

基于感兴趣区域多特征加权融合的图像检索算法

唐朝霞¹, 章 慧², 吴海华²

(1 淮阴工学院 计算机工程学院, 江苏 淮安 223003; 2 扬州大学, 江苏 扬州 225000)

摘 要: 基于内容的图像检索有着广阔的应用前景, 但存在检索性能不高的缺点. 综合兴趣点和多特征融合的优点, 提出一种基于感兴趣区域多特征加权融合的图像检索算法. 采用 Harris 算法提取图像的兴趣点, 确定感兴趣区域; 再采用累积灰度直方图、共生矩阵和形状不变矩分别提取感兴趣区域的颜色、纹理和形状特征; 经归一化后, 最后采用距离函数级融合来度量图像的相似度, 以检索图像. 实验表明, 算法有效地提高了图像的检索性能.

关键词: 基于内容的图像检索; 兴趣点; 颜色直方图; 共生矩阵; 形状不变矩

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)06-0205-04

An Image Retrieval Algorithm Based on Weighted Multi-Feature Fusion of Interest Region

TANG Zhao-xia¹, ZHANG Hui¹, WU Hai-hua²

(1 Department of Computer Engineering, Huaiyin Institute of Technology, Huaian 223003, China;

2 Yangzhou University, Yangzhou 225000, China)

Abstract: Content-based image retrieval has broad application prospects, but search efficiency is not high. Based on the advantages of multi-feature fusion and interest points, proposed an Image retrieval algorithm, using Harris algorithm extract interest points, determine Interest Region; then using color histogram, co-occurrence matrix and shape invariant moment extract the color, texture and shape features of interest region; finally using distance function to measure the similarity between images to retrieve the image. Experiments show that this algorithm effectively improves the image retrieval efficiency.

Key words: CBIR; interest point; color histogram; co-occurrence matrix; shape invariant moment

1 引言

随着计算机网络和多媒体技术的发展, 网络资源日益丰富, 图像作为一种直接形象地描述客观世界的信息载体, 如何有效地从图像数据库中查询图像, 已成为目前一个相当重要的研究课题. 在多媒体数字图书馆、卫星遥感图像、医学图像管理、计算机辅助设计和制造、地理信息系统等多方面具有重要的意义^[1].

在实际的图像检索中, 单一的图像特征很难较好地描述图像, 融合多特征的图像检索综合图像的

颜色、形状、纹理等特征对图像进行描述, 以此计算图像与图像数据库中图像的相似度, 更好地满足了实际应用的需要, 是基于内容的图像检索的一个重要的发展方向. 目前基于内容的图像检索已经取得了很大的进展, 国外的如比较经典的 IBM 的 QBIC、Retrieval ware 等, 国内的如国防科技大学开发了基于内容的视频新闻节目浏览检索系统, 云南大学开发了基于内容的商标图像检索系统等. 但很多时候用户并不关心图像全局相似与否, 而更多关注图像中感兴趣区域. 如果比较图像全局的相似性, 检索效率显然不高. 另外, 由于图像对不同特征的敏感程度

收稿日期: 2010-08-13; 修回日期: 2010-10-30

基金项目: 江苏省教育厅(08KJB520001)

不同,因此本文提出基于感兴趣区域多特征加权融合的图像检索算法以更好地满足用户的检索需求。

2 感兴趣区域的提取

(1) 图像兴趣点检测

本文主要利用图像兴趣点的几何坐标位置来确定图像的感兴趣区域,兴趣点是一幅图像内灰度值在垂直和水平方向都有显著变化的一类特殊点,具有计算量小和信息含量高的特点。1980 年代末,Harris 和 Stephens 提出的 Harris 算法是一种非常经典的图像兴趣点检测算法^[2]。利用自动关联函数确定图像中信号的变化形式,自动关联函数定义为^[3]

$$r(x_i, y_i) = \sum_{g(x_i, y_i)} [I(x_i + i', y_i + j') - I(x_i, y_i)]^2 \quad (1)$$

式中, (x_i, y_i) 为图像中的一个点; (i', j') 为一个移动量; $I(x_i, y_i)$ 表示图像中点 (x_i, y_i) 的信号; $g(x_i, y_i)$ 为高斯平滑窗口,以去除图像中的噪声。当水平和竖直方向的变化量均较小时,关联函数是平坦的;仅在水平或竖直方向有较大的变化时,即为边缘;在水平和竖直两个方向上变化均较大的点,关联函数达到峰值,即为兴趣点。

(2) 根据兴趣点的位置计算所有兴趣点的质心 (x, y) , 其中:

$$x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (2)$$

(3) 计算所有兴趣点与质心的距离 $\{d_1, d_2 \dots d_n\}$, 找到所有距离的最大值 $d_{\max}$ 。

(4) 如果 $d_{\max}$ 小于图像的长和宽中较小值的一半,以质心为圆心,以 $d_{\max}$ 为半径的一个圆的外切正方形区域即为图像的感兴趣区域;反之感兴趣区域为图像本身。这样就保证了每次获得的感兴趣区域均为图像内的区域。

3 提取感兴趣区域的特征

3.1 感兴趣区域的颜色特征提取

颜色是图像中最直接、最简单的特征,基于颜色特征的图像检索得到了最早的应用。颜色特征提取常用的方法有:颜色直方图、二值颜色集、模糊颜色直方图等^[4]。由于颜色直方图表示图像中每一个灰度级与该灰度级出现的频率的统计关系,能够有效地表达彩色信息,而且计算简单,具有尺度、平移以及旋转不变性,具有很强的鲁棒性^[5]。为解决直方图出现的零值问题,以及计算机图像的 RGB 颜色空间

和人眼视觉的差别,本文采用累积灰度直方图提取感兴趣区域的颜色特征:

$$c(k) = \sum_{i=0}^{L-1} \frac{n_i}{N} \quad (3)$$

式中, L 为图像灰度级种类数; n_i 为图像中具有灰度级为 i 的像素个数; N 表示图像总的像素数。在累积灰度直方图基础上,本文采用均值、方差、倾斜度和峰态统计量来反映图像的直方图特征。其中,均值反映图像的平均灰度值;方差反映图像灰度的离散分布情况;倾斜度反映图像的不对称程度;峰态反映图像的灰度分布在接近均值时的大致状态^[6],分别用 μ 、 σ^2 、 S 和 K 表示:

$$\mu = \sum_{i=0}^{L-1} iC(i) \quad (4)$$

$$\sigma^2 = \sum_{i=0}^{L-1} (i - \mu)^2 C(i) \quad (5)$$

$$S = \frac{1}{\sigma^3} \sum_{i=0}^{L-1} (i - \mu)^3 C(i) \quad (6)$$

$$K = \frac{1}{\sigma^4} \sum_{i=0}^{L-1} (i - \mu)^4 C(i) - 3 \quad (7)$$

3.2 感兴趣区域的纹理特征提取

纹理是指图像像素灰度或颜色的某种变化,它需要在多个像素点的区域内进行统计计算,所以纹理是一种统计特征,并且对噪声有较强的抵抗能力。纹理特征提取的方法主要有傅里叶变换、小波分析和灰度共生矩阵法。由于灰度共生矩阵提取图像的纹理特征较为简单、易于实现,特征提取的速度较快,本文采用灰度共生矩阵法提取感兴趣区域的纹理特征。

由于图像灰度为 256 级,计算量大。根据人的视觉特征,本文将图像压缩成 8 级灰度图像,从而大大减少了计算灰度共生矩阵的复杂度。Hara-lick^[7] 提出了 14 个基于图像灰度共生矩阵的纹理特征。考虑到计算量较大,本文选取灰度共生矩阵的 4 个最常用的纹理特征:能量、惯性、嫡和相关,分别用 E 、 I 、 S 、 H 表示:

$$E = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} f(i, j)^2 \quad (8)$$

$$I = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} (i - j)^2 f(i, j) \quad (9)$$

$$S = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} \log_2 f(i - j) f(i, j) \quad (10)$$

$$H = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} \frac{1}{1 + (i - j)^2} f(i - j) \quad (11)$$

式中, $f(i, j)$ 为灰度共生矩阵中 (i, j) 对应的值。能

量是灰度共生矩阵各元素的平方和,它反映了图像灰度分布均匀程度和纹理粗细度;惯性反映图像的清晰度和纹理的沟纹深浅;嫡度量图像纹理的随机性.当灰度共生矩阵中所有值均相等时,它取得最大值;如果共生矩阵中的值非常不均匀,其值较小.因此,嫡的最大值暗示图像中灰度分布非常随机;相关度量图像纹理局部变化的多少,其值大则说明图像纹理的不同区域间缺少变化,局部非常均匀^[8].

3.3 感兴趣区域的形状特征提取

形状是图像的重要特征,不同颜色的像素占据不同的区域就形成了不同的形状.因此形状常与目标联系在一起,具有一定的语义信息.常用的形状特征提取方法有:几何参数法、形状不变矩法、边界方向直方图法和小波变换法.

1962 年, Hu 提出了图像识别的不变矩理论^[9],首次通过对几何矩的非线性组合,导出了一组对图像平移、旋转和尺度变化不变的矩 Φ_1 、 Φ_2 、 Φ_3 、 Φ_4 、 Φ_5 、 Φ_6 和 Φ_7 . 为了提高图像检索的准确率,本文引入表示图像最大轴向和最小轴的比率 m :

$$m = \frac{(\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2}{(\eta_{20} + \eta_{02})^2} \tag{12}$$

式中, η_{ij} 为图像的归一化中心矩. 由不变矩 Φ_1 、 Φ_2 、 Φ_3 、 Φ_4 、 Φ_5 、 Φ_6 、 Φ_7 和 m 构成感兴趣区域的形状特征.

4 图像特征的归一化

经过上述处理,提取了图像感兴趣区域的 4 维颜色特征、4 维纹理特征和 8 维不变矩形状特征,共同构成了图像的特征. 由于不同特征的物理意义和取值范围不同,它们不具有直接可比性,因此需要对特征进行归一化. 目前常用的特征归一化方法有线性归一化、均匀分布归一化和高斯归一化等^[10]. 由于高斯归一化具有少数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的优点,本文采用如下公式分别将上述特征归一化至 $[-1, 1]$ 区间:

$$t'(i) = \left(\frac{t(i) - \mu}{3\sigma} + 1 \right) / 2 \tag{13}$$

式中, $t'(i)$ 为归一化后的第 i 个特征; $t(i)$ 为图像的第 i 个特征; μ 为一类特征的平均值; σ 为一类特征的标准方差.

5 多特征加权融合

多特征融合的方法主要有特征级融合和距离函数级融合,特征级融合将图像的形状、纹理和颜色特征直

接组合成一个特征向量;距离函数级融合采用加权机制将三种特征融合,由于图像对不同特征的敏感程度不同,而 Minkowski 距离具有计算简单的优点,本文采用 Minkowski 距离加权融合来度量图像的相似度:

$$S(P, Q) = W_1 \sum_{i=1}^L |C^P(i) - C^Q(i)| + W_2 \sum_{i=1}^4 |T^P(i) - T^Q(i)| + W_3 \sum_{i=1}^8 |S^P(i) - S^Q(i)| \tag{14}$$

式中, P 和 Q 表示两幅图像; CP 和 CQ 是归一化后的图像感兴趣区域的颜色特征; TP 和 TQ 是归一化后的图像感兴趣区域的纹理特征; SP 和 SQ 是归一化后的图像感兴趣区域的形状特征; W_1 、 W_2 和 W_3 分别为颜色、形状和纹理特征的权重,由于大部分图像的形状特征影响效果最大,纹理特征次之,颜色特征的影响效果相对来说较小,所以本文选取 $W_1 = 0.1$ 、 $W_2 = 0.3$ 、 $W_3 = 0.6$.

6 实验结果及分析

本文实验数据集来自 Corel 图像数据库的 1 000 幅图像,实验图像涵盖了丰富的内容. 分别采用基于颜色和纹理特征融合的图像检索、基于颜色、纹理和形状特征融合的图像检索和本文采用的基于感兴趣区域多特征加权融合的图像检索算法进行实验,从上述图像数据库每一类中随机抽取 10 幅图像分别作为查询图像,实验结果如表 1 和图 1 所示.

表 1 检索结果的性能比较

检索模式	查全率/%	查准率/%
基于颜色和纹理特征融合的图像检索	26. 5	39. 2
基于颜色、纹理和形状特征融合的图像检索	54. 3	66. 8
基于感兴趣区域多特征加权融合的图像检索	75. 8	87. 3

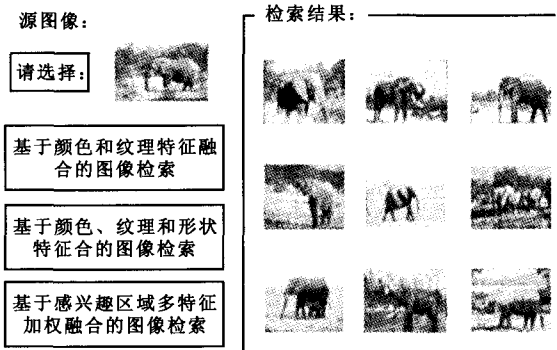


图 1 本文的一次检索结果

实验表明,从查全率和查准率两项性能指标分析,图像颜色、纹理和形状特征融合的图像检索虽然比图像颜色和纹理特征融合的图像检索能提供更好

的检索性能,但提高幅度不高,图像检索的性能依然较低。而基于感兴趣区域多特征加权融合的图像检索具有更好的检索性能,而且可以检索局部相似图像,并非全局相似图像。

7 结束语

本文的研究重点及创新点在于:图像检索采用加权融合图像感兴趣区域的三种特征,而且有效地降低了特征维数,计算简单,对平移和旋转不敏感,在一定程度上符合用户的检索意图。实验结果表明:基于感兴趣区域多特征加权融合的图像检索算法明显改善图像检索的性能,具有一定的应用价值。

参考文献:

- [1] 贾林. 基于多特征的图像检索技术研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2005:1-3.
- [2] Harris C, Stephens M. A Combined Corner and Edge Detector[C]//Proceeding of the 4th Alley Vision Conference, Manchester, UK, 1998:147-151.
- [3] Schmid C, Mohr R, Bauckhage C. Evaluation of interest point detectors[J]. International Journal of Computer Vision, 2000, 37(2):151-172.
- [4] 孔凡辉, 柏晓辉, 竺如生. 基于多特征融合的图像检索方法[J]. 哈尔滨商业大学学报, 2010, 26(3):349.
- [5] 韩合民, 郭宝龙, 赵连凤. 基于兴趣点颜色及纹理特征的图像检索算法[J]. 计算机工程, 2008(5):184-186.
- [6] 高美真, 申艳梅. 基于颜色直方图的图像检索技术[J]. 微电子学与计算机, 2008, 25(4):25-27.
- [7] Haralick R M. Textural Features for Image Classification[J]. IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics, 1973, 3(6):610-621.
- [8] 王惠明, 史萍. 图像纹理特征的提取方法[J]. 中国传媒大学学报, 2006, 13(1):50-52.
- [9] Vladimir Petrovic. Subjective Tests for Image Fusion Evaluation and Objective Metric Validation[J]. Information Fusion, 2007, 8(2):208-216.
- [10] 焦蓬蓬, 郭依正. 特征级数据融合在医学图像检索中的应用[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(6):217.

作者简介:

唐朝霞 女, (1978-), 讲师, 硕士. 研究方向为算法与程序设计、模式识别.

章 慧 女, (1970-), 硕士, 副教授. 研究方向为计算机应用、模式识别、数据挖掘.

(上接第 204 页)

参考文献:

- [1] Goyal A, Verma B. A neural network based approach for the vehicle classification[C]// IEEE Symposium on Computational Intelligence in Image and Signal Processing, IEEE, 2007:226-231.
- [2] Xiaobin L, Hui F, Jianmin X. Automatic vehicle classification based on video with BP neural networks[C]// 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing. Dalian, 2008:1-3.
- [3] Thi T H, Robert K, Lu S, et al. Vehicle classification at nighttime using eigenspaces and support vector machine[C]// Congress on Image and Signal Processing. Sanya, 2008:422-426.
- [4] 曹洁, 李浩茹, 陈继开. 基于支持向量机的车型分类的设计[J]. 科学技术与工程, 2007, 7(22):5962-5965.
- [5] 葛广英. 基于 svm 的车型检测和识别算法[J]. 计算机工程, 2007, 33(6):6-8, 11.
- [6] Judea Pearl. Reverend Bayes on Inference Engines: A Distributed Hierarchical Approach[C]// Proceedings AAAI National Conference on AI. Pittsburgh, Pa, 1982:133-136.
- [7] Kearns M, Valiant L G. Cryptographic limitations on learning boolean formulae and finite automata[J]. Journal of the ACM, 1994, 41(1), 67-95.
- [8] Freund Y, Schapire R E. A decision-theoretic generalization of the on-line learning and an application to boosting[J]. Journal of Computer and System Sciences, 1997, 55(1):119-139.
- [9] Bauer E, Kohavi R. An empirical comparison of voting classification algorithms: Bagging, boosting, and variants[J]. Machine Learning, 1999, 36(1/2):105-139.
- [10] Schapire R E, Freund Y, Bartlett P, Lee W S. Boosting the Margin: A new Explanation for the Effectiveness of Voting Methods[J]. The Annals of Statistics, 1998, 26(5):1651-1686.
- [11] Breiman L. Arcing Classifiers (with Discussion)[J]. The Annals of Statistics, 1998, 26(3):801-849.
- [12] Hu M K. Visual pattern recognition by moment invariants[J]. IRE Transactions on Information Theory, 1962, 8(2), 179-187.

作者简介:

卞建勇 男, (1980-), 博士, 讲师. 研究方向为计算机视觉及嵌入式系统应用.