

文章编号:1671-6833(2008)02-0092-03

# 一种基于 GIS 的公交路线最短路径搜索算法

贾俊杰, 张 勤

(长安大学 地质工程与测绘工程学院, 陕西 西安 710054)

**摘 要:** 利用公交线路路口作为顶点, 简化了传统算法对复杂网络拓扑图的计算; 同时, 利用乘客出行偏好, 引入线网密度来评价乘客的出行方便程度, 并提出了一种最短路径快速搜索算法。实验证明, 与传统算法相比, 该算法明显提高了路径搜索效率。

**关键词:** GIS; 公交线路; 最短路径; 交通工程

**中图分类号:** U 491.17 **文献标识码:** A

## 0 引 言

最短路径问题是地理网络分析中的一个重要问题之一, 目前所公认的最好的求解方法, 是1959年由 E. W. Dijkstra 提出的标号法。但是对公交线路来说, 直接应用 Dijkstra 算法求最优路径问题存在着明显不足<sup>[1]</sup>。Dijkstra 算法要求网络拓扑图和表示网络图的数据结构简洁<sup>[2]</sup>, 这对于复杂的城市公交网络拓扑关系来说, 就必须在对其进行复杂的抽象后, 合并成简捷的网络拓扑图, 这无疑增加了程序的复杂性。基于此, 笔者首先充分利用 GIS 所具有的地理分析特性, 设计了简单便于维护的数据结构, 同时, 合理地考虑了乘客的出行偏好, 提出了面向乘客的出行方便程度的评价标准, 最后提出了基于公交线路的最短路径算法。

## 1 公交最短路径评价标准

### 1.1 最少“站地”换乘次数

人们在选择公交出行线路时考虑的因素很多, 如出行耗时是否最少, 换乘次数是否最少、是否方便, 花费是否最少, 线路是否最短等。面对如此多的因素, 有时就很难做出准确的判断, 所以希望能够得到一定的指导和多种出行方案以供选择。

在一般情况下, 城市某条无分叉道路上无论有几个站点, 公交车需要走完整条道路才可以选择转向, 因此对道路的交叉路口进行顶点化, 即把无分叉的公交线路上连续停靠的站点看作是一个

“站地”。给每个路口进行编号, 以路口编号和包含的连续站点的对应关系在 GIS 中建立数据库表。如路口编号  $A$ , 包含的连续站点  $a_1, a_2, a_3$ , 有  $A = \{a_1, a_2, a_3\}$ , 路口  $B$  有  $B = \{b_1, b_2, b_3, b_4\}$ , 则站点  $a_1$  到  $b_3$  的线路其实就是路口  $A$  到  $B$  的线路, 其他以此类推。并且, 将“站地”换乘次数最少作为最短路径的评价标准之一, 这样就使得算法数据结构简单, 便于维护。

### 1.2 城市公交线网密度

城市公交线网密度  $\delta$  作为另一个评价标准, 是指特定城市区域面积  $F$ , 与其相交的公交线路的截取长度  $L$  之反比。即  $\delta = \frac{L}{F} (\text{km/km}^2)$  为该线路的线网密度。

城市公交线网密度是用以评价乘客乘车方便程度的指标, 它分析了乘客的出行心理, 决定了乘客如何选择乘车站点所在的公交线路。一方面反映了城市居民接近公共交通网的程度; 另一方面还反映了城市居民在公共交通线网上候车的时间长短。按照国内外城市公共交通的理论和实践, 一般都认为线网密度在  $3.0 \sim 3.5 \text{ km/km}^2$  就可以很好地满足城市居民出行时间最短的基本要求。如果公共交通线网密度太小, 就意味着城市居民的步行时间延长, 在站候车时间缩短; 相反, 如果线网密度太大, 城市居民的在站候车时间延长, 而步行时间缩短。因此, 城市公共交通线网的密度值的最优值, 应该能满足整个城市居民出行非乘车时间最短的基本要求。

收稿日期: 2008-03-28; 修订日期: 2008-04-10

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (40534021)

作者简介: 贾俊杰 (1974-), 男, 甘肃兰州人, 长安大学博士研究生, 从事地理信息系统应用与交通运输方面的研究。

令  $i, j = 1, 2, \dots, n$ , 为第  $i$  条线路的线网密度, 假设  $\delta_i < \delta_j$ , 则乘客出行所依据的最佳线网密度值函数  $G(\delta)$  为

$$G(\delta) = \begin{cases} \delta_i, (3.0 < \delta_i < 3.5) \text{ or } (\delta_i < 3.5) \\ \delta_j, (\delta_i < 3.0) \text{ and } (\delta_j < 3.5) \\ \text{其它, 若 } |\delta_i - 3.25| \leq |\delta_j - 3.25| \text{ 则为 } \delta_i, \text{ 反之为 } \delta_j \end{cases}$$

由  $\delta$  可以选择最佳乘车公交线路, 既而确定乘车站点. 城市公共交通线网密度与乘客出行时间关系如图 1 所示.

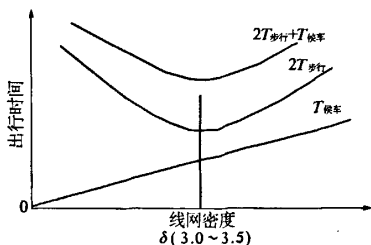


图1 公共交通线网密度与居民出行时间的关系

Fig.1 Relation of Transit Route Network Density and People's Travel Time

## 2 公交最短路径算法

在算法应用之前, 首先利用 GIS 网络分析的特点, 将城市面积划分为确定大小的多个区域网格 (例如  $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ ). 算法具体过程如下:

(1) 选择出行地所在区域网格, 将覆盖的公交线路截取, 分别计算它们的长度  $L_i$  与网格面积  $F$  的比值, 也就是线网密度  $\delta_i$ , 即  $\delta_i = \frac{L_i}{F}, i = 1, 2, \dots, n$ ;

(2) 根据函数  $G(\delta)$ , 计算最佳线网密度值, 确定初始起乘公交线路, 确立起始路口  $S_1$ , 终止路口  $E_1$ ;

(3) 统计经过起点  $S_1$  和终点  $E_1$  的公交线路集合  $I_{S_1}$  和  $I_{E_1}$ , 如果公共线路集合  $M = I_{S_1} \cap I_{E_1} \neq \Phi$ , 计算在  $M$  中从起点到终点所经过路口最少的线路作为最短路径, 即“站地”换乘次数为 0, 然后选择最方便的站点. 如果  $M = \Phi$ , 即一次乘车无法到达终点, 则转到第 4 步计算;

(4) 将  $I_{S_1}$  的另一端路口  $I_{S_2}$  作为起点, 根据  $I_{S_2}$  的相邻交叉端点路口, 则有 1~3 条公交线路, 分别统计  $S_2$  经过各个线路到  $E_1$  的公交线路集合, 重复第 3 步的操作, 直到  $M$  不为空, 算法结束.

在公交路网规划中, 设定公交路网中任意两个公交站点之间最多换乘 3 次可以到达, 但实际

出行乘车, 一般最多两次换乘. 本算法抛弃了以往从站点为出发点来选择公交线路的方法<sup>[3,4]</sup>, 集成多个连续站点为一个路口, 只在交叉路口进行换乘计算, 明显提高了路径搜索效率.

## 3 实例应用

在 Windows XP 操作系统中, 建立 ArcSDE for Oracle9.0 空间数据库, 在 Visual C++ 环境下, 实现了河南济源市交通规划地理信息系统开发. 本算法在该系统中得到了明显的效果. 济源市属于中小城市, 城市道路少, 目前已有公交线路 6 条, 待规划 2 条, 站点 164 个 (城市通往郊区站点没有录入). 首先建立城市网格, 将市区按面积划分为  $1000 \times 1000$  (单位:  $\text{m}^2$ ) 网格, 然后计算公交线网密度, 如图 2 所示. 下面显示根据公交线网密度不同, 对应格网区域的颜色进行分级设色, 密度由起始颜色到终止颜色逐渐增大, 如图 3 所示.



图2 格网分级设色

Fig.2 Space Network Graded and Colored

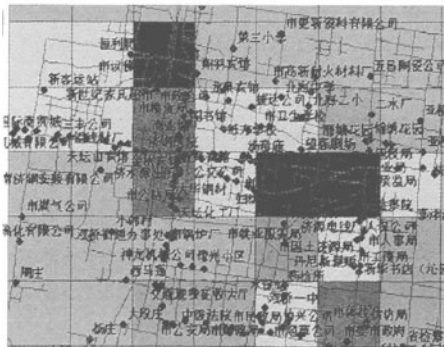


图3 格网分级显示

Fig.3 Showed Space Network through Graded

在图上任取 2 个站点, 其中起始站点根据线网密度图任选一区域, 由该区域内的线网密度值

来确定相应交通路口,系统根据公交线路与公交站点的信息算出最近的公交站点,然后利用上面的算法计算出相应的最短路径。

#### 4 结束语

利用公交线路交叉路口顶点化,简化了传统算法对于复杂网络拓扑图的计算,使得数据结构简单,存储方便;考虑到乘客出行偏好,提出了能够在一定程度上满足公交乘客出行路线选择需要的评价标准,然后提出了一种最短路径快速搜索算法。本算法在济源市交通规划地理信息系统中得到应用,与传统算法相比,该算法搜索效率明显提高。但是让 GIS 为城市公交信息的科学管理和规划提供实质性的决策方案,还有大量工作有待关注和研究。

#### 参考文献:

- [1] 韩 印,李维斌,李晓峰.城市公交线网调整优化 PSO 算法[J].中国公路学报,1999,12(3):100 - 104.
- [2] 李卫江.基于数据库实例的最短路径算法及其在 WebGIS 环境实现[J].测绘与空间地理信息,2007,30(6):15 - 18.
- [3] 杨新苗,王 炜,马文腾.基于 GIS 的公交乘客出行路径选择模型[J].东南大学学报:自然科学版,2000,30(11):87 - 91.
- [4] 倪 凯,叶 雷,鲁 铭,等.基于数据库中间件与最短路径算法[J].计算机工程,2005,31(13):78 - 80.
- [5] 陆振波,黄 卫.城市公交问路系统 - GIS 在城市公交管理中的应用[J].公路交通科技,2001,18(10):69 - 70.
- [6] 四兵锋,高自友.多模式的混合交通均衡配流模型及算法[J].公路交通科技,1999,16(3):44 - 48.
- [7] ZHAN F B. Three fastest shortest path algorithms on real road Networks[J]. Journal of Geographic Information and Design Analysis,1997,1(1):69 - 82.
- [8] MAURIZIO B,MASSIMILIANO C,PASQUALE C. Genetic algorithms in bus network optimization [M]. Transportation Research Part C,2002:19 - 34.

### An Algorithm for Searching the Shortest Path of Bus Route Based on GIS

JIA Jun-jie, ZHANG Qin

(Institute of Geology Engineering and Geomatics, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** This paper simplifies the traditional algorithm for the complicated network topology map by using the crossing of the bus route as the vertex. It uses route network density to evaluate the passenger's choice behavior. Finally, an efficient algorithm for searching the shortest path is proposed. Experiment shows that this algorithm can obviously improve efficiency of shortest path search compared with other traditional algorithms.

**Key words:** GIS; transit route; shortest path; traffic engineering