

西藏灌木林研究

黄清麟 张超 著



中国林业出版社

西藏灌木林研究

黄清麟 张超 著

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

西藏灌木林研究 / 黄清麟, 张超著. —北京: 中国林业出版社, 2011. 6

ISBN 978-7-5038-6194-9

I. ①西… II. ①黄… ②张… III. ①灌木林—研究—西藏
IV. ①S718.54

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 100379 号

出版 中国林业出版社(100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

E-mail forestbook@163.com 电话 010-83222880

网址 <http://lycb.forestry.gov.cn>

发行 中国林业出版社

印刷 北京北林印刷厂

版次 2011 年 6 月第 1 版

印次 2011 年 6 月第 1 次

开本 787mm × 1092mm 1/16

印张 14.25 插页 16 面

字数 255 千字

印数 1 ~ 1000 册

定价 50.00 元

序 言

西藏作为青藏高原的主体,拥有许多我国乃至世界上其他国家所没有的特殊生态系统类型和特有的野生动植物种类,在全球生物多样性保护中具有重要的战略意义,生态地位十分重要。西藏地表植被覆盖对我国乃至亚洲气候的影响十分明显,是我国与东亚气候系统稳定的重要屏障。众多的冰川、冻土以及湖泊、湿地孕育了亚洲多条著名国际河流,长江、雅鲁藏布江、澜沧江、怒江等都发源和流经这里,是世界上河流发育最密集的区域,是亚洲重要的江河源区和中国水资源安全战略基地,有“亚洲水塔”之称。受高原特殊气候的影响,西藏生态环境极为脆弱,一旦破坏很难恢复,甚至不能恢复。

除西藏东南部和中南少部分地区外的大部分地区属于高寒干旱地区,保护、恢复和发展灌木林是西藏高寒干旱、半干旱地区生态建设的必然选择。西藏拥有 621.51 万 hm^2 国家特别规定灌木林地和 233.73 万 hm^2 未达国家特别规定灌木林标准的灌木林地。灌木林是西藏森林资源和西藏地表陆地植被的重要组成部分,在维护区域生态平衡和促进区域经济社会发展中起着越来越重要的和不可替代的作用。

《西藏灌木林研究》专著在对西藏灌木林全面系统调查的基础上,首次全面系统地研究了西藏 60 种灌木林的群落特征,首次定量研究了西藏主要灌木林类型的空间结构特征和空间分布特征,研究探讨了西藏主要灌木林类型的植被指数特征与光谱特征,构建了西藏主要灌木林类型遥感分类知识库,首次系统研究和提出了西藏灌木林遥感分类技术。该专著中的多项研究填补了该领域的空白和薄弱处,研究成果具有创新性。相信该专著的出版将为进一步全面系统地认识西藏灌木林,全面系统地评价与监测西藏灌木林,有效保护、恢复和合理利用西藏灌木林资源,提供重要

的科学依据。

该书著者黄清麟是我熟悉的优秀中青年科学家，由他和他培养的博士张超共同完成的这本专著将在西藏的生态建设事业中发挥重要的指导作用，我欣然为之作序，以志祝贺。

中国科学院院士



2011年4月于北京

前 言

由于特殊的自然环境,西藏大部分属于高寒干旱地区,除藏东南部和中南少部分地区外的大部分地区年降水量均在 400mm 以下,干旱缺水 and 土地瘠薄等自然条件,在很大程度上制约了乔木森林的发展。保护、恢复和发展灌木林是西藏高寒干旱、半干旱地区生态建设的必然选择。西藏拥有 621.51 万 hm^2 国家特别规定灌木林(占全国国家特别规定灌木林面积的 11.6%)和 233.73 万 hm^2 未达国家特别规定灌木林标准的灌木林,对全区森林覆盖率的贡献率达 42.5%。灌木林是西藏森林资源和西藏地表陆地植被的重要组成部分,在维护区域生态平衡和促进区域经济社会发展中起着越来越重要的和不可替代的作用。

长期以来,由于认识不足,重乔木、轻灌木,西藏灌木林在林业生产和科学研究上均是个薄弱环节。对西藏灌木林的研究始于早期(20 世纪 60 年代)对西藏植被调查,集中在其分布和群落学特征的研究上;20 世纪 70~80 年代编写《西藏森林》时未对灌木林资源进行论述;1991 年进行的《西藏森林资源清查体系建立的研究》和 2001 年与 2006 年进行的西藏森林资源连续清查第一次与第二次复查时也只得得到全区灌木林资源的总量,没有不同类型数量与质量等方面的信息;1996~2002 年对西藏全区 38 个灌木林县和 30 个有林(乔木林)县(包括乔木分布上限的灌木林)开展森林资源二类调查,初步掌握了全区灌木林整体的数量与分布现状;其他不多的相关研究也都是针对特定类型灌木林进行的。综上所述,对西藏不同类型灌木林群落学与测树学特征、西藏灌木林空间结构特征与空间分布特征等都缺乏系统全面的了解,如何利用遥感技术进行西藏灌木林的监测也是个空白,对西藏灌木林进行全面系统的研究具有重要的理论与实践意义。

本书旨在从不同尺度上评价西藏灌木林特征,提出对西藏主要灌木林类型的遥感分类技术,以期为正确认识和了解西藏灌木林,有效保护、恢复和合理利用西藏灌木林资源提供基础依据。全书共分七章。第一章阐述国内外有关灌木林特征方面的研究进展;第二章从地形地貌、土壤、水文、气候和森林资源等方面介绍西藏自然概况;第三章在对西藏主要灌木林类型开展群落学与测树学特征调查的基础上,从物种组

成、种群分布格局、物种多样性、林分生长、地径结构和树高结构等方面,研究西藏 60 种主要灌木林类型的群落学与测树学特征;第四章在景观尺度上,从格局特征、空间自相关和景观尺度效应三方面研究西藏主要灌木林类型的空间结构特征;第五章研究环境因子对西藏各主要灌木林类型空间分布的影响程度并进行影响因子排序,分别不同类型灌木林研究其在各环境因子梯度中的空间分布特征;第六章以外业调查的 370 个标准地和 EOS MODIS 植被指数数据产品为基础,研究西藏各地区主要灌木林类型的植被指数特征及动态变化情况,归纳主要灌木林类型在不同盖度等级、不同地区间的植被指数特征;第七章通过基于空间分布特征的辅助分类和基于光谱特征的再分类过程,研究和探讨西藏主要灌木林类型的遥感分类技术,归纳西藏主要灌木林类型遥感分类知识库。

本书是中国林业科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金重点项目“西藏灌木林资源评价与遥感监测技术研究(CAFYBB2007001)”的研究成果之一,本书的出版得到该项目的资助。西藏自治区林业调查规划研究院朱雪林院长对项目外业调查提供全面支持。外业调查工作历时 2 个月,行程近 15000km,高原环境条件严苛,外业工作量大,调查队成员张超、尼玛次仁、多吉次仁、刚珠、李家湘、谢仲军和邓成等付出了艰辛的工作。此外,项目遥感监测试验区墨竹工卡县林业局严芳局长以及调查途经各县的林业局、农牧局的领导和工作人员都给予了大力支持。蒋有绪院士、盛炜彤先生对于本书提出了非常宝贵的意见,全慧杰博士对于本书遥感部分提出了宝贵的修改意见,鞠洪波研究员、郑小贤教授、张煜星教授级高工、靳爱仙教授级高工、邓华锋副教授等都给予了帮助和指导。在此一并致以衷心的感谢。

由于西藏幅员辽阔,交通不便,难以进行全面、系统的地面调查,而且研究任务艰巨,可利用的资料和数据较少,加之作者水平和时间有限,书中错误之处在所难免,敬请读者不吝指正。

著 者

2011 年 4 月于北京

目 录

序	蒋有绪
前 言	著 者
第一章 灌木林特征研究进展	(1)
1.1 灌木林种群与群落特征研究进展	(2)
1.2 灌木林空间结构与空间分布研究进展	(4)
1.3 灌木林遥感分类技术研究进展	(7)
第二章 西藏自然概况	(13)
2.1 地形地貌	(14)
2.2 土 壤	(15)
2.3 水 文	(16)
2.4 气 候	(17)
2.5 森林资源	(21)
第三章 西藏灌木林群落特征	(23)
3.1 研究方法	(24)
3.2 杜鹃灌木林	(28)
3.3 锦鸡儿灌木林	(36)
3.4 小檗灌木林	(42)
3.5 香柏灌木林	(49)
3.6 蔷薇灌木林	(55)
3.7 狼牙刺灌木林	(59)
3.8 栒子灌木林	(65)
3.9 奇花柳灌木林	(73)
3.10 忍冬灌木林	(78)
3.11 沙棘灌木林	(81)
3.12 乌柳灌木林	(85)
3.13 其他 5 种灌木林(调查标准地多于 5 个的灌木林)	(88)
3.14 其他 39 种灌木林(调查标准地不足 5 个的灌木林)	(103)
3.15 小 结	(103)
第四章 西藏灌木林空间结构特征	(107)
4.1 西藏灌木林格局特征分析	(107)

4.2	西藏灌木林空间自相关分析	(115)
4.3	西藏灌木林景观尺度效应研究	(118)
4.4	小 结	(124)
第五章	西藏灌木林空间分布特征	(127)
5.1	研究方法	(127)
5.2	环境因子影响分析	(130)
5.3	空间分布特征分析	(135)
5.4	小 结	(142)
第六章	西藏灌木林植被指数特征	(144)
6.1	数据获取	(144)
6.2	数据预处理	(146)
6.3	西藏各地区主要灌木林类型植被指数特征分析	(147)
6.4	西藏主要灌木林类型植被指数动态变化分析	(158)
6.5	西藏主要灌木林类型植被指数特征分析	(161)
6.6	小 结	(172)
第七章	西藏灌木林遥感分类技术	(175)
7.1	试验区概况	(175)
7.2	分类策略	(176)
7.3	数据获取及预处理	(177)
7.4	灌木植被提取	(181)
7.5	基于空间分布特征的辅助分类	(182)
7.6	基于光谱特征的再分类	(189)
7.7	分类精度评价	(191)
7.8	试验区内主要灌木林类型光谱特征提取	(193)
7.9	西藏主要灌木林类型遥感分类知识库构建	(196)
7.10	小 结	(196)
主要参考文献		(204)
主要物种拉丁名		(217)
彩插		(221)

第一章 灌木林特征研究进展

灌木林(shrub)是由多年生灌木或由灌木占优势组成的植物群落,是以灌木为主体的植被类型。灌木植株常无明显主干,多簇生,高度一般在5m以下,盖度多大于30%~40%。在植被分类和生态学中,常将灌木林称为灌丛,仅将由常见高大灌木组成的群落称为灌木林。实际上,这种高度上的差异很难确定其界限,灌木林与灌丛可视为对同一植被类型的不同称谓(《中国森林》编委会,2000)。

灌木林地(shrubland)指附着有灌木树种或因生境恶劣矮化成灌木型的乔木树种以及胸径小于2cm的小杂竹丛,以经营灌木林为目的或起防护作用,连续覆盖面积大于0.067hm²、盖度在30%以上(含30%)的林地(国家林业局,2003)。联合国粮食及农业组织(FAO)对灌木林地的定义为:指由多年生灌木植物(木本植物)占优势组成的一种植被类型,植株具有明显主干的灌木成熟林高度多在0.5m以上,不具明显主干的灌木成熟林高度通常为0.5m以下,且高度上(特别是高度上限与下限)差异较大;高度在0.5m以上的灌木成熟林的盖度(crown cover)多为5%~10%,高度在0.5m以下的灌木成熟林的盖度则多为10%以上;连续覆盖面积大于0.5hm²(FAO,2005)。在我国,灌木林地包括国家特别规定的灌木林地和其他灌木林地。2004年,国家林业局颁发了《“国家特别规定的灌木林地”的规定(试行)》(林资发[2004]14号),认为“国家特别规定的灌木林地”特指“分布在年均降水量400mm以下的干旱(含极干旱、干旱和半干旱)地区,或乔木分布(垂直分布)上限以上,或热带亚热带岩溶地区、干热(干旱)河谷等生态环境脆弱地带,专为防护用途,且盖度大于30%的灌木林地,以及以获取经济效益为目的进行经营的灌木经济林”。本书研究的对象为西藏国家特别规定的灌木林(地)。

我国灌木林资源十分丰富,分布面积广大。第七次全国森林资源连续清查(2004~2008年)结果表明,我国灌木林面积达5365万hm²[第六次全国森林资源连续清查(1999~2003年)结果为4530万hm²],主要分布在西藏、四川和内蒙古等8省(自治区)(国家林业局,2005,2009)。灌木林不仅种类丰富,分布地的生境条件也很多样。按起源不

同,灌木林可分为天然灌木林和人工灌木林两大类型。在我国,天然灌木林以其广泛的分布范围、辽阔的面积和多样的类型占有绝对优势,又可分为原生型灌木林和次生型灌木林。原生型灌木林是在各个气候带内,在一定的地貌、土壤等特殊生境下,形成的稳定的灌木林群落,即属于该地带气候顶级植被的一类;次生型灌木林则是森林经采伐、开垦等干扰后,未及时更新而退化发生的灌木林群落,这类灌木林是植被演替的一个阶段,若加以保护,部分可以恢复成林,但若经多次破坏、放牧后,使生境不断恶化,也能形成稳定的灌木林,即偏途顶级植被的一类。

《中国森林》一书中,依据灌木林分布的气候带及生境条件,将灌木林分为四种类型,即:旱生灌木林、中生灌木林、湿生灌木林和高寒灌木林。由于有些灌木林类型的生境条件差异较大,尽管归入某一类型,但仍可能具有另一类型的某些特征。根据我国灌木林生长分布的生境条件,李清河(2006)将灌木林划分为四种类型:干旱荒漠区灌木林、草原牧场地灌木林、盐碱地灌木林和森林区次生灌木林。

灌木林是森林的重要组成部分,不仅能发挥巨大的生态效益,而且能发挥巨大的经济和社会效益。首先,灌木林具有森林资源特殊的生态功能(吕复扬,1997;蒋齐,1998;魏振铎,2002;王鸣远,2004;李红林,2004;蔡彦生,2006)。其耗水量小、适应性强、耐干旱、耐瘠薄、耐盐碱、耐风蚀、耐高寒、抗病虫害,具有很强的复壮更新和自然修复能力;灌木植株矮小、根系发达、生命力强、自我繁殖快,能够抵御水浸、风蚀和沙埋,从而产生防风固沙、保持水土、改良土壤等生态效益;灌木树种又是干旱、半干旱地区和风蚀地区林草植被建设的先锋树种,是我国造林绿化的重要树种,特别是西部、西北部防沙治沙区和一些特殊自然地理区植被组成的重要群落。其次,灌木林又具有很高的经济价值,为人类提供工业原料、饲料、燃料、肥料、油料、木料、药材和生物质能源等(尹伟伦,2006;陈继红,2000;俞海生,2003;宫彩霞,2006)。第三,灌木林又为人类提供休闲、游憩的场所,为当地解决部分劳动力就业等问题(谷向生,2005)。

1.1 灌木林种群与群落特征研究进展

种群(population)和群落(community)是生态系统的组成成分和基础。特定的环境,会发育形成特定的种群和群落。对于某一特定区域,常常是一种或几种由若干种群组成的群落占据主导地位(李景文,1999)。因此,研究灌木林的种群与群落特征,是了解和掌握灌木林生

态学特性的基础,也是正确认识灌木林在生态系统、景观中地位和作用的基础。在植物学和生态学领域,对于种群特征的研究一般包括区域植被的分类系统及区系组成、种群空间分布格局特征、种群数量特征及动态变化和种群遗传特征等方面;对于群落特征的研究一般包括群落的物种组成及结构、群落的性质与功能、群落内的种间关系、群落的发展及演替、群落的多样性与稳定性、群落的分类与排序等方面(李博 2000; 田大伦, 2008)。

国外对灌木林种群和群落特征的研究主要集中在区域灌木林的区系组成、灌木种群的生长形态和结构特征、物种多样性、生物量模型、灌木群落的小气候效应、种群生态位特征以及灌木群落在生态系统中的各种生态作用机制等方面(Passera, 1996; Domingo, 2000; Holmes, 2001; Latham, 2003; Murali, 2003; Kerns, 2004)。其中, Shaw(1996)通过研究新西兰 29 种濒危天然灌木林的分布范围、个体形态和结构以及遗传特征等,定量分析了人类活动对灌木林种群分布范围和数量的影响,其研究以灌木种群的数量为主要对象,并未涉及种群的分布格局特征。McKenzie(1999)应用广义线性模型,在不同空间尺度分析了灌木种群分布的环境变量,应用图形分析和重采样技术,探讨了灌木种群应对环境梯度的方式,并探索了基于尺度的模型,预测了多维环境空间中灌木种群高生产力的分布区域。由于尺度效应的复杂性,不同尺度的预测模型还有待深入研究。Foroughbakhch(2005)应用数量化理论与方法,模拟了墨西哥东北部干旱区 15 种不同灌木群落的叶片生物量以及对环境的响应机制,从生活型方面研究了不同类型灌木林的群落特征。Nowak(2006)针对美国城市空气污染问题,定量研究了灌木林生物量模型及其在制氧固碳方面的作用。Gracia(2007)通过对微环境因子(坡度和坡向等)和林层结构的调查,研究了决定林下灌木种群的影响因素及影响程度。

在我国,对灌木林种群和群落特征的研究主要包括种群分布格局、种群生态位特征、生物多样性和生物量等方面。其中,雷相东(2002)以东北过伐林区 3 种典型天然林类型下的灌木层为对象,采用典型相关分析方法,研究了影响灌木层物种多样性的主要因子,包括土壤含水率、树种多样性、林分郁闭度和林分密度,但是,因为还有一些未测定的环境和林分因子影响灌木层的物种多样性,仍有 31.68% 的多样性变异不能得到解释。张德罡(2003)采用路线调查和水平带样方设计相结合的方法进行了杜鹃群落调查,应用负二项式法分析了杜鹃种群的分布格局及其在海拔梯度上的变化,结果表明,在海拔高度相对较低的地

区, 杜鹃种群多呈现集聚程度较高的斑块状分布, 随海拔高度上升, 其分布格局由集聚型迅速转变为随机型。冶民生(2006)利用 Levins 生态位宽度指数和 Schoener 生态位重叠指数分析了岷江干旱河谷 20 种主要灌木种群在土壤水分、全 N、速效 P、速效 K 和 pH 值 5 个资源维上的生态位宽度和生态位重叠特征, 在各个资源维上对所有种群生态位宽度进行了排序。宋英春(2007)采用地统计学中的半方差函数, 研究了乌兰布和沙漠主要 4 种灌木种群的空间格局, 同时为沙漠地区灌木植被的抽样调查提供了方法借鉴。董林水(2007)应用 Levins 和 Shannon - Wiener 生态位宽度指数、Pianka 和简化 Morisita 生态位重叠指数, 对晋西黄土区和土石山区交错地带 29 个主要灌木树种的生态位特征进行了研究, 并对各树种的 DCA 排序结果与生态位特征进行了对比分析。王惠(2007)利用 Levins、Hurlbert 和 Pianka 生态位指数分析了采伐干扰下长白山阔叶红松林主要灌木种群在伐后不同年度资源维上的生态位动态特征, 进而分析了主要灌木种群对采伐的生态适应性及其之间的竞争关系。杨泽龙(2008)利用灰色关联分析方法, 分 6 个时段分析了 5 种荒漠灌木种群密度与日平均气温、日平均最高气温、日平均最低气温、降水量和地温 6 个水热气候因子的关联性。

对于灌木林种群和群落特征的研究, 主要涉及种群生态学和群落生态学领域中的相关研究方法, 其中, 较为常用的方法有:

(1) 种群分布格局测定。测定种群分布格局的数学模型有很多。种群的分布格局类型常采用负二项式 K 值、方差/均值比率 t 值进行测定; 种群的集聚强度多采用丛生指标 (I)、平均拥挤指数 (m)、聚块性指标 (z)、扩散指标 (I_s)、格林指数 (GI) 和 Cassic 指标 (CA) 测定(王伯荪, 1996; 张德罡, 2003)。

(2) 群落物种多样性测度。常用的测度方法包括 Shannon - Wiener 多样性指数 (SW)、Simpson 多样性指数 (SP)、丰富度 (S)、均匀度 (E)、生态优势度 (C) 等(王伯荪, 1996; 黄清麟, 1998)。

(3) 种群生态位特征测度。测度种群生态位特征较为常用的指标主要有 2 个: 生态位宽度和生态位重叠(臧润国, 2005; 李德志, 2006)。通过计算种群生态位宽度和生态位重叠指数, 分析种群的生态(环境)适应性、在资源利用上的竞争与共存关系(生态相似性)等。

1.2 灌木林空间结构与空间分布研究进展

空间结构和空间分布是地理学研究的核心主题, 旨在研究系统内部

诸要素的空间组合、关联和演变规律(陆大道, 1988)。所涉及的理论主要包括区位论、空间相互作用理论、核心边缘理论、梯度理论和景观生态学理论等(Milne, 1988; Dieter, 2002)。在景观尺度上, 灌木林的空间结构即指灌木林的景观格局, 其特征包括灌木林景观组成单元的多样性和空间配置关系; 灌木林的空间分布特征指灌木林在地理空间上与其分布的要素的关联关系。需要注意的是, 灌木林的空间结构和空间分布均是在特定的空间尺度上的, 离开空间尺度谈灌木林的空间结构和空间分布特征是没有意义的。

国外对灌木林空间结构与空间分布的研究主要集中在对景观中灌木林的空间分布格局及其异质性、景观单元的空间配置关系、环境因子对灌木林分布的影响以及灌木林对恶劣生境的响应机制等方面(Alldredge, 2001; Okin, 2001; Nowak, 2006; Suleiman, 2007; Stefanoni, 2007)。其中, Viedma(1999)借助遥感和地理信息技术, 研究了西班牙东部地中海不同景观类型中灌木林在空间格局内的变化情况, 划分了景观单元, 应用空间统计分析方法建模得到的结果能够明显区分不同环境条件下不同的灌木林类型, 这些环境条件包括太阳辐射(坡向)、土壤养分有效性(坡度)和湿度(海拔高度)等, 其缺点是仅考虑了有限的自然环境因子, 且在局部区域的精度不高。Campagne(2006)通过计算各类景观单元特征指数和异质性指数, 研究了山地丘陵地区灌木林景观结构的组成特征及其空间配置关系。Stow(2007)采用具有可见光和近红外波段的高空间分辨率遥感影像, 利用面向对象的分类方法, 快速识别和提取了灌木林动态变化信息, 在此基础上进行了景观格局分析, 计算了各类景观指数, 需要注意的是, 该研究仅对研究区内灌木林总体的覆盖度变化进行了识别和监测, 未涉及不同类型(或不同优势种群)灌木林的数量、分布及其动态变化情况, 也未涉及各类景观要素间的相互作用关系。

国内的研究主要集中在灌木林景观空间异质性和空间配置格局、灌木林生长与环境因子的关系等方面。其中, 刘创民(1994)运用主坐标分析(PAA)和 Fuzzy - ISODATA 方法, 对次生灌木林植被进行了分类和排序, 通过相关分析和逐步回归分析, 从数量上描述了灌木林植被分布与生境因子的相关性。陈玉福(2000)在长 5 km 的样线上设置 5m × 5m 的连续样方 1 000 个, 通过目测记录每个样方的植被盖度, 用半方差分析法研究了灌木植被盖度的多尺度变异和等级斑块结构。章皖秋(2003)研究了天目山自然保护区内包括灌木林在内的 8 种植被类型的空

间分布规律,定量描述了各灌木林类型分布的海拔、坡向和坡度等特征,提出了研究区各灌木林类型的空间分布规律。赵艳云(2005)对不同坡位、整地方式下半干旱区柠条的株高、根深、分枝数和株生物量进行双因素方差分析,用累积年度降雨量对柠条的各生长指标进行回归分析,研究了不同地形(坡位)和降雨量与柠条生长形态的关系。贾亚敏(2008)通过对新疆沙漠地区4种灌木林的典型调查,应用地统计学方法计算4种灌木群落在单位样方株数的变异函数模型,比较了4种灌木种群的分布格局特点,通过对其与分布地形、土壤理化性质关系的研究,分析了不同灌木种群空间分布格局与环境的依赖关系。

目前,对灌木林空间结构与空间分布的研究主要涉及如下内容和方法:通过计算各类景观格局指数,研究景观结构组成特征和空间配置关系等;通过地统计学方法,研究各类景观要素的空间自相关性及其多尺度变异特征;通过多元统计分析方法,研究灌木林分布与环境因子的关联关系。常用的研究方法列举如下:

(1)景观指数法。通过计算斑块水平、景观要素水平及景观水平的各类景观格局指数,定量研究景观结构组成特征和空间配置关系(傅伯杰,2001;邬建国,2000;布仁仓,2005)。

(2)地统计学方法。通过空间自相关分析、空间插值和孔隙度分析等方法,研究各类景观要素的相互作用关系(邬建国,2000;傅伯杰,2001;张娜,2006)。其中,空间自相关分析用于揭示空间单元在距离上的自相关性,国内外在研究森林景观格局中有所涉及。

(3)多元统计分析方法。在研究植被空间分布与环境因子(如海拔、降水、土壤、坡度和坡向等)的关系时,一般采用相关分析、回归分析、因子分析和对应分析等方法。当自变量涉及定性变量时,多采用数量化方法Ⅰ和Ⅲ定量研究单一植被类型与环境因子的相关关系。

以上国内外对灌木林空间结构和空间分布的研究中,在研究对象上,多以灌木林整体或某个特定类型/种群为对象,很少对研究区内不同类型灌木林进行综合、系统地研究,缺乏对灌木林的全面认识;研究内容上,对不同空间尺度上灌木林的尺度效应、灌木林斑块在空间距离上的自相关性等方面的研究较少,虽已有灌木林空间分布方面的研究,但多针对某个特定类型/种群,研究的广度和深度有待进一步加强;研究方法上,对灌木林的空间分布特征多为定性描述,对于多元定性变量的定量分析技术缺乏相关探讨,尤其是多种灌木林类型(定性变量)与多个环境因子(定性/定量变量)的定量分析技术。

1.3 灌木林遥感分类技术研究进展

近年来,遥感技术在国内森林资源监测方面的研究和探讨已取得了较多成果。高分辨率影像已广泛应用于林业遥感领域,利用其在色调、亮度、饱和度和形状、纹理结构等方面的提高,使林业遥感由粗放向精准化方向发展(冯仲科,2002;Goslee,2003;董广军,2006);高光谱遥感的出现,使探测的波段范围不断延伸,波段的分割越来越精细,在森林植被信息的识别、提取和分类精度等方面已取得较大突破(Goslee,2003;Waser,2008);利用雷达遥感技术能够获取森林植被的垂直结构信息,弥补了其他遥感手段在探测森林空间结构方面的不足,在对冠层垂直结构、郁闭度等方面的估测和反演已有深入的探讨和研究(庞勇,2005;McGlynn,2006)。

目前,基于植被光谱特征的遥感分类技术是植被遥感分类的主要实现手段之一,通过利用植被所携带的丰富的光谱信息进行目标地物的识别和提取。研究和建立灌木林植被典型光谱特征是探索灌木林遥感分类技术中重要和关键的内容。

灌木林植被的典型光谱特征由其反射光谱的特性决定,主要受其组织结构、生物化学成分和形态特征等的影响。主要表现为:色素吸收决定可见光波段的光谱反射率;细胞结构决定近红外波段的光谱反射率;水汽吸收决定短波红外的光谱反射率。一般情况下,灌木林植被在350~2500nm范围(可见光/近红外波段)内具有如下典型反射光谱特征:

350~490nm 谱段:由于400~450nm 谱段为叶绿素的强吸收带,425~490nm 谱段为类胡萝卜素的强吸收带,380nm 波长附近还有大气的弱吸收带,故350~490nm 谱段的平均反射率很低,一般不超过10%,反射光谱曲线的形状也较平缓;

490~600nm 谱段:由于550nm 波长附近是叶绿素的强反射峰区,故植被在此谱段的反射光谱曲线具有波峰形态和中等的反射率数值(约在8%~28%之间);

600~700nm 谱段:650~700nm 谱段是叶绿素的强吸收带,610nm 和660nm 谱段是藻胆素中藻蓝蛋白的主要吸收带,故植被在600~700nm 的反射光谱曲线具有波谷形态和很低的反射率数值(除处于落叶期的植物群落外,通常不超过10%);

700~750nm 谱段:植被的反射光谱曲线在此谱段急剧上升,具有陡而近于直线上升的形态,其斜率与植物单位面积叶绿素(a+b)含量

有关;

750 ~ 1 300nm 谱段: 植被在此谱段具有强烈反射特性, 可理解为植物防灼伤的自卫本能, 故具有高反射率数值。此谱段室内测定的平均反射率多在 35% ~ 78% 之间, 野外测试则多在 25% ~ 65% 之间。由于 760nm、850nm、910nm、960nm 和 1 120nm 等波长附近有水或氧的窄吸收带, 因此 750 ~ 1 300nm 谱段植被反射光谱曲线具有波状起伏特点;

1 300 ~ 1 600nm 谱段: 主要与 1 360 ~ 1 470nm 谱段是水和二氧化碳的强吸收带有关, 植被在此谱段的反射光谱曲线具有波谷形态和较低的反射率数值(多在 12% ~ 18% 之间);

1 600 ~ 1 830nm 谱段: 与植物及其所含水分的波谱特性有关, 植被在此谱段的反射光谱曲线具有波峰形态和较高的反射率数值(多在 20% ~ 39% 之间);

1 830 ~ 2 080nm 谱段: 此谱段是植物所含水分和二氧化碳的强吸收带, 故植被在此谱段的反射光谱曲线具有波谷形态和较低的反射率数值(多在 6% ~ 10% 之间);

2 080 ~ 2 350nm 谱段: 与植物及其所含水分的波谱特性有关, 植被在此谱段的反射光谱曲线具有波峰形态和中等反射率数值(多在 10% ~ 23% 之间);

2 350 ~ 2 500nm 谱段: 此谱段是植物所含水分和二氧化碳的强吸收带, 故植被在此谱段的反射光谱曲线具有波谷形态和较低的反射率数值(多在 8% ~ 12% 之间)。

根据以上灌木林植被在不同谱段内的典型反射光谱特征, 研究并确定大气窗口(工作波段), 进行光谱特征分析、波段选取和分类识别决策等, 是灌木林遥感分类技术的基础和关键。

传统的灌木林资源调查以地面调查为主, 具有工作时间长、劳动强度大、调查成本高等弊端。迄今为止, 未见到利用遥感手段专门识别不同类型灌木林的相关报道。研究和探讨灌木林遥感分类技术, 将大幅度缩短调查时间、降低劳动强度、提高成果质量、减少调查成本, 具有重要的现实意义。下文概述了林业遥感领域中的相关图像分类方法, 在此基础上, 结合森林资源遥感分类技术, 阐述基于遥感技术的森林类型识别和森林物理参数估测等方面的研究进展, 以期对不同类型灌木林的遥感分类技术提供借鉴。

1.3.1 遥感图像分类方法不断发展

常规的遥感图像分类方法包含两大类, 即非监督分类和监督分类。