

И.В. Бекетова, С.Л. Каратеев, Ю.В. Визильтер, канд. техн. наук, А.В.Бондаренко, канд. ф-м. наук, С.Ю. Желтов, д-р техн. наук (ФГУП ГосНИИАС)

Программно-аппаратный комплекс подготовки и контроля цифровых фотографий для биометрических документов

Приведено описание программно-аппаратного комплекса подготовки и контроля цифровых фотографий для биометрических документов на соответствие требованиям стандарта ИСО/МЭК 19794-5-2006. Представлены общая структура комплекса, программно-алгоритмическое обеспечение комплекса, графический интерфейс пользователя.

Keywords: Biometric Data; digital face images; face detection; boosting.

Введение

С начала 1990-х годов активно обсуждаются вопросы создания и внедрения проездных и удостоверяющих документов с биометрическими данными. После трагических событий 11 сентября 2001 года США выпустили акт об укреплении безопасности границ, послуживший началом разработки и внедрения международных паспортов, оснащенных RFID чипами с биометрической информацией. В настоящее время, в большинстве развитых стран ускоренными темпами идет внедрение загранпаспортов с биометрической информацией, записанной по единому стандарту. Координацией работ по выработке общих рекомендаций и требований к аппаратному и алгоритмическому обеспечению систем изготовления, оформления и контроля машиночитаемых документов с использованием биометрии занимаются Биометрический консорциум, объединяющий основных изготовителей и пользователей биометрических систем, и Международная организация гражданской авиации (ИКАО), членами которой являются практически все государства мира. За выработку соответствующих международных стандартов отвечает международная организация по стандартизации (ИСО).

В 2002 году под эгидой ИКАО 188 стран подписали Новорлеанское соглашение, в соответствии с которым биометрические параметры лица являются основными для загранпаспортов и въездных виз [1]. Для обеспечения согласованности национальных стандартов цифровых фотографий международной организацией по стандартизации были выработаны рекомендации ИСО/IEC FCD 19794-5. На основании этих рекомендаций каждая отдельная страна разрабатывает свои собственные стандарты в данной области. В России таким стандартом является ГОСТ ИСО/МЭК 19794-5-2006.

Введение государственных стандартов на цифровые фотографии определяет необходимость автоматизации операций контроля качества изображений лиц, как непосредственно в процессе получения этих изображений, так и на любом этапе подготовки паспортных, визовых и иных документов.

Представленный в данной статье программно-аппаратный комплекс предназначен для автоматизации процесса получения цифровых фотографий, удовлетворяющих основным требованиям и рекомендациям ГОСТ ИСО/МЭК 19794-5-2006. Комплекс обеспечивает получение цифровых фотографий лица, а также оценку в реальном времени основных характеристик изображения и параметров лица, что позволяет оператору с минимальными усилиями, не превышающими усилия, необходимые для получения обычной качественной фотографии лица, получать цифровые фотографии лиц, гарантированно удовлетворяющие требованиям данного ГОСТа. Кроме того, описанный комплекс может быть использован для контроля параметров фотографий лиц, полученных от других источников изображений – как в цифровом, так и в бумажном виде,

предоставляя возможность оценки пригодности фотографий для последующей биометрической обработки.

Требования к цифровым фотографиям для биометрических документов

ГОСТ ИСО/МЭК 19794-5-2006 определяет основные требования и дополняющие их рекомендации к цифровым изображениям лица и форматам сохранения данных. Задача обеспечения эффективных форматов хранения данных выходит за рамки данной статьи, в связи с чем рассмотрим лишь требования к параметрам цифровых фотографий. Общий вид и основные геометрические характеристики фотографий лица приведены на Рис.1.

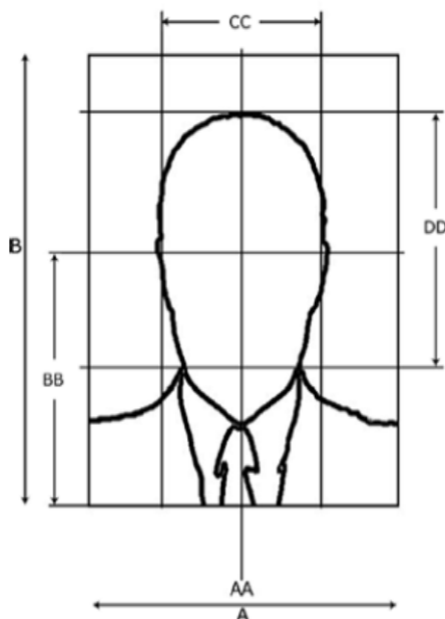


Рис.1. Геометрические характеристики изображения лица.

Геометрические характеристики изображения лица должны соответствовать следующим требованиям:

- Изображение лица на фотографии должно быть фронтальным и не иметь отклонения относительно основных осей инерции более чем на 5 градусов.
- Минимальный размер фотографии 525*420 пикселей.
- Соотношение ширины головы к ширине фотографии (CC:A) должно быть не менее 7:5 и не более чем 2:1.
- Расстояние от нижней границы фотографии до горизонтальной линии, проходящей через центры глаз –BB. Величина BB должна составлять от 50 до 70% от высоты полного изображения
- Площадь лица на фотографии должна составлять от 70% до 80% от площади фотографии.

Кроме требований к геометрическим характеристикам фотографии, в ГОСТе приводятся дополнительные требования к фотографиям, определяющие яркостные и цветовые характеристики фотографий:

- Цвет и яркость фона должны обеспечивать надежное определение контура головы.
- На фоне не должно быть теней от головы или каких-либо предметов.
- На изображениях лица не должно быть закрытых глаз, волос, закрывающих глаза и лицо, толстых оправ очков, искажающих черты лица.

- На изображениях не должно быть элементов одежды, закрывающих (частично или полностью) лицо – шляп, платков и других.
- На изображениях лиц не должно быть световых бликов и теней.

Как видно из выше приведенных требований, анализ фотографий на соответствие ГОСТу является весьма нетривиальной задачей. Здесь недостаточно визуального анализа фотографии для принятия решения о её пригодности для использования в документах, удостоверяющих личность. Ясно, что без специальных программных средств, решить проблему создания цифровых фотографий для документов, весьма проблематично. Далее в статье рассматривается специализированное программное обеспечение и созданный на его основе программно - аппаратный комплекс автоматизации процессов создания и контроля фотографий, удовлетворяющих требованиям ГОСТ.

Алгоритмическое обеспечение комплекса

При работе с цифровым изображением лица алгоритмическое обеспечение системы решает следующие основные задачи:

- Определение основных характеристик изображения лица: обнаружение глаз, определение контура лица, вычисление осей симметрии.
- Определение центровки изображения лица.
- Определение углов наклона и поворота головы.
- Обнаружение бликов на изображении лица.
- Определение цвета, контраста, дефектов фона
- Обнаружение очков

Кроме этого, осуществляется обработка серий изображений и выбор наилучшего изображения из серии на основе признаков фронтальности, резкости и разрешения.

На основании измеренных и рассчитанных характеристик изображения лица алгоритмическое обеспечение осуществляет диагностику причин отклонений от требований ГОСТа, если таковые имеются, и вывод сообщений об этих отклонениях и возможных причинах, их вызывающих.

Рассматриваемое программно-алгоритмическое обеспечение построено по модульно-иерархическому принципу. Иерархия предопределяет наличие следующих основных этапов анализа изображения:

- Первичный анализ изображения – определение основных цвето-геометрических параметров фотографии лица.
- Анализ полученных данных и определение соответствия фотографии требованиям ГОСТа.

В процессе первичного анализа изображения производится установление факта наличия фронтального изображения лица на фотографии и оценка координат положения области лица на фотографии, выделение контура изображения лица. Для обнаружения глаз система анализирует фрагмент изображения, ограниченный контурами лица и областью наиболее достоверного расположения глаз на выделенном лице. После обнаружения изображений глаз выполняется оценка геометрических координат центров зрачков. На этом же этапе, одновременно с определением основных геометрических характеристик фотографии, выполняется анализ изображения фона и даётся оценка его характеристик: контраста фона и наличия затенений, а также осуществляется определение наличия дефектов (текстурированных элементов) фона.

На втором этапе обработки фотографии выполняется анализ полученных данных на соответствие ГОСТ. Для этого производится расчёт оценок характеристик изображения, производных от геометрических параметров лица, и проверка наличия артефактов на самом изображении лица. Выполняются следующие операции:

- определение оси симметрии лица;
- определение центровки изображения лица;

- определение угла поворота лица;
- определение угла наклона лица;
- определение бликов на изображении лица;
- обнаружение очков.

На заключительном этапе интерпретации результатов проводится проверка оцененных параметров изображения на соответствие требованиям стандарта. В случае несоответствия вычисленных параметров изображения требованиям стандарта выдаются рекомендации по изменению условий съемки.

Последовательность алгоритмических модулей согласована по входам и выходам. По результатам работы каждого модуля информация о полученных характеристиках либо передается на вход следующего модуля, либо процесс анализа изображения прерывается и на экран монитора выдается соответствующее сообщение о причинах останова процесса обработки фотографии.

Наиболее проблемными и требующими серьёзных вычислительных ресурсов в данной системе являются алгоритмы обнаружения лица и обнаружения глаз. Процедура обнаружения лица построена на основе последовательного использования алгоритма цветовой сегментации и алгоритма классификации в котором применён метод адаптивного усиления Adaboost.

Первоначально выполняются цветовая сегментация изображения и выделение пикселей, по цвету совпадающих с цветом кожи. Оценка принадлежности пикселей изображения коже или фону производится в цветовом пространстве с разделёнными цветовыми (тон, насыщенность) и яркостной компонентами – цветовое пространство HSV, по предварительно построенной модели распределений цветов кожи. Процедура выделения области кожи обладает высокой вычислительной эффективностью и существенно уменьшает область поиска лица. Далее анализу подвергаются только фрагменты изображения, содержащие области изображения с цветом, классифицированным как цвет кожи. На Рис.2 приведены результаты работы алгоритма цветовой сегментации изображения лица. Белым цветом отображены пиксели, классифицированные как кожа.



Рис. 2. Пример работы алгоритма цветовой пиксельной сегментации кожи лица. Слева – исходное изображение. Справа – результат выделения кожи на изображении.

Окончательное обнаружение лица производится на фрагментах изображения, содержащих пиксели, по цвету совпадающие с цветом кожи. Это позволяет существенно сузить область поиска изображения лица и соответственно повысить надежность и быстродействие алгоритма.

Финальный детектор лица строится на базе метода адаптивного усиления Adaboost. Метод основан на комбинировании «слабых» классификаторов, точность которых может лишь незначительно превышать вероятность случайного угадывания (т.е. вероятность правильной классификации для каждого слабого классификатора немногим больше $\frac{1}{2}$) [1,2]. В результате объединения таких «слабых» классификаторов строится один «сильный» (strong), высокоэффективный классификатор. По обучающей выборке эталонных изображений (положительных образцов изображений лиц и отрицательных

образцов изображений фона) формируется последовательность слабых классификаторов. Окончательная гипотеза формируется взвешенным голосованием гипотез слабых классификаторов. Обучение произвольного количества слабых классификаторов проводится на выборке, составленной из образцов, которым приписаны соответствующие весовые коэффициенты. На каждой итерации взвешивание образцов производится адаптивно по отношению к результатам работы предыдущего слабого классификатора: больший вес получают те образцы, на которых предыдущие классификаторы допускали ошибки.

Разработанный для данного программно-аппаратного комплекса модифицированный алгоритм Adaboost отличается от классического варианта использованием аппроксимации распределения вероятностей откликов слабых классификаторов вместо пороговой решающей функции [3]. Такой подход позволяет упростить алгоритм обучения классификатора, что приводит к существенному сокращению времени обучения и повышению эффективности получаемого в результате сильного классификатора.

Для обнаружения изображений глаз используется модифицированный алгоритм Adaboost той же структуры, что и для задачи классификации изображений лица. Отличие заключается лишь в том, что обучение алгоритма проводится по другой выборке изображений, включающей изображения глаз в качестве положительных образцов.

Пример работы алгоритмов обнаружения изображения лица и обнаружения глаз представлен на Рис.3.

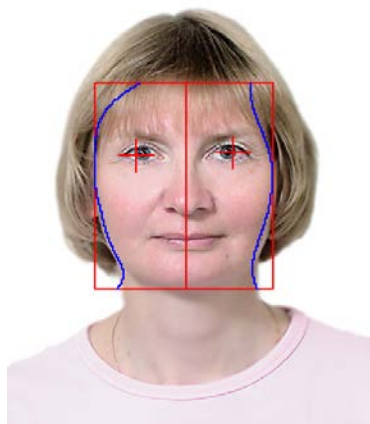


Рис. 3. Пример работы алгоритмов обнаружения лица и обнаружения глаз.

Структура и конфигурации аппаратно-программного комплекса

Структурная схема программно-аппаратного комплекса подготовки и контроля цифровых фотографий для биометрических документов приведена на Рис.4. Программно-аппаратный комплекс включает:

- Персональный компьютер;
- Видеокамеру или цифровой фотоаппарат;
- Источники подсветки;
- Штативы для крепления камеры (фотоаппарата) и источников подсветки;
- Фреймграббер (в комплектации с видеокамерой);
- Планшетный сканер;
- Струйный принтер;
- Специализированное программное обеспечение.

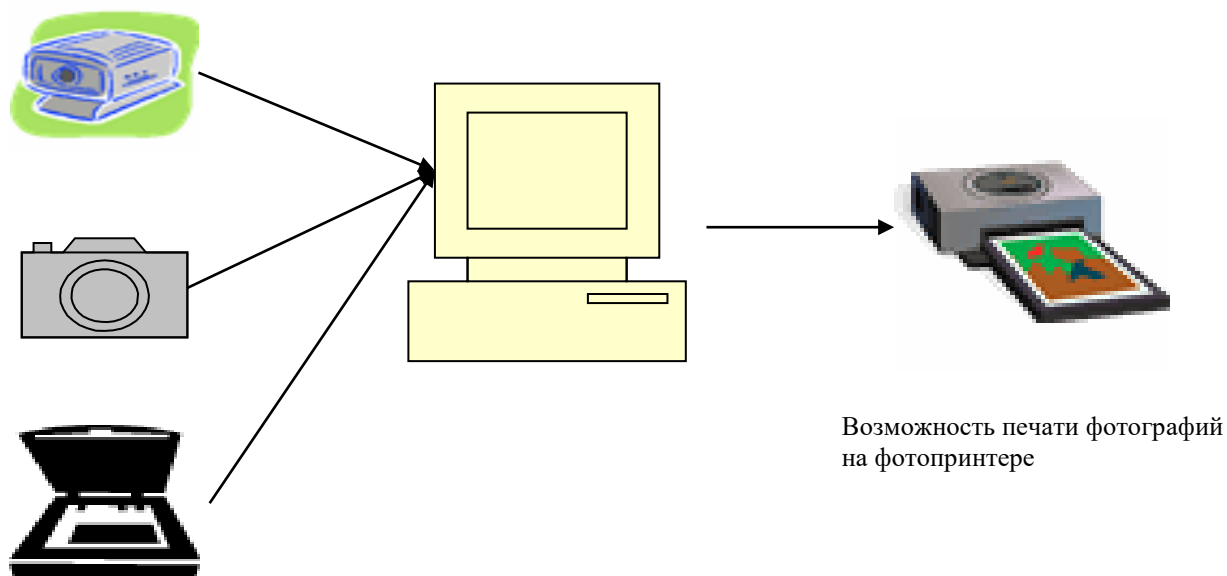


Рис.4. Структура программно-аппаратного комплекса.

Программно-аппаратный комплекс обеспечивает выполнение следующих основных функций:

- Захват (оцифровка) и отображение на мониторе последовательности изображений лица, получаемых от видеокамеры или цифрового фотоаппарата в реальном времени;
- Сохранение изображений на жестком диске компьютера;
- Загрузка и отображение изображений с жесткого диска компьютера;
- Обнаружение изображений лиц, близких к фронтальному положению;
- Обнаружение глаз, определение контура лица, вычисление осей симметрии;
- Определение центровки изображения лица;
- Определение размеров изображения головы;
- Определение углов наклона и поворота головы;
- Обнаружение очков на изображении;
- Оценка качества изображения – наличие теней, бликов, оценка цвета, яркости и текстуры фона;
- Сравнение измеренных и вычисленных параметров изображения лица с требованиями стандартов;
- Индикация результатов сравнения в виде пиктограмм и текстовых сообщений;
- Выбор наилучшего изображения, удовлетворяющего требованиям стандартов (автоматически или вручную);
- Вывод изображения на печать в заданном формате.

При установке системы предлагается выбор используемого устройства видеоввода. В качестве таких устройств могут использоваться либо цветная видеокамера с фреймграббером, либо цифровой фотоаппарат, имеющий программный интерфейс с компьютером, обеспечивающий возможность захвата изображений и управления параметрами съемки. Кроме этого, в качестве источника данных может использоваться любой внешний носитель информации, содержащий массивы цифровых фотографий в форматах BMP или JPEG. Внешние носители информации могут применяться при использовании комплекса для контроля и проверки уже имеющихся цифровых фотографий.

Разработаны две возможные конфигурации установки системы: напольный вариант и настольный (портативный) вариант. Портативный вариант конфигурации отличается выбором типа штативов для крепления камеры (фотоаппарата) и источников подсветки. На Рис.5 представлен напольный вариант конфигурации системы с цветной видеокамерой.

Использование видеокамеры позволяет оператору в реальном времени управлять процессом съемки для получения фотографии, удовлетворяющей требованиям ГОСТа. Наблюдая за процессом съёмки с помощью графического интерфейса системы, оператор в режиме реального времени видит изображение будущей фотографии с указанием возникающих ошибок, что позволяет оперативно корректировать их.



Рис.5. Вариант конфигурации системы.

Графический интерфейс пользователя

Специализированное программное обеспечение комплекса предназначено для автоматизированного контроля соответствия цифровых фотографических изображений лица требованиям стандартов ISO/IEC FCD19794-5 и ИСО/МЭК 19794-5-2006. Программное обеспечение работает под управлением ОС Windows 2000/XP. Общий вид программного интерфейса системы представлен на Рис.6.

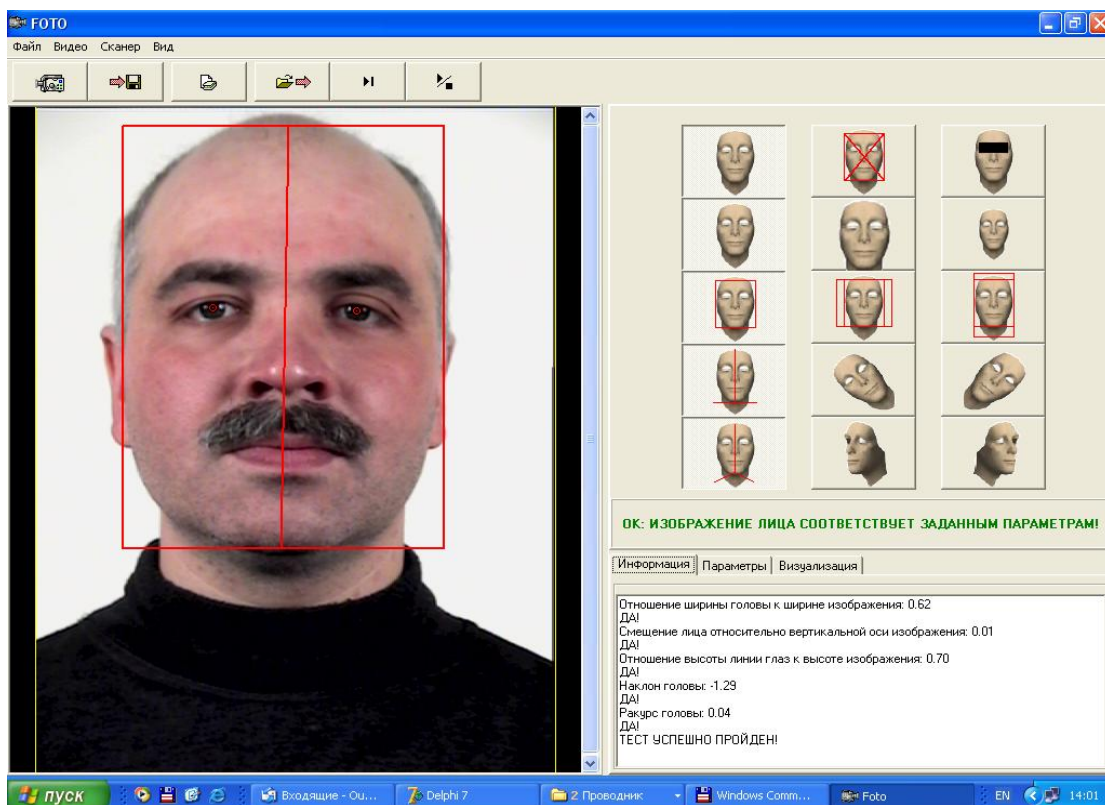


Рис.6. Графический интерфейс пользователя.

Интерфейс программы представляет собой диалоговое окно, в котором помимо изображения текущей фотографии также отображаются результаты проверки требований к изображению лица в виде пиктограмм и текстовой информации. Если полученное изображение имеет отклонения от норм ГОСТ, оператор получает визуальное и звуковое оповещение. При этом изображения на пиктограммах и соответствующие текстовые сообщения подсказывают ему причину ошибки. Каждая из пиктограмм, имеющих в окне программы, соответствует одному из приведенных выше требований ГОСТ по характеристикам изображения лица и фотографии. Результаты проверки отображаются в виде текстовых сообщений в специальном окне. Кроме этого, для каждой обработанной фотографии программа сохраняет результаты всех проверок, выполненных в процессе обработки фотографии.

Окно графической визуализации результатов работы программы подробно представлено на Рис.7. Окно текстовой визуализации результатов тестов приводится на Рис.8.

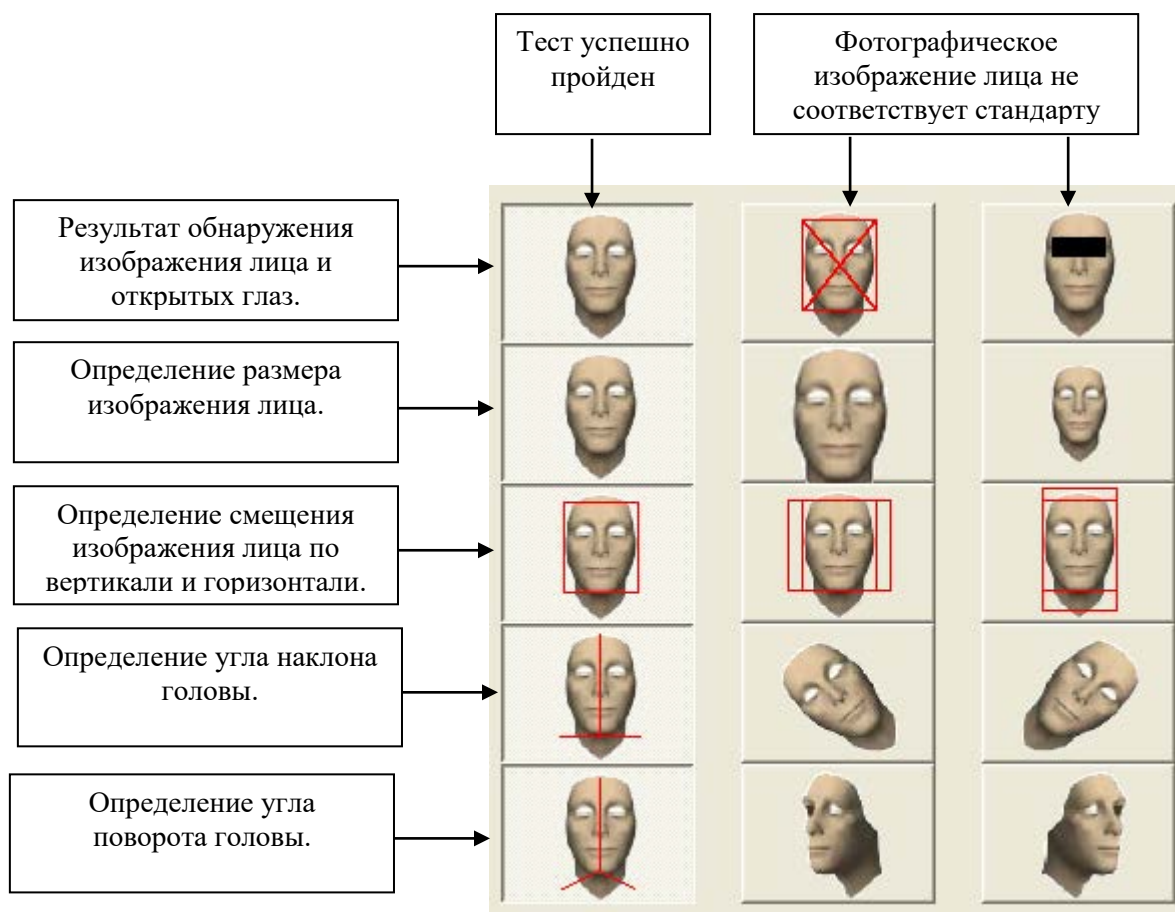


Рис.7. Графическое отображение результатов тестов.

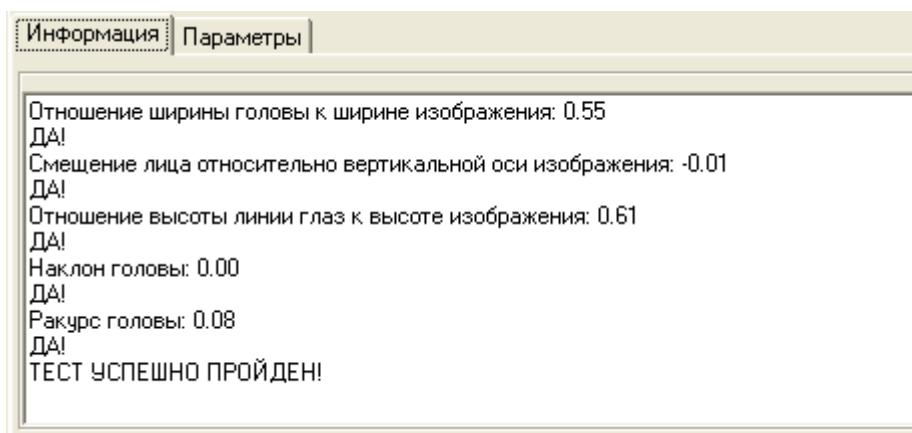


Рис.8. Текстовое отображение результатов тестов.

Кроме этого, в системе реализованы следующие режимы выбора и конфигурирования системы видеоввода:

1. Выбор устройства видеоввода;
2. Выбор размера и формата изображения;
3. Выбор настроек параметров изображения;
4. Выбор источника и стандарта видеосигнала.

Заключение

В статье представлен программно-аппаратный комплекс, предназначенный для автоматизации процесса получения цифровых фотографий, удовлетворяющих основным требованиям и рекомендациям ГОСТ ИСО/МЭК 19794-5-2006. Комплекс обеспечивает

получение цифровых фотографий лица, а также оценку в реальном времени основных характеристик изображения и параметров лица. Кроме того, описанный комплекс может быть использован для оценки и контроля параметров фотографий лиц, полученных от других источников изображений как в цифровом, так и в бумажном виде.

Программно-аппаратный комплекс включает: персональный компьютер, видеокамеру или цифровой фотоаппарат, источники подсветки, штативы для крепления камеры (фотоаппарата) и источников подсветки, фреймграббер (в комплектации с видеокамерой), планшетный сканер, струйный принтер, специализированное программное обеспечение. Использование видеокамеры позволяет оператору в реальном времени управлять процессом съемки для получения фотографии, удовлетворяющей требованиям ГОСТа. Наблюдая за процессом съёмки при помощи наглядного графического интерфейса системы, оператор в режиме реального времени видит изображение будущей фотографии с указанием возникающих ошибок, что позволяет оперативно корректировать условия съемки и предотвращать отклонения от стандарта.

Программно-алгоритмическое обеспечение системы построено по модульно-иерархическому принципу. Основными этапами анализа изображения являются: первичный анализ изображения (определение основных цвето-геометрических параметров фотографии лица) и определение соответствия фотографии требованиям ГОСТа. Используемая в системе процедура обнаружения лица построена на основе последовательного использования алгоритма цветовой сегментации и алгоритма классификации на основе метода адаптивного усиления слабых классификаторов Adaboost. Разработанный для данного комплекса модифицированный алгоритм Adaboost отличается от классического варианта использованием аппроксимации распределения вероятностей откликов слабых классификаторов вместо пороговой решающей функции. Данный модифицированный алгоритм Adaboost используется также для обнаружения глаз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бёрд Киви. Паспорт в дивный новый мир. Компьютерра, 16(558) 26-04-2005.
2. Freund, Y., Schapire, R. A Short Introduction to Boosting. Journal of Japanese Society for Artificial Intelligence, 14(5): 771-780, September, 1999.
3. Viola, P., Jones, M. Robust Real Time Object Detection. IEEE ICCV Workshop Statistical and Computational Theories of Vision, July 2001.
4. И.В. Бекетова, С.Л. Каратеев, Ю.В. Визильтер, А.В.Бондаренко, С.Ю. Желтов Автоматическое обнаружение лиц на цифровых изображениях на основе метода адаптивной классификации AdaBoost. Вестник компьютерных и информационных технологий, 2007. (в печати).