

## Краткие сообщения

УДК 519.92

### Компьютерное выделение кожных фрагментов на изображениях лиц

А. А. Сисакян

*Кафедра математической физики  
МГУ имени М.В. Ломоносова, ВМК*

*Ленинские горы, д. 1, стр. 52, 2-й учебный корпус, Москва, ГСП-1, 119991, Россия*

Рассмотрена задача автоматического нахождения фрагментов кожи на изображениях лиц. Модифицирован рассмотренный ранее алгоритм и реализована соответствующая программа. В качестве входных данных использован тестовый набор изображений лиц и цветная фотография лица, на которой необходимо выделить участки кожи. Для программной реализации выбран язык C#. Разработанное приложение имеет хорошее быстродействие поиска и предоставляет пользователю удобный интерфейс.

**Ключевые слова:** обработка изображений, распознавание образов, изображения лица.

## 1. Введение

Алгоритмы обнаружения кожных фрагментов на человеческих лицах имеют различные применения. Использование цвета кожи как свойства лица может быть использовано при диагностике физического состояния человека и обнаружения людей на изображениях. Особенностью такого метода является тот факт, что цвет лица имеет очень характерную уникальную цветовую гамму, которая практически не встречается в природе и искусственных красителях.

Понятие «оттенок кожи» не имеет математического определения, так как оно основано на психофизиологии восприятия цвета. Под поиском фрагментов кожи будем считать процесс поиска регионов изображений или видео, в которых значения цветовой палитры пикселей некоторого фрагмента совпадают в смысле некоторой меры с эталонным.

Основными проблемами при определении цвета кожи являются зависимости: цвета от условий съёмки; от цветовой гаммы изображений конкретной камеры; от многообразия оттенков кожи, в зависимости от расы, возраста, состояния здоровья человека [1]. Необходимо также учитывать, что существуют объекты, имеющие цвет, похожий на кожу человека.

Все реализованные алгоритмы поиска кожи включают два этапа:

- *этап обучения:* составление обучающей базы данных, содержащей разнообразные изображения кожи людей с различной освещённостью; выбор подходящего цветового пространства; вычисление параметров и обучение;
- *этап распознавания:* преобразование входного изображения из RGB в цветное пространство ST, идентификация пикселей на основе предложенного классификатора на кожные и не кожные; этап постобработки с использованием морфологических методов.

## 2. Алгоритм решения задачи

На входе мы имеем 16 изображений размером 640x480 каждое тестовой выборки и 1 эталонное изображение 640x480 в цветовом пространстве RGB. В качестве фотографий для тренировочной выборки берутся изображения из базы лиц IMM [2, 3].

Статья поступила в редакцию 3 февраля 2010 г.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

**Фильтрация.** В качестве первого этапа алгоритма необходимо убрать из рассмотрения те пиксели, которые заведомо не являются кожными. Для достижения результата необходимы ограничения на значения основных компонент пространства RGB [4]. Этап заключается в операции отбрасывания фрагментов изображений, на которых не выполняется следующее соотношение

$$k_{\min} < s < k_{\max}, \quad \text{где } s = R, G, B, \quad 0 < k_{\min} < K(s), \quad K(s) < k_{\max} < 255.$$

Здесь  $K(s)$  — некоторые пороги, зависящие от конкретной цветовой составляющей (R,G,B), а  $s$  означает некоторый выбранный цветовой компонент. Пороги могут зависеть от множества факторов. В используемом ниже алгоритме внесены корректировки к [1] для адаптации к изображениям для оттенков кожи светлолицых людей. Отбрасывание пикселей несоответствующих значениям коридора позволяет существенно уменьшить затраты на реализацию алгоритма, но требует более тщательной подгонки параметров.

**Цветовое пространство ST.** Использование цветового пространства RGB не позволяет получить однозначную классификацию объектов на принадлежность к фрагментам кожи, поэтому было использовано более подходящее пространство ST (Saturation–Tint) как показано в [5].

Переход из цветового пространства RGB в пространство ST осуществляется по следующим формулам:

$$S = \sqrt{\frac{9}{5(r'^2 + g'^2)}}, \quad T = \begin{cases} 0, & g' = 0 \\ \frac{\arctg(r'/g')}{\pi} + 0,5, & g' \neq 0, \end{cases}$$

где

$$r' = \frac{R}{R + G + B} - \frac{1}{3}, \quad g' = \frac{G}{R + G + B} - \frac{1}{3}.$$

Для реализации предложенного метода необходимо перевести в пространство ST как изображения тестовой выборки, так и эталонное изображение.

Значения компонент  $S$  и  $T$  следует нормировать по формулам из [4]:

$$S = \frac{S - \min S}{\max S - \min S}, \quad T = \frac{T - \min T}{\max T - \min T},$$

где  $\min S$  и  $\max S$  — соответственно, минимальное и максимальное значения компоненты  $S$ , а  $\max T$  — максимальное значение  $T$  компоненты.

**Использование расстояния Махаланобиса.** Применение расстояния Махаланобиса к поставленной задаче позволяет достичь значительно лучших результатов по сравнению с евклидовой метрикой. Будем вычислять метрику Махаланобиса по следующей формуле:

$$\lambda_{i,j}^2 = \left( \frac{T_{i,j} - M_t}{\sigma^2 M_t T_{i,j}^2 M_s} - \frac{S_{i,j} - M_s}{\sigma T_{i,j} (\sigma^2 M_t - T_{i,j}^2 M_s)} \right) (T_{i,j} - M_t) + \left( \frac{-(T_{i,j} - M_t)}{\sigma T_{i,j} (\sigma^2 M_t - T_{i,j}^2 M_s)} + \frac{(S_{i,j} - M_s) M_t}{M_s (\sigma^2 M_t - T_{i,j}^2 M_s)} \right) (S_{i,j} - M_s),$$

где  $M_s$  — среднее значение компоненты  $S$  изображений из тренировочной выборки,  $M_t$  — среднее значение компоненты  $T$  изображений из тренировочной выборки,  $\sigma$  — дисперсия — среднее отклонение значений на тренировочной выборке,  $T_{i,j}$  — значение компоненты  $T$  в пикселе с координатами  $[i, j]$  входного изображения,  $S_{i,j}$  — значение компоненты  $S$  в пикселе с координатами  $[i, j]$  входного изображения.

Алгоритм [4] модифицирован к светлому цвету кожи. В качестве входных параметров для работы модифицированного алгоритма используются данные из [3],

которые позволяют убрать без потерь все фрагменты изображения, на которых отсутствуют оттенки кожи.

**Нахождение кожных фрагментов.** Прежде, чем строить классификатор, определяющий, какие точки будут отнесены к пикселям кожи, а какие — нет, необходимо нормировать величину  $\lambda_{i,j}^2$ . Для этого найдём максимальное значение расстояния Махаланобиса и разделим  $\lambda_{i,j}^2$  на него. Тогда  $0 \leq \frac{\lambda_{i,j}^2}{\max \lambda_{i,j}^2} \leq 1$ ,  $\frac{\lambda_{i,j}^2}{\max \lambda_{i,j}^2}$  — нормированное значение расстояния Махаланобиса.

Пиксель маркируется, как пиксель кожи, если нормированное расстояние Махаланобиса для него меньше значения некоторого порога. Величина порога определена при изучении экспериментальных данных и равна 0.7. В разработанной программе пользователь может изменять её значения с целью настройки для различных классов изображений.

### 3. Результаты

Разработан алгоритм и написана программа для поиска кожных фрагментов на изображениях лиц. Проведено исследование влияния входных параметров программы для её адаптации к некоторой выборке изображений, для адаптации работы по отношению к людям разных национальностей и рас. Выявлено, что:

- подбор параметров фильтрации может облегчить дальнейшую работу, но требует тщательного подбора и изучения особенностей изображений тренировочной выборки;
- использование метрики Махаланобиса позволяет существенно повысить чувствительность правильной классификации кожных фрагментов, хотя и не позволяет довести вероятность правильного распознавания до 100%.

### Литература

1. *Fink K. G. B., Matts P. J.* Visible Skin Color Distribution Plays a Role in the Perception of Age, Attractiveness, and Health in Female Faces // *Evolution and Human Behavior*. — 2006. — Vol. 27(6). — Pp. 433–442.
2. The IMM Database. — <http://www2.imm.dtu.dk/~aam/datasets/datasets.html>.
3. The IMM Face Database / M. M. Nordstrom, M. Larsen, J. Sierakowski, M. B. Stegmann // *An Annotated Dataset of 240 Face Images*. — 2004. — Pp. 1–4.
4. *Tomaz F., Candeias T., Shahbazkia H.* Improved Automatic Skin Detection in Color Images // *DICTA*. — CSIRO Publishing, 2003. — Pp. 419–428.
5. *Sonka M., Hlavac V., Boyle R.* *Image Processing: Analysis and Machine Vision*. — Toronto, Ont.: Thompson Learning, 2008. — 829 p.

UDC 519.92

### Computer Detection of Skin Fragments on Face Images

**A. A. Sisakyan**

*Mathematical Physics Department*

*M.V. Lomonosov MSU*

*MSU, Uchebniy Korpus 2, Leninskiye Gory, Moscow, 119991, Russia*

The problem of the automatic skin fragments detection on images of the persons is considered. The algorithm and corresponding program were designed. The series of sample images on which one must to determine skin fragments are used as input data. C# language was used for realization of the program. Designed application has a good search speed and has the suitable user interface.

**Key words and phrases:** image processing, pattern recognition, face images.