

基于颜色特征的图像检索方法研究

张 鑫 温显斌 孟庆霞

(天津市智能计算及软件新技术重点实验室 天津 300384)

(计算机视觉与系统教育部重点实验室(天津理工大学) 天津 300384)

摘 要 基于颜色的图像检索因对图像的各种变化有很好的鲁棒性而得到了广泛的应用,但是由于缺乏空间信息而造成检索误差。针对全局颜色直方图和分块颜色直方图的检索问题,提出了一种利用等面积的矩形环来提取颜色特征的图像检索方法。该方法首先利用等面积的矩形环划分策略对图像进行分块;其次,提取子块的颜色累加直方图作为颜色特征;然后,为了突出图像的主体区域,按照矩形环由里到外依次减小规则确定权值,并对两幅图像子块颜色特征之间的距离进行加权累加得到两幅图像的相似度量,以此进行检索,并输出相应的查询结果;最后通过实验结果表明:该方法与全局直方图、累加直方图及传统分块直方图相比,具有更高的检索效果。

关键词 图像检索,累加直方图,颜色特征,等面积的矩形环划分

中图法分类号 TP391.41 文献标识码 A

Research of Image Retrieval Method Based on Color Feature

ZHANG Xin WEN Xian-bin MENG Qing-xia

(Tianjin Key Laboratory of Intelligence Computing and Novel Software Technology, Tianjin University of Technology, Tianjin 300384, China)

(Key Laboratory of Computer Vision and System(Tianjin University of Technology), Ministry of Education, Tianjin 300384, China)

Abstract Color-based image retrieval has been widely used due to good robustness to various changes of images. However, lack of color spatial information leads to retrieval errors. According to retrieval problems caused by global color histogram and block histogram, the paper proposed a new image retrieval method that uses equal-area rectangle ring to extract image features. Firstly, we made use of equal-area rectangle ring partitioning strategy to block the image. Secondly, we extracted sub-block accumulative color histogram as color features. Thirdly, we set weight values according to gradual reducing of rectangle ring from inside to outside in order to highlight the main part of an image, and got the similarity measures of two images by calculating weighed accumulative distance which is between the sub-blocks color features of two images, then retrieved images and outputted the retrieval results. At last, experimental results show that the proposed method has a higher retrieval effect, comparing to global histogram, cumulative histogram and traditional block histogram.

Keywords Image retrieve, Cumulative histogram, Color feature, Equal-area of rectangular ring partition

1 引言

近年来由于互联网络的快速发展,图像数据量呈现海量的增长。传统的图像检索方式是基于文本的,但是它存在很大的弊端:手工注释图像、工作量相当大,这不可避免地带来主观性和不确切性,不能很好地满足用户的需求。因此,基于内容的图像检索受到人们的广泛关注,成为了研究的热点。

基于内容的图像检索主要是利用图像的底层特征,如颜色、纹理、形状和空间关系等特征对图像进行检索,试图在理解图像内容的基础上检索出符合用户需求的图像^[1]。颜色是图像最显著的底层特征。最经典的检索算法是全局颜色直方图法^[2],此方法具有快速简单,且对图像的旋转、平移和伸缩

变化不敏感等优点,但是它无法反映颜色的空间位置信息。例如两幅完全不同的图像(如天空和大海)可能具有相同的颜色直方图,这势必会造成检索的误差。后来,提出了多种关于全局直方图改进的方法,如累加直方图法^[3]、分块直方图法^[4]等。累加直方图可以避免全局颜色直方图中由于不能取遍所有颜色特征值而出现一些零值的情况,提高了检索的准确度。在图像检索中,已经证明累加直方图比全局直方图检索效果好。基于分块的颜色直方图是按照某种划分子块策略把整幅图像分成若干块,然后分别计算每个分块的颜色信息。这些方法提取的特征虽然包含了图像的空间信息,但同时不可避免地破坏了原有算法的旋转、平移和缩放不变性,因此进行图像检索时,其没有较好的检索效果。

到稿日期:2012-01-02 返修日期:2012-04-01 本文受国家 863 计划重点项目(2010AA122201),国家自然科学基金项目(60872064, 6110 2125),天津市自然基金项目(12JCYBJC10200)资助。

张 鑫(1985-),女,硕士生,主要研究方向为图像处理与机器视觉,E-mail:zhangxinzhi@yeah.net;温显斌(1966-),男,硕士,教授,博士生导师,主要研究方向为图像处理与机器视觉;孟庆霞(1986-),女,硕士生,主要研究方向为图像处理与机器视觉。

基于上述分析,本文提出了一种新的基于分块的累加颜色直方图方法。该方法考虑到图像每块代表的空间信息的重要程度不同,对每块赋予不同的权重,使用户感兴趣的子块得到更多的关注;而且提取的特征包含了空间信息,对图像旋转、伸缩等变化不敏感。

2 颜色空间的选取及量化

常用的颜色模型有很多,如 RGB 空间、HSV 空间等,但 RGB 颜色空间与人眼的感知差别很大,其空间的相似不代表人眼视觉上颜色的相似,不符合人类的感知特征。而 HSV 颜色空间由色调(H)、饱和度(S)、量度(V) 3 个分量组成,与人眼的视觉特征比较接近,并且从 RGB 到 HSV 的转换^[5]是一个计算简单的非线性变换,因此本文选用 HSV 颜色空间作为颜色空间模型。

为减少高维数特征对计算带来的不便,需对转换后的 HSV 值进行进一步的量化。即颜色量化,将 h, s, v 3 个分量按人的颜色感知进行非等间隔的量化,通过对颜色模型的大量分析和比较,本文把色调 h 分成 7 份,饱和度 s 分成 3 份,亮度 v 分成 3 份,并根据色彩的不同范围进行量化,量化后的色调、饱和度和亮度值分别为 H, S, V 。

$$H = \begin{cases} 0, & \text{if } h \in [315, 20) \\ 1, & \text{if } h \in [20, 45) \\ 2, & \text{if } h \in [45, 80) \\ 3, & \text{if } h \in [80, 150) \\ 4, & \text{if } h \in [150, 190) \\ 5, & \text{if } h \in [190, 280) \\ 6, & \text{if } h \in [280, 315) \end{cases} \quad (1)$$

$$S = \begin{cases} 0, & \text{if } s \in [0, 0.2) \\ 1, & \text{if } s \in [0.2, 0.75) \\ 2, & \text{if } s \in [0.75, 1] \end{cases} \quad (2)$$

$$V = \begin{cases} 0, & \text{if } v \in [0, 0.2) \\ 1, & \text{if } v \in [0.2, 0.7) \\ 2, & \text{if } v \in [0.7, 1] \end{cases} \quad (3)$$

按照以上的量化级,把 3 个颜色分量转化为一维特征向量,即:

$$L = HQ_1Q_2 + SQ_3 + V \quad (4)$$

式中, Q_1 和 Q_2 分别是 S 和 V 的量化级数,本文取 $Q_1 = 4, Q_2 = 2$ 。因此,式(4)可表示为:

$$L = 8H + 2S + V \quad (5)$$

这样, H, S, V 3 个分量就在一维向量上分布开来。根据式(5), L 的取值范围为 $[0, 1, 2, \dots, 53]$, 其中色调 H 取的权重为 8, 饱和度 S 取的权重为 2, 亮度 V 取的权重为 1, 这就减少了图像亮度 V 和饱和度 S 对检索结果的影响, 对颜色分布不同的图像能很好地检索出来。按照上面的方法将颜色空间划分为 54 种颜色, 这 54 种代表色的量化方法有效地压缩了颜色特征, 并能较好地符合人眼对颜色的感知。

3 基于分块的累加直方图检索算法

3.1 图像的分块策略及权重的分配

传统的颜色直方图只是对图像颜色的统计, 而没有考虑颜色的空间分布, 因此检索到的结果会存在很大的误差。为

了获得颜色的空间信息, 可以在统计颜色直方图之前对图像进行分块。常用的分块方法是将图像平均分成 $m \times n$ 块, 如 $4 \times 4, 1 \times 4$ 或 4×1 的子块, 但这种平均分块方法忽视了人眼对图像的关注差别, 且这种分块策略不具备旋转和尺度不变性。一般情况下, 人们首先关注的是图像的中心区域, 这是由于图像的主体部分位于图像的中心区域; 而图像的四周部分多为图像的背景。为了突出图像不同区域的重要性, 并克服传统分块算法对图像旋转和尺度等变换敏感的缺点, 本文提出了一种新的基于等面积的矩形环划分方法, 具体描述如下:

按照面积等分的原则, 先确定图像的中心点 M , 计算以 M 为对角中心的矩形环的边长。假设将图像分成 S 个矩形环, 每个矩形环面积相等, 如图 1 所示。则矩形环的边长为:

$$\begin{cases} a' = a \times \sqrt{\frac{k}{S}} \\ b' = b \times \sqrt{\frac{k}{S}} \end{cases} \quad (k \in 1, 2, \dots, S) \quad (6)$$

式中, a, b 为图像大小(已知), 本文所用图像大小为 384×256 , S 为矩形环数, 即子块数目。

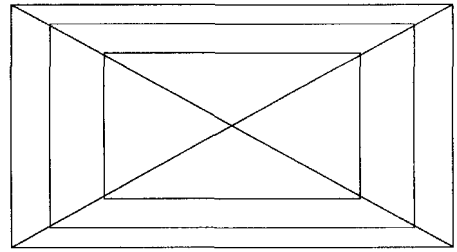


图 1 等面积的图像矩形环子块划分法

对图像的不同子块分别赋予不同的权值 ω_k , 各权值的大小按矩形环由里到外的次序依次减小, 以突出图像的主体区域和背景区域。权值可事先确定, 并规定所有权值总和为 1。

由此可见, 本文提出的分块方法不仅简单, 而且比较符合图像的分布特点, 即图像的主体目标一般都被划分到离图像中心近的矩形环内, 而图像信息量最少的部分即图像的背景部分被划分到离图像中心最远的矩形环内。同时通过设置图像中心区域较大的权重值, 来突出图像的主体区域, 又考虑到了图像子块之间的联系。对图像用矩形环来分块, 基本不会破坏颜色直方图的缩放和旋转不变性。

3.2 颜色特征提取

传统的直方图常出现一些零值, 这些零值的出现会对相似性度量的计算带来影响, 不能很好地体现图像颜色的相似程度, 从而影响检索效果, 为此本文用累加直方图法^[6]。

$$I(k) = \sum_{i=0}^k \frac{n_i}{N} \quad (k=0, 1, \dots, L-1) \quad (7)$$

式中, n_k 是图像中颜色值为 k 的像素个数, N 是图像像素的总数。累加直方图可以大量减少零值的数目, 也能克服传统直方图量化过细过粗而使检索效果下降的缺陷。所以本文对图像的各个子块提取累加直方图作为颜色特征。

3.3 相似性度量

本文颜色特征的相似性度量采用欧式距离法。首先, 统计出各分块之间的相似距离, 然后为不同分块赋予不同的权值, 将加权后的距离之和作为两幅图像之间的实际距离。实际距离越小, 表示两幅图越相似。

假设 P 为用户提交的示例图像, Q 为图像库中待检索的图像, 则 P, Q 对应块 i 之间的距离:

$$D_i = \sum_{j=0}^m \sum_{k=0}^m |I_P(ij) - I_Q(ij)|^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

式中, $I_P(ij)$ 表示示例图像 P 第 i 块的第 j 柄累加直方图, $I_Q(ij)$ 表示待检索图像 Q 第 i 块的第 j 柄累加直方图。

最后根据子块权重 ω_i , 将不同分块之间的距离进行处理, 得到公式:

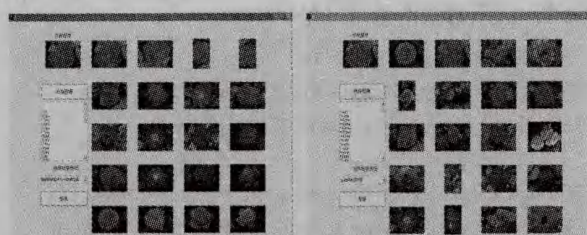
$$D(P, Q) = \sum_{i=1}^n \omega_i D_i(P, Q) \quad (9)$$

把加权累加后的距离 $D(P, Q)$ 作为衡量图 P 和 Q 之间相似性的实际距离。

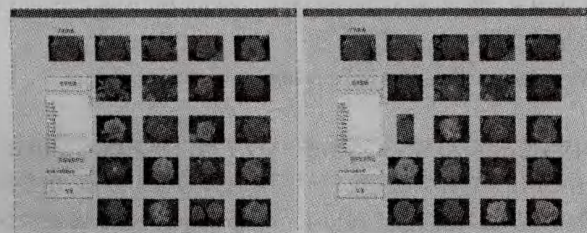
3.4 基于分块累加直方图的检索算法的实现

假设 P 为用户提交的示例图像, Q 为图像库中待检索的图像, 则基于分块累加直方图的检索算法如下:

(1) 将每幅图像按照图 2 的子块划分方法分成 6 个子块。



(a) 本文方法检索结果(BCH) (b) 全局颜色直方图检索结果(GH)



(c) 累加直方图检索结果(CH) (d) 4×4 均匀分块直方图检索结果(BH)

图 2 花卉检索结果

(2) 对每个子块进行 RGB 值到 HSV 值的转换, 并进行颜色空间的量化。

(3) 计算每个子块的累加直方图:

$$G_i = \{I_i[0], I_i[1], \dots, I_i[53]\} (i=0, 1, \dots, 5) \quad (10)$$

式中, G_i 表示第 i 个分块归一化后的颜色累加直方图, 是一个 54 维的向量。

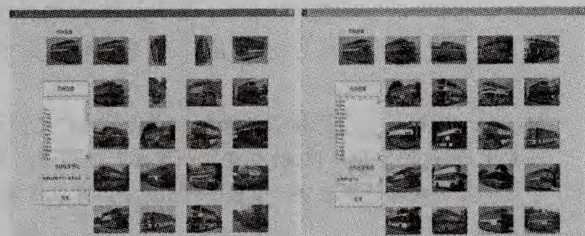
(4) 将权重事先设定, 从图像中心向外每个矩形环的权重值依次减小, 分别设为 0.3, 0.2, 0.2, 0.15, 0.1, 0.05。

本文将根据式(9)计算示例图像 P 与图像库中待检索图像 Q 的实际距离, 并将距离 $D(P, Q)$ 按从小到大的顺序排列, 然后输出相应的查询结果。

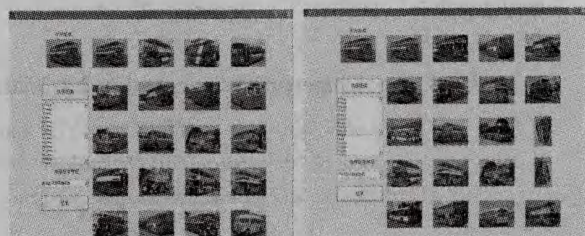
4 实验及结果分析

本文的实验环境: CPU 双核处理器, Windows XP 操作系统, 2.17Ghz CPU, 2G 内存, matlab2010 编程平台, 实验中采用检索图像库(网址 <http://wang.ist.psu.edu/>)进行试验, 包括花卉、汽车、恐龙、建筑、落日 5 个类别的 500 幅图像。示例图像从图像库中直接选取, 从每类中随机取 5 幅图像作为示

例图像, 总共构成 25 次查询, 每次查询选取前 20 幅最相似的图像作为检索结果。现以花卉和汽车作为示例图片, 本文提出的算法(BCH)得到的图像检索结果如图 2(a)和图 3(a)所示; 图 2(b)~(d)和图 3(a)~(d)分别给出基于全局直方图(GH)、累加直方图(CH)、4×4 均匀分块直方图(BH)得到的图像检索结果。



(a) 本文方法检索结果(BCH) (b) 全局颜色直方图检索结果(GH)



(c) 累加直方图检索结果(CH) (d) 4×4 均匀分块直方图检索结果(BH)

图 3 汽车检索结果

比较图 2(b)和图 2(c)可知, 检索同样的一幅花卉图, 使用累加直方图的检索比全局颜色直方图效果略好, 返回的相关数目增多。但可以看出, 累加直方图和全局直方图的整体计算方式和相似度度量方式大致相似, 只是检索的效果有一定的提高。图 2(d)对图像进行 4×4 的均匀分块, 其虽然增加了空间信息, 但是破坏了颜色直方图的旋转不变性, 旋转后的图像没有被完全检索出来。从图 2(a)可以看出, 采用本文提出的分块策略, 并提取子块的累加直方图作为颜色特征, 不但克服了传统分块直方图对图像伸缩和旋转敏感的缺点(检索到的第 2 到 4 幅图是示例图像旋转后的效果), 而且克服了全局累加直方图出现零值的缺陷, 得到了理想的检索效果。同理, 从图 3(a)~(d)可知, 当检索同一幅汽车图, 返回的相关图像数目依次增多, 检索效果越来越好。

表 1 4 种算法的图像查准率

算法	花卉	汽车	恐龙	建筑	落日
GH	0.3	0.35	0.5	0.45	0.4
CH	0.45	0.65	0.6	0.65	0.55
BH	0.65	0.75	0.7	0.75	0.65
BCH	0.85	0.9	0.85	0.9	0.8

表 2 4 种算法的图像检索时间

算法	运行时间/ms
GH	1.827
CH	2.222
BH	2.018
BCH	2.244

为了更加全面地比较各算法的性能, 采用常用的图像检索方法的评价标准——查准率^[7]。选取图像库中的花卉、汽车、恐龙等 5 类图片进行检索, 得到与查询图像相关的图像数

(下转第 260 页)

6.4 渲染效果

最终渲染后的遮挡效果如图 13 所示,从图 13 可以看出,迎风面区域 A 运动幅度大,而背风面区域 B 运动幅度小,遮挡效果较逼真。

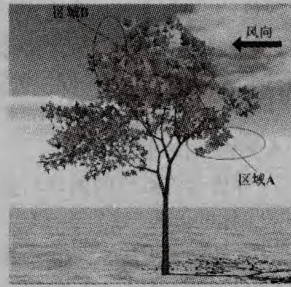


图 13 遮挡效果

树在不同风速下的效果如图 14 所示,依次为同一棵树在 0m/s, 5m/s, 10m/s, 15m/s 风速下的形态。同时制作了一段长度为 1min 左右的视频,可以访问 <http://www.cnblogs.com/jsucg/articles/2314284.html> 观看,从图像和视频可以看出,树在风中的运动可以很好地反映其自然特性,遮挡效果逼真。

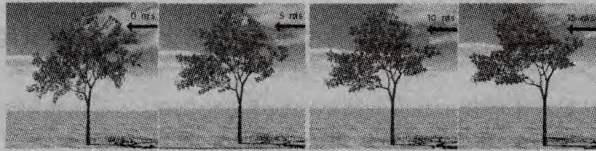


图 14 同一棵树在不同风速下的效果图

结束语 要提高动画的真实感,树对风的遮挡情况是不能回避的课题,然而在以往的研究中很少考虑该情况, Akagi^[6]也只是采用了简单的“边界条件图”来处理,并没上升到物理学的角度分析。本文分别详细地分析了枝干遮挡与叶子遮挡,特别是在处理枝干遮挡过程中,采用了流体力学中的圆柱绕流模型。同时,为了提高枝叶运动的真实感,本文还探讨了自然风的 $1/f$ 波动特性,建立了一个能很好反映自然风规

律的风力模型。实验表明,该方法实现的风吹树动效果逼真,符合自然特性。

参考文献

- [1] Teixeira, Awruch. Numerical simulation of fluid—structure interaction using the finite element method[J]. Computers and Fluids, 2005, 34(2): 249-273
- [2] 柳有权, 王文成, 吴恩华. 快速真实地生成树的自然摇曳[J]. 计算机学报, 2005, 28(7): 1185-1191
- [3] 冯金辉, 陈艳云, 严涛, 等. 树在风中摇曳——基于动力学的计算机动画[J]. 计算机学报, 1998, 21(9): 769-773
- [4] Stam J. Stochastic Dynamics: Simulating the Effects of Turbulence on Flexible Structures[J]. Computer Graphics Forum, 1997, 16(3): 159-164
- [5] Ota S, Tamura M, Fujita K. A hybrid method for real-time animation of trees swaying in wind fields[J]. The Visual Computer, 2004, 20(10): 613-623
- [6] Akagi Y, Kitajima K. Computer animation of swaying trees based on physical simulation[J]. Computers and Graphics, 2006, 30(4): 529-539
- [7] Wesslén D, Seipel S. Real-time visualization of animated trees[J]. The Visual Computer, 2005, 21(6): 397-405
- [8] Habel R, Kusternig A, Wimmer M. Physically guided animation of trees[J]. Computer Graphics Forum, 2009, 28(2): 523-532
- [9] Lindenmayer A. Physically guided animation of trees[J]. Journal of Theoretical Biology, 1968, 18: 280-315
- [10] Prusinkiewicz P, Lindenmayer A. The algorithmic beauty of plants[M]. New York: Springer-Verlag, 1990: 40-50
- [11] 焦永和. 计算机图形学教程[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2001
- [12] Laboratory F P. Wood handbook—wood as an engineering material[D]. Madison Wis: United States Department of Agriculture, 1999
- [13] 吴晓军, 刘伟军, 王天然. 基于八叉树的三维网格模型体系化方法[J]. 工程图学学报, 2005, 4: 1-7

(上接第 245 页)

目 n_1 , 查询返回的图像数目 n_2 , 根据查准率 $= n_1/n_2$, 得到 4 种算法的查准率比较, 如表 1 所列。表 2 给出针对花卉图像检索运行的时间。

由表 1 和表 2 可知, 本文提出的算法与其它方法相比, 检索时间没有显著地增加, 但查准率明显得到提高。

结束语 在基于内容的图像检索中, 颜色是最重要的特征。本文提出的基于等面积的矩形环的累加颜色直方图检索方法, 不但克服了传统直方图容易出现零点的瑕疵, 而且提出的分块方法简单, 比较符合图像的分布特点, 突出了图像的主体部分, 在一定程度上克服了传统均匀分块直方图法对图像伸缩、旋转等变化敏感的缺点。

实验结果表明, 该算法在保持较高检索精度的同时, 大大降低了颜色特征空间的维数, 提高了检索性能, 取得了理想的检索效果。但是单一的颜色特征只能表达图像的部分属性, 往往不能满足用户的视觉需求。纹理特征也是图像的一个重要全局特征, 因此, 下一步的工作是融入纹理特征, 将纹理特征和颜色特征进行综合, 以进一步提高检索精度。

参考文献

- [1] 孙君顶, 原芳. 基于内容的图像检索技术[J]. 计算机系统应用, 2011, 20(8): 240-243
- [2] Swain M J, Ballard D H. Color Indexing [J]. International Journal of Computer Vision, 1991, 7(1): 11-32
- [3] Li Xiao, Wang Wei-lan, Yang Wei. Improved local accumulate histogram-based Thangka Image Retrieval[C]//Image Analysis and Signal Processing (IASP). 2010, 6: 318-321
- [4] Chen Xu-feng, Meng Xiang-fang. Image retrieval based on optimal matching with block histogram[C]//Information Science and Engineering (ICISE). 2010: 5135-5138
- [5] Riaz M, Kang G, Kim Y, et al. Efficient Image Retrieval Using Adaptive Segmentation of HSV Color Space[C]//Computational Sciences and Its Applications. 2008, 7: 491-496
- [6] 李秋蓉. 基于颜色和相关反馈的图像检索技术研究 [D]. 西安: 电子科技大学, 2010, 4: 34-35
- [7] 常哲, 侯榆青, 李明俐, 等. 综合颜色和纹理特征的图像检索[J]. 小型计算机系统, 2011, 1(32): 161-164