

基于内容的图象检索技术

徐杰 施鹏飞

(上海交通大学模式识别与图象处理研究所, 上海 200030)

摘要 随着数字图象的日益增多, 基于内容的图象检索已成为图象使用者和管理者迫切需要解决的问题。近年来, 各国研究者纷纷加入该领域的研究。为了使人们对该领域现状有个概略了解, 以推动该领域研究进一步开展, 首先概括介绍了基于内容图象检索的产生、发展及其关键技术; 然后介绍了特征提取(包括低层特征和语义特征)及其相似性计算、相关反馈等的原理及算法; 最后指出了基于内容的图象检索技术与计算机视觉技术的区别所在, 并对目前存在的问题和应着重研究的内容以及发展方向进行了分析。

关键词 计算机信息管理系统(520·6070) 基于内容的图象检索 特征提取 相似性计算 相关反馈
中图分类号: TP391.41 TP391.3 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2003)09-0977-07

A Survey on Content-based Image Retrieval Techniques

XU Jie, SHI Peng-fei

(Institute of Image Processing & Pattern Recognition, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030)

Abstract Owing to the widespread use of digital images, methods for efficient image access, management and retrieval become urgent requirements to image users and managers. Content-based image retrieval(CBIR) is a good solution for this problem, and has attracted increasing attention from researchers all over the world recently. In this paper, we review the beginning and various applications of CBIR firstly, and then we introduce some key techniques and algorithms for CBIR, such as methods and principals for image feature selection and representation, feature-based similarity computation, semantic features and relevance feedback. CBIR inherits some automatic techniques from traditional computer vision. However, CBIR and computer vision are very different in essence. We put forward our views on both common and distinct characters between them in the concluding section. CBIR is distinguished by the ability of on-line learning through interactive with users. Future research directions are also be presented in this section, including relevance feedback, features fusion, database technique and hierarchical ordered descriptions about the semantic content of images.

Keywords Content-based image retrieval, Feature extraction, Similarity compute, Relevance feedback

0 引言

众所周知, 图象作为人们表达、记录与交流思想的一种重要手段, 在医学、新闻、广告、设计、教育和娱乐等领域发挥着重要作用。近年来, 随着计算机技术和数字图象设备的发展与普及, 数字图象数量急剧增加; 工程、建筑、医学, 以及图片社、艺术收藏馆、博物馆等领域随着数字化技术的引入, 亦积累了大量数字图象, 并已建立了一定规模的数字图象库, 然而, 由于数字化设备本身并没有提供图象库的管理

方法, 因此用户还需要特定的分类与检索技术来管理和查询图象, 其检索所需要的信息也应该从图象本身自动提取, 即基于内容的图象检索。比如, 新闻工作者查询特定类型事件的图片、设计者查找特定颜色或纹理的材料、工程师查找一个特定类型部件的图纸等。

近10年来, 基于内容的图象检索系统已发展到几十种^[1], 其中IBM公司开发的QBIC系统最为人知, 其他系统包括Attrasoft公司的ImageFinder, 麻省理工学院的Photobook, Illinois大学的MARS, Columbia大学的VisualSEEK, California

基金项目: 上海市科委发展基金项目(015115022)

收稿日期: 2002-06-03; 改回日期: 2003-04-22

(Santa Barbara) 大学的 Netra 等系统. 如今图象检索技术已广泛应用于军事、信息安全、时装和艺术设计、媒体、医学、地理信息和遥感系统、教育和培训、家庭娱乐等领域.

1 图象检索的分类

图象检索可根据检索系统提供给用户的查询方式分为^[2]:

(1) 相关查询 用户没有特定目标, 查询是通过浏览非限定图象来源寻找感兴趣的东西, 进而查找类似图象. 由于这类查询通常利用相关反馈技术来对查询结果进行优化, 因此具有高度交互化的特点.

(2) 目标查询 即特定图象的查询, 检索的目标可以是用户印象中的某一图象, 也可以是具有相同目标物的其他图象, 还可以是根据用户迭代指定的一组图例找出的最相似图象.

(3) 范畴查询 查询指定类型的任意代表图象, 用户可能已有一幅或一组图象, 而查询的目的就是得到别的同类图象. 图象类别可根据图象标记得知, 也可直接来自于数据库. 该类查询通常是根据相关领域指定的相似性来定义迭代优化检索结果.

图象检索还可根据所利用的图象特征将图象查询分为如下 3 个层次^[3]:

(1) 第 1 层次 对于图象简单特征, 如颜色、纹理、形状或图象要素的空间位置的查询, 由于这一层次检索使用的特征带有主观性, 可直接从图象中得到, 因此不需要任何的外部知识.

(2) 第 2 层次 对于图象个体特征(通常为局部特征), 如检索某目标或者人物等的查询. 由于这些特征包含对于所要识别目标某种程度上的逻辑推理, 因此需要外部知识的辅助, 以说明如何定义类型和目标物.

(3) 第 3 层次 对于图象抽象属性的查询, 包括: 检索有关某个事件或者某类活动的图象等, 如检索包含某种感情或信仰的图象等. 由于抽象属性包含对于目标或者场景所代表含义、目的的描述及更高层的推理, 因此通常需要通过复杂推理与主观判断来将图象内容与抽象概念联系起来.

2 图象检索的关键技术

图象检索系统的技术流程, 通常是仿照 MPEG-

7 的基本思想通过提取所搜集图象的重要特征来首先建立图象特征库, 检索时, 将用户所提交的查询命令转化为相应的图象特征; 然后按照某种检索方式逐个与特征库中的图象特征作相似性匹配; 最后得到一组最接近查询命令所描述的图象, 再通过相关反馈技术可以对查询结果逐步求精. 图象检索的关键技术包括: 图象特征的提取、基于特征的相似性计算、相关反馈以及图象语义的获取, 它涉及到机器视觉、模式识别、数据库技术以及信息检索等学科.

2.1 特征选择及相似性计算

对图象内容了解越深入, 越有助于提高图象检索的准确度, 但是由于基于内容的图象检索要考虑的问题不是如何来描述图象的全部内容, 而是如何增强那些用户所查询的图象特征, 因此并不需要完全地理解图象内容. 图象检索中, 通常以图象特征的相似性为检索依据, 其中低层特征主要包括图象颜色、纹理、形状与结构布局等, 这些特征的提取、表达以及相似性计算虽比较容易, 但对于查询用户来说, 不仅难以理解, 且使用起来也不直观; 而从低层特征中提取图象的语义描述, 再基于语义相似来查询图象, 则可以直接表达对于图象的视觉感知, 也更符合人们的习惯和要求, 但语义特征的计算与匹配非常复杂, 由于各方面技术的限制, 语义检索仍处于探索阶段, 因此目前仅限于简单语义, 如图象类别或基于类别知识的目标检索的研究.

2.1.1 颜色

颜色特征是图象检索中应用最广泛的一类视觉特征, 因为其对于复杂背景、图象大小与方位等具有较好鲁棒性. 提取图象的颜色特征时, 首先要选择颜色空间. 由于 RGB 颜色空间表示法记录了图象本质上的颜色特性, 且其直接与人眼的输入通道相匹配, 因此当不考虑外界因素的影响时, 是一种很好的选择. Swain 等对 RGB 颜色空间表示法进行了改进, 即将像素点亮度值定义在第 3 个坐标上, 因为人眼对于亮度变化更为敏感^[4]; Gevers 等从 Schafer 模型的分析中得出白光照射下不光滑与光滑表面的颜色不变空间^[5]. 由于 HSV 颜色空间的色度值对于光照与摄像机角度具有不变性, 因此该模型更接近用户的肉眼判断. 另外, CIE Lab 颜色空间两种颜色的 Euclidean 距离也可以模拟人类对于颜色差别的感知.

众所周知, 颜色直方图是应用最多的颜色特征表示法, 其相似性度量方法主要有 Swain 等提出的直方图交叉法^[4], Hafner 提出的 L_2 关系矩阵法^[6],

以及 Stricker 提出的累加直方图方法^[7]。

为了克服颜色直方图对量化作用的影响, Stricker 基于任何颜色分布都可以用它的矩来表征的数学基础,提出了颜色矩表示法^[7]。为了加速大容量图象库的搜索, Smith 和 Chang 提出用颜色集来近似颜色直方图^[8],并讨论了颜色集与颜色直方图之间的关系。Pauwels 和 Frederix 还提出一种基于 RGB 直方图中像素点的无参数聚类算法,并通过其识别出的属于同一种颜色的像素来分析图象的颜色特征^[9]。

2.1.2 纹理

纹理是所有事物表面固有的一种特性,也是图象检索中一个重要而又难以描述的特性。纹理统计特征分析方法主要有共生矩阵分析法、马尔可夫分析法、多尺度自回归 MRSAR 模型以及遗传算法等。20 世纪 90 年代初期,许多研究者开始用小波变换来表示纹理,如 Randen 对变换特征的纹理分类方法作了综述^[10]; Ohanian 比较了马尔可夫自由场、多通道滤波、分形表示法和共生矩阵 4 种纹理表示法,结论是共生矩阵方法最好^[11]; Ma 等用不同的小波变换来分析图象的纹理,其中包括正交和双正交小波变换、树结构小波变换、Gabor 小波变换等,结论是 Gabor 小波变换最好,也最符合人的视觉结果^[12]。

Tamura 等从人类感知心理学的角度提出纹理的 6 种视觉特性:粗粒度、对比度、方向性、线性度、规则度和粗糙度^[13]。该纹理特征表示具有实际的视觉意义,可以为图象检索提供更好的用户交互性。

据研究,纹理对于检索卫星图象与文本图象非常有效,也可以很好地支持基于分割的识别技术,但由于纹理很少能提供语义信息,因此通常作为检索过程的辅助手段或者与其他特征结合使用。现有的对纹理特征的检索一般采用示例查询方法,另外,为了缩小纹理的查找范围,还可考察纹理的颜色特征,以便把检索空间缩小到某个颜色范围。

2.1.3 形状

形状是刻画物体本质的特征之一。一般对于目标的查询可能针对形状而非颜色,因为同一物体可能有颜色的区别,但形状却是一致的。这种基于形状的检索,常根据用户选择或勾画的草图,再利用形状特征或主要边界的匹配来实现。

描述一封闭形状的简单特征有拐点、重心、面积与周长比、长短轴比等,而最成功的形状表示法则为 Fourier 描述子和不变矩。Lei 等提出用多项式拟合

来表示局部几何信息,并根据其几何不变性进行目标匹配与识别^[14]; Mehtre 等比较了基于边界的描述符、基于区域的描述符以及联合描述符,并证明综合方法比独立方法的检索效果要好^[15]; Veltkamp 等对于分割之后目标集的形状匹配方法也做了介绍^[16]。

形状特征的相似性计算有许多,其中传统模板匹配技术是将图象区域变形,以使风险函数与变形能量最小。该方法虽精确,但计算量大,从而限制了其在图象检索中的应用; Latecki 等提出的多尺度模型则是通过从轮廓曲线中移除点来将之简化,直到在可视背景上确实存在这样的曲线为止^[17]。其他算法还包括有限元方法、转角函数和小波描述符等。

图象检索中的形状表示必须满足一定变形条件下距离测度的鲁棒性。由于检索是一种交互式过程,其某种程度上的错误匹配可以在迭代过程中得到纠正,因此应该在鲁棒性和计算效率之间做好平衡,尽管基于形状的图象检索技术已较为成熟,但其瓶颈问题仍是图象的自动分割技术。

2.1.4 空间布局和子区域

当图象库容量很大时,利用图象全局特征进行检索常会返回过多不相关的图象,研究表明,利用图象分割后的局部特征及区域间的相互位置关系可以提高检索的能力。

结构特征集包含了特征值及其相互间的位置关系、层次顺序,以及点集或目标集之间的关系等。其中目标的结构布局通常以不同子块之间的图元关系来表示。Latecki 等首先描述出目标形状,然后将其分解为几个主要部分,从而使图象间相同目标的匹配变得更容易^[17]; Frederix 等首先利用无参数的聚类算法来自动识别图象中显著区域,然后将之分解为分支区域^[18]; Hsu 等则根据图象区域的拓扑关系,以字符串树的形式来建立 2D 索引,其中,每个索引代表直角坐标系中一个区域的投影,而不同结构之间的距离则为从一种字符串树变换为另一种字符串树所做修改的权数^[19]。

Fuh 等用拓扑关系图来描述同质 RGB 区域之间的关系,首先建立层次顺序树,然后通过对应分支的相似性来确定树的相似性,其结论为层次顺序树集比普通特征集更有效,但对于更大的数据集其投影计算量却很大^[20]; Smith 等首先根据颜色布局将图象划分为同质区域,并将对应区域转换为视觉字典中的字符串,然后再利用 2D 字符串匹配算法来计算区域间的相似性^[21]。

2.1.5 语义特征

图象内容越深层的语义描述需要越深层的图象理解,虽然图象理解通常可依赖于图象景物的强分割来实现,然而,对于景物复杂(如内容杂乱和相互遮挡)的图象,强分割通常是不可能或者很难自动实现的,由于图象本身并不能诠释图象的语义内容,如果没有外部知识的辅助,则很难确定一种结构是代表一个物体,还是仅仅代表一些在现实世界没有任何意义的偶然性组合的区域,因此,针对图象本身的景物,强分割与特征的完全描述对于取得图象相似性排序并不是完全必要的.由于基于语义的图象检索中的图象特征、目标特征以及抽象特征之间存在较大的差距,因此如何从简单的图象特征来获取高层特征,以满足基于语义的相似性要求是这个层次检索的研究重点和难点.目前基于语义的图象检索主要致力于如下两个方面的技术研究:景物分析与分类技术以及目标识别与检索技术,即第2层次的检索.

其中,景物分析与分类技术对于基于语义的图象检索是非常重要的,因为其不仅可作为搜索时一个重要的过滤器,还可以帮助识别特殊物体. Gorkani 尝试利用低层次的特征来识别高层次的景物特征,以辨别城市风景和野外风景^[22]; Szummer 根据整幅图象与图象子块中的颜色、纹理与频域信息,将照片分为室内和室外两类,并利用位置和空间特性来提高分类的准确度^[23]; Vailaya 则首先利用二值 Bayesian 分类器来从低层特征中获取高层语义;然后构造出照片的层次类别,从而实现了基于类别的照片检索^[24].

目标识别和检索主要是利用数据库检索技术来识别和分类目标,其包括全自动目标识别和基于用户的相关反馈学习相关语义两种技术,其中,前者是对于每类目标提出的用于识别的模板,首先通过识别出可能包含目标的区域来建立可由此确定或推断目标是否存在的规则.这其中最广为人知的是 Forsyth 提出的用于识别图象中不被遮挡人物的技术,由于该技术可以应用到更广泛的目标中去,其中包括马和树^[25]; Newsam 等利用 Edge Flow 方法来自动分割图象,并提取出目标,从而在目标特征相似性的基础上可实现基于目标的查询^[26].

最早基于用户反馈来获得相关语义,以支持基于语义的检索系统是 FourEyes 系统^[27],该系统是根据用户对图象区域所加的注释,对特征相似区域

作相似的语义标记,并利用更深层的用户反馈来提高系统性能;另一种方法是 Chang 提出的视觉语义模型,该方法是通过传统方法及相关反馈技术来给出查询结果,用户满意后,再给当前查询指令一个语义标记(如日落),并存储到查询数据库.这样,时间久之,查询数据库就变成一个视觉词典,它可将每个语义概念与一组最可能检索到相关元素的主要图象特征联系起来^[28];文献^[29]提出一种基于先验知识的,上下文驱动的目标理解算法来实现图象语义的提取.

第3层次语义的自动检索技术目前还非常少见, Corridoni 提出利用颜色的主观注释(如一种颜色被认为是冷色还是暖色,两种颜色是否相协调)来检索可以激发某种特殊情感的图象.该方法取得怎样的成效目前还难以断定^[30].

因此,基于语义的图象检索将不可缺少人工智能、模式识别、心理学、生理学以及人的视觉感知等领域更深入的研究成果.

2.2 人机交互与相关反馈技术

多数图象检索系统,由于其查询与结果显示都是反复迭代进行的,且用户对每步检索结果都要进行评价,并需修改查询定义才能查询,因此系统若将用户反馈信息作为进一步检索的依据,则应尽可能地优化查询结果,以使得检索结果更符合用户需要.这种系统与用户的交互过程就是相关反馈(relevance feedback)的基本思想,其中最简单的反馈就是让用户标记出相关图象与不相关图象.对于不同类型的查询,系统对于用户反馈信息的处理各不相同,但都应考虑怎样在从用户那里得到更多信息的同时,不增加用户负担.

相关反馈,一种方法是将特征参数化,并根据用户反馈来优化特征参数,以便使其能更好地表达图象的内容,如 Smeulders 作目标识别时,就利用用户对分割结果的修正来使系统选择更合适的显著特征^[31];另一种方法则是通过反馈信息来修改相似性函数中各特征的权值,如 Ciocca 和 Schettini 通过比较正例的特征偏差与正、反例联合偏差来调整权重,若正例特征偏差越小,则该特征对于当前检索越重要^[32]; Rui 则将根据全局相似性函数得到的图象序列,与根据每个特征类得到的序列相比较,以更新不同特征类的权重^[33],而对于目标与类别检索,相关反馈则用来调整特定解释的可能性、更新根据特征值和相似性所作的标记; Meilhac 将当前及之前迭

代过程中用户标记的相关与不相关图象收集起来,通过逐步构建 Parzen 估计量来找到最佳两类分类结果,以支持类别检索^[34];Cox 等通过构建 Bayesian 框架来计算图象为目标的可能性,并在迭代中根据与相关图象或与不相关图象的相似性来增加或者减小该可能性^[2]。

文献[35]利用正例样本构造前向神经网络来进行自学习,以理解用户的查询意图和语义概念,并对查询结果逐步求精;文献[36]则利用相关反馈图象检索系统的时序特性来动态修正图象的相似性度量公式。

3 结论及展望

基于内容的图象检索,其发展动力是数字化设备与网络的普遍应用,以及大容量存储设备成本的下降。笔者认为,图象检索的几个发展方向应该包括:

- (1)新的人机交互模式;
- (2)更大的图象数据库;
- (3)解决问题的新方法以及新的应用目的与方式。

另外,对于图象检索使用类型、目的和目标的精确定义或者相关标准的制定,也将有助于研究者们更清楚地认识到需要解决的问题是什么,以及如何评价各种不同方法。

可视化信息管理不应该被认为是利用现有技术(计算视觉、数据库技术)来管理和处理图象,同时计算机视觉的研究者也应该辨别出交互式图象理解不是他们目前重点研究的自动化技术的主要特点^[37]。由此可见,图象检索区别于计算机视觉有如下几方面:

- (1)图象检索所要处理的图象集非常大,因此对于软件与计算技术的鲁棒性要求更高;
- (2)图象检索并不一定需要目标的强分割,而根据应用目的的不同,通过图象同质区域的弱分割也可获取目标的显著特征,或者直接利用全局特征来进行检索,而对于照片一类图象的检索,一般图象中心比周围区域包含的信息更为重要,也可根据这种认识来划分此类图象;

(3)色彩信息对于图象检索的意义更为重要,因为图象检索是基于用户的,而颜色是用户感知图象的重要信息;

(4)更为重要的是,图象检索可通过图象特征之间的相似性比较与匹配来实现,并强烈依赖于与用

户的交互,而计算机视觉则更为着重于对图象内容的主动理解。

目前,基于内容的图象检索技术已经取得了一定进展,但相对于传统文本搜索引擎来说,还有很大的差距,因此图象检索应着重如下几个研究方向:

(1)图象检索中的特征不变性与区别能力是对立的两个方面,如何取得较好的平衡是目前应着重研究的内容;

(2)图象检索是基于图象特征相似性来进行检索的,由于不同特征有不同的相似性定义,因此对如何有效地融合多个特征来获取图象相似性排序应该做更深入的研究;

(3)图象的层次顺序描述,由于其避开了图象分割问题,同时因其保持了图象的语义关系而得到普遍应用,但其难点在于如何在层次顺序因存在部分干扰或外界变量而对内容产生影响时,还能提供有效的匹配方法;

(4)学习理论可以为每个语义名词建立精确的模型,即由于其可以根据标题、标记或未标记数据来形成类别,且学习理论对于特定领域、大量已标记数据集的应用比较成功,因此在基于语义的图象检索中可以加以借鉴;

(5)人机交互和相关反馈最近几年已成为图象检索的研究热点,虽然理解用户行为以及内容可视化是传统信息检索的重要原则,但对于图象检索来说,查询空间的可视化对于用户运用复杂查询是非常重要的。可以预见,图形学和虚拟现实技术在不久的将来会应用到图象检索领域,另外,图象检索应考虑如何尽可能地简化视觉特征,同时又尽可能地丰富用户语义的含义;

(6)与数据库技术的融合,当真正大量(如上千万)的图象数据集出现时,数据库将成为图象检索系统的一个重要组成部分,而且这对于图象特征的表达、计算速度以及层次可达性都将产生大的影响。

参考文献

- 1 Venters C C, Cooper M. A review of content-based image retrieval systems [EB/OL]. <http://www.jtap.ac.uk/reports/htm/jtap-054.html>, University of Manchester, UK, 1999.
- 2 Cox I J, Miller M L, Minka T P *et al.* The Bayesian image retrieval system, picHunter: theory, implementation, and psychophysical experiments [J]. *IEEE Transactions Image Processing*, 2000, 9(1): 20~37.

- 3 Eakins J P. Automatic image content retrieval—are we getting anywhere? [A]. In: Proceedings of Third International Conference on Electronic Library and Visual Information Research[C], Milton Keynes, England, 1996; 123~135.
- 4 Swain M J, Ballard B H. Color indexing [J]. International Journal of Computer Vision, 1991, 7(1): 11~32.
- 5 Gevers T, Smeulders A M. Pictoseek: combining color and shape invariant features for image retrieval [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2000, 9(1): 102~119.
- 6 Hafner J, Sawhney H S *et al.* Efficient color histogram indexing for quadratic form distance functions [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1995, 17(7): 729~736.
- 7 Sticker M, Orongo M. Similarity of color images [A]. In: Proceedings of the SPIE; Storage and Retrieval for Image and Video Databases[C], Orlando, FL, USA, 1995; 381~392.
- 8 Smith J R, Chang S F. Tools and techniques for color image retrieval [A]. In: Proceedings of the SPIE; Storage & Retrieval for Image and Video Databases IV [C], San Jose, CA, USA, 1996; 426~437.
- 9 Pauwels E J, Frederix G. Nonparametric clustering for image segmentation and grouping [J]. Image Understanding, 2000, 75(1): 73~85.
- 10 Randen T, Husoy J H. Filtering for texture classification: A comparative study [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1999, 21(4): 291~310.
- 11 Ohanian P P, Dubes R C. Performance evaluation for four classes of texture features [J]. Pattern Recognition, 1992, 25(8): 819~833.
- 12 Ma W Y, Manjunath B S. A comparison of wavelet transform features for texture image annotation [A]. In: Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing [C], Washington, USA, 1995, 2: 256~259.
- 13 Tamura H, Mori S, Yamawaki T. Texture features corresponding to visual perception [J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1978, 8(6): 460~473.
- 14 Lei Z, Keren D, Cooper D B. Computationally fast Bayesian recognition of complex objects based on mutual algebraic invariants [A]. In: Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing [C], Washington, USA, 1995, 2: 635~638.
- 15 Mehtre B M, Kankanhalli M, Lee W F. Shape measures for content based image retrieval: a comparison [J]. Information Processing Management, 1997, 33(3): 319~337.
- 16 Veltkamp R C, Hagendoorn M. State-of-the-art in shape matching, multimedia search: State of the Art [M]. New York: Springer Verlag, 2000.
- 17 Latecki L J, Lakamper R. Convexity rule for shape decomposition based on discrete contour evolution [J]. Image Understanding, 1999, 73(3): 441~454.
- 18 Frederix G, Pauwels E J. Automatic interpretation based on robust segmentation and shape extraction [A]. In: Proceedings of Third International Conference on Visual Information Systems [C], Amsterdam, Netherlands, 1999; 769~776.
- 19 Hsu F J, Lee S Y, Lin B S. Similarity retrieval by 2D c trees matching in image databases [J]. Journal Visual Communication and Image Representation, 1998, 9(1): 87~100.
- 20 Fuh C S, Cho S W, Essig K. Hierarchical color image region segmentation for content-based image retrieval system [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2000, 9(1): 156~163.
- 21 Smith J R, Chang S F. Integrated spatial and feature image query [J]. Multimedia Systems, 1999, 7(2): 129~140.
- 22 Gorkani M, Picard R W. Texture orientation for sorting photos at a glance [A]. In: Proceedings of International Conference on Pattern Recognition [C], Jerusalem, Israel, 1994, 1: 459~464.
- 23 Szummer M, Picard R W. Indoor-outdoor image classification [A]. In: Proceedings of the IEEE International Workshop on Content Based Access of Image and Video Database [C], Bombay, India, 1998; 42~51.
- 24 Vailaya A, Figueiredo A T, Jain A K *et al.* Image classification for content-based indexing [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2001, 10(1): 117~130.
- 25 Forsyth D A, Malik J, Fleck M M *et al.* Finding pictures of objects in large collections of images [A]. In: Workshop on Object Recognition [C], Cambridge, United Kingdom, 1996; 335~360.
- 26 Newsam S, Bhagavathy S, Kenney C *et al.* Object-based representations of spatial images [J]. Acta Astronautica, 2001, 48: 567~577.
- 27 Minka T. An image database browser that learns from user interaction [R]. MIT Media Laboratory Technical Report # 365, Massachusetts, USA, 1996.
- 28 Chang S F, Chen W, Sundaram H. Semantic visual templates: linking visual features to semantics [A]. In: Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing [C], Chicago, Illinois, USA, 1998; 531~535.
- 29 高永英, 章毓晋. 基于多级描述模型的渐进式图象内容理解 [J]. 电子学报, 2001, 29(10): 1376~1380.
- 30 Corridoni J M *et al.* Image retrieval by color semantics with incomplete knowledge [J]. Journal of the American Society for Information Science, 1998, 49(3): 267~282.
- 31 Smeulders A M, Olabariagga S D, Boomgaard R *et al.* Interactive segmentation [A]. In: Proceedings of Second International Conference on Visual Information Systems [C], San Diego, California, USA, 1997; 5~12.
- 32 Ciocca G, Schettini R. Using a relevance feedback mechanism to improve content-based image retrieval [A]. In: Proceedings of Third International Conference on Visual Information Systems [C], Amsterdam, Netherlands, 1999; 107~114.
- 33 Rui Y, Huang T S, Ortega M *et al.* Relevance feedback: a power tool for interactive content-based image retrieval [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video

Technology, 1998, 8(5): 644~655.

34 Meilliac C, Nastar C. Relevance feedback and category search in image databases [A]. In: Proceedings of International Conference on Multimedia Computing and Systems [C], Florence, Italy, 1999: 512~517.

35 张磊,林福宗,张钹. 基于神经网络自学习的图象检索方法[J]. 软件学报, 2001, 12(10): 1479~1485.

36 段立娟,高文等. 图象检索中的动态相似性度量方法[J]. 计算机学报, 2001, 24(11): 1256~1262.

37 Ramesh Jain edi. Workshop Report of USA National Science Foundation Workshop on Visual Information Management Systems[A]. In: Proceedings of Storage and Retrieval for Image and Video Databases (SPIE)[C], San Jose, California, USA, 1993, 1998, 198~218.



徐 杰 1975 年生, 2001 年获吉林大学硕士学位, 现为上海交通大学图象处理与模式识别研究所博士研究生. 研究方向为图象检索、机器学习等.



施鹏飞 1939 年生, 教授, 博士生导师, 上海交通大学图象处理与模式识别研究所. 研究领域为图象分析、模式识别、智能技术与系统.

《中国图象图形学报》文后参考文献编排格式

1. 专著、论文集、学位论文、报告

[序号]主要责任者. 文献题名[文献类型标识]. 出版地: 出版者(或存放单位), 出版年. 起止页码.

1 刘国钧, 陈绍业, 王凤. 图书馆目录[M]. 北京: 高等教育出版社, 1957: 15~18.

2 张筑生. 微分半动力系统的不变集[D]. 北京: 北京大学数学系数学研究所, 1983.

2. 期刊文章

[序号]主要责任者. 文献题名[J]. 刊名, 年, 卷(期): 起止页码.

1 金显贺, 王昌长, 王忠东等. 一种用于在线检测局部放电的数字滤波技术[J]. 清华大学学报(自然科学版), 1993, 33(4): 62~67.

3. 论文集集中的析出文章

[序号]析出文献主要责任者. 析出文献题名[A]. 见(In): 原文献主要责任者(任选). 原文献题名[C]. 出版地: 出版者(或会议地点), 出版年: 析出文献起止页码.

1 钟文发. 非线性规划在可燃毒物配置中的应用[A]. 见: 赵玮. 运筹学的理论与应用——中国运筹学会第五届大会论文集[C]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1996: 468~471.

2 Middleton V, Owen M J, Elliman D G *et al.* Development in non-axisymmetric filament winding[A]. In: Proceedings of 2nd International Conference on Automated Composite'88 Noordwijkerhout[C], the Netherlands, 1988: 324~335.

参考文献类型及标识

参考文献类型	专 著	论文集	报纸文章	期刊文章	学位论文	报 告	标 准	专 利
文献类型标识	M	C	N	J	D	R	S	P

电子文献类型参考文献标识

电子参考文献类型	数据库	计算机程序	电子公告
电子文献类型标识	DB	CP	EB

载体类型标识

载体类型	联机网络	磁带	光盘	磁盘
载体标识	OL	MT	CD	DK