

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРЁХМЕРНОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ

DEVELOPMENT OF PROSPECTS OF THREE-DIMENSIONAL FACE RECOGNITION

P. Katys

Summary. The construction of three-dimensional face models is widely used in modern face recognition tasks, ranging from security tasks to access control of accredited personnel. Creating software support for special equipment used for three-dimensional face recognition is a very urgent task, and the development of such complexes has been very active in recent years. In this paper, the main approaches to the processing of three-dimensional images in modern face recognition systems were considered. The main advantages and disadvantages of the existing methods for obtaining images in face recognition systems were analyzed. The development of new approaches to the technology of three-dimensional face recognition in the future will make it possible to make personal identification and pattern recognition better. It should be assumed that the main focus will be on creating new algorithms and reducing the cost of equipment used in 3D image recognition systems.

Keywords: face recognition, image processing, three-dimensional recognition, identification, algorithm.

Катыс Пётр Георгиевич

*К.т.н., НПО «Специальная техника и связь», Москва
kpg2010@yandex.ru*

Аннотация. Построение трёхмерных изображений лиц применяется на современном этапе развития распознавания лиц, в основном в целях обеспечения безопасности и защиты от несанкционированного доступа на охраняемые объекты. Создание программной поддержки специального оборудования, используемого для трёхмерного распознавания лиц, является очень актуальной задачей, и разработка таких комплексов активно идёт в последнее время. В данной работе были рассмотрены основные подходы к обработке трёхмерных изображений в современных системах распознавания лиц. Проанализированы основные достоинства и недостатки существующих способов получения изображений в системах трёхмерного распознавания лиц. Разработка новых подходов технологии трёхмерного распознавания лиц в будущем позволит проводить идентификацию личности на основе технологии распознавания образов более качественно. Возможно предположить, что основное внимание будет уделено созданию новых алгоритмов и снижению стоимости оборудования, используемого в системах распознавания 3D изображений.

Ключевые слова: распознавание лиц, обработка изображений, трёхмерное распознавание, идентификация, алгоритм.

Распознавание лиц — это сравнительно новая технология, которая находит свое применение во многих областях, но в основном в целях идентификации личности и контроля доступа на охраняемые объекты. Начало развития технологии распознавания лиц во многом связано с идентификацией и обработкой двумерных (2D) изображений, но постепенно в связи с новыми возможностями применения, начали развиваться технологии трёхмерного (3D) распознавания лиц.

Главным преимуществом, определяющим направление развития технологий трёхмерного распознавания лиц, является их стойкость к изменению лица, например, с возрастом, что существенно отличается от двумерных (2D) технологий [1–5].

Можно отметить, что значительное число зарубежных компаний занимаются проблемой 3D распознавания, такие как: Genex Technologies, Geometrix, Bioscrypt. Среди российских компаний можно выделить Vocord FaceControl 3D, VisionLabs, Artec Group. Системы трёхмерного (3D) распознавания могут использоваться обеспечения безопасности охраняемых объектов, для биометрической идентификации личности на транспорте

(в основном в аэропортах), а также, возможно, в сфере банковской деятельности.

В настоящей работе представлен обзор перспективных технологий трёхмерного распознавания лиц. Проанализированы основные достоинства и недостатки технологий распознавания лиц.

На рисунке 1 представлены основные методы систем распознавания лиц и их классификации. Можно заметить, что наиболее распространённым методом распознавания лиц остаётся Principal Component Analysis (PCA) [6]. При этом 3D распознавание лиц может производиться с преобразованием лицевой поверхности и без него.

Говоря о распознавании лиц, в особенности о распознавании трёхмерных изображений, основным фактором, который влияет на качество распознавания, является мимика лица. Поэтому существует значительная сложность распознавания объектов при выражении определенных эмоций человеком, что также бывает осложнено наличием различных мешающих факторов, которые имеют отношение к внешнему виду самого человека (например, наличие бороды, очков, определённая причёска) и его окружению (поворот и наклон головы,



Рис. 1. Основные методы системы распознавания лиц [6]:
 PCA — метод главных компонент; LDA — дискриминантный анализ; EBGM — эластичные графовые модели; LBP — локальные бинарные шаблоны

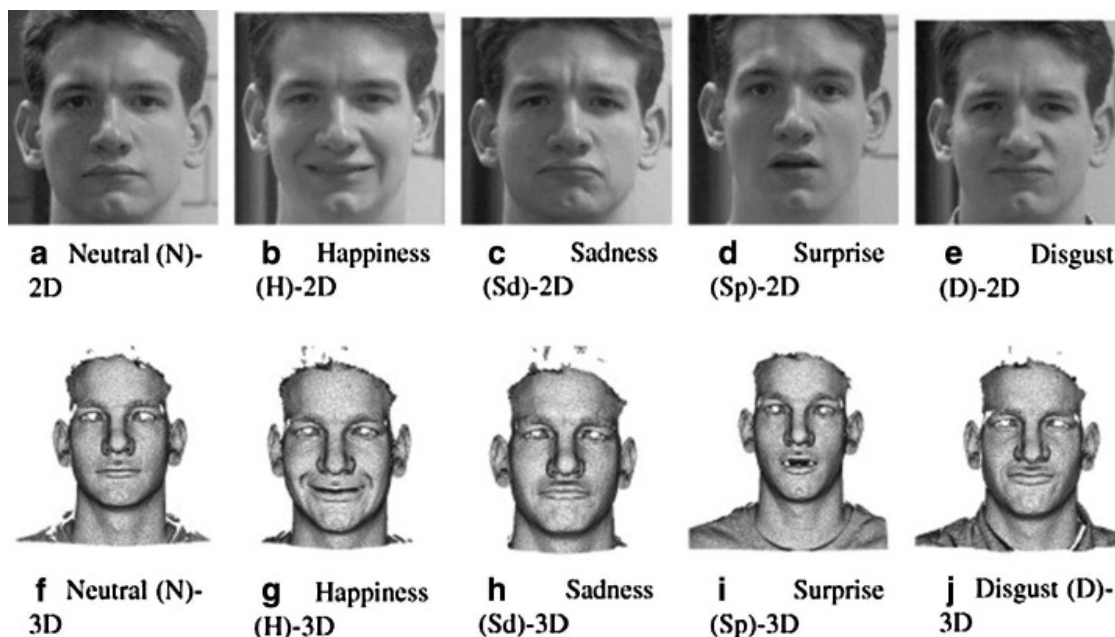


Рис. 2. Проблема 3D распознавания лиц при различных эмоциях человека [7]

освещенность). На рисунке 2 показаны проблемы изображения лиц при различной эмоциональной окраске, представленные в работе [7].

Среди алгоритмов для распознавания лиц можно выделить статистические подходы, анализ формы трёхмерной поверхности лица, а также параметрическую модель лиц.

Основная проблема двумерных (2D) методов, которая также присутствует и методе PCA (Principal Component Analysis) — это значительная чувствительность к указанным выше мешающим факторам. Трёхмерное распознавание лиц способно в значительной мере решить данную проблему, кроме того, предполагается, что эффективность метода не зависит от уровня освещенности [8]. Принципиально важно, что переход данного статисти-

ческого метода из 2D распознавания в 3D происходит за счёт того, что один объект задан целым набором моделей (лиц), а не одной моделью.

Помимо PCA метода используют анализ формы трёхмерной поверхности лица, и он основан на использовании локальных и глобальных характеристик. Данные характеристики поверхности описывают линии лица, кривизну, расстояния между поверхностями. Также к этой же группе методов можно отнести метод СММ, который использует пространственно-временные величины и применяется главным образом при распознавании мимических выражений лиц. В работах [1, 8] предложены новые алгоритмы, которые устойчивы к мимике лица.

Помимо вышеописанных методов также представляет интерес метод параметрической модели лица. Модель



Рис. 3. Схема основных технологий, используемых для 3D распознавания лиц

использует определенные параметрические коэффициенты, которые могут описывать различные параметры, такие как форма лица, цвет, текстура поверхности и другие. Для решения задач используется итерационный подход, когда применяется усреднение трёхмерного макета головы с последующим его улучшением. Из фотографии лица получают различные точки, которые путем деформации реконструируются в реальную трёхмерную поверхность.

Необходимо заметить, что в будущем подавляющее большинство методов 3D распознавания лиц будут строиться на базе гибридных подходов, поскольку это дает возможность устранять определенные недостатки и существенно улучшать качество распознавания объектов.

Технологии трёхмерного распознавания лиц используют различные сенсорные системы — оборудование, с помощью которого производится реконструкция 3D модели лица. К числу таких технологий относятся структурированный свет, фотометрическое стерео и лазерное сканирование (рисунок 3).

Структурированный свет представляет собой проекцию узкой полоски света на трёхмерном объекте, которая позволяет извлекать определенные координаты на поверхности предмета. При этом производится вычисление расстояния от источника света до каждой точки на лице. Достаточно сложным подходом в этой технологии является определение расстояния между двумя ближайшими точками.

Алгоритм FMTD часто используется для определения геодезического расстояния с помощью градиента

поверхности ∇z . Пример данного алгоритма детально рассмотрен в работе [6]. Инструментально структурированный свет использует проектор и камеру. Проектор создает определенную структуру и проецирует ее на объект (например, сетку), камера фиксирует изображение.

Фотометрическое стерео позволяет получать фотографии изображений лица при различном уровне освещенности. Как правило, используют две камеры, которые организованы в виде стереопары и, учитывая их взаимное расположение, производится построение 3D изображения.

Технология лазерного сканирования основана на определении времени отражения лазерного луча от объекта и анализе соответствующей информации. В частности, технология определяет, насколько глубоко расположены точки на поверхности лица (трёхмерного объекта) [9].

Однако, несмотря на значительный потенциал и большую современность используемых технологий нельзя не отметить, что это только инструментальная часть и ошибки во многом встречаются при проведении обработки полученной информации. Это может быть выражено в различных провалах, отсутствии определённых точек, наличии резких выступов и других ошибках восстановления и обработки данных. При этом, несмотря на множество преимуществ трёхмерного (3D) распознавания лиц перед двумерными (2D) технологиями существует значительный недостаток — сложность [10, 11] и стоимость используемого оборудования. Стоимость 3D оборудования может

на порядок превышать стоимость двухмерной (2D) технологии.

Если не рассматривать инструментальную сторону вопроса, то отдельным аспектом является вопрос получения информации о лице через его изображение. В технологии трёхмерного распознавания лиц используется целый набор алгоритмов, которые объединены названием "Shape for X", где за X принимают методы, которые будут рассмотрены далее. В качестве X могут использоваться:

- Тени (SFS — технология восстановления формы объекта по теням). Это технология основана на получении информации о характере отражения света при различном расстоянии до объекта.

Традиционно на яркость точки на поверхности лица (объекта) оказывает влияние множество факторов, таких как освещенность, расположение источников света; свойства поверхности, которая отражает свет; угол обзора, на котором расположен источник съемки изображения; ориентация поверхности объекта в пространстве. В простейшем виде для описания рассеяния света на твердом объекте используют закон Ламберта. В частности, данный закон описывает связь яркости L в точке на изображении от светимости M источника света, которые связаны прямо пропорциональной зависимостью $M=kL$. К числу недостатков данного метода относится несовершенство математического аппарата для описания отражательных свойств поверхности объекта. Это часто приводит к значительным ошибкам и как следствие неправильному построению 3D образа объекта.

- Стереопара (SFS — технология восстановления формы по стереопаре). Процесс представляет собой построение двух задач последовательно. Вначале необходимо организовать стереопостроение, затем необходимо провести построение 3D моделей, в соответствии с полученным множеством точек. Основной задачей данного алгоритма является получение информации о конкретном расстоянии до определенного объекта. Исходя из полученных данных, строится соответствующее изображение.

Все существующие алгоритмы, используемые для восстановления формы по стереопаре, можно условно поделить на глобальные и локальные. Глобальные алгоритмы основаны на поиске несоответствий в изображениях в определенных близкорасположенных пикселях. Локальные методы оперируют с поиском определенных точек, которые характеризуют изображения и проводят сопоставление их между собой. Первые алгоритмы являются более точными, в то время как вторые являются

достаточно простыми с точки зрения затрат на организацию вычислений.

Можно утверждать, что подход, основанный на стереопаре, является достаточно точным и позволяет получать изображения высокой степени четкости, но с другой стороны существует техническая проблема точного позиционирования (калибровки) положений камеры, которая используется для получения стереопары.

- Движение (SFM — технология восстановления формы по движению). Метод интересен тем, что производит восстановление трехмерных сцен посредством обработки движения между сценой и камерой. Можно определить, что наиболее важно нахождение соответствия определенных feature points (характеристические точки) и проведение реконструкции полученной сцены.

В некоторой степени данный метод похож на предыдущий, но существуют значительные отличия от стереопары. Главным образом, они заключаются в том, что временной промежуток между кадрами значительно более короткий. Несомненно, данный метод отличается большей системностью и использует историю движений для того, чтобы предсказать поведение картинки на следующем кадре. Большое число кадров значительно помогает оценить правильность распознавания лиц.

На основании вышесказанного, можно сделать вывод, что разработка новых алгоритмов трёхмерного распознавания лиц будет способствовать появлению новых возможностей применения данных систем. Например, использование трёхмерного распознавания лиц имеет значительный потенциал развития в сфере банковской деятельности.

Можно предположить, что наряду с применением в области охраны и обеспечения безопасности, развитие трёхмерных систем распознавания будет происходить и в других областях деятельности. В будущем развитие новых алгоритмов распознавания лиц позволит существенно увеличить разницу между качеством идентификации личности с использованием технологий 2D и 3D. При этом новые алгоритмы будут совершенствоваться в направлении снижения мешающих воздействий на качество распознавания (освещение, окружающие объекты и т.п.). Стоит ожидать появления новых алгоритмов полностью основанных на применении нейронных сетей, значительно превосходящих существующие. Такие современные системы распознавания могут применяться не только для обеспечения безопасности, но, возможно, использоваться в цифровом маркетинге и платёжных системах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эчеагарай-Патрон, Б. А. Метод распознавания лиц с использованием трёхмерных поверхностей // Б. А. Эчеагарай-Патрон, В. И. Кобер, В. Н. Карнаухов, В. В. Кузнецов // Информационные процессы. — 2016. — Т. 16. — № 2. — С. 170–176.
2. Миненко, А. С. Моделирование и информационные технологии при распознании лица человека по его мимическим фотографиями / А. С. Миненко // Информатика и кибернетика. — 2016. — № 4 (6). — С. 67–72.
3. Вахрушев, О. И. Комбинированный метод идентификация личности посредством анализа структуры лица / О. И. Вахрушев, К. А. Майков // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. — 2017. — № 20. — С. 14–16.
4. Шлянников, А. В. Алгоритм генерации трёхмерного макета лица по фотографии / А. В. Шлянников // Компьютерная оптика. — 2010. — Т. 34. — № 2. — С. 272–276.
5. Шлянников, А. В. Алгоритм восстановления трёхмерной модели лица по фотографии / А. В. Шлянников // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. — 2010. — № 5 (69). — С. 86–90.
6. Кузнецов, Г. С. Обзор метода 3D распознавания лиц без преобразования лицевой поверхности / Г. С. Кузнецов, Ю. С. Белов // Электронный журнал: наука, техника и образование. — 2016. — № 2 (6). — С. 104–110.
7. Zhou, S. 3D face recognition: a survey / S. Zhou, S. Xiao // Human-centric Computing and Information Sciences. — 2018. — Vol. 8. — P. 35.
8. Небаба, С. Г. Применение алгоритма формирования индивидуальной трёхмерной модели человеческого лица в системе распознавания личности по изображению лица / С. Г. Небаба, А. А. Захарова // В сборнике: ГРАФИКОН'2016 Труды 26-й Международной научной конференции. — 2016. — С. 310–313.
9. Дьяченко, А. В. Задача 3D распознавания лиц: современные методы решения / А. В. Дьяченко // Искусственный интеллект. — 2011. — № 4. — С. 166–171
10. Патент на изобретение RUS2315352. Способ и система для автоматического обнаружения трёхмерных образов / Мурынин А. Б., Базанов П. В., Десятичков А. А., Мун В. Д., Ли Я. Д., Янг Х. К. (02.11.2005).
11. Патент на полезную модель RUS161183. Устройство 3D регистрации и распознавания лица человека / Климов А. В. (25.02.2015).

© Катис Пётр Георгиевич (kpg2010@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



НПО «Специальная техника и связь»