



УДК 004.822:514

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛИЦА ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ОБЪЕМНОЙ МОДЕЛИ

Климов А.С., Фоменкова М.А., Орлова Ю.А., Розалиев В.Л.

*Волгоградский государственный технический университет,
г. Волгоград, Российская Федерация*

vladimir.rozaliev@gmail.com

В работе рассматривается задача определения ключевых параметров для построения объемной модели человеческой головы по изображению с произвольной ротацией и наклоном моделируемого объекта. Для восстановления фронтального изображения используется относительное положение характерных точек лица. Изменение положений характерных точек и их описание представляется нечеткими темпоральными высказываниями. 3D-модель строится на основе полученной стереопары изображений – восстановленного фронтального изображения и входного изображения с углом поворота не превышающем 40 градусов.

Ключевые слова: биометрическая идентификация, нечеткое темпоральное высказывание, распознавание лиц, 3D-модель, анализ изображений.

Введение

Для решения задачи построения объемной модели головы человека, необходимо решить ряд задач. В частности необходимо распознать лицо, определить характерные точки, описать их семантическую связность. [Заболеева-Зотова и др., 2010] В статье мы опишем подходы к распознаванию лиц, и метод нахождения характерных точек.

Разрабатываемые подходы и модели будут применяться в создаваемой системе определения эмоциональных реакций человека. [Бобков и др., 2011]

1. Подходы к распознаванию лиц

В настоящее время существует несколько подходов к распознаванию лиц. Однако все подходы имеют свои особенности и ограничения. Критериями эффективности этих методов являются процент распознавания, максимальное измерение ракурса в градусах, условия, препятствующие работе метода, чувствительность к изменению яркости и освещения, характерные точки лица, с которыми работают подходы и иные особенности. [Berk G'okberk и др., 2005], [Viola P и др., 2001], [Fattah Alizadeh и др., 2011].

Подход 1. Сравнение эластичных графов. В данном методе лицо представляется в виде графа.

Вершины графа находятся в характерных точках лица (контур губ, центр глаза, носа и т.д.). Каждой точке соответствует коэффициент разложения по функциям Габор. Набор точек называется джетом.

Джеты необходимы для нахождения определенных точек на двух разных изображениях (нахождение соответствия) и для сравнения соответствующих областей на двух изображениях. Метод способен распознавать лица при угле наклона не более 20 градусов.

Подход 2. Метод главных компонент. Применяется для сжатия информации. Суть метода состоит в линейном ортогональном преобразовании входного вектора в вектор меньшей размерности. Выходные вектора называются собственными лицами. Они могут быть представлены как изображения и выглядят как лица. При распознавании лиц первое собственное лицо является фильтром, который позволяет определить корреляцию изображения лица с самим собой.

Подход 3. Линейный дискриминантный анализ. В отличие от метода главных компонент, линейный дискриминантный анализ не ставит своей целью найти пространство меньшей размерности. Основная задача метода состоит в нахождении подпространства, где разница между объектами, принадлежащими разным классам, будет максимальна. Классы представляются как компактные кластеры, удаленные друг от друга на максимальные расстояния. Таким образом,

кластеры лиц и «не лиц» имеют минимальные пересечения.

Подход 4. Факторный анализ. Данный метод является обобщением метода главных компонент. Основная идея метода состоит в выявлении скрытых зависимостей между наблюдаемыми переменными с помощью определенной совокупности моделей и методов. В основе факторного анализа лежит гипотеза, что переменные являются проявлением небольшого числа факторов. В задаче распознавания наблюдаемые переменные являются признаки объектов.

Подход 5. Метод Виолы-Джонса. Основными принципами, которые используются в методе, являются: интегральное представление; признаки Хаара; бустинг; использование классификатора; построение каскадов классификаторов.

Алгоритм сканирующего окна. Выбирается окно сканирования и используемые признаки. Окно перемещается параллельно на одну ячейку окна. В каждом окне вычисляется около 200000 способов расположения признаков за счет масштабирования. Сканирование происходит последовательно для различных масштабов окна. Все признаки попадают на вход к классификатору, который определяет, лицо это или нет.

Подход 6. Метод сравнения с эталоном. На вход подается изображение с фронтальным расположением лица и определенным для данной базы данных набором масок. Каждая маска представляет собой регион лица (нос, рот, глаза и т.д.). Положения масок для каждого изображения в базе данных нормализованы одинаково. При распознавании изображений части входного изображения сравниваются с частями изображений, хранящихся в базе данных и на основе совпадений изображение классифицируется.

Подход 7. Нейронные сети. При идентификации лиц с помощью нейронных сетей необходимо сначала выбрать архитектуру сети. Существует несколько архитектур нейронных сетей (когнитрон, неокогнитрон, сверточные нейронные сети, радиально-базисные нейронные сети и т.д.). Принципы функционирования нейронных сетей построены на автоассоциативной памяти: на входную совокупность данных – ключ (при идентификации лиц ключом является лицо) – выдается наиболее близкая совокупность той же размерности.

Подход 8. Распознавание по цвету кожи. Существует 2 подхода к распознаванию лиц по цвету кожи. Первый подход базируется на обработке пикселей для всех частей, имеющих цвет человеческой кожи. Каждый пиксель обрабатывается отдельно, а затем определяется принадлежность пикселя к цвету кожи. Затем, опираясь на структуру лица или другие признаки, принимается решение, является ли данный набор

пикселей лицом или нет. Второй подход базируется на статусе региона изображения. При этом подходе необходимо определить регион, где может находиться лицо. И, учитывая данную информацию, решается вопрос, является ли этот регион лицом или нет.

Были проведены эксперименты для определения лучшего подхода. Выборка делалась на группе из 3 человек. Каждый человек тестировал программы, реализующие приведенных выше алгоритмы (программы использовали веб-камеру для получения изображений), следующим образом: поочередно закрывались области лица, и проверялось, будет ли программа распознавать лицо при закрытии данной области. Такими областями лица являлись нос, рот, глаза, лоб, щеки. В результате были выявлены достоинства и недостатки подходов, условия работы. Все подходы обеспечивают высокий процент распознавания. Однако угол поворота головы при распознавании у большинства подходов ограничен. Существенно влияют на работу – закрытие определенных участков лица. Также некоторые подходы не допускают изменения яркости изображения. Таким образом было предложено использовать комбинированный подход. [Розалиев и др., 2010]

2. Характеристики профильного и фронтального изображения лица

Криминалистическая литература содержит описание более 30 антропометрических точек головы человека (рис. 1), относящихся к профильному изображению. Взаимное расположение этих точек характеризует конкретного человека и может служить признаками при его распознавании [Кадомский и др., 2006]. Из данного множества точек можно выделить те, которые видны на изображении и могут быть локализованы достаточно точно (рис. 2) как на профильном так и фронтальном изображении. Рассмотрим их подробнее.

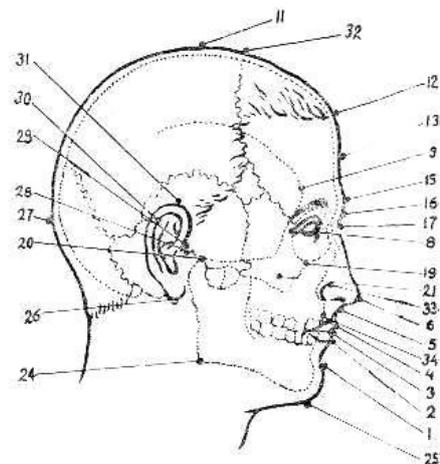


Рисунок 1 - Антропометрические точки головы человека, относящиеся к профильному изображению

Положение подбородочной точки (Е) отличается от антропометрического положения показанного на рис. 1. Данная точка является важной в процессе идентификации, однако она не может быть точно локализована по изображению. Именно поэтому её удобнее сместить из 25 (рис. 1) в Е (рис. 2). Теперь эта точка находится в точке перехода от вертикальной части контура подбородка к горизонтальной.

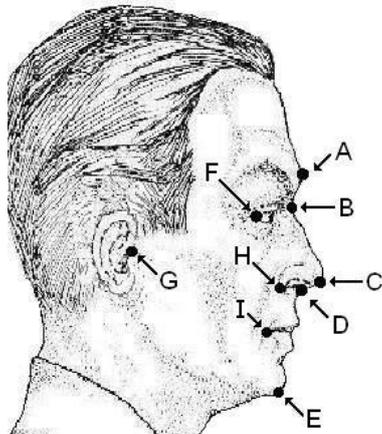


Рисунок 2 - Характерные точки профильного изображения лица

Признаками, характеризующими конкретного человека, служит взаимное положение этих точек. Они позволяют определить высоту носа (l_1), выступание носа (d_1), длину склона носа (спинка) (l_2) и глубину переноса (d_2) указанных на рисунке 3.

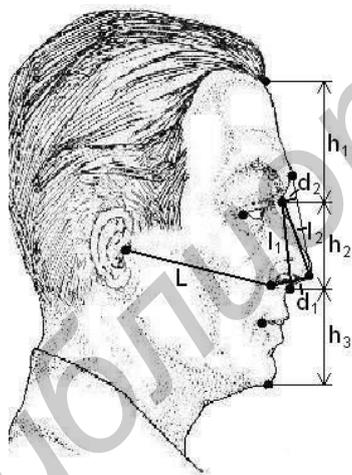


Рисунок 3 - Характеристики профиля лица человека

Поскольку масштаб лица на изображении, как правило, неизвестен, и, следовательно, определить реальные значения этих параметров невозможно, указанные параметры профиля принято относить либо к физиономической высоте лица, определяемой как расстояние от линии роста волос до подбородка.

В таблице 1 и 2 приведены рассматриваемые точки, разделенные на две группы. Точки первой группы принадлежат профильной линии лица. Точки второй группы расположены внутри контура

профиля головы. Такое разделение существенно, поскольку различие в их положении определяет способы их локализации на изображении.

Таблица 1 – Характерные точки фронтального изображения лица человека

Точка	Название	Группа принадлежности
A	Глабелла	Внутренняя
B	Верхненосовая	Внутренняя
C	Кончик носа	Внутренняя
D	Подносовая	Внутренняя
E	Подбородочная	Профильная
F	Наружный край глаза	Внутренняя
G	Надкозелковая точка	Внутренняя
H	Точка примыкания крыла носа к щеке	Внутренняя
I	Угол рта	Внутренняя

Таблица 2 – характерные точки профильного изображения лица человека

Точка	Название	Группа принадлежности
A	Глабелла	Профильная
B	Верхненосовая	Профильная
C	Кончик носа	Профильная
D	Подносовая	Профильная
E	Подбородочная	Профильная
F	Наружный край глаза	Внутренняя
G	Надкозелковая точка	Внутренняя
H	Точка примыкания крыла носа к щеке	Внутренняя
I	Угол рта	Внутренняя

3. Восстановление фронтального изображения лица

Для определения шаблонов характерных точек применяется корреляционный поиск, при этом набор шаблонов сравниваемых лиц должен включать изображения с разным углом поворота головы. Для учета наклона шаблоны поворачиваются по часовой стрелке и против неё на углы в 15 и 30 градусов. Точки локальных максимумов корреляции сохраняются как возможные кандидаты.

После нахождения кандидатов характерных точек необходимо построить из них «правильное» лицо. Для изображения «правильного» лица правый глаз находится слева, а левый – справа, верхненосовая точка располагается между ними. Эти три точки должны образовывать линию, близкую к прямой. То же самое относится и к краевым точкам и середине рта. Верхненосовая и подносовая точка, кончик носа и подбородочная точка образуют вертикальную линию также близкую к прямой. Надкозелковые точки должны находиться сбоку от краев глаз. Расстояния между точками должны определенным образом соответствовать масштабу шаблонов, а наклоны линий глаз и рта – их наклону. Кроме того, следует учесть, что переносица смещается от среднего

положения на линии, соединяющей края глаз, а центр рта смещается по линии, соединяющей края рта. Причем величина этого смещения зависит от поворота головы.

Перебирая все возможные комбинации найденных характерных точек, и учитывая суммарную величину их корреляций, а также оценивая выполнение указанных выше критериев «правильности» лица, можно выбрать такую комбинацию характерных точек, которая наилучшим образом соответствует лицу человека.

Взаимное расположение найденных характерных точек позволяет определить углы наклонов и поворота головы на изображении. Угол поворота головы α определяется исходя из положения точек переносицы и внешних краев глаз, при этом угол поворота не должен превышать 40 градусов. Алгоритм определения углов подробно рассмотрен в [Агарков и др., 2005]. Найденные углы поворота позволяют построить точечный скелет фронтального изображения лица.

Теперь имеется стереопара из фронтального и входного изображения с известным углом поворота и наклона головы. Этих данных достаточно для определения длины, ширины и высоты носа, выступания подбородка, глубины посадки глаз, ширины рта и носа и др. параметров необходимых для построения объемной модели лица человека.

Заключение

Использование комбинации подходов позволяет добиться большей точности определения лиц, а описанный метод нахождения характерных точек позволяет находить точки и восстанавливать фронтальное изображение в автоматическом режиме при углах поворота не превышающих 40 градусов. Получение характерных точек необходимо для построения семантически связанной сети и построения нечетких темпоральных высказываний, описывающих активность каждой такой точки. [Заболеева-Зотова и др., 2011] Полученная стереопара изображений позволит также в автоматическом режиме рассчитать ключевые параметры человеческого лица и построить его объемную модель.

Работа частично поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проекты 12-07-00266, 12-07-00270, 13-07-00459, 13-07-97042).

Библиографический список

- [Агарков и др., 2005] Агарков А.В., Нюнькин К.М. Восстановление фронтального вида лица человека по одному изображению // Искусственный интеллект. – 2005. – № 1. – С. 4-12.
- [Бобков и др., 2011] Развитие системы автоматизированного определения эмоций и возможные сферы применения / Бобков А.С., Заболеева-Зотова А.В., Орлова Ю.А., Розалиев В.Л. // Открытое образование. - 2011. - № 2. - С. 59-62.
- [Заболеева-Зотова и др., 2010] Автоматизация семантического анализа текста технического задания:

монография. / Заболеева-Зотова А.В., Орлова Ю.А. - Волгоград, ИУНЛ. 2010. - 155 с.

[Заболеева-Зотова и др., 2011] Применение нечетких темпоральных высказываний для описания движений при эмоциональных реакциях / Заболеева-Зотова А.В., Орлова Ю.А., Розалиев В.Л., Бобков А.С. // Изв. ВолгГТУ. Серия "Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах". Вып. 10 : межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. - Волгоград, 2011. - № 3. - С. 60-64.

[Кадомский и др., 2006] Кадомский К.К., Нюнькин К.М. Определение характеристик профильного изображения лица человека // Искусственный интеллект. – 2006. – №1. – С. 138-146.

[Нюнькин, 2004] Нюнькин К.М. Определение углов наклонов головы человека на изображениях // Искусственный интеллект. – 2004. – № 1. – С. 243-250.

[Розалиев и др., 2010] В.Л. Розалиев, А.С. Бобков, О.С. Федоров Применение нейронных сетей и грануляции при построении автоматизированной системы определения эмоциональных реакций человека / Изв. ВолгГТУ. Серия «Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах»: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. - Волгоград, 2010. - Вып. 9, № 11. - С. 63-68.

[Снетков и др., 1984] Снетков В. А., Виниченко И. Ф., Житников В. С., Зинин А. М., Овсянникова М. Н. Криминалистическое описание внешности человека: учебное пособие/ Под общей редакцией профессора В. А. Снеткова. – М.: ВНИИ МВД СССР, 1984. – 128 с.

[Berk G'okberk и др., 2005] Berk G'okberk, M.O. Irfano'glu, Lale Akarun, and Ethem Alpaydin. Selection of Location, Frequency and Orientation Parameters of 2D Gabor Wavelets for Face Recognition // Advanced Studies in Biometrics, Vol. 3161, pp. 138-146., 2005.

[Viola P и др., 2001] Viola P., Jones M.J. R. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features // IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. – Kauai, Hawaii, USA, 2001. – V. 1. – P. 511–518, 2001.

[Fattah Alizadeh и др., 2011] Fattah Alizadeh, Saeed Nalouisi, Chiman Savari. Face Detection in Color Images using Color Features of Skin // World Academy of Science, Engineering and Technology, 52, 2011.

DETERMINATION OF FACE KEY POINTS FOR 3D-MODEL CONSTRUCTION

Klimov A.S., Fomenkova M.A., Orlova Yu.A.,
Rozaliev V.L.

*Volgograd State Technical University, Volgograd,
Russian Federation*

vladimir.rozaliev@gmail.com

This article considers the problem of face key parameters determination to construct 3D-model of human head, from image with arbitrary and tilts rotation. The frontal restoration uses relative position of face's key point. 3D-model is based on stereo pair of images, obtained frontal and input image with rotation angle not exceeding 40 degrees. Modern biometric identification systems are based on comparing methods of input images and already existing in database. It is necessary that the angles of these face images was identical. However, to comply with this condition is not possible, so you need to convert the input image to the same format, by restoration of frontal facial image. Another vulnerability of modern facial recognition systems is their problem with flat images.

Keywords: biometric identification, fuzzy temporal cognition statement, face recognition and 3D-model, image analysis