

一种基于彩色特征点的对象查询方法^{*})

郑霞 周明全 耿国华 张德同

(西北大学计算机科学系 西安 710069)

摘要 图像检索系统中对象的查询,主要采用分割技术来实现。虽然一些研究人员提出过利用光学特征的方法,但是只应用于灰度图像,不能对大量的彩色图像进行有效的查询。为此本文提出了一种基于彩色特征点的对象查询新方法。首先,利用 Harris 彩色点提取器从彩色图像中提取出一组能表征图像特征的彩色点;其次,利用特征点的梯度、角度不变性构造检索策略来实现对象的查询。实验表明,该方法对于对象的光照变化和几何变化有较强的鲁棒性。

关键词 图像检索,基于对象的查询,特征化,彩色特征点,几何约束

Object-Based Queries Using Color Character-Point

ZHENG Xia ZHOU Ming-Quan GENG Guo-Hua ZHANG De-Tong

(Department of Computer Science, North West University, Xi'an, 710069)

Abstract Object-based queries in image retrieval system usually imply segmentation. Some researchers have brought a new method forward that is interested in optics. However it is not optimal, since it is limited to gray value images. This method cannot solve color images. For this reason, this paper proposes a new solution based on color character-point. Firstly, it requires using the Harris color detector to extract some points from images. These points are good enough to represent feature of images; Secondly, using grads and angles invariants of the characterization of points to implement queries. The result of the experiment shows that this solution is robust to object perturbations like viewpoint or illumination changes.

Keywords Image retrieval, Object-based queries, Characterization, Color character-point, Geometrical constraints

1 简介

在基于内容的图像检索系统中,由于查询的范围是整幅图像^[1],因此需要大量信息的提取和处理,不仅占用了过多的空间而且还耗费了许多时间。应用中因为用户感兴趣的可能是图中一个或多个对象,这里的对象可以是一个物体(瓶子,房子等),也可以是一个区域,并不需要获取图像的全局信息,所以只利用局部信息即可实现对某个对象的查询。为了实现此目的,必须找到相关联的区域,通过独立分析这些区域而获得区域特征信息,最终利用这些特征关系实现对象查询。

目前的对象查询大多数依赖于图像的分割技术^[1,2],分割出各具特性(颜色、纹理等)的区域,针对不同的区域实现特征的提取和参数的测量。尽管至今已有很多类型的分割算法^[3],但是由于分割的效果依赖于图像的具体内容,因此没有一种适合所有图像的分割算法。考虑到像素点是构成图像的最基本单位,为此利用图像特征点的对象查询方法可以避免对图像进行分割。通过计算图像局部信息得到的特征点对于图像的几何变换具有很好的适应性,同时对于图像的隐藏信息(如数字水印等)也具有较好的适应性。这里的特征点正是那些最能反映区域信息的点,将图像中所有区域的特征点收集起来就可以用来表征整幅图像。

2 图像特征化

2.1 图像预处理

为了防止图像中噪音的影响,必须对原始的图像进行降

噪处理。这里采用高斯平滑滤波器来实现。对图像的每一点在 R、G、B 三个通道上进行高斯滤波。滤波后的图像可以去除绝大部分高频成份,但是图像中的某些突兀点为了避免被选作特征点,还应该做进一步处理。为此采用了一个大小可变的窗口来筛选出突兀点。先从使用一个较小尺寸的窗口(如:3×3)开始,如果这个窗口中每一点的颜色值都取自一个恒定的范围,没有偏差很大的突兀点出现,则扩大窗口的尺寸,再做检查;否则,对于出现的突兀点进行修正处理,同时进行记录,以备选取特征点时使用。

经过以上预处理的图像,已经大幅度降低了噪音和突兀点的影响。下面将讨论如何选取特征点。

2.2 彩色特征点的选取

使用特征点进行对象查询时,必须考虑到当图像发生光照变化和几何变化(尺寸、平移、旋转等)时,特征点要具有很强的鲁棒性。虽然研究人员已经解决了灰度图像中特征点的提取问题,但是现实生活中要处理的是大量的彩色图像,为此必须找到一种有效的新方法。经过研究比较,在此采用 Harris 彩色点提取器^[3]。

Harris 彩色点提取器主要利用图像的一阶导数来实现。用到的矩阵 M 定义如下:

$$M = \begin{bmatrix} R_x^2 + G_x^2 + B_x^2 & R_x R_y + G_x G_y + B_x B_y \\ R_x R_y + G_x G_y + B_x B_y & R_y^2 + G_y^2 + B_y^2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

I_x 和 I_y ($I \in \{R, G, B\}$) 是图像的一阶导数。Harris 彩色点提取器主要根据式(2)的局部区域极大值来定义:

$$\text{Det}(M) - K \cdot \text{Trace}^2(M), K = 0.04 \quad (2)$$

^{*}) 本课题得到了国家自然科学基金项目(60271032)、中科院自动化研究所模式识别国家重点实验室项目的资助。郑霞 硕士研究生,主要研究方向:图像处理与可视化技术;周明全 博士生导师,主要研究方向:图像处理与可视化技术;耿国华 博士生导师,主要研究方向:智能信息处理;张德同 博士生,主要研究方向:智能信息处理、模式识别。

要找到局部区域的极大值,必须使用窗口。窗口的大小,即区域的大小必须慎重考虑,它的大小,既要求所包含的特征点能足够体现区域的相关信息,又要保证区域可能被检索到。在选取区域内的极值点时,为了防止突兀点被选作极值点,要利用图像预处理时的突兀点的记录信息。

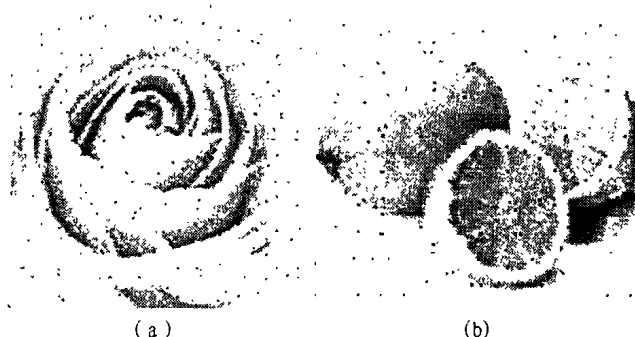


图1 提取的彩色特征点(a)、(b)

经过以上操作可以从图像的不同区域中得到 N 个极值点(见图1),总体上说 N 的大小在反映图像局部信息的同时,还要体现图像的全局特性。当然在实际应用中还要考虑系统执行的效率和耗费。如何表征这 N 个彩色特征点,是下面要讨论的问题。

2.3 彩色特征点的表征

为了保证彩色特征点对图像中对象的光照变化、几何变化(尺寸、平移、旋转等)有很强的鲁棒性,在此利用梯度信息来实现^[4,8]。虽然有的研究人员利用差分实现过,但是所处理的是灰度图^[5]并且执行效率也不高。本文主要利用了梯度的幅值和方向角信息,具体定义为,对于任意一个特征点 x ,都用如下的9维行向量表征:

$$T = (R, \|\nabla R\|^2, G, \|\nabla G\|^2, B, \|\nabla B\|^2, |\nabla R|, |\nabla G|, |\nabla B|, \theta) \quad (3)$$

梯度的方向是函数变化率最大的方向^[8],为了增强对图像变化的稳定性,所以计算梯度时采用了 5×5 的模板。从 $0^\circ, 22.5^\circ, 45^\circ, 67.5^\circ, 90^\circ, 112.5^\circ, 135^\circ$ 七个方向中,找到 $I (I \in \{R, G, B\})$ 变化最大的方向近似梯度方向。 θ 定义为 $\max(\theta_R, \theta_G, \theta_B)$, θ_I 为梯度的方向角。

采用上述的行向量来表征特征点具有如下的良好特性:

(1) 图像的光照发生变化时,虽然梯度的幅值大小将发生变化,但是梯度的方向角将保持不变;(2) 当图像中的对象发生平移变化时,虽然对象的像素发生了位移,但梯度的幅值和方向角都保持不变;(3) 当图像发生缩放变化时, x 和 y 方向上具有相同的尺度变化因子,采用归一化的方法可以保证方向角保持不变;(4) 当图像中的内容发生旋转时,虽然梯度的方向角发生了变化,但是梯度的幅值具有很好的稳定性。

2.4 相似度计算

由于每幅图像都由特征点的集合和相应特征点的向量集合所表示,因此图像间的比较可归结为特征点的比较,实际应用为两个向量的比较。对于两个向量 $A = (f_1^A, f_2^A, \dots, f_9^A)$ 和 $B = (f_1^B, f_2^B, \dots, f_9^B)$ 而言,两者的距离定义为:

$$dis(A, B) = \sum_{i=1}^9 \omega_i |f_i^A - f_i^B| \quad (4)$$

ω 为预定义好的权重, i 不同其取值也不同,但要反映梯度幅值和方向角的优越性。可以明显看出距离越小,相似度越大。

3 索引和搜索策略

如果每一幅图像都由特征点集合 V 表示,而这些特征点的表征向量集合由 C 表示。则对一个图像数据库建立索引,就是构造一组属于 V 和 C 的集合。在一个已建立索引的图像库中进行对象查询,就成为在集合 V 中,查找与要查询的点最相近的点集。

3.1 搜索策略

在索引化图像数据库后,查询对象的第一步就是在图像中选择能代表对象的区域 Q 。获得的彩色特征点集合记为 V_1 ,它包含了 N 个特征点。第二步是对 V_1 中的每一个点进行点比较操作,在数据库中查找与 V_1 最接近的彩色特征点集合。

具体实现如下:对图像库中的每一幅图像 A (彩色特征点集合记为 V_2),查找 V_2 中每个点和 V_1 中每个点的最小距离(参见公式(4))记为 d ,如果这个 d 小于事先给定的阈值,那么这个点对就代表一个可能的匹配,记录这个点对。比较完所有 N 个点,就得到了一个点对集合。最终每一幅图像 A 根据它的所有匹配点对的相似度,得到了一个值 A^* 。具有最佳 A^* 值的图像 A ,就包含与查询区域 Q 最相似的部分。

实际应用中 V_1 里的特征点,可能会与不同图像中的特征点都具有较好的匹配。由于干扰点或者不明确点的影响,如果只保留具有最佳匹配值的点对集合,就容易把正确的查询结果排除掉。因此要参考匹配点的数目和预先定义的阈值,来决定图像的取舍。整体搜索的复杂度可以通过建立哈希表来优化。

3.2 几何约束

虽然在彩色特征点的表征向量中,梯度信息可以对图像中对象的几何变化具有较好的稳定性,但是对一组相似的图像而言,效果就不是那样明显^[3]。为此从图像的几何变化出发,找到合适的几何约束来实现。



图2 角度约束

这里利用角度不变性来实现,角度是由要匹配的特征点与其一个邻域特征点定义的。具体方法是,由匹配的特征点 $n1$ 和它的一个邻域特征点 $n2$ 定义一个角度约束(见图2),当图像发生几何变化时,这个约束是不变的。这样的约束可以运用二次查询中。一次查询的结果是一个图像集合,集合中某些图像所含的信息与要查询的结果可能存在一些差距,为此要用角度约束实现二次查询。不论图像中的对象是否发生几何变化,二次查询都可以达到很好的效果。在实际应用中,二次查询要利用的角度约束个数,还要根据情况而定。

4 实验结果及分析

实验中使用了尺寸各不相同的24位RGB格式图像,图像

(下转第169页)

表1列出了四面体和六面体情况下各种存储模型的性能参数。从表1可以看出,当主机数为4,多维存储模型能获得高

性能;当主机数为8,文件被分为两份的二维算法性能最高。

表1 各种存储模型的性能比较

	四面体			六面体			
	一维算法	二维算法	多维算法	一维算法	二维算法	多维算法	
备份可靠性(R)	$(1-p)^4$	$1-2p^2+p^4$	$1-4p^3+3p^4$	$(1-p)^8$	$1-2p^4+p^8$	$(1-p^2)^4$	$1-6p^4+12p^6-8p^7+p^8$
节点依赖性(D)	1	1/2	1/2	1	1/4	1/2	1/3
文件分解度(P)	4	2	4	8	2	4	6
空间冗余度(S)	1	2	3	1	4	2	3

结束语 本文提出了一种有效的寻找最优化存储策略的方法,根据分布式备份的基本需求,定义了描述条块化策略好坏的性能参数,定量给出了各种存储模型下的计算方法,从空间几何的角度用多面体形象地描述各种存储模型,并研究了四面体、六面体存储模型的各种性能参数和计算方法。在实际应用中,可以根据该方法和实际情况得到相应的优化策略。

参考文献

- 1 Cabrera L-F, Long D D E. Swift: Using distributed disk striping to provide high I/O data rate. Computing System, 1991, 4(4): 405~436

- 2 Atchley S, Soltesz S, Plank J S, Beck M, Moore T. Fault-Tolerance in the Network Storage Stack. In: Proc. of the FAST 2002 Conf. Monterey, California, USA, Jan. 2002, 3~5
- 3 Long D D E, Montague B R, Cabrera L-F. Swift/RAID: a distributed RAID system. Computing Systems, 1994, 7(3): 333~359
- 4 Cao P, Lim S B, Venkataraman S, Wilkes J. The TickerTAIP parallel RAID architecture. ACM Transactions on Computer Systems, 1994, 12(3): 236~269
- 5 Brinkmann A, Salzweid K, Scheideler C. Efficient Distributed Data Placement Strategies for Storage Area Networks. In: Proc. 12 ACM Symposium on Parallel Algorithms and Architectures (SPAA), 2000

(上接第158页)

的类别涉及植物、动物及日常用品。考虑到图像中对象的光照、平移、旋转发生变化的情况,进行了实验。结果表明,该方法对于对象的光照变化和几何变化(尺寸、平移、旋转等)有很

强的鲁棒性。如下图3、4、5所示,查询结果1是没有发生变化的,而查询结果2是发生了几何变化的。实验结果表明,对象查询的效率总体上与对象的旋转角度成反比。旋转角度越小,查询的准确度越高(见图6)。

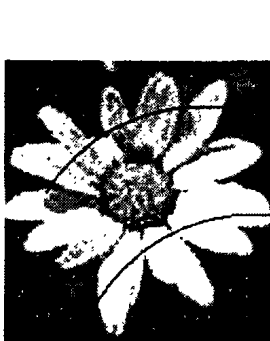


图3 查询对象



图4 查询结果1



图5 查询结果2

表1 查询对象的能力

图像分类	最高	最低	平均
植物	0.941	0.178	0.710
日常用品	0.927	0.182	0.682
动物	0.911	0.142	0.669

性。当然此方法还需进一步改进,如:在选取彩色特征点时,窗口大小的选取;几何约束中角度的选取等,这些是下一步要做的工作。

参考文献

- 1 Rui Y, Huang T S, Chang S-F. Image retrieval: Past present and future. Journal of Visual Communication and Image Representation, 1999, 10: 1~23
- 2 Malki J, Boujemaa N, Nastar C, Winter A. Region queries without segmentation for image retrieval by content. In Visual Information and Information Systems, 1999, 115~122
- 3 Gouet V, Boujemaa N. Object-based queries using color points of interest. In: IEEE Workshop on Content-Based Access of Image and Video Libraries (CBAIVL/CVPR 2001), Kauai, Hawaii, USA, 2001, 30~36
- 4 Montesinos P, Gouet V, Deriche R, Pelé D. Matching color uncalibrated images using differential invariants. Revue Image and Vision Computing, 2000, 18(9): 659~671
- 5 Schmid C, Mohr R. Local gray value invariants for image retrieval. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1997, 19(5): 530~534
- 6 Samet H. Object-based and Image-based Image Representations, CMSC 420 Oct. 1998
- 7 魏海, 沈兰荪. 小波变换域内基于方向梯度相角直方图的图像检索算法. 电路与系统学报, 2001, 6(2)
- 8 章毓晋. 图像工程 上册: 图像处理和分析. 北京: 清华大学出版社, 1999
- 9 贾云得. 机器视觉. 北京: 科学出版社, 2000

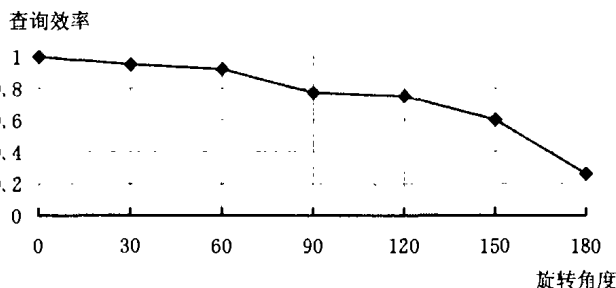


图6 对象的旋转角度及查询效率

总结 本文针对目前的对象查询的发展情况,提出了利用彩色特征点进行查询的方法。不仅克服了分割图像的局限性,而且不以灰度图像为基础进行处理。所采用的彩色特征点及几何约束,对于对象的光照变化和几何变化有很强的鲁棒