

PSR-1100地物光谱测量实验设计与数据处理

齐建国 徐亚欣 邱健壮
山东农业大学 山东泰安 271018

摘要: 遥感原理与应用是测绘遥感类专业的必修课,地物光谱相关知识是遥感类课程的基础,地物光谱测量对传感器定标、遥感数据解译、遥感应用研究具有重要意义。本文结合地物光谱数据测量影响因素和PSR-1100便携式地物光谱仪的特点,进行了实验设计,详细阐述了PSR-1100便携式地物光谱仪的操作方法和基本流程,地物光谱数据测量方案及数据处理方法,为遥感课程学习和未来科研、工作提供帮助。

关键词: 地物光谱仪; 光谱测量; 实验设计; 植被指数

Experimental design and data processing of PSR-1100 object spectrum Measurement

Qi Jianguo, Xu Yaxin, Qiu Chunhong
Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong, China

Abstract: The principle and application of remote sensing is a required course for surveying, mapping, and remote sensing majors. The knowledge related to object spectroscopy is the foundation of remote sensing courses. Object spectral measurement is of great significance to sensor calibration, remote sensing data interpretation, and remote sensing application research. In this paper, factors affecting spectral measurements and the characteristics of the PSR - 1100 portable object spectrometer, have carried on the experimental design. And it detailed elaborates on the PSR - 1100 portable feature operation method and the basic process of the spectrometer, a spectral data measurement scheme, and data processing method. It provides help for remote sensing course study and future scientific research and work.

Keywords: object spectrum; Spectral measurement; Experimental design; Vegetation index

引言:

随着国民经济的发展和社会进步,特别是数字地球、智慧城市的实施,对测绘学科人才的需求越来越迫切。据统计,2021年仅中国大陆招收测绘类本科专业的普通高校共有220所,其中招收测绘工程本科专业的普通高校有144所,招收遥感科学与技术本科专业的有53所,开设工程测量技术专业的高职高专院校有192所,所有测绘类专业都要开设一门重要的专业课,就是遥感原理与应用,或者称为遥感技术与应用。

遥感原理与应用课程系统介绍了电磁波遥感物理基础、遥感数据的获取、遥感数据的处理、遥感信息的提取以及遥感技术应用等知识^[1]。地物光谱测量是该课程

遥感物理基础部分的重要内容,教学大纲也都安排一个3-4学时的课程实验。鉴于此,本文基于PSR-1100便携式地物光谱仪进行了实验设计,阐述其工作原理、操作方法和基本流程,设计讨论地物光谱测量室内和野外两套实验方案及数据处理方法。

一、地物光谱测量原理

辐射能量入射到地物表面,会出现三个过程:一部分入射能量被地物反射;一部分被地物吸收,成为地物本身内能(再发射出来);一部分被地物透射。根据能量守恒定律,可求得地物的发射率、反射率和透射率,对于不透明物体,其发射率与反射率可用如下关系表述: $\varepsilon = 1 - \rho$ 。因此,地物的发射辐射特性可以通过间接测定其反射辐射特性得到,即测定在给定波段范围内,地物的电磁波反射率的变化规律,进而得到地物的发射辐射特性^[2]。地物反射波谱特征测定的原理是利用光谱测定

作者简介: 齐建国,男,汉族,山东青州人,副教授,硕士,现主要从事测绘遥感等教学科研工作。

仪器, 设置不同波长或波谱段, 分别探测标准板和地物, 测量和计算地物对应每个波长或波谱段的反射率, 其反射率的变化规律即反映了该地物的波谱特性^[3]。

常用测量仪器有分光光度计、光谱仪、摄谱仪、以及高光谱成像仪等, 测量原理是先测量地物和标准板的反射辐射通量密度:

$$\phi(\lambda) = \frac{1}{\pi} \rho(\lambda) E(\lambda) \tau(\lambda) \beta G \Delta \lambda \quad (1)$$

$$\phi_s(\lambda) = \frac{1}{\pi} \rho_s(\lambda) E(\lambda) \tau(\lambda) \beta G \Delta \lambda \quad (2)$$

经光电管转变为电流强度

$$V(\lambda) = \kappa(\lambda) \phi(\lambda) \quad (3)$$

通过地物与已知反射率的白板(标准板)相比较, 求出地物反射率

$$\rho(\lambda) = \frac{V(\lambda)}{V_s(\lambda)} \rho_s(\lambda) \quad (4)$$

式中 $\rho(\lambda)$ 为被测物体的反射率, $\rho_s(\lambda)$ 为标准板的反射率, $V(\lambda)$ 、 $V_s(\lambda)$ 分别为被测物体和标准板的仪器测量值。

二、实验设备与处理软件

1. PSR-1100 地物光谱仪

PSR-1100地物光谱仪是美国Spectral Evolution公司设计生产的便携式地物光谱测量仪器。PSR-1100光谱仪的波长观测范围为320nm-1100nm, 包含了广泛用于植被研究的可见光和近红外波段, 光谱采样宽度为1.5nm, 光谱分辨率为3.2nm。该仪器的特点是方便灵活, 重量轻, 便携带, 可单机使用, 也可与电脑或手簿联合使用; 自动暗电流、自动曝光、自动快门, 一键自动完成光谱采集; 配备两块锂电池, 一块电池续航时间大于4小时; 可配不同视场角镜头, 以适应不同的应用需求, 为全反射光学系统提供更高的光学效率和更低的杂散光; 随机软件可视化程度高, 数据处理方便, 后续应用功能强大。

2. DARWIN SP 软件

随机软件DARWIN SP可以测量、存储、查看和显示获得的扫描数据, 并可做简单的数据分析和处理。数据以ASCII形式输出, 可以输出到第三方软件中进行进一步的分析。运行DARWIN SP软件, 打开主窗口连接PSR-1100和PC, 可进行软件参数基本设置, 可自主选择需要查看或导出的数据, 保存到PC指定路径, 为后续数据分析做准备。软件界面友好, 有菜单栏、控制工具栏、连续扫描工具栏、扫描控制工具栏、光谱曲线显示窗口、测量数据窗口等组成。光谱曲线显示与测量数据窗口如图1所示。

三、光谱测量实验设计

1. 目的意义

地物光谱测量实验其目的是让学生掌握地物波谱特性的基本概念、掌握测定地物波谱曲线的原理和方法、学会分析影响地物波谱特性的因素及其变化规律, 为今后学习传感器定标、遥感数据处理、遥感技术应用和未来发展深造研究打好基础^[4]。

2. 测量方案

为了让学生充分学习地物光谱测量相关内容, 达到实习实验目的, 该实验设计为3-5人为一个小组, 分别完成室内和野外两种测量方案的实习实验, 合作完成实验内容, 独立完成实验报告。

2.1 室内测量方案

(1) 测样准备。根据实验要求准备植物、土壤、岩石、水等待测地物, 另外为增强学习性趣, 可鼓励学生自备待测地物。测量前, 要对地物进行表面清洁、形状整饰等, 以消除地物表面杂质和阴影对其光谱特性的影响。

(2) 光源选择。实验室地物光谱测量宜选择接近太阳光的卤素灯作为人工光源, 可以根据研究需要灵活控制光线照射角度, 以取得满意的测量结果。

(3) 背景布置。黑天鹅绒布具有黑体辐射特征, 对光的反射率几乎为零, 选择黑天鹅绒布作为测量背景, 可以消除背景反射光的影响, 还可以消除阴影的影响。

(4) 测量设置。室内测量相对于野外测量来说, 光照条件和空气流动性相对稳定, 影响因素相对较少, 本方案可选择光谱测量次数为5次, 白板校正时间间隔为20分钟, 建议每换一类地物都应校正白板。

2.2 野外测量方案

(1) 场地准备。实验场地尽量选择校内, 地物尽量与室内实验地物对应, 以便比较分析。

(2) 观测环境。晴朗天气, 光照稳定, 无严重大气污染, 避开阴影和强反射体, 风力小于3级。测量时间一般要求在10:00到14:00之间, 学生实验可根据课程安排适当扩宽。

(3) 观测频度。每个测点按照5-10秒的间隔读取5个光谱数据。取光谱曲线的均值作为该目标地物当次测量的或是值, 以降低噪声和随机误差。

(4) 白板校正。野外测量天气较好时每隔5分钟需要白板校正1次, 或者每换一类地物都应校正白板, 防止传感器响应系统的漂移和太阳入射角的变化影响, 出现任何不确定因素, 应进行白板校正。

(5) 辅助数据。详细记录测点的位置(GNSS数据)、太阳高度角、方位角、植被类型等,并实时野外照相记录,便于后续的解释分析^[5]。

3. 注意事项

(1) 防止光污染。测量者尽量穿深色衣服,防止光污染。探头定位时必须避免阴影,人应该面向光源,野外大范围测量时,要沿阴影的反方向布置测点。

(2) 仪器位置。观测时仪器应垂直向下正对着被测物体,测量时应确保光纤探头视野范围内充满待测目标,一般与地物相距10-20厘米。

(3) 工作模式。PSR-1100地物光谱仪有三种工作模式:单机模式、与PC配合模式、与手簿配合模式,学生实验建议用与PC配合模式,并连接投影,边测边讲解,实验效果好。

4. PSR-1100 仪器操作流程

(1) 在计算机或手簿上安装地物光谱仪数据处理软件,架设地物光谱仪并做设置;

(2) 仪器与计算机连接,设置扫描参数、文件类型、保存路径、文件名称、序号;

(3) 仪器探头照准标准板,测量记录标准板在波长 λ_1 、 λ_2 、 \dots 、 λ_n 处的观测值 $V_s(\lambda)$;

(4) 仪器探头照准待测地物,测量记录地物在波长 λ_1 、 λ_2 、 \dots 、 λ_n 处的观测值 $V(\lambda)$;

(5) 计算机或手簿展示测量数据,并自动绘制地物波谱曲线,实验完毕数据及时导出。

四、实验数据处理与应用

PSR-1100可通过蓝牙或USB连接电脑,并通过自带的DARWin SP软件实现数据查看、光谱分析、植被指数计算、CIE标准色度分析、能量计算、太阳能模拟器分析等功能。本文重点介绍数据查看、光谱曲线分析、植被指数计算等应用。

1. 数据查看

DARWin PS具有单目标测量窗口和多目标光谱曲线显示窗口两种查看方式。

单目标测量窗口中红线、绿线分别表示参考板测量数据、目标测量数据,左纵轴显示刻度,蓝线表示目标与参考板测量数据的比率,右纵轴显示刻度,右上角为图例。可通过Plot Settings对话框,更改显示数据的类型,编辑标题和坐标轴。多目标光谱曲线显示窗口可以选择目标的辐亮度、反射率、DN值或者比率等光谱曲线。

2. 光谱分析

现场测量结果可在软件窗口直接显示测量数据和光

谱曲线,也可打开历史观测数据。如图1为某绿色植物实验结果。可见光波段内,在中心波长分别为 $0.45\mu\text{m}$ (蓝色)和 $0.67\mu\text{m}$ (红色)的两个谱带为叶绿素光合作用的能量吸收谷,在 $0.55\mu\text{m}$ 附近有一个绿色反射峰。在可见光波段与近红外波段之间,即大约 $0.76\mu\text{m}$ 附近,反射率急剧上升,完成可见光到近红外的过渡,形成明显的“红边”效应,在近红外波段有一因植物细胞结构影响形成的强烈反射平台,这是绿色植物曲线最为明显的特征,是研究植被的重点光谱区域,是我们通过遥感来识别绿色植物的光谱基础。

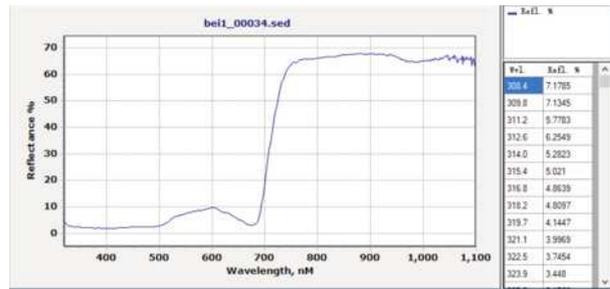


图1 地物光谱曲线

3. 计算各类植被指数

植被指数(VI)在遥感应用研究中有着特殊的地位,是两个或多个波长范围内的地物反射率组合运算结果,目的是增强植被某一特性或者某些细节。应用DARWIN SP光谱分析软件可以进行宽带绿度、窄带绿度等多种植被指数的计算。DARWIN SP光谱分析软件提供了AVHRR、IKONOS、LANDSAT、MODIS、SPOT等多个卫星传感器的计算方式,学生也可以自定义计算方式。

宽带绿度指数公式中规定波段的中心波长: $\lambda_{\text{NIR}}=840\text{nm}$, $\lambda_{\text{Red}}=660\text{nm}$, $\lambda_{\text{Green}}=560\text{nm}$, $\lambda_{\text{Blue}}=450\text{nm}$ 。其波长范围参见图2。

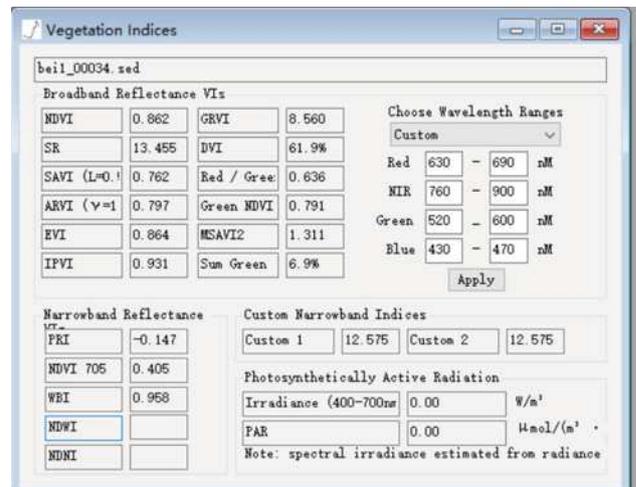


图2 绿度指数计算

表1 常用宽带绿度指数和窄带绿度指数

宽带绿度指数 -Broadband Greenness index (6种)		窄带绿度指数 -Narrowband Greenness index (5种)	
名称	公式	名称	公式
归一化植被指数 NDVI	$NDVI = \frac{\rho NIR - \rho Red}{\rho NIR + \rho Red}$	红边归一化植被指数 NDVI ₇₀₅	$NDVI_{705} = \frac{\rho 750 - \rho 705}{\rho 750 + \rho 705}$
比值植被指数 SR	$SR = \frac{\rho NIR}{\rho Red}$	光化学植被指数 PRI	$PRI = \frac{\rho 531 - \rho 570}{\rho 531 + \rho 570}$
增强植被指数 EVI	$EVI = \frac{2.5 * (\rho NIR - \rho Red)}{\rho NIR + 6 * \rho Red - 7.5 * \rho Blue + 1}$	归一化氮指数 NDNI	$NDNI = \frac{\log(1 / \rho 1510) - \log(1 / \rho 1680)}{\log(1 / \rho 1510) + \log(1 / \rho 1680)}$
差值植被指数 DVI	$DVI = \rho NIR - \rho Red$	水波段指数 WBI	$WBI = \frac{\rho 900}{\rho 970}$
红绿比值指数 RG	$RG = \frac{\rho Red}{\rho Green}$	归一化水指数 NDWI	$NDWI = \frac{\rho 857 - \rho 1241}{\rho 857 + \rho 1241}$
绿度植被指数 GNDVI	$GNDVI = \frac{\rho NIR - \rho Green}{\rho NIR + \rho Green}$		

窄带绿度指数使用了红色与近红外区域的红边部分，红边介于690 nm-740 nm之间。常用宽带绿度指数和窄带绿度指数如表1所示。

应用DARWin SP工具植被指数功能计算各类指数，如图2所示，根据观测数据可以直接计算12种宽带绿度指数和5种窄带绿度指数。

宽带绿度指数选择的波段范围在可见光和近红外波段。它可以监测绿色植被的数量和生长状况，对植物的叶绿素含量、叶层表面、冠层结构比较敏感。

窄带绿度指数使用了红色与近红外区域部分，它对叶绿素含量、叶层表面、叶聚丛等非常敏感。它比宽带绿度指数更加灵敏，随着高光谱遥感数据的获取更加方便，对于茂密植被研究更宜应用窄带植被指数。

五、结论与展望

地物光谱反射特性测量实验是遥感原理与应用课程教学的一个重要实验，也是遥感技术的重要理论基础，在实践教学中具有重要的地位和作用。

该实验设计中应用的PSR-1100野外便携式光谱

仪波长范围仅为320-1100nm，条件允许的可选用320-2500nm或者高光谱成像仪获取更广泛、更精确的波谱信息和研究结论，也可借助ArcGIS、ERDAS、ENVI等软件对地物光谱数据进行挖掘，模拟地物光谱反射率图像，可以起到事半功倍的效果。通过实习实验加深学生对遥感知识的理解和掌握，进一步巩固和深化理论知识，提高课程学习质量。

参考文献：

- [1]包玉龙. 枯草光谱测量实验设计[J]. 教育教学论坛, 2016 (47): 271-272.
- [2]李艳红等. 地物光谱测定与分析. 创新实验教学改革[J]. 测绘地理信息, 2016, 41 (05): 93-96.
- [3]张海波, 李峰. ASD地物光谱仪测量技术及使用方法[J]. 山东气象, 2014, 34 (01): 46-48.
- [4]高婷, 李健强, 杨敏. 浅谈便携式光谱仪野外岩矿测量方法[J]. 科技风, 2012 (09): 112-113.
- [5]张照录. 地物光谱反射率野外测量实验方案改进[J]. 测绘科学, 2010, 35 (05): 176-177+175.