

严佩升. 金沙江流域云南段地震灾害人口风险性分布多维度识别办法[J]. 灾害学, 2021, 36(4): 96–100. [YAN Peisheng. Multi-dimensional Identification Method for Population Risk Distribution of Earthquake Disaster in Yunnan Section of Jinsha River Basin[J]. Journal of Catastrophology, 2021, 36(4): 96–100. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2021.04.016.]

金沙江流域云南段地震灾害人口风险性 分布多维度识别办法^{*}

严佩升

(昭通学院 地理科学与旅游学院, 云南 昭通 657000)

摘 要: 研究金沙江流域云南段地震灾害人口风险性分布多维度识别办法, 提升该地区地震发生时救援能力以及应灾、防灾、救灾能力。通过定量确定人口风险性分布多维度识别的风险性影响因子, 其中人口易损系数着重探讨人口分布、人口老幼比例、人口迁移, 获得地震灾区人口分布规律, 确保该风险因子足够精准。赋权各风险因子构建风险性识别模型, 使用空间叠加分析功能, 获得地震人口风险分布结果。运用 ArcMap 软件, 计算地震灾害中包含的人口因素, 构建研究区域发生地震时的人口风险性分布图, 在图中将人口高风险分布区划分出来, 以便该地区有关部门使用该办法应对可能发生的地震灾害。

关键词: 金沙江; 云南段; 地震灾害; 人口; 风险性分布; 多维度识别

中图分类号: P315; X43; X915.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2021)04-0096-05

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2021.04.016

金沙江流域云南段分布数个地震带, 主要包括金沙江流域地震带、喜马拉雅山地震带、右江地震带等^[1]。而云南地区多以高、中山地形为主, 岸坡陡峻、地势落差大, 金沙江流经断裂构造发育。与此同时, 由于地壳运动, 亚欧板块与印度洋板块之间发生挤压, 两个板块彼此发生作用, 使得金沙江流域云南段处于地震活动频繁地带。金沙江流域云南段, 在水库蓄水后, 极易引发库岸地质体的不稳定, 以及浸泡、托浮云南段原有的塌陷、滑坡等问题^[2]。因此, 金沙江流域云南段很容易受到地震动力及静力的影响, 主要地震灾害类型就是金沙江流域地震带动力作用导致的边坡滑动。在金沙江流域云南段的山区及丘陵地带, 由金沙江流域地震带引发的山体滑坡, 具有数量多、分布广, 以及安全风险性极高等特点。金沙江流域云南段地处亚欧板块与印度洋板块俯冲交界地带, 地壳新构造运动活跃, 其地质结构极其复杂, 是我国地震灾害频发的地区^[3]。金沙江流域云南段地震灾害, 主要动力是印度洋板块持续向北侧挤压碰撞亚欧板块。因此, 金沙江流域云南段的地震灾害主要特征就是: 印度洋板块直接挤压碰撞金沙江流域西部地区, 以及印度洋板块经过多级转化, 进而作用于金沙江流域云南的东部地区^[4]。影响金沙江流域云南段地震灾害人口风险性的因素有很多, 主要是受到金沙江流域地震带、云南段地形、当地建筑物, 以及其他

因素等影响。在破坏性的金沙江流域云南段地震灾害中, 人员的伤亡大多是由建筑物的倒塌、破坏, 以及无法使用等原因造成的, 进而带来了巨大的社会经济损失, 及人员的伤亡。

识别地震灾害风险是对未来某个时间范围内由于地震灾害导致的关于承受灾难群体的损失预测。分析该区域之中的人口风险性, 能够成为未来地震灾害风险管理的依据, 有利于应对地震灾害风险能力的提升, 同时还能保证降灾、防灾的能力得到提高, 在地震监测预警工作中扮演重要角色。长期以来, 国内外众多研究者都高度重视识别研究区域地震灾害风险, 目前来看已经取得可观成就。易树健^[5]等人构建了滑坡岩体力学概念模型, 通过 DEC 数值反演提出使用地震灾害发生时的风险特征计算地震灾害的风险性, 以此实现地震灾害风险识别。此模型在一定程度上可以为认识和防治区域地质地貌与强烈构造运动条件下形成的地震滑坡提供依据, 但无法对地震区域内的人口风险性分布进行有效评估。郑山锁^[6]等人基于易损性分类清单法提出使用人口数据和国内生产总值构建地震灾害损失预估模型, 采用投入产出法评估地震灾害间接经济损失, 有效识别地震区域的风险情况, 但是在定量分析方面的相关研究不足。MORISAKI^[7]等人研究了日本地震灾害中被困人员的位置和需求情况, 通过合成孔径雷达 (SAR) 卫星图像可以检测到雷达反射器, 使

^{*} 收稿日期: 2021-04-27

修回日期: 2021-06-24

基金项目: 云南省教育厅科学研究基金资助性项目(2017zzx077); 云南省教育厅科学研究基金项目(2020J0742)

作者简介: 严佩升(1985-), 女, 汉族, 四川南充人, 硕士, 讲师, 主要从事人口地理、区域地理等研究. E-mail: yanpsjun@aliyun.com

脆弱人群能够在灾难之后向应急小组发出他们的位置和需求,在地震风险性识别方面取得一定研究成果,但是在人口易损性识别方面存在局限。因此本文研究从多维度开展,详细分析金沙江流域云南段地震灾害人口风险性分布。

1 人口风险性分布多维度识别办法

1.1 选择风险性因子

金沙江流域云南段发生地震灾害主要受到社会因素和自然因素影响。综合并收集海量地震成灾信息,得出3类风险因子会影响地震灾害下的人口风险分布识别。

1.1.1 人口暴露量

地震灾害人口风险性分布识别区域承受灾害群体的人口总量被称为人口暴露量^[8],人口数量(使用“个”表示)是整个风险识别区域的全部人口。本文主要研究地震灾害之下人口风险性分布识别,所以人口暴露量确定为金沙江流域云南段的全部人口。

识别人口风险性分布主要是为了预测未来一段时间内地震灾害之中人口损失量的大小。可以使用预测模型计算或者使用近似替代当前人口暴露量获得未来某个时间的人口暴露量。

1.1.2 地震灾害发生可能性

地震灾害发生可能性风险因子是在未来一段时间范围之中,灾害发生频度量(使用“次/a”作为单位)。

该风险因子通过构建模型来估算或者使用过去出现的历史事件统计结果近似替代,获得该风险因子。该风险因子也适用于洪涝或者气象等重复度比较高的灾害,此类灾害获得地震灾害发生可能性风险因子可以直接使用历史事件替代;对于地震这类重复度偏低的自然灾害,可以构建模型获得估算结果。

1.1.3 人口易损系数

金沙江流域云南段地震灾害发生时人口易损性分析,实质上是分析人口对于自然灾害的敏感性,也是人类对于自然应对能力的验证,能够度量人类从自然灾害中恢复的能力^[9]。本节研究中主要获取在相同强度地震灾害之下,金沙江流域云南段可能出现的人口损伤情况风险因子。

(1)人口易损性指标。人口分布直接关联人口易损程度。金沙江流域云南段某地在某个时刻遭受地震灾害,如果该地人口密度越大那么越容易遭受较大人口损失。人口文化教育程度结构和人口年龄结构也关系到人口易损度。人口组成中,一旦儿童和老年人遭受灾害,受到身体因素影响,这类群体行动受到限制,需要有人帮助才能从发生地震灾害的区域成功逃离,由此就可以得出结论,如果发生地震灾害的区域存在大量儿童和老年群体将提升地震灾害区域的人口易损性^[10]。另一方面,如果发生地震灾害的区域距离医疗机构较远,那么发生地震遭受灾害的人群就不能及时接受救援,且等待救援的时间将会增加,也会造

成人口易损性上升。

考虑到以上因素,本节研究中获取金沙江流域云南段地震灾害人口易损性风险因子时,先确定的指标为人口年龄结构、灾区与医院的距离、人口分布。

(2)处理指标数据。为识别金沙江流域云南段地震区域的人口易损性,基于实地调查和收集的资料图像文件以及构建之后的指标,统计并量化基础数据。通过两步实现人口分布计算^[11]:

①估算总人口。由于金沙江流域云南段区域较广,最低人口数据收集精确度只能以街道和村作为人口数据单位,流动人口数量暂时无法收集。同时,金沙江流域云南段区域外出务工人员和外来旅游的人口众多且流动性较大,为保证人口分布估算结果足够准确,需要估算流动人口和户籍登录的总人口。

由于金沙江流域云南段地域广阔,各城镇发展水平不均衡,人口分布也存在差异,因此使用土地利用密度法估算人口,该方法不但适用于城市人口估算,同时也适用于农村人口估算^[12]。

计算流动人口时,假设土地利用和流动人口数量之间依旧存在线性关系,金沙江流域云南段中包含7个城市,使用这7个城市的土地利用数据与流动人口开展多元回归分析,由此得到回归方程,这个方程的 sig. 值与相关系数分别为0.003与0.999。把这7个城市各个村庄的土地利用数据代入到回归方程中,经计算得出各个村庄的流动人口数量,使用流动人口数量与户籍人口相加,获得总人口数量^[13]。为了验证计算结果是否准确,本文研究者向部分金沙江流域云南段地区的社区进行连线调查,获得结果表明本文计算结果与实际人口数量一致。

②人口分布计算。人口分布对于人口易损性风险因子获取来说至关重要,通过计算能够获得人员伤亡损失情况。在过去的研究中,经常把人口数字密度作为指标,识别地震灾害风险。由于任何区域中的人口分布都是呈现不均衡的状态,主要是由于人类普遍会选择适宜居住区域来居住,人口密度属于动态变化,时间维度与人口数字密度不存在直接关联性,因此以土地利用作为基础的人口活动强度指数开展计算。

人数与人居时间长短都与人口易损性呈现正相关。如果金沙江流域云南段区域经常有人长时间居住,那么这个地方发生地震灾害时,就会导致更大的人员伤亡。

本文实际研究中将金沙江流域云南段整个区域7个城市的全部人口作为对象,所以计算人口分布时需要扩大范围。日常生活中,大部分人从事的工种上班时间是固定的,比如普通上班族的工作时间在每天的8:00—17:00之间,学生和教师上学时间也是固定的,商场售货员等人员也会在固定时间在商场中工作。由此可以看出,人们自身的身份与职业直接影响活动区域与时间^[14]。从土地利用分类角度出发,身份和职业具有共同特点的人群,在同一个地点出现的概率也相同。

使用场景分析法,按照事物发展的常理,各种类型职业的人群在某个土地类型上出现的时间概率通过计算获得如下结果:非农业工作者在工业用地上和商住用地上花费的时间分别约为24%和58%;农业从业者在农业用地和住宅区域分别花费的时间为20%和67%。

在以上分析过程中,人口分类越详细,时间概率计算越为准确。金沙江流域云南段区域过大,收集数据难度过大,所以本文研究中只将全部人口分为农业和非农业两种。

人口年龄结构也是识别地震灾害发生时人口易损性的重要识别指标。在搜集资料的过程中,受到区域限制,只能采集户籍上已经记录的人口年龄情况,不能收集流动人口的年龄结构数据。实际计算过程中,可以使用户籍记录的儿童与老年人在总人口中占据的比例反映出整体人口年龄结构。

地震发生区域与最近医院或医疗机构的距离也是评价灾区人口易损性的重要指标,获取该指标的方式是使用将土地利用类型每个图元中心和医疗机构中心点之间的欧氏距离,通过计算获得具体指标结果^[15]。

(3)确定方法。使用自然间断点法对指标数据无量纲化处理后可以开展后续计算。获取人口易损性风险因子前还需要确定指标权重,经科学合理分析以及精准计算,确定人口密度权重、与医疗机构距离的权重、人口年龄结构指数权重分别为0.8、0.1和0.1。把指标与对应权重代入到指数加权模型,获得金沙江流域云南段人口易损性风险因子。

1.2 构建风险性识别模型

1.2.1 模型总体

参考上文风险因子选择标准,划分地震灾害人口风险区域时需要依据地震灾害形成的机理和环境,分析地震灾害形成的各类因子,各个风险因子被赋予权重以便综合分区,由此获得定量模型。模型中使用的独立风险因子均是使用具有差异性的计算方法计算后得出的值。各个风险因子之间存在非线性组合关系^[16]。人口风险性分布具有空间分布特征,在均匀网格空间框架中引入把上一节确定的风险因子,空间叠加分析将风险因子有机综合,获得地震人口风险分布,获得金沙江流域云南段人口风险性分布图,分析图中的像元点,获得最终该地区地震灾害人口风险性分布结果。

1.2.2 模型构建过程

基于个风险因子分析结果,构建地震灾害人口风险性分布模型。本文提出一个概念:地震灾区人口风险性,也就是不考虑人口暴露量或者确保单位人口暴露量不发生改变:地震灾害发生可能性与人口灾损系数相乘获得地震灾区人口风险性^[17]。

人口暴露量不同的情况下能够反映出地震灾区人口风险性:人口暴露量、人口易损系数、地

震灾害发生可能性三者相乘获得地震灾区人口风险性。

2 人口风险性分布多维度识别结果

2.1 研究区域简介

金沙江是我国长江的上游,发源自唐古拉山脉,也就是当曲上源,源头和沱沱河交汇,从青海省的玉树县向西流淌至横断山脉区域,此段河流由于在宋代时期出现大量金沙所以被改称为金沙江。金沙江在云南流经迪庆、丽江、大理、楚雄、昆明、曲靖、昭通七个城市,由于处于印度洋板块持续向北侧挤压碰撞亚欧板块之间,又与青藏高原接壤,因此地震灾害频发,研究该区域人口风险性分布多维度识别具有较重要的学术意义和科学意义。

2.2 人口易损性识别结果

云南地处云贵高原,地形复杂,因此人口密布较分散^[18]。金沙江自西向东横贯云南北部。金沙江上游区域是青藏高原的余脉,地势险峻,高山峡谷相接,高差相距约1 km,这种特殊的地形导致迪庆地区人口密度较小。图1是使用自然间断点法获取人口易损风险因子,并对研究区域易损性实行分级,迪庆地区人口密度较小,直接对应图1的人口较低易损性。东部地区是云贵高原的组成部分,平均海拔较低,约为2 km,其中昭通作为地势较低的区域,人口集中居住,因此人口密度较大;昆明、大理和丽江分别作为省会与著名旅游城市,人口密度也较大,对应图1可知,这些人口密度较大区域,人口易损性也随之上升。楚雄位于昆明与大理、丽江之间,是少数民族聚集的地区,近年来受到旅游业发展影响人口分布较为均匀,人口易损性也适中;曲靖地区与四川、贵州等地接壤,地势平缓适合居住,人口密度较大,出现“红色”高密度人数区域,这种高密度也容易被划分为较高风险易损区域。

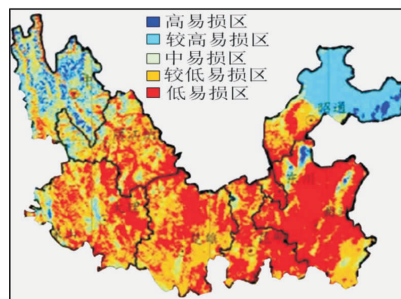


图1 金沙江流域云南段人口易损性分布图
(审图号: GS(2020)4325号,底图无修改,下同)

由图1可知,低人口易损区域占金沙河流域云南段总区域的50%,较低易损区域占总区域的30%,较高易受区域与高易损区域分别占总区域的11%和9%。从图1中也能够看出人口易损情况与土地分布特点,越是接近川藏区域,地震情况越高发,人口易损率也就越高。按照人类活动规

律,各个城市之中,林地、绿地与水体都是中等或者较低易损区域,从土地类型来看,耕地区域也属中、低人口易损区域^[19]。分析城市结构,人口易损率分布特征表现为:昆明、大理、楚雄等中部区域人口分布比较密集,土地利用类型主要为商住类型,人口活动密集,而且这些区域距离医院等医疗机构较近,救援时较便捷,可以一定程度降低人口易损性。所以这三个城市的人口易损性可以被评价为较低等级。昭通、迪庆两市距离地震带较近,人口密度大,主要以农、牧业为主,地势复杂,离医疗机构较远,救援难度大,属于人口高易损区。

确定金沙江流域云南段地震灾害人口易损性系数,经过分析得出金沙江流域云南段各个城市中,当地震灾害发生时,地震强度会直接影响人员伤亡,根据地震强度级数和目前已经研究统计的在不同地震烈度之下人口死亡情况实行对应统计(数据来自于中国地震台网: <http://news.ceic.ac.cn/index.html?time=1619515726>),统计结果见表1。通过表1能够看出,地震灾害级别越高,人员损失越严重,从常识角度也能看出,地震越严重,破坏性越大,造成出现地震灾害的地区建筑倒塌,路面开裂等情况,此时人类作为脆弱又渺小的个体很难应对大自然的毁灭性打击。

表1 人口易损性对应地震烈度

地震烈度	人口易损系数/%
VI	1.7
VII	2.4
VIII	2.8
IX	4.8
X	11.6

2.3 地震可能发生率识别结果

另一个重要风险因子是地震可能发生率,经相关地理研究总结出金沙江流域云南段中地震高发地震带^[20](图2)。



图2 金沙江流域云南段地震多发地区

本文所研究的金沙江流域云南段主要属于小江地震带、中甸-大理地震带、南华-楚雄地震带以及大关-马边地震带,这些地震带所处区域都是地震多发区域,这些地震带上的城市,都有极大可能出现地震灾害。统计近100 a金沙江流域云南段发生人口损失的破坏性地震情况,通过计算得出各个城市发生强度不同地震灾害的可能性^[21](表2)。分

析表2能够获知根据各个城市所处的地理位置,获得最有可能发生地震灾害的概率,受到地震带分布影响,金沙江流域云南段中迪庆、大理和丽江是最有可能发生地震灾害的区域。

表2 不同强度地震发生可能几率(次/a)

地震烈度	迪庆	大理	丽江	楚雄	昆明	曲靖	昭通
VI	0.194	0.172	0.185	0.073	0.145	0.064	0.124
VII	0.157	0.136	0.176	0.066	0.127	0.054	0.104
VIII	0.139	0.104	0.095	0.061	0.106	0.062	0.092
IX	0.085	0.073	0.064	0.057	0.098	0.054	0.084
X	0.062	0.054	0.047	0.051	0.074	0.041	0.071

2.4 人口风险性分布识别结果

人口风险性分布识别使用 ArcMap 软件中的栅格地图计算功能和空间分析功能,叠加分析各个风险因子获得地震灾害人口风险分布图,图3是经划分后人口地震风险分布结果。从图3中能够看出,高风险区域的分布与地震带的走势一致,正是由于地震带存在,导致地震发生的机率增大,也造成处于地震带上的人口风险性增大。人口越密集的区域也是风险更高的区域,这是由于人口密集的区域一旦发生地震,将出现最严重的人口损失,这也是人口密集区域是高风险区域的原因。

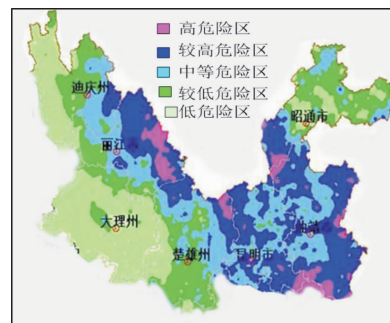


图3 金沙江流域云南段人口地震风险性分布图

3 结论

任何地区形成地震灾害都具有较强的复杂性,能够影响地震灾害的风险因子有很多,本文主要研究金沙江流域云南段地震灾害人口风险性分布多维度识别办法,该方法也普遍适用于其他类型自然灾害。本文方法能够有机结合地理信息系统,通过 ArcMap 软件等强大功能综合叠加并定量描述各个风险因子。经过这些分析获得金沙江流域云南段地震灾害人口风险性多维识别结果,依据这些结果能够为将来该地区抗震能力改进提出指导。有效识别地震发生区域的人口风险分布能够帮助当地有关部门明确区域中的风险大小,制定对应的防灾减灾抗灾对策,提升该地区未来对于地震发生时的宏观把控能力,将地震灾害对于该区域造成的损失降到最低。

参考文献:

- [1] 刘美, 陈宁生, 赵春瑶. 断裂构造对金沙江巧家至蒙姑段泥石流发育影响研究[J]. 自然灾害学报, 2018, 27(3): 136-143.
- [2] 刘芬良, 高红山, 李宗盟, 等. 金沙江龙街段晚更新世以来的阶地发育与河谷地貌演化[J]. 地球科学进展, 2020, 35(4): 431-440.
- [3] 黄诚, 孔令伟, 陈国庆. 金沙江鲁地拉水电站混凝土重力坝地震抗滑稳定性的时程法分析[J]. 岩土工程学报, 2018, 40(S2): 251-255.
- [4] 王曦, 周洪建, 张弛. 地震灾害死亡人口快速识别方法对比研究[J]. 地理科学, 2018, 38(2): 314-320.
- [5] 易树健, 李渝生, 黄超, 等. 金沙江杀威台子滑坡成因动力学特性研究[J]. 防灾减灾工程学报, 2018, 38(2): 297-304.
- [6] 郑山锁, 尚志刚, 贺金川, 等. 地震灾害经济损失评估方法及应用[J]. 灾害学, 2020, 35(1): 94-101.
- [7] MORISAKI Yuma, FUJII Makoto, FURUTA Ryoichi, et al. Development of a Radar Reflector Kit for Older Adults to Use to Signal Their Location and Needs in a Large-Scale Earthquake Disaster[J]. Remote Sensing, 2021, 13(10): 1883.
- [8] 唐尧, 王立娟, 马国超, 等. 利用国产遥感卫星进行金沙江高位滑坡灾害灾情应急监测[J]. 遥感学报, 2019, 23(2): 252-261.
- [9] 景国勋, 邢丽华, 邓奇根. 基于 PCA-ELM 的地震死亡人数评估[J]. 安全与环境学报, 2020, 20(2): 617-623.
- [10] 焦桂花, 傅崇辉, 王玉霞. 汶川地震灾后生育模式变化的归因分析[J]. 灾害学, 2019, 34(3): 45-50, 65.
- [11] 李雪婧, 吴健, 高孟潭, 等. 基于阿里亚斯烈度估值的概率性地震危险性分析——以四川丹棱县及其周缘为例[J]. 地震工程学报, 2018, 40(3): 555-561.
- [12] 任静, 阿里木江·亚力昆, 李志强, 等. 2020 年 1 月 19 日新疆伽师 6.4 级地震灾害损失快速识别精准性分析[J]. 震灾防御技术, 2020, 15(2): 349-358.
- [13] 黄星, 曾静, 刘洁. 一类震灾人员受损估计方法及应用[J]. 运筹与管理, 2019, 28(11): 191-199.
- [14] 王紫荆, 陈文凯, 苏浩然, 等. 基于区域特征的地震埋压人员评估模型研究[J]. 地震工程学报, 2020, 42(5): 1236-1247.
- [15] 张亮林, 潘竞虎. 中国 PM(2.5) 人口暴露风险时空格局[J]. 中国环境科学, 2020, 40(1): 1-12.
- [16] 陈亚亚, 刘传胜, 杨瑞霞, 等. 世界自然遗产地突发性地质灾害全球尺度危险性评价[J]. 自然灾害学报, 2020, 29(2): 87-96.
- [17] 张琰, 李佳威, 蒋长胜, 等. 地震灾害对环境与生态的影响——不容忽视的可持续发展问题[J]. 震灾防御技术, 2020, 15(1): 194-201.
- [18] 地理国情监测云平台. 云南省人口分布图[EB/OL]. [2021-01-10]. <http://www.dsac.cn/DataProduct/Detail/20111128>.
- [19] 程佳, 徐锡伟, 陈桂华. 基于特大地震发生率的川滇地区地震危险性预测新模型[J]. 地球物理学报, 2020, 63(3): 1170-1182.
- [20] 王翠芳, 王世元. 四川省主要水系流域的地震监测[J]. 地震地磁观测与研究, 2020, 41(3): 139-146.
- [21] 张桂欣, 孙柏涛, 陈相兆, 等. 北京市建筑抗震能力分类及地震灾害风险分析[J]. 地震工程与工程振动, 2018, 38(3): 223-229.

Multi-dimensional Identification Method for Population Risk Distribution of Earthquake Disaster in Yunnan Section of Jinsha River Basin

YAN Peisheng

(School of Geography and Tourism, Zhaotong University, Zhaotong 657000, China)

Abstract: To study the multi-dimensional identification method of the risk distribution of earthquake disaster population in Yunnan section of Jinsha River Basin, so as to improve the rescue capacity, disaster response, disaster prevention and disaster relief capacity in the region when earthquake occurs. This method quantitatively determines the risk influencing factors of multi-dimensional identification of population risk distribution. Among them, the population vulnerability coefficient focuses on the discussion of population distribution, the proportion of old and young population, and population migration, so as to obtain the population distribution rule in earthquake-stricken areas and ensure that the risk factors are accurate enough. The risk identification model is constructed by weighting each risk factor, and the spatial overlay analysis function is used to obtain the risk distribution results of earthquake population. The ArcMap software is used to calculate the population factors included in the earthquake disaster, construct the population risk distribution map of the study area when earthquake occurs, and divide the population risk distribution area in the map, so that the relevant departments in the region can use this method to deal with the possible earthquake disaster.

Key words: Jinsha River; Yunnan section; earthquake disaster; population; risk distribution; multidimensional recognition