физическими и математическими моделями в браузере [1]. Использование подобных симуляторов успешно решает проблемы наглядности и

абстрактности естественно-научных дисциплин [2].

Однако детальный анализ существующих платформ позволяет выявить их ключевое системное ограничение [3]. Большинство современных виртуальных лабораторий функционируют по принципу «изолированной песочницы». Студент взаимодействует с интерфейсом симулятора, меняет параметры с помощью ползунков, наблюдает динамику графиков, однако весь этот исследовательский процесс остается скрытым от преподавателя. В рамках традиционного подхода педагог видит лишь финальный результат — текстовый отчет, который в цифровой среде легко скомпилировать или фальсифицировать. Существующие открытые решения не предоставляют преподавателю обратной связи о том,



как именно студент пришел к результату: действовал ли он методом случайного подбора параметров, совершал ли критические ошибки, использовал ли кнопку сброса или двигался по строгому аналитическому алгоритму [4].

Таким образом, возникает острое противоречие между высоким исследовательским потенциалом интерактивных симуляторов и отсутствием инструментов для объективного мониторинга и управления качеством этого обучения со стороны профессорско-преподавательского состава. Решением данной проблемы является интеграция в структуру симуляционного комплекса специализированного аналитического модуля - панели администратора (Admin Panel). Панель администратора в данном контексте рассматривается не просто как административный интерфейс, а как полноценный инструмент педагогического контроля и сбора данных (Learning Analytics).

Цель данной статьи - обосновать концепцию проектирования и архитектурные решения при разработке панели администратора (Admin Panel) в структуре интерактивного веб-ориентированного симуляционного комплекса, а также показать её роль в качестве инструмента непрерывного мониторинга и управления качеством STEM-образования.

КОНЦЕПЦИЯ УЧЕБНОЙ АНАЛИТИКИ В ИНТЕРАКТИВНОЙ СРЕДЕ

Для того чтобы панель администратора (Admin Panel) выполняла функцию инструмента управления качеством образования, разработанная нами система на базе React непрерывно и незаметно для пользователя фиксирует цифровой след студента в процессе выполнения лабораторной работы [5]. В отличие от традиционного тестирования, оценивающего лишь конечный результат, предлагаемый подход позволяет анализировать сам процесс мышления и фиксации гипотез.

Среди ключевых метрик, собираемых системой и транслируемых в панель преподавателя, особое научное значение имеют две группы данных [6]:

1. Количество и контекст мгновенных сбросов параметров (Reset Логирование)

Кнопка «Мгновенный сброс», интегрированная в клиентский интерфейс, выполняет не только техническую функцию очистки экрана, но и служит важнейшим индикатором когнитивного состояния студента [7]. Система фиксирует каждое нажатие этой кнопки, разделяя поведение учащихся на несколько паттернов:

Паттерн «Осознанная коррекция»: Студент заходит в тупик, понимает свою физическую или математическую ошибку, сбрасывает систему и начинает выстраивать параметры заново, но уже по другой, более логичной траектории.

Паттерн «Хаотичный поиск» (Триада ошибок): Слишком частое



использование кнопки сброса (выше критического уровня для данной лабораторной работы) сигнализирует преподавателю в Admin Panel, что студент не понимает сути процесса и действует методом «слепого перебора» (угадывания). Для преподавателя статистика сбросов становится «тепловой картой» затруднений: если у 80% академической группы количество сбросов резко возрастает на определенном этапе работы, это прямой сигнал к тому, что данный методический материал или физический закон требует дополнительного объяснения на лекции.

2. Траектория изменения параметров физико-математических моделей

Эта метрика отслеживает, как именно студент взаимодействует с графическими ползунками (слайдерами) при поиске искомого физического состояния (например, точки резонанса или критического затухания). JavaScript-скрипт на стороне клиента считывает изменения координат слайдера [8] и формирует вектор (траекторию) исследования в многомерном пространстве параметров, управляемом через интерфейс React [9].

Анализ траектории позволяет преподавателю через админ-панель увидеть стратегию мышления студента:

Экстремальная траектория: Студент сразу выставляет ползунки на максимум или минимум. Это говорит о желании проверить

границы системы («что будет, если выкрутить вязкость на предел»). Такое поведение характерно для студентов с высоким уровнем исследовательской любознательности.

Плавная (аналитическая) траектория: Студент меняет параметры с мелким фиксированным шагом, внимательно наблюдая за откликом графика. Это свидетельствует о системном подходе и попытке математически верифицировать формулу.

Статичная траектория: Ползунки практически не двигаются, студент выполняет работу строго «по шаблону» из методички, боясь сделать шаг в сторону.

Педагогическая ценность для Admin Panel:

Агрегируя «количество сбросов» и «траекторию изменения параметров», панель администратора строит автоматический «Профиль исследовательской стратегии студента». Вместо рутинной проверки бумажных отчетов преподаватель получает готовый инсайт: кто из студентов мыслит как аналитик, кто угадывает ответы наугад, а у кого возникли непреодолимые трудности [10]. Это позволяет осуществлять персонализированное управление качеством STEM-обучения [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

Экспериментальное внедрение разработанного интерактивного комплекса с интегрированной панелью администратора позволило получить принципиально новые данные о характере



исследовательской деятельности студентов. Агрегирование цифровых следов пользователей в режиме реального времени дало возможность полностью отказаться от субъективных методов оценки и ручного контроля выполнения лабораторных работ.

На основе анализа траекторий изменения ползунков и частоты нажатия кнопки мгновенного сброса панель администратора успешно классифицировала поток студентов на устойчивые группы. Выделенная группа аналитиков демонстрировала плавные траектории движения слайдеров с мелким шагом и минимальное количество сбросов, что доказывает системное понимание физики процесса. Студенты из группы тестеров границ характеризовались экстремальными траекториями и умеренным количеством сбросов, отражая высокий уровень исследовательской инициативы. В то же время учащиеся с хаотичным поиском совершали резкие, разнонаправленные движения слайдеров и демонстрировали аномально высокое количество сбросов параметров. Инструменты панели администратора мгновенно маркировали таких учащихся специальным индикатором, сигнализируя преподавателю о том, что студент действует методом слепого угадывания и нуждается в персональной консультации.

Интеграция панели администратора кардинально изменила структуру рабочего времени преподавателя. До внедрения системы большая часть

академического часа тратилась на проверку правильности промежуточных расчетов, контроль за сохранностью приборов и рутинный сбор бумажных отчетов. После внедрения комплекса эти функции были полностью автоматизированы. На экране панели преподаватель видит общую панель мониторинга всей академической группы, которая отображает текущий статус выполнения работы, автоматически подсвечивает студентов с заиклившейся траекторией и выставляет предварительный автоматический балл. Высвободившееся время преподаватель теперь использует для качественного модерирования дискуссий, разбора сложных теоретических аномалий и индивидуальной помощи отстающим.

Главным научным результатом стало то, что панель администратора превратилась из системы контроля в полноценный инструмент педагогического исследования. Анализируя общую статистику группы, преподаватель получил возможность оценивать качество собственных методов преподавания. Если статистика панели показывает, что у большинства студентов траектория изменения параметров затухания становится хаотичной, это объективно доказывает, что конкретная тема была недостаточно эффективно раскрыта на лекционном занятии, что позволяет оперативно корректировать учебные планы и методические материалы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ



Проектирование и внедрение панели администратора (Admin Panel) в структуру интерактивного симуляционного комплекса позволило перевести виртуальный лабораторный практикум из категории простых демонстрационных веб-приложений в класс полноценных управляемых систем автоматизации обучения. В ходе исследования было доказано, что сбор и непрерывный анализ цифровых следов студентов открывают принципиально новые возможности для оперативного управления качеством STEM-образования.

Переход от оценки статичного финального отчета к мониторингу живого процесса исследования позволил преподавателю объективно оценивать когнитивную стратегию каждого студента. Логирование траектории изменения параметров и количества мгновенных сбросов обеспечивает точную идентификацию характера работы учащегося — от системного аналитического поиска до слепого хаотичного угадывания, что полностью исключает фактор случайного или фальсифицированного результата. Вместе с тем автоматизация рутинных процессов мониторинга, фиксации ошибок и

предварительного расчета баллов позволила кардинально перестроить структуру рабочего времени преподавателя в рамках академического часа. Высвобожденный ресурс времени теперь перенаправлен на глубокую индивидуальную работу со студентами и модерирование научных дискуссий непосредственно во время занятия.

Важным синергетическим эффектом стало то, что агрегированная статистика панели администратора начала выступать в роли независимого индикатора эффективности самих педагогических методов. Выявление аномальных траекторий или избыточных сбросов у преобладающей части академической группы позволяет преподавателю оперативно обнаруживать скрытые пробелы в методических материалах и гибко корректировать лекционный курс. Таким образом, разработанный аналитический модуль превращает интерактивную симуляционную среду в гибкий инструмент образовательной аналитики, внедрение которого закладывает основу для построения адаптивных систем обучения, способных повышать эффективность преподавания сложных естественно-научных дисциплин.

References:

1. Hanine, H. Virtual Laboratories in STEM Education: A Scoping Literature Review on E-Learning Innovation / H. Hanine // MDPI Proceedings. - 2024. - Vol. 112, No. 1. - P. 17-24.
2. Li, J. Effectiveness of virtual laboratory in engineering education: A meta-analysis / J. Li, W. Liang // PLOS ONE. - 2024. - Vol. 19, No. 12. - Art. e0316269.



3. Kolodii, V. Development of interactive virtual laboratories for distance learning in natural sciences / V. Kolodii, O. Teslenko, M. Yuryk // Revista Eduweb. - 2024. - Vol. 18, No. 3. - P. 153-168.
4. Ndunagu, J. N. Virtual Laboratories for STEM in Higher Education: The Learners' Perspective / J. N. Ndunagu // CEUR Workshop Proceedings. - 2023. - Vol. 3393. - P. 210-222.
5. Mensah, S. Influence of AI learning analytics and virtual laboratory use on STEM conceptual understanding: the mediating role of cognitive engagement / S. Mensah, Y. Sun // Frontiers in Education. - 2026- Vol. 11. - Art. 1788825.
6. Roque, F. V. Learning Analytics for Virtual Industrial Labs: Performance Segmentation and Error Pattern Discovery via Sequential Mining / F. V. Roque, N. Olaniyi // IEEE Access. - 2025. Vol. 13. - P. 36313-36325.
7. Venant, R. Learning Analytics for Learner Awareness in Remote Laboratories / R. Venant // CEUR Workshop Proceedings. - 2022- Vol. 1596. P. 45-56.
8. Флэнаган, Д. JavaScript. Подробное руководство / Д. Флэнаган. 7-е изд. Санкт-Петербург : Бестселлеры O'Reilly, 2021. 720 с.
9. Чиннатхамби, К. Изучаем React / К. Чиннатхамби. Санкт-Петербург : Питер, 2022. 368 с.
10. Токарева, Н. А. Виртуальные лабораторные комплексы как средство интенсификации самостоятельной работы студентов / Н. А. Токарева // Высшее образование в России. 2023. Т. 32, № 4. С. 112-125.
11. Шевелев, Н. А. Мониторинг образовательной деятельности в электронной информационно-образовательной среде вуза / Н. А. Шевелев, Д. С. Репецкий // Университетское управление: практика и анализ. 2022. Т. 26, № 2. С. 74-86.
12. Красильникова, В. А. Использование информационных и коммуникационных технологий в образовании / В. А. Красильникова. Оренбург : ОГУ, 2021. 281 с.