

林业遥感图像分类方法 与实践

李春静 徐达 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

林业遥感图像分类方法 与实践

李春静 徐达 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

随着近年来遥感技术和计算机技术的飞速发展,计算机识别分类成了遥感技术应用的一个重要组成部分,遥感技术的改进促使遥感专题信息的提取方法也在不断地改进。高分辨率数据的出现,无疑给解决多类别分类识别并提高分类精度带来了曙光。本课题是在对研究区 SPOT5 遥感影像进行探索研究的基础上,利用计算机识别分类技术,对研究区森林类型进行分类研究,以期取得一些有价值的经验和结论,同时确立 SPOT5 在林业中普遍应用的优越性,推动和促进森林遥感技术在林业生产上的应用。

本书内容涉及遥感、地理信息系统、林学、计算机科学等多个学科,可作为遥感及地理信息系统专业、林学专业高年级本科生和研究生的参考书籍,也可以作为相关专业技术人员的选读书籍。

图书在版编目(CIP)数据

林业遥感图像分类方法与实践 / 李春静, 徐达著

— 北京: 中国水利水电出版社, 2012. 12

ISBN 978-7-5170-0468-4

I. ①林… II. ①李… ②徐… III. ①遥感图象—应用—森林资源调查—研究 IV. ①S757.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第309487号

书 名	林业遥感图像分类方法与实践
作 者	李春静 徐达 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京时代澄宇科技有限公司
印 刷	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	175mm×245mm 16开本 8印张 92千字
版 次	2012年12月第1版 2012年12月第1次印刷
印 数	0001—1500册
定 价	25.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

| 前 言 |

林业遥感技术是指利用遥感影像作为主要信息源,结合地面典型调查和已有的辅助资料及知识,综合运用遥感影像的各种分析处理手段,对森林状况及其动态变化进行全面系统地反映和分析的科学方法。

本研究以中山陵风景区森林为研究对象,采用 SPOT5 数据,在对影像的融合技术进行研究的基础上,采用了 HIS 变换融合、K—L 变换融合、K—T 变换融合、线性加权融合、Brovey 变换融合和小波变换融合等方法对 SPOT5 高分辨率的全色波段影像和低分辨率的 SPOT5 多光谱波段 4、2、1 影像进行融合,其中对传统的小波融合算法进行了改进,并对融合后的影像分别从主观和客观两方面进行了定性和定量的评价,再以各种融合影像为分类底图,实施了监督分类,在分类中采用了在专题矢量图件与种子像元扩展紧密相结合的训练样本优选法基础上,用众数滤波器对训练样本进行纯化的样本提取方法,主要分类器选用了传统的最大似然法、最小距离法和马氏距离法,同时也初探了基于决策树与传统分类器(马氏距离法)相结合模型的遥感影像自动分类方法。最后对分类后的影

像进行了分类后处理，包括聚类统计、过滤分析和去除分析，剔除了分类专题图像中的小图斑，无论从制图角度还是从实际应用角度，都得到了最终相对理想的分类结果。最后对多种特征影像的分类精度进行了客观评价。研究证明，SPOT5 融合后的影像既保留了多光谱影像的丰富光谱信息，又不同程度提高了空间分辨率，很大程度上改善了目视解译效果和自动分类效果。

本书由李春静和徐达共同执笔，由李春静审定并统稿，本书由“华北水利水电学院高层次人才科研启动项目”资助。

作者

2012 年 9 月

| 目 录 |

前言

第 1 章 绪论 /1

- 1.1 研究的目的和意义 /1
- 1.2 国内外研究现状 /4
- 1.3 本书研究的内容和目的 /14
- 1.4 研究区概况及数据 /16
- 1.5 研究方法及技术路线 /17

第 2 章 遥感影像的校正及影像特征分析 /20

- 2.1 影像几何精校正 /20
- 2.2 影像的地形校正 /27
- 2.3 研究区 SPOT5 影像特征分析 /28

第 3 章 遥感影像增强与变换处理 /35

- 3.1 遥感影像增强处理 /35
- 3.2 遥感影像的多光谱变换 /47
- 3.3 遥感影像彩色变换 /52
- 3.4 遥感影像 MNF 变换 /54
- 3.5 混合波段最佳组合方案的确定 /55

第 4 章	遥感影像融合技术	/56
4.1	影像融合前预处理	/58
4.2	像素级融合法的原理及过程	/59
4.3	遥感影像融合效果评价	/70
第 5 章	遥感影像分类技术	/77
5.1	遥感数字图像分类原理	/78
5.2	遥感数字图像分类方法介绍	/79
5.3	非监督分类	/83
5.4	监督分类	/85
5.5	分类后处理	/99
5.6	分类精度评价	/100
第 6 章	结论与问题讨论	/108
6.1	研究成果及结论	/108
6.2	问题讨论及展望	/110
参考文献		/112
附图		/119

第 1 章 绪 论

1.1 研究的目的是和意义

人类面临着尖锐的人口大幅度增长、非再生资源趋向枯竭和生态环境不断恶化的巨大压力等问题。卫星遥感技术的兴起使人们有可能从太空的高度连续、重复地观测地球，从而为人类进一步认识地球的全貌与动态变化，更准确地摸清资源家底，更合理地规划利用资源，更有效地治理和保护环境，提供了一种前所未有的强大技术手段。

自 1972 年美国实施地球资源卫星计划以来，卫星遥感技术在全球范围内迅猛发展，新的遥感平台陆续升空，遥感仪器不断更新换代。各种资源环境监测卫星的发射与运行为地表动态变化研究提供了多平台、多光谱、多时相、大范围的实时信息。在遥感技术的研究中，通过遥感影像判读识别各种目标是遥感技术发展的一种重要环节。无论是专业信息提取、动态变化预测，还是专题地图制作和遥感数据库的建立等都离不开分类。



遥感影像数据以其信息量大、数据更新快、色彩鲜艳、成本低等特点在许多领域内得到了广泛地应用，其中林业遥感是众多应用领域中的一种。近 20 年来，林业遥感技术有了长足的进步，林业遥感从业人员利用遥感数据进行了森林资源、生态资源、林火和病虫害监测等研究，取得了明显的效果。

随着近年来计算机技术的飞速发展，计算机识别分类成了遥感技术应用的一个重要组成部分，遥感技术的改进促使遥感专题信息的提取方法也在不断地改进，经历了目视解译、自动分类、光谱特性的信息提取以及光谱与空间特征的专题信息提取等多个阶段。遥感影像数据类别多、含混度大，如何解决多类别分类识别并满足一定的分类精度，是当前遥感影像研究中的一个关键问题，也是目前人们关注的焦点。

森林是国家可持续发展的重要物质基础，是经济建设和生态环境建设中不可多得的、可更新的再生资源，森林作为陆地生态系统的重要组成部分，除了能给人类提供大量的林产品和林副产品等物质资源外，还具有保持水土、涵养水源、防风固沙、净化空气、调节气候等生态功能，对于全球和区域的碳循环、水循环以及能量平衡极为重要。1983 年美国宇航局经过统计得出，全球 33% 的土地为森林覆盖，90% 的生物量来自森林，65% 的净初级生产力也来自森林。森林资源状况及其消长变化，不仅影响社会经济的持续发展，而且还影响地区乃至全球环境的变化，它直接关系到国家重大林业规划和林业生产政策的制定。因此，人们迫切希望能快速、准确、高效地获取森林资源信息，并且及时监测变化情况，以实现森林资源的科学管理和有效利用。但是主要基于地形图和航空相片的传统调查方法工效低、周期长、时效差，而且精度受人为因素影响大，很难满足森林资源监测和林业可持

续发展的需要。遥感技术尤其是航天遥感技术以其宏观、动态、快捷、信息丰富等特点为此提供了可能。

遥感 (Remote Sensing), 意为遥远的感知, 是指在与目标不直接接触的情况下通过接收目标物体的电磁波信号判定、量测并分析目标的性质。具体地说, 遥感是指从地面以上距离、高空及外层空间的各​​种运载工具, 即遥感平台上, 利用可见光、红外、微波等光学、电子和电子光学的电磁波探测仪器即遥感仪或传感器, 通过摄影或扫描、信息感应, 接收从物体辐射、反射和散射的电磁波信号, 以影像胶片和数​​据磁带记录下来, 传到地面站, 经处理加工, 从中提取对了解物体各现象有用的信息, 再结合地面物体的光谱特性, 来识别研究地面物体的种类、性质、形状、大小、位置及其与环境的相互关系与变化规律的现代技术科学。通常就把这一整个的接收、传输、处理分析判读遥感信息的过程, 统称为遥感技术。遥感技术系统包括: 被测目标的信息特征、信息获取、信息传输与记录、信息的分析处理以及信息的应用五大部分。

林业遥感技术是指利用遥感影像作为主要信息源, 结合地面典型调查和已有的辅助资料及知识, 综合运用遥感影像的各种分析处理手段, 对森林状况及其动态变化进行全面系统地反映和分析的科学方法。森林遥感的主要目的在于及时、准确、快速、高效地获取森林资源数据, 如林地、林分面积、森林蓄积、森林生物量、森林健康状况等, 为森林质量与效益评价、为各级林业部门制定林业生产政策和相关管理保护措施提供科学依据。森林遥感的主要内容包括森林资源遥感清查 (重点关注林地面积、林分类型、森林生物量几方面)、森林遥感制图、森林火灾监测、森林病虫害监测、森林风雪灾害和森林灾害损失评估等。



1.2 国内外研究现状

1.2.1 林业遥感应用研究

近几十年来,由于全球人口的不断增加,森林资源的过度开发和不合理利用,人类的生存环境受到严重威胁。如号称“地球绿肺”的亚马逊森林,在最近20年里,因过度投资开发,导致约12%的森林遭到破坏;又如我国贵州省,人均耕地不足 0.053hm^2 ,由于森林破坏,沙漠化面积每年扩展 2.5万 km^2 ,每年损失耕地近 2.7万 hm^2 。这引起了许多国家和有关国际机构的普遍关注,人们力图及时、准确、高效地获取森林信息,以切实加强森林评估与保护工作。同时随着社会的发展和环境意识的不断提高,人们更期望能通过及时准确地获取森林有关信息(如生物量、净生产力)来评估诸如空气污染、全球变暖、碳循环等环境问题。1997年制定的《京都议定书》指出需要利用森林现状信息和变化信息,来评估1990年以来由于林业活动(限于造林、森林恢复和森林采伐等活动)产生的温室气体源的排放和清除方面的净变化;在联合国关于气候变化的框架会议上,指出需要用森林信息去评价碳循环和潜在的碳汇状况。以上种种原因促使森林遥感研究在全球范围内备受青睐,近年来,其研究进展可概括为以下几个方面:

(1) 森林遥感研究向多目的、多尺度、多规模方向发展。近10年来,国际上启动了许多森林遥感监测计划和项目,如“全球地图与生物计划”(IGBP)和“全球环境变化人文计划”(HDP)在1993年共同发起“土地利用与全球土地覆盖变化”(LUCC)研究;全球对地观测委员会(CEOS)于1998年启动了森林覆盖全球观测项目;

国际科学协会委员会 (ICSU) 设立了国际地球圈——生物圈研究计划；欧盟 1997 年启动了 SAR 的农业与林业应用项目等，使森林遥感研究向多目的、多尺度、多方向发展。美国和一些西欧林业发达国家如德国、奥地利、法国等早在 20 世纪 80 年代初就在林业经营中充分运用遥感和 GIS 技术来提供最新森林信息，并重点关注森林资源与森林环境的动态变化。Maribeth 等 (2000) 利用遥感技术对森林资源进行调查和森林生境模拟，Olga Rigina (1999) 利用高精度的遥感数据监测森林的衰退情况，Gross (1999) 进行遥感森林健康状况监测，Kuntz 等 (1999) 利用 SAR 遥感数据监测热带林的砍伐情况。Haripriya, G. S., Kaygusuz, K., Schroedr, P. 等学者考虑森林地表生物量与全球碳循环的重要关系开展了森林地表生物量的遥感研究。P. Saich 等利用 ERS SAR 探测 Kola Reniusula 地区工业废气污染对森林的破坏情况。Ramaey III, Ilijah W. 还利用 TM 和 NOAA 数据研究了飓风灾害对不同森林类型的影响，指出硬阔叶林具有较强的御灾能力。

(2) 遥感数据的获取能力和获取技术快速提高。自 1957 年苏联第一颗人造地球卫星成功发射以来，已有 5000 余颗人造卫星升空，有综合目标的较大型卫星，也有专题目标明确的小卫星群。在遥感应用最多的空间轨道卫星中，有地球同步卫星、太阳同步卫星，还有一些低轨和高轨卫星。传感器方面，探测的波段范围不断延伸，波段的分割越来越精细，同时，多种探测技术的集成也日趋成熟，如雷达、多光谱成像与激光测高、GPS 的集成可实现实时测图。总地说来，现在遥感信息获取技术已从可见光发展到红外、微波；从单波段发展到多波段、多角度、多极化；从空间维扩展到时空维；从低分辨率发展到高分辨率甚至超高分辨。已初步建立高、中、低



轨道结合；大、小、微型卫星协同；粗、细、精分辨互补的全天候、多层次的全球对地观测体系。

目前，森林资源遥感可利用多种遥感资料，如航空相片，气象卫星资料，美国陆地卫星资料，法国地球观察卫星（SPOT）资料，各种星载雷达资料，以及我国发射的中巴资源卫星（CBERS）和地面分辨率达到 1m 的美国 IKONOS 卫星资料，另外还利用航天飞机影像以及小、微卫星资料等。

（3）遥感信息的处理技术和方法不断取得突破。随着数字成像技术和计算机图像处理技术的迅速发展，出现了一些功能强大的专业图像处理软件。许多专家学者在信息提取、模式识别等方面也不断引入相邻学科的相关理论和方法，如分形理论、小波变换、人工神经网络等，逐步融入人的知识，使遥感信息处理过程更趋智能化，其信息处理结果和精度也得到进一步的提高。McDonald, Verstraete 等采用 NOAA、TM 数据根据光谱植被指数 NDVI、PVI、SAVI 进行森林分类，精度接近 70%；D. Wu, J. Linders 利用 SAR 数据分别采用模糊聚类、逐步回归和主成分分析法进行特征提取和森林分类，结论是模糊聚类法具有较高精度，达到 71.11%；Mayaux, Gianfranco 等综合利用 AVHRR、ATSR、ERS-1 以及 SAR 这 4 种卫星数据，结合地面辅助资料对中非刚果地区进行森林植被制图，精度达到 74.6%；Martin, M. E.；Newman, S. D. 等用高光谱数据采用最大似然法把森林分为 11 类，其总体精度达到 75%；Atkison, Friedl 等引入人工神经网络和决策树算法使分类精度得以进一步提高。

在中国，林业遥感技术始于 20 世纪 50 年代。当时，遥感资料主要是黑白航空相片和彩色红外相片，人们将遥感技术与数理统计

抽样技术相结合进行森林资源调查。如根据航空相片判读森林类型并进行分层抽样估测；利用航空相片判读森林蓄积并与地面实测森林蓄积量建立回归模型等，取得较好的效果。

国家“七五”期间，开展了一些森林卫星遥感调查研究和应用实践。如利用 Landsat—2 数据对吉林省临江县的森林进行分类，计算出了林区各地类面积和森林蓄积量，编制了森林分布图和森林蓄积量分布表；四川省结合航空航天遥感资料进行了全省森林资源清查和二类调查，掌握了森林资源的总量和分布规律；西双版纳应用遥感数据编制了热带森林植被图；其中最有影响的是利用 MSS 和 TM 对整个“三北”防护林地区进行了森林资源调查，编制了不同比例尺的森林资源图，为林业生产和改善生态环境提供了重要的基础资料。此外，陕西省乔山林业局、福建省三明地区、大兴安岭地区还进行了森林资源计算机自动分类的初步试验研究。

“八五”和“九五”期间，森林资源卫星遥感的应用和研究逐渐深入，表现为利用的卫星数据不断增多，有 AVHRR、TM、SPOT、SAR 等；应用和研究范围不断扩展，除用于森林资源调查和规划外，还用于森林资源动态监测与分析、森林灾害监测与预报、森林灾害损失评估、森林环境变化分析等。如利用 TM 结合 GIS 在吉林省西部近 1000 万 hm^2 面积上开展了森林资源动态监测。以 NOAA、AVHRR 资料为主要信息源的国家“八五”科技攻关项目“西南林区等火灾监测评价”；建立了一套快速、准确的“林火监测应用技术系统”，可实现森林火灾的宏观监测和早期预报、林火蔓延及发展趋势评价、灾后损失评价和减灾辅助决策。国家“八五”科技攻关项目“松毛虫早期灾害点遥感监测研究”，利用遥感技术对森林病虫害



的预测、预报、监测管理进行了比较深入的应用研究。“八五”期间还完成了国家“863”高新技术项目“星载 SAR 森林应用研究”，取得了可喜的成果。

同时，随着项目的实施和开展，对森林资源遥感影像分类方法也进行了许多有益的尝试和探讨。最早主要采用人工目视解译，之后采用计算机辅助或计算机自动分类，分类效果和效率得到大幅提高。章杨清、靳文戟等对遥感数据实施监督分类，认为可以提高森林类型识别的类数和分类精度。吴炳方结合辅助数据（地形图、行政区划图、植被图、道路图、水系图）并应用 GIS 模型，采用最大似然分类方法对遥感数据进行分类，表明可大幅度提高植被分类精度。李崇贵等以 RS 和 GIS 信息为基础，通过计算机仿真得出云南思茅地区森林蓄积估测优化方程：

$$V = 56.5198 - 0.1450X_1 + 0.2206X_2 - 0.0499X_3 + 1.1152X_4 - 22.5390X_5 + 16.0215X_6 \quad (1-1)$$

其中变量 X_1 — TM_2 ； X_2 — TM_3 ； X_3 — TM_4 ； X_4 — TM_4/TM_3 ； X_5 —样地纵坐标； X_6 —林分郁闭度。方程总蓄积预报精度可达 90% 以上，在实际工作中具有较好的应用前景。

总地来说，遥感资料尤其是数字卫星遥感资料在我国林业上的应用还相当有限，大多地方林业资源调查和监测工作到目前为止还是基于地形图或航空相片，利用常规地面调查方法进行，每一次都需花费巨大的人力、物力和财力，同时，存在周期长、时效差的明显缺陷。造成这种情况有两个主要原因：一是人们对卫星遥感技术的认识还不到位，不习惯打破传统的技术体系；二是森林遥感技术系统研究的成果尚不多见，许多地方苦于没有适宜的技术支持而难以应用。事实上，由于卫星成像时，受传感器、大气状况、季节、

物候特征和区域复杂背景特征等因素影响,在具体操作应用中,不同性质的传感器影像应该采用不同的技术方法,即便是同一种卫星影像,在处理技术方法上,也体现出一定的季相和区域差异。所以加强基于不同卫星数据、不同季相、不同区域的森林遥感技术研究是十分必要和迫切的。

1.2.2 森林植被遥感影像分类研究现状

森林遥感影像分类是森林资源调查和监测不可缺少的内容。从不同来源、不同形式的遥感信息提取出森林植被的专题信息,为划分森林类型,绘制林相图,清查森林资源,预测预报森林病虫害及森林火灾,合理规划、利用和保护森林资源提供基础和依据。

在目前的遥感分类中,应用较多的是传统的模式识别分类方法(监督分类方法中的最大似然分类法、最小距离法等和非监督分类中的等距离混合法、循环集群法等)。模式分类的新方法有模糊分类、基于 Markov 随机场模型纹理描述的分类方法、小波分析的分类方法、分形的纹理方法、神经网络图像分类器等。

近几十年来,前人提出了各种图像的分类算法与理论,但是遥感影像分类的准确度并不理想。其分类结果由于遥感影像本身的空间分辨率以及“同物异谱”、“异物同谱”现象的存在,而往往出现较多的错分、漏分情况,导致分类精度不高。众多研究表明,通过已往识别模式算法的改进来提高遥感分类精度收效不大,因此需要探索新的方法,如发展以人工智能为特点的影像理解技术或判读专家系统、建立波谱数据库、利用超多波段成像光谱仪和混合像元的地物类型分解等。为了进一步提高遥感影像分类的准确率,国内外



许多研究人员将多种地理数据、专家知识加入到计算机遥感影像解译的过程中来。

20 世纪 90 年代以来,国外主要使用遥感卫星遥感结合植物表面温度、地形等非遥感要素对地面植被进行分类。Srinivasan (1990) 使用多源遥感数据,按照各类别的波谱模型对多源遥感数据进行了分类;Franklin 与 Peddle (1990, 1992, 1993) 先用线性分类器对光谱、纹理、DEM 进行分类,后来提出多种数据源的证据推理分类方法,结果明显优于用传统的统计模式识别方法;Janssen 等 (1990)、Middelkoop 等 (1991)、Bolstad 等 (1992)、Kontoes 等 (1993) 对充分利用影像信息和辅助数据进行分类,特别是使用基于知识的方法进行分类做了大量研究;Foody 等 (1997) 应用人工神经网络 (ANN) 方法对巴西 Mato Grosso 地区的热带森林类型进行了分类,结果表明这种方法划分结果与实际接近,优于其他的传统分类方法;Townsend 等 (2001) 提出了一种等级分类方法,应用多时段多光谱卫星数据将美国卡罗莱纳州东北部的 Roanoke 河漫滩森林湿地群落分为 21 个森林群落类型和 7 个其他生态重要群落,用模糊集合理论评价精度达到 96.6%;Sulong 等 (2002) 在 GIS 支持下利用 1:5000 的航空照片和 TM 图像,将马来西亚 Kemaman 红树林划分为 14 个植被类型,分类精度达到 91.5%。

20 世纪 80 年代以来,我国应用图像纹理、植被指数变化、植被指数的动态聚类及经验正交函数等方法对大范围植被分类进行了研究。近年来,为提高植被分类精度,已在提高资料的空间分辨率、利用微波遥感、综合应用“3S”(RS、GIS、GPS) 技术等方面做了努力。赵宪文 (1995) 从中国热带林研究出发,重点探讨了森林分类方法和调查方案;刁淑娟 (1995) 根据遥感图像的