

# Research of the Shortest Path on the shortest time based on ArcGIS Server

Xiang Kai<sup>1</sup>, Chen XiaoRong<sup>2</sup>

College of Computer Science and Information, GuiZhou University, GuiYang 550025, China

1. e-mail gzxiangkai@163.com, 2. e-mail xrchengz@163.com

**Abstract:** In the transport field, the shortest time path is more significant than the shortest length path, And the shortest time path is related with many factors such as the hierarchy of the roadway, the delay from one way to other. The principle base on city road Transportation network model, Use the ArcGIS Server network analysis tool to find Shortest time route over a street network, That it is more easily to calculate the delay and trace the time shortest path in the crossing. Lastly, the important of the GIS technology in the allalysis of the best path on the transportation network in the dty would be described.

**Key Words:** transportation network; ArcGIS server; the shortest path; turning delay

## 基于 ArcGIS Server 的城市道路网络时间最短路径分析

项 凯<sup>1</sup>, 陈笑蓉<sup>2</sup>

贵州大学计算机科学与信息学院, 贵阳, 贵州, 550025

1. e-mail gzxiangkai@163.com, 2. e-mail xrchengz@163.com

**【摘要】**在交通领域中, 时间最短路径比距离最短路径更有意义, 而时间最短路径不仅与道路的时间权值有关, 还与道路之间的转弯阻抗有关。本文在分析城市道路网络模型的建立基础上, 利用ArcGIS Server 网络分析工具, 考虑了城市道路路口转弯延时的影响, 对城市道路路网进行时间最短路径分析。并阐述了GIS技术在城市道路交通网路分析中的重要作用。

**【关键词】**交通网络; ArcGIS Server; 最短路径分析; 转弯阻抗

### 1 引言

一直以来, 路径分析都是ArcGIS网络分析的研究热点, 是GIS基本空间分析的基础。在对交通网络进行路径分析时, 按其网络路径中所赋予权重的不同, 可分为距离最短路径问题、时间最短路径问题、油耗最小路径问题、费用最小路径问题、安全舒适性最优路径问题等, 而其中对时间最短路径的研究是交通管理规划和出行者最为关注的问题, 也是ArcGIS分析的重点。时间最短路径分析除了要考虑道路时间阻抗外, 交叉口的转弯延迟时间也是影响行程时间的重要因素。统计表明, 由于交叉路口的转向而引起的时间延迟可以达到全部行驶时间的17% ~ 35%,<sup>[1]</sup>因此考虑转弯阻抗以及路幅在不同时段内的车辆行驶速度是时间最短路径算法关键所在。本文在前人研究的基础之上, 借助ArcGIS几何网络分析技术, 探讨了城市交通模型的构建、空间数据的拓扑以及最佳路径的分析。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(10671045)。

### 2 ArcGIS Server 简介

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。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, 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 道路交通网络模型构建

#### 3.1 道路数据库设计

城市交通道路复杂,交通规章多,有双行、单行、禁行以及分时通行道路之分,有快速路、主干道、次干道和支路之分。从空间角度考虑,道路是由曲线组成的<sup>[2]</sup>。为了描述城市道路和路口,以及建立城市道路网络模型需要,道路表1和交叉口表2分别描述了道路和路口图层的数据库设计。

表 1. 道路信息表

| 字段名        | 类型       | 含义   |
|------------|----------|------|
| Fid        | Int      | 要素编号 |
| Name       | Cstring  | 路名   |
| Fnode      | Int      | 起点ID |
| Tnode      | Int      | 终点ID |
| Type       | Cstring  | 类型   |
| Metres     | Int      | 长度   |
| FT_Minutes | Double   | 顺行时间 |
| TF_Minutes | Double   | 逆行时间 |
| Pre_Type   | Cstring  | 交通规章 |
| Shape      | Geometry | 几何图形 |

表 2. 交叉口信息表

| 字段名   | 类型       | 含义    |
|-------|----------|-------|
| Fid   | Int      | 要素编号  |
| Name  | Cstring  | 交叉口名称 |
| Zelev | Int      | 交叉口编号 |
| Shape | Geometry | 几何图形  |

道路信息表中路段指一个交通路口到相邻交通路口之间的道路。表中的字段完整地描述一条路段的非拓扑属性,包括路名、起点、终点、类型、长度、行车时间和交通规章等信息,Fid 字段与交叉口信息表相关联。

#### 3.2 道路网络拓扑模型建立

ArcGIS 中的道路网络主要由由一系列相互连通的点和线要素组成,对应交通实体中的道路节点和路段。线是指网络中流动的管线,在交通模型中代表街道,河流。节点是网络中线的连接点,在交通模型中是指,路口,车站等。利用 ArcGIS 对点要素和线要素的图层进行建模,采用 ArcGIS 的 Geodatabase 中的几何网络和逻辑网络模型。几何网络实际上是一组组成网络的要素类,几何网络中线要素称为边线 (Edge), 点要素称为交汇点 (Junction)。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。逻辑网络是

网络连通性的物理描述,逻辑网络中的每个元素都与几何网络中的一个要素关联。在逻辑网络中把几何网络中的边线 (edges) 源只分配给一个连通组,而交汇点 (junctions) 源可分配给一个或多个连通组。默认情况下,参与要素存在于同一个连通组中,用连通策略来定义一个连通组内的网络要素的连通方式。连通组内的边连接有两种方式: 终点 (endpoint) 和任意顶点 (any vertices), 作为边源的连通策略进行设置。终点 (Endpoint) 连接策略,即生成边的线要素仅仅在一致的终点上相连。例如桥和街道的连接,敲必须在其终点连接街道,而在其下穿锅的街道与桥不相连。任意顶点 (any vertices) 连接策略,即线要素在一致的顶点上分割开,例如交叉街道。如果两个线要素没有一致的顶点,则无法在相交处分割。而在不同连通组的边是通过共享的节点来进行连接的[6]。在拓扑关系基础上,建立交通模型,如图 1。

#### 3.3 网络权重的确定

几何网络要素中,权重反应边线和交汇点要素间成本。不同类型的要素可以有不同的属性权重,在构建交通网络模型时,设置权重值为行车时间 (Minutes) 或距离 (Meters)。在进行最短路径分析时可以利用权重过滤掉一部分要素值。

#### 3.4 转弯属性设置

转弯 (turns) 属性描述了两个到多个边线元素的转向特征。用于模拟网络中流动资源的通行成本及限制。转弯设置分为两类情况: 第一种,转弯 (turn) 要素设置基于线要素创建的特殊要素类,通过 turn 表生成。第二种,默认的 Global turns 要素,转弯元素会在网络创建时,在任意两个连通的边线处自动生成。可自动生成: 左转弯,右转弯, U 转弯 (调头), 以及直行 (只有不存在转弯元素处方可创建)。通过使用转弯元素,可以更加真实地进行网络模拟 [7]。

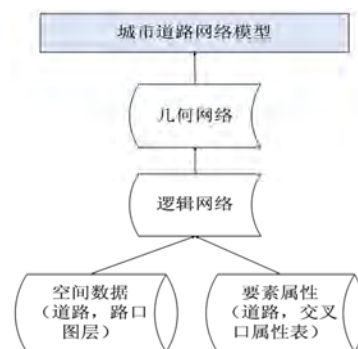


图 1. 城市道路网络模型图

## 4 时间最短路径分析

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 中 Network Analysis 组件对 ArcGIS Server 服务端扩展开发和 Web 服务端开发。Network Analysis 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 算法的基本思路是输入包含了一个有权重的有向图  $G$ , 以及  $G$  中的一个来源顶点  $S$ 。我们以  $V$  表示  $G$  中所有顶点的集合。每一个图中的边, 都是两个顶点所形成的有序元素对。 $(u,v)$ 表示从顶点  $u$  到  $v$  有路径相连。我们以  $E$  所有边的集合, 而边的权重则由权重函数  $w: E \rightarrow [0, \infty]$  定义。因此,  $w(u,v)$ 就是从顶点  $u$  到顶点  $v$  的非负花费值(cost)。边的花费可以想像成两个顶点之间的距离, 任两点间路径的花费值, 就是该路径上所有边的花费值总和。已知  $V$  中有顶点  $s$  及  $t$ , Dijkstra 算法可以找到  $s$  到  $t$  的最低花费路径(最短路径)<sup>[5]</sup>。将 Dijkstra 算法运用到交通网络模型中, 具体算法描述如下: 首先, 设置网络权重为行车时间, 所求节点到节点间的花费值为时间耗费, 最终生成的路径为时间最短路径。其次, 为了模拟真实交通网络情况, 还要考虑转弯延时的影响, 设置转弯属性。本文采用默认的 Global turns 要素, 自动生成转弯元素。使用时要对 Global turns 设置通行成本, 利用工具内嵌的 VB Script 编程语言编程定义转弯元素。转弯角度设置如图 2 下:

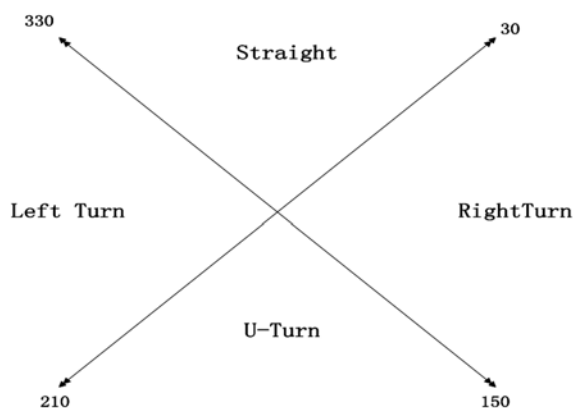


图 2. 转弯设置

定义: 左转要素:  $210^\circ < \text{角度} < 330^\circ$  右转要素:  $30^\circ < \text{角度} < 150^\circ$  直行要素:  $330^\circ < \text{角度} < 30^\circ$  U 转弯:  $210^\circ < \text{角度} < 150^\circ$  设置左转耗费时间 turn time=2 右转耗费时间 turn time=1 直行耗费时间 turn time=0.5 其余为 0 最后, 创建两个表, DO 表保存所有已生成而未遍历的节点, UDDO 表记录已遍历过的节点:

(1) 访问路网中起始点最近且没有被遍历过的点,

把这个点放入 DO 表中等待访问;

(2) 从 DO 表中找出时间花费距离始点最近的点, 找出该点的所有子节点, 把该点放到 UNDO 表中;

(3) 遍历这个点的子节点, 求出这些子节点距起始点的时间耗费值, 放子节点到 DO 表中;

(4) 重复 2、3 步, 直到 DO 表为空, 或找到 ArcGIS 服务端最短路径分析见图 3:

| Network Analysis  |
|-------------------|
| +Route()          |
| +Stops()          |
| +AddLocation()    |
| +PathCost         |
| +PathColor        |
| +SolveRoute()     |
| +DrawPath()       |
| +TextDirections() |

图3. ArcGIS服务端最短路径分析

## 5 实现结果

试验中以贵阳市为例, 分别用时间最短路径和距离最短路径算法计算从省工商银行到邮电大楼的最短路径, 道路分为三个等级: 主干道, 次干道, 支路设定平均车速分别为 40km/h, 30km/h, 10km/h。道路时间权值为通过道路的行车时间, 设置左转时延 2 分钟, 右转时延 1 分钟。直行时延为 0.5 分钟。图 4 为计算生成的距离最短路径, 图 5 为时间最短路径:

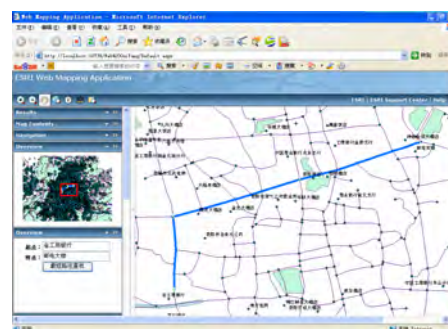


图 4. 距离最短路径

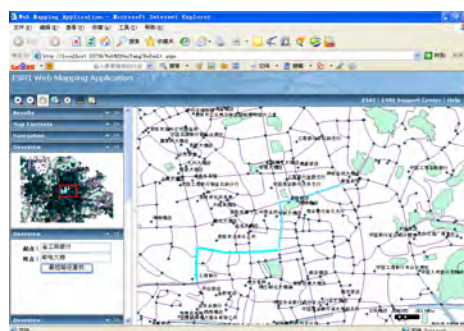


图 5. 时间最短路径

距离最短路径长度为 1763 米耗费时间为 35 分钟，其中转弯耗时为 9 分钟，而时间最短路径长度为 2243 米耗费时间为 30 分钟转弯耗时为 4 分钟，可以看出，基于时间的最短路径比基于距离的最短路径更符合大众出行的需要。

## 6 结束语

本文所提到的相关技术只是进行了初步的尝试，仅仅实现了路径分析的基本功能，在具体的应用实践中还需要根据实际情况作进一步的优化和补充。如交通流量数据的调查和创建，红绿灯对道路通行的影响等问题，都是下一步研究的重点。基于ArcGIS Server来实现的城市道路网络的分析，运用了ArcGIS强大的路网分析能力来解决城市道路规划组织的核心问题即线路选择。并将GIS技术成果更好的应用以惠及大众，从而服务社会。我们有理由相信，在不远的以后，随着3G时代的到来、移动上网的普及将使GIS更加大众化、社会化和实用化。

## 致谢：

感谢我的导师陈笑蓉教授！感谢她给我创造的良好学习环境与科研氛围，感谢她在研究生阶段给予

我的课题支持和论文指导。

## References (参考文献)

- [1] Caldwell T1 On finding minimum routes in a network with turn penalties I Communication of the ACM[C], 1961, 4 (2): 107-1081.
- [2] 吴必军, 李利新, 雷小平. 基于城市道路数据库的最短路径搜索[J]. 西南交通大学学报, 2003, 38(1): 80-83.  
WU Bi-Jun, LI Li-Xin, Lei Xiao-Ping. Shortest Path Search Based On City Road DataBase[J] Journal of Southwest Jiao Tong University 2003, 38(1): 80-83 (ch).
- [3] 高松, 陆锋. 基于弧段标记的交通网络时间最短路径算法[J]. 地球信息科学, 2008, 10(5): 604-610.  
Gao Song, Lu Feng. An Arc-Labeling Shortest Time Path Algorithm [J]. Geo-Information Science 2008, 10(5): 604-610 (ch).
- [4] 吴柏清, 何政伟, 许辉熙. 城市交通网络最佳路径分析[J]. 资源开发与市场, 2008, 24(4): 310-311.  
Wu Bo-qing, He Zheng-Wei, Xu Hui-xi. Research of Best Path Analysis On Transportation Network in City[J] Resource Development And Market 2008, 24(4): 310-311(ch).
- [5] 王玉琨, 吴锋. 嵌入式GIS最短路径分析中Dijkstra算法的改进[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(28): 128-129.  
WANG Yu-kun, WU Feng. Improvement of Dijkstra in Embedded-GIS route analysis. Computer Engineering and Applications[J], Computer Engineering And Applications 2008, 44(28): 128-129. (ch).
- [6] ESRI ArcGIS 9 ArcGIS NetWork Analyst Tutorial[M], 2005.
- [7] ESRI ArcGIS DeskTop Help[M], 2005.