

文章编号: 1005—0523(2007)02—0118—03

基于图像分割的图像检索新方法

范自柱

(华东交通大学 基础科学学院 南昌 330013)

摘要:利用信息熵理论,提出了一种新的相似性图像检索方法.首先,分割图像,抽取图像的分块颜色信息;再计算图像之间的颜色互信息来确定它们的相似度.与其他的颜色特征描述方法相比,该方法该算法具有抗噪声能力强、精确度高等优点.

关键词:信息熵;图像分割;相似度

中图分类号:TP391 **文献标识码:**A

1 引言

近年来,随着多媒体和网络技术的迅速发展,人们越来越多地接触到大量的图像信息.为了能够从这些大量的图像数据中快速准确地找到用户所需内容的图像,基于内容的图像检索(CBIR)技术已经成为一个研究热点.其应用领域涉及多媒体数据库、电子图书馆、商标管理、卫星图像管理等方面.

根据使用的图像特征不同,图像检索的方法主要有3种:颜色方法、纹理方法和形状方法.颜色对图像有重要意义,相对于几何特征而言,颜色具有与生俱来的旋转、平移不变性等其他特性.因此,在基于内容的图像检索中,颜色是使用最广泛的特征之一.常用的颜色索引技术包括颜色直方图相交法^[1]、色彩聚合矢量法^[2]和累加直方图法^[3,4]等,此类方法实现简单,但会丢失颜色的空间分布信息.文^[5]给出了一种包围盒方法,考虑了颜色的部分空间分布特征,效果较好.但此法要提高精度,则需增加包围盒数,而这会明显增加计算量,较好地解决了这一问题,使形状描述比较完整,但其计算较复杂.¹

为克服上述方法的不足,在本文,先对图象分块,再利用信息熵理论,来实现图像检索.下面先给出 Shannon 互信息的定义.

2 Shannon 颜色互信息

利用互信息作为图像的相似性测度是 Viola 和 Collignon 于 1995 年分别独立提出的,它在应用上取得了很大成功.Shannon 互信息的定义^[6]如下:

用 H 表示熵,用 I 表示图像, a 表示图像灰度值,假定 I 的概率分布密度函数 $p_i = P(a = i)$, $i = 1, 2, \dots, m$.那么 I 的 Shannon 熵 $H(I)$ 为

$$H(I) = - \sum_i p_i \log p_i \tag{2.1}$$

对于两幅图像 I_1 和 I_2 ,它们之间的 Shannon 互信息 $I(I_1, I_2)$ 为

$$\begin{aligned} I(I_1, I_2) &= - \sum_{i,j} p_{ij} \log \frac{p_{ij}}{p_i p_j} \\ &= H(I_1) + H(I_2) - H(I_1, I_2) \end{aligned} \tag{2.2}$$

式中, p_i, p_j 是 I_1 和 I_2 的灰度概率分布, p_{ij} 是联合灰度概率分布, $H(I_1, I_2)$ 是 I_1 和 I_2 的 Shannon 联合熵.在图像匹配中,Shannon 互信息是表示两幅图像相互包含对方的信息量.当 $I(I_1, I_2) = 0$ 时,意味着 I_1, I_2 相互独立; $I(I_1, I_2)$ 值越大,表明两图像的相似性程度越高.

3 颜色互信息的改进

在进行检索之前,我们有必要对图像亮度进行归一化处理.一般图像的亮度归一化方法见文献^[7].

它可能使图像丢失少量信息,但这并不影响检索效果.

目前的很多基于颜色(尤其是基于直方图)的检索方法中,往往没有考虑图像的空间信息,这会使检索效果降低.本文给出它的一种改进方法:在计算图像颜色的互信息前,用区域生长法把图像分割成若干子区域,再通过这些子区域计算图像间的互信息.

假设图像 A 经分割后,得到 n 个子区域: $A_1, A_2, \dots, A_n$, 满足:

$$A = \bigcup_{i=1}^n A_i, A_i \cap A_j = \phi \quad 1 \leq i, j \leq n, i \neq j$$

又有图像 B 经分割后,得到 m 个子区域: $B_1, B_2, \dots, B_m$, 满足:

$$B = \bigcup_{j=1}^m B_j, B_i \cap B_j = \phi \quad 1 \leq i, j \leq m, i \neq j$$

则由式(2.2), 分别来自 A, B 的两子区域 A_i, B_j 的 Shannon 互信息 $I(A_i, B_j)$ 为

$$I(A_i, B_j) = H(A_i) + H(B_j) - H(A_i, B_j) \quad 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m \quad (3.1)$$

对于每个 A_i , 计算 $I(A_i, B_j) (1 \leq j \leq m)$, 为更好地反映子块间颜色的相似性, 选取这 m 个值中的最大者. 因此, 经改进后的两幅图像 A 和 B 的颜色整体互信息可以定义为:

$$I(A, B) = \sum_{i=1}^n \max_{1 \leq j \leq m} (I(A_i, B_j)) \quad (3.2)$$

4 相似度定义

根据互信息理论, 两幅图像的相似度 $S(A, B)$ 定义:

$$S(A, B) = \frac{I(A, B)}{\max(\sum_{i=1}^n H_c(A_i), \sum_{i=1}^m H_c(B_i))} \quad (4.1)$$

式中, $H_c(A_i), H_c(B_i)$ 是图像 A, B 的第 i 个子图像 A_i, B_i 的颜色熵.

可以证明, $0 \leq S(A, B) \leq 1$. 事实上, 由式(3.2),

(4.1) 及互信息的非负性, 很容易得到 ≥ 0 ; 又根据前面颜色熵的定义, $H_c(A_i), H_c(B_i)$, 皆不小于零, 式(4.1)中的分母各项非负, 因此, $S(A, B) \geq 0$. 下面再证 $S(A, B) \leq 1$, 首先考察下式:

$$I(A, B) \leq \sum_{i=1}^n H_c(A_i)$$

根据互信息的极值性和子图像颜色熵的定义, 在式(3.2)中, 对于 $\forall j (1 \leq j \leq m)$, $I(A_i, B_j) \leq H_c(A_i)$ 成立, 即:

$$\max_{1 \leq j \leq m} (I(A_i, B_j)) \leq H_c(A_i)$$

因此, $\sum_{i=1}^n \max_{1 \leq j \leq m} (I(A_i, B_j)) \leq \sum_{i=1}^n H_c(A_i)$.

即是下式: $I(A, B) \leq \sum_{i=1}^n H_c(A_i)$

同理, 根据互信息的对称性和极值性以及前面颜色熵的定义, 可证下式:

$$I(A, B) \leq \sum_{i=1}^m H_c(B_i)$$

因此, $I(A, B) \leq \max(\sum_{i=1}^n H_c(A_i), \sum_{i=1}^m H_c(B_i))$

也即: $S(A, B) \leq 1$.

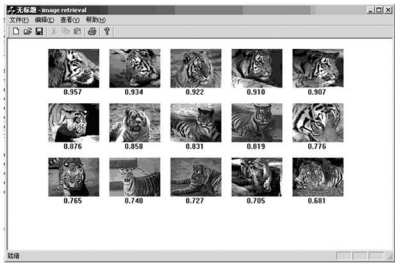
所以, 由前面的论述可见, 满足图像间相似度定义的要求.

5 实验结果

在实验中, 对 image.vary.jpg^[8] 图像库中 2164 幅大小为 85×128 左右的图像采用本文方法进行实验. 实验先用区域生长法对图像分割, 提取其分块的颜色特征; 再计算图像的颜色互信息. 在计算图像的分块颜色熵时, 考察的主要是面积比较大的区域, 对于面积较小且其灰度方差小于整个图像的总方差值的区域, 则不需计算颜色熵或互信息. 因为它对检索性能也没有多大的提高, 而且还会增加计算量. 本文中, 如果一个颜色块的面积小于图像大小的 1%, 则在计算互信息时一般不予考虑.



(a)待检索图像



(b)文方法检索结果

图 1 实验结果图

本文用 Visual C++ 6.0 编程语言在 Windows 2000 平台上重点对动物、山峰、水波、云彩四类 480 幅图像进行检索.采用直方图法、本文方法和文[6]方法分别进行实验.图 1 是一实验结果图,图(a)为待检索图像,图(b)是采用本文方法的检索结果.其中前 15 幅图的正确率为 93%,前 25 幅图的正确率为 88%.而文[6]方法前 15 幅图的正确率为 86%,前 25 幅图的正确率为 80%.

对实验结果的评价,本文采用了检索效率这个参数^[4],结果见表 1.在三种方法中,累加直方图法效率最低,文[6]方法效率较高,本文方法总体效率最高,主要是它既考虑图像的颜色特征,又考虑了其空间分布特征.由表 1 可知,本文方法在检索像水波这样的图像时,并不比文[6]方法有优势.其原因是水波图像的空间分别特征不太明显,在图像分块时,会引进一些误差,有时反而会降低检索效率.在计算复杂度方面,本文方法与文[6]是一致的,只是多了检索前的预处理时间,而这并不影响检索的效率.

表 1 检索结果

类别	累加直方图法	本文方法	文[6]方法
动物	0.733	0.917	0.904
山峰	0.687	0.902	0.856
水波	0.626	0.828	0.903
云彩	0.676	0.775	0.712

6 结论和展望

本文提出了一种基于互信息计算的图像检索方法,对图像熵的定义进行推广,引进了图像分块熵的

新概念.在检索时,考虑了图像的两个最主要的低层特征:颜色和其空间分布特征.实验表明,本文方法适用对细节不太丰富但形状比较明显的图像,检索可以取得非常满意的效果,跟其他方法相比有一定的优势.但是如果利用文中方法来检索不同姿态的物体时,尤其是检索同一个动物或人的不同姿势时,此方法不能进行很好检索.这正是本文方法的一个不足之处,也是下一步需要解决的问题.

以后进一步的工作是,扩大实验范围,改进算法以提高速度,并结合特征提取的思想来增强检索的效率.

参考文献:

[1]Swain M, Ballard D. Color indexing[J]. International Journal of Computer Vision, 1991, 7 (1) : 11~32.

[2]Pass G, Zabih R, Miller J. Comparing images using color coherence vectors. In: Proc of ACM InternConf Multimedia. Boston, MA, 1996.

[3]Stricker M, Orengo M. Similarity of color images [A]. In: Proceedings of SPIE Storage and Retrieval for Image and Video Databases [C], 1995, 2420 : 381~392.

[4]刘忠伟. 利用局部累加直方图进行彩色图像检索[J]. 中国图像图形报, 1998, 3(7) : 533—537.

[5]范自柱, 蒋先刚. 基于包围盒的图像检索技术[J]. 计算机研究与发展(增刊), 2005, 42(9) : 260—263.

[6]时永刚, 邹谋炎. 图像配准中统计型相似性测度的比较与分析[J]. 计算机学报. 2004, 27(9) : 1278—1283.

[7]高利, 徐长梅. 基于颜色分布相似性的图像内容检索[J]. 计算机工程与科学, 2003, 25(3) : 52—55.

[8]ftp://db.stanford.edu/pub/wangz/image.vary.jpg.

Image Retrieval Based on Image Segmentation

FAN Zi-zhu

(School of Natural Science, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: A novel content — based image retrieval method is proposed using information entropy in this paper. First of all, an image is segmented into several sub — areas, and the block color information is extracted from the image. Secondly, mutual information of color among images is computed to determine the similarity between two images. Compared with the algorithms of other methods of color description, this method has the advantages of strong ability of resisting noises, high precision and so on.

Key words: information entropy; image segmentation; similarity