

· 争鸣与探索 ·

环境应急监测最短路径分析系统的开发与实现

张强, 丰江帆, 闫国年, 张宏

(南京师范大学地理信息科学江苏省重点实验室, 江苏 南京 210097)

摘要: 阐述了开发环境应急监测最短路径分析系统的目的。在 ArcGIS Server 的体系结构和开发方式基础上, 利用城市道路交通网络模型, 对 .NET 环境下 GIS 服务端进行扩展开发, 实现了对环境应急监测中最短路径分析的功能, 并通过南通市网络化环境污染事故区域预警系统的应用介绍了实现过程。

关键词: 环境应急监测; ArcGIS Server 最短路径

中图分类号: X84 文献标识码: A 文章编号: 1006-2009(2006)03-0035-04

Development and Realization of the Shortest-path Analysis System for Environment Emergency Monitoring

ZHANG Qiang FENG Jiang-fan, LU Guo-nian, ZHANG Hong

(Jiangsu key Lab for Geography Information Science of Nanjing Normal University, Nanjing, Jiangsu 210097, China)

Abstract This article has elaborated the aim of developing the shortest-path analysis system for environment emergency monitoring. Based on the development way and structure of the ArcGIS Server system, the article studied on the expansion development of GIS Service End under NET situation with the model of urban road transportation network, and realized the function of analyzing the shortest-path for environment emergency monitoring. For introducing the realization process, Nantong has been as a case.

Key words Environmental emergency monitoring, ArcGIS Server, The shortest-path

在突发性环境污染事故应急处理中, 环境监测人员应在尽可能短的时间内, 确定事故现场污染物质的种类、性质、浓度、扩散模式和可能污染的范围, 为实现快速反应的目标, 最短路径的获取是关键所在。如何使环境监测人员在最短时间内赶到事故现场, 是应急监测中路径分析的主要目标。因此, 采用 GPS 和 GIS 技术相结合, 在 .NET 环境下对 ESRI 的 ArcGIS Server 产品进行扩展开发, 可以实现网络化环境应急监测最短路径分析, 用户可以针对实际情况, 采用最短行车距离、最少行车时间两种不同的权重分析, 实时查看目标点的当前行车路线和空间位置。

1 道路交通网络模型构建

1.1 道路数据库设计

城市交通网主要有道路和道路交叉口两类构成要素, 其中道路包括平均车速、双行、单行、禁行和分

时通行等, 有快速路、主干道、次干道和支路之分; 而道路交叉口则有等候时间, 禁止左转、禁止右转等参数^[2]。为达到描述城市的道路、道路交叉口, 以及系统进行路径分析的需要, 表 1 和表 2 分别给出了道路和道路交叉口图层的数据结构数据库结构设计。

1.2 应急监测道路网拓扑模型及构建

在分析道路交通网络前, 首先要按照约定的连通规则, 利用 ArcGIS 对上面要素图层道路网建模。采用 ArcGIS 的 GeoDatabase 数据模型, 有两种表示线形系统的方式: 几何网络 (Geometric network) 和逻辑网络 (Logical network)。几何网络是一个特征群, 这些特征组成了由边和交汇点相互连接的系统。在几何网络中, 线要素称为边线 (Edge), 点

收稿日期: 2005-10-18 修订日期: 2006-02-23

基金项目: 国家“八六三”计划基金资助项目 (2001AA136043)

作者简介: 张强 (1980-), 男, 安徽临泉人, 硕士研究生, 主要从事 WebGIS 的应用研究。

表 1 道路信息

字段名	字段类型	字段宽度	字段中文名	值域
ObjectID	OID	4	要素编号	无
R_Code	Integer	4	道路编号	无
R_Name	String	30	道路名称	无
R_SubType	Short integer	2	道路等级	1-快速路、2-主干道、3-次干道、4-支路
R_Rule	Short integer	2	交通规章	1-双行道、2-单行道、3-禁行道
R_Length	Double	8	道路长度	无
R_Time	Double	8	平均行车时间	无
Shape	Geometry	4	几何图形	无

表 2 道路交叉口信息

字段名	字段类型	字段宽度	字段中文名	值域
ObjectID	OID	4	要素编号	无
C_Code	Integer	4	交叉口编号	无
C_Name	String	30	交叉口名称	无
C_Wait	Double	8	等候时间	$t > = 0$
Shape	Geometry	4	几何图形	无

要素称为交汇点 (Junction)。一条边有两个交汇点, 其中一个交汇点可以与任意数目的边相连。这些特征可以在二维空间中相遇但不相交, 如一座桥跨越一条路, 这种特征称为非平面性 (Nonplanarity)。表示边和交汇点的特征称为网络特征, 只有网络特征才可以加入几何网络中。

与几何网络类似, 逻辑网络也是一个相互连接的边和交汇点组成的群, 它们的主要区别在于逻辑网络中没有坐标值。逻辑网络的主要作用是存储网络的连接信息和网络属性。逻辑网络中的边和交汇点没有几何形态, 所以它们不是特征, 而称为要素。几何网络中的网络特征和逻辑网络中的网络要素间存在一对一或一对多的关系, 一个几何网络通常与一个逻辑网络相关联, 当编辑网络特征时, 逻辑网络中的要素也自动作相应的更新^[3]。在该文的网络模型中, 道路对应着边要素, 道路交叉口对应着交汇点要素, 道路和道路的连通规则实质是边线-交汇点-边线 (Edge-Junction-Edge) 规则, 任意道路与道路连通均需要一个道路交叉口的连接。

网络权重是应急监测车辆 (人员) 通过边线或交汇点的“成本”, 反映通行时受到的阻限 (距离或

延时等)。对于道路要素, 系统设计了两种权重, 路段长度 (R_Length) 和平均行车时间 (R_Time); 对于道路交叉口仅设置等待时间 (C_Wait) 作为权重。在 Geodatabase 中, 权重与逻辑网络一起存储, 这样能够快速对其存取。对于单行道或禁行道采用负值表示, 在进行最短路径分析时, 可以通过权重过滤排除这些要素。

1.3 最短路径分析算法

最佳路径问题在图论中研究得最为彻底, 求解算法有几十种^[4], 可把它们分为两类: 静态最短路径算法和动态最短路径算法。静态最短路径算法可在外界环境条件不变下进行, 主要有 Dijkstra 算法和 A* 算法; 动态最短路径算法是在外界环境不断发生变化, 即不能计算预测的情况下计算最短路径, 如在游戏中敌人或障碍物不断移动的情况下, 典型的有 D* 算法。当前, 大多数路径分析算法是基于 Dijkstra 思想而优化, ArcInfo 也是在此算法基础上改进算法效率^[5]。

2 ArcGIS Server 概述

ArcGIS Server 是一个分布式系统, 各组成部分可以分别部署在不同的机器上, 它们分别在进程的管理、启动和关闭, 以及对象运行服务器的负载均衡方面起着专门的作用, 包括 GIS 服务器、Web 服务器、客户端 (Web 浏览器或者桌面产品)。作为 ArcGIS 服务器端产品, ArcGIS Server 组成构件同样构建在 ArcObjects 基础上。ArcObjects 是 ArcGIS 软件家族的基础, 故 ArcGIS Server 能够实现许多高级分析功能, 诸如路径分析, 3D 分析, 空间分析等。ArcGIS Network Analyst 作为 ArcGIS Server 中高级路径和网络分析的一个可选扩展模块, 提供了创建、维护和分析网络的工具, 包括最佳路径 (点到点, 最佳, 时间限制), 服务区 and 最近设施。ArcGIS Network Analyst 也支持网络间多种路径 (例如街道和高速公路, 铁路, 公交线路和街道人行道), 利用 AO 强大的交通网络分析功能, 对环境应急监测建模和二次开发, 可使 ArcGIS Server 具有功能强大、专业化的业务分析功能, 加之 ArcGIS Server 平台运行稳定, 易于扩展开发等诸多优点, 正逐渐成为 GIS 应用设计人员的首选产品。

3 环境应急监测最短路径分析系统

3.1 WebGIS 的架构

为实现实时信息的共享和应急指挥的灵活方便,环境应急监测最短路径分析系统(简称系统)采用 B/S 结构,系统架构见图 1。

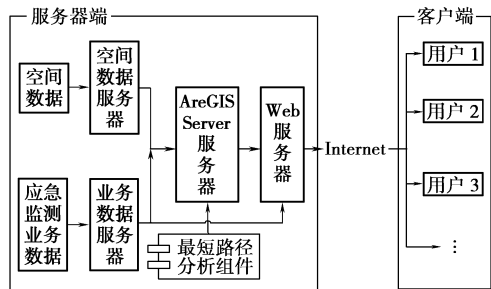


图 1 系统架构

系统包括客户端和服务端,客户端只需安装浏览器即可,服务器端主要包括 Web 服务器和 ArcGIS Server 服务器两部分,Web 服务器负责与客户端的会话,ArcGIS Server 服务器负责提供路径分析功能。Web 服务器与 ArcGIS Server 服务器之间采用 DCOM 技术实现远程调用。客户端通过浏览器将分析请求发送给 Web 服务器,Web 服务器通过代理对象将 GIS 分析请求发送给 ArcGIS Server 服务器,ArcGIS Server 服务器将最终的 GIS 分析结果返回到客户端浏览器。系统的数据服务器包括:

(1)空间数据服务器。负责存储管理应急监测方面的图层数据,如基础地理数据(行政区划、水系、土地利用等)和专题数据(道路、道路交叉口、风险源、敏感单位、联动单位)等。

(2)业务数据服务器。负责存储管理应急监测方面的业务数据,如风险源信息、危险品信息、应急监测专家信息、敏感单位信息、应急联动单位信息和应急监测组织信息等。

3.2 环境应急监测最短路径分析流程

为避免突发性的环境事故造成更大的财产损失和人员伤亡,需要相应的应急监测人员随监测车快速赶到事发现场。对于监测人员来说,需要到达监测车的最短路径,对于监测车来说,需要到达事发现场的最短路径,监测车在监测专家到达后沿最短路径前往监测现场。环境应急监测最短路径分析流程见图 2。

系统根据报警电话信息,首先在图上定位案发现场的位置,根据实时的 GPS 数据在图上定位监测人员和监测车的当前位置,再结合路径分析中的

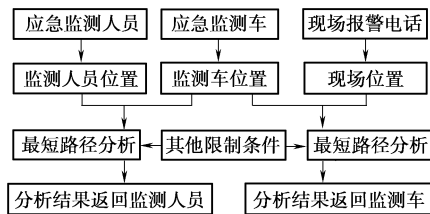


图 2 环境应急监测最短路径分析流程

限制条件,分别解算出他们之间的最短路径。限制条件包括道路网中边线、结点的权重,以及当前禁行的路段等。

3.3 环境应急监测最短路径分析的设计与实现

环境应急监测最短路径分析的设计与实现采用微软 .Net 编程环境,利用 DCOM 技术 + ArcGIS Server + AO 路径分析组件对 ArcGIS Server 服务端扩展开发和 Web 服务端开发。AO 中最短路径分析组件是在 Dijkstra 算法基础上进行效率优化后设计的,Dijkstra 算法的基本思路是由近及远寻找起点到其他所有结点的最佳路径,直至到达目标结点。具体算法描述是首先创建两个表,OPEN 表保存所有已生成而未考察的节点,CLOSED 表记录已访问过的节点:

- (1)访问路网中起始点最近且没有被检查过的点,把这个点放入 OPEN 表中等待检查;
- (2)从 OPEN 表中找出距起始点最近的点,找出该点的所有子节点,把该点放到 CLOSED 表中;
- (3)遍历考察这个点的子节点,求出这些子节点距起始点的距离值,放于子节点到 OPEN 表中;
- (4)重复 2、3 步,直到 OPEN 表为空,或找到目标点。

GIS 服务端最短路径分析见图 3。

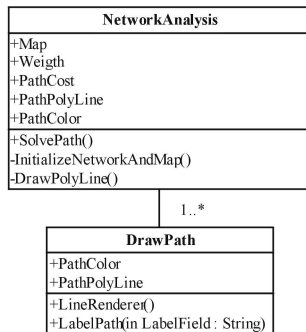


图 3 GIS 服务端最短路径分析

Web 服务端通过服务代理, 可调用 GIS 服务端的最短路径服务:

```

Dim pWebMap As WebMap
Dim pServerContext As ServerContext
Dim m_map As Map
pWebMap = Map1.CreateWebMap
pServerContext = pWebMap.ServerContext
m_map = pWebMap.Map
Dim pNetwork As NetworkAnalysis
pNetwork = pServerContext.CreateObject("NetworkAnalyst.NetworkAnalysis")
pWebMap.ManageLifetime(pNetwork)
With pNetwork
    .Map = m_map
    .Weight = "WLength"
    .FlagPoints = pPointCollection
    .SolvePath()
End With

```

3.4 系统运行界面

南通市应急监测路径分析的运行界面见图 4。

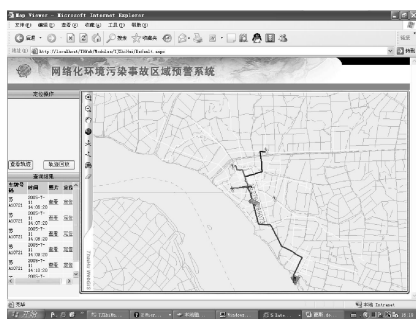


图 4 实时显示目标的当前位置图

当用户通过客户端浏览器点击执行后, 系统分别用不同的颜色显示应急监测人员到监测车, 以及监测车到事发现场的最短路径, 并以动画形式实时显示当前的所在位置。

4 结论

针对环境应急监测对 WebGIS 需求, 在分析了 ArcGIS Server9.0 体系结构的基础上, 采用 .Net + ArcGIS Server 实现了南通市网络智能化环境应急监测最短路径分析。该方法实现简单, 对客户端要求低, 属典型的“瘦客户端”结构, 有利于应急监测人员随时随地获取指挥目标的当前状态, 也为其他部门采用 ArcGIS Server 进行专题性 WebGIS 的建设提供参考。

[参考文献]

[1] 冯文钊, 张宏, 彭立芹, 等. 突发性环境污染事故应急预警网络系统的设计与开发 [J]. 城市环境与城市生态, 2004, 17(1): 9-11

[2] 李旭华, 王建中. 基于数据库的城市道路中最短路径搜索 [J]. 电脑开发与应用, 2005, 18(1): 14-21.

[3] MICHAEL ZEILER. Modeling Our World—ESRI Guide to Geodatabase Design[M]. 张晓祥, 张峰, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2004.

[4] 曾文, 徐世文. 地理信息系统中的常规网络分析功能及相关算法 [J]. 地球科学—中国地质大学学报, 1998, 23(4): 355-358.

[5] 王宏勇, 卢战伟. 嵌入式 GIS 最短路径分析中 Dijkstra 法改进 [J]. 测绘学院学报, 2005, 22(1): 43-45

• 简讯 •

欧盟新战略改善城市环境

欧盟委员会日前提出一项改善城市环境的战略计划, 以提高欧盟国家居民的生活质量, 促进欧盟城市建设的可持续发展。欧盟委员会在介绍这项发展战略时指出, 目前欧盟 25 个成员国中 4/5 的居民生活在城市。随着城市的不断扩大, 交通拥挤、温室气体排放增加、生活垃圾和污水排放增多, 以及城市噪声加剧等问题也随之而来。

欧盟委员会从 2001 年起进行了公民调查, 调查结果认为, 出台一项城市环保战略, 对欧盟成员国在占用土地、噪声标准和空气质量等方面提出具体要求, 是改善城市环境的最有效的方法。此外, 欧盟委员会、欧盟成员国政府以及各成员国的地方政府也要各司其职, 从政策和财力上支持旨在改善城市环境的举措。

欧盟委员会此次出台战略的主要措施是在专家建议的基础上, 制定减少城市交通污染的指导计划, 加强城市管理人员的业务培训, 促进各地方政府在城市管理方面的交流和合作, 鼓励地方政府进行环保城市建设试点, 以及在整个欧盟范围内推广先进城市的经验等。

摘自 WWW.hbj.wuxi.gov.cn 2006 年 6 月 6 日