

DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-4-19-27

УДК 616.31:340.66

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СТОМАТОЛОГИИ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Верховский А. Е.<sup>1</sup>, Апресян С. В.<sup>2</sup>, Степанов А. Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Смоленский государственный медицинский университет, г. Смоленск, Россия

<sup>2</sup> Институт цифровой стоматологии Медицинского Института Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва, Россия

### Аннотация

Современная цифровая стоматологическая криминалистика произвела революцию в традиционных судебных расследованиях в рамках сбора, анализа и представления судебных доказательств, причем сегодня ее применение становится привычным явлением при расследовании последствий массовых катастроф, землетрясений и террористических актов. Совершенствование программного обеспечения и появление цифровых компьютерных технологий, автоматизированного проектирования и производственных систем, цифровых записей и робототехники, методик бесконтактного вскрытия и виртопсии привели к ускорению и оптимизации процесса идентификации личности путем извлечения большого объема данных и уменьшения возможных погрешностей. Анализ доступных отечественных и зарубежных литературных источников свидетельствует о необходимости проведения комплексного идентификационного исследования с применением разноплановых цифровых методов и традиционных средств оценки имеющегося материала.

**Цель исследования** — проанализировать актуальную научную литературу, посвященную проблемам применения технологий искусственного интеллекта в практике общемедицинской и стоматологической идентификации личности.

**Методология.** Основу настоящего литературного обзора составили 25 источников из следующих баз данных: PubMed, PubMed Central, Scopus, Elibrary, ResearchGate, Google Scholar.

**Результаты.** В статье представлен обзор актуальных методов цифровой судебно-медицинской идентификации личности с применением технологий искусственного интеллекта. Отражены современные аспекты диагностики и комплексного планирования идентификационного исследования с целью эффективного разрешения медико-правовых и стоматологических вопросов.

**Выводы.** На основании проведенного анализа литературы можно заключить, что, в зависимости от сложности и специфичности задач, поставленных в процессе идентификации личности, выбираются оптимальные пути их оперативного решения, причем приоритетом все чаще являются современные цифровые методы исследования с применением технологии искусственного интеллекта. Резюмируя, следует отметить инновационный характер используемых технологий, а также неизбежность процесса внедрения специализированного цифрового программного обеспечения мировым научным сообществом в профессиональную практику идентификации личности.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, идентификация личности, цифровая стоматология, судебная медицина, танатология, компьютерные технологии

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Андрей Евгеньевич ВЕРХОВСКИЙ ORCID ID 0000-0002-1627-9099

к.м.н., доцент кафедры пропедевтической стоматологии, Смоленский государственный медицинский университет, г. Смоленск, Россия  
a.verhovskii@mail.ru

Самвел Владиславович АПРЕСЯН ORCID ID 0000-0002-3281-707X

д.м.н., профессор, директор Института цифровой стоматологии Медицинского Института Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва, Россия  
apresyan@rudn.ru

Александр Геннадиевич СТЕПАНОВ ORCID ID 0000-0002-6543-0998

д.м.н., доцент, профессор Института цифровой стоматологии Медицинского Института Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва, Россия  
stepanovmd@list.ru

Адрес для переписки: Андрей Евгеньевич ВЕРХОВСКИЙ

214006, г. Смоленск, ул. Госпитальная, 13

+7 (920) 3064136

a.verhovskii@mail.ru

### Образец цитирования:

Верховский А. Е., Апресян С. В., Степанов А. Г.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СТОМАТОЛОГИИ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ ЧЕЛОВЕКА. Проблемы стоматологии. 2024; 4: 19-27.

© Верховский А. Е. и др., 2024

DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-4-19-27

Поступила 16.12.2024. Принята к печати 09.01.2025

DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-4-19-27

## MODERN ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN DENTISTRY FOR IDENTIFICATION OF PERSONALITY (A REVIEW)

Verkhovskiy A.E.<sup>1</sup>, Apresyan S.V.<sup>2</sup>, Stepanov A.G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Smolensk State Medical University, Smolensk, Russia

<sup>2</sup> Institute of Digital Dentistry of the Medical Institute of the Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia

### Annotation

Modern digital dental forensics has revolutionized traditional forensic investigations in the collection, analysis and presentation of forensic evidence, and today its use is becoming routine in the investigation of the consequences of mass disasters, earthquakes and terrorist acts. Improvement of software and emergence of digital computer technologies, computer-aided design and manufacturing systems, digital records and robotics, techniques of non-contact autopsy and virtual autopsy (virtopsy) have led to acceleration and optimization of the personal identification process by extracting a large amount of data and reducing possible errors. Analysis of available domestic and foreign literary sources indicates the need for a comprehensive identification study with the use of diverse digital methods and traditional means of evaluating the available biomaterials.

**The aim of the study** is to analyze the current scientific literature related to the application of artificial intelligence technologies in the general medical and dental personal identification practice.

**Methodology.** This literature review was based on 25 sources from the following databases: PubMed, PubMed Central, Scopus, Elibrary, ResearchGate, Google Scholar.

**Results.** The article presents a review of actual methods of digital forensic identification of a person using artificial intelligence technologies. The article covers modern aspects of diagnostics and complex planning of identification study in order to effectively resolve medico-legal and dental issues.

**Conclusions.** Based on the performed literature analysis a conclusion can be drawn up that depending on the complexity and specificity of the tasks set in the process of personal identification, the optimal ways of their operational solution are to be determined, and modern digital methods of research with the use of artificial intelligence technology are increasingly being prioritized. In summary, the innovative nature of the technologies used, as well as the inevitability of introduction of specialized digital software by the world scientific community into the professional practice of personal identification shall be noted.

**Keywords:** artificial intelligence, personal identification, digital dentistry, forensic science, thanatology, computer technology

The authors declare no conflict of interest.

**Andrey E. VERKHOVSKIY** ORCID ID 0000-0002-1627-9099

PhD in Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Propaedeutic Dentistry, Smolensk State Medical University, Smolensk, Russia  
a.verhovskii@mail.ru

**Samvel V. APRESYAN** ORCID ID 0000-0002-3281-707X

Grand PhD in Medical Sciences, Professor, Director of the Institute of Digital Dentistry, Medical Institute of the Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia  
apresyan@rudn.ru

**Aleksandr G. STEPANOV** ORCID ID 0000-0002-6543-0998

Grand PhD in Medical Sciences, Associate Professor, Professor at the Institute of Digital Dentistry, Medical Institute of the Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia  
stepanovmd@list.ru

**Correspondence address: Andrey E. VERKHOVSKIY**

Gospitalnaya str. 13, Smolensk, 214006  
a.verhovskii@mail.ru

### For citation:

Verkhovskiy A.E., Apresyan S.V., Stepanov A.G.

MODERN ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN DENTISTRY FOR IDENTIFICATION OF PERSONALITY (A REVIEW). *Actual problems in dentistry*. 2024; 4: 19-27. (In Russ.)

© Verkhovskiy A.E. et al., 2024

DOI: 10.18481/2077-7566-2024-20-4-19-27

Received 16.12.2024. Accepted 09.01.2025

## Введение

Известно, что долгое время наиболее достоверным вариантом проведения процедуры идентификации являлось визуальное опознание личности близкими родственниками и друзьями, при условии сохранения тканей челюстно-лицевой области. В то же время исследователи подчеркивают, что процесс визуального опознания тела, даже при условии сохранения тканей лица, сопряжен с потенциальным риском ошибочной идентификации. Все дело в том, что при наступлении посмертных изменений внешний вид человека теряет свою привычную, прижизненную уникальность из-за появления начальных признаков необратимых физиологических изменений. Внешние признаки разложения неизбежно прогрессируют, хотя в первое время остаются невидимыми. В дополнение ко всему необходимо помнить об огромной роли психоэмоциональной травмы при виде мертвого тела близкого человека, доставляющей членам семьи и родственникам нестерпимую душевную боль и психологические страдания, а также ряде других социально-экономических проблем проводимого идентификационного исследования.

Сегодня, благодаря появлению альтернативного программного обеспечения, цифровые технологии в судебных расследованиях позволяют преодолеть существующие недостатки традиционных методов идентификации личности, помогают повысить эффективность, объективность, истинность и безопасность проводимого освидетельствования. Ведущие эксперты в области идентификационных исследований все чаще предостерегают глобальную цифровую эволюцию саморазвивающихся систем искусственного интеллекта, призванных к автономному экзистенциализму. Ссылаясь на данные современных научных исследований, следует отметить рост интереса научного сообщества к вопросам внедрения цифровых инновационных решений для повышения эффективности урегулирования комплексных судебно-медицинских экспертных проблем. Таким образом, обобщая результаты проведенных исследований, можно с уверенностью констатировать потенциальные успехи применения цифровых технологий для решения медико-криминалистических вопросов идентификации личности и повышения достоверности предоставляемых судебных стоматологических доказательств.

**Цель исследования** — проанализировать актуальную научную литературу, посвященную проблемам применения технологий искусственного интеллекта в практике общемедицинской и стоматологической идентификации личности.

## Материалы исследования

Проведен поиск и анализ актуальной научной литературы с использованием научных поисковых библиотечных баз данных: PubMed, PubMed Central, Scopus, Elibrary, ResearchGate, Google Scholar. Основу настоя-

щего литературного обзора составили 25 специализированных источников, преимущественно иностранные.

## Практические возможности применения искусственного интеллекта

Сегодня искусственный интеллект проникает во все сферы человеческой жизнедеятельности благодаря эволюционной изобретательности и адаптационной пытливости человеческого ума [1]. Для понимания сути вопроса искусственного интеллекта необходимо пояснить различия базовых понятий искусственного интеллекта, глубокого обучения, машинного обучения и науки о данных. Эти области тесно взаимосвязаны друг с другом и одновременно с тем абсолютно уникальны. Искусственный интеллект является всеобъемлющим научным разделом, реализуемым через широкий спектр методов и методологий, предназначенных для создания специальных интеллектуальных систем [2]. Данный алгоритм призван заменить человеческий интеллектуальный потенциал для выполнения задач визуального восприятия и распознавания речи, принятия решений, обработки естественного языка и решения иных вопросов. В рамках искусственного интеллекта машинное обучение работает как его подмножество, а глубокое обучение — в качестве подмножества машинного обучения. Машинное обучение участвует в разработке алгоритмов и статистических моделей, позволяющих компьютерам обучаться с помощью информационных данных без применения программирования. Методы машинного обучения подразделяются на контролируемые (обучение на основе помеченных данных), неконтролируемые (обучение на основе немаркированных данных) и полууправляемые (обучение на основе комбинации помеченных и немаркированных данных). Примерами использования машинного обучения являются рекомендательные системы, обнаружение мошенничества, прогностическое моделирование [3]. Наука о данных, в свою очередь, опирается на вышеперечисленные области с целью дальнейшего извлечения из них актуальной информации. Она представляет собой междисциплинарный раздел, объединяющий статистические и вычислительные методы со специализированными знаниями различных отраслей для извлечения необходимых сведений из искомым информационных баз. Данная научная область находит практическую реализацию в широком спектре выполняемых задач по сбору, очистке и предварительной обработке сведений, исследовательскому анализу данных, статистическому моделированию и машинному обучению [4].

Искусственный интеллект призван создавать интеллектуальные системы в различных областях науки, включая экспертные системы, робототехнику и обработку естественного языка. Интеллектуальные системы, в свою очередь, способны выполнять привычные задачи человеческого интеллекта по решению широкого спектра проблем: обучения, планирования, распознавания, восприятия и многие другие. Для получения

обширных баз информационных данных искусственный интеллект использует нейронные сети, основанные на структуре человеческого мозга. С помощью автоматической идентификации и процессов извлечения признаков из необработанных данных алгоритмы глубокого обучения способны прогнозировать события и принимать решения, распознавать изображения и речь, обрабатывать естественный язык [5].

Возможности использования искусственного интеллекта безграничны, в частности, известны многочисленные факты его применения в разнообразных повседневных приложениях, таких как персональные помощники для смартфонов, чат-боты для онлайн-обслуживания клиентов, программы распознавания изображений и голоса с помощью камер и виртуальных ассистентов, системы рекомендаций в потоковых сервисах и веб-сайтах электронной коммерции, мониторинг случаев мошенничества в сфере банковских и финансовых услуг, прогнозирующее сопровождение в производстве и промышленности, самоуправляемые автомобили и транспорт, перевод речи и обработка естественного языка в коммуникациях, здравоохранение, медицинская диагностика и персонализация планов лечения.

На сегодняшний день цифровая интеллектуальная медицина и криминалистика преобразовали традиционные судебные расследования с точки зрения сбора, анализа и предоставления судебных доказательств [6]. Не является исключением и цифровая стоматология, представляющая собой неотъемлемую часть судебной медицины, а также играющая важную роль в решении вопросов идентификации личности умерших людей — при отсутствии эффективности визуальной идентификации и иных ее способов. В частности, Ravleen Nagi, Konidena Aravinda, N. Rakesh, Supreet Jain, Navneet Kaur, Amrit Kaur Mann (2019) изучали процесс изменения тенденций в процедурах идентификационных исследований посредством направленной цифровизации судебной стоматологии [7].

Общеизвестно, что факт захоронения останков без установления личности является конфликтным обстоятельством по отношению к большинству общепринятых религиозных, культурных и этических социальных норм и предполагает забвение памяти о личности, жизни и деятельности человека. С целью предотвращения данных обстоятельств власти ряда стран выступают гарантами проведения процедуры обязательной идентификации личности перед захоронением или кремированием тела [8]. Так, положительный результат идентификации личности погибшего решает проблему соблюдения этической составляющей, а также помогает решить вопросы вступления в права наследования и страхования. Интересен тот факт, что при визуальном опознании идентификатор не определяет идентичность личности, а лишь подтверждает или опровергает гипотезу о возможном соответствии, выдвинутую ранее следственными органами. В случае, если тело остается неопознанным, возникает преце-

дент создания ряда проблем морального, правового и финансового характера для родственников погибшего. Судебно-медицинские эксперты, представители бюро судебно-медицинской экспертизы, правоохранительных органов и следственных учреждений пользуются различными научными и ненаучными приемами и методами для решения вопросов, связанных с процедурой идентификации личности [9]. Необходимо отметить, что традиционным методом, используемым в работе всех вышеперечисленных юрисдикций, является визуальное опознание тела родственниками или друзьями. В то же время исследователи подчеркивают, что вопросы точности данного вида идентификации, с учетом возможности ошибки при значительных поражениях челюстно-лицевой области, остаются дискуссионными. Вследствие этой особенности визуальное опознание не является доказательством строгой идентичности, но лишь позволяет предположить личность человека, приближая экспертов к формулировке правильного заключения.

Кроме того, не менее сложной задачей экспертизы становится соблюдение чистоты эксперимента путем создания строгой идентичности условий проведения посмертного и прижизненного исследований. Вследствие этого необходимо отметить, что действующий эксперт должен обладать высокими профессиональными компетенциями как в рамках теоретической подготовки, так и практического, опытного применения всевозможных техник идентификации.

Таким образом, сегодня цифровую криминалистику можно определить как «применение компьютерных наук и следственных процедур в юридических целях, включающих анализ цифровых доказательств». Благодаря совершенствованию программного обеспечения цифровые технологии в судебных расследованиях становятся все более распространенным явлением, особенно при оценке последствий массовых катастроф. Кроме того, этому способствует дентальный рентгенографический и фотоматериал, играющий важную роль в процессе идентификации личности и оценке возраста потерпевших путем сравнения данных предсмертного и посмертного исследований после предварительной идентификации подозреваемого [10].

По утверждениям специалистов, традиционно выделяют 2 основополагающих группы методов идентификации личности, а именно методы, предполагающие проведение презумптивной (предварительной) идентификации, а также методы, базирующиеся на точном научном анализе идентификационных признаков исследуемого тела. Предварительная идентификация носит субъективный характер и проводится с помощью анализа так называемых вторичных идентификационных признаков, то есть визуального опознания или оценки косвенных доказательств, обнаруженных рядом с телом погибшего. Точный научный анализ проводится посредством изучения первичных идентификационных признаков, таких как зубные протезы, отпечатки пальцев, ДНК-материал или данные меди-

цинской документации [11]. При этом, наряду с объективной оценкой, проводится исчерпывающее количественное и качественное сравнительное исследование прижизненных и посмертных признаков, исключающее возможность фальсификации данных.

Сегодня молекулярный биологический метод среди всех научных способов является единственным, гарантирующим математически аргументированную количественную степень уверенности относительно соответствия конкретной пары любых идентификационных признаков. Однако многие исследователи констатируют факт возникновения разногласий во время судебных заседаний по причине отсутствия унифицированного критерия идентичности, обозначающего точные количественные и качественные характеристики доказательной базы для вынесения положительного результата идентификации. Кроме того, не исключен и субъективизм умозаключения экспертов, а также несовершенство методологии, инициирующие возникновение дополнительных вопросов со стороны присяжных, не обладающих соответствующими профессиональными компетенциями. Вышеперечисленные особенности зачастую становятся непреодолимым препятствием к достижению окончательного позитивного результата идентификации при формировании экспертного заключения. При этом, по мнению специалистов, даже несколько характеристик с редкой частотой встречаемости могут быть гарантией надежного результата исследования. Данное понимание достигается как регистрацией выявленного признака, так и посредством анализа его качественных особенностей. Например, сравнительная детализация прижизненных и посмертных рентгенограмм помогает определить точные топографо-анатомические особенности каждого зуба и смежных структур [12]. В то же время исследователи подчеркивают неравнозначность доказательных критериев, приводя пример положительной идентификации при исследовании одного атипичного зуба, против случаев, когда для вынесения экспертного заключения необходимо исследовать весь зубной ряд. Необходимо отметить, что до сих пор отсутствует надежный алгоритм количественной оценки совпадений, способный исключить субъективную составляющую итоговых суждений.

### Методы идентификации личности

Традиционно визуальное опознание остается одним из основных методов идентификации личности, несмотря на отсутствие научной обоснованности и относительный субъективизм. В сложных случаях неэффективности визуального опознания судебные эксперты прибегают к использованию ряда научно обоснованных способов: молекулярно-биологической идентификации, изучению медицинской документации, дактилоскопии, сравнительной оценке дентального статуса с записями амбулаторной карты стоматологического больного. ДНК-профили, используемые в качестве идентификационных критериев,

шифруются набором чисел и составляют ДНК-палитру личности [13]. Метод ДНК-дактилоскопии использует повторяющиеся, сильно варьирующие последовательности так называемых «локусов с варьирующимся числом tandemных повторов», или «tandемные повторы с переменным числом звеньев» (VNTRs — variable number of tandem repeats). VNTR-локусы идентичны у родственников и сильно отличаются у чужих людей. В ситуациях сильного разрушения останков, при невозможности полноценного анализа профиля ядерной ДНК, проводится анализ митохондриальной ДНК, хотя, по мнению авторов, данный метод менее точен. ДНК-идентификация проводится посредством сравнения прижизненного эталонного образца с посмертным и предполагает как прямое сравнение с ДНК погибшего, так и сравнение с ДНК близких родственников. Выводы экспертного заключения, опирающиеся на данные молекулярно-биологического исследования, отражают количественный критерий сопоставимости образцов и выражаются в показателях степени вероятности совпадения. В то же время исследователи подчеркивают, что использование методов ДНК-дактилоскопии сопряжено с возможными погрешностями из-за потенциальной вероятности загрязнения материала при его вторичном переносе. Вследствие этого возможно возникновение сомнений в достоверности материала исследований и формулирование ошибочного заключения по ДНК-профилю.

Несмотря на это, приводятся сведения об увеличении числа идентификационных расследований с применением дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), являющейся надежным источником аутентификационной информации. Сегодня роботы-криминалисты обеспечивают полную автоматизацию процесса отбора образцов ДНК, включающего в себя этапы экстракции, количественной оценки и разведения. Parys-Proszek A., Marcińska M., Branicki W. et al. (2019) подтверждают эффективность применения BioRobot M 48 для извлечения ДНК из большинства образцов исследуемого материала во многих судебно-медицинских лабораториях [14]. Авторы отмечают, что внедрение биоробототехники способствовало оптимизации процесса идентификации личности за счет цифровой автоматизации процесса обработки информации и перераспределения профессиональных усилий судебно-медицинского эксперта на вопросах анализа и интерпретации полученных данных. Таким образом, применение биоробототехники в практике идентификационных исследований позволило повысить эффективность процесса профилирования ДНК за счет его ускорения, исключения человеческого фактора, и, как следствие, сокращения потенциальных ошибок.

Прогресс в области интеллектуальной цифровой медицины изменил традиционные подходы, в том числе в области посмертной экспертизы, превратив привычные вскрытия трупов во вскрытия без скальпеля, виртуальное вскрытие или так называемую «виртопсию» [15]. Современные методы углубленной

диагностики и сканирования, в том числе компьютерная и магнитно-резонансная томография, позволяют исследовать трупный материал, обеспечивая сверхточные и специфические результаты. Так, методика виртопсии выполняется путем предварительного размещения маркеров на поверхности исследуемого трупа с помощью Virtibot и сканирования поверхности тела с помощью стереоскопических камер для создания цветного 3D-изображения. Процедура поверхностного сканирования завершается проведением компьютерной и магнитно-резонансной томографии, а также магнитно-резонансной спектроскопии (MRS). Следующим этапом обработки данных является их редактирование с цветовой маркировкой исследуемых тканей в зависимости от их плотности. Авторы рассматривают магнитно-резонансную спектроскопию в качестве новейшего метода виртопсии, позволяющего определить точное время смерти индивидуума по данным измерения показателей относительной концентрации различных метаболитов в тканях. Приводятся сведения об использовании магнитно-резонансной микроскопии с целью визуализации микроструктур небольших образцов биологических тканей и их одиночных клеток. Кроме этого, для изучения применяемого оружия и характера нанесенных им повреждений используется метод микротомографии [16]. Исследователи подчеркивают наличие большого количества преимуществ у виртопсии по сравнению с методикой классического вскрытия трупа. Отмечается возможность безопасного исследования токсинов и травматических повреждений, неинвазивного определения глубины проникновения инородного тела, а также легкой архивации и использования полученных электронных данных. Кроме того, виртопсия имеет благоприятное социально-религиозное значение благодаря отсутствию любых инвазивных манипуляций с исследуемым телом. Однако авторы отмечают и недостатки данного метода в виде отсутствия прямого контакта исследователя с изучаемым объектом, что значительно ограничивает возможность получения целого спектра объективной экспертной информации, а также дороговизну используемого оборудования.

Необходимо отметить некоторые аспекты посмертного исследования трупных изменений, а именно судебной танатологии. В частности, в рамках судебных стоматологических исследований известен так называемый феномен розового зуба, представляющий собой атипичный результат вскрытия и проявляющийся в розоватом или красноватом окрашивании твердых тканей зуба. Суть явления заключается в повышенной фибринолитической активности пульпы, способствующей быстрому распаду эритроцитов и диффузии гемоглобина и его производных в ткани дентина. Большинство авторов подчеркивают, что посмертные розовые зубы не следует рассматривать как надежный одонтологический параметр для определения причины смерти, однако данное явление является надежным индикатором трупного разложения [17].

Для оптимизации процесса идентификационного исследования применяют специальные криминалистические сравнительные микроскопы, позволяющие проводить одномоментную сравнительную оценку изучаемого образца с собранными доказательствами. Прибор объединяет в себе два цифровых микроскопа с центральным окуляром, позволяющие производить одномоментное исследование материала, причем объективы дают возможность эффективно увеличивать получаемое изображение с визуализацией на компьютерном мониторе. Преимущества применяемой аппаратуры состоят в удобстве и скорости проведения сравнительного идентификационного анализа, а также возможности более углубленного изучения и интерпретации полученных данных.

Идентификация с помощью отпечатков пальцев (дактилоскопия) базируется на сравнительном исследовании прижизненных и посмертных образцов отпечатков экспертом или экспертной системой. Целью анализа является определение возможного соответствия полученных отпечатков гребешковой кожи одного и того же пальца ладони, ступни или большого пальца ноги с отпечатками с предметов и поверхностей, которых, возможно, касался погибший. Несмотря на давность применения дактилоскопии в качестве метода идентификации личности по антропометрическим системам, следует отметить, что субъективный характер и возможные ошибки исследования отпечатков пальцев стали предметом научных дискуссий представителей судебной системы и СМИ. Следует отметить, что использование данных медицинской документации в ходе идентификации в полной мере аргументировано в случаях достаточного количества прижизненных информационных сведений об уникальном ятрогенном характере вмешательства или заболевания.

Однако современное развитие компьютерных технологий обеспечивает рост автоматизации за счет внедрения эффективных автоматизированных систем, в том числе в деятельность правоохранительных органов [18]. Так, прижизненные образцы могут быть предварительно подготовлены в рамках реализации автоматизированной дактилоскопической информационной системы (АДИС). Следует также отметить высокую эффективность применения АДИС, обеспечивающую топологический подход и автоматическое кодирование папиллярных узоров, инвариантность к масштабу вводимых дактилоскопических изображений, работу со следами и отпечатками ладоней, поддержку любого объема баз данных, технологию высокой готовности и высококачественного ввода дактилоскопических изображений, обмен дактилоскопической информацией, возможность функционирования удаленных станций АДИС. В открытых литературных источниках приводятся доступные сведения об успешном применении автоматизированной дактилоскопической информационной системы «АДИС Папилон» с целью реализации задачи экспресс-идентификации. Данная

система широко применяется в России для автоматизации дактилоскопических учетов, обеспечения функционирования электронных баз данных дактилоскопических карт и следов, а также автоматизации процесса дактилоскопической идентификации. Организация оперативного удаленного доступа к базам данных «АДИС Папилон» позволяет перейти на качественно новый уровень использования информационного потенциала дактилоскопических учетов для решения любых задач, требующих надежной идентификации личности [18]. Таким образом, помимо решения вопросов криминалистического и социально-экономического характера, система позволяет устанавливать личность жертв терактов, катастроф, военных действий, стихийных бедствий, а также определять подлинность биометрических документов через регистрационные базы данных биометрических документов при помощи баз данных добровольной и обязательной дактилоскопической регистрации [18].

### **Особенности стоматогнатической идентификации**

Комплекс экспертно-медицинских задач, решаемых специалистами-стоматологами в процессе рассмотрения судебных дел, довольно велик. Кроме проблемы идентификации личности, он включает в себя разнообразные медико-правовые вопросы: определение возраста погибшего, оценку тяжести травм челюстно-лицевой области, анализ следов укуса [19]. Так, последний включает в себя оценку повреждения кожи на месте травмы, нанесенной зубами, и является одним из самых спорных разделов судебно-медицинской практики [20]. Субъективный характер экспертных выводов по данным исследования зачастую не аргументирован научно и основан лишь на личном мнении специалиста. Для преодоления существующих недостатков традиционных методов были предложены цифровые способы исследования следов укуса [20]. В частности, используются 3D-анализ уникальности зубных рядов (UHD) и 2D-моделирование морфологических особенностей твердых тканей зубов человека. Проводится внедрение в судебно-медицинскую экспертизу автоматизированного программного обеспечения для 3D-идентификации, эффективность клинического применения которого была подтверждена в рамках судебно-медицинских стоматологических исследований [21].

Исследование травм черепно-челюстно-лицевой области является динамично развивающимся разделом судебной стоматологии и включает в себя изучение стоматологического статуса живых и погибших лиц, формулировку экспертных заключений с точным описанием анатомических особенностей травмированной области, оценку тяжести повреждений и установление направления действия травмирующих сил. Данная область судебно-стоматологической практики требует узкоспециализированных теоретических знаний эксперта в области топографической анатомии челюстно-лицевой области, практической подготовки

и понимания изменений биомеханики костных структур при воздействии различных видов травмирующих факторов как по силе, так и по вектору приложения [22]. Следует отметить, что процесс интерпретации телесных повреждений сопровождается установлением природы травмирующего объекта в случае определения его уникальных характеристик.

Помимо судебно-стоматологической травматологии, известны сообщения об успешном применении искусственного интеллекта в танатологии, посмертных идентификационных исследованиях, микроскопической и токсикологической диагностике. Анализируя юридические и медико-правовые аспекты использования искусственного интеллекта, эксперты рассматривают потенциальные возможности его применения лишь в качестве вспомогательного инструмента исследования. При этом, формулирование окончательных выводов и принятие решений о практической реализации поставленных задач должны оставаться всецело в компетенции самого человека.

Задача определения возраста традиционно решалась путем интерпретации разных периодов развития зубов и сравнения индивидуальных данных с опубликованными эталонными стандартами. Большинство методик определения возраста по стоматологическому статусу основываются на дифференцированном развитии прикуса ребенка до 15 лет. Для лиц старшего возраста интерпретация критериев состояния зубочелюстной системы сводится исключительно к регистрации особенностей развития третьего моляра [23]. Необходимо отметить, что для третьего моляра чаще всего характерна клиническая вариабельность развития и строения, что является существенным ограничением использования его в экспертной практике. В последние годы многие исследователи констатируют факт несоответствия общепринятых классических стандартов развития зубов с их актуальными, современными параметрами вследствие процессов эволюционного прогресса, географической миграции и социально-экономической реорганизации. В связи с этим ведется активная работа, направленная на формирование новых стандартных баз данных для определения возраста населения во всем мире, в том числе для возрастных групп старше 18 лет. С целью оптимизации решения данной проблемы применяется мультифакторный анализ ряда признаков стоматогнатической и постуральной систем с учетом степеней развития третьего моляра, комбинация которых позволяет получить фактические параметры [24]. В частности, для оценки возраста по третьим нижним молярам был представлен автоматизированный экспериментальный метод трехмерной магнитно-резонансной томографии, а также иные методы определения стадийности развития постоянных зубов с помощью глубокой сверточной нейронной сети (CNN) [25]. Вследствие возрастающей проблемы миграции населения и отсутствия доказательной документации проблема определения возраста становится особенно актуальной. Судебные

стоматологи играют важную роль не только в описании и оценке травматических повреждений, а также в оказании помощи правоохранительным органам путем формирования причинно-следственных связей преступления. Базовые принципы судебно-медицинской экспертизы травм челюстно-лицевой области взрослых и детей являются аналогичными. Однако у последних необходимо учитывать возрастные особенности развития и биомеханики зубочелюстной системы.

В специальной литературе приводятся сведения о росте числа расследований, связанных со случаями ненадлежащего оказания стоматологической помощи, а также схем страхового мошенничества при предоставлении стоматологических услуг. Для высококвалифицированного решения подобных вопросов специалист по судебно-стоматологической экспертизе обязан иметь комплексную клинично-правовую подготовку, включающую в себя знание профильных законодательных актов, актуальных протоколов и стандартов лечения, владеть информацией об инновационных материалах и технологиях стоматологической науки.

Специалисты отмечают, что идентификация личности путем сравнения и интерпретации данных стоматологической документации является весьма субъективной и аналогична анализу отпечатков пальцев. В то же время исследователи подчеркивают, что понимание присяжными факта несоответствия сопоставляемых стоматологических данных более доступно, чем степени соответствия идентичных профилирующих признаков. При этом очевидность интерпретации данных стоматологических рентгенограмм по сравнению с топологическими характеристиками гребневого счета, связности и папиллярного узора дактилоскопии является понятной даже при отсутствии специальной подготовки.

Имеются сведения Matsuda S., Yoshimura H. (2022) об успешном клиническом применении искусственного интеллекта с целью распознавания стоматологических фото- и рентгенологических материалов в процессе идентификации личности. Так, была выявлена высокая диагностическая эффективность сверточных нейронных сетей с целью распознавания ортопантограмм. Кроме того, приводятся данные о возможности дальнейшего анализа снимков, составлении диагностических карт и объективизации полученных прогностических параметров для процедуры последующей идентификации. На основании результатов комплексного исследования рентгенограмм, фото- и видео материала, а также данных трехмерного

сканирования была разработана специализированная дистанционная судебно-стоматологическая аналитическая система.

Однако систематические литературные обзоры цифровых технологий в практике стоматологической идентификации личности свидетельствуют о наличии трудностей профессиональной популяризации инноваций из-за высоких цен на соответствующее оборудование и программное обеспечение. В связи с этим наблюдается более медленный рост темпов цифровизации сферы криминалистической и идентификационной стоматологии по сравнению с другими медицинскими отраслями.

### Заключение

Цифровая стоматология является современной научно-практической дисциплиной, обеспечивающей надежность и социально-экономическую эффективность процесса идентификации личности погибшего в рамках действующей буквы закона. Доказано, что одним из основных условий результативности проведения идентификационных исследований во многом является наличие корректных прижизненных данных стоматологической документации, позволяющих избежать применения более длительных и дорогостоящих методов исследования. Кроме того, добросовестное ведение стоматологической документации обеспечивает устойчивую тенденцию к улучшению качества оказываемых медицинских услуг и повышает эффективность лечения стоматологических пациентов. Однако для обеспечения логистики проведения идентификационных исследований судебный стоматолог должен ориентироваться в ограничениях и возможностях применения традиционных и современных методов идентификации личности. Сегодня требования, предъявляемые к компетентным специалистам данной области, весьма высоки, а их подготовка является несомненной прерогативой системы высшего медицинского образования. Исходя из этого, современный эксперт должен иметь фундаментальные знания в области теоретической стоматологии, права, патологической анатомии, молекулярной биологии, антропологии, практический опыт в сфере судебной медицины и компьютерных технологий. Таким образом, повышение эффективности процесса идентификации личности возможно лишь путем применения комплексного междисциплинарного подхода на основании классических судебно-медицинских знаний и методов с использованием современных цифровых технологий медицины и стоматологии.

### Литература/References

1. Kim S, Lee YH, Noh YK, Park FC, Auh QS. Age-group determination of living individuals using first molar images based on artificial intelligence // *Sci Rep.* 2021;11(1): 1073. doi:https://doi.org/10.1038/s41598-020-80182-8. PMID: 33441753.
2. Wang X, Liu Y, Miao X, Chen Y, Cao X, Zhang Y, et al. DENSEN: a convolutional neural network for estimating chronological ages from panoramic radiographs // *BMC Bioinformatics.* 2022;23(3): 426. doi:https://doi.org/10.1186/s12859-022-04935-0
3. Shen S, Liu Z, Wang J, Fan L, Ji F, Tao J. Machine learning assisted Cameriere method for dental age estimation // *BMC Oral Health.* 2021;21(1):641. doi:https://doi.org/10.1186/s12903-021-01996-0. PMID: 34911516.
4. Oliva G, Pinchi V, Bianchi I, Focardi M, Paganelli C, Zotti R, et al. Three-Dimensional Dental Analysis for Sex Estimation in the Italian Population: A Pilot Study Based on a Geometric Morphometric and Artificial Neural Network Approach // *Healthcare (Basel, Switzerland).* 2021;10(1):9. doi:https://doi.org/10.3390/healthcare10010009. PMID: 35052173.
5. Milošević D, Vodačić M, Galić I, Subašić M. A Comprehensive Exploration of Neural Networks for Forensic Analysis of Adult Single Tooth X-Ray Images // *IEEE Access.* 2022;10:70980–1002. doi:https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3187959



6. Franco A, Porto L, Heng D, Murray J, Lygate A, Franco R, et al. Diagnostic performance of convolutional neural networks for dental sexual dimorphism // *Sci Rep.* 2022;12(1):17279. doi:<https://doi.org/10.1038/s41598-022-21294-1>. PMID: 36241670.
7. Ravleen Nagi, Konidena Aravinda, N. Rakesh, Supreet Jain, Navneet Kaur, Amrit Kaur Mann. Digitization in forensic odontology: A paradigm shift in forensic investigations // *J Forensic Dent Sci.* – 2019;11(1):5-10. doi:[https://doi.org/10.4103/jfo.jfds\\_55\\_19](https://doi.org/10.4103/jfo.jfds_55_19)
8. Bassed R. Судебная стоматология: больше чем просто идентификация. Главный врач юга России. 2015;5(47):27-32. [Bassed R. Sudebnaja stomatologija: bol'she chem prosto identifikacija. Glavnyj vrach juga Rossii. 2015;5(47):27-32. (In Russ.)]. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_27199583.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_27199583.pdf)
9. Bianchi I, Oliva G, Vitale G, Bellugi B, Bertana G, Focardi M, et al. A Semi-Automatic Method on a Small Italian Sample for Estimating Sex Based on the Shape of the Crown of the Maxillary Posterior Teeth // *Healthcare.* 2023;11(6):845. doi:<https://doi.org/10.3390/healthcare11060845>
10. Kaul B, Vaid V, Gupta S, Kaul S. Forensic Odontological Parameters as Biometric Tool: A Review // *Int J Clin Pediatr Dent.* 2021;14(3):416–419. doi:<https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1967>. PMID: 34720517.
11. Трезубов В.Н., Попов В.Л., Розов Р.А. Судебно-стоматологическая идентификация личности пользователя полным съемным протезом. Стоматология. 2020;99(1):43-48. [V.N. Trezubov, V.L. Popov, R.A. Rozov. Dental forensic identification of the user of a complete removable denture. Stomatology. 2020;99(1):43-48. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/stomat20209901143>
12. Li Y, Huang Z, Dong X, Liang W, Xue H, Zhang L, et al. Forensic age estimation for pelvic X-ray images using deep learning // *Eur Radiol.* 2019;29(5):2322–2329. doi:<https://doi.org/10.1007/s00330-018-5791-6>. PMID: 30402703.
13. Sarkar A, Nandineni MR. Development of a SNP-based panel for human identification for Indian populations // *Forensic Sci Int Genet.* – 2017;27:58-66. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2016.12.002>. PMID: 27992827.
14. Parys-Proszek A, Marcińska M, Branicki W, Pawłowski R, Kupiec T, Grzybowski T, Woźniak M, Spólnicka M, Jacewicz R. Examination of LT-DNA traces - literature overview and general recommendations of the Polish Speaking Working Group of the International Society for Forensic Genetics (ISFG-PL) // *Arch Med Sadowej Kryminol* – 2020;70(2-3):103-123. doi:<https://doi.org/10.5114/amsik.2020.104489>
15. Badam RK, Sownetha T, Babu DB G, Waghay S, Reddy L, Garlapati K, Chavva S. Virtopsy: Touch-free autopsy // *J Forensic Dent Sci.* – 2017;9(1):42. doi:[https://doi.org/10.4103/jfo.jfds\\_7\\_16](https://doi.org/10.4103/jfo.jfds_7_16). PMID: 28584475.
16. Joseph TI, Girish KL, Sathyan P, Kiran MS, Vidya S. Virtopsy: An integration of forensic science and imageology // *J Forensic Dent Sci.* – 2017;9(3):111-114. doi:[https://doi.org/10.4103/jfo.jfds\\_52\\_16](https://doi.org/10.4103/jfo.jfds_52_16). PMID: 29657485.
17. Franco A, Mendes SD, Picoli FF, Rodrigues LG, Silva RF. Forensic thanatology and the pink tooth phenomenon: From the lack of relation with the cause of death to a potential evidence of cadaveric decomposition in dental autopsies – Case series // *Forensic Sci Int.* - 2018;291:e8-12. doi:<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2018.08.011>. PMID: 30193746.
18. Сафонов А.А. Современная автоматизированная дактилоскопическая идентификационная система органов внутренних дел Российской Федерации. Вестник экономической безопасности. 2021;3:179-183. [Safonov A.A. Sovremennaja avtomatizirovannaja daktiloskopicheskaja identifikacionnaja sistema organov vnutrennih del Rossijskoj Federacii. Vestnik jekonomicheskoj bezopasnosti. 2021;3:179-183. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.24412/2414-3995-2021-3-179-183>
19. Domínguez-Rodrigo M, Baquedano E. Distinguishing butchery cut marks from crocodile bite marks through machine learning methods // *Sci Rep.* 2018;8(1):5786. doi:<https://doi.org/10.1038/s41598-018-24071-1>. PMID: 29636550.
20. Игумнова А.С., Игумнова В.С. Укус как орудие нападения. Криминалистическое исследование. Вопросы российской юстиции. 2020;10:332-342. [Igumnova A.S., Igumnova V.S. Ukus kak orudie napadenija. Kriminalisticheskoe issledovanie. Voprosy rossijskoj justicii. 2020;10:332-342. (In Russ.)]. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_44598455](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44598455)
21. Qing-nanMou, Ling-ling Ji, Yan Liu, Pei-rong Zhou, Meng-qi Han, Jia-min Zhao, Wen-ting Cui, Teng Chend, Shao-yi Du, Yu-xia Hou, Yu-cheng Guo. Three-dimensional superimposition of digital models for individual identification // *Forensic Sci Int.* – 2021; 318:110597. doi:<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110597>. PMID: 33279768
22. Amasya H, Yildirim D, Aydogan T, Kemaloglu N, Orhan K. Cervical vertebral maturation assessment on lateral cephalometric radiographs using artificial intelligence: comparison of machine learning classifier models // *Dento Maxillo Facial Radiol.* 2020;49 (5):20190441. doi:<https://doi.org/10.1259/dmfr.20190441>. PMID: 32105499.
23. De Tobel J, Radesh P, Vandermeulen D, Thevissen PW. An automated technique to stage lower third molar development on panoramic radiographs for age estimation: a pilot study // *J Forensic Odontostomatol.* 2017;35(2):42–54. PMID: 29384736
24. Upalananda W, Wantanajittikul K, Na Lampang S, Janhom A. Semi-automated technique to assess the developmental stage of mandibular third molars for age estimation // *Aust J Forensic Sci.* 2023;55(1):23–33. doi:<https://doi.org/10.1080/00450618.2021.1882570>
25. Merdietio Boedi R, Banar N, De Tobel J, Bertels J, Vandermeulen D, Thevissen PW. Effect of Lower Third Molar Segmentations on Automated Tooth Development Staging using a Convolutional Neural Network // *J Forensic Sci.* 2020;65(2):481-486. doi:<https://doi.org/10.1111/1556-4029.14182>. PMID: 31487052