

SVM Lithological Classification of PolSAR Image in Yushigou Area, Qilian Mountain

Yaqian Long[†], Xiangnan Liu

Department of Information Engineering, China University of Geoscience, Beijing 100083, China

[†]Email: lyq0741@126.com

Abstract

Concerning the scarce geological exploration of the Yushigou by human, located in Qilian Mountain, which is an important origin of polymetallic deposits, and by means of radar remote sensing image characterized by large volume information about the geology to identify regional lithology which is helpful to direct the mine; in this paper, the RADARSAT-2 data was selected after preprocessing, to establish the sample of different lithologies by comparison and analysis on the features of different polarization imaging. In addition, the eight kinds of lithologies were obtained, such as, the Ordovician sewer cluster, volcanic and ultramafic rocks, etc. using the Support Vector Machine (SVM) classification method combined with the characteristics of color, shape and texture; and then compared with the practical results from field survey, proving the high accuracy of the classification.

Keywords: *Lithological Classification; PolSAR; Yushigou_Qilian Mountain; SVM*

祁连山玉石沟地区极化 SAR 影像 SVM 岩性分类

龙亚谦, 刘湘南

中国地质大学(北京), 北京 100083

摘 要: 祁连山玉石沟是重要多金属矿床产地之一, 但野外地质工作程度较低, 利用雷达遥感图像 SAR 的宏观优势和丰富地物信息识别区域岩性, 有利于明确找矿方向。本文选取研究区的 RADARSAT-2 影像, 经过预处理, 对比分析不同极化影像的特征, 建立不同岩性的解译标志, 并结合色调、形状、纹理特征, 运用面向对象的支持向量机分类方法, 得到奥陶系阴沟群、火山岩、超基性岩等 8 类地物的分类结果, 与野外调查的实际材料图对比验证, 分类结果精度较高。

关键词: 岩性分类; 极化 SAR; 祁连山玉石沟; SVM

引言

祁连山处于柴达木盆地北缘, 矿产资源丰富, 玉石沟地区位于加里东褶皱系、金属矿带的交接处, 内生外生矿床(点)众多且具有一定规模。研究玉石沟的岩性特征对于进一步开发利用矿产资源具有积极意义。遥感图像具有宏观、真实、准确和信息量大等特点, 能够有效推动地质野外工作的进展, 雷达图像结构信息丰富, 地质体边缘清晰、界限分明、易于解译并发现新的地质体单元, 尤其是纹理结构信息突出, 使岩性等地物及找矿信息的识别与判读变得简单。国内外学者已逐渐成熟运用各种遥感处理手段于岩性分类。国外学者 Hoffman 和 Feder 早在 20 世纪 50 年代就开始了利用雷达数据开展地学应用的研究, 最著名的是美国地质调查局的 Mccauley^[1]等利用 SIR-A 图像分析, 发现了撒哈拉大沙漠东部沙层覆盖下的古河道和一占人类遗迹; 我国学者以郭华东为代表开展了一系列应用雷达图像解译岩性单元的研究工作, 王翠珍^[2]应用极化雷达分解的方法降低了岩性分类的误差; 谭衢霖^[3]处理新疆北部山区雷达遥感数据, 利用极化雷达提供的地表岩石的多种散射信息作为输入进行分类, 识别精度达 62.6%。本文针对玉石沟地区的实际地质条件, 建立各种具代表性的岩体解译标志, 运用 SVM 的分类方法, 有效而较准确地地区分了不同的岩性单元。

1 研究区概况

1.1 地质概况

研究区位于青海省北部,地貌上属青藏高原北缘,行政区划隶属青海省祁连县,地质条件上处中祁连和北祁连山多金属成矿带交接部位^[4]。玉石沟地处祁连山加里东褶皱系,北祁连优地槽褶皱带中段南端的托来山复背斜南翼,受区域断裂控制(图 1)。主要地层有古元古界托赖岩群(Pt1T)、中元古界托莱南山群(Pt2T)、下石炭统党河南山组(C1d)、奥陶世阴沟群(O1Y)、志留纪肮脏沟组(Sa)、第四系坡积洪积物(Q)。区内构造运动频繁,断裂极为发育。区内岩浆岩的时空分布规律性明显,岩浆活动以加里东期为主。超基性岩极其发育,呈楔状侵入下奥陶阴沟群中,空间上常与辉长岩相依伴。受构造影响,岩石碎裂构造发育、韧性剪切滑动特征明显,蚀变类型有蛇纹石化、滑石化、碳酸盐化,岩体分异现象较好,相带明显,属纯橄榄岩—斜辉橄榄岩—橄榄岩体类型^[5]。区内火山活动较强烈,内生外生矿(床)点众多。

1.2 遥感工作程度

收集了 ETM、SPOT 影像等遥感资料,经过多种方法增强和处理,解译出大类地质单元、圈绘地质界线,勾绘出大型构造线。宽度大于 25m、长度大于 100m 的现状地质体,长度大于 250m 的断层都已解译且圈绘出。此外,还运用比值、主成份分析等多光谱分析手段提取蚀变信息,为实施检查和验证提供基础。

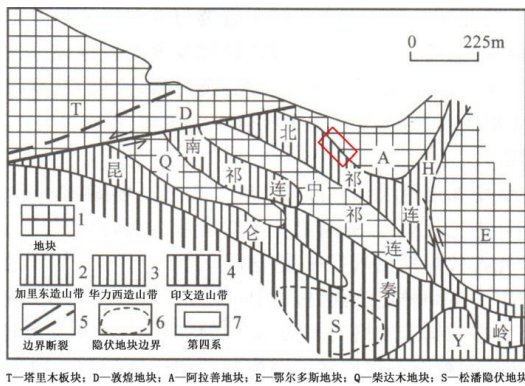


图 1 区域地质背景

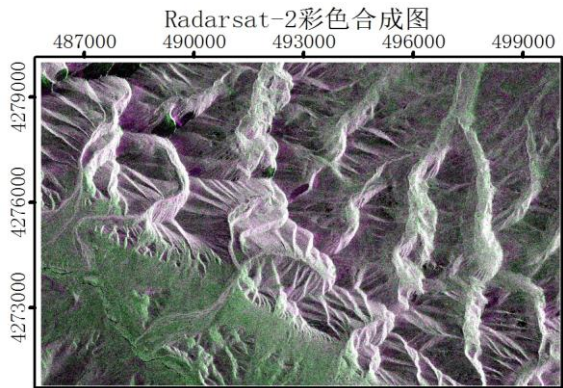


图 2 Radarsat-2 彩色合成图

2 数据预处理

本文选取的是 2013 年 7 月 10 日的一景 Radarsat-2 SLC 数据,经度范围 98.68°—99.05°,纬度范围 38.46°—38.68°。在 NEST (Next ESA SAR Toolbox)、ENVI 软件环境下预处理影像。

2.1 辐射校正

辐射校准的目的是使影像具有定量观测的功能,通过 NEST 中的 Calibrate 工具得到后向散射系数。

2.2 斜距转地距

为解决图像的几何失真,使用 NEST 中的 Slant Range to Ground Range 工具实现斜距转地距。

2.3 单视转多视

极化 SAR 影像的相干斑噪声严重,降低影像的识别精度,且会影响地物的散射特征的真实性,妨碍地物的有效解译^[6],因此需使用 NEST 中的 Multilooking 工具转多视。

2.4 滤波

采用不同空间域滤波算法 (Frost、Lee、Mean、Median、Gamma Map 及 Refined Lee 滤波) 处理影像,

对比结果发现, Refined Lee 滤波算法不论是滤波效果还是纹理信息保持能力均优于其他滤波算法。

2.5 几何校正

将投影更改为与 ETM 影像匹配的 UTM, Zone 47 North 投影, 选取控制点完成图像的校正, 以满足下一步分析要求。最终合成的雷达图像如图 2。

3 SAR 用于岩性分类的原理及方法

3.1. 雷达遥感反演原理

地质体散射是电磁波与地质体相互作用的结果, 雷达图像上的灰度值是相应地面地物的后向散射回波强度在图像上的反映^[3]。而影响后向散射强度的因子主要是表面粗糙度和复介电常数, 两者共同决定雷达图像上的岩石的表面特征: 表面粗糙度可以用来描述地表几何体的大小, 其标准偏差和表面相关长度两个统计变量分别反映垂直和水平方向的因子大小; 复介电常数描述的是地物表面电性能的复数常数, 实部为介电常数, 虚部为损耗因子, 它的大小反映了物质吸收电磁波能量的强度, 介电常数越大, 反射率越高, 雷达后散射回波越强, 呈现在图像上的色调越浅。而岩性分类主要根据岩石的表面粗糙度、风化特点和地貌形态的差异。粗糙度是岩石的表现特征体现在, 它是决定岩石图像色调的重要因素, 另一方面, 不同岩性的岩石由于风化作用会形成不同的地表形态, 反映在雷达图像上则是不同的纹理^[7]。

3.2. SVM 监督分类

分类算法对分类结果的准确度影响较大, 经多年发展逐渐形成了基于最大似然准则、神经网络以及基于支持向量机 (Support vector machine, SVM) 的极化 SAR 影像监督分类方法。SVM 算法是 Vapnik 等人提出的一种具有坚实的统计学习理论的有效监督分类算法, 主要通过核变换将输入空间中线性不可分的问题转化到高维空间, 进而根据间隔最大化准则构造最优超平面, 实现对线性不可分问题的有效分类^[8]。该方法可以很好的应用于高维数据, 避免维数灾难, 对解决小样本问题具有独特的优势, 已在极化 SAR 影像分类中得到有效应用。

4 玉石沟地区的岩性识别与分类

4.1 解译标志的建立

4.1.1 色调

色调是雷达影像非常关键的解译标志, 它是后向散射回波强弱的体现, 因此利用各地物的后向散射特征差异可以区分目标地物。色调一般分为: ①亮色调②浅色调③浅灰色调④灰白色调⑤暗色调⑥黑色调。

玉石沟东部奥陶系地层中的岩体、海拔高处的山脊, 粗糙度较大、介电常数较大, 呈浅色调; 大岩体中冲沟部分、平缓岩层, 影像南部的石炭系地层, 由于粗糙度和介电常数都相对较小, 呈浅灰色调; 西北向褶皱带南, 第四系的洪积物坡积物、砂岩、砾石等都呈灰白色调; 而平整的、零散分布水体的区域均为暗色调。

4.1.2 纹理

纹理也是 SAR 图像解译的重要标志, 它能够宏观地反映大范围出露的地物, 常见的纹理有: ①条带状②树枝状③斑块状。在 ENVI 软件中定义 5*5 大小窗口分析纹理特征, 计算纹理的各项特征值, 提取出边界明显的岩体。图幅东部有一大面积出露的花岗岩体, 表面的纹理呈树枝状, 奥陶系地层中断裂带附近的辉长岩体成斑块状。

4.1.3 几何形态

几何形态是目标地物的轮廓在 SAR 影像上的构像。本区西南角一直往南延伸的托来河为条带状, Pt 组、

辉长岩、中基性岩脉也有规则的平面几何形态，尤其是呈楔状伸入的超基性岩轮廓十分明显。
这些后向散射特征差异体现的地物成像特征，使得各地层岩性得以解析。

4.2 极化目标分解

不同极化方式的 SAR 反映了不同的微波与地物的作用特性，具有 4 个极化方式的 Radarsat-2 影像包含了地物全面的物理与散射特性，意味着 4 个极化数据的相位和幅度数据能够挖掘到更多的地物隐伏信息^[7]，较单极化、双极化更为精确。针对全极化数据的特点，依次实践各类目标分解算法，通过散射矩阵或者协方差矩阵分析计算，得到不同信息的极化特征组合，按属性区分出不同地物。

本文采用 Cloud 及 H- α 分解得到特征组合，划分研究区的不同目标地物。极化特征组合为 $K=SPAN\lambda_1\lambda_2\lambda_3\backslash H\alpha$ ，其中 λ_i 代表相干矩阵分解的特征值，SPAN 代表总功率图，H 代表散射熵， α 代表散射角。在 ENVI-FX 中，系统自动根据影像的后向散射特性、纹理特征等分割图像，通过多次调整，分割阈值设为 50 时，效果较佳，即达到最优分割尺度。

4.3 SVM 分类结果与验证

影像分割完成后，运用 SVM 算法对分割后的对象进行类别划分，经过 ENVI 分类后处理（Post-Classification）对图像进一步平滑、统计、合并相近类，最后得到二叠系、第四系、石炭系、冰雪、中性岩脉、超基性岩、辉长岩、和奥陶系火山岩组的岩性分类图（图 3）。

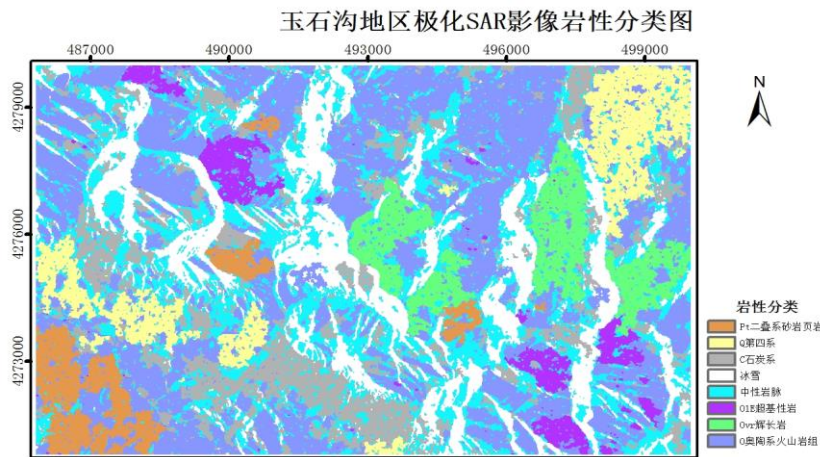


图 3 玉石沟地区岩性分类图

依据已有的各项资料，定性评价和定量分析分类结果，达到验证本实验精度的目的。在分类结果图中选取部分点作为测试样本，与地质图的矢量数据叠加，计算各地物的分类精度，然后取平均值得到整体的分类精度为 75.61%。分类最为精确的是新生界与元古代的地层，而奥陶系辉长岩体与扣门子组、阴沟群的安山岩、灰岩等火山岩的区分度不大，超基性岩因形状特征明显易于识别。另外与其他普通的监督分类方法（如 K 邻近）对比发现，面向对象的 SVM 分类方法的处理结果边缘细节明显，优势大于其他分类方法。

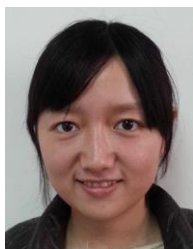
5 结论

总体达到预期的分类效果，极化目标分解方法既增加了岩性分类数据源，又降低了各种极化信息之间的相关性，使得分类精度提高。面向对象的 SVM 分类算法性能优良，解决了本区域的解译困难等问题。但这多种极化信息的组合使得信息源大量增多，相关性也增大，数据产生冗余。而且部分区域误差较高，岩石类别的分布存在夸大或缩减，因此需要进一步改善分类方法，提高准确度，控制误差到较小范围。此外，可深入研究运用多光谱影像的某些光谱特征，将其作为选择训练样本的依据，由此增加 SVM 输入参数的可靠性，更加提高岩性分类精度。

REFERENCES

- [1] McCauley J F, Schaber G G, Breed C S, et al. Subsurface valleys and geoarchaeology of the eastern Sahara revealed by Shuttle Radar[J]. Science, 1982, 218: 1004-1020
- [2] 王翠珍, 郭华东. 极化雷达目标分解方法用于岩性分类[J]. 遥感学报, 2000, 4(3): 219-223.[Wang C Z, Guo H D. Lithological classification of polarimetric SAR data with target decomposition method [J]. Journal of Remote Sensing, 2000, 4(3): 219-223]
- [3] 谭衢霖, 邵芸. 成像雷达遥感地质应用综述[J]. 地质找矿论丛, 2003, 18(1): 59-65.[Tan Q L, Shao Y. Geological Application of Radar Remote Sensing Technology and Its Development [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2003, 18(1): 59-65.]
- [4] 毛景文. 北祁连山西段铜金钨金属矿床成矿系列和找矿评价[M]. 北京: 地质出版社, 2003.[Mao J W. Mineral system and evaluation of Cu, Au, Fe W deposits in western northern Qilianshan. Beijing: Geology Press, 2003.]
- [5] 张招崇, 毛景文, 杨建民, 等. 北祁连山西段早奥陶世阴沟群火山岩的构造背景[J]. 岩石矿物学杂志, 1997, 16(3): 201. [Zhang Z C, Mao J W, Yang J M, et al. Geology and geochemistry of volcanic rock of the Early Ordovician Yingou Group in the western part of north Qilian Mountain and their tectonic setting[J]. Acta Petrologica Et Mineralogica, 1997, 16(3): 193-201.]
- [6] 周晓光, 匡纲要, 万建伟. 多极化 SAR 图像斑点抑制综述[J]. 中国图像图形学报, 2008, 13(3): 377-382.[Zhou X G, Kuang G Y, Wan J W. A review of polarimetric SAR speckle reduction [J]. Journal of Image and Graphics, 2008, 13(3): 377-382.]
- [7] 张祥, 邓喀中, 范洪冬, 等. 基于目标分解的极化 SAR 图像 SVM 监督分类[J]. 计算机应用研究, 2013, 30(1): 295-298. [Zhang X, Deng K Z, Fan H D, et al. PolSAR SVM supervised classification method combining with polarimetric target decomposition [J]. Application Research of Computers, 2013, 30(1): 295-298.]
- [8] 吴永辉, 计科峰, 郁文贤. 利用 SVM 的全极化、双极化与单极化 SAR 图像分类性能的比较, 遥感学报, 2008, 12(1): 46-50. [Wu Y H, Ji K F, Yu W X. Comparison of classification performance of full-, dual- and single-polarization SAR images using SVM[J]. Journal of Remote Sensing, 2008, 12(1): 46-50.]

【作者简介】



¹ 龙亚谦 (1989-), 女, 汉族, 硕士研究生, 研究方向为遥感找矿。
Email: lyq0741@126.com

² 刘湘南 (1964-), 男, 汉族, 教授, 主要从事遥感信息分析与地学应用研究。Email: liuxncugb@163.com