

技术报告

## 综合利用颜色和纹理特征的图像检索\*

刘忠伟 章毓晋

(清华大学电子工程系 北京 100084)

**摘要** 基于特征的图像检索在多媒体数据库管理和多媒体通信传输中得到越来越多的重视。本文介绍了我们设计的分别基于颜色特征和基于纹理特征的两种图像检索算法。在利用单一特征检索的基础上,我们提出了一种综合利用上述两个特征共同进行检索的方法。对真实图像数据库的检索实验表明,综合特征检索要比单一特征检索更符合人的视觉感受要求,因而检索效果更好。

**关键词** 多媒体数据库 图像检索 特征 颜色 纹理

**分类号** TN 919.3

## Image Retrieval Using Both Color and Texture Features

Liu Zhongwei Zhang Yujin

(Department of Electronic Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084)

**Abstract** Feature-based image retrieval has got more and more attention in multimedia database management and data transmission. In this paper, our methods for image retrieval using color and texture features are first discussed. On the basis of using color and texture features separately, a new method for image retrieval using combined color and texture feature is proposed. Retrieval experiments using real color image database are carried out. The results show that the retrieval results obtained from combined-features fits more closely with human perception than the retrieval results obtained from single-features.

**Key words** multimedia database, image retrieval, feature, color, texture

### 1 引言

随着多媒体数据库尤其是大量图像库的广泛应用,对图像的有效检索手段逐渐引起人们重视。这不仅对图像库的管理也对图像库的网上应用至关紧要。近年来国际上广泛开展了基于内容的图像检索研究。其中,利用各种特征对图像检索的方法已取得相当进展。

基于特征对图像进行检索的基本方法<sup>[1]</sup>是在建立图像库时,对输入的图像先进行图像分析,提取图像或目标的特征向量并在将输入图像存入图像库的同时将其相应的特征向量也存入与图像库相连的特征库。在进行图像检索时,对每一幅给定的查询图,进行图像分析并提取该图的特征向量。通过将该图特征向量与特征库中的特征向量进行匹配并根据匹配结果到图像库中搜索就可提取出所需要的检索图来。由上述工作原理可以知道基于特征的图像检索有三个关键,一是要选取恰当的图像特征,二是要采取有效的特征提取方法,三是要有准确的特征匹配算法。

\* 国家自然科学基金(批准号:69672029)和高技术计划(批准号:863-317-9604-05)资助项目

颜色和纹理是图像最重要的两个视觉特征。在接下来的两节中,我们先分别对利用颜色和纹理特征的检索进行讨论,并介绍我们所设计的算法。在此基础上,我们在第四节提出一种综合利用这两个特征进行检索的方法,并对实际图像进行了检索实验,取得了满意的结果,验证了综合特征检索比单一特征检索的优越性。

## 2 利用颜色特征的检索算法

在颜色的表示方法上,我们选择了符合人的视觉感应的 HSI 模型。由于人对颜色的感觉主要由色度  $H$  决定,所以在 HSI 空间可充分发挥色度的描述作用。在颜色特征方面,颜色直方图描述了图像颜色的统计分布特征且具有平移,尺度,旋转不变性,因此在颜色检索中被广泛采用。在匹配方面,常用的有直方图相交法<sup>[2]</sup>,累加直方图法<sup>[1,3]</sup>和矩的方法<sup>[4]</sup>。由于累加直方图体现了两种颜色在颜色轴上的距离与相似性之间的关系,所以累加直方图法在检索效率上优于一般直方图法和矩方法<sup>[5]</sup>。但累加直方图能体现这个优势的前提是:信号本身在特征分布轴上距离小的两点要比距离大的两点更相似。人的视觉特性对上述相关性条件在整个色度分布轴上并不成立,但在色度分布轴上的各个局部区间里能够满足<sup>[6]</sup>,所以我们把色度沿分布轴分成若干个局部区间而在各局部区间内分别应用累加直方图法。

具体检索时先将色度轴分成 6 个不重叠的局部区间  $[60k, 60(k+1)]$ ,  $k = 0, 1, \dots, 5$ , 然后分别计算每个局部区间的累加直方图。由于色度轴上各种颜色的分布实际上是连续过渡的,各颜色区之间并不存在截然的界限,因此,我们再改变区间的划分为  $[30+60k, (30+60(k+1)) \bmod 360]$ ,  $k = 0, 1, \dots, 5$ , (可参见图 1, 其中横轴为色度轴,纵轴为亮度轴), 计算出这时每个局部区间的累加直方图。最后将这两次计算的累加直方图逐项相加取平均,作为最终的特征直方图用于检索。检索实验证明,这种局部累加直方图法在检索效率上要远远优于一般累加直方图法<sup>[6]</sup>。



图 1 局部相似色区域的划分

## 3 利用纹理特征的检索算法

纹理通常定义为图像的某种局部性质,或是对局部区域中像素之间关系的一种度量。纹理特征可用来自对图像中的空间信息进行一定程度的定量描述。纹理特征提取的一种有效方法是以灰度级的空间相关矩阵即共生矩阵为基础的<sup>[7]</sup>,因为图像中相距  $(\Delta x, \Delta y)$  的两个灰度像素同时出现的联合频率分布可以用灰度共生矩阵来表示。若将图像的灰度级定为  $N$  级,那么共生矩阵为  $N \times N$  矩阵,可表示为  $M_{(\Delta x, \Delta y)}(h, k)$ , 其中位于  $(h, k)$  的元素  $m_{hk}$  的值表示一个灰度为  $h$  而另一个灰度为  $k$  的两个相距为  $(\Delta x, \Delta y)$  的像素对出现的次数。

对粗纹理的区域,其灰度共生矩阵中的  $m_{hk}$  值较集中于主对角线附近。因为对于粗纹理,像素对趋于具有相同的灰度。而对于细纹理的区域,其灰度共生矩阵中的  $m_{hk}$  值则散布在各处。图 2(a) 和 (b) 分别给出一个具有粗纹理的图像和它的共生矩阵图及一个具有细纹理的图

像和它的共生矩阵图的例子。由此可见用对灰度共生矩阵的各种统计量可作为纹理特性的度量。我们利用以下四个特征量表示纹理特征:

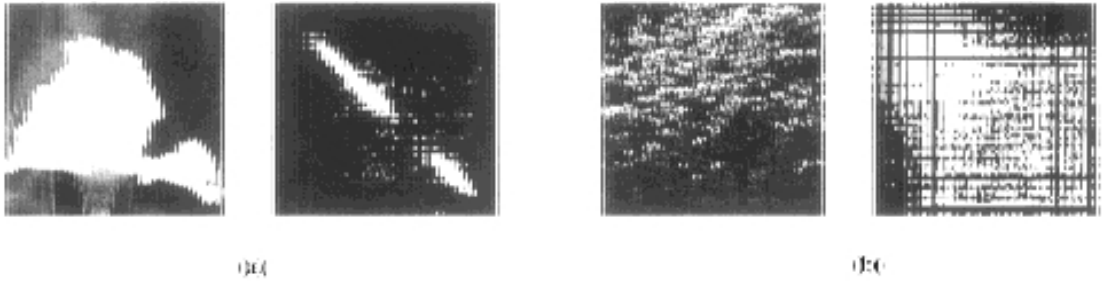


图2 不同纹理图像和其对应的共生矩阵图

(1) 反差(或称为主对角线的惯性矩):

$$CON = \sum_h \sum_k (h - k)^2 m_{hk} \tag{1}$$

对于粗纹理,由于  $m_{hk}$  的数值较集中于主对角线附近,此时  $(h - k)$  的值较小,所以相应的  $CON$  值也较小。相反,对于细纹理则相应的  $CON$  值较大。

(2) 能量(或称为角二阶矩):

$$ASM = \sum_h \sum_k (m_{hk})^2 \tag{2}$$

这是一种对图像灰度分布均匀性的度量。当  $m_{hk}$  的数值分布较集中于主对角线附近时,其相应的  $ASM$  值较大;反之,  $ASM$  值则较小。

(3) 熵:

$$ENT = - \sum_h \sum_k m_{hk} \log m_{hk} \tag{3}$$

当灰度共生矩阵中各  $m_{hk}$  数值相差不大且较分散时,  $ENT$  值较大;反之,若  $m_{hk}$  的数值较集中时,  $ENT$  值较小。

(4) 相关:

$$COR = [ \sum_h \sum_k hkm_{hk} - \mu_x \mu_y ] / \sigma_x \sigma_y \tag{4}$$

其中  $\mu_x, \mu_y, \sigma_x, \sigma_y$  分别为  $m_x, m_y$  的均值和标准差,  $m_x = \sum_k m_{hk}$  是矩阵  $M$  中每列元素之和;  $m_y = \sum_h m_{hk}$  是矩阵  $M$  中每行元素之和。相关量是用来描述矩阵中行或列元素之间相似程度的,它是灰度线性关系的度量。

在纹理特征的提取中,我们先把图像的亮度分量图分成 64 个灰度级,并构造四个方向的共生矩阵即  $M_{(1,0)}, M_{(0,1)}, M_{(1,1)}, M_{(1,-1)}$ ,然后分别计算四个共生矩阵的上述 4 个纹理参数,最后以各参数的均值和标准差即  $\mu_{CON}, \sigma_{CON}, \mu_{ASM}, \sigma_{ASM}, \mu_{ENT}, \sigma_{ENT}, \mu_{COR}, \sigma_{COR}$  作为纹理特征向量中的各个分量。由于以上 8 个分量物理意义和取值范围不同,需对它们进行内部归一化。这样在计算相似距离时,可使各分量具有相同权重。高斯归一化方法是一种较好的归一化方法,其特点是少量超大或超小的元素值对整个归一化后的元素值分布影响不大<sup>[8]</sup>,具体方法如下

一个  $N$  维的特征向量可记为:  $F = [f_1, f_2, \dots, f_N]$ 。如用  $I_1, I_2, \dots, I_M$  代表图像库中的图像,则对其中任一幅图像  $I_i$ ,其相应的特征向量为  $F_i = [f_{i,1}, f_{i,2}, \dots, f_{i,N}]$ 。假设特征分量值系列  $[f_{1,j}, f_{2,j}, f_{i,j}, \dots, f_{M,j}]$  符合高斯分布,计算出其均值  $m_j$  和标准差  $\sigma_j$ ,然后利用下式可将  $f_{i,j}$  归一化至  $[-1, 1]$  区间:

$$f_{i,j}^{(N)} = \frac{f_{i,j} - m_i}{\sigma_j} \quad (11)$$

根据式(5)归一化后,各个 $f_{i,j}$ 均转变成具有 $N(0, 1)$ 分布的 $f_{i,j}^{(N)}$ 。如果利用 $3\sigma_j$ 进行归一化,则 $f_{i,j}^{(N)}$ 的值落在 $[-1, 1]$ 区间的概率可达99%。实际应用中,我们将 $[-1, 1]$ 区间外的 $f_{i,j}$ 值设为-1或1,以保证所有 $f_{i,j}$ 的值均落在 $[-1, 1]$ 区间。

#### 4 综合利用颜色和纹理特征进行检索

以直方图作为颜色特征,仅仅表示了图像中各种颜色的统计分布,而没有包含各种颜色的空间分布信息。事实上颜色空间分布明显不同的图像可以具有相同的直方图。所以可以想象单一利用颜色特征进行检索,检索效果有时会与人的视觉感受不相吻合。

解决这类问题的有效办法就是不仅要利用图像中的颜色信息,而且也要利用图像中的空间分布信息。为利用颜色的空间分布,一种方法是将图像分成多个子区域,分别计算每个区域的颜色直方图<sup>[7]</sup>。显然子区域分得越多,空间信息就越丰富。但区域分得多,用来存储每个区域直方图所需的空间也越大,同时计算量也会大大增加。所以子区域的划分个数应适当。但子区域的划分个数涉及各种因素而不易自动确定。

由于纹理特征能对空间信息进行一定的描述,所以我们考虑可综合利用颜色和纹理特征进行检索。首先按前二节所述,分别提取颜色和纹理特征向量,然后将这两个向量结合起来进行检索。由于颜色特征和纹理特征物理意义不同,不直接具有可比性。如采用欧氏距离进行综合特征相似度量时,应对颜色和纹理的特征向量进行归一化。与前面第三节所述的特征向量内部归一化不同的是这里要对特征向量进行外部归一化。内部归一化的目的是使特征向量内部各分量在相似度量时地位相同;而特征向量外部归一化是对不同的特征向量进行归一化,其目的是使综合特征各特征向量在相似距离计算中的地位相同。

特征向量的外部归一化实际上是对图像库内所有图像对的相似距离进行归一化,其主要步骤如下<sup>[8]</sup>:

- (1) 计算图像库中每两个图像 $I, J$ 所对应特征向量 $F_I, F_J$ 间的相似距离:

$$D_{IJ} = \text{dis}(F_I, F_J) \quad I, J = 1, 2, \dots, M, \text{ 且 } I \neq J \quad (6)$$

- (2) 计算出由式(6)得到的 $M(M-1)/2$ 个距离值的均值 $m_D$ 和标准差 $\sigma_D$ ;

- (3) 对查询图像 $Q$ ,计算其与图像库中每个图像的相似距离,记为 $D_{1Q}, D_{2Q}, \dots, D_{MQ}$ ;

- (4) 对 $D_{1Q}, D_{2Q} \dots D_{MQ}$ 先按式(5)进行高斯归一化,再作如下线性变换:

$$D_{iQ}^{(N)} = \left[ \frac{D_{iQ} - M_Q}{3\sigma_Q} + 1 \right] / 2 \quad (7)$$

容易得知: $D_{iQ}^{(N)}$ 的值有99%落在 $[0, 1]$ 区间。

颜色和纹理特征经过上述归一化处理,保证了在综合检索时两个特征向量在相似距离计算中地位相同。实际检索中,颜色和纹理在检索中的权重还可以任意设定,以适应不同的检索要求。

对上述算法我们借助由400多幅真实花卉图像组成的图像库进行了检验,并与基于单一颜色或单一纹理的方法进行了比较,效果比较令人满意。图3到图5给出一组检索结果图。图3是仅用颜色特征检索得到的结果,左起第一幅图为查询图,其余为对该图的检索结果,从左向右,相关匹配值依次减少。由于仅利用了颜色进行查询,检索出的各图虽然从颜色角度看与查询图比较接近,但总体视觉效果与人并不完全吻合。例如左起第二幅图的颜色虽然与查询图

相似,但图案有较大差别(查询图是一朵大花,而左起第二幅图是许多小花)。如果根据人的视觉感受排列。比较合理的是把左起第四、六、八幅图(也都是一朵黄色大花)提到前面。图 4 给出仅用纹理特征对同一查询图进行检索得到的结果。从大花与小花图案的角度看比图 3 要好一些,但检索结果中出现了一些颜色完全不同的图(如左起第六到第九图)。最后图 5 给出利用综合特征方法对同一查询图进行检索得到的结果,其中所用颜色与纹理在检索中的权重为 3 比 2。从上面三图可以明显看出,综合利用颜色和纹理特征进行检索所得到的结果在色彩及其分布上都要比单一利用颜色或纹理特征进行检索更符合人的视觉要求。



图 3 仅用颜色特征的检索结果



图 4 仅用纹理特征的检索结果

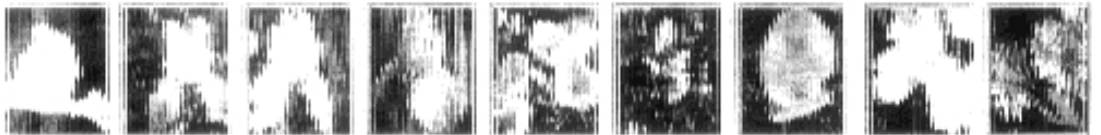


图 5 综合颜色和纹理特征的检索结果

### 5 结语

本文在利用单一颜色或纹理特征进行图像检索的研究基础上,提出了一种综合利用这两个特征进行检索的方法,其中颜色特征用局部累加直方图来表示,纹理特征的提取则以共生矩阵为基础。在综合颜色和纹理特征检索时,首先对这两个特征进行了高斯归一化,以保证两个特征在相似距离计算中地位相同。实验表明,综合特征检索要比单一特征检索更符合人的视觉要求。进一步结合其它特征的检索研究正在进行中。

### 参 考 文 献

- 1 章毓晋,刘忠伟 基于 HSI 模型和累积直方图的彩色图像检索 见:第八届全国信号处理学组委员会联合会议论文集,1997,256~ 260
- 2 Swain M J,Ballard D H. Color indexing Intl J Comput Vis, 1991, 7(1): 11~ 32
- 3 Stricker M ,Orongo M. Similarity of color images SPIE, 1995, 2420: 381~ 392
- 4 Mandal M K, et al. Image indexing using translation and scale-invariant moments and wavelets In: SPIE, 1997, 3022: 380 ~ 389
- 5 Zhang Y J,Liu ZW ,He Y. Comparison and improvement of color-based image retrieval techniques In: SPIE, 1998, 3312: 371~ 382
- 6 刘忠伟,章毓晋 利用局部累加直方图进行彩色图像检索 中国图像图形学报, 1998, 3(7): 533~ 537
- 7 Furht B, et al Video and Image Processing in Multimedia System s Boston: Kluwer Academic Publishers, 1995, 226~ 270
- 8 Ortega M, et al Supporting similarity queries in MARS. In: ACM Conf on Multimedia, 1997, 403~ 413

(1998-05-28 收到, 1999-02-23 改定)