

中文引用格式:吴翊鸣,申霞.数智赋能应急管理体系和能力现代化建设影响因素分析:基于 DEMATEL-ISM 方法[J].中国安全科学学报,2025,35(11):236-244.

英文引用格式:WU Yiming, SHEN Xia. Analysis of influencing factors on digital intelligence empowering emergency management system and capacity modernization: based on DEMATEL-ISM method[J]. China Safety Science Journal, 2025, 35(11): 236-244.

数智赋能应急管理体系和能力现代化建设 影响因素分析:基于 DEMATEL-ISM 方法*

吴翊鸣,申霞**教授

(河南理工大学 应急管理学院,河南 焦作 454003)

中图分类号:X915.2

文献标志码:A

DOI: 10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2025.11.0259

基金项目:国家社会科学基金资助(24BZZ032);河南理工大学国家级重点类培育项目(GSKZD2023-01)。

【摘要】 为探究应急管理体系与能力现代化建设进程中数智赋能所发挥的作用,明确关键影响因素并梳理因素间的关系。利用 Citespace 软件聚类分析国内外相关文献,借助 Nvivo12plus 软件从环境、机制、技术、数据 4 方面识别 16 项影响因素;利用决策试验与评价试验量(DEMATEL)模型计算识别出 16 项影响因素,确定各因素间的影响度、被影响度、中心度和原因度;应用解释结构模型(ISM)分析影响因素的层次结构,确定其内在逻辑关系和层级结构,并将 2 种模型结合,识别出关键因素。结果表明:政治法律、文化意识、需求供应、管理策略与规划、管理者关注与支持 5 个因素在影响度、被影响度、中心度以及原因度等指标中排名前列,是推动应急管理体系现代化建设的 key 影响因素。

【关键词】 数智赋能; 应急管理体系; 能力现代化建设; 影响因素; 决策试验与评价实验室(DEMATEL); 解释结构模型(ISM)

Analysis of influencing factors on digital intelligence empowering emergency management system and capacity modernization: based on DEMATEL-ISM method

WU Yiming, SHEN Xia

(School of Emergency Management, Henan Polytechnic University, Jiaozuo Henan 454003, China)

Abstract: In order to explore the role of intelligent and digital empowerment in the modernization of emergency management systems and capacities, this study identified the key influencing factors and clarifies their interrelationships. CiteSpace was applied to cluster and analyze relevant domestic and international literature, while NVivo12plus, combined with expert consultations, was used to identify 16 influencing factors from four dimensions: environment, mechanism, technology, and data. DEMATEL method was employed to calculate the influence, dependence, centrality, and causality of each factor, and ISM was used to construct a hierarchical structure and reveal their internal logical relationships. By integrating the DEMATEL and ISM models, five key factors were identified, namely political and legal frameworks, cultural awareness, demand and supply, management strategies and planning, and managerial attention and support, which rank highest in multiple indicators and play a significant role in

* 文章编号:1003-3033(2025)11-0236-09; 收稿日期:2025-06-11; 修稿日期:2025-08-20

** 通信作者:申霞(1972—),女,河南焦作人,博士,教授,主要从事重大突发事件预防和应对等方面的研究。E-mail: shenxia0627@126.com。

promoting modernization.

Keywords: digital intelligence empowerment; emergency management system; modernization of capabilities construction; influencing factors; decision-making trial and evaluation laboratory (DEMATEL); interpretive structural modeling (ISM)

0 引言

近年来,数智赋能应急管理正在促使突发事件防控与应急处置在方法与手段上掀起变革浪潮。在应急管理体系和能力现代化建设中,数智赋能具有重要意义。它通过智能技术推动风险识别精准化、资源调度动态化和决策科学化,突破传统治理模式局限,显著提升应急响应效率和社会韧性,为构建协同高效的现代应急治理体系提供技术支撑。

现有研究主要围绕 3 个方向展开。一是行为方式视角。已有研究探讨 5G、人工智能、大数据、区块链等技术在应急管理中的应用,认为数智技术通过程序化思维、标准化流程和数字化手段推动应急管理流程再造,实现管理方式系统化、过程精细化、行为规范化和主体协同化,不仅优化了部门间的整合机制,也拓展了政府与社会协同共治的空间^[1-3]。二是协同治理视角。认为数智技术通过情报集成、智析、研判、转化、更新机制构建数智赋能的现代化应急情报协同体系^[4]。通过加强面向智慧应急管理的数智平台建设、面向协同决策的应急情报和基于数据的应急管理风险评估有助于优化情报协同,从而提升政府应急能力^[5]。三是战略研究视角。战略研究侧重于制度与机制创新,认为应强化顶层设计和多元参与,完善平台建设、数据安全和人才培养机制^[6],同时推进自主知识建构和学科交叉研究,优化平台应用、数据获取与更新、信息交互与呈现等环节,为数智赋能应急管理提供战略支撑^[7]。

当前研究奠定了数智赋能应急管理体系和能力现代化建设研究的基础,但尚存在以下问题:①已有研究主要集中在数智技术赋能应急管理的成效方面,缺乏数智技术赋能建设的系统性研究;②缺少对数智技术赋能应急管理体系与能力建设中因果关系复杂性的深入研究。鉴于此,笔者拟通过文献聚类分析提取数智赋能应急管理体系和能力现代化建设的影响因素,运用决策试验与评价实验室方法 (Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory, DEMATEL) 与解释结构模型 (Interpretive Structural Modeling, ISM) 梳理和分层影响因素,找出关键影响因素,厘清各影响因素间的层级关系,揭示数智赋

能政府应急体系和能力现代化建设的运作机制,以期为推动应急管理体系和能力现代化建设提供理论支撑与决策依据。

1 影响因素识别

首先,利用 CiteSpace 软件聚类分析近年来有关数智赋能与应急管理的文献的关键词,通过聚类结果得到主要研究方向;然后,利用 Nvivo12 软件编码处理收集到的文献,归纳出主要影响因素;最后,利用 DEMATEL-ISM 模型处理关键因素,得出层级结构并分析要素间关系 (图 1)。

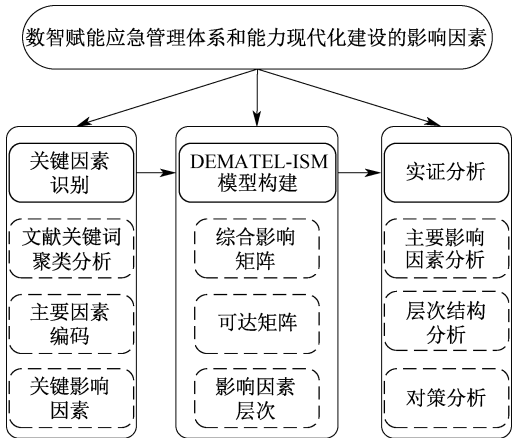


图 1 技术路线
Fig. 1 Technical roadmap

以中国知网 (China National Knowledge Infrastructure, CNKI) 和 Web of Science 作为主要数据源。在 CNKI 数据库中,使用关键词智慧应急、数智应急、数字应急、数智赋能应急,限定期刊来源类别为北京大学图书馆中文核心期刊要目总览、中文社会科学引文索引 (Chinese Social Sciences Citation Index, CSSCI)、中国科学引文数据库 (Chinese Science Citation Database, CSCD)。在 Web of Science 核心合集中,以 smart emergency, intelligent emergency, digital emergency 为关键词。文献发表年度均为 2015—2025 年,共检索出中文论文 23 篇,英文论文 6 884 篇,剔除重复和与研究内容无关的文献,最终获得中文文献 223 篇,英文文献 91 篇。

在影响因素的识别过程中,为定性研究和分析大量文本文件,利用 CiteSpace 构建关键词聚类知识

图谱(图2)。

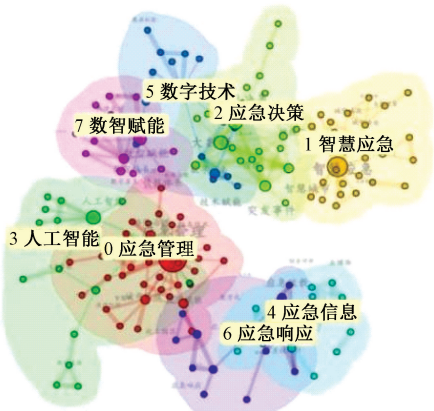


图2 聚类分析图谱
Fig. 2 Cluster analysis chart

结果显示,聚类模块值(Q 值)为0.753 9;聚类平均轮廓值(S 值)为0.916 4。模块值表示网络图谱模块化的评价指标, Q 值大于0.3表示社团结构显著;平均轮廓值是衡量网络同质性的指标, S 值为0.7,认为聚类是高效率并令人信服的^[8]。因此,文中数智赋能相关关键词聚类图谱结构显著,结果可靠。通过观察图谱,发现有关数智赋能与应急管理的文献,研究关键词主要聚焦于智慧应急、应急决策、数字技术、应急信息等方面,为下一步利用Nvivo开展关键因素编码提供分类依据。

通过Nvivo12plus软件编码314篇文献,整理得出数智赋能应急管理体系与能力现代化建设的18个影响因素,见表1。

表1 关键影响因素及其释义

Table 1 Key influencing factors and their interpretations

维度	影响因素	因素释义	维度	影响因素	因素释义
环境 C_1	政治法律 F_1	数智应急的政治体制、政府政策、法律法规等 ^[9]	技术 C_3	硬件建设 F_9	信息采集、存储、处理过程中所需的基础设施(如传感器、存储服务器、计算器等)建设 ^[17-18]
	文化意识 F_2	应急管理领域与数智有关的价值观、语言文化、教育水平以及对数智意识的探讨、培养 ^[10]		技术交流 F_{10}	以大数据、云计算、物联网、人工智能为代表的新型数智技术的讨论 ^[19]
	需求供应 F_3	需求方对数据或服务的需求现状以及数据资源供给方提供数据或服务的能力 ^[11]		信息共享 F_{11}	应急系统内打破信息壁垒,提升纵横传递效率,以及畅通应急系统与外界交互渠道 ^[20]
机制 C_2	管理策略与规划 F_4	为实现数智应急长期目标的顶层设计,包含为适应数智化趋势,对应急管理体制和工作机制建设的思考 ^[12]		系统应用 F_{12}	用于数据操作、管理系统及信息交互的平台,如“互联网+执法”、应急管理“一张图”“天眼”卫星监测系统应用系统等 ^[4]
	管理者关注与支持 F_5	组织管理层对于数智赋能的重视及资源支持,如人力、财力支持等 ^[13]	数据 C_4	技术效果 F_{13}	对数智技术嵌入应急管理后,是否可以面向实际的应急管理需求提供相应的功能进行评估并为改进提供依据 ^[21]
	持续监督反馈提升 F_6	在数智赋能进程中,持续发现和纠正问题,建立反馈和持续提升改进机制 ^[14]		数据采集 F_{14}	运用各种手段与技术对风险、突发事件等对象的数据收集与生产 ^[22]
	职业素养提升 F_7	在数智赋能进程中,各阶段相关人员能力提升 ^[15]		数据整理 F_{15}	对收集的数据按照固定的格式,进行分类的整理与存储,并组建数据库以供便捷查阅 ^[23]
	多元主体合作 F_8	实现政府、企业、社会之间的协调与合作 ^[16]		数据分析 F_{16}	利用大数据、云计算、人工智能等数智技术,对数据进行深度的分析,挖掘内在价值,提供智力支持 ^[24]

2 基于DEMATEL-ISM法的分析模型构建

DEMATEL和ISM是进行复杂系统因素关系研究的重要工具。DEMATEL的优势在于可通过系统因素间的逻辑关系构建直接影响矩阵,计算出各因

素间的影响度、被影响度、中心度、原因度,绘制出系统因素区域图;利用选定阈值定量计算出可达矩阵,揭示系统因素间的因果关系,并识别系统关键因素^[25],但该方法难以确定系统因素的内在结构与相互作用逻辑。ISM恰好弥补了这一不足,它将复杂系统分解为若干子系统要素,通过布尔逻辑运算,以

简洁的层次化拓扑图揭示复杂系统的层级结构关系及系统内在关联机制^[26]。

2.1 直接影响矩阵

根据德尔菲专家调查法成立专家组。通过问卷评估量化评审者语言,按影响力大小分为 5 个级别,使用 0—4 表示等级,分别表示没有影响、影响较低、影响低、影响高、影响很高。

建立直接影响矩阵。统计和分析调查结果,并将语义变量转化为对应评分。将专家问卷评价结果转化为 $n \times n$ 矩阵, a_{ij} 表示第 i 个因素对第 j 个因素的直接影响程度,其中, $i=1,2,\cdots,n$ 表示影响方因素编号, $j=1,2,\cdots,n$ 表示受影响方因素编号, n 为影响因素总数。

设 Y 为参与评分专家人数,并对 Y 个专家的评估结果取平均数,得到原始直接影响矩阵。随后,按照行最大值法规范化处理原始矩阵,得到规范直接影响矩阵 B 。

2.2 综合影响矩阵

依据下式,运算规范直接影响矩阵 B ,得到综合影响矩阵 T , I 为单位矩阵, k 为规范化直接影响矩阵 B 的幂次。

$$T = (B + B^2 + \cdots + B^k) = \sum_{k=1}^{\infty} B^k = B(I - B)^{-1} \tag{1}$$

2.3 要素属性计算

要素属性依据以下 5 个公式计算。影响度 D_i 表示各行因素对其他所有因素的综合作用;被影响度 C_i 表示各列因素受其他因素的综合影响;中心度 M_i 反映的是因素在评价体系中的地位及作用大小;原因度 R_i 用于判断因素属于原因因素或结果因素;权重 W_i 则表示各因素的重要性。

$$D_i = \sum_{j=1}^n x_{ij}, (i = 1, 2, \cdots, 16) \tag{2}$$

$$C_i = \sum_{i=1}^n x_{ji}, (j = 1, 2, \cdots, 16) \tag{3}$$

$$M_i = D_i + C_i \tag{4}$$

$$R_i = D_i - C_i \tag{5}$$

$$W_i = \frac{M_i}{\sum_{j=1}^n M_j}, (i = 1, 2, \cdots, 16) \tag{6}$$

2.4 计算可达矩阵

计算整体影响矩阵 $H = T + I$, T 为综合影响矩阵, I 为单位矩阵,在矩阵中令小于阈值 λ 的数为 0,

其他为 1,得到可达矩阵, λ 的取值方法为中均值和标准差之和。

$$H_{ij} = \begin{cases} 1 & h_{ij} \geq \lambda (i, j = 1, 2, \cdots, n) \\ 0 & h_{ij} < \lambda (i, j = 1, 2, \cdots, n) \end{cases} \tag{7}$$

2.5 划分影响因素层次

根据可达矩阵计算可达集:

$$O_i = \{f_i \mid F_{ij} = 1\} \tag{8}$$

前因集:

$$P_i = \{f_i \mid F_{ji} = 1\} \tag{9}$$

交集:

$$Q = R_i \cap S_i \tag{10}$$

可达集合表示从某个因素出发能够到达的所有因素,先行集合则表示能影响该因素的所有因素。当可达集合 $R_i = \{f_i \mid F_{ij} = 1\}$ 与前因集 $S_i = \{f_i \mid F_{ji} = 1\}$ 相等时,说明该因素属于首层。接着,将已划分的因素从矩阵中删去,重新计算剩余因素的可达集合和先行集合,并重复此过程,直到所有因素都被分配到不同层级中,最终形成完整的因素层级结构。

3 基于 DEMATEL-ISM 的实证分析

3.1 基于 DEMATEL 方法的关键要素分析

以表 1 中的 16 个影响要素为依据,根据德尔菲专家调查法成立专家小组。根据目前使用与研究 DEMATEL 方法的经验来看,专家小组成员数量在 5~7 人最为适宜。因专家打分是文中的基础工作,对整个研究的结果起决定性因素,在专家遴选上应尤为注重。因此,通过邀请应急管理方面专家与应急领域工作人员组建研讨组,应急管理专家的确定从省级应急管理实验室与安全与应急管理研究中心选择近年来在数智、应急能力方面有研究成果的专家教授,共 5 人;应急领域工作人员由地方政府应急管理局推荐,共 3 人,对因素间关系强弱打分。为提高因果链条分析的可靠性,将 8 名专家随机分为 A、B 等 2 组,分别独立完成直接影响矩阵评分,并基于各自数据计算影响度 D 、被影响度 C 、中心度 M 、原因度 R 及权重 W 。采用双样本 Kolmogorov-Smirnov 检验对 2 组结果进行一致性分析,中心度和原因度的 p 值分别为 0.473 和 0.879,均大于显著性水平 $\alpha=0.05$,表明 2 组数据分布无显著差异,专家认知一致性较高。因此,可将 2 组数据取均值用于后续 DEMATEL-ISM 的计算,无需担心因专家主观差异导致的模型偏差。根据式(1)一式(6),得到各要素的 D 、 C 、 M 、 R 、 W ,计算结果见表 2。

表 2 各要素 DEMATEL 的指标计算结果

Table 2 Calculation results of DEMATEL indicators for each element

因素	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>M</i>	<i>R</i>	<i>W</i>	因素属性	因素	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>M</i>	<i>R</i>	<i>W</i>	因素属性
<i>F</i> ₁	1.428	0.362	1.790	1.066	0.117	原因	<i>F</i> ₉	0.234	0.575	0.808	-0.341	0.053	结果
<i>F</i> ₂	0.722	0.254	0.976	0.468	0.064	原因	<i>F</i> ₁₀	0.091	0.439	0.530	-0.348	0.035	结果
<i>F</i> ₃	0.576	0.524	1.100	0.051	0.072	原因	<i>F</i> ₁₁	0.182	0.423	0.604	-0.241	0.040	结果
<i>F</i> ₄	1.255	0.599	1.855	0.656	0.121	原因	<i>F</i> ₁₂	0.401	0.422	0.823	-0.021	0.054	结果
<i>F</i> ₅	1.032	0.659	1.691	0.374	0.111	原因	<i>F</i> ₁₃	0.331	0.442	0.773	-0.111	0.051	结果
<i>F</i> ₆	0.371	0.513	0.884	-0.141	0.058	结果	<i>F</i> ₁₄	0.165	0.501	0.666	-0.335	0.044	结果
<i>F</i> ₇	0.387	0.356	0.743	0.032	0.049	原因	<i>F</i> ₁₅	0.087	0.526	0.613	-0.439	0.040	结果
<i>F</i> ₈	0.176	0.465	0.641	-0.289	0.042	结果	<i>F</i> ₁₆	0.199	0.580	0.779	-0.380	0.051	结果

3.2 多层递阶结构模型分析

依据式(7)计算整体影响矩阵 *H*,并通过选取适当的修正因子 λ 剔除要素之间较弱的影响关系。随后,依照式(8)一式(10)分别求得信息要素的可达集 *O*、先行集 *P*、交集 *Q*,见表3。

表 3 可达集、前因集和交集

Table 3 Reachability set, antecedent set and intersection

因素	<i>O</i>	<i>P</i>	<i>Q</i>	因素	<i>O</i>	<i>P</i>	<i>Q</i>
<i>F</i> ₁	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16	1,2,4,5	1,2,4,5	<i>F</i> ₉	9	1,3,4,5,9	9
<i>F</i> ₂	1,2,5,6,7,8	1,2	1,2	<i>F</i> ₁₀	10	1,3,4,10	10
<i>F</i> ₃	3,4,5,9,10	1,3,4,5,6	3,4,5	<i>F</i> ₁₁	11	1,4,5,11	11
<i>F</i> ₄	1,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,14,15,16	1,3,4,5,13	1,3,4,5	<i>F</i> ₁₂	12,15,16	1,4,5,12	12
<i>F</i> ₅	1,3,4,5,6,8,9,11,12,14,15,16	1,2,3,4,5	1,3,4,5	<i>F</i> ₁₃	4,13	1,13	13
<i>F</i> ₆	3,6	1,2,4,5,6	6	<i>F</i> ₁₄	14	1,4,5,14	14
<i>F</i> ₇	7	1,2,4,7	7	<i>F</i> ₁₅	15	1,4,5,12,15	15
<i>F</i> ₈	8	1,2,4,5,8	8	<i>F</i> ₁₆	16	1,4,5,12,16	16

根据可达矩阵分析层结构模型。首先确定初始级别因素;此类因素没有任何前因,即它们的前因集仅包含它们本身。移除初始级别因素,并确定下一层级别的因素。辨识前因集中仅包含已经分级因素的因素。重复步骤2,直到所有因素被分级,最终得出数智赋能对于应急管理体系和能力现代化影响因素层级关系(表4),结合上述分析绘制数智赋能应急管理体系和能力现代化建设的影响因素ISM层次结构模型(图3)。

表 4 影响因素分级

Table 4 Grading of influencing factors

级别	要素	层级
<i>L</i> ₁	<i>F</i> ₇ 、 <i>F</i> ₈ 、 <i>F</i> ₉ 、 <i>F</i> ₁₀ 、 <i>F</i> ₁₁ 、 <i>F</i> ₁₄ 、 <i>F</i> ₁₅ 、 <i>F</i> ₁₆	第1层(表层)
<i>L</i> ₂	<i>F</i> ₆ 、 <i>F</i> ₁₂ 、 <i>F</i> ₁₃	第2层(中层)
<i>L</i> ₃	<i>F</i> ₃ 、 <i>F</i> ₅	第3层(深层)
<i>L</i> ₄	<i>F</i> ₁ 、 <i>F</i> ₂ 、 <i>F</i> ₄	第4层(根源)

3.3 主要影响因素分析

计算得到影响度、被影响度、中心度、原因度、权重、因素属性6个指标数据,其中,中心度、原因度和权重均基于影响度与被影响度推导而来,具备全面

性、系统性、动态平衡性,且便于识别关键因素并作对比分析。

1) 中心度。中心度由影响度与被影响度之和计算得出,数值越大表示该因素在整个体系中作用越显著,因为它既影响其他因素,也较易受到其他因素影响。由表4可知:管理策略与规划 *F*₄ (1.854 64)中心度最高,其后依次为 *F*₁、*F*₅、*F*₃、*F*₂、*F*₆、*F*₁₂、*F*₉、*F*₁₆、*F*₁₃、*F*₇、*F*₁₄、*F*₈、*F*₁₅、*F*₁₁、*F*₁₀。

2) 原因度。原因度由影响度与被影响度之差计算得出。其结果为正时,该因素是系统中的原因因素(主动因素),即它对其他因素的影响大于它所受到的影响。按照原因度从大到小排序,代表影响其他因素的能力从强至弱,依次为 *F*₁、*F*₂、*F*₃、*F*₄、*F*₅、*F*₇。其结果为负时,该因素是系统中的结果因素(被动因素),即它受到的影响大于它对其他因素的影响,按照原因度绝对值的从大到小排序,代表易受其他因素影响的程度从强至弱,依次为 *F*₆、*F*₈、*F*₉、*F*₁₀、*F*₁₁、*F*₁₂、*F*₁₃、*F*₁₄、*F*₁₅、*F*₁₆。

3) 权重。因各个因素在不同指标下难以统计,需采用归一化处理,计算各个影响因素的权重,以确

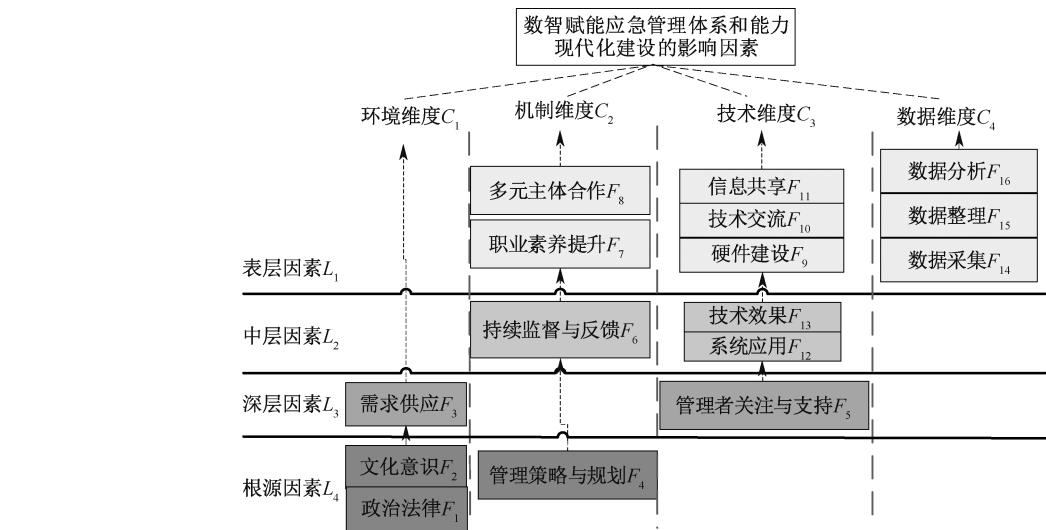


图 3 ISM 层次结构模型
Fig. 3 ISM hierarchical model

定各个因素的重要程度。排序依次为 F_2 、 F_1 、 F_3 、 F_5 、 F_4 、 F_{12} 、 F_{13} 、 F_{15} 、 F_8 、 F_7 、 F_{14} 、 F_6 、 F_{10} 、 F_{16} 、 F_9 。

基于以上分析发现,影响因素中的政治法律 F_1 、文化意识 F_2 、需求供应 F_3 、管理策略与规划 F_4 、管理者关注与支持 F_5 5 个因素在中心度、原因度、权重 3 个指标下均排在前 5。且此 5 个因素皆具有代表性的因素,中心度层面排名靠前,凸显该类在应急管理体系与现代化建设过程中的活跃度和重要性,且其原因度为正,表明该类因素对系统中其他因素具有较大的影响,属于系统变迁的主要驱动因素。这 5 个因素所在的维度 C_1 与 C_2 , 扮演着在应急管理体系与现代化的建设过程中的重要角色。

3.4 ISM 模型层次分析

1) 底层因素分析。底层因素包括根源因素与深层因素。从层次结构模型看出,在数智赋能应急管理体系和能力现代化建设的过程中,政治法律 F_1 、文化意识 F_2 和管理策略与规划 F_4 的影响最为深远。他们三者的关系可概括为:文化影响法律制定,法律是文化的制度化表达,管理策略需符合法律底线,且有效性依赖文化认同。三者的共生互构在赋能过程中具有重要作用。

在实践中,新冠肺炎疫情期间的健康码系统是数智赋能应急管理现代化建设的标志性案例。首先,由于中国具有的家国同构、舍小我为大我的集体主义伦理,使得民众愿意接受以隐私换安全的逻辑。再加上服从权威的社会心理,在此基础上民众对政府主导技术干预具有一定信赖感,认为国家不会滥用数据,所以健康码的推行取得成功,突显 F_2

作为价值引导者所扮演的重要作用。

其次,健康码充分体现了 F_1 因素作为数智赋能过程中规则构建者的属性。在疫情期间通过国家标准和法律条款的快速完善,解决了健康码跨部门、跨区域互认及数据共享的制度障碍,体现了法律在数智赋能中的弹性适配和制度保障作用。

然后, F_4 因素作为实践推动者,将技术工具与治理艺术相结合。通过优化健康码判定策略,从最初的是否到过疫区的简单判定,进化为时空伴随、多维度风险评估多模型评估,增加人工复核和差异化服务,提升了系统的精准性与适应性。 F_4 在数智化的理想与复杂实际之间发挥桥梁和缓冲作用,体现了数智赋能在应急管理因地制宜、动态调整的特征。

最后,需求与供给 F_3 和管理者关注与支持 F_5 因素进一步推动根源性因素的落实。 F_3 通过应急场景需求驱动企业研发和教育资源配置,实现供需循环畅通; F_5 体现领导层对数智化建设的重视,为资源投入和战略落地提供保障。

2) 中层因素分析。中层因素所包含的持续监督与反馈 F_6 、系统应用 F_{12} 、技术效果 F_{13} , 3 个因素构成数智赋能应急管理的中枢神经。

F_{12} 因素是数智技术在应急管理场景中得以落地的操作平台,具备执行器的关键功能。承担资源整合、流程智能化和公众参与等关键功能。它通过构建多部门协同平台、实现自动化调度和信息触达,推动应急管理的高效运行和社会力量的广泛参与,在数智赋能体系中发挥承上启下的重要作用。

F_6 因素则兼具动态风险管控与增进效能的作用。针对错综复杂的应急情景,青岛市部署 1.7 万台智能传感器,对城市生命线设施如燃气、排水等进行 7×24 h 不间断监控,能够实时识别异常并触发预警。通过实时监测、数据追踪与回溯、及时反馈可以有效保证应急管理系统的稳定运行,将应急管理系统的要素进行动态调整优化。其具有的“感知器”的作用将底层和表层因素连接起来,推动形成上下联动的管控体系。

F_{13} 因素则更多的侧重在宏观上评估数智赋能的效果并提出改进依据。实际中,辽宁森林火险监测平台通过误报案例库和场景识别模块优化算法,将误报率降至 5% 以下,火点定位精度提升至 50 m 以内。 F_{13} 因素通过数据反馈—模型优化—实践验证的循环,促进数智赋能从可用向可信、高效的更高维度演进。

3) 表层因素分析。表层因素虽然不能决定能否做,但深刻影响怎么做和做多快,是将数智赋能从理论转变为现实的应用切入点。

表层因素包含职业素养提升 F_7 、多元主体合作 F_8 、硬件建设 F_9 、技术交流 F_{10} 、信息共享 F_{11} 、数据采集 F_{14} 、数据整理 F_{15} 和数据分析 F_{16} ,主要作用于数智赋能的具体实施环节。通过总结近期数智赋能在应急管理方面的建设实例后发现,莆田市依托“一张图”数智应急管理系统。地方通过强化跨部门协作、建设无人机与通信设施、完善风险档案和动

态数据管理,显著提升应急响应能力。表明表层因素通过硬件建设奠定数据基础,技术交流促进算法优化,数据整理和分析驱动科学决策,并在多元合作和信息共享的支撑下形成闭环,推动应急管理体系高效运转和数智赋能落地。

通过莆田案例得出表层因素呈现关系如下:硬件建设 F_9 夯实了数据采集 F_{14} 的基础,依托技术交流 F_{10} 优化算法,完成数据整理 F_{15} 与分析 F_{16} ,并通过多元主体合作 F_8 与信息共享 F_{11} 形成闭环,让数智赋能带动应急管理发展,形成智慧、科学的应急管理体系和能力现代化建设策略。

4 结 论

1) 识别出 16 个影响数智赋能应急管理体系和能力现代化建设成效的因素,得出各因素的影响度(最高 1.428)、被影响度(最高 0.659)、中心度(最高 1.855)以及原因度(最高 1.066)。其中,政治法律、文化意识、需求供应、管理策略与规划、管理者关注与支持为关键影响因素。

2) 数智赋能应急管理体系和能力现代化建设的 16 个影响因素被划分为 4 个层次,重要程度由 L_1 到 L_4 递增,层间因果效应显著。文中研究还存在一定不足,一方面,所收集的影响因素来源相对有限,主要依托已有文献成果构建。另一方面,研究仅局限于理论层面,后续将继续追踪数智赋能建设实践中的先进成果,提升研究实用性和科学性。

参 考 文 献

- [1] 周利敏,邓安琪. 数字平台赋能下的应急管理创新[J]. 贵州社会科学,2023(6):91-99.
ZHOU Limin, DENG Anqi. Innovation in emergency management empowered by digital platforms[J]. Guizhou Social Sciences, 2023 (6):91-99.
- [2] 温志强,付美佳. 大数据赋能政府应急管理模式变革:类型归结与未来向度[J]. 行政论坛,2023, 30(4):79-86.
WEN Zhiqiang, FU Meijia. The transformation of government emergency management model empowered by big data: typology and future direction[J]. Administrative Tribune, 2023, 30(4):79-86.
- [3] 樊博,聂爽. 数字空间政府的应急协同治理:基于“结构—机制—效能”框架的阐释[J]. 行政论坛,2023,30(6):109-116.
- [4] 张桂蓉,王雨晴. 数智赋能推进敏捷化应急情报体系研究[J]. 现代情报,2024, 44(4):3-10,31.
ZHANG Guirong, WANG Yuqing. Empowering digital intelligence to promote the agility of emergency intelligence system [J]. Journal of Modern Information, 2024, 44(4):3-10,31.
- [5] 王晰巍,王楠阿雪. 数智驱动的重大突发事件应急情报管理:新机遇、新挑战、新趋势[J]. 图书情报工作,2022, 66(16):4-12.
WANG Xiwei, WANG Nan'axue. Data intelligence driven emergency information management of major emergencies: new opportunities, new challenges and new trends[J]. Library and Information Service, 2022,66(16):4-12.

- [6] 李琼,肖立志. 数智赋能社区应急治理:何以可能,何以可为? 基于上海市 L 街道“社区大脑”建设的案例分析[J]. 广州大学学报:社会科学版,2024,23(2):108-122.
- LI Qiong, XIAO Lizhi. Digital intelligence empowers community emergency governance: why is it possible and what can be done? a case study based on the construction of "Community Brain" in L street of Shanghai[J]. Journal of Guangzhou University: Social Science Edition, 2024, 23(2):108-122.
- [7] 张海波,戴新宇,钱德沛,等. 新一代信息技术赋能应急管理现代化的战略分析[J]. 中国科学院院刊,2022,37(12):1727-1737.
- ZHANG Haibo, DAI Xinyu, QIAN Depei, et al. Strategic perspective of leveraging new generation information technology to enable modernization of emergency management[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2022, 37(12):1727-1737.
- [8] 张小兵,陈哲. 应急社会动员研究热点与趋势的知识图谱分析[J]. 中国安全科学学报,2024,34(6):216-224.
- ZHANG Xiaobing, CHEN Zhe. Knowledge graph analysis of hot spots and emergency social mobilization[J]. China Safety Science Journal,2024,34(6):216-224.
- [9] 戚建刚,王兆鑫. 论行政应急法制与数字技术交互式发展[J]. 科技与法律:中英文,2023(6):11-21.
- QI Jian'gang, WANG Zhaoxin. On the interactive development of administrative emergency legal system and digital technology[J]. Science, Science Technology and Law: Chinese-English Version, 2023(6):11-21.
- [10] 周荣超. 数字供应链:应急管理能力提升的一种新思维[J]. 河南大学学报:社会科学版,2023,63(1):33-38,153.
- ZHOU Rongchao. Digital supply chain: a new thought for enhancing emergency management capability[J]. Journal of Henan University: Social Science Edition,2023,63(1):33-38,153.
- [11] 刘奕,张宇栋,张辉,等. 面向 2035 年的灾害事故智慧应急科技发展战略研究[J]. 中国工程科学,2021,23(4):117-125.
- LIU Yi, ZHANG Yudong, ZHANG Hui, et al. Development strategy of smart emergency response technology for disasters and accidents by 2035[J]. Strategic Study of CAE, 2021, 23(4):117-125.
- [12] 王秉,徐方廷,曹春秀. 孪生应急:数字孪生赋能应急管理的新范式[J]. 情报杂志,2023,42(11):147-152.
- WANG Bing, XU Fangting, CAO Chunxiu. Twin emergency: a new paradigm for digital twin enabling emergency management[J]. Journal of Information, 2023, 42(11):147-152.
- [13] 李桂华,林思妍. 基于社会诉求数据的智慧应急体系研究[J]. 情报理论与实践,2022,45(5):123-132.
- LI Guihua, LIN Siyan. Research on smart emergency system based on social demand data[J]. Information Studies: Theory & Application, 2022, 45(5):123-132.
- [14] 高山,方佳,张叶. 应急管理数字化建设绩效的影响因素与生成路径:基于“情境—资源—策略”框架[J]. 中南大学学报:社会科学版,2023,29(2):145-157,190.
- GAO Shan, FANG Jia, ZHANG Ye. Influencing factors and generating paths of digital construction performance of emergency management based on the situation-resource-strategy framework[J]. Journal of Central South University: Social Sciences, 2023, 29(2):145-157,190.
- [15] 姚建义,金雅玲,汤晓勇,等. 突发公共卫生事件智慧应急发展探讨[J]. 中国工程科学,2021,23(5):34-40.
- YAO Jianyi, JIN Yaling, TANG Xiaoyong, et al. Development of intelligent response to public health emergencies[J]. Strategic Study of CAE, 2021, 23(5):34-40.
- [16] 巩宜萱,米硕,刘长杰. 政企合作下的智慧应急系统建设:以深圳市为例[J]. 行政论坛,2022,29(5):154-160.
- [17] KHAN A A, ZHANG Tianhang, HUANG Xinyan, et al. Machine learning driven smart fire safety design off also ceiling and emergency response[J]. Process Safety and Environmental Protection, 2023,177:1294-1306.
- [18] 孟庆时,熊励. 应急科技攻关的协同数字治理战略路径与对策[J]. 智库理论与实践,2023,8(4):11-21.
- MENG Qingshi, XIONG Li. Strategic path and countermeasures of synergy digital governance in tackling Hard-Nut problems in emergency science and technology[J]. Think Tank: Theory & Practice, 2023, 8(4):11-21.
- [19] 王莉,费爱国,张平,等. 智能应急指挥通信网络新框架与关键技术研究[J]. 通信学报,2023,44(6):1-11.
- WANG Li, FEI Aiguo, ZHANG Ping, et al. Research on new frameworks and key technologies for intelligent emergency command communication networks[J]. Journal of Communications, 2023, 44(6):1-11.
- [20] 张亦琛,樊博. 应急管理数字协同:一个超大城市的案例研究[J]. 中国软科学,2023(10):76-87.

ZHANG Yichen, FAN Bo. Digital digital collaboration in emergency management: a case study on a megacity in China[J]. China Soft Science, 2023 (10):76-87.

[21] LIU Honghao, HU Zuwei, YANG Ziqing, et al. Model-data matching method for natural disaster emergency service scenarios: implementation based on a knowledge graph and community discovery algorithm[J]. Natural Hazards, 2024, 120(5): 4 233-4 255.

[22] 朱静洁, 吴大华. 公共卫生智慧应急管理中个人数据收集的现存问题及对策研究[J]. 贵州社会科学, 2022 (9): 89-95.

[23] 陶振. 迈向智慧应急:组织愿景、运作过程与发展路径 [J]. 广西社会科学, 2022(6): 120-129.
TAO Zhen. Heading for Intelligent emergency: organizational vision, operation process and development path[J]. Social Sciences in Guangxi, 2022(6): 120-129.

[24] 李阳, 孙建军. 复杂情境下应急管理情报工程服务机制构建及场景化应用[J]. 情报学报, 2022, 41(2): 107-117.
LI Yang, SUN Jianjun. Service mechanism construction and scenario application of emergency management intelligence engineering in complex context[J]. Journal of the China Society for Scientific and Technical Information, 2022, 41(2): 107-117.

[25] 张琦, 刘入境, 徐青川. 基于梯形直觉模糊数的改进 DEMATEL 方法[J]. 工业工程与管理, 2019, 24(3):91-98.
ZHANG Qi, LIU Renjing, XU Qingchuan. Improved DEMATEL decision approach based on trapezoidal intuitionistic fuzzy theory[J]. Industrial Engineering and Management, 2019, 24(3):91-98.

[26] 赵希男, 郭宝荣, 杨雪茹, 等. 高校学者学术创业影响因素分析:基于 DEMATEL+ISM 方法的实证研究[J]. 管理评论, 2023, 35(4):105-117.
ZHAO Xi'nan, GUO Baorong, YANG Xueru, et al. Analysis on the factors that influence university scholars' academic entrepreneurship:an empirical research based on the DEMATEL+ISM combined method[J]. Management Review, 2023, 35(4):105-117.

作者简介： 吴翊鸣 （2000—）,男,河南洛阳人,硕士研究生,主要研究方向为重大突发事件预防和应对等。E-mail:212316010002@home. hpu. edu. cn。