

遥感图像森林资源信息

提取与分析研究

● 葛宏立 方陆明 著



科学出版社

www.sciencep.com

葛宏立 方陆明 著

科学出版社

北 京

北 小

内 容 简 介

本书介绍了作者在遥感图像森林资源信息提取和空间分析方面所做的一些研究工作。在信息提取方面,介绍了作者提出的面向类的图像分割方法(cluster-oriented image segmentation approach, COIS)及其应用的一些例子。COIS 方法分两个步骤。第一步,用一种高效的非参数方法——爬峰法,用一个小的聚类尺度对特征数据进行聚类;第二步,对第一步得到的类进行一系列操作,使之最后得到的类能对应图像空间的区域,这一步是本方法的核心。第一步的操作对象是像素,第二步的操作对象是第一步生成的类。COIS 方法适用于遥感图像或其他高维(多通道)图像的分割。在森林资源空间结构分析方面,针对国内外对森林资源空间结构研究的现状,首先确定并分析了影响森林资源空间分布的因素的评价指标体系;对森林资源空间结构的主要内容进行了探索;提出了用于森林资源空间结构分析的统计方法和 GIS 的空间分析方法;基于试验区建立了森林资源空间结构分析系统。

本书可作为遥感、地理信息系统、森林资源信息管理等有关专业研究生的参考书,也可供从事相关领域研究和应用的科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

遥感图像森林资源信息提取与分析研究/葛宏立,方陆明著. —北京:科学出版社, 2007

ISBN 978-7-03-019896-9

I. 遥… II. ①葛… ②方… III. 遥感技术—应用—森林—资源调查—研究 IV. S757.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 136977 号

责任编辑:陈沪铭 王新玉/责任校对:邹慧卿

责任印制:刘 学/封面设计:一 明

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

上海宝山杨中印刷厂 印刷

科学出版社编务公司排版制作

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 8 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2007 年 8 月第一次印刷 印张:12 1/2

印数:1—2 200 字数:281 000

定价:32.00 元

前言

森林资源是一种自然的、可再生的、可培植的、与地域密切相关的资源,包括林地、林木、林地上的植被与所有生物以及由这些部分相互作用产生的环境。林业的发展要求与社会、经济、自然的发展相协调,社会、经济、自然的可持续要求林业的发展也要可持续,为了适应林业发展新形势,必须将信息技术,尤其是遥感和智能化技术用于大面积的森林资源调查和监测,目前部分省、市已采用 TM 和 SPOT 5 遥感数据(全色波段空间分辨率为 2.5m 或 5m,多光谱波段 10m)作为森林资源监测和森林资源调查中森林类型区分、面积测算的基础。虽然遥感图像内容十分丰富,但在目前的技术应用中,森林资源的许多调查因子仍然无法利用遥感数据自动获取,因此开展基于遥感数据的森林资源信息提取与应用研究具有重要的现实意义和经济意义。

森林资源空间结构是森林资源空间性的表象,不同的空间结构表现出不同的功能,合理的空间结构可以维持区域森林生态系统的物质、能量流动的平衡,从而为整个生态平衡创造有利的条件。尽管目前空间分析技术已有了开发空间分析的专门化模型软件和结合地理信息系统软件开发的内嵌的空间分析软件包,但森林资源空间结构有其特殊性,森林资源空间结构无论从分析的准确性、及时性都有待于提高。遥感技术的出现大大缩短了森林资源的调查周期,如何利用遥感数据结合地面调查对森林资源空间结构进行分析具有重大的现实意义。

遥感图像信息提取的关键是分类和区划,遥感图像森林资源信息提取的基础也是分类和区划,分类和区划的核心是图像分割。分类即是要搞清楚图上各处是什么地类,如森林、农田、水域、树种等,而区划(或勾绘)即是要将分类得到的结果按照一定的规则划分为一个个连续的区域,这些区域通常称为图斑。分类没有在地域上连片的要求,最小可以一直到单个像元,而区划则有连片的要求,一般而言对区划的最小面积也有规定。在分类和区划中,目前存在以下几个问题:① 滞后性:分类和区划的工作量巨大,由手工完成,除了耗费大量财力人力外,还将旷日持久,这将使森林资源信息的及时掌握和动态分析成为不可能;② 林业信息整体处理水平低:如果遥感应用的主要信息处理工作——分类和区划由手工完成,必将严重制约林业信息处理整体水平的提高,遥感图像起到的作用实际只是提供了可供勾绘的底图;③ 主观性强:由手工完成分类和区划,其质量取决于调查员的水平,如果调查员的水平不高,那么最后的质量也不会好。

基于遥感数据的森林资源信息的提取涉及多种技术的综合应用,目前国内外还缺乏有效的方法,许多方法常常只适用于各自特定的条件。而在森林资源的空间结构分析方面,尽管国内外有不少学者从自然、经济、社会、生态景观等多个侧面去研究,但很少有将各种要素进行综合考虑的,并很好地在实际中得到应用,结果是难以支持森林资源的可持续发展。

基于以上现实问题,作者基于一些研究项目展开了对基于遥感数据的森林资源信息提取与空间结构分析的研究,并取得了以下成果。

(一) 基于遥感数据的森林资源信息提取方面。研究过程中分析了国内外常用于遥感图像的区划方法——基于聚类图像分割方法所存在的问题,介绍了几种主要的基于聚类的方法。并在此基础上提出了一个新的图像分割方法——面向类的图像分割方法(cluster-oriented image segmentation approach, COIS)。这个方法在国内外的研究中具有独创性,分两个步骤进行,第一步,用一种聚类方法,采用了一种高效的非参数方法——爬峰法,用一个小的聚类尺度对特征数据进行聚类;第二步,对第一步得到的类进行合并操作,使之最后得到的类能对应图像空间的区域。同时,开发了作为验证以上方法的用户系统——COIS,并对一些数据进行了处理,结果表明,本研究所提的方法对 TM 遥感图像和 SPOT5 遥感图像的处理效果都比较理想。

(二) 森林资源空间结构分析方面。分析了目前国内外森林资源空间结构分析中亟待解决的问题;确定并分析了影响森林资源的空间分布的因素的评价指标体系;确定了研究森林资源空间结构的主要内容;提出了用于森林资源空间结构分析的统计方法和 GIS 的空间分析方法;以浙江省临安市新昌县为试点建立了森林资源空间结构分析系统,并嵌入到区域森林资源地理信息系统之中,在实际中得到应用。

目 录

前言

第 1 章 概述	1
1.1 研究的背景	1
1.2 国内外发展概况	1
1.3 研究的意义	3
1.4 研究的主要内容	4
1.5 研究方法和技术路线	4
第 2 章 基于遥感图像的森林资源信息提取方法	6
2.1 概述	6
2.1.1 应用概述	6
2.1.2 研究概述	6
2.2 图像分割方法综述及几种基于聚类的方法介绍	10
2.2.1 图像分割综述	10
2.2.2 几种基于聚类的方法介绍	16
2.3 寻谷法和爬峰法介绍	20
2.3.1 寻谷法	20
2.3.2 基于原始特征向量的爬峰法	24
2.3.3 基于特征向量直方图的爬峰法	28
2.4 直方图的两种存储方式及相关算法	34
2.4.1 表式直方图的一种新构造方法	34
2.4.2 数组式直方图及其与爬峰聚类相关的有关算法	37
2.4.3 直方图压缩	40
2.4.4 直方图边缘栅格的调整	47
2.5 尺度控制参数试验	48
2.5.1 栅格大小试验	48
2.5.2 直方图平滑	50
2.5.3 图像空间平滑	53
2.6 基于特征空间指数的类合并	55
2.6.1 边界相接类的亲和度指数	55
2.6.2 边界相离类的亲和度指数	57
2.6.3 基于亲和度指数的类合并	59
2.6.4 基于亲和度指数和像素数阈值的类合并	61
2.7 基于图像空间指数的类合并	63
2.7.1 聚合度指数	63

2.7.2	均匀度指数	67
2.7.3	离散点切除	68
2.7.4	捕获度指数	70
2.7.5	几种图像空间指数的应用	72
2.8	两个空间指数的综合应用及基于距离方法简述	75
2.8.1	根据聚合度阈值和亲和伙伴进行类合并	75
2.8.2	方法组合	76
2.8.3	基于距离方法简述	78
2.9	人机交互及改变栅格尺寸方法	78
2.9.1	人机交互合并	78
2.9.2	改变栅格尺寸	79
第3章	森林空间结构形成机理与分析方法与技术	81
3.1	空间结构的演变	81
3.1.1	长期的自然竞争形成的空间格局	81
3.1.2	人类社会经济发展对森林空间结构产生的主要影响	85
3.1.3	可持续森林经营空间结构状态	89
3.2	森林空间结构信息管理概述	90
3.2.1	空间信息获取	91
3.2.2	空间信息处理	92
3.2.3	空间信息的利用	93
3.3	空间分析方法与技术	94
3.3.1	空间分析的定义、研究对象与内容	94
3.3.2	空间分析的理论体系	96
3.3.3	基于地理信息系统的空间分析	97
3.3.4	空间统计学分析	102
3.4	森林资源空间结构的状态分析方法	104
3.4.1	空间要素及其形状、距离、连接度、位置等空间状态的确定方法	104
3.4.2	空间集聚度分析方法	106
3.4.3	空间差异性或均匀度的分析方法	108
3.4.4	空间相对区位分析方法	108
3.5	森林资源空间结构的影响因素的分析方法	109
3.5.1	常规统计分析	109
3.5.2	主成分分析	110
3.5.3	聚类分析	110
3.5.4	相关分析	110
3.5.5	回归分析	110
3.5.6	层次分析法(AHP)	110
3.5.7	地统计学的变异函数分析法	111
3.6	森林资源空间结构的动态过程分析方法	111

3.6.1	空间相互作用模型	111
3.6.2	时空机理模型	112
第4章	COIS 软件系统	113
4.1	基本要求	113
4.2	系统工作流程	113
4.3	系统主要功能	114
4.3.1	编辑	114
4.3.2	查看	114
4.3.3	预处理	115
4.3.4	分割	121
4.3.5	后处理	128
4.4	应用实例	128
4.4.1	遥感图像分割	128
4.4.2	TM 图像森林采伐迹地提取	136
4.4.3	SPOT5 图像森林采伐迹地提取	138
4.4.4	人物图像分割	138
4.4.5	自然景物图像分割	141
4.4.6	提取地图上的手工勾绘线	143
4.4.7	TM 图像城镇用地信息提取	144
第5章	森林资源空间结构分析系统	148
5.1	基本要求	148
5.2	系统工作流程	148
5.3	系统主要功能	149
5.4	应用实例——新昌县森林资源空间分析系统	149
5.4.1	系统简介	149
5.4.2	系统主要功能	150
5.5	临安市森林资源空间结构分析	170
5.5.1	临安市森林资源空间分布的集聚状况	171
5.5.2	临安市森林资源空间分布的分异或均匀状况	173
5.5.3	临安市森林资源的林种空间分布状况	174
5.5.4	临安市林地利用的状况分析	175
5.5.5	临安市森林及林地质量的状况分析	175
5.5.6	影响临安市森林资源空间结构的环境因素分析	179
第6章	结论与思考	180
6.1	结论	180
6.2	思考	182
参考文献		184

第1章 概述

1.1 研究的背景

本书是综合计算机图像处理方法与技术,结合森林资源调查、规划的需要,基于遥感图像进行森林资源专题信息提取,同时结合林学、生态学、经济学的要求对区域森林资源空间结构分析方法进行研究。

众所周知,森林资源是一种自然的、可再生的资源;是一种可以培植的、与地域密切相关的资源;是一种多用途的、可重复利用的资源。它包括林地、林木、林地上的植被与所有生物以及由这些部分相互作用产生的环境。森林资源的数量与质量将直接影响到我国经济建设和人民的生活质量。为此,需要及时地、动态地对森林资源信息进行获取与分析。

1949年以后,我国颁布了森林资源调查设计方面的有关规程,并进行了几次修订,将全国森林资源调查分为三大类:① 全国森林资源调查(简称一类);② 规划设计调查(简称二类);③ 作业设计调查(简称三类)。在具体调查中采用航片、卫片与地面调查相结合,引进以数理统计为基础的抽样方法和技术来提高调查的效果和效率。进入20世纪90年代,随着全球化、经济全球化的进程加快,随着信息技术的迅猛发展,各国对环境问题给予了更多的关注,提出了“可持续发展”的概念。在此背景下,我国提出生态效益、经济效益、社会效益三位协调发展,生态效益优先的指导方针,更加注重森林资源的多目标信息获取与分析。2002年10月国务院批准了“中国林业可持续发展战略”,为今后中国林业发展指明了方向,提出了新的要求,森林资源的可持续发展有了理论保证。同时,如何发挥遥感提供大面积监测的优势,自动获得遥感图像上森林资源专题信息也是各国政府和许多研究人员关注的问题,也是世界性研究难题。

1.2 国内外发展概况

基于遥感数据的森林资源信息的提取涉及多种技术的综合应用,目前国内外还缺乏有效的方法,某一种方法常常只适用特定的条件。因此,有大量问题等待去探讨。

在遥感图像处理和应用中,有两个关键的问题是分类和区划。分类即是要搞清楚图上各处是什么地类(如森林、农地、水域、树种等),区划(或勾绘)即是要将分类得到的结果按照一定的规则划分为一个个连续的区域,这些区域通常称为图斑。分类和区划既有联系又有区别。分类没有在地域上连片的要求,最小可以一直到单个像元,而区划则有连片的要求,通常规程对区划的最小面积都有规定。这样同一个图斑内的像元可能属于不同的地类,但这些像元应该有一个优势地类,从而与周围其他图斑的像元形成明显的区别。在我国目前林业遥感的实际应用中,这两项工作基本都是由调查员手工完成的,

在实际工作中这两项工作相应地被称为目视判读和手工勾绘。随着遥感的大规模应用和信息处理速度和质量要求的提高,由计算机自动或部分自动地参与遥感图像的分类和区划,是一个亟待解决的问题。这是因为:① 分类和区划的工作量巨大,单独由手工完成,除了耗费大量财力人力外,还将旷日持久,这将使森林资源信息的及时掌握和动态分析成为不可能;② 遥感应用的主要信息处理工作分类和区划由手工完成,将严重制约林业信息处理整体水平的提高,遥感图像起到的作用实际只是提供了可供勾绘的底图;③ 由手工完成分类和区划,其质量取决于调查员的水平,如果调查员的水平不高,那么最后的结果质量也不会好。面对这样的挑战,本书将计算机的自动分类和自动区划作为研究的重点,以探索基于遥感图像进行地类、林种乃至树种的区划。

本书中我们采用数字图像处理学科中的术语“图像分割”来代替“区划”这个词,这样更能体现信息计算机自动处理的特点。

从目前国内外遥感信息自动处理的发展水平考虑出发,本书将自动分类和自动分割的研究目标定位在人机交互的半自动分类和分割目标上,因为在近期内要实现计算机的完全自动分类和分割还不太现实。

半自动分类和分割的实现途径是:

(1) 根据图像像元各波段的亮度值生成一个高维特征空间。选择高维直方图作为特征空间。对高维直方图的维数,即选用几个波段没有限制,最小一维,最高从原则上讲可任意;当维数较高时,考虑到存储空间,可先对数据进行各种压缩,压缩的程度,以基本不损失信息为原则。

(2) 对特征空间进行非监督分类。设计一种非参数方法,这种方法对特征空间数据的分布几乎不做任何假定。它与传统的一些方法,如模糊聚类法和 ISODATA 法明显不同,因为这些方法需要假定特征空间数据成团状分布。

(3) 根据分类的结果对图像进行分割。分割不单在特征空间中进行,而在特征空间和图像空间之间不断切换之中进行。将特征空间分割的结果影射回图像空间,计算若干指标,再回到特征空间,如此往复,直至结束。

图像分割的意义在于:① 可大量减少手工区划的工作量,计算机图像分割的工作实际就是区划。手工要做的工作只是将自动分割不合理的地方纠正过来;② 可大量减少目视判读的工作量,虽然上述步骤产生的结果并不提供各个图斑的属性因子(即图斑的地类或其他因子),但因为分割的依据是遥感各波段亮度特性,与通常分类的依据是基本一样的,并且分割所用的方法本身就是一种分类(聚类)方法,所以分割的结果也基本体现了分类的结果,一些已知图斑的因子(通过部分实地调查等方法获得)可推广到同类(这里同类的“类”指分割过程中产生的类)的其他图斑,手工要做的是将一些分类错误的图斑进行纠正,这些错误可能是因为同物异谱、异物同谱等原因引起的。

图像分割方法采用多光谱图像和彩色图像分割方法,彩色图像实际是多光谱图像的一种特例。最近几年彩色图像(包括多光谱图像)的分割研究,引起越来越多的重视。许多原用于灰度图像分割的方法不适用于彩色图像的分割。彩色图像的分割以各式各样的聚类(分类)方法为主。一个显著的特点和趋势是各种近年来兴起的新理论、新方法的应用(如模式识别、人工智能、人工生命、人工神经网络、模糊集理论、遗传算法、马尔可夫随机场理论、信息论、小波分析、数学形态学等)以及各种方法的综合应用。本书将改

进和设计一种非参数的聚类方法。

基于 TM、SPOT 遥感图像分类解决了森林资源信息获取的部分问题,将极大提高森林资源信息获取的效率,降低森林资源调查的成本,并为森林资源空间结构分析、森林景观分析和森林资源质量分析奠定了良好的基础。空间结构在自然、社会、经济领域的各种资源已有较多的研究,本书仅就区域森林资源的空间位置、空间分布、空间关系、空间质量、空间关联、空间对比、空间趋势和空间运动,开展分析和研究,建立多种空间信息分析模型,综合运用空间信息分类的分析法、覆盖叠置分析法、网络分析法、缓冲区分析法和空间统计分析法等取得研究区域森林资源分析结果,再从生态学、经济学等多学科多角度对森林资源质量进行综合评价。

森林资源空间结构是指在一定时期一定地域范围内,森林资源在空间上作为一种客体,其内部之间及其与外部环境的相互作用和相互关系,以及在这种关系下森林资源的空间分布的集聚程度。这个定义相对来说比较宏观,从微观上来说,森林资源的空间结构是研究森林生态系统在不同区域间或同一区域内的发生发展过程中,由于森林资源本身的特点并受其所处社会、经济、自然等因素的差异性的影响,形成了空间分布的不均匀,即形成不同的空间分布状态和组合形式。因此对森林资源的空间结构的研究将能更清楚地了解森林资源环境内部与外部在空间中的相互位置、相互关联、相互作用、集聚程度和集聚规模以及区域的相对平衡关系等。到目前为止空间分析技术已有了开发空间分析的专门化模型软件和结合地理信息系统软件开发的内嵌的空间分析软件包,但森林资源空间结构有其特殊性,随着森林资源调查手段、方法和技术的改进,森林资源空间结构无论从分析的准确性、及时性,还是分析的内容都在不断地变化。

1.3 研究的意义

为了适应中国林业发展形势,必须将信息技术,尤其是遥感和智能化技术用于大面积的森林资源调查和监测,目前部分省、市已采用 TM、SPOT5 遥感数据(SPOT5 全色波段接收时的空间分辨率为 5m,通过特殊处理可生成 2.5m 的图像,多光谱波段 10m)作为森林资源监测和森林资源调查中森林类型区分、面积测算的基础。TM、SPOT5 遥感数据内容十分丰富,而现实是森林资源的许多调查因子仍然无法利用遥感数据自动获取,造成 TM、SPOT5 遥感数据大多数内容无法利用,因此开展基于遥感数据的森林资源信息提取与应用研究具有重要的现实意义和经济意义。

衡量森林资源数量与质量的因子很多,森林覆盖率、森林面积和森林蓄积量等是衡量森林资源数量的主要指标,而蓄积量和空间分布(如聚合度、关联度、网状结构)是衡量森林资源质量的主要指标。传统方法是采用样地调查方法来推算总体,从而取得森林资源的相关因子,然而这种方法不仅花费大量的人力、物力和财力,而且持续时间过长,不利于动态跟踪。利用遥感数据结合适当的地面调查,可以克服传统调查的许多缺点,并可以对森林资源结构情况进行及时的、动态的、准确的分析,从而较好地了解森林资源的质量状况。

本书旨在就利用信息技术解决森林资源管理和区域空间优化方面面临的一些急需问题进行深入的探讨。基于 TM、SPOT 5 遥感数据,应用多种数学方法结合地面观测对其

进行分析,采用对比分析法,基于色彩和多光谱数据进行森林资源部分调查因子自动提取试验,从中筛选出有效方法,编制相应的图像处理软件。同时从生态学、经济学角度建立区域森林资源空间结构分析评价指标体系,把自动提取的因子数据,结合二类调查数据作为分析的数据源,并按指标体系建立森林资源空间结构分析评价软件系统。本书研究成果如能得到应用将极大地提高森林资源信息获取的效率,降低森林资源调查的成本,并为森林资源空间结构分析、森林景观分析和森林资源质量分析奠定良好的基础;为区域林种结构调整、产业结构调整提供科学的理论依据。

1.4 研究的主要内容

(1) 图像分割的基础方法研究。对 A. Khotanzad 和 A. Bouarfa 1990 年提出的高维直方图的自适应方法——爬峰法的算法进行重大改进;提出一些基于高维特征空间的指标,如亲和度等;提出基于图像空间的聚合度指标;将基于高维特征空间和图像空间的分割方法系统化,形成一种新的方法。

(2) 提出与新的分类、分割方法相关的一些预处理、后处理技术,包括图像数据压缩和图像噪声滤除等。

(3) 分类、分割新方法用于选定区域 TM、SPOT 5 遥感图像和彩色图像的分类、分割。

(4) 根据已有研究成果,确定森林资源空间结构分析方法,从生态效益、经济效益和社会效益三方面初步建立森林资源空间结构质量评价指标体系。

(5) 利用 TM、SPOT 5 图像分类、分割结果进行选定区域森林资源空间要素及其形状、位置及其距离、连接度、网络通达性的确定和分析,空间集聚程度、差异性、均匀度等分析。

(6) 利用 TM、SPOT 5 图像分类、分割结果结合选定区域森林资源调查统计结果对森林资源空间分布的总量指标(有林地面积和蓄积、各林种面积和蓄积等)、占有量指标(各林业用地占总量的比例、各林种面积蓄积占总量的比重、各龄级的面积蓄积占总量的比重等)和结构性指标(松树的面积和蓄积、杉木的面积和蓄积、阔叶树的面积和蓄积等)等指标进行数量和分布方面的分析。

1.5 研究方法和技术路线

本书首先收集和消化有关遥感图像分类、分割方面的研究成果,收集和整理试验区域的 TM、SPOT 5 遥感图像数据;第二,确定遥感图像分类、分割方法,针对不同情况进行对比试验;第三,建立遥感图像分类、分割软件系统;第四,建立森林资源空间结构评价指标,确立分析方法;第五,根据 TM、SPOT 5 遥感图像分类结果结合森林资源调查统计结果进行森林资源空间结构分析试验;最后建立森林资源空间结构分析软件系统。具体如图 1.1 所示:

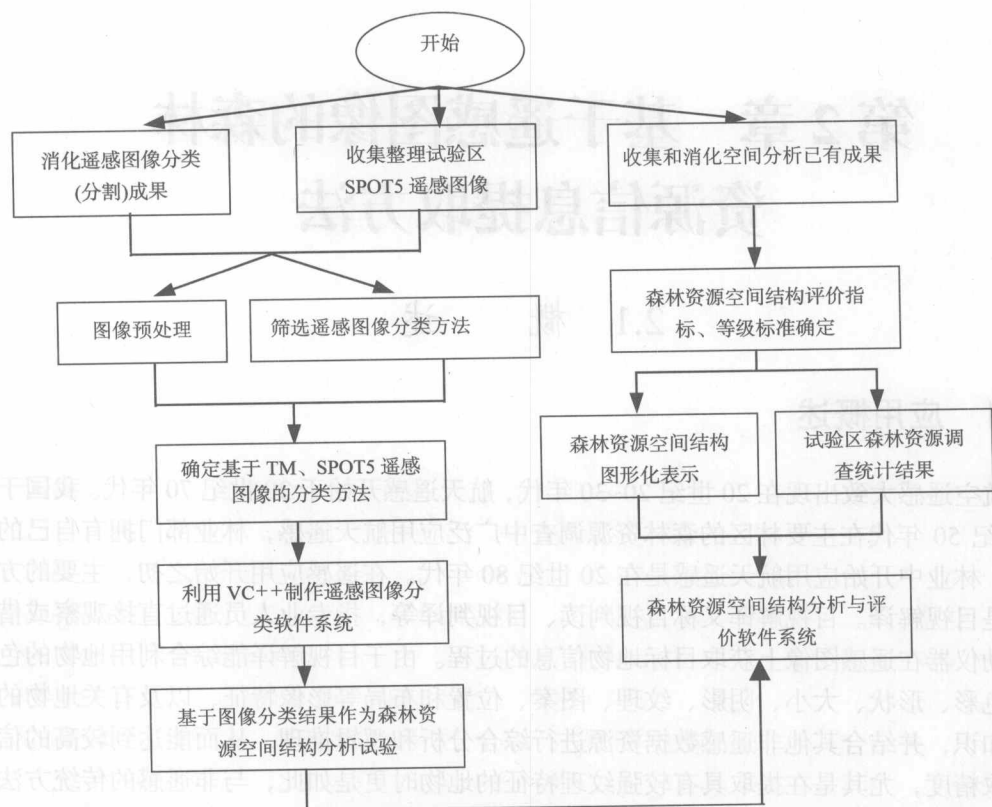


图 1.1 研究方案和技术路线图

第2章 基于遥感图像的森林资源信息提取方法

2.1 概 述

2.1.1 应用概述

航空遥感大致出现在 20 世纪 20~30 年代,航天遥感开始于 20 世纪 70 年代。我国于 20 世纪 50 年代在主要林区的森林资源调查中广泛应用航天遥感,林业部门拥有自己的飞机。林业中开始应用航天遥感是在 20 世纪 80 年代。在遥感应用开始之初,主要的方法就是目视解译。目视解译又称目视判读、目视判译等,指专业人员通过直接观察或借助辅助仪器在遥感图像上获取目标地物信息的过程。由于目视解译能综合利用地物的色调或色彩、形状、大小、阴影、纹理、图案、位置和布局等影像特征,以及有关地物的专家知识,并结合其他非遥感数据资源进行综合分析和逻辑推理,从而能达到较高的信息提取精度,尤其是在提取具有较强纹理特征的地物时更是如此,与非遥感的传统方法相比,具有明显的优势。然而,该方法具有费工费时的弱点。在过去,遥感数据量小,应用范围小,人们对信息时效性的要求也较低,目视解译能基本适应应用的需要。同时由于计算机水平的限制,目视解译方法只能是唯一选择。目前,遥感数据种类、时间分辨率、空间分辨率、光谱分辨率等在不断提提高,遥感数据量迅速膨胀;人们对信息的时效性要求越来越高,以数年为一个更新周期的信息已不能满足各方的应用需要。在这种情况下,目视解译已越来越不适应遥感的大规模应用。计算机信息自动提取成了人们努力的方向。同时计算机水平的迅速发展也为遥感信息的自动提取提供了可能。计算机信息自动提取不但速度快,同时其信息有利于直接进入 GIS 系统进行空间分析等各种分析,促进 3S 的综合应用。

同时也应该指出,目视解译虽然不适应海量数据、时效性要求高的应用情况,但该方法仍是一种很重要的方法,即使自动提取水平很高了,目视解译也是需要的,如对自动提取的信息用目视解译方法进行检验等。

2.1.2 研究概述

1. 基本概念

照片、图画、视像等,都被称为图像。图像是一个二维空间,可用 $f(x, y)$ 表示,这里 x 和 y 为二维空间 XY 中的一个坐标点, f 代表点 (x, y) 处的特征向量,特征向量的维数有高有底,灰度图像的特征向量是一维的,多光谱遥感图像可以达到上百维。常见图像

的 x 和 y 是连续的, 即它们可取任意实数。为了能用计算机对图像进行处理, 需要把坐标空间 XY 离散化, 即 x 和 y 都只取整数, 在多数情况下, 将特征向量空间 F 也离散化, 即 f 的各分量也只取整数, 这种离散化的图像就是数字图像。本书将数字图像简称为图像, 后面不再说明。

根据上面对于图像的解释, 具有二维空间位置信息的数据就是图像或可近似地看作图像。照片是图像; 遥感数据是图像; 林业上为调查森林资源而按一定间隔布设的样地(即机械抽样)组成的样地集合也是一幅图像; 一个林分内的所有林木也构成一幅图像, 因为林分中每棵树都有自己的二维空间坐标信息, 等等, 这样的例子不胜枚举。在像林业这样的自然资源领域, 大量的数据具有二维空间位置信息, 所以, 在这样的领域, 像这些通常意义上不是图像而实际具有图像性质的数据大量存在。数字图像处理方法, 也可以用于这些数据的处理分析。

随着信息化和数字化时代的到来, 通常意义上的图像信息在人类工作生活中正在扮演越来越重要的角色。在工农业生产、文化教育卫生等各领域, 以及人们的日常生活中, 图像信息正在迅速膨胀。在森林资源管理领域, 或在整个自然资源管理领域, 最大量的图像是各种遥感图像。随着空间分辨率、光谱分辨率、时间分辨率的日益提高, 接收平台的增加, 面临的数据量也越来越庞大。

这些庞大的数字图像信息都需要处理, 这个任务是由数字图像处理技术来完成的, 而图像分割是其中的一个重要环节。它是各种后续处理, 如识别、测量的基础。图像分割质量的好坏, 直接影响到后面的处理质量。

图像分割, 简单地说, 就是将图像分割成一些互不重叠的区域, 各区域内部具有相同或相近的事先约定的某些性质, 如相同的颜色、相同的纹理等, 而区域之间的性质相差明显。

目前在我国的森林资源管理生产活动中, 遥感的应用越来越多。对于森林资源管理来说, 遥感应用的最主要、工作量最大的工作是地物的判读和区划, 而目前我国这方面的工作基本上是手工完成的, 即用目视解译法, 计算机做的工作基本上停留在图像的预处理和出图上。遥感图像的区划与判读从图像处理的角度看, 就是图像分割、识别问题。识别问题是更高层次的问题, 一般不在图像分割阶段解决或完全解决。在用目视解译进行全面区划时, 有不少重复性的劳动, 是有可能让机器通过图像分割来做的, 如边界线的勾画等。人在解译、区划时, 其确定的边界线通常是以色彩、纹理等为依据的, 这与图像分割的性质相同。所以可以先通过图像分割对图像进行区划, 以省去大量的勾画劳动。在地理信息系统方面, 图像分割的工作也是经常有的。例如, 林业上经常要将野外或室内勾绘的图纸扫描到计算机上, 然后对勾绘的信息进行矢量化, 通常勾绘工作是在某种底图如地形图上进行的, 为了便于计算机的自动矢量化, 需要将除勾绘信息外的其他信息去掉, 对余下的信息用一种颜色代替, 这也是一种图像分割工作。

总之, 图像分割方法不管是在林业方面, 还是其他方面, 都是一种十分需要的技术。这方面的研究, 在应用和理论上都有重要的意义。图像分割一直是数字图像处理领域一个很热的研究方面, 是公认的一个具有挑战性的研究课题。

本书第二章的主要目的是研究和提出一种高维图像分割的新方法, 一些相关的预处理和后处理技术, 编制出相应的计算机软件。对新方法的基本要求是, 一是适应性和稳

定性好,二是使用方便,具有人机交互功能。这里高维是指分割图像时像素特征向量的维数,例如,对彩色图像按颜色进行分割,则一般是3维的(即红、绿、蓝,RGB);对多光谱图像仅用光谱亮度值进行分割,则有几个光谱就有几维。如果除了亮度值还考虑纹理进行分割,则用到几个纹理指标,就要增加几维。一幅灰度图像,原本是一维的,如作为纹理图像分割,则就是高维的了。

2. 国内外研究现状

彩色图像、纹理图像、多光谱图像等高维图像分割方法的研究,在最近几年越来越引起人们的重视。目前高维图像分割的研究还远未成熟,很多问题还没有很好的解决。有一些用于灰度图像(1维图像)分割的方法经常被直接或经过改进用于高维图像的分割,但多数并不适用。近年结合各种新理论、新技术提出了很多新方法。高维图像的特征空间是高维的。由于聚类方法是分析高维数据的有力工具,所以在高维图像分割方法中,以聚类为基础的方法是其中重要的一类。

一般的图像分割方法,主要可分为在直方图进行的特征空间分类方法和直接在图像空间进行的分割方法两类。图像空间方法直接在图像空间中进行,根据像素的空间关系和像素的特征向量直接对像素进行划分,这类方法虽然也会用到特征向量,但一般不会考虑它们的密度分布。特征空间分类方法就是根据图像特征向量在特征空间中的密度分布情况,将特征向量分成若干类,然后将分类的结果映射回原图像,以达到对图像分割的目的。分类方法大体上又可分为有监分类、无监分类两类,后者又称为聚类。

聚类方法可分为参数方法和非参数方法两类。参数方法一般先对特征空间的概率分布作出一些假设,如假设空间中的类服从球体或椭球体分布等,接下去的聚类基于这些假设进行。非参数方法一般不需要这样的假设,数据的密度分布形状可以是任意的,所以这类方法适用性广,稳健性好。如果假设与实际相符,参数方法的精度会比非参数方法的高,如果假设与实际相差较大,参数方法有可能完全失败,而非参数方法往往还能取得较好的结果。在参数方法中,类的中心和样本点到中心的距离往往起着重要的作用,而在非参数方法中,它们的作用被淡化。

3. 基于聚类图像分割方法存在的两个主要问题

一般来说,特征分类和图像分割这两个概念是有区别的。图像分割,简单地说,是要将图像分割成若干个区域,区域内性质相近,区域间差别明显。这里需要强调的是“区域”,区域根据应用需要可能有大有小,但不管如何,它总有“需要成片”的要求。这个要求说明,图像分割必须考虑像素在图像空间的分布关系。而特征分类是一种多元统计方法,它只对特征向量进行分类,一般不考虑向量在图像空间的相互关系,即不管原数据的空间排列。所以将特征分类方法直接用于图像分割是有局限性的。

目前以聚类为基础的图像分割方法的一个基本假定是,图像同一区域或同类区域内的特征向量相同或相近,它们在特征空间会形成局部的高密度区,将这些高密度区通过某种方法分离开来,映射回原图像,就可实现对图像的分割。这个假定就是类与图像区域的一种对应(等同)假定。本书认为,这是这类方法存在的问题之一。这种对应假定只有在一些比较理想的情况下才会成立。

常用的基于聚类的图像分割方法,如K-均值聚类法、模糊K-均值聚类法(范九伦, 1998)、ISODATA 聚类法(朱述龙等, 2000)、爬峰法(Koontz et al., 1976; Narendra et al., 1977; Khotanzad et al., 1990)等,事实上都有这样的类——图像区域对应假定。基于这样的对应假定,这些分割方法把重点放在如何聚类上。通常以聚类为基础的分割方法都有一个(或几个)尺度控制参数,这个(些)参数控制着分割的粗细程度。一些方法(Khotanzad et al., 1990)试图寻找一个最优尺度控制参数,以求达到好的分割结果。其实,这是很难做到的。因为,①图像中不同的区域对应的类可能需要不同的尺度控制参数,如有的类分布松散,需要大一点的尺度控制参数,有的类分布紧密且与其他类相距很近,就需要一个小的尺度控制参数;②区域的定义是根据需要确定的,而特征空间的分布却是一种客观存在;③由于噪声的存在会引起特征空间假峰的出现,也会对聚类结果产生影响;④一个图像区域的特征向量并不一定就只形成一个高密度区(类),而有可能形成多个高密度区(类),虽然它们在图像空间看起来性质已经很相近。反过来也一样,一个在特征空间具有很好性质的类,在图像空间未必一定形成一个完整的区域。

以聚类为基础的分割方法的第二个问题是缺乏对像素空间关系的考虑。这个问题经常被学者提到。一般这类方法评价一个类“好坏”的指标是基于特征空间性质的。图像分割的目的是将图像分割成区域,但评价的依据却不是来自图像区域本身,这样做存在的问题是显然的。

即使是多尺度的聚类方法,如基于尺度空间的分层聚类方法(周成虎等, 2001)这样功能较强的方法,也存在这个问题。这种方法在聚类过程中,分布紧密的类对应于小的尺度,先被分离出来,分布松散的类对应于大的尺度,后被分离,所以这种方法与其他方法相比,有很大的进步。但是,如果将这种方法直接用于图像分割,一个在特征空间具有很好的聚类指标的类,在图像空间也不一定形成一个很好的区域,因为它毕竟没有得到图像空间的确认。

4. 本书提出的方法简介

作者认为,图像同一区域或同类区域内的特征向量相同或相近,它们在特征空间会形成一个或数个局部的高密度区,这些高密度区与图像区域存在一定联系,通过对特征向量的聚类可帮助图像分割。聚类分析是分析高维数据的有力工具,如能构造出一种图像分割方法,它一方面能利用聚类方法在特征空间分析特征向量的能力,同时又直接面向图像分割,解决或回避上面指出的两个问题,那么聚类方法将会在图像分割中发挥更大的作用。

为了利用聚类方法这个进行特征向量聚类的有力工具,同时解决基于聚类图像分割方法的这两个问题,即①从一开始就依赖于对类——图像区域的对应关系的假定;②两个空间的分离。本书提出一个新的基于聚类的方法——面向类的图像分割方法(cluster-oriented image segmentation approach, COIS)。为了达到这个目的,本书的基本研究思路是,首先,放弃类——图像区域的对应关系假定,不要求用聚类方法得到的类与图像区域对应;然后,根据类在特征和图像两个空间的性质,对类进行合并,使之最后能与图像区域对应。

COIS 方法在具体实现时由两步组成: