

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ»

Факультет телекоммуникаций и радиотехники

Доклад на тему:  
«Технология распознавания лиц от «А» до «Я»»

Выполнил: студент 4 курса  
Группы ИКТп-71  
Серегин Н.А.  
Руководитель:  
Кандидат ф.-м. наук, доцент,  
Вороной А. А.

Самара, 2020

## Оглавление

Введение.....	3
Что такое распознавание лиц? .....	4
Как работает система распознавания лиц?.....	5
Анализ видеопотока на сервере.....	5
Анализ видеопотока на IP-камере .....	6
Анализ видеопотока на устройстве контроля доступа .....	6
Где используется распознавание лиц? .....	7
Технология распознавания лиц.....	8
2D-распознавание.....	лиц
9	
3D-распознавание.....	лиц
10	
Методы автоматического распознавания лиц.....	12
Как технология распознавания по лицу используется в настоящее время.....	14
Насколько хорошо срабатывают устройства идентификации по лицу? .....	15
Заключение .....	16

## **Введение**

Мы являемся свидетелями грандиозных событий, большинство из которых еще не наступили, но уже прорастают сквозь асфальт настоящего. Одно из таких событий это технология распознавания лиц. В 2017 году мы стали свидетелями выхода ее в массовый продакшн, где она уже успела показать фантастическую эффективность! Интерес к процессам узнавания и распознавания лиц, всегда был значительным, особенно в связи со все возрастающими практическими потребностями: системы охраны, верификация кредитных карточек, криминалистическая экспертиза, телеконференции и т.д. Несмотря на ясность того житейского факта, что человек хорошо идентифицирует лица людей, совсем не очевидно, как научить этому компьютер, в том числе как декодировать и хранить цифровые изображения лиц.

Задачу оптимального поиска и идентификации слабоконтрастного объекта, каким по праву считается человеческое лицо, на основе систем кибернетического зрения можно рассматривать как в свете классической проблемы восприятия, так и в свете новых подходов. В данной статье речь пойдет о некоторых аспектах принципа динамического распознавания.

## Что такое распознавание лиц?

Распознавание лиц (Face Recognition - англ.) - это один из наиболее перспективных методов биометрической бесконтактной идентификации человека по лицу.

Первые системы распознавания лиц были реализованы как программы устанавливаемые на компьютер. В наше время технология распознавания лиц наиболее часто используется в системах видеонаблюдения, контроля доступа, на разнообразных мобильных и облачных платформах. Журнал Массачусетского технологического института - MIT Technology Review включил технологию распознавания лиц в список 10 прорывных технологий 2017 года.

Если вы думаете что про фантастическую эффективность я для красного словца сболтнул, то не на самом деле я затруднился подобрать должный эпитет. Но вот проиллюстрировать затруднений нет никаких. В Китае в базе данных единой системы слежения и распознавания более миллиарда человек. В реальном времени система использует 170 миллионов камер.

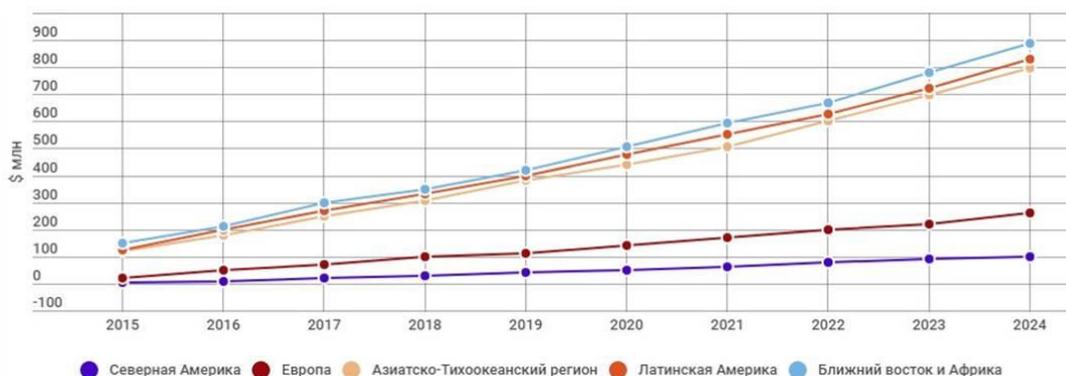
Журналист британской BBC решил проверить (на всякий случай, без излишней самодеятельности, договорившись с властями) - сколько времени потребуется на задержание, если он будет перемещаться по Пекину, находясь в базе опасных лиц.

Ответ получен: 7 минут. .

Китайцы, конечно, не считают систему совершенной: они хотят в ближайшие три года добавить ещё каких-то 400 миллионов камер. Чтобы был настоящий китайский масштаб: полмиллиарда камер в реальном времени мониторят 1,4 млрд человек. Ждём реакции Яровой.

По оценке Bloomberg, мировой рынок распознавания лиц вырастет с 4,05 млрд. долларов в 2017 году до 7,76 млрд. долларов США к 2022 году.

Где в мире больше всего зарабатывают на технологиях распознавания лиц? По данным [www.tractica.com](http://www.tractica.com).



## Как работает система распознавания лиц?

В принципе, система распознавания лиц может быть описана как процесс сопоставления лиц, попавших в объектив камеры с базой данных ранее сохраненных и идентифицированных изображений лиц эталонов. По структурной реализации системы распознавания лиц можно выделить три распространенные схемы.

### Анализ видеопотока на сервере

Наиболее распространенная схема реализации — IP-камера передает видеопоток на сервер, на сервере специализированное программное обеспечение для выполняет анализ видеопотока и сравнение полученных из видеопотока изображений лиц, с базой лиц эталонов.



Недостатками такой схемы будут, высокая нагрузка на сеть, высокая стоимость сервера, даже к самому мощному серверу можно подключить ограниченное количество IP-камер, т.е. чем больше система тем больше серверов.

Преимуществом является возможность использовать уже существующую систему видеонаблюдения.

## Анализ видеопотока на IP-камере

В данном случае анализ изображения будет производиться на самой камере, а на сервер будут передаваться обработанные метаданные.



Недостатки — нужны специальные камеры, выбор которых в данный момент крайне мал, стоимость камер выше чем обычных. Также в системах разных производителей будет по разному решаться вопрос хранения и размера базы данных распознанных лиц эталонов, а также вопросов взаимодействия софта на камере и софта на сервере.

Преимущества — подключение практически неограниченного количества камер к одному серверу.

## Анализ видеопотока на устройстве контроля доступа

В отличии от первых двух схем где используются IP-камеры, в данном случае камера встроена в устройство контроля доступа, которое кроме распознавания лица которое естественно происходит на устройстве, выполняет функции управления доступом как правило через турникет или электрозамок установленный на дверь. База данных лиц эталонов хранится на устройстве, и как правило уже не в виде фотоизображений.



Недостатки — как правило все такие устройства выпускаются для использования в помещениях.

Преимущества — низкая стоимость систем по сравнению с системами видеонаблюдения используемыми для распознавания лиц.

В любом случае успех реализации проектов по распознаванию лиц зависит от трех важных факторов:

- Алгоритм распознавания
- Базы данных распознанных лиц (эталонов)
- Быстродействие алгоритма

## Где используется распознавание лиц?

Технологии распознавания лиц применяются в самых разнообразных сферах:

- обеспечение безопасности в местах большого скопления людей;
- системы охраны, избежание незаконного проникновения на территорию объекта, поиск злоумышленников;
- фейс-контроль в сегменте общепита и развлечений, поиск подозрительных и потенциально опасных посетителей;
- верификация банковских карт;
- онлайн-платежи;
- контекстная реклама, цифровой маркетинг, Intelligent Signage и Digital Signage;
- фототехника;
- криминалистика;
- телеконференции;
- мобильные приложения;
- поиск фото в больших базах фотоснимков;
- отметка людей на фото в социальных сетях и многие другие.

Apple планирует использовать систему распознавания лиц в качестве разблокировки телефона – селфи, снятое владельцем телефона на фронтальную камеру, будет сравниваться с заранее загруженным фото-эталоном.

Хотя технологии распознавания лиц могут показаться чем-то футуристическим, тем не менее, они уже активно используются в самых разных направлениях. Вот несколько удивительных применений этой технологии.

### **Безопасность устройства**

Некоторые приложения используют распознавание лиц для защиты ваших данных. Даже безопасный пароль не может защитить ваши аккаунты и информацию от опытных хакеров, поэтому люди решили прибегнуть к технологиям распознавания лиц. Эти приложения требуют показать им ваше лицо, чтобы разблокировать ваш смартфон или получить доступ к личным данным.

### **Выявление генетических нарушений**

Существуют специальные медицинские приложения, такие как Face2Gene и DeepGestalt, которые используют распознавание лиц для обнаружения генетических нарушений. Они анализируют лица и сравнивают их с базой данных лиц тех людей, у которых имеются различные нарушения.

## **Технология распознавания лиц**

Как правило система состоит из камеры видеонаблюдения и программного обеспечения которое выполняет анализ изображений. Программное обеспечение для распознавания лиц основано на обработке изображений и вычислениях сложных математических алгоритмов, которые требуют более мощный сервер, чем обычно требуется для систем видеонаблюдения.

Нас будет в первую очередь интересовать качественные показатели программного обеспечения. Во вторую, какие серверные мощности понадобятся для анализа изображения и обработки базы данных с изображениями, ну и в третьи мы рассмотрим вопрос применимости IP-камер для целей распознавания лиц. Отдельного внимания заслуживают так называемые «stand alone» устройства, которые выполняют обработку изображений непосредственно на самом устройстве а не на сервере, также на таких устройствах может быть в память база данных лиц эталонов.

## 2D-распознавание лиц

В основе технологии 2D (двумерного) распознавания лиц, лежат плоские двухмерные изображения. Алгоритмы распознавания лиц используют: антропометрические параметры лица, графы - модели лиц или эластичные 2D-модели лиц, а также изображения с лицами представленными некоторым набором физических или математических признаков. Рейтинг популярности алгоритмов распознавания лиц мы рассмотрим ниже.

Распознавание 2D изображений одна из наиболее востребованных технологий на данный момент. Так как основные базы данных идентифицированных лиц накопленные в мире - именно двухмерные. И основное оборудование, уже установленное, по всему миру тоже 2D — по данным на 2016 год - 350 миллионов камер видеонаблюдения. Собственно поэтому основной спрос приходится именно на 2D системы распознавания лиц.

А спрос как известно стимулирует предложение, заставляя разработчиков максимизировать усилия на совершенствовании именно 2D технологии. Эти усилия приносят иногда неожиданно интересные результаты, например в виде создания трехмерной модели лица на основе 2D изображения. Исследователи из университетов Ноттингема и Кингстона представили проект по 3D-реконструкции лиц на основе одного единственного изображения. Нейросеть, через которую пропустили множество объёмных 3D-моделей людей и обычных портретов воссоздает объёмные лица людей на основе всего одного двумерного изображения лица.

### Преимущества

Огромным преимуществом 2D распознавания лиц является наличие готовых баз данных лиц эталонов, и готовой инфраструктуры. Максимальный спрос придется именно на этот сегмент, а спрос будет стимулировать разработчиков совершенствовать технологии.

### Недостатки

Более высокие коэффициенты ошибок FAR и FRR по сравнению с 3D распознаванием лиц.

Метод биометрической идентификации	Коэффициент ложного пропуска, FAR	Коэффициент ложного отказа, FRR
Распознавание лица 2D	0.1%	2.5%
Распознавание лица 3D	0.0005%	0.1%

## **3D-распознавание лиц**

3D распознавание (Three-dimensional face recognition - англ.) производится как правило по реконструированным трехмерным образам. Технология 3D распознавания лиц имеет более высокие качественные характеристики. Хотя конечно и она не является идеальной.

Существует несколько разнообразных технологиях 3D сканирования. Это могут быть лазерные сканеры с оценкой дальности от сканера до элементов поверхности объекта, специальные сканеры со структурированной подсветкой поверхности объекта и математической обработкой изгибов полос, либо это могут быть сканеры, обрабатывающие фотограмметрическим методом синхронные стереопары изображений лиц.

Одним из наиболее исследованных потребителями и экспертами 3D сканеров является знаменитый Face ID, от компании Apple. Опыт использования Face ID крайне интересен и показателен, потому что по сути это единственное устройство с технологией 3D распознавания лиц выпущенное на масс маркет, если конечно можно считать телефон за сотку устройством для масс маркета.

3D технология от Apple единственная в мире использует - вертикально-излучающие лазеры (VCSEL), по слухам суммарно потратив на разработку Face ID от 1,5 до 2 миллиардов долларов. Поставщиком VCSEL для Apple выступают две компании Finisar Corp (инвестиции Apple - 390 млн. долларов) и Lumentum Holdings. И судя по тому что другие 3D технологии, не показывают такой эффективности как Face ID, разблокировка по лицу на смартфонах на Android, появится не скоро.

Естественно с задачами идентификации близнецов Face ID не справляется, хотя этого никто и не ожидал, но даже с близкими родственниками случаются фейлы.

Ну и скорее комичный момент, но по началу Face ID не различал азиатов, но проблему настолько быстро пофиксили, что Apple даже не успели вчинить ни одного иска за расизм.

### **Преимущества**

**3D**

Большая точность и меньшее количество ошибок пока недостижимое для 2D систем распознавания лиц.

Метод биометрической идентификации	Коэффициент ложного пропуска, FAR	Коэффициент ложного отказа, FRR
Распознавание лица 3D	0.0005%	0.1%
Распознавание лица 2D	0.1%	2.5%

## Недостатки

## 3D

Достаточно легко подделать для профессионалов  
 Даже Face ID несмотря на всю крутость был взломан вьетнамской компанией Вкав сразу после поступления в продажу. Маска была создана с помощью 3D принтера. Себестоимость создания маски всего \$150. Создание маски достаточно сложно для обычного человека, и ваша мама вряд ли сможет это повторить, но для профессионалов это как два пальца об асфальт.

Не используйте 3D распознавания лиц для защиты от несанкционированного доступа к ноутбукам, смартфонам, помещениям с особым уровнем секретности, все они могут быть с легкостью взломаны профессионалами.

-3D распознавание требует специальных камер для сканирования, которые в несколько раз дороже обычных камер видеонаблюдения которые используется в 2D распознавании.

-Отсутствие готовых баз данных идентифицированных лиц, по сравнению с 2D распознаванием

- Распознавание близнецов, остается сложной задачей для алгоритмов распознавания лиц. В среднем в мире рождается 13.1 близнецов на 1000 новорожденных, и эта цифра сильно колеблется в зависимости от географического региона.

## Методы автоматического распознавания лиц

Задача идентификации и распознавания лиц – это одна из первых практических задач, которая стимулировала становление и развитие теории распознавания и идентификации объектов. Существует девять категорий объектов, которые соответствуют гностическим областям и вызывают зрительные образы:

- объекты, которыми можно манипулировать (чашка, ключи, часы и т.д.);
- объекты, которыми можно частично манипулировать (автомобили, материалы и т.д.);
- объекты не манипулируемые (деревья, здания и т.д.);
- лица;
- выражения лиц;
- живые существа (животные, фигура человека);
- печатные знаки (буквы, символы, знаки);
- рукописные изображения;
- характеристики и расположение источников света (луна, солнце).

Интерес к процедурам, лежащим в основе процесса узнавания и распознавания лиц, всегда был значительным, особенно в связи с возрастающими практическими потребностями: охранные системы, верификация, криминалистическая экспертиза, телеконференции и т.д. Несмотря на ясность того житейского факта, что человек хорошо идентифицирует лица людей, совсем не очевидно, как научить ЭВМ проводить эту процедуру, в том числе как декодировать и хранить цифровые изображения лиц. Еще менее ясными являются оценки схожести лиц, включая их комплексную обработку. Можно выделить несколько направлений исследований проблемы распознавания лиц:

- нейropsихологические модели;
- нейрофизиологические модели;
- информационно – процессуальные модели;
- компьютерные модели распознавания.

Проблема распознавания лиц рассматривалась еще на ранних стадиях компьютерного зрения. Ряд компаний на протяжении более 40 лет активно разрабатывают автоматизированные, а сейчас и автоматические системы распознавания человеческих лиц: Smith & Wesson (система ASID –

Automated Suspect Identification System); ImageWare (система FaceID); Imagis, Epic Solutions, Spillman, Miros (система Trueface); Vissage Technology (система Vissage Gallery); Visionics (система FaceIt).

Для решения задачи распознавания лиц были предложены различные методики, среди которых можно выделить подходы, основанные на нейронных сетях, на разложении Карунена – Лоэва, на алгебраических моментах, линиях одинаковой интенсивности, эластичных (деформируемые) эталонах сравнения. В разработках алгоритмов распознавания особые усилия направлены на автоматическое выделение элементов лица (глаза, нос, рот, подбородок и др.) на его различных изображениях: фас, профиль и произвольный ракурс. Далее эти геометрические характеристики используются в решении задачи распознавания. Типичным при описании этих подходов является отсутствие сравнения на статистически значимой базе данных лиц.

Можно выделить два способа распознавания лиц:

- сравнение типа соответствия между стимулами один против одного;
- сравнение между накопленным, репрезентативным рядом лиц.

Геометрическое сравнение, основано на определении элементов лица – ЭЛ: глаза, нос, рот, подбородок и др. Лицо может быть распознано, даже когда индивидуальные ЭЛ видны недостаточно. Идея подхода заключается в нахождении относительного положения и собственных характеристик отдельных ЭЛ. Было показано, что если даже ЭЛ извлекаются вручную, то компьютерное распознавание дает очень хорошие результаты.

Эталонное сравнение построено на идее, что изображение, представлено в виде массива байтов – величин интенсивности, сравнивается в подходящей метрике с эталоном – целым лицом. Существуют несколько путей подготовки эталонов и их представления. Несколько эталонов используются для распознавания с разных ракурсов.

## Как технология распознавания по лицу используется в настоящее время

В отличие от других биометрических систем, распознавание по рисунку лица может использоваться для общего видеонаблюдения, обычно в сочетании с телекамерами, установленными в общественных местах. В США идентификация по лицу применяется в настоящий момент в двух основных областях. Во-первых, в аэропортах, где использование таких систем было реализовано после террористических актов 11 сентября.

Второй областью применения данной технологии стали крупные спортивные мероприятия, например, Кубок США по американскому футболу, проводившийся в Тампе, когда фотографии всех посетителей были отсняты во время их входа на стадион через турникеты и затем сопоставлены с информацией какой-то

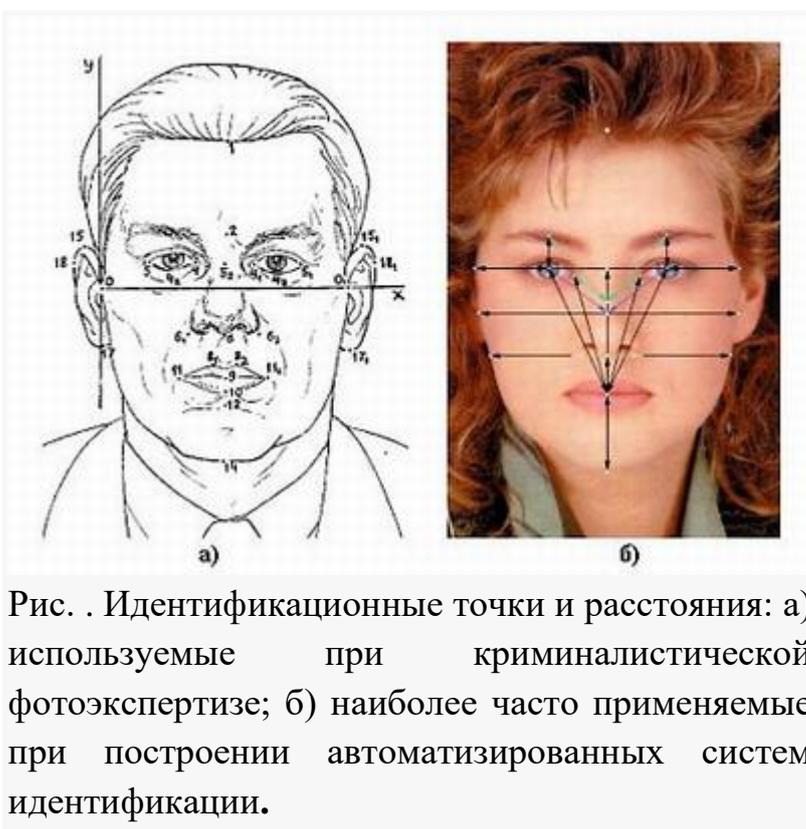


Рис. . Идентификационные точки и расстояния: а) используемые при криминалистической фотоэкспертизе; б) наиболее часто применяемые при построении автоматизированных систем идентификации.

секретной базы данных. Администрация не стала сообщать, сведения о ком содержала эта база данных, но известно, что компьютерная программа пометила 19 человек. Впоследствии полицейские сообщили, что часть отметок являлась ложной тревогой, а в целом никто из помеченных системой людей был не более, чем мелким преступником, вроде билетного спекулянта.

## **Насколько хорошо срабатывают устройства идентификации по лицу?**

Компьютеры способны совершать все более поразительные вещи, но, тем не менее, они не являются волшебным средством. Если сами люди часто не могут узнать субъекта, изображенного на фотографии, то какой надежности можно ожидать от компьютера? Человеческий мозг в высшей степени приспособлен к распознаванию лиц, к примеру, маленькие дети запоминают лица гораздо лучше, чем любые другие формы. Помимо всего прочего, человеческий мозг обладает гораздо большей, чем компьютеры, способностью компенсации изменений освещенности и угла зрения. Дело в том, что лица имеют чрезвычайно сложный рисунок и часто отличаются друг от друга только неуловимыми деталями, поэтому нередко как человеку, так и компьютеру бывает невозможно сопоставлять изображения при наличии разницы в освещении, угла обзора камеры, не говоря уже изменения внешнего вида самого лица.

## **Заключение**

неудивительно, что проведенные правительством США исследования программных средств распознавания по лицу установили высокий процент ложного распознавания невинных людей и идентификации их с фотографиями других лиц, находящихся в базе данных, а также неспособность этих средств распознать настоящих преступников, даже если их фото имеются в наличии в базе данных. Проблема заключается еще и в том, что в отличие от отпечатков пальцев или радужной оболочки, наши лица меняются с течением времени. Системы распознавания легко ошибаются из-за изменения прически, растительности на лице или веса тела, из-за применения человеком каких-то простейших средств изменения внешности, а также из-за проявления последствий старения.

К примеру, исследование, проведенное Национальным институтом стандартов и технологий (NIST), установило, 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, что весьма важно, так как программы распознавания по лицу очень плохо справляются с оценкой изменения освещенности или угла наклона камеры. "Трудны" для них и фотографии с оживленным фоном. Исследование NIST также пришло к заключению, что изменение угла наклона камеры на 45 градусов делает такие программы практически бесполезными. Наилучшим образом технология распознавания лица срабатывает в строго контролируемых условиях, когда субъект смотрит прямо в камеру при яркой освещенности. Правда, другое исследование, проведенное Министерством обороны США, обнаружило высокий уровень ложной идентификации даже при таких идеальных условиях. Таким образом, от снимков с зернистым изображением или старых фотографий, типа тех, которые хранятся в личных делах, будет очень мало пользы.

