

中文引用格式:牛莉霞,李肖萌. 生态学视域下智慧应急管理系统:内涵、构成、特性与运行机制[J]. 中国安全科学学报, 2025, 35(6): 10-18.

英文引用格式:NIU Lixia, LI Xiaomeng. Smart emergency management system from ecological perspective: connotation, structure, characteristics, and operational mechanisms[J]. China Safety Science Journal, 2025, 35(6): 10-18.

生态学视域下智慧应急管理系统: 内涵、构成、特性与运行机制*

牛莉霞 教授, 李肖萌 **

(辽宁工程技术大学 工商管理学院, 辽宁 葫芦岛 125105)

中图分类号: X913

文献标志码: A

DOI: 10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2025.06.1314

基金项目: 国家自然科学基金资助(52174184)。

【摘要】 为提升智慧应急管理系统(IEMS)的恢复、学习、更新能力,以生态学视角切入,系统剖析 IEMS 的内涵、构成、特性和运行机制。通过分析生态位控制过程和生态系统特性,揭示 IEMS 的动态演化性、协同共生性、信息依存性和开放包容性。并基于自适应原理构建智慧应急协同体,强调多主体协同共生的重要性。进一步通过分形理论和双链运行优化策略,优化资源配置与响应流程,提升系统的运行效率和韧性。最终确定五全格局,共同塑造系统的自学习机制。研究结果表明:生态学视域下, IEMS 通过生态位控制维持系统稳定,并通过系统的自适应、自组织、自修正、自学习特性实现由被动防御向主动响应的转变。

【关键词】 生态学; 智慧应急管理系统(IEMS); 运行机制; 应急管理; 生态系统

Smart emergency management system from ecological perspective:
connotation, structure, characteristics, and operational mechanisms

NIU Lixia, LI Xiaomeng

(Business Administration, Liaoning Technical University, Huludao Liaoning 125105, China)

Abstract: To enhance the recovery, learning, and renewal capabilities of IEMS, an ecological perspective was adopted to systematically analyze its connotation, structure, characteristics, and operation mechanisms. By examining the niche control process and ecosystem properties, the dynamic evolution, synergistic symbiosis, information dependence, and openness of IEMS were revealed. Based on the principle of adaptability, an intelligent emergency collaboration body was constructed, emphasizing the importance of multi-agent synergy. Furthermore, resource allocation and response processes were optimized through fractal theory and a dual-chain operational optimization strategy, thereby improving the system's operational efficiency and resilience. Ultimately, a "five-dimension" pattern was established to jointly shape the system's self-learning mechanism. The results show that, from an ecological perspective, IEMS maintains systemic stability through niche control and transforms from passive defense to proactive response through its self-adaptive, self-organizing, self-correcting, and self-learning characteristics.

* 文章编号: 1003-3033(2025)06-0010-09; 收稿日期: 2025-02-14; 修稿日期: 2025-04-18

** 通信作者: 李肖萌(1996—), 女, 河北秦皇岛人, 博士研究生, 主要研究方向为应急管理、安全心理学。E-mail: 183475870@qq.com。

Keywords: ecology; intelligent emergency management system (IEMS); operational mechanism; emergency management; ecosystem

0 引言

伴随全球化进程的推进,我国经济发展正处于重要战略机遇期。然而,随着高新技术的迅猛发展,各类安全风险和隐患交织叠加,突发事件频发,人类社会已进入一个高度不确定的全球风险社会。智能科技的兴起加速了应急管理向智慧化方向演进,生态化、协同化、精准化、柔性化、主动化已成为智慧应急管理系统(Intelligent Emergency Management System, IEMS)建设的核心要素。在此背景下,传统的应急管理思路和方法已无法满足智慧应急管理对主动预防和动态更新的需求。因此,如何在当前大变局中前瞻性布局智慧应急管理的发展方向^[1],成为 IEMS 亟需应对的挑战。IEMS 需要因势而变、与势共变,构建其底层逻辑,从而实现从被动响应到主动防御的转型。

从系统论视角来看,IEMS 是由多个相互联系、相互制约的要素构成的有机整体^[2]。国内外学者围绕应急管理系统的构建、优化及智能化发展展开了广泛研究。相关研究大多通过多元数据融合构建应急决策支持系统,推动应急决策的信息化和精准化^[3];借助高新技术,深入探索灾害预测与风险评估,以提高应急管理系统的前瞻性和精准度^[4]。此外,围绕事故全生命周期的应急管理系统,强调多元主体跨部门协作和资源共享,推动了应急响应模式从静态的单一向动态的多层次、多维度管理转型^[5-6]。尽管现有研究已认识到应急管理系统从传统向智慧化转变^[7-8],但研究大多数从单一、片面的角度出发,缺乏系统性的理念支撑^[9]。

鉴于此,笔者拟融合生态学观点,将生态学的基本原则与应急管理相结合,深入解读 IEMS 内涵、构成、特性与运行机制,剖析其运行底层逻辑,揭示系统在面对复杂挑战时的动态特性,重点强调灾害发生后 IEMS 的恢复能力、学习能力和更新能力,以期推动 IEMS 在应对未来多变环境中的有效性和韧性。

1 生态学视域下 IEMS 内涵解析

1.1 IEMS 内涵解析

IEMS 是以新一代信息技术为基础,通过智能分析、数据驱动和协同控制,实现应急管理全过程的智

能化与高效化^[10]。该系统依托大数据、物联网、人工智能、云计算和地理信息系统等技术,构建全流程实时互联、全面感知和精准预测的应急响应体系。它能够在灾前、灾中和灾后全过程中,强化风险预测、动态决策和恢复能力,实现应急管理的日常化与智能化^[11]。

IEMS 的核心能力包括智能分析、风险预测、动态决策和灾后恢复^[10]。系统可整合多源数据,实时获取环境、气象、交通等多维度信息,识别潜在风险,并进行灾害预测和预警。灾中依托实时数据优化决策,协调资源,实现快速响应。灾后通过数据反馈和恢复规划,减少损失。系统的开放性确保了与外部环境的持续互动,通过自我调节实现动态平衡,提升应对不同灾害的灵活性与精准性^[12]。同时,高度集成的技术支持设备协同控制,在灾害发生时调度无人机、机器人等智能设备,提升救援效率^[13]。

1.2 生态学视域下 IEMS 内涵

生态学作为系统科学,在复杂系统研究中得到广泛应用,衍生出信息生态学、创新生态学等分支,为理解系统内在依存关系与互动机制提供了新框架^[14-15]。引入生态学视角,有助于深化对 IEMS 中各要素关系与演化机制的理解^[16-17]。此时的 IEMS 不再是技术叠加的结果,而是一个由多个主体(包括人、组织、技术和环境)相互依赖、共同演化的复杂系统。

具体而言,IEMS 在高新技术的推动下,形成了多元主体之间的良性互动。系统中的各要素与外部环境并非孤立存在,而是在持续的互动中不断调整与优化。系统的运作不依赖固定的模式,而是能够根据环境和内部状态的变化,灵活地进行调整,确保各个环节的高效衔接与协同运作。技术、数据与管理通过持续的信息流动和反馈机制,动态调整策略,以应对不断变化的应急管理需求。

总之,生态学视角下的 IEMS 是一个不断调整、优化和自我完善的复杂系统。在这一系统中,各要素之间通过协同作用、信息流动和技术互助,促进了系统的有效运作与不断演进。这种灵活性与适应性使得 IEMS 能够应对多种突发事件与挑战,从而不断提高应急管理的效率和效能。

2 生态学视域下 IEMS 构成

应急管理涉及现场指挥、物资配备、应急队伍管

理及高新技术支撑等多个专业环节。目前,仍存在应急服务链不完整、服务对接不精准等问题,亟需从新的视角切入,构建一个集信息互动、资源配置和秩序协调的 IEMS。智慧应急生态管理构成如图 1 所示。

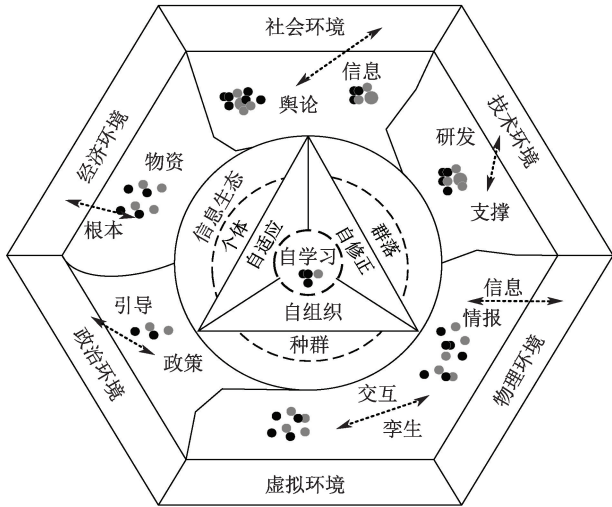


图 1 生态学视域下 IEMS 构成

Fig. 1 Structure of IEMS from ecological perspective

IEMS 作为一个复杂的生态体系,以信息流、资源流和反馈流为核心纽带,通过多主体协作和多环境要素的动态交互,形成从感知到决策、从行动到反馈的闭环逻辑,构建了信息驱动的高效运行机制。系统通过信息流的高效整合和反馈,实现自适应、自修正、自组织与自学习运行机制,推动应急管理从被动应对转向主动优化^[18]。系统各主体在个体、种群和群落 3 个层次上形成信息生态链,通过协同共享实现全局联动与资源整合,共同构建智慧应急管理生态。系统的外部环境包括社会、技术、物理、虚拟、政治和经济 6 大维度,为其运行提供多方支撑。这些环境相互交织,通过动态交互推动系统高效运作。

IEMS 的核心特征体现在多主体与多环境之间的复杂关系网络。信息生态链连接各主体与环境,形成动态交互与反馈机制,主体间既存在合作关系以实现协同作业,也通过竞争优化资源配置形成动态平衡。这种关系结构通过信息驱动在个体与环境间实现精准适配,推动系统在常态下实现风险防范与资源储备,在非常态下实现快速响应与精准救援。基于自适应、自修正、自组织与自学习等机制,系统通过反馈回路不断优化资源调度,完善知识体系,并从历史案例中学习改进策略。最终,IEMS 依托其复杂的要素、环境和多维关系网络,形成动态平衡与高效协同的生态系统,为应对复杂突发事件提供全面

而灵活的解决方案。

2.1 生态学视域下智慧应急管理主体要素

2.1.1 IEMS 基本生态位

生态位是种群在生态系统中,在时间空间上所占据的位置及其与相关种群的功能关系与作用。生态学视域下 IEMS 中各应急主体协同共生,常态下应急生态系统处于稳定状态,各应急主体处于其基本生态位,当突发事件产生时,智慧应急管理体系中不同应急主体间通过有效协作和功能互补实现应急救援,具体体现为相同个体的技术通用性,不同“群落”间的信息有效性,不同“种群”间的价值互补性。各应急主体存在相互依赖性,在应急管理过程中,依靠主体之间的互补性,完成资源的分配,舆论的控制、动态性智慧决策为 IEMS 提供所需功能特性。

IEMS 的基本生态位可通过各主体在生态学视域中的角色解析。其中,政府部门作为生态核心,承担领导、指挥和协调职责,提供政策与资源支持,确保系统稳定,类似生态系统中的顶级捕食者。企业是共生物种,与政府、社区及救援队伍合作,提供物资和信息支持。社区组织充当纽带,连接各主体,动员公众并推动应急措施。应急救援队伍是应急反应器官,提供精准、高效的救援,确保各方协同应对。非政府组织和志愿者作为辅助力量,通过资源共享增强系统弹性与灵活性。公众作为普通成员,提升自救和互救能力,配合政府与社会的应急行动。通过这些角色的协作,IEMS 能够实现全面的应急响应与管理。

2.1.2 IEMS 生态位控制

在生态学视域下,IEMS 的生态位控制指的是各应急主体通过动态调整与外部环境的互动,实现系统的稳定、灵活与高效运作,类似于生态系统中物种通过占据不同生态位维持生态平衡。应急生态位的控制主要包括扩展和调整生态位,以适应技术发展和突发事件环境的变化。突发事件发生时,各应急功能主体根据事件的具体位置、功能和空间进行匹配,强调其在群落中的作用和地位,特别是在与医疗、消防、公安、气象等其他群落之间的协作关系。通过调节机制,保证各应急群落的功能稳定性,如图 2 所示。

在应急过程中,应急生态提供相同功能的主体通常分布在不同时间、空间。应急主体在形成自身生态位的过程中遵循开拓原则、平衡原则、趋适原则、协作原则,4 个原则具体内涵如下:①开拓原则。应急主体应积极占领所有可用的生态位,寻找并填

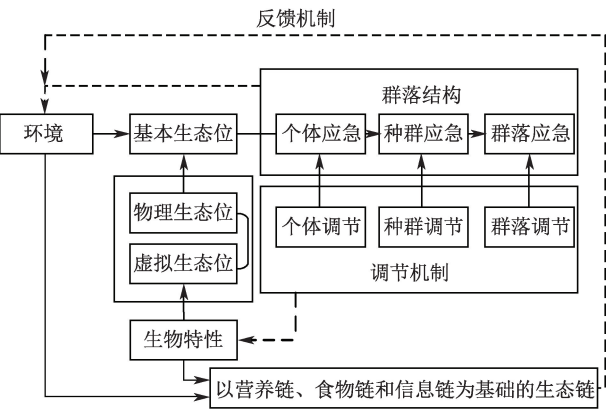


图 2 IEMS 生态位控制

Fig. 2 Ecological niche control in IEMS

补生态位空缺,以确保顺利实施救援,扩大功能范围,提高应对能力。②平衡原则。应急生态系统应朝着减小生态位势的方向发展,以避免系统不稳定和资源竞争,增强系统稳定性和韧性,更好地应对突发事件。③趋适原则。应急主体应根据自身功能与特点,积极与环境契合,灵活调整资源配置和角色定位,提高应急管理的整体响应能力。④协作原则。不同主体通过资源共享与合作满足应急需求,整合各自资源和能力,提升整体应急响应效率,增强系统的协同效能。

上述原则解释了应急主体间的趋适与协作关系,开拓原则说明应急主体可主动改变自身状况以适应环境的改变,由于突发事件的多变,各应急主体生态位需要根据实际状况进行动态调整自身功能;平衡原则意味着应急系统中各应急主体均会找到功能适宜的生态位。应急主体需要根据时间、空间、环境要求找寻自己最恰当的定位,制定针对性应急方案、满足多维度应急需求、合理配备应急资源分布,由表及里地提供精准的应急服务^[19]。

2.2 生态学视域下智慧应急管理环境要素

各应急主体处在“六环”中(图 1),从生态学视角来看,智慧应急管理主体与环境有机交互,主体行为作用于环境,环境信息则反馈作用于应急主体,形成一个复杂的交互网络,主要包括经济、政治、社会舆论、技术以及物理与虚拟空间等方面。这些要素相互作用,构成一个动态的生态系统,支撑应急管理的有效实施。

经济环境提供应急所需的资源,包括资金、物资和人力,其稳定性直接影响应急管理能力,资源的优化配置是应对突发事件的关键,类似生态系统中的基础生产者。政治环境则通过政府政策、法规和指

引,为应急主体提供行动框架,确保资源的合理分配和有效合作,增强应急响应能力,类似生态系统中的调节者。社会舆论影响公众情绪与认知,对应急过程至关重要,应急管理者需通过及时沟通和引导舆论,保持社会的信任和支持,确保应急管理的透明性和社会参与度,这一机制类似生态系统中的反馈。技术环境推动应急管理的智能化与自动化,新技术如大数据、人工智能和物联网为灾害预测和响应提供科学依据,技术的发展与应急管理协同作用,类似生态系统中的进化过程。物理与虚拟空间的结合及数字孪生技术提供了实时监控、事件识别、预警和决策评估的能力,提升应急管理效率与自适应能力,体现了生态系统中各要素的协调与共生。

综上,智慧应急管理的环境要素在生态学视域下呈现出相互依存、互动的特性,构成一个动态、复杂且适应性强的生态系统,推动高效灾害应对、资源配置和社会应急管理能力的提升。

3 生态学视域下 IEMS 特性分析

突发事件的发生具有无限再生的可能性,应急管理具有多阶段、不确定性、动态性、耦合性等特征,在应急管理过程中需要实时动态调整,做出风险决策^[20]。生态系统本身是一个由生物群落与其环境相互作用的复杂系统,具备整体性、自组织性、开放性和协同演化等特性,这些特性同样适用于 IEMS 的构建和运行。由此生态学视域下结合突发事件特性,IEMS 具有如下特性:

1) 动态演化性。IEMS 具有开放性,通过多源数据整合与外部信息系统互联,能够动态调整和优化。系统可根据外部环境变化灵活调整运行方式,并通过持续学习外部数据反馈,不断优化决策和管理流程,提升应对不同灾害的能力。

2) 协同共生性。IEMS 由多个子系统组成,涵盖预警、响应、救援、恢复等环节,形成有机整体。各应急主体通过实时信息共享与协同运作,从灾前评估到灾后恢复,共同应对外界扰动,体现生态系统中的相互依赖与合作。

3) 信息依存性。应急管理系统依赖信息流动,确保内部信息的顺畅传递和知识整合,促进各应急主体协同合作,实现资源优化配置,增强系统弹性和恢复能力。这种信息驱动的方式与生态系统的自组织性和动态平衡高度契合,强化了系统的适应能力。

4) 开放包容性。IEMS 的开放性使其能够与外部环境交换知识、技术和信息,不断革新和提升应急

响应效率。开放包容性促进了应急管理主体间的协作,推动了系统自我进化和动态调整,确保在技术和环境变化中持续稳定运行。

5) 自我调适性。类似于生态系统,IEMS 具备自我调整和学习的能力。在突发事件后,系统通过复盘和经验教训,优化应急机制,增强未来应对能力。系统的复原力体现在灾后恢复的快速响应和重建效率上,提升灾后恢复的效果。

根据以上所述,在复杂的应急管理过程中,生态学视域下 IEMS 具有动态演化性、协同共生性、信息依存性、开放包容性和自我调适性。生态学视域下 IEMS 的目标是打造一个多元主体间有效地沟通协作,具有动态三维空间自适应、组织分形嵌套自组织、系统韧性自修正、自学习 5 全格局的智慧应急管理生态^[21]。

4 生态学视域下 IEMS 运行机制

4.1 自适应-三维空间

高新技术赋能应急管理,通过信息纵横流通,智能化手段构建与风险研判结合的横向数据链,精准匹配时序与环境信息,形成空间广度、过程适度、信息精度的生态自适应机制,具有三维结构的应急生态协同体,如图 3 所示。

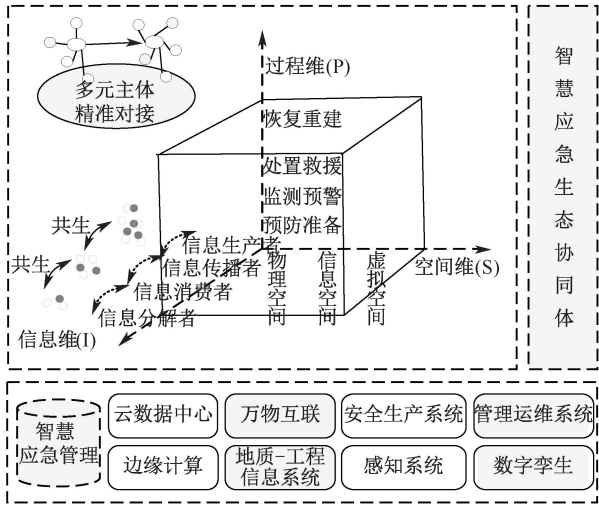


图 3 具有三维结构的应急生态协同体

Fig. 3 Three-dimensional structure of emergency ecological collaboration system

应急生态协同体通过“虚实结合、信息交互”,激活应急主体优势,构建内外协同的治理结构,显著提升应急管理能力,具体构成如下:

1) 空间广度(空间维 S),通过技术赋能重塑内部治理空间韧性。数字孪生技术连接物理与虚拟空

间,突破传统管理局限,构建更强大的应急布局。大数据驱动精准决策,实现全要素风险管理^[22]。空间不仅是管理的载体,更是新场景的生成器。虚实平台加强主体间感知与联动,拓展治理空间,支撑系统的自适应运行。空间广度直接影响系统的响应速度与协同能力,提升动态环境下的韧性。

2) 过程适度(过程维 P)。体现为智慧工具的嵌入与管理流程整合。通过“智慧工具方法”,应急管理覆盖从预防到恢复的全流程。在预防阶段,构建案例、方法与预案库,利用大数据动态更新;在预警阶段,技术辅助预判并优化预案;处置阶段,基于实时数据支持精准决策;恢复阶段,反馈优化预案,增强系统适应性。过程适度强调流程与技术融合,通过循环改进提升管理效率与系统自适应力。

3) 信息精度(信息维 I)。在自适应运行机制中发挥关键作用。应急管理生态中的信息流动涵盖生产者、传播者、消费者和分解者,形成正向反馈机制。信息在物理与虚拟空间循环流转,受内外环境影响,推动应急管理向一体化统筹转变。通过抓取与整理现实和虚拟数据,系统能动态满足应急主体需求,实现政策的及时反馈与调整。精准的信息流促进应急管理生态系统的自适应修正,使管理者从被动处置转向主动响应,提升系统韧性与灵活性。

因此,生态学视域下智慧应急系统生态协同体可看作一个由 3 个维度构成的具有自适应特征的生态协同体。生态学视域下智慧应急系统生态协同体发展过程是一个从混乱无序,通过组织的自适应运行机制到平衡、有序、和谐的过程。

4.2 自组织-分形嵌套

在生态学视域下,IEMS 的自组织运行机制体现复杂巨系统的自适应性和灵活性。作为一个多层次、多维度的复杂系统,智慧应急管理需要在事前、事中、事后采取系统化、分层次的管理手段。分形理论为其自组织运行机制提供理论支持,强调系统中每个分形单元具备自组织和自决策能力,能够根据突发事件的具体情况和任务需求灵活调整。

首先,分形理论作为系统分析方法,具备自组织特性,各分形元具有一定决策自主性,可依据目标与任务自我调整^[23]。在生态学视域下,应急管理单元作为微型生态循环,具备灵活与自组织能力。分形单元随环境变化实现自优化,使系统通过分解与嵌套构建功能独立又相互关联的子系统,既可独立运行,也可协同构建统一响应体系,展现出良好的动态适应与协调能力。

其次,数字孪生技术的应用进一步促进分形组织的实现。通过融合物理与虚拟空间,该技术利用传感器实时监测网格化单元,将事件数据反馈至管理平台并生成数字模型,实现对突发事件全过程的动态应对。最小应急单元据此优化决策与行动方案,增强环境适应性。

再次,网格化管理强化了系统的自组织能力。通过将人员与建筑划分为最小单元并实施实时监控,系统在突发事件中可实现单元间的协作调整,构建从微观到宏观的自组织网络。各单元不仅能快速响应,还可协同联动,形成高效响应体系。

最后,IEMS 通过线上线下协同推动主体持续优化,数字孪生平台支持信息同步与调度指挥,提升响应的效率与精准性。依托自组织机制,系统能够快速适应复杂多变的灾情,高效开展应急管理。应急管理活动过程整合分析框架如图 4 所示。

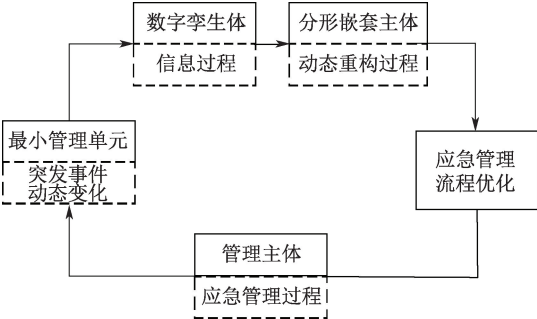


图 4 应急管理活动过程整合分析框架
Fig. 4 Integrated analysis framework of emergency management activities

总而言之,在生态学视域下,IEMS 的自组织运行机制依托分形理论、数字孪生技术和网格化管理,体现了系统的高度灵活性和自适应能力。各分形单元的自组织与自优化能力,通过实时信息监控与虚实结合,使系统能够动态调整应急响应流程,形成从微观到宏观、从线上到线下的高效协作网络。

应急管理生态基于最小应急管理主体出发具有 2 大优势:①组织行动的自组织性,组织应急管理行动可伴随突发事件的流程变化而产生动态变化。借助数字孪生技术,可将信息集成、催化、转化从而进行虚实连接,通过运用预设应急方案、管理效果等,动态可视化应急管理成效,从而进行实时动态优化。②突发事件全过程动态变化全景映射。在应急管理过程中,采集全貌信息和全过程信息,将管理过程风险、隐患叠加,观测事件演变过程,进行实时全域过程危机管理。通过数字孪生技术,优化应急管理流程,通过分形嵌套突破以往流程线性应急管理僵化

困境,牵动应急管理流程的整合与优化。

4.3 自修正-系统韧性

在当代应急管理领域,随着突发事件的复杂性和不确定性不断增加,传统线性应急管理模式逐渐难以适应这一需求。生态学视域下的 IEMS 通过自修正运行机制,实现动态反馈和系统韧性的协同提升。该机制依托数字孪生、大数据与人工智能等技术,实时捕捉和优化应急管理流程,从而实现对系统运行状态的自动调节与优化。在此基础上,基于过程链的要素赋能和基于信息生态链的主体协同逐渐成为提升系统效能的关键路径。应急管理生态协同如图 5 所示。

4.3.1 基于过程链的要素赋能

在 IEMS 中,应急主体与环境间实现双向交互,环境支撑是应急行动的基础。面对个性化、智能化的应急需求,系统需具备灵活识别与响应能力,构建持续自修正机制,以动态适应环境变化并贯彻应急管理战略,确保系统始终与外部环境保持同步。

此外,数据要素的赋能加速了自修正机制的实现。数字资源流动与技术融合促使系统实时感知、分析数据,构建数据驱动的决策闭环。虚实空间耦合打破传统空间壁垒,实现跨区域协同与信息共享。场景预测与重现支持系统前瞻性识别风险,优化响应策略,增强系统韧性与适应性。

系统结构在信息流动中不断优化。首先,通过动态布局与实景模拟,实现应急资源的精确部署;其次,技术融合模糊软硬边界,使组织根据实际需求灵活分化为不同功能单元,按阶段开展自修正;最后,各主体依据事件演化协同调配资源,构建非线性交互的应急生态。随着系统演进,IEMS 呈现出柔性化、自组织与智能化特征。

4.3.2 基于信息生态链的主体协同

在应急管理生态系统中,基于信息生态链的主体协同是其高效运作的核心动力。信息生态链通过信息流转将各应急主体紧密联系起来,使其在复杂的应急管理过程中相互依存,构成系统的整体效能。不同的信息主体在应急管理中处于不同的功能生态位,各自发挥特定作用,如信息的产生者、扩散者、利用者和分解者,共同参与突发事件的响应。信息逐渐演化为应急管理系统的内驱力,通过信息活动将各应急主体有机结合,形成互为依托的主体链^[9]。各应急主体通过信息的交互不断进行调整与优化,实现多主体联合体的协同作业,确保应急管理生态系统的稳定运行。

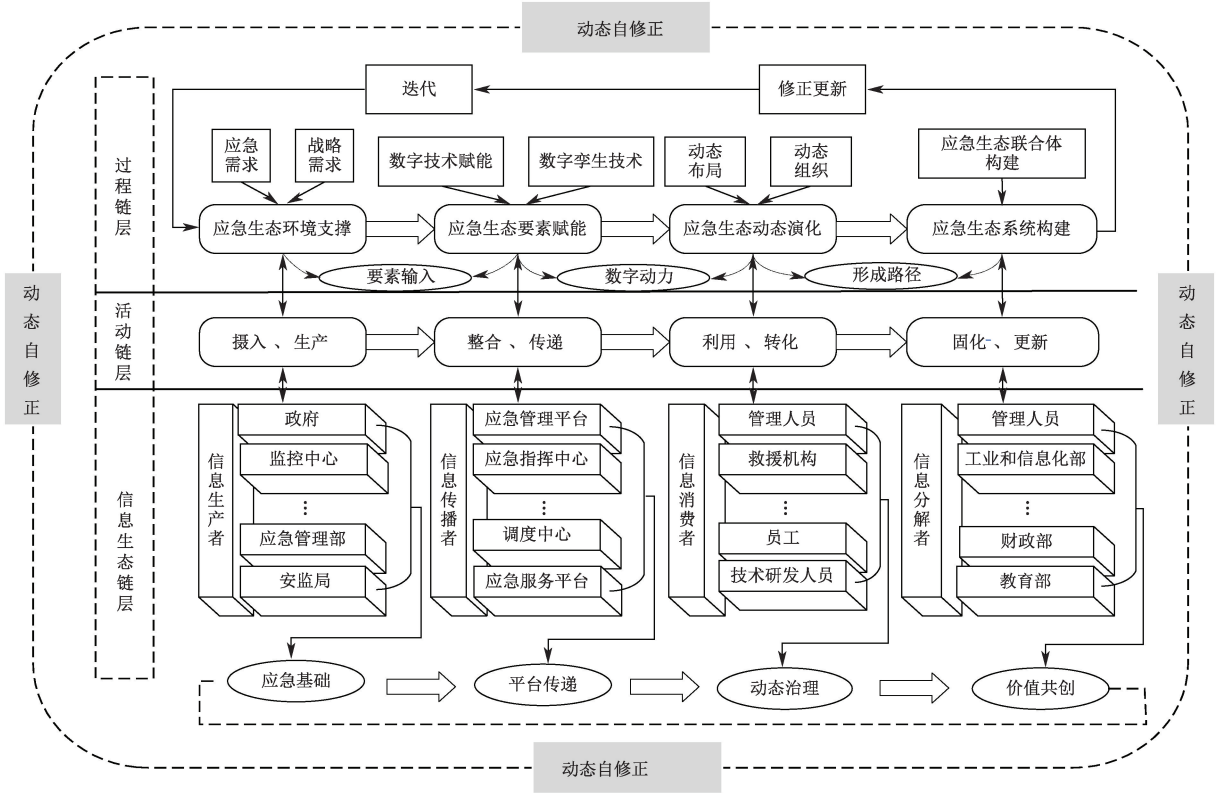


图5 应急管理生态协同

Fig. 5 Ecological collaboration in emergency management

信息生态链中的主体协同依赖于信息传递与响应的效率提升。突发事件中,信息动态流转为各主体提供实时决策依据,强化系统的适应性与弹性。协同越紧密,信息流转效率越高,系统的响应越敏捷。同时,信息生态链内部的竞争与协作推动主体间实现动态均衡。事件发生后,主体间通过信息流实现邻接协同,并借助信息反馈机制完成系统自我修复与优化,确保生态系统在不确定环境下的稳定演化。

4.3.3 基于活动生态链的流程更新

在应急管理系统中,活动生态链通过信息流与决策流的高度协同,成为系统自修正能力的关键驱动力。活动链覆盖信息采集、分析、处理与决策支持等环节,在动态交互中不断优化。借助传感器、数字视频、数据爬虫等技术,系统可实时获取事故信息,并纳入智能决策体系。高性能计算与智能分析提升了信息处理与响应能力,使系统更具适应性与灵活性。

信息流的持续反馈推动系统在每次事件响应中不断自我调整与优化,形成闭环的自修正机制。随着新信息的不断注入,系统基于实时反馈动态调整响应策略,增强其应对外部变化与内部需求的能力。

在人工智能、区块链等技术赋能下,活动链打破了各子系统壁垒,推动主体间深度协同与信息共享,促进了应急管理各环节的融合与协同演化。同时,突发事件中的反馈过程进一步驱动流程更新与机制修复,提升系统韧性与响应效率。

最终,活动生态链的循环更新与反馈机制为系统提供持续的自我演进动力,不断提升应急响应的速度、精度与系统稳定性,实现高效应对多变风险的目标。

4.4 自学习-五全格局

在生态学视角下,IEMS 通过多技术手段与主体协同,构建出智能化、高效化的应急管理生态系统。该系统在统一决策目标引导下,融合机器学习、数字孪生、区块链、传感器、云存储等技术,打造综合、开放、集成的自学习体系,不断优化动态适应能力与应急响应效率,最终形成“五全格局”的自学习机制。

1) 全员-互利共生。各应急主体、技术设施与环境协同联动,融合信息链与决策链,实现任务高效分配与信息快速流通。在信息持续更新中,各主体可实时调整策略,增强协同、互信与资源配置。

2) 全源-信息生态。应急管理中的信息具有非线性、交叉和反馈特点,构成复杂的系统^[9]。信息

生态主要通过自动化分析多源数据,利用机器学习和数据挖掘提取信息特征,统一格式和内容,进行标签分类,并通过系统动力学和复杂模型揭示规律,实现自学习。全源-信息生态强调通信息流的动态优化,确保系统在复杂环境中灵活应对、持续适应与进化。

3) 全圆-动态循环。应急决策的复杂性要求应急保障体系能够同时应对常规与极端情境^[3]。突发事件发生时,系统迅速收集、跟踪、监测、分析并传递信息,在决策主体、内外部环境间形成动态循环,实时更新事件情况,推动应急管理生态的灵活运转和自学习。通过更新事故案例库,系统整合和提炼经验,实现决策自动化并形成动态闭环,确保系统能够灵活应对不断变化的环境和需求,提升决策的智能化和自动化水平。

4) 全元-多元系统。与传统应急管理相比,智慧应急管理更加注重用户体验,在智能化与人性化的基础上精准匹配用户需求。多元系统通过稳定协同的子系统提供个性化的安全服务,依托移动通信、物联网、虚拟现实、大数据等技术,实现自组织与自学习。这种机制让系统在实际操作中积累经验,依据用户反馈和应急事件分析,不断提升服务的有效性与精准度。通过持续更新与调整,整个应急管理生态能够更好地满足公众需求,增强应对复杂危机的能力。

5) 全援-共建共治。应急管理生态的建设离不

开综合救援和专业救援能力的人才。应急预案的制定、物资分配、应急广播等工作都需专业人员提供支持,人才培养需紧跟技术发展,提升专业能力,以确保灾后救援及时有效。同时,通过强化群防群治和联防联控,提高公众安全意识,使群众力量贯穿应急全过程。全援-共建共治强调专业人才与公众的协作,通过自学习机制提升应急管理能力,确保在复杂环境下系统能持续适应与进化,从而提升应急管理效率。

5 结 论

1) 研究从生态学视域出发,明确了 IEMS 主体和环境要素构成,剖析了应急主体在形成自身生态位的过程中遵循的开拓、平衡、趋适、协作原则。

2) 通过应急管理系统协同体的反馈迭代,利用应急管理系统的自适应、自组织、自修正、自学习运行机制,建立应急管理协同体,通过组织分形嵌套,信息要素赋能、应急主体协同交互,构建应急管理系统五全格局,使协同体具有“免疫”功能。

3) 生态学视域下 IEMS 正处于探索阶段,未来可结合复杂系统理论,根据突发事件类型继续细化应急管理系统,同时辅以实证,继续进行更加深入、细致的研究;未来可拓展研究视角,引入遗传学等学科概念,进行多元碰撞,通过多理论交融,拓展 IEMS 研究的深度和广度。

参 考 文 献

- [1] 钱丹丹,许孝君,张丽. 信息生态视域下医学图书馆智慧服务模式构建[J]. 情报科学, 2023, 41(5): 68-73.
QIAN Dandan, XU Xiaojun, ZHANG Li. Construction of intelligent service model of medical library from the perspective of information ecology[J]. Information Science, 2023, 41(5): 68-73.
- [2] TERJE A. What is safety science? [J]. Safety Science, 2014, 67: 15-20.
- [3] 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. Big data empowered government emergency management mode change: type attribution and future direction[J]. Administrative Tribune, 2023, 30(4): 79-86.
- [4] 张明军,李天云. 信息技术型构智慧应急管理:内涵、维度与路径[J]. 社会科学辑刊, 2024(4): 143-152.
- [5] TALLEY J W. Disaster management in the digital age[J]. IBM Journal of Research and Development, 2019, 6(1/2): 1-5.
- [6] AL-KHAFAJIY M, KOLIVAND H, BAKER T, et al. Smart hospital emergency system[J]. Multimedia Tools and Applications, 2019, 78(14): 20 087-20 111.
- [7] 牛莉霞,李肖萌,王洪妹. 5G 时代负系统学视域下智能系统安全分析体系构建[J]. 中国安全科学学报, 2024, 34(8): 1-10.
NIU Lixia, LI Xiaomeng, WANG Hongmei. Construction of intelligent system security analysis system under view of negative systematics in 5G era[J]. China Safety Science Journal, 2024, 34(8): 1-10.
- [8] 容志,陈志宇. 结构性均衡与国家应急管理体系现代化[J]. 上海行政学院学报, 2023, 24(5): 4-17.
RONG Zhi, CHEN Zhiyu. Structural equilibrium and modernization of national emergency management system[J]. The

- Journal of Shanghai Administration Institute, 2023, 24(5): 4-17.
- [9] 孙舒榆,姜红,吴玉浩. 信息生态视域下城市群科技服务生态系统治理机制研究[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(19): 33-40.
SUN Shuyu, JIANG Hong, WU Yuhao. Governance mechanisms of the science service ecosystem in urban agglomeration from the perspective of information ecology[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2019, 36(19): 33-40.
- [10] 付美佳,胡峰. 我国智慧应急发展研究:理论回溯、逻辑框架与实践进路[J]. 灾害学, 2024, 39(3): 220-227.
FU Meijia, HU Feng. Research on the development of intelligent emergency response in China: theoretical retrospect, logical framework and practical approach[J]. Journal of Catastrophology, 2024, 39(3): 220-227.
- [11] 牛莉霞,李肖萌. 5G时代面向情报需求的智慧矿山应急管理新模式研究[J]. 灾害学, 2024, 39(3): 228-234.
NIU Lixia, LI Xiaomeng. Research on the new model of intelligent mine emergency management oriented to intelligence needs in the 5G era[J]. Journal of Catastrophology, 2024, 39(3): 228-234.
- [12] 易承志. 从刚性应对到弹性治理:韧性视角下城市应急管理的转型分析[J]. 南京社会科学, 2023(5): 63-71.
YI Chengzhi. From rigid response to flexible governance: transformation analysis of urban emergency management from the perspective of resilience[J]. Nanjing Journal of Social Sciences, 2023(5): 63-71.
- [13] 李纲,李阳. 情报视角下的城市智慧应急研究:兼谈熵理论的引入[J]. 图书与情报, 2015(1): 66-71.
LI Gang, LI Yang. Research on smart emergency in view of intelligence: introduction of entropy theory[J]. Library & Information, 2015(1): 66-71.
- [14] 顾洁,刘玉博,王振,等. 信息生态理论视角下城市数据要素市场就绪度评估[J]. 信息资源管理学报, 2024, 14(2): 82-94, 135.
GU Jie, LIU Yubo, WANG Zhen, et al. Assessment of urban data element market readiness from the perspective of information ecology theory[J]. Journal of Information Resources Management, 2024, 14(2): 82-94, 135.
- [15] 王展昭,张海洋. 企业生态位、参与度与创新生态系统价值共创的关系:基于知识重组调节作用的分析[J]. 科技管理研究, 2024, 44(21): 167-176.
WANG Zhanzhao, ZHANG Haiyang. The relationship between enterprise niche, participation level, and innovation ecosystem value co-creation: analysis based on the moderating role of knowledge reorganization[J]. Science and Technology Management Research, 2024, 44(21): 167-176.
- [16] 赵艺璇,成琼文. 生态系统视角下企业如何实现“数实”资源融合? [J]. 管理评论, 2024, 36(4): 261-272.
ZHAO Yixuan, CHENG Qionghwen. An exploration from the ecological perspective on how enterprises can integrate digital and physical resources? [J]. Management Review, 2024, 36(4): 261-272.
- [17] 唐鑑,张莹莹. 数字经济时代劳动关系生态系统的演化与建构[J]. 学术研究, 2024(1): 79-88, 177.
TANG Kuang, ZHANG Yingying. The evolution and construction of labor relation ecosystems in the digital economy era[J]. Academic Research, 2024(1): 79-88, 177.
- [18] 李瑞昌,唐雲. 数字孪生体牵引应急管理过程整合:行进中的探索[J]. 中国行政管理, 2022(10): 30-38.
LI Ruichang, TANG Yun. Digital twins traction process integration of emergency management: an ongoing exploration[J]. Chinese Public Administration, 2022(10): 30-38.
- [19] 张鑫. 智慧赋能应急管理决策的范式转变与使能创新[J]. 江苏社会科学, 2021(5): 55-62.
- [20] 张铎. 大数据视域下特大城市应急管理模式反思与重构[J]. 城市发展研究, 2020, 27(9): 12-18.
ZHANG Feng. Reflection and reconstruction of emergency management mode in megacities from the perspective of big data[J]. Urban Development Studies, 2020, 27(9): 12-18.
- [21] 王延飞,陈美华,赵柯然,等. 国家科技情报治理的研究解析[J]. 情报学报, 2018, 37(8): 753-759.
WANG Yanfei, CHEN Meihua, ZHAO Keran, et al. Analysis of studies on the national governance of scientific and technical information[J]. Journal of the China Society for Scientific and Technical Information, 2018, 37(8): 753-759.
- [22] 牛莉霞,李肖萌. 5G时代智慧矿山安全管理新模式[J]. 中国安全科学学报, 2021, 31(6): 29-36.
NIU Lixia, LI Xiaomeng. A new safety management model of intelligent mines in 5G era[J]. China Safety Science Journal, 2021, 31(6): 29-36.
- [23] 烜富豪,赵秋红,邓修权,等. 基于嵌套循环结构的分形应急组织构建研究[J]. 管理评论, 2020, 32(10): 293-306.
ZU Fuhao, ZHAO Qiuhong, DENG Xiuhuan, et al. Research on fractal emergency organization reconstruction based on nested loop structure[J]. Management Review, 2020, 32(10): 293-306.

作者简介: 牛莉霞 (1983—),女,山西吕梁人,博士,教授,主要从事组织行为管理与人因工程方面的研究。E-mail:327334231@qq.com。