

基于不同主体应急场景需求的应急产业生态知识图谱构建与应用

陈莹

上海理工大学管理学院, 上海

收稿日期: 2025年2月20日; 录用日期: 2025年3月13日; 发布日期: 2025年3月20日

摘要

事故推动型应急管理导致应急产业相关主体对话缺失以及治理脱嵌。为加强全社会的安全应急防范能力, 以不同主体应急需求为切入点, 提出基于“场景-应对”的应急管理范式, 构筑“个人/家庭-社区-社会”三维应急场景, 构建应急产业生态知识图谱。通过知识图谱的语义理解和知识检索功能, 搭建应急产业智能问答平台, 为用户推荐不同应急场景下应急产品生产企业与应急产品功能等信息, 使个人、社区及政府在灾害应对过程中具备更强的协作能力。该研究方法为应急管理研究范式、应急场景需求、产业主体的深度融合与协调发展提供了理论支持与实践指导, 推动我国应急产业的发展从“事后救援”向“事前预防”转变。

关键词

知识图谱, 应急产业, 智能问答

Construction and Application of Emergency Industry Ecological Knowledge Graph Based on Emergency Scenario Requirements of Different Subjects

Ying Chen

School of Management, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: Feb. 20th, 2025; accepted: Mar. 13th, 2025; published: Mar. 20th, 2025

文章引用: 陈莹. 基于不同主体应急场景需求的应急产业生态知识图谱构建与应用[J]. 建模与仿真, 2025, 14(3): 294-305. DOI: 10.12677/mos.2025.143223

Abstract

Accident-driven emergency management has led to a lack of dialog and a disjointed governance of the relevant subjects in the emergency industry. In order to strengthen the safety and emergency preparedness of the whole society, we propose an emergency management paradigm based on “scenario-response” by taking the emergency needs of different subjects as the entry point, constructing a three-dimensional emergency scenario of “individual/family-community-society”, and constructing an ecological knowledge mapping of the emergency industry. The knowledge map of the emergency industry is constructed. Through the semantic understanding and knowledge retrieval function of the knowledge map, an intelligent Q&A platform of the emergency industry is built to recommend emergency product manufacturers and emergency product functions under different emergency scenarios, so that individuals, communities and the government can have stronger collaborative capabilities in the process of disaster response. This research method provides theoretical support and practical guidance for the research paradigm of emergency management, emergency scenario demand, and the in-depth integration and coordinated development of industrial subjects, and promotes the development of China’s emergency industry from “rescue after the fact” to “prevention before the fact”.

Keywords

Knowledge Graph, Emergency Industry, Intelligent Question and Answer

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

长期以来在应急管理上，我们处于一个被动的事推动型状态[1]，政府主要通过转变企业或个体的价值观念和扩充服务对象的社会系统张力来形塑企业或个体在应急治理领域的行动机制。不可避免的导致相关主体间，如应急产品生产企业、应急产品需求者及社会相关单元(组织、社区)等直接对话的缺失和治理过程中的脱嵌。特别是随着信息化和全球化的发展，危机事件的性质正逐渐发生变化，从单一型向复合型蜕变，即呈现出“脱域化”(Disembedding)特征，这不仅扩大了其潜在的影响范围，也增强了对其他非相关事件的负面影响。这不仅给政府的应急管理能力带来了巨大挑战，同时还考验每一个公民、组织等自身的危机防控能力，即个体层面在面对突发性事件时也要有充足的应急产品储备和完善的应急事件处理技能，这就使得应急管理呈现出对社会的多元指向，需要社会的广泛参与和动员。党的二十大特别强调要建立大安全、大应急框架，一定程度上是为了促进建立全社会参与的“应急管理共同体”。而如何在“行政命令”之外和应急产品公益指向不变性约束下，“平急结合”，将“全社会参与”落实到应急管理实践中，就需要重塑应急管理范式。为此，本文通过构建应急产业生态知识图谱，提出基于“场景-应对”的应急管理范式，即以不同主体应急需求为切入点，构筑“个人/家庭-社区-社会”三维应急场景，通过应急产业互联把政府和市场、社会力量形成一股合力，进而重塑应急产业在社会韧性治理中的逻辑关系，推动其内在驱动循环体系的形成。这既有助于从产业层面优化社会应急管理系统结构和功能，提升社会系统韧性，也有助于培育新的经济增长点。

首先，本文以安全应急产业相关标准文件为例，按照“个人/家庭-社区-社会”应急场景需求对应

急产业主体进行分类。构建应急产业知识图谱，不仅能够直观地呈现出图 1 所示的“原材料供应商 - 应急产业 - 应急场景”产业链的层级关系，还能够揭示应急产业间的内在联系。其次，借助知识图谱的语义理解和知识检索功能，搭建应急产业智能问答系统。该系统运用自然语言处理技术能够快速响应用户查询需求，提供不同场景下应急产业关联信息。本文旨在构建一个更加完善的应急产业知识图谱体系，以此提升全社会的安全应急防范意识和抗灾应急能力，推动我国应急产业的发展从“事后救援”向“事前预防”的范式转变。同时，应急产业智能问答平台的搭建有助于推动社会、市场、政府之间的深度融合与协调发展，将“全社会参与”目标融入应急管理实践当中。

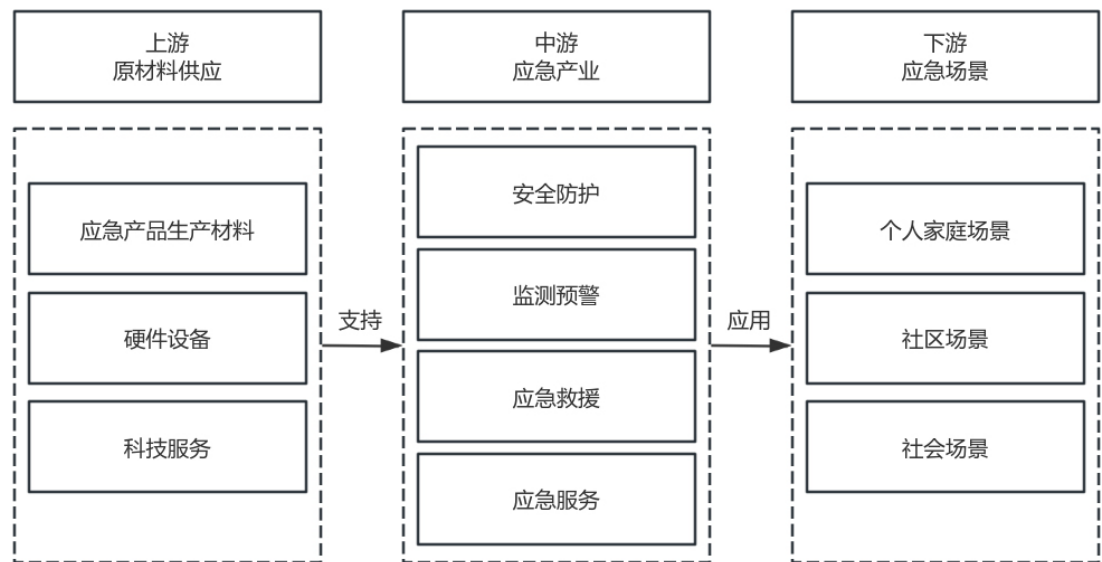


Figure 1. Schematic diagram of the emergency industry chain
图 1. 应急产业链示意图

2. 研究现状

在应急管理理论层面，董田甜等[2]基于整体性治理理论视角，针对应急管理体系体制机制权责不明、政策规范难以协同、信息传递相对滞后、应急保障体系建设不足等问题，提出通过强化部门间的协调与合作、明确权责划分、优化政策协同、提升信息传递效率以及完善应急保障体系等措施，构建一个更加协同全面的应急管理体系。岳清瑞等[3]以风险源、承灾体和减灾体为主体，分析风险源破坏力，构建城市安全表征“库 - 网 - 流 - 谱 - 法”理论框架。

在技术层面，姜仁贵等[4]通过融合北斗卫星、大数据、云服务和综合集成技术，从前端监测、过程预警和事件应对等方面针对城市内涝设计三维可视化应急管理信息系统，为城市内涝应急管理提供全方位的服务。张夏等[5]采用时空网络约束调度车辆，结合受灾情况合理配送物资，最大化物资需求率，降低配送过程的风险和成本损失，建立多目标应急物资调度规划模型。杜志强等[6]围绕自然灾害事件、灾害应急任务、灾害数据、模型方法 4 个要素构建知识图谱，形成对自然灾害应急领域概念的统一描述，提升知识的智能应用水平。刘欣等[7]以 Kraljic 矩阵为基础，建立应急物资分类模型及相应指标体系，运用组合赋权法赋权量化各指标，完成应急物资的科学分类。朱海铭等[8]通过灾害系统论，基于我国境内及周边海域范围的台风相关数据构建“致灾因子 - 关系 - 承灾体”三元组为灾害链基本链条的知识网络。许强等[9]从滑坡类型、滑坡地貌特征、滑坡形态特征、滑坡致灾信息等 10 个方面构建滑坡知识体系，构建大规模滑坡知识图谱。刘永立和王海涛[10]将知识图谱与应急处置预案进行动态融合，利用数据融合技

术整合多源异构数据, 构建出火灾及耦合灾害知识图谱、灾害事理图谱、监管部门图谱, 并建立了数据和流程动态注入的多部门应急处置预案模型。王慕华等[11]从事件梳理分析和事件要素关系的角度, 结合事件表示模型(Simple Event Model, SEM)和暴雨预警事件特征, 构建暴雨灾情 - 降雨实况 - 暴雨预警发布相结合的暴雨预警事件图谱模型。Zhang 等[12]提出了一种构建虚拟滑坡灾害环境知识图谱的方法, 基于协同过滤和深度学习的灾害现场数据满足多样化用户构建个性化虚拟滑坡灾害环境的可视化任务需求。

在应急产业知识图谱的构建中, 对于不同类型灾害的研究内容已经比较丰富, 不同场景之间的协同与整合研究相对薄弱。因此, 本文提出一种基于多主体应急场景需求的应急产业知识图谱的构建方法, 旨在建立更加完善的应急产业知识图谱体系, 推动我国应急产业的发展从事后救援向事前预防转型。

3. 基于不同主体应急场景需求的应急产业生态知识图谱构建

3.1. 模式层构建

3.1.1. 本体类构建

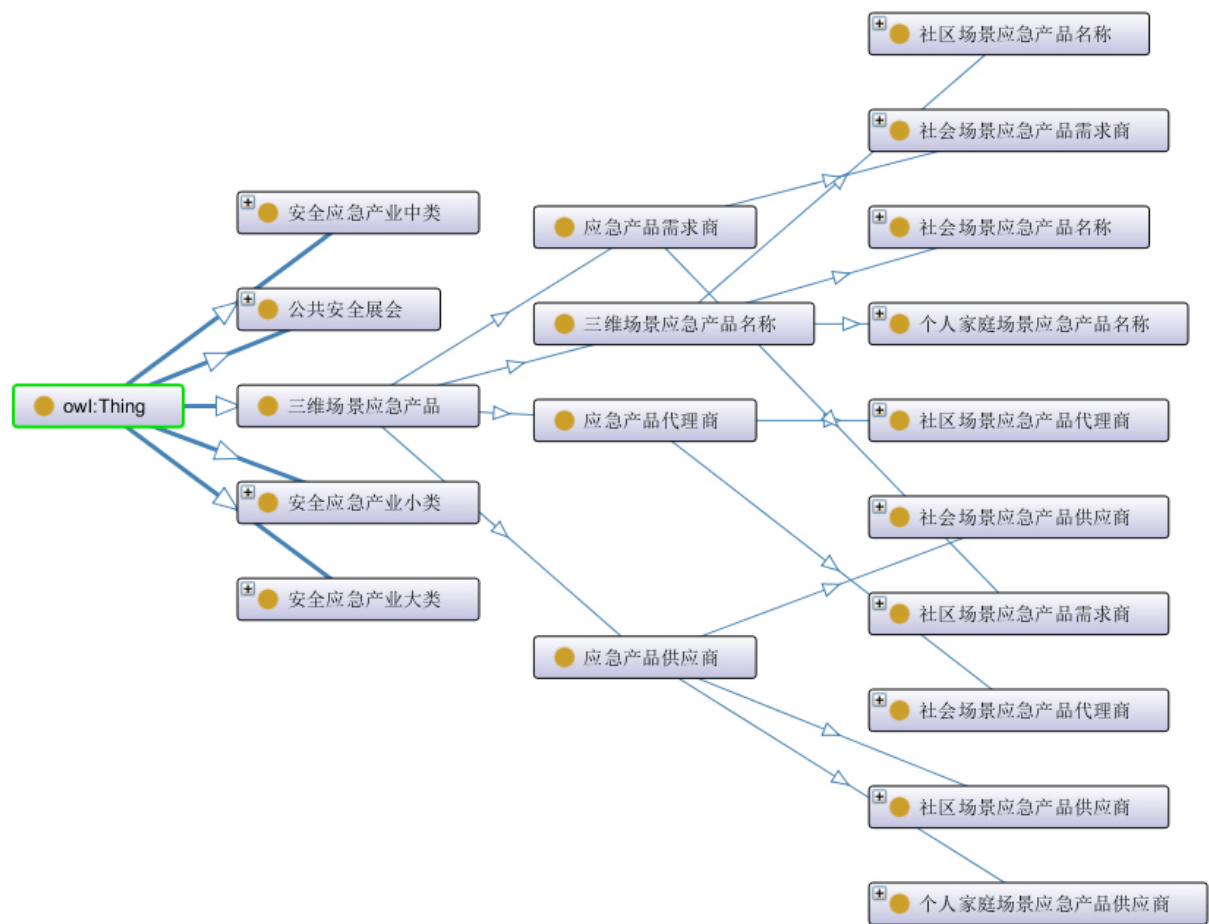


Figure 2. Emergency industry knowledge graph ontology

图 2. 应急产业知识图谱本体结构

知识图谱可以分为自顶向下和自底向上两种构建模式, 其中自顶向下的方式适用于具备固定知识体系或可定义固定模式数据的特定行业[13]。本体是对概念进行建模而确立的规则, 是对客观世界的抽象描述, 通过形式化的方式对概念及其之间的联系给出明确的定义。本文采用自顶向下模式, 通过本体构建

方法可以准确实现不同主体应急场景需求下应急产业本体的构建。应急产业生态知识图谱模式层的构建是一个复杂而系统的过程，需要综合考虑不同的应急场景需求、应急主体与应急产品等多个方面。结合应急产业相关文献资料，通过本体构建七步法完成三维场景应急产业、安全应急产业大类、安全应急产业中类、安全应急产业小类以及公共安全展会本体构建。按照应急产业链环节将应急产业本体分为应急场景产品、应急场景产品供应商、应急场景产品代理商和应急场景产品需求商共四个二级概念，具体分类如图 2 所示。公共安全展会本体下分为安全展会主办单位、安全展会协办单位、安全展会支持单位，安全展会批准单位、展会产品和展会供应商。安全应急产业大类、安全应急产业中类、安全应急产业小类下的二级类比较多，主要参考了《安全应急产业分类指导目录(2021 年版)》。社区场景和社会场景数据来源为地方政府采购网和中国政府购买服务信息网。本文共构建了 170 个分类，一级知识本体 5 个，二级知识本体 155 个，三级知识本体 10 个。

3.1.2. 本体关系构建

通过对应急产业知识进行系统性分析，定义三维场景应急产业的核心类型之后，还需要进一步定义类的属性来明确本体的层次结构。本体对象属性主要用于描述类与类之间的关系，定义域和值域均为类。对象属性的确立便于知识图谱进行语义关联和知识发现。数据属性则描述类的固有属性，定义域为类，值域为某一特定的数据类型，具体定义如表 1 所示。

Table 1. Object properties of the emergency industry knowledge graph ontology

表 1. 应急产业知识图谱本体对象属性

对象属性	描述	示例
authorize	委托代理	无锡市公安局——authorize→江苏博智工程咨询有限公司
coorganize	协办	视频图像信息智能分析与共享应用技术国家工程实验室——coorganize→中国国际社会公共安全产品博览会
host	主办	中国安全防范产品行业协会——host→中国国际社会公共安全产品博览会
ratify	批准	中华人民共和国商务部——ratify→中国国际社会公共安全产品博览会
support	支持	中国道路交通安全协会——support→中国国际社会公共安全产品博览会
participate in	参与	中国联合网络通信有限公司——participate in→中国国际社会公共安全产品博览会
supply	提供	3M 中国有限公司——supply→防水防护服
demand	需求	无锡市公安局——demand→药品安全检测设备
cooperate	合作	青岛立安安全科技有限公司——cooperate→重庆信科设计有限公司
is inclusive of	包括	预警监测类——is inclusive of→社会安全事件检测预警类
is applied in	应用于	手电筒——is applied in→个人家庭场景

3.2. 数据层构建

通过在模式层已搭建的各类概念之间的语义关联，将经过知识抽取等一系列技术整理完成的应急产品实例数据导入到 Neo4j 图数据库中，最终构建出三维场景应急产业知识图谱，利用 Cypher 语句实现知识可视化。

3.2.1. 知识抽取

知识抽取是构建知识图谱数据层的第一步，主要是指从多源异构的数据源中抽取实体、关系以及属性等结构化的数据信息，并将其转换成实体关系三元组。针对本研究中的数据来源，对应急产业各主体的实体属性、关系属性和数据属性先进行梳理和抽取。具体而言，对实体信息的抽取是对概念类的准

确描述，如对产品名称、产品应用场景等信息的识别和理解；关系属性的抽取，是对实体间的关系进行解读，抽取出实体和实体之间的语义关系，形成知识图谱三元组结构的基本单位，如(中国安全技术防范认证中心，协办，中国国际社会公共安全产品博览会)、(丹东市应急管理局，委托代理，丹东市公共资源交易中心)以及(湖南煤矿安全装备有限公司，供应，JJB10 煤矿用激光甲烷检测报警仪)等。本文选用爬虫技术对国家应急管理局官网、中央与各地区政府官网和安全展会网站等网站中的非结构化数据进行抽取清洗。针对文本资源产生的非结构化数据主要通过人工方法来抽取。

3.2.2. 知识存储与可视化

知识存储是知识图谱构建的关键环节，根据图数据库管理系统(DB-Engines Ranking of Graph, DBMS)使用排名，Neo4j 是最为普及且扩展性强的图数据库软件，用于存储以节点和关系为对象的图结构数据，能够清晰直观地展示出各节点之间的语义关系。因此，本文选择 Neo4j 图数据库作为构建知识图谱的工具。由于应急产品类别与实例非常多，手动创建每个实体以及每个实体与实体之间的关系需要耗费很多时间。为了提升知识图谱构建的效率和准确性，完成应急产品本体构建后，用 Cellfie 语言将实例分别添加到各个类中。在映射过程中，将 protégé 软件中实例对应的 URI (Uniform Resource Identifier, 统一资源标识符)作为 Neo4j 属性图节点 ID，RDF (Relational Data Format, 关系数据格式)实例所属的 OWL (Web Ontology Language, 网络本体语言)类作为节点标签，并将实例对应的标签属性、数据类型属性作为节点内属性进行表示，属性图节点之间的边映射来自 RDF 中的对象属性关系，包含 rdfs:label 属性进行描述，增强可理解性。本文使用 Py2neo 自动化构建方式进行数据读取、数据转换和数据导入，进行节点、边和属性创建与匹配功能，构建了多维场景应急产业知识图谱，包含了 4735 个相关节点和 5989 条关系，表 2 为知识图谱节点图例。

Table 2. Legend of knowledge graph nodes
表 2. 知识图谱节点图例

序号	节点颜色	节点类别
1		原材料/产品供应商
2		应急产业
3		应急产品需求商
4		场景

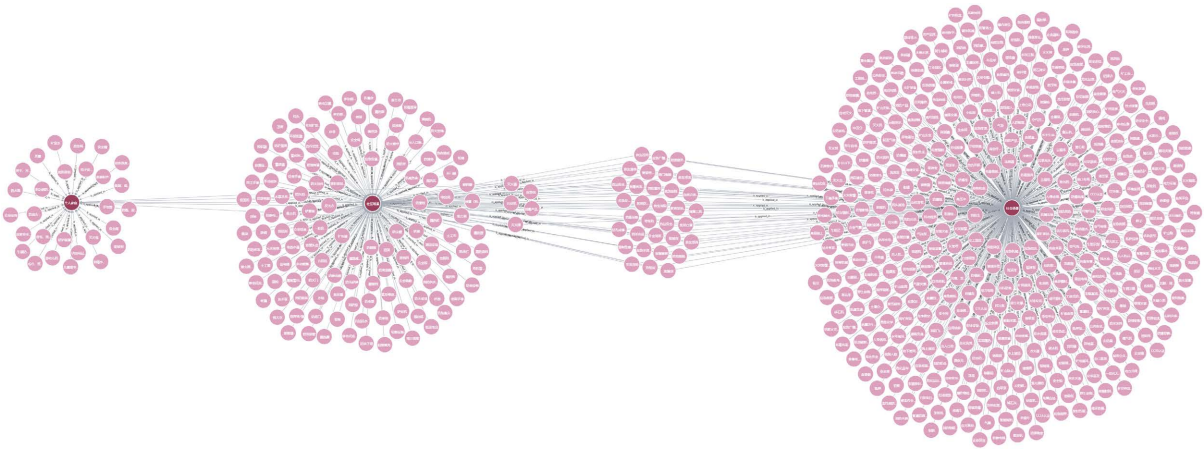


Figure 3. Emergency industry relationships for multi-subject emergency scenario needs
图 3. 多主体应急场景需求应急产业关系

由于 Neo4j 的图形展示界面有限,选取了部分实体及关系进行可视化展示,图 3 清晰地展示了三维场景下应急产业多主体间的关联关系,多个应急产业交叉连接能够更好地满足不同场景下不同群体对应急产品的需求。图 4 展示了个人家庭场景应急产业知识图谱,节点之间的关系更侧重于“供应商-个人”的联系。个人家庭场景应急产品主要是为了面临灾害事故时个人能够维持体力、缓解伤势以及满足日常生活状况。个人安全应急市场空间巨大,是安全应急产业发展的重要推动力量。该场景的知识图谱强调供应商快速响应个人需求、提供急需的应急产品,从而增强家庭自救能力。

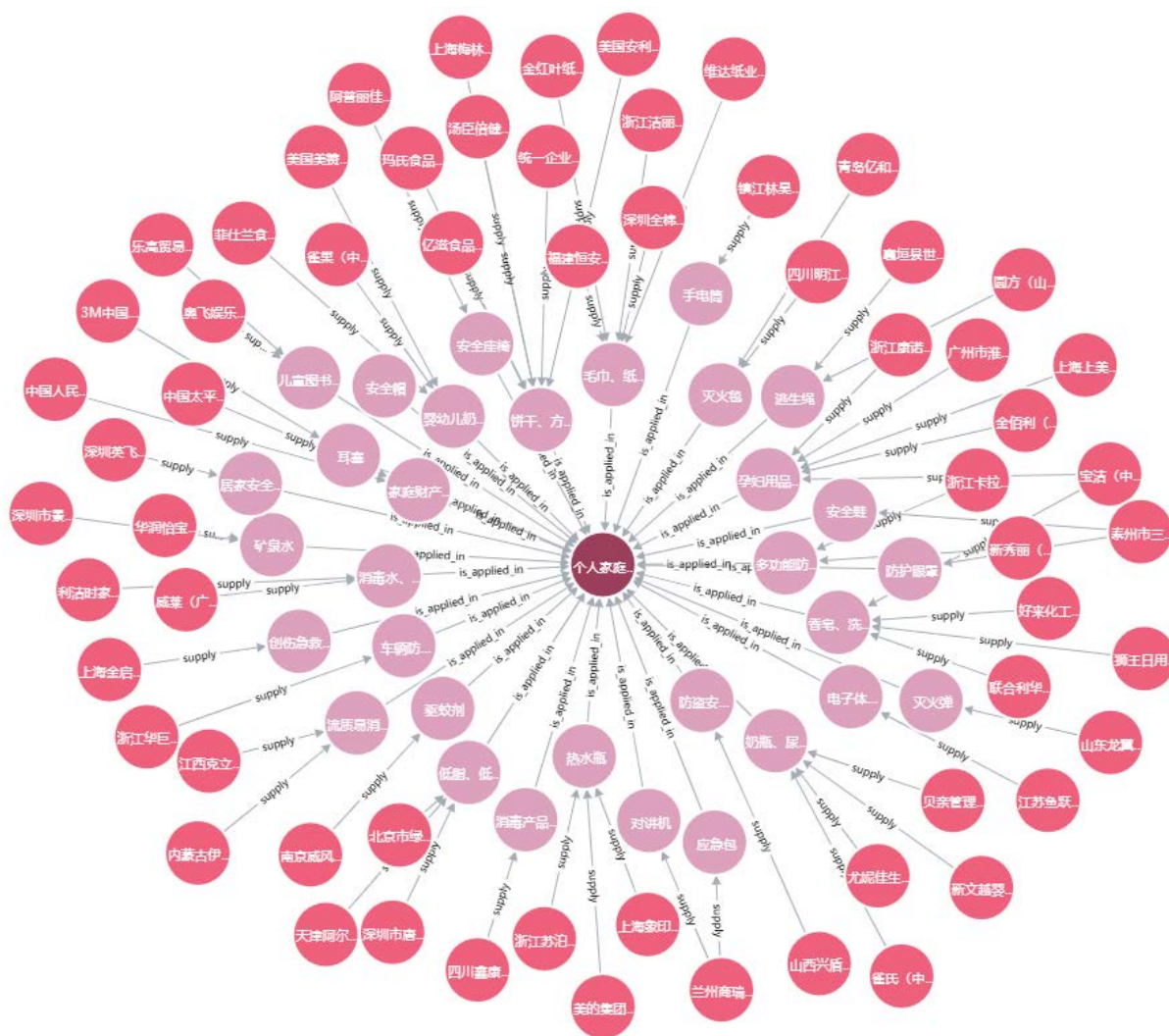


Figure 4. Visualization of a knowledge graph for the personal scenario emergency industry
图 4. 个人场景应急产业知识图谱可视化

图 5、图 6 展示了部分社区场景和社会场景应急产业知识图谱。社区场景应急产业知识图谱节点密集度较低，强调以社区为单位的应急产品储备和供应，适应小范围内快速响应的特点。社会场景应急产业图谱节点关系复杂性高，涉及大规模灾害事故需要的专业化程度高的应急设备、高层级企业及政府机构。这一结构展示了从供应端到需求端再到实际应用场景的完整应急产业链，能够清晰地体现出各环节之间的紧密联系和层次性。社会场景通常涉及到大规模灾害响应，需要政府和应急产业之间的协调合作，确保资源调配和应急物资的高效分配。对比不同场景下节点关系，可以发现应急产业的各类节点和关系

在不同应急场景需求下侧重点并不相同。个人场景强调快速响应和便捷的应急物资供应，而社区和社会场景则需要高效的决策机制和协调能力。

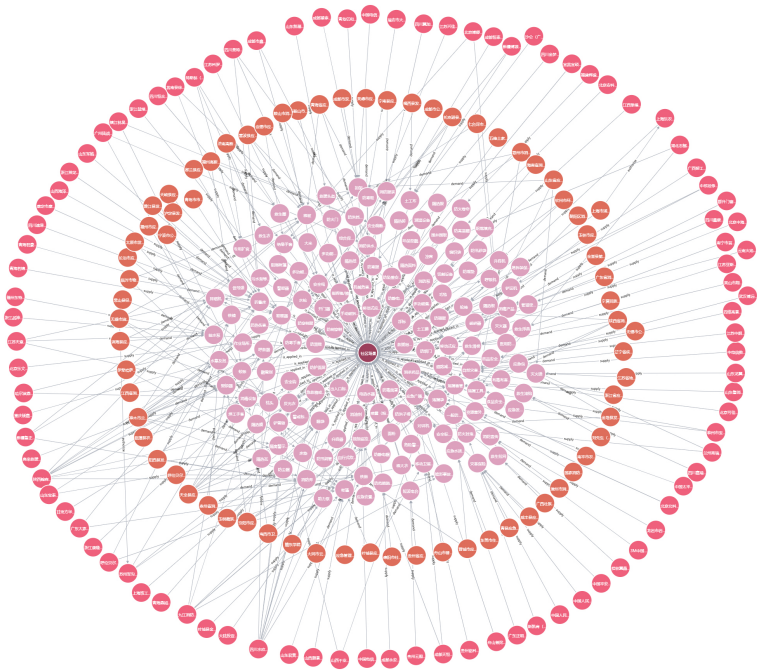


Figure 5. Knowledge graph of the emergency industry for community scenarios (partial)
图 5. 社区场景应急产业知识图谱(部分)

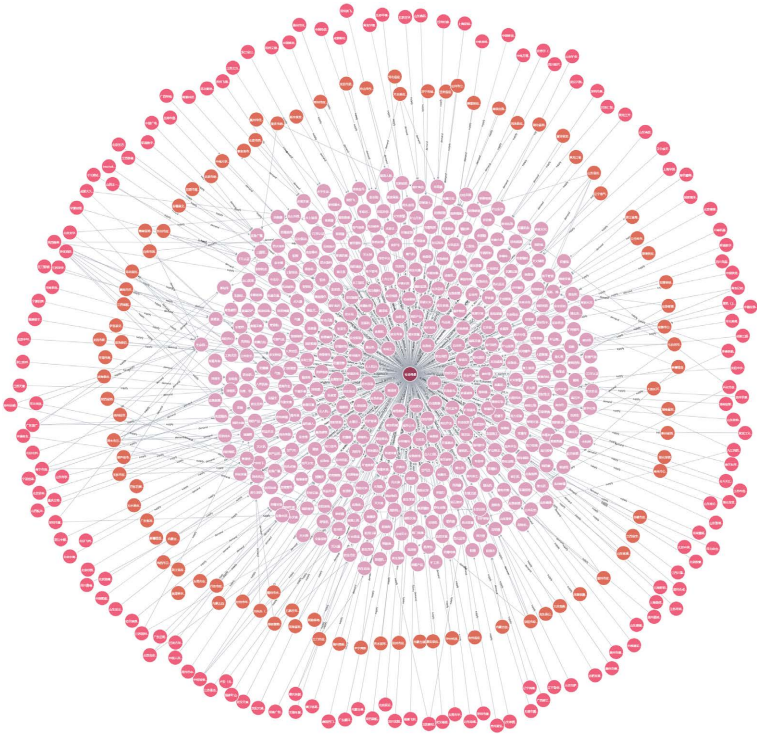


Figure 6. Knowledge graph of the emergency industry for social scenarios (partial)
图 6. 社会场景应急产业知识图谱(部分)

通过不同场景下应急产业知识图谱可视化展示，由外向里呈现出“原材料供应-应急产业-应急场景”的应急产业链特征。一方面，通过知识图谱的方式将关键环节的企业、产品、服务等多个主体连接在一起，有效整合不同场景下应急产业资源，提高应急产业主体间的协作效率，从而加强应急产业链的抗灾韧性。另一方面，知识图谱的多维度结构呈现为后续实现智能问答提供了技术支撑，使其能够在不同应急场景下提供个性化的解决方案。

4. 基于多主体的三维场景应急产业知识图谱应用

4.1. 智能问答系统框架

以 Neo4j 图数据库中存储的应急产业知识图谱为基础，本文针对不同场景下应急产品的实际需求，提出基于问题模板的智能问答系统构建方法。该系统以问答交互界面的自然语言问句为输入，Flask 作为轻量级 Web 框架，负责整个系统的后端逻辑。Flask 接受前端发送的查询请求后，通过问题解析模块将自然语言映射为 Neo4j 图数据库的 Cypher 查询语句，在进行图谱信息检索的基础上，由答案生成模块根据检索结果构建自然语言式的答案短文本在问答交互界面中展示。该系统的整体框架如图 7 所示。

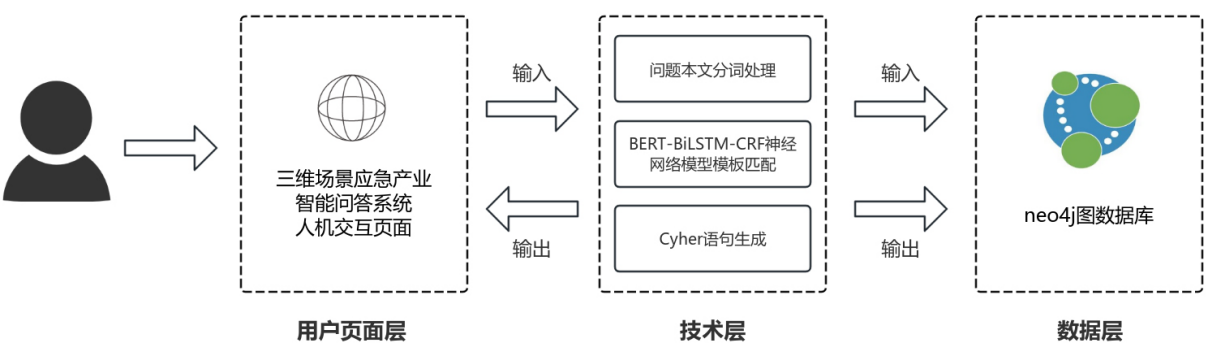


Figure 7. Intelligent question and answer system framework
图 7. 智能问答系统框架

4.2. 智能问答系统问题解析模块

Table 3. Example of a question template for a multi-dimensional scenario emergency industry knowledge mapping quiz system
表 3. 多维场景应急产业知识图谱问答系统问题模板示例

问题场景	问题模板示例
个人家庭场景	家里日常需要准备哪些应急物资？
社区场景	社区需要配备什么应急产品？
社会场景	有哪些单位可以为社会面提供应急产品？
社会场景	发生地震救援队需要携带什么仪器？
社会场景	发生火灾时可以用哪些应急产品进行救援？

本文构建的多维层级应急产品知识图谱问答系统目标用户面向整个社会，在问答交互场景中具有较明确的问题类型和较统一的表达方法，可视为限定域的知识图谱问答。因此，问题解析模块以自然语言问句作为输入，在分词和主题词提取等任务的基础上，通过问题分类理解问题意图，并进行问题模板匹配。本文选择 Han LP 工具进行问题文本分词工作，将上文所构建的应急产品信息的字典导入 Han LP

的自定义词典中，使分词更加准确。对用户输入的自然语言问句进行解析，并准确提取其中的主题实体是实现知识问答的前提，其任务本质是面向问句短文本的命名实体识别问题，因此，本文采用 BERT-BiLSTM-CRF 神经网络模型。本文围绕不同应急场景需要的应急产品及其需求供应等相关常见问题设计问题模板，共计 21 小类，部分问题模板示例如表 3 所示。

4.3. 智能问答系统知识检索模块

知识检索模块是问题解析和 Neo4j 图数据库反馈结果的信息交互过程，本文使用 python 将问题解析模块抽取的问题文本与问题主题匹配，通过 Cypher 查询引擎在知识图谱中检索问题的答案。问题文本到 Cypher 语句的映射需要问题模板和 Cypher 查询语句一一对应，表 4 列举了部分问题对应的查询语句，复杂问题的查询可通过多个 Cypher 查询语句实现。

Table 4. Q&A system question text and query statement examples
表 4. 问答系统问题文本和查询语句示例

序号	问题文本	查询语句
1	发生火灾时我可以用哪些应急产品进行自救？	<pre>MATCH (n:个人家庭场景应急产品:消防装备) RETURN n.uri AS name ORDER BY rand() LIMIT {limit}</pre>
2	家庭日常需要准备哪些应急产品？	<pre>MATCH (n:'个人家庭场景应急产品名称') RETURN n.uri AS name ORDER BY rand() LIMIT {limit}</pre>
3	如何购买到这些产品？	<pre>MATCH (n1:个人家庭场景应急产品供应商)- [r:supply]->(n2:个人家庭场景应急产品名称 {{uri: '{product}'}})) RETURN n1.uri AS supplier ORDER BY rand() LIMIT {limit}</pre>

4.4. 智能问答系统知识检索模块

答案生成模块通过对 Neo4j 图数据库中检索到的细粒度信息进行字符串拼接、去重、排序与融合，以自然语言短文本形式返回给用户，保证了问题和答案类型的一致性。问题解析模块对用户输入的自然语言语句进行问题分类、问题模板匹配后，从用户提问中抽取实体与关系生成 Cypher 语句来返回查询答案。

4.5. 问答系统结果展示

本文建立的问答系统采用 html (Hyper Text Markup Language, 超文本标记语言)、CSS (Cascading Style Sheets, 层叠样式表)和 JavaScript 作为前端进行框架设计。通过 JavaScript 编程语言，以 html 网页为载体，CSS 负责页面布局和样式，实现页面的响应式布局，JavaScript 的应用主要为用户交互和 DOM 操作。

成功登录后，进入网站主页面。如图 8 所示，知识图谱可视化功能展示了基于 Neo4j 数据库构建的应急产业知识图谱。前端采用 D3.js 可视化库，将 Neo4j 中的节点和关系动态渲染在网页上。图 9、图 10、图 11 分别展示了三维场景下的应急产品相关信息。其中，图 9 能够为用户推荐个人场景的应急产品及其购买渠道，证明该系统具有良好的连续问答能力。

图 8. 问答系统知识图谱可视化



图9. 个人场景智能问答结果



图 10. 社区场景智能问答结果



图 11. 社会场景智能问答结果

5. 结论与展望

本文从应急场景需求出发, 基于“个人/家庭-社区-社会”应急场景重构应急产业生态知识图谱。该图谱具有一定的实用性和科学性。通过知识图谱的语义理解和知识检索等功能, 设计了不同应急场景下应急产业智能问答系统, 为社会群体、相关企业和政府机构推荐产品及其供应渠道等信息, 加强整个社会的应急认知与安全应急防范能力, 提升社会系统韧性的同时, 激发安全应急市场经济增长新动力。

本研究对个人、家庭、社区、社会常用场景进行知识图谱的构建存在一定的局限性。未来应急产业知识图谱可以结合地区的实际情况有针对性地进行调整, 沿海地区有必要增加防风防雨产品相关应急产业信息, 西部地区可以加入抗旱、储水等应急产业信息, 适应当地防灾减灾的具体需求, 丰富产业的服务功能的同时拓展应用场景的多样性多元性。

参考文献

- [1] 余海燕, 郑钹. 新发展格局下应急产业的生成逻辑、市场化悖论与常态化发展[J]. 经济体制改革, 2023(2): 130-138.
- [2] 董田甜, 刘云堃, 李蓓. 整体性治理视角下突发公共卫生事件应急管理的效能优化研究[J]. 中国卫生事业管理, 2024, 41(2): 126-129, 145.
- [3] 岳清瑞, 陆新征, 许镇, 等. 基于“风险源 + 承灾体 + 减灾体”的城市安全表征“库-网-流-谱-法”理论框架[J]. 工程力学, 2022, 39(11): 52-62.
- [4] 姜仁贵, 杨思雨, 解建仓, 等. 城市内涝三维可视化应急管理信息系统[J]. 计算机工程, 2019, 45(10): 46-51.
- [5] 张夏, 王慧超, 李泳瞰, 等. 突发洪涝灾害下考虑需求的应急资源调度研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2023, 19(12): 187-192.
- [6] 杜志强, 李钰, 张叶廷, 等. 自然灾害应急知识图谱构建方法研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2020, 45(9): 1344-1355.
- [7] 刘欣, 李书玉, 王海宁. 基于 Kraljic 矩阵的化工园区应急物资分类与储备策略[J]. 中国安全科学学报, 2023, 33(11): 221-230.
- [8] 朱海铭, 林广发, 张明锋, 等. 基于灾害风险普查知识库的台风灾害链知识图谱构建[J]. 灾害学, 2024, 39(1): 209-215.
- [9] 许强, 崔圣华, 黄维, 等. 面向工程地质领域的滑坡知识图谱构建方法研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2023, 48(10): 1601-1615.
- [10] 刘永立, 王海涛. 基于知识图谱的火灾及耦合灾害应急处置管理[J]. 煤矿安全, 2022, 53(9): 144-150.
- [11] 王慕华, 王天岳, 李雁鹏, 等. 基于通用事件表示模型(SEM)的暴雨预警事件图谱研究[J]. 灾害学, 2021, 36(4): 74-78.
- [12] Zhang, Y., Zhu, J., Zhu, Q., Xie, Y., Li, W., Fu, L., et al. (2020) The Construction of Personalized Virtual Landslide Disaster Environments Based on Knowledge Graphs and Deep Neural Networks. *International Journal of Digital Earth*, 13, 1637-1655. <https://doi.org/10.1080/17538947.2020.1773950>
- [13] 王昊奋, 漆桂林, 陈华钧. 知识图谱: 方法、实践与应用[J]. 自动化博览, 2020, 37(1): 7.