

8-7-2020

Automatic Hair Contour Extraction Method with Complex Background

Yaoli Jin

1. Department of Computer Science, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China;;

Shiliang Wang

1. Department of Computer Science, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China;;

Xu Gang

1. Department of Computer Science, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China;;

Weihua Hu

1. Department of Computer Science, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China;;

See next page for additional authors

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Automatic Hair Contour Extraction Method with Complex Background

Abstract

Abstract: Hair contour extraction has important application in digital entertainment and simulation. *An automatic hair contour extraction method for images with complex background was proposed. Image segmentation algorithm from foreground image was used to eliminate the interference of background image; face recognition and hair detection algorithms were employed to find the hair position and realize the automatic identification of the hair; in order to improve the accuracy of contour extraction, adaptive skin detection algorithm was used to eliminate the interference of face.* The proposed method was applied on a lot of image examples. Experimental results demonstrate that this method can automatically extract hair contour effectively, and it also works well for some examples with complex background.

Keywords

hair contour, automatic extraction, image segmentation, face detection, complex background

Authors

Yaoli Jin, Shiliang Wang, Xu Gang, Weihua Hu, and Yigang Wang

Recommended Citation

Jin Yaoli, Wang Shiliang, Xu Gang, Hu Weihua, Wang Yigang. Automatic Hair Contour Extraction Method with Complex Background[J]. Journal of System Simulation, 2015, 27(10): 2305-2309.

复杂背景下发型轮廓的自动提取方法

金遥力¹, 王世亮¹, 徐岗¹, 胡维华¹, 王毅刚²

(1.杭州电子科技大学计算机学院, 杭州 310018; 2.杭州电子科技大学数字媒体与艺术设计学院, 杭州 310018)

摘要: 发型轮廓提取在数字娱乐仿真中具有重要应用。提出了一种复杂背景下发型轮廓的自动提取方法框架。对图像进行前景图像进行分割, 从而去除背景图像对发型提取结果的干扰; 通过人脸识别技术进行发型定位, 进一步结合头发检测技术以实现发型的自动识别; 为提高轮廓抽取的准确度, 通过自适应皮肤检测以去除人脸对于发型轮廓提取的干扰。将本文方法应用于大量实例, 实验结果表明: 该方法不仅可以有效的自动提取发型轮廓, 而且对于复杂背景下的发型轮廓提取也有具有良好效果。

关键词: 发型轮廓; 自动提取; 图像分割; 人脸检测; 复杂背景

中图分类号: TP391.9 文献标识码: A 文章编号: 1004-731X (2015) 10-2305-05

Automatic Hair Contour Extraction Method with Complex Background

Jin Yaoli¹, Wang Shiliang¹, Xu Gang¹, Hu Weihua¹, Wang Yigang²

(1. Department of Computer Science, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China;

2. Department of Media and Arts, Hangzhou Diazi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Hair contour extraction has important application in digital entertainment and simulation. An automatic hair contour extraction method for images with complex background was proposed. Image segmentation algorithm from foreground image was used to eliminate the interference of background image; face recognition and hair detection algorithms were employed to find the hair position and realize the automatic identification of the hair; in order to improve the accuracy of contour extraction, adaptive skin detection algorithm was used to eliminate the interference of face. The proposed method was applied on a lot of image examples. Experimental results demonstrate that this method can automatically extract hair contour effectively, and it also works well for some examples with complex background.

Keywords: hair contour; automatic extraction; image segmentation; face detection; complex background

引言

由于头发是人体外貌的重要元素, 近年来, 头发的采集、设计、仿真吸引了越来越多的人的兴趣^[1-5]。除了这些图形化的应用之外, 由于人们并不经常改变发型, 人的头发在计算机视觉应用, 如人体识别

中也起着很重要的作用。而且, 发型信息也常被用于性别的分类。因此, 从头发区域提取发型轮廓特征非常重要。但在以前的大部分研究论文中, 头发区域通常需要预先手动标记, 因此, 如何从图像中自动分割头发并提取发型轮廓仍然是一个悬而未决的问题。

发型分割之所以比较难于实现, 主要是由于头发形状的多样性以及头发容易与复杂背景相混淆。目前, 对于复杂背景下发型轮廓的自动提取方法的研究少之又少。在早期的工作中^[6], 作者利用结构



收稿日期: 2015-06-30 修回日期: 2015-08-03;
基金项目: 国家自然科学基金面上项目(61472111);
浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室开放课题
(A1406); 浙江省自然科学基金(LR16F020003);
作者简介: 金遥力(1993-), 男, 浙江杭州人, 硕士生, 研究方向为计算机图形图像处理; 王世亮(1990-), 男, 山东临沂人, 硕士, 研究方向为图像处理与可视化。

<http://www.china-simulation.com>

• 2305 •

以及几何学特征以像素的分类方式,对头发区域进行分割。文献[7]中通过使用头发颜色模型来对头发进行分割,这种方法的性能只能依靠主观评测。最近的研究工作中^[8],运用了基于频域和颜色信息的遮边方法。文献[6-7]这两种方法都需要首先找到一些确定在头发区域中的种子点像素,但要自动做到这一点并不容易。特别地,之前的工作并不能很好地处理复杂背景下的头发分割及发型轮廓的自动提取问题。

在本文中,我们提出了一种复杂背景下发型轮廓的自动提取新方法。在本文提出的方法中,首先利用 GrabCut 算法结合人脸识别算法来实现对于头发等区域的自动识别与分割。分割后的图像包括头发区域、人脸区域以及少许的背景区域。由于人脸肤色以及头发颜色的差异,要实现包含人脸区域的图像通过阈值分割来自动将头发区域单独提取出来比较困难,我们利用自适应的皮肤检测算法^[9]处理分割后的图像以删除脸部的干扰。此时,图像只包含头发区域以及少许干扰区域。为了便于轮廓提取,将得到的图像灰度化并利用 OTSU 算法^[10]进行阈值分割,通过改进的 Snake 算法^[11]即可实现发型轮廓的自动提取。

1 算法框架描述

本文提出的算法框架如图 1 所示,首先利用 GrabCut 算法对图像进行前景的自动分割,以得到发型轮廓抽取的主要区域。GrabCut 算法需要用户手动的指定目标所在的矩形窗,为实现自动化,考虑到头发区域一定位于人脸的周围,故本文使用通过人脸识别算法所检测到的人脸矩形窗放大一定比例后作为 GrabCut 算法所需的矩形方框^[12-13]。这样便可利用 GrabCut 算法对于头发等区域的自动分割。分割后的图像包括头发区域、人脸区域以及少许的背景区域。由于人脸肤色以及头发颜色的差异,阈值分割时阈值的准确设定比较困难,因此,我们利用自适应的皮肤检测算法处理分割后的图像以删除皮肤干扰。此时,图像只包含头发区域以

及少许干扰区域。为了便于轮廓提取,将得到的图像灰度化并利用 OTSU 算法进行阈值分割,通过改进的 Snake 算法提取发型轮廓,最终,实现发型轮廓的自动提取。

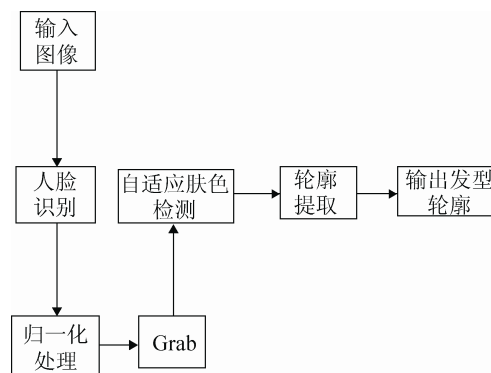


图 1 本文算法框架

2 GrabCut 图像分割算法

假定在 RGB 空间中,图像由像素 z_n 组成 ($n \in \{1, 2, \dots, N\}$, N 为像素个数)。图像是关于灰度值的矩阵 z 。图像分割可以表述为关于像素的一个不透明度的矩阵 $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N)$, $\alpha_n \in \{0, 1\}$, 其中 0 表示背景, 1 表示前景。参数 θ 描述了图像前景和背景灰度级的分布, 包含灰度值的直方图。

$$\theta = \{h(z; \alpha), \alpha = 0, 1\}$$

GrabCut 使用两个 GMM, 一个对应背景, 一个对应前景。每一个 GMM 由 K 个高斯模型混合而成(通常 $K=5$)。为了便于处理 GMM, 在最优化框架中另外引进向量 $k = \{k_1, \dots, k_n, \dots, k_N\}$, $k_n \in \{1, 2, \dots, K\}$ 。每个像素有一个参数 k_n 来表示该像素属于 GMM 的前景还是背景模型。GrabCut 算法将用来分割的 Gibbs 能量改写为

$$E(\alpha, k, \theta, z) = U(\alpha, k, \theta, z) + V(\alpha, z)$$

式中 E 为 Gibbs 能量, U 为数据项, V 为平滑项。数据项 U 定义为

$$U(\alpha, k, \theta, z) = \sum_n D(\alpha_n, k_n, \theta, z_n)$$

其中 $D(\alpha_n, k_n, \theta, z_n) = -\log p(z_n | \alpha_n, k_n, \theta) - \log \pi(\alpha_n, k_n)$, $p(\cdot)$ 为高斯概率分布函数, $\pi(\cdot)$ 是混合系数。因此, 模型的参数可以表示为

$$\underline{\theta} = \{\pi(\alpha, k), \mu(\alpha, k), \sum(\alpha, k), \alpha = 0, 1, k = 1, \dots, K\}$$

整个 GrabCut 算法由初始化、迭代最小化和用户修正几个部分组成。其中最重要的部分为部分迭代最小化包含以下几个步骤:

(1) 给像素赋 GMM 的初值: 给用户交互得到的矩形方框中的每个像素的参数赋值,

$$k_n := \arg \min_{k_n} D(\alpha_n, k_n, \underline{\theta}, z_n);$$

(2) 从图像数据 z 中学习 GMM 的参数,

$$\underline{\theta} := \arg \min_{\underline{\theta}} D(\underline{\alpha}, k, \underline{\theta}, z);$$

(3) 用 maxflow 算法极小化 Gibbs 能量 E ,

$$\min_{\{\alpha_n, n \in R\}} \min_k E(\underline{\alpha}, k, \underline{\theta}, z);$$

(4) 重复步骤(1)到(3)直到收敛。

算法收敛后就可以得到图像目标的分割结果。

3 OTSU 算法

OTSU 算法是以图像的灰度直方图为依据, 利用目标和背景类间方差最大作为阈值选择准则。它的基本思想如下:

假设原始图像的灰度级为 L , 灰度为 i 的像素的个数为 n_i , 图像总像素个数为 N , 则可以得到各灰度级出现的概率为: $p_i = \frac{n_i}{N}$; 在图像分割中,

按照图像灰度级用阈值 t 将灰度划分为两类 $C_0 = (0, 1, \dots, t)$ 和 $C_1 = (t+1, t+2, \dots, L-1)$, C_0 和 C_1

出现的比例分别为 $p_b(t) = \sum_{i=0}^t p_i$ 和 $p_f(t) = \sum_{i=t+1}^{L-1} p_i$ 。

因此, C_0 均值和 C_1 均值分别为: $\mu_b(t) = \frac{\sum_{i=0}^t i p_i}{p_b(t)}$,

$\mu_f(t) = \frac{\sum_{i=t+1}^{L-1} i p_i}{p_f(t)}$, 整幅图像的灰度平均值为:

$\mu = \sum_{i=0}^{L-1} i p_i$, 所以, 类间方差 $\sigma_B^2(t)$ 为

$$\sigma_B^2(t) = p_b(t)[\mu_b(t) - \mu]^2 + p_f(t)[\mu_f(t) - \mu]^2 =$$

$$p_b(t)[1 - p_b(t)][\mu_b(t) - \mu_f(t)]^2$$

4 轮廓自动提取方法

由于 GrabCut 算法需要用户手动的指定包围目标的一个矩形方框, 为了自动提取发型轮廓, 我们需要自动指定包含发型区域的矩形方框。考虑到头发一般位于脸部的周围, 大部分情况下, 位于脸部的上方, 因此我们利用人脸识别算法, 找到人脸所在的矩形方框 r_1 , 通过人体学数据可以得到, 包含头发和脸的头部区域定义公式如下:

“头发和人脸”区域宽度 = $3.6 \times$ 人脸宽度

“头发和人脸”区域高度 = $3.7 \times$ 人脸宽度

由此可得 GrabCut 的输入矩形方框。

$$r_2(r_2.width = 3.6 \times r_1.width,$$

$$r_2.height = 3.6 \times r_1.height)$$

由于 GrabCut 算法在执行图像分割时效率比较低, 耗时比较长, 考虑到本文主要目的是提取发型的轮廓, 因此, 在做 GrabCut 操作之前, 有必要对图像进行必要的预处理, 以达到提高处理速度的要求。由于 GrabCut 算法执行时间与图像的像素个数有关, 因此, 可以采取降低图像分辨率的方法来达到提高执行速度的目的。本文采用简单的将输入图像归一化到统一的尺寸, 例如, 在保持高宽比的前提下将宽度降低到 300 像素值。通过表 1 及表 2 对比可以发现, 通过这一简单操作可以在保持图像分割效果的基础上极大的提高图像分割的速度。

应用 GrabCut 算法对包含头发的图像进行处理之后, 得到只包含头发和人脸以及少量背景等干扰信息的图像。由于人脸肤色以及头发颜色的差异, 阈值分割时阈值的准确设定比较困难, 因此, 我们利用自适应的皮肤检测算法处理分割后的图像以删除皮肤干扰。我们将自适应的皮肤检测算法检测出的区域作为 GrabCut 的背景信息反馈给 GrabCut 算法, 这样可有效地将脸部区域的干扰信息删除, 在进行阈值分割和轮廓提取时更加简洁、高效。在最后的轮廓提取阶段, 我们利用 OTSU 算法进行阈值分割, 利用改进的 Snake 算法提取发型轮廓。

表 1 原始图像处理时间

原始图像大小	GrabCut 时间/ms	FindContour 时间/ms
600×896	50 526.6	787.1
540×694	23 798.7	112.9
430×617	17 165.7	90.9
851×1 214	99 338.6	7 072.7
1 050×1 500	148 390.3	265.5

表 2 归一化图像处理时间

归一化图像大小	GrabCut 时间/ms	FindContour 时间/ms
300×448	13550.4	33.2
300×386	7361.9	39.3
300×430	7904.1	25.5
300×428	9038.1	475.8
300×429	8159.1	20.4

5 实验仿真结果与分析

为表明本文方法的有效性,本文首先将所提出方法应用于证件照图像。图 2 第一排给出了原始的证件照及人脸识别的结果,基于该人脸识别结果,图 2 第 2 排给出了 GrabCut 图像分割的结果。图 3 以轮廓线给出了简单背景发型轮廓的抽取结果,图 4 单独给出了发型轮廓的抽取结果。从实验结果来看,对于简单背景的证件照图像,本文方法可较好地自动抽出发型轮廓。

为验证本文方法对于具有复杂背景的人像图片的有效性,图 5 给出了若干复杂背景下发型轮廓的提取实例。图 5 中的实验结果表明,本方法不仅可以有效的自动提取简单背景下的发型轮廓,而且对于一些复杂背景下的发型轮廓自动检测也有比较好的效果。在本文所给出的实例中,发型轮廓抽取的计算时间可满足实时操作的要求。

需要指出的是,本文所实现的发型轮廓提取的结果依赖于图像前后背景分割的结果。例如,在图 5 的第 3 个和第 4 个例子中,发型轮廓的提取出现了一定偏差,其主要原因是由于眼睛的颜色与头发的颜色均为黑色,十分接近,因而在图像分割过程中出现了误差,从而导致所抽取的发型轮廓出现了一些误差。

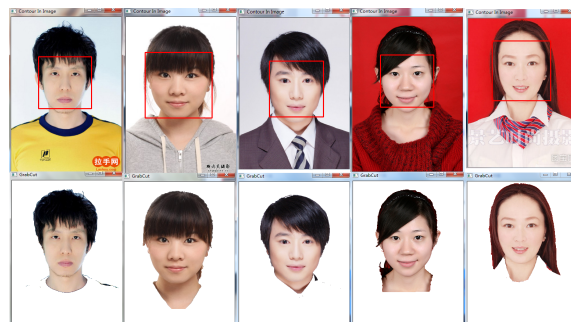


图 2 人脸识别及 GrabCut 图像分割结果



图 3 简单背景的发型轮廓



图 4 发型轮廓

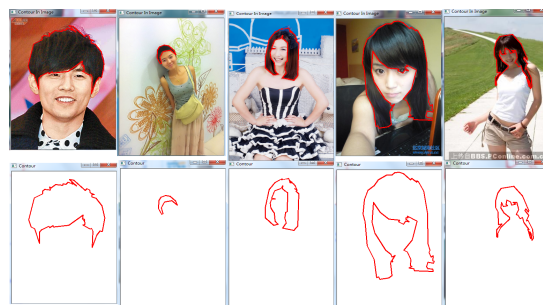


图 5 复杂背景下发型轮廓的提取

6 结论

鉴于发型轮廓自动抽取在数字娱乐仿真领域中的重要应用,本文提出了一种通过逐步减少背景等干扰区域以实现发型轮廓自动提取的新方法。首先采用 GrabCut 算法将人脸及头发以外的干扰区

域去掉, 其次采用自适应的肤色检测算法将人脸区域去掉, 最后通过轮廓提取算法, 即可得到发型的轮廓。实验结果表明, 本文提出的方法可以有效的自动提取简单背景下的发型轮廓, 并且对于复杂背景下的发型轮廓的自动提取效果也比较好。

本文方法在发型位置确定上需要首先识别人脸位置, 如果人脸检测失败则对发型轮廓提取将产生影响。因此, 如何提高人脸识别的准确率, 将是未来研究工作的一部分。另外, 如果图像背景的颜色与头发区域的颜色比较接近, 所得到的图像分割结果会与理想结果相差较大, 如何对这一局限性进行改进, 也是我们下一步需着重解决的研究问题^[14]。

参考文献:

- [1] S Hadap, N Magnenat-Thalmann. Modeling dynamic hair as continuum [J]. *Computer Graphics Forum* (S1467-8659), 2001, 20(9): 329-338.
- [2] S Paris, H Briceño, F Sillion. Capture of hair geometry from multiple images [C]// *ACM SIGGRAPH*. New York, USA: ACM, 2004, 23(8): 712-719.
- [3] K Ward, N Galoppo, M Lin. Interactive virtual hair salon [M]. USA: MIT Press, 2007, 16(6): 237-251.
- [4] Z Liu, J Guo, L Bruton. A knowledge-based system for hair region segmentation [C]// *International Symposium on Signal Processing and Its Applications*, Australia, August 1996. USA: IEEE, 1996, vol.2: 575-576.
- [5] 王宁, 张海鹏, 王毅刚. 基于 GPU 实时绘制多种颜色的毛发 [J]. *系统仿真学报*, 2006, 18(1): 24-25.
- [6] Y Yacoob, L S Davis. Detection and analysis of Hair [C]// *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*. USA: IEEE, 2006, 28(7): 1164-1169.
- [7] C Rousset, P Y Coulon. Frequential and color analysis for hair mask segmentation [C]// *ICIP*, San Diego, USA October 2008. USA: IEEE, 2008: 2276-2279.
- [8] Carsten Rother, Vladimir Kolmogorov, Andrew Blake. "GrabCut"-Interactive Foreground Extraction using Iterated Graph Cuts [J]. *ACM Trans. Graphics* (S0730-0301), 2004, 23(3): 309-314.
- [9] 夏思宇, 刘久贤, 袁晓辉, 等. 一种改进的自适应肤色检测算法 [J]. *数据采集与处理*, 2006, 21(2): 174-178.
- [10] 陈峥, 石勇鹏, 吉书鹏. 一种改进的OTSU图像阈值分割算法 [J]. *激光与红外*, 2012, 42(5): 584-588.
- [11] K Qian, B Wang, H Chen. Automatic flexible face replacement with no auxiliary data [J]. *Computers & Graphics* (S0097-8493), 2014, 45(1): 64-74.
- [12] 张淑军, 王高峰, 石峰. 基于 AAM 提取几何特征的人脸识别算法 [J]. *系统仿真学报*, 2013, 25(10), 2374-2380.
- [13] 叶继华, 陈亚慧, 胡蕾. 基于多源数据融合的人脸识别研究 [J]. *系统仿真学报*, 2014, 26(7): 1554-1558.
- [14] 江成顺, 崔颖. 图像分割问题的梯度投影算法 [J]. *系统仿真学报*, 2013, 25(7): 1446-1450.
- [14] Preis Johannes, Mortiz Kessel, Martin Werner, *et al.* Gait recognition with kinect [C]// *1st International Workshop on Kinect in Pervasive Computing*, 2012.
- [15] Ball Adrian, David Rye, Fabio Ramos, *et al.* Unsupervised clustering of people from 'skeleton' data [C]// *Proceedings of the Seventh Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*. USA: ACM, 2012.
- [16] Ahmed Mohammed, Naseer Al-Jawad, Azhin Sabir. Gait recognition based on Kinect sensor [C]// *SPIE Photonics Europe*. Brussels, Belgium: International Society for Optics and Photonics, 2014.
- [17] Gianaria Elena, Balossino Nello, Grangetto Marco, *et al.* Gait characterization using dynamic skeleton acquisition [C]// *Multimedia Signal Processing (MMSp)*, 2013 IEEE 15th International Workshop on. USA: IEEE, 2013.
- [18] Chattopadhyay Pratik, Shamik Sural, Jayanta Mukherjee. Frontal Gait Recognition from Incomplete Sequences using RGB-D Camera [C]// (2014) *Information Forensics and Security*, IEEE Transactions on. USA: IEEE, 2014.

(上接第 2304 页)