

文章编号: 1001 - 9081 (2004) 12Z - 0210 - 02

基于 HSI 空间的肤色检测方法

丁海波, 薛 质, 李生红
(上海交通大学 信息安全工程学院, 上海 200030)

(dinghaibo@sjtu.edu.cn)

摘 要: 介绍了几种用于肤色检测的色彩空间, 提出了一种基于 HSI 空间通过使用阈值分割结合中值滤波的肤色检测方法。实验结果表明, 该方法能达到准确的肤色检测效果。

关键词: 肤色检测; 色彩空间; HSI 阈值分割; 中值滤波

中图分类号: TP391.41 文献标识码: A

在众多的图像信息监管技术中, 模式识别是使用最为广泛的技术之一。模式识别的关键是图像特征的提取, 其中包括轮廓提取, 肤色提取和基于语义提取等, 这些都是当前研究中的热点和难点。

本文提出了一种新的肤色提取方法, 从分析色彩空间即色彩坐标系入手, 通过对常用于人体肤色检测的各种色彩空间进行介绍和比较, 选择出一种较适合于图像信息监管的 HSI 空间作为肤色检测空间, 并且通过基于阈值的分割方法结合使用中值滤波达到对肤色较好的检测效果。

1 常用的肤色检测色彩空间

对于彩色图像, 有许多不同的坐标系可以用来表示色, 典型常用的如 RGB 色系坐标系、YUV 色系坐标系、HSI 色系坐标系等。

1.1 RGB 色系坐标系

这是最常见的色系坐标系。国际照明委员会 (CIE) 选择红色 (波长 700.0nm)、绿色 (波长 546.1nm)、蓝色 (波长 435.8nm) 三种单色光作为表色系统的三基色, 这就是 RGB 色系坐标系。一般摄像系统都采用 RGB 色系坐标系, 通常, 图像的颜色也用这一色系坐标系表示。一般地, 以 RGB 色系坐标系为基础描述其他色系坐标系, 将其他色系坐标系的基色描述为 RGB 三色的线性或者非线性函数。

1.2 YUV 色系坐标系

该坐标系是彩色电视体系的彩色表示体系, 它将颜色的三维分量分解成亮度和色差信号。

在彩色空间的 YUV 表示法中:

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.147 & -0.289 & 0.436 \\ 0.615 & -0.515 & -0.106 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

其中, Y 表示颜色的亮度信息, U 和 V 为色差信号。人眼对于亮度信号非常敏感, 而对色差信号的敏感程度相对弱得多, 也就是说, 图像的主要信息包含在 Y 分量中。

对于该坐标系, 下面表达式给出的模值 C_h 和相位角 θ , 分别代表了色彩的色饱和度及色调。 C_h 体现了 R、G、B 的值的大小, 而 θ 则体现了 R、G、B 三者的比例。

$$C_h = \sqrt{U^2 + V^2}$$

$$= \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{U}{V} \right)$$

1.3 HSI 色系坐标系

从人的视觉系统看, 色彩可用色调、饱和度和亮度来描述。人眼看到的任一彩色光都是这三个特性的综合效果, 这三个特性可以说是色彩的三要素。HSI 色系坐标系就是基于色调 H (Hue)、饱和度 S (Saturation) 和亮度 I (Intensity) 三坐标轴构成的三维颜色空间, 该空间直接对应着人眼视觉的上述三要素。该三要素具体说明如下: 色调 H 是从物体反射或透过物体传播的颜色, 在 $0^\circ \sim 360^\circ$ 的标准色轮 (如图 1 所示) 上是按位置度量的。在通常的使用中, 色调是由颜色名称标识的, 比如红、橙或绿色。饱和度, 有时也称彩度, 是指颜色的强度或纯度。饱和度表示色调中灰成分所占的比例, 用从 0% (灰色) 到 100% (完全饱和) 的百分比来度量。在标准色轮上, 从中心向边缘饱和度是递增的。亮度是颜色的相对明暗程度, 通常用从 0% (黑) 到 100% (白) 的百分比来度量。

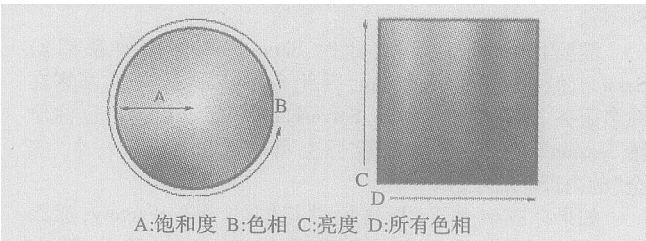


图 1 标准色轮

HSI 空间与 RGB 空间存在下述转换关系:

$$I = (R + G + B) / 3$$

$$S = 1 - \frac{1}{I} \min(R, G, B)$$

$$H = \begin{cases} G \geq B \\ 2 - \frac{R - G}{R - B} & G < B \end{cases}$$

其中:

$$= \arccos \left\{ \frac{I(R - G) + (R - B)I/2}{(R - G)(R - G) + (R - B)(R - G)} \right\}$$

2 基于 HSI 空间的阈值分割肤色检测技术

肤色是人体图像检测的重要图像特征之一。人体肤色实际上是血 (红色) 和黑色素的一个组合 (黄色、褐色)。视觉

上,人体肤色受光照、视觉角度、肤色本身的血和黑色素的组合程度等因素影响,有一定的限制范围^[1]。

就人体肤色检测而言,通常,肤色定位方法的关键是寻找一个合适的色系坐标系并在该坐标系下采取一定的措施及事先规定的肤色阈值提取肤色像素点。在 RGB 色系坐标系下,皮肤的三色素中通常仅有红色较明显,具有较大的数值,但由于肤色不能单独用红色来确定,还需要兼顾绿色及蓝色,而这样做一般又不易找到肤色的共性,所以,通常不使用该色系坐标系直接检测皮肤。YUV 和 HSI 色系坐标系可以用来检测肤色^[2,3],其中 HSI 色系坐标系由于直接对应着人眼视觉的色调、饱和度和亮度三要素,利用该坐标系可以大大简化图像分析和处理的工作量,所以在肤色检测方面更受青睐。当然,也有其他坐标系用来表示色并用来进行肤色检测,如 KL 坐标系^[4],但由于它们存在计算量较大等不足,所以一般不用。

鉴于上述原因,我们提出了在 H、S、I 因素的基础上利用阈值分割的方法来确定肤色区域。研究表明,在 HSI 空间上肤色信息具有如下的特点:在色调信息上,它包括一个比较宽的阈值范围,从红色到棕黄色,都有可能是肤色;亮度信息上,由于人的肤色是略显黄白色,因而具有较高的亮度值;在饱和度信息上,肤色的饱和度值占据一个更宽的阈值范围。此外,研究也表明,H 空间具有不随亮度、对比度而发生变化的优点,这一点对于肤色提取是很有用的,但是 H 空间会将其他颜色混杂其中,受到彩色噪声的干扰,使分割肤色区域出现一些困难,而 S、I 空间上的信息对分割结果也有较大的影响。这意味着在 HSI 空间不能单纯依靠 H 数值来确定肤色区域,而应考虑 S 和 I 的因素,以便使肤色区域提取效果更好。此外,正如前面所述,在 RGB 色系坐标系下,皮肤的三色素中通常仅有红色具有较大的数值。鉴于此,我们综合考虑 H、S、I、R 四方面的因素进行肤色区域初步提取,具体步骤如下:

- 1) 鉴于图像中的象素都是以 RGB 数值表示的,所以在使用 HSI 空间进行肤色提取前,首先将图像从 RGB 空间表示转换为 HSI 空间表示;
- 2) 根据预先确定的 H 的阈值找出符合肤色特点的区域。通过对大量图像的分析,发现该阈值范围确定为 (0 ~ 1.6) (5.6 ~ 2) 时提取效果相对较好;
- 3) 根据预先确定的 S 和 I 的阈值对已确定的区域进行进一步的优化。大量图像的分析结果表明,当 $I > 100, 0.1 < S < 0.88$ 作为阈值时,提取效果较佳;
- 4) 根据预先确定的 R 的阈值对已确定的区域再次进行优化并输出二值黑白图像。我们的图像分析结果表明,当 $R > 240$ 作为阈值时,提取效果较佳。

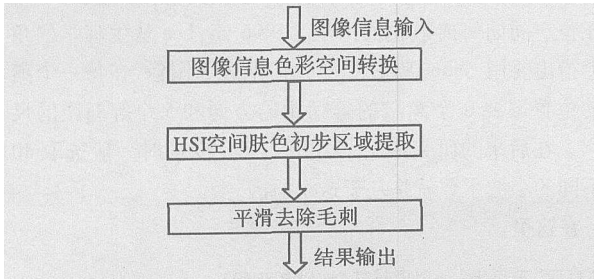


图 2 人体肤色区域提取流程

然而,在上述操作后,我们又发现,由于前面是对图像进行逐个象素的处理,因此在处理后的图像中会出现一些分布

广泛的毛刺(即杂散点)。而实际上,图像中的肤色区域中,这种杂散点通常较少。为了较好地去除毛刺,我们使用了中值滤波进行处理,通过计算每个点周围的象素的不同黑点和白点的个数,对黑白图像进行平滑。

3 实验结果与分析

根据上述提出的肤色提取方法,我们对大量图像进行了处理,图 3 所示是其中的一个实例。

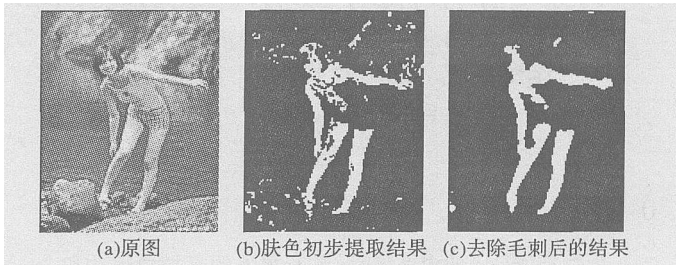


图 3 肤色检测结果

从上面的例子可以看到,图像中主要的肤色部位都能检测出来,但也有一小部分明显的非肤色区域被判作为肤色区域,这是因为阈值的取值问题,使得一些背景由于光照、拍摄角度等不同的原因显示出类似肤色的颜色。但总体来说,通过实验的方法确定的阈值还是比较可靠准确的,能够对绝大部分的图像作出较好的检测。

为了进一步验证本方法的效果,我们在从互联网上收集的人体图片中选取了大量不同光照、不同环境下的图片对之进行处理。结果表明本方法具有很大的通用性,对于无论是室内还是室外的图片,尽管在不同的图片中光照程度的变化相当大,但是由于采取了一个较为恰当的阈值,保证了肤色区域能够被提取出来。虽然这样做的同时也有少量非肤色的区域由于颜色跟肤色相近而被提取出来,但是本方法从根本上来说已经满足了要求,基本上达到了快速准确的效果。

4 结语

本文提出了一种基于 HSI 空间的阈值分割结合中值滤波的肤色检测方法,通过考虑众多与肤色相关的因素,能较好地区分图像信息中的肤色与非肤色区域。大量的实验也表明了该方法的有效性,但是其中也有少量非肤色的区域被当作肤色提取出来,这是目前任何一种肤色提取方法所不能解决的。由于在一幅图像中,视觉上有一定差异的颜色通过一定的方法总可以区分出来,因此下一步的工作是引入图像纹理以及改进的过滤算法,以达到最佳的肤色检测效果。

参考文献:

- [1] FORSYTH DA, FLECK MM. Automatic detection of human nudes [J]. International Journal of Computer Vision, 1999, 32 (1).
- [2] 姚鸿勋,刘明宝,高文,等. 基于彩色图像的色系坐标变化的面部定位和跟踪法 [J]. 计算机学报, 2000, 23 (2): 158 - 165.
- [3] 韩宏,王鹏,唐振民,等. 彩色图像中复杂背景的多人脸检测 [J]. 南京理工大学学报, 2001, 25 (6).
- [4] 周宗恒,韩懿,高艳芳. 基于 KL 肤色的人脸初定位 [J]. 计算机工程, 2001, 27 (4).