

# 融合底层、语义特征的医学图像检索算法及实现

宋卫华, 韩 静

(黄山学院 信息工程学院, 安徽 黄山 245041)

**摘 要:**针对医学胃窥镜图像,在分别研究颜色聚类、语义单一特征检索算法基础上,提出了结合底层颜色和高层语义的特征融合检索算法。并用 VC# 和 SQLserver2000 实现了一个图像检索原型系统,论述了系统的结构、特征提取、相似度匹配方法及部分实验结果,实验表明该方法具有良好的检索效果。

**关键词:**医学图像检索;颜色聚类;高层语义;特征融合

**中图分类号:**TP391

**文献标识码:**A

**文章编号:**1672-447X(2008)05-0066-04

## 1 引言

随着医学成像技术的发展和医院信息网络(如 PACS, HIS, RIS)的普及,医院每天会产生海量的医学图像,并由此通过比较相同病理特征的图像,来辅助医生进行临床诊断。近年来,CBIR 在计算机辅助诊断(computer aided diagnosis)领域的应用逐渐得到重视,<sup>[1]</sup>而将基于内容的图像检索(content-based image retrieval, CBIR)运用于医学图像库,已成为医学图像检索领域的研究热点。

CBIR 在对图像描述时,大多提取图像底层的颜色、纹理、形状、空间关系、拓扑结构等特征,然后进行基于向量空间模型的匹配。<sup>[2]</sup>然而医学图像不同于一般图像,图像间相似度高,空间分辨率高,因此从图像库中检索出相同病理特征的图像,难度较大。本文针对胃窥镜图像,介绍了基于模糊 C 均值聚类的颜色相关图检索算法。然图像的底层特征与人对图像的内容理解存在很大的差异,而影响检索的性能,为此提出了结合图像高层语义的特征融合算法。实验表明,该算法具有良好的检索效果。

## 2 基于模糊 C 均值聚类的底层颜色检索

对于颜色空间,最常见的是 RGB 颜色空间。然而 RGB 模型主要是面向硬件设备的,与人实际中的视觉感知相差甚远。为此,文中采用了更接近人类感知的 HSV 模型,该模型把彩色信号表示为 3 种属性:色调( $hue \in [0, 360]$ )、饱和度( $saturation \in [0, 1]$ )和亮度( $value \in [0, 1]$ )。本文首先对图像库中图像进行 RGB 到 HSV 空间进行转换,然后在 HSV 空间统计其各个颜色分量的直方图分布情况(如图 1,为了显示清晰,分别将 S、V 分量均放大了 100 倍)。图 1 为以后聚类算法的实现提供了依据。另考虑到图像从 RGB 空间转换到 HSV 颜色空间的计算速度,系统自定义了颜色转换的类文件。

常用的聚类算法主要有基于划分的模糊 C 均值聚类算法(FCM)、基于密度的 DBSCAN、OPTICS 等。<sup>[3,4]</sup>文中在 HSV 空间采用 FCM 聚类,并在此基础上提取图像底层颜色特征。与一般的均匀量化相比,FCM 聚类方法考虑图像颜色在整个空间的分布情况,避免了某些 bin 中的像素数量非常稀疏的情况,使量化更有效。

收稿日期:2008-09-08

基金项目:安徽省教育厅教学研究基金资助(2007jyxm436)。

作者简介:宋卫华(1983-),河南商丘人,黄山学院信息工程学院教师,硕士,研究方向为多媒体信息检索、数字图像处理。

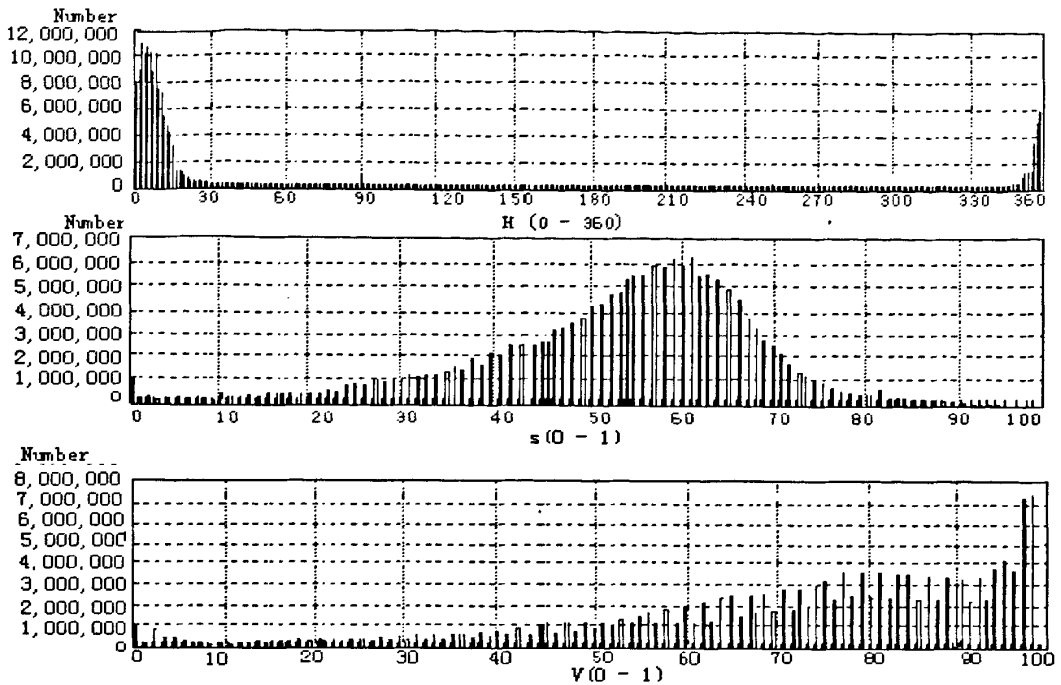


图 1 库中 1361 幅图像在 HSV 空间各个颜色分量的统计直方图

FCM 聚类算法通过对目标函数的迭代优化实现集合的模糊划分,<sup>[9]</sup>对每个数据点用值在 [0,1] 来确定其属于各个组的程度,并求每组的聚类中心,使得非相似性指标的价值函数达到最小。隶属矩阵 U 如下:

$$\sum_{i=1}^c u_{ij} = 1, \forall j = 1, \dots, n \quad (1)$$

FCM 聚类算法的价值函数如下:

$$J(U, c_1, \dots, c_c) = \sum_{i=1}^n J_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^c u_{ij}^m d_{ij} \quad (2)$$

$d_{ij} = D_{hw}$  为第  $i$  个聚类中心与第  $j$  个数据点的距离;构造如下目标函数,可使式(2)达到最小值的必要条件:

$$\begin{aligned} \bar{J}(U, c_1, \dots, c_c, \lambda_1, \dots, \lambda_n) &= J(U, c_1, \dots, c_c) + \sum_{j=1}^n \lambda_j (\sum_{i=1}^c u_{ij} - 1) \\ &= \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^c u_{ij}^m d_{ij} + \sum_{j=1}^n \lambda_j (\sum_{i=1}^c u_{ij} - 1) \end{aligned} \quad (3)$$

这里  $(\lambda_j)$  是约束式的拉格朗日乘子。对所有输入参量求导,使式(3)达到最小值的必要条件为:

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^n u_{ij}^m x_j}{\sum_{i=1}^n u_{ij}^m} \text{ 和 } u_{ij} = 1 / \sum_{k=1}^c (d_{ij} / d_{kj})^{1/(m-1)} \quad (m \text{ 取 } 3) \quad (4)$$

文中 HSV 空间进行 FCM 聚类的具体算法如下:

1. 设定 N 个聚类中心的初始值;
2. 求每个像素值与所有聚类中心的  $D_{hw}$  距离,确定隶属矩阵,由此计算总的价值函数和此时的聚

类中心。

3. 根据新的聚类中心,计算此时的总价值函数,并与 2 中的价值函数相比,趋于稳定(价值函数值相对比较小时),则停止迭代,否则返回 2 继续进行。

经反复实验调整,初始轴心点的划分和选取为:

1. 色调 H 共划分 15 份,分三个独立的子区域分别进行聚类。初始值 H 的选择为  $(0,5,10,15,20,25,30) \in [0,30]$ (区域 1),  $(30,90,150,210,270,340) \in [30,340]$ (区域 2),  $(340,345,350,355,360) \in [340,360]$ (区域 3)。

2. 饱和度 S 分成 5 份  $(0,0.2,0.5,0.65,0.8,1)$

3. 亮度 V 分成 3 份  $(0,0.45,0.65,1)$

整个颜色空间选取 225 个初始聚类中心,分别对 H 的三个不同子区域进行聚类,因每个颜色类可能对应空间中几个连续颜色块,克服了因统计聚类而无法兼顾的空间信息。

颜色相关图从联合概率分布角度出发,描述距离为像素的一对像素和,并分别具有和的出现概率。文中仅考虑相同颜色值的像素间的空间关系,提取基于 FCM 聚类后的颜色自相关图如下:

$$r_c^{(d)}(l) = \Pr[p_i \in I_c, |p_i - p_l| = d | p \in I_c] = \Gamma_c^{(d)}(l) / (M \times N \times 8) \quad (5)$$

其中  $I_c$  表示颜色为  $c$  的像素的集合,  $M, N$  分别为图像的行数、列数, 得归一化的颜色自相关图。

### 3 高层语义检索

语义特征查询是基于文字的查询, 包含了自然语言的理解及传统图像检索技术, 其目的是减少图像底层视觉特征与高层语义之间的语义鸿沟 (semantic gap), 提高检索性能。文中提取的底层颜色特征, 虽然在一定程度上检索出相似的图像, 但由于胃窥镜图像病灶区域都比较细微, 有些无法在底层特征反映出来, 而导致检索结果不够理想。为此本文提出结合进语义信息的检索方法。将医生对图片的诊断信息<sup>[9]</sup>(如表 1) 作为图像语义内容, 并依据相关医学知识提取诊断报告中的关键词作为语义特征, 进行相似性检索。

表 1 医生对胃窥镜图像的描述

医生对胃窥镜图像的描述	全胃充血水肿, 胃体可见巨大溃疡, 边隆起, 呈结节状改变, 全胃可见数个黏膜下肿块, 质硬, 活动差, 于溃疡处活检 6 块, 脆。幽门呈圆形, 开闭良好。
-------------	---

根据上述语义信息, 在医生的指导下对胃窥镜图像建立图像特征描述库, 该库记录了描述图像的关键词。统计各关键字在语义描述中出现的次数, 将其作为图像的高层语义向量。文中从外观, 溃疡底、溃疡边缘、环堤等<sup>[9]</sup>方面提取胃窥镜图像语义信息如表 2:

表 2 胃窥镜图像语义特征描述词频矩阵

胃窥镜 图片	关键字						
	溃疡	凝血块	结节状	白苔突	皱裂	肿块	隆起
Image 1	1	0	0	0	0	0	1
Image 2	1	1	1	1	0	1	1
Image 3	0	1	0	0	1	0	0
	.....						

对任意两幅图像  $p$  和  $q$ , 定义距离测量公式如下:

$$D(p, q) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N W_{pi} \times W_{qi}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N W_{pi}^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N W_{qi}^2}} \quad (6)$$

其中  $N$  为关键字个数。

### 4 特征融合检索方法

仅仅用单一的底层颜色或高层语义特征进行

检索, 实验证明检索结果不够理想, 为此, 采用结合底层颜色和高层语义特征的综合检索算法, 并设置不同的权重将其进行线性组合来实现图像检索, 即特征融合检索方法, 其实质是对单一特征的扩充。因不同特征向量的相似度(或距离)不具有可比性, 需要对单个特征的相似度进行归一化。步骤如下:

1. 计算查询图像  $Q$  与图像库中每幅图像的距离  $d(1, q), d(2, q) \dots, d(n, q)$ , ( $n$  为图像总数), 并计算出其均值  $m_d$  和方差  $\delta_d$ 。

2. 对  $d(1, q), d(2, q) \dots, d(n, q)$  按如下公式进行高斯归一化, 使相似度的值落在区间  $[0, 1]$  上:

$$d(x, q)^{[n]} = \left[ \frac{d(x, q) - m_d}{3\sigma_d} + 1 \right] / 2 \quad x = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

3. 特征融合距离由下式(8)计算, 其中  $W_c, W_s$ , 分别代表底层颜色、高层语义特征的权重系数。

$$D_m(x, q) = w_c d'_c + w_s d'_s \quad w_c + w_s = 1 \quad (8)$$

### 5 实验结果及分析

基于上述, 应用 VC# 和 SQL2000 实现了一个基于样例查询的图像检索原型系统, 并实现了特征自动提取、数据自动统计等功能。对于每一次检索, 系统返回 20 幅最为相似的图像。本实验中共采集到胃窥镜图像 1361 幅(其中, 有癌图像 169 幅, 其余为无癌图像), 系统检索界面如图 2 所示。



图 2 医学胃窥镜图像检索系统原型界面

实验中随机选 10 幅图片, 采用基于排序值的 Rank<sup>[7]</sup>方法分析系统检索性能。

$$Ar = \frac{1}{q} \sum_{i=1}^q \frac{1}{a_i} \sum_{j=1}^a \text{rank}(I_j^{(i)}) \quad (9)$$

$\text{rank}(I_{za}^{(i)})$  为  $I_{za}^{(i)}$  在检索结果中的排序值, 该式反映了相关图像在检索中的排序平均值, 其值越小越

好,实验中取  $a_i=10$ 。实验还计算平均查准率(precision):  $p_i=a/a+b$ ,  $a$  为系统返回的图像中与查询图像相关的图像数,  $b$  为不相关的图像数。本文统计前 15 幅图像的查准率。特征融合检索统计结果见表 3。其中,相关不相关依据的是检索到的图像是否与查询图像具有相同的病理特征。

表 3 不同权重系数时的特征融合检索结果

	$W_c=0$	$W_c=0.1$	$W_c=0.2$	$W_c=0.3$	$W_c=0.4$	$W_c=0.5$	$W_c=0.6$	$W_c=0.7$	$W_c=0.8$	$W_c=0.9$	$W_c=1$
	$W_s=1$	$W_s=0.9$	$W_s=0.8$	$W_s=0.7$	$W_s=0.6$	$W_s=0.5$	$W_s=0.4$	$W_s=0.3$	$W_s=0.3$	$W_s=0.1$	$W_s=1$
Ar	6.35	6.22	6.00	5.83	5.78	5.68	5.66	5.70	5.78	5.82	6.01
Pr	0.74	0.76	0.81	0.83	0.86	0.86	0.87	0.87	0.87	0.84	0.81

在  $W_c=0, W_s=1$  时,  $W_c=1, W_s=0$ , 分别是基于高层语义、底层 FCM 聚类后颜色的单一检索结果。由表 3 可看出特征融合算法比单一特征检索效果要好,在  $W_c=0.6, W_s=0.4$  时获得了较好的检索效果。

### 6 结论

针对医学胃窥镜图像,在分别研究颜色聚类、语义单一特征检索算法基础上,提出并实现了综合底层颜色和高层语义的特征融合检索算法。实验表明,多级别的特征融合技术可以弥补单一特征的片

面性,有效提高检索的性能,这对研究 CBIR 技术在医学领域的应用具有一定的参考价值。

### 参考文献:

- [1]Muller H, Michoux N, Bandon D,etal. A review of content-based manipulation of image database [J]. International Journal of Medical informatiocits, 2004, 73 (1):1-23.
- [2] Tai xiaoying, Ren Fuji,Kita Kenji.An information retrieval model based on vector space method by supervised learning[J].Information Processing and Management,2002,38 (6):749-764.
- [3] Stefan Brecheisen, Hans-Peter Kriegel, Martin PfeifleLE. Multi-step density-based clustering [J]. Knowledge and Information Systems, April.2006, 9(3): 284-308.
- [4]S.Roy,D.K.Bhattacharyya. An Approach to Find Embedded Clusters Using Density Based Techniques [J].Lecture Notes in Computer Science, 2005, 3816: 523-535.
- [5]邵虹,崔文成.低级特征和语义特征相结合的医学图像检索方法[J].中国图象图形学报,2004,9(2):220-224.
- [6]芳野纯洁,滨田,等.内镜诊断与鉴别诊断图谱[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,2003:160-161.
- [7]Huang J, Kunar SR, et al. Image indexing using color correlograms[J].Computer Vision Pattern Recognition,1997: 762-768

责任编辑:胡德明

## Algorithm and Implementation for Medical Image Retrieval Based on Low Level Semantic Feature Fusion

Song Weihua, Han Jing

(School of Information Engineering, Huangshan University, Huangshan, 245021, China)

**Abstract:** With reference to endoscopic image database, a new algorithm with multi-feature fusion referring to low-level and high-level aspects is proposed based on the study of single feature including color clustering and semantic information. And a prototype system, being implemented using VC# and SQL server 2000, is introduced with emphasis on the system architecture, feature extraction, similarity measures and some experiment results. The results show that the approach proposed in this paper is effective.

**Keywords:** Medical image retrieval; color clustering; high-level semantic; feature fusion