

文章编号:1672-9331(2017)04-0001-09

基于光谱特征的路面材料区分度分析

张映雪¹, 徐 威¹, 王 勇², 庄大方²

(1.长沙理工大学 交通运输工程学院,湖南 长沙 410004; 2.中国科学院 地理科学与资源研究所,
国家资源与环境信息系统重点实验室,北京 100101)

摘 要: 为了将高光谱遥感技术应用于道路路面类型识别、路面损毁情况研判以及道路健康状况监测中,通过采集沥青混凝土、水泥混凝土、草地、裸土 4 类地物的光谱数据,对 4 类地物的原始光谱数据的三边参数进行无量纲化处理和降维处理后,计算并分析 4 类地物之间的区分度。在此基础上深入研究了基于光谱特征的不同路面材料区分度特征。研究结果表明,与全部参数和部分参数 2 种参数选择相比,主成分分析法更适合于地物光谱的参数区分度分析;沥青混凝土和水泥混凝土 2 种路面与其草地的区分度较高,与裸土的区分度较低,而且 2 种路面之间的区分度也较低;草地与其他地物、裸土与水泥混凝土的区分规则可以从红边面积与幅值、三边位置、红蓝边面积比、红黄边面积比、归一化红蓝边面积差等参数中选择;沥青混凝土与水泥混凝土的区分规则可以从红边面积与幅值、黄边面积、归一化红黄边面积差等参数中选择;裸土与水泥混凝土的区分则需要通过其他方法获得。

关键词: 高光谱遥感技术; 道路识别; 道路健康监测; 地物光谱数据; 特征分析; 区分度分析

中图分类号: U414

文献标识码: A

Discrimination spectral analysis of pavement materials based on spectral characteristics

ZHANG Ying-xue¹, XU Wei¹, WANG Yong², ZHUANG Da-fang²

(1.School of Traffic and Transportation Engineering, Changsha University of Science and Technology,
Changsha 410004, China; 2.State Key Laboratory of Resources and Environmental Information
System, Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research,
Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: The application of hyperspectral remote sensing technology in road surface type recognition, pavement damage assessment and road health monitoring is one of important applications and future trends of remote sensing technology in the field of transportation. We collect a lot of spectral data of asphalt concrete, cement concrete, grassland and bare soil four kinds of objects in our study. The original spectral data of the trilateral parameters were nondimensionalized and dimensioned. Finally, the spectral division between four objects was calculated, and the segmentation characteristics of different pavement materials based on spectral characteristics are deeply studied. The results of the study are as follows:

收稿日期:2017-11-06

基金项目:国家高分辨率对地观测系统重大专项(30-Y20A01-9003-16/17,30-Y20A07-9003-17/18)

作者简介:张映雪(1970-),女,湖北武昌人,长沙理工大学副教授,主要从事道路安全与环境方面的研究。

通讯作者:王 勇(1975-),男,湖北随州人,中国科学院地理科学与资源研究所副研究员,主要从事环境遥感与卫生健康 GIS 应用的研究。E-mail:wangy@igsrr.ac.cn

(1) Compared with two parameters of all parameters and partial parameters, the principal component analysis is more suitable for the analysis of the parameters of the ground spectrum. (2) The distinction between two kinds of pavement of asphalt concrete and cement concrete is higher than that of grassland, and the distinction degree between them is lower than that of bare soil, and the distinction degree between two kinds of pavement is also low. (3) The differentiation rules between grassland and other ground features, bare soil and concrete can be selected from the following parameters: the red edge area and amplitude, the three edge position, the ratio of the red to blue edge area, the ratio of the red to yellow edge area, and the difference of the normalized red and blue edge area. The distinction rules between asphalt concrete and cement concrete can be selected from the following parameters: red edge area and amplitude, yellow edge area, normalized red and yellow edge area difference. The distinction rules between bare soil and cement concrete need to be obtained by other methods. The results of the study will provide a reference and theoretical reference for hyperspectral remote sensing technology in road recognition research and application.

Key words: hyperspectral remote sensing technology; road recognition; road health monitoring; ground spectrum data; feature analysis; discrimination analysis

高光谱遥感数据具有波段多、光谱分辨率高的特点,它实现了遥感数据图像维与光谱维信息的有机融合,从而提高了地物识别与分类的精度,为地物的精细识别提供了技术支撑,为遥感定量研究提供了方向^[1-2]。因此,高光谱遥感数据及其技术已应用到环境监测、资源调查等多个领域。而地物光谱的光谱特征分析是高光谱遥感数据及其技术应用的基础,也引起了广大学者的关注,成为高光谱遥感技术研究的热点^[3]。

目前,国内外学者对地物光谱的分析研究主要集中在植物光谱三边参数的研究和地物光谱数据库的建立两个方面^[4-8]。植物光谱“三边”参数的研究着重于研究光谱“三边”参数,地物光谱数据库的建立着重于健全地物光谱的数据库,但两者对于人造地物光谱的研究涉及较少。道路作为重要的人造地物之一,既是现代交通体系的主体研究对象,同时也是地图标识以及地理信息系统(GIS)与遥感技术记录和提取的主要对象^[7],因此,针对道路光谱进行分析研究可以为遥感技术在道路识别方面的应用提供参考。但是,目前对于道路光谱的分析研究较少,缺乏系统的、科学的分析手段和理论,所以作者选择借鉴植物光谱“三边”参数的研究对道路的“三边”参数进行分析研究。

光谱“三边”参数的数量较多,容易造成信息冗余,有效信息不能充分利用,需要对“三边”参数

进行降维处理。同时,“三边”参数各指标间的单位和量级的不同,导致无法对道路光谱的“三边”参数进行直接分析,需要其数值进行无量纲化。主成分分析法(Principle Component Analysis,简称PCA)是一种在原始数据信息损失最小的情况下,将多变量数据转化为少数几个变量的统计方法^[9],该方法能够很好地解决数据信息冗余的问题。无量纲化的方法有多种,其中Z-score方法相比于其他线性无量纲化法,具有单调性、差异比和不变性良好的特点,能同时满足平移无关性、缩放无关性以及总量恒定性的要求,是一种在实践中得到广泛应用的无量纲化法^[10]。因此,作者选择主成分分析法对道路光谱信息进行降维处理,选择Z-score方法对道路光谱信息进行无量纲化。

本研究参考植物光谱“三边”参数的研究,首先对道路光谱“三边”参数的数值进行无量纲化处理,得到单位统一、量级相同的“三边”参数数值;然后对道路光谱信息进行降维处理,减少不相关的光谱三边参数,提高光谱参数信息利用的效率;最后根据无量纲化后的参数数值以及降维处理得出的参数进行路面材料与其他地物的光谱区分度分析。研究结果可为高光谱遥感在道路识别方面的应用提供科学依据,为大范围的道路信息快速提取提供技术支撑,为遥感技术在路面材料识别以及道路健康监测方面提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区选定京承高速,京承高速大致分为三段,第一段范围是北京四环路的望和桥—六环路高丽营,全长 21 km,截止采样时间已建成通车 14 y,维修后通车 2 y;第二段范围是六环路高丽营—密云区,全长 46.7 km,截止采样时间已建成通车 10 y,维修后通车 1 y;第三段范围是沙峪沟—京冀界,全长 76.6 km,截止采样时间已建成通车 7 y。采集的地物光谱包括沥青混凝土路面、水泥混凝土路面、草地、裸土的地物光谱,采集时间为 2016 年 10 月 10~13 日 10:00~14:00,天气晴朗、无风、无云。京承高速主路为沥青道路,面层采用改性沥青玛蹄脂碎石混合料(SMA-13),辅路路面为细粒式沥青混凝土(AC-13C),支路路口接顺路面结构采用中粒式沥青混凝土(AC-16C)。考虑到不同时间段光谱的变化不同以及天气等不可控因素的影响,本研究选择收费站附近样本点的光谱数据进行分析,其中,草地以及裸土的光谱在收费站附近采集,沥青路面光谱为辅路的路面光谱,水泥混凝土路面光谱为收费站出口处的路面光谱。样本点分布见图 1。

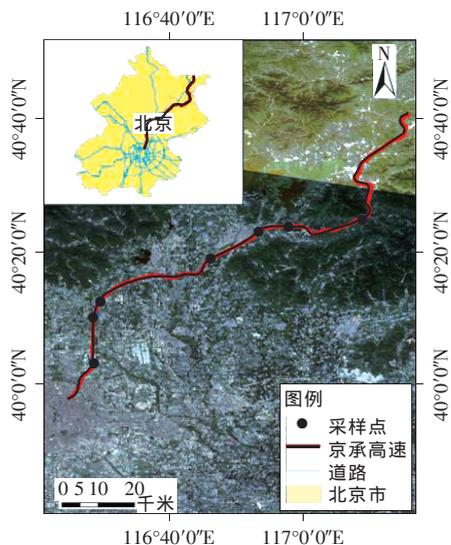


图 1 京承高速样本点分布图

Fig. 1 Distribution map of Jingcheng expressway sample point

1.2 数据来源

本研究所用数据包含基础地理数据、遥感影

像数据以及地物光谱采样数据 3 类。

1) 基础地理数据与遥感影像数据。

基础地理数据和遥感影像数据包括北京市行政区划、北京市高速公路路网以及京承高速周边地区 GF-1 号遥感影像数据,两者均来自于中国科学院资源环境科学数据中心。该中心的数据具有较高的精度,被广泛应用于与中国相关的科学研究中^[13]。

2) 地物光谱采样数据。

本研究采用美国 ASD (Analytical Spectral Device) 公司的 ASD Field Spec Hand Held 2 手持式地物光谱仪,光谱范围为其波段值,范围为 325~1 075 nm,波段步长 1 nm,光谱采样间隔约 1.5 nm,光谱分辨率 3.0 nm,探头视场角度为 25°。数据采集方法参考《ASD 地物光谱仪测量技术及使用方法》^[14],采集完毕后挑选出收费站周边采样点的数据,通过 ViewSpecPro 和 Origin 软件进行光谱数据预处理,得到原始光谱曲线以及光谱一阶导数反射比(如图 2 所示)。

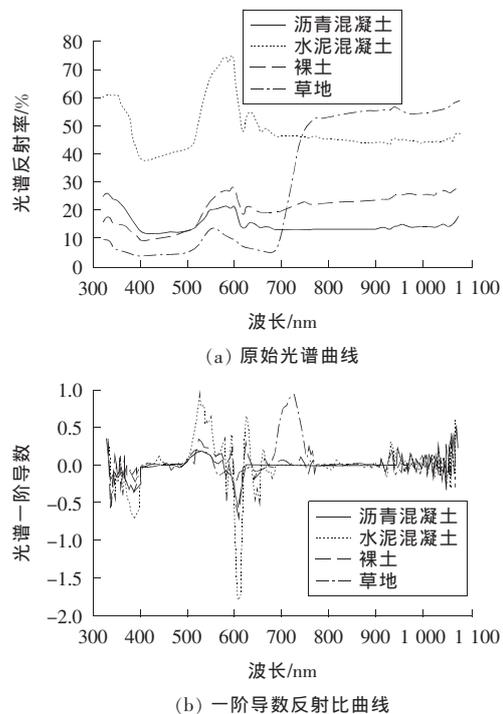


图 2 4 种地物原始光谱曲线与一阶导数反射比曲线

Fig. 2 The original spectral curve and the first derivative reflectance curve of four kinds of surface features

1.3 研究方法

本研究首先通过软件对野外采样数据进行处理,得出地物光谱的三边参数数值;然后对三边参

数数值进行无量纲化处理,得到单位统一、量级相同的三边参数数值;再对三边参数进行降维处理,得到主成分参数;最后根据主成分参数进行道路区分度分析。其技术路线如图3所示。

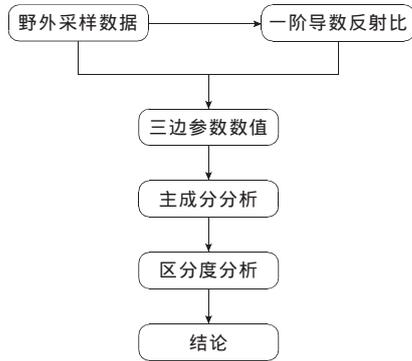


图3 技术路线图

Fig. 3 Technology roadmap

1) 光谱的三边参数。

研究表明,不同地物光谱之间存在差异,任意一种地物的高光谱中都可以找出一个或者一组光谱波段对该地物进行区分^[8]。为了运用光谱特征

将路面与其他地物相区分,本研究选用红边、黄边、蓝边等“三边”参数进行地物的区分度分析。三边参数的相关定义与含义^[12]见表1。

2) 主成分分析法。

主成分分析法可以很好地解决“三边”参数个数较多信息冗余的问题,该方法可以对光谱的原始数据进行降维处理,同时尽可能少地损失原始数据的信息,降低计算的复杂性,从而提高原始数据的利用效率^[9]。由于“三边”参数的单位以及量级不同,在主成分分析之前需要对“三边”参数进行无量纲化处理,Z-score方法是以标准差代替理想差值,避免了理想指标值的主观随意性;而且相比于其他线性无量纲化法,满足的理想性质最多,是一种在实践中得到广泛应用的无量纲化法^[10],所以本研究选用Z-score方法作为“三边”参数无量纲化的方法。Z-score方法公式为:

$$y = \frac{x - \bar{x}}{s} \quad (1)$$

式中: y 为单项指标的评价标准值; x 为单项指标的原始值; \bar{x} 为指标 x 的均值; s 为样本的方差。

表1 “三边”参数定义

Table 1 Definition of trilateral parameters

光谱变量	公式	定义
蓝边面积 SD_b	$SD_b = \sum_{i=490}^{530} f'(x)$	490 ~ 530 nm 范围内光谱一阶导数总和
黄边面积 SD_y	$SD_y = \sum_{i=550}^{582} f'(x)$	550 ~ 582 nm 范围内光谱一阶导数总和
红边面积 SD_r	$SD_r = \sum_{i=680}^{760} f'(x)$	680 ~ 760 nm 范围内光谱一阶导数总和
蓝边幅值 D_b	$D_b = \max f'(x), x \in [490, 530]$	波段 490 ~ 530 nm 范围内最大的光谱一阶导数
黄边幅值 D_y	$D_y = \max f'(x), x \in [550, 582]$	波段 550 ~ 582 nm 范围内最大的光谱一阶导数
红边幅值 D_r	$D_r = \max f'(x), x \in [680, 760]$	波段 680 ~ 760 nm 范围内最大的光谱一阶导数
蓝边位置 λ_b		D_b 对应的波长值(nm)
黄边位置 λ_y		D_y 对应的波长值(nm)
红边位置 λ_r		D_r 对应的波长值(nm)
红蓝边面积比	$\frac{SD_r}{SD_b}$	红边面积与蓝边面积的比值
红黄边面积比	$\frac{SD_r}{SD_y}$	红边面积与黄边面积的比值
归一化红蓝边面积差	$\frac{SD_r - SD_b}{SD_r + SD_b}$	红边面积与蓝边面积的归一化比值
归一化红黄边面积差	$\frac{SD_r - SD_y}{SD_r + SD_y}$	红边面积与黄边面积的归一化比值

注: $f'(x)$ 为光谱曲线函数的一阶导数。

3) 区分度分析。

根据对道路路面、草地、裸土等地物的光谱“三边”参数分析,可以将沥青混凝土路面、水泥混

凝土路面与其他地物进行区分。现用不同地物类型光谱区分度(T)来表达光谱特征的地物可分性^[11],其公式为:

$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sqrt{(A_i - A_j)^2 + (B_i - B_j)^2 + \dots + (V_i - V_j)^2} \quad (2)$$

式中: A, B, V 分别为地物光谱的特征参数; n 为地物类型数; i 和 j 为 2 个不同的地物类型。

本研究通过道路路面与其他地物光谱的欧氏距离总和来评价道路路面与其他地物区分的敏感性与可分性。其中, T 值越大,地物光谱特征参数的空间距离就越大,类间光谱混合就越小,可分性就越大。

2 结果与分析

2.1 “三边”参数数值分析

基于地物光谱采集的数据,运用一阶导数变换方法,对 4 种地物的光谱特征进行分析,得到 4 种地物的三边参数,其结果如表 2 所示。

由表 2 可知,4 种地物“三边”参数中的某些参数的数值与其他地物相差较大。利用这一特征,可以实现 2 种不同类型地物的区分,因此地物之间的区分规则可以从这些参数当中进行初步选择。草地与其他地物数值相差较大的参数有: $SD_r, D_y, D_r, SD_r/SD_b, SD_r/SD_y, (SD_r -$

$SD_y)/(SD_r + SD_y)$;裸土与其他地物数值相差较大的参数有: $SD_r, SD_r/SD_b, SD_r/SD_y, (SD_r - SD_b)/(SD_r + SD_b), (SD_r - SD_y)/(SD_r + SD_y)$;水泥混凝土与其他地物数值相差较大的参数有: $SD_r, D_b, D_y, D_r, SD_r/SD_b, SD_r/SD_y, (SD_r - SD_b)/(SD_r + SD_b), (SD_r - SD_y)/(SD_r + SD_y)$;沥青混凝土与其他地物数值相差较大的参数有 $SD_r, D_y, D_r, SD_r/SD_b, SD_r/SD_y, (SD_r - SD_b)/(SD_r + SD_b), (SD_r - SD_y)/(SD_r + SD_y)$ 。

对草地、裸土、沥青混凝土、水泥混凝土 4 种地物类型的“三边”参数进行无量纲化,得到的结果如表 3 所示。

2.2 “三边”参数主成分分析

根据无量纲化后的“三边”参数,运用主成分分析方法可以得到“三边”参数的主成分分析结果。选取累积贡献率超过 85% 的成分作为主成分,结果如表 4 所示。

表 2 4 种地物“三边”参数统计表

Table 2 Statistical table of trilateral parameter of four kinds of surface features

地物类型	面积			幅值			位置		
	SD_b	SD_y	SD_r	D_b	D_y	D_r	λ_b	λ_y	λ_r
草地	5.177 5	-6.963 5	46.364 0	0.209 5	0.009 0	0.945 5	522	593	721
裸土	5.545 5	-3.622 5	2.986 5	0.345 5	0.282 0	0.113 5	525	626	742
沥青混凝土	4.218 0	-5.259 0	-0.368 0	0.268 0	0.214 0	0.059 0	525	624	759
水泥混凝土	13.472 5	-16.473 0	-1.914 0	0.932 0	0.681 5	0.072 5	525	625	759
地物类型	SD_r/SD_b	SD_r/SD_y	$(SD_r - SD_b)/(SD_r + SD_b)$			$(SD_r - SD_y)/(SD_r + SD_y)$			
草地	8.954 9	-6.658 1	0.799 1			1.353 5			
裸土	0.538 5	-0.824 4	-0.299 9			-10.391 5			
沥青混凝土	-0.087 2	0.070 0	-1.191 2			-0.869 2			
水泥混凝土	-0.142 1	0.116 2	-1.331 2			-0.791 8			

表3 “三边”参数标准化表

Table 3 The standardization of trilateral parameter

地物类型	面积			幅值			位置		
	SD_b	SD_y	SD_r	D_b	D_y	D_r	λ_b	λ_y	λ_r
草地	-0.449 7	0.193 8	1.494 1	-0.687 4	-1.021 4	1.497 8	-1.500 0	-1.498 1	-1.343 9
裸土	-0.363 8	0.773 8	-0.379 2	-0.279 6	-0.051 9	-0.425 7	0.500 0	0.561 8	-0.180 1
沥青混凝土	-0.673 7	0.489 7	-0.524 1	-0.512 0	-0.293 4	-0.551 7	0.500 0	0.436 9	0.762 0
水泥混凝土	1.487 1	-1.457 3	-0.590 8	1.478 9	1.366 7	-0.520 5	0.500 0	0.499 4	0.762 0
地物类型	SD_r/SD_b	SD_r/SD_y	$(SD_r - SD_b)/(SD_r + SD_b)$			$(SD_r - SD_y)/(SD_r + SD_y)$			
草地	1.496 4	-1.486 6	1.328 1			0.767 8			
裸土	-0.400 6	0.307 4	0.209 5			-1.470 8			
沥青混凝土	-0.541 7	0.582 5	-0.697 6			0.344 1			
水泥混凝土	-0.554 0	0.596 7	-0.840 1			0.358 9			

表4 主成分荷载矩阵表

Table 4 Load matrix of principal component analysis

主成分	第一主成分	第二主成分
SD_b	0.558	0.792
SD_y	-0.420	-0.907
SD_r	-0.973	0.230
D_b	0.692	0.690
D_y	0.858	0.473
D_r	-0.960	0.279
λ_b	0.954	-0.300
λ_y	0.950	-0.305
λ_r	0.942	-0.016
SD_r/SD_b	-0.966	0.256
SD_r/SD_y	0.973	-0.217
$(SD_r - SD_b)/(SD_r + SD_b)$	-0.949	-0.042
$(SD_r - SD_y)/(SD_r + SD_y)$	-0.317	0.647

从表4可知, $SD_b, D_b, D_y, \lambda_b, \lambda_y, \lambda_r, SD_r/SD_y$ 在第一主成分上有较高荷载, 说明第一主成分基本反映了这些指标的信息; $SD_b, SD_y, D_b, \lambda_b, \lambda_y, D_y$ 在第二主成分中占有较高荷载, 即第二主成分基本反映了这些指标的信息, 所以提取2个主成分变量代替原来的13个变量。但由于主成分荷载矩阵并不是主成分的特征向量, 即不能成为主成分1和主成分2的系数。用主成分荷载矩阵中的数据除以各自主成分特征值的算术平方根, 用 Y_1 代替主成分1、 Y_2 代替主成分2, $Z_1 \sim Z_{13}$ 分别代表 $SD_b \sim (SD_r - SD_y)/(SD_r + SD_y)$ 的所

有参数, 因此主成分 Y_1 与主成分 Y_2 的线下关系表达式为:

$$Y_1 = 0.184Z_1 - 0.139Z_2 - 0.322Z_3 + 0.229Z_4 + 0.284Z_5 - 0.317Z_6 + 0.315Z_7 + 0.314Z_8 + 0.311Z_9 - 0.319Z_{10} + 0.322Z_{11} + 0.314Z_{12} - 0.105Z_{13}。$$

$$Y_2 = 0.458Z_1 - 0.524Z_2 + 0.133Z_3 + 0.399Z_4 + 0.273Z_5 + 0.161Z_6 - 0.173Z_7 - 0.176Z_8 - 0.009Z_9 + 0.148Z_{10} - 0.125Z_{11} - 0.024Z_{12} + 0.374Z_{13}。$$

各变量系数的绝对值是衡量各变量对主成分贡献大小的指标, 从主成分线性表达式中可以看出, 主成分1中原始指标 $SD_r, D_r, \lambda_b, \lambda_y, \lambda_r, SD_r/SD_b, SD_r/SD_y, (SD_r - SD_b)/(SD_r + SD_b)$ 贡献较大, 主成分2中原始指标 $SD_b, SD_y, D_b, (SD_r - SD_y)/(SD_r + SD_y)$ 贡献较大。同时得到2种主成分的得分, 结果如表5所示。

表5 主成分得分表

Table 5 The score of principal component analysis

地物类型	第一主成分	第二主成分
草地	-19.194 1	0.777 1
裸土	3.671 5	-1.653 4
沥青混凝土	6.851 0	-1.185 9
水泥混凝土	8.671 6	2.062 1

2.3 地物区分度分析

光谱的区分度可以有效地反映地物类型识别与分类提取的可能性。将不同的地物进行光谱区

分度分析,可以得到不同地物之间的光谱区分度以及地物的光谱识别能力。在无量纲化和降维处理后得到主成分参数,对 4 种地物进行两两之间的光谱区分度计算,结果如表 6 所示。

表 6 地物区分度表

Table 6 The discriminative power of surface features

地物类型	$(A_i - A_j)^2$	$(B_i - B_j)^2$	区分度 T
草地—裸土	522.832 2	5.907 3	22.994 3
草地—沥青混凝土	678.344 0	3.853 2	26.118 9
草地—水泥混凝土	776.498 3	1.651 3	27.895 3
裸土—沥青混凝土	10.109 3	0.218 6	3.213 7
裸土—水泥混凝土	25.002 0	13.805 1	6.229 5
沥青混凝土—水泥混凝土	3.314 9	10.549 5	3.723 5

由表 6 可知,水泥混凝土与草地、裸土的区分度均大于沥青混凝土与草地、裸土的区分度;水泥混凝土与草地的区分度最大,沥青混凝土与裸土的区分度最小,而且沥青混凝土与水泥混凝土之间的区分度不高,因此对于沥青混凝土路面与裸土、水泥混凝土路面之间的区分需要寻找其他信息的辅助。

$(A_i - A_j)^2$ 是第一主成分计算得出的结果, $(B_i - B_j)^2$ 是第二主成分计算得出的结果。在草地与裸土、沥青混凝土、水泥混凝土的区分和裸土与沥青混凝土的区分中,第一主成分为主要因素,因此可用第一主成分当中贡献较大的参数作为参考区分这些地物;在裸土与水泥混凝土的区分中,2 个主成分所占的比重相差不大,因此需要通过其他方法对其进行区分;在沥青混凝土与水泥混凝土

土的区分中,第二主成分为主要因素,因此第二主成分当中贡献较大的参数可以作为区分两者的参考。

根据地物区分度得出的参数对研究区进行地物区分,其结果如图 4 所示。

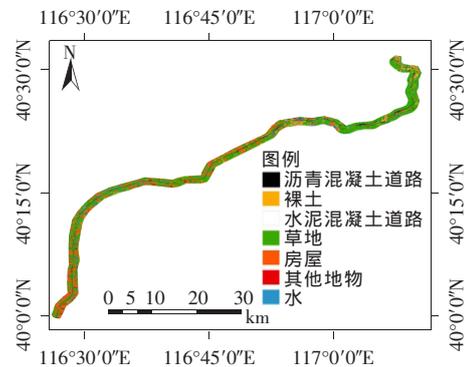


图 4 京承高速 1 km 缓冲区地物分类结果图

Fig. 4 The diagram of classification of Jingcheng expressway within 1 km buffer zone

3 讨论

本研究采用主成分分析法对路面光谱数据进行了降维处理,但将该方法运用于光谱参数区分度分析的相关研究较少。因此,本研究选择将光谱数据的全部参数——“三边”参数原始数据、部分参数——“三边”参数原始数据中地物之间的数值相差较大的参数以及主成分分析方法得出的主成分参数,进行了区分度对比分析,其结果如表 7 所示。结果表明,主成分分析法较为适合光谱参数的区分度分析。

表 7 地物区分度对比分析表

Table 7 The comparative analysis of discriminative power table of surface features

地物类型	区分度 T					
	蓝边	黄边	红边	其他	部分参数	主成分
草地—裸土	2.043 0	2.349 3	2.926 4	3.616 6	4.047 1	22.994 3
草地—沥青混凝土	2.020 1	2.088 5	3.565 0	3.566 2	4.151 9	26.118 9
草地—水泥混凝土	3.527 6	3.524 0	3.585 5	3.662 3	5.230 7	27.895 3
裸土—沥青混凝土	0.387 4	0.393 2	0.961 5	2.052 4	2.057 5	3.213 7
裸土—水泥混凝土	2.553 1	2.644 7	0.970 3	2.134 6	2.134 6	6.229 5
沥青混凝土—水泥混凝土	2.938 2	2.559 5	0.073 7	0.144 5	0.066 7	3.723 5

分析表7的参数区分度可知,全部参数、部分参数、主成分3种类型选择得到的结果不尽相同。全部参数可以得出沥青混凝土与草地、水泥混凝土以及水泥混凝土与裸土、草地的区分规则,但区分度的数值均不是很高;部分参数相差较大的参数可以得出2种路面材料与草地的区分规则,其区分度数值比全部参数的要高,但对沥青与水泥混凝土的区分度小,无法对其进行区分;主成分分析得出的主成分参数对2种路面材料与其他地物的区分度均较高。因此,主成分分析法得出的结果最优,对于道路光谱区分方法的选取应选择主成分分析法。

不同材料的道路路面光谱曲线普遍存在着一定的差异,根据光谱曲线间的差异可以将不同材料的道路在遥感影像中快速提取出来,得到大范围的路面信息。由于道路路面材料和结构在缓慢发生变化,路面材料光谱曲线中的某些特征也会随之而变,因此可以根据路面材料的光谱特征对道路的使用情况进行监测。

4 结论

本研究将4种地物的光谱采集数据进行了无量纲化、主成分分析和区分度分析,得到4种地物的光谱区分度;同时针对主成分分析法运用于光谱区分度分析较少的问题,选取全部的“三边”参数、部分“三边”参数、主成分分析得出的主成分参数进行区分度讨论,结果如下。

1) 主成分分析法得出的结果与全部参数、部分参数2种区分度计算方式相比,主成分分析法得到的区分度均高于其他2种方法,更适合于基于三边参数的地物区分分析。

2) 沥青混凝土路面与水泥混凝土路面能够很好地与草地区分开来,但是与裸土的区分度相对较低,2种路面之间的区分度也较低,需要其他辅助信息。

3) 对于草地与其他地物的区分和裸土与沥青混凝土的区分,可以从第一主成分中贡献较大的参数中选择;对于沥青混凝土与水泥混凝土的区分,则可以从第二主成分中贡献较大的参数中选

择;裸土与水泥混凝土的区分,则需要通过其他方法获得。

本研究根据地物的光谱进行了地物的区分度分析,得出的结果可以为光谱参数区分地物提供科学依据,进而为高光谱遥感技术应用到大范围的道路信息快速识别中提供方法参考与理论借鉴,为不同道路年限的路面区分提供技术支撑。将路面材料光谱与路面状况联系起来进行道路监测,是下一步的研究内容。

〔参考文献〕

- [1] 杜培军,夏俊士,薛朝辉,等.高光谱遥感影像分类研究进展[J].遥感学报,2016,20(2):236-256.
DU Pei-jun, XIA Jun-shi, XUE Zhao-hui, et al. Review of hyperspectral remote sensing image classification[J]. Journal of Remote Sensing, 2016, 20(2): 236-256.
- [2] Goetz A F, Vane G, Solomon J E, et al. Imaging spectrometry for Earth remote sensing[J]. Science, 1985, 228(4704):1147.
- [3] 周兰萍,魏怀东,丁峰,等.石羊河流域下游民勤荒漠植物光谱特征分析[J].干旱区资源与环境,2013,27(3):121-125.
ZHOU Lan-ping, WEI Huai-dong, DING Feng, et al. Analysis on spectral reflectance characteristics of desert plants in Minqin Basin of Shiyang River[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2013, 27(3):121-125.
- [4] 祖琴,赵春江,邓巍,等.基于可见—近红外光谱分析的圆白菜与杂草识别研究[J].光谱学与光谱分析,2013,32(5):1202-1205.
ZU Qin, ZHAO Chun-jiang, DENG Wei, et al. Research on discrimination of cabbage and weeds based on visible and near-infrared spectrum analysis[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2013, 32(5): 1202-1205.
- [5] 耿林,张蓉鑫,张舒婷,等.基于高空间分辨率遥感数据建立典型地物分类数据库[J].林业科技情报,2014,46(3):1-4.
GENG Lin, ZHANG Rong-xin, ZHANG Shu-ting, et al. The establishment of the database based on the high space resolution ratio-the database for typical surface features[J]. Forestry Science and Technology

- Information, 2014, 46(3): 1-4.
- [6] 瞿瑛,刘素红,李小文.重金属 Cu 胁迫下典型农作物叶片日光诱导荧光辐射特征提取研究[J].光谱学与光谱分析, 2012, 32(5): 1282-1286.
- QU Yin, LIU Su-hong, LI Xiao-wen. A novel method for extracting leaf-level solar-induced fluorescence of typical crops under Cu stress[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2012, 32(5): 1282-1286.
- [7] Mena J B. State of the art on automatic road extraction for GIS update; a novel classification[J]. Pattern Recognition Letters, 2003, 24(16): 3037-3058.
- [8] 余宇晨,林辉,孙华.主要道路路面材料高光谱特征分析[J].中南林业科技大学学报, 2014, 34(11): 120-123.
- SHE Yu-chen, LIN Hui, SUN Hua. Characteristics analysis on hyper-spectral characteristics of main highway pavement materials by using hyper-spectral remote sensing[J]. Journal of Central South University of Forestry and Technology, 2014, 34(11): 120-123.
- [9] 章清,张海涛,郭龙,等.基于主成分分析的协同克里格插值模型对土壤铜含量的空间分布预测[J].华中农业大学学报, 2016, 35(1): 60-68.
- ZHANG Qing, ZHANG Hai-tao, GUO Long, et al. Spatial distribution of soil heavy metal Cu content using Cokriging interpolation model combined with principal component analysis [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2016, 35(1): 60-68.
- [10] ZHANG Zhi-hui, CHENG Ying, LIU Nian-cai. Comparison of the effect of mean-based method and z-score for field normalization of citations at the level of Web of Science subject categories [J]. Scientometrics, 2014, 101(3): 1679-1693.
- [11] 张磊,赵健龙,贾坤,等.基于物候特征的植物光谱识别方法研究[J].光谱学与光谱分析, 2015, 35(10): 2836-2840.
- ZHANG Lei, ZHAO Jian-long, JIA Kun, et al. Plant spectral discrimination based on phenological features [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2015, 35(10): 2836-2840.
- [12] Sims D A, Gamon J A. Estimation of vegetation water content and photosynthetic tissue area from spectral reflectance; a comparison of indices based on liquid water and chlorophyll absorption features [J]. Remote Sensing of Environment, 2003, 84(4): 526-537.
- [13] JI Wei, WANG Yong, ZHUANG Da-fang, et al. Spatial and temporal distribution of expressway and its relationships to land cover and population; a case study of Beijing, China [J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2014, 32(Complete): 86-96.
- [14] 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(1): 46-48.
- ZHANG Hai-bo, LI Feng. Measurement technology and application method of ASD ground spectrum instrument [J]. Journal of Shandong Meteorology, 2014, 34(1): 46-48.