

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ «SKULL-FACE» ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КРАНИОФАЦИАЛЬНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ

<sup>1,3</sup>Косухина О.И., <sup>1,2</sup>Леонов С.В., <sup>1,2</sup>Карева Ю.П.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, e-mail: u967nk@yandex.ru;

<sup>2</sup>ФГКУ «111 Главный государственный центр судебно-медицинских и криминалистических экспертиз» Министерства обороны Российской Федерации, Москва;

<sup>3</sup>ГКОУ ВО «Российская таможенная академия», Люберцы

---

**Аннотация.** В статье приведены случаи практического использования компьютерной программы «Skull-face», которая была создана на основе работы искусственной нейронной сети с функцией потерь для алгоритмов машинного обучения. Данная функция позволяла при сравнении опорного входа оставлять положительный вход, исключая отрицательный. Для создания программы производилось предварительное обучение искусственной нейронной сети по примерам заведомо известных краниофациальных экспертиз с последующей апробацией на заведомо не известных примерах сравнения. В программе созданы два режима работы: первый режим позволяет осуществлять поиск по имеющимся базам фотографий лиц, без вести пропавших; второй – сравнительное исследование по базам фотографий, которые были предоставлены следствием для экспертных исследований. Результатом работы программы явилось создание ранжированного списка в порядке убывания тождественности с опорным входом (якорем), выраженного в процентах. Применение программы показало высокую достоверность сравнительного исследования, значительное сокращение времени производства экспертизы, увеличение количества и повышение качества проводимых исследований, возможность использования компьютерной программы как в медико-криминалистических отделениях, так и непосредственно на месте обнаружения скелетированных останков с применением портативных гаджетов.

---

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, краниофациальная идентификация, судебная медицина, сравнительное исследование, установление личности.

## PRACTICAL APPLICATION OF «SKULL-FACE» COMPUTER PROGRAM IN CRANIFACIAL IDENTIFICATION OF PERSONALITY.

<sup>1,3</sup>Kosukhina O.I., <sup>1,2</sup>Leonov S.V., <sup>1,2</sup>Kareva Yu.P.

<sup>1</sup>FGBOU VO «Moscow State Medical and Dental University named after A.I. Evdokimov» Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, e-mail: u967nk@yandex.ru;

<sup>2</sup>FGKU «111 Main State Center for Forensic and Forensic Examinations» of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow;

<sup>3</sup>GKOU VO «Russian Customs Academy», Lyubertsy

---

**Annotation.** The article presents cases of practical use of the computer program «Skull-face», which was created based on the operation of an artificial neural network with a loss function for machine learning algorithms. This function made it possible to leave a positive input when comparing the reference input, excluding the negative one. To create the program, preliminary training of an artificial neural network was performed based on examples of well-known craniofacial examinations, followed by testing on obviously unknown comparison examples. The program has two modes of operation: the first mode allows you to search through existing databases of photographs of missing persons; the second is a comparative study of databases of photographs that were submitted by the investigation for expert research. The result of the program was the creation of a ranked list in descending order of identity with the reference input (anchor), expressed as a percentage. The application of the program showed the high reliability of the comparative study, a significant reduction in the time of examination, an increase in the number and quality of research conducted, the possibility of using a computer program both in medical and forensic departments and directly at the site of the discovery of skeletal remains using portable gadgets.

---

Keywords: artificial neural networks, craniofacial identification, forensic medicine, comparative research, identification.

Вопросы идентификации личности всегда являлись одними из ключевых в судебной медицине. С целью установления личности существует необходимость идентификации по фотоизображению [1]. Одним из методов идентификации личности является краниофациальная диагностика, которая основывается на сравнении двух объектов: черепа и лица, изображенного на фотографии [2]. Поскольку в описываемом методе осуществляется сравнение двух неидентичных объектов, исследование проводят по реперным точкам и контурам, которые максимально анатомически схожи на лице и на черепе. Этот метод занимает достаточно большое количество времени, при его применении необходимы хорошее качество сравниваемых изображений и четкая визуализация объектов сравнения на них (соответствующий ракурс, хорошая резкость, контраст, видимость всех сравниваемых элементов и т.д.) [3, 4]. За последние 5–6 лет значительно изменились объемы проведения краниофациальных экспертиз в сторону увеличения [5]. В настоящее время, в век прогрессивных инновационных технологий, результат эффективности выражается одновременной оценкой качества, количества и временными затратами специалиста на выполнение работы, а также предоставление отчетности. Так, в разных организациях сформирована своя система отчетов в зависимости от сроков предоставления информации и от типа отчетов [6]. С целью достижения высоких показателей необходимо, прежде всего, уменьшить временные затраты на проведение экспертизы без потери качества. Для увеличения объема обрабатываемого материала в современных реалиях все больше и больше в различных отраслях используются ИНС. Требуется такая классификация задач, которые должны решать системы искусственного интеллекта [7]. В связи с возникающими потребностями и открывшимися возможностями была реализована возможность проектирования прикладных программ и использования искусственной нейронной сети (ИНС) и в судебно-медицинской идентификации, при краниофациальной диагностике, в рамках портретной экспертизы. ИНС учатся и познают новые данные путем обработки примеров, каждый из которых содержит в себе известные «входные данные» и «выходные данные» [8–12].

Цель исследования – создание полуавтоматической программы для ЭВМ на основе обученной ИНС для производства краниофациальных экспертиз (Свидетельство о регистрации № 2022667480 в базе регистрации Федеральной службы по интеллектуальной собственности).

**Материалы и методы исследования.** Для решения вопросов краниофациальной идентификации использовалась обученная ИНС, на основе которой разработана компьютерная программа со специализированным интернет-сервисом через web-интерфейс «Skull-face», осуществляющая краниофациальную идентификацию. Архитектура ИНС

включает в себя две модели, предварительно обученные на наборе данных для распознавания лиц, одна из которых используется для изображений лиц, а вторая – для черепов. В качестве функции потерь используется «Триплет-лосс» – это функция потерь для алгоритмов машинного обучения, в которой опорный вход (называемый якорем) сравнивается с соответствующим входом (называемым положительным) и несоответствующим входом (называемым отрицательным). Якорем в данном случае является изображение черепа, положительным и отрицательным входом – верное и случайное неверное изображения лиц соответственно. Расстояние от якоря до положительного входа минимизируется, а расстояние от якоря до отрицательного входа максимизируется. Обученная ИНС принимает на вход изображения и возвращает их векторное представление. Далее происходит вычисление косинусного расстояния между вектором изображения-якоря и векторами всех переданных изображений, среди которых осуществляется поиск схожих объектов. Результатом работы программы является список изображений, отсортированный в порядке убывания схожести с изображением-якорем, вместе со значением расстояния, выраженного в процентном эквиваленте [13, 14].

Для оценки и сортировки по схожести сравниваемых объектов в разработанной программе используются 2 методики:

- программное ранжирование результатов с учетом сравнения по евклидовой метрике векторного представления лица и черепа, полученных в ходе обучения ИНС. Евклидова метрика – наименьшее возможное расстояние между двумя точками в евклидовом пространстве. В нашем случае за это расстояние между двумя точками был принят вектор расстояния между сравниваемым изображением лица и черепа, который условно был приравнен к 1; чем ближе получаемый при сравнении показатель к единице, тем более тождественны сравниваемые объекты. Евклидова метрика использовалась при обучении ИНС для уменьшения расстояния между одинаковыми объектами и увеличения между различными, и теперь данный параметр является оценочным в практической деятельности. Результатом данной методики стал показатель «скор» – одна из метрик производительности модели машинного обучения. С помощью «скор» оценивают точность классификации на основании отношения правильно прогнозируемых наблюдений к общему их количеству. Чем больше «скор» стремится к единице (идеальное представление вектора), тем будут более тождественны объекты;
- сортировка объектов, основанная на корреляции Пирсона. Корреляция осуществляется между наборами относительных расстояний между ключевыми (реперными) точками на лице и такими же наборами точек на черепе. Показателем данной методики стал коэффициент

корреляции Пирсона. Словесное описание величины коэффициента корреляции представлено в таблице 1 [15].

Таблица 1

Выражение коэффициента корреляции Пирсона

Значение коэффициента корреляции $r$	$0 < r \leq 0,2$	$0,2 < r \leq 0,5$	$0,5 < r \leq 0,7$	$0,7 < r \leq 0,9$	$0,9 < r \leq 1$
Интерпретация	Очень слабая корреляция	Слабая корреляция	Средняя корреляция	Сильная корреляция	Очень сильная корреляция

Поисковой запрос в созданном интернет-сервисе «Skull-face» может быть реализован в двух режимах:

- режим поиска по имеющимся фотографиям лиц, без вести пропавших;
- сравнительное исследование по фотографиям [16], которые были представлены следствием для экспертных исследований.

Для повышения точности идентификации в программе имеются 2 модуля отдельно для мужских и женских черепов.

После разработки программы «Skull-face» проводились ее апробация и последующая модернизация с учетом выявленных ошибок и неточностей. В настоящее время программа работает достаточно адекватно, получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022667480 [17]. Все это позволило использовать программу в реальных медико-криминалистических экспертизах идентификации личности.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

В рамках экспертизы на исследование представлен череп неизвестного трупа, обнаруженного в лесу в стадии резко выраженных гнилостных изменений. Для сравнительного исследования представлены фотографии пропавшего мужчины, поставлен вопрос о принадлежности указанного черепа лицу, изображенному на фотографиях. На исследование представлены фотографии различной давности: незадолго до пропажи мужчины (несколько дней) и в период за 10–15 лет до этого. Все фотографии анфас и фотография черепа анфас с разметкой константных реперных точек были помещены в интернет-сервис «Skull-face» во втором режиме сравнительного исследования представленных фотографий. В дальнейшем производилась обработка загруженных объектов в течение нескольких секунд, и был получен результат о высокой степени корреляции сравниваемых объектов. Коэффициент корреляции Пирсона составил от 0,93 до 0,98, «скор» модели составил 1,21–1,24. Причем достаточно хорошие результаты получены как с фотографиями, выполненными незадолго до пропажи, так и с фотографиями более ранних сроков жизни (рис 1, а – г).



Рис. 1. Результат компьютерного программного фотосовмещения в программе «Skull-face»:

- а* – фотоизображение представленного черепа с разметкой реперных точек;
- б* – результат сравнения № 1 с коэффициентом корреляции 0,98, «скор» модели 1,21;
- в* – результат сравнения № 2 с коэффициентом корреляции 0,98, «скор» модели 1,23;
- г* – результат сравнения № 2 с коэффициентом корреляции 0,93, «скор» модели 1,24

Для подтверждения полученных результатов и проверки работы программы в нее были произвольно загружены фотографии других лиц, не относящихся к объекту исследования. При этом максимальный коэффициент корреляции и оптимальный «скор» все равно сохранились. В рамках идентификационной экспертизы, помимо метода программной краниофациальной идентификации, использованы также метод словесного портрета, оценка метрических и описательных признаков внешности, которые также подтвердили сходство сравниваемых объектов. Все это в совокупности позволило сделать вывод о том, что представленный на экспертизу череп неизвестного трупа принадлежит мужчине, фотографии которого представлены на исследование.

В другом случае программа «Skull-face» была использована нами непосредственно на месте обнаружения секретированных останков с применением ноутбука, без какой-либо предварительной обработки черепа и разметки на нем реперных точек. В лесном массиве обнаружены секретированные останки, вместе с которыми находился пакет с документами. Среди документов был обнаружен военный билет с прижизненной фотографией и указанием даты рождения погибшего. Давность фотографии в военном билете составляла около 12–15 лет.

Для сравнительного анализа фотография с военного билета была оцифрована с использованием цифрового фотоаппарата и загружена в программу «Skull-face», туда же были

помещены фотографии черепа в прямой проекции в нативном виде, выполненные на месте происшествия. Сравнительное исследование проводилось во втором режиме компьютерной программы. В течение короткого промежутка времени получен результат с коэффициентом корреляции Пирсона 0,96 и «скор» со значением 1,17, что соответствует высокой степени совпадения сравниваемых фотоизображений лица и черепа (рис. 2а, 2б).

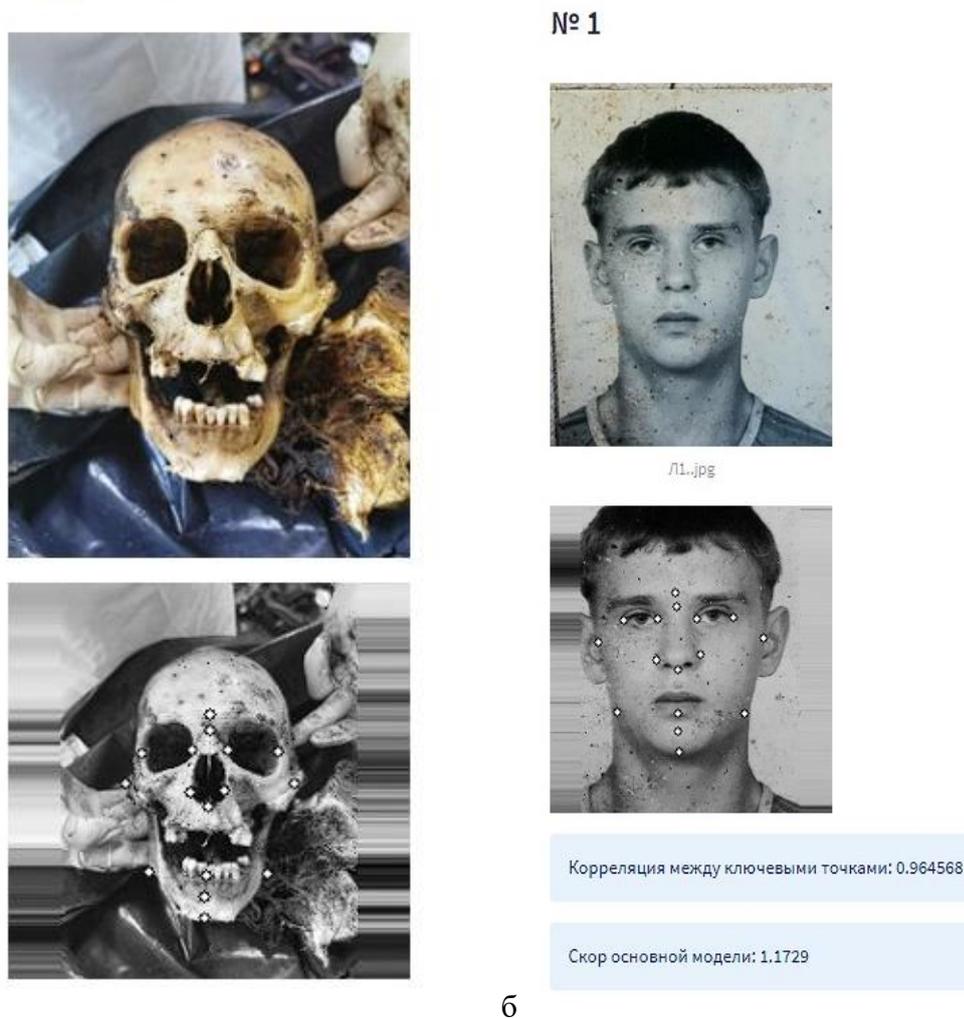


Рис. 2. Результат компьютерного программного фотосовмещения в программе «Skull-face»:  
а – фотоизображение представленного черепа с разметкой реперных точек;  
б – результат сравнения № 1 с коэффициентом корреляции 0,96, «скор» модели 1,17

Для проверки и подтверждения достоверности полученного результата во втором режиме программы были загружены на сервер программного комплекса «Skull-face» прижизненные фотографии произвольно выбранных лиц анфас. При сравнении разброс коэффициента корреляции Пирсона составил от 0,94 до 0,95, «скор» находился в пределах от 1,18 до 1,27, что говорило о более низкой степени тождественности сравниваемых объектов (рис. 3, а-в).



*Рис. 3. Результат ранжирования компьютерным программным комплексом «Skull-face» прижизненных фото:*

*а – результат сравнения № 1 с коэффициентом корреляции 0,96, «скор» модели 1,17;*

*б – результат сравнения № 2 с коэффициентом корреляции 0,94, «скор» модели 1,18;*

*в – результат сравнения № 2 с коэффициентом корреляции 0,95, «скор» модели 1,27*

Проведенное исследование позволило непосредственно на месте обнаружения скелетированных останков с большой степенью достоверности сказать, что череп и скелетированные останки принадлежат человеку, военный билет которого был обнаружен вместе с останками.

### **Заключение**

Краниофациальная экспертиза – это длительный, трудоемкий процесс, отнимающий много времени и сил эксперта. В случае применения программы «Skull-face» исследователю при поступлении объектов в отделение требуется произвести разметку точек на черепе (для проверки их расстановки программой), выполнить фотосъемку черепа и загрузить все фотографии в программу. Четко подбирать соответствие ракурса лиц, изображенных на фото, и соответствующего ракурса черепа не потребуется, поскольку для обучения нейронных сетей использовали модели лиц и черепов анфас и с отклонением в 10 градусов влево, вправо, вверх и вниз от основной проекции. Также применение программы «Skull-face» позволяет дать предварительный ответ и непосредственно на месте обнаружения черепа или

секретированных останков, в случае наличия объектов для сравнительного исследования. Программа «Skull-face» позволяет сократить экспертное время. Вместе с тем оценка окончательного результата остается в ведении эксперта, выполняющего экспертизу. В программе «Skull-face» эксперт может осуществить проверку результатов путем контроля разметки реперных точек, которую выполнила программа на фотоизображениях лица и черепа.

### Список литературы

1. Фомина Е.Е., Звягин В.Н., Нарина Н.В., Усачева Л.Л. Программный комплекс для разметки и унифицированного описания лица индивида по фотоизображению // Программные продукты и системы. 2021. № 4. С. 660-666. DOI: 10.15827/0236-235X.136.660-666.
2. Леонов С.В., Шакирьянова Ю.П., Авдеев А.И., Косухина О.И. Современные аспекты идентификации личности в судебной медицине и криминалистике // Дальневосточный медицинский журнал. 2022. № 3. С. 104-111. DOI: 10.35177/1994-5191-2022-3-17.
3. Абрамов А.С., Власкова Н.В. Некоторые аспекты портретных и краниофациальных идентификационных исследований // Энциклопедия судебной экспертизы. 2017. № 2(13). С. 6-18.
4. Звягин В.Н., Иванов Н.В., Нарина Н.В. Компьютерная идентификация личности по черепу и прижизненной фотографии методом POSKID 1.1 // Судебно-медицинская экспертиза. 2000. № 5. С. 22-29.
5. Богданова Н.В., Кузьмина Е.Ю. Особенности разработки программного комплекса медицинской статистики с учетом проблематики статистической обработки медицинской информации // Информатика и прикладная математика. 2017. № 23. С. 23-29.
6. Веселкова Д.В., Гончарова Н.Н., Абрамов А.С. Морфологическая типология лица и возможности ее применения для идентификации личности // Вестник антропологии. 2017. № 2(38). С. 86-97.
7. Еськов В.М., Филатов М.А., Газя Г.В., Стратан Н.Ф. Возможности создания искусственного интеллекта на базе искусственных нейросетей // Успехи кибернетики. 2021. Т. 2, № 3. С. 44-52. DOI: 10.51790/2712-9942-2021-2-3-6.
8. Барабанова М.В. Современные методы краниофациальной идентификации личности // Актуальные вопросы современной науки: теория, технология, методология и практика: Сборник научных статей по материалам XII Международной научно-практической конференции (Уфа, 21 апреля 2023 года). Том Часть 2. Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2023. С. 171-176.

9. Бутченко Е.Ю., Казимов Д.М. Искусственный интеллект и искусственные нейронные сети, метод глубокого обучения нейросетей искусственного интеллекта // Научные достижения в XXI веке: модернизация, инновации, прогресс: сборник научных трудов по материалам XI Международной научно-практической конференции (Анапа, 04 января 2023 года). Анапа: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский центр экономических и социальных процессов» в Южном Федеральном округе, 2023. С. 49-53.
10. Ларионов И.Ю. Искусственный интеллект и искусственная личность современных нейросетей // Мир человека: нормативное измерение - 8.0. Анормальное: Сборник трудов конференции (Саратов, 08–10 июня 2023 года). Саратов: Саратовская государственная юридическая академия, 2023. С. 411а.
11. Акинъшин Д.Г., Банников А.М., Газизов В.А. Перспективы развития программно-аппаратных средств при производстве портретных экспертиз // Энциклопедия судебной экспертизы. 2018. Т. 19, № 4. URL: [http://proexpertizu.ru/theory\\_and\\_practice/portret/794/](http://proexpertizu.ru/theory_and_practice/portret/794/) (дата обращения: 15.03.2024).
12. Трошков М.А., Трошков А.М., Шуваев А.В. Проектирование программной платформы идентификации личности в соответствии с законодательством о персональных данных // Экономика и управление: проблемы, решения. 2019. Т. 2, № 3. С. 57-62.
13. Косухина О.И., Леонов С.В., Шакирьянова Ю.П., Куркин М.Л. Разработка автоматизированной системы идентификации личности с использованием нейросетевых алгоритмов // Судебно-медицинская наука и экспертная практика: задачи, пути совершенствования на современном этапе. Труды IX Всероссийского съезда судебных медиков с международным участием. Том 2, 2023. С. 249-255.
14. Леонов С.В., Косухина О.И., Шакирьянова Ю.П. Практический опыт обучения искусственных нейронных сетей для целей судебной медицины // Избранные вопросы судебно-медицинской экспертизы. Хабаровск, 2022. С. 55-58.
15. Шакирьянова Ю.П. Трёхмерное моделирование в судебной медицине: визуализация, идентификация, реконструкция: дис. ... докт. мед. наук. Москва, 2021. 317 с.
16. Шкарбан Ф.В. Обучение объектно-ориентированному программированию бакалавров прикладной информатики: реализация модели обучения на основе двух согласованных дисциплин // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2018. Т. 15, № 4. С. 388-397. DOI: 10.22363/2312-8631-2018-15-4-388-397.
17. Косухина О.И., Шакирьянова Ю.П., Леонов С.В., Агарлева Л.Р. Способ полуавтоматизированной идентификации личности при использовании нейросетевых

алгоритмов. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ  
№ 2022667480 от 21.09.2022 г.