

中文引用格式:程方明,王琛琛,袁晓芳.安全发展视角下城市应急管理能力的评估[J].中国安全科学学报,2023,33(5):158-167.

英文引用格式:CHENG Fangming, WANG Chenchen, YUAN Xiaofang. Evaluation of urban emergency management capabilities from perspective of safe development [J]. China Safety Science Journal, 2023, 33(5): 158-167.

安全发展视角下城市应急管理能力的评估^{*}

程方明^{1,2}副教授,王琛琛^{1,2},袁晓芳³副教授

(1 西安科技大学 安全科学与工程学院,陕西 西安 710054;

2 西安市城市公共安全与消防救援重点实验室,陕西 西安 710054;

3 西安科技大学 管理学院,陕西 西安 710054)

中图分类号: X915.2

文献标志码: A

DOI: 10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2023.05.2014

基金项目: 国家自然科学基金资助(52174200,52004208); 陕西省创新能力支撑计划项目(2020TD-021)。

【摘要】 为合理有效地评估城市应急管理能力的建设,基于安全发展视角,从城市安全源头治理能力、城市安全风险防控能力、城市安全监督管理能力、城市安全保障能力、城市安全应急救援能力及城市安全应急恢复能力6个方面,构建城市应急管理能力的评估体系;为有效减少权重计算主观性因素,采用G1法结合熵权法的组合赋权法确定指标权重值;为加强评价工作的科学性、准确性,运用云模型、物元可拓模型构建综合评价模型,以A市为例开展应用,验证该模型的科学性和有效性。结果表明:该指标体系能全面准确反映城市应急管理能力的现状,综合评价模型能够准确科学评估城市应急管理能力的现状,为政府应急管理工作提供决策依据。

【关键词】 安全发展; 城市应急管理; 能力评估; 云模型; 物元可拓模型

Evaluation of urban emergency management capabilities from perspective of safe development

CHENG Fangming^{1,2}, WANG Chenchen^{1,2}, YUAN Xiaofang³

(1 School of Safety Science and Engineering, Xi'an University of Science and Technology,

Xi'an Shaanxi 710054, China; 2 Xi'an Key Laboratory of Urban Public Safety and Fire

Rescue, Xi'an Shaanxi 710054, China; 3 School of Management, Xi'an University of

Science and Technology, Xi'an Shaanxi 710054, China)

Abstract: To reasonably and effectively evaluate urban emergency management capability and promote the construction of modern cities, an urban emergency management capacity evaluation system was constructed from six aspects: urban safety source governance capabilities, urban safety risk prevention and control capabilities, urban safety supervision and management capabilities, urban safety assurance capabilities, urban safety emergency rescue capabilities, and urban safety emergency recovery capabilities. The G1 method combined with the entropy weight method was used to calculate the combined weight to effectively reduce the subjective factors of weight calculation. The cloud model and the material-element extensibility model were used to construct a comprehensive evaluation model to strengthen the scientificity and accuracy of the evaluation work. Then a city was taken as an example to conduct application research

* 文章编号: 1003-3033(2023)05-0158-10; 收稿日期: 2022-12-13; 修稿日期: 2023-03-09

to verify the scientificity and effectiveness of the model. The results show that the index system can comprehensively and accurately reflect the current situation of urban emergency management capacity, and the comprehensive evaluation model can accurately and scientifically evaluate urban emergency management capacity, which can provide decision-making basis for government emergency management.

Keywords: safe development; urban emergency management; capability assessment; cloud model; matter-element extension model

0 引言

当今世界正处于百年未有之大变局,各类风险交织叠加,安全发展面临着巨大挑战。必须树立以人为本的安全发展理念,建立健全安全发展体系,加强城市应急管理能力,以满足城市发展的安全需要。

城市应急管理能力是风险防范化解工作的关键指标,也是国家治理体系和治理能力的重要体现^[1]。目前,在城市应急管理能力研究方面,邓云峰等^[2]关注并构建了评估体系,在此基础上,郑双忠等^[3]完善并应用该评估体系;邓芳^[4]、陈升^[5]等构建了包含政府组织协调、公民应急意识、救援效率、交通与物资,以及应急预案响应等地方政府应急管理指标体系,并评价分析了玉树地震中的应急能力;李湖生^[6]建立了应急准备规划理论框架;门永生等^[7]从突发事件预防、准备、响应及恢复4个维度评估电网设施应急能力;程蕊^[8]从应急管理绝对能力、相对能力、现实能力和潜在能力4个维度评价应急管理状况;徐淑华等^[9]分析了基层网格化应急治理中的问题及改进路径;吴晔欣^[10]将应急管理能力总结为政府对各类突发事件的主动应对能力;TU Shiyu等^[11]评价了惠州市社区应急管理能力;庄国波等^[12]从韧性城市视角,分析了人工智能时代传统城市应急管理方法的局限性;REGESTER^[13]提出应急管理减弱、预防、反应及恢复的4R模型;PIRAINA等^[14]提出分类和建模框架,分析了意大利-瑞士跨境运输基础设施应急管理适应能力;BUKHOREE等^[15]利用贝叶斯网络及机器学习模型解决了应急管理问题;AMAYE等^[16]分析了大数据与应急管理研究的关联,阐述了大数据在提升城市应急管理能力中的应用。

综上所述:现有研究大多集中于评估灾害、设施、医疗卫生等单项突发事件,或者思考城市应急管理理论和提升建议,而在城市安全发展需要的城市统筹协调、综合应急能力等方面,还有待进一步研究。鉴于此,笔者拟从安全发展视角,构建城市应急管理能力评估体系,将物元可拓模型和云模型相结合,建立

综合评价模型,并开展实例应用,验证所提综合评价模型的科学性和有效性,以期为政府应急管理工作提供指导和参考。

1 城市应急管理能力评估指标体系

1.1 评估维度分析

城市应急管理问题具有复杂性和紧迫性的特征,城市应急管理能力是综合国力的重要组成部分。在新时代背景下,科学有效地做好应急管理工作,实现以高水平安全服务高质量发展的应急管理格局,是新时代城市安全发展的内在要求^[17]。

安全是发展的前提,发展是安全的保障,安全发展作为一项重要的指导原则及理论方法,贯穿应急管理工作的始终^[18],要求各级政府从安全发展的角度审视应急管理领域的问题,通过安全与发展的途径探索应急管理新思路,将应急管理工作作为一项重点政治任务,站在全局的高度推进城市应急管理事业,使城市应急管理能力适应城市安全发展的需求。

面对层出不穷的安全问题,依托安全发展理念指导建立新时代应急管理体系已刻不容缓^[19]。积极推进应急管理体系和能力建设,提升防范化解各类重大风险能力,构建科学高效、全域联动、全周期管理的城市应急管理体系,是新时代安全发展的重要内容。把安全作为发展的前提,就要加强应急管理工作的源头治理和风险防范,就要提升城市安全的综合治理和监管能力;把发展作为安全的保障,就需要依托文化建设和科技创新等手段保障安全,就要强化应急队伍、应急体系建设,就要关注应急恢复工作。

综上,结合安全发展理念与综合应急管理内涵,推进城市应急管理能力体系建设,需从以下6个方面展开评估。

1) 城市安全源头治理能力。城市应急管理能力需与各项安全产业发展能力相互融合渗透,从规划布局层面统筹考虑安全问题,在城市安全发展规划中把应急事业发展规划作为必要项,落实配套安全基础设施建设,严把安全关口,切实加强城市安全源头治理能力。

2) 城市安全风险防控能力。城市发展必然面临各类风险挑战,以城市发展为目的的各类工业企业,以城市经济发展为导向的商业、医疗、娱乐等人员密集区域,以推进城市发展运行为目标的各类公共设施,以及城市自然灾害,是城市风险的主要来源。监测预警、评估控制各项潜在的风险,防范化解重大风险,才能切实加强城市风险防控能力。

3) 城市安全监督管理能力。城市综合治理和监管能力是城市应急管理工作促进安全发展稳步推进的关键,明确部门、行业管控责任,落实分级管控措施,建立起多部门协作的安全监管机制,形成协调联动的应急管理工作格局,实现城市安全监管执法和综合治理网格化,切实加强城市监督管理能力。

4) 城市安全保障能力。安全文化建设、科技创新等是保障城市应急管理水平的的重要举措,是推进城市安全发展的重点手段,加强安全文化宣教,强化社会化服务工作,推进安全科技创新,实现人员素质、设施保障及技术应用的整体协调,切实加强城市安全保障能力。

5) 城市应急救援能力。保障城市安全发展必须加大城市应急救援投入,发挥应急救援在统筹发展和安全及推动城市发展中的作用,完善应急预案,优化配置城市应急管理资源,打造应急救援信息共享平台,规范应急救援队伍,挖掘社会救援力量,统筹调配,实时应急,切实加强城市应急救援能力。

6) 城市应急恢复能力。应急恢复是城市安全发展的一道重要防线,落实灾后恢复重建工作,做好舆论引导,切实加强城市应急恢复能力。

1.2 评估指标体系构建

目前,城市应急管理能力评估体系尚不成熟,基于安全发展理念,结合城市实际情况,依托“十四五”应急管理事业发展规划的推进落实及国家安全发展示范城市创建工作,深入基层调研,广泛征求意见,梳理形成城市应急管理能力评估指标,并邀请应急管理、城市规划、城市发展等领域专家,进行指标复选和优化,最终确定评估体系,如图1所示。

2 城市应急管理能力评估模型

物元可拓模型^[2]多用于分析多指标因素,但难以对比分析评价结果为同等级的指标项,云模型^[2]云图位置及相似度能更全面地反映指标间相对程度,但对多指标因素来说逐一展示云图较繁杂,因此,结合这2种评价模型进行综合评价,可有效提高

评价结果的可比性,提升指标评估工作的科学性准确性。同时,运用组合赋权法确定指标权重,采用G1法计算主观权重,采用熵权法计算客观权重。在此基础上,运用拉格朗日乘子法得到组合权重,具体评价流程如图2所示。

2.1 权重计算

2.1.1 主观权重

G1法主要步骤如下:

- 1) 通过专家经验判断,确定各指标重要度排序。
- 2) 确定相邻评价指标的重要度比值 R_j ($R_j =$

$\frac{w_{j-1}}{w_j}$, $j=n, n-1, \dots, 2$), R_j 取值见表1。表1中, X_j 为重要度排序后的指标因素。

表1 R_j 取值参考

Tab.1 R_j value reference

R_j 值	含义
1.0	指标 X_{j-1} 与 X_j 同等重要
1.2	指标 X_{j-1} 比 X_j 稍微重要
1.4	指标 X_{j-1} 比 X_j 明显重要
1.6	指标 X_{j-1} 比 X_j 特别重要
1.8	指标 X_{j-1} 比 X_j 极其重要

- 3) 通过 R_j 计算指标权重,第 k 项指标 w_k 为:

$$w_k = \left(1 + \sum_{j=2}^n \prod_{k=j}^n R_j \right)^{-1} \quad (1)$$

2.1.2 客观权重

熵权法主要步骤如下:

- 1) 数据标准化,得到 $\tilde{r}_{ij}$ 。
- 2) 计算指标信息熵 e_i 。
- 3) 通过各指标信息熵计算熵权 w_i 。

$$\begin{cases} \tilde{r}_{ij} = \frac{r_{ij} - \min r_i}{\max r_i - \min r_i} \\ e_i = - \frac{\sum_{j=1}^n p_{ij} \ln p_{ij}}{\ln n} \\ w_i = \frac{1 - e_i}{n - \sum_{i=1}^n e_i} \end{cases} \quad (2)$$

式中: r_{ij} 为原始数据; $\min r_i$ 、 $\max r_i$ 分别为第 i 个指标的最小值、最大值; $\tilde{r}_{ij}$ 为标准化后数据值; $p_{ij} =$

$\frac{\tilde{r}_{ij}}{\sum_{j=1}^n \tilde{r}_{ij}}$ 为评价指标的指标比值; e_i 为指标信息熵; $\tilde{r}_{ij}$ 为第 i 位专家对第 j 个指标的评分值; n 为评价

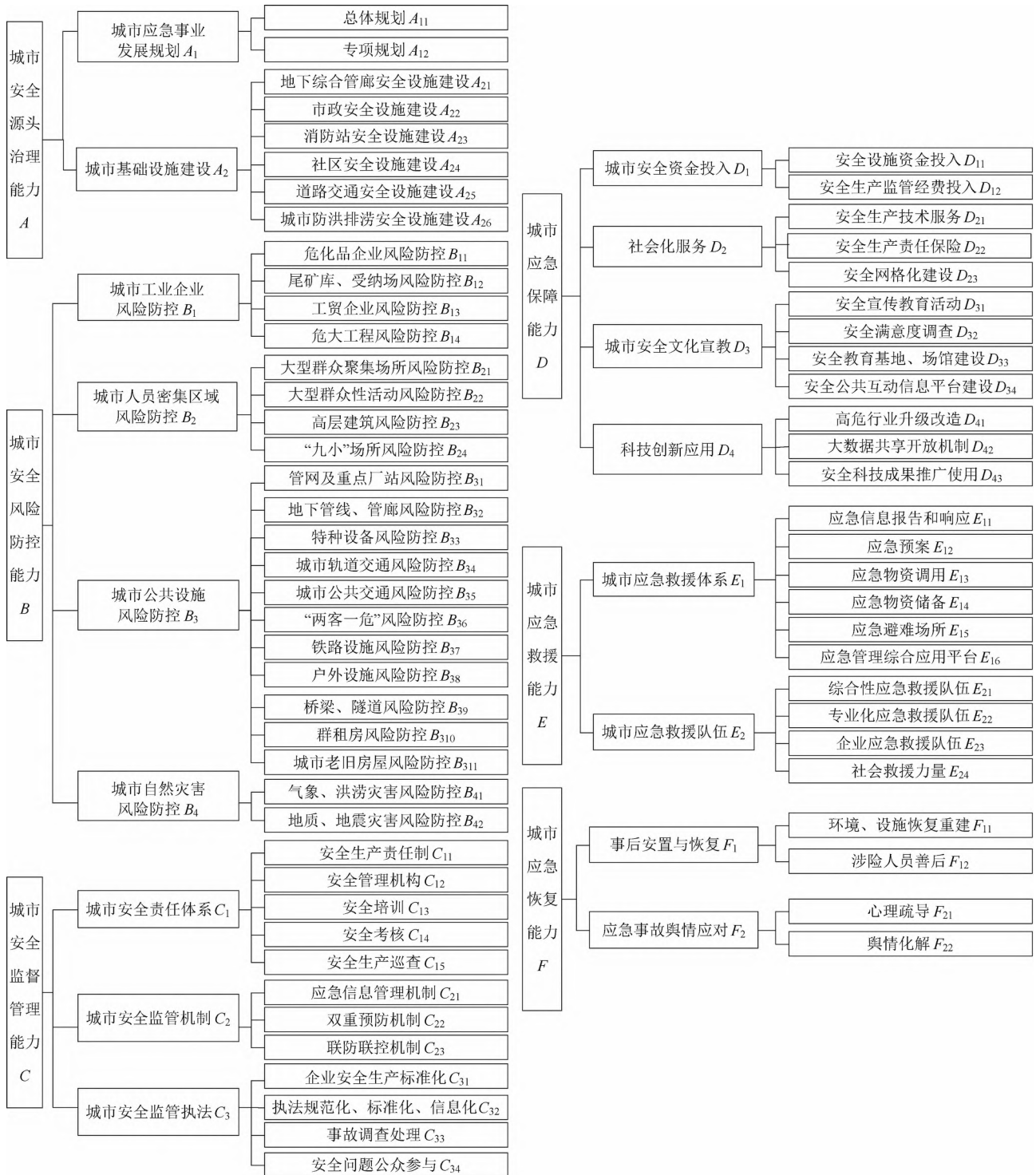


图1 城市应急管理能力评估体系

Fig.1 Evaluation system of urban emergency management capacity

指标个数。

2.1.3 组合权重

运用拉格朗日乘子法结合主客观权重进行组合赋权,计算得到组合权重 W_i :

$$W_i = \frac{(w_i^1 w_i^2)^{\frac{1}{2}}}{\sum_{i=1}^n (w_i^1 w_i^2)^{\frac{1}{2}}} \quad (3)$$

式中 w_i^1 、 w_i^2 分别为主观权重值、客观权重值。

2.2 综合评价物元可拓模型

2.2.1 评价等级设定

采用百分制划分评价等级,划分结果为: I 级 (90,100] (优秀水平)、II 级 (80,90] (良好水平)、III 级 (70,80] (一般水平)、IV 级 (60,70] (较差水

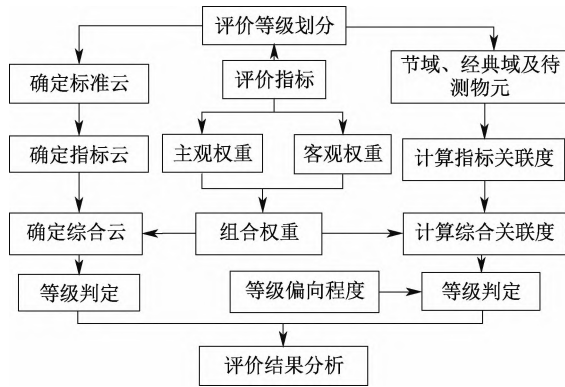


图2 评估流程

Fig.2 Evaluation flowchart

平)、V级(0,60](极差水平)。

2.2.2 确定经典域、节域及待测物元

根据等级划分结果,确定指标的经典域矩阵 R_0 、节域矩阵 R_p 及待测物元矩阵 R_z 。

$$\begin{cases} R_0 = (N_j, C_i, V_j) \\ R_p = (N, C, V_p) \\ R_z = (N_z, C_z, V_z) \end{cases} \quad (4)$$

式中: N_j 为第 j 个评价等级; C_i 为评价指标因素; V_j 为 N_j 关于 C_i 所确定的量值范围,即经典域取值范围; N 为待评估对象影响因素的全集; C 为评价指标集; V_p 为指标评价价值范围,即节域取值范围; N_z 为待测物元; C_z 为 N_z 的物元特征集合; V_z 为物元特征值。

2.2.3 确定指标关联度

各指标关联函数 $K_j(C_i)$:

$$K_j(C_i) = \begin{cases} \frac{\rho(V_i, V_j)}{\rho(V_i, V_p) - \rho(V_i, V_j)}, V_i \notin V_j \\ \frac{-\rho(V_i, V_j)}{|V_j|}, V_i \in V_j \end{cases} \quad (5)$$

$$\rho(V_i, V_j) = |V_i - \frac{a_{ji} + b_{ji}}{2}| - \frac{1}{2}(b_{ji} - a_{ji})$$

$$\rho(V_i, V_p) = |V_i - \frac{a_{pi} + b_{pi}}{2}| - \frac{1}{2}(b_{pi} - a_{pi})$$

式中 ρ 为经典域或节域的距离函数, $|V_j| = |a_{ji} - b_{ji}|$ 。

综合关联度:

$$K_j(N) = \sum W_i K_j(C_i) \quad (6)$$

2.2.4 确定综合评价等级

评价等级遵循隶属度最大原则,等级评判标准见表2。

对于指标关联度等级模糊的情况,采取等级偏向程度 J 进一步判定。

表2 关联度判断标准

Tab.2 Judgment criteria for relevance degree

关联度 $K_j(C_i)$	评价结果
$0 < K_j(C_i) < 1$	符合第 j 等级
$-1 \leq K_j(C_i) \leq 0$	不符合第 j 等级,但可以向其转化
$K_j(C_i) < -1$	不符合第 j 等级,且不可转化

$$J = \frac{\sum_{j=1}^n j K_j(N)}{\sum_{j=1}^n \overline{K_j(N)}} \quad (7)$$

$$\overline{K_j(N)} = \frac{K_j(N) - \min K_j(N)}{\max K_j(N) - \min K_j(N)} \quad (8)$$

2.3 综合评价云模型

2.3.1 确定标准云

依据等级划分结果计算标准云数字参数。

$$\begin{cases} E_{xi} = (x_{imax} + x_{imin}) / 2 \\ E_{ni} = (x_{imax} - x_{imin}) / 6 \\ H_{ei} = k \end{cases} \quad (9)$$

式中: E_{xi} 为标准云期望; E_{ni} 为标准云熵; H_{ei} 为标准云超熵。

2.3.2 确定指标云

结合指标得分,计算各指标 E_x 、 E_n 、 H_e 值。

$$\begin{cases} E_{sj} = \frac{1}{m} \sum_i x_{ij} \\ S^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (x_{ij} - E_{sj})^2 \\ E_{nj} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \times \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m |x_{ij} - E_{sj}| \\ H_{ej} = \sqrt{|S_j^2 - E_{nj}^2|} \end{cases} \quad (10)$$

式中: x_{ij} 为专家打分值; E_{sj} 为指标云期望; S^2 为方差值; E_{nj} 为指标云熵; H_{ej} 为指标云超熵; m 为专家数。

2.3.3 确定综合云

依据计算得到的指标 E_{sj} 、 E_{nj} 、 H_{ej} 值计算综合云数字特征参数。

$$\begin{cases} E_x = \sum_i W_i E_{xi} \\ E_n = \frac{\sum_i W_i E_{xi} E_{ni}}{\sum_i W_i E_{xi}} \\ H_e = \left(\sum_i (W_i H_{ei})^2 \right)^{0.5} \end{cases} \quad (11)$$

3 实例应用

A市应急管理工作由30个市级部门及21个区(县)开发区共同参与。

3.1 指标权重计算

邀请 10 位来自市应急管理、城市发展、城市规划领域的专家,对指标进行重要度排序及初始打分,

在此基础上,依据式(1)一式(3)计算各指标主、客观及组合权重,所得指标权重结果见表 3。

表 3 城市应急管理评估体系指标得分及权重

Tab.3 Index scores and weights of urban emergency management capability evaluation system

指标	权重	指标	权重	指标	得分	主观权重	客观权重	组合权重	指标	权重	指标	权重	指标	得分	主观权重	客观权重	组合权重				
A	0.129 0	A ₁	0.050 2	A ₁₁	90.9	0.615 4	0.016 9	0.026 8	C	0.177 2	C ₂	0.051 5	C ₂₁	81	0.449 5	0.009 5	0.017 2				
				A ₁₂	85.7	0.384 6	0.020 5	0.023 4					C ₂₂	82	0.321 1	0.018 7	0.020 4				
		A ₂	0.078 8	A ₂₁	85.6	0.316 9	0.015 0	0.018 2					C ₃	0.059 7	C ₂₃	80.5	0.229 4	0.012 1	0.013 9		
				A ₂₂	80.5	0.198 1	0.017 9	0.015 7			C ₃₁	84.5			0.397 2	0.009 2	0.015 9				
				A ₂₃	82.5	0.141 5	0.017 5	0.013 1			C ₃₂	78			0.248 2	0.010 7	0.013 6				
				A ₂₄	82.5	0.141 5	0.019 7	0.013 9			C ₃₃	82			0.177 3	0.018 7	0.015 1				
				A ₂₅	80.7	0.117 9	0.012 0	0.009 9			C ₃₄	77			0.177 3	0.018 7	0.015 1				
				A ₂₆	79.5	0.084 2	0.010 9	0.008 0													
		B	0.269 2	B ₁	0.057 8	B ₁₁	83.5	0.393 2			0.009 7	0.016 2	D	0.209 5	D ₁	0.040 7	D ₁₁	82	0.583 3	0.012 4	0.022 4
B ₁₂	81.7					0.280 8	0.018 9	0.019 2	D ₁₂	78.5	0.416 7	0.011 7					0.018 3				
B ₁₃	82.5					0.200 6	0.011 7	0.012 7	D ₂	0.052 3	D ₂₁	82			0.433 0	0.010 9	0.018 1				
B ₁₄	78					0.125 4	0.010 7	0.009 7			D ₂₂	81.5			0.309 3	0.019 7	0.020 5				
B ₂	0.061 5			B ₂₁	82	0.409 3	0.010 1	0.016 9	D ₃	0.062 0	D ₂₃	81.5			0.257 7	0.010 5	0.013 7				
				B ₂₂	81.5	0.255 8	0.019 7	0.018 7			D ₃₁	81.2			0.341 9	0.010 3	0.015 6				
				B ₂₃	82	0.182 7	0.018 7	0.015 4			D ₃₂	80.5			0.284 9	0.017 9	0.018 8				
				B ₂₄	82.5	0.152 3	0.010 5	0.010 5			D ₃₃	82.5			0.203 5	0.010 7	0.012 3				
B ₃	0.109 7			B ₃₁	83.5	0.250 1	0.018 8	0.018 0	D ₄	0.054 5	D ₃₄	79.5			0.169 6	0.020 0	0.015 3				
				B ₃₂	80.5	0.178 6	0.012 1	0.012 3			D ₄₁	83			0.433 0	0.012 8	0.019 6				
				B ₃₃	80.5	0.148 8	0.017 9	0.013 6			D ₄₂	76.5			0.309 3	0.019 7	0.020 5				
				B ₃₄	82	0.106 3	0.018 7	0.011 7			D ₄₃	82.5			0.257 7	0.011 7	0.014 4				
				B ₃₅	82	0.088 6	0.018 7	0.010 7			E ₁	0.074 3			E ₁₁	87.5	0.344 9	0.019 7	0.021 7		
				B ₃₆	83.5	0.063 3	0.034 9	0.012 4							E ₁₂	78.7	0.215 6	0.018 1	0.016 4		
				B ₃₇	83	0.052 7	0.008 7	0.005 6							E ₁₃	83.7	0.154 0	0.009 4	0.010 0		
				B ₃₈	79.5	0.037 7	0.035 9	0.009 7							E ₁₄	85	0.128 3	0.013 8	0.011 1		
				B ₃₉	79	0.031 4	0.012 3	0.005 2							E ₁₅	84.5	0.091 7	0.010 9	0.008 3		
				B ₃₁₀	80.5	0.026 2	0.017 9	0.005 7							E ₁₆	81.5	0.065 5	0.010 3	0.006 8		
				B ₃₁₁	70.7	0.016 3	0.020 3	0.004 8							E ₂	0.067 4	E ₂₁	81.5	0.377 4	0.019 7	0.022 7
B ₄₁	82.5			0.545 5	0.011 7	0.021 0	E ₂₂	75.5	0.269 6	0.012 1	0.015 1										
B ₄₂	83.5			0.454 5	0.011 7	0.019 2	E ₂₃	78	0.192 6	0.018 3	0.015 6										
							E ₂₄	81	0.160 5	0.017 8	0.014 0										
C	0.177 2			C ₁	0.066 0	C ₁₁	90.5	0.332 9	0.017 9	0.020 3	F	0.073 4			F ₁	0.037 3	F ₁₁	82	0.583 3	0.010 1	0.020 2
						C ₁₂	90.2	0.237 8	0.011 0	0.013 4							F ₁₂	82	0.416 7	0.010 1	0.017 1
						C ₁₃	79.5	0.169 8	0.010 9	0.011 3					F ₂	0.036 1	F ₂₁	83	0.583 3	0.008 7	0.018 7
						C ₁₄	81	0.141 5	0.012 0	0.010 8							F ₂₂	81.5	0.416 7	0.010 5	0.017 4
						C ₁₅	78	0.117 9	0.012 8	0.010 2											

3.2 城市应急管理评估

3.2.1 基于物元可拓模型应急管理评估

以指标 A₁ 为例进行计算,由式(4)确定经典域 R₁(A₁)、R₂(A₁)、R₃(A₁)、R₄(A₁)、R₅(A₁)、节域 R_p及待测

物元 R: $R_1(A_{11}) = \begin{bmatrix} A_1 & A_{11} & (90,100] \\ & A_{12} & (90,100] \end{bmatrix}$;

$$R_2(A_{11}) = \begin{bmatrix} A_1 & A_{11} & (80,90] \\ & A_{12} & (80,90] \end{bmatrix};$$

$$R_3(A_{11}) = \begin{bmatrix} A_1 & A_{11} & (70,80] \\ & A_{12} & (70,80] \end{bmatrix};$$

$$R_4(A_{11}) = \begin{bmatrix} A_1 & A_{11} & (60,70] \\ & A_{12} & (60,70] \end{bmatrix};$$

$$R_5(A_{11}) = \begin{bmatrix} A_1 & A_{11} & (0,60] \\ & A_{12} & (0,60] \end{bmatrix};$$

$$R_p = \begin{bmatrix} A_1 & A_{11} & (0,100] \\ & A_{12} & (0,100] \end{bmatrix};$$

$$R = \begin{bmatrix} A_1 & A_{11} & 90.9 \\ & A_{12} & 85.7 \end{bmatrix}。$$

根据式(5)一式(6)计算指标关联度,依据等级评判标准 A_{11} 等级为I, A_{12} 等级为II。同理,各指标计算结果见表4。其中,通过式(7)、式(8)计算等级偏向程度来确定指标 C_3 及 E_2 等级。

综合关联度 $K_z = [-0.003\ 7, 0.003\ 3, -0.001\ 1, -0.005\ 0, -0.006\ 9]$,其评价等级为II级。

表4 指标关联度

Tab.4 Index relevance

指标	关联度					等级	指标	关联度					等级
	$j=1$	$j=2$	$j=3$	$j=4$	$j=5$			$j=1$	$j=2$	$j=3$	$j=4$	$j=5$	
A	-0.002 0	0.001 6	-0.001 8	-0.004 1	-0.005 3	II	B_{37}	-0.291 7	0.300 0	-0.150 0	-0.433 3	-0.575 0	II
B	-0.006 5	0.003 7	-0.001 7	-0.008 0	-0.011 2	II	B_{38}	-0.338 7	-0.023 8	0.050 0	-0.316 7	-0.487 5	III
C	-0.002 6	0.008 6	-0.001 1	-0.004 5	-0.006 0	II	B_{39}	-0.343 8	-0.043 5	0.100 0	-0.300 0	-0.475 0	III
D	-0.003 6	0.001 3	-0.000 4	-0.004 1	-0.005 8	II	B_{310}	-0.327 6	0.050 0	-0.025 0	-0.350 0	-0.512 5	II
E	-0.003 0	0.001 5	-0.000 5	-0.004 0	-0.005 5	II	B_{311}	-0.397 1	-0.240 9	0.070 0	-0.023 3	-0.267 5	III
F	-0.000 8	0.000 6	-0.000 3	-0.001 1	-0.001 5	II	B_{41}	-0.300 0	0.250 0	-0.125 0	-0.416 7	-0.562 5	II
A_1	-0.003 0	0.007 7	-0.021 3	-0.031 0	-0.035 8	II	B_{42}	-0.282 6	0.350 0	-0.175 0	-0.450 0	-0.587 5	II
A_2	-0.023 4	0.016 0	-0.008 8	-0.032 3	-0.044 0	II	C_{11}	0.050 0	-0.050 0	-0.525 0	-0.683 3	-0.762 5	I
B_1	-0.017 8	0.011 3	-0.004 0	-0.022 7	-0.031 4	II	C_{12}	0.020 0	-0.020 0	-0.510 0	-0.673 3	-0.755 0	I
B_2	-0.019 0	0.011 9	-0.006 0	-0.024 5	-0.033 7	II	C_{13}	-0.338 7	-0.023 8	0.050 0	-0.316 7	-0.487 5	III
B_3	-0.034 5	0.016 8	-0.007 9	-0.040 9	-0.058 0	II	C_{14}	-0.321 4	0.100 0	-0.050 0	-0.366 7	-0.525 0	II
B_4	-0.011 7	0.012 0	-0.006 0	-0.017 4	-0.023 1	II	C_{15}	-0.352 9	-0.083 3	0.200 0	-0.266 7	-0.450 0	III
C_1	-0.009 6	0.001 3	-0.015 4	-0.033 2	-0.041 4	II	C_{21}	-0.321 4	0.100 0	-0.050 0	-0.366 7	-0.525 0	II
C_2	-0.016 4	0.006 5	-0.003 3	-0.019 3	-0.027 4	II	C_{22}	-0.307 7	0.200 0	-0.100 0	-0.400 0	-0.550 0	II
C_3	-0.019 1	0.007 3	0.002 2	-0.021 2	-0.030 6	II	C_{23}	-0.327 6	0.050 0	-0.025 0	-0.350 0	-0.512 5	II
D_1	-0.013 3	0.003 3	-0.000 4	-0.014 1	-0.020 8	II	C_{31}	-0.262 0	0.450 0	-0.225 0	-0.483 3	-0.612 5	II
D_2	-0.016 4	0.008 8	-0.004 4	-0.020 4	-0.028 3	II	C_{32}	-0.352 9	-0.083 3	0.200 0	-0.266 7	-0.450 0	III
D_3	-0.020 0	0.005 5	-0.002 2	-0.022 4	-0.032 3	II	C_{33}	-0.307 7	0.200 0	-0.100 0	-0.400 0	-0.550 0	II
D_4	-0.017 5	0.006 8	-0.002 4	-0.019 0	-0.027 8	II	C_{34}	-0.361 1	-0.115 4	0.300 0	-0.253 3	-0.425 0	III
E_1	-0.019 2	0.018 5	-0.013 0	-0.034 2	-0.044 2	II	D_{11}	-0.307 7	0.200 0	-0.100 0	-0.400 0	-0.550 0	II
E_2	-0.022 8	0.001 2	0.007 5	-0.020 8	-0.032 4	II	D_{12}	-0.348 5	-0.065 2	0.100 0	-0.283 3	-0.462 5	III
F_1	-0.011 5	0.007 5	-0.003 7	-0.015 0	-0.020 5	II	D_{21}	-0.307 7	0.200 0	-0.100 0	-0.400 0	-0.550 0	II
F_2	-0.010 9	0.008 2	-0.004 1	-0.014 8	-0.020 1	II	D_{22}	-0.314 8	0.150 0	-0.075 0	-0.383 3	-0.537 5	II
A_{11}	0.090 0	-0.090 0	-0.545 0	-0.696 7	-0.772 5	I	D_{23}	-0.314 8	0.150 0	-0.075 0	-0.383 3	-0.537 5	II
A_{12}	-0.231 2	0.430 0	-0.285 0	-0.523 3	-0.642 5	II	D_{31}	-0.318 8	0.120 0	-0.060 0	-0.373 3	-0.530 0	II
A_{21}	-0.234 0	0.440 0	-0.280 0	-0.520 0	-0.640 0	II	D_{32}	-0.327 6	0.050 0	-0.025 0	-0.350 0	-0.512 5	II
A_{22}	-0.327 6	0.050 0	-0.025 0	-0.350 0	-0.512 5	II	D_{33}	-0.300 0	0.250 0	-0.125 0	-0.416 7	-0.562 5	II
A_{23}	-0.300 0	0.250 0	-0.125 0	-0.416 7	-0.562 5	II	D_{34}	-0.338 7	-0.023 8	0.050 0	-0.316 7	-0.487 5	III
A_{24}	-0.300 0	0.250 0	-0.125 0	-0.416 7	-0.562 5	II	D_{41}	-0.291 7	0.300 0	-0.150 0	-0.433 3	-0.575 0	II
A_{25}	-0.325 2	0.070 0	-0.035 0	-0.356 7	-0.517 5	II	D_{42}	-0.364 8	-0.129 6	0.350 0	-0.216 7	-0.412 5	III
A_{26}	-0.338 7	-0.023 8	0.050 0	-0.316 7	-0.487 5	III	D_{43}	-0.300 0	0.250 0	-0.125 0	-0.416 7	-0.562 5	II
B_{11}	-0.282 6	0.350 0	-0.175 0	-0.450 0	-0.587 5	II	E_{11}	-0.166 7	0.250 0	-0.375 0	-0.583 3	-0.687 5	II
B_{12}	-0.312 0	0.170 0	-0.085 0	-0.390 0	-0.542 5	II	E_{12}	-0.346 6	-0.058 3	0.130 0	-0.290 0	-0.467 5	III
B_{13}	-0.300 0	0.250 0	-0.125 0	-0.416 7	-0.562 5	II	E_{13}	-0.278 8	0.370 0	-0.185 0	-0.456 7	-0.592 5	II
B_{14}	-0.352 9	-0.083 3	0.200 0	-0.266 7	-0.450 0	III	E_{14}	-0.250 0	0.500 0	-0.250 0	-0.500 0	-0.625 0	II
B_{21}	-0.307 7	0.200 0	-0.100 0	-0.400 0	-0.550 0	II	E_{15}	-0.262 0	0.450 0	-0.225 0	-0.483 3	-0.612 5	II
B_{22}	-0.314 8	0.150 0	-0.075 0	-0.383 3	-0.537 5	II	E_{16}	-0.314 8	0.150 0	-0.075 0	-0.383 3	-0.537 5	II
B_{23}	-0.307 7	0.200 0	-0.100 0	-0.400 0	-0.550 0	II	E_{21}	-0.314 8	0.150 0	-0.075 0	-0.383 3	-0.537 5	II
B_{24}	-0.300 0	0.250 0	-0.125 0	-0.416 7	-0.562 5	II	E_{22}	-0.371 8	-0.155 2	0.450 0	-0.183 3	-0.387 5	III

续表 4

指标	关联度					等级	指标	关联度					等级
	$j=1$	$j=2$	$j=3$	$j=4$	$j=5$			$j=1$	$j=2$	$j=3$	$j=4$	$j=5$	
B_{31}	-0.282 6	0.350 0	-0.175 0	-0.450 0	-0.587 5	Ⅱ	E_{23}	-0.352 9	-0.083 3	0.200 0	-0.266 7	-0.450 0	Ⅲ
B_{32}	-0.327 6	0.050 0	-0.025 0	-0.350 0	-0.512 5	Ⅱ	E_{24}	-0.321 4	0.100 0	-0.050 0	-0.366 7	-0.525 0	Ⅱ
B_{33}	-0.327 6	0.050 0	-0.025 0	-0.350 0	-0.512 5	Ⅱ	F_{11}	-0.307 7	0.200 0	-0.100 0	-0.400 0	-0.550 0	Ⅱ
B_{34}	-0.307 7	0.200 0	-0.100 0	-0.400 0	-0.550 0	Ⅱ	F_{12}	-0.307 7	0.200 0	-0.100 0	-0.400 0	-0.550 0	Ⅱ
B_{35}	-0.307 7	0.200 0	-0.100 0	-0.400 0	-0.550 0	Ⅱ	F_{21}	-0.291 7	0.300 0	-0.150 0	-0.433 3	-0.575 0	Ⅱ
B_{36}	-0.282 6	0.350 0	-0.175 0	-0.450 0	-0.587 5	Ⅱ	F_{22}	-0.314 8	0.150 0	-0.075 0	-0.383 3	-0.537 5	Ⅱ

3.2.2 基于云模型应急管理能力评估

根据式(9) 计算标准云数字特征参数,取 $H_e = 0.5$ 。则各等级云数字特征参数有Ⅰ级 = (95, 1.666 7,0.5)、Ⅱ级 = (85, 1.666 7,0.5)、Ⅲ级 = (75,1.666 7,0.5)、Ⅳ级 = (65,1.666 7,0.5)、Ⅴ级 = (30,10,0.5),标准云如图 3 所示。

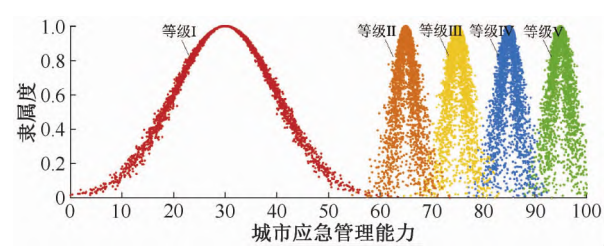


图 3 标准云
Fig.3 Standard cloud

在专家打分的基础上,通过式(10) 计算各评价

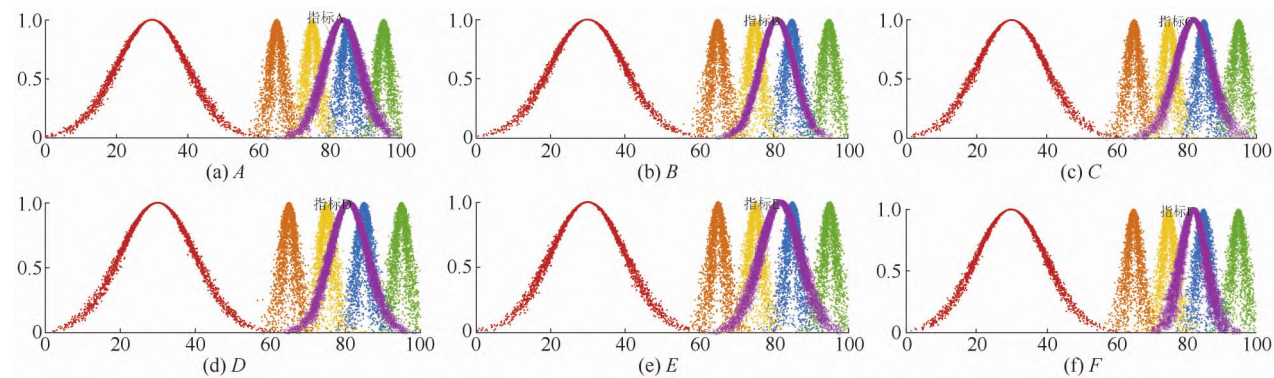


图 4 一级指标云
Fig.4 Cloud map of the first-level indicators

综合云数字特征为云模型参数(E_x 、 E_n 、 H_e) = (82.070 0, 4.792 1,0.707 4)。综合云图如图 5 所示。综合评价等级为Ⅱ级。

3.3 结果分析及对策建议

3.3.1 结果分析

2 种模型得到 A 市 2021 年度综合应急管理能力评价结果均为Ⅱ级良好水平,且大多指标项为Ⅱ级。一级指标中 A、F 完成度较高,B、D 相对较差;

指标云数字特征,结果见表 5。利用式(11) 计算一、二级指标评价云数字特征,结果见表 6。生成的一级指标评价云图如图 4 所示。

表 5 三级指标云数字特征计算结果

Tab.5 Cloud digital features of third-level indicators			
三级指标	E_x	E_n	H_e
A_{11}	90.9	3.6346	0.8169
A_{12}	85.7	4.3114	1.2108
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
F_{21}	83.0	3.5093	0.3047
F_{22}	81.5	3.5093	0.9624

一级指标评价结果等级均为Ⅱ级,通过各指标云与标准云相对位置及相似度对比,一级指标评价结果有: $A > F > C > E > B > D$ 。同理,二级指标中指标 A_1 、 E_1 、 C_2 的完成度最高,指标 C_3 、 D_1 、 D_2 、 D_4 、 E_2 的完成度较差。

二级指标中 A_1 、 C_2 、 E_1 完成度较好,而 C_3 、 D_1 、 D_2 、 D_4 、 E_2 相对有所欠缺;三级指标 A_{11} 、 C_{11} 、 C_{12} 为Ⅰ级优秀水平,而指标 A_{26} 、 B_{14} 、 B_{38} 、 B_{39} 、 B_{311} 、 C_{13} 、 C_{15} 、 C_{32} 、 D_{12} 、 D_{34} 、 D_{42} 、 E_{12} 、 E_{22} 、 E_{23} 为Ⅲ级一般水平,是改善加强的重点。

3.3.2 对策建议

1) 提升应急管理基础建设及监管执法投入。加强基层应急能力建设,完善公共互动信息平台建

表6 一、二级指标云模型数字特征参数

Tab.6 Digital characteristic parameters of first-level and second-level indexes in cloud model

指标	E_x	E_n	H_e
A	83.487 5	5.096 4	0.487 8
B	81.161 9	4.610 5	0.270 0
C	82.016 7	5.096 5	0.466 2
D	80.933 3	5.081 5	0.382 6
E	81.69	5.426 7	0.458 8
F	82.125	3.636 8	0.550 5
A ₁	88.3	2.819 5	0.730 3
A ₂	81.883 3	2.211 0	0.603 1
B ₁	81.425	2.150 6	0.509 0
B ₂	82	2.515 2	0.553 7
B ₃	80.427 3	1.376 4	0.423 9
B ₄	83	3.237 5	0.585 0
C ₁	83.84	2.236 7	0.604 6
C ₂	81.166 7	3.046 0	0.537 0
C ₃	80.375	2.538 7	1.007 0
D ₁	80.25	3.195 3	0.375 1
D ₂	81.666 7	2.872 6	0.452 0
D ₃	80.925	2.825 0	0.984 5
D ₄	80.666 7	2.729 6	0.593 3
E ₁	83.483 3	2.309 9	0.671 3
E ₂	79	2.530 0	0.549 4
F ₁	82	2.658 7	0.978 5
F ₂	82.25	2.481 4	0.504 7

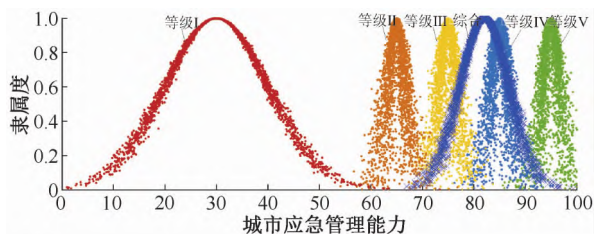


图5 综合云图

Fig.5 Comprehensive cloud map

设,引导民众参与城市应急管理工作,进一步加强安

全培训及执法检查。

2) 加强应急管理信息化建设。大力推进应急指挥中心、网格化社区以及应急管理综合应用平台的建设,利用大数据、云计算等手段服务应急工作,依托大数据平台作出更快、更准、更全、更精的应急响应。

3) 加大基础设施风险防控力度,进一步落实完善桥梁隧道、城市户外设施、排洪防涝设施及老旧房屋等风险防控工作,加强风险分级管控及隐患排查治理。

4) 强化应急救援能力提升。优化应急管理综合应用平台,完善应急救援物资装备储备,提升应急物资供应调拨能力,加强专业应急救援队伍组建和基地的建设。

5) 推进应急管理产学研融合建设。推进应急管理产教融合基地、科教基地建设,与高校联合成立安全发展科技创新平台,培养应急管理专业人才,加强安全科技成果推广应用,同时深化应急管理国际合作,吸取国际经验。

4 结 论

1) 基于安全发展理念分析城市应急管理能力影响因素,构建起较为全面的城市应急管理能力评估指标体系。

2) 依据城市应急管理评价的特点,构建组合赋权-物元可拓模型和组合赋权-云模型的综合评价模型,该模型满足评价要求,同时,使评估结果更科学合理,有助于提高评价工作的准确性和科学性。

3) 以A市为例开展体系模型的应用研究,得到A市的应急管理能力为Ⅱ级良好水平,验证了指标体系及评估模型的科学性和有效性。文中所提模型可为城市应急管理能力提升提供理论参考,为进一步的城市应急管理研究提供思路。

参 考 文 献

- [1] 韩自强. 应急管理能力: 多层次结构与发展路径 [J]. 中国行政管理, 2020(3): 137-142.
HAN Ziqiang. A multi-level framework of developing emergency management capacities [J]. Chinese Public Administration, 2020(3): 137-142.
- [2] 邓云峰, 郑双忠, 刘功智, 等. 城市应急能力评估体系研究 [J]. 中国安全生产科学技术, 2005, 1(6): 33-36.
DENG Yunfeng, ZHENG Shuangzhong, LIU Gongzhi, et al. Study on city emergency capability assessment system [J]. Journal of Safety Science and Technology 2005, 1(6): 33-36.
- [3] 郑双忠, 邓云峰. 城市突发公共事件应急能力评估体系及其应用 [J]. 辽宁工程技术大学学报: 自然科学版, 2006, 25(6): 943-946.
ZHENG Shuangzhong, DENG Yunfeng. Capability assessment system for urban emergency incident readiness and its application [J]. Journal of Liaoning Technical University: Natural Science, 2006, 25(6): 943-946.
- [4] 郑芳, 刘吉夫. 玉树地震中政府的应急准备研究 [J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2011, 47(5): 528-532.

- DENG Fang, LIU Jifu. Government emergency preparedness: analysis of response to the Yushu earthquake [J]. Journal of Beijing Normal University: Natural Science, 2011, 47(5): 528-532.
- [5] 陈升, 孟庆国, 胡鞍钢. 政府应急能力及应急管理绩效实证研究: 以汶川特大地震地方县市政府为例 [J]. 中国软科学, 2010(2): 169-178.
- CHEN Sheng, MENG Qingguo, HU An'gang. Empirical study on government emergency management capacity and its performance: local government in Wenchuan earthquake [J]. China Soft Science, 2010(2): 169-178.
- [6] 李湖生. 非常规突发事件应急准备体系的构成及其评估理论与方法研究 [J]. 中国应急管理, 2013(8): 13-21.
- LI Husheng. Research of composition of emergency preparedness system for unconventional emergencies and its evaluation theory and method [J]. China Emergency Management, 2013(8): 13-21.
- [7] 门永生, 朱朝阳, 于振, 等. 电网基础设施突发事件应急能力指标体系构建及评价 [J]. 安全与环境学报, 2014, 14(3): 84-87.
- MEN Yongsheng, ZHU Chaoyang, YU Zhen, et al. On the evaluation of the emergency response capability of the power grid infrastructure facing the unexpected accidents [J]. Journal of Safety and Environment, 2014, 14(3): 84-87.
- [8] 程蕊. 乡镇基层政府应急准备现状及优化路径: 基于福建省部分乡镇的实证分析 [J]. 中共福建省委党校(福建行政学院)学报, 2020(1): 113-119.
- CHENG Rui. The status of emergency preparedness for the township governments and its optimization path [J]. Journal of Fujian Provincial Committee Party School of CPC(Fujian Academy of Governance), 2020(1): 113-119.
- [9] 徐淑华, 陈建新, 祁慧. 基层网格化应急治理: 主要问题及改进路径 [J]. 中国安全科学学报, 2021, 31(1): 8-17.
- XU Shuhua, CHEN Jianxin, QI Hui. Grassroots grid emergency governance: main challenges and improvement paths [J]. China Safety Science Journal, 2021, 31(1): 8-17.
- [10] 吴晔欣. S 市政府安全生产应急管理能力评价及提升对策研究 [J]. 石家庄: 河北科技大学, 2021.
- WU Yexin. Study on evaluation and improvement of emergency management ability of safety production in S municipal government [J]. Shijiazhuang: Hebei University of Science & Technology, 2021.
- [11] TU Shiyu, HUANG Guangwei. Study of urban community emergency management in Huizhou, China [J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022, 973(1): DOI: 10.1088/1755-1315/973/1/012015.
- [12] 庄国波, 景步阳. 人工智能时代城市的“韧性”与应急管理 [J]. 南京邮电大学学报: 社会科学版, 2019, 21(4): 20-30.
- ZHUANG Guobo, JING Buyang. Resilience and emergency management of cities in the artificial intelligence era [J]. Journal of Nanjing University of Posts and Telecommunications: Social Science Edition, 2019, 21(4): 20-30.
- [13] REGESTER M. Crisis management [M]. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1989: 99-109.
- [14] PIRAINA M, TRUCCO P. Emergency management capabilities of interdependent systems: framework for analysis [J]. Environment Systems and Decisions, 2022, 42(2): 149-176.
- [15] BUKHOREE S, ANANT C. A proof-of-concept and feasibility analysis of using social sensors in the context of causal machine learning-based emergency management [J]. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 2022, 13(8): 3 747-3 763.
- [16] AMAYE A, NEVILLE K, POPE A. BigPromises: using organisational mindfulness to integrate big data in emergency management decision making [J]. Journal of Decision Systems, 2016, 25(1): 76-84.
- [17] 刘伟. 城市安全发展重点问题思考与对策 [J]. 现代职业安全, 2022(6): 73-75.
- [18] 黄毅. 构建应急管理新格局之管见 [J]. 中国应急管理科学, 2022(3): 10-18.
- HUANG Yi. Views on constructing a new pattern of emergency management [J]. Journal of China Emergency Management Science, 2022(3): 10-18.
- [19] 朱相莉. 总体国家安全观指导下的新时代应急管理体系建设 [J]. 新丝路, 2020(2): 156-159.
- [20] 裴兴旺, 李慧民, 李文龙, 等. 基于熵权物元可拓的桥梁检测作业危险性评价 [J]. 中国安全科学学报, 2019, 29(8): 42-48.
- PEI Xingwang, LI Huimin, LI Wenlong, et al. Risk assessment of bridge detection operation based on entropy weight and matter-element extension theory [J]. China Safety Science Journal, 2019, 29(8): 42-48.
- [21] 叶琼, 李绍隐, 张友华, 等. 云模型及应用综述 [J]. 计算机工程与设计, 2011, 32(12): 4 198-4 201.
- YE Qiong, LI Shaoyin, ZHANG Youhua, et al. Cloud model and application overview [J]. Computer Engineering and Design, 2011, 32(12): 4 198-4 201.



作者简介: 程方明 (1982—), 男, 辽宁本溪人, 博士, 副教授, 主要从事城市公共安全、应急管理以及气体粉尘爆炸防控等方面的研究。E-mail: chengfm@xust.edu.cn。