

# 基于显著兴趣点颜色及空间分布的图像检索新方法\*

曾智勇<sup>1,2</sup> 张学军<sup>1</sup> 崔江涛<sup>1</sup> 周利华<sup>1</sup>

(1 西安电子科技大学多媒体研究所, 国家信息安全工程技术研究中心关键技术实验室, 西安 710071)

(2 福建教育学院, 福州 350001)

**摘 要** 提出了一种基于显著兴趣点的图像检索新方法, 此方法主要有显著兴趣点检测、基于显著兴趣点的特征描述和相似性度量三个步骤. 先使用一个自适应滤波器对图像进行滤波, 然后提取显著兴趣点; 以显著兴趣点为线索, 设计了一种基于显著兴趣点的环形颜色直方图, 既利用了显著兴趣点的局部特征, 又考虑了显著兴趣点的空间分布结构; 用图像间的环形颜色直方图距离来度量图像间的相似性. 该检索算法不但保证了对图像旋转、平移鲁棒性, 而且克服了传统直方图没有空间位置的缺陷. 实验结果表明, 该方法对图像检索非常有效.

**关键词** 图像检索; 显著兴趣点; 环形颜色直方图

**中图分类号** TN911.73 **文献标识码** A

## 0 引言

兴趣点是图像中灰度在  $x$  和  $y$  方向都有很大变化的一类特殊点, 有着计算简单、信息含量高、匹配容易、数据量小等优点<sup>[1~6]</sup>, 因此, 国外已有学者<sup>[5~8]</sup> 把它应用于图像检索中. 这些方法出发点类似, 一般将传统的兴趣点检测算法与匹配算法直接移植到图像检索中, 未与图像检索的特点结合, 因此检索效率不高. 笔者认为, 兴趣点对于图像检索的意义并不仅仅局限于灰度变化和粗略的形状表征, 更重要的是它们往往位于图像中视觉的重要部分, 故提出了一种新的基于显著兴趣点颜色及空间分布的图像检索方法. 基本思想是把显著兴趣点作为图像中用户关注的视点线索, 通过它们找到视觉重要的局部区域, 利用局部区域的颜色特征及空间分布进行图像检索. 该方法具有以下特点: 1) 提出了一种显著兴趣点的提取方法, 不是把所有兴趣点都作为视点线索, 而是只利用显著兴趣点作为视点线索; 2) 给出了基于显著兴趣点的图像检索方法新思路, 没有沿用传统灰度差分不变量及几何约束刻画和匹配图像特征, 而是提取显著兴趣点周围的局部颜色分布来描述图像; 3) 提出了一种基于显著兴趣点的环形颜色直方图来描述图像特征, 克服了颜色直方图没有位置信息的严重缺陷, 同时保证了检索算法对图像旋转、平移的鲁棒性. 实验结果表明, 该方法实现简单, 与传统的基于兴趣点的图像检索方法相比具有更好的图像检索效率.

## 1 显著兴趣点的提取

### 1.1 自适应平滑滤波器

影响兴趣点检测的主要因素是噪音, 许多方法<sup>[5~8]</sup> 都采用高斯滤波器对图像进行平滑后再检测兴趣点, 但高斯滤波器存在一个明显缺陷: 它在消除噪音的同时, 模糊了图像的重要细节, 并使图像轮廓变形. 本文使用一个自适应平滑滤波器<sup>[9]</sup>, 该滤波器基于各向异性热扩散方程, 借用松弛迭代的思想, 使得梯度幅度较大的边缘点(显著边缘)的幅度随迭代次数的增加而增强, 而梯度幅度较小的边缘和噪音随着迭代而平滑. 算法的具体实现过程为:

1) 计算梯度

$$G_x(x, y) = 0.5 [I(x+1, y) - I(x-1, y)] \quad (1)$$

$$G_y(x, y) = 0.5 [I(x, y+1) - I(x, y-1)] \quad (2)$$

2) 计算导热系数

$$c(x, y) = \exp \left[ -\frac{G_x^2(x, y) + G_y^2(x, y)}{2\alpha^2} \right] \quad (3)$$

3) 由  $I^0(x, y)$  迭代计算  $I^{+1}(x, y)$ , 其中,

$$I^0(x, y) = I(x, y)$$

$$I^{+1}(x, y) =$$

$$\frac{\sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 I^0(x+i, y+j) c^i(x+i, y+j)}{\sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 c^i(x+i, y+j)} \quad (4)$$

导热系数  $c(x, y)$  为梯度幅度的降函数, 梯度幅度高处导热系数小, 梯度幅度低处导热系数大.  $\alpha$  是决定梯度显著度的自由参数(本文中  $\alpha = 50$ ). 自适应滤波器既考虑到点自身的梯度特征又考虑到局部的结构特征, 即孤立的梯度突变点将被平滑而局部具有整体集团优势的突变点, 即显著边缘将被增强.

\*十五国防科技(电子)预研项目(413160501)资助

Tel: 029-88207383 Email: billzeng2005@msn.com

收稿日期: 2005-07-01

## 1.2 显著兴趣点的提取

兴趣点指图像中灰度在  $x$  和  $y$  方向上都有很大变化的点, 采用 Kitchen 和 Rosenfeld<sup>[1]</sup> 的算子来检测兴趣点. 兴趣点测度值为

$$k = \frac{I_{xx}I_y^2 - 2I_{xy}I_xI_y + I_{yy}I_x^2}{I_x^2 + I_y^2} \quad (5)$$

式中,  $I$  表示图像灰度值,  $I_x, I_y$  分别是  $I$  在  $x$  和  $y$  方向上的一阶导数,  $I_{xx}, I_{yy}, I_{xy}$  为  $I$  的二阶导数. 图 1 是经过平滑滤波和兴趣点检测后提取的显著兴趣点.

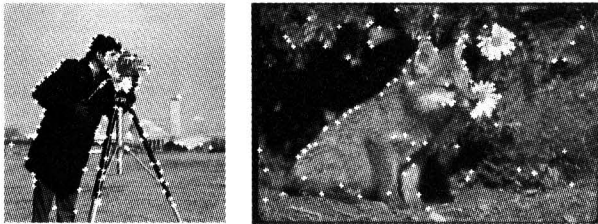


图 1 经过非线性滤波和兴趣点检测后提取出的显著兴趣点  
Fig. 1 Prominent interest points on the original image after nonlinear filtering and interest points detection

## 2 基于显著兴趣点的特征提取

文献中基于兴趣点的图像检索方法几乎都是使用兴趣点自身灰度差不变量作为特征, 然后在一定的几何限制条件下进行匹配, 兴趣点的形状特征属性是决定检索效果的关键. 但由于许多兴趣点检测算子检测出来的兴趣点都存在着较大的点位置偏差<sup>[10]</sup>, 使得兴趣点很难完整和准确地表征一幅图像的形状特征, 所以这些算法的检索效率并不高. 事实上, 由于兴趣点往往分布在图像的边缘上, 蕴含了丰富的颜色细节, 所以利用兴趣点局部区域的颜色特征来描述图像具有合理性.

### 2.1 颜色量化

从理论上说, 提取图像的颜色特征时使用真彩色将产生最小误差, 但计算复杂性和存储空间将随着颜色数的增加而呈非线性增长, 而且检索时还会失去一般性. 因此, 对图像进行一定程度的量化, 不仅不会影响人们对图像内容的正确理解, 而且可以大大减少计算复杂性和存储空间. 本文采用等间隔量化方法, 在 RGB 空间将 R、G、B 分量各分成 4 份, 然后将 3 个颜色分量合成为一个一维特征矢量, 整个颜色空间量化为 64 种颜色.

### 2.2 基于显著兴趣点的环形颜色直方图

颜色直方图是最简单而有效的颜色特征描述方法, 具有对几何变化不敏感的优点, 在基于内容的图像检索里很常用. 但是, 传统颜色直方图只是每种

颜色量的统计, 忽略了图像中每种颜色的分布方式, 图像中每种颜色的空间分布状态对表征图像内容也是重要的. 凭直觉, 颜色直方图是每种颜色对图像最终直方图有多少贡献的一种统计, 而每种颜色的分布状态是这种颜色在图像中“什么地方和怎样”分布的一种统计. 由于颜色直方图丢失了颜色的空间分布信息, 因此, 对于颜色组合相似但分布截然不同的图像会造成误检. 常见的解决方案是子块颜色直方图法, 虽然这种方法一定程度上提高了图像检索的准确度, 但却是以丧失几何变换不变性为代价的. 本文摆脱了传统的使用兴趣点思路, 将兴趣点作为线索, 通过它们获得真正对检索有用的信息. 具体做法是: 首先检测出显著兴趣点, 由于这些兴趣点往往位于图像中显著物体的分界处, 于是, 设计了一种基于显著兴趣点的环形颜色直方图, 将图像空间按照显著兴趣点的空间分布划分成一系列同心圆环, 然后以每个兴趣点为中心展开一个小窗口, 此窗口中的点应该落在物体中. 就用这些小窗口内的点代表图像, 统计每个圆环内部显著兴趣点邻域的颜色直方图. 由于这些兴趣点集中于物体的显著边缘上, 因此, 显著兴趣点邻域的颜色空间定位准确. 前面提到, 显著兴趣点的检测对图像旋转、平移具有强鲁棒性, 而且这组同心圆环本身具有几何对称性, 因此这种方法在提取颜色空间信息的同时也具有旋转、平移不变性.

设  $I$  是任意一幅大小为  $M \times N$  的图像,  $(p_{i,j})_{M \times N}$  是从图像上提取的显著兴趣点,  $p_{i,j}$  为显著兴趣点  $(i, j)$  处的灰度值, 设  $w = \{(x, y) \mid (x, y) \text{ 是显著兴趣点}\}$  是显著兴趣点的个数,  $B_1, B_2, \dots, B_L$  是图像量化后的颜色区域,  $C = (\bar{x}, \bar{y})$  为显著兴趣点的质心, 其中,  $\bar{x}$  和  $\bar{y}$  分别为:  $\bar{x} = \frac{1}{|w|} \sum_{(x,y) \in w} x$ ,  $\bar{y} = \frac{1}{|w|} \sum_{(x,y) \in w} y$ , 令  $R$  是以  $C$  为圆心的最大半径, 定义  $R = \max_{(x,y) \in w} [(x - \bar{x})^2 + (y - \bar{y})^2]^{1/2}$ , 对于给定的一个正整数  $N$ , 把  $R$  分为  $N$  等份, 然后以质心  $C$  为圆心, 以  $(j \times R) / N$  为半径 ( $1 \leq j \leq N$ ) 画圆可得到  $N$  个环. 那么由内至外每个环和  $w$  的交点把  $w$  分为  $W_1, W_2, \dots, W_N$ . 把  $W_1, W_2, \dots, W_N$  称为  $w$  的一个分割. 设  $|W_j|$  表示环形区间  $j$  内显著兴趣点的数目, 选取各环内以每个显著兴趣点为中心的  $\lambda \times \lambda$  邻域内所有像数点的集合, 统计它们的颜色值获得第  $j$  个圆环的环形直方图  $H^j = \{h_i^j \mid 1 \leq i \leq L\}$ ,  $\forall (x, y) \in w_j, (x', y') \in ((x, y), \lambda), h_{p_{x',y'}}^j = h_{p_{x,y}}^j + 1$ . 图 2 给出了基于显著兴趣点的环形区域示意图.

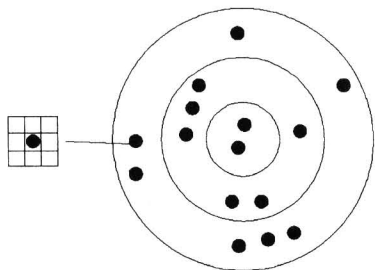


图2 基于显著兴趣点的环形区域示意图

Fig. 2 Annular region diagram based on prominent interest points

### 3 相似性度量

设  $Q$  是待查询图像,  $P$  是图像数据库中一幅图像,  $Q = \{Q^k | 1 < k < N\}$  和  $P = \{P^k | 1 < k < N\}$  分别表示  $P, Q$  归一化后的环形直方图序列, 则  $P, Q$  之间的相似度用  $D(P, Q)$  表示, 用图像直方图序列来表示两幅图像的相似性为

$$D(P, Q) = \sum_{k=1}^N |H_p^k - H_q^k| \quad (6)$$

### 4 实验结果

本文图像数据库为 Corel 图像库中下载的 1000 幅图像, 图像大小为  $384 \times 256$  或  $256 \times 384$ , 这些图像分为 10 类, 每一类有 100 幅图像. 在相同的软硬件环境下对上述算法和文献[8]算法进行性能比较(文献[8]算法是基于灰度差分不变量, 把兴趣点对距离和测度值分布的二维直方图作为特征来代表图像进行检索.), 检索系统<sup>[11]</sup>运行环境为 P4 2.3G PC, 256M 内存, Windows XP 操作系统. 从检索准确率来评价算法性能, 准确率计算方法为:  $P_T = \frac{n}{T}$ , 其中,  $T$  是图像检索系统自动检索输出的总图像数目,  $n$  为命中查询图像  $Q$  所在图像类的图像数目. 具体步骤如下: 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, 计算出  $P_{10}, P_{20}$ , 表 1 本文算法和文献[8]算法检索性能比较

测试图像类	$\bar{P}_{10}/\%$		$\bar{P}_{20}/\%$		$\bar{P}_{30}/\%$	
	本文算法	文献[8]算法	本文算法	文献[8]算法	本文算法	文献[8]算法
Africa	46	42	41.5	34.5	38.5	32.7
Beach	25.3	20	20	16	18.6	16
Buildings	63	37	59.2	30	54.5	27
Buses	57.5	54	46.7	45.5	45.3	43.6
Dinosaurs	77.5	52	66.3	44	61.6	39
Elephants	65	26	55	20	41.7	19.3
Flowers	53.3	45	47.5	41	38.5	35.6
Horses	66.7	41	45	34	33.3	29
Mountains	40	24	28.3	17.5	31.1	16
Food	47	33	35.6	25.5	31	26

$P_{30}$ , 然后对每一类计算其平均检索准确率  $\bar{P}_{10}, \bar{P}_{20}, \bar{P}_{30}$  (见表 1).

图 3 是用本文算法进行检索的一个结果, 显示的图像中, 左上角为查询图像兼检索结果, 其余图像为检索结果, 在检索结果中有 24 幅是准确检索图像. 结果显示, 笔者提出的算法在所有测试集上的检索准确率优于文献[8]算法.

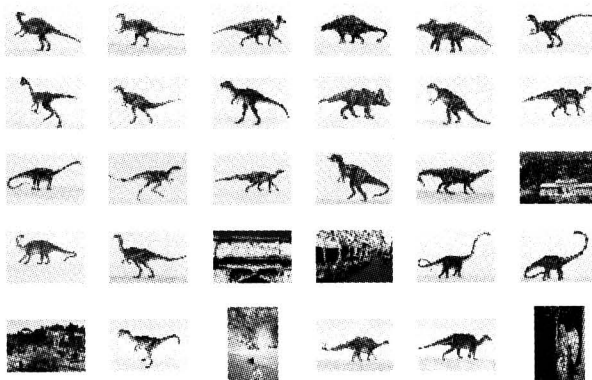


图3 一个检索结果

Fig. 3 A retrieval result

### 5 结论

提出了一种基于显著兴趣点的图像检索方法, 与传统的利用兴趣点进行图像检索方法不同, 本文算法既利用了显著兴趣点的局部信息, 又利用了显著兴趣点的空间分布信息. 大量的实验以及和同类方法比较表明, 本文方法具有更高的图像检索效率.

#### 参考文献

- Kitchen L, Rosenfeld A. Gray-level corner detection. *Pattern Recognition Letters*, 1982, 1(2): 95~102
- Schmid C, Mohr R. Local grayvalue invariants for image retrieval. *IEEE Trans on PAMI*, 1997, 19(5): 530~535
- Beaudet P R. Rotationally Invariant Image Operators. In: Proc. 4th ICPR, International Conference on Pattern Recognition, Tokyo, IAPR, 1978. 579~583
- 刘卫光, 周利华. 基于图像灰度分布的边缘中心定位算法. *光子学报*, 2003, 32(9): 1122~1125
- Liu W G, Zhou L H. *Acta Photonica Sinica*, 2003, 32(9): 1122~1125
- Harris C, Stephens M. A combined corner and edge detection. *Image Vision Computing*, 1988, 6(1): 121~128
- Bres S, Schettini R. Detection of Interest Points for Image Indexation. In: Proc. ICIP'99, IEEE Conference on Image Processing, Netherland: Springer-verlag, 1999. 227~234
- Wolf C, Jolion J, Kropatsch W, et al. Content-Based Image Retrieval Using Interest Points and Texture Features. In: Proc. 15th ICPR, International Conference

- on Pattern Recognition, Barcelona; IAPR, 2000, 4: 234~237
- 8 Heinrichs A, Koubaroulis D, Levienaise B. Image Indexing and Content-Based Search Using Pre-Attentive Similarities. In: Proc. ICIP'00, IEEE Conference on Image Processing, New York; IEEE, 2000, 132~138
- 9 Perona P, Malik J. Scale-space and edge detection using anisotropic diffusion. *IEEE Transon PAMI*, 1990, **12**(7): 629~639
- 10 Deriche R, Ciraudon G. Acomputational approach for corner and vertex detection. *Int'l J Computer Version*, 1993, **10**(2):101~124
- 11 李峰,胡岩峰,曾志明,等. 一种遥感影像基于内容检索模型的研究与设计. *光子学报*, 2004, **33**(12):1522~1525
- Li F, Hu Y F, Zeng Z M, et al. *Acta Photonica Sinica*, 2004, **33**(12):1522~1525

## A Novel Image Retrieval Algorithm Based on Color and Distribution of Prominent Interest Points

Zeng Zhiyong<sup>1,2</sup>, Zhang Xuejun<sup>1</sup>, Cui Jiangtao<sup>1</sup>, Zhou Lihua<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Multimedia Technology Institute, Key Lab of Information Security Engineering Center Xidian University, Xi'an 710071

<sup>2</sup> Fujian Institute of Education, Fuzhou 350001

Received date: 2005-07-01

**Abstract** A novel algorithm for image retrieval based on prominent interest points is presented. The algorithm consists of three steps: prominent interest points detection, feature description based on prominent interest points and similarity measurement, image is filtered by a self-adaptive filter, then prominent interest points are extracted; prominent interest points are regarded as clues, and annular color histogram is designed, which takes not only the local color feature into consideration but also the space distribution information of prominent interest points; the similarities are measured by the distance of annular color histograms. With robustness to rotation and translation, the algorithm avoids shortcoming of losing the location information in color histogram. Experimental results show that this algorithm is efficient for image retrieval.

**Keywords** Image retrieval; Prominent interest points; Annular color histogram



**Zeng Zhiyong** was born in Jiangxi Province in 1965. He received M. S. degree in 1998 from Fuzhou University, Fuzhou, China. Currently, he is working toward the Ph. D. degree in computer application of technology at Xidian University, Xi'an, China. His current research interests include image processing, multimedia application on network and multimedia databases.