基于 RGB 模型颜色相似性的彩色图像分割①

杨康叶, 邬春学

(上海理工大学 光电信息与计算工程学院, 上海 200093)

摘 要: 图像分割是图像处理的重要步骤, 由于彩色图像含有的信息比灰度图像还多, 因而对彩色图像分割的研究越来越受到人们的关注. 提出一种新的基于 RGB 空间颜色相似性的彩色图像分割方法. 首先比较各种颜色模型的优势与不足, 然后根据 RGB 颜色空间的颜色信息和亮度信息提出一种计算在 RGB 空间下颜色相似性的方法, 再结合提出的图像颜色分量计算方法, 从而形成颜色分类地图, 最后根据颜色分类图进行像素划分, 得到分割结果. 实验在 Matlab 平台上进行, 结果表明: 对于颜色分明的图像, 该算法准确性高, 有较好的健壮性和较低的计算复杂度, 能很好应用在图像前景与背景分割应用上.

关键词: 图像分割; 颜色相似性; 颜色分量; 颜色分类地图; Matlab

Color Image Segmentation Based on Color Similarity of RGB Model

YANG Kang-Ye, WU Chun-Xue

(School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: The research of color image segmentation attracts more and more people's attention for color image has more information than gray image. In this paper, a novel color image segmentation method is proposed based on color similarity in RGB color space. According to the color and luminance information in RGB color space, the dominant color is determined firstly; then a scale invariant and semantic mathematic model, called SIMILATION, is exploited to calculating color similarity, and Combined with the proposed calculations method of color component, which creates a color-class map. Finally, the information of the corresponding color-class map is utilized to classify the pixels. Experimental results clearly show that the proposed color similarity based color image segmentation algorithm is accurate, robust with low computational complexity.

Key words: image segmentation; color similarity; color component; color-class map; Matlab

随着计算机技术、网络技术以及数学理论的不断发展, 数字图像处理的研究成果已被广泛应用在航天航空等各个领域 中. 其中, 图像分割是数字图像处理的一个重要组成部分; 图像分割就是把图像分成若干个特定的、具有独特性质的区域并提出感兴趣目标的技术和过程. 图像分割可分为灰度图像分割和彩色图像分割, 与灰度图像相比, 彩色图像不仅包含亮度信息, 还包含颜色信息, 如色调和饱和度. 借助色彩信息, 对彩色图像分割可以很快地得到分割结果, 因为人眼可以识别成千上万种颜色. 因此, 对于彩色图像分割的研究有其必要性, 其应用前景十分广阔.

目前彩色图像分割方法有基于直方图阈值法、基于区域方法、模糊聚类分割方法、边缘检测方法等[1-4],这些方法通常要结合不同的颜色空间[5,6]. 文献[7]根据 HIS 模型的特点, 利用 H 分量和 S 分量来建立亮度信息, 对亮度信息采用动态阈值提取出精确的前景. 结果表明该方法对噪声和光线的变化有较强的鲁棒性,但颜色空间从 RGB 到 HIS 的转换增加了计算量. 文献[8]根据 RGB 空间三个分量之间的关系对交通标志进行分割, 该方法计算简单、鲁棒性强、便于实时处理; 但在分割

① 基金项目:国家自然科学基金(61202376)

收稿时间:2012-08-31;收到修改稿时间:2012-09-29

© 中国科学院软件研究所 http://www.c-s-a.org.cn

前需要进行大量的实验以获取这三个分量的对比关系. 所以, 对彩色图像进行分割, 首先是选择合适的颜色空间, 然后再选择合适的分割方法.

影响彩色图像分割效果的因素有很多, 其中重要因素是光线变化. 图像由于受到光线的影响而使得图像表现颜色发生变化, 如果仅考虑颜色信息而不考虑亮度信息则会导致分割不精确. 因此, 一般彩色图像分割通常要结合颜色信息和亮度信息.

本文在参考前人研究工作的基础上, 提出一种新的 RGB 颜色空间与颜色相似性的分割方法. 该方法主要改进文献[9]中提出的算法, 该方法可以处理其当中无法处理的颜色值, 在不转换颜色空间的情况下有良好的分割效果.

1 颜色模型的选择

1.1 RGB 彩色模型

RGB 空间主要是由红(Red)、绿(Green)、蓝(Blue)三基色来表示, 其他颜色则是由这三分量按照一定的比例关系组成. RGB 模型可用笛卡尔坐标系统来表示, 如下图 1 所示. 3 个轴分别为 R、G、B, 这个三维空间的任意一点都是由这三个分量亮度值组成, 亮度值限定在[0,1].

在 RGB 颜色空间中, 这三个分量是高度相关的, 只要亮度改变, 三个分量都会相应改变; 而且, 由于 RGB 是一种很不均匀的颜色空间, 所以两种颜色之间的知觉差异(色差)不能表示为该颜色空间中两点间的距离. 所以在图像分割中, 经常将 RGB 颜色空间转换成其他的颜色空间, 如 HSI、HSV、CIE、Lab 等.

1.2 HSI 彩色模型

HSI 模型是由 Munsell 提出来的, 适合人类视觉特性的色彩模型. 其中 H(色度)表示不同的颜色; 而 S(饱和度)表示颜色的深浅; I(亮度)表示颜色的明暗程度. 这个模型有两个重要的特点: (1) I 分量与图像的彩色信息无关; (2) H 和 S 分量与感受的方式是紧密相联. 人们通常利用这两个特性对彩色区域分割, 分割效果良好. 其空间模型如上图 2 所示.

从 RGB 到 HSI 转换的公式(几何推导法)如下(1):

$$H=\begin{cases}\theta, & G\ge B\\ 2\pi-\theta, & G<B\end{cases} \text{当}\ \theta=\cos^{-1}\left(\frac{(R-G)+(R-B)}{2\sqrt{(R-G)^2+(R-B)(G-B)}}\right)$$

$$I=\frac{R+G+B}{3} \tag{1}$$

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

从转化公式(1)来看, 由 RGB 模型向 HIS 模型需要较多的计算量, 而且从公式可以看出来, 如果亮度 I 为零, 饱和度 S 就没有意义; 如果饱和度 S 为零, 色调 H 就没有意义. 在转化为 HIS 模型时, 色调 H 会产生一个无法消除的奇点[10], 奇点可能会引起其附近的色调值在数值上的不连续, 在图像处理时会导致低饱和度的像素点被忽略, 影响分割效果[7]. 本文为了减少空间转换计算量, 选择在 RGB 颜色空间对进行图像分割.

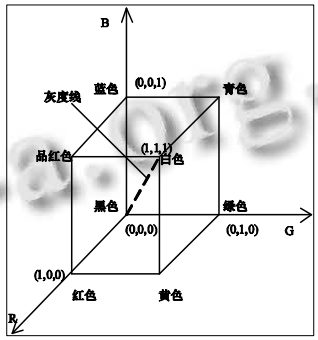

图 1 RGB 颜色模型

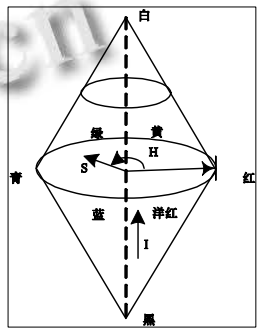

图 2 HIS 空间模型

2 算法描述

2.1 颜色相似性的计算

首先引入文献[9]当中一个计算颜色相似性的尺度不变性的语义数学模型-SIMILATION. 设定一个集合 $S=\{V_1,V_2,V_3\ldots V_n\}$, SIMILATION 则定义为集合 中的调和均值与算术均值的比例. 其中调和均值、算术均值和 SIMILATION 的计算如(2)(3)(4)所示[9].

$$Harmonic\ Mean\,(\text{调和均值})=\frac{n}{\frac{1}{V_1}+\frac{1}{V_2}+\frac{1}{V_3}+\ldots+\frac{1}{V_n}} \tag{2}$$

$$Arithmetric\ Mean\,(\text{算术均值})=\frac{V_1+V_2+V_3+\ldots+V_n}{n} \tag{3}$$

$$SIMILATION=\frac{Harmonic\ Mean}{Arithmetic\ Mean}$$

$$=\frac{\dfrac{n}{\frac{1}{V_1}+\frac{1}{V_2}+\frac{1}{V_3}+\ldots+\frac{1}{V_n}}}{\dfrac{V_1+V_2+V_3+\ldots+V_n}{n}}$$

$$=\frac{n^2}{(V_1+V_2+V_3+\ldots+V_n)\times\left(\frac{1}{V_1}+\frac{1}{V_2}+\frac{1}{V_3}+\ldots+\frac{1}{V_n}\right)} \tag{4}$$

从概念上得知 SIMILATION 代表的是一组值的相似水平, 取值范围从正无穷小到 1. 当 SIMILATION 的

© 中国科学院软件研究所 http://www.c-s-a.org.cn

值为 1 时，表明该组里面的值都是一样大小；而当它的值不等于 1 时，表明该组里面的值是不相同的(值的多样性)，因此可以用 SIMILATION 来描述一组值的相似性，因为低相似性等价于高多样性.

注意到: SIMILATION 是尺度不变性，从比例关系来看是反映多样性. 从表 1 可知，只要集合里面的数据比例关系没有发生变化，那 SIMILATION 仍是一个常量. 标准差也是一个描述集合数据相似性的方面，尽管比例关系不变，但标准差发生变化. 特别地，将 SIMILATION 这个概念应用到 RGB 空间中，同时按照同等程度缩小或发大 R,G,B 值与色彩空间的亮度变化等价. 因此，在颜色分割中可以用规模不变性来获得亮度不变性.

表 1　规模不变性的 SIMILATION

集合 S	SIMILATION	标准差
{2,4,6}	0.8182	1.1
{20,40,60}	0.8182	11
{200,400,600}	0.8182	110

计算颜色相似性步骤:

(1) 对于两组颜色 (R_1,G_1,B_1) 和 (R_2,G_2,B_2)，其中 (R_1,G_1,B_1) 最为参考颜色，(R_2,G_2,B_2) 作为有关颜色，按照公式(5)计算 (R_0,G_0,B_0)[9].

(2) 然后用 (R_0,G_0,B_0) 代替公式(4)中的 (V_1,V_2,V_3) 来计算 SIMILATION.

$$(R_0,G_0,B_0)=\left(\frac{R_1}{R_2},\frac{G_1}{G_2},\frac{B_1}{B_2}\right) \tag{5}$$

从公式(4)可知 中任意一个值都不能为 0，则公式(5)中计算的两组颜色值的任意一个分量值都不能为 0. 从 RGB 模型坐标系可知，有些颜色是由三个分量中的两个分量或是一个分量组成的，如黄色(255,255,0)，那么公式(5)就无法使用.

对于 RGB 颜色空间中任意一个颜色，当看到该颜色是红色时，则表明该颜色的三个分量中红色分量相对于其他两个分量都要大；而看到颜色是黄色时，则表明蓝色分量相对于其他两个分量都要小，而且其他两个分量的差距较小. 为了可以处理这种含有 0 值的颜色，将计算颜色相似性方法进行以下的改正:

(1) 按照一定的规则(在算法的提出中说明)选定一个参考颜色，该参考颜色的三分量值不能为 0;

(2) 在计算颜色相似性时，先判断有关颜色 的三分量是否含有 0 值，没有的就按照计算颜色相似性步骤进行计算;

(3) 如果有关颜色的三分量含有 0 值的，按以下处理:

1) 对于颜色(R,G,B)三分量中只有一个分量值为 0 的，如(R,G,0). 判断(R-B)值是否为正数，值为正数的则表示该颜色呈现为红色；否则是呈现为绿色. 同样，其他类似的颜色组合也可以按照该方法来计算.

2) 对于颜色(R,G,B)三分量中有两个分量值为 0 的，如颜色(R,0,0). 对于颜色(R,0,0)可以直接得知该颜色呈现为红色. 同样地，颜色(0,G,0)和(0,0,B)则分别呈现为绿色和蓝色.

3) 对于黑色(0,0,0)不做任何的计算.

最后将该结果与参考颜色进行对比，属于同一色系就表明两种颜色是相似的.

表 2　亮度与颜色相似性

(R_2,G_2,B_2) 参考颜色	(R_1,G_1,B_1) 有关颜色	(R_0,G_0,B_0)	颜色相似程度	备注
(120,20,20)	(240,40,40)	(2,2,2)	100%	亮度发生变化
(120,20,20)	(240,80,80)	(2,4,4)	90%	亮度发生变化但颜色相似性相等
(240,40,40)	(240,80,80)	(1,2,2)	90%	
(240,40,40)	(240,20,0)	(1,0.5,0)	--	两种颜色都表现为红色

从表 2 看到 SIMILATION 能很好测量两组颜色的相似性. 表中的第一行，其结果 SIMILATION 值为 1，两组颜色只是在亮度上不一样，但 (R_0,G_0,B_0) 之间的值是相等的；而如果两组颜色在色调上不相等的(亮度也不相同)，但 SIMILATION 也能计算出来他们的相似性系数，如表中的第二行和第三行；表中最后一行则利用改进的计算方法来计算这两组颜色是否相似.

2.2 算法的提出

通过以上的分析，本文提出的基于 RGB 模型的彩色图像分割方法流程图如图 3 所示.

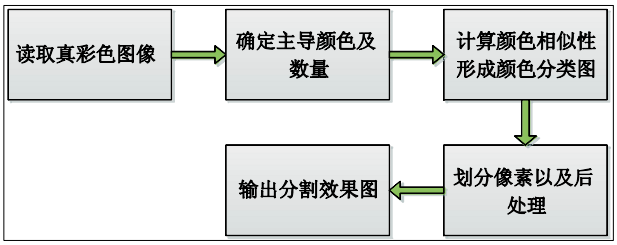

图 3　本文算法流程图

© 中国科学院软件研究所 http://www.c-s-a.org.cn

实现方法按照以下步骤:

1) 对读取的 RGB 彩色图像确定主导颜色值以及数量

主导颜色(即参考颜色)的确定是根据分割的需要. 本文主要研究前景与背景的分割, 因此确定两种主导颜色即可.

读取一幅真彩色图像(假设图像尺寸的大小是 m*n*3, RGB 空间), 计算图像里每一种颜色出现的概率时, 让出现每一种颜色的数量值作为函数值, RGB 分量作为变量, 找出出现的前两个最大的概率的颜色并作为主导颜色. 计算方法如下: 1) 按照行的方式扫描图像, 将首先扫描到的颜色值保存下来, 保存格式是(R,G,B), 并将数量置为 1; 2) 然后将后面扫描到的颜色值与前面保存下来的颜色值比较, 如果 RGB 这三个分量相等, 则将该颜色的数量加 1; 否则保存下来并将数量置为 1. 按照该方法扫描并处理完毕就可以得出图像里每个颜色的数量, 比较数量的大小即可得出是哪些颜色是主导颜色. 如果主导颜色的 RGB 三分量的当中一个分量为 0, 那么就将该分量的值加 1.

2) 计算 SIMILATION 值并形成颜色信息图

根据改正过的计算方法分别计算每一个颜色和两种主导颜色相似性. 有两种情况: ① 对于 RGB 三分量中不含有 0 值的计算出来的 SIMILATION 值有两个, 分别代表的是与这两种主导颜色相似性程度. 比较这两个相似性系数大小, 相似性系数最大的就划分到相应的主导颜色的集合中. ② 对于 RGB 三分量当中含有 0 值的情况, 则是判断每种颜色与两种主导颜色的最终显示的颜色分量是否相似, 相似的就划分到对应的集合中. 最终形成一个颜色聚类图.

3) 划分像素并输出结果

根据像素的颜色以及颜色聚类图, 将像素点划分到这两类当中的一类, 图像前景与背景分割完毕.

3 实验结果及分析

本文选取三幅彩色图像在 matlab7.0 平台上进行实验. 实验效果如下图 4 所示.

这三组图像按照本文算法能很好将前景与背景分割开来. 这三组图像按照本文算法能很好将前景与背景分割开来. 图 4(a)组中间一幅是提取出来的前景, 最后一幅是提取出来的背景, 提取边缘清楚, 分割效果良好. 图 4(b)看到, 原始图像中颜色差异大, 提取出来的前景中有很小的一部分由于被遮挡显示为黑色, 由于在算法中做了处理, 所以没有被错误分割, 分割效果也良好. 图 4(c)原始图像含有少量的纹理信息, 天空白云繁多, 但不影响分割.

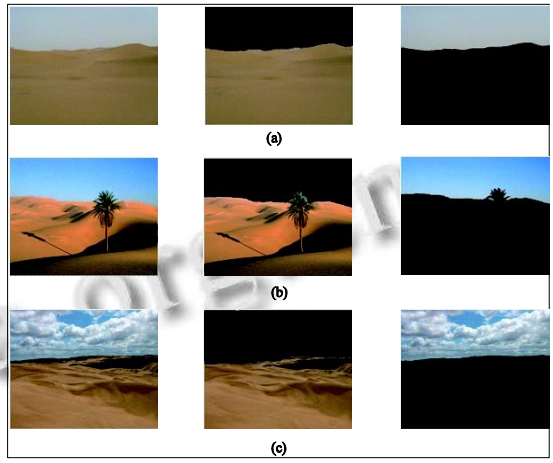

图 4 图像分割结果(上图从左到右分别是原图, 分割后的前景图, 分割后的背景图)

4 结语

本文提出一种新的基于颜色相似性的彩色图像分割算法. 首先确定主导颜色, 然后利用一个同时考虑 RGB 颜色空间中的色调和亮度, 称为 SIMILATION 的数学模型计算颜色相似度, 再结合提出图像颜色分量的计算方法, 从而形成颜色分类地图, 最后根据颜色分类地图进行像素划分. 实验结果表明: 该方法对亮度变化有较好的鲁棒性和较低的计算复杂度. 但本算法也存在不足的地方, 例如前景背景的分割可能会将前景的区域分割到背景区域中去, 因此对某一类图像需要精确的分割的还需要结合其他的方法进行处理.

参考文献

1 林开颜,吴立军,徐立鸿.彩色图像分割方法综述.中国图像图形学报,2005,10(1):1–10.

2 Lopes NV, Bustince H, Melo-Pinto P, Pedro AM. Automatic histogram threshold using fuzzy measures. Image Processing, 2010,19(1):199–204.

3 Peng B, Zhang L, Zhang D. Automatic image segmentation by dynamic region merging. Image Processing, 2011,20(12): 3592–3605.

4 Celenk M. Colour image segmentation by clustering. Computers, 1991,138(5):368–376.

(下转第 160 页)

© 中国科学院软件研究所 http://www.c-s-a.org.cn

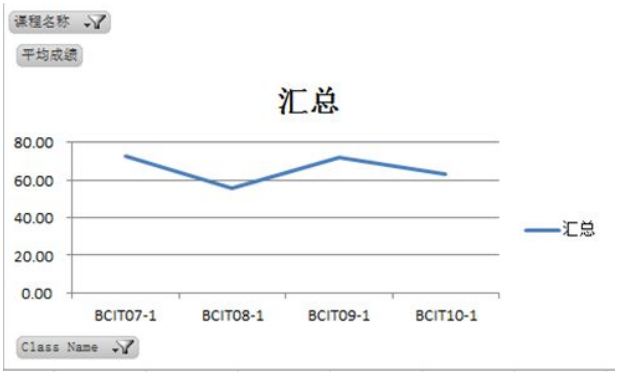

图 4　同一门课程在不同年级平均成绩趋势分析

7.3 欠费构成分析

对于决策者来讲，往往想知道欠费的构成，例如哪些系、班级欠费了，哪些系、班级欠费比较多，可以采用 OLAP 的上卷、下转操作实现，分析结果如图 5 所示.

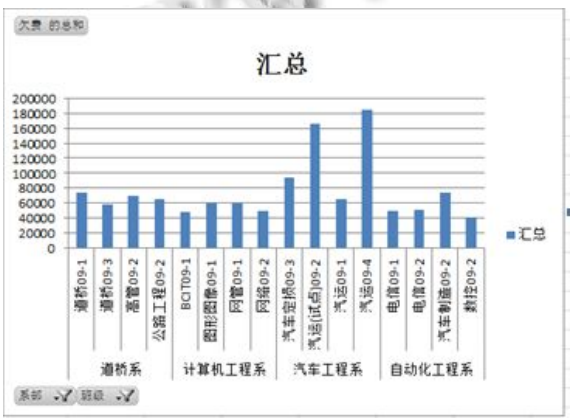

图 5　同一门课程在不同年级平均成绩趋势分析

8　结语

作为一名高职院校教育工作者，笔者深刻的体会到，高职院校信息化建设相对于本科院校来讲相对滞后，多年以来在教务管理系统、学生收费系统中积累了大量的数据，但是由于教务管理系统、学生收费系统等应用系统偏重于数据的采集与管理，难以对数据进行深入发掘，提供客观的、有用的信息. 笔者所在的单位数据仓库建立于两年前，通过这两年的运行，发现采用数据仓库技术有效的提高了教务系统和学生收费系统信息的集成度，有效的避免了信息孤岛；基于成绩和学费两个主题的 OLAP 分析有效的为学院决策者、系部管理者以及老师提供了可靠的数据支持，从多个角度了解学生的状况；同时也发现，在其他方面如学院的招生情况、学生借阅图书的情况等也需要进行深入分析，这就需要在数据仓库中完善相关主题，形成相对完整的数据仓库.

参考文献

1 Inmon WH. Building the Data Warehouse. New York: John Wiley and Sons Inc.1990,48–50.

2 袁连海.数据仓库技术研究与实现.成都:西南交通大学,2002.

3 马国俊.基于 OLAP 的企业数据仓库规划与建设.制造业自动化,2011(12):56–59.

4 朱德利. SQL Server 2005 数据挖掘与商业智能完全解决方案.北京:电子工业出版社,2007.100–101.

5 赵志恒,武海锋.Microsoft SQL Server 2005 商业智能实现.北京:清华大学出版社,2008.200–202.

(上接第 131 页)

5 Jayaram S, Schmugge S, Shin MC, Tsap LV. Effect of colorspace transformation, the illuminance component, and color modeling on skin detection. American: IEEE, 2004: 813–818.

6 Kwok NM, Fang G, Ha QP. Effect of color space on color image segmentation. American: IEEE, 2009:1–5.

7 成春喜,全燕鸣.基于 HIS 模型的彩色图像背景减法.计算机应用,2009,29:231–232,235.

8 黄志勇,孙光民,李芳.基于 RGB 视觉模型的交通标志分割.微电子学与计算机,2004,21(10):147–148,152.

9 Wang S. Color image segmentation based on color similarity. American: IEEE, 2009:1–4.

10 Chapron M. A new chromatic edge detector used for color image segmentation. Washington: IEEE,1992: 311–314.

© 中国科学院软件研究所 http://www.c-s-a.org.cn