

基于兴趣点颜色及纹理特征的图像检索算法

韩合民, 郭宝龙, 赵连凤

(西安电子科技大学机电工程学院, 西安 710071)

摘要: 提出一种利用兴趣点进行局部特征提取及检索的新方法。该方法利用图像中兴趣点的位置信息, 提取兴趣点周围局部区域的颜色及纹理特征作为刻画图像内容的主要特征, 结合兴趣点的空间分布对相似图像进行检索。对真实图像数据库的检索实验表明, 该方法与其他基于兴趣点的方法相比, 平均检索准确率提高了 11%, 能够更准确地查找到用户所需的图像。

关键词: 兴趣点; 局部特征; 局部二值模式

Image Retrieval Algorithm Based on Color and Texture Features of Interest Points

HAN He-min, GUO Bao-long, ZHAO Lian-feng

(School of Electromechanical Engineering, Xidian University, Xi'an 710071)

【Abstract】 This paper presents a novel local feature detection and image retrieval method based on interest points. The method utilizes the location information of the interest points, and extracts the local color feature and local texture feature to express the contents of an image. Experimental results show that the method improves the average retrieval accuracy by 11 percent, compared with other interest points based retrieval method.

【Key words】 interest points; local features; local binary pattern

1 概述

兴趣点的定义为: 在一幅图像内, 灰度在水平和垂直方向都有显著变化的一类特殊点。它们作为一种重要的图像视觉特征点, 具有计算量小、信息含量高的特点, 已经在图像匹配、运动估计等领域得到广泛应用。最早将兴趣点应用于图像检索的是Schmid和Mohr^[1], 而后Bres^[2]、Heinrichs^[3]等人也相继提出了不同的算法。这些算法使用兴趣点处的差分不变量和几何约束来刻画图像特征, 将兴趣点在图像匹配中的算法直接移植到图像检索中, 缺乏与图像检索特点的结合, 因此, 检索效果并不太理想。在图像检索中兴趣点的应用不应仅局限于形状表征, 而在于以兴趣点为线索来提取对检索有用的信息。

图像特征的提取过程在某种程度上可以理解为寻求一种尽可能紧凑的特征描述符来表达图像丰富的内容信息。根据兴趣点的定义, 它们作为认知心理学中的注视焦点^[3], 在其附近的局部区域内应该蕴含了图像中丰富的细节信息。因此, 可以借助这些视觉突出的局部信息, 浓缩一幅图像的信息量。基于这个思想, 本文提出了一种基于兴趣点局部颜色及纹理特征的图像检索算法。

该算法具有 2 个特点:

- (1) 充分利用了兴趣点这一重要的视觉特征, 把兴趣点作为视觉关注的重要线索, 通过它们提取视觉重要的局部信息。
- (2) 通过兴趣点将局部颜色与局部纹理特征有机结合, 同时考虑兴趣点的空间分布, 综合多种特征共同进行图像检索, 比单一特征检索更符合人眼的视觉要求。

2 基于兴趣点局部颜色及纹理特征的图像检索

颜色与纹理是图像的两种重要的视觉特征, 人们通常先

通过颜色特征发现物体, 然后根据它们的形状、纹理和空间关系等特征来进一步识别物体。兴趣点周围蕴含着丰富的颜色与纹理信息, 本文首先检测图像中的兴趣点, 然后结合兴趣点的空间分布, 提取兴趣点周围局部区域的颜色与纹理特征, 综合多种特征进行检索。

2.1 兴趣点检测

兴趣点的检测算法有很多, 本文使用Harris兴趣点检测器^[4], 它具有很好的检测性能, 并且对平移及旋转变化不敏感。该检测器的基本思想是使用自相关函数来确定信号发生显著变化的位置, 检测兴趣点的响应函数为

$$H = \det \hat{C} - k \cdot \text{trace} \hat{C} \quad (1)$$

其中, \hat{C} 为经高斯滤波后的自相关矩阵, 即

$$\hat{C} = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right) \otimes \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\det \hat{C} = \lambda_1 \cdot \lambda_2, \quad \text{trace} \hat{C} = \lambda_1 + \lambda_2 \quad (3)$$

Harris 等人认为: \hat{C} 的 2 个特征值 λ_1, λ_2 就是自相关函数的主曲率, 如果某点的 2 个特征值都较大, 该点即为兴趣点。

式(1)中 $k \cdot \text{trace} \hat{C}$ 是为了抑制边缘点的误检而加上的修正部分, k 取值范围为 0.04~0.06。

基金项目: 国家“863”计划基金资助项目(2006AA01Z127); 国家自然科学基金资助项目(60572152); 陕西省自然科学基金资助项目(2005F26)

作者简介: 韩合民(1982-), 男, 硕士, 主研方向: 图像检索, 计算机视觉, 模式识别; 郭宝龙, 教授、博士生导师; 赵连凤, 硕士

收稿日期: 2007-07-09 **E-mail:** hanhemim@126.com

2.2 颜色特征提取

在颜色的表示方法上,采用符合人眼视觉特性的 HSV 颜色模型。在提取局部颜色特征时,首先将图像由 RGB 颜色空间转换成 HSV 颜色空间,然后根据文献[5]中的非等间隔量化方法,将 HSV 颜色空间量化为 72 种主要颜色,并对感兴趣区域的颜色值作直方图统计。

颜色直方图缺乏空间信息,本文借鉴文献[6]中的环形区域划分的思想,以兴趣点集合的重心作为圆心,将图像空间按兴趣点的分布划分为一系列同心圆环。分别对每个圆环区域,计算兴趣点周围局部区域的颜色直方图,得到环形颜色直方图^[6]。

环形颜色直方图在对图像旋转及平移变换鲁棒的前提下,克服了传统颜色直方图缺乏空间信息的缺陷。图 1 为基于兴趣点的环形区域划分示意图。

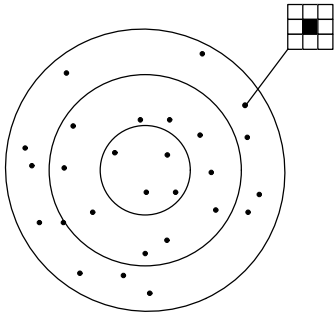


图 1 基于兴趣点的环形区域划分

设图像空间被划分为 N 个圆环, W_k 为第 k 个圆环中的兴趣点的集合, H_k 为对第 k 个圆环的局部颜色直方图统计,则 H_k 的计算公式如下:

$$H_k = \{h_{k,i} | 0 \leq i \leq 71, 1 \leq k \leq N\} \quad (4)$$

对 $\forall (x, y) \in W^k, (x', y') \in \delta((x, y), a)$ 有

$$h_{k,i} = \text{sum}\{p(x', y') | p(x', y') = i\} \quad (5)$$

其中, i 为颜色值,取值范围为 $[0, 71]$; a 为兴趣点邻域的半径。

2.3 纹理特征提取

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。纹理特征可用来对图像中的空间信息进行一定程度的定量描述。局部二值模式是一种有效的纹理描述算子^[7]。本文采用对图像旋转具有不变性的扩展 LBP 算子,对兴趣点局部的纹理特征进行提取和描述。

2.3.1 LBP 算子

基本的 LBP 算子是一个固定大小为 3×3 的矩形块,此矩形中有 1 个中心像素和 8 个邻域像素对应于 9 个灰度值。LBP 算子的作用过程如图 2 所示。其中, $Pattern=1000111$; $LBP=1+32+64+128=225$ 。

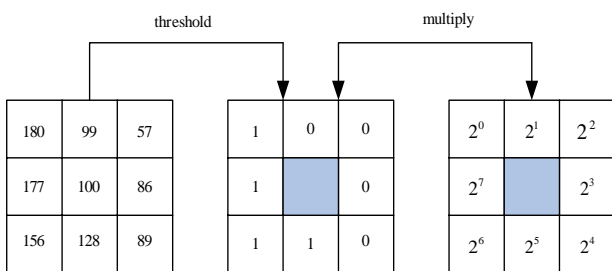


图 2 基本 LBP 算子

以中心像素的灰度值为阈值,将其邻域的 8 个灰度值与阈值相比较,大于中心灰度值的像素由 1 表示,反之由 0 表示。然后根据顺时针方向读出 8 个二进制值,作为该 3×3 矩形块的特征值。经阈值化后的二值矩阵可看成一个二值纹理模式,用来刻画邻域内像素点的灰度相对中心点的变化情况。因为人类视觉系统对纹理的感知与平均灰度(亮度)无关,而局部二值模式方法注重像素灰度的变化,所以它符合人类视觉对图像纹理的感知特点。

2.3.2 扩展 LBP 算子

扩展 LBP 算子利用环形的局部邻域子块和灰度线性插值来构造任意尺度的 LBP 算子。设 g_c, g_p 分别为中心像素和邻域像素的灰度值,扩展 LBP 算子的计算公式如下:

$$LBP_{P,R} = \sum_{p=0}^{P-1} s(g_p - g_c) 2^p \quad (6)$$

其中,

$$s(g_p - g_c) = \begin{cases} 1 & g_p - g_c \geq 0 \\ 0 & g_p - g_c < 0 \end{cases} \quad (7)$$

其中, R 为环形邻域的半径; P 是邻域像素数。为使算子具有旋转不变性,对得到的 LBP 特征值做进一步的处理:

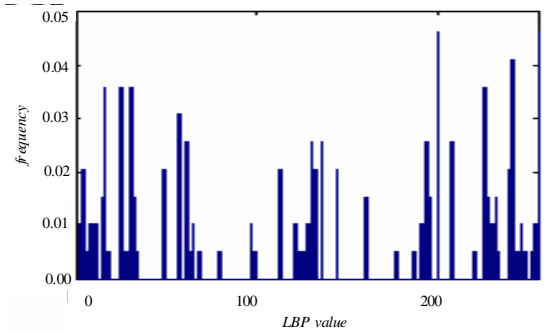
$$LBP_{P,R}^{ri} = \min\{ROR(LBP_{P,R}, i) | i = 0, 1, \dots, P-1\} \quad (8)$$

其中,上标 ri 代表旋转不变; ROR 为循环移位操作符,对 $LBP_{P,R}$ 的 P 位二进制值做循环移位,取其中的最小值作为最终的特征值。

本文使用尺度为 $(P=8, R=1)$ 的扩展 LBP 算子提取兴趣点邻域的纹理特征,特征值的取值范围为 $[0, 255]$,然后对所提取的纹理特征值进行直方图统计,并将直方图归一化处理。图 3 显示了一幅花卉图像的局部纹理直方图。



(a)花卉图像



(b)局部纹理直方图

图 3 花卉图像及其局部纹理直方图

2.4 相似性度量方法

查询图像 Q 与数据库中的图像 I 的相似性度量公式如下:

$$S(Q, I) = \omega_c D_{color}(Q, I) + \omega_t D_{texture}(Q, I) \quad (9)$$

其中, ω_c 和 ω_t 为 2 个可调整的权值,且满足 $\omega_c + \omega_t = 1$; $D_{color}(Q, I)$ 和 $D_{texture}(Q, I)$ 分别表示两幅图像的兴趣点局部颜色特征距离和纹理特征距离。

这两个距离使用直方图相交的方法来进行度量,定义分别如下:

$$D_{\text{color}}(Q, I) = \frac{\sum_{k=1}^N \omega_k \min(H_k(Q), H_k(I))}{\sum_{k=1}^N H_k(Q)} \quad (10)$$

其中, ω_k 为不同环形区域的权值,考虑到兴趣点在每个圆环内的分布比例,令 $w_k = N_k / N_p$, N_k 为第 k 个环形内兴趣点的个数; N_p 为兴趣点总数量。

$$D_{\text{texture}}(Q, I) = \sum \min(T(Q), T(I)) \quad (11)$$

其中, $T(Q)$ 与 $T(I)$ 分别是对两幅图像局部纹理特征值的归一化直方图统计。

3 实验结果

实验中使用的数据库为 SIMPLcity 系统使用的测试集,是从 Corel 图像库中抽取的 1 000 幅图像。这些图像分属 10 个类,每类 100 幅,内容包括非洲土著居民、海滩、建筑、公共汽车、食物、花卉、山川、马、恐龙和大象等。

图 4 所示为基于本文算法得到的一个检索结果,图中左上角为查询图像,其余 14 幅为对该图的检索结果,从左到右、从上到下,相似匹配度依次减小。



图 4 检索结果

为进一步验证本文算法的检索性能,基于相同的软硬件平台分别实现了文献[3,6]中的检索算法,并对 3 种算法的平均检索准确率进行比较。检索准确率的定义为: $P_T = n/T$, 其中, T 为返回图像总数; n 为查准图像数目。从每个类中随机抽取 10 幅图像,共 100 幅作为查询图像,统计返回图像总数为 20 幅时各类的平均检索准确率,得到平均检索准确率曲线,见图 5。图像类别标号与类别名称之间的对应关系: 序号为 1,2,...,10 时,对应的 name 分别为 African, Beach, Building, Bus, Dinosaur, Elephant, Flower, Horse, Mountain, Food。实验结果显示,本文算法对各类图像的平均检索准确率均明显优于文献[3]中的算法。与文献[6]中基于兴趣点颜色及空间分布的检索算法相比,10 类图像的平均检索准确率提高了 11%,除对第 9 类,即山川图像的平均检索准确率略低外,其余各类图像的平均检索准确率均优于文献[6]中的算

法。实际上,由于山川图像与海滩图像的背景多为蓝天、白云,具有相似的纹理与颜色特征,而且兴趣点的分布情况比较相像,使得对这两类图像的检索准确率比较低。

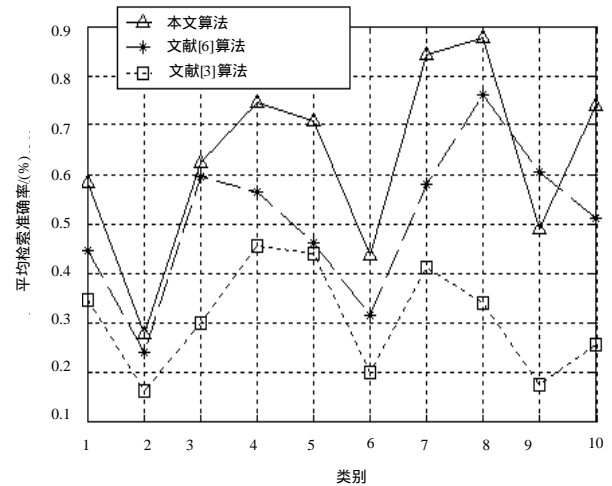


图 5 不同算法的平均检索准确率比较

4 结束语

利用兴趣点的空间信息,本文提出了一种综合兴趣点局部颜色与纹理特征进行图像检索的新方法。其中,颜色特征使用具有空间信息的环形颜色直方图来表示,在对平移及旋转变鲁棒的前提下,克服了传统颜色直方图缺乏空间信息的缺陷,纹理特征的提取则引入了局部二值模式(LBP)算子,经改进后的扩展 LBP 算子具有旋转不变性。本文算法将兴趣点周围的局部颜色与纹理特征有机结合,提高了检索准确率。

参考文献

- [1] Schmid C, Mohr R. Local Gray Value Invariants for Image Retrieval[J]. IEEE Trans. on PAMI, 1997, 19(5): 530-535.
- [2] Bres S, Schettini R. Detection of Interest Points for Image Indexation[C]//Proc. of IEEE Conference on Image Processing. Genova, Netherland: Springer Verlag, 1999. 227-234.
- [3] Heinrichs A, Koubaroulis D, Levienaise B. Image Indexing and Content-based Search Using Pre-attentive Similarities[C]//Proc. of IEEE Conference on Image Processing. New York, USA: IEEE Press, 2000: 1. 32-138.
- [4] Harris C, Stephens M. A Combined Corner and Edge Detector[C]//Proc. of Alvey Vision Conf.. Manchester, England: Manchester Univ. Press, 1988: 147-151.
- [5] 曹莉华, 柳伟, 李国辉. 基于多种主色调的图像检索算法研究与实现[J]. 计算机研究与发展, 1999, 36(1): 96-100.
- [6] 孟繁杰, 郭宝龙. 一种基于兴趣点颜色及空间分布的图像检索方法[J]. 西安电子科技大学学报, 2005, 32(2): 256-259.
- [7] Ojala T, Pietikainen M, Harwood D. A Comparative Study of Texture Measures with Classification Based on Feature Distributions[J]. Pattern Recognition, 1996, 29(1): 51-59.