

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ИХ ПАРАМЕТРОВ, ОСНОВАННОЙ НА ИМИТАЦИОННОМ СТАТИСТИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Жирков В.Ф., Новиков К.В., Хебайши М.А., Сушкова Л.Т.

Владимирский государственный университет
600026, Владимир, ул. Горького, 87, тел. 279-886, e-mail jirkovvf@mail.ru

Реферат. Предлагается метод повышения эффективности принятия решений при идентификации объектов по их изображениям путем оптимизации параметров алгоритмов выделения признаков и принятия решений, основанной на имитационном статистическом эксперименте, встроенном в процедуры регистрации и идентификации. Рассмотрена методика его реализации на примере прикладной задачи идентификации личности по радужной оболочке глаза.

1. ВВЕДЕНИЕ

Потребность в высоко достоверной аутентификации личности существует с тех пор, как появилось организованное общество. Высокая безопасность может быть обеспечена с помощью использования биометрических признаков (отпечатков пальцев, ДНК, черт лица и т.п.). Одной из недавно появившихся перспективных технологий идентификации является распознавание по радужке глаза.

1. ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЯ РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКИ ГЛАЗА

При регистрации человека в системе идентификации выполняются следующие действия: 1) ввод изображения глаза; 2) локализация радужной оболочки; 3) нормализация изображения радужной оболочки; 4) выделение признаков; 5) запись признаков в базу данных. Идентификация человека включает следующие этапы: 1) ввод изображения глаза; 2) локализацию радужной оболочки; 3) нормализацию изображения радужной оболочки; 4) выделение признаков; 5) сопоставление признаков с эталонами, хранимыми в базе данных; 6) принятие решения.

На этапе локализации определяются внешняя и внутренняя границы радужной оболочки. Выделение границ выполняется путем максимизации суммы градиентов яркости в направлении перпендикулярном к границе радужки.

Радужки разных людей могут иметь разный размер. Даже размер радужки одного и того же человека может меняться из-за изменений условий съемки. Для обеспечения более эффективного распознавания выполняется нормализация изображения радужной оболочки. При этом кольцо радужки отображается в прямоугольник размером 64x512 пикселей.

Выделение признаков радужной оболочки основано на анализе локальной фазовой информации с помощью фильтров Габора. Комплексные вейвлеты Габора определяются следующим образом:

$$\psi(x, y, \omega_0, \theta) =$$

$$\frac{\omega_0}{\sqrt{2\pi k}} \left[e^{-\frac{\omega_0^2}{8k^2} (4(x \cos \theta + y \sin \theta)^2 + (-x \sin \theta + y \cos \theta)^2)} \right] \left[e^{i(\omega_0 x \cos \theta + \omega_0 y \sin \theta)} - e^{-\frac{k^2}{2}} \right]$$

где ω_0 – круговая частота, θ – ориентация вейвлета, k – константа.

В качестве признаков использованы грубо квантованные значения фаз фильтров Габора в определенных точках изображения:

$$h_{(\text{Re}, \text{Im})}(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{если } \text{Re}, \text{Im} [\Psi(i, j)] \geq 0, \\ 0, & \text{если } \text{Re}, \text{Im} [\Psi(i, j)] < 0, \end{cases}$$

где $\Psi(x, y) = I(x, y) * \psi(x, y, \omega_0, \theta)$ – свертка фильтра Габора Ψ с изображением I , (i, j) – позиция в которой определяется пара битов кодовой последовательности, называемой кодом радужки (КР). Использование фазовой информации исключает вредное влияние изменения условий освещения.

2. ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ

В качестве меры сходства двух радужек используется расстояние Хемминга (PX) между N -разрядными бинарными кодами идентифицируемой (I) радужки и зарегистрированными (R) значениями кодов, хранимых в базе данных:

$$HD(IC_I, IC_R) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N IC_{Ii} \oplus IC_{Ri},$$

где IC_I, IC_R – коды радужек, IC_{Ii}, IC_{Ri} – i -ый бит кода IC_A .

Принятие решения основано на статистической теории. При принятии решения о совпадении двух кодов возможно четыре исхода. Два правильных решения – это разрешение доступа авторизованному человеку и отказ в доступе неавторизованному. Неправильные решения – это разрешение доступа неавторизованному человеку и отказ авторизованному. Существуют области, в которых распределения вероятностей РХ для совпадающих и несовпадающих КР перекрываются. В этой области при распознавании могут происходить ошибки. Качество принятия решений определяется величиной перекрытия распределений вероятностей.

Методика выбора порога подробно разработана в статистической теории принятия решений. Так, для применения критерия Неймана-Пирсона требуется только определение максимальной вероятности разрешения системой доступа для незарегистрированного лица – P_{LAmax} . Применяя критерий Неймана-Пирсона, значение порога C может быть определено из уравнения:

$$\int_0^C p_{lm}(HD_{min}) dHD_{min} = P_{LAmax}.$$

3. МЕТОДИКА СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ АЛГОРИТМОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ

В существующих системах идентификации применяется одно значение порога для всех радужек, определяемое по усредненным плотностям вероятностей значений РХ. Исследования законов распределения РХ в присутствии случайных искажений показали, что для различных радужек законы распределения могут отличаться. На рис. 1 приведены полигоны частот для различных радужек. Полигоны построены следующим образом. Из исходного изображения с помощью модели случайных искажений формировалось множество искаженных изображений. Определение РХ для каждой пары искаженных изображений одной и той же радужки дает оценку закона распределения РХ для радужек одного человека. Сравнение каждого из искаженных изображений с множеством изображений других радужек дает оценку закона распределения РХ для радужек нарушителей. Использовалась следующая модель искажений:

$$I(x, y) = C(S(R(I(x, y)))) + N(x, y)$$

где S – преобразование масштабирования, R – поворот, $I(x, y)$ – изображение, N – гауссов шум, C – преобразование яркости и контраста. Параметры искажений определяются псевдослучайными величинами с нормальным законом распределения.

Как видно из рис. 1 распределения вероятностей для различных радужек существенно отличаются. Причина этого в индивидуальных особенностях структуры изображения радужной оболочки (наличие ярко выраженных деталей, их количество и т.д.). Повышение эффективности распознавания достигается путем определения индивидуального порога для каждой радужки из базы эталонов. Определение индивидуального порога происходит в измененной процедуре регистрации. Машинными методами моделируется ввод большого числа измененных радужек. Полученные по результатам моделирования индивидуальные значения порога сохраняются в базе данных вместе с кодом и используется в процедуре идентификации.

Дальнейшее уменьшение вероятности ошибки достигается путем оптимизации параметров фильтров, используемых для получения признаков радужки. Оптимальные параметры фильтров определяются, сохраняются и используются в процедурах регистрации и идентификации аналогично индивидуальным порогам.

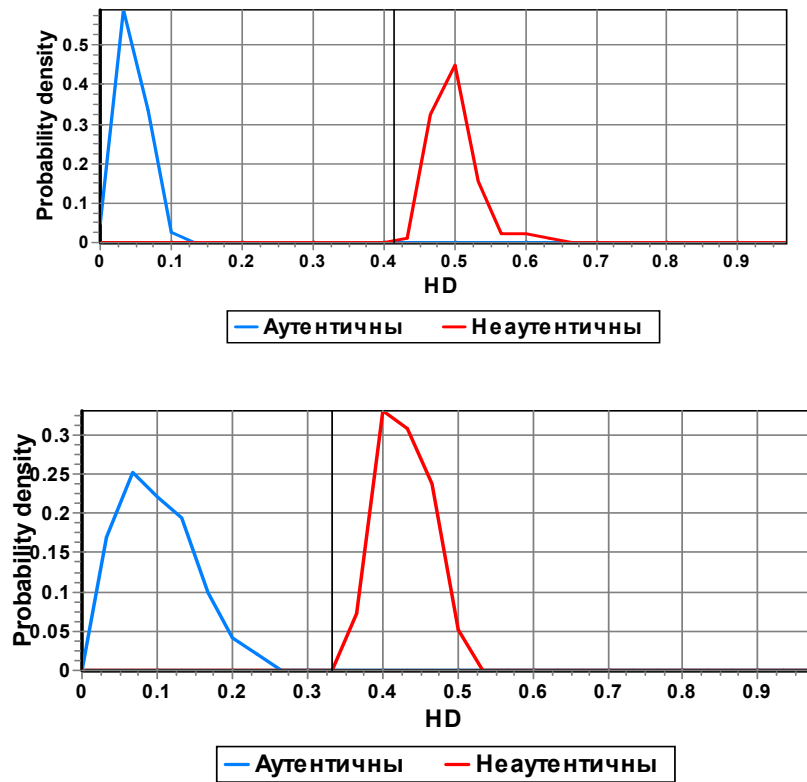


Рис. 1. Полигоны частот для радужек принадлежащих различным людям. Значения порогов, определенные по критерию Неймана-Пирсона показаны черной сплошной линией

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная методика оптимизации порогов принятия решения и параметров фильтров, основанная на статистическом моделировании, была реализована в алгоритмах регистрации и идентификации. Оптимальные значения порогов и параметров фильтров, используемые совместно с признаками входного изображения, позволили снизить вероятность ошибок идентификации.