

# 地理信息系统中的网络模型\*

狄 小 春

(中国科学院地理研究所  
国家计划委员会)

**提 要:** 社会中的很多空间现象, 如交通、信息交流和生活消费品的运输等都是线性的。在ARC/INFO地理信息系统(GIS)中, 这些线性现象经过组织和处理, 能够建立成网络及其数据库。从而可用来解决资源的合理分配和流动、交通运输中的最佳路线选择等问题。

**主题词:** GIS 数据库 网络 网络数据库 网络模型

## 一、GIS中的网络

在GIS中, 所有地理要素均可用点、线和面三种方式表示。点有控制点、观察点等。线如道路、河流等。面象土地利用、植被类型等多边形。在以上三种表示方法中, 仅有线表示的要素可以建立网络。因为网络是解决线性问题的<sup>[1]</sup>。然而现实中的线性现象则遍 遍皆是, 如城市的街道、电汽车路线、自来水管道路等等。在ARC/INFO GIS中, 这些线性现象是用二维图形表示的(图1)。图1中的线段代表链路(link), 小方块表示节点(node)。链路用作线性现象的流动, 节点是流动的连接点。链路和节点是网络中的两个基本要素。

图1中的线性图还不能足以反映真正的现象流动, 因为这种流动是单凭链路进行的, 其流动消费(cost)等于各链路的总和。在网络中, 流动消耗的确与链路总和有关, 然而还受其他因素限制。例如在交通网络中, 流动消耗受道路时速、红绿灯多少、

时间变化、交通拥挤等因素的影响。因此, 根据网络的应用目的, 对每个链路要分别赋给不

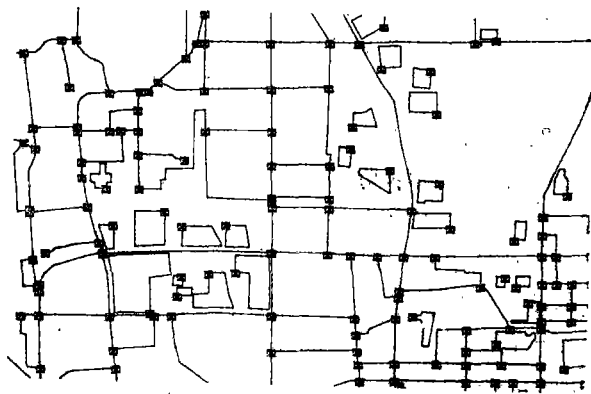


图 1

本文1989年10月6日收到, 1989年11月26日收到修改稿。

\* 本文得到美国环境系统研究所(ESRI)所长Jack Dangermond的支持, 以及ARC/INFO网络设计专家Anthony E. Lupien和ARC/INFO模型专家David Barrows的帮助, 在此表示衷心的感谢。

同的阻力 (impedance), 这样计算出来的流动消耗才能真正反映网络的几何特征和特性。

在ARC/INFO GIS中,网络是可量的。即网络的链路和节点有精确的坐标。利用链路和节点的坐标,不仅可以建立网络应用的各种项目 (item), 如交通网络中的时速、时间、距离等, 而且还能进行量算。网络除了可量, 还有方向。这是GIS中网络的另一特点。人们可以凭借网络提供的信息, 顺利地到达目的地。

## 二、网络的基本功能

在ARC/INFO GIS中,网络能寻找起点到终点之间的最佳路线, 能分析资源的合理流动和分配、能迅速疏通因交通事故造成的交通拥挤等问题。所有这些应用, 都是根据网络的基本功能即通路寻找 (PATHFINDING)和分配 (ALLOCATE) 进行的。

**1. 通路寻找** 通路寻找即在给定的起点和终点之间找出一条最佳路线, 其消耗为最小<sup>[4]</sup>。所谓消耗最小, 并不一定指距离最近, 也许是时间最少、环境效益最好 (如噪音小)、最安全等因素。有时是几种因素的组合。究竟以多少种因素为最佳路线的条件? 这由网络应用目的而定。下面是一个最佳路线的实例。起点是动物园, 终点是颐和园。最佳路线的条件是时间最少、距离最近。根据这二个条件, ARC/INFO 网络系统能从网络数据库中找出动物园至颐和园的所有时间最少、距离最近的链路, 并将它们连接起来, 结果请见图 2 中的粗线。

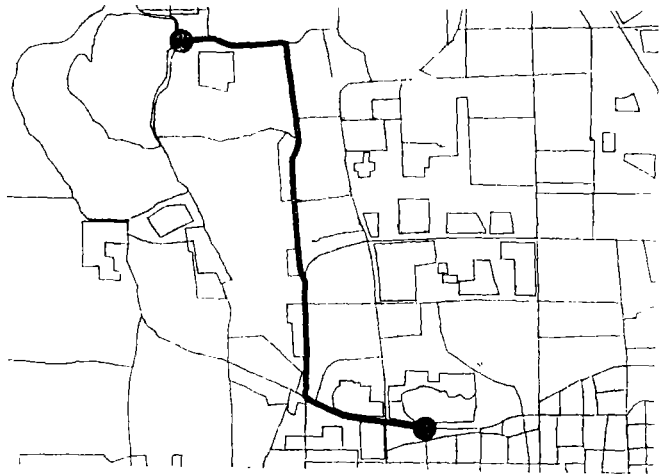


图 2

**2. 分配** 分配是网络中的另一个基本功能。它有一个分配中心和分配容量组成。分配中心可以是公共汽车站、商店、学校等。分配有二种方式: 一种是由分

配中心向四周输出, 如商店向周围的居民销售商品; 另一种是由四周向分配中心集中, 如货物贮存处 (站)。分配的容量是指分配中心的能力。网络的分配功能可用来解决资源的有效流动和合理分配。例如根据商店的货源 (资源), 分配能计算出商店的有效服务范围。同样根据商店的服务内容, 分配能计算出周围居民到商店购货的接近度。

## 三、网络的建立方法

本节介绍如何用ARC/INFO GIS建立网络, 并以北京市交通网络为例, 详述一个交通

网络的资料准备、数据自动化、数据处理和网络数据库的建立等一系列具体步骤。

### (一) 数据准备和自动化

#### 1. 数据准备

1) 资料收集 对于交通网络,需要收集的资料有交通图、街道(区)图、交通规则以及及与交通有关的图件和文献资料。交通图应尽可能详细,以便于道路地址、名字等项目的输入。

2) 确定控制点(TIC) 在ARC/INFO GIS中,控制点有控制数字化、数据处理精度和比例尺转换等功能,一般要求选取地物点、经纬度坐标点等稳定位置。一幅图需要多少个控制点,这由图幅大小而定。在ARC/INFO GIS中,任何最小的图幅不得少于四个控制点。大图幅不得少于六个控制点。

3) 道路的数字化准备 网络中的每条道路都有其属性特征。如道路的行车方向、时速、能否左转弯等。在数字化前,道路的这些属性特征要以一定的规范编码,为建立网络数据库奠定基础。

#### 2. 数据自动化

图形数字化是指对经过数据准备的交通图进行数字化,有时也叫数据输入。其方法是:

1) 产生图幅名字(BJNW); 2) 输入四个控制点; 3) 输入数字化图幅范围; 4) 再次输入四个控制点,以检验控制点均方根(RMS)值是否小于或等于0.0076厘米。5) 设置数字化参数。数字化参数有:编辑距离(ED=0.076厘米);坐标之间最小距离(WEEP=0.005厘米);节点拉断距离(SD=0.05厘米);毗邻坐标顶点距离(GRAIN=0.127厘米)。详细情况请参阅ARC/INFO用户手册ARCEDIT。6) 按照数字化准备数字化交通图、街道(区)图中的所有要素。为保证数字化工作顺利进行,每隔半小时左右,存贮数字化信息一次,以防止丢失信息。

### (二) 数据处理

交通图、街道(区)图经数字化后,需要进行各种处理。对网络来说,处理方法与一般的图幅很不相同,其程序是:

#### 1. 准备属性表

用BUILD命令建立网络图幅的属性表BJNW.AAT。在属性表中增加地址项目,以用来存放道路的号码、名字、类型、方向等内容。

#### 2. 地址的输入

在ARC/INFO GIS中,地址的输入有二种方法。一种是用键盘方法,即用绘图机把数字化过的交通图、街道(区)图绘成图,对照图上各段弧(街道)的标识,从键盘上输入相应的标识和原图上道路的地址,一条弧接着一条弧,直到全部地址输完为止;接着在ARC/INFO的子系统INFO中定义一个地址文件;把键盘上输入的地址内容拷到地址文件中;再把地址文件与交通图的属性表相关。这样交通图属性表中就有了道路的地址内容。这种方法非常适用于大量地址的输入。另一种地址的输入方法是:在ARC/INFO的子系统ARCEDIT中进行,按照地址项目定义的格式,选一条弧输入一个地址。直到结束。

#### 3. 错误的检查和修改

经过数字化后的网络图幅,要全面的检查和修改。内容有:控制点及其标识码的检查;控制点坐标位置的检查;遗漏数字化道路的检查;道路重复数字化的检查;道路坐标位置的检查;道路标识码的检查,这对道路分级十分重要,必须准确。

若上面的检查过程中发现错误,则按照数字化前的准备要求,予以改正。

#### 4. 建立网络图幅的拓扑关系

用BUILD命令建立网络图属性表(BJNW.AAT),那仅是为了地址的输入,对于一个完整的网络数据库,还须用CLEAN命令。把多余的弧去掉、交叉的弧截断,这样每个交叉点就有了唯一的节点标识。

#### 5. 网络转弯表的建立

用TURNABLE命令产生一个网络转弯属性表,该属性表用于存放每个道路交叉口的车辆转弯交通规则。

#### 6. 网络阻力项目值的输入

这里的网络阻力值是指链路的阻力。每个链路的阻力因网络的应用目的不同而各异。在北京市交通网络中,其链路的阻力值有:小汽车时间。该阻力值等于链路长度除链路时速。用类似的方法还输入了大轿车、卡车、公共汽车、自行车等阻力值。除了时间阻力值外,还有时速、距离等等。

至此,交通网络及其数据库已经建成。

### 四、交通网络模型

正象建立其他模型一样,交通网络模型也是在一定条件下实现的。<sup>[1]</sup>设该交通网络模型的条件是:在给定的起点和终点之间寻找一条最佳路线;而其又必须经过若干点(站);当最佳路线扩建时,提供路线两旁的土地利用、占地面积和经费预算等数据,以便为制定决策服务<sup>[2]</sup>。根据以上条件,交通网络模型的建立方法和过程如下:

#### 1. 最佳路线确定

假定起点是动物园,终点是颐和园。现在要在这两点之间寻找一条必须经过白石桥站、人民大学站、北京大学站的最佳路线。按照上面的要求,ARC/INFO网络则分别找出动物园至白石桥站、白石桥站至人民大学站、人民大学站至北京大学站、北京大学站至颐和园的最佳路线,把各段最

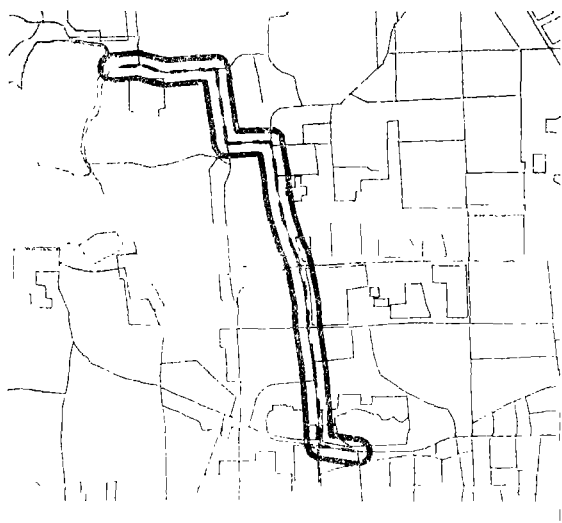


图 3

佳路线连接起来, 其结果就是动物园至颐和园且经过若干指定站的最佳路线)图 3 中的粗虚线)。

## 2. 扩建最佳路线

假定要对最佳路线加宽10米, 其过程是: 首先用BUFFER命令, 对最佳路线向两边各加宽5米, 得到一个文件BUFFER1。其次把BUFFER1与土地利用文件BLU相切割, 得到另一文件INTERS1。在文件INTERS1里包括最佳路线加宽10米后占地面积和类型。

## 3. 经费估算和决策制定

根据INTERS1中所列信息, 按照不同土地利用类型的单位面积价格乘相应的面积, 得到最佳路线加宽10米所需估算经费。如果这个数字与预算经费相当, 则扩建方案就可以定下来。如果估算经费超过预算经费太多, 则或是调整加宽方法, 如仅向最佳路线的一侧加宽10米, 或是改变交通网络模型的其他条件, 如缩小加宽宽度、增加经费等, 直到估算经费与预算经费基本接近为止<sup>[7]</sup>。这样交通网络模型就已建成了。此方法也适用于新交通路线的选线、经费估算等情况。

在ARC/INFO网络中, 通路寻找和分配能够对各种线性流动进行计算和分析, 而要建立网络模型单靠 ARC/INFO 网络子系统是不够的、还须用 ARC/INFO 的其他子系统, 如 ARCDIT、ARCPLOT等<sup>[6]</sup>。因为在网络数据库中所存放的只是线性要素及其属性信息。但一个网络模型总是要用到GIS数据库中象土地利用、管道等文件。这是GIS数据库对网络的一个重要贡献。

## 参 考 文 献

- (1) Fidler, Greg, Marina Cavill, and Peter Zwart, Network GIS Users—The FASTPAC Solution, Telecom, Australia, ARC/INFO User Conference Proceedings for 1989
- (2) Gless, John T, Semi-Automated Allocation of Crops Using a Geographic Information System and a Linear Programming Model Temple University, ARC/INFO User Conference Proceedings for 1989
- (3) Kevin M. Johnston, 1987, Natural Resource Modeling in the Geographic Information System, Prime Computer, Inc., Prime park, Natick, MA01760.
- (4) Rushton G.M. Goodchild, and L. Ostresh, 1973, Computer programs for Location-Allocation problems, Monograph 6, University of Iowa, Department of Geography, Iowa City.
- (5) Scott Morehouse, 1987, A Geo-Relational Model for Spatial Information, Environmental Systems Research Institute, Redlands, CA 92373.
- (6) Shih-Lung Shaw, Ph.D. Model of Network Problems—A Discussion of the ARC/INFO NETWORK Subsystem, ARC/INFO User Conference Proceedings for 1988.
- (7) Whigham, P.A., and J.R. Davis, Model with an Intergrated GIS/Expert System CSIRO, ARC/INFO User Conference Proceedings, 1989

## MODELING OF TRAFFIC NETWORK IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM

Xiaochun Di

(Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences and  
State Planning Commission of The People's Republic of China)

**Subject terms:** Geographic Information System, database,  
Network, Network Database and Network Model

### Abstract

There are many linear phenomena in our daily life. They are traffic, communication, and goods transportation etc. These phenomena can be organized into linear networks in ARC/INFO Geographic Information System (GIS). This paper describes how to prepare, and create the City of Beijing traffic network by using ARC/INFO GIS.

PATHFINDING and ALLOCATE are two functions in ARC/INFO NETWORK. The best path can be found between an origin and a destination, and the most efficient movement of resources can be allocated by using the two functions.

After the network coverage (a file of traffic map in ARC/INFO GIS) is processed, the network database has been created. The different applications of the network can be done.

Finally, the modelling of traffic network has been established. It is not only for extending streets, also for building a new traffic route very efficiently.