

基于 CBR 应急保障物流体智能决策支持系统研究

韩小妹¹, 韩景倜^{1,2}

HAN Xiao-mei¹, HAN Jing-ti^{1,2}

1.空军工程大学 工程学院,西安 710038

2.上海财经大学 信息管理与工程学院,上海 200433

1.Engineering College of Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China

2.School of Information Management and Engineering, Shanghai University of Finance and Economics, Shanghai 200433, China

E-mail: hwxhm@163.com

HAN Xiao-mei, HAN Jing-ti. Study of intelligent decision support system of ELS³ based on Case-Based Reasoning. Computer Engineering and Applications, 2007, 43(20): 204-206.

Abstract: The paper analyzes the emergency decision in ELS³ (Emergency Logistics System & Style & Substance), combining Case-Based Reasoning (CBR) and intelligent decision method, to build the framework of the ELS³ Intelligent Decision Support System (ELS³IDSS), discusses the principle and the framework with its workflow and a series of key techniques of CBR primarily. The research provides an effective decision support for emergency material support and the antitype system.

Key words: case-based reasoning; emergency decision; Decision Support System; ELS³

摘要:在对应急决策和应急保障物流体分析的基础上,应用基于案例推理技术和智能决策方法构建了应急保障物流体智能决策支持系统,讨论了系统的工作原理及体系结构,重点分析了系统的案例推理机制和关键技术,从而为应急状态下的物流保障决策和原形系统的开发提供了理论支撑。

关键词:基于案例推理;应急决策;决策支持系统;应急保障物流体

文章编号:1002-8331(2007)20-0204-03 **文献标识码:**A **中图分类号:**TP391

1 引言

如何应对突发事件,通过事前计划和应急措施,充分利用一切可能的力量,将损失减到最小程度是目前应急管理研究的热点问题^[1]。应急问题的最显著特点表现为时间紧迫性、突发性、非正常性以及物流需求的随机性^[2],要求人们快速准确地做出决策;同时应急决策问题往往是以非结构化的形式出现,通过构建应急决策支持系统(Emergency Decision Support System, EDSS)可以提高应急决策的有效性和效率^[4]。目前关于EDSS国内外既有理论框架的探讨^[4-6],又有在工业^[7]、气象^[8]、自然灾害^[9]等方面都有实际的应用研究。

应急保障物流体^[10]是指面对现代突发性战争、大规模自然灾害等紧急状态时,构建于国家和企业物流供应链基础之上,经集成后的特殊物流供应链系统。战争和应急事件具有突发性和随机性,应急保障具有闭环性和强指令性。组织命令的驱动和联盟利益的激励,导致物流供应链结构在应急态下发生变化,并产生一种具有稳健的结构(Style)、高效运转体系(System)、应急(Emergent)保障物流(Logistics)供应协作实体(Substance)——应急保障物流体(ELS³)。应急保障物流体决策支持系统作为应急决策的一个重要研究方面,它对于在应急和战争状态下,准确把握物流动态、控制和指挥物流支援供应链、持续

性完成应急保障任务等具有重要意义^[10]。

目前,机器学习、软计算方法、数据挖掘、定性推理、基于案例的推理等智能决策方法不同程度地应用到智能决策支持系统中。其中案例推理是人工智能领域新出现的一种推理方法,在通用问题求解、法律案例、医药、故障诊断、计算机辅助设计等领域得到广泛的应用^[11-14]。基于案例的推理符合人类的实际认知的心理过程,非常适用于领域知识不完全、难以定义或定义不一致而经验丰富的决策环境中,CBR简化了知识获取的过程,提高了问题求解的效率。

本文将基于案例推理的方法应用于应急保障物流体决策支持系统中,重用常态下及以往积累应急事件积累的大量的知识经验,从中提取新问题的解决方案,从而为应急态下物流保障提供决策支持。

2 应急保障物流体智能决策系统(ELS³IDSS)体系结构

应急保障物流体是一个复杂系统,应急决策是应急保障物流体集成的重要前提。通过描述类似危机案例来引导决策者进行研究制定针对某个应急事件对策的措施,对于提高应急决策的效率具有十分重要的意义。这里在一般决策系统的基础上将决策支持系统、专家系统、数据仓库、数据挖掘以及OLAP相结合

基金项目:国家自然科学基金(the National Natural Science Foundation of China under Grant No.70471037)。

作者简介:韩小妹(1979-),女,博士生,主要研究方向:信息管理与智能决策,装备系统工程;韩景倜(1959-),男,教授,主要研究方向:信息管理,供应链管理。

合,即将各种不同的辅助决策方式结合起来,起到相辅相成的作用,进一步提高辅助决策的效果。图 1 给出了基于 CBR 的 ELS3IDSS 体系结构,该体系结构主要由人机交互界面、系统控制 Agent、功能 Agent、知识库系统、应急案例库系统、模型库系统、数据库系统、方法库系统、OLAP 和数据挖掘等模块组成。

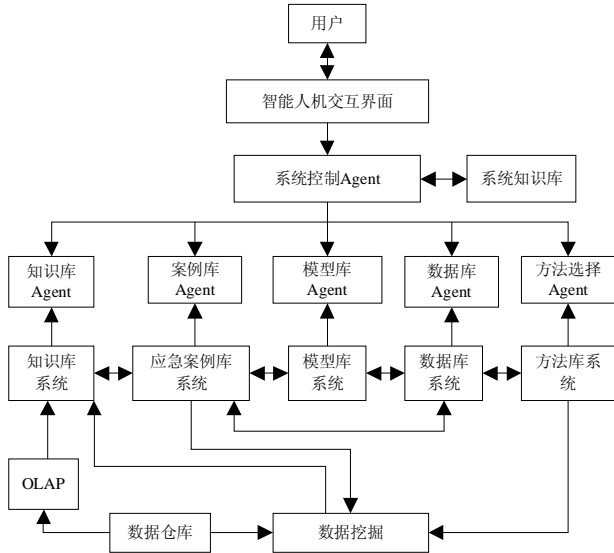


图 1 基于 CBR 应急保障物流体智能决策支持系统体系结构

(1)人机交互界面和系统控制 Agent:智能人机交互界面具有较强的信息识别和处理能力。通过启发诱导、参数默认等方式完成人机交互、问题描述、结果显示。系统控制 Agent 通过人机交互系统接受求解问题的任务,根据系统知识库中的知识判别问题的类别,与各个子系统 Agent 进行交互,接受推理信息及结果,并将最终推理结果经解释后输出给用户。其中系统知识库中包含用于整个系统控制的问题识别知识、各库选择知识、通用规则和方法知识、推理机选择知识、推理进程控制知识等。

(2)各功能 Agent 模块:模型库 Agent 主要功能是建立、存储、查询、修改、删除以及重构本系统的各种模型,完成和数据库接口的转换,并对模型的运用进行控制。模型库中存放各种决策模型,包括定量模型和定性模型。方法选择 Agent 主要完成系统模型求解算法的选择。方法库包含了决策支持系统的模型求解的算法,包含常用的数学模型算法和应用程序等。数据库 Agent 负责数据库的管理、维护、存储和更新各种数据。数据库中存储的是结构化的数据,是有关专业领域内基础的数据信息。

(3)模型库系统和案例库系统:模型库系统和案例库系统的结合是决策支持的基础,为决策问题提供定量分析(模型计算)的辅助决策信息。案例仓库和 OLAP 从案例仓库中提取综合数据和信息。数据挖掘是从应急案例库系统和数据仓库中挖掘知识并在知识库系统中进行知识推理达到定性分析辅助决策。

(4)知识库系统:知识库系统主要是为应急事件的决策处理提供知识的支持,由产生式规则组成,包括专家经验和以规则形式表示的有关法规。知识库中的知识可以指导决策者进行决策,且其可以不断地得到新知识的充实。

(5)应急案例库:应急案例库中存储了各种各样的突发事

件案例,每一个案例都包括有关问题的完整描述、求解方案和实施结果。具体表示方式和推理规则下一章将作详细描述。应急案例库 Agent 负责对案例库进行增加、删除、修改等操作。

3 基于案例 ELS3IDSS 推理机制

3.1 基于案例推理的工作流程

基于案例推理的一般工作流程如图 2 所示。

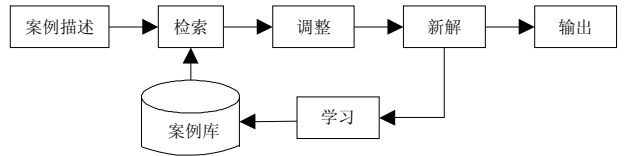


图 2 基于案例推理工作流程

基于案例的推理是从过去的经验中发现解决当前问题的方法。过去的事件的集合构成一个案例库,当前处理的问题成为目标案例。CBR 处理问题时,现在案例库中搜索与目标案例具有相似属性的案例,再通过案例的匹配进行调整。CBR 是对过去事件求解过程的复用,简化了知识获取的过程,提高了问题求解的效^[15]。

3.2 应急案例表示

案例以结构化的方式表达管理者和领域专家求解问题的经验。一个典型的应急案例(crisis case)通常包含三个部分:应急情景的描述(crisis situation)、应急方案(emergency solution)、方案实施结果与评价(outcome and evaluation)。从结果看,既有成功的经验,也有失败的教训,这样才能构成合理的知识结构。案例有多种表示方式,如逻辑、产生式、语义网络、框架、决策树、原形、面向对象技术等。案例的表示能比较全面的表示出问题求解所需要的各类知识,并且有良好的模块化结构,以便于案例库的维护。因此,这里采用框架的知识表示方法,有利于将应急情形,应急方案,专家经验等有机地集合起来,其形式化描述如表 1 所示。

表 1 应急案例框架

案例编号
框架名:应急案例名称
槽 1. 应急情形描述:
侧面 1. 发生时间
侧面 2. 问题描述
侧面 3. 周围环境
槽 2. 应急方案:
侧面 1. 特征(指标 1,权重 1;指标 2,权重 2;指标 3,权重 3;...)
侧面 2. 特征(指标 1,权重 1;指标 2,权重 2;指标 3,权重 3;...)
...
侧面 n. 特征(指标 1,权重 1;指标 2,权重 2;指标 3,权重 3;...)
槽 3. 方案实施结果与评价:
侧面 1. 方案实施结果
侧面 2. 方案评价

3.3 应急案例检索

应急案例检索是基于案例推理的中心环节,它是根据相似性原理来搜索一个与当前事件相似的案例,案例检索过程分为案例索引和案例的检索,案例的检索方法通常有:最近邻(Nearest Neighbor)法、归纳推理(Inductive Retrieved)、知识引

导(Knowledge Guide)^[16]。这里采用最近邻搜索法进行案例检索。

设案例库中相关案例集为 $U=\{X_i|i \in \{1, 2, \dots, m\}\}$, 这里 $X_i=\{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}\}$ 为源案例, 其中 x_{ij} 为 X_i 的第 j 个属性。设 $Y=\{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ 为新案例, 其中 y_j 为 Y 的第 j 个属性的权值为 $w_j, w_j \in [0, 1]$, 所有权值 w_j 的总和为 1。设 X_i 和 Y 的总体相似度计算函数为:

$$Sim(X_i, Y) = \sum_{j=1}^n sim(x_{ij}, y_j) w_j$$

其中, $sim(x_{ij}, y_j)$ 为 X_i 的第 j 个属性和 Y 的第 j 个属性相似度计算函数。设 X_i 为满足 $\max\{Sim(X_i, Y), i \in \{1, 2, \dots, m\}\}$ 的源案例, 则 X_i 即为相似案例。

在最近邻法的检索过程中, 各类属性指标的权重通常是固定的, 考虑到应急决策支持系统的复杂性, 针对各个指标对最终方案的影响, 用户可以根据不同情况做出调整, 以提高检索质量。

3.4 应急案例评价

当系统检索到相似度大于一定阈值的案例后, 说明源案例库中有与当前案例匹配的案例, 进行案例的重用, 并根据重用的结果对案例进行评价。案例评价的结果有三种: (1) 案例重用后取得良好效果, 可以采取检索到的相似案例的解决方法帮助解决当前突发事件, 则可以进入案例学习阶段; (2) 案例重用后效果不佳, 检索到的相似案例不能有效地帮助解决问题, 此时, 用户应对案例进行修改, 并将修改后的案例反馈给系统进行案例学习; (3) 案例重用后无效果, 这时需要对应急案例库进行维护以提高系统性能, 并对案例库中的案例进行有效检查, 包括案例检索的准确性、案例冗余、案例覆盖率等等。

3.5 应急案例学习

初始案例库中的案例是有限的, 需要在系统投入运行后不断学习, 加入新的案例, 进行知识的积累, 以求获得更好的案例检索结果, 但并不是所有的案例都可以加入到案例库。要防止出现类似案例重复案例, 导致案例检索的效率下降。案例学习按以下规则进行:

设源案例库 $U=\{X_i|i \in \{1, 2, \dots, m\}\}$, 这里 $X_i=\{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}\}$ 为源案例, 新案例 Y 与 X_i 的相似度为 $\varepsilon_i \in [0, 1]$, η 为专家定义的一个阈值, 案例的学习策略如下:

(1) $\forall \varepsilon_i=0, i \in [1, m]$, 新的案例与案例库中的所有案例都不匹配, 则新案例入库。

(2) $\exists \varepsilon_i=1, i \in [1, m]$, 新案例与源案例相似, 则新案例不入库。

(3) $\forall \varepsilon_i < \eta, i \in [1, m]$, 新案例小于阈值, 则新案例入库。

(4) $\exists \varepsilon_i > \eta, i \in [1, m]$ 把具有 $\max(\varepsilon_i)$ 的源案例的解决方案改写为新案例的解决方案。

4 总结

应急保障物流体决策支持系统是应急决策领域中的一个前沿和热点问题, 在自然灾害防灾与减灾处理、作战决策与快

速反应等方面都具有重要的应用价值。本文将 CBR、Multi-agent、数据挖掘等人工智能技术与决策支持系统理论相结合, 构建了 ELS³IDSS, 为实际原形系统的构建提供了理论支撑。有助于将物资供应保障过程中人员组织、设备设施安排从过去的经验判断转变为现代化的辅助决策, 从而提高处理紧急、突发事件的能力, 准确、快速、有效寻找应急方案对于物流资源配置具有重要的意义。然而建立 ELS³IDSS 是一项复杂的系统工程, 有待于结合应用背景展开进一步的研究。

(收稿日期: 2007 年 1 月)

参考文献:

- [1] 郭泳亨, 卢兴华. 基于案例库的应急决策支持系统研究[J]. 微机计算机信息, 2006, 22(8-3): 148-150.
- [2] 谢如鹤, 宗岩. 论我国应急物流体系的建立[J]. 广州大学学报: 社会科学版, 2005, 4(11): 55-58.
- [3] 王旭坪, 傅克俊. 应急物流系统及其快速反应机制研究[J]. 中国软科学, 2005, 21(6): 127-131.
- [4] 汪季玉, 王金桃. 基于案例推理的应急决策支持系统研究[J]. 管理科学, 2003, 16(4): 46-49.
- [5] 戴建设. 应急决策和应急决策支持系统的研究[J]. 决策与决策支持系统, 1992, 2(4): 18-23.
- [6] 王金桃. 危机管理应急决策及其在城市防汛工作中的应用[D]. 上海: 上海交通大学, 1995.
- [7] Quaranta N.A. Decision Support System: architecture for simulating military command and control [J]. European Journal of Operational Research, 2000(123): 558-567.
- [8] Chandran S. Dissemination of weather information to Emergency managers: a decision support tool[J]. IEEE Transition on Engineering Management, 1998, 7: 17-24.
- [9] Josefa Z H, Juan M S. Knowledge-based models for emergency management system[J]. Expert Systems with Application, 2001, 20(3): 173-186.
- [10] 韩景侗, 詹亚辉, 徐颖凯, 等. 非定常态供应链集成模式-应急物流体分析[J]. 空军工程大学学报, 2005, 6(2): 92-94.
- [11] 杨瑾, 尤建新. 基于案例推理的供应商决策支持系统研究[J]. 计算机工程与应用, 2006, 42(6): 19-23.
- [12] 朱群雄, 刘光. CBR 技术在 Multi-Agent 故障诊断中的应用[J]. 计算机工程与应用, 2004, 40(21): 111-113.
- [13] Hu Wen-bin, Wang Shao-mei, Pan Wen-jun. Research and implementation of case-based reasoning in online logistics resource decision[J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2003, 27(4): 581-584.
- [14] 张光前, 邓贵仕. 基于事例推理的技术及其应用前景[J]. 计算机工程与应用, 2002, 38(20): 52-55.
- [15] 杨善林. 智能决策方法与智能决策系统[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [16] 蒋国瑞, 赵新竹. 基于案例推理与 Multi-Agent 的 TBT 预警系统研究[J]. 计算机工程与应用, 2006, 42(6): 199-201.
- [17] 闫祥礼, 覃征. 基于智能体的混合知识自适应推理控制[J]. 小型微型计算机系统, 2003, 24(12): 2324-2326.