

Д. Н. Заварикин, А. А. Кадейшвили,  
С. В. Коробкова, А. Ю. Соколов,  
О. В. Степаненко

## **СИСТЕМА НЕКООПЕРАТИВНОЙ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛЮДЕЙ**

*Рассмотрены принципы построения системы некооперативной биометрической идентификации людей. При данном уровне развития технологий построение таких систем возможно только на основе биометрической идентификации человека по изображению лица. Приведены параметры разработанных систем идентификации лица по его изображению и реконструированной 3D-модели лица.*

**E-mail:** svetlana.korobkova@vocord.ru

**Ключевые слова:** биометрия, распознавание образов, камеры высокого разрешения, 2D- и 3D-распознавание лиц, некооперативная система, идентификация людей.

**Введение.** Биометрические технологии активно применяют в областях, связанных с обеспечением безопасности различных объектов, с доступом к информации и материальным объектам, а также в задачах уникальной идентификации личности.

Среди биометрических методов идентификации личности можно выделить кооперативные (требующие взаимодействия системы идентификации и человека, например, распознавание по радужной оболочке глаза, по отпечатку пальца и т. д.) и некооперативные методы (не требующие взаимодействия системы идентификации и человека).

Компания «Вокорд» специализируется на разработке и производстве систем некооперативной идентификации личности.

**Оборудование.** В системах некооперативной идентификации личности используются камеры высокого разрешения, с помощью которых существенно повышается эффективность работы алгоритмов видеоанализа. Это позволяет создавать системы безопасности более высокого уровня. Так, одной камерой VOCORD NetCam можно заменить несколько аналоговых камер, что особенно актуально при охране больших территорий, где требуется расстановка множества видеокамер, прокладка большого количества кабелей и т. д.

Возможность синхронного получения изображения одновременно с нескольких камер позволяет применять камеру VOCORD NetCam в задачах машинного и 3D-зрения. Новое поколение камер с высокой точностью синхронизации дает возможность достичь высокой точности реконструкции формы объектов в поле зрения камер.

**2D-распознавание лиц.** В компании «Вокорд» был разработан аппаратно-программный комплекс VOCORD FaceControl, предназначенный для автоматического некооперативного выделения изображений лиц из панорамного видеопотока и их последующего распознавания.

В комплексе VOCORD FaceControl применяются методы идентификации лица по его 2D-изображению высокого разрешения, по серии изображений лица; методы предварительной обработки изображений; использование данных, полученных в инфракрасном (ИК) диапазоне длин волн; методы построения 3D-модели лица человека. В результате удалось достичь уникальных характеристик комплекса по быстродействию и достоверности результатов.

**3D-распознавание лиц.** Исходя из анализа систем идентификации лиц, было принято решение использовать алгоритмы распознавания, работающие с 3D- и 2D-информацией о лице [1–4]. Это обеспечило достаточно высокий процент распознавания изображения лица [5].

В комплексе VOCORD FaceControl используется подход, позволяющий анализировать как форму лица, так и текстуру его поверхности. Таким образом, комплекс обладает преимуществом 2D- и 3D-систем и позволяет устранить недостатки каждой из них. Результаты 2D- и 3D-распознавания лица получаются независимо, после чего объединяются нейронной сетью, которая выдает вероятность принадлежности двух изображений лица одному и тому же человеку.

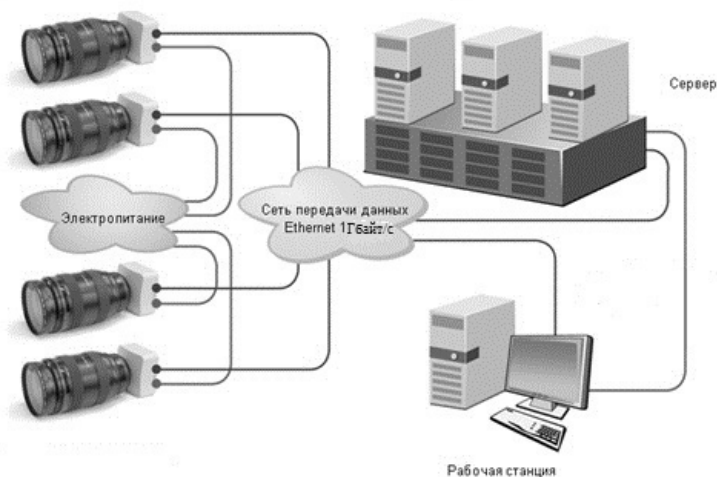
Реконструкция формы лица осуществляется системой, состоящей из двух пар предварительно откалиброванных камер (рис. 1). Система идентификации лица выполняет:

- реконструкцию 3D-поверхности лица и формирование его текстуры;
- 3D-распознавание лица;
- 2D-распознавание лица по его текстуре;
- объединение результатов 3D- и 2D-распознавания.

**3D-реконструкция поверхности лица** осуществляется четырьмя синхронизированными по времени камерами. Камеры расположены вертикально по парам, что дает возможность устанавливать их на левой и правой стороне пункта пропуска.

Для реконструкции лица используется алгоритм многоуровневого сопоставления корреляции [6]. Это позволяет достичь высокую надежность и инвариантность к различным условиям освещения для каждой отдельной камеры. Вследствие присущего алгоритму параллелизма также можно значительно ускорить вычисления при использовании графических процессоров. Особенность алгоритма – отсутствие необходимости в структурированном источнике света (напри-

мер, лазерной подсветки). Таким образом, можно реконструировать лица людей, находящихся на больших расстояниях от камер.



**Рис. 1. Система реконструкции и распознавания лица**

После реконструкции лиц по каждой паре снимков два полученных поля 3D-точек объединяются. Это не требует никаких дополнительных процедур выравнивания яркости изображения за счет того, что для каждой из четырех камер выполняется внутренняя и внешняя калибровка.

**3D-распознавание лица** включает в себя [7, 8]:

- быстрое сравнение изображений лица по базе данных с использованием вектора признаков лица небольшой длины;
- уточнение результата по отобранным из базы данных нескольким наиболее похожим изображениям.

В системе 3D-распознавания лица компании «Вокорд» также может использоваться приведение 3D-поверхности лица к форме, более устойчивой при мимических искажениях. После получения 3D-модели лица рассчитывается набор биометрических признаков по форме лица.

**2D-распознавание лица по его текстуре** осуществляется по синтетическому изображению лица, полученному путем накладывания текстуры на 3D-поверхность лица и «дворачивания» лица до фронтального ракурса. Далее выравнивается яркость изображения и экспериментально приводится к заданному уровню на достаточно большой выборке изображений. Чтобы распознать изображение, применяется набор классификаторов. Выходы отдельных классификаторов (выдаваемые ими вероятности совпадения двух изображений лиц на

входе) поступают на вход интегрального классификатора, который формирует финальное решение для 2D-системы классификации.

**Тестирование** комплекса VOCORD FaceControl проводилось на базе данных лиц (текстуры + 3D-модели), собранной компанией «Вокорд». Достигнута точность корректной идентификации 98,5 % при  $FAR = FRR$ , где FAR – False Acceptance Rate (вероятность ложного допуска); FRR – False Rejection Rate (вероятность ложного недопуска). Разработанный комплекс достаточно устойчив к различным ракурсам (поворотам, наклонам) лица, а также к изменению выражения лица и частичному перекрытию его небольшими участками (участок не должен содержать таких ключевых областей, как глаза и рот, иначе на изображении не будет найдено лицо).

Алгоритм комплекса также устойчив к поворотам лица в пределах  $-30^\circ \dots +50^\circ$  вверх–вниз, и примерно  $\pm 30^\circ$  влево–вправо, а также к маскировочной раскраске лица.

**Распознавание мимики и психофизического состояния человека.** Анализ 3D-формы лица позволяет распознавать различные эмоции человека. Так, в компании «Вокорд» была исследована возможность распознавания улыбки. При формировании вектора признаков по форме лица рассматривали разложение по собственным векторам. Оказалось, что ряд компонент такого разложения отвечает за выражение лица.

Кроме того, можно применять нейросетевой анализ для распознавания улыбок, при этом используется несколько градаций, от легкой улыбки до широкой.

Реконструкция 3D-формы лица позволяет оценивать и другие параметры, среди которых направление зрения человека, путем реконструкции формы зрачков.

**Контроль подлинности предъявляемого лица.** Система биометрической идентификации должна быть устойчива к подделке (несанкционированному доступу). По 2D-изображению лица такая система может быть легко обманута предъявлением фотографии «правильного» человека из числа «знакомых» системе [9].

В настоящее время наиболее устойчивой к подделке является технология распознавания по 3D-изображению лица. Чтобы обмануть такую систему, потребовалось бы изготовить точную твердотельную маску лица, повторяющую его геометрию. Если 3D-система работает в реальном времени, то она может включать в себя проверку на естественные микродвижения лица, что имитировать при помощи твердотельной маски крайне затруднительно.

Для подтверждения виталентности лица на его 2D-изображении используется идентификация по тепловому портрету лица или тела человека в ИК-диапазоне длин волн. Предложено также осуществ-

лять термографию идентифицируемого лица, выявляющую уникальность распределения артерий на лице, снабжающих кожу теплой кровью.

**Макет системы идентификации и его применения для обеспечения безопасности.** Рассмотрим работу системы идентификации в Московском метрополитене. Требуется обеспечить своевременное распознавание лиц, представляющих угрозу безопасности населения, а также быстрое реагирование в случае обнаружения таких лиц. Схема возможного расположения системы на станции метрополитена приведена на рис. 2.



**Рис. 2. Схема возможного расположения системы биометрической идентификации лиц на станции метрополитена**

Для применения системы идентификации лиц в метрополитене необходимы:

- управление пассажиропотоками – организация установленных направлений движения (указатели, управляющие надписи, ограждения);
- узкие равномерно освещенные коридоры;
- турникеты, рамки;
- притягивающие взгляд элементы интерьера.

С помощью перечисленных выше элементов можно повысить качество захвата и распознавания лиц системой.

**Заключение.** Рассмотренный комплекс VOCORD FaceControl позволяет автоматически выделять и сопровождать лица в поле зрения камеры; формировать базу данных фотографий пассажиров; распознавать лица по результатам сравнения их изображений с эталонными изображениями из базы данных; транслировать изображения по сети в ситуационные центры. Такой комплекс обеспечивает высокий уровень безопасности на объектах транспортной инфраструктуры и в других местах массового скопления людей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Heshner C., Srivastava A., Erlebacher G. A Novel Technique for Face Recognition Using Range Imaging // International Symposium on Signal Processing and Its Applications. 2003. P. 201–204.
2. Kim T., Kittler J. Locally Linear Discriminant Analysis for Multimodally Distributed Classes for Face Recognition // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2005. Vol. 27. No. 3. P. 318–327.
3. Blanz V., Grother P., Phillips J., Vetter, T. Face Recognition Based on Frontal Views Generated from Non-frontal Images // In IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2005. P. 454–461.
4. Moreno A., Sanchez A., Velez J., Diaz F. Face Recognition Using 3D-surface Extracted Descriptors // In Irish Machine Vision and Image Processing Conf. 2003.
5. Chang K., Bowyer K., Flynn, P. Face Recognition Using 2D- and 3D-facial Data // Multimodal User Authentication Workshop. 2003. P. 25–32.
6. Bronstein A., Bronstein M., Kimmel R. Expression-Invariant 3D-face Recognition // International Conf. on Audio- and Video-Based Person Authentication. 2003. P. 62–70.
7. Bronstein A., Bronstein M., Kimmel R. Three-dimensional Face Recognition // International Journal of Computer Vision. 2005. No. 64. P. 5–30.
8. Papatheodorou T., Rueckert, D. 3D-face Recognition. Vienna, 2007. P. 417–423.
9. Кязимов Т. Г., Махмудова Ш. Д. Об информационной идентификационной системе распознавания лиц по фотопортретам // Информационные технологии. М.: Изд-во «Информационные технологии». 2009. № 1. С. 13–16.

Статья поступила в редакцию 14.05.2012