第 38 卷　第 3 期　　计　算　机　工　程　　2012 年 2 月
Vol.38　No.3　　Computer Engineering　　February 2012

• 图形图像处理 •　　文章编号：1000—3428(2012)03—0218—03　　文献标识码：A　　中图分类号：TP391

一种新的图像空间特征提取方法

史婷婷[1]，刘卫华[2]，伍春晖[3]

(1. 仲恺农业工程学院计算机科学与工程学院，广州 510225；2. 广东司法警官职业学院办公室网络中心，广州 510520；
3. 广东金融学院计算机科学与技术系，广州 510521)

摘　要：提出一种新的图像空间特征提取方法，采用基于颜色向量角和 Euclid 距离的 CCVAE 算法，检测原始图像的彩色边缘，分别对边缘像素、非边缘像素建立边缘直方图描述子和空间颜色直方图，描述颜色分布信息。仿真实验结果表明，该方法具有较高的准确率和召回率。

关键词：空间特征；彩色图像边缘检测；空间颜色直方图；颜色向量角

Novel Approach for Image Spatial Feature Extraction

SHI Ting-ting[1], LIU Wei-hua[2], WU Chun-hui[3]

(1. School of Computer Science and Engineering, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China;
2. Office Network Center, Guangdong Justice Police Vocational College, Guangzhou 510520, China;
3. Department of Computer Science and Technology, Guangdong University of Finance, Guangzhou 510521, China)

【Abstract】This paper proposes a novel approach for image spatial feature extraction. It uses CCVAE algorithm based on color vector angle and Euclid distance to detect original image color edge. For the edge pixels, the Edge Histogram Descriptor(EHD) is built. For the non-edge pixels, the Spatial Chromatic Histogram(SCH) is built. Experimental results show that the approach has high precision rate and recall rate.

【Key words】spatial feature; color image edge detection; Spatial Chromatic Histogram(SCH); color vector angle

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2012.03.073

1　概述

提取与表达图像空间特征是基于内容的图像检索技术的研究热点，大部分方法是在颜色特征中加入空间分布信息。文献[1]提出将颜色相关矩阵沿对角线和非对角线方向分为 2 个部分，对角线部分的颜色分布遵循传统颜色直方图的特点，而非对角线部分则反映颜色边缘信息，由此更好地表达空间特征。该方法都保留了颜色在图像中出现的概率信息，但也丢失了很多颜色的空间信息，因此，不同的图像有可能具有相同颜色特征表示。有研究者提出利用图像分块的策略增加空间分布信息，但需考虑图像中检索物体的尺寸，这是决定划分图像的重要因素之一。

边缘是图像的最基本和最重要的特征之一，它包含了位置、轮廓等许多有用的信息，为人们描述或识别目标及解释图像提供了重要的特征参数。有很多研究者试图结合颜色、边缘提取图像空间信息。文献[2]选用 Canny 检测算子提取原始图像的彩色边缘轮廓，构造出多种反映边缘轮廓内容的直方图进行图像检索。然而，传统的 Canny 算子计算量大，实时性较差，并且检测边缘的精度仍没有达到单像素级，在实际处理中受各种干扰因素的影响，仍然存在部分虚假边缘，因此，其在具体应用上仍然存在一定的局限。文献[3-4]采用 RGB 颜色向量角[5]衡量颜色间的差异，实现边缘检测和提取。这种方法对光照不敏感，无法细分色度级之间的差异，当检索图像含有较多的色度级别时，会产生很大的误差。因此，文献[3]在 CIE Lab 空间使用 Euclid 距离检测彩色图像边缘信息，它利用颜色聚类提取图像的主要颜色。与文献[4]采用的将颜色空间线性分割的方法相比，颜色量化误差明显减小，其边缘提取与检索效果较理想。在上述研究的基础上，本文提出一种新的图像空间特征提取方法。

2　图像空间特征提取方法

本文提出的图像空间特征提取方法(下文简称 NSD 方法)提取空间特征的过程包含 3 个要素：(1)彩色图像边缘检测算法 CCVAE(Chromatic Color Vector Angle and Euclidean edge detection)；(2)非边缘空间颜色直方图(Spatial Chromatic Histogram, SCH)；(3)彩色边缘直方图描述子(Edge Histogram Descriptor, EHD)。该方法的提取流程如图 1 所示。

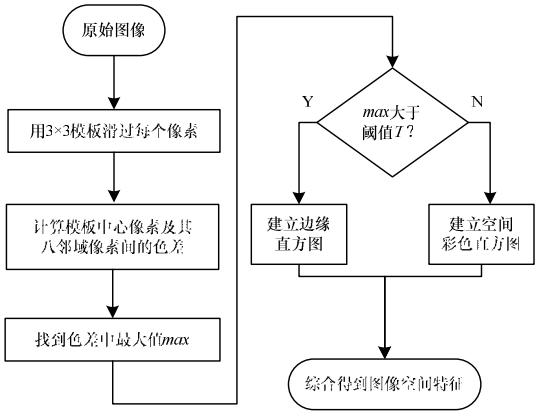

图 1　图像空间特征提取流程

基金项目：仲恺农业工程学院校级科研基金资助项目“基于语义的图像检索关键技术研究”(G3081807)

作者简介：史婷婷(1982－)，女，讲师、硕士，主研方向：智能图像检索，图像处理；刘卫华，讲师；伍春晖，讲师、博士

收稿日期：2011-07-27　　**E-mail：**to_shitingting@126.com

具体操作过程为：通过一个 3×3 的模板滑过图像中的每一个像素，若滑动窗口中心像素和它的八邻域像素之间的色差最大值 *max* 大于某一阈值 *T*，则该中心像素被认为是边缘像素，用于建立边缘直方图；否则被认为是平滑像素，用于建立空间颜色直方图。

2.1　图像彩色边缘检测算法

利用 Euclid 距离或颜色向量角检测彩色图像边缘都有各自局限性，且边缘检测结果均为二值图像，丢失图像颜色信息。彩色图像边缘检测算法都是基于一定的颜色空间，如 RGB、HSV。数字彩色图像通常是以 RGB 方式存储与表达，对图像进行颜色空间的非线形转换会损失原有图像的信息，并且使变换后的图像对于噪声十分敏感。实验证明，在 RGB 空间中进行边缘检测能取得的次最优极接近最优的结果[6]。

本文提出的 CCVAE 算法的主要思想为：在 RGB 空间中，分别计算像素在八邻域中的颜色向量角和 Euclid 距离，找到向量角和距离最大值，以加权之和表征像素间的色差得到原始图像的二值边缘；再根据原始图像与二值边缘的对应关系，便可以得到原始图像的彩色边缘。其中，颜色向量角为：

$$\sin(\theta)p_c p_i = (1-\frac{(p_c^t p_i)^2}{p_c^t P_c P_i^t p_i})^{\frac{1}{2}} \tag{1}$$

Euclid 距离为：

$$D(p_c,p_i)=\sqrt{(p_{c,1}-p_{i,1})^2+(p_{c,2}-p_{i,2})^2+(p_{c,3}-p_{i,3})^2} \tag{2}$$

利用加权和的形式计算如下：

$$max=\omega_1\sin(\theta)_{\max}+\omega_2 D_{\max} \tag{3}$$

其中，p_c、p_i 分别表示 3×3 模板中心像素和其八邻域像素；ω_1 和 ω_2 是非负的加权因子，$\omega_1+\omega_2=1$，本文取 $\omega_1=\omega_2=0.5$。

$$\sin(\theta)_{\max}=\max(\sin(\theta)p_c p_1,\sin(\theta)p_c p_2,\cdots,\sin(\theta)p_c p_8)$$

$$D_{\max}=\max(D(p_c,p_1),D(p_c,p_2),\cdots,D(p_c,p_8))$$

如果 *max* 大于阈值 *T*，*I*(*p*)=1，为边缘像素；否则，*I*(*p*)=0，为非边缘像素。其中，*I*(*p*)表示图像 *I* 中像素 *p*。

利用上述 CCVAE 边缘检测算法得到原始图像的二值边缘如图 2 所示。实验证明，若将 *T* 值设定在 0.08~0.09 之间，边缘检测效果较理想。

(a)样板图　　(b)阈值 *T*=0.08 的边缘检测结果

图 2　CCVAE 算法的图像彩色边缘检测结果

2.2　非边缘空间颜色直方图

颜色直方图以其特征提取与相似度计算简单、对图像尺度与旋转变化不敏感等优点，成为图像检索系统应用最为广泛的颜色特征。但传统颜色直方图存在丢失颜色空间分布信息等不足，因此，本文以原始图像的非边缘像素为基础，给出一种图像内容刻画与表示方法——空间颜色直方图。

本文采用基于 RGB 颜色空间的量化策略把颜色量化成 25 种颜色[2]。该策略基于 MPEG-7 的视觉内容描述标准，从标准 RGB 彩色调色板中选取了 25 种视觉颜色构成查色表，并利用标准欧拉距离进行非均匀的颜色量化，从而有效地减少彩色边缘的颜色信息。根据以上颜色量化方法对彩色边缘进行量化处理后，将得到一幅量化图像。它由一张查色表和像素点阵列组成，而像素点的值为查色表的索引值。

假设一幅 $m\times n$ 的图像被量化为 25 种颜色，*I* 为量化后图像。具有相同颜色 k 的像素集合定义为 $S(k)=\{(x,y)\in I: I(x,y)=k\}$，则每种颜色的像素个数在图像 *I* 中所占比率为：

$$H(k)=\frac{|S(k)|}{m\times n} \tag{4}$$

计算各颜色像素集合的质心 $B(k)=(\bar{x}(k),\bar{y}(k))$，其中：

$$\bar{x}(k)=\frac{1}{n}\frac{1}{|S(k)|}\sum_{(x,y)\in S(k)}x \tag{5}$$

$$\bar{y}(k)=\frac{1}{n}\frac{1}{|S(k)|}\sum_{(x,y)\in S(k)}y \tag{6}$$

质心代表具有相同颜色像素集合的能量重心位置，但仅仅以它描述图像空间特征太粗糙，因为不同的颜色分布可能质心相似。而标注差给出了像素对其质心的分布情况，为了进一步得到更精确的非边缘区域的空间信息，定义标准差如下：

$$\sigma(k)=\sqrt{\frac{1}{|S(k)|}\sum_{I(x,y)\in S(k)}d(I(x,y),B(k))^2} \tag{7}$$

其中，$d(I(x,y),B(k))$ 代表集合 $S(k)$ 中任意像素 $I(x,y)$ 到质心 $B(k)$ 间的 Euclid 距离。

由此，构造空间颜色直方图为一个 75 维特征向量：

$$SCH(k)=(H(k),B(k),\sigma(k)) \tag{8}$$

2.3　彩色边缘直方图

研究发现，MPEG-7 规定的 EHD 表征自然图像非常有效[7]，但它仅描述局部边缘的空间分布，文献[8]提出一种改进 MPEG-7 的 EHD 图像检索方案：块边缘模式分为 5 种：无向边缘，水平边缘，垂直边缘，45°边缘，135°边缘。通过提取这 5 种块边缘模式构造局部和全局边缘提高图像匹配度。计算过程如下：一个给定的图像被分割成互相不重叠的 4×4 个子图像，计算每个子图像的局部边缘直方图。边大致分为 5 类：无向，水平，垂直，45°，135°。因此，对每个子图像块，得到 5 柄直方图。由于一幅图像有 16 个子图像块，因此构成一个 80 柄的 EHD。

在不影响表征图像内容的前提下采用 3 种块边缘模式，即无向边缘、水平边缘、垂直边缘来重构图像的边缘，对图像边缘的表征并不会产生明显的影响，且可以减少块边缘模式数目，降低计算复杂度[9]。基于上述思想，本文构造彩色边缘直方图为一个 48 维特征向量。

3　实验结果与分析

本文实验将 NSD 与 SCH[10]、颜色相关图 CORREL、颜色自相关图 AUTO 3 种具有空间特征的描述子做比较，旨在证明 NSD 处理流程的可行性和优越性。

3.1　原型系统和图像数据库

实验利用 ASP.NET 和 Oracle10g 数据库实现了图像检索原型系统 SttImageRetrieval2.0，并基于宾夕法尼亚大学供研究使用的 WBIIS 图像库的 10 000 幅图像建立了一个较完整的图像数据库。该原型系统运行于 Microsoft Windows XP 操作系统上，硬件环境为 Intel 酷睿 i7 2600、内存为 4 GB DDR3-1600。

3.2　检索结果和性能分析

本实验采用直方图相交法度量图像相似性，对 NSD 方法检索结果的评价采用平均准确率和召回率[1]评价算法。实

验从图像数据库中选取 10 类(花、蝴蝶、鸟、飞机、人物、山河、海滩、建筑、人物、汽车)共 1 000 幅图像进行检索，对每幅检索图像，按相似度大小返回前 12 幅结果图像。本系统为用户提供示例查询方式，以山河、花类图像为范例，采用本文方法的检索结果如图 3 所示。

(a)山河图像

(b)花图像

图 3 采用本文方法的图像检索结果

为进一步验证本文算法的有效性，从每一类图像中随机选取 10 幅图像为查询图像，共 100 幅，记录对于每一个查询图像的准确率与召回率，最后求平均值。图 4 和图 5 给出了 4 种方法对 10 类图像的检索性能比较。从结果可以看出，本文的 NSD 方法检索效果明显优于 CORREL、AUTO，较 SCH 而言也有所改善。因为本文采用 CCVAE 算法检测图像边缘，所以对颜色、视点、形状、位置改变有很好的辨识度，将查询图像的一系列相关图像检索出来，且全部排序靠前，排除了其他图像类的干扰。

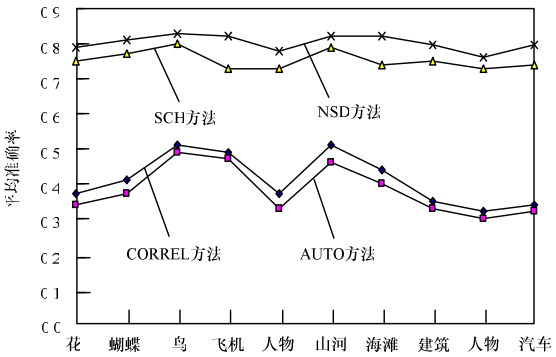

图 4 平均准确率比较

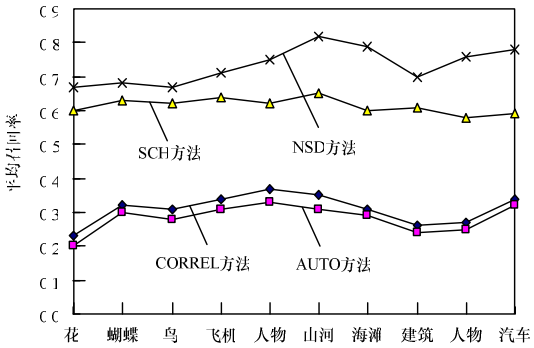

图 5 平均召回率比较

4 结束语

如何从原始图像中提取具有较强表示能力的图像特征是智能图像处理的研究热点。本文提出了一种全新的图像空间特征提取方法，利用了重要的边缘轮廓全局和局部分布特征，考虑了图像非边缘区域的空间颜色特征，具有较优的准确率和召回率。由于图像的低层特征与高层语义之间存在着语义鸿沟，因此下一步将采用群智能算法结合遗传算法进一步捕捉用户需求，使得检索逐步向用户感兴趣的方向发展，并最终满足用户的要求。

参考文献

[1] Shim S, Choi T. Image Indexing by Modified Color Co-occurrence Matrix[C]//Proc. of ICIP'03. Barcelona, Spain: [s. n.], 2003.

[2] 陈景伟, 王向阳, 于永健. 基于边缘直方图的彩色图像检索算法研究[J]. 小型微型计算机系统, 2010, 31(5): 976-983.

[3] Huang Jing, Kumary S R, Mitraz M, et al. Spatial Color Indexing and Applications[J]. International Journal of Computer Vision, 1999, 35(3): 245-268.

[4] Lee H Y, Lee H K, Ha Y H. Spatial Color Descriptor for Image Retrieval and Video Segmentation[J]. IEEE Trans. on Multimedia, 2003, 5(3): 358-367.

[5] Dony R D, Wesolkowski S. Edge Detection on Color Images Using RGB Vector Angles[C]//Proc. of IEEE Conf. on Electrical and Computer Engineering. Winnipeg, Canada: [s. n.], 1999.

[6] Wesolkowski S, Jernigan M E, Robert D D. Comparision of Color Image Edge Detectors in Multiple Color Spaces[C]//Proc. of International Conf. on Image Processing. [S. l.]: IEEE Computer Society, 2000.

[7] Liu Ying, Zhang Dengsheng, Lu Guojun. A Survey of Content-based Image Retrieval with High-level Semantics[J]. Pattern Recognition, 2007, 40(1): 262-282.

[8] Sun C W, Kwon P D, Jun P S. Efficient Use of MPEG-7 Edge Histogram Descriptor[J]. ETRI Journal, 2002, 24(1): 35-42.

[9] 康 勤. 基于 MPEG-7 边缘直方图描述符的图像检索算法[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2008, 30(5): 149-153.

[10] 史婷婷, 李 岩. 基于空间特征的图像检索[J]. 计算机应用, 2008, 28(9): 2292-2296.

编辑 顾姣健