

PHI- 3 高光谱数据预处理

范楠楠¹,李增元²,范文义¹,王~~鹏~~瑜²,谭炳香²,刘广峰¹

(1. 东北林业大学,哈尔滨 150040;2. 中国林科院资源信息研究所,北京 100091)

摘 要:主要介绍 PHI- 3 高光谱遥感数据从原始数据到产品这一阶段的预处理情况。针对该数据的特点,对原始数据进行了完整性处理、格式转换、辐射校正、暗电流处理、几何校正等预处理,获得了较好的图像,为数据的进一步处理和应用奠定了基础。
关键词:高光谱;遥感;PHI
中图分类号:TP79 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-3409(2007)02-0283-04

Preprocessing of PHI- 3 Hyperspectral Data

FAN Nan-nan¹, LI Zeng-yuan², FAN Wen-yi¹, WANG Beng-yu², TAN Bing-xiang², LIU Guang-feng¹

(1. Northeast Forestry University, Harbin 150040, China;
2. Inst. of Forest Resources Information Technique, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: The processing of PHI- 3 hyperspectral remote sensing data from original data to production is presented. For the characteristic of this data, preparation such as integrality disposal, radiance calibration, dim electric current disposal and geometry calibration has been done on original data, and the better imagery was acquired. It established the ground for more disposal and application of the data.
Key words: hyperspectral; remote sensing; PHI

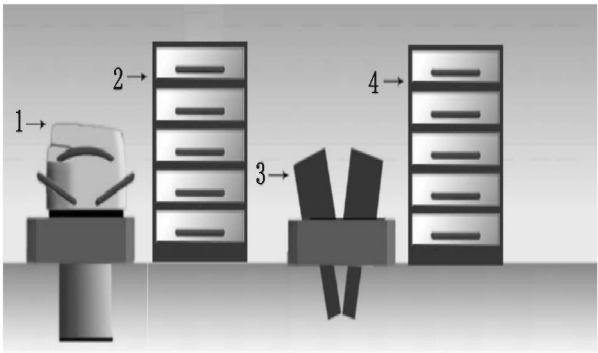
1 引 言

近年来,遥感正在进入一个以高光谱遥感技术、微波遥感技术为主要标志的时代。国际上,成像光谱仪的研制始于 20 世纪 80 年代,我国则开始于 90 年代初^[1]。成像光谱遥感在促进遥感应用向量化、实用、自动和智能化方向发展的同时,面临着一系列技术问题,如成像光谱数据的辐射订正和定量分析、信息可视化和多维表达方法、光谱信息分析与特征提取等。成像光谱数据波段数为几十到几百个,而且有不断增加之势。成像光谱数据是多维影像,数据量较大,对数据处理、显示、存储、传输方法都是一个挑战^[2]。

PHI- 3 是由中科院上海技术物理研究所研制的机载高空间分辨力、高光谱分辨力多维集成系统(见图 1),由两台传感器同时获取,扫描方式是推扫式,其波段范围分别位于 408.9~986.8 nm 和 406.25~985.6 nm 之间,共包含 124 个波段,分为左右视场。左右视场的图像合并在一起构成一个航带。主要技术指标见表 1。

表 1 主要技术指标

地面采样间隔	1.8 m(3000 m)	位置精度	0.05 m/s
光谱范围(左)	408~986.8 nm	速度精度	0.05 m/s
光谱范围(右)	406.25~985.6 nm	俯仰、侧滚精度	0.48
波段数	124	航偏角	4.2
光谱分辨力	<5 nm	位置精度(处理后)	5~30 cm
总视场角	42°	速度精度(处理后)	0.005 m/s
高光谱信噪比(S/N)	500	俯仰、侧滚精度(处理后)	0.3
测距点	3 点		
两轴稳定性	<0.3°S	航偏角(处理后)	0.48



1. 高空间分辨力相机 2. 高空间分辨力遥感系统工控机柜
3. 高光谱分辨力相机 4. 高光谱分辨力遥感系统工控机柜

图 1 系统组成示意图

本数据的获取时间为 2005 年的 5 月,航线设计有山东的济宁、兖州摄区、徂徕摄区、归来庄摄区、南四湖北部摄区。要实现对遥感图像进行分类处理,或利用遥感图像对植被参数进行反演,图像的预处理是一个不可缺少的过程,而且高光谱数据波段多,数据量大,预处理结果的好坏直接关系到遥感图像的分析精度。

辐射定标过程是建立传感器每个探测单元的输出信号与该单元对应的实际地物辐射值之间定量关系的过程,是遥感信息量化的关键所在^[3]。成像光谱数据的辐射定标可分为三个阶段,即实验室定标、机上内定标源定标和场地定标。前二者主要由传感器硬件研制者关注和提供,后者是应

* 收稿日期:2006-11-01
基金项目:国家 863 课题“遥感区域综合应用示范”(编号:2005AA133011)资助
作者简介:范楠楠(1981-),女,吉林市人,东北林业大学在读硕士,研究方向:高光谱遥感及其应用。

用过程中必须考虑的绝对辐射校正,对进一步完善和提高成像光谱数据辐射校正精度具有不可或缺的作用。

2 高光谱原始数据预处理

PHI-3 数据是标准的 BSQ 格式,带有头文件说明,可直接用 ENVI 读取。图像数据经过了辐射校正和飞行姿态的校正,数据类型为 32 位浮点数,镜头前的辐射量值单位是 ' $\text{mw}/\text{cm}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m}$ '。

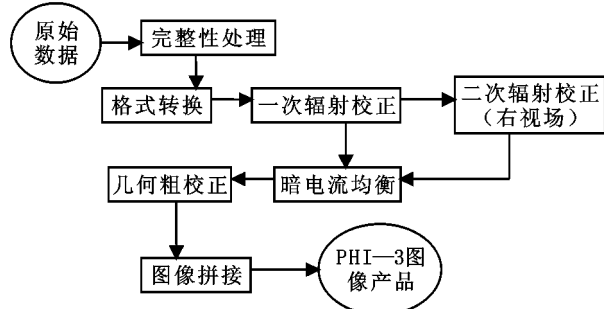


图 2 PHI-3 数据预处理流程

数据格式如下:

数据文件:

第一波段图像 第二波段图像 第 124 波段图像

samples = 每行像元数

lines = 图像行数

bands = 波段数

header offset = 文件头占的字节数

data type = 数据类型为 32 位附点数

图像的命名规则是以数据采集时间为文件名主干,后缀 L(R)n 为视场与同一航带文件序号标记,L 左视场,R 右视场,左、右视场的数据由两台成像仪同时获取。其他的前缀与后缀为数据处理标记。

2.1 完整性处理

对 PHI-3 图像进行完整性处理,即对图像进行时间片分析查找漏行,补充漏行。如经判断缺失行数在 2 行以下,则利用相邻行数据进行插值修补。如果丢失数据在 3 行以上则作为数据缺失处理。图 3 为坏线修补前后对比图。

2.2 格式转换

完整性处理后的高光谱数据文件(PHI-3)格式需转换为 BSQ 文件格式。BSQ 格式是按波段顺序记录图像数据,即先记录第一个波段的所有像元数据,再依次记录后面每个波段的所有像元数据。转换后原数据的记录格式转变为:

File Type - ENVI Standard

Byte Order - Host (Intel)

Data Type - Floating Point

Interleave - BSQ

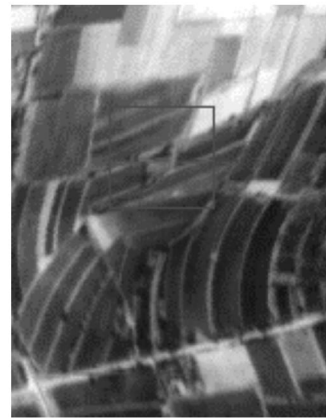
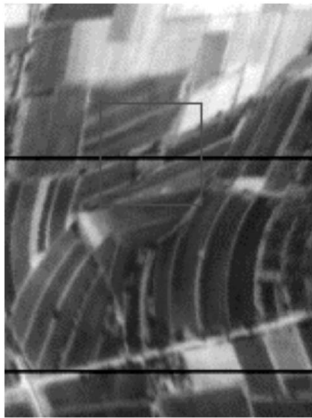


图 3 20050512125151_L0 坏线修复前后对比

2.3 一次辐射校正、二次辐射校正

由于高光谱图像的光谱分辨率高,其狭窄波段一般对应于很窄的大气吸收段,或较宽的光谱吸收段的边缘,故每个波段受大气影响的程度和它相邻的波段是不一样的;不同的操作条件下,整个图像光谱系统中波段会有小的位移。因而,高光谱图像的辐射校正比多光谱图像的辐射校正更为复杂。

辐射校正包括相对辐射校正和绝对辐射校正。相对辐射校正主要是解决成像光谱仪在飞行状态下,由于不同探测像元光谱响应度不同,导致对均匀目标成像时出现的不正常的条纹。绝对辐射校正是在飞行状态下,建立成像光谱图像数字值与仪器入瞳处的辐射能量之间的关系,是进行成像光谱图像定量化研究的基础。绝对辐射校正的方法是在航空飞行实验的同时,测试地面均匀目标反射率和相关大气参数,利用大气辐射传输模型,扣除大气吸收和散射的影象,计算出仪器入瞳处的辐射能量,获取绝对辐射校正系数^[4]。

PHI-3 的辐射校正是对完整性分析后的 BSQ 文件进行的辐射校正,生成镜头前的目标辐射亮度值,生成的数据以浮点数形式保存。校正时需要加载辐射校正系数文件和暗电流矩阵数据文件。PHI-3 没有专用的暗电流和定标数据采集

功能,暗电流和定标数据是以采集图像的方式采集的,因此需要将采集到的多帧暗电流和定标数据求平均,以供后面的线性辐射校正系数生成、2 级辐射校正系数生成和一级辐射校正使用。辐射校正系数又称辐射反演系数,是数据采集系统输出的 DN 值和接收到的镜头前的辐射能量的关系系数。

由于右视场传感器辐射校正系数存在一些问题,因此需要依据辐射校正后的左视场高光谱数据对经过一次辐射校正的右视场高光谱数据进行二次辐射校正。图 4 中左侧图像场景选自经过一次辐射校正后的左视场图像 20050509124544_L0;中间图像选自经过一次辐射校正后的右视场图像 20050509124544_R0;右侧图像选自经过二次辐射校正的图像 20050509124544_R0,波段组合为 R-92,G-56,B-34。在三幅图像中选择地类相同、影像色调相似的区域采集高光谱曲线进行对比,见图 5 所示。

图 5 中蓝色曲线代表左视场一次辐射校正后的光谱曲线,粉色曲线代表右视场一次辐射校正后的光谱曲线,黄色曲线代表右视场二次辐射校正后的光谱曲线。从图中可见,一次辐射校正后在 1~70 波段之间右视场要比左视场的光谱数据值高,而右视场图像经过二次辐射校正后,不论在波

形上还是数值上都与左视场数据较为接近,比起一次辐射校正 正有了很大的改善。

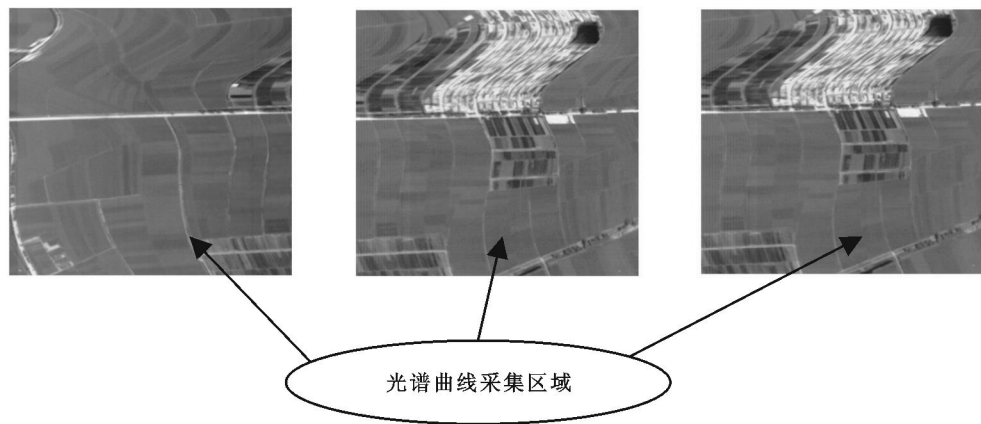


图 4 左右视场辐射校正后的图像

用暗电流均衡的方法消除该视觉影响,实现方法是将图像左右两边像元的均值分别加上一个系数,拉到同一水平。

2.5 几何校正

航空高光谱遥感数据的几何校正一直是处理数据、提高质量的重要环节。常规方法(如通过地面控制点几何校正,或者利用 GPS 信息把图像同地图配准以达到几何校正的目的)都要花费大量的工作,而且这些方法并不适用航空高光谱遥感图像。高光谱图像的几何校正常分为几何粗纠正和精纠正两部分。

几何粗纠正正是利用各种可以预测的参数,如成像光谱仪的校准数据、位置参数、平台姿态等测量值(或预测值)代入理论校正公式,把原始图像纠正到所要求的地图投影坐标系中去。PHI- 3 数据是利用实时的飞机飞行姿态记录数据(POS 数据),分别对左右视场图像进行粗纠正。POS 数据含有高精度的位置和姿态信息,航空成像时高光谱图像的每一行都拥有自己的 POS 记录。利用精度、纬度、海拔、侧翻角和俯仰角等参数可计算出每个像元的地面实际坐标,最后对原始图像按穿轨 1.8 m,沿轨 3.6 m 的空间分辨力进行重采样,得到校正图像。

几何精纠正见下文航带间图像拼接。

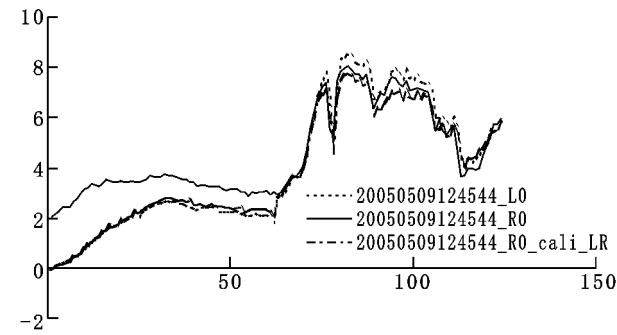


图 5 左右视场辐射校正后的光谱曲线

2.4 暗电流均衡

暗电流(也称无照电流)专指每个像素每秒钟电路内的电流^[6]。PHI- 3 高光谱数据采集系统的面阵探测器是由 4 块拼接而成,读出电路也各自独立,因此存在差异,经辐射校正后该差异即可消除,如果图像上仍存在左右两部分的亮度差异(该差异往往可以接收,但视觉效果影响较大),则可采

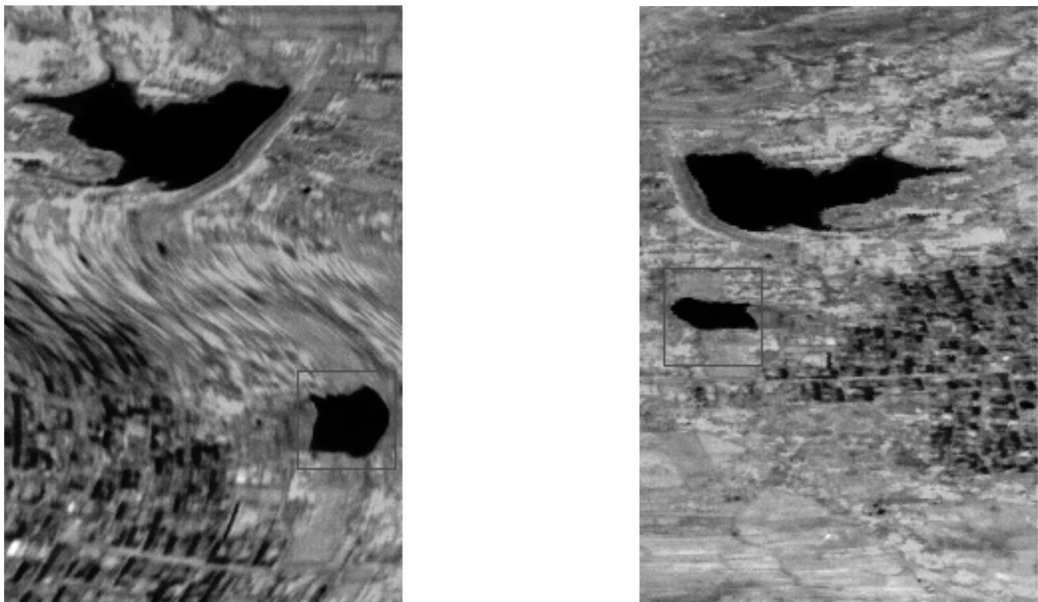


图 6 20050512125151_L1 几何粗校正前(左)、后(右)对比

2.6 图像拼接

2.6.1 同航带图像拼接

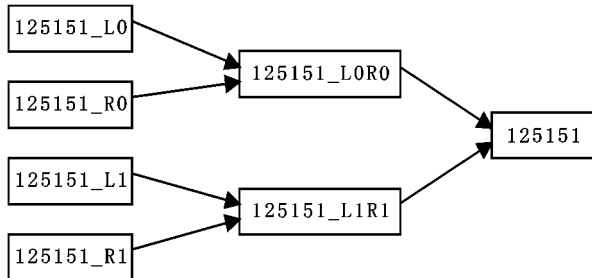


图 7 同航带图像数据拼接流程示意图

以航带 20050512125151 件为例,它由 20050512125151_L0、20050512125151_L1、20050512125151_R0、20050512125151_R1 共 4 幅图像经左右视场图像拼接和同航向图像拼接构成。

先按照所给定的 POS 文件确定每幅图像的大致地理位置和不同航带间的空间关系。经过尝试,借助于同名地物点将左右视场的图像拼接在一起,然后将同一航带数据拼接在一起。在左右视场的图像间和同一航带图像间的拼接质量一般都很好,拼接误差一般不超过两个像元,见图 8,波段组合采用 R - 92,G - 56,B - 34。

拼接后的 125151 图像示例见图 10,采用了 R - 92,G - 56,B - 34 的波段组合方案,图像间的拼接质量很好。



图 8 左右视场图像拼接质量示意图

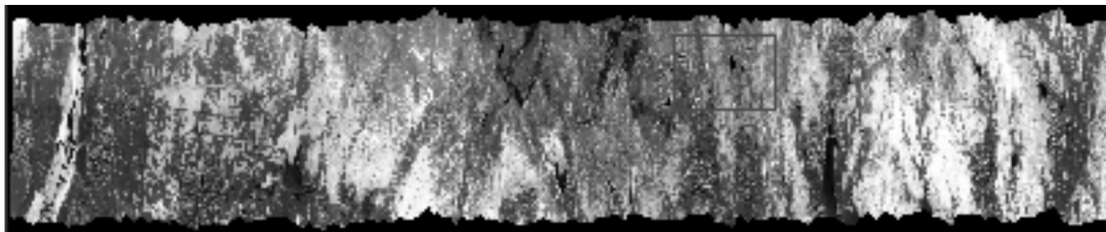


图 9 拼接后 125151 的航带图像

2.6.2 航带间图像拼接

由于不同航带的图像存在包括轴向偏差在内的多种变形,故分别对各条航带的图像数据进行了地理配准和几何精校正,地理参考影像为 1 : 10 000 的地形图。

几何精纠正的原理是用 GCP 数据对图像的几何畸变过程进行数学模拟,建立原始的畸变图像空间与制图用坐标空

间(校正空间)之间的某种数学对应关系,一般是构建一个多项式。然后,再利用这种对应关系把畸变空间中的全部元素变换到校正图像中去,实现几何精纠正。最后,按 2 m ×2 m 的空间分辨率,采用最邻近法进行灰度重采样,确定转换后图像上各像元的新亮度值。见图 10 为徂徕山地区的镶嵌图。

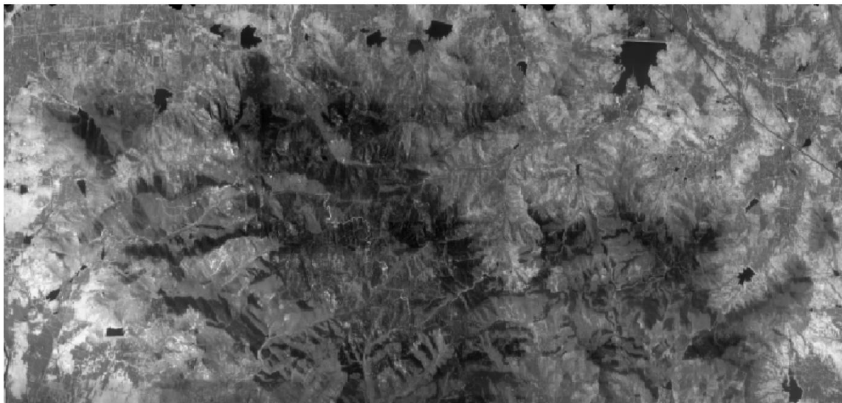


图 10 徂徕山 PHI- 3 镶嵌图(波段组合 5 3 2)

表 8 不同容器苗造林当年根系生长情况对比

树种	容器苗类型	平均侧根	平均侧根	平均根幅	有无窝根
		数量/根	长/cm	/cm	
刺槐	塑料袋(对照)	32.0	26.8	62.1	有
	环保容器	45.0	34.3	73.5	无
	提高/ %	40.1	28.0	18.4	-
油松	塑料袋(对照)	19.0	14.5	32.3	有
	环保容器	28.0	19.6	43.7	无
	提高/ %	47.7	35.2	35.3	-
五角枫	塑料袋(对照)	24.0	23.7	49.4	有
	环保容器	33.0	32.5	67.7	无
	提高/ %	37.5	37.1	37.0	-
蒙古栎	塑料袋(对照)	16.0	17.9	38.2	有
	环保容器	27.0	23.3	48.9	无
	提高/ %	68.8	30.2	28.0	-

5 结论及讨论

通过试验示范研究,得出如下结论:

- (1)刺槐、火炬、榆树和黑杨 4 个乔木种,中间锦鸡儿、四倍体刺槐、柠条锦鸡儿、杨柴和沙地柏 5 个灌木种,紫花苜蓿、无芒雀麦、草地雀麦、中间冰草和草木樨 5 个草种,共 14 个植物种被成功引种。
- (2)对比试验表明,乔灌木复合配置能更有效防风固沙和改善林下小气候,乔灌木带状间作降低风速的功效比乔灌木带状间作、乔草间作平均高 6.4 % 和 3.5 %。
- (3)用可降解生态垫覆盖树穴,0 ~ 20 cm 土壤含水量比对照平均提高 26.5 % ~ 47.6 %。其中阔叶树种平均约提高 40 %,针叶树种约提高 30 %。
- (4)用环保型容器苗造林,苗木高径比平均比大田植苗造林提高 1.1 % ~ 9.5 %;且栽植后无缓苗过程,侧根数比塑料袋容器苗平均增加 37.5 % ~ 68.8 %,侧根长增加 28 % ~

参考文献:

[1] 中华人民共和国国务院.北京城市总体规划(2004 年 - 2020 年)[Z]. 2005.

[2] 中华人民共和国国务院.国务院关于加强防沙治沙工作的决定[Z].北京:中国林业出版社,2006.

[3] 王继兴.北京市森林资源现状及其分析研究[J].林业资源管理,2005,12(增刊):1 - 6.

[4] 刘平,马履一,郝亦荣.生态垫对河滩造林地土壤温湿度和杂草的影响[J].中国水土保持科学,2005,3(1):77 - 81.

[5] 郝亦荣,马履一,刘平.生态垫对油松生长及光合特性的影响[J].中国水土保持科学,2005,3(3):73 - 77.

[6] 高甲荣,等.可降解生态垫在河滩地造林中抑制杂草的效果[J].中国水土保持科学,2004,2(1):38 - 41.

[7] 任继周.草业科学研究方法[M].北京:中国农业出版社,1996.15.

[8] 肖辉杰,等.京郊荒滩生态恢复初期植被与土壤环境的变化——以延庆县为例[J].干旱区农业研究,2005,23(9):202 - 206.

[9] 贾瑞燕,等.京郊荒滩生态恢复及其植被变化研究——以延庆县为例[J].水土保持研究,2005,12(6):166 - 168.

(上接第 286 页)

3 结 论

要实现对遥感图像进行分类处理,或利用遥感图像对植被参数进行反演,遥感图像预处理是一个不可缺少的过程,而且预处理结果的好坏直接关系到遥感图像的分析精度。尤其对高光谱图像,图像预处理是必须和有意义的。原始图

参考文献:

[1] 张静波.中、低空机载成像光谱仪图像的几何校正研究[J].铀矿地质,2001,17(5):307 - 313.

[2] 张定祥,刘顺喜,尤淑撑,等.机载成像光谱数据预处理方法研究 - 以江苏宜兴市为例[J].地理与地理信息科学,2004,20(1):35 - 38.

[3] 刘建贵.高光谱城市地物及人工目标识别与提取[D].北京:中国科学院遥感应用研究所,1999.

[4] 黄木易.冬小麦条锈病害的高光谱遥感监测[D].安徽:安徽农业大学,2004.

[5] 谭炳香,李增元,陈尔学,等.EO - 1 Hyperion 高光谱数据的预处理[J].遥感信息,2005,(6):36 - 41.

[6] 曹鸿涛.高光谱成像实验及其数据处理[D].西安:西北工业大学,2005.

37.1 %,根幅增加 18.4 % ~ 37 %。

(5)“根宝”浸根造林,苗木当年高增长比对照平均提高 4.6 % ~ 79.8 %,侧根数增加 16 % ~ 89.3 %,侧根长增加 32 % ~ 131.3 %,成活率提高 0.7 % ~ 16.5 %。

表 9 “根宝”浸根造林当年苗木生长情况对比

树种	处理方式	平均树高	新稍长	侧根数	侧根长	一年生根	一年生枝	成活率
		/cm	/cm	/个	/cm	干重/g	干重/g	/ %
黄栌	根宝浸根	75.3	26.0	53.0	14.5	3.5	60.5	92.5
	对照区	68.7	25.9	28.0	8.4	2.0	42.5	91.9
	提高量/ %	9.6	0.4	89.3	72.6	75.0	42.4	0.7
山杏	根宝浸根	104.1	30.0	36.0	16.5	8.0	45.5	91.3
	对照区	99.5	28.4	26.0	12.5	4.0	34.0	82.0
	提高量/ %	4.6	5.6	38.5	32.0	100.0	33.8	11.3
刺槐	根宝浸根	392.0	165.0	29.0	37.0	26.5	913.6	99.0
	对照区	218.0	97.0	25.0	16.0	20.0	350.0	85.0
	提高量/ %	79.8	70.1	16.0	131.3	32.5	161.0	16.5
侧柏	根宝浸根	236.3	53.0	163.0	32.0	27.8	1444.0	100.0
	对照区	182.0	31.5	130.0	24.0	15.5	680.0	97.5
	提高量/ %	29.8	68.3	25.4	33.3	79.4	112.4	2.6
油松	根宝浸根	120.0	12.0	21.0	3.1	5.6	80.6	86.0
	对照区	90.0	8.0	15.0	2.3	2.1	44.2	79.0
	提高量/ %	33.3	50.0	40.0	34.8	166.7	82.4	8.9

试验示范结果证明,本模式设计合理,配套技术、措施可行且效果明显,为北京及其周边同类地区的荒滩生态恢复提供了理论、技术上的有益探索和示范建设样板。目前,本模式已在京郊延庆、昌平荒滩治理工程中推广应用 300 多 hm²,生态、经济和社会效益显著。但是,运用本模式进行荒滩生态恢复的平均成本为 15 万元/hm²,因此,在北京以外的同类地区应用时,需要根据当地的经济条件进行可行性论证或对相关技术措施进行调整。

像中存在的坏线、噪音、严重的几何畸变等通过预处理都得到了较好的改善。

本处理是针对 PHI- 3 原始数据到产品的一个处理,为了保留图像更多的信息,在处理过程中未对图像进行均衡化方面的处理。针对不同的应用,在此处理的基础上还需做相关的处理。