

УДК 519.2; 62.5

UDC 519.2; 62.5

**РАСПОЗНАВАНИЕ ЛЮДЕЙ ПО
ИЗОБРАЖЕНИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ПРОЦЕДУРЫ****RECOGNITION OF MEN IMAGES USING A
SERIAL PROCEDURE**

Байбеков Дмитрий Владиславович
ассистент
*НОУВПО "Международный институт компью-
терных технологий", Воронеж, Россия*

Baybekov Dmitry Vladislavovich
assistant
*NEOHPЕ "International Institute of computer tech-
nologies", Voronezh, Russia*

Для задачи распознавания человека по фотографии произведена оценка эффективности последовательной процедуры распознавания гипотез. Определены геометрические признаки лица, которые являются наиболее подходящими для распознавания

The effectiveness of a serial procedure has been evaluated for the problem of human recognition by photo. The most appropriate geometric face criterions have been defined

Ключевые слова: ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ
ПРОЦЕДУРА, РАСПОЗНАВАНИЕ ЛИЦА

Keywords: SERIAL PROCEDURE, FACE
RECOGNITION

В последние десятилетия активно разрабатываются алгоритмы распознавания человека по фотографии [1, 2]. Задача определения человека по фотографии относится к сфере искусственного интеллекта и актуальна для систем поиска в интернете, социальных сетей, спецслужб [3]. Задача осложнена тем, что изображение человека на разных фотографиях может сильно различаться из-за мимических искажений лица, особенностей причёски и растительности на лице, наличия головного убора, пространственного расположения. Кроме того, сравнение исследуемой фотографии с эталонной затруднено из-за различного характера освещения, цветопередачи, разрешения изображения.

К настоящему времени разработаны и используются несколько продуктивных методов определения человека по изображению, такие как нейросетевое распознавание [1], методы преобразований изображения [2] и др.. При этом большинство существующих методов используют полный перебор базы данных, что занимает значительное время даже при использовании высокопроизводительных компьютеров. Так, например, время по-

иска человека по сравнительно небольшой базе данных порядка 10000 человек занимает длительное время порядка 100-1000 с.

Большое преимущество в скорости поиска по сравнению с методами, использующими полный перебор базы данных, имеют последовательные алгоритмы [4]. Основываясь на полученных ранее оценках можно ожидать, что для решения задачи распознавания человека по фотографии высокую эффективность будет иметь усеченная последовательная процедура с отсечением маловероятных гипотез [5, 6]. Поэтому цель данной работы заключалась в проверке работоспособности и оценке эффективности данного типа последовательной процедуры для задачи распознавания человека по фотографии.

В настоящей работе распознавание человека проводилось на основе геометрических характеристик лица, сфотографированного анфас. При этом использовались фотографии людей, в которых поворот головы вбок от положения анфас и наклон головы вправо или влево не превышал 10° . Поэтому искажения поворота практически не ухудшают точность определения геометрических характеристик по фотографии. По фотографии головы человека определялось положение 23 базовых точек (рис. 1). Для удобства определения декартовых координат (x_i, y_i) базовых точек в плоскости фотографии разработана специальная компьютерная программа на языке Object Pascal в интегрированной среде программирования Borland Delphi 7 (рис. 2). После поочередного выбора кнопками слева типов базовых точек и нажатий кнопки мыши в местах расположения соответствующих точек, программа записывала координаты базовых точек в файл для каждой фотографии.

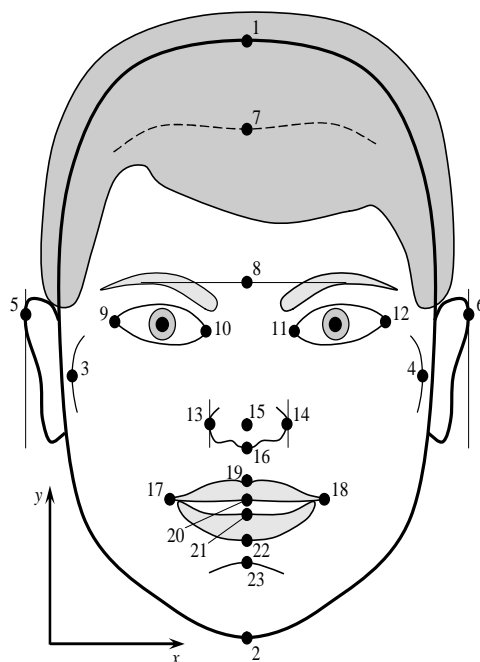


Рис. 1. Базовые точки лица, положение которых определяли для распознаваемых людей

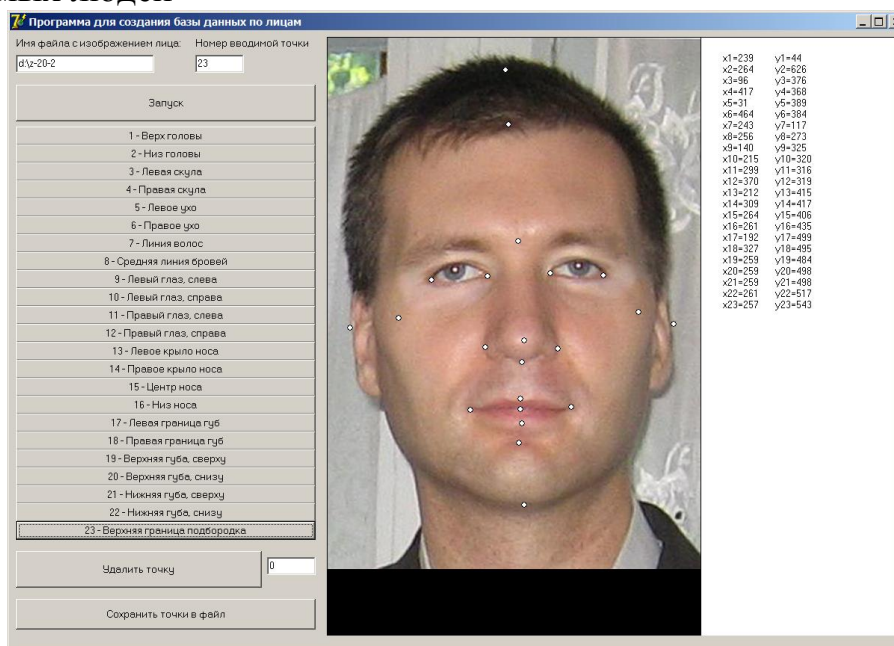


Рис. 2. Интерфейсная форма "Программы для создания базы данных по лицам"

В данном исследовании решалась задача определения человека по заданной фотографии из 20 человек, информация о которых хранится в базе данных. Поэтому для каждого из 20 человек предварительно отобрали по четыре фотографии: три использовались для создания базы данных, одна для распознавания (рис. 3).

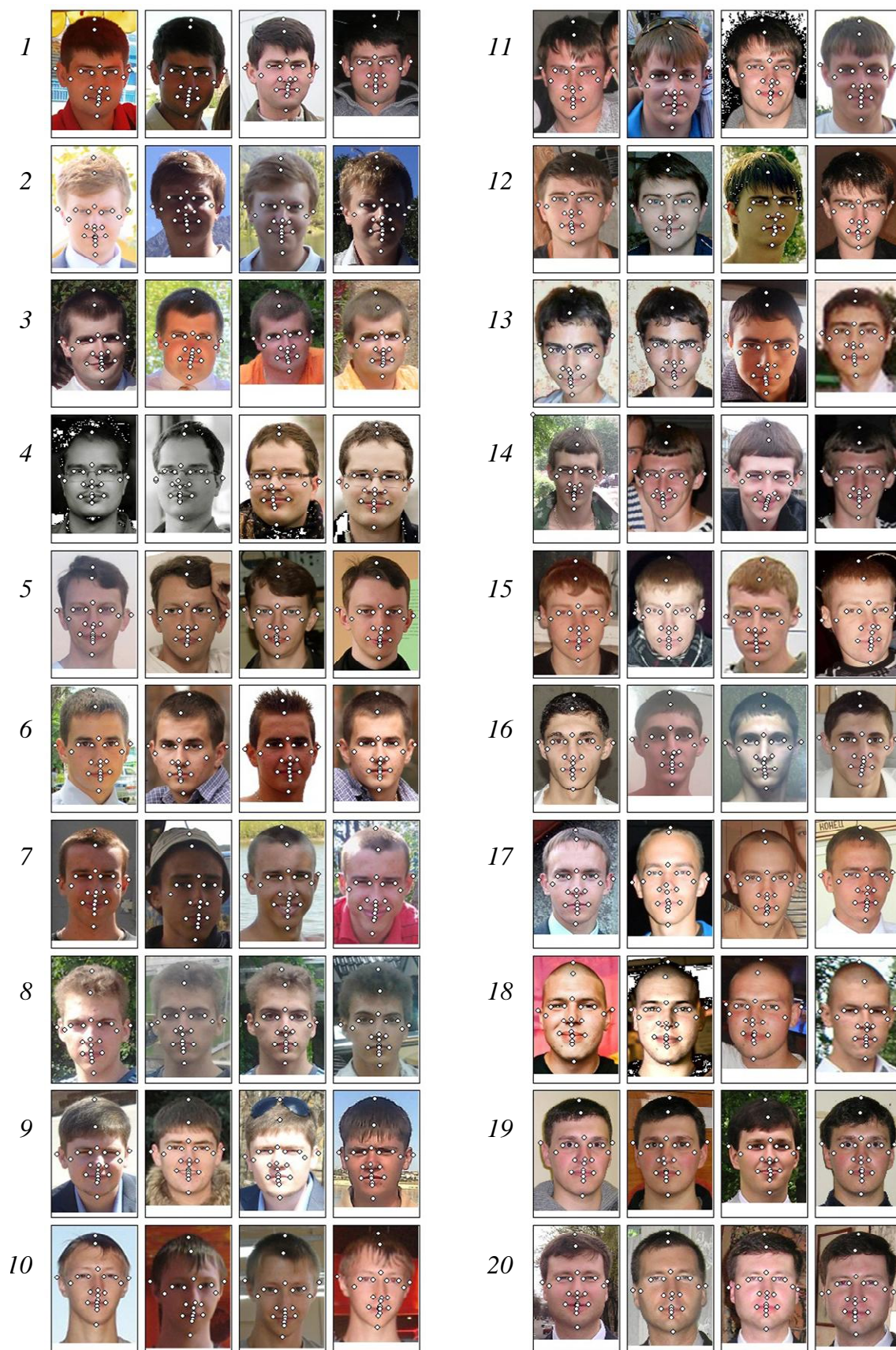


Рис. 3. Комплекты фотографий для 20 человек, составляющих базу данных, с нанесенными на фотографии базовыми точками

Для определенности отобрали только мужчин от 18 до 35 лет. Для повышения репрезентативности выборки и приближения к реальным условиям старались выбирать фотографии различного качества и различного возраста для одного и того же человека.

В качестве геометрических характеристик лица выступают отношения расстояний между базовыми точками, называемые в дальнейшем признаками распознавания p_{ij} (где i – номер признака, j – номер человека в базе данных).

Были проанализированы более 60 возможных признаков, из которых были выбраны 25 признаков, в наибольшей мере отражающих индивидуальные черты лица человека. Для отбора признаков была составлена контрольная группа из трех человек (номера 1, 2, 3 на рис. 3), для которых были проанализированы по 10 фотографий. При выборе признаков необходимо было учесть, что признак должен иметь как можно меньший статистический разброс среди фотографий для одного человека (высокая "кучность"), а средние значения признака для различных людей должны существенно различаться. Для количественной оценки того, насколько хорошо данный признак p позволяет отличить людей друг от друга, введен следующий критерий "разделяемости":

$$r = (\Delta p)_{\min} / \sigma_{\max}, \quad (1)$$

где $(\Delta p)_{\min} = \min(|\bar{p}_1 - \bar{p}_2|, |\bar{p}_1 - \bar{p}_3|, |\bar{p}_2 - \bar{p}_3|)$ – минимальное расстояние между математическими ожиданиями признака $\bar{p}_1, \bar{p}_2, \bar{p}_3$ для трех человек из контрольной группы; $\sigma_{\max} = \max(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3)$ – максимальное из среднеквадратичных отклонений признака для трех человек из контрольной группы. Чем выше значение критерия r для данного признака p , тем с большей эффективностью данный признак позволяет различать людей.

Для нормирования значений признаков использована ширина головы

по ушам $x_6 - x_5$, так как данное расстояние в наименьшей степени зависит от мимических искажений лица. Ниже перечислены пять признаков $p_1 \dots p_5$ с наибольшими значениями критерия r :

1) положение рта по отношению к подбородку: отношение расстояние по высоте от верхнего края нижней губы до линии подбородка к ширине головы по ушам ($r = 1,638$);

2) отношение расстояние между внешними краями глаз к ширине головы по ушам ($r = 1,424$);

3) отношение расстояния между внутренними краями глаз к ширине головы по ушам ($r = 1,156$);

4) отношение ширины головы по ушам к высоте головы ($r = 0,909$);

5) отношение расстояния от верхней части головы до средней высоты крыльев носа к ширине головы по ушам ($r = 0,792$).

Перечисленные признаки рассчитываются по следующим формулам.

$$p_1 = \frac{y_{21} - y_{23}}{x_6 - x_5}; \quad p_2 = \frac{x_{12} - x_9}{x_6 - x_5}; \quad p_3 = \frac{x_{11} - x_{10}}{x_6 - x_5};$$

$$p_4 = \frac{x_6 - x_5}{y_1 - y_2}; \quad p_5 = \frac{y_1 - (y_{13} + y_{14})/2}{x_6 - x_5}. \quad (2)$$

Хорошая различимость людей по данным признакам иллюстрируется рис. 4, где пики плотности вероятности, соответствующие трем людям из контрольной группы, находятся на значительном расстоянии друг от друга.

В процессе распознавания производится проверка гипотез вида "на заданной фотографии изображен человек m ". Задача последовательной процедуры заключается в поиске истинной гипотезы среди $M = 20$ гипотез. На каждом этапе k процедуры поочередно проверяются признаки p_{km} , по которым делается попытка либо сразу принять решение об истинности конкретной гипотезы m , либо принять решение о недостаточности информации и необходимости следующего этапа $k + 1$. Последовательная проце-

дура ограничивается некоторым максимальным количеством этапов $K_{\max} = 25$ (количество отобранных признаков), после чего принимается решение об истинности некоторой гипотезы по наибольшей функции правдоподобия.

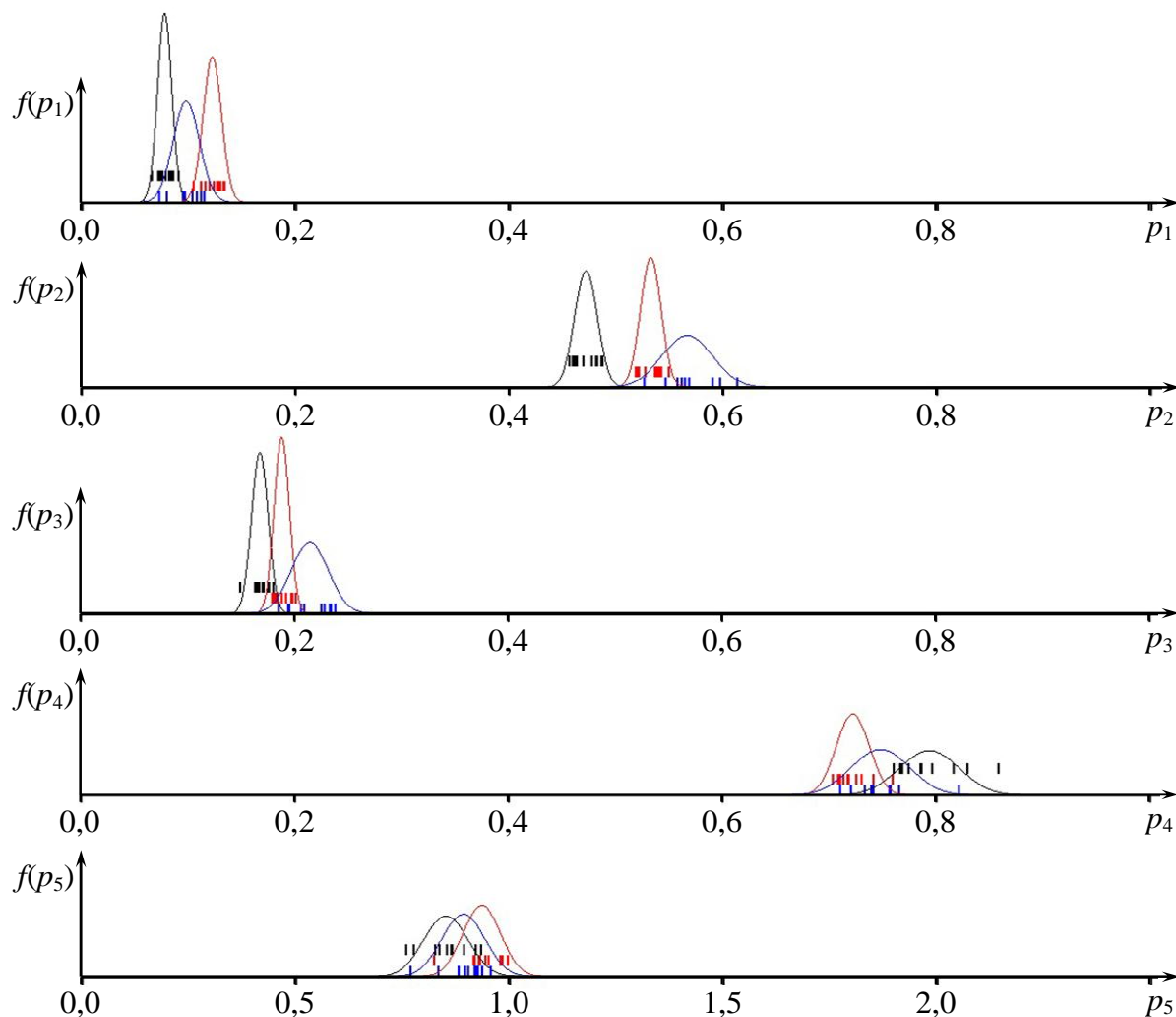


Рис. 4. Распределение признаков для троих человек из контрольной группы: три ряда штрихов означают по 10 реализаций признака p_i для каждого из трех контрольных человек; графики плотности вероятности $f(p)$ построены в предположении о нормальном распределении признака для каждого из людей

Для принятия решения на k -м этапе производится расчет функций правдоподобия ω_m для каждой из M гипотез – условных плотностей веро-

ятности данных при истинности m -й гипотезы:

$$\omega_m = \sum_{i=1}^k c_i \exp\left(-\frac{(p_i - \bar{p}_i)^2}{2\sigma_i^2}\right) \quad (3)$$

где c_i – весовые коэффициенты; \bar{p}_i – математическое ожидание признака i , определенное по трем эталонным фотографиям человека m ; σ_i – средне-квадратичное отклонение в предположении о нормальном распределении признака p_i , определенное на этапе выбора признаков по троим людям из контрольной группы.

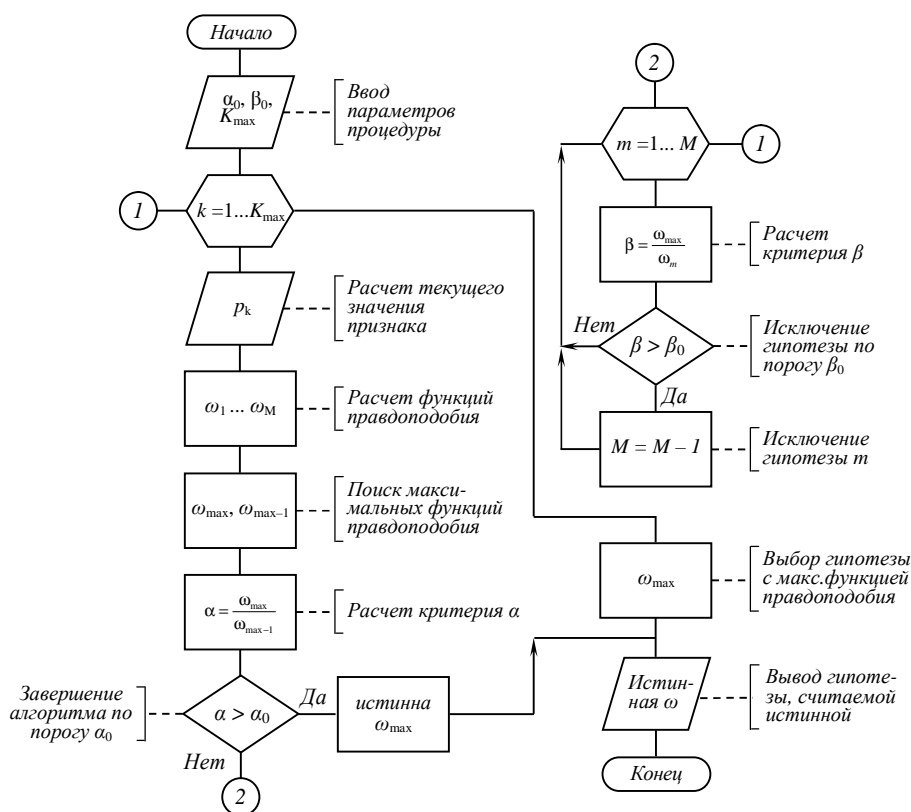


Рис. 5. Алгоритмическая схема последовательной процедуры

Затем производится сортировка гипотез по убыванию функции правдоподобия и сравнение двух наиболее вероятных гипотез с функциями правдоподобия ω_{\max} и $\omega_{\max-1}$. Решение об истинности гипотезы m с функцией ω_{\max} принимается в случае $\omega_{\max} / \omega_{\max-1} > \alpha_0$, где α_0 – порог принятия

решения [5] (рис. 5). В данном исследовании было принято $\alpha_0 = 2$. Отсечение маловероятных гипотез производится путем сравнения каждой гипотезы m с гипотезой, имеющей максимальную функцию правдоподобия, и отбрасыванием гипотезы m в случае, если $\omega_{\max} / \omega_m > \beta_0$, где β_0 , – порог принятия решения об отбрасывании гипотезы [6]. Очевидно, что для корректной работы алгоритма должно выполняться неравенство $\alpha_0 < \beta_0$.

Для анализа эффективности предложенной процедуры, она реализована в виде программы на языке Object Pascal в интегрированной среде программирования Borland Delphi 7. Для оценки эффективности процедуры она запускалась многократно, и производилось усреднение показателей эффективности как по 20 людям, так и по номеру фотографии которая выбиралась в качестве заданной из четырех возможных для каждого человека (остальные три фотографии составляли базу данных) (рис. 6).

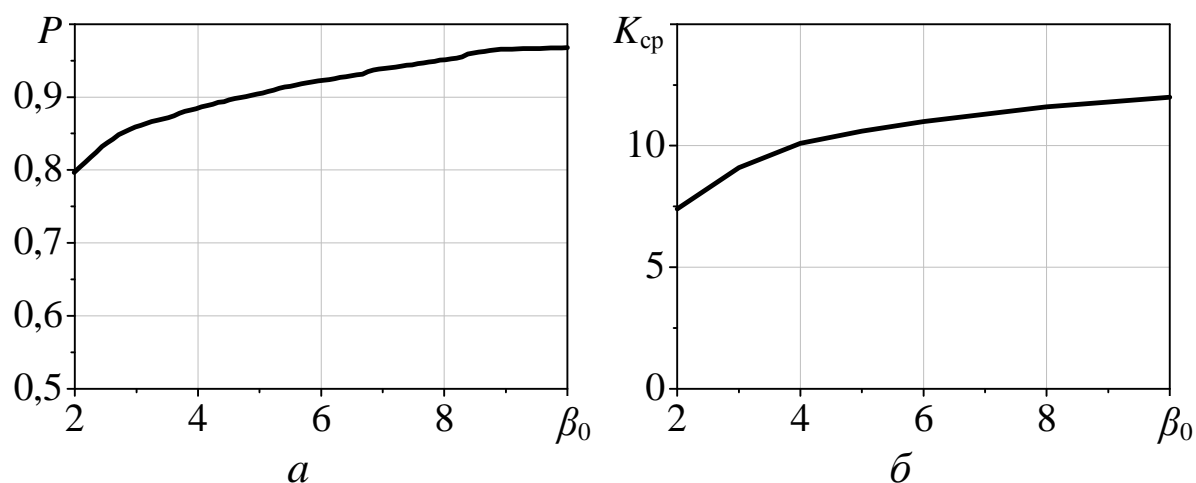


Рис. 6. Влияние параметра β_0 на основные показатели эффективности алгоритма: вероятность правильного определения гипотезы P (а); среднее количество этапов алгоритма K_{cp} (б)

Первые запуски процедуры показали, что уже на первом этапе процедуры (сравнение по первому признаку p_1) из 20 человек исключаются 10–13 человек, и на последующих этапах уже не тратится вычислительное

время на их анализ. На втором этапе процедуры исключаются еще примерно 4 человека. Таким образом, уже на первых двух этапах в рассмотрении остается лишь 15–20 % от всей базы данных, и на последующих этапах делается вывод о наилучшем совпадении какого-либо человека с контрольной фотографией по порогу α_0 . Оказалось, что процедура завершает свою работу примерно на 10 этапе. Как видно из графиков на рис. 6 оптимальное значение порога β_0 составляет около 8. При таком значении достаточно высока вероятность правильного распознавания человека (около 0,95) и достаточно мало количество этапов процедуры (около 12).

Таким образом, в рамках данной работы определены геометрические признаки лица, которые являются наиболее подходящими для распознавания. Усеченная последовательная процедура проверки гипотез с отсечением маловероятных гипотез имеет высокую эффективность для распознавания человека по фотографии. Для базы данных из 20 человек процедура обеспечивает точность распознавания 0,95, а время вычисления ориентировочно в 5–10 раз меньше, чем при использовании метода полного перебора базы данных.

Список литературы

1. Yoon K. S., Nam Y. K. and Park R.-H. Hybrid approaches to frontal view face recognition using the Hidden Markov Model and Neural Network // Pattern Recognition 1998. Vol. 31. P. 283-293.
2. Wiskott L., Fellous J.-M., Krueger N and Malsburg C. Face Recognition by Elastic Bunch Graph Matching // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1997. Vol. 19. P. 775-779.
3. Байбеков Д.В. Исторические подходы к проблеме становления и развития искусственного интеллекта и их значение в современных условиях // Сб. мат. межвуз. науч. конф.; Изд. ГОУВПО ВГТУ. Воронеж, 2010. С. 78–87.
4. Сосулин Ю.Г., Фишман М.М. Теория последовательных решений и ее применения. М.: Радио и связь, 1985. 272 с.
5. Житенев С.А., Плотникова И.Н., Федорова Т.В. Закономерности усеченной последовательной процедуры проверки многих гипотез по максимуму функции правдоподобия // Теория и техника радиосвязи. 2008. Вып. 2. С. 124–137.
6. Байбеков Д.В., Житенёв С.А., Посметьев В.В. Оптимизация усечённой последовательной процедуры проверки многих гипотез с отсечением маловероятных гипотез. Теория и техника радиосвязи, 2011. № 3. С. 77 – 82.