

# 一种基于 HSV 空间的颜色相似度计算方法

谢君廷, 王小华

(杭州电子科技大学计算机学院, 浙江 杭州 310018)

**摘要:** 传统的基于颜色直方图的颜色相似度计算方法的好处是与图像的旋转、平移和尺寸大小无关, 但有一个非常明显的缺陷是颜色相似性与人对颜色的主观感觉的不一致, 例如两幅看起来颜色完全不同的图像, 如果它们的颜色直方图交集较大, 那么由此计算出来的颜色相似度也较大。为克服此缺陷, 该文给出了基于 HSV 颜色空间的两幅彩色图像之间颜色相似度计算公式, 它既保留了传统方法计算相似度的好处, 同时克服了其缺陷。实验结果表明, 该算法可以得到更满意的检索结果。

**关键词:** 颜色相似度; 图像检索; 颜色空间

**中图分类号:** TP391.41

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-9146(2008)01-0060-04

## 0 引言

颜色是图像的一种重要视觉性质, 是人识别图像的主要感知特征之一。相对于其他的特征, 颜色特征非常稳定, 对于旋转、平移和尺度变化等都不敏感, 而且颜色特征计算简单, 因此在图像处理中得到广泛的重视和研究。目前, 基于颜色特征的信息检索成为图像检索中的一种重要而广泛使用的方法。颜色特征可用不同形式的颜色直方图来表示, 主要有 3 个独立的一维直方图, 分别为彩色图像 RGB 3 个分量的直方图, 基于该颜色直方图之间的欧式距离或它们的交来判断颜色相似度, 从而实现颜色检索<sup>[1]</sup>。这种方法所基于的 RGB 颜色空间, 由于 RGB 颜色空间的 3 个分量的不独立, 在理论上计算出的相似度具有一定的不合理性。其次是基于颜色参考表的颜色直方图, 预先规定一个有  $n$  种颜色的颜色参考表, 最后统计出基于颜色参考表的三维颜色直方图, 从而实现颜色检索<sup>[2]</sup>。这种方法的一个显著缺陷是当预先规定的颜色参考表中的颜色种数较少时, 就不能适应颜色非常丰富多彩的图像颜色相似性的检索, 而规定颜色种数较多时, 该方法的时间复杂度和空间复杂度会显著增大。本文提出一种新的颜色相似度定义及计算方法, 希望能从根本上克服上述方法存在的缺陷。

## 1 传统的颜色相似度计算方法

### 1.1 颜色直方图

表示图像内容的一种直观方式是对像素颜色特征出现的频率进行统计, 得到颜色直方图。设  $M$  为

收稿日期: 2007-07-06

作者简介: 谢君廷(1983-), 男, 浙江台州人, 在读研究生, 图形图像处理技术。

一个直方图, 如果满足:

$$\sum_r H(r) = 1 \quad (1)$$

则称  $M$  为一个归一化直方图, 如果  $M$  不是一个归一化直方图, 则可进行归一化:

$$H(r) = h(r) / \sum_r h(r) \quad (2)$$

对于两个归一化的直方图  $M_1$  和  $M_2$ , 则它们的交定义为:

$$S(M_1, M_2) = \sum_r \min(H_1(r), H_2(r)) \quad (3)$$

它们的欧式距离定义为:

$$D(M_1, M_2) = \sqrt{\sum_r (H_1(r) - H_2(r))^2} \quad (4)$$

对于两个归一化的直方图来说, 它们的交  $S(M_1, M_2)$  或者  $1 - D(M_1, M_2)$  的值可作为直方图对应图像的颜色相似性度量。

## 1.2 基于 3 个一维直方图的颜色相似度计算

假定图像  $I_A$  的 3 个分量  $R, G, B$  的一维归一化直方图分别为  $H_{RA}, H_{GA}, H_{BA}$ 、图像  $I_B$  的 3 个分量  $R, G, B$  的一维归一化直方图分别为  $H_{RB}, H_{GB}, H_{BB}$ , 那么可由式 3 分别计算  $R, G, B$  直方图的交  $S(H_A(R), H_B(R)), S(H_A(G), H_B(G))$  和  $S(H_A(B), H_B(B))$ , 然后可计算出平均的颜色相似度计算公式<sup>[1]</sup>:

$$S(I_A, I_B) = \frac{S(H_A(R), H_B(R)) + S(H_A(G), H_B(G)) + S(H_A(B), H_B(B))}{3}, \text{ 基于该 3 个一维的颜色}$$

直方图的颜色相似度可由下面公式算出:  $S(I_A, I_B) = 1 -$

$$\sqrt{\frac{\sum_r (H_A(r) - H_B(R))^2 + \sum_g (H_A(g) - H_B(g))^2 + \sum_b (H_A(b) - H_B(b))^2}{2 \times 3}}.$$

## 2 新的颜色相似度计算

Smith 提出的适用的基本主观颜色模型 HSV 颜色空间<sup>[3]</sup>, 其中 Hue 表示颜色的主色调, 用 0 到  $360^\circ$  的角度表示, Saturation 表示饱和度, Value 表示颜色的亮度。HSV 颜色空间由两个重要的特点: 首先亮度分量与色调分量是分开的, V 分量与图像的彩色信息无关。其次, H 及 S 分量与人感受彩色的方式紧密相连。这些特点使 HSV 颜色空间非常适合基于人的视觉系统对彩色感知特性进行处理分析的图像算法<sup>[4]</sup>。

在 HSV 颜色空间中计算两个像素  $P_i$  和  $P_j$  的颜色的欧式距离, 可由:

$$D_{ij} = \sqrt{(h_i - h_j)^2 + (s_i - s_j)^2 + (v_i - v_j)^2} \quad (5)$$

本文定义两个像素颜色相似度公式为:

$$S'(p_i, p_j) = \begin{cases} e^{-\frac{kd}{L}} & d < L \\ 0 & d \geq L \end{cases} \quad (6)$$

式中,  $d$  为像素  $P_i$  和  $P_j$  的颜色的欧式距离,  $k, L$  为常数。显然, 容易得出两个相同颜色的两个像素的颜色相似度  $S'(p_i, p_j) = 1$ , 颜色的相似度随着欧式距离的增大而单调递减。对于两幅图像  $I_A$  和  $I_B$ , 所包含的像素数分别为  $N_A$  和  $N_B$  的颜色相似度可以考虑用所有一一对应的像素对的颜色相似度和的平均值来度量。由于颜色特征与图像的尺寸大小无关, 即与图像所含的像素个数无关, 不妨  $N_A = N_B$ 。如果两幅图像所含的像素数相差较大, 则可考虑将包含像素数多的图像, 其长、宽按某一比例缩小使该

图像包含的像素数最接近于另一图像的像素数,从而能够在最大程度上确保几乎所有的像素都具有唯一对应的关系。两幅图像的一一对应的像素对集合  $T$  可由如下准则构造:使该集中所有像素对的欧式距离总和趋于最小值,即:

$$T=\left\{(i, n_i) \mid \sum_{i \in I_A} D_{i, n_i} \rightarrow \text{最小值}, i \in I_A, n_i \in I_B\right\} \tag{7}$$

从而两幅图像  $I_A$  和  $I_B$  的颜色相似度为:

$$S\left(I_A, I_B\right)=\frac{1}{N_A} \times \sum_{\left(p, p_i\right) \in T} S'\left(p, p_i\right) \tag{8}$$

显然,如果  $I_A=I_B$ ,由式 8 可算出它们的相似度  $S\left(I_A, I_B\right)=1$ 。按照式 7 构造集合  $T$  需要考虑  $N_A!$  种情况,因此在实际颜色检索中,其计算复杂度和空间复杂度都难以接受。

尽管一幅彩色图像包含成千上万种颜色,但在多数情况下,图像中少数几种颜色就涵盖了图像中的大多数的像素颜色。这些颜色被称为主色。一些研究表明:使用主色一般不会降低颜色匹配效果。因此本文考虑一种次优可行的基于聚类颜色特征的相似度计算方法。

(1) 首先通过聚类方法分别将图像  $I_A$  和  $I_B$  中的所有颜色相似的像素归为一类。不妨假设图像  $I_A$  和  $I_B$  分别得到  $\omega^A$  和  $\omega^B$  ( $\omega^A=N_A, \omega^B=N_B$ ) 种不同颜色的归类。

(2) 然后对图像  $I_A$  中每一种颜色  $\omega_i^A$  在图像  $I_B$  中寻找未配对而且与其欧式距离最小的颜色  $\omega_{n_i}^B$ ,从而得到一个配对  $(i, n_i)$ ,不断重复此过程可得到一个集合  $T$ 。

那么两幅图像的颜色相似度可定义为:

$$S\left(I_A, I_B\right)=\sum_{\left(i, n_i\right) \in T} \min \left(P\left(\omega_i^A\right), P\left(\omega_{n_i}^B\right)\right) \times S'\left(\omega_i^A, \omega_{n_i}^B\right) \tag{9}$$

式中,  $P\left(\omega_i^A\right), P\left(\omega_{n_i}^B\right)$  分别表示图像  $I_A$  和  $I_B$  中归类到颜色为  $\omega_i^A, \omega_{n_i}^B$  的像素数所占比重。

3 实验结果及结论

本文试验是在 Pentium(R) 4 CPU 2.40 GHz 微机上,用 Matlab6.5 软件编程来实现的。实验中,首先用聚类算法得到图像的聚类颜色特征,然后用式 9 计算图像的颜色相似度。下面给出两组,如图 1、2 所示,两种方法的颜色相似度的计算结果,如表 1、2 所示。

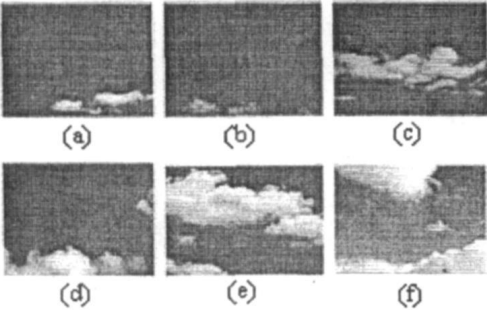


图 1 天空颜色相似度

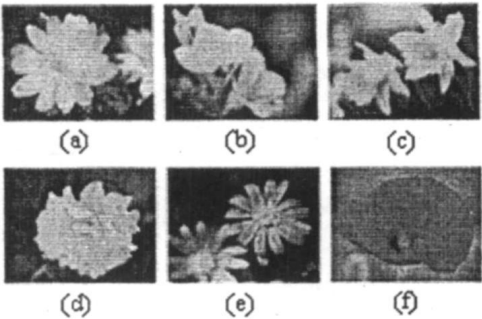


图 2 花卉颜色相似度

表 1 天空颜色相似度

	(a)与(b)	(a)与(c)	(a)与(d)	(a)与(e)	(a)与(f)
方法 A	0. 829	0. 912	0. 920	0. 908	0. 889
本文方法	0. 885	0. 523	0. 712	0. 439	0. 157

表 2 花卉颜色相似度

	(a)与(b)	(a)与(c)	(a)与(d)	(a)与(e)	(a)与(f)
方法 A	0. 923	0. 781	0. 803	0. 638	0. 475
本文方法	0. 684	0. 523	0. 469	0. 096	0. 000

实验结果表明相对于方法 A(基于 RGB 3 个一维直方图的颜色相似度计算方法), 本文方法计算出来的颜色相似度更符合人对颜色相似性的主观感受, 例如图 1(e)与(a)、(f)与(a)的颜色在主观上感觉有一定的相似, 但是方法 A 计算出来的相似度表明它们有很大的相似性; 图 2 的(e)与(a)、(f)与(a)的颜色相似性在人主观看来几乎没有相似性可言, 而方法 A 计算出来的相似度却表明它们有一定程度上的相似, 总体看来本文方法计算出来的颜色相似度值更合理, 从而克服了传统的基于颜色直方图计算出来的颜色相似度与人的主观感受不一致缺陷。

参考文献

[ 1 ] Jain A K, Vailaya A. Image retrieval using color and shape[ J ]. Pattern Recognition, 1997, 29(8): 1233— 1244.  
[ 2 ] Swain M J, Ballard D H. Color indexing[ J ]. International Journal Computer Vision, 1991, 7(1): 11— 32.  
[ 3 ] Smith A R. Color gamut transformation pairs[ J ]. Computer Graphics, 1978, 12(3): 12— 19.  
[ 4 ] 章毓晋. 图像工程—— 图像处理和分折(上册) [ M ]. 北京: 清华大学出版社, 1999: 168— 170.  
[ 5 ] 王向阳, 胡峰丽. 基于位平面颜色直方图的图像检索新方法[ J ]. 小型微型计算机系统, 2007, 28(4): 715— 719.  
[ 6 ] 李群, 张迎. 基于颜色的图像检索[ J ]. 渤海大学学报(自然科学版), 2004, 25(3): 233— 235.  
[ 7 ] 窦建军, 文俊, 刘重庆. 基于颜色直方图的图像检索技术[ J ]. 红外与激光工程, 2005, 34 (1): 84— 88.

A Measurement of Color Similarity Based on HSV Color System

XIE Jun-ting, WANG Xiao-hua

(School of Computer, Hangzhou Dianzi University, Zhejiang Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** Traditional methods of computing color similarity using color histogram have some advantages. The color similarity is generally invariant to translation and rotation of the images and scale if using the normalized histogram. But they have an obvious flaw that color similarity differs from human subjective feel of color. If the intersection of the two color histogram is large or the distance between two color histogram is small, then the color similarity were likely to be large, no matter how two images look different in color. In this paper, a new way to compute color similarity tow color images is presented based on HSV color system, which not only retains the advantages, also removes the flaw of the traditional methods. Experiments show that this method can provide better satisfactory retrieval results.

**Key words:** color similarity; image retrieval; color system