

一种基于 HSV 空间的彩色边缘图像检索方法

杨红颖¹⁾ 吴俊峰¹⁾ 于永健¹⁾ 王向阳^{1),2)}

¹⁾(辽宁师范大学 计算机与信息技术学院,大连 116029) ²⁾(苏州大学 江苏省计算机信息处理技术重点实验室,苏州 215006)

摘要 结合重要的彩色图像边缘及人眼视觉特性,提出了一种基于彩色边缘直方图的图像检索方法。该方法首先利用 Canny 检测算子提取出原始图像的彩色边缘信息,然后将彩色图像边缘转换至符合人眼视觉特性的 HSV 空间并进行量化处理,再将彩色边缘划分成圆环区域和角形区域,并分别计算出圆环区域和角形区域的颜色直方图,最后综合利用上述圆环区域和角形区域的颜色直方图计算图像间内容的相似度,并进行彩色图像检索。仿真实验表明,该方法能够准确和高效地查找出用户所需内容的彩色图像,并且具有较好的查准率和查全率。

关键词 图像检索 HSV 颜色空间 彩色图像边缘 颜色直方图

中图分类号:TP391 文献标识码:A 文章编号:1006-8961(2008)10-2035-04

Content Based Image Retrieval Using Color Edge Histogram in HSV Color Space

YANG Hong-ying¹⁾, WU Jun-feng¹⁾, YU Yong-jian¹⁾, WANG Xiang-yang^{1),2)}

¹⁾(School of Computer and Information Technology, Liaoning Normal University, Dalian 116029)

²⁾(Jiangsu Province Key Laboratory for Computer Information Processing Technology, Soochow University, Suzhou 215006)

Abstract In this paper, a content based image retrieval algorithm using color edge histogram in HSV color space is proposed. Firstly, the color edge is extracted by using Canny detection operator. Secondly, the color edge is transformed from RGB space to HSV space and quantized. Thirdly, the color edge is divided into some ring regions and angle regions, and the color histogram of each ring region and angle region are computed as image features. Finally, the similarity between color images is computed by using a combined feature index based on the color histogram of ring region and angle region. Experimental results show that the proposed image retrieval is more accurate and efficient in retrieving the user-interested images.

Keywords image retrieval, HSV color space, color edge, color histogram

1 引言

为了能够从浩瀚的图像数据库中快速、准确地找到用户所需内容,基于内容的图像检索(content based image retrieval, CBIR)技术得到了广泛关注,并已成为国际学术界研究的一个热点^[1]。颜色是图像最直观的特征,也是图像视觉重要的感知特性

之一。其中,颜色直方图(color histogram)更是以其特征提取与相似度计算简单、对图像尺度与旋转变化的不敏感等优点,成为图像检索系统中应用最为广泛的颜色特征。然而,传统颜色直方图检索技术普遍存在丢失颜色空间分布信息、特征维数过高等问题^[2]。

为了有效克服传统颜色直方图检索技术所存在的弊端,许多专家学者开展了一系列卓有成效的研

基金项目:国家自然科学基金项目(60773031);视觉与听觉信息处理国家重点实验室开放基金项目(0503);计算机软件新技术国家重点实验室开放基金项目(A200702);大连市科技基金项目(2006J23JH020);“图像处理与图像通信”江苏省重点实验室开放基金项目(ZK205014);江苏省计算机信息处理技术重点实验室开放课题基金项目(KJS0602)

收稿日期:2008-07-11;改回日期:2008-07-28

第一作者简介:杨红颖(1965~),女。副教授。主要研究领域为多媒体技术、计算机辅助教学。E-mail: yhy65@dl.cn

研究工作。文献[3]以形态描述矩阵为基础,提出了用以整体描述图像色彩区域位置与形态特征的广义颜色直方图方案,但其相似度计算模型不够合理,与人的感知特性存在差异。文献[4]、[5]首先利用图像分割技术获得图像的主要区域,然后提取每个区域的颜色和空间信息作为特征,由于图像分割本身就是一个难题,分割结果很难精确,故检索效果并不理想。

图像边缘是指图像中周围像素值有阶跃变化或屋顶变化的那些像素的集合,即图像局部变化最显著的部分。图像边缘是人类理解图像内容的重要线索,其在图像分析和理解中有重要价值。本文结合重要的彩色图像边缘及人眼视觉特性,提出了一种基于彩色边缘直方图的图像检索方法。

2 彩色边缘提取

图像边缘对人类视觉系统具有重要意义,它是人类判别物体的重要依据,也是图像的最基本特征之一。图像边缘信息可广泛应用于模式识别、机器视觉、图像分割、特征提取、图像压缩等诸多领域。常用的边缘检测方法包括 Kirsch、Sobel、Laplacian-

Gaussian、Canny 算子等。采用性能优良的滤波后 Canny 算子提取彩色边缘信息,能够较好地勾画出原始图像连续边缘。

Canny 边缘检测算子是高斯函数的一阶导数,它能够在噪声抑制与边缘检测之间取得良好平衡。Canny 边缘检测算子的基本工作步骤如下:

(1)用高斯滤波器平滑图像。利用 1 维高斯函数分别按行和列对原始图像进行平滑去噪,以得到平滑图像。

(2)用一阶偏导的有限差分来计算梯度的幅值和方向。对图像中的每个像素,利用 2×2 模板作为对 x 和 y 方向偏微分的一阶近似,来计算其梯度的幅值和方向。

(3)对梯度幅值应用非极大值抑制。

(4)选取双阈值检测和连接图像边缘。选取高阈值 T_1 为 0.7,而将低阈值 T_2 选取为高阈值 T_1 的一定比例因子,即 $T_2 = T_1 \times \alpha$ 。一般选取为 $\alpha = 0.4$ 。

利用上述 Canny 边缘检测算法可以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信息。图 1 给出了图像“花”的彩色边缘信息。

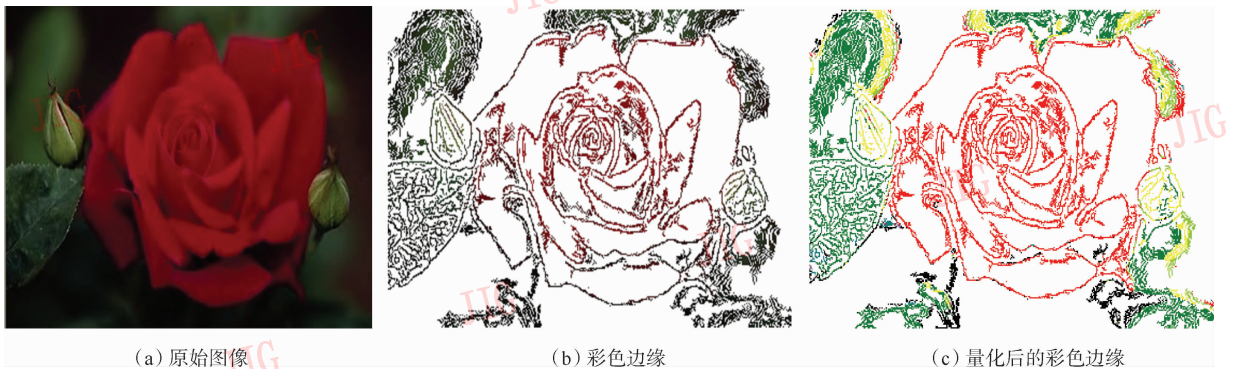


图 1 原始图像、彩色边缘及量化后彩色边缘

Fig. 1 The image and its color edge

3 颜色空间选取及色彩量化处理

一般说来,图像检索必须在特定的颜色空间内进行。HSV 颜色空间反映了人眼视觉观察色彩的方式,同时也有利于图像处理。HSV 颜色空间有两个重要的特点:其一,V 分量(亮度)与彩色信息无关;其二,H 分量(色调)和 S 分量(饱和度)与人感受色彩的方式紧密相连。这些特点使得 HSV 颜色空间非常适合

于借助人眼视觉系统来感知彩色特性的图像处理办法。为此,选取 HSV 颜色空间进行彩色图像检索。

从理论上讲,直接利用真彩色图像进行特征抽取和图像检索将产生最小的误差,但却会导致计算时间及存储空间迅速膨胀,因此采用真彩色进行图像检索不利于实际应用。事实上,一幅图像内所包含的实际颜色数只是全部颜色数一个很小的子集,而且进一步观察也表明,图像内的实际颜色中若干主要色彩覆盖了其中的绝大多数像素。如果以这

些主要色彩来表示图像,尽管图像质量会有所下降,但并不影响人们对图像内容的正确理解。近年来,人们陆续提出了诸如向量量化、聚类、神经网络等一系列颜色量化方法,有效地减少了图像中的颜色信息,但也不同程度增加了系统的工作时间。为了取得检索效果与检索时间的良好平衡,采纳了简单快捷的查色表量化方法。图 1(c) 给出了图像“花”的量化后的彩色边缘图像。

4 彩色边缘的区域划分与特征提取

为了充分利用彩色边缘的颜色信息,同时考虑颜色信息的空间分布,将彩色边缘划分成圆环区域和角形区域,并分别提取圆环区域和角形区域的颜色直方图作为图像特征。

4.1 圆环区域及其颜色直方图

设 F 表示原始图像的彩色边缘(已量化), $P = \{(x, y) \mid (x, y) \in F\}$ 为彩色边缘 F 所包含的像素点集合, $P_c(x_c, y_c)$ 为彩色边缘 F 的几何中心坐标,并令集合 P 中距离中心点 $P_c(x_c, y_c)$ 最远的像素点为 $P_{\max}(x_{\max}, y_{\max})$ 。则首先计算出像素点 $P_{\max}(x_{\max}, y_{\max})$ 与 $P_c(x_c, y_c)$ 的径向距离为

$$R = [(x_{\max} - x_c)^2 + (y_{\max} - y_c)^2]^{1/2} \quad (1)$$

接下来,以几何中心 $P_c(x_c, y_c)$ 为圆心,将径向距离 R 均分为 M 等份,并以 $k \times R/M$ 为半径 ($1 \leq k \leq M, k$ 为正整数)画圆,即可得到 M 个同心圆环。

最后,提取出圆环区域的颜色直方图并用其表示圆环区域的内容特征。

4.2 角形区域及其颜色直方图

首先,以彩色边缘 F 的几何中心 $P_c(x_c, y_c)$ 为圆心,以径向距离 R 为半径,计算出彩色边缘 F 的外接圆,该外接圆内任意一点 (x, y) 与几何中心 $P_c(x_c, y_c)$ 间的连线和水平方向所成的角度为

$$\theta = \arctan\left(\frac{y - y_c}{x - x_c}\right) \quad (2)$$

这里, θ 描述了相应区域的角向分布情况。

然后,以几何中心 $P_c(x_c, y_c)$ 为圆心,将整个彩色边缘 F 划分成角形区域,则第 i 个角形区域可以表示为

$$A_i = \left\{ (x, y) \mid \frac{2\pi(i-1)}{N} < \theta \leq \frac{2\pi i}{N} \right\} \quad (3)$$

$$1 \leq i \leq N$$

式中, N 为角形区域的数目。

最后,提取出角形区域的颜色直方图,并用其表示角形区域的内容特征。

5 实验结果

为了验证彩色边缘图像检索算法的工作性能,以下给出了实验结果,并与传统颜色直方图法进行了对比。实验中,选用了 SIMPLIcity 系统使用的测试集^[6]作为图像库,该测试集是从 Corel 图像库中选取的,共包含有 10 个语义类。其中,每个语义类包含有 100 幅图像,共计 1 000 幅图像。同时,分别将圆环区域和角形区域选取为 $M = 4$ 和 $N = 8$,权重值选取为 $\beta_1 = \beta_2 = 0.5$ 。另外,为了进一步评价图像检索算法的工作性能,还计算了图像检索系统的查准率(Precision)和查全率(Recall)。一般说来,查全率和查准率越高,相应图像检索算法越好;反之,就越差。

图 2 出了彩色图像边缘检索算法与传统颜色直方图法的检索结果。其中,显示图像的左上角为示例图像,其余 20 幅图像是查询结果。不难看出,传统颜色直方图法(图 2(a))的查询结果中,正确的图像有 11 幅,而在彩色边缘图像检索算法(图 2(b))的查询结果中,正确的图像有 20 幅。

在图像库中选取 5 类图像(花、马、海滩、建筑、汽车),每类随机抽取 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。对于每类图像而言,计算其 5 次查询结果的查准率和查全率的平均值,并将其作为该类图像的平均查准率和平均查全率,如表 1 所示。

表 1 两种图像检索方法的性能对照

Tab. 1 The retrieval results for two image retrieval

图像类别	平均查准率(%)		平均查全率(%)	
	传统颜色直方图法	本文方法	传统颜色直方图法	本文方法
花	68.0	86.0	13.6	18.0
马	75.0	92.0	15.0	18.4
海滩	26.0	40.0	5.2	8.0
建筑	34.0	51.0	6.8	10.1
汽车	50.1	88.0	10.2	18.2

6 结论

边缘是图像局部变化最显著的部分,也是人类理解图像内容的重要线索。本文以彩色图像边缘及人眼视觉特性为基础,提出了一种基于彩色边缘直



(a) 传统颜色直方图法的查询结果



(b) 本文方法的查询结果

图 2 本文算法与传统颜色直方图法的检索结果

Fig. 2 The retrieval results of two methods

方图的图像检索方法,其不仅利用了重要的边缘颜色信息,而且考虑了颜色信息的空间分布。仿真实验表明,该方法能够准确和高效地查找出用户所需内容的彩色图像,并且具有较好的查准率和查全率。

参考文献 (References)

- 1 Lew M S, Sebe N, Djeraba C, *et al.* Content-based multimedia information retrieval: state of the art and challenges [J]. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications*, 2006, **2**(1): 1 ~ 19.
- 2 Vogel J, Schiele B. Performance evaluation and optimization for content-based image retrieval [J]. *Pattern Recognition*, 2006, **39**(5): 897 ~ 909.

- 3 Wang Yi, Zhai Hong-chen, Liang Yan-mei, *et al.* Shape discription matrix and its application [J]. *Science in China (Series E)*, 2004, **34**(3): 337 ~ 344. [王熠, 翟宏琛, 梁艳梅等. 形态描述矩阵及其在彩色图像检索与识别中的应用 [J]. *中国科学 (E 辑)*, 2004, **34**(3): 337 ~ 344.]
- 4 Fauqueur J, Boujema N. Region-based image retrieval: Fast coarse segmentation and fine color description [J]. *Journal of Vision Languages and Computing, Special Issue on Vision Information System*, 2004, **15**(1): 69 ~ 95.
- 5 Deng Y, Manjunath B S, Kenney C, *et al.* An efficient color representation for image retrieval [J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2001, **10**(1): 140 ~ 147.
- 6 Wang J Z, Li J, Wiederhold G. Corellm database used in SIMPLcity [DB/OL]. <http://wang.ist.psu.edu/docs/related/>, 2000.