

文章编号: 1007-4619(2005)04-0438-08

# 基于高光谱遥感技术的土地质量信息挖掘研究

王 静, 何 挺, 李玉环

(国土资源部土地利用重点实验室, 中国土地勘测规划院, 北京 100035)

**摘 要:** 土地资源的高效管理对土地资源与生态环境监测提出更高的要求, 高光谱遥感图像精细的光谱线可提高土地动态监测的精度、广度和深度, 在土地资源与土地质量监测中具有广阔的应用前景。本文基于高光谱遥感技术, 详细探讨了土地质量指标, 主要是土壤有机质土壤水分信息提取的技术流程和关键技术。通过地物光谱分析认为, 有机质含量越高的土壤, 其光谱发射率越低; 重度沙化土地实验室光谱曲线光谱反射率最高, 依次排序为中度沙化、轻度沙化和无退化土地; 重度水蚀土地光谱反射率较高, 但中度水蚀土地与轻度水蚀和无退化土地实验室光谱曲线无明显差异。在光谱分析基础上, 利用多元统计分析技术建立了土壤光谱在 677、1202、2074 和 1509nm 四个波段的有机质反演模型和在 1423、1524、1746nm 三个波段的预测土壤含水量的回归模型; 并将有机质反演模型应用于宜兴成像光谱遥感数据中, 进行宜兴试验区土壤有机质参数成图。最后探讨了反演模型应用推广所存在的问题。

**关键词:** 土地质量; 高光谱遥感; 监测; 反演模型

**中图分类号:** F301.24/TP79 **文献标识码:** A

## 1 引 言

在资源与生态环境系统中, 土地既是一个重要的要素, 也是很多资源环境问题的集中体现者。由于土地退化(如土壤侵蚀、土壤肥力下降、灌溉区盐渍化, 森林、草地的生产力下降等)问题的愈加严重, 土地质量问题也成为各国政府和学者所关注的热点问题<sup>[1]</sup>。

目前土地质量监测主要是对土地退化状态进行监测, 缺乏对土地质量指标的定量监测。土地质量监测的遥感信息量化要解决主要问题是利用遥感信息进行土地质量指标量化反演。已有研究以常规的多波段遥感(如 TM、SPOT 等)影像为主, 只是在几个离散的波段以不同的波段宽度(常为 100—200nm 量级)来获取图像, 这样就在很大程度上滤除了许多地物表面的光谱反射特征和地物的反射特征<sup>[2,3]</sup>, 导致很难获得高精度的定量反演结果。以及受光谱分辨率限制和“同谱异物, 同物异谱”现象的影响, 其监测量化水平和自动化程度不高。成像光谱遥感图像精细的光谱线构成了独特的超多维光谱空间, 通过识别地物光谱的诊断特征可以确定地

球表层物质的类型和成分<sup>[4,5]</sup>, 使得精细光谱特征分析和土地质量指标定量反演成为可能<sup>[6-8]</sup>。在基于高光谱数据的土地质量信息挖掘研究方面, Bower 等研究发现有机质氧化作用可增强土壤光谱反射率, 随着土壤颗粒变细, 反射率增加<sup>[9]</sup>; 徐彬彬等研究发现土壤在去除有机质后, 反射率明显增加<sup>[10]</sup>; 刘伟东等建立了地物光谱反射率与土壤表面湿度的定量模型<sup>[11]</sup>; Jong 利用高光谱数据鉴别地中海地区的土壤板结和主要土壤类型<sup>[12]</sup>; Okin 等人利用 AVIRIS 和 MSS 数据定量评价了美国莫哈韦沙漠的风蚀状况<sup>[13]</sup>, Dehaan 和 Taylor 则利用地面采集的光谱数据和 Hymap 成像光谱数据对澳大利亚由灌溉引起的土地盐渍化进行研究<sup>[14]</sup>, Gregory 等对 AVIRIS 和航天 Hyperion 成像光谱数据进行了对比研究, 定量提取了大范围区域内的绿色植被、枯萎植被和裸露土壤三个组分信息, 定量反映了荒漠化的程度<sup>[15]</sup>。

国内外有关学者对高光谱数据进行土地质量监测研究取得了显著成绩, 但还有许多问题需要深入研究<sup>[16]</sup>。由于遥感数据本身的局限以及对它的研究开发不够, 还有多少土地质量指标和土地质量信息是高光谱遥感数据所能监测和挖掘的; 综合应用

收稿日期: 2003-12-31; 修订日期: 2004-05-21

基金项目: 国家自然科学基金项目资助(40271097)和国家科技部、863-18 项目资助(2001AA136020-2)

作者简介: 王 静(1966—), 女, 土地利用重点实验室副主任, 研究员, 1990年毕业于北京大学地理系。现主要从事土地资源与生态环境监测研究, 已发表论文 30 余篇, 论著三部。

RS、GIS、GPS技术,以及多元统计技术、光谱分析技术进行土地质量指标与信息的挖掘目前仍处于初期阶段;基于地物光谱建立的土地质量指标定量反演模型在成像光谱数据中应用与推广研究目前仍未深入开展。因此,运用高光谱遥感技术进行土地质量指标和信息的挖掘,研制土地质量的高光谱遥感综合监测技术与方法,不仅深化已开展的土地利用动态监测技术与方法,拓展“3S”技术的深入应用,而且为土地质量监测提供新型技术和方法,具有重要理论价值与实践意义。

## 2 研究区域

选择江苏宜兴和陕西横山为试验区。宜兴试验区主要进行基于高光谱数据的土壤理化指标的土地质量信息挖掘,横山试验区主要进行基于高光谱数据沙化土地和水蚀土地的土地质量信息提取。宜兴试验区十条航线范围面积约 1000km<sup>2</sup>,位于经度 119°32"–119°45",纬度 31°20"–32°00"(如图 1),黄线为 1、3、5 航线,涉及宜兴的新建、新芳、丰义、杨巷、官林、芳庄、都山、钮家八个乡镇。宜兴试验区属中亚热带北缘过渡地区,成土母质较复杂,土壤类型包括黄棕壤、石灰土、棕红壤、水稻土、灰潮土、紫色土、沼泽土、菜园土等。据全国第二次土壤普查时,土壤有机质平均水平为 2.10%,土壤有机含量大于 3%的面积占 12.80%。横山试验区面积 400km<sup>2</sup>,位于经度 109°14"–109°30",纬度 37°41"–38°10"(如图 1),位于陕西省北部,北靠毛乌素沙漠,南邻黄土丘陵,具有风沙地貌和黄土丘陵侵蚀地貌过渡的特点。主要土壤类型有黄绵土、绵沙土、风沙土等。据全国第二次土壤普查,全县农耕地土壤耕层的有机质平均水平为 0.68%,坝地平均为 0.54%,梯田为 0.38%,山地为 0.38%。



(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>  
图 1 宜兴与横山试验区位置图

Fig 1 Location of study regions of Yixing and Hengshan

## 3 数据与研究方法

### 3.1 数据源

宜兴试验区采集了 43 个土壤样品,横山试验区采集 132 个土壤样品,土壤样品采集 0–10 cm 表层土。在实验室对土壤样品进行理化性质分析。在横山试验区采集土壤样品时,用水分快速测定仪测定土壤水分。2002 年 5 月在江苏宜兴获取了三条航带 300km<sup>2</sup> 范围内 OMIS<sup>[9]</sup> 影像,对影像进行预处理,并利用地形图与之叠加以验证纠正的精度。2003 年 6 月获取了横山试验区美国 hyperion 成像光谱数据,面积约 400km<sup>2</sup>。在两个试验区对土壤样品采集位置,采用 GPS 确定样地的中心位置,并同步测量了土壤、植被、不同类型退化土地的地物光谱。地物光谱测量采用 ASD FieldSpec FR 野外光谱仪<sup>[17]</sup>,光谱仪测量的波长范围为 350nm–2500nm。同时,对横山试验区的土壤样品进行了实验室地物光谱测量。

### 3.2 研究方法与技术流程

利用高光谱技术进行土地质量信息提取技术流程如图 2<sup>[18]</sup>。首先开展野外土壤、植被、不同类型退化土地的地物光谱采集与土壤样品采集,同时,利用 GPS 确定的采集样地的中心位置。土壤样品经烘干后,实验室分析土壤样本有机质含量、阳离子代换量、速效 N、速效 P、速效 K、土壤水分、土壤铁氧化物等。采用野外光谱仪测定野外地物反射光谱,

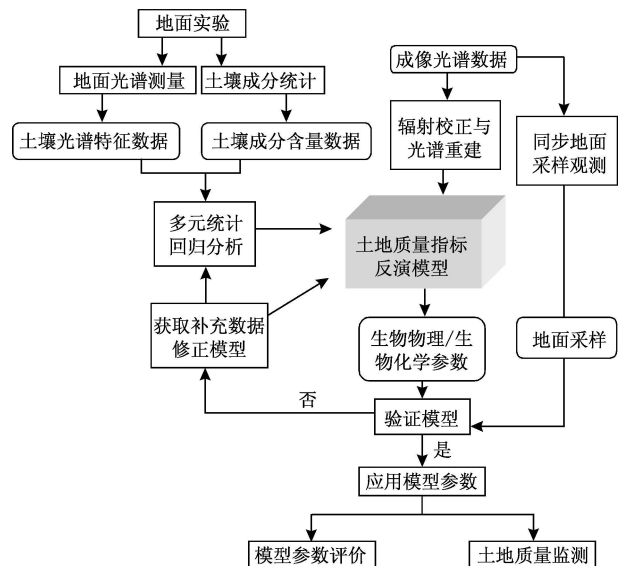


图 2 土地质量监测技术流程图

Fig 2 Technology flowchart for land quality monitoring

剔除 1350—1416nm、1796—1970nm、2470—2500nm 三个水汽吸收峰影响严重的波段区域,曲线平滑计算中用到这三个区域的波段也被剔除。在横山试验区,除测定野外地物光谱外,采用野外光谱仪在实验室还测定了采集的土壤样品光谱。

其次,根据不同类型土壤由于其理化成分的差异形成可诊断的典型光谱吸收特征的原理,分析各类地物的光谱吸收特征,寻求土壤有机质含量、阳离子代换量、速效 N、速效 P、速效 K、土壤水分、土壤铁氧化物的差异可能形成的光谱吸收特征差异。对有明显吸收特征差异的理化指标,选择其吸收峰位置的中心波段作为此项指标的高光谱敏感波段。对无明显吸收特征差异的理化指标,采用地物反射光谱的原始光谱和光谱的倒数、对数、一阶微分等各种形式,研究土壤光谱反射特性与其理化性状之间的相关关系,选择与地物光谱反射率相关性较大的土壤理化指标作为高光谱数据可监测的土地质量指标;选择与土地质量理化指标值相关系数较大的波段,作为此项指标的高光谱敏感波段。然后对土地质量指标的敏感波段数据质量进行评价,确定土地质量指标监测的基本波段选择及特征提取方法。

最后,根据所确定的敏感波段中心位置的光谱反射率数据与部分土壤样品理化指标值,利用 SPSS 软件采用多元统计回归模型方法,建立土地质量指标参数与敏感波段光谱反射率的线形反演

模型;利用剩余土壤样品验证所建立反演模型。同时,对获取的试验区成像光谱数据 OMIS<sup>[9]</sup>影像和 HYPERION 影像进行预处理,包括辐射校正、几何纠正、噪声去除等过程,根据前几个过程确定的敏感波段中心位置和建立的反演模型,合成 OMIS 影像或 HYPERION 影像,形成试验区土地质量指标参数图,经验证后,实现土地质量信息的快速、定量获取。

## 4 结果与讨论

### 4.1 土壤理化性质分析

比较宜兴试验区不同土地利用类型土壤阳离子代换量、含盐量、pH 值、有机质、全氮、总铁、亚铁等理化指标平均值。可以看到,翻耕地、耕地、荒草地、林地、园地五种土地利用类型土壤阳离子代换量、有机质、全氮、总铁、亚铁各项指标平均值具有较大差别,平均土壤含盐量与 pH 值在五种土地利用类型中无显著差别。耕地与翻耕地有机质水平、阳离子代换量与全氮高于荒草地、林地、园地,总铁、亚铁则是荒草地和园地比较高(见表 1),这与耕种制度和土壤类型分布规律一致。对不同土地利用类型土壤理化性质均值两两比较分析,耕地与荒草地和林地、园地的有机质水平差异显著,而耕地与翻耕地、林地与园地的差异不显著(见表 1)。

表 1 宜兴试验区不同土地利用类型土壤理化性质平均值比较

Table 1 Comparing means on value of soil characteristics at different land use types in Yixing

土地利用类型	代换量 /(mol/kg)	含盐量 /(mg/kg)	pH 值	有机质 %	全氮 %	总铁 /(mg/kg)
翻耕地	19.31 <sub>a</sub>	0.13	6.93	3.21 <sub>a</sub>	0.20 <sub>a</sub>	26765.45 <sub>a</sub>
耕地	19.80 <sub>a</sub>	0.14	6.69	3.33 <sub>a</sub>	0.20 <sub>a</sub>	28179.00 <sub>a</sub>
荒草地	12.04 <sub>b</sub>	0.07	7.30	0.54 <sub>b</sub>	0.07 <sub>b</sub>	38773.00 <sub>b</sub>
林地	13.95 <sub>c</sub>	0.15	6.97	2.89 <sub>c</sub>	0.17 <sub>c</sub>	24018.64 <sub>c</sub>
园地	12.85 <sub>c</sub>	0.15	6.69	2.46 <sub>c</sub>	0.15 <sub>c</sub>	30210.83 <sub>d</sub>
显著性水平	<0.001	不显著	不显著	<0.05	<0.01	<0.001

比较横山试验区耕地、草地、林地不同退化类型与程度的土壤阳离子代换量(CEC)、有机质、全氮、速效钾、速效磷、全铁、容积水等理化指标平均值(如表 2)。可以看到,不同退化程度草地土壤的速效磷、全铁、容积水平均值差异不显著;对风蚀和水蚀不同退化程度,土壤有机质、全氮、速效钾平均含量都随退化程度的加强而下降,并且差异显著。不同退化程度耕地土壤的速效磷和 CEC 平均值差异不显著;对风蚀和水蚀不同退化程度,无退化土壤有机质、全氮、速效钾、全铁、容积水平均值大于退化土

壤,并且差异显著。不同退化程度林地土壤全铁、容积水 and CEC 平均值差异不显著;对风蚀和水蚀不同退化程度,土壤有机质、全氮平均含量都随退化程度的加强而下降,无退化土壤平均速效钾、速效磷含量大于退化土壤,并且差异显著。

### 4.2 退化土地光谱分析

地物光谱反射率是地物表层内在理化特性的一种综合反映,土壤的反射光谱取决于土壤的物理、化学及生物学特性。土壤水分、有机质、质地、矿物成

表 2 横山试验区不同程度退化土地与无退化土地土壤理化性质比较

Table 2 Comparing Means on Value of Soil Characteristics at different degree of land degradation in Hengshan

土地利用类型	退化程度	全铁 / (mg/kg)	有机质 / %	全氮 / %	HH2容积水 / %	CEC / (cmol/kg)	速钾 / (mg/kg)	速磷 / (mg/kg)
草地	轻度沙化	18850.00	0.75	0.05	11.93	7.50	95.59	6.30
	重度沙化	16071.00	0.12	0.02	8.83	8.31	37.48	2.34
	轻度水蚀	23902.40	0.76	0.04	10.06	9.60	106.83	3.70
	中度水蚀	22290.50	0.57	0.04	10.90	11.56	78.02	2.51
	重度水蚀	22074.50	0.43	0.04	11.87	13.25	75.90	13.58
	无退化	24923.00	0.80	0.04	8.80	17.00	111.92	2.44
	显著性水平	不显著	<0.001	<0.05	不显著	<0.05	<0.05	不显著
耕地	中度沙化	19397.78	0.35	0.02	8.38	10.55	47.67	2.81
	重度沙化	18232.20	0.37	0.02	6.92	8.70	63.19	7.41
	轻度水蚀	23474.42	0.62	0.07	7.96	11.84	72.47	4.31
	中度水蚀	24115.53	0.61	0.04	8.28	10.51	86.66	4.03
	重度水蚀	21611.67	0.45	0.04	8.07	8.98	79.69	6.84
	无退化	23452.84	0.90	0.05	19.64	12.05	92.91	4.71
	显著性水平	<0.001	<0.001	<0.001	<0.05	不显著	<0.05	不显著
林地	中度沙化	11815.00	0.18	0.01	6.50	6.69	31.55	2.24
	重度沙化	11409.37	0.14	0.01	7.75	6.08	48.98	2.86
	轻度水蚀	20658.83	0.73	0.05	8.25	10.54	79.00	4.21
	中度水蚀	22078.67	0.72	0.03	8.86	10.74	82.26	6.16
	重度水蚀	20682.67	0.37	0.03	7.97	10.87	63.70	4.13
	无退化	21500.00	0.65	0.04	10.97	10.23	107.59	6.08
	显著性水平	不显著	<0.05	<0.001	不显著	不显著	<0.05	<0.05
弃耕地	沙化	16708.50	0.59	0.04	8.65	9.62	102.17	2.44
湿地	无退化	21568.00	1.00	0.04	38.74	13.67	106.02	3.21
退耕地	水蚀	21866.00	0.67	0.05	18.07	11.74	71.90	4.12

分等的差异直接影响地表的植被生长状况和产量,而且在颗粒的水分附着状况上有所差别,因而在反射光谱特征上反映出差异。分析不同有机质水平土壤和不同程度沙化土地和水蚀土地,以及不同植被覆盖度下土壤光谱在不同波段光谱反射特性差异,有助于土地质量信息的挖掘与提取。

分析宜兴不同有机质水平土壤的野外光谱曲线,去除野外地物光谱在 1400nm 和 1900nm 水汽吸收峰,有机质含量越高的土壤,其土壤的光谱发射率越低(如图 3)。分析横山不同有机质水平土壤的实验室光谱,其土壤光谱反射率与有机质水平成反比(如图 4)。前人研究结论实验室去除有机质后土壤光谱反射率明显增加<sup>[19]</sup>,以及土壤有机质含量与整个可见光波段的反射率、620—660nm 的反射率等高度负相关<sup>[10]</sup>是一致的。土壤有机质水平高低决定着植被生长状况,分析横山县不同植被覆盖度下土壤的实验室光谱,可以看到其土壤光谱反射率与土壤的植被覆盖程度成反比,与不同有机质水平光谱曲线分布规律一致。

分析横山县无沙化、轻度沙化、中度沙化和重度沙化四类不同程度沙化土地的实验室土壤光谱曲线(如图 5),重度沙化草地零星分布有沙蒿,盖度不足 10%,重度沙化耕地种植西瓜、绿豆、土豆、高粱,作物株数 1—3 株,裸地百分比达 90%,其土壤实验室光谱曲线显示出较高的光谱反射,中度沙化土地实验室光谱发射率明显低于重度沙化土地,高于无沙化土地与轻度沙化土地光谱发射率;无沙化土地与轻度沙化土地实验室光谱显示较明显的一致性。由于测量时间较短,环境参数变化较小,分析光谱曲线变化可反映沙化程度的变化,可以看出光谱反射率出现明显变异在波段区 1400—2300nm。Stone 和 Baumgardner 研究认为土壤吸附水和羟基在 1400nm 和 1900nm 处的吸收特征,土壤水分子亦对波长大于 2200nm 的反射率起下降作用<sup>[19]</sup>。从不同沙化程度各类土壤理化特性分析,重度沙化土地平均容积水与有机质含量明显低于中度、轻度沙化土地,各类沙化土地平均容积水与有机质含量明显低于无退化土地,与不同程度沙化土地实验室土壤光谱曲线的

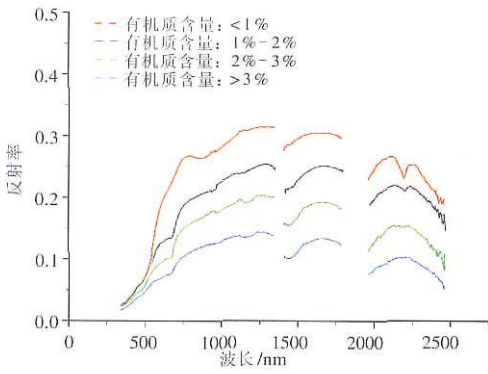


图 3 宜兴不同有机质水平土壤野外光谱曲线

Fig 3 Field Spectrum of Soil at different Organic Matter in Yixing

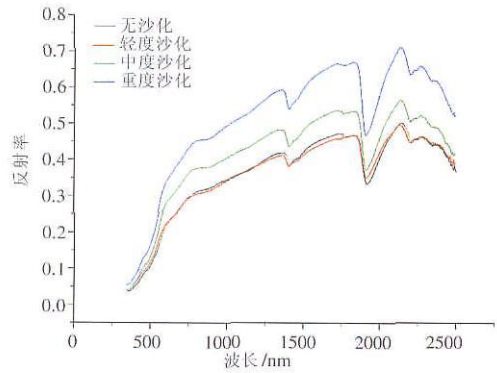


图 4 横山不同植被覆盖土壤实验室光谱曲线

Fig 4 Lab Spectrum of Soil at different Vegetation Cover in Hengshan

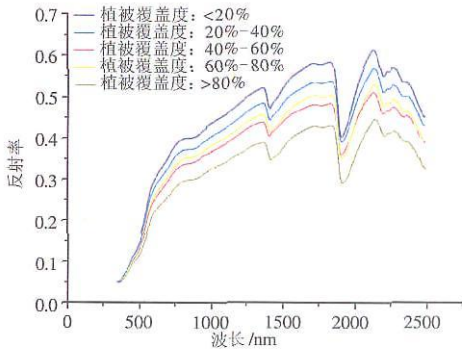


图 5 横山不同风蚀程度土壤实验室光谱曲线

Fig 5 Lab Spectrum of Soil at different degree of Wind Erosion in Hengshan

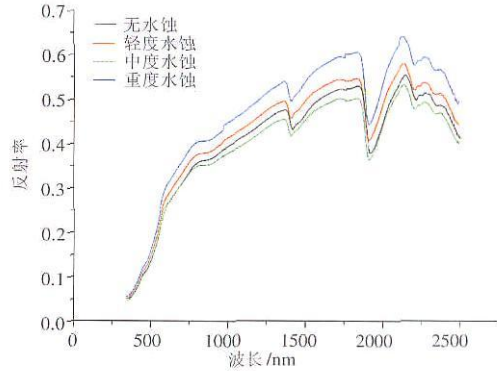


图 6 横山不同水蚀程度土壤实验室光谱曲线

Fig 6 Lab Spectrum of Soil at different degree of Erosion in Hengshan

差异一致。

分析横山县无水蚀、轻度水蚀、中度水蚀和重度水蚀四类不同程度的耕地、草地和林地的实验室土壤光谱曲线(如图 6),重度水蚀草地分布有苜蓿、苦菜,盖度不足 10%,重度水蚀耕地种植主要是土豆,平均株数为 3—4 株,裸地百分比达到 80% 以上,其土壤显示出较高的光谱反射,中度水蚀土地与轻度水蚀和无退化土地实验室光谱曲线无明显差异。从不同水蚀程度各类土壤理化特性分析,重度水蚀土地平均有机质含量明显低于中度、轻度沙化土地和无退化土地,而各类水蚀土壤与无退化土壤平均容重、含水量等其他理化性质均无差异。

### 4.3 基于高光谱遥感数据的土地质量信息挖掘

通过对土壤、不同类型退化土地的地物光谱分析,我们发现,有机质在研究的 350—2500nm 波长范围内并不存在吸收峰,但在这一波长范围内,光谱反射率与有机质含量呈负相关关系。分析宜兴试验

区野外土壤光谱数据与土壤理化指标值之间相关关系,发现有有机质含量在 677, 1202, 2074 和 1509nm 处有 4 处低谷,负相关系数相对性较高。利用 SPSS 软件建立有机质在 677, 1202, 2074 和 1509nm 四个波段反射率的回归方程:

$$Y = -3.28X_{677} + 5.304X_{1202} + 11.278X_{2074} - 20.712X_{1509} + 4.08$$

式中 X 为反射率, Y 为有机质含量 (%)。该式 Adjusted R<sup>2</sup> = 0.589, RMSE = 0.36。上式通过显著性水平为 0.001 的 F 值检验。有机质建模样本与测试样本预测效果如图 7,有机质实际值与预测值基本分布为线性。

土壤含水量与土壤光谱反射率的对数的一阶微分之间有较强相关性,亦即反射率的对数的一阶微分是对土壤含水量敏感的光谱指标。根据横山试验区 132 个土样的实验室光谱数据分析结果,其相关系数最大的几个波段分别为 1423nm (相关系数 -0.901)、1524nm (相关系数 0.875)、1746nm (相关

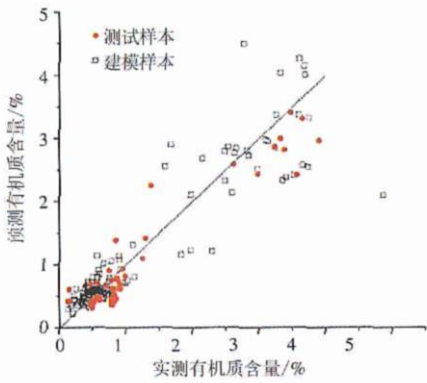


图 7 土壤有机质预测值与实际值分布散点图

Fig 7 Distribution point of forecastign value and realistic value and of soil organic matter



图 9 OM IS I数据土壤有机质参数成图

Fig 9 Soil Organic Matter Parameter Mapping of OM IS I data

系数 -0.828), 以此建立预测土壤含水量的回归模型:

$$Y = 28.365 - 15611.8X_{1423} + 20512.77X_{1524} + 16146.26X_{1746}$$

式中 Y=土壤含水量(%), X=(lgR)', 调整后的复相关系数 R<sup>2</sup>为 0.836, RMSE=2.64, 上式通过显著性水平为 0.001 的 F 值检验, 预测效果如图 8。

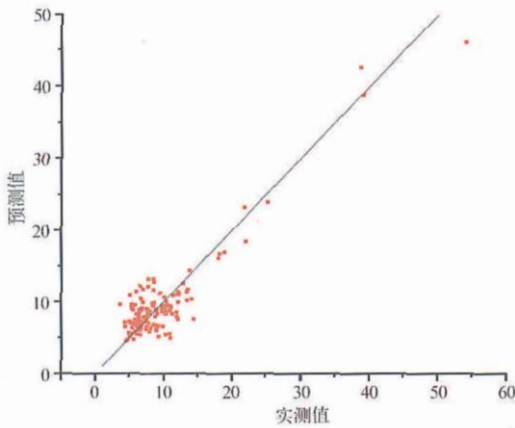


图 8 土壤水分预测值分布散点图

Fig 8 Distribution point of forecasting value of soil moisture

对 OM IS I 数据植被部分进行掩膜处理, 选择 OM IS I 数据的 677、1202 和 2074nm 处的中心波段, 利用所建立的有机质反演模型方程合成 OM IS I 图像, 经纠正后进行有机质指标参数成图 (图 9)。

对土壤有机质参数成图进行实测点验证, 基本反映样点之间的相对差异。需要特别说明的, 由于所建立的反演模型是基于多元统计技术, 利用成像光谱 OM IS I 数据进行土壤有机质参数成图, 图中所反映的是试验区域土壤有机质在空间上的相对水平与差异, 而不是此项指标的绝对水平。根据土壤有

机质在空间上的相对差异, 进行参数分级, 再叠加所有参与评价的土地质量指标, 可进行研究区土地质量的综合评价。

利用成像光谱技术也存在一些不容忽视的问题。在有效利用成像光谱高光谱分辨率的同时, 我们要注意到地物覆盖光谱特性的时空性, 大量实验表明, 地表、植物和光谱响应随时间和空间变化比较大。因此, 充分掌握植物等地物的地表光谱特征的季节变化规律, 加强地物光谱特性研究是利用好成像光谱技术的首要条件。此外, 利用高光谱技术所建立的土地质量指标的反演模型是一经验模型, 由于野外光谱测量与土壤样品采集的数量限制, 以及线性模型的局限性, 反演模型的推广与应用具有一定局限性。

### 5 结论与展望

(1) 土地动态监测由单一的土地数量监测向土地质量综合监测发展, 向着自动化、量化、综合性的方向发展是未来的趋势。高光谱遥感图像精细的光谱线可提高土地动态监测的精度、广度和深度, 在土地资源与土地质量监测中具有广阔的应用前景。

(2) 有机质含量越高的土壤, 其光谱发射率越低。不同植被覆盖度下土壤的实验室光谱反射率与土壤的植被覆盖程度成反比。重度沙化土地实验室光谱曲线光谱反射率最高, 中度沙化土地实验室光谱发射率明显低于重度沙化土地, 高于无沙化土地与轻度沙化土地光谱发射率。重度水蚀土地显示较高的光谱反射, 中度水蚀土地与轻度水蚀和无退化土地实验室光谱曲线无明显差异。

(3) 根据宜兴土壤野外光谱数据, 建立了土壤光谱在 677、1202、2074 和 1509nm 四个波段的有机

质反演模型;根据横山土壤实验室光谱数据,建立了土壤光谱在 1423、1524、1746nm 三个波段的预测土壤含水量的回归模型。

(4)通过获取地物光谱反射数据和土地质量指标地面数据,利用多元统计分析技术建立土地质量指标反演模型,应用于成像光谱数据,对不同指标参数空间反演,进行土地质量指标的快速、定量监测。此方法具有推广性,但针对一个试验区建立的反演模型推广具有一定局限。

## 参 考 文 献 (References)

- [ 1 ] LENG S Y, LIX B. New Progress of International Study on Land Quality Indicators(LQIs) [ J]. ACTA GEOGRAPHICA SINICA 1999, **54**(2): 177- 185. [冷疏影,李秀彬. 土地质量指标体系国际研究的新进展 [ J]. 地理学报, 1999, **54**(2): 177- 185.]
- [ 2 ] Verstraete M M, Pinty B. The Potential Contribution of Satellite Remote Sensing to the Understanding of Arid Lands Processes [ R]. Vegetation 1991 world 59- 72.
- [ 3 ] Smith M O, Ustin S L, Adams J B, et al. Vegetation in Deserts: I. A Regional Measure of Abundance from Multispectral Images [ J]. Remote Sens Environ 1990, **31**: 1- 26.
- [ 4 ] Hill J, Udelhoven J Th, Schütt B, et al. Differentiating Biological Soil Crusts in a Sandy Arid Ecosystem Based on Hyperspectral Data Acquired with DAIS-7915 [ C]. Proc 1st EARSeL Workshop on Imaging Spectrometry. EARSeL, 1998: 427- 436.
- [ 5 ] Hill J, Schütt B. Mapping Complex Patterns of Erosion and Stability in Dry Mediterranean Ecosystems [ J]. Remote Sens Environ 2000, **74**: 557- 569.
- [ 6 ] Ben-Dor E, Banin A. Visible and Near Infrared(0.4- 1.1 $\mu$ m) Analysis of Arid and Semiarid Soils [ J]. Remote Sens Environ 1994, **41**: 10- 124.
- [ 7 ] Leone A P, Sommer S. Multivariate Analysis of Laboratory Spectra for the Assessment of Soil Development and Soil Degradation in the Southern Apennines ( Italy ) [ J]. Remote Sens Environ 2000, **72**: 346- 359.
- [ 8 ] He Ting, Wang Jing, Chen Ye. Application of Hyperspectral Remote Sensing in Land Quality Monitoring [ J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin 2002, **11**: 79- 83. [何挺,王静,程焯. 高光谱遥感技术在土地质量监测中的应用 [ J]. 长江流域资源与环境 (学报), 2002, **11**: 79- 83.]
- [ 9 ] Bowers S A, Hanks R J. Reflection of Radiant Energy from Soils [ J]. Soil Science 1965, **100**(3): 130- 138.
- [ 10 ] Xu Binbin, Ji Gengshan. Studies on Reflection Characteristics of Soil Spectrum and Application [ J]. Development of Soil 1987, **15**(1): 1- 9. [徐彬彬,季耿善. 土壤光谱反射特性研究及其应用 [ J]. 土壤学进展, 1987, **15**(1): 1- 9.]
- [ 11 ] Weidong L, Baret F, Kingfa G, et al. Relating Soil Surface Moisture to Reflectance [ J]. Remote Sens Environ 2002, **81**: 238- 246.
- [ 12 ] De Jong S M. Application of Reflective Remote Sensing for Land Degradation Studies in a Mediterranean Environment Netherlands Geographical Studies [ C]. 1994, KNAG, Utrecht 240.
- [ 13 ] Okin G S, Murray B, Schlesinger W H. Degradation of Sandy Arid Shrubland Environments: Observations, Process Modelling and Management Implications [ J]. Journal of Arid Environments 2001, **47**(2): 123- 144.
- [ 14 ] Dehaan R L, Taylor G R. Field-derived Spectra of Salinized Soils and Vegetation as Indicators of Irrigation-induced Soil Salinization [ J]. Remote Sensing of Environment 2002, **80**: 406- 417.
- [ 15 ] Gregory P, Asner J et al. Imaging Spectroscopy for Desertification Studies: Comparing AVIRIS and EO-1 Hyperion in Argentina Drylands [ J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 2003, **41**(6): 1283- 1296.
- [ 16 ] Wang Jing, et al. Discussion on the Technology Route for Land Degradation Monitoring and Assessment Based on 3S Technique [ C]. International Symposium on Remote Sensing 2002. The Korean Society of Remote Sensing 2002: 312- 320.
- [ 17 ] He Ting, Chen Ye, Wang Jing. Technology and Method of Field Spectrometry [ J]. China Land Science 2002, **16**(5): 30- 35. [何挺,程焯,王静. 野外地物光谱测量技术及方法 [ J]. 中国土地科学, 2002, **16**(5): 30- 35.]
- [ 18 ] Li Haitao, Zhang Jixian, Wang Jing. Imaging Spectrometry and Its Application in Land Dynamic Monitoring [ J]. China Land Science 2002, **16**(3): 36- 40. [李海涛,张继贤,王静. 成像光谱技术及其在土地动态监测中的应用 [ J]. 中国土地科学, 2002, **16**(3): 36- 40.]
- [ 19 ] Stone E R, Baumgardner M F. Characteristic Variations in Reflectance of Surface Soils [ J]. Soil Sci Soc 1981, **45**: 1161- 1165.

## Studying on Extraction Methods for Land Quality Information Based on Hyperspectral Data

WANG Jing HE Ting LI Yu-huan

(Key Lab of Land Use M. L. R., China Land Surveying & Planning Institute Beijing 100035)

**Abstract** With the development of land management from emphasizing quantity management to quality and ecology protection, higher demand for monitoring land resource and environment was arisen. The hyperspectral remote sensing image which has accurate and detail spectrum provides detailed surface information and improves precision, extent and the depth of dynamic monitoring on land use and will be widely applied in monitoring on land quality. This paper puts emphasis upon making a study of information extraction technology and methods for monitoring land quality indicators including soil organic matter and soil moisture. Based on analyzing the spectrum of soil in Yixing and Hengshan field area, we think that the intensity of spectrum reflection is low when the concentration of soil organic matter is high. The highly desertified soil has the highest intensity of spectrum reflection measured in the laboratory, followed by moderately, slightly, and non-desertified soil. The highly water-eroded soil has relatively high intensity of spectrum reflection, but the difference in the measured intensity of spectrum reflection of moderately, slightly and non water-eroded soil in the laboratory was not significant. According to above analysis, we created regression model of soil organic matter at the wavelength of 677, 1202, 2074 and 1509 nm and of soil moisture at the wavelength of 1432, 1524 and 1746 nm, employing multiple statistics. In addition, we used the regression model of soil organic matter to develop the map of soil organic matter concentration in the Yixing experimental area, employing imaging spectroscopy. Finally, we discussed the problems in the application of regression model.

**Key words** land quality; hyperspectral data; imaging spectroscopy; regression model