

渭干河-库车河三角洲绿洲盐渍化地物光谱数据分析

张 飞^{1,2}, 丁建丽^{1,2}, 塔西甫拉提·特依拜^{1*}, 何祺胜³

1. 新疆大学资源与环境科学学院, 绿洲生态教育部重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830046
2. 新疆大学研究生院, 新疆 乌鲁木齐 830046
3. 遥感科学国家重点实验室, 中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101

摘 要 地物波谱特性是遥感技术应用的物理基础, 是遥感定量分析的基础, 地物波谱研究是遥感基础研究的重要内容, 文章以新疆塔里木盆地北缘渭干河-库车河三角洲绿洲为研究区, 采用美国 CID 公司生产的 CI700 便携式野外光谱仪, 通过大量的野外调查以及实地测点, 分析了该绿洲盐渍化地区的几种典型地物(盐碱地、细沙地、沙丘、棉花地等以及怪柳、骆驼刺、芦苇等)的光谱特性及其变化规律, 尤其是对盐渍化地和盐生植被的光谱曲线的差异做出了分析, 并根据实际情况, 采用移动平均法去噪进行了噪声去除, 分析实测光谱数据噪声特征。同时利用导数光谱技术清除植被环境背景影响。最后, 为了今后继续研究的方便, 在对实测光谱数据进行处理的基础上, 利用 ENVI 软件建立了小型的渭干河-库车河三角洲绿洲主要地物的光谱库, 该库可以为渭-库绿洲的地物调查, 植被调查、植被分类和环境监测等遥感应用服务。

关键词 渭干河-库车河三角洲绿洲; 地物; 光谱分析

中图分类号: S123, TH744.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2008)12-2921-06

引 言

收集和积累各种典型地物的光谱数据信息历来是遥感基础研究和应用研究中不可缺少的一个重要环节, 它对发展遥感信息处理的新方法、提高遥感分类识别水平起着十分重要的作用。不同地物光谱反射曲线是地物对电磁波反射或发射差异的集中体现。地物光谱是遥感技术的基础, 对于地物分类、目标识别具有指纹效应, 是建立地面与空间两种信息之间关系的桥梁^[1,2]。野外地物波谱测量结果的准确性受多种因素的影响, 测量时间的选择、仪器的视场角的大小、光线入射与观测的几何角度、测量时刻的太阳高度角与方位角、目标的时空变化性等因素都直接影响着测量结果的精度^[3]。

而土壤则是陆地背景的主要组分, 应用遥感方法研究地球资源与环境时均直接或间接地与土壤的光学性质有关, 因此, 土壤光谱反射特性的研究是土壤遥感的物理基础。土壤光谱反射特性是土壤理化特征和内在结构的光谱行为的综合^[4,5], 其研究也为土壤本身属性的研究提供了一个新的途径和指标^[6,7]。如 Stone 等在实验室用光谱仪在 0.52 到 2.32

μm 光谱范围测定 485 个土样的二向性反射光谱, 并将这些光谱归纳和描述为 5 类土壤反射光谱曲线^[8]; Jong 分析光谱数据用于地中海地区侵蚀土壤板结和土壤类型成图研究^[9]; Leone 等应用实验室光谱进行多元统计分析以评价土壤开发和土壤退化程度^[10]。王人潮等根据 360~2 500 nm 的土壤光谱反射率, 划分不同的土壤类型^[11]; 孙毅等对盐渍土壤光谱反射率与表土含盐量关系进行研究^[12]; 吴景贵等应用红外光谱对土壤有机质进行研究^[13]。最近, 国内学者鲍一丹^[14]提出应用近红外光谱分析技术(NIR)测定土壤参数具有快速、方便的特点。分析了不同含水率、不同颗粒大小的土壤样本在不同测试角、不同测试高度对土壤光谱的影响, 并得到了不同含水率和不同粒径土壤的含氮量预测模型。

本文在前人研究的基础上, 选取塔里木盆地北缘典型绿洲作为靶区, 借助 CI700 便携式野外光谱仪在不同条件下测的同类地物光谱数据, 分析其光谱特性、找出它们的变异规律, 不仅是建立地面光谱数据与遥感图像空间光谱数据之间的桥梁(包括光谱定标和光谱重建), 也是提高地物识别精度和信息定量反演精度的基础。

收稿日期: 2007-08-06, 修订日期: 2007-11-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(40261006), 自治区高校科研项目(XJEDU2004I06, XJEDU2005I07), 教育厅创新研究群体基金项目(XJEDU2004G04), 新疆绿洲生态重点实验室开放课题(XJDX0201-2007-01, XJDX0201-2008-03)和新疆大学科研启动基金项目(QN070122)资助

作者简介: 张 飞, 1980 年生, 新疆大学资源与环境科学学院在读博士研究生 e-mail: zhangfei3s@yahoo.com.cn * 通讯联系人

1 研究区概况及数据采集

1.1 研究区概况

渭干河-库车河三角洲绿洲(以下简称渭-库绿洲)位于新疆维吾尔自治区南部的塔里木盆地,属渭干河-库车河流域,在行政上隶属阿克苏地区管辖。范围包括库车、沙雅与新和等 3 个县,这 3 个县的土地总面积为 $523.76 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。年均降水量为 46.4~64.5 mm,其中,沙雅地区最低,库车地区最高,年均蒸发量为 1 992.0~2 863.4 mm,干燥度系数为 44.37,属于干旱与极端干旱地区。年平均气温为 10.5~14.4 °C,极端最高气温为 40.1~41.5 °C,极端最低气温为 -26.8~-28.7 °C^[15]。主要盐生植物有骆驼刺(*Alhagi sparsifolia.*)、芦苇(*Phragmites australis*)、怪柳(*Tamarix*)、盐穗木(*Halostachys caspica*)等。

1.2 数据采集

本研究采用的是由美国 CID 公司开发生产的 CI700 便携式野外光谱仪,有效光谱范围:200~1 100 nm。光谱分辨率为:0.3~10 nm(可以进行不同的选择和设置),信噪比 250:1。野外光谱测量的时间分别为 2005 年 11 月下旬、2006 年 3 月中旬、2006 年 7 月下旬,测试时间应选择在 10:00~14:00(地方时)进行。地物选择在特征明显的地区,测量的具体时间与遥感器过顶的时间基本相同。为摸清各类地物的光谱特性,尽量在不同条件下观测同类地物光谱数据,以便找出地物光谱特性的变异规律,为地物的遥感评价和定量分析奠定基础。实测光谱数据在 400~900 nm 间较好,之后,随着波长的增大,噪声增大;另外,由于大气的影响,这个区间之外的有些测量值大于 1,这显然不合理。而且,400~900 nm 已经包括了遥感常用的可见光和近红外波段,因此,在对实测光谱特征进行分析和光谱库的建立中只要取这一区间即可满足要求。

2 数据分析

2.1 盐渍化地土壤的光谱曲线

在旱季泛盐季节,盐渍土表层结盐壳或盐皮,地表光滑、坚实而发白,其光谱反射率大于其他土壤,不论可见光还是近红外波段,盐渍土在遥感图像上的影像色调都比其他土壤浅。盐分含量越高,光谱反射能力越强。由于土壤中的盐分均为白色晶体,土壤中所含盐分的多寡能够影响土壤光谱的总亮度。所以,在遥感图像上可以根据地物影像色调的深浅来区分出不同程度的盐渍化土壤(图 1),也可以根据实测数据做出盐渍化土壤光谱曲线图(图 2,轻度盐渍土(地表稍有盐霜)、中度盐渍土(地表潮湿,有许多盐霜)、重度盐渍土(地表有盐结壳))。从图 1 可以看得出不同地物的光谱值不一样。其中重度盐渍土最高,然后依次是沙质土壤、中度盐渍土、轻度盐渍土、水体、非盐渍土(只是在 4 波段有点异常)。

图 3(a)和(b)是研究区 3 次考察时同一采样点盐渍地的光谱反射率的变化曲线。可以清楚的看到它们的反射光谱曲

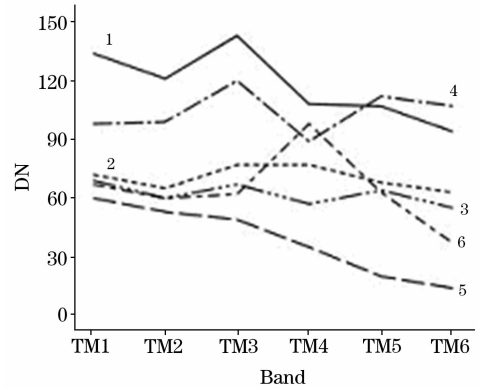


Fig. 1 The curve of spectral response to typical object

- 1: 重度盐渍土; 2: 中度盐渍土; 3: 轻度盐渍土;
4: 非盐渍土; 5: 水体; 6: 沙质土壤

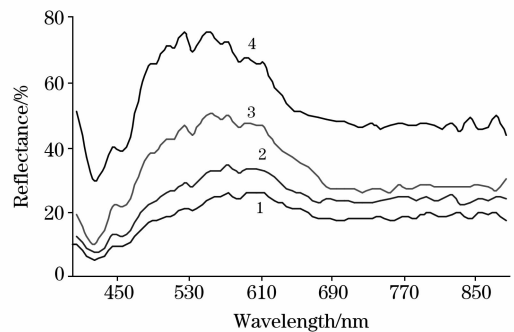


Fig. 2 The curve of spectral response to salinity soil

- 1: 非盐渍土; 2: 轻度盐渍土; 3: 中度盐渍土; 4: 重度盐渍土

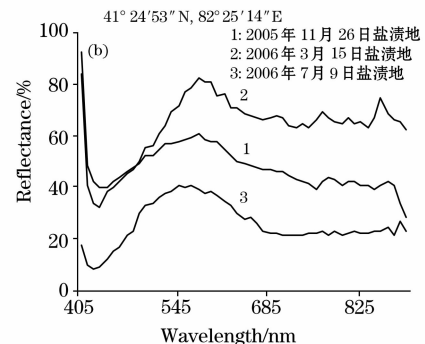
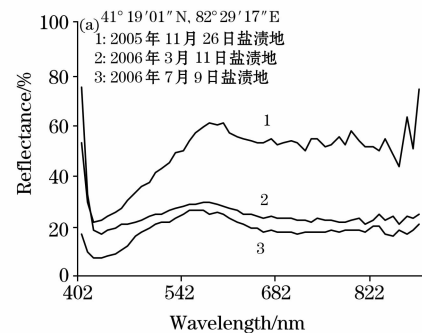


Fig. 3 The spectrum curve of soil salinization in same sampling spot with different period

线在形状上大体相同即具有相同的变化趋势,即在 520~650 nm 之间都有明显的吸收峰,但从 650~850 nm 期间,变化趋势缓慢,之后又出现陡坡。

2.2 盐生植被的光谱曲线

图 4(a)和(b)是研究区 3 次考察时同一采样点盐生植被的光谱反射率变化曲线。可以看出变化趋势不是很一致,说明 3 次的植被情况比较复杂。植被生长阶段正好处在“凋谢期—生长初期—生长旺期”。

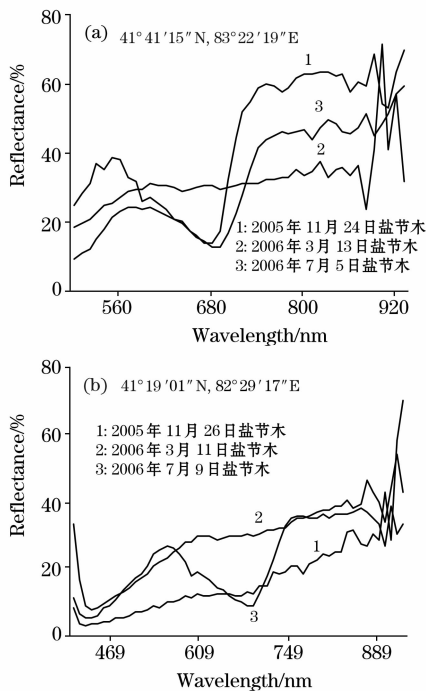


Fig. 4 The spectrum curve of halophytic vegetation in same sampling spot with different period

图 5 是研究区植被的光谱反射率曲线。从图中虚线 a, b, c, d, e 可以知道它们的变化趋势是相同的,即在 430, 680 nm 处出现明显的波谷,560 nm 出现明显的波峰,730~880 nm 处曲线趋势比较缓慢,说明这些植物体内所含的物质基本相近,所以导致光谱曲线存在着共性。最高的反射率几乎达到 90%,而最低的反射率仅仅只达到 5%左右。实测植被光谱由于受到背景、光照等因素的影响,往往会出现同物异谱现象,这无疑会降低地物识别的精度。处理分析这些光谱数据,了解、掌握盐渍化地区植被的光谱特性、变化规律,能够提高盐生植被的识别精度,为定量反演盐生植被信息奠定基础。

2.3 光谱数据处理技术

2.3.1 去噪技术

由于光谱仪波段间对能量响应上的差异,使光谱曲线总存在一些噪声,为得到平稳的变化,需平滑波形,以去除包含在信号内的少量噪声。实践表明,如果噪声的频率较高,其量值也不大,用平滑方法可在一定程度上降低噪声。常用的平滑方法有移动平均法、静态平均法、傅里叶级数近似法等。本文采用移动平均法去噪。即选取测定样本某一点前后

光谱曲线上一定范围测定它的平均值,作为该点的值。计算公式为:

$$R'_i = \frac{1}{2k+1}(R_{i-k} + R_{i-k+1} + \dots + R_i + \dots + R_{i+k}) \quad (1)$$

式中, R'_i 为该样本第 i 点的反射率值(均值), $k=1, 2, 3, \dots, n$ 。移动平均法对 697~891 nm 去噪效果较好,但 440~656 nm 去噪效果并不很理想(图 6),所以在今后的研究中要考虑采用其他方法进行去噪。

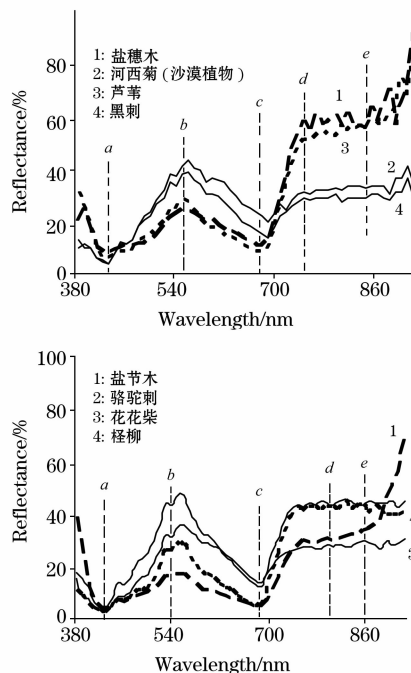


Fig. 5 The spectrum curve of different halophytic vegetation

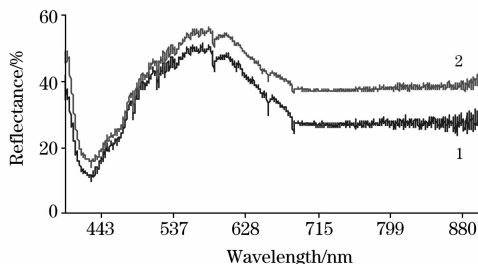


Fig. 6 Front and back contrast of spectral curve denoise about salinity soil in moving average method

1: 去噪前; 2: 去噪后

2.3.2 导数光谱技术——清除植被环境背景影响

除了直接对反射率进行分析,还对反射率进行了光谱微分变换,微分光谱则有助于限制低频噪声对目标光谱的影响。在光谱学已经发展的方法中,微分光谱技术是一种在遥感数据处理中特别有应用前景的分析方法。不同阶数的微分(差分)值可以帮助人们迅速确定光谱的拐点及最大最小反射率的波长位置。Cloutis 的研究表明,光谱的低阶微分处理对噪声影响敏感性较低,因而在实际应用中更为有效^[16]。在实际计算中,一般用光谱的差分作为微分的有限近似。根据数理研究的成果,导数光谱技术能压缩背景噪声对目标信号的

影响或不理想的低频信号,因而可以被应用在许多遥感研究中^[17]。例如,相对于植被的光谱曲线,土壤的光谱曲线是接近线性的。从理论上讲,二阶导数可以非常好地消除土壤背景信号。张良培^[18]利用机械成像光谱仪对鄱阳湖地区进行的航空遥感实验证明,对光谱进行一阶导数的运算就能对混合光谱中的土壤光谱信号进行压缩。如图 7 所示的渭-库绿洲测得的典型的两条光谱曲线,对于只有非光合作用的物质——土壤,其光谱曲线缓慢变换,而植被反射曲线具有典型的光合作用特点。对这两条曲线进行一阶导数运算得出如图 8 所示的结果。它表明:土壤的导数曲线值整体上很小,而植被由于绿边效应,其导数值在 700~750 nm,为一尖峰,这导数值十分大,同时土壤光谱在这个范围内的一阶导数值接近于 0。利用这一特点就可用来对混合光谱中的土壤信号进行压缩。

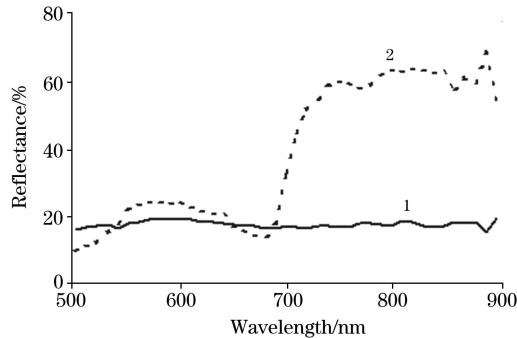


Fig. 7 The curve of spectrum

1: 盐渍化土壤; 2: 植被

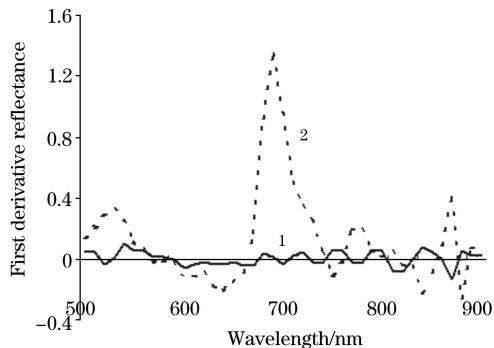


Fig. 8 The curve of spectrum on first derivative

1: 盐渍化土壤; 2: 植被

对于植被而言,光谱数据的一阶微分有利于部分消除大气、土壤背景、凋落物等低频光谱成分对目标的影响,突出目标,反映和揭示植被光谱的内在特性。由于本研究中所获得的光谱数据是离散形式的,其微分的计算就变成了计算差分,所以在研究中采用如下公式来求光谱数据的微分:

$$\frac{d\rho}{d\lambda} = \frac{\rho(\lambda_{i+1}) - \rho(\lambda_{i-1})}{\lambda_{i+1} - \lambda_{i-1}} \quad (2)$$

式中: ρ 为反射率, λ 为波长。使用上式,本研究对研究区盐渍化土壤和植被进行了导数光谱计算。图 9a 是渭-库绿洲地区三种典型的盐生植被,花花柴、柽柳和骆驼刺的反射光谱曲线。本研究分别在不同时刻对上述地物进行了光谱测定,

因此,它们的反射光谱曲线因测定环境的不同而不同。然后,分别对它们进行一阶导数计算,得出光谱导数曲线图如图 9b、图 9c、图 9d。从图中可以看出:在可见光波段和近红外波段,不同外部环境的导数光谱数据已经十分接近。说明导数光谱分析确实能部分消除背景、光照等因素的影响,这对于植被稀疏、混合光谱成分多的类似渭-库绿洲干旱地区来说,消除土壤背景对植被光谱的影响无疑是一种好方法。因此,导数光谱分析对植被信息定量反演奠定良好的基础。此外,导数光谱还能部分消除大气效应的影响。

2.4 渭-库绿洲光谱库的建立

地面物体或大气光谱库的建立对于地物光谱研究以及高光谱遥感数据的应用来说是十分重要的,但同时也是十分费时和费力的。本研究对渭-库绿洲地区多种植被和各种地物进行了反射光谱测量,对于这些实测光谱曲线进行处理后,建立了光谱库。在测得的光谱中,因为 400~900 nm 范围内的数据质量比较好,所以在建库过程中,对其进行数据筛选后仅选择这一部分数据,而且这一范围数据已经能反映地物在可见光和近红外波段的特征。本研究采用 ENVI 软件的光谱库功能建库,其文件格式为 ASCII 格式,分别建立了渭-库绿洲地区八种常见盐生植被(包括河西菊、黑刺、花花柴、骆驼刺、芦苇、柽柳、盐节木、盐穗木)的光谱库(图略)和黄土、棉花地、沙砾地、沙丘、细沙地、盐碱地六种地类的光谱库(图略)。它们可以分别为不同空间分辨率和波谱分辨率的遥感影像数据服务,特别是地物光谱库和植被光谱库,可以为渭-库绿洲的地物调查,植被调查、植被分类和环境监测等遥感应用所服务。

3 总结与讨论

本研究主要采用 CI700 便携式野外光谱仪,在 2005 年 11 月下旬、2006 年 3 月中旬以及 2006 年 7 月中旬,对照遥感影像选取典型的采样点,尤其是对典型的盐渍地和各种盐生植物进行了地面调查及反射光谱曲线测量,并根据实际情况,分析实测光谱数据噪声特征,进行了噪声去除。最后,为了今后继续研究的方便,在对实测光谱数据进行处理的基础上,建立了小型的渭干河-库车河三角洲绿洲主要盐生植物和地类的光谱库。

地面光谱数据库的建立是开拓这个崭新研究领域的第一步。要探讨光学测量数据与被测植物的生理生化状态的关系需要进行大量的地面光谱测量。由于地面光谱测量结果深受环境因素(包括时间,季节,天气,太阳入射角等)的影响,要建立一个具有代表性的光谱数据库并不是一项简单的任务。此次野外数据采集是一个开始,但由于受时间和条件的限制,数量还不够多,且部分光谱测量结果不够理想,有待今后进一步补充和提高。

总之,地物光谱研究是遥感理论研究和应用研究的基础。本文对渭-库绿洲地物光谱的研究,相信会对研究区的各种遥感研究有所帮助。研究区典型地物(盐渍地、沙砾地、黄土等)和盐生植被(柽柳、花花柴、盐节木)光谱库的建立,有利于对各种光谱的研究以及在今后研究中数据的调用。

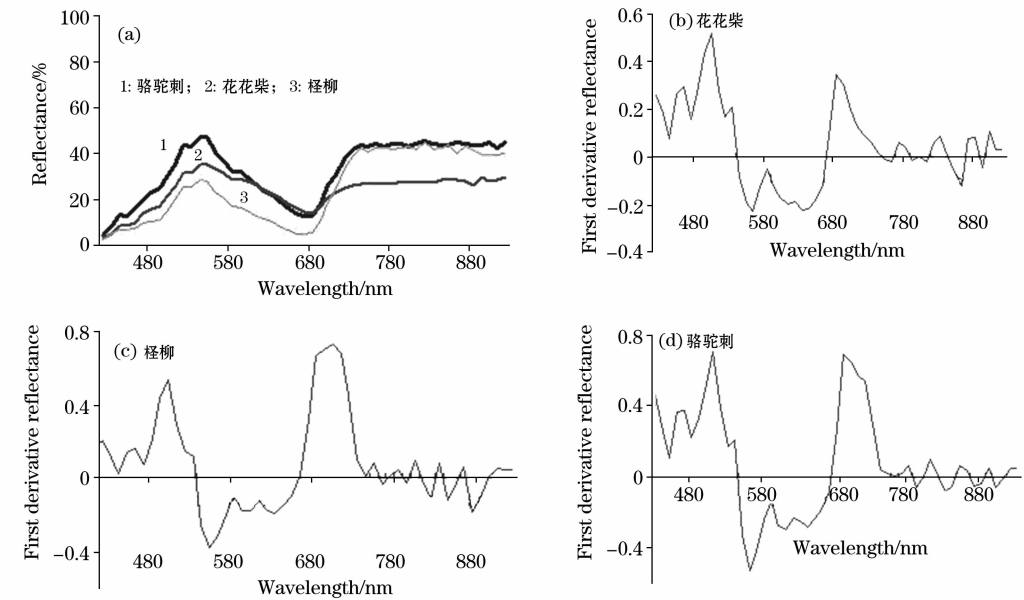


Fig. 9 The spectrum of halophytes(a) and curve of derivative in Wei-Ku Oasis(b~d)

参 考 文 献

- [1] CHEN Fang, NIU Zheng, QIN Yu-chu, et al(陈 方, 牛 铮, 覃取楚, 等). Opto-Electronic Engineering(光电工程), 2007, 34(5): 89.
- [2] FAN Wen-yi, DU Hua-qiang, LIU Zhe(范文义, 杜华强, 刘 哲). Journal of Northeast Forestry University(东北林业大学学报), 2004, 32(2): 45.
- [3] HE Ting, LIU Rong, WANG Jing(何 挺, 刘 荣, 王 静). Geography and Geo-Information Science(地理与地理信息科学), 2003, 19(5): 6.
- [4] LIU Feng, ZHANG Ji-xian, JIN Feng-xiang, et al(刘 峰, 张继贤, 靳奉祥, 等). Beijing Surveying and Mapping(北京测绘), 2005, (3): 1.
- [5] HUANG Ming-xiang, SHI Zhou, LI Yan, et al(黄明祥, 史 舟, 李 艳, 等). Journal of Remote Sensing(遥感学报), 2004, 8(4): 378.
- [6] HE Ting, WANG Jing, CHENG Ye, et al(何 挺, 王 静, 程 烨, 等). Geography and Geo-Information Science(地理与地理信息科学), 2006, 22(2): 30.
- [7] LIU Huan-jun, ZHANG Bai, LIU Zhi-ming, et al(刘焕军, 张 柏, 刘志明, 等). Journal of the Graduate School of the Chinese Academy of Sciences(中国科学院研究生院学报), 2007, 24(4): 439.
- [8] Stone E R, Baumgardner M F. Soil Sci Soc. Am. J., 1981, 45: 1161.
- [9] Jong. Soil Technology, 1992, 5: 199.
- [10] Leone A P, So mmer S. Remote Sens. Environ., 2000, 72(3): 346.
- [11] WANG Ren-chao, SU Hai-ping, WANG Shen-fa(王人潮, 苏海萍, 王深法). Journal of Zhejiang Agricultural University(浙江农业大学学报), 1986, 12(4): 464.
- [12] SUN Yi, LIN Pei(孙 毅, 林 培). Shaanxi Journal of Agriculture Sciences(陕西农业科学), 1991, (8): 19.
- [13] WU Jing-gui, XI Shi-quan, JIANG Yan(吴景贵, 席时权, 姜 岩). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 1998, 18(1): 52.
- [14] BAO Yi-dan, HE Yong, FANG Hui, et al(鲍一丹, 何 勇, 方 慧, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2007, 27(1): 62.
- [15] QIAN Yun, HAO Yu-ling(钱 云, 郝毓灵). Xinjiang Oasis(新疆绿洲). Urumqi: The People's Press of Xinjiang(乌鲁木齐: 新疆人民出版社), 2000. 358.
- [16] Cloutis E A. Remote Sensing, 1996, 17(12): 2215.
- [17] YANG Ji-long, LI Jia-cun, YANG De-ming(杨吉龙, 李家存, 杨德明). World Geology(世界地质), 2001, 20(3): 308.
- [18] ZHANG Liang-pei, LI De-ren, TONG Qing-xi, et al(张良培, 李德仁, 童庆禧, 等). Acta Geodaetica et Cartographica Sinica(测绘学报), 1997, 26(1): 72.

Spectral Data Analysis of Salinity Soils with Ground Objects in the Delta Oasis of Weigan and Kuqa Rivers

ZHANG Fei^{1,2}, DING Jian-li^{1,2}, Tashpolat · Tiyp^{1*}, HE Qi-sheng³

1. R&E Department of Xinjiang University, Key Laboratory of Oasis Ecology (Xinjiang University) Ministry of Education, Urumqi 830046, China

2. Graduate School of Xinjiang University, Urumqi 830046, China

3. State Key Laboratory of Remote Sensing Science, the Institute of Remote Sensing Applications of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Abstract The characteristic of landmark spectrum is not only the physical base of remote sensing technical application but also the base of the quantificational analysis of remote sensing, and the study of landmark spectrum is the main content in the basic research of remote sensing. In the present paper, the authors adopted CI700 portable spectrum apparatus made in American CID Company, and investigated or examined some spots in the delta oasis of Weigan and Kuqa rivers located in the north of Tarim Basin considered as the typical area, based on a great deal of spectral data for different kinds of geo-targets, and the spectral features and changing law of saline-alkaline ground, silver sand ground, dune, cotton ground etc. *Alhagi sparsifolia.*, *Phragmites australis*, *Tamarix*, *Halostachys caspica* etc. were analyzed. According to the actual conditions, we analyzed the data noise characteristic of the spectrum and got rid of the noise. Meanwhile, derivative spectrum technology was used to remove the environmental background influence. Finally, in order to take full advantage of multi-spectrum data, ground information is absolutely necessary, and it is important to build a representative spectral library. The ENVI software was used to build the spectral library of surface features by field survey of the delta oasis of Weigan and Kuqa Rivers, Xinjiang Uygur Autonomous Region. This library can be used for features investigation, vegetation surveys, vegetation classification and environmental monitoring in the delta oasis of Weigan and Kuqa Rivers by remote sensing. The result of this research will be significant to the research on the saline-alkali soil in the arid area.

Keywords The delta oasis of Weigan and Kuqa Rivers; Ground objects; Spectral analysis

(Received Aug. 6, 2007; accepted Nov. 8, 2007)

* Corresponding author