

林辉 臧卓 刘秀英 孙华 □ 编著

# 森林树种

## 高光谱遥感研究

SENLIN SHUZHONG  
GAO GUANGPU  
YAO GAN YAN JIU

中国林业出版社

S79/3

刘秀英 孙华 回 编著

S79/3  
1971611

# 森林树种

## 高光谱遥感研究

SENLIN SHUZHONG  
GAO GUANG PU  
YAO GAN YAN JIU

江苏师大图书馆

徐州师范大学图书馆



23995012

中国林业出版社

1181781

---

图书在版编目(CIP)数据

森林树种高光谱遥感研究/林辉等编著.

—北京:中国林业出版社,2011.12

ISBN 978-7-5038-6423-0

I. ①森… II. ①林… III. ①多光谱遥感-应用-森林-树种-研究 IV. ①S79

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第246370号

---

中国林业出版社自然保护图书出版中心

责任编辑:刘家玲 张 锴

---

出 版:中国林业出版社(100009 北京西城区刘海胡同7号)

E-mail: wildlife\_cfph@163.com 电话: 83225836

发 行:中国林业出版社

印 刷:北京中科印刷有限公司

版 次:2011年12月第1版

印 次:2011年12月第1次

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:10.75

彩 插:8页

字 数:280千字

印 数:1~1000册

定 价:39.00元



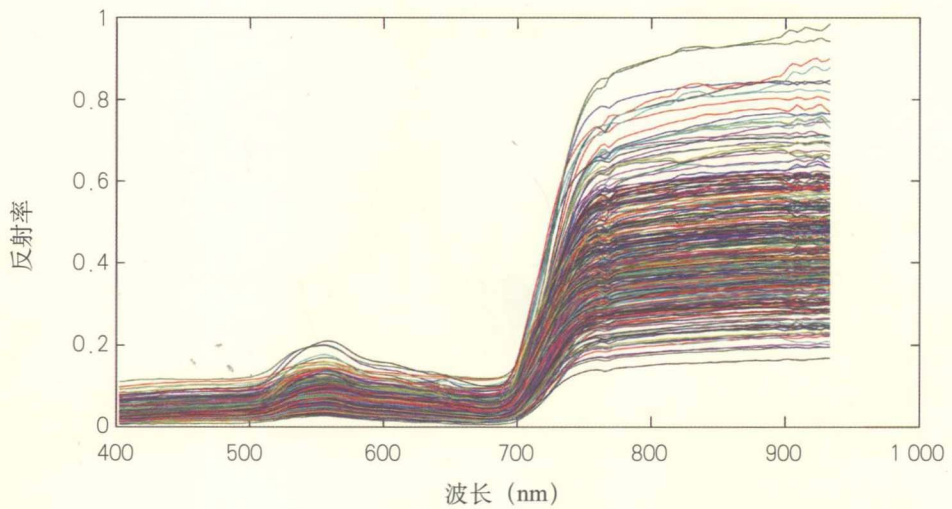


图 2-2 滤波后光谱反射率曲线

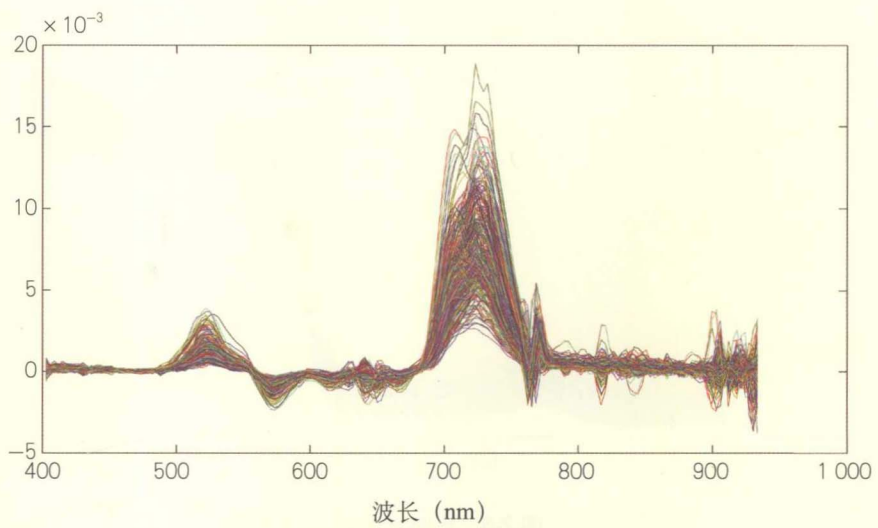


图 2-3 经一阶微分变换后的光谱数据

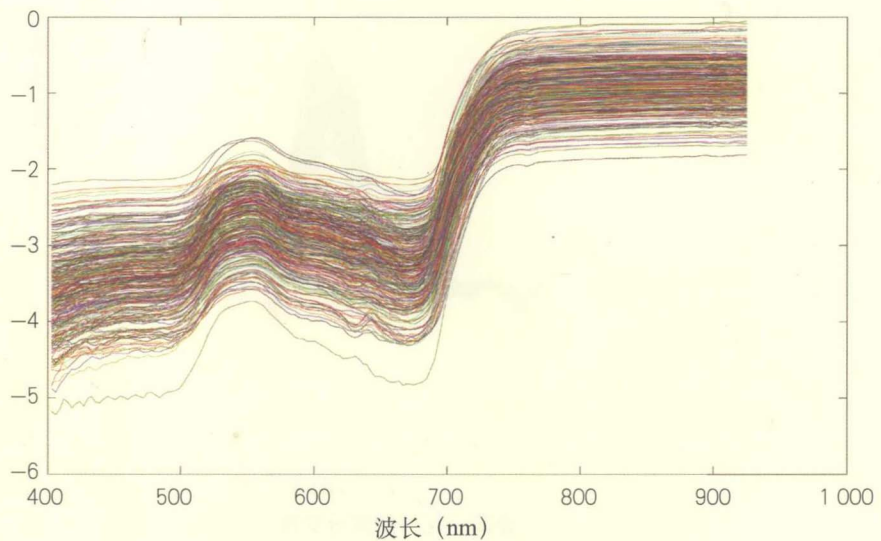


图 2-4 经对数变换后的光谱数据

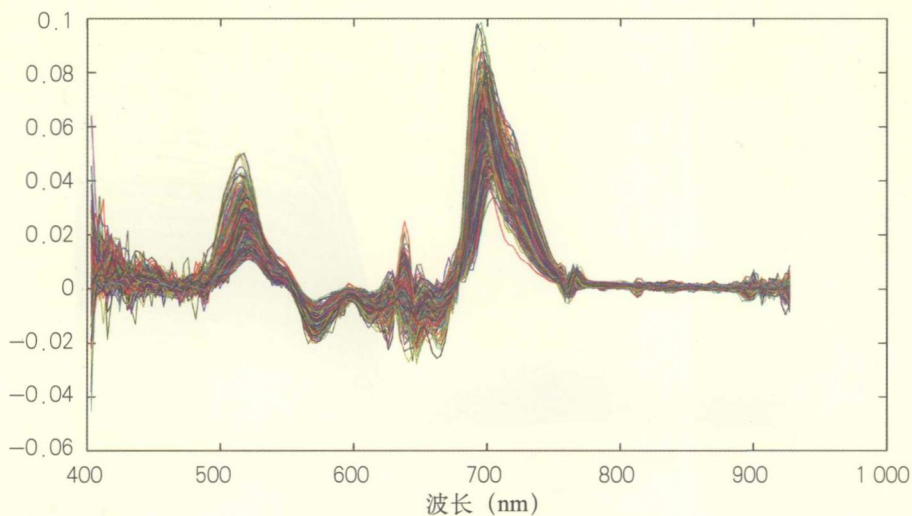


图 2-5 经对数一阶微分变换后的光谱数据

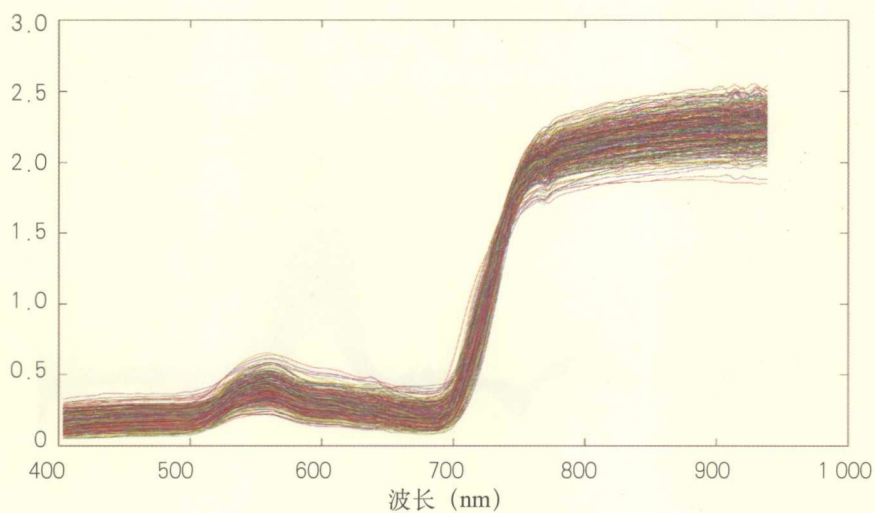


图 2-6 经归一化变换后的光谱数据

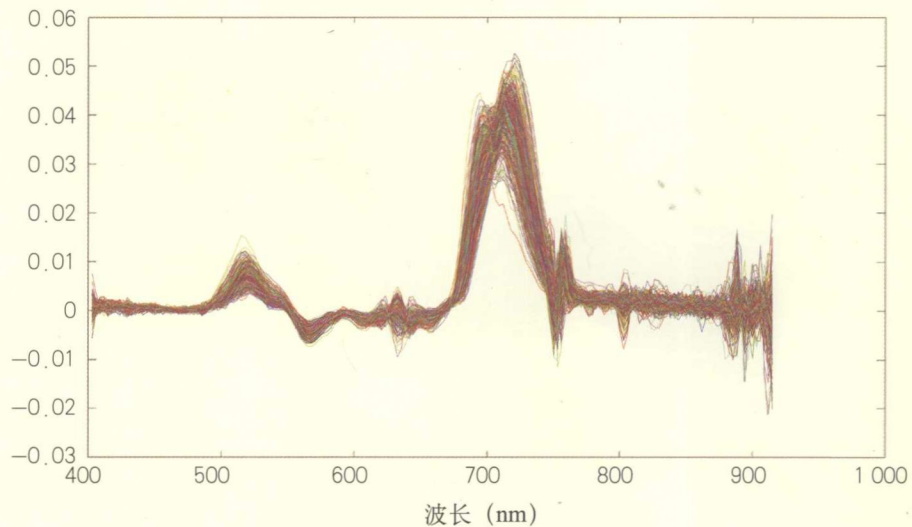


图 2-7 经归一化一阶微分变换后的光谱数据

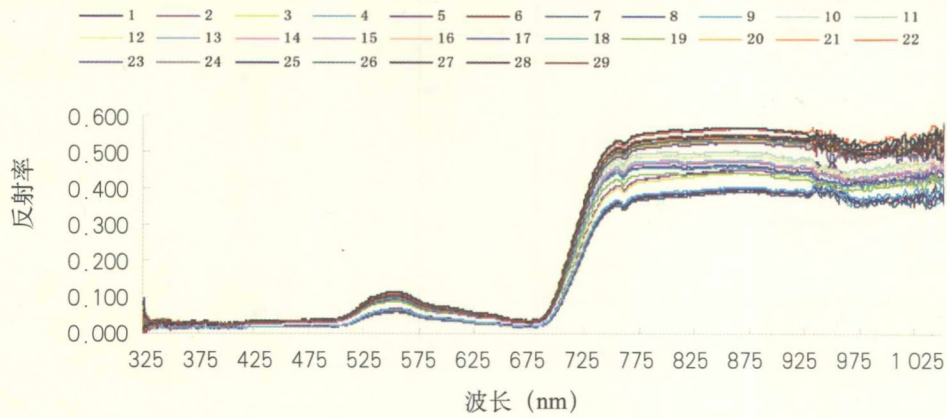


图 3-1 杉木冠层反射光谱

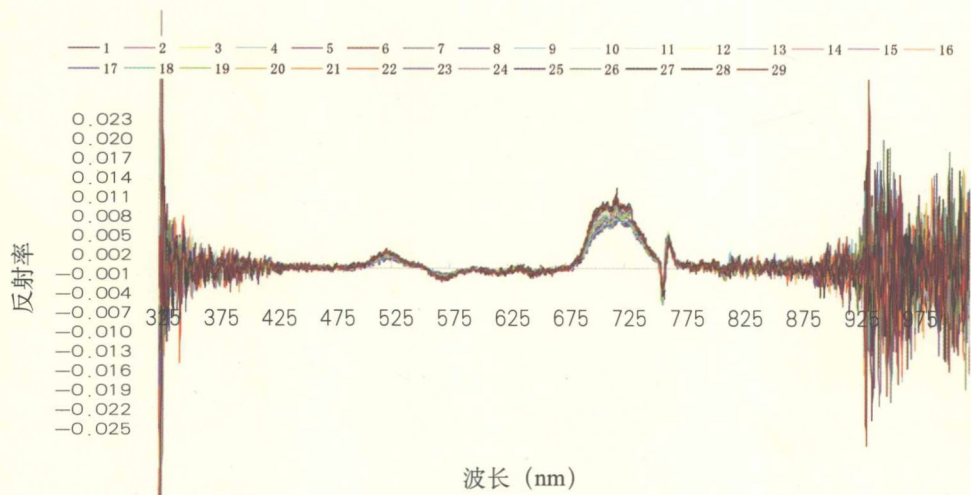
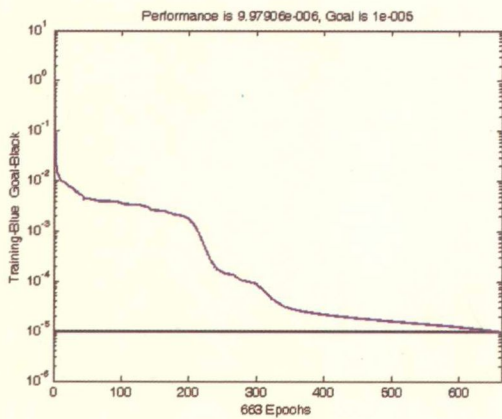
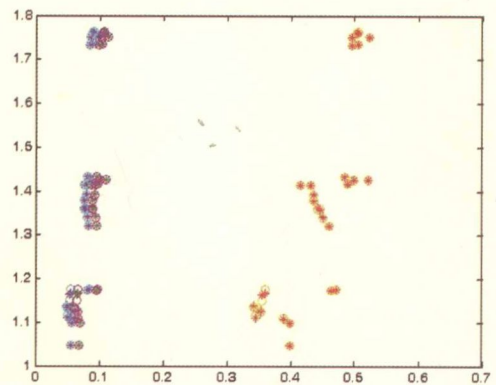


图 3-2 杉木冠层一阶微分光谱

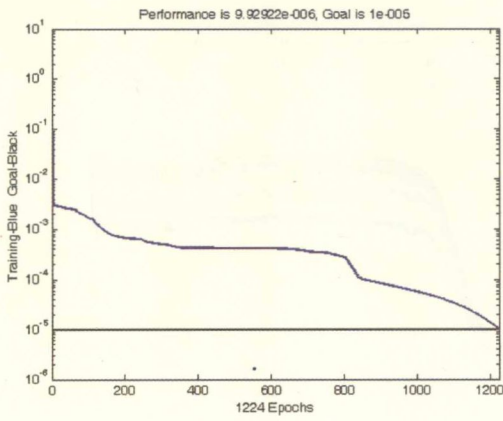


a : 网络训练过程

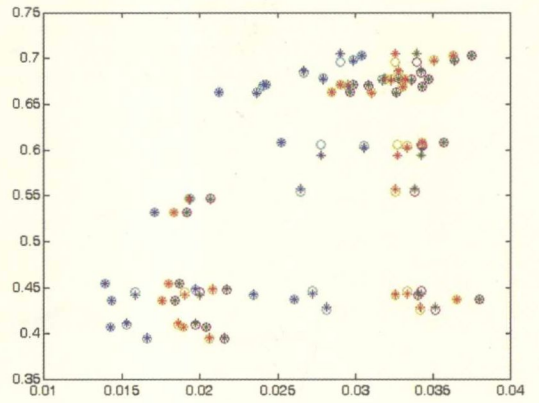


b : 网络运行结果

图 3-6 MATLAB 中神经网络模拟图

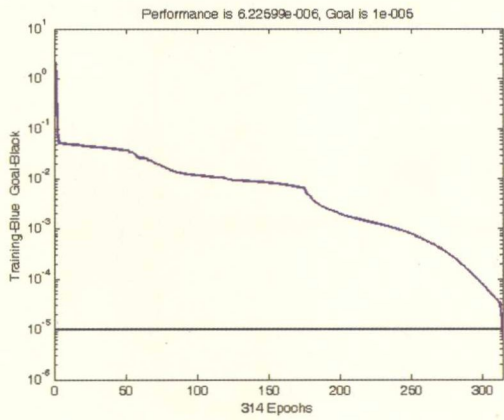


a : 网络训练过程

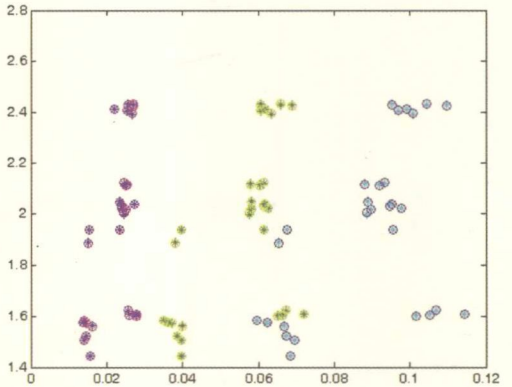


b : 网络运行结果

图 3-11 MATLAB 中神经网络模拟图

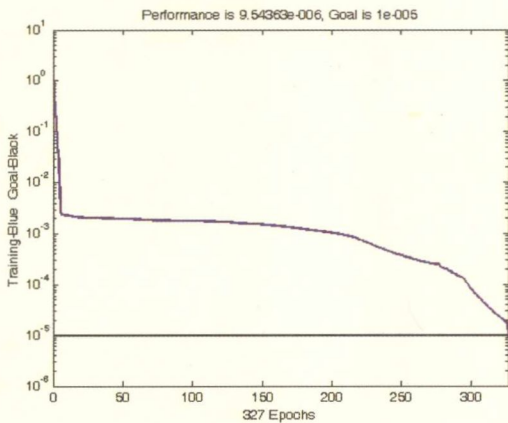


a : 网络训练过程

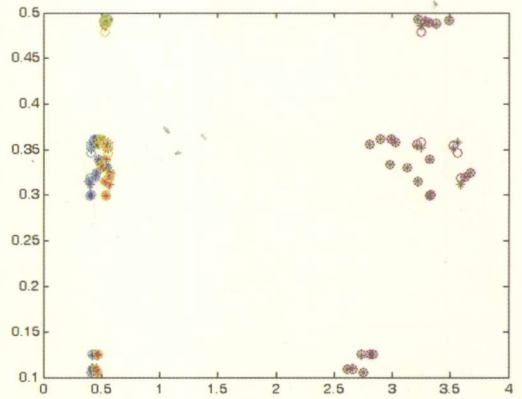


b : 网络运行结果

图 3-16 MATLAB 中神经网络模拟图



a : 网络训练过程



b : 网络运行结果

图 3-21 MATLAB 中神经网络模拟图



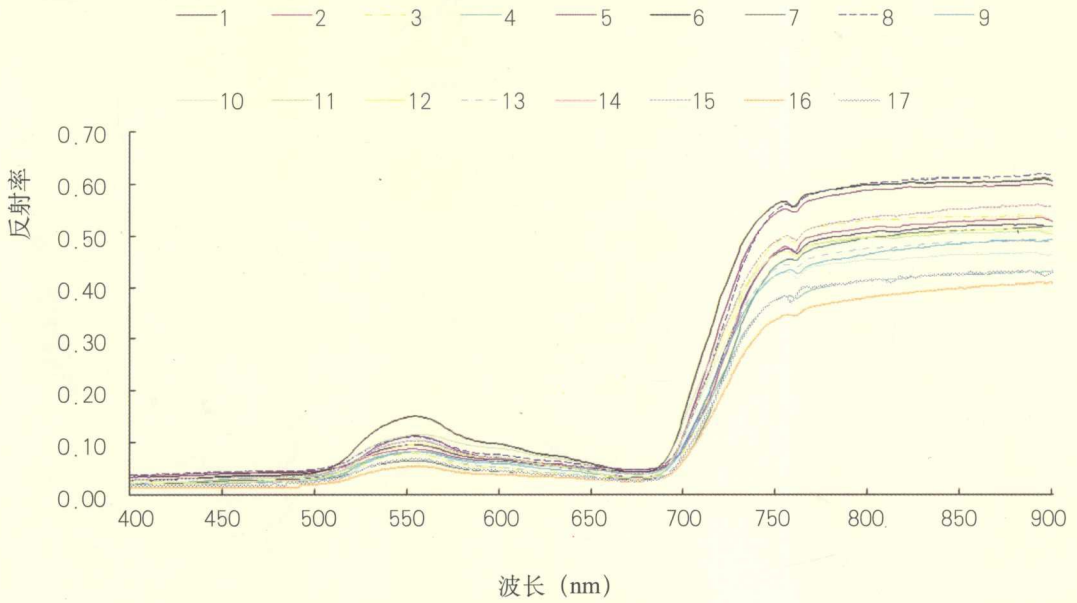


图 3-41 樟树幼林的冠层反射光谱

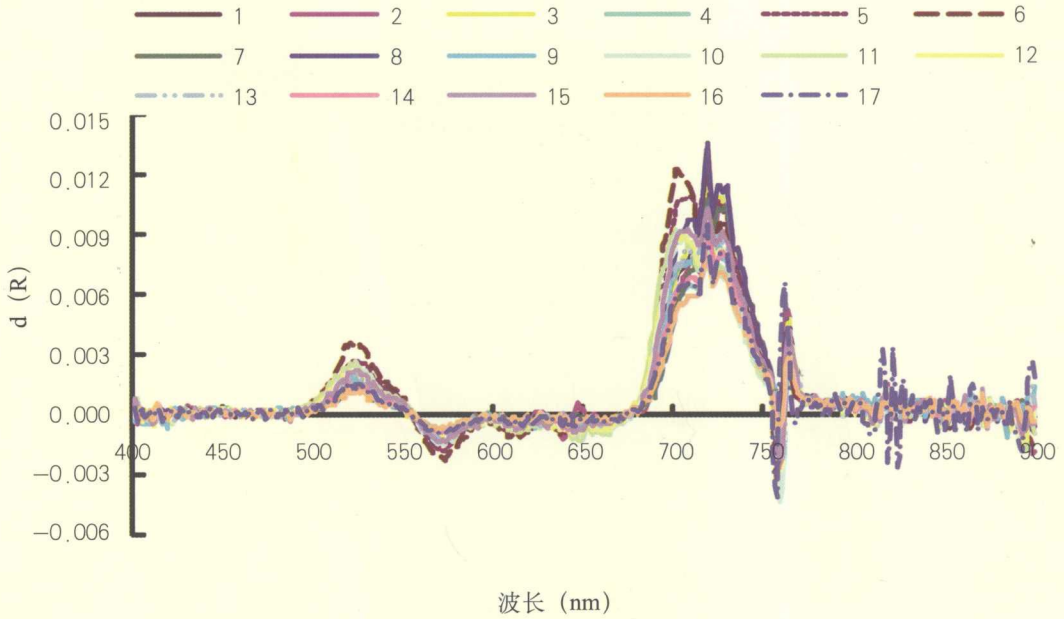


图 3-42 樟树幼林的冠层一阶微分光谱



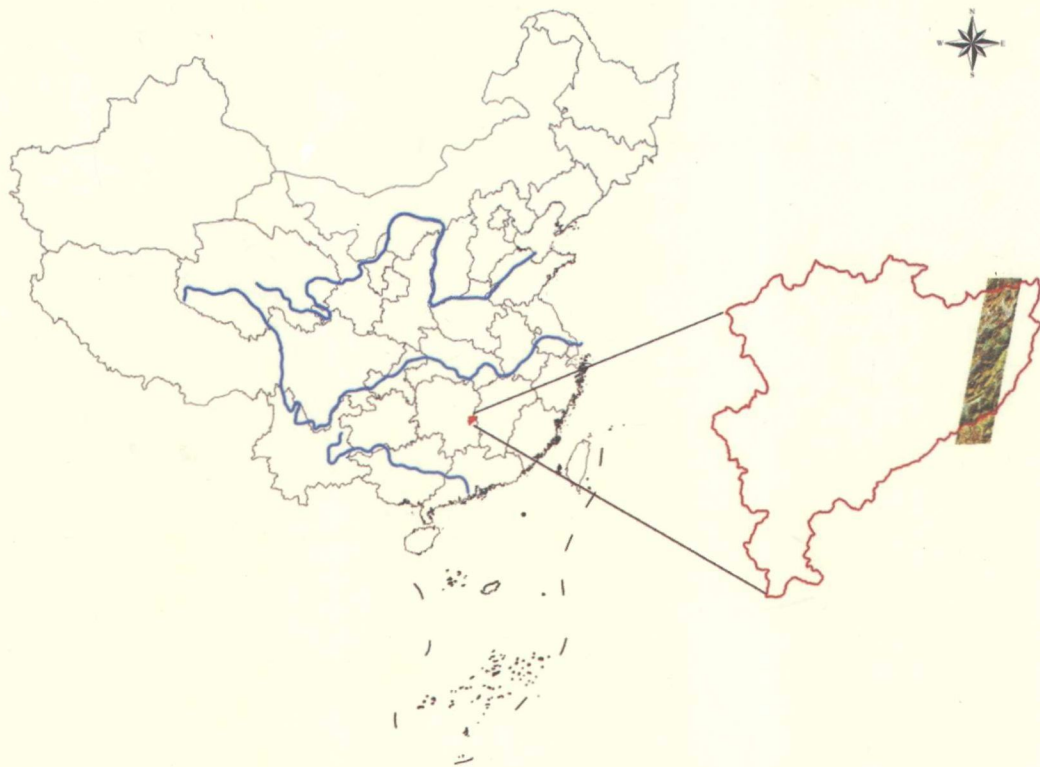


图 6-1 研究区位置示意

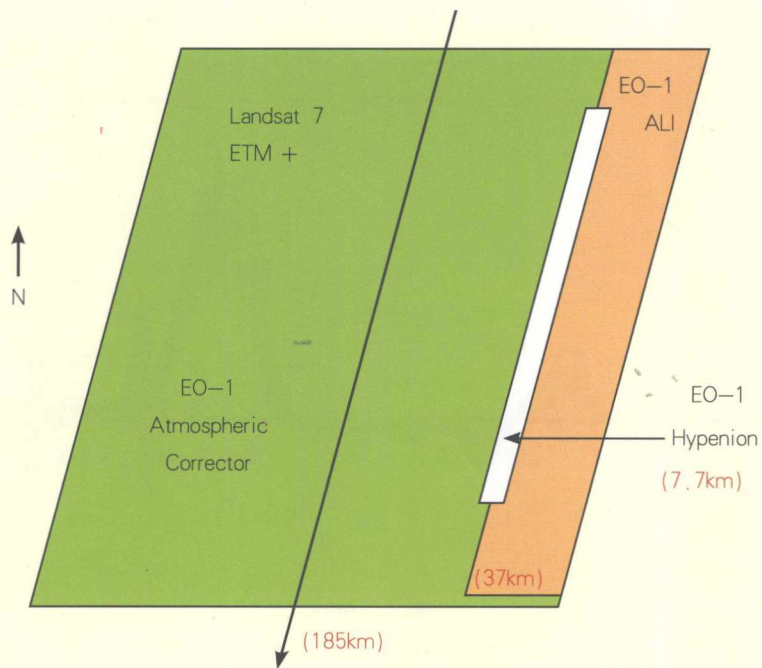


图 6-2 EO-1 与 Landsat 7 比较 (引自 <http://datamirror.csdn.cn>)

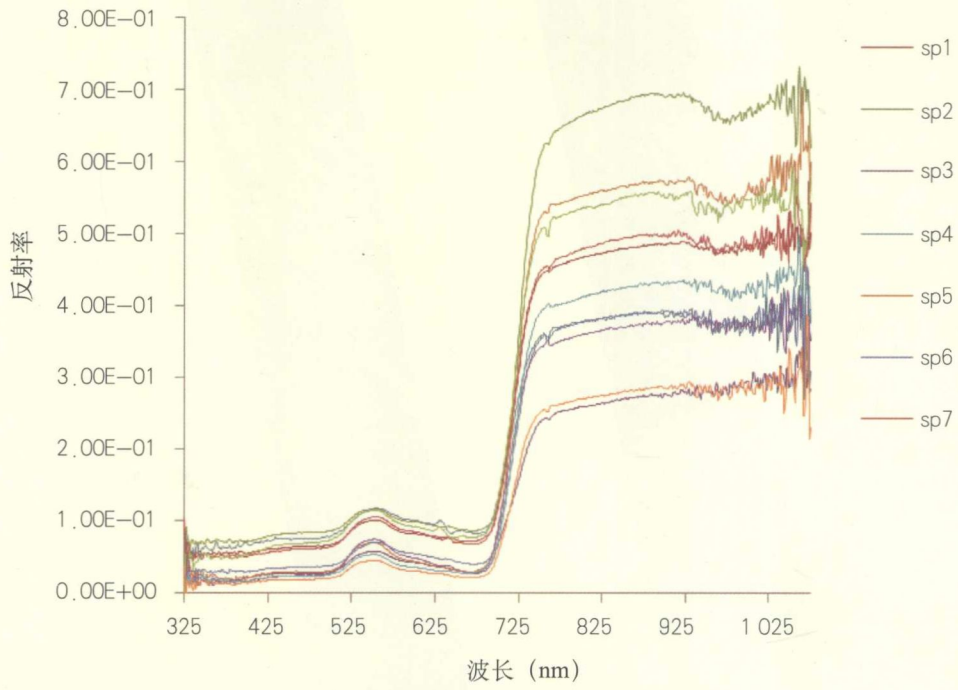


图 6-4 野外同步观测样点的反射率曲线

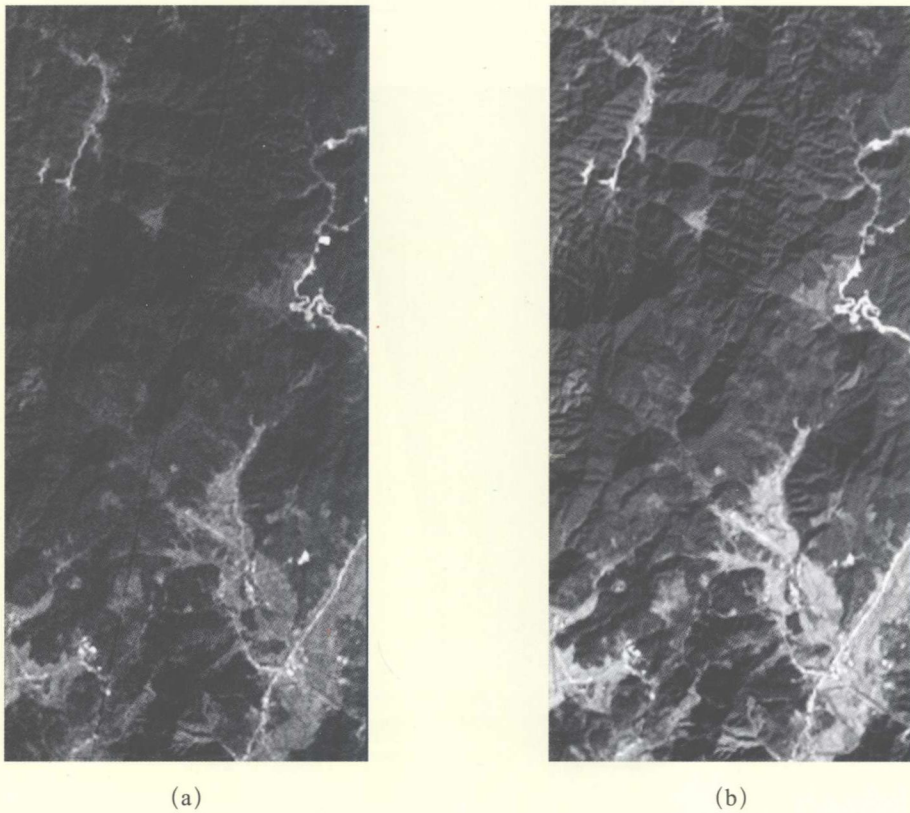


图 6-7 第 13 波段“坏线”修复前后对照



(a) 大气校正前

(b) 大气校正后

图 6-9 Hyperion 数据大气校正前后效果

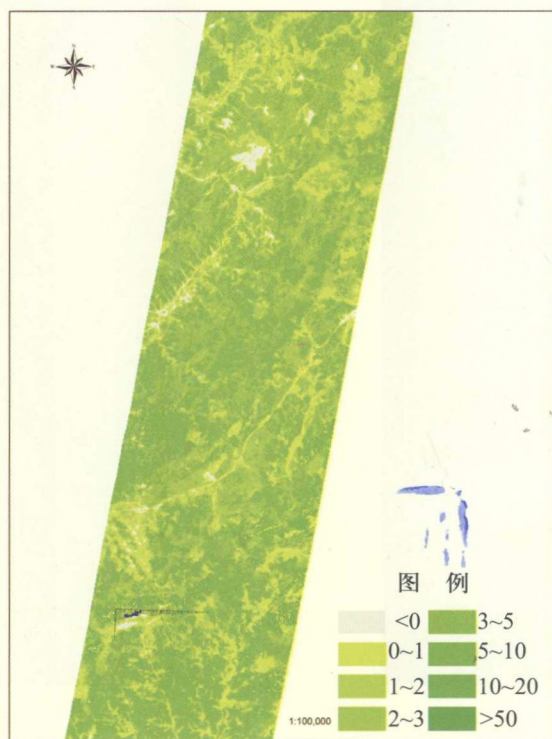


图 6-19 研究区 LAI 分布图

# 前 言

高光谱遥感是指利用很多很窄的电磁波波段(主要是可见光和近红外区域)获取目标物信息的技术,是近年来对地观测领域的重大技术突破。同常规的多光谱遥感相比,具有更加丰富的空间、辐射和光谱信息,很快便应用于国土、地质矿产、农业、林业、环境、水文等领域,并表现出了较好的应用潜力和前景。

高光谱遥感为遥感技术提供了一种新的对地观测手段,以这种探测技术为基础,形成了图像、数据处理、信息提取、分析和多学科、多领域定量化应用为特征的研究方向。在世界范围内,已投入运行或试验的航空高光谱遥感系统有数十台/套之多。高光谱遥感的星载运行相对要晚一些,1999年美国EOS系统AM-1卫星发射升空,第一台星载成像光谱仪,即中分辨率成像光谱仪(MODIS)成功实现了在轨运行,随后的AIRS、GIFTS等,截至目前至少有十余颗卫星或航天器带有高光谱系统在空间运行过,它们已经成为观测地球最重要的遥感信息源之一。

我国高光谱遥感也取得了重要进展,无论在航空还是航天领域,均有我国自主研制的高光谱系统,如MAIS、QMIS和PHI三大系统为代表的高光谱遥感系统,相继研制成功。特别是在我国的载人航天计划中,高光谱遥感实验也占有一席之地。2002年3月发射的“神舟-3”实验飞船携带有中分辨率成像光谱仪,有34个波段的高光谱分辨率,成为继美国EOS MODIS之后,与ENVISAT的MERIS几乎同时进入空间,实现对地观测的航天成像光谱仪系统。

开展高光谱遥感研究的目的是为了解决遥感技术在应用中的问题,这也是我们长期以来开展森林树种高光谱观测研究的目的。林业遥感在应用中即使发展到现在的高分辨率水平,还是有很多问题没有解决,如森林类型、树种植被的精细识别时仍然比较困难,于是转向高光谱,希望通过比较它们自身的光谱差异,找到其成像特征。早在20世纪80年代中南林学院的欧润贵老先生,就开展了类似的研究,因条件差、仪器设备落后,数据处理也跟不上,观测结果并不理想。随着计算机技术的发展,高光谱的数据观测与计算机自动粗处理融合到了一起,使得高光谱的观测与数据处理取得了长足的进展,大量的高光谱遥感试验得以实施,如地质岩石、农作物、水质环境、大气污染、材料



材质等方面，其共同特点是这些研究比常规遥感更加精细，促进了遥感从宏观向微观，从定性到定量的发展。但是要开展林业高光谱研究非常困难，主要是森林树种一般都是高大的乔木，又都是生长在交通不便的山坡上，要观测其冠层的光谱特征曲线，难度也非常大，因此，林业高光谱的研究几乎是个空白。另外，南方多云雾和多雨水的天气，也严重影响了高光谱数据的外业观测。2000年在森林经理学科的资助下，课题组购买了美国 ASD 公司生产的高光谱仪，开展了林业高光谱的先期研究工作，试探性地发表了一些研究论文。2004年和2008年两次获得了国家自然科学基金面上项目(湖南省主要针叶树种高光谱遥感研究 30471391、森林树种波谱特及生化成分相关性研究 30871962)的资助，其间还获得了教育部博士点专项基金(南方乔木树种高光谱遥感测定与分析 200805380001)的支持，这些都大大鼓舞了课题组的士气，使得课题组能够克服重重困难，顺利完成了对南方主要树种特别是乡土树种杉木、马尾松的定点定位、定期的观测，取得了宝贵的第一手资料。在此基础上开展了一系列的数据处理和分析工作，取得了一些初步的结果。本书正是介绍了课题组十余年来，开展森林树种高光谱研究的一些方法和研究结果，由于同类研究较少，无法进行比较研究，整个研究过程只能算是摸索着前进，得出一些探索性的结果，供同行参考。本书的错误在所难免，望广大读者不吝赐教。

编著者

2011年11月

# 目 录

第一章 绪论 .....	1
第一节 高光谱遥感的概念 .....	1
第二节 高光谱遥感的发展现状 .....	3
第三节 典型地物的光谱特征 .....	7
一、植被 .....	7
二、土壤 .....	9
三、岩石 .....	12
四、水体和雪 .....	12
五、城市目标 .....	15
第四节 地面光谱测量方法 .....	15
一、实验室测量 .....	16
二、野外测量 .....	16
第二章 数据采集与数据处理 .....	18
第一节 野外光谱数据的测定 .....	18
一、野外光谱测量的影响因素 .....	19
二、地物光谱测试时的规范和测量要求 .....	21
第二节 生物化学参数的测定 .....	22
第三节 基于光谱位置变量的分析 .....	23
第四节 地物光谱数据预处理 .....	25
一、高光谱数据平滑去噪 .....	25
二、高光谱数据变换 .....	26
第五节 高光谱数据分类技术 .....	29
一、支持向量机原理 .....	29
二、BP 神经网络简介 .....	30
三、光谱角度制图法原理 .....	32
四、马氏距离分类法原理 .....	32
五、朴素贝叶斯分类法原理 .....	33
六、Fisher 判别法原理 .....	33

第三章 乔木树种主要生化参数估算模型研究 .....	35
第一节 杉木色素含量的估算模型研究 .....	35
一、研究区概况 .....	35
二、数据收集及处理 .....	35
三、模型及精度评价 .....	36
四、结果与分析 .....	37
第二节 马尾松色素含量估算模型研究 .....	67
一、研究区概况 .....	67
二、数据收集及处理 .....	67
三、模型及精度评价 .....	67
四、结果与分析 .....	68
第三节 樟树幼林色素含量的估算模型研究 .....	91
一、研究区概况 .....	91
二、数据收集及处理 .....	91
三、模型及精度评价 .....	92
四、结果与分析 .....	92
第四章 乔木树种高光谱数据降维分类对比分析 .....	113
第一节 乔木树种光谱数据采集 .....	113
第二节 高光谱数据的主成分降维 .....	114
一、主成分降维原理 .....	114
二、光谱数据降维分类测试 .....	115
第三节 高光谱数据的独立主成分降维 .....	122
一、独立主成分降维原理 .....	122
二、独立主成分降维分类结果对比 .....	122
第五章 基于群体算法结合支持向量机的高光谱数据降维分类研究 .....	127
第一节 遗传算法结合支持向量机的降维算法 .....	127
一、降维算法原理 .....	127
二、降维分类结果分析 .....	129
第二节 粒子群算法结合 SVM 的高光谱数据降维算法 .....	130
一、粒子群算法原理 .....	130
二、粒子群算法结合支持向量机降维原理 .....	131
三、降维数据分类结果与分析 .....	131
第六章 成像高光谱影像特征分析与 LAI 反演 .....	134
第一节 数据获取与研究区概况 .....	134
一、研究区概况 .....	134
二、成像光谱数据获取 .....	135

三、地面数据测量 .....	136
第二节 影像数据处理与植被指数提取 .....	138
一、Hyperion 数据读取与有效波段选择 .....	138
二、坏线修复与条纹去除 .....	140
三、大气校正与几何校正 .....	141
四、校正结果与同步观测数据比较分析 .....	144
五、植被指数提取 .....	146
第三节 基于植被指数的 LAI 反演模型 .....	147
一、基于单因子的 LAI 反演模型 .....	148
二、LAI 的逐步回归模型 .....	151
三、基于偏最小二乘回归的 LAI 反演模型 .....	155
四、研究区 LAI 反演制图 .....	159
参考文献 .....	161



# 第一章 绪论



## 第一节 高光谱遥感的概念

遥感(Remote Sensing)是20世纪60年代发展起来的对地观测综合性技术,是指通过某种装置,不直接接触被研究目标、区域或现象来获取其有关数据,并对所获取的数据进行分析从而得到所需要信息的一种科学和技术。由于它集先进性、科学性、综合性、实用性于一体,涉及信息科学、环境科学、地球科学、空间科学、生物科学等众多科学领域,其发展受到各个部门的格外关注。经过几十年的发展,无论是遥感平台、传感器方面,还是遥感信息处理、遥感应用方面,都获得了飞速的发展。遥感已经成为当今最活跃的科技领域之一。

一般认为,光谱分辨率在 $10^{-1} \lambda$ 数量级范围内的遥感称为多光谱(Multi-spectral)遥感;光谱分辨率在 $10^{-2} \lambda$ 数量级范围内的遥感称为高光谱(Hyper-spectral)遥感;光谱分辨率在 $10^{-3} \lambda$ 数量级范围内的遥感称为超光谱(Ultra-spectral)遥感。遥感技术把人们研究地表信息的能力由陆地推向太空,拓宽了人们的研究视野,极大地提高了人们宏观、准确、及时、综合地进行对地观测与监测的能力;成像光谱技术则把遥感波段从几个、几十个推向数百个、上千个。高光谱遥感数据每个像元可以提供几乎连续的地物光谱曲线,使利用高光谱反演陆地细节成为可能。高光谱遥感技术已经成为当前遥感领域的前沿技术。

20世纪80年代兴起了一种新型对地观测技术——高光谱遥感技术。高光谱分辨率遥感(Hyperspectral Remote Sensing)是指在电磁波谱的可见光、近红外和热红外波段范围内,获取许多非常窄的光谱连续的影像数据的技术,它的基础是测谱学(Spectroscopy)。早在20世纪初,测谱学就被用于识别分子、原子及其结构。由于物质是由分子、原子构成的,组成物质的分子、原子的种类及其排列方式决定了该物质区别于其他物质的本质特征。当电磁波入射到物质表面时,物质内部的电子跃迁,原子、分子的振动、转动等作用使物质在特定的波长形成特有的吸收和反射特征,能够通过物质的反射(或吸收)光谱反映出物质的组成成分与结构的差异,然而这些吸收和反射特征在传统的多光谱遥感数据上很难清楚地体现。

高光谱遥感技术始于成像光谱仪(Imaging Spectrometer)的研究计划。该计划最早由美国加州理工学院喷气推进实验室(Jet Propulsion Lab, JPL)的一些学者提出,并在美国国家航空航天局(National Aeronautics and Space Administration, NASA)的支持下,相继推出了系列成像光谱仪产品,如机载航空成像光谱仪(Airborne Imaging Spectrometer, AIS)系列、航