

李维炼, 朱军, 胡亚, 等. 面向多用户类型的泥石流应急灾害信息特征可视化方法[J]. 灾害学, 2018, 33(2): 231–234.
[LI Weilian, ZHU Jun, HU Ya, et al. Visualization method of characteristics of debris flow for multi-user under emergency state[J]. Journal of Catastrophology, 2018, 33(2): 231–234. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2018.03.040.]

面向多用户类型的泥石流应急灾害信息特征可视化方法*

李维炼¹, 朱 军^{1,2}, 胡 亚^{1,2}, 张昀昊¹, 尹灵芝¹, 曹振宇³

(1. 西南交通大学 地球科学与环境工程学院, 四川 成都 611756; 2. 西南交通大学 高速铁路运营安全空间信息技术国家地方联合工程实验室, 四川 成都 611756; 3. 四川省应急测绘与防灾减灾工程技术研究中心, 四川 成都 610041)

摘 要: 泥石流具有突发性、发生地点不确定性、响应时间紧迫、危害性严重等特点, 而应急状态下泥石流风险图可用于辅助科学决策、保障应急救援能力以及提升公众安全意识, 以达到防灾减灾的目的。针对泥石流灾害可视化对象众多, 且不同用户类型的可视化需求和偏好不一样等问题, 本文选定汶川七盘沟泥石流为研究对象, 以泥石流时空过程模拟结果和灾害专题数据作为数据基础, 根据不同用户类型在应急状态下对颜色和符号的认知能力, 以及对应的可视化需求, 构建应急状态下面向多用户类型的泥石流灾害信息特征可视化技术体系。实验结果表明: 其研究成果有助于提高公众对于泥石流灾害风险意识, 为决策者科学有效决策和救援人员快速救援提供参考意见。

关键词: 泥石流; 应急; 多用户类型; 灾害信息特征; 可视化

中图分类号: X43; P208; P333.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2018)02-0231-04
doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2018.02.040

我国山地区域辽阔, 地质构造复杂, 地形起伏大, 自然条件差异大。此外, 近年来时常发生的极端天气而产生连续集中降雨均成为了泥石流频繁爆发的潜在因素^[1-3]。泥石流具有突发性、发生地点不确定性、响应时间紧迫、危害性严重等特点, 单单依靠工程防治措施来达到防灾减灾的目的十分困难, 而风险图越来越被认为是减轻自然灾害影响的重要因素^[4-5]。泥石流风险图通过三维演进展示以及标识淹没范围、泥深、到达时间等模拟信息和灾情损失、避难场所、道路可达性等专题信息, 来反映泥石流区域受灾情况。因此, 应急状态下泥石流风险图可用于辅助科学决策、保障应急救援能力以及提升公众安全意识, 进而达到防灾减灾的目的^[6-7]。然而泥石流灾害现场可视化对象众多, 不仅涉及泥石流自然特征表达和模型结果的可视化, 而且涉及灾情损失和部分应急预案的展示^[8]。如果将上述信息仅在一张风险图中展示将出现信息量偏大以及用户无法快速准确获取泥石流灾情信息的局面。此外, 不同用户类型的可视化需求和偏好不一样, 且不同用户类型对制图符号和颜色的认知, 以及判读风险图的能力差异较大, 专业的可视化方式难以被不具备制图知识的人所理解^[9], 因此根据不同用户类型, 选定相应的泥石流可视化表达内容和特征可视化表达方法具有重要的意义。

基于上述问题, 本文选定汶川七盘沟泥石流

为研究对象, 以泥石流数值模拟结果和灾害专题数据作为数据基础, 根据不同用户类型在应急状态下对颜色和符号的认知能力, 以及相应的可视化需求, 构建应急状态下面向多用户类型的泥石流灾害信息特征可视化技术体系, 为泥石流风险图制作提供参考意见。

1 应急条件下泥石流特征可视化用户类型

应急状态下风险图的制作应该充分考虑用户的需求、偏好以及对可视化的认知能力, 下面就泥石流灾害应急状态下主要的三种用户类型展开讨论。

(1) 应急决策者

灾害风险图是灾害管理以及应急决策的重要基础, 应急决策者通常具备一定的专业知识, 能够根据风险图内容作出准确判断和科学决策。其主要从宏观层面把控整个灾情, 且重点关注灾害范围、受灾人口和重要设施位置。因此应急风险图采用色带应该鲜明, 灾害应急过程中决策者能够根据层次分明的颜色和符号快速获取灾情信息。

(2) 救援人员

救援人员与决策者不同, 通常不具备专业制图知识, 因此提供给救援人员的应急风险图其表现的

* 收稿日期: 2017-10-23

修回日期: 2017-12-29

基金项目: 国家重点研发计划资助(2016YFC0803105); 国家 863 计划项目资助(2015AA123901)

第一作者简介: 李维炼(1993-), 男, 四川达州人, 博士研究生, 主要从事虚拟地理环境研究. E-mail: vgeowilliam@163.com

通讯作者: 朱军(1976-), 男, 四川广安人, 博士, 教授, 主要从事三维 GIS 与虚拟地理环境研究. E-mail: vgezj@163.com

信息更应该鲜明且足够简单易于判读,应该以符号化表达的形式直观展示受灾人口的分布、可能的撤离路线、道路的淹没程度以及临时安置点的位置。

(3) 普通公众

一般情况下灾害风险图不直接面向公众,因为大多灾害风险图需要专业的知识才能解读地图所传达的信息,然而灾害风险图对于传递灾情信息和提高公众安全意识具有十分重要的作用。因此,面向公众应急风险图应该直观展示与公众切身利益相关的灾情信息。

2 应急条件下泥石流特征可视化表达体系

2.1 泥石流可视化表达内容

2.1.1 地形场景

三维地形场景是虚拟地理环境的重要组成部分,是进行泥石流灾害信息展示的基础。通过在三维地形场景中对泥石流灾害进行展示能够提高人们对应急风险图的认知以及风险意识^[10],三维地形场景主要通过高分辨遥感影像和数字高程模型叠加生成。

2.1.2 模拟信息

泥石流运动数值模拟结果主要包括泥石流演进过程、淹没范围、演进时间、流速、泥深以及动能等灾情信息的时空分布^[11],其模拟结果对于应急响应的作用阐述如表1所示。

表1 模拟结果对于应急响应的作用

模拟结果	主要作用
演进过程	三维演进过程展示以及提高公众风险意识
到达时间	提高公众风险意识以及辅助避难路线选择
淹没范围	辅助应急决策、灾害损失评估以及避难场所选择
最大流速	辅助应急救援路径规划、避难场所选择以及
最大泥深	灾害损失评估
最大动能	为灾害防治工程建设提供参考意见

2.1.3 专题信息

关于专题信息展示的灾害风险图通常强调经济损失状况,而忽略了其对于社会和环境因素带来的影响^[9]。经济因素能够反映灾情损失情况,使决策者对整个灾害能够有一个宏观的把控。而社会和环境因素有助于应急决策方案的制定,专题信息汇总见表2所示。

表2 专题信息汇总

类别	主要内容
经济因素	累计财产损失
社会和环境因素	建筑物风险、道路淹没情况、医院等重要设施情况、淹没人口、救援路线、临时救援安置点

2.2 泥石流特征可视化表达方法

2.2.1 应急颜色与符号认知

(1) 应急颜色认知

颜色是人们对于外部环境的一种普遍认知体

验,可以向人们传递信息并加强对信息的理解与认知。而灾害风险图提供了危险级别、风险估算和资源分配等重要信息,能够为灾害各阶段应急管理人员提供重大的决策信息支持^[12]。灾害风险图应当具备易识别性、显著性、清晰性和简洁性等特点,颜色作为地图的基本要素,可以简化和澄清对象,并影响读者对地图的一般感知能力,从而引起读者对于地图的主观反应^[13]。因此,灾害风险图上应急颜色的合理使用能够加强紧急状态下应急决策者、救援人员以及公众之间的信息共享,以及应急决策者在关键决策时刻能够具备一目了然地了解灾情信息的能力。

《中华人民共和国突发事件应对法》第42条关于国家建立健全突发事件预警制度中,将突发事件发生的紧急程度、发展势态和以及可能造成的危害程度分为1~4级,分别用红、橙、黄、蓝表示,其中红色表示最高级别^[14]。灾害风险图中的色彩设计可以部分采用安全色系、预警色系、预警色系的组合搭配以及预警色系相关色系的延伸,为了能够清晰判读,其颜色数量不应超过8种^[13]。具体如图1所示。

(2) 应急符号认知

灾害风险图专题符号是用来传递和表达灾情信息的图形符号,并表示与制图目的相关的灾害应急要素的性质及其相互关系,用户可根据专题符号来快速、准确判读相关灾情信息的空间位置及其影响,能够使灾害风险图在应急状态具备快速解释灾情信息及影响的能力^[12,15]。

灾害风险图专题符号除应具备地图符号设计的可定位性、系统性、逻辑性、等级性等一般性原则以外,还应具备直观性和延续性^[16]。直观性使得针对具体不同文化背景和专业知识的用户类型都能够快速获取灾害风险图中的灾情信息,延续性指灾害风险图专题符号应当尽量使用当前应急专题符号系统中已有的符号,使得符号具有通用性和易判读性。针对泥石流灾害的特征可视化对象,分别采用点、线、面符号表示灾害要素,如图2所示。

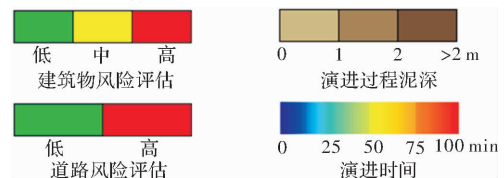


图1 泥石流灾害信息特征可视化配色方案



图2 专题符号汇总

表 3 面向多用户类型泥石流灾害可视化内容

用户类型	决策者	救援人员	公众
模拟信息	淹没范围、到达时间	范围、泥深、流速	淹没范围、泥深
专题信息	受灾人口 重要设施分布	建筑、道路评估 救援安置点	受灾人口、 建筑评估财产损失
信息密度	低	中	低
图例数量	不超过 5 种	不超过 3 种	不超过 3 种
地图要素	符号、文字	符号、文字	符号、文字

2.2.2 面向多用户类型模拟信息与专题信息可视化

泥石流灾害涉及的不同人员对灾害场景内容的关注点有所不同, 导致其对泥石流灾害风险图的需求也不一样^[4], 因此需要根据不同用户类型采用不同的特征可视化方法, 选择对应的可视化内容, 提供相应的泥石流灾害风险图。不同用户风险图内容如表 3 所示。

3 实验分析

3.1 实验区介绍

七盘沟位于汶川县城西南 7 km, 距成都 139 km, 是一条灾害性泥石流沟, 源出龙门山南延余脉西北坡, 自东南向西北流, 于汶川县城西南 5 km 处由左岸注入岷江, 流域面积 52.4 km², 主沟长 15.8 km, 沟口海拔 1.32 km, 分水岭最高点海拔 4.36 km, 两者高差 3.04 km^[17]。由于其地理位置和地质条件的原因, 受地形地貌的垂直差异影响, 降雨量少但降雨集中等影响, 七盘沟爆发过多次泥石流灾害(图 3)。

3.2 面向多用户的泥石流特征可视化展示

3.2.1 面向公众的泥石流特征可视化展示

面向公众的泥石流特征可视化展示包括泥石流淹没的范围和深度, 深度信息认为大于 2m 处于危险状态, 可视化颜色采用符合公众对泥石流认知的灰色(从浅至深); 其次包括风险建筑物可视化展示, 采用红、黄、绿分别从高至低表示建筑物的风险等级, 这样有助于公众评判当泥石流真实发生后自己的财产是否会遭受损失; 最后是道路淹没情况、撤离路线以及临时安置点的展示, 使其泥石流发生时尽量减少对公众的人身安全构成伤害(图 4)。

3.2.2 面向救援人员的泥石流特征可视化展示

应急状态下, 救援人员首先关注受灾的人群, 然而受灾人群与建筑物息息相关, 因此在上述灾害风险图中首先展示了中度风险和高度风险的建筑物; 其次是道路的畅通性和临时安置点的位置, 因为道路通常救援的生命通道, 对于道路畅通情况的直观展示能够为救援节约宝贵的时间; 最后是学校、养老院这种特殊设施空间位置的展示, 有助于救援人员节约时间救助行动不便的人群(图 5)。

3.2.3 面向决策者的泥石流特征可视化展示

灾害过程中最重要的对象是人, 因此面向决策者的泥石流可视化展示首先是风险人口的可视化(图 6), 即灾害中低风险、中风险和高风险的人

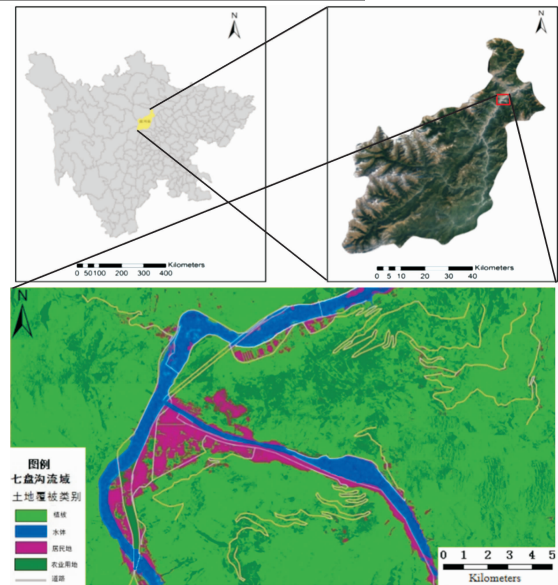


图 3 案例区域

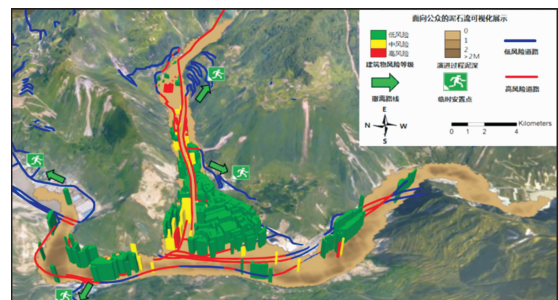


图 4 面向公众的泥石流可视化

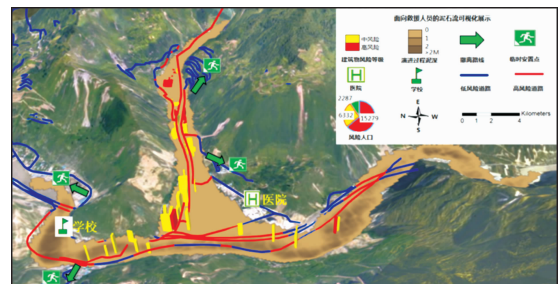


图 5 面向救援人员的泥石流可视化

口比重; 其次是泥石流灾害的范围, 以泥石流到达时间来展示对应时刻泥石流灾害的淹没范围; 最后是灾害范围内学校、医院、应急避难场所等重要设施以及危险设施(例如: 加油站、火电站等)的空间位置分布, 以节约时间救援行动能力不

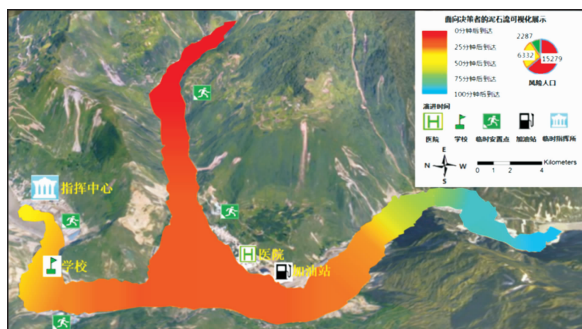


图6 面向决策者的泥石流可视化

便的人群和防止次生灾害的发生。

4 结论与展望

针对泥石流灾害现场可视化对象错综复杂、信息量偏大以及不同用户类型对于可视化的关注点和需求不同等问题,本文开展了应急状态下面向多用户类型的泥石流灾情信息特征可视化方法研究。首先厘清了泥石流灾害现场的灾害信息可视化类型,分为模拟信息的展示和专题信息的展示;其次探讨了泥石流特征可视化表达方法,采用应急预警颜色与专题符号协同可视化的方法对泥石流灾情信息进行特征可视化展示;最后根据公众、救援人员和决策者的可视化需求和判读专题风险图的能力定制对应的泥石流灾情信息特征可视化表达模式。其研究成果有助于提供公众对于泥石流灾害风险意识,为决策者科学有效决策和救援人员快速救援提供参考意见。

在下一步的工作中,需要继续开展以下几方面的研究:①当前关于灾情风险图的展示主要包括模拟信息和专题信息展示,缺少关于灾害区域历史灾情背景信息的展示;②关于灾情风险图的展示可结合最新的增强现实技术,以增强人们对于灾害的认知。

Visualization Method of Characteristics of Debris Flow for Multi-User Under Emergency State

LI Weilian¹, ZHU Jun^{1,2}, HU Ya^{1,2}, ZHANG Yunhao¹, YIN LingZhi¹ and CAO Zhenyu³

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

2. State-Province Joint Engineering Laboratory of Spatial Information Technology for High-speed Railway Safety, Chengdu 611756, China; 3. Sichuan Engineering Research Center for Emergency Mapping & Disaster

Reduction, Chengdu 610041, China)

Abstract: Debris flow disasters are characterized by burstiness, uncertainty of occurrence location, response time presses and powerful destructiveness. Hazard map of debris flow can be used to assist decision-makers in making scientific and rational decisions, guarantee emergency rescue capability and raise awareness of residual in order to achieve the purpose of preventing and reducing mountain disasters. In view of debris flow visualization objects are abundant, visual requirements and preferences are different for different user types, we selected Qipan gully of Wen-chuan county as the case area, and based on debris flow spatiotemporal process simulation results and disaster thematic data. Furthermore, we constructed technical system of visualization method of characteristics of debris flow for multi-user under emergency state based on user's ability to recognize colors and symbols, and the corresponding visual requirements. The advantages of the proposed method lie in: It can contribute to raise awareness of residual of debris flow and provide suggestions for decision-makers in making scientific and rational decisions and rescuer rapid rescue.

Key words: Debris flow; Emergency state; Multi-user; Information characteristics of debris flow; Visualization

参考文献:

- [1] 崔鹏, 林勇明. 山区道路泥石流减灾问题与对策[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2008, 19(4): 1-6.
- [2] 崔鹏. 我国泥石流防治进展[J]. 中国水土保持科学, 2009, 7(5): 7-13.
- [3] 崔鹏. 中国山地灾害研究进展与未来应关注的科学问题[J]. 地理科学进展, 2014, 33(2): 145-152.
- [4] Meyer V, Kuhlicke C, Luther J, et al. Recommendations for the user-specific enhancement of flood maps[J]. Natural Hazards & Earth System Sciences, 2012, 12(5): 1701-1716.
- [5] 王念念. 洪水风险图快速制作及其三维可视化研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2015.
- [6] Burningham K, Fielding J, Thrush D. 'It'll never happen to me': understanding public awareness of local flood risk[J]. Disasters, 2008, 32(2): 216-238.
- [7] 卞泽. 长江上游泥石流综合危险度区划[J]. 山地学报, 2011(1): 86.
- [8] 范一大. 重特大自然灾害损失综合评估进展[J]. 中国减灾, 2015(11): 47.
- [9] Priest, Sally, et al. Improving flood risk maps as a means to foster public participation and raising flood risk awareness[C]// VULNERABILITY, RISK AND COMPLEXITY: IMPACTS OF GLOBAL CHANGE ON HUMAN HABITATS, 2010 IAPS 21 Conference, 2010: 1-5.
- [10] Evans S Y, Todd M, Baines I, et al. Communicating flood risk through three-dimensional visualization[J]. Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 2014, 167(5): 48.
- [11] 韦方强, 胡凯衡, 程尊兰. 西藏古乡沟泥石流的数值模拟[J]. 山地学报, 2006(2): 167-171.
- [12] Dymon U J. An analysis of emergency map symbology[J]. International Journal of Emergency Management, 2003, 1(3): 227-237.
- [13] Jiang L, Qi Q, Zhang A. Color on emergency mapping[C]// Geoinformatics 2007: Cartographic Theory and Models. International Society for Optics and Photonics, 2007(6751): 675104.
- [14] 王安霞, 陈中秀. 应急避险标识的色彩设计[J]. 包装工程, 2009, 30(6): 137-139.
- [15] 李蒙. 自然灾害应急专题图设计与制作方法研究[D]. 郑州: 解放军信息工程大学, 2013.
- [16] 陈毓芬. 地图符号设计的逻辑性原则[J]. 北京测绘, 1998(1): 37-39.
- [17] 曾超, 崔鹏, 葛永刚, 等. 四川汶川七盘沟“7·11”泥石流破坏建筑物的特征与力学模型[J]. 地球科学与环境学报, 2014, 36(2): 81-91.