

Нормализация фотографий физических лиц в информационной системе

В. В. Фертиков, email: fvv@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

***Аннотация.** Описан алгоритм преобразования персональных фотографий для приведения их к стандартной форме и опыт его применения в информационной системе Воронежского госуниверситета.*

***Ключевые слова:** обработка изображений, обнаружение лиц, выравнивание гистограмм, медианный фильтр, геометрическое преобразование, требования к фотографиям на документы.*

Введение

В течение ряда последних лет информационная система поддержки приемной кампании Воронежского госуниверситета реализует возможность удаленной подачи заявлений на поступление. В составе необходимого для формирования личных дел пакета электронных копий документов абитуриенты загружают свои фотографии. Процедура приема такого заявления предусматривает проверку предоставленных документов ответственными сотрудниками приемной комиссии, однако фотографии такой проверке не подлежат. Более того, правилами приема документов не предъявляются какие-либо специальные требования к загружаемым фотографиям, за исключением формата и ограничений на размер файлов изображений. Таким образом, приложенные к заявлению фотографии непригодны к использованию в информационной системе без определенной предварительной обработки. Предметом статьи является описание алгоритма обработки фотографий, позволяющего в автоматическом режиме добиться приемлемых результатов нормализации в подавляющем большинстве опытов.

1. Постановка задачи нормализации

На рисунке показаны примеры загруженных абитуриентами фотографий, иллюстрирующие постановку задачи их обработки. Попытка классифицировать изображения по видам наборов необходимых преобразований привела к следующим наблюдениям.

1. Как правило, большинство изображений, представленных скан-копиями, неправильно кадрированы. Размещение фотографий может

быть в произвольном месте сканированной страницы. Угол поворота также может быть произвольным, хотя в большинстве случаев он близок к кратному 90° .

2. Скан-копии фотографий, изготовленных в фотоателье или фотоцентре, содержат несколько периодически расположенных на странице копий фотографий и снабжены дополнительными надписями. В некоторых случаях периодичность расположения нарушается, например, если часть фотографий ранее уже использована (отрезана) и отсутствует на скан-копии. Некоторые фотографии снабжены рамками и другими реперными знаками.



Рисунок. Примеры фотографий, требующих обработки

3. Фотографии, полученные абитуриентами самостоятельно при помощи мобильных устройств, также требуют кадрирования: в них не выдерживается соотношение горизонтального и вертикального размеров. В большинстве случаев фотографии включают широкие

пустые поля на противоположных краях, вертикальных или горизонтальных, в зависимости от ориентации камеры при съемке.

4. В качестве личной фотографии абитуриенты нередко представляют скан-копии документов с фотографиями либо соответствующих их фрагментов, включающих фотографии. Автоматическое обнаружение и сегментация лица в этом случае требует дополнительных решений, поскольку подобные изображения искажены присутствием водяных знаков, узора, а также наличием перспективных преобразований.

5. Независимо от способа их получения, фотографии анфас можно подразделить на два вида, в зависимости от соотношений размера лица и доступного для обработки размера изображения. Фотографии с «крупными» лицами, размеры которых по ширине превышают половину ширины изображения, необходимо кадрировать способом, отличающимся от противоположного случая «мелких» лиц.

Конечной целью обработки можно считать изображение, в допустимых пределах соответствующее официальным требованиям к фотографиям на документы. Подобные требования для нашей страны изложены, например, в [1]. В частности, пункт 36 указанного Регламента формулирует требования к личным фотографиям и, помимо прочего, к геометрии размещения лица в кадре.

2. Выявление областей интереса для поиска лиц

На первом шаге алгоритма реализуется поиск месторасположения фотографии на изображении. Целью данной предварительной обработки является получение прямоугольной области изображения (*roi* – *region of interest*), пределами которой можно было бы ограничить площадь обнаружения лиц на следующем шаге. Существенного выигрыша в быстродействии можно добиться на изображениях со скан-копиями фотографий небольшого размера, размещенных в кадре большой площади, например, формата А4. Результирующая область должна охватить пиксели, свойства которых по определенной статистике отличаются от свойств внешних пикселей. Испытаны некоторые известные решения, в том числе, сегментация по морфологическим водоразделам [2] и алгоритм GrabCut [3]. Однако наилучшим по соотношению быстродействие/надежность признан простой алгоритм, основанный на просмотре изображения, обработанного медианным фильтром [2] с намеренно завышенным размером прямоугольного окна. Результат обработки содержит только наиболее крупные детали объектов и в то же время не теряет информации об их пространственном расположении. Чувствительность алгоритма к изменениям свойств

деталей выбрана с определенным запасом, поскольку цена ошибки пропуска лица существенно выше цены ложной тревоги.

3. Обнаружение лиц и оценка надежности

В качестве основного инструмента обнаружения используется метод Виолы – Джонса [4]. Перед его применением область goi преобразуется к изображению в градациях серого и по возможности масштабируется для уменьшения вычислительной сложности последующих операций. На заключительном шаге предварительной обработки выполняется гистограммное выравнивание [2], представляющее собой определенную традицию применения метода.

Основная идея получения оценки надежности обнаружения состоит в последовательном применении нескольких классификаторов, обученных на изображениях лица и его деталей. Первоначально обнаружитель лиц применяется к области goi целиком. Затем все области детектированных лиц проходят дополнительную проверку применением к ним еще трех классификаторов с попыткой обнаружения в пределах каждого лица его деталей: глаз, носа и рта. Заметим, что детекторы деталей лица являются существенно менее надежными, особенно в условиях применения к объектам с неизвестным углом поворота. Например, велика вероятность ложного обнаружения рта в верхней части перевернутого лица. Таким образом, результаты обнаружения деталей дополнительно анализируются для выявления ложных срабатываний детекторов. При этом проверяются простые геометрические правила, определяющие допустимое расположение деталей в пределах лица и их взаимное расположение относительно друг друга. Опытным путем выработана следующая последовательность проверок.

1. В области, занимаемой обнаруженным лицом, детектируются глаза, которые должны находиться в верхней его части. Если обнаружено несколько пересекающихся областей глаз, выбирается наибольшая по размеру.

2. Детектируется нос. Если обнаруживается несколько областей, выбирается ближайшая к центру лица. Окончательно область отбраковывается, если она находится не в средней части лица.

3. Детектируется рот (наименее надежное обнаружение). Отбраковываются области, пересекающиеся с ранее обнаруженными глазами и носом, либо расположенные вне нижней трети области лица. Из оставшихся областей выбирается наибольшая по размеру.

4. Если детали лица не обнаружены, подтверждением надежности может служить наличие определенного периода расположения лиц,

характерного для упомянутых в разделе 1 скан-копий фотографий, изготовленных в фотоателье.

При отсутствии надежно обнаруженных лиц область go_i исследуется на их наличие после поворота. В данной реализации алгоритма последовательно перебираются три угла поворота, кратные 90° , до получения надежного детектирования лица. В данном случае преобразование поворота исходной области go_i производится очень быстрыми операциями отражения и/или транспонирования матрицы изображения. Опыт использования алгоритма показал, что проверки четырех вариантов поворота достаточно не только для обнаружения лица, но и для решения конечной задачи: наличие небольшого поворота лица на результирующей фотографии при соответствующем выборе положения границ кадра не влияет определяющим образом на ее качество.

4. Размещение границ кадра

Реализация операции кадрирования ориентирована, прежде всего, на соблюдение упомянутых в разделе 1 требований к фотографиям на документы. Такой выбор кадра для некоторых изображений приводит к некачественному результату с позиции учета их содержимого. Например, удовлетворяющая требованиям рамка может выходить за пределы изображения или захватывать области смежных на скан-копии фотографий, изготовленных в фотоателье. Сделана попытка найти компромиссное решение при размещении границ кадра.

Выработано следующее правило центровки лица в кадре: центр рамки совмещается либо с верхом области рта, в случае его обнаружения, либо с центром области обнаруженного носа. Если рот и нос не обнаружены, совмещение производится с геометрическим центром всей области лица. Последнее правило действует для фотографий с «крупными» лицами (см. раздел 1) независимо от наличия или отсутствия обнаруженных деталей.

Размер результирующего кадра рассчитывается по размерам обнаруженной области лица с учетом требований к фотографиям на документы: соотношение размеров сторон кадра и допуски на размещение лица относительно рамки кадра. Дополнительно размер кадра может корректироваться следующими тремя способами.

1. При обработке скан-копии фотографий, изготовленных в фотоателье, на предыдущем шаге алгоритма обнаруживается несколько лиц, периодически расположенных на изображении. Если это обнаружение квалифицировано как надежное, производится определение горизонтального и вертикального периодов размещения

лиц. Если периодичность нарушена (см. раздел 1), величины периодов заменяются минимальными расстояниями по горизонтали и вертикали между соседними фотографиями. Размеры результирующего кадра могут быть скорректированы, поскольку не должны превышать величину периодов. При этом коррекция должна сохранять соотношение сторон кадра. Выбор конкретной копии лица для результирующей фотографии производится по максимальной оценке надежности его обнаружения, а при прочих равных выбирается самое верхнее на изображении. Последнее правило уменьшает вероятность захвата в кадр служебных или рекламных надписей, которые чаще всего размещаются внизу.

2. Для проверки качества автоматической установки рамки используется уже упомянутый алгоритм GrabCut [3]. Производится бинарная сегментация тестируемого кадра по маркерам переднего плана, совпадающим с областью обнаруженного лица. Маркеры фона образует тестируемая рамка кадра. Сегментированная область проверяется на связность и соответствие размеров и формы ожидаемым, согласно использованным ранее требованиям к фотографиям на документы. В данном случае автоматическая корректировка кадра не производится, но результаты тестирования сохраняются в роли дополнительной оценки качества полученной фотографии.

3. Делается попытка обнаружения реперных рамок на фотографиях, изготовленных в фотоателье. Поиск прямых линий на изображении осуществляется применением преобразования Хафа [2]. Предварительно копия изображения в градациях серого обрабатывается медианным фильтром для подавления помех и бинаризуется. Найденные отрезки прямых линий селективируются по допускам на величину угла наклона и положение по отношению к тестируемой рамке результирующего кадра. Нам не удалось реализовать алгоритм надежного обнаружения реперной рамки, обеспечивающего возможность автоматической коррекции кадра. Поэтому он используется в разработанном приложении в качестве инструмента для опционального применения.

Последнее правило кадрирования касается фотографий с одним надежно обнаруженным лицом. Если автоматически рассчитанная рамка не помещается в пределах изображения, она не применяется для обрезки кадра и изображение передается на выход алгоритма целиком. Как правило, этот случай соответствует варианту, который мы назвали фотографией с «крупным» лицом.

Заключение

Описанный алгоритм реализован в качестве основного инструмента приложения – клиента системы управления базами данных Oracle и прошел апробацию в информационной системе Воронежского госуниверситета. Приложение реализовано с применением библиотеки Qt [5] на языке программирования C++. Процедуры обработки изображений используют библиотеку компьютерного зрения OpenCV [6]. Помимо описанного сервиса автоматической обработки потока пользовательский интерфейс с инструментами ручной коррекции результатов. В частности, оператор может устанавливать рамку кадра и выбирать угол поворота изображения. На момент написания статьи практическая эксплуатация приложения только началась: обработаны фотографии обучающихся, зачисленных в период последней приемной кампании. Испытания показали, что лишь для 1.5–3% фотографий (в зависимости от предпочтения операторов) результат автоматической обработки требует ручной коррекции. Из них подавляющее большинство ограничено установкой рамки и только 5% дополнительно использует заданное вручную преобразование поворота.

Список литературы

1. Об утверждении Административного регламента МВД РФ по предоставлению государственной услуги по выдаче, замене паспортов гражданина РФ, удостоверяющих личность гражданина РФ на территории Российской Федерации: Приказ МВД России от 16.11.2020 № 773: зарегистрировано в Минюсте России 31.12.2020 № 62009. – Текст: электронный // КонсультантПлюс – надежная правовая поддержка: официальный сайт компании «КонсультантПлюс». – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_373184
2. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс ; пер с англ. под ред. П.А. Чочиа . – М. : Техносфера, 2005 . – 1070 с.
3. Boykov, Y. Interactive graph cuts for optimal boundary and region segmentation of objects in N-d images / Y. Boykov, M.-P. Jolly // In Proc. of the International Conference on Computer Vision. – 2001. – Vol. 1. – P. 105-112.
4. Viola, P. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features / P. Viola, M. J. Jones // Accepted Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2001. – Режим доступа : <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.10.6807>

5. Qt – фреймворк для разработки кроссплатформенного программного обеспечения [Электронный ресурс]: официальный сайт. – Режим доступа : <https://www.qt.io>

6. OpenCV – библиотека алгоритмов компьютерного зрения [Электронный ресурс]: официальный сайт. – Режим доступа : <https://opencv.org>