

## **Экспериментальный комплекс программ распознавания личности по радужной оболочке глаза**

**Ю.И. Монич, В.В. Старовойтов, Д.И. Самаль**

**Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси**

### **Аннотация**

В статье описан экспериментальный комплекс программ распознавания (ЭКПР) личности по изображениям радужной оболочки глаза. Приведено описание комплекса и результаты его тестирования в разных режимах. Тестирование выполнялось на 16000 изображений глаз. Разработанный комплекс имеет значение равной вероятности ошибок (EER) на уровне аналогичных зарубежных разработок, порядка 0.5%. В системах ограничения доступа с качественной регистрацией изображений, комплекс будет иметь меньшую величину EER.

### **Введение**

В последние годы в целях объективной идентификации человека активно разрабатываются системы биометрического распознавания личности [1,2], использующие физиологически обусловленные индивидуальные параметры субъекта, например, отпечатки пальца. Задача биометрических систем – идентифицировать конкретного человека, а не какой-либо носитель (жетон, карту и т.д.) или пароль, который может использовать другой человек. Биометрические технологии начинают занимать лидирующие места в индустрии безопасности, и в настоящее время все чаще используются для обеспечения большей защищенности дома, бизнеса, государственных секретов и др. Системы распознавания личности по радужной оболочке глаза (РОГ) потенциально одни из самых надежных биометрических систем. Уникальность рисунка РОГ позволяет создавать высоконадежные системы для биометрического распознавания личности. Преимущества системы биометрического распознавания по РОГ [3]:

- генетическая независимость и уникальность (рисунки РОГ различаются даже у близнецов);
- высокая информативность (РОГ имеет сложный рисунок, состоящий из мелких деталей, по которым можно получить множество признаков);
- независимость результатов распознавания от возраста (возможно изменение цвета радужки, но узор РОГ остается постоянным).
- безконтактность, то есть отсутствие физического контакта человека при регистрации.

До настоящего времени в СНГ были представлены только зарубежные разработки [4,5]:

- Компания Iridian Technologies строит свои системы распознавания личности по РОГ на базе запатентованной технологии, на различных аппаратных платформах (LG, Panasonic, NEC, OKI и т.д.): Panasonic BM-ET 500 (система контроля доступа в учреждениях, лабораториях, аэропортов и др.), Panasonic BM-ET100 (настольная камера, подключаемая к ПК, для доступа к ПК, файлам, папкам, приложениям и т.д.),



LG Iris Access 3000, LG IrisAccess 4000, OKI IRISPASS-WG (регистрирует оба глаза), IrisGuard H100 (регистрирует один глаз, камера с автофокусом);

- компания L-1 Identity Solutions разработала следующие системы распознавания личности по РОГ: HIIDE™ Series 4 (Hand-held Interagency Identity Detection Equipment – разработана специально для биометрической идентификации в полевых условиях), Offender-ID™ (Offender Identification System – используется в исправительных учреждениях), PIER™ 2.4 (портативная ручная система);
- компания Evermedia Co., Ltd разработала систему контроля доступа по РОГ ЕС-I 400 (использует камеру с автофокусом, регистрирует оба глаза).

Импортные разработки отличаются высокой стоимостью. Например, цена контракта на установку системы контроля доступа по радужной оболочке глаза Panasonic BM-ET500 в аэропортах Канады составляет 39 миллионов долларов.

В ОИПИ НАН Беларуси разработан экспериментальный комплекс программ распознавания (ЭКПР) личности по цифровым изображениям РОГ. Термин распознавание объединяет два понятия: верификация, идентификация. Верификация – это подтверждение соответствия представленного изображения глаза определенному идентификатору, указанному пользователем. Процедура выполняется путем сравнения полученного кода РОГ (из представленного изображения глаза) с кодами РОГ, хранящимися в БД, соответствующими предопределенному идентификатору пользователя (фамилия, имя и т.п.). Идентификация – это сравнение вычисленного по изображению кода РОГ с кодами РОГ, хранящимися в БД, с целью авторизации пользователя.

### **Общее описание ЭКПР**

Исходные цифровые изображения глаз представлены в виде полутоновых изображений (256 градаций серого) и должны удовлетворять ГОСТ Р ИСО/МЭК 19794-6-2006 [6]. Общая схема работы экспериментального комплекса программ распознавания личности по цифровому изображению радужной оболочки глаза представлена на рис. 1. ЭКПР личности цифровым изображениям РОГ имеет несколько режимов работы: верификация, идентификация, администрирование базы данных. Взаимодействие модулей ЭКПР с помощью оконного интерфейса в режимах администрирования, регистрации и идентификации представлено на рис. 2.

На этапе регистрации камера с инфракрасной подсветкой фиксирует изображение глаза человека. Далее выполняется анализ качества и подлинности полученного изображения. Если качество неудовлетворительное для последующего распознавания, предлагается выполнить перерегистрацию РОГ. Если качество удовлетворительное, на изображении глаза выделяется кольцо, содержащее изображение РОГ. В процессе экспериментов и с учетом ГОСТ Р ИСО/МЭК 19794-6-2006 [6] в качестве геометрической модели РОГ предложено использовать

неконцентрические окружности для внешней и внутренней границы РОГ. Полученное кольцо преобразуется в прямоугольное изображение-шаблон фиксированного размера. Что позволяет унифицировать вычисление так называемого бинарного кода РОГ, независимо от размеров радужки и зрачка (размер зрачка меняется при разном освещении глаза). Код может вычисляться разными способами [2], при разработке ЭКПР было выбрано лог-нормальное преобразование Габова [7]. На этапе распознавания происходит сравнение кода, вычисленного для предъявленного изображения РОГ с кодами, хранящимися в базе данных зарегистрированных пользователей (БДЗП), путем вычисления расстояния Хэмминга между кодами [2]. Это расстояние служит мера сходства двух РОГ и принимает значения от 0 до 1, чем ближе к нулю, тем больше изображения похожи друг на друга. Порог, разделяющий классы изображений РОГ одинаковых и разных глаз («своих» и «чужих»), определяется в процессе настройки системы на выборке изображений, зарегистрированных определенной оптикой в определенных условиях освещения. Как правило, он находится в пределах 0.3-0.4.

В режиме администрирования оператор может выполнить функции актуализации БДЗП: создание новой биометрической записи (запись содержит идентификатор пользователя, изображение РОГ, его биометрический код, служебную информацию); редактирование данных о пользователе; удаление биометрической записи; замена биометрической записи; загрузка полутоновых изображений глаз для пользователя; получение шаблона РОГ, кода РОГ и регистрация в базе зарегистрированных пользователей; настройка параметров системы распознавания.

На результат распознавания могут повлиять наличие областей скрытых бликами, веками, ресницами, чрезмерно расширенный зрачок, наличие очков и контактных линз. В результате исследований было определено, что для корректного распознавания личности на изображении не менее 70% радужной оболочки глаза должны быть видимыми, для успешной регистрации изображения РОГ желательно снять очки, глаз должен быть открыт как можно шире. Масштаб изображения должен быть таким, чтобы диаметр радужной оболочки глаза был не менее 150 пикселей. Диаметр зрачка должен быть 110 пикселей. Изображение должно содержать не менее 70 пикселей от правого или левого края радужной оболочки глаза до ближайшего края изображения и не менее 70 пикселей от верхнего или нижнего края радужной оболочки глаза до ближайшего края изображения.

Настройка параметров ЭКПР позволяет задать: примерный диаметр РОГ в пикселях, размеры шаблона РОГ в пикселях, величину порога «свой-чужой» (или способ его вычисления), различные настройки программ обработки РОГ.

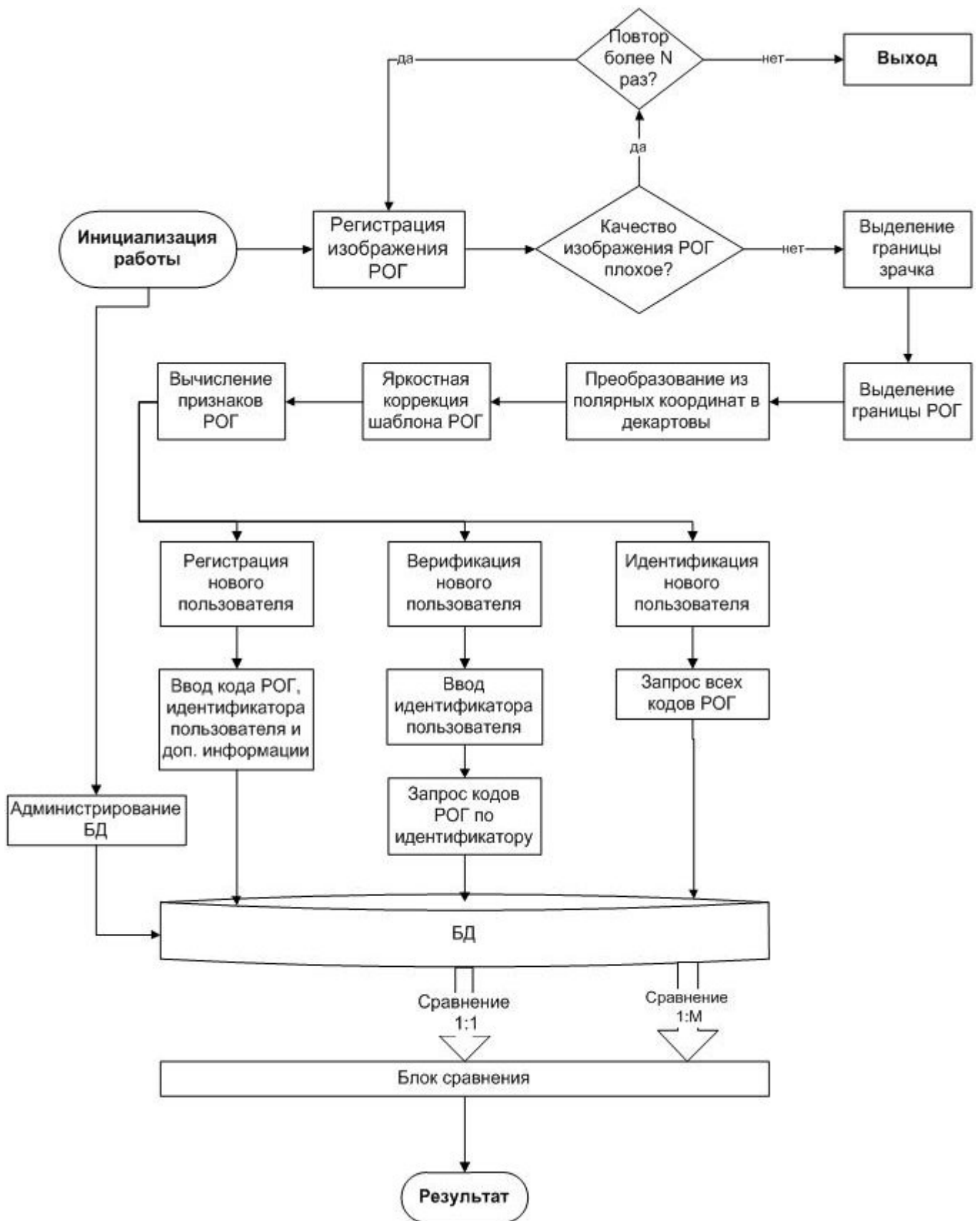


Рис. 1. Структурная схема алгоритма распознавания личности по РОГ

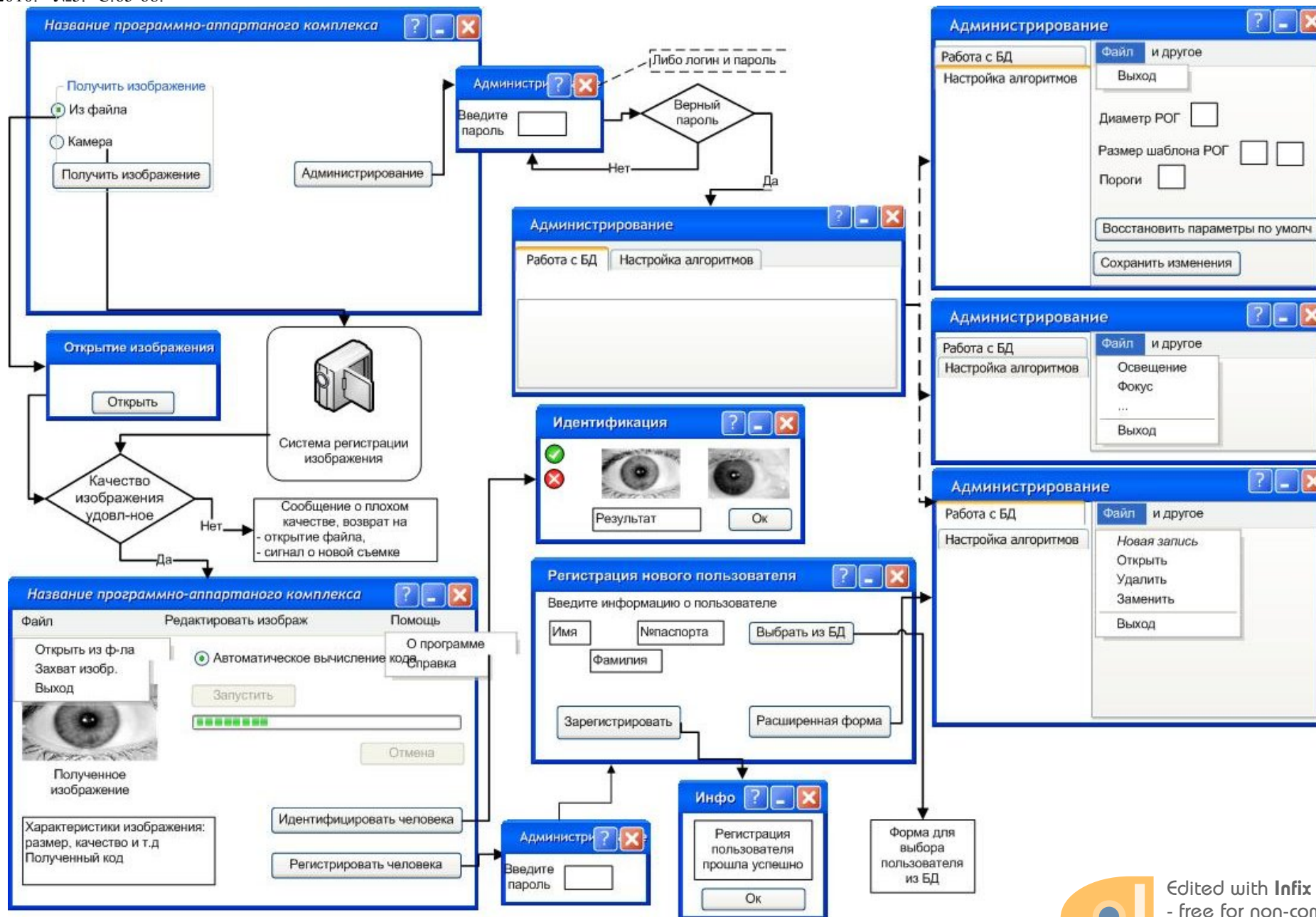


Рис. 2. Взаимодействие модулей ЭКПР с помощью оконного интерфейса в режимах администрирования, регистрации и идентификации



При верификации пользователь указывает свой идентификатор, затем автоматически регистрируется изображение его глаза. Далее вычисляется код предъявленной РОГ, который сравнивается с кодами РОГ из БДЗП, соответствующими введенному идентификатору. В результате выдается сообщение о соответствии пользователя предъявленному идентификатору.

При идентификации пользователь регистрирует изображение глаза, затем автоматически вычисляется код представленной РОГ. Далее выполняется его сравнение со всеми кодами, хранящимися в БДЗП, и принимается решение о соответствии пользователя множеству пользователей, коды которых хранятся в БДЗП, т.е. авторизация.

Интерфейс пользователя экспериментального комплекса реализован с использованием кроссплатформенной графической C++ библиотеки “Qt” [8]. Для обработки изображений РОГ разработан ряд оригинальных процедур: локализации зрачков, выделения внешней и внутренней границ РОГ, преобразования и кодирования шаблона РОГ. Процедуры верификации и идентификации выполнены в виде отдельных модулей динамически подключаемых библиотек (dll).

Хранение, обработка и отображение дополнительных данных о зарегистрированных пользователях в экспериментальном комплексе реализовано с помощью СУБД “SQLite”[9].

### **Тестирование комплекса**

Разработанный комплекс адаптирован для тестирования на базе изображений глаз CASIA Lamp (версия 3) [10]. Эти изображения были получены в Китайской академии наук за одну сессию, база содержит изображения правых и левых глаз 411 человек, всего 16213 изображений. Они имеют размер 640x480 пикселей и зарегистрированы в ближнем инфракрасном диапазоне спектра. Эта база широко используется для исследований в области биометрического распознавания личности и сравнительного анализа подобных систем.

Примеры выделения границ РОГ и построения шаблонов РОГ описываемым комплексом на изображениях из базы CASIA Lamp (версия 3) представлены на рис. 3.

Для тестирования комплекса была сформирована БДЗП (база «своих») общим числом 125 человек по 4 изображения левых и правых глаз (всего 1000 кодов). Все остальные изображения глаз считались предъявленными на распознавание и сравнивались с зарегистрированными.

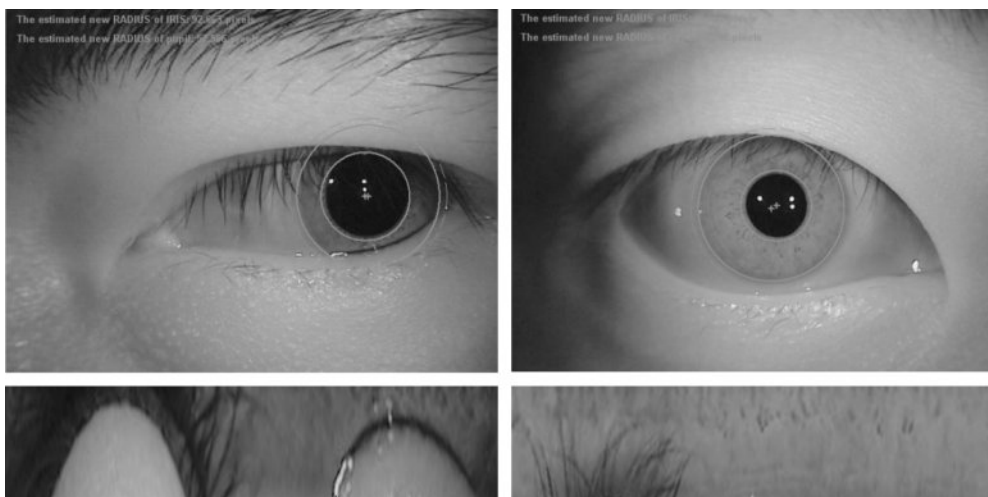


Рис. 3. Примеры выделения границ РОГ (вверху) и соответствующие им нормализованные шаблоны РОГ (внизу, размер 60x360пк)

Для оценки качества работы ЭКПР построена ROC-кривая, позволяющая оценить вероятности ошибок первого и второго рода (FAR и FRR), а также вычислено значение равной вероятности этих ошибок (EER). Общее число сравнений составило 499500. Значение EER для указанных данных равно 0.459%. График ROC-кривой (Receiver Operating Characteristic) в полулогарифмической шкале представлен на рис. 4. Аналогичные системы распознавания, описанные в литературе и протестированные на этой же базе данных, имеют значения EER от 0.71% до 2.4% [11].

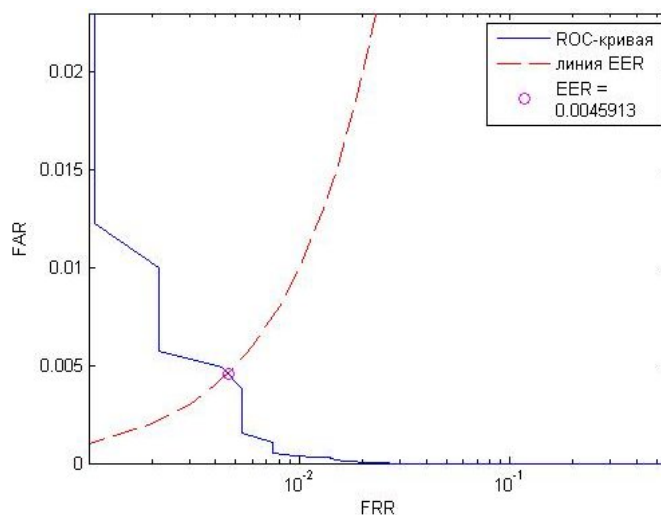


Рис. 4. ROC-кривая, полученная в результате сравнения кодов РОГ 125 человек по 4 изображения левых и правых глаз (всего 1000), EER = 0,00459

Время распознавания в режиме верификации составляет менее секунды, а в режиме идентификации зависит от числа зарегистрированных пользователей и используемой СУБД (порядка 5-10 сек. для 1000-5000 кодов РОГ).

В настоящее время осуществляется оптимизация модулей комплекса для работы с изображениями РОГ, полученными разными оптическими системами в разных условиях освещения, в разных спектральных диапазонах. Не смотря на изменение размеров радужной оболочки и зрачка, яркостных характеристик изображений, отсутствие явно видимых признаков и пр., качественные изображения РОГ позволяют быстро и с высокой степенью точности выполнить идентификацию и верификацию человека.

### Заключение

В статье описан первый в СНГ программный комплекс распознавания личности по РОГ. Этот комплекс продемонстрировал значение равной вероятности ошибки (EER) порядка 0.46% на широко распространенной базе CASIA Lamp (версия 3). Данный показатель находится на уровне аналогичных зарубежных систем распознавания для используемой базы изображений. Описанный комплекс аппаратно независим, и может быть адаптирован к изображениям РОГ, полученных различными устройствами регистрации, и системам контроля доступа на их базе.

### Литература

1. Jain, A. K., Ross A., Prabhakar S. An introduction to biometric recognition // IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology. - 2004. – Vol. 14, № 1. – P.4-20.
2. Bowyer K.W., Hollingsworth K., Flynn P.J., Image understanding for iris biometrics: a survey // Computer Vision and Image Understanding. - 2008.- V.110.- P.281-307.
3. Пат. США 2007/0036397 A1. A distance iris recognition / Hamza R.M.; заявитель и патентообладатель Honeywell International Inc. (США). – № 11/275,703; заявл. 25.01.2006; опубл. 15.01.2007. – 13 с.
4. L-1 Identity Solutions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.l1id.com/>. – Дата доступа: 28.01.2010.
5. Iridian Technologies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iriscan.com/index.php>. – Дата доступа: 28.01.2010.
6. ГОСТ Р ИСО/МЭК 19794-6-2006. Автоматическая идентификация. Идентификация биометрическая. Форматы обмена биометрическими данными. Часть 6. Данные изображения радужной оболочки глаза, 2007. – 28 с.
7. Sanchez-Avila C., Sanchez-Reillo, R. Iris-based biometric recognition using dyadic wavelet transform // IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine. - 2002.– Vol. 17.- № 10.– P.3-6.
8. Бланшет Ж., Саммерфилд М. Qt 4: программирование GUI на C++ // КУДИЦ-Пресс, 2007, 641 с.
9. Система управления базой данных SQLite [Электронный ресурс].– SQLite. – 2010. – Режим доступа: <http://www.sqlite.org>. – Дата доступа: 21.01.2010.
10. База изображений глаз CASIA [Электронный ресурс]. – Институт автоматизации. Китайская академия наук. – 2010. – Режим доступа: <http://www.cbsr.ia.ac.cn/IrisDatabase.htm>. – Дата доступа: 21.01.2010.
11. He Z., Tan T., Sun Z. Towards accurate and fast iris segmentation for iris biometrics // IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2009.–Vol. 31, № 9.– P. 1670-1684.