

学校编码: 10384

分类号 \_\_\_\_\_ 密级 \_\_\_\_\_

学号: 200334041

UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

红树植物光谱特征和红树植物  
的遥感图像分类研究

Research on Mangrove Canopy Spectral Reflectance  
Characteristics & The Classification of Mangrove  
Species by Remote Sensing

翁 强

指导教师姓名: 卢昌义 教授

专业名称: 环境工程

论文提交日期: 2006年11月

论文答辩时间: 2006年12月

学位授予日期: 2006年12月

答辩委员会主席: 孙 飒 梅

评 阅 人: 李 炎

孙 飒 梅

2006年11月

## 厦门大学学位论文原创性声明

兹提交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其它个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文而产生的权利和责任。

声明人（签名）：

2006 年 月 日

## 摘 要

遥感技术是近年来发展起来的对红树林生态监测的关键技术。本文以福建九龙江口红树林的自然保护区部分地区为研究区域,探讨了利用遥感技术进行红树植被分类的流程和方法。在总结归纳了红树林生态监测中的卫星遥感技术方法后,针对红树植被遥感分类方法普遍存在对图像要求较高而分类精度差等问题,首先进行大量野外实地调查和严格的实测光谱分析,探讨基于 SPOT-5 和 Landsat TM 卫星遥感影像融合,并借助全球定位系统(GPS)定位仪实地定位精确选择训练区,同时通过研究不同红树植物种类光谱间波段特征差异,构造新的波段变量,采用多步骤分类方法,对研究区域的 3 种红树林植物种类进行图像分类。

主要研究内容如下:

(1) 以九龙江口红树林自然保护区的海滩红树林秋茄 [*Kandelia candel* (L.) Druce ]、桐花树 (*Aegiceras coniculatum* Blanco. )、白骨壤 [*Avicennia marina* (Forsk) Vierh. ] 的实地现场冠层光谱测量为依据,通过分析比较这几种红树植物的冠层反射波谱,探讨了基于地面光谱数据的红树光谱特征及其差异。

(2) 采用 SPOT-5 卫星和 TM 卫星遥感数据为遥感信息源,对遥感图像进行几何精校正、融合、切边、光谱增强、彩色合成等一系列技术处理,得到 RGB432, RGB543 彩色合成图像。

(3) 通过全球定位系统(GPS)定位仪实地记录的样本和实地调查资料,并结合融合遥感图像目视解译判读,在遥感影像上,利用准确的界线建立训练区,分别选取三种红树植物类别的训练样本,通过反复调整,使其能够代表每个类别的光谱特征差异和分布区域特征。

(4) 通过构造新的波段变量,选择不同的最佳波段组合,在 ERDARS IMAGINE 遥感信息处理平台上采用多步骤分类方法对 3 种红树植物种类实现了遥感图像分类,并与多波段组合单步骤监督分类结果进行比较,结果表明新的方法提高了分类精度,具有较好的适用性。

(5) 应用不确定性分析,计算分类总精度和 kappa 值等方法对两种遥感分类效果进行评价。多步骤监督分类精度优于常用的多波段组合监督分类。

**主题词:** 红树林、遥感、反射光谱、数据融合、图像分类

## ABSTRACT

The remote sense is the key technique for the mangrove zoology monitoring. The widely accepted remote sensing method for classification of mangrove usually requires high quality images, and a training area which is difficult to find. This study particularly recites the application development of remote sensing in mangrove environment search, then this study aims to develop a more applicable method of the three mangrove species classification on LANDSAT Thematic Mapper (TM) data and SPOT-5 data at a study site in the JiuLong River estuary.

On the basis of in situ reflectance (0.35-1.1 $\mu$ m) measurements done in the JiuLong River estuary mangrove protection area, FuJian , China, the reflectance feature of three types of mangrove, which are *Kandelia candel*, *Aegiceras corniculatum*, and *Avicennia marina*, were investigated. Then analyzing mangrove canopy spectral reflectance Characteristics and compare their differences by Using the spectral data collected in fields.

Based on the image processing approaches of the fusion of SPOT-5 PAN band with TM multi-spectrum bands, a series of image processing approaches aimed at mangrove mapping had been discussed, including geometric correction, data fusion of images, subset, enhancement and color combination. The image of RGB543 and RGB432 acquired enjoyed the characteristics of clear outline, color enrichment, distinct gradation.

Sampling with the data recorded by using GPS(global positioning system) and validating in situ survey data, select some training area from the remote sensed imagery accurately through visual interpretation, then repeat training sample till get the representative area data of the three mangrove species.

The mangrove species distribution information were extracted by means of Multi-Stage Classification Approach and traditional Multi-bands combination Classification Approach , all this are carried out though the image processing soft ERDARS IMAGINE.

To evaluate the method developed in this study, error matrix and kappa values were calculated. Comparison with traditional classification methods were also done. It

is concluded that the Multi-Stage Classification Approach has higher precision compared to traditional methods.

**Key words:** Mangrove; Remote sensing; Spectral reflectance; Data fusion; Classification

厦门大学博硕士学位论文摘要库

# 目 录

<b>第一章 遥感技术在红树林生态监测与研究中的应用概述.....</b>	<b>1</b>
1.1 课题研究背景 .....	1
1.2 遥感信息源的选择和主要的信息识别方法 .....	2
1.2.1 信息源的选择.....	2
1.2.2 主要的信息识别方法.....	2
1.2.2.1 人工目视解译.....	3
1.2.2.2 波段组合法.....	3
1.2.2.3 图像分类技术.....	4
1.2.2.4 模式分类方法.....	4
1.3 卫星遥感技术在红树林生态监测与研究中的应用内容 .....	4
1.3.1 红树林分布范围和面积的调查及动态监测.....	5
1.3.2 红树林类内和类外的区分.....	6
1.4 本研究设想 .....	8
1.5 论文组织框架 .....	9
<b>第二章 研究区概况与数据获取 .....</b>	<b>11</b>
2.1 研究区概况 .....	11
2.2 地面实测光谱数据获取 .....	15
2.3 图像分类试验使用的遥感数据 .....	18
<b>第三章 红树植物波谱特征分析 .....</b>	<b>21</b>
3.1 红树植物的波谱特征 .....	21
3.2 白骨壤、秋茄、桐花树叶冠光谱曲线的比较 .....	25
<b>第四章 遥感图像分类处理方法 .....</b>	<b>29</b>
4.1 遥感图像分类基本原理 .....	29
4.2 遥感图像分类的原则和步骤 .....	31
4.2.1 遥感图像分类原则.....	31
4.2.2 遥感图像分类步骤.....	31

4.3 遥感图像分类方法 .....	32
4.3.1 非监督分类.....	32
4.3.2 监督分类.....	33
4.3.3 多步骤遥感图像分类法.....	35
4.4 多源遥感数据融合技术 .....	37
4.5 遥感图像分类发展趋势 .....	39
<b>第五章 图像分类试验 .....</b>	<b>41</b>
<b>5.1 遥感图像的预处理 .....</b>	<b>41</b>
5.1.1 遥感影像几何精校正.....	41
5.1.2 遥感影像数据融合.....	43
5.1.3 遥感影像切边.....	44
5.1.4 遥感影像增强处理.....	44
<b>5.2 遥感图像目视判读 .....</b>	<b>47</b>
<b>5.3 归一化植被指数(NDVI).....</b>	<b>49</b>
<b>5.4 基于多源遥感影像融合的监督分类实施 .....</b>	<b>51</b>
5.4.1 新波段变量的构造.....	51
5.4.2 训练样区的选定和均值统计.....	52
5.4.3 光谱特征知识的挖掘和多步骤分类.....	53
5.4.4 一般的多波段组合监督分类.....	55
<b>5.5 分类精度评估 .....</b>	<b>59</b>
5.5.1 分类精度评估指标.....	59
5.5.2 分类精度评估.....	60
<b>5.6 研究区域 Quick Bird 卫星遥感图片的目视解译 .....</b>	<b>61</b>
<b>第六章 结论和展望 .....</b>	<b>65</b>
<b>6.1 结论 .....</b>	<b>65</b>
<b>6.2 创新点 .....</b>	<b>65</b>
<b>6.3 不足与展望 .....</b>	<b>66</b>
<b>参考文献.....</b>	<b>69</b>

附录.....	75
附录 A 地面光谱采样点的地理坐标及对应的红树类型.....	75
附录 B 监督分类常用判别函数.....	77
附录 C .....	80
在校期间参加的研究课题	
三年来发表的文章	
学术会议	
致谢.....	81



## Contents

<b>CHAPTER 1. SUMMARIZE OF THE APPLICATION DEVELOPMENT OF REMOTE SENSING IN MANGROVE ENVIRONMENT SEARCH.....</b>	<b>1</b>
1.1 STUDY BACKGROUND OF THE ITEM.....	1
1.2 SELECTION OF REMOTE SENSING DATA AND GENERAL INFORMATION EXTRACTION METHODS.....	2
1.1.1 Selection of remote sensing data.....	2
1.1.2 General information extraction methods .....	2
1.2.2.1 Visual interpretation.....	3
1.2.2.2 Wave band combination.....	3
1.2.2.3 Image classification .....	4
1.2.2.4 Model classification.....	4
1.3 THE APPLICATION OF REMOTE SENSING IN MANGROVE ENVIRONMENT SEARCH .....	4
1.3.1 Investigation of mangrove distribution, area measurement and variation detection.....	5
1.3.2 Classification of congeneric mangrove and differentiate with others.....	6
1.4 RESEARCH PLAN .....	8
1.5 STRUCTURE OF THESIS.....	9
<b>CHAPTER 2. STUDY AREAS INTRODUCTION AND DATA OBTAINMENT .....</b>	<b>11</b>
2.1 STUDY AREAS INTRODUCTION .....	11
2.2 IN SITU REFLECTANCE MEASUREMENTS .....	15
2.3 REMOTE SENSING DATA USED IN MAP CLASSIFICATION .....	18
<b>CHAPTER3. ANALYSIS OF MANGROVE CANOPY SPECTURE REFLECTANCE.....</b>	<b>21</b>
3.1 CHARACTERISTIC OF MANGROVE CANOPY SPECTURE REFLECTANCE.....	21

3.2 COMPARITION OF CANOPY SPECTRAL REFLECTANCE OF THE THREE MANGROVE.....	25
<b>CHAPTER4. CLASSIFICATION METHODS IN REMOTE SENSING.....</b>	<b>29</b>
4.1 PRINCIPLE .....	29
4.2 PROCEDURE.....	31
4.3 METHODS .....	32
4.3.1 Unsupervision classification .....	32
4.3.2 Supervision classification .....	33
4.3.3 Multi-Stage Classification Approach .....	35
4. 4 DATA FUSION .....	37
4.5 PROGRESSES.....	39
<b>CHAPTER5. MAP CLASSIFICATION .....</b>	<b>41</b>
5.1 IMAGE PRE-PROCESSING APPROACHES.....	41
5.1.1 Geometric correction .....	41
5.1.2 Data fusion of images .....	43
5.1.3 Subset.....	44
5.1.4 Enhancement.....	44
5.2 VISUAL INTERPRETATION.....	47
5.3 NDVI VEGETATION INDEX .....	49
5.4 CLASSIFICATION.....	51
5.4.1 Construct new band variable.....	51
5.4.2 Training areas selection and statistical average .....	52
5.4.3 Multi-Stage Classification Approach.....	53
5.4.4 Traditional Multi-bands combination Classification Approach .....	55
5.5 EVALUATION .....	59
5.5.1 Precision evaluation index .....	59
5.5.2 Accuracy assessment .....	60
5.6 VISUAL INTERPRETATION OF Quick Bird IMAGE.....	61
<b>CHAPTER6. SUMMARY AND DISCUSSION .....</b>	<b>65</b>
6.1 SUMMARY .....	65

---

6.2 ORIGINALITIES .....	65
6.3 DEFICIENCY AND RESEARCH FORECAST .....	66
<b>REFERENCE.....</b>	<b>69</b>
<b>APPENDIX.....</b>	<b>75</b>
<b>ACKNOWLEDGEMENT.....</b>	<b>81</b>

厦门大学博硕士论文摘要库

## 图索引

图 1-1	论文组织框架图 .....	10
图 2-1	研究地区典型林相照片 .....	12
图 2-2	保护区地理位置图及三个地面光谱现场测定区域的分布图 .....	14
图 2-3	地面光谱采样点分布图 .....	15
图 2-4	采样点光谱测定典型照片 .....	17
图 3-1	野外采集不同样本的叶冠光谱反射 .....	24
图 3-2	三种不同红树植物冠层光谱相对反射率曲线对比 .....	26
图 3-3	三种不同红树植物冠层光谱相对反射率比值曲线 .....	26
图 4-1	二维特征空间划分示意图 .....	29
图 4-2	遥感图像分类原理 .....	30
图 4-3	红树林遥感图像识别结构图 .....	32
图 4-4	监督分类流程图 .....	34
图 4-5	多源遥感影像融合的一般过程 .....	38
图 5-1	TM 遥感原始图像 .....	43
图 5-2	SPOT-5 遥感原始图像 .....	44
图 5-3	线性拉伸变换示意图 .....	45
图 5-4	RGB432 假彩色合成图像 .....	46
图 5-5	RGB543 彩色合成图像 .....	47
图 5-6	植被的光谱反射特征 .....	49
图 5-7	归一化植被指数 (NDVI) 图 .....	51
图 5-8	红树遥感监督分类实施步骤框图 .....	56
图 5-9	白骨壤、秋茄、桐花树的多步骤监督分类图 .....	57
图 5-10	多波段组合的白骨壤、秋茄、桐花树的监督分类图 .....	58
图 5-11	对秋茄混生白骨壤的目视判读 .....	62
图 5-12	对秋茄林, 白骨壤混生于外缘的目视判读 .....	63
图 5-13	对桐花树小斑块的目视判读 .....	63

## FIGURE INDEX

Fig1-1	The frame of thesis .....	10
Fig 2-1	Photos of mangrove in research areas .....	12
Fig 2-2	Location of the research areas flat with three sample sites outlined .....	14
Fig 2-3	Distributing of the in situ reflectance measurement samples .....	15
Fig2-4	Photos of the in situ reflectance measurements .....	17
Fig 3-1	canopy spectral reflectance of different sample collected in fields .....	22
Fig3-2	Canopy spectral relative reflectance curve of the three mangrove .....	25
Fig3-3	Canopy spectral reflectance ratios curve of the three mangrove .....	25
Fig 4-1	The sample of a 2-D scattering plot .....	29
Fig 4-2	Classification principle of remote sensing images .....	30
Fig 4-3	Common procedure of mangrove classification .....	32
Fig 4-4	Common procedure of supervision classification .....	34
Fig 4-5	Common procedure of data fusion of Multi-images .....	38
Fig 5-1	The original remote sense image of TM .....	43
Fig 5-2	The original remote sense image of SPOT-5 .....	44
Fig 5-3	A sketch map of linearity stretching .....	45
Fig 5-4	The image of RGB432 .....	46
Fig 5-5	The image of RGB543 .....	47
Fig 5-6	The spectral reflectance characteristic of vegetation .....	49
Fig 5-7	The image of <i>NDVI</i> .....	51
Fig 5-8	Procedure of Supervised Classification .....	56
Fig 5-9	The mangrove species distribution map by means of Multi-Stage Classification Approach .....	57
Fig 5-10	The mangrove species distribution map by means of Multi-bands combination Classification Approach .....	58
Fig 5-11	Visual interpretation of <i>Avicennia marina</i> mix <i>Kandelia candel</i> .....	62
Fig 5-12	Visual interpretation of <i>Avicennia marina</i> fringed <i>Kandelia candel</i> forest .....	63
Fig 5-13	Visual interpretation of <i>Aegiceras coniculatum</i> patch .....	63

## 表索引

表 2-1 GER1500 光谱仪详细参数 .....	16
表 2-2 野外光谱数据采集概况 .....	18
表 2-3 TM 影像波段特征 .....	19
表 2-4 SPOT-5 遥感图像常用波段参数 .....	20
表 3-1 红树植物叶冠光谱反射特征位置和特征参数 .....	27
表 5-1 研究区域主要地类的融合遥感影像判读标志 .....	48
表 5-2 地面实测光谱对应 TM1、TM2、TM3、TM4 波段的遥感反射率 平均值和比值 .....	54
表 5-3 单步骤监督分类误差矩阵 .....	61
表 5-4 多步骤监督分类误差矩阵 .....	61

**TABLE INDEX**

Tab 2-1	Parameters of GER-1500 Spectroradiometer .....	16
Tab 2-2	A summary of the spectral data collected in fields .....	18
Tab 2-3	the characteristics of TM bands.....	19
Tab 2-4	the parameter of SPOT-5 bands.....	20
Tab 3-1	Canopy spectral feature point & parameter of the three mangrove.....	27
Tab 5-1	Visual interpretation judge symbol of study areas.....	48
Tab 5-2	Mean & ratio of Canopy spectral reflectance for band TM1, TM2, TM3, TM4.....	54
Tab 5-3	Error Matrix of One-Stage Supervised Classification .....	61
Tab 5-4	Error Matrix of Multi-Stage Supervised Classification.....	61

## 1 遥感技术在红树林生态监测与研究中的应用概述

红树林是以红树植物为主体的常绿乔木或者灌木组成的热带、亚热带潮间带湿地木本植物群落。红树林是陆地过渡到海洋的特殊森林，主要分布在南、北回归线之间，局部地区受暖流的影响可延伸到北纬  $32^{\circ}$  和南纬  $44^{\circ}$ （郑德璋等，1995）。由于红树林分布于潮间带浅滩，野外调查工作十分困难，工作量大，费用高，其次，红树林地平坦，受涨潮淹没影响，用传统的森林资源调查方法难以准确定位和勾绘。航空遥感技术，虽然可以精确地进行红树林资源测绘，但也有较高的技术难度，即在红树林区，相对定位有一定的困难。因此，国内外对红树林的研究大多是采用卫星遥感方法。卫星遥感技术，具有宏观大面积一次性探测之优点，而且可以周期性地获取同一地区的遥感资料，为红树林生态研究及动态变化监测开辟了一条捷径。随着植被光谱遥感应用的发展，遥感技术在红树林生态监测与研究中也已经有了广泛的应用及研究成果。

### 1.1 课题研究背景

由于其独特的生态学特性，红树林是研究海岸变化或海平面升高的重要载体之一，对地球环境、气候变化研究具有重要的意义（Blasco *et al*，2001）。最近的研究还表明，红树林生长带与潮汐水位之间存在相当严格的对应关系，红树林成为对海平面变化最敏感的生态系统之一（卢昌义等，1995；谭晓林等，1997）。海平面相对的变化控制红树林的分布，海平面上升所造成的各项影响包括海岸侵蚀、水文环境、土壤性质等细部因子的改变，可能会影响到红树林内部的生长型。由于植物叶片的色素能够强烈并且选择性地吸收光能，如果植被的正常生长及其生产力受到胁迫和影响，它将减少或停止植物色素的产生，导致植被光谱响应的变化（Lillesand *et al*，1994）。这样，处于因海平面上升所引起的水渍和盐渍胁迫或其他生境变化的红树群落的光谱反射特性，与受影响少些的正常红树群落的光谱有一定的差别，通过监测红树植物冠层光学反射特性可以分析红树植物及其群落在环境胁迫下的生理变化和结构变化。并且可以通过遥感探测红树群落的分布和这种结构的变化分析海平面变动的的影响，评估有关未来全球气候变迁可能造成的海平面上升对红树林生态系统造成胁迫的影响。

如何分析红树植物光谱特征，掌握波谱响应的相关影响因素对于正确判读遥感图像是至关重要的，是红树林遥感研究的基础工作。红树植被类型的遥感图像



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库