

一种考虑分类的石材图像相似性比对算法*

陈先桥¹⁾ 吴志雄²⁾ 刘洪星¹⁾

(武汉理工大学计算机学院¹⁾ 武汉 430063) (福建信息职业技术学院²⁾ 福州 350003)

摘要:在基于颜色的图像相似比较中,传统的处理方法大多采用各子空间的概率作为特征,在此基础上定义图像的距离和相似度。但这些方法可能导致色彩比对失真的情况出现;在同一类的石材中颜色和纹理有很大的差异,甚至会出现两张分属异类的石材图像在单纯从颜色、纹理等特征上进行判断比同类很多石材图像更为“相似”。文中引入了先对石材的样本图像进行分类,定义图像与各大类的相似度,在类内定义较为一般性的相似度。综合二者给出图像的整体相似度定义,实验表明该方法具有较好的分类效果和较合理的石材图像相似度。

关键词:石材图像;图像距离;图像相似度;模糊分类

中图法分类号:TP393.02

DOI:10.3963/j.issn.1006-2823.2009.04.041

0 引 言

随着多媒体和互联网技术的迅速发展和普及,Web 图像资源日益丰富。因此,图像搜索成为 Web 图像资源有效利用的瓶颈问题。目前的 Web 图像搜索引擎主要采用关键词搜索,但基于关键词的 Web 图像搜索准确率低,应用效果并不好^[1-2]。但基于内容检索技术尚不成熟,图像内容的特征很难准确提取和描述,特征的相似度计算与人眼的感知存在一定差异,CBIR 系统还存在许多具体问题需要解决^[3]。

石材图像的分类和检索要求不同于一般的图像,它不仅仅是两张图像的相似比较,而且还需比较识别出同一种类的石材。但同一种类的石材,从颜色到纹理等都有一定的变化。因此,在石材图像的相似分析中,连续色彩空间的离散尺度、相似度的定义都与一般图像的相似比对有所不同。本文引入圆锥坐标、石材种类相似度等概念和方法,分

析石材的相似性,提取有效特征,并通过实例验证方法的有效性。

1 基于色彩的特征分析

图像的颜色有多种表示方式,其中 HSI 颜色模型是一种适合人们肉眼分辨的模型^[4-5]。因此,采用 HIS 色彩空间来分析和提取石材图像中各重要对象的色彩特征是非常合适和有效的。

在图像的色彩空间由 RGB 转换到 HSI 后,仍将 HSI 离散为 256 个等级,可得到石材图像中重要对象的 H, S, I 直方图,见图 1。

从图 1 可以看出,在 HSL 色彩空间中,石材图片 1 色彩分布范围较广,且集中在较低端范围。对于色饱和度,石材图片 1 则分布范围较大一些,而石材图片 2 集中在较小值区域。在表 1 中,图片 1 的 H 均值、方差小于图片 2,而 S, L 值则大于图片 2 相应值。图 1 和表 1 表明,在 HSL 色彩空间

表 1 部分石材图像 HSI 空间各分量统计分析

	H_s	H_l	S_s	S_l	I_s	I_l
石材图片 1	0.235 9	0.093 2	0.120 7	0.088 4	0.664 0	0.192 4
石材图片 2	0.344 6	0.126 4	0.070 1	0.053 7	0.628 6	0.188 2

收稿日期:2009-04-18

陈先桥:男,48 岁,副教授,主要研究领域为图像处理、模式识别等

* 国家自然科学基金项目(批准号:50578128),福州市科技计划项目(批准号:2007-Z-57)资助

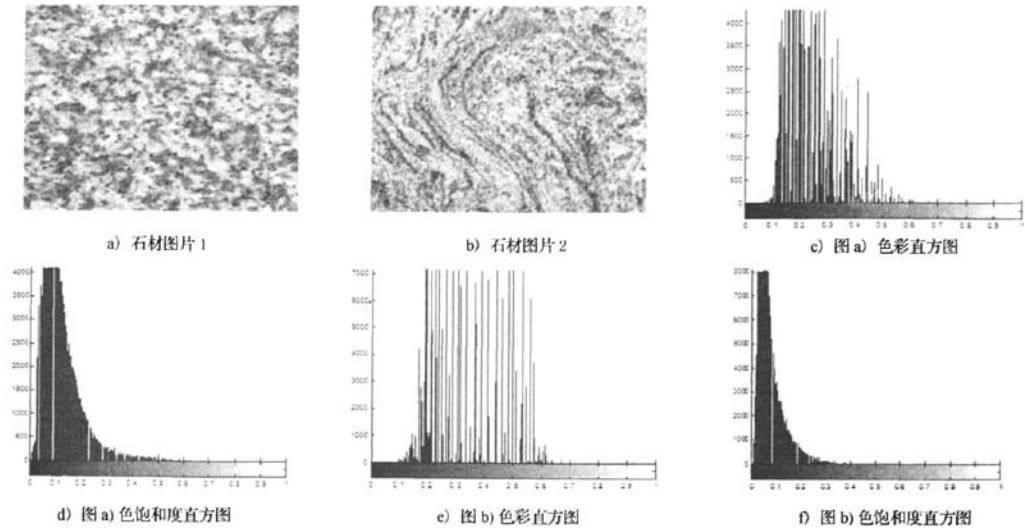


图1 部分石材图像 HSI 空间直方图分析

中,不同类型、不同颜色的石材类间距离较大,即有较好的分类和比对效果。其中: $H_s, H_s, S_s, S_s, I_s, I_s$ 分别为 H, S, I 色彩子空间的均值和方差。

因此,可以定义基于 HSL 色彩空间的特征如下。

将色彩值分量均分为 12 个区间,分别为:

H_1, H_2, \dots, H_{12}

$H_i = [i, (i+1)], i = 1, 2, \dots, 12$

将色饱和度空间分为 5 个区间: S_1, \dots, S_5

将亮度空间分为 5 个区间: I_1, \dots, I_5

$I_k = [k, (k+1)], k = 1, \dots, 5$

整个色彩空间划分为 300 个子空间: D_1, D_2, \dots, D_{300}

$$D_{ijk} = I_i \times S_j \times I_k$$

统计各像素的色彩值在每一个子空间内出现的频率

$$p_{ijk} = \frac{n_{ijk}}{M \times N} \quad (1)$$

式中: M, N 为图像的行列数; n_{ijk} 为像素色彩值 (h, s, l) 落入 D_{ijk} 中的像素数。

2 石材图像相似分析与相似度定义

通常情况下,现有的大多数同类方法均是采用各子空间的概率作为特征,在此基础上定义图像的距离和相似度。但这些方法应用到石材图像相似性比对中有两个缺点,第一是对连续的色彩空间进行离散后,边缘上的相似色彩被分离到了不同的子空间中,从而导致色彩比对失真的情况

出现;第二是对象石材图像对比这类问题,一般的图像相似度定义不适用。因为在同一类的石材中颜色和纹理有很大的差异,甚至会出现两张分属异类的石材图像在单纯从颜色、纹理等特征上进行判断比同类很多石材图像更为“相似”。因此,在石材图像的相似性分析中,应先考虑采用聚类方法,对石材的样本图像进行分类,定义分等级的相似度。然后,在类内定义较为一般性的相似度。最后,综合二者给出图像的整体相似度定义。

首先,考虑采用模糊 C-均值聚类算法(fuzzy C-means clustering, FCM)对样本石材图像进行分类,在计算石材图像的相似度过程中,先将图像进行归类,然后在此基础上计算图像与类的相似度。为了使用 FCM 实现样本图像的聚类分析,将前面提取的特征进行整理得到一张图像用于分类的特征向量。

将 D_{ijk} 中概率 P_{ijk} 记为: (x_1, \dots, x_{300}) ,另外,将图像 T 均分为: T_1, T_2, T_3, T_4 共 4 个子图,每个子图提取 H, I, S 三个分量的均值和标准差(参见表 1) $H_m^i, H_a^i, S_m^i, S_a^i, I_m^i, I_a^i, i = 1, 2, 3, 4$, 记为: $(x_{301}, \dots, x_{324})$ 。由于参加聚类的特征分量多达 324 个,会影响系统聚类的收敛速度。可以在 HIS 色彩空间离散时,划分的更粗一些,亦可采用 PCA 等方法提取主要特征分量。

模糊分类就是将样本数据划分为 C 个不同的类,使同类中的数据特征具有某种相似性,并且能表示出各个样本数据属于不同类的程度。Jim Bezdek 提出的模糊 C-均值聚类算法(fuzzy C-means clustering, FCM)就是一种常用的模糊分

类方法,FCM算法通过对非相似度目标函数迭代优化来实现集合划分,它可以表示出各个样本属于不同类别的程度.这种方法实现了将多维空间样本点按指定类数进行分类.设 N 为待聚类样本数, C 为划分的类别数, m 为模糊加权指数 $m \in [1, \infty]$,聚类样本 x 为 S 维特征行向量.这里非相似度目标函数是聚类样本到各聚类中心 v_i 的平方距离的加权求和,可表示为

$$J_m(U, V) = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^C (u_{ij})^m (d_{ij})^2 = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^C (u_{ij})^m \|x_j - v_i\|^2 \quad (2)$$

式中: u_{ij} 为聚类样本 x_j 在第 i 类中的模糊隶属度值; d_{ij} 为聚类样本 x_j 与聚类中心 v_i 的距离; U 为由 u_{ij} 组成的 $C \times N$ 模糊隶属度矩阵, V 为由 C 个聚类中心 v_i 组成的 $C \times S$ 维聚类中心矩阵.

目标函数 $J_m(U, V)$ 作为加权平方误差聚类准则,可以通过迭代计算求解 J_m 的最小值.这时对应的 (U^*, V^*) 即为最佳的模糊 C -均值划分.

实践证明利用模糊 C -均值聚类算法进行石材样本图像分类时可以得到比较好的分类效果.假定有待对比石材图像 T ,定义 T 与各个石材分类的相似度为

$$S_E^i = (d_{\max} - \|T_x - v_i\|) / d_{\max} \quad (3)$$

式中: d_{\max} , T_x , v_i 分别为 T 到各类中心的最大距离, T 为特征向量,第 i 类的中心.

在求取图像 T 与各类的相似度 S_E^i 后,然后求出 T 与各类中每一个图像的相似程度 S_I^i .为避免色彩离散时带来的边缘失真问题,在计算类内图像相似度的时候,除了使用HSI子空间的概率 p_i 外,还需要补充定义各子空间的重心作为分类的特征分量.定义子空间 D_{ijk} 内重心 $(\bar{h}_k, \bar{s}_k, \bar{l}_k)$ 如下.

$$\begin{aligned} \bar{h} &= \sum_{h \in H_i} h / n_i \\ \bar{s} &= \sum_{s \in S_j} s / n_j \\ \bar{l} &= \sum_{l \in I_k} l / n_k \end{aligned}$$

式中: n_i, n_j, n_k 分别为色彩值落入区间 H_i, S_j, I_k 内的个数.在同一子空间内颜色具有相同或相似的值,而在不同的子空间内,亦具有一定的相似性.分属在某子空间的相邻区域内,且在黑色区域和灰白色区域附近具有更大的相似性.为描述颜色的相似性,定义圆锥坐标如下.

$$r_{jk} = \bar{s}_j \times \bar{l}_k \quad (4)$$

$$\begin{cases} z_c = \bar{l}_k \\ x_c = r_{jk} \cos(2\pi\bar{h}_i) \\ y_c = r_{jk} \sin(2\pi\bar{h}_i) \end{cases} \quad (5)$$

定义两颜色的距离如下

$$\|c_1 - c_2\| = \sqrt{(x_{c_1} - x_{c_2})^2 + (y_{c_1} - y_{c_2})^2 + (z_{c_1} - z_{c_2})^2} \quad (6)$$

从式(4)~(6)可以看出,在颜色的黑色区域,由于亮度值 l 非常小(相应 r_{jk} 值很小),故区域内任两点均非常相似.而在图像的灰白色区域,由于色饱和度值很小,同样 r_{jk} 值很小,因此区域内任两颜色亦相似.定义了颜色的距离后,可以很容易定义两图像间距离及相似度.设图像 T 和第 i 类中图像 B 在HSI各子空间中的概率按大小排序后分别为: $\{p_{i_1}^T, p_{i_2}^T, \dots, p_{i_{300}}^T\}, \{p_{j_1}^B, p_{j_2}^B, \dots, p_{j_{300}}^B\}$ 两图像在HSI各子空间中重心相应为: $\{c_{i_1}^T, c_{i_2}^T, \dots, c_{i_{300}}^T\}, \{c_{j_1}^B, c_{j_2}^B, \dots, c_{j_{300}}^B\}$,则定义图像 T 和 B 间的距离为

$$d_{TB} = \|T - B\| = \sum_{k=1}^{300} |p_{i_k}^T - p_{j_k}^B| \|c_{i_k}^T - c_{j_k}^B\| \quad (7)$$

在第 i 类,图像 T 与图像 B 的类内相似度定义为

$$S_I^B = (1 - d_{TB} / 2) \% \quad (8)$$

定义图像 T 与第 i 类中图像 B 的综合相似度为

$$S_{TB} = \alpha S_E^i + (1 - \alpha) S_I^B \quad (9)$$

为验证本算法的合理性和有效性,对收集到的数百张样本图像进行了实验.预设的样本类有:G603, G611, G623, 枫叶红, 虎皮白等29个.实验表明,本文中提出的算法对所测试的样本图像有较好的分类效果,同时,待对比图像与样本库中图像按本文中定义的相似度进行排序也是合理的,与人类的排序基本一致.实验中的部分图片及其相似度如图2所示.

3 结束语

本文针对图像相似比较中,传统算法存在色彩空间离散后的边缘效应导致色彩比对失真问题,以及石材图像比对这类特殊问题,首先对石材的样本图像进行分类,定义图像与各大类的相似度,然后在类内定义较为一般性的相似度,最后综合二者给出图像的整体相似度定义,并用实验验

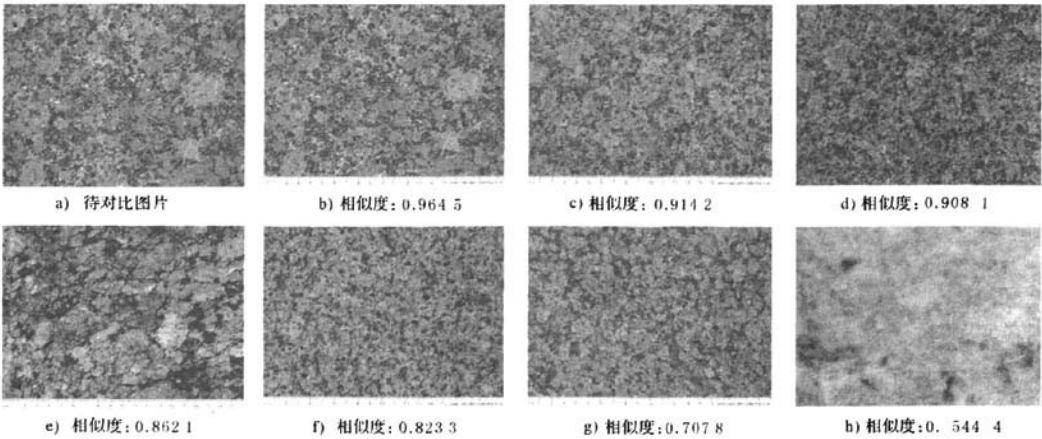


图 2 部分石材图像综合相似度

证了该方法的有效性和合理性.但在如何吸收专家知识,实现与石材行业中基于经验知识更为接近的排序还有待进一步的深入研究.

参 考 文 献

[1] Wan Congde, Zhang Rong, Eeng Fan. Image composition with color harmonization[J]. Chinese Optics Letters, 2009,7(6):483-485.
[2] Kotoulas L, Andreadis I. Color histogram content-based image retrieval and hardware Implementation

[J]. IEEE Proceeding, Circuits Devices and System, 2003,150(5):387-393.
[3] 曹莉华,柳伟,李国辉.基于多种主色调的图像检索算法研究与实现[J]. 计算机与发展,1999,36(1):96-101.
[4] 吴占稳,王少梅,沈功田.基于小波能谱系数的声发射源特征提取方法研究[J]. 武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2008,32(2):85-87.
[5] 王剑峰,肖国强,江健民.基于 HSI 色彩空间累加直方图的图像检索算法[J]. 计算机工程与科学,2007,29(4):55-58.

Analysis and Retrieval for Stone Images Based on Clustering

Chen Xianqiao¹⁾ Wu Zhixiong²⁾ Liu Hongxin¹⁾

(School of Computer Science and Technology, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063)¹⁾
(Fujian Polytechnic of Information Technology, Fuzhou 350003)²⁾

Abstract

In image retrieval, the probability of HIS sub-space was often used as its features to define the distance and similarity. But these can lead incorrect results in image retrieval. In stone retrieval, for one stone image we must dispatch it into one class and then give its similarity. In this paper, we present an algorithm for stone image retrieval, in which the similarity to one class was given, and then the similarity was computed to each image in the class. At last we get the integral similarity for the stone image.

Key words: stone image; image distance; image similarity; FCM