

УДК 004.932.72.1

А.В. Гончаров, А.Н. Каркищенко

**ВЛИЯНИЕ ОСВЕЩЕННОСТИ НА КАЧЕСТВО РАСПОЗНАВАНИЯ
ФРОНТАЛЬНЫХ ЛИЦ***

Введение. Задача распознавания лиц на сегодняшний день имеет широкий спектр применения, начиная от интеллектуальных систем видео наблюдения и заканчивая программным обеспечением, предназначенным для конечных пользователей. Примерами внедрения алгоритмов распознавания лиц могут служить цифровые фотоаппараты и веб-камеры, позволяющие автоматически фокусироваться на лице человека.

Задача распознавания лиц может трактоваться достаточно широко. Обычно под распознаванием лиц понимается *идентификация* личности по изображению лица, т.е. поиск наиболее похожих лиц, или *верификация* личности, т.е. проверка, соответствует ли фотография в документах тому, кто их предъявляет. Кроме того, под распознаванием лиц может пониматься *детекция* лиц (предварительный этап распознавания, заключающийся в обнаружение лица в кадре изображения), распознавание эмоций или определение возраста и пола по изображению лица.

Одна из основных проблем в задаче распознавания лиц связана с влиянием освещенности на качество распознавания. Большинство алгоритмов распознавания лиц успешно справляются со своей задачей, когда все изображения лиц получены при одинаковых условиях освещения. Если коллекция содержит изображения, полученные при различных условиях съемки, например, в помещении и на улице, это представляет существенную сложность, и алгоритмы распознавания лиц считают фотографии, полученные при схожем освещении, похожими, а как не фотографии одного и того же человека, полученные при различных условиях.

В данной работе рассматривается алгоритм распознавания лиц, основанный на представлении исходного изображения в виде *матрицы изменения яркостей*, что позволяет добиться устойчивости относительно вариации условий освещенности. Предложенный алгоритм сравнивается с двумя популярными методами распознавания лиц: с методом главных компонент [1] и методом, в основе которого лежит *саморазделенное* изображение (Self Quotient Image Representation) [2].

1. Распознавание лиц с помощью метода главных компонент. Среди алгоритмов идентификации лиц наиболее популярными являются алгоритмы, основанные на методе главных компонент (РСА). Метод главных компонент позволяет перейти от пространства признаков большой размерности к пространству признаков малой размерности таким образом, чтобы признаки стали некоррелированными. Этот подход в задаче распознавания лиц был впервые применен М. Turk и А. Pentland [1] в 1991 году и получил название *собственные лица* (*eigenfaces*). На рис. 1 представлен пример собственных лиц, полученных в результате применения метода главных компонент к изображениям обучающей выборки.

Основной недостаток данного метода заключается в том, что он слишком чувствителен к изменению условий освещенности и в реальных условиях в качестве похожих изображений выдает изображения, полученные при похожих условиях освещения, а не изображения похожих людей. Данный эффект хорошо прослеживается при тестировании алгоритмов на базе изображений Yale B.

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты № 08-07-00129, 07-07-00067).

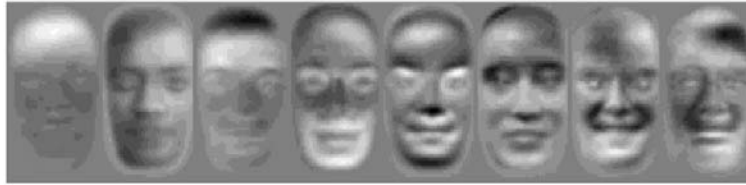


Рис. 1. Изображения собственных лиц, полученных с помощью метода главных компонент

В современных алгоритмах метод главных компонент применяется совместно с предварительной обработкой изображения и/или переходом от исходного изображения к какому-либо специальному представлению. Одним из примеров специального представления изображений может служить *саморазделенное* (SQI – Self Quotient Image) изображение Q , предложенное Haitao Wang и соавторами [2], и задаваемое следующим выражением:

$$Q = \frac{I}{F * I}, \quad (1)$$

где I – исходное изображение; $F * I$ – сглаженная версия изображения I , полученная в результате свертки с ядром сглаживающего фильтра F . При этом в формуле (1) предполагается, что деление осуществляется поэлементно, а изображение в знаменателе не содержит элементов, равных нулю. На рис. 2 представлен результат применения преобразования (1) к изображению лица, полученного при боковой засветке.



Рис. 2. Исходное изображение и его представление в виде SQI

Методы распознавания лиц по способу компенсации освещенности можно классифицировать следующим образом [3]:

- ◆ методы, напрямую моделирующие освещение (построение конусов освещения [4]);
- ◆ методы, нормализующие освещенность (гистограммное выравнивание, гамма-коррекция, переход к саморазделенному изображению);
- ◆ методы, в основе которых лежит представление изображения, нечувствительное к изменению освещенности (выделение краев, вейвлеты Габора).

2. Распознавание лиц на основе матрицы изменения яркостей. В задачах детекции и распознавания лиц ключевым моментом является введение меры близости на изображениях. При этом мера близости по возможности должна удовлетворять аксиомам метрики и, кроме того, соответствовать особенностям восприятия зрительной системы человека. При анализе изображения лица, человек не обращает внимания на искажение яркостной составляющей изображения на наличие

тений и бликов, а анализирует характер изменения яркости, придавая большее значение качественным различиям, а не количественным.

Для решения задач детекции и идентификации лиц, удобно осуществить переход от исходного изображения I к матрице изменения яркостей M^I , элементами которой являются пары чисел, соответствующие знакам частных производных от яркости исходного изображения в каждой точке:

$$M_{i,j}^I = [\text{sgn } I'_x|_{i,j}, \text{sgn } I'_y|_{i,j}].$$

Представление изображения в виде матрицы изменения яркостей обеспечивает устойчивость алгоритмов распознавания к изменению условий освещения.

В качестве меры близости для изображений, удовлетворяющей описанным выше требованиям, используется метрика Хэмминга для матриц изменения яркостей:

$$\rho_w(I, J) = \sum_{i,j} w_{i,j} [M_{i,j}^I \neq M_{i,j}^J], \quad (2)$$

где $w_{i,j} \geq 0$ – весовые коэффициенты. На рис. 3 представлены шаблон лица, используемый для детекции лиц на изображениях, и соответствующая ему матрица изменения яркостей.

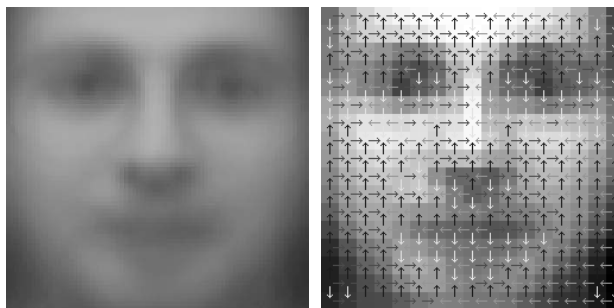


Рис. 3. Шаблон лица (слева) и визуальное представление соответствующей ему матрицы изменения яркостей (справа)

3. Результаты практических экспериментов. Предложенный алгоритм идентификации лиц были протестированы на таких базах изображений лиц, как Yale B [5], Essex [6] и AR [7]. На рис. 4 представлены результаты сравнения предложенного алгоритма распознавания лиц (MBV) с другими алгоритмами, основанными на методе главных компонент (PCA и SQI).

В зависимости от приложения, для оценки надежности алгоритмов распознавания лиц удобно использовать различные показатели. При работе модуля распознавания лиц в составе системы видео наблюдения или системы авторизации личности удобно оценивать надежность распознавания в терминах ошибок первого и второго рода. Идентификация личности происходит в *автоматическом* режиме (без участия человека), и в данном случае важно минимизировать ошибку второго рода (вероятность «обознаться») при фиксированной ошибке первого рода (вероятности «не узнать»).

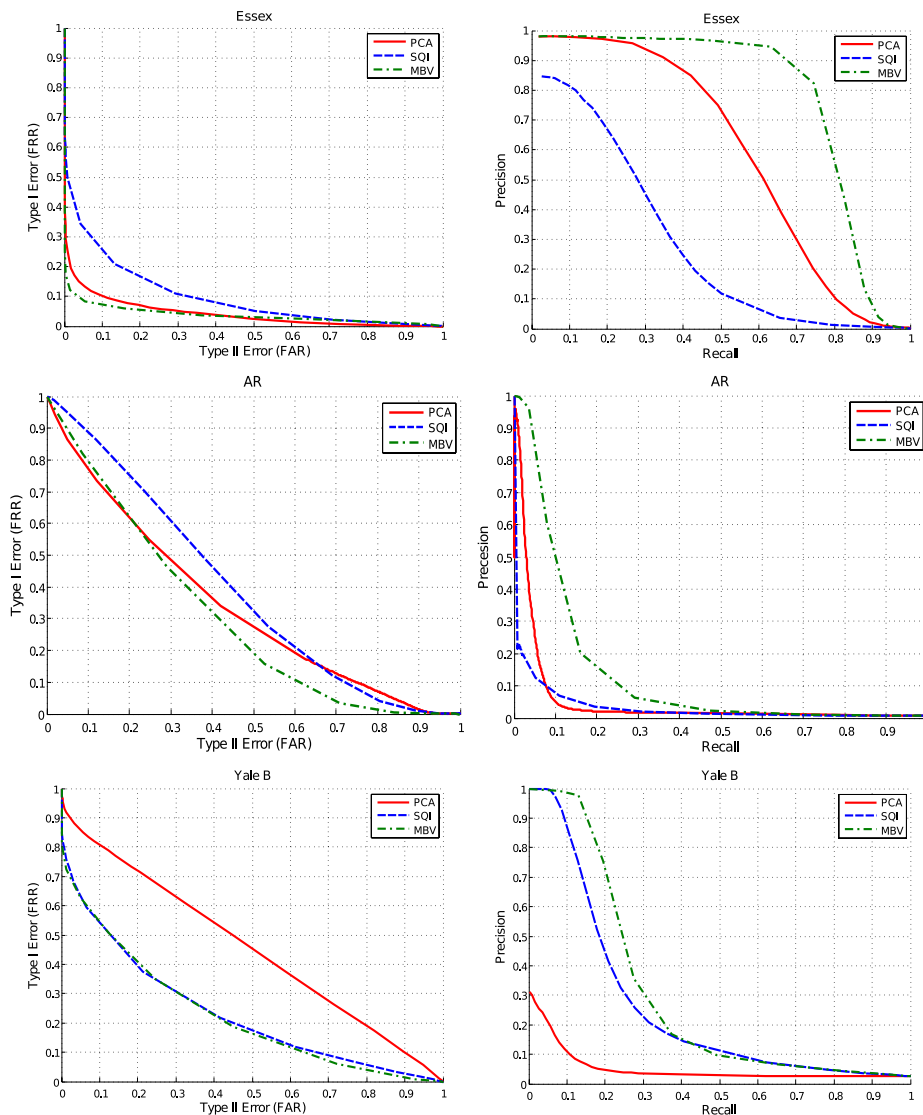


Рис. 4. Оценка надежности алгоритмов распознавания лиц на базах изображений Essex, AR, Yale B. PCA – метод главных компонент, SQI – Self Quotient Image Representation, MBV – метод, основанный на матрице изменения яркостей

При использовании модуля распознавания лиц для поиска изображений в фото или видео архивах, взаимодействие с системой осуществляется в *автоматизированном* режиме (окончательное решение принимает пользователь), поэтому важно предъявить пользователю не одно изображение, похожее на запрос, а как можно больше изображений, содержащих искомое лицо. Поскольку результат поиска, предъявляемый пользователю, может содержать как релевантные изображения, так и не релевантные, сравнение алгоритмов распознавания лиц удобнее осуществлять в терминах полнота/точность (Recall/Precision). *Полнота* характеризует отношение найденных изображений искомого человека к общему числу изображений этого человека в базе, а *точность* характеризует отношение правильно най-

денных изображений к общему количеству изображений, выданных пользователю в качестве результата. В данном случае важно максимизировать полноту при заданной точности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Turk M., Pentland A. Eigenfaces for Recognition. *J. Cognitive Neuroscience*, 3(1):71-86, 1991.
2. Wang H., Li S.Z., Wang Y. Face Recognition under Varying Lighting Conditions Using Self Quotient Image. In FGR, 2004, pp. 819-824.
3. Zhou S. K., Zhao W., Tang X., Gong S. *Analysis and Modeling of Faces and Gestures*, Proc. of the Third International Workshop, AMFG 2007, Rio de Janeiro, Brazil, October 20, 2007, vol. 4778 of Lecture Notes in Computer Science. Springer, 2007.
4. Belhumeur P., Kriegman D. What is the Set of Images of an Object under All Possible Illumination Conditions, *IJCV*. 28(3), 1998, 245-260.
5. Georghiades A., Belhumeur P., Kriegman D. From Few to Many: Illumination Cone Models for Face Recognition under Variable Lighting and Pose. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intelligence*, 23(6):643-660, 2001.
6. Spacek L. Collection of Facial Images. <http://cswww.essex.ac.uk/mv/allfaces/index.html>.
7. Martinez A., Benavente R. The AR Face Database. CVC Technical Report. 1998.

УДК 519.007

А.Н. Шабельников, В.И. Сачко, А.В. Евдокимов**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДСИСТЕМ
ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В КОНТРОЛЬНО-
ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ***

На основе предложенного в работе [1] метаязыка структуризации данных авторами разработано программное обеспечение, позволяющее оптимизировать процесс обработки информации в контрольно-диагностическом комплексе (КДК) подсистем поддержки принятия решений автоматизированных систем управления (ПППР АСУ) на железнодорожном транспорте. Программная система использует модели систем и сетей массового обслуживания (СМО и СеМО, соответственно), адаптированные к новым информационным технологиям обработки информации в ПППР АСУ и имеет ряд преимуществ по сравнению с аналогами:

- ◆ наличие графического интерфейса, позволяющего пользователю – специалисту в предметной области создавать структуру СеМО и не требующего от пользователя сложных навыков программирования;
- ◆ программный комплекс разработан с учетом специфики предметной области и содержит набор функций, необходимых для моделирования работы подсистем, осуществляющих обработку информации в автоматизированных системах управления железнодорожными станциями;
- ◆ разработанный программный комплекс позволяет построить вычислительно-эффективную реализацию модели реальной системы;
- ◆ при разработке программного комплекса авторами была использована техника частичных вычислений [2], позволившая ускорить процесс компьютерных вычислений, что актуально для систем реального времени.

* Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 03-07-90202.