

文章编号: 1009-3087(2010)05-0083-9

基于 RS 和 GIS 的震后汶川县移民选址方法

黎小东^{1,3}, 杨武年³, 罗智勇³, 李红霞^{1,2}, 敖天其^{1,2*}

(1. 四川大学 水利水电学院, 四川 成都 610065; 2. 四川大学 水力学与山区河流开发保护国家重点实验室, 四川 成都 610065;
3. 成都理工大学 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 四川 成都 610059)

摘 要: 以震后汶川县为例, 针对地震灾区的特殊性, 考虑地震灾区的可持续发展和应对未来地震灾害的能力, 通过筛选确定地质灾害、断裂构造、植被盖度、居民点、道路、水系、地形坡度、高程等 8 个评价指标因子, 以遥感影像数据和数字化地形图为主要信息源, 以 GIS 技术为主要支撑, 完成了评价指标体系中各个评价指标因子的信息提取与专题地图制作, 建立了研究区的移民搬迁选址模型。结果表明, 高、中、低、不适宜区的比例分别为 0.64%、24.94%、69.94%、4.48%, 其分布情况和位置在图 11 中有明确体现, 可以辅助汶川县灾后移民选址决策, 同时为灾后重建的科学规划提供重要参考。

关键词: 地震; 选址; 遥感; 地理信息系统

中图分类号: P237; P694

文献标识码: A

Site Selection for the Immigrants of Post-earthquake Region of Wenchuan County Based on RS and GIS Technology

LI Xiao-dong^{1,3}, YANG Wu-nian³, LUO Zhi-yong³, LI Hong-xia^{1,2}, AO Tian-qi^{1,2*}

(1. School of Water Resources and Hydropower, Sichuan Univ., Chengdu 610065, China;

2. State Key Lab. of Hydraulics and Mountain River Eng., Sichuan Univ., Chengdu 610065, China;

3. Key Lab. of Geo-hazard Prevention and Geo-environment Protection, Chengdu Univ. of Technol., Chengdu 610059, China)

Abstract: The selection of the immigrant location for Wenchuan people after the earthquake was carried out using RS and GIS. According to the particularity of this great earthquake, considering sustainable development and capability of responding to future disasters of the seismic disastrous area, eight factors including geological hazards, fault structure, vegetation cover, settlements, roads, water system, gradient, and elevation were considered as for the assessment. Information extraction of these factors and thematic map were carried out by Remote sensing image and digital topographic map, and finally the locating modeling for the research area was developed. The results suggested that the respective ratios of high-suitability area, medium-suitability area, Low-suitability area and non-suitability area are 0.64%, 24.94%, 69.94% and 4.48%, and the distribution of their Location is clear revealed in the figure 11, which could be used as a good reference for decision makers.

Key words: earthquakes; location; Remote Sensing(RS); Geographic Information System(GIS)

收稿日期: 2010-04-29

基金项目: 国家自然科学基金面上资助项目(50979062); 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室"科技减灾、重建家园"开放研究基金资助项目(DZKJ_0806)

作者简介: 黎小东(1982-), 男, 博士生, 研究方向: RS 与 GIS; 水信息学. E-mail: lxdcdut@163.com

* 通讯联系人 E-mail: aotianqi@scu.edu.cn

“5·12”汶川大地震波及中国境内 10 个省 417 个市县、4 667 个乡镇、48 810 个村庄,总面积约 $50 \times 10^4 \text{ km}^2$,重灾区面积达 $13 \times 10^4 \text{ km}^2$,4 625 多万人受灾,69 227 人遇难、17 923 人失踪,1 510 $\times 10^4$ 人得到紧急转移并安置,是建国以来波及范围最广、破坏最为严重、救灾难度最大的一次强震。汶川、北川、青川、平武、茂县、都江堰、理县、黑水、什邡等重灾区 80% 以上房屋倒塌破坏,500 多万人无家可归。同时强震引发了大量的崩塌、滑坡、泥石流地质灾害,其数量之多、分布之广、类型之复杂、破坏之巨大、举世罕见,给灾区抗震救灾、临时安置、恢复重建等工作造成了严重的威胁^[1]。一些区域不再适宜人们居住,需异地迁建,灾后重建科学选址规划成为了迫切需要解决的问题之一。

随着遥感(Remote Sensing,RS)和地理信息系统(Geographic Information System,GIS)技术的迅速发展,遥感与 GIS 技术结合在工程选址中得到广泛应用,已成为研究选址决策的重要技术手段。目前,已有许多将遥感与 GIS 技术应用于工厂、银行、超市、车站、电站、铁路、医院、机场等设施选址研究的成功案例。例如,唐先明在三峡库区城镇迁建选址中应用遥感与 GIS 技术,以巫山县为例,确定土地利用、坡度、河流等为主要评价指标,建立了巫山县空间环境数据库,并提出了巫山县县城修建性选址模型^[2];高劲松、关泽群在某地化工厂选址中,采用遥感和 GIS 综合方法,以研究区的坡度、距主城区距离、水域等为主要评价指标,规划出了某地适宜兴建化工厂的区块^[3];李双在新平县地质灾害移民搬迁选址研究中应用遥感与 GIS 技术,以坡度、断裂构造、城镇、交通线、水系、矿区和风景点为评价指标,建立了新平县地质灾害移民选址的指标体系^[4];杨武年等综合应用“3S”技术在西藏阿里机场、云南腾冲机场、昆明新机场以及四川康定等机场的选址及其工程地质勘察与评价中发挥了重要作用^[5]。论文在前人研究成果基础之上,结合《汶川地震灾后恢复重建条例》,以震后汶川县为例,针对地震灾区的特殊性,考虑地震灾区的可持续发展和应对未来地震灾害的能力,通过筛选确定地质灾害、断裂构造、植被盖度、居民点、道路、水系、地形坡度、高程等 8 个评价指标因子,以覆盖研究区的遥感影像数据和数字化地形图数据为主要信息源,以 GIS 的空间分析功能为技术手段,完成评价指标体系中各个评价指标因子的信息提取与专题地图制作,探讨研究区的移民选址模型方案,从而为汶川灾后恢复重建的规划选址提供决策依据,同时为地震

灾区灾后重建的科学规划提供一定的参考。

1 研究区概况和研究数据

1.1 研究区简介

汶川县位于四川省阿坝藏族羌族自治州境内(图 1),因汶水得名,是中国 4 个羌族聚居县之一。地理坐标为北纬 $30^\circ 45' \sim 31^\circ 43'$,东经 $102^\circ 51' \sim 103^\circ 44'$,东西宽 84 km,南北长 105 km,县域面积达 4 085 km^2 。区内最低处漩口镇海拔 780 m,最高点四姑娘山海拔 6 250 m,相对高差 5 000 余米,相对高差大,地形临空面发育,沟谷纵横,切割强烈,支沟纵坡降大。

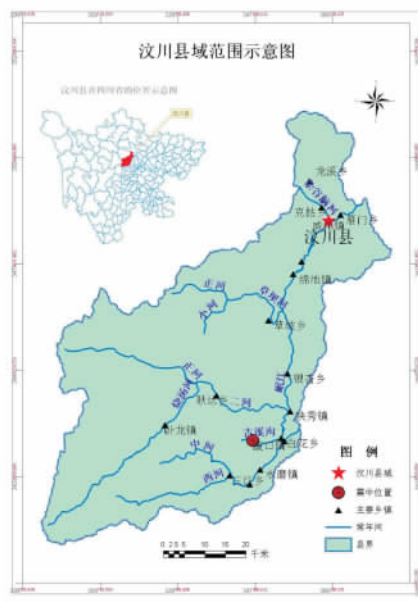


图 1 汶川县域范围示意图

Fig.1 Diagram of Wenchuan County area

汶川地震发生在地质构造复杂的龙门山活动断裂带,震中位置为北纬 31° ,东经 103.4° ,位于汶川县境内。此外,由于强震发生在四川盆地地质环境原本就比较脆弱的中、高山地区,加之本次地震的发震断裂——映秀—北川断裂穿过该区域,导致汶川县内次生地质灾害规模大、分布密度大、危害严重。

1.2 研究区数据

基于论文的研究目的,所收集的数据主要包括覆盖研究区的卫星遥感数据和地形图两种。遥感数据包括地震前 30 m 分辨率的 TM(Thematic Mapper,TM)多光谱正射影像数据(图 2),震后 15 m 分辨率的 ETM(Enhanced Thematic Mapper,ETM)多光谱影像、1 m 分辨率的 IKONOS 影像和 0.5 m 分辨率的航空像片。受研究区多云多雨天气的影响,所获取的部分影像上有少量浓云层及云层阴影分布,但云层面积均小于 20%,整体质量较好。地形图为国家标准分

幅的 1:5 万数字地形图 格式为 ArcGIS 的 SHP 文件。

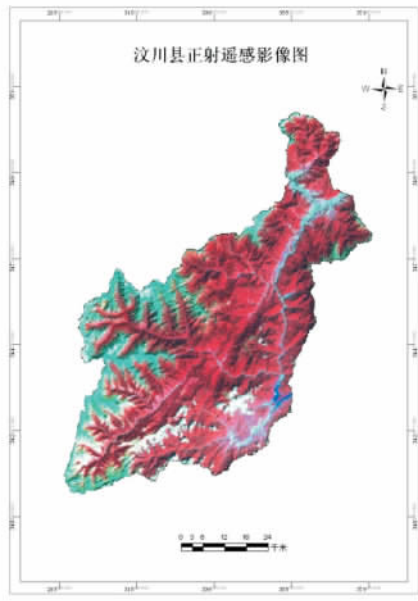


图 2 2007 年 TM 遥感影像图(4、3、2 波段假彩色合成)

Fig. 2 TM Remote Sensing image in the 2007 year's (4 3 2-band false color composite image)

2 方法及技术路线

研究涉及灾害学、遥感学、地理信息系统等多学科领域交叉应用。首先,对研究区域资料进行收集、整理;然后,以经过处理的遥感影像和地形数据为信息源,在 RS 和 GIS 技术支持下进行评价指标因子的信息提取,建立评价指标数据库;最后,通过 GIS 的空间分析功能,计算出每个栅格的居住适宜性综合指数,建立了研究区的移民搬迁选址模型。具体技术路线如图 3 所示。

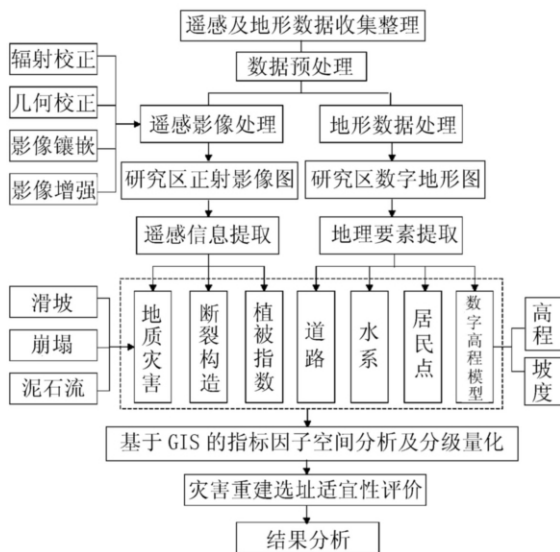


图 3 移民选址模型技术路线图

Fig. 3 Technical approach of location model

3 数据处理及指标因子的信息提取

3.1 遥感影像数据预处理

由于获取的原始影像色调对比度不大,灰度级较集中,遥感层次较少,色彩不丰富,亮度和饱和度低,影像分辨力和解译力均较差,不适宜直接用于遥感信息提取,需对原始影像进行预处理。为了取得良好的处理效果,必须经过几何校正(几何粗校正和几何精校正)、辐射校正、影像增强等处理;其中,研究工作中,遥感影像的辐射校正及几何粗校正是在卫星地面接收站的影像处理中心进行的。

3.1.1 影像增强

影像增强是影像数字处理的一种基本方法,目的是为了提高图像质量和突出所需信息,有利于分析判读或作进一步的处理^[6]。影像增强的方式有多种,如对比度增强和局部信息增强。一般常用的对比度增强方法有线形拉伸技术和直方图拉伸技术。论文采用的是线性拉伸技术。线性拉伸是指把原先影像中较窄的亮度范围拉伸到全辐射亮度级 0~255 范围,拉伸后的影像与原始影像比较,影像的亮度值范围拉大,清晰度更高,使原本有可能忽略的细节部分得到了突出,对于影像的解译帮助很大,是不可忽略的一个重要步骤。

3.1.2 影像几何精校正

遥感影像在成像时,由于成像投影方式、传感器外方位元素变化、传感介质的不均匀、地球曲率、地形起伏、地球旋转等因素的影响,加之研究区地形起伏较大,导致遥感影像存在较大的几何形变,需经过几何精校正,方能为研究服务。

对研究区的 ETM 影像,主要采用多项式法^[6],以地震前同一研究区经地形图校正过的 TM 卫星影像作为标准影像,对其进行校正。对获得的 IKONOS 影像,利用 ERDAS 软件中的 IKONOS 模型^[7]对影像进行校正,校正参考文件为 1:5 万数字地形图。对研究区的航空影像,由于其分辨率高,若采用光机校正方法虽然精度很高,但需要专门设备,校正复杂且成本高^[8]。因此,论文选择了数字微分校正方法^[9]对航片数字地图进行几何校正,选取航空飞机拍摄某区域的航空照片,给出该区域 3 个控制点的航空照片坐标和地形图坐标,用数字微分校正方法进行校正,校正的精度控制在 0.5 个像元以内。

3.1.3 影像镶嵌和裁剪

当研究区超出单景遥感影像所覆盖的范围时,通常需要将两幅或多幅影像拼接起来形成一幅能覆

盖全区的影像,这个过程就叫影像拼接或影像镶嵌^[10]。在影像拼接过程中,待拼接影像必须具有地图投影信息、具有相同的波段数且相邻图幅间有一定的重复覆盖区。进行拼接时,首先要指定一幅参照影像,作为拼接过程中对比度匹配、以及拼接后输出影像的地理投影、像元大小、数据类型的基准。

由于各景影像获取时间的差异,太阳光强度及大气状况的变化,或者遥感传感器本身的不稳定,致使不同影像的对比度及亮度值出现差异,因而必须对各拼接影像在全幅或重复覆盖区上进行匹配,以便均衡化拼接后输出影像的亮度值 and 对比度。常用的影像匹配方法有直方图匹配和彩色亮度匹配^[10]。

影像剪裁是指在实际工作中按照研究区域的行政界线或感兴趣部分将研究区域从整幅影像上分幅剪切下来的过程^[10]。影像剪裁可分为规则分幅剪裁和不规则分幅剪裁。规则分幅剪裁的边界范围是一个矩形,剪裁范围可以通过直接输入左上角点坐标(ULX , ULY)和右下角点坐标(LRX , LRX)定义,还可以通过绘画矩形感兴趣区域(AOI)进行剪裁。不规则分幅剪裁的边界范围是个任意多边形,无法通过左上角和右下角两点的坐标确定影像的范围,而必须先生成一个完整的闭合多边形区域然后进行剪裁。

表 1 各专题图层分区量化表

Tab.1 Thematic layer quantization table

量化值	评价指标									
	地质灾害	断裂构造	植被盖度 / %	居民点		交通线		水系		地形坡度
	缓冲分区 /m	缓冲分区 /m		缓冲分区 /km		缓冲分区 /m		缓冲分区 /m		缓冲分区 /
				城镇	农村	国道、 省道	县道、 乡镇道路	1 级 河流	2 级 河流	缓冲分区 / (°)
0	<50	<30	>60 和 <8.8	无	无	无	无	<100	<50	>25
1	50 ~ 100	30 ~ 500	38.58 ~ 60	>4	>2	>2 000	>1 000	>2 000	>1 500	15 ~ 25
2	100 ~ 200	500 ~ 1 000	25.55 ~ 38.58	2 ~ 4	1 ~ 2	1 000 ~ 2 000	500 ~ 1 000	1 000 ~ 2 000	800 ~ 1 500	>5 ~ 15
3	>200	>1 000	8.8 ~ 25.55	<2	<1	<1 000	<500	100 ~ 1 000	50 ~ 800	<5

3.2.1 地质灾害信息提取与量化

滑坡、崩塌、泥石流是震后最常见的地质灾害。这些地质灾害破坏山体,损毁地表植被等覆盖物,对人们的生命和财产造成极大的威胁。论文在充分收集已有地质环境与灾害资料的基础上,建立地质灾害及其发育环境的遥感解译标志,利用高分辨率遥感影像和 GIS 等软件平台,以人机交互解译为主要手段半自动地提取灾害信息^[12-15],得出地质灾害分布图。为了便于分析,解译的矢量数据均转化为面文件。根据地质灾害的影响范围划分,对其进行

3.2 基于 RS 和 GIS 的指标因子信息提取与量化

根据《汶川地震灾后恢复重建条例》^[11],过渡性安置地点应当选在交通条件便利、方便受灾群众恢复生产和生活的区域,并避开地震活动断层和可能发生洪灾、山体滑坡和崩塌、泥石流、地面塌陷、雷击等灾害的区域,应当占用废弃地、空旷地,尽量不占用或者少占用农田,并避免对自然保护区、饮用水水源保护区以及生态脆弱区域造成破坏。地震灾后重建工程的选址,应当符合地震灾后恢复重建规划和抗震设防、防灾减灾要求,避开地震活动断层、生态脆弱地区、可能发生重大灾害的区域。安置方式采取就地、就近恢复重建与异地新建相结合,集中和分散相结合的方式。

依据上述选址要求,论文以遥感影像数据和数字化地形图为主要信息源,运用 GIS 的空间数据处理和分析功能,提取地质灾害(含滑坡、崩塌、泥石流)、断裂构造、植被盖度(含植被指数)、居民点、交通线、水系、地形坡度、高程等 8 个评价指标因子,并制作相应的专题地图。

以宜于居住和和谐发展为最终目的,将专题图层要素(即各评价指标因子)进行缓冲区分析,分为 4 个区域并进行量化赋值:不宜居住区赋值 0,低适宜区赋值 1,中适宜区赋值 2,高适宜区赋值 3。各专题图层分区赋值详见表 1。

缓冲区分析,分成 4 个区域,距灾害边界 50 m 范围内为高危险区,赋值为 0,50 ~ 100 m 范围赋值为 1,100 ~ 200 m 赋值为 2,200 m 之外赋值为 3。

3.2.2 断裂构造信息提取与量化

地质构造因素对地质灾害的发育控制作用十分明显,在区域地质构造比较复杂,褶皱比较强烈,新构造运动比较活跃的地区,地质灾害比较发育^[16]。在研究区现有地质调查图、遥感影像图等资料基础上,论文采用经过线性拉伸以及边缘增强的 ETM 影像(7、4、1 波段组合而成)作为断裂解译底图,根据

线性构造相关理论,并参考前人构造研究成果^[8],通过结合地质资料进行遥感目视解译的方法来进行研究区活动断裂的提取工作。

根据前人的学术观点^[17-18],将活动断裂按危险程度可划分为高危险地段、危险地段、基本安全地段、安全地段。其避让距离以断裂带为中心轴线分别以30 m、500 m、1 000 m为半径做缓冲区分析,得到4个分区并对其分别赋值,在断裂带及其30 m范围内危险度高,不宜居住赋值为0,断裂带外30~500 m内区赋值为1,500~1 000 m区域赋值为2,大于1 000 m外区域赋值为3。

3.2.3 植被盖度信息提取与量化

基于植被指数与植被盖度关系模型求解植被盖度是传统的植被盖度遥感分析方法,因此,在求解植被盖度前先提取植被指数。

1) 植被指数的提取与量化

植被指数 (Vegetable Index) 又称光谱植被指数,是指由遥感传感器获取的多光谱数据,经线性或非线形组合而构成的对植被有一定指示意义的各种数值^[19]。

目前国内外学者已发展了几十种不同的植被指数,常用的有归一化植被指数 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)、比值植被指数 RVI (Ratio Vegetation Index)、差值植被指数 DVI (Difference Vegetation Index)、土壤调节植被指数 SAVI (the Soil Adjusted Vegetation Index)、修正型土壤植被指数 MSAVI (Modified Soil Adjusted Vegetation Index) 等^[6]。在植被遥感中,NDVI 在植被指数中占据着非常重要的位置,它是描述植被生长状态及植被覆盖度的最佳因子,与植被分布密度线性相关,是反映生物量和植被检测的有效指标。NDVI 随覆盖度增大而增大,计算公式为 $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$,其中, NIR 为近红外波段的反射值, R 为红光波段的反射值^[20]。

综上所述,论文采用归一化植被指数 NDVI 对研究区进行分析。采用 TM 影像的红光 3 波段和近红外 4 波段组合来研究植被盖度。用 $(TM4 - TM3) / (TM4 + TM3)$ 来得到 NDVI 图,然后,在对其进行密度分割,共分 5 级,这 5 级又可以理解为: -1 ~ 0 为水体、云,为无植被覆盖区域; 0 ~ 0.18 为裸露的岩石、城镇建筑物以及极低植被覆盖区域; 0.18 ~ 0.32 为低植被覆盖区域; 0.32 ~ 0.55 为中植被覆盖区域; 0.55 ~ 1.00 为高植被覆盖区域^[21],结果如图 4 所示。

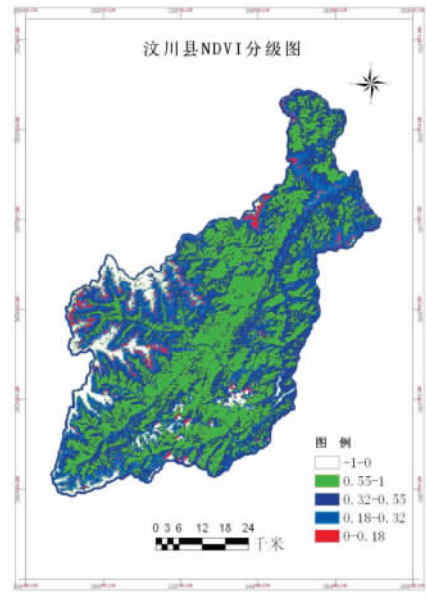


图4 NDVI 分级图

Fig.4 NDVI classification map

2) 植被覆盖度

植被覆盖度 (Vegetation Coverage, VC) 是观测区域内植被垂直投影面积占地表面积的百分比,是刻画陆地表面植被状况的一个重要参数,也是指示生态系统变化的重要指标。在考察地表植被蒸腾和土壤水分蒸发损失总量、光合作用的过程时,植被盖度都是作为一个重要的控制因子而存在。与遥感相关的植被覆盖度的反演方法有像元光谱分析法、像元植被密度分析法、回归模型法。Nick A 等搜集了不同传感器、不同研究者、不同方法获取的 NDVI 和植被覆盖度 VC 的数据,建立了回归模型^[22]:

$$VC = 93.07166NDVI + 8.79815 \quad (1)$$

结合植被覆盖度与植被指数的关系模型分析结果,计算出各覆盖度分级的阈值: NDVI = 0 时,覆盖度为 8.8%; NDVI = 0.18 时,覆盖度为 25.55%; NDVI = 0.32 时,覆盖度为 38.58%; NDVI = 0.55 时,覆盖度为 60%。在量化植被盖度时, 8.00% ~ 25.55% 的区域赋值为 3, 25.55% ~ 38.58% 赋值为 2, 38.58% ~ 60% 赋值为 1, < 8.8% 和 > 60% 的区域赋值为 0,如图 5 所示。

3.2.4 居民点信息提取与量化

本着就地、就近恢复重建的原则,尽可能依靠已有的居住和建设环境,可以获得更好的发展空间,将居民点按照行政等级分为城镇居民点和农村居民点,城镇居民点以镇中心所在地为圆心做缓冲分析,半径分别取 2 km、4 km,得到 3 个分区,半径 2 km 内的区域条件最佳赋值为 3, 2 ~ 4 km 赋值 2, > 4

km 的赋值为 1; 农村居民点以 1 km、2 km 为半径作缓冲区, 对在 1 km 以内的区域赋值 3, 1 ~ 2 km 范围赋值 2, > 2 km 的赋值 1。最后将 2 类缓冲区所得结果进行叠加, 影响强度取其大, 如图 6 所示。

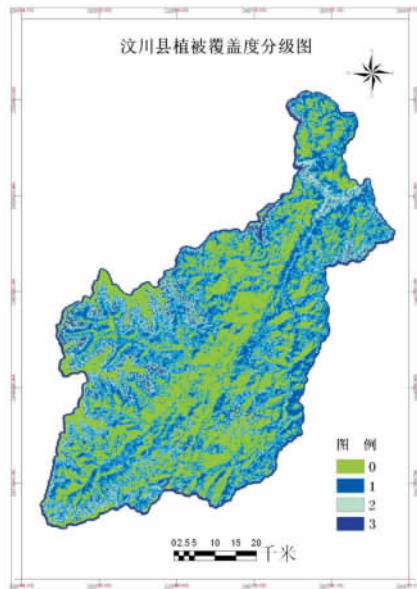


图 5 植被覆盖度分级图

Fig. 5 Vegetation coverage classification map

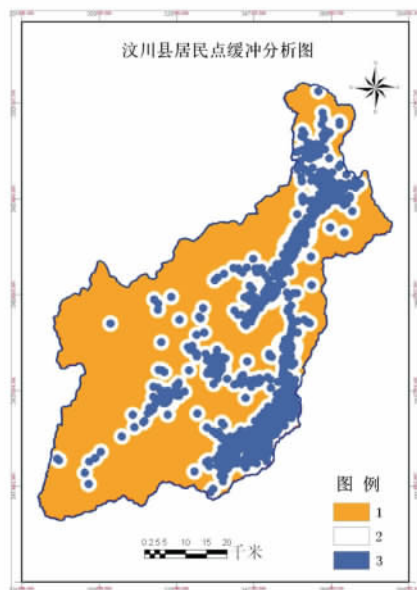


图 6 居民点缓冲分析图

Fig. 6 Residential buffer analysis map

3.2.5 交通线信息提取与量化

尽管县域范围内的大部交通线被地震毁坏, 但是, 县域范围内乡镇一级以上的道路仍将是灾后重建的主要通道, 且经过震后应急抢修, 目前, 已恢复了大部分, 因此, 论文将县域范围内的道路按照道路级别作缓冲分析, 国道和省道以交通线为中心轴线分别以 1 000 m 和 2 000 m 作缓冲分析, 得到 3 个分

区, 距交通中心线为 1 000 m 范围内区域条件最好, 赋值为 3, 1 000 ~ 2 000 m 区域中等赋值为 2, 大于 2 000 m 区域条件较差赋值为 1。县道和乡镇道路以交通线为中心轴线分别以 500 m 和 1 000 m 作缓冲分析, 得到 3 个分区, 距交通中心线为 500 m 范围内区域条件最好, 赋值为 3, 500 ~ 1 000 m 区域中等赋值为 2, 大于 1 000 m 区域条件较差赋值为 1。最后将 2 类缓冲区所得结果进行叠加, 影响强度取其大, 如图 7 所示。

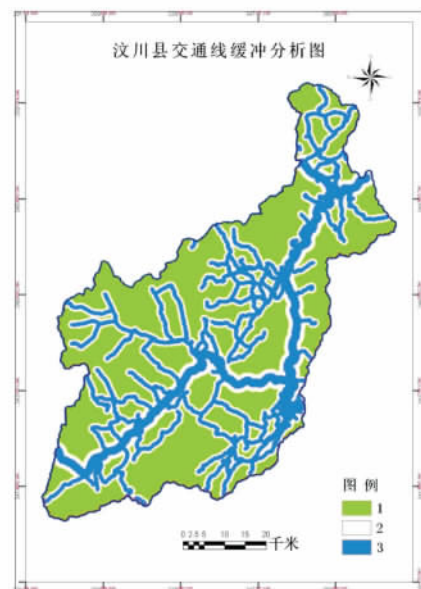


图 7 交通缓冲分析图

Fig. 7 Transport buffer analysis map

3.2.6 水系信息提取与量化

作为生活、农作的必要条件, 拥有便利充裕的水资源是选择适宜居住区的重要指标, 将汶川县域内的水系按照等级分为两级: 1 级河流包括岷江、杂谷脑河、草坡河、寿江、鱼子溪等主干流, 以水系为中心分别以 100 m、1 000 m 和 2 000 m 作缓冲分析得到水系缓冲分区; 考虑居住的适宜性, 水系外围 100 m 范围内为不适宜区, 赋值为 0, 外围 100 ~ 1 000 m 区域内赋值为 3, 1 000 ~ 2 000 m 范围内赋值为 2, > 2 000 m 的范围距离水源过远赋值为 1。其余水系为 2 级河流, 分别以 50 m、800 m 和 1 500 m 为半径作缓冲分区; 同理, 水系外围 50 m 以内赋值为 0, 50 ~ 800 m 区域赋值为 3, 800 ~ 1 500 m 赋值为 2, > 1 500 m 的范围赋值为 1。最后将 2 类缓冲区所得结果进行叠加, 影响强度取其大, 如图 8 所示。

3.2.7 地形坡度信息提取与量化

坡度作为基本的自然地理要素之一, 是居住适宜性的一个重要指标。对于坡度信息的提取, 国内

外学者普遍采用基于数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM)的方法进行提取。论文亦采用此方法,即先根据已获取的1:5万等高线,利用GIS平台,生成DEM,然后得到的DEM为数据源生成坡度图,最后分级量化。根据中华人民共和国建设部1999年颁布实施的《城市用地竖向规划规范》^[23],居住用地的最大坡度为 25° 。因此,将坡度图进行分级并赋值,坡度大于 25° 区域赋值为0, $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 区域赋值为1, $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 区域赋值为2。小于 5° 的范围赋值为3,如图9所示。

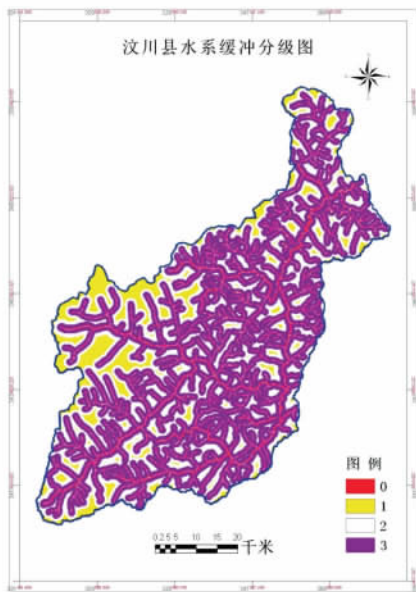


图8 水系缓冲分析图

Fig.8 Stream buffer analysis map

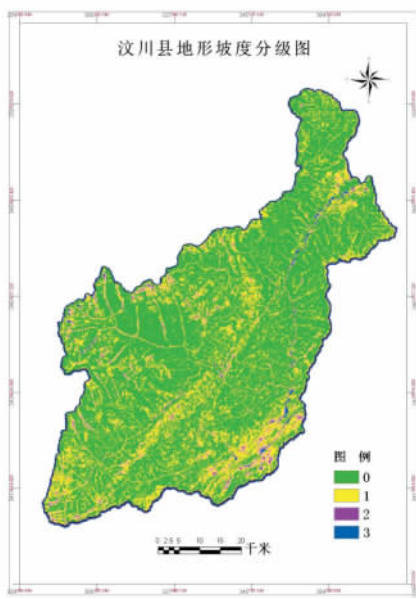


图9 地形坡度分级图

Fig.9 Terrain slope classification map

3.2.8 高程信息提取与量化

根据已获取的汶川县域范围内的数字地形图,汶川县内最高高程6 240.30 m,最低高程787.49 m,平均高程3 400 m左右,根据县内居民居住的一般高程范围,对构建的DEM重新分级,高于2 800 m范围赋值为1,在海拔高程范围1 800~2 800 m以下赋值为2,780~1 800 m范围内赋值为3,如图10所示。

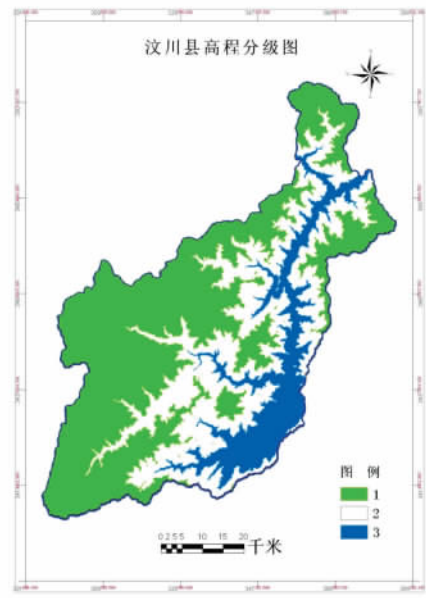


图10 高程分级图

Fig.10 Elevation classification map

4 选址实现

通过对以上8个评价指标因子进行分级量化后,各个数据集都统一到相同的等级体系内,且每个评价因子集中那些被认为比较适宜的属性都被赋以比较高的值,并给每个评价指标因子赋以权重,然后,合并数据集来评价选址适宜性。

叠加分析是对各不同层之间的一种分析功能,它是地理信息系统提取空间隐含信息的手段之一。叠加分析将有关主题层组成的数据层面,进行叠加产生一个新数据层面的操作,其结果综合了原来2层或多层要素所具有的属性。

对评价指标因子的专题图层进行统计叠加,得到新的区域分配,对重合的区域进行分值的统计求和,得到最终的值域区间6~24,将其分为4等分重新分区,按分值的高低排序,划分为4个区域:高适宜区赋值为3、中适宜区赋值为2、低适宜区赋值为1和不适宜区赋值为0,如图11所示。

对选址结果进行统计分析,如图12所示。其中,高适宜区有26 km²,占全县幅员面积的0.64%;中适

宜区 1 019 km², 占全县幅员面积的 24.94%; 低适宜区面积为 2 857 km², 占全县幅员面积的 69.94%; 不适宜区有 183 km², 占全县幅员面积的 4.48%。

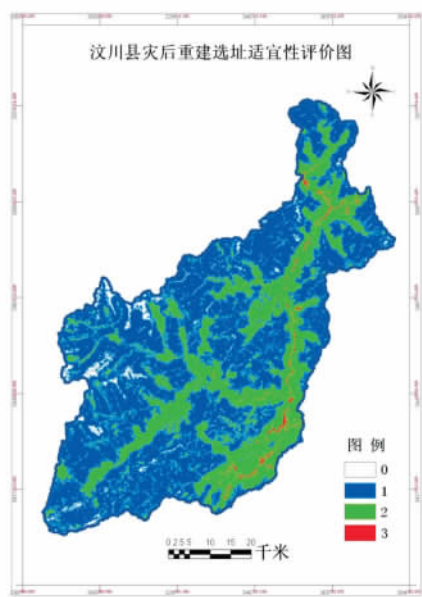


图 11 汶川县灾后重建选址适宜性评价图

Fig. 11 Wenchuan County post-disaster reconstruction siting suitability evaluation map

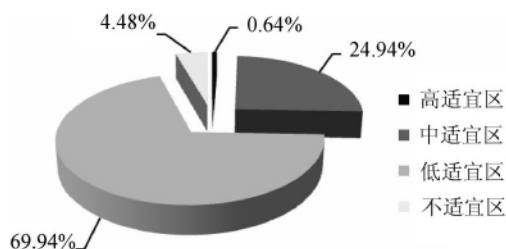


图 12 选址适宜性统计结果

Fig. 12 The statistical result of Fig. 11

5 结论与讨论

1) 论文以遥感影像数据和研究区数字化地形图为主要信息源,建立了以地质灾害、断裂构造、植被盖度、居民点、道路、水系、地形坡度、高程为评价因子的指标体系,以 GIS 技术为主要支撑,完成评价指标体系中各个评价指标因子的信息提取与专题地图制作,建立了震后汶川县的移民搬迁选址模型,制作了汶川县灾后重建选址适宜性评价图。为汶川县灾后恢复重建的宏观决策和野外勘察提供了科学依据。

2) 由图 12 可以看出,高适宜区和中适宜区主要分布在地势较平坦、交通较发达、水源较丰富、地质灾害较少且能有效避开断裂构造的城镇及其周边地区,这与其自然地理、地质环境比较吻合。但是,从宜居性分级上看,发现在汶川县最适宜居住的区

域面积小且破碎,没有大面积完整的区域,这主要是由汶川县境内群峦叠嶂,相对高差大,地形临空面发育,沟谷纵横,切割强烈,支沟纵坡降大的中山深切切割地貌决定的。从地形坡度分级图(图 9)上明显可以看出,地表坡度小于 15°的地区极少且分散,大面积的地区是大于 25°的,这使得选择环境良好的居住区较为困难。

3) 在选址方法上,初步形成了一套基于 RS 和 GIS 的灾害移民选址方法体系和工作流程,这对以后利用 RS 和 GIS 开展同类研究提供了有益的借鉴。随着遥感与 GIS 技术的进一步发展完善,二者相结合在选址问题上将会有更好的应用前景。

参考文献:

- [1] Huang Runqiu, Li Weile. Research on development and distribution rules of geohazards induced by Wenchuan earthquake on 12th may [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2008, 27(12): 2585 - 2592. [黄润秋, 李为乐. “5.12”汶川大地震触发地质灾害的发育分布规律研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2008, 27(12): 2585 - 2592.]
- [2] Tang Xianming. Town relocation integration environment research basing on RS and GIS around Three Gorge Reservoir [J]. Climatic and Environmental Research, 1999, 4(4): 396 - 405. [唐先明. 遥感与地理信息系统在三峡库区城镇迁建选址中的应用研究[J]. 气候与环境研究, 1999, 4(4): 396 - 405.]
- [3] Gao Jinsong, Guan Zequn. Implementation of site locating strategies based on RS and GIS [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2005, 30(9): 778 - 781. [高劲松, 关泽群. 基于遥感和 GIS 的选址策略研究与实现[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2005, 30(9): 778 - 781.]
- [4] Li Shuang. The Research of the method of geo-disaster immigration location in Xinping Country [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2007. [李双. 新平县地质灾害移民选址方法研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2007.]
- [5] Yang Wunian, Li Tianhua, Liao Chonggao, et al. Synthetic application of “3S” technology in plateau aerodrome building project [J]. Advances in Earth Science, 2008, 23(5): 457 - 462. [杨武年, 李天华, 廖崇高, 等. 高原机场建设工程“3S”技术综合应用[J]. 地球科学进展, 2008, 23(5): 457 - 462.]
- [6] 梅安新, 彭望球, 秦其明, 等. 遥感导论 [M]. 北京: 高等

- 教育出版社 2002.
- [7]党安荣,王晓栋,陈晓峰,等. ERDAS IMAGING 遥感图像处理方法[M]. 北京:清华大学出版社 2003.
- [8]Xie Lili, Li Yuren, Qi Rong. A Cost-effective method for accurate target location [J]. Journal of Northwestern Polytechnical University, 2001, 19(4): 617-620. [谢利理,李玉忍,齐蓉. 航空照片数字地图的几何校正[J]. 西北工业大学学报 2001, 19(4): 617-620.]
- [9]Xie Lili, Li Yuren, Qi Rong. Digital differential correction of avionics topographic map [J]. Avionics Technology, 2001, 32(1): 26-28. [谢利理,李玉忍,齐蓉. 航空电子地形图的数字微分校正[J]. 航空电子技术, 2001, 32(1): 26-28.]
- [10]赵英时. 遥感应应用分析原理与方法[M]. 北京:科学出版社 2003.
- [11]The State Council of People's Republic of China. Regulation on post-quake restoration and reconstruction[S]. Beijing: People's Publishing House, 2008. [国务院. 汶川地震灾后恢复重建条例[S]. 北京:人民出版社 2008.]
- [12]Yang Wunian, Pu Guoliang, Cauneau F, et al. Digital processing and information extraction of the SPOT, ERS-SAR, radarsat and landsat TM images for geological hazard in the Yangtze Three Gorges Project Region, China [J]. Acta Geologica Sinica, 2005, 79(3): 423-432. [杨武年,濮国梁, Cauneau F, 等. 长江三峡库区地质灾害遥感图像信息处理及其监测和评估[J]. 地质学报 2005, 79(3): 423-432.]
- [13]Jia Shaohui. The estimation of landslide hazard based on RS and GIS technology [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2006. [贾韶辉. 基于RS与GIS技术宣县天台乡滑坡灾害危险性评价[D]. 北京:中国地质大学, 2006.]
- [14]Wu Lijuan. Research and detect on geological disasters to the upriver of Jin Sha Jiang by Remote Sensing and GIS [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2007. [武利娟. 金沙江上游区域地质灾害遥感解译与GIS分析[D]. 北京:中国地质大学 2007.]
- [15]Tao Shu. Information extraction of landslides induced by the Wenchuan Earthquake and susceptibility assessment using remotely sensed data[D]. Beijing: Capital Normal University, 2009. [陶舒. 汶川地震滑坡遥感信息提取与灾害危险性评价研究[D]. 北京:首都师范大学 2009.]
- [16]Liang Jingtao. Research on survey of earthquake triggering geohazards and risk assessment in Wenchuan Earthquake stricken areas using RS and GIS—a case study of Qingchuan County [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2009. [梁京涛. 遥感和GIS在汶川地震灾区地质灾害调查与评价中的应用研究——以青川县为例[D]. 成都:成都理工大学 2009.]
- [17]Xu Xiwei, Yu Guihua, Ma Wentao, et al. Evidence and methods for determining the safety distance from the potential earthquake surface rupture on active fault [J]. Seismology and Geology, 2002, 24(4): 470-483. [徐锡伟,于贵华,马文涛,等. 活断层地震地表破裂“避让带”宽度确定的依据与方法[J]. 地震地质 2002, 24(4): 470-483.]
- [18]Xu Xiwei, Wen Xueze, Ye Jianqing, et al. The Ms8.0 Wenchuan Earthquake surface ruptures and its seismogenic structure [J]. Seismology and Geology, 2008, 30(3): 597-629. [徐锡伟,闻学泽,叶建青,等. 汶川 Ms8.0 地震地表破裂带及其发震构造[J]. 地震地质 2008, 30(3): 597-629.]
- [19]Duncan J, Stow D, Franklin J, et al. Assessing the relationship between spectral vegetation indices and scrub cover in Jornada Basin, New Mexico [J]. International Journal of Remote sensing, 1993, 14(18): 3395-3416.
- [20]杜培军. 遥感原理与应用[M]. 徐州:中国矿业大学出版社 2006: 79-80.
- [21]Li Zhe. The ecological security assessment of earthquake-stricken area based on RS and GIS technology—take the city of dujiangyan as example [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2009. [李喆. RS和GIS支持下地震灾区的生态安全评价[D]. 成都:成都理工大学, 2009.]
- [22]Nick A, Xiaoyang Zhang, Berkhout E, et al. Modelling Soil erosion at global and regional scale using Remote Sensing and GIS techniques [M]//Spatial Analysis for Remote Sensing and GIS. Chichester: John Wiley & Sons. 1999: 241-261.
- [23]Ministry of Construction P. R. China. CJJ 83-99 Code for Vertical Planning on Urban Field[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 1999. [中华人民共和国建设部. CJJ 83-99 城市用地竖向规划规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 1999.]

(编辑 赵婧)