

● 蒋 勋<sup>1,2</sup>, 苏新宁<sup>2</sup>, 唐明伟<sup>2</sup>, 蔡玉婷<sup>1,3</sup>

(1. 无锡城市职业技术学院, 江苏 无锡 214153; 2. 江苏省数据工程与知识服务重点实验室, 江苏 南京 210023; 3. 南京航空航天大学, 江苏 南京 210016)

## 适应情景演化推演的应急决策知识库协同架构研究\*

**摘要:** [目的/意义] 面向突发事件的应急决策是目前国家所急需的, 提升到用于应急决策的高度, 必须适应信息量大、精确性高、跨领域多的快速响应要求, 形成知识库协同架构有序、高效、及时地提供应急解决方案。[方法/过程] 运用知识组织理论与方法, 首先由情景演化与知识库映射规则的深层知识发现, 研究面向情景演化问题特征知识表示, 并刻画情景的语义知识获取, 给出面向应急决策的知识库协同架构; 其次, 研究面向问题特征的特征词典构建, 从分类词表构建方法与各类突发事件分级、分期标准制定两个方面加以探讨; 最后深入研究基于情景推演的知识库协同及基于情景驱动的知识推理计算。[结果/结论] 最终解决单一知识库难以克服应急决策的多领域、演化的难题。

**关键词:** 知识库; 应急决策; 协同架构; 演化

### Research on Collaborative Architecture of Emergence Decision-making Knowledge Base Adapting to the Scenario Evolution and Deduction

**Abstract:** [Purpose/significance] Currently, the emergency decision-making of unexpected events is a major demand of the country, which should be improved to the level of emergency decision, adapt to rapid response requirements of mass information, high precision, and cross disciplines, as well as provide emergency solutions orderly, efficiently, and timely under the structure of knowledge base collaboration. [Method/process] Firstly, using the knowledge organization theory and methods, this paper uses deep knowledge discovery from scenario evolution and mapping rules of knowledge base to study the knowledge representation oriented to problem features in scenario evolution, and to describe the semantic knowledge acquisition of the scenario. The collaborative architecture of knowledge base for emergency decision-making is proposed. Secondly, the paper constructs the feature dictionary for problems from both the methods of vocabulary classification and the standards of classification and staging for various emergencies. Finally, the paper carries out thorough research on knowledge base collaboration based on scenario deduction, and scenario-driven knowledge reasoning and calculation. [Result/conclusion] The problem that a single knowledge base cannot overcome the multi-field and evolution problems of emergency decision is solved.

**Keywords:** knowledge base; emergence decision-making; collaborative architecture; evolution

## 1 研究背景

突发事件应急决策的快速响应需要有丰富的数据基础和高超的数据处理技术手段, 现有的知识库汇聚了领域性强、论证充分、逻辑严密的各类知识, 是突发事件应急决

策的可靠依据, 对国家决策来说是非常重要的战略储备。而情景演化驱使着支撑应急决策的知识必须实时更新并快速推演出当前时刻的决策方案。演化过程的复杂性, 一方面使其破坏性更为严重; 另一方面大大增加了知识库在数据采集、处理方面的难度。适应情景演化推演的应急决策知识库不仅需全面地汇聚同类典型历史案例的静态知识, 更需实时处理演化过程中各情景蕴含问题特征的动态知识, 将静态知识与动态知识匹配、推演生成的各种情景趋势, 及时给出演化关联情景的应急决策方案。

为此, 期待单一知识库来跟随突发事件演化全程并给出最终的执行方案是不现实的, 必须在不同领域的知识库间有效地开展分工协作, 依据各领域知识库的比较优势, 合理、有效地合作更有利于推进决策的科学化和有效性, 形成知识库协同架构。前期的研究中, 项目组从应急决策

\* 本文为国家自然科学基金项目“基于情报视角的应急决策推演的智库协同模式研究”(项目编号: 71774078), 江苏省社会科学基金面上项目“适应突发事件演化的应急决策知识库结构模型研究”(项目编号: 15TQB008), 江苏省数据工程与知识服务重点实验室开放课题“大数据环境下基于协同进化机制的专家系统新构造”(项目编号: DEKS2014KT001), 江苏省“六大人才高峰”高层次人才项目(项目编号: 2015-DZXX-034)和江苏省“333 高层次人才培养工程”科研项目(项目编号: BRA2016097)的研究成果。

的知识库结构<sup>[1]</sup>、适应事件演化的知识表示<sup>[2]</sup>等方面积累了成果,在这些基础上,本文进一步探索满足高度精准、高速响应的约束条件下适应情景演化推演的应急决策知识库协同架构,从而构建实现科学的应急决策知识链。

## 2 相关研究述评

现阶段,国内外各级政府部门纷纷在应急管理系统中引入应急知识库<sup>[3]</sup>,辅助专家与决策者提高应急指挥效力与应急处置能力,知识库为决策方案的生成汇聚了精准及时的知识,为构建面向突发事件应急决策的快速响应情报体系理顺知识环境<sup>[4]</sup>。在决策方案的生成方面,基于反馈应急方案实施效果,计算目标案例与历史案例的相似度,构建具有有效相似历史案例集,生成了最大有效历史案例的应急方案<sup>[5]</sup>。在领域知识库的基础上提出一种新的查询推荐算法,有效提高了面向专业领域的主题检索精度<sup>[6]</sup>。将标注映射到知识库中已知的最合适的相关实体,解决了突发事件涉及的领域广、专业性强,并由事件的演化产生的诸多专业术语给决策者全局化决策带来的障碍<sup>[7]</sup>。国外的相关研究中将医学信息与术语映射到本体术语,以领域医学知识为辅助,实现了药物—药物与药物—疾病相互作用的实时知识发现<sup>[8]</sup>。知识库中存储的数据有限,针对数据挖掘后的知识过载问题,对挖掘出关联规则进行聚类分析,并对照已有的领域知识库进行新颖度分析,减少规则数量,提高新颖度分析的效率和精确度,有利于规则的组织和存储<sup>[9]</sup>。通过分析决策层信息融合和应急决策特点,研究距离熵的应急决策信息融合方法,有效解决了信息融合过程中知识库巨量性和融合结果科学性不足的问题<sup>[10]</sup>。针对突发事件应急决策典型的分布式组织决策,研究了多主体的应急决策组织建模<sup>[11]</sup>,并基于Agent群实现跨知识库协调机制<sup>[12]</sup>。结合突发事件地名实体定义,分析了辖区范围变化、位置分布等规律,提出了事件发生地点判断方法<sup>[13]</sup>。适合突发事件模型知识表示和模型运行的层次网络表示方法,实现了突发事件模型根据不同决策环境和决策对象的求解<sup>[14]</sup>。面向用户偏好定向挖掘的协同过滤算法,解决协同过滤推荐的可扩展性问题和数据稀疏性问题<sup>[15]</sup>。从超网络视域研究数字资源深度聚合,揭示了资源元素间关系更为细粒度的规律,有助于进行知识推理和知识发现<sup>[16]</sup>。基于知识抽取对突发事件感知、分析、推演,高效应对决策所需的知识组织模式与机制研究<sup>[17]</sup>。揭示了海量信息资源、组织与深度聚合,有效促进知识导航、智能检索、专家识别等知识服务<sup>[18]</sup>。利用马尔科夫逻辑网融合不同类型的知识,评估复杂事件的完成程度<sup>[19]</sup>。面向知识挖掘,深入进行了情境感知应用的研究<sup>[20]</sup>。揭示了应急案例蕴含大量有价值

应急管理知识,结合情景与演化相关理论,对应急案例检索方法进行了研究<sup>[21]</sup>。结合情景特征,从降低决策成本的角度,研究了信息的组织与可视化<sup>[22]</sup>。深度阐述了情景分析法的特点,对决策支持进行了预测性的可行性分析<sup>[23]</sup>。

由上述研究成果可以清晰发现:知识库系统融合、梳理多领域知识和信息,以使决策更快速、更科学,这是目前围绕知识库应急决策研究的核心观点,开展的研究成果展示了知识库存放多领域知识和融合规则、大知识库构建和管理等,这些工作解决了多学科知识融合和知识推理的问题,深刻揭示了知识的本原性、细粒度性为应急决策管理中多领域、多学科知识集成提供了有效的支持。本文的研究工作需要吸收这些方法、运用这些结论、继承这些成果,并聚焦如何为应急决策最终确定一个方案,且这一方案需可理解可执行。知识库中各解决方案的形成凝练了足够事实与价值依据,这为应急决策提供一个“方案库”,将问题从过去的“知识融合、集结、表示”转变为现在的“方案解构、建构、比对、选择”。

这一转变使得本文中知识库虽然与过去的职能很接近,但是有了稍许变化,能承担起“外部情景推演”与“内部方案优选”的桥梁沟通作用。使得知识库面向应急决策现实问题,能更科学、更充分利用。为此,在这个方面本研究工作力图揭示出情景推演与知识库在知识获取过程中各自结构上的对应关系,使得知识库在结构和功能上将形成一个开放、优化的可扩展体,形成知识获取的协同架构。

## 3 知识库协同架构

本节通过深入分析情景演化与知识库的映射规则,构建知识库结构运行的架构,由知识库映射规则深层知识发现研究将情景演化中蕴含的信息与知识库知识点对接,夯实知识库协同架构的知识基础。更进一步刻画出应急决策的问题特征,并研究问题特征的知识表示,形成面向应急决策的知识库协同架构的知识基础。

### 3.1 知识库的知识映射

情景演化中蕴含着突发事件问题特征范畴,由此构建“问题特征—知识节点”的逻辑等价,进而获得知识库中的知识节点与问题特征之间存在一一映射关联(见图1)。这一映射关联打破传统知识库解决方案知识发现的封闭系统,使数据挖掘从知识库的高度,获取并整序情景演化中蕴含的更深层次知识。情景演化与知识库在知识获取过程中的映射对应关系,构建了适应突发事件演化知识获取的“通道”,最大限度地克服大数据稀疏性引起的知识获取算法失效及固有的知识库实时知识获取困难的问题<sup>[24]</sup>。

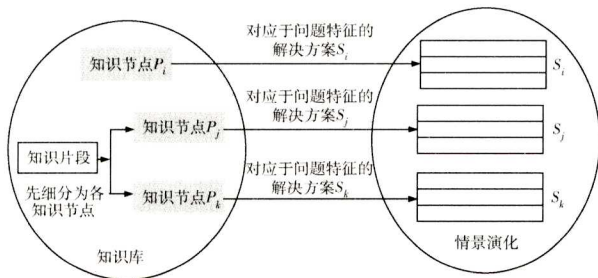


图1 知识库中知识节点的映射模型

知识库体系结构与情景演化过程的关联基础是知识库的知识语义揭示与相关组织方法<sup>[25]</sup>，这使得知识库在结构和功能上将形成一个开放、优化的可扩展体（知识库能与多个相关情景关联，构建协同模型），有助于实现知识推理和知识挖掘，并使使得所获得的知识在使用过程保持着有效性、一致性、完备性及共享性，以此为基础能拓展应急决策领域，将提高应急决策质量的稳定性，为知识库解决方案的快速产生提供创新思路。

### 3.2 面向情景演化问题特征知识表示

情景蕴含的问题特征包含着3个部分：问题本身的描述、针对问题所提出解决方案的描述、所提出的解决方案实施效果的描述。为精确描述知识库中知识节点，首先需要对突发事件应急决策问题清晰的表达，在3.1节的基础上，进一步刻画出应急决策的问题特征，在知识库中对刻画出的问题特征进行知识表示。

我国现有的突发事件划分体系中自然灾害、事故灾难、社会安全事件、公共卫生事件四大类事件中有共性部分的刻画特征，如发生时间、地点等，也有各自领域性的刻画特征，以事故灾难中煤矿瓦斯爆炸为例，可由煤矿类型、瓦斯浓度等问题特征来刻画。对各自领域性的问题特征，首先将通过包裹算法、过滤算法、属性排列算法、最小集算法的研究识别出对应的突发事件应急决策的问题特征；再研究并给出问题特征向量的表示；深入研究由现场获取的实时数据，经知识库对其加工解析出问题特征向量对应的特征值，最终能实时与情景映射关联形成突发事件的演化的同步刻画。

### 3.3 刻画情景的语义知识获取

知识库结构体系中底层的关系数据库提供了刻画情景的基础信息，这些信息以表定义和表数据的形式刻画，并基于ER模式识别出其中重要的语义信息，包括的关键元素：主键、外键（表关系）、表属性和完整性约束等。在图1所示的映射规则  $S_k$  的关系中，识别并关联着各种情景的结构性元素与知识结构，这为ER与本体映射做铺垫。在此基础上隐藏在情景中的隐性语义关系通过从两个或多个表中的数据记录进行逆向获取。主键属性反映了

表记录的唯一性，所以一般选取主键属性值域集关系作为获取语义的目标数据集，以非主键属性值域作为补充。主键属性值域集的关系包括了相等、包含、相交和分离4种，整体过程如图2所示。

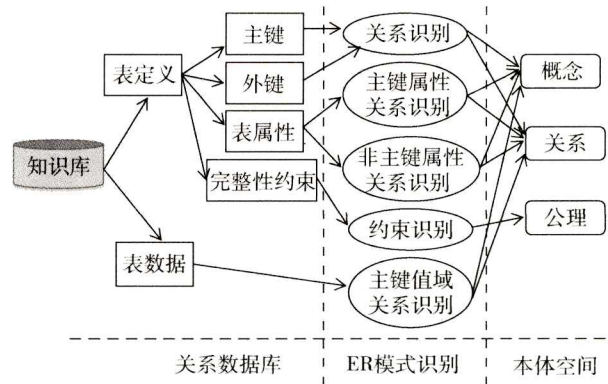


图2 知识库中语义获取模型

### 3.4 面向问题特征的特征词典构建

每一突发事件总是属于特定的事件分类，具有特定的危害等级，遵循特定的演化规律，在不同的时间段处于事件的不同发展阶段，因此可以用突发事件的分类、分级、分期属性来进行突发事件的特征描述，构建突发事件特征词典，该特征词典包含了3个维度的特征属性，即分类属性、分级属性、分期属性。抽取相应的规范化词汇进行准确的概念描述，并建立分类概念间的层级关系，同时设定分级、分期标准，完成对具体的突发事件情景的编码，实现对突发事件情景的类别划分。

**3.4.1 分类词表构建方法** 分类词表记录着突发事件情景特征信息中抽取出来语义蕴含为分类特征及各特征间的关系，分类词表形式上表现为特征词之间的主要关系为上下位关系，次要关系为指代关系。分类词表数据结构如表1所示。

表1 分类词表数据结构

序号	字段名	数据类型	长度	属性	备注
1	编码	字符型	30	非空	主键，体现特征词在词表中所处的层级结构
2	特征词	字符型	30	非空	当前特征词的规范化表达
3	上位词	字符型	30	可空	特征词的上位概念
4	备注	字符型	200	可空	特征词的同义词，或特征词概念所指代的不便继续细分的下级概念等的规范化说明

从面向应急决策的目的出发，进行突发事件分类时的首要原则是能将应对方式具有较大相似性的事件划分到同一分类下，将应对方式具有较大差异性的事件划分到不同的分类下，在确定分类词表中的特征词类目时以此为依据。在分类词表中，每个特征词被赋予唯一的“编码”，



“编码”是对特征词在分类词表中所处的概念层级结构的直观反映。“上位词”字段描述上下位关系,反映了特征词概念之间的包含关系。“备注”字段描述指代关系,是对相同特征词概念的不同表达形式,或者特征词概念所指代的不便继续细分的下级概念等进行的规范化说明。

分类词表构建模型如图3所示,其构建过程为:基于已有的4大类突发事件中的分类概念,以及从相关部门文件中抽取的突发事件分类概念,结合专家意见,再以具体的突发事件情景中抽取的分类词汇为补充,得到完整的分类概念集合并设计规则进行编码,最终生成完善的分类词表。

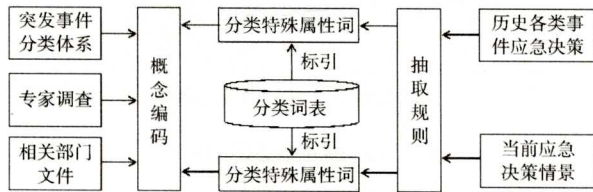


图3 分类词表构建模型

3.4.2 各类突发事件分级、分期标准制定 在分类词表的构建基础上,首先针对划定的分类概念设定其对应的分级标准及相应编码,再对每个分级设定相应的分期标准及相应编码。“分类”“分级”“分期”编码之间用“:”进行连接,得到适应情景演化描述的特征编码。

1) 分级标准设定。本文借鉴《国家突发公共事件总体应急预案》综合各类事件的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素分为4级:Ⅰ级(特别重大)、Ⅱ级(重大)、Ⅲ级(较大)和Ⅳ级(一般),具体针对特定的突发事件分类概念的分级标准,描述格式为“突发事件分类(与分类词表相对应)一分级:标准描述”。在具体分级标准设定过程中,广泛参考了各级、各有关部门关于普遍的突发事件分级的不同文件,诸如《国家特别重大、重大突发公共事件分级标准(试行)》<sup>[26]</sup>关于各类特别重大、重大突发事件的划分标准,《突发公共事件分级标准》<sup>[27]</sup>关于各类突发事件的分级标准。同时,借鉴各省、各部委专门制定的应急预案及文件中针对特定类别突发事件的分级标准,如《广东省突发公共卫生事件应急预案》<sup>[28]</sup>等,设定具体的分级标准。

特征词典编制的目的是为了辅助应急决策情报支持工作,因此并不是分类词表中的每一个分类概念都需要设置分级标准,只有在突发事件应急处置措施上具有区分度,能代表一类突发事件的通用处置需求的分类概念,才需要设置分级标准。例如,“乙类传染病”虽然是分类词表中的一个分类概念,但是包含了众多的下级类目,不同的“乙类传染病”子类具有不同的应急处置需求,因此“乙

类传染病”作为一个分类概念,不具有应急处置措施上的区分度,不能根据“乙类传染病”类目的处置措施得到具体的关于“乙类传染病”的通用的处置措施,则从特征词典编制目的出发,该类目不需要设置相应的分级标准。

2) 分期标准设定。在具体的应急响应中某一分类对应着一定的分级,并且在具体的分级下,还随着应急决策所处的不同阶段,属于事件演化的不同发展时期,简称分期。根据突发事件的生命周期理论以及突发事件阶段划分研究的探讨,本文将突发事件的分期界定为:一期(事发前)、二期(事发中)、三期(事件处理中)、四期(事件决策),具体的分期标准,可进一步细分为:

一期(事发前):突发事件已经开始出现,或者出现了苗头,导致突发事件发生的因素显现。

二期(事发中):突发事件大量出现,影响范围或者造成的损失快速扩大。

三期(事件处理中):突发事件造成的损失或影响范围开始减小,或者突发事件造成的损失或影响范围增长的速度开始减缓。

四期(事件决策):突发事件完全得到控制,造成的损失或者影响范围不再扩大,突发事件趋于结束。

具体的突发事件分期划分时,结合事件自身的描述特征,适当调整分期标准描述文本,以便和事件相适应。

## 4 基于情景推演的知识库协同

面向应急决策的解决方案,急需知识库应对当前时刻 $t$ 的情景,并且应对推演出短期 $t + \Delta t$ 时刻的情景,进行匹配和最优化选择,流程如图4所示。

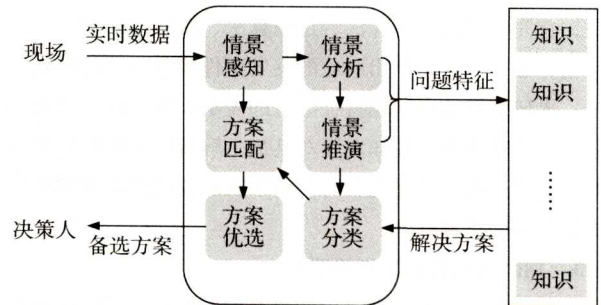


图4 基于情景的解决方案优选模型

首先是情景感知,在大数据环境下,政府的应急决策活动呈现出高频实时、深度定制化、全周期沉浸式交互等特性,探究在大数据环境下进行专题化数据采集、数据清洗、语义分析,在数据基础上深入研究主题自动提取、聚类分析等获得精确的知识刻画,为下一步工作定下基本的格调框架;情景分析从时空要素分析、确定因素集分析、

关键因素分析 3 个方面展开,时空要素分析主要为事件发生的时间和空间(地形、地貌、人文地理等要素)的定位,所构造出的情景匹配实际情况。确定因素集分析主要探究影响事件的自然环境、社会政治、人为等因素,确定因素集的研究为提取并分析关键因素分析做了准备。关键因素分析主要针对情景演化起着关键作用、影响推演决策方向的主导因素,这些因素往往具有不确定性。而事态推进相应的情景随时变化,导致演化的关键因素也可能发生变化,故关键因素的研究是实时的,将采用决策树的研究方法深入探究;情景推演的研究首先将根据 4 类突发事件共性部分的刻画特征,研究适合于各类事件共性规律的预测模型与方法,其次将具体突发事件视为一个系统,将获得的预测模型与方法对该系统进行统一描述,在此基础上研究适合于各类突发事件的推演方法。将情景分析与情景推演相结合形成问题特征,从各领域的知识库中获取相应的解决方案;研究各领域解决方案的分类方法与关联聚类;与情景分析获得的时空要素、确定因素集、关键因素相结合,研究各方案与三要素匹配模型;最后研究匹配出的解决方案的排序规则。

## 5 基于情景演化驱动的知识推理计算

以知识库为箱体,情景演化为驱动的输入、状态、输出各要素的知识实例化为多个实体。由情景演化导致多个实体的属性发生变化,根据相关实体属性变化引起实时的问题特征变化及相应解决方案的变化。在知识库箱体内的知识推理终止于推理达到稳定或预置的迭代次数,以实体的属性发生变化频次为判定标准,稳定的识别依据是所有相关实体的属性变化频次小于预设的阈值,如图 5 所示。

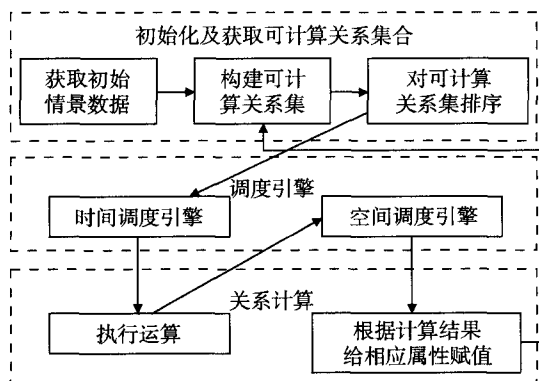


图5 情景驱动的推理仿真计算

其中关键的逻辑推荐环节是时间调度引擎与空间调度引擎,时间调度引擎设定推理时钟更新周期,在既定的周期内需要更新的实体属性集同步为最新状态,从而确定问题特征的知识描述。空间调度引擎在更新周期内根据实体

属性集的变化判定不同实体的属性间相互影响关系是否被激活。由空间调度引擎首先调用关系相关实体空间属性,然后计算实体间空间距离,如果出现实体距离小于合理阈值,则所判定的实体属性间相互影响关系被激活,运算结果才赋予相应实体属性。

整个过程首先由时间引擎调度获取相应算子并完成运算,再由空间调度引擎进行判定,如此循环往复,直到系统达到稳态和预置的迭代次数。

## 6 结束语

适应情景演化推演的应急决策知识库已不满足于对知识存储、加工、检索等传统知识服务功能上,需要从应急数据资源、应急工具方法与知识库体系构建协同的情报工程化的视角重构应急响应的知识库框架体系。本文的研究工作从知识库的底层结构入手,深入分析情景演化与知识库的映射规则,由知识库映射规则深层知识发现研究将情景演化中蕴含的信息与知识库知识点对接,刻画出应急决策的问题特征,并研究问题特征的知识表示,形成面向应急决策的知识库协同架构的知识基础。构建的新型应急响应知识库框架体系各组建子库彼此功能耦合,成扁平的结构体系。适应在大数据背景下对各类应急知识需求实现自动化、规划化和系统化的情报工程化运作。□

### 参考文献

- [1] 蒋勋,苏新宁,刘喜文.突发事件驱动的应急决策知识库结构研究[J].情报资料工作,2015,36(1):25-29.
- [2] 蒋勋,徐绪堪,唐明伟,苏新宁.适应突发事件演化的知识表示模型研究[J].情报理论与实践,2016,39(3):122-134.
- [3] 裘江南,王延章,等.基于事件的定性知识表示模型[J].系统工程,2009,27(10):2-8.
- [4] 苏新宁,朱晓峰,等.面向突发事件应急决策的快速响应情报体系构建[J].情报学报,2014,33(12):1264-1276.
- [5] 李永海,樊治平,袁媛.考虑应急方案实施效果的突发事件应急方案生成方法[J].控制与决策,2014,29(2):275-280.
- [6] 洪婕,张健,胡亮.基于领域本体知识库的专业搜索引擎查询推荐算法研究[J].情报学报,2014,33(10):1091-1098.
- [7] 李钝,薛昊原,李伦,郑志蕴.面向教学资源的实体链接算法[J].南京大学学报:自然科学版,2015,51(4):902-908.
- [8] DOULAVERAKIS C, NIKOLAIDIS G, KLEONTAS A, KOMPATSIARIS I. GalenOWL: ontology based drug recommendations discovery[J]. J Biomedical Semantics, 2012

- (3): 11-14.
- [9] 张玲玲, 石勇. 基于领域知识和聚类的关联规则深层知识发现研究 [J]. 中国管理科学, 2015, 23 (1): 154-161.
- [10] 管清云, 陈雪龙, 王延章. 基于距离熵的应急决策层信息融合方法 [J]. 系统工程理论与实践, 2015, 35 (1): 216-227.
- [11] 蒋勋, 卞艺杰, 唐明伟. 基于本体的多 Agent 的自动协商模型研究 [J]. 情报杂志, 2010, 29 (9): 148-151.
- [12] 刘丹, 王红卫. 基于多主体的应急决策组织建模 [J]. 公共管理学报, 2015, 10 (4): 78-87.
- [13] 蔡华利, 刘鲁, 李红. 基于规则推理的突发事件发生地点识别研究 [J]. 情报学报, 2011, 30 (2): 219-224.
- [14] 邵荃, 翁文国, 袁宏永. 突发事件模型中模型的层次网络表示方法 [J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2009, 49 (5): 625-629.
- [15] 王伟军, 宋梅青. 一种面向用户偏好定向挖掘的协同过滤个性化推荐算法 [J]. 现代图书情报技术, 2014 (6): 25-32.
- [16] 毕强, 王传清. 超网络视域下的数字资源深度聚合实证研究 [J]. 情报理论与实践, 2015, 38 (12): 47-52.
- [17] HRISTIDIS V, CHEN S C, et al. Survey of data management and analysis in disaster situations [J]. Journal of Systems and Software, 2010, 83 (10): 1701-1714.
- [18] 曾建勋. 基于海量数字资源的科研关系网络构建探究 [J]. 情报学报, 2013, 32 (9): 929-935.
- [19] SNIDARO L, VISENTINI I. Fusing uncertain knowledge and evidence for maritime situational awareness via Markov Logic Networks [J]. Information Fusion, 2015 (21): 159-172.
- [20] 张李义, 殷聪. 面向知识挖掘的情境感知应用研究综述 [J]. 图书情报工作, 2013, 57 (5): 140-146.
- [21] 王宁, 黄红雨, 仲秋雁, 王延章. 基于知识元的应急案例检索方法 [J]. 系统工程, 2014, 32 (1): 124-132.
- [22] 夏立新, 蔡昕, 王忠义. Web 生活服务信息的组织与可视化研究 [J]. 现代图书情报技术, 2014 (4): 85-91.
- [23] 王知津, 周鹏, 韩正彪. 基于情景分析法的技术预测研究 [J]. 图书情报知识, 2013 (5): 115-122.
- [24] 蒋勋, 徐绪堪, 苏新宁. 面向知识服务的双库协同知识库框架结构研究 [J]. 现代图书情报技术, 2014 (2): 55-62.
- [25] 蒋勋, 毛燕, 苏新宁, 等. 突发事件驱动的信息语义组织与跨领域协同处理模型 [J]. 情报理论与实践, 2014, 37 (11): 114-123.
- [26] 国家特别重大、重大突发公共事件分级标准 (试行) [EB/OL]. [2017-01-02]. <http://www.doc88.com/p-206225133629.html>.
- [27] 突发公共事件分级标准 [EB/OL]. [2017-01-02]. <http://www.jinshui.gov.cn/jswwzz/zwgk/yjgl/webinfo/2010/11/1288849327699257.htm>.
- [28] 广东省突发公共卫生事件应急预案 [EB/OL]. [2017-01-02]. [http://www.gdemo.gov.cn/zt/2013fangxun/yjya/201308/t20130823\\_184486.htm](http://www.gdemo.gov.cn/zt/2013fangxun/yjya/201308/t20130823_184486.htm).

**作者简介:** 蒋勋, 男, 1980 年生, 博士后, 副教授。研究方向: 信息智能处理与检索。通讯作者。苏新宁, 男, 1955 年生, 教育部长江学者特聘教授, 博士生导师。研究方向: 信息智能处理与检索, 信息分析与科学评价。唐明伟, 男, 1982 年生, 博士后, 讲师。研究方向: 信息智能处理与检索。蔡玉婷, 女, 1983 年生, 博士生, 讲师。研究方向: 数据采集建模分析。

**作者贡献声明:** 蒋勋, 撰写并修改文章。苏新宁, 凝练文章主题, 提出修改意见。唐明伟, 案例的仿真建模分析。蔡玉婷, 情景演化关键因素模型分析。

**录用日期:** 2017-04-20

(上接第 57 页)

- [26] MERTON R K. The Matthew effect in science: the reward and communication system in science [J]. Science, 1968, 159 (3810): 56-63.
- [27] 彭洁, 贺德方, 张英杰. 数字出版环境中科学数据引用的实现路径及策略调查分析 [J]. 出版发行研究, 2014 (4): 57-61.
- [28] 金铁成. 是自引证率, 还是自被引率? ——对加菲尔德的期刊自引率论断的考证 [J]. 中国科技期刊研究, 2016, 27 (7): 704-707.
- [29] 美国心理协会. 美国心理协会写作手册 [M]. 5 版. 重庆: 重庆大学出版社, 2008.
- [30] BROOKS T A. Evidence of complex citer motivations [J]. Journal of the Association for Information Science and Technology, 1986, 37 (1): 34-36.
- [31] 王东. 大数据时代科学研究新范式的哲学反思 [J]. 科学与社会, 2016, 6 (3): 116-127.
- [32] DataCite Schema. DataCite Metadata Schema 4.0 [EB/OL]. [2016-12-21]. <https://schema.datacite.org/>.
- [33] 基础科学数据共享. TR-REC-069 科学数据引用规范 [EB/OL]. [2016-12-21]. <http://www.nsdata.cn/upload/120822/1208220929441440.pdf>.
- [34] 顾立平. 数据级别计量——概念辨析与实践进展 [J]. 中国图书馆学报, 2015, 41 (2): 56-71.

**作者简介:** 赵蕊茵 (ORCID: 0000-0003-4039-2013), 女, 1987 年生, 博士生, 助理馆员。研究方向: 数据分析。

**录用日期:** 2017-03-10