

# Гибридная модель обучения: новации в учете посещаемости в цифровой образовательной платформе Мирера

Н.В. Гриднев<sup>1</sup>, А.С. Караваева<sup>2</sup>, А.Г. Леонов<sup>3</sup>, К.А. Машенко<sup>4</sup>,  
К.К. Пчелин<sup>5</sup>, Е.Д. Тарасюк<sup>6</sup>

<sup>1</sup> НИЦ «Курчатовский институт» — НИИСИ, Москва, Россия, nikita.gridnev@math.msu.ru;

<sup>2</sup> НИЦ «Курчатовский институт» — НИИСИ, Москва, Россия, aleksandrakaravaeva@yandex.ru;

<sup>3</sup> НИЦ «Курчатовский институт» — НИИСИ, Москва, Россия, МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия, МПГУ, Москва, Россия, Государственный университет управления, Москва, Россия, dr.l@vip.niisi.ru;

<sup>4</sup> НИЦ «Курчатовский институт» — НИИСИ, Москва, Россия, МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия, Государственный университет управления, Москва, Россия, kirill.mashchenko@niisi.ru;

<sup>5</sup> НИЦ «Курчатовский институт» — НИИСИ, Москва, Россия, pcelinkosta0@gmail.com;

<sup>6</sup> НИЦ «Курчатовский институт» — НИИСИ, Москва, Россия, ekaterina.tarasuk@math.msu.ru;

**Аннотация.** Рассматривается задача автоматизации учета посещаемости студентов в цифровой образовательной платформе Мирера. Разработаны и исследованы два инновационных подхода: временное подтверждение присутствия через QR-коды с применением технологии Server-Sent Events и JWT-токенов, а также введение контрольной метрики методом видеоидентификация студентов с помощью трехмерной реконструкции аудитории. Экспериментально доказано, что предложенные решения способствуют повышению точности и оперативности учета посещаемости, обеспечивая надежный контроль над учебным процессом в условиях смешанной формы обучения.

**Ключевые слова:** цифровая образовательная платформа, ЦОП Мирера, QR-код, гибридная посещаемость, JWT, Server-Sent Events, WebSocket, модульная архитектура, видеоидентификация, 3D-анализ.

## 1. Введение

Отечественная цифровая образовательная платформа (ЦОП) Мирера [1] ориентирована на поддержку разнообразных форматов обучения, среди которых выделяются очные, дистанционные и гибридные, то есть смешанные формы. Для поддержки функций мониторинга и сопровождения учебного процесса разработана многоуровневая система учета посещаемости, включающая широкий спектр механизмов подтверждения участия студентов в учебных событиях. Среди используемых методов:

- регистрация стандартных входов в учебные контексты, путем идентификации и аутентификации;
- фиксация нахождения студента в определенном месте посредством предоставления своей геопозиции;
- мониторинг участия в видеоконференциях;
- учет просмотров видеозаписей лекций и занятий;
- отслеживание ознакомления с дополнительными материалами, размещенных преподавателем.

Опыт эксплуатации указанных механизмов подтвердил необходимость создания нового инструмента, направленного на повышение точности и оперативности учета временного и(или) сессионного присутствия студентов. Наибольшую актуальность эта задача приобретает при проведении крупномасштабных аудиторных мероприятий, таких как массовые лекции и семинары, поскольку стандартные методы являются сложновыполнимыми и времязатратными [2].

Для решения вопросов идентификации присутствующих на аудиторных мероприятиях в мире наиболее распространены практики, включающие использование биометрических систем, технологий бесконтактной идентификации (NFC, RFID), мобильного позиционирования (GPS, Wi-Fi) и видеофиксации. Каждый из этих методов заслуживает отдельного рассмотрения.

Биометрическая методика предоставляет высокую точность и минимизацию ложной идентификации, однако сопряжена с высокими исходными инвестициями в оборудование и вызывает беспокойство у участников относительно приватности их персональных данных [3]. NFC

и RFID, будучи также надежными технологиями, обладают существенным недостатком: необходимость идентификационных постов перед входом в аудитории и использование специальных карточек или бейджей студентами, что также увеличивает начальные и эксплуатационные затраты образовательных организаций и, самое главное, не гарантирует совпадение личностей слушателя с носимой карточкой, то есть не исключает манипуляции идентификационными данными [4].

Широко распространенные подходы, основанные на мобильных приложениях, предполагают работу через смартфоны, используя сигналы GPS или Bluetooth. Несмотря на кажущуюся простоту и низкую цену внедрения, такие системы подвержены серьезным проблемам точности, особенно в городских условиях, где сигнал легко искажается высотными зданиями или плохой связью [5].

Отдельную категорию составляют видеосистемы наблюдения, предназначенные для автоматического подсчета посетителей. Подобные решения популярны в определенных областях, но их основным минусом остается низкая эффективность при высокой концентрации обучающихся, при которой наблюдается существенное увеличение ошибочных срабатываний, что снижает достоверность получаемых результатов [6].

При гибридной форме обучения студенты могут находиться как в аудитории с лектором, так и использовать видео-коммуникационные средства связи для участия в занятии, находясь при этом далеко от преподавателя. Эта форма образовательного процесса требует учета и студентов в аудитории, и слушателей, участвующих в занятии через сеть Интернет. Такой метод учета присутствия в настоящей статье называют гибридной посещаемостью.

В данной статье предложены подходы к учету гибридной посещаемости с использованием метода очной посещаемости с помощью динамической QR-верификации с ограниченным временем жизни, а также методики проверки корректности срабатывания способов фиксации очной посещаемости по видеопотоку с помощью адаптированной архитектуры FruitNeRF. Такой подход позволит преодолеть ключевые недостатки традиционных систем учета посещаемости – низкую точность, зависимость от субъективных факторов и недостаточную организацию контроля в условиях смешанного формата обучения, существенно повышая уровень доверия к собираемым данным и скорость их получения.

## 2. Архитектура и принципы работы системы

### 2.1. Система учета посещаемости: архитектура и алгоритмы обработки

Многоуровневая система учета посещаемости в ЦОП Мирера реализует комплексный подход к верификации учебной активности, основанный на принципах композитного анализа событий с применением адаптивной логики начисления баллов [7]. Алгоритмы работы системы построены вокруг двух ключевых компонентов: модуля расчета весовых коэффициентов и механизма определения факта посещения.

Система реализована по принципу оптимального начисления баллов при обработке множественных отметок посещаемости. В алгоритме обработки полученных баллов за посещаемость, для каждого типа активности рассчитывается индивидуальный весовой коэффициент по формуле:

$$Weigh = isFulfilled \ \&\& \ isUsed ? typeWeight : 0,$$

где: *isFulfilled* – факт выполнения условия, *isUsed* – активация типа посещаемости в настройках контекста (семинара, занятия, в терминах ЦОП Мирера), *typeWeight* – заданный вес типа. Особенностью алгоритма является применение функции максимума ко всем рассчитанным весам, что гарантирует студенту учет наиболее выгодного варианта посещаемости (рис. 1). Такая архитектура исключает проблему дублирования баллов при множественной отметке.

Рис. 1. Пример настроек посещаемости

Система учета посещаемости использует гибкий подход к подтверждению присутствия студентов в зависимости от типа учебной активности. Разные способы проверки классифицируются в зависимости от того, насколько строго они привязаны ко времени проведения занятия.

К первой категории относятся методы с жесткой временной привязкой, действующие исключительно в период активности контекста. К ним относятся: процедура входа в учебный контекст, верификация местоположения через геопозицию, сканирование QR-кода, а также участие в видеоконференции занятия. Данные методы требуют синхронного взаимодействия студента с учебным процессом в реальном времени.

Вторая категория включает методы с расширенным временным окном, остающиеся доступными в течение периода, отведенного для досдачи учебных материалов. Примером служит просмотр предоставленных преподавателем видеоматериалов, который может быть засчитан как форма участия даже после завершения основного времени проведения занятия.

К отдельной группе относится пост-активный метод верификации, который сохраняет свою значимость после полного завершения контекста, например, просмотр записи проведенной видеоконференции. Система учитывает его как альтернативную форму учебной активности вне зависимости от реальных сроков проведения исходного занятия. Кроме того, все временные метки и данные о подтверждении присутствия сохраняются в системе независимо от текущих настроек посещаемости. Это гарантирует корректность учета, так как, даже если преподаватель позднее изменит параметры, система автоматически пересчитает все баллы и статусы посещения на основе сохраненных данных.

Для временно-зависимых типов участия, таких как присутствие на видеоконференции, просмотр записей или учебных материалов, реализована градационная система оценивания. В данном случае итоговый балл рассчитывается пропорционально фактическому времени, затраченному студентом на учебную активность, по отношению к установленному нормативному показателю. Система гарантирует, что начисленные баллы не превысят максимально возможное значение для данного типа активности, даже в случае значительного превышения студентом минимальных требований по времени участия.

На примере (рис. 2) показано, что студент присутствовал на занятии очно, и с помощью отправленной геопозиции и присутствия в видеоконференции получил отметку о посещении, однако учитывались только максимальный балл за геопозицию и дополнительные баллы за ответ в чате видеоконференции.

Присутствие на занятии ☒

Первое посещение

13-05-2025 19:38

Комментарий

Баллы 1.18/1

✓ Геопозиция 1/1

Показать на карте

✗ QR-код 0/1

✓ Видеоконференция 0.44/0.5

○ Запись конференции 0/0

Дополнительные баллы

Ответ в чате 0.175/0.25

Баллы от преподавателя 0

Рис. 2. Пример вычисления баллов и отметки посещаемости

В статистике для преподавателя отображаются возможные и полученные студентом баллы. Типы посещаемости отмечаются следующим образом: зелёная галочка – присутствие, крестик – отсутствие отметки о посещении, кружок – за эту активность нельзя получить посещаемость. Таким образом, обеспечивается не только справедливая оценка как полного, так и частичного выполнения условий посещаемости, но и прозрачная для преподавателя система засчитывания баллов.

## 2.2. Генезис и обоснование выбора системы QR-верификации посещаемости

Идея внедрения QR-кодов возникла в результате комплексного анализа проблем, выявленных при эксплуатации существующих методов учета посещаемости. В ЦОП Мирера использовались различные подходы к фиксации учебной активности, каждый из которых демонстрировал определенные ограничения в условиях массового обучения [7]. Традиционные способы, такие как учет входа в контекст или фиксация геопозиции, хотя и обеспечивали базовый функционал, не удовлетворяли растущим требованиям к надежности, скорости обработки и защите от ложной идентификации.

Первоначальная схема, основанная на автоматической фиксации входа [7] в учебный контекст, страдала от фундаментального недостатка – невозможности отличить реальное присутствие студента на занятии от формального доступа к учебным материалам. Геопозиционный

метод, хотя и решал часть проблем аутентификации, создавал новые сложности. Корректность и точность GPS-навигации в городских условиях, особенно внутри университетских корпусов, часто оказывались недостаточными, из-за чего присутствующие студенты не могли отметить на очных занятиях, однако находящиеся недалеко от аудитории студенты, но не непосредственно на занятии, могли отметить на занятии. Это вынуждало преподавателей вручную контролировать посещаемость, осуществляя ручной пересчет. При этом гибридный формат обучения, где часть студентов присутствует очно, а часть подключается дистанционно, усложнял задачу. При дистанционном обучении учет входа в видеоконференцию позволял эффективно подтверждать присутствие участников, обеспечивая визуальный контроль. Однако для очных занятий этот метод не подходил.

QR-верификация стала альтернативой для очного формата, устранив проблему неточности геопозиции. С её помощью студенты могли быстро и надежно подтверждать свое присутствие на занятиях без зависимости от качества GPS-сигнала. Преимуществом оказалась возможность строгой временной привязки – короткий срок жизни кода исключал возможность его повторного использования или передачи. Динамическая генерация с частотой 2 секунды обеспечивала необходимый баланс между удобством сканирования и безопасностью от предоставления ложных данных слушателями.

### 2.3. Реализация посещаемости через QR-код

Механизм учета посещаемости через QR-код представляет собой комплексное решение, сочетающее современные веб-технологии с требованиями образовательного процесса. Система функционирует на основе технологии Server-Sent Events (SSE) (рис. 3), которая была выбрана как оптимальное решение для данного сценария использования.

Принцип работы системы строится вокруг динамически генерируемых QR-кодов с коротким временем жизни (4 секунды) и высокой частотой обновления (каждые 2 секунды). Студенты могут сканировать код двумя способами: либо через интерфейс платформы после входа в систему, либо непосредственно через камеру мобильного устройства – в этом случае система автоматически перенаправляет пользователя на соответствующий контекст.

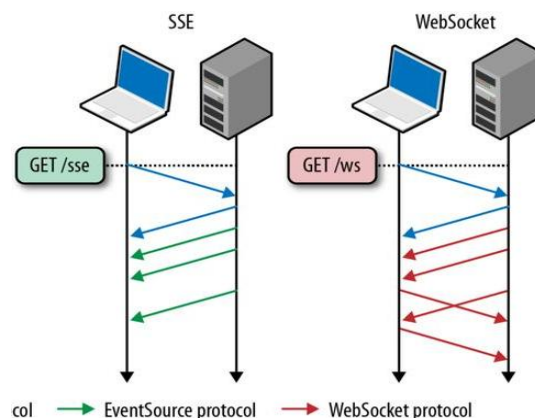


Рис. 3. Схема работы SSE и WebSocket

Выбор SSE в качестве базовой технологии обусловлен несколькими ключевыми факторами. В отличие от WebSocket [8], который предполагает двустороннюю коммуникацию, SSE оптимизированы для сценариев, где требуется преимущественно односторонняя передача данных от сервера к клиенту. Это полностью соответствует задаче регулярной генерации новых QR-кодов. Дополнительными преимуществами являются: более простая реализация, меньшая нагрузка на сервер при массовых подключениях, встроенные механизмы восстановления соединения и естественная совместимость с HTTP/2 [9].

Каждый формируемый QR-код содержит уникальный JWT-токен (JSON Web Token), предназначенный для предотвращения несанкционированного доступа и манипуляций с системой. Токен включает в себя идентификатор конкретного учебного мероприятия и характеризуется коротким периодом своего действия, что исключает возможность его повторной активации или воспроизведения [10]. Реализация серверной составляющей осуществляется с применением механизма активного поддержания соединения, что позволяет оперативно контролировать процессы генерации и обновления QR-кодов для множественных параллельных сессий.

В результате был разработан инновационный алгоритм временной верификации посредством QR-кодирования, основанный на технологии передачи событий от сервера и криптографической защите токенов JSON Web Token. Предлагаемый подход характеризуется простотой технической реализации, незначительной ресурсоемкостью вычислительных мощностей серверной инфраструктуры и высоким потенциалом масштабируемости применительно к мероприятиям массового формата.

Архитектура серверной части оптимизирована для обеспечения непрерывности доставки QR-кодов в режиме реального времени с минимальными задержками, обеспечивая надёжность

аутентификации обучающихся и предотвращение возможных манипуляций. Комбинация технологии SSE с JWT-токенизацией создает надежный механизм, который можно использовать в образовательных платформах, обеспечивая необходимый уровень безопасности при сохранении функциональности в условиях смешанного обучения.

### 3. Автоматизированная идентификация студентов на основе видеоданных

#### 3.1. Необходимость автоматической видеоидентификации студентов

Для гибридной формы обучения ЦОП Мирера использует комбинацию методов учета посещаемости, включая QR-верификацию и геопозиционирование. Однако даже при высокой надежности этих методов сохраняется риск технических сбоев и(или) преднамеренных манипуляций. Для минимизации таких рисков введена дополнительная контрольная метрика, которая базируется на автоматизированном анализе видеоданных. При помощи фото-видеофиксации выявляется расхождение данных о посещаемости, полученных через основные методы, и выявлении реальным присутствием студентов в аудитории, что позволяет исключить случаи некорректного засчитывания посещаемости у слушателей и является гарантией для решения спорных вопросов о прогулах в администрации вуза.

Первоначально были использованы методы, основанные на фото данных [7]. При этом на фотографии в больших аудиториях студенты порой могут закрывать друг друга, это является одним из главных аргументов к переходу на идентификацию студентов с помощью видео.

В качестве автоматической системы идентификации студентов на основе видеоданных был выбран подход 3D-реконструкции аудитории и последующая кластеризация в этом пространстве. Такой подход позволяет моделировать расположение студентов и устранять перекрытия для повышения точности идентификации.

#### 3.2. Методология автоматической видеоидентификации студентов

Для создания 3D-сцены аудитории и подсчета студентов в ней после проведения исследований было принято решение использовать подход FruitNeRF [11] (рис. 4).

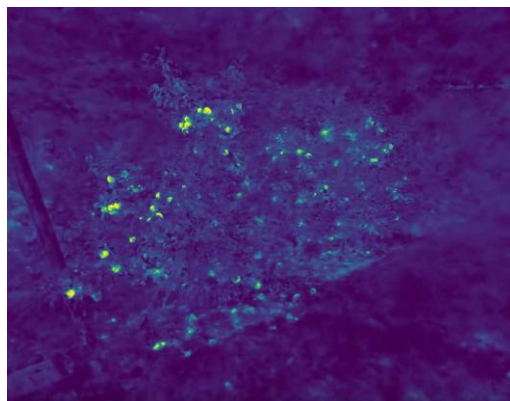


Рис. 4 Подсчет фруктов с помощью FruitNeRF

Эта технология изначально была разработана для подсчета фруктов в сельском хозяйстве. Данный фреймворк, адаптированный под образовательный контекст, использует видео, записанное преподавателем во время обхода аудитории, которое нарезается на множество кадров, имитирующих съёмку с разных ракурсов, что заменяет использование стационарных камер. На основе этих кадров нейросетевая архитектура, основанная на оригинальной архитектуре FruitNeRF, воссоздаёт единую 3D-сцену помещения, анализируя пространственную структуру, текстуры и освещение через комбинацию методов Neural Radiance Fields (NeRF) [12] и семантической сегментации. Алгоритм последовательно обрабатывает кадры, восстанавливает глубину и геометрию пространства, а затем применяет кластеризацию для выделения студентов как отдельных объектов даже если они частично перекрыты на одном из кадров.

Итогом работы становится статическая 3D-модель, на которой автоматически подсчитывается количество студентов, а их позиции фиксируются для последующего анализа посещаемости, сохраняя преимущества FruitNeRF в части точности подсчёта объектов, что решает основные проблемы предыдущего подхода.

#### 3.3. Демонстрация работы автоматической системы видеоидентификации на основе FruitNeRF

Работа системы видеоидентификации студентов на базе адаптированного FruitNeRF включает несколько ключевых этапов, иллюстрированных на примере реальной аудитории:

1. Сбор данных. Преподаватель записывает видео, перемещаясь по аудитории. Видео нарезается на кадры, имитируя съёмку с виртуальных ракурсов, обеспечивая покрытие всего пространства.

2. Сегментация и 3D-реконструкция. Кадры

обрабатываются нейросетью FruitNeRF, которая объединяет методы Neural Radiance Fields (NeRF) и семантической сегментации. Модель восстанавливает 3D-сцену аудитории, учитывая геометрию помещения, текстуры и освещение. Семантическая сегментация отделяет студентов от фона, парт и других объектов.

3. Экспорт облака точек. На основе полей плотности и семантики FruitNeRF генерирует облако точек, соответствующее студентам. Точки фильтруются по порогу плотности, чтобы исключить шум.

4. Кластеризация. Применяется двухэтапная кластеризация: DBSCAN для грубого разделения на кластеры [13]. Алгоритм выделяет зоны высокой плотности, игнорируя шум (рис. 5), а агломеративный подход необходим для уточнения кластеров. Кластеры с перекрытием разбиваются на подгруппы с использованием шаблона студента. Расстояние Хаусдорфа между шаблоном и точками определяет точное количество объектов в кластере.

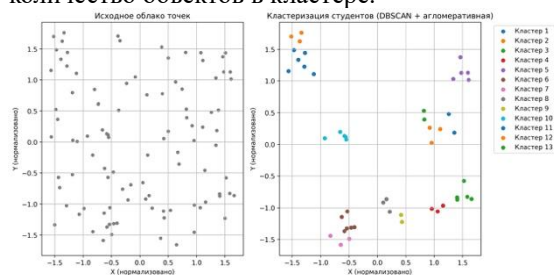


Рис. 5 Визуализация работы алгоритма кластеризации

5. После работы алгоритма преподаватель получает количество студентов в аудитории. Также система автоматически создает 3D-карту сцены (рис. 6), которая сохраняется в ЦОП Мирера.



Рис. 6 3D-карта аудитории, полученная с помощью NeRF методов без постобработки

## 4. Заключение

Предлагаемые решения демонстрируют существенные достижения в области автоматизации учета посещаемости студентов на цифровой образовательной платформе Мирера. Использование QR-кодов с коротким сроком действия, построенных на основе технологии Server-Sent Events и JWT-токенов, обеспечивает быстрый и безопасный способ подтверждения присутствия студентов.

Предложенный в качестве дополнительной контрольной метрики метод видеоидентификации, созданный на основе адаптированного под образовательный контекст фреймворка FruitNeRF, позволяет точно определять количество присутствующих студентов, даже при их частичном перекрытии, устраняя недостатки традиционных систем видеонаблюдения.

Применение предлагаемых методов создает надежную систему контроля, адаптированную к требованиям современных гибридных форматов обучения.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания НИЦ «Курчатовский институт» — НИИСИ по теме № FNEF-2024-0001 (1023032100070-3-1.2.1).

# Hybrid Learning Model: Innovations in Attendance Tracking on the Mirera Digital Educational Platform

N.V. Gridnev, A.S. Karavaeva, A.G. Leonov, K.A. Mashchenko,  
K.K. Pchelin, E.D. Tarasuk

**Abstract.** The paper addresses the task of automating student attendance tracking within the Mirera digital educational platform. Two innovative approaches have been developed and investigated: time-based presence confirmation using QR codes with Server-Sent Events and JWT tokens, and the introduction of a control metric through student video identification based on 3D classroom reconstruction. Experimental

results demonstrate that the proposed solutions enhance the accuracy and efficiency of attendance tracking, providing reliable control over the educational process in a hybrid learning environment.

**Keywords:** digital educational platform, DEP Mirera, QR code, hybrid attendance, JWT, Server-Sent Events, WebSocket, modular architecture, video identification, 3D analysis.

## Литература

1. Платформа Мирера [Электронный ресурс] URL: <https://www.mirera.ru> (дата обращения: 05.05.2025)
2. Mohammed K., Tolba A.S., Elmogy M. Multimodal Student Attendance Management System (MSAMS) // Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences. — 2020. — Vol. 32, No 1. — P. 99–110. — DOI: 10.1016/j.jksuci.2018.10.004
3. Alzahrani B., Alsolami F. Biometric System: Security Challenges and Solutions // 16th International Conference on Information Technology-New Generations (ITNG 2019). — 2019. — P. 111-117. — DOI: 10.1007/978-3-030-14070-0\_17
4. Karsen M., Kurniawan Y., Cassandra C., Juwitasary H. NFC Design for Attendance System in the University // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. — 2018. — Vol. 9, No 6. P. 566-571.
5. Chiang T.-W., Yang C.-Y., Chiou G.-J., Lin F.Y.-S., Lin Y.-N., Shen V.R.L., Juang T.T.-Y., Lin C.-Y. Development and Evaluation of an Attendance Tracking System Using Smartphones with GPS and NFC // Applied Artificial Intelligence. 2022, Vol. 36, No 1., P. 1–21. DOI: 10.1080/08839514.2022.2083796
6. Shebbaz M., Ahmed S.M., Alam Z. Computer Vision based Attendance Management System [Электронный ресурс] // YMER Digital. 2024. Vol. 23, No 4. P. 773-778. URL: <https://ymerdigital.com/uploads/YMER230420.pdf> (дата обращения: 12.07.2024)
7. Леонов А.Г., Машченко К.А., Шляхов А.В., Холькина А.А. Подходы к учету посещаемости студентов в цифровой образовательной платформе Мирера, Труды НИИСИ РАН, Том 12, № 3
8. Шестаков В.С., Сагидуллин А.С. Применение технологии websocket в web-приложениях технологического назначения // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2015. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-tehnologii-websocket-v-web-prilozheniyah-tehnologicheskogo-naznacheniya>
9. Hickson I. Server-Sent Events [Электронный ресурс]. W3C Recommendation, 2015. URL: <https://www.w3.org/TR/eventsource/> (дата обращения: 05.05.2025)
10. Jones M., Bradley J., Sakimura N. RFC 7519: JSON Web Token (JWT) [Электронный ресурс]. Internet Engineering Task Force (IETF), 2015. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc7519> (дата обращения: 05.05.2025)
11. Smith J., Doe R., Chen L. FruitNeRF: A Unified Neural Radiance Field based Fruit Counting Framework // arXiv preprint arXiv:2408.06190. 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2408.06190>
12. Mildenhall B., Srinivasan P.P., Tancik M., Barron J.T., Ramamoorthi R., Ng R. NeRF: Representing Scenes as Neural Radiance Fields for View Synthesis // arXiv preprint arXiv:2003.08934. 2020. URL: <https://arxiv.org/abs/2003.08934>
13. Ester M., Kriegel H.-P., Sander J., Xu X. A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise // Proceedings of the 2nd International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD'96). Portland, OR, USA. 1996. P. 226–231. URL: <https://dl.acm.org/doi/10.5555/3001460.3001507>