

文章编号: 1108 - 2786 - (2017) 1 - 102 - 10

DOI: 10.16089/j.cnki.1008-2786.000201

# 基于语义约束的 GF-1 遥感影像山区居民地提取方法

林 熙<sup>1,2</sup>, 罗小军<sup>1\*</sup>, 郭红梅<sup>3</sup>, 刘国祥<sup>1</sup>, 张帅娟<sup>1</sup>, 陈 银<sup>1</sup>

(1. 西南交通大学 地球科学与环境工程学院, 四川 成都 610031; 2. 重庆市地理信息中心, 重庆 401121;

3. 四川省地震局, 四川 成都 610041)

**摘 要:** 山区居民地空间分布信息是山区灾害应急响应与评估的重要基础资料。我国大力发展的高分辨遥感系统, 为快速获取山区居民地空间分布信息提供了数据保障, 对灾害应急与评估具有重要的现实意义。针对高分辨率遥感影像居民地提取结果误分对象较多的情况, 本文提出一种基于语义约束的高分一号 (GF-1) 遥感影像山区居民地提取方法, 其基本思路是: 根据山区居民地独特的分布规律, 制定山谷线、山坡、雪线等语义约束条件, 并将其与面向对象方法相结合进行居民地提取。以覆盖四川省康定县的一景 GF-1 影像为例进行实验, 采取语义约束下的山区居民地提取, 正确率为 82.91%, 漏分率仅为 7.86%。与不使用语义约束的面向对象分类法直接提取结果相比, 正确率提高了 1.2 倍。实验表明, 本文提出的山区居民地提取方法能够有效改善山区居民地信息提取效果。

**关键词:** 高分一号; 面向对象; 语义约束; 山区; 居民地; 信息提取

**中图分类号:**

**文献标志码:** A

居民地空间分布信息是地质灾害应急响应和评估的重要基础资料。一方面, 在灾害应急救援中, 灾区的居民地分布是救援人员制定救援计划的重要依据; 另一方面, 在灾害评估中, 将居民地的空间分布信息与区域内的人口、经济、财产等统计数据相结合, 可以准确评估灾害损失<sup>[1]</sup>。我国西部山区, 自然环境复杂, 地质灾害频发, 且居民地分布零散、聚集度低, 如何快速准确获取山区居民地空间分布信息, 是地质灾害应急救援的一项重要工作, 也是难点<sup>[2]</sup>。遥感技术具有覆盖范围大、成本低的优点, 给山区居民地快速获取提供了一种有效途径; 而我国正大力发展的高分遥感系统, 为此提供了数据保

障。

居民地提取是遥感信息提取的难点之一<sup>[2]</sup>, 这是居民地本身的复杂性以及遥感影像本身的复杂性决定的。基于此, 面向对象的影像分析方法逐渐发展起来并成为研究热点<sup>[3]</sup>。其处理的最小单元不再是像元, 而是包含多种语义信息的对象, 这大大提高了影像信息的挖掘程度。然而, 随着影像纹理细节的增加、可用信息的增多, 信息提取的复杂程度也随之增加, 面向对象的提取效果也难以令人满意, 尤其是大范围提取地物时。这是由于人类对外部景物的感知是一个统一的整体, 包括对场景中每个物体的形状、大小、颜色、距离等性质都按精确的时空方

收稿日期 (Received): 2016-01-27; 改回日期 (Accepted): 2016-04-19。

基金项目 (Foundation item): 高分光学遥感应急救援示范应用 (31-Y30B09-9001-13/15-15); 国家自然科学基金项目 (41271448, 41474003); 973 课题 (2012CB719901); 西南交通大学研究生创新实验实践项目 (YC201514103) [Emergency Rescue Demonstration Application Based on High Resolution Optical Remote Sensing (31-Y30B09-9001-13/15-15); National Natural Science Foundation of China (41271448, 41474003); 973 Program (2012CB719901); Graduates' Innovative Experimental Practice Items of Southwest Jiaotong University (YC201514103)]

作者简介 (Biography): 林熙 (1989-), 男, 四川绵阳人, 硕士研究生, 研究方向为遥感应用研究 [Lin Xi (1989-), male, Sichuan, M. Sc. candidate, research on application of remote sensing] E-mail: linxieryu@outlook.com

\* 通信作者 (Corresponding author): 罗小军 (1974-), 男, 四川安岳人, 博士, 副教授, 主要从事摄影测量与遥感、InSAR 理论及应用研究 [Luo Xiaojun (1974-), male, Sichuan, Ph. D., associate professor, research on the theory and application of interferometric synthetic aperture radar (InSAR), and the processing and information abstraction of optical remote sensing images] E-mail: lxj@swjtu.cn

位特点被完整的感知,而计算机自动解译所利用的图像信息有限,不能全面反映图像中地物的特征<sup>[4]</sup>。基于此,有学者提出 RS 与 GIS 一体化的遥感解译<sup>[5,6]</sup>。地理数据与遥感图像数据复合,可改变以往遥感数据的单一光谱数据结构,增加计算机可用的遥感图像数据的信息量,有助于计算机解译<sup>[7]</sup>。之后,又提出了基于知识或基于专家系统的遥感图像解译,重点研究遥感解译知识的获取、表达、搜索策略和推理机制。如秦其明提出在 GIS 支持下实现背景数据与遥感信息覆合,采用专家系统来完成遥感图像自动解译<sup>[4]</sup>。然而,到目前为止,这种基于知识和专家系统的解译方法远未达到实用阶段的水平<sup>[7]</sup>;国内外对居民地影像特征的描述仍然主要集中在光谱、纹理和几何 3 种特征上<sup>[8]</sup>,面向对象的图像分析方法也大多集中于对象本身、对象与对象之间、对象上下文的特征,同时提取过程主观性较强,影响因素较多,提取结果具有较强的不确定性<sup>[9]</sup>。针对该问题,多名学者指出,应充分利用已有的 GIS 数据,减少自动解译中的不确定性;利用地学专家知识逐步分离居民地,使其结果更符合实际;综合提取多种影像特征,多特征“组合优化”,不同特征互为补充,提高计算机自动解译精度<sup>[4,7,8,10]</sup>。

本文作者在利用国产高分一号(GF-1)卫星影像提取西部山区居民地中发现,山区居民地在 GF-1 影像中存在同物异谱、异物同谱、同形异物、同物异形、同一地物多种结构、多种纹理等特点,即便综合采用光谱特征、几何特征以及纹理特征,提取居民地仍然存在大量误分对象。针对以上问题,本文通过引入居民地空间分布特征等地学知识,提出基于语义约束的 GF-1 影像山区居民地提取方法。以四川省康定县的一景 GF-1 影像为例,通过分析研究区居民地分布特点,在面向对象分类基础上,制定了山谷线、坡度、雪线等三种语义约束条件,对面向对象分类结果进行过滤,最终提取出山区居民地。最后在研究区域中选取两块采样区域,结合 GF-1 影像与 Google Earth 影像,以目视解译结果为参考进行精度评定,并与面向对象分类结果进行比较,分析语义约束方法的精度及有效性。

## 1 语义约束下的山区居民地提取方法

我国山区,尤其是西部山区居民地通常具有以下特点:(1)主要沿着河谷分布;(2)分布零散,聚集

度低,面积较小,除城镇居民地聚集程度较高之外(如图 2-a),其他多为一些零散的农村居民地(如图 2-c);(3)居民建房大多就地取材,房屋建筑材料主要是泥、沙、石。因此,山区居民地在 GF-1 遥感影像上的特征表现为:(1)图斑小而且分布零散;(2)居民地建筑物大多为高亮地物,这与道路、裸地、裸露岩石、河床沙滩地等具有相近的光谱特征,甚至与积雪的光谱特征也相近;(3)少数民族地区有特殊的山坡刻字,在遥感影像中它们的形状和光谱特征与居民地相同。

鉴于山区居民地的上述特征,要从高分遥感影像中自动提取山区居民地,单纯依据光谱信息和几何信息,难以将居民地与裸地、裸露岩石、河床沙滩地、山坡刻字等区别开,并且提取的图斑十分零散。为此,本文提出面向对象与语义约束相结合的山区居民地提取方法。首先,基于山区居民地的光谱、几何以及纹理特征,利用面向对象方法对居民地进行预提取。在此基础上,分析山区居民地与其他相关地理要素的空间关系或逻辑联系,并将这种关系用语义表达,通过设置相应的语义约束条件,对面向对象分类结果做进一步提取或信息过滤。该方法的总体流程如图 1 所示。

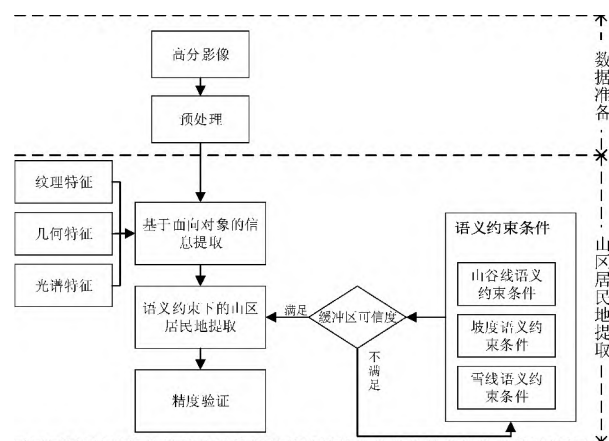


图 1 语义约束下的山区居民地提取总体流程图

Fig. 1 Flowchart of extracting residential areas by semantic constraints

### 1.1 面向对象的信息提取

面向对象的影像分析方法是目前高分辨率遥感影像信息提取最为有效的手段,所以本文首先采用面向对象的方法对山区居民地进行预提取,其结果作为后续语义约束实验的基础和前提。

由上文分析可知,山区居民地涉及到的情况复杂,光谱信息、几何信息等都难以统一。而融合后的

GF-1 分辨率为 2 m,这不足以显示山区农村居民地的具体细节,但这却使得居民地具有了相对较统一的纹理信息。所以这里首先采用纹理信息进行居民地提取。纹理就是指在图像中反复出现的局部模式和它们的排列规则<sup>[13]</sup>。而纹理特征提取以基于灰度共生矩阵的提取方法应用最为广泛<sup>[14]</sup>。早在 1973 年 Haralick 就提出了 14 种灰度共生矩阵特征参数<sup>[15]</sup>,针对不同的影像、不同的目标地物,不同的特征有不同的效果。本文根据各纹理指标针对实验区居民地的实际效果,最终使用 GLCM Standard Deviation (GLCM - StdDev) 指标来提取 GF-1 的山区居民地。GLCM - StdDev 是衡量平均值的离散度,其计算公式如公式(1)~(3)所示<sup>[12,16,17]</sup>。为减少边缘效应,对象中的所有边缘像素也计算在内。

$$\mu_{ij} = \frac{\sum_{i,j=0}^{N-1} P_{ij}}{N^2} \quad (1)$$

$$\sigma_{ij}^2 = \sum_{i,j=0}^{N-1} P_{ij} (i - j - \mu_{ij})^2 \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{ij}^2} \quad (3)$$

其中  $\sigma$  为 GLCM 标准差,  $\mu_{ij}$  为 GLCM 的平均值,  $N$  为 GLCM 的宽度,  $P_{ij}$  为 GLCM( $i, j$ ) 点的归一化值。

通过对分割后影像对象的 GLCM - StdDev 纹理

特征进行计算,得到其特征视图,如图 2 所示。其中 a 图和 c 图分别代表乡镇居民地集中区和农村居民地分散区, b 图和 d 图分别表示两图对应的 GLCM - StdDev 特征视图。从特征视图中可以看出,两区域的居民地 GLCM - StdDev 特征值明显高于其他地物,说明该特征能很好的区分居民地与其他地物。但仍然有部分非居民地同样具有较高的 GLCM - StdDev 特征值,如道路、山坡上的文字、裸地等等。而面向对象的居民地提取作为后续实验的基础,将直接影响整个实验的提取精度,所以还将引入其他辅助特征(如几何特征、光谱特征、相邻特征),尽可能的将其它非居民地排除。

### 1.2 语义约束条件下的山区居民地提取

语义即语言所表达的含义,其反映了人类思维过程和客观实际<sup>[18]</sup>,人们在观察一幅影像时,对事物的判定源于多种语义的结果。居民地的分布受地形、河流等众多因子的影响,其空间分布有明显的规律和区域差异,山区居民地尤甚,利用这些知识可剔除误提的居民地<sup>[10]</sup>。

山区居民地主要依河流、道路而建,所以绝大多数分布在山谷中,基于此,制定山谷线语义约束条件。山谷线语义约束条件是以山谷线为中心建立缓冲区,

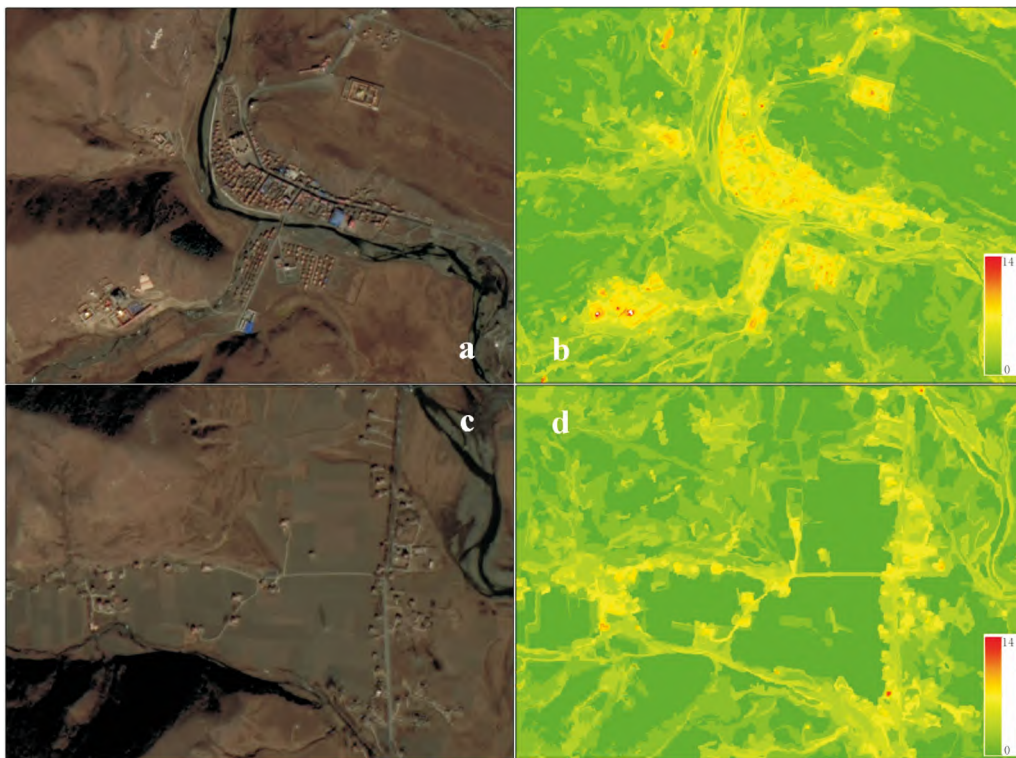


图 2 GLCM - StdDev 特征视图

Fig. 2 Characteristic view of GLCM - StdDev

在缓冲区范围内的对象为可接受对象。然而由于山谷宽度不同,适用于居住的范围也不同,如果对所有山谷线使用同一种缓冲区,则必定造成语义约束范围对某些区域过大或过窄,使得提取精度下降,所以应根据山谷不同大小设置不同的缓冲区。山谷的形成跟河流有直接关系,河流从小溪逐渐汇集成大河大江,也反应了相应山谷大小的变化,而河网分级在学术界则已有较多研究,并且已在生产实践中得到广泛应用<sup>[19]</sup>。基于此,本文通过 DEM 提取河流线,通过河流节点来定义不同河网级别,即山谷线级别,以此设置不同级别山谷线的缓冲区大小,如图 3 所示。由于 DEM 精度的原因,提取出的山谷线不能完全位于山谷中心,所以在制定缓冲区时应适当增大缓冲半径。而缓冲区大小同样直接影响后续实验提取精度,并且因各地地形的不同,山谷宽度不同,适用的缓冲区半径也不一样,因此本文通过 GIS 软件直接量测实验影像,统计各级别山谷宽度,并综合考虑山谷线偏离情况后,得出各级别缓冲区半径。

同样的,坡度较陡峭的区域不适宜居住,以此建立坡度语义约束条件。坡度语义约束条件则是小于某一坡度值区域内的对象为可接受对象。坡度信息同样根据该地区 DEM 数据获得。然而,当区域存在雪山、峡谷、原始森林等高海拔、不适宜人居住的区域时,同样可得到山谷线缓冲区以及坡度缓冲区,这相当于语义约束范围仍然包含了大量非居民地居住的区域,造成一些误提居民地不能有效排除。所以这里再建立雪线语义约束条件,将位于雪山、原始森

林等无人居住区域的山谷线直接剔除。直接剔除山谷线的方式,易操作,实践性较强。

语义约束条件是对前期面向对象提取结果进行进一步处理,但语义约束的范围是否合理,是需要考虑的重要问题之一。为此,本文通过已定义的语义约束范围来计算真实居民地分布情况,并将其定义为缓冲区可信度指标( $C$ ),以此来验证语义约束条件的合理性,其计算公式如公式(4)所示。

$$C = \frac{A_{\text{extract}}}{A_{\text{real}}} \quad (4)$$

式中  $A_{\text{real}}$  为研究区域真实居民地图斑总面积,是手动勾绘出该区域所有居民地的图斑总面积,  $A_{\text{extract}}$  为缓冲区内居民地图斑总面积,是指落在语义约束范围内的勾绘居民地图斑的总面积。该指标值越大,说明语义约束条件的可信度越高。可信度指标应大于 90%,否则需返回修改相应语义约束条件。

## 2 实验与分析

### 2.1 实验区域及数据

研究区域位于四川省康定县塔公乡至新都桥镇一带(图 4),地处四川盆地西部山区,为青藏高原东部边缘地带,海拔在 4 000 m 左右,地形起伏较大,地质构造复杂,属地震活动较强地区。2014 年 11 月 22 日 16 点 55 分,该地区发生 6.3 级地震,震源深度 16 km,对当地人民群众的生产和生活造成了较大影响。

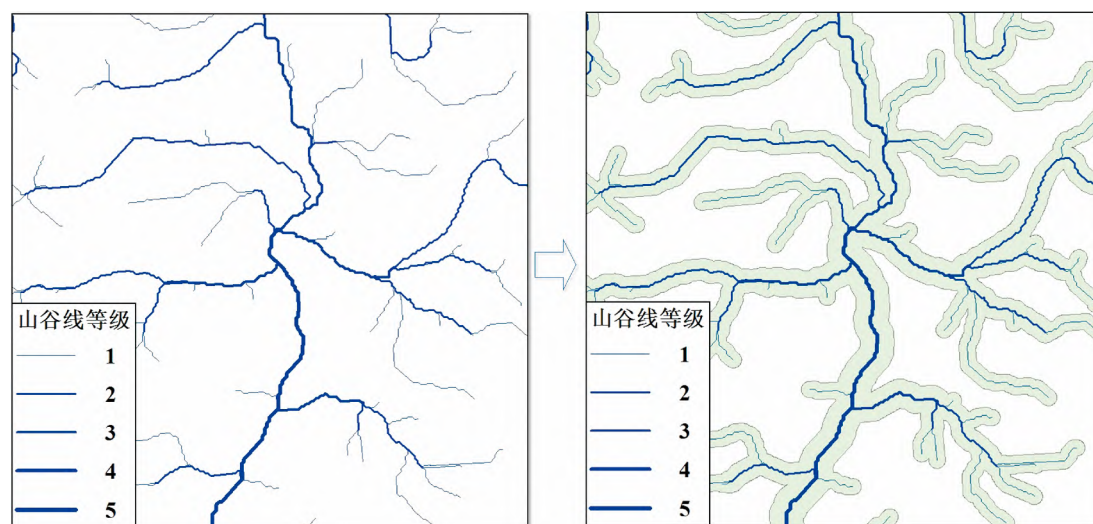


图 3 山谷线语义约束条件示意图

Fig. 3 Illustration of the semantic constraints for valley



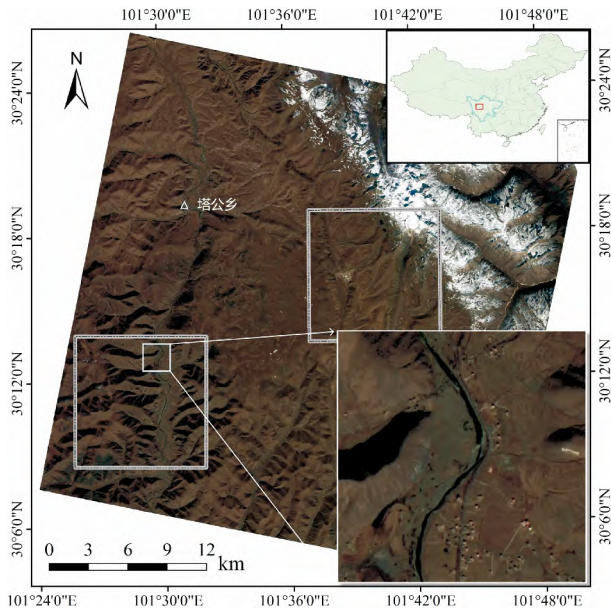


图4 研究区域与 GF-1 影像局部放大图  
(两方框为精度评估采样区域)

Fig. 4 Study area and enlarged map with GF-1 image.

The two squares denote the sample areas for accuracy assessment.

本研究以 2013 年 11 月 25 日 GF-1 的 PMS1 传感器拍摄的影像为数据源,以一景数据为研究范围,实地面积约  $1\,000\text{ km}^2$ ,在高分辨率影像信息提取中属较大处理范围。研究数据还包括该区域 30 m 分辨率 DEM 数据,用于提取山谷线以及坡度图层。研究区居民地分布零散,居民建筑物在影像上呈现出的图斑较小,在 8 m 空间分辨率的多光谱影像上难以分辨。所以在对影像进行了正射纠正的基础上,将多光谱数据与全色数据通过 Gram-Schmidt 算法进行融合处理。融合后的影像能分辨出居民地(如图 3 中局部放大图),这有利于居民地的后期提取。

## 2.2 面向对象的山区居民地提取实验

分析研究区的 GF-1 影像可以看出,研究区居民地分布零散,而且地块较小,因此,对预处理后的 GF-1 影像首先采用面向对象的方法进行居民地预提取。结合影像及研究区的自然地理特征分析,研究区的地物类型主要有居民地、道路、裸地、植被、水体、沙地、积雪等。为了解居民地与其他地物的区别,选取 7 种地物的样本若干,统计其相应特征值分布信息。其中由于该区域裸地差异较大,有常年受阳光直射无植被覆盖的颜色较深的裸地(Bare1),也有人为因素造成的植被覆盖变化而形成的颜色较亮的裸地(Bare2)(如山坡刻字、道路修建等),因此这

里将裸地类别分为两类进行统计,共计 8 种地物类别。

根据上文分析,GLCM-StdDev 特征是 GF-1 数据中居民地与其他地物相区分的主要特征,所以首先使用该特征对居民地进行提取。图 5-a 是利用 GLCM-StdDev 作为参数统计的各类地物的纹理特征统计图。依据图 5-a,以  $\text{GLCM-StdDev} > 2$  为条件,可以将居民地与植被、Bare1、大部分 Bare2、大部分水体区分开来,而积雪、道路、部分水体、沙地、部分 Bare2(尤其是山坡刻字)与居民地尚不能明显区分。其中,道路有着明显的几何特征,即长宽比的值较高,所以通过该特征可将其与居民地区分出来,如图 5-b 所示。同样的,对于部分误分的水体,可以使用归一化水体指数(NDWI),设置阈值进行排除,如图 5-c 所示。

经过上述分类,最终获得的研究区居民地预提取结果如图 6-a 所示,图中黑色图斑为面向对象分类方法自动提取的居民地。从图 6-a 可以知道,面向对象分类方法自动提取的居民地图斑数远远多于居民地实际图斑数,其主要误分对象为雪山区域、沙地以及少部分裸地(Bare2),主要原因是在 GF-1 影像中山区居民地地块小,异物同谱、异物同形(形状及纹理特征)现象严重。被误提取的积雪对象主要是积雪边缘区域稀疏分布的积雪图斑(如图 6-a 中局部放大图),这与居民地的特征尤其相似;沙地主要是河流干枯后留下的以沙石为主的白色沙滩地,同样呈块状,且其组成成分跟当地建筑物为同种材料,较难区分;而不能排除的少数裸地主要是山坡上人为扰动的部分,以该区域山坡上的文字为主。这三类地物在光谱信息、纹理信息、几何信息等方面均不能将其剔除,这是遥感影像本身的不确定性以及山区复杂性所导致的。因此,尽管综合居民地光谱、几何以及纹理特征,采用面向对象的分类方法,居民地提取的精度依然很低。

## 2.3 语义约束的山区居民地提取

根据上文对山区居民地分布特点的分析,首先制定山谷线语义约束条件。本文采用 DEM 河网提取方式提取出山谷线,再在此基础上对山谷线进行分级。而目前河网分级算法以 Strahler 算法和 Shreve 算法最为流行,已被 ESRI 公司开发的 ArcGIS 软件采用<sup>[19]</sup>。考虑到 Shreve 算法分出的级别过多,不符合山谷线级别,所以本文使用 Strahler 算法对山谷线进行分级。对于各级别缓冲区半径,这里主要使

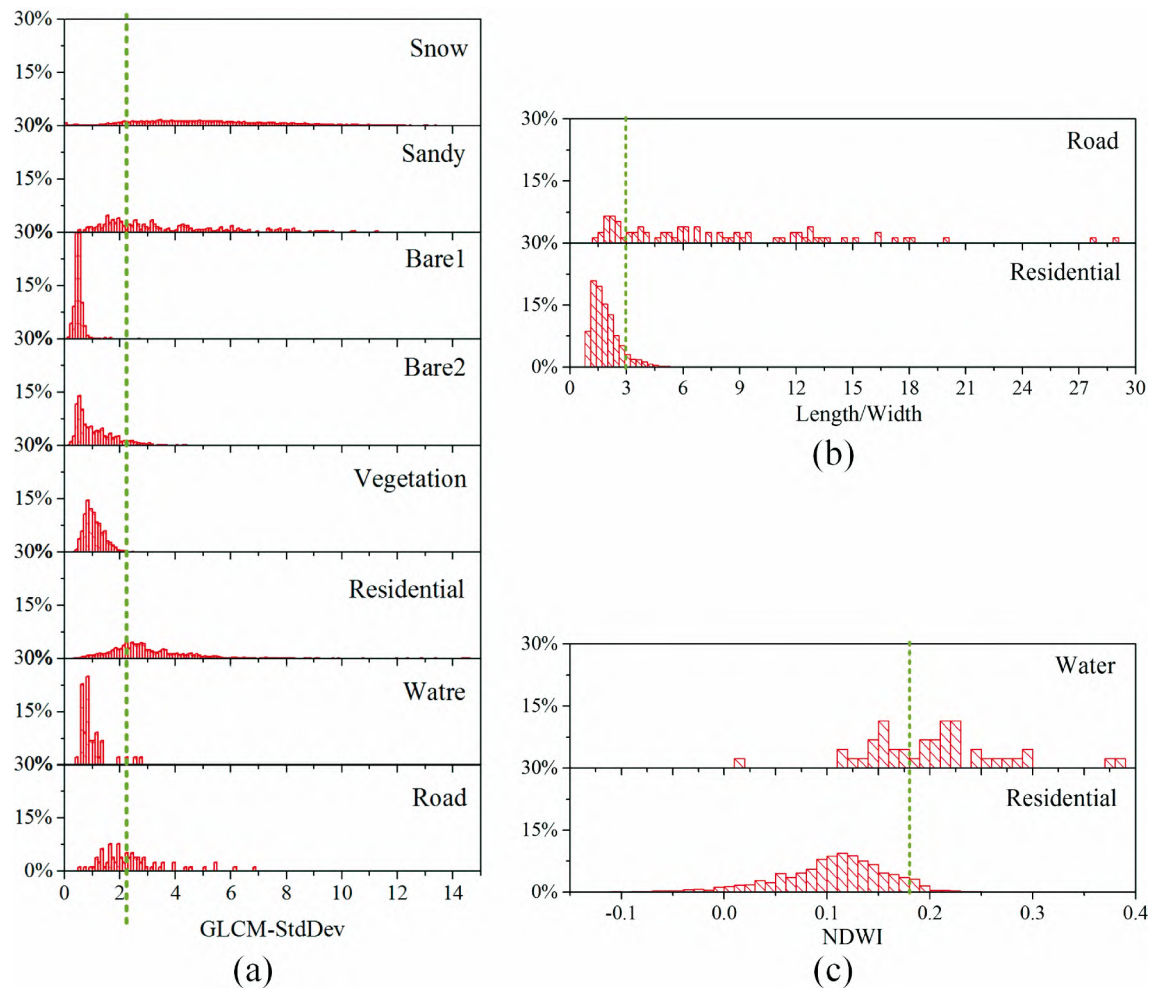


图 5 八种地物类别的特征直方图。

(a) 各类别 GLCM - StdDev 特征分布情况; (b) 道路与居民地长宽比特征分布情况; (c) 水体与居民地 NDWI 特征值分布情况

Fig. 5 Histogram of characteristics of land categories. (a) GLCM - StdDev , (b) Length/Width , (c) NDWI.

用 ArcGIS 软件在影像上直接测量各山谷宽度 ,统计测量结果 ,并考虑山谷线偏离情况后折中设置缓冲区半径。研究区域中较大的山谷宽度大于 1 km ,而较小的有居民地的山谷宽度约为 200 m ,具体级别与对应缓冲区半径如表 1 所示。

表 1 山谷线级别与对应的缓冲区半径	
Tab. 1 Categories of valley line and the relevant radius of duffer zone	
山谷线等级	缓冲区半径 /m
1	250
2	400
3	550
4	700

此外 ,由于居民地主要集中在坡度小于 30° 的山坡地区<sup>[20]</sup> ,因此利用 DEM 提取出坡度图 ,并以坡度

小于 30° 的范围作为坡度语义约束条件。对于雪域附近以及无人居住的山谷的居民地误分情况 ,使用雪线语义约束条件 ,直接删除该区域山谷线 ,排除该区域。

为验证上述语义约束条件的合理性 ,计算其缓冲区可信度指标 C。在两个用于精度评估的采样区中 ,采样区 1 的可信度为 99.01% ,采样区 2 的可信度为 97.57%。说明只有极少数居民地在该语义约束条件之外 ,可信度较高。

将三种语义约束条件对提取结果进行信息过滤 ,排除缓冲区外的图斑 ,其过程如图 6 所示。其中 a 图为原始提取结果叠加山谷线的效果; b 图为雪线语义约束后的剔除多余的山谷线; c 图为山谷线语义约束条件下居民地提取效果; d 图为最终提取居民地。



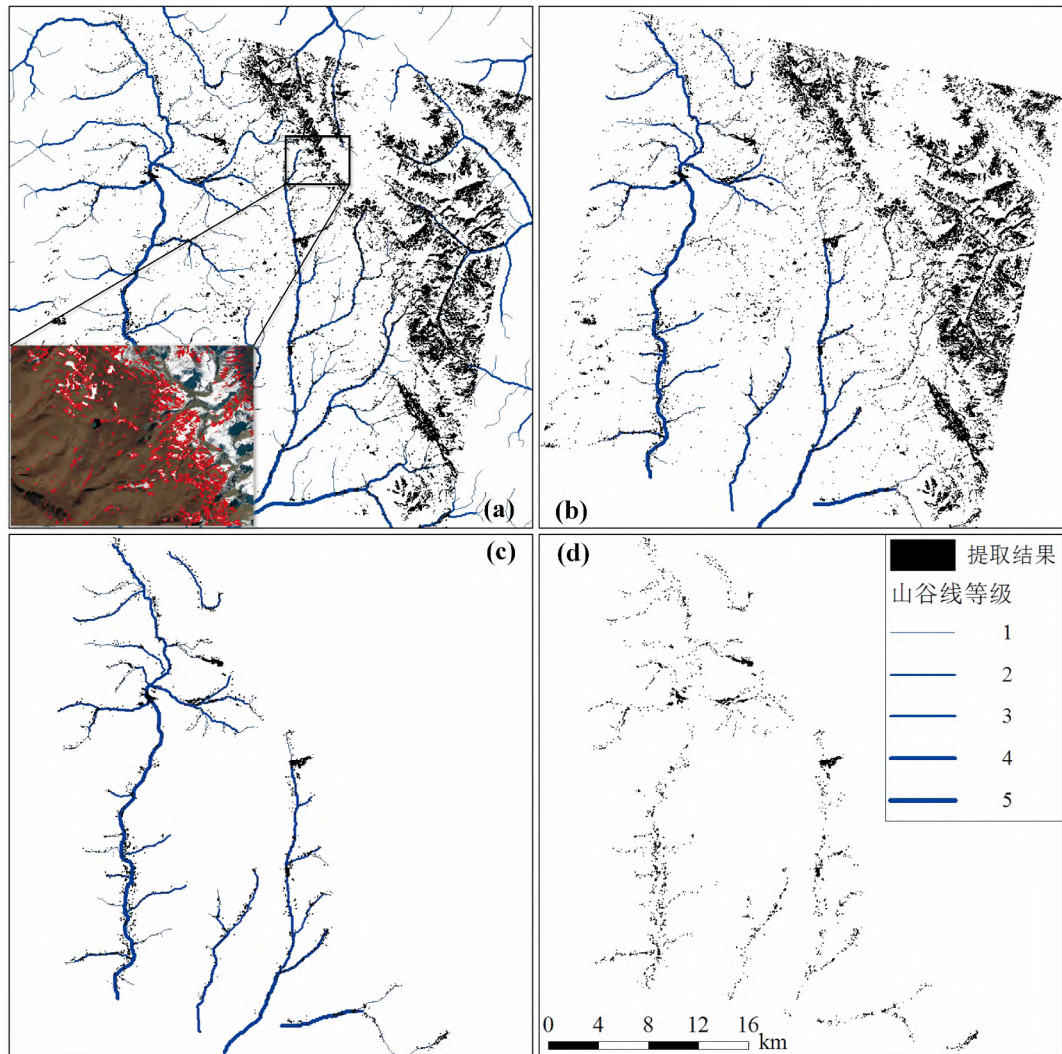


图 6 语义约束下山区居民地提取过程图以及最终结果图

Fig. 6 Process and result of extracting residential areas by semantic constraints

### 3 结果与讨论

对比面向对象分类结果(见图 6-a)和语义约束提取结果(见图 6-d)可知,采用语义约束后,面向对象分类得到的大量错分的居民地被剔除,整个研究区的居民地提取效果得到显著改善。

为定量分析两种方法提取居民地的效果,结合 Google Earth 高分影像对研究区域进行目视解译,以手动勾绘的居民地图斑面积为参考统计两种方法提取的居民地精度。由于研究区较大而提取对象较小,所以选取研究区域内两块约为 100 km<sup>2</sup> 的采样区(见图 5 所示)进行勾绘和统计,得到两块采样区的精度指数如表 2 所示。综合两个区域,面向对象的居民地提取平均正确率为 36.27%,平均漏分率

为 2.68%;语义约束下的居民地提取平均正确率为 82.91%,平均漏分率为 7.86%。其中,采样区 1 中面向对象提取方法的正确率仅为 17.96%,这是由于该区域有大量雪山边缘误分点,所以采用语义约束后的提取精度能够提高到 82.43%。采样区 2 的提取精度由语义约束之前的 54.57% 提高了 83.39%,但漏分率却明显上升,这主要是由于利用语义约束时滤掉了一些处于特殊地理位置的特殊建筑,如位于山顶的寺庙以及不位于山谷中的机场等。

尽管如此,采用语义约束后,居民地的提取精度得到了显著提高,这说明单独采用面向对象分类的方法从 GF-1 影像中提取居民地,难以取得较理想的结果,而面向对象分类与语义约束相结合,不失为一种有效的方法。

为进一步说明这种方法的有效性,从研究区选

表 2 居民地提取结果精度评定  
Tab. 2 Accuracy for the result of extracting residential areas

采样区	提取方法	提取总面积 /m <sup>2</sup>	勾绘面积 /m <sup>2</sup>	正确提取面积 /m <sup>2</sup>	错分面积 /m <sup>2</sup>	漏分面积 /m <sup>2</sup>	正确率 /%	错分率 /%	漏分率 /%
采样 区 1	面向对象 居民地提取	1447984.37	260848.82	259996.00	1187988.37	852.82	17.96	82.04	0.33
	语义约束下 居民地提取	311300.00	260848.82	256611.52	54688.48	4237.31	82.43	17.57	1.62
采样 区 2	面向对象 居民地提取	648278.56	372548.90	353793.70	294484.86	18755.20	54.57	45.43	5.03
	语义约束下 居民地提取	383755.30	372548.90	320027.30	63728.00	52521.60	83.39	16.61	14.10

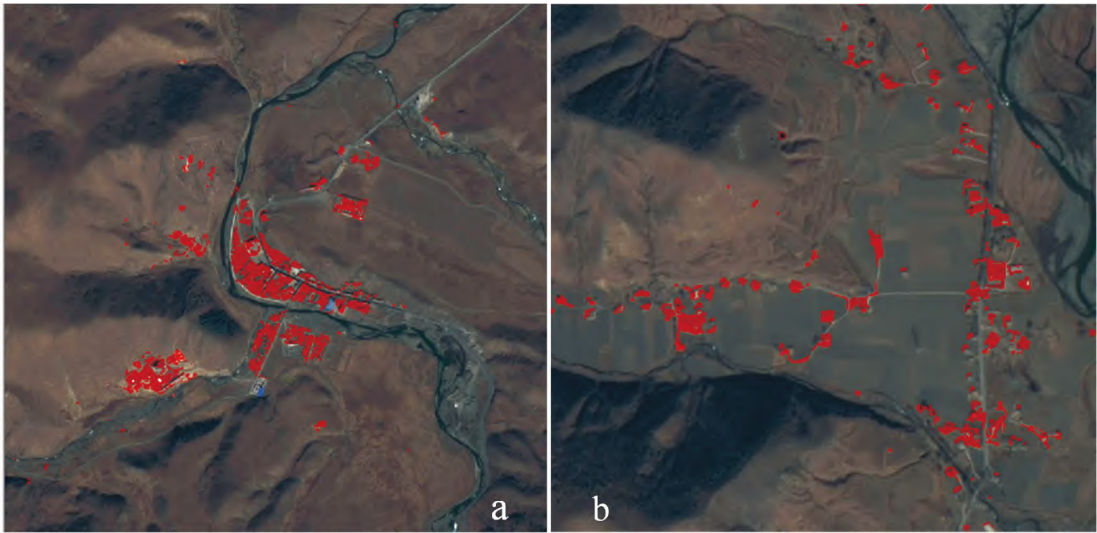


图 7 GF-1 影像居民地提取效果  
Fig. 7 Result of extracting residential areas from GF-1 image



图 8 GF-1 居民地提取结果与 Google Earth 影像的对比图  
Fig. 8 Comparison between our result and Google Earth

取了三块区域放大显示 ,见图 7、图 8。图 7 为图 2 以及居民地分散的农村区域 ,提取出的居民地图斑 在所选两个区域的提取结果 ,居民地集中的乡镇区域 在位置、大小等方面均与实际居民地高度一致。图



8 是 GF-1 影像及提取结果与 Google 影像的对比图,从图上可知,虽然部分居民地在 GF-1 影像的特征并不是很显著,但仍然被很好地提取出来。

进一步分析研究区居民地提取结果,尽管采用语义约束后,居民地提取精度显著提高,但仍有部分地物被错分为居民地。被错分为居民地的地物以河床裸露的沙滩地以及人工改造的裸地(如山坡刻字)为主。分析其原因主要有以下几点:GF-1 影像分辨率限制,影像上不足以分辨居民地更详细的纹理信息;这些地物在光谱特征、几何特征以及纹理特征等方面均与居民地相似;这些地物在地理空间关系上与居民地联系紧密。因此,如何将它们与居民地分开,这是一个难点,也是后续研究的一项重要内容。

## 4 结 论

利用国产高分影像提取山区居民地空间信息,对我国灾害应急、灾害评估具有重要意义。针对山区地形复杂、影像因素多,高分遥感数据提取山区居民地误分对象较多的问题,本文提出了基于语义约束的 GF-1 影像山区居民地提取方法。首先利用居民地的纹理特征,采用面向对象的方法对居民地进行预提取,然后根据居民地与其他地物的空间关系或逻辑联系,确定语义信息及语义约束条件,最后对居民地预提取结果进行进一步提取。利用四川省康定县的一景 GF-1 影像进行实验,采用语义约束后的山区居民地提取正确率相比未使用语义约束的提取正确率提高 1.2 倍,而且提取出的居民地图斑在位置、大小等方面均与实际居民地高度一致,某些在 GF-1 影像上特征并不显著的居民地也能被提取出来。结果表明:

(1) 由于高分遥感影像本身的复杂性,使得仅仅依靠影像本身的信息难以得到较为满意的结果。而结合多源数据以及地学知识,制定相应的语义约束条件,可提高提取精度;

(2) 从高分遥感影像中提取山区居民地信息,受多种因素的影响,其中高山积雪、沙滩地、裸地、地形等因素对结果影响较大。因此通过对山区居民地空间分布特点的分析,制定山谷线、坡度以及雪线等语义约束条件,大大提高了提取精度,而语义约束参数则应根据实际地形进行设置;

(3) 国产 GF-1 数据应用于灾害应急准备具有

一定的实用性,并且以一景影像为研究范围的较大范围高分辨率遥感影像信息提取在防灾减灾中具有可行性,这在生产实践具有实际意义。

## 参考文献(References)

- [1] 徐雪仁,万庆. 洪泛平原农村居民地空间分布特征定量研究及应用探讨[J]. 地理研究, 1997, 16(3): 47-54 [XU Xueren, WAN Qing. A quantitative study on spatial distribution of rural settlement in floodplains and discussion of its application [J]. Geographical Research, 1997, 16(3): 47-54]
- [2] 赵萍,冯学智,林广发. SPOT 卫星影像居民地信息自动提取的决策树方法研究[J]. 遥感学报, 2003, 7(4): 309-315 [ZHAO Ping, FENG Xuezh, LIN Guangfa. The decision tree algorithm of automatically extracting residential information from SPOT images [J]. Journal of Remote Sensing, 2003, 7(4): 309-315]
- [3] BLASCHKE T. Object based image analysis for remote sensing [J]. ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing. 2010, 65(1): 2-16.
- [4] 秦其明. 遥感图像自动解译面临的问题与解决的途径[J]. 测绘科学. 2000, 25(2): 21-24 [QIN Qimin. The problems and solutions faced by auto interpretation of remote sensing images [J]. Science of Surveying and Mapping. 2000, 25(2): 21-24]
- [5] GOODENOUGH D G. Thematic Mapper and SPOT integration with a geographic information system [J]. Photogrammetric engineering and remote sensing. 1988, 54(2): 167-176.
- [6] EHLERS M, EDWARDS G, BEDARD Y. Integration of remote sensing with geographic information systems - a necessary evolution [J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 1989, 55(11): 1619-1627.
- [7] 杨桃,刘湘南. 遥感影像解译的研究现状和发展趋势[J]. 国土资源遥感. 2004, 16(2): 7-10 [YANG Guang, LIU Xiangnan. The present research condition and development trend of remotely sensed imagery interpretation [J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2004, 16(2): 7-10]
- [8] 顾娟,陈军,张宏伟,等. 基于遥感影像的居民地提取研究综述与展望[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(30): 1-4 [GU Juan, CHEN Jun, ZHANG Hongwei, et al. Residential area extraction from remotely sensed image: review and prospects [J]. Computer Engineering and Applications, 2007, 43(30): 1-4]
- [9] 易俐娜. 面向对象遥感影像分类不确定性分析[D]. 武汉: 武汉大学, 2011: 12-14 [YI Lina. Uncertainty analysis in object-oriented remote sensing image classification [D]. Wuhan: Wuhan University, 2011: 12-14]
- [10] 李德一,王大鹏,张安定,等. 遥感影像居民地信息自动提取方法研究进展[J]. 云南地理环境研究, 2006, 18(5): 48-51 [LI Deyi, WANG Dapeng, ZHANG Anding, et al. Research progress of residential area information automatic extraction methods based on remote sensing image [J]. Yunnan Geographic Environment Research, 2006, 18(5): 48-51]
- [11] MYINT S W, GOBER P, BRAZEL A, et al. Per-pixel vs. object-based classification of urban land cover extraction using high

- spatial resolution imagery [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2011, 115(5): 1145–1161
- [12] 朱俊杰, 范湘涛, 杜小平. 面向对象的高分辨率遥感图像分析 [M]. 北京: 科学出版社, 2014: 4–19, 101–102 [ZHU Jun-jie, FAN Xiangtao, DU Xiaoping. Object-oriented analysis of high resolution remote sensing image [M]. Beijing: Science Press, 2014: 4–19, 101–102]
- [13] HARALICK R M. Statistical and structural approaches to texture [J]. *Proceedings of the IEEE*. 1979, 67(5): 786–804
- [14] 任国贞, 江涛. 基于灰度共生矩阵的纹理提取方法研究 [J]. *计算机应用与软件*. 2014, 31(11): 190–192 [REN Guozhen, JIANG Tao. Study on glem-based texture extraction methods [J]. *Computer Applications and Software*, 2014, 31(11): 190–192]
- [15] HARALICK R M, SHANMUGAM K, DINSTEN I, et al. Textural features for image classification [J]. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 1973, 3(6): 610–621
- [16] 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: 178–181 [GUAN Yuanxiu, CHENG Xiaoyang. High resolution satellite image processing guide [M]. Beijing: Science Press, 2008: 178–181]
- [17] Trimble. eCognition developer reference book [M]. Version 9.0. 1 ed. Arnulfstrasse, Germany: Trimble Germany GmbH, 2014: 345–346.
- [18] 刘亚岚, 阎守崑, 魏成阶. 基于语义单元的遥感影像判读理论初探 [J]. *中国图象图形学报 A 辑*, 2003, 8(z1): 918–922 [LIU Yalan, YAN Shouyong, WEI Chengjie. Study on grouping interpretation technique for urban remotely sensed imagery based on semantic unit [J]. *Journal of Image and Graphics*, 2003, 8(z1): 918–922]
- [19] 孙崇亮, 王卷乐. 基于 DEM 的水系自动提取与分级研究进展 [J]. *地理科学进展*. 2008, 27(1): 118–124 [SUN Chongliang, WANG Juanle. The progress on automatic basin streamline extracting & classifying methods based on DEM [J]. *Progress in Geography*. 2008, 27(1): 118–124]
- [20] 张源, 王仰麟, 彭建, 等. 基于空间概率面的山区居民地遥感信息提取 [J]. *地理与地理信息科学*, 2006, 22(4): 6–10 [ZHANG Yuan, WANG Yanglin, PENG Jian, et al. Research on extraction of residential area in mountainous areas using spatial probability surface [J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2006, 22(4): 6–10]

## Extraction of Residential areas in Mountainous Areas from GF-1 Remote Sensing Image by Semantic Constraints

LIN Xi<sup>1</sup>, LUO Xiaojun<sup>1</sup>, GUO Hongmei<sup>2</sup>, LIU Guoxiang<sup>1</sup>, ZHANG Shuaijuan<sup>1</sup>, CHEN Yin<sup>1</sup>

(1. Faculty of Geosciences and Environmental Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu, Sichuan 611756, China;

2. Chongqing Geomatics Center, Chongqing 401121, China;

3. Sichuan Earthquake Administration, Chengdu, Sichuan 610041, China)

**Abstract:** The development of high-resolution remote sensing system in China provides a way to extract accurate spatial distribution of residential areas, which is very important for emergency response and assessment for disaster in the mountain areas. However, there is always unavoidable misclassification during the residential areas, when they are extracted from high-resolution remote sensing images. In order to improve accuracy of residential areas extraction, a new method based on semantic constraints was proposed in this paper. Three semantic constraints were established according to the distribution characteristics of residential areas i. e., valley line, slope, and snow-covering conditions. The object-oriented method was used under these semantic constraints. In this paper, a mountain area (1000 km<sup>2</sup>) in Kangding county, Sichuan was selected as case study. The results showed that ratio of correct extraction was 82.91% by the proposed method, and ratio of miss extraction was only 7.86%. The correct extraction ratio was increased by 1.2 times as compared with that of the conventional object-oriented method. The results of case study indicated that this method could effectively improve extraction accuracy of residential areas in mountainous areas.

**Key word:** GF-1; object-oriented; semantic constraint; residential area; mountainous area; information extraction