

Открытая информационная система для минимизации ошибок доступа при идентификации личности по радужной оболочке глаза

Н.Н. Минакова, И.В. Петров

Алтайский государственный университет (Барнаул, Россия)

Open Information System for Minimizing of Iris Recognition Errors Abstract

N.N. Minakova, I.V. Petrov

Altai State University (Barnaul, Russia)

Представлена информационная система (ИС), позволяющая минимизировать ошибки при идентификации личности по радужной оболочке глаза (РОГ) за счет варьирования настроек в алгоритмах распознавания РОГ. ИС построена по модульному принципу, что позволяет производить замену алгоритмов распознавания РОГ на любом этапе для улучшения производительности системы и качества распознавания. Апробированы способы улучшения точности детектирования РОГ за счет изменения параметров интегродифференциального оператора, используемого для локализации границ радужной оболочки глаза. Показано, что применение данного оператора по заданному контуру позволяет улучшить точность детектирования РОГ. Представлены способы улучшения качества распознавания РОГ за счет изменения параметров фильтра Габора при параметризации нормализованного изображения РОГ. На основании численных экспериментов выбраны оптимальные параметры фильтра Габора. Продемонстрировано влияние на ошибки распознавания числа сдвигов при сравнении бинарных кодов РОГ. Показано, что использование нескольких сдвигов при сравнении бинарных кодов РОГ позволяет уменьшить количество ошибок распознавания за счет получения инвариантности к повороту глаз во время сканирования радужной оболочки.

Ключевые слова: радужная оболочка глаза, идентификация личности, биометрия, информационная система.

DOI 10.14258/izvasu(2015)1.1-30

Введение. Радужная оболочка глаза (РОГ) является единственным внутренним органом, доступным для сканирования с помощью оптической платформы. Ее богатая текстура, обладающая большой информационной емкостью, уникальна для каждого индивида и не меняется с течением времени [1, 2]. Это делает радужную оболочку глаза удобным и надежным

We present the information system that allows us to minimize errors in the iris recognition by varying the settings of iris recognition algorithms. The information system has a modular design that allows replacement of iris recognition algorithms at any stage for improving system performance and recognition quality. We propose a method for improving the iris detection accuracy by changing parameters of the integro-differential operator used for localization of iris boundaries. It is shown that the application of the integro-differential operator along a certain contour allows us to improve the iris detection accuracy. We demonstrate that changing parameters of the Gabor filter for normalized iris image parameterization also improves the quality of iris recognition. Conducted numerical experiments allow us to select optimal parameters for the Gabor filter. It is shown that a number of shifts in a comparison process of iris images binary codes affects the overall performance and recognition error. Thus, multiple shifts significantly reduce the recognition error due to getting invariance to eye rotation during the iris scanning.

Key words: iris, personal identification, biometrics, information system.

биометрическим признаком в системах идентификации личности. Идентификация по радужной оболочке глаза уже используется в государственных учреждениях, на пунктах пограничного контроля, в аэропортах ряда стран, например Объединенных Арабских Эмиратов (ОАЭ). По данным пограничных служб ОАЭ, каждый день выполняется порядка миллиарда

сравнений РОГ, причем за это время ложных совпадений замечено не было [2].

Типичная система распознавания радужной оболочки глаза включает захват снимка глаза, локализацию РОГ на полученном снимке, нормализацию локализованного изображения РОГ, параметризацию с последующим выделением специального кода из изображения РОГ и сравнением полученных кодов. Одна из наиболее ранних коммерческих систем идентификации личности по РОГ была основана на модели Даугмана, которая включала специальные алгоритмы для каждого этапа распознавания РОГ. Так, для локализации РОГ был задействован специальный интегродифференциальный оператор, для параметризации РОГ использовались фильтры Габора с последующим квантованием и получением бинарного кода. Для сравнения кодов выполнялось измерение расстояния Хэмминга между бинарными кодами. В зависимости от полученного значения принималось решение об аутентичности сравниваемых РОГ.

В настоящее время активно разрабатываются алгоритмы для распознавания РОГ, которые дополняют существующие модели [3, 4]. Идет поиск альтернативных моделей РОГ, основанных на совершенно других принципах. Такое разнообразие алгоритмов выявило новую проблему, связанную с оценкой эффективности имеющихся и разрабатываемых алгоритмов в некоем едином ключе. Ведется широкий спектр работ в этом направлении.

Создано большое количество публично доступных баз данных снимков РОГ, которые могут использоваться в качестве исходных данных при тестировании новых алгоритмов. Например, Китайская академия наук, Институт Автоматизации (CASIA) создала одну из самых крупных публичных баз данных снимков РОГ, включающую в себя около трех тысяч снимков глаз примерно ста уникальных персон [5]. Из снимков глаз в видимом диапазоне создана публичная база снимков UBIRIS [6].

Национальный Институт стандартов и технологий (NIST) проводит мероприятия Iris Challenge Evaluation (ICE), целью которых является улучшение производительности и надежности биометрических систем идентификации по РОГ [7].

Разрабатываются открытые программные платформы. Они могут быть использованы для оценки эффективности алгоритмов распознавания РОГ на различных базах данных снимков, повышения производительности этих алгоритмов путем варьирования входных параметров. Одной из таких платформ является система распознавания РОГ, разработанная Либором Масеком (Libor Masek) из Университета западной Австралии (University of Western Australia) [8]. Система создана в среде MATLAB и имеет открытый исходный код. Она включает в себя четыре модуля, согласующихся с каждым этапом распозна-

вания РОГ: сегментацией, нормализацией, выделением кода и сравнением кодов. Сегментация реализуется за счет применения преобразования Хафа, комбинированного с детектором границ Кени (Canny Edge Detector). На этапе нормализации используется алгоритм Даугмана, в котором сегментированное изображение РОГ отображается в прямоугольную область. Параметризация и извлечение кода реализуются на логарифмических вейвлетах Габора (Log Gabor wavelets). Для сравнения используется значение расстояния Хэмминга между сравниваемыми бинарными кодами. Система испытывалась на двух различных базах данных снимков: CASIA v1 и LEI. Она использовалась участниками в мероприятиях ICE в качестве базовой платформы.

Возможность изменения параметров фильтров для улучшения производительности системы предусмотрена в открытой системе OSIRIS (Open Source for IRIS), которая испытывалась на базе данных снимков CASIA v1. OSIRIS реализуется по модульному принципу [9].

В данной работе представлена новая информационная система, разработанная для испытания эффективности различных алгоритмов распознавания РОГ и поиска наиболее оптимальных параметров алгоритмов. Система реализуется по модульному принципу.

Краткое описание информационной системы. В отличие от представленных выше открытых систем разработанная информационная система включает блок анализа и оценки эффективности алгоритмов.

Архитектура системы построена по модульному принципу (рис. 1). Основные этапы распознавания реализуются в виде отдельных подключаемых модулей, что позволяет при необходимости заменять одни алгоритмы другими, выполняющими один и тот же этап распознавания РОГ разными методами. Блок-схема работы основных этапов распознавания представлена на рисунке 2.

В информационной системе реализованы все этапы распознавания РОГ. Сегментация выполнялась с помощью интегродифференциального алгоритма для детектирования внутренней и внешней границ РОГ [10] в комбинации с алгоритмом детектирования век [11]. Локализация центра зрачка основана на градиентном преобразовании Хафа, нормализация – на классическом алгоритме, основанном на модели Даугмана [12]:

$$\max_{r, x_0, y_0} \left| G_\sigma * \frac{\partial}{\partial r} \oint_{r, x_0, y_0} \frac{I(x, y)}{2\pi r} ds \right|, \quad (1)$$

где (r, x_0, y_0) – параметры кругового контура, по которому определяется максимальный скачок производной сглаженной средней интенсивности; G_σ – функция Гаусса, с шириной σ ; * – операция свертки.

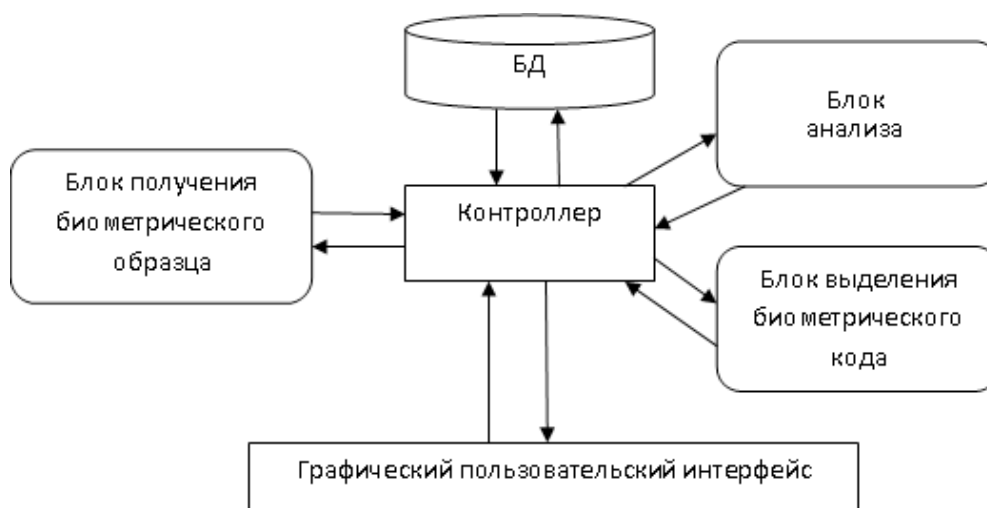


Рис. 1. Архитектура информационной системы

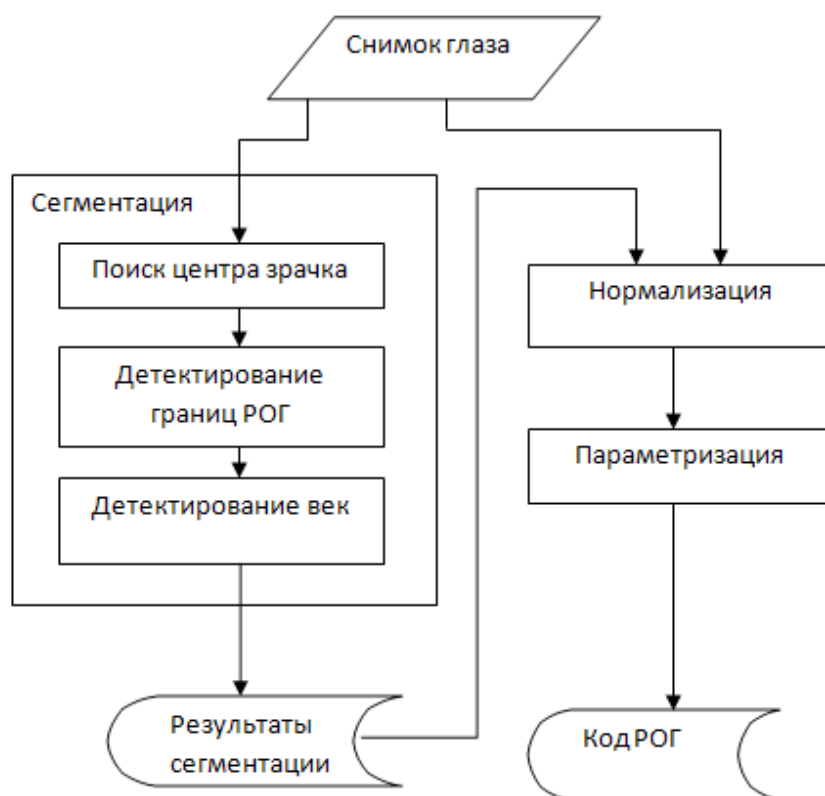


Рис. 2. Блок-схема работы реализованной системы распознавания РОГ

Разработанная информационная система была использована для выбора оптимальных параметров сегментации. В первом случае поиск производился по всему круговому контуру. Результат представлен на рисунке 3. Во втором случае в ограниченных сек-

торах (рис. 4). Результат представлен на рисунке 5. На основании анализа полученных гистограмм можно сделать вывод о том, что оптимальным является поиск внешней границы только по части кругового контура, которая обычно не закрыта веками.

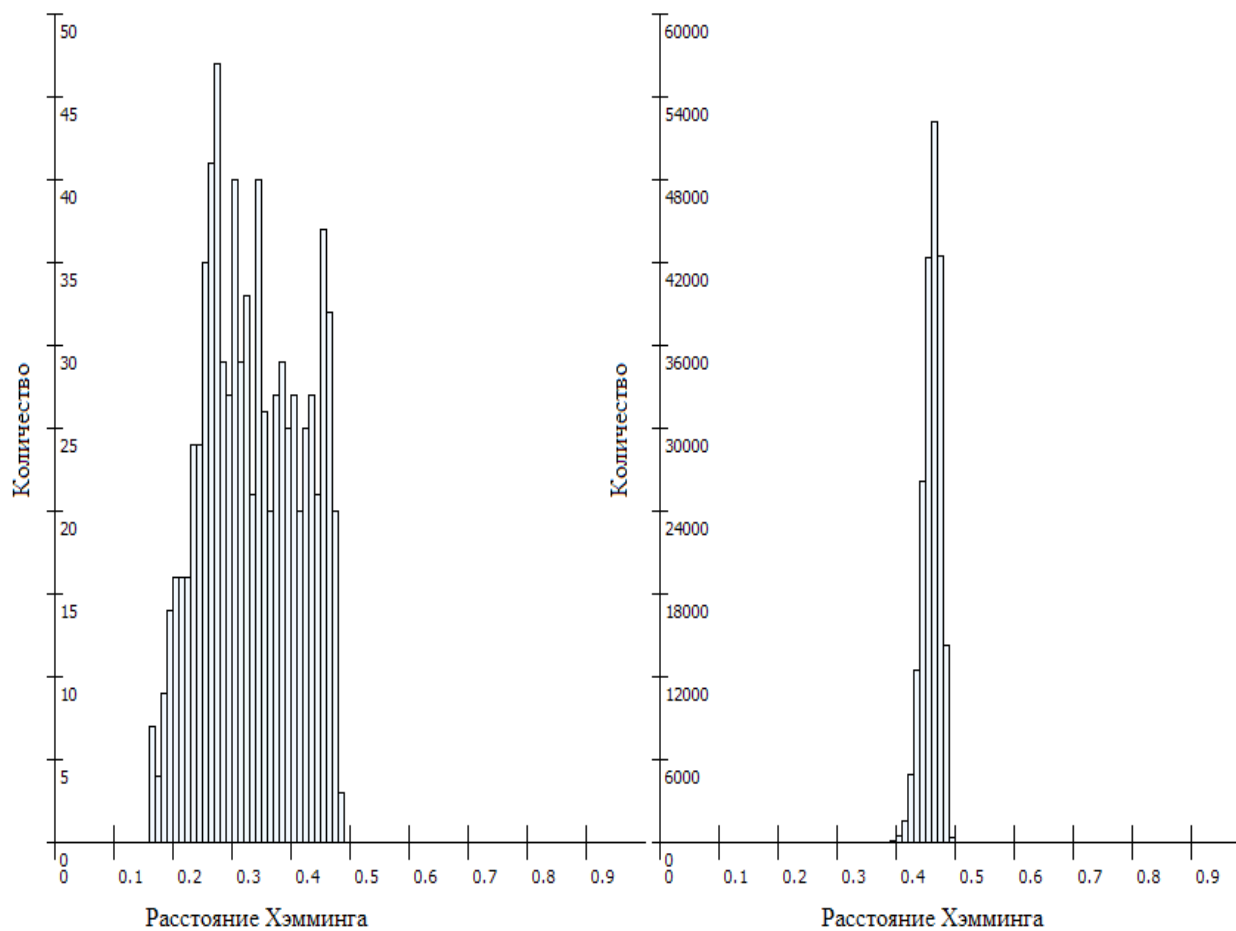


Рис. 3. Гистограммы внутри- и внеклассового распределения расстояния Хэмминга при использовании интегродифференциального оператора по всему контуру

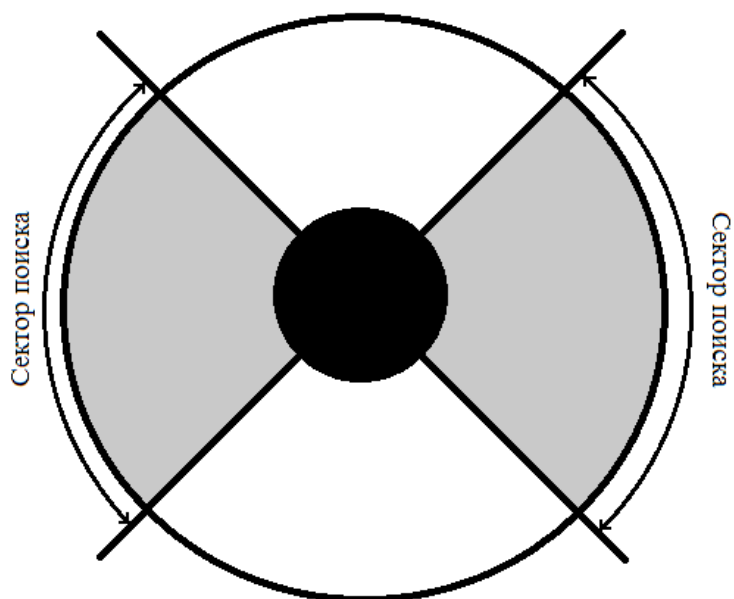


Рис. 4. Сектор поиска внешней границы РОГ

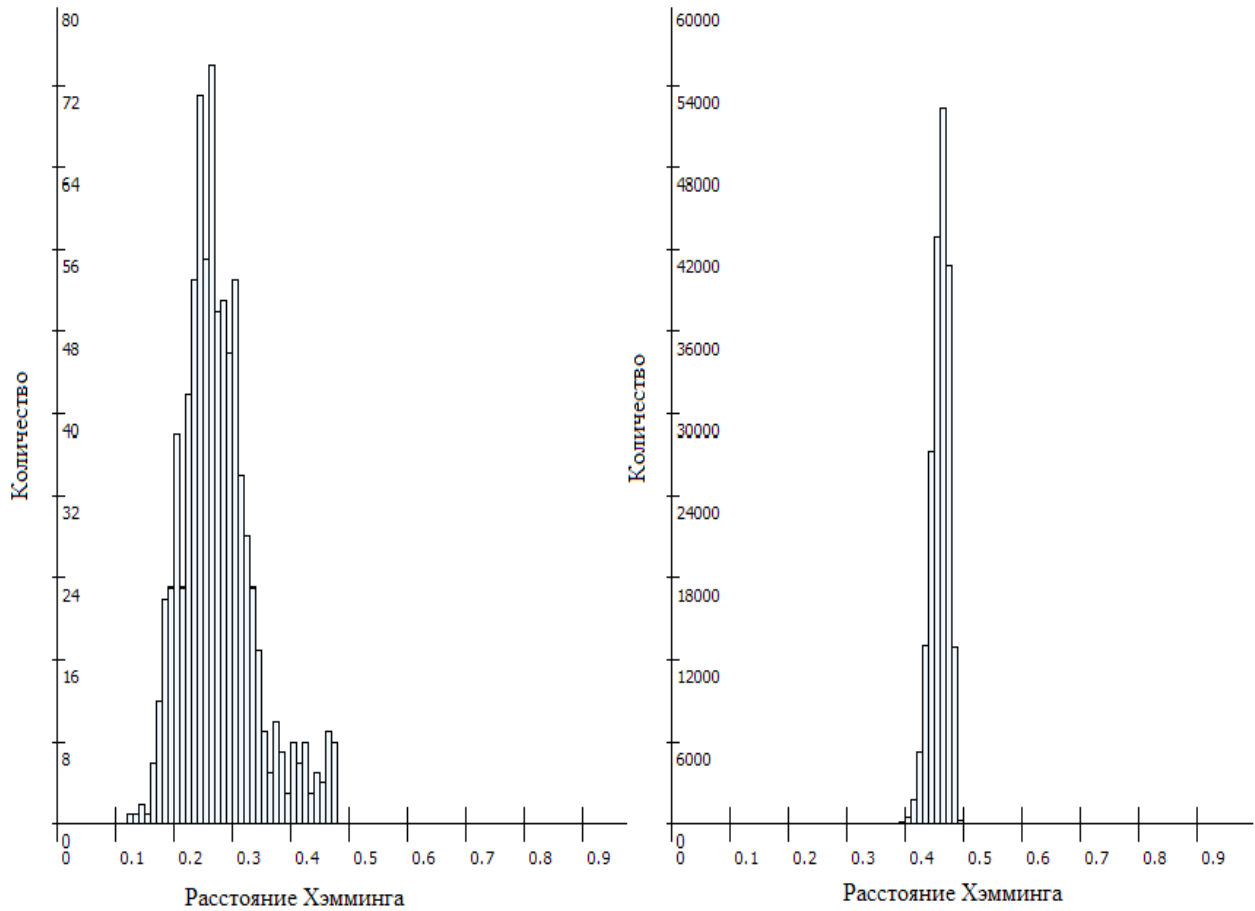


Рис. 5. Гистограммы внутри- и внеклассового распределения расстояния Хэмминга, при использовании интегродифференциального оператора по части контура

Выбор оптимальных параметров фильтра Габора. Был реализован метод кодирования, основанный на свертке сигнала изображения с фильтром

Габора. Для расчета ядра фильтра использовались следующие формулы:

$$G_{Real}(x, y) = \frac{K^2}{\sigma^2} e^{-\frac{K^2(x^2+y^2)}{2\sigma^2}} \left(\cos(K \cos(\theta)x + K \sin(\theta)y) - e^{-\frac{\sigma^2}{2}} \right) \quad (2)$$

$$G_{img}(x, y) = \frac{K^2}{\sigma^2} e^{-\frac{K^2(x^2+y^2)}{2\sigma^2}} (\sin(K \cos(\theta)x + K \sin(\theta)y)) \quad (3)$$

$$K = \frac{\pi}{2\sqrt{2}^\mu}, \quad (4)$$

где $G_{Real}(x, y)$, $G_{img}(x, y)$ – реальная и мнимая части фильтра; σ – стандартное отклонение Гауссовой составляющей; θ – пространственная ориентация

фильтра; μ – параметр, определяющий масштаб функции.

Основными параметрами фильтра являются его ориентация θ , масштаб μ и стандартное отклонение Гауссовой составляющей σ . Произведен численный эксперимент по выявлению оптимальных параметров фильтра. Результаты численного эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1

Зависимость показателя равного уровня ошибок (EER) от выбранных параметров фильтра Габора

Параметры фильтра			EER, %
θ	μ	σ	
$\pi/2$	1	1,5	3
$\pi/2$	1	3	4

Выбор оптимальных параметров сравнения. Сравнение путем измерения расстояния Хэмминга между двумя бинарными кодами РОГ выполнялось по следующей формуле [10]:

$$HD = \frac{\|(\text{code}A \otimes \text{code}B) \cap \text{mask}A \cap \text{mask}B\|}{\|\text{mask}A \cap \text{mask}B\|}, \quad (5)$$

где *codeA* и *codeB* – бинарные коды сравниваемых РОГ; *maskA* и *maskB* – бинарные маски сравниваемых РОГ.

Сравнение производилось несколько раз через битовый сдвиг, что эквивалентно пространственному повороту глаза. Это позволяет достичь некоторой инвариантности к поворотам головы во время сканирования.

Для выбора наиболее оптимальных параметров сравнения был выполнен численный эксперимент: сравнивались бинарные коды при различных количествах сдвигов.

На основании результатов эксперимента (табл. 2) можно сделать вывод о том, что для более корректной идентификации необходимо сравнивать коды при нескольких сдвигах, чтобы результаты были инварианты к поворотам глаз.

Таблица 2

Зависимость показателя равного уровня ошибок (EER) от числа битовых сдвигов при сравнении бинарных кодов РОГ

Число битовый сдвигов	EER, %
0	12
10	3

Заключение. В работе представлена информационная система, позволяющая анализировать эффективность алгоритмов распознавания РОГ. Была выполнена апробация представленных алгоритмов распознавания РОГ с целью выявления наиболее оптимальных параметров, позволяющих повысить эффективность распознавания РОГ.

Библиографический список

- Wayman J. et al. Biometric Systems: Technology, Design and Performance Evaluation. – London, 2005.
- Iridian Technologies. Historical timeline [Electronic resource]. URL: www.iridiantech.com/about.php?page=4
- Третьяков И.Н., Минакова Н.Н. Алгоритм разграничения доступа по радужной оболочке глаза для решения задач контроля доступа к информационным ресурсам // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2010. – №1/1.
- Петров И.В., Минакова Н.Н. Параметризация структуры радужной оболочки глаза с использованием вейвлет-преобразования // Известия Алтайского гос. ун-та. – 2011. – №1.
- CASIA. Iris images database [Electronic resource]. URL: <http://biometrics.idealtest.org/dbDetailForUser.do?id=4>
- Proenca N., Alexandre L.A. Ubiiris: A noisy iris image database [Electronic resource]. URL: <http://iris.di.ubi.pt/>
- Philips J. Ice [Electronic resource]. URL: <http://iris.nist.gov/ice/>
- Libor Masek. Recognition of human iris patterns [Electronic resource]. URL: <http://www.csse.uwa.edu.au/~pk/studentprojects/libor/>
- Petrovska-Delacretaz D. et al. Guide to Biometric Reference Systems and Performance Evaluation. – London, 2009.
- Кухарев Г.А. Биометрические системы: методы и средства идентификации личности человека. – СПб., 2001.
- Минакова Н.Н., Петров И.В. Информационная система анализа структуры радужной оболочки глаза // Ползуновский вестник. – 2012. – № 3/2.
- Daugman J. High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1993. – Vol. 15, № 11.