

Алгоритм модификации типового трехмерного портрета по заданным фотоизображениям

Александра Соловьева

Кафедра «Автоматизированные системы обработки информации и управления»

Ижевский государственный технический университет, Ижевск, Россия

alexandra-solovyova@yandex.ru

Abstract

In the paper a method for typical 3D portrait wireframe adjustment using given full-face and half-face photographs is described. Special attention is given to the processing of the given images with a view to extract information on the peculiar features of the depicted face. An example of sculptural portrait construction is presented.

Keywords: *Sculptural portrait, Photograph, Space curve design, Typical 3D wireframe parameterization, Geometric modeling*

1. ВВЕДЕНИЕ

Моделирование трехмерных портретов находит применение в научных исследованиях в направлении компьютерного зрения, эргономики, психологии, пластической медицины, в дизайне и рекламе. Все чаще построение трехмерного портрета упоминается в контексте биометрической идентификации как альтернатива распознаванию по отпечаткам пальцев.

В то же время воспроизведение трехмерного объекта, простое для сознания человека, оказывается неожиданно сложным для компьютера. Воссоздание сложной геометрической формы человеческой головы связано с необходимостью выполнения большого количества трудоемких построений, часто требующих определенных художественных навыков, что является причиной повышенного внимания к разработке методов автоматизации проектирования трехмерных портретов [1, 2 и др.]. Разнообразие существующих подходов подтверждает перспективность разработок в данной области.

В данной статье рассмотрен алгоритм модификации типового трехмерного каркаса по заданным фотографиям в фас и профиль.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью нашего исследования является максимальная автоматизация проектирования фотореалистичного трехмерного портрета [3]. Параметризация типовой трехмерной модели позволяет одновременно сохранить информацию о структуре изображаемого объекта и сократить участие пользователя в моделировании до задания набора определяющих параметров. В качестве источника информации для индивидуализации типового портрета мы используем заданные пользователем фотографии в фас и профиль, полученные при равномерном освещении со стороны фотоаппарата. Используемая нами типовая трехмерная модель формируется кинематическим методом. В состав трехмерного каркаса входят формообразующий контур-сечение, лежащий в горизонтальной плоскости, и контуры-профили, лежащие на поверхности модели, определяющие его деформацию в процессе движения вдоль

вертикальной оси координат, в том числе пара профилей, определяющих проекции объекта на координатные плоскости (соответствующие фотографиям в фас и профиль).

Предлагаемый метод построения трехмерных портретов основан на векторизации изображений, по результатам которой выполняется модификация типового трехмерного каркаса.

3. ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Обработка изображения с целью извлечения информации об индивидуальных особенностях лица из заданных фотографий включает в себя четыре этапа.

Этап 1. Обработка изображений. Включает в себя выделение контуров и разбиение изображения на цветовые области.

Выделение контуров, аппроксимирующих перепады яркости изображения, производится с помощью рекурсивного оператора-анализатора локальных областей [4]. Начиная с точек перепада яркости, локальный анализатор рекурсивно отслеживает цепочки контурных пикселей. Разбиение на цветовые области выполняется путем двухэтапной цветовой кластеризации. С помощью кластеризации по параметрам цветности (в пространствах *CIELAB* и *HSI*) производится выделение на изображении основных областей, однородных по цвету. Полученная при этом область лица разбивается на градации по яркости, отражающие изменения трехмерной формы лица.

Полученные контуры перепадов яркости и границы цветовых кластеров подвергаются векторизации (Рисунок 1).



Рисунок 1: Результат векторизации контуров и границ цветовых областей

Этап 2. Анализ цепочек контуров и границ цветовых областей. Заключается в расчете значений функций, характеризующих расположение и геометрические особенности цепочек примитивов. В числе используемых функций анализа: $Length(c)$ – длина цепочки c , $Count(c)$ – количество примитивов (отрезков прямых и дуг окружностей, составляющих цепочку c), $Quantity(x, y)$ – среднее количество контуров на единицу площади в окрестности точки, $Rect(c)$ – описывающий прямоугольник для цепочки и т.д.

Этап 3. Отбраковка ложной информации. Выделенный набор цепочек геометрических примитивов подвергается спе-

циальной обработке для устранения множества сильно изломанных участков и мелких (либо сопоставимых по длине с размерами изображения) фрагментов, не значимых для распознавания, но значительно снижающих скорость обработки и приводящих к возникновению погрешностей. Причиной их появления может являться чрезмерная зашумленность изображения, наличие теней, контрастные текстуры, недостаточное высокое разрешение предъявленного изображения.

В основу удаления цепочек положена проверка условия

$$(Length(c) < \varepsilon) \vee ((Length(c) > \min(W, H)) \wedge (Count(c) \leq m)),$$

где c – цепочка примитивов; W и H – размеры исходного фотоизображения; ε и m – константы, значения которых выбираются по результатам проведенного анализа). Далее выполняется аппроксимация длинных цепочек контуров и границ цветовых областей с помощью сплайнов. Сплайновая фильтрация позволяет одновременно упростить описание векторизованных цепочек и избавиться от артефактов.

Этап 4. Выявление значимых фрагментов и точек. Осуществляется с помощью экспертной системы, в основу правил которой положены классические пропорции головы и закономерности в расположении контуров и границ цветовых областей изображения. Среди цепочек примитивов выполняется распознавание характерных линейных элементов лица, таких как контур лица, линии губ, век и др. Линейные элементы связываются с характерными точками лица, которые далее используются для первоначального масштабирования трехмерного каркаса. Цепочки геометрических примитивов, формирующие характерный линейный элемент, считаются более значимыми по сравнению с остальными. Сплайнам, описывающим контуры и границы цветовых зон изображения, сопоставляется определенное значение весового коэффициента, определяющее степень существенности их вклада в формирование трехмерной модели.

4. ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ

Первое приближение типового каркаса к результирующей трехмерной модели осуществляется путем его «натягивания» на найденные проекции характерных точек. Далее выполняется синтез сплайновых контуров путем подстановки фрагментов контуров и границ цветовых областей лица. Выполняется обход профилей масштабированного каркаса, сопровождающийся анализом их окрестностей. Для попавших в окрестность текущего профиля цепочек контуров и границ цветовых областей оцениваются значения весовых коэффициентов. Кроме того, для определенных фрагментов профилей, составляющих каркас, более существенными являются векторные цепочки контуров (например, в области глаз, крыльев носа), для других – границы цветовых областей (например, градиции яркости изображения в области щек). Точки с достаточно высокими значениями веса вместе с опорными точками исходного типового профиля образуют сетку, по которой формируется сглаживающий кубический сплайн [5].

Результирующие профили одновременно сохраняют особенности формы исходных элементов трехмерного каркаса и учитывают расположение близлежащих цепочек контуров и границ цветовых областей. Трехмерный портрет приобретает узнаваемые черты (Рисунок 2). Степень сходства полученной модели с исходными данными может быть установлена экспертом.

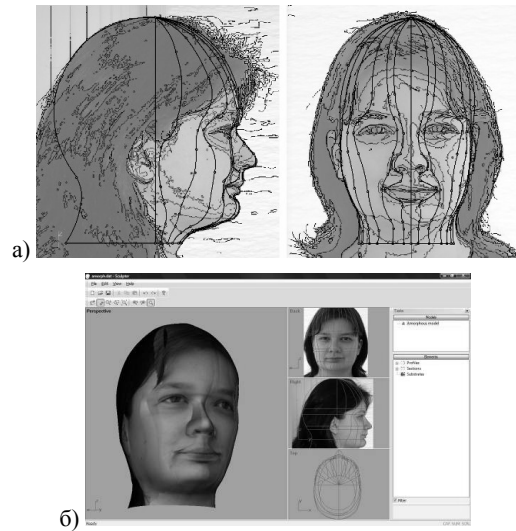


Рисунок 2: Результат модификации типового каркаса:

- а) уточненные профили трехмерного портрета;
б) текстурированный трехмерный портрет

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение разработанного алгоритма модификации типового трехмерного каркаса по заданным фотоизображениям позволяет автоматизировать трудоемкий процесс ручной корректировки типового трехмерного портрета. Предложенный метод разработан применительно к построению скульптурных портретов по фотографиям в фас и в профиль, однако обладает универсальностью и может быть обобщен для параметризации других типов моделей со сложной геометрией, а также для большего набора заданных изображений.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Blanz V., Vetter T. *A Morphable Model for the Synthesis of 3D Faces* // SIGGRAPH'99 Conference Proceedings. P.187-194.
- [2] Вежнев В.П. *Использование контурных моделей для выделения черт лица на фронтальном изображении* // Труды конференции “Математические методы распознавания образов” (ММРО-10), 2001. – с.179-181.
- [3] Solovyova A.N., Kuchuganov A.V. *Using Contours and Colour Region Boundaries of Photographs in Sculptural Portrait Design* // GraphiCon'2009: the 19th International Conference on Computer Graphics and Vision: Moscow, October 5-9, 2009.: Conference Proceedings. – М., 2009. P.315-316.
- [4] Kuchuganov A.V. *Recursions in tasks of images analysis* // Pattern Recognition and Image Analysis: New Information Technologies (PRIA-9-2008). V. 1. P.365-367.
- [5] Шикин Е.В., Плис Л.И. *Кривые и поверхности на экране компьютера. Руководство по сплайнам для пользователей.* – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1996. – 240 с.

Об авторе

Александра Соловьева – аспирант кафедры АСОИУ Ижевского государственного технического университета.
E-mail: alexandra-solovyova@yandex.ru.