

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2026.03.001

基于事理图谱的城轨智能调度 决策生成模型研究

宗慧曦¹, 白 丽¹, 闫锴明², 张 铭¹, 钟建峰²

(1. 中国铁道科学研究院电子计算技术研究所, 北京 100081; 2. 北京经纬信息技术有限公司, 北京 100081)

摘 要: 针对城市轨道交通应急处置面临的人工经验依赖度高、应急决策动态适应性差、决策生成效率不高等问题, 提出一种“以谓词为核心的事件表示框架”与“事理图谱-检索增强生成(retrieval-augmented generation, RAG)一体化架构”的突发事件应急处置决策生成模型。首先, 采用非静态触发词构建优于静态知识图谱的应急处置流程性知识结构; 然后, 结合信息组团、态势研判、“事件-态势”两阶段查询重写等策略, 赋予传统 RAG 更优的事件链逻辑理解能力, 从而生成可操作性更强、更适配场景的应急处置决策; 最后, 构建决策合规率、决策生成耗时和决策效率提升等评价指标, 应用于对比实验, 从而对模型的效果进行评价。研究结果表明: 相较于传统 RAG 方法, 模型生成决策的合规率评价中, 关键节点准确率提升了 29.84%、逻辑关系正确率达 84.74%; 相较于传统人工决策, 模型生成效率提升 57.14%, 说明模型能在满足合规要求的同时缩短响应时间, 为构建城轨智能调度决策生成体系提供参考。

关键词: 城市轨道交通; 智能调度; 线网辅助决策; 事理图谱; RAG 架构; 决策生成

中图分类号: U231.1

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2026)03-0001-10

Research on an Intelligent Dispatching Decision Generation Model for Urban Rail Transit Based on an Event Evolution Graph

ZONG Huixi¹, BAI Li¹, YAN Kaiming², ZHANG Ming¹, ZHONG Jianfeng²(1. Institute of Computing Technologies, China Academy of Railway Sciences Corporation Limited, Beijing 100081;
2. Beijing Jingwei Information Technologies Co., Ltd., Beijing 100081)

Abstract: To address the issues of high reliance on manual experience, poor dynamic adaptability of emergency decision-making, and low efficiency of decision generation in urban rail transit emergency response, a decision-making model for emergency response is proposed, which integrates a “predicate-centered event representation framework” and a “causal graph-retrieval augmented generation (RAG) integrated architecture”. Firstly, a non-static trigger word is adopted to construct a process-oriented knowledge structure for emergency response that is superior to the static knowledge graph. Then, by combining information grouping, situation assessment, and an “event-situation” two-stage query rewriting strategy, the proposed model enhances traditional RAG with a stronger ability to understand the logic of event chains, thereby generating emergency response decisions that are more actionable and better adapted to specific scenarios. Finally, evaluation indicators such as the decision compliance rate, decision generation time, and decision efficiency improvement are defined and applied to comparative experiments to evaluate the model’s performance. The research results show that compared with the traditional RAG method, the proposed model improves key-node accuracy by 29.84% in the decision compliance evaluation and achieves a logical-relation correctness

收稿日期: 2025-08-31 修回日期: 2025-12-21

第一作者: 宗慧曦, 女, 硕士, 助理研究员, 主要从事城市轨道交通研究, youxianghaoji2025@163.com

基金项目: 中国国家铁路集团有限公司科技研究开发计划课题(K2024S007); 中国铁道科学研究院集团有限公司科研项目(DZYF24-38)

引用格式: 宗慧曦, 白丽, 闫锴明, 等. 基于事理图谱的城轨智能调度决策生成模型研究[J]. 都市轨道交通, 2026, 39(3): 1-10.

Zong Huixi, Bai Li, Yan Kaiming, et al. Research on an intelligent dispatching decision generation model for urban rail transit based on an event evolution graph[J]. Urban rapid rail transit, 2026, 39(3): 1-10.

rate of 84.74%. Meanwhile, compared with traditional manual decision-making, the proposed model improves generation efficiency by 57.14% indicating that the model can shorten the response time while meeting compliance requirements, providing a reference for constructing an intelligent dispatch decision generation system for urban rail transit.

Keywords: urban rail transit; intelligent dispatching; network-assisted decision-making; event evolution graph; RAG architecture; decision generation

城市轨道交通突发事件应急处置决策的制定一般基于应急处置预案开展,但在实际决策过程中,突发事件动态多变、高度依赖人工经验、预案流程性知识难以结构化复用等因素,导致处置决策面临可操作性不强、可交互性不足、决策适应性差的核心痛点,对高效、科学、动态的多级决策提出了巨大挑战。因此,研究调度流程知识表示、处置决策的智能化生成具有重要价值。

国内外学者对智能调度决策生成研究经历了3个发展阶段。第一阶段为传统静态阶段,依托调度命令和历史案例等构建高度依赖人工预处理的数字化预案^[1-4],通过关键词匹配制定处置决策;但其流程性知识体系静态封闭、人工维护成本高,缺乏对动态流程的建模,导致处置决策场景适应性差。第二阶段为智能初步探索阶段,基于检索增强生成(retrieval-augmented generation, RAG)架构与普通知识图谱的决策支持应用^[5-11]体现出一定的价值。该架构仍是对静态知识的检索问答,缺乏对动态、时序的“调度过程”建模,能解决“是什么”的部分事实性知识检索问题,但无法自主生成和优化“怎么做”的可操作流程,未能针对调度流程作业的“事件流程性”特征进行建模,导致生成的决策可操作性不足。第三阶段,事理图谱在流程性知识建模中表现出对状态变迁、动作序列、时序逻辑等独特的表征优势^[12-18],深度刻画了决策流程、演化过程。然而,现有研究未能与RAG架构深度融合、未形成动态逻辑建模与智能检索生成的闭环,难以适配城市轨道交通应急调度的动态性与交互性需求。

综上,前两阶段均未能从根本上解决动态流程建模、高效决策生成、场景适应性等核心诉求,因此,本文通过城市轨道交通“突发事件-处置逻辑”的双层应急处置事理图谱进行动态流程建模,融合RAG架构的应急处置决策生成模型,为决策流程赋予深度逻辑理解与动态交互能力,填补现有“流程智能”的研究缺口,解决行业智能调度决策核心痛点。

1 智能调度决策生成模型总体架构

事理演化图谱(简称“事理图谱”)是一种刻画人类行为的知识图谱,以事件为核心节点、以事件间逻

辑关系为边,比知识图谱更加适合城市轨道交通调度流程的结构化、集成化表达,如表1所示。

表1 事理图谱与知识图谱对比
Table 1 Comparison between the event evolution graph and knowledge graph

对比项	知识图谱	事理图谱
核心节点	名词性实体	抽象、语义完备的短语或句子,表达事件的谓词性结构
三元组	<名词性实体,关系,名词性实体>	<谓词性事件,逻辑关系,谓词性事件>
逻辑表达	以“包含”“位于”等表达静态知识	以“顺承”“条件”等表达可推理的调度行动路径
表示形式	应急人员、组织、资源等维度的多张图谱	以“谓词”作为流程事件触发词的一张图谱,通过自定义论元来组织事件的命名实体结构
领域适用	描述流程执行所需的静态知识	描述调度动作的过程性动态逻辑,以论元表征流程执行所需静态知识

RAG是一种融合了信息检索与大模型能力的内容生成架构,通过外挂的可独立维护更新的领域知识库,提升答案的准确性。

本文构建的“事理图谱+RAG”智能调度决策生成模型,以事理图谱的“调度行动链”作为模型业务逻辑库,形成问答交互式的决策生成及调整机制。

1.1 决策框架

遵循“事件上报→态势研判→信息收集→查询重写及嵌入→检索匹配→决策生成”链路,前3个阶段收集突发事件论元,检索出“突发事件-处置决策”的子图作为决策生成的框架,强化决策的可操作性,如图1所示。

1.2 运行机制

遵循上述链路设计对应模块,模型的运行机制如图2所示。

1.3 图谱性能

本文构建的事理图谱覆盖行车事故、设备故障、客运事件、施工组织、自然灾害、社会治安6个应急事件大类,分别包含9类、4类、4类、6类、4类、3类突发事件,每个突发事件对应一张事理图谱,包含2到4个子事件。每个子事件包含若干条调度行动链,每条链以一个突发事件节点为头节点,从头节点至

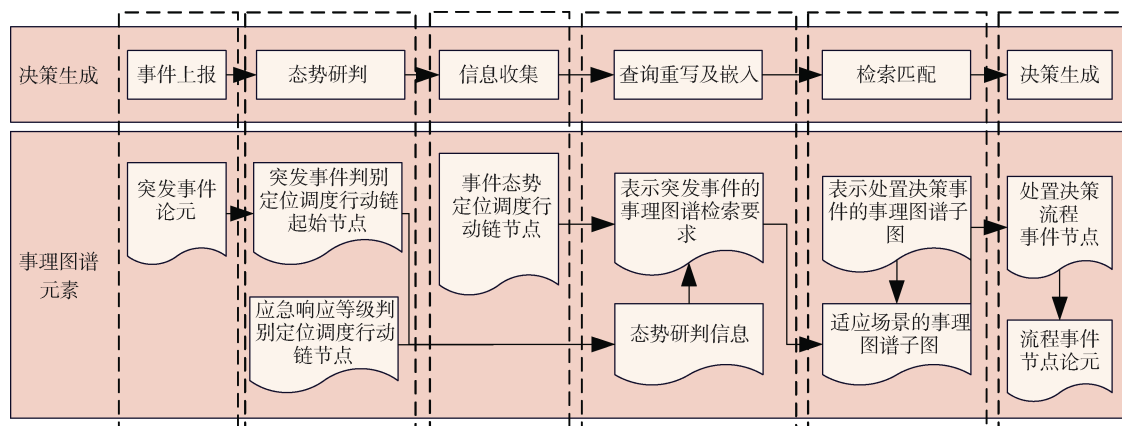


图 1 事理图谱作用原理链路

Figure 1 Principle link diagram of the event evolution graph

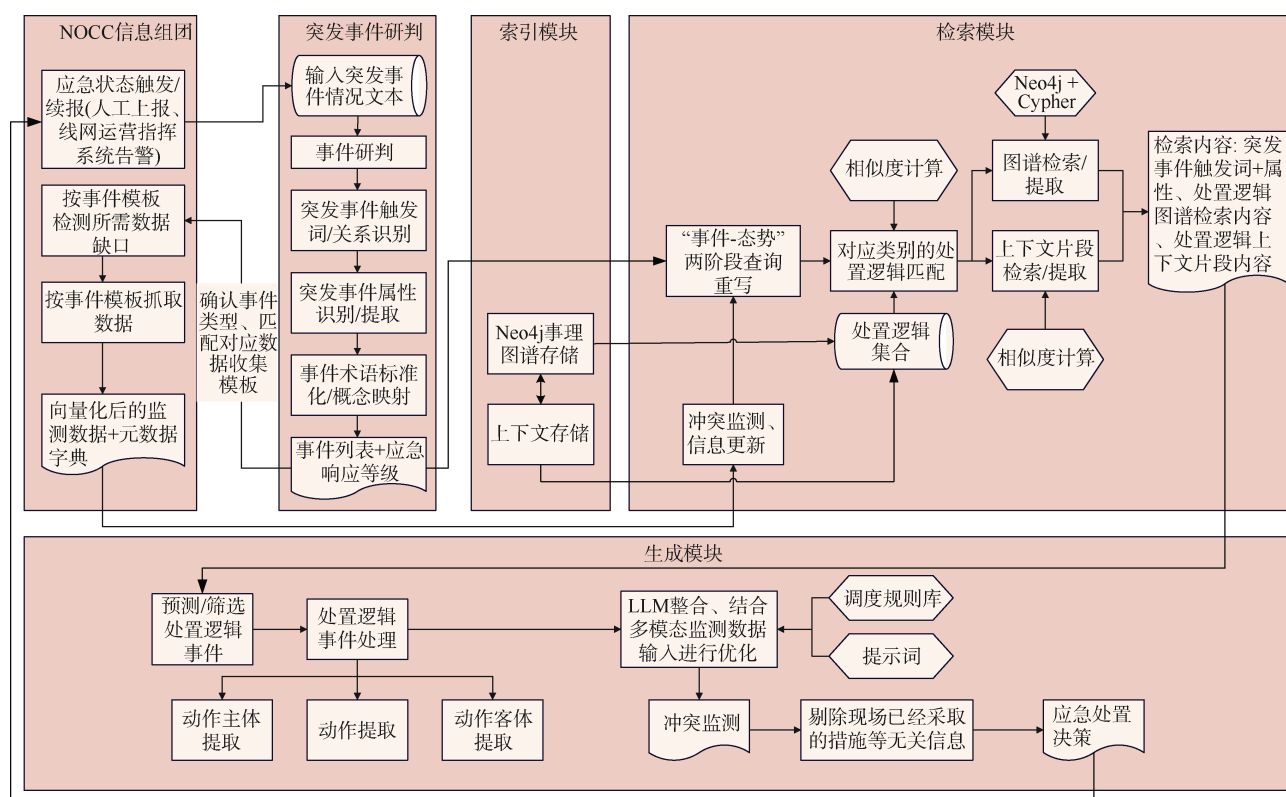


图 2 决策生成模型运行机制

Figure 2 Operating mechanism of the decision generation model

最后一个处置动作节点形成的链称为调度行动链。调度行动链的数量和平均长度用于衡量图谱性能,如图 3 所示。

2 调度处置事理图谱构建

2.1 事件表示框架

2.1.1 突发事件

由一系列子事件链 EC 组成,子事件 E_i 总数为 n ,

$EC = \{E_1, E_2, \dots, E_n\}$ 。子事件 E_i 的论元 FC 为时间、地点、伤亡人数、运营中断时间、经济损失、已采取的应急措施 6 项。 F_{ij} 表示 E_i 的第 j 个特征要素, $FC = \{F_{i1}, F_{i2}, \dots, F_{i6}\} (i \in n)$ 。对每一子突发事件设定显式触发词 W 。

2.1.2 处置逻辑事件

以处置逻辑事件表征处置步骤,构成调度行动链

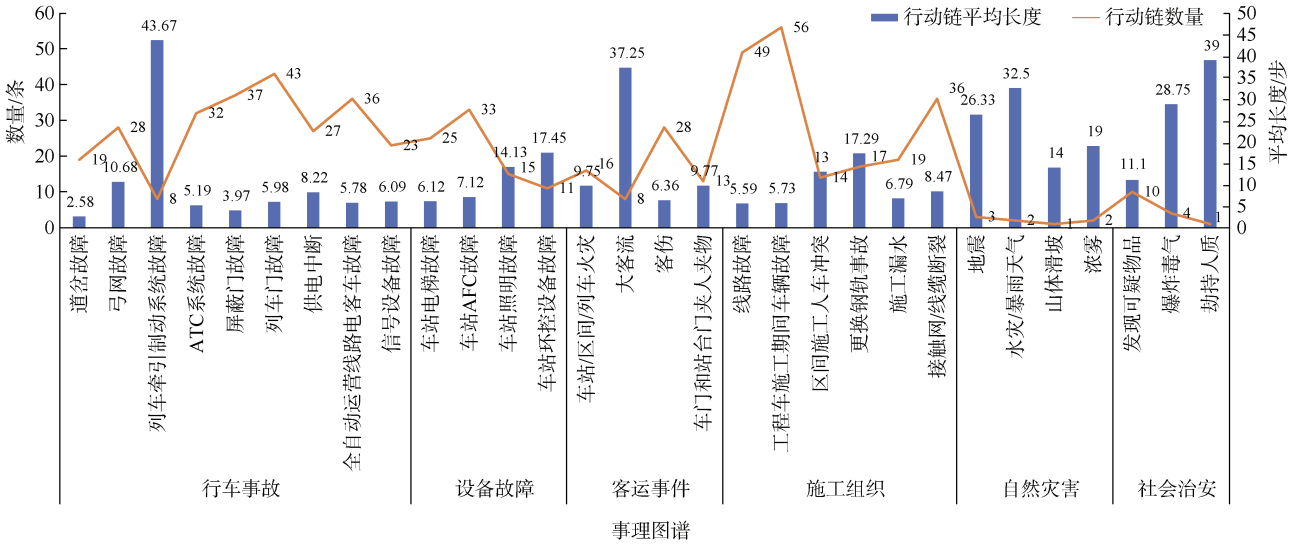


图3 事理图谱调度行动链统计

Figure 3 Statistics of dispatch action chains in the event evolution graph

AC。链中每一子事件都以抽象、泛化且语义完备的谓词 Y 作为触发词。 E_i 的处置逻辑事件 G_i 由若干动作事件 G_{ij} 组成, 总数为 m , $AC_i = \{G_{i1}, G_{i2}, \dots, G_{im}\}$ 。处置逻辑事件论元 HC 包含施事/动作发出机构/岗位、受事/动作执行机构/岗位、调度命令和应急资源等。用 H_{ijk} 表示 G_{ij} 的第 k 个特征要素, $HC_{ij} = \{H_{ij1}, H_{ij2}, \dots, H_{ij4}\}$ 。

2.1.3 事件关系

R_{cd} 表示处置逻辑事件关系, 形成框架如图4所示。

2.2 事件抽取方法

采用流水线抽取方法, 先抽取事件本体实体, 再抽取事件之间的关系。其中, 事件及论元的命名实体抽取模块、事件间关系抽取模块的输入文本分别为 S_i 和 S'_i , C_{CLS} 和 C_{SEP} 分别表示嵌入文本的开头和结尾。

2.2.1 事件实体及论元

针对突发事件文本, 采用自然语言大模型识别子突发事件类型及论元。对处置逻辑事件实体抽取, 先识别事件触发词, 再识别事件论元, 最后给事件论元分类。前两步采用 BERT+BiLSTM-CRF 模型, 最后一步采用 BERT+线性层角色分类器, 如图5所示: 通过嵌入层的 BERT 进行文本嵌入, 输出每个词的语义向量 C_i ; 嵌入后的向量 C_i 输入 BiLSTM 进行双向记忆处理; 输出上下文编码向量 H_i 输入 CRF 层进行序列优化, 输出每个 token 的 BIO 预测标签序列 Y_i 。事件实体及论元抽取按照以下4个步骤进行。

1) 步骤1: 识别事件触发词。输入“B-V, I-V,

O”3个标签集标注的谓词训练语料进行训练并抽取。

2) 步骤2: 识别事件论元。输入人工标注文本训练语料进行训练, 包含命令发布机构(B/I-ORG)/岗位(B/I-ISSUER)、命令执行机构(B/I-EXEC)/岗位(B/I-EXECUTOR)、应急资源(B/I-TOOL)、调度命令(B/I-COMMAND)论元。

3) 步骤3: 事件论元分类。输入人工标注的论元分类结果进行训练。以“[CLS]句子[SEP]触发词[SEP]候选论元[SEP]”作为输入, 为每个动作事件匹配论元, 输出<触发词, 论元实体, 论元角色>三元组。

4) 步骤4: 事件和论元实体识别。对输入序列 x , 其对应的正确标签 y , 模型给出序列标签 $\hat{y}$, 用 $S_{score}(x, y)$ 对模型给出的序列标签打分, 使用 CRF 损失函数进行调优:

$$L = -S_{score}(x, y) + \log \sum_{\hat{y}} e^{S_{score}(x, \hat{y})} \quad (1)$$

事件的论元角色分类, 使用交叉熵损失函数进行调优:

$$L = -\sum_{i=1}^n y_i \log(\hat{y}_i) \quad (2)$$

2.2.2 事件关系

依托实体抽取后的 BIO 标注判断处置逻辑事件间的关系, 抽取方法如图6所示。顺承关系以“<又|再|才|并、进而>、<首先|第一|先, 其次|然后>、<首先|先是, 再|又|才|还>、<同时>”等为触发词。条件关系以“当……时”“在……模式下”“否则”等为触发词。

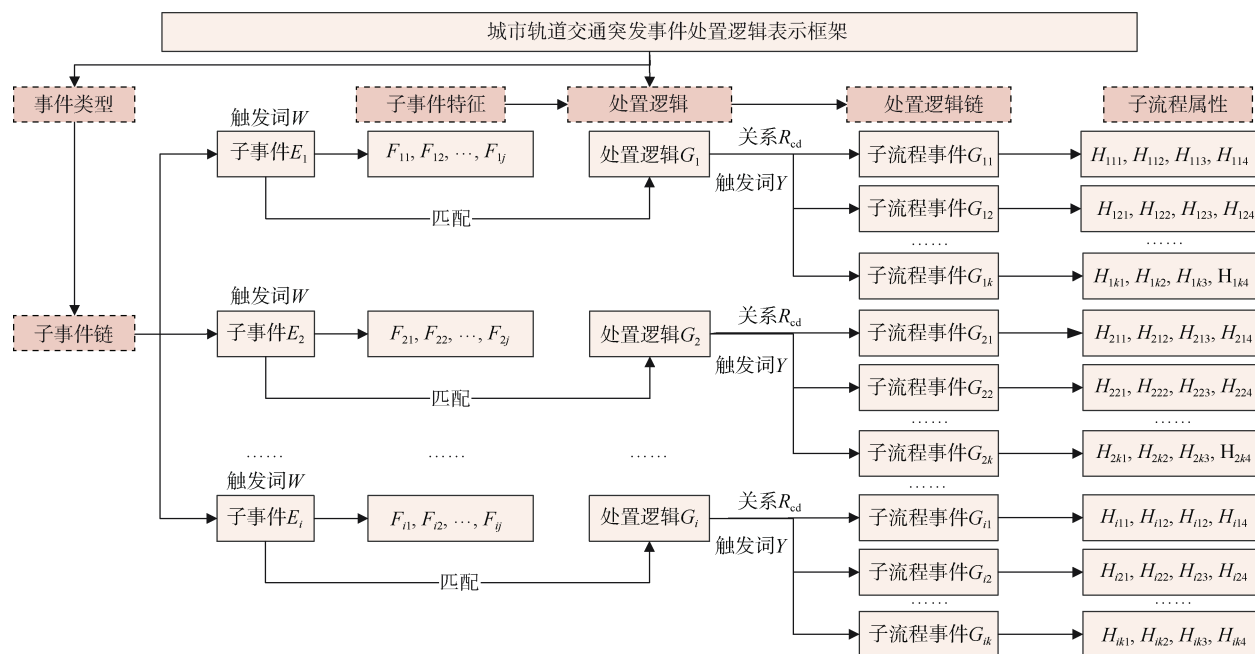


图4 突发事件处置逻辑表示框架

Figure 4 Representation framework for emergency response logic

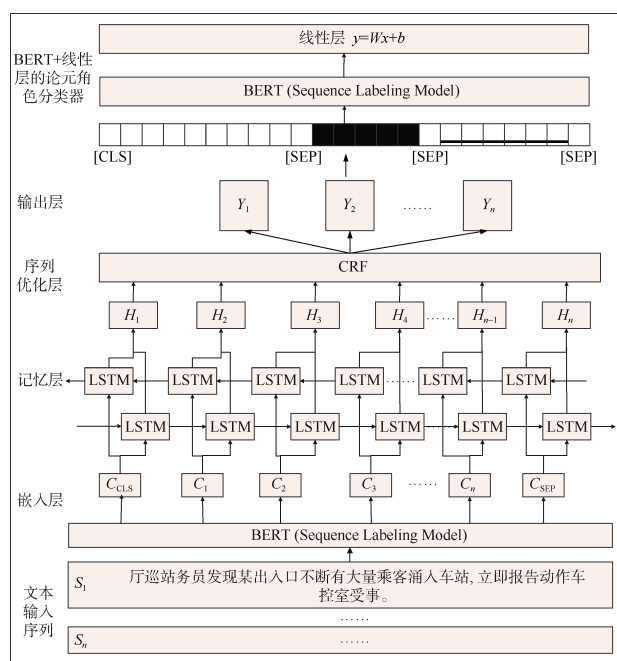


图5 命名实体抽取方法

Figure 5 Named entity extraction method

对文本输入序列，在动作事件触发词前后插入标记 M_i 和 M'_i 作为边界特殊指示词。按照语言规律包装事件句，事件间用[SEP]分割，完整提取事件触发词上下文、论元。遵循调度流程文本顺序描述特点，采用滑动窗口局部性假设算法枚举事件对，用固定大小的滑动窗口从文本开头滑动到文本结尾，只对窗口内的

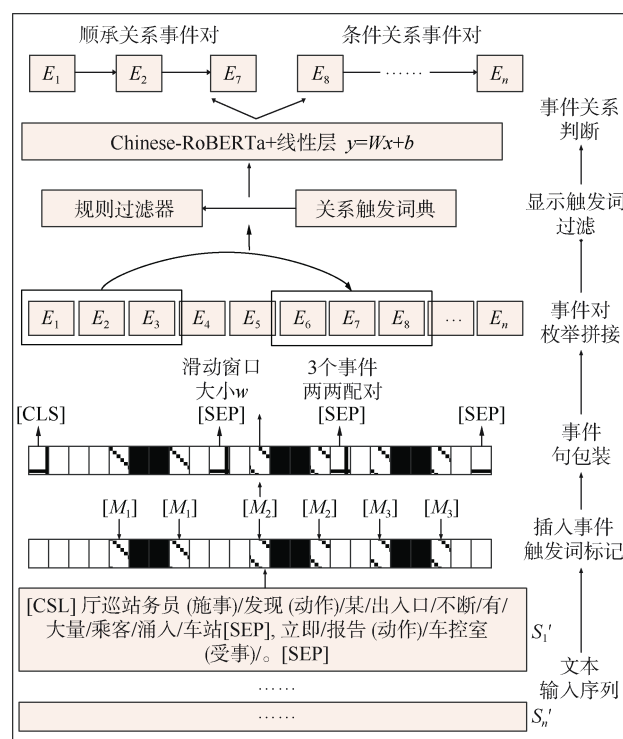


图6 事件关系抽取方法

Figure 6 Event relation extraction method

事件两两配对。通过规则过滤器过滤显示触发词关系，隐式关系用 Chinese-RoBERTa+线性层判断。关系判定本质上是一个多分类问题，将关系归类为顺承关系、条件关系、无关系，使用交叉熵损失函数进行调优。

2.2.3 评价指标

为评估抽取性能，采用信息抽取领域通用的准确率 P 、召回率 R 和综合评价值 F_1 。

2.3 图谱更新机制

多篇语料融合和新调度经验对图谱补充更新方面需要构建图谱更新机制，如图 7 所示。首先定位需要更新的图谱；基于包装后的事件句，采用 Jaccard 和余弦相似度方法，通过“字符串快速匹配-语义相似度匹配”双层对齐方式依次对事件节点和论元进行两相邻节点共指消融，通过余弦相似度判别逻辑关系一致性，

将新节点及其关系边写入图谱。

3 基于 RAG 架构的处置决策生成

本文依托 LlamaIndex 与 DeepSeek-V3 构建基于事理图谱与 RAG 架构的应急处置决策生成模型。

3.1 研判模块

依据突发事件上报的事件描述及突发事件论元信息，遵循处置过程中调度人员的研判逻辑构建辅助决策的研判功能，输出与调度行动链头节点严格对齐的突发事件、子突发事件的类型，形成事理图谱的突发事件表示框架，输出应急响应等级作为处置依据。

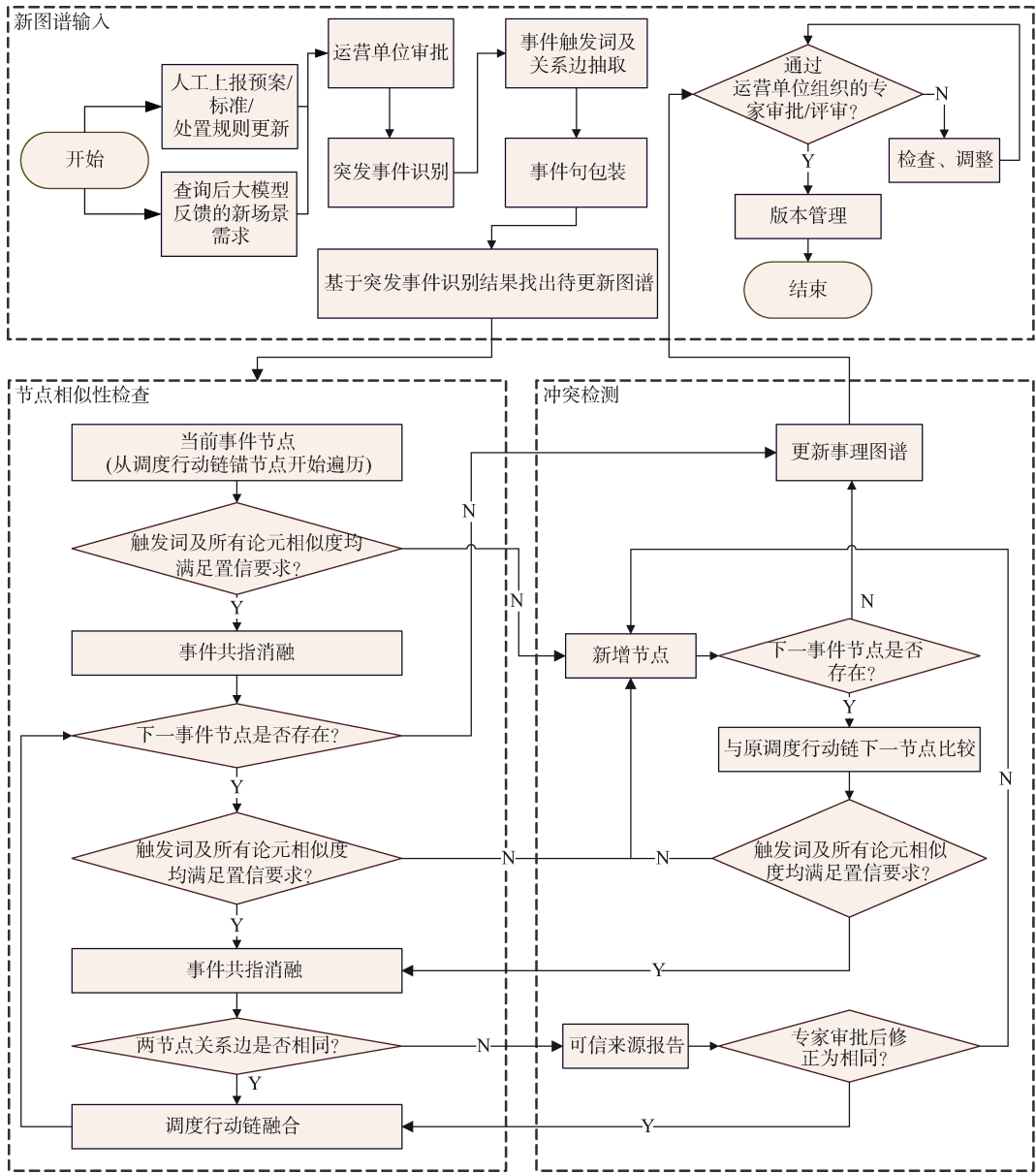


图 7 事理图谱的更新机制

Figure 7 Update mechanism of the event evolution graph

构建“Instruction-Input-Output”的 Alpaca 格式，分别设定判定任务指令、待输入文本片段、人工标注判定结果作微调输入。对于标注样本 x ，使用 LoRA 对预训练模型权重矩阵 W_0 中的 0.1% 进行训练。保持输入特征维度 e 和输出特征维度 f 不变，通过在预训练模型架构的注意力层加入可训练的秩为 r 的秩分解矩阵，训练降维矩阵 A 和升维矩阵 B ，训练后将 BA 加回原权重，输出向量：

$$s = W_0 x + BAx \left(B \in R^{f \times r}, A \in R^{r \times e}, r \ll \min(f, e) \right) \quad (3)$$

3.2 信息组团

构建信息组团模块，以实时数据关键词表，形成事理图谱检索要求、抓取决策推理所需参数。为每个子突发事件匹配预定义的、以特定格式存储的关键词表，包含数据维度、设备 ID 及时间戳等。为抓取到的数据构建元数据字典，与上节输出拼接后，共同作为检索和推理依据。

3.3 查询重写

依托研判、信息组团收集到的信息构建事理图谱的节点检索要求。针对拼接后输入的突发事件文本和更新后的监测数据文本 Q ，设计“事件-态势”两阶段

查询重写策略。在事件层，编写突发事件和子突发事件 E ；在态势层，编写子突发事件的属性(监测数据)得到 S 。组合 (E, S) ，重写为问题 Q' 。

3.4 决策生成

整合事理图谱检索结果、具体上下文检索结果和信息组团关键词表，供推理生成、调整决策。依据应急处置体系“事件感知及接报→研判→预案启动→处置执行与反馈→资源调配→乘客信息发布→应急解除”的流程，编写提示词为检索到的动作节点排序、决策生成、校验。

3.5 提示词框架

按照如表 2 所示框架编写提示词。

4 实验设计

4.1 抽取评价

语料来源包含互联网检索的应急预案，及从《城市轨道交通行车调度员》、上海申通地铁集团培训中心编写的调度手册类书籍、职高教材《城市轨道交通应急处理(第 2 版)》和《城市轨道交通应急处理》等领域内权威的实操书籍、实操教材中选取的处置程序语料。

表 2 提示词框架
Table 2 Prompt framework

阶段	提示词任务	输出
角色	身份为城市轨道交通应急调度专家。 职责为基于事理图谱和实时运营数据生成调度处置决策。 决策需符合约束：①国家应急预案、行业安全规程等；②以保证乘客与现场工作人员的生命安全为决策的首要目标；③决策制定必须满足事理图谱检索结果约束；④需要遵循的其他运营安全红线、调度规则库。	—
研判	依据输入识别突发事件、子突发事件，判定应急响应等级列出所依事实及对应规则条文并按照给定格式输出，与原始事件描述文本拼接。 研判规则库：①六大类突发事件分类体系；②预案所示应急响应等级判定标准。 给定一个示例。 给定输出格式。	“event_type”: “{突发事件}” “event_subtype”: “{子突发事件}” “level”: “{应急响应等级}” “event_characteristics”: “[{事件时间}, [地点], [伤亡人数], [运营中断时间], [预估经济损失], [已采取措施]]” “rule”: “{具体条文内容}” “event_scene”: “{原始事件描述文本}”
数据预处理	依据“event_type” - “event_subtype”匹配关键词表填入实时数据、保存时间戳，与研判阶段输出结果拼接。 给定六大类突发事件的信息检索关键词表。 给定输出格式。	“Event_analysis”: “{研判阶段输出的结果}” “real-time_data”: “[keywords1: [数值 1], keywords2: [数值 2], ……]” “time_stamp”: “{时间戳}”
检索	①判断是否为应急续报：若是，继承上一轮对话中关键实体。给定输出格式。若否，进行任务②。 ②将查询重写为：{突发事件-子突发事件}-{事件态势}，匹配图谱头结点。 ③基于重写后查询生成两检索指令，给定输出格式。 图谱检索指令 1：检索从头结点到没有下一节点的事件标签的节点的完整行动链，并获取路径上每个事件标签节点所关联的四类论元节点。 具体上下文检索 2：检索链中每一事件标签节点具体上下文。	“is_follow-up”: “续报判定: [true/false]” “follow-up_report”: “续报阶段继承的实体: [突发事件], [子突发事件], [事件特征]” “event_type”: “{突发事件}” “event_subtype”: “{子突发事件}” “event_situation”: “{事件特征, 应急响应等级, 关键词表, 时间戳}” “graph_retrieval_goal”: “获取调度行动链” “context_retrieval_goal”: “获取调度行动链对应的具体上下文”

续表

阶段	提示词任务	输出
生成	根据接收的检索结果(事理图谱链路、具体上下文、重写后的事件态势),根据运营指标规则和“event_situation”,按照如下思维链编写决策、过滤无关节点和信息、记录各步骤依据:①事件感知及接报、计算、校验告警范围,编写与事件感知、接报信息确认相关内容。②研判。校验突发事件、子突发事件、应急响应等级信息。③预案启动。启动、校验与预案启动阈值匹配的应急预案。④处置执行与反馈。校验、评估决策执行效果。⑤资源调配、校验、评估资源优化调配方案。⑥乘客信息发布、编写发布范围、时间、内容。⑦应急解除。根据核心运营指标阈值,编写应急结束内容。 给定输出格式。	“decision_content1”:“{事件感知及接报:“告警范围”,“信息核实确认”,...}” “decision_content2”:“{研判:“突发事件”,“子突发事件”,“应急响应等级”,...}” “decision_content3”:“{预案启动:...}” “decision_content4”:“{处置执行与反馈:...}” “decision_content5”:“{资源调配:...}” “decision_content6”:“{乘客信息发布:...}” “decision_content7”:“{应急解除:...}” “decision_traceability”:“{决策1:“依据1”,决策2:“依据2”,...}”
	优化 ①依据运营安全红线、调度规则库进行指令冲突检查。 ②提取并标记调度组织、调度命令及相关岗位。	同“组装”阶段的输出

以大客流、客伤突发事件处置逻辑为例,评价指标统计如表3~4所示。结果表明,本文采用的抽取方法取得了较好的效果。对事理图谱人工矫正后,采用Neo4j数据库存储。

表3 对处置逻辑文本实体抽取结果评价
Table 3 Evaluation of entity extraction results for response logic texts

类别	名称	准确率 P/%	召回率 R/%	F ₂ 值/ %
实体抽取 (触发词)	BiLSTM+CRF	63.54	60.93	62.21
	BERT+BiLSTM-CRF	88.23	86.59	87.40
实体抽取 (事件论元)	BiLSTM+CRF	58.04	53.83	55.86
	BERT+BiLSTM-CRF	85.36	84.77	85.06
论元分类	BiLSTM	59.68	55.71	57.63
	BERT	80.15	79.65	79.90

表4 对处置逻辑文本关系抽取结果评价
Table 4 Evaluation of relation extraction results for response logic texts

类别	名称	准确率 P/%		召回率 R/%		F ₂ 值/%	
		顺承	条件	顺承	条件	顺承	条件
关系抽取	BiLSTM	61.39	58.07	57.46	52.29	59.36	55.03
	Chinese-RoBERTa	73.46	72.11	70.83	68.90	72.12	70.47

4.2 实验验证

选取4个不同类突发事件,每类选取5个案例,如表5所示。

传统数字化预案决策模式是匹配预案后人工制定决策,决策召回率、准确率、耗时依赖调度人员经验。不计先期处置,以最终调度指令发布时刻为决策生成截止时间,平均决策生成耗时约为10 min。设计实验对比传统RAG和本文模型两种决策生成模式,评价指标如下。

表5 实验案例列表
Table 5 List of experimental cases

编号	突发事件	子突发事件				
		Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
1	列车牵引制动系统故障	一节车厢制动单元故障	多节车厢制动单元故障	一节车厢常用制动故障	多节车厢常用制动故障	单节车厢停放制动故障
2	大客流	车站突发大客流	车站可预见大客流	换乘站大客流	节假日线网大客流	恶劣天气线网大客流
3	车站电梯故障	自动扶梯人员伤亡	垂直电梯水浸	垂直电梯火灾	垂直电梯剪切	自动扶梯蛇形运行
4	更换钢轨事故	运营期间钢轨损伤	巡检发现钢轨损伤	正线/到发线钢轨损伤	道岔区域钢轨损伤	自然灾害导致钢轨损伤

1) 决策合规率 r_c 。邀请调度专家人工判别合规的关键流程节点,召回率 p_r 指生成决策中标准节点占标准图谱节点总数比例、准确率 p_a 指生成决策中标准节点数占生成决策中节点总数比例,逻辑关系正确率 l_r 指关系边正确的流程节点对数占标准图谱所有关系边的节点对数的比例。

2) 决策生成耗时 t_e 。输入事件描述至输出决策总

耗时。

3) 决策效率提升 I_p 。以传统数字化预案模式决策生成耗时为基准,计算其他模式决策效率提升情况。

实验结果如表6所示。

由于二者使用相同的语料,传统RAG与本文模型在关键节点召回率表现差异不大,但在关键节点准确率方面,本文模型提升了29.84%,说明传统RAG

生成内容包含较多无关流程；在关系边正确率方面，本文模型提升了 139.38%，说明引入事理图谱可提高模型逻辑理解能力；在决策提升效率方面，本文模型耗时比无图谱模式增加 58.83%，与传统数字化预案决策模式相比，本文模型提升 57.14%。

表 6 评价指标结果
Table 6 Evaluation indicator results

对比项	$r_c / \%$			t_e / s	$I_p / \%$
	p_r	p_a	l_r		
传统 RAG	90.88	69.64	35.40	213.75	64.46
本文模型	91.65	90.42	84.74	359.50	40.13

4.3 实验结果

以“运营期间钢轨损伤”为例，决策生成结果如表 7 所示。

表 7 决策生成结果示例
Table 7 Example of generated decisions

场景/阶段	决策
场景	上午 8:00，早高峰时段，地铁 2 号线 102 次列车(载客约 1200 人)，驾驶员驾驶列车在 A 站至 B 站区间中段时，车体突然发生剧烈摇晃并伴有“哐当”异响，驾驶员判断疑似线路钢轨异常。
事件感知及接报	驾驶员确认列车在区间发生剧烈摇晃或颠簸，立即向 OCC 报告。 OCC 接报，确认事件发生的时间、地点区间及事件概况。
研判	{施工组织}-{运营期间钢轨损伤}，{一般(Ⅱ级)应急响应}。
预案启动	OCC 启动相应专项应急预案。
处置执行与反馈	根据信息组关键词表“轨道结构性损伤或严重变形-NONE”，当前早高峰等信息评估短期延误风险可控，判断进入“限速维持运营”处置分支。 1) OCC 发布该区段限速指令。 2) 驾驶员通过该区段时加强监控并反馈情况。 3) 工务专业现场保障，持续监测设备状态。
资源调配	1) 按照抢修方案，调配工务、通号、车辆等专业抢修人员与设备物资至现场。 2) 若需地面公交接驳，协调公交集团，启动公交接驳预案，调配接驳车辆至指定车站。 3) 协调车站、安保等力量支援客流组织。
乘客信息发布	1) OCC 发令“相关车站启动应急广播，告知运营调整信息”。 2) 车站通过官方 APP、微博、车站 PIS(乘客信息系统)等渠道发布延误/停运信息。 3) 车站工作人员引导乘客进行公交接驳，若有需要可办理退票。
应急解除	1) 现场处置完毕后，工务专业确认设备状态恢复安全，上报 OCC。 2) OCC 发令“解除线路封锁或限速指令，逐步恢复列车正常运行图”“终止公交接驳服务”。 3) OCC 汇总整理事件处置报告，闭环存档。

5 结论

本文构建的城市轨道交通应急处置决策生成模型，完善现有网调度辅助决策功能，实现了对智能调度中应急处置流程的智能化重构。主要创新点如下。

- 1) 基于事理图谱对调度流程表示的独特优势，自动化构建涵盖发令机构/岗位、受令机构/岗位、调度命令、调度资源等元素的调度行动链，作为模型底层逻辑，贯穿 RAG 架构的研判、信息组团、查询重写、检索生成全过程，提升决策的可操作性和场景适应性。
- 2) 提出模型的决策框架，构建符合调度业务逻辑的研判模块进行事件自动化研判，设计信息组团模块辅助模型推理，根据应急处置业务特点设计“事件-态势”两阶段查询重写策略，构建智能调度决策生成模型，解决行业核心痛点。

参考文献

[1] 孔庆玮, 苗茁, 冯小芳, 等. 基于知识图谱的高速铁路客运调度命令闭环管理方案研究[J]. 铁道运输与经济, 2023, 45(10): 89-98.
Kong Qingwei, Miao Zhuo, Feng Xiaofang, et al. Research on closed-loop management scheme of high speed railway[J]. Railway transport and economy, 2023, 45(10): 89-98.

[2] Li Xiaoxuan, Zhao Tianhao, Wen Jie, et al. Many-objective emergency aided decision making based on knowledge graph[J]. Applied intelligence, 2024, 54(17): 7733-7749.

[3] 王祥昊, 杨怀志, 王莉, 等. 基于语义理解与生成模型的铁路应急处置决策支持系统[J]. 铁道技术标准(中英文), 2024, 6(6): 44-51.
Wang Xianghao, Yang Huaizhi, Wang Li, et al. Railway emergency response decision support system based on semantic understanding and generation models[J]. Railway technical standard (Chinese & English), 2024, 6(6): 44-51.

[4] 潘志伟. 突发事件数字化应急预案智能生成方法研究[D]. 沈阳: 沈阳大学, 2024.
Pan Zhiwei. Research on intelligent generation method of digital emergency response plan for emergencies[D]. Shenyang: Shenyang University, 2024.

[5] 沈健, 朱闽峰, 马昱欣, 等. KLMVis: 基于知识图谱的检索增强语言模型可视分析系统[J/OL]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2024. DOI: 10.3724/SP.J.1089.2024-00393.
Shen Jian, Zhu Minfeng, Ma Yuxin, et al. KLMVis: Knowledge graph-based retrieval augmented language model visual

- analysis system[J/OL]. Journal of computer-aided design & Computer Graphics, 2024. DOI: 10.3724/SP.J.1089.2024-00393.
- [6] 于松伟, 刘巍, 夏秀江, 邵昕, 韩德志, 韩晓艺. 基于知识图谱的城轨大模型 RAG 检索增强知识库构建研究[J]. 都市轨道交通, 2025, 38(2): 1-7.
Yu Songwei, Liu Wei, Xia Xiujiang, et al. Constructing a retrieval-augmented generation knowledge base for urban rail transit large language models: a knowledge graph-based approach[J]. Urban rapid rail transit, 2025, 38(2): 1-7.
- [7] 王永, 秦嘉俊, 黄有锐, 等. 融合知识图谱和大模型的高校科研管理问答系统设计[J]. 计算机科学与探索, 2025, 19(1): 107-117.
Wang Yong, Qin Jiajun, Huang Yourui, et al. Design of university research management question answering system integrating knowledge graph and large language models[J]. Journal of frontiers of computer science and technology, 2025, 19(1): 107-117.
- [8] 张强, 高颖, 任豆豆, 等. 融合 DeepSeek-R1 和 RAG 技术的先秦文化元典智能问答研究[J]. 现代情报, 2026, 46(01): 173-186.
Zhang Qiang, Gao Ying, Ren Doudou, et al. Research on intelligent question answering for Pre-Qin cultural classics by integrating DeepSeek-R1 and RAG technologies[J/OL]. Journal of modern information, 2026, 46(01): 173-186.
- [9] 向小伟, 申艳光, 胡明昊, 等. 大模型驱动的科技政策法规问答系统研究[J]. 计算机科学与探索, 2024, 18(9): 2349-2360.
Xiang Xiaowei, Shen Yanguang, Hu Minghao, et al. Research on science and technology policy and regulation Q & A system driven by large models[J]. Journal of frontiers of computer science and technology, 2024, 18(9): 2349-2360.
- [10] 陈晓红, 傅文润, 刘朝明, 等. 人工智能大模型在电力设备运维场景中的应用探讨[J]. 中国工程科学, 2025, 27(1): 180-192.
Chen Xiaohong, Fu Wenrun, Liu Chaoming, et al. Application of artificial intelligence large language model in power equipment operation and maintenance[J]. Strategic study of CAE, 2025, 27(1): 180-192.
- [11] 张艳萍, 陈梅芳, 田昌海, 等. 面向军事领域知识问答系统的多策略检索增强生成方法[J]. 计算机应用, 2025, 45(3): 746-754.
Zhang Yanping, Chen Meifang, Tian Changhai, et al. Multi-strategy retrieval-augmented generation method for military domain knowledge question answering systems[J]. Journal of computer applications, 2025, 45(3): 746-754.
- [12] 刘彦辉. 面向粮食安全政策咨询的情报智库服务及保障研究[D]. 吉林: 吉林大学, 2025.
Liu Yanhui. Research on intelligence think tank services and guarantees for food security policy consultation[D]. Jilin: Jilin University, 2025.
- [13] 彭珺. 基于事理图谱的网络游记文本知识融合研究[D]. 吉林: 吉林大学, 2024.
Peng Jun. Research on knowledge fusion of online travelogue texts based on the event logic graph[D]. Jilin: Jilin University, 2024.
- [14] 焦碧玉. 基于事件预测的城市轨道交通应急处置方案生成[D]. 北京: 北京交通大学, 2024.
Jiao Biyu. Emergency response plans generation based on event prediction in urban rail transit[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2024.
- [15] 徐家梁. 基于事理图谱的铁路突发事件画像[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2021.
Xu Jialiang. Research on scene portrait of railway emergency based on event evolution graph[D]. Lanzhou: Lanzhou Jiaotong University, 2021.
- [16] 陈佳惠. 城市轨道交通运营突发事件的事理图谱构建方法研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2021.
Chen Jiahui. Research on the construction method of event evolution graph of urban rail transit operation emergency[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2021.
- [17] 朱莉, 杨耀星. 面向灾害风险研判的应急事理图谱构建及应用[J]. 中国安全科学学报, 2025, 35(11): 220-227.
Zhu Li, YANG Yaoxing. Construction and application of emergency event evolutionary graph for disaster risk assessment[J]. China safety science journal, 2025, 35(11): 220-227.
- [18] 岳丽欣, 刘自强. 大语言模型赋能的重大突发事件舆情——事理融合图谱构建[J]. 情报杂志, 2026, 45(2): 97-105.
Yue Lixin, Liu Ziqiang. Construction of a Public Opinion-eventic Fusion Graph Based on Large Language Models for Major Emergencies[J]. Journal of intelligence, 2026, 45(2): 97-105.

(编辑: 王艳菊)