

灰度共生矩阵在皮肤纹理检测中的应用研究

郭 航¹⁾ 霍宏涛²⁾

¹⁾(北京工业大学计算机学院, 北京 100124) ²⁾(中国人民公安大学信息安全工程系, 北京 102623)

摘 要 图像的纹理特征检测技术在互联网色情图像监测以及 Web 图像过滤等方面有着广泛的应用。通过阐述皮肤的纹理属性和纹理分析方法引出基于灰度共生矩阵的纹理检测技术,并且通过具体的实验给出了相关参数的取值,具体包括共生矩阵计算主要涉及的灰度级数和位移量,以及纹理特征度量值的选择。实验结果表明,反差和能量是区分皮肤区域和非皮肤区域的两个最佳纹理度量指标。

关键词 色情图像 纹理特征检测 灰度共生矩阵

中图法分类号: TP391 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-8961(2010)07-1074-05

Research on the Application of Gray Level Co-occurrence Matrix for Skin Texture Detection

GUO Hang¹⁾, HUO Hongtao²⁾

¹⁾(College of Computer Science, Beijing University of Technology, Beijing 100124)

²⁾(Department of Information Security Engineering, Chinese People's Public Security University, Beijing 102623)

Abstract Image's texture feature detection has many applications in the pornographic images monitoring and web images filtering. This paper described the methods of texture analysis and the texture characteristics of the skin, then gave the texture detection method based on gray level co-occurrence matrix. Through the experiments, the paper inferred the key parameters of the grey level number and the offset value in the grey level co-occurrence matrix computing. The experiment conclusion shows that contrast and energy are the best texture indexes which could distinguish the skin area and non-skin area.

Keywords pornographic images, texture feature detection, gray level co-occurrence matrix

0 引 言

图像的模式识别和分类,最基本的依据是图像的光谱特征和空间特征^[1]。一般情况下,应用灰度特征可以达到图像分类的目的,但在某些情况下,不同类别的物体因为某些因素的影响,灰度值会呈现完全相同的特征,而空间纹理特征的差别却很大。在色情图像中,人体的皮肤区域和非皮肤区域可能就会呈现这样的特点,有些非皮肤区域的灰度特征可能与皮肤区的灰度特征相似甚至相同。这样在色

情图像的识别检测系统中,就必须引入纹理特征,实现皮肤区域与灰度值相似的非皮肤区域的有效区分,进而提高色情图像识别的精度。本文重点对现有图像纹理特征提取技术进行了比较研究,并应用灰度共生矩阵法实现了对色情图像轮廓性高级语义特征的提取。

1 皮肤的纹理属性和纹理分析

从图像识别的角度看,在利用图像颜色光谱特征进行肤色检测基础之上,进一步引入纹理特征,必

基金项目:公安部应用创新项目(2006YYCXGADX069)

收稿日期:2010-01-26;改回日期:2010-03-26

第一作者简介:郭 航(1988—),男。2007年始在北京工业大学计算机学院计算机科学与技术专业本科在读。研究方向为网络研究。

E-mail: 821440793@qq.com

然能够大大减少图像背景区域被误判为皮肤区域的概率,提高色情图像识别监测的精度。实际上,纹理特征是利用了图像所固有的空间特征。

1.1 皮肤纹理属性

皮肤的纹理作为一种特殊的纹理,没有明显的纹理基元,无明显的周期性和方向性。真实的皮肤区域通常为光滑区域,没有明显的纹理特征,至少不存在明显的视觉可以感知的纹理特征^[2]。因此,图像中人体的皮肤区域由于皮肤的生理特征决定了其不存在可以感知和量化的纹理特征。与此相对应,在实验中被误判为皮肤区域的黄色衣物,甚至家具木料等物体具有明显的可以感知和量化的纹理特征。这些物体不具有平滑的特征,其纹理要远远粗于皮肤。因此,如果能够通过建立合适的纹理检测模型,将颜色光谱特征接近皮肤的上述物体的纹理特征有效量化和识别,就可以将其排除在皮肤区域之外,提高肤色检测的精度。

1.2 纹理分析方法

纹理分析是指通过一定的图像处理技术提取出纹理特征参数,从而获得纹理的定量和定性描述的处理过程^[1,3]。从系统实现的角度看,我们希望能够对表征物体纹理特征的一个或者几个指标进行量化表示,以便将这些指标的度量值应用到后续的识别检测过程中。纹理分析方法主要有 3 种,分别是统计分析方法、结构分析方法和频谱分析方法^[4-5]。

2 基于灰度共生矩阵的纹理检测技术

为了避免颜色值类似皮肤的像素被误判为皮肤像素,提高肤色检测的精度,必须在皮肤检测的基础上,通过对图像纹理特征的度量进一步判定可能的皮肤区域。在上述 3 种纹理分析方法中,结构分析法还未在实际应用中得到验证,频谱分析法则需要首先将图像变换到频率域,从而增加了系统处理的时间,故不适合在互联网色情图像检测等实时系统中应用。

统计分析方法比较适合于实时色情图像判定系统。在主要的统计分析方法中,简单统计特征分析方法过于简单,只是计算方差、对比度等特征,难以准确刻画图像的纹理,自相关函数则只能对图像的粗糙度进行表达。因此,应用灰度共生矩阵的纹理分析方法对肤色检测中初步判定为皮肤区

域的像素进行进一步判断。在具体实现中,需要考虑如下问题。

2.1 颜色空间分量的选择

由于灰度共生矩阵的操作对象为单波段灰度图像,无法直接对彩色图像进行操作。因此,需要考虑的第 1 个问题就是对选定的 YIQ(Y 表示亮度,I、Q 表示色度)或者 YUV(Y 表示亮度,U、V 表示色度)正交空间^[6]的哪个分量图像进行共生矩阵计算。由于亮度分量对肤色检测有贡献^[7],而且在肤色检测中已经充分利用了色度分量的颜色值信息,那么在纹理分析中就应该考虑亮度分量 Y 的应用。而且人眼对亮度分量的感知明显高于色度分量,灰度共生矩阵不仅反映亮度的分布情况,也反应具有同样亮度或相似亮度的像素之间位置分布特性。因此,最终选择对亮度分量图像进行共生矩阵的计算,以最大限度地利用图像本身所提供的光谱和空间纹理信息。

2.2 灰度共生矩阵计算公式中有关参数的选择

共生矩阵计算主要涉及两个关键参数的选择:一是灰度级数,灰度级数按照常规选择 8,图 1(b)的灰度共生矩阵为

0	0	0	0	0	0	0	0
0	38	96	13	2	0	0	0
0	53	274	181	33	1	0	0
0	24	119	404	299	34	2	0
0	6	15	260	963	260	32	0
0	0	0	35	256	513	136	0
0	0	0	2	28	149	190	0
0	0	0	0	5	4	5	14

二是灰度值对之间距离的选择,即位移量的选择。灰度共生矩阵需要统计 2 个相距一定距离的像素灰度值对出现的频率,因此,就需要设定两个像素位置之间的位移量。图 2 给出了不同方向距离为 1 的 4 种情况。

针对图 1 所示的两幅典型性皮肤图像和非皮肤图像,通过实验选择了几种不同数值的位移量: $D = 1, 2, 3$,结果如表 1 所示。可以看出,位移量 $D = 2$

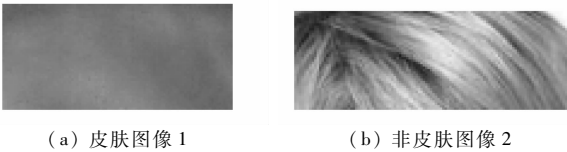


图 1 位移量实验图像

Fig. 1 Experiment images of offset values

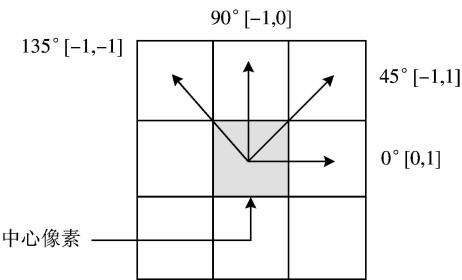


图 2 像素之间位移量的确定
Fig.2 Offset value between pixles

表 1 不同位移量纹理度量指标比较

Tab.1 Texture index comparison of different offset values

位移量 <i>D</i>	指标	图像 skin1	图像 nonskin2	指标差值 绝对值
1	反差	0.062 5	0.344 1	0.281 6
	相关性	0.836 7	0.886 9	0.050 2
	能量	0.562 0	0.123 7	0.438 3
	一致性	0.968 8	0.840 5	0.128 3
2	反差	0.086 3	0.640 6	0.554 3
	相关性	0.775 1	0.788 9	0.013 8
	能量	0.542 0	0.094 2	0.447 8
	一致性	0.956 8	0.760 3	0.196 5
3	反差	0.101 9	0.851 6	0.749 7
	相关性	0.736 6	0.719 1	0.017 5
	能量	0.529 2	0.093 6	0.435 6
	一致性	0.949 1	0.722 7	0.226 4

时结果最好,两幅图像纹理度量 4 个指标之间的差值最大,尤其是反差和能量两个指标的差值明显大于 $D = 1$ 时的差值。虽然 $D = 3$ 时的差值与 $D = 2$ 时的差值差别不大,甚至反差指标还略大于 $D = 2$ 的差值。但是,位移量越大,计算复杂度就越高,这些代价大于所带来的两者之间细微的差值。因此将 D 的取值设定为 2。需要指出的是,由于颜色接近皮肤的物体纹理在图像中没有明显的方向性,所以没有对方向性进行实验验证。

表 2 反差值皮肤图像与非皮肤图像对比

Tab.2 Contrast value comparison between skin images and nonskin images

	skin1/nonskin1	skin2/nonskin2	skin3/nonskin3	skin4/nonskin4	skin5/nonskin5	平均值	最大值	最小值
皮肤区	0.086 3	0.138 4	0.138 4	0.101 2	0.238 6	0.140 58	0.238 6	0.086 3
非皮肤区	0.563 7	0.640 6	0.452 9	1.342 8	0.861 8	0.772 36	1.342 8	0.452 9

2.3 纹理特性度量值的选择

共生矩阵反映了像素间关于方向、相邻间隔和变化幅度的信息^[8-9]。常用度量值包括局部一致性、反差、能量和相关性等 4 项指标,但对于一个网上色情图像实时识别监测系统而言,将 4 项指标都加以计算,显然会降低系统响应速度。所以,通过实验对皮肤区域和接近皮肤的非肤色区域进行了指标比较,试图从中选取 1~2 个代表性的指标。这些指标能够明显区分皮肤区域和非皮肤区域。实验从样本图像库中精心选取了 100 幅典型皮肤区域图像和 100 幅典型非皮肤区域图像,包括黄色毛发、草地和水果等不同背景图像。图 3 所示给出了其中的 10 幅图像。skin1—skin5 是 5 幅皮肤图像,nonskin1—nonskin5 是 5 幅分别从与 skin1—skin5 相同的原始图像中裁剪得到的典型性非皮肤区域图像。

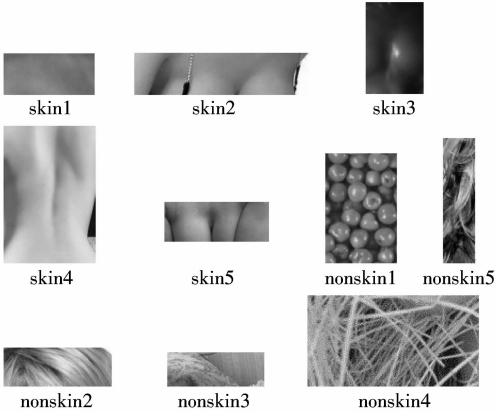


图 3 纹理特性度量值实验图像

Fig.3 Experiment images of texture index

实验结果如表 2—表 5 所示,依次是反差、相关性、能量和局部一致性等 4 个指标的原始统计结果。为了便于分析比较,将表 2—表 5 中的平均值、最大值和最小值等 3 项指标重新制表并增加差值计算后得到表 6。

由表 6 可以看出,反差和能量两个指标平均值的差值最大,尤其是反差的差值达到了 0.65。因此,反差和能量两个指标作为反映皮肤区域和非皮肤区域的整体轮廓性纹理度量指标最为合适。在肤

表 3 相关性值皮肤图像与非皮肤图像对比

Tab.3 Correlation value comparison between skin images and nonskin images

	skin1/nonskin1	skin2/nonskin2	skin3/nonskin3	skin4/nonskin4	skin5/nonskin5	平均值	最大值	最小值
皮肤区	0.775 1	0.943 6	0.937 7	0.954 3	0.891 3	0.900 4	0.954 3	0.775 1
非皮肤区	0.751 3	0.788 9	0.694 2	0.572 2	0.783 2	0.717 96	0.788 9	0.572 2

表 4 能量值皮肤图像与非皮肤图像对比

Tab.4 Energy value comparison between skin images and nonskin images

	skin1/nonskin1	skin2/nonskin2	skin3/nonskin3	skin4/nonskin4	skin5/nonskin5	平均值	最大值	最小值
皮肤区	0.542 0	0.229 1	0.295 6	0.258 9	0.195 0	0.304 12	0.542 0	0.195 0
非皮肤区	0.126 2	0.094 2	0.187 2	0.063 9	0.065 1	0.107 32	0.187 2	0.063 9

表 5 局部一致性值皮肤图像与非皮肤图像对比

Tab.5 Homogeneity value comparison between skin images and nonskin images

	skin1/nonskin1	skin2/nonskin2	skin3/nonskin3	skin4/nonskin4	skin5/nonskin5	平均值	最大值	最小值
皮肤区	0.956 8	0.947 1	0.937 9	0.956 7	0.903 2	0.940 34	0.956 8	0.903 2
非皮肤区	0.779 1	0.760 3	0.819 0	0.656 0	0.722 3	0.747 34	0.819 0	0.656 0

表 6 基于灰度共生矩阵的纹理度量指标比较

Tab.6 Texture index comparison based on gray level co-occurrence matrix

度量指标	图像类型	平均值	最大值	最小值	平均值差值
反差	皮肤	0.140 58	0.238 6	0.086 3	0.646 44
	非皮肤	0.772 36	1.342 8	0.452 9	
相关性	皮肤	0.900 4	0.954 3	0.775 1	0.182 44
	非皮肤	0.717 96	0.788 9	0.572 2	
能量	皮肤	0.304 12	0.542 0	0.195 0	0.196 80
	非皮肤	0.107 32	0.187 2	0.063 9	
局部一致性	皮肤	0.940 34	0.956 8	0.903 2	0.191 78
	非皮肤	0.747 34	0.819 0	0.656 0	

色检测基础上,通过对初判为皮肤区域的局部图像进行这两个轮廓性指标的计算和比较,能够有效将类似皮肤区域,如毛发、草地等物体排除,提高皮肤区域识别的精度。在此基础上,需要考虑阈值的设定,即在计算得到皮肤区域和类似皮肤区域的这两个指标后,如何判定该区域是否为真正的皮肤区域或者非皮肤区域。通过表 6 可以看出,反差指标皮肤区域最大值为 0.24,而非皮肤的最小值都达到了 0.45。因此,取反差阈值为 0.3,如果某个初判皮肤区域的反差指标超过 0.3,则认为是类似皮肤的物

体构成的区域,将其从皮肤区域中排除。能量指标皮肤区域最小值为 0.2,而非皮肤区域的最大值仅为 0.19,因此,取能量阈值为 0.19,如果某个初判皮肤区域的反差指标小于 0.19,就将其从皮肤区域中排除。

3 结 论

肤色检测是判定一幅图像是否属于色情图像的第一道“关口”。如果一幅图像被肤色检测模型判定为皮肤像素的数量低于规定阈值,则该图像会被视为正常图像予以放行,否则转入后续判断处理。但是,由于黄色毛发、衣物等类似皮肤颜色的物体的存在,会影响肤色检测的结果,造成一定面积的非皮肤区域被误判为皮肤区域,使得皮肤面积高于阈值,从而增加色情识别监测系统后续的工作量,降低实时响应的速度。因此,基于灰度共生矩阵的轮廓性特征在解决类似皮肤颜色物体的误判上具有很大的作用。这些特征指标计算并不复杂,但却具有非常好的甄别皮肤区域和类似皮肤区域的能力。因此,本文根据灰度共生矩阵的相关理论,通过对 200 幅样本图像(含皮肤和类似皮肤区域两类)灰度共生矩阵和纹理度量指标的计算和比较,确定了最佳的计算参数和轮廓性度量指标,取得了很好的实验效果。

参考文献 (References)

[1] Huo Hongtao. Digital Image Processing [M]. Beijing: China Machine Press, 2003: 195-206. [霍宏涛. 数字图像处理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003: 195-206.]

[2] Liu Dazhi. Research and Design of Image Filtering System Based on Content [D]. Zhengzhou: Institute of Electronic Technology Information Engineering University, 2005. [刘达志. 基于内容的敏感图像过滤系统研究与设计[D]. 郑州: 解放军信息工程大学, 2005.]

[3] Zhang Yujin. Image Engineering—Image Process and Analysis [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1999: 73-81. [章毓晋. 图像工程(上册)——图像处理和分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999: 73-81.]

[4] Ruan Jiuzhong. Research on Nonplanar Measurement of Surface Roughness Based on Texture Index from Grey Level Co-occurrence Matrix [D]. Yantai: Yantai University, 2009. [阮久忠. 基于灰度共生矩阵纹理参数的非平面表明粗糙度研究[D]. 烟台: 烟台大学, 2009.]

[5] Yang Xiujuan. The Research on Texture-Based Image Retrieval [D]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology, 2009. [杨秀娟. 基于纹理特征的图像检索研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2009.]

[6] Tao Linmi, Xu Guangyou. The color problem and its application in the machine vision [J]. Chinese Science Bulletin, 2001, 46 (3): 178-207. [陶霖密, 徐光佑. 机器视觉中的颜色问题及应用[J]. 科学通报, 2001, 46 (3): 178-207.]

[7] Chen Duansheng, Liu Zhengkai. A survey of skin color detection [J]. Chinese Journal of Computers, 2006, 29 (2): 194-207. [陈锻生, 刘政凯. 肤色检测技术综述[J]. 计算机学报, 2006, 29 (2): 194-207.]

[8] Chen Bingquan, Liu Hongli. Image retrieval system based on the combination color texture and shape characteristics [J]. Journal of Hunan University of Arts and Science: Science and Technology, 2009, 21 (4): 67-70. [陈炳权, 刘宏立. 基于颜色纹理和形状特征相结合的图像检索系统[J]. 湖南文理学院学报: 自然科学版, 2009, 21 (4): 67-70.]

[9] Christoph Palm. Color texture classification by integrative co-occurrence matrices [J]. Pattern Recognition, 2004, 37 (5): 965-976.