

基于加权颜色直方图和颜色对的图像检索系统

韦素云, 吉根林

(南京师范大学 数学与计算机科学学院, 江苏 南京 210097)

[摘要] 提出了基于加权颜色直方图的图像检索算法以及基于颜色对的图像检索算法, 该算法分别利用图像的加权颜色直方图和颜色对作为图像特征, 通过图像的相似性计算实现图像匹配. 用 Visual C++ 实现了基于加权颜色直方图和颜色对的图像检索系统, 阐述了该系统的组成结构, 同时给出图像检索实例, 并对该系统的检索效果和性能进行了详细分析, 实验结果表明该系统具有较好的检索效果和性能.

[关键词] 基于内容的图像检索, 颜色直方图, 颜色对

[中图分类号] TP311.5 [文献标识码] B [文章编号] 1672-1292-(2005) 01-0053-04

Image Retrieval System Based on
Weighted Color Histogram and Color Pairs

WEI Suyun JI Genlin

(School of Mathematics and Computer Science, Nanjing Normal University, Jiangsu Nanjing 210097, China)

Abstract The paper presents an image retrieval algorithm based on weighted color histogram and an image retrieval algorithm based on color pairs. In the algorithm, the weighted color histogram and the color pairs of image are used as characteristics of image to realize image matching by calculating image similarity. An image retrieval system based on weighted color histogram and color pairs is designed and implemented by Visual C++, and its structure is described. The retrieval examples to the images are given and its performance is studied. The experiment results show that the image retrieval system is valid.

Key words content based image retrieval, color histogram, color pairs

0 引言

基于内容的检索 (Content Based Retrieval, CBR)^[1, 2]是指根据数据库中媒体和媒体对象的内容 (语义) 及上下文联系进行检索, 查找出用户需要的信息. 常用的检索特征包括颜色、纹理和形状, 其中颜色查询指查找与用户所选颜色相似的图像; 纹理查询指使用户查到含有相似纹理的图像; 形状查询指用户选择某一形状, 利用形状特征 (区域、主轴方向、矩、偏心率、圆形率、正切角等) 进行检索. 在基于内容的图像检索中, 大量采用直方图方法, 例如颜色直方图^[3, 4], 纹理和形状等视觉特征的表示也可以用直方图方法^[5]. 颜色是一种重要的视觉信息属性, 在图像检索中是一种很有用的特征. 与其他特征相比, 颜色特征非常稳定, 它对于旋

转、平移、尺度变化, 甚至各种形变都不敏感, 表现出相当强的鲁棒性, 并且颜色特征计算简单, 因此成为当前图像检索系统中应用最广泛的特征之一. 基于颜色检索的基本思想是首先将图像表示为颜色直方图, 然后进行检索图像与图像库中图像的颜色直方图的匹配. 本文提出了基于加权颜色直方图图像检索算法以及基于颜色对的图像检索算法, 实现了基于加权颜色直方图和颜色对的图像检索系统, 并将两种算法进行比较, 实验结果表明这两种算法对基于内容的检索高效可行, 而且基于颜色对的图像检索算法更适合于边界明显的图像查询.

1 相关定义及理论

定义 1 设一幅图像 G 的颜色 (或灰度) 由 N 级组成, 每一种颜色值用 $q_i (i = 1, 2, \dots, N)$ 表示. 在

收稿日期: 2004-09-28
基金项目: 江苏省高校自然科学基金资助项目 (04KJB520075).
作者简介: 韦素云 (1981-), 女, 硕士研究生, 研究方向是计算机应用技术的学习与研究. E-mail: weisuyun@163.com
通讯联系人: 吉根林 (1964-), 博士, 教授, 主要从事数据库技术及应用的教学与研究. E-mail: glj@njnu.edu.cn

整幅图像中,对于每种色彩出现的频数记为 $h(q_i)$
 $= (\text{颜色为 } q_i \text{ 的像素个数}) / (\text{图像 } G \text{ 的像素总数})$
 $(i = 1, 2, \dots, N)$, 则这一组像素统计值 $h(q_1), \dots, h(q_N)$ 就是该图像的颜色直方图, 记为: $H = \langle h(q_1), \dots, h(q_N) \rangle$.

颜色直方图描述了图像关于颜色的数量特征, 可以反映图像的部分内容; 但颜色直方图丢失了图像的位置特征. 由于不同的图像可能具有相同的颜色分布, 因而也就可能具有相同的颜色直方图.

性质 1 如果将图像划分为若干子区域, 则所有子区域的直方图之和等于全图直方图.

颜色直方图对整幅图像的粗查具有一定的作用, 但对图像的细致查找或对图像中对象的查找却不太适合, 特别是图像中对象的位置不同时更是如此. 针对这个情况, 人们提出将图像中各相邻子块的颜色进行组对建模, 并以这些颜色对^[6]作为图像特征.

定义 2 设 G 和 S 表示要进行比较的两幅图像, N 表示图片中出现的颜色级数, g_k 和 s_k 分别表示图 G 和 S 中 k 级色出现的频数, 则两幅图像的欧氏距离

$$Ed(G, S) = \sqrt{\sum_{k=1}^N (g_k - s_k)^2}. \quad Ed \text{ 越小, 两幅图像的相似度越大.}$$

定义 3 设 G 和 S 表示要进行比较的两幅图像, N 表示图片中出现的颜色级数, g_k 和 s_k 分别表示图 G 和 S 中 k 级色出现的频数, 则两幅图像的相似度可用如下公式表示: $Sim(G, S) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \left[1 - \frac{|g_k - s_k|}{\max(g_k, s_k)} \right]$. Sim 值越接近 1, 两幅图像越相似.

定义 4 设图像 G 分割成 $(m \times n)$ 个子块, 用颜色对来表示图像 G 的特征, 如果颜色对的值用两个子块颜色直方图的欧氏距离表示, 则图 G 中子块 $G_{ij} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$ 的颜色对表就是该子块与周围子块欧氏距离的颜色对.

为了消除颜色噪声, 若图像 G 中子块 G_{ij} 的颜色对表中任意两个颜色对值之差小于某一阈值, 则删除其中一个颜色对.

2 基于加权颜色直方图的图像检索算法

全图的颜色直方图算法过于简单, 因此带来很多问题, 如: 可能会有两幅根本不同的图像具有完全一样的颜色直方图, 不反映颜色位置信息, 这样导致查准率和查全率都不高. 为此, 本文对基于

颜色直方图的图像检索算法进行改进, 提出基于加权颜色直方图的图像检索算法, 即将图像分割成 $(m \times n)$ 个子块, 这样就提供了一定程度的位置信息, 而且对用户感兴趣的子块加大权重, 提高检索的查准查全率. 根据定义 3 图 G 与 S 中的对应子图 G_{ij} 与 S_{ij} 间的相似性度量: $Sim_{ij}(G_{ij}, S_{ij}) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \left[1 - \frac{|g_k - s_k|}{\max(g_k, s_k)} \right]$, $(i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$, 其中: N 表示图中出现的颜色级数, g_k 和 s_k 分别表示 G_{ij} 与 S_{ij} 中 k 级色出现的频数. 若引入子块权重 W_{ij} , 则图 G 与 S 的相似度 $Sim(G, S) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n W_{ij} \times Sim_{ij}(G_{ij}, S_{ij})$. 其中 W_{ij} 的选取应根据图像的特点决定, 通常图像中间子块的权重较大, 或者用户指定区域的权重较大, 以反映图像的位置信息.

加权颜色直方图图像检索算法描述如下:

(1) 将目标图像库中每一个图像文件分成 $(m \times n)$ 子图像 G_{ij} 提取特征 (局部颜色直方图), 形成特征库;

(2) 计算检索图像 S 中各子图像 S_{ij} 的局部颜色直方图, 然后计算对应子图 G_{ij} 与 S_{ij} 间局部相似性 $Sim_{ij}(G_{ij}, S_{ij}) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \left[1 - \frac{|g_k - s_k|}{\max(g_k, s_k)} \right]$, 最后考虑子块权重 W_{ij} , 计算检索图片 S 和图片库中任一图片 G 的全图直方图相似值 $Sim(G, S) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n W_{ij} \times Sim_{ij}(G_{ij}, S_{ij})$;

(3) 给定阈值 $\delta (0 < \delta < 1)$, 将全图直方图相似值 $Sim(G, S) > \delta$ 的图片 G 作为检索结果.

3 基于颜色对的图像检索算法

在基于颜色对的图像检索算法中, 首先计算检索图像 S 的 $(m \times n)$ 子块颜色直方图, 然后计算用户感兴趣的几个图像子块与相邻子块的颜色对表, 为了消除颜色噪声, 计算颜色对表中任意两个颜色对之差, 将差值小于某一阈值的其中一个颜色对删除, 最后将颜色对表中剩余的颜色对作为检索图像 S 的代表特征. 计算图像库中每个图像 G 的 $(m \times n)$ 子块 G_{ij} 的颜色对表, 将 G_{ij} 的颜色对表和 S 的颜色对表进行匹配, 保存每一次的匹配数, 从而得到 $(m \times n)$ 次匹配数总和, 若匹配总数大于某一阈值, 则该图像被检索到.

基于颜色对的图像检索算法描述如下:

(1) 将图像库中每个图像文件分成 $(m \times n)$

子图像 G_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$), 采取“八方向相邻技术”计算每个子块的颜色对表, 将表按颜色对值从大到小排序, 形成特征库。

(2) 计算检索图像 S 的 $(m \times n)$ 子块颜色直方图, 选择用户感兴趣的 k 个图像子块, 采用“八方向相邻技术”计算这些子块与相邻子块的颜色对表; 以 k 个颜色对表中所有颜色对的平均值的 2% 为阈值, 进行去噪处理, 将 k 个颜色对表中剩余的颜色对按值从大到小排序, 作为检索图像 S 的代表特征。

(3) 计算特征库中每个图像子块 G_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$) 的颜色对表和检索图像 S 的颜色对表的局部匹配值 $Sim(G_{ij}, S) = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M \left(1 - \frac{|g_k - s_k|}{\max(g_k, s_k)} \right)$, 其中 M 表示检索图像 S 中所有的颜色对数, g_k 和 s_k 分别表示检索图像 S 和图像库中相应图像的第 k 个颜色对值, 从而计算 $Sim(G, S) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Sim(G_{ij}, S)$ 。

(4) 给定阈值 δ ($0 < \delta < 1$), 将 $Sim(G, S) > \delta$ 的图片 G 作为检索结果。

4 系统设计与实现

本文用 VisualC++ 6.0 编程实现了一个基于加权颜色直方图和基于颜色对的图像检索系统。系统结构如图 1 所示, 主要由特征提取模块、图像匹配模块、结果显示模块等组成。

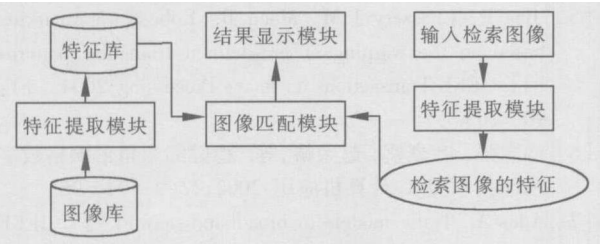


图 1 检索系统的模块结构图

特征提取模块负责提取图像的颜色特征, 采用颜色直方图和颜色对两种方法来表征颜色特征。图像匹配模块实现检索图像的特征与图像库中各图像特征的匹配, 利用相关算法在给定精度下计算两个图像之间的相似度, 从而求出满足条件的目标图像。结果显示模块实现图像检索结果的显示。

5 实验结果与分析

检索算法的优劣通常采用两个性能指标: 查准率 (Precision) 和查全率 (Recall) 来评价检索算

法。查准率指返回的结果集中有效图像的比率, 用于测量系统排除无关图像的能力。查全率指返回的结果中有效图像占数据库中所有相似图像的数量

的比率, 用于测量系统检索相关图像的能力。查全率和查准率越高, 说明该检索算法的效果越好。查准率 P 和查全率 R 可按公式 $P = \frac{R_A}{R_A + R_B}$ 和 $R = \frac{R_A}{R_A + R_C}$ 计算, 其中 R_A 表示正确检索出的相关图像数, R_B 表示检索出的无关图像数, R_C 表示漏检的相关图像数。

该图像检索系统以 120 幅主题相关的 BMP 图像组成的图像库为例, 对本文提出的算法进行测试和评价。用户指定一个检索图像, 系统从图像库中自动检索与检索图像最相似的图像, 检索结果按距离的降序排列。图 2 和图 3 分别是加权颜色直方图检索算法和颜色对检索算法进行某次实验的检索结果, 其相似度按从左到右, 从上到下依次减小。通过多次实验表明, 颜色对算法比加权颜色直方图算法的查全率和查准率有了一定的提高。特别是对于

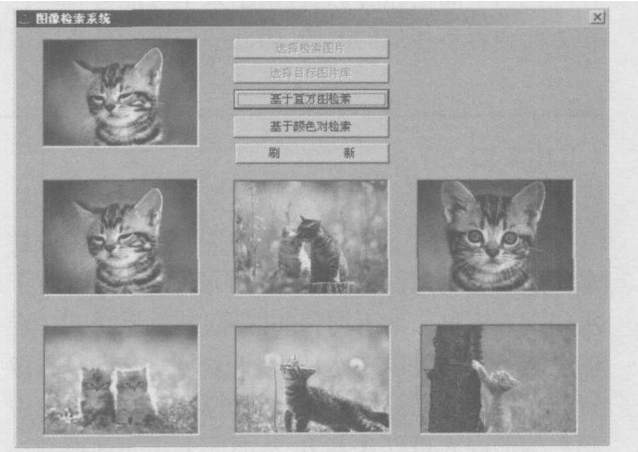


图 2 基于加权颜色直方图检索算法的实验结果

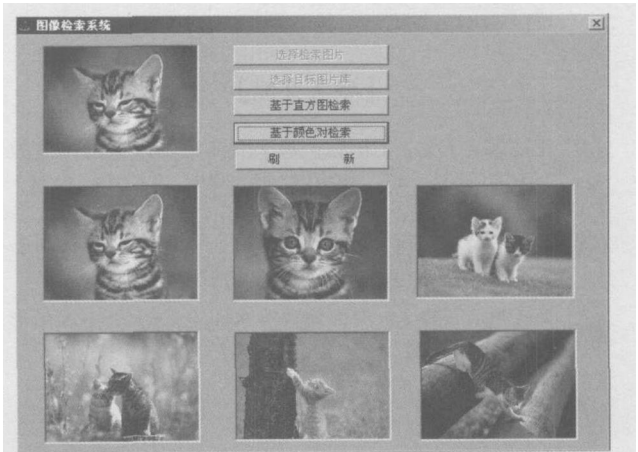


图 3 基于颜色对检索算法的实验结果

轮廓或边界分明的图像,颜色对的检索结果比加权颜色直方图算法明显要好.为研究改变相似度阈值对查全率和查准率的影响,进行多次实验,实验结果如表 1 所示.从表 1 可以看出,相似度阈值取得越高,查准率越高,查全率越低.

表 1 实验结果

相似度 阈值	查准率 /%		查全率 /%	
	加权颜色 直方图	加权 颜色对	加权颜色 直方图	加权 颜色对
0.7	60.4	64.6	65.8	70.4
0.8	62.9	67.6	64.3	68.1
0.9	73.7	82.2	60.5	65.4

6 结论

目前,基于内容的检索仍然是一个开放性的研究课题,其研究将涉及认知科学、人工智能、模式识别、图像处理和信息检索等多个领域.本文提出的图像检索算法可以初步实现基于内容的图像检索,实验结果表明可达到较好的检索效果.利用颜色直方图和颜色对特征来进行检索的缺点是丢失了图像颜色的空间信息,因此检索结果里可能会有颜色相似而内容不相似的图像.因此如何把颜色直方图

或颜色对与空间信息结合起来,是一个重要的研究方向.

[参考文献]

[1] Ma W Y, Deng Y ining, Manjunath B S. Tools for texture/color based search of images[A]. Human Vision and Electronic Imaging [C]. SPIE Int Conf San Jose CA. 1997, 3106: 496- 507

[2] Zhang H J, Wu Y ianhua, Zhong D j, et al. An integrated System for content-based video retrieval and browsing[J]. Pattern Recognition, 1997, 30(4): 643- 657.

[3] Swain M J, Ballard D H. Color Indexing[J]. International Journal of Computer Vision, 1991, 7(1): 11- 32

[4] 伯晓晨,刘建中. 基于颜色直方图的图像检索[J]. 中国图像图形学报, 1999, 4(1): 33- 37

[5] Jain A. K, Vailaya A. Image retrieval using color and shape[J]. Pattern Recognition, 1997, 29(8): 1233 - 1244

[6] Flickner M, et al. Query by image and video content: The QBIC System[J]. IEEE Computer, 1995, 28(9): 23 - 32

[责任编辑: 刘健]

(上接第 52 页)

但该方案中,参数 a_2, a_1 的选取依赖于图像的水印嵌入容量,且在各个嵌入区域相同.进而对于水印嵌入容量局部不均匀的图像,其效果受到一定的影响.对此,可以在水印的嵌入算法中依据图像特征点周边的局部特征,分别选择取不同数目的中频数构造嵌入矩阵 A 与 B ,从而使上述问题得到一定程度的解决.

[参考文献]

[1] 王丽娜,于戈,王国仁. 基于混沌特性改进的小波数字水印算法[J]. 电子学报, 2001, 29(10): 1424 - 1426

[2] 管业鹏,顾伟康. 二维图像特征点自主提取算法研究[J]. 传感技术学报, 2004, (3): 70- 73

[3] 黄先胜,石青云. 局部化数字水印算法[J]. 中国图形图像学报, 2001, 6A(7): 642- 647.

[4] 孙鑫,易开洋,费敏锐. 一种基于图像特征区域的数字水印系统[J]. 计算机工程与应用, 2002, (23): 88 - 89

[5] Bas P, Chassery J M, Macq B. Robust watermarking based on the warping of pre-defined triangular patterns[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2004, (1): 90- 103

[6] 喻志强,叶豪盛,赵荣椿,等. 稳健的三角形网格数字水印技术[J]. 计算机应用, 2002, 22(9): 94- 96

[7] Adas A. Traffic models in broadband network[J]. IEEE Communications Magazine, 1997, (7): 82- 89.

[8] Masoud A, ghonien y, Ahmed H, Tewfik. Geometric invariance in image watermarking[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2004, (2): 88- 91.

[9] 杨文学,赵耀. 抵抗仿射变换攻击的多比特图像水印[J]. 信号处理, 2004, 20(6): 245- 250

[责任编辑: 刘健]