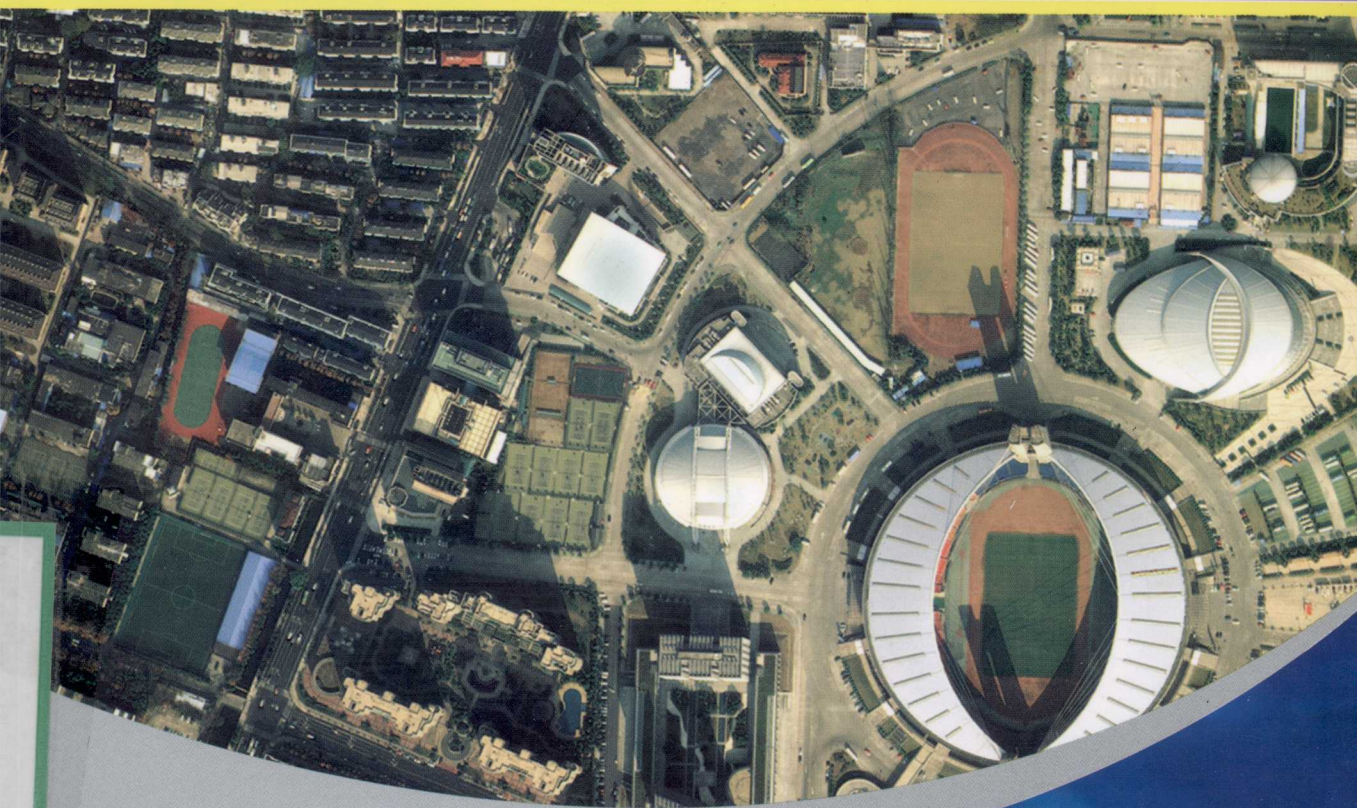


遥感图像检索技术

Remote Sensing Image Retrieval Technologies

程起敏 编著



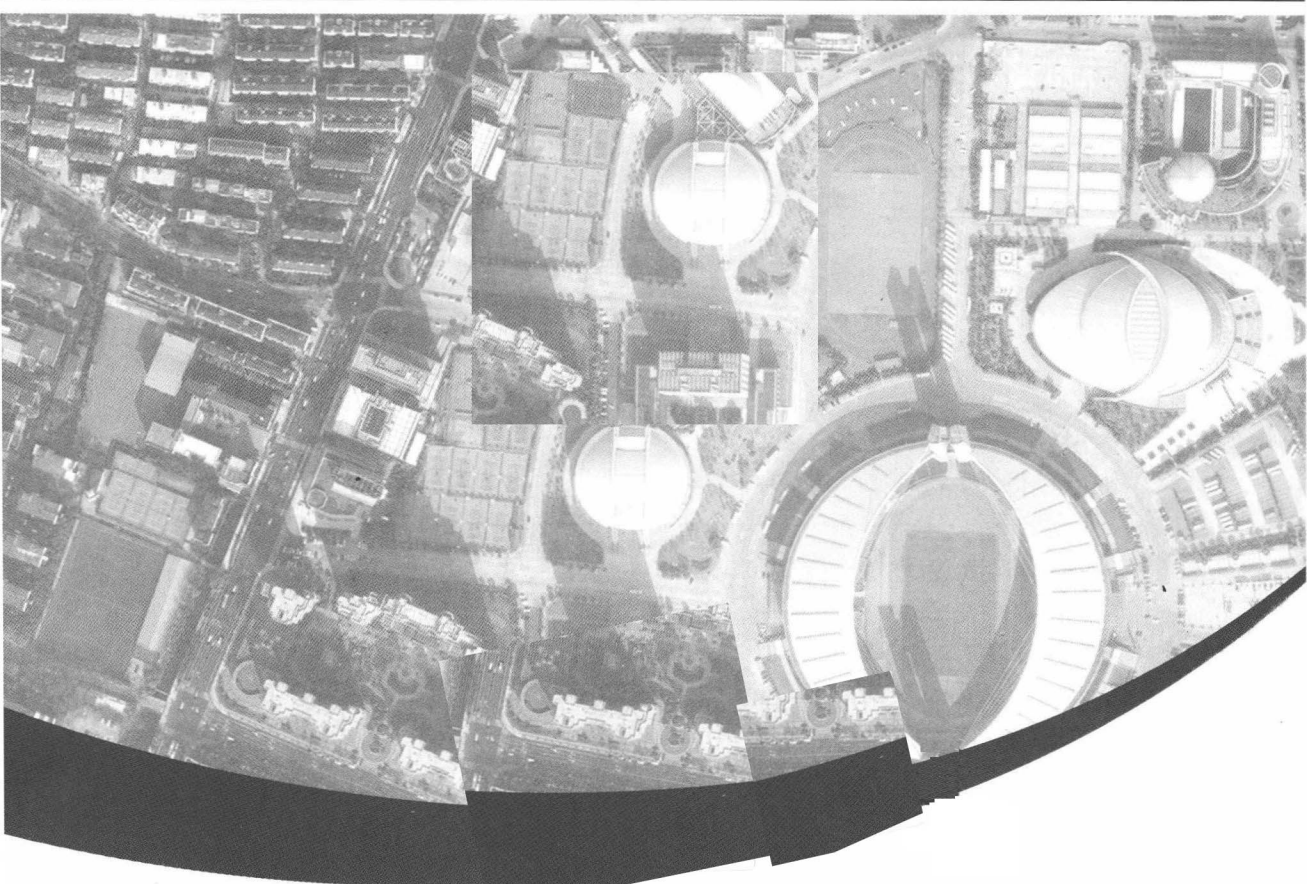
WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

遥感图像检索技术

Remote Sensing Image Retrieval Technologies

程起敏 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

遥感图像检索技术/程起敏编著. —武汉:武汉大学出版社,2011.5
ISBN 978-7-307-08467-4

I. 遥… II. 程… III. 遥感图像—情报检索 IV. G354.49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 005253 号

责任编辑:胡 艳 责任校对:黄添生 版式设计:马 佳

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.whu.edu.cn)

印刷:湖北金海印务有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:15.5 字数:363千字 插页:1

版次:2011年5月第1版 2011年5月第1次印刷

ISBN 978-7-307-08467-4/G·1911 定价:36.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

序

《遥感图像检索技术》是年轻的作者以其博士学位论文为基础，融合了她在该方向近年来最新研究成果的一部著作。通读了文稿之后，我乐意为之作序。作者 2001 年至 2004 年跟随徐冠华院士从事遥感影像检索研究，2004 年我有幸作为作者的博士论文答辩委员会主席，看到了作者在基于内容的遥感影像库检索方向取得的成果。作者博士毕业后，先到香港理工大学跟随李志林教授从事访问研究；2005 年 8 月通过人才引进计划到华中科技大学光电国家实验室光通信与智能网络研究部工作；2005 年 8 月至今，作者先后申请了武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室开放基金项目“Web 环境下基于内容的遥感影像库检索研究”（2006.1—2007.12），参与了我作为首席科学家的 973 项目（2007.1—2008.12），申请了国家自然科学基金项目“多 Agent 驱动的反馈式遥感图像检索关键技术研究”（2009.1—2011.12）。

本书系统介绍了图像检索技术的发展，总结了基于内容的图像检索及遥感图像数据库涉及的相关技术，分析了遥感图像检索技术的研究热点，既涵盖了视觉特征层面的检索，包括高光谱遥感图像的光谱特征检索、基于新一代多尺度分析工具的遥感图像纹理特征检索以及基于目标轮廓特征的遥感图像单一目标检索，又涵盖了对对象及空间关系层面的检索，包括基于空间关系的遥感图像多目标检索以及基于纹理分割区域的遥感图像检索，还涵盖了语义层面的检索，包括基于本体论的遥感图像检索、基于数据挖掘算法的遥感图像检索以及遥感图像的相关反馈检索等。这些研究成果有助于解决遥感图像检索的精度问题。在解决遥感图像检索效率问题方面，作者阐述了直接基于压缩域的遥感图像检索以及基于度量空间高维索引结构的遥感图像高维可视化特征索引技术等。本书既注重理论分析，又通过标准影像对算法进行了验证。

基于内容的遥感影像检索属于遥感领域学术前沿技术，该技术体现了国家遥感应用领域当前的迫切需求。目前，我国已启动高分辨率对地观测系统重大专项，到 2020 年，我国发射的在轨运行卫星将达到上百颗以上，具有准实时、全天候获取各种空间数据的能力，并逐步形成集高空间、高光谱、高时间分辨率和宽地面覆盖于一体的卫星对地观测系统，达到每天获取 TB 级以上影像数据的规模，从而给遥感影像自动检索提出了更高的要求，为此，遥感影像的检索与应用也要经历从数据到信息再到知识的技术发展阶段。很高兴看到像作者这样的年轻学者能扎根于该领域，十年如一日，潜心开展研究。

本书内容深入浅出，便于阅读，作者提出的相关算法具有较强的理论基础及可操作性，因此本书既是基础性的研究成果，也是未来走向实用性的技术指南。无论对于希望了

解遥感图像检索技术的教学、科研工作者，还是大批的博士、硕士研究生，或是从事遥感和图像处理与应用的工程人员，本书都是一部值得推荐的好书。

A handwritten signature in black ink, consisting of the characters '李德仁' (Li Jiren) in a cursive style.

二〇一一年元月二十六日

前 言

“数字地球”的提出大大促进了遥感图像检索技术的发展。事实上，早在“数字地球”正式提出之前，国外的大型数字图书馆计划就已经把遥感图像基于视觉特征和语义信息的检索纳入了研究范围，甚至作为研究重点。十余年来，国内外关于遥感图像检索方面的研究成果如雨后春笋般层出不穷，充分表明了人们对于遥感图像检索的应用需求及关注程度随着可获取遥感图像数据的急剧增长而大大提高。

尽管研究人员已经进行了坚持不懈的努力，然而遥感图像检索技术距离真正的实用还有很长的路要走，这要归结于遥感图像本身内容的多样性、丰富性、复杂性、数据海量性。而且，遥感图像检索作为融合了数字图像处理技术、数据库技术、计算机视觉、人工智能等在内的一门新兴边缘学科，自身的成熟和完善也需要更多的人付出更多的努力。目前，国外系统介绍遥感图像检索各项关键技术方面的书籍很少，而且基本上是将侧重点放在某一具体的研究方向上；国内在这方面的著作更可谓凤毛麟角。因此，笔者将自己对遥感图像检索技术发展十余年最新研究成果的总结和体会整理成书，与读者分享。

本书的内容共分 11 章，从纵向来看，涵盖了遥感图像检索的三个层次：视觉层次（遥感图像的光谱特征检索、纹理特征检索、形状特征检索）、对象及空间关系层次（遥感图像的多目标空间关系检索、区域检索）及语义层次（遥感图像的语义检索及相关反馈检索）；从横向来看，涵盖了遥感图像检索的精度（各层次的特征提取及相似性匹配方法）及效率（遥感图像的压缩域检索及高维可视化特征索引）。

第 1 章介绍了图像检索技术的发展、基于内容的图像检索涉及的关键技术及遥感图像检索的现状与研究热点；第 2 章是基于光谱特征的高光谱遥感图像检索，阐述了高光谱遥感图像的光谱分析、光谱特征选择、光谱特征提取及光谱匹配以及基于光谱曲线参量化指标的检索和基于曲线形态的检索方法；第 3 章是基于纹理特征的遥感图像检索，提出了遥感图像基于多进制小波变换及新一代多尺度分析工具的纹理特征检索方法，并与常规二进制小波变换进行了对比分析；第 4 章是基于目标形状特征的遥感图像检索方法，归纳了形状的描述方法及基于目标轮廓特征的遥感图像单一目标检索方法；第 5 章是基于空间关系的遥感图像检索，以多目标之间的方位空间关系为例，阐述了遥感图像上多目标之间空间关系的建模及其检索方法；第 6 章是基于区域的遥感图像检索，总结并分析了基于规则区域的遥感图像分割算法，阐述了基于任意形状区域的遥感图像检索的意义及方法；第 7 章是基于压缩域的遥感图像检索，重点阐述了变换系数相关性分析模型及顾及变换系数尺度相关性的遥感图像检索方法；第 8 章是基于语义的遥感图像检索，在总结了图像语义的描述、提取及度量方法的基础上，探讨了基于本体论的遥感图像语义表达模型及基于数据挖掘的遥感图像语义检索方法；第 9 章是遥感图像数据库的相关技术，包括数据组织、压

缩、空间索引、空间数据库引擎及 Web 发布技术；第 10 章是遥感图像高维可视化特征相似性索引技术，以度量空间高维索引结构为主，总结并分析了遥感图像高维可视化特征的索引及其对检索性能的影响；第 11 章是遥感图像的相关反馈检索，阐述了基于传统算法及基于机器学习理论的遥感图像相关反馈方法。

本书既注重理论分析，又通过实验对算法进行了充分的验证，力图通过图文并茂的方式，增强可读性和可操作性。

感谢李德仁院士为本书作序。感谢武汉大学出版社的解云琳、王金龙以及胡艳为本书的出版所付出的努力。感谢课题组成员在实验及文字校对方面所做的工作。感谢所有曾经直接或者间接给予帮助的老师、同学、同事和朋友们。感谢家人的支持、陪伴和爱。

本书的出版得到了国家自然科学基金青年科学基金项目“多 Agent 驱动的反馈式遥感图像检索关键技术研究”(No. 40801165)和国家“973”计划资助项目“下一代互联网信息存储的组织模式和核心技术研究”(No. 2004CB318206)的资助。在此表示诚挚的谢意。

由于笔者水平有限，书中不妥与疏漏之处在所难免，敬请各位专家、同行批评指正，也欢迎读者交流讨论。

程起敏

2010 年 12 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 从基于文本到基于图像	2
1.2 图像检索技术的发展及现状	3
1.2.1 图像检索层次	3
1.2.2 基于内容的图像检索与 MPEG-7 标准	4
1.2.3 图像检索系统主要功能模块	5
1.2.4 国内外图像检索系统	6
1.3 基于内容的图像检索涉及的关键技术	9
1.3.1 图像特征描述及相似性度量	9
1.3.2 图像数据的组织和管理	13
1.3.3 支持相似性度量的高维特征索引技术	14
1.3.4 查询方式及相关反馈模型	15
1.3.5 图像检索性能评价	16
1.4 遥感图像检索技术的现状及热点	18
1.4.1 典型遥感图像检索系统	18
1.4.2 遥感图像检索的研究热点	22
参考文献	23
第 2 章 基于光谱特征的遥感图像检索	27
2.1 高光谱遥感基础知识	27
2.2 高光谱遥感图像的光谱分析	30
2.3 高光谱遥感图像的光谱特征选择	32
2.3.1 光谱特征选择方法分类	32
2.3.2 基于仿射传播算法的光谱波段选择	32
2.4 高光谱遥感图像的光谱特征提取	36
2.4.1 基于主成分分析的光谱特征提取	36
2.4.2 基于 MNF 变换的光谱特征提取	40
2.5 高光谱遥感图像的光谱匹配	42
2.5.1 光谱波段距离度量函数	42
2.5.2 光谱匹配方法	42
2.6 基于光谱特征的高光谱遥感图像检索	44

2.6.1	基于光谱曲线参量化指标的检索	45
2.6.2	基于光谱曲线形态的检索	51
	参考文献	56
第3章	基于纹理特征的遥感图像检索	57
3.1	纹理及纹理分析方法	57
3.2	基于2D Gabor小波滤波器的遥感图像检索	59
3.2.1	2D Gabor小波滤波器	59
3.2.2	基于2D Gabor小波滤波器的纹理特征提取及相似性度量	60
3.2.3	基于2D Gabor小波滤波器的遥感图像纹理特征检索	61
3.3	基于小波变换的遥感图像检索	62
3.3.1	小波直方图和快速小波直方图	63
3.3.2	基于小波直方图的纹理特征提取及相似性度量	65
3.3.3	基于小波变换的遥感图像纹理特征渐进式检索	66
3.4	基于多进制小波变换的遥感图像检索	67
3.4.1	多进制小波的分解和重构	68
3.4.2	多进制小波直方图和多进制快速小波直方图	69
3.4.3	基于多进制小波直方图的遥感图像纹理特征提取及相似性度量	70
3.4.4	基于多进制小波变换的遥感图像纹理特征渐进式检索	72
3.5	基于Contourlet变换的遥感图像检索	72
3.5.1	Contourlet变换	73
3.5.2	基于Contourlet变换的遥感图像纹理特征提取及相似性度量	74
3.5.3	基于Contourlet变换的遥感图像纹理特征渐进式检索	75
	参考文献	77
第4章	基于形状特征的遥感图像检索	79
4.1	形状描述及相似性检索	79
4.1.1	形状的基本描述和表达方法	79
4.1.2	理想的形状特征描述子指标	80
4.1.3	基于形状的相似性检索	81
4.2	遥感图像目标类型及形状库的创建	84
4.2.1	遥感图像简单目标的基本类型	84
4.2.2	遥感图像目标形状特征库的创建	85
4.3	基于目标轮廓特征的遥感图像检索	86
4.3.1	边缘检测算法综述	86
4.3.2	基于区域矩和相对矩的形状描述	87
4.3.3	基于小波变换和不变相对矩的遥感图像形状特征检索	89
4.3.4	基于多尺度形态学和不变相对矩的遥感图像形状特征检索	94

参考文献	102
第 5 章 基于空间关系的遥感图像检索	104
5.1 空间关系理论基础	104
5.2 空间关系的表达及空间相似性度量	108
5.2.1 基于目标几何近似的空间关系表达	109
5.2.2 基于目标串的空间关系表达	111
5.2.3 基于直方图的空间关系表达及相似性度量	112
5.2.4 基于图的空间关系表达及相似性度量	116
5.3 基于多目标空间关系的遥感图像检索	116
5.3.1 基于空间关系的遥感图像检索	116
5.3.2 基于 F-直方图的遥感图像多目标方位关系检索	117
参考文献	123
第 6 章 基于区域的遥感图像检索	126
6.1 基于规则划分区域的遥感图像检索	126
6.1.1 基于不重叠区域的遥感图像数据分块组织	126
6.1.2 基于重叠区域的遥感图像数据分块组织	130
6.1.3 基于 Nona-tree 的遥感图像检索	138
6.2 基于任意形状区域的遥感图像特征提取及检索	139
6.2.1 遥感图像的纹理分割	140
6.2.2 任意形状区域的填充	144
6.2.3 基于任意形状区域的遥感图像特征提取及检索	145
参考文献	148
第 7 章 基于压缩域的遥感图像检索	150
7.1 压缩域图像检索技术	150
7.1.1 基于空间压缩域的图像检索	150
7.1.2 基于变换压缩域的图像检索	153
7.2 顾及压缩域尺度相关性的遥感图像检索	156
7.2.1 小波域尺度相关性	156
7.2.2 NSCT 域尺度相关性	157
7.2.3 顾及尺度相关性的 NSCT 域变换系数拟合模型	158
7.2.4 顾及尺度相关性的遥感图像 NSCT 压缩域检索	160
参考文献	164
第 8 章 基于语义的遥感图像检索	168
8.1 图像语义的描述、提取和度量	168

8.1.1	图像语义层次模型	168
8.1.2	图像语义的描述和提取	170
8.1.3	图像语义的相似性度量	171
8.2	基于语义的遥感图像检索	172
8.2.1	基于语义的遥感图像检索综述	172
8.2.2	基于本体论的遥感图像语义模型	174
8.2.3	基于数据挖掘的遥感图像语义检索	177
	参考文献	182
第9章	遥感图像数据库	185
9.1	遥感图像数据库的发展	185
9.1.1	遥感图像数据库管理方式	185
9.1.2	大型遥感图像数据库系统	186
9.2	遥感图像数据的金字塔模型及可视化	187
9.3	遥感图像数据的压缩	189
9.4	遥感图像数据的空间索引	190
9.5	遥感图像库的空间数据库引擎	192
9.6	遥感图像数据的 Web 发布技术	193
	参考文献	195
第10章	遥感图像高维可视化特征相似性索引	196
10.1	降维技术概述	196
10.1.1	降维的定义及分类	197
10.1.2	主要降维技术	198
10.2	向量空间多维索引结构	199
10.2.1	向量空间及相应的距离函数	199
10.2.2	向量空间多维索引结构分类	200
10.3	度量空间高维索引结构	202
10.3.1	度量空间和相似性查询的概念	202
10.3.2	度量空间高维索引结构及分析	203
10.4	基于 VP-tree 和 MVP-tree 的遥感图像可视化特征索引	208
10.4.1	VP-tree 和 MVP-tree	208
10.4.2	基于 VP-tree 和 MVP-tree 的遥感图像可视化特征索引	212
	参考文献	217

第 11 章 遥感图像的相关反馈检索	220
11.1 相关反馈技术概述	220
11.2 基于查询向量转移的图像相关反馈检索	223
11.3 基于特征权重调整的图像相关反馈检索	224
11.4 基于灰色系统理论和特征权重调整的图像相关反馈检索	224
11.5 基于机器学习的遥感图像相关反馈检索	227
11.5.1 SVM 的基本理论	228
11.5.2 基于 SVM 的遥感图像相关反馈检索	229
参考文献	234

第1章 绪 论

“数字地球”概念的首次提出引起了科技界及各国政府的高度重视(AL GORE, 1998)。在信息技术领域,需要研究新一代大规模并行处理器、高宽带网络、基于网络的分布式计算操作系统;高密度、高速率的海量空间数据储存、压缩、处理技术;多比例尺多时相多源数据集成技术;图像信息智能提取技术等,从而为“数字地球”提供强有力的技术支持^[1]。作为描述整个地球上各类信息的时间序列与空间分布的共同框架的“数字地球”,将会从很大程度上改变人们的时空观念^[2]。“数字地球空间数据框架”(NSDI)的建设为研究和观察地球以及地理分析提供了最基本和公用的数据集^[3]。面对呈爆炸式增长的数据,“数字地球”能够从技术上改变数据的标准不一致、兼容性可比性差、利用率低的问题^[4],提供了人类定量化研究地球、认识地球、科学利用地球的先进工具^[5]。

从本质上说,“数字地球”是对真实地球及其相关现象的统一性的数字化重现与认识,它的核心思想有两点:一是用数字化手段统一性地处理地球问题,另一点是最大限度地利用信息资源^[5]。随着智能传感器网络的发展和基于全IP架构的物联网平台的构建,“数字地球”将朝着“智慧地球”的方向发展^[6]。遥感图像数据作为一种信息丰富、覆盖面广、经济、便捷的空间数据载体,是“数字地球”各项重大计划建设中的基础数据。随着对地观测技术、计算机软硬件技术、宽带技术、分布式计算技术等的发展,遥感图像数据已经成为具备多平台、多分辨率、多时相、多层面、多种传感器、多角度、多光谱等特性的数据平台。

尽管目前建立“数字地球”所涉及的许多理论、技术和数据等基础条件已经具备,但仍然存在许多新理论、新技术和应用问题需要解决,其中一个重要的体现就是人们对于海量遥感图像数据的有效组织、管理、浏览、查询、检索的程度远远滞后于遥感图像数据本身增长的速度。一方面,可获取的遥感图像数据正在以惊人的速度(指数级)急剧增长,互联网上可以提供数字图像和地图数据等空间信息的站点的数量也在与日俱增,所提供的空间数据的种类和数量也越来越多。遥感图像数据的爆炸性增长为其在环境监测、灾害管理、森林预警、农情监测、城市规划等众多领域日益广泛的应用创造了非常有利的前提条件,然而,另一方面,如何从海量遥感图像数据中快速浏览和高效检索到感兴趣的目标仍然是一件繁琐、艰难的工作,已经成为遥感图像信息提取和共享的瓶颈难题。

基于内容的图像检索技术为解决遥感图像信息提取和共享的难题提供了新的契机,是“数字地球”等重大项目中解决信息检索难题的一项关键技术,能够有效克服基于文本信息(关键词)或者元数据的图像检索技术在手工标注的主观性和繁杂性方面的缺陷以及要求用户具备足够遥感和地学领域专业背景知识的限制,从视觉特征层次、对象及空间关系层次以及语义层次解决遥感图像检索难题,促进遥感图像检索的简单化和高效化,拓宽遥

感图像数据的应用,对于遥感图像信息的获取和共享将产生非常积极和重要的影响。

由于充分意识到基于内容的图像检索技术的重要性,美国国家自然科学基金会(NSF)、国防部高等研究计划局(DARPA)和美国航空及太空总署(NASA)在1995年共同斥资2440万美元,支持以Carnegie Mellon University、University of California(Berkeley)、University of Michigan、University of California(Santa Barbara)、Stanford University、University of Illinois 6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],将基于内容的图像检索技术作为研究重点。其他一些国家,如德国、法国、日本、英国等,也都相继在这一领域投入巨资开展了相应的研究工作。

本章在总结基于文本的图像检索技术的不足的基础上,分析了图像检索层次、图像检索与MPEG-7标准的关系以及构成图像检索系统的主要功能模块,简要介绍了目前国内外著名的图像检索系统,然后对图像检索涉及的各项关键技术进行了系统的阐述,接下来介绍国外各大数字图书馆项目中代表性的遥感图像检索系统;最后总结了遥感图像检索技术当前的研究热点。

1.1 从基于文本到基于图像

图像检索技术提供了从海量图像数据库中检索感兴趣目标的有效手段,是解决信息爆炸时代“数据过多、知识过少”的重要手段,从20世纪70年代开始成为一个活跃的领域。早期的图像检索技术普遍采用基于文本或关键词的方式,即首先对图像进行文本注释,然后通过文本或关键词匹配实现图像检索,被称为基于文本的图像检索(Text-Based Image Retrieval, TBIR)。然而,正所谓“一幅图像胜过千言万语”,基于文本的图像检索存在一些明显的不足之处,大致可以归纳为以下三个方面:

①如果图像的信息最初没有给予描述或者描述存在歧义性,则在检索时不会返回检索结果或者返回不准确甚至错误的结果;另外,随着图像数量的增多,手工注释文本信息的工作量变得非常巨大。

②许多存在于图像中的丰富的、与人类的视觉主观性相关的可视化信息很难通过文字进行完整、全面、准确的描述;并且不同的人对于相同的图像可能会有不同的认知,将所有不同的认知或理解都转化为关键词(文本或数字)的形式几乎是不可能的。

③对于特殊领域的应用(如医学、遥感等),需要使用者具备相应的专业知识,例如基于文本信息检索遥感图像时,需要提供的文本信息包括传感器类型、地理坐标、图像获取时间等,这种限制无疑阻碍了实际的应用。

由此可见,单纯的基于文本的图像检索已经不能够满足人们的需求。20世纪90年代,随着海量数字图像的迅速发展,基于文本的图像检索所带来的问题越来越突出,人们开始试图从理解图像本身特征的角度实现图像检索^[8],基于内容的图像检索(Content-Based Image Retrieval, CBIR)技术应运而生。自从CBIR在1992年首次作为一个术语正式提出(Kato, 1992)之后,基于内容的图像检索被广泛用于描述根据图像的特征或者语义从数据集中搜索目标图像的过程,是从不同于传统的基于文本或者关键词的图像检索技术的角度出发,试图通过图像内容(这里的“内容”区别于“文本”,可以视为人对图像的理解和

认知)来有效利用图像数据库信息的一项技术。总之,从基于文本到基于内容,体现了图像检索技术发展的必然趋势。

1.2 图像检索技术的发展及现状

从20世纪90年代起,基于内容的图像检索成为计算机视觉、图像数据库与数据挖掘等领域的研究热点,并逐步发展为一门包括数据库技术、计算机视觉、图像处理和人工智能等在内的众多学科相互交融和相互促进的新兴边缘学科技术。国内外很多研究机构和大学都开展了相关的研究计划或项目,并取得了令人瞩目的成就,其中部分成果已经具有商用价值,一些系统提供了Web环境下的用户检索接口。

1.2.1 图像检索层次

按照检索的内容,可将基于内容的图像检索从低至高大致分为三个层次,如图1-1所示。图中检索层次越高,内容特征越抽象,内容相似性度量标准的制定也越难。

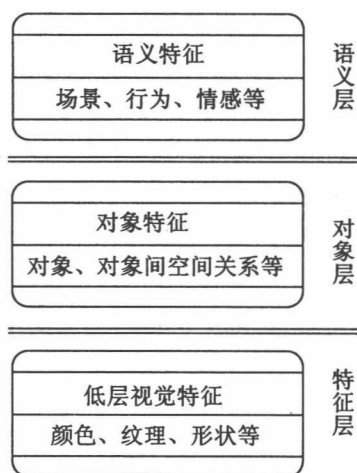


图 1-1 图像检索层次

①基于视觉特征的检索(Feature-based Retrieval):采用图像的视觉特征(颜色、纹理、形状及其组合特征等)描述图像内容而进行的检索。

②基于对象及对象间空间关系的检索(Object-based Retrieval):采用图像中包含的对象及其空间关系描述图像内容而进行的检索。

③基于语义的检索(Semantic-based Retrieval):采用基于高水准的语义(如语义网络)来描述图像内容而进行的检索。语义层的检索是图像检索所能达到的最高目标,是计算机发展的最智能化表现,但是在目前计算机视觉和图像理解的发展水平下,还没有完善的解决方案。

目前,基于内容的图像检索的研究和应用主要集中在基于低层视觉特征层的图像检索

层次。现有的检索系统一般都具有基于颜色、纹理、形状等单个特征或组合特征检索的功能。实现基于低层视觉特征的图像检索的基本思路是：从图像中分析、抽取低层视觉特征，构成特征向量集合，通过在选定的距离空间内计算特征向量之间的距离获取图像之间的相似程度，从而实现基于内容的检索。低层视觉特征的提取主要采用计算机视觉和数字图像处理技术。

对象及对象间关系语义层的图像检索需要判断和识别图像中包含的对象类别以及对象的空间位置之间的拓扑关系，涉及机器学习、知识挖掘、模式识别、图像分割等技术。

场景语义、行为语义、情感语义层的图像检索更为抽象，需要通过复杂推理和主观判断来获取图像所包含的场景信息、行为信息以及情感信息，需要利用心理学、认知学等研究成果。

1.2.2 基于内容的图像检索与 MPEG-7 标准

基于内容的图像检索技术得到了相关国际标准的认同和支持。国际标准化组织 ISO/IEC 下的国际运动图像专家组组织 (Moving Picture Expert Group, MPEG) 一直致力于制定和完善的“多媒体内容描述接口”(Multimedia Content Description Interface, MPEG-7) 标准^[9]，目标就是要制定一个标准化的多媒体内容描述框架，建立对不同多媒体信息的标准描述(包括指定一组描述符和描述方案)，并且这些描述要与信息内容相关，以实现对多媒体信息快速有效的搜索，解决由于不同的数字系统和数据库描述多媒体内容的方法不同带来的互操作问题。MPEG-7 标准于 1997 年启动，在 2001 年 9 月正式成为国际标准，具体包括 MPEG-7 系统、MPEG-7 描述定义语言、MPEG-7 视觉、MPEG-7 音频、MPEG-7 多媒体描述方案、MPEG-7 参考软件、MPEG-7 一致性测试以及 MPEG-7 描述的提取和使用。国内外很多研究机构围绕 MPEG-7 描述，在特征提取、搜索引擎、存取接口等领域都展开了丰富的研究工作，甚至推出了相应的产品，如澳大利亚悉尼大学研究的关于 MPEG-7 检索域的搜索引擎原型、IBM 公司的 VideoAnnEx 注释工具等。MPEG-7 与基于内容的图像检索的关系如图 1-2 所示。

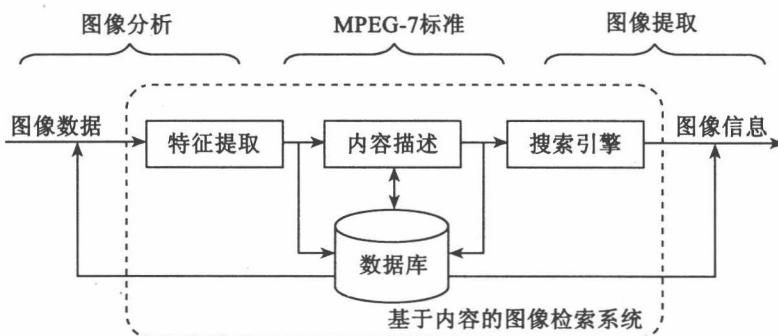


图 1-2 MPEG-7 标准与基于内容的图像检索的关系

图 1-2 中，虚线框中对应基于内容的图像检索系统，MPEG-7 位于检索系统的中心位

置, MPEG-7 的输入是对图像数据进行分析的结果, MPEG-7 的输出则为图像信息的提取提供了基础。由此可知, MPEG-7 标准可以借助基于内容的图像检索中现有的特征提取技术, 反过来, MPEG-7 的标准性有助于图像信息内容的描述和提取。

总之, MPEG-7 标准的建立会推进基于内容的图像检索的发展, 因为如果在对图像数据编码时就考虑图像的内容信息, 对于提高基于内容的图像检索的有效性和准确性会非常有利; 反之, 基于内容的图像检索系统模型将为研究图像内容描述的定义、存储以及查询等操作提供形式上的框架和平台。

1.2.3 图像检索系统主要功能模块

一般情况下, 一个基于内容的图像检索系统往往包含用户接口 (User Interface)、图像显示模块 (Image Viewer)、特征提取模块 (Feature Extractor)、特征匹配模块 (Feature Matching Processor)、图像数据库管理模块 (Image Database Manager) 五部分, 如果检索的是 Web 图像, 还需要增加 Web 图像搜索 Agent 模块, 如图 1-3 所示。各部分的功能分别介绍如下:

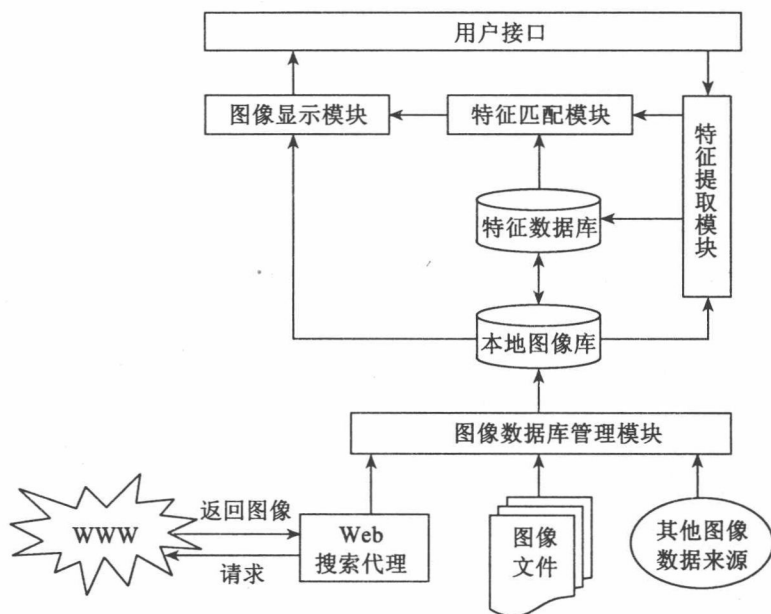


图 1-3 基于内容的 Web 图像检索系统结构图

①用户接口和图像显示模块: 用户接口提供查询界面, 负责将用户的查询条件提交给系统, 并将系统的检索结果返回给用户。典型的查询方式是按例查询 (Query by Example), 即用户提交给系统一幅模板图像, 要求系统从图像数据库中检索出与之最为相似的一组图像, 并将这组候选结果按相似程度排序后, 通过图像显示模块返回给用户, 供用户浏览并从中选取自己满意的图像结束本次检索; 或选取接近满意的图像, 然后给出意见, 以便系统调整和重新匹配查询条件, 从而进行逐级检索。相关反馈是用户将对结果图像的满意程