

The Debris Flow Information Extraction of Jianjiang River Upstream Watershed Based on the High Image

Panpan Chen^{1,2}, Yiqiu Li^{1,2,3*}, Lili Hu^{1,2}

¹Ecological Security and Protection Key Laboratory of Sichuan Province, Mianyang Normal University, Mianyang Sichuan

²Department of Resource and Environment, Mianyang Normal University, Mianyang Sichuan

³Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing

Email: jeno.chen@foxmail.com, yqiu.li@163.com

Received: Oct. 6th, 2016; accepted: Oct. 24th, 2016; published: Oct. 27th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

After the earthquake, the frequent debris flow disaster of Jianjiang River upstream basin caused huge losses of life and property. In this study, based on the high Pleiades images, using NDSI index threshold value method automatically extracted the scope of debris flow line, through visual interpretation and field investigation correction to obtain the distribution of debris flow. After classification of debris flow scale and statistical analysis of debris flow amount showed: the amount of debris flow that including large, medium and small scale is 6, 26, 21 respectively; the debris flow distribution characteristics of different river have significantly difference, Heyuan segment of Yinchang ditch concentrate in the intersection of the Small Lake and Jianjiang River; Yinchang ditch to Longmenshan town, the high density debris flow along the tributaries make a linear distribution; Longmenshan town to Xinxingchang segment, less mudslides are concentrated on the left bank, on the right bank mudslides are scattered; Xinxingchang to Danjingshan town, the mudslides disasters are less, along the White Deer River make a linear distribution. The information extraction of debris flow disasters can provide basic information and data support for the debris flow prevention.

Keywords

Jianjiang River Upstream Basin, Debris Flow, High Image, Interpretation

*通讯作者。

基于高分影像的湔江上游流域泥石流信息提取

陈盼盼^{1,2}, 李亦秋^{1,2,3*}, 胡利利^{1,2}

¹绵阳师范学院生态安全与保护四川省重点实验室, 四川 绵阳

²绵阳师范学院资源环境工程学院, 四川 绵阳

³中国科学院地理科学与资源研究所, 北京

Email: jeno.chen@foxmail.com, yqiu.li@163.com

收稿日期: 2016年10月6日; 录用日期: 2016年10月24日; 发布日期: 2016年10月27日

摘要

“5·12”地震后的湔江上游流域泥石流灾害频发, 给人民生命财产造成巨大损失。本文基于高分Pleiades影像, 采用NDSI指数阈值法自动提取泥石流范围线, 经目视解译和野外实地调查修正后, 获取泥石流范围分布。经泥石流规模分类和数量统计分析表明: 湔江上游流域大、中、小型泥石流分别为6、26、21处, 不同河段泥石流分布特征差异明显, 银厂沟河源段集中分布于小海子和湔江交汇处; 银厂沟-龙门山镇段, 泥石流发育密集, 沿干支流呈线性分布; 龙门山镇-新兴场段, 左岸泥石流相比较少, 呈集中分布, 右岸泥石流呈零星分布; 新兴场-丹景山镇, 流域泥石流地质灾害较少, 泥石流沿白鹿河呈线状分布。泥石流灾害信息提取可为泥石流灾害防治提供基础资料和数据支撑。

关键词

湔江上游流域, 泥石流, 高分影像, 解译

1. 引言

泥石流是一种发生在山区或沟谷地带的特殊洪流, 是一种严重威胁山区及山前地区居民安全和工程建设的地质灾害[1] [2]。“5·12”地震后, 震区发生了大规模的泥石流等各种地质灾害。2008年北川9·24泥石流, 2009年汶川和都江堰7·17泥石流, 2010年北川、绵竹、都江堰、汶川8·14和8·19山洪泥石流、2011年汶川7·3群发性泥石流, 2012年彭州、安县、绵竹群发性泥石流等, 给当地造成了重大财产损失和人员伤亡[3]。

湔江上游受龙门山断裂带控制, 其主干断裂及南支断裂均穿过于此。“5·12”地震造成的大量崩塌、滑坡为泥石流提供了丰富的松散物质。流域内银厂沟支流东林寺至海汇桥段在2008年5月、7月和9月, 2009年7月和2010年8月都发生了不同程度的山洪灾害, 2012年8月18日白水河上游发生群发性泥石流。2012年8月17日晚, 银厂沟遭受了多年不遇的暴雨袭击, 多条沟谷同时暴发泥石流, 导致多条道路、多处桥梁和房屋受损; 肖家坪路段路基跨塌2/3, 8000余名村民及游客、1100余辆汽车被困, 给人民的生命财产造成了极大的损失[4] [5]。2013年7月8日至12日, 持续性强降水造成沿河龙门山镇、小鱼洞镇等10个乡镇受灾, 山洪泥石流毁坏堤防25.14km, 损失约2亿元[6]。

遥感技术是一门新兴的高新技术手段[7], 能快速提供可靠的地形地貌、地质构造和地物判别的信息[8] [9], 已成为泥石流及其孕灾环境调查、动态监测与预警、灾情实时调查与损失评估等工作不可缺少的手段之一[10]。2006年唐川等[11] [12]以高分Quick Bird卫星影像, 探讨了昆明市东川城区城市泥石流风

险性评价的途径和方法。徐建春等根据卫星图像利用红光波段与绿光波段的特性提出了泥石流在图像中的光谱解译特征,基于遥感技术的泥石流调查研究取得了较大进展[13][14]。

本文以湍江上游流域为研究对象,采用 Pleiades 高分遥感影像,结合地面实地调查,对湍江上游流域的泥石流光谱特征进行分析研究,建立泥石流解译标志,提取泥石流灾害范围线,统计泥石流灾害面积,分析其空间分布特征,为湍江上游流域泥石流灾害防治提供基础资料和数据支撑。

2. 研究区概况

湍江属沱江上游右岸的二级支流、石亭江的一级支流,发源于彭州市北境与阿坝州汶川、茂县等县交界的太子城、光山南坡红龙池,隶属盆周西北边缘龙门山区,是我国强震多发地区[15]。湍江关口以上为上游,源流段称金河,从东北向西南流经龙门山镇宝山村,纳入右岸支流白水河,流至小鱼洞镇复兴场转向东南,在通济镇官田村汇入左岸支流白鹿河,由北向南至丹景山镇关口社区,主河道长 120 km,流域面积 626 km²,河道落差达 3500 m 以上,关口平均流量 21.0 m³/s,年径流量 6.62 亿 m³[16],其下游西河水库是彭州居民和工农业用水的主要水源。湍江上游流域范围图如图 1 所示。

3. 数据来源与研究方法

3.1. 数据来源

本文的研究数据主要包括:研究区 1:5 万基础地理信息数据(自然地理信息地貌、水系、植被以及社会地理信息居民地、交通、境界、特殊地物、地名等);30 m × 30 m 的 DEM 数据;Pleiades 高分遥感影像等。Pleiades 是 SPOT 卫星家族后续卫星。卫星具有全球任意一点每天重访,可以近于实时的立体像对及三像对接收,其基本参数如表 1 所示。

Pleiades 1/2、Spot 6/7 具有相同的架构设计,并在同一轨道上运行,这 4 颗星将至少运行到 2023 年,能提供响应速度更快,获取能力更强的 0.5~1.5 m 数据产品。

3.2. 研究方法

1) 野外实地调查法。采用经正射校正后的 Pleiades 高分遥感影像制作外业工作底图,实地建立泥石流影像解译标志,并拍摄其景观照片,为室内解译和解译精度分析提供依据。

2) 基于土壤亮度指数的泥石流自动提取。泥石流发生区域大都是裸露的土壤和植被稀少的地表,在遥感影像中的光谱特征主要表现为亮色调。土壤亮度指数可将泥石流与其周围地物区分开。常用归一化差值土壤亮度指数(NDSI)和基于缨帽变换的土壤亮度指数(BI)等进行泥石流信息提取。本研究采用 NDSI 指数阈值法自动提取泥石流范围线,其计算公式为:

$$NDSI = (RED - GREEN) / (RED + GREEN)$$

3) 以 GIS 为平台的空间统计、空间分析方法。根据提取的泥石流范围线,统计研究区域泥石流发生的面积;根据泥石流分布范围分析其不同河段的空间分布特征。

4. 数据处理与结果分析

4.1. 影像预处理

原始遥感影像的预处理包括进行正射纠正、影像融合、增强处理和影像镶嵌与裁剪处理等[14]。经处理后的影像平面坐标系大地基准采用 2000 国家大地坐标系,投影方式采用高斯-克吕格投影,分带方式采用 6°分带,经正射纠正、影像融合、增强处理和影像镶嵌与裁剪处理后湍江上游流域影像图如图 2 所示。

Table 1. Pleiades satellite basic parameters

表 1. Pleiades 卫星基本参数

| 基本参数 | 参数描述 |
|--------|--|
| 空间分辨率 | 全色: 50 cm; 多光谱: 2 m |
| 光谱波段 | 全色: 480~830 nm; 蓝: 430~550 nm; 绿: 490~610 nm; 红: 600~720 nm; 近红外: 750~950 nm |
| 影像定位精度 | 带地面控制点: 1 m; 无地面控制点: 3 m (CE90); |
| 幅宽 | 标准: 20 km × 20 km; 条带模式(镶嵌的): 100 km × 100 km; 立体像对: 20 km × 280 km |



Figure 1. River basin distribution map of the upper Jianjiang

图 1. 前江上游流域范围图

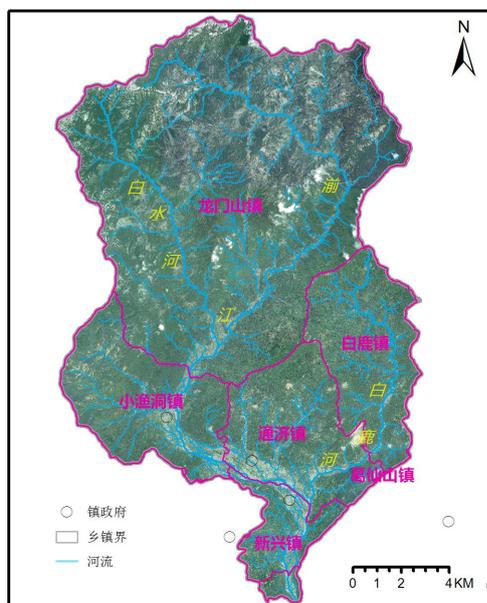


Figure 2. The image of Jianjiang River upstream basin

图 2. 前江上游流域影像图

4.2. 泥石流信息提取

泥石流及其堆积物区植被覆盖度低或无植被覆盖，在影像上呈明显的浅色调，沿沟谷呈长条状分布，于沟谷出口处形成扇状堆积体，略显流动纹理。在 NDSI 指数灰度图像中，泥石流与周围地物的光谱值差异被增大，便于利用阈值自动选择算法准确地提取泥石流候选区域，泥石流区域其亮度值较高，呈亮白色。研究区域典型泥石流—龚家湾泥石流和胥家沟泥石流的影像图和 NDSI 指数图分别如图 3~6 所示。

胥家沟泥石流实地调查拍摄的近、中、远景如图 7 所示。

利用 NDSI 指数阈值法自动提取泥石流范围线，经目视解译和野外实地调查修正后，得到湍江上游流域泥石流范围分布图如图 8 所示。

根据泥石流范围线分布，得到湍江上游流域大型泥石流及全部泥石流面积统计表如表 2 所示。

4.3. 泥石流数量统计特征

根据湍江上游泥石流相关统计数据 and 地质灾害遥感影像解译结果，进行泥石流灾害规模分类和不同类别数量统计分析。

根据地质灾害规模分类标准， $>100 \times 10^4 \text{ m}^3$ 为特大型泥石流， $10 \sim 100 \times 10^4 \text{ m}^3$ 为大型泥石流， $1 \sim 10 \times 10^4 \text{ m}^3$ 为中型泥石流， $<1 \times 10^4 \text{ m}^3$ 为小型泥石流(表 3)。



Figure 3. The image of Gongjiawan debris flow

图 3. 龚家湾泥石流影像图

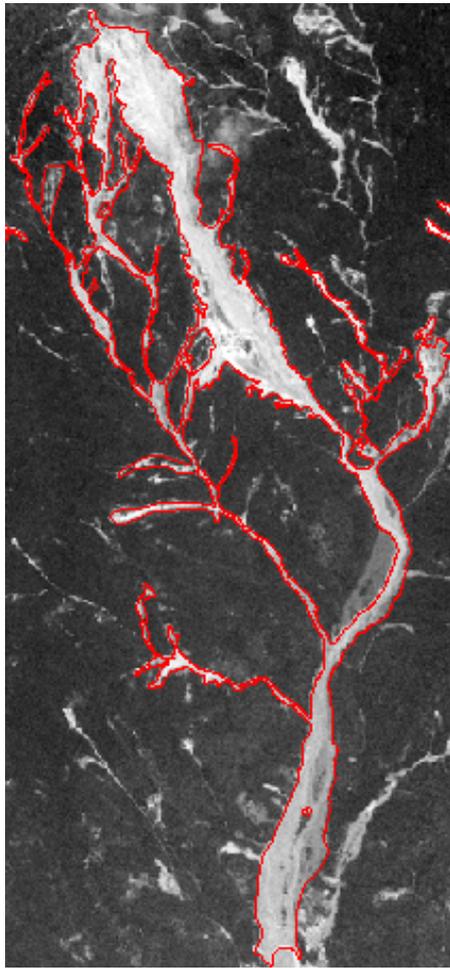


Figure 4. The NDSI map of Gongjiawan debris flow
图 4. 龚家湾泥石流沟 NDSI 指数图



Figure 5. The image of Xujiagou debris flow
图 5. 胥家沟泥石流影像图

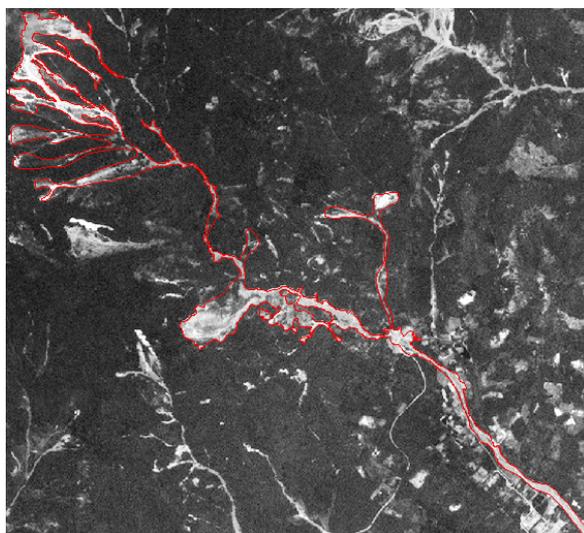


Figure 6. The NDSI map of Xujiagou debris flow
图 6. 胥家沟泥石流沟 NDSI 指数图



Figure 7. The near, medium and far vision pictures of Xujiagou debris flow
图 7. 胥家沟泥石流近、中、远景图

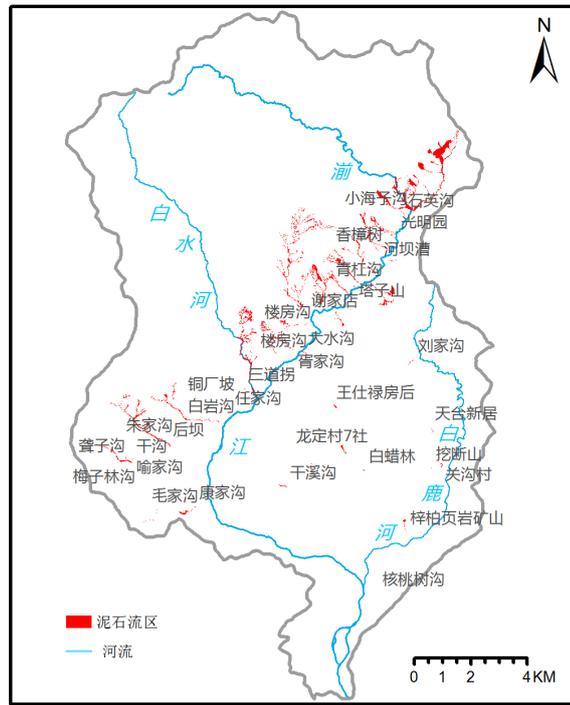


Figure 8. The distribution of debris flow about Jianjiang River upstream basin
图 8. 湫江上游流域泥石流分布图

Table 2. The statistic table about area of debris flow
表 2. 泥石流面积统计表

| 名称 | 面积(平方米) | 所占比例(%) |
|-------------|--------------|---------|
| 香樟树泥石流 | 101,312.55 | 2.06 |
| 夏家沟泥石流 | 194,262.23 | 3.96 |
| 谢家店泥石流 | 104,232.19 | 2.12 |
| 龚家湾泥石流 | 345,406.34 | 7.03 |
| 玉石沟泥石流 | 700,513.36 | 14.26 |
| 胥家沟泥石流 | 177,744.29 | 3.62 |
| 湫江流域泥石流沟总面积 | 4,910,825.70 | 100 |

Table 3. The statistic table about number of debris flow types
表 3. 泥石流类型数量统计表

| 项目 | 特大型/ 10^4 m^3 | 大型/ 10^4 m^3 | 中型/ 10^4 m^3 | 小型/ 10^4 m^3 | 合计 |
|---------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----|
| 分类标准 | >100 | 10~100 | 1~10 | <1 | |
| 数量(个) | 0 | 6 | 26 | 21 | 53 |
| 所占比例(%) | 0 | 11 | 49 | 50 | 100 |

由表 3 可知：湫江上游流域大、中、小型泥石流分别为 6、26、21 处，分别占泥石流总数量的 11.32%、49.06%、39.62%。在泥石流地质灾害类型中，以中型、小型泥石流为主，占总比例的 88.68%，大型泥石流相对于其它地质灾害类型，所占比例较多，占总比例的 11%，无特大型泥石流。

4.4. 泥石流空间分布特征

根据岷江上游流域泥石流解译结果,其不同河段泥石流空间分布表现出不同特征:银厂沟河源段,地形陡,河流比降大,泥石流灾害集中分布于小海子和岷江交汇处,有蹬蹬石大沟泥石流、大海子沟泥石流、高架子沟泥石流和石英沟泥石流等;银厂沟-龙门山镇段,泥石流灾害发育比较密集,沿干支流呈线性分布,主要有香樟树泥石流、谢家店泥石流、夏家沟泥石流、胥家沟泥石流和双岩窝沟泥石流等;龙门山镇-新兴场段,左岸泥石流地质灾害主要集中分布在小鱼洞镇的寒峡沟、后坝河、白石沟等支流,泥石流灾害相比较少,呈集中分布,主要有后坝泥石流、小干泥石流、康定沟泥石流,右岸泥石流主要分布于通济镇,呈零星分布;新兴场-丹景山镇,流域泥石流地质灾害较少,在新兴场处白鹿河汇入岷江,白鹿河落差较大,呈不对称性的树枝状水系,泥石流灾害沿白鹿河呈线状分布。

5. 结论与讨论

本文基于高分 Pleiades 影像,采用 NDSI 指数阈值和目视解译、野外实地调查相结合的方法提取泥石流范围分布。经泥石流规模分类、数量统计和空间分析,主要研究结论如下:

1) 高分 Pleiades 影像 NDSI 指数灰度图像中,泥石流与周围地物的光谱值差异被增大,利于阈值自动选择算法准确地提取泥石流候选区域,可大大提高泥石流的解译效率。

2) 根据地质灾害规模分类标准,岷江上游流域大、中、小型泥石流分别为 6、26、21 处,以中型、小型泥石流为主,泥石流总面积达 4,910,825.70 平方米。

3) 不同河段泥石流分布特征差异明显:银厂沟河源段集中分布于小海子和岷江交汇处;银厂沟-龙门山镇段,泥石流发育密集,沿干支流呈线性分布;龙门山镇-新兴场段,左岸泥石流相比较少,呈集中分布,右岸泥石流呈零星分布;新兴场-丹景山镇,流域泥石流地质灾害较少,泥石流沿白鹿河呈线状分布。

基金项目

国家自然科学基金资助项目(41371486);生态安全与保护四川省重点实验室(QD2014A001;ESP201304);四川省教育厅资助项目(14ZA0258);绵阳师范学院工程硕士研究生创新实践基金资助(XYCXXM201510)。

参考文献 (References)

- [1] 陶家元. 中国泥石流灾害的地理分布[J]. 高等函授学报(自然科学版), 1995(4): 6-7, 10.
- [2] 吴平, 郑文晓. 泥石流的形成条件及其防治措施[J]. 西部探矿工程, 2008(3): 4-5.
- [3] 梁京涛, 王军, 等. 汶川 8.0 级地震触发地质灾害发育分布规律研究[J]. 灾害学, 2015, 30(1): 63-68.
- [4] 葛永刚, 宋国虎, 郭朝旭, 孔应德. 四川彭州龙门山镇 8·18 泥石流灾害特征与成灾模式分析[J]. 水利学报, 2012, S2: 147-154.
- [5] 崔鹏, 韦方强, 陈晓清. 汶川地震次生山地灾害及其减灾对策[J]. 中国科学院院刊, 2008, 4: 317-323.
- [6] 曹焜, 李娜, 梁煜峰. 岷江流域 7·9 山洪灾害特征与成灾原因分析[J]. 中国水运(下半月), 2015, 1: 180-183.
- [7] 李德仁. 论 21 世纪遥感与 GIS 的发展[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2003, 2(28): 127-131.
- [8] 荆凤, 申旭辉, 洪顺英, 欧阳新艳. 遥感技术在地震科学研究中的应用[J]. 国土资源遥感, 2008, 2: 5-8.
- [9] 王晓青, 王龙, 王岩. 汶川 8.0 级大地震应急遥感震害评估研究[J]. 震灾防御技术, 2008, 3: 251-258.
- [10] 张景华, 张建龙, 欧阳渊. 遥感技术在石棉县地质灾害调查中的应用[J]. 地质灾害与环境保护, 2011, 22(1): 92-96.
- [11] 唐川, 朱静. 城市泥石流风险评价探讨[J]. 水科学进展, 2006, 17(3): 383-388.
- [12] 唐川, 张军, 万石云, 等. 基于高分辨率遥感影像的成是泥石流灾害损失评估[J]. 地理科学, 2006, 26(3): 358-

363.

- [13] 徐建春, 赵英时, 刘振华. 利用遥感和 GIS 研究内蒙古中西部地区环境变化[J]. 遥感学报, 2002, 2: 142-149, 166.
- [14] 李宏宏. 面向对象的高分辨率遥感影像分类及泥石流信息提取研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京理工大学, 2013: 15-17.
- [15] 曹叔尤, 刘兴年, 黄尔. 地震背景下的川江流域泥沙与河床演变问题研究进展[J]. 四川大学学报(工程科学版), 2009, 3: 26-34.
- [16] 陈江凌, 黄伟, 庞仙伟. 湍江流域上游总氮变化与成因分析[J]. 环境与生活, 2014, 16: 190-191.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ag@hanspub.org