

doi: 10.6046/zrzyyg.2021382

引用格式: 邹芳,马云飞,胡颖玲. 基于多模型比较的乡村综合灾害风险评价——以湖南省花垣县为例[J]. 自然资源遥感, 2022,34(4):166–174. (Zou F, Ma Y F, Hu Y L. Assessment of the comprehensive disaster risk in rural areas based on multi-model comparison: A case study of Huayuan County, Hunan Province[J]. Remote Sensing for Natural Resources, 2022,34(4):166–174.)

基于多模型比较的乡村综合灾害风险评价 ——以湖南省花垣县为例

邹 芳^{1,2}, 马云飞¹, 胡颖玲¹

(1. 长沙理工大学建筑学院城乡规划系, 长沙 410001; 2. 长沙理工大学乡村安全研究所, 长沙 410001)

摘要: 灾害频发不断困扰乡村,如何精准识别乡村领域的综合灾害风险成为当下防灾减灾的重要内容。为此,以湖南省花垣县 232 个村为例,基于区域灾害系统理论中风险形成的三要素,定义综合灾害风险指数,并构建体现孕灾环境动态性的评价体系。通过层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)–优劣解距离法(technique for order preference by similarity to ideal solution, TOPSIS)、熵权–TOPSIS/AHP 和熵权法 4 种模型比较,开展乡村综合灾害风险研究。结论如下:①多模型评价结果具有正相关性,数值比为 1:0.877:0.740:0.539,且熵权–TOPSIS 模型更适合案例区综合灾害风险评价;②案例区综合风险指数的莫兰指数(Moran’s I)为 0.74,具有较强的空间自相关性,且呈现“西高东低、局部显著”的空间分布特征。文章深化了乡村领域的综合灾害风险评价研究,可为科学指导乡村防灾减灾工作开展、保障乡村振兴战略安全实施提供实践经验和理论依据。

关键词: 综合灾害风险; 乡村安全; 熵权–TOPSIS; 防灾减灾

中图法分类号: TP 79; TU 984 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097–034X(2022)04–0166–09

0 引言

随着我国“乡村振兴”战略的全面推进,乡村发展加速,而各种灾害频发,不断威胁着乡村发展,甚至使其毁于一旦,这一现象在湖南省湘西山地村镇领域尤为凸显。因此,如何厘清多灾害风险形成耦合机制,精准识别综合灾害风险,是目前乡村防灾减灾规划的研究重点^[1–2]。基于此,本研究将聚焦乡村领域的综合灾害风险定量分析,旨在使防灾减灾工作迈向规范化、精准化、高效化,提升基层治理体系和治理能力现代化。

我国对于城乡安全的关注由来已久^[3–9]。根据维普文献数据库显示的 2012—2021 年发表的文献数量统计^[1–29],与安全相关的“韧性城市”、“弹性城市”研究正在火热开展,而综合灾害风险识别等研究却相对较少;同时,与城市不同的是,不管是“韧性”、“弹性”还是“灾害风险”研究,乡村都受到了“冷落”,可见针对乡村综合灾害风险的研究亟需

加强。

已有研究表明,在研究内容层面上,关于“韧性”、“弹性”的内容多关注灾后的修复,Alberti^[10]提到对于灾害的化解变化的能力,澳大利亚弹性联盟机构强调吸收干扰并总结增强自身的能力^[11]。而风险评价则多关注灾害自身的形成机制与风险大小,1991 年史培军^[12]首次提出了区域灾害系统理论;黄崇福等^[13–14]建立了风险评价的多级模型,对灾害风险评价进行了初步探究。之后,大量学者对灾害风险评价进行了更为深入的研究,谢全敏^[15]从滑坡灾害危险性、承灾体易损性和破坏损失 3 个方面出发,形成灾害风险评价方法;杜鹃等^[16]从洪灾致灾因子因素、孕灾环境因素和承灾体因素 3 个方面开展灾害的综合评价;王春乙等^[17]则从气象灾害的危险性、脆弱性、暴露性和防灾减灾能力 4 个方面入手,构建单灾害风险评价体系。以上研究多集中于单灾种的评价,而多元主体风险与多源耦合风险等研究已成为部分学者关注的焦点及发展趋

收稿日期: 2021–11–10; 修订日期: 2022–01–27

基金项目: 湖南省自然科学基金面上项目“基于时空动态分析的村镇地质灾害防治规划导则研究——以湖南省山地村镇为例”(编号: 2020jj4621)、湖南省教育厅优秀青年项目“基于多元时空数据的湖南山地村镇地质灾害安全性评价”(编号: 19B022)、湖南省教育厅科学研究一般项目“基于图谱分析的湘南地区明代厅堂式结构形式与源流研究”(编号: 18C0236)和长沙理工大学科研助推计划“基于空间自回归模型的村镇建设对地质灾害的影响研究——以山地型村镇为例”(编号: 2019qjcz056)共同资助。

第一作者: 邹 芳(1981–),女,博士,副教授,主要从事城乡防灾减灾方面的研究。Email: zoufang@csust.edu.cn。

势^[18]。

从研究方法上看,单灾种风险评价精确性较高且方法成熟^[19-21],而综合灾害风险评价相对滞后。目前关于综合灾害风险评价方法主要有综合指数法、层次分析法(analytic hierarchy process,AHP)、模糊综合评价法^[22-23]等,这些方法各有侧重。王树声^[24]基于定性的专家打分法确定因子权重,开展城市灾害综合风险评价;王望珍等^[25]和陈报章等^[26]采用半定量半定性的 AHP 法确定因子权重,对灾害风险进行综合评价;雷永登等^[27]采用综合定权方法(integrated weighing of both qualitative and quantitative ways,IW),对中国玉米综合灾害风险进行了评价;代文倩等^[28]采用局部专家打分法确定权重后,使用云模型对城市综合灾害风险进行评价。可见,已有研究中同时定量考虑权重赋值和风险评价的综合灾害风险评价尚少。

从上述研究中不难发现,首先,防灾减灾等方面的研究多关注城市宏观层面,缺乏微观尺度的乡村灾害风险研究;其次,指标体系构建没有统一标准,且指标选取多为静态,不能反映灾害形成的动态过程;再次,在评价方法上,同时定量考虑权重赋值和风险评价的方法较少。

因此,本文在充分借鉴已有研究成果的基础上,依托湖南省花垣县 232 个村展开微观尺度研究;同时借鉴区域灾害系统理论,构建综合灾害风险指数,结合致灾因子的风险性、孕灾环境的稳定性和承灾体的脆弱性,形成综合动态指标体系;突出从权重赋值到风险评价的定量分析,采用熵权-优劣解距离法(technique for order preference by similarity to ideal solution,TOPSIS)模型等多模型比较,量化并验证案例区的风险性。本研究通过评价不同地区的风险性来反映乡村空间的安全性,揭示不同村庄综合灾害风险形成机理,旨在为后续的防灾减灾策略制定提供理论依据。

1 研究数据与研究方法

1.1 研究区概况及数据来源

花垣县位于湖南省西部,与贵州省松桃县、重庆市秀山县接壤,地跨 E109°15′~109°38′,N28°10′~28°38′,总面积为 1 109.35 km²。区域内地貌类型以平原、山地为主,自然资源禀赋,但经济水平相对较落后。其深受综合灾害的困扰,火灾、地质灾害和尾矿库等风险“点多面广”,且处于易发、高发区,村镇建设发展与风险威胁的矛盾日益凸显。

本文研究数据主要包括空间数据和统计数据 2

大类。其中,为凸显孕灾环境的动态性,大量空间数据来源于多时相遥感数据,如 Landsat 卫星遥感影像数据、DMSP/OLS 夜光遥感数据、中国土壤科学数据库、全国温室数据系统、全国城市空气质量实时发布平台等;而统计数据主要来源为花垣县 12 个乡镇的政府和部门官网资料、规划图纸、实地踏勘和电话访谈等。

1.2 乡村综合灾害风险评价原理

本次研究中乡村综合灾害风险评价原理(图 1),关注(多灾种)灾害风险形成的动态过程^[29],基于区域灾害系统理论,从致灾因子、孕灾环境和承灾体 3 个方面来定义研究区乡村综合灾害风险指数。①致灾因子:是指直接作用于承灾体的风险因子,包括极端天气等自然因子和火灾等人为因子;②孕灾环境:是指外部自然系统环境对乡村内部产生潜在干扰的源头,及为主动应对风险所设立的防灾减灾系统,如现有防灾能力及自然、人文等孕灾要素的动态变化;③承灾体:是指乡村空间遭受灾害风险的承担者,主要包括生命财产以及固定资产等。乡村综合灾害风险指数公式为:

$$RI = \sum_{i=1}^{m1} w_{ai} A_i + \sum_{i=1}^{m2} w_{bi} B_i + \sum_{i=1}^{m3} w_{ci} C_i , \quad (1)$$

式中:RI 为评价单元内的乡村综合灾害风险指数; w_{ai} 为致灾因子层内第 i 个评价因子权重; A_i 为致灾因子层内第 i 个评价因子指标值; $m1$ 为致灾因子层所含因子个数; w_{bi} 为孕灾环境层权重; B_i 为孕灾环境层内第 i 个评价因子指标值; $m2$ 为孕灾环境层所含因子个数; w_{ci} 为承灾体层权重; C_i 为承灾体层内第 i 个评价因子指标值; $m3$ 为承灾体层所含因子个数。

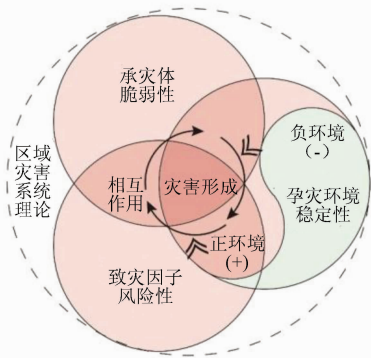


图 1 乡村综合灾害风险评价原理框架
Fig.1 Framework of evaluation principle for rural comprehensive disaster

本次研究按照数据处理、评价分析与结果验证 3 个步骤开展,具体内容与技术手段如图 2 所示。

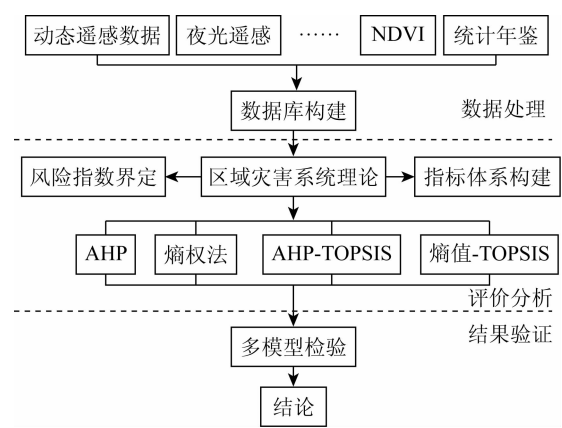


图 2 技术流程图

Fig. 2 Technical flow chart

1.3 研究方法

1.3.1 指标体系构建

本文基于区域灾害系统理论中的致灾因子、孕灾环境、承灾体三要素，结合花垣县地域特色，遵循

指标科学性、可获取性、全面性的原则，最终建立案例区 4 级 32 项指标。①致灾因子层中，从自然灾害和人为灾害 2 方面，根据历年花垣县发生的地质灾害、火灾、洪涝灾害和极端气象灾害等情况，共选取洪涝灾害等 6 项指标，代表案例区可能面临的综合灾害风险性；②孕灾环境层中，为突出孕灾环境的动态性，通过 2011—2019 年 8 a 间数据差值计算，从社会环境、自然环境、防灾能力和抗灾能力 4 个方面，选取户籍人口数变化和工业产值变化等 20 项指标作为孕灾环境的稳定性；③承灾体层中，主要通过生命财产与固定财产 2 方面来体现承灾体的脆弱性，选取老龄化人口数等 6 项指标分别表征多元主体状态、基础设施状态和耕地利用状态等，其正向指标值越大，承灾体遭受的损失越大。最后，通过正向化转换及归一化处理，将所有指标转为无量纲，为后续模型运算做准备。具体指标情况如表 1 所示。

表 1 乡村综合灾害风险评价指标体系

Tab. 1 Evaluation index system of rural comprehensive disaster

准则层	一级指标层	二级指标层	正向化	指标解释及单位
A 致灾因子	A1 自然灾害	A11 极端气象灾害 (风雹、干旱、低温冷冻)	极大	反映极端气象灾害频率与分布(历年总和/次)
		A12 洪涝灾害	极大	反映洪涝灾害频率与分布(历年总和/次)
		A13 地质灾害	极大	反映地质灾害频率与分布(历年总和/次)
	A2 人为灾害	A21 尾矿库面积	极大	反映矿污染可能性(实际值/m ²)
		A22 火灾	极大	反映火灾灾害频率与分布(历年总和/次)
		A23 空气质量指数	极大	反映空气污染状况(实际值/(μg·m ⁻³))
B 孕灾环境	B1 社会环境	B11 户籍人口数	极大	反映户籍人口变化数量(差值/人)
		B12 户均纯收入	极大	反映乡村居民经济水平(差值/(元/人))
		B13 流动人口数	极大	反映乡村人口流失压力(差值/人)
		B14 土地利用	极大	反映建设用地开发强度(面积差值/m ²)
	B2 自然环境	B21 坡度	极大	反映地形地貌特征(差值/(°))
		B22 土壤类型	极大	反映地基承载力大小(分类打分差值/分)
		B23 降雨	极大	反映洪涝干旱灾害发生可能性(差值/mm)
		B24 NDVI	极大	反映植被覆盖度变化(差值)
		B25 水文	极大	反映水域面积变化(水体面积差值/m ²)
		B26 温度	极大	反映气象灾害发生可能性(差值/℃)
		B27 风速	极大	反映年平均风速变化(差值/(m·s ⁻¹))
	B3 防灾能力	B31 防灾能力	极小	反映防灾职能体系、检测预警方式、安全防护与实施情况(打分差值/分)
		B32 工业产值	极小	反映工业产业经济水平(差值/元)
		B33 农业产值	极小	反映农业产业经济水平(差值/元)
		B34 工业企业	极小	反映工业企业发展水平(差值/个)
	B4 抗灾能力	B41 生命线长度	极小	反映市政管线输送能力(差值/m)
		B42 医疗机构在职人数	极小	反映主体应对风险的技术水平(差值/人)
		B43 消防设施数	极小	反映消防抗灾能力(差值/个)
		B44 潜在应急疏散场地数	极小	反映多级应急疏散能力(差值/个)
		B45 应急疏散通道长度	极小	反映应急疏散能力(差值/m)
C 承灾体	C1 生命财产	C11 老龄化人口数	极大	反映脆弱人群数量(实际值/人)
		C12 就业人口数	极大	反映乡村生产主体的数量(实际值/人)
	C2 固定资产	C21 交通用地面积	极大	反映基础设施状况(实际值/m ²)
		C22 房屋建筑面积	极大	反映居民住房财产情况(实际值/m ²)
		C23 耕地面积	极大	反映土地生产状况(实际值/m ²)
		C24 基本农田面积	极大	反映保障耕地数量的政策程度(实际值/m ²)

1.3.2 评价模型

1)熵权法。熵权法是一种以各评价指标间的差异程度来确定权重系数的客观赋权法^[30],具体操作流程为通过建立数据矩阵并标准化,再确定评价指标的熵值与各指标的权重,公式为:

$$E_j = - \frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^m \frac{R_{ij}}{\sum_{i=1}^m R_{ij}} \ln \left(\frac{R_{ij}}{\sum_{i=1}^m R_{ij}} \right), \quad (2)$$

式中: E_j 为第 j 项评价指标的信息熵值; R_{ij} 为标准化后矩阵; i 为评价单元个数, j 为每一评价单元评价指标个数,其中 $i=1,2,\cdots,m$; $j=1,2,\cdots,n$ 。

2)AHP。AHP 是一种半定量半定性的系统分析法,其指标权重偏向主观^[31]。具体操作流程为构造判断矩阵后对其进行层次单排序,对结果进行归一化处理后得到各评价因子权重,最后进行一致性检验。

3)TOPSIS。TOPSIS 主要用来解决有限方案多目标决策问题,是一种以运用距离作为评价标准的综合评价法^[32]。具体操作流程为构建指标矩阵后进行无量纲与正负理想化处理,并计算各评价指标与最优值和最劣值的欧式距离(式(3)),最后计算各评价对象与最优方案的接近程度(式(4))。按接近度大小对评价对象的优劣进行排序,接近程度越大,表示结果越好,即

$$D_i^+ = \sqrt{(R_{ij}^+ - R_{ij})^2}, \quad (3)$$

$$D_i^- = \sqrt{(R_{ij}^- - R_{ij})^2}, \quad (4)$$

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}, \quad (5)$$

式中: R_{ij}^+ 为矩阵 R_{ij} 中的最大值; R_{ij}^- 为矩阵 R_{ij} 最小值; D_i^+ 为该评价指标的最优距离; D_i^- 为该评价指标的最劣距离; C_i 为各评价对象与最优方案的接近

程度($0 \leq C_i \leq 1$)。

本次研究的 AHP – TOPSIS、熵权 – TOPSIS、熵权法和 AHP 4 个模型是来源于上述 3 个基本理论,其中 AHP 和熵权法侧重指标权重的确定,而对风险评价部分则采用简单叠加;熵权 – TOPSIS 和 AHP – TOPSIS 则是在不同指标权重方法下,体现指标间空间距离差异度的综合评价方法。

2 研究结果

2.1 多模型比较结果

根据 AHP – TOPSIS、熵权 – TOSIS、熵权法和 AHP 4 种模型综合风险指数结果显示,4 种模型运算结果在趋势上具有趋同性。首先,4 种模型运算结果具有强相关性(表 2),相关性系数为 0.559 ~ 0.972,均为正相关,其中最高值为 AHP – TOPSIS 与 AHP。

表 2 4 类模型结果相关性分析

Tab. 2 Correlation analysis of results of four models

模型	熵权 – TOPSIS	AHP	AHP – TOPSIS	熵权法
熵权 – TOPSIS	1	0.751 **	0.733 **	0.890 **
AHP	0.751 ** ①	1	0.972 **	0.664 **
AHP – TOPSIS	0.733 **	0.972 **	1	0.559 **
熵权法	0.890 **	0.664 **	0.559 **	1

① ** 表示相关性在 0.01 上显著

其次,在数值上呈现“AHP – TOPSIS > 熵权 – TOPSIS > AHP > 熵权法”(图 3),以最大值 AHP – TOPSIS 值作为基准值,AHP – TOPSIS,熵权 – TOPSIS,AHP 和熵权法的运算结果比为 1:0.877:0.740:0.539。

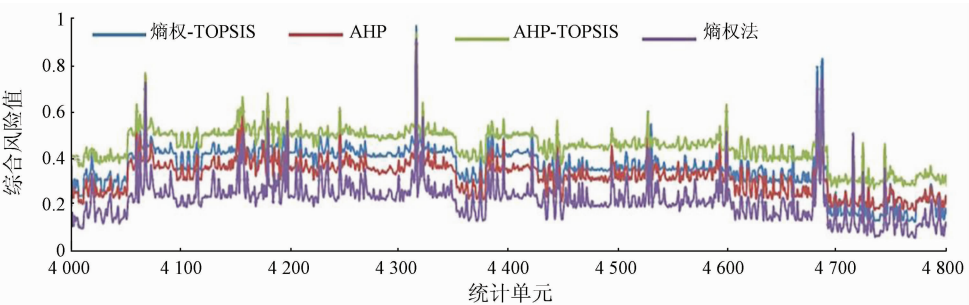


图 3 多模型比较结果(局部)
Fig.3 Results of multi – model comparison (partial)

再次,4 种模型运算结果在空间分布上也呈现高相关性(图 4),均显示出“西高东低,局部显著”的特征。对 4 种模型的结果进行比较。首先,基于

统计学中“集中趋势”原则,为了减少数据的扰乱性,一般去掉最高和最低的异常值,故优先选择熵权 – TOPSIS 模型和 AHP 模型。其次,就 4 种模型

侧重点而言,AHP 强调主观的角度进行判断,结果往往因为打分者本人的主观意志而改变;而熵权法则侧重客观的角度进行判断,权重反映的是各种评

价因子自身所带有的信息量,避免了人为因素带来的偏差。因此,熵权-TOPSIS 模型比其他 3 种模型更适合本次研究,其结果的稳定性与客观性更高。

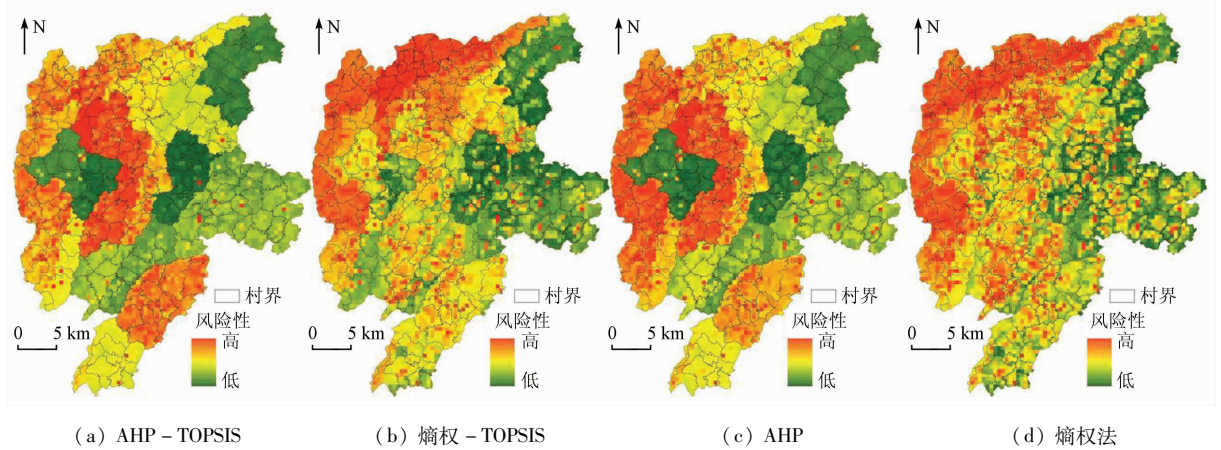


图 4 多模型运算结果
Fig. 4 Results of multi-model operation

2.2 乡村综合灾害风险评价结果

按照各村庄基本分析单元风险值的统计,采用自然断点法对基于熵权-TOPSIS 模型的研究区综合灾害风险分级结果如图 5 所示。

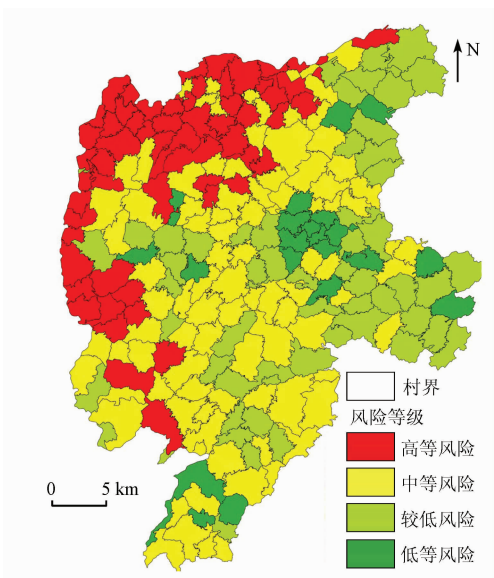


图 5 花垣县乡村综合灾害风险分级
Fig. 5 Rural comprehensive disaster riskgrading in Huayuan County

首先,花垣县综合风险性指数呈现“西高东低、局部显著”的空间分布特征。高风险区要分布于花垣县西部踏沙村和大寨村等地,共 1 629 个分析单元,面积占比约为 22.1%。中风险区主要位于花垣县中部板塘村和张匹马村等地,共 3 089 个分析单元,面积占比约为 39.3%。较低风险区主要集中于花垣县东部金龙村和桃花村等地,共 2 446 个分析

单元,面积占比约为 29.1%。低风险区在花垣县西部如谷坡村和新桥村等地,共 885 个分析单元,面积占比约为 9.5%。其次,通过莫兰指数(Moran's I)分析(图 6),全局莫兰指数为 0.74, z 值为 94.97, $p < 0.01$,因此研究区乡村综合灾害风险呈现显著空间自相关性,即存在明显空间集聚现象,高值-高值集聚于花垣县西北部,低值-低值集聚于花垣县东部。

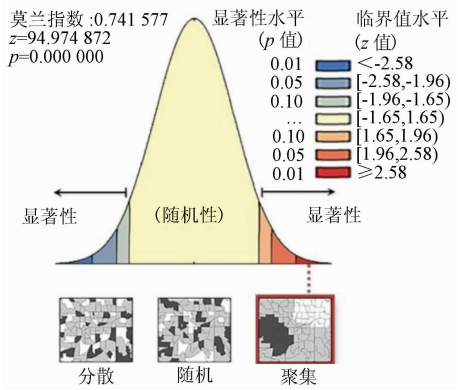


图 6 花垣县乡村综合灾害风险指数空间自相关分析
Fig. 6 Spatial autocorrelation analysis of rural comprehensive disaster risk index in Huayuan County

2.3 乡村综合灾害风险因子评价结果

为了精准刻画不同乡村综合风险的来源,量化不同村庄致灾因子、孕灾环境和承灾体的空间差异性,深入分析案例区综合灾害风险。综合灾害风险因子评价结果如图 7 所示。

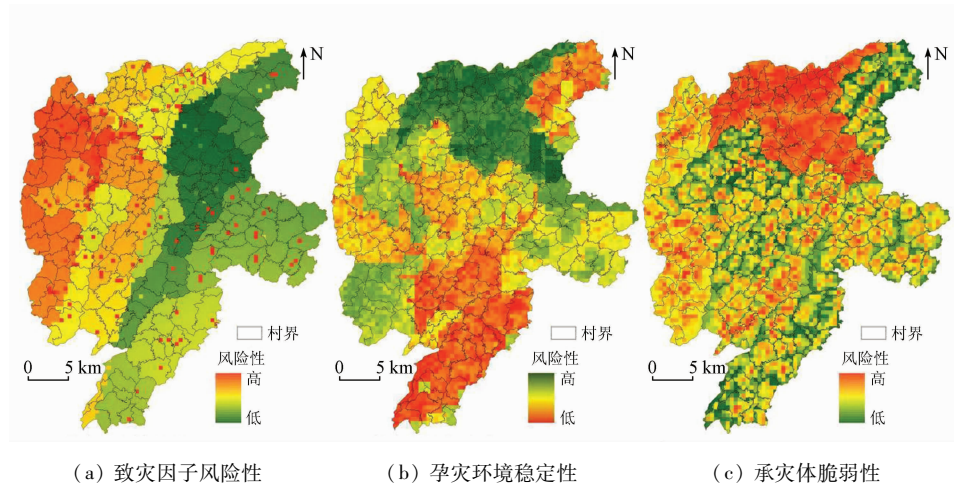


图 7 花垣县综合灾害风险因子评价结果

Fig. 7 Assessment results of comprehensive disaster risk factors in Huayuan County

1) 致灾因子风险性结果如图 7(a) 所示, 整体趋势为“西高东低, 局部显著”的空间布局。高风险性区域主要集中于西部白岩村和踏沙村等地, 低风险性区域集中于东部岔那村和那光村等地。同时, 局部高-低风险分异性显著, 如花垣县中部排达鲁村和麻栗场村等地, 这与综合灾害风险评价结果一致。

2) 孕灾环境稳定性结果如图 7(b) 所示, 整体趋势为“北高南低, 东西两侧稍强”的空间布局。其中孕灾环境高稳定性区域主要集中北部, 如佳民村和三角岩村等地, 而低稳定性区域主要集中南部, 如排当村和合兴村等地。其中高稳定性区域是由于村庄自身防灾职能体系完善, 从而表现为孕灾环境高稳定性; 而部分低稳定性区域是风速、降雨等因素处于高变化状态, 因此造成孕灾环境的不稳定性。

3) 承灾体脆弱性结果如图 7(c) 所示, 整体趋势为“北部集中, 高值分散”, 这与社会经济呈现强相关性。高脆弱性地区主要是北部中心城区及各乡镇政府所在地区, 呈面状及散点状分布。脆弱性低区域往往处于乡镇边缘、经济欠发达的区域, 如花垣县南部坡脚村和大龙村等地。

3 分析与讨论

3.1 综合风险评价指标

综合灾害风险指标体系的科学性决定风险评价结果的精准性, 是风险评价中的重要研究内容。本文指标体系的构建是基于区域灾害系统理论, 即致灾因子的风险性、孕灾环境的稳定性、承灾体的脆弱性三者相互作用形成风险, 因此从致灾因子、孕灾环境和承灾体 3 个方面选择评价因子在理论和实践上是科学可行的。其中, 致灾因子和承灾体反映的是直接风险源与风险载体, 是学术界已有的经典类型。

而孕灾环境反映的是自然和人工环境的稳定性, 是综合灾害风险评价指标的重点内容, 值得深入分析与讨论。其重点应该是自然和人为环境的动态变化所造成的潜在风险, 而不是分析静态环境因子。不同于已有的研究, 本次研究的特色正是关注孕灾环境因子的动态性, 选取地表植被变化、人工建设变化和人口流动等作为评价指标。并且从历史灾害数据来看, 这些指标都真实反映了灾害风险的形成过程。因此, 通过动态指标的选取, 灾害风险评价能够得到更精确、科学的表达。

3.2 综合风险评价结果

综合灾害风险性是由致灾因子风险性、孕灾环境稳定性、承灾体脆弱性共同作用而成。不同村庄综合灾害风险空间分布的差异性, 由 3 类一级指标因子的异质性所导致, 因此对于不同等级的风险区, 可从以下 3 个方面进行分析和讨论。

1) 高等风险性区域存在 2 类情况。一类区域由于所处乡村致灾因子风险性较高, 灾害频繁发生导致, 如祥和村, 村内有 2 处地面塌陷地质灾害隐患点, 并且 2016—2018 年共发生低温冷冻 3 次、干旱 1 次。另一类由于所处乡村承灾体脆弱性较高, 一旦发生灾害就会造成重大损失, 如兴龙社区和城北社区, 此处建设用地集中, 同时张花高速、G319 和 G209 等重要道路在此穿过, 从而导致高风险性。

2) 中等风险区是 3 类一级指标因子没有极值情况从而表征为中等风险性。其较为明显的为三塘村, 在致灾因子方面, 有极端气象灾害发生, 但没有其他明显的局部灾害, 整体表现为中等风险性; 在孕灾环境方面, 村庄土地承灾力低造成孕灾环境为中等稳定性; 而在承灾体方面, 该村 2019 年人口仅为 916 人, 处于全县中低水平, 从而导致易损性呈现中低现象。

3) 较低 - 低等风险区也存在 2 类情况。一类区域由于致灾因子风险性低、孕灾环境稳定性高、承灾体脆弱性低所形成, 如新桥村和尖岩村等地。另一类区域有明显的局部致灾因子如张刀村, 由于发生地位于非建设用地上, 因此造成影响损失较小; 同时村域内其他用地评价为低风险性, 从而全村表现为较低 - 低等风险性。

3.3 多模型比较

综合灾害风险评价考虑因素较多且相互之间耦合作用复杂, 导致结果难于检验, 因此评价方法的选取值得深入分析与讨论。本次研究采用多模型比较, 其目的在于通过多种经典方法, 选取最适合案例区的模型及检验模型结果, 以保证结果的科学性与合理性。

4 类模型侧重点不同, AHP 为简洁常用的经典评价方法, 其权重依赖于主观定性判断。AHP - TOPSIS 是在 AHP 的基础上, 权重赋值依赖于定性判断, 风险评价方面侧重以几何距离代替直接叠加, 但结果仍受主观权重影响。熵权法属于客观赋权方法, 其通过数据自身的客观信息进行权重赋值, 但风险评价部分则相对缺乏定量分析。而熵权 - TOPSIS 既保证了权重赋值的客观性, 又可以在风险评价上客观反映出风险因子的影响及作用。综上所述, 相较于另外 3 种模型, 熵权 - TOPSIS 模型更具可信度与精确度。

4 结论

本文利用 2011—2019 年湖南省花垣县光学遥感影像、夜光数据、综合灾害数据和空气质量检测等数据, 定量评价乡村综合灾害风险并揭示其空间格局特征, 科学指导乡村用地安全发展。

1) 凸显乡村地域特色, 并基于传统区域灾害系统理论的支撑, 区别城市层面的综合灾害风险指标体系, 本文构建乡村综合灾害风险指数及指标体系, 为相似地域的村镇防灾减灾提供理论经验。

2) 不同于常规灾害风险评价数据的静态性, 本文借助多时相遥感数据实现孕灾环境的动态分析, 提高综合灾害风险评价的科学性; 并且采用多种模型比较, 从评价技术上也改善综合灾害风险识别的精准性, 为政府部门的乡村防灾减灾工作开展提供决策支撑。

因此, 整体研究从综合灾害风险视角探究乡村用地安全, 形成一套适合山区乡村的综合灾害风险评价体系, 有一定的特色和应用性。但也存在一些不足, 关于综合灾害风险指标提取技术及评价方法

等方面, 后续仍值得进一步的探讨和改进。

参考文献 (References):

- [1] Zhan Q M, Zou F, Zhang W S, et al. Research and practice on disaster prevention planning in villages based on planning support system[J]. International Review for Spatial Planning and Sustainable Development, 2018, 6(4): 110 - 127.
- [2] Zou F, Zhan Q M, Zhang W S. Quantifying the impact of human activities on geological hazards in mountainous areas: Evidence from Shennongjia, China[J]. Natural Hazards, 2018, 90(1): 137 - 155.
- [3] 铁永波, 唐川. 城市灾害应急能力评价指标体系建构[J]. 城市问题, 2005, 128(6): 76 - 79.
Tie Y B, Tang C. Establish the evaluation system of urban disaster emergency response capability[J]. Urban Problems, 2005, 128(6): 76 - 79.
- [4] 吴越, 吴纯. 基于城乡统筹的公共安全规划研究——以长株潭城市群为例[J]. 中国安全科学学报, 2009, 19(3): 62 - 66.
Wu Y, Wu C. Study on the public safety planning based on the overall planning of town and country: With the urban agglomeration of Changsha, Zhuzhou and Xiangtan City as an example[J]. China Safety Science Journal, 2009, 19(3): 62 - 66.
- [5] 马云飞, 邹芳, 徐海燕. 基于地质灾害风险评价的衡东县国土空间管制研究[J]. 地理信息世界, 2020, 27(6): 14 - 20.
Ma Y F, Zou F, Xu H Y. Land space control of Hengdong County based on geological hazard risk assessment[J]. Geomatics World, 2020, 27(6): 14 - 20.
- [6] 詹庆明, 张维思, 邹芳, 等. 基于 GIS 的神农架林区崩滑流灾害风险评价研究[J]. 地理信息世界, 2016, 23(5): 1 - 9.
Zang Q M, Zhang W S, Zou F, et al. Risk assessment of collapses, landslides and debris flows in Shennongjia forest area based on GIS[J]. Geomatics World, 2016, 23(5): 1 - 9.
- [7] 孙绍聘. 灾害评估研究内容与方法探讨[J]. 地理科学进展, 2001, 20(2): 122 - 130.
Sun S C. A study on the contents and methods of disaster assessment[J]. Progress of Geographical Sciences, 2001, 20(2): 122 - 130.
- [8] 张强, 李文举, 姚玉璧, 等. 中国南方干旱灾害风险特征及其防控对策[J]. 生态学报, 2017, 37(21): 7206 - 7218.
Zhang Q, Li W J, Yao Y B, et al. Risk characteristics and control technology measures of drought disaster in southern China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(21): 7206 - 7218.
- [9] 陈亚宁, 杨思全. 自然灾害的灰色关联灾情评估模型及应用研究[J]. 地理科学进展, 1999, 18(2): 64 - 68.
Chen Y N, Yang S Q. The application and model of grey association for evaluation of natural disaster[J]. Progress of Geographical Sciences, 1999, 18(2): 64 - 68.
- [10] Alberti M. Urban form and ecosystem dynamics: Empirical evidence and practical implications[M] // Williams E, Burton M. Achieving Sustainable Urban Form. London: E and FN Spon, 2000: 84 - 96.
- [11] Resilience Alliance. Urban resilience research prospectus[M]. Australia: CSIRO, 2008.
- [12] 史培军. 灾害研究的理论与实践[J]. 南京大学学报(自然科学版), 1991(11): 37 - 42.

- Shi P J. Theory on disaster science and disaster dynamics[J]. Journal of Nanjing University(Natural Sciences), 1991(11): 37-42.
- [13] 黄崇福,史培军. 城市自然灾害风险评价的二级模型[J]. 自然灾害学报, 1994, 3(2): 22-27.
- Huang C F, Shi P J. Two level model of risk evaluation on city natural[J]. Journal of Natural Disasters, 1994, 3(2): 22-27.
- [14] 黄崇福,史培军,张远明. 城市自然灾害风险评价的一级模型[J]. 自然灾害学报, 1994, 3(1): 3-8.
- Huang C F, Shi P J, Zhang Y M. One level model of risk evaluation on city natural disaster[J]. Journal of Natural Disasters, 1994, 3(1): 3-8.
- [15] 谢全敏. 滑坡灾害风险评价及其治理决策方法研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(24): 4260.
- Xie Q M. Study on the rise evaluation and treatment decision: Making methods of landslide hazard[J]. Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2004, 23(24): 4260.
- [16] 杜 鹃,何 飞,史培军. 湘江流域洪水灾害综合风险评价[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(6): 38-44.
- Du J, He F, Shi P J. Integrated flood risk assessment of Xiangjiang River basin in China[J]. Journal of Natural Disasters, 2006, 15(6): 38-44.
- [17] 王春乙,蔡菁菁,张继权. 基于自然灾害风险理论的东北地区玉米干旱、冷害风险评价[J]. 农业工程学报, 2015, 31(6): 238-245.
- Wang C Y, Cai J J, Zhang J Q. Risk assessment of drought and chilling injury of maize in northeast China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2015, 31(6): 238-245.
- [18] 王 成,樊荣荣,龙卓奇. 重庆市乡村生产空间系统风险评价及其空间分异格局[J]. 自然资源学报, 2020, 35(5): 1119-1131.
- Wang C, Fan R R, Long Z Q. Risk assessment and spatial differentiation pattern of rural production space system in Chongqing Municipality[J]. Journal of Natural Resources, 2020, 35(5): 1119-1131.
- [19] 史培军. 三论灾害研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 2002, 11(3): 1-9.
- Shi P J. Theory and practice of disaster[J]. Journal of Natural Disasters, 2002, 11(3): 1-9.
- [20] 于文金,黄亦露,邵明阳. 澜沧江流域极端天气灾害特征及波动趋势[J]. 生态学报, 2015, 35(5): 1378-1387.
- Yu W J, Huang Y L, Shao M Y. Research on characteristics of extreme weather disasters and fluctuations trend on Lancang River basin[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(5): 1378-1387.
- [21] 方佳毅,史培军. 全球气候变化背景下海岸洪水灾害风险评估研究进展与展望[J]. 地理科学进展, 2019, 38(5): 3-14.
- Fang J Y, Shi P J. A review of coastal flood risk research under global climate change[J]. Progress of Geographical Sciences, 2019, 38(5): 3-14.
- [22] 杨 娟,王 龙,徐 刚. 重庆市综合灾害风险模糊综合评价[J]. 地球与环境, 2014, 42(2): 252-259.
- Yang J, Wang L, Xu G. Fuzzy comprehensive evaluation of integrated disaster risk in Chongqing[J]. Earth and Environment, 2014, 42(2): 252-259.
- [23] 王 龙,徐 刚,杨 娟. 山地城市灾害系统模糊风险评价[J]. 地球与环境, 2015, 43(3): 57-65.
- Wang L, Xu G, Yang J. Fuzzy risk assessment of mountainous urban disaster system[J]. Earth and Environment, 2015, 43(3): 57-65.
- [24] 王树声. 基于专家打分法和 GIS 相结合的城市灾害综合风险评价——以南方某县城为例[C]//城乡治理与规划改革——2014 中国城市规划年会论文集,海口, 2014:10.
- Wang S S. Comprehensive risk assessment of urban disasters based on expert scoring method and GIS: Take a county in the south as an example[C]//China Urban Planning Annual Conference 2014, Hai Kou, 2014:10.
- [25] 王望珍,张可欣,陈 瑶. 基于 GIS 的神农架林区多灾种耦合综合风险评估[J]. 湖北农业科学, 2018, 57(5): 49-54, 110.
- Wang W Z, Zhang K X, Chen Y. Comprehensive risk assessment of multi-hazard coupling in Shennongjia forest region based on GIS[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2018, 57(5): 49-54, 110.
- [26] 陈报章,仲崇庆. 自然灾害风险损失等级评估的初步研究[J]. 灾害学, 2010, 25(3): 1-5.
- Chen B Z, Zhong C Q. A preliminary study on risk loss degree assessment of natural hazards[J]. Journal of Catastrophology, 2010, 25(3): 1-5.
- [27] 雷永登,史秦青,王静爱,等. 基于综合定权法的中国玉米综合灾害风险评价[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2011, 47(5): 522-527.
- Lei Y D, Shi Q Q, Wang J A, et al. Integrated risk assessment of Chinese core based on intergrated indices - weighing method[J]. Journal of Beijing Normal University(Natural Sciences), 2011, 47(5): 522-527.
- [28] 代文倩,初建宇,马丹祥. 基于云模型的城市灾害综合风险评价方法[J]. 华北理工大学学报(自然科学版), 2019, 41(1): 73-80.
- Dai W Q, Chu J Y, Ma D X. Urban disaster comprehensive risk assessment method based on cloud model[J]. Journal of North China University of Science and Technology(Natural Science Edition), 2019, 41(1): 73-80.
- [29] 史培军. 再论灾害研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 1996, 5(4): 8-19.
- Shi P J. Theory and practice of disaster[J]. Journal of Natural Disasters, 1996, 5(4): 8-19.
- [30] 程启月. 评测指标权重确定的结构熵权法[J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(7): 1225-1228.
- Cheng Q Y. Structure entropy weight method to confirm the weight of evaluating index[J]. Systems Engineering: Theory and Practice, 2010, 30(7): 1225-1228.
- [31] 邓 雪,李家铭,曾浩健,等. 层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J]. 数学的实践与认识, 2012, 42(7): 24-27.
- Deng X, Li J M, Zeng H J, et al. Research on computation methods of AHP wight vector and its applications[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2012, 42(7): 24-27.
- [32] 李 灿,张凤荣,朱泰峰,等. 基于熵权 TOPSIS 模型的土地利用绩效评价及关联分析[J]. 农业工程学报, 2013, 29(5): 217-227.
- Li C, Zhang F R, Zhu T F, et al. Evaluation and correlation analysis of land use performance based on entropy-weight TOPSIS method[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, 29(5): 217-227.

Assessment of the comprehensive disaster risk in rural areas based on multi – model comparison: A case study of Huayuan County, Hunan Province

ZOU Fang^{1,2}, MA Yunfei¹, HU Yingling¹

(1. Department of Urban and Rural Planning, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410001, China;
2. Rural Security Institute, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410001, China)

Abstract: Frequent disasters continue to plague many rural areas, and the precise identification of the comprehensive disaster risk in rural areas is critical to disaster prevention and mitigation. With 232 villages in Huayuan County, Hunan Province as a case study, this study defined the comprehensive disaster risk index (CDSI) and constructed an assessment system reflecting the dynamics of disaster – inducing environment based on the three elements of risk formation stated in the regional disaster system theory. Then, this study investigated the comprehensive disaster risk in rural areas by comparing four models, namely the analytic hierarchy process – technique for order preference by similarity to ideal solution (AHP – TOPSIS), the entropy – TOPSIS, AHP, and the entropy weight method. The conclusions are as follows. The multi – model evaluation results show a positive correlation, with a CDSI ratio of 1:0.877:0.740:0.539. The entropy – TOPSIS model is the optimal model for the assessment of comprehensive disaster risk in the study area. The CDSI of the study area has a Moran’s I value of 0.74, a strong spatial autocorrelation, and spatial distribution characteristics of being high in the west, low in the east, and significant locally. This study deepens the assessment of comprehensive disaster risk in rural areas. It will provide practical experience and a theoretical basis for scientifically guiding rural disaster prevention and mitigation and ensuring the safe implementation of the rural revitalization strategy.

Keywords: comprehensive disaster risk; rural area safty; entropy – TOPSIS; disaster prevention and reduction
(责任编辑: 张 仙)