

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра уголовного процесса, криминалистики
и судебных экспертиз

**Интеграция искусственного интеллекта в процесс создания 3D моделей
мест происшествий на основе фотографий**

АВТОРЕФЕРАТ ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ

студентки 5 курса 541 группы
направления подготовки 40.05.03 «Судебная экспертиза»
юридического факультета

Коробейниковой Дианы Валерьевны

Научный руководитель
доцент. к.т.н., доцент

_____ В.В. Зайцев

Заведующий кафедрой
к.ю.н., доцент

_____ С.А. Полунин

Саратов 2026

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования, заключающегося в выяснении возможностей интеграции искусственного интеллекта в процесс создания 3D-моделей мест происшествий на основе фотографий, обусловлена тем, что 3D-технологии позволяют создать точную виртуальную копию сцены, к которой можно неоднократно возвращаться, независимо от изменения внешних условий, в отличие от реального места, доступ к которому может быть ограничен по различным причинам, что критическим образом влияет на качество проводимого расследования.

Еще одним немаловажным аспектом, подтверждающим необходимость внедрения современной технологии анализа и обработки данных, получаемых во время проведения осмотра, является так называемый «человеческий фактор». В условиях постоянного роста числа преступлений, на сотрудников правоохранительных органов, в том числе, специалистов и судебных экспертов, возложена обязанность работать с колоссальными потоками информации – визуальной и графической. Человеческая работоспособность имеет ресурс: ежедневная необходимость обрабатывать большие массивы данных, особенно при расследовании громких и резонансных уголовных дел, связанных с особой общественной опасностью, приводит к усталости, снижению концентрации внимания, что в свою очередь, повышает риск допущения ошибок и упущения криминалистически важной информации. Искусственный интеллект, в отличие от человека, не чувствует усталости, поэтому способен выполнять анализ десятков и сотен изображений, выявляя закономерности и сохраняя обстановку места происшествия, что существенно расширяет возможности дальнейшего расследования. Применение ИИ для автоматической 3D-реконструкции по фотографиям сокращает время между осмотром места происшествия и получением аналитической модели.

Стремительное развитие технологий искусственного интеллекта, в частности методов «3D GaussianSplatting» и нейронных полей излучения «NeRF», открывает новые возможности для автоматизированного построения

трёхмерных моделей мест преступлений на основе обычных фотографий, которые получаются с использованием фотокамеры во время фиксации обстановки при проведении осмотра.

Исследование выполнено с **целью** выявления возможностей и разработки рекомендаций по интеграции технологий искусственного интеллекта в процесс создания 3D-моделей мест происшествий, их научного и правового обоснования.

В процессе анализа теоретических и практических материалов, соответственно поставленной в работе цели, были предприняты попытки решить следующие **задачи**:

1. Проанализировать современное состояние искусственного интеллекта в криминалистике, выявить основные возможности, преимущества и недостатки использования, а также перспективы развития методов 3D-реконструкции на основе ИИ;

2. Исследовать основные методы, позволяющие создавать модели, изучить полноту, точность и надёжность данных, получаемых в результате применения основных технологий (3DGS, NeRF), оценить их пригодность для решения задач, поставленных перед специалистом или экспертом.

3. Выявить факторы, влияющие на качество получаемых 3D-моделей мест происшествий.

4. Разработать рекомендации по практическому применению ИИ-технологий для фиксации обстановки на месте происшествия и дальнейшего использованию полученных данных в экспертной практике.

5. Оценить возможные риски и недостатки использования 3D-моделей, созданных с помощью ИИ.

Объектом исследования выступает возможность применения современных методов искусственного интеллекта в качестве инструментов графического отображения пространственно-объёмной информации и 3D

реконструкции из фотографических изображений, получаемых при фотосъемке обстановки места произошедшего события в процессе проведения осмотра.

В качестве **предмета исследования** в работе рассмотрены технологии искусственного интеллекта, применяемые для автоматизации процесса построения 3D-моделей мест преступлений по фотоизображениям, а также организационные и нормативно-правовые аспекты их интеграции в криминалистическую практику.

Степень научной разработанности. Вопросы применения таких способов пространственно-объемного моделирования, как 3D-технологии, и внедрения в деятельность специалистов и экспертов методик обработки данных на основе искусственного интеллекта в криминалистике в связи с ежедневно возрастающей актуальностью и постоянным развитием науки и техники исследуются по сей день. В научных сборниках и на онлайн-порталах можно найти статьи как российских, так и зарубежных исследователей. К числу занимающихся изучением и разработкой правовых, методических, этических и технических аспектов применения искусственного интеллекта в правоохранительной деятельности относятся Прокофьева Е. В., Барина О. А., Архиреев Н.В., Ковтун Ю.А., Дряба А.Ю., Васильев А.А., а также другие, в том числе иностранные, ученые. Однако системных исследований, посвящённых интеграции методов 3D-моделирования на основе использования ведущих нейронных систем 3DGS и NeRF, описанных в работе, в процесс криминалистической реконструкции, недостаточно, что закономерно объясняется сравнительно недавним появлением упомянутых технологий. Как отмечают авторы рассмотренных научных исследований, «до настоящего момента в доктрине национального уголовного процесса не предпринималось попыток определить место 3D моделирования в доказывании по уголовным делам», что в свою очередь безусловно создаёт правовую неопределённость и удерживает внедрение технологии. Положительным образом на процессе выполнения данного исследования сказались работы зарубежных авторов (Woo

Т., RangelovD., Xiao T. и др.) демонстрирующие высокий потенциал современных нейронных сетей, но вопросы их внедрения в практическую деятельность российских экспертно-криминалистических подразделений продолжают остро стоять и требовать особого внимания отечественных учёных-правоведов.

Методологическая основа исследования включает общенаучные методы (анализ, синтез, системный подход) и проведение эксперимента.

Эмпирическую базу составляют результаты российских и зарубежных исследований точности 3D-реконструкций, а также анализ практики применения 3D-технологий в экспертно-криминалистических подразделениях.

В правовую основу исследования легли действующее на момент написания работы законодательство Российской Федерации – Конституция РФ, УПК РФ, Указ Президента РФ от 10.10.2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации», Федеральный закон от 31.05.2001 N 73-ФЗ (ред. от 22.07.2024) "О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации". Помимо нормативно-правовых актов государства был проведен анализ государственных стандартов, среди которых ГОСТ Р 59277-2020 от 01.03.2021 г. «Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта» и ГОСТ Р 59898-2021 от 26.11.2021 г. «Оценка качества систем искусственного интеллекта. Общие положения».

Научная новизна работы заключается в комплексном анализе возможностей ИИ-технологий в создании 3D-моделей мест происшествий с учётом как технических, так и процессуальных сторон вопроса.

Положения, выносимые на защиту:

1. Внедрение инновационных технологий искусственного интеллекта, таких как технология нейронных полей излучения (NeRF) и эллипсоидного распределения (3DGS), в процесс создания 3D моделей мест происшествия с

целью раскрытия и расследования преступлений, является перспективным направлением развития криминалистики.

2. Использование ИИ алгоритмов сталкивается с необходимостью соответствия установленным правовым нормам и критериям допустимости доказательств.

3. Применение искусственного интеллекта в рамках моделирования позволяет работать с ограниченным количеством исходных фотографий и восстанавливать детали на поверхностях объектов без выраженной текстуры, чего не могут обеспечить традиционные методы.

4. 3D модель способна обеспечить более четкую и понятную визуализацию места происшествия для судьи, присяжных или других участников судебного процесса.

5. Разработан комплекс инструкций, который описывает предварительную подготовку данных, требуемых для воссоздания сцены, выбор нейросетевой технологии в случае, когда реконструкция осуществляется на основе фотографий, полученных в ходе ОМП, непосредственно процесс моделирования, оценку результатов как проверку модели на соответствие реальной обстановке и использование получаемых 3D моделей в ходе расследования и раскрытия преступлений.

Структура выпускной квалификационной работы обусловлена ее содержанием и состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обосновывается актуальность темы, анализируется ее научная разработанность, определяются объект и предмет исследования, цели работы и комплекс решаемых задач, отмечаются теоретико-методологическая и эмпирическая основы исследуемой проблемы, раскрываются использованные в исследовании источники, формулируются научная новизна исследования, положения, выносимые на защиту и подтверждающие теоретическую и

практическую значимость работы, излагаются результаты апробации проведенного исследования.

Глава первая: «Возможность применения искусственного интеллекта как вспомогательного инструмента при пространственно-объемном моделировании обстановки места происшествия» посвящена традиционным методам фиксации места происшествия. Рассматриваются преимущества и недостатки существующих способов: фиксация в протоколе ОМП, фото- и видео-фиксация (§1.1); раскрываются современные традиционные методы пространственно-объемной реконструкции – лазерное сканирование и фотограмметрия (§1.2); рассматриваются правовые аспекты применения ИИ в криминалистической практике (§1.3).

В первом параграфе первой главы подчеркивается, что фиксация места происшествия является одним из первоочередных и наиболее ответственных этапов расследования преступлений. От полноты, объективности и точности фиксируемых данных напрямую зависит возможность последующего анализа следовой картины, проведения экспертиз, проверки следственных версий и доказывания в суде. В силу действия самых различных субъективных и объективных факторов следователь в процессе осмотра может упустить из виду криминалистически значимую информацию, причем, впоследствии у него может отсутствовать возможность провести повторный осмотр места происшествия. Поэтому, если при первоначальном осмотре, вследствие так называемого человеческого фактора, ограниченного времени, сложных условий или иных причин, была допущена ошибка, то важные детали могут быть безвозвратно утеряны.

Отсюда формируется вывод: современные правоохранительные органы заинтересованы в создании технологий, которые бы минимизировали риски ошибок и упущений криминалистически значимой информации при производстве первоначального осмотра МП, а также в повышении эффективности «повторного» осмотра места происшествия, если возникнет необходимость в его производстве.

В Федеральном законе «О полиции» в ст. 11 закреплена возможность применения сотрудниками правоохранительных органов технических средств аудио-, фото- и видеофиксации при протоколировании обстоятельств совершённого преступного деяния, в том числе для документирования деятельности сотрудников полиции. Фотосъёмка, как правило, упоминается в НПА и применяется на практике в качестве основного метода фиксации обстановки места происшествия, что обусловлено достаточно высокой информативностью правильно и качественно выполненных фотоснимков, наглядностью и способностью при должном уровне съёмки обеспечивать передачу пространственно-предметных характеристик обстановки, воспроизведение основных признаков сфотографированных объектов.

Однако, несмотря на широкое признание фотографии в криминалистике в качестве ведущего метода, позволяющего зафиксировать следовую картину на МП, и вышеперечисленные достоинства, её эффективность в контексте сохранения информации, имеющей значение при расследовании, не является абсолютной, поскольку может быть ограничена рядом факторов. Поэтому, следуя научно-техническим тенденциям последних лет, в криминалистическую практику внедряются технологии пространственно-объёмной реконструкции, позволяющие создавать высокоточные цифровые модели, в том числе – 3D-модели мест происшествий, что делает возможным решение вопроса о максимальной информативности, достоверности получаемой при осмотре места происшествия информации, сохранении её криминалистической значимости, а также возвращении к повторному осмотру обстановки при невозможности его проведения непосредственно на самом месте происшествия или при изменении первоначальной обстановки на месте с течением времени.

Второй параграф описывает, что качественно новые возможности исследования мест происшествий открывает **пространственно-объёмная реконструкция**. Эта технология так же известна как **3D реконструкция**, представляющая собой создание цифровых трёхмерных моделей, созданных с сохранением геометрических, пространственных и текстурированных

характеристик реконструируемых объектов. На сегодняшний день она применяется в передовых следственных подразделениях и экспертных учреждениях, позволяя проводить повторные виртуальные осмотры, моделировать динамические процессы и при необходимости представлять наглядные материалы в суде.

Ключевым в вопросах 3D реконструкции выступает понятие «цифрового двойника» или же Digital Twin – так в науке принято называть точную виртуальную копию физического объекта или пространства, полученную в ходе моделирования. В своем исследовании Митрофанов Н. В. под цифровым двойником места происшествия понимает именно интерактивную трёхмерную модель, обладающую метрической точностью и позволяющую проводить виртуальные осмотры, измерения и ситуационное моделирование событий преступления. Описываются преимущества и недостатки традиционных методов объёмной реконструкции.

Метод наземного лазерного сканирования LiDAR-сканерами зарекомендовал себя как особенно точный и универсальный, поскольку даёт возможность фиксировать сцены в любых погодных условиях и освещении, а в описании некоторых исследователей даже охарактеризован как «эталонный» для фиксации обстановки на месте ДТП – положения транспортных средств, следов торможения, осколков. Также его применение оправдано при установлении траектории полёта пули, определении точек выстрела, но одно из самых уникальных использований LiDAR сканирования отмечается учёными при фиксации следов на неустойчивых поверхностях, например, выявленных при осмотре места происшествия следов обуви, шин на снегу или песке, поскольку лазеры предотвращают деформацию данных следов при контакте, которая возможна в процессе снятия слепков.

Процесс «восстановления» объёма объекта по набору фотоизображений, снятых под разными углами обзора – это фотограмметрия. Физический смысл метода заключается в повторении принципа бинокулярного зрения человека: на полученных снимках выделяются определенные точки и сопоставляются с

соответствующими им точками на следующих – соседних – изображениях, после чего при помощи метода триангуляции определяются их трехмерные координаты (X;Y;Z).

При выполнении фотограмметрии, в кадр помещают специальные мерные объекты (линейные, глубинные, квадратные масштабы), параметры которых заранее известны исследователю. В дальнейшем это позволит вычислить расстояние между объектами в кадре, а также установить их размерные характеристики, благодаря применению специального программного обеспечения (iWitnessPro, IMAGINE Photogrammetry, Photomodeler, AgisoftPhotoscan, iPhotoMeasure и т. д.). На основании полученных данных о пространственных измерениях составляется модель места происшествия.

В третьем параграфе описывается, почему в условиях ограниченных ресурсов и времени особенной актуальностью отличается применение технологий пространственно-объемной реконструкции совместно с использованием возможностей искусственного интеллекта.

Применение искусственного интеллекта в правоохранительной деятельности базируется на комплексном подходе, который включает технические, правовые, этические и организационные аспекты. Её цель заключается в обеспечении эффективного использования технологий при соблюдении прав человека, законности и прозрачности, поэтому внедрение обсуждаемых инноваций требует постоянного совершенствования методологии с учетом новых технологических достижений и изменений в обществе.

Искусственный интеллект – это комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые с результатами интеллектуальной деятельности человека или превосходящие их. В нём используются алгоритмы, которые позволяют компьютеру обрабатывать большие объёмы данных и находить в них закономерности. На основе этих закономерностей становится возможным делать выводы, предсказывать события или принимать решения.

В основе идеи интеграции искусственного интеллекта в процесс создания 3D моделей мест происшествий на основе фотографий лежат технологии компьютерного зрения: алгоритмы обнаружения и сопоставления ключевых точек, восстановления глубины по стереопарам и множеству изображений, а также методы реконструкции формы объектов по их двумерным проекциям.

Искусственный интеллект, обученный на реальных и конкретных примерах, может автоматически выделять и классифицировать важные элементы вещной обстановки: двери, окна, мебель, оружие, гильзы и иные. Их точное положение в пространстве фиксируется в реконструированной 3D модели, что облегчает анализ взаиморасположения объектов, траекторий движения подозреваемых и потерпевших, возможных направлений выстрелов и зон видимости. Кроме того, системы ИИ могут оценивать масштабы и расстояния, компенсируя оптические искажения камеры, что повышает достоверность получаемых измерений.

Глава вторая «Технологии нейронных сетей, применяемые для 3D моделирования мест происшествий» посвящена анализу основных, по мнению автора, принципов работы нейронных сетей – архитектур ИИ-систем, обучения, структурных особенностей и области применения (§2.1), рассматривается технология «Нейронные поля излучения» (NeuralRadianceFields, NeRF) (§2.2), а также технология «Эллипсоидное распределение» (3D GaussianSplatting, 3DGS) (§2.3).

В первом параграфе автором установлено, что технологии компьютерного интеллекта, стремительно входящие в жизнь современного человека, открывают новые возможности и в рамках его профессиональной деятельности. Для наиболее эффективного внедрения ИИ в выполнение рабочих задач, существуют различные архитектуры нейронных сетей. Применение современных нейросетевых подходов позволяет решать задачи оценки глубины даже по одиночному изображению, извлечения геометрии сложных объектов и последующей сборки их в единую трёхмерную модель помещения или открытого пространства, а сверточные нейронные сети (CNN)

являются так называемым «золотым стандартом» для данных целей – идеальной моделью нейронной сети для работы с изображениями, в том числе и с фотографиями.

Второй параграф посвящен описанию метода, позволяющего создавать высококачественные 3D-модели сцен на основе набора 2D-фотографий, полученных с помощью стандартных фотокамер. В отличие от традиционных методов 3D-реконструкции, NeRF способен по двумерным изображениям воспроизводить сложные эффекты освещения, отражения и преломления, что делает метод особенно ценным для криминалистической практики и разрешения вопросов, необходимых для эффективного проведения расследования. Сущность технологии можно охарактеризовать, как специфический метод, позволяющий создавать высококачественные 3D-модели сцен на основе набора 2D-фотографий, то есть обычных фотографий, выполненных на имеющуюся в распоряжении специалистов фототехнику.

В третьем параграфе рассматриваются особенности метода трёхмерного представления сцен, основывающемся на использовании математической функции «эллипсоидного распределения». Технология получила название 3D Gaussian Splatting (3DGS) и уже зарекомендовала себя как перспективная, качественная и точная для реконструкции и визуализации трёхмерных сцен с использованием гауссовых функций в трёхмерном пространстве. 3DGS, по мнению исследователей, превосходит традиционную фотограмметрию в аспекте воссоздания объектов со сложными оптическими свойствами. Благодаря принципу разделения на гауссианы, метод достаточно эффективно воспроизводит тонкие структуры (например, волосы или нити), а также прозрачные объекты и с отражающей поверхностью, в следствие наличия сферических гармоник – коэффициентов, которые кодируют цвет каждого эллипсоида в зависимости от направления взгляда (*view-dependentcolor*), что и помогает передавать блеск, отражения и сложные оптические эффекты, связанные с освещением.

Для успешного применения искусственного интеллекта в формате 3DGS технологии при 3D моделировании места происшествия, лицо, проводящее осмотр места происшествия, выполняет серийную фотосъемку пространства с использованием имеющегося в его распоряжении оборудования – цифрового фотоаппарата (компактного, зеркального или беззеркального). Основным требованием к выполнению съемки является придерживание такой траектории движения камеры, чтобы она обеспечивала перекрытие соседних кадров в диапазоне 60-80% сцены, с охватом различных ракурсов. Для выполнения требований ориентация камеры должна быть горизонтальной, а скорость движения по траектории – небольшой.

В дальнейшем изображения обрабатываются алгоритмами метода, с целью определения точного положения и ориентации камеры в момент создания каждого снимка. В отличие от рассмотренной ранее технологии NeRF, где требуется объемный рендеринг с трассировкой лучей, 3DGS проецирует эллипсоиды непосредственно на плоскость изображения процессом «rasterization», что значительно ускоряет создание модели.

Глава 3. «Практическая оценка результатов 3D моделирования с применением нейросетевых технологий. Разработка методических рекомендаций по применению технологий искусственного интеллекта при 3D реконструкции места происшествия». Глава посвящена формированию эмпирической базы на основании эксперимента (§3.1) и разработке методических рекомендаций к применению технологий искусственного интеллекта для создания 3D моделей мест происшествия на основе фотографий (§3.2).

В первом параграфе подробно рассказывается о стадиях эксперимента, поставленного для решения задач и достижения цели дипломной работы, который сводился к созданию пространственно-объемных реконструкций условных МП при помощи нейросетевых алгоритмов «NeRF» - нейронных полей излучения – и «3DGS» – эллипсоидного распределения. Выбор условных МП обусловлен тем, что именно такие места являются наиболее

распространенными при выполнении осмотров мест происшествий с участием специалистов. Для оценки точности реконструкции на каждое из мест происшествий помещались контрольные объекты (как общие для всех сцен, так и индивидуальные для каждой конкретной, но сходные по характеристикам поверхности), по воссозданию которых делался вывод об эффективности применяемых технологий искусственного интеллекта.

Процесс пространственно-объемной реконструкции, когда первоначальные фотографии вещной обстановки места происшествия уже были выполнены в ходе осмотра, включал в себя отбор кадров, подходящих для создания 3D-моделей, обучение нейронных сетей NeRF и 3DGS. Обучение технологии для каждой сцены заключается в последовательном создании модели и исправлении дефектов, появившихся по мере её создания, а также в установлении опытным путем максимально подходящих для создания объемной реконструкции фотоснимков. Результаты полученных моделей подробно описаны данном параграфе дипломной работы – проведена оценка каждого из контрольных объектов относительно качества воссоздания их геометрических форм, текстур, местоположения, а также описание целостности моделируемых сцен.

Второй параграф полностью посвящен комплексному анализу возможностей применения ИИ-технологий в криминалистической практике на основании проведенного эксперимента. В ходе исследования разработаны практические рекомендации по внедрению современных методов 3D-моделирования, выявлены основные проблемы и предложены пути их решения.

В **заключении** подводятся итоги, формулируются выводы и предложения выпускника. Проведение экспериментальных построений 3D моделей уловных мест происшествий с использованием современных нейросетевых технологий стало основанием для разработки методических рекомендаций, обеспечивающих качественную пространственно-объемную реконструкцию и касающихся как процесса фотосъемки, так и непосредственной работы с искусственным интеллектом. Предлагаемые рекомендации также затрагивают и

вопросы квалификации лица, производящего моделирование и изучение модели, способы защиты получаемых цифровых копий мест происшествий от внесения в них изменений посторонними лицами. Помимо теоретической, в работе проанализирована и процессуальная сторона вопроса. Сделан вывод, что технологии искусственного интеллекта Neural Radiance Fields и 3D Gaussian Splatting на современном этапе развития науки, техники и права может рассматриваться не в качестве замены классических методов фиксации, применяемых в криминалистической практике, а как дополнительные функциональные и эффективные нейросетевые технологии, значительно расширяющие возможности следователя и специалиста при работе со сложными объектами и сценами – местами происшествий.

Подчеркнуто, что для полноценного внедрения рассмотренных технологий требуются дальнейшие исследования в данной области.

По теме исследования автором было представлено выступление на XIV Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов, преподавателей, практических работников «Современные проблемы уголовного судопроизводства, криминалистики и судебной экспертизы».