

# 基于色彩与形状信息特征的图像检索算法研究

汪季英, 陈贤富

(中国科学技术大学 电子科学与技术系, 安徽 合肥 230027)

**摘要:** 针对单独用颜色特征并不能很好地表达图像内容的问题, 提出了综合利用颜色和形状特征进行图像检索的方法。由于颜色直方图无法表达空间分布信息, 因此采用的颜色特征为颜色自相关图, 并对色调进行重叠量化。而形状特征采用边缘方向直方图, 并对方向进行重叠量化。仿真实验表明, 综合利用颜色和形状特征比单独用颜色和形状特征进行图像检索的效果要好, 提高了图像检索的查准率。

**关键词:** 图像检索; 主色调; 颜色自相关图; 边缘方向直方图; 相似性度量

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)13-0032-03

## Image retrieval based on combining color and shape feature

Wang Jiyang, Chen Xianfu

(Department of Electronic Science and Technology, University of Science and Technology of China, Hefei 230027, China)

**Abstract:** Color feature does not show content of image well, so an approach of image retrieval by combining color and shape feature is presented. Because color histogram cannot fully express the spatial distribution of information, this paper introduces an algorithm about color auto-correlogram and overlaps quantitative hue. In addition, shape feature uses edge orientation histograms (EOH) and overlaps quantitative direction. Experiment results show that image retrieval by combining color and shape feature is better than image retrieval that only uses the color or shape feature, and it improves the precision ratio and recall ratio.

**Key words:** image retrieval; dominant hue; color auto-correlogram; edge orientation histograms; similar measure

随着计算机技术和网络技术的快速发展以及多媒体和数码产品的推广应用, 每天都会产生成千上万的图片, 如何从这样海量的图像库中准确、快速地找到满足用户的图像就成为各界的热点问题。因此, 人们提出了基于内容的图像检索技术。这种技术主要包括提取图像的底层特征, 如颜色、纹理、形状和空间关系等<sup>[1-3]</sup>, 以及将数据库中图像和查询图像在特征空间进行相似性匹配, 检索出与样本相似的图像。

颜色和形状是图像最重要的两个视觉特征。本文分别对单独利用颜色和形状特征的检索进行了讨论, 并对色调和边缘方向的量化进行了改进, 引入了重叠量化, 使量化结果更接近人类感知。在此基础上, 提出了一种综合利用这两个特征进行检索的方法, 并对图像进行了检索实验, 取得了较满意的结果, 验证了综合颜色和形状特征检索比单一特征检索的优越性。

本文提出了基于颜色信息和形状信息的检索算法。该算法采用 HSV 颜色空间, 对整幅图像采用主色调颜

色自相关图<sup>[4]</sup>。而形状特征采用原始图像的二值边缘信息, 这里采用边缘方向直方图<sup>[5]</sup>。综合利用颜色自相关图和边缘方向直方图来计算图像间的内容相似度, 并进行图像检索。

### 1 利用颜色特征的检索算法

RGB 颜色空间不适用于人眼, 因此在颜色空间上选择了符合人眼视觉感应的 HSV 模型。由于色度 H 对人眼的感觉贡献大, 因此在 HSV 空间可充分发挥色度的作用。在颜色特征方面, 颜色直方图在图像检索中被广泛采用, 这是因为它具有平移、尺度和旋转不变性。颜色直方图无法表达图像的空间分布信息, 因此存在完全不同的两幅图像可能具有相同的颜色直方图。为此, 提取图像的颜色及其空间分布信息显得十分必要。本文的颜色特征采用颜色相关图。

对于一幅图像  $I$ , 颜色相关图是从联合概率分布的角度出发的, 描述的是相隔距离为  $d$  像素的一对像素  $p_i$  和  $p_j$ , 并分别具有颜色值  $c_i$  和  $c_j$  的出现概率  $P_r$ , 其具体

定义为:

$$r_{c_i, c_j}^{(d)} = Pr[p_i \in I_{c_i}, |p_i - p_j| = d | p_j \in I_{c_j}] \quad (1)$$

其中,  $I_{c_i}$  表示颜色为  $c_i$  的像素的集合。

这里距离  $d$  采用棋盘距离:

$$d_8(p_i, p) = \max(|x_i - x|, |y_i - y|)$$

本文取  $d=1, i \in [0, 7]$ 。

由于人眼对颜色的色调尤为敏感,因此本文利用彩色图像的色调分量作为图像的颜色不变量。将色调均匀量化成 18 份时,既能很好地表示人眼识别的色调,同时计算复杂度不大。具体检索时,先将色调均匀量化成 18 个不重叠的局部区间  $[20k, 20(k+1)] (k=0, 1, \dots, 17)$ , 然后计算出此时色调的相关图。这种色调量化忽略了色调的相关性和连续性,因此再次把色调量化成 18 个不重叠的局部区间  $[10+20k, 10+20(k+1)] (k=0, 1, \dots, 17)$ , 计算出这种色调量化方法的颜色相关图。将这两次计算的色调相关图逐项相加求平均,所得即为图像的色调相关图。

由于颜色空间的主色调为 18 维,如果考虑所有色调之间的相关性,则色调相关图的计算量将相当大(空间复杂度为  $18 \times 18 \times d$ ),因此本文采用自相关图,仅考虑具有相同色调值的像素间的空间关系,从而将空间复杂度降至  $18 \times d$ ,即式(1)中  $c_i = c_j$ 。因此,自相关图定义为:

$$r_{c_i}^{(d)} = Pr[p_i \in I_{c_i}, |p_i - p| = d | p \in I_{c_i}] \quad (2)$$

然后统计距离  $d=1$  的情况下颜色值相同时的颜色对的概率:

$$r_{c_i}^{(d)}(I) = Pr[p_i \in I_{c_i}, |p_i - p| = d | p \in I_{c_i}] = \frac{\Gamma_{c_i}^1(I)}{column \times row \times 8} \quad (3)$$

其中,  $column$ 、 $row$  分别为图像的行数、列数,  $\Gamma_{c_i}^1(I)$  为计算图像  $I$  中距离为 1 的情况下颜色像素对的值为  $c_i$  的数目。通过式(3)可以得到一个 18 维的主色调自相关图的特征向量。

## 2 利用形状特征的检索算法

图像边缘是指图像中周围像素值有阶跃变化的那些像素的集合,即图像局部变化最显著的部分。图像边缘对人类视觉系统具有非常重要的意义,是人类识别物体的重要依据。目前常用的边缘检测算法主要包括 Kirsch、Sobel、Laplacian2、Gauss2ian 和 Canny 算子等。由于 Canny 算子能够较好地勾画出原始图像的边缘<sup>[6]</sup>,因此本文采用 Canny 算子提取边缘信息。

边缘方向直方图是对物体中边缘点方向的一种统计,已经成为用来描述物体形状的一种方法,具有运算快速和鲁棒性好的特点。

一幅二值边缘图像的  $m$  维边缘方向直方图定义为:

$$E_i = Pr(O(p) = i), i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

其中,方向空间被均匀量化成  $m$  组不重叠的方向; $p$  代表每一个边缘点,而  $O(p)$  表示点  $p$  的边缘方向; $E_i$  表示

边缘点中具有边缘方向  $i$  的概率,所有  $m$  个方向的概率之和为 1。 $O(p)$  方向的获取是将一个一维的离散的梯度模板分别应用在原来对应的灰度图像水平和垂直方向。这里的卷积核是  $[-1, 0, 1]$  和  $[-1, 0, 1]^T$ 。设水平方向一阶导数为  $g_x(p)$ ,垂直方向一阶导数为  $g_y(p)$ ,则  $p$  的梯度方向  $O(p)$  为:

$$O(p) = \arctan \frac{g_y(p)}{g_x(p)} \quad (5)$$

如果将方向均匀分成 36 个不重叠的局部方向区间  $[10k, 10(k+1)) (k=0, 1, \dots, 35)$ ,每  $10^\circ$  代表一个方向,用 0~35 代表这 36 个方向,然后计算每个局部区间的直方图。这种量化方法存在一定问题。当量化的值正好在量化边界上或在量化边界附近时,由于这种量化方式只能将该值归入一个方向区间,而对另一个方向区间贡献就没有了,这样就忽略了相邻方向的相关性和连续性,引入了一些量化误差。例如当图像某一点的梯度为  $9^\circ$  时,此时它介于  $k$  为 0 和 1 之间,如果按照均匀 36 区间的分法,  $O(p)$  为 0。事实上,梯度方向为  $9^\circ$  和  $10^\circ$  时,视觉差别非常小,人眼根本分辨不出,但量化后却成了截然不同的两个方向。因此,再改变区间的划分为  $[5+10k, (5+10(k+1))) \bmod 360 (k=0, 1, \dots, 35)$ ,计算出这时每个局部方向区间的直方图,最后将这两次计算的直方图逐项相加求平均作为边缘方向直方图用于图像检索。图 1 是边缘方向直方图,可以发现花与汽车的边缘方向直方图有着明显不同的分布特征。

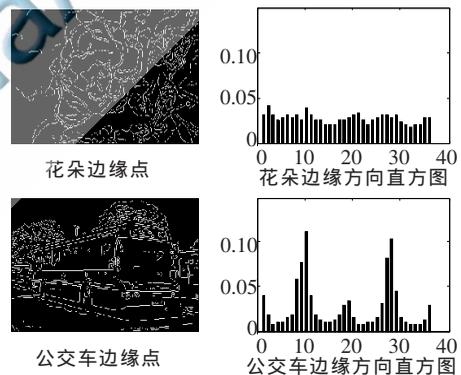


图 1 花朵与汽车边缘及边缘方向直方图

## 3 相似性的度量

本文综合运用颜色主色调的自相关图和边缘方向直方图。假设示例图像为  $Q$ ,数据库中待检索图像为  $I$ ,则  $Q$  和  $I$  之间的相似性可定义为:

$$S(Q, I) = \beta_1 S_1(Q, I) + \beta_2 S_2(Q, I) \quad (6)$$

其中,  $S_1(Q, I)$  表示主色调自相关的绝对值距离,这是因为绝对值距离计算简单且鲁棒性好。 $S_2(Q, I)$  表示边缘方向直方图间的相交距离,权值  $\beta_1, \beta_2 \in [0, 1]$ ,且

$$\beta_1 + \beta_2 = 1 \quad (7)$$

需要指出的是,以上相似度计算公式  $S_2(Q, I)$  与  $S_1(Q, I)$  的值一般是不同的。因此,本文将示例图像  $Q$  与

数据库图像  $I$  的边缘方向直方图相似度定义为平均相似度  $S'_2(Q, I)$ , 即为:

$$S'_2(Q, I) = \frac{S_2(Q, I) + S_2(I, Q)}{2} \quad (8)$$

#### 4 实验结果

为了验证本文算法的性能, 将本文算法与主色调自相关图法和边缘方向直方图法进行对比。实验中, 选用系统使用的测试集 (<http://wang.ist.psu.edu/docs/related/>) 作为图像库。该测试集是从 Corel 图像库中选取的, 共包含有 10 个语义类图像, 每个类包含有 100 幅, 共计 1 000 幅图像。这里将权重值选取为  $\beta_1 = \beta_2 = 0.5$ 。对花朵检索结果如图 2、图 3 和图 4, 左上角的图片为示例图片, 其余的为检索出的图像。

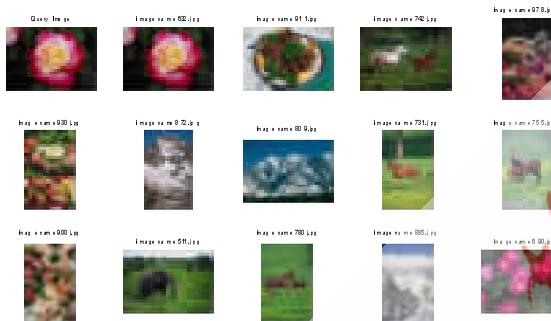


图 2 边缘方向直方图算法



图 3 主色调自相关图算法



图 4 本文算法

为了较全面地评价本文提出的算法, 对图像库中的 10 类图像进行查询, 每一类图像随机抽取 5 幅作为查询图像, 共构成 50 次查询。这里采用查准率作为系统性能的评价标准, 查准率定义为:

$$P = a / (a + b) \quad (9)$$

其中,  $a$  为图像库中检索出的与查询图像相似的图像数目,  $b$  为不相似的图像数目。综合这 50 次查询, 得到相应的平均查准率, 实验结果如图 5 所示。

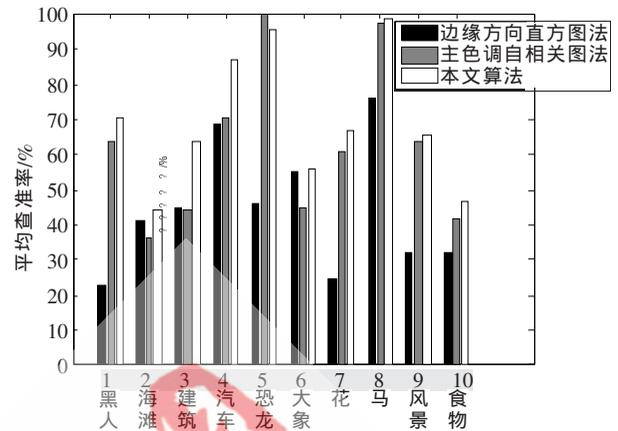


图 5 3 种方法的平均查准率

不难看出, 本文算法能够较准确和高效地查找出用户所需内容相似的彩色图像, 并且具有较好的查准率。这是因为该算法所选取的内容是图像的主色调相关图和边缘方向直方图, 主色调相关图反映了图像的颜色空间特征, 而边缘方向直方图反映了图像边缘的方向性。

本文综合图像的主色调自相关图和图像的边缘方向直方图这两种图像特征提出了新的算法, 仿真实验表明, 该算法比单独用主色调自相关图算法和边缘方向直方图算法检索效果要好。将本文采用的图像特征与相互反馈的智能算法相结合, 是下一步的研究目标。

#### 参考文献

- [1] YOO H W, JANG S H. Extraction of major object feature using VQ clustering for content-based image retrieval[J]. Pattern Recognition, 2002, 35(2):1115-1126.
- [2] LIN H J, KAO Y T. A study of shape-based image retrieval[J]. IEEE Computer, 2004, 22(2):645-662.
- [3] YU H H. Visual image retrieval on compressed domain with Q-distance image signal process[J]. International Journal of Computer Vision, 2000, 31(1):134-149.
- [4] HUANG J, KUMAR S. Image indexing using color correlograms[C]. Proceedings of the Sixth International Conference on Computer Vision, 2003.
- [5] 刘惟锦, 章毓晋. 基于 Kalman 滤波和边缘方向直方图的实时目标跟踪[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2008, 48(7):1104-1107.
- [6] CANNY J. A computational approach to edge-detection[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine intelligence, 1986, 8(6):679-698.

(收稿日期: 2012-04-13)

#### 作者简介:

汪季英, 女, 1986 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 图像检索。

陈贤富, 男, 1963 年生, 副教授, 硕士研究生导师, 主要研究方向: 复杂系统与复杂性科学。