

文章编号: 1001-9014(2010)03-0190-06

新疆绿洲地物反射光谱

—以渭干河-库车河三角洲绿洲为例

张 飞^{1,2}, 塔西甫拉提·特依拜^{1,2}, 丁建丽^{1,2,3}, 买买提·沙吾提^{1,2}, 张 婷^{1,2}, 韩 清¹

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830046;

2. 新疆大学 绿洲生态教育部重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830046;

3. 新疆大学 研究生院, 新疆 乌鲁木齐 830046)

摘要: 针对遥感应用越来越依赖于地物光谱特征的特点, 为了更深入地研究干旱区地物光谱反射特征, 选择新疆塔里木盆地北缘渭干河-库车河三角洲绿洲为研究区。首先, 采用美国 ASD Fieldspec HH 地物光谱仪测得该绿洲几种典型地物(盐碱地、细沙地、棉花地等、柽柳、骆驼刺、芦苇、盐穗木等以及水体)的光谱数据, 分析其光谱特征。其次, 采用移动平均法进行了噪声去除, 分析实测光谱数据噪声特征, 部分消除了高频成分, 使光谱曲线较为光滑。同时利用导数光谱技术消除了背景噪声、分辨重叠光谱; 利用连续统去除法去掉不感兴趣的吸收谱的影响, 使之有效突出光谱曲线的吸收和反射特征。最后, 利用 ENVI 软件建立了渭干河-库车河三角洲绿洲主要地物以及对这些地物进行包络线消除的小型光谱库, 从而达到该库服务于渭-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的目的。

关键词: 三角洲绿洲; 地物光谱; 光谱特性; 光谱库

中图分类号: S123 文献标识码: A

THE REFLECTANCE SPECTROSCOPY OF GEO-OBJECTS IN XINJIANG: ON DELTA OASIS OF WEIGAN AND KUQA RIVERS

ZHANG Fei^{1,2}, TASHPOLAT. TIYIP^{1,2}, DING Jian-Li^{1,2,3},

MAMAT. SAWUT^{1,2}, ZHANG Ting^{1,2}, HAN Qing¹

(1. College of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;

2. Key Laboratory of Oasis Ecology, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;

3. Graduate school of Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

Abstract: The applications of remote sensing depend more and more on the particular features in the spectrum of ground objects. To obtain the spectral characteristics of arid area, the spectrum of delta oasis of Weigan and Kuqa rivers located in the North of Tarim Basin were collected and studied. The spectral data of typical geo-targets such as saline-alkaline ground, silver sand ground, cotton ground, Tamarix, Alhagi, sparsifolia, Phragmites australis, Halostachys, caspica etc. as well as water body were acquired by the ASD Fieldspec HH spectrometer. These data were then analyzed. The method of moving average, which may depress partially the high-frequency components of the spectrum, was used to eliminate the noise in the spectrum. The spectrum technology of the derivative was implemented to remove the environmental noise and distinguish overlapped spectrum. Finally after continuum removal, spectral curves with highlighted absorption and reflection features were obtained. With these data, the spectral library of primary geo-surface features for the delta oasis of Weigan and Kuqa rivers has been built up with the aid of ENVI software. It can provide services for the vegetation surveys, vegetation classification, and environmental monitoring in this area.

Key words: delta oasis; ground object spectrum; spectral library

收稿日期: 2009-02-21, 修回日期: 2009-12-18

Received date: 2009-02-21, revised date: 2009-12-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(40861020, 40961025); 新疆自然科学基金项目(200821128); 新疆绿洲重点实验室开放课题(XJDX0201-2008-01, XJDX0201-2008-03); 新疆大学青年教师科研启动基金(QN070122); 高等学校博士学科点专项科研基金(20050755002)

作者简介: 张 飞(1980-), 男, 陕西凤翔人, 博士研究生, 主要从事遥感技术的理论和应用研究, E-mail: zhangfei3s@yahoo.com.cn.

引言

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。

光谱信息所具有的特征反映了地物本身的存在、变化和差异.由于我们现在更有可能从微小的光谱差异中提取更多的、更精确的地物特征信息.因此建立光谱数据库刻不容缓^[1].新疆在对地物光谱的观测方面已进行了大量的工作,大量的实测光谱资料为卫星遥感资料的解译、判读提供了强有力的技术支持^[2,3].

目前美国已对 1000 多种岩石矿物、土壤和 3000 多种植物以及 60 余种水体的反射、辐射和吸收特性进行了系统的测试分析,并进行了建立各种光谱数据库的研究^[4,5].近年来,我国的大批科学工作者,如田庆久^[6]、唐延林^[7]等对地物光谱也开展了广泛深入的研究。

笔者在前人研究的基础上着重分析盐渍地和周边地物光谱特性及其变化规律,故选择新疆典型绿洲——渭干河-库车河三角洲绿洲为靶区.本研究不仅对土地资源的遥感调查有着重要意义,而且对植被的遥感调查、遥感目视解译、计算机自动分类识别等方面也有重要意义,能够使卫星遥感资料的分类精度得以提高,达到利用遥感资料动态监测地物的效果,更好地进行生态保护。

1 研究区自然地理概况

渭干河-库车河三角洲绿洲(以下简称渭-库绿洲)位于天山南麓,塔里木盆地北部,地理坐标介于 41°06′~41°38′N,81°26′~83°17′E,是一个典型而完整的山前冲积扇平原,辖阿克苏地区的库车、沙雅和新和三个县.属大陆性暖温带极端干旱气候,多年年均降水量 51.6mm,温度 10.7℃,日照 2888.7h,全年无霜期 209d^[8].

2 数据采集与处理

2.1 光谱测试方法

为了使光谱测量数据与 ALOS 遥感影像时间尽可能同步或准同步,选择在 2008 年 9 月 16~26 日,使用美国 ASD 公司的 ASD Fieldspec HH 地物光谱仪在研究区进行了各主要地物的光谱测量.该光谱仪的波谱范围为 300~1075nm,光谱分辨率 1nm,视场角为 15°.野外光谱测试时,天空需晴朗无云,测

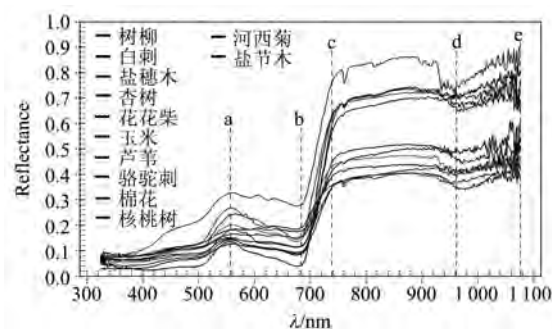


图 1 植被反射光谱特征曲线
Fig. 1 Reflected spectrum of vegetation

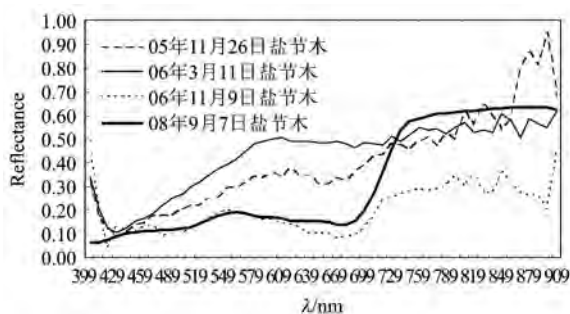


图 2 同一采样点不同发育期的盐生植被光谱曲线
Fig. 2 The spectrum curve of halophytic vegetation in the same sampling with different periods

量的同时还要收集好辅助数据,然后利用后处理软件对采集的光谱曲线进行分析。

2.2 光谱数据处理

(1) 为消除高频噪声的影响,本研究先采用移动平均法去噪,效果不明显的再采用 9 点加权移动平均法对光谱反射率数据进行平滑去噪处理。

(2) 光谱微分处理可以用来去除部分背景、噪声的影响,增强光谱数据与土壤参数之间的相关关系,对平滑后的土壤、植被光谱数据进行一阶、二阶微分计算。

(3) 对土壤、植被光谱数据进行去包络线处理,并建立土壤光谱、植被光谱以及对这些地物进行包络线消除的光谱库。

3 各类地物光谱分析

3.1 植被的光谱反射特征分析

绿色植被的反射波谱均有类似的变化趋势(见图 1 中的 a, b, c, d, e 所代表的位置),一般在 450nm 和 675nm 附近反射率小(两个吸收谷),在 550nm 及附近反射率较大(一个反射峰),呈现出其独特的光谱特征,在 700nm 附近急剧增大,从 750nm 直到 1100nm 反射率都保持较大。(如图 1)。植被在不同发育期的

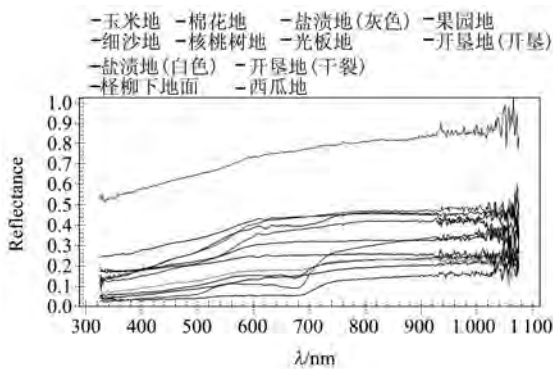


图3 土壤光谱特征曲线

Fig. 3 Reflected spectrum of soils

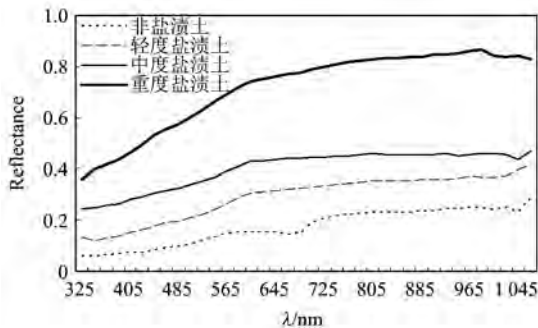


图4 盐渍化土壤光谱曲线图

Fig. 4 The curve of spectral responds to salinity soil

反射波谱与叶绿素含量之间有一定的关系,如图2所示.在同一采样点由于采样时间的不同,导致了相同盐生植被的光谱曲线存在较大区别,同时也说明这4个时段的植被情况比较复杂,植物生长阶段正好处于“发芽期-生长盛期-花果期-凋谢期”。

AIOS 的4波段(R_{nir}) (760~890nm) 植被呈高反射率(约85%),而在AIOS的3波段(610~690nm) (R_{red}) 植被呈低反射率(约2%) (见图1). 植被在此两波段的反射率差异很大,其他地物土壤、水体差异不明显,所以用 $R_{nir} - R_{red}$ 的差值,可提取植被信息. 盐生植被的光谱反射率值要高于非盐生植被,是因为大多数盐生植被能够将体内的盐分排出体外,吸附到叶片上.此外,在可见光波段范围内的反射光谱曲线类似,并有交叉现象,不易区分.但进入近红外波段以后反射率差异逐渐拉大,结果与文献^[9]一致,说明这一波段范围是区分植被的最佳波段.

3.2 土壤的光谱反射特征分析

土壤的光谱曲线大都随波长的增加而缓斜上升,在近红外波段光谱反射最强.不同土壤的光谱特征与土壤的颜色成分、结构和含水量有密切关系.研究区土壤光谱特征曲线如图3所示.

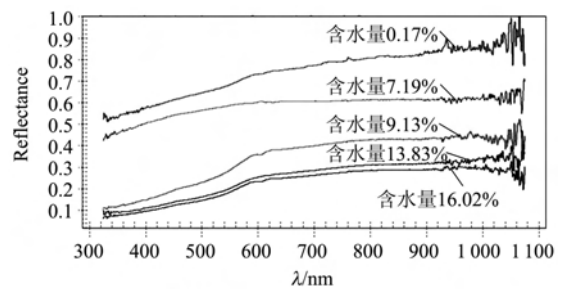


图5 不同含水量土壤反射光谱曲线

Fig. 5 The curve of soils for different water contents

3.2.1 盐渍化土壤光谱特征分析

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它土壤,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,也可以根据实测数据做出盐渍化土壤光谱曲线图(图4),虽然受土壤含盐量的影响,反射率曲线形态各不相同,但仍然存在一些共同性质:(1)盐渍化土壤的光谱曲线总体上变化比较平缓,光谱特征在形态上很相似,基本平行.(2)土壤样本的光谱反射率大多能由2个折线段和一些特征吸收带来表示.(3)光谱特征值与土壤含盐量之间表现出良好的线性关系,光谱反射率随着含盐量的增加而升高.

3.2.2 土壤与植被混合光谱特征分析

从遥感判读的角度来看,土壤是植被的背景.在本研究区光谱测量中,由于植被处在不同的生长期,覆盖率有变化,所以植被都是由混合像元构成的,形成了一种新型的分布广泛的植-土地物.此类地物的波谱曲线介于植被和土壤波谱曲线之间,随植被覆盖度而变化.覆盖度低,其反射率曲线接近土壤光谱曲线,覆盖度高,其反射率曲线显示植被波谱特征.

3.2.3 土壤含水量光谱特征分析

土壤光谱反射率曲线与土壤水分含量密切相关.从图5看,土壤体积含水量最大,其对应的光谱反射率曲线总体最低;土壤体积含水量小,对应的光谱反射率曲线总体偏高.

3.2.4 土壤有机质的光谱特征分析

一般可由两个光谱特征指标来比较有机质含量的高低:其一是400~1100nm(特别是620~660nm)平均反射率的高低.有机质含量越高,反射率越低;其二是光谱曲线在600nm处的形态,即600nm处光谱曲线的“弓曲差”的大小.有机质含量越高,“弓曲

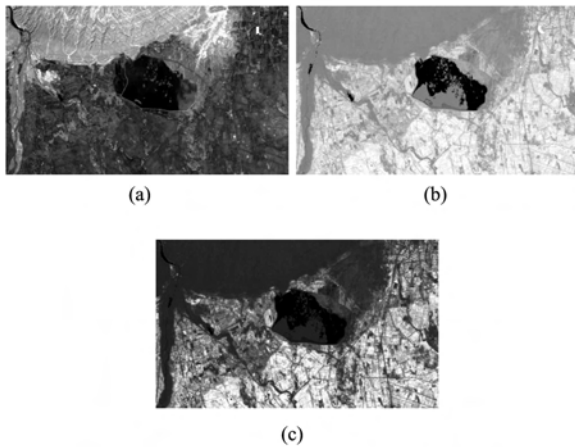


图6 研究区影像图(a)、植被指数(NDVI)图(b)以及植被指数(RVI)图(c)
 Fig.6 Remote sensing image (a), Vegetation index (NDVI) (b) and Vegetation index (RVI) (c) in research area

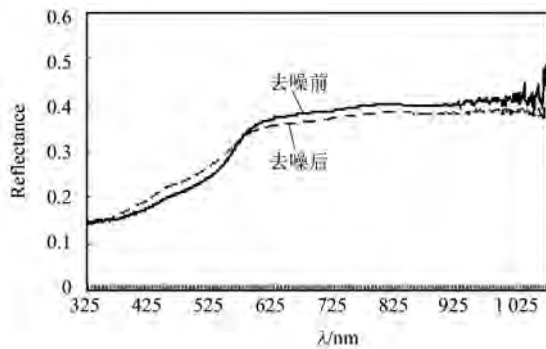


图7 移动平均法盐渍土光谱曲线去噪前后对比
 Fig.7 Contrast of spectral curve before and after denoised about salinity soil with moving average method

差”越小,曲线越平直,反之亦然^[10]. 计算结果如下: 核桃树地 < 棉花地 < 玉米地 < 果园地 < 西瓜地 < 开垦地(开垦) < 开垦地(干裂) < 光板地 < 盐渍地 < 细沙地,说明未利用地的有机质含量低.

3.3 水体的光谱反射特征分析

在可见光范围内,水体的吸收作用较小,其反射率稍高.一般在20%左右,并随着波长的增大逐渐降低.在近红外范围内,水体却表现为强吸收.波长到920nm处的反射率约为5%,过了960nm,水体几乎成了吸收体,反射率几乎为0,这与成像光谱仪获取水体反射率的若干通道为0值是一致的.利用这些特征与其他地物的差别,有可能选用合适的波段来识别各类水体.利用差值植被指数即 $DVI = R_{nir} - R_{red}$,比值植被指数 $RVI = R_{nir}/R_{red}$ 和归一化植被指数 $NDVI = (R_{nir} - R_{red}) / (R_{nir} + R_{red})$ 进行分析.其中由于归一化植被指数(NDVI)显示的水体范围更接

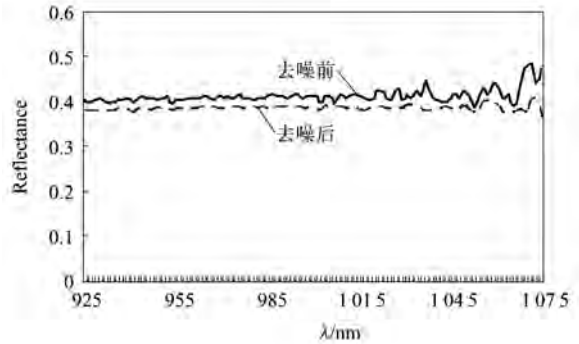


图8 去噪效果图
 Fig.8 Before noise wiping and after noise wiping

近于水体真实形状,是识别水体的最佳指示因子,这也是为了与世界各国所通用的植被指数相一致.但是从遥感影像得出:在本研究区(选用1995 × 1188像元作为典型研究范围)RVI比NDVI能更好地反映水体和植被的特征(如图6),这一结论与袁春琼^[11]所研究的结果一致.

4 光谱数据处理及分析

4.1 光谱曲线的平滑

研究发现当噪声频率较高时,采用移动平均法具有一定的去噪作用^[12].

由图7可以看出光谱曲线从325~920nm去噪效果还好,但925~1075nm去噪效果并不理想.在此范围可以进行光谱曲线抽样平滑处理来解决.本研究主要采用9点加权移动平均方法对光谱曲线进行平滑去噪处理(如图8),由此得到的新光谱曲线保留了旧光谱的总体趋势,部分消除了高频成分,使光谱曲线较为光滑,为进一步的光谱特征吸收带的分析和土壤光谱特性的分析带来了便利和良好的效果.

4.2 微分光谱技术

本研究对反射率进行了光谱微分变换,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.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^[13].导数作为分析光谱的有效手段最早在分子光谱学中引入,随后被证实一阶或二阶导数能够部分消除大气效应、太阳高度角、覆盖云层、地形引起的亮度变化,受太阳光及杂散光的比例变化影响也较原始光谱要小.虽然更为高阶的导数也有人研究过,但一阶或二阶导数往往更为有用且包含了大部分的信息.

例如,相对于植被的光谱曲线,土壤的光谱曲线

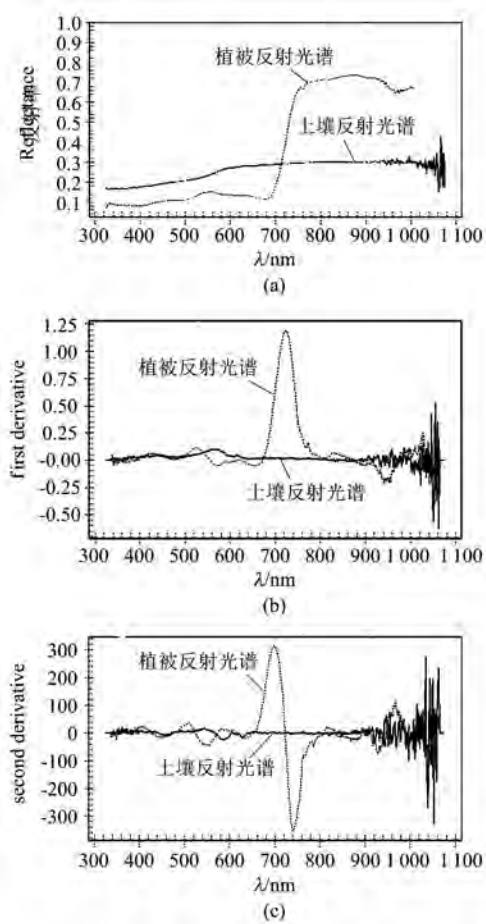


图9 植被与土壤反射光谱(a)及其一阶导数(b)、二阶导数曲线(c)
 Fig.9 The reflectance curve of vegetation and soil (a), first derivative (b) and second derivative (c)

是接近线性的. 所以从理论上讲, 二阶导数可以非常好地消除土壤背景信号. 如图9(a)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、二阶导数运算如图9(b), 图9(c)所示. 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700~750nm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.

4.3 连续统去除

连续统去除法(Continuum Removal, 类似于包络线去除法)是一种常用光谱分析方法. 利用连续统去除可以去掉不感兴趣的吸收谱的影响, 而且连续统去除法可以有效突出光谱曲线的吸收和反射特征, 并将反射率归一化到0~1.0, 光谱的吸收特征也归一化到一致的光谱背景上, 有利于与其他光谱曲线进行特征

数值的比较, 从而提取特征波段以供分类识别. 本文凭借 ENVI 软件, 分别建立了土壤和植被数据库, 用实际光谱反射率去除包络线上相应波段的反射率值, 可得到包络线消除法归一化后的值(如图10).

采用连续统去除法获得土壤主要吸收波段的位置主要在350~600nm, 以及900~1000nm之间. 对于土壤反射光谱而言, 其吸收特征与某些特定的土壤属性有关. 在可见光(400~700nm)和短近红外(700~1000nm)波段范围, 土壤光谱的吸收特征主要由于金属离子(如 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 和 Mn^{3+} 等)的电子跃迁形成的^[14].

5 结论与讨论

(1) ALOS 影像中的2,3,4波段可以比较容易地识别植被、土壤、水体这三大物.

(2) 采用移动平均法进行了光谱曲线噪声去除, 分析实测光谱数据噪声特征, 部分消除了高频成分, 使光谱曲线较为光滑. 利用导数光谱技术消除了背景噪声、分辨重叠光谱; 利用连续统去除法去掉不感兴趣的吸收谱的影响, 使之有效突出光谱曲线的吸收和反射特征.

(3) 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

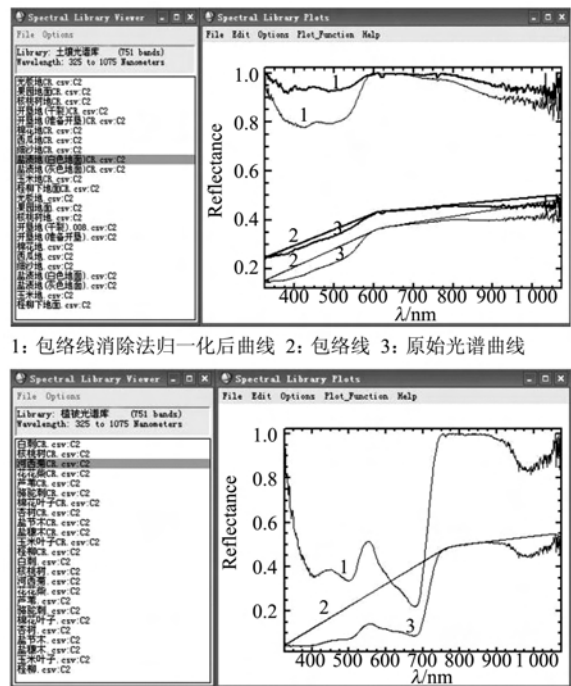


图10 包络线消除前后的光谱曲线图
 Fig.10 Spectrum curve of original data and normalized data by the continuum removal

量. 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. 下一步的工作即改进的地方是增强专业型的波谱库的共享性, 统一规范, 扩充其光谱数据, 进行二次开发.

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、棉花地等)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. 故对该绿洲典型地物光谱特征的分析将在干旱区土壤、盐生植被的理化性能、植被调查和干旱区的生态环境及遥感反演等研究中具有重要的意义.

REFERENCES

- [1] Cao Ru-Yin, Chen Yun-Chao, Huang Wen-Jiang. Design and development of hyperspectral library for recognizing disease of crops[J]. *Journal of Natural Disasters*(曹入尹, 陈云浩, 黄文江. 面向作物病害识别的高光谱波谱库设计与开发. *自然灾害学报*), 2008, **17**(6): 73—76.
- [2] Chen Jin, Yang Wei, Zhang Yuan-Ming, et al. Spectral characteristics of biological soil crusts in gurbantonggut desert, xinjiang[J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis*(陈晋, 杨伟, 张元明, 等. 古尔班通古特沙漠生物土壤结皮反射光谱特征分析. *光谱学与光谱分析*), 2008, **28**(1): 28—32.
- [3] Liu Chuan-Sheng, Tashpolat · Tiyip, Ding Jian-Li. Land-cover change of YuTian oasis based on remote sensing and GIS[J]. *Journal of Desert Research*(刘传胜, 塔西甫拉提·特依拜, 丁建丽. 基于遥感与 GIS 的于田绿洲土地覆盖动态研究. *中国沙漠*), 2003, **23**(1): 59—63.
- [4] Zomer R J, Trabucco A, Ustin S L. Building spectral libraries for wetlands land cover classification and hyperspectral remote sensing[J]. *Journal of Environmental Management*, 2008, 1—8.
- [5] Ramarao N. Development of a crop-specific spectral library and discrimination of various agricultural crop varieties using hyperspectral imagery[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2008, **29**(1): 131—144.
- [6] Tian Qing-Jiu, Gong Peng, Zhao Chun-Jiang, et al. A feasibility study on diagnosing wheat water status using spectral reflectance[J]. *Chinese Science Bulletin*(田庆久, 宫鹏, 赵春江, 等. 用光谱反射率诊断小麦水分状况的可行性分析. *科学通报*), 2000, **45**(24): 2645—2650.
- [7] Tang Yan-Lin, Huang Jing-Feng, Wang Xiu-Zhen, et al. Comparison of the characteristics of hyper spectra and the red edge in rice, corn and cotton[J]. *Scientia Agricultura Sinica*(唐延林, 黄敬峰, 王秀珍, 等. 水稻、玉米、棉花的高光谱及其红边特征比较. *中国农业科学*), 2004, **37**(1): 29—35.
- [8] Hu Shun-Jun, Song Yu-Dong, Tian Chang-Yan, et al. Proper scale of Weigan River plain oasis[J]. *Science in China Ser. D Earth Science*(胡顺军, 宋郁东, 田长彦, 等. 渭干河平原绿洲适宜规模. *中国科学 D 辑(地球科学)*), 2006, **36**(增刊 II): 51—57.
- [9] Wan Yu-Qing, Yan Yong-Zhong, Zhang Feng-Li. A research on the hyperspectral indexes of dominant vegetation in YANHE Drainage area [J]. *Remote Sensing for land&Resources*(万余庆, 阎永忠, 张凤丽. 延河流域植物光谱特征分析. *国土资源遥感*), 2001, **49**(3): 15—20.
- [10] Wang Jie, Xu Rui-Song. Spectral characteristics of main types of soil in western of Guangdong [J]. *Ecology and Environment*(王洁, 徐瑞松. 广东西部主要土壤的光谱特征. *生态环境*), 2008, **17**(5): 1931—1936.
- [11] Yuan Chun-Qiong, Shen Tao, Liu Chuan-Sheng, et al. Analysis on ground reflected dpectrum and remote sensing data of mengjin reservoir and vicinities [J]. *Journal of Desert Research*(袁春琼, 沈涛, 刘传胜, 等. 五家渠猛进水库及周边地区地物光谱遥感数据分析. *中国沙漠*), 2003, **23**(5): 549—553.
- [12] Zhou Ping, Wang Run-Sheng, Yan Bo-Kun, et al. Extraction of soil organic matter information by hyperspectral remote sensing[J]. *Progress in Geography*(周萍, 王润生, 阎柏琨, 等. 高光谱遥感土壤有机质信息提取研究. *地理科学进展*), 2008, **27**(5): 28—34.
- [13] Cloutis E A. Hyperspectral geological remote sensing: evaluation of analytical techniques [J]. *Journal of Remote Sensing*, 1996, **17**(12): 2215—2242.
- [14] Liu Wei-Dong, Fredeic B, Zhang Bin, et al. Extraction of soil moisture information by hyperspectral remote sensing [J]. *Acta Pedologica Sinica*(刘伟东, Fredeic B, 张兵, 等. 高光谱遥感土壤湿度信息提取研究. *土壤学报*), 2004, **41**(5): 700—706.