

# 用于应急指挥的知识推理技术研究

张敬谊 童庆 肖筱华

(上海电子政务工程技术研究中心 上海 201112)

**摘要** 针对迫切需要为现有应急管理和指挥工作提供及时、有效的辅助决策功能的问题,深入分析应急业务流程,从将智能技术与行业应用相结合的角度出发,对知识推理技术进行了研究,包括知识获取、知识表示、推理机制等,提出了基于智能辅助决策的应急指挥系统。在实际项目中的应用结果表明,该方案具有行业化程度高、自适应能力强等特点,能够满足应急指挥工作在智能化方面的要求。

**关键词** 应急指挥,知识推理,辅助决策

中图分类号 TP319 文献标识码 A

## Research on Knowledge Reasoning Technology in Emergency Command System

ZHANG Jing-yi TONG Qing XIAO Xiao-hua

(Shanghai E-government Engineering & Technological R&D Center, Shanghai 201112, China)

**Abstract** This paper, aiming at the urgent demand of timely and efficient function of auxiliary decision-marking in emergency management and command, from the angle of combining the intelligent technology and the industry application, made a research on knowledge reasoning techniques such as knowledge acquisition, knowledge expression and inference mechanism, then put forward the scheme of emergency command system based on intelligent auxiliary decision-marking. The application results in actual projections show the scheme is highly industrialized and self-adaptable and meets the intelligent demands in emergency command works.

**Keywords** Emergency command, Knowledge reasoning, Auxiliary decision-marking

### 1 引言

我国经济社会发展进入了一个黄金发展期,但同时也是一个矛盾凸显期,各种新问题层出不穷,事故灾难、公共卫生、自然灾害、社会安全等领域暴露的问题日益突出。切实加强应急管理,提高预防和处置突发公共事件的能力,是构建社会主义和谐社会的重要内容,也是全面履行政府职能、提高行政能力的迫切要求。

随着应急指挥系统建设的深入和应急管理业务的拓展,不同地域、不同行业的应急需求对系统提出了越来越高的要求。除了基本的应急管理功能以外,及时、准确、有效的智能辅助决策功能越来越受到应急指挥人员的重视。一方面,系统可以对异构的海量数据进行处理,将有用的决策信息及时呈现给用户,有效节省决策时间;另一方面,用户可以根据经验和实际情况的变化对这些信息进行调整,从而获得实时、有效的决策信息,提高应急决策的准确性。因此,智能辅助决策功能将有效地增强突发事件处理的反应速度和处置能力。

### 2 系统架构

#### 2.1 智能辅助决策应急指挥系统架构

一般来说,同一个系统很难支持两类不同的决策问题,模

型往往只针对一种情况的问题,即使针对一个很小的领域,系统开发人员也不可能为决策者提供通用的模型和支持方法<sup>[1]</sup>。

本文构建的智能辅助决策应急指挥系统从围绕应急事件发生、发展、处置完成的整个生命周期(包括应急预防、应急准备、应急响应到应急恢复这4个方面)出发,充分考虑应急行业不同阶段、不同应用的特点以及对智能辅助功能的需求差异,实现智能辅助决策功能对应急事件处置过程的完整支持(见图1)。

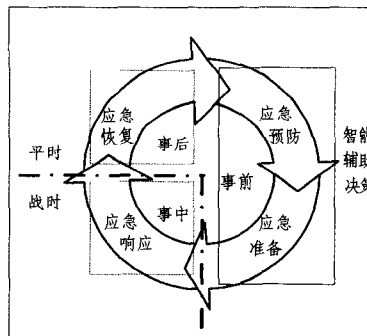


图1 应急指挥系统平战结合全阶段覆盖的理念

应急指挥系统总体上分为平时系统和战时系统。平时系

到稿日期:2012-05-20 返修日期:2012-07-29 本文受2010年“核高基”重大专项(2010ZX01036-001-001-5),2009年度上海市青年科技启明星计划(09QB1404000)资助。

张敬谊(1974—),女,博士,高级工程师,主要研究方向为数据挖掘、应急指挥系统,E-mail: zhangjingyi@wondersgroup.com;童庆(1977—),男,博士,高级工程师,主要研究方向为应急指挥系统、智能计算;肖筱华(1969—),女,高级工程师,主要研究方向为软件工程。

统为应急系统提供数据来源,对应急指挥所需的专业知识、资源、预案进行日常管理,并进行事件采集和预警预测以做好应急准备工作,在事件结束成为案例后能及时对其进行评估,并对所用预案进行评审改进;战时系统调用平时系统对突发应急事件进行应急响应和处置。

智能辅助决策应急指挥系统架构如图2所示,主要的业务应用集中体现在“应急系统核心应用层”,其覆盖了应急事件发生、发展、处置完成的整个生命周期中所需的应用功能,并提供智能辅助决策方法,通过信息服务门户提供给应急指挥人员及其他业务人员使用。

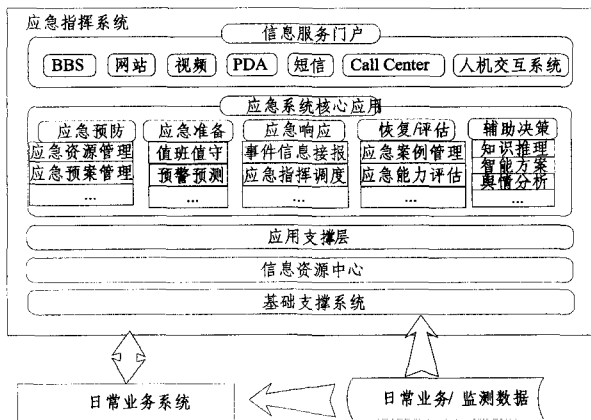


图2 应急指挥系统架构图

其中,智能辅助决策是提高应急指挥系统有效性、实用性和智能化的技术基础。应急指挥平台通过与各种业务系统的整合,获取应急业务相关的数据,也可以根据应急业务自身的需要,直接获取一些监测数据。系统在不同行业应急指挥过程的各个阶段,提供有针对性的智能化方法,通过智能化处理这些数据,将辅助决策的智能信息直观地展示给用户。同时,这些智能化方法与应急系统中的其他核心应用集成,以保证应急指挥系统高效、有序的运转,使应急指挥工作有理可依、有据可循,即使事态发生变化,也能够根据智能化方法快速反应。

## 2.2 智能辅助决策应急指挥系统

突发应急事件涉及的领域非常多,包括事故灾难、自然灾害、公共卫生、社会安全等方面;处置突发事件的阶段也有不同,包括事前、事中、事后等;而且发生应急事件的区域差异性很大,既有重点防护的目标,也有一般建筑物,既有人口密集的大型集会场所,也有人口稀疏的山区。因此,智能辅助决策方法必然会面对各种差异性很大的情况,这就要求系统提供的智能辅助功能不仅仅是通用的,而且是能针对特定行业、阶段、地点等因素的个性化智能需求。

我们研究了现有的各种智能辅助决策技术<sup>[1-4]</sup>,结合应急业务的特点,面向不同行业、不同阶段的需求,设计了相应的智能辅助决策方式,构建了基于智能辅助决策的应急指挥系统。在此基础上,基于前期的研究成果<sup>[5]</sup>,对知识推理技术以及应急业务的知识获取、知识表示、推理机制等进行了研究,设计了用于应急指挥系统的知识推理方法,提高了应急指挥工作的智能化水平。基于智能辅助决策技术的应急指挥系统的业务过程如图3所示。

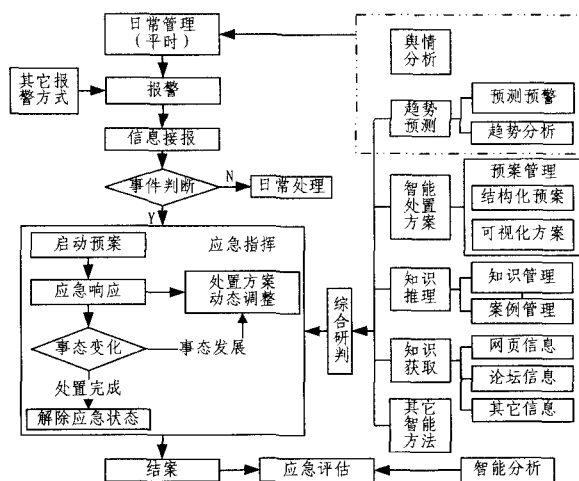


图3 基于智能辅助决策的应急指挥过程

智能化方法有很多,在基于智能辅助决策的应急指挥过程中,根据不同行业、不同阶段的需求使用相应的智能方法,即使是同一种智能方法,在不同环境中使用的机制、方式等也会有所不同。

1) 舆情分析。应急指挥系统中的舆情分析是针对网络上的信息,通过对海量信息进行分析,挖掘热点、敏感的话题并进行分析,明确可能的突发社会安全事件及本身所处的阶段(酝酿期、发生期、发展期、高潮期、处理期和反馈期等)。

2) 趋势预测。在基础设施比较好的前提下,应急指挥系统可以根据获得的各种数据(如气象数据、传感器/物联网数据等),结合行业特点,设计有针对性的模型算法。趋势预测技术对于提高应急指挥系统的预警和处置能力是非常重要的。

3) 智能处置方案。目前的应急事件处置一般是以预案为基础进行的,但主要还是以文字的形式体现,而且也很难根据事件的不同信息来生成有针对性的处置方案。对于某些行业(如事故灾难)或有固定场所的应急指挥平台来说,除了预案以外,还有可以具体执行的方案,这些方案将应急事件处置的要素与应急事件本身的各种参数关联起来,而且多数可以与地理信息相结合。这样在事件处置时,能够根据事件的信息产生有针对性的应急处置方案,并能够在GIS地图(或场景地图)上直观地展现出来。

4) 知识推理。知识推理是指模拟人类的思维过程,控制并执行对问题的求解,根据当前的知识识别、选取和匹配知识库中的规则,得到问题结果的一种机制<sup>[6]</sup>。

知识推理本身是对知识进行推理,这个推理的实质是个体对于可能事件真相的推测。知识推理是对已有知识的推理,所以已有的知识就是它推理的基础,而知识推理的技术则依赖于对知识的良好表达。

5) 知识获取。知识推理的基础还是知识,因此,获得足够的知识信息就显得非常重要。一方面,系统可以根据行业经验获得一定的知识,在系统运行过程中不断地进行完善;另一方面,如果能有效地从系统外部获取有效的知识作为补充,无疑能够大大缩短知识完善的周期,甚至能够扩大系统知识涵盖的范围,提高系统智能辅助决策的能力。

6) 智能分析。这里的智能分析可以认为是一种目标驱动

(反向推理)的过程,主要用于应急事件结束以后的分析工作。即通过事件发生、发展、处置过程中的各种信息,来发现产生该事件的原因,明确其关键要素,为日后对这些信息的监控、预防提供依据。

7)其它智能化方法。智能化技术日新月异,应急指挥涵盖的领域也非常广。因此,对于某些特定的行业、阶段,必然会有其它一些智能化的方法,例如,采用虚拟现实技术来模拟某些重点场所(机场、会场等)的应急处置过程,采用数据挖掘方法来获取信息之间的关联关系等。

### 3 应急指挥系统中知识推理技术的研究和设计

用于智能辅助决策应急指挥系统的知识推理技术,在统一的语义环境中获取用户知识、事件知识等,通过知识推理和语义匹配向用户做出推荐,并根据应急指挥系统所处的具体环境选择相应的推荐策略。知识推理功能的实现需要解决以下问题:

- 1)知识的统一表示。应急指挥系统中与推理相关的一切要素都需要采用统一的方式进行描述。
- 2)知识的有效获取。需要明确应急指挥系统中用户知识、行业知识、方案知识、事件/案例知识等的获取方式。
- 3)智能推理机制及推理结果。系统根据当前的事件信息获取事件知识,结合系统中已有规则和知识,运用知识推理机制进行推理,获得解决该事件的方案和类似案例。
- 4)系统与用户的交互。系统要素之间、系统与用户之间都需要有一个统一的交互环境,这个环境可以对系统推理的结果与用户最终确定的结果进行比较分析。
- 5)知识的扩张控制。随着应急系统从业务系统和应用过程中不断得到新的知识,知识必然处于无限扩张的状态,因此,必须建立有效的管理方式。

#### 3.1 知识推理平台设计

应急指挥系统中的知识推理平台如图4所示,主要由4层组成,自下而上分别是数据库、应用支撑、应用功能和外部交互接口。

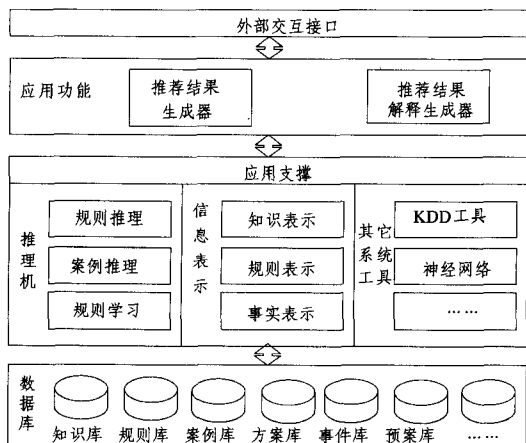


图4 知识推理的逻辑架构

基本工作原理是:①平台对相关数据进行知识表示并保存在相应的数据库中;②应用支撑的相关功能可以对这些数据知识进行处理,提供知识推理过程中所需的各种支撑功能,如规则推理、案例推理等;③应用功能可以针对特定的事件、

用户等输出推荐结果并给出解释,在系统运行前期,推荐的规则是事先确定好的,随着系统的运行,逐步对规则进行“自适应选择”;④平台通过外部交互接口与应急指挥平台集成,为用户提供交互的界面。

应用支持和应用功能的主要内容如下:

- 1)推理机。主要完成基于规则的推理和基于案例的推理,并将推理的结果与用户的反馈进行“自适应学习”。
- 2)知识表示。对推理过程中所需的知识、规则、事实进行统一的、标准化表示,以保证推理功能的实现。
- 3)其它系统工具。主要是对平台功能的补充,如采用神经网络、遗传算法等对规则进行“自适应学习”。
- 4)推荐结果生成器。对平台经过推理过程获得的结果数据进行处理,生成用户可以直观理解的推荐结果列表。
- 5)推荐结果解释生成器。向用户解释推荐的结果是如何产生的、推荐结果列表的排序依据等。

#### 3.2 基于知识推理的应急指挥系统实现

基于知识推理的应急指挥系统总体架构如图5所示。应急指挥系统与知识推理平台可以没有直接的联系,所以应急系统不需要进行改造,就能把原有系统中复杂的业务逻辑提取出来,由规则管理模块来管理,并对系统中原有的数据信息进行知识化表示,形成知识推理相关的数据库,再对相应的事件构造事件监听器就可以进行知识推理。

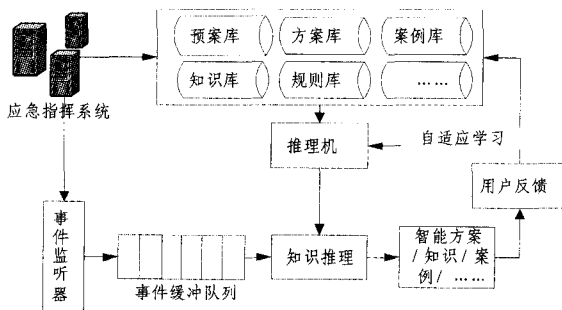


图5 基于知识推理的应急指挥系统总体架构

事件监听器将监听到的事件对象推入事件缓冲队列中,启动知识推理,触发推理机制,生成针对该事件的智能方案、知识、案例等,并通过用户对推理结果的反馈来进行自适应学习,对推理规则等进行修正。

##### 1)规则表示

在应急指挥系统中,规则转化为机器语言,用“IF...AND (OR)...THEN”表示。IF部分可能与某逻辑断言集的一个或多个断言匹配,THEN部分规定动作(可能是应急指挥系统中的方案/案例/知识)。这里的某个断言不是简单的是或者否,还包括对多个属性参数的加权计算。

应急指挥系统中知识表示的属性值比较多,需要设计相应的评估函数,源对象域用O表示,目标对象域用S表示。

字符串相等函数:

$$\text{Sim}(O, S) = \begin{cases} 1, & \text{LowerCase}(\text{Value}(O)) = \text{LowerCase}(\text{Value}(S)) \\ 0, & \text{LowerCase}(\text{Value}(O)) \neq \text{LowerCase}(\text{Value}(S)) \end{cases}$$

间隔函数(日期型):

$$\text{Sim}(O, S) = \frac{|\text{Value}(O) - \text{Value}(S)|}{\text{Interval}}$$

$$|Value(O) - Value(S)| \leq Interval, Interval > 0$$

阈值函数(数值型):

$$Sim(O, S) = \begin{cases} 1, & |Value(O) - Value(S)| \leq Threshold \\ 0, & |Value(O) - Value(S)| > Threshold \end{cases}$$

最大共有字符串函数(字符型):

$$Sim(O, S) = \frac{Length(MaxString(Value(O), Value(S)))}{Maxlength(Value(O), Value(S))}$$

$$Maxlength(Value(O), Value(S)) > 0$$

线性枚举函数:

$$Sim(O, S) = \frac{|Order(Value(O)) - Order(Value(S))|}{Num(Type) - 1}$$

$$Value(O), Value(S) \in Type, Num(Type) > 1$$

环型枚举函数:

$$Sim(O, S) = \frac{|Order(Value(O)) - Order(Value(S))|}{Num(Type)},$$

$$Value(O), Value(S) \in Type, Num(Type) > 1$$

Lucene 函数(文件类型):

$$Sim(O, S) = \frac{\sum_{t \in O} tf(t \text{ in } S) * idf(t) * lengthNorm(t)}{\sum_{t \in O} 1}$$

Lucene 函数的相似度公式使用传统的反频率文档的计算过程。对于每一个目标事件中的关键字,函数分别计算它们与源案例中文本的相似度,然后根据求得平均值,得到关键字集合与文件内容的相似度。如果涉及到复合属性类型的情况,则复合相似度函数的表达式如下:

$$Sim(O, S) = \frac{\sum_{i=1}^n Sim(Value(O_i), Value(S_i)) * Weight(O_i)}{\sum_{i=1}^n Weight(O_i)}$$

$$Weight(O_i) = Weight(S_i)$$

$O_i$  与  $S_i$  分别表示复合属性中第  $i$  个子属性。

## 2) 知识表示

知识表示是将有关问题的知识存入系统中。系统采用对象-属性的知识表示方法,对象表示应急行业各层级分解结构(例如:预案类型>预案>处置阶段>任务),并集成分解结构的各种知识和参数(属性)。知识推理就是对这些知识信息进行分析、推理,获得相关方案/案例的过程。

用父子关系来表示知识的层级结构。子对象之间的关系决定了父对象推理结果的组合生成方式。系统采用星型结构表示单个知识,中间是事实表示,周围是相关属性,这些属性可以用来作为推理规则的一部分。需要注意的是,这些知识属性在知识推理过程中的作用是变化的,通过系统的运行、知识推理的输出、用户的反馈等活动逐步对规则中的属性参数权值进行自适应学习,某个属性的权值为 0 则表示该属性不再对知识推理的过程产生影响。

## 3) 知识推理和自适应规则学习

应急指挥系统的规则架构中使用了采用 Rete 算法<sup>[7]</sup>的规则引擎。系统输出的是结果集,用户可以进行选择或修改来获得理想的结论,系统根据用户的结论信息对规则进行自适应学习活动。

一方面,系统可以根据用户的结论进行反向推理,利用数据挖掘、遗传算法等手段获得系统中所有相关“对象-结论”

(包含当前数据)的最优规则,从而对规则的属性权值进行调整,实现规则学习的功能;另一方面,系统提供用户自定义功能,可以对已有规则进行修改甚至自定义规则,这样系统就可以直接获取用户的行业经验,实现学习功能。

## 4) 系统特点

基于知识推理技术的应急指挥系统除了基本的应急管理功能以外,将为用户提供辅助应急决策的智能化方法。系统的特点主要有:

**智能方案生成:**系统自动提供解决某个事件的智能化方案集,帮助用户快速地制定事件处置方案。

**智能案例参考:**系统自动提供某个事件的类似案例,为用户处置应急事件提供参考。

**智能知识辅助:**系统根据事件信息,自动显示事件处置的细节知识,如发生某种化学品泄漏时,自动显示针对这种化学品或相关的救护知识等。

**自适应学习:**系统在运行过程中,可以自动获取并学习相关知识,逐步与系统运行的环境相吻合,形成特定行业的智能辅助决策应急指挥系统。

**结束语** 本文对应急指挥系统相关的智能辅助决策技术进行了分析,尤其对知识推理的相关关键技术进行了研究,并将应急指挥系统的特点相结合,设计实现了基于知识推理的应急指挥系统。系统提供的智能辅助决策功能,能使指挥人员在最短的时间内获得与该事件相关的辅助决策的方案、案例、知识等信息,便于迅速制定处置事件的应急方案和措施,提高应急工作的效率,体现政府应急管理和指挥的现代化与国际化水平。

不同领域的应急业务都具有各自的特点,本文构建的系统具有自学习的能力,除了初始配置的知识、规则以外,可以根据系统的运行和用户的反馈进行自适应学习,逐渐形成领域相关的应急指挥系统,使系统更具专业性。

当然,应急指挥系统相关的智能化方法还很多,下一步将逐步研究相关的方法并与应急指挥系统相结合,以提高系统智能辅助决策的水平。

## 参 考 文 献

- [1] 何勇,沙宗尧.基于智能对象的决策支持系统体系结构研究[J].武汉大学学报:信息科学版,2004,29(2):116-119
- [2] 吴梅红.基于动态认知逻辑的多主体系统知识推理研究[D].厦门:厦门大学,2009
- [3] 姜臻亮.面向工程设计的知识处理关键技术[J].上海交通大学学报,2005,39(6):853-856,863
- [4] 刘平峰,聂规划,陈冬林.基于知识的电子商务智能推荐系统平台设计[J].计算机工程与应用,2007,43(19):199-201,216
- [5] 重庆,张敬谊,陈诚,等.应急指挥系统的结构化和可视化预案研究[J].计算机工程,2011,37(13):275-278
- [6] 黄福玉,冯玉强,王龙,等.基于关系模型的不确定性知识表示与推理及其在 KMS 中的应用[J].南京理工大学学报,2006,30(5):653-658
- [7] 张渊,夏清国.基于 Rete 算法的 JAVA 规则引擎[J].科学技术与工程,2006,6(11):1548-1550