

基于颜色特征的图像检索方法

史变霞, 张明新, 乔小妮, 郝瑞芝

(西北师范大学 数学与信息科学学院, 甘肃 兰州 730070)

摘 要: 为了提高图像数据库, 特别是大型图像数据库查询的速度及准确度, 文中提出了基于 HSV 颜色空间的两层数据库查询的方法. 首先, 利用简单有效的颜色矩对图像数据库筛选, 缩小查询范围; 然后, 对图像进行 4×4 重叠分块, 提取各分块的颜色直方图进行第二层图像数据库查询, 以获取更准确的检索结果. 这样分块的好处是既获得了图像的空间分布信息, 又突出图像中间的主体部分和充分限制背景的范围, 并且比起独立分块的方法减少了计算量. 实验表明: 根据用户给出的示例图像, 通过两层查询技术能够获得较好的检索效果.

关键词: 局部颜色直方图; 全局颜色矩; 图像检索; HSV

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)04-0158-04

Retrieval Technique of Image Based on Color Features

SHI Bian-xia, ZHANG Ming-xin, QIAO Xiao-ni, HAO Rui-zhi

(School of Mathematics & Information, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: In order to improve both speed and accuracy of image database retrieval, particularly for large image database, a two-level query technique based on HSV colorspace is proposed in this paper. Firstly, we narrow the scope of inquiry by the use of color moments which is simple and effective. Then, we split images into 4×4 overlapping sub-blocks and extract color histograms of sub-blocks for the second-level retrieval of image database to obtain a more accurate searching results. The benefits of such a block are not only obtain the spatial distribution of image information, but also highlight the main part of the image and fully restrict the scope of the background. This technique reduces the computational complexity compared to an independent sub-block. As shown in the experiments, with an example image given by the user, good retrieval results can be obtained by two-level query technique with color features.

Key words: local color histogram; global color moments; image retrieval; HSV

1 引言

随着多媒体和网络技术的迅速发展, 图像数据的来源不断扩大, 为了能从大量的不同类型的图像数据中快速、准确地找到用户所需内容的图像, 基于内容的图像检索(Content Based Image Retrieval)技术正越来越成为人们研究的焦点. 颜色是图像最重要的视觉内容之一, 相对其它的物理特征, 例如纹理、形状等, 颜色特征比较容易获得, 且对图像本身的缩放、旋转、视角和其它形变的依赖性较小, 表现出很强的鲁棒性. 因此, 利用颜色特征来检索图像在

基于内容的图像检索技术(CBIR)中得到了广泛的应用. 现有的许多文献[1-4]已经提出了各种基于颜色的图像检索技术, 其中, Swain 等人首先提出了使用颜色直方图作为图像内容的索引特征, 全局直方图的计算相当简单, 但它无法捕捉颜色组成之间的空间关系.

文中给出了全局颜色矩与局部直方图相结合的方法. 即对图像进行分块, 形成若干个子块, 然后分别提取各个子块的颜色直方图, 最终得到 4 个子颜色直方图, 距离度量时分别计算各个对应子块的距离, 最后累加即可. 这样提高了检索的查准查全率.

收稿日期: 2009-03-05; **修回日期:** 2009-06-25

基金项目: 国家自然科学基金项目(60673087); 甘肃省自然科学基金(3ZS051-A25-047)

同时,对于大型图像数据库,采用了基于全局颜色矩的筛选策略,提高了图像的在线查询速度。

2 颜色空间的转换及量化

由于人的视觉对亮度的敏感程度远强于对颜色浓淡的敏感程度,为了便于色彩处理和识别,人的视觉系统经常采用 HSV 色彩空间,它比 RGB 色彩空间更符合人的视觉特性. HSV 色彩空间用色调 H 、饱和度 S 和亮度 V 来描述色彩,可以用一个六棱锥来描述^[5],如图 1 所示. 设 RGB 颜色空间值为 (r, g, b) ,其中 $r, g, b \in [0 \sim 255]$,由式(1)得到 HSV 值 (h, s, v) ,其中 $h \in [0 \sim 360], s \in [0 \sim 1], v \in [0 \sim 1]$. RGB 到 HSV 的转换公式如下:

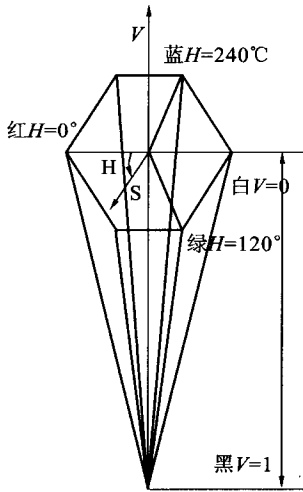


图1 HSV 颜色模型示意图

$$\begin{cases} h = \begin{cases} \arccos \left\{ \frac{(R-G) + (R-B)}{2\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \right\} & B \leq G \\ 2\pi - \arccos \left\{ \frac{(R-G) + (R-B)}{2\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \right\} & B > G \end{cases} \\ s = \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{\max(R, G, B)} \\ v = \frac{\max(R, G, B)}{255} \end{cases} \quad (1)$$

如果直接用 HSV 的 3 个颜色分量的直方图来表征图像的色彩,那么整个颜色空间内的直方图的计算量和存储量都相当大,因此需要对颜色空间进行量化,即颜色量化,将 h, s, v 3 个分量按人的颜色感知进行非等间隔的量化,从对颜色模型的大量分析和计算. 可把色调 h 分成 16 份,饱和度 s 和亮度 v 分别分成 4 份,并据色彩的不同范围进行量化,量化后的色调、饱和度和亮度值分别为 H, S, V .

$$H = \begin{cases} 0, & \text{如果 } h \in (345, 15] \\ 1, & \text{如果 } h \in (15, 25] \\ 2, & \text{如果 } h \in (25, 45] \\ 3, & \text{如果 } h \in (45, 55] \\ 4, & \text{如果 } h \in (55, 80] \\ 5, & \text{如果 } h \in (80, 108] \\ 6, & \text{如果 } h \in (108, 140] \\ 7, & \text{如果 } h \in (140, 165] \\ 8, & \text{如果 } h \in (165, 190] \\ 9, & \text{如果 } h \in (190, 220] \\ 10, & \text{如果 } h \in (220, 255] \\ 11, & \text{如果 } h \in (255, 275] \\ 12, & \text{如果 } h \in (275, 290] \\ 13, & \text{如果 } h \in (290, 316] \\ 14, & \text{如果 } h \in (316, 330] \\ 15, & \text{如果 } h \in (330, 345] \end{cases}$$

$$S = \begin{cases} 0, & \text{如果 } s \in (0, 0.15] \\ 1, & \text{如果 } s \in (0.15, 0.4] \\ 2, & \text{如果 } s \in (0.4, 0.75] \\ 3, & \text{如果 } s \in (0.75, 1] \end{cases}$$

$$V = \begin{cases} 0, & \text{如果 } s \in (0, 0.15] \\ 1, & \text{如果 } s \in (0.15, 0.4] \\ 2, & \text{如果 } s \in (0.4, 0.75] \\ 3, & \text{如果 } s \in (0.75, 1] \end{cases}$$

上面的 h, s, v 取值区间均为前开后闭. 按照以上的量化级,把 3 个颜色分量合成为一维特征矢量,即

$$L = HQ_SQ_V + SQ_V + V \quad (2)$$

其中, Q_S 和 Q_V 分别是 S 和 V 的量化级数,取 $Q_S = 4, Q_V = 4$. 因此,上式可表示为:

$$L = 16H + 4S + V \quad (3)$$

这样 H, S, V 三个分量就在一维矢量上分布开来. 式(3)中,对色调 H 取的权重为 16,对饱和度 S 取的权重为 4,对亮度 V 取的权重为 1,这就大大减轻了图像亮度 V 对检索结果的影响,而且也减少了饱和度 S 对检索结果的影响.

3 特征提取

3.1 颜色矩提取

颜色矩^[6]是一种简单而有效的颜色表示,它的数学基础是:任何图像的颜色分布都可以通过其各阶矩来表征. 此外由于颜色分布信息主要集中在低

阶矩中,因此仅采用颜色的一阶(均值),二阶(方差)和三阶(斜度)就足以表达图像的颜色分布.设 $L(i)$ 是图像中第 i 个像素的颜色分量, N 为图像总的像素个数,三阶矩定义如下:

$$M^1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N L(i) \quad (4)$$

$$M^2 = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (L(i) - M^1)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

$$M^3 = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (L(i) - M^2)^3 \right]^{\frac{1}{3}} \quad (6)$$

3.2 分块颜色直方图提取

如果仅仅以全局直方图为特征进行检索,颜色直方图相似而颜色分布不同的图像在图像检索的时候就很可能被误检为所要检索的图像.为了考虑图像的空间分布信息,文中采取了一种 4×4 重叠分块的方法^[7],如图2所示.先把图像分成 4×4 块, A, B, C, D 分别代表图像的左上,右上,左下,右下4个部分,然后分别提取 A, B, C, D 各子块的颜色直方图,得到4个子颜色直方图.

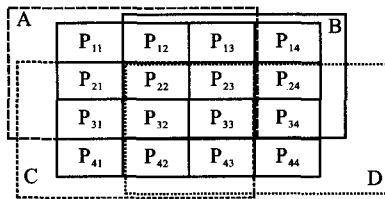


图2 图像空间分块

由式(3)可知, L 的取值范围是 $[0, 255]$. 记 l_i 为图像分块 x ($x = A, B, C, D$) 中 L 取值为 i 的像素个数, $n = 255$, 则分块 x 的颜色直方图为:

$$H(x) = (h_0, h_1, \dots, h_2, \dots, h_n) \quad (7)$$

其中, $h_i = \frac{l_i}{N}$, 为归一化的比例值, N 为总的像素个数.

4 图像检索

为了提高图像数据库,特别是大型图像数据库查询的速度及准确度,文中采用了两层数据库查询的方法,即通过式(4)~(6)首先获取整幅图像的3阶矩作为全局特征矢量,进行第一层数据库筛选,缩小查询的范围.然后,再根据图像局部特征,进行第二层图像数据库查询,以获取更准确的检索结果.

文中采用欧氏距离进行图像之间距离的度量,给定两幅图像 x 和 y , 假设 x 为查询目标图像, y 为图像库中任意一幅图像, x 和 y 之间的距离计算如下:

4.1 全局颜色矩之间的距离计算

设 M_x^i, M_y^i 分别代表图像 x, y 的 i ($i = 1, 2, 3$) 阶矩的归一化值,距离公式定义如下:

$$D(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^3 (M_x^i - M_y^i)^2} \quad (8)$$

4.2 局部颜色直方图之间的距离计算

对图像进行 4×4 重叠分块,分别提取各分块的颜色直方图,图像 x 和 y 之间的距离公式定义为:

$$D(x, y) = \sum_{k=1}^j D_k(x, y) \quad (9)$$

其中, $D_k(x, y)$ 为图像 x, y 对应 k 子块间的距离函数, $j = 4$, 即为图2中 A, B, C, D 四个分块,且有

$$D_k(x, y) = \sqrt{(H_x(k) - H_y(k))^T (H_x(k) - H_y(k))}$$

其中, $H(k)$ 见式(7).

根据以上的计算,两幅图像 x 和 y 之间的相似度定义为:

$$\text{Sim}(x, y) = 1 - \text{norm}(D(x, y)) \quad (10)$$

其中, $\text{norm}(D(x, y))$ 为 $D(x, y)$ 归一化的结果.当两幅图像完全一样时,相似度趋近为 1.

5 实验结果

文中验证系统的开发平台为 Microsoft Windows XP 操作系统,开发工具为 VC++ 6.0. 系统图像数据库中存储了 500 幅颜色丰富的花卉图像.对利用全局颜色直方图和本文所提取的局部颜色直方图的图像检索进行对比实验,实验结果如表1所示.图3显示出对于大型图像数据库的检索,文中的筛选策略提高了图像的查询速度,其中 A 表示在利用局部直方图检索前先利用颜色矩缩小查询范围;B 表示直接利用局部直方图查询.

表1 不同检索算法的性能比较

检索指标	颜色直方图	分块(4×4)
平均查准率	0.313	0.574
平均查全率	0.178	0.319

6 结束语

文中提出了一种基于颜色特征的图像检索方法,为了提高图像检索的准确度,利用图像分块从中提取子颜色直方图特征与候选图像的特征进行相似度计算.实验表明,文中所用方法能够获得较好的检索效果.

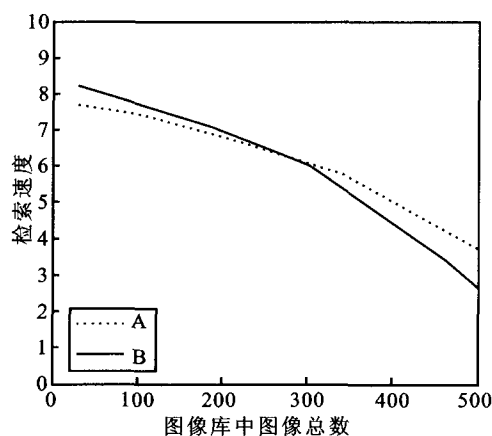


图3 检索速度比较

参考文献:

- [1] 刘毅, 张明. 局部颜色特征在基于内容的图像检索中的应用[J]. 计算机应用, 2004, 24(7): 49-51.
- [2] 刘忠伟, 章毓晋. 十种基于颜色特征图像检索算法的比

较和分析[J]. 信号处理, 2000, 16(1): 79-84.

- [3] 袁薇, 高森. 综合语义与颜色特征的图像检索技术研究[J]. 微电子学与计算机, 2006, 23(1): 36-39.
- [4] 吴成玉, 邵晓英, 赵杰煌. 基于颜色特征的图像检索[J]. 计算机应用, 2004, 24(S1): 139-141.
- [5] 章毓晋. 图像工程[M]. 2版. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [6] 徐琨, 李燕. 基于分块颜色矩和纹理特征的图像检索方法[J]. 西安石油大学学报: 自然科学版, 2005, 20(2): 77-79.
- [7] 陈琦. 基于内容的图像检索中特征提取技术研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2005.

作者简介:

史变霞 女, (1980-), 硕士研究生. 研究方向为数据挖掘、图像处理.

张明新 男, (1962-), 博士, 教授. 研究方向为数据库与数据挖掘、视频图像检索、嵌入式.

(上接第157页)

- [3] Roman R, Zhou J, Lopez J. On the security of wireless sensor networks[C]// Proceedings of 2005 ICCSA Workshop on Internet Communications Security. Berlin: Springer, LNCS 3482, 2005: 681-690.
- [4] Szeuzyk R, Mainwaring A, Polastre J, et al. An analysis of a large scale habitat monitoring application[C]// International conference on Embedded networked sensor systems. Baltimore, Maryland, ACM Press, 2004: 214-226.
- [5] Sutharshan Rajasegarar, Christopher Leckie, Marimuthu Palaniswami, et al. Distributed anomaly detection in wireless sensor networks[C]// Communication systems, ICCS 200, 10th IEEE Singapore International Conference. Singapore, 2006: 1-5.
- [6] Raghunathan V, Schurgers C, Park S, et al. Energyaware wireless microsensor networks[J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2002: 110-113.
- [7] 周贤伟, 王培, 覃伯平, 等. 一种无线传感器网络异常检测技术研究[J]. 传感技术学报, 2007, 20(8): 1870-

1874.

- [8] Chan P K, Mahoney M V, Arshad M H. Learning rules and clusters for anomaly detection in network traffic[C]// Managing Cyber Threats: Issues, Approaches and Challenges. Berlin: Springer, 2005: 81-99.
- [9] Chatzigiannakis I, Nikolettas S, Strikos A. Experimental evaluation of the performance of multi-hop wireless sensor networks[C]// Proc. 5th IEEE Symposium on Communication Systems, Networks and Digital Signal Processing (CSNDSP'06). Greece, 2006: 579-582.

作者简介:

王 骥 (1970-), 博士研究生, 讲师. 研究方向为无线传感器网络安全、嵌入式系统应用等.

王 殊 (1956-), 教授, 博士生导师. 研究方向为无线传感器网络、智能信号检测、传输、处理及应用等.

孟中楼 (1976-), 博士研究生. 研究方向为人工智能与生物仿生.