

MPEG-7 区域综合特征匹配的图像检索算法

李悦 覃团发

(广西大学计算机与电子信息学院, 南宁 530004)

摘要 为改进现有基于颜色-纹理特征的图像检索算法在反映空间分布信息方面的不足,提出了一种基于 MPEG-7 区域综合特征匹配的图像检索算法(FIM-RBIR):首先按类粗分辨率对图像进行区域划分,再综合图像区域的颜色、纹理特征实现有效检索。实验结果表明,FIM-RBIR 算法比 SIMPLIcity 系统的检索效果有了比较显著的改进,平均检索性能提高了 4.33%,具有较好的平均查准率和鲁棒性。

关键词 基于内容的图像检索 MPEG-7 图像区域 颜色 纹理

中图法分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2009)09-1881-05

Image Retrieval Based on Features Integrated Matching of Sub-regions for MPEG-7

LI Yue, QIN Tuan-fa

(School of Computer and Electronic Information, Guangxi University, Nanning 530004)

Abstract In order to improve the current image retrieval methods based on color and texture which are deficient in describing the spatial relations, in this paper, a new method called features integrated matching for region based image retrieval(FIM-RBIR) is proposed. At first, the image is segmented using a coarser resolution scheme, then the color and texture features of sub-regions are combined to achieve the image retrieval. The experimental results show that the FIM-RBIR algorithm is more accurate than the SIMPLIcity method, the average retrieval performance has been raised by 4.33%, better average precision ratio and robustness has been obtained.

Keywords content-based image retrieval, MPEG-7, region-based segmentation, color, texture

1 引言

基于内容的图像检索(CBIR)是对图像内容进行分析、提取图像的颜色(灰度)、纹理、形状等视觉特征并以此建立索引来进行检索。

颜色是描述图像内容的重要特征,在基于内容的图像检索技术中广泛应用。颜色直方图是最常用的颜色特征矢量,其计算简单,具有平移和旋转不变性。但它是比较粗略的全局表示方法,丢弃了纹理、

形状、目标位置等图像的重要信息,且没有考虑到颜色的空间信息,对色彩失真及强烈变化都比较敏感^[1]。为了解决这一问题,研究者提出了许多改进直方图法,但它们都无法反映直方图本身所展示出的颜色特征的模糊性。纹理是图像检索使用最为频繁的视觉特征之一,文献[2]利用 Daubechies 小波对纹理图像进行分解,用 LL, LH, HL, HH 子带图像的梯度方向统计信息来描述纹理特征。Sim 等人将改进的 Zernike 矩应用于纹理检索中^[3],在保持平移旋转不变性的基础上降低了计算复杂度。

基金项目:广西高校人才小高地建设创新团队计划项目(桂教人[2007]71号);科技部科技型中小企业技术创新基金项目(06C26224500454);广西科学基金项目(桂科自0991058)

收稿日期:2008-03-17; **改回日期:**2008-06-06

第一作者简介:李悦(1984~),女。广西大学计算机与电子信息学院计算机应用技术专业硕士研究生。主要研究方向为基于内容的图像检索技术。E-mail:dodoly08@163.com

目前,已有研究者陆续提出了一系列综合上述特征的图像检索方案,然而现有的大部分颜色-纹理图像检索算法^[4]侧重于图像的全局信息,具有计算简单、对平移和旋转不敏感的优点,但对于图像的局部特征利用较少,不能充分反映出图像内容的空间分布信息,无法在空间布局层次比较图像的相似性,检索效果不够理想。为了提高检索精度,提出一种基于 MPEG-7 区域综合特征匹配的图像检索算法。通过对 Corel 标准测试图像库的检索实验表明,该算法简单易实现,且能较好地解决颜色-纹理图像检索中存在的上述问题。

2 颜色空间的选择及量化

MPEG-7 标准推荐了一种颜色描述符——颜色空间,它给出了可用于其他颜色描述符的颜色空间: RGB, YCbCr, HSV, HMMD^[5]。为了使 FIM-RBIR 算法对于颜色距离的定义符合人的视觉特征,采用对应于画家配色模型的 HSV 颜色模型,分量 H, S, V 分别对应于彩色信号的色调、饱和度和亮度。为了提高检索效率,需要对 HSV 空间进行量化。

把 HSV 颜色定义为 $c = (h, s, v)$, 其中 $h \in [0, 360^\circ]$, $s \in [0, 1]$, $v \in [0, 1]$, 用 $q \in \{0, 1, 2, \dots, 165\}$ 166 种量化颜色:

$$q = \begin{cases} 0 & v \leq 0.1 \\ g(h, s, v) & s < 0.1 \text{ \& } v > 0.1 \\ f(h, s, v) & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

其中, $g(h, s, v)$ 定义为

$$g(h, s, v) = \begin{cases} 1 & s < 0.1 \text{ \& } 0.1 < v \leq 0.4 \\ 2 & s < 0.1 \text{ \& } 0.4 < v \leq 0.7 \\ 3 & s < 0.1 \text{ \& } 0.7 < v \leq 1 \end{cases} \quad (2)$$

式(1)中, $f(h, s, v)$ 均匀划分剩余的 HSV 空间。色调 h 以 20° 为间隔分成 18 份, 饱和度 s 和亮度 v 以 0.3 为间隔分别分成 3 份。因此, 量化后的图像颜色维数为 166 维 (18 色调 \times 3 饱和度 \times 3 亮度 + 4 灰度)。

3 检索方法及图像划分策略

3.1 图像划分策略

根据构图理论, 图像的显著对象或主题位于图像中心区域的概率最大, 因此图像中心获得的视觉关注度最高, 图像的四周部分次之, 四角区域通常得

到的视觉关注度最小。图像分块数目过多, 可能使目标物体分得过于破碎, 产生冗余分割, 增大计算的复杂度; 图像分块数目过少, 可能产生错误分割, 无法准确获取图像的空间信息。这里提出一种针对 FIM-RBIR 算法的 3×3 类粗分辨率划分策略, 如图 1 所示, 根据 1:2:4 的区域比例来划分 A, B, C 3 类区域, 可以有重点地突出用户的关注区域, 同时限制了背景的范围。

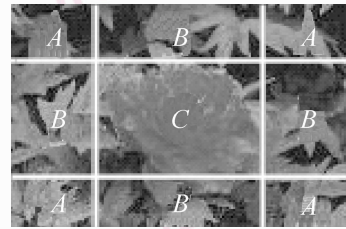


图 1 图像划分策略

Fig. 1 Method of image segmentation

考虑到区域的视觉关注度越高, 在相似度计算中的地位越高, 对 A, B, C 3 类区域设置不同的权重。根据对大量图像的检索实验表明, 权重设置为 $A : B : C = 1 : 4 : 5$ 时效果最佳, 由此设置初始的区域权重矩阵 W 。

3.2 颜色特征的提取

颜色是描述图像最显著的特征, 对图像的尺寸、方向、视角的依赖性很小, 具有极高的鲁棒性, 因此在图像检索中应用最为广泛。MPEG-7 标准推荐的颜色描述符有: 主颜色、颜色布局、颜色量化、颜色结构等^[6]。

采用 3.1 提出的分块策略对图像划分区域后, 选取主颜色描述符提取各区域的颜色特征, 它最适合用于表示局部 (某个图像区域或对象) 的显著颜色特征。具体步骤如下: 首先对各个图像区域分别计算出归一化颜色直方图, 即得到每种颜色占图像区域的百分比; 然后选取所占区域百分比最大的颜色作为该区域的主颜色; 提取出主颜色及其百分比作为区域颜色特征的两个分量。由此, 图像中第 i 个区域的颜色特征向量为

$$C_i = \{c_i, p_i\}$$

$$c_i = \text{Max}[\text{Histogram}(B_i)] \quad (3)$$

其中, $\text{Histogram}(B_i)$ 表示第 i 区域的归一化颜色直方图, $\text{Max}[\]$ 表示获取颜色直方图中百分比最大的颜色, c_i 是一个索引值, 通过颜色查找表可以得到对应与 HSV 空间中的颜色矢量 (h_i, s_i, v_i) , p_i 表示 c_i

对应的百分比, $p_i \in [0, 1]$ 。

将所有区域颜色特征向量合并, 得到一幅图像的颜色特征向量 $\mathbf{F}_{\text{color}} = \{C_1, C_2, \dots, C_9\}$ 。

3.3 纹理特征的提取

纹理是反映图像中同质现象的视觉特征, 其本质是刻画像素的邻域灰度空间分布规律, 具有旋转不变性, 对噪声也具有较强的抵抗能力。目前纹理描述主要以统计方法为主, 适用于微观细密而不规则的物体。MPEG-7 标准推荐的纹理描述符有: 同质纹理、纹理浏览、边缘直方图等^[7]。

在图像区域划分和灰度化的基础上, 基于边缘直方图的思想^[7], 提取出各区域的局部边缘直方图作为纹理特征, 具体步骤如下:

(1) 对图像区域进行分解, 使各区域均匀, 得到 4×4 共 16 个子区域, 每个子区域又均匀分解成 16×16 的区域块, 每个区域块包含 4 个子块, 如图 2 所示。

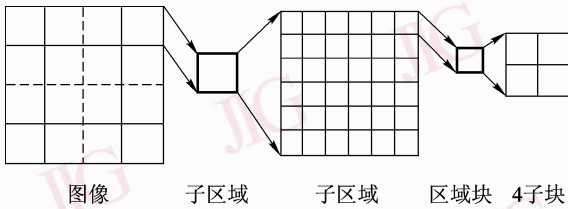


图 2 图像区域的分解

Fig. 2 Disassembly of sub-regions

(2) 对每个子区域分别用 MPEG-7 建议的 5 种边缘检测算子 (依次分别检测 $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 边缘和无方向边缘) 进行计算, 得到 5 个边缘方向的最大值, 若大于阈值 T_{edge} 则把它记为当前区域的边缘方向 (本文设定 T_{edge} 为 20)。

(3) 分别统计各图像区域的局部边缘直方图, 该直方图包括 5 个边缘方向的直方条。

(4) 对局部边缘直方图的值进行归一化和非线性量化。

对于第 i 个区域, 采用符号 $t_i^v, t_i^h, t_i^{45}, t_i^{135}, t_i^{\text{nd}}$ 分别表示 $90^\circ, 0^\circ, 45^\circ, 135^\circ$ 边缘、无方向边缘直方条经过归一化及量化后的值。第 i 个区域的纹理特征由 5 个分量表示:

$$\mathbf{T}_i = \{t_i^v, t_i^h, t_i^{45}, t_i^{135}, t_i^{\text{nd}}\} \quad (4)$$

合并所有区域的纹理特征向量, 得到一幅图像纹理特征的表达式: $\mathbf{F}_{\text{texture}} = \{\mathbf{T}_1, \mathbf{T}_2, \dots, \mathbf{T}_9\}$ 。

考虑到本文中的颜色、纹理特征是用子区域相

似度的比较, 而不是用来表征图像内容, 分别选取区域主颜色、局部边缘直方图作为颜色和纹理特征, 可以在保证描述符表征能力的同时降低复杂度。结合式 (3) 和式 (4), 图像的综合特征向量表示为

$$\mathbf{F} = (\mathbf{F}_{\text{color}}, \mathbf{F}_{\text{texture}}) = (\{C_i, \mathbf{T}_i\}), i = 1, \dots, 9 \quad (5)$$

3.4 相似性测度的计算

3.4.1 颜色相似性测度

根据式 (3), 设 $\mathbf{C}_A = \{c_i, p_i\}$ 和 $\mathbf{C}_B = \{c_j, p_j\}$ 分别是 A, B 区域的颜色特征, 相似距离度量定义为^[8]

$$d(\mathbf{C}_A, \mathbf{C}_B) = p_i^2 + p_j^2 - 2a_{i,j}p_i p_j \quad (6)$$

其中, $a_{i,j}$ 表示颜色 c_i 和颜色 c_j 的相似性,

$$a_{i,j} = 1 - \frac{1}{\sqrt{5}} \left[\frac{(v_i - v_j)^2 + (s_i \cos h_i - s_j \cos h_j)^2}{(v_i - v_j)^2 + (s_i \sin h_i - s_j \sin h_j)^2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

3.4.2 纹理相似性测度

考虑两个局部边缘直方图描述符, 使用 L_1 距离来计算纹理特征的相似度^[7]:

$$d(A, B) = \sum_{i=0}^5 |Local_A[i] - Local_B[i]| \quad (8)$$

$Local_A[i], Local_B[i]$ 代表局部边缘直方图中 5 个直方条编码以后反量化的值。

3.4.3 图像相似性测度

(1) 为了使不同特征在相似度计算时地位相同, 需要先进行特征间的归一化。假设对应同一区域颜色、纹理特征距离分别为 d_c 和 d_t , 采用简单可行的极值归一化方法, 以 d_c 为例说明:

$$d_c = \frac{\max(d_c) - d_c}{\max(d_c) - \min(d_c)} \quad (9)$$

得到 d_c 和 d_t 的范围都在区间 $[0, 1]$, 如果区域对应的特征最相似, 则相似性测度为 1, 反之为 0。

(2) 综合颜色、纹理特征计算区域相似度:

$$Sim(i) = w_c d_c + w_t d_t \quad (10)$$

w_c 和 w_t 为权重, 分别对应颜色和纹理特征在检索中的相对重要性, $w_c + w_t = 1, w_c, w_t \in [0, 1]$ 。实验认为颜色和纹理特征在检索中同样重要, 设置 $w_c = w_t = 1/2$ 。

(3) 结合 3.1 节提出的权重矩阵 \mathbf{W} , 计算两幅图像之间的总相似度 S :

$$S(\mathbf{P}, \mathbf{Q}) = \sum_{i=1}^9 W(i) Sim(i) \quad (11)$$

$S(\mathbf{P}, \mathbf{Q})$ 越大, 则说明两幅图像越相似。

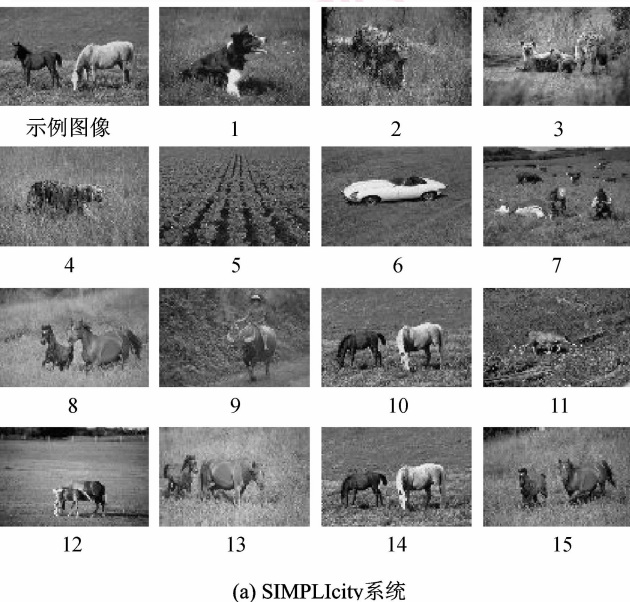
4 实验结果分析

基于以上思想,以 Visual C++6.0 为实验环境实现了一个原型系统。为了检验本文中基于区域检索算法的检索性能,选择文献[9]中的 SIMPLIcity 系统作为比照对象,后者是基于区域检索方法的代表系统。实验内容为:(1)检索图像队列的比较;(2)平均查准率的比较;(3)本文算法平均查准率与返回图像数之间的关系。实验采用 Corel 标准测试图像库,包含了山川、花卉、海滩、建筑、骏马、汽车、食物、体育、人物、自然等共 108 类图像,每类 100

张,共 10 800 幅图像。

(1)检索图像队列

选取图像库中编号为 6 260 的图像(骏马)作为示例图像,返回前 16 幅图像的检索队列如图 3 所示(第 1 幅为示例图像,其他图像以相似度的降序从上到下,从左到右排列)。可以看出,SIMPLIcity 检索出 5 幅相似图像,排名分别为 8,10,13,14,15,其中最相似图像排名为 10,14;FIM-RBIR 算法检索出 13 幅相似的图像,排名分别为 1,2,3,4,5,6,7,9,10,12,13,14,15,其中最相似的图像序号为 1,3。从返回相似图像数量及相似图像排序两方面考虑,FIM-RBIR 算法均优于 SIMPLIcity 算法。



(a) SIMPLIcity系统



(b) FIM-RBIR算法

图 3 示例图像和检索图像队列

Fig. 3 Query image and retrieval results

(2)平均查准率比较

从 Corel 图像库选取颜色和纹理特征较显著的 8 类图像,统计各类返回前 80 幅图像的平均查准率,实验结果如表 1 所示。可以看出,从平均查准率方面比较,在山川、海滩、骏马、食物、建筑、大象这 6 类图像上,FIM-RBIR 算法与 SIMPLIcity 算法接近;在花卉、汽车类图像上,FIM-RBIR 算法明显高于 SIMPLIcity 算法。平均检索性能上,FIM-RBIR 算法比 SIMPLIcity 算法提高了 4.33%。在海滩、大象类图像中,由于显著对象出现的位置较分散,局部颜色及纹理特征的分布不连续,FIM-RBIR 算法的检索性能略逊于 SIMPLIcity 算法。

表 1 FIM-RBIR 算法和 SIMPLIcity 算法的平均查准率比较

Tab.1 Comparison of average precision ratio between FIM-RBIR and SIMPLIcity

图像类别	平均查准率	
	SIMPLIcity 算法	FIM-RBIR 算法
山川	0.325	0.327
花卉	0.387	0.573
海滩	0.4	0.387
骏马	0.446	0.467
汽车	0.375	0.574
食物	0.307	0.328
建筑	0.333	0.341
大象	0.4	0.353

(3) 本文算法平均查准率与返回图像数间的关系

本文算法平均查准率随返回图像数量变化的曲线如图4所示。可以看出,随着返回图像数量增大,算法的平均查准率并没有急剧下降,反映了 FIM-RBIR 算法具备较好的鲁棒性。

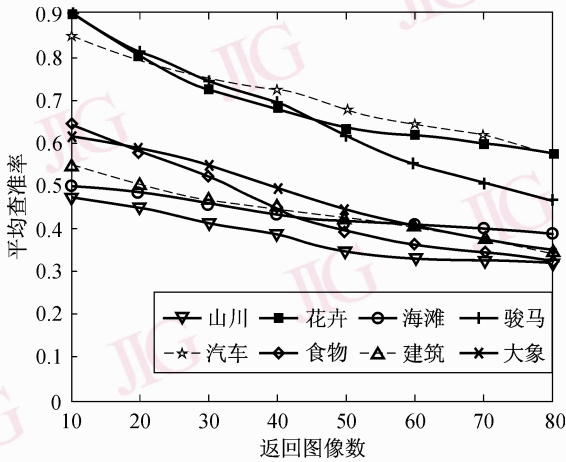


图4 FIM-RBIR 算法平均查准率变化曲线

Fig. 4 Variation of FIM-RBIR average retrieval precision

根据视觉关注度的大小对图像按类粗分辨率进行规则划分,有重点地突出了用户关注区域,同时限制了背景的范围。区域的规则性和区域数量的合理性能够有效降低图像局部特征提取及区域间相似度比较的复杂性,提高本文算法的检索效率。

5 结论

针对传统颜色-纹理图像检索方法未能充分利用图像局部信息的不足,提出了一种新的基于 MPEG-7 区域特征匹配的图像检索算法。实验结果表明,本文算法基于区域实现检索,保留了图像的空间信息,能够有效地区分目标与背景,在提高检索精

度的同时,能够有效降低计算复杂度。可以通过调整区域权重矩阵使检索结果更接近用户的实际需求。下一步的研究工作是引入相关反馈机制,更有效地学习用户意图,提高检索性能。目前还未能达到自适应调整不同特征的权重,这也是本文下一步的研究方向。

参考文献 (References)

- 1 Chow Tommy W S, Rahman M K M, Wu Sitao. Content-based image retrieval by using tree-structured features and multi-layer self-organizing map[J]. *Pattern Anal Applic*, 2006, **9**(1): 1-20.
- 2 Huang P W, Dai S K. Image retrieval by texture similarity. *Pattern Recognition*, 2003, **36**(3): 665-679.
- 3 Sim Dong-gyu, Kimb Hae-kwang, Park Rae-hong. Invariant texture retrieval using modified Zernike moments [J]. *Image and Vision Computing*, 2004, **22**(4): 331-342.
- 4 Yang Chen-kuei. Content-based color quantization and texture extraction for image indexing [J]. *Optical Engineering*, 2006, **45**(4): 047003 (1-12).
- 5 JTC1/SC29/WG11N5525. MPEG-7 Overview (version 9) [S].
- 6 Jin Lian-fang, Qin Tuan-fa, Wang Hai-xia, *et al.* Image retrieval based on structure quantification histogram [J]. *Journal of Image and Graphic*, 2006, **11**(2): 180-185. [金莲芳, 覃团发, 王海霞等. 基于结构量化直方图的图像检索方法 [J]. *中国图象图形学报*, 2006, **11**(2): 180-185.]
- 7 Shuai Qin, Qin Tuan-fa, Tang Zhen-hua. Image retrieval system based on eedge histogram descriptor of MPEG-7 [J]. *Journal on Communications*, 2005, **26**(12A): 9-13. [帅勤, 覃团发, 唐振华. 基于 MPEG-7 边缘直方图描述符的图像检索系统 [J]. *通信学报*, 2005, **26**(12A): 9-13.]
- 8 Wang Hai-xia, Qin Tuan-fa. Improved method based on extraction of dominant color in MPEG-7 [J]. *Computer Engineering*, 2005, **31**(16): 185-187. [王海霞, 覃团发. 基于 MPEG-7 中主颜色提取的改进方法 [J]. *计算机工程*, 2005, **31**(16): 185-187.]
- 9 Wang James Z, Li Jia, Wiederhold Gio. SIMPLcity: semantics-sensitive integrated matching for picture libraries [J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2001, **23**(9): 947-963.