

综合多特征遥感图像智能检索方法的概念设计

戴 芹, 刘建波, 刘士彬

(中国科学院对地观测与数字地球科学中心, 北京 100094)

摘要: 遥感数据作为一种重要的时空数据源, 在环境监测、资源管理、灾害预报、重大工程监理、国防安全等众多领域发挥着不可或缺的重要作用。遥感图像检索的效率和精度, 直接关系到遥感影像数据应用的广泛性和实时性。本文在对国内外其他领域的图像检索技术、遥感图像检索技术的研究进展及其发展趋势进行综合分析的基础上, 针对目前遥感图像检索所存在的主体内容和检索主题难以确定、多特征索引难以建立、多特征难以综合利用、检索系统的智能性低、检索效率低等缺陷问题, 结合海量遥感数据的多样性、复杂性、不确定性等特征, 提出建立综合多特征遥感图像智能检索方法的研究思路, 并分别对遥感图像多特征表达模型和智能检索的概念模型进行理论构建和分析, 详细设计了综合多特征遥感图像智能检索的总体方案。另外, 对综合多特征遥感图像智能检索方法中的如何构建遥感图像的智能标注方法, 发展综合多特征的相似度识别模型, 建立遥感图像信息的智能反馈机制等系列关键问题及其发展方向进行分析与讨论。

关键词: 多特征; 智能方法; 遥感图像; 智能检索

DOI: 10.3724/SP.J.1047.2011.00401

1 引言

面临重大突发事件应急响应的需求, 建立并运用高效、精确和智能的信息提取及检索技术势在必行。譬如, 在汶川、玉树地震的救灾抢险过程中, 如何快速、智能和准确地在海量的卫星遥感及航空遥感图像数据库中检索、定位和提取实时的灾情信息, 以最大限度地降低人员伤亡、财产损失、生态环境污染与破坏等则显得尤为关键和重要。

图像检索研究相继经历了从简单到复杂、从低级到高级的发展过程, 也就是从传统的文本关键词的查询, 发展到基于内容的图像检索。而目前的方法主要针对视觉低层次特征、对象层特征或者语义层次特征等单一层次特征进行检索, 因此, 无法准确和有效实现各领域用户所需信息的智能快速提取。多特征是指从高到低表达遥感图像的多层次、多种类型的特征, 主要包括: 颜色、纹理、形状、光谱等视觉特征、目标对象特征, 目标对象之间的关系及其背景环境特征, 以及表征洪灾、城市扩张等的时序和语义等特征。因此, 本文针对基于“关键字

找图”的传统图像检索方法和目前基于内容的图像检索方法中存在的缺陷和关键问题, 在对国内外多特征遥感图像检索的研究进展进行综合分析的基础上, 结合人工智能方法, 构建综合多特征遥感图像智能检索的模型框架, 并在考虑如何高效智能地综合利用遥感图像的多层次、多类别特征信息的基础上, 对综合多特征遥感图像智能检索方法的总体框架进行设计, 并对如何实现综合多特征遥感图像智能检索的关键技术进行了探讨。

2 遥感图像检索方法的应用与进展

自从图像检索技术(image retrieval)于20世纪70年代末被提出以来, 图像检索研究经历了从简单到复杂、从低级到高级的发展历程, 也就是从传统的文本关键词的查询, 发展到如今的基于内容的图像检索。传统的图像检索方法, 首先是通过图像进行人工文字注解, 然后利用标注的文本关键词实现对图像的检索。因此, 基于关键词的图像检索已无法满足和难以实现对具有丰富信息量的图像快

收稿日期: 2010-04-01; 修回日期: 2011-05-28.

基金项目: 国家自然科学基金项目(40701105)。

作者简介: 戴 芹(1978-), 女, 博士, 副研究员, 主要研究方向为遥感信息处理与服务。E-mail: qdai@ceode.ac.cn

速和准确检索。

20 世纪 90 年代初,随着大规模图像数据集的不断涌现,为了克服基于文本关键词检索存在的缺陷问题,各种基于内容的图像检索(content-based image retrieval, CBIR)^[2]方法被相继提出。其从对图像由高到低的层次进行理解分析的角度获取图像的各类视觉特征(如颜色、纹理、形状等),再根据这些图像的内容特征进行图像的检索,克服了基于“关键字找图”检索模式的缺陷,检索过程中减少甚至避免了人为干预。由于运用该方法的用户可以通过提交样例或草图的检索方式进行目标图像搜索,也就是系统通过提取样例图像或者获得用户绘制草图的特征后,与数据库中的图像特征进行相似性匹配,检索得到的图像通过用户提供的反馈信息再进行重新搜索,经过多次反馈后,最终将检索得到的图像集返回给用户,这种检索方式就可以很好地避免因人工图像标注导致的“答非所问”的问题,逐渐成为国际视觉信息领域的研究热点,目前已经在医学图像、电子图书馆、专利商标检索、建筑设计等领域有着广泛的应用^[2]。鉴于内容图像检索系统的有效性和优越性,近年来国际上已开展研制基于内容的图像检索原型系统或商业应用系统。其具有代表性的演示系统主要有:IBM 的 QBIC^[3-6]、Excalibur 公司开发的基于内容的图像检索引擎 Retrieval ware^[7]、MIT 多媒体实验室开发的用于浏览和搜索图像的交互式工具 Photobook^[8-9]、美国伊利诺伊大学 Urbana-Champaign 开发的多媒体分析和检索系统(multimedia analysis and retrieval system, MARS)^[10-11]等。我国对基于内容的图像检索也有相当多的研究,尤其是在知识产权保护、医学图像分析、网络搜索、犯罪与安全等方面,对基于内容的图像检索系统中涉及的关键技术都有深入研究。在综合利用图像的多特征方面,研究实现了基于图像的颜色、纹理特征和形状特征的综合查询检索,并在图像分割、相关反馈技术等关键性问题方面开展了系列研究工作^[12-18]。

综上所述,基于内容的图像检索技术是一种多媒体的综合集成技术,发展过程中不断利用认知科学、图像处理、模式识别、知识处理、计算机图形学、数据库管理,以及信息检索等领域的新方法。目前,对基于语义查询、智能反馈技术、多特征查询等相关技术的研究与实现,使得用户在快速查找与获取图像的信息方面有了很大改善^[2,18-19]。

2.1 遥感图像检索方法的研究进展

国际上对基于内容的遥感图像检索研究始于 20 世纪 90 年代中期,研究主要集中在遥感图像的光谱和纹理特征提取、图像分解及其图像的相似性匹配等关键技术方面。在应用上相继研发了系列满足特定专业应用的实验系统。譬如:Lawrence 等人在实现网络环境下基于内容的卫星遥感图像搜索系统的过程中,提出了一种包含原始数据层、特征层和语义层的三层面向对象的遥感图像框架模型,分别对图像数据库设计、特征提取、相似性测量等方面进行了系列研究与技术实现,该演示系统支持案例查询、交互式查询和语义查询等检索方式(Lawrence, 1997)^[20];美国 Maine 大学的 Stefanidis 等人在 GIS 集成环境下,对基于草图的遥感图像检索方法进行了研究与系统实现。该系统采用四叉树进行图像的分解,用最小二乘匹配扩展进行特征匹配,实现了与对象尺度无关的在线和离线特征匹配算法^[20]。在系统运用过程中,用户可以通过系统用户界面,在当前浏览的遥感图像上,勾勒出用户感兴趣区范围并向系统提交查询需求,系统通过对用户勾画的区域进行特征提取并与特征库进行相似性匹配后,直接将检索结果图像集返回给用户;美国亚利桑那州立大学的 Zhu 等人对基于内容的航空照片检索系统进行了研发,该系统包含了 800 多幅航空照片,而且在原型系统中结合了包括 Gabor 滤波器、图像增强和图像压缩等多种图像信息分析技术,采用自组织图 SOM 相似性检索方法并取得良好效果^[21-22];另外,Priti 等人利用颜色和纹理属性,实现对遥感图像的有效检索^[23-24]。

国内有关研究机构和卫星公司为了更好的管理、分发和使用所存储的海量遥感图像,分别建立了相应的遥感图像数据库及其遥感图像检索系统,但这些系统多数是采用以遥感图像的元数据来进行数据归档和管理,查询检索也只能提供关键词的数据查询与检索。目前,国内对基于内容的遥感图像检索方法和技术的研究尚处于起步阶段;李德仁院士提出了基于内容的遥感图像检索的图像分块新策略^[25],对遥感图像的分块研究具有指导性作用;陆丽珍等人对如何在遥感图像检索中融合颜色和纹理特征进行了分析^[26];杜培军等人对基于内容的遥感影像检索的若干问题和基于光谱特征的高

光谱遥感影像检索进行了分析和探讨^[27-28];张成刚等人在对遥感影像内容的语义查询算法研究的基础上,开展了实验应用分析^[29-31]。

2.2 遥感图像检索方法的发展趋势

综合分析表明,自 20 世纪 90 年代中期以来,基于内容的图像检索方法逐渐受到遥感图像检索领域的强烈关注,有关研究人员将基于内容的图像检索方法不断引入到遥感图像检索的研究。但由于遥感图像自身具有多样性、复杂性、海量等多特征性质,使得基于内容的遥感图像检索技术尚存在诸多缺陷,且关键技术和方法相对落后、理论体系和应用系统不够完善。

目前,基于内容的遥感图像检索研究仍然存在以下系列关键性的难点问题:① 由于遥感图像获取的是某一时刻某地区的地表状况,地表现象时空变化复杂性使得每幅遥感图像的主体内容和主题难以确定,导致对遥感图像所包含的目标对象和语义难以准确确定与表达,从而影响遥感图像检索的准确性和效率;② 遥感图像数据的多时相、多尺度、多光谱分辨率和数据量庞大等特点,使得目前的提取和检索方法无法对遥感图像的多层次特征信息进行快速提取和智能索引;③ 当前的研究主要集中在低层次特征的提取和检索方面,尚没有建立一个比较理想的多特征组合模型来对综合多特征信息进行快速有效提取和检索;④ 目前遥感信息提取和检索系统普遍存在智能化程度不高、检索内容不够完整、检索效率较低等缺陷和技术难题。

因此,要解决上述问题,必须将人工智能方法与基于内容的遥感图像检索方法进行集成。因为在遥感信息提取的过程中,运用群智能方法(蚁群算法和微粒群算法)、支持向量机、神经网络、贝叶斯网络等人工智能方法,它们的自我组织、全局寻优、抗噪声等智能化优势在遥感图像检索领域具有很大的应用潜力。如何在遥感图像检索中借鉴和发挥这些智能方法的优势,有效解决遥感图像检索中的特征提取与选择、相似度比较、用户反馈、多维特征综合利用等关键性问题,从而提高遥感图像查询与检索的精度、效率和智能化程度,是遥感图像检索研究的发展趋势和前沿问题,也是当前遥感图像信息数据处理、管理及服务亟须解决的热点科学问题。

3 综合多特征遥感图像智能检索方法与概念模型设计

3.1 方法构建的理论基础与框架设计和关键技术

如何对遥感图像检索的主体内容和检索主题确定、建立多特征、综合利用多特征信息、提升检索系统的智能性、提高系统的检索效率等遥感图像检索的关键性问题的解决,是构建综合多特征遥感图像智能检索方法的最终目标。要解决这些关键性核心技术问题,就必须综合多种特征,并借助、汲取和集成人工智能领域的智能算法,将人工智能算法的优越性与遥感图像检索进行有效结合,构建综合多特征遥感图像的智能检索方法,才能实现遥感图像的信息内容及特定主体的高效、快速和智能化检索。因此,综合多特征的遥感图像智能检索模型,不仅要能够充分表达低层次特征到高层次语义的映射,而且要能够为多特征遥感图像检索奠定相应的理论基础。只有建立起综合多特征的遥感图像智能检索模型,才能解决遥感图像的多特征如何表达和组织的问题,进而对遥感信息检索过程进行科学合理的解释、表达与运算。该模型主要包括遥感图像的分层模型和遥感图像的语义层次模型两个方面。其中,遥感图像的分层模型主要解决遥感图像的元数据、原始像元数据、图像特征、语义内容等多层次信息,建立模型的层次结构,并分别从语义层、特征层、原始数据层、元数据层等方面来划分模型的层次;遥感图像的语义层次模型,则主要解决在语义层上定义图像的语义属性,在特征层上实现包括遥感图像的颜色、纹理、形状、光谱等特征内容的智能提取。另外,在原始数据层上建立原始遥感图像的像元阵列数据,并在元数据层对图像的获取时间、传感器类型、空间分辨率和空间参考等信息进行解释。下面将分别对综合多特征遥感图像智能检索模型中的多特征表达模型、智能检索的概念模型及其总体框架进行论述和分析。

(1) 遥感图像的多特征表达模型

遥感图像的特征可以从多个层次来提取,针对不同类型的遥感图像,按照其不同的应用目标进行不同特征的提取。从遥感图像特征由低到高的层次结构,可以将其分为低层次特征层、对象层、空间关系层、背景层、行为层及知识层,具体分层和表达模型可用图 1 进行表征。根据遥感图像特征的多

层次特点,遥感图像的多特征表达模型的实现过程及其在综合多特征遥感图像检索中的作用主要包括以下内容:(1)在低层次特征层,实现对遥感图像的颜色、纹理、形状、光谱或组合特征等遥感图像视觉特征的综合表达;(2)在对象层,实现对某一目标对象(如河流、城市道路、机场等检索对象)的信息表达;(3)在空间关系层,实现对目标对象之间的空间关系(如相邻、相交、包含等)的关系表达;(4)在背景层,实现对目标对象所处的环境背景(如湖泊处于沙漠中的背景等)的背景表达;(5)在行为层,实现对目标对象的某种行为特征的表达,一般指在时间序列图像库里,某个图像中的目标对象的行为特征,如河流面积在蔓延等;(6)知识层是遥感图像内容的最高特征层,在此层次上实现对某一领域的知识表达,譬如,通过多时相水体的提取与对比分析,获得“发生洪水灾害”的决策知识信息等。

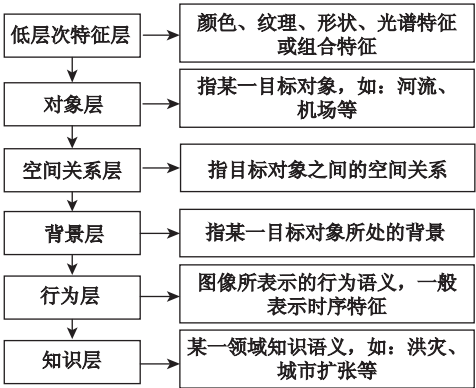


图 1 遥感图像的多特征表达模型

Fig. 1 The multi-feature model of remote sensing image

(2)综合多特征遥感图像智能检索的概念模型
在构建综合遥感图像的多特征表达模型的基础上,综合多特征的遥感图像智能检索模型可用以下的表达式进行描述:

$$[U,S,F,M,X,sim(U,X)]$$

式中, U 为用户模型,代表包括用户对所需搜索图像的描述集、用户知识水平及人机交互会话等用户信息,是用户提交的查询需求和反馈过程的信息集合; S 为提取搜索目标的语义特征集; F 为提取搜索目标的不同层次的特征集; M 为搜索目标的元数据表达集,描述了搜索目标的元数据表达内容; X 代表对 S, F, M 的综合处理过程,包括特征选择、主成分变换等多特征的综合处理步骤; $Sim[(U, X), D1 \rightarrow D2]$ 为用户提取查询目标和图像数据库的函

数,包括对查询目标的推理和相似性函数等,函数中的 $D1$ 为分块图像数据库, $D2$ 为原始图像数据库, $D1 \rightarrow D2$ 表示从分块图像数据库指向原始图像数据库。

(3)综合多特征遥感图像智能检索的总体框架设计

综合多特征遥感图像的智能检索方法的总体框架可用图 2 进行表征。图中所示的综合多特征遥感图像的智能检索方法具备遥感图像处理、数据存档与管理、综合多特征遥感图像智能检索三大主要功能模块。其中,遥感图像处理模块,主要是描述遥感数据从特征到语义等信息提取的处理流程。在处理过程中,在针对特定应用需求,对不同类型的遥感图像进行图像几何纠正、图像增强等系列预处理的基础上,首先进行图像的分解,其次对分解后的图像进行多特征提取。最后进行语义信息的提取;数据存档与管理模块,主要是对遥感图像的元数据库、原始图像库、分块图像库、多特征数据库和语义信息库进行有效存储与管理,并在此基础上建立相应的索引库。综合多特征遥感图像智能检索模块,主要描述用户对遥感图像内容的检索流程。用户可通过用户界面,向系统提交查询例图、查询图像特征或语义描述内容,以及其他查询需求,系统便对提交的查询例图进行预处理分析,并在提取相应特征的基础上,进行综合多特征的遥感图像相似度匹配,进而实现用户所需遥感图像的智能检索并将检索结果反馈给用户,用户根据检索结果对系统提供反馈信息,系统接收到反馈信息后,运用智能反馈模型进行再次处理,直到获得的图像检索结果达到用户需求为止。

3.2 综合多特征遥感图像智能检索的关键技术

(1)构建遥感图像的智能标注方法

遥感图像智能标注方法的构建,是发展综合多特征遥感图像智能检索的首要步骤,而构建遥感图像的目标对象间的相互关系、遥感图像的时序特征提取模型和算法等,则是实现对标注进行智能识别和提取的关键内容。根据对国内外语义表达方法和遥感图像自动标注方法的综合分析表明,遥感图像的语义属性主要包括土地利用/覆盖类型、对象间的空间关系、以及领域知识等语义内容。遥感图像的智能标注旨在建立遥感图像多特征与高层语义之间的关联,为遥感图像检索自动赋予一个语义

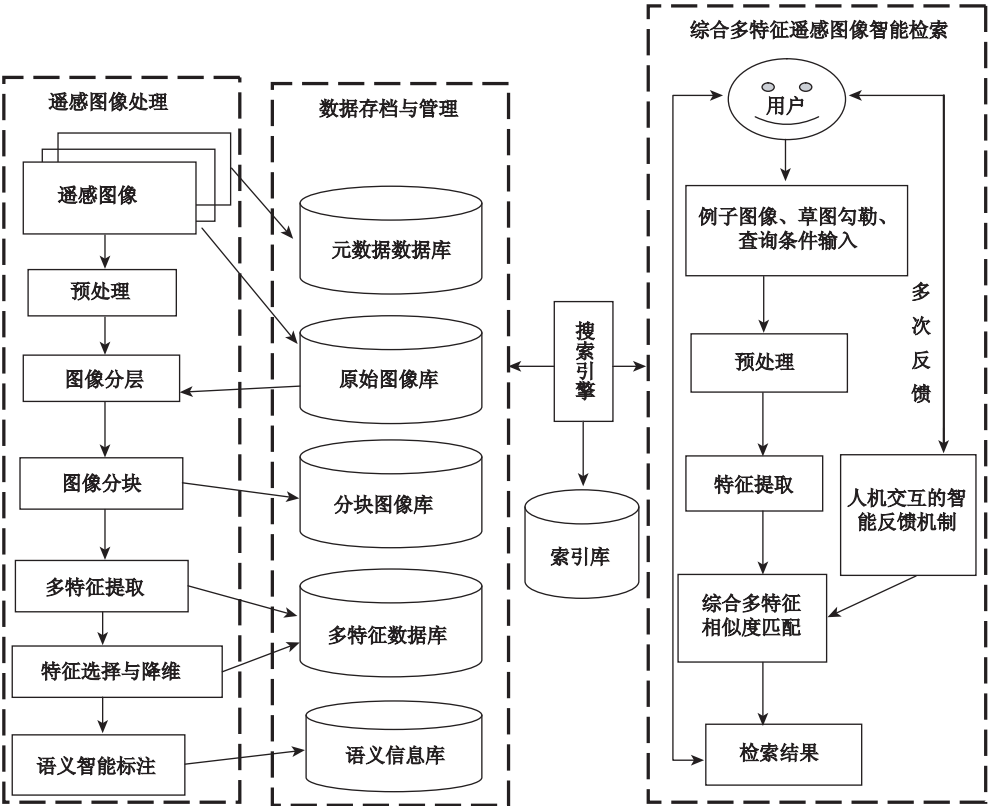


Fig. 2 The framework of intelligent multi-feature integrated remote sensing image retrieval

关键词,可以看成是一个标准的分类问题。多特征遥感图像智能标注方法的构建及其实现遥感图像的自动标注的技术流程(图 3)。其关键步骤是在对遥感图像进行颜色、纹理、形状等多特征提取的基础上,进行特征选择,并采用智能分类方法进行图像分类,然后赋予遥感图像的类别标注。或者将特征提取后的图像与例图进行图像的相似性匹配,并按照相似性最大的图像语义信息进行图像的语义标注,同时将该信息输入到语义信息库。

(2)构建特征选择优化与降维方法

由于遥感图像的多特征提取后,特征向量十分庞大,且特征向量之间存在的相关性在一定程度上都会对图像的检索效率产生影响,构建有效的特征选择优化与降维方法,对遥感图像的多种特征在检索前进行特征向量削减,实现在降低综合特征向量维数且不影响检索精度的同时,提高检索速度是多特征遥感图像检索的重要处理步骤。遥感图像特征的非线性特征,使得难以直接通过常规的线性降维方法来实施特征选择与优化。而且,传统的方法在处理高维数据时往往不满足稳健性要求。因此,构建基于流行学习方法研究的降维方法,实现在多

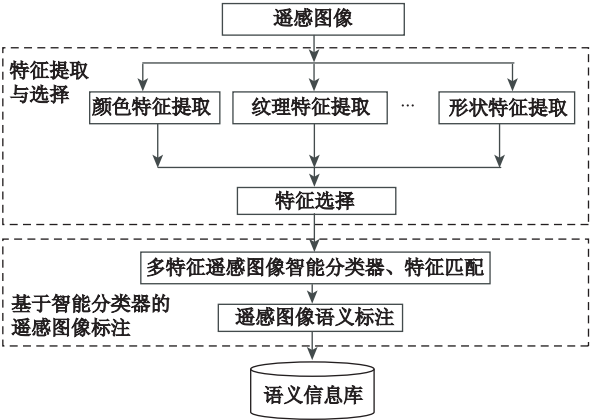


Fig. 3 The technical process of intelligent remote sensing image labeling

特征建立索引前对其进行有效降维处理,是实现综合多特征遥感智能检索的重要内容之一。

(3)发展高维索引方法

由于遥感图像库的数据量庞大,综合多特征遥感图像检索往往具有复杂的高维特性。因此,在当前有效的高维索引技术的基础上,提出适合遥感图像检索的高维索引建立方案,建立有效的高维索

引,建立高维索引来组织和管理多特征和搜索过程,提高基于内容的遥感图像检索效率,支持多特征数据库的动态更新和维护,从而提高对遥感图像的查询速度和检索效率,是今后在发展综合多特征遥感影像智能检索方式时,必须重点研究的关键问题之一。而且,在构建遥感图像检索的高维索引方法时,对遥感图像的空间相似性特征和如何综合多特征信息必须充分考虑。

(4)建立多特征组合的相似性度量方法

综合多特征检索可以定义为综合遥感图像的视觉特征、光谱特征、元数据、语义标注等信息进行基于内容的遥感图像检索。因此,根据不同的检索目标,分别从同步特征组合与异步特征组合两个角度出发来建立综合多特征组合的相似行度量模型,是构建综合多特征遥感图像智能检索方法的又一关键问题。在采用多特征的同步组合检索方法时,应同时考虑多种特征在检索模型当中的权重赋值问题。在采用异步组合模型检索方法时,应在对上一级特征的相似性进行比较并输出结果的基础上,综合集成比较后的输出结果并作为下一级特征提取与比较的输入参数信息,进行逐次匹配,从而逐步缩小检索空间提高检索精度。

(5)构建智能反馈模型

建立智能反馈机制是提高遥感图像检索性能的有效手段。通过结合在线与离线的学习机制,建立用户智能反馈模型,是有效解决图像检索中用户信息反馈模式单一、低效的有效方案。因为在该模型中,充分考虑长期离线学习和利用多用户参与的模式来搜集用户的反馈信息,并进行模型学习,从而实现图像语义标注信息的不断更新、补充和完善。另外,该智能反馈机制,通过结合在线用户与离线用户的多次反馈信息,能够充分减少用户反馈次数并大幅度提高图像检索效率。当在线用户提交查询时,首先通过在线学习将搜索结果图像返回给用户,用户则会在本次搜索结果基础上提交反馈,系统再次获取在线用户的反馈后,结合离线学习的结果进行相似度参数的调整并计算相应的相似度,最终将检索结果图像返回给用户。

4 讨论

本文对目前遥感图像检索中存在的局限和问题,以及发展趋势进行剖析的基础上,提出将人工

智能算法的优越性与遥感图像检索进行有效结合,提出综合多特征的遥感图像智能检索的总体框架;并分别对综合多特征遥感图像智能检索方法的研究思路、遥感图像的多特征表达模型和综合多特征的遥感图像智能检索的概念模型的构建过程进行理论分析。同时,对综合多特征遥感图像智能检索方法中的如何构建遥感图像的智能标注方法,发展综合多特征的相似度识别模型,建立遥感图像信息的智能反馈机制等关键问题进行了分析。

另外,完全实现快速智能地从海量遥感数据提取各领域的用户需求信息是一个极为复杂的过程,譬如智能标注中的语义自动标注的实现、特征的优化与降维、多特征组合的相似性确定,以及用户经验知识与机器先验知识的智能反馈等每一个遥感图像智能检索的瓶颈技术实现都需要大量的理论分析和实践验证。笔者相信,在今后的研究中,针对每一个关键问题进行深入研究和反复实践论证,将能大幅度地提高对海量遥感图像数据的检索效率和精度,以进一步拓展遥感数据的应用范围和深度。

参考文献:

- [1] 李德仁. 论 21 世纪遥感与 GIS 的发展[J]. 武汉大学学报信息科学版, 2003, 28(2): 127 - 130.
- [2] 周明全, 耿国华, 韦娜. 基于内容图像检索技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007, 1 - 174.
- [3] Flickner M, Sawney H, Niblack W, Ashley J, *et al.* Query by Image and Video Content: The QBIC System [J]. IEEE Computer, 1995, 28(9): 23 - 32.
- [4] Niblack W, Barber R, Equitz W, *et al.* The QBIC Project: Querying Images by Content Using Color, Texture, and Shape[C]. Proc. of SPIE, Storage and Retrieval for Image and Video Databases, February 1993.
- [5] Equitz W and Niblack W. Retrieving Images from a Database Using Texture-algorithms from the QBIC System [C]. IBM Comput. Sci. Tech. Rep. RJ 9805, May 1994.
- [6] Lee D, Barber R, Niblack W, M Flickner, J Hafner and D Petkovic. Indexing for Complex Queries on a Query-by-content Image Database [C]. Proc. of the 12nd IAPR Int Conf on Pattern Recognition, Jerusalem, Israel, 1994, 1: 142 - 146.
- [7] Dowe J. Content-based Retrieval in Multimedia Imaging [C]. Proc. SPIE Storage and Retrieval for Image and

- Video Database, 1993,1908:164 - 167.
- [8] Pentland A, Picard R W and Sclaroff S. Photobook: Content-based Manipulation of Image Databases[J]. Int. Journal of Computer Vision, 1996,18(3): 233 - 254.
- [9] Pentland A, Picard R W and Sclaroff S. Photobook: Tools for Content-based Manipulation of Image Databases[C]. Proceedings of the Symposium on Electronic Image: Science and Technology Storage and Retrieval for Image and Video Database II, SPIE, 1994, 2185: 34 - 47.
- [10] Mehrotra S, Rui Y, Ortega M, and Huang T S. Supporting Content Based Queries over Images in Mars [C]. Proc. IEEE Int. Conf. Multimedia Computing and Systems, 1997, 632 - 633.
- [11] Rui Y, Huang T S and Mehrotra S. A Relevance Feedback Architecture in Content-based Multimedia Information Retrieval Systems [C]. Proceedings of IEEE Workshop on Content-based Access of Image and Video Libraries, Puerto Rico, June 20, 1997.
- [12] 章毓晋. 基于内容的视觉信息检索[M]. 北京: 科学出版社, 2003, 1 - 30.
- [13] 姜秀华, 王玉霞, 陈旭灿. 基于内容的检索技术与系统实现[J]. 北京广播学院学报(自然科学版), 2003, 10(1): 18 - 25.
- [14] 许营坤, 王崇骏, 杨育彬, 等. 基于内容的图像检索系统的设计与实现[J]. 计算机科学, 2004, 31(2): 139 - 140.
- [15] 苗凤君, 郭清宇, 潘磊. 基于内容图像检索技术的超声图像[J]. 中原工业学院学报, 2005, 16(3): 12 - 15.
- [16] 林铭德, 王加阳. 基于内容的图像数据库检索原型系统的设计[J]. 福建电脑, 2008(10): 148 - 149.
- [17] 闫实, 付佳. 基于内容特征的图像数据库检索技术及实现[J]. 计算机系统应用, 2009, 2: 129 - 131.
- [18] 徐长勇, 周焰, 李德仁. 基于内容的遥感图像检索综述[J]. 武汉理工大学学报, 2003(10): 8 - 12.
- [19] 吴洪, 卢汉清, 马颂德. 基于内容图像检索中相关反馈技术的回顾[J]. 计算机学报, 2005, 28(12): 1970 - 1979.
- [20] Bergman L D, Castelli V and Li Chung-Sheng. Progressive Content-Based Retrieval from Satellite Image Archives[J]. D-Lib Magazine, October 1997. <http://www.dlib.org/dlib/october97/ibm/10li.html>
- [21] Stefanidis A, Agouris P. Sketch-based Image Retrieval in an Integrated GIS Environments[C]. IAPRS, Stuttgart, 1998, 32(4): 597 - 603.
- [22] Zhu B, Ramsey M, *et al.* Creating a Large-scale Content-based Airphoto Image Digital Library[C]. Proceedings of IEEE Transaction on Image Processing, 2000, 9(1): 163 - 167.
- [23] Priti M and Namita S. Retrieval of Remote Sensing Images Using Colour & Texture Attribute[J]. International Journal of Computer Science and Information Security, 2009, 4(1).
- [24] Priti M and Namita S. Prototype System for Retrieval of Remote Sensing Image Based on Color Moment and Gray Level Co-occurrence Matrix [J]. International Journal of Computer Science Issues, 2009, 3: 20 - 23.
- [25] 李德仁, 宁晓刚. 一种新的基于内容遥感图像检索的图像分块策略[J]. 武汉大学学报信息科学版, 2006, 31(8): 659 - 662.
- [26] 陆丽珍, 刘仁义, 刘南. 一种融合颜色和纹理特征的遥感图像检索方法[J]. 中国图象图形学报, 2004, 9(3): 328 - 333.
- [27] 杜培军, 唐宏, 方涛. 基于内容的遥感影像检索若干问题的研究[J]. 中国矿业大学学报, 2005, 34(3): 270 - 273.
- [28] 杜培军, 陈云浩, 方涛, 等. 基于光谱特征的高光谱遥感影像检索[J]. 光谱学与光谱分析, 2005, 25(8): 1171 - 1175.
- [29] 张成刚, 毕建涛, 池天河. 遥感影像内容的语义查询算法与应用[J]. 地球信息科学, 2007, 9(3): 109 - 115.
- [30] 杜冲, 司望利, 许珏. 基于地理语义的空间关系查询和推理[J]. 地球信息科学学报, 2010, 12(1): 48 - 55.
- [31] 舒飞跃, 闫国年, 陆婧, 等. 基于知识对象的土地管理空间数据库模型设计与实现[J]. 地球信息科学学报, 2010, 12(3): 348 - 358.

The Conceptual Framework Design of Intelligent Multi-feature Remote Sensing Image Retrieval

DAI Qin, LIU Jianbo, LIU Shibin

(Center for Earth Observation and Digital Earth, CAS, Beijing 100086, China)

Abstract: With the increasingly improved earth observation systems, the rapid development of various observation techniques and computer intelligence technology, more and more research fields such as environmental monitoring, resource management, disaster forecast, major projects management, national security are highly rely on remote sensing information and its high timeliness. Therefore, we are not only facing the most abundant resources of remote sensing data, but also facing the challenges of transforming the data into information with effective information extraction technology. The Content-based Remote Sensing Image Retrieval (CBRSIR) as one effect approach that obtains remote sensing information quickly is receiving increased attention in the remote sensing application community, and it is emerging as a major research direction. Based on reviewing and analyzing the related technology on CBRSIR, the main bottleneck problems in current research scope are summarized in this paper, which are: one scene remote sensing image always has no main theme or obvious content; difficulty in indexing the multi-feature extracted from remote sensing image; it is difficult to apply multiple features synthetically; the current systems always have low intelligence and efficiency. These problems affect the development of CBRSR. Considering the diversity, complexity and mass of remote sensing images, this paper proposed an intelligent multi-feature integrated remote sensing image retrieval model and constructed its framework. Then the key technology of the multi-feature integrated model, the multi-feature description model, the theoretical framework of intelligent extraction methods and processing algorithms of the multi-feature are also proposed in this paper, and the feature research trend on multi-feature selection and dimensionality reduction, the multi-feature integrated similarity measure model, the intelligent feedback model are also prospected. In the end, this paper discussed the significance of construction of the intelligent multi-feature integrated remote sensing image retrieval method and the main feature work.

Key words: multi-feature; intelligent method; remote sensing image; intelligent retrieval