

基于内容的图像检索技术^①

孙君顶, 原芳

(河南理工大学 计算机科学与技术系, 焦作 454003)

摘要: 随着多媒体技术的迅速发展, 图像数据库也急剧膨胀起来, 如何高效、快速地从图像资源中获取有用的图像成了信息检索技术研究的热点。对近年来基于内容图像检索技术中的特征提取技术进行了详细全面的论述, 并指出了下一步的研究方向。

关键词: 图像数据库; 图像资源; 基于内容的图像检索; 特征提取; 研究方向

Content-Based Image Retrieval

SUN Jun-Ding, YUAN Fang

(Department of Computer Science and Technology, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, China)

Abstract: With the rapid development of multimedia technology, image database are swelling up, how to obtain useful images from the image resources on the Internet efficiently and quickly has become a hot research. In this paper, several feature extraction technologies of content-based image retrieval are discussed comprehensively and point out the future research directions.

Key words: image database; image resources; content-based image retrieval; feature extraction; research directions

1 引言

随着多媒体技术及 Internet 网络的迅速发展, 大容量存储设备和数字化设备的出现和广泛应用, 图像、视频数据呈现几何技术的增长趋势, 于是出现了大量的图像/视频数据库。一般的文字搜索引擎已经不能满足用户需求^[1], 因此, 如何快速、有效地从大规模的图像库中检索出有用的图像已成为国内外研究的热点。而作为解该问题的关键技术, 基于内容的图像检索技术已成为国内外广泛关注的焦点, 并在许多领域都有应用。该技术涉及信息检索、图像处理、计算机视觉、机器学习、人工智能等诸多研究领域, 因此如何将各个领域和传统数据库相结合, 建立基于多媒体内容自动或半自动的新一代有效检索手段便成为迫切的需求。

本文主要针对基于内容的图像检索技术中的特征提取方法展开论述, 系统的总结了近年来基于内容的图像检索中颜色、纹理、形状及语义特征的描述方法,

并指出了进一步的研究方向, 从而为以后深入的研究奠定理论基础。

2 基于内容的图像检索

20 世纪 90 年代以来, 基于内容的图像检索技术得到了快速的发展。利用颜色、纹理、形状等进行图像检索成了图像检索技术的主要研究方向^[2], 随着信息技术的发展, 基于图像表层视觉特征进行检索已不能完全满足人们的需求, 于是研究人员进一步将基于语义和基于视觉特征的图像检索有机结合起来, 并采用机器学习及相关反馈等技术进一步提高图像的检索效果。

2.1 基于颜色特征的图像检索

颜色特征是图像的基本特征之一, 与其他视觉特征相比, 颜色特征对图像本身的尺寸、方向、和视角的依赖性较小, 颜色特征的提取也相对容易, 因而基于颜色图像特征的图像检索的研究受到广泛的重视和

① 基金项目:河南省高等学校青年骨干教师资助计划(2010GGJS-059);河南省控制工程重点学科开放实验室(KG2009-14)

收稿时间:2010-11-07;收到修改稿时间:2011-04-03

研究。基于颜色特征的图像检索方法归总来说分为两类：全局颜色特征和局部颜色特征。

(1) 全局色彩特征索引

颜色直方图是目前常采用的方法^[3]，颜色直方图虽然计算简单，但是没有考虑图像的空间特征。为了克服颜色直方图的缺陷，文献[4]提出了以结构化直方图作为图像索引，对单位结构内的像素点数目进行量化。Huang 等人^[5]用颜色块的半径和角度直方图进行索引，将图像的内容看成由若干颜色块组成的集合，提取每一颜色块的半径直方图和角度直方图计算图像内容的相似度。此外 Wang 等人^[6]提出了色彩量化及索引的检索方法，在充分利用颜色直方图优点的同时，结合人眼视觉感知特性，将图像分块，通过梯度的大小，在亮度空间将图像子块划分为视觉均衡块和非均衡块，根据是否是均衡块提取索引直方图进行检索。以上方法在鲁棒性方面较差，为了解决该问题，Wu^[7]提出了图像像素二叉树各层子图像颜色直方图的方法，结合噪声攻击特点，提取出重要图像像素二叉树各层量子图像颜色直方图并确定其视觉权值，构造出重要图像像素二叉树子图像颜色直方图，该方法对光照锐化、模糊等噪声攻击均具有较好的鲁棒性。

(2) 局部色彩特征索引

目前，局部区域中的色彩信息可以表示为平均主色、主色彩、色彩直方图和二进制色彩集等。为了更好地利用颜色和空间分布信息，Lin 等人^[8]根据用户感兴趣的部分进行分块，避免了因均匀分块不能突出图像中间的主体部分，提取图像中心区域的主颜色和其他区域的平均颜色作为颜色特征，然后根据图像中心的重要性，对各个分块采用不同的加权系数，增强了局部图像的特征矢量。但是该方法适合于画面明显按分块变化的图像，Nie 等人^[9]结合颜色直方图和主颜色 NMI(Normalized moment of inertia)不变特征，提取的主颜色的 NMI 不变特征不仅反映了图像的大体轮廓也包含了主颜色的空间信息，此方法具有良好的检索效果。为了提高大型图像数据库查询的速度及准确度，Shi 等人^[10]提出了基于 HSV 颜色空间的两层数据库查询方法，先利用颜色矩对图像数据库筛选，缩小查询范围，再利用分块的颜色直方图进行二次查询，不仅检索效果准确，而且提高了检索速度。

2.2 基于纹理的图像检索

纹理特征反映的是图像的一种局部结构化特征，

具体表现为图像像素点局部邻域内像素点灰度级或者颜色的某种变化，而且这种变化是空间统计相关的。纹理分析的典型方法有空间域纹理分析和频率域纹理分析。

空间域纹理分析常采用共生矩阵进行图像检索，Zhang 等人^[11]采用颜色基元共生矩阵，对图像进行分块，确定图像中颜色连通区域集，提取图像中各颜色连通区域对应的四种颜色基元共生矩阵特征。但是上述方法没有考虑人在视觉对纹理特征的鉴别，为此 Li 等人^[12]基于视觉感知机制，提出了独立纹元矩，通过独立成分分析方法从图像集中学习得到独立纹元滤波器，利用独立纹元滤波器对纹理图像进行滤波分解，提取滤波系数的一阶矩和二阶矩。

在空间域的纹理分析方法中，局部二值模式(Local Binary Pattern, LBP)也是一种非常有效的方法^[13]。同时，结合多分辨率分析，Ojala 等将 LBP 进一步扩展到合适任意的区域^[14]。为了使 LBP 具备旋转不变性，Zhenhua Guo 等人^[15]提出了旋转不变纹理谱描述符。为了使 LBP 描述符适合描述感兴趣区域纹理特征，Heikkil 等^[16]在原始 LBP 描述符的基础上，提出了中心对称局部二值模式(CS-LBP, center-symmetric local binary pattern)描述符，同时通过设置全局阈值来判断纹理区域的平坦性。Sun 等人^[17]在中心对称局部二值模式纹理描述符的基础上，提出了融合局部区域中心像素以及灰度均值的改进纹理描述模式。LBP 描述符及其改进方法不需要复杂的理论推导，计算简单且不受光照变化等因素的影响，因此在人脸识别、图像检索、医学图像分析等领域得到了广泛应用。

随着小波变换在图像纹理分析中的广泛应用，人们也开始采用小波变换后的系数作为图像的索引。Zhao 等人^[18]提取了二进制小波系数的一阶、二阶统计矩(共生矩阵)作为图像纹理特征，取得了很好的检索效果。Zhang 等人^[19]结合了图像的频域统计特征和空间分布特征，通过小波变换提取图像的局部频域信息，结合图像的整体结构特征，构建了小波灰度共生矩阵，实验证明比单独使用其它灰度共生矩阵和小波特征检索效果都好。此外，Tang 等人^[20]充分利用小波变换可以对图像进行多尺度分析的优点以及游程长度矩阵可以描述图像灰度与游程长度分布规律的优点，使用高斯分布将小波分解后的各尺度图像游程长度矩阵特征进行合理融合。Zeng 等人^[21]利用多尺度和多方

向 Gabor 滤波系数的高阶矩提取图像特征, 并采用四尺度和六方向的滤波系数的能量、方差、峰态、平滑度和一致性作为特征向量进行图像检索, 取得了比传统 Gabor 滤波更高的查准率。

2.3 基于形状的图像检索

在二维图像空间中, 形状通常被认为是一条封闭的轮廓曲线所包围的区域, 所以对形状的描述包括基于形状边界的轮廓和这个边界所包围区域的描述。相应地, 基于形状的图像检索也分为基于轮廓和基于区域两大类。

Qiu 等人^[22]通过适当减少块边缘特征的种类, 只用水平和垂直方向的块提取图像块的边缘特征, 构建三维或四维直方图进行图像检索, 从而取得了较好的检索效果。但是上述方法没有考虑人的视觉感受, 为此, Wu 等人^[23]用轮廓点的相对位置分布关系对形状进行描述, 提出了一种极坐标下形状轮廓点的分布特征描述符, 不仅符合人眼的视觉感受, 而且计算简单。但以上方法在描述轮廓点时, 既没有考虑不同类型轮廓点对轮廓特征的不同贡献, 也没有考虑不同类型轮廓点相互间的分布关系, 为了解决该类问题, Sun 等人^[24]将轮廓像素划分为凹角点、凸角点及平滑点, 采用相对位置分布特征描述凸角点、凹角点间的相互分布关系, 实验证明该方法取得了更好的检索效果。为了同时考虑图像的颜色特征, Yang 等人^[25]首先利用 Canny 检测算子提取原始图像的彩色边缘轮廓, 然后构造能全面反映边缘轮廓内容的边缘颜色直方图和边缘方向直方图来描述图像的轮廓特征, 从而有效提高了对彩色图像的检索效果。

基于区域的图像检索是以图像分割为基础, 怎样把一个图像有效地分割成有意义的区域, 并且使这些区域适合于表示原始图像的特征^[26]是基于区域图像检索的关键。传统的平均分割和仅依靠几种主色进行分割, 并不能很好的反映原始图像基本特征。Kuang 等人^[27]采用改进的 K 均值无监督分割方法将图像分割成区域, 再提取每个区域的颜色、位置、形状进行相似度计算。Sun 等人^[28]应用 K 均值聚类算法将图像中的像素按颜色进行聚类, 每一类近似对应于图像中的一个一致性区域, 在区域上提取颜色和纹理特征。Shu 等人^[29]将模糊理论和图像分割算法相结合提取区域的模糊直方图。为了增强系统的灵活性, Zhou 等人^[30]在提取图像感兴趣的区域时增加了与用户交互的方

式, 通过用户的简单操作, 在待查询图像上标识所感兴趣的区域。

2.4 基于语义的图像检索

用户在查询图像时, 关注的往往是具有特定含义的图像, 而颜色、纹理及形状等特征属于图像的底层特征, 这些特征的本身并不包含图像的语义信息。因此, 为了满足用户查询的需要, 需要建立图像底层特征同语义特征的联系, 消除了图像检索中的“语义鸿沟”问题。

在基于语义的图像检索中, 目前最简单最常用的方法就是采用文本检索。Jiao 等人^[31]就是先利用关键词进行检索, 然后利用图像的视觉特征和数据审计技术精化图像库。虽然该方法有效地考虑了图像的语义信息, 但是基于关键词的图像检索方式存在因用户理解差异而导致对图像语义理解的歧义问题。为此, Chen 等人^[32]利用语言学本体 WordNet 中单词的语义层次, 并综合考虑了单词之间的同义关系、上下位关系等不同层次的抽象语义信息, 建立检索词和标注词间的语义关联, 统一不同用户对图像语义的理解, 有效提高了图像的检索效率。

但是文本描述自动获取困难, 且对于概念之间的复杂关系缺乏足够的表达能力, 难以独立完成语义描述的任务。基于此, 基于人工智能的知识表达方法(如机器转换模型、基于本体的表示、语义空间等)被提了出来并获得了广泛应用。Jia 等人^[33]以对象描述模型为基础, 通过图像分割、机器学习等方法, 得到训练样本集中高层语义与分割后低层视觉特征之间的先验概率关系模型。Deng 等人^[34]提出一种基于领域本体的图像半自动语义标注, 具有层次及模块化特点且领域本体独立, 支持领域本体进化和系列推理深度不同的图像检索方法。此外, Jin 等人^[35]将传统的向量空间模型与图像特征结合起来构造语义空间, 采用了一个多维矩阵来描述图像低层特征(如颜色、纹理、形状)或预先注释的高级语义属性(如类别、类型、尺寸等)。Jiang^[36]结合模糊熵理论和改进的空间信息分布, 利用颜色空间特征语义进行图像检索。

2.5 综合多特征的图像检索

图像本身包含了丰富的信息, 单一的图像检索技术很难全面表达图像的全部信息, 因此在图像检索中, 人们往往要综合图像的多种特征进行检索。

综合多特征的检索方法就是综合利用图像的颜

色、形状、纹理或空间等特征表示,构成特征向量,并用于图像检索。Zhang 等人^[37]提出采用颜色矩方法提取九个颜色特征分量,通过 Ostu 阈值分割法确定 Canny 算子的高门限完成图像分割,并提取七个 Hu 不变矩形状特征分量,并结合两种特征用于图像检索。Yang 等人^[38]提出采用颜色矩和小波多尺度高频子带的方差特征进行图像检索,并取得了很好的检索效果。Zhang 等人^[39]综合纹理和空间分布特征,先用平移和尺度不变小波对图像子块进行分解,提取图像子块的小波直方图,然后提取反映图像纹理特征和空间分布特性的小波信息熵和三阶中心距。Wang 等人^[40]以色彩为代表,提出了图像情感语义查询的框架,在该框架下,定义描述色彩语义的自然语言词汇,设计了基于模糊隶属度函数的图像色彩语义描述方法,将人类对图像内容理解的经验与图像色彩语义联系起来,该方法为图像语义研究提供了一种可行的,有效地解决方案。Xu 等人^[41]在提取分块主色的基础上引入了一种颜色相邻矩阵,描述颜色的相对空间分布,提高了图像变形的鲁棒性,并结合图像的纹理信息进行检索,其检索效果比单用全局颜色直方图和分块颜色直方图效果都好。由此可见,综合多特征的图像检索方法的优越性,不仅能提取更完整的图像信息,使检索结果符合用户的要求,还提高了检索的效率。

3 进一步的研究方向

基于内容的图像检索技术虽然在数据库图像检索领域得到了广泛的应用,但是目前这方面的技术还十分不成熟,仍需进一步研究:

(1) 针对图像的颜色特征的提取问题,应从颜色的物理、视觉、心理等方面进行综合深入的研究,同时要考虑降低颜色特征的维数。

(2) 针对图像纹理特征的提取问题,应尽量减少所选纹理特征对具体纹理图像的依赖程度,研究不同的纹理库图像进行纹理特征集的自动切换问题。

(3) 针对图像形状特征的提取问题,应减少图像分割对形状特性的影响。其次,目标形状的描述也是一个复杂的问题,人对形状的感觉是视网膜感受和现实世界的知识相结合的结果,因此应致力于研究与人的主观感觉相一致的形状模型^[42]。

(4) 目前,基于语义的图像检索成为研究的热点,但是如何解决图像的底层特征和高层语义之间的语义

鸿沟仍是困扰研究人员的主要问题。

(5) 图像的检索效果需要交给用户进行评判,而用户将查询结果的评判信息反馈给计算机。因此,如何设计用户的反馈方式和充分利用反馈信息需要深入研究。

4 结语

本文对图像检索中特征描述技术进行了介绍,即如何利用图像的视觉特征(颜色、形状、纹理等)和图像的语义信息在大型图像数据库中检索出用户所需图像。但随着多媒体数据压缩技术和互联网的迅速发展,基于内容的图像检索还存在重要问题,在图像处理和模式识别方面仍需要继续完善图像特征的提取、表达、相似性度量。

参考文献

- 1 孙君顶,赵珊.图像低层特征提取与检索技术.2009.
- 2 孟祥娜,秦玉平,王春立.基于内容的图像检索技术综述.渤海大学学报(自然科学版),2009,30(1).
- 3 叶志伟,夏彬,周欣,张彦超.一种改进的基于颜色直方图的图像检索算法.吉首大学学报(自然科学版),2009,30(5).
- 4 金莲芳,覃团发,王海霞,等.基于结构量化直方图的图像检索方法.中国图像图形学报,2006,11(2):180-185.
- 5 黄晶,倪林.基于颜色块的半径和角度直方图的图像检索.计算机工程,2008,34(10).
- 6 汪华章,何小海,宰文姣,王炜.基于色彩量化及索引的图像检索.光电子·激光,2008,19(2).
- 7 吴远仁.基于二叉树量子图像颜色直方图的图像检索.计算机与现代化,2009,(11):140-142.
- 8 林丽惠,杨升.一种基于局部颜色特征的图像检索方法.重庆工学院学报(自然科学),2009,23(7):143-145.
- 9 聂加娜,李波,李宪玲,赵景秀.基于主颜色归一化转动惯量的图像检索方法.电脑知识与技术,2010,6(1):179-180,190.
- 10 史变霞,张明新,乔小妮,郝瑞芝.基于颜色特征的图像减速方法.微电子学与计算机,2010,27(4).
- 11 张恒博,欧宗瑛.一种基于颜色基元共生矩阵的图像检索方法.计算机工程,2007,33(14).
- 12 李清勇,罗四维,史忠植.基于独立纹元矩的纹理图像检索.计算机辅助设计与图形学学报,2007,19(10).
- 13 Ojala T, Pietikäinen M, Hardwood D. A comparative study of texture measures with classification based on feature

- distribution. *Pattern Recognition*, 1996, 29: 51–59.
- 14 Ojala T, Pietikäinen M, M enpää T. Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with Local Binary Patterns. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2002, 24(7):971–987.
- 15 Guo ZH, Zhang L, Zhang D. Rotation invariant texture classification using LBP variance (LBPV) with global matching, 2010,43(3):706–719.
- 16 Heikkilä M, Pietikäinen M, Schmid C. Description of interest regions with local binary patterns. *Pattern Recognition*, 2009,42(3):425–436.
- 17 孙君顶,毋小省.纹理描述符及其在图像检索中的应用.计算机辅助设计与图形学学报,2010,22(3).
- 18 赵平,尚赵伟.基于二进制小波统计特征的纹理图像检索.计算机工程,2007,33(20).
- 19 张一飞,修非,鲍玉斌,于戈.基于小波纹理特征的医学图像检索.东北大学学报,2009,30(3).
- 20 唐坚刚,刘丛.基于小波分解和游程长度矩阵的医学图像检索.计算机工程与设计,2010,31(8).
- 21 曾焱,陈博娜.基于 Gabor 滤波系数高阶矩的图像检索.光电工程,2010,37(3).
- 22 邱开金,肖国强,张为群.基于块边缘特征直方图的图像检索.计算机学报,2006,33(4).
- 23 束鑫,吴小俊,潘磊.一种新的基于形状轮廓点分布的图像检索.光子学报,2009,20(10).
- 24 孙君顶,李泉溪,毋小省.一种新的轮廓特征提取和检索算法.光子学报,2009,20(1).
- 25 杨芳宇,王向阳.一种基于边缘综合特征的彩色图像检索算法.计算机学报,2010,37(2).
- 26 章毓晋.图像分割.北京:科学出版社,2001.
- 27 况夯,罗军,钟洪.基于目标区域和相关反馈的图像检索.计算机工程与应用,2008,44(16).
- 28 孙焱,马志强,李杨,赵秋实.一种基于区域的图像检索方法的研究.信息技术,2008,7.
- 29 束鑫,宋晓宁,祁云嵩.基于区域模糊直方图的图像检索.江苏科技大学学报,2007,21(6).
- 30 周静,郝红卫.基于用户感兴趣区域的图像检索方法.计算机应用研究,2007,24(9).
- 31 焦隽,姜远,黎铭,周志华.一种在无标注图像库中进行的基于关键词的检索方法.模式识别与人工智能,2009,22(3).
- 32 陈世亮,李战怀,袁柳.一种基于多层语义相似性度量的图像检索方法.西北工业大学学报,2008,26(5).
- 33 贾振超,赵耀,朱振峰.应用对象语义进行图像检索的新方法.铁道学报,2007,29(4).
- 34 邓涛,郭雷,杨卫莉.基于本体的图像语义标注与检索模型.计算机工程,2008,34(17).
- 35 金大卫,胡知元.基于语义的图像检索应用研究.武汉大学学报·信息科学版,2009,34(10).
- 36 蒋华伟.基于模糊熵的空间语义图像检索模型研究.计算机应用研究,2010,27(1).
- 37 张华伟,孙劲光.基于颜色与形状图像检索的研究.计算机仿真,2009,26(11).
- 38 杨红菊,张艳,曹付元.一种基于颜色矩和多尺度纹理特征的彩色图像检索方法.计算机学报,2009,36(9).
- 39 张志安,冯宏伟.一种新的基于纹理和空间分布特征的图像检索.光子学报,2008,37(2):401–404.
- 40 王伟凝,贺前华.基于色彩描述的图像情感语义查询.华南理工大学学报,2008,36(1):61–66.
- 41 徐慧英,袁杰,赵建民,朱信忠.一种基于颜色和纹理的图像检索方法.计算机学报,2009,36(5):282–286.
- 42 姚弘.基于内容的图像检索技术研究.中国新技术新产品,2010,(8):20–21.