

## О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ТЕХНОЛОГИИ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ

DOI: 10.25629/НС.2020.05.17

**Останина Е.А.**

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)  
Военная академия Ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого  
Москва, Россия

**Аннотация.** Актуальные технологии, реализующие механизм распознавания лиц, в настоящее время приобретают особую значимость. Многочисленные исследования проводимые в этом направлении вызваны, в первую очередь, все нарастающими практическими потребностями общества. Несмотря на привычную каждому человеку процедуру распознавания образов, идентификации лиц людей, вопросы осуществления этих процедур компьютерными системами, в том числе декодирование и хранение цифровых образов лиц, в настоящий момент еще не до конца проработаны. Главной задачей в этой связи становится задача оптимального поиска и идентификации слабоконтрастного объекта, которым и считается человеческое лицо. Решение ее может базироваться на основе систем кибернетического зрения как в свете классической проблемы восприятия, так и в свете новых подходов. В связи с этим особая роль отводится изучению факторов в большей степени влияющих на результат распознавания. В статье рассматриваются подходы к построению систем распознавания, их достоинства и недостатки, а также вопросы практического применения этих систем.

**Ключевые слова.** Идентификация личности, распознавание лиц, верификация, идентификация на закрытом множестве, среда статистических вычислений R, статистическая обработка данных, логонормальное распределение, динамическое распознавание, эталонное сравнение, метод гибкого сравнения на графах, нейронные сети, разложение Карунена–Лоэва, метод главных компонент, активные модели внешнего вида, обобщенный прокрустов анализ, точность распознавания.

### **Введение**

Процесс узнавания и распознавания человеческих лиц в настоящее время приобретает особую значимость. Он все более актуален в связи с ростом потребности реализации данных процедур в различных сферах жизни и деятельности общества. Применение этих технологий особенно востребовано в сфере охраны объектов, банковском деле, криминалистической экспертизе, поиске пропавших людей, различных исследований гендерного, возрастного состава посетителей мероприятий, их эмоционального состояния и других данных, проведения деловых переговоров посредством сети (в режиме телеконференции) и даже при дистанционном обучении для подтверждения личности аттестуемого.

В литературе распознавание лиц определяется как биометрическое программное приложение, способное однозначно идентифицировать или верифицировать человека путем сравнения и анализа шаблонов на основе контуров лица человека [6].

Реализующие механизм распознавания современные технологии базируются на мировых и отечественных исследованиях, касающихся, в первую очередь, процессов распознавания лиц человеком. Современные системы распознавания, в том числе системы искусственного интеллекта, используемые в данном направлении, и строятся на основании полученных результатов. В этой связи возникает закономерный вопрос о том какие факторы будут в большей степени влиять на результат распознавания.

### **Краткий анализ литературы**

Анализ научной литературы как в области современных подходов к процессу распознавания лиц, исследований создания искусственного интеллекта, так и математической оценки ре-

зультатов полученных в области психологических исследований вопросов распознавания человеческих лиц, приводит к пониманию актуальности данной тематики и необходимости безопасного хранения и обработки огромных массивов данных. Специальное программное обеспечение в настоящее время способно анализировать уникальное строение лица каждого человека и сопоставлять его с информацией в базе данных для последующей идентификации. Вычислительная техника позволяет успешно осуществлять данную процедуру в том числе с помощью среды статистических вычислений R, которая является свободной программной средой вычисления с открытым системным кодом в рамках проекта GNU.

### **Обсуждение вопроса**

В своем стремлении познания мира и проникновения в суть явлений природы исследователи выделили ряд групп таких понятий, которые способны вызывать образные представления:

- манипулируемые объекты (стул, книга, тарелка и т.д.);
- частично манипулируемые объекты (повозка, автомобиль и т.д.);
- объекты, которыми нельзя манипулировать (строения, деревья и т.д.);
- лица и их выражения;
- живые объекты (животный мир, фигура человека);
- печатные символы (различные знаки, буквенные обозначения);
- изображения, выполненные вручную;
- светила, как источники света и их характеристика (звезды, солнце, луна) [2].

В рамках данного исследования особый интерес представляют исследования в области распознавания лиц и их выражений.

Прежде всего целесообразно рассмотреть восприятия лица с психофизической точки зрения и, в частности, то, как сам человек способен воспринимать и как происходит процесс распознавания им лиц.

Большое количество психологических исследований по всему миру за последние годы были посвящены проблеме узнавания человеческих лиц. Так, со ссылкой на различные источники, доктор психологических наук Б.Г. Мещеряков пишет: «...способность различать лица описывается как высшая точка (акме) человеческого визуального восприятия; мы можем опознать выражение лица (например, улыбку) даже в том случае, если оно мелькнуло лишь на мгновение – на 20 мс, и узнать своих одноклассников (даже если забыли их имя) с точностью 90% спустя 35 лет после окончания школы» [9].

В тоже время отметим, что при исследовании ряда аспектов, учитывающих принцип динамического распознавания, следует обратить внимание на классические эксперименты А.Л. Ярбуса. В них отмечается, что движения глаза человека представляют собой достаточно сложный вид активности и, как минимум, заключаются в нескольких конфигурациях движений. В результате этого при достаточно продолжительном наблюдении весь образ (картина) или его часть попеременно то «потухают», то вновь появляются, и эта зависимость (фрагментация) зависит от характера и содержания образа.

В частности, это подкрепляет теорию, соответственно которой для осуществления способности к восприятию объекта нам требуется опыт: так как различные изображения воспринимаются нами в результате сочетаний отдельных отпечатков в мозге, ранее там образовавшихся [2].

Таким образом, из полученных в ходе экспериментов данных следует вывод, что на первый план при восприятии изображения выходят автономные действия ряда составляющих фигуры, т.е. выделение организованных структур или общностей структурных элементов.

Характерные человеку движения глаз могут привести к некоторой размытости (дестабилизации) изображения на сетчатке. Тем не менее человек определяет для себя изображение как стабильное, не зависимо от движения глаз, фигуры и интересующих его объектов. В выводах

ученых это обозначено как «проблема пространственной константности зрительного восприятия». Как правило, ее подразделяют на две: проблему неизменности, постоянства зрительного поля и проблему инвариантного восприятия объектов [2].

В результате специальной функциональности зрительной системы формируется пространственная константность восприятия, состоящая из пяти этапов:

- образование сетчатых представлений;
- фрагментарный анализ активации фоторецепторного слоя;
- непредметные механизмы инвариантности;
- инвариантный синтез образа объекта;
- анализ объектного окружения.

Особо следует отметить то, что мозг человека в процессе идентификации (узнавания) играет роль «руководителя», проверяющего правильность решения распознающей системы. В этом случае этапами распознавания слабоконтрастных изображений могут являться: выявление признаков и начальный анализ, формирование гипотезы и ее ревизия, а именно, сравнение полученного с эталоном, хранящимся в памяти. Таким образом, принцип активного распознавания, целесообразно формировать уже на начальном этапе проектирования систем кибернетического видения при распознавании человеческих лиц как слабоконтрастных объектов.

Отметим, что существуют различные подходы к изучению механизмов узнавания, которые позволяют судить о большей или меньшей важности различных характеристик лица. Наиболее известны из них те, что основаны на распределении фиксации некоторого числа точек при наблюдении лиц, а также эксперименты по узнаванию «эталонных» лиц в зависимости от изменений различных деталей.

Группа исследователей, возглавляемая Давидом Леопольдом (David A. Leopold) из Лаборатории Нейропсихологии Национального института психического здоровья (Бетезд, штат Мэриленд, США) проводила свои исследования уже на животных (макаках, как наиболее близких к людям) [9]. Случайно сгенерированные изображения человеческих лиц показывались макакам на компьютере. В это же время у животных при помощи электродов регистрировали активность области мозга, отвечающей за распознавание лиц. В ходе эксперимента были выявлены нейроны, возбуждающиеся при показе тех или иных лиц. Также удалось выявить нейроны, отвечающие непосредственно за «узнавание». Опытным путем было выявлено, что макаки сравнивают новое лицо с уже имеющимся неким «средним лицом», образ которого хранится в коре головного мозга, а затем выделяют различия.

Отметим, что психологические исследования при участии людей в качестве испытуемых позволили предположить, что человек использует ту же или схожую стратегию.

Если говорить о распознавании лиц человеком, то интерес вызывают исследования, которые провели Джеймс Танака и Марта Фарах [4]. В первой части эксперимента они показывали респондентам лица с нормальным или смешанным положением их частей лица (глаз, носа, губ), во второй – два лица или их части и просили сказать, какое из лиц (или их частей) было показано ранее. Я. Фрэйзер и Д. Паркер [3] в быстрой последовательности предъявляли части схематических линейных рисунков лиц, а испытуемые должны были как можно быстрее определить, было ли лицо полным или в нем отсутствовала определенная часть. Д.В. Ющенкова и Б.Г. Мещеряков [5] перед испытуемыми ставили задачу определить к какому из ряда одновременно предъявляемых лиц принадлежит предварительно демонстрируемая на краткое время часть лица. В этом случае проводилась оценка как точности, так и скорости опознавания.

Как уже отмечалось, основными факторами, влияющие на узнавание которых изучаются учеными, являются целостность показанного лица и его известность [3]. В результате проведения исследований на узнавание с учетом расовой принадлежности респондентов, был сделан вывод о том, что люди лучше узнают представителей собственной расы, причем это подтвердили исследования, проводившиеся в отношении представителей различных рас [2].

Для оценки результатов психологического исследования, описанного в литературе [3], была использована среда статистических вычислений R [1]. R является полностью бесплатным языком программирования, который может быть использован для статистической обработки данных и манипуляций с графикой. Так же она является свободной вычислительной программной средой с открытым системным кодом в рамках проекта GNU. В 1993 году R был создан Россом Айхэкой (Ross Ihaka) и Робертом Джентлменом (Robert Gentleman), сотрудниками статистического факультета Оклендского университета, в качестве альтернативы появившемуся ещё в 80-е годы и являющемуся платным языку S. Имея открытый системный код и свободное распространение, R активно развивается, в связи с чем в настоящее время имеет огромное количество возможностей, не уступающих более известным коммерческим соперникам. Также возможно решение и собственных рутинных задач в виде скрипта (который выполняется построчно и удобен при исправлении), а затем использование его как единой команды.

В R используется интерфейс командной строки, а также доступны различные графические интерфейсы: RCommander, RKWard, RStudio, Weka, RapidMiner, KNIME, а также средства интеграции в офисные пакеты. Кроме этого, большим преимуществом является его доступность на различных системах – Windows, Mac, Unix и Linux.

При рассмотрении математической оценки экспериментальных данных за основу были взяты примеры психологического исследования по распознаванию лиц [3, 4]. На подготовительном этапе была создана исходная база из 360 фотопортретов, каждый из которых классифицировался по целостности изображения (целое лицо или его часть), известности лица респонденту и по наличию внешних деталей (волос, одежды).

Согласно результатам вычислений, проведённым в исследовании [3], был сделан вывод о том, что целостность лица на фотопортрете влияет на время ответа респондента. Признак же, отвечающий за наличие внешних деталей, никак не влияет на время ответа. Парно анализируя признак известности, было выявлено, что люди незнакомые и ранее виденные лица распознают примерно с одинаковой скоростью.

При выявлении соответствия распределения полученных данных известным теоретическим (нормальному, логонормальному, экспоненциальному, гамма-распределению) зависимостям можно сделать вывод об отличии от них полученного графика распределения исходных данных. Ближе всего (согласно значениям статистики) к исходному распределению оказалось логонормальное. Результаты представлены на рисунках 1-3 в виде диаграммы фактического распределения, а линией отмечены теоретические (предполагаемые) результаты. Также над каждым графиком подписаны значения хи-квадрат, количество степеней свободы (df) и уровень значимости, при котором получившееся значение статистики совпадает со значением квантили уровня ( $1 - p\text{-value}$ ) распределения хи-квадрат с df степенями свободы.

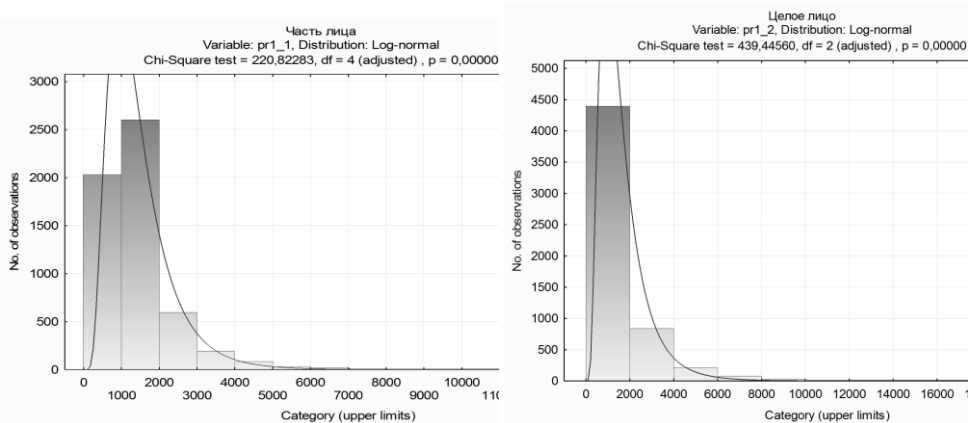


Рисунок 1 – Соответствие распределения логонормальному в зависимости от полноты показанного лица

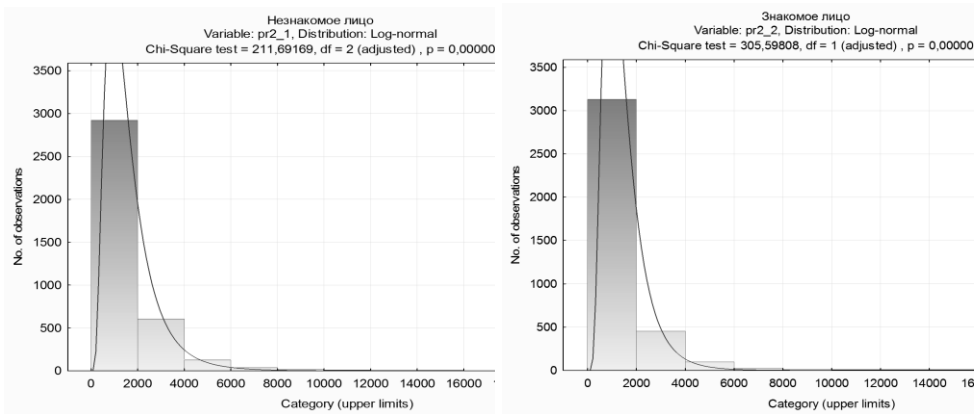


Рисунок 2 – Соответствие распределения логонормальному в зависимости от известности

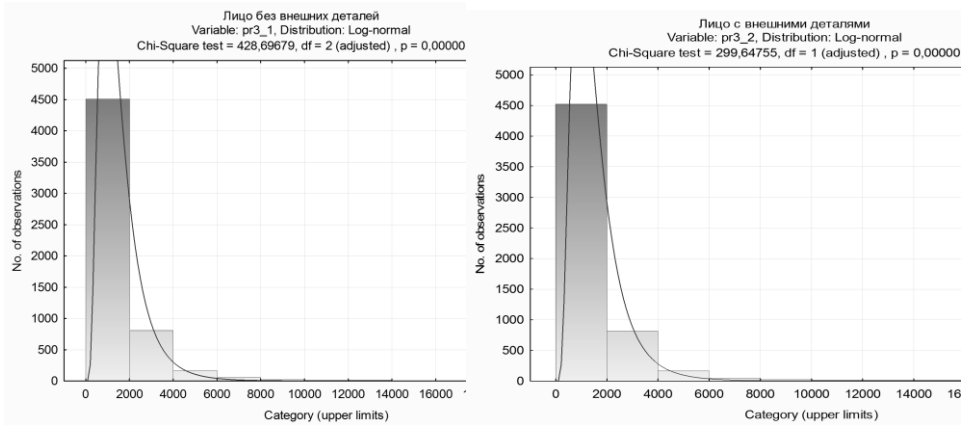


Рисунок 3 – Соответствие распределения логонормальному в зависимости от наличия внешних деталей

Однако, исходя из всего массива полученных данных, следует отметить, что применение дисперсионного анализа и других видов, подразумевающих определённый вид распределения, в данном случае можно скорее считать нецелесообразным.

Отметим, что вопросы распознавания лиц изучались еще на первых этапах работы с компьютерным зрением. Множество разработчиков на протяжении почти 50 лет активно создают автоматические и автоматизированные системы распознавания человеческих лиц: Smith & Wesson (Automated Suspect Identification System – ASID); ImageWare (FaceID); Imagis, Epic Solutions, Spillman, Miros (Trueface); Vissage Technology (Vissage Gallery); Visionics (FaceIt).

Для решения проблемы точного распознавания лиц при использовании компьютерных систем предлагались различные методы и методики, в частности следует выделить подходы, сформированные на основе разложения Карунена–Лоэва, на нейронных сетях, линиях одинаковой интенсивности, эластичных (деформируемые) эталонах сравнения и другие.

Отметим, что основным отличием рассматриваемых далее алгоритмов будет определение признаков и сопоставление между собой их совокупностей.

Обобщенный процесс обработки изображения при распознавании состоит из ряда этапов. На первом этапе производится выявление и локализация на изображении лица. Далее на этапе распознавания следует выполнить выравнивание изображения лица (по геометрии и яркости), вычисляются искомые признаки и происходит прямое распознавание, а именно, вычисленные признаки сравниваются с эталонами, заложенными в базу данных.

Во время разработки алгоритмов распознавания максимум усилий следует направить на автоматическую локализацию элементов лица в его возможных проекциях: фас, профиль и любой из возможных ракурсов. Затем полученные геометрические характеристики могут быть использованы при осуществлении решения задачи распознавания. Характерным при рассмотрении подходов можно назвать отсутствие сравнения на статистически значимой базе данных лиц [2].

При распознавании лиц, как правило, применяется два способа, а именно сравнение типа соответствия «один против одного» и сравнение между накопленными в некоторой базе лицами.

Проводимое геометрическое сравнение основывается на определении элементов лица, таких как глаза, нос, рот, подбородок и др. При этом лицо может быть распознано, даже когда эти индивидуальные элементы видны недостаточно. Подход, в этом случае, заключается в нахождении собственных характеристик и относительного положения отдельных элементов лица.

Эталонное сравнение строится на основе того, что отображение, переданное в виде массива байтов – величин интенсивности, соотносится в подходящей метрике с эталоном – целым лицом [2].

Есть несколько путей создания эталонов и их представления. В частности, интересен подход, предполагающий представление лица в виде набора различных малых эталонов, однако наиболее ценным и комплексным подходом можно считать направление использования единицы эталона в совокупности с точной априорной моделью, позволяющей произвести оценку изменения основного лица, при модификации ракурса наблюдения, что и представляет собой основу методики деформируемых эталонов [2]. В данном случае используется процедура нормализации изображения. Далее предполагается учет нескольких разрешений и небольших по размерам эталонов для глаз, рта и носа. В результате сначала определяются глаза (эталонным сравнением), затем автоматически нормализуется по ориентации и масштабу изображение. Это предполагает, что эталонное сравнение выполняется раздельно по характерным элементам черт лица (глазам, носу, рту). В результате ряда экспериментов было выявлено, что наиболее качественно распознавание лица все же совершается при применении комбинации подходов распознавания всего лица и подхода на базе эталонного сопоставления его элементов.

Суть метода гибкого сравнения на графах (Elastic Graph Matching) сводится к гибкому сравнению графов, отображающих изображения лиц, которые рисуются в виде графов со взвешенными вершинами и ребрами [12]. На следующем этапе (этапе распознавания) один из графов (эталонный) остается константным, в то время как другой преобразовывается (деформируется) с целью оптимального сопоставления к первоначальному. В таких системах распознавания графы могут быть как в виде прямоугольной решетки, так и в виде структуры, образованной антропометрическими точками лица.

Ребра графа оцениваются расстояниями между соседними вершинами, вычисление которых осуществляется при помощи определяемой оценочной функции деформации, которая однозначно определяет различия между величинами признаков, определенными в вершинах, а также степень деформации ребер графа.

Значения признаков, вычисляемые в вершинах графа, наиболее часто используют комплексные значения фильтров Габора либо их упорядоченных наборов, которые вычисляются в некоторой локации вершины графа местно, путем свертки величин яркости пикселей с фильтрами Габора.

Преобразование графа осуществляется смещением каждой из его вершин на некоторое расстояние в обусловленных направлениях относительно ее начального местоположения. При этом выбирается такое положение, при котором будет минимальной разница между значениями откликов фильтров Габора в вершине деформируемого графа и соответствующей ей вершине эталонного графа. В результате должно быть получено наименьшее суммарное отличие признаков деформируемого графа от эталонного. Отметим, что данную процедуру деформации целесообразно выполнить для всех заложенных в базу данных системы эталонных лиц. К недостаткам этой технологии относят значительную вычислительную сложность процесса распознавания, малую технологичность при фиксации новых эталонов и линейную зависимость времени работы от величины базы данных лиц. Также, несмотря на достаточно высокий

процент распознавания, создатели систем эластичного сравнения на графах часто отмечают высокую вычислительную стоимость такого подхода.

В этой связи не стоит сбрасывать со счетов и схему распознавания, основанную на декомпозиции, которая при аналогичных результатах распознавания способна уменьшить вычислительные затраты, сравнимые со схемами распознавания на основе геометрических характеристик элементов лица. По некоторым данным при том же уровне качества распознавания такое снижение вычислительных затрат может достигать 90%.

Достаточное количество разновидностей нейронных сетей существует в настоящее время и одним из часто применяемых вариантов является созданная на многослойном перцептроне сеть, которая позволяет определять и классифицировать поданное на вход изображение/сигнал в соответствии с первоначальной настройкой/обучением сети.

При обучении нейронной сети совершается автоматическое извлечение ключевых признаков, оценка их значимости и построение взаимосвязей и взаимозависимостей между ними. Считается, что обученная нейронная сеть за счет обобщающих способностей может применить опыт, приобретенный в процессе обучения при распознавании ранее неизвестных образов. По результатам анализа публикаций можно сделать вывод, что оптимальные результаты в области распознавания лиц представила сверточная нейронная сеть или Convolutional Neural Network [8, 10], в которой реализована возможность учета двумерной топологии объекта. Благодаря нововведениям, сверточная нейронная сеть обеспечивает частичную устойчивость к вариациям масштаба, смещению, повороту, изменению ракурса и другим возможным искажениям.

Свое развитие эти сети приобрели в разработке DeepFace [2], которую купил Facebook для распознавания лиц пользователей своей социальной сети.

Однако существует и ряд недостатков такого подхода. Так, включение нового эталонного образа в базу данных является достаточно длительной процедурой (от 1 часа до нескольких дней) и предполагает полное переобучения сети на всем присутствующем наборе. Существуют и связанные с обучением (переобучение, выбор наилучшего шага оптимизации, переобучение и т.д.) проблемы математического плана. Также трудность вызывает формализация периода выбора архитектуры сети (характера связей, числа нейронов, слоев).

Рассмотрим скрытые Марковские модели (СММ) с дискретным временем в качестве одного из статистических методов распознавания лиц являются [2]. Они применяют статистические свойства сигналов и прямо учитывают их пространственные характеристики. В этом случае элементной базой модели является множество скрытых и наблюдаемых состояний, начальная вероятность состояний и матрица переходных вероятностей. При определении объекта обследуются сгенерированные для заданной базы изображений Марковские модели и осуществляется поиск наибольшей из оцениваемых вероятности того, что череда наблюдений для исследуемого объекта сгенерирована соответственной моделью.

Недостатками такого подхода являются необходимость подбора параметров модели для каждой базы данных и то, что скрытые Марковские модели не имеют различающей способности, то есть алгоритм обучения позволяет только максимизировать ответ каждого из изображений на свою модель.

Отметим, что основанный на преобразовании Карунена-Лоева метод главных компонент (РСА) в настоящее время является одним из самых известных и отработанных [4].

Изначально его использовали для уменьшения пространства признаков без ощутимой потери информации в статистике. Генеральной целью метода главных компонент считается значительное уменьшение размерности пространства признаков таким образом, чтобы оно как можно тщательнее рисовало «типичные» образы, соответствующие множеству лиц. При использовании этого метода возможно выявить разнообразные изменчивости в обучающей выборке изображений лиц и обрисовать эту неустойчивость в базисе нескольких ортогональных (собственных) векторов. Далее, при использовании заданного количества собственных векторов, получают сжатую аппроксимацию начальному портрету лица, которую в последствии

можно сохранить в базе данных в виде вектора коэффициентов, который может служить и поисковым ключом в базе данных лиц.

Таким образом, в начале полный обучающий набор лиц реорганизуется в общую матрицу данных, где каждая из строк соответствует одному экземпляру изображения, причем все лица из обучающего набора приводятся к одному размеру и при выполнении нормирования гистограмм. Затем производится нормирование данных и приведение строк к 0-му среднему и 1-й дисперсии. Далее вычисляется матрица ковариации, для которой разрешается задача вычисления собственных значений и соответствующих им собственных векторов (лица собственные). Затем в порядке убывания собственных значений совершается сортировка собственных векторов и согласно определенному правилу фиксируют только первые  $k$  векторов.

Несмотря на то, что метод главных компонент зарекомендовал себя хорошо в практических приложениях, в случаях, когда наличествуют ощутимые изменения в качестве освещенности или в выражении лица, ощутимо падает эффективность метода.

Статистические модели образов (изображений), которые посредством различных деформаций могут быть подстроены под реальное изображение, носят название активных моделей внешнего вида (ААМ). Данный тип моделей в 1998 году был заявлен Тимом Кутсом и Крисом Тейлором в двумерном варианте [7].

Активная модель внешнего вида включает параметры, соединённые с формой (параметры формы), и параметры, соединённые с текстурой (параметрами внешнего вида) или со статистической моделью пикселей изображения. Отметим, что перед своим применением модель должна быть обучена на достаточном множестве заблаговременно вручную размеченных изображений. Каждая метка должна иметь персональный номер и устанавливать характерную точку, которую будет должна отыскивать модель во процессе адаптации к обновленному изображению.

С использованием так называемого обобщенного прокрустового анализа начинается процедура обучения ААМ, что предполагает нормализацию форм на изображениях, размеченных с целью компенсации несовпадения масштабов, наклона и смещения. Из совокупности нормированных точек выделяются далее с использованием метода РСА главные компоненты. Далее из пикселей внутри образуемых точками формы треугольников формируется матрица, причем каждый из ее столбцов включает значения пикселей соответствующей текстуры. Применяемые для обучения текстуры могут быть одноканальными (использование градации серого) и многоканальными (пространство цветов RGB). В результате нахождения главных компонент матрицы текстур можно считать модель ААМ обученной.

Итоговую модель лица получают в результате сочетания моделей формы и внешнего вида. Подстраивание модели под конкретное изображение лица осуществляется при решении задачи оптимизации. Полученные характеристики модели и будут отображать положение модели на конкретном изображении.

ААМ представляет собой набор параметров, часть которых представляют форму лица, остальные определяют его текстуру и с ее помощью возможно смоделировать изображения объектов, претерпевших как жесткую, так и нежесткую деформацию (преобразования композиции в виде переноса, поворота и/или масштабирования).

Схожим методом является Active Shape Models (ASM), сущность которого состоит в учете статистических связей между взаиморасположением антропометрических точек на присутствующей выборке лиц, снятых в анфас [11]. На изображении экспертом размечается расположение антропометрических точек. Причем порядок нумерации на каждом из изображений должен быть одинаков. В литературе встречается различное число таких точек: 68, 80 и даже 200.

Для приведения координат на всех изображениях к единой системе, также выполняется обобщенный прокрустов анализ, в результате чего все точки центрируются и приводятся к одному масштабу. Затем для всего набора образов определяется средняя форма и матрица ковариации. На основе матрицы ковариации высчитываются собственные вектора, которые в последствии сортируются в порядке убывания соответствующих им собственных значений.



Однако отметим, что основной целью ААМ и АСМ следует полагать не распознавание лиц, а точную локализацию лица и антропометрических точек на изображении для проведения дальнейшей обработки.

Практически обязательным этапом во всех рассмотренных алгоритмах, предворяющим распознавание, является выравнивание изображения лица относительно камеры во фронтальное положение или приведение целой совокупности лиц к единой системе координат. Для этого требуется определение на изображении свойственных для всех лиц антропометрических точек. Различные исследователи определяют разные группы таких точек, но чаще всего для этих целей используются уголки глаз или центры зрачков. Для систем реального времени с целью минимизации вычислительных затрат разработчики обозначают не более 10 таких точек [12].

Отметим главные проблемы, которые связаны с разработкой систем распознавания лиц. К ним относят проблему освещенности, а также проблему положения головы, которая является трехмерным объектом. Особо следует отметить и существующие недостатки анализа лица в зависимости от состояния (настроения) объекта.

С целью оценки эффективности предлагаемых алгоритмов для распознавания лиц агентство DARPA и исследовательская лаборатория армии США создали программу FERET (face recognition technology), которая провела оценку алгоритмов, базирующихся на гибком сравнении на графах, а также различных модификаций метода главных компонент (РСА). Было выявлено, что при примерно одинаковой эффективности всех алгоритмов между ними трудно и даже невозможно провести четкие различия.

Отметим, что, как правило, для фронтальных изображений, полученных в один и тот же день, допустимая точность распознавания составляет 95%; для изображений, полученных различными аппаратами и при разном освещении, точность снижается уже до 80%; а для изображений, полученных с разницей в год, точность распознавания составила уже около 50%. Об этом свидетельствует и исследование, проведенное Национальным институтом стандартов и технологий (NIST), в ходе которого установлено, что существующие в наше время системы распознавания легко ошибаются из-за изменения причёски или веса тела, из-за появления бороды или применения человеком каких-то простейших средств изменения внешности, а также из-за проявления последствий старения. В ходе исследований было установлено, что уровень ложной идентификации или нераспознавания субъектов, чьи фотографии были сделаны всего 18 месяцев назад, равен 43%. При этом фотографии, использованные в исследовании, были сняты в идеальных условиях [2].

Сравнивая эти данные с полученными в результате экспериментов, когда распознавание осуществлялось людьми, можно сделать вывод о необходимости дальнейшего совершенствования данных технологий. Это обусловлено повсеместным использованием верификации и идентификации на закрытом множестве.

Еще одной важной задачей, которую предстоит решить, является защита персональных данных, хранящихся в базах данных, от злоумышленников. Ведь изначально любой тип биометрической идентификации использовался исключительно внутри правоохранительных органов и служб, где достаточное внимание уделяется безопасности данных. Однако, за несколько лет для идентификации личности измерение анатомических и физиологических характеристик стало обыденным и реализуется во многих бытовых устройствах, применяемых населением каждый день. Отметим, что распознавание по лицу особенно подвержено злоупотреблениям, так как данная технология может использоваться пассивным образом, т.е. для ее применения в ряде случаев не обязательно согласие или участие субъекта, за которым ведется наблюдение. Современные телекамеры легко обеспечивают просмотр лиц с расстояния более 90 метров.

Использование биометрических данных для осуществления доступа к банковским и различным государственным услугам должно иметь хорошую защищенность и правовую поддержку.

## Выводы

В статье были приведены результаты завершающего этапа математической оценки экспериментальных данных по распознаванию лиц в среде вычисления с открытым системным кодом, в ходе которого были выявлены зависимость результатов распознавания от целостности совокупности элементов представленного изображения, наличия внешних деталей, а также существенное влияние фактора известности.

В ходе изысканий определен тип распределения результатов исследований математическими методами с использованием свободной программной среды вычислений с открытым исходным кодом, который оказался из рассмотренных наиболее близок к логонормальному. Также проведена оценка существующих компьютерных технологий распознавания лиц, выделены их достоинства и недостатки. Проведено сравнение человеческих и машинных возможностей по распознаванию лиц, выявлены пути дальнейшего совершенствования технологических подходов в этой сфере.

Акцентировано внимание на проблеме защиты персональных данных в современных компьютерных системах и сетях.

## Заключение

Исследования могут быть продолжены в направлении совершенствования систем распознавания путем поиска новых алгоритмов, наполнения баз данных, наращивания вычислительных мощностей и их развития. Особого внимания требует создание системы защиты накапливаемых данных.

## Литература

1. Мастицкий С.Э., Шитиков В.К. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R. [Электронная книга], 2014. – 400 с.
2. Технология распознавания лиц URL: <https://hardbroker.ru/pages/recognition> (дата обращения 18.02.2020).
3. Фасоля А.А., Останина Е.А. Математическая оценка экспериментальных данных в среде вычисления с открытым системным кодом на примере исследований по распознаванию лиц // Мир образования – образование в мире. – 2019. – № 2 (74). – С. 107-115.
4. Шерстобитов А.И., Федосов В.П., Приходченко В.А., Тимофеев М.В. Распознавание лиц на групповых фотографиях с использованием алгоритмов сегментации // Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. №11 (148). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/raspoznavanie-lits-na-grupповых-fotografiyah-s-ispolzovaniem-algoritmov-segmentatsii> (дата обращения: 20.02.2020).
5. Юценкова Д.В., Мещеряков Б.Г. Распознавание отдельных черт лица как основа узнавания целого лица // Экспериментальная психология. – 2010. – №3. – С. 84-92.
6. Definition – What does Facial Recognition mean? [Электронный ресурс] URL: <https://www.techopedia.com> (дата обращения 18.02.2020).
7. Edwards G.J., Cootes T.F., Taylor C.J. Face Recognition Using Active Appearance Models URL: [https://www.cs.utexas.edu/~grauman/courses/spring2007/395T/papers/edwards\\_eccv1998.pdf](https://www.cs.utexas.edu/~grauman/courses/spring2007/395T/papers/edwards_eccv1998.pdf) (дата обращения: 20.02.2020).
8. Khalajzadeh H., Mansouri M., Teshnehlab M. Face Recognition using Convolutional Neural Network and Simple Logistic Classifier // Online Conference on Soft Computing in Industrial Application Anywhere on Earth, December 10-21. – 2012.
9. Rabia Jafri, Hamid R. Arabnia A Survey of Face Recognition Techniques // Journal of Information Processing Systems. – 2009. – Vol. 5, No. 2. – P. 41-67.
10. Steve Lawrence, C. Lee Giles, Ah Chung Tsoi, Andrew D. Back Face Recognition: A Convolutional Neural-Network Approach // IEEE Transactions on neural networks. – 1997. – Vol. 8, No. 1. – P. 98-113.

11. Utsav Prabhu, Keshav Seshadri Facial Recognition Using Active Shape Models, Local Patches and Support Vector Machines URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/d93c/e7b4ad47f88d3190e38a55fa9528ce7821dc.pdf> (дата обращения: 20.02.2020).

12. WenYi Zh, Rama Chellap Imagebased Face Recognition – Issues and Method URL: [http://www.face-rec.org/interesting-papers/general/chapter\\_figure.pdf](http://www.face-rec.org/interesting-papers/general/chapter_figure.pdf) (дата обращения 18.02.2020).

**Останина Елена Анатольевна.** E-mail: neka1818@mail.ru

Дата поступления: 24.02.2020

Дата принятия к публикации 15.04.2020

## ABOUT SOME ASPECTS OF FACE RECOGNITION TECHNOLOGY

DOI: 10.25629/HC.2020.05.17

**Ostanina E.A.**

Moscow Aviation Institute (National Research University)  
Peter the Great Military Academy of Strategic Missile Forces  
Moscow, Russia

**Abstract.** Actual technologies that implement the face recognition mechanism are currently gaining particular importance. Numerous studies conducted in this direction are caused, first of all, by the ever-increasing practical needs of society. Despite the familiar procedure for pattern recognition, identification of people's faces, the implementation of these procedures by computer systems, including the decoding and storage of digital images of faces, is not yet fully developed. The main task in this regard is the task of the optimal search and identification of a low-contrast object, which is considered the human face. Its solution can be based on the systems of cyber vision, both in the light of the classical problem of perception, and in the light of new approaches. In this regard, a special role is given to the study of factors to a greater extent affecting the recognition result. The article discusses approaches to the construction of recognition systems, their advantages and disadvantages, as well as issues of the practical application of these systems.

**Keywords.** Personality identification, face recognition, verification, identification on a closed set, statistical computing environment R, statistical processing of data, log-normal distribution, dynamic recognition, reference comparison, flexible graph comparison method, neural networks, Karunen – Loeve decomposition, principal component analysis, active appearance models, generalized procrust analysis, recognition accuracy.

**Ostanina Elena Anatolyevna.** E-mail: neka1818@mail.ru

Date of receipt 24.02.2020

Date of acceptance 15.04.2020