

doi:10.3799/dqkx.2015.125

基于植被抑制法的植被覆盖区多光谱遥感岩性分类

查逢丽¹, 马明^{1,2*}, 陈圣波¹, 刘彦丽^{1,3}, 李艳秋¹, 黄爽¹

1. 吉林大学地球探测科学与技术学院, 吉林长春 130026

2. 吉林建筑大学测绘与勘查工程学院, 吉林长春 130118

3. 中科院地理所地理信息系统培训中心, 江苏苏州 215000

摘要: 植被的发育限制了遥感在地质学方面的应用, 在植被覆盖区进行岩石填图, 首先要考虑去除植被干扰影响。以内蒙古东乌旗地区为例, 选择先进星载热发射和反射辐射仪(advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer, ASTER)数据, 分别计算研究区内含土壤因子植被指数和不含土壤因子的植被指数, 并对两类不同的植被指数进行主成分分析, 挑选出植被信息被抑制和岩石—土壤信息突出的主成分进行岩性分类, 和利用最大似然法的分类结果进行对比分析, 评价两种方法的岩性分类性能, 植被抑制法的总体分类正确率为 82.946 8%, 最大似然法的总体分类正确率为 76.364 3%。结果说明在植被覆盖区, 利用植被指数来抑制植被信息是可行的, 和常规分类方法中的最大似然法相比, 大大提高解译的准确性。

关键词: 植被覆盖区; 最大似然法; 植被抑制法; 主成分分析; 岩性分类; 遥感。

中图分类号: P627

文章编号: 1000—2383(2015)08—1403—06

收稿日期: 2015—04—23

Remote Sensing Lithologic Classification of Multispectral Data Based on the Vegetation Inhibition Method in the Vegetation Coverage Area

Zha Fengli¹, Ma Ming^{1,2*}, Chen Shengbo¹, Liu Yanli^{1,3}, Li Yanqiu¹, Huang Shuang¹

1. College of Geoporation Science and Technology, Jilin University, Changchun 130026, China

2. College of Surveying and Prospecting Engineering, Jilin Jianzhu University, Changchun 130118, China

3. GIS Training Centre, Chinese Academy of Sciences, Suzhou 215000, China

Abstract: It is the top priority for rock mapping in the vegetation coverage area to eliminate the vegetation interference effect since the growth of vegetation limits the application of remote sensing in geology. Taking Dong Ujimqin Banner of Inner Mongolia as the study area, this paper compares vegetation inhibition method and maximum likelihood method in lithologic classification. Firstly, ASTER (advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer) data are chosen for vegetation index calculation with the soil factor and the vegetation index without the soil factor for principal component analysis respectively in the study area. Then, the principal component which shows the vegetation information is suppressed for lithologic classification. Furthermore, a comparative analysis is conducted and the lithology classification performance of the two methods is evaluated. It is found that the overall classification precision of the vegetation inhibition method reaches 82.946 8%, while that of the maximum likelihood classification reaches 76.364 3%. It shows that it is feasible to use the vegetation index to suppress the vegetation information in the vegetation coverage area. Compared with the conventional classification method of maximum likelihood method, the vegetation inhibition method greatly improves the accuracy of interpretation.

Key words: vegetation-covered area; maximum likelihood method; vegetation inhibition method; principal component analysis; lithologic classification; remote sensing.

基金项目: 中国地质调查局项目(No.1212011220469); 国家自然科学基金项目(No.41402293); 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(No. 2012AA12A308); 吉林大学研究生创新基金资助项目(No.2014029)。

作者简介: 查逢丽(1987—), 女, 硕士研究生, 主要从事遥感应用研究。E-mail: 479426350@qq.com

*** 通讯作者:** 马明, E-mail: 121303083@qq.com

引用格式: 查逢丽, 马明, 陈圣波, 等, 2015. 基于植被抑制法的植被覆盖区多光谱遥感岩性分类. 地球科学——中国地质大学学报, 40(8): 1403—1408.

岩性分类是遥感地质中应用最广泛的领域之一。近几十年来,国内外涌现了大量利用遥感数据进行岩性识别的研究,取得了丰硕的成果.综合来看,目前主要的研究都是基于无植被或植被少、土层薄的干旱和半干旱区以及岩石裸露区进行的,而对于高植被覆盖区遥感岩性识别的研究基本上处于探索阶段。

陈圣波等(2012)利用高光谱数据通过建立植被指数的方法对高植被覆盖区的岩性进行分类,能够识别不同的岩石类型,取得比较好的分类效果.本文以内蒙古东乌旗地区为例,将该方法应用到多光谱(advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer, ASTER)数据,通过引进植被指数的方式来抑制研究区的植被信息,提取岩石和土壤

信息,和利用最大似然法的分类结果进行对比分析,评价两种方法的岩性分类性能,为植被覆盖区多光谱遥感岩性分类提供依据。

1 研究区概况

内蒙东乌旗实验区位于内蒙古高原东部,大兴安岭南段西北山麓,研究区植被以草原为主.经纬度范围为 116°30′~116°45′E, 45°35′~45°50′N.

实验区位于西伯利亚板块东南缘古生代增生带,属查干敖包—东乌旗岩浆岩带,特殊的大地构造环境使得不同造山阶段有不同类型、不同特征的岩

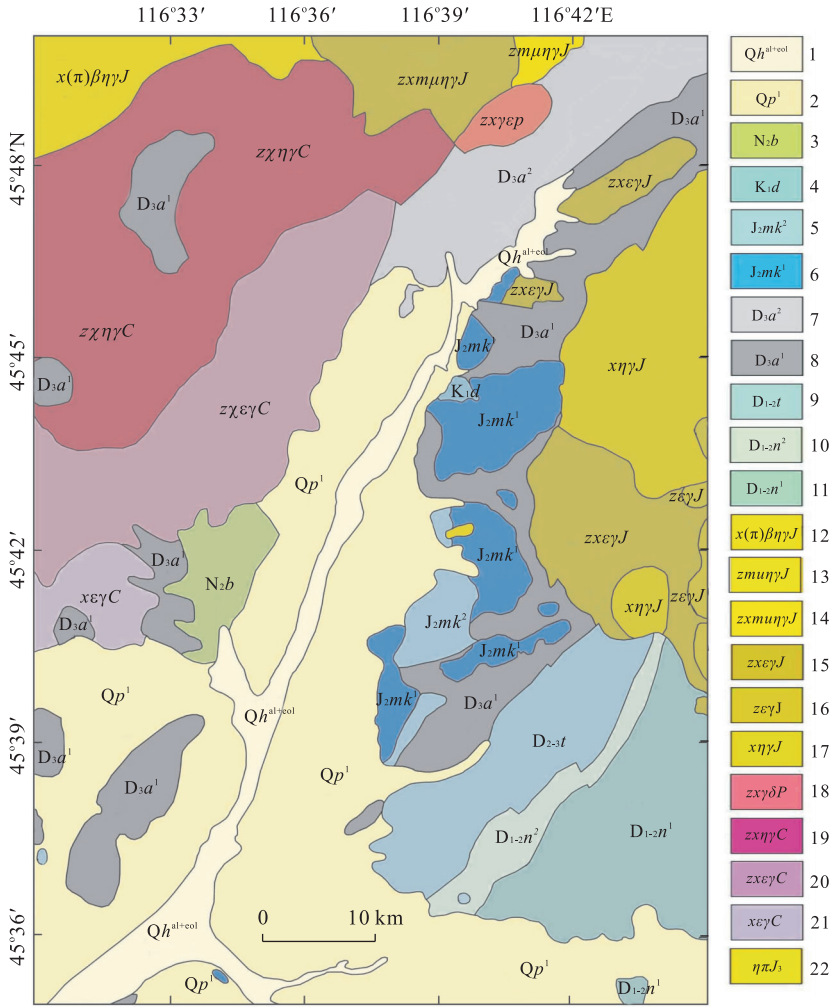


图 1 研究区区域地质图

Fig.1 Regional geological sketch of experimental area

1.全新统;2.下更新统复合堆积;3.砖红色粉砂质泥岩;4.大磨拐河组;5.满克头鄂博组上端;6.满克头鄂博组一段;7.安格爾音烏拉組二段;8.安格爾音烏拉組一段;9.塔爾巴格特組;10.泥鰓河組二段;11.泥鰓河組一段;12.細粒似斑狀黑雲母二長花崗岩;13.中粒白雲母二長花崗岩;14.中細粒白雲母二長花崗岩;15.中細粒正長花崗岩;16.中粒正長花崗岩;17.細粒二長花崗岩;18.中細粒花崗閃長岩;19.中細粒二長花崗岩;20.中細粒正長花崗岩;21.細粒正長花崗岩;22.二長斑岩

浆岩出露,苏尔昌特岩体出露于苏尔昌特敖包一带,呈不规则状岩株产出,主体岩石类型为中细粒二长花岗岩;乌兰敖包岩体出露于实验区北部,岩体呈似长方形岩基产出,主要岩性为中细粒正长花岗岩、细粒正长花岗岩、二长花岗岩和细粒似斑状黑云母二长花岗岩;格尔楚鲁岩体分布于实验区的东南部,岩石类型包括中粒正长花岗岩和中细粒花岗闪长岩;晚侏罗世粗面斑岩体分布于研究区中东部一带,呈不规则岩株状产出,主要岩性为二长斑岩.实验区出露的主要地层有泥盆系泥鳅河组、白垩系大磨拐河组和第四系更新统及全新统(图 1).

2 岩性分类原理

本文使用 ASTER 数据对内蒙东乌旗实验区进行岩性信息提取,产品等级是 L1B.为了保证岩性信息提取的准确性,在进行分类前,笔者对其原始数据进行重采样、波段叠加、几何校正和大气校正等预处理.

2.1 最大似然法

最大似然判别法作为遥感图像分类中应用最广的监督分类方法,运用其进行多类别分类时,常采用统计学方法建立起一个判别函数集,然后根据这个判别函数集计算各待分像元的归属概率(王一达等,2006).

设从类别 k 中观测到 x 的条件概率为 $P(x|k)$,则归属概率 L_k 可表示为如下形式的判别函数:

$$L_k = P(k|x) = P(k) \times P(x|k) / \sum P(i) \times P(x|i), \tag{1}$$

式中: x 为待分像元; $P(k)$ 为类别是 k 的先验概率; $P(x|k)$ 为概率密度函数,可通过训练区求出.

2.2 植被抑制法

植被抑制法主要是通过抑制植被信息,突出岩

表 1 添加土壤因子植被指数的主成分特征贡献值
Table 1 Principal component feature contribution of the vegetation indexes with soil factors

主成分	PC1	PC2	PC3	PC4
PVI	-0.559 290	0.828 982	-0.000 498	0.000 004
TSAVI	0.000 020	-0.000 100	-0.197 017	0.980 400
SAVI	-0.000 138	0.000 495	0.980 400	0.197 017
DVI	-0.828 982	-0.559 280	0.000 166	-0.000 001
总计	-1.388 367	0.270 098	0.783 051	1.177 420

石—土壤信息来提高分类性能.其过程主要如下:

(1)植被指数提取.由于研究区为高植被覆盖区,单个像元内可能包含植被、岩石和土壤等多种端元成分,而植被指数富含植被本身信息以及植被下伏岩石—土壤信息,基于此,本文提取两大类植被指数进行植被指数计算,分别为添加土壤因子植被指数和不添加土壤因子植被指数.添加土壤因子的植被包括差值植被指数(DVI)、土壤调整植被指数(SAVI)、转换型土壤调整植被指数(TSAVI)和垂直植被指数(PVI);不添加土壤因子植被指数包括土壤反射指数(SRI)、大气阻抗植被指数(ARVI)、归一化水指数(NDWI)、比值植被指数(RVI)、植被衰减指数(PSRI)、结构不敏感色素指数(SIPI)以及归一化植被指数(NDVI).

(2)主成分分析.将(1)中提取的 4 个添加土壤因子的植被指数和 7 个不添加土壤因子的植被指数分别进行主成分分析,得到特征贡献表(表 1 和表 2).添加土壤因子植被指数中第一主成分累计贡献为负,表明植被信息被抑制,体现的主要是岩石—土壤信息;第二至第四主成分累计贡献都为正,说明它们包含了影像中大部分植被信息.不添加土壤因子植被指数中第三、四和六主成分累计贡献为负,说明这些主成分植被信息被抑制,包含了比较多的岩石—土壤信息,其中第四主成分累计贡献的绝对值最大,说明该主成

表 2 不添加土壤因子植被指数的主成分特征贡献值
Table 2 Principal component feature contribution of the vegetation indexes with not soil factors

主成分	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
SRI	0.179 793	0.317 875	-0.443 380	-0.401 495	-0.300 974	0.636 127	0.116 642
ARVI	0.271 234	-0.293 970	0.312 986	-0.474 883	0.628 784	0.313 792	-0.150 674
NDWI	0.050 802	0.782 098	0.619 458	-0.044 821	0.001 918	-0.000 785	-0.000 072
RVI	0.892 539	-0.022 930	-0.011 750	0.446 689	-0.055 993	0.006 585	-0.000 770
PSRI	-0.084 350	0.388 712	-0.466 790	0.266 513	0.714 316	-0.027 097	0.204 650
SIPI	0.186 046	0.220 834	-0.321 030	-0.362 953	-0.002 182	-0.495 718	-0.660 366
NDVI	0.230 590	-0.021 600	-0.025 190	-0.457 147	-0.025 571	-0.500 363	0.696 941
总计	1.726 652	1.371 019	-0.335 700	-1.028 097	0.960 298	-0.067 459	0.206 351

分包含的岩石—土壤信息最多;第一、二、五和七主成分累计贡献都为正,其中第一主成分累计贡献为最大正值,第七主成分累计贡献为最小正值,说明第一和七主成分代表了最多和最少的植被信息,这些主成分体现的主要是植被的信息,含有比较少的岩石—土壤信息.

(3)光谱特征拟合.光谱特征拟合(spectral feature fitting,SFF)是一种基于光谱吸收特征匹配的方法,在匹配前将岩性分类图上的像元光谱与野外实测的参考光谱经过连续统去除处理,然后用最小二乘法拟合像元光谱输出一个拟合值和一个均方根误差(root mean square,RMS)值,其中拟合值较高且 RMS 值较小的像元光谱与参考光谱较匹配(James *et al.*,1989; Roger *et al.*,1990;Clark and Swayze,1995).

3 岩性分类

3.1 最大似然法

为了让分类结果更精确,我们先对遥感影像数

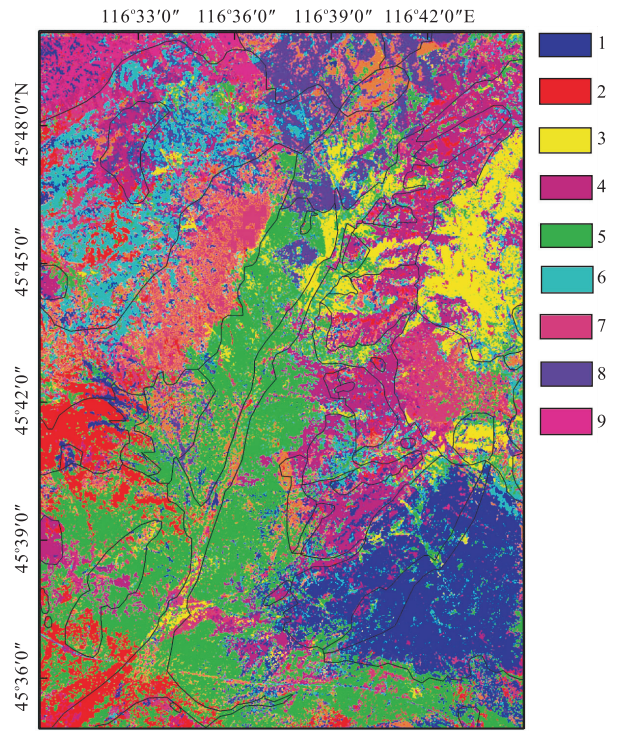


图 2 ASTER 数据最大似然法岩性分类结果
Fig.2 The lithology classification sketch of maximum likelihood method about the ASTER data

1.泥鳅河组一段;2.细粒正长花岗岩;3.细粒二长花岗岩;4.满克头鄂博组一段;5.下更新统复台堆积;6.中细粒二长花岗岩;7.中细粒二长花岗岩;8.中细粒白云母二长花岗岩;9.细粒似斑状黑云母二长花岗岩

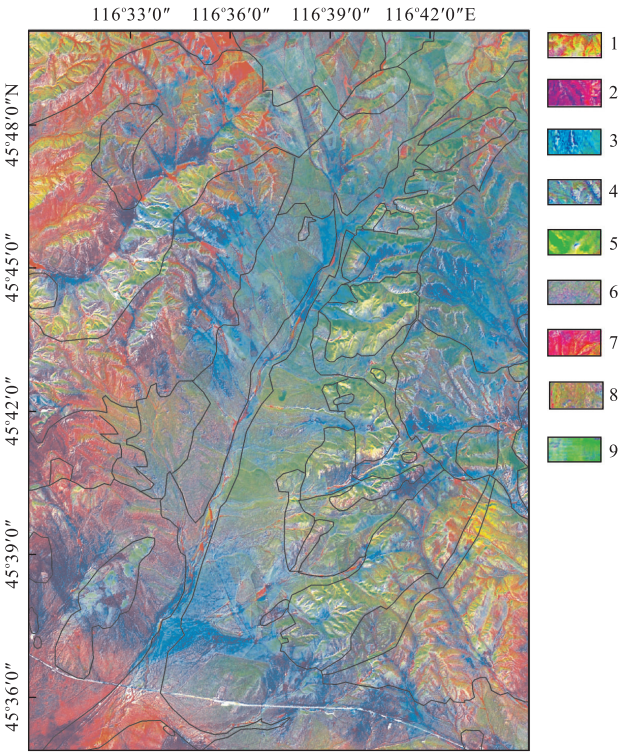


图 3 ASTER 数据植被抑制法岩性分类结果
Fig.3 The lithology classification sketch of vegetation inhibition method about the ASTER data

1.泥鳅河组一段;2.细粒正长花岗岩;3.细粒二长花岗岩;4.中细粒正长花岗岩;5.满克头鄂博组一段;6.下更新统复台堆积;7.中细粒二长花岗岩;8.砖红色粉砂质泥岩;9.中细粒白云母二长花岗岩

据进行非监督分类,在非监督分类的分类结果图中进行人工解译,并确定其类别属性,然后将人工解译后的非监督分类的分类图像经过光谱聚类处理后转化成适用于监督分类的训练样区文件,再执行最大似然分类(图 2).

3.2 植被抑制法

将 ASTER 预处理之后的影像进行主成分分析,因为第一主成分含的信息量最多,故将第一主成分作为 R 波段,添加土壤因子植被指数的第一主成分作为 G 波段,不添加土壤因子植被指数的第四主成分作为 B 波段进行彩色合成,得到实验区的岩性分类图(图 3).然后将野外实测光谱和岩性分类图上的光谱进行连续统去除处理,并用光谱特征拟合法进行匹配,确定分类图上的岩石类型(图 4).匹配出效果比较好的有 8 种岩石类型,分别为泥鳅河组一段、细粒正长花岗岩、细粒二长花岗岩、安格尔音乌拉组一段、下更新统复台堆积、中细粒二长花岗岩、砖红色粉砂质泥岩和中细粒白云母二长花岗岩.

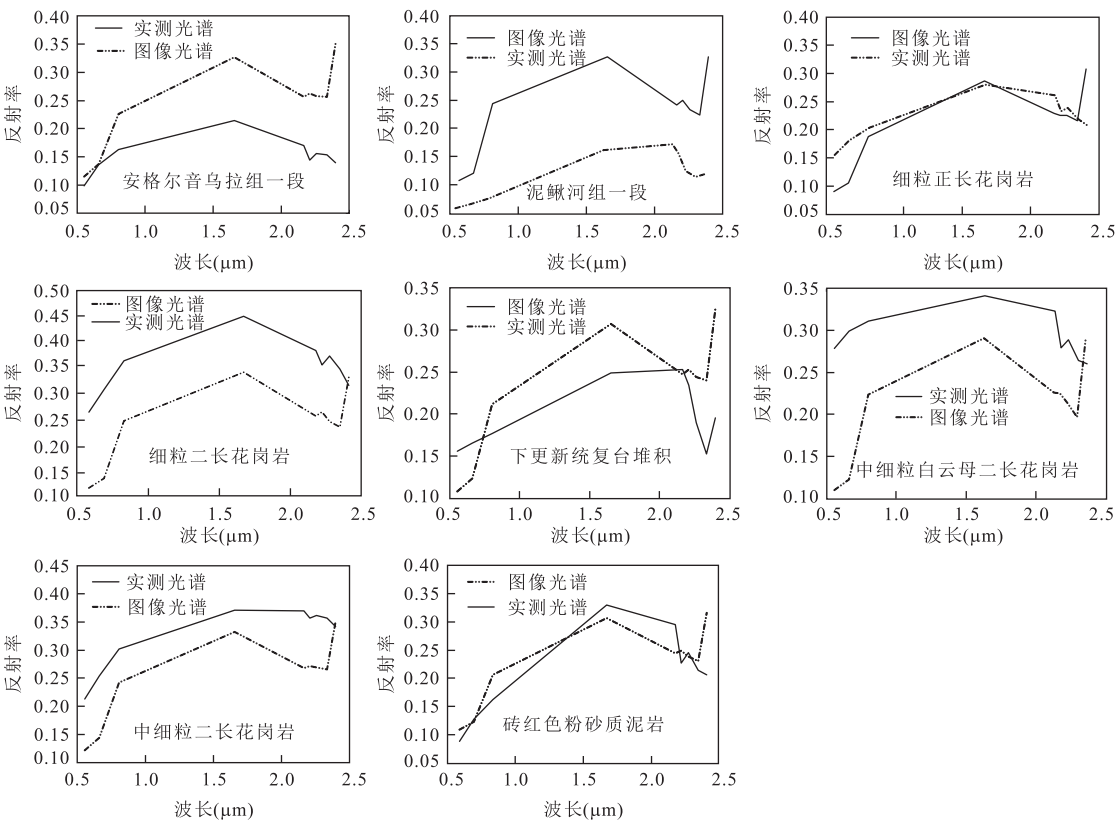


图 4 利用光谱特征拟合法识别岩性

Fig.4 Lithologic recognition by the spectral features fit method

4 岩性分类验证

为了对比分析试验区岩性分类结果,分别将最大似然法和植被抑制法生成的岩性分类图与实测地质图进行叠加.如图 2 和图 3 所示,两图中的地质界限和岩性分布界限吻合效果比较好.为了更精确的评价两种分类方法的性能,笔者采用混淆矩阵的方法对分类结果作定量评价,混淆矩阵如表 3 所示,可以看出植被抑制法的总体分类正确率和 Kappa 系数要高于最大似然法,植被抑制法对 5 种岩性单元($D_{1-2}n^1$ 、 N_2b 、 Qp^1 、 $zx\eta\gamma C$ 和 $zxmu\eta\gamma J$)保持有最高分类正确率,最大似然法对 5 种岩性单元($D_{1-2}n^1$ 、 $x\epsilon\gamma C$ 、 $x\eta\gamma J$ 、 $zx\epsilon\gamma J$ 和 $x(\pi)\beta\eta\gamma J$)保持有最高分类正确率.对于泥鳅河组一段($D_{1-2}n^1$)岩性单元,最大似然法的分类正确率为 87.19%,高于植被抑制法的 77.87%,该岩性单元中的像元主要被误分为安格尔音乌拉组一段和中细粒二长花岗岩;对于细粒正长花岗岩($x\epsilon\gamma C$)岩性单元,最大似然法的分类正确率为 85.17%,高于植被抑制法的 82.45%,该岩性单元中的像元主要被误分为泥鳅河组一段、安格尔音乌拉组一段和少量的下更新统复台堆积;对

表 3 研究区岩性分类正确率评价

Table 3 Lithology classification accuracy evaluation in the study area

Class	植被抑制法(%)	最大似然法(%)
$D_{1-2}n^1$	77.87	87.19
$x\epsilon\gamma C$	82.45	85.17
$x\eta\gamma J$	86.70	88.55
D_3a^1	78.78	72.27
N_2b	83.73	
Qp^1	91.83	81.87
$zx\eta\gamma C$	70.38	66.69
$zx\epsilon\gamma J$		67.83
$zxmu\eta\gamma J$	88.59	81.56
$x(\pi)\beta\eta\gamma J$		67.27
总体分类正确率(%)	82.946 8	76.364 3
Kappa 系数	0.733 9	0.713 3

于细粒二长花岗岩($x\eta\gamma J$)岩性单元,最大似然法的分类正确率为 88.55%,略高于植被抑制法的 86.70%,该岩性单元中的像元主要被误分为安格尔音乌拉组一段;对于中细粒正长花岗岩($zx\epsilon\gamma J$)和细粒似斑状黑云母二长花岗岩($x(\pi)\beta\eta\gamma J$)岩性单元,最大似然法的分类正确率分别是 67.83%和 67.27%,而植被抑制法却未能分出这两种岩性单

元,虽然最大似然法的分类正确率低,但相对于植被抑制法来说,仍然有很大的优势.对于安格尔音乌拉组一段(D_3a^1)、下更新统复台堆积(Qp^1)、中细粒二长花岗岩($zxy\gamma C$)和中细粒白云母二长花岗岩($zxmuy\gamma J$)岩性单元,植被抑制法的分类正确率都要显著高于最大似然法,并且利用植被抑制法可以分出最大似然法未分出的砖红色粉砂质泥岩(N_2b)岩性单元,分类正确率达到 83.73%.

5 结论

本文使用 ASTER 数据通过对提取的两大类植被指数和预处理后的影像分别进行主成分分析,然后挑选植被信息被抑制、岩石—土壤信息多的主成分进行彩色合成,得到岩性分类图,并和最大似然分类结果进行对比分析.结果表明,植被抑制法的总体分类正确率要高于最大似然法,说明植被抑制法能通过植被指数有效地抑制植被信息,突出岩石—土壤信息,在植被覆盖区的岩石填图方面有显著的效果;分析单个岩性单元,植被抑制法的最高分类正确率达到 91.83%,而最大似然法的最高分类正确率为 88.55%.说明在植被覆盖区,利用植被指数来抑制植被信息是可行的,和常规分类方法中的最大似然法相比,大大提高解译的准确性.

References

Chen,S.B.,Liu,Y.L.,Yang,Q.,et al.,2012.Lithologic Clas-

sification from Hyperspectral Data in Dense Vegetation Cover Area,*Journal of Jilin University(Earth Science Edition)*,42(6):1959—1965(in Chinese with English abstract).

Clark,R.N.,Swayze,G.A.,1995.Mapping Minerals,Amorphous Materials,Environmental Materials,Vegetation,Water,Ice and Snow,and Other Materials:The USGS Tricorder Algorithm.*Summaries of the Fifth Annual JPL Airborne Earth Science Workshop*,95(1):39—40.

James,K.C.,David,W.B.,Lawrence,C.R.,et al.,1989.Airborne Imaging Spectrometer Data of the Ruby Mountains, Montana: Mineral Discrimination Using Relative Absorption Band-Depth Images.*Remote Sensing of Environment*,29(2):121—134.

Roger,N.C.,Trude,V.V.K.,Matthew Klejwa,G.A.,et al.,1990.High Spectral Resolution Reflectance Spectroscopy of Minerals.*Journal of Geophysical Research*,95(B8):12653—12680.doi:10.1029/JB095Ib08p12653

Wang,Y.D.,Shen,X.L.,Xie,J.,2006.A Review of Remote Sensing Image Classification Method.*Remote Sensing Information*, (5):67—71 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

陈圣波,刘彦丽,杨倩,等,2012.植被覆盖区卫星高光谱遥感岩性分类. *吉林大学学报(地球科学版)*,42(6):1959—1965.

王一达,沈熙玲,谢炯,2006.遥感图像分类方法综述. *遥感信息*, (5):67—71.