

山东女子学院优秀学术著作出版基金资助

Some Issues of Content-based Image Retrieval Based on Support Vector Machine

基于支持向量机的 图像检索若干问题

解洪胜 / 著

山东人民出版社

国家一级出版社 全国百佳图书出版单位

Shengxiang Huo

Shengxiang Huo, Ph.D., is an Associate Professor

at the School of Computer Science and Technology, Beijing University of Aeronautics and Astronautics.

基于支持向量机的 图像检索若干问题



Some Issues of

Content-based Image Retrieval
Based on Support Vector Machine

基于支持向量机的 图像检索若干问题

解洪胜 / 著

山东人民出版社

国家一级出版社 全国百佳图书出版单位

图书在版编目(CIP)数据

基于支持向量机的图像检索若干问题/解洪胜
著. — 济南: 山东人民出版社, 2013. 10
ISBN 978 - 7 - 209 - 07623 - 4

I. ①基… II. ①解… III. ①图象数据库 - 情
报检索 IV. ①G354. 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 208446 号

基于支持向量机的图像检索若干问题

解洪胜 著

山东出版集团

山东人民出版社出版发行

社 址: 济南市经九路胜利大街 39 号 邮 编: 250001

网 址: [http:// www. sd - book. com. cn](http://www.sd-book.com.cn)

发行部: (0531) 82098027 82098028

新华书店经销

山东省东营市新华印刷厂印装

规 格 16 开(169mm × 239mm)

印 张 10. 75

字 数 165 千字

版 次 2013 年 10 月第 1 版

印 次 2013 年 10 月第 1 次

ISBN 978 - 7 - 209 - 07623 - 4

定 价 30.00 元

如有质量问题, 请与印刷厂调换。(0546) 6441693

前 言

基于内容的遥感影像检索作为遥感信息提取和数据共享的有效手段,目前在遥感领域得到了日益广泛的研究与应用。但遥感影像数据的多样性、海量性和复杂性决定了其理论与技术研究具有更大的挑战性。本书针对遥感影像内容检索应用的关键技术,重点对特征提取、综合特征检索和主动相关反馈技术提出一些新方法和新思路,应用遥感影像处理、计算机视觉及机器学习等领域的相关知识分别从理论和技术角度对其价值和实用性予以分析和验证,旨在通过相关理论改进和检索技术创新来进一步提高遥感影像内容检索的性能。

本书系统地分析和归纳了目前遥感影像内容检索在国内外的研究现状及主要研究成果,总结研究了遥感影像内容检索涉及的若干关键技术。通过对目前国内研究存在的不足之处和亟待进一步解决的问题进行分析和探讨,引出了本书要研究的主题和切入点,并有针对性地提出了具体实现的研究方法和技术路线。

首先从研究传统的实小波变换在图像纹理分析中存在的缺陷入手,提出了基于二元树复小波变换提取图像纹理特征的方法,充分利用了其近似平移不变性、多方向选择性等优点进一步提高了纹理特征表达图像内容的质量,结合支持向量机对 Brodatz 纹理库的实验对本书提出算法进行了有效性验证。

为了解决基于综合特征的图像检索存在特征权重分配不合理的问题,将基于支持向量机的反馈检索和距离度量检索进行了融合,提出了基于支持向量机二次距离的特征权重自动分配算法。由基于综合特征进行的检

索实验证明了本书提出算法的可行性,通过定量比较和定性分析得到的结果表明,有效地提高了检索性能。

在此基础上,进一步从机器学习的角度对遥感影像内容检索进行了研究,在分析主动学习方法与相关反馈检索机制的基本原理基础上,提出了在相关反馈过程中结合样本不确定性与减小样本间冗余度的主动集成学习算法,实现了基于支持向量机的主动学习框架下不同采样方法的有效集成,从理论和应用层面考虑了两种启发式采样算法在交互反馈检索中的融合与最佳折中。通过对遥感影像进行的大量检索实验证明,本书提出的算法可使用户标记样本得到更加有效的利用,在减少了所需标记样本数量的同时,明显地改善了用户查询概念的优化过程。

最后,为对本书提出的算法进行验证,利用前述三个方面取得的研究成果,设计了基于交互式的图像检索原型系统,通过具体遥感影像检索过程验证了本书提出的特征提取、综合特征检索及主动相关反馈算法的有效性,与传统方法相比,系统查准率和检索效率均有较大幅度的提高。

目 录

前 言	1
第一章 绪 论	1
1.1 概 述	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	4
1.2 国内外研究现状	6
1.2.1 图像内容检索的发展现状及典型系统	6
1.2.2 遥感影像内容检索的发展现状及研究成果	9
1.3 存在的主要问题	12
1.4 研究内容	14
1.5 研究方法	16
1.6 技术路线	17
第二章 基于内容的遥感影像检索	18
2.1 概 述	18
2.2 基于文本的图像检索	19
2.3 遥感影像的特点及其对检索的要求	20
2.3.1 遥感影像的特点	20
2.3.2 遥感影像对检索的要求	21
2.4 遥感影像内容检索的相关技术	21

2.4.1	特征提取	22
2.4.2	相似性度量	30
2.4.3	多维索引机制	33
2.4.4	检索系统设计	34
2.4.5	检索性能评价	34
2.5	小 结	37
第三章 基于复小波变换和支持向量机的纹理图像分类方法		38
3.1	概 述	38
3.2	支持向量机基本理论	39
3.2.1	机器学习的基本问题	39
3.2.2	统计学习理论	42
3.2.3	支持向量机	45
3.3	小波变换	54
3.3.1	实小波变换	54
3.3.2	二元树复小波变换	58
3.4	基于二元树复小波变换的特征提取算法	62
3.4.1	实验数据集	62
3.4.2	二元树复小波变换纹理特征提取算法	63
3.4.3	支持向量机分类器	64
3.4.4	实验结果与分析	66
3.5	小 结	72
第四章 基于综合特征的遥感影像内容检索方法		74
4.1	概 述	74
4.2	基于颜色特征的检索方法	76
4.2.1	颜色模型	76
4.2.2	颜色直方图	79

4.2.3 实验结果与分析	81
4.3 基于纹理特征的检索方法	87
4.3.1 传统 Gabor 小波变换	87
4.3.2 改进的 Gabor 特征提取方法	89
4.3.3 实验结果与分析	91
4.4 基于支持向量机的多特征检索方法	94
4.4.1 不同特征的特点	94
4.4.2 特征归一化	95
4.4.3 支持向量机特征权重分配算法	97
4.4.4 实验结果与分析	99
4.5 小 结	103
第五章 基于支持向量机的主动相关反馈检索方法	105
5.1 概 述	105
5.2 相关反馈提出的背景	106
5.3 相关反馈技术的研究现状	107
5.3.1 相关反馈方法分类	108
5.3.2 相关反馈设计的相关因素	112
5.3.3 相关反馈中存在问题	114
5.4 主动学习	115
5.4.1 主动学习的概念	117
5.4.2 主动学习算法	118
5.4.3 支持向量机主动学习模型	120
5.5 支持向量机主动反馈检索算法	124
5.5.1 问题提出	124
5.5.2 主动集成学习算法	126
5.5.3 实验结果与分析	131
5.6 小 结	136

第六章 原型系统设计与实现	137
6.1 概 述	137
6.2 系统结构	137
6.2.1 建库模块	138
6.2.2 查询模块	140
6.2.3 库管理模块	141
6.3 系统实现	141
6.3.1 实验数据	141
6.3.2 检索示例	141
6.4 性能评价	146
6.5 小 结	146
第七章 结 论.....	147
参考文献	150

绪 论**1.1 概 述****1.1.1 研究背景**

在现代社会中,随着数码相机、扫描仪等数字设备的普及,无论是军用还是民用设备,每天都会产生大量的数字数据.尤其是 20 世纪 90 年代以来,随着多媒体和互联网技术的飞速发展,可获取的多媒体数据数量正以惊人的速度增长,数据库容量不断增大,信息的表现方式也由单一的文本方式逐步发展到以图像、图形、视频及动画等多媒体信息为主.其中,数字图像作为多媒体信息的主要载体,具有生动形象、易于理解的表现形式,被广泛应用于人类生活的各个角落^[1,2]. Internet 的普及和存储技术的发展也为这些数字资源的传播与共享提供了新的平台和空间,数字图像资源的广泛应用极大地改变了人们的生活及交流方式,况且,Internet 中图像资源隐含着巨大的经济和应用价值.但是,如何组织、管理和利用这些宝贵的图像数据,是对传统数据检索技术的一个重大挑战.因为这些图像资源中包含了大量对人类有用的信息,但这些图像无序地分布在世界各地,图像中包含的信息难

以被有效地访问和利用. 如果没有对图像数据的自动与有效的描述, 大量信息将淹没在数据的海洋之中, 无法在需要时及时得到它们. 因此, 如何从浩瀚的图像资源中查询到用户感兴趣的图像、及时发现所需信息成为当前一个极具挑战性的问题.

遥感是采集地球数据及其变化信息的重要手段, 是过去的几十年内发展迅速的一门综合性学科, 现代遥感技术已经进入一个能够动态、快速、准确和多手段提供多种对地观测数据的新阶段, 目前从不同遥感平台获得的不同空间分辨率、光谱分辨率和时间分辨率的遥感影像数据急剧增长, 遥感影像已成为人类生活的重要图像资源. 如美国宇航局实施的地球行星项目每天可以产生 1000GB 的数据, 这些数据给遥感用户提供了从粗到精、从多光谱到高光谱的对地观测数据源, 丰富的遥感影像为环境监测、森林预警、城市规划及资源调查等众多领域提供了必要的信息, 是数字地球各项重大计划建设中的基础数据. 与此同时, 互联网上可以提供数字图像、遥感影像及地图数据等空间信息的站点数量也在与日俱增, 所提供的空间数据的种类和数量也越来越多, 从元数据到卫星图像、航空相片和专题图, 几乎无所不包^[3]. 然而, 如何从海量的遥感影像资源中快速浏览和高效检索到用户感兴趣的目标仍然是一件繁琐、艰难的工作, 因此, 大量的影像数据只有极少部分被有效利用, 其中一个主要原因在于, 面对数量如此巨大、内容又复杂多样的遥感影像资源, 缺乏一种快速、准确地获取所需影像的信息检索技术.

在遥感技术随着用户需求快速发展、影像数据急剧增多的同时, 用户迫切需要实现这些数据的共享, 能够快速方便地从中获取需要的空间知识, 但目前对空间海量数据的管理、分发和检索等技术手段远远不能满足用户的上述需求. 由此人类面对这些不断增加的影像数据, 一方面, 部分研究机构和个人难以及时方便地从这些空间数据中获得领域相关的数据及其隐含的空间知识; 另一方面, 数据的直接生产者以近乎弃置的方式在闲置大量的宝贵图像资源, 浪费了大量的人力和物力.

早期采用的是基于文本(元数据)的图像检索方式, 主要是通过利用图像

的说明和注解进行检索. 先对大量的图像根据其内容进行注解, 然后通过对注解文本的检索实现图像查询. 随着计算机及遥感技术的迅速发展, 遥感影像数量在急剧增长, 这种检索方式暴露出了一些明显的缺点: 首先是人工标注工作量相当大并且效率非常低; 另一个问题是用少量的文字难以全面描述图像中丰富的内容; 更为关键的是, 由于存在个人感知的主观性, 使得每个人对图像内容理解的不同会造成标注内容的不一致和不精确, 带有主观性的标注信息显然会大大降低系统的检索性能^[4,5].

为了解决基于文本的图像检索方式存在的问题, 人们开始研究直接利用图像本身的视觉特征来实现图像检索. 于是, 基于内容的图像检索 (Content - Based Image Retrieval, CBIR) 在 1992 年作为一个正式术语被提出^[6,113], 其突破了传统的基于文本的图像检索技术的局限, 通过计算机自动提取图像的颜色、纹理及形状等视觉特征对图像建立索引, 基于特征相似性度量进行近似检索, 从而解决了基于文本的图像检索存在的问题. 如果将基于内容的图像检索技术应用于遥感影像内容检索, 将更加有利于克服目前基于文本或元数据进行影像查询带来的弊端, 简单、高效的检索方式会降低应用遥感影像数据的要求, 从而拓宽遥感影像数据的应用范围和服务领域. 因此, 基于内容的遥感影像检索技术的发展将对遥感影像数据的获取和共享产生非常积极和重要的影响.

基于内容的图像检索技术的重要性及其巨大的应用发展潜力吸引了世界各国的高度重视, 早在 1995 年, 美国国家自然科学基金会、国防部高等研究计划局、美国航空及太空总署共同斥资 2440 万美元, 支持以 Carnegie Mellon University、University of California(B)erkeley、University of Michigan、University of California(Santa Barbara)、Stanford University、University of Illinois 六所大学为首的、共有 75 个研究机构参与的、为期 4 年的数字图书馆研究计划^[7,8]. 随后, 其他一些国家也都相继在这一领域投入巨资开展了相应的研究工作. 尤其是近 10 年来, 在国内外相关领域科技人员的共同关注和努力下, 图像内容检索技术的应用和研究取得了长足的进展, 已有大量相关理论研究和

技术应用的论文发表,并在此基础上开发了一些比较完善的商用及实验图像检索系统.

早期对基于内容的图像检索的研究工作主要针对一般图像,遥感影像作为一种应用广泛、作用重大的图像信息源,基于内容的遥感影像检索并没有得到应有的重视和关注^[83].原因主要在于:① 遥感应用与信息服务发展的阶段性:早期的遥感信息较少,管理相对简单,无需进行检索;② 遥感影像自身的复杂性与不确定性导致遥感信息管理与检索的研究起步较晚;③ 研究兴趣与重视程度不足:遥感研究主要集中在遥感信息机理、模型、图像分类和信息提取等方面,而对信息管理、信息服务缺乏重视.近年来,随着海量遥感影像数据的急剧增加,对这些影像资源进行有效管理日益成为必要,如何高效、准确、可靠地针对应用需求获取急需的影像数据并从中提取所需信息,越来越受到研究者的关心和重视,因此开展遥感影像内容检索的研究工作既是非常必要的,也是切实可行的.

1.1.2 研究意义

图像内容检索技术在很多领域都有着广阔的应用前景,例如:数字图书馆^[9]、数字博物馆^[10]、图像搜索引擎、远程教育^[11]、军事作战、新闻娱乐等领域和行业;在病理图像分析、遥感影像查询^[12]、商标注册^[13]等领域,基于内容的图像检索已成为这些图像数据资源管理非常有效的技术手段.因为用文本来描述图像不能完整地概况图像所包含内容,因而在很多情况下不能满足用户的实用要求,例如:商标注册部门在审理新的商标注册时需要对已注册商标进行检索,看是否由雷同商标已注册,这仅根据商标的文字进行检索是不能实现的;再如医生如何才能从巨大的医学影像库中找出具有某种器官发生病变的所有图片等,这些问题用传统的基于文本的图像检索技术都很难解决^[113].

据统计,人类接受的外部信息中有 70% 来自视觉信息,包括文本、视频、动画图形、图像等.其中图像信息最贴近自然世界,最能反映自然世界的本来面貌,因此对于信息获取至关重要.特别是在现代信息化社会,图像已成为人

们信息存储和信息交流不可或缺的重要资源,对人们的生活方式和 社会发展都产生了重要的影响,已成为现代人类生活不可分割的重要组成部分. 另一方面,基于内容的图像检索作为一个具有多学科交叉性质的研究课题,涉及了图像处理、机器学习、信息检索、多媒体数据库管理等诸多领域,其研究对推动图像处理技术的发展和丰富信号与信息处理的理论有重要意义,另外,图像内容检索的广泛应用对解决目前人类面临的信息膨胀及数据爆炸,能够快速、有效地利用多媒体信息也有实际的应用价值,同时,也为多个学科之间进行相互协作和技术渗透提供了良好契机和合作平台.

遥感影像与普通图像相比,具有多源、多尺度、多时相和多光谱等特点,而且人们关心的常常不是整幅图像,而是其中某个局部目标对象的情况,所以,基于内容的遥感影像检索与普通图像的内容检索从目的到方法都是有很大区别的. 相对于普通图像检索的研究而言,需要具备较强的专业知识和理论基础,导致专门针对遥感影像内容检索的研究进展相对缓慢,无论是理论体系还是应用系统,距离实际应用都还有不小的差距,都远不如普通图像检索技术成熟. 究其原因,遥感影像数据的多样性、复杂性和海量性等特点以及遥感影像内容检索的应用需求等都对遥感影像数据的特征描述、相似性匹配等技术从准确性和高效性方面都提出了更高的要求,这些也构成了研究基于内容的遥感影像检索的意义和难点所在,也从根本上决定了基于内容的遥感影像检索不同于普通图像的内容检索,一些目前在普通多媒体检索应用中的研究相对广泛和成熟的数据模型及相关技术不能简单地应用于基于内容的遥感影像检索领域.

因此,针对遥感影像检索的特点及检索要求,深入研究基于内容的遥感影像检索的基础理论及关键技术,不但具有很高的研究价值,更具有广泛的应用前景,对于遥感影像信息的获取、共享和应用都将产生非常积极和重要的影响. 特别是,基于内容的查询不仅使检索更趋自然、高效,而且用户也无需具有关于遥感和地学方面的专业知识,对拓宽遥感影像信息系统的应用和普及具有重要意义.

1.2 国内外研究现状

1.2.1 图像内容检索的发展现状及典型系统

1.2.1.1 基于内容的图像检索发展现状

自 20 世纪 70 年代以来,图像检索技术就得到了数据库管理和计算机视觉两大研究领域的高度重视,它们分别从基于文本和基于视觉两个不同的角度,对图像检索技术进行了深入研究^[14].相对而言,基于内容的图像检索技术的研究和发展要相对滞后,其最早提出是在 1992 年 2 月美国国家科学基金委在加州组织的一次研讨会上^[6],在这次研讨会上,有人指出可视化信息管理不应该只被看成是计算机视觉和数据库管理的一种简单应用,而应沿交互式图像理解的研究方向进一步发展基于内容的图像检索技术.此后,随着 Mosaic 网络浏览器的诞生,加速了图像在网络上的传输,进一步促进了图像内容检索技术的研究与发展.

根据年代和研究特点来划分,图像内容检索的研究可大致分为三个主要阶段:基于文本的图像检索、基于内容的图像检索和基于相关反馈的图像检索. 1231

1. 基于文本的图像检索

基于文本的图像检索技术(Text-based Image Retrieval)的历史可以追溯到 20 世纪 70 年代末期^[1],其基本框架是:首先用描述性文本(表示图像的客观属性)或关键词(Keyword)对图像内容进行标注,然后用基于文本的数据库管理系统实现图像内容检索.其实质是将图像内容检索问题转化成了传统的文本检索,这样可以借助许多相对成熟的数据库管理技术来解决复杂的图像内容检索问题.但是,随着图像内容越来越复杂,以及图像数据库规模的不断增大,基于文本的图像检索技术已不能满足人们对图像资源的查询需求.

2. 基于内容的图像检索

自 90 年代初开始,为了适应海量图像数据资源的检索需求,研究者们提

出了基于内容的图像检索技术,它直接利用图像的颜色、纹理、形状及空间位置等视觉特征对图像进行内容检索.其与基于文本的检索方式相比,主要特点在于:①由计算机自动从图像内容中提取所需信息,避免了人工描述的主观性,也降低了人工工作量.②利用反映图像内容并与图像存储在一起的量化特征进行检索,是一种客观的图像描述方案.③使用基于相似性度量的近似查询技术,与常规数据库检索中的精确匹配方法有明显不同.④检索通常采用示例查询方式.

3. 基于相关反馈的图像检索

基于内容的图像检索技术发展至今,始终无法有效地解决高层语义和低层特征之间存在的“语义鸿沟(semantic gap)”问题.为了减小高层语义概念和低层特征间存在的巨大差异,源于文本检索的相关反馈技术被引入到图像内容检索领域^[15],由此实现了其研究重点从以计算机为中心向以人为中心的技术变迁,相关反馈也就此经历了从启发式算法到优化算法再到基于机器学习方法的发展历程.

基于相关反馈的图像检索的基本思路是:在检索开始时,系统根据用户提交的查询图像给出第一轮检索结果,用户通过对检索结果进行评价,标记出相关和不相关图像,并将这些相关与否的信息反馈给系统,系统通过学习这些反馈信息,再次进行下一轮检索,如此循环迭代,直到检索结果接近或满足用户的查询要求.

1.2.1.2 基于内容的图像检索典型系统

自20世纪90年代起,基于内容的图像检索一直是计算机视觉、图像数据库管理与数据挖掘等领域最活跃的研究热点之一.发展至今,出现了大量的理论研究和成果,发展了一些用于研究目的的原型系统甚至出现了少数的商品化系统.大多数的图像检索系统支持如下一种或几种检索方式:随机图像浏览、基于草图检索、基于示例检索、基于文本检索和根据图像类别进行导航检索等^[18].

1. QBIC

IBM的QBIC(Query By Image Content)堪称基于内容图像检索系统的典型代表,其系统框架和相关技术对后来图像内容检索系统的发展具有深远的