

中文引用格式:李华,荆子昊,吴立舟,等.基于多准则决策方法的乡村应急能力影响因素研究[J].中国安全科学学报,2025,35(1):202-208.

英文引用格式:LI Hua, JING Zihao, WU Lizhou, et al. Study of factors influencing rural emergency response capacity based on multi-criteria decision-making method[J]. China Safety Science Journal, 2025, 35(1): 202-208.

基于多准则决策方法的乡村应急能力影响因素研究*

李华 副教授,荆子昊**,吴立舟,高子桐

(西安建筑科技大学资源工程学院,陕西西安710055)

中图分类号:X954

文献标志码:A

DOI: 10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2025.01.0442

资助项目:陕西省社科界重大理论与现实问题研究联合项目(2023HZ1473);省级大学生创新创业训练计划项目(S202310703104);2024年省级大学生创新创业训练计划项目。

【摘要】为探究基层应急能力“最后一公里”问题,提出一种引入灰色理论的多准则决策方法(MCDM),基于韧性理论,科学分析常规和非常规状态下的乡村应急能力。首先,在韧性视角下,优选文献归纳与实地调研后得到的影响因素,构建乡村应急能力影响因素模型;其次,以MCDM模型为框架,剖析影响因素的因果关系、逻辑层次和特征状态;最后,通过多准则决策分析,识别乡村应急能力和乡村韧性提升的关键因素。结果表明:领导队伍结构的中心度为2.95、驱动力为6,是第1层因素;乡村网格化管理的中心度为3.08、驱动力为6,是第2层因素;规范性文件制定的中心度为2.7、驱动力为5,是第3层因素,乡村网络建设的中心度为3.54、驱动力为9,是第3层因素。领导队伍结构、乡村网格化管理、规范性文件制定、乡村网络建设构成决策交集,是乡村应急能力和韧性提升的关键抓手。

【关键词】多准则决策方法(MCDM); 应急能力; 乡村; 韧性; 灰色理论

Study of factors influencing rural emergency response capacity based on multi-criteria decision-making method

LI Hua, JING Zihao, WU Lizhou, GAO Zitong

(School of Resources Engineering, Xi'an University of Architecture and
Technology, Xi'an Shaanxi 710055, China)

Abstract: To explore the "last-mile" problem of grassroots emergency response capacity, a MCDM based on grey theory was proposed to analyze the rural emergency response capacity under conventional and unconventional states based on the resilience theory. Firstly, from the perspective of resilience, the influencing factors obtained from literature review and field investigation were selected and optimized to construct a model of the influencing factors of rural emergency response capacity. Secondly, the MCDM model was used as a framework to analyze the causality, logical hierarchy, and characteristic state of the influencing factors. Finally, the key factors for the enhancement of the rural emergency response capacity and the resilience of rural villages were identified through the multi-criteria decision-making analysis. The

* 文章编号:1003-3033(2025)01-0202-07; 收稿日期:2024-08-22; 修稿日期:2024-10-25

** 通信作者:荆子昊(1997—),男,青海西宁人,硕士研究生,主要研究方向为安全韧性、公共安全与应急管理。E-mail: jzh1315420287@qq.com。

results show that the centrality of leadership team structure is 2.95 and the driving force is 6, which is a tier 1 factor. The centrality of village grid management is 3.08 and the driving force is 6, which is a tier 2 factor. The centrality of normative document development is 2.7 and the driving force is 5, which is a tier 3 factor. The centrality of village network construction is 3.54 and the driving force is 9, which is a tier 3 factor. Leadership team structure, village grid management, normative document development and village network building constitute decision-making intersections, which are key catch-alls for the improvement of village emergency response capacity and resilience.

Keywords: multi-criteria decision-making (MCDM); emergency response capacity; rural; resilience; grey theory

0 引言

随着乡村振兴战略不断深入推进,中国乡村发展迅速。据《中国统计年鉴 2023》,中国乡村(不含港澳台地区)人口达到 49 104 万人,占全国人口比重的 34.78%^[1]。作为自然灾害最严重的国家之一,我国广阔的国土面积加上多种自然灾害的不确定性,给防灾减灾带来巨大挑战^[2]。《“十四五”国家综合防灾减灾规划》对我国现阶段乡村灾害风险的判断是“农村不设防”,与城市系统相比,乡村系统的脆弱性更为突出,这在河南特大暴雨洪涝、甘肃临夏州积石山地震和云南昭通市镇雄县山体滑坡等灾害中尤为明显。面对日趋复杂的风险灾害,建设韧性乡村是乡村振兴的重要前提,也是中国式现代化的重要社会基础,而乡村应急能力建设是构建韧性乡村的重要保障,是加强乡村韧性顶层设计的关键一环。探讨构建韧性乡村的实践路径,增强乡村对不确定因素扰动的抵御、适应和转型能力,实现乡村可持续发展,具有符合时代发展的现实意义^[3]。

诸多学者针对当前我国乡村的现状开展了研究,如杜兴军^[4]剖析了中国农村社区应急管理的现状及不足,在此基础上提出提升中国农村社区应急管理能力的思路 and 对策;李健彬等^[5]研究了乡村应急管理的特点、困境和关键内因,指出乡村应急管理工作的重点;ZHANG Xiaojun 等^[6]基于调查问卷和数据收集,分析了城市、集镇、乡村社区的应急能力,提出在解决灾害应急问题时,关注社区层面的韧性并分析其影响因素是一种重要且具有潜在价值的方法。LI Zhijian 等^[7]在复合风险视角下建立模型分析乡村社区应急能力的影响因素,得出提高乡村社区应急管理整体能力的关键因素;RACHEL 等^[8]基于乡村应急准备和响应计划,分析了乡村应急能力的关键因素,为灾害应急的每个阶段提供了最佳决策。综上,学者们对乡村应急能力的相关研究多集

中于现状分析、策略研究和模型建立,理论视角和分析模型较为单一,鲜有从乡村韧性理论视角出发,集成多种决策模型来分解和剖析乡村应急能力的研究。

鉴于此,笔者拟将韧性视角贯穿乡村应急能力建设的全周期,以广泛调研为基础,基于多准则决策方法(Multi-Criteria Decision-Making, MCDM),将灰色理论引入模型,开展乡村应急能力影响因素的多准则决策分析,明确各因素之间的关联性和各因素在系统中的位置,并识别关键因素,以期提高乡村应对风险灾害的韧性。

1 乡村韧性概念解析及分析模型构建

1.1 乡村韧性概念解析

在自然科学体系中,韧性主要应用于工程学科,由于其并未准确描述生态系统受扰动后在不同稳态间跃迁并改变功能结构的特性,因而有学者提出生态韧性概念。在此基础上,考虑到人类社会的能动性,进而产生“社会-生态韧性”等概念,成为社会学体系中的概念^[9]。为解决人类社会面临的灾害、经济危机等威胁,出现了区域韧性、城市韧性等概念。后有学者开始探究乡村社区韧性和城市韧性之间的关联,将韧性思想延伸至乡村研究领域。2019年,学界将韧性纳入中国应急管理知识的范畴,并逐步形成对乡村社区韧性的深入探讨^[10]。

基于乡村韧性的多维特点,学者们进行了质性与量化相结合的测度研究,将以往韧性的概念内涵与乡村发展的特点相结合,以乡村在应对其发展进程中各种不确定的内外部扰动时表现出的抵抗力、适应力和恢复力为框架,开展分析评价与实证研究^[11]。其中,抵抗力指遭受扰动前乡村主体表现出掣肘和相持的能力;适应力指过度暴露在扰动中时,乡村主体的能动反应能力;恢复力指在遭受扰动后,乡村能够回到稳态或新状态的能力。

(Interpretive Structure Modeling, ISM)、交叉影响矩阵相乘法(Cross-Impact Matrix Multiplication Applied to Classification, MICMAC)等方法并应用灰色理论,剖析具有模糊性和不确定性的乡村系统,可进一步提高分析的准确性和客观性。分析步骤如图 2 所示。

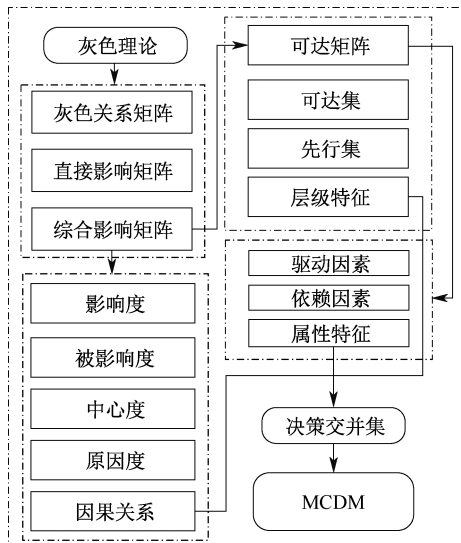


图 2 MCDM 建模及分析步骤

Fig. 2 MCMD model construction and analysis step

3.1 Grey-DEMATEL 分析

DEMATEL 可深度剖析因素间的因果关系和影响强度,将因素间的因果关系可视化地表现出来,分析系统中的关键影响因素及影响程度^[18]。邀请 4 位专家采用打分法对 29 个影响因素的关联度打分,并根据专家的经验及认知赋予不同权重的灰数区间,通过专家语义变量将原始矩阵转换为灰数关联矩阵 Z ,详见表 2。

表 2 专家评价和权重的语义变量

Table 2 Semantic variables of expert evaluation and weight

专家评价语义变量			专家权重语义变量	
语义变量	灰数区间	标度	权重变量	灰数区间
无影响	[0.00,0.00]	0	不重要	[0.0,0.3]
轻微影响	[0.00,0.25]	1	稍不重要	[0.3,0.5]
弱影响	[0.25,0.50]	2	重要	[0.4,0.7]
强影响	[0.50,0.75]	3	较重要	[0.5,0.9]
较强影响	[0.75,1.00]	4	非常重要	[0.7,1.0]

1) 标准化灰数关联矩阵 Z 中灰数的上界和下界。

$$\bar{U}Z_{ij}^n = \frac{UZ_{ij}^n - \min UZ_{ij}^n}{\Delta_{\min}^{\max}} \quad (1)$$

$$L\bar{Z}_{ij}^n = \frac{UZ_{ij}^n - \min LZ_{ij}^n}{\Delta_{\min}^{\max}} \quad (2)$$

$$\Delta_{\min}^{\max} = (\max UZ_{ij}^n - \min LZ_{ij}^n) \quad (3)$$

式中: UZ_{ij}^n 、 LZ_{ij}^n 分别为第 n 位专家得分的上限和下限; $\bar{U}Z_{ij}^n$ 、 $L\bar{Z}_{ij}^n$ 分别为经过标准化变换后的第 n 位专家得分的上限和下限。

2) 确定专家直接影响矩阵 S 。

$$N_{ij}^n = \frac{L\bar{Z}(1 - LZ_{ij}^n) + (\bar{U}Z_{ij}^n \cdot UZ_{ij}^n)}{1 - L\bar{Z}_{ij}^n + \bar{U}Z_{ij}^n} \quad (4)$$

$$Q_{ij}^n = \min LZ_{ij}^n + N_{ij}^n \Delta_{\min}^{\max} \quad (5)$$

$$S = \omega_1 Q_{ij}^1 + \omega_2 Q_{ij}^2 + \dots + \omega_n Q_{ij}^n \quad (6)$$

式中 ω_i 为 i 位专家的权重矩阵,经计算得 $\omega_1 = 0.15625$ 、 $\omega_2 = 0.255$ 、 $\omega_3 = 0.255$ 、 $\omega_4 = 0.39375$ 。

3) 计算综合影响矩阵 T 。

$$\bar{S} = \frac{S}{\max_{i \leq i \leq m} \sum_{j=1}^m S_{ij}} \quad (7)$$

$$T = S(I - S)^{-1} \quad (8)$$

式中: T 为综合影响矩阵; I 为单位矩阵。

4) 计算影响度 f_i 、被影响度 e_i 、原因度 r_i 、中心度 c_i 。

$$f_i = \sum_{j=1}^n t_{ij}, (i = 1, 2, \dots, n) \quad (9)$$

$$e_i = \sum_{j=1}^n t_{ji}, (i = 1, 2, \dots, n) \quad (10)$$

$$c_i = f_i + e_i \quad (11)$$

$$r_i = f_i - e_i \quad (12)$$

中心度表示因素在系统中的重要程度,中心度越大的因素对乡村应急能力的影响越显著,通过中心度和平均值对比可以得出在整个系统中有突出作用的因素,中心度-原因度分布如图 3 所示。

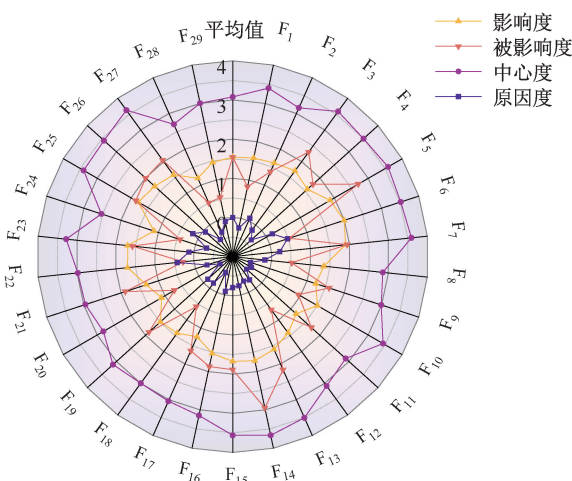


图 3 中心度-原因度分布

Fig. 3 Center degree-cause degree distribution

通过计算,结合图 3,原因因素包含 F_6 、 F_{22} 、 F_1 、 F_{12} 、 F_8 、 F_{29} 、 F_{28} 、 F_{18} 、 F_{10} 、 F_{24} 、 F_{20} 、 F_2 、 F_{23} 。其中,中心度较高的原因因素为 F_1 、 F_{12} 、 F_2 、 F_{10} 、 F_{23} 、 F_8 、 F_{20} 、 F_{28} 、 F_6 。结果因素包含 F_{14} 、 F_5 、 F_3 、 F_{11} 、 F_{17} 、 F_{27} 、 F_{13} 、 F_{21} 、 F_9 、 F_{19} 、 F_{16} 、 F_{26} 、 F_4 、 F_{15} 、 F_{25} 、 F_7 。中心度较高的结果因素为 F_3 、 F_4 、 F_{17} 、 F_9 、 F_{27} 、 F_{15} 、 F_{11} 、 F_7 。

3.2 层级特征分析

ISM 基于反映系统内各因素间影响关系的矩阵,通过矩阵的变换分析构建多级递阶结构模型,阐明各因素间关联与层次^[19]。

1) 建立可达矩阵 M 。为充分考虑因素自身,通过综合影响矩阵 T 求解整体影响矩阵 H ,通过不同的阈值设置和经验分析,剔除整体影响矩阵 H 中影响较小的因素,此处 λ 值取 0.09,建立可达矩阵 M 。

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & t_{ij} \geq \lambda \\ 0, & t_{ij} < \lambda \end{cases} \quad (13)$$

2) 识别可达集和先行集。可达集合由 M 中第 i 行元素值为 1 的所有列元素组成,先行集合由 M 中第 i 列元素值为 1 的所有行元素组成。

3) 绘制 ISM 多层递阶图。从 M 中去除所在的行和列,根据该步骤,循环往复,最终将影响因素划为不同层级,并标明因素的影响及作用路径,乡村应急能力影响因素 ISM 层级特征如图 4 所示。

除最底层因素外,没有因素指向它,即为活动因素,包含 F_{18} 、 F_{19} 、 F_{24} 、 F_{29} ,表明这些因素容易引起系统拓变,越深层次的活动因素越能引起系统的拓变,使系统变为活动系统,正确引导这些活动因素,可以有效提升乡村整体的应急能力。

3.3 属性特征分析

MICMAC 分析方法用来研究因素之间的相互影响关系及风险事件发生的作用机制,深层次划分影响因素所处的地位与作用,确定相应的依赖力和驱动力^[20]。

1) 通过可达矩阵 M 计算影响因素的驱动力 D_i 和计算影响因素的依赖力 R_i 。

$$D_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}^m \quad (14)$$

$$R_i = \sum_{j=1}^n a_{ji}^m \quad (15)$$

2) 绘制 MICMAC 属性特征图(图 5)。根据结果,将影响乡村应急能力所有因素分为自治聚类、独立聚类、依赖聚类和联动聚类 4 个象限。

结合图 5,自治因素具有较低的驱动力和依赖

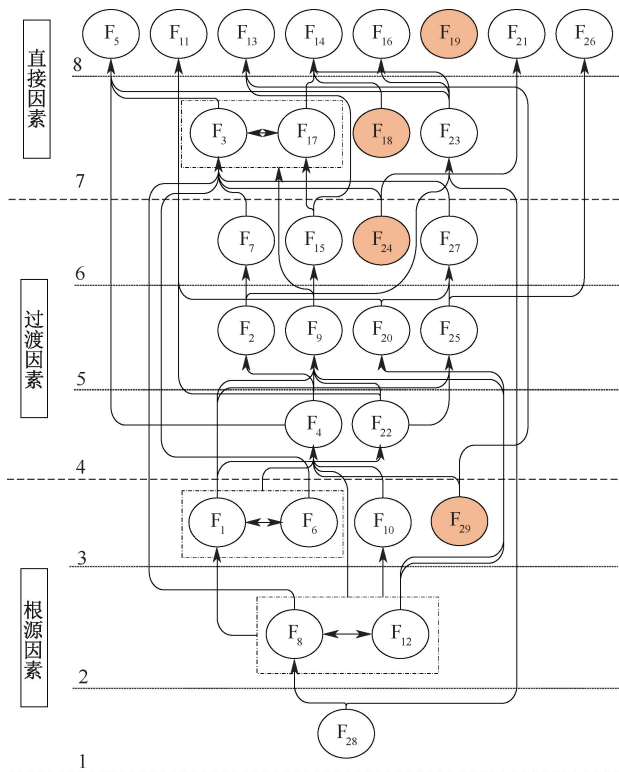


图 4 ISM 层级特征

Fig. 4 ISM model of influencing factors

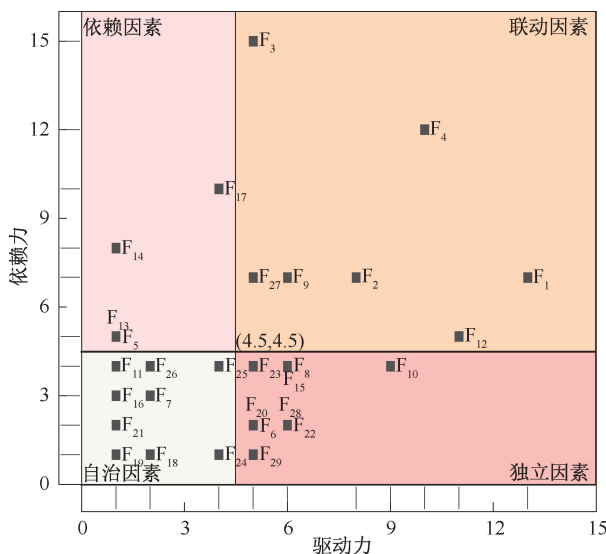


图 5 MICMAC 属性特征

Fig. 5 MICMAC model of influencing factors

力,这些因素相比较稳定,受其他因素影响,但对其依赖性又较低,是表征因素,需要注重自身建设;依赖因素具有较高的依赖力和较低的驱动力,这些因素受其他因素影响较强,对其他因素的依赖性较大,容易被其他因素控制牵引,可通过调整其他影响因素来使得这些因素处于良好状态;联动因素具有较高的驱动力和依赖力,表明这些因素极易变化并对其

他因素和系统产生作用或反作用,关联性较高;独立因素具有强驱动力和较低的依赖力,表明因素这些因素有巨大的推动力,不仅自身至关重要,对其他因素也有十分强的影响。

3.4 多准则决策分析

分析因素的因果关系、层级特征、属性特征可见,韧性理论视角下的乡村应急能力建设是一个多因果、多层次、多属性相互影响的复杂系统;提升乡村系统应急能力是一个多维度、综合性的任务。针对过程,单一决策无法对乡村应急能力进行准确剖析和深刻分析;针对结果,单一决策很难具备对复杂系统进行总结的能力,在实际中造成误判或浪费。集成模型分析结果,进行多准则决策分析可以得出更全面、更科学的决策结果。

1) 识别决策并集。选取原因因素集、根源因素集和独立因素集的并集为决策并集。集合包含 F_1 、 F_2 、 F_6 、 F_8 、 F_{10} 、 F_{12} 、 F_{15} 、 F_{20} 、 F_{22} 、 F_{23} 、 F_{28} 。其中, F_1 、 F_2 、 F_6 、 F_8 、 F_{10} 存在于抵抗力维度,是乡村对风险灾害抵抗能力的基石,为乡村提供了坚实的数据支撑、制度保障和基础设施,使乡村在面对自然灾害时能够有备无患,有效减轻灾害的初期影响; F_{12} 、 F_{15} 、 F_{20} 存在于适应力维度,强调在灾害发生时,乡村内部的组织和个体能够迅速适应灾害环境,通过有效的指挥、自救互救和专业救援,最大程度地减少灾害带来的损失,是适应力提升的核心; F_{22} 、 F_{23} 存在于恢复力维度,通过科学评估和规划,确保乡村能够在最短的时间内恢复正常秩序,并为未来的防灾减灾工作提供宝贵的经验和借鉴,是恢复力提升的关键,这些因素都是乡村应急能力建设和韧性提升的推动因素。

2) 识别决策交集。提升乡村整体面对自然灾害时的应急能力,决策交集是一个至关重要的环节,决策交集意味着在多个模型和要素之间找到共同点和平衡点,识别乡村应对自然灾害时应急能力的关键和抓手,实现提升效能的最大化。选取原因因素集、根源因素集和独立因素集的交集为决策交集。

集合包含 F_{28} 、 F_8 、 F_6 、 F_{10} 。这些因素都有着举足轻重的地位和作用,对其他因素和整个系统有着巨大的推动力,应充分考虑其产生的长远影响,并采取针对性的策略提升,这些因素都是乡村应急能力提升和抗灾韧性建设的关键和抓手。其中, F_{28} 对抵抗力、适应力和恢复力都具有重要影响; F_6 、 F_8 、 F_{10} 均在抵抗力方面扮演关键角色,是抵抗力提升的核心要素。决策交集的影响因素均可划为抵抗力维度的因子,因此,抵抗力在提升韧性方面亦需得到重视。

4 结 论

1) 基于韧性理论构建韧性乡村应急能力模型,在乡村应对风险灾害的抵抗力、适应力、恢复力 3 个韧性属性的视角下,识别应急能力全过程均衡理论即准备、预防、减缓、响应、恢复、学习 6 个阶段的影响因素。文中的理论模型可为提升乡村基层治理效能提供新的研究视角。

2) 通过多准则决策分析,领导队伍结构的中心度为 2.95、驱动力为 6,是第 1 层因素;乡村网格化管理的中心度为 3.08、驱动力为 6,是第 2 层因素;规范性文件制定的中心度为 2.7、驱动力为 5,是第 3 层因素,乡村网络建设的中心度为 3.54、驱动力为 9,是第 3 层因素。其中,领导队伍结构对抵抗力、适应力、恢复力的建设都有十分重要的影响;乡村网格化管理、规范性文件制定、乡村网络建设都属于抵抗力维度的影响因素,是抵抗力建设的重中之重。同时,抵抗力维度在乡村韧性提升中需要重点关注。

3) 面对复杂性和不确定性较高的乡村系统,众多的影响因素的共同作用下,没有应用灰色理论的多准则决策模型,所得结果中心度普遍较大,总体因果分类效果不显著,划分层次较少且因素集中。通过验证发现,灰色理论的应用能得到更加明确的因果关系和更加清晰的层次结构,更有利于剖析乡村应急能力的关键和抓手。

参 考 文 献

- [1] 国家统计局. 中国统计年鉴 2023[M]. 北京:中国统计出版社,2023:31.
National bureau of Statistics of China. China statistical yearbook 2023[M]. Beijing: China Statistics Press,2024:31.
- [2] 刘启源,刘金程. 自然灾害视角下区域韧性评价方法及影响因素[J]. 中国安全科学学报,2023,33(5):174-181.
LIU Qiyuan, LIU Jincheng. Regional resilience evaluation methods and influencing factors from the perspective of natural disasters[J]. China Safety Science Journal, 2023,33(5):174-181.
- [3] 邱明丽,刘殿锋,刘耀林. 乡村韧性理论框架与测度体系[J]. 中国土地科学,2021,35(8):107-114.
QIU Mingli, LIU Dianfeng, LIU Yaolin. Review on theoretical framework and evaluation system of rural resilience[J].

- China Land Science, 2021,35(8):107-114.
- [4] 杜兴军. 我国农村社区应急管理能力提升策略探究[J]. 中国应急管理科学,2022(1):20-27.
DU Xingjun. Study on the strategy of rural emergency management capacity at grass-roots level in China[J]. Journal of China Emergency Management Science, 2022(1):20-27.
- [5] 李建彬,张梦茜,董向东. 新时期农村应急管理能力建设研究[J]. 农业科技与信息,2022(3):10-12,16.
LI Jianbin, ZHANG Mengxi, DONG Xiangdong. Study on capacity building for rural emergency management in the new era[J]. Agricultural Science-Technology and Information, 2022(3):10-12,16.
- [6] ZHANG Xiaojun, LUO Yue, LIU Yifen, et al. Resilience in urban, rural, and transitional communities: an empirical study in Guangdong, China[J]. International Journal of Disaster Risk Reduction, 2023, 84; DOI: 10.1016/j.ijdr.2022.103396.
- [7] LI Zhijian, SHE Jianjun, GUO Zihao, et al. An evaluation of factors influencing the community emergency management under compounding risks perspective[J]. International Journal of Disaster Risk Reduction, 2024, 100; DOI: 10.1016/j.ijdr.2023.104179.
- [8] RACHEL K, ALVAL C, MEGHAN M, et al. Supporting rural community emergency planning, response, and recovery[J]. Journal of Public Health Management and Practice, 2023,30(1):130-132.
- [9] 董晓婉,徐煜辉,李湘梅. 乡村社区韧性研究综述与应用方向探究[J]. 国际城市规划,2022,37(3):73-80.
DOND Xiaowan, XU Yuhui, LI Xiangmei. Rural community resilience: a literature review and its future directions in China[J]. Urban Planning International, 2022,37(3):73-80.
- [10] 汪超,宋纪祥. 中国应急管理自主知识生产:框架、逻辑与路径[J]. 求实,2024(3):44-58,110.
WANG Chao, SONG Jixiang. Independent knowledge production for emergency management in China: framework, logic and path[J]. Truth Seeking, 2024(3):44-58,110.
- [11] 王彩丽,闫绪娴. 中国乡村韧性时空分异及障碍因子诊断[J]. 经济问题,2022(10):91-97.
WANG Caili, YAN Xuxian. Spatio-temporal variation of rural resilience in China and diagnosis of its obstacle factors [J]. On Economic Problems, 2022(10):91-97.
- [12] 朱忆天,王乙竹. 中国式乡村风险治理现代化的韧性维度:价值意蕴及实践路径[J]. 西南民族大学学报:人文社会科学版,2023,44(10):172-179.
ZHU Yitian, WANG Yizhu. The resilience dimension of modernization of Chinese style rural risk governance: value implication and practical path[J]. Journal of Southwest Minzu University: Humanities and Social Sciences Edition, 2023, 44(10):172-179.
- [13] 杨磊,王俞霏. 乡村应对公共卫生事件的韧性及其提升路径[J]. 华中科技大学学报:社会科学版,2022,36(2):78-85.
YANG Lei, WANG Yufei. Rural resilience to public health events and path to improvement[J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology: Social Science Edition, 2022,36(2):78-85.
- [14] 容志,马慧. 基于统合韧性的基层应急管理体系建设研究[J]. 中国应急管理,2024(4):55-59.
- [15] 张海波. 应急管理的全过程均衡:一个新议题[J]. 中国行政管理,2020(3):123-130.
ZHANG Haibo. The full process balance of emergency management[J]. Chinese Public Administration, 2020(3):123-130.
- [16] LIU Jiaguo, GU Bingmei, CHEN Jihong. Enablers for maritime supply chain resilience during pandemic: an integrated MCDM approach[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2023, 175; DOI: 10.1016/j.tra.2023.103777.
- [17] XING Mengxia, LUO Xiaofang, ZAN Yingfei, et al. Identification of factors affecting hoisting quality of large offshore structures and analysis of their coupling relationship based on grey-DEMATEL-ISM-MICMAC[J]. Ocean Engineering, 2023,280;DOI:10.1016/j.oceaneng.2023.114805.
- [18] 李华,乔峥元. 地铁站抗涝韧性影响因素识别与分层研究[J]. 安全与环境学报,2023,23(5):1457-1464.
LI Hua, QIAO Zhengyuan. Research on identification and stratification of influencing factors of waterlogging resilience in subway stations[J]. Journal of Safety and Environment, 2023,23(5):1457-1464.
- [19] 成连华,赵旭东,郝杰. 集成ISM与G1的建筑工人安全能力影响因素研究[J]. 中国安全科学学报,2023,33(4):61-68.
CHENG Lianhua, ZHAO Xudong, HAO Jie. Research on influencing factors of construction workers' safety competency integrating ISM and G1 method[J]. China Safety Science Journal, 2023,33(4):61-68.
- [20] 李明柱,王文东,张智超. 基于ISM与MICMAC的建筑施工风险因素研究[J]. 安全与环境学报,2022,22(1):22-28.
LI Mingzhu, WANG Wendong, ZHANG Zhichao. Study on construction risk factors based on ISM and MICMAC[J]. Journal of Safety and Environment, 2022,22(1):22-28.

作者简介: 李华 (1979—),女,陕西西安人,博士,副教授,硕士生导师,主要从事企业风险评估与安全管理、建筑安全监测与监控、公共安全与应急管理等方面的研究。E-mail: lihua@xauat.edu.cn。