

改进的基于颜色和 SIFT 特征的图像检索方法^①

郑启财, 曾智勇, 池燕玲

(福建师范大学 软件学院, 福州 350108)

摘要: 针对全局灰度直方图缺少空间分布信息和 SIFT 特征匹配方法准确性不足的问题, 提出基于分块的提取图像颜色矩方法, 并改进了 SIFT 特征度量算法. 然后将这两种改进算法相结合, 并应用于图像检索系统中. 实验结果表明, 本文提出的算法在图像检索中取得了较好的效果.

关键词: 图像检索; 颜色矩; SIFT 特征度量

Advanced Image Retrieval Method Based on Color and SIFT Feature

ZHENG Qi-Cai, ZENG Zhi-Yong, CHI Yan-Ling

(Fujian Normal University, Faculty of Software, Fuzhou, 350108, China)

Abstract: Global gray-level histogram lacks of spatial information, SIFT feature matching method do not have a high accuracy. In view of the mentioned problems, this paper proposed a method of extracting color moment, and advanced the measuring method of SIFT features. Then combine the two advanced method for image retrieval. The experiment result shows that the algorithm proposed in this paper do a good job in image retrieval.

Key words: image retrieval; color moment; SIFT feature matching

随着 Internet 和数码科技的迅猛发展, 人们可获取越来越多的图像资源. 然而, 如何从这海量的资源中提取自己想要的图像已成为一个难题. 对此, 广大学者投入了大量研究, 数十年来已取得了相当成果. 传统的检索方法是基于文本标注的(Text based image retrieval, TBIR)^[1], 即通过人工对图像做文本注释, 然后利用关键字匹配的方式来进行图像搜索. 不同于文本检索, 基于内容的图像检索(Content based image retrieval, CBIR)^[2]是根据用户提供的图像样例, 分析图像具体内容, 然后从无标注的图像库中查找与之内容相似的图片, 并按照相似程度排序, 最后返回给用户. 其所用的策略主要是: 提取图像的颜色^[3-7]、纹理^[8,9]、轮廓^[10]和关键点^[11-13]等特征, 将每一张图片都用特定的特征来表示, 完成由图像库到特征库的映射; 检索时, 首先提取样例图像的特征描述, 然后与特征库中每一个特征矢量做相似性度量, 常用的如欧式距离等^[14]; 最后根据特征距离由小到大进行排列, 输出相

应的图片. 图像的颜色和关键点特征具有尺度、旋转不变性, 广泛应用于图像检索算法中. 文献[7]和文献[10]采用全局灰度直方图作为图像颜色特征, 这样容易丢失空间分布信息; 文献[4]做了改进, 提取了分块的基于 HSV 彩色空间的颜色直方图, 然而将各个空间个空间的彩色信息合并为一在一定程度上也会造成信息丢失; 文献[17]提取颜色矩特征来做图像检索, 并描述了融合多个彩色空间的颜色矩特征在图像检索系统中的性能; 文献[13]将 SIFT 特征应用于图像检索系统中, 取得了很好的效果; 文献[14]针对 SIFT 特征匹配速度慢的缺点, 提出了最近邻和次近邻假设算法, 试图提高特征点匹配效率.

本文提出一种基于分块颜色矩提取图像颜色特征, 意在提取空间分布信息, 同时保持各个颜色通道的信息不丢失. 并改进了 SIFT 特征点的相似性度量方法, 使图像匹配结果更加准确. 最后通过实验证明其有效性.

① 基金项目:福建省自然科学基金(2011J01338);福建省科技厅重点项目(2013H0020)

收稿时间:2015-02-26;收到修改稿时间:2015-04-26

1 基于内容的图像检索系统

本系统总体分成三部分：图像库模块、特征库模块、系统接口模块。基于内容的系统总体框图如图 1 所示。

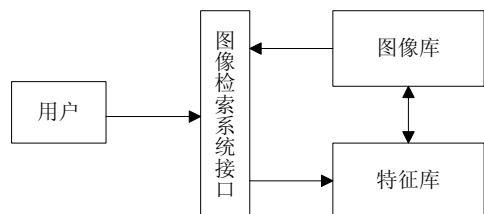


图 1 图像检索系统总体框图

各个模块的功能如下：

①图像库模块：存放图像数据。

②特征库模块：将图像库中的每一张图片映射到相应的颜色特征矢量和 SIFT 特征矢量，并存放于特征库。

③系统接口模块：对用户输入的查询图像提取特征，并到特征库中匹配相似的特征矢量，经排序后，从图像库提取相应图片输出。

2 颜色特征和SIFT特征的提取与匹配

本文算法采用基于 RGB 彩色空间的分块颜色矩和 SIFT 共同描述图像内容。分块的颜色矩包含了丰富颜色信息和空间分布信息，而且特征维数较低，减少了计算量。SIFT 特征对于图像旋转、尺度变换具有鲁棒性，是理想的图像特征描述算子。本文将借鉴文献 [15] 的做法，先利用颜色特征对图像库的图像做粗糙检索，缩小检索范围，然后再利用 SIFT 特征做精细检索。

2.1 特征提取

2.1.1 基于分块颜色矩特征提取

常用的颜色特征提取方法是将 RGB 彩色图像转化为灰度图，然后计算图像灰度直方图，经过量化后作为检索特征。这样的做法容易丢失有用信息。本文采用颜色矩做为颜色特征描述，并将原图像按不同的比例分为几个子图像，即提取每个子图像块的颜色矩，联合成为一个特征矢量。这样既保留了三个颜色通道丰富的颜色信息，又保留了一定的空间分布信息。

Stricker 和 Orengo 提出了颜色矩的方法^[6]，颜色矩是一种简单有效的颜色特征表示方法，有一阶矩(均值, mean)、二阶矩(方差, variance)和三阶矩(斜度, skewness)

等。由于颜色信息主要分布于低阶矩中，所以用一阶矩、二阶矩和三阶矩足以表达图像的颜色分布。三个颜色矩的数学定义^[6]如下：

$$u_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N P_{i,j} \tag{1}$$

$$\delta_i = \left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (P_{i,j} - u_i)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \tag{2}$$

$$s_i = \left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (P_{i,j} - u_i)^3 \right)^{\frac{1}{3}} \tag{3}$$

其中， $P_{i,j}$ 表示彩色图像第 i 个颜色通道分量中第 j 个像素的像素值， N 表示图像中的像素总个数。图像的 3 个颜色分量的前三阶矩组成一个 9 维直方图矢量：

$$F_{color} = [u_{1R}, \delta_{1R}, s_{1R}, u_{1G}, \delta_{1G}, s_{1G}, u_{1B}, \delta_{1B}, s_{1B}, \dots, u_{3B}, \delta_{3B}, s_{3B}] \tag{4}$$

将图 2 中的花卉图像提取颜色矩直方图如图 3 所示。



图 2 花卉

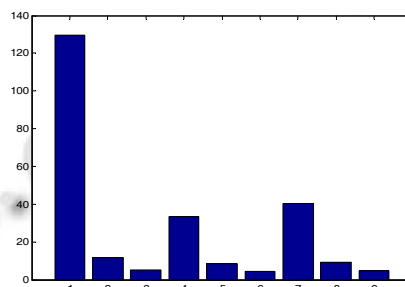


图 3 花卉图像颜色矩直方图

九宫格分块方法^[16]是将图像平均划分为 3×3 个子图像，分别记录每个子图像的特征就可获取一定的空间分布信息。一般来说，图片的主体信息分布在整幅图像的居中位置，如果采取九宫格的分块方式容易将主体部分分裂开来，当图像旋转或者主体朝向不同时，此方法不具备较强的鲁棒性。本文所使用 Corel Image 图像库中图像的大小为 64×94 和 94×64 ，根据主颜色的分布情况，我们采取将图像分为 3 个子块的策略，3 个子块分别占原图像的 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{2}$ 和 $\frac{1}{4}$ ，如图 4 所示。

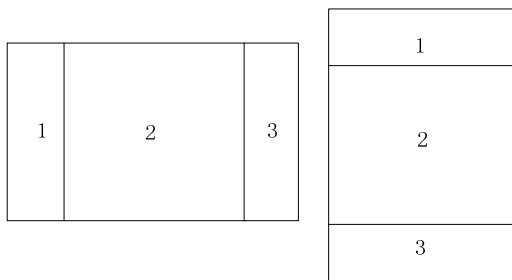


图 4 图像分块示意图

于是,我们对图像每个子块分别提取颜色矩特征,组成 27 维的颜色特征向量.图 5 是对图 2 的花卉图像提取的分块颜色矩直方图:

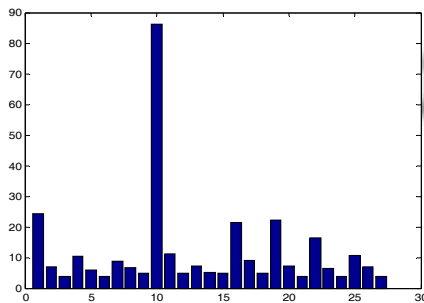


图 5 花卉图像分块颜色矩直方图

2.1.2 SIFT 特征提取

SIFT(Scale-invariant feature transform)^[17,18]是一种检测局部特征的算法,该算法通过求一幅图像中的极值点,并提取出其位置、尺度、旋转不变量等作为特征点描述符,最后在描述符之间寻找匹配.

该算法主要包含 6 个步骤:

- ① 构建尺度空间,获得尺度不变性;
- ② 检测 DOG 尺度空间极值点;
- ③ 特征点过滤并精确定位,去除不稳定的点;
- ④ 在特征点出提取特征描述符,为特征点分配方向值;
- ⑤ 生成特征描述子;
- ⑥ 特征点匹配.

图 6 是对两张图像样例的 SIFT 特征提取结果:



图 6 SIFT 特征提取

2.2 相似性度量

2.2.1 颜色矩匹配

衡量两张图像相似程度的方法有很多,本文采用欧式距离来计算两个颜色矩矢量的距离.假设 $H_p(i)$, $H_q(i)$ 分别代表图像 p 和图像 q 的颜色矩矢量,那么它们的相似度可表示为:

$$D(p, q) = \sqrt{\sum_{i=0}^L [H_p(i) - H_q(i)]^2}, L = 26 \quad (5)$$

D 的值越小,说明两张图像越相似.

2.2.2 SIFT 特征匹配

SIFT 特征匹配通常使用 K-D 树的最近邻搜索算法(Best-bin-first, BBF).首先通过欧式距离计算各特征点对 a 和 b 之间的距离:

$$d(a, b) = \sqrt{\sum_{i=0}^{127} [F_a(i) - F_b(i)]^2} \quad (6)$$

其中, F_a 、 F_b 分别表示特征点 a 和 b 的特征描述符.然后在欧式空间中寻找各特征点的最近邻和次近邻,例如图像 A 的特征点 a ,在图像 B 中找到与之欧式距离最小的 b_1 和次小的 b_2 ,如果 a 和 b_1 的欧式距离 $d(a, b_1)$ 与 a 和 b_2 的欧式距离 $d(a, b_2)$ 的比值小于某个阈值(0.4~0.6 为佳),则表示接受这一对匹配点,否则不接受.

文献[15]提出了一中特征相似性度量方法,其方法主要基于两张图片提取的特征点个数和匹配的特征点对个数来进行计算,可以获得较好的评估.然而,经过实验发现,当两张图片的特征点之间的欧氏距离整体偏大时,这样的度量方法可能会产生一定的误导性.相比之下,本文提出改进的相似性度量方法.在使用 BBF 算法搜索匹配点对时,对于被接受的点对,记录它们之间的欧式距离大小 $d(a, b)$,最后计算两张图片所有匹配的特征点对的欧式距离平均值作为最终的相似性度量值,即

$$Dis(A, B) = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} d_i(a, b) \quad (7)$$

其中, d_i 表示第 i 个特征点对, n 表示特征点对个数.

3 实验结果

本文实验采用 Corel Image 图像库,该图像库的图片为“.jpg”格式,分辨率为 96×64 和 64×96 ;包含 10 类样本,分别为花、马、恐龙、大象、建筑、海滩、公

共汽车、人、食物、山等，每类包含 100 个样本，共 1000 张图片。

首先进行从图像库到特征库的映射，即对图像库每一张图片分别做分块颜色矩和 SIFT 特征提取，并分别保存特征描述数据。最终，每张图片对应一个 27 维的颜色矩特征向量和一个 $N \times 128$ 维的 SIFT 特征向量。其中每一张图片的 SIFT 特征点个数 N 可能不同，每个 SIFT 特征点用 128 维向量来描述^[13]。然后我们从每个类的图像中分别选取 5 个样本作为查询图像。

图 7 是对花卉的一次检索结果，图 8 是对恐龙的一次检索结果。



图 7 花卉检索结果

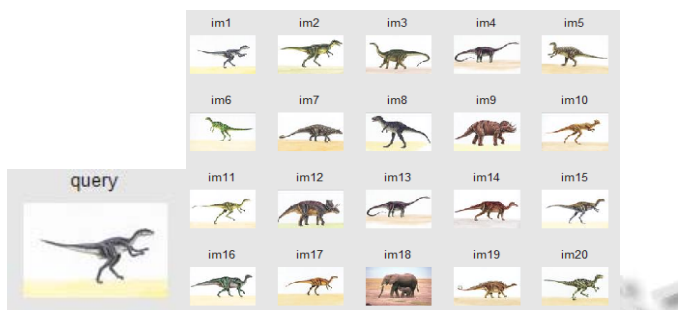


图 8 恐龙检索结果

图 7 中，本文算法返回的前 20 张图片里有 18 张相似图像，而且返回的两张不相关图片在颜色上与查询图像相似。图 8 中，本文算法返回的前 20 张图片里有 19 张相似图片，其中返回的大象图片与恐龙也有形似之处。我们还通过对 50 次检索结果做进一步统计，使用检索查率和查全率来评估算法性能，并与文献[15]的算法结果做了对比。

$$\text{查准率: } precision = \frac{p}{N} \quad (8)$$

$$\text{查全率: } recall = \frac{p}{R} \quad (9)$$

其中， p 表示系统返回的相关图像数目， N 表示系统返回的总图像数目， R 表示总的相关图像数目。

检索结果的平均查准率和平均查全率如表 1 所示，在表 1 中，A1 表示本文算法，A2 表示文献[15]的算法。

表 1 文献[15]和本文算法的查准率和查全率

算法	precision	recall
A1	0.84	0.89
A2	0.81	0.85

所有检索结果的查全率和查准率如图 9 和图 10 所示。

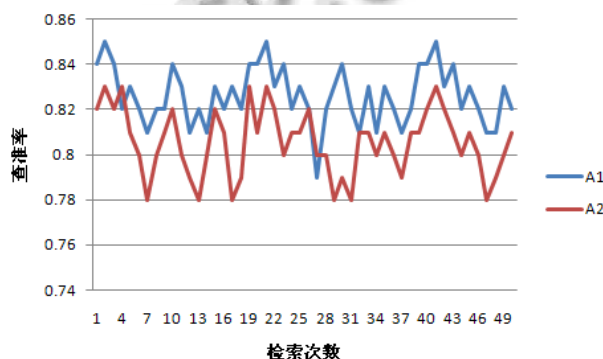


图 9 所有检索结果查准率

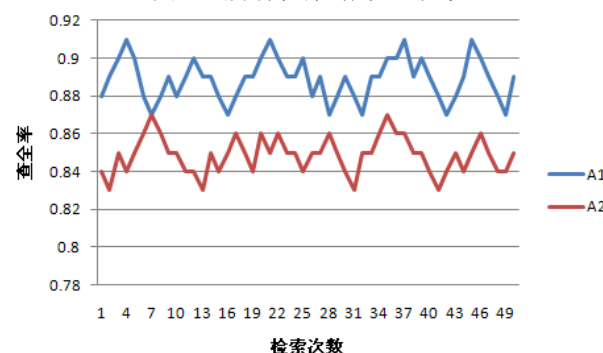


图 10 所有检索结果查全率

由表 1 可以看出，本文算法对 Corel Image 图像库的检索准确率和查全率都超过了 0.8，而且略高于文献[15]的算法。图 9 和图 10 是对每一次检索的统计，从图中可以看出，系统检索性能处于一定的波动状态。分析其原因，在于所提取的特征对于不同类别的图像的表达性能不同，如恐龙和花卉图像特征较为简单突出，它们的特征描述与其他类别有较大不同，因此其检索性能也相应较高；而像海滩和山的图像特征复杂，其检索性能就相对较低。

图 11 是对每一次检索的反应时间统计结果。

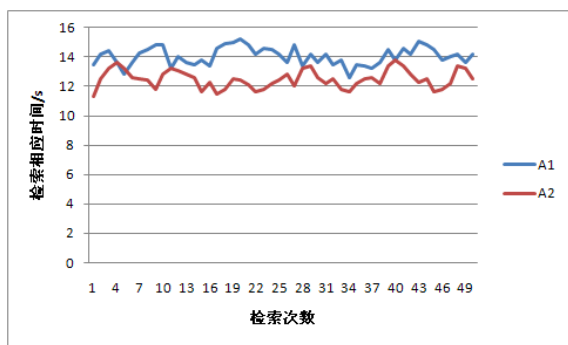


图 11 每一次检索反应时间

由于本文算法中对图像分块提取颜色矩以及额外计算一次匹配的特征点对的平均欧式距离,因此平均检索时间为 14.1s,比使用文献[15]算法的平均检索时间 12.3s 耗时稍长,但也在可以接受的范围。

4 结语

本文提出一种改进的基于颜色和 SIFT 特征的图像检索方法。分块的颜色矩既能表示丰富的颜色信息,又包含一定的空间分布信息,而且具备特征矢量维数少的特点。本文提出的改进的 SIFT 特征匹配算法,能够较好地匹配出与查询图像最相似的图片。实验结果表明,本文的算法具备较强的检索能力。

参考文献

- 1 阿斯艳·哈密提,阿不都热西提·哈密提.基于文本的图像检索与基于内容的图像检索技术的比较研究.首都师范大学学报(自然科学版),2012,33(4):6-9.
- 2 黄晓斌.基于内容的图像检索技术.大学图书馆学报,1999,4:25-27.
- 3 刘付民,张治斌.基于色彩和边缘特征的图像检索方法.计算机应用,2012,32(5):1280-1282,1292.
- 4 郭士会,杨明.基于颜色的图像检索方法的研究.西南大学学报(自然科学版),2012,34(1):128-133.

- 5 Stricker M, Orengo M. Similarity of color images. Proc.SPIE Storage and Retrieval for Image and Video Databases. 1995. 2420. 381-392.
- 6 陈新武,刘玮,田金文.复数轮廓波变换纹理图像检索系统.光电工程,2009,36(2):110-115.
- 7 张少博,全书海,石英等.基于颜色矩的图像检索算法研究.计算机工程,2014,40(6):252-255.
- 8 Liu GH, Yang JY. Image retrieval based on the texton co-occurrence matrix. Pattern Recognition, 2008, 41(12): 3521-3527.
- 9 Liu GH, Li ZY, Zhang L, Xu Y. Image retrieval based on micro-structure decriptor. Pattern Recognition, 2011, 44(9): 2123-2133.
- 10 师文,朱学芳.基于轮廓重构和特征点弦长的图像检索.软件学报,2014,25(7):1557-1569.
- 11 吴锐航,李绍滋,邹丰美.基于 SIFT 特征的图像检索.计算机应用研究,2008,25(2):478-481.
- 12 杨幸芳,黄玉美,韩旭,杨新刚.一种提高 SIFT 特征匹配效率的方法.中国机械工程,2012,23(11):1297-1301.
- 13 刘辉,申海龙.一种基于改进 SIFT 算法的图像配准方法.微电子学与计算机,2014,31(1):38-42.
- 14 顾晓东,杨诚.新的颜色相似度衡量方法在图像检索中的应用.仪器仪表学报,2014,35(10):2286-2292.
- 15 董傲霜,宋宏亮.基于 SIFT 特征和颜色融合的图像检索方法.吉林大学学报(工学版),2013,43(增刊):440-444.
- 16 李宗民,唐志辉.九宫格空间框架的图书图像检索.中国图像图形学报,2013,18(3):325-329.
- 17 Lowe DG.Object Recognition from local scale-invariant features. Proc. of the 7th IEEE International Conference on Computer Vision. Kerkyra, Greece. 1999. 1150-1157.
- 18 Lowe DG. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2): 91-110.