

基于 MapX 的道路拓扑与最短路径分析^X

李雪瑞, 吕志平, 赵冬青

(信息工程大学 测绘学院, 河南 郑州 450052)

摘要:最短路径分析是 GIS 网络分析的基础, 拓扑关系的建立是最短路径分析的关键。由于 MapX 不支持空间数据的拓扑结构, 因此对于 MapX 二次开发的用户来说, 最短路径分析成为一个难点。为此讨论了基于 MapX 的路径数据处理、道路自动断链、拓扑关系的建立等一系列问题, 并在此基础上实现了最短路径分析, 成功地解决了这一问题。

关键词:拓扑关系; 邻接矩阵; 最短路径

中图分类号: P 208 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007 - 9394(2004)03 - 0011 - 03

The Building of Topologic Relationship and Analysis of Shortest Path Based on MapX

LI Xue2rui, LU Zhi2ping, ZHAO Dong2qing

(Institute of Surveying and Mapping, Information Engineering University, Zhengzhou Henan 450052, China)

Abstract: The building of topologic relationship is the key to analysis of shortest path. For the secondary developers based on MapX, the analysis of shortest path is a difficulty because MapX does not support the topologic relationship of spatial data. This paper discusses a series of questions as to the preprocessing of route data, automatic Cut - line and the building of topologic relationship. Based on those, the analysis of shortest path is accomplished and the problem is resolved successfully.

Key words: topologic relationship; the matrix of neighborhood relation; shortest path

0 引言

随着 GIS 技术应用领域的扩展和学科建设的结合, 应用性 GIS 的开发工作日益重要, 由于独立开发 GIS 难度大, 周期长, 因此, 用可视化语言集成 GIS 工具软件进行二次开发成为 GIS 应用开发的主流。MapX 是 Mapinfo 公司向用户提供的具有强大地图分析功能的 ActiveX 控件产品。由于 MapX 是基于 windows 操作系统的标准控件, 具有很好的易开发性和开放性, 能支持绝大多数标准的可视化开发环境, 如 visualC++、visual Basic、Delphi、powerBuilder 等。因此, MapX 是二次开发 GIS 软件的理想控件。

最短路径分析是 GIS 最基本的网络分析功能, 其关键是空间数据拓扑关系的建立。而 MapX 的最大不足是不具备拓扑关系的数据结构, 空间分析能力较弱。因此基于 MapX 二次开发拓展 GIS 空间分析功能时, 就必需自己构建拓扑关系。对于 Mapinfo 中的道路拓扑与最优路径已有一些研究, 如文献^[4]使用 Basic 语言解决了这一问题。而本文讨论的是基于 MapX 的道路拓扑关系的建立, 通过 VB 可视化语言来实现。

1 基于 MapX 的道路拓扑关系的构建

拓扑空间关系是一种对空间结构进行明确定义的数学方法。GIS 中, 常将空间事物抽象成点、线、面等几何要素, 并在点、线、面之间建立拓扑关联关系。具有拓扑信息的矢量数据是网络分析必要的数据来源。

在 MapX 中, 地图按图层进行组织, 相同性质的数据归为一个图层。图层中的要素称为对象, 各对象间是独立的, 不存在任何关系。要建立点、线、面基本元素之间的空间拓扑关系, 就必须重新存储空间数据, 建立自己的数据库及表结构。自动建立道路拓扑关系算法的一般步骤为:

- 1) 数据预处理: 数据压缩(剔除冗余数据, 提高计算速度)和自动断链(使整幅图图形无相交或自相交链)。
- 2) 结点匹配: 建立点、弧段关联关系。
- 3) 追踪多边形: 以左转算法或右转算法跟踪, 生成多边形, 建立多边形与弧段的关系。
- 4) 多边形嵌套关系的生成, 建立多边形嵌套关系树, 即找出

多边形包含的“岛屿”,建立多边形与多边形之间的关系。

5)具有嵌套关系多边形的关联弧段的左右面号调整及多边形内点自动生成。

由于 MapX 道路图层里是按线图元存储的,常用于拓扑结构中的左右多边形标识码、弧段面积、起终方向角、高程数据等在此不必涉及,只需确定结点和弧段的关联关系。因此,创建道路数据库并加入结点、弧断两个表便可,见表 1、表 2,并按表 1、表 2 添加必需的字段。

表 1 结点表
Table 1 Nodes table

FeatureID	道路编号
NodeRecID	记录编号
NodeID	结点编号
X	结点 X 坐标
Y	结点 Y 坐标

表 2 弧段表
Table 2 Arcsection table

FeatureID	道路编号
ArcID	弧段编号
StartNode	首结点号
EndNode	末结点号
ArcLength	弧段长度

道路 FeatureID 号包含在 MapX 里的索引文件中,如果考虑道路的属性数据,还应创建相应的道路名称及通路等级信息。结点的 X、Y 坐标利用 MapX 自带函数可直接获得。结点编号和弧断编号根据记录自动生成。这里关键是首末结点编号的获取,通过道路预处理、道路自动断链、结点匹配 3 个步骤用 VB 语言计算得以实现。

111 道路预处理

111 11 MapX 中线图元的提取

在 MapX 里,线图元是用 Parts 集合存储的,而 Parts 对象又是 Points 集合对象的集合。Parts 中的节点所组成的线可能不连续,所以不能直接进行处理,而应在处理前根据 Parts 的索引提取 Points 点集,并保存到创建的临时图层里,再进行数据处理。由于 MapX 里线图元节点相当密集,按一般方法对每条线段进行处理很不合实际,会大大地降低运算速度,所以文中线图元的提取是按曲线弧段进行的,处理完后加入到创建的道路数据库中。

1 11 12 数据预处理

电子地图中,道路的交叉接合处往往会出现重叠或相离,大致有以下 3 种情况,如图 1、2、3 所示,这样在道路自动断链时不宜计算机处理,因此应对原始数据进行预处理,使道路的接合符合处理要求。

针对以上 3 种不理想的情况,文中取每条道路线的首末结点坐标为基准点,规定了一定的经验阈值进行相应的处理。在

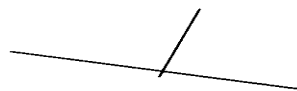


图 1 结点与相邻的道路出现交叉
Fig. 1 Node and neighborhood path appear cross

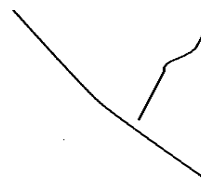


图 2 结点与相邻的道路出现相离
Fig. 2 Node and neighborhood path is away from each other

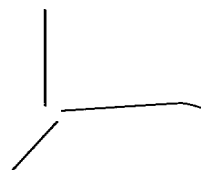


图 3 3 个结点出现相离的情况
Fig. 3 Three lines don't cross each other at a node

阈值范围内时,前两种情况在相邻道路上增加该结点,第三种情况则合并为 1 个结点;否则,各对象按独立的元素进行处理。

112 道路自动断链

GIS 中,由于图形矢量数据不仅庞大,而且关系错综复杂,在自动构建图形空间关系时既要保证空间关系的正确建立,也要考虑时间与内存的开销。断链与自相交断链是对矢量数据进行的预处理,它将确保图形空间关系自动建立的正确性。

道路自动断链是建立拓扑关系的关键。矢量化道路图时,对每条线目标是连续跟踪采集点数据的,这就势必造成线的自相交或线群之间的互相交。自动断链就是要将一条线分成首尾相连的子弧段,这些子弧段除首尾结点外不与其他子弧段相交。这样才能保证道路拓扑关系的正确建立。

在进行线与线相交关系的判断时,可以通过每一条线与其余所有线目标进行相交关系判断而得。但矢量数据海量且杂乱无章,其计算量将相当庞大。为了减少计算量,在实现过程中利用线的外接矩形判断,只有与外接矩形相交的线目标才有可能相交,大大提高了计算的效率。MapX 里两线图元相交关系及其交点获得是比较容易实现的,直接调用相应的 MapX 函数便可。

113 结点匹配

数字化时,每条弧段都有首末两个结点,而相邻结点之间又存在一定限差,在建立道路拓扑关系时需使用统一结点,因此要进行结点匹配。

结点匹配就是将坐标限差在一定范围内的结点合并为 1 个结点,并建立与那些弧段相关联的拓扑关系。如果有 N 条弧段,则有 2N 个结点,将其编号为 1~2N。在自动断链之后势必几条弧段公用 1 个结点,其编号将远远少于 2N。在 MapX 中获

取弧段的首末结点坐标很容易,因此按弧段记录的顺序将其两结点分别与前面的结点比较进行结点匹配,这样可以建立结点2弧段拓扑关系。方法是把所有线的首末结点加上相应结点数,将坐标相同或在限差范围内的结点共用 1 个结点数。

综上所述,在 MapX 下构建并生成道路数据库的具体过程如下:

- 1) 从第一条线图元开始,读出通路图层里的所有线图元。
- 2) 找出所有与之相交的线同时得出交点集(包括临近线图元的首末结点)。
- 3) 在判断交点和该线的首末结点无重合后插入该线的结点集里。
- 4) 最后将该线所有的结点集加到结点表里,同时在判断与前记录无重合后对所加结点进行编号。
- 5) 循环完图层中所有的线。
- 6) 获取所有线图元的首末结点进行结点匹配处理,最后生成道路数据库的结点表。
- 7) 根据结点表提取弧段表所需信息生成弧段表,即建立了结点和弧段的拓扑关系。

需要强调的是,为了方便,生成拓扑的处理顺序与一般的过程稍有不同。数据预处理和道路自动断链是同时进行的,这些工作完成后进行结点编号。其主要过程如图 4 所示。

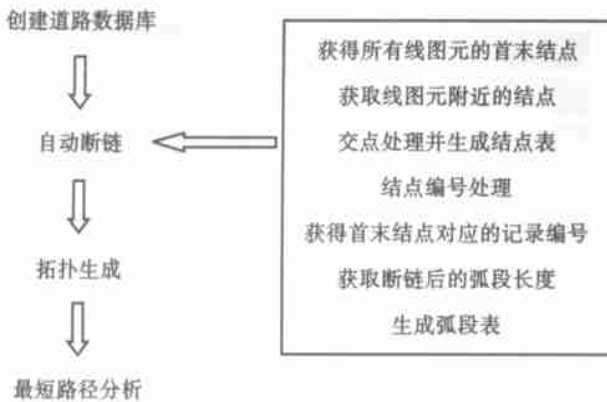


图 4 基于 MapX 的网络最短路径分析实现的主要过程

Fig. 4 Main processes of network shortest path analysis and realization based on MapX

2 基于 MapX 的最短路径查询分析

最短路径分析是指在道路网络中,不考虑各种交通信息对道路通行能力的影响,求得 1 条使两点间的实际距离最短的路径。

求解最短路径问题的算法中,Dijkstra 算法是目前国内外一致公认的比较成功的算法。Dijkstra 算法中,网络被抽象为图中定义的有向图或无向图,用图的遍历方法搜索最短路径。

采用邻接结点的 Dijkstra 算法时,如果从构建的道路数据库中直接读取数据,进行最短路径分析时,需多次遍历道路数据库表里的所有记录,速度相对较慢,因此直接利用邻接结点的 Dijkstra 算法无法满足实际需要。为此,利用弧段表里的数据来生成邻接矩阵和判断矩阵,实现邻接结点的 Dijkstra 算法来进行最短路径的分析。

实现算法的具体步骤如下:

- 1) 从数据库文件的弧段表中读取相关的道路网络数据,网

络的结点和边分别获得计算机的内部序号。需要说明的是,网络结点和边的内部序号和实际编号,有可能不相同,文中使用内部编号参与运算。

- 2) 求道路网络中的最大邻接结点数。
- 3) 构造邻接结点矩阵,各行中的结点序号可以前后随意放置。对应邻接结点矩阵各元素,构造初始判断矩阵。
- 4) 利用邻接结点矩阵和初始判断矩阵,求道路网络中任意两点间的最短路径。

具体的最短路径查询过程在此不再论述,可参考文献^[1]。

3 结论与展望

本文通过进行道路预处理、道路自动断链等一系列研究工作,建立了道路数据库及其结点、弧段两个表,构建了结点和弧段的空间拓扑关系,实现了道路的最短路径分析,增强了基于 MapX 进行集成一次开发 GIS 系统的空间分析能力。对该问题的处理本文存在不足之处有:

- 1) 一般说来,网络的结点数和边数是影响最短路径分析速度的主要原因。在实际应用中,复杂的网络实体可以根据具体情况尽量减少网络的结点数和边数,获取较简洁的模型网络。本文实现的拓扑生成属于后台服务,因此没把运算速度作为考虑的主要因素,数据也没有进行压缩处理。

- 2) 如果属性数据和空间数据共同参与拓扑关系的建立,网络分析将具有实际意义。

实际应用中,GIS 网络分析功能包括很多,如最优路径查询、次优路径查询、服务范围查询等。尽管这些网络分析功能不同,但其基本原理是相同的。本文为基于 MapX 的网络分析一类问题提出了明确的解决思路。

[参 考 文 献]

- [1] 华一新,吴升,赵军喜.地理信息系统原理与技术[M].北京:解放军出版社,2001
- [2] Mapinfo 公司.1MapX 开发指南 410 版[M].北京:MapInfo 公司,19991
- [3] Mapinfo 公司.1MapX 410 参考指南[M].北京:MapInfo 公司,19991
- [4] 朱晓青,周涛,张海堂.1Mapinfo 中道路拓扑与最优路径分析的研究[J].测绘学院学报,2001,18(2):133~1351
- [5] 刘光.1地理信息系统二次开发教程[M].北京:清华大学出版社,20031
- [6] 江斌,黄波,陆锋.1GIS 环境下的空间分析和地学可视化[M].北京:高等教育出版社,20021

作者简介:李雪瑞(1980~),女,解放军信息工程大学测绘学院测量与定位工程系研究生,研究方向:基于 Semantic Web 的空间信息共享。