

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

Software-Hardware System for Digital Face Imagery Acquisition and Testing for Biometric Documents

Сергей Каратеев, Ирина Бекетова, Михаил Ососков, Юрий Визильтер, Александр Бондаренко, Сергей Желтов

Государственный научный центр РФ

Государственный научно – исследовательский институт авиационных систем (ГосНИИАС)

ABSTRACT (ENG)

The software-hardware system for digital face imagery acquisition and testing for requirements of ISO/IEC FCD 19794-5 standard is described. System contains following algorithmic modules: face detector; color and intensity characteristics estimator; opened/closed eyes detector; glasses detector, reflexes, shines and shadows detector; face features detector (nose, brows, mouth); face slope/rotation detector. Following topics are presented in a paper: system structure, functions, hardware, algorithms, user's interface and samples of system operation results.

ABSTRACT (RUS)

Приведено описание программно-аппаратного комплекса подготовки и контроля цифровых фотографий для биометрических документов на соответствие требованиям стандарта ИСО/МЭК 19794-5-2006. Алгоритмическое обеспечение системы включает: детектор лица, модуль оценки яркостных и цветовых характеристик; детектор открытых/закрытых глаз; детектор очков, детектор бликов и теней; детектор основных элементов лица (рот, нос, брови), детектор поворотов и наклонов головы. В статье представлены: общая структура комплекса, функции, аппаратное и алгоритмическое обеспечение, интерфейс пользователя и примеры работы комплекса.

Keywords: *Biometric documents, digital face imagery, face detection, facial features detection, boosting.*

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, в большинстве развитых стран ускоренными темпами идет внедрение персональных проездных документов с биометрической информацией, записанной по единому стандарту. Для обеспечения согласованности национальных стандартов цифровых фотографий международной организацией по стандартизации были выработаны рекомендации ISO/IEC FCD 19794-5. В России стандартом, определяющим требования к изображениям лиц для биометрических документов, является ГОСТ ИСО/МЭК 19794-5-2006. Введение стандарта 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 ГОСТ. 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.

2. ТРЕБОВАНИЯ К ЦИФРОВЫМ ФОТОГРАФИЯМ ДЛЯ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ

ГОСТ ИСО/МЭК 19794-5-2006 определяет следующие основные требования к цифровым изображениям лица и форматам сохранения данных:

- Минимальный размер фотографии 525*420 пикселей.
- Изображение лица на фотографии должно быть фронтальным и не иметь отклонения относительно основных осей более чем на 5 градусов.
- Соотношение ширины головы к ширине фотографии должно быть не менее 7:5 и не более чем 2:1.
- Расстояние от нижней границы фотографии до горизонтальной линии, проходящей через центры глаз, должно составлять от 50 до 70% от высоты полного изображения
- Площадь лица на фотографии должна составлять от 70% до 80% от площади фотографии.
- Цвет и яркость фона должны обеспечивать надежное определение контура головы.
- На изображениях лиц не должно быть световых бликов и сильного затенения.

- На фоне не должно быть теней от головы или каких-либо предметов.
- На изображениях лица не должно быть закрытых глаз, предметов, закрывающих глаза и лицо или искажающих черты лица.

Таким образом, проверка цифровых изображений лица на соответствие требованиям ГОСТ является достаточно нетривиальной задачей. Здесь недостаточно визуального анализа фотографии для принятия решения об её пригодности для использования в документах, удостоверяющих личность. Поэтому при создании комплекса биометрической регистрации изображений лиц было разработано специализированное программное обеспечение, автоматизирующее процесс создания и контроля фотографий, удовлетворяющих требованиям ГОСТ.

3. АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЛЕКСА

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

Для получения оценок основных параметров изображения лица в автоматическом режиме решаются следующие задачи:

- автоматическое обнаружение лица на изображении;
- автоматическое определение контура и оценка параметров лица на изображении;
- автоматическое обнаружение глаз на изображении и оценка координат центров зрачков;
- обнаружение бликов и областей сильной затенённости на изображении лица;
- формирование фронтальных и условно-фронтальных цветных и монохромных изображений заданного размера для печати фотографий;
- формирование изображений для систем обмена биометрическими данными.

Алгоритм автоматического обнаружения области лица базируется на известном алгоритме машинного обучения Adaboost [1,2]. В данном алгоритме слабые (weak) классификаторы построены на основе фильтров Хаара, однако отклик формируется с использованием аппроксимации распределения вероятностей амплитуды откликов. Аппроксимация распределения вероятностей откликов представляется в виде гистограммы, которая строится по взвешенным примерам, в результате чего, обучение слабых классификаторов проводится на подвыборках одного и того же фиксированного размера, но имеющих различные распределения обучающих изображений. В процессе обучения, при формировании каскадного классификатора для каждого последующего классификатора признаковое пространство сокращается за счёт устранения признаков, на которых построены предыдущие классификаторы. Классификатор представляет собой линейную комбинацию слабых классификаторов, количество которых варьируется от 5 до 75. В свою очередь, каскадный классификатор представляет собой последовательность из 8 классификаторов. Математическое моделирование показало [3], что при работе по случайно

выбранной совокупности тестовых изображений алгоритм автоматического обнаружения изображений лица обеспечивает вероятность правильного обнаружения не менее 0.95 при вероятности ложного обнаружения лица не более 0.01.

Алгоритм автоматического определения контура лица на изображении построен на использовании информации об оттенках кожи человека. Областью интереса алгоритма является фрагмент изображения, классифицированный как лицо каскадным классификатором AdaBoost. Каждому пикселю цветного RGB-фрагмента изображения ставится в соответствие вектор параметров цвета (H,S,V) в цветовом пространстве HSV. Распределение оттенков кожи представлено бинарной картой кожи, хранящейся в структуре данных типа LUT-таблицы поиска. Сегментация фрагмента изображения выполняется путём проверки принадлежности параметров цвета пикселей к кластеру модели оттенков кожи с помощью операции поиска по LUT-таблице. Область изображения кожи формируется из пикселей, векторы параметров которых вошли в один из кластеров. Для формирования одной однородной области пикселей по цвету соответствующих оттенкам кожи и удаления мелких областей, линий и отдельных пикселей к изображению применяются такие операции математической морфологии, как дилатация и эрозия. Линии контура лица формируются с помощью применения алгоритма сплайн-интерполяции к координатам граничных пикселей области кожи лица. Размеры прямоугольника, в который вписаны линии контура лица, являются линейными размерами изображения лица.

Задача обнаружения изображений глаз решается как задача поиска и распознавания на цифровом изображении лица локальных областей, обладающих специфическими характеристиками для изображений глаз параметрами. Областью интереса алгоритма является часть изображения лица, представляющая собой область ожидаемого расположения глаз. Исходя из статистической модели проводится предварительная оценка ожидаемых положения и размеров глаз, благодаря чему существенно возрастает вычислительная эффективность алгоритма. Алгоритм автоматического обнаружения области глаз помощью каскадного классификатора Adaboost определяет координаты глаз в пределах радужной оболочки. Для точной локализации изображений глаз производится поиск координат центров зрачков с использованием операций морфологической фильтрации. Морфологический фильтр выделяет изображение зрачка и радужной оболочки глаз, устраняя при этом шумовые помехи и артефакты изображения, например блики. Координаты центров зрачков определяются путём свёртки изображения с круговым фильтром, подчёркивающим форму зрачка. Проведённое математическое моделирование показало, что при работе по случайно выбранной совокупности тестовых изображений разработанный алгоритм автоматического обнаружения и локализации изображений глаз обеспечивает вероятность правильного обнаружения и локализации не менее 0.95 при вероятности ложного обнаружения глаз не более 0.01. Примеры работы алгоритмов обнаружения изображения лица, выделения контура лица и обнаружения глаз представлен на Рис.3.

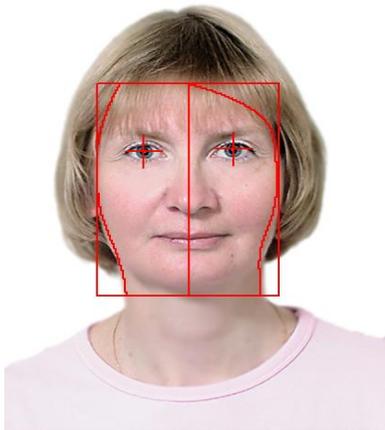


Рис. 3. Пример работы алгоритмов обнаружения лица и обнаружения глаз.

После проведения основных операций над изображением лица 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. Выполняются следующие операции:

- определение оси симметрии лица;
- определение центровки изображения лица;
- определение угла поворота лица;
- определение угла наклона 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. В случае формирования условно-фронтальных изображений система выполняет необходимые повороты и перемасштабирование изображения.

4. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММНО- АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА

Одним из основных приоритетов при выборе конструкции комплекса было требование создания наиболее простой, максимально дешёвой конструкции, состоящей из широко доступных готовых покупных компонент.

Созданный программно-аппаратный комплекс включает:

- Персональный компьютер;
- Цифровой фотоаппарат;
- Источник освещения;
- Специальный штатив для крепления фотоаппарата и источника освещения;
- Планшетный сканер;
- Специализированное программное обеспечение.

Комплекс обеспечивает выполнение следующих основных функций:

- Захват (оцифровка) и отображение на мониторе последовательности изображений лица, получаемых от 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 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 цифровой фотоаппарат, имеющий программный интерфейс с компьютером, или сканер. Кроме этого, в качестве источника данных может использоваться любой внешний носитель информации, содержащий массивы цифровых фотографий в форматах BMP или JPEG. На Рис.4 представлен общий вид комплекса.



Рис.4. Программно-аппаратный комплекс в сборе.

Программное обеспечение работает под управлением ОС Windows 2000/XP. 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, имеющихся 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.

5. 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 как полно фронтальных так и условно фронтальных, а также оценку в реальном времени основных характеристик изображения и параметров лица, подготовку изображений к печати с заданными размерами и разрешением, формирования изображений в биометрическом формате обмена данными, сохранения изображений в различных графических форматах. 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.

Комплекс обеспечивает качество изображения, близкое к профессиональному, естественную цветопередачу, малый вес, мобильность, низкую стоимость, использование стандартных покупных компонентов, простоту и быстроту сборки/разборки, простоту и удобство использования.

Специализированное программное обеспечение позволяет оператору в реальном времени управлять процессом съемки для получения фотографии, удовлетворяющей требованиям ГОСТа. Наблюдая за процессом съемки 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.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Freund, Y., Schapire, R. A Short Introduction to Boosting. Journal of Japanese Society for Artificial Intelligence, 14(5): 771-780, September, 1999.
- [2] Viola, P., Jones, M. Robust Real Time Object Detection. IEEE ICCV Workshop Statistical and Computational Theories of Vision, July 2001.

- [3] Бекетова И.В., Каратеев С.Л., Визильтер Ю.В., Бондаренко А.В., Желтов С.Ю. Автоматическое обнаружение лиц на цифровых изображениях на основе метода адаптивной классификации AdaBoost // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2007. №8. С.2-6.

Об авторах

Каратеев Сергей Львович, начальник сектора лаборатории компьютерного машинного зрения ГосНИИАС. e mail goga@gosniias.ru

Бекетова Ирина Валентиновна, ведущий инженер лаборатории компьютерного машинного зрения ГосНИИАС. e mail irus@gosniias.ru.

Ососков Михаил Владимирович начальник сектора лаборатории компьютерного машинного зрения ГосНИИАС. e mail mvo@gosniias.ru

Визильтер Юрий Валентинович, кандидат технических наук, начальник лаборатории компьютерного машинного зрения ГосНИИАС e mail viz@gosniias.ru

Бондаренко Александр Викторович, кандидат физико-математических наук, директор филиала ФГУП ГосНИИ Авиационных систем ЦОД.

Желтов Сергей Юрьевич, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, Генеральный директор ФГУП ГосНИИ Авиационных систем (ГосНИИАС).