

多发点地震紧急运输优化系统的设计

王艳萍^{1,2}, 刘文堂², 赵永安²

(1. 中国矿业大学(北京), 地球探测与信息工程学院, 北京 100083; 2. 防灾科技学院, 河北 三河 065201)

摘要:大地震后的救灾运输不仅要求及时, 还要保证运输量上充足。本文提出一种基于图层拼接的多发点(多个站点同时出发)地震紧急救灾运输系统的构建方案, 既能够充分挖掘震后实际交通网络的潜力, 又能够综合考虑多条线路同时发送救灾物资的并行运输问题, 避免多条运输线路同时运输造成的交通拥堵, 并能满足运输量的需求。

关键词: 优化; 系统设计; 紧急运输; GIS; 图层拼接

中图分类号: P315.95

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2011)04-0326-05

Optimization System Design for Multi-start Earthquake Rescue Transportation

WANG Yan-ping^{1,2}, LIU Wen-tang², ZHAO Yong-an²

(1. School of Geosciences and Surveying Engineering, China University of Mining & Technology, Beijing 100083, China;

2. Seism Science Department, Institute of Disaster-Prevention Science and Technology, Hebei Sanhe 065201, China)

Abstract: The disaster relief transportation after a large earthquake need to be not only without delay but also adequate. Based on Layer Splicing, this paper presented a scheme of structure about Multi-start(start from several sites) Earthquake Rescue Transportation System, which can mine the potential of actual post-earthquake traffic network adequately, and avoid traffic jam caused by several transportation lines from several sites. Furthermore it can even satisfy the requirements to transportation volume.

Key words: Optimization; System design; Rescue transportation; GIS; Layer splicing

0 引言

地震发生后交通线往往不同程度受损, 导致交通网络结构、性能发生明显的改变, 严重影响了救灾队伍、救灾物资等的运输。在震后交通网络遭到不同程度破坏的情况下, 如何从最合适的地点组织足够的救援队伍, 通过最快捷的路线赶赴震区; 如何从最合适的备用仓库调运足够的救援物资, 并通过最快捷的路线运抵灾区, 都是决策者十分关心的问题, 也是亟待解决的问题。

这里既有救援路径的规划问题, 也有运输网络的系统设计问题。就救援路径规划问题, 王海超等^[1]运用神经网络方法对交通网络可能受损的情况进行了预测研究, 在一定程度上为制订地震紧急救援预案提供参考; Ozdamar L. 等^[2]研究了自然灾害

中的应急物流的最优路径问题; Barbarosoglu G.^[3]等研究了基于两阶段的灾后紧急运输方案; 姚清林^[4]研究震后紧急救援最优路径问题。以上研究解决了震后由于道路的受损、交通网络结构的改变, 救灾路线在安全性与通行质量约束下的最短路问题。但均没有讨论运输量的问题。同时对于如何快速判断道路受损和交通网络结构改变的解决方案也没有数据库支持。就系统设计问题, 陈红等^[5]建立了城市应急指挥决策支持系统的数据库, 并设计了空间数据和属性数据结构以及数据的处理方法; 王丽莉等^[6]介绍了地震应急基础数据库的设计思路; 赵林等^[7]介绍了灾害风险防范数据库设计与开发方法, 为多种灾害的风险防范提供了基础平台。邓磊等^[8]

收稿日期: 2010-05-07

基金项目: 地震科学联合基金(C08080); 中国地震局教师科研基金(20090119)

作者简介: 王艳萍(1978—), 女(汉族), 河南许昌人, 讲师, 主要从事 GIS 技术, 地震灾害信息处理以及优化算法的教学研究工作。

介绍了基于 Oracle Spatial 构建多元灾害信息数据库的结构框架,分析了存储数据信息的种类、属性及特点,研究了数据的存储方式,在多元异构数据统一管理的基础上,初步实现了多元灾害信息的存储、查询、绘图及显示等功能。周中红^[9]等利用 GM(1,1)模型建立了甘肃省县一级人口数量的增长模型,实现了静态人口基础数据在地震发生时的动态计算。曾繁如^[10]等提出从遥感影像中提取震害信息的方法。陈文凯^[11]等提出了基于 GIS 和 RS 技术的震害信息处理和快速评估方法。然而,他们都没有涉及多发点救援路径的优选方案问题。

笔者在多发点情况下地震救援路径的优选算法中建立了多发点情况下地震救灾路线的优选算法。本文给出震后交通图的形成过程及有关的系统设计,

将从系统的功能、数据库的内容以及图层拼接的流程方面阐述多发点地震紧急救灾运输系统的设计方法。

1 多发点地震紧急救灾运输系统的设计与实现

1.1 系统的功能模块

该系统可作为紧急救援系统的子系统,它承担着道路信息的管理、道路受损情况的评估、道路信息的查询、最优路径的分析与发布等任务,因此多发点地震紧急救灾运输系统的功能应包括道路信息编辑模块,灾情信息管理模块,信息查询模块,路径分析模块以及道路功能评估模块。如图 1 所示。

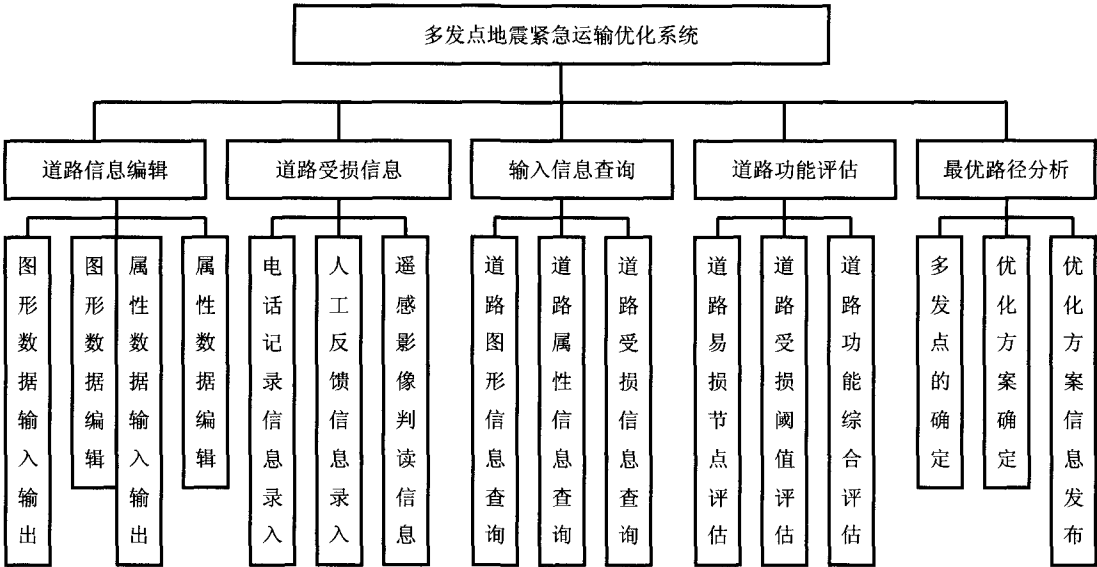


图 1 系统的功能模块

Fig.1 Function module of the system.

1.2 数据库的设计

1.2.1 图形数据库的设计

图形数据库是基于 GIS 的数据库形式,主要用来储存和处理空间信息数据,按照数据存储方式的不同可以分为矢量数据和栅格数据。多发点地震紧急救灾运输数据库的图形数据主要包括以下几个信息:铁路交通信息,空运交通信息,高速公路交通信息,国道交通信息,省道交通信息,城市道路、县道及乡间小路交通信息,水路交通信息,交通节点信息(其中包括桥梁和隧道),经纬网信息等。每种信息由一个图层来承担,每个图层由两个字段来分别容纳图中要素的编号和名称信息,编号定义了每段交通线路的首尾节点,比如某段线路首尾节点分别是

V_{13} 、 V_{14} ,用 V_{13} V_{14} 表示某段线路的编号;名称字段定义了每条线路的名称,比如京沈高速、107 国道等。

表 1 图形数据库

图层名	字段名	图层信息
铁路交通图	tljtbh tljtmc	铁路交通线路
航空交通图	kyjtbh kyjtmc	空运交通线路
高速公路交通图	gsglbh gsglmc	高速公路线路
交通节点图	jtjdbh jtjdmc	以上三者的交通节点
国道交通图	gdjtbh gdjtmc	国道线路
省道交通图	sdjtbh sdjtmc	省道线路
大型水路交通图	dxslbh dxshmc	大型水路运输线路
城市道路交通图	csdlbh csdlmc	城市道路
县道交通图	xdbh xdmc	县道
乡间小路交通图	xjxlbh xjxlmc	乡间小路
县级以上地名图层	Xjdmhb xjdmmc	县级以上地名信息
县级以上行政区划图层	xjxzqhbh xjxzqhmc	县级以上行政区划信息

如表 1 所示,每一个图层对应一个图层名称,它有两个基本的属性信息,即编号和名称,在表中字段名所列。

为了搜索和计算方便,本文将各种交通网络分为三个级别的搜索层来参与计算,第一层包括铁路交通图,航空交通图和高速公路交通图;第二层包括国道交通图,省道交通图和大型水路交通图;第三层包括城市道路交通图,县道交通图和乡间小路交通图。参与计算的顺序首先是第一层,然后是第二层,最后是第三层。如图 2 所示,每一层中又包含几种交通图。

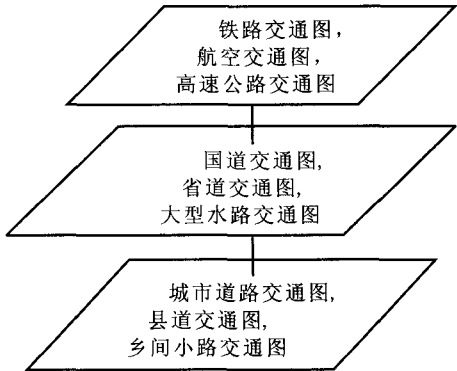


图 2 三层交通图的设计模式

Fig. 2 Design pattern for three layers' traffic map.

表 2 公路运输属性数据表

字段名称	数据类型	长度	字段说明
Glbh	Int	4	公路编号
Ldmc	Char	10	路段名称
Gldj	Char	10	公路等级
S_jd	Char	10	首节点
S_jdys	Float	8	首节点用时
W_jd	Char	10	尾节点
W_jdys	Float	8	尾节点用时
Ldcd	Float	8	路段长度/km
Sjsd	Float	8	路段设计速度 km/h
Jtl	Int	4	交通量 pcu/h
Clhzbz	Float	8	车辆荷载标准/T
Sjq	Float	8	时间权/h
Rlq	Float	8	容量权/h
Glssxx	Char	10	公路受损信息
Tq_zksrz	Char	10	天气状况输入信息
Tq_yxyz	Float	8	天气影响阈值

1.2.2 属性数据库的设计

属性数据库主要储存和处理与图形数据相关联的众多属性信息。也相应由四个子库数据表组成,主要包括航空运输数据、铁路运输属性数据、公路运输属性数据、水路运输属性数据以及大型水路运输数据,文章仅以公路运输属性参数为例介绍属性数据的组织方法。如表 2 所示,表中数据类型即数据

的分类,比如整型(int)、字符(char)、浮点(float、double)。长度指的是数据类型的字节长度。

公路编号是给每条公路编的一个序号,为方便与图形数据关联所设;公路等级是指公路的规模或级别,这里指公路标准级别^[12],包括高速公路、国道、省道、县道、乡间小路等;节点即公路与公路间的交汇点,包括高速公路入道口、高速公路出道口、十字路口和转盘节点等;节点用时是指通过交通网络节点所用的时间,运输在这里所花费的时间可加在下一段弧的时间权上来处理。

路段长度指两节点之间某一段路的长度;路段设计速度是表明公路等级与使用水平的控制性指标,是公路设计时所确定的速度。当天气好、交通密度小,行车只受公路本身条件影响时,具有中等驾驶技术的驾驶员能安全顺适地驾驶车辆的速度,即接近计算行车速度。

交通量是指在单位时间内通过公路某一断面的车辆数。本文采用设计小时交通量。其计算公式为

$$DHV = ADT \times K \times D \tag{1}$$

式中,DHV为设计小时交通量;ADT为年平均日交通量;K为第 30 个高峰小时交通量对 ADT 的比率,一般城市取 11%,平原取 13%,山区取 15%;D为方向不均衡系数,一般取 0.6。

车辆荷载标准是由国家标准规定作为桥涵设计依据的公路车辆荷载标准。

通行能力在一定道路和交通条件下,道路上某一路段单位时间内通过某一断面的最大车辆数。

时间权是通过道路长度,道路等级、交通量等基础信息计算得到的,表示保证安全行驶下通过某路段的最快时间。该权值用 b_{ij} 表示,其计算公式为

$$b_{ij} = b(a_{ij}) = l_{ij}/v_{pij} + e_i, \tag{2}$$

其中 $v_{pij} = v_d k_1 k_2 q \tag{3}$

式中, l_{ij} 表示该路段的长度; v_{pij} 表示该路段的预测行驶速度; e_i 为表示物资通过 i 节点时的用时; v_d 为路段设计速度; k_1 为受高峰时段小时交通量影响系数; k_2 为天气影响系数,也即天气影响阈值; q 为道路受损影响阈值。如果从点 v_i 到点 v_j 无交通线,则规定 $b_{ij} = \infty$ 。

容量权用 c_{ij} 表示,表示该段线路上的容量,也即最大通过能力,其中空运、水运中指单机或单船的容量。据我国公路工程技术标准规定

$$c_{ij} = c(a_{ij}) = DHV \times \tilde{N}, \tag{4}$$

式中:DHV为设计小时交通量; $\tilde{N}$ 为设计小时交通量对应急交通量的影像系数,考虑到日常的基本交

通运输,应急交通运输不可能占用全部道路运输, $\tilde{N}$ 的值一般取 0.5。如果从点 v_i 到点 v_j 无交通线,则规定 $c_{ij}=0$ 。

模拟交通图中的弧 a_{ij} (或表示为 (v_i, v_j)) 是指从点 v_i 到点 v_j 的交通线(包括空运、水运、陆运)。

天气状况的影响阈值的根据天气状况输入信息中对天气状况的描述,将其影响的程度分给出天气影响运输时间和运量的等级。

1. 2. 3 属性数据与图形数据的绑定

脱离了数据库中的属性数据,仅仅依靠 GIS 系统中的图形数据是不完善的,也无法实现数据的优化计算。交通优化系统数据库设计采用混合式的存储方式,即在同一界面下采用不同的形式分别存储图形数据和属性数据,二者通过“编号”建立关联,实现图形数据和属性数据的关联。

2 多发点地震紧急救灾运输系统的关键技术问题

2. 1 震后交通图的图层拼接流程

震后交通图的图层拼接是系统设计的关键,基于图层拼接的优势在于既能保证较少的计算量使得搜索时间较短,又能充分挖掘交通网络的潜力。

图层拼接的原则是尽量在高一级的图层上搜索最短路径并安排其运量,首先是在第一层上搜索最优路径,如果该层无法找到能按时到达的路径,就要加载第二级图层进行搜索。比如当遇到受损节点 A—B 而使震前的最短路径变成超限路径,我们将加载第二级图层,搜索最短路径并赋予这条路径最大的运量。如果其运量还不能满足需要,锁定已得最优路径不参与搜索,继续搜索下一条最短路径并赋予其最大运量。如果在第二级图层上找不到能及时到达的路径或者无法满足运量的需要,加载第三级图层,如上面一样搜索最短路径并赋予其最大运量。如此继续下去,直到找到满足运量的限时的 A—B 的路径为止。如图 3 所示。

2. 2 多发点地震紧急救灾运输系统的界面设计

多发点地震紧急救灾运输系统的界面设计应充分体现包括道路信息编辑模块,灾情信息管理模块,信息查询模块,路径分析模块以及道路功能评估模块在内的几大模块的操作信息,另外要尽量考虑实用性、通用性。设计界面如图 4 所示。

3 结论

本文通过对基于图层拼接的多发点地震紧急救

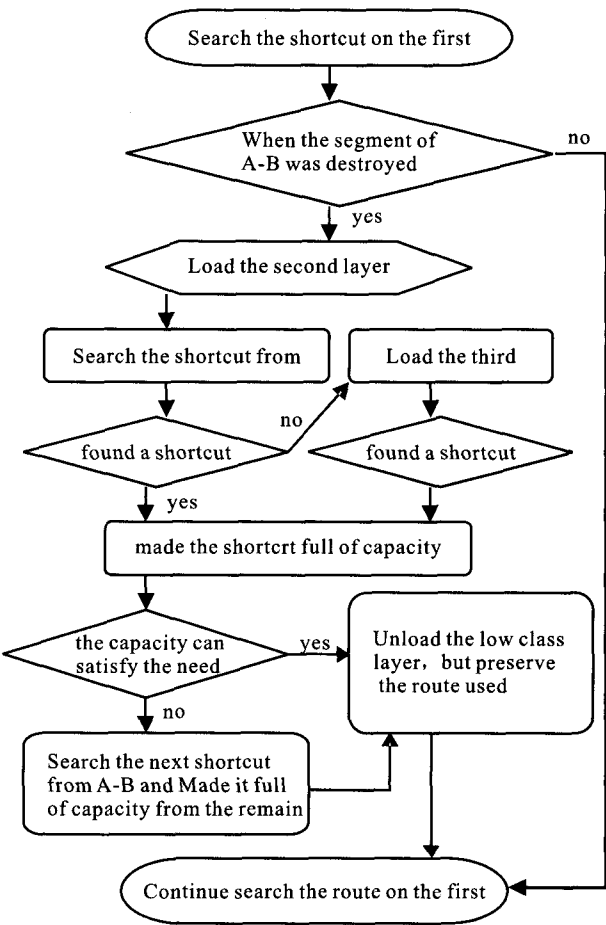


图 3 图层拼接流程图
Fig. 3 Flow-chart of layer splicing procedure.

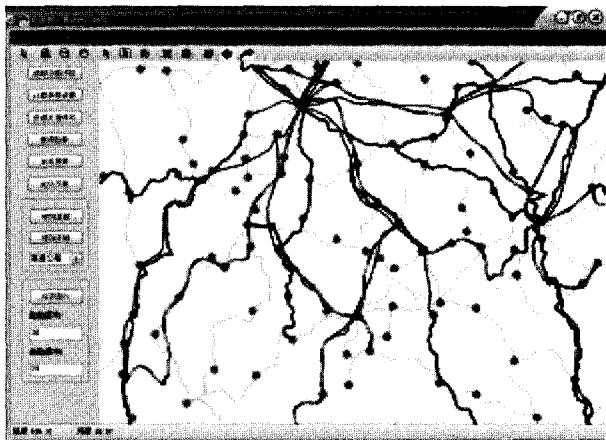


图 4 多发点地震紧急救灾运输系统界面设计
Fig. 4 Interface design of multi-start earthquake rescue transportation optimization system.

灾运输系统设计的阐述,介绍了一种充分挖掘交通网络潜力的新方法,对于解决震后应急救援的紧急运输问题提出了一条可行的思路,然而本方法尚未在实践中得到应用,可能会遇到的一些具体问题还需进一步研究解决。

[参考文献]

- [1] 王海超, 解国仁, 冯玉岩. 城市公路网络震害预测的研究[J]. 东北重型机械学院学报, 1997, 21(2): 167-171.
- [2] Ozdamar L, Ekinci E, Kucukyazici B. Emergency Logistics Planning in Natural Disasters[J]. Annals of Operations Research, 2004, 129: 218-219.
- [3] Barbarosoglu G, Arda Y. A two-stage stochastic programming framework for transportation planning in disaster response[J]. Journal of the Operational Research Society, 2004, 55: 43-53.
- [4] 姚清林. 优选地震救灾路径的图与模糊集算法[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(2): 143-148.
- [5] 陈红, 冯启民, 陈天恩. 城市地震应急指挥决策支持软件数据库的建立[J]. 世界地震工程, 2005, 21(4): 77-81.
- [6] 王丽莉, 宋思然, 姜德录, 等. 辽宁省地震应急基础数据库建设[J]. 东北地震研究, 2008, 24(4): 28-36.
- [7] 赵林, 武建军. 灾害风险防范数据库的设计与开发[J]. 自然灾害学报, 2008, 17(1): 44-48.
- [8] 邓磊, 孙洪泉, 等. 基于 Oracle Spatial 的多元灾害信息数据库——设计与应用[J]. 自然灾害学报, 2008, 17(6): 13-16.
- [9] 周中红, 何少林, 陈文凯. 震害快速评估中基于 GM(1,1) 模型的人口预测[J]. 西北地震学报, 2009, 39(1): 71-74.
- [10] 曾繁如, 何政伟, 李喆. MATLAB 软件与 ALOS 遥感影像在震害建筑物自动识别中的应用——以都江堰市区为例[J]. 西北地震学报, 2009, 31(4): 327-332.
- [11] 陈文凯, 何少林, 周中红. 基于多元数据的震害快速评估方法探讨[J]. 西北地震学报, 2010, 32(1): 76-81.
- [12] 交通部. 公路工程技术标准(JTB B01-2003)[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.