

文章编号:1009-3087(2007)增刊-0292-05

一种改进的基于广义直方图的图像检索方法

洪清启, 王备战, 董槐林, 张磊, 陈兵

(厦门大学 软件学院, 福建 厦门 361005)

摘要:传统的基于颜色直方图特征的图像检索方法简单、高效,但是其完全丢失颜色的空间分布信息;针对这个缺点,有人提出了基于广义直方图的图像检索方法,然而其也没有考虑到像素间的方向信息,丢失了图像的局部细节信息。在广义直方图的基础上提出了改进的基于广义直方图的检索方法,新方法首先计算出原图像在 0° , 45° , 90° , 135° 4个方向上的平滑图像,并将其分别与原图像对应的像素点组成二元组,统计每个二元组出现的概率,构造出4个方向的广义直方图,最后综合4个广义直方图进行检索。实验表明,与原始的广义直方图法相比,新方法能够较准确地描述出图像像素间的空间位置关系及方向细节信息,从而有效地提高了检索的精度。

关键词:基于内容的图像检索;颜色直方图;广义直方图;平滑图像;HSV颜色空间

中图分类号:TP 391.41

文献标识码:A

An Improved Method for Image Retrieval Based on Generalized Histogram

HONG Qing-qi, WANG Bei-zhan, DONG Huai-lin, ZHANG Lei, CHEN Bing

(School of Software, Xiamen Univ., Xiamen 361005, China)

Abstract: The color histogram based image retrieval method is simple and efficient, however, it has completely lost the information of color spatial distribution; in allusion to this disadvantage, the retrieval method based on generalized histogram was proposed, but it did not consider the orientation info between border upon pixels and lost the detail info of the image. This paper proposes an improved method based on generalized histogram. Firstly, it figures out the four smoothed images of the original image in the four directions of 0° , 45° , 90° , 135° . Secondly, it combines the original image with one of the four smoothed images to form a binary set, which is just the generalized histogram. There are four smoothed images in the four directions, so it constructs four generalized histograms in the four directions respectively. Finally, it uses the four generalized histograms for retrieval. The experimental results show that compared with the original generalized histogram, the new method could describe the info of color spatial distribution in the picture and orientation info between pixels more properly and improves the image retrieval precision.

Key words: CBIR; color histogram; generalized histogram; information entropy; HSV color space

随着网络及多媒技术的飞速发展,图像的数据来源不断地扩大,如何从大量的图像数据中快速、准

确地找到用户所需要的图像,成为一个急需解决的问题。基于内容的图像检索(CBIR)技术从试图理解图像内容的角度来管理和利用图像库中的信息,其综合利用了计算机图像处理与计算机视觉研究各方面的技术,已经成为多媒体数据库、计算机视觉等

基金项目:985二期信息创新平台资助项目(0000-X07204)

作者简介:洪清启(1983-),硕士生.研究方向:基于内容的图像检索、数据仓库等.

领域的研究热点。因此,采用 CBIR 技术可以较好地解决大型图像库的信息检索难题^[1]。

在 CBIR 系统中,可以采用多种特征来表示图像,其中最常用的特征是图像的颜色信息。目前已经提出了很多基于颜色信息特征的检索方法,最常用的是全局颜色直方图方法(GCH)^[2],也就是通常所说的一维颜色直方图法。该方法具有特征提取和相似度计算简便,并且随图像伸缩、旋转及平移等变化不敏感等优点,但也存在一些问题,如颜色特征的维数过高、完全丢失图像颜色的空间位置信息等等^[3]。因此,对于两个颜色空间分布不同,即在视觉上有很大差异的图像,它们的一维颜色直方图有可能极为相似。后来有多种关于颜色直方图的改进方法,如累加直方图方法^[4]、主颜色方法^[5]等,但这些方法都没能全面地考虑到图像颜色特征的空间信息以及纹理等特征信息。因此,对于空间信息较丰富或纹理图像,普通的颜色直方图法就显得不是那么的适用。

针对传统颜色直方图完全丢失空间信息的缺点,王禹等人提出了一种基于广义直方图的图像内容检索方法,该方法考虑到图像像素之间的空间相关性,能够较好地表达图像像素的空间信息;然而其只注重考虑图像的全局信息,而没有考虑到像素间的方向信息,丢失了图像的局部细节信息。文章在广义直方图的基础上提出了改进的广义直方图方法,在计算平滑图像时,不是简单地计算原图像素邻域的平均,而是分别计算其在 $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 4个方向上的均值,即得到4个平滑图像,再与原图像组合,得到4个广义直方图,然后综合4个广义直方图进行检索。本方法不仅利用了图像像素的颜色统计信息,还用到了相邻像素之间的相关性;而且,较之原始的广义直方图方法,本方法能够更好地表达出像素间的空间位置关系及方向细节信息。实验结果表明,对于颜色空间信息较丰富的图像或纹理图像,本方法与传统的颜色直方图法及原始的广义直方图法相比,其检索性能都有所提高。

1 广义直方图

传统的颜色直方图只是对图像所包含像素的颜色进行统计,而没有考虑到图像相邻像素之间的相关性及颜色在图像内的空间分布特征,这对于颜色成分相近而空间分布不同的图像,其就不能准确地分开。因为图像中的每一像素与其邻域像素的相关性是相当大的,因此,为利用像素的空间相关性这一信息,引入了广义直方图。所谓的广义直方图就

是通过对原图像进行邻域平均得到另一“平滑图像”,由原图像与“平滑图像”构造出一个二维的直方图,其每一点值表示了相应的灰度-邻域灰度平均值出现的概率。广义直方图中不仅包含了原图像的颜色统计信息,还含有原图像颜色的空间分布信息。对于两幅颜色组成相近而颜色的空间分布信息不同的图像,它们在广义直方图空间的距离相对于传统直方图空间的距离就会被拉开,从而达到更好的区分效果。

设大小为 $M \times M$ 的灰度图像有 L 个灰度级, $G = \{0, 1, 2, \dots, L-1\}$ 为灰度取值范围,则相应的像素邻域平均灰度的灰度级也为 L ,那么广义直方图的曲面就有 L^2 个点。设 $N_{i,j}$ 为图像中点灰度为 i 及其相邻域灰度均值为 j 的像素点数, $P_{i,j}$ 为点灰度和邻域灰度均值对 (i,j) 发生的概率:

$$P_{i,j} = \frac{N_{i,j}}{M \times N}, \quad i, j \in G \quad (1)$$

其中, $0 \leq i, j \leq L-1$,并且 $\sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} P_{i,j} = 1$ 。则 $\{P_{i,j} | i, j = 0, 1, \dots, L-1\}$ 就是该图像关于像素点灰度及邻域灰度均值的广义直方图。图1为两幅不同图像的一维直方图及广义直方图的对比图。如图1所示,(a)为风景图的原始图像,(b)为其相应的一维颜色直方图,(c)为相应的广义直方图;同样,(d)为纹理图的原始图像,(e)为其相应的一维颜色直方图,(f)为相应的广义直方图。这两幅图像在视觉上有很大差别,但是它们的一维颜色直方图轮廓却较为相似,而广义直方图的差别也较大,风景图的广义直方图中的这些点主要集中在主对角线附近,而纹理图的广义直方图中的这些点却较均匀地散布在各处,这就很好的说明了,与一维直方图相比,广义直方图具有更好地区分不同图像的能力。

2 改进的广义直方图

为了更好地表达出像素间的空间位置关系及方向细节信息,在计算平滑图像时,并不是简单地计算原图像素邻域的平均,而是分别计算其在 $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 4个方向上的均值,即得到4个平滑图像,再与原图像组合,得到4个广义直方图。

设窗口尺寸 l 为 $(2L+1) \times (2L+1)$,对灰度值为 $f(m,n)$ 的像素 (m,n) ,为了保护图像中水平、垂直及斜向方向的细节信息,更好地体现出像素间的空间位置关系,分别选择窗内 $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ 和 135° 这4个特定方向上相应的像素组成的集合,由此得到

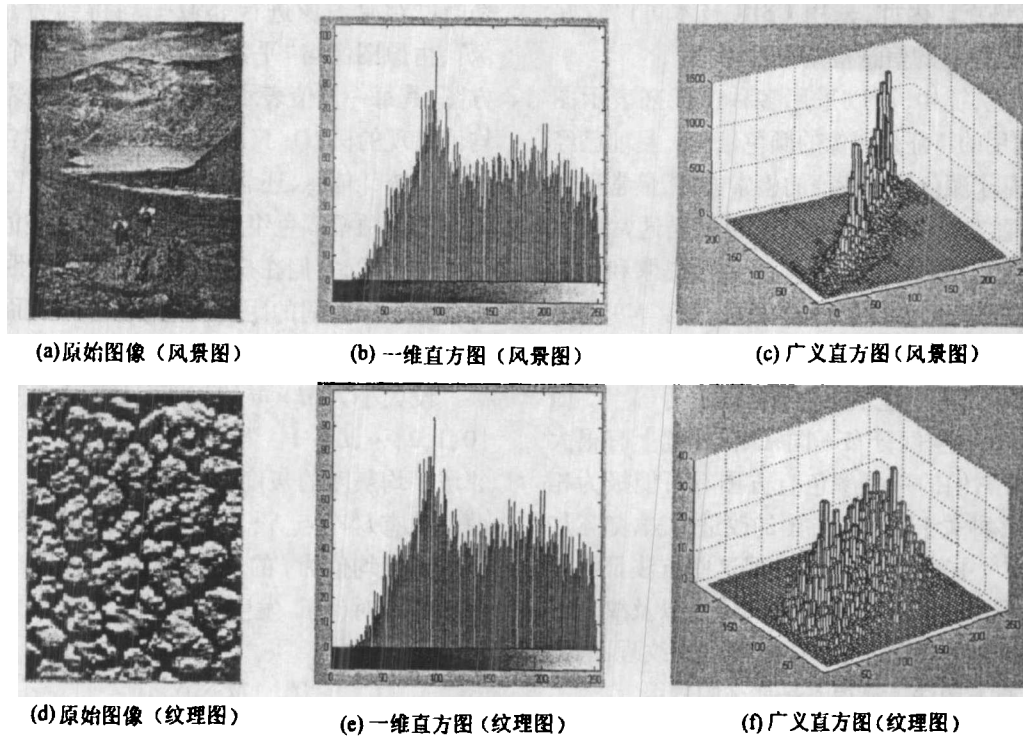


图 1 两幅不同图像的一维直方图及广义直方图的对比图

Fig.1 Comparison of one-dimensional histogram and generalized histogram of two images

的 4 个子窗口 $W_0(m,n), W_1(m,n), W_2(m,n), W_3(m,n)$, 可分别定义为:

$$W_0(m,n) = \{f(m,n+l), -L \leq l \leq L\} \quad (2)$$

$$W_1(m,n) = \{f(m+l,n-l), -L \leq l \leq L\} \quad (3)$$

$$W_2(m,n) = \{f(m+l,n), -L \leq l \leq L\} \quad (4)$$

$$W_3(m,n) = \{f(m+l,n+l), -L \leq l \leq L\} \quad (5)$$

然后计算原图每一像素分别在子窗口 $W_0(m,n), W_1(m,n), W_2(m,n), W_3(m,n)$ 内相应的均值, 这样就得到了 4 个方向上的平滑图像, 每个平滑图像再与原图组合, 就得到了 4 个方向上的广义直方图。

3 图像的特征提取

3.1 HSV 颜色空间

一般认为 RGB 颜色空间与人眼的感知差异很大。例如: 距离为 50 的 $(0,0,0)$ 与 $(50,0,0)$ 两种 RGB 颜色认为是同一黑色, 而距离为 50 的 $(200,150,0)$ 和 $(200,200,0)$ 则是差别很大的两种颜色 (黄色和绿色)。即 RGB 颜色空间并不是一个均匀视觉的颜色空间, 其颜色空间上的距离, 并不代表人眼视觉上的相似性。而 HSV 颜色空间直接对应于人眼颜色视觉特征三要素, 即色调 H (Hue)、饱和度 S (Saturation)、亮度 V (Value), 且通道间各自独立。由于这种空间模型具有线性伸缩性, 可感知

的色差与颜色分量的相应值上的欧几里德距离成比例, 同时坐标之间的心理感知独立性, 可以独立感知各颜色分量的变化。因此 HSV 颜色模型比 RGB 颜色模型更直观、更容易接受。

3.2 改进的广义直方图特征提取

首先将图像中每一像素的 r, g, b 值转换为 h, s, v 值, 然后利用第 3 节所介绍的方法分别计算 H、S、V 3 个通道在 4 个方向的改进广义直方图 $h_{ij}(i=1,2,3;j=1,2,3,4)$ 。如图 2 为图 1 (d) 原始图像 4 个方向的广义直方图。

4 相似性度量

首先对直方图矩阵中各元素的值进行归一化, 使其落在 $[0,1]$ 之间, 然后计算两幅图像间特征向量的相似距离, 相似距离的计算公式如下:

$$D(P,Q) = \sum_{i=1}^3 \alpha_i \cdot \left\{ \sum_{j=1}^4 \beta_j \cdot \text{histintersection}[h_{ij}(P), h_{ij}(Q)] \right\} \quad (6)$$

其中, α_i 为 HSV 颜色通道的权重, β_j 为 4 个方向广义直方图的权重, $\text{histintersection}()$ 为直方图相交函数, $h_{ij}(P)$ 为 P 图像 i 颜色通道 j 方向的广义直方图。

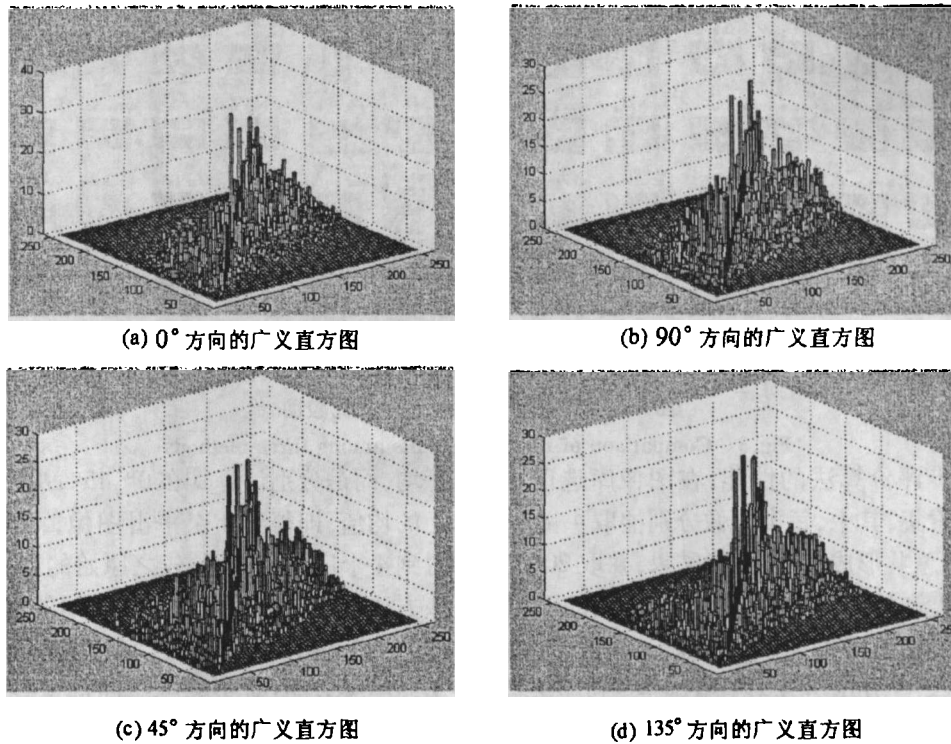


图2 图1(d)的改进广义直方图

Fig.2 The improved generalized histogram of Fig.1(d)

5 实验结果及分析

为检验本文方法的性能,分别进行几组不同的试验。试验中采用的图像库是标准的 test 图像库,其包含 1000 幅各类不同的彩色图像,它们包括交通工具、人物、食物、动物、自然景物等类型的图像。试验采用“精确度(precision)”和“检索率(recall)”^[9]作为算法检索效果的评价标准。其中,精确度定义为检索结果队列中检索的目标图像数与队列中的图像数之比,即:

$$\text{precision} = R/a \quad (7)$$

检索率定义为检索结果队列中检索的目标图像数与数据库中全部的目标图像数之比,即:

$$\text{recall} = R/b \quad (8)$$

式中, a 为检索结果返回的图像总数, R 为查询结果中与例子图像相关的目标图像数, b 为图像库中与例子图像相关的目标图像总数。对于不同图像检索算法,在相同的检索率条件下检索的精确度越高则表明该算法的检索效果越好。同时,与传统的一维直方图相比较,若精确度和检索率都有所提高,则说明本文的方法具有较好的检索性能。

首先,用本文的方法计算出各幅图像的特征并将其保存到特征库;然后,将待检索图像的特征与特

征库的特征进行相似距离度量;最后,按照相似距离由小到大排列,输出检索结果。其中相似距离度量的权值为 $\alpha_1 = 0.5, \alpha_2 = \alpha_3 = 0.25$, α_1 的取值较大,这是由于在 HSV 颜色空间下,人眼对颜色的区分主要是依据色调 H , 权值 $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0.25$ 。

图 3 是 3 种不同方法的检索结果比较图,其中, (a) 是基于传统一维颜色直方图方法的检索结果, (b) 是基于广义直方图的检索结果, (d) 是基于本文方法的检索结果。可以看出 (a) 中的第 (11)、(14)、(17)、(18)、(19) 不太符合检索要求,而且图像中的颜色组成、空间分布、背景及所包含的对象都与等检索图像差别较大;而 (b) 中虽然有第 (9)、(13)、(14)、(17)、(20) 不符合检索要求,但是其图像中颜色的组成、空间分布及背景都是比较接近待检索图像的,只是其所包含的对象不同(第 (9) 幅的大象与待检索的马不同); (c) 的检索效果相对前两种方法都有所提高,前 16 幅除了第 (13) 幅所包含的对象不符外,其余的都符合要求,检索结果更符合人的视觉感受,而且精确度和检索率都有所提高。

因此,从图 3 可以看出,无论从精确度、检索率,还是从检索出的图像内容(图像中的颜色组成、空间分布、背景及所包含的对象等等)的相似性,基于本文方法的检索效果都要好些。



(a) 基于一维直方图方法的检索结果 (b) 基于广义直方图方法的检索结果 (c) 基于本文方法的检索结果

图3 3种不同方法的检索结果比较图

Fig. 3 Comparison of retrieval results among three methods

为了进一步评价算法的性能,在图像库选取5类图像组成检索集,其中,每类图像分别抽取4幅图像来进行检索,总共形成20次检索结果,并取20次检索结果准确度和检索率的平均值作为算法的平均检索结果。图4给出了本文算法同基于一维直方图方法和基于广义直方图方法在“精确度”和“检索率”上的对比曲线。其中,E为利用本文方法的检索结果,T为基于广义直方图方法的检索结果,O为基于一维直方图方法的检索结果。由图可以看出,本文的方法明显优于前两种方法。

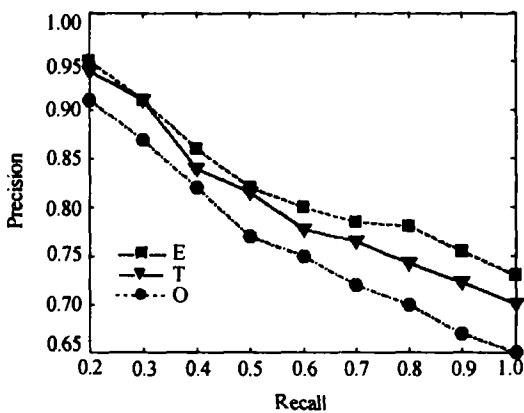


图4 检索结果的比较曲线图

Fig. 4 The compared graph of the retrieval result

6 结束语

在广义直方图的基础上提出改进的基于广义直方图的图像检索方法。文中首先阐明了广义直方图的定义以及其相对于传统直方图的优点——考虑到相邻像素之间的相关性及颜色在图像内的空间分布特征;接着提出了改进的广义直方图方法,即在计算平滑图像时,不是简单地计算原图像素邻域的

平均,而是分别计算其在 $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 4个方向上的均值,即得到4个平滑图像,再与原图像组合,得到4个广义直方图,较之原始的广义直方图方法,该方法能够更好地表达出像素间的空间位置关系及方向细节信息;最后通过实验来检验本文的方法。实验结果表明:对于颜色空间信息较丰富的图像或纹理图像,与传统颜色直方图及广义直方图方法相比,无论从精确度、检索率,还是从检索出的图像内容(图像中的颜色组成、空间分布、背景及所包含的对象等等)的相似性,基于本文方法的检索效果都要好些。

参考文献:

- [1] Swain M J, Ballard D H. Color indexing [J]. International Journal of Computer Vision, 1991, 7(1): 11-32.
- [2] 刘忠伟,章毓晋. 利用局部累加直方图进行彩色图像检索[J]. 中国图像图形学报, 1998, 3(7): 533-537.
- [3] Androustos D A. Novel vector-based approach to color image retrieval using a vector angular-based distance measure [J]. Computer Vision and Image Understanding, 1999, 75(1/2): 46-58.
- [4] 王涛,胡事民,孙家广. 基于颜色-空间特征的图像检索[J]. 软件学报, 2002, 13(10): 2031-2036.
- [5] 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.

(编辑 杨 薇)