

文章编号: 1671-8860(2006)09-076-04

文献标志码: A

一种有效的基于灰度共生矩阵的图像检索方法

王 波¹ 姚宏宇¹ 李弼程¹

(1 信息工程大学信息工程学院, 郑州市俭学街7号, 450052)

摘要: 提出了一种基于广义图像灰度共生矩阵的图像检索方法。该方法首先将原图像作平滑处理得到平滑图像, 然后将原图像和平滑图像组合得到广义图像灰度共生矩阵, 提取该矩阵的统计特征量, 最后将该统计量组成归一化向量用以检索。实验结果表明, 本方法的效果要优于单纯的灰度共生矩阵法。

关键词: 图像检索; 基于内容的检索; 平滑图像; 共生矩阵

中图法分类号: T P751; P237.3

基于内容的图像检索^[1] 主要采用较低层次的图像特征, 如颜色、纹理和形状等。至于高层次的语义特征, 由于在图像内容表示中出现的“语义鸿沟”问题^[2] 的解决还有待突破, 而颜色、纹理和形状易于实现特征的自动提取, 因而, 现有的一些图像检索系统大都采用这几种特征或将这几种特征综合起来应用。

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^[3]。这些纹理分析方法的共同点就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, 基于共生矩阵的纹理检索算法被广泛应用。

共生矩阵法^[4,5], 又称为灰度联合概率矩阵法(灰度共生概率矩阵法), 是对图像的所有像元进行统计调查, 以便描述其灰度分布的一种方法。此方法在多数情况下是有效的, 但由于灰度共生矩阵本身具有方向性, 从该矩阵提取的统计量只能反映某一方向的信息。虽然检索时采用了4个方向的统计量作平均, 但还是不能很好地表达图像的全局信息。另外, 对有相同内容但尺寸相差很大的两幅图像, 在用该方法进行检索时, 由于所统计的像素数目存在较大差别, 而影响了检索结果的精确性。

1 算法描述

1.1 广义图像灰度共生矩阵

把原图像与平滑图像相对应的两个像素点组

合起来, 形成一个二元矢量, 把所得的二元矢量的集合称为广义图像。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。这种方法的实现过程与灰度共生矩阵法类似。

设原图像为 $f(x, y)$, $x = 1, 2, \dots, M$; $y = 1, 2, \dots, N$, 其灰度级为 L 。采用 3×3 或者 5×5 点阵对原始图像进行平滑处理, 得到平滑图像 $g(x, y)$, $x = 1, 2, \dots, M$, $y = 1, 2, \dots, N$, 其灰度级也为 L 。广义图像的灰度共生矩阵为 $\{H_{ij}\}$, $i = 0, 1, \dots, L-1$; $j = 0, 1, \dots, L-1\}$, 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。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。

1.2 统计特征

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、能量与相关等。

1) 惯性

$$T_1 = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L_g-1} (i, j)^2 P_{ij} \quad (1)$$

2) 混合熵

$$T_2 = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L_g-1} P_{ij} \lg P_{ij} \quad (2)$$

3) 能量

$$T_3 = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L_g-1} P_{ij}^2 \quad (3)$$

4) 相关

$$T_4 = \frac{1}{\sigma_x \sigma_y} \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L_g-1} (i - \mu_x)(j - \mu_y) P_{ij} \quad (4)$$

式中, μ_x 为灰度平均; μ_y 为平滑平均; σ_x^2 为灰度方差; σ_y^2 为平滑方差。

$$\mu_x = \sum_{i=0}^{L-1} i \left[\sum_{j=0}^{L_g-1} P_{ij} \right] \quad (5)$$

$$\mu_y = \sum_{j=0}^{L_g-1} j \left[\sum_{i=0}^{L-1} P_{ij} \right] \quad (6)$$

$$\sigma_x^2 = \sum_{i=0}^{L-1} (i - \mu_x)^2 \left[\sum_{j=0}^{L_g-1} P_{ij} \right] \quad (7)$$

$$\sigma_y^2 = \sum_{j=0}^{L_g-1} (j - \mu_y)^2 \left[\sum_{i=0}^{L-1} P_{ij} \right] \quad (8)$$

1.3 检索方法

对每幅图像计算得到 4 维特征向量 $T = [T_1, T_2, T_3, T_4]$, 用以表示图像的纹理特征, 距离匹配采用欧式距离:

$$D_{ij} = \sqrt{(T_{i,1} - T_{j,1})^2 + (T_{i,2} - T_{j,2})^2 + (T_{i,3} - T_{j,3})^2 + (T_{i,4} - T_{j,4})^2} \quad (9)$$

但由于以上 4 个分量的物理意义和取值范围不同, 小的分量和较大的分量相比, 在计算时会被忽略, 所以同样需对它们进行特征内部归一化。这样在计算相似距离时, 可使各分量具有相同权重。归一化时, 仍采用高斯归一化方法^[3]。

2 实验结果

实验采用两个图像库, 分别为 Brodatz 图像库和 Brodatz 图标库, 都含有 112 幅纹理图像。Brodatz 图像库中的图像是 Brodatz 图像库中对应图像的小图标, 该图标与其对应的图像有相同的内容, 但图像在大小上相差很大。为了方便, 这里分别把两个图像库中的图像叫作原图和图标。原图均为 640 像素 \times 640 像素 \times 256 像素, 而图标均为 75 \times 75 \times 24 bits。系统软件在 VC⁺⁺ 6.0 环境下开发。首先分别对两个图像库中的每一幅图像提取纹理特征, 将其存入特征库, 这里分别称为 Brodatz 特征库和 BrodatzIcon 特征库。本文分别就图像发生旋转及大小变化进行了实验, 同时也给出了在通常情况下的检索结果。在检索中, 输入示例图像后, 系统将目标图像库中的图像按式(9)排序, 返回排序后的结果, 位序用 R 表示。对于一种有效的算法来说, 越相似的图像, 对应的距离就越小, R 值就越小。由于本实验中所用的图像库均含有 112 幅图像, 所以 R 的取值范围为 $[1, 112]$ 。

若 R 值太大, 说明该算法认为两幅图像相差很大, 将此情况视为不成功。考虑到图像总数为 112, 本文选取 $R \leq 15$ 的实验结果视为有效的。

2.1 测试算法检索相似图像的效果

从 Brodatz 图像库中选取两组纹理基本相同的图像(图 1), 分别为 10 幅和 7 幅。对一组中的每幅图像, 在图像库中检索相似图像, 设在最相似的 N 个图像中相关图像的数目为 M , N 是图像组包含的图像数目, 则检索精度为:

$$p = M/N \quad (10)$$

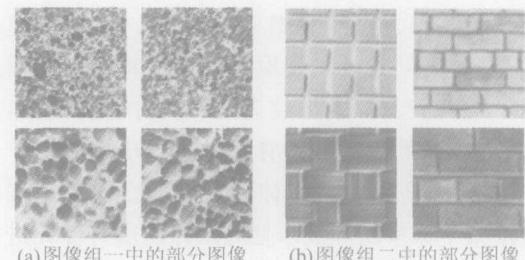
以此参数作为检索精度的评价标准, 实验结果见表 1。

表 1 算法检索相似图像的能力

Tab. 1 Capacity of Method with Similar Images

图像组/方法	平均	最高	最低
图像组一/原方法	0.67	0.80	0.10
图像组一/新方法	0.62	0.80	0.50
图像组二/原方法	0.47	0.71	0.14
图像组二/新方法	0.51	0.71	0.29

表 1 中, 新方法与原方法检索精度的最大值相同, 但相比较而言, 新算法的最低值要高于原方法, 也就是说, 在最坏的情况下好于原算法。分别对两组图像统计检索精度的平均值, 由表中可看出该值互有高低。总地来说, 两种算法对相似图像的检索能力相当。



(a) 图像组一中的部分图像

(b) 图像组二中的部分图像

图 1 测试图像组

Fig. 1 Groups of Testing Images

2.2 算法对图像旋转变化后的检索能力

以 Brodatz 图像库为例, 对它作如下操作: 将一幅图像顺时针旋转 20° 得到新图像, 然后在 Brodatz 图像库中检索该图像, 检索结果即为正确图像(未经旋转的图像)的位序 R , 最好的结果是 R 值为 1, 将满足条件 $R \leq 15$ 的结果视为成功的检索结果。

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 $\text{sum}(R)$ 。定义位序百分比 $P(R)$ 为:

$$P(R) = \text{sum}(R)/112 \quad (11)$$

$P(R)$ 的意义在于: 对于给定的 R 值, $P(R)$ 表

示在小于或等于 R 值范围内成功检索结果个数的百分比。在比较两种算法的图像识别能力时, $P(R)$ 值越高, 说明算法检索成功率也相对越高。统计结果见图 2, 这里由于只统计成功的检索结果 ($R \leq 15$), 所以 $P(R) = P(15) (R \leq 15)$, 因此, 作图只需表示 $P(1) \sim P(15)$ 。

图 2 为针对旋转图像检索的 $P(R)$ - R 曲线图。图 2 中, 最大值高于原算法 81.08%, 最小值为 39.64%, 而平均值则高出原算法 70.58%。值得一提的是, 新算法的成功率高达 99.09%, 而原算法仅为 25.23%。

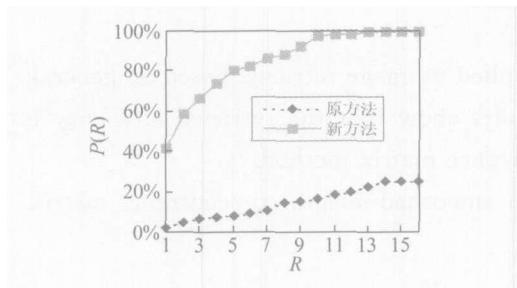


图 2 算法识别旋转图像的能力

Fig. 2 Capacity of Method with Rotated Images

2.3 算法对图像大小变化后的检索能力

考虑到两个图像库中的图像内容相同, 但大小相差很大, 所以用 Brodatz 原图在 Brodatz 图标库中检索, 或将图标图像在 Brodatz 图像库中检索, 不失为测试算法性能的一种有效的方法。实验结果见图 3。其中, 图 3(a) 图表明了由大图像识别小图像的能力, 而图 3(b) 说明了由小图像识别大图像的能力。图 3 的结果表明, 新方法比原算法分别平均高出 4.39% 和 4.28%, 最大值相差均为 7.21%。

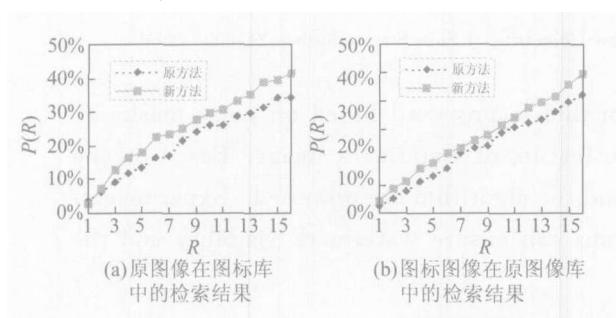


图 3 算法对图像大小发生变化后的识别能力

Fig. 3 Recognition Capacity of Method with Different Size Images

3 结语

通常情况下, 经典的基于灰度共生矩阵的方

法对相似图像的检索有着很好的效果, 但由于该矩阵是对某一方向而言, 虽然检索时采用了各方向的统计量平均值, 但对图像发生了一定角度的旋转仍无法解决。另一方面, 对大小相差悬殊的两幅图像, 由于生成矩阵时统计的数据相差很大, 因而检索效果受到很大的影响。而在本文中, 基于广义图像灰度共生矩阵的方法引入了图像的空间信息, 克服了上面的两个问题。实验表明, 在对相似图像检索时, 该算法与基于共生矩阵的经典算法相当, 在面临同一内容的图像大小显著改变或发生旋转的情况下, 该算法明显优于经典算法。相比较而言, 该算法提高了检索的有效性。

参 考 文 献

- [1] A slandogan Y A, Yu C T. Techniques and Systems for Image and Video Retrieval [J]. IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering, 1999, 11(1): 56-63
- [2] Wang Hufeng, Sun Zhengxing. Semantic Image Retrieval: Review and Research [J]. Journal of Computer Research and Development, 2002, 39(5): 513-521
- [3] Zhuang Yueting, Pan Yunhe. Web Based Multimedia Information Analysis and Retrieval [M]. Beijing: Tsinghua University Publish, 2002
- [4] Furht B, Smoliar S W, Zhang Honglong, et al. Video and Image Processing in Multimedia Systems [M]. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1995: 226-270
- [5] Liu Zhongwei, Zhang Yujin. Image Retrieval Using Both Color and Texture Features [J]. Journal of China Institute of Communications, 1999, 20(5): 36-40
- [6] Wang Yu, Li Bicheng. An Efficient Content Based Retrieval Method for Images [J]. Computer Engineering and Application, 2002, 38(20): 81-83
- [7] Manjunath B S, Ohm J. Color and Texture Descriptors [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2001, 11(6): 703-715
- [8] Minh N D, Martin V. Wavelet Based Texture Retrieval Using Generalized Gaussian Density and Kullback Leibler Distance [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2002, 11(2): 146-158
- [9] Haley G M, Manjunath B S. Rotation Invariant Texture Classification Using a Complete Space frequency Model [J]. IEEE Trans. Image Processing, 1999(8): 255-269
- [10] Li C S, Smith J R, Castelli V, et al. Bergman, Comparing Texture Feature Sets for Retrieving Core Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

- Images in Petroleum Applications [C]. SPIE, San Jose, CA, 1999
- [11] Ma Weiyi, Manjunath B S. A Texture Thesaurus for Browsing Large Aerial Photographs [J]. J. Amer. Soc. Inform. Sci., 1998, 49(7): 633-648
- 第一作者简介: 王波, 博士生。研究方向为信息处理与模式识别。
E-mail: yyywb@163.com

An Efficient Image Retrieval Approach Based on Generalized Image Co-occurrence Matrix

WANG Bo¹ YAO Hongyu¹ LI Bicheng¹

(1 Information Engineering Institute, Information Engineering University, 7 Jianxue Street, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: The spatial information of the image is applied to image retrieval based on generalized image co-occurrence matrix. Experimental results show that the retrieval efficiency is improved largely compared with the classic co-occurrence matrix method.

Key words: image retrieval; content-based retrieval; smoothed image; co-occurrence matrix

About the first author: WANG Bo, Ph.D candidate. His research orientation is information processing and pattern recognition.
E-mail: yyywb@163.com

(上接第 760 页)

藏技术、智能信息处理等。

E-mail: shrgong@suda.edu.cn

A Visible Watermarking Algorithm Holding Image Content

GONG Shengrong¹ YANG Shanchao¹

(1 College of Computer Science and Technology, Soochow University, 1 Shizi Street, Suzhou 215006, China)

Abstract: A wavelet visible watermarking algorithm is proposed based on noise masking, then the improvement is made based on texture feature of watermark image. Based on the above idea, an image content holding strategy and the algorithm are proposed. Experimental results have showed that the proposed algorithms can ensure watermark visibility and the loss in host image become less.

Key words: visible watermarking, DWT transform; image content

About the first author: GONG Shengrong, Ph.D, professor. He has published forty more papers and won 2 honors from Chinese ministries. His research interests include digital image and video processing, information hiding technology, intelligent information processing, etc.
E-mail: shrgong@suda.edu.cn