

# 改进的基于广义图像共生矩阵的图像检索方法<sup>\*</sup>

洪清启, 王备战, 董槐林, 张磊, 陈兵  
(厦门大学 软件学院, 福建 厦门 361005)

**摘要:** 综合考虑了传统灰度共生矩阵法与基于广义图像灰度共生矩阵法各自的优点, 提出了改进的基于广义图像灰度共生矩阵的图像检索方法。新方法构造了广义图像四个方向的灰度共生矩阵, 并提取四个共生矩阵的纹理参数进行检索。实验结果表明, 新方法对图像的旋转及尺寸变化具有更好的检索性能。

**关键词:** 基于内容的图像检索 灰度共生矩阵 广义图像 平滑图像 纹理特征

## An improved method for image retrieval based on generalized co-occurrence matrix

HONG Qing Qi, WANG Bei Zhan, DONG Huai Lin, ZHANG Lei, CHEN Bing  
(School of Software, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** This paper integrates the advantages of the traditional co-occurrence matrix and generalized image co-occurrence matrix and proposes an improved method based on generalized image co-occurrence matrix. The new approach constructs four co-occurrence matrixes based on generalized image in four directions, and then it picks up the texture parameters of the four co-occurrence matrixes for image retrieval. The experimental results show that the new method has an advanced general performance and the retrieval efficiency is improved greatly when the image gets a rotation and great change in size.

**Keywords:** CBIR; co-occurrence matrix; generalized histogram; smoothed image; texture character

基于内容的图像检索 CBIR (Content-Based Image Retrieval) 技术从试图理解图像内容的角度来管理和利用图像库中的信息, 它综合利用了计算机图像处理与计算机视觉研究各方面的技术, 已经成为多媒体数据库、计算机视觉等领域的研究热点。因此, 采用 CBIR 技术可以较好地解决大型图像库的信息检索难题<sup>[1]</sup>。

在 CBIR 系统中, 可以采用多种特征来表示图像, 而纹理是图像分析中的一个重要特征, 是一种反映一个区域中像素灰度级的空间分布的属性<sup>[2]</sup>。基于纹理检索的技术在很多领域内得到广泛应用, 特别是针对医学图像、遥感图像, 因此近年来一直是人们研究的热门课题。在图像检索中, 较常用的纹理特征主要有 Tamura 纹理特征、自回归纹理模型、方向性特征、小波变换和共生矩阵等形式<sup>[3]</sup>。这些纹理分析方法都是提取了那些在特定纹理描述中最重要的特征, 突出纹理的不同方面。其中, 基于灰度共生矩阵的纹理检索算法被广泛应用。灰度共生矩阵法<sup>[4-5]</sup>在多数情况下是有效的, 但也存在一些问题, 例如由于灰度共生矩阵本身具有方向性而导致从中

提取的统计量也只能反应某一方向信息; 虽然检索时采用了四个方向的统计量做平均, 但还是不能很好地表达图像全局信息; 另外对有相同内容但尺寸相差很大的两幅图像, 在用该方法检索时由于所统计的像素数目存在较大差别, 影响检索结果的精确性。后来姚宏宇<sup>[6]</sup>等人提出了基于广义图像灰度共生矩阵的检索方法, 该方法考虑到图像像素之间的空间相关性, 能够较好地表达图像的全局信息, 而且对图像的旋转及尺寸变化也不敏感; 然而它只注重考虑图像的全局信息, 而且只是简单地提取广义图像的统计量特征, 而没有考虑到像素间的方向信息, 丢失了图像的局部细节信息。为克服前两种方法的局限性, 本文在其基础上提出了改进的基于广义图像灰度共生矩阵的图像检索方法。在该方法中, 首先对原图像做平滑处理; 为了保护像素间的方向信息, 不是简单地计算原图像素邻域的平均, 只得到一个平滑图像, 而是分别计算其在 0°、45°、90° 和 135° 四个方向上的均值, 即得到四个平滑图像。其次, 将原图像与四个平滑图像相对应的像素点组成二元组, 计算每个二元组出现的频率, 构造广义图像四个方向的共生矩阵。最后, 与

<sup>\*</sup> 基金项目: 985 二期信息创新平台项目资助(0000-X07204)

传统灰度共生矩阵法一样,提取四个共生矩阵的纹理参数,并以各参数的均值和标准差作为纹理特征向量上的各个分量用于检索。实验结果表明,相对于传统灰度共生矩阵法及基于广义图像灰度共生矩阵法,本文所采用的方法对图像的旋转及尺寸变化具有更好的稳定性。

### 1 灰度共生矩阵法

灰度共生矩阵建立在估计图像的一阶组合条件概率密度函数的基础上,其通过计算图像中有一定距离和一定方向的两点之间灰度的相关性,反映图像在方向、间隔、变化幅度及快慢上的综合信息<sup>[7]</sup>。设图像的灰度级为N级,那么共生矩阵为 $N \times N$ 矩阵,可表示为 $M_{(V_x, V_y)}(h, k)$ ,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 $(V_x, V_y)$ 的像素对出现的次数<sup>[5]</sup>。在纹理特征的提取中,先构造四个方向的共生矩阵即 $M_{(1,0)}, M_{(-1,1)}, M_{(0,1)}, M_{(1,1)}$ ,然后分别计算四个共生矩阵的四个纹理参数:反差、熵、能量、相关,最后以各参数的均值和标准差作为纹理特征向量中的各个分量。由于各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,使各分量具有相同的权重。

### 2 广义图像灰度共生矩阵法

广义图像灰度共生矩阵法考虑了原始图像灰度级与平滑图像灰度级的联合统计分布,其实现过程与灰度共生矩阵法类似。广义图像灰度共生矩阵为<sup>[6]</sup>: $\{h_{ij}, i=0, 1, \dots, L-1; j=0, 1, \dots, L-1\}$ , $L$ 为灰度级数,其中 $h_{ij}$ 定义为集合 $\{(x, y) | f(x, y)=i, g(x, y)=j\}$ 中元素的数目, $f(x, y)$ 为原图像, $g(x, y)$ 为平滑图像。将 $\{h_{ij}\}$ 作归一化处理,得到归一化的广义图像灰度共生矩阵 $\{p_{ij}\}$ ,使其各元素之和为1。类似于灰度共生矩阵法,利用归一化的广义图像灰度共生矩阵 $\{p_{ij}\}$ 可以定义各种特征统计量,如反差、熵、能量、相关等。对每幅图像分别计算这四个统计量来表示纹理特征,然后对其进行特征内部归一化,这样在计算相似距离时,使各分量具有相同的权重<sup>[6]</sup>。

### 3 算法描述

#### 3.1 改进的广义图像灰度共生矩阵

为了能够更好地表达出像素间的空间位置关系及方向细节信息,在计算平滑图像时,并不是简单地计算原图像素邻域的平均,而是分别计算其在 $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 四个方向上的均值,即得到四个平滑图像,将原图像分别与四个平滑图像相对应的像素点组成二元组,计算每个二元组出现的频率,构造广义图像四个方向的共生矩阵。

设窗口尺寸为 $(2L+1) \times (2L-1)$ ,对灰度值为 $f(m, n)$ 的像素 $(m, n)$ ,为了保护图像中水平、垂直及斜向方向的细节信息,更好地体现出像素间的空间方位关系,分别选择窗内 $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ 和 $135^\circ$ 这四个特定方向上相应的像素组成的集合,由此得到4个子窗口 $W_0(m, n), W_1(m, n),$

$W_2(m, n)$ 和 $W_3(m, n)$ ,可分别定义为<sup>[8]</sup>:

$$W_0(m, n) = \{f(m, n+l), -L \leq l \leq L\};$$

$$W_1(m, n) = \{f(m+l, n-l), -L \leq l \leq L\};$$

$$W_2(m, n) = \{f(m+l, n), -L \leq l \leq L\};$$

$$W_3(m, n) = \{f(m+l, n+l), -L \leq l \leq L\}$$

然后计算原图每一像素分别在子窗口 $W_0(m, n), W_1(m, n), W_2(m, n), W_3(m, n)$ 内相应的均值,这样就得到了四个方向上的平滑图像,每个平滑图像再与原图组合,构造出广义图像四个方向的共生矩阵。

#### 3.2 统计量特征提取

改进的广义图像共生矩阵与传统的灰度共生矩阵存在一些相通性,因此也可以定义与灰度共生矩阵法类似的各种特征统计量,如反差、熵、能量、相关等<sup>[5]</sup>。

(1) 反差(或称为主对角线的惯性矩):

$$CON = \sum_i \sum_j (i-j)^2 h_{ij} \quad (1)$$

(2) 能量:

$$ASM = \sum_i \sum_j (h_{ij})^2 \quad (2)$$

(3) 熵:

$$ENT = - \sum_i \sum_j h_{ij} \log h_{ij} \quad (3)$$

(4) 相关:

$$COR = [\sum_i \sum_j ij h_{ij} - \mu_x \mu_y] / \sigma_x \sigma_y \quad (4)$$

其中 $\mu_x, \mu_y, \sigma_x, \sigma_y$ 分别为 $h_x$ 和 $h_y$ 的均值和标准差, $h_x = \sum_j h_{ij}$ 是矩阵H中每列元素之和, $h_y = \sum_i h_{ij}$ 是矩阵H中

每行元素之和。在纹理特征的提取中,首先构造广义图像四个方向的共生矩阵即 $H_0, H_{45}, H_{90}$ 和 $H_{135}$ ,并对矩阵中的元素进行归一化,然后分别计算四个共生矩阵的上述4个统计量,最后以各统计量的均值和标准差即 $\mu_{CON}, \sigma_{CON}, \mu_{ASM}, \sigma_{ASM}, \mu_{ENT}, \sigma_{ENT}, \mu_{COR}, \sigma_{COR}$ 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,这里采用高斯归一化的方法,这样在计算相似距离时,可使各分量具有相同权重。

#### 3.3 相似性度量

设图像 $I_i$ 归一化后的八维特征向量为:

$$F_i = [\mu_{i,CON}, \sigma_{i,CON}, \mu_{i,ASM}, \sigma_{i,ASM}, \mu_{i,ENT}, \sigma_{i,ENT}, \mu_{i,COR}, \sigma_{i,COR}] \quad (5)$$

则计算图像库任意两幅图像 $I_i, I_j$ 所对应的特征向量 $F_i, F_j$ 间的相似距离:

$$D_{ij} = \text{dis}(F_i, F_j) \quad i \neq j \quad (6)$$

其中 $\text{dis}()$ 为欧氏距离函数。

### 4 实验结果及分析

Brodatz纹理库共有111幅图像,包含了各种各样的纹理,已被广泛地用来测试算法的性能,实验中采用Brodatz图像库和Brodatz图标库。文章采用参考文献[6]的实验方法,即对一幅图像进行旋转或缩放等变化得到

《微型机与应用》2007年第6期(增刊)

新图像,然后在图像库中检索该图像,检索结果为正确图像(未经变化的图像)的位序  $R$ ,将满足  $R \leq 15$  的结果视为成功的检索结果。

由于 Brodatz 图标库中图像是 Brodatz 图像库中对应图像的小图标,因此只要对图标库中的每一幅图像进行 45° 旋转就能得到与 Brodatz 图像库中对应的旋转和缩小后的新图像,然后在原图像库对新图像进行检索,得到每个新图像的位序。对每一位序  $R$  所对应的区间  $[0, R]$ ,统计该区间内成功检索结果的个数,记为  $SUM(R)$ 。则定义位序百分比为:

$$P(R) = SUM(R) / 111 \quad (7)$$

对于给定的位序  $R$  值,  $P(R)$  值表示在小于或等于  $R$  的范围内检索成功个数的百分比,  $P(R)$  值越大,说明算法的检索成功率越高。统计结果见图 1,其中,  $O$  表示基于灰度共生矩阵方法的检索结果;  $T$  表示基于广义图像共生矩阵方法的检索结果;  $E$  表示利用本文方法的检索结果。由图可以看出,基于灰度共生矩阵方法对图像旋转及大小变化后的检索能力相对后两种方法要差得多,后两种方法检索能力相当,但本文方法的结果还是有所改进。

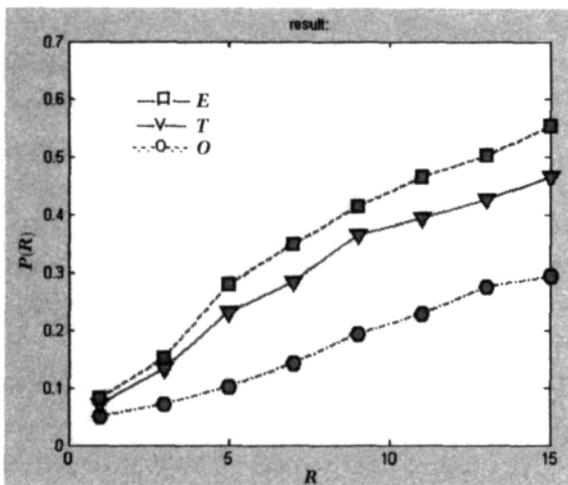


图 1 检索结果的比较曲线图

文章综合考虑了传统灰度共生矩阵及广义图像共生矩阵方法的各自优点,在其基础上提出了改进的基于广义图像灰度共生矩阵的图像检索方法。在该方法中,首先,对原图像分别计算其在 0°、45°、90°、135° 四个方向上平滑图像;其次,将原图像与四个平滑图像相对应的像素点组成二元组,计算每个二元组出现的频率,构造广义图像四个方向的共生矩阵;最后,与传统灰度共生矩阵法一样,提取四个共生矩阵的纹理参数,并以各参数的均值和标准差作为纹理特征向量上的各个分量用于检索。实验结果表明,相对于传统灰度共生矩阵法及基于广义图像灰度共生矩阵法,新方法对图像的旋转及尺寸变化具有更好的鲁棒性。

参考文献

- [1] 程起敏.基于内容的遥感影像库检索关键技术研究[D].北京:中国科学院遥感应用研究所,2004.
- [2] IEEE Standard 610. 4- 1990, IEEE Standard Glossary of Image Processing and Pattern Recognition Terminology[M]. New York : IEEE Press, 1990.
- [3] 庄越挺,潘云鹤.网上多媒体信息分析与检索[M].北京:清华大学出版社,2002.
- [4] FURHT B. Video and image processing in multimedia systems[M]. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1995: 226- 270.
- [5] 刘忠伟,章毓晋.综合利用颜色和纹理特征的图像检索[J].通信学报,1999,20(5).
- [6] 姚宏宇,李弼程.基于广义图像灰度共生矩阵的图像检索方法[J].计算机工程与应用,2004,34.
- [7] 王润生.图像理解[M].长沙:国防科技大学出版社,1995.
- [8] 张旭明,徐滨士,董世运.用于图像处理的自适应中值滤波[J].计算机辅助设计与图形学学报,2005,17(2). (收稿日期:2007-04-17)

(上接第 100 页)

表 1 以 BVC 2004 进行实验得到的数据

方法	$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_4$	MER(%)	DER(%)
统计窗法	484	32	448	36	86.8	63.8
谱分析法	501	24	445	56	84.8	44.7
连续谱方法	487	15	459	28	91.4	94.6

参考文献

- [1] 中国生物特征认证动态[M].创世纪号,2003,(001): 1- 10.
- [2] DAUGMAN J G. High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence [J]. IEEE

Transactions on Pattern Recognition and Machine Analysis, 1993,15(11):1148- 1161.

- [3] CAMPBELL J J. Speaker recognition: A tutorial[J]. Proceedings of IEEE, 1997,85(9):1437- 1462.
- [4] MILLER B. Vital signs of identity[J].IEEE Spectrum,1994, 31(2):22- 30.
- [5] NALWA V. Automatic on-line signature verification [J]. Proceedings of IEEE, 1997,85(2):213- 239.
- [6] GONZALEZ R C, WOODS R E. Digital image processing. 3rd. ed. Addison- Wesley, 1992.

(收稿日期:2007-04-17)