

基于 GIS 的动态应急资源调度系统设计与实现 *

胡继华, 钟广鹏, 严国灿

(中山大学 工学院 智能交通中心, 广州 510006)

摘 要: 为提高应急响应能力,利用实时的道路信息、救援状态信息和应急资源配置信息,设计了一个实时、动态的应急资源调度系统。在地理信息系统基础上,实现了利用实时信息动态生成应急资源调度方案。最终通过一个实例应用,结果证明了系统的实用价值,可以为应急资源救援提供科学的决策支持。

关键词: 地理信息系统(GIS); 实时信息; 应急资源; 动态调度

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2012)01-0200-03

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2012.01.056

Design and implementation of dynamic emergency resources scheduling based on GIS

HU Ji-hua, ZHONG Guang-peng, YAN Guo-can

(School of Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: In order to make full use of real-time road information, rescue status information and emergency resource configuration information to improve emergency response ability, the article designed a real-time, dynamic emergency resources scheduling system. The system made use of real-time information to generate resource scheduling solution based on geographic information system. Through an example, the result shows the practical value of the system and proves that the system can provide scientific decision support.

Key words: geographic information system(GIS); real-time information; emergency resources; dynamic scheduling

应急资源调度是应急管理保障体系的核心内容,一直以来,对它的研究都是应急资源管理领域的热点问题。戴更新等人^[1]研究了多资源组合情况下的应急调度问题;何建敏等人^[2]对于多个资源供应点的选择问题进行了较深入的研究;李连宏等人^[3]对于多资源在非恒定消耗的前提下的调度优化模型进行了相关研究;刘北林等人^[4]研究了传统的应急救援物资的紧急调度问题。在重大事故发生时,如何运用各种运输工具以最短时间将所需数量和种类的物资,以何种路径运输到受灾点或事故发生地,跟这两个问题直接相关的是应急资源运输问题和应急车辆调度问题。对于应急资源运输问题,国内外的研究主要可以分为三种模型:以解决运输成本最小化为目的的模型^[5,6];以解决运输时间最小化为目的的模型^[7~10]及综合费用、时间最小的多目标模型^[11~14]。应急车辆调度问题的主要目的就是为了实现诸如路程最短、成本最小、耗费时间最少等目标^[14]。Haghani 等人^[15,16]研究了一个整合来自交通媒介、公共安全媒介和医院等实时信息的应急调度车队管理系统,它嵌入了一个最优模型去帮助指挥调度中心调度应急车辆,并能够预测到未来的需求。通过滚动时域优化方法进行计算求解,并建立了仿真系统证明了模型的有效性。

由于应急救援指挥中心与救灾现场以及公路管理系统之间缺乏有效的信息共享与信息交互,同时也缺乏智能化决策系统,因此应急救援指挥有待于提高救援时间和救援效率。例如在 2007 年 3 月 30 日,沪杭高速公路上一辆车牌为浙 J24010 的

10 t 货车发生交通事故,引起车上满载的化学物品燃烧、爆炸,导致驾驶员与押运员全部死亡。面对满车燃烧还不时发生爆炸的化学物品,民防、消防及高速公路交警全力处置。但由于高速公路封道、高速应急道路占满车辆无法通行、黄沙等必要救援物资一时无法到达,消防部门只好采用适量水冷却和泡沫灭火,使得救援时间足足延长了 2 h,带来了难以估量的生命与财产损失。

近年来,信息技术的发展为建立动态实时的应急资源调度系统提供了必要的基础。随着现代通信网络技术、智能交通、地理信息服务的发展,应急资源调度平台能够及时地共享实时信息,这些实时信息包括道路状态信息、救援状态信息、应急资源配置信息。因此,建立基于 GIS 的动态应急资源调度,可以实现应用于实际的动态应急资源调度智能化决策系统。

1 系统构建与业务流程

动态的应急救援调度系统以智能化调度系统为基础平台。利用 GPS、GIS 等系统实现车辆位置以及资源位置定位;利用实时交通信息服务平台,提供实时的道路交通状态信息;利用基于 GIS 的事故分析与预测系统平台,分析及预测最新时间的事故发展状态以及资源需要。以集成为核心,针对危险化学品道路运输事故的应急资源调度定制救援、指挥、调度、信息查询等业务。系统的业务流程如图 1 所示。

整个系统的具体业务流程是:

a)标定事故应急点。输入初始事故信息:事故类型、事故等级、泄漏量、是否爆炸、影响范围,保存在事故受灾点的信息表中。

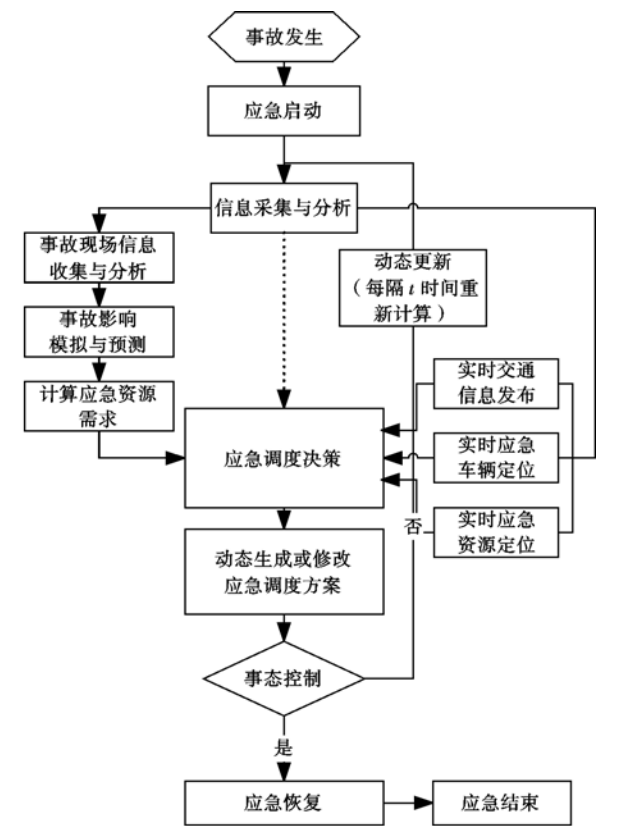


图1 动态应急资源调度业务流程

- b)根据上面信息查找应急需求数据表,找出对应的应急需求。
- c)更新最新信息(应急时间内每 3 min 更新 1 次),包括路段交通量、车辆位置、资源定位和数量、更新应急需求量。
- d)计算最短路径,计算应急行程时间,并写入对应的应急行程时间表,把最短路径存到另一个表中以便查询。
- e)根据动态应急资源调度算法流程计算最佳应急方案。
- f)把方案在地图上上进行显示,例如选择资源点(查找方案中不为零的分量),并把最短路径显示出来,标记到达时间。

2 系统总体框架与功能设计

2.1 总体设计

动态的应急救援调度系统以面向服务的 SOA 为结构体系,通过对 GPS 车辆及资源定位信息、GIS 道路网络信息、实时的道路交通状态信息、事故发展状态以及资源需求信息的集成,针对危险化学品道路运输事故的应急资源调度定制救援、指挥、调度、信息查询等业务。系统总体框架由数据库系统、基础支撑服务、业务逻辑层以及前端展示系统组成。基于 SOA 的动态应急资源调度系统框架如图 2 所示。

1)数据库系统

数据库系统包括交通路网基础地理数据库、紧急突发事件基础数据库、紧急突发事件动态数据库信息、应急救援装备数据库、救援物资需求数据库、救援力量与队伍数据库、典型案例库、车辆定位数据库、应急救援方案库、实时交通信息数据库、应急行程时间数据库、预案库、工作网数据库、模型库等。

2)基础支撑服务

基础支撑服务提供了系统所需的各种模型算法,包括应急需求预测模型、应急行程时间估计模型、实时交通信息采集模型、应急资源调度模型、最短路径算法、事故风险分析、事故状态预测模型、应急车辆定位等基础技术支撑,以及 GIS 服务平台。

3)业务逻辑层

业务逻辑层为指挥中心指挥调度业务制定了基本的功能操作。系统定义了一些基本操作,包括动态信息更新、车辆信息查询、交通信息查询、事故状态查询、资源定位查询、事故状态预测与分析、应急资源需求分析、应急车辆路径分析以及应急资源调度方案查询。它通过 Web service 调用基础支撑服务所提供的模型算法。

4)前端展示层

可以根据需求对应急资源调度方案进行展示,相关信息可以通过语音、互联网等形式发布。目前,最重要的方式是在 GIS 地图上对调度方案进行展示,包括资源供应点位置、资源数量、应急车辆行驶路线等。

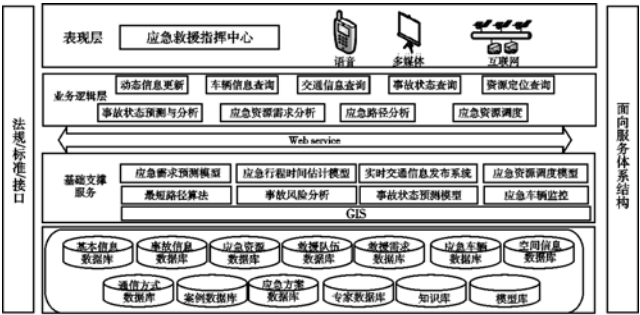


图2 基于SOA的动态应急资源调度系统框架

2.2 功能设计

针对上述总体设计,基于 GIS 的动态应急资源调度系统包括了以下几个基本功能:

- a)信息更新模块。该模块包括了交通信息更新、应急资源更新、事故预测更新、应急需求更新。
- b)地图显示模块。该模块包括了基本的地图操作、数据编辑、网络分析等功能。
- c)调度计算模块。该模块是系统的核心内容,集成基于动态遗传算法的动态应急资源调度模型与算法。
- d)调度方案显示模块。该模块是使产生的调度方案能在地图上直观显示出来,包括资源供应点位置、资源数量、应急车辆行驶路线等。

2.3 数据库设计

数据库系统中交通路网基础地理数据库、紧急突发事件基础数据库、应急救援装备数据库、救援力量与队伍数据库、车辆定位数据库为空间数据库,其他的为关系数据库。

2.4 接口设计

- 系统的接口如图 3 所示。包括三个输入接口:
- a)依赖于时间的应急资源需求,包括应急资源的种类和数量。
- b)依赖于实时交通信息的应急行程时间。
- c)依赖于地理信息的应急资源定位及其资源供给,包括应急资源的种类和数量。
- 输出是:

- a) 应急资源调度方案, 包括应急资源供给地, 以及所供给资源的类型和数量。
- b) 应急车辆出行方案, 即所选供应点到目的地最佳路径。
- c) 最早应急响应时间, 即从当前计算时刻开始, 到资源满足应急开始需求所需要的时间。

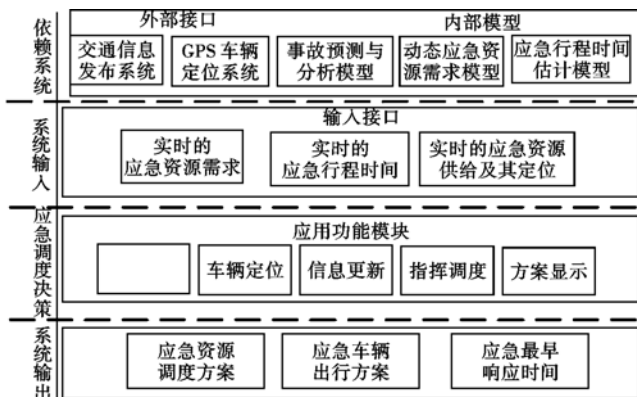


图3 动态应急资源调度系统的接口设计

3 基于 GIS 的系统实现

本文采用 Super Map Object 5.3 组件式 GIS 开发平台与面向对象可视化 Visual Studio C# 2008 开发环境对基于 GIS 的动态应急资源调度系统进行开发。

3.1 数据基础

目前应急系统中对资源缺乏足够的信息管理与信息共享, 使得应急系统没能发挥其强大的数据分析功能。为了使本文有一个良好的应用环境, 需建立应急救援 GIS 数据库。首先针对危险化学品公路运输事故, 对应急资源进行分类, 建立应急资源库的概念模型。按照设计的应急资源 GIS 数据库, 能够迅速查询到可用的应急资源的布局、数量以及地理位置, 并实现网络分析以及路径查询。在建立应急资源 GIS 数据库之前, 还需做好一些准备工作, 如收集相关的应急资源分布数据, 利用 Super Map 桌面软件制作应急资源专题地图, 完成数据录入。

a) 交通基础路网 GIS 数据库。采用广东省基础路网数据, 通过格式转换、拓扑处理等方式, 形成 Super Map 地理数据库。本文针对危险化学品道路运输事故, 选取了高速公路、国道、省道三级的基础路网数据。利用 Super Map Deskpro5.3 把三个线图层数据集进行融合及拓扑处理, 形成一个完整连通的路网结构。

b) 应急资源数据库。采用了广东省安全生产与监督管理局提供的 2006 年部分统计数据, 分为救援物资以及应急队伍两大部分, 其中救援物资供应点 158 个, 救援队伍 235 个。

c) 动态交通量数据。以 2009 年 3 月 1 日广东省主干路网浮动车流量为基础数据, 利用随机数模拟交通量 5 min/次的动态变化。

3.2 系统运行实例

如图 4 所示, 系统界面主要由三个功能菜单组成, 包括应急设置、更新信息及应急调度方案。主要对应了应急设置模块、信息更新模块、方案生成和显示模块。

如图 5 所示。在各类实时信息条件下, 给出了受灾点 1 的各个资源供应点的分布情况及各个资源供应点到受灾点的实时最优路径信息。



图4 系统运行界面

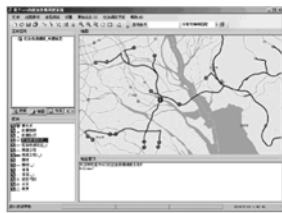


图5 应急资源供应点的选择(受灾点1)

如图 6 所示。在各类实时信息条件下, 给出了受灾点 2 的各个资源供应点的分布情况及各个资源供应点到受灾点的实时最优路径信息。

如图 7 所示。根据各类实时信息生成的应急资源调度方案中, 给出了应急资源供应点到受灾点 E 的最优路径。



图6 应急资源供应点的选择(受灾点2)

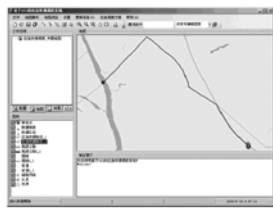


图7 应急资源供应点到达受灾点E的路径

4 结束语

本文对基于 GIS 动态应急资源调度系统进行了总体设计, 并在 Visual C# 2008 开发环境下以 Super Map Object 5.3 为 GIS 平台对系统进行了实现, 完成了设计功能。本文提取了广东省公路网作为网络分析的基础路网数据, 导入了救援物资供应点 158 个、救援队伍 235 个建立应急资源数据库。通过设置事故点的位置, 系统根据最新的救援状态自动或手动更新交通信息、应急资源、事故预测和资源需求等, 通过后台的应急资源调度算法计算优化的资源供应点, 并把救援路径在地图界面上进行了实现。通过系统的运行效果, 证明了动态应急资源调度系统具备实用价值, 有利于提升应急救援决策支持系统的科学性。

参考文献:

[1] 戴更新, 达庆利. 多资源组合应急调度问题的研究[J]. 系统工程理论与实践, 2000, 23(9): 52-55.

[2] 何建敏, 刘春林, 尤海燕. 应急系统多出救点的选择问题[J]. 系统工程理论与实践, 2001, 8(11): 89-93.

[3] 李连宏, 王永军, 李俊峰, 等. 多资源非恒定消耗应急调度优化模型研究[J]. 北京理工大学学报, 2006, 26(15): 157-160.

[4] 刘北林, 马婷. 应急救援物资紧急调度问题研究[J]. 哈尔滨商业大学学报, 2007, 15(3): 3-17.

[5] BROWN G G, VASSILIOU A L. Optimizing disaster relief: real-time operational and tactical decision support[J]. Naval Research Logistics, 1993, 40(1): 1-23.

[6] EQUI L, GALLO G, MARZIALE S, et al. A combined transportation and scheduling problem[J]. European Journal of Operational Research, 1997, 97(1): 94-104.

[7] HAGHANI A, BANIHASHEMI M, CHIANGK H. A comparative analysis of bus transit vehicle scheduling models[J]. Transportation Research, Part B: Methodological, 2003, 37(4): 301-322.

[8] YI W, ZDAMAR L. A dynamic logistics coordination model for evacuation and support in disaster response activities[J]. European Journal of Operational Research, 2007, 179(3): 1177-1193.

表明,recvTime 和 analysisTime 占用时间都在几毫秒以内,acceptTime 受 RG 和 SP 两个进程阻塞等待时间的影响,在某些时刻占用时间较长(接近 5 s),其他时间开销在几毫秒左右。通过仿真实验,MSC 可以较快地实现对接收消息的路由及转发。

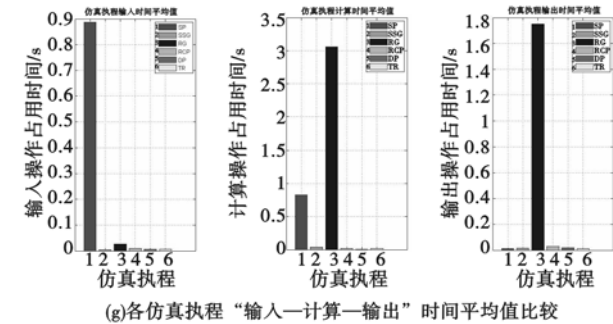
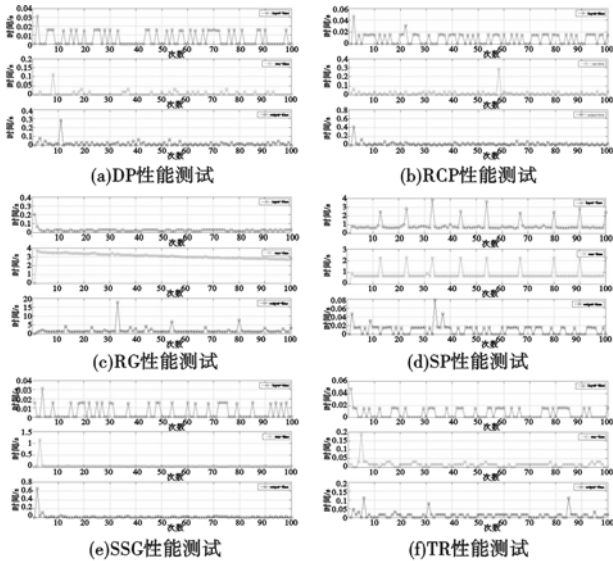


图6 某型雷达仿真系统性能测试

图7 MPA算法仿真结果

在下一步工作中,将对 RG 和 SP 两个仿真成员进一步优化,包括多核多线程处理技术、多线程数据存取方法等课题研究,从而提升现有仿真系统的运行效率。同时,也将进一步展开对现有雷达仿真引擎及系统结构并行化课题的研究。

参考文献:

[1] 李群,王超,王维平,等. SMP2 仿真引擎的设计与实现[J]. 系统仿真学报, 2008,20(24):6622-6630.

[2] 苏年乐,周鸿伟,李群,等. SMP2 仿真引擎的多核并行化[J]. 宇航学报, 2010,31(7):1884-1890.

[3] 凌云翔,张小雷,廖虎雄,等. 基于 HLA 邦元结构的仿真引擎设计与实现[J]. 系统仿真学报, 2005,17(11):2629-2632.

[4] 张立民,姜本清,王继武. 基于 HLA 的分布交互仿真模拟器的实现[J]. 海军航空工程学院学报, 2005,20(2):266-268.

[5] 凌云翔,邱涤珊,张小雷,等. 基于引擎成员的仿真调度问题[J]. 国防科技大学学报, 2005,27(3):106-109.

[6] KUBALIK J, TICHY P, SINDELA R, et al. Clustering methods for agent distribution optimization[J]. IEEE Trans on Systems, Man, and Cybernetic, Part C: Applications and Reviews, 2010, 50(1):78-79.

[7] ALMASI G, ARCHER C, CATARIOS J G, et al. Design and implementation of message-passing services for the Blue Gene/L supercomputer[J]. IBM Journal of Research & Development, 2005, 49(2/3):394-397.

地实现雷达系统内部各进程体间的互连互通,准确地完成雷达仿真过程的控制与监视。根据木桶原理,制约仿真系统效率的主要障碍在于 RG 和 SP 两个模块,前者是因为回波数据计算量庞大以及大数据量信息数据库存取时间耗费较长,后者是因为内部参数结构庞杂量大,从数据库读取数据范围较广造成时间占用较长。

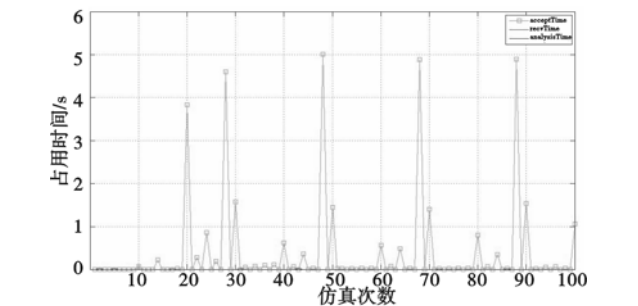


图6 某型雷达仿真系统性能测试

图7 MPA算法仿真结果

参考文献:

[1] 李群,王超,王维平,等. SMP2 仿真引擎的设计与实现[J]. 系统仿真学报, 2008,20(24):6622-6630.

[2] 苏年乐,周鸿伟,李群,等. SMP2 仿真引擎的多核并行化[J]. 宇航学报, 2010,31(7):1884-1890.

[3] 凌云翔,张小雷,廖虎雄,等. 基于 HLA 邦元结构的仿真引擎设计与实现[J]. 系统仿真学报, 2005,17(11):2629-2632.

[4] 张立民,姜本清,王继武. 基于 HLA 的分布交互仿真模拟器的实现[J]. 海军航空工程学院学报, 2005,20(2):266-268.

[5] 凌云翔,邱涤珊,张小雷,等. 基于引擎成员的仿真调度问题[J]. 国防科技大学学报, 2005,27(3):106-109.

[6] KUBALIK J, TICHY P, SINDELA R, et al. Clustering methods for agent distribution optimization[J]. IEEE Trans on Systems, Man, and Cybernetic, Part C: Applications and Reviews, 2010, 50(1):78-79.

[7] ALMASI G, ARCHER C, CATARIOS J G, et al. Design and implementation of message-passing services for the Blue Gene/L supercomputer[J]. IBM Journal of Research & Development, 2005, 49(2/3):394-397.

location for emergency response after earthquake disasters[J]. Safety Science, 2000,35(1-3):41-57.

[13] CHEUNG R K, CHEN C Y. A two-stage stochastic network model and solution methods for the dynamic empty container allocation problem[J]. Transportation Science, 1998,32(2):142.

[14] PSARAFTIS H N. Dynamic vehicle routing problems[M]//GOLDEN B L, ASSAD A A. Vehicle Routing: Methods and Studies. [S. l.]: North-Houand, 1988:223-248.

[15] HAGHANI A, JUNG S. A dynamic vehicle routing problem with time-dependent travel times[J]. Computers and Operations Research, 2005,32(11):2959-2986.

[16] HAGHANI A, SHAFABI Y. Bus maintenance systems and maintenance scheduling: model formulations and solutions[J]. Transportation Research, Part A: Policy & Practice, 2002,36(5):453-482.