

УДК 338

М.Д. Гочияева, А.М. Батчаева, А.А. Балов, Д.Т. Байчоров, Д.А. Хапаев

Северо-Кавказская государственная академия, Черекск, email: gmadina_75@mail.ru

МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ: ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

Ключевые слова: обнаружение лиц, распознавание лиц, биометрия, безопасность, нейронные сети, конфиденциальность, этические вопросы.

Настоящая статья посвящена изучению текущего состояния технологий обнаружения и распознавания лиц, а также перспектив их дальнейшего развития. Автором проведен анализ существующих методов обнаружения и распознавания лиц. Рассматриваются различные подходы, включая традиционные методы на основе геометрических признаков, а также современные методы, основанные на глубоком обучении. Выявлены преимущества и ограничения каждого метода, а также их применение в различных областях, таких как безопасность, видеонаблюдение и персонализация.

M.D. Gochiyeva, A.M. Batchaeva, A.A. Balov, D.T. Baichorov, D.A. Khapaev

North Caucasian State Academy, Cherekssk, e-mail: gmadina_75@mail.ru

FACE DETECTION AND RECOGNITION METHODS: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Keywords: face detection, face recognition, biometrics, security, neural networks, privacy, ethical issues.

This article is devoted to the study of the current state of face detection and recognition technologies, as well as the prospects for their further development. The author analyzed the existing methods of face detection and recognition. Various approaches are considered, including traditional methods based on geometric features, as well as modern methods based on deep learning. The advantages and limitations of each method, as well as their application in various fields, such as security, video surveillance and personalization, are identified.

Исследование методов обнаружения и распознавания лиц является актуальной темой в современных технологиях, особенно в контексте их применения в различных сферах жизни. Эти методы находят широкое применение в безопасности, маркетинге, здравоохранении и других областях. Биометрическая идентификация личности проводится на основе уникальных биологических и поведенческих характеристик, некоторые из которых являются врожденными и остаются неизменными, в то время как другие могут изменяться на протяжении жизни. В современном мире технологии распознавания лиц играют важную роль в обеспечении безопасности и идентификации личности. В данной статье проведём анализ существующих методов обнаружения и распознавания лиц, сравним их и определим преимущества и недостатки каждого из них.

Актуальность выбранной темы связана с развитием цифровых технологий и обеспечением безопасности инфор-

мации. Распознавание лиц является эффективным методом авторизации и применяется в различных сферах, таких как автоматизация, медицина, криминалистика и другие.

Научная новизна исследования заключается в комплексном анализе существующих подходов к распознаванию лиц, таких как метод гибкого сравнения на графах, метод главных компонент, активные модели внешнего вида и нейронные сети. В работе исследуются ключевые характеристики каждого метода, выявляются их преимущества и недостатки, а также определяются основные аспекты, влияющие на точность и эффективность распознавания лиц. Это позволяет лучше понять различия между методами и выбрать наиболее подходящий подход для своих потребностей с учётом специфики решаемых задач.

Контроль доступа к важным объектам, производственным средствам, ресурсам и информации – это ключевая задача для обеспечения безопасности.

По мере развития науки и техники, биометрические системы аутентификации получили широкое распространение. В наши дни многие организации используют системы контроля и управления доступом для повышения уровня безопасности. Такие системы позволяют ограничивать доступ к определенным объектам или территориям для конкретных лиц.

Первые образцы, появившиеся в 60-х годах, были сканерами отпечатков пальцев; одновременно разрабатывались системы идентификации по геометрии ладони, почерку, тепловому изображению лица. Однако с развитием биометрических технологий появились более точные и удобные методы идентификации, например, распознавание лиц по видеопотоку в режиме реального времени.

Прогресс в области нейронных сетей позволил вывести биометрические системы аутентификации на новый уровень. Использование моделей глубокого обучения помогло повысить точность и скорость распознавания личности по голосу и лицу, при этом сократить затраты на развертывание таких систем. В контексте обеспечения безопасности населения в местах массового скопления людей, задача распознавания лиц и определения личности становится критически важной в современном мире. Особенно актуальна идентификация человека не по статическому изображению, а в видеопотоке, где может быть множество людей, и качество данных может быть далеко от идеального. Распознавание лиц по видеопотоку является более удобным способом, так как человеку достаточно оказаться в поле зрения камер, а система сама проведет идентификацию. Кроме того, это решает проблему отсутствия идентификатора, поскольку человек не может потерять или забыть свое лицо.

Системы распознавания и идентификации людей на основе видеопотоков с камер наблюдения играют важную роль в обеспечении безопасности, контроле доступа, а также в различных приложениях, требующих идентификации личности. Однако существующие решения сталкиваются с рядом сложностей, связанных с изменением освещения, ракурса съемки, наличием помех и частичным перекрытием лица.

Распознавание лиц – это процесс, в котором система идентифицирует человека по его фото или видео. Рассмотрим общий алгоритм распознавания лиц:

- **Обнаружение.** Система получает изображение с камеры и использует специальный алгоритм, чтобы найти на нем лицо.
- **Трансформация.** Затем обнаруженное лицо подвергается различным преобразованиям, таким как коррекция яркости, масштабирование и другие аффинные преобразования, чтобы привести его к заданному шаблону.
- **Идентификация.** После этого система извлекает ключевые признаки обнаруженного лица и находит максимальное совпадение с известными ей образцами в базе данных. Название этого шага зависит от типа системы распознавания.

Существуют два основных типа распознавания:

- **Верификация:** система сравнивает обнаруженное лицо с одним известным и отвечает на вопрос «Одинаковые ли эти лица?»
- **Идентификация:** система сравнивает обнаруженное лицо со всеми известными ей и отвечает на вопрос «Известен ли этот человек системе?»

Объекты и методы исследования

Объектом исследования выступает анализ и оценка современных методов распознавания лиц, с целью обеспечения безопасности. В исследовании применялся сравнительный анализ существующих методов распознавания лиц с целью обеспечения безопасности и дана оценка каждого метода с учетом точности, скорости, а также других характеристик, разработанные в разные и применяемые в разные периоды времени.

Задача обнаружения лица на изображении часто является первым шагом в процессе решения задачи более высокого уровня – распознавания лица, деталей лица и его мимики. Информация о присутствии и количестве людей на изображении может быть полезной в различных областях. Существующие методы обнаружения лиц делятся на четыре категории: эмпирические, основанные на характерных инвариантных признаках, с использованием заранее

определённых шаблонов и обучаемые системы, которые анализируют внешние признаки.

Алгоритмы распознавания лиц основаны на загрузке и обработке изображений. Изображение загружается в систему в виде данных, после чего алгоритм начинает его анализировать и искать области, где может находиться лицо. На сегодняшний день было разработано множество таких алгоритмов, большинство из которых являются комбинацией нескольких методов, что повышает их эффективность. Эти алгоритмы можно разделить на два основных вида: методы, основанные на знаниях, и методы, основанные на обнаружении по внешним признакам. Методы, основанные на знаниях, используют информацию о форме, цвете или яркости человеческого лица, создавая набор специальных правил, которым должен соответствовать фрагмент изображения, чтобы он считался лицом. Такие правила определяются знаниями человека о том, как выглядит лицо. Одним из таких методов является сравнение с шаблонами, где изображение сравнивается с некоторым эталонным шаблоном, описывающим определенные свойства лица. Методы, основанные на знаниях, хорошо справляются с поставленными задачами, но требуют высокого качества входных изображений, отсутствия шумов и простого фона. При использовании камер видеонаблюдения точность распознавания может снижаться из-за изменения ракурса, освещения и сложного заднего плана.

Методы обнаружения лиц по внешним признакам работают в противоположном направлении по сравнению с ранее упомянутыми подходами. Вместо имитации работы человеческого мозга, они стремятся выявить закономерности и характеристики изображений лиц, используя методы машинного обучения и математической статистики. Таким образом, эти методы не подвержены недостаткам, присущим предыдущим подходам, что и обусловило их более широкое применение в системах видеонаблюдения. Обнаружение лиц в этих методах осуществляется путем поиска всех прямоугольных областей изображения и последующего отнесения каждой из них к одному из двух классов: «изображе-

ние содержит лицо» или «изображение не содержит лица». Недостатком данного метода является высокая вычислительная сложность, обусловленная большим объемом обрабатываемых данных. Для ускорения процесса и снижения количества вычислений, авторы применяют различные методы по сокращению числа рассматриваемых областей.

Рассмотрим некоторые актуальные и популярные методы распознавания лиц, а также их преимущества и недостатки:

Один из самых популярных методов обнаружения лиц основан на работе Виолы и Джонса. Он использует каскады Хаара для быстрого обнаружения лиц на изображениях. Преимущество этого метода заключается в его скорости и эффективности, однако он может давать ложные срабатывания.

Метод Histogram of Oriented Gradients (HOG) также используется для обнаружения лиц. Основан на вычислении гистограмм градиентов изображения и сравнении их с эталонными значениями. Данный метод обладает высокой точностью, но требует больше времени для обработки изображений.

Метод Eigenfaces основан на использовании главных компонент для представления лиц на изображениях. Позволяет уменьшить размерность данных и ускорить процесс распознавания. Однако этот метод чувствителен к изменениям освещения и ракурса съёмки.

Метод Fisherfaces является улучшением метода Eigenfaces и использует дискриминантный анализ для повышения точности распознавания. Он также чувствителен к изменениям освещения и ракурса съёмки, но даёт лучшие результаты по сравнению с Eigenfaces.

Метод опорных векторов (SVM) – это линейный алгоритм, используемый для задач классификации и регрессии. Его цель – найти гиперплоскость в пространстве признаков, которая разделяет два класса изображений: с лицами и без лиц. Также необходимо выбрать оптимальную разделяющую гиперплоскость с максимальным расстоянием от каждого класса. Преимущества этого метода включают устойчивость к переобучению, высокую скорость распознавания по сравнению с нейронными сетями

и возможность оптимизации чувствительности к шуму путём снижения точности работы. Однако существуют более точные алгоритмы распознавания лиц.

Сверточная нейронная сеть (CNN) использует машинное обучение для тренировки извлечения ключевых характеристик лица на основе готовых примеров. Нейросеть получает опыт, который затем применяется для распознавания ранее неизвестных объектов. Преимущества этого метода включают высокую точность распознавания и устойчивость к искажениям и шумам на изображениях, хотя он считается одним из самых сложных алгоритмов для реализации.

Сравнение методов обнаружения и распознавания лиц показывает, что каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Метод Виолы-Джонса быстрый и эффективный, но может давать ложные срабатывания. Метод HOG точен, но требует больше времени для обработки изображений. Метод Eigenfaces чувствителен к изменениям освещения и ракурса съёмки, но позволяет уменьшить размерность данных. Метод Fisherfaces также чувствителен к изменениям освещения и ракурса съёмки, но даёт лучшие результаты по сравнению с Eigenfaces.

Анализ существующих методов обнаружения и распознавания лиц показывает, что технологии в этой области продолжают развиваться, демонстрируя все более высокую точность и надёжность. Традиционные методы, основанные на геометрических признаках, продолжают использоваться, но все большее распространение получают методы, основанные на глубоком обучении. Эти методы позволяют автоматически извлекать и распознавать сложные признаки лица, что приводит к повышению точности и робастности систем обнаружения и распознавания. Дальнейшее развитие методов обнаружения и распознавания лиц будет связано с совершенствованием алгоритмов глубокого обучения, а также с интеграцией этих технологий в различные приложения, такие как системы безопасности, видеонаблюдение и персонализация. Ожидается, что эти технологии будут играть все более важную роль в нашей повседневной жизни.

«В масштабном исследовании биометрических технологий компании J'son & Partners Consulting в 2018 г. приняли участие более 40 экспертов связанные с биометрической идентификацией.

В исследовании была заложена уникальная финансовая модель, через которую удалось посчитать российский рынок биометрии и сформировать его структуру в цифрах, трендах и прогнозах.

Рынок России находится в стадии более динамичного развития, чем мировой. Прогнозируемые ежегодные темпы роста биометрических технологий в России в ближайшие три года превысят общемировой показатель более чем в 1,5 раза (рис. 1).

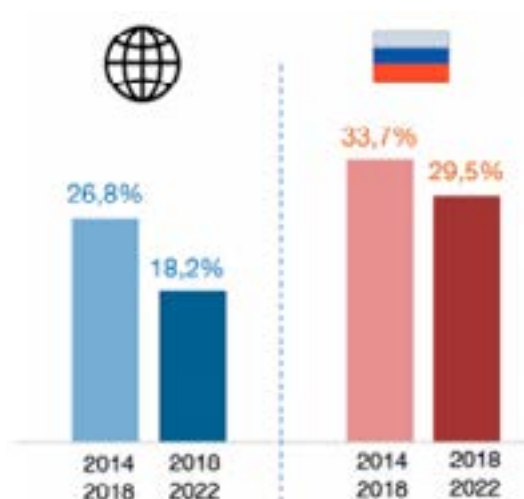


Рис. 1. Темпы роста мирового и российского рынка биометрии

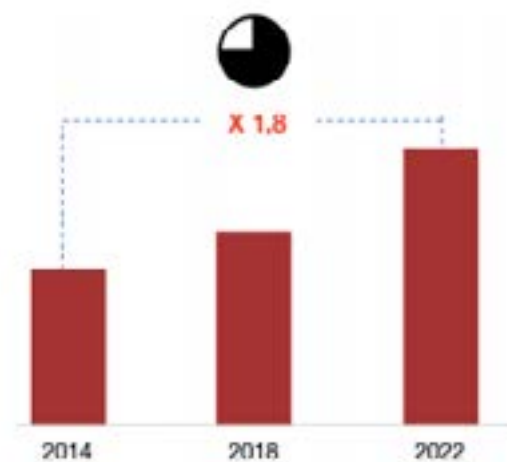


Рис. 2. Доля России на глобальном рынке биометрии



Рис. 3. Структура российского и мирового рынка биометрических технологий

Доля России в общемировом объеме рынка биометрии существенно выросла за последние четыре года, и эта тенденция роста сохранится. Однако необходимо отметить, что сам показатель продолжает быть незначительным: в 2022 г. он немного выше 1% (рис. 2).

Повышенный интерес всех участников рынка способствует активному развитию, как мирового, так и российского рынков биометрии. Согласно статистическим данным, мировой рынок биометрических технологий вырастет с \$2 359,7 млн в 2016 году до \$15 145,5 млн в 2025 году» [8].

Структура российского рынка биометрических технологий значительно отличается от мирового (рис. 3). В то время как в глобальном пространстве доминирующую долю продолжают занимать технологии Fingerprint (отпечаток пальца), в России наблюдается активное проникновение Facial Recognition (распознавание по лицу). За последние три года технологии распознавания лица в России увеличили свою долю в общем объеме российского биометрического рынка более чем в шесть раз – почти до 50%.

Активное развитие мирового биометрического рынка формировалось на базе технологий отпечатков пальцев, поэтому до сих пор именно Fingerprint занимает больше половины в общем

объеме глобального рынка – 52,2% в 2018 г. В России же существенным драйвером роста биометрии стало развитие машинного обучения, появилось много компаний, разрабатывающих качественные алгоритмы идентификации по лицу, которые стали формировать спрос на эту технологию [7].

Результаты и их обсуждение

В результате анализа существующих методов обнаружения и распознавания лиц можно сделать вывод, что каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Выбор метода зависит от конкретной задачи и требований к точности и скорости работы.

Преимущества технологий распознавания лиц:

1. Увеличение безопасности: технологии позволяют быстро идентифицировать подозрительных лиц, что снижает уровень преступности и повышает безопасность в общественных местах.

2. Оптимизация бизнес-процессов: использование распознавания лиц в ритейле позволяет анализировать поведение клиентов, улучшать маркетинговые стратегии и повышать уровень обслуживания.

3. Удобство для пользователей: автоматизация процессов, таких как вход в системы и оплата, делает использование технологий более удобным.

Недостатки технологий распознавания лиц:

1. Проблемы с конфиденциальностью: массовое использование технологий может привести к нарушению прав человека и приватности, особенно в общественных местах.

2. Ошибки распознавания: алгоритмы могут давать ложные срабатывания, что может привести к неправильной идентификации и негативным последствиям.

3. Этические вопросы: использование технологий в правоохранительных органах может вызвать дискуссии о расовой предвзятости и дискриминации.

Влияние на экономическую область:

1. Рост инвестиций: компании, внедряющие технологии распознавания лиц, могут увеличить свои инвестиции в безопасность и маркетинг, что ведет к росту рынка.

2. Создание новых рабочих мест: развитие технологий требует специалистов в области ИТ, безопасности и анализа данных.

3. Изменение потребительского поведения: внедрение технологий может изменить способы взаимодействия клиентов с брендами, что требует адаптации бизнес-моделей.

Выводы

Изучение методов обнаружения и распознавания лиц выявляет множество преимуществ, таких как повышение уровня безопасности, улучшение клиентского опыта и оптимизация бизнес-процессов. Например, в сфере безопасности технологии распознавания лиц позволяют эффективно идентифицировать подозрительных лиц, что снижает уровень преступности

и, как следствие, экономические потери от преступлений. В маркетинге эти технологии помогают компаниям лучше понимать свою аудиторию и адаптировать предложения под её потребности, что может привести к увеличению продаж и доходов. Однако, наряду с преимуществами, существуют и значительные недостатки, такие как проблемы с конфиденциальностью, возможные ошибки в распознавании и предвзятость алгоритмов. Эти недостатки могут привести к юридическим и финансовым рискам для компаний, использующих данные технологии. Кроме того, общественное недовольство по поводу вторжения в личную жизнь может вызвать негативные последствия, включая бойкоты и снижение доверия к брендам. Таким образом, влияние исследования методов обнаружения и распознавания лиц на экономическую область многогранно. С одной стороны, технологии могут способствовать экономическому росту и повышению эффективности бизнеса, с другой – требуют внимательного подхода к вопросам этики и прав человека. Важно, чтобы компании, внедряющие эти технологии, учитывали как экономические выгоды, так и социальные риски, что позволит обеспечить устойчивое и ответственное развитие в данной сфере.

Технологии распознавания лиц обладают значительным потенциалом для улучшения безопасности и оптимизации бизнес-процессов. Необходимость в сбалансированном подходе к внедрению таких технологий становится все более актуальной, чтобы минимизировать риски и максимизировать выгоды для общества и экономики.

Библиографический список

1. Ковалев С.М., Колоденкова А.Е., Снасель В. Интеллектуальные технологии слияния данных при диагностировании технических объектов // *Онтология проектирования*. 2019. Т. 9. № 1 (31). С. 152-168. DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-1-152-168.
2. Уздяев М.Ю., Яковлев Р.Н., Дударенко Д.М., Жебрун А.Д. Идентификация человека по походке в видеопотоке // *Известия Юго-Западного государственного университета*. 2020. № 24 (4). С. 57-75. DOI: 10.21869/2223-1560-2020-24-4-57-75.
3. Видеоаналитика (российский рынок). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/> (дата обращения 11.11.2024).
4. Чару А. Нейронные сети и глубокое обучение. Учебный курс. М.: Вильямс, 2020. 752 с.
5. Шакла Н. Машинное обучение & TensorFlow. СПб.: Питер, 2019. 336 с.

6. Татаренков Д.А. Анализ методов обнаружения лиц на изображении // Молодой ученый. 2015. № 4 (84). С. 270-276.
7. Биометрия. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fintechru.org/upload/iblock/b1b/AZ-Biometriya-0806.pdf> (дата обращения 11.11.2024).
8. Global biometrics market revenue from 2016 to 2025. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.statista.com/statistics/960884/worldwide-biometrics-market-revenue-by-region/> (дата обращения 11.11.2024).