

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский университет науки и технологий»

На правах рукописи



ПОЛЯКОВА Анастасия Васильевна

**ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ
В СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ
И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ**

Специальность 5.1.4 Уголовно-правовые науки

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата юридических наук

Научный руководитель:
доктор юридических наук,
профессор
Аминев Фарит Гизарович

Уфа — 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА I. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ В СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	18
1.1. Основные методы получения 3D-моделей	18
1.2. Этапы применения технологий получения 3D-моделей в судебной-экспертной деятельности	35
1.3. 3D-технологии как средство развития основ частного учения о трехмерном моделировании в судебной-экспертной деятельности	51
ГЛАВА II. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	74
2.1. Получение трехмерных моделей объектов судебной экспертизы методом трехмерной фотограмметрии.....	74
2.2. Применение трехмерной фотограмметрии для решения экспертных задач.. ..	107
2.3. Исследование объектов судебной экспертизы, изготовленных способом аддитивного производства	120
ГЛАВА III. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ В СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	136
3.1. 3D-технологии в деятельности по подготовке и повышению квалификации экспертных кадров	136
3.2. Оценка и использование результатов применения 3D-технологий в процессе раскрытия и расследования преступлений	147
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	158
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	167
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	168
ПРИЛОЖЕНИЯ	201

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы диссертационного исследования. Цифровизация является серьезным ресурсом развития криминалистической науки и судебной экспертологии. Следствием ее в судебной экспертологии стало внедрение новых методов и разработка современных экспертных технологий, способствующих решению задач на более высоком уровне, то есть цифровизацию можно рассматривать как средство совершенствования методологии судебно-экспертной деятельности. Одними из таких перспективных и эффективных технологий являются технологии получения и работы с трехмерной графикой. Они позволяют заместить физический объект-оригинал и получить информацию о нем в цифровом виде.

Высокие требования к доказательственной базе заставляют искать методы объективизации процессов фиксации и сохранения следов преступления с целью их дальнейшего экспертного исследования. Однако совершенствование методического арсенала деятельности судебного эксперта невозможно без интеграции и дифференциации научного знания, которые заключаются в приспособлении методов других наук для решения задач судебной экспертизы, разработке новых и совершенствовании существующих методов на базе развития различных отраслей знания. Внедрение в экспертную практику инновационных методов исследования позволит совершенствовать теоретические и методические подходы к решению данных задач.

Необходимость внедрения современных компьютерных технологий в практику борьбы с преступностью отмечена в документах, определяющих на государственном уровне стратегические направления научно-технического развития Российской Федерации. Так, Указ Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» определяет в качестве приоритетных направлений научно-технологического развития страны переход к передовым цифровым, интеллектуальным

производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создания систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта для противодействия техногенным, биогенным, социокультурным угрозам, терроризму и идеологическому экстремизму, киберугрозам и иным источникам опасности для общества, экономики и государства¹. Данные направления можно развивать путем проведения мероприятий, направленных на совершенствование применения инновационных средств, методов и технологий в раскрытии и расследовании преступлений.

Квалифицированный подход к выбору способов фиксации хода и результатов следственных действий определяет результативность дальнейшего процесса раскрытия и расследования преступлений. Объем и качество зафиксированных данных позволяют следователю выдвинуть и проверить различные следственные версии о механизме произошедшего события, определить последовательность производства следственных действий, назначать и направлять объекты для производства судебной экспертизы. Современный этап развития цифровой техники и компьютерных технологий позволяет фиксировать, обрабатывать и исследовать информацию об объектах судебной экспертизы объективными и эффективными методами, такими как трехмерные технологии. Однако еще не во все виды криминалистического исследования объектов внедрены возможности замены их компьютерными моделями.

В настоящее время в теории и практике судебной экспертизы недостаточно полно освещены или совсем не освещены вопросы, связанные с получением 3D-моделей криминалистических объектов, которые позволяют работать с объектами судебной экспертизы, подвергающимися изменениям, для сохранения их первоначального состояния; осуществления трехмерной реконструкции события для установления обстоятельств, имеющих значение для раскрытия и

¹ О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации : Указ Президента РФ от 01.12.2016 № 642 (ред. от 15.03.2021) [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207967/ (дата обращения: 01.04.2023).

расследования преступлений, как при единоличных, так и при комиссионных и комплексных экспертизах; более наглядного представления результатов судебно-экспертных исследований участникам судопроизводства.

Отсутствуют методические рекомендации по применению технических средств получения и дальнейшей работы с 3D-изображениями различных объектов судебной экспертизы. Необходимостью разработки методологических и организационных аспектов формирования и развития 3D-технологий в судебно-экспертной деятельности и объясняется актуальность выбранной темы диссертационного исследования.

Степень научной разработанности проблемы исследования. Вопросы цифровизации и компьютеризации судебно-экспертной деятельности поднимались в научных трудах начиная со второй половины XX в. Значительный вклад в разработку теоретических и практических аспектов данного направления внесли Т.В. Аверьянова, Ф.Г. Аминев, Р.С. Белкин, Л.В. Бертовский, В.Б. Вехов, Т.С. Волчецкая, Г.Л. Грановский, А.В. Кокин, Н.П. Майлис, С.В. Леонов, И.М. Лузгин, Н.С. Полевой, Е.Р. Россинская, М.Я. Сегай, В.А. Федоренко, Ю.П. Шакирьянова, А.Р. Шляхов, Л.Г. Эджубов и др.

На диссертационном уровне проблемы использования современных компьютерных технологий для решения задач судебной экспертизы рассматривались в исследованиях С.С. Абрамова «Компьютеризация краниофациальной идентификации (методология и практика)» (1998), Т.В. Толстухиной «Современные тенденции развития судебной экспертизы на основе информационных технологий» (1999), Н.А. Замараевой «Правовые и организационно-методические проблемы использования компьютерных технологий при производстве судебных экспертиз» (2001), Д.И. Немчина «Методические основы применения информационных компьютерных технологий в судебно-баллистической экспертизе» (2002), Р.В. Бондаренко «Применение информационных технологий в исследовании и использовании следов рук при раскрытии и расследовании преступлений» (2003), К.В. Ярмака «Правовые и научные проблемы совершенствования структуры и содержания заключения

эксперта-криминалиста в условиях компьютеризации экспертной деятельности» (2003), В.А. Жаворонкова «Информационно-компьютерное обеспечение судебной экспертизы маркировочных обозначений транспортных средств» (2019), А.С. Яковлевой «Современные информационные технологии в дактилоскопической регистрации» (2019), А.В. Кокина «Концептуальные основы криминалистического исследования нарезного огнестрельного оружия по следам на пулях» (2015), Т.А. Додашвили «Разработка и исследование методов и средств количественной оценки деформации пули в канале ствола» (2016), И.О. Несмияновой «Применение информационных технологий в производстве трасологических экспертиз» (2021), Ю.П. Шакирьяновой «Трехмерное моделирование в судебной медицине: визуализация, идентификация, реконструкция» (2021).

Несмотря на большое количество исследований, посвященных использованию компьютерных и информационных технологий в судебно-экспертной деятельности, лишь в последних двух рассматривается применение 3D-технологий при производстве судебной экспертизы. Благодаря данным работам сформированы методические рекомендации по применению некоторых технических средств получения 3D-моделей. Однако имеется ряд нерешенных проблем, связанных с применением технологий 3D-моделирования: неполно освещены вопросы, связанные с внедрением данных технологий в производство судебной экспертизы, не сформированы теоретические, методические и организационные основы применения 3D-технологий в судебно-экспертной деятельности, отсутствуют критерии оценки качества трехмерных моделей как объектов судебной экспертизы.

Объектом исследования выступает теория и практика судебно-экспертной деятельности, связанная с применением 3D-технологий при производстве судебных экспертиз и исследований.

Предметом исследования являются теоретические, методические и организационные основы судебно-экспертных трехмерных технологий,

закономерности их использования в судебно-экспертной деятельности в целях установления фактов и обстоятельств, имеющих значение для дела.

Цель диссертационного исследования состоит в установлении закономерностей объективной действительности, определяющих сущность, содержание и порядок формирования и развития трехмерных технологий в судебно-экспертной деятельности, разработке методологических и организационных вопросов применения средств 3D-моделирования для повышения качества судебно-экспертной деятельности.

На основании сформулированной цели, а также объекта и предмета исследования были поставлены и решались следующие **задачи**:

– выделить основные технологии получения и работы с 3D-моделями, технические средства и программное обеспечение, реализующие данные технологии, для использования полученных сведений при производстве судебных экспертиз;

– определить основные этапы развития и внедрения 3D-технологий в судебно-экспертную деятельность;

– разработать теоретические основы применения трехмерных технологий в судебно-экспертной деятельности;

– разработать методические основы применения трехмерных технологий при решении криминалистических задач: собирании следов и иных объектов при производстве следственных действий, решении задач судебной трасологической экспертизы;

– проверить возможности метода трехмерной фотограмметрии и выработать качественные и количественные критерии оценки отображения на модели признаков объекта-оригинала;

– выявить особенности технологий аддитивного производства, которые могут применяться для изготовления орудий преступления (огнестрельного оружия, патронов и их частей, орудий взлома и т. п.), выработать системы диагностических признаков установления способа изготовления объекта с

помощью аддитивных технологий по конкретным типам трехмерной печати с учетом свойств используемых материалов;

– усовершенствовать подходы к формированию цифровых компетенций при подготовке и повышении квалификации экспертных кадров за счет внедрения трехмерных технологий;

– установить этапы и содержание объективной оценки результатов применения 3D-технологий следователем, дознавателем и судом.

Методологической основой исследования послужили диалектико-материалистический метод научного познания о всеобщей связи и взаимной обусловленности явлений, с использованием категорий и законов диалектической и формальной логики, таких как: анализ, синтез, суждение по аналогии, абстрагирование, индукция, дедукция, которые позволили проанализировать теоретические, методические и организационные основы формирования и внедрения трехмерных технологий в судебную-экспертную деятельность. В целях получения достоверных результатов в процессе исследования применялись методы сравнительного, системно-структурного анализа, математические, в том числе статистический метод, социологические методы исследования. При проведении экспериментальных исследований большое значение имели методы моделирования, математические методы, фотографические методы, микроскопический метод.

Нормативно-правовую базу исследования составили положения Конституции РФ, норм Уголовного кодекса РФ, Уголовно-процессуального кодекса РФ, федеральных законов «О государственной судебной-экспертной деятельности», «О полиции» и др., ведомственных нормативно-правовых актов МВД России.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые на монографическом уровне системно и комплексно выработаны теоретические положения и практические рекомендации по внедрению 3D-технологий в судебную-экспертную деятельность. Эти положения и рекомендации были реализованы в виде следующих результатов: синтезированы этапы становления 3D-технологий в

судебно-экспертной деятельности; разработаны основы частного учения о трехмерном моделировании в судебно-экспертной деятельности; впервые апробирована и предложена к внедрению в судебно-экспертную деятельность работа с 3D-моделями объектов судебной экспертизы, созданными методом фотограмметрии, при решении задач трасологической экспертизы; расширены возможности экспертного установления способа изготовления изделий, созданных с использованием аддитивных технологий; усовершенствована подготовка экспертных кадров за счет внедрения в учебный процесс достижений 3D-моделирования; установлено содержание оценки результатов применения 3D-технологий следователем, дознавателем и судом.

Научная новизна диссертационного исследования отражена в **основных положениях, выносимых на защиту:**

1. Конкретизированы 3D-технологии, применяемые в судебно-экспертной деятельности, а именно технологии трехмерного моделирования, в состав которых входят технологии 3D-сканирования, построения моделей в 3D-редакторах, построения моделей в системах автоматизированного проектирования и получения моделей из фотографий и кадров видеозаписи, а также технологии аддитивного производства в виде различных типов 3D-печати, которые составляют основу для накопления эмпирического материала, выработки теоретико-методологических положений по их применению для решения задач судебно-экспертной деятельности.

2. Этапы становления и развития технологий получения трехмерных моделей для решения задач судебно-экспертной деятельности.

Первый этап (1995–2019) связан с появлением научных работ, в которых содержатся первые рекомендации по фиксации некоторых объектов судебной экспертизы с помощью методов 3D-моделирования, 3D-сканирования и накоплению эмпирического материала для дальнейшего исследования полученных моделей с целью решения задач судебной экспертизы.

Второй этап (2020 г. – по настоящее время) связан с формированием теоретических основ применения 3D-технологий в судебно-экспертной

деятельности, расширением методических основ решения задач различных родов и видов судебных экспертиз за счет методов получения 3D-моделей, расширением технических возможностей моделирования за счет его комплексирования с микроскопическими, спектральными методами экспертного исследования.

Предусматривается переход на третий этап применения 3D-технологий в судебно-экспертной деятельности, который будет направлен на совершенствование разработанного теоретического и методического аппарата, а также более технологичный и продвинутый уровень применения трехмерных технологий в совокупности с методами машинного обучения, обработкой и использованием больших данных.

3. Расширена сфера применения теории цифровизации судебно-экспертной деятельности за счет разработки авторской концепции нового направления – частного учения о трехмерном моделировании, которое представляет собой систему теоретических положений о закономерностях, определяющих содержание, сущность и порядок построения, исследования и использования 3D-моделей объектов судебной экспертизы и разрабатываемых на основе познания данных закономерностей технологий по применению 3D-моделирования при производстве судебно-экспертных исследований для установления фактов и обстоятельств, имеющих значение для дела. Это учение включает в себя общетеоретические положения (предмет и объекты учения, понятийный аппарат, классификацию моделей, задачи, принципы моделирования); основные методы получения 3D-моделей; основные направления применения 3D-технологий в судебно-экспертной деятельности; требования и принципы получения 3D-моделей объектов судебной экспертизы; значение 3D-моделей как источников доказательственной информации; место учения в системе судебной экспертологии. Объектами учения выступают технические средства, программное обеспечение получения 3D-моделей, из которых извлекается информация об обстоятельствах, имеющих значение для раскрытия и расследования преступлений, рассмотрения дел в суде.

4. Авторское определение понятия «3D-модель», под которой понимается цифровой объект, создаваемый в трех измерениях с помощью

специализированного программного обеспечения, который в процессе исследования воспроизводит объект-оригинал, обладая его существенными свойствами, позволяет получить информацию о нем в целях установления фактов (вынесения суждений о факте), имеющих значение для раскрытия и расследования преступления, рассмотрения дела в суде.

5. Усовершенствована система классификаций трехмерных моделей по двум основаниям:

1) исходя из процессуальной формы и природы объекта-оригинала, которые определяют, в ходе каких следственных действий могут быть получены данные модели, каким способом они будут процессуально оформлены: модель вещественного доказательства; модель образца для сравнительного исследования; модель вещной обстановки места происшествия; модель процесса, механизма или отдельных его компонентов.

Процессуальная форма трехмерной модели определяется способом ее процессуального оформления и использования. Если модель воспроизводит вещественное доказательство, она выступает в его качестве, т. к. выступает в качестве способа фиксации доказательства и сохранения его в цифровом виде. Если модель получают в ходе следственного действия, например, осмотра места происшествия, проверки показаний на месте, допроса, она является приложением к протоколу следственного действия и самостоятельного значения не имеет. Получение модели в ходе производства судебной экспертизы ставит ее в ряд материалов, иллюстрирующих проведенное исследование, модель будет приложена к заключению эксперта как наглядный источник информации об экспериментах, результатах исследования;

2) по размерным характеристикам объектов, что влияет на выбор субъектом технологии получения 3D-модели, а также необходимое для этого технико-методическое обеспечение: модель одиночного следа (отображения, предмета, вещества), модель группы/совокупности следов (дорожки следов, капель и брызг крови на различных объектах и т. п.), модель помещения, здания, сооружения, модель участка местности.

6. Научно-методическая основа для разработки экспертной технологии построения 3D-моделей объектов судебных экспертиз методом фотограмметрии, представляющая собой алгоритм действий субъекта при работе с программными пакетами фотограмметрии, в который входят стандартно заложенные в программное обеспечение шаги для построения моделей: загрузка фотографий/кадров видеозаписи в программу, выравнивание фотографий с выбором параметров, построение плотного облака точек с выбором параметров, построение полигональной модели с выбором параметров, построение текстуры с выбором параметров, производство измерений, экспорт модели, а также предложенные автором критерии оценки качества полученных результатов на каждом этапе и способы устранения недостатков при построении моделей с учетом специфики работы с объектами судебной экспертизы.

7. Критериальная система оценки адекватности и достоверности получаемых 3D-моделей как научная база решения вопроса об их пригодности для решения задач определенного рода судебной экспертизы.

Сформированы требования к получению исходных данных при построении трехмерной модели в программах фотограмметрии, к обработке полученных данных в программных пакетах фотограмметрии и параметрах каждого этапа построения модели, к производству измерений в трехмерных моделях. Предложены качественные и количественные критерии, определяющие адекватность и достоверность получаемых трехмерных моделей. Качественными критериями адекватности и достоверности трехмерной модели выступают четкость в передаче визуальных признаков объекта-оригинала (цвета, геометрической формы, контуров, составных элементов, мелких особенностей), отсутствие визуальных ошибок (несмоделированных участков, ошибочного расположения полигонов и текстур, которые проявляются в перекосах и замыленности, неполноте отображения поверхности объекта, искажении контуров объекта и его элементов, двойных контурах, отсутствии границ между объектами).

В качестве количественных критериев выступают число исходных материалов (количество фотографий, кадров видеозаписи), разрешающая способность исходных

материалов, результаты программной обработки исходных изображений (количество связующих точек, количество и достоверность вершин точек в плотном облаке, количество полигонов), погрешность полученных на модели измерений.

8. Методические основы применения метода фотограмметрии для получения 3D-моделей при производстве судебной экспертизы, которые содержат:

– положения по подготовке материалов для реализации трехмерной фотограмметрии: выбор методов и приемов фото/видеофиксации, выбор схемы движения вокруг объекта или его вращения вокруг средства фиксации, расстановка измерительных маркеров (кодированных меток/криминалистических линеек), настройка параметров экспозиции технических средств фиксации, оценка качества и количества исходного материала, обработка исходного материала в графических редакторах (при необходимости);

– рекомендации по построению модели в программе фотограмметрии с учетом этапов алгоритма, а также оценки адекватности и достоверности полученной модели для решения экспертных задач;

– особенности методики экспертного исследования объектов с помощью методов трехмерной фотограмметрии с учетом принятой стадийности на примере трасологической экспертизы.

Разработаны методические рекомендации по подготовке исходного материала и реализации метода трехмерной фотограмметрии.

9. Система диагностических признаков аддитивного производства и конкретных его типов: признаки послойного наплавления нитей пластика и стереолитографии, струйной печати, селективного лазерного спекания, которые устойчиво отображаются на изделиях, несмотря на различия в термопластичности, прочности, вязкости, термоустойчивости, гибкости применяемых при печати материалов. Данные признаки составляют основу для установления способа изготовления объекта как части методики судебно-баллистического исследования, которая по аналогии также может быть использована при трасологическом исследовании изделий массового производства для решения вопроса об

изготовлении представленного на экспертизу объекта способом аддитивного производства и установления типа печати.

10. Рекомендации по совершенствованию подготовки экспертных кадров, которые могут быть реализованы в нескольких направлениях:

– актуализации, расширения предметного содержания учебных дисциплин по специальности «Судебная экспертиза» за счет включения тем, связанных с изучением технологий получения трехмерной графики и анимации;

– введения в учебный процесс дисциплины «Основы 3D-моделирования»; целью данной дисциплины будет получение навыков создания 3D-моделей криминалистических объектов для нужд судебно-экспертной деятельности, всего процесса раскрытия и расследования преступления.

11. Установлено содержание оценки результатов применения 3D-технологий следователем, дознавателем и судом в виде следующей последовательности:

– проверка обоснованности и законности применения данных 3D-технологий по конкретному делу;

– проверка подлинности и достаточности исходных материалов для создания 3D-модели;

– проверка выбранной технологии создания 3D-модели, хода и результатов ее построения, установления с ее помощью фактов и обстоятельств, имеющих значение для дела, примененных технических средств и программного обеспечения;

– проверка обоснованности и аргументированности полученных с помощью 3D-технологий выводов;

– относимость данных выводов к предмету доказывания по делу и соответствие выводов, полученных с помощью 3D-технологий, имеющимся в деле доказательствам.

Теоретическая значимость результатов диссертационного исследования заключается в решении научной задачи обоснования расширения системы информационно-компьютерного обеспечения судебно-экспертной деятельности за счет внедрения 3D-технологий. Разработанные основы частного учения о трехмерном моделировании в судебно-экспертной деятельности и входящие в него

классификация, алгоритмы работы с трехмерными моделями создают предпосылки для дальнейшего развития частных теорий информационно-компьютерного обеспечения криминалистической деятельности и цифровизации судебно-экспертной деятельности за счет включения в них положений, связанных с применением 3D-технологий, для эффективного раскрытия и расследования преступлений.

Практическая значимость исследования заключается в подготовке на основании предложенной теоретической базы структуры методических основ производства судебных экспертиз и исследований с применением 3D-технологий, что приведет к повышению качества, объективности, наглядности и доказательственного значения результатов применения специальных знаний в судопроизводстве.

Сформулированные выводы и предложения являются фундаментом для модернизации и разработки новых экспертных методик решения идентификационных и диагностических экспертных задач. Результаты проведенного исследования способствуют совершенствованию программ профессиональной подготовки экспертных кадров по специальности 40.05.03 Судебная экспертиза, расширению технического обеспечения образовательного процесса за счет внедрения эффективных образцов криминалистической техники и программного обеспечения.

Степень достоверности и апробация результатов исследования. Достоверность полученных в ходе диссертационного исследования результатов обеспечивается использованием следующей эмпирической базы:

– результаты анкетирования, проведенного с 2019 по 2022 г., в рамках которого изучено мнение 166 сотрудников различных экспертно-криминалистических подразделений Экспертно-криминалистического центра МВД России Нижегородской и Владимирской областей, экспертно-криминалистических подразделений Управления МВД России на транспорте по Приволжскому федеральному округу;

– данные, полученные в результате изучения протоколов осмотров мест происшествия и фототаблиц к ним, составленных по факту обнаружения трупа, краж, взрывов, пожаров, дорожно-транспортных происшествий, других материалов по 200 уголовным делам;

– результаты экспериментальных исследований автора за период 2017–2023 гг., в ходе которых подготовлено и изучено более 400 трехмерных моделей объектов криминалистических экспертиз.

Основные результаты исследования докладывались и обсуждались на следующих научно-практических конференциях: III международной научно-практической конференции «Судебная экспертиза: теория и практика в современных условиях» (Минск, 26–27 апреля 2023 г.), Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Национальные и международные тенденции и перспективы развития судебной экспертизы» (Нижний Новгород, 21–22 мая 2020 г., 19–20 мая 2022 г.), X Международной конференции по криминалистическому исследованию оружия (Саратов, 19–20 октября 2021 г.), Всероссийском молодежном научном форуме «Наука будущего – наука молодых» (Москва, 28–31 октября 2020 г.), Всероссийской научно-практической конференции «Криминалистика – наука без границ: традиции и новации» (Санкт-Петербург, 8 ноября 2018 г.), Международной научно-практической конференции «Уголовное производство: процессуальная теория и криминалистическая практика», посвященной 100-летию Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского (Симферополь – Алушта, 26–27 апреля 2018 г.), VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы судебно-экспертной деятельности в уголовном, гражданском, арбитражном процессе и по делам об административных правонарушениях» (Уфа, 12–13 октября 2017 г.).

Основные идеи, теоретические и практические положения, изложенные в диссертационном исследовании, нашли отражение в учебнике и в 13 научных публикациях, в том числе 4 научных статьях, опубликованных в журналах и

изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий и рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ.

Результаты диссертационного исследования внедрены в учебный процесс и научную деятельность кафедры криминалистики Института права Уфимского университета науки и технологий, кафедры судебной экспертизы юридического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского, а также в практическую деятельность Приволжского регионального центра судебной экспертизы Министерства юстиции РФ, Экспертно-криминалистического центра Управления на транспорте МВД России по Приволжскому федеральному округу. Внедрение результатов исследования оформлено соответствующими актами.

Структура диссертации определена объектом и предметом исследования, его целями, задачами и полученными результатами. Работа состоит из введения, трех глав, объединяющих 8 параграфов, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, приложений.

ГЛАВА I. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ В СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

1.1. Основные методы получения 3D-моделей

Современные компьютерные технологии находят все более широкое применение в деятельности по раскрытию и расследованию преступлений. Замена реального объекта, слишком большого для дальнейшей транспортировки в экспертное учреждение, или слишком сложного либо недоступного для непосредственного восприятия, или же подверженного быстрым изменениям, цифровой трехмерной моделью имеет существенные преимущества перед традиционными способами формирования копий криминалистических объектов (например, гипсовых слепков, пленок). Несмотря на то что принятые методы судебной фотографии позволяют получить достаточное представление об объекте и основаны на получении двухмерных изображений, в некоторых случаях возникает необходимость в более точном отображении признаков, особенно в объемных следах. Кроме того, фотография не дает полного представления о взаиморасположении признаков в следе. Использование же следокопировальных, слепочных материалов, а также действия субъектов в процессе их применения могут привести к изменениям и порче объекта-оригинала и не гарантируют точную передачу всех признаков, что в дальнейшем может повлиять на результаты экспертного исследования.

Обстановка места происшествия непостоянна. После перемещения объекта на стадии динамического осмотра исследуемый объект уже не займет своего точного положения, на следы могут воздействовать неблагоприятные погодные условия, если осмотр длительный, и сами субъекты осмотра места происшествия, а также применяемые ими средства собирания следов и предметов. Получение 3D-модели поможет зафиксировать пространственное расположение и

взаиморасположение объектов до их перемещения, что позволит в дальнейшем следователю, дознавателю вернуться к первоначально обнаруженной картине события уже после осмотра, спустя промежуток времени, а эксперту – обеспечить исследование на основании объективных данных.

С целью определения наиболее эффективных методов фиксации криминалистических объектов следует проанализировать существующие технологии получения трехмерных моделей. Считаем целесообразным произвести рассмотрение данных технологий 3D-моделирования в четырех блоках: технологии трехмерного сканирования (далее – 3D-сканирование), работа в 3D-редакторах, системах автоматизированного проектирования (далее – САПР) и получение моделей из фотографий и кадров видеозаписи (трехмерная фотограмметрия).

3D-сканирование представляет собой технологию перевода физического объекта в цифровую модель с учетом его формы, внешнего вида и геометрических параметров². Устройство для сбора данных об объекте-оригинале для последующего моделирования в программном обеспечении называется 3D-сканер. Множество плотно расположенных точек могут быть захвачены в виде облака точек, которое дает репрезентативное и точное представление о геометрии объекта. Совмещение нескольких позиций сканирования, например, внутренней и внешней, позволяет выровнять их вместе в полную трехмерную среду.

По принципу работы различают контактные сканеры (для сканирования необходим непосредственный контакт с физическим объектом) и бесконтактные (сканирование на расстоянии за счет регистрации отраженных от объекта лучей)³. Контактные сканеры осуществляют построение модели путем физического зондирования поверхности объекта, закрепленного в тисках или лежащего неподвижно на столе. В качестве сенсора выступает щуп, находящийся на манипуляторе. Данный щуп перемещается по поверхности объекта для записи

² Jani G., Lavin WS., Ludhwani S., Johnson A. An Overview of Three Dimensional (3D) Technologies in Forensic Odontology. J Forensic Dent Sci, 2020. Vol. 12(1). P.19.

³ Аксенов А. Ю. Модели и методы обработки и представления сложных пространственных объектов : дис....канд. тех.наук. Санкт-Петербург, 2015. С. 23-24.

трехмерной информации, компьютер фиксирует изменения в положении щупа и заносит координаты отсканированных точек в программу построения 3D-модели. Сканирование может быть осуществлено исследователем вручную либо в автоматическом режиме путем программных установок движений сканера с определенным шагом.

По наличию источника излучения 3D-сканеры подразделяются на активные и пассивные⁴. В активных сканерах имеется источник излучения, который, отражаясь от поверхности объекта, фиксируется камерой. Пассивный же сканер не содержит источника лучей, а фиксирует отраженные лучи от посторонних источников излучения, например, естественного освещения или света различных ламп.

По физическому принципу работы сканеры подразделяются на лазерные и сканеры структурированного света⁵. Лазерные сканеры испускают лазерный луч или лазерную точку на поверхность сканируемого объекта, как только он отражается обратно на чувствительный элемент, тот рассчитывает необходимые углы, расстояния, разности фаз. Далее все сканы приводятся в одну систему координат для обеспечения точного представления объекта. При сканировании может использоваться несколько способов расчета расстояния до объекта.

Импульсные или времяпролетные сканеры основаны на измерении времени прохождения лазерного луча от сканера до объекта и обратно⁶. Фазовые сканеры основаны на измерении разности фаз, посылаемых и принимаемых модулированных сигналов, и количества целых длин волн между сканером и объектом. Триангуляционные сканеры «посылают на поверхность объекта лазерный луч, а фотоприемник фиксирует положение точки, за счет чего лазер, камера и сама точка объекта формируют своеобразный треугольник. При изменении расстояния от лазера до поверхности объекта точка изменяет положение

⁴ Еремченко В. И. Принципы работы 3D-сканера и его использование для фиксации места происшествия // Общество и право. 2021. №1 (75). С. 62.

⁵ Berezowski T., Keller J., Liscio E. 3D Documentation of a Clandestine Grave: A Comparison Between Manual and 3D Digital Methods // J Assoc Crime Scene Reconstr. 2018. №22. P.23-37.

⁶ Додашвили Т. А. Разработка и исследование методов и средств количественной оценки деформации пули в канале ствола : дисс. канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2016. С. 16.

в поле зрения камеры. Зная расстояние между лазерным излучателем и фотоприемником, а также угол, под которым они находятся друг к другу и угол камеры по отношению к объекту, можно определить расстояние до него»⁷.

Лазерное сканирование возможно производить с использованием специальных кодированных меток/целей или без них. Использование меток особенно актуально для сред, подверженных быстрым изменениям, объектов, которые имеют малую контрастность. Цели должны быть зафиксированы и не двигаться в процессе сканирования. Подобным способом возможно регистрировать открытые участки, участки с большой растительностью. Сканирование без меток, безусловно, экономит время на расстановку ориентиров, однако жестко привязано к проценту перекрытия сканов. Данный метод пригоден для фиксации закрытых помещений, открытой местности, где привязка и уточнение размеров возможна по близлежащим зданиям и сооружениям.

Сканеры структурированного света представляет собой 3D-технологию, когда на объект проецируется сетка для фиксации геометрии⁸. Используется проектор и камера или система камер. Подающая на криволинейную поверхность сетка искажается. Отражённый свет попадает на одну (монокамера) или две (стереокамеры) камеры и методом триангуляции рассчитывается расстояние до объекта⁹. Сканеры структурированного света чаще всего используются для объектов небольшого размера. Выделяют несколько типов сканеров структурированного света: сканеры белого, синего света и в ИК-диапазоне. Одним из ограничений каждого типа сканеров является условия освещения, т.к. солнечный свет или яркий искусственный свет приводят к тому, что камера не различает проецируемую сетку на фоне окружающего освещения.

Ученые из Университета Торонто в Миссиссоге и Управления судебно-медицинской экспертизы штата Иллинойс смоделировали места захоронений и

⁷ Там же. С. 17.

⁸ Berezowski T., Keller J., Liscio E. 3D Documentation of a Clandestine Grave: A Comparison Between Manual and 3D Digital Methods // J Assoc Crime Scene Reconstr. 2018. №22. P.26.

⁹ Jani G., Lavin WS., Ludhwani S., Johnson A. An Overview of Three Dimensional (3D) Technologies in Forensic Odontology. J Forensic Dent Sci, 2020. Vol. 12(1). P.20.

сравнили ручной способ измерений, данные 3D-сканирования, данные тахеометра в целях установления наиболее точного метода фиксации геометрических характеристик скелетированных останков и мелких предметов¹⁰. В совместном научном исследовании ученых из Греции и Германии продемонстрированы возможности сканеров различных производителей при фиксации мест происшествия и отдельных объектов в них¹¹.

Методами трехмерного сканирования являются и компьютерная (далее – КТ) и магнитно-резонансная томография (далее – МРТ). КТ и МРТ отличаются способностью регистрировать и сохранять внутреннюю информацию, например, пространственную конфигурацию повреждений, которая может быть нарушена при вскрытии. Они являются ценным неразрушающим инструментом, дополняющим аутопсию¹². Имеется достаточное количество зарубежных и отечественных научных исследований, описывающих применение данных методов для решения задач судебно-медицинской экспертизы как самостоятельно, так в и синтезе с данными трехмерной фотограмметрии, 3D-сканирования и 2D-изображениями¹³.

Успешное получение модели путем сканирования предполагает учет двух групп факторов, которые ученые называют внутренние и внешние факторы сканирования. Внутренние факторы зависят от свойств самого объекта сканирования и заключаются в размерах объекта, его структуре и сложности, цвете объекта, сложности и морфологии краев, уровня отражающей способности поверхности объекта. Внешние факторы определяются самой технологией

¹⁰ Berezowski T., Keller J., Liscio E. 3D Documentation of a Clandestine Grave: A Comparison Between Manual and 3D Digital Methods. *J Assoc Crime Scene Reconstr.* 2018. №22. P.23-37.

¹¹ Galanakis G., Zabulis X., Evdaimon T., Fikenschner S.-E., Allertseder S., Tsikrika T., Vrochidis S. A Study of 3D Digitisation Modalities for Crime Scene // Investigation. *Forensic. Sci.* 2021. Vol. 1. P. 56–85.

¹² Bornik A., Urschler M., Schmalstieg D., Bischof H., Krauskopf A., Schwark T., Scheurer E., Yen, K. Integrated computer-aided forensic case analysis, presentation, and documentation based on multimodal 3D data // *Forensic science international.* 2018. Vol. 287. P. 13.

¹³ Tuchtan L., Gorincour G., Kolopp M., Massiani P., Léonetti G., Piercecchi-Marti M. D., & Bartoli, C. Combined use of postmortem 3D computed tomography reconstructions and 3D-design software for postmortem ballistic analysis. *Diagnostic and interventional imaging.* Vol. 98(11), P. 809–812 ; Schweitzer Wolf; Verster Janette; Aldomar Eloisa; Ebert Lars; Bolliger Stephan A; Thali Michael J; Ampanozi Garyfalia Forensic volumetric visualization of gunshot residue in its anatomic context in forensic post mortem computed tomography : Development of transfer function preset. *Forensic Imaging.* 2021. Vol. 25. P. 200451.

сканирования, её ограничениями: длиной волны излучаемого света, разрешающей способностью, рабочим расстоянием, скоростью сбора данных, количеством перекрывающих фотографий/сканов/разверток¹⁴.

В инженерной сфере для оптимизации процессов проектирования используются системы автоматизированного проектирования (далее – САПР, CAD-system), под которыми понимается «организационно-технические системы, входящие в структуру проектной организации и осуществляющие проектирование при помощи комплекса средств автоматизированного проектирования»¹⁵. При автоматизированном проектировании описание объекта, алгоритм его функционирования, программирование осуществляется с помощью ЭВМ.

Средства автоматизации по целевому назначению классифицируются на «системы проектирования – CAD-системы (Computer Aided Design), которые в свою очередь в зависимости от отрасли приложения делятся на машиностроительные (MCAD), электронных устройств (EDA) и архитектурные и строительные (AEC); системы инженерного анализа – CAE (Computer Aided Engineering); системы подготовки автоматизированного производства – CAM (Computer Aided Manufacturing); системы планирования технологических процессов – CAPP (Computer Aided Process Planning); системы управления документооборотом – PDM (Product Document Management); геоинформационные системы – GIS (Geoinformatics Systems)»¹⁶.

В САПР возможно работа как с 2D-изображениями: чертежами, конструкторской документацией, так и с 3D-изображениями: построением моделей, производством расчетов, визуализацией, преобразованием 2D и 3D.

Системы автоматизированного проектирования состоят из нескольких

¹⁴ Randolph-Quinney PS, Haines SD, Kruger A. The Use of Three-Dimensional Scanning and Surface Capture Methods in Recording Forensic Taphonomic Traces : Issues of Technology, Visualisation, and Validation. In Multidisciplinary Approaches to Forensic Archaeology. Springer. 2018. P. 115-130.

¹⁵ ГОСТ 23501.101-87 Системы автоматизированного проектирования. Основные положения. Москва : Государственный комитет СССР по стандартам, 1987. С.1.

¹⁶ Муленко В. В. Компьютерные технологии и автоматизированные системы в машиностроении : Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автоматизация проектирования нефтегазопромыслового оборудования», «Автоматизация проектирования бурового оборудования». / РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, Москва, 2015. С. 3.

основных подсистем обеспечения её работы (схема №1)¹⁷.

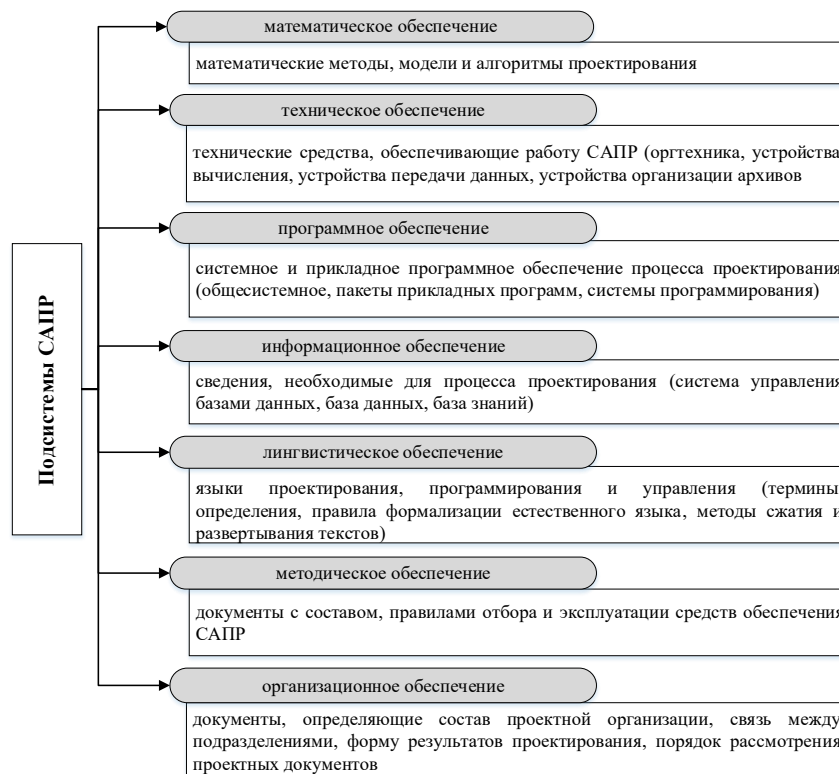


Схема №1. Структура системы автоматизированного проектирования

Среди систем автоматизированного проектирования наиболее распространенными являются КОМПАС-3D, AutoCAD, SolidWorks, Autodesk Inventor, ArchiCad, nanoCAD. Среди отечественных САПР широкое применение в различных отраслях получил КОМПАС-3D: от машиностроения (транспортное, сельскохозяйственное, энергетическое, нефтегазовое, химическое и т.д.), приборостроения, авиастроения, судостроения, станкостроения, вагоностроения, металлургии, промышленного и гражданского строительства до производства товаров народного потребления¹⁸.

Создание и работа с 3D-моделями криминалистических объектов также возможна и в универсальных программных пакетах и редакторах, например, Maya, Autodesk 3DS Max, Blender 3D, Google SketchUp и т.п. Данные программы располагают обширным комплексом функций для работы с трехмерной графикой

¹⁷ Малюх В. Н. Введение в современные САПР : курс лекций. Москва : ДМК Пресс, 2010. С. 25-28 ; Шестопапов К. К. Основы автоматизированного проектирования : учеб. пособие / К.К. Шестопапов, А.Н. Новиков. 2 изд., испр. Москва : МАДИ, 2017. С. 20-41.

¹⁸ КОМПАС-3D Система трехмерного моделирования – Текст: электронный // АСКОН Российское инженерное ПО для проектирования, производства и бизнеса URL: <https://ascon.ru/products/kompas-3d/> (дата обращения 01.04.2023 г.).

и анимацией. Построение моделей предполагает использование как встроенных библиотек стандартных объектов (геометрических фигур), так и линий, и модификаторов. В рамках судебно-экспертной деятельности подобный способ моделирования получил широкое распространение¹⁹.

Для получения трехмерного изображения на плоскости в программах предусмотрены следующие шаги: моделирование – непосредственное создание трехмерной модели; текстурирование – назначение текстур для поверхностей модели; установка и настройка виртуальной камеры и источников освещения сцены; визуализация (рендеринг); а в случаях, когда необходимо задать движение объектам, создается анимация²⁰. Кроме того, при использовании систем конечно-элементного анализа производится расчет взаимодействия тел с моделируемыми силами, друг с другом. Неотъемлемым этапом работы с моделью является композитинг (доработка) и вывод полученной модели на экран или 3D-принтер. При необходимости дальнейшей работы с физическим объектом или демонстрацией в зале суда, эксперт может распечатать её с помощью технологий аддитивного производства.

Среди методов 3D-моделирования реальных объектов все большее внимание уделяется фотограмметрии благодаря относительной простоте фиксации и низким затратам на аппаратное и программное обеспечение. По сравнению с лазерным сканированием фотограмметрия также намного быстрее с точки зрения времени фиксации, поскольку все, что необходимо – серия перекрывающихся фотографий. Кроме того, зарубежными учеными подчеркнута высокая точность результатов измерений характеристик по 3D-моделям объектов, созданных с помощью фотограмметрии²¹. Причем хорошее качество трехмерных моделей достигается при фотосъемке недорогой техникой²².

¹⁹ Flor Nick V. Technology Corner : Virtual Crime Scene Reconstruction: The Basics of 3D Modeling // Journal of Digital Forensics, Security and Law. 2011. Vol. 6. № 4.

²⁰ Меженин А. В. Технологии 3d моделирования для создания образовательных ресурсов. Учебное пособие. СПб., 2008. С.5.

²¹ Benz L., Ampanozi G., Franckenberg S., Massini F., Sieberth T. Forensic examination of living persons in 3D models // Forensic science international. 2022. Vol. 335. P. 111286.

²² Osman M. R., Tahar K. N. 3D accident reconstruction using low-cost imaging technique // Advances in Engineering Software. 2016. Vol. 100. P. 231-237.

Фотограмметрия рассматривается как «техническая наука, изучающая способы определения размеров, формы и пространственного положения объектов в заданной координатной системе по их фотографическим и иным изображениям»²³. Изображения могут быть получены как с фотоаппаратов, смартфонов, так и камер, закрепленных на летательных аппаратах, среди которых в последние годы также получили распространение беспилотные летательные аппараты (далее – БПЛА), а также с регистраторов электромагнитных излучений. Фотограмметрия позволяет определить по снимкам, кадрам форму объекта, его размеры, пространственное положение в заданной системе координат, а также его площадь, объем, изменения величин через заданный интервал времени²⁴.

Фотограмметрия имеет широкое применение в различных сферах деятельности: для проектирования зданий и сооружений (коммуникаций, ж/д и автомобильных дорог, линий электропередач и т.п.); для расчета нагрузок и выявления недостатков строительства; в геологоразведочных работах, аэро- и космической съемке; в географических исследованиях; в картографии для получения точных данных о рельефе поверхности земли, дна и шельфа; в медицине для диагностики и лечения заболеваний; в военном деле; в архитектуре; в горном деле; для фиксации планов ДТП и других мест происшествия. А.С. Назаров выделил три основных направления фотограмметрии:

- «аэрофотофототопография (создание планов карт и схем по цифровым изображениям земной поверхности с летательных аппаратов);
- прикладная фотограмметрия (использование возможностей фотограмметрии в интересах различных областей науки и техники – медицины, архитектуры, геологии, строительства и т.п.);
- космическая фотограмметрия (обработка снимков Земли, планет, небесных тел, полученных из космоса с борта космических аппаратов)»²⁵.

²³ Назаров А. В. Фотограмметрия: учеб. пособие для студентов вузов / А. С. Назаров. Минск : ТетраСистемс, 2006. С. 3.

²⁴ Краснопевцев Б. В. Фотограмметрия. Москва : УПП «Репрография» : МИИГАиК, 2008. С. 6.

²⁵ Назаров А. В. Фотограмметрия: учеб. пособие для студентов вузов / А. С. Назаров. Минск : ТетраСистемс, 2006. С. 5.

Существенными достоинствами метода являются получение графической и числовой информации без контакта с объектом, высокая степень автоматизации обработки изображений и производства измерений, получение информации из объективных отображений (фото, видео, радиогалограммы), возможность изучения движущихся и быстротекущих процессов, безопасность для оператора, т.к. можно дистанционно использовать средства фото- и видеофиксации и передавать изображения сразу на компьютер или смартфон.

Однако нельзя не указать и на недостатки метода, которые заключаются в зависимости выполнения фото- и видеосъемки от метеоусловий, условий освещения, так как изменение яркости, посторонние текстуры могут исказить процесс сопоставления фотоизображений. Например, сильные порывы ветра могут сдувать сами объекты, масштабные линейки, метки во время фиксации, что в дальнейшем отразится на точности построения модели. Кроме того, результат фотограмметрии трудно проверить сразу после фиксации, чтобы убедиться в точности и достаточности покрытия и соблюдения геометрии объекта, потребности в дополнительных изображениях.

Методом фотограмметрии возможно обрабатывать изображения, полученные как в видимом, так и инфракрасном и радиодиапазоне длин волн; при дневной или ночной съемке. По ориентации оптической оси камеры выделяют плановую и перспективную съемки²⁶. При плановой съемке оптическая ось камеры совпадает с отвесной линией в момент съемки или имеет незначительное отклонение, т.е. получаются изображения объектов, расположенных под камерой (например, участок местности под летательным аппаратом). Перспективная съемка выполняется при расположении оптической оси камеры под углом к отвесной линии, снимаются объекты, участки местности, расположенные впереди или по сторонам от камеры.

Имеется достаточное большое количество программного обеспечения разной степени сложности, позволяющего строить 3D-модели из фотографий и кадров

²⁶ Козин Е. В., Карманов А. Г., Карманова Н. А. Фотограмметрия СПб : Университет ИТМО, 2019. С. 11.

видеозаписи. Среди программного обеспечения на ПК хорошо зарекомендовали себя Autodesk ReCap Pro, Autodesk Fusion360, Agisoft Metashape, Context Capture, Meshroom, Pix4D, 3DF Zephyr, COLMAP. Причем программы Meshroom и COLMAP являются бесплатными для пользователей средствами создания трехмерных моделей. Большинство программ поддерживает возможность импорта фотографий с ручных фотоаппаратов, дронов, результатов лазерного сканирования, термальных и мультиспектральных съемок. У большинства разработчиков программного обеспечения фотограмметрии имеется целый пакет программ, который охватывает все этапы фотограмметрии, включая планирование полета в случае аэросъемки, фотографирование, захват изображения, постобработку и анализ полученной модели. Например, компания Pix4D предлагает совокупность программ картографирования и 3D-моделирования PIX4Dmapper, PIX4Dengine, PIX4Dfields, PIX4Dmatic, PIX4Dreact, приложения для сбора данных PIX4Dcapture (приложение для планирования полетов беспилотников для оптимального 3D-картографирования и моделирования), PIX4Dcatch (мобильный 3D-сканер), PIX4Dscan, облачные хранилища для накопления данных. Отечественная компания Геоскан не только является разработчиком программы Agisoft Metashape, геоинформационных систем ГИС Спутник, Спутник Агро, но и непосредственно предлагает БПЛА.

Фотограмметрия позволяет использовать фотографии для получения надежных и точных измерений, применяя передовое компьютерное обеспечение для создания 3D-модели. Программа считывает позицию каждой камеры и находит совпадающие точки на нескольких фотографиях, затем строит сетку расположения многочисленных точек для создания модели.

Алгоритм построения моделей в программах трехмерной фотограмметрии осуществляется следующим образом. Работа в программах трехмерной фотограмметрии начинается с анализа загруженных фотографий, некоторые программы имеют встроенный редактор работы с видеороликами. Происходит

выравнивание фотоснимков способом фототриангуляции²⁷. На двух фотографиях программа находит общие точки, после чего проводит луч зрения от оси камеры до этих точек на объекте. По данным общим точкам определяются параметры внутреннего и внешнего ориентирования. Для определения снимка в пространстве в момент съемки необходимо знать установочные линейные и угловые величины, которые определяют параметры внутреннего или внешнего ориентирования.

Внутреннее ориентирование определяет внутреннюю геометрию камеры или сенсора на момент съемки и используется для преобразования файловой системы координат в пространственную систему координат. Внутренняя геометрия камеры определяется фокусным расстоянием, главной точкой съемки и дисторсией объектива²⁸. Параметры внешнего ориентирования характеризуют положение и угловую ориентацию снимка в момент съемки. Линейные элементы внешнего ориентирования определяют пространственное положение центра фотографирования относительно фотограмметрической системы координат местности, угловые элементы – положение плоскости фотоснимка относительно фотограмметрической системы координат²⁹. Летательные аппараты, как правило, оснащены GPS-приемниками, которые измеряют параметры внешнего ориентирования в процессе съемки³⁰.

Результатом выравнивания снимков является облако связующих точек и данные о положении и ориентации камер, которые будут использоваться на следующих этапах. Также на данном этапе рассчитываются карты глубины для стереопар изображений и может быть построено плотное облако точек. Как облако связующих точек, так и плотное облако возможно экспортировать в другие программы фотограмметрии либо программы сравнения. Кроме того, в

²⁷ Фототриангуляция – способ определения координат местности, основанный на обработке перекрывающихся изображений.

²⁸ Краснопевцев Б. В. Фотограмметрия. М. : УПП «Репрография» МИИГАиК, 2008. С. 48-49.

²⁹ Назаров А. В. Фотограмметрия: учеб. пособие для студентов вузов / А. С. Назаров. Минск : ТетраСистемс, 2006. С. 57.

³⁰ Фотограмметрия и дистанционное зондирование. Курс лекций : учебное пособие / А. А. Калинин, А. М. Бондаренко, Б. Н. Строгий, М. Н. Семенов, И. А. Казачков, Ж. В. Матвейкина, Т. Ф. Самойлова ; под. ред. А. А. Калинина. Зерноград : Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2017. С.24.

большинство программ можно подгрузить готовые облака точек, полученные с помощью лазерного сканирования. Некоторые программы 3D-моделирования снабжены дополнительными пакетами для работы с облаком точек. Компания Bentley в дополнение к Context Capture предлагает Orbit 3DM, которая позволяет обновлять и управлять облаками точек, изображениями, текстурированными сетками и геоинформационными ресурсами³¹.

Построение плотного облака точек осуществляется на основании карт глубины, которые рассчитаны способом плотной стереорекострукции. В программном обеспечении Agisoft Metashape путем «фототриангуляции методом независимых связок определяются элементы внешнего и внутреннего ориентирования»³². По каждой паре изображений программа рассчитывает карты глубины, а также рассчитывает данные карты сразу с несколькими соседними изображениями. В итоге результирующая карта глубины содержит в себе информацию попарных расчетов.

На следующем этапе происходит построение полигональной 3D-модели или создание цифровой модели местности. Каркас из созданных точек переводится во множество многоугольных поверхностей. Если у субъекта возникает необходимость, программы позволяют построить цифровые модели местности (далее – ЦММ), включающая как точки поверхности земли, так и различные объекты (деревья, здания и другие антропогенные объекты), а также цифровая модель рельефа (далее – ЦМР), в которой исходными данными служат точки поверхности земли³³.

Полигональные модели для достижения фотореалистичности проходят этап текстурирования. В заключение вычисляется разрешение и определяется, какие пиксели на фотографии соответствуют какому полигону. Для этого 3D-модель

³¹ Orbit 3DM – Текст : электронный // Bentley URL: <https://bentley-soft.com/orbit-3dm/> (дата обращения 05.04.2023 г.).

³² Руководство пользователя Agisoft Metashape : Professional Edition, версия 2.0. / ГК Геоскан. URL : https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_2_0_ru.pdf (дата обращения 05.04.2023 г.). – Текст: электронный.

³³ Фотограмметрия, как наука – Текст: электронный // Геоскан Пионер Документация. URL : <https://docs.geoscan.aero/ru/master/database/complex-module/fotogrammetry/fotogrammerty.html> (дата обращения 05.04.2023 г.).

развертывается в плоскость и затем пространственное положение точки ставится в соответствие оригинальной фотографии для задания цвета. Полученные трехмерные модели могут быть дальше загружены в программы САПР или 3D-редакторы.

Для работы с очень большими объектами (проекты городов, местности) ПО позволяет создавать тайловые модели, в которых содержится классифицированная иерархическая информация в виде тайлов. При изучении мест происшествий, занимающих большую площадь, специалисты могут использовать возможности построения ортофопланов, служащих подложкой для географических карт. Для этого исходные изображения/кадры проецируются на полигональную модель и преобразуются в высококачественное 2D-изображение объекта.

Получение трехмерных моделей возможно не только путем загрузки фотографий в программу на ПК, но и сразу после фотографирования на смартфоне. Приложениями, которые располагают инструментами для создания 3D-моделей на телефоне, являются, например, Qlone, Scann3D, ScandyPro, Sony 3DCreator, Pix4Dcatch: 3D scanner. Большинство приложений имеют встроенную инструкцию по работе в приложении, и принцип сканирования достаточно прост и удобен. Одни приложения определяют и показывают общие точки, которые должны фиксироваться на перекрывающихся изображениях (рис. 1-2).



Рис. 1-2. Определение общих точек на изображениях объекта в приложении Scann3D

Другие приложения проецируют на объект в режиме дополненной реальности виртуальную сетку-купол, которая помогает соблюсти ракурс в процессе сканирования (рис. 3-4). Сканирование возможно проводить как без специализированных фонов, так и с использованием меток и ковриков.

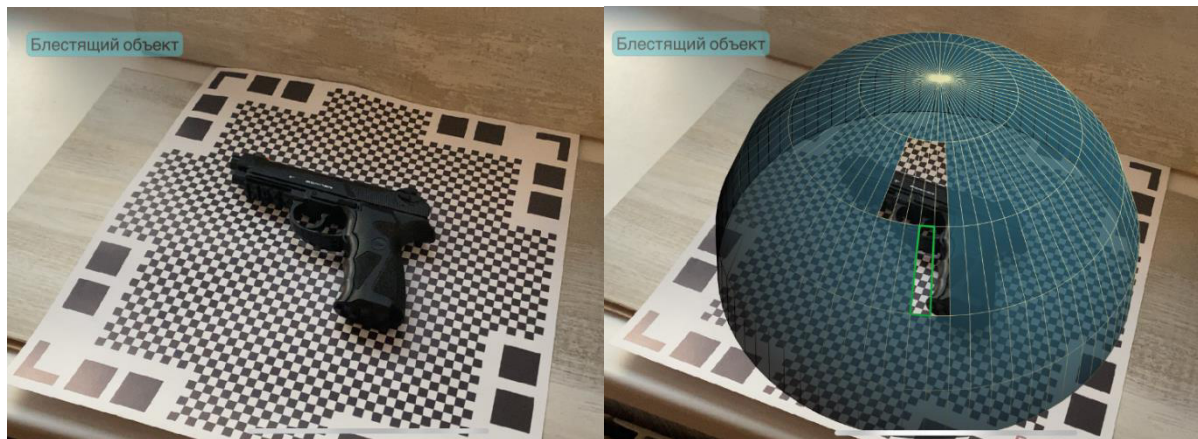


Рис. 3-4. Воспроизведение сетки дополненной реальности для построения модели в приложении Qlone

Некоторые приложения имеют дополнительные возможности обработки и дальнейших манипуляций с полученной моделью, например, Qlone позволяет проецировать модель в режиме дополненной реальности и делать её анимированной. Приложения поддерживают распространенные 3D-форматы (obj, stl, usdz, glb, fbx, ply и x3d), что позволяет использовать модели в других редакторах, САПР.

Кроме того, в последних поколениях смартфонов iPhone компании Apple встроен датчик Light Detection And Ranging (далее – LIDAR), который способен измерять расстояние до объектов. Сотрудниками Института судебной медицины Университета Цюриха установлено, что данный датчик совместно с программным обеспечением 3D-моделирования может быть успешно использован для фиксации объектов на месте происшествия³⁴.

Технический прогресс также позволил расширить возможности фиксации обстановки места происшествия, используя беспилотные летательные аппараты. Беспилотные летательные аппараты или так называемые дроны является не только средством развлечения, но и средством ведения военных действий, собирания

³⁴ Sören Kottner, Michael J. Thali, Dominic Gascho Using the iPhone's LiDAR technology to capture 3D forensic data at crime and crash scenes // Forensic Imaging. Vol. 32. 2023. PP. 1-7.

разведывательных данных, доставки различных товаров, проведения поисковых и спасательных операций, а также средством фиксации обстановки места происшествия. В настоящее время можно рассматривать БПЛА как в качестве специального технико-криминалистического средства фиксации, так и в качестве объекта компьютерно-технической экспертизы в случаях, когда он применяется для совершения преступления³⁵.

Основными компонентами БПЛА являются:

- контроллер полета – датчики и программное обеспечение, которое задает и корректирует траекторию полета, а также позволяет выполнять автономные команды;
- бортовой компаньон-компьютер;
- электронно-аппаратные компоненты – электронные регуляторы скорости, плата распределения питания, батарея, гребные винты, двигатели как детали, обеспечивающие подъемную силу, движение и мощность;
- GPS-датчик, который применяется для установления местонахождения дрона, обеспечивает возврат на землю и автономный режим полета;
- радиочастотный приемник, который обеспечивает прием управляющих сигналов;
- корпус;
- датчики (например, LIDAR)³⁶.

М.В. Савельева, А.Б. Смушкин выделили такие направления применения БПЛА, как осмотр мест происшествия, занимающих большую территорию, осмотр места происшествия в экстремальных условиях, осуществление надзора за дорожным движением ГИБДД, организация преследования скрывающихся подозреваемых по горячим следам³⁷. Д.А. Бурлаков отмечает существенные преимущества применения БПЛА при фиксации объектов строительно-

³⁵ Evangelos Mantas, Constantinos Patsakis Who watches the new watchmen? The challenges for drone digital forensics investigations. Array. Vol. 14. 2022. P. 1.

³⁶ Там же. P. 2.

³⁷ Савельева М. В., Смушкин А. Б. Беспилотный летательный аппарат как специальное технико-криминалистическое средство и объект криминалистического исследования // Вестник Томского государственного университета. 2020. № 461. С. 235–241.

технической экспертизы особенно при исследовании крупных объектов с привязкой к инженерной инфраструктуре³⁸. Ю.П. Шакирьянова продемонстрировала возможности фиксации обстановки места происшествия, снятой с помощью квадрокоптера «Fantom 4» и дальнейшее построение трехмерной модели в программе фотограмметрии³⁹.

Таким образом, на основании обобщения современных методов получения трехмерных моделей, констатируем, что технологии 3D-сканирования, использование 3D-редакторов, систем автоматизированного проектирования и получение моделей из фотографий и кадров видеозаписи, 3D-печати применимы для нужд судебно-экспертной деятельности. Данные технологии позволяют значительно расширить области исследования различных объектов судебной экспертизы, усовершенствовать методики экспертных исследований. Выбор той или иной технологии определяется целями и задачами, поставленными субъектом, а также техническими возможностями судебно-экспертных и криминалистических подразделений.

Каждый из приведенных методов получения 3D-модели составляет основу для накопления и выработки эмпирического материала по их применению для решения задач судебно-экспертной деятельности, который позволяет подойти к периодизации процесса внедрения 3D-технологий в судебно-экспертную деятельность, выработать конкретные направления применения технологий получения 3D-моделей в данной области.

³⁸ Бурлаков Д. А. Совершенствование методов фиксации технических характеристик объектов судебной строительно-технической экспертизы с использованием беспилотных летательных аппаратов (дронов) // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2021. №4.

³⁹ Шакирьянова Ю. П. Трёхмерное моделирование в судебной медицине : визуализация, идентификация, реконструкция / дисс. ...д-ра. мед. наук / Шакирьянова Юлия Павловна. Москва, 2020. С.135-137.

1.2. Этапы развития применения технологий получения 3D-моделей в судебно-экспертной деятельности

Вопросы компьютеризации судебно-экспертной деятельности были подняты в теории судебной экспертизы еще в 60-70-е годы прошлого века. И если первый этап ознаменовался появлением работ по применению информационно-компьютерных технологий в отдельных родах и видах экспертиз, то в дальнейшем произошла интеграция данных технологий в систему информационно-компьютерного обеспечения судебно-экспертной деятельности по основным магистральным направлениям.

Необходимость внедрения современных компьютерных технологий в деятельность правоохранительных органов отмечена в документах, определяющих на государственном уровне стратегические направления научно-технического развития Российской Федерации. Указ Президента РФ от 02.07.2021 г. №400 «О стратегии национальной безопасности РФ» указывает среди задач реализации приоритетного направления государственной и общественной безопасности комплексное развитие правоохранительных органов, спецслужб, повышение уровня их технической оснащенности⁴⁰. В Концепции научного обеспечения деятельности органов внутренних дел РФ на период до 2030 года в качестве актуальной проблемы выделена «объективная необходимость повышения эффективности деятельности органов внутренних дел РФ за счет их оснащения современными и перспективными технологиями, специальной техникой, специальным вооружением и боеприпасами к нему на основе передовых достижений науки и техники, а также необходимость укрепления и наращивания научно-технического обеспечения потенциала в сфере деятельности органов

⁴⁰ Указ Президента РФ от 02.07.2021 N 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» - Текст: электронный / КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/ (дата обращения 01.03.2023 г.).

внутренних дел»⁴¹. Данные проблемы предложено решить путем проведения мероприятий, направленных на совершенствование применения экспертно-криминалистической техники и технологий в деятельности органов внутренних дел по выявлению, пресечению, раскрытию и расследованию преступлений. Одним из направлений решения подобных задач можно рассматривать внедрение инновационных методов в судебно-экспертную деятельность.

Э.В. Сысоев, А.В. Селезнев, И.П. Рак, Е.В. Бурцева выделили следующие направления компьютеризации судебно-экспертной деятельности:

- для решения задач конкретного экспертного исследования: диагностических, классификационных и идентификационных;
- «для решения задач, направленных на оптимизацию и повышение эффективности решения определенного вида задач или экспертной деятельности в целом: автоматизацию измерений и первичной обработки данных; создание и эксплуатацию автоматизированных банков данных о свойствах разнообразных объектов; решения сложных вычислительных задач; создания и эксплуатации программ для логического анализа данных; автоматизации для решения задач управления, учета кадров, сбора статистических данных в области судебной экспертизы и др.»⁴².

Е.Р. Россинская справедливо отмечает, что «переход к цифровым технологиям в криминалистике и судебной экспертизе начат уже давно»⁴³. Ею также была заложена система основных магистральных направлений развития и применения данных технологий.

Первое направление связано с использованием компьютерных систем и средств для решения судебно-экспертных задач и включает:

- «использование универсальных аппаратных средств и программного

⁴¹ Об утверждении Концепции научного обеспечения деятельности органов внутренних дел Российской Федерации на период до 2030 года – Текст : электронный / МВД. URL: https://мвд.рф/upload/site163/folder_page/018/930/872/Kontseptsiya_NO_na_15.10.2020.pdf (дата обращения 01.04.2023 г.).

⁴² Новые информационные технологии в судебной экспертизе : учебное пособие / Э. В. Сысоев, А. В. Селезнев, И. П. Рак, Е. В. Бурцева. Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. С.8.

⁴³ Россинская Е. Р. Цифровизация судебно-экспертной и криминалистической деятельности взаимосвязи и разграничения // Вопросы экспертной практики. 2019. S1. С. 570.

обеспечения;

- разработку компьютерных систем анализа изображений;
- создание баз данных и автоматизированных информационно-поисковых систем по конкретным объектам судебной экспертизы;
- автоматизацию сбора и обработки экспериментальных данных;
- создание программных комплексов либо отдельных программ для выполнения вспомогательных расчетов по известным формулам и алгоритмам;
- создание гибридных человеко-машинных систем и программных комплексов автоматизированного решения экспертных задач»⁴⁴.

Второе направление Е.Р. Россинская связывает с проблемным вопросом роста числа преступлений, связанных с использованием различных цифровых технологий, и появлением новых по своей природе следов – цифровых следов, соответственно, и новых объектов судебной экспертизы, зафиксированных в цифровом виде на компьютерных носителях информации.

О.И. Несмиянова справедливо предлагает дополнить данные направления «использованием в практической деятельности возможностей компьютерного моделирования, 3D-сканирования, 3D-моделирования, 3D-микроскопии при исследовании объектов судебно-экспертной деятельности»⁴⁵. Ф.Г. Аминев в качестве актуального направления использования современных технологий выделил применение программного обеспечения реконструкции места происшествия в 3D-формате⁴⁶.

Различные направления применения инновационных технологий в условиях цифровизации криминалистической и судебно-экспертной деятельности изучают

⁴⁴ Там же. С. 570-571.

⁴⁵ Несмиянова И. О. Применение информационных технологий в производстве трасологических экспертиз : дис. ... канд. юрид. наук : 12.00.12. Москва, 2021. С. 31.

⁴⁶ Аминев Ф. Г. О некоторых актуальных направлениях использования современных технологий в правоприменительной практике // Высокотехнологичное право : современные вызовы: Материалы IV Международной межвузовской научно-практической конференции, Москва-Красноярск, 17–20 февраля 2023 года. Том Часть 1. Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2023. С. 18.

Ф.Г. Аминев⁴⁷, Л.В. Бертовский,⁴⁸ Д.А. Кудряшов⁴⁹, В.В. Овсянников⁵⁰, Е.И. Попова⁵¹, А.Н. Халиков⁵² и многие др.

С целью получения информации об обстановке применения и готовности к внедрению современных компьютерных средств и методов в практику производства криминалистических экспертиз автором проводилось анкетирование сотрудников экспертно-криминалистических подразделений МВД России Нижегородской и Владимирской областей, а также МВД России на транспорте по Приволжскому федеральному округу по разработанной анкете (приложение №1). В процессе анкетирования было опрошено 166 сотрудников. Анализ полученных результатов показал, что 84,3% сотрудников считают необходимым внедрение новых методов и компьютерных технологий в практику участия специалиста в следственных действиях, 69,3% подтвердили целесообразность внедрения методов 3D-моделирования и сканирования в практику производства судебных криминалистических экспертиз. 94,6% опрошенных высказали готовность применять современные методы и технологии в собственной практике производства экспертиз (приложение №2).

В системе криминалистики и судебной экспертизы расширяется сфера применения инструментов трехмерного моделирования как на месте происшествия, так и при производстве исследований, анализе и представлении

⁴⁷ Аминев Ф. Г. О путях развития судебно-экспертной деятельности в условиях современных вызовов // Развитие научных идей профессора Р.С. Белкина в условиях современных вызовов (к 100-летию со дня рождения): Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Москва, 20 мая 2022 года. Часть 1. Москва: Академия управления Министерства внутренних дел Российской Федерации, 2022. С. 186-193.

⁴⁸ Перспективы применения цифровых двойников места происшествия в российском судопроизводстве / О. Г. Костюченко, А. Н. Бойко, Л. В. Бертовский, С. П. Тимошенко // Высокотехнологичное право: современные вызовы: Материалы IV Международной межвузовской научно-практической конференции, Москва-Красноярск, 17–20 февраля 2023 года. Часть 1. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2023. С. 166-171.

⁴⁹ Кудряшов Д. А. Современные направления развития инновационных технологий в судебной баллистике // Вестник экономической безопасности. 2021. №3. С.156-61.

⁵⁰ Овсянников В. В. Перспективы использования 3d-сканирования в экспертной практике // Право и государство: теория и практика. 2020. №12 (192). С. 234-236.

⁵¹ Попова Е. И. К вопросу о применении современных технологий в уголовном процессе в странах БРИКС // Вестник ЮУрГУ. Серия: Право. 2022. №4. С. 43-48.

⁵² Халиков А. Н. Значение цифровых технологий в теории и практике криминалистики // Государство и право России в современном мире: сборник докладов XII Московской юридической недели : в 5 ч. Ч. 4. М. : Издательский центр Университета имени О.Е. Кутафина (МГЮА), 2023. С. 278-282.

материалов в зале суда. Поэтому важно понять, что представляет собой данное новое направление, для чего оно нужно, с учетом того, что уже было достигнуто и внедрено в практику на сегодняшний день и что необходимо сделать в дальнейшем, чтобы поспособствовать внедрению передового опыта получения и использования трехмерных моделей в экспертную практику. Путь становления в использовании различных технологий получения и работы с 3D-моделями проходил в несколько этапов.

Первый этап (1995-2019 гг.) можно связать с появлением научных работ, в которых содержатся первые рекомендации по фиксации некоторых объектов судебной экспертизы с помощью методов 3D-моделирования, 3D-сканирования и дальнейшему исследованию полученных моделей для решения задач судебной экспертизы.

Имеется достаточное большое количество работ, которые содержат обзор программного обеспечения и технологий получения 3D-моделей, анализ перспектив применения подобных технологий в области криминалистики и судебной экспертизы⁵³.

Серьезные практикоориентированные исследования были посвящены 3D-моделированию объектов судебной медицины, начиная с 1990-х гг. С.С. Абрамов рассматривал совершенствование объективной стороны экспертных заключений за счет внедрения компьютерной техники⁵⁴. Впервые в России с помощью технологий

⁵³ Демидова Т. В., Беляев М. В. Применение инновационных технологий при осмотре мест дорожно-транспортных происшествий // Вестник экономической безопасности. 2015. №2. С. 72-76 ; Морозова Н. В. Современное технико-криминалистическое обеспечение осмотра дорожно-транспортных происшествий // Криминалистика : вчера, сегодня, завтра. 2022. Т. 22. № 2. С. 130-137; Пискунова Е. В. Использование 3D-технологий в криминалистике и судебной экспертизе (реферативный обзор) // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Сер. 4, Государство и право : Реферативный журнал. 2014. №4. С. 153-164; Колесников И. И., Бульбачева А. А. Инновационный подход к проведению осмотра места происшествия с использованием передовых технологий // Академическая мысль. 2018. №4 (5). С. 85-88 ; Снятков Е. В., Дорохин С. В., Чаркин И. И., Есаулова А. Н., Савинков М. А. Повышение объективности экспертизы лакокрасочных покрытий применением метода 3-D сканирования // Воронежский научно-технический вестник. 2017. №1(19). С. 123-128 ; Беляев М. В. Возможности трехмерного сканирования трасологических объектов // Материалы международной научно-практической конференции «Судебная экспертиза: прошлое, настоящее и взгляд в будущее». 2018. С. 34-39 ; Жукова Н. А. Современные технологии в экспертной деятельности : учебное пособие / Н. А. Жукова, И. А. Ярощук, Е. А. Яковенко. Белгород : ИД «БелГУ» НИУ «БелГУ», 2021. 52 с.

⁵⁴ Абрамов, С. С. Компьютеризация краниофациальной идентификации: Методология и практика : автореферат дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.24. Москва, 1998. 35 с.

трехмерной печати, точнее, лазерной стереолитографии получена экспериментальная модель черепа⁵⁵. Первые технические решения по осуществлению оптического сканирования и производства трехмерных компьютерных измерений при реконструкции лица по черепу, а именно оптоэлектронные системы «ОПТЭЛ» для измерений геометрии биологических объектов были предложены ООО Научно-внедренческим предприятием «ОПТЭЛ»⁵⁶.

Началось активное применение программного обеспечения 3D-моделирования для иллюстрирования результатов судебно-медицинской реконструкции механизма образования повреждений⁵⁷. И если на первых этапах моделирование осуществлялось на примитивном уровне, например, тело человека отображалось только в виде стандартного каркаса, манекена, то в дальнейшем стало возможным реконструировать индивидуальные особенности тела с учетом реальных размеров и изучать различные механизмы нанесения повреждений в конкретных условиях, воссоздавать сложные условия моделирования.

В рамках медико-криминалистической реконструкции огнестрельных повреждений к применению 3D-технологий практиков привело несовершенство существующих методов установления направления выстрела, которые дают неточные результаты, что значительно снижает объективность экспертного

⁵⁵ Абрамов С. С., Болдырев Н. И. О новом методе моделирования объектов с помощью компьютерных и лазерных технологий // Матер. IV Всеросс. съезда судебных медиков : тезисы докладов. Владимир, 1996. №1. С. 49; Абрамов С. С., Аветисян А. Г., Афанасьева О. Ю., Башхаджиев Н. Х., Климов М. В., Прохоренко С. В., Чернышов К. А., Шпанер М. А., Абрамов А. С. Новые технологии в краниофациальной идентификации личности // Судебно-медицинская экспертиза. М., 2001. №3. С. 25.

⁵⁶ Оптоэлектронные системы «ОПТЭЛ» для измерений геометрии биологических объектов [Электронный ресурс] // ООО Научно-внедренческое предприятие «ОПТЭЛ», г. Уфа. URL: <http://www.nvp-optel.ru> (дата обращения 10.04.2023 г.).

⁵⁷ Леонов С. В. Методика проведения ситуационных экспертиз при решении вопросов расположения внутри салона автомобиля // Избранные вопросы судебно-медицинской экспертизы. Хабаровск, 2003. №6. С. 65-70 ; Леонов С. В., Пинчук П. В. Установление места положения стрелявшего методом трехмерного моделирования // Судебно-медицинская экспертиза. М., 2016. №3. С. 38-39 ; Пиголкин Ю. И., Леонов С. В., Леонова Е. Н. Реконструкция обстоятельств происшествия по следам крови методом трехмерного моделирования // Судебно-медицинская экспертиза. М., 2016. №4. С. 25-27 ; Леонова Е. Н., Шакирьянова Ю. П., Леонов С. В., Мосоян А. С., Пиголкин Ю.И. Визуализация реконструкции криминального события методом 3D-моделирования // Судебно-медицинская экспертиза. М., 2018. №1. С. 52-54 ; Леонов С. В., Пинчук П. В. Судебно-медицинская характеристика повреждений у пешехода при переднекраевом наезде автомобиля // Судебно-медицинская экспертиза. М., 2016. №4. С. 21-24.

заклучения. Натурные манекены не располагают к четкой передаче анатомии тела, и их невозможно антропометрически подстроить к данным потерпевшего из-за стандартных размеров. В данном случае 3D-модель позволяет в точности воспроизвести параметры тела, учесть подвижность в суставах конечностей для придания реальной позы, что даёт эксперту возможность фиксировать все раневые каналы, внешние повреждения и перемещать манекен, имитируя возможные положения потерпевшего в момент выстрела. Подчеркнута основная составляющая эффективности методов 3D-моделирования: моделирование должно быть основано на точных исходных данных о характеристиках помещения, вещной обстановке, расположении всех повреждений на теле⁵⁸.

На основании этого в судебной медицине началась разработка баз данных подобных объектов, их исследование в программах САПР, основанных на методе конечно-элементного анализа (например, ANSYS, AutoDesk Inventor, «ЛИРА-САПР» и др.). В.Г. Фокин определяет метод конечных элементов как «метод приближённого численного решения физических задач»⁵⁹. Конечно-элементный анализ стал использоваться в судебно-медицинских заключениях для иллюстрации моделирования и изучения процессов деформации и разрушения в костях и мягких тканях. Так, использование конечно-элементного анализа при моделировании повреждений кожного покрова клинком ножа позволило визуализировать процесс разрушения и оценить слеодообразующие свойства клинка⁶⁰. С помощью метода конечных элементов также стало возможным провести экспериментальное математическое моделирование механизма слеодообразования в плоских костях при

⁵⁸ Макаров И. Ю., Леонов С. В., Евтеева И. А. Возможности трехмерного моделирования как метода ситуационной реконструкции механизма огнестрельной травмы // Судебно-медицинская экспертиза. М., 2013. №1. С. 4-9.

⁵⁹ Фокин В. Г. Метод конечных элементов в механике деформируемого твёрдого тела: учеб. пособие / В.Г. Фокин. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. С. 5.

⁶⁰ Леонов С. В., Бутузова Ю. П., Финкельштейн В. Т. Использование метода конечных элементов при моделировании процесса формирования колото-резаных повреждений // Медицинская экспертиза и право. 2013. №1. С. 29-32 ; Кислов М. А. Использование трехмерного математического моделирования методом конечных элементов для оценки механизма образования колото-резаного повреждения // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. М., 2015. Т.14. №3. С. 549–553 ; Макаров И. Ю., Леонов С. В., Евтеева И. А. Использование метода конечных элементов при моделировании процесса формирования колото-резаных повреждений // Медицинская экспертиза и право. 2013. №1. С. 29-32.

выстреле пулей патрона 9×18 мм и сформировать соответствующую систему признаков огнестрельных повреждений⁶¹. После проведения серии экспериментальных выстрелов из пистолета МР-80-13Т и в ходе дальнейшего математического моделирования установлены особенности механизма образования основных и дополнительных факторов выстрела⁶².

Возможность интеграции данных компьютерной томографии, сканирования в средах проектирования и моделирования позволило математически оценивать механизм образования повреждений максимально приближенного к оригиналу⁶³. Множественные трехмерные данные стали объединяться в информационную модель, что привело к появлению понятий «4D-моделирование» и «ВІМ-технологии». Суть данных методов заключается в объединении на одной платформе архитектурных, конструктивных и инженерных данных с отражением всех технико-экономических показателей. Ученые пришли к выводу, что применение трехмерного моделирования для решения задач судебной экспертизы, и дальнейшее объединение полученных моделей с помощью ВІМ-технологий в одну интеграционную систему с другими экспертными результатами и данными предварительного расследования позволяют получить полноценную картину криминального события (его информационную модель)⁶⁴. А.В. Холопов

⁶¹ Леонов С. В., Михайленко А. В. Морфологические признаки огнестрельных повреждений плоских костей, позволяющие установить направление вращения огнестрельного снаряда // Медицинская экспертиза и право. 2014. №1. С. 35-37.

⁶² Леонов С. В., Пинчук П. В., Крупин К. Н. Математическое моделирование выстрела газопороховой струи при выстреле из ствола типа EVO // Вестник судебной медицины. Новосибирск, 2017. №2. С. 8-11.

⁶³ Леонов С. В., Пинчук П. В., Крупин К. Н., Панфилов Д. А. Математическое моделирование травмирующего воздействия на большеберцовую кость для оценки условий образования перелома // Судебно-медицинская экспертиза. М., 2017. №2. С. 11-13 ; Леонов С. В., Власюк И. В., Крупин К. Н. Моделирование механизма образования колото-резаных ран методом конечных элементов // Судебно-медицинская экспертиза. М., 2013. №6. С. 14-16 ; Леонов С. В., Бутузова Ю. П. Анализ напряжений, возникающих в следовоспринимающем материале при внедрении колюще-режущего предмета // Судебно-медицинская экспертиза. М., 2013. №2. С. 19-21 ; Кислов М. А. Применение метода конечных элементов для прогнозирования разрушения костной ткани // Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики. Материалы 7-й научно-практической Internet-конференции. 30–31 марта 2016 г. / отв. ред. Ю. С. Нагорнов. Ульяновск : ЗЕБРА, 2016. С. 60–65.

⁶⁴ Леонов С. В., Шакирьянова Ю. П., Пинчук П. В. Перспективы развития трехмерного моделирования для решения судебно-медицинских экспертных задач: ВІМ-технология и 4D-моделирование. Судебная медицина. 2020. №6(1). С. 4-13 ; Харченко В. Б. Использование ВІМ-моделей при производстве судебной строительно-технической экспертизы // Юридическая наука. 2019. №11. С. 89-91.

подчеркивает перспективы 4D-моделирования для анализа функционирования и взаимодействия различных элементов моделируемой системы (события преступления) и дальнейшей его визуализации с помощью технологий виртуальной реальности⁶⁵.

Применение технологий работы с 3D-моделями дало толчок для разработки специализированных судебно-медицинских программ и аппаратно-программных комплексов моделирования объектов для целей судебной экспертизы.

Сотрудники бюро судебно-медицинской экспертизы Ивановской области и Ивановской государственной медицинской академии, проанализировав достоинства и недостатки существующих систем сканирования в судебной медицине, разработали универсальный метод сканирования (UST), который позволяет сканировать объекты размером от 1 мм до нескольких метров, с возможностью дальнейшего сохранения полученных моделей в банке данных⁶⁶. На создание системы ученых подтолкнула возможность с помощью 3D-визуализации изучать мелкие особенности на теле и одежде трупа более детально, захватывая при этом и общий вид трупа целиком. Система позволяет проводить анализ объектов судебной экспертизы с увеличением в 200 раз с точностью в 1 мкм⁶⁷. Разработанный и запатентованный комплекс работает по принципу сканера структурированного света за счет проектора и может работать без дополнительных источников освещения. Разработанная технология была апробирована на множестве объектов судебно-медицинской экспертизы и прошла усовершенствование от UST 1.0 до UST 4.0⁶⁸.

⁶⁵ Холопов А. В. Сумма 3D-технологий фиксации и визуализация события преступления в криминалистике // Материалы Всероссийской научно-практической конференции к юбилею доктора юридических наук, профессора, заслуженного юриста Российской Федерации Александра Алексеевича Протасевича. Иркутск. 2023. С. 117-123.

⁶⁶ Ерофеев С. В., Шишкин Ю. Ю., Федорова А. С. UST 4.0 – эффективный инструмент трехмерного сканирования и моделирования судебно-медицинских объектов // Судебная медицина. С. 151.

⁶⁷ Федорова А. С. Трехмерное сканирование судебно-медицинских объектов: особенности и перспективы использования в подразделениях бюро судебно-медицинской экспертизы // Судебно-медицинская экспертиза. М., 2019. №1. С. 44.

⁶⁸ Ерофеев С. В., Шишкин Ю. Ю., Федорова А. С. О технологиях анализа изображений как средствах повышения объективности и достоверности судебно-медицинских экспертиз // Судебная медицина. 2017. №2. С. 17-23 ; Ерофеев С. В., Шишкин Ю. Ю., Федорова А. С. Актуальные направления применения 3D-технологий в судебной медицине // Судебная медицина. С 159-160 ; Ерофеев С. В., Федорова А. С., Ковалев А. В., Шишкин Ю. Ю., Фетисов В. А. Трехмерное сканирование судебно-

Помимо апробации методов трехмерного сканирования для фиксации и анализа механизма дорожно-транспортных происшествий⁶⁹, применения универсальных средств 3D-моделирования⁷⁰, было разработано специализированное программное обеспечение реконструкции события происшествия для производства автотехнических (PC-Crash, Virtual Crash и т.п.), пожарно-технических экспертиз (например, Fenix+3, FDS). Программные продукты располагают необходимой базой готовых объектов для реконструкции, а также средствами производства расчетов в целях решения экспертных задач. В ведомственных документах Следственного комитета в качестве необходимого криминалистического средства сбора информации об обстановке места происшествия указан комплект 3D панорамного фотографирования⁷¹.

Надежным методом визуализации при исследовании стреляных гильз, позволяющим визуализировать внутреннюю структуру с разрешением 5 мкм, также является микро-КТ⁷². Проиллюстрированы случаи, когда 3D-моделирование и реконструкция позволили установить реальный механизм совершения преступления, а также уточнить квалификацию деяния⁷³. Благодаря трехмерной

медицинских объектов: приборное обеспечение и особенности технологии. Судебно-медицинская экспертиза. 2018. №61(6). С. 39-42.

⁶⁹ Думнов С. Н. К вопросу применения метода лазерного 3D-сканирования при производстве судебной автотехнической экспертизы // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. 2019. № 3(90). С. 16–21.

⁷⁰ Дашко Л. В., Харченко И. В., Гераськин М. Ю. Использование 3D-моделирования в судебной взрывотехнической экспертизе // Вестник ВИПК МВД России. 2023. № 1(65). С. 175-193 ; Сысоева Т. П., Лобова С. Ф., Кухарев А. А. Применение компьютерного моделирования динамики распространения пожара для установления месторасположения очага пожара // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2019. №3. С. 121-131.

⁷¹ Приказ Следственного комитета РФ от 27 декабря 2011 г. № 159 «О нормах обеспечения криминалистической и специальной техникой в Следственном комитете Российской Федерации» Текст - электронный // КонсультантПлюс. URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=526988#SXhC8lTO65XC4Aqw1> (дата обращения 05.04.2023 г.).

⁷² Alsop K., Norman D., Remy G., Wilson P., & Williams M. A. Quantitative characterisation of ballistic cartridge cases from micro-CT. *Forensic science international*. 2021. Vol. 326. P. 110913.

⁷³ Buck U., Naether S., Räss B., Jackowski C., Thali M.J. Accident or homicide-virtual crime scene reconstruction using 3D methods // *Forensic science international*. N.Y., 2013. Vol. 225, N 1/3. P. 75–84 ; Galligan A.A., Fries C., Melinek J. Gunshot wound trajectory analysis using forensic animation to establish relative positions of shooter and victim. *Forensic science international*. Vol. 271 (2017). P. e8-e13 ; Buck U., Naether S., Braun M., Bolliger S., Friederich H., Jackowski C., Aghayev E., Christe A., Vock P., Dirnhofer R., & Thali M. J. Application of 3D documentation and geometric reconstruction methods in traffic accident analysis : with high resolution surface scanning, radiological MSCT/MRI scanning and real data based animation. *Forensic*

реконструкции были детально проанализированы траектории полета пуль и установлены некоторые новые обстоятельства, а также развеяны некоторые конспирологические теории убийства президента США Джона Кеннеди, которое было совершено 22 ноября 1963 г.⁷⁴. Результативность проведенных ситуационных исследований позволила провести сравнительный анализ точности установления направления выстрела при применении 3D-сканера, геодезического оборудования, трехмерной фотограмметрии⁷⁵.

Исследования в области 3D-реконструкции места происшествия также посвящены случаям, когда доказательственная база была собрана задолго до повторного расследования и рассмотрения дела в суде и является недостаточно полной для построения трехмерных моделей, однако данные с карт, конструкторской документации зданий могут дополнить существующие материалы и объективно вернуться на место происшествия спустя длительный срок, несмотря на то что произошли существенные изменения⁷⁶.

Повышению объективности процесса идентификации огнестрельного оружия по следам на пулях и гильзах способствует использование режима получения 3D-изображения в автоматизированных баллистических идентификационных системах (далее – АБИС). АБИС «Арсенал», POISK, BALSCAN, ALIAS, IBIS, EVOFINDER, «РАМЭК» с разной производительностью позволяют работать с 3D-моделями пуль и гильз, а также существенно деформированных пуль. Ранее нами уже осуществлялось сравнение возможностей различных АБИС для фиксации поверхностей пуль и гильз в трехмерном пространстве⁷⁷.

science international. 170(1). P. 20–28 ; Bolliger M.J., Buck U., Thali M.J., & Bolliger S.A. Reconstruction and 3D visualisation based on objective real 3D based documentation. Forensic science, medicine, and pathology. 2012. Vol. 8(3). P. 208–217.

⁷⁴ Nalli N.R.. Sniper Target Tracking Analysis of John F. Kennedy Assassination. J Assoc Crime Scene Reconstr. 2018. Vol. 22. P. 11-21.

⁷⁵ Terpstra T., Hashemian A., Voitel T., Priest J. A Comparison of Metrology Used in Documenting Shooting Incident Trajectories. J Assoc Crime Scene Reconstr. 2020. Vol. 24. P. 23-42.

⁷⁶ Maksymowicz K., Tunikowski W., & Kościuk J. Crime event 3D reconstruction based on incomplete or fragmentary evidence material-case report. Forensic science international. 2014. Vol. 242. P. 6–11.

⁷⁷ Полякова А. В., Юматов В. А. Возможности идентификации нарезного огнестрельного оружия по следам на деформированных пулях // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. № 6. С. 169-175.

Второй этап (2020 г. – по настоящее время) – формирование теоретических основ применения 3D-технологий в судебно-экспертной деятельности, расширение методических основ решения задач различных родов и видов судебных экспертиз за счет методов получения 3D-моделей.

Ряд авторов рассматривает применение 3D-технологий в качестве средства развития криминалистической методологии. Так, В.Б. Вехов включил методы трехмерного моделирования и сканирования в группу специальных методов криминалистики⁷⁸. Н.П. Майлис также подчеркивает выделение нового метода познания в виде компьютерного моделирования⁷⁹ и на основании рассмотрения перспективных направлений развития трасологии был выделен такой новый раздел трасологической экспертизы, как цифровая трасология⁸⁰.

И.О. Несмиянова дополнила круг информационных технологий внедрением новой криминалистической техники: 3D-сканеров и 3D-микроскопов, обозначила цифровые модели как средство иллюстрирования экспертного заключения. Автором подчеркнуто, что путь становления 3D-технологий прошел от создания примитивных моделей до качественных 3D-моделей, которые дают более детальное представление об объекте. Ею были проанализированы возможности микроскопа Leica DVM6 с функцией 3D-моделирования для решения задач трасологической экспертизы⁸¹. Данное оборудование также возможно использовать при решении идентификационных задач в других родах криминалистических экспертиз. Проведенные экспериментальные исследования позволили И.О. Несмияновой сформулировать основные требования при работе эксперта с 3D-сканерами и предложить алгоритм применения 3D-сканера при

⁷⁸ Цифровая криминалистика : учебник для вузов / В. Б. Вехов [и др.] ; под редакцией В. Б. Вехова, С. В. Зуева. Москва : Издательство Юрайт, 2023. 417 с. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт. URL: <https://urait.ru/bcode/520165> (дата обращения: 26.03.2023).

⁷⁹ Майлис Н. П. Методы моделирования при производстве судебных экспертиз, как эффективное средство в доказывании // Вестник Московского университета МВД России. 2018. №4. С. 73.

⁸⁰ Майлис Н. П. Роль инновационных технологий в развитии цифровой трасологии // Теория и практика судебной экспертизы. 2022. Т. 17. № 2. С. 18–22.

⁸¹ Несмиянова И. О. Применение информационных технологий в производстве трасологических экспертиз : дис. ... канд. юрид. наук : 12.00.12. Москва, 2021. С. 77-94 ; Несмиянова И. О. Современные возможности 3D-микроскопии при решении задач трасологической экспертизы // Актуальные проблемы судебно-экспертной деятельности: сборник научных трудов Международной конференции. Москва : Московский университет МВД России имени В.Я. Кикотя. 2020 г. С. 175-180.

трасологических исследованиях следов обуви, что закладывает основы для создания типовой методики исследования цифровых моделей следов обуви⁸². Апробировал технологию 3D-сканирования в процессе фиксации и исследования следов обуви, а также реконструкции дорожно-транспортных происшествий М.В. Беляев⁸³.

И.О. Несмиянова также предприняла шаги и к совершенствованию нормативно-правового регулирования применения цифровых технологий в судебно-экспертной деятельности. Ею предложено определение понятия «цифровая модель», которое расширяет представления о перечне материалов, иллюстрирующих заключение эксперта или комиссии экспертов.

В 2021 г. Ю.П. Шакирьяновой защищена первая докторская диссертация, посвященная трехмерному моделированию в судебной медицине. Ю.П. Шакирьяновой впервые была предложена развернутая классификация трехмерных моделей объектов судебно-медицинской экспертизы, которая, по нашему мнению, в большей части справедлива и для других родов и видов судебных экспертиз⁸⁴. Ряд экспериментальных исследований позволил выделить наиболее подходящие параметры экспозиции, фокусного расстояния и ракурсы съемки для типовых объектов судебно-медицинской экспертизы. Разработаны подробные методические рекомендации по получению трехмерных моделей судебно-медицинских, а также некоторых трасологических объектов на базе фотоизображений, приведен обширный опыт создания и иллюстрирования судебно-медицинских заключений данными трехмерного моделирования. Данным автором разработаны критерии верификации полученных трехмерных моделей,

⁸² Там же. С. 88-94.

⁸³ Беляев М. В., Бушуев В. В. К вопросу о современных способах фиксации и исследования трасологических объектов // Материалы международной научно-практической конференции «Судебная экспертиза : прошлое, настоящее и взгляд в будущее». Санкт-Петербург, 2021. С. 38-46 ; Беляев, М.В. Возможности 3d сканирования для целей фиксации трасологических объектов // Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Актуальные вопросы производства криминалистических экспертиз и оценки результатов судебно-экспертной деятельности», Красноярск, 2021. С. 9-17.

⁸⁴ Шакирьянова Ю. П. Трёхмерное моделирование в судебной медицине : визуализация, идентификация, реконструкция : дисс. ...д-ра. мед. наук / Шакирьянова Юлия Павловна. Москва, 2020. С. 75-81.

которые позволят правильно подойти к оценке представленных в заключении эксперта моделей следователем и судом. Исходя из этого усовершенствованы методики судебно-медицинской идентификации личности по моделям черепа, ушных раковин, головы, идентификации слеодообразующих объектов, проведения ситуационных экспертиз⁸⁵. За рубежом также имеются диссертационные исследования, посвященные фиксации скелетированных останков с помощью технологий 3D-моделирования⁸⁶.

Комплексирование традиционных экспертных методов и цифровых технологий позволяет расширить возможности экспертных исследований. Например, синтез оптической микроскопии с технологиями лазерного сканирования, видеоспектральных методов и фотограмметрии облегчит решение экспертом диагностических и идентификационных задач. И.Н. Горбулинская, Ю.Ю. Барбачакова, Е.В. Шавленко продемонстрировали возможности 3D-микроскопии при идентификации огнестрельного оружия по следам боя, а также при исследовании пересекающихся штрихов реквизитов документов⁸⁷. Исследование пересекающихся штрихов реквизитов документов с помощью 3D-технологий проводится и в Приволжском региональном центре судебной экспертизы при Министерстве юстиции. Применение трехмерных технологий при установлении последовательности выполнения реквизитов документов становится актуальным, так как данные технологии, дополняя существующий арсенал методов данного вида исследований, являются неразрушающими и показали свою эффективность для участков пересечения однородных пишущих приборов⁸⁸.

На этом развитие теоретико-методических основ применения трехмерных

⁸⁵ Там же. С. 156-238.

⁸⁶ Ferrell M. Applications of Close-range Photogrammetry for Documenting Human Skeletal Remains in Obstructed Wooded Environments. Electronic Theses and Dissertations, 2020.

⁸⁷ Горбулинская И. Н., Барбачакова Ю. Ю., Шавленко Е. В. О возможностях применения методов 3D-моделирования в ходе производства криминалистических экспертиз // Вестник экономической безопасности. 2018. №1. С. 42-45.

⁸⁸ Баринова О. А. Использование информационных технологий при криминалистическом исследовании реквизитов документов // Дискуссионные вопросы теории и практики судебной экспертизы : Материалы IV Международной научно-практической конференции, Москва, 25–26 марта 2021 г. М., РГУП, 2021. С. 93-96 ; Компаратор видеоспектральный «Регула» 4308 [Электронный ресурс] // Regula. URL: https://regula.by/ru/products/advanced_verification/4308/ (дата обращения 15.04.2023 г.).

технологий в настоящее время не останавливается. А.В. Кокин подтверждает, что новая промышленная революция (революция 4.0), определяет современные тенденции развития судебной экспертизы, которыми, по его мнению, являются «3D-печать, искусственный интеллект, биотехнологии, роботы»⁸⁹. Данные технологии справедливо можно дополнить трехмерным моделированием и визуализацией, которые позволяют представить объекты судебной экспертизы в цифровой форме в виде 3D-моделей. Л.В. Бертовский, С.В. Зуев определяют современное уголовное судопроизводство не иначе как высокотехнологичное, в котором находят отражение передовые цифровые технологии⁹⁰.

В связи с этим можно судить о скором переходе на **третий этап применения 3D-технологий в судебно-экспертной деятельности**, который будет направлен на совершенствование разработанного теоретического и методического аппарата, а также продолжит переход на более технологичный и продвинутый уровень применения трехмерных технологий в совокупности с методами машинного обучения, обработкой и использованием больших данных.

Этому поспособствуют разработки в области комплексирования методов работы с 3D-моделями методами машинного обучения нейронных сетей в целях автоматизированного решения идентификационных задач. Кроме того, данные методы позволяют производить классификацию следов с учетом их индивидуализирующих признаков. Разработана баллистическая система, основанная на вычислении коэффициентов правдоподобия по цифровым 3D-изображениям стреляных гильз, полученных с помощью АБИС Evofinder⁹¹. Ученые

⁸⁹ Кокин А. В. Судебная экспертиза в эпоху четвертой индустриальной революции (Индустрии 4.0) // Теория и практика судебной экспертизы. 2021. Т. 16. № 2. С. 33 ; Кокин А. В. Технологии четвертой индустриальной революции и судебная экспертиза // Материалы IV Международной научно-практической конференции, Москва, 25-26 марта 2021 г. М., РГУП, 2021. С.300.

⁹⁰ Бертовский Л. В. Высокотехнологичное право: современные вызовы // Высокотехнологичное право: современные вызовы: Материалы IV Международной межвузовской научно-практической конференции, Москва-Красноярск, 17–20 февраля 2023 года. Том Часть 1. Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2023. С. 26-30 ; Зуев С. В. Высокотехнологичный и (или) виртуальный уголовный процесс : понятия, стандарты, перспективы // Вестник ЮУрГУ. Серия «Право». 2023. Т. 23, № 1. С. 24-30 ; Высокотехнологичный уголовный процесс : монография / под ред. докт. юрид. наук С.В. Зуева; докт. юрид. наук Л.Н. Масленниковой. М. : Юрлитинформ, 2023. 216 с.

⁹¹ Nabanita Basu, Rachel S. Bolton-King, Geoffrey Stewart Morrison Forensic comparison of fired cartridge cases: Feature-extraction methods for feature-based calculation of likelihood ratios. Forensic Science International : Synergy. Vol. 5. 2022. P. 100-272.

из Гонконгского политехнического университета предложили метод многокурсного распознавания отпечатков пальцев с использованием нейронных сетей⁹². Также был апробирован алгоритм распознавания лиц, основанный на 3D-локализации антропометрических точек по данным двух стереоскопических фотографий⁹³. Применение методов машинного обучения и нейронных сетей является, безусловно, перспективным в криминалистике и судебной экспертизе, однако остается еще достаточно дорогостоящим для практического внедрения, также требуется дополнительное количество исследований, посвященных оценке эффективности и достоверности решения классификационных и идентификационных задач. Полностью солидарны с Д.В. Бахтеевым в том, что несмотря на то что машинное обучение и технологии искусственного интеллекта все еще находятся на ранних стадиях развития, они имеют огромный потенциал для судебной экспертизы после выработки соответствующих подходов к их научному и методическому осмыслению⁹⁴.

Нельзя отрицать, что в дальнейшем произойдет усовершенствование разработанных теоретических и методических положений, т.к. прогнозируется появление специализированных судебно-экспертных программных комплексов, программного обеспечения для работы с 3D-моделями объектов судебной экспертизы, создание информационных баз данных типовых трехмерных объектов, которые могут быть использованы для реконструкции события преступления в целях установления обстоятельств, подлежащих доказыванию по делу.

Полагаем, что обобщение и систематизация эмпирического материала и теоретических данных о трехмерных технологиях и их приложении для решения задач судебно-экспертной деятельности позволит консолидировать накопленный объем знаний в рамках единого частного теоретического построения. В свою

⁹² Lin C., Kumar A. Contactless and partial 3D fingerprint recognition using multi-view deep representation. *Pattern Recognit.* 2018. Vol. 83. P. 314-327.

⁹³ Emanuele Zappa, Paolo Mazzolenia Reliability of personal identification base on optical 3D measurement of a few facial landmarks. *Procedia Computer Science.* 2010. Vol. 1(1). P. 2769-2777.

⁹⁴ Бахтеев Д. В. Концептуальные основы теории криминалистического мышления и использования систем искусственного интеллекта в расследовании преступлений : дисс. ...д-ра. юрид. Екатеринбург, 2022. С. 276.

очередь, это создаст условия для дальнейшего совершенствования экспертно-криминалистической деятельности по собиранию и исследованию объектов в целях успешного раскрытия и расследования преступлений.

1.3. 3D-технологии как средство развития основ частного учения о трехмерном моделировании в судебно-экспертной деятельности

Возможности цифровизации открыли широкие возможности для судебно-экспертной деятельности. Вместе с тем получает развитие не только экспертная практика, но и судебная экспертология, криминалистика, которые следуют новым тенденциям в развитии наук. Наступил момент, когда разрозненные усилия отдельных специалистов, изучающих трехмерные технологии в различных родах и видах судебных экспертиз, нуждаются в научном осмыслении, анализе и обобщении, на базе которых возможно обеспечить функционирование системы компьютеризации судебно-экспертной деятельности наиболее эффективно.

Появление новых теоретических построений обусловлено возникновением интереса к ранее не изученным сторонам, элементам предмета науки. Е.Р. Россинская разработала концептуальное ядро теории информационно-компьютерного обеспечения криминалистической деятельности как научной основы для раскрытия и расследования компьютерных преступлений⁹⁵, а в системе судебной экспертологии ею была разработана теория цифровизации судебно-экспертной деятельности⁹⁶. В структуру предложенной теории были включены такие частные учения, как «учение о способах совершения компьютерных преступлений, о цифровых следах как источниках криминалистически значимой

⁹⁵ Теория информационно-компьютерного обеспечения криминалистической деятельности : монография / Е. Р. Россинская, А. И. Семикаленова, И. А. Рядовский; ред. Е. Р. Россинская ; Моск. гос. юрид. ун-т им. О.Е. Кутафина (МГЮА). Москва : Проспект, 2022. 256 с.

⁹⁶ Россинская Е. Р. Учение о цифровизации судебно-экспертной деятельности и проблемы судебно-экспертной дидактики // Правовое государство: теория и практика. 2020. №4-1 (62). С. 88-98.

компьютерной информации, об информационно-компьютерных криминалистических моделях видов компьютерных преступлений, о криминалистическом исследовании компьютерных средств и систем, об информационно-компьютерном криминалистическом обеспечении тактики следственных и судебных действий, об информационно-компьютерном криминалистическом обеспечении методик расследования компьютерных преступлений и о взаимосвязях и разграничениях цифровизация судебно-экспертной и криминалистической деятельности»⁹⁷. Однако следует рассмотреть данную теорию не только с позиции расследования определенной группы преступлений, но и с точки зрения оснащения субъектов криминалистической деятельности современными цифровыми средствами собирания, исследования и использования доказательств, а также источников ориентирующей информации и по всем остальным преступлениям. В этой связи важное место занимает развитие системы информационно-компьютерного обеспечения судебно-экспертной деятельности с учетом увеличения доли объектов, зафиксированных с помощью цифровых средств и техники. То есть требуется развитие теории с точки зрения снабжения и предоставления субъектам, участвующим в раскрытии и расследовании преступлений, эффективных средств работы с информацией в целях установления фактов и обстоятельств, имеющих значение для дела.

Актуальным является и запрос следственной и судебной практик об объективной фиксации и накоплении большего количества информации в удобных форматах, возможность обратиться к исследованию следовой картины на любом этапе процесса расследования преступлений, рассмотрении всех следов преступления в виде интегративной системы, раскрывающей взаимосвязи между его компонентами (сторонами), в наглядном представлении механизма произошедшего события в динамике, в новой форме ведения криминалистических учетов. А.В. Нестеров справедливо отметил, что этапы развития

⁹⁷ Россинская Е. Р. Теория информационно-компьютерного обеспечения криминалистической деятельности : концепция, система, основные закономерности // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. 2019. №2 (89). С. 193-202.

криминалистической науки разделяются всеми учеными, исходя из единого основания – «научно-технического прогресса в криминалистических инструментах, который последует за общим научно-техническим прогрессом»⁹⁸.

Распространение таких методов, как 3D-моделирование, 3D-печать, которые могут быть использованы на различных этапах как судебно-экспертного исследования, так и предварительного расследования в целом приводит к тому, что 3D-технологии вполне могут быть выделены в отдельную область в криминалистике и судебной экспертизе. В работах В.Б. Вехова, С.А. Ковалева⁹⁹, О.А. Харламовой¹⁰⁰ обоснована необходимость теоретического осмысления метода моделирования для дальнейшего внедрения инновационных технико-криминалистических средств и методов в криминалистическую деятельность. Имеется достаточное количество исследований, посвященных применению 3D-методов для фиксации множества следов, начиная со следов рук, ног, обуви, фрагментов человеческих останков, орудий и инструментов, оружия, транспортных средств и целого места происшествия¹⁰¹. За рубежом уже встречается такое понятие, как «3D-Forensic Science» – 3D-судебная экспертиза, которая объединяет 3D-визуализацию, 3D-моделирование и 3D-печать. Зарубежные ученые указывают, что это направление отвечает целям реконструкции преступления и предоставляет инструменты для его 3D-визуализации в зале суда, чтобы помочь суду лучше воспринимать и понимать

⁹⁸ Нестеров А. В. Виртуальные следы в криминалистике: учебник / А. В. Нестеров. Москва: КНОРУС, 2023. С.54.

⁹⁹ Вехов В. Б., Ковалев С. А. Теоретические аспекты компьютерного моделирования в расследовании преступлений // Актуальные научные исследования в современном мире. 2017. № 1-4 (21). С. 105.

¹⁰⁰ Харламова О.А. К вопросу о перспективах развития частного экспертного учения о моделировании как элементе совершенствования судебно-экспертной деятельности // Вестник Московского университета МВД России. 2022. № 3. С. 281.

¹⁰¹ Беляев М. В., Четвергов М. А. К вопросу о современных способах моделирования дорожно-транспортных происшествий // Вестник московского университета МВД России. 2018. №4. С. 11-15 ; Несмиянова И. О. К вопросу о возможности моделирования следов шин в трасологической экспертизе // Фундаментальные и прикладные исследования в сфере судебно-экспертной деятельности и ДНК-регистрации населения РФ : материалы Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием 17-18 октября 2019 г. Уфа : Башкирский государственный университет, 2019. С. 199-201 ; Crabbe S., Kühmstedt P., Vassena G.P., Spanje W.V., Hendrix A., & Iof F. 3D-forensics - mobile high-resolution 3d-scanner and 3d data analysis for forensic evidence // 9th Future Security, Security Research Conference ; Berlin, September 16-18, 2014. P. 2152010.

собранные доказательства¹⁰². Подчеркивается, что главной целью применения 3D-технологий является дополнение результатов, полученных экспертом, и представление материалов, которые помогут суду лучше понять доказательства, имеющиеся в деле. Представляется, данная область возникла как результат интеграции подходов, разработанных в различных областях технического, естественно-научного, криминалистического знания.

Развивая идеи В.Б. Вехова о цифровых технологиях как средствах развития криминалистической техники и цифровой криминалистике в целом¹⁰³, А.В. Нестерова о цифровом этапе развития криминалистики за счет использования высокотехнологичных цифровых инструментов¹⁰⁴, Е.Р. Россинской об информационно-компьютерном обеспечении криминалистической деятельности, цифровизации судебно-экспертной деятельности¹⁰⁵, считаем, что назрела необходимость в научном обобщении роли 3D-моделей для нужд судебно-экспертной деятельности и отражении в частном учении о трехмерном моделировании в судебно-экспертной деятельности.

По нашему мнению, частное учение о трехмерном моделировании в судебно-экспертной деятельности представляет собой систему теоретических положений о закономерностях, определяющих содержание, сущность и порядок построения, исследования и использования 3D-моделей объектов судебной экспертизы и

¹⁰² Carew R. M., French J., & Morgan R. M. 3D forensic science: A new field integrating 3D imaging and 3D printing in crime reconstruction. *Forensic science international. Synergy*. 2021. Vol. 3, P. 100205.

¹⁰³ Цифровая криминалистика : учебник для вузов / В. Б. Вехов [и др.] ; под редакцией В. Б. Вехова, С. В. Зуева. Москва : Издательство Юрайт, 2023. 417 с.

¹⁰⁴ Нестеров А. В. О криминалистике 4.0 (цифровой) / А. В. Нестеров // Концептуальные основы современной криминалистики : теория и практика: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки Республики Беларусь доктора юридических наук, профессора Андрея Васильевича Дулова, Минск, 25 октября 2019 года / Белорусский государственный университет ; В. Б. Шабанов (отв. ред.). Минск : Белорусский государственный университет, 2019. С. 17-20.

¹⁰⁵ Теория информационно-компьютерного обеспечения криминалистической деятельности: монография / Е. Р. Россинская, А. И. Семикаленова, И. А. Рядовский; ред. Е. Р. Россинская ; Моск. гос. юрид. ун-т им. О.Е. Кутафина (МГЮА). Москва : Проспект, 2022. 256 с. ; Россинская Е. Р. Частная теория цифровизации судебно-экспертной деятельности и ее место в системе судебной экспертологии // Инновации в судебно-экспертной деятельности в системе судебно-экспертных учреждений Минюста России : Материалы Всероссийской конференции, Москва, 19–20 апреля 2022 года / Сост. Е.В. Чеснокова. Москва: Российский Федеральный центр судебной экспертизы при Министерстве юстиции Российской Федерации, 2022. С. 125-127.

разрабатываемых на основе познания данных закономерностей технологиях по применению 3D-моделирования при производстве судебно-экспертных исследований в целях установления фактов и обстоятельств, имеющих значение для дела.

Взаимоотношения между частными теориями и учениями могут носить объемный характер, когда предмет частной теории меньшего порядка является элементом в структуре предмета теории более высокого порядка. Предложенное учение является структурным компонентом частной теории цифровизации судебно-экспертной деятельности и носит обобщенный характер, так как объединяет теоретические построения, справедливые для создания и оценки трехмерных моделей при производстве различных родов и видов судебных экспертиз. Справедливо отмечает Е.Р. Россинская, что «цифровизация в раскрытии и расследовании преступлений проявляется через широкое применение цифровых средств фиксации автоматизированной обработки и исследования доказательственной и ориентирующей информации»¹⁰⁶. Трехмерные модели также представляют собой объекты, которые сохраняют информацию об объекте-оригинале в цифровой форме, соответственно, закономерности их получения, исследования и использования также могут быть исследованы в теории цифровизации судебно-экспертной деятельности.

В структуре учения о трехмерном моделировании в судебно-экспертной деятельности, по нашему мнению, должны присутствовать следующие структурные элементы:

- общетеоретические положения, включающие предмет и объекты учения, понятийный аппарат, классификации, задачи учения;
- основные методы получения 3D-моделей;
- основные направления применения 3D-технологий в судебно-экспертной деятельности;
- требования и принципы получения 3D-моделей объектов судебной

¹⁰⁶ Россинская Е. Р., Савенков А. Н. Вектор развития криминалистической науки в условиях глобальной цифровизации // Государство и право. 2023. №5. С. 100-110.

экспертизы;

- значение 3D-моделей как источников доказательственной информации;
- место учения о трехмерном моделировании в судебно-экспертной деятельности в системе судебной экспертологии.

Первыми и основополагающими элементами для частного теоретического построения является система общих положений. В состав общетеоретических положений предложенного учения входят предмет и объекты учения, понятийный аппарат, классификации, задачи учения.

Объектами учения о трехмерном моделировании в судебно-экспертной деятельности, по-нашему мнению, выступают технические средства, программное обеспечение получения 3D-моделей, из которых извлекается информация об обстоятельствах, имеющих значение для раскрытия и расследования преступлений, рассмотрения дел в суде. В качестве предмета учения рассматриваются закономерности, определяющие содержание, сущность и порядок построения, исследования и использования 3D-моделей объектов судебной экспертизы и разрабатываемые на основе познания данных закономерностей технологии по применению 3D-моделирования при производстве судебно-экспертных исследований в целях установления фактов и обстоятельств, имеющих значение для дела.

Задачами учения о трехмерном моделировании в судебно-экспертной деятельности является изучение закономерностей построения, получения, исследования и использования 3D-моделей объектов судебной экспертизы; выработка приемов и средств, методик работы с 3D-моделями для решения задач судебно-экспертной деятельности, диагностических и идентификационных экспертных задач.

Одним из важнейших понятий учения является понятие «3D-модель». Для того чтобы сформулировать определение данного понятия и определить признаки 3D-модели, следует сначала обратиться к пониманию моделей в общем. В.А. Штофф отмечал, что «исследование гносеологического значения моделирования может быть успешным лишь в том случае, когда с самого начала установлено

достаточно четко и определено содержание того понятия модели, которым пользуются в науке»¹⁰⁷. Познавательная роль любого вида моделирования должна устанавливаться после выяснения точного значения термина «модель».

Математики оперировали моделью как изоморфной структурой, которая связана с оригиналом отношениями подобия. Другие представители естественных наук выделяли такие ключевые моменты, как создание структуры, которая воспроизводит ту или иную часть действительности в упрощенной форме; образ изучаемого объекта, который отражает его реальные или предполагаемые свойства; другой объект наряду с изучаемым и сходный с ним в некоторых свойствах; материальное или мысленное имитирование реально существующей системы. В данных представлениях на первое место выходит один из важнейших признаков модели – способность отражать объект, что указывает на обязательное наличие отношений соответствия между двумя системами «объект-оригинал – модель». Причем данное свойство характерно для понимания сущности современного компьютерного моделирования¹⁰⁸. И в данном отношении соответствия модель выступает опосредованным средством получения знаний об оригинале познающим субъектом. Т.Н. Горностаева, О.М. Горностаев отмечали, что модель строится исходя из задачи, которую необходимо решить субъекту¹⁰⁹. Отсюда вытекает уже взаимодействие трех систем в процессе применения метода моделирования: «объект-оригинал – модель – субъект». Субъекта интересуют свойства модели, поскольку их изучение дает информацию о другом объекте, и этот другой объект и выступает на самом деле как подлинная цель изучения. Н.А. Умов оценивал процесс построения моделей как «важнейшее средство познания, в особенности тех, которые не дано ощутить непосредственно, либо для ощущения которых мы не имеем специального органа»¹¹⁰.

¹⁰⁷ Штофф В. А. Моделирование и философия. Москва-Ленинград, 1966. С. 5.

¹⁰⁸ Замятина О. М. Компьютерное моделирование : учебное пособие. Томск : Изд-во ТПУ, 2007. С. 4 ; Лузина Л. И. Компьютерное моделирование : учебное пособие. Томск : Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2001. С. 6.

¹⁰⁹ Горностаева Т. Н., Горностаев О. М. Математическое и компьютерное моделирование. Учебное пособие Москва : Мир науки, 2019. С. 11.

¹¹⁰ Умов Н. А. Собрание сочинений. Т. 3. Москва, 1916. С. 226.

Для того чтобы получить достоверное знание об объекте-оригинале, необходимо устанавливать степень соответствия модели оригиналу. В.А. Штофф определил, что при установлении истинности модели необходимо исходить как из общего определения истинности в гносеологии, так и учитывать системообразующие связи между объектами. В первом случае речь идет о соответствии модели объекту, а во-втором случае необходимо учесть, насколько модель того или иного типа воспроизводит изучаемый объект, ведь для разного типа моделей условия различны.

Материальные модели, имеющие физическую природу, которая тождественна объекту-оригиналу, располагают всегда конкретными условиями соответствия, т.к. учитывают качественные характеристики объекта (его геометрические, динамические, тепловые, кинематические элементы подобия). Критерии соответствия в математическом моделировании отличаются большей абстракцией, так как данный тип моделирования основывается на тождестве математической формы при различии физической природы и протекания процессов в модели и объекте-оригинале. Процесс построения модели обуславливает применение субъектом метода абстрагирования, когда он отходит от воспроизведения части сторон и свойств объекта, в результате происходит частичное несохранение тождества между объектом и его моделью по ряду параметров. Для логических и кибернетических моделей, подчеркивает В.А. Штофф, «условия соответствия еще более абстрактны и указывают лишь на отношения изоморфизма или гомоморфизма систем»¹¹¹.

Задача исследователя заключается в установлении конкретной формы соответствия модели свойствам и признакам объекта-оригинала, которая детерминирована его природой, типом модели, целями и задачами моделирования. Истинность модели будет оценена исходя из того, насколько полно, точно, адекватно соблюдены условия изоморфизма структуры модели и структуры оригинала (т.е. степень тождества связей и отношений в модели и оригинале).

¹¹¹ Штофф В. А. Моделирование и философия. Москва-Ленинград, 1966. С. 230.

«Истинной будет признаваться такая модель, структура которой в рамках условий изоморфизма или гомоморфизма, тождественна, совпадает со структурой оригинала, взятой в отвлечении от других свойств, отношений и элементов»¹¹².

Моделирование в криминалистике и судебной экспертизе отличается от создания моделей в естественно-технических областях, т.к. создается в целях фиксации и исследования доказательств с соблюдением определенных процессуальных норм. Вопросами разработки теоретических и методических основ моделирования в криминалистической науке занимались Г.Л. Грановский, А.Р. Ратинов, И.М. Лузгин, В.А. Образцов, Н.С. Полевой, В.Я. Колдин, Т.С. Волчецкая и др.

В.А. Образцов утверждал, что применение моделирования необходимо только в строго установленных случаях, когда у субъекта познания возникает необходимость в опосредованном способе получения информации об оригинале: когда объект в силу своей сложности или других факторов недоступен для непосредственного восприятия; когда объект имел место в прошлом и на момент расследования преступления он отсутствует; объект, возможно, будет существовать в будущем; объект представляет собой механизм или его элементы и их нужно представить в наглядной форме¹¹³. Таким образом, моделирование не может быть единственным методом исследования и должно иметь место, когда его применение будет действительно эффективным.

И.М. Лузгиным были выдвинуты условия допустимости метода моделирования в процессе раскрытия и расследования преступления¹¹⁴. Как и все остальные методы познания, он должен быть научно обоснован и в результате его применения должны достигаться достоверные результаты, что определит надежность полученной доказательственной информации. Как и при применении других методов, моделирование должно показывать эффективность в решении задачи в оптимальные сроки с разумными затратами. Применяемый метод

¹¹² Там же. С. 231.

¹¹³ Образцов В. А. Криминалистика. Москва : Юристъ, 1997. С. 278.

¹¹⁴ Лузгин И. М. Моделирование при расследовании преступлений. Москва : Юрид. лит., 1981. С. 24-29.

обязательно должен отвечать требованиям действующего законодательства.

С криминалистической точки зрения будут важны связи между объектом-оригиналом и моделью и точность отображения признаков объектов в модели. Некоторыми учёными предлагается следующий подход к оценке результатов моделирования: «модельная информация оценивается как достоверная, если модель создана на основе достоверных данных. Если при создании модели использовались вероятные данные, модель и модельная информация оцениваются как вероятные»¹¹⁵. В целом, соглашаясь с подобным подходом, отметим, что в процессе построения модели также должны быть отражены системно-структурные связи. Если взять за основу отношения изоморфизма, то «каждому признаку одного объекта однозначно соответствует признак другого объекта; каждому отношению признаков в структуре одного объекта однозначно соответствует отношение признаков в другой структуре»¹¹⁶. Гомоморфными считаются системы, между которыми нет однозначного соответствия, так как объект является упрощенной моделью другого. Выводы, основанные на таких моделях, являются вероятностными. В процессе раскрытия и расследования преступления могут быть использованы оба типа моделей, однако для получения объективных результатов в процессе экспертизы модели должны адекватно отображать структуру оригинала.

В качестве предметов моделирования в судебной экспертизе выступают различные объекты, их свойства и отношения. Сами модели довольно часто отличаются от конкретной физической природы моделируемой системы. Данные отличия в некоторых случаях представляют положительные и полезные для исследования свойства моделей. Отличия дают возможность выразить в модели важные для процесса исследования закономерности, выдвинуть на первый план те свойства объектов, которые необходимы для решения конкретных вопросов.

Под моделью в криминалистике, по мнению Т.С. Волчецкой, понимается

¹¹⁵ Иванов П. Ю. Методы трехмерного моделирования объектов криминалистических экспертиз // Информатизация правоохран. систем : X Междунар. науч. конф., г. Москва, 22-23 мая 2001 г. М.: Акад. упр. МВД России, 2001. Т. 2. С. 3-15.

¹¹⁶ Урманцев Ю. А. Симметрия природы и природа симметрии (Философские и естественнонаучные аспекты). Москва : Мысль, 1974. С.112.

такая «искусственно созданная материальная или идеальная система, воспроизводящая или заменяющая исследуемое криминальное событие или отдельные ситуации и обстоятельства его совершения, а также ситуации и обстоятельства его совершения так, что ее изучение позволит получить об оригинале информацию, необходимую для успешного решения практических, научных и дидактических криминалистических задач»¹¹⁷. Исходя из процессуального значения метода моделирования формулировал определение модели Г.Л. Грановский, раскрывая ее как «предмет или математическое описание, являющееся средством фиксации вещественных доказательств, образцов и иных объектов криминалистического исследования, способное заменить их в процессе такого исследования и открывающее возможности для получения новой доказательственной или оперативно-розыскной информации, ее оценки и использования в процессе доказывания или оперативно-розыскной деятельности»¹¹⁸.

Данные определения выражают основной принцип метода моделирования – создание объекта, способного заменить вещественное доказательство, образцы или иные криминалистические объекты, а также значение создаваемой модели для получения новой доказательственной или оперативно-розыскной информации.

Моделируя вещественное доказательство, эксперт должен учитывать, что каждый объект индивидуален и содержит в себе наряду с признаками, которые необходимы для решения вопроса экспертизы, много других признаков, которые не имеют к нему отношения. Моделируя в свою очередь образец, следует учитывать то, что таких моделей может быть получено несколько, и что каждый из них изготовлен с учетом совокупности признаков, нужных для проведения определенного исследования, для решения определенных вопросов, что недостаток одного образца может быть восполнен признаками других. Следовательно, моделированию объектов криминалистического исследования

¹¹⁷ Волчецкая Т. С. Современные проблемы моделирования в криминалистике и следственной практике : Учебное пособие/ Калинингр. ун-т. Калининград, 1997. С. 12.

¹¹⁸ Основы трасологии / Г. Л. Грановский ; Гос. учр-ние Рос. фед. центр судеб. экспертизы при Минюсте РФ. 2-е изд. Москва : Наука, 2006. С. 195-196.

всегда должно предшествовать изучение не только его строения, структуры, функционального назначения, но и установление значения объекта в процессе исследования.

В объекте выделяются подлежащие моделированию признаки, которые изучаются со стороны их значимости для решения конкретной задачи (идентификационной или диагностической) и производится отбор тех из них, которые представляются существенными. Отобранные признаки фиксируются с помощью той системы знаков, которая принята для данного вида моделирования. Необходимо учитывать, что соответствие признаков модели признакам объекта-оригинала не должно нарушаться преобразованиями модели в процессе работы с ней. Таким образом, модель может быть признана соответствующей оригиналу только в том случае, если она содержит совокупность признаков, достаточную для того, чтобы считать ее в определенной степени равнозначной моделируемому объекту. Достаточными будут признаваться такие признаки модели, которые делают возможным решение тех задач, которые были сформулированы перед экспертом субъектами, назначающими экспертизу. Не менее важно, чтобы модель не была перегружена несущественными признаками.

Очень важным условием является то, что модель не должна содержать признаков, не отвечающих задачам исследования. При изготовлении физических моделей добиться осуществления таких задач достаточно трудно, так как свойства объекта, от которых бы эксперту хотелось освободить модель, могут обнаруживаться в процессе ее исследования. Кроме того, способ создания модели может формировать дополнительные шумы, препятствующие исследованию признаков объекта. Данная ситуация характерна при изготовлении моделей – слепков, плоскостных копий следов, в которых наряду с признаками следообразующего объекта фиксируются неровности, пузыри, наплывы, посторонние включения. Любая физическая модель также содержит признаки, которые возникли в результате отображения материала, используемого при ее изготовлении. Например, раковины и наплывы на гипсовых слепках, забитые порошком детали в следах папиллярных узоров и т.д. Данные недостатки

физических моделей и позволяют экспертам обратиться к более совершенным средствам фиксации и моделирования, которое выражается в активном использовании цифровых компьютерных технологий.

Технологии трехмерного лазерного сканирования, моделирования следов, места происшествия позволяют производить реконструкцию преступления и отдельных его фрагментов, что дает возможность проанализировать механизм его совершения следователю и суду в ходе производства судебных экспертиз, продемонстрировать его наглядно в зале суда не только статично, но и в динамике¹¹⁹.

Цифровизация деятельности правоохранительных органов не стоит на месте, и методам работы с 3D-моделями уделяется все больше внимания в криминалистической литературе. В.Б. Вехов, рассматривая концепцию цифровой криминалистики, включил в качестве специальных методов криминалистики «методы криминалистического компьютерного моделирования и методы компьютерного сканирования и распознавания образов криминалистически значимых объектов в целях регистрации, розыска, 3D-фиксации обстановки места производства следственного действия»¹²⁰. Он дает определение понятия криминалистической компьютерной модели как «электронно-цифрового образа криминалистического объекта, воспроизводящего или заменяющего его так, что изучение и использование этого образа позволит получить информацию об оригинале, необходимую для решения научных или прикладных задач криминалистики»¹²¹. В государственном стандарте «Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения» под моделью понимается «сущность, воспроизводящая свойства реального изделия»¹²².

¹¹⁹ Ma M., Zheng H., Lallie H. Virtual reality and 3D-animation in forensic visualization // Journal of forensic sciences. N.Y., 2010. Vol. 55, N 5. P. 1227–1231.

¹²⁰ Цифровая криминалистика: учебник для вузов / В. Б. Вехов [и др.]; под редакцией В. Б. Вехова, С. В. Зуева. Москва: Издательство Юрайт, 2023. С. 24-25.

¹²¹ Там же. С. 402.

¹²² ГОСТ 2.052-2021 Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения. Москва: Российский институт стандартизации, 2022. С.2.

Оперируя понятием 3D-модель, почти никто из ученых не раскрывает сущность и содержание данного понятия. И.О. Несмиянова употребляет термин «цифровая модель», делая упор на цифровую форму фиксации информации, а применительно к 3D-моделям указывает на их создание с помощью 3D-сканирования и соответствующего программного обеспечения. Однако, как мы выяснили из рассмотрения технологий получения 3D-моделей, они могут быть получены не только с помощью 3D-сканеров, но и из фотоизображений/кадров видеозаписи, в пакетах автоматизированного проектирования, в 3D-редакторах, как с помощью компьютерной техники, так и на смартфоне, с помощью БПЛА.

Нам видится, что 3D-модель в судебной экспертизе представляет собой цифровой объект, создаваемый в трех измерениях с помощью специализированного программного обеспечения, который в процессе исследования воспроизводит объект-оригинал, обладая его существенными свойствами, позволяет получить информацию о нем в целях установления фактов (вынесения суждений о факте), имеющих значение для раскрытия и расследования преступления, рассмотрения дела в суде.

Вопрос о классификации трехмерных моделей для нужд криминалистики и судебной экспертизы в криминалистической литературе не поднимался, несмотря на большое количество обзоров технических средств и программного обеспечения, которые могут быть применены для создания криминалистических объектов, а также для анализа практических случаев реализации методов 3D-моделирования при решении задач различных родов судебных экспертиз. Первая и единственная классификация трехмерных моделей для целей судебно-медицинской экспертизы дана Ю.П. Шакирьяновой. В качестве оснований классификации она выделила информационную насыщенность, способ получения, размерные характеристики, точность метрических характеристик, изменяемость во времени, способ представления¹²³.

¹²³ Шакирьянова Ю. П. Трёхмерное моделирование в судебной медицине : визуализация, идентификация, реконструкция : дис. ...д-ра. мед. наук / Шакирьянова Юлия Павловна. Москва, 2020. С. 75-81.

Считаем, что данные классификации в равной степени применимы для всех родов и видов судебных экспертиз. Кроме того, понятие и классификация моделей в криминалистике и судебной экспертизе связаны с процессуальной природой и классификацией объектов моделирования. В связи с этим мы предлагаем дополнить имеющиеся классификации трехмерных моделей по следующим основаниям:

1) исходя из процессуальной формы и природы объекта-оригинала:

- модель вещественного доказательства;
- модель образца для сравнительного исследования;
- модель вещной обстановки места происшествия.
- модель процесса, механизма или отдельных его компонентов;

2) по размерным характеристикам объектов:

- модель одиночного следа (отображения, предмета, вещества);
- модель группы/совокупности следов (дорожки следов, капель и брызг крови на различных объектах и т.п.);
- модель помещения, здания, сооружения;
- модель участка местности.

Процессуальная форма объекта-оригинала определяет, каким образом будет процессуально оформлена и использована его трехмерная модель, будет ли она замещать вещественное доказательство либо служить в качестве приложения к различным доказательствам, не играя самостоятельной процессуальной роли. Природа, а также свойства объекта-оригинала влияют на выбор метода получения трехмерной модели, а также совокупность технических и программных средств, необходимых для этого. Оценивая обстановку места происшествия и определяя, какие объекты будут построены в трехмерной среде, а также техническую оснащенность учреждения, субъект оценивает возможность подготовки исходного материала для моделирования либо на месте происшествия, либо сохранение и доставка объекта-оригинала для построения моделей в лабораторных условиях.

Следующим структурным элементом учения о трехмерном моделировании в судебно-экспертной деятельности были выделены основные методы получения

3D-моделей. Систему методов получения трехмерных моделей в судебно-экспертной деятельности составляют технологии 3D-сканирования, моделирование в 3D-редакторах, в системах автоматизированного проектирования и получение моделей из фотографий и кадров видеозаписи (трехмерная фотограмметрия), которые были подробно описаны в параграфе 1.1.

Далее в качестве третьего элемента учения рассматриваются основные направления применения трехмерных технологий в судебно-экспертной деятельности. На основании изучения зарубежной и отечественной криминалистической литературы, посвященной внедрению современных компьютерных технологий в судебно-экспертную деятельность, можно выделить следующие основные направления применения 3D-технологий:

- фиксация, изъятие и сохранение информации о следах преступления, обстановки места происшествия во время следственных действий, в ходе производства судебной экспертизы;

- производство идентификационных и диагностических экспертных исследований;

- трехмерная реконструкция расследуемого события;

- 3D-печать вещественных доказательств;

- ведение экспертно-криминалистических учетов;

- биометрическая идентификация;

- использование при подготовке и повышении квалификации экспертных кадров.

Фиксация, изъятие и сохранение информации о следах преступления, обстановки места происшествия во время следственных действий, в ходе производства судебной экспертизы – одно из основных приложений для 3D-технологий, при котором отсканированные данные либо отснятые для дальнейшего построения 3D-моделей могут быть сохранены и заархивированы для будущего изучения и использования. Бесконтактный способ получения модели позволяет освободить её от влияния признаков применения следокопировальных материалов и в то же время сохранить объект-оригинал без изменений. Сохранение в цифровом

виде гарантирует, что зафиксированную информацию можно исследовать неоднократно, на любом этапе расследования, даже если первоначальное доказательство подверглось изменениям (обстановка места происшествия, посмертные изменения, повреждения на теле потерпевшего).

Кроме того, 3D-модели могут быть переданы в цифровом виде параллельно нескольким экспертам разных специальностей без необходимости пересылки самого объекта-оригинала, особенно, если его транспортировка затруднительна. Наличие модели также помогает предотвратить излишние изменения в самом объекте-оригинале, позволив проводить различные эксперименты с его трехмерной моделью.

В процессе производства судебных экспертиз возможно построить модели не только исследуемых объектов, но и сравнительных материалов и производить их сравнение в программном обеспечении. В рамках решения ситуационных задач построенные модели можно перемещать, вращать, задавать движение и контактные поверхности, производить измерения для установления обстоятельств расследуемого события.

Интеграция моделей и других собранных по делу данных (протоколов следственных действий, заключений экспертов) в единую систему позволяет формировать и проверять следственные версии, устанавливать объективный механизм совершения преступления в динамике. Эффективным данный метод и является при реконструкции лица по черепу, так как, по сравнению с традиционной методикой её выполнения, позволяет производить в программном обеспечении, без повреждения самого черепа либо заменить его 3D-печатной моделью.

Применение трехмерных моделей видится и при формировании как электронных, так и натуральных коллекций криминалистических объектов (например, пулегильзотек, следов обуви, орудий взлома, следов зубов и зубного аппарата и т.п.). И.В. Рыжков отметил в качестве перспективного направления развития справочно-информационных фондов ведение фондов в виде 3D-изображений

натурных объектов¹²⁴. В рамках оперативно-розыскной деятельности уже предложено программное обеспечение, позволяющее строить и сохранять 3D-фоторобот разыскиваемого лица¹²⁵.

Ранее мы уже писали о возможностях изготовления печатных моделей вещественных доказательств, которые помогают сотрудникам правоохранительных органов в процессе раскрытия и расследования преступлений для установления картины произошедшего¹²⁶. Зарубежными учеными были проанализированы достоинства и недостатки применения трехмерной печати в криминалистике и судебной экспертизе¹²⁷. Несомненным достоинством данной технологии является сохранение неразрушающими методами информации о внешнем виде и характеристиках объекта экспертизы, уменьшение количества операций в отношении оригинала. Подчеркивается также возможность направления распечатанной модели объекта одновременно на несколько экспертиз¹²⁸. Печать в уменьшенном виде модели обстановки места происшествия сможет проиллюстрировать комплекс собранной по делу информации для демонстрации в зале суда. Для решения идентификационных задач возможно воспроизводить как признаки самого исследуемого объекта, так и сравнительных материалов. Небольшие по размеру доказательства могут быть распечатаны в большем масштабе, чтобы показать детали. Объект может быть увеличен для изучения деталей, которые трудно увидеть невооруженным глазом, и данные модели деталей могут быть использованы для демонстрации в зале суда.

Внедрение цифровых методов и средств собирания и исследования объектов

¹²⁴ Рыжков И. В. Теоретические основы и современные тенденции организации функционирования натуральных коллекций : дис. ... кандидата юридических наук : 12.00.12 / Рыжков Иван Викторович. Волгоград, 2022. С. 149.

¹²⁵ Klim-3D – система моделирования внешности – Текст : электронный // Папилон. URL: <https://www.papillon.ru/products/programs/klim-3d/> (дата обращения 20.04.2023 г.).

¹²⁶ Полякова А. В. Перспективы развития судебной баллистики в свете применения современных способов фиксации криминалистической информации // Законность и правопорядок. 2019. № 4(24). С. 40.

¹²⁷ Carew R. M., Errickson D. An Overview of 3D Printing in Forensic Science: The Tangible Third-Dimension // Journal of forensic sciences. 2020. Vol. 65(5). P. 1752-1760 ; Jani G., Johnson A., Marques J.A., & Franco A. Three-dimensional(3D) printing in forensic science – An emerging technology in India. Annals of 3D Printed Medicine. 2021.

¹²⁸ Jani G, Lavin WS, Ludhwani S., Johnson A. An Overview of Three Dimensional (3D) Technologies in Forensic Odontology. J Forensic Dent Sci, 2020. Vol. 12(1). P.24.

судебной экспертизы невозможно без оценки требований как к самой технологии данных процессов, так и к результатам её применения. Трёхмерная модель объектов судебной экспертизы, аналогично другим видам моделей, должна отвечать следующим требованиям: адекватности, существенности, актуальности, результативности, достоверности, экономичности, мощности, простоты, открытости.

Адекватной признается модель, в которой характеристики модели объективно совпадают с соответствующими характеристиками объекта-оригинала. Субъект выбирает, какие свойства моделируемого объекта необходимо выразить в модели, насколько точна она должна быть, но модель все равно обладает своеобразной простотой, так как отображает не абсолютно все характеристики оригинала, а лишь те, которые являются наиболее существенными для решения задач. В свою очередь, модель также должна характеризоваться открытостью, исследователь может иметь возможность дополнять, расширять, модифицировать модели, объединять их в блоки, в единую реконструкцию. Модель должна соответствовать моделируемому объекту, строиться на основании достоверных данных о нем, тогда и сама модель можно будет назвать достоверной. Данное требование тесно связано с требованием адекватности, так как, если модель получилась неадекватной (не отображает существенные свойства объекта-оригинала и не может служить источником информации о нем), то, соответственно, становится невозможно получение достоверных результатов.

Построение и использование моделей в судопроизводстве должны быть обоснованными, результаты моделирования должны решать какую-либо существенную задачу. Субъектам, инициирующим получение трёхмерных моделей, следует учитывать соотношение между расходами ресурсов на создание моделей, их исследование, использование с эффектом от результатов моделирования и их значение для раскрытия и расследования преступления. В случае, когда принятые методы при собирании и исследовании криминалистических объектов успешно справляются с решением подобной задачи, применение 3D-технологий будет неэкономично. Ведь, в конечном итоге, модель

должна способствовать получению новой информации о сущности объекта, его свойствах, поведении системы и вскрытию неочевидных, структурно-функциональных связей в системе.

Данные требования неразрывно связаны с оценкой применения 3D-технологий при установлении фактов и обстоятельств, имеющих значение для дела. В связи с этим неотъемлемым элементом учения становится актуальным анализ значения 3D-моделей как источников доказательственной информации. Несмотря на то что некоторыми учеными были предприняты попытки разработки концепции 3D-доказательств как новой категории в теории доказывания¹²⁹, доказательственное значение и статус 3D-моделей, по нашему мнению, вполне укладывается в концепцию электронных доказательств, предложенную С.В. Зуевым¹³⁰. 3D-модель может выступать в качестве отображения одного из традиционных доказательств как информация, представленная в цифровом виде. Модель может быть рассмотрена в статусе вещественного доказательства или иного доказательства в зависимости от её процессуального оформления и использования.

Таким образом, модель, воспроизводя вещественное доказательство, будет выступать в процессе исследования его качеств, т.к. выступать в качестве способа фиксации доказательств и сохранения его в цифровом виде. Если же модель получают в ходе следственного действия, например, осмотра места происшествия, проверки показаний на месте, допроса и является приложением к протоколу следственного действия, самостоятельного значения она иметь не будет. Получение модели в ходе производства судебной экспертизы ставит её в ряд материалов, иллюстрирующих проведенное исследование, и будет приложена к заключению эксперта как наглядный источник информации об экспериментах, результатах исследования.

Требования к информации, заложенной в модели, должны быть аналогичны

¹²⁹ Иванов Н. А. 3D-доказательства : понятие и классификация // Российский следователь. 2013. № 15. С. 5-7.

¹³⁰ Электронные доказательства в уголовном судопроизводстве : учебное пособие для вузов / С. В. Зуев [и др.] ; ответственный редактор С. В. Зуев. Москва : Издательство Юрайт, 2023. 193 с.

тем, что предъявляются к любым сведениям, претендующим на статус доказательств. Для подбора правильных средств моделирования, дальнейших экспериментов с моделью эксперт должен располагать достаточным объемом исходных данных, особенно, если исходные данные не собираются им в ходе участия в качестве специалиста. Должен быть определен необходимый уровень детализации воспроизведения свойств объекта-оригинала на модели, которая будет исходить из задач экспертного исследования, необходимо решить, какие свойства объекта для решения экспертной задачи будут выступать как существенные, а от невозможности воспроизведения каких свойств полученный вывод не потеряет своей достоверности и обоснованности. Построение моделей объектов судебной экспертизы может происходить неоднократно в процессе исследования, т.к. на определенных этапах может возникнуть необходимость в дополнительных данных, которые помогут внести дополнительные корректировки.

Наконец, важной задачей является определение места нового учения в системе судебной экспертологии. Несмотря на дискуссионный характер самой структуры судебной экспертологии, которая рассматривается в работах множества авторов, большинство включает в предмет и саму структуру судебной экспертологии вопросы информационного, а также компьютерного обеспечения судебно-экспертной деятельности¹³¹. Е.Р. Россинская, О.Г. Дьяконова выделяют такой раздел судебной экспертологии как организационное обеспечение судебно-экспертной деятельности, который служит для изучения закономерностей «активного использования информационных технологий» и IT-технологий и

¹³¹ Россинская Е. Р. Современные представления о предмете и системе судебной экспертологии // Lex Russica. 2013. №4. С.421-428 ; Бишманов Б. М. К вопросу о судебной экспертологии // Научный мир Казахстана. 2010. № 2 (30). С. 254 ; Лебедев Н. Ю. О подходах к предмету криминалистики и теории судебной экспертизы (судебной экспертологии) / Н. Ю. Лебедев, Е. В. Чеснокова // Вестник Томского государственного университета. Право. 2020. № 36. С. 70-82 ; Неретина Н. С. Роль инновационных технологий в развитии судебной экспертологии // Вестник экономической безопасности. 2022. № 1. С. 147-150; Омелянюк Г. Г., Усов А. И. Тренды развития судебной экспертологии в современных условиях // Теория и практика фундаментальных и прикладных исследований в сфере судебно-экспертной деятельности и ДНК-регистрации населения Российской Федерации : материалы Международной научно-практической конференции, Уфа, 13–14 октября 2022 года. Уфа : Научно-исследовательский институт проблем правового государства, 2022. С. 156-161.

создания соответствующих программных средств и экспертных систем¹³². Ранее нами уже отмечалось, что трехмерное моделирование, трехмерная печать дополняют сложившуюся систему направлений информационно-компьютерного обеспечения экспертной деятельности и составляют как методическую, так и технологическую основу их применения в судебно-экспертной деятельности.

Данные технологии найдут свое отражение не только в процессе осуществления экспертных исследований и собирания следов в процессе следственных действий, но и при осуществлении обучения экспертных кадров, освоения данных технологий в рамках программ повышения квалификации и профессиональной подготовки, ведении экспертно-криминалистических учетов. В связи с этим предложенное учение охватывает методический и организационный аспекты судебно-экспертной деятельности.

Трехмерное моделирование удовлетворяет запрос экспертной практики в предоставлении неразрушающих методов фиксации объектов как в ходе следственных действий, так и в процессе экспертного исследования, осуществления непосредственно сравнительного исследования, производство экспертных экспериментов, тем самым выводя экспертные технологии на более совершенный уровень. Трехмерное моделирование позволят усовершенствовать существующие и разработать новые компьютерные экспертные технологии.

Полагаем, что данное учение находится на стадии своего формирования и синтезирует накопленный материал о применении трехмерных технологий в судебно-экспертной деятельности. Система данного учения включает: общетеоретические положения; основные методы получения 3D-моделей; основные направления применения 3D-технологий в судебно-экспертной деятельности; требования и принципы получения 3D-моделей объектов судебной экспертизы; значение 3D-моделей как источников доказательственной информации; место учения о трехмерном моделировании в судебно-экспертной

¹³² Россинская Е. Р. Современная судебная экспертология – наука о судебной экспертизе и судебно-экспертной деятельности // Теория и практика судебной экспертизы. 2015 №4(40). С.16 ; Дьяконова О. Г. Понятие и структура предмета науки «Судебная экспертология» // Вестник Университета имени О. Е. Кутафина. 2015. №12. С. 98.

деятельности в системе судебной экспертологии. Предложенные структурные компоненты, а также возможность их дальнейшего совершенствования позволят сформировать целостное системное представление о применении трехмерных технологий в судебно-экспертной деятельности. Они также найдут отражение в частных теориях отдельных родов и видов судебных экспертиз, тем самым давая им также толчок к развитию в свете применения современных цифровых технологий.

Таким образом, заложенные основы частного учения о трехмерном моделировании в судебно-экспертной деятельности обеспечивают развитие общей теории судебной экспертизы, криминалистической науки в соответствии с тенденциями цифровой трансформации правоохранительной деятельности. В то же время предложенное учение находится в тесном взаимодействии с другими частными теоретическими построениями в судебной экспертологии, тем самым интегрируя весь накопленный материал для дальнейшего изучения и совершенствования судебно-экспертной деятельности в целом.

ГЛАВА II. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

2.1. Получение трехмерных моделей объектов судебной экспертизы методом трехмерной фотограмметрии

Получение 3D-моделей из фотоизображений и кадров видеозаписей получило признание благодаря простоте работы со средством фиксации, процессом получения фото/видеокадров, т.к. фотоаппарат, видеокамера являются традиционными средствами фиксации следов, предметов, документов, трупов и их частей, обстановки места происшествия в целом. В данном случае не требуется обучение сотрудников по работе с техническими средствами, обучение лежит лишь в освоении программного обеспечения 3D-моделирования. В отличие от применения 3D-сканеров, метод трехмерной фотограмметрии позволяет строить 3D-модели от небольших объектов до протяженных участков местности, тогда как сканеры рассчитаны на определенную рабочую область фиксации, особенно оснащенные поворотными столами. Для создания модели необходим небольшой комплект оборудования: фотоаппарат/видеокамера, штатив, источники света, компьютер с программным обеспечением. Причем хорошее качество трехмерных моделей достигается при фотосъемке недорогой техникой.

В связи с этим возникла необходимость провести экспериментальное исследование, направленное на апробацию данного метода при построении 3D-моделей объектов судебной экспертизы.

Технические средства и методы исследования

Для фотосъемки и видеозаписи было использовано следующее оборудование: цифровой фотоаппарат Canon EOS 5D Mark III с объективом Canon EF 24-105mm f/4L IS USM, цифровой фотоаппарат Panasonic Lumix DMC-

FS28, цифровой фотоаппарат Nikon Coolpix S8200, смартфон Apple iPhone 11 (приложение №3).

Для фиксации размерных характеристик объектов и дальнейших измерений в программном обеспечении фотограмметрии при измерительной фотосъемке использовалась линейка с ценой деления 1 мм (ГОСТ 427-75).

Создание трехмерных моделей из фотографий и кадров видеозаписей производилось в программном обеспечении Agisoft Metashape производства российской группы компаний «Геоскан».

Обработка результатов экспериментальных исследований осуществлялась на ноутбуке ASUS K501L со следующими характеристиками: процессор Intel(R) Core(TM) i5-5200U CPU @ 2.20GHz 2.19 GHz, оперативная память 8 Гб, видеокарта NVIDIA GeForce 940M, операционная система Windows 10.

Так как результативность и качество построения трехмерной модели путем фотограмметрии зависит от исходных данных, нами были учтены рекомендации разработчиков программы, и фотоизображения, видеозаписи были получены при следующих условиях:

- съемка производилась в соответствии с правилами судебной фотографии: применялись методы измерительной съемки, панорамной съемки (круговой и линейной панорамы), макросъемки, микросъемки, а также приемы фотосъемки на месте происшествия;

- при съемке было использовано несколько схем движения и установки камеры в зависимости от типа объекта: след-отображение, след-предмет, вещная обстановка места происшествия;

- съемка производилось при перемещении камеры вокруг объекта и при вращении самого объекта вокруг установленного на штатив фотоаппарата, смартфона;

- объект-оригинал фотографировался по правилам детальной фотосъемки, занимал большую часть кадра, с масштабной линейкой либо кодированными марками;

- степень перекрытия фотографий составляла от 50-80%;

– несмотря на то что один из объективов цифрового фотоаппарата имел переменное фокусное расстояние, съемка объекта производилась фиксировано на одном фокусном расстоянии без изменений на протяжении получения всей серии кадров;

– оптимальным фокусным расстоянием были выбраны значения 30, 50, 70, 105 мм;

– значение светочувствительности ISO колеблется от 100 до 400, большие значения не рекомендованы из-за возникновения шумов, которые повлияют на правильное позиционирование точек при построении модели;

– съемка с длинной выдержкой и низкими значениями диафрагмы были исключены;

– баланс белого и параметры экспозиции не изменялись на протяжении серии снимков объекта;

– при съемке на цифровые фотоаппараты марки Canon съемка производилась в формате RAW.

При проведении данного экспериментального исследования было получено 3142 фотографии, 54 видеозаписи, из которых получено 2618 кадров, построено 195 моделей.

Построение трехмерных моделей в рамках экспериментального исследования производилось в соответствии со следующими этапами:

1. *Выравнивание снимков*, в ходе которого на парах фотоизображений находятся общие точки, и после чего проводится луч зрения от оси камеры до этих точек на объекте, тем самым измеряя необходимые расстояния. На данном этапе важнейшим параметром является точность выравнивания снимков, которая влияет на качество исходного изображения, будет ли оно уменьшено за счет сжатия, останется неизменным либо будет увеличено.

2. *Построение плотного облака точек*, которое основано на облаке связующих точек и построенных картах глубины по каждой паре снимков. Параметрами данного этапа являются качество построения плотного облака и значения фильтрации карт глубины. Выбор значений этих параметров определяет

степень отображения мелких деталей на модели исходя из размера объекта.

3. *Построение полигональной модели* – каркас из созданных точек соединяется в множество многоугольных поверхностей, называемых полигонами. Таким образом, модель отображает поверхность объекта. Пользователь на данном этапе выбирает, что послужит исходными данными для построения полигональной модели, необходимое значение количества полигонов, а также тип поверхности.

4. *Построение текстуры*, в ходе которого вычисляется разрешение и задается соответствие пикселей полигонам, а также составляется цветной текстурный атлас модели.

Подробная инструкция построения моделей изложена в приложении 4. Грамотный выбор субъектом построения модели параметров каждого этапа детерминирует отображение как типовых свойств и признаков объекта, а также его особенных свойств и признаков. В конечном итоге эксперт оценивает совокупность криминалистически значимых свойств и признаков объекта-оригинала, отобразившихся в модели и которые должны быть проанализированы и использованы для решения соответствующей экспертной задачи.

В.Я. Колдин, Н.С. Полевой отмечали, что для познания в сфере уголовного судопроизводства точное отображение объектов имеет особое значение, поэтому важно использовать такие методы, которые приведут к получению достоверных данных, независимо от индивидуальных особенностей познающего субъекта¹³³. Применяемые методы также должны обеспечивать воспроизводимость и повторяемость результатов, что служит одним из средств проверки правильности принятого решения.

С этой целью нами была поставлена задача установления адекватности и полноты передачи характеристик объекта-оригинала при получении его 3D-модели методами фотограмметрии для дальнейшего их использования при решении задач судебной экспертизы. Авторские экспериментальные исследования проводились по трем блокам:

¹³³ Колдин В. Я., Полевой Н. С. Информационные процессы и структуры в криминалистике. Москва : Изд-во Моск. ун-та, 1985. С. 73.

- I. Оценка качества 3D-модели при изменении параметров её построения на различных этапах программной обработки.
- II. Оценка количества фотоизображений и кадров видеозаписи, достаточных для построения 3D-модели и качественного отображения визуальных характеристик объекта-оригинала на модели.
- III. Оценка точности передачи размерных характеристик объекта-оригинала в 3D-модели.

Данные блоки проиллюстрированы 3D-моделями трех групп объектов судебной экспертизы: объектов-отображений на примере следов обуви, объектов-предметов на примере орудия, обстановки места происшествия.

I. Оценка качества 3D-модели при изменении параметров построения её построения на различных этапах программной обработки.

В рамках первой серии авторских экспериментов проведено сравнительное исследование результатов автоматизированной обработки фотоизображений при изменении параметров каждого из этапов. Автором подвергались оценке следующие параметры построения моделей как:

- точность выравнивания снимков, которая определяет степень сжатия либо увеличения размера исходных изображений, т.к. их размер определяет качество используемых изображений;
- качество построения плотного облака точек, фильтрации карт глубины, которые влияют на степень детализации объекта;
- количество полигонов, которое с их увеличением также способствует увеличению степени детализации объекта.

Соответственно, все вышеперечисленные параметры влияют на отображение общих и частных признаков объектов на моделях. Количественные показатели основных шагов построения модели: количество связующих точек, количество точек в плотном облаке, количество полигонов, а также временные затраты сведены в таблицы 1-3.

Преобладает тенденция на увеличение количественных результатов с улучшением качества построенной модели. Возрастающее количество найденных

на фотоизображениях связующих точек формирует более плотное облако точек, которые связывает большее количество полигонов. Несмотря на то что построение моделей низкого и среднего качества заняло малое количество времени, при их оценке были обнаружены существенные недостатки.

Следы обуви

Таблица №1

Количественные результаты моделирования в зависимости от выбранных параметров этапов построения

Выравнивание снимков			
<i>Параметр</i>	<i>Значение параметра</i>	<i>Количество связующих точек</i>	<i>Время обработки</i>
Точность	низкая	17392	43 секунды
	средняя	15473	1 минута 12 секунд
	высокая	18539	1 минута 21 секунд
	очень высокая	19711	2 минуты
Построение плотного облака точек			
<i>Параметр</i>	<i>Значение параметра</i>	<i>Количество точек</i>	<i>Время обработки</i>
Качество и фильтрация карт глубины	низкое агрессивная	916103	2 минуты 17 секунд
	среднее умеренная	4089556	5 минут 41 секунда
	высокое мягкая	17215130	26 минут 5 секунд
	очень высокое мягкая	69896419	2 часа 49 минут
Построение модели			
<i>Параметр</i>	<i>Значение параметра</i>	<i>Количество полигонов</i>	<i>Время обработки</i>
Количество полигонов	низкое	43671	2 минуты
	среднее	573496	7 минут 56 секунд
	высокое	6089197	29 минут 26 секунд
	высокое	22968843	1 час 18 минут
Построение текстуры			
			<i>Время обработки</i>
Итоговое качество модели по совокупности параметров	низкое		7 минут 38 секунд
	среднее		9 минут 3 секунды
	высокое		14 минут 8 секунд
	очень высокое		51 минута 30 секунд

Модель низкого качества имеет нечеткие края следа, которые не позволяют четко определить границы следа, произвести дальнейшие измерения (рис. 5). Просматривается общий рисунок подошвенной части обуви, однако границы между некоторыми его элементами отсутствуют. Частные признаки данная модель

не отображает ввиду неплотного каркаса модели и малого количества полигонов (рис. 10).

Модель среднего качества позволяет установить границы следа, содержит четкое отображение рельефного рисунка подошвы обуви (рис. 6). Однако количественных параметров не хватает для передачи мелких особенностей в следе, особенно между выступающими деталями рельефа подошвы (рис. 11). Также выявлены недостатки в построении масштабных ориентиров на модели: криминалистических линеек, закодированных меток, что затрудняет возможности дальнейших измерений.



Рис. 5. Качество отображения рельефа каблучной части на 3D-модели низкого качества



Рис. 6. Качество отображения рельефа каблучной части на 3D-модели среднего качества



Рис. 7. Качество отображения рельефа каблучной части на 3D-модели высокого качества



Рис. 8. Качество отображения рельефа каблучной части на 3D-модели очень высокого качества

Построение моделей высокого и очень высокого качества заняло уже гораздо больше времени по сравнению с предыдущими алгоритмами работы. При высоких и очень высоких параметрах построения модели геометрия рисунка подошвы передана более четко, появились точки и полигоны, отображающие частные признаки в следе (рис. 7-8, 12-13).

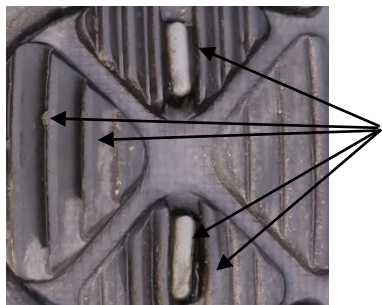


Рис. 9. Детали каблучной части обуви



Рис. 10. Отображение деталей каблучной части обуви на 3D-модели низкого качества

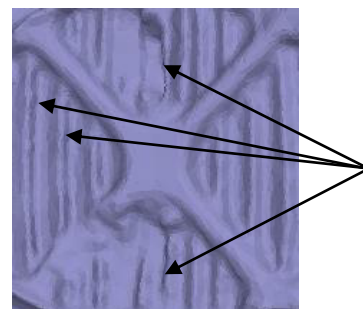


Рис. 11. Отображение деталей каблучной части обуви на 3D-модели среднего качества

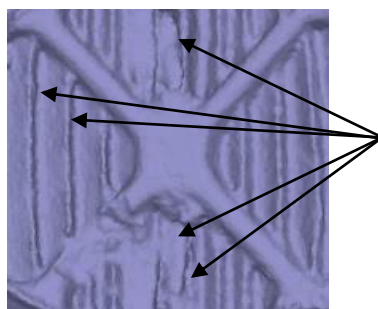


Рис. 12. Отображение деталей каблучной части обуви на 3D-модели высокого качества

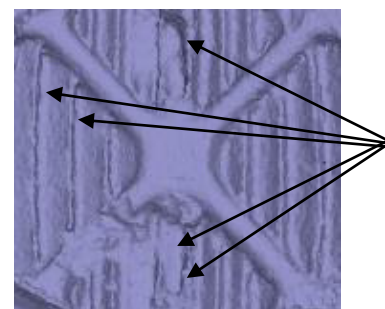


Рис. 13. Отображение деталей каблучной части обуви на 3D-модели очень высокого качества

Примечание: на рис. 9-13 стрелками черного цвета обозначены выделенные частные признаки рельефа подошвенной части обуви.

При построении модели на очень высоких настройках параметров обработки изображений компьютер затрачивает самое большое количество времени. Следует учитывать мощности компьютера, на котором будет строиться модель криминалистического объекта и исходное количество фото/кадров видеозаписи. Как и на предыдущем уровне качества, геометрия рисунка подошвы передана четко, отображены точки и полигоны, отображающие частные признаки в следе (рис. 12-13). Плотность полигонов моделей такого качества находится на уровне полного покрытия всех частей и элементов объекта.

Количество точек и плотность полигонов приближены к самой модели, благодаря чему модель отображает максимально возможную информацию об обуви, оставившей след.

Орудия и инструменты

Таблица №2

Количественные результаты моделирования в зависимости от выбранных параметров этапов построения

Выравнивание снимков			
<i>Параметр</i>	<i>Значение параметра</i>	<i>Количество связующих точек</i>	<i>Время обработки</i>
Точность	низкая	14236	40 секунд
	средняя	29194	2 минуты 30 секунд
	высокая	34604	3 минуты 21 секунда
	очень высокая	34020	4 минуты 28 секунд
Построение плотного облака точек			
<i>Параметр</i>	<i>Значение параметра</i>	<i>Количество точек</i>	<i>Время обработки</i>
Качество и фильтрация карт глубины	низкое агрессивная	395463	2 минуты
	среднее умеренная	2132581	9 минут 14 секунд
	высокое мягкая	9629201	44 минуты
	очень высокое мягкая	39402324	5 часов 21 минута
Построение модели			
<i>Параметр</i>	<i>Значение параметра</i>	<i>Количество полигонов</i>	<i>Время обработки</i>
Количество полигонов	низкое	9274	1 минута
	среднее	113886	7 минут
	высокое	1426938	14 минут 15 секунд
	высокое	7738894	35 минут 49 секунд
Построение текстуры			
			<i>Время обработки</i>
Итоговое качество модели по совокупности параметров	низкое		14 минут 13 секунд
	среднее		14 минут 50 секунд
	высокое		19 минут 11 секунд
	очень высокое		39 минут

Модель кувалды низкого качества имеет ошибки в передаче геометрической формы рабочей части, ошибочное заполнение полигонами мест сопряжения кувалды с поверхностью стола, а также сопряжения рабочей части и рукоятки. Поверхности ударных частей на модели не отображают реальный рельеф и особенности повреждений, которые возникли на инструменте в процессе эксплуатации (рис. 14-16). Также на модели не отображены наклеенные на кувалду криминалистические линейки для дальнейших измерений.

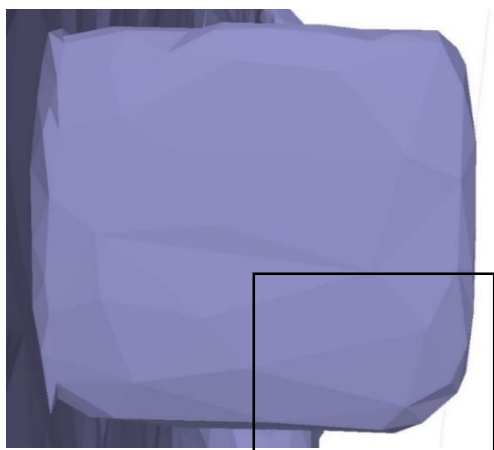


Рис. 14. 3D-модель ударной части кувалды низкого качества



Рис. 15. Увеличенное изображение деталей ударной части кувалды



Рис. 16. Отображение деталей ударной части кувалды на 3D-модели низкого качества

На модели среднего качества можно точно установить геометрическую форму частей кувалды, имеющиеся масштабные линейки. Места соприкосновения поверхностей переданы четче, более выражен рельеф поверхности подложки. Однако на поверхности ударных частей все еще отсутствуют особенности рельефа, присущие объекту-оригиналу (рис. 17-19).

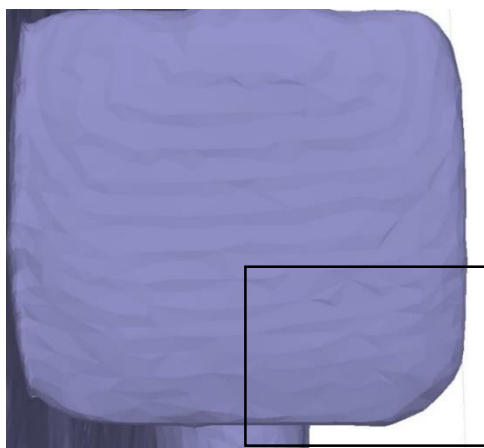


Рис. 17. 3D-модель ударной части кувалды среднего качества

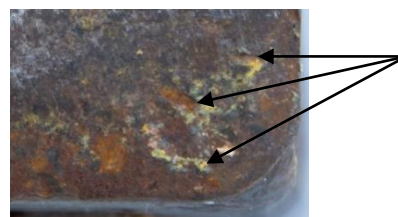


Рис. 18. Увеличенное изображение деталей ударной части кувалды



Рис. 19. Отображение деталей ударной части кувалды на 3D-модели среднего качества

Модель кувалды высокого качества адекватно передает геометрические характеристики рабочей части, на ударных частях отображается общий рельеф и мелкие особенности (рис. 20-22). Однако с увеличением количества связующих точек и уплотнения облака точек, возможна нехватка информации для определения правильного позиционирования точки по стереопарам изображений и на

поверхности модели возникают искажения. В частности, некорректно переданы нижние поверхности объекта. Для устранения этого следует подгрузить в программу дополнительные изображения и повторить алгоритм с момента выравнивания фото.

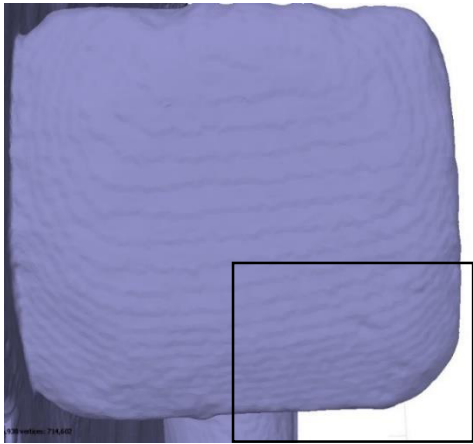


Рис. 20. 3D-модель ударной части кувалды высокого качества

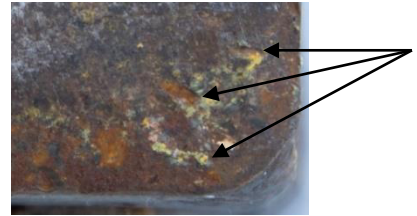


Рис. 21. Увеличенное изображение деталей ударной части кувалды

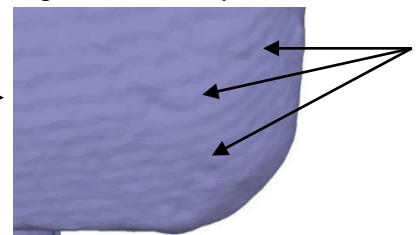


Рис. 22. Отображение деталей ударной части кувалды на 3D-модели высокого качества

Модель очень высокого качества показала наилучший результат в передаче особенностей рельефной поверхности ударных частей кувалды, что позволяет в дальнейшем использовать модель в идентификационных экспертных исследованиях (рис. 23-25).

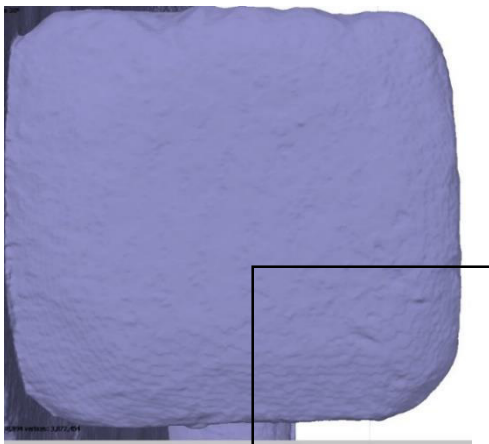


Рис. 23. 3D-модель ударной части кувалды очень высокого качества



Рис. 24. Увеличенное изображение деталей ударной части кувалды

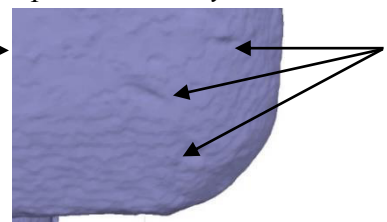


Рис. 25. Отображение деталей ударной части кувалды на 3D-модели очень высокого качества

Примечание: на рис. 14-25 стрелками черного цвета обозначены выделенные частные признаки рельефа ударной части кувалды.

Обстановка места происшествия

Таблица №3

Количественные результаты моделирования в зависимости от выбранных параметров этапов построения

Выравнивание снимков			
<i>Параметр</i>	<i>Значение параметра</i>	<i>Количество связующих точек</i>	<i>Время обработки</i>
Точность	низкая	9615	40 секунд
	средняя	14964	1 минута 28 секунд
	высокая	19156	2 минуты 33 секунды
	очень высокая	19522	3 минуты 4 секунды
Построение плотного облака точек			
<i>Параметр</i>	<i>Значение параметра</i>	<i>Количество точек</i>	<i>Время обработки</i>
Качество и фильтрация карт глубины	низкое агрессивная	842568	2 минуты 10 секунд
	среднее умеренная	3154913	8 минут 20 секунд
	высокое мягкая	12061120	42 минуты 21 секунда
	очень высокое мягкая	42958194	2 часа 16 минут
Построение модели			
<i>Параметр</i>	<i>Значение параметра</i>	<i>Количество полигонов</i>	<i>Время обработки</i>
Количество полигонов	низкое	51777	42 секунды
	среднее	220035	4 минуты 40 секунд
	высокое	2424278	10 минут 17 секунд
	высокое	10136059	50 минут
Построение текстуры			
			<i>Время обработки</i>
Итоговое качество модели по совокупности параметров	низкое		10 минут 21 секунда
	среднее		11 минут 35 секунд
	высокое		21 минута 30 секунд
	очень высокое		34 минуты 40 секунд

При оценке модели обстановки места происшествия следует сразу обратить внимание, что к ней предъявляются самые высокие требования: на ней должны отобразиться сами объекты, находящиеся на ней, а также их рельефные особенности, измерительные ориентиры. Модель низкого качества имеет самые недостоверные показатели в передаче глубины и рельефных характеристик объектов (рис. 26, 28, 30).

Поверхность полотна двери и её ручки, замка, топора имеют невыраженный

рельеф, не отображаются границы объектов. В частности, не отображена проушина на двери, на которой висит дужка замка, отсутствует левая граница между корпусом замка и поверхностью короба двери (рис. 26). Сопряжение поверхностей топора, кувалды и плитки очень сглажена, а граница между лезвием и плиткой отсутствует (рис. 28, 30).

Таким образом, модель низкого качества не способна отображать геометрические формы, размеры, тип поверхности объектов на месте происшествия.



Рис. 26. Качество отображения фрагмента двери на 3D-модели МП низкого качества



Рис. 27. Качество отображения фрагмента двери на 3D-модели МП среднего качества

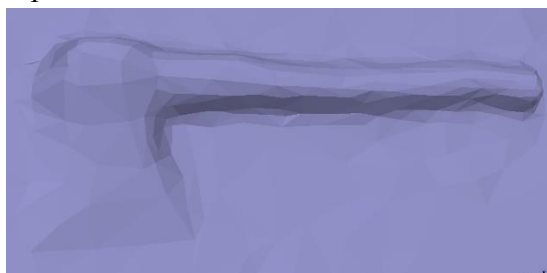


Рис. 28. Качество отображения топора на 3D-модели МП низкого качества

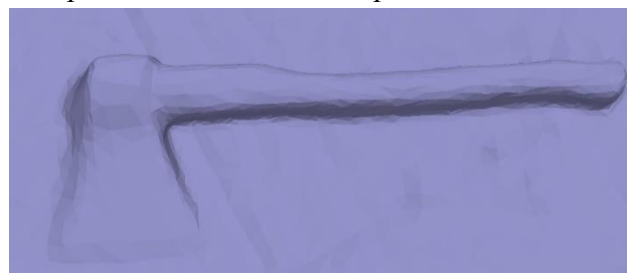


Рис. 29. Качество отображения топора на 3D-модели МП среднего качества

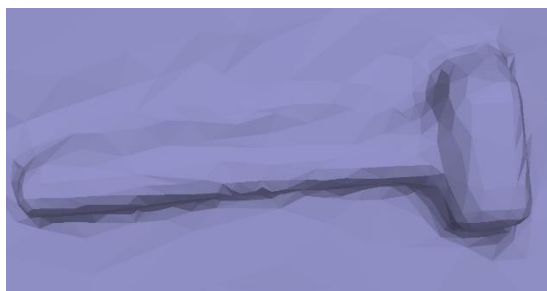


Рис. 30. Качество отображения кувалды на 3D-модели МП низкого качества

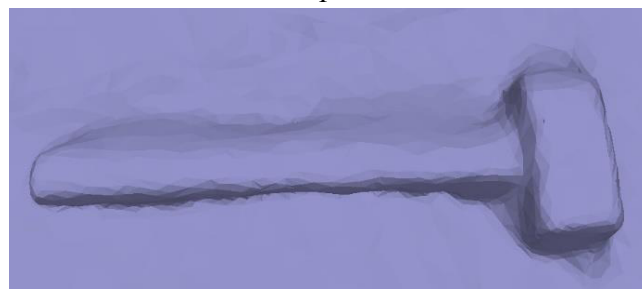


Рис. 31. Качество отображения кувалды на 3D-модели МП среднего качества

Модель среднего качества четче передает геометрические формы объектов на месте происшествия (рис. 27, 29, 31). Выраженно передана геометрическая форма рукояти топора, ручки двери, корпуса замка, граница между корпусом замка и дверным полотном, между дверной коробкой и поверхностью постройки (рис.

27). Однако все еще отсутствует граница между лезвием топора и плиткой, проушина под замок на дверном полотне присутствует на данной модели, но только в верхней части, сглажена граница между концом дужки замка и дверной коробкой. Данная модель хоть и в большей степени передает геометрические формы объектов, все еще не пригодна для проведения измерений и дальнейшего исследования.

В отличие от предыдущих, модель высокого качества отличается передачей всех границ между объектами (рис. 32, 34, 36). Геометрические формы объектов переданы правильно. Отмечены несущественные искажения в местах сопряжения объектов с поверхностями дверного полотна, плитки. Данная модель позволит провести измерения размерных характеристик объектов, расположенных на месте происшествия.



Рис. 32. Качество отображения фрагмента двери на 3D-модели МП высокого качества



Рис. 33. Качество отображения фрагмента двери на 3D-модели очень высокого качества



Рис. 34. Качество отображения топора на 3D-модели МП высокого качества

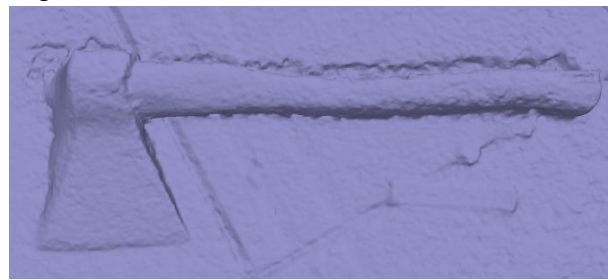


Рис. 35. Качество отображения топора на 3D-модели МП очень высокого качества

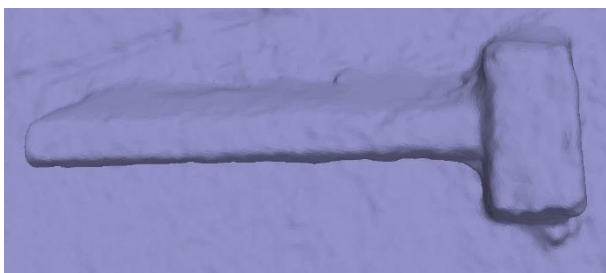


Рис. 36. Качество отображения кувалды на 3D-модели МП высокого качества

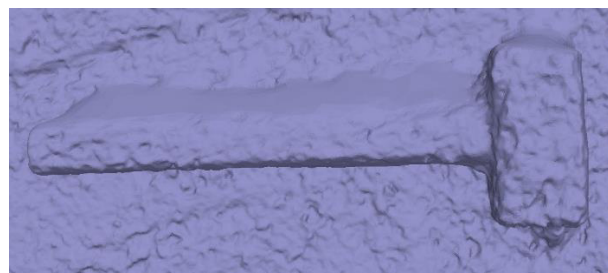


Рис. 37. Качество отображения кувалды на 3D-модели МП очень высокого качества

Модель очень высокого качества также передает геометрические характеристики объектов на месте происшествия, пригодна для проведения измерений (рис. 33, 35, 37). Поверхности дверной коробки, дверного полотна, поверхности постройки имеют выраженный рельеф. Однако при выборе очень высоких параметров построения модели возникли искажения в позиционировании точек, которые проявились в виде излишней рельефности, «изъеденной» поверхности сопряжения рукояти топора и плитки (рис. 35, 37). Причиной этого является нехватка стереопар фотоизображений, которые помогут точнее определить положение одноименных связующих точек. Для устранения указанных искажений следует загрузить дополнительные фотографии/кадры видеозаписи в программу и повторить алгоритм построения модели.

После того, как были подгружены дополнительные изображения и модель была перестроена, геометрическая форма частей топора передана без искажений, границы между плитками и поверхности самих плиток получили выраженный рельеф, на боковых стенках лезвия топора, рукояти топора отображаются мелкие особенности рельефа (рис. 38-39).

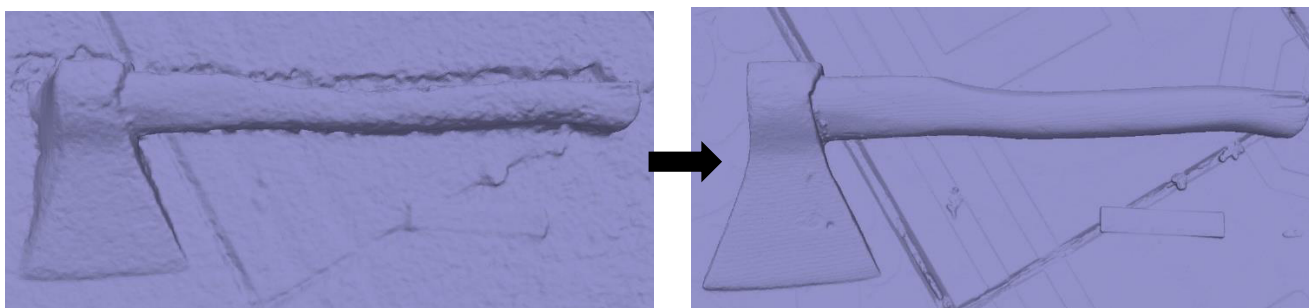


Рис. 38-39. Качество отображения поверхности топора на 3D-модели после добавления фотоизображений и повторного построения модели

Так как модель места происшествия должна отображать не только общее расположение и взаиморасположение объектов, наглядно демонстрируя обстановку места происшествия, но и позволять выделять для дальнейшей работы каждый след, предмет для детального анализа, следует дополнительно фиксировать их на достаточном количестве изображений, чтобы достроить модель для передачи большего количества особенностей самих объектов, расположенных на месте происшествия.

Таким образом, для получения трехмерных моделей, которые адекватно передают геометрию, а также рельефные поверхности деталей объекта, следует использовать значения параметров высокие и очень высокие с учетом мощности ПК, на котором происходит обработка, т.к. неотображение каких-либо элементов объекта, некорректное отображение рельефа поверхности в дальнейшем может сказаться на качестве проведенных измерений.

При использовании одновременно с программой Agisoft Metashape других приложений, браузера, профессиональных программ, следует обращать внимание за показателем затрат оперативной памяти компьютера, т.к. программы трехмерной фотограмметрии очень требовательны к размеру свободной оперативной памяти. При загрузке большого количества фото при высоких и очень высоких настройках и при работе с другим программным обеспечением, возможно возникновение сбоев из-за нехватки оперативной памяти.

II. Оценка количества фотоизображений и кадров видеозаписи, достаточных для построения 3D-модели и качественного отображения визуальных характеристик объекта-оригинала на модели.

В данной серии экспериментов стояла задача также установить границы адекватного отображения геометрии и особенностей объекта при изменении количества исходных данных: фотоизображений и кадров видеозаписи. Для наглядной демонстрации изменения параметров были составлены схемы точек проведенных съемок объекта.

Исходя из результатов предыдущего этапа были выбраны высокие параметры настроек этапов построения модели и оценены количественные показатели и временные затраты на модели (таблицы 4-6). Дальнейшая обработка полученных результатов изменения параметра исходных данных оценивалась по четкости передачи на модели геометрии объекта, а также по достоверности вершин модели. Оценка визуальных ошибок в 3D-модели оценивалось при просмотре текстурированных моделей объектов.

Качественными характеристиками моделей, которые оценивались в ходе данного эксперимента, являлись: отображение общих признаков (цвета, формы,

контуров, составных элементов), полнота отображения поверхности объекта, качество текстур, отображение частных признаков (мелких особенностей рельефа). Также отмечалось наличие/отсутствие визуальных ошибок в виде наличия/отсутствия искажений в контурах объекта и его элементов, перекосов, двойных контуров, и других дефектов.

Следы обуви

Таблица №4

Количественные результаты моделирования в зависимости от количества исходных фотоизображений

Исходные данные	Количество связующих точек	Количество точек в плотном облаке	Количество полигонов	Время построения модели
4 фото	2032	8294363	3095173	22 минуты 57 секунд
8 фото	12196	12480472	4638380	36 минут 29 секунд
16 фото	17006	16787095	6017309	1 час 2 минуты
32 фото	18539	17215130	6089197	1 час 11 минут

Модель следа обуви из минимального количества исходных изображений, несмотря на хорошие внешние показатели на этапе текстурирования, имеет ошибки в построении точек на границе следа, что влияет на производство корректных измерений. Большие искажения возникли на криминалистической линейке, на моделях она выступает в качестве измерительного эталона и не может выполнить свое предназначение с недостоверными вершинами (рис. 40, 44).

Модели из 8 и 16 изображений не имеют искажений по краям следа, отображают корректно рисунок подошвенной части обуви, а также его особенности. Однако ошибки при построении все еще наблюдаются в модели криминалистической линейки (рис. 41, 45, 42, 46). Аналогичная ситуация при размещении вокруг объекта кодированных меток из программы Agisoft Metashape. Следует учитывать корректность построения каждого измерительного ориентира в модели, так как неправильное позиционирование точек скажется на точности измерений.



Рис. 40. Текстурированная 3D-модель следа обуви, построенная из 4 исходных изображения

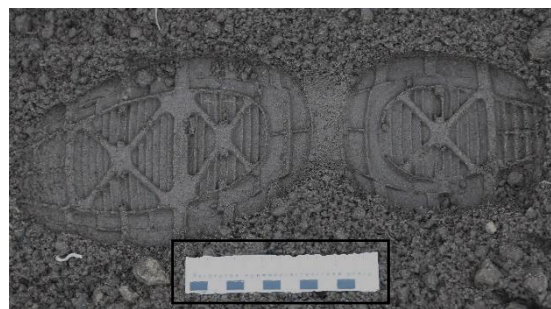


Рис. 41. Текстурированная 3D-модель следа обуви, построенная из 8 исходных изображения



Рис. 42. Текстурированная 3D-модель следа обуви, построенная из 16 исходных изображения



Рис. 43. Текстурированная 3D-модель следа обуви, построенная из 32 исходных изображения

Примечание: на рис. 40-43 красящим веществом черного цвета обозначены искажения и дефекты построения 3D-моделей.

На моделях, построенных из 32 фотоизображений и 50 кадров видеозаписи, удалось достичь достоверного отображения деталей следа, поверхности криминалистической линейки и закодированных меток (рис. 42-43). Модели способны адекватно отображать поверхности в следе и измерительных ориентирах и пригодны для производства измерений (рис. 46-47). Увеличение количества исходных изображений с 30 до 50 не показало изменений в передаче признаков подошвенной части обуви, поэтому для таких следов достаточным количеством исходных изображений можно считать 30.

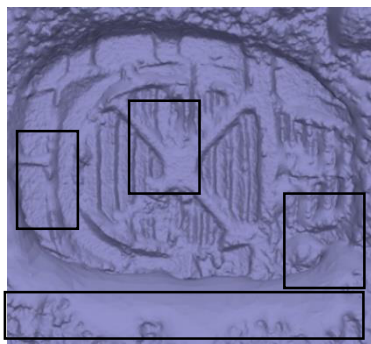


Рис. 44. Полигональная 3D-модель следа обуви, построенная из 4 исходных изображения



Рис. 45. Полигональная 3D-модель следа обуви, построенная из 8 исходных изображения



Рис. 46. Полигональная 3D-модель следа обуви, построенная из 16 исходных изображений



Рис. 47. Полигональная 3D-модель следа обуви, построенная из 32 исходных изображений

Примечание: на рис. 44-47 красящим веществом черного цвета обозначены искажения и дефекты построения 3D-моделей.

При фиксации объекта для дальнейшего построения трехмерной модели следует также учитывать разрешающую способность фототехники, видеотехники, так как даже при достаточном количестве исходных данных, не будет обеспечено необходимое качество модели. Чем выше разрешение фотоизображений, видеозаписи, тем выше качество модели, тем точнее она отображает детали поверхности объекта-оригинала (приложение №5).

По сравнению с другими объектами объемные следы обуви требуют для адекватного отображения меньшего количества исходных данных, однако при построении плотного облака точек и полигональной модели должно быть обеспечено соответствующее качество моделей измерительных эталонов.

Следы орудий взлома

Таблица №5

Количественные результаты моделирования в зависимости от количества исходных фотоизображений

Исходные данные	Количество связующих точек	Количество точек в плотном облаке	Количество полигонов	Время построения модели
4 фото	558	770459	169731	4 минуты 29 секунд
8 фото	5523	2846898	687775	16 минут 23 секунды
16 фото	15763	6599860	1776578	36 минут 14 секунд
32 фото	34604	9629201	1426938	1 час 21 минута

При построении модели из 4 исходных изображений наблюдается самое большое количество непостроенных участков, невозможно проследить границы рабочей поверхности, рукояти кувалды, модель не позволяет судить о размерных

характеристиках (рис. 48). Для орудия и инструментов, которые состоят из нескольких элементов, имеют сложную конфигурацию, мелкие особенности на рабочей части, ракурс перекрестной съемки с подготовкой 4 фотографий не применим (рис. 52).

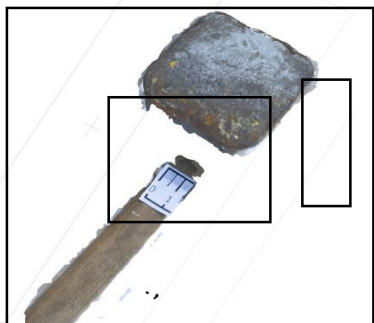


Рис. 48. 3D-модель кувалды, построенная из 4 исходных изображений

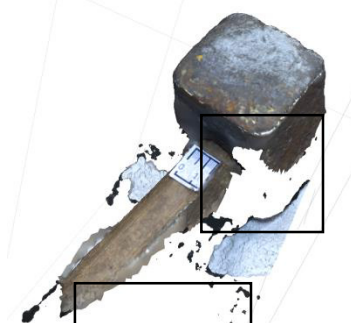


Рис. 49. 3D-модель кувалды, построенная из 8 исходных изображений

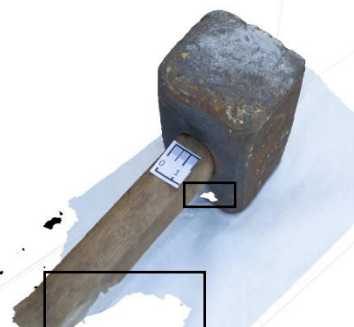


Рис. 50. 3D-модель кувалды, построенная из 16 исходных изображений



Рис. 51. 3D-модель кувалды, построенная из 32 исходных изображений

Примечание: на рис. 48-51 красящим веществом черного цвета обозначены искажения и дефекты построения 3D-моделей.

На модели из 8 исходных фотографий частично построены боковые стороны рабочей части, передана форма и размеры поверхности бойка, однако несмоделированными оказались нижняя часть кувалды, рукоять кувалды, отсутствует подложка (рис. 49). Однако на ударной части отобразились рельефные особенности, которые при оценке достоверности вершин модели могут быть изучены в экспертном исследовании (рис. 53), однако для иллюстрации в качестве модели вещественного доказательства она неприменима.

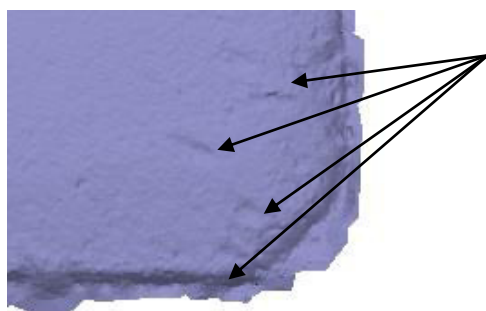


Рис. 52. Увеличенное изображение 3D-модели ударной части кувалды, построенной из 4 исходных изображений

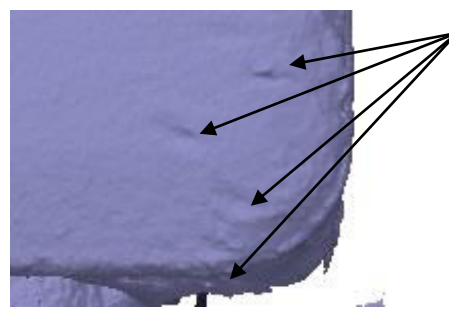


Рис. 53. Увеличенное изображение 3D-модели ударной части кувалды, построенной из 8 исходных изображений

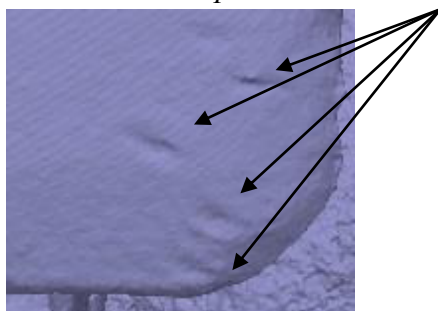


Рис. 54. Увеличенное изображение 3D-модели ударной части кувалды, построенной из 16 исходных изображений

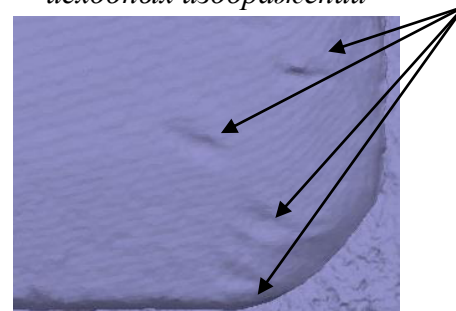


Рис. 55. Увеличенное изображение 3D-модели ударной части кувалды, построенной из 32 исходных изображений

Примечание: на рис. 52-55 красящим веществом черного цвета обозначены частные признаки рельефа ударной части кувалды.

На модели из 16 фотографий не построена нижняя поверхность кувалды, модель передает форму боковых и верхней поверхности, поверхность фрагмента криминалистической линейки построена корректно, смоделирована часть подложки, однако достоверность ее вершин достаточно низкая (рис. 50). Верхняя поверхность модели передает рельеф рабочей части и отражает идентификационный комплекс признаков с высокой достоверность расположения точек (рис. 54).



Рис. 56. Достоверность вершин 3D-модели кувалды, построенной из 4 исходных изображений

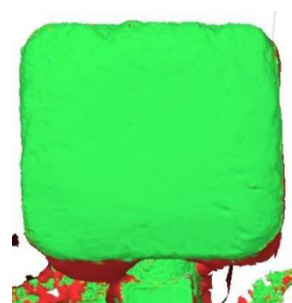


Рис. 57. Достоверность вершин 3D-модели кувалды, построенной из 8 исходных изображений

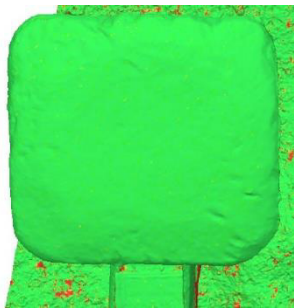


Рис. 58. Достоверность вершин 3D-модели кувалды, построенной из 16 исходных изображений

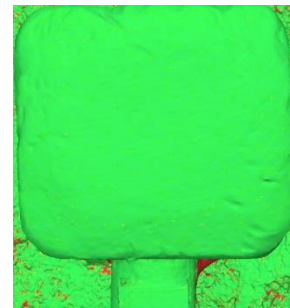


Рис. 59. Достоверность вершин 3D-модели кувалды, построенной из 32 исходных изображений

Однако для демонстрации ввиду визуальных потерь модель из 16 фотографий использоваться быть не может. Ошибки в достоверности точек возникли на участках, наиболее удаленных от камеры (рис. 58).

Модель из 32 фотографий отображает все поверхности как рабочей части, так и рукояти кувалды, отображена криминалистическая линейка без ошибок в достоверности передачи вершин. Корректно построено более 90% поверхности модели (рис. 51), имеются ошибки в позиционировании в нижней поверхности рукояти и бойка кувалды, однако их можно устранить путем добавления фотографий с другого ракурса (рис. 59). Модель адекватно передает рельеф рабочей поверхности бойка (рис. 55). Однако если объектом моделирования являются более сложные с точки зрения строения объекты, состоящие из большого количества небольших или мелких деталей, количество фотоизображений должно быть увеличено.

Место происшествия

Таблица №6

Количественные результаты моделирования в зависимости от количества исходных фотоизображений

Исходные данные	Количество связующих точек	Количество точек в плотном облаке	Количество полигонов	Время построения модели
4 фото	1268	5599795	1420568	17 минут 8 секунд
8 фото	11658	10817947	2925910	26 минут 38 секунд
16 фото	17609	11991838	2645529	44 минуты 26 секунд
32 фото	19156	12061120	2424278	1 час 16 минут
50 фото	30825	23730249	4567029	2 часа 31 минута

Фиксации в трехмерной модели вещной обстановки места происшествия

предъявляет более высокие требования по сравнению с моделями единичных следов, так как должна отразить общую картину в целом, а также каждый отдельный объект-предмет и следы на нем с адекватной передачей их формы, размеров, расположения и взаиморасположения для дальнейшего её применения для решения экспертных задач, в частности, ситуационных задач различных родов и видов судебной экспертизы.

Модель из 4 исходных фотографий обладает самым большим количеством искажений объектов. Во-первых, имеется участок поверхности придомовой постройки, который не построился, а также некорректная передача достоверности вершин близлежащих поверхностей (рис. 60). В режиме *Достоверность вершин модели* красным отображаются участки с ошибкой в позиционировании точек. На модели с минимальным количеством исходных данных красные участки занимают около половины площади модели (рис. 61).



Рис. 60. Текстурированная 3D-модель места происшествия, построенная из 4 исходных изображений

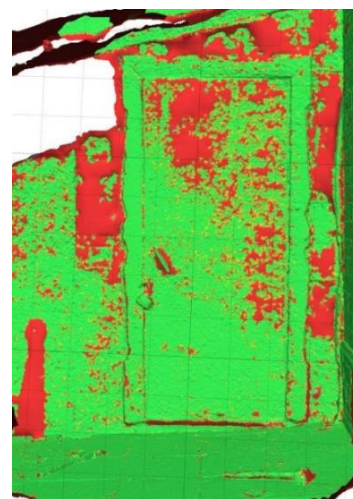


Рис. 61. Достоверность вершин 3D-модели места происшествия

Примечание: на рис. 60 красящим веществом черного цвета отмечен непостроенный участок.

Во-вторых, ошибки в позиционировании точек приводят к некорректному построению поверхностей объектов. Так, из-за малого количества фотографий и отсутствия детальных фотоизображений двери придомовой постройки и замка, дужка замка не построена, отсутствуют границы между ручкой двери и дверным полотном (рис. 62-63). На текстурированной модели это отображается в виде замыленных текстур на данных участках.

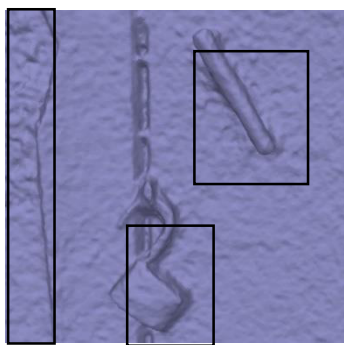


Рис. 62. Фрагмент двери на полигональной 3D-модели МП, построенной из 4 изображений

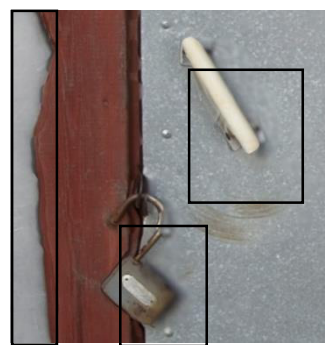


Рис. 63. Фрагмент двери на текстурированной 3D-модели МП, построенной из 4 исходных изображений

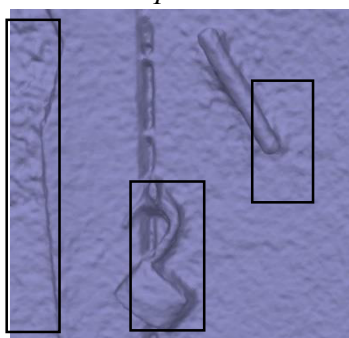


Рис. 64. Фрагмент двери на полигональной 3D-модели МП, построенной из 8 исходных изображений

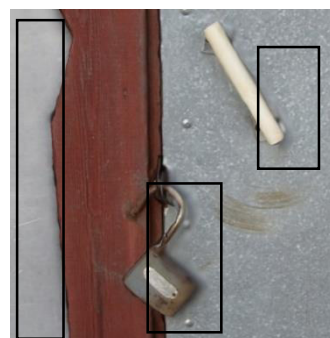


Рис. 65. Фрагмент двери на текстурированной 3D-модели МП, построенной из 8 исходных изображений

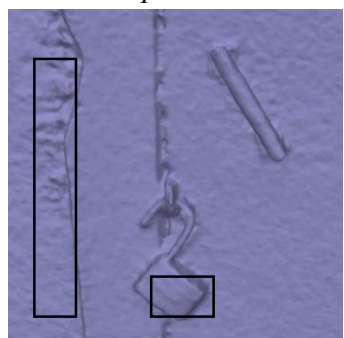


Рис. 66. Фрагмент двери на полигональной 3D-модели МП, построенной из 16 исходных изображений



Рис. 67. Фрагмент двери на текстурированной 3D-модели МП, построенной из 16 исходных изображений



Рис. 68. Фрагмент двери на полигональной 3D-модели МП, построенной из 32 исходных изображений

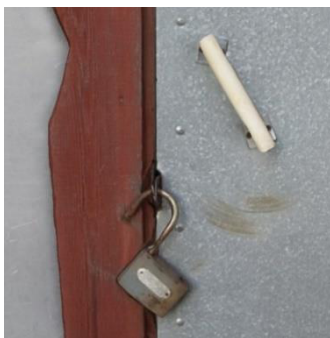


Рис. 69. Фрагмент двери на текстурированной 3D-модели МП, построенной из 32 исходных изображений

Примечание: на рис. 62-67 красящим веществом черного цвета обозначены искажения и дефекты построения 3D-моделей.

При анализе моделей орудий обнаружены дефекты контуров, контуры объекта по всему периметру имеют искажения в виде ломаной, извилистой кромки. Произошло смещение поверхностей рукоятей топора и кувалды, также искажения в месте контакта с поверхностью плитки (рис. 70-71). Текстуры в местах искажений также замылены.

Построение модели из минимального количества фотографий не позволяет её использовать ни для демонстрации общей картины вещной обстановки места происшествия, ни для дальнейшего исследования в рамках судебных экспертиз, так как нечеткость в передаче объектов-предметов не позволяет установить их границы, определить форму, произвести измерения, проанализировать особенности поверхностей объектов с целью обнаружения следов и решения в дальнейшем экспертных задач.

На модели из 8 фотографий уже отсутствуют непостроенные участки. Однако наблюдаются искажения в передаче текстур объектов из-за неправильного позиционирования точек (рис. 64-65). Также присутствует искажение контуров объектов в виде извилистой кромки, размытость текстур объектов (рис. 72-73). При построении моделей из 8 фотографий возникли также дополнительные искажения при построении кодированных меток, что повлияет на правильное распознавание данных меток в программном обеспечении и точность дальнейших измерений. Данное количество фотографий все еще не позволяет использовать модель в целях экспертного исследования.

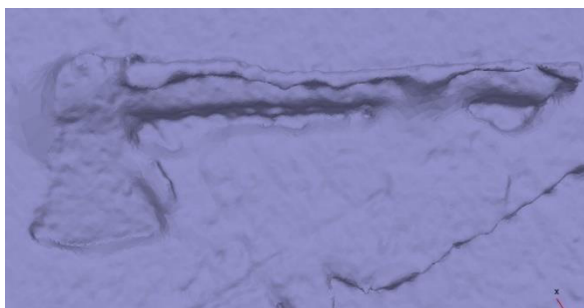


Рис. 70. Отображение топора на 3D-модели МП, построенной из 4 исходных изображений

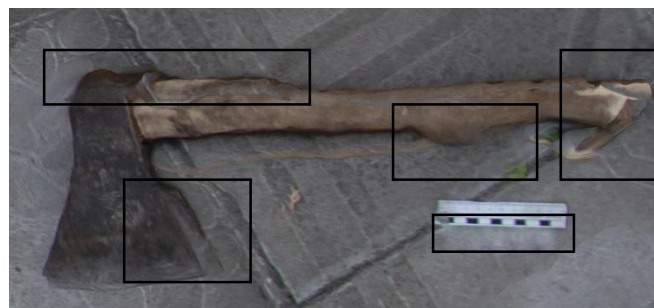


Рис. 71. Отображение топора на 3D-модели МП, построенной из 4 исходных изображений

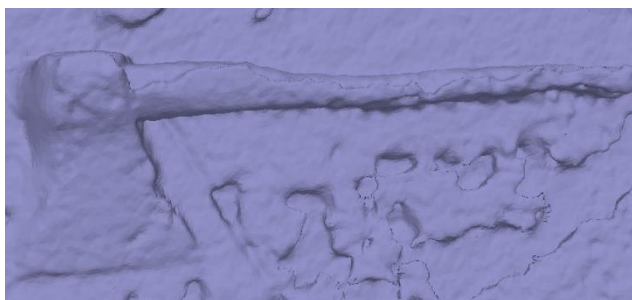


Рис. 72. Отображение топора на 3D-модели МП, построенной из 8 исходных изображений

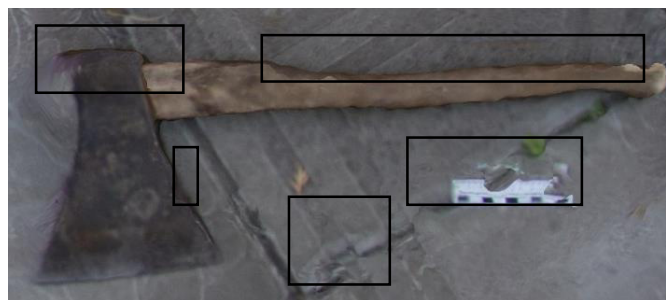


Рис. 73. Отображение топора на 3D-модели МП, построенной из 8 исходных изображений

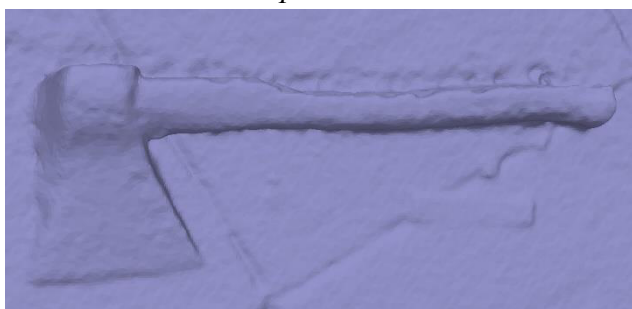


Рис. 74. Отображение топора на 3D-модели МП, построенной из 16 исходных изображений



Рис. 75. Отображение топора на 3D-модели МП, построенной из 16 исходных изображений

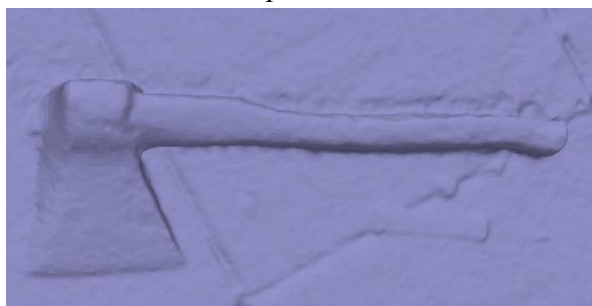


Рис. 76. Отображение топора на 3D-модели МП, построенной из 32 исходных изображений



Рис. 77. Отображение топора на 3D-модели МП, построенной из 32 исходных изображений

Примечание: на рис. 70-77 красящим веществом черного цвета обозначены искажения и дефекты построения 3D-моделей.

Модель из 16 фотографий содержит меньшее количество искажений в достоверности передачи вершин, что влияет на качество накладываемых текстур. Формы и границы объектов переданы достаточно четко (рис. 66, 74). Однако из-за недостаточного количества фотографий вокруг топора все еще имеются искажения в месте контакта с поверхностью плитки, отображении кодированной метки и произошло смещение точек и текстур (рис. 67, 75). Модель в целом отображает расположение и взаиморасположение объектов на месте происшествия, но не отображает их особенности для возможного детального исследования.

С учетом недостатков построения предыдущих моделей были сделаны

дополнительные фотографии самого места происшествия и каждого объекта детально, что позволило достичь адекватного отображения формы, размеров и особенностей деталей, рабочих поверхностей объектов, измерительных ориентиров (рис. 78-79).

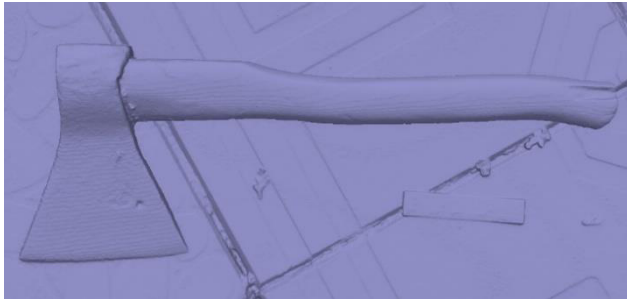


Рис. 78. Отображение топора на 3D-модели на 3D-модели МП, построенной из 50 исходных изображений



Рис. 79. Отображение топора на 3D-модели МП, построенной из 50 исходных изображений

Данная модель позволяет задать масштабные линейки и произвести необходимые измерения, продемонстрировать взаиморасположение объектов, расстояния между ними (рис. 80). Подобную модель можно приложить к протоколу осмотра места происшествия как наглядное представление об обнаруженных объектах и следах, причем каждый отдельный объект может быть подробно изучен, описан и измерен.



Рис. 80. Текстурированная 3D-модель места происшествия и его объектов, построенная из 50 фотографий

По результатам данного эксперимента становится очевидным, что слишком малое количество исходных данных, будь то фотографии или кадры видеозаписи, не дает программному обеспечению использовать механизм фототриангуляции, который обеспечивается за счет высокой площади перекрытия между соседними

изображениями. Отсутствие перекрытия или недостаточное перекрытие фотографий привело к дефектам на поверхностях объектов в виде несмоделированных участков, искажению контуров и смещению текстур.

Оценка точности передачи размерных характеристик объекта-оригинала в 3D-модели.

Рассмотрев особенности работы с настройками параметров этапов построения модели в программе трехмерной фотограмметрии и определившись с количественными исходными данными для модели, следует перейти к оценке адекватности передачи размерных и визуальных признаков объекта-оригинала моделью. Оценка моделей производилась путем анализа количественной точности моделей.

Оценка количественной точности модели осуществлялось путем измерения полученной модели в Agisoft Metashape. Данная программа позволяет задавать масштаб модели и систему координат с помощью маркеров, располагающихся на модели. Для этого в программе возможно создание масштабных линеек. Создание масштабных линеек в программе осуществляется несколькими способами: с помощью кодированных марок либо введением расстояния вручную между добавленными маркерами (рис. 81).

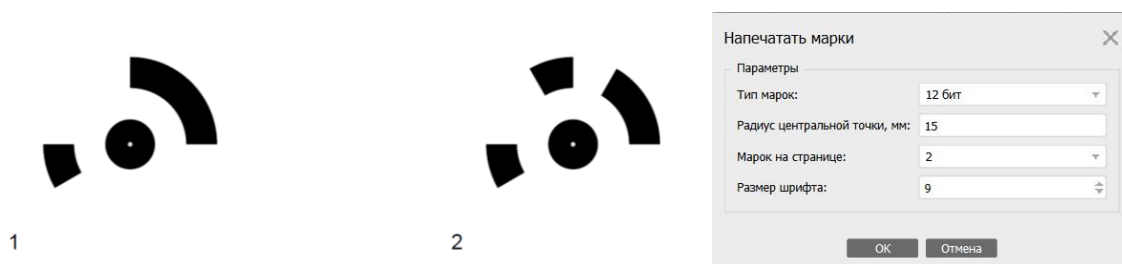


Рис. 81. Кодированные марки, генерируемые в Agisoft Metashape

Кодированные марки используются в качестве опорных точек для задания масштаба и системы координат. В качестве ориентира для расстановки маркеров при фотографии криминалистических объектов также может служить и масштабная линейка, помещенная рядом с объектом. Для создания кодированных марок автором были соблюдены правила и инструкция, изложенные на сайте

разработчика программного обеспечения¹³⁴.

При работе с кодированными марками программа способна автоматически распознавать их на фотоизображениях. Для этого на панели «Инструменты» нужно выбрать пункт «Маркеры» и «Найти марки». Далее необходимо выбрать два маркера, между которыми будет построена масштабная линейка. На панели «Привязка» для каждой созданной масштабной линейки ввести расстояние между марками, измеренное ранее. Теперь для пользователя становится доступным инструмент «Линейка», который позволит измерить модель в любом интересующем его месте (рис. 82).

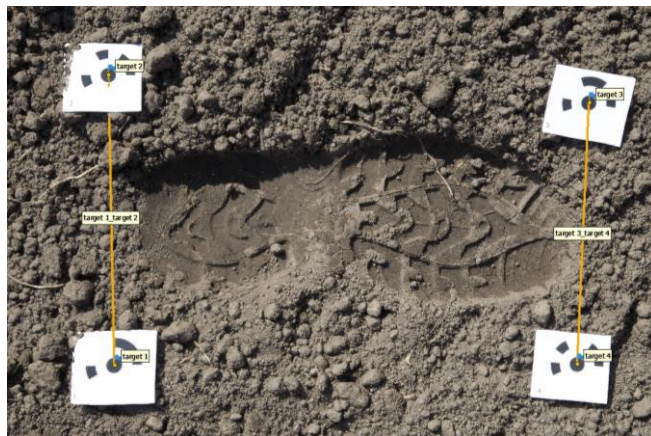


Рис. 82. Отображение созданных масштабных линеек на модели (справа)

Второй способ производства измерений и создания масштабной линейки по ручную расставленным маркерам на поверхности модели. Для обеспечения точности в расстановки маркеров мы ориентировались на цену деления криминалистической линейки. При наведении курсора мыши на нужную точку на модели и нажатии правой кнопкой мыши открывается меню, в котором нужно выбрать пункт «Добавить маркер» (рис. 83). Следует создать несколько пар подобных маркеров для обеспечения правильности производства расчетов. Дальнейшие действия по созданию масштабной линейки аналогичны предыдущему способу.

¹³⁴ Кодированные марки и Масштабные линейки – Текст : электронный // Geoscan Helpdesk portal. URL: <https://geoscan.freshdesk.com/support/solutions/articles/35000152351-Кодированные-марки-и-Масштабные-линейки#:~:text=Agisoft%20Metashape%20поддерживает%20четыре%20типа%20Содном%20проекте%20больше%20число%20КМ> (дата обращения 20.04.2023 г.).



Рис. 83. Модель с созданными вручную маркерами на криминалистической линейке в качестве эталона

После распознавания маркеров и создания масштабных линеек нами был произведен ряд измерений в каждой из трех групп моделей с учетом размещения как криминалистической линейки, так и кодированных меток. Результаты были сведены в таблицы (приложение №6). Статистическая обработка полученных метрических характеристик на персональном компьютере с использованием программы «Microsoft Excel».

Для анализа погрешности измерений по трехмерным моделям нами были произведены расчеты среднеквадратического отклонения по формуле¹³⁵:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n}}, \text{ где } \sigma \text{ – среднеквадратическое отклонение,}$$

x – измеренное значение признака объекта,

\bar{x} – среднеарифметическое значение,

n – число измерений.

По каждому блоку были получены значения среднеквадратического отклонения при использовании в качестве измерительного ориентира криминалистической линейки и кодированных меток из самой программы Agisoft Metashape. Кодированные марки показали более высокую точность измерений за счет увеличенного количества самих измерительных ориентиров.

В дальнейшем перспективным является расширение видов фиксируемых объектов, а также увеличение их количества в каждой из выбранных групп с целью установления погрешности измерений по трехмерным моделям, а также введения

¹³⁵ Матвеев В. А. Статистика: учебно-методическое пособие. Нижний Новгород : Нижегородский госуниверситет, 2015. С. 33.

поправочных коэффициентов для обеспечения точности измерений.

Рассмотренные особенности работы и критерии оценки качества трехмерных моделей нашли отражение в алгоритме работы в программных пакетах трехмерной фотограмметрии с учетом дополнительных шагов, на которые следует обращать внимание при построении трехмерной модели для решения задач судебной экспертизы (приложение №7).

Суммируя вышесказанное, технология построения 3D-моделей объектов судебной экспертизы включает следующие этапы: подготовительный, этап программной обработки, этап оценки результатов построения модели и её пригодности для исследования.

Подготовительный этап предполагает фиксацию объектов, модели которых будут построены и получение исходного материала для моделирования. Подготовка состоит из следующих подэтапов:

1. Выбор средства фиксации, дополнительных осветительных, увеличительных технических средств.
2. Настройка средств фиксации с учетом условий съемки и получение необходимого количества исходного материала.

Если объект-оригинал фиксируется по правилам детальной фотосъемки, он должен занимать большую часть кадра, а рядом с ним должны располагаться измерительные ориентиры: масштабная линейка либо кодированные метки. Для оценки точности передачи размерных характеристик объекта на фотографиях всегда должен присутствовать ориентир в виде криминалистической линейки либо кодированных марок, для которых заранее были измерены расстояния.

Для успешного производства измерений по модели объекта следует соблюдать следующие правила: при фотосъемке и видеозаписи объекта не перемещать измерительные ориентиры, если имеются неблагоприятные погодные условия либо сложная поверхность объекта, необходимо неподвижно закрепить измерительный ориентир, при применении кодированных меток их количества должно быть достаточно для дальнейшего создания виртуальной масштабной линейки, для корректного построения точек в моделях измерительные ориентиры

должны быть в фокусе на фотографиях и видеозаписях.

Съемка должна осуществляться при одном фокусном расстоянии, параметрах экспозиции и баланса белого без изменений на протяжении всей серии кадров. Следует подбирать оптимальное фокусное расстояние исходя из размеров объектов и расстояния от него (за ориентир могут быть взяты значения 30, 50, 70, 105 мм). Значение светочувствительности должно составлять от 100 до 400, т.к. более высокие значения не рекомендованы из-за возникновения шумов, которые в дальнейшем могут повлиять на правильное позиционирование точек при построении модели. Аналогично не рекомендованы параметры длинной выдержки и низкие значения диафрагмы. Если средство фиксации позволяет следует выбирать лучшие форматы сохранения качества (RAW), при производстве видеозаписи выбирать самое высокое качество и частоту кадров.

3. Оценка исходного материала с точки зрения пригодности и достаточности для построения модели, при необходимости обработка в графических редакторах для подготовки к программной обработке.

Количество фотоизображений объекта для адекватной передачи размерных и визуальных характеристик объекта-оригинала должно быть не менее 30. Однако исходя из размеров, сложности объекта количество фотоизображений/кадров видеозаписи должно быть увеличено.

Если фотосъемка производилась с целью сохранения лучшего качества в формате RAW, их необходимо конвертировать в JPEG в графическом редакторе. Подготовленные видеозаписи следует разделить на кадры с помощью видеоредакторов.

Этап программной обработки – этап построения 3D-модели в программе фотограмметрии: выравнивание снимков, построение плотного облака точек, построение полигональной модели, наложение текстуры. Программная обработка фотоизображений предполагает подбор оптимальных настроек, при которых модель будет отвечать всем критериям для экспертного исследования. По нашему мнению, параметры настроек каждого этапа построения модели должны быть не ниже высоких и очень высоких.

Оценка результатов построения модели и её пригодности для исследования является одним из важнейших этапов, который определяет включение 3D-модели в процесс экспертного исследования и успешность решения с её помощью экспертных задач.

На основании проведенных экспериментальных исследований автором были выявлены критерии оценки адекватности и достоверности передачи признаков объекта-оригинала на трехмерной модели.

Качественными критериями адекватности и достоверности трехмерной модели выступают четкость в передаче визуальных признаков объектов-оригинала (цвета, геометрической формы, контуров, составных элементов объекта, мелких особенностей), отсутствие визуальных ошибок (несмоделированных участков, ошибочного расположения полигонов и текстур, которые проявляются в перекосах и замыленности, неполноте отображения поверхности объекта, искажения в контурах объекта и его элементов, двойные контуры, отсутствие границ между объектами).

В качестве количественных критериев выступают число исходных материалов (количество фотографий, кадров видеозаписи), разрешающая способность исходных материалов, результаты программной обработки исходных изображений (количество связующих точек, количество и достоверность вершин точек в плотном облаке, количество полигонов), погрешность полученных на модели измерений.

Результаты проведенных экспериментальных исследований, анализа экспертной практики показал, что метод трехмерной фотограмметрии имеет большой потенциал, как надежный и объективный метод фиксации информации об объекте судебной экспертизы. Однако эксперт должен обладать знаниями принципов функционирования программного обеспечения фотограмметрии и уметь работать с параметрами каждого этапа обработки фотоизображений, при необходимости вернуться назад для ввода дополнительных изображений либо корректировки настроек этапа, постоянно оценивая результат работы.

§2.2. Применение трехмерной фотограмметрии для решения экспертных задач

Развитие методических основ получения 3D-моделей объектов в рамках осмотра места происшествия и других следственных действий, не может обойти судебную экспертизу. Трехмерные модели могут поступать как в качестве объектов судебной экспертизы на электронном носителе, так и быть созданы в процессе её производства в целях решения экспертной задачи. В связи с этим необходимо рассмотреть особенности методики экспертного исследования в случае применения 3D-технологий.

На стадии предварительного исследования экспертом осуществляются типичные действия по ознакомлению с постановлением/определением о назначении экспертизы, уяснению экспертного задания, осмотра упаковки объектов, установления её реквизитов и целостности, соответствия объектов, постановлению о назначении экспертизы, выбору методики исследования. Эксперт принимает решение о целесообразности применения методов трехмерного моделирования и наличии у него необходимых технических средств и программного обеспечения. Эксперт производит фиксацию представленных на экспертизу объектов в соответствии с правилами судебной фотографии и видеозаписи и с учетом результатов экспериментальных исследований, представленных в предыдущем параграфе.

Оригинальные изображения или видеозапись, кадры видеозаписи обязательно должны быть сохранены. Если необходимо произвести обработку с помощью графических редакторов, она применяется только к копиям данных изображений. Причем все предпринятые шаги и используемые методы должны быть задокументированы, чтобы позволить в дальнейшем субъектам оценить, как сам процесс построения модели, так и полученные с её помощью результаты.

Эксперт определяет, являются ли изображения, подходящими для построения модели, либо необходимо осуществить дополнительную фиксацию.

Критериями пригодности исходного материала для построения модели служат следующие обстоятельства: зафиксированы ли все стороны объекта, подлежащего построению; получены ли исходные изображения с разрешением, достаточным для отображения особенностей объекта; угол и ракурс съемки и перспектива изображений не приводят к искажению объекта; на изображениях имеются фиксированные объекты, которые не меняют положение в процессе съемки; должен ли быть построен весь представленный объект или только определенная его часть. Если необходимо произвести обработку и улучшение исходных изображений, эксперт производит их с обязательным документированием произведенных изменений.

На стадии отдельного исследования производится исследование каждого объекта в отдельности, выявление их общих и частных признаков. Далее осуществляется построение модели. Подробный алгоритм и параметры, влияющие на результат моделирования, были рассмотрены нами ранее. После построения модели эксперт оценивает результаты, проверяет, зафиксированы ли на модели необходимые для исследования идентификационные и диагностические признаки, и выявляет ошибки, которые могут быть связаны с системой фиксации исходных данных, программным обеспечением, средствами измерения. Решается вопрос о пригодности представленных объектов, а также построенных моделей для проведения исследования.

Стадии экспертного эксперимента и сравнительного исследования являются стадиями, на которых методы трехмерного моделирования найдут самое распространенное применение. На стадии эксперимента возможна визуализация механизма слеодообразования путем задания контактных поверхностей объектов и режима их взаимодействий. При производстве экспертного эксперимента в программах конечно-элементного анализа возможно осуществлять математический эксперимент по проверке механизма слеодообразования.

При проведении сравнительного исследования эксперт устанавливает совпадающие и различающиеся признаки объектов с помощью приемов сопоставления, совмещения и наложения. Программное обеспечение трехмерной

фотограмметрии позволяет производить сравнение плотных облаков точек, а также накладывать и совмещать сами модели объектов. Кроме того, полученные методом фотограмметрии модели могут быть экспортированы в 3D-редакторы, в которых также возможно различные операции сравнения моделей.

На стадии оценки результатов и формулирования выводов эксперт производит анализ выявленных совпадающих и различающихся признаков, результатов экспериментов с моделями, выявляет и исправляет допущенные ошибки и формирует свое суждение по поставленным вопросам. Основания и полученные результаты должны быть аргументированы в экспертном заключении.

Метод моделирования традиционно применяется в экспертизе следов зубов человека. Он используется как при фиксации и изъятии следов в ходе осмотра места происшествия, в стадии подготовки материалов для экспертизы (изготовление слепков), так и сопровождает процесс экспертного исследования. С помощью моделирования удается установить определенные закономерности свойств моделируемых объектов, и выявить признаки, которые не поддаются непосредственному исследованию. Этот метод играет особо важную роль в случаях, когда объект и признаки, отобразившиеся в нем, подвержены быстрым изменениям. Таковыми являются следы зубов на продуктах питания, которые подвержены изменениям в силу температуры хранения, а также следы на кожных покровах, признаки которых могут быть утрачены в силу свойств мягких тканей человека к восстановлению. Таким образом, моделирование позволяет зафиксировать отобразившиеся в следах признаки и сохранить их индивидуальные особенности. Непосредственно эксперт может работать с формой и размерами наружной плоскости следа, которая отображает лишь размер и форму зубной коронки. Принятые в криминалистике методы фотографической фиксации и изготовления объемных моделей не всегда позволяют получить достаточно полное представление о характере режущей и жевательной поверхностях зубов, дно следа, как правило, просматривается плохо.

Применению технологий 3D-сканирования, применения САПР при производстве трасологической экспертизы следов зубов человека посвящено

большое количество исследований зарубежных ученых¹³⁶. В связи с этим представлен новый подход к собиранию и исследованию следов зубов, визуализации его результатов, основанный на фотограмметрии с поддержкой 3D-моделирования. В этом случае решение задачи идентификации человека по следам зубов строится по традиционной методике с учетом некоторых особенностей.

На стадии предварительного исследования производится предварительный осмотр объектов и их фотографическая фиксация в том состоянии, в котором они находились после изъятия из упаковки. Следы надкуса и откуса, гипсовые слепки обеих челюстей были сфотографированы по правилам судебной фотографии. Далее в программном обеспечении фотограмметрии Agisoft Metashape были построены их трехмерные модели (рис. 84-85). Была произведена оценка качества и пригодности построенных моделей для дальнейших экспериментов и сравнительного исследования.

На стадии отдельного исследования проводилось детальное изучение представленных следов, гипсовых слепков предполагаемых лиц и установление общих и частных признаков зубных рядов как на самих натуральных моделях, так и на их трехмерных моделях.

В 3D-моделях следов надкуса и откуса наблюдаются отображения общей формы зубного ряда, его размера, формы, расположения и взаиморасположения зубов, их размерные характеристики, а также отображения особенностей строения режущих и жевательных поверхностей зубов в виде углублений и выступов различной формы, их размеров и взаиморасположения, которые образуют комплекс признаков, достаточный для вывода об их пригодности для идентификации.

¹³⁶ Komar D. A., Davy-Jow S., Decker S.J. The use of a 3-D laser scanner to document ephemeral evidence at crime scenes and postmortem examinations // *Journal of forensic sciences*. N.Y., 2012. Vol. 57, № 1. P. 188-191 ; Marques J., Musse J., Caetano C., Corte-Real F., Corte-Real A. T. Analysis of bite marks in foodstuffs by computer tomography (cone beam CT) – 3D reconstruction // *The Journal of forensic odontology*. 2013. Vol. 31(1). P. 1-7 ; Thali M. J., Braun M., Markwalder T. H., Brueschweiler W., Zollinger U., Malik N. J., Yen K., Dirnhofer R. Bite mark documentation and analysis: the forensic 3D/CAD supported photogrammetry approach // *Forensic science international*. 2003. Vol. 135(2). P. 115–121.



Рис. 84. 3D-модель следа надкуса на плавленном сыре



Рис. 85. 3D-модель следа откуса на плавленном сыре

При проведении сопоставления 3D-моделей следа надкуса на плавленном сыре и экспериментального оттиска проверяемого лица, совмещения 3D-моделей следа откуса на плавленном сыре и экспериментального оттиска проверяемого лица установлены совпадения по общим признакам: размерам и форме дуг ветвей челюстей, наличию асимметрии ветвей зубного ряда, количеству зубов, их расположению и взаиморасположению, их размерам и форме, режущим краям резцов, размерам и формам жевательных поверхностей премоляров и моляров, количеству жевательных бугорков на них, а также форме, размерам, расположению и взаиморасположению следующих частных признаков (рис. 86-88).

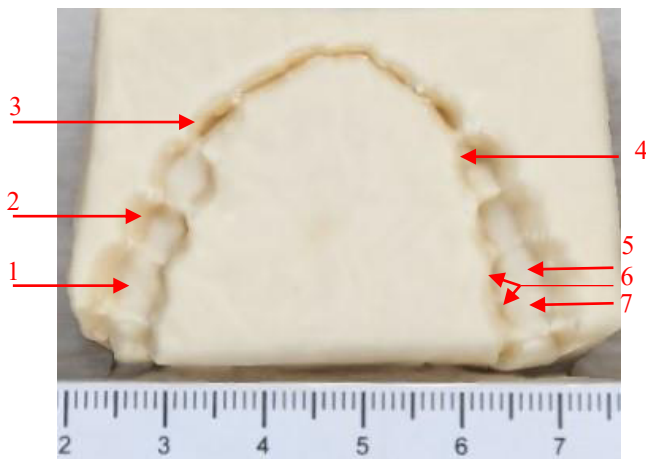


Рис. 86. 3D-модель следа надкуса на плавленном сыре

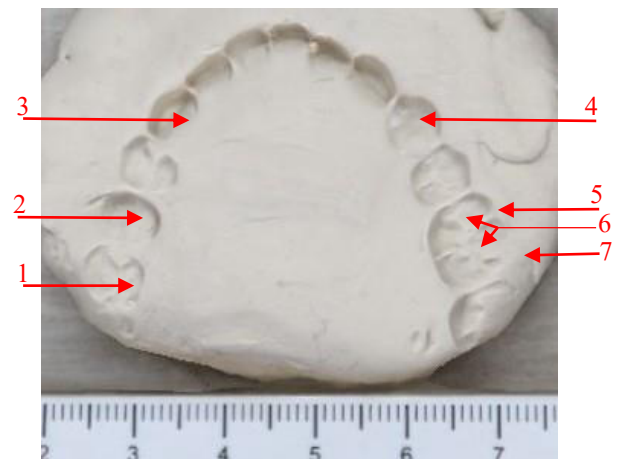


Рис. 87. 3D-модель экспериментального оттиска зубов проверяемого лица

Примечание: на рисунках красящим веществом красного цвета и одноименными цифрами отмечены совпадающие частные признаки.



Рис. 88. Совмещение 3D-моделей следа откуса на плавленом сыре и экспериментального оттиска проверяемого лица

Далее производилась визуализация и проверка механизма слеодообразования. Во вкладке «Файл» с помощью команды «Добавить» к моделям следов последовательно были добавлены модели каждой челюсти. Необходимо выровнять блоки относительно друг друга во вкладке «Обработка» и нажать кнопку «Показать выровненные блоки», чтобы они одновременно были в поле зрения субъекта. Далее имеется возможность произвести перемещение, масштабирование, выравнивание моделей относительно друг друга. После объединения моделей, произведено совмещение моделей челюстей проверяемого и следа для сравнения формы, размеров, симметрии как самих зубных дуг, а также формы, размеров, угловых величин, конфигурации каждого отдельного зуба (рис. 89-90).

Так, при совмещении челюсти и следа надкуса было установлено совпадение по размерам и форме дуги ветвей челюсти, наличию асимметрии ветвей зубного ряда, количеству зубов, расположению и взаиморасположению зубов, их размерам и формам. Манипулирование объектами в трехмерном пространстве позволило сопоставлять, накладывать, вращать объекты для поиска наглядного ракурса для визуализации. Также для визуализации можно использовать зеркальное отображение следа надкуса, которое позволяет лучше воспроизводить динамику механизма образования следа. Преимущество данного способа заключается в том, что непрозрачный материал гипсового слепка не закрывает поверхности следа и четко видно соответствие каждого зуба его следу.



Рис. 89-90. Совмещение 3D-модели челюсти проверяемого лица и модели следа надкуса

Аналогичным образом возможно и проведение сравнительного исследования и по 3D-моделям следов откуса. Возможно рассмотреть ракурс «изнутри», чтобы проследить динамику возникновения следов каждой челюсти в отдельности и обеих сразу, а также в боковой проекции для демонстрации механизма откуса обеими челюстями (рис. 91-92).



Рис. 91-92. Совмещение моделей челюстей проверяемого лица и модели следа откуса: вид изнутри (слева) и вид снаружи (справа)

Получение и электронное хранение моделей следов откуса, надкуса, челюстей проверяемых лиц позволяет в любое время провести дополнительный или повторный осмотр, экспертное исследование, переслать данные модели следственным органам, в другие экспертные учреждения в электронном виде. Результаты сопоставления 3D-модели следа с зубным аппаратом предполагаемого лица могут быть представлены в качестве наглядного представления результатов трасологической экспертизы.

Аналогичную структуру исследования можно рассматривать и при производстве других видов трасологической экспертизы с применением других программ трехмерного моделирования. Так, полученные в Agisoft Metashape трехмерные модели возможно сохранять в форматах, поддерживаемых другими пакетами для трехмерного моделирования, например, в формате .obj. Так,

например, построенные нами модели следа обуви и экспериментального образца подошвенной части ботинка, а также самой подошвенной части ботинка были сохранены и импортированы в программу Blender 3D (рис. 93-95). Применяя операции «Перемещение» и «Вращение» модели можно расположить рядом друг с другом и сравнивать путем сопоставления, наложить модель подошвенной части обуви на модель следа обуви и установить тождество.

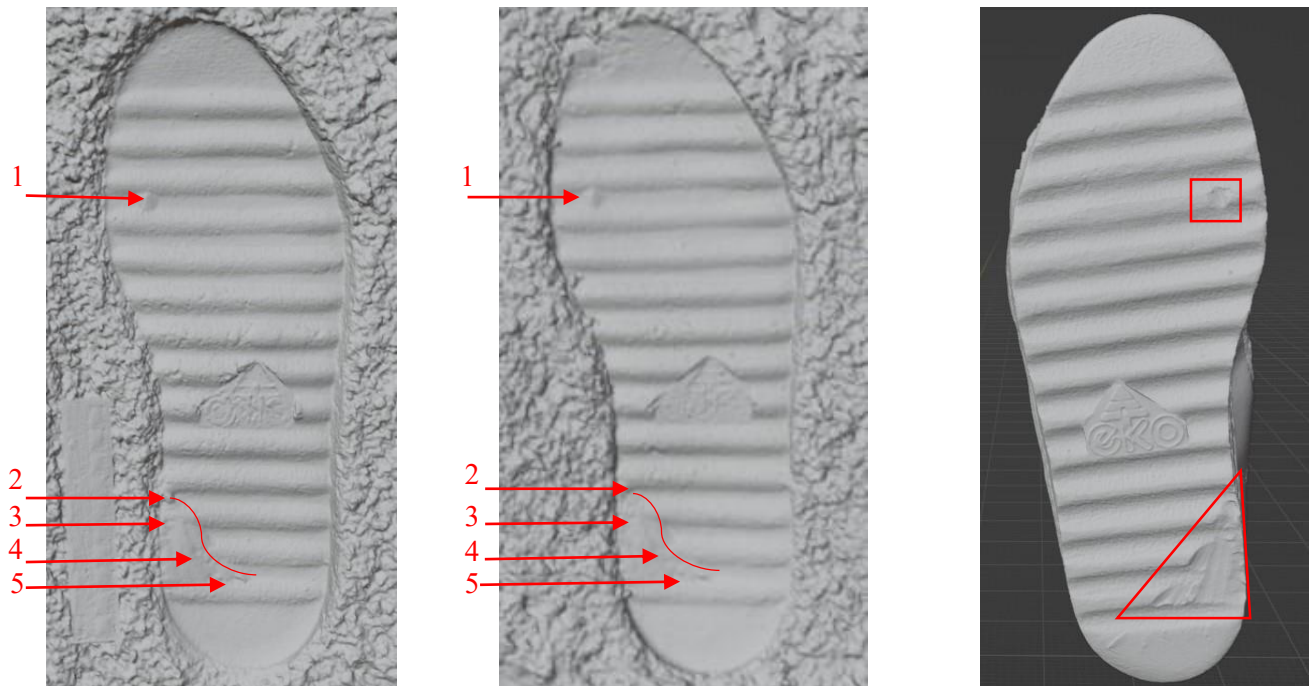


Рис. 93-95. Импортированные в программу Blender 3D-модели следа обуви (слева), экспериментального образца (в центре) и ботинка проверяемого лица (справа)

Примечание: на рисунках красящим веществом красного цвета и одноименными цифрами отмечены совпадающие частные признаки.

Причем при производстве экспериментальных исследований было отмечено, что, в отличие от сравнения фотоизображений исследуемого объекта и экспериментального образца, их трехмерные модели отображали такие признаки, которые при фотографической фиксации либо не были видимы, либо в них содержалось малое количество идентификационной информации. Так, например, признак 1 на рис. 93-95, выявленный при исследовании 3D-моделей, не отображался на фотографиях данных объектов из-за текстуры следовоспринимающей поверхности. Кроме того, 3D-модели объектов расширить идентификационный комплекс признаков за счет выявления «признаков в признаке», то есть один крупный признак может быть изучен более детально за счет его мелких особенностей. В случае устойчивого отображения данных

особенностей повышается информационное значение объекта судебной экспертизы как с точки зрения его пригодности для идентификации, так и при установлении индивидуально-конкретного тождества.

Рассмотрим также перспективы трехмерных технологий при исследовании следов орудий взлома и технические возможности видеоспектрального компаратора «Регула» 4308. Данный компаратор представляет собой блок со встроенным персональным компьютером и управляемый программным обеспечением «Regula Forensic Studio»¹³⁷. Функциональной возможностью компаратора является режим 3D-визуализации, который осуществляет построение трехмерной модели путем освещения и фотосъемки объекта под углами 90°, 210° и 330°.

Для проверки возможностей данного технического средства нами были получены статические и динамические следы орудия взлома и соответствующие экспериментальные отпечатки рабочей поверхности исследуемого орудия – зубила. Далее в режиме 3D-визуализации были получены их трехмерные модели. При оценке трехмерных моделей установлено, что на них отобразился комплекс признаков (конфигурация, размеры, расположение и взаиморасположение выступов и углублений) достаточный для вывода о пригодности для идентификации орудия, оставившего след. Данный комплекс признаков обусловлен возникшими в процессе эксплуатации и износа орудия дефектами в виде царапин, сколов, выступов и углублений, которые индивидуализируют данное орудие.

При сравнительном исследовании трехмерных моделей следа и экспериментального образца установлено совпадение как по общим признакам: форме, размерам следов, а также по форме, размерам, расположению и взаиморасположению частных признаков (рис. 96-97).

¹³⁷ Компаратор видеоспектральный «Регула» 4308 – Текст : электронный // Regula. URL: https://regula.by/ru/products/advanced_verification/4308/ (дата обращения 04.03.2023 г.).

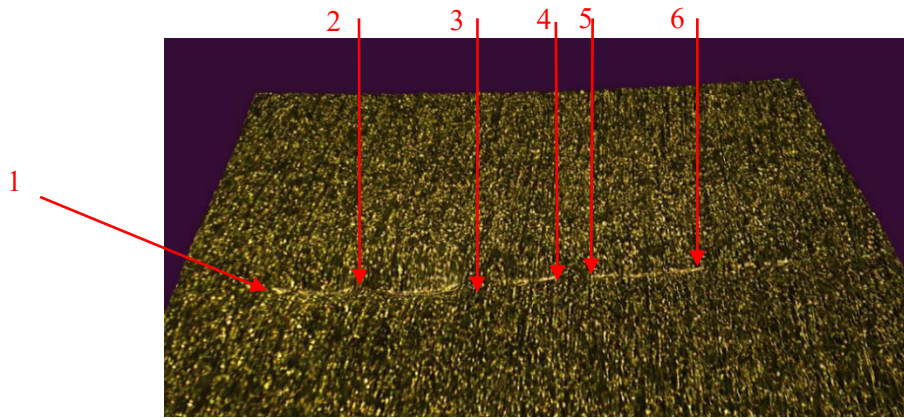


Рис 96. 3D-модель следа орудия взлома на металлической пластине

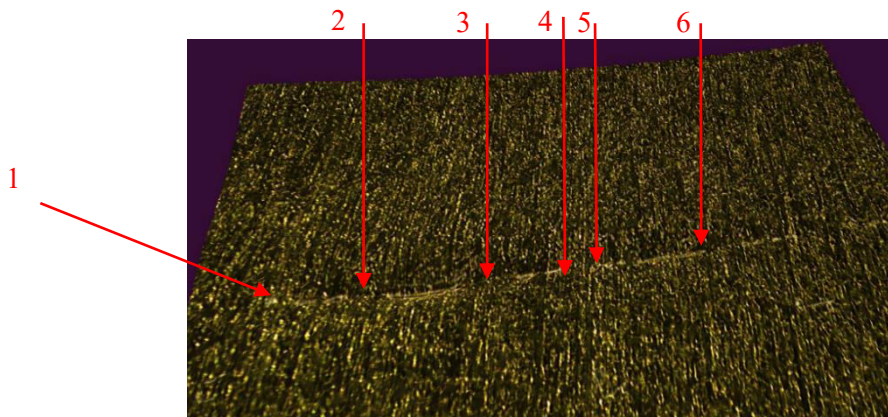


Рис. 97. 3D-модель экспериментального оттиска представленного орудия взлома

Примечание: на рисунках красящим веществом красного цвета и одноименными цифрами отмечены совпадающие частные признаки.

Сравнительное исследование общих и частных признаков в исследуемых следах и экспериментальных оттисках возможно не только путем визуального сопоставления полученных моделей, но и путем сравнения рельефа поверхностей, а также палитры высот (рис. 98-101), что также позволит расширить идентификационное поле за счет включения в него дополнительных признаков.

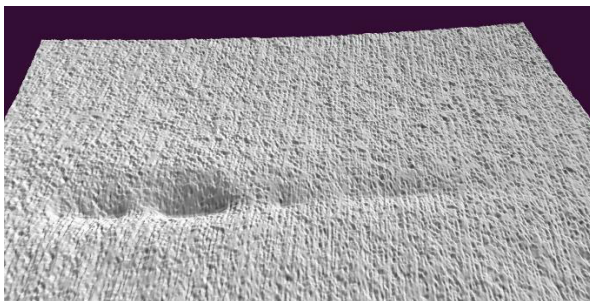


Рис. 98. Поверхность 3D-модели следа орудия взлома на металлической пластине

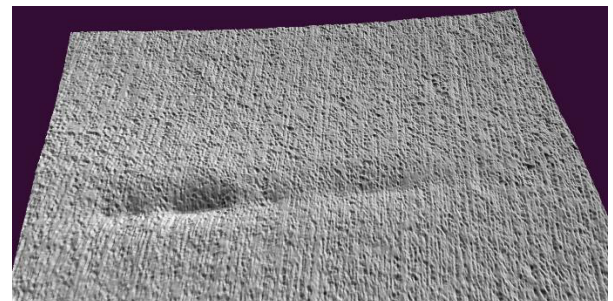


Рис. 99. Поверхность 3D-модели экспериментального оттиска орудия

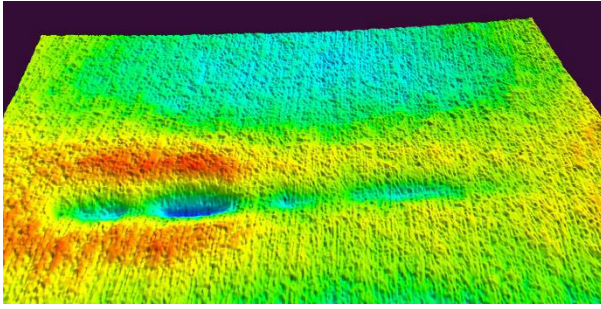


Рис. 100. Палитра высот 3D-модели следа орудия

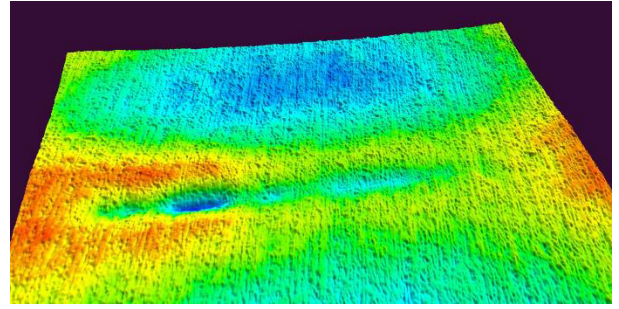


Рис. 101. Палитра высот 3D-модели образца

Следует отметить преимущества 3D-визуализации динамических следов орудий взлома, так как она позволяет использовать большое увеличение (40-80^x) и разные углы освещения для фиксации мелких валиков и бороздок, оставленных орудием, тем самым формируя полную картину следов и образцов (рис. 102-103).

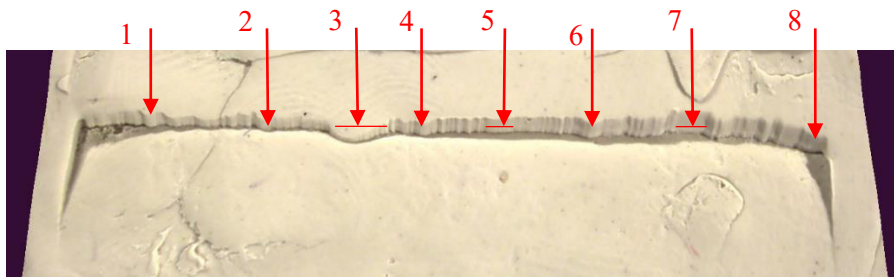


Рис.102. 3D-модель следа орудия

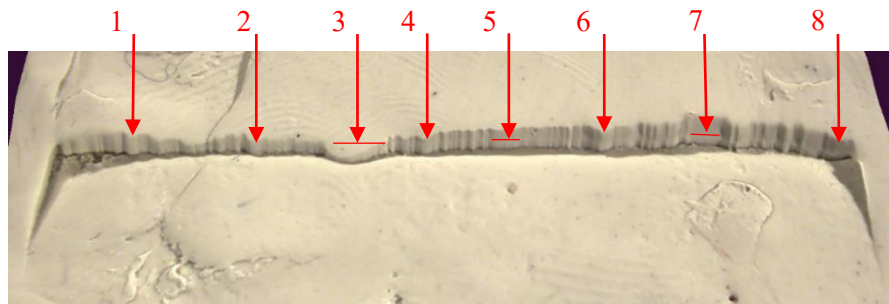


Рис. 103. 3D-модель экспериментального образца орудия

Примечание: на рисунках красящим веществом красного цвета и одноименными цифрами отмечены совпадающие частные признаки.

Отобразившийся на 3D-моделях микрорельеф следа и экспериментального образца были совмещены и установлено совпадение по форме, размерам, расположению и взаиморасположению трасс, оставленных исследуемым орудием (рис. 104).

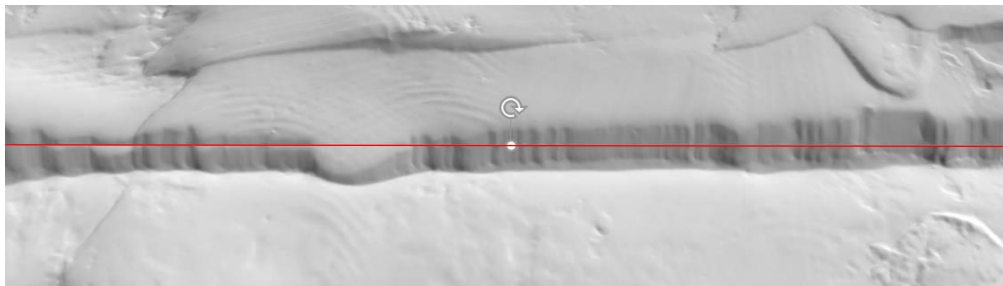


Рис. 104. Совмещение микрорельефа 3D-моделей следа орудия взлома (сверху) и экспериментального образца (снизу)

Предложенные этапы работы с трехмерными моделями объектов трасологической экспертизы предоставляет возможности для модификации экспертных методик за счет внедрения новых методов фиксации и исследования. Причем арсенал решаемых экспертных задач с помощью 3D-технологий охватывает как идентификационные задачи (установление групповой принадлежности, идентификаций предметов, орудий, оставивших след, установление целого по частям), так и диагностические задачи (от простых по установлению свойств и состояния объектов, до сложных, связанных с установлением механизма, процесса, действия, их условий, обстановки и последовательности).

Существенные преимущества методов трехмерного моделирования при производстве судебной экспертизы состоят в следующем:

1. Позволяют зафиксировать объекты, подвергающиеся влиянию окружающей среды, быстрой порче, то есть признаки которых могут измениться, тем самым затрудняя дальнейшее экспертное исследование либо делая его невозможным.

2. Позволяет зафиксировать объекты, которые в силу различных факторов не представляется возможным изъять и зафиксировать традиционными средствами и методами (например, следы на хрупких поверхностях, снегу и т.п.).

3. При фиксации обстановки места происшествия, а также при производстве судебной экспертизы сохранить объекты в их первоначальном состоянии, при расстановке измерительных ориентиров произвести необходимые измерения и вернуться к анализу объекта-оригинала и его отдельных компонентов в любой момент расследования.

4. В отличие от выявления и фиксации признаков в следах с помощью способов получения двухмерной графики (фотографии, кадры видеозаписи), при вращении которых объект будет иметь неправильную форму и перспективные искажения, 3D-модель отображает глубину/высоту объекта, тем самым формируя объем, и давая адекватное представление о форме и расположении признаков в пространстве. При решении идентификационных задач судебной экспертизы данное преимущество позволяет расширить идентификационный комплекс признаков за счет выявления «признаков в признаке», когда один крупный признак может быть разбит на более мелкие, а также обнаружить такие признаки на полигональных моделях, которые могут не просматриваться из-за текстуры самой следовоспринимающей поверхности, и не отображаются на фотоизображении объекта. Данный фактор также позволяет расширить комплекс признаков при установлении пригодности объекта для идентификации.

4. При производстве судебной экспертизы произвести компьютерный экспертный эксперимент по проверке механизма следообразования, контактного взаимодействия без осуществления действий, которые могут изменить объекты-оригиналы, а также представить в рамках эксперимента механизмы, которые невозможно воссоздать в материальной форме (например, дорожно-транспортное происшествие, пожары, взрывы, обстоятельства выстрела). Кроме того, при работе с 2D-изображениями подобных механизмов, их сложная структура нечитаема, а в рамках 3D-моделирования можно переходить от внешних особенностей объекта, к его внутренней структуре.

5. Трехмерные модели возможно предоставить в качестве объекта на другие экспертизы, которые проводятся в комплексе по конкретному объекту по делу, тем самым сокращая время на получение заключений экспертов. В особенности, актуально для судебных экспертиз, связанных с решением ситуационных диагностических задач. В рамках производства комплексных экспертиз возможно интеграция всех полученных результатов в единую трехмерную реконструкцию, которая позволит представить фактические обстоятельства расследуемого события в объективной и наглядной для восприятия форме (например, в рамках медико-

баллистического, медико-трасологического исследования).

Метод фотограмметрии позволяет получать фотореалистичные модели различных следов и произвести по ним объективное и всестороннее экспертное исследование, что выведет их на более совершенный уровень. Данные модели служат качественным иллюстративным материалом проведенного исследования для лиц, осуществляющих предварительное расследование, суда, а также участников процесса, не обладающих какими-либо специальными знаниями. Использование трехмерных технологий открывает новые возможности и по сохранению информации о следах и следообразующих объектах, подлежащих учету, за счет их ведения как в новой цифровой форме, так и в виде распечатанных на 3D-принтерах объектов.

§2.3. Исследование объектов судебной экспертизы, изготовленных способом аддитивного производства

Стратегия Научно-технологического развития Российской Федерации определяет в качестве приоритетного направления развития переход страны к передовым, цифровым производственным технологиям, а также к новым материалам и способам конструирования¹³⁸. Следует констатировать, что технологии трехмерного моделирования, трехмерной печати становятся все более распространенными в условиях современности: от печати в развлекательных целях к технологической печати и до биопечати полностью жизнеспособных органов. Сферы использования трехмерной печати разделились на два магистральных направления.

Первое состоит в правомерном применении 3D-печати (в качестве

¹³⁸ Указ Президента РФ от 01.12.2016 N 642 (ред. от 15.03.2021) «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» - Текст: электронный / КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207967/ (дата обращения 01.04.2023 г.).

технологии производства различного рода изделий, печати медицинских макетов для обучения студентов, биопечати органов для трансплантации, печать модели доказательств для демонстрации в зале судебного заседания, реконструкция лица по черепу, распечатанному на 3D-принтере и др.).

Потенциал применения 3D-печати в криминалистике достаточно высок. Печать в уменьшенном виде модели обстановки места происшествия сможет проиллюстрировать комплекс собранной по делу информации для демонстрации в зале суда. В сочетании с неразрушающими методами фиксации трехмерная печать позволяет сохранять вид и характеристики объектов, которые могут быть подвержены изменениям. Для решения идентификационных задач возможно воспроизводить как признаки самого исследуемого объекта, так и сравнительных материалов. Было проведено исследование в целях оценки точности различных 3D-принтеров при изготовлении реплик костей¹³⁹. Технология 3D-печати нашла широкое распространение при создании физической модели скелетированных останков, повреждений на костях¹⁴⁰. Небольшие по размеру доказательства могут быть распечатаны в большем масштабе, чтобы показать детали. Объект может быть увеличен для изучения деталей, которые трудно увидеть невооруженным глазом, и могут быть использованы для демонстрации в зале суда. Например, крупномасштабные модели сравниваемых следов рук и экспериментальных оттисков может помочь присяжным понять значимость установленных экспертом фактов, фактических данных.

Трехмерная печать позволяет визуализировать доказательства, которые по этическим и другим соображениям не могут быть представлены в суде (например, костные останки) причем осуществляет это без изменения целостности исходного

¹³⁹ Carew R.M, Morgan R.M, Rando C. A preliminary investigation into the accuracy of 3D modeling and 3D printing in forensic anthropology evidence reconstruction. *Journal of Forensic Sciences*. 2018. Vol. 64 (2). P.342-352.

¹⁴⁰ Carew R. M., French J., Morgan R. M. Suitability of 3D printing cranial trauma : Prospective novel applications and limitations of 3D replicas // *Forensic Science International : Reports*. 2021. Vol. 4. P. 100218 ; Collings A.J., Brown K. Reconstruction and physical fit analysis of fragmented skeletal remains using 3D imaging and printing // *Forensic Science International : Reports*. 2020. Vol. 2. P. 100114 ; Gargi Jani, Abraham Johnson, Jeidson Marques, Ademir Franco Three-dimensional (3D) printing in forensic science – An emerging technology in India // *Annals of 3D Printed Medicine*. 2021. Vol. 1. P. 100006.

объекта. Наличие физической распечатанной копии позволяет повторно исследовать данный объект спустя промежуток времени, а также использовать ее в качестве образца в натурной коллекции, при постановке на криминалистический учет (например, копии стреляных гильз и выстреленных пуль).

Однако, при всех достоинствах, в настоящее время еще не проведено достаточное количество исследований, посвященных оценке полноты и точности передачи мелких особенностей объектов, практическая сфера применения пока что ограничена. Кроме того, процессуалисты отмечают повышение риска предвзятости при демонстрации печатных моделей в суде, так как они могут вызвать лишние эмоциональные реакции и повлиять на принятие решения.

Второе направление применения 3D-печати – неправомерное, преступное применение 3D-печати (печать орудий совершения преступления). Идея изготовления орудий преступления, например, печать на подобном оборудовании огнестрельного оружия и его частей, насчитывает уже почти 10-летнюю историю. Использование технологий трехмерной печати открыли широкий простор преступникам при соискании орудия преступления. Ведь на 3D-принтере станет возможным изготовить любой предмет¹⁴¹.

Особую тревогу вызывает доступность готовых трехмерных моделей поскольку их может загрузить и модифицировать любой желающий. Файлы могут быть загружены и использованы для создания оружия, частей взрывного устройства. Невинный объект может быть изменен для незаконного использования. Загрузка и модификация подобных файлов в орудия совершения преступлений законодательством не регламентируются.

Уже имеются случаи печати на 3D-принтере оборудования для изготовления поддельных рамок слотов для кредитных карт¹⁴². Также прогнозируется применение данной технологии и при обходе систем биометрической

¹⁴¹ Кокин А. В. Судебная экспертиза в эпоху четвертой индустриальной революции (Индустрии 4.0) // Теория и практика судебной экспертизы. 2021. Т. 16. № 2. С. 33.

¹⁴² Bridget O'Neal Authorities Bust European Crime Network Taking Advantage of 3D Printing Technology for Credit Card Fraud / 3DPrint.com. 2014. URL: <http://3dprint.com/17936/3d-print-crime> (дата обращения 01.10.2022 г.).

аутентификации, когда будет воспроизводиться отпечатки пальцев и рук¹⁴³.

Впервые о создании огнестрельного оружия с помощью 3D-печати было объявлено в Соединенных Штатах Америки. В 2013 г. сотрудник частной оружейной компании Defence Distributed Коди Уилсон продемонстрировал процесс стрельбы из пистолета Liberator калибра 9 мм (патрон 9×17 мм), который был разработан исходя из чертежей оригинальной конструкции пистолета и распечатан на принтере Stratasys Dimension SST, однако материалом вместо металла послужил ABS-пластика. Единственной металлической деталью является боек, в качестве которого приспособлен обычный гвоздь. В ходе первых экспериментов, выложенных в сеть Интернет, пистолет показывал возможность осуществить лишь один выстрел, далее он приходил в непригодное для стрельбы состояние, однако позже была представлена его модификация, которая увеличила количество выстрелов из данного оружия до восьми, тем самым показав его большую прочность. После этого, организация Defense Distributed начала продвигать идею всеобщей доступности 3D-оружия.

С тех пор, более серьезные разработки в сфере 3D-печати оружия начали вести в компании Solid Concepts. 7 ноября 2013 г. данная компания объявила о создании первого в мире распечатанного металлического пистолета, пригодного к стрельбе, реплики пистолета Colt M1911 калибра .45. Пистолет изготовлен с помощью технологии прямого лазерного спекания частиц металла. Напечатанный пистолет произведен из никель-хром-молибденового сплав и нержавеющей стали. Компания представила результаты демонстрационных стрельб из этого пистолета, которые достигли 50 выстрелов. Позднее компания объявила, что о возможности отстрела из реплики пистолета Colt M1911 2000 выстрелов без разрушений и дефектов¹⁴⁴.

Так, следует констатировать, что появляются новый способ изготовления

¹⁴³ Ruby J. Chase; Gerald LaPorte The Next Generation of Crime Tools and Challenges : 3D Printing // NIJ Journal. Issue No. 279 2017. URL: <https://nij.ojp.gov/topics/articles/next-generation-crime-tools-and-challenges-3d-printing> (дата обращения 01.05.2023 г.).

¹⁴⁴ Огнестрельное оружие, распечатанное на 3D-принтерах – Текст: электронный / 3D TODAY. URL: <http://3dtoday.ru/industry/ognestrelnoe-oruzhie-raspechatannoe-na-3d-printerakh-mozhno-kupit-po-tsene-11900-za-shtuku.html> (дата обращения 10.05.2023 г.).

объектов, а также новые объекты судебно-баллистической экспертизы – оружия, распечатанного на 3D-принтерах и патронов к нему, трасологической экспертизы в виде самого устройства печати, и, следовательно, возникает необходимость решения новых экспертных задач¹⁴⁵. Вместе с тем, приспособление метода 3D-печати в преступных целях для изготовления оружия и боеприпасов не нашло отражение в законодательстве, регламентирующем оборот оружия. Так, ФЗ «Об оружии» РФ от 13.12.1996 г. не предусматривает отдельных положений, ограничивающих или запрещающих оборот оружия и боеприпасов, распечатанных на 3D-принтере.

Из стран СНГ нормы, касающиеся новой технологии производства оружия, имеются лишь в законодательстве об оружии Республики Узбекистан и Республики Казахстан. Например, Закон Республики Узбекистан «Об оружии» от 29.07.2019 г. N ЗРУ-550 предусматривает запрет к обороту в качестве гражданского и служебного оружия и боевых припасов к нему огнестрельного оружия из полимерных и композитных материалов, распечатанного на 3D-принтере¹⁴⁶. Закон Республики Казахстан от 30 декабря 1998 года № 339-І «О государственном контроле за оборотом отдельных видов оружия» запрещает оборот в качестве гражданского и служебного оружия и патронов к нему оружие, изготовленное из материалов, не позволяющих его обнаружения металлодетекторами¹⁴⁷.

В связи с этим назревает необходимость решения проблемы отсутствия законодательной регламентации по контролю за оборотом такого оружия. Кроме того, вопросы его криминалистического исследования также в настоящее время в отечественной практике недостаточно разработаны. Решение диагностической

¹⁴⁵ Полякова А. В. Тенденции и перспективы развития ручного стрелкового огнестрельного оружия и боеприпасов к нему : оружие и патроны, распечатанные на 3D-принтерах // Материалы VI Международной научно-практической конференции «Теория и практика судебной экспертизы в современных условиях», посвященной памяти заслуженного юриста РФ, доктора юридических наук, профессора Ю.К. Орлова (г. Москва, 19-20 января 2017 г.). М. : Москва: Проспект, 2017. С. 585-588.

¹⁴⁶ Закон Республики Узбекистан «Об оружии» от 29.07.2019 г. N ЗРУ-550 – Текст: электронный / Информационно-поисковые и экспертные системы Все законодательство Узбекистана. URL: https://nrm.uz/contentf?doc=595666_&products=1_vse_zakonodatelstvo_uzbekistana (дата обращения 25.04.2023 г.).

¹⁴⁷ Закон Республики Казахстан от 30 декабря 1998 года № 339-І «О государственном контроле за оборотом отдельных видов оружия» - Текст : электронный / ЮРИСТ. URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=1011889&pos=5;-108#pos=5;-108 (дата обращения 25.04.2023 г.).

задачи по установлению принадлежности объекта к огнестрельному оружию несет принципиально важное значение для квалификации деяний по ст. 222-223 УК РФ. Считаем, что имеющиеся методики исследования огнестрельного оружия применимы и для оружия, распечатанного с помощью 3D-принтеров с учетом некоторых особенностей.

Одним из центральных вопросов судебно-баллистического исследования, который определяет дальнейшие действия судебного эксперта при решении вопроса об отнесении объекта к огнестрельному оружию, является вопрос о способе его изготовления. Эксперту следует определить относится ли способ изготовления объекта к аддитивным технологиям либо же к технологиям обработки металла, формовки. Однако справочная литература по судебной баллистике и судебно-баллистической экспертизе, трасологической экспертизе не указывает на 3D-принтер как производственный механизм, на технологические операции и особенности процесса изготовления частей и деталей оружия, боеприпасов таким способом.

Стандарт ASTM 52900:2021 «Additive manufacturing – General principles – Fundamentals and vocabulary» определяет аддитивное производство как «процесс создания объектов из 3D-модели слой за слоем в отличие от технологий субтрактивного и формовочного производства»¹⁴⁸. В соответствии с ГОСТ «Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 1. Термины и определения» под аддитивным производством понимается «процесс изготовления деталей, который основан на создании физического объекта по электронной геометрической модели путем добавления материала, как правило, слой за слоем, в отличие от вычитающего (субтрактивного) производства (механической обработки) и традиционного формообразующего производства (литья, штамповки)»¹⁴⁹.

¹⁴⁸ ISO/ASTM 52900:2021 Additive manufacturing. – General principles. – Fundamentals and vocabulary - Текст: электронный / URL: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-astm:52900:ed-2:v1:en> (дата обращения 25.04.2023 г.).

¹⁴⁹ ГОСТ Р 57558-2017/ISO/ASTM 52900:2015 Национальный Стандарт Российской Федерации «Аддитивные технологические процессы. базовые принципы. Часть 1. Термины и Определения». Москва : Стандартинформ, 2020. С.1.

Переход от цифровой 3D-модели к печатной модели происходит в несколько этапов: получение 3D-модели, обработка 3D-модели, перевод данных модели на язык 3D-принтера¹⁵⁰. Трехмерная модель для печати может быть получена как из данных облака точек, полученных в результате 3D-сканирования, так и в программах автоматизированного проектирования, 3D-редакторах. Полученная 3D-модель сохраняется в формате .stl и далее загружается в специальную программу обработки, называемую «слайсер» или генератор G-кода¹⁵¹. В программном обеспечении трехмерной печати цифровая модель разделяется на горизонтальные слои заданной толщины, исходя из применяемого типа печати и материалов, пользователь добавляет опорные конструкции. Информация об объекте и слоях преобразуется в цифровой код (G-код), считываемый 3D-принтером. Задаются необходимые настройки печати и осуществляется изготовление объекта. После печати опорные конструкции удаляются механически либо с помощью химических веществ.

Все технологии аддитивного производства были систематизированы и классифицированы стандартами на 7 типов процесса печати в зависимости от принципа работы, типа сырья, механизма спекания/сплавления/отверждения (рис. 91).

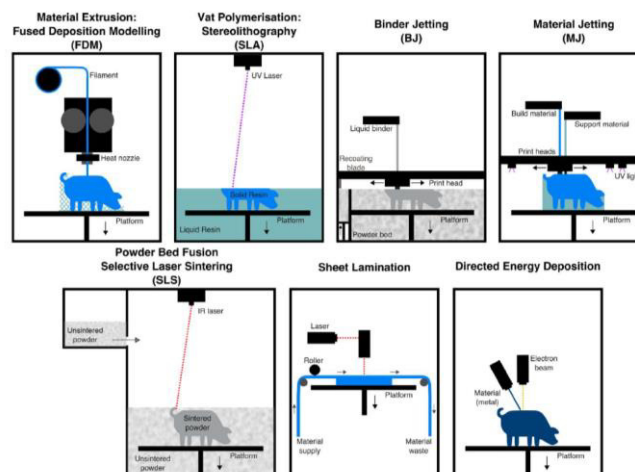


Рис. 105. Схемы технологий различных типов 3D-печати¹⁵²

¹⁵⁰ ГОСТ Р 57590-2017 Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 3. Общие требования. Москва : Стандартинформ, 2019. С.3.

¹⁵¹ Рэдвуд Б., Шофер Ф., Гаррэт Б. 3D-печать. Практическое руководство / пер. с англ. М. А. Райтмана. Москва : ДМК Пресс, 2020. С.17.

¹⁵² Carew R. M., Errickson D. An Overview of 3D Printing in Forensic Science : The Tangible Third-Dimension. Journal of forensic sciences. 2020. Vol. 65(5). P. 1752-1760.

Фотополимеризация в ванне (англ. vat polymerization, VPP) – процесс, при котором жидкий фотополимер (пластик) селективно отверждается путем воздействия источника света¹⁵³. В качестве сырья выступают фотополимерные смолы. К данному типу относятся следующие виды печати: стереолитография (Stereolithography, SLA), обработка прямым светом (Digital Light Processing, DLP) и непрерывная обработка прямым светом (Continuous Digital Light Processing, CDLP). При стереолитографии объект создается слой за слоем под воздействием УФ-лазерного луча и при этом платформа перемещается вниз после отверждения каждого слоя. Метод обработки прямым лучом похож на стереолитографию, но использует экран цифрового светового проектора для одновременного отображения одного изображения каждого слоя. Непрерывная обработка прямым светом отличается от предыдущего метода непрерывным движением рабочего стола вверх. На завершающем этапе печати происходит чистка объекта от остатков фотополимера и дальнейшая постобработка объекта под воздействием УФ-излучения для его укрепления, после чего удаляются поддерживающие деталь конструкции.

При типе печати **экструзия материала (англ. material extrusion, MEX)** происходит избирательное выдавливание материала через сопло экструдера¹⁵⁴. Сырьем выступают термопласты, возможна печать из структурной керамики. Технология данного вида печати получила название послойного наплавления/осаждения нитей фотополимера (Fused Deposition Modeling, FDM) и является наиболее широко используемой технологией 3D-печати. FDM-принтеры работают по двум принципам: первый основан на перемещении самого экструдера по платформе, в котором происходит плавление материала и выдавливание его послойно через сопло на неподвижную платформу, во втором случае экструдер располагается неподвижно, двигается только платформа.

¹⁵³ ГОСТ Р 57589-2017 Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 2. Материалы для аддитивных технологических процессов. Общие требования. Москва : Стандартинформ, 2019. С. 2-3.

¹⁵⁴ Рэдвуд Б., Шофер Ф., Гаррэт Б. 3D-печать. Практическое руководство / пер. с англ. М. А. Райтмана. Москва : ДМК Пресс, 2020. С. 22.

Синтез на подложке (англ. powder bed fusion, PBF) – процесс аддитивного производства, при котором под действием источника тепловой энергии происходит сплавление/спекание предварительно нанесенного на платформу слоя порошка¹⁵⁵. Материалами могут служить термопластичные полимеры, порошки металлов и сплавов, керамики. К данному процессу относятся технологии селективного лазерного спекания (Selective Laser Sintering, SLS), электронно-лучевой плавки (Electron Beam Melting, EBM), многоструйного синтеза (Multi Jet Fusion, MJF), а также технологии селективного лазерного плавления (Selective Laser Sintering, SLM) и прямого лазерного спекания металлов (Direct Metal Laser Sintering, DMLS). Данные технологии отличаются отсутствием необходимости в предварительном формировании поддерживающих структур для объекта, так как поддержка осуществляется за счет окружающего неотвержденного порошка.

Процесс струйного нанесения материала (англ. material jetting, MJT) предполагает нанесение капель жидкого материала для создания объекта. Жидкий материал наносится на платформу печатающей головкой и отверждается под действием светового или теплового излучения¹⁵⁶. Данный тип печати похож на работу обычного струйного принтера. В качестве сырья в данном типе применяются металлы, жидкие фотополимеры, воск. В зависимости от источника отверждения выделяются такие технологии как собственно струйная печать (material jetting, MJ), при которой отверждение осуществляется под действием УФ-излучения, технология подачи струи наночастиц (NanoParticle Jetting, NJR), для сплавления частиц металла под действием тепла, а также технология Drop On Demand (DOD) для сплавления воска.

Струйное нанесения связующего (англ. binder jetting, BJT) – технология, при которой слой порошкового материала селективно сплавляются при помощи

¹⁵⁵ ГОСТ Р 57558-2017 Аддитивные технологические процессы. базовые принципы. Часть 1. Термины и Определения. Москва : Стандартинформ, 2020. С. 2.

¹⁵⁶ ГОСТ Р 57589-2017 Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 2. Материалы для аддитивных технологических процессов. Общие требования. Москва : Стандартинформ, 2019. С. 3-4.

струи связующего вещества¹⁵⁷. В качестве сплавляемого материала используются порошки гипса, песка, металла. Слои последовательно наносятся и спекаются, а нерасплавленный порошок удаляется после печати.

При прямом подводе энергии и материала (англ. directed energy deposition, DED) энергия от внешнего источника применяется для сплавления материалов в процессе их нанесения¹⁵⁸. Объект создается слой за слоем путем плавления металлического порошка или проволоки под действием источника высокой энергии. В зависимости от источника энергии различают технологии лазерного сплавления (Laser Engineering Net Shape, LENS) и электронно-лучевого аддитивного производства (Electron Beam Additive Manufacturing, EBAM).

Листовая ламинация (англ. sheet lamination, SHL) – процесс, при котором объект создается за счет послойного соединения листового материала¹⁵⁹. Материалами в данном процессе служат листы бумаги, металлической фольги, полимера, композитного состава. Слои соединяются при укладке при помощи связующего вещества (клея).

Нельзя не согласиться с В.А. Коглиной о том, что аддитивные технологии активно внедряются во все отрасли промышленности¹⁶⁰, 3D-принтер уже не технология будущего, а реальность, и включение данных процессов в классификацию производственных механизмов вполне обоснованно, что делает необходимым установление возможностей решения идентификационных и диагностических задач в отношении 3D-принтера по следам на изделиях, которые с помощью него изготовлены.

На способ изготовления объекта при проведении экспертного исследования указывают использованные материалы, качество обработки поверхности, следы,

¹⁵⁷ ГОСТ Р 57558-2017 Аддитивные технологические процессы. базовые принципы. Часть 1. Термины и Определения. Москва : Стандартинформ, 2020. С. 2.

¹⁵⁸ Рэдвуд Б., Шофер Ф., Гаррэт Б. 3D-печать. Практическое руководство / пер. с англ. М. А. Райтмана. М. : ДМК Пресс, 2020. С. 23.

¹⁵⁹ ГОСТ Р 57589-2017 Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 2. Материалы для аддитивных технологических процессов. Общие требования. Москва : Стандартинформ, 2019. С. 6-7.

¹⁶⁰ Коглина В. А. Криминалистическое исследование изделий массового производства, изготовленных по инновационным технологиям : дис. ... канд. юрид. наук: 12.00.12 / Коглина Виктория Александровна. Москва, 2021. С.45.

образовавшиеся на данном объекте от технологического оборудования и инструментов, способы крепления деталей объекта между собой.

При поступлении эксперту на исследование оружия или боеприпаса, их частей, предположительно изготовленных на 3D-принтере, путем микроскопического исследования следует установить конкретную технологию трехмерной печати¹⁶¹. Однако на сегодняшний день в криминалистической литературе отсутствует четкий перечень признаков в следах, образующихся при печати на 3D-принтере различными технологиями и материалами. А. Н. Бардаченко, И. А. Чулков, А. В. Мрищук провели экспериментальное исследование по выработке характеристики следов 3D-принтера Printbox3d on по технологии FDM при печати АБС-пластиком¹⁶². Установление признаков некоторых типов 3D-печати на различных изделиях массового производства также предприняла В.А. Коглина¹⁶³.

Проанализировав зарубежную практику исследования оружия, изготовленного по технологиям аддитивного производства, мы пришли к выводу, что наибольшее распространение для изготовления получили технологии стереолитографии (SLA), послойного наплавления нитей фотополимера (FDM), прямого металлического лазерного спекания (DMLS). Первые две технологии показали себя более доступными из-за возможности приобретения домашних и профессиональных принтеров, а технология прямого металлического лазерного спекания реализуется в промышленных принтерах, а также станках ЧПУ.

В целях изучения признаков технологий трехмерной печати, а также влияния материалов на отображение типовых признаков конкретной технологии печати,

¹⁶¹ Полякова А. В. Особенности экспертного исследования объектов, изготовленных способом аддитивного производства // Бизнес. Образование. Право. 2023. № 1(62). С. 225-230.

¹⁶² Бардаченко А. Н., Чулков И. А., Мрищук А. В. / Криминалистическая характеристика следов 3d-принтера на деталях самодельного огнестрельного оружия // Судебная экспертиза / Forensic examination. Выпуск 1 (65) 2021 : научно-практический журнал. Волгоград : ВА МВД России, 2021. С. 60-62.

¹⁶³ Коглина В. А. К вопросу о трасологических характеристиках следов, образованных современными производственно-технологическими механизмами // Отечественная криминалистика : вчера, сегодня, завтра: сб. науч.- практ. статей / под общ. ред. проф. И.М. Комарова. Москва : Юрлитинформ, 2020. С. 187-189 ; Коглина В. А. Актуальные вопросы совершенствования методического и информационного обеспечения производства трасологической экспертизы следов производственно-технологических механизмов // Полицейская и следственная деятельность. 2020. № 3. С. 52-60.

нами было проведено экспериментальное сравнительное исследование различных видов 3D-печати. Исследовались изделия, изготовленные: материалами: PLA (полилактид), ABS (акрилонитрил бутадиен стирол), PC (поликарбонат), PETG (полиэтилентерефталат), PP (полипропилен), PA12 (полиамид), TPU (термопластичный полиуретан), WAX (воск), SBS (стирол-бутадиеновый сополимер) по технологии послойного наплавления нитей фотополимера (FDM); акриловой и конструкционной уретаново-акрилатной смолами по технологии стереолитографии (SLA); PA2200 (полиамидом) по технологии селективного лазерного спекания (SLS); акриловым пластиком по технологии струйной печати (MJ).

В ходе микроскопического исследования на микроскопе МСП-1 при увеличении от 2^x до 5^x , видеоспектральном компараторе «Регула» 4308 были выявлены признаки аддитивного производства и типа аддитивного производства. На первоначальном этапе были обнаружены признаки, общие для исследуемых типов аддитивного производства и характеризующие сущность процесса аддитивного производства в целом (рис. 106-109, приложение №8):

- наружная поверхность представлена горизонтальными полосами одинаковой толщины, характеризует послойное расположение нитей, частиц материала;
- шероховатая поверхность объекта;
- наличие посторонних включений и нитей, частиц пластика на поверхности и между слоями объекта.



Рис. 106. Увеличенное изображение поверхности изделия, выполненного путем послойного наплавления фотополимера



Рис. 107. Увеличенное изображение поверхности изделия, выполненного путем струйной печати



Рис. 108. Увеличенное изображение поверхности изделия, выполненного путем селективного лазерного спекания



Рис. 109. Увеличенное изображение поверхности изделия, выполненного путем стереолитографии

При исследовании объектов, изготовленных по технологии послойного наплавления нити фотополимера (FDM) были выявлены следующие признаки (рис. 106, приложение №9):

- шероховатая ярко выраженная полосовидная внешняя поверхность объекта даже при минимальной толщине слоя нити;

- внутренняя поверхность объекта представляет собой хаотично наплавленные нити пластика, расположенные диагонально к внешней поверхности;

- наплывы пластика и утолщения нити в местах сгиба и сопряжения поверхностей;

- вытянутые нити пластика, возникшие в результате изменения направления движения экструдера/рабочей платформы принтера;

- возможны зазоры между слоями пластика, как правило овальной формы, либо приближенной к овальной;

- наличие следов механической или химической постобработки (удаление вспомогательных конструкций) в виде наплывов пластика;

- термопластики неустойчивы к воздействию на них температур и могут быть неоднократно расплавлены до жидкого состояния и охлаждены обратно до твердого.

Для объекта, изготовленного по технологии послойного отверждения фотополимера (SLA) были установлены следующие признаки (рис. 109, приложение №10):

- правильная геометрическая форма и равномерная толщина линий слоев, образованная за счет прохождения лазера;

- более сглаженная поверхность объекта за счет более плавного взаимодействия слоев друг с другом;

- возможны застывшие капли фотополимера;

- наличие следов механической или химической постобработки (удаление поддерживающих конструкций) в виде наплывов пластика, углублений округлой и овальной формы);

- при микроскопическом исследовании возможно наличие блеска поверхности 3D-объекта, являющегося следствием постобработки в ацетоне и спирте, а также действия УФ-излучения при дозасветке для окончательного отверждения фотополимера;

- термоотверждаемые пластики после доотверждения (УФ) остаются в твердом состоянии в случае воздействия температур.

Для технологии селективного лазерного спекания характерны такие признаки (рис. 108, приложение №11):

- полосы, характеризующие послойное отверждение порошка;

- зернистая структура поверхности, так она образована частицами порошка;

- шероховатая и пористая структура поверхности;

- неровные края изделия, если оно не подвергалось постобработке по шлифованию;

- отсутствие следов удаления поддерживающих конструкций.

При исследовании объектов, изготовленных путем струйной печати, были выявлены следующие признаки (рис. 107, приложение №12):

- гладкая поверхность объекта по сравнению с другими технологиями, слои монолитно сплавлены друг с другом;

- неровные края изделия в виде тонких пластин сплавленного полимера;

- отсутствие следов удаления поддерживающих конструкций.

Параллельно с выявлением признаков технологий 3D-печати, нами происходило установление наличия/отсутствия зависимости признаков принтера

на объекте от используемого для трехмерной печати материала (приложение №11). Так, взятые для исследования материалы, ABS (акрилонитрил бутадиен стирол), PC (поликарбонат), PLA (полилактид), PETG (полиэтилентерефталат), PP (полипропилен), PA12 (полиамид), TPU (термопластичный полиуретан), WAX (воск), SBS (стирол-бутадиеновый сополимер) отличаются по свойствам термопластичности, прочности, вязкости, термоустойчивости, гибкости, которые проявляются в процессе печати и влияют на результат¹⁶⁴. С учетом этих особенностей была проанализирована устойчивость проявления признаков технологии печати на изделиях для того, чтобы сформировать теоретико-методическую базу исследования объектов, изготовленных с помощью аддитивного производства.

Проведенное исследование позволило констатировать стабильность механизма отображения признаков каждой технологии трехмерной печати, несмотря на существенную разницу в свойствах полимеров (приложение №13). Таким образом, на основании изучения внешнего строения изделий, изготовленных способом аддитивного производства, эксперт может сформировать соответствующий вывод. В качестве образца можно применять следующую формулировку вывода: *«Используемые материалы, форма устройства, характер обработки поверхностей свидетельствуют об аддитивном способе производства объекта, а именно типа ...»*.

Выработанная система признаков трехмерной печати, а также соответствующий им иллюстративный материал представляют собой основу криминалистического справочника признаков технологий 3D-печати, а также могут служить основой для разработки соответствующей методики исследования объектов судебной экспертизы, а также дальнейшего изучения 3D-принтеров как средства изготовления орудий совершения преступлений.

Проведенное исследование предоставило также возможность сформировать

¹⁶⁴ Шкуро А. Е. Технологии и материалы 3D-печати. : учеб. пособие. - Текст: электронный / А.Е. Шкуро, П.С. Кривоногов. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. С. 25-49 ; ГОСТ Р 59100-2020 Пластмассы. Филаменты для аддитивных технологий. Общие технические требования. Москва : Стандартинформ, 2020. 8 с.

список типовых вопросов, которые могут быть поставлены перед экспертом при поступлении на экспертизу объекта, предположительно изготовленного способом аддитивного производства:

1. Каким способом изготовлен представленный на экспертизу объект?
2. Изготовлен ли объект, представленный на экспертизу, способом аддитивного производства, металлообработки либо формовочного производства?
3. С помощью какого типа аддитивного производства изготовлен представленный на экспертизу объект?
4. Имеются ли в объекте признаки, индивидуализирующие техническое средство (3D-принтер), на котором он изготовлен?
5. Изготовлено ли несколько объектов, представленных на экспертизу, одним способом? Изготовлено ли несколько объектов, представленных на экспертизу, одним типом аддитивного производства?
6. Изготовлен ли объект на 3D-принтере, представленном на экспертизу?

Для успешного ответа экспертом на данные вопросы при расследовании преступлений, в которых фигурирует производство объектов с помощью аддитивного производства, обязательно потребуется сбор и исследование таких источников информации, как исходные цифровые файлы, сами распечатанные объекты – вещественные доказательства, принтеры и материалы для печати.

Изложенные положения, а также дальнейшие исследования различных типов аддитивного производства, позволят сформировать типовую методику исследования объектов, изготовленных способом аддитивного производства, а также проанализировать возможности идентификации конкретного принтера по его следам на изделиях.

ГЛАВА III. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ В СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

3.1. 3D-технологии в деятельности по подготовке и повышению квалификации экспертных кадров

Исходя из потребности внедрения современных цифровых технологий в производство экспертных исследований, соответствующая потребность существует и в подготовке высококвалифицированных экспертных кадров, способных применять такие технологии в своей деятельности. От того, насколько готовы экспертные кадры реализовать свой потенциал в условиях цифровизации, зависит успех реализации стратегии научно-технологического развития в сфере деятельности правоохранительных органов.

Рядом высших учебных заведений при формировании образовательных стандартов по подготовке экспертов по специальности 40.05.03 Судебная экспертиза уже включены группы цифровых компетенций. Студенты в ходе обучения осваивают принципы организации и работы современных информационно-компьютерных технологий и их использование для решения задач области профессиональной деятельности. Формирование подобных компетенций может происходить с учетом актуализации, расширения предметного содержания некоторых учебных дисциплин по данной специальности.

В качестве примеров дисциплин, в которых возможно отражение 3D-технологий для получения моделей объектов судебной экспертизы, можно рассматривать «Компьютерные технологии в судебно-экспертной деятельности», «Судебная фотография и видеозапись», «Естественно-научные методы судебно-экспертных исследований», «Участие специалиста в процессуальных действиях», «Исследование следов столкновения на транспортных средствах и месте ДТП», а также дисциплины специализации «Криминалистические экспертизы».

Причем овладение цифровыми компетенциями протекает на протяжении всего обучения. Так, на начальном этапе студенты учатся решать самые простые задачи (запустить систему, ознакомиться с интерфейсом программы, открыть/создать документ/запрос/объект в системе, просмотреть результат, внести изменения, вывести на печать). На основном уровне студенты учатся применять соответствующие технологии для решения основных задач судебно-экспертной деятельности. И, наконец, на продвинутом уровне, студенты способны использовать различные технические средства и программное обеспечение для решения сложных задач профессиональной деятельности, оптимизировать свою работу, взаимодействуя с компьютерной системой.

Развитие технического прогресса и внедрение современных компьютерных технологий в судебно-экспертную деятельность, приводит к тому, что существует объективная необходимость в рамках программ высшего образования расширения содержания уже имеющихся дисциплин и введении дисциплин, связанных с изучением технологий получения трехмерной графики и анимации. Например, в Университете Торонто имеется курс «Введение в 3D-проекцию и реконструкцию места происшествия», в рамках которого студенты знакомятся со стандартными и инновационными методами фиксации, анализа и визуализации для следственных целей и дальнейшей демонстрации результатов в зале суда. Обучение технологиям 3D-сканирования и моделирования в целях решения криминалистических задач также предлагается Ассоциацией по реконструкции места преступления (ACSR), в которую входят сотрудники правоохранительных органов, судебные эксперты, преподаватели учебных заведений¹⁶⁵.

Рассматривая перспективы применения 3D-сканирования в судебно-экспертной деятельности, Т.Ф. Моисеева отметила расширение круга специальных знаний экспертов за счет знания цифровых технологий и методик их применения и справедливо предложила ввести новую специализацию экспертов «Применение

¹⁶⁵ Ассоциация по реконструкции места преступления (ACSR) –Текст: электронный / Crime Scene Reconstruction. URL: <https://www.acsr.org/category/mops> (дата обращения 10.03.2023 г.).

методов 3D-технологий при исследовании объектов судебной экспертизы»¹⁶⁶. Не умаляя значимости судебной фотографии и видеозаписи, а также физического моделирования обстановки места происшествия в рамках обучения будущих следователей, дознавателей, экспертов и специалистов, мы также считаем, что необходимо формировать объективную базу для работы с трехмерными объектами и методами их получения, а также дальнейшего использования в рамках участия специалиста в следственных действиях и производстве судебных экспертиз (схема №2).

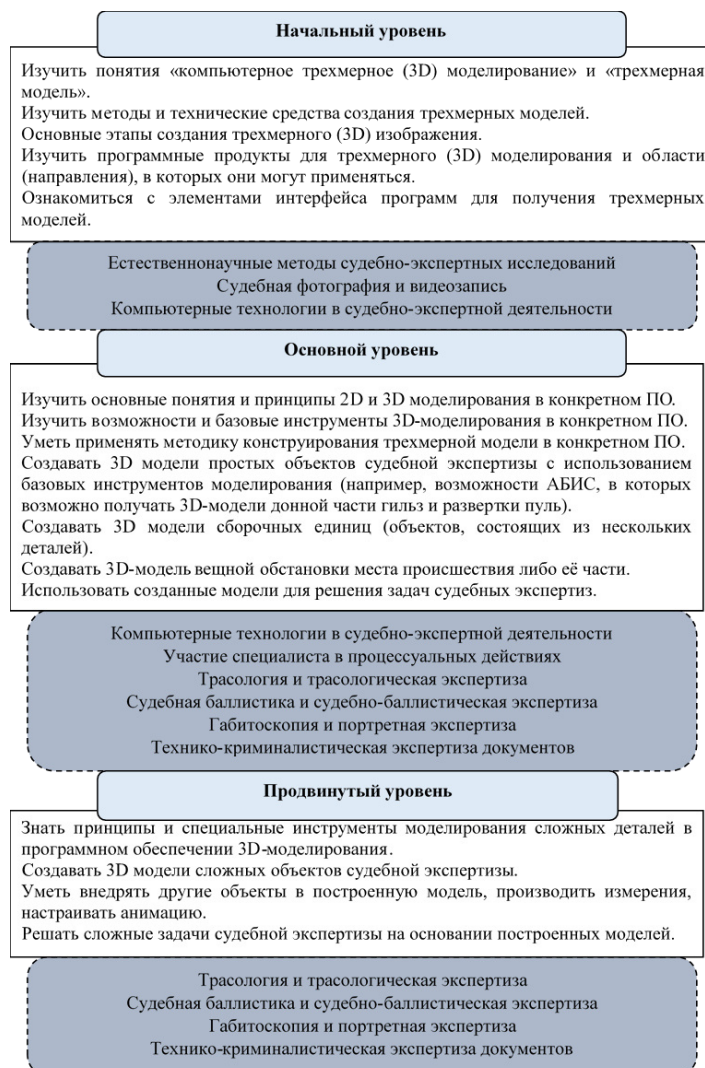


Схема №2. Формирование компетенций в процессе обучения технологиям 3D-моделирования

На начальном уровне происходит ознакомление с понятийным аппаратом, а также физическими явлениями, на которых основано получение трехмерных изображения (интерферометрия, конфокальная микроскопия, лазерное

¹⁶⁶ Моисеева Т. Ф. Информационно-правовое обеспечение использования метода 3D-сканирования в судебной экспертизе // Правовая информатика. 2023. № 1. С. 38.

сканирование, сканирование с помощью ультразвука, рентгеновского излучения). Освоение данных положений происходит в ходе изучения дисциплины «Естественно-научные методы судебно-экспертных исследований». Значительный вклад в изучение 3D-технологий, может быть внесен с помощью дисциплины «Компьютерные технологии в экспертной деятельности», в рамках которой возможно изучение технических средств и программных продуктов, позволяющих получать трехмерные модели, интерфейс и основные операции для построения трехмерных моделей. На основании конкретных примеров должны быть проанализированы возможности точного и объективного отображения в модели размерных характеристик объекта-оригинала, его текстуры, взаимоотношения с другими объектами. Так, Э.Г. Хомяковым в практикум по дисциплине «Компьютерные технологии в экспертной деятельности» включен лабораторный комплекс заданий по виртуальному (трехмерному) моделированию¹⁶⁷. Е.С. Пискуновой компьютерным системам 3D-моделирования и виртуальной реальности также уделено внимание в курсе лекций по данной дисциплине¹⁶⁸.

В рамках дисциплины «Судебная фотография и видеозапись» при изучении метода фотограмметрии, уделить внимание трехмерной фотограмметрии и на практических и лабораторных занятиях отрабатывать не только навыки фотографирования типовых объектов судебных экспертиз, но и дальнейшего создания из фотографий либо кадров видеозаписи трехмерных моделей в соответствующем программном обеспечении (например, Agisoft Metashape). Моделирование осмотра места происшествия студентами в «Участии специалиста в процессуальных действиях» возможно дополнить построением трехмерной модели в качестве дополнительного средства фиксации вещной обстановки и дальнейшей демонстрации в учебной аудитории для коллективного анализа сложившейся ситуации и построения экспертных версий. В рамках дисциплин

¹⁶⁷ Хомяков Э. Г. Компьютерные технологии в экспертной деятельности : практикум по дисциплине «Компьютерные технологии в судебной экспертизе» для студентов, обучающихся по специальности 09.03.03 «Прикладная информатика» (09.03.03.01 «Прикладная информатика в юриспруденции»). Ижевск, 2020. 36 с.

¹⁶⁸ Пискунова Е. В. Компьютерные технологии в судебно-экспертной деятельности : Курс лекций / под. ред. Т.Ф. Моисеевой. М. : РГУП, 2016. 152 с.

«Трасология и трасологическая экспертиза», «Судебная баллистика и судебно-баллистическая экспертиза», «Габитоскопия и портретная экспертиза» реализация знаний основ трехмерного моделирования и навыков использования технических средств и программного обеспечения могут быть использованы как для отработки навыков фиксации объектов данных экспертиз, так и для решения идентификационных и диагностических задач на основании полученных моделей. В рамках профильных дисциплин специализации студенты знакомятся также со специализированными программными комплексами, которые позволяют работать с 3D-изображениями (работой с АБИС в судебно-баллистической экспертизе, программами построения 3D-фотороботов в габитоскопии)¹⁶⁹.

Кроме того, возможно реализовать охват содержания начального и основного уровня освоения компетенций, связанных с 3D-технологиями, путем введения новой дисциплины «Основы 3D-моделирования», по аналогии с данной дисциплиной по направлениям подготовки «Информационные системы и технологии», «Прикладная информатика» с преломлением к специфике судебно-экспертной деятельности и природе объектов экспертного исследования. Целью освоения дисциплины будет обучение навыкам создания 3D-моделей криминалистических объектов различными методами. В рамках тематического плана должны быть предусмотрены изучение понятийного аппарата трехмерного моделирования, методы 3D-моделирования, программное обеспечение 3D-моделирования, основы анимации и рендеринга, знакомство с технологией 3D-печати. Причем, возможно включить рассмотрение интерфейса какой-либо определенной программы либо группы программ. Преподавание дисциплины возможно осуществлять путем проведения теоретических лекционных занятий и лабораторных занятий, в ходе которых студенты знакомятся с программным обеспечением и создают 3D-модели.

Необходимость в разработке кейс-заданий, систем ситуационного

¹⁶⁹ Полякова А. В. Совершенствование подготовки экспертных кадров в свете перехода к передовым цифровым технологиям // Национальные и международные тенденции и перспективы развития судебной экспертизы : сборник докладов Научно-практической конференции с международным участием, г. Нижний Новгород, 19–20 мая 2022 г. Нижний Новгород : ННГУ, 2022. С. 201-202.

моделирования возникает не только в условиях дистанционного обучения, работы в электронных курсах с элементами интерактивности, но и во время очного учебного процесса. Возможность перенести ситуацию, информация о которой собрана во время занятия, не только в форме словесного описания, фототаблицы, но и в виде наглядной модели, позволяет эффективно работать с ней и в рамках домашних заданий, при моделировании работы следственно-оперативной группы по определенному делу, решении экспертных задач при подготовке контрольных экспертных заключений.

Примером программного обеспечения, которое позволяет реализовать такие возможности, является «Реконструкция места происшествия в условиях 3D моделирования виртуальной реальности (3D-свидетель)», разработанная компанией ООО «Фундаментальные системы анализа» (г. Астрахань, Российская Федерация) совместно с профессорско-преподавательским составом Академии правоохранительных органов при Генеральной прокуратуры Республики Казахстан была разработана программа¹⁷⁰. О разработке подобных программных комплексов виртуального макетирования места происшествия писала также М.В. Четвергова¹⁷¹. Студенты отрабатывают навыки практической работы в виртуальном криминалистическом полигоне, используя банк различных объектов и мест происшествий в различных локациях для отработки навыков собирания информации о событии преступления.

Кроме программ, выполняющих роль криминалистического полигона, в процессе обучения могут быть использованы и универсальные приложения для 3D-моделирования. Например, платформа Tinkercad представляет собой бесплатную русскоязычную онлайн-платформу для создания и работы с 3D-моделями. С помощью нее студенты могут выполнять задания по предметам специализации, не используя сложное программное обеспечение, открыв модель, произвести ее

¹⁷⁰ Медиев Р. А., Лагуткин О. Ю. Реконструкция места происшествия (3D Свидетель) // Вестник Академии правоохранительных органов. Казахстан. 2018. № 8. С. 33-39.

¹⁷¹ 226. Четвергова, М. В. Система виртуального 3D-макетирования места преступления для подготовки студентов-криминалистов // НиКа. 2010. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-virtualnogo-3d-maketirovaniya-mesta-prestupleniya-dlya-podgotovki-studentov-kriminalistov> (дата обращения 05.04.2023 г.).

криминалистическое описание и проведя необходимые измерения. Натурные образцы, макеты, располагающиеся в соответствующих лабораториях учебного заведения ограничены по количеству, к тому же работа с ними возможна только в помещении лаборатории. Работа с трехмерными моделями криминалистических объектов позволяет в онлайн-режиме вращать, измерять и изучать множество моделей.

На базе кафедры судебной экспертизы юридического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского автором создана коллекция трехмерных моделей патронов стрелкового огнестрельного оружия с помощью программного обеспечения Компас-3D. Данная коллекция действует в качестве комплекса для отработки студентами навыков исследования объектов судебно-баллистической экспертизы.

За рубежом представлена программа SketchUp как относительно простой инструмент для моделирования мест преступлений в 3D-среде¹⁷². Данное программное обеспечение располагает всеми возможностями построения моделей различных криминальных ситуаций. Система располагает обширной библиотекой готовых моделей объектов 3D Warehouse, от целых зданий, комнат, до предметов интерьера и мебели и т.д. Кроме того, программа поддерживает импорт моделей в форматах .3ds, .dae, .dwg, .stl. Также значительно упрощает создание модели загрузка планов, схем, чертежей места происшествия, благодаря поддержке форматов изображений .jpg, .bmp, .tif, .png, .psd.

SketchUp позволяет перенести в трехмерную среду место происшествия с его объектами для проведения необходимых исследований. Программа располагает множеством инструментов для управления, просмотра и работы с трехмерной моделью (рис. 110). На начальном этапе работы в программном обеспечении пользователь задает систему измерения, которая в дальнейшем применяется при выборе инструмента виртуальной рулетки и производстве необходимых измерений по модели.

¹⁷² Elissa St. Clair, Andy Maloney, Albert Schade III An Introduction to Building 3D Crime Scene Models Using SketchUp – Текст: электронный / The Association for Crime Scene Reconstruction (ACSR). URL: <https://www.acsr.org/journal-archives/an-introduction-to-building-3d-crime-scene-models-using-sketchup> (дата обращения 10.03.2023 г.).

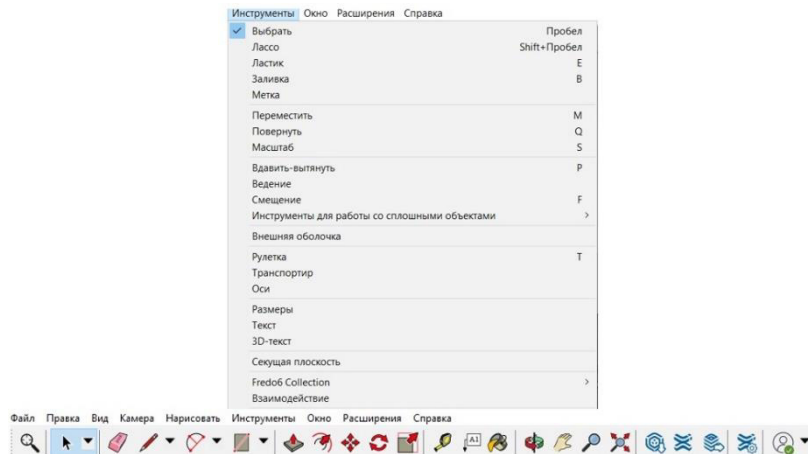


Рис. 110. Панель инструментов программного обеспечения SketchUp

Для демонстрации возможностей данного программного обеспечения, рассмотрим реконструкцию места происшествия по факту ДТП с трупом. Данный пример можно рассматривать в качестве одного из шаблонов практического задания для обучающихся, благодаря которому будут усвоены не только навыки работы в программном обеспечении 3D-моделирования, но и отработаны навыки профессиональной деятельности путем решения заданий в рамках построенной модели.

Для создания автомобильной дороги были использованы инструменты «Прямоугольник», «Вдавить-Вытянуть», «Переместить», «Повернуть», «Масштаб». Ширина полос дорог, полос пешеходного перехода были заданы исходя из установленных ГОСТами размеров многополосных дорог, пешеходных переходов. Цвета поверхностей были заданы с помощью инструмента «Заливка» и панели «Материалы», в которой в соответствующей вкладке «Асфальт и бетон» была подобрана текстура, близкая к моделируемым.

Модели автомобилей ВАЗ-2106, ВАЗ-2105, грузовика MAN были найдены на площадках для размещения 3D-моделей для свободного скачивания и использования. Путем добавления данных объектов были заданы положения каждого транспортного средства на дороге, а также отделившихся от них объектов в виде осколков стекла, а также уплотнительных (рис. 111-112).



Рис. 111. Фотоизображение общего вида дорожно-транспортного происшествия



Рис. 112. Общий вид смоделированного дорожно-транспортного происшествия

Путем импорта в моделируемое место происшествия были загружены фотоизображения некоторых объектов из таблицы к ОМП. С помощью инструмента «Текст» были добавлены подписи ко всем объектам модели (рис. 113-114).



Рис. 113-114. Объекты на месте дорожно-транспортного происшествия из фототаблицы (слева) и их реконструкция на трехмерной модели (справа)

Для реконструкции позы трупа в библиотеке 3D Warehouse была найдена модель манекена Muryoung_Standard_Pose. Данная модель создана таким образом, что основные точки и места соединения частей тела, могут быть перемещены, перевернуты для придания правильного положения (рис. 115-116).

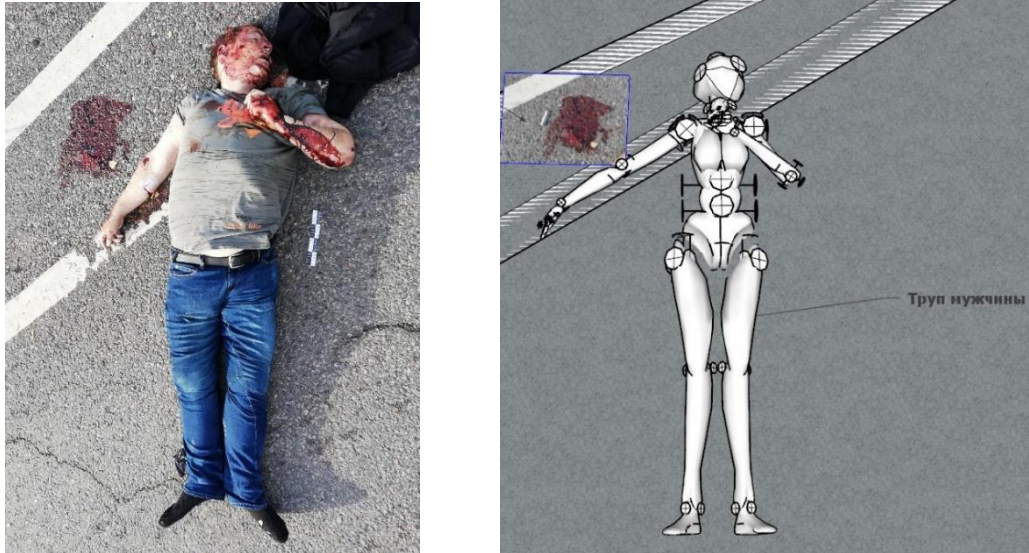


Рис. 114-115. Фотоизображение трупа мужчины из моделируемого места происшествия (слева) и реконструкция позы трупа в SketchUp (справа)

Таким образом, завершённую модель можно использовать в качестве практического задания для студентов при отработке навыков участия в качестве специалиста. Студенты смогут сравнивать модель непосредственно с фотографиями с места происшествия, производить описание и измерение объектов в трёхмерной среде.

Совершенствование судебным экспертом полученных знаний в области трёхмерного моделирования и овладение соответствующим программным обеспечением на более высоком уровне позволяет выйти на решение сложных экспертных задач, таких, как исследование структуры механизма, условий (обстановки) события, причинности. В рамках расследования или рассмотрения дела в суде субъекты могут столкнуться с тем, что построенной модели места происшествия либо его фрагмента недостаточно, необходима интеграция данных из различных источников в материалах дела (фотоизображений, снимков МРТ/КТ, моделей участников событий) для создания анимированных динамичных сцен взаимодействия объектов. Тем самым осуществляется построение трёхмерной реконструкции, которая будет представлять собой наглядный и информативный способ изучения механизма произошедшего события. Овладение данным уровнем также возможно в рамках реализации программ повышения квалификации для студентов, а также сотрудников экспертных учреждений, желающих применять данные технологии в рамках практической деятельности.

Используя достижения передовых цифровых технологий, процесс освоения практических навыков в ходе обучения будет проходить более эффективно, наглядность представления объектов и механизмов слеодообразования будет способствовать лучшему освоению материала обучающимися, что значительно повысит качество подготовки судебных экспертов и специалистов.

Таким образом, использование современных компьютерных технологий и методов исследования объектов судебной экспертизы требует от экспертов соответствующего уровня специальной подготовки. Несмотря на простоту применения некоторых методов получения 3D-моделей в судебно-экспертной деятельности, их грамотное и результативное использование требует соответствующих специальных знаний и навыков. Круг данных специальных знаний судебного эксперта, по нашему мнению, содержит следующие составляющие:

– теоретические основы трехмерного моделирования: понятийный аппарат, методы и технические средства создания 3D-моделей, основные этапы моделирования и программной обработки, наиболее распространенные программы 3D-моделирования универсального и специализированного экспертного назначения;

– практический аспект освоения 3D-технологий: умение работать с интерфейсом, базовыми инструментами программного обеспечения 3D-моделирования, освоение специализированных технических средств и программного обеспечения, в которых реализованы возможности 3D-моделирования (например, видеоспектральных компараторов, автоматизированных систем), создание моделей простых объектов судебной экспертизы, создание моделей сложных объектов и сборочных единиц, вещной обстановки места происшествия, интеграция моделей в трехмерную реконструкцию, внесение правок и оценка пригодности модели для решения экспертной задачи, использование данных моделей для решения экспертных задач.

3.2. Оценка и использование результатов применения 3D-технологий в процессе раскрытия и расследования преступлений

Возможности применения технологий 3D-моделирования обеспечивают процесс судопроизводства объективным, наглядным источником информации о произошедшем событии. Однако внедрение всего нового требует изменения традиционных подходов к решению задач в процессе раскрытия и расследования преступлений. Соответственно, необходим период адаптации к применению новых систем и технологий работы с информацией. Этот период также предполагает перестроение на техническом уровне, который требует покупки новых компьютеров или модернизацию существующих, чтобы они располагали мощностями достаточными для создания и обработки 3D-графики; модернизацию серверной инфраструктуры для хранения 3D-моделей; приобретение программного обеспечения трехмерного моделирования. Ведь несмотря на привлекательность возможностей 3D-технологий, одним из существенных препятствий для их широкого внедрения является стоимость оборудования, лицензий на программное обеспечение. Проведенный опрос сотрудников экспертно-криминалистических подразделений подтвердил, что проблема внедрения новых и современных технологий в экспертную практику связана с отсутствием необходимой технической базы. Данная проблема напрямую связана с финансовыми затратами на модернизацию технико-программной базы. Также требуется повышение квалификационного уровня экспертов, которые будут осуществлять построение моделей, что предполагает создание и организацию прохождения соответствующих курсов повышения квалификации.

В.Б. Вехов, В.А. Титаренко подчеркивают, что «научная обоснованность, высокая достоверность получаемых с помощью 3D-технологий результатов, а также уже имеющийся положительный опыт их использования позволяют однозначно утверждать о допустимости использования названного метода в целях

собирания, исследования и оценки доказательств»¹⁷³. Е.М. Шантуров, Л.А. Шестакова отмечают, что несмотря на недостаточную теоретическую разработанность правовых и технических проблем, вопрос о применении технологий 3D-моделирования в судопроизводстве должен быть решен положительно¹⁷⁴.

Построение 3D-моделей должно быть обоснованно и субъектам необходимо проанализировать, в каких случаях, их получение будет действительно ценно и позволит получить важную информацию о произошедшем событии. Зарубежные ученые выдвинули версию, что, например, результаты 3D-сканирования являются эффективными при расследовании убийств, автомобильных аварий и других серьезных случаев¹⁷⁵. Действительно, при расследовании убийства перед следователем стоит задача получить и зафиксировать как можно большее количество информации, причем с возможностью ее анализа на любом этапе следствия. В случаях автомобильных аварий необходимо быстро зафиксировать место происшествия и его элементы на достаточно большой территории, так как движение транспортных средств в случае перекрытия должно быть восстановлено и вернуться к первоначальной картине уже будет невозможно. Если же картина места происшествия будет зафиксирована или отсканирована для 3D-модели, необходимые измерения можно будет произвести потом. Тем более применение 3D-моделирования в рамках производства судебных экспертиз по данным случаям позволит значительно расширить поле исследуемых признаков, что поспособствует решению экспертных задач более эффективно, а также наглядно представить результаты экспертного исследования.

¹⁷³ Вехов В. Б., Титаренко В. А. Возможность применения технологий трехмерного моделирования в судебной экспертизе // Актуальные научные исследования в современном мире. 2017. № 11-8(31). С. 55-59.

¹⁷⁴ Шантуров Е.М., Шестакова Л.А. К вопросу о возможности использования 3D-моделирования в доказывании по уголовным делам // Вестник молодых ученых и специалистов Самарского государственного университета. 2013. №3. С. 138-142.

¹⁷⁵ Tredinnick R., Smith S., Ponto K. A cost-benefit analysis of 3D scanning technology for crime scene investigation. *Forensic Science International: Reports.* – Текст:электронный / ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/publication/335900732_A_Cost-Benefit_Analysis_of_3D_Scanning_Technology_for_Crime_Scene_Investigation (дата обращения 10.03.2023 г.).

Однако, чтобы результат применения 3D-технологий действительно был полезен и эффективен в процессе раскрытия и расследования преступлений, должно быть налажено грамотное взаимодействие между участниками (схема №3).

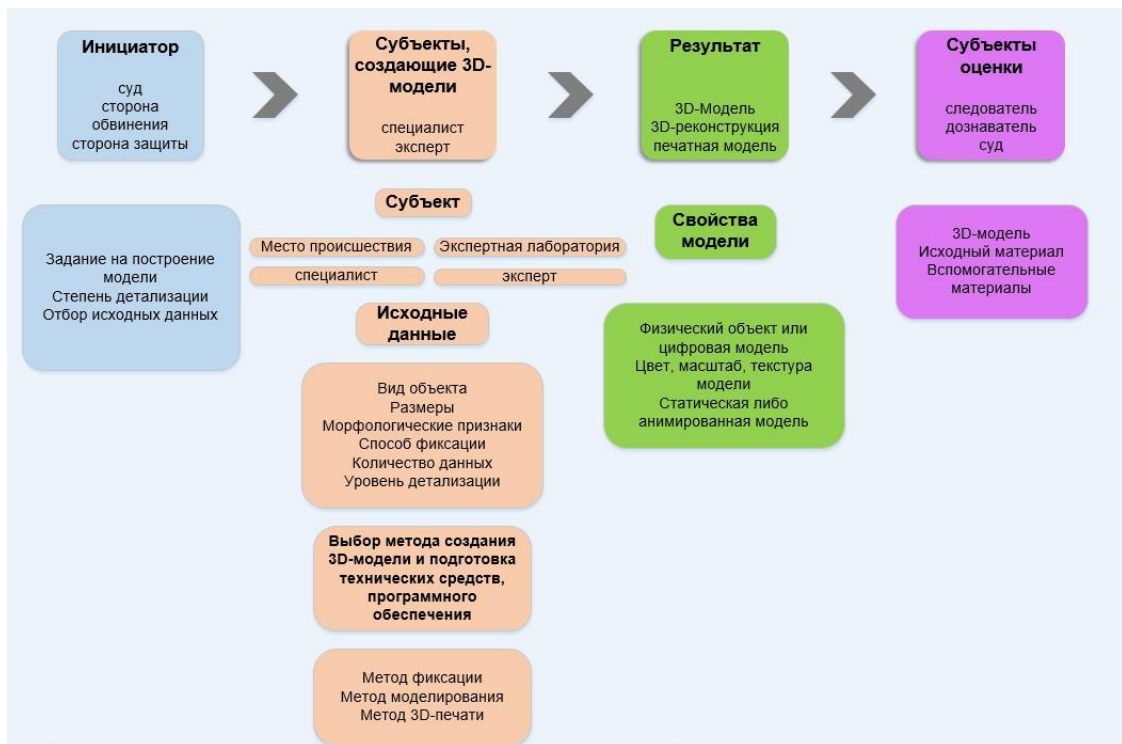


Схема №3. Взаимодействие субъектов и критерии оценки результатов 3D-моделирования в процессе

Систему субъектов, принимающих участие в процессе работы с 3D-моделями можно представить следующим образом: инициатор создания 3D-модели, участники, создающие модель и субъекты оценки применения методов моделирования.

При взаимодействии субъектов в процессе построения 3D-моделей происходит принятие различных решений, начиная с подбора исходных данных, выбора способа визуализации, определения окончательного вида модели и её характеристик и т.п. Каждое решение в конечном итоге влияет на точность и значимость модели в процессе расследования преступлений. Безусловно, наибольшее влияние на результат моделирования оказывает деятельность субъектов, создающих 3D-модели. Деятельность субъектов оценки заключается в установлении достоверности, относимости и допустимости результатов применения методов 3D-моделирования. Субъектами оценки является следователь, дознаватель, суд, которые получают результаты исследований с использованием

3D-моделирования. Данные субъекты могут работать с различными формами результатов применения 3D-технологий: с цифровыми моделями и их двухмерными изображениями, трехмерной анимацией и видеороликами, физическими моделями, распечатанными на 3D-принтерах.

Большинство ученых, рассматривающих вопросы оценки применения технологий компьютерного моделирования, указывают на то, что результаты не образуют самостоятельное доказательство, а являются составной частью заключения эксперта или специалиста, протокола следственного действия¹⁷⁶. Соответственно правила оценки будут соответствовать предусмотренным при оценке заключения эксперта/специалиста следователем и судом с учетом некоторых особенностей. Причем субъекты должны подойти к оценке с содержательной стороны экспертного исследования, чтобы убедиться в достоверности и объективности полученных результатов.

Процесс установления достоверности, относимости и допустимости результатов применения 3D-технологий должен проходить по следующим этапам.

Первым этапом оценки является *проверка соблюдения требований закона*. При проверке соблюдения требований закона, при применении 3D-технологий особое внимание следует уделять оценке компетентности эксперта, специалиста для применения методов построения 3D-моделей и установления с их помощью фактических данных, имеющих значение для дела. Необходимо установить, обладают ли они знаниями и навыками применения технических средств и программного обеспечения построения и использования трехмерных моделей для решения экспертных задач, причем как цифровых моделей, так и физических моделей, распечатанных на 3D-принтерах. Р.А. Коньгин, Л.А. Шестакова указывают, что эксперты должны быть специально обучены или сертифицированы в области использования 3D-технологий, чтобы предоставлять надежные

¹⁷⁶ Оракбаев А. Б. О некоторых вопросах расследования убийств с использованием систем виртуализации // Вестник Академии правоохранительных органов при Генеральной прокуратуре Республики Казахстан. 2023. № 1(27). С. 88 ; Юркевич М. А. Применение судом видеотехнологий в уголовном судопроизводстве : автореф... дис. канд. юрид. наук : 12.00.09 / Юркевич Мария Александровна. Москва, 2021. С. 14.

источники доказательственной информации¹⁷⁷.

Также на данном этапе учеными поднимается проблема нарушения принципа состязательности сторон, которая заключается в возникновении возможного неравенства в связи с появлением доказательств, полученных с помощью 3D-технологий. Применение таких методов является все еще дорогостоящим, что может ущемить права сторон, которые не могут позволить себе использовать такие доказательства.

Кроме того, М.А. Юркевич отмечает, что применение 3D-моделирования в судопроизводстве США и Великобритании, поставило проблему оказания внушающего эффекта с помощью 3D-анимации на судей и присяжных заседателей¹⁷⁸. Модель не должна формировать у участников каких-либо предубеждений, запутывать их или вводить в заблуждение, быть наполнена эмоциональным контентом. Мы уже указывали, что применение 3D-технологий направлено на создание моделей, основанных на объективных данных, в целях наглядного представления механизма произошедшего события и его отдельных элементов. А.В. Холопов подчеркивает важность применения технологий обеспечения наглядности доказательственной информации в рамках предварительного расследования и стадии судебного разбирательства¹⁷⁹.

На следующем этапе – *проверки подлинности и достаточности вещественных доказательств и образцов*, оценке подлежат исходные материалы для получения трехмерных моделей.

Инициатор создания 3D-модели, в качестве которого может выступать лицо, производящее расследование, стороны, должен оценить действительную необходимость и эффективность применения методов получения трехмерной

¹⁷⁷ Коныгин Р. А., Шестакова Л. А. Использование компьютерного трехмерного моделирования в уголовном судопроизводстве Российской Федерации // Юридический вестник Самарского университета. 2017. Т. 3. № 3. С. 104.

¹⁷⁸ Юркевич М. А. Использование результатов 3D видеомоделирования в доказывании по уголовным делам: американские и российские правовые основы // Право и политика. 2021. № 9. С. 58-71.

¹⁷⁹ Холопов А. В. Формирование криминалистического учения о наглядности в уголовном судопроизводстве // Криминалистика - наука без границ: традиции и новации : материалы всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 26 ноября 2021 года. Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации, 2022. С. 352.

модели в сложившейся ситуации. Он формирует задание на построение модели, выбирает субъекта-исполнителя, устанавливает степень детализации модели. Например, признав необходимым в ходе осмотра места происшествия, применение методов получения 3D-моделей, следователь, дознаватель формирует задание перед специалистом на фиксацию обстановки места происшествия, отдельных следов и обнаруженных предметов. В случае необходимости построения модели в ходе производства судебной экспертизы необходимо осуществить подбор объектов, которые послужат исходным материалом. Инициатором применения методов построения 3D-моделей, может быть и сам судебный эксперт, если считает это необходимым в ходе производства судебной экспертизы.

В качестве исходных данных могут выступать материалы дела, сам объект-оригинал и его части либо чертежи, схемы объекта-оригинала. Следует оценить, допустимо ли было использовать для создания модели доказательства, которые служили источником исходных данных. Если исходный материал эксперт не получает в ходе производства экспертизы, а работал с данными, направленными лицом, назначившим экспертизу, необходимо произвести оценку достаточности и качества представленных материалов. Получены ли были исходные источники информации законным путем, зафиксированы ли они в форме, закрепленной в уголовно-процессуальном законодательстве. Относимы, допустимы и достоверны ли были признаны доказательства, которые послужили исходными данными для создания модели. Трехмерное моделирование не должно основываться на сведениях, которых не имеется в материалах дела.

Необходимо установить, сохранены ли оригинальные изображения или видеозаписи, по которым строилась модель. Если была произведена обработка изображений с помощью графических редакторов, допустима ли она была, насколько было изменено первоначальное изображение. Как уже указывалось ранее, качество получаемых моделей методом фотограмметрии, зависит от количества фотографий и соблюдения правил измерительной и панорамной съемки объектов, приемов фотосъемки места происшествия.

Р.А. Коньгин, Л.А. Шестакова подчеркивают, что следует тщательно

подходить к определению уровня достаточности исходных данных для построения 3D-модели, чтобы избежать субъективизма, причем, необходимо выработать не универсальные критерии для трехмерного моделирования механизма произошедшего события, а для каждой конкретной криминальной ситуации¹⁸⁰.

В ходе анализа протоколов осмотров мест происшествий по различным фактам, отобранных автором для проведения диссертационного исследования, констатируем факт, что они не располагают достаточным количеством фотоизображений для реализации метода трехмерной фотограмметрии. Лишь в малом количестве протоколов реализована хотя бы четырехсторонняя фотосъемка трупа. Аналогичные результаты получены и при анализе протоколов по фактам ДТП. Ни в одном протоколе по факту кражи не было обнаружено достаточного количества фотоизображений помещений для визуализации полной следовой картины на одной модели.

При попытке построения трехмерных моделей по материалам фототаблиц к протоколам осмотров места происшествия были получены визуальные ошибки как при слишком малом количестве исходных материалов, аналогичные экспериментальному исследованию, представленному в 2 главе. Достаточная большая часть объекта оказывается несмоделированной, измерительные ориентиры не просматриваются (рис. 116-117).



Рис. 116-117. 3D-модели, построенные по фототаблицам к протоколам осмотра места происшествия

¹⁸⁰ Коньгин Р. А., Шестакова Л. А. Использование компьютерного трехмерного моделирования в уголовном судопроизводстве Российской Федерации // Юридический вестник Самарского университета. 2017. Т. 3. № 3. С. 104.

В единичных случаях возможно было путем программной обработки построить ранее несмоделированные участки, однако у большинства исследованных фототаблиц такое сделать невозможно (рис. 118-119).



Рис. 118-119. Первоначальный вид 3D-модели, построенной по фототаблице к протоколу осмотра места происшествия (слева) и данная модель после корректировки этапов построения модели (справа)

Для того чтобы избежать этих недостатков в моделировании, необходимо грамотно подходить к сбору исходных данных, получать их в достаточном количестве и в строгом соблюдении с методами и приемами судебной фотографии. В связи с этим нами были разработаны методические рекомендации по осуществлению подготовки исходного материала и реализации метода трехмерной фотограмметрии, которые помогут, с одной стороны, самим специалистам и экспертам, правильно осуществить подготовку материалов и построение 3D-моделей, а с другой стороны, следователям, дознавателям и судьям оценить результаты применения данного метода (приложение №13).

Следующим этапом является *проверка полноты и всесторонности проведенного с помощью 3D-технологий исследования*. При этом необходимо оценить, какой метод построения модели был выбран экспертом/специалистом, какой результат применения данного метода: получена ли только цифровая модель, или она послужила основой для создания объекта с помощью 3D-печати; если модель цифровая, то статическая она или представляет собой анимацию; если модель, распечатана на 3D-принтере, каков масштаб, какие материалы применялись для её создания. Содержится ли вся необходимая доказательная база, что созданная модель является адекватной и точной в передаче признаков объекта-оригинала.

Должны быть полно описаны ход и результат построения модели и проведенные с помощью нее исследования, примененное оборудование и программное обеспечение, приложен соответствующий иллюстративный материал. Субъекты проверяют, основано ли было исследование на достаточных данных. Оценивается, использовал ли эксперт апробированную и научно обоснованную методику исследования, поверенные средства измерения, лицензионное программное обеспечение, откалиброванные средства фиксации. Проверяется, применялась ли при производстве экспертного исследования должна научно-обоснованная и надежная методика, основанная на достоверных данных. Полученные промежуточные и итоговые результаты экспертного исследования должны быть обоснованы и аргументированы, при необходимости эксперт разъясняет ход применения методов и средств в исследовательской части заключения. При проведении исследования эксперт должен понимать в рамках использования различных технических средств и программного обеспечения построения и исследования 3D-моделей как они работают, т.е. основные принципы программного обеспечения и технических средств, последствия работы с настройками в программном обеспечении, возможные ошибки при построении модели¹⁸¹. Безусловно, для создания трехмерных моделей должно быть использовано сертифицированное программное обеспечение¹⁸².

Помимо самой модели для её оценки, выявления ошибок при ее построении следователь, дознаватель, суд могут запросить отчет из программного обеспечения моделирования. Так, например, в программе Agisoft Metashape имеется возможность импортировать в текстовом формате отчет об обработке исходных изображений и всех этапах создании 3D-модели (приложение №13).

На завершающем этапе субъекты оценивают *относимость результатов применения 3D-технологий к предмету доказывания по данному делу и соответствие выводов, полученных с их помощью, имеющимся в деле*

¹⁸¹ Ruotsala A. Digital Close-Range Photogrammetry – A Modern Method to Document Forensic Mass Graves. 2016..

¹⁸² Холопов А. В. Компьютерные программы 3D-визуализации события преступления// Криминалистика. 2021. № 3 (36). С. 72-73.

доказательствам; действительно ли были установлены обстоятельства произошедшего события, имеющие значение и относящиеся к элементам состава преступления.

Следует отметить, что содержательная оценка результатов применения 3D-технологий при производстве судебной экспертизы в рамках некоторых этапов может оказаться затруднительной для субъектов оценки. Однако решение данной проблемы возможно в использовании следователем, дознавателем и судом таким процессуальных и непроцессуальных форм использования специальных знаний, как показания эксперта, проводившего экспертное исследование, с целью разъяснения положений, связанных с ходом и результатов экспертизы; показания и заключение специалиста, консультация специалиста, в рамках которых он может ответить на интересующие стороны вопросы, связанные с применением 3D-технологий в рамках определенного рода или вида судебной экспертизы.

Таким образом, под допустимостью экспертного заключения, основанного на применении 3D-технологий является законность использования 3D-технологий в экспертном исследовании, а также пригодность сведений, установленных с их помощью в качестве доказательств по делу, под относимостью – относимость фактов и обстоятельств, установленных экспертом с применением 3D-технологий предмету доказывания и его конкретным элементам, а под достоверностью – правильность хода и результатов применения 3D-технологий для установления фактов, фактических данных, имеющих значение для дела, а также соответствия выводов проведенному исследованию.

С учетом вышеизложенных положений, содержание оценки результатов применения 3D-технологий следователем, дознавателем и судом рассматривается в следующей последовательности:

- проверка обоснованности и законности применения данных 3D-технологий по конкретному делу;
- проверка подлинности и достаточности исходных материалов для создания 3D-модели;
- проверка выбранной технологии создания 3D-модели, хода и результатов

её построения, а также установления с её помощью фактов и обстоятельств, имеющих значение для дела, примененные технические средства и программное обеспечение;

– проверка обоснованности и аргументированности полученных с помощью 3D-технологий выводов;

– относимость данных выводов к предмету доказывания по делу и соответствие выводов, полученных с помощью 3D-технологий, имеющимся в деле доказательствам.

Подводя итог, с учетом конкретизированной последовательности оценка заключения эксперта или специалиста, которые содержат в себе описание и результаты применения 3D-технологий будет происходить объективно и позволит субъектам сконцентрировать внимание на его важных содержательных компонентах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сформированные в ходе проведения исследования выводы обусловлены объективной потребностью следственной и экспертной практики в расширении применения цифровых технологий фиксации, сохранения и исследования информации о событии преступления. Полученные результаты позволили сформировать теоретическую основу применения технологий трехмерного моделирования в судебно-экспертной деятельности, а также сформировать ряд выводов, направленных на совершенствование судебно-экспертной практики за счет внедрения и использования 3D-технологий в деятельность по раскрытию и расследованию преступлений.

1. Современный уровень развития цифровых технологий, а также анализ практики применения трехмерных технологий в судебно-экспертной деятельности, позволили выделить основные 3D-технологии, применяемые в целях решения задач судебно-экспертной деятельности:

– технологии трехмерного моделирования: технологии трехмерного сканирования, построение в 3D-редакторах, построение моделей в системах автоматизированного проектирования и получение моделей из фотографий и кадров видеозаписи (трехмерная фотограмметрия)

– технологии аддитивного производства (3D-печати).

2. На основании обобщения зарубежной и отечественной практики и опыта применения трехмерных технологий были определены этапы становления и развития данных технологий в судебно-экспертной деятельности.

Первый этап (1995–2019) связан с появлением научных работ, в которых содержатся первые рекомендации по фиксации некоторых объектов судебной экспертизы с помощью методов 3D-моделирования, 3D-сканирования и накоплению эмпирического материала для дальнейшего исследования полученных моделей с целью решения задач судебной экспертизы.

Второй этап (2020 г. – по настоящее время) связан с формированием

теоретических основ применения 3D-технологий в судебно-экспертной деятельности, расширением методических основ решения задач различных родов и видов судебных экспертиз за счет методов получения 3D-моделей, расширением технических возможностей моделирования за счет его комплексирования с микроскопическими, спектральными методами экспертного исследования.

Предусматривается переход на третий этап применения 3D-технологий в судебно-экспертной деятельности, который будет направлен на совершенствование разработанного теоретического и методического аппарата, а также более технологичный и продвинутый уровень применения трехмерных технологий в совокупности с методами машинного обучения, обработкой и использованием больших данных. Будет расширяться и компьютерно-технический, программный аппарат получения трехмерных моделей криминалистических объектов.

3. Теоретические основы применения 3D-технологий, нашли отражение в разработке основ частного учения о трехмерном моделировании в судебно-экспертной деятельности, которое представляет собой систему теоретических положений о закономерностях, определяющих содержание, сущность и порядок построения, исследования и использования 3D-моделей объектов судебной экспертизы и разрабатываемых на основе познания данных закономерностей технологиях по применению 3D-моделирования при производстве судебно-экспертных исследований в целях установления фактов и обстоятельств, имеющих значение для дела. Объектами учения выступают технические средства, программное обеспечение получения 3D-моделей, из которых извлекается информация о фактических данных, имеющих значение для раскрытия и расследования преступлений, рассмотрения дел в суде.

Структура учения представлена в виде системы:

- общетеоретических положений (предмет и объекты учения, понятийный аппарат, задачи учения, классификацию моделей, принципы моделирования);
- основных методов получения 3D-моделей;
- основных направлений применения 3D-технологий в судебно-экспертной

деятельности;

- требований и принципов получения 3D-моделей объектов судебной экспертизы;
- значения 3D-моделей как источников доказательственной информации;
- место учения о трехмерном моделировании в судебно-экспертной деятельности в системе судебной экспертологии.

4. В ходе исследования было выработано авторское определение понятия 3D-модель, под которой понимается цифровой объект, создаваемый в трех измерениях с помощью специализированного программного обеспечения, который в процессе исследования воспроизводит объект-оригинал, обладая его существенными свойствами, позволяет получить информацию о нем в целях установления фактов (вынесения суждений о факте), имеющих значение для раскрытия и расследования преступления, рассмотрения дела в суде.

5. Проанализировав существующие классификации трехмерных моделей в судебной экспертизе, нами были предложены дополнения к ним по двум основаниям:

1) исходя из процессуальной формы и природы объекта-оригинала:

- модель вещественного доказательства;
- модель образца для сравнительного исследования;
- модель вещной обстановки места происшествия.
- модель процесса, механизма или отдельных его компонентов;

2) по размерным характеристикам объектов:

- модель одиночного следа (отображения, предмета, вещества);
- модель группы/совокупности следов (дорожки следов, капель и брызг крови на различных объектах и т.п.);
- модель помещения, здания, сооружения;
- модель участка местности.

Процессуальная форма объекта-оригинала определяет, каким образом будет процессуально оформлена и использована его трехмерная модель, будет ли она замещать вещественное доказательство, либо служить в качестве приложения к

различным доказательствам, не играя самостоятельной процессуальной роли. Природа, а также свойства объекта-оригинала влияют на выбор метода получения трехмерной модели, на совокупность технических и программных средств, необходимых для этого. Оценивая обстановку места происшествия и определяя, какие объекты будут построены в трехмерной среде, а также техническую оснащенность учреждения, субъект оценивает возможность подготовки исходного материала для моделирования либо на месте происшествия, либо сохранение и доставка объекта-оригинала для построения моделей в лабораторных условиях.

Трехмерные модели объектов судебной экспертизы аналогично другим видам моделей должны отвечать следующим требованиям: адекватности, существенности, актуальности, результативности, достоверности, экономичности, мощности, простоты, открытости.

Они могут быть рассмотрены в форме вещественного доказательства или иного доказательства в зависимости от её процессуального оформления и использования. Если модель, замещает вещественное доказательство, она выступает в его качестве, т.к. выступает в качестве способа фиксации доказательств и сохранения его в цифровом виде. Если модель получают в ходе следственного действия, например, осмотра места происшествия, проверки показаний на месте, допроса, она является приложением к протоколу следственного действия и самостоятельного значения не имеет. Получение модели в ходе производства судебной экспертизы ставит её в ряд материалов, иллюстрирующих проведенное исследование, и будет приложена к заключению эксперта как наглядный источник информации об экспериментах, результатах исследования.

6. Экспериментальные исследования по проверке возможностей метода фотограмметрии для создания 3D-моделей объектов судебной экспертизы как наиболее доступного с точки зрения получения исходных данных, используемых технических средств, а также умений и навыков экспертных кадров показали, что фотограмметрия представляет собой способ получения адекватных и достоверных моделей при передаче информации об объектах-оригиналах разного масштаба,

сложности и природы. Автором сформированы научно-методические основы при построении моделей методом фотограмметрии в виде алгоритма действий субъекта при работе программными пакетами фотограмметрии, в который входят стандартно заложенные в программное обеспечение шаги для построения моделей: загрузку фотографий/кадров видеозаписи в программу, выравнивание фотографий с выбором параметров, построение плотного облака точек с выбором параметров, построение полигональной модели с выбором параметров, построение текстуры с выбором параметров, производство измерений, экспорт модели, а также предложенные автором критерии оценки качества полученных результатов на каждом этапе и способы устранения недостатков при построении моделей с учетом специфики работы с объектами судебной экспертизы.

7. Сформирована критериальная система оценки адекватности и достоверности получаемых 3D-моделей как научная база решения вопроса о пригодности 3D-моделей для решения задач определенного рода судебной экспертизы. Предложены качественные и количественные критерии оценки качества 3D-модели, созданной методом фотограмметрии. Качественными критериями адекватности и достоверности трехмерной модели выступают четкость в передаче визуальных признаков объектов-оригинала (цвета, геометрической формы, контуров, составных элементов объекта, мелких особенностей), отсутствие визуальных ошибок (несмоделированных участков, ошибочного расположения полигонов и текстур, которые проявляются в перекосах и замыленности, неполноте отображения поверхности объекта, искажении в контурах объекта и его элементов, двойных контурах, отсутствии границ между объектами).

В качестве количественных критериев выступают число исходных материалов (количество фотографий, кадров видеозаписи), разрешающая способность исходных материалов, результаты программной обработки исходных изображений (количество связующих точек, количество и достоверность вершин точек в плотном облаке, количество полигонов), погрешность полученных на модели измерений.

8. Разработаны методические основы применения метода фотограмметрии

для получения 3D-моделей при производстве судебной экспертизы. Продемонстрированы этапы построения и работы с трехмерными моделями объектов трасологической экспертизы, которые представляют возможности для модификации экспертных методик. Метод фотограмметрии позволяет получать фотореалистичные модели различных следов и производить по ним объективное и всестороннее экспертное исследование, что выведет его на более совершенный уровень. Данные модели служат качественным иллюстративным материалом проведенного исследования для лиц, осуществляющих предварительное расследование, суда, а также участников процесса, не обладающих какими-либо специальными знаниями.

На основании вышеизложенного сформированы методические рекомендации по применению метода фотограмметрии для получения 3D-моделей при производстве судебной экспертизы, которые включают положения:

- по подготовке материалов для реализации трехмерной фотограмметрии: выбор методов и приемов фото/видеофиксации, выбор схемы движения вокруг объекта или его вращения вокруг средства фиксации, расстановку измерительных маркеров (кодированных меток/криминалистических линеек), настройка параметров экспозиции технических средств фиксации, оценка качества и количества исходного материала, обработка исходного материала в графических редакторах при необходимости;

- построению модели в программе фотограмметрии с учетом этапов алгоритма, а также оценки адекватности и достоверности полученной модели для решения экспертных задач;

- особенности методики экспертного исследования объектов с помощью методов трехмерной фотограмметрии с учетом принятой стадийности на примере трасологической экспертизы.

Обоснованы преимущества методов 3D-моделирования при производстве судебной экспертизы, которые состоят:

- в фиксации объектов, подвергающимся влиянию окружающей среды, быстрой порче, признаки которых могут измениться, тем самым затрудняя

дальнейшее экспертное исследование либо делая его невозможным; 3D-модели обеспечивают сохранение информации об объектах при производстве судебной экспертизы в их первоначальном состоянии;

– в расширении идентификационного комплекса признаков за счет выявления «признаков в признаке», когда один крупный признак может быть разбит на более мелкие, а также обнаружении таких признаков в моделях, которые могут не просматриваться из-за текстуры самой следовоспринимающей поверхности на фотоизображениях объекта. Данный фактор также позволяет расширить комплекс признаков при установлении пригодности объекта для идентификации;

– в производстве компьютерного экспертного эксперимента по проверке механизма слеодообразования, контактного взаимодействия без осуществления действий, которые могут изменить объекты-оригиналы, а также представлении в рамках эксперимента механизмов, которые невозможно воссоздать в материальной форме, в рамках 3D-моделирования таких механизмов возможно переходить от внешних особенностей объекта, к его внутренней структуре;

– в возможности предоставить 3D-модели параллельно в качестве объекта на другие экспертизы, которые проводятся в комплексе по конкретному объекту по делу, сокращая время на получение заключений экспертов, что актуально для судебных экспертиз, связанных с решением ситуационных диагностических задач;

– в интеграции всех полученных результатов в единую трехмерную реконструкцию, которая позволит представить обстоятельства расследуемого события в объективной и наглядной для восприятия форме.

9. Изучены технологии послойного наплавления нитей фотополимера, стереолитографии, струйной печати и селективного лазерного спекания с точки зрения диагностических признаков способа изготовления объекта. Исходя из изучения данных признаков на изделиях, изготовленных из различных материалов для трехмерной печати, была установлена стабильность отображения признаков рассмотренных типов печати, что позволяет, несмотря на различия свойств материалов, диагностировать способ их изготовления. В результате сформирован

справочный иллюстративный материал, который может применяться при производстве трасологических и баллистических экспертиз.

10. Усовершенствованы подходы к формированию системы освоения цифровых компетенций при подготовке экспертных кадров за счет внедрения в учебный процесс положений, связанных с изучением 3D-технологий и их возможностей, а также технического и программного арсенала подготовки экспертов-криминалистов. Аргументирована потребность расширения возможностей ситуационного моделирования события преступления в трехмерной среде в целях эффективной выработки навыков работы со следами и иными источниками информации. Рассмотрены основные уровни освоения обучающимися возможностей трехмерных технологий для сбора и исследования информации о событии, решения конкретных задач судебной экспертизы. Вынесен вопрос о введении в учебный процесс такой дисциплины, как «Основы 3D-моделирования», целью которой будет получение навыков создания 3D-моделей криминалистических объектов для нужд судебно-экспертной деятельности, всего процесса раскрытия и расследования преступления в целом. Проанализированы возможности некоторых программ трехмерного моделирования для выполнения студентами заданий по работе с 3D-моделями, причем как с единичными объектами, так и с моделью вещной обстановки произошедшего события.

11. Автором было конкретизировано содержание оценки допустимости применения 3D-моделирования для получения доказательственной информации. Результативность применения 3D-технологий в судопроизводстве обусловлена налаживанием грамотного взаимодействия между субъектами: инициатором применения данных технологий, субъектами, создающими модели и проводящие по ним необходимые исследования, а также субъектами оценки полученных с помощью них выводов.

Мы согласны с большинством ученых, что результаты применения 3D-технологий являются, как правило, составной частью заключений эксперта или специалиста, а значит, они должны соответствовать правилам оценки данных видов доказательств с учетом некоторых особенностей. Подлежат оценке обоснованность

и законность применения данных технологий по конкретному делу, подлинность и достаточность исходных материалов для создания модели, выбранная технология создания модели, ход и результаты её построения, а также установления с её помощью фактов и обстоятельств, имеющих значение для дела, примененные технические средства и программное обеспечение, обоснованность и аргументированность полученных выводов, а также их относимость к предмету доказывания по делу.

В целях эффективного применения методов трехмерной фотограмметрии для фиксации обстановки места происшествия, отдельных следов, решения задач судебной экспертизы были разработаны методические рекомендации, содержащие критерии подготовки исходного материала и построение трехмерных моделей в пакетах фотограмметрии, которые будут способствовать внедрению данного метода в экспертную практику, так и поможет субъектам оценки (следователям, дознавателям и судьям) правильно оценить результаты применения данного метода.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

2D – двухмерный

3D – трехмерный

АБИС – автоматизированная баллистическая идентификационная система

БПЛА – беспилотный летательный аппарат

КТ – компьютерная томография

МРТ – магнитно-резонансная томография

ПК – персональный компьютер

ПО – программное обеспечение

САПР – система автоматизированного проектирования

ВМ – информационное моделирование зданий

ISO – светочувствительность

FDM – послойное наплавление/осаждение нитей фотополимера

SLA – стереолитография

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Нормативно-правовые акты и иные официальные документы

1. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993 г. с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020 г.) – Текст: электронный // КонсультантПлюс. - URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/ (дата обращения : 01.04.2023).

2. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 № 63-ФЗ (ред. от 29.12.2022, с изм. от 15.03.2023) – Текст: электронный // КонсультантПлюс. - URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_10699/ (дата обращения : 01.04.2023).

3. Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации от 18.12.2001 № 174-ФЗ (ред. от 17.02.2023) – Текст: электронный // КонсультантПлюс. - URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34481/ (дата обращения : 01.04.2023).

4. Федеральный закон «О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации» от 31.05.2001 № 73-ФЗ – Текст: электронный // КонсультантПлюс. - URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_31871/ (дата обращения : 01.04.2023).

5. Федеральный закон «О полиции» от 07.02.2011 № 3-ФЗ – Текст: электронный // КонсультантПлюс. - URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_110165/ (дата обращения : 01.04.2023).

6. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 № 102-ФЗ. – Текст: электронный // КонсультантПлюс. - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904/(дата обращения: 01.04.2023).

7. Указ Президента РФ от 01.12.2016 № 642 (ред. от 15.03.2021) «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» – Текст: электронный // КонсультантПлюс. - URL:http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207967/ (дата обращения: 01.04.2023).

8. Указ Президента РФ от 02.07.2021 № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации». – Текст: электронный // КонсультантПлюс. - URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/ (дата обращения: 01.03.2023).

9. Приказ Следственного комитета РФ от 27 декабря 2011 г. № 159 «О нормах обеспечения криминалистической и специальной техникой в Следственном комитете Российской Федерации» – Текст: электронный // КонсультантПлюс. - URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=526988#SXhC8lTO65XC4Aqw1> (дата обращения: 01.04.2023).

10. Об утверждении Концепции научного обеспечения деятельности органов внутренних дел Российской Федерации на период до 2030 года. / МВД РФ. – Текст: электронный. - URL: https://мвд.рф/upload/site163/folder_page/018/930/872/Kontseptsiya_NO_na_15.10.2020.pdf (дата обращения: 01.04.2023).

11. ГОСТ Р 57558-2017 Аддитивные технологические процессы. базовые принципы. - Часть 1.: Термины и Определения. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 11 с.

12. ГОСТ Р 57589-2017 Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 2.: Материалы для аддитивных технологических процессов. Общие требования. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 8 с.

13. ГОСТ Р 57590-2017 Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 3.: Общие требования. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 8 с.

14. ГОСТ 2.052-2021 Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения. – Москва : Российский институт стандартизации, 2022. – 11 с. – Текст : непосредственный.

15. ГОСТ Р 59100-2020 Пластмассы. Филаменты для аддитивных технологий. Общие технические требования. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 8 с.

16. ГОСТ 23501.101-87 Системы автоматизированного проектирования. Основные положения. – Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1987. – 10 с.

Нормативные правовые акты зарубежных стран

17. Закон Республики Узбекистан «Об оружии» от 29.07.2019 г. N ЗРУ-550 / Информационно-поисковые и экспертные системы. Все законодательство Узбекистана. – Текст : электронный. - URL: https://nrm.uz/contentf?doc=595666_&products=1_vse_zakonodatelstvo_uzbekistan а (дата обращения: 25.04.2023).

18. Закон Республики Казахстан от 30 декабря 1998 года № 339-І «О государственном контроле за оборотом отдельных видов оружия». – Текст : электронный // ЮРИСТ. - URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=1011889&pos=5;-108#pos=5;-108 (дата обращения: 25.04.2023).

Диссертации и авторефераты

19. Абрамов, С. С. Компьютеризация краниофациальной идентификации : методология и практика : автореферат дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.24 / Абрамов Сергей Сергеевич; Респуб. центр судебно-мед. экспертизы. – Москва, 1998. – 35 с.

20. Аксенов, А. Ю. Модели и методы обработки и представления сложных пространственных объектов: дис....канд. тех. наук: 05.13.01 / Аксенов Алексей Юрьевич; С.-Петерб. ин-т информатики и автоматизации РАН. – Санкт-Петербург, 2015. – 110 с.

21. Бахтеев, Д. В. Концептуальные основы теории криминалистического мышления и использования систем искусственного интеллекта в расследовании преступлений: дисс. ...доктора юридических наук : 5.1.4. / Бахтеев Дмитрий Валерьевич; ФГБОУ ВО «Уральский государственный юридический университет имени В.Ф. Яковлева». - Екатеринбург, 2022. - 504 с.

22. Бондаренко, Р. В. Применение информационных технологий в исследовании следов рук при раскрытии и расследовании преступлений: автореф. дис. ... канд. юрид. наук : 12.00.09 / Бондаренко Роза Ватановна; Мос. ун-т МВД России. – Москва, 2003. – 26 с.

23. Додашвили, Т. А. Разработка и исследование методов и средств количественной оценки деформации пули в канале ствола : дис....канд. технических наук : 05.11.01 / Додашвили Тариел Алексеевич; С.-Петерб. нац. исслед. ун-т информац. технологий, механики и оптики. – Санкт-Петербург, 2016. – 171 с.

24. Дьяконова, О. Г. Специальные знания в судебной и иной юрисдикционной деятельности государств-членов ЕАЭС: теория и практика : дис. ... д-ра. юрид. наук : 12.00.12 / Дьяконова Оксана Геннадьевна; Московский

государственный юридический университет имени О.Е. Кутафина (МГЮА). – Москва, 2021. – 647 с.

25. Жаворонков, В. А. Информационно-компьютерное обеспечение судебной экспертизы маркировочных обозначений транспортных средств : дис. ... канд. юрид. наук : 12.00.12 / Жаворонков Владимир Алексеевич; Место защиты: Российский федеральный центр судебной экспертизы при Министерстве юстиции Российской Федерации. – Москва, 2019. – 275 с.

26. Замараева, Н. А. Правовые и организационно-методические проблемы использования компьютерных технологий при производстве судебных экспертиз : дис.... канд. юрид. наук : 12.00.09 / Замараева Наталья Александровна; Акад. упр. МВД РФ. – Москва, 2001. – 202 с.

27. Коглина, В. А. Криминалистическое исследование изделий массового производства, изготовленных по инновационным технологиям : дис. ... канд. юрид. наук : 12.00.12 / Коглина Виктория Александровна; Московский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации имени В.Я. Кикотя. – Москва, 2021. – 177 с.

28. Кокин, А. В. Концептуальные основы криминалистического исследования нарезного огнестрельного оружия по следам на пулях : дис. ... д-ра юрид. наук : 12.00.12 / Кокин Андрей Васильевич; Волгогр. акад. МВД России. – Москва, 2015. – 388 с.

29. Лапшин, В. Я. Место происхождения как объект экспертного исследования : дис. ... канд. юрид. наук : 12.00.09 / Лапшин Вячеслав Евгеньевич; Нижегород. акад. МВД России. – Нижний Новгород, 2003. – 193 с.

30. Немчин, Д. И. Методические основы применения информационных компьютерных технологий в судебно-баллистической экспертизе : дис. ... канд. юрид. наук : 12.00.09 / Дмитрий Иванович Немчин; Рос. федер. центр судебной экспертизы при Мин-ве юстиции РФ. – Москва, 2002. – 163 с.

31. Несмиянова, И. О. Применение информационных технологий в производстве трасологических экспертиз: дис. ... канд. юрид. наук : 12.00.12 /

Несмиянова Ирина Олеговна; Московский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации имени В.Я. Кикотя. – Москва, 2021. – 186 с.

32. Рыжков, И. В. Теоретические основы и современные тенденции организации функционирования натуральных коллекций: дис. ... канд. юрид. наук: 12.00.12 / Рыжков Иван Викторович; ФГКОУ ВО «Волгоградская академия Министерства внутренних дел Российской Федерации». – Волгоград, 2022. – 213 с.

33. Толстухина, Т. В. Современные тенденции развития судебной экспертизы на основе информационных технологий : дис. ... д-ра. юрид. наук : 12.00.09 / Толстухина Татьяна Викторовна; Академия управления МВД России. – Москва, 1999. – 320 с.

34. Усов, А. И. Концептуальные основы судебной компьютерно-технической экспертизы : дис. ... д-ра. юрид. наук : 12.00.09 / Усов Александр Иванович; Моск. ин-т МВД РФ.. – Москва, 2002. – 402 с.

35. Шакирьянова, Ю. П. Трёхмерное моделирование в судебной медицине: визуализация, идентификация, реконструкция : дис. ... д-ра. мед. наук / Шакирьянова Юлия Павловна; ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации. – Москва, 2020. – 317 с.

36. Юркевич, М. А. Применение судом видеотехнологий в уголовном судопроизводстве : автореф... дис. канд. юрид. наук : 12.00.09 / Юркевич Мария Александровна; ФГБОУ ВО «Московский государственный юридический университет имени О.Е. Кутафина (МГЮА)». – Москва, 2021. – 31 с.

37. Яковлева, А. С. Современные информационные технологии в дактилоскопической регистрации : дис. ... канд. юрид. наук : 12.00.12 / Яковлева Анастасия Сергеевна; ФГКОУ ВО Московский университет Министерства

внутренних дел Российской Федерации имени В.Я. Кикотя. – Москва, 2019. – 203 с.

38. Ярмак, К. В. Правовые и научные проблемы совершенствования структуры и содержания заключения эксперта-криминалиста в условиях компьютеризации экспертной деятельности : дис. ... канд. юрид. наук : 12.00.09 / Ярмак Кирилл Владимирович; Волгогр. акад. МВД России. – Волгоград, 2003. – 208 с.

Монографии, учебники и учебные пособия

39. Аверьянова, Т. В. Судебная экспертиза. Курс общей теории / Т. В. Аверьянова. – Москва : Норма, 2009. – 479 с.

40. Волчецкая, Т. С. Современные проблемы моделирования в криминалистике и следственной практике: учебное пособие / Т. С. Волчецкая; Калинингр. гос. ун-т. – Калининград : КГУ, 1997. – 94 с.

41. Высокотехнологичный уголовный процесс: монография / под ред. док. юрид. наук С. В. Зуева; док. юрид. наук Л. Н. Масленниковой. – Москва : Юрлитинформ, 2023. – 216 с.

42. Горностаева, Т. Н. Математическое и компьютерное моделирование: учебное пособие / Т. Н. Горностаева, О. М. Горностаев. – Москва: Мир науки, 2019. – 123 с.

43. Жукова, Н. А. Современные технологии в экспертной деятельности : учебное пособие / Н. А. Жукова, И. А. Ярощук, Е. А. Яковенко. – Белгород : ИД «БелГУ» НИУ «БелГУ», 2021. – 52 с.

44. Замятина, О. М. Компьютерное моделирование: учебное пособие / О. М. Замятина. – Томск : Изд-во ТПУ, 2007. – 121 с.

45. Краснопевцев, Б. В. Фотограмметрия / Б. В. Краснопевцева. – Москва : УПП "Репрография" МИИГАиК, 2008. – 160 с.

46. Козин, Е. В. Фотограмметрия : учебное пособие / Е. В. Козин, А. Г. Карманов, Н. А. Карманова. - Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2019. - 142 с.
47. Колдин, В. Я. Информационные процессы и структуры в криминалистике / В. Я. Колдин, Н. С. Полевой. – Москва : Изд-во Моск. ун-та, 1985. – 134 с.
48. Лузгин, И. М. Моделирование при расследовании преступлений / И. М. Лузгин. - Москва : Юрид. лит., 1981. – 152 с.
49. Лузина, Л. И. Компьютерное моделирование: учебное пособие / Л. И. Лузина. – Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2001. – 105 с.
50. Малюх, В. Н. Введение в современные САПР: курс лекций / В. Н. Малюх. – Москва : ДМК Пресс, 2010. – 192 с.
51. Матвеев, В. А. Статистика: учебно-методическое пособие / В. А. Матвеев. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2015. – 84 с.
52. Меженин, А. В. Технологии 3d моделирования для создания образовательных ресурсов : учебное пособие / А. В. Меженин. – Санкт-Петербург, 2008. – 112 с.
53. Муленко, В. В. Компьютерные технологии и автоматизированные системы в машиностроении: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автоматизация проектирования нефтегазопромыслового оборудования», «Автоматизация проектирования бурового оборудования» / В. В. Муленко; РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. - Москва, 2015. – 73 с.
54. Назаров, А. В. Фотограмметрия: учеб. пособие для студентов вузов / А. С. Назаров. – Минск : ТетраСистемс, 2006. – 368 с.
55. Нестеров, А. В. Виртуальные следы в криминалистике: учебник / А. В. Нестеров. – Москва: КНОРУС, 2023. – 154 с.
56. Новые информационные технологии в судебной экспертизе: учебное пособие / Э. В. Сысоев, А. В. Селезнев, И. П. Рак, Е. В. Бурцева. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – 84 с.

57. Криминалистика : [учебник / Ашмарина Е. М., Хилобок М. П., Викторова Е. Н. и др.]; под ред. В. А. Образцова. - Москва : Изд. группа "Юрист", 1997. - 756,[1] с.
58. Грановский, Г. Л. Основы трасологии / Г. Л. Грановский; Гос. учр-ние Рос. фед. центр судеб. экспертизы при Минюсте РФ. – 2-е изд. – Москва : Наука, 2006. – 240 с.
59. Пискунова, Е. В. Компьютерные технологии в судебно-экспертной деятельности: курс лекций / Е. В. Пискунова; под. ред. Т. Ф. Моисеевой. – Москва : РГУП, 2016. – 152 с.
60. Россинская, Е. Р. Избранное / Е. Р. Россинская. – Москва : Норма, 2019. – 679 с.
61. Россинская, Е. Р. Теория судебной экспертизы (Судебная экспертология) : учебник / Е. Р. Россинская, Е. И. Галяшина, А. М. Зинин ; под ред. Е. Р. Россинской. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Норма : ИНФРА-М, 2022. – 368 с.
62. Рэдвуд, Б. 3D-печать : практическое руководство / Б. Рэдвуд, Ф. Шофер, Б. Гаррэт; пер. с англ. М. А. Райтмана; под ред. Д. В. Мовчан. – Москва : ДМК Пресс, 2020. – 220 с.
63. Теория информационно-компьютерного обеспечения криминалистической деятельности: монография / Е. Р. Россинская, А. И. Семикаленова, И. А. Рядовский; под ред. Е.Р. Россинской. – Моск. гос. юрид. ун-т им. О. Е. Кутафина (МГЮА). – Москва : Проспект, 2022. – 254 с.
64. Умов, Н. А. Собрание сочинений. Т. 3.: Речи и статьи общего содержания // Собрание сочинений профессора Николая Алексеевича Умова, издаваемое Московским обществом испытателей природы и Обществом содействия успехам опытных наук и их практических применений имени Х.С. Леденцова / под ред., с предисл. и с примеч. А. И. Бачинского. - Москва, 1916. – 666 с.

65. Урманцев, Ю. А. Симметрия природы и природа симметрии. Философские и естественнонаучные аспекты / Ю. А. Урманцев. – Москва : Мысль, 1974. – 229 с.
66. Фокин, В. Г. Метод конечных элементов в механике деформируемого твёрдого тела: учеб. пособие / В. Г. Фокин. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 131 с.
67. Фотограмметрия и дистанционное зондирование. Курс лекций: учебное пособие / А. А. Калинин, А. М. Бондаренко, Б. Н. Строгий [и др.]; под ред. А.А. Калинина. – зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2017. – 98 с.
68. Хомяков, Э. Г. Компьютерные технологии в экспертной деятельности: практикум по дисциплине «Компьютерные технологии в судебной экспертизе» для студентов, обучающихся по специальности 09.03.03 «Прикладная информатика» (09.03.03.01 «Прикладная информатика в юриспруденции») / Э. Г. Хомяков. – Ижевск : Удмурдский гос. университет, 2020. – 36 с.
69. Цифровая криминалистика: учебник для вузов / В. Б. Вехов [и др.]; под редакцией В. Б. Вехова, С. В. Зуева. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 417 с.
70. Шестопалов, К. К. Основы автоматизированного проектирования: учеб. пособие / К. К. Шестопалов, А. Н. Новиков. – 2 изд., испр. – Москва : МАДИ, 2017. – 96 с.
71. Шкуро, А. Е. Технологии и материалы 3D-печати : учебное пособие / А. Е. Шкуро, П. С. Кривоногов; Минобрнауки России, ФГБОУ ВО "Уральский государственный лесотехнический университет". - Екатеринбург : ФГБОУ ВО "Уральский государственный лесотехнический университет", 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
72. Штофф, В. А. Моделирование и философия / В. А. Штофф. - Москва - Ленинград, 1966. – 304 с.

73. Электронные доказательства в уголовном судопроизводстве : учебное пособие для вузов / С. В. Зувев [и др.] ; ответственный редактор С. В. Зувев. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 193 с.

74. Юматов, В. А. Судебно-баллистическая экспертиза : учебник / В. А. Юматов, А. В. Полякова. - Нижний Новгород: Издательство ННГУ, 2019. — 416 с.

Статьи и публикации

75. Новые технологии в краниофациальной идентификации личности / С. С. Абрамов, А. Г. Аветисян, О. Ю. Афанасьева [и др.] // Судебно-медицинская экспертиза. – 2001. – №3. – С. 25-28.

76. Абрамов, С. С. О новом методе моделирования объектов с помощью компьютерных и лазерных технологий / С. С. Абрамов, Н. И. Болдырев // Матер. IV Всеросс. съезда судебных медиков: тезисы докладов. – Владимир, 1996. – №1. – С. 49.

77. Аминев, Ф. Г. О некоторых актуальных направлениях использования современных технологий в правоприменительной практике / Ф. Г. Аминев // Высокотехнологичное право: современные вызовы: Материалы IV Международной межвузовской научно-практической конференции, Москва-Красноярск, 17–20 февраля 2023 года. Часть 1. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2023. – С. 16-21.

78. Аминев, Ф. Г. О путях развития судебно-экспертной деятельности в условиях современных вызовов / Ф. Г. Аминев // Развитие научных идей профессора Р. С. Белкина в условиях современных вызовов (к 100-летию со дня рождения): сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Москва, 20 мая 2022 года / Редколлегия: Ю. В. Гаврилин, Б.Я. Гаврилов, С.Б. Россинский,

Ю.В. Шпагина. Часть 1. – Москва : Академия управления Министерства внутренних дел Российской Федерации, 2022. – С. 186-193.

79. Бардаченко, А. Н. Криминалистическая характеристика следов 3d-принтера на деталях самодельного огнестрельного оружия / А. Н. Бардаченко, И. А. Чулков, А. В. Мрищук // Судебная экспертиза / Forensic examination. Выпуск 1 (65) 2021: научно-практический журнал. – Волгоград : ВА МВД России, 2021. – С. 60-62.

80. Баринова, О. А. Использование информационных технологий при криминалистическом исследовании реквизитов документов / О. А. Баринова // Дискуссионные вопросы теории и практики судебной экспертизы: Материалы IV Международной научно-практической конференции, Москва, 25–26 марта 2021 г. – Москва, РГУП, 2021. – С. 93-96.

81. Беляев, М. В. К вопросу о современных способах фиксации и исследования трасологических объектов / М. В. Беляев, В. В. Бушуев // Материалы международной научно-практической конференции «Судебная экспертиза: прошлое, настоящее и взгляд в будущее». – Санкт-Петербург, 2021. – С. 38-46.

82. Беляев, М. В. Возможности 3d сканирования для целей фиксации трасологических объектов / М. В. Беляев // Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Актуальные вопросы производства криминалистических экспертиз и оценки результатов судебно-экспертной деятельности», Красноярск, 2021. – С. 9-17.

83. Беляев, М. В. Возможности трехмерного сканирования трасологических объектов / М. В. Беляев // Материалы международной научно-практической конференции «Судебная экспертиза: прошлое, настоящее и взгляд в будущее». – 2018. – С. 34-39.

84. Беляев, М. В. К вопросу о современных способах моделирования дорожно-транспортных происшествий / М. В. Беляев, М. А. Четвергов // Вестник московского университета МВД России. – 2018. – №4. - С. 11-15.

85. Бертовский, Л. В. Высокотехнологичное право: современные вызовы / Л. В. Бертовский // Высокотехнологичное право: современные вызовы : Материалы IV Международной межвузовской научно-практической конференции, Москва-Красноярск, 17–20 февраля 2023 года. Часть 1. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2023. – С. 26-30.

86. Бертовский, Л. В. Перспективы применения цифровых двойников места происшествия в российском судопроизводстве / Л. В. Бертовский, А. Н. Бойко, О. Г. Костюченко, С. П. Тимошенко // Высокотехнологичное право: современные вызовы : Материалы IV Международной межвузовской научно-практической конференции, Москва-Красноярск, 17–20 февраля 2023 года. Часть 1. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2023. – С. 166-171.

87. Бишманов, Б. М. К вопросу о судебной экспертологии / Б. М. Бишмаков // Научный мир Казахстана. – 2010. – № 2 (30). – С. 250-254.

88. Бурлаков, Д. А. Совершенствование методов фиксации технических характеристик объектов судебной строительно-технической экспертизы с использованием беспилотных летательных аппаратов (дронов)/ Д. А. Бурлаков // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». – 2021. – №4.

89. Вехов, В. Б. Возможность применения технологий трехмерного моделирования в судебной экспертизе / В. Б. Вехов, В. А. Титаренко // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2017. – № 11-8(31). – С. 55-59.

90. Вехов, В. Б. Теоретические аспекты компьютерного моделирования в расследовании преступлений / В. Б. Вехов, С. А. Ковалев // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2017. – № 1-4 (21). – С. 104-108.

91. Горбулинская, И. Н. О возможностях применения методов 3D-моделирования в ходе производства криминалистических экспертиз / И. Н.

Горбулинская, Ю. Ю. Барбачакова, Е. В. Шавленко // Вестник экономической безопасности. – 2018. – №1. – С. 42-45.

92. Дашко, Л. В. Использование 3D-моделирования в судебной взрывотехнической экспертизе / Л. В. Дашко, И. В. Харченко, М. Ю. Гераськин // Вестник ВИПК МВД России. – 2023. – № 1(65). – С. 175-193.

93. Демидова, Т. В. Применение инновационных технологий при осмотре мест дорожно-транспортных происшествий / Т. В. Демидова, М. В. Беляев // Вестник экономической безопасности. – 2015. – №2. – С. 72-76.

94. Думнов, С. Н. К вопросу применения метода лазерного 3D-сканирования при производстве судебной автотехнической экспертизы / С. Н. Думнов // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. – 2019. – № 3(90). – С. 16–21.

95. Дьяконова, О. Г. Понятие и структура предмета науки «Судебная экспертология» / О. Г. Дьяконова // Вестник Университета имени О. Е. Кутафина. – 2015. – №12. – С. 86-99.

96. Еремченко, В. И. Принципы работы 3D-сканера и его использование для фиксации места происшествия / В. И. Еремченко // Общество и право. – 2021. – №1 (75). – С. 61-65.

97. Ерофеев, С. В. Актуальные направления применения 3D-технологий в судебной медицине / С. В. Ерофеев, Ю. Ю. Шишкин, А. С. Федорова // Судебная медицина. – 2016. – №2. – С 159-160.

98. Ерофеев, С. В. О технологиях анализа изображений как средствах повышения объективности и достоверности судебно-медицинских экспертиз / С. В. Ерофеев, Ю. Ю. Шишкин, А. С. Федорова // Судебная медицина. – 2017. – №2. – С. 17-23.

99. Ерофеев, С. В. Трехмерное сканирование судебно-медицинских объектов: приборное обеспечение и особенности технологии / С. В. Ерофеев, А. С. Федорова, А. С. Ковалев, Ю. Ю. Шишкин, В. А. Фетисов // Судебно-медицинская экспертиза. – 2018. – №61(6). – С. 39-42.

100. Ерофеев, С. В. UST 4.0 – эффективный инструмент трехмерного сканирования и моделирования судебно-медицинских объектов / С. В. Ерофеев, Ю. Ю. Шишкин, А. С. Федорова // Судебная медицина. – 2019. – №1S. – С 150-151.
101. Зуев, С. В. Высокотехнологичный и (или) виртуальный уголовный процесс: понятия, стандарты, перспективы / С. В. Зуев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Право». – 2023. – Т. 23. - № 1. – С. 24-30.
102. Иванов, П. Ю. Методы трехмерного моделирования объектов криминалистических экспертиз / П. Ю. Иванов // Информатизация правоохран. систем : X Междунар. науч. конф., г. Москва, 22-23 мая 2001 г. – М.: Акад. упр. МВД России, 2001. – Т. 2. – С. 3-15.
103. Иванов, Н. А. 3D-доказательства: понятие и классификация / Н. А. Иванов // Российский следователь. – 2013. – № 15. – С. 5-7.
104. Кислов, М. А. Использование трехмерного математического моделирования методом конечных элементов для оценки механизма образования колото-резаного повреждения / М. А. Кислов // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2015. – Т.14. – №3. – С. 549–553.
105. Кислов, М. А. Применение метода конечных элементов для прогнозирования разрушения костной ткани / М. А. Кислов // Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики. Материалы 7-й научно-практической internet-конференции. 30–31 марта 2016 г. / отв. ред. Ю. С. Нагорнов. – Ульяновск: ЗЕБРА, 2016. – С. 60–65.
106. Коглина, В. А. Актуальные вопросы совершенствования методического и информационного обеспечения производства трасологической экспертизы следов производственно-технологических механизмов / В. А. Коглина // Полицейская и следственная деятельность. – 2020. – № 3. – С. 52-60.
107. Коглина, В. А. К вопросу о трасологических характеристиках следов, образованных современными производственно-технологическими механизмами / В. А. Коглина // Отечественная криминалистика: вчера, сегодня,

завтра: сб. науч.- практ. статей / под общ. ред. проф. И.М. Комарова. – Москва: Юрлитин-форм, 2020. – С. 187-189.

108. Кокин, А. В. Судебная экспертиза в эпоху четвертой индустриальной революции (Индустрии 4.0) / А. В. Кокин // Теория и практика судебной экспертизы. – 2021. – Т. 16. – № 2. – С. 33.

109. Кокин, А. В. Технологии четвертой индустриальной революции и судебная экспертиза / А. В. Кокин // Материалы IV Международной научно-практической конференции, Москва, 25–26 марта 2021 г. – Москва, РГУП, 2021. – С. 300.

110. Колесников, И. И. Инновационный подход к проведению осмотра места происшествия с использованием передовых технологий / И. И. Колесников, А. А. Бульбачева // Академическая мысль. – 2018. – №4 (5). – С. 85-88.

111. Коньгин, Р. А. Использование компьютерного трехмерного моделирования в уголовном судопроизводстве Российской Федерации / Р. А. Коньгин, Л. А. Шестакова // Юридический вестник Самарского университета. – 2017. – Т. 3. – № 3. – С. 104.

112. Кудряшов, Д. А. Современные направления развития инновационных технологий в судебной баллистике / Д. А. Кудряшов // Вестник экономической безопасности. – 2021. – №3. – С. 156-61.

113. Лебедев, Н. Ю. О подходах к предмету криминалистики и теории судебной экспертизы (судебной экспертологии) / Н. Ю. Лебедев, Е. В. Чеснокова // Вестник Томского государственного университета. Право. – 2020. – № 36. – С. 70-82.

114. Леонов, Е. Н. Визуализация реконструкции криминального события методом 3D-моделирования / Е. Н. Леонова, Ю. П. Шакирьянова, С. В. Леонов [и др.] // Судебно-медицинская экспертиза. – 2018. – №1. – С. 52-54.

115. Леонов, С. В. Анализ напряжений, возникающих в следовоспринимающем материале при внедрении колюще-режущего предмета /

С. В. Леонов, Ю. П. Бутузова // Судебно-медицинская экспертиза. – 2013. – №2. – С. 19-21.

116. Леонов, С. В. Использование метода конечных элементов при моделировании процесса формирования колото-резаных повреждений / С. В. Леонов, Ю. П. Бутузова, В. Т. Финкильштейн // Медицинская экспертиза и право. – 2013. – № 1. – С. 29–32.

117. Леонов, С. В. Моделирование механизма образования колото-резаных ран методом конечных элементов / С. В. Леонов, И. В. Власюк, К. Н. Крупин // Судебно-медицинская экспертиза. – 2013. – №6. – С. 14-16.

118. Леонов, С. В. Методика проведения ситуационных экспертиз при решении вопросов расположения внутри салона автомобиля / С. В. Леонов // Избранные вопросы судебно-медицинской экспертизы. – Хабаровск, 2003. – №6. – С. 65-70.

119. Леонов, С. В. Морфологические признаки огнестрельных повреждений плоских костей, позволяющие установить направление вращения огнестрельного снаряда / С. В. Леонов, А. В. Михайленко // Медицинская экспертиза и право. – 2014. - № 1. – С. 35-37.

120. Леонов, С. В. Установление места положения стрелявшего методом трехмерного моделирования / С. В. Леонов, П. В. Пинчук // Судебно-медицинская экспертиза. – 2016. – №3. – С. 38-39.

121. Леонов, С. В. Математическое моделирование выстрела газопороховой струи при выстреле из ствола типа EVO / С. В. Леонов, П. В. Пинчук, К. Н. Крупин // Вестник судебной медицины. – Новосибирск, 2017. - №2. – С. 8-11.

122. Леонов, С. В. Математическое моделирование травмирующего воздействия на большеберцовую кость для оценки условий образования перелома / С. В. Леонов, П. В. Пинчук, К. Н. Крупин, Д. А. Панфилов // Судебно-медицинская экспертиза. – 2017. – №2. – С. 11-13.

123. Леонов, С. В. Судебно-медицинская характеристика повреждений у пешехода при переднекраевом наезде автомобиля / С. В. Леонов, П. В. Пинчук // Судебно-медицинская экспертиза. – 2016. – №4. – С. 21-24.

124. Леонов, С. В. Перспективы развития трехмерного моделирования для решения судебно-медицинских экспертных задач: BIM-технология и 4D-моделирование / С. В. Леонов, Ю. П. Шакирьянова, П. В. Пинчук // Судебная медицина. – 2020. – №6(1). – С. 4-13.

125. Майлис, Н. П. Методы моделирования при производстве судебных экспертиз, как эффективное средство в доказывании / Н. П. Майлис // Вестник Московского университета МВД России. – 2018. – №4. - С. 71-73.

126. Майлис, Н. П. Роль инновационных технологий в развитии цифровой трасологии / Н. П. Майлис // Теория и практика судебной экспертизы. – 2022. – Т. 17. – № 2. – С. 18–22.

127. Макаров, И. Ю. Возможности трехмерного моделирования как метода ситуационной реконструкции механизма огнестрельной травмы / И. Ю. Макаров, С. В. Леонов, И. А. Евтеева // Судебно-медицинская экспертиза. – 2013. – №1. – С. 4-9.

128. Макаров, И. Ю. Использование метода конечных элементов при моделировании процесса формирования колото-резаных повреждений / С. В. Леонов, Ю. П. Бутузова, В. Т. Финкельштейн // Медицинская экспертиза и право. – 2013 – №1. – С. 29-32.

129. Медиев, Р. А. Реконструкция места происшествия (3D Свидетель) / Р. А. Медиев, О. Ю. Лагуткин // Вестник Академии правоохранительных органов (Казахстан). – 2018. – № 8. – С. 33-39.

130. Моисеева, Т. Ф. Информационно-правовое обеспечение использования метода 3D-сканирования в судебной экспертизе / Т. Ф. Моисеева // Правовая информатика. – 2023. – № 1. – С. 34-40.

131. Морозова, Н. В. Современное технико-криминалистическое обеспечение осмотра дорожно-транспортных происшествий / Н. В. Морозова // Криминалистика: вчера, сегодня, завтра. – 2022. – Т. 22. – № 2. – С. 130-137.

132. Несмиянова, И. О. 3D-сканирование в экспертной деятельности: понятие, сущность, возможности и технические пути реализации / И.О. Несмиянова // System and management. – 2020. – Т. 2. – № 2. – С. 50-67.

133. Несмиянова, И. О. Инновационный подход к проведению осмотра места происшествия с применением 3D-моделирования / И. О. Несмиянова // Криминалистика – прошлое, настоящее, будущее: достижение и перспективы развития: материалы Международной научно-практической конференции (Москва, 17 октября 2019 года) / под общ. ред. А.М. Багмета. – Москва : Московская академия Следственного комитета Российской Федерации. – 2019. – С. 430-434.

134. Несмиянова, И. О. К вопросу о возможности моделирования следов шин в трасологической экспертизе / И. О. Несмиянова // Фундаментальные и прикладные исследования в сфере судебно-экспертной деятельности и ДНК-регистрации населения РФ: материалы Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием 17-18 октября 2019 г. – Уфа : Башкирский государственный университет, 2019. – С. 199-201.

135. Несмиянова, И. О. Применение компьютерных технологий при производстве трасологических экспертиз / И. О. Несмиянова // Информационный бюллетень «Вопросы экспертной практики». – 2019. – С. 465-470.

136. Несмиянова, И. О. Современные возможности 3D-микроскопии при решении задач трасологической экспертизы / И. О. Несмиянова // Актуальные проблемы судебно-экспертной деятельности: сборник научных трудов Международной конференции. – Москва : Московский университет МВД России имени В.Я. Кикотя. – 2020. – С. 175-180.

137. Несмиянова, И. О. Современные методы фиксации и изъятия трасологических следов как эффективное средство идентификации личности / И. О. Несмиянова // Вестник Московского университета МВД России. – 2019. – № 6. – С. 239-243.

138. Нестеров, А. В. О криминалистике 4.0 (цифровой) / А. В. Нестеров // Концептуальные основы современной криминалистики: теория и практика : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки Республики Беларусь доктора юридических наук, профессора Андрея Васильевича Дулова, Минск, 25 октября 2019 года / Белорусский государственный университет; отв. ред. В. Б. Шабанов. – Минск : Белорусский государственный университет, 2019. – С. 17-20.

139. Неретина, Н. С. Роль инновационных технологий в развитии судебной экспертологии / Н. С. Неретина // Вестник экономической безопасности. – 2022. – № 1. – С. 147-150.

140. Овсянников, В. В. Перспективы использования 3d-сканирования в экспертной практике / В. В. Овсянников // Право и государство: теория и практика. – 2020. – №12 (192). – С. 234-236.

141. Омелянюк, Г. Г. Тренды развития судебной экспертологии в современных условиях / Г. Г. Омелянюк, А. И. Усов // Теория и практика фундаментальных и прикладных исследований в сфере судебно-экспертной деятельности и ДНК-регистрации населения Российской Федерации: материалы Международной научно-практической конференции, Уфа, 13–14 октября 2022 года. – Уфа: Научно-исследовательский институт проблем правового государства, 2022. – С. 156-161.

142. Оракбаев, А. Б. О некоторых вопросах расследования преступлений с использованием средств виртуализации / А. Б. Оракбаев // Вестник Уральского юридического института МВД России. – 2022. – №1 (33). – С. 88-92.

143. Пиголкин, Ю. И. Реконструкция обстоятельств происшествия по следам крови методом трехмерного моделирования / Ю. И. Пиголкин, С. В. Леонов, Е. Н. Леонова // Судебно-медицинская экспертиза. – М., 2016. – №4. – С. 25-27.

144. Пискунова, Е. В. Использование 3D-технологий в криминалистике и судебной экспертизе (реферативный обзор) / Е. В. Пискунова // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. – Сер. 4. : Государство и право: Реферативный журнал. – 2014. – №4. – С. 153-164.

145. Полякова, А. В. 3D-технологии в судебно-экспертной деятельности / А. В. Полякова // Юридические исследования. – 2023. – № 8. – С. 51-59.

146. Полякова, А. В. Исследование обстоятельств выстрела с помощью метода трехмерной фотограмметрии / А. В. Полякова // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. – № 2. – 2022. – С. 205-209.

147. Полякова, А. В. К вопросу о перспективах применения 3D-технологий в судебно-экспертной деятельности / А. В. Полякова // Международные и национальные тенденции и перспективы развития судебной экспертизы: сборник докладов II Международной научной конференции, г. Нижний Новгород, 21–22 мая 2020. - Н. Новгород: ННГУ, 2020. – С. 226-232.

148. Полякова, А. В. Особенности экспертного исследования объектов, изготовленных способом аддитивного производства / А. В. Полякова // Бизнес. Образование. Право. – 2023. – № 1(62). – С. 225-230.

149. Полякова, А. В. Перспективы использования 3D-моделирования и 3D-печати при производстве некоторых криминалистических экспертиз / А. В. Полякова // Материалы VI Международной научно-практической конференции "Уголовное производство: процессуальная теория и криминалистическая практика" (посвященной 100-летию Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского), 26-27 апреля 2018 года, г. Симферополь-Алушта; отв. ред. М. А. Михайлов, Т. В. Омельченко; Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского. – Симферополь : ИТ "АРИАЛ", 2018. – С. 96-98.

150. Полякова, А. В. Перспективы развития судебной баллистики в свете применения современных способов фиксации криминалистической

информации / А. В. Полякова // Законность и правопорядок. – № 4. – 2019. – С. 36-41.

151. Полякова, А. В. Перспективы развития судебной баллистики в свете применения современных способов фиксации криминалистической информации / А. В. Полякова // Сборник тезисов докладов участников пятого Всероссийского молодежного научного форума «Наука будущего - наука молодых». – Москва, 2020. – С. 20.

152. Полякова, А. В. Тенденции и перспективы развития ручного стрелкового огнестрельного оружия и боеприпасов к нему: оружие и патроны, распечатанные на 3D-принтерах / А. В. Полякова // Материалы VI Международной научно-практической конференции «Теория и практика судебной экспертизы в современных условиях», посвященной памяти заслуженного юриста РФ, доктора юридических наук, профессора Юрия Кузьмича Орлова (г. Москва, 19-20 января 2017 г.). – Москва: Проспект, 2017. – С. 585-588.

153. Полякова, А. В. Технологии трехмерной печати и перспективы их использования в судебной экспертизе / А. В. Полякова // Криминалистика – наука без границ: традиции и новации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции (2 ноября 2018 г.) / сост.: О. С. Лейнова. – Санкт-Петербург : Изд-во СПб ун-та МВД России, 2019. – С. 181-186.

154. Полякова, А. В. Совершенствование подготовки экспертных кадров в свете перехода к передовым цифровым технологиям / А. В. Полякова // Национальные и международные тенденции и перспективы развития судебной экспертизы: сборник докладов Научно-практической конференции с международным участием, г. Нижний Новгород, 19–20 мая 2022 г. – Нижний Новгород: ННГУ, 2022. – С. 200-206.

155. Попова, Е. И. К вопросу о применении современных технологий в уголовном процессе в странах БРИКС / Е. И. Попова // Вестник ЮУрГУ. Серия: Право. – 2022. – №4. – С. 43-48.

156. Россинская, Е. Р. Современная судебно-экспертная деятельность и направления ее совершенствования / Е. Р. Россинская // Закон. – №10. – 2019. – С. 31-42.
157. Россинская, Е. Р. Современная судебная экспертология – наука о судебной экспертизе и судебно-экспертной деятельности / Е. Р. Россинская // Теория и практика судебной экспертизы. – 2015. – №4(40). – С. 10-18.
158. Россинская, Е. Р. Современные представления о предмете и системе судебной экспертологии / Е. Р. Россинская // Lex Russica. – 2013. – №4. – С. 421-428.
159. Россинская, Е. Р. Вектор развития криминалистической науки в условиях глобальной цифровизации / Е. Р. Россинская, А. Н. Савенков // Государство и право. – 2023. – №5. – С. 100-110.
160. Россинская, Е. Р. Теория информационно-компьютерного обеспечения криминалистической деятельности: концепция, система, основные закономерности / Е. Р. Россинская // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. – 2019. – №2 (89). – С. 193-202.
161. Россинская, Е. Р. Учение о цифровизации судебно-экспертной деятельности и проблемы судебно-экспертной дидактики / Е. Р. Россинская // Правовое государство: теория и практика. – 2020. – №4-1(62). – С. 88-98.
162. Россинская, Е. Р. Цифровизация справочно-информационных фондов криминалистического и судебно-экспертного назначения как часть учения о цифровизации криминалистической регистрации / Е. Р. Россинская // Вестник Университета имени О.Е. Кутафина. - 2020. - №6 (70). - С.23-31.
163. Россинская, Е. Р. Цифровизация судебно-экспертной и криминалистической деятельности взаимосвязи и разграничения / Е. Р. Россинская // Вопросы экспертной практики. – 2019. – №1. – С. 570-571.
164. Россинская, Е. Р. Частная теория цифровизации судебно-экспертной деятельности и ее место в системе судебной экспертологии / Е. Р. Россинская // Инновации в судебно-экспертной деятельности в системе судебно-экспертных учреждений Минюста России : Материалы Всероссийской

конференции, Москва, 19–20 апреля 2022 года / сост. Е.В. Чеснокова. – Москва: Российский Федеральный центр судебной экспертизы при Министерстве юстиции Российской Федерации, 2022. – С. 125-127.

165. Савельева, М. В. Беспилотный летательный аппарат как специальное технико-криминалистическое средство и объект криминалистического исследования / М. В. Савельева, А. Б. Смушкин // Вестник Томского государственного университета. - 2020. - № 461. - С. 235–241.

166. Снятков, Е. В. Повышение объективности экспертизы лакокрасочных покрытий применением метода 3-D сканирования / Е. В. Снятков, С. В. Дорохин, И. И. Чаркин [и др.] // Воронежский научно-технический вестник. – 2017. – №1(19). – С. 123-128.

167. Сысоева, Т. П. Применение компьютерного моделирования динамики распространения пожара для установления месторасположения очага пожара / Т. П. Сысоева, С. Ф. Лобова, А. А. Кухарев // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2019. – №3. – С. 121-131.

168. Федорова, А. С. Трехмерное сканирование судебно-медицинских объектов: особенности и перспективы использования в подразделениях бюро судебно-медицинской экспертизы / А. С. Федорова // Судебно-медицинская экспертиза. – 2019. – №1. – С. 43-45.

169. Халиков, А. Н. Значение цифровых технологий в теории и практике криминалистики / А. Н. Халиков // Государство и право России в современном мире: сборник докладов XII Московской юридической недели: в 5 ч. Ч. 4. – Москва : Издательский центр Университета имени О.Е. Кутафина (МГЮА), 2023. – С. 278-282.

170. Харламова, О. А. К вопросу о перспективах развития частного экспертного учения о моделировании как элементе совершенствования судебно-экспертной деятельности / О. А. Харламова // Вестник Московского университета МВД России. –2022. – № 3. – С. 279-281.

171. Харченко, В. Б. Использование BIM-моделей при производстве судебной строительно-технической экспертизы / В. Б. Харченко // Юридическая наука. – 2019. – №11. – С. 89-91.
172. Холопов, А. В. Компьютерные программы 3D-визуализации события преступления / А. В. Холопов // Криминалист. – 2021. – № 3 (36). – С. 70-76.
173. Холопов, А. В. Сумма 3D-технологий фиксации и визуализация события преступления в криминалистике / А. В. Холопов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции к юбилею доктора юридических наук, профессора, заслуженного юриста Российской Федерации Александра Алексеевича Протасевича. – Иркутск. – 2023. – С. 117-123.
174. Холопов, А. В. Формирование криминалистического учения о наглядности в уголовном судопроизводстве / А. В. Холопов // Криминалистика - наука без границ: традиции и новации: материалы всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 26 ноября 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации, 2022. – С. 351-357.
175. Шантуров, Е. М. К вопросу о возможности использования 3D-моделирования в доказывании по уголовным делам / Е. М. Шантуров, Л. А. Шестакова // Вестник молодых ученых и специалистов Самарского государственного университета. – 2013. – №3. – С. 138-142.
176. Шляхов, А. Р. Состояние и перспективы научных разработок автоматизированного решения задач и создания информационных систем в области судебной экспертизы / А. Р. Шляхов // Проблемы информационного и математического обеспечения экспертных исследований в условиях решения задач судебной экспертизы. – Москва, 1984. – С. 5.
177. Эджубов, Л. Г. Автоматизация судебно-баллистической экспертизы / Л. Г. Эджубов // Теоретические и методические основы судебно-баллистической экспертизы. – Вып. 3 и 4. – 1984. – С. 94.

178. Юматов, В. А. Возможности идентификации нарезного огнестрельного оружия по следам на деформированных пулях / В. А. Юматов, А. В. Полякова // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2018. – № 6. - С. 169-175.

179. Юматов, В. А. Проблемные аспекты идентификации огнестрельного оружия по следам на деформированных и фрагментированных пулях / В. А. Юматов, А. В. Полякова // Актуальные проблемы судебно-экспертной деятельности в уголовном, гражданском, арбитражном процессе и по делам об административных правонарушениях: материалы VI Международной научно-практической конференции 12-13 октября 2017 г. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2017. – С. 210-216.

180. Юркевич, М. А. Использование результатов 3D видеомоделирования в доказывании по уголовным делам: американские и российские правовые основы / М. А. Юркевич // Право и политика. – 2021. – № 9. – С. 58 - 71.

Зарубежная литература

181. Accident or homicide-virtual crime scene reconstruction using 3 D methods / U. Buck, S. Naether, B. Räss, C Jackowski, M. J. Thali // Forensic science international. – N.Y., 2013. – Vol. 225, N 1/3. – P. 75–84.

182. Alsop, K. Quantitative characterisation of ballistic cartridge cases from micro-CT / K. Alsop, D. Norman, G. Remy, P. Wilson, M. A. Williams // Forensic science international. – 2021. – Vol. 326. – P. 110-913.

183. Benz, L. Forensic examination of living persons in 3D models / L. Benz, G. Ampanozi, S. Franckenberg, F. Massini, T. Sieberth // Forensic science international. – 2022. – Vol. 335. – P. 111-286.

184. Berezowski, T. 3D Documentation of a Clandestine Grave: A Comparison Between Manual and 3D Digital Methods / T. Berezowski, J. Keller, E. Liscio // *J Assoc Crime Scene Reconstr.* – 2018. – №22. – P. 23-37.
185. Bolliger, M. J. Reconstruction and 3D visualisation based on objective real 3D based documentation / M. J. Bolliger, U. Buck, M. J. Thali, S. A. Bolliger // *Forensic science, medicine, and pathology.* – 2012. – Vol. 8(3). – P. 208–217.
186. Bornik, A. Integrated computer-aided forensic case analysis, presentation, and documentation based on multimodal 3D data / A. Bornik, M. Urschler, D. Schmalstieg, H. Bischof, A. Krauskopf, T. Schwark, E. Scheurer, K. Yen // *Forensic science international.* – 2018. – Vol. 287. – P.12–24.
187. Buck, U. Application of 3D documentation and geometric reconstruction methods in traffic accident analysis: with high resolution surface scanning, radiological MSCT/MRI scanning and real data based animation / U. Buck, S. Naether, M. Braun, S. Bolliger // *Forensic science international.* – 2006. – 170(1). – P. 20–28.
188. Carew, R. M. An Overview of 3D Printing in Forensic Science: The Tangible Third-Dimension / R. M. Carew, D. Errickson // *Journal of forensic sciences.* – 2020. – Vol. 65(5). – P. 1752–1760.
189. Carew, R. M. A preliminary investigation into the accuracy of 3D modeling and 3D printing in forensic anthropology evidence reconstruction / R.M. Carew, R. M. Morgan, C. Rando // *Journal of Forensic Sciences.* – 2018. – Vol. 64 (2). – P.342-352.
190. Carew, R. M. 3D forensic science: A new field integrating 3D imaging and 3D printing in crime reconstruction / R. M. Carew, J. French, R. M. Morgan // *Forensic science international. Synergy.* – 2021. – Vol. 3. – P. 100205.
191. Carew, R. M. Suitability of 3D printing cranial trauma: Prospective novel applications and limitations of 3D replicas / R. M. Carew, J. French, R. M. Morgan // *Forensic Science International: Reports.* – 2021. – Vol. 4. – P. 100218.

192. Collings, A. J. Reconstruction and physical fit analysis of fragmented skeletal remains using 3D imaging and printing / A. J. Collings, K. Brown // *Forensic Science International: Reports.* – 2020. – Vol. 2. – P. 100114.
193. Crabbe, S. 3D-forensics - mobile high-resolution 3d-scanner and 3d data analysis for forensic evidence / S. Crabbe, P. Kühmstedt, G. P. Vassena, W.V. Spanje, A. Hendrix, F. Iof // 9th Future Security, Security Research Conference; Berlin, September 16-18, 2014. – Proceedings; Klaus Thoma, Ivo Häring, Tobias Leismann. – P. 215-210.
194. Emanuele Zappaa, Paolo Mazzolenia Reliability of personal identification base on optical 3D measurement of a few facial landmarks // *Procedia Computer Science.* – 2010. – Vol. 1(1). – P. 2769-2777.
195. Evangelos Mantas, Constantinos Patsakis Who watches the new watchmen? The challenges for drone digital forensics investigations. // *Array.* – 2022. – Vol. 14. – P. 100-135.
196. Flor, Nick V. Technology Corner: Virtual Crime Scene Reconstruction: The Basics of 3D Modeling / Flor, Nick V. // *Journal of Digital Forensics, Security and Law.* – 2011. – Vol. 6. – № 4. – Article 6.
197. Galanakis, G. A Study of 3D Digitisation Modalities for Crime Scene / G. Galanakis, X. Zabulis, T. Evdaimon, S.-E. Fikenscher // *Investigation. Forensic. Sci.* – 2021. – Vol. 1. – P. 56–85.
198. Galligan, A. A. Gunshot wound trajectory analysis using forensic animation to establish relative positions of shooter and victim / A. A. Galligan, C. Fries, J. Melinek // *Forensic science international.* – 2017. – Vol. 271. – P. 8-13.
199. Gargi Jani. Three-dimensional(3D) printing in forensic science – An emerging technology in India / Jani Gargi, Abraham Johnson, Jeidson Marques, Ademir Franco // *Annals of 3D Printed Medicine.* – 2021. – Vol. 1. – P. 100006.
200. Geoffrey Thor Desmoulin. Contribution of injury biomechanics to traffic collision reconstructions: A case report / Geoffrey Thor Desmoulin, Marc-André Nolette, Kevin Gordon Bird // *Forensic Science International: Reports.* – Vol. 1. – 2019. - P. 100022.

201. Jani, G. An Overview of Three Dimensional (3D) Technologies in Forensic Odontology / G. Jani, W.S. Lavin, S. Ludhwani, A. Johnson // *J Forensic Dent Sci.* – 2020. – Vol. 12(1). – P.19.
202. Jani, G. Three-dimensional (3D) printing in forensic science – An emerging technology in India / G. Jani, A. Johnson, J. A. Marques, A. Franco // *Annals of 3D Printed Medicine.* – 2021. – Vol. 1, № 1. – P.1-7.
203. Komar, D.A., Davy-Jow, S., Decker, S.J. The use of a 3-D laser scanner to document ephemeral evidence at crime scenes and postmortem examinations / D. A. Komar, S. Davy-Jow, S. J. Decker // *Journal of forensic sciences.* – N.Y., 2012. – Vol. 57, № 1. – P. 188-191.
204. Lin, C. Contactless and partial 3D fingerprint recognition using multi-view deep representation / C. Lin, A. Kumar // *Pattern Recognit.* – 2018. – Vol. 83. – P. 314-327.
205. Ma, M. Virtual reality and 3D-animation in forensic visualization / M. Ma, H. Zheng, H. Lallie // *Journal of forensic sciences.* – N.Y., 2010. – Vol. 55. – № 5. – P. 1227-1231.
206. Maksymowicz, K. Crime event 3D reconstruction based on incomplete or fragmentary evidence material-case report / K. Maksymowicz, W. Tunikowski, J. Kościuk // *Forensic science international.* – 2014. – Vol. 242. – P. 6-11.
207. Marques, J. Analysis of bite marks in foodstuffs by computer tomography (cone beam CT) - 3D reconstruction / J. Marques, J. Musse, C. Caetano, F. Corte-Real, A. T. Corte-Real // *The Journal of forensic odonto-stomatology.* – 2013. – Vol. 31(1). – P. 1-7.
208. Nabanita Basu. Forensic comparison of fired cartridge cases: Feature-extraction methods for feature-based calculation of likelihood ratios // Nabanita Basu, Rachel, S. Bolton-King, Geoffrey Stewart Morrison // *Forensic Science International: Synergy.* – 2022. – Vol. 5. – P. 100272.
209. Naether, S. The examination and identification of bite marks in foods using 3D scanning and 3D comparison methods / S. Naether, U. Buck, L. Campana,

R. Breitbeck, M. Thali // *International journal of legal medicine.* – 2012. – Vol. 126(1). – P. 89-95.

210. Nalli, N. R. Sniper Target Tracking Analysis of John F. Kennedy Assassination / N.R. Nalli // *J Assoc Crime Scene Reconstr.* – 2018. – Vol. 22. – P. 11-21.

211. Randolph-Quinney, P.S. The Use of Three-Dimensional Scanning and Surface Capture Methods in Recording Forensic Taphonomic Traces: Issues of Technology, Visualisation, and Validation / P.S. Randolph-Quinney, S.D. Haines, A. Kruger // *In Multidisciplinary Approaches to Forensic Archaeology.* Springer. – 2018. – P. 115-130.

212. Ruotsala, A. Digital Close-Range Photogrammetry – A Modern Method to Document Forensic Mass Graves // Thesis for: Master of Arts (Archaeology). – 2016. – 79 p.

213. Schweitzer, Wolf. Forensic volumetric visualization of gunshot residue in its anatomic context in forensic post mortem computed tomography: Development of transfer function preset / Wolf Schweitzer, Janette Verster, Eloisa Aldomar, Lars Ebert, Stephan A. Bolliger, Michael J. Thali // *Forensic Imaging.* – 2021. – Vol. 25. – P. 200-451.

214. Sören, Kottner. Using the iPhone's LiDAR technology to capture 3D forensic data at crime and crash scenes / Sören Kottner, J. Michael, J. Thali, Dominic Gascho // *Forensic Imaging.* - Vol. 32. - 2023. - P. 1-7.

215. Thali, M. J. Bite mark documentation and analysis: the forensic 3D/CAD supported photogrammetry approach / M. J. Thali, M. Braun, T. H. Markwalder, W. Brueschweiler, U. Zollinger, N. J. Malik, K. Yen, R. Dirnhofer // *Forensic science international.* – 2003. – Vol. 135(2). – P. 115–121.

216. Terpstra, T. A Comparison of Metrology Used in Documenting Shooting Incident Trajectories / T. Terpstra, A. Hashemian, T. Voitel, J. Priest // *J Assoc Crime Scene Reconstr.* – 2020. – Vol. 24. – P. 23-42.

217. Tuchtan, L. Combined use of postmortem 3D computed tomography reconstructions and 3D-design software for postmortem ballistic analysis / L. Tuchtan,

G. Gorincour, M. Kolopp, P. Massiani, G. Léonetti, M. D. Piercecchi-Marti, C. Bartoli
// Diagnostic and interventional imaging. – Vol. 98(11). – P. 809–812.

Электронные ресурсы

218. Ассоциация по реконструкции места преступления (ACSR) / Crime Scene Reconstruction. - URL: <https://www.acsr.org/category/mops> (дата обращения 10.01.2023 г.). – Текст : электронный.

219. Кодированные марки и Масштабные линейки // Geoscan Helpdesk portal. - URL: <https://geoscan.freshdesk.com/support/solutions/articles/35000152351-Кодированные-марки-и-Масштабные-линейки#:~:text=Agisoft%20Metashape%20поддерживает%20четыре%20типа%20Содном%20проекте%20большее%20число%20КМ> (дата обращения 05.04.2023 г.). – Текст : электронный.

220. Компаратор видеоспектральный «Регула» 4308 // Regula. URL: https://regula.by/ru/products/advanced_verification/4308/ (дата обращения 15.04.2023 г.). – Текст : электронный.

221. КОМПАС-3D Система трехмерного моделирования // АСКОН Российское инженерное ПО для проектирования, производства и бизнеса. - URL: <https://ascon.ru/products/kompas-3d/> (дата обращения 05.04.2023 г.). – Текст: электронный.

222. Огнестрельное оружие, распечатанное на 3D-принтерах / 3D TODAY. - URL: <http://3dtoday.ru/industry/ognestrelnoe-oruzhie-raspechatannoe-na-3d-printerakh-mozhno-kupit-po-tsene-11900-za-shtuku.html> (дата обращения 10.05.2023 г.). – Текст : электронный.

223. Оптоэлектронные системы «ОПТЭЛ» для измерений геометрии биологических объектов // ООО Научно-внедренческое предприятие «ОПТЭЛ»,

г. Уфа . - URL: <http://www.nvp-optel.ru> (дата обращения 10.04.2023 г.). – Текст: электронный.

224. Руководство пользователя Agisoft Metashape: Professional Edition, версия 2.0. / ГК Геоскан. - URL: https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_2_0_ru.pdf (дата обращения 10.01.2023 г.). – Текст : электронный.

225. Фотограмметрия, как наука // Геоскан Пионер Документация. - URL: <https://docs.geoscan.aero/ru/master/database/complex-module/fotogrammetry/fotogrammerty.html> (дата обращения 05.04.2023 г.). – Текст: электронный.

226. Четвергова, М. В. Система виртуального 3D–макетирования места преступления для подготовки студентов-криминалистов // НиКа. 2010. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-virtualnogo-3d-maketirovaniya-mesta-prestupleniya-dlya-podgotovki-studentov-kriminalistov> (дата обращения 05.04.2023 г.). – Текст: электронный.

227. Bridget O'Neal Authorities Bust European Crime Network Taking Advantage of 3D Printing Technology for Credit Card Fraud / 3DPrint.com. 2014. URL: <http://3dprint.com/17936/3d-print-crime> (дата обращения 01.10.2022 г.). – Текст : электронный.

228. Elissa St. Clair, Andy Maloney, Albert Schade III An Introduction to Building 3D Crime Scene Models Using SketchUp / The Association for Crime Scene Reconstruction (ACSR). URL: <https://www.acsr.org/journal-archives/an-introduction-to-building-3d-crime-scene-models-using-sketchup> (дата обращения 10.01.2023 г.). – Текст : электронный.

229. ISO/ASTM 52900:2021 Additive manufacturing. – General principles. – Fundamentals and vocabulary. - URL: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-astm:52900:ed-2:v1:en> (дата обращения 25.10.2022 г.). – Текст : электронный.

230. Klim-3D — система моделирования внешности // Папилон. - URL: <https://www.papillon.ru/products/programs/klim-3d/> (дата обращения 20.04.2023 г.). – Текст : электронный.

231. Orbit 3DM // Bentley. - URL: <https://bentley-soft.com/orbit-3dm/> (дата обращения 05.04.2023 г.). - Текст : электронный.
232. Ruby J. Chase; Gerald LaPorte The Next Generation of Crime Tools and Challenges: 3D Printing // NIJ Journal. Issue. - 2017. - №279. - URL: <https://nij.ojp.gov/topics/articles/next-generation-crime-tools-and-challenges-3d-printing> (дата обращения 01.10.2022 г.). - Текст : электронный.
233. Tredinnick, R., Smith, S., & Ponto, K. (2019). A cost-benefit analysis of 3D scanning technology for crime scene investigation. Forensic Science International: Reports. / ResearchGate. - URL: https://www.researchgate.net/publication/335900732_A_Cost-Benefit_Analysis_of_3D_Scanning_Technology_for_Crime_Scene_Investigation (дата обращения 10.01.2023 г.). - Текст : электронный.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение № 1

АНКЕТА

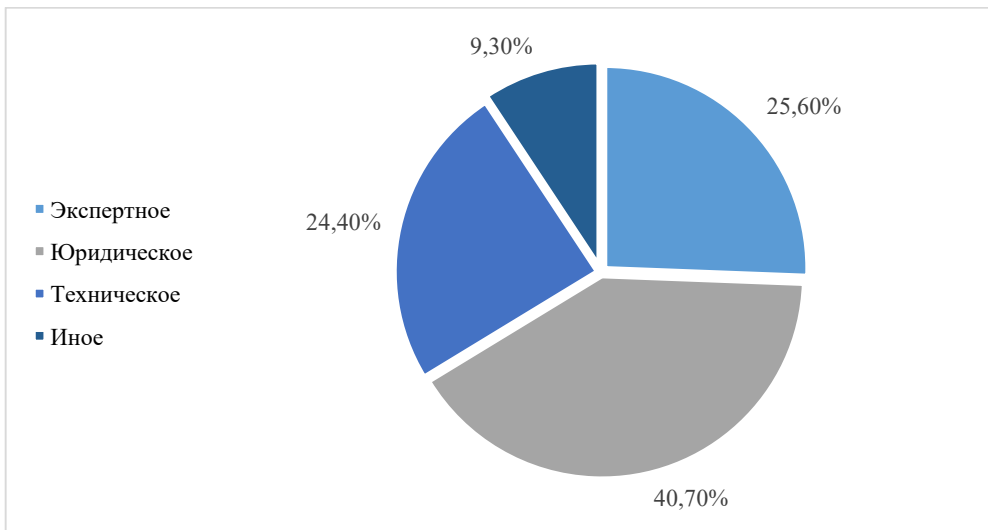
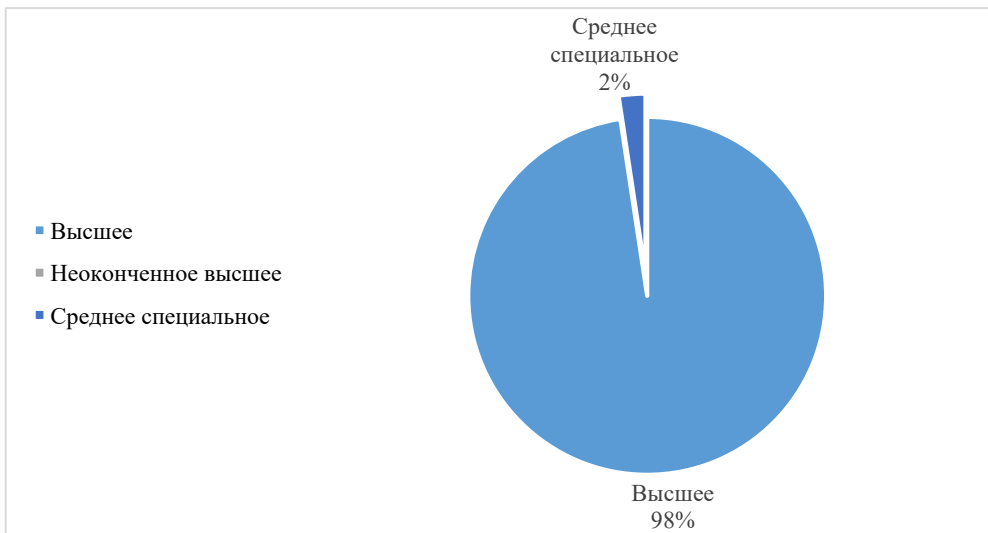
для выяснения мнения сотрудников экспертно-криминалистических подразделений МВД России

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Ваше образование	А) Высшее Б) Неоконченное высшее В) Среднее специальное А) Экспертное Б) Юридическое В) Техническое Г) иное (укажите)
2.	Место работы	
3.	Стаж работы экспертом, в том числе по указанной специализации	А) до 1 года Б) от 1 до 5 лет В) от 5 до 10 Г) от 10 до 20 лет Д) свыше 20 лет
4.	Какие виды допусков на право самостоятельного производства криминалистических экспертиз Вы имеете?	А) дактилоскопические Б) трасологические В) баллистические Г) холодного оружия Д) почерковедческие Е) техническая экспертиза документов Ж) портретные З) другие (укажите)
5.	Каково, по Вашему мнению, значение применения современных компьютерных технологий в судебной экспертизе? (можно выбрать несколько)	А) объективизация процесса экспертного познания Б) упрощение производства расчетов и математического моделирования В) сокращение времени на осуществление рутинных операций Г) улучшение наглядности экспертного исследования Д) не имеет никакого значения Е) иное (укажите)
6.	Применяете ли Вы в своих исследованиях новые методы и современные технологии?	А) применяю Б) не применяю В) затрудняюсь ответить
7.	Как Вы думаете почему не применяются в экспертной практике новые методы и современные технологии?	А) отсутствует необходимая техническая база Б) недостаточно квалификации у экспертов В) эксперты не знакомы с новыми методами и технологиями Г) эксперты считают их нецелесообразными

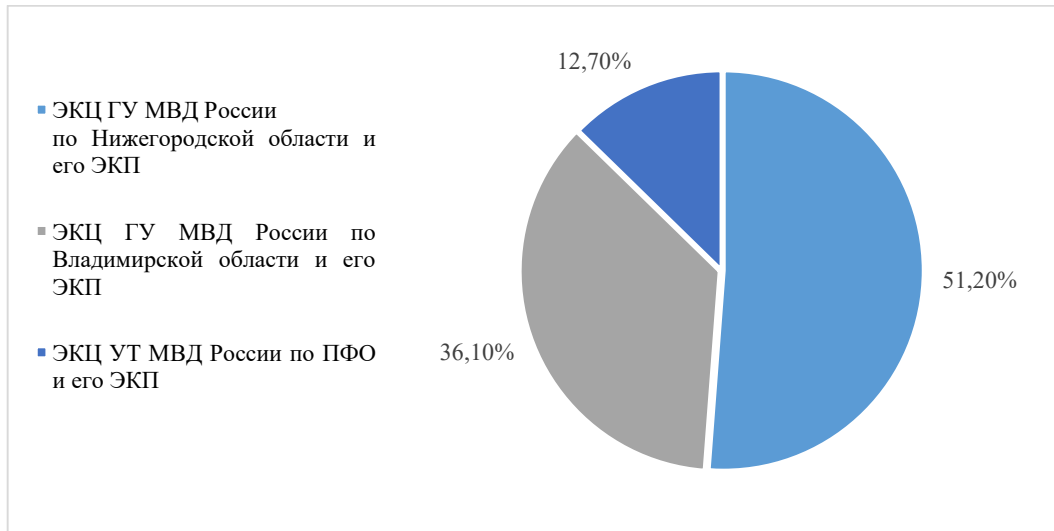
		Д) иное (укажите)
8.	Считаете ли Вы необходимым внедрение новых методов и компьютерных технологий в практику участия специалиста в следственных действиях и оперативно-розыскных мероприятиях?	А) считаю необходимым Б) не вижу в этом необходимости В) затрудняюсь ответить
9.	Каково, по Вашему мнению, значение применения современных компьютерных технологий в ходе участия специалиста в СД и ОРМ? (можно выбрать несколько)	А) возможность фиксации и сохранения большего круга объектов Б) возможность фиксации следов без внесения изменения в них В) возможность производства предварительных исследований на месте производства следственных действий Г) не имеет значения Д) иное (укажите)
10.	Знакомы ли Вы с технологиями трехмерного моделирования и сканирования и их возможностями в судебной экспертизе?	А) знаком и разбираюсь в данной области Б) знаком с зарубежным опытом в данной области В) лишь мельком знакомился с данной тематикой Г) не знаком
11.	Считаете ли Вы целесообразным внедрение методов трехмерного моделирования и сканирования в практику производства судебных криминалистических экспертиз?	А) считаю целесообразным Б) не считаю целесообразным В) затрудняюсь ответить
12.	Готовы ли Вы применять новые методы и современные технологии в своей экспертной практике?	А) готов Б) готов после прохождения соответствующего обучения В) не готов Г) затрудняюсь ответить
13.	Считаете ли Вы необходимым совершенствование компьютерного обеспечения подготовки и повышения квалификации экспертных кадров за счет обучения технологиям получения трехмерных изображений?	А) считаю необходимым Б) не вижу в этом необходимости В) затрудняюсь ответить

**Аналитическая справка по результатам опроса
сотрудников экспертно-криминалистических подразделений
МВД России (всего 166 человек)**

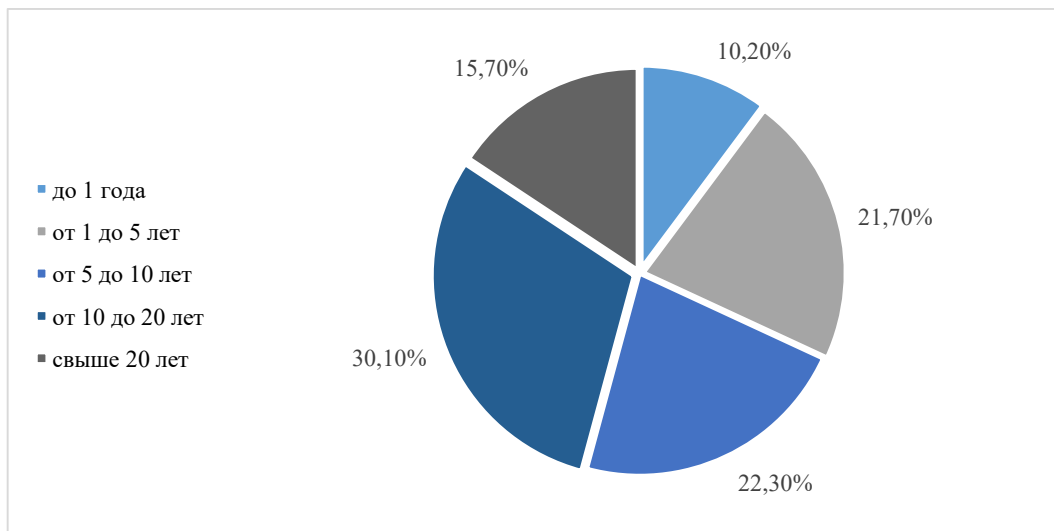
1. Ваше образование



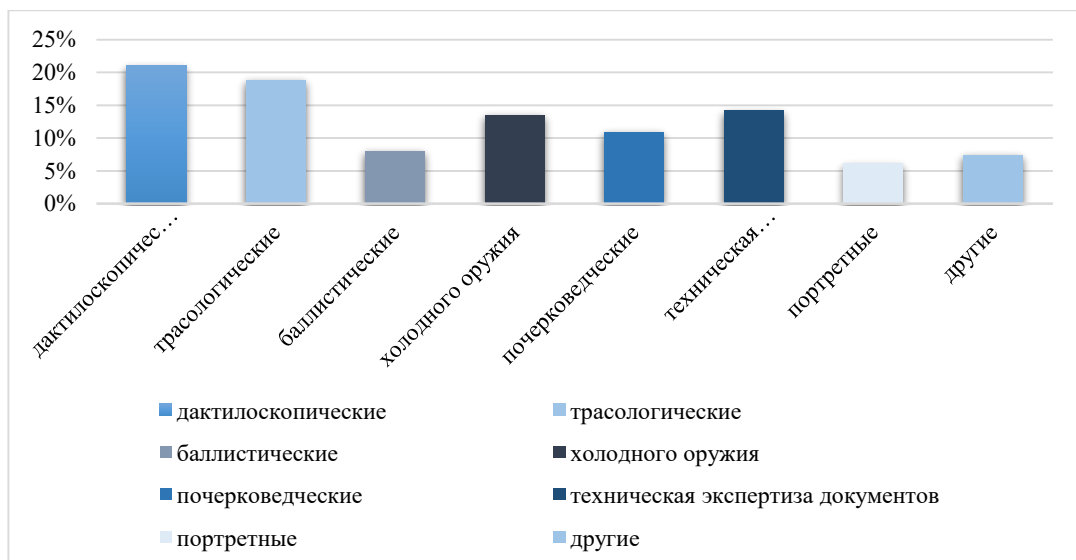
2. Место работы



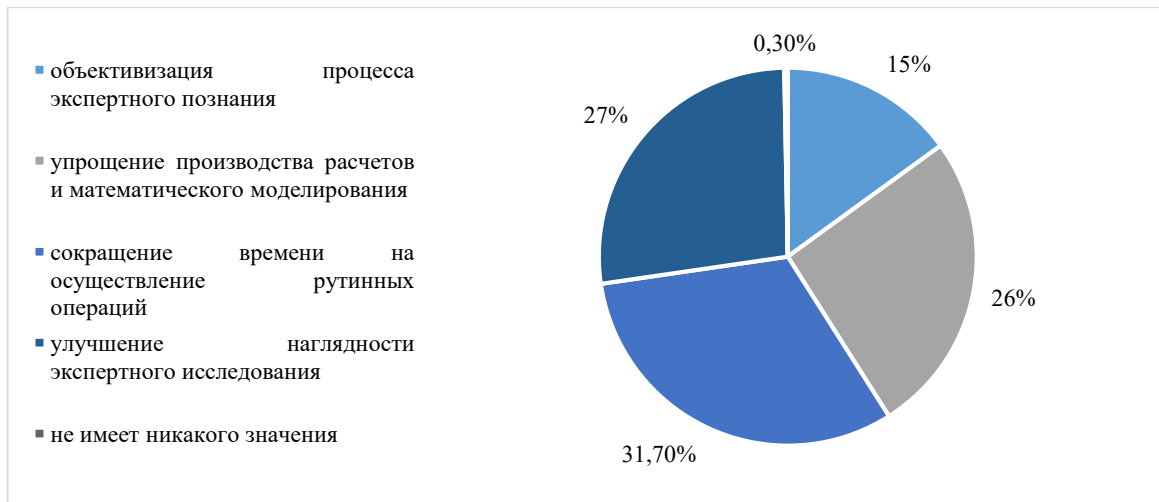
3. Стаж работы экспертом, в том числе по указанной специализации



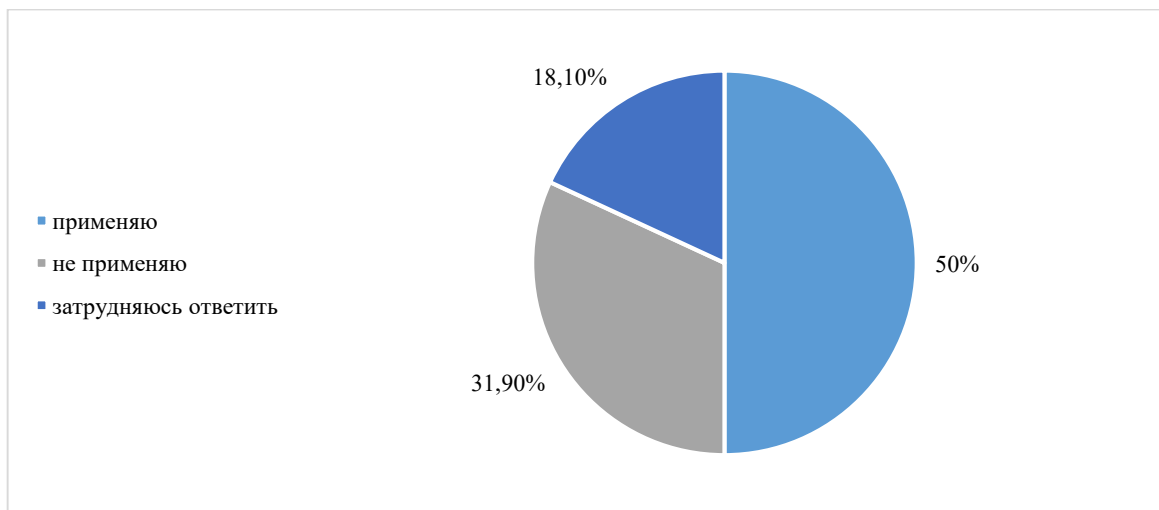
4. Какие виды допусков на право самостоятельного производства криминалистических экспертиз Вы имеете?



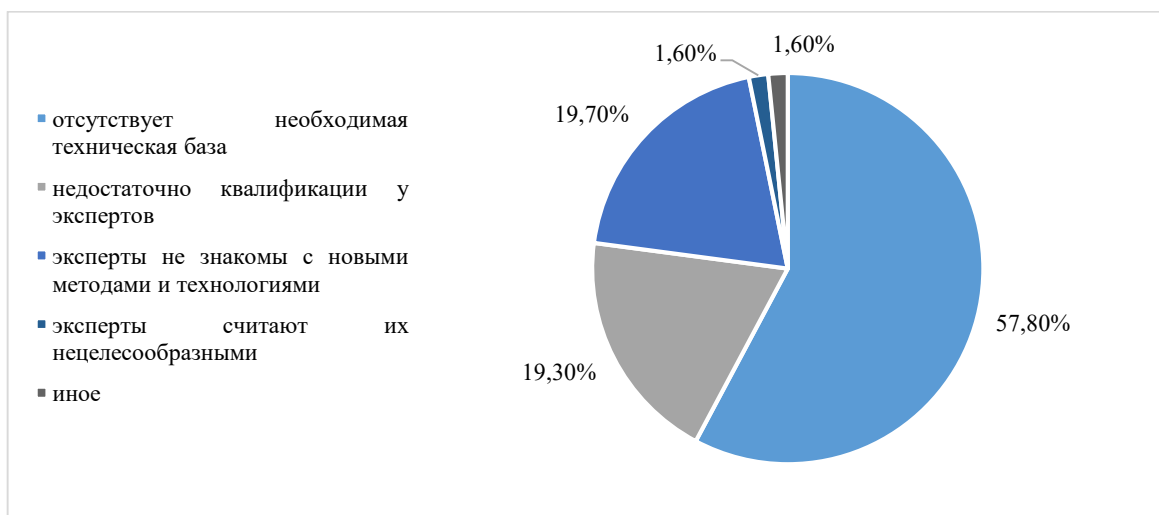
5. Каково, по Вашему мнению, значение применения современных компьютерных технологий в судебной экспертизе?



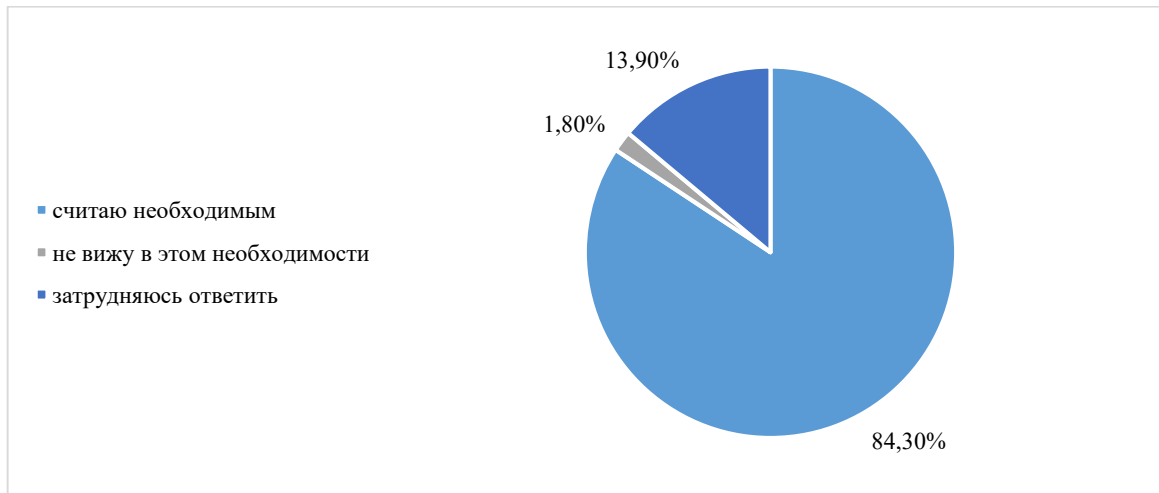
6. Применяете ли Вы в своих исследованиях новые методы и современные технологии?



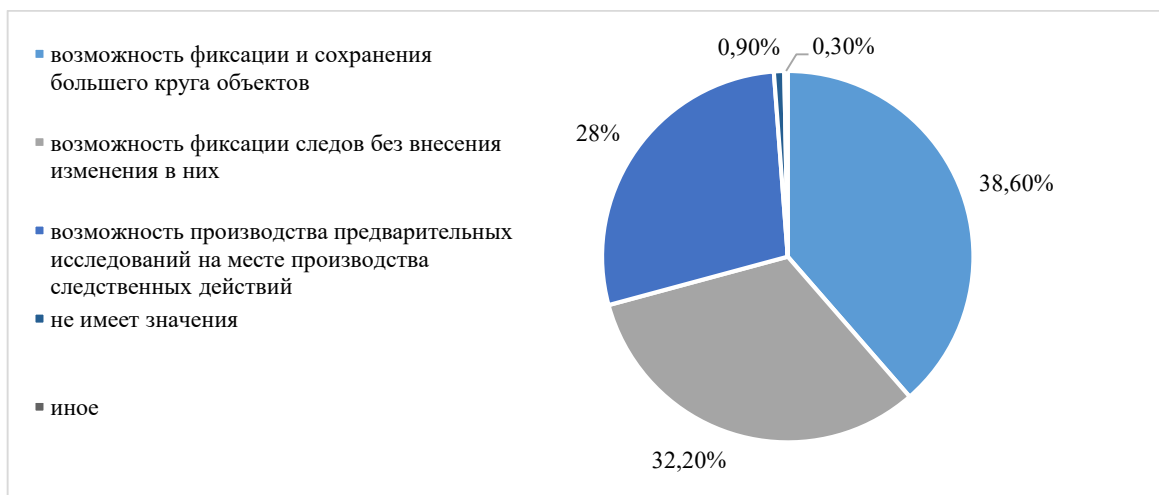
7. Как Вы думаете почему не применяются в экспертной практике новые методы и современные технологии?



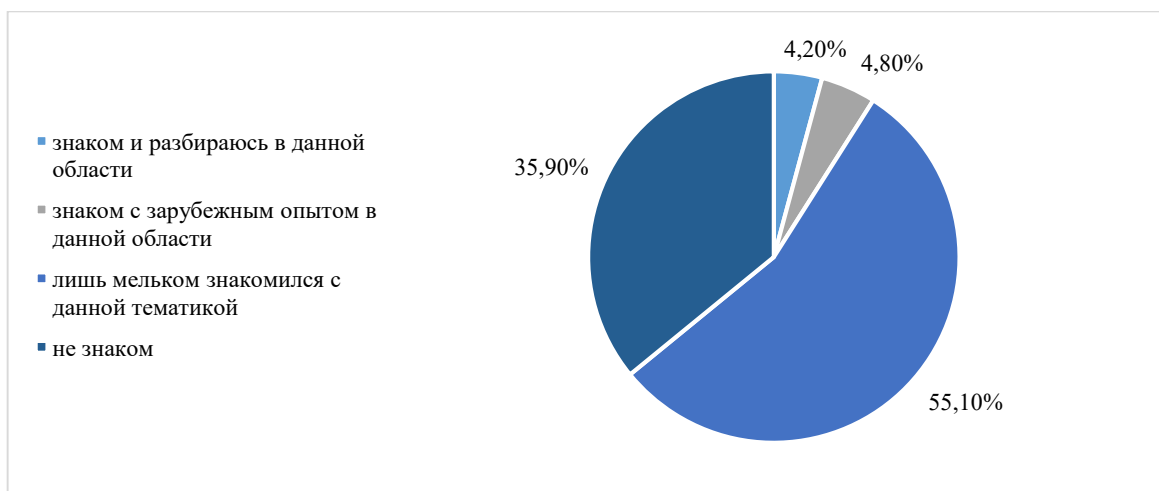
8. Считаете ли Вы необходимым внедрение новых методов и компьютерных технологий в практику участия специалиста в следственных действиях и оперативно-розыскных мероприятиях?



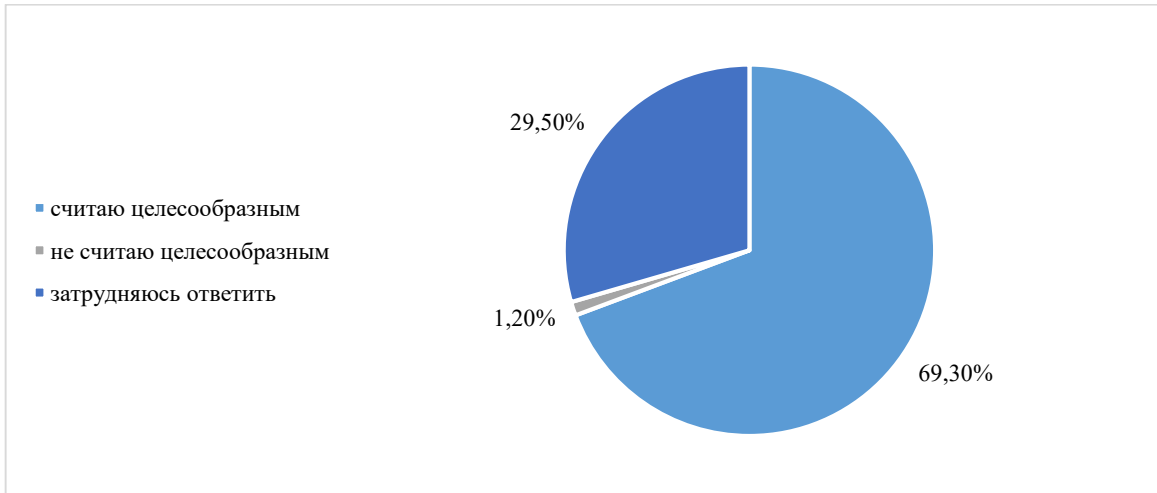
9. Каково, по Вашему мнению, значение применения современных компьютерных технологий в ходе участия специалиста в СД и ОРМ?



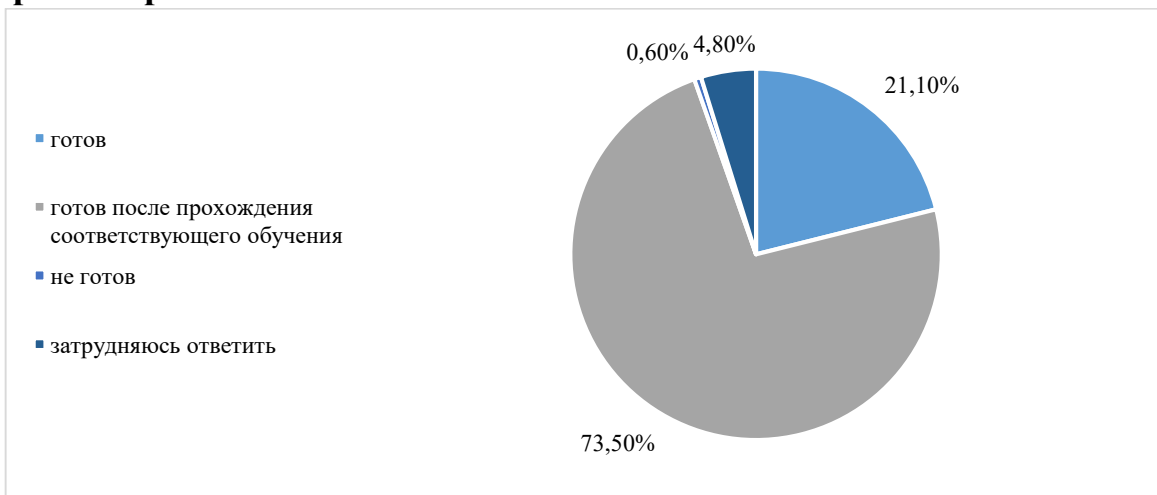
10. Знакомы ли Вы с технологиями трехмерного моделирования и сканирования и их возможностями в судебной экспертизе?



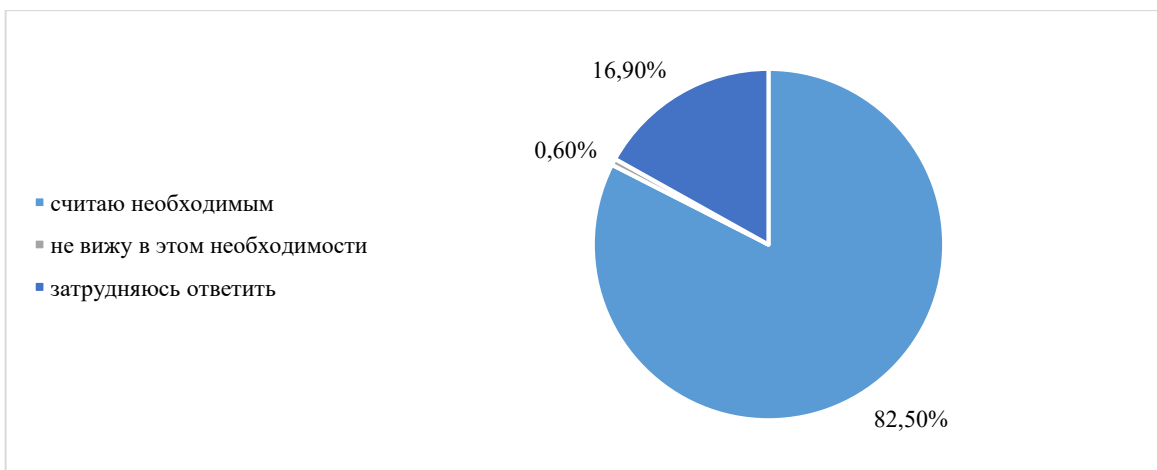
11. Считаете ли Вы целесообразным внедрение методов трехмерного моделирования и сканирования в практику производства судебных криминалистических экспертиз?



12. Готовы ли Вы применять новые методы и современные технологии в своей экспертной практике?



13. Считаете ли Вы необходимым совершенствование компьютерного обеспечения подготовки и повышения квалификации экспертных кадров за счет обучения технологиям получения трехмерных изображений?



Технические характеристики примененных средств фиксации

	Canon EOS 5D Mark III	Panasonic Lumix DMC-FS28	Nikon Coolpix S8200	Apple iPhone 11
Объектив	Canon EF 24-105mm f/4L IS USM	Lumix DC Vario	NIKKOR 14X WIDE OPTICAL ZOOM ED VR	2 (широкоугольный 12 МП + сверхширокоугольный 12 МП)
Физический размер матрицы	36 x 24 мм	1/2.33 дюйма	1/2,3 дюйма	1/2.55 дюйма
Тип матрицы	CMOS	CCD (ПЗС)	BSI-CMOS	Apple iSight Camera (CMOS)
Число эффективных мегапикселей матрицы	22,3 мегапикселя	14.1 мегапикселя	16,1 мегапикселя	12 мегапикселей
Фокусное расстояние	24-105 мм	5 - 20 мм	4.5 - 63 мм	основной объектив 26 мм сверхширокоугольный объектив 13 мм
Диафрагма	f/4.0–22	f/3.1–6.5	f/3,3–5,9	широкоугольный f/1.8 сверхширокоугольный f/2.4
Выдержка	30-1/8000 с	8 - 1/1600 с	4 - 1/4000 с	н/д
Максимальное разрешение снимка	5760 x 3840	4320x3240	4608x3456	4000 x 3000
Формат и максимальное качество видеосъемки	MOV 1920 x 1080 (29,97, 25, 23,976 кадров/с)	AVI 1280 x 720 (30 кадров в секунду)	MOV 1920 x 1080 (30 кадров в секунду)	MOV HEVC 2160p (4K) (60 кадров в секунду)
Формат фотографий	JPEG RAW RAW+JPEG	JPEG	JPEG	HEIF и JPEG

Этапы построения моделей в программе трехмерной фотограмметрии Agisoft Metashape

На подготовительной стадии фотоизображения, отснятые на фотоаппарат Canon EOS 5D Mark III с целью сохранения лучшего качества в формате RAW были конвертированы в JPEG в программе Adobe Photoshop CC 2019, видеозаписи, полученные с помощью смартфона iPhone 11 были разделены на кадры с помощью программы Movavi Video Suite 18. Следует отметить, что версия Agisoft Metashape Professional позволяет производить раскадровку видео сразу в программе. Для каждой серии экспериментальных исследований отбирается необходимое количество фотоизображений/кадров видеозаписи. После чего изображения были добавлены в программу Agisoft Metashape во вкладке «Обработка» этап «Добавить снимки» (рис. 1).

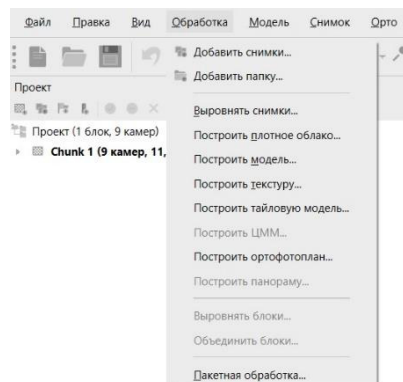


Рис. 1. Этапы работы с проектом в Agisoft Metashape

Перед тем как произвести выравнивание система позволяет автоматически оценить качество снимков по четкости, для чего пользователю необходимо выбрать снимки, которые он хочет проанализировать. Для этого в меню работы с проектом с помощью клавиши *ctrl* выделяются снимки, которые нужно оценить и на правую кнопку мыши выбирается операция «Оценить качество снимков». Фотоизображения, которые имеют качество ниже 0,5 рекомендуется исключить из обработки.

Далее происходит выравнивание фотоснимков способом фототриангуляции. На двух фотографиях программа находит общие точки, после чего проводит луч зрения от оси камеры до этих точек на объекте. По данным общим точкам определяются параметры внутреннего и внешнего ориентирования. Для определения снимка в пространстве в момент съемки необходимо знать установочные линейные и угловые величины. Данные величины определяют параметры внутреннего или внешнего ориентирования.

Внутреннее ориентирование определяет внутреннюю геометрию камеры или сенсора на момент съемки и используется для преобразования файловой системы координат в пространственную систему координат. Внутренняя геометрия камеры определяется фокусным расстоянием, главной точкой съемки и дисторсией объектива. Параметры внешнего ориентирования характеризуют положение и

угловую ориентацию снимка в момент съемки. Линейные элементы внешнего ориентирования определяют пространственное положение центра фотографирования относительно фотограмметрической системы координат местности, угловые элементы – положение плоскости фотоснимка относительно фотограмметрической системы координат.

При нажатии вкладки «*Выровнять снимки*» появляются предпочтительные параметры этого этапа (рис. 2).

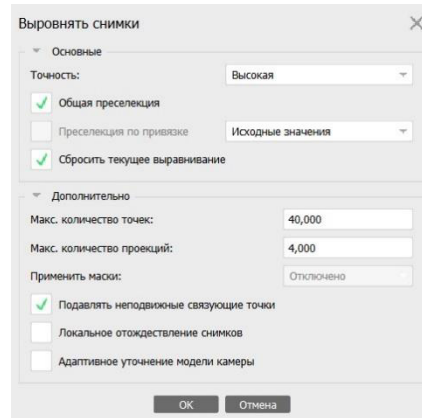


Рис. 2. Параметры окна «*Выровнять снимки*»

Точность выравнивания определяет размер изображения, которое будет взято для определения параметров внутреннего и внешнего ориентирования и будет ли оно для этого сжато. Высокая точность позволяет использовать фотографии исходного размера, при средней точности размер изображения уменьшается в 4 раза, при низкой – в 16 раз. При очень высокой точности размер изображения увеличивается в 4 раза, что позволяет добиться высокого качества локализации точек. В функции «*Преселекция*» пользователь может задать значение дистанции съемки. Результатом выравнивания снимков является облако связующих точек и данные о положении и ориентации камер, которые будут использоваться на следующих этапах (рис. 3).

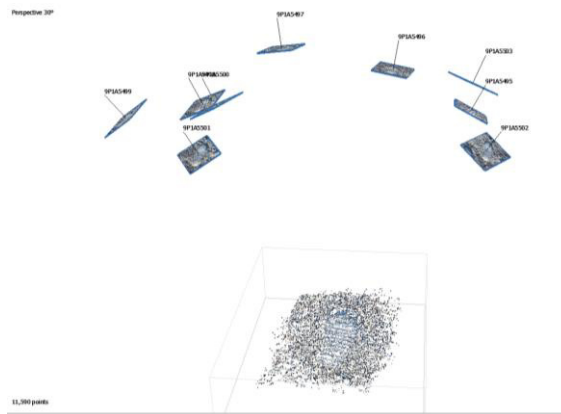


Рис. 3. Результат выравнивания снимков

Далее переходим на этап построения плотного облака точек путем нажатия на одноименное меню (рис. 4). Процедура построения плотного облака точек выполняется на основе карт глубины, рассчитанных при помощи алгоритма плотной стереорекострукции. Для каждого снимка определены параметры внутреннего и внешнего ориентирования, далее по каждой паре изображений первый-второй рассчитывается карта глубины. На каждый пиксель первого снимка

находится соответствующий пиксель второго снимка. Поскольку рекомендованные параметры перекрытия снимков 60-80%, формируется несколько стереопар и строится несколько карт глубины, которые затем синтезируются в итоговую карту глубины. Полученное облако точек может быть экспортировано в другую программу для дальнейшего анализа, а при необходимости, упуская этап работы со снимками, возможно загружать облака точек, полученные в результате применения фотограмметрии в других программах фотограмметрии, а также непосредственно после лазерного сканирования.

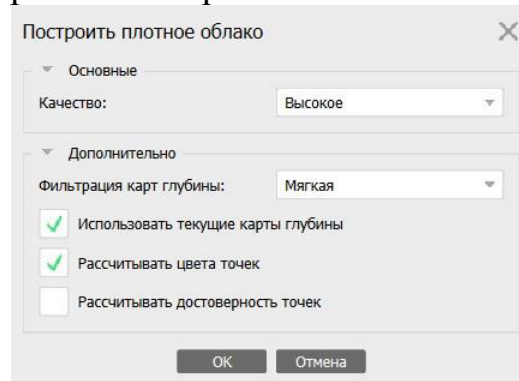


Рис. 4. Параметры окна «Построить плотное облако точек»

На данном этапе также выбираются параметры качества плотного облака точек. Для отображения мелких деталей и адекватной передачи геометрии объекта рекомендуется использовать «Высокое» и «Очень высокое» значения (рис. 5). Качество построения плотного облака точек также зависит от размера исходного изображения. Параметр «Фильтрация карт глубины» направлен на определение правильного позиционирования точки и отсеечение точек с неправильным позиционированием. Режим мягкой фильтрации рекомендован для объектов, содержащих большое количество мелких деталей, агрессивной, наоборот, для объектов без них, а режим умеренной фильтрации является средним между двумя предыдущими.



Рис. 5. Результат построения плотного облака точек

На следующем этапе происходит построение полигональной 3D-модели и/или цифровой модели местности. Каркас из созданных точек переводится во множество многоугольных поверхностей. Построение полигональной модели возможно несколькими способами (рис. 6). Выбор в качестве исходных облака связующих точек возможен для быстрого построения модели, пропуская второй этап. Если же пользователь хочет получить модель высокого качества и прошел

через второй этап, для этого предназначены параметры *Плотное облако точек* и *Карты глубины*.

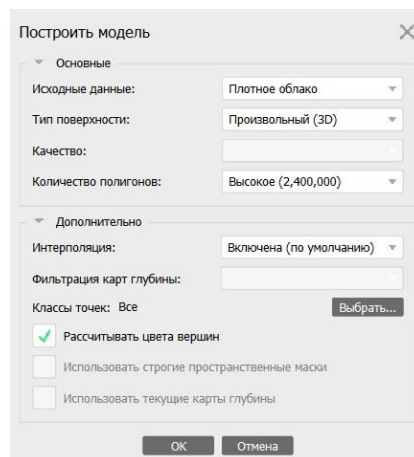


Рис. 6. Параметры окна «Построить модель»

Выбор типа поверхности определяется целью моделирования. Для большинства моделей подходит параметр *Произвольный*, а *Карта высот* предназначены для построения цифровой модели местности, которая в качестве исходных данных использует результаты аэрофотосъемки. На ЦММ возможно дальнейшее производство измерения координат точек, расстояний, объёмов и площадей.

Важнейшим параметром на данном этапе является *Количество полигонов*, которое определяет степень детализации 3D-модели: низкое количество определяет отношение полигонов к количеству точек как 1/5, среднее – 1/15 и высокое 1/45. В пользовательском режиме вводится определяемое самостоятельно число полигонов. Пользователь оценивает насколько точной необходима модель и будет ли она подвергаться рендерингу в других программах 3D-моделирования (рис. 7).

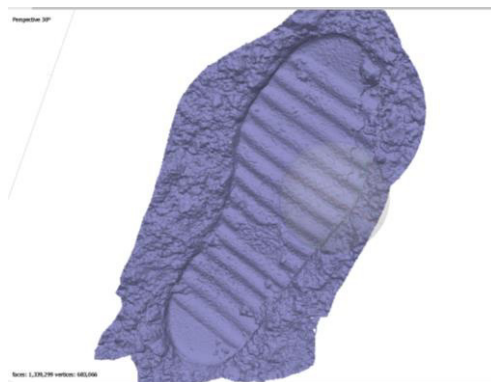


Рис. 7. Полигональная 3D-модель следа обуви

Полигональные модели для достижения фотореалистичности проходят этап текстурирования (рис. 8-9). В заключение вычисляется разрешение и определяется, какие пиксели на фотографии соответствуют какому полигону. Для этого 3D-модель разворачивается в плоскость и затем пространственное положение точки ставится в соответствие оригинальной фотографии для задания цвета.

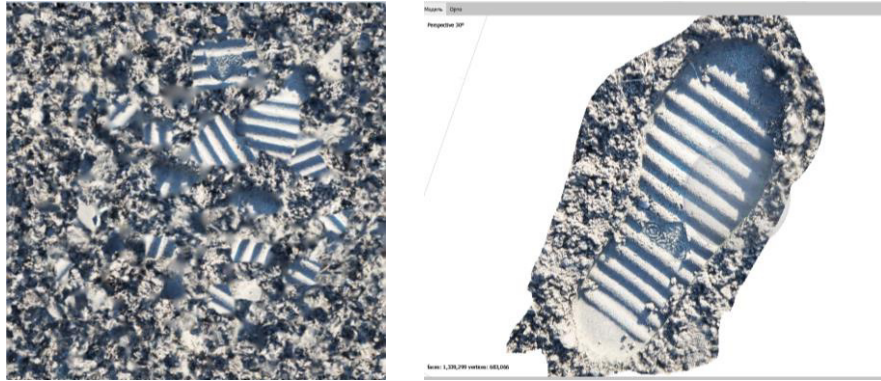
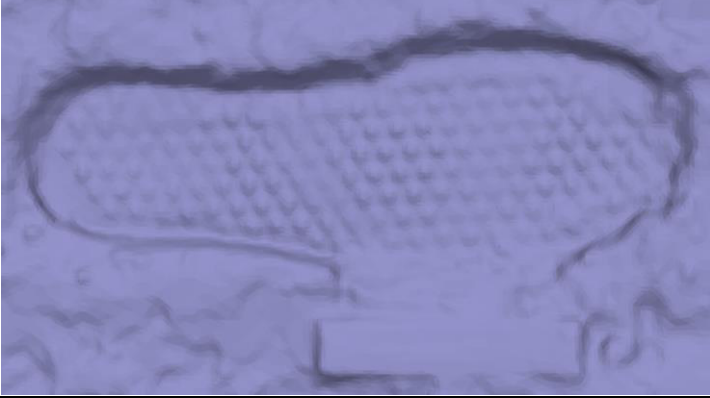
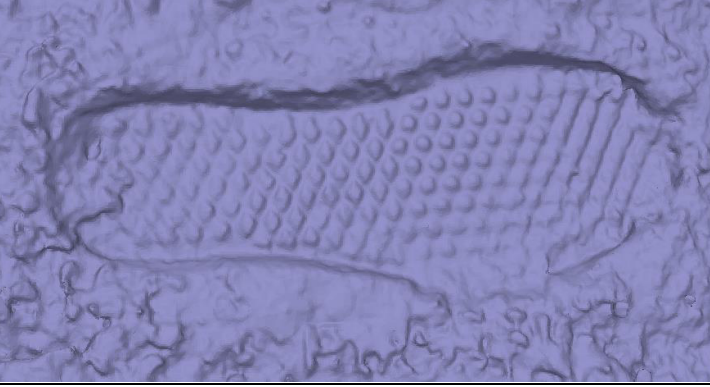
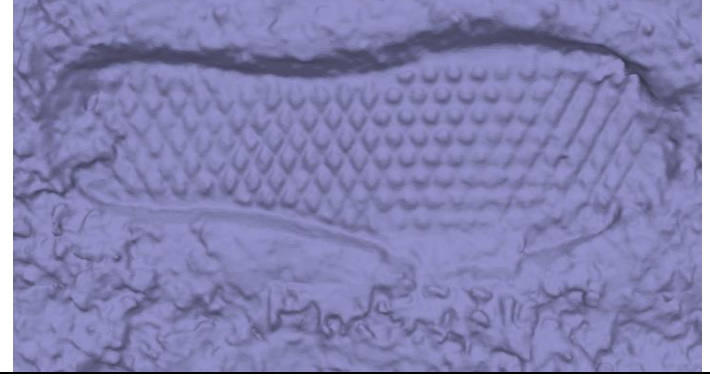
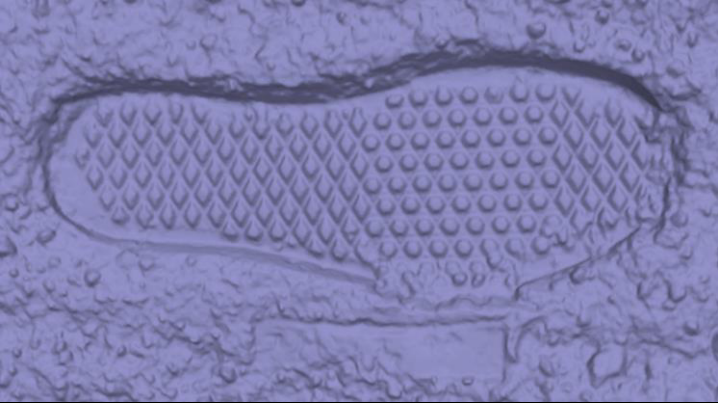
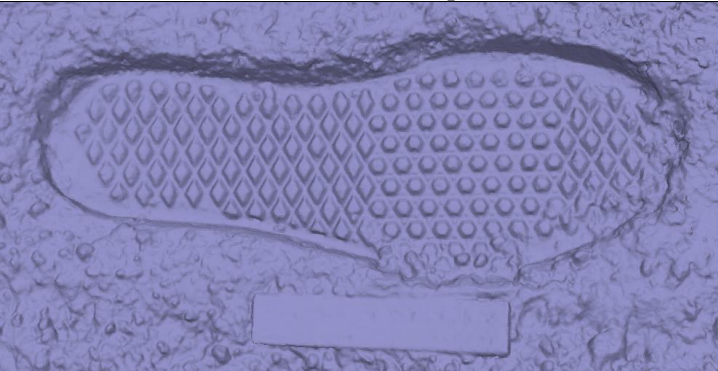
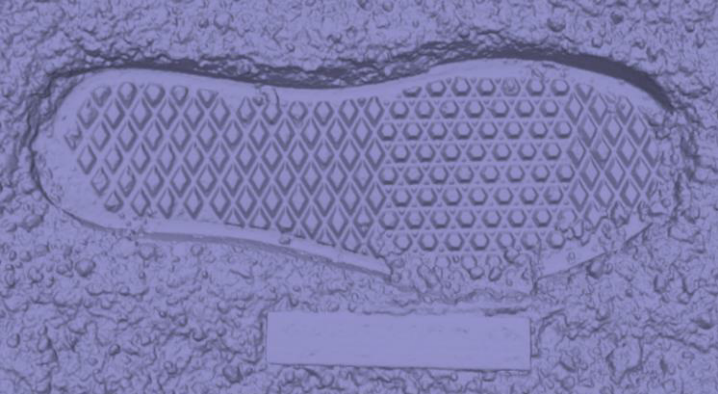
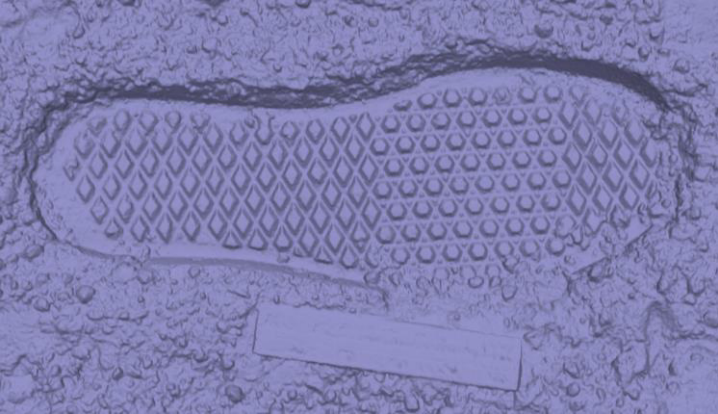
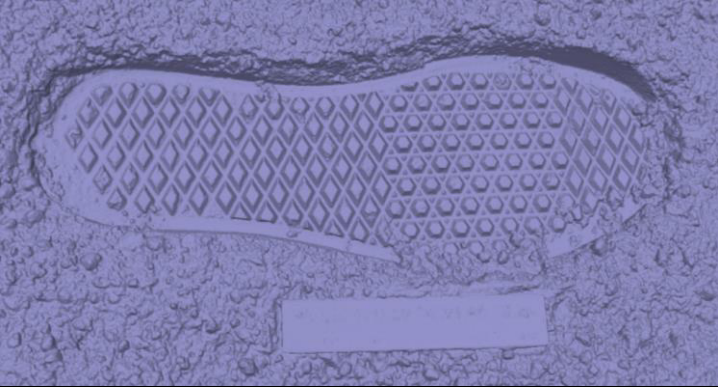


Рис. 8-9. Тектурный атлас модели (слева) и результат построения текстуры 3D-модели (справа)

Влияние разрешающей способности на качество отображения признаков в моделях

Разрешение исходных фотоизображений	Трехмерная модель следа	
640×480		 <p data-bbox="497 891 1492 1014">Общее качество модели неудовлетворительное. Модель нечеткая, слабо отображен рельеф подошвенной части обуви, границы следа, криминалистической линейки также нечеткие. Частные признаки модель не отображает.</p>
1024×768		 <p data-bbox="497 1413 1492 1541">Общее качество модели неудовлетворительное. Модель все еще нечеткая, рельеф подошвенной части обуви сглажен, граница следа в подметочной части также сглажена, на модели не построена криминалистическая линейка. Частные признаки модель не отображает.</p>
1280×853		 <p data-bbox="497 1928 1492 2051">Общее качество модели неудовлетворительное. Модель все еще нечеткая, рельеф подошвенной части обуви сглажен, граница следа в подметочной части также сглажена, на модели не построена криминалистическая линейка. Частные признаки модель не отображает.</p>

1920×1080		
<p>Общее качество модели неудовлетворительное. Модель более четкая, выражен рельеф подошвенной части обуви, след имеет четкие границы. На модели отображена лишь часть криминалистической линейки, произвести измерения на модели невозможно. Частные признаки модель не отображает.</p>		
2560×1707		
<p>Общее качество модели удовлетворительное. Модель более четкая, выражен рельеф подошвенной части обуви, след имеет четкие границы. На модели отображена криминалистическая линейка. Мелкие особенности в модели почти не выражены.</p>		
3840×2560		
<p>Качество модели удовлетворительное. Четко отображена граница следа, криминалистической линейки. Рельеф подошвенной части обуви выражен четко. Модель отображает частные признаки обуви.</p>		

4608×3456	
	<p>Качество модели удовлетворительное. Четко отображена граница следа, криминалистической линейки. Рельеф подошвенной части обуви выражен четко. Модель отображает частные признаки обуви.</p>
5760×3840	
	<p>Качество модели удовлетворительное. Четко отображена граница следа, криминалистической линейки. Рельеф подошвенной части обуви выражен четко. Модель отображает частные признаки обуви.</p>

Приложение № 6

Оценка размеров и расчет среднеквадратического отклонения на трехмерной модели объекта по кодированным меткам и по криминалистической линейке

Таблица №1

№ объекта	Общая длина следа, мм			Ширина подметочной части, мм			Ширина промежуточной части, мм			Ширина каблучной части, мм			Ср. кв. откл. по маркам (мод.1), мм	Ср.кв. откл. по линейке (мод.2), мм
	ор.	мод.1	мод.2	ор.	мод.1	мод.2	ор.	мод.1	мод.2	ор.	мод.1	мод.2		
1	284	282	281	110	108	108	74	74,2	75	86	86	86	1,485	2,121
2	270	270	271	100	101	101	53	53	52,5	75	75,3	75,2	0,460	0,955
3	276	276	276	78	78	78,2	48	48,1	48,4	65	64,7	64,8	0,141	0,283
4	280	280,3	280	100	101	99,4	67	66,9	66,8	72	72	72,5	0,495	0,460
5	290	291	289	106	106	106	70	69,5	70	80	79,7	80,4	0,636	0,495
6	266	266	265,8	97	97,8	97,3	66	65,7	66,8	70	70,1	70,7	0,424	0,707
7	277	277	276	107	107	107	82	81	81,4	82	81,8	82,3	0,424	0,672
8	273	273	273	84	83,9	84,2	44	43,6	44,5	60	60,1	59,6	0,212	0,389
9	300	300,6	299	113	113	113	57	57,3	57,3	90	90,7	89,8	0,566	0,530
10	274	274	274	104	104	104	65	65,2	65,6	85	85	85,3	0,071	0,318
													0,491	0,693

Таблица №2

№ объекта	Общая длина инструмента, орудия, мм			Наибольшая ширина рукояти инструмента, орудия, мм			Длина рабочей части, мм			Ширина рабочей части, мм			Ср. кв. откл. по маркам (мод.1), мм	Ср.кв. откл. по линейке (мод.2), мм
	ор.	мод.1	мод.2	ор.	мод.1	мод.2	ор.	мод.1	мод.2	ор.	мод.1	мод.2		
1	146	146	146	47	47,1	46,4	47	46,9	47	30	30,1	29,9	0,106	0,247
2	149	148	149	43	43,1	43,1	39	38,9	39,2	26	26,3	26,1	0,530	0,141
3	240	239,8	240,5	21	21,1	21,3	127	127	127,1	21	20,8	21,1	0,177	0,354
4	194	194,4	194,3	21	21	21,1	84	83,9	83,7	18	18,2	17,9	0,247	0,283
5	230	230,4	231	20	20,1	20,1	94	94,4	94,1	19	19,2	19	0,389	0,424
6	220	220,8	220	22	22,2	22,4	110	109,9	109,7	20	20,1	20,5	0,424	0,424

7	250	250,3	249,5	33	32,9	33,2	116	116,4	116,4	24	24,1	23,8	0,318	0,460
8	310	310,3	310,5	26	26,1	25,7	204	204,3	204,5	26	26	26,1	0,247	0,495
9	210	210,6	211	30	30,3	30,3	40	39,8	40,3	22	22,4	22	0,530	0,566
10	280	279	280,5	21	21,1	21,3	48	48	47,8	18,4	18,5	18	0,424	0,495
													0,339	0,389

Таблица №3

№ объекта	Общая длина помещения, мм			Общая ширина помещения, мм			Высота потолка, мм			Ср. кв. откл. по маркам (мод.1), мм	Ср.кв. откл. по линейке (мод.2), мм
	ор.	мод.1	мод.2	ор.	мод.1	мод.2	ор.	мод.1	мод.2		
1	3978	3970	3967	2994	3003	3001	2757	2752	2770	7,778	10,960
2	5000	5010	5008	4000	3992	4004	3000	3011	3008	10,253	7,071
3	3835	3830	3843	1450	1455	1459	2502	2510	2497	6,364	7,778
4	3600	3611	3609	3100	3110	3115	2400	2405	2395	9,192	10,253
5	7000	7009	7010	4000	3989	3990	2500	2510	2507	10,607	9,546
6	6500	6512	6510	4000	3987	4006	2550	2558	2498	11,667	24,042
7	4220	4228	4230	3600	3609	3612	3000	2989	3010	9,899	11,314
8	2500	2510	2511	1850	1855	1860	3000	3005	3011	7,071	11,314
9	4350	4360	4344	2509	2513	2499	2986	2980	2994	7,071	8,485
10	8600	8610	8611	3900	3892	3888	2876	2870	2868	8,485	10,960
										8,839	11,172

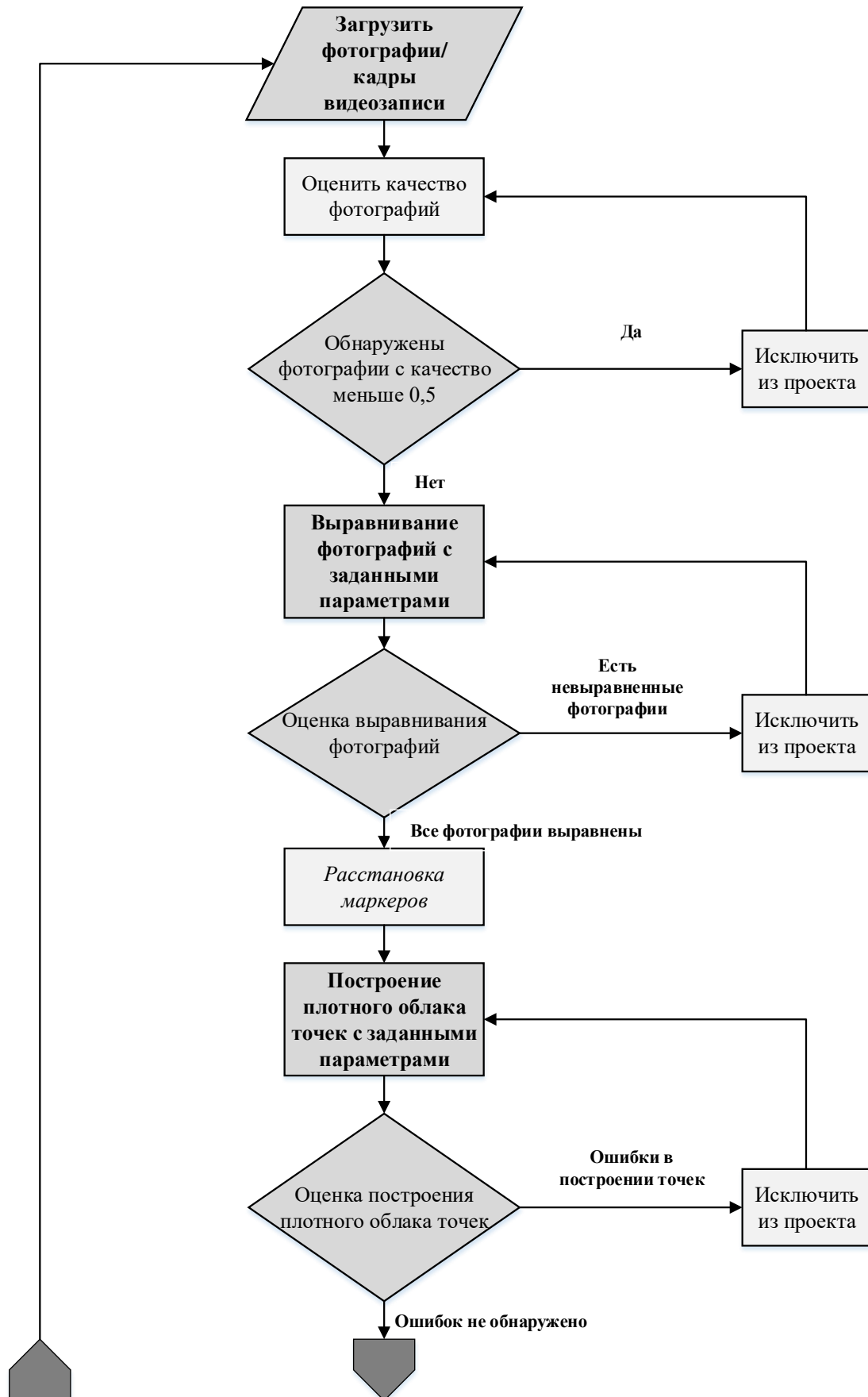
ор. – объект-оригинал

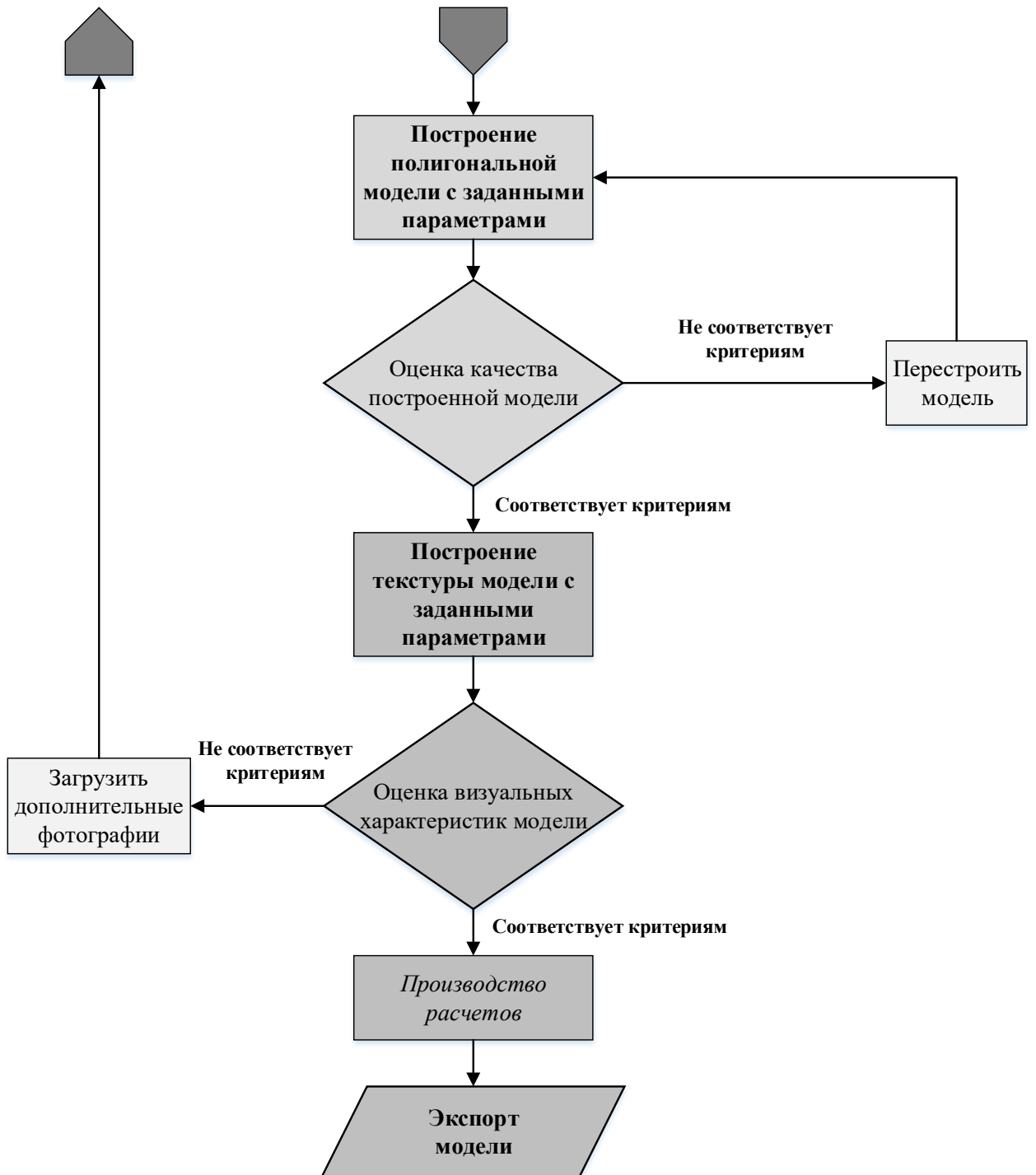
мод.1 – модель, построенная с кодированными метками

мод.2 – модель, построенная с криминалистической линейкой

ср. кв. откл. – среднеквадратическое отклонение



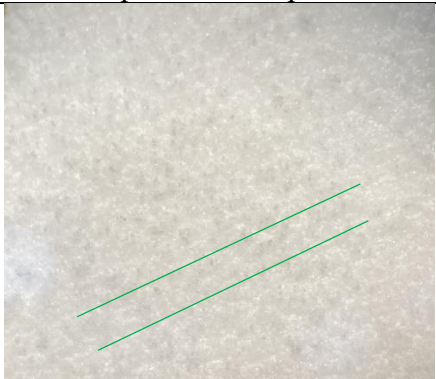
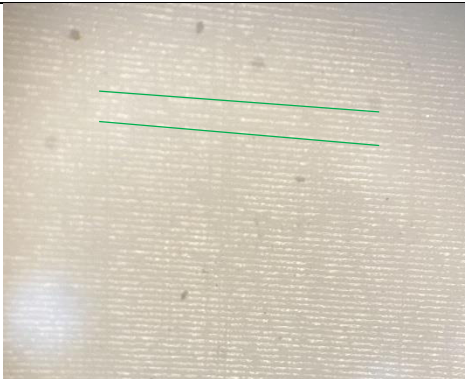
Алгоритм работы в программе фотограмметрии






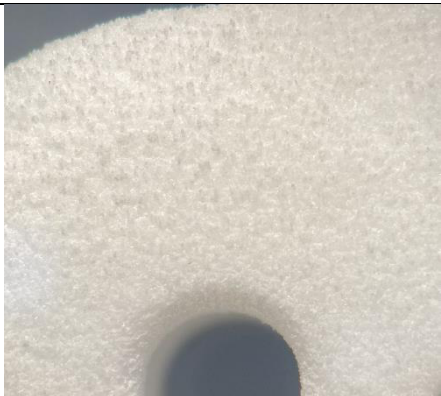

Диагностические признаки аддитивного производства

1. Наружная поверхность представлена горизонтальными полосами одинаковой толщины, характеризует послойное расположение нитей материала

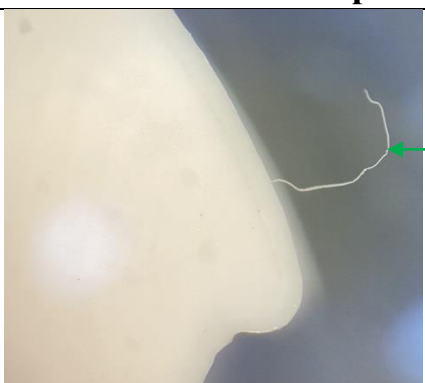
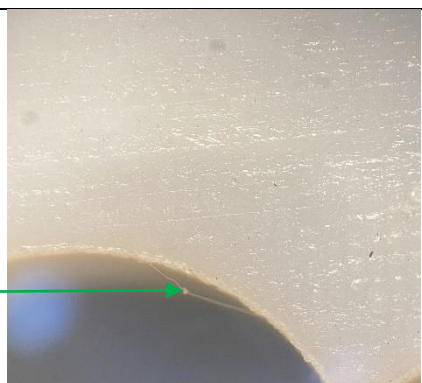
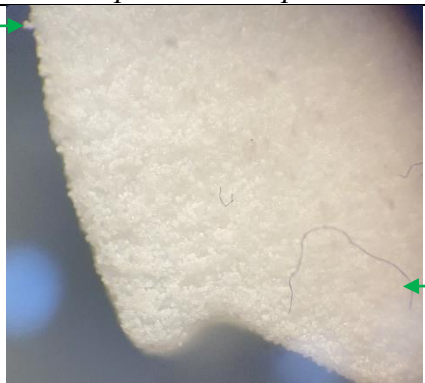
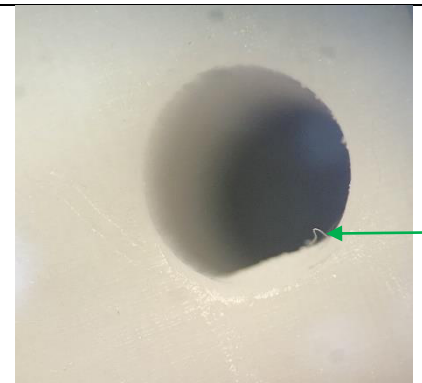
	
<p><i>Рис. 1. Увеличенное изображение поверхности изделия, выполненного путем послойного наплавления нитей фотополимера</i></p>	<p><i>Рис. 2. Увеличенное изображение поверхности изделия, выполненного путем струйной печати</i></p>
	
<p><i>Рис. 3. Увеличенное изображение поверхности изделия, выполненного путем селективного лазерного спекания</i></p>	<p><i>Рис. 4. Увеличенное изображение поверхности изделия, выполненного путем стереолитографии</i></p>

2. Шероховатая поверхность объекта


<p><i>Рис. 5. Увеличенное изображение поверхности изделия, выполненного путем послойного наплавления нитей фотополимера</i></p>

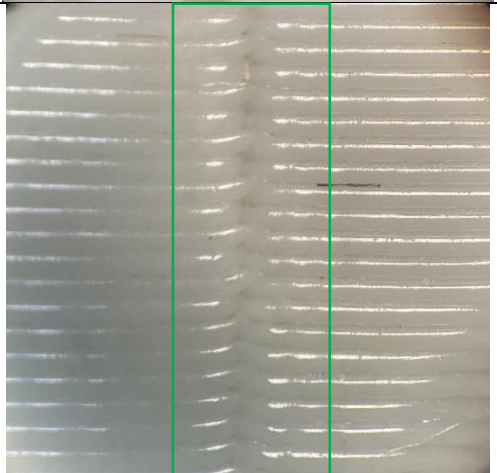
	
<p><i>Рис. 6. Увеличенное изображение поверхности изделия, выполненного путем селективного лазерного спекания</i></p>	<p><i>Рис. 7. Увеличенное изображение поверхности изделия, выполненного путем стереолитографии</i></p>

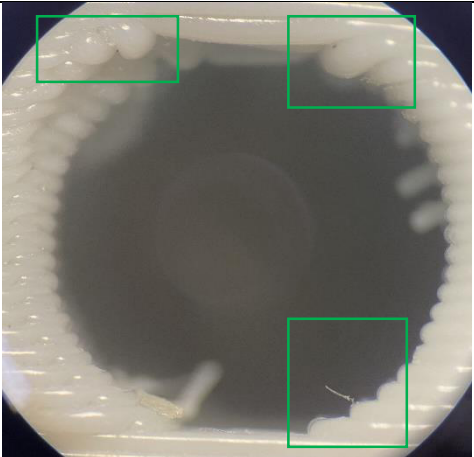
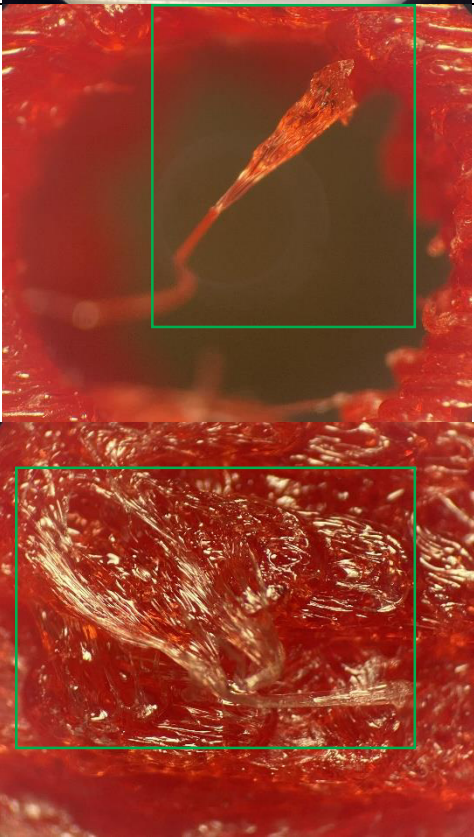
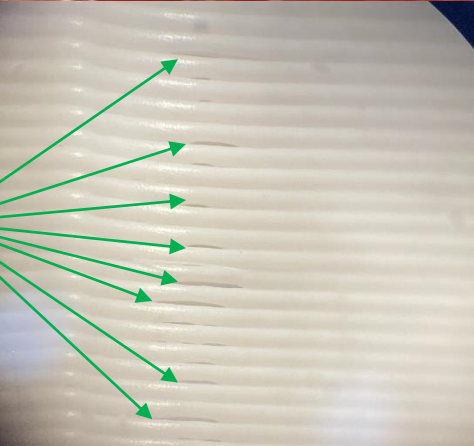
3. Наличие посторонних включений и нитей, частиц пластика на поверхности и между слоями объекта

	
<p><i>Рис. 8. Увеличенное изображение поверхности изделия, выполненного путем послойного наплавления нитей фотополимера</i></p>	<p><i>Рис. 9. Увеличенное изображение поверхности изделия, выполненного путем струйной печати</i></p>
	
<p><i>Рис. 10. Увеличенное изображение поверхности изделия, выполненного путем селективного лазерного спекания</i></p>	<p><i>Рис. 11. Увеличенное изображение поверхности изделия, выполненного путем стереолитографии</i></p>

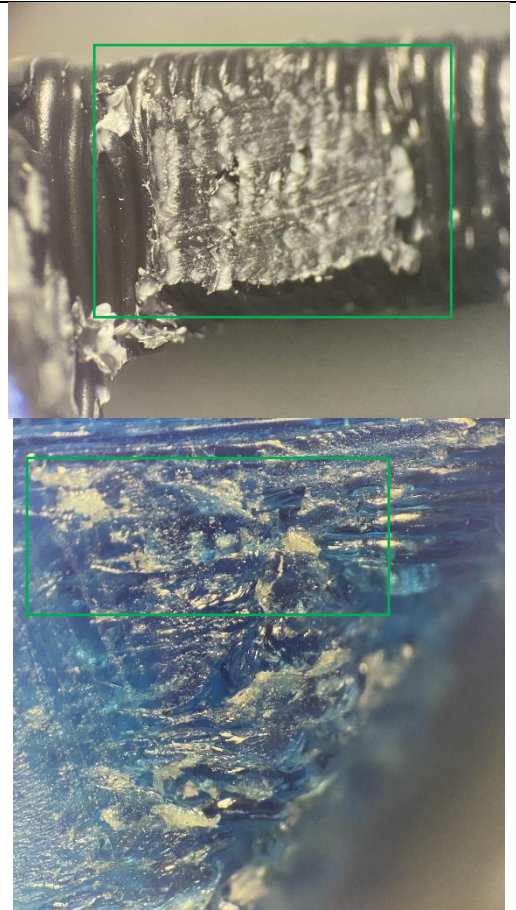
Примечание: красящим веществом зеленого цвета обозначены диагностические признаки аддитивного производства.

**Диагностические признаки технологии 3D-печати – послойного наплавления
нити фотополимера (FDM)**

Признак	Иллюстрации
<p>1. Шероховатая ярко выраженная полосовидная поверхность объекта даже при минимальной толщине слоя нити</p>	
<p>2. Внутренняя поверхность объекта представляет собой хаотично наплавленные нити пластика, расположенные диагонально к внешней поверхности</p>	
<p>3. Наплывы пластика и утолщения нити в местах сгиба и сопряжения поверхностей</p>	


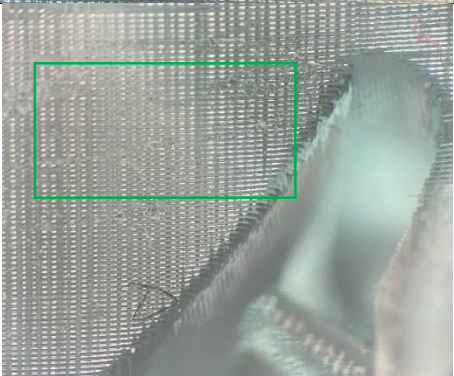


	
<p>4. Вытянутые нити пластика, возникшие в результате изменения направления движения экструдера/рабочей платформы принтера</p>	
<p>5. Зазоры между слоями пластика, как правило овальной формы, приближенной к овальной</p>	

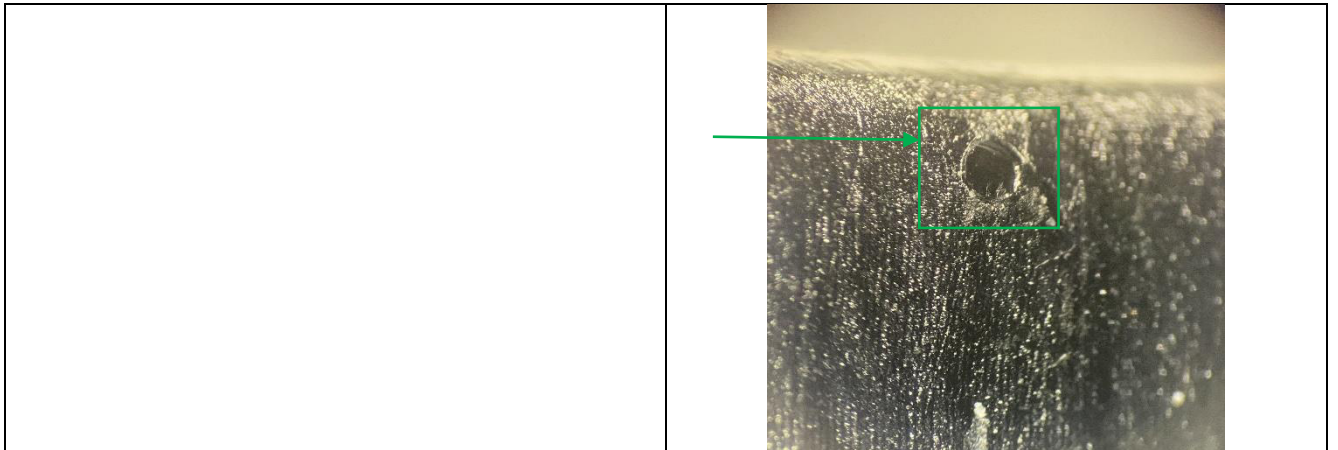
6. Наличие следов механической или химической постобработки (удаление поддерживающих конструкций)



Примечание: красящим веществом зеленого цвета обозначены диагностические признаки типа аддитивного производства.

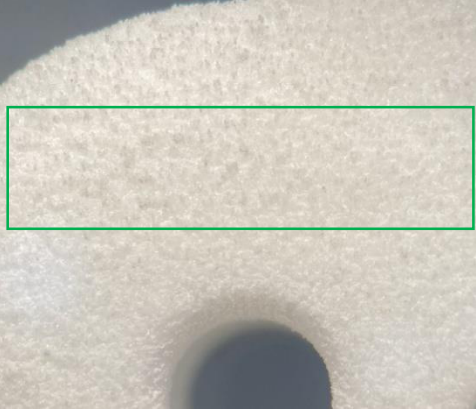
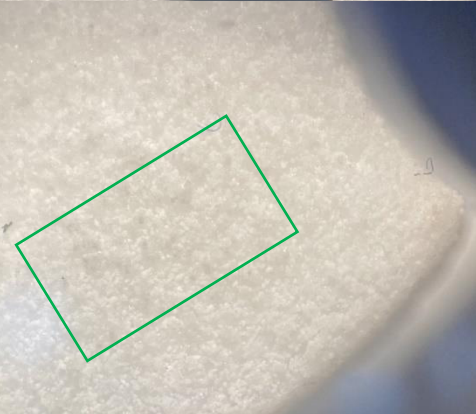
Диагностические признаки технологии 3D-печати – стереолитографии (SLA)

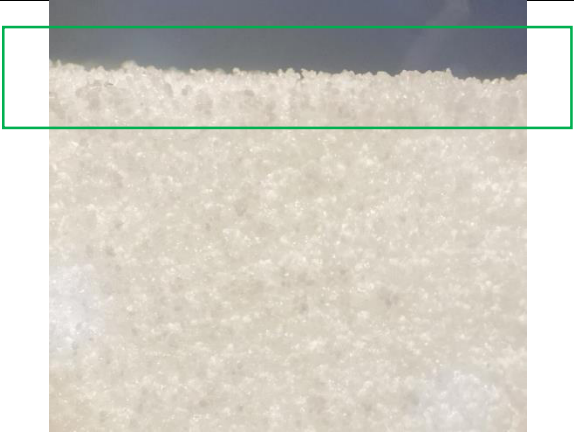
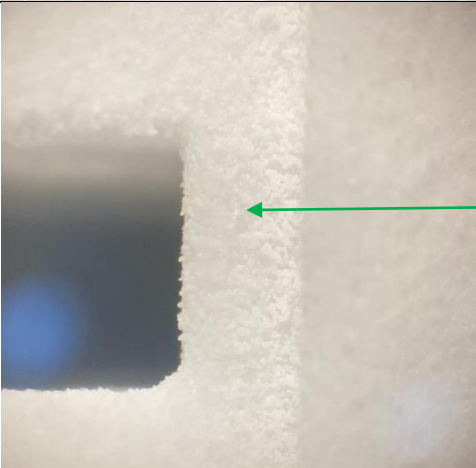
Признак	Иллюстрации
<p>1. Правильная геометрическая форма и равномерная толщина линий слоев, образованная за счет прохождения лазера</p>	
<p>2. Более сглаженная поверхность объекта за счет более плавного взаимодействия слоев друг с другом</p>	
<p>3. Возможны застывшие капли фотополимера</p>	
<p>4. Наличие следов механической или химической постобработки в виде углублений округлой или овальной формы</p>	



Примечание: красящим веществом зеленого цвета обозначены диагностические признаки типа аддитивного производства.


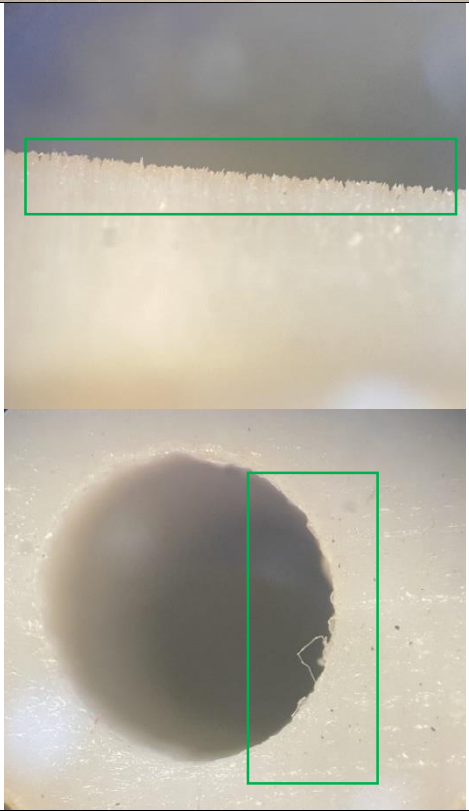

Диагностические признаки технологии 3D-печати – селективного лазерного спекания (SLS)

Признак	Иллюстрации
1. Полосы, характеризующие послойное отверждение порошка	
2. Зернистая структура поверхности, так она образована частицами порошка	
3. Шероховатая и пористая структура поверхности	

<p>4. Неровные края изделия, если оно не подвергалось постобработке по шлифованию</p>	
<p>5. Отсутствие следов удаления поддерживающих конструкций</p>	

Примечание: красящим веществом зеленого цвета обозначены диагностические признаки типа аддитивного производства.

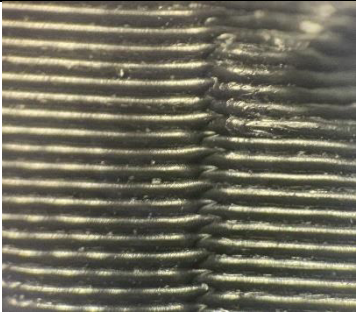
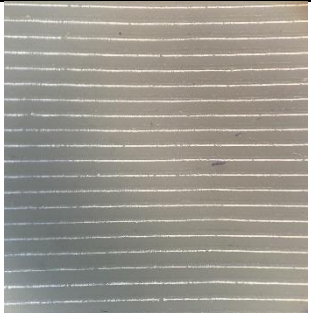


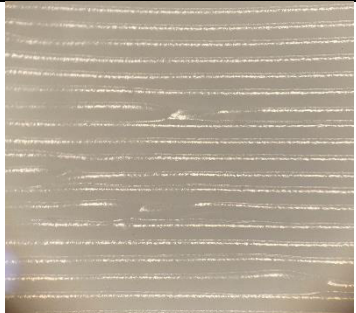
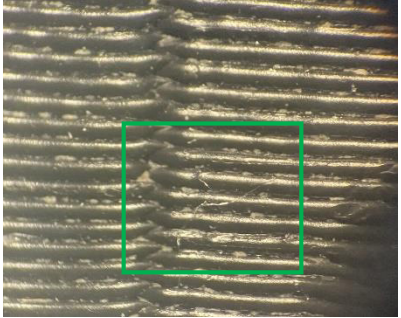
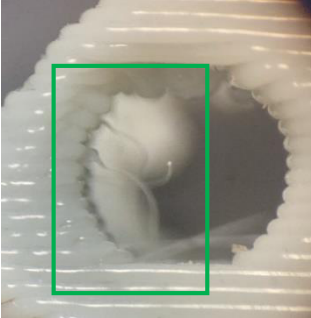
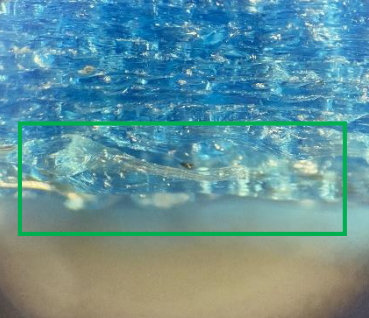
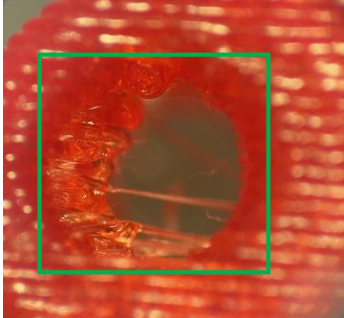
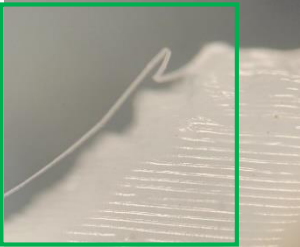
Диагностические признаки технологии 3D-печати – струйной печати (MJ)

Признак	Иллюстрации
<p>1. Гладкая поверхность объекта по сравнению с другими технологиями, слои монолитно сплавлены друг с другом</p>	
<p>2. Неровные края изделия в виде тонких пластин сплавленного полимера</p>	
<p>3. Отсутствие следов удаления поддерживающих конструкций</p>	

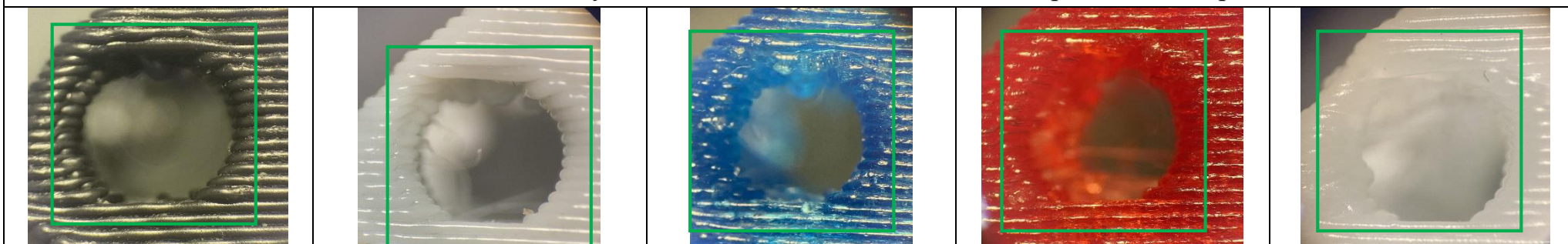
Примечание: красящим веществом зеленого цвета обозначены диагностические признаки типа аддитивного производства.

Отображение признаков технологии трехмерной печати при использовании различных материалов

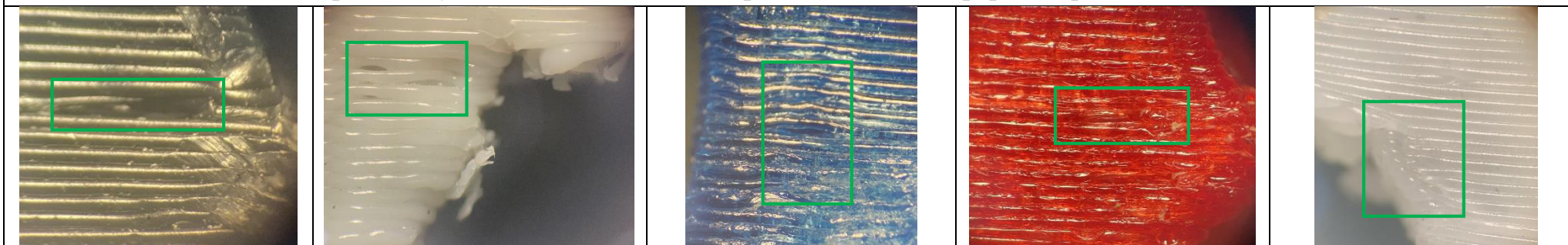
Технология послойного наплавления пластика (технология FDM)

ABS	PLA	PC	PETG	PP
1. Шероховатая ярко выраженная полосовидная поверхность объекта даже при минимальной толщине слоя нити				
				
2. Вытянутые нити пластика, возникшие в результате изменения направления движения экструдера/рабочей платформы принтера				
				

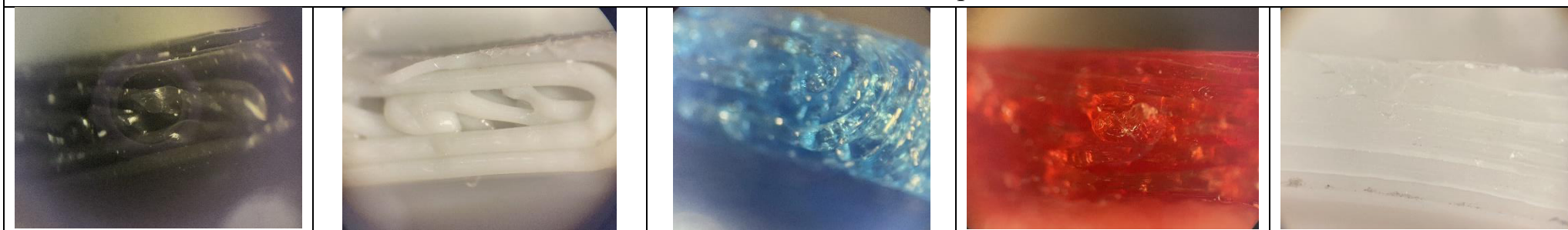
3. Наплывы пластика и утолщения нити в местах сгиба и сопряжения поверхностей



4. Зазоры между слоями пластика, как правило овальной формы, приближенной к овальной





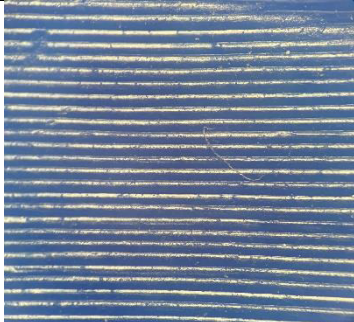
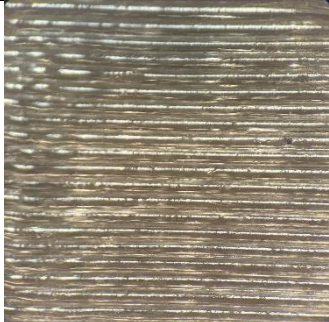
5. Внутренняя поверхность объекта представляет собой хаотично наплавленные нити пластика, расположенные диагонально к внешней поверхности



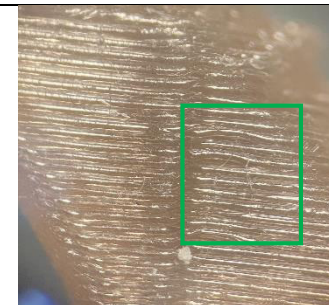
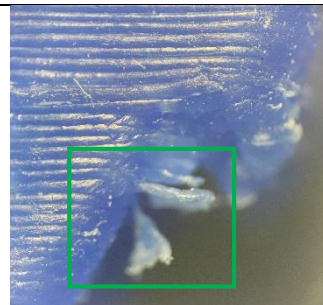
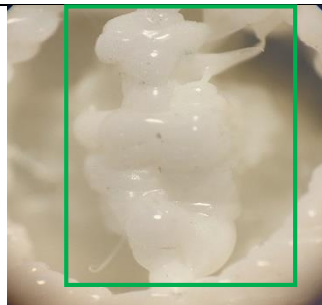
6. Наличие следов механической или химической постобработки (удаление поддерживающих конструкций)



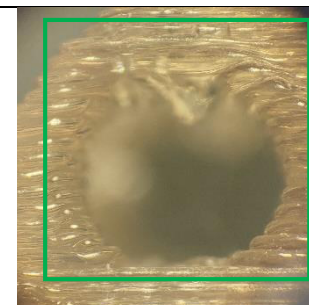
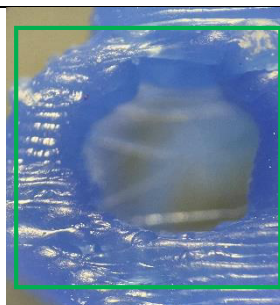
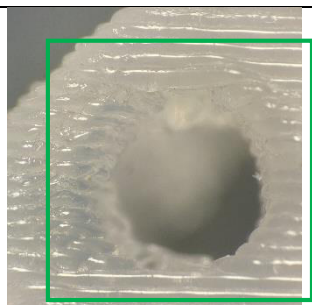
Технология послойного наплавления пластика (технология FDM)

PA12	TPU	WAX	SBS
1. Шероховатая ярко выраженная полосовидная поверхность объекта даже при минимальной толщине слоя нити			
			

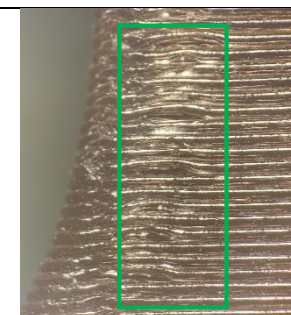
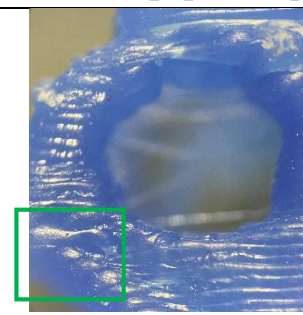
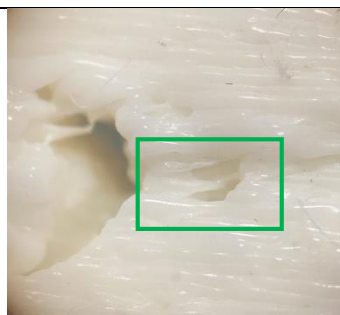
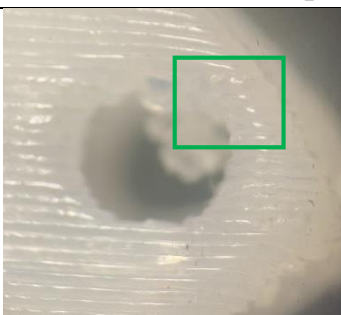
2. Вытянутые нити пластика, возникшие в результате изменения направления движения экструдера/рабочей платформы принтера



3. Наплывы пластика и утолщения нити в местах сгиба и сопряжения поверхностей



4. Зазоры между слоями пластика, как правило овальной формы, приближенной к овальной



5. Внутренняя поверхность объекта представляет собой хаотично наплавленные нити пластика, расположенные диагонально к внешней поверхности



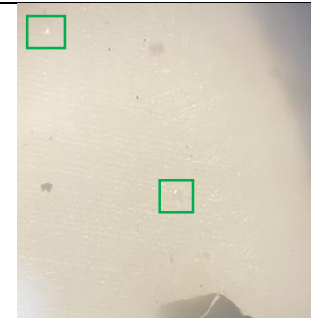
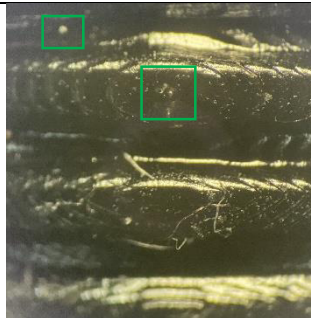
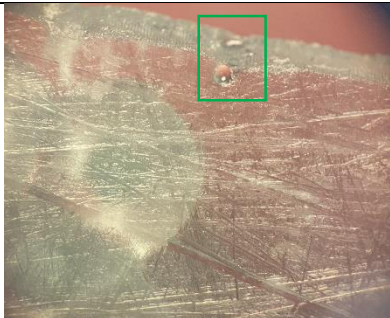
Технология стереолитографии (SLA)

Акриловая смола	Конструкционная уретаново-акрилатная смола	Белая акриловая смола
1. Правильная геометрическая форма и равномерная толщина линий слоев, образованная за счет прохождения лазера		
		

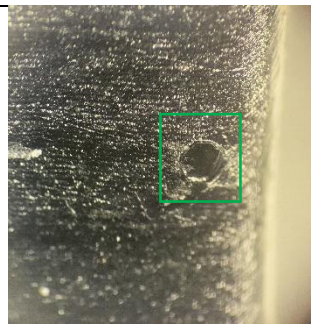
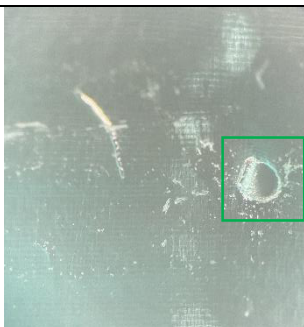
2. Более сглаженная поверхность объекта за счет более плавного взаимодействия слоев друг с другом



3. Возможны застывшие капли фотополимера



4. Наличие следов механической или химической постобработки в виде углублений округлой или овальной формы



МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ **по подготовке исходного материала и построения 3D-модели методом** **трехмерной фотограмметрии**

Введение

Среди методов 3D-моделирования реальных объектов, методу фотограмметрии уделяется большое внимание, благодаря относительной простоте фиксации и низким затратам на аппаратное и программное обеспечение. Фотограмметрия позволяет использовать фотографии для получения надежных и точных измерений, применяя компьютерное обеспечения для создания 3D-модели. Программа считывает позицию каждой камеры и находит совпадающие точки на нескольких фотографиях, затем строит сетку расположения многочисленных точек для создания модели.

Существенными достоинствами метода являются получение графической и числовой информации без контакта с объектом, высокая степень автоматизации обработки изображений и производства измерений, получение информации из объективных отображений (фото, видео, радиогалогаммы), возможность изучения движущихся и быстропротекающих процессов, безопасность для оператора, т.к. возможно дистанционно использовать средства фото- и видеofиксации и передавать изображения сразу на компьютер или смартфон. Однако нельзя не указать и на недостатки метода, которые заключаются в зависимости выполнения фото- и видеосъемки от метеоусловий, условий освещения, так как изменение яркости, посторонние текстуры могут исказить процесс сопоставления фотоизображений.

Особенности осуществления фото- и видеofиксации объектов судебной экспертизы для последующей трехмерной фотограмметрии

Съемку необходимо производить в соответствии с правилами судебной фотографии (методов измерительной съемки, панорамной съемки (круговой и линейной панорамы), макросъемки, микросъемки, а также приемы фотосъемки на месте происшествия).

Исходя из вида исходного объекта (одиночный след, дорожка следов, предмет, место происшествия, помещение) выбирается схема движения при съемке, позволяющая получить серию перекрывающихся фотоизображений либо видеозапись, таким образом, чтобы степень перекрытия фотографий/кадров видеозаписи составляла от 50-80%. Для большинства перечисленных объектов приемлемым является перемещение камеры вокруг объекта, однако для небольших объектов возможно также вращение самого объекта вокруг неподвижной, установленной на штатив камеры.

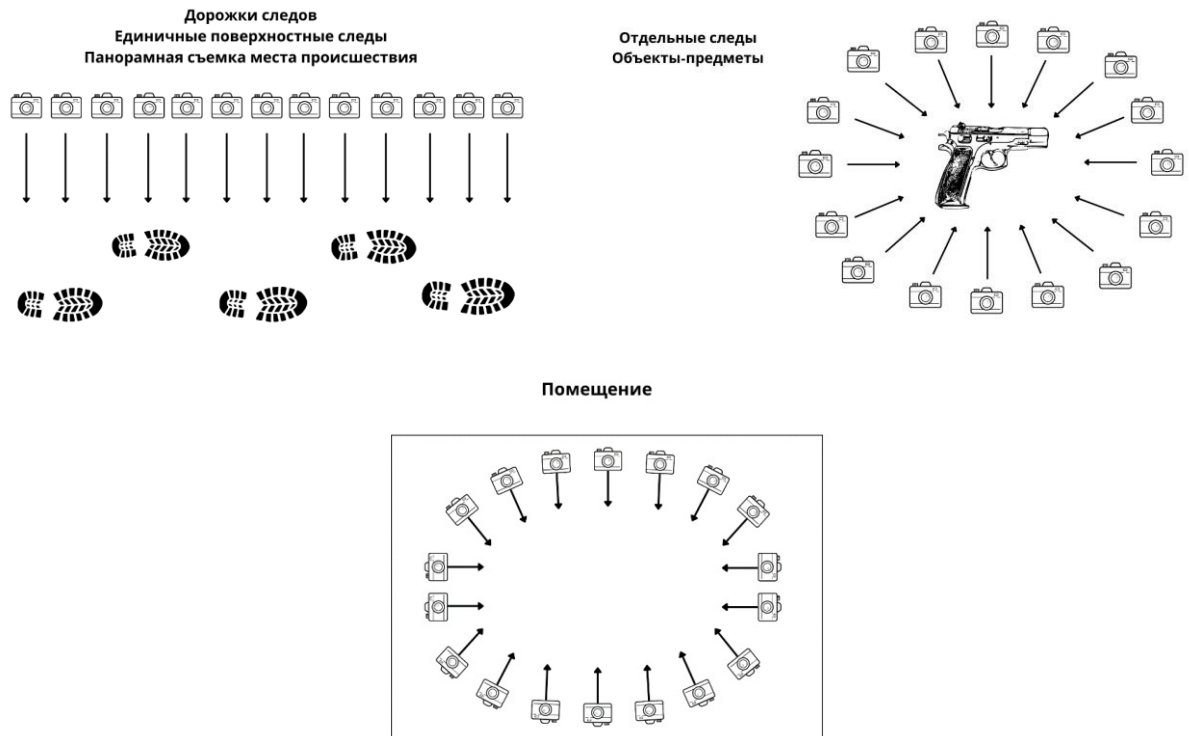


Рис 1-3. Схемы фиксации объектов для построения моделей методом фотограмметрии

Если объект-оригинал фиксируется по правилам детальной фотосъемки, он должен занимать большую часть кадра, а рядом с ним должны располагаться измерительные ориентиры: масштабная линейка либо кодированные метки.

Для успешного производства измерений по модели объекта следует соблюдать следующие правила: при фотосъемке и видеозаписи объекта не перемещать измерительные ориентиры, если имеются неблагоприятные погодные условия либо сложная поверхность объекта, необходимо неподвижно закрепить измерительный ориентир, при применении кодированных меток их количества должно быть достаточно для дальнейшего создания виртуальной масштабной линейки, для корректного построения точек в моделях измерительные ориентиры должны быть в фокусе на фотографиях и видеозаписях.

Съемка должна осуществляться при одном фокусном расстоянии, параметрах экспозиции и баланса белого без изменений на протяжении всей серии кадров. Следует подбирать оптимальное фокусное расстояние исходя из размеров объектов и расстояния от него (за ориентир могут быть взяты значения 30, 50, 70, 105 мм). Значение светочувствительности должно составлять от 100 до 400, т.к. более высокие значения не рекомендованы из-за возникновения шумов, которые в дальнейшем могут повлиять на правильное позиционирование точек при построении модели. Аналогично не рекомендованы параметры длинной выдержки и низкие значения диафрагмы. Если средство фиксации позволяет следует выбирать лучшие форматы сохранения качества (RAW), при производстве видеозаписи выбирать самое высокое качество и частоту кадров.

Количество фотоизображений объекта для адекватной передачи размерных и визуальных характеристик объекта-оригинала должно быть не менее 30. Однако исходя из размеров, сложности объекта количество фотоизображений/кадров

видеозаписи может быть увеличено.

Алгоритм построения моделей на примере отечественной программы фотограмметрии Agisoft Metashape

Если фотосъемка производилась с целью сохранения лучшего качества в формате RAW, их необходимо конвертировать в JPEG в графическом редакторе. Подготовленные видеозаписи следует разделить на кадры. Для каждой серии экспериментальных исследований отбирается необходимое количество фотоизображений/кадров видеозаписи. После чего изображения добавляются в программу Agisoft Metashape во вкладке «Обработка» этап «Добавить снимки».

Перед тем как произвести выравнивание система позволяет автоматически оценить качество снимков по четкости, для чего пользователю необходимо выбрать снимки, которые он хочет проанализировать. Для этого в меню работы с проектом с помощью клавиши *ctrl* выделяются снимки, которые нужно оценить и на правую кнопку мыши выбирается операция «Оценить качество снимков». Фотоизображения, которые имеют качество ниже 0,5 рекомендуется исключить из обработки.

Далее происходит выравнивание фотоснимков способом фототриангуляции¹⁸³. На фотоснимках определяются общие точки после чего проводится луч зрения от положения фотокамеры до этой точки на объекте. Программа находит общие точки снимков и по ним определяет параметры внутреннего и внешнего ориентирования.

Внутреннее ориентирование определяет внутреннюю геометрию камеры или сенсора на момент съемки и используется для преобразования файловой системы координат в пространственную систему координат. Внутренняя геометрия камеры определяется фокусным расстоянием, главной точкой съемки и дисторсией объектива. Параметры внешнего ориентирования характеризуют положение и угловую ориентацию снимка в момент съемки. Линейные элементы внешнего ориентирования определяют пространственное положение центра фотографирования относительно фотограмметрической системы координат местности, угловые элементы – положение плоскости фотоснимка относительно фотограмметрической системы координат.

При нажатии вкладки «Выровнять снимки» появляются предпочтительные параметры этого этапа.

Точность выравнивания определяет размер изображения, которое будет взято для определения параметров внутреннего и внешнего ориентирования и будет ли оно для этого сжато. Высокая точность позволяет использовать фотографии исходного размера, при средней точности размер изображения уменьшается в 4 раза, при низкой – в 16 раз. При очень высокой точности размер изображения увеличивается в 4 раза, что позволяет добиться высокого качества локализации точек. В функции «Преселекция» пользователь может задать значение дистанции

¹⁸³ Фототриангуляция – способ определения координат местности, основанный на обработке перекрывающихся изображений.

съемки. Результатом выравнивания снимков является облако связующих точек и данные о положении и ориентации камер, которые будут использоваться на следующих этапах.

Далее происходит этап построения плотного облака точек путем нажатия на одноименное меню. Процедура построения плотного облака точек выполняется на основе карт глубины, рассчитанных при помощи алгоритма плотной стереорекострукции. Для каждого снимка определены параметры внутреннего и внешнего ориентирования, далее по каждой паре изображений первый-второй рассчитывается карта глубины. На каждый пиксель первого снимка находится соответствующий пиксель второго снимка. Поскольку рекомендованные параметры перекрытия снимков 60-80%, формируется несколько стереопар и строится несколько карт глубины, которые затем синтезируются в итоговую карту глубины. Полученное облако точек может быть экспортировано в другую программу для дальнейшего анализа, а при необходимости, упуская этап работы со снимками, возможно загружать облака точек, полученные в результате применения фотограмметрии в стороннем пакете, либо с помощью лазерного сканирования.

На данном этапе также осуществляется выбор параметра качества плотного облака точек. Для отображения мелких деталей и адекватной передачи геометрии объекта рекомендуется использовать «*Высокое*» и «*Очень высокое*» значения. Качество построения плотного облака точек также зависит от размера исходного изображения. Параметр «*Фильтрация карт глубины*» направлен на определение правильного позиционирования точки и отсекающие точки с неправильным позиционированием. Режим мягкой фильтрации рекомендован для объектов, содержащих большое количество мелких деталей, агрессивной, наоборот, для объектов без них, а режим умеренной фильтрации является средним между двумя предыдущими.

На следующем этапе происходит построение полигональной 3D-модели и/или цифровой модели местности. Каркас из созданных точек переводится во множество многоугольных поверхностей.

Построение полигональной модели возможно несколькими способами. Выбор в качестве исходных облака связующих точек возможен для быстрого построения модели, пропуская второй этап. Если же пользователь хочет получить модель высокого качества и прошел через второй этап, для этого предназначены параметры *Плотное облако точек* и *Карты глубины*.

Выбор типа поверхности определяется целью моделирования. Для большинства моделей подходит параметр *Произвольный*, а *Карта высот* предназначены для построения цифровой модели местности (далее – ЦММ), которая в качестве исходных данных использует результаты аэрофотосъемки. На ЦММ возможно дальнейшее производство измерения координат точек, расстояний, объёмов и площадей.

Важнейшим параметром на данном этапе является *Количество полигонов*, которое определяет степень детализации 3D-модели: низкое количество определяет отношение полигонов к количеству точек как 1/5, среднее – 1/15 и высокое 1/45. В пользовательском режиме вводится определяемое самостоятельно число полигонов. Пользователь оценивает насколько точной необходима модель и

будет ли она подвергаться рендерингу в других программах 3D-моделирования.

Полигональные модели для достижения фотореалистичности проходят этап текстурирования. В заключение вычисляется разрешение и определяется, какие пиксели на фотографии соответствуют какому полигону. Для этого 3D-модель развертывается в плоскость и затем пространственное положение точки ставится в соответствие оригинальной фотографии для задания цвета.

Программная обработка фотоизображений предполагает подбор оптимальных настроек, при которых модель будет отвечать всем критериям для экспертного исследования. В целях дальнейшего применения полученных моделей для решения экспертных задач параметры настроек каждого этапа построения модели должны быть не ниже высоких и очень высоких.

Производство измерений на трехмерных моделях в Agisoft Metashape

Для производства измерения трехмерных моделей необходимо создавать масштабные линейки в программном обеспечении. Создание масштабных линеек в программе осуществляется несколькими способами: с помощью кодированных марок либо введением расстояния вручную между добавленными маркерами. В качестве ориентира для расстановки маркеров при фотографии криминалистических объектов также может служить и масштабная линейка, помещенная рядом с объектом.

При работе с кодированными марками программа способна автоматически распознавать их на фотоизображениях. Для этого на панели *«Инструменты»* нужно выбрать пункт *«Маркеры»* и *«Найти марки»*. Далее необходимо выбрать два маркера, между которыми будет построена масштабная линейка. На панели *«Привязка»* для каждой созданной масштабной линейки ввести расстояние между марками, измеренное ранее. Теперь для пользователя становится доступным инструмент *«Линейка»*, который позволит измерить модель в любом интересующем его месте.

Второй способ производства измерений и создания масштабной линейки по вручную расставленным маркерам на поверхности модели. Для обеспечения точности в расстановки маркеров ориентируются на цену деления криминалистической линейки. При наведении курсора мыши на нужную точку на модели и нажатии правой кнопкой мыши открывается меню, в котором нужно выбрать пункт *«Добавить маркер»*. Следует создать несколько пар подобных маркеров для обеспечения правильности производства расчетов. Дальнейшие действия по созданию масштабной линейки аналогичны предыдущему способу.

После распознавания маркеров и создания масштабных линеек становится возможным производить необходимые измерения с учетом размещения как криминалистической линейки, так и кодированных меток.

Особенности экспертного исследования объектов с помощью методов трехмерной фотограмметрии

Трехмерные модели могут поступать как в качестве объектов судебной экспертизы на электронном носителе, так и быть созданы в процессе её производства в целях решения экспертной задачи. В связи с этим необходимо рассмотреть особенности методики экспертного исследования в случае применения 3D-технологий.

На стадии предварительного исследования экспертом осуществляются типичные действия по ознакомлению с постановлением/определением о назначении экспертизы, уяснению экспертного задания, осмотра упаковки объектов, установления её реквизитов и целостности, соответствия объектов, постановлению о назначении экспертизы, выбору методики исследования. Эксперт принимает решение о целесообразности применения методов трехмерного моделирования и наличии у него необходимых технических средств и программного обеспечения. Эксперт производит фиксацию представленных на экспертизу объектов в соответствии с правилами судебной фотографии и видеозаписи и с учетом результатов экспериментальных исследований, представленных в предыдущем параграфе.

Оригинальные изображения или видеозапись, кадры видеозаписи обязательно должны быть сохранены. Если необходимо произвести обработку с помощью графических редакторов, она применяется только к копиям данных изображений. Причем все предпринятые шаги и используемые методы должны быть задокументированы, чтобы позволить в дальнейшем субъектам оценить, как сам процесс построения модели, так и полученные с её помощью результаты.

Эксперт определяет, являются ли изображения, подходящими для построения модели, либо необходимо осуществить дополнительную фиксацию. Критериями пригодности исходного материала для построения модели служат следующие обстоятельства: зафиксированы ли все стороны объекта, подлежащего построению; получены ли исходные изображения с разрешением, достаточным для отображения особенностей объекта; угол и ракурс съемки и перспектива изображений не приводят к искажению объекта; на изображениях имеются фиксированные объекты, которые не меняют положение в процессе съемки; должен ли быть построен весь представленный объект или только определенная его часть. Если необходимо произвести обработку и улучшение исходных изображений, эксперт производит их с обязательным документированием произведенных изменений.

На стадии раздельного исследования производится исследование каждого объекта в отдельности, выявление их общих и частных признаков. Далее осуществляется построение модели. Подробный алгоритм и параметры, влияющие на результат моделирования были рассмотрены нами ранее. После построения модели эксперт оценивает результаты, проверяет зафиксированы ли на модели необходимые для исследования признаки, и выявляет ошибки, которые могут быть связаны с системой фиксации исходных данных, программным обеспечением,

средствами измерения. Решается вопрос о пригодности представленных объектов, а также построенных моделей для проведения исследования.

Стадии экспертного эксперимента и сравнительного исследования являются стадиями, на которых методы трехмерного моделирования найдут самое распространенное применение. На стадии эксперимента возможна визуализация механизма слеодообразования путем задания контактных поверхностей объектов и режима их взаимодействий. Возможно произвести визуализацию и проверить механизм слеодообразования в программе Agisoft Metashape. Во вкладке «Файл» с помощью команды «Добавить» необходимые модели, например, следа и следобразующего объекта. Необходимо выровнять модели относительно друг друга во вкладке «Обработка» и нажать кнопку «Показать выровненные блоки», чтобы они одновременно были в поле зрения субъекта. Далее имеется возможность произвести перемещение, масштабирование, выравнивание моделей относительно друг друга. Полученные в Agisoft Metashape трехмерные модели возможно сохранять в форматах, поддерживаемых другими пакетами для трехмерного моделирования, например, в формате .obj. Так, например, возможен импорт в программу Blender 3D. Применяя операции «Перемещение» и «Вращение» модели можно расположить рядом друг с другом, совместить и наложить их. При производстве экспертного эксперимента в программах конечно-элементного анализа возможно осуществлять математический эксперимент по проверке механизма слеодообразования. При проведении сравнительного исследования эксперт устанавливает совпадающие и различающиеся признаки объектов с помощью приемов сопоставления, совмещения и наложения. Программное обеспечение трехмерной фотограмметрии позволяет производить сравнение плотных облаков точек, а также накладывать и совмещать сами модели объектов. Кроме того, полученные методом фотограмметрии модели могут быть экспортированы в 3D-редакторы, в которых также возможно различные операции сравнения моделей.

На стадии оценки результатов и формулирования выводов эксперт производит анализ выявленных совпадающих и различающихся признаков, результатов экспериментов с моделями, выявляет и исправляет допущенные ошибки и формирует свое суждение по поставленным вопросам. Основания и полученные результаты должны быть аргументированы в экспертном заключении.

Пример отчета об обработке исходных изображений и этапах построения трехмерной модели в Agisoft Metashape

Исходные данные

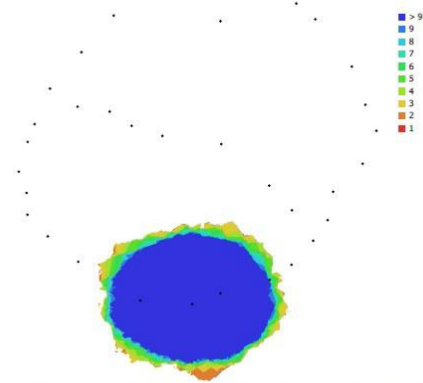


Рис. 1. Положение центров фотографирования и перекрытие снимков.

Всего снимков:	32	Позиций съёмки:	32
		Связующих точек:	30,395
		Проекций:	121,079
		Ошибка репр-я:	1.13 пикс

Модель камеры	Разрешение	Фокусное p-е	Размер пикселя	Калибровка
Canon EOS 5D Mark...	5760 x 3840	75 мм	6,44 x 6,44 мкм	Нет
Canon EOS 5D Mark...	5760 x 3840	67 мм	6,44 x 6,44 мкм	Нет
Canon EOS 5D Mark...	5760 x 3840	80 мм	6,44 x 6,44 мкм	Нет

Таблица 1. Камеры.

Параметры обработки

Основные	
Камеры	32
Выровненные камеры	32
Система координат	Local Coordinates (m)
Углы поворота	Курс; тангаж; крен
Облако точек	
Точек	30,395 из 32,878
СК ошибка репроецирования	0.206087 (1.13203 пикс)
Макс. ошибка репроецирования	0.622243 (47.3828 пикс)
Средний размер точек	4.8592 пикс
Цвета точек	3 канала, uint8
Характерные точки	Нет
Средняя кратность связующих точек	4.15171
Параметры выравнивания	
Точность	Высокая
Общая привязка	Да
Привязка по привязке	Нет
Характерных точек на кадр	40,000
Макс. количество точек на Мпикс	1,000
Связующих точек на кадр	4,000
Поддавить неподвижные связующие точки	Нет
Локальное отжидание снимков	Нет
Адаптивное уточнение модели камеры	Нет
Время отжидания	1 минута 22 секунды
Пиковое потребление памяти отжидания	276.14 Мбайт
Время выравнивания	41 секунда
Пиковое потребление памяти фототриангуляции	21.65 Мбайт
Дата создания	2023:08:23 13:12:29
Версия программы	1.8.4.14493
Размер файла	2.88 Мбайт
Карты глубины	
Количество	32
Параметры построения карт глубины	
Качество	Высокое
Фильтрация карт глубины	Мягкая
Макс. число соседей	16
Время обработки	28 минут 21 секунда
Размер файла	277.97 Мбайт
Плотное облако точек	
Точек	18,768,889
Цвета точек	3 канала, uint8
Параметры построения карт глубины	
Качество	Высокое
Фильтрация карт глубины	Мягкая
Макс. число соседей	16
Время обработки	28 минут 21 секунда
Параметры построения плотного облака	
Время обработки	33 минуты 44 секунды
Дата создания	2023:08:23 14:16:41
Версия программы	1.8.4.14493

Размер файла	244.19 Мбайт
Модель	
Политков	5,953,060
Вершин	2,977,468
Цвета вершин	3 канала, uint8
Текстура	8,192 x 8,192, 4 канала, uint8
Параметры построения карт глубины	
Качество	Высокое
Фильтрация карт глубины	Мягкая
Макс. число соседей	16
Время обработки	28 минут 21 секунда
Параметры реконструкции	
Тип поверхности	Произвольный
Исходные данные	Плотное облако
Интерполяция	Включена
Строгие пространственные маски	Нет
Время обработки	16 минут 48 секунд
Использование памяти	4.14 Гбайт
Параметры текстурирования	
Режим параметризации	Общий
Режим смешивания	Мозаика
Размер текстуры	8,192
Включить заполнение отверстий	Да
Включить фильтрацию шумов	Да
Время параметризации	12 минут 55 секунд
Пиковое потребление памяти параметризации атласа	3.22 Гбайт
Время смешивания текстур	23 минуты 48 секунд
Пиковое потребление памяти смешивания текстур	5.06 Гбайт
Дата создания	2023:08:23 14:38:05
Версия программы	1.8.4.14493
Размер файла	329.85 Мбайт
Система	
Название программы	Agisoft Metashape Professional
Версия программы	1.8.4 build 14493
ОС	Windows 64 bit
ОЗУ	7.90 Гбайт
ЦПУ	Intel(R) Core(TM) i5-5200U CPU @ 2.20GHz
ГПУ	GeForce 940M