



基于公里格网的云南昭通地震灾害风险评估

和仕芳, 赵正贤, 张方浩, 曹彦波

Earthquake Risk Assessment in Zhaotong, Yunnan Province Based on the 1 km Grid Cell

HE Shifang, ZHAO Zhengxian, ZHANG Fanghao, and CAO Yanbo

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003-1375.2023.04.003>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

基于指标体系的浙江省地震灾害风险评估 (<http://www.nceqsci.com//article/doi/10.3969/j.issn.1003-1375.2019.04.005>)

Earthquake Risk Assessment in Zhejiang Province Based on Index System

华北地震科学. 2019, 37(4): 23-28

云南地震灾害受伤人数快速评估方法 (<http://www.nceqsci.com//article/doi/10.3969/j.issn.1003-1375.2020.03.011>)

Fast Assessment for the Number of the Injured in Yunnan Earthquake Disaster

华北地震科学. 2020, 38(3): 60-68

地震灾害人员伤亡评估模型对比—以甘肃省中强震为例 (<http://www.nceqsci.com//article/doi/10.3969/j.issn.1003-1375.2021.01.002>)

Comparison of Evaluation Models of Casualties in Earthquake Disaster—Taking Moderate and Strong Earthquakes in Gansu Province as Examples

华北地震科学. 2021, 39(1): 9-16, 22

云南地方政府地震应急备灾能力评估软件研究与应用 (<http://www.nceqsci.com//article/doi/10.3969/j.issn.1003-1375.2018.01.012>)

Research and Application of Evaluation Software for Earthquake Emergency Preparedness in Yunnan Local Government

华北地震科学. 2018, 36(1): 69-75

基于云环境的云南地震灾害快速评估与信息服务系统在巧家 $M_s5.0$ 地震中的应用 (<http://www.nceqsci.com//article/doi/10.3969/j.issn.1003-1375.2021.01.001>)

Application of Yunnan Earthquake Disaster Quick Evaluation and Information Service System Based on Cloud Environment in Qiaojia $M_s5.0$ Earthquake

华北地震科学. 2021, 39(1): 1-8

河北阳原—蔚县盆地地震灾害损失评估 (<http://www.nceqsci.com//article/doi/10.3969/j.issn.1003-1375.2017.03.013>)

Earthquake Disaster Loss Evaluation in Hebei Yangyuan—Yuxian Basin

华北地震科学. 2017, 35(3): 73-78



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

和仕芳, 赵正贤, 张方浩, 等. 基于公里格网的云南昭通地震灾害风险评估 [J]. 华北地震科学, 2023, 41(4): 16-26. doi:10.3969/j.issn.1003-1375.2023.04.003.

HE Shifang, ZHAO Zhengxian, ZHANG Fanghao, et al. Earthquake Risk Assessment in Zhaotong, Yunnan Province Based on the 1 km Grid Cell[J]. North China Earthquake Sciences, 2023, 41(4): 16-26. doi:10.3969/j.issn.1003-1375.2023.04.003.

基于公里格网的云南昭通地震灾害风险评估

和仕芳, 赵正贤, 张方浩, 曹彦波

(云南省地震局, 昆明 650224)

摘要: 以 1 km 格网为评价单元, 利用地震灾害风险普查成果——基于遥感影像和经验估计的房屋抗震能力初判成果数据, 选取人口、经济、高程、地震动参数、断层距、房屋抗震能力 6 个地震灾害风险评估指标, 采用熵权法评估昭通地震灾害综合风险等级; 结合历史震例, 基于昭通地区房屋易损性矩阵、震亡比与房屋毁坏率之间的经验公式, 在 1 km 格网尺度上估算了昭通地震经济损失风险值与人员死亡风险值, 为区域地震灾害风险防治提供参考依据。

关键词: 公里格网; 地震灾害; 风险评估; 云南昭通

中图分类号: P315.94

文献标志码: A

文章编号: 1003-1375 (2023) 04-0016-11

doi:10.3969/j.issn.1003-1375.2023.04.003

0 引言

昭通位于云南省东北部, 是中国大陆地震活动性较强及“小震大灾”的典型代表之一。该地区 2014 年 8 月 3 日曾发生鲁甸 6.5 级地震造成 617 人死亡、3 143 人受伤, 对昭通地区开展地震灾害风险评估具有重要意义。

地震灾害风险评估作为新时代地震灾害风险防治核心业务之一^[1-3], 是震前了解抗震薄弱环节和高风险地区, 有针对性地采取防范加固和减灾措施, 切实提高地震灾害风险防范能力的有效途径^[4]。国外较早开展了地震灾害风险评估方面的研究, 最具代表性的是 HUZUS 震害评估系统。随着中国社会经济的发展, 城镇化水平不断提高, 地震灾害风险日益增加, 国内针对地震灾害风险评估的研究也逐渐完善。从研究方法看, 主要有多指标综合评价法、概率方法、情景建模法, 其中概率法和情景建模法需要以丰富的震例资料为基础, 多指标综合评价法可以通过构建合理的分级评价指标体系并依据各指标对评价目标的相对重要性进行赋权, 是当前应用较广泛的灾害综合风险评估方法之一^[5-6]。评估指标大多是基于地震灾害危险性、承灾体脆弱性构建的, 指标权重确定则以主观赋权法和客观赋

权法为主^[7-12]。从评价尺度看, 主要集中在城市或者县域尺度^[13-17], 还有少数是乡镇尺度^[18]。但是针对区域地震灾害风险精细化空间分布的研究相对偏少, 主要原因是建筑物等精细化数据难以获取。本研究拟利用地震灾害风险普查成果——基于遥感影像的建筑物矢量数据, 以典型多震灾重的昭通为研究区, 以 1 km×1 km 格网为评价单元, 从建筑物抗震能力、人口、经济、断层距等方面考虑, 对昭通地区开展精细化地震灾害风险评估, 为区域地震灾害风险防治提供参考依据。

1 研究区概况

云南省昭通市地处于青藏高原东缘的凉山次级块体南部边缘, 受青藏高原不断地推挤作用, 加之断层交织在一起, 地震活动性较强, 造就了山高谷深、沟壑纵横、地质破碎的自然地理环境^[19-20]。昭通市总面积 2.3 万 km², 其中山地面积占 72.2%, 坝区面积占 27.8%, 最高海拔 4 040 m, 最低海拔 267 m, 海拔高差大。根据 2022 年云南省统计年鉴统计, 昭通地区总人口 501.4 万人, 平均人口密度为 217.8 人/km², 是云南省平均人口密度 119 人/km² 的 1.8 倍。人口密度仅次省会城市昆明, 而人均 GDP

收稿日期: 2023-07-07

基金项目: 云南省地震局青年基金“基于公里格网的地震灾害风险评估研究——以昭通为例”(2021K04)

第一作者简介: 和仕芳(1989—), 女, 工程师, 主要从事地震灾害风险评估研究工作. E-mail: 819314269@qq.com



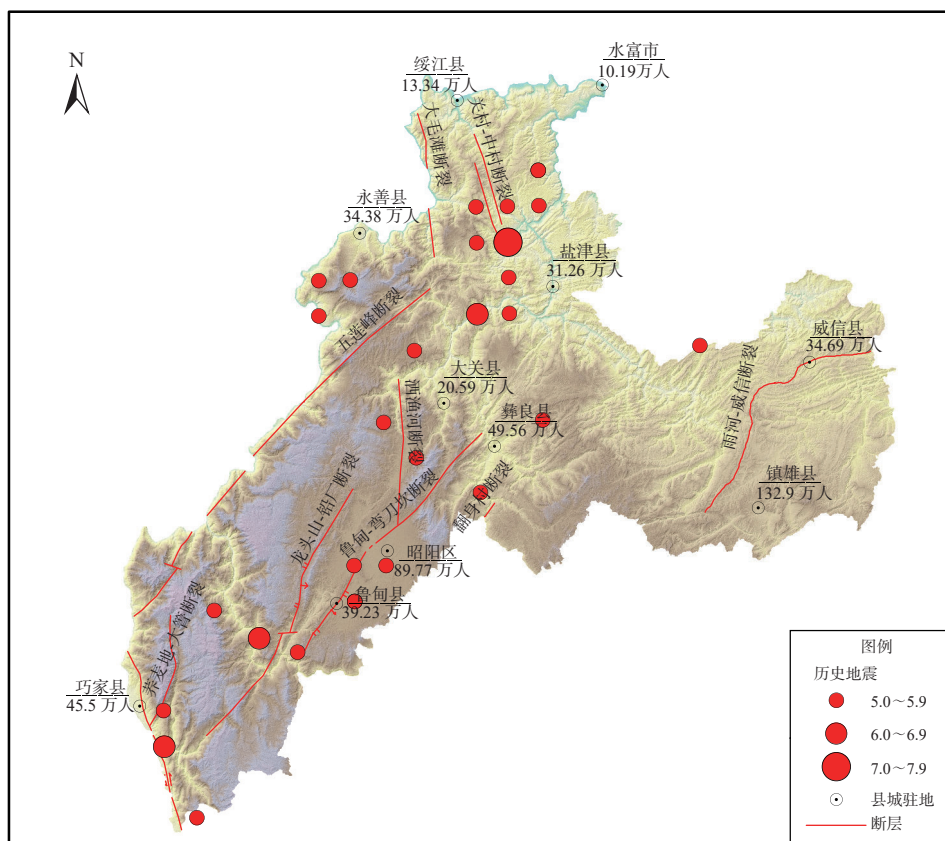
居云南省倒数第一。昭通人口分布不均衡,人口主要集中在分布在昭阳区、镇雄县、彝良县、鲁甸县、巧家县等县城,其中昭通大关、永善县城位于半山腰,盐津县位于高山峡谷。昭通地处马边-大关地震带和小江地震带,除了威信县、镇雄县其他县城均分布在地震带上。

昭通特殊的地质环境及人口经济情况,决定了昭通地震灾害多发、地震灾害人员伤亡重、受灾人口多、经济损失大、地震次生灾害严重的区域性特点^[20]。据统计 1900 年以来昭通地区发生过 32 次 5.0 级以上地震(表 1),累计造成约 4 142 人死亡,5 046 人受伤(图 1)。

表 1 1900—2022 年昭通地区 $M_S \geq 5.0$ 地震灾害

Table 1 Earthquake disasters of $M_S \geq 5.0$ in Zhaotong from 1900 to 2022

序号	时间	地点	震级	极震区烈度	人员伤亡/人			失去住所人数/人	受灾人口/人	直接经济损失/万元
					死亡	重伤	轻伤			
1	1909-05-15	鲁甸	5.5	VII						
2	1911-10-17	巧家、会泽间	5.8	VII+	18					
3	1917-07-31	大关北	6.8	IX	1 850					
4	1918-08-14	巧家南	5.5	VII	5					
5	1919-07--	昭通南	5.0	VI						
6	1930-05-15	巧家南	6.0	VIII	42					
7	1948-10-10	大关	5.8	VIII	55					
8	1948-12-05	巧家南	5.0	VI	1					
9	1948-12-14	永善附近	5.2							
10	1959-03-11	盐津附近	5.0		0					
11	1959-08-13	大关附近	5.0		0					
12	1966-10-11	永善南	5.2	VI	0					
13	1973-04-22	彝良附近	5.1	VI	2	12	54			
14	1973-08-02	彝良	5.2		12	12	16			
15	1974-05-11	大关北	7.1	IX	1 423	1 600				
16	1974-06-05	大关北	5.0		0					
17	1974-06-15	大关北	5.7		0					
18	1974-06-15	大关北	5.2		0					
19	1974-07-10	大关北	5.2		0					
20	1975-01-22	巧家	5.0				1			
21	1975-03-08	盐津北	5.3	VI	0	13				
22	1983-06-04	鲁甸西南	5.0		0					
23	2003-11-15	鲁甸	5.1	VII	4	24	70	24874	236 652	19 190
24	2003-11-26	鲁甸	5	VII	0	2	22	16 711	246 732	9 300
25	2004-08-10	鲁甸	5.6	VIII	4	191	406	63 336	313 556	31 990
26	2006-07-22	盐津	5.1	VI	22	13	101	20 606	151 168	23 900
27	2006-08-29	盐津	5.1	VII	2	15	52	18 509	262 538	20 270
28	2012-09-07	彝良	5.7	VIII	81	0	832	176 800	715 713	430 390
29	2014-04-05	永善	5.3	VI	0	5	27	18 237	134 285	44 510
30	2014-08-03	鲁甸	6.5	IX	617	0	3 143	287 809	1 800 507	2 357 810
31	2014-08-17	永善	5.0	VI	0	0	20	4 234	113 998	30 250
32	2020-05-18	巧家	5.0	VI	4	0	28	196	67 083	10 430

图1 1900年以来昭通 $M \geq 5.0$ 地震灾害及主要活动断层分布Fig. 1 Earthquake disasters of $M \geq 5.0$ since 1900 and distribution of main active faults in Zhaotong

2 数据与技术路线

2.1 数据源及预处理

本研究使用的数据包括人口、经济、地震动参数、数字高程数据 (DEM)、断层数据和基于遥感影像和经验估计的房屋抗震能力初判结果。首先要在 ARCGIS 软件中统一将数据进行格网化处理, 格网采用 CGCS2000 坐标系, 格网大小为 $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$, 昭通市共计 21 686 个格网。其中人口、经济、DEM 数据来源于云南省地震应急基础数据库。DEM 是根据 30 m 分辨率数据做格网分区统计提取均获得; 地震动参数来源于五代地震动区划图; 断层数据使用的云南省 1:100 断层数据, 计算格网离最近断层的距离 (以下简称“断层距”); 建筑物数据使用地震灾害风险普查成果——基于遥感影像和经验估计的房屋抗震能力初判成果数据, 将建筑物分为估计抗震能力达标、疑似抗震能力不足和疑似抗震能力严重不足 3 类。格网房屋抗震能力是通过统计每个格网不同抗震能力房屋面积占比, 以占比大的房屋类型代表格网房屋抗震能力。数据预处理结果如图 2 所示。

2.2 技术路线

本文基于公里格网开展昭通地震灾害风险评估, 具体技术流程如图 3 所示。首先, 对地震动参数、人口、经济、高程、断层距、房屋抗震能力 6 个指标数据做格网化处理; 然后基于公里格网从地震灾害综合风险等级评估、经济损失风险评估和人员死亡风险评估三方面开展昭通地震灾害风险评估。具体是: 采用熵权法计算指标权重来评估地震灾害综合风险等级, 通过构建不同抗震能力房屋易损性矩阵评估地震经济损失风险, 利用昭通历史地震震亡比与房屋毁坏率之间的经验公式评估人员死亡风险。

3 地震灾害风险等级评估

3.1 熵权法

熵权法是依据各指标携带的信息量大小确定权重系数, 相比层次分析法、德尔菲法等主观赋权法, 避免了主观因素造成的偏差, 是应用最广泛的客观赋权法之一^[21-22]。

1) 基本原理。在信息论中, 熵是对不确定性的—一种度量, 可以通过计算熵值来判断某个指标的离

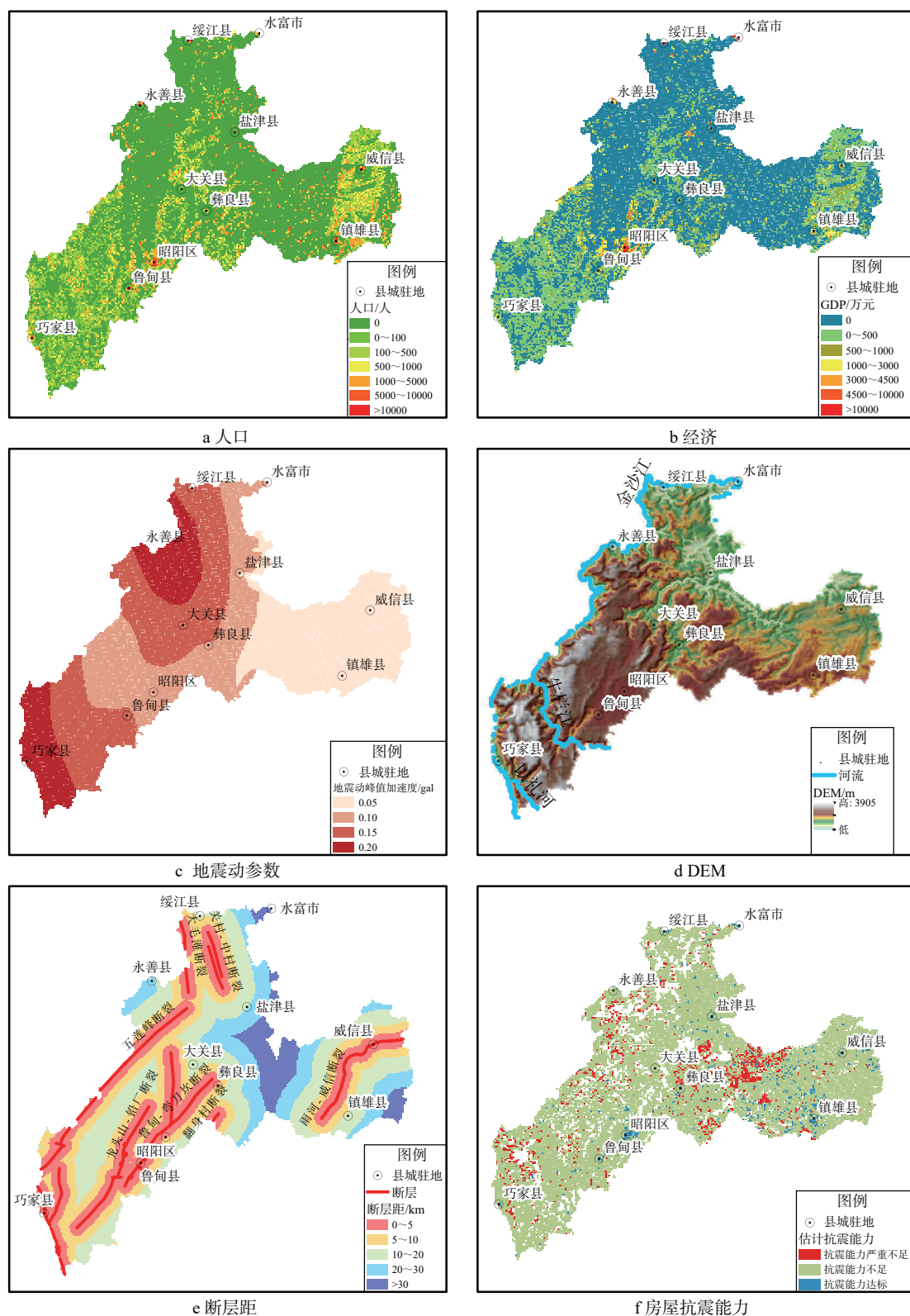


图 2 昭通市基于公里格网的评估指标数据

Fig. 2 Evaluation index data of Zhaotong City at the spatial scale of 1 km grid

散程度, 指标的熵值越小, 指标的离散程度越大, 所含的信息量越大, 该指标对综合评价的影响(权重)越大^[23-24]。

2) 权重计算步骤。

a. 构建评价矩阵。 n 个样本、 m 个指标构成评价矩阵:

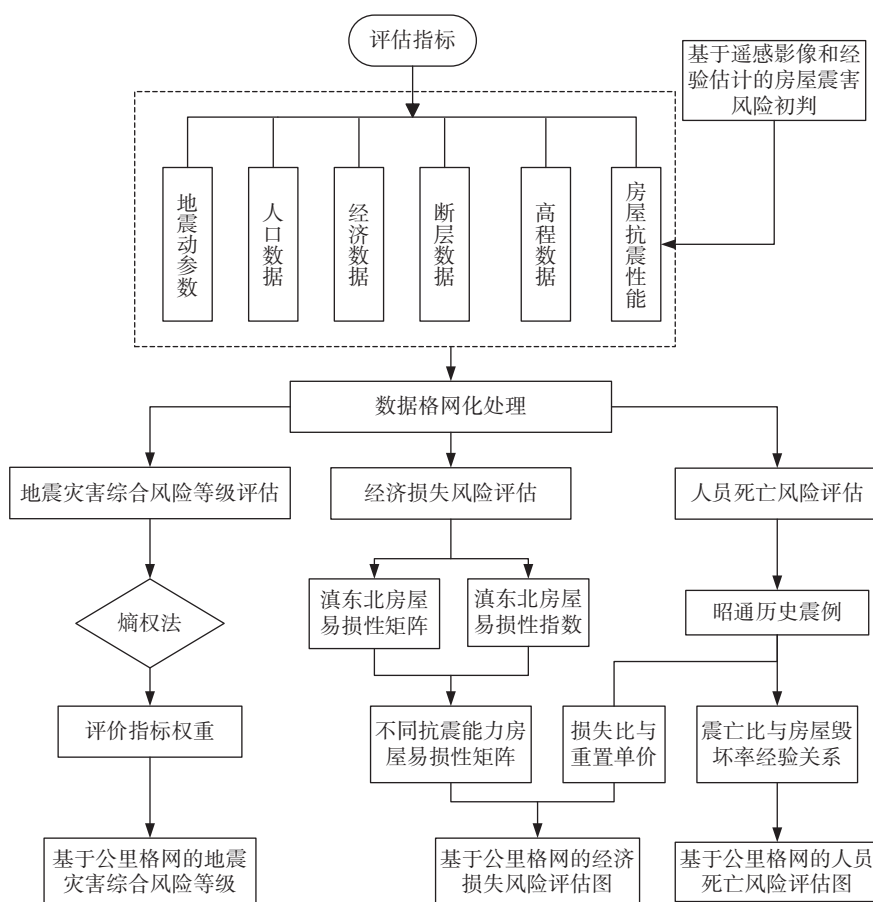


图3 技术路线

Fig. 3 The technical route diagram

$$X = (x_{ij})_{n \times m}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n. \quad (1)$$

b. 指标标准化:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}}, \text{ 正向指标}; \quad (2)$$

$$y_{ij} = \frac{\max_i x_{ij} - x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}}, \text{ 负向指标}。 \quad (3)$$

计算第 i 个指标下第 j 个样本的指标值的比重

p_{ij} :

$$p_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{j=1}^n y_{ij}} \quad (4)$$

c. 计算指标信息熵 e_i 和信息效能值:

$$e_i = -\frac{1}{\ln n} p_{ij} \sum_{j=1}^n p_{ij}; \quad (5)$$

$$d_i = 1 - e_i. \quad (6)$$

d. 计算权重 w_i :

$$w_i = \frac{d_i}{\sum_{i=1}^m d_i}. \quad (7)$$

3.2 评估结果

以公里格网为评价单元,选取人口、经济、DEM、地震动峰值加速度、房屋抗震能力、断层距6个因素为评价指标,其中人口、DEM、地震动峰值加速度值为正向指标,经济、房屋抗震能力和断层距为负向指标。根据熵权法利用SPSS软件计算得到各评价指标的权重系数。权重向量 $w=[0.398, 0.399, 0.018, 0.086, 0.033, 0.066]$,对应的指标权重系数分别为:人口0.398,经济0.399,DEM0.018,地震动峰值加速度0.086,房屋抗震能力0.033,断层距0.066。然后,在ARCGIS软件中将各指标按权重系数加权叠加分析后得到昭通地区基于公里格网的地震灾害综合风险等级评估图(图4)。从评估结果看,昭通地区地震灾害风险存在区域差异,高风险区主要集中分布在巧家县西部、鲁甸县西北部、永善县北部、大关县中北部、盐津县西南部,部分呈较密集的点状分布在昭阳区、彝良县和鲁甸县,还有极少呈零星分布在其他区域;中风险区主要集中分布在昭通中北部地区包括绥江县、水富县、盐津县、彝良县、永善县和大关县南部;低风险区域主

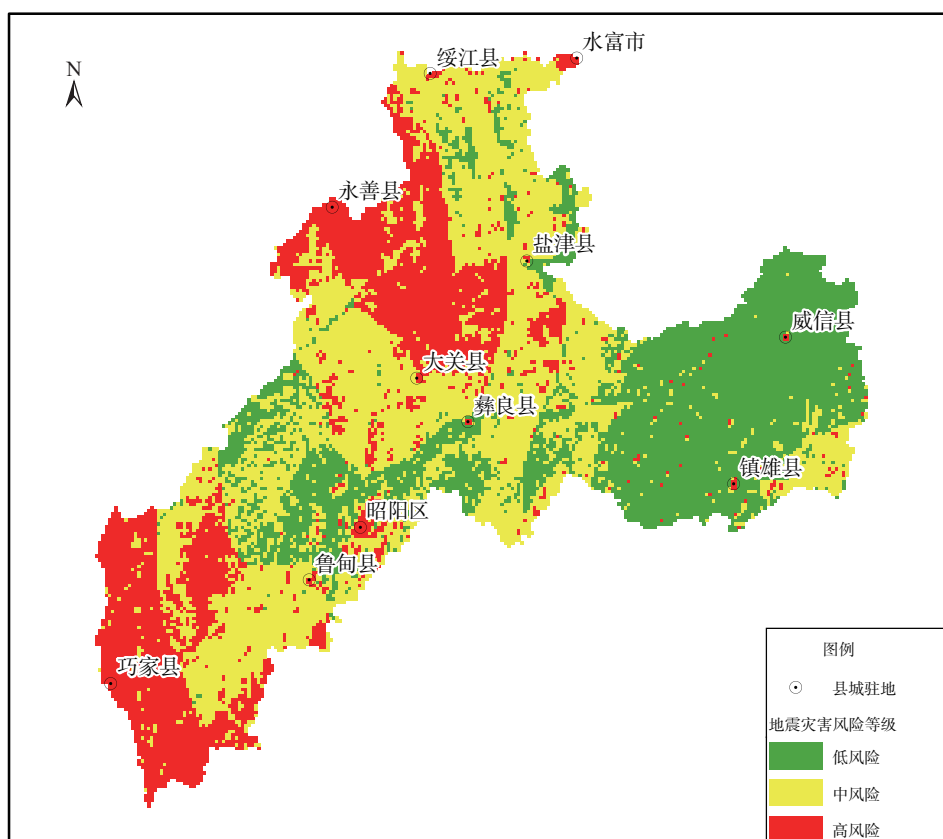


图 4 昭通市基于公里格网的地震灾害风险等级

Fig. 4 Assessment result of earthquake risk level in Zhaotong on the spatial scale of 1 km grid.

要分布在威信县、镇雄县和昭阳区。

4 地震经济损失风险评估

地震直接经济损失是指地震造成的房屋和其他工程结构、设施、设备、物品等物项破坏的经济损失^[25],其中房屋破坏造成的损失是主要部分,也是造成经济损失的决定因素。因此,本文中经济损失风险主要指的是房屋破坏造成的经济风险。

4.1 房屋破坏经济损失评估原理

本文根据房屋抗震能力将房屋类型分为估计抗震能力达标、疑似抗震能力不足和疑似抗震能力严重不足。震后房屋建筑破坏造成的经济损失为三类房屋可能遭遇的各种破坏等级的损失之和。各类房屋在某种破坏等级下的损失 L_h :

$$L_h = S_h \times R_h \times D_h \times P_h \quad (8)$$

式中: S_h 为某类房屋总建筑面积; R_h 为某类房屋某

种破坏等级的破坏比; D_h 为某类房屋某种破坏等级的损失比; P_h 为某类房屋重置单价。

4.2 评估相关参数

1)房屋建筑面积。房屋建筑面积使用基于遥感影像的房屋矢量化数据计算得到。

2)房屋破坏比。周洋等基于 1993—2017 年滇东北地区(昭通市、寻甸县和会泽县)57 次破坏性地震的震害资料,运用经验震害矩阵完善方法构建了滇东北地区不同结构房屋易损性矩阵和易损性指数^[26]。房屋建筑在各种地震强度作用下破坏概率的综合值称为易损性指数,其值反映了房屋抗震水平,易损性指数越小、其建筑抗震能力越强,易损性指数越大、则抗震能力越差。从易损性指数(表 2)来看,滇东北地区土木结构和砖木结构抗震能力最差,砖混结构抗震能力次之,框架结构抗震能力最好,对应到三类不同抗震能力房屋,得到易损性矩阵(表 3)。

表 2 滇东北不同结构房屋易损性指数

Table 2 Vulnerability index of different structure buildings in the northeast of Yunnan

土木结构	砖木结构	砖混结构	框架结构
0.52	0.47	0.39	0.28

表 3 昭通不同抗震能力房屋易损性矩阵

Table 3 Vulnerability matrix of buildings with different seismic capacities in Zhaotong

烈度	疑似抗震能力严重不足			疑似抗震能力不足					估计抗震能力达标				
	毁坏	破坏	基本完好	毁坏	严重破坏	中等破坏	轻微破坏	基本完好	毁坏	严重破坏	中等破坏	轻微破坏	基本完好
Ⅵ	1.055	19.68	79.265	0	0.69	2.19	16.09	81.03	0	0.41	0.94	13.38	85.27
Ⅶ	7.415	61.33	31.255	0.54	7.91	8.80	37.00	45.75	0	0.54	7.23	32.27	59.96
Ⅷ	48.66	42.49	8.850	2.54	19.62	30.02	31.37	16.45	0	3.05	17.41	41.00	38.54
Ⅸ	74.69	25.315	0	25.69	33.41	21.75	14.04	5.11	5.37	22.86	27.50	27.45	16.82
X	91.12	8.885	0	49.94	32.69	12.42	4.36	0.59	33.05	42.79	18.19	5.49	0.48

3)房屋损失比。参考 2000 年以来昭通地区 5.0 级及以上地震灾害损失评估报告^{①-⑨},取值如表 4 所示。

4)重置单价。重置单价指基于当前价格,重建

或修复被破坏房屋,恢复到震前同样规模 and 标准所需的单位建筑价格。参考昭通地区最近一次地震(2020 年 5 月 18 日巧家 5.0 级地震)灾害评估报告^⑨,重置单价取值如表 5。

表 4 不同抗震能力房屋损失比

Table 4 Loss ratio of buildings with different seismic capacity

%

房屋类型	毁坏	破坏	基本完好	毁坏	严重破坏	中等破坏	轻微破坏	基本完好
疑似抗震能力严重不足	88	42	2.5	—	—	—	—	—
疑似抗震能力不足	—	—	—	88	63.6	30	8.9	2.7
估计抗震能力达标	—	—	—	88	63.6	30	8.9	2.7

表 5 不同抗震能力房屋重置单价

Table 5 Restoration and reconstruction costs of houses with different seismic capacity

房屋类型	估计抗震能力达标	疑似抗震能力不足	疑似抗震能力严重不足
单价/(元/m ²)	2 400	1 900	1 100

4.3 评估结果

以公里格网为评价单元,根据格网地震动参数和不同抗震能力房屋易损性矩阵,按照式(8)计算得到昭通市基于公里格网的经济损失风险图(图 5)。从评估结果看,昭通地区地震灾害经济损失风险大部分为 0~500 万元/km²,主要集中在人口经济较密集的昭阳区、巧家县和彝良县部分地区,西部镇雄县和威信县风险较低。

5 地震人员死亡风险评估

地震作为突发性的自然灾害,严重威胁着人民

的生命财产安全,尤其是破坏性地震发生后,最为惨重的代价就是人员伤亡^[27]。2012 年 9 月 7 日,云南省昭通市彝良县发生 5.7 级地震,81 人死亡。2014 年 8 月 3 日云南鲁甸 6.5 级地震,共造成了 617 人死亡。地震灾害人员死亡风险评估是开展防震减灾工作的重要参考。

5.1 评估模型

目前,地震人员死亡评估方法主要有基于建筑损失的分析模型、半分析模型和基于地震参数的经验模型^[28]。尹之潜分别给出了基于房屋毁坏率的平均死亡人数估算模型和区分 24 小时人员所在空间

① 云南省地震局. 云南鲁甸 5.1 级地震灾害评估报告 [R]. 2003.
② 云南省地震局. 云南鲁甸 5.0 级地震灾害评估报告 [R]. 2003.
③ 云南省地震局. 云南鲁甸 5.6 级地震灾害评估报告 [R]. 2004.
④ 云南省地震局. 云南盐津 5.1 级地震灾害评估报告 [R]. 2006.
⑤ 云南省地震局. 云南彝良 5.7 级、5.6 级地震灾害评估报告 [R]. 2012.
⑥ 云南省地震局. 云南永善 5.3 级地震灾害评估报告 [R]. 2014.
⑦ 云南省地震局. 云南鲁甸 6.5 级地震灾害评估报告 [R]. 2014.
⑧ 云南省地震局. 云南永善 5.0 级地震灾害评估报告 [R]. 2014.
⑨ 云南省地震局. 云南巧家 5.0 级地震灾害评估报告 [R]. 2020.

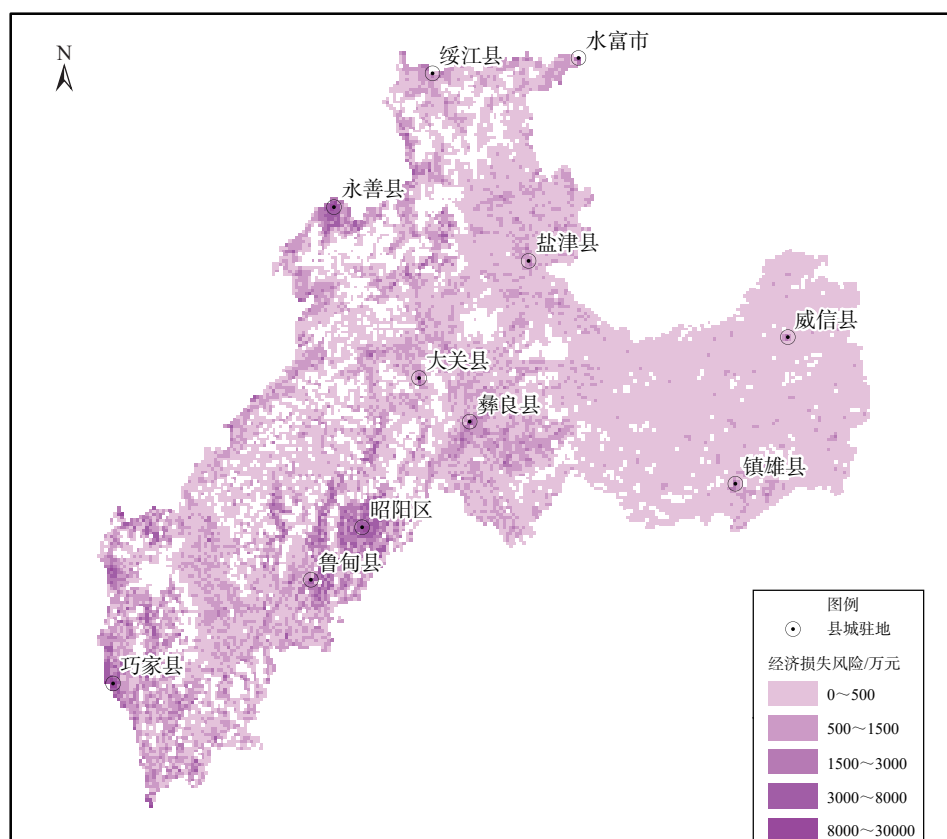


图 5 昭通市基于公里格网的地震灾害经济损失风险

Fig. 5 Economic loss risk value of earthquake disaster in Zhaotong on the spatial scale of 1 km grid

位置,基于房屋不同损毁情况与死亡率的人员伤亡估算模型^[29];高惠瑛等根据建筑物破坏程度,利用线性回归分析法,建立地震人员伤亡快速评估模型^[30];刘亢等给出了基于大样本量的地震死亡率与建筑物倒塌率关系^[31];陈棋福等分析了国内 1980—2000 年的地震案例,以人口密度为划分标准得到了地震人员死亡和震级之间的经验公式^[32];李晓杰等利用国内 1970—2008 年的 128 次地震资料,基于 HUZAS 的全球地震快速评估系统的伤亡回归模型,建立了中国区域的地震伤亡评估模型^[33];施伟华等整理分析了云南省 1992—2010 年的地震资料,得到了震级、烈度与死亡人数之间关系模型^[34];刘金龙等提出了基于震中烈度的地震人员伤亡评估模型^[35];李永强等利用云南的震例资料,得到震亡比关于烈度的矩阵模型^[36]。

相比震级、烈度等参数,建筑物破坏情况对人员伤亡的影响更直接,建筑物破坏程度对人员伤亡起决定性的作用。另外,利用基于遥感影像和经验估计的房屋抗震能力初判成果矢量数据和上节给出的昭通不同抗震能力房屋易损性矩阵,可计算得到基于公里格网的房屋破坏情况,进而提高地震灾

害人员伤亡风险评估精细化程度。因此,本文参考尹之潜模型^[29]和刘亢模型^[31],使用建筑物损毁率与震亡比之间的经验关系评估人员死亡风险。其中建筑物损毁率基于不同抗震能力房屋矢量数据及其易损性来估算。建筑物损毁率与震亡比之间的经验关系是利用昭通 2000 年以来 10 次 5.0 级及以上震例如表 6,拟合得到的,结果如式(9)和式(10)。

$$D = 0.0011A - 0.00002, R^2 = 0.589 \quad (9)$$

$$\text{即 } N_d = D \times N \quad (10)$$

式中: D 为震亡比(死亡人数比本地区总人口之比); A 为房屋毁坏率; N_d 为死亡人数; N 为本地总人口。

5.2 评估结果

以格网为评价单元,计算不同抗震能力房屋毁坏面积之和与格网房屋总面积之比得到房屋毁坏率,再利用格网人口数根据公式(10)估算得到昭通基于公里格网的人员死亡风险图(图 6)。从评估结果看,昭通地区地震灾害人员死亡风险每平方公里为 0~2 人,巧家县、彝良县、永善县、大关县和鲁甸县部分地区死亡风险每平方公里为 1~2 人,其余大部分地区死亡风险为每平方公里 0~1 人。

能力、关注城区地震应急避险安置点规划建设等。

本研究具备以下特点:①充分利用地震灾害风险普查成果——基于遥感影像和经验估计的房屋抗震能力初判成果,以公里格网为评价单元,从数据精细度和评价尺度进一步提高了地震灾害风险评估的精细化程度;②基于指标的熵权法,可以较客观地反映昭通地区地震灾害风险的差异性,得到的昭通地震灾害风险评估结果与昭通历史地震灾害情况也基本相对应,证实了该方法的可用性,而由于昭通地区震例样本不多,影响建筑物易损性矩阵和阵亡比检验统计关系的准确性,从而影响地震经济损失风险和人员死亡风险评估结果的准确

性;③地震风险受诸多因素的影响,本研究只选取了几个便于获取数据的主要影响因素,可能对地震灾害风险评估的因素分析得不够全面,导致评估结果产生偏差。

地震经济损失和人员死亡很大程度上决定于建筑物的破坏。近年来,随着遥感和无人机高分辨率影像、激光扫描仪高精度测绘等技术的发展,对灾害风险评估精细化程度越来越高,未来研究同时从微观层面和宏观层面出发,以单体建筑物为研究对象,将建筑结构单体的物理损伤判定与预测原理同区域性的建筑物震害特征相结合,来开展震害风险评估将进一步提高评估的准确性。

参考文献:

- [1] 陈华静,陈敬一,王东明.建设国家地震灾害风险防治业务平台[J].中国应急管理,2020(12):66-69.
- [2] 黎益仕,林碧苍,陈华静,等.基于灾害风险管理的震害防御业务体系架构建立[J].震灾防御技术,2021,16(1):186-192.
- [3] 姚新强,王东明,曹井泉,等.天津地震灾害风险防治业务体系研究[J].地震工程学报,2022,44(6):1429-1440,1449.
- [4] 唐丽华,苗崇刚,宋立军,等.年度地震危险区地震灾害应急风险评估指标体系构建初探[J].灾害学,2013,28(2):153-155.
- [5] 李姜,张合,刘志辉.张家口地区精细化地震灾害风险评[J].震灾防御技术,2021,16(1):134-145.
- [6] 周苏华,付宇航,徐智文,等.基于主客观赋权法的福建省地质灾害易发性评价[J].安全与环境学报,2023,23(9):3204-3214.
- [7] 侯林锋,李大卫,周新民.基于指标体系的浙江省地震灾害风险评估[J].华北地震科学,2019,37(4):23-28.
- [8] 李玉森,张志宏,常银辉,等.辽东半岛地震灾害风险评估[J].自然灾害学报,2014,23(6):129-134.
- [9] 刘军,宋立军,聂高众,等.地震灾害风险评估及减灾策略研究——以贵州罗甸县为例[J].震灾防御技术,2020,15(3):484-495.
- [10] 曾金艳,陈文,扈桂让.基于指标体系的城市地震灾害风险评估研究[J].山西地震,2020(3):14-19.
- [11] 李波,朱四虎,路雁霞,等.基于层次分析法的城市地震灾害风险评估研究[J].四川建筑科学研究,2019,45(2):21-27.
- [12] 唐丽华,李山有,宋立军.地震灾害风险评估方法的对比分析——以乌鲁木齐市为例[J].地震工程学报,2016,38(5):838-845.
- [13] 王东明,高永武.城市建筑群概率地震灾害风险评估研究[J].工程力学,2019,36(7):165-173.
- [14] 付泽钰,翟国方.基于多源数据的厦门市地震灾害风险评估[J].地震研究,2020,43(3):441-448.
- [15] 孙强,史清明.基于GIS的城市地震灾害风险区划研究——以淄博市为例[J].四川地震,2020(2):19-24.
- [16] 赵真,郭红梅,张莹.面向市县层级的地震灾害风险评估系统设计与实现[J].震灾防御技术,2020,15(2):419-430.
- [17] 乐怡箏.云南省地震灾害风险区划研究[D].廊坊:防灾科技学院,2020.
- [18] 张方浩,杜浩国,邓树荣,等.以乡镇为单元评估云南省建水县地震灾害风险[J].地震研究,2022,45(1):109-117.
- [19] 闻学泽,杜方,易桂喜,等.川滇交界东段昭通、莲峰断裂带的地震危险背景[J].地球物理学报,2013,56(10):3361-3372.
- [20] 白仙富,戴雨茨,戴靖,等.昭通地区地震灾害区域性特征分析[J].地震研究,2013,36(4):514-524.
- [21] 李文晶,詹宇,第宝锋,等.中国西南部分地区地震灾害恢复力时空变化特征研究[J].灾害学,2021,36(2):213-219.
- [22] 艾合麦提·那麦提,曾坚,蒋飞阳.基于综合灾害风险的应急避难服务供需评估与规划干预——以天津市为例[J].灾害学,2022,37(4):92-100.
- [23] 任静,张方浩,陈雅慧,等.基于熵权法的我国西部地区历史地震灾害等级划分[J].地震地磁观测与研究,2022,43(1):51-62.
- [24] 贾婧,窦圣宇,范国玺,等.基于熵权法和灰色关联分析法的海岛地震应急能力评价研究[J].世界地震工程,2020,36(3):233-241.
- [25] GB/T 18208.4-2011,地震现场工作 第4部分:灾害直接损失评估[S].北京:中国标准出版社,2012.
- [26] 周洋,明小娜,杨健强,等.基于已有地震的云南农居易损性矩阵分区研究[J].地震研究,2021,44(2):283-291.
- [27] 朱达邈,王东明.基于全国建筑抗震能力指数修正的地震人员伤亡预测模型研究[J].自然灾害学报,2021,30(6):51-60.
- [28] 张晓雪,赵晗萍,王方萍,等.基于情景分析的地震人员伤亡快速评估[J].灾害学,2018,33(4):197-203.
- [29] 尹之潜.地震灾害损失预测研究[J].地震工程与工程振动,1991,11(4):87-96.
- [30] 高惠瑛,李清霞.地震人员伤亡快速评估模型研究[J].灾害学,2010,25(S1):275-277.
- [31] 刘元,玄月,张媛,等.基于大样本量的地震死亡率与建筑物倒塌率关系研究[J].防灾科技学院学报,2013,15(4):19-23.
- [32] Chen Q F, Mi H L, Huang J. A simplified approach to earthquake risk in mainland China[J]. Pure and Applied Geophysics, 2005, 162(6/7): 1255-1269.
- [33] 李晓杰,姜立新,杨天青.强震人员损失回归预测方法[J].西北地震学报,2012,34(1):44-49.
- [34] 施伟华,陈坤华,谢英情,等.云南地震灾害人员伤亡预测方法研究[J].地震研究,2012,35(3):387-392.

[35] 刘金龙, 林均岐. 基于震中烈度的地震人员伤亡评估方法研究 [J]. 自然灾害学报, 2012, 21(5): 113-119.

[36] 李永强. 云南人员震亡研究 [D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2009.

Earthquake Risk Assessment in Zhaotong, Yunnan Province Based on the 1 km Grid Cell

HE Shifang, ZHAO Zhengxian, ZHANG Fanghao, CAO Yanbo

(Yunnan Earthquake Agency, Kunming 650224, China)

Abstract: Taking the 1 km grid cell as the evaluation unit, using the results of the earthquake disaster risk survey — the preliminary evaluation results of building earthquake capacity based on remote sensing images and empirical estimation, six earthquake disaster risk evaluation indexes, including population, economy, elevation, ground motion parameters, fault distance and seismic capacity of building, were selected. Then, the entropy weight method was used to evaluate the comprehensive risk level of Zhaotong earthquake disaster. According to historical earthquake, based on the seismic vulnerability matrix of building and the empirical relationship between earthquake death ratio and house destruction rate in Zhaotong area, we estimate the values at economic loss and casualties risk in Zhaotong earthquake at the spatial scale of 1 km grid. The evaluation results can provide decision-making criteria for earthquake disaster risk prevention and control.

Keywords: 1 km grid cell; earthquake disaster; risk assessment; Zhaotong

欢迎订阅《华北地震科学》

《华北地震科学》是由河北省地震局主办的地震科学综合性学术期刊, 国内公开发行。主要刊登地震学方面具有创新性的研究成果, 也登载地球物理、地震地质、地震工程等方面的学术论文及国内外地震科学研究的最新进展和成果。

《华北地震科学》为季刊, 每季初出版, 每年 4 期, 每期定价 15 元, 全年定价为 60 元 (含邮寄费)。2023 年继续由编辑部直接发行。欲订本刊的读者朋友可通过全国非邮发报刊联合征订服务部或与本刊编辑部联系。

(1) 全国非邮发报刊联合征订服务部

邮 编: 300381

地 址: 天津市卫津南路李七庄邮局 9801 信箱全国非邮发报刊联合征订服务部

电 话: 022-23973378, 022-23962479

传 真: 022-23973378

E-mail: wms@lhzd.com

(2) 本刊编辑部

邮 编: 050022

地 址: 石家庄市槐中路 262 号《华北地震科学》编辑部

电 话: 0311-85814313

E-mail: hbdzcx2015@163.com