

· 研究报告 ·

## 基于 GF-1/WFV 影像的青海祁连山地区地表覆被自动分类应用研究

祁佳丽<sup>1,2</sup>, 李飞<sup>2,3</sup>, 李志强<sup>1</sup>, 薛旭东<sup>4</sup>, 张妹婷<sup>1</sup>, 鲁子豫<sup>1</sup>, 殷万玲<sup>1</sup>

(1. 青海省生态环境监测中心, 青海 西宁 810007; 2. 青海省生态环境监测与评估重点实验室, 青海 西宁 810007; 3. 青海省生态环境厅信息中心, 青海 西宁 810007; 4. 青海省有色地质矿产勘查局, 青海 西宁 810007)

**摘要:** 基于 GF-1/WFV 影像的地表覆被自动提取方法, 利用青海祁连山地区复杂、独特的地表覆被垂直变化特征, 建立以祁连山地区为例的水源涵养区地表覆被分类规则。结果表明, 总体分类精度为 95.73%, Kappa 值为 0.889 6, 分类精度优于 80%。尝试将网络远程视频监控系统应用在遥感解译中, 选取样本点近距离验证典型地物类型, 包括生态脆弱区(冰川)、生物多样性重点保护区(青海小叶杨原种保护地)等, 分类精度为 94.8%, 应用潜力大。

**关键词:** GF-1/WFV; 地表覆被; 分类规则; 自动提取; 祁连山地区

中图分类号: X87 文献标志码: B 文章编号: 1006-2009(2019)04-0008-05

## Study on Automatic Classification of Land Cover in Qinghai Qilian Mountain Area Based on GF-1/WFV Images

QI Jia-li<sup>1,2</sup>, LI Fei<sup>2,3</sup>, LI Zhi-qiang<sup>1</sup>, XUE Xu-dong<sup>4</sup>, ZHANG Mei-ting<sup>1</sup>, LU Zi-yu<sup>1</sup>, YIN Wan-ling<sup>1</sup>

(1. Qinghai Eco-environmental Monitoring Center, Xining, Qinghai 810007, China; 2. Key Laboratory of Ecological Environment Monitoring in Qinghai Province, Xining, Qinghai 810007, China; 3. Information Center of Qinghai Provincial Department of Ecological Environment, Xining, Qinghai 810007, China; 4. Qinghai Nonferrous Geological and Mineral Exploration Bureau, Xining, Qinghai 810007, China)

**Abstract:** The classification rules for land cover in water source conservation area were established based on GF-1/WFV image automatic extraction and the complex unique vertical variation characteristics in Qilian mountain area. Results showed that the total classification accuracy was 95.73%, the Kappa was 0.889 6, the classification accuracy was greater than 80%. As an attempt of applying remote network video monitoring system on remotely sensing interpretation, and carrying out close verification for the typical objects at selected sample points, including ecological fragile area (glacier) and key protection area of biodiversity (Qinghai *Populus simonii* origin area), the classification accuracy was 94.8%, showing it had vast potential on application.

**Key words:** GF-1/WFV; Land cover; Classification rules; Automatic extraction; Qilian mountains area

随着遥感技术发展和广泛应用, 以及国内外数据来源的不断丰富, 同一地区形成了多时相、多分辨率影像序列金字塔<sup>[1]</sup>, 虽然应用中、低分辨率遥感影像进行区域地物信息提取的研究较为普遍<sup>[2]</sup>, 但其分辨率较低, 地表覆被信息细节易缺失, 例如基于中、低分辨率遥感影像进行祁连山地区土地覆被遥感分类研究中辫状河流、西北部裸岩石砾地、

裸土地及戈壁等地表覆被信息捕捉不全。高分遥

收稿日期: 2018-05-03; 修订日期: 2019-06-10

基金项目: 国家科技重大专项中国科学院“祁连山南坡矿区及周边受损生态系统植被修复技术研究及示范”基金资助项目(KFJ-EW-ST5-125); 国家发改委“十二五”规划《祁连山生态保护与建设综合治理规划(2012—2020)》基金资助项目

作者简介: 祁佳丽(1985—), 女, 青海西宁人, 工程师, 硕士, 主要从事生态环境监测与遥感技术应用研究。

感影像分类最初通过目视解译实现,存在效率低、精度控制困难等问题,目前很多自动分类算法被应用于高分遥感影像分类。自动提取方法主要基于像元和面向对象,基于像元光谱特性的监督分类和非监督分类方法虽各有优势,但都存在一定不足<sup>[3]</sup>,Baatz 等<sup>[4]</sup>提出了面向对象分类方法。面向对象分类目前以数学形态学图像处理、分水岭分割为主要提取方法<sup>[5]</sup>,该方法提高了高分遥感影像的解译精度。精度是制约高分遥感数据自动分类大规模应用瓶颈之一,高效、精细地提取高分影像地物信息具有现实意义,如利用高分遥感影像自动提取的谷间弯曲河流面积对于评估区域水源涵养能力有重要参考价值。然而在祁连山地区,半自动、自动提取研究极为有限,自动辨别谷间弯曲河流、分叉河流且满足高精度的研究相对较少。

今基于 GF-1/WFV 16 m 遥感影像,在祁连山地区半自动、自动获取土地覆被细微差别,并首次尝试将“青海生态之窗”网络远程视频监控管理系统应用到遥感解译精度验证中,验证内容尤其突出生态脆弱区(冰川)、生态整治恢复区等,为该区域生态环境状况监测与评价工作提供技术支持和信息参考<sup>[6]</sup>。

## 1 研究区概况与技术方法

### 1.1 研究区概况

祁连山地区地处黄土高原向青藏高原的过渡地带,海拔均在 2 000 m 以上,其中森林草原带(2 600 m ~ 3 200 m)和灌丛草原带(3 200 m ~ 3 700 m)是水源涵养林,是生物多样性和种质资源库典型代表地区。

### 1.2 数据源

选取祁连山地区 7 景分辨率为 16 m 的 GF-1 遥感影像,区域内基本无云或极少云量(根据影像云检结果进行排除)。用 GF-1/WFV 的近红外波段、红光波段和绿光波段分别对应红、绿、蓝 3 个通道合成标准假彩色图像,以便更好地区分不同地物特性。

对 GF-1 遥感影像数据预处理,包括多星协同控制点匹配、多星协同区域网平差、影像辐射校正、正射校正、融合、匀色镶嵌和分幅裁切等。

GF-1 遥感影像地表覆被影像分为以下 5 类,其具体影像特征描述为:①水体,颜色一般呈深蓝色,颜色均匀,形状自然;②草地,分布在山区(缓坡)、丘陵(陡坡)及河间滩地等,形态各异,多连片分布,红色系为主;③耕地,山区耕地地块相对分

散,丘陵区耕地地块局部呈现条状特征,界限明显,色调较为丰富,呈现出红、淡红、粉红、鲜红和淡蓝(耕种)等颜色,未耕种地块呈白或白灰色;④城乡居民点和工矿用地,几何特征明显,较规则,颜色以灰白色为主;⑤未利用土地,沼泽地分布在相对地势较低且易积水地段,几何特征不明显,沼泽地颜色呈鲜红、淡红色,裸土地呈灰白色。解译实例见图 1(a)~(e)。

### 1.3 技术方法

基于 eCognition 开发平台<sup>[7-8]</sup>,通过多组实验数据建立地表覆被自动分类规则,图斑提取总体精度在 80% 以上。技术流程如下:①对 GF-1 遥感影像进行面向对象尺度分割,以满足后续分类要求<sup>[9]</sup>;②建立祁连山地区水源涵养区地表覆被分类规则<sup>[10-11]</sup>;③根据分类规则识别实验区地表覆盖地类;④提取地物;⑤利用混淆矩阵进行精度评价;⑥结合“青海生态之窗”网络远程视频监控系统,选取样本点近距离验证地物类型。其中④是目前诸多研究的着力点,受影像时相、阴影等因素干扰,可融合高精度 DEM 数据、夜间灯光数据(DMSP/OLS),以及矢量专题等辅助数据进行地物信息提取。

### 1.4 精度评价方法

对地表覆被信息提取结果的精度采用两种方法进行评价:一是利用混淆矩阵对整体地类类别作精度验证;二是采用面积精度对关注对象作定量评价。

#### 1.4.1 整体地类类别精度验证

整体地类类别精度验证方法一般为混淆矩阵(Confusion Matrix)<sup>[12]</sup>,其在图像精度评价中被用来比较分类结果和地表真实信息。总体分类精度(Overall Accuracy, OA)等于被正确分类的像元总和除以总像元数,即  $OA = 110\ 230 / 125\ 843 \times 100\% = 87.593\ 3\%$ 。Kappa 系数主要应用在总体分类精度评价和图像一致性判断方面<sup>[13]</sup>,文中用于检验分类结果的准确程度。计算公式为:

$$k = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{i+} \times X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{i+} \times X_{+i})} \quad (1)$$

式中: $N$  为样本像元总数; $r$  为选定层像素矩阵行数; $X_{ii}$  为选定层像素矩阵对角线上各解译类型组合数量; $X_{i+}$  为矩阵行  $i$  的总样本数; $X_{+i}$  为矩阵列  $i$  的总样本数。通常 Kappa 系数在 0 ~ 1 之间,其值越大,表示准确率越高。

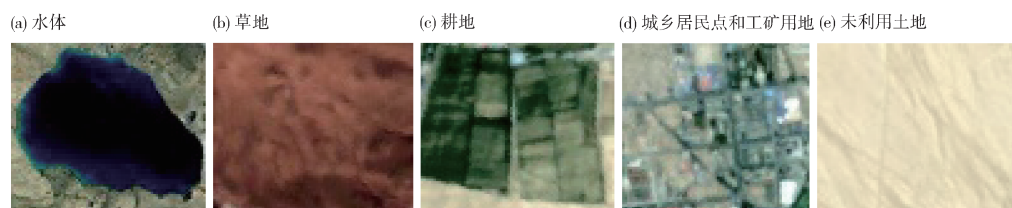


图 1 解译实例

Fig. 1 Examples of remote sensing interpretation

#### 1.4.2 定量评价

采用以下面积精度评价方法评估。

$$\text{总面积相对误差 } R = \frac{|\sum A_i - \sum B_i|}{\sum A_i} \quad (2)$$

$$\text{平均相对误差 } \bar{R} = \sum \left( \frac{|A_i - B_i|}{A_i} \right) / n \quad (3)$$

$$\text{面积比率平均值 } \bar{A}_r = \sum \left( \frac{A_i}{B_i} \right) / n \quad (4)$$

式中:  $A_i$  为地表真实矢量地类对应的各个图斑斑块面积;  $B_i$  为自动分类结果地类对应的各个图斑斑块面积。解译结果评价中, 计算得到  $R$ 、 $\bar{R}$  值越小, 分类精度越高;  $\bar{A}_r$  值越大, 分类精度越高。

## 2 分类规则构建

地表覆被类型分级采用《全国遥感监测土地利用/覆盖分类体系》分为 6 个一级类、26 个二级类。

### 2.1 地表覆被类提取规则

以祁连山特有地表覆被垂直带变化特性为基准, 应用土地利用垂直分布资料及 DEM 值分为: ①海拔 4 500 m 以上无植被生长, 地类为冰雪覆盖或裸露地, 归类为高山裸露地; ②海拔 4 000 m 以上, 部分山顶为冰雪覆盖或裸露岩石, 部分为高山草甸部分, 归类为高山草甸; ③海拔 3 300 m ~ 4 000 m 为牧业(草地), 归类为牧业; ④海拔 2 800 m ~ 3 300 m 主要分布为农林牧业, 归类为农林牧; ⑤海拔 2 800 m

以下分布为农牧业, 归类为农牧。

分类规则: ①将植被从高山裸露地地类中提取出来归为草地, 其他归为未利用地。②高山草甸类中包含高山裸露地和高山草甸, 用归一化植被指数 (NDVI) 区分裸露地与高山草甸。③根据 NDVI、加权差分植被指数 (WDVI) 和亮度值分别提取牧业类中草地、高亮裸露地、水体地类。④农林牧类中包含水体、耕地、林地、草地、建设用地和未利用土地 (沙地、戈壁、盐碱地、沼泽地、裸岩石砾、其他) 等地表覆被一级地类中的所有地类。利用 WDVI 将非水体信息 (包括林地、耕地、草地、建设用地、未利用地) 提取出来, 其中草地、耕地可用坡度和 NDVI 两个特征进行区分。草地、林地相比耕地坡度较小, 草地、耕地相比林地颜色更浅、NDVI 值更低。在此基础上, 补充 2015 年祁连山地区夜间灯光遥感数据 (DMSP/OLS), dpi 为 1 km, 坐标系统为 WGS84。对灯光数据进行掩膜处理、投影转换, 得到建设用地范围, 以便区分建设用地和林地。⑤农牧业类和农林牧一样, 包含地表覆被一级地类中所有地类, 方法同④所述。

WDVI 为宽波段植被指数之一, 利用 GF-1 遥感影像数据红光波段和近红外光波段反射率差异性得到。判别条件为:  $WDVI > 0$ , 代表植被覆盖;  $WDVI \leq 0$ , 代表裸露地表或水体。区域影像及地表覆被 5 大类自动分类结果见图 2。

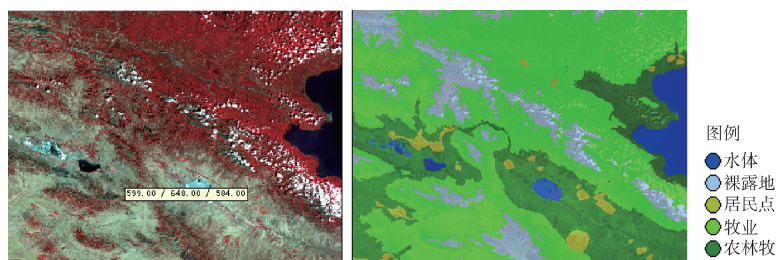


图 2 地表覆被 5 大类自动分类结果

Fig. 2 Automatic classification results of five types of land cover

2.2 重点水体类分类规则

重点水体自动提取规则见图 3。

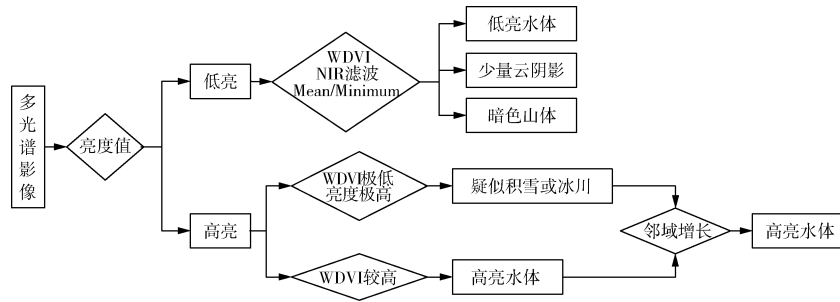


图 3 重点水体自动提取规则

Fig. 3 Rules of automatic extraction for key water bodies

2.3 重点植被类分类规则

重点植被提取分为高、低覆盖区植被提取, 先通过修正土壤调节植被指数来提取高覆盖植被区, 再通过增强植被指数、HIS 等指数来提取低覆盖区植被, 精度相对较高。

3.1 水体和植被分类结果

水体和植被分类精度相同, 总面积相对误差平均值、平均相对误差、面积比率平均值均分别为 0.005 9、0.103 2 和 0.986 7, 总体分类精度 (OA) 为 87.59%, 水体、植被分类加权相对误差平均值分别为 0.003 7 和 0.003 9, 满足地表覆被分类精度要求。水体、植被分类结果见图 4(a)(b)。

3 分类结果与精度评估

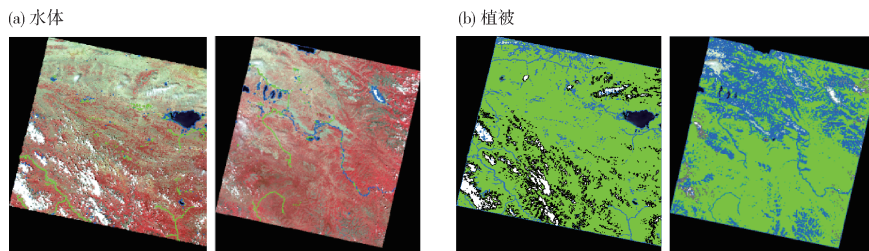


图 4 水体和植被分类结果

Fig. 4 Classification results of water body and vegetation

3.2 地表覆盖混淆矩阵评价结果

评价结果见图 5—6。在 ArcGIS 中随机生成 117 个样本点 (见图 5), 在 eCognition 中进行混淆

矩阵误差精度评价, 地表覆盖混淆矩阵见表 1。总体分类精度为 95.73%, Kappa 值为 0.889 6, 分类精度优于 80%, 符合遥感解译精度要求。

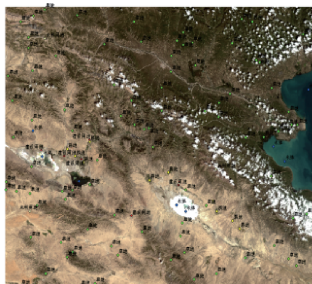


图 5 随机样本点分布

Fig. 5 Distribution of random sample points

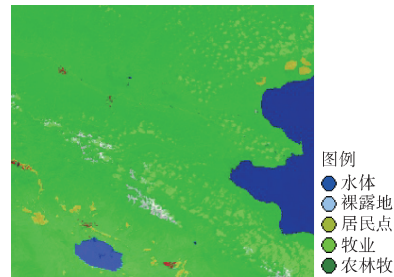


图 6 自动分类结果

Fig. 6 Automatic classification results

表1 混淆矩阵

Table 1 Confusion matrix graph

类别	草地	未利用地	水体	耕地	建设用地	总和
草地	87	1	0	0	0	88
未利用地	1	2	1	0	3	7
水体	0	0	7	0	0	7
耕地	1	0	0	10	0	11
建设用地	0	0	0	0	4	4
总和	89	3	8	10	7	117

表2 地物解译核查结果

Table 2 Verification results of land objects interpretation

一级类型		二级类型		一级类型		二级类型			
类别	准确率/%	类别	准确率/%	类别	准确率/%	类别	准确率/%		
林地	95	有林地	90	耕地	99	旱地	99		
		灌木林地	93			水域	99	河流	100
		疏林地	100					湖泊	100
		其他林地	97					水库、坑塘	100
草地	97	高覆盖度草地	96			永久性冰川雪地	100		
		中覆盖度草地	95			沼泽	99		
		低覆盖度草地	92			滩地	100		
城乡、工矿、居民用地	90	城镇用地	100	未利用土地	89	裸岩	89		
		农村居民点	100					裸土地	100
		其他建设用地	90						

#### 4 结论

(1) GF-1/WFV 数据基本能保证每月一两次覆盖祁连山地区,尤其满足草地生长状况监测的时间频次要求,这是常用中分遥感数据(如 Landsat)难以达到的。

(2) 基于 eCognition Server 二次开发,提高了高分遥感影像信息提取运算能力,在实际应用中,面对不同应用对象及环境,有明显效率优势。

(3) 尝试了网络远程视频在遥感解译中的应用,近距离验证区域典型地物类型,分类精度为 94.8%,随着下一步视频点位的加密,有利于优化高分遥感影像的解译规则。

(4) 由于高分遥感影像复杂的光谱特征及纹理信息,对于实验区建设用地与裸地之间区分,该方法还可进一步优化和探索。后期考虑增加高精度 DEM、解译标志库、土地利用分布图等专题信息,提高自动提取精度。

#### [参考文献]

- [1] 刘锬,付晶莹,李飞. 高分一号卫星 4 种融合方法评价[J]. 遥感技术与应用,2015,30(5):980-986.
- [2] 蒋明,文建辉,黄晓蓉. 高分辨率遥感影像在土壤环境质量监

#### 3.3 解译精度判读

区别传统技术方法,将“青海生态之窗”网络远程视频监控管理系统应用在遥感解译验证中,在省级观测管控平台调度祁连山地区现场端 5 km ~ 15 km 长焦距摄像机实时图像,近距离验证该地区典型区域地物类型。地物解译核查结果见表 2。由表 2 可知,一级分类精度为 94.8%,二级分类精度为 94.0%,达到遥感解译精度要求。

测点位布设中的应用[J]. 环境监测管理与技术,2017,29(5):64-67.

- [3] 吴波,林珊珊,周桂军. 面向对象的高分辨率遥感影像分割分类评价指标[J]. 地球信息科学学报,2013,15(4):567-573.
- [4] BAATZ M, SCHÄPE A. Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation[J]. Angewandte Geographische Informationsverarbeitung, 2000, 12(12):12-23.
- [5] 宋晓阳,姜小三,江东,等. 基于面向对象的高分影像分类研究[J]. 遥感技术与应用,2015,30(1):99-105.
- [6] 熊文成,徐永明. 基于高分遥感影像的跨国界流域环境监测——以红河流域为例[J]. 环境监测管理与技术,2016,28(3):11-14.
- [7] 夏春林,张静,褚延有. 基于高分辨率城区遥感影像的道路半自动提取方法研究[J]. 测绘科学,2008,33(5):140-143.
- [8] 莫登奎,林辉,孙华,等. 基于高分辨率遥感影像的土地覆盖信息提取[J]. 遥感技术与应用,2005,20(4):411-414.
- [9] 孙家柄. 遥感原理与应用[M]. 武汉:武汉大学出版社,2009.
- [10] 付卓,胡吉平,谭衢霖,等. 遥感应用分析中影像分割方法[J]. 遥感技术与应用,2006,21(5):456-462.
- [11] 周成虎,骆剑承. 高分辨率卫星遥感影像地学计算[M]. 北京:科学出版社,2009.
- [12] 李斌兵,黄磊. 基于面向对象技术的黄土丘陵沟壑区切沟遥感提取方法研究[J]. 水土保持研究,2013,20(3):115-119.
- [13] 关元秀,程晓阳. 高分辨率卫星影像处理指南[M]. 北京:科学出版社,2008.