

第七章 矢量数据的空间分析

矢量数据不同于栅格数据，一般不存在模式化的分析处理方法。在 ArcGIS 中，矢量数据的空间分析主要集中于缓冲区分析、叠置分析和网络分析等方面。

7.1 缓冲区分析

缓冲区(Buffer)是对一组或一类地图要素(点、线或面)按设定的距离条件,围绕这组要素而形成具有一定范围多边形实体,从而实现数据在二维空间扩展的信息分析方法。

7.1.1 基本概念

从数学的角度来看,缓冲区是给定空间对象或集合后获得的它们的邻域。邻域的大小由邻域的半径或缓冲区建立条件来决定。因此对于一个给定的对象 A , 它的缓冲区可以定义为:

$P = \{x | d(x, A) \leq r\}$ (d 一般是指欧式距离, 也可以是其它的距离, 其中 r 为邻域半径或缓冲区建立的条件)

缓冲区建立的形态多种多样, 主要依据缓冲区建立的条件来确定。常用的点缓冲区有圆形、三角形、矩形和环形等; 线缓冲区有双侧对称、双侧不对称或单侧缓冲区等形状; 面缓冲区有内侧和外侧缓冲区。不同形态额缓冲区可满足不同的应用要求。点状要素, 线状要素和面状要素的缓冲区示意图如图 7.1。

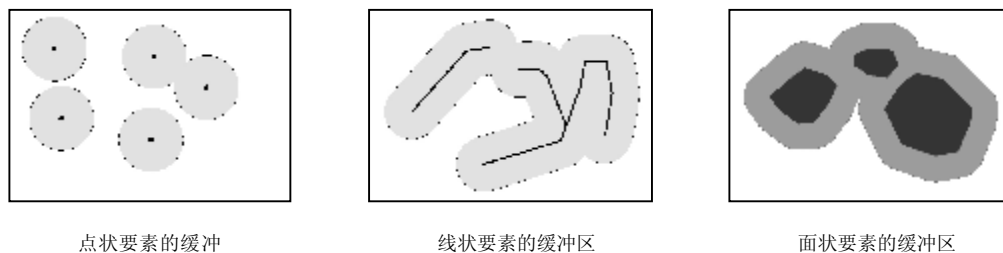


图 7.1 点、线和面状要素的缓冲区

7.1.2 缓冲区的建立

缓冲区的建立相对简单。对点状要素直接以该点为圆心, 以要求的缓冲区距离大小为

半径绘圆，所包容的区域即为所要求区域，因为是在一维区域里，所以对于点状要素较为简单；线状要素和面状要素则相对复杂，它们此时缓冲区的建立是以线状要素或面状要素的边线为参考线作其平行线，并考虑端点处的建立原则，最终即可建立缓冲区，但在实际中处理起来要复杂的多。主要有：

1.角平分线法

首先对边线作平行线，然后在线状要素的首尾点处，作其垂线并按缓冲区半径 r 截出左右边线的起止点。在其它的折点处，用与该点相关联的两段相邻线段平行线的交点来确定（如图 7.2）。

该方法的缺点是在折点处，无法保证双线的等宽性，而且当折点处的夹角越大， d 的距离就越大，误差也就越大，所以要有相应的补充判别方案来进行校正处理。

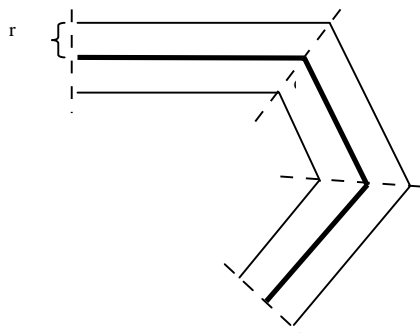


图 7.2 角平分线法

2.凸角圆弧法

首先对边线作平行线，然后在线状要素的首尾点处，作其垂线并按缓冲区半径 r 截出左右边线的起止点，然后以 r 为半径分别以首尾点为圆心，以垂线截出的起止点为圆的起点和终点作半圆弧。在其它的折点处，首先判断该点的凹凸性，在凸侧用圆弧弥合，在凹侧用与该点相关联的两段相邻线段平行线的交点来确定（如图 7.3）。

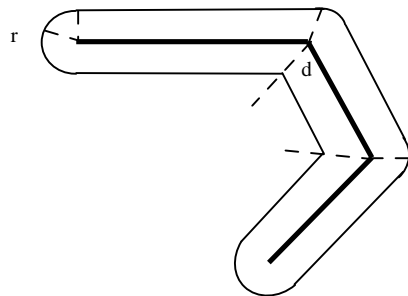


图 7.3 凸角圆弧法

该方法在理论上保证了等宽性，减少了异常情况的发生概率，在计算机中该算法利用自动建立缓冲区时，对凹凸点的判断是非常重要的点，要利用矢量空间直角坐标系的方法来进行判断处理。

在 ArcGIS 中建立缓冲区的方法是基于生成多边形（buffer wizard）来实现的。它根据给定的缓冲区距离，对点状、线状和面状要素的周围形成缓冲区多边形图层，是基于矢量结构。以下介绍在 ArcGIS 中建立缓冲区的方法：

对区域内的邮箱的影响覆盖范围（以 1000 米为例）做分析：


（1）对点文件 `postbox.shp` 进行分析操作，首先打开菜单 **Tools** 下的 **Customize** 命令，在打开的对话框中选择 **Command** 标签；

（2）在弹出的 **Command** 对话框中（如图 7.4）从左边的 **Categorie** 框中选择 **Tools**，然后在右边的 **Command** 框中选择 **Buffer wizard**，将其拖动到工具栏上的空处，出现图标



；

(3) 利用选择工具 选择要进行

分析的代表邮箱的点状要素, 然后点击 图标, 出现 Buffer wizard 对话框(如图 7.5)。选择要进行缓冲区分析的 postbox 文件, 其中有选择要素和未选择要素时在 Use only the selected feature 复选框前打勾(仅对已选择主题中的元素进行分析), 单击下一步;

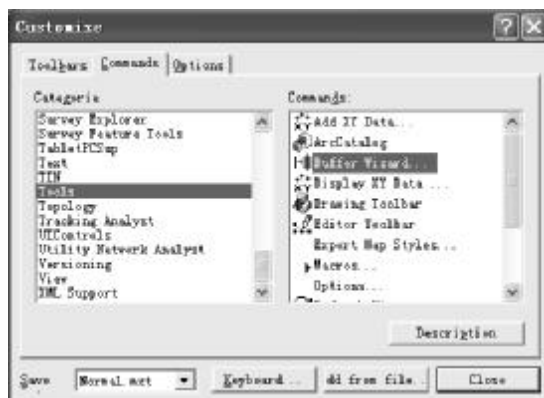


图 7.4 buffer wizard 添加对话框

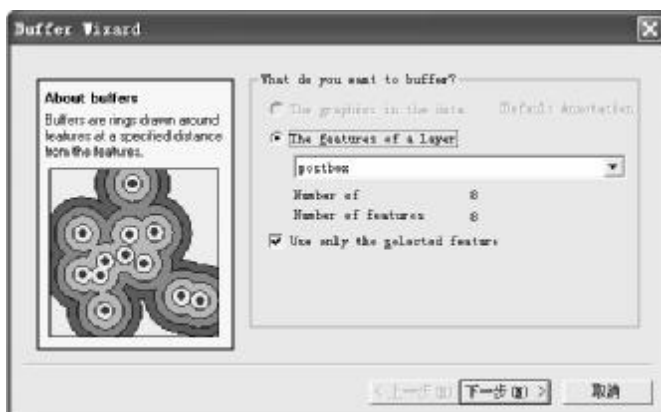


图 7.5 缓冲区分析对象选择对话框



图 7.6 缓冲区分析建立类型选择对话框

(4) 此时弹出缓冲区分析形式对话框(图 7.6), 其中可选三种不同方式选择建立不同种类的缓冲区:

- 1) At a specified distance 是以一个给定的距离建立缓冲区（普通缓冲区）；
 - 2) Based on a distance from an attribute 是以分析对象的属性值作为权值建立缓冲区（属性权值缓冲区）；
 - 3) An multiple buffer rings 是建立一个给定环个数和间距的分级缓冲区（分级缓冲区）。
- (5) 选择普通缓冲区，给定 1000 米作为缓冲范围，在下面的选择合适的单位，
- (6) 单击“下一步”进入图 7.7 界面。

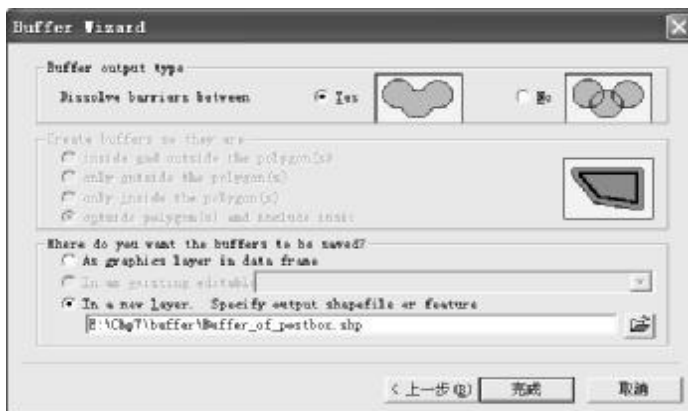


图 7.7 缓冲区存放选择对话框

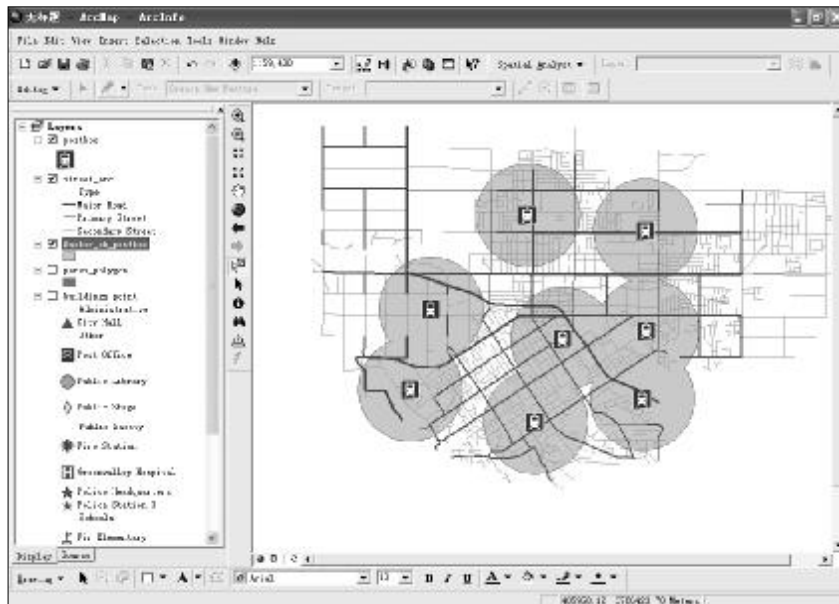


图 7.8 生成的点状要素的缓冲区

- 1) 在 Dissolve barriers between 中选择是否将相交的缓冲区融合在一起；
- 2) 在 Create buffers so they are 选项中对多边形进行的内缓冲和外缓冲的选择；
- 3) 在 When you want the buffers to be saved 选项卡中的是生成文件的选择，第一个是生

成一个图形文件，第二个是选择是否在已经生成的文件上添加，第三个是重新生成一个新的文件。选择最后一项给定其存放路径和文件名；

(7) 单击完成，建立如图 7.8 所示的缓冲区。

不同的缓冲区建立方法得到的缓冲区也有一定的区别，在实际应用中要根据不同的需要来选择合适的建立方法。图 7.9 和图 7.10 分别是对象属性值和环状分级两种不同类型的

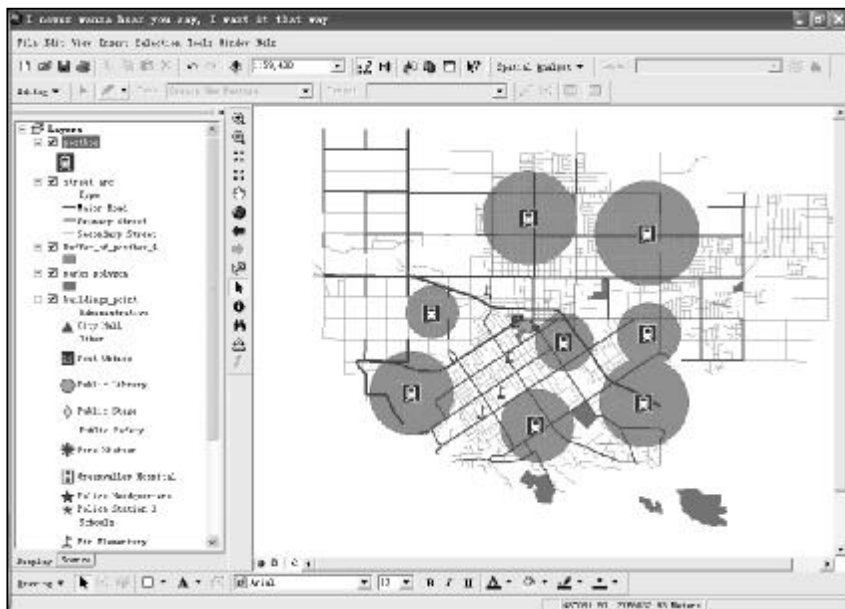


图 7.9 以对象属性值获得的缓冲区结果

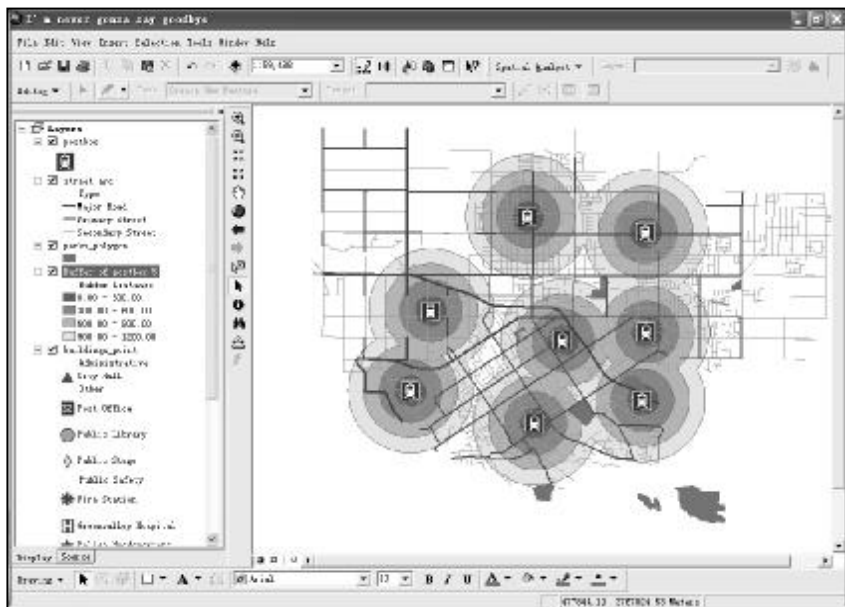


图 7.10 分成四级的缓冲区的建立结果

缓冲区；有时也有同一区域的不同性质的要素建立的缓冲区的情况，此时要求它们彼此间

互不干扰（见图 7.11）。

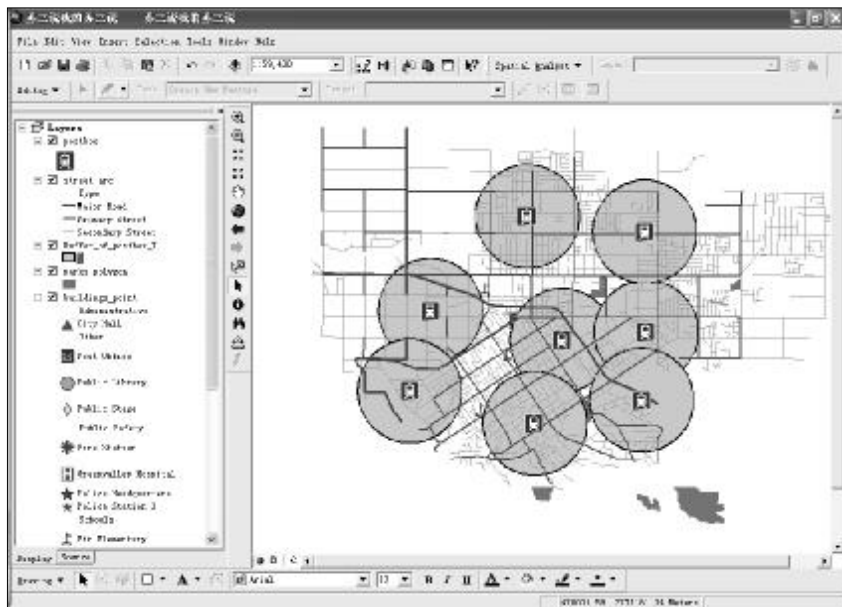


图 7.11 互不干扰的缓冲区的建立结果

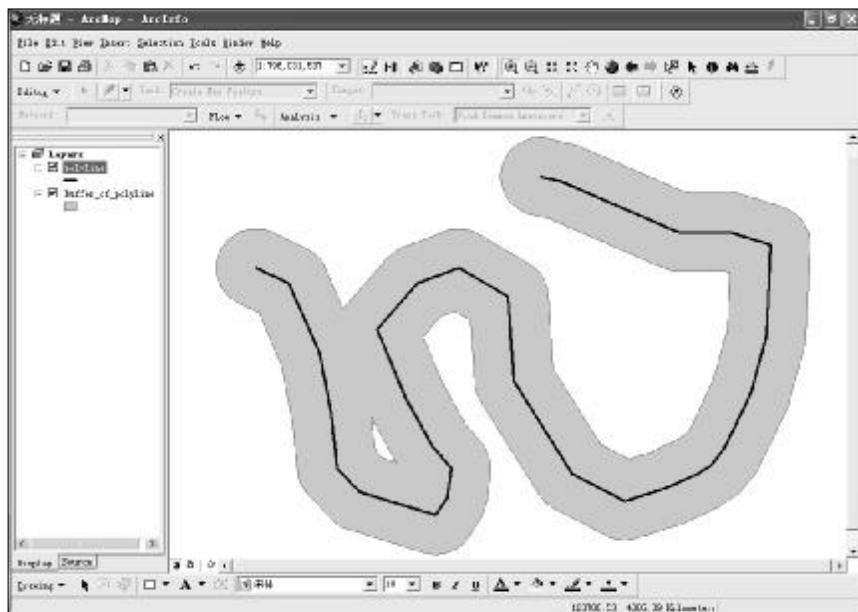


图 7.12 线状要素的缓冲区

以上是点状要素缓冲区建立。而线状要素的缓冲区，由于要素的空间形态的不同，使得缓冲区的形状不同，但是缓冲区的类型是一样的。它们同样可进行普通，分级，属性权值和

独立缓冲区的建立，且建立的操作步骤和点状要素的一样。图 7.12 是其中一种线缓冲区建立的结果：

面状要素也可以进行建立缓冲区的操作，其中面状要素的内缓冲区和外缓冲区之分。在 ArcGIS 中，面状要素缓冲区的建立有四种选择，主要区别如下：

- (1) inside and outside (内外缓冲区之和)
- (2) only outside (仅仅只有外缓冲区)
- (3) only inside (仅仅只有内缓冲区)
- (4) outside and include inside (外缓冲区和原有图形之和)

(具体见图 7.13 和 7.14 所示)

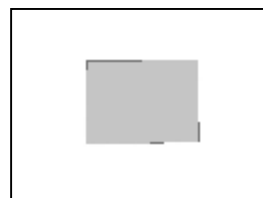


图 7.13 原始的面状要素

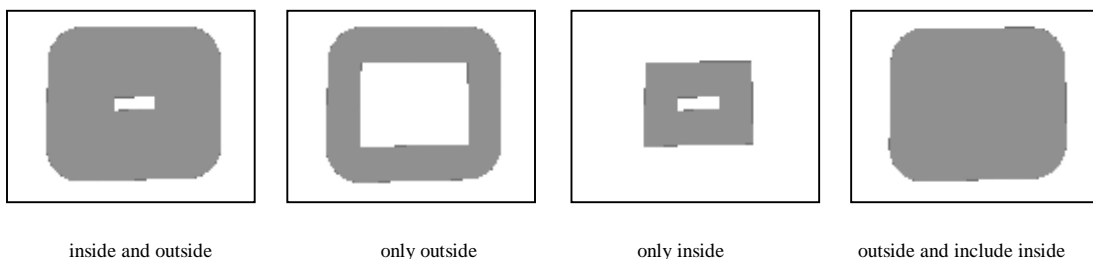


图 7.14 面状要素缓冲区

除了利用 buffer wizard 建立缓冲区方法之外，还可以利用距离制图(mapping distance)，的栅格分析方法。缓冲区多边形建立后，下一步将进行缓冲区分析，即将缓冲区多边形与需要进行缓冲区分析的图层叠置分析，得到需要结果。

7.2 叠置分析

叠置分析是地理信息系统中用来提取空间隐含信息的方法之一。叠置分析是将代表不同主题的各个数据层面进行叠置产生一个新的数据层面，叠置结果综合了原来两个或多个层面要素所具有的属性。叠置分析不仅生成了新的空间关系，而且还将输入的多个数据层的属性联系起来产生了新的属性关系。叠置分析要求被叠加的要素层面必须是基于相同坐标系统的，相同区域，同时还必须查验叠加层面之间的基准面是否相同。

从原理上说，叠置分析是对新要素的属性按一定的数学模型进行计算分析，其中往往涉及到逻辑交、逻辑并、逻辑差等的运算。根据操作要素的不同，叠置分析可以分成点与多边形叠加、线与多边形叠加、多边形与多边形叠加；根据操作形式的不同，叠置分析可以分为图层擦除、识别叠加、交集操作、对称区别分析、图层合并和修正更新，下面就这六种形式分别介绍叠置分析的操作，同时对属性进行一定的操作。

在 ArcGIS 中可以进行叠置分析的数据格式有 coverage, shapefile, GeoDatabase 中的数据要素等，这里主要以 shapefile 为例子来介绍。

7.2.1 图层擦除 (Erase)

图层擦除指根据擦除参照图层的范围大小，擦除参照图层所覆盖的输入图层内的要素。从数学的空间逻辑运算的角度来说，即 $A - A \cap B$ （即 $x \in A$ 且 $x \notin B$ ， A 为输入图层， B 为擦除层）具体表现如下所示：

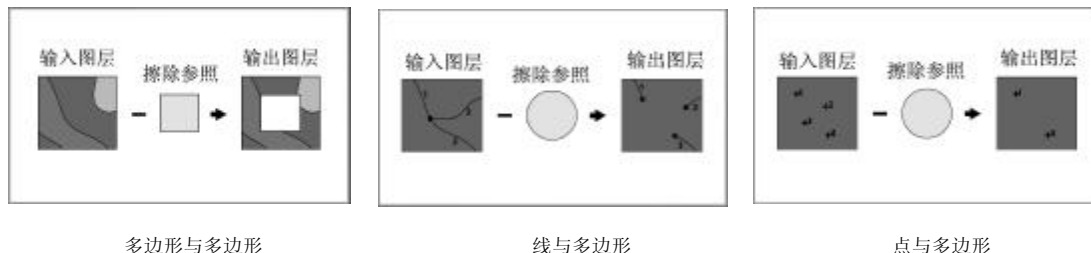



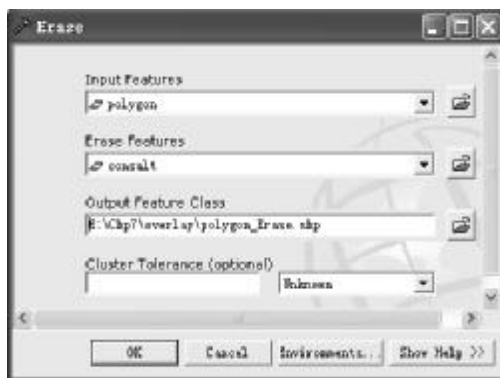
图 7.15 图层擦除的三种形式

在 ArcGIS 中实现以上的操作，具体的步骤如下：

1. 首先打开 ArcMap 主界面，点击 （即 ArcToolbox 按钮）打开 ArcToolbox 工具箱，在 ArcToolbox 中选择 Analyst Tools，打开后选择 Overlay 中的 Erase 选项，双击打开 Erase 对话框；（如图 7.16）



从 arctoolbox 中选择 erase 操作



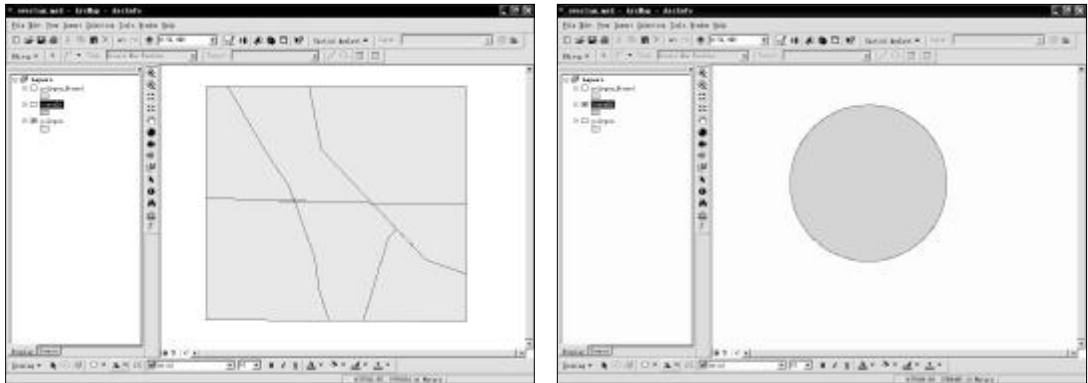
erase 操作对话框

图 7.16 图层擦除操作

2. 在 Erase 操作对话框中选择输入图层（Input Features），擦除参照（Erase Feature），输出图层（Output Feature Class）和分类容许量及单位，在右下角的环境设置（Environments）中，对输入输出数据的参数进行设置。

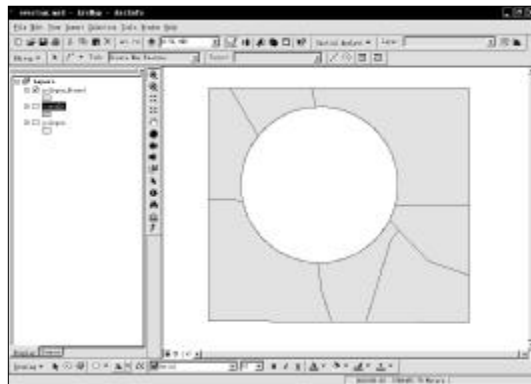
3. 单击 OK，完成操作。

线状输入图层和点状输入图层在擦除操作后也能得到类似于图 7.17 的结果，具体请参照上述的步骤。



输入图层

擦除参照



输出图层

图 7.17 图层擦除

7.2.2 识别叠加 (Identity)

输入图层进行识别叠加，是在图形交迭的区域，识别图层的属性将赋给输入图层在该区域内的地图要素，同时也有部分的图形的变化在其中，如图 7.18 所示。

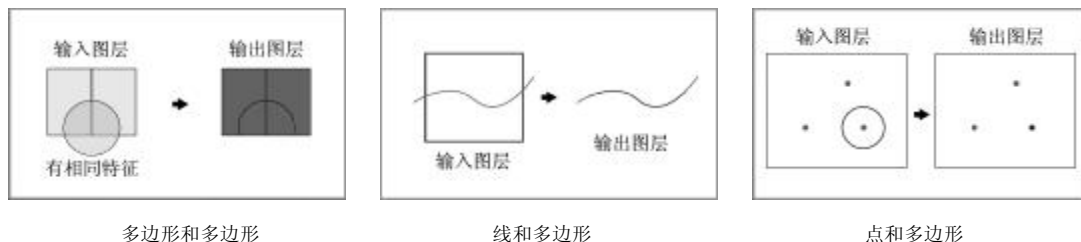


图 7.18 识别叠加的三种形式

在 ArcGIS 中的具体操作：

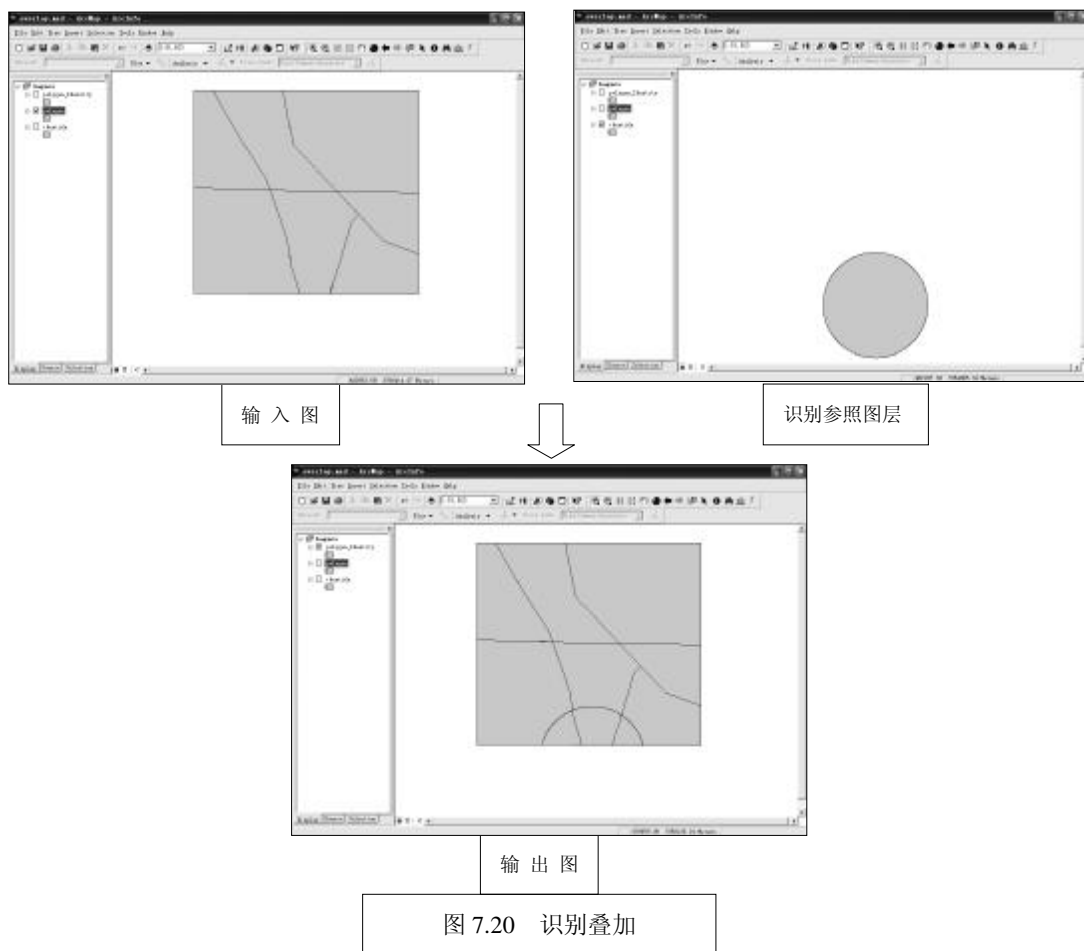
1. 从 ArcToolbox 中选择 Analyst Tools，打开后选择 Overlay 中的 Identity 选项，打开其对话框（图 7.19）；

2. 然后填入输入图层（Input features），识别参照图层（Erase feature），输出图层（Output Feature Class）和选择需要连接的属性字段，在右下角的环境设置（Environments）中，可以对输入输出数据的参数进行设置；

3. 单击 OK，完成操作。



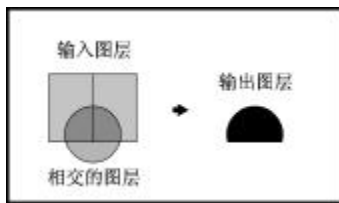
图 7.19 Identity 操作对话框



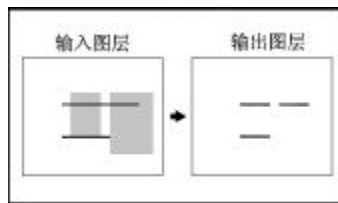
同样对线状输入图层和点状输入图层在识别叠置操作后也能得到类似于图 7.20 的结果。需注意在 ArcGIS 中识别图层必须是多边形图层。

7.2.3 交集操作 (Intersect)

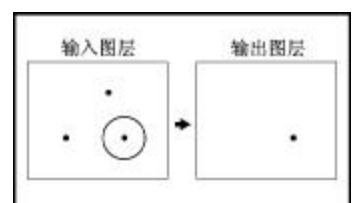
交集操作是通过叠置处理得到两个图层的交集部分，并且原图层的所有属性将同时在得到的新的图层上显示出来。即 $x \in A \cap B$ (A, B 分别是进行交集的两个图层)。由于点，线，面三种要素都有可能获得交集，所以它们的交集的情形有七种。举例如下 (图 7.21)：



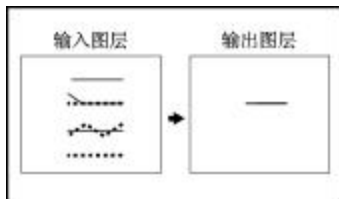
多边形与多边形



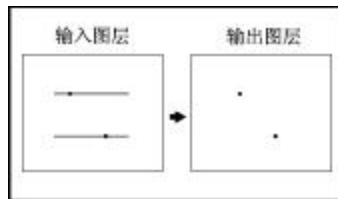
线与多边形



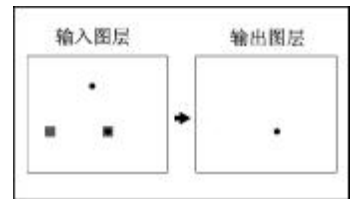
点与多边形



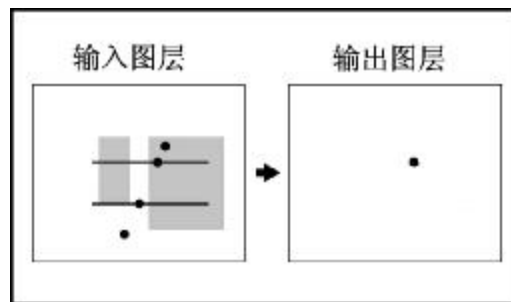
线与线



点与线



点与点



点、线与多边形三者相交

图 7.21 点，线，面相交的几种类型

交集操作在 ArcGIS 中的实现如下（以多边形为例）：

1. 从 ArcToolbox 中选择 Analyst Tools，打开后选择 Overlay 中的 Intersect 选项，打开对话框（图 7.22）；

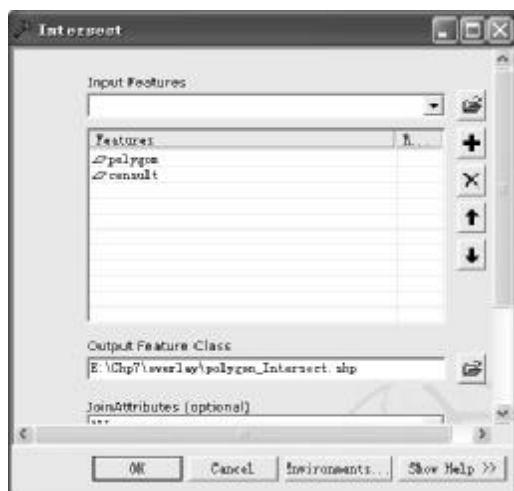


图 7.22 Intersect 对话框

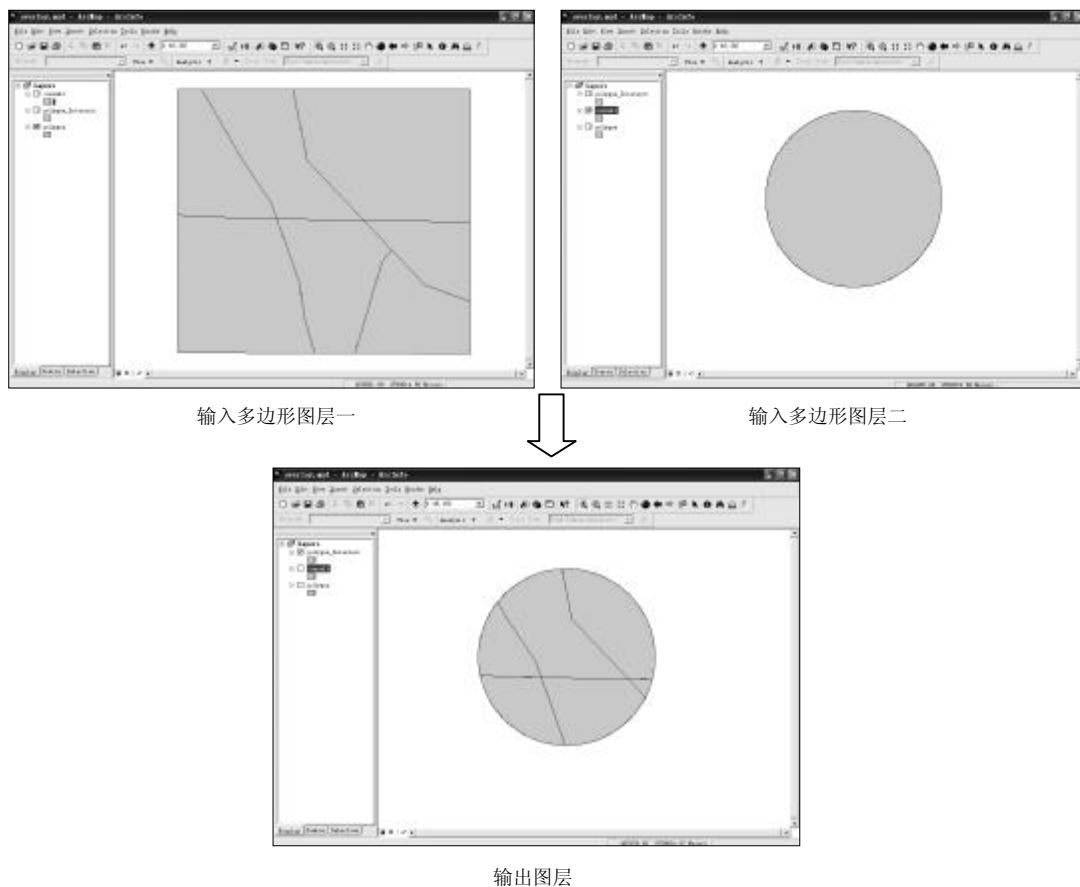


图 7.23 交集操作实现

2. 然后逐个输入要进行相交的图层 (Input features)，按右边的“加号”将图层添加进来，

在中间“Features”组合框内的就是要进行相交操作的图层列表，输入要输出文件的路径和名称（Output Feature Class），同时在下方的属性字段中选择要进行连接的属性字段（Join Attributes）或全部，输出文件的类型，也可以对环境参数进行相关的设置；

3.单击 OK 完成操作，结果如图 7.23。

要注意的是，当同时输入的几个图层是不同维数时（例如线和多边形，点和多边形，点和线），输出结果的几何类型是输入图层中最低维数的几何形态。

7.2.4 对称区别（Symmetrical difference）

在矢量的叠置分析中有时只需获得两个图层叠加后去掉其公共的区域。新生成的图层的属性也是综合两者的属性而产生的。用逻辑代数运算的方式表示就是： $x \in (A \cup B - A \cap B)$ （A,B 为输入的两个图层）。图解表示如图 7.24：

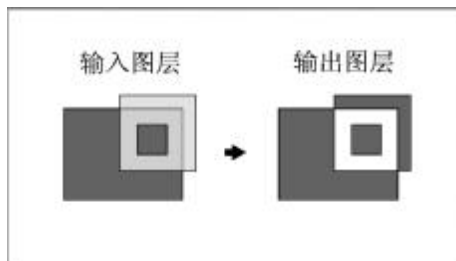


图 7.24 对称区别图解

需要注意的是，在 ArcGIS 中，均匀差值操作时，无论是输入图层或差值图层都必须是多边形图层。虽然在理论上，点和线依然可进行此类叠置分析，但从层面的角度来考虑，不同维数的几何形态进行均匀差值的叠置分析，最后得到的一层面内会存在不同的几何形态，即一种层面出现两种形态。所以在 ArcGIS 规定了只能对多边形进行此类操作。下面是在 ArcGIS 中的实现过程：

1.从 ArcToolbox 中选择 Analyst Tools，打开后选择 Overlay 中的 Symmetrical Difference 选项，打开对话框（图 7.25）；

2.在打开的对话框中，选择要进行操作的输入图层（Input Features），同时在下边选择参照图层（Update Features），输入要输出的文件路径和名称（Output Feature Class），同时在下方的属性字段中选择要进行连接的属性字段（Join Attributes）或全部，和容错量。也可以对环境参数进行相关的设置；

3.单击 OK 完成操作，输出结果如图 7.26。



图 7.25 symmetrical difference 对话框

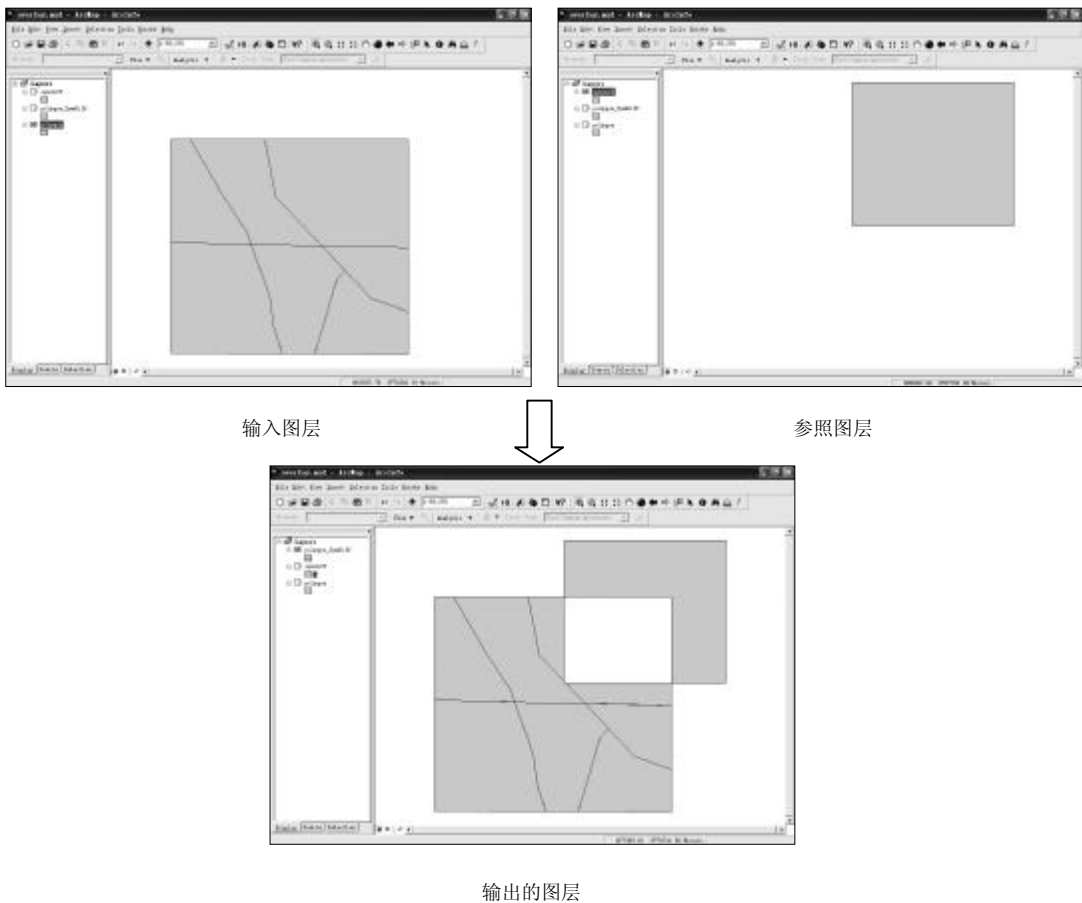


图 7.26 对称区别实现

在操作输出图层的同时对原有图层的属性值字段也进行了操作，将差值图层的属性添加在了输入图层的后面，进行赋零操作。原有的差值图层添加到输入图层的那部分图形只保留了原有的差值图层的属性，而其他的属性为零。

7.2.5 图层合并（Union）

图层合并是指，通过把两个图层的区域范围联合起来而保持来自输入地图和叠加地图的所有地图要素。在布尔运算上用的是“or”关键字，即输入图层 or 叠加图层。因此输出的图层应该对应于输入图层或叠加图层或两者的叠加范围。同时在图层合并时要求两个图层的几何特性必须全部是多边形。图层合并将原来的多边形要素分割成新要素，新要素综合了原来两层或多层的属性。多边形

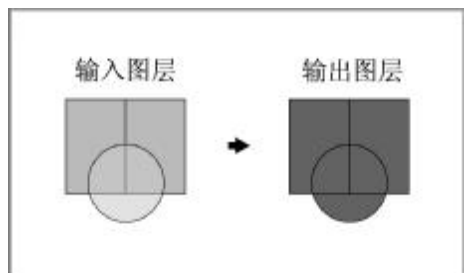


图 7.27 图层合并图解

图层合并的结果通常就是按照一个多边形的空间格局分布，对另一个多边形进行几何求交而划分成多个多边形，同时进行属性分配过程将输入图层对象的属性拷贝到新对象的属性表中，或把输入图层对象的标识作为外键，直接关联到输入图层的属性表中。图层合并从

数学角度来表示就是： $\{x|x \in A \cup B\}$ （A,B 为

输入的两个图层），如图 7.27。在 ArcGIS 中如下操作：

1. 从 ArcToolbox 中选择 Analyst Tools，打开后选择 Overlay 中的 Union 选项，打开其对话框（图 7.28）；

2. 在打开的对话框中，逐个选择要进行合并的图层（Input Features），按右边的“加号”来将图层添加进来。在中间“Features”组合框内的就是要进行合并操作的图层列表，输入要输出的文件的路径和名称（Output Features），同时在下方的属性字段中选择要进行连接的属性字段（Join Attributes）或全部，输出文件的类型，也可以对环境参数进行相关的设置；

3. 单击 OK 完成操作，输出结果如图 7.29。

理论上讲，矢量的图层合并操作可以对各种形式矢量图形进行合并，而不局限于多边形与多边形。线与线，点与点之间都可以进行合并操作，而不同维数的对象例如点与线、点与面、线与面，由于目前的文件格式，操作形式的限制，理论上还没不能将它们作为同一大类的要素形态而在一起进行研究，所以只能对同维形态进行图层合并。在实际中最常用的是多边形与多边形的合并分析。



图 7.28 Union 对话框

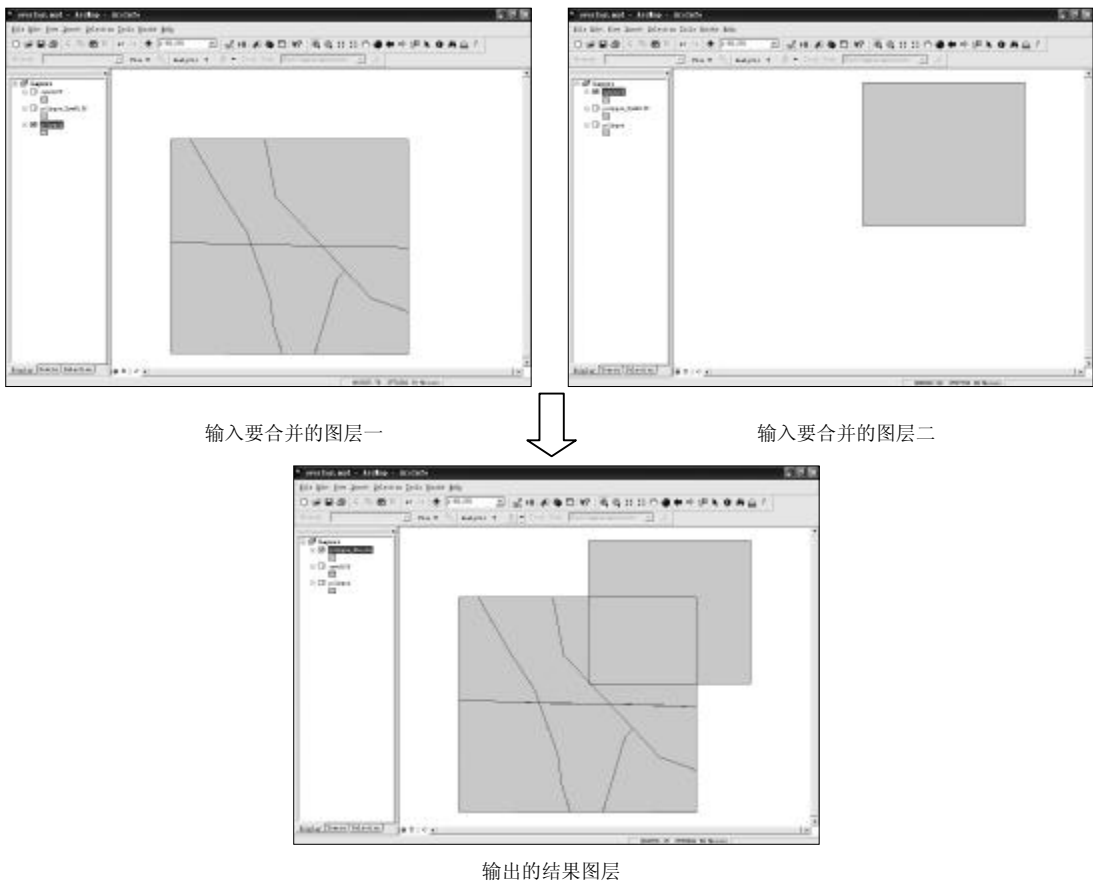


图 7.29 图层合并实现

7.2.6 修正更新 (Update)

修正更新指，首先对输入的图层和修正图层进行几何相交的计算，然后输入的图层中被修正图层覆盖的那一部分的属性将被修正图层的属性代替。而且如果两个图层均是多边形要素的话，那么两者将进行合并，并且重叠部分将被修正图层所代替，而输入图层的那一部分将被擦去。这主要是利用空间格局分布关系来对空间实体的属性进行重新赋值，可以将一定区域内事物的属性进行集体赋值操作。从地学意义上来说，修正更新是建立了空间框架格局关系和属性值之间的一个间接的联系。图解表示如下：

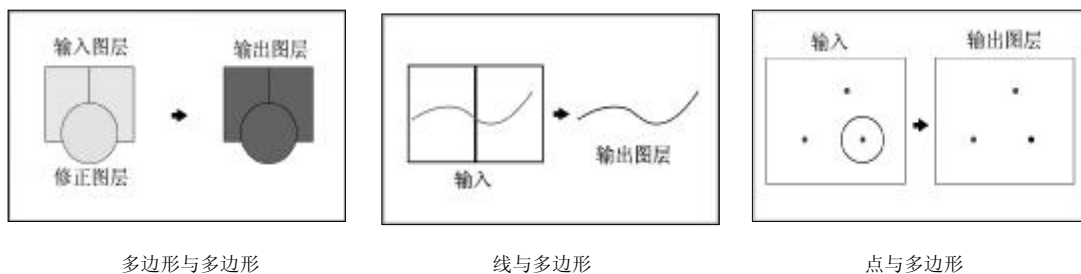


图 7.30 修正更新示意图

在 ArcGIS 中实现修正更新的操作是：

1. 从 ArcToolbox 中选择 Analyst Tools，而后选择 Overlay 中的 Update 选项，打开对话框（图 7.31）；
2. 在对话框中，输入要进行操作的输入图层（Input Features），同时下面输入修正更新图层（Update Feature），输入要输出的文件路径和名称（Output Feature Class），在下面的边界（Borders）上选择在两个图形相交的地方是否有边界的存在，也可以对容错量和环境参数进行相关的设置；
3. 单击 OK 完成操作，操作过程和输出结果如图 7.32。

在叠置分析中最常见的误差是破碎多边形，也就是在两个输入地图的相关或共同边界，相交的地方会出现非常细小的多边形区域。这时就需要设置一定的容错量来消除这种细小多边形，即上述各个对话框中的容错量（Cluster Tolerance）。

另外，在 ArcGIS 中除了 shapefile 之外，也可以对 GeoDatabase 里面的要素或 coverage 进行叠置分析，操作基本上一致。需要 ArcGIS WorkStation 软件的支持才能对 coverage 格式的进行叠置分析。



图 7.31 update 对话框

矢量空间叠置分析的内容远远要多于以上 6 种方式，但是将它们逐个细化下来都离不开这 6 种基本方式。实际中空间分析是复杂且灵活的，在本章后面将逐步介绍如何综合应用矢量空间叠置分析解决实际问题。

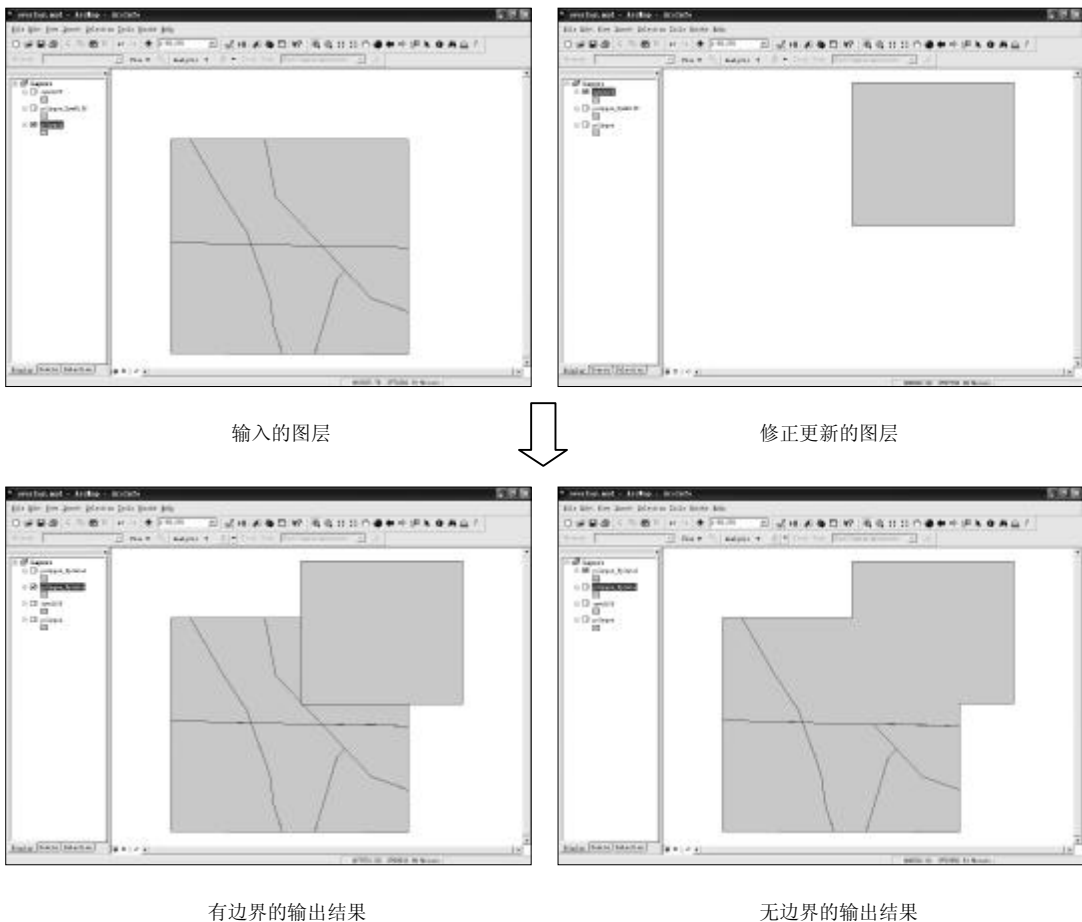


图 7.32 修正更新过程和两种输出结果

7.3 网络分析

空间数据的网络分析是对地理网络，城市基础设施网络（如各种网线，电缆线，电力线，电话线，供水线，排水管道等）进行地理化和模型化，基于它们本身在空间上的拓扑关系、内在联系、跨度等属性和性质来进行空间分析，通过满足必要的条件得到合理的分析结果。网络分析的理论基础是图论和运筹学，它是从运筹学的角度来研究，统筹，策划一类具有网络拓扑性质的工程如何安排各个要素的运行使其能充分发挥其作用或达到所预想的目标，如资源的最佳分配，最短路径的寻找，地址的查询匹配等。而在此之中所采用的是基于数学图论理论的方法，即利用运筹学建立模型，再利用其网络本身的空间关系，采用数学的方法来实现这个模型，最终得到结果，从而指导现实和应用。故而对网络分析的研究在空间分析中占有极其重要的意义。以下将从网络的组成和建立、网络分析的预

处理、网络分析的基本功能和操作三个方面来介绍。

7.3.1 网络的组成和建立

网络是现实世界中，由链和结点组成的、带有环路，并伴随着一系列支配网络中流动的约束条件的线网图形。网络中的基本组成部分和属性如下：

1. 线状要素——链

网络中流动的管线，包括有形物体如街道，河流，水管，电缆线等。无形物体如无线电通讯网络等，其状态属性包括阻力和需求；

2. 点状要素

(1) 障碍，禁止网络中链上流动的点；

(2) 拐角点，出现在网络链中所有的分割结点上状态属性的阻力，如拐弯的时间和限制（如不允许左拐）；

(3) 中心，是接受或分配资源的位置，如水库，商业中心、电站等。其状态属性包括资源容量(如总的资源量)，阻力限额(如中心与链之间的最大距离或时间限制)；

(4) 站点，在路径选择中资源增减的站点，如库房、汽车站等其状态属性有要被运输的资源需求，如产品数。

网络中的状态属性有阻力和需求两项，可通过空间属性和状态属性的转换，根据实际情况赋到网络属性表中。一般情况下，网络是将内在的线，点等要素在相应的位置绘出后，然后根据他们的空间位置以及各种属性特征建立拓扑关系，正确的拓扑关系是网络分析的基础。


而在 ArcGIS 网络分析，又称设施网络分析 (Utility Network Analyst)，它涉及的网络是由一系列要素类别组成的。可以度量并能图形表达的网络，又被称为几何网络。图形的特征可以在网络上表现出来，在同一个网络中也可同时表示出如运输线、闸门、保险丝与变压器等不同性质的数据。一个几何网络包含了线段与交点的连结信息且定义出部分规则，如：哪一个类别的线段可以连至某一特定类别的交点，或某两个类别的线段必须连至哪一个类别的交点。

一个完整的几何网络必须首先建立一个空的空间图形网络然后再加入各个属性特征值。一旦网络数据被建立起来，全部数据就被存放在地理数据库中，由数据库的生命周期来维持其运作。当使用者使用或编辑部分或全部的图形属性特征数据时，都将以从原先的地理数据库中调出的已定义好的连接规则和相互关系为基础。在 ArcGIS 中建立的几何网络的格式是 GeoDataBase，全部的数据和组成部分被封装在一个文件中。如何在 ArcGIS 中建立几何网络并定义连结规则，以及定义图层特征类别间相关关联信息，请见第 3 章 GeoDataBase 的建立。

7.3.2 网络分析的预处理

1. 网络数据的加载：网络分析是基于几何网络进行的，进行网络分析的前提是几何网络的调用。一般来说，根据分析工作的需要，选择调用的网络数据。基本的网络分析，必须加载至少一种包含网络属性的要素类型。对于全部网络数据的制图输出，就必须加载包含网络属性的整个要素数据库。

(1) 在 ArcGIS 中加载单个几何网络数据要素的步骤如下：

1) 利用增加数据按钮，打开添加数据的对话框。

2) 选择在地理数据库 (mdb 文件) 中包含网络属性要素的数据库；

3) 双击要素数据库后，显示出来该数据库所包含的要素类型和几何网络数据 (图 7.33)，在其中选择要素 network，并将其加载到 ArcMap 窗口中 (图 7.34)。

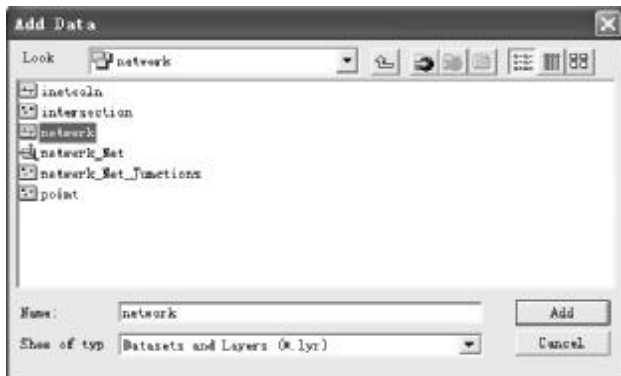


图 7.33 数据库中包含的要素类型和几何网络数据

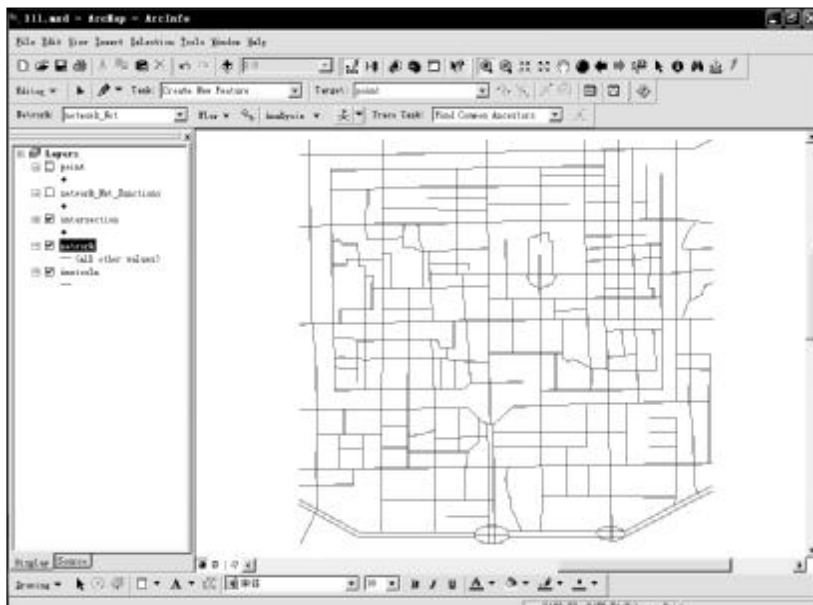


图 7.34 在 ArcMap 窗口中网络的显示

(2) 在 ArcGIS 中加载要素的数据集步骤如下：

1) 利用增加数据按钮，打开添加数据的对话框。

- 2) 选择在地理数据库中包含网络属性要素的数据库;
 - 3) 单击左键, 然后点添加 (Add), 将 city 要素数据集加载到 ArcMap 中 (如图 7.35)。
- 数据集中不但包括了线状要素, 点状要素而且还将拓扑关系、空间属性和状态属性等包容其中, 在一定程度上能够实现各种完整的网络分析功能。

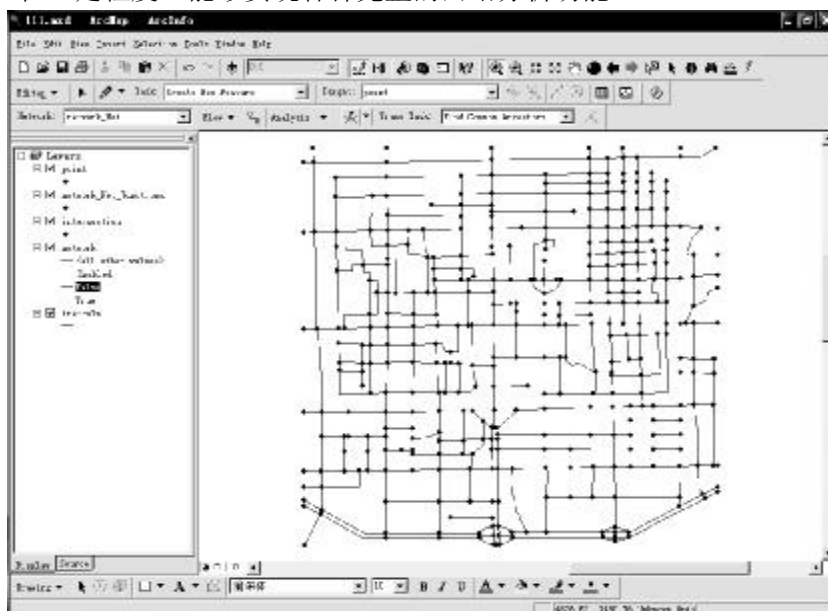
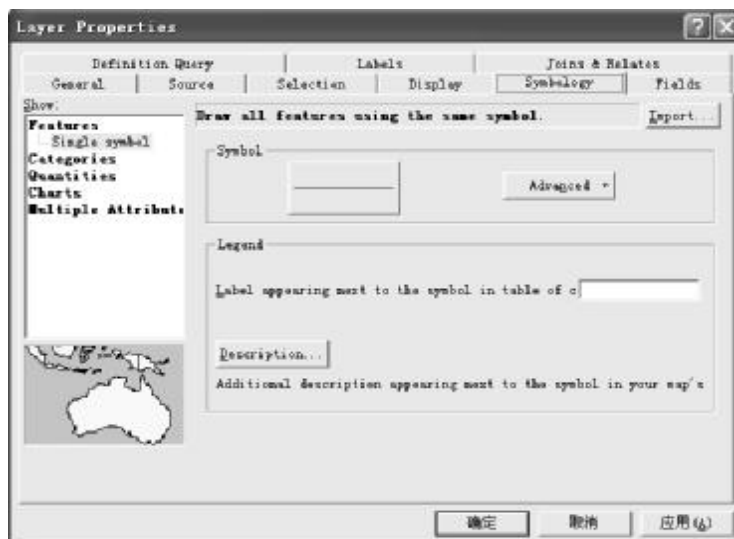


图 7.35 几何网络要素数据集在 ArcMap 中显示

2. 网络数据的符号化: 网络的线状要素的属性存在着可运行和不可运行情形, 称之为可运行性。在 ArcGIS 中, 可以在 ArcMap 中使用符号化功能来简单的定义可运行 (Enable) 与不可运行 (Disable)。可运行的要素允许资源流动通过, 不可运行的要素则不允许。这项信息被储存在该要素类别属性表格中的 Enable 字段, 字段内的值是 0 或 1, 值为 1 代表可运行的, 值为 0 代表不可运行的。使用属性来符号化要素可以很快的定义出哪些图征是可运行的, 哪些是不可运行的。下面是在 ArcGIS 中的操作过程:

- (1) 在需要进行符号化的几何网络线状图层上点击右键, 打开数据层操作快捷菜单,



单击 Properties 命令，打开 Layer Properties 对话框。

(2) 在上述对话框上，单击 Symbology 标签进入 Symbology 选项卡。(图 7.36)

(3) 在左侧 Show 窗口内单击 Categories，打开对话框，在出现的下拉菜单中选择选择 Unique Values，打开 Unique Values 对话框。

(4) 在 Value Field 属性选择下拉框中选择属性字段：Enabled (图 7.37)

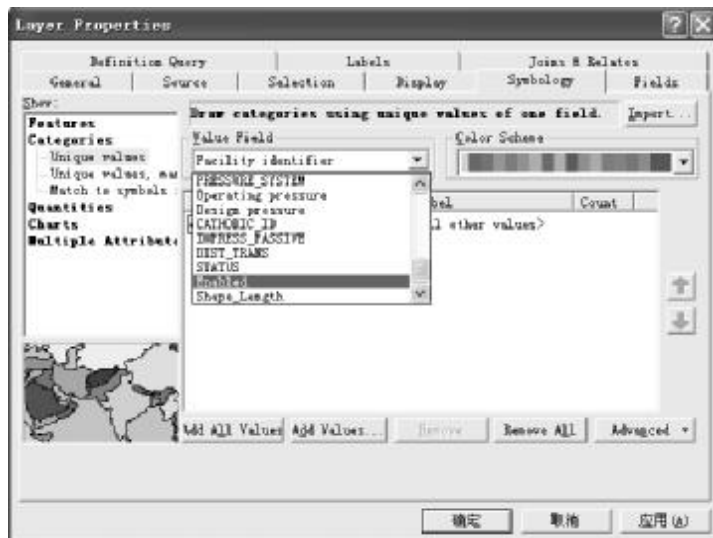


图 7.37 Enabled 属性字段选择

(5) 单击 Add All Values 按钮，将 Enabled 字段的两个值列出，同时可以对两个值显示的默认符号双击调整，单击确定可以显示出网络上要素的可运行性。(图 7.38，图中深

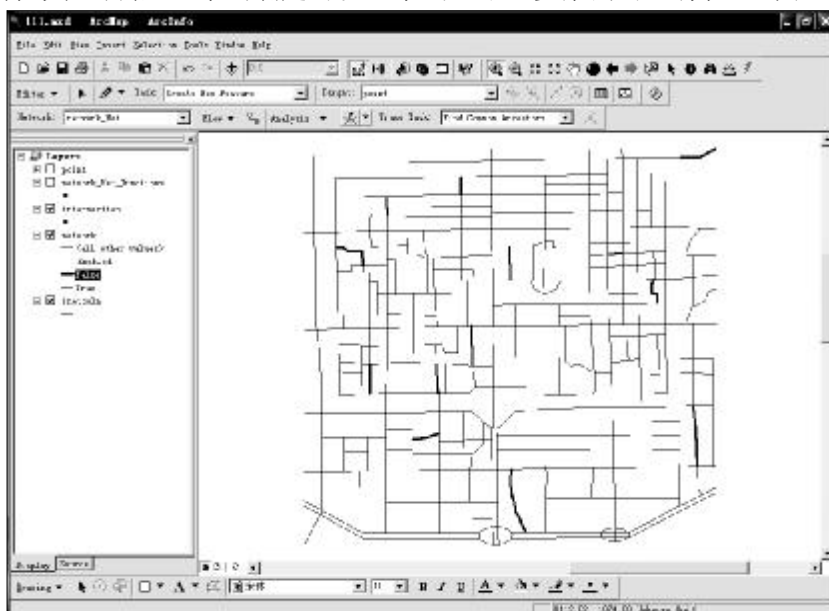


图 7.38 网络线状要素的可运行性符号显示

色为不可运行要素)

除了可运行性之外,符号化也可以在上述属性字段选择中,选择将其他的属性以不同的符号来显示。同样对于点状要素通过符号化也可以告诉使用者哪些地图要素在网络中是起点(source)或终点(sink),或都不是。建立一个几何网络时,可以指定哪些要素包含起点或终点特征。这些要素有一项属性称为 AncillaryRole 包含这项信息,字段值为 1 代表起点特,值为 2 代表终点,0 代表都不是。使用这项属性来符号化要素特征可以很快的分辨出哪些是起点及哪些是终点,具体的操作基本上如上述步骤,这里不再重复。

3. 网络数据的修改和完善:建立了一个几何网络,也要对其进行一定程度的修改和完善,这里对常用的一些几何网络数据修改操作进行简单的介绍,包括增加网络图形,空间关系的改变,属性特征的修改(主要是对于网络中可运行性进行修改)。

(1) 增加几何网络要素

添加新的几何网络要素和直接在数据库中添加数据要素是类似的,不同之处在于当新的几何网络要素被添加到几何网络中的时候,它在空间上和其他网络要素在空间上的拓扑连接关系将同时由地理数据库自动产生并保存。在 ArcGIS 中的具体操作如同添加新要素的操作一样,具体操作参考第 3 章数据编辑。

(2) 网络连通性的变更

由于时间或空间的变化,网络中的空间连通性会发生一定的变化,例如城市中有些道路因为修路的原因不能通行。解除连通性并非是将要素从数据库中删除,只是移除了它与其他要素在空间上的关联;同样建立连通性是将该要素与其他要素相联结在一起,建立它们之间的空间关联,具体操作如下:

1) 在网络连通性的变更操作之前,需要将建立和解除连通性的工具按钮添加进来

A. 首先打开 Tools 下的 Customize 选择 command 标签;

B. 在弹出的 command 对话框中(如图 7.38),从左边的 Categorie 框中选择 Editor,在出现右边的 Editor 框中选择 Connect,并拖动其放置到工具栏上的空处,出现图标



;

C. 找到下面出现的 Disconnect,同样拖动其放置到工具栏上的空处,出现图标




。(图 7.39)




图 7.39 网络连通性变更工具添加对话框

2) 在添加完工具按钮后进行网络连通性的变更操作,首先是网络连通性的建立:

A. 按 Editor 选单并选 Start Editing;

B. 按 Edit 工具 ;

C. 点选欲建立网络连通性的要素；


D. 按连结钮 ，使得其建立网络连通

3) 其次是对网络连通性的解除：

A. 按 Editor 选单并选 Start Editing；

B. 按 Edit 工具 ；

C. 点选欲建立网络连通性的要素；

D. 按连结钮 ，使得其网络连通解除

4. 网络可运行性的编辑

几何网络中的任何几何网络要素都可以是可运行的或不可运行的。在几何网络中预设的所有的要素都是可以运行的，而不可运行的要素可以被当作网络中的中断来处理。而不需要真的移除它与其他空间网络要素的空间关系，例如单行道。在 ArcGIS 中，网络的运行性可以通过编辑目标，要素属性中的 Enabled 属性来修改。具体步骤如下：

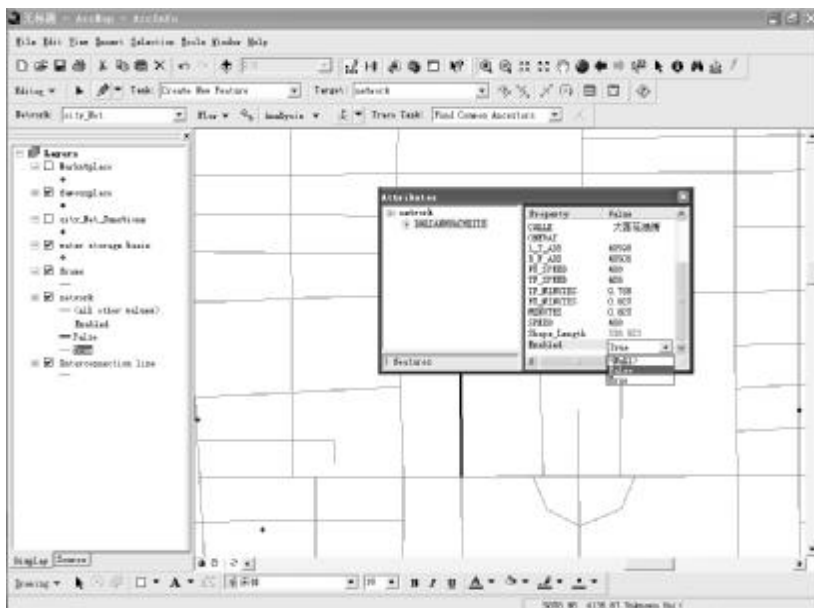




图 7.40 网络可运行性编辑对话框

(1) 按 Editor 选单并选 Start Editing；

(2) 按 Edit 工具 ，并点选欲编辑的要素；

(3) 按属性钮 ；

(4) 按 Value 选项的 Enabled 属性；

- (5) 对话框中将显示这项属性的所有可能值（就像 Enabled 属性的定义）；
- (6) 选择 True 使要素可起作用。选择 False 使要素不可起作用；
- (7) 按 Editor 选单并选 Stop Editing，并确定储存数据的更新。（图 7.40）

7.3.3 网络分析的基本功能和操作

1. 基本功能

网络分析的基本功能是基于几何网络的特征和属性，利用距离、权重和规划条件来进行分析得到结果并且应用在实际中，它主要包括路径分析、地址匹配和资源分配三个方面。具体如下：

(1) 路径分析

1) 最佳路径分析：分为静态和动态两种，静态方法是指确定用户权值关系后（即给定每条弧段的属性），当需求最佳路径时，读出路径的相关属性，求最佳路径；动态方法是指实际网络分析中权值是随着权值关系式变化的，而且可能会临时出现一些障碍点，所以往往需要动态地计算最佳路径。

2) N 条最佳路径分析：确定起点、终点，求代价较小的几条路径，因为在实践中往往仅求出一条最佳路径并不能满足要求，可能因为某种因素不能选择最佳路径。

3) 最短路径：确定起点、终点和所要求经过的中间点、中间连线，求最佳路径。

4) 动态分段技术：给定一条路径由多段联系组成，要求标注出这条路上的公里点或要求定位某一公路上的某一点，标注出某条路上从某一公里数到另一公里数的路段。

(2) 地址匹配

地址匹配实质是对地理位置的查询，它涉及到地址编码。地址匹配与其他网络分析功能结合在一起，可以满足实际工作中非常复杂的分析要求。所需要输入的数据，包括地址表和含地址范围的街道网络及待查询地址的属性值。

(3) 资源分配

资源分配网络模型由中心点(分配中心)及其状态属性和网络组成。分配有两种方式，一种是由分配中心向四周输出，另一种是由四周向中心集中。这种分配功能可以解决资源的有效流动和合理分配问题。资源分配在地理网络中的应用与区位论中的中心地理论类似。在资源分配模型中，研究区可以是机能区，可根据网络流的阻力等来研究中心的吸引区，为网络中的每一连接寻找最近的中心，以实现最佳的服务。

2. 分析原理

从网络分析的原理来看，对于上述的任何一种功能或方法，都是给定条件和要求，利用网络流的流向来寻求路线、区域或较好的结果的。例如最短路径可以根据网络流和距离的权重，利用一定的路径追踪原理来得到代价最小的路径。可以将网络分析划分成两个基础模块：流向分析和追踪分析。上述网络分析的经典的分析功能都是可由这两个基础模块来组建或衍生。下面就着重从这两个基础模块来对网络分析进行介绍：

(1) 流向分析

设施网络应用上，了解网络线段上的资源和要素流动方向是必要的。在网络中的流动方向是决定于：

- A. 网络的连通性
- B. 网络中起点或终点要素的位置
- C. 网络要素的可运行性

起点及终点位置控制了设施网络的流向方向。起点是指交点要素流动将由自己开始至网络中的其它位置，如：在水流分布网络中，河流的出海口就是终点，所以重力将引导水流流向出海口。流动是由起点要素至终点要素，因为流向可以由起点或终点特性来建立，所以通常在网络中只要指定起点或指定终点即可。

1) 流向的分类。作为网络中边要素的流向可以分为三个类别：

A. 确定的流向。如果网络中的流向可以唯一地用网络的连通性、起点和终点的位置以及网络要素的可运行性来确定，而且这个网络边要素就被当作有确定的流向，一般来说，边要素的流向既可以与数字化的方向相同，也可以相反，没有明确的规定。

B. 不确定的流向。不确定流向通常发生在循环或封闭回路的情况下，也可能发生在有数个起点及数个终点方向的线段上。一个线段的流向由一个起点或一个终点来决定，但若另一端的起点或终点所决定的方向是相反的，如：一个线段两端都是起点时就属于不确定流向。

C. 未初始化的流向。如果网络的边要素独立于起点或终点之外，那么这个边要素就具有未初始化的流向。这种情形可能发生在边要素建立拓扑过程中，边要素没有和起点或终点连接上，或是即使连接上了，但是起点和终点同时与当前不可运行的要素相连接。

在流向确定中要注意的是：一般，城市中存在着回路（连通图）所以在网络中很多的流向就是变成了不确定的流向。

2) 流向的显示：

网络流向功能是设定网络数据中资源的流动方向。ArcGIS 将此信息储存在网络的线段图征中，使用设施网络分析（Utility Network Analyst）工具条就可以显示网络边要素的流向，显示哪些是确定的流向，哪些是不确定的流向，哪些是未初始化的流向。

在 ArcGIS 中可以利用网络分析的工具将流向显示出来，具体的操作如下：

A. 在工具栏上点右键，将设施网络分析工具条（Utility Network Analyst）添加进来，或者在 view 菜单下选择 toolbars 在右边的下拉菜单中添加设施网络分析工具条（Utility



图 7.41 设施网络分析工具条

Network Analyst)；

B. 在设施网络分析工具条（Utility Network Analyst）中点选 Flow 选单，选 Display Arrows For，然后在选欲显示流向的图层前打勾；（图 7.41）

C. 然后在 Flow 选择菜单下，选 Properties，在弹出的 Flow Display Property 对话框里选择 Arrow Symbol 标签页，选择 flow category 中的流动类别，可以设定不同类别的流向箭头大小与颜色的钮；同样选择 Scale 标签页根据比例尺可以更改显示范围。Show arrows at all scales 是指任何比例尺均显示，Don't show arrows when zoomed 是指某一比例尺范围才显示，点选 OK 钮；（图 7.42）

D. 在 Flow 选单的下拉菜单中按下的 Display Arrows，流向箭头就会显示出来。（图 7.43）

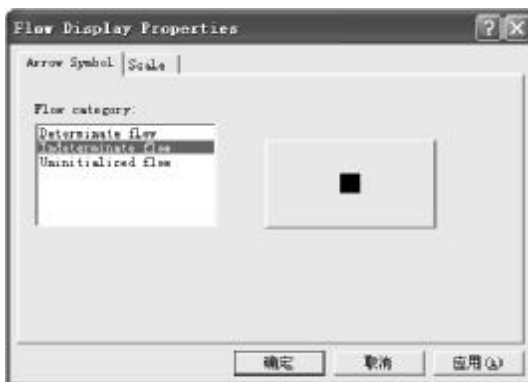


图 7.42 Flow Display Property 对话框

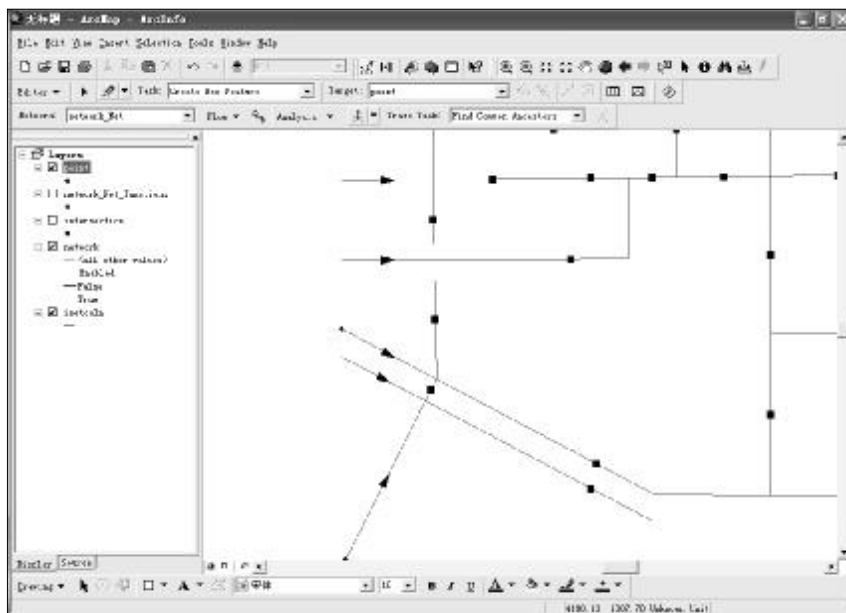




图 7.43 流向显示图

3) 流向的设定:

在 ArcGIS 中也可以对流动的方向进行设定或控制，一般来说要综合考虑网络中的拓扑关系，网络中要素的作用性，起点、终点的位置来建立流向的。而当几何网络发生变更时，必须对流向进行重新的设定，具体有以下几种情形：

- A. 建立了一个新的几何网络时;
- B. 对几何网络中的要素进行了增加或者删除;
- C. 对网络要素进行修改后, 使得几何网络中的拓扑关系发生变化;
- D. 增加或者删除起点或终点;
- E. 网络要素的连通性发生改变;
- F. 网络要素的可运行性发生变化;

设定流向功能是为新的网络的拓扑关系的建立资源流动方向。在此之前, 为了设定流向, 网络必须包含至少一个结点的网络要素, 且被设定为起点或终点。所以首先要对网络起点和终点进行设定:

- A. 在 Editor 工具条中选 Start Editing;
- B. 单击属性钮 , 打开属性窗口;
- C. 按编辑钮  后再选择欲设为起点或终点的结点要素, 这个结点要素在建立网络时必须属于包含起点与终点的结点要素之一;
- D. 在属性窗口中点选 Value 字段再选 AncillaryRole 属性, 在下拉菜单中选择 Source(起点)或 Sink(终点)来设定该结点要素为起点或终点(在选单中按 None 即可复原); (图 7.44)
- E. 在 Editor 选单中选 Stop Editing, 按确定储存网络数据的编辑, 完成结点要素的设

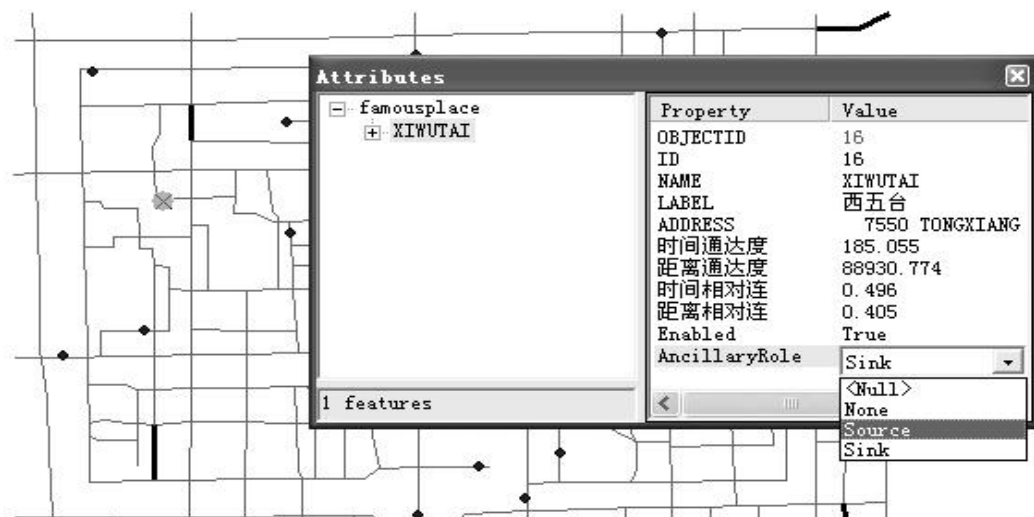


图 7.44 起点或终点设置

定。

在流向的起点和终点设置完毕之后, 就可以对网络中的流向进行设置, 在 ArcGIS 中流向的具体设置是由软件内部自动实现的, 实际的操作如下:

- A. 在 Editor 选单中选择 Start Editing;

B. 在设施网络分析工具条上单击 Set Flow Direction 钮 , 完成设定;

C. 在 Editor 选单中选择 Stop Editing, 单击确定来储存网络数据的编辑。

(2) 追踪分析

追踪分析是按照一定的程序, 通过对网络要素连接性的追踪, 使得周围相连接的网络要素被过滤地选择, 形成一个需要的追踪结果。网络追踪包含连结性。在追踪分析的结果中, 一个网络元素均需与其它元素有连接性。追踪成果是指追踪操作后所找到的网络要素配置结果。

1) 追踪分析的基础:

在追踪分析中要涉及到一系列有关于几何网络要素的基本概念和简单操作, 故而在介绍网络追踪分析之前先对这些概念和操作进行简单的介绍:

A. 旗标与障碍

旗标定义为追踪的起点。旗标可以放置在任何交点或线段上, 在执行追踪操作时, 使用这些线段或交点作为追踪操作的起点, 而连结至这些线段或交点的网络元素就会被包含进追踪的结果。

障碍则是用来隔离某个部分网络, 可以放置在任何交点或线段上, 在执行追踪操作时, 将这些网络要素被当作不可运行, 以防追踪工作延续至这些要素上。

B. 可运行要素和图层

在某个特定的位置设置障碍是使要素不可运行的一种方法最常用, 如在道路维修时, 被维修的道路暂时不能使用, 这在空间的交通几何网络上应被当作不可运行状态, 这说明在交通流动分析中将停止在这个要素上的追踪, 追踪分析中是不考虑不可运行要素的。

另外在一些追踪分析中, 不需要对几何网络数据中的一个层面进行研究分析, 就将这个层面设置成不可运行的, 那么追踪分析将不会对这个层面上的网络数据进行分析研究的。

C. 权重

几何网络要素中, 不同类型的要素可以有不同的属性权重, 线状要素有诸如道路长度、道路畅通效果, 电力网络中的电阻值等属性, 不同的属性权重值有着不同的意义。建立网络时, 根据需要设定哪些线段与交点要素的属性为权重, 可以使用这些权重来指定在追踪操作结果内的要素的成本。在 ArcGIS 的追踪工具中, 只有寻找最佳路径时才使用权重来计算追踪成本。

在使用权重进行最佳路径分析时必须指定使用哪些确定的权重。对点状要素而言, 可以使用一个简单的权重; 对线状要素而言, 有两种权重可以使用: 一是顺着线状要素的数字化方向 (From-to) 的权重, 另一是逆着线状要素数字化的方向 (To-from) 的权重。线状要素的数字化方向是指该要素的端点在地理数据库中的储存顺序, 一个线段的每一个方向可以依实际需要指定不同的比重, 所以从某一个方向追踪一个线段会与从另一个方向计算的结果有不同的权重。

D. 权重过滤器

为了限制部分可能被追踪到的网络要素，采用权重过滤器这种方法。这种方法通过为那些可能被追踪到的网络要素设定一定的权重值有效范围，以便在追踪分析中使用。对于点状要素可以仅仅使用一个简单的权重，线状要素则需使用两个权重。

E. 已追踪要素与终止追踪要素

追踪分析在计算机中实现的过程是逐步进行的，结果也是随追踪积累得到的，所以在追踪分析的过程当中，需要对已追踪的要素和终止追踪要素进行记录存储。已追踪的要素是指需要追踪得到的要素，而终止追踪要素是指追踪无法通过，而不能继续的要素。这种要素包括不可运行的要素，已经被设置有障碍的要素和虽然已经被追踪到但只是连接到另一条死路的要素，即只有一个要素与其连接。

F. 应用选择集修改追踪目标

在追踪工作进行中，因为某些原因需要对追踪目标进行一定程度的选择集修改，而在 ArcMap 中有三种途径可选择集修改追踪目标：

a. 从设施网络分析工具条（Utility Network Analyst）中选择 Analyst Options 选项，在其对话框中确定要进行追踪分析的要素是全体要素还是部分要素。不参与进行追踪分析的要素，在要进行的追踪分析的几何网络中充当着障碍的作用；

b. 在执行追踪操作时，你可以指定哪些图层纳入选择集，从 ArcMap 的 Selection 主菜单，指定哪些图层可以或不可以被选择；

c. 可以使用相互作用的选择方法——通过选择 Selection 主菜单来设定按照一定选择规则交互式的确定追踪分析的结果，可产生一个新的选择集，也可以追加到已有的选择集中去、或从现有选择集中选出追踪操作成果、或从现有选择集中移除追踪操作成果。

综上所述，通过网络追踪工作，可以实现将追踪结果传回作为判断选择的设定、将个别要素或整个图层设为无作用状态；在线状要素或点状要素上设置障碍；存储记忆已追踪要素或停止追踪的要素以及在一定的选择集上进行追踪分析和结果的获得。同时使用以上操作，对较为复杂的网络追踪工作进行处理。

2) 追踪分析的操作：

网络追踪分析主要可以实现以下几个方面的分析操作：网络下溯追踪（Trace downstream）、网络上溯追踪（Trace upstream）、网络上溯积累追踪（Find the upstream accumulation）、网络上溯起点路径分析（Find an upstream path to the source）、公共祖先追踪分析（Find common ancestors）、网络连接要素分析（Find connected features）、网络中断要素分析（Find disconnected features）、网络路径分析（find path）、网络环路分析（find loops）等。根据以上的几种操作方法，可以基本上实现简单网络分析的追踪分析功能，也可以结合这几方面以及其他的空间分析方法做一些比较复杂的网络分析的实际问题。以下将着重介绍追踪分析的操作方法：

A. 添加旗标和障碍

- 在设施网络分析工具条上，点选旗标和障碍工具板下拉箭头；
- 点击欲增加至网络的旗标或障碍元素的按钮；
- 将鼠标移至欲增加旗标或障碍的线状要素或点状要素；
- 鼠标按下即增加旗标或障碍。（图 7.45）

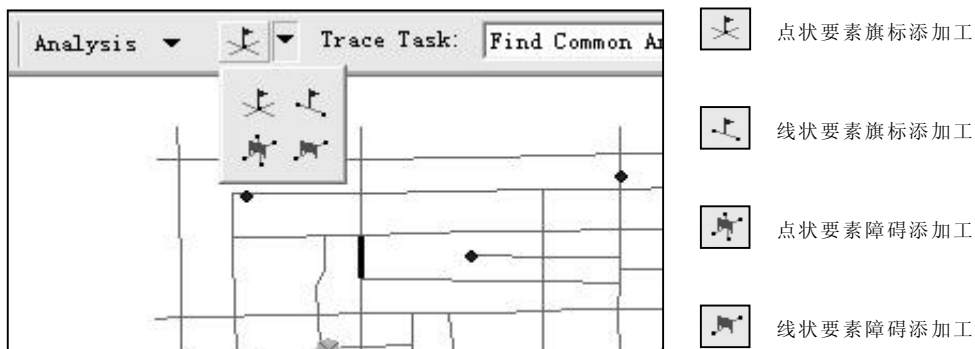


图 7.45 旗标和障碍添加工具

B. 网络下溯追踪 (Trace downstream)

a. 在设施网络分析工具列上, 点选旗标和障碍工具板下拉箭头;

b. 将旗标放在每一个欲向下游追踪的点;

c. 点选追踪工作 (Track task) 下拉菜单选向下游追踪 (Find downstream); (图 7.46)

d. 单击追踪工作 (Track task) 下拉菜单旁边的 solve 键, 则由旗标向下游追踪的所有要素将显示出来。(图 7.47)



图 7.46 追踪工作下拉菜单

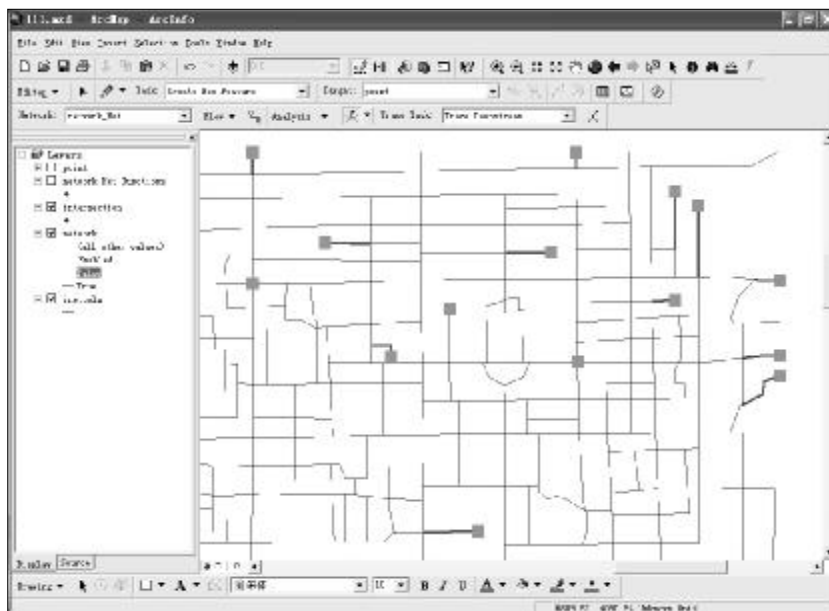


图 7.47 网络下溯追踪分析结果

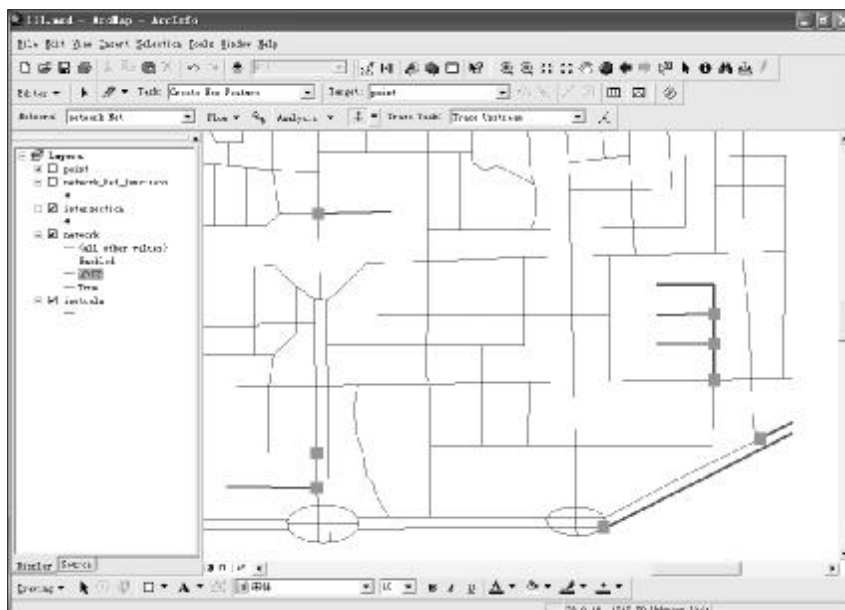


图 7.48 网络上溯追踪分析结果

C. 网络上溯追踪 (Trace upstream)

- 在每一个想要进行向上游追踪的点设置旗标;
- 点选追踪工作 (Track task) 下拉菜单选向上游追踪 (Find upstream); (图 7.46)

c. 单击 solve 键 ，则由旗标向上游追踪的所有要素将显示出来。(图 7.48)

D. 网络上溯积累追踪 (Find Upstream Accumulation)

a. 在每一个欲向上游积累的点上设置旗标。

b. 点选 Analysis 下拉菜单并选 Options 选项。在打开的 Options 选项对话框中，选择 Weights 标签页，按一下 Junction weights 下拉箭头并选择欲计算交点的权重 (Weights) 属性字段名。(图 7.49)

c. 在 Edge weights 组合框中 From-to 线状权重下拉列表并选择将计算沿线状要素数字化方向的权重字段名。To-from 线状权重下拉箭头并选择将计算沿线状要素数字化方向的权重字段名。

d. 单击 OK，然后点选追踪工作 (Track task) 下拉菜单选向上游累积 (Find Upstream accumulation)。(图 7.46)

e. 单击 solve 键，则由旗标向上游追踪的所有要素将显示出来，而这些图征的总成本(cost)将呈现在左下角的状态栏中。(图 7.50)



图 7.49 Analysis Options 对话框 weights 标签

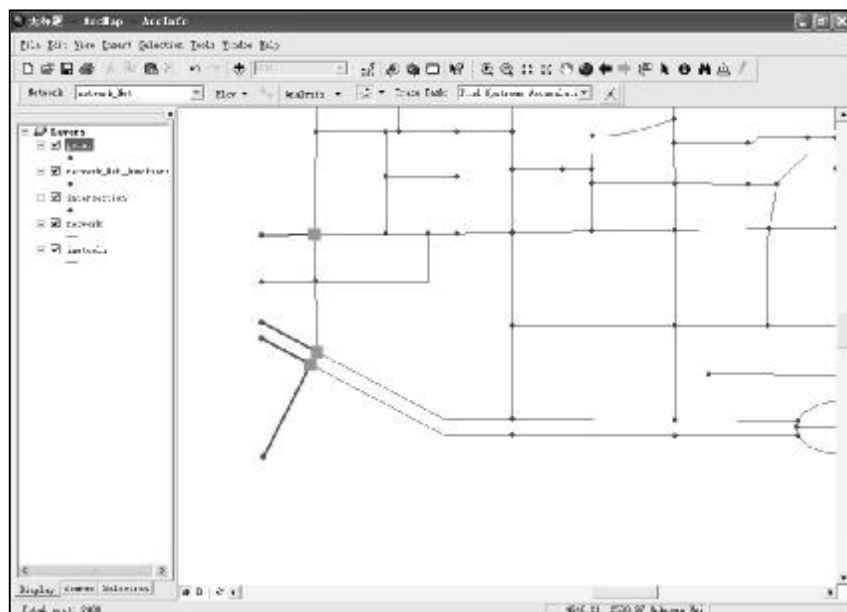


图 7.50 网络上溯积累追踪分析结果

E. 网络上溯起点路径分析 (Find an upstream path to the source)

- 在每一个欲寻找至起点的上游路径的点状要素上设置好旗标;
- 点选追踪工作 (Track task) 下拉菜单选择寻找上游路径 (Find path upstream)。(图 7.46);
- 单击 solve 键, 显示出每一个旗标向上游至起点的路径。(图 7.51)

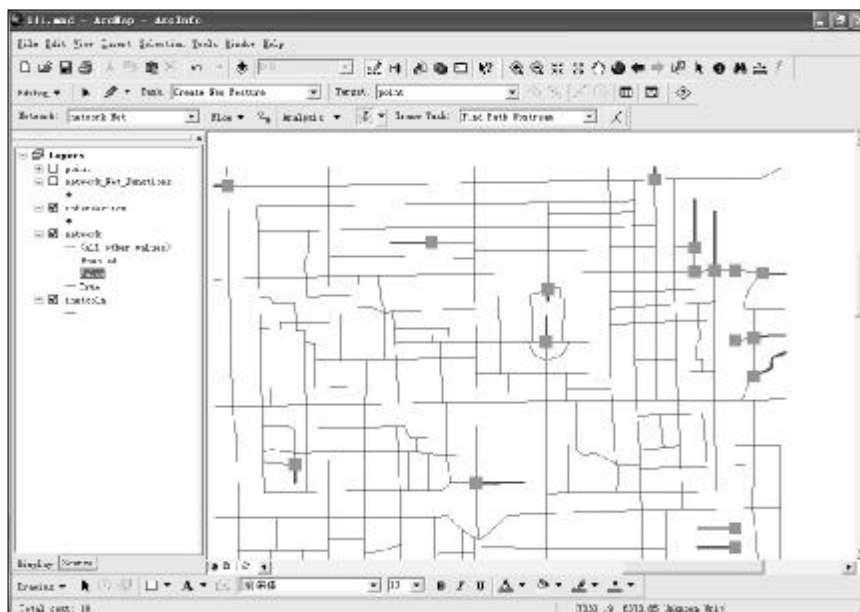


图 7.51 网络上溯起点路径分析结果

F. 公共祖先追踪分析 (Find Common Ancestors)

- 在每一个欲寻找共同起点的点要素上设置好旗标;
- 点选追踪工作 (Track task) 下拉菜单选择寻找共同来源 (Find common ancestors); (图 7.46)
- 单击 solve 键, 属于所有旗标上游的图征将显示出来。(图 7.52)

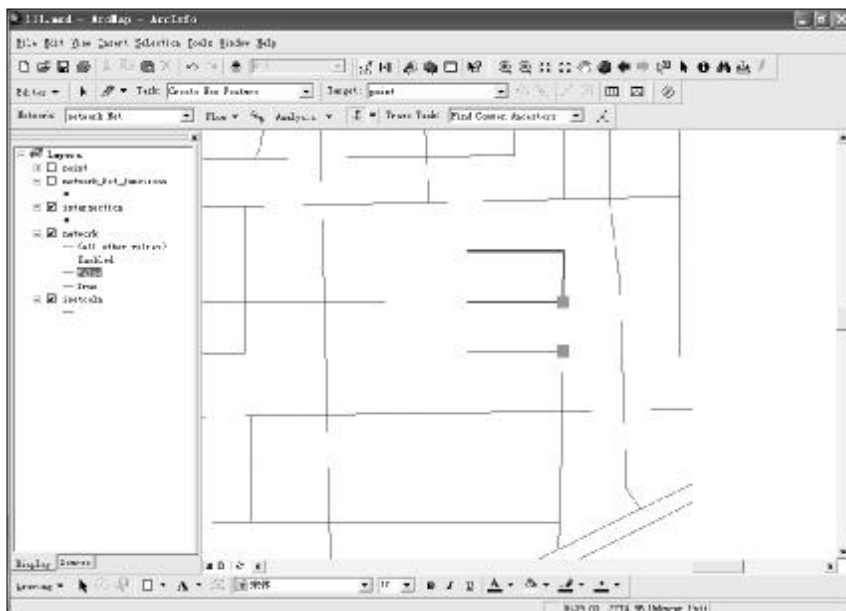


图 7.52 网络公共祖先分析结果

G. 网络连接要素分析（Find connected features）

- 在每一个欲寻找连接要素的点上设置旗标；
- 点选追踪工作（Track task）下拉菜单选择寻找连结图征（Find connected features）；

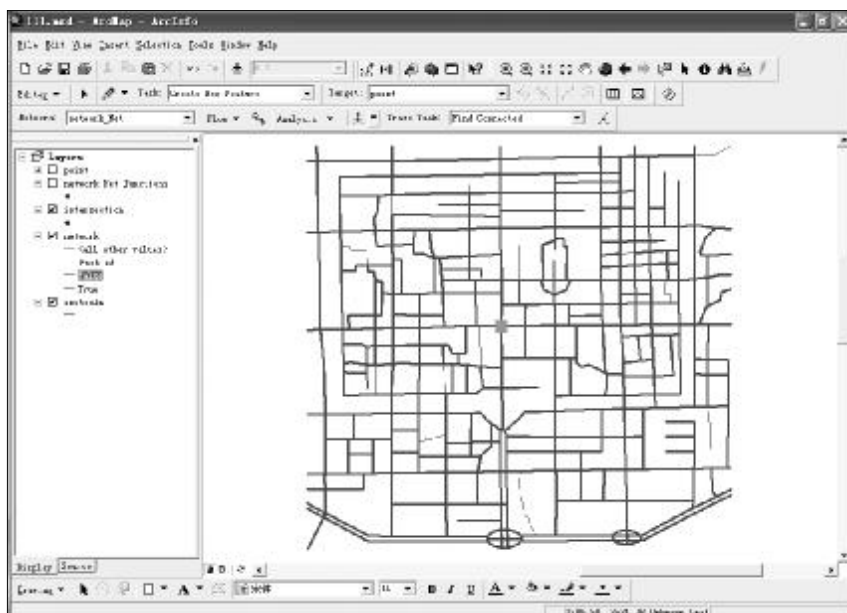


图 7.53 网络连接要素分析结果

（图 7.46）

c. 单击 solve 键，与设定旗标的图征连结的所有图征将显示出来。（图 7.53 图中深色为与旗标相连通的，浅色为不相连通的）

H. 网络中断要素分析（Find disconnected features）；

a. 在每一个欲寻找与之中断要素的点上设置旗标；

b. 点选追踪工作（Track task）下拉菜单选择寻找中断要素（Find disconnected features）；（图 7.46）

c. 单击 solve 键，与设定旗标的图征中断的所有图征将显示出来。（图 7.54 图中深色为中断要素）

I. 网络点要素的隔离（Isolating a point on the network）

a. 在地图上将旗标放在欲隔离的点要素上。

b. 点选 Analysis 下拉菜单并选 Disable Layers，检查是否包含欲隔离点要素的图层。然后在 Analysis 下拉菜单选择 Options，进入 Analysis Options 对话框；



图 7.55 Analysis Options 对话框 Results 标签

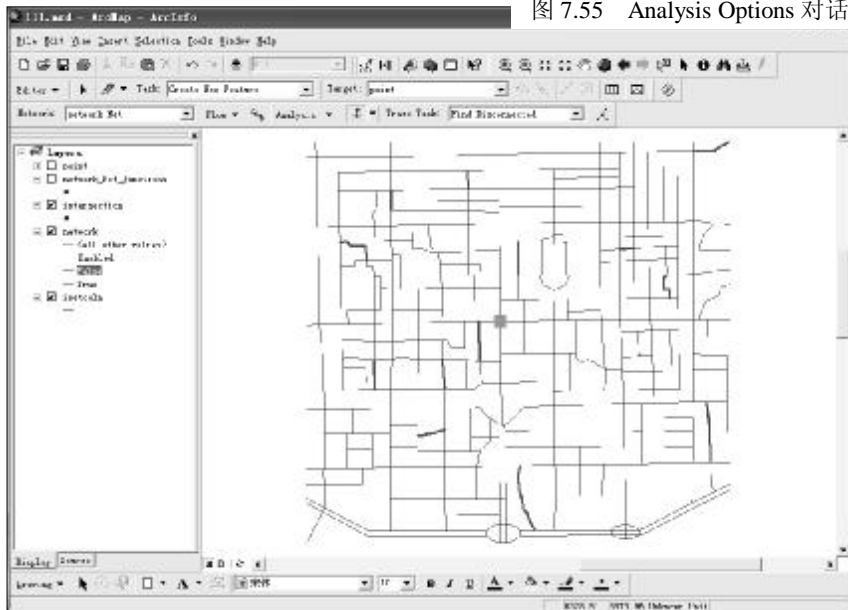


图 7.54 网络中断要素分析结果

c. 点选 Results 标签页并选 Selection，然后选 Features stopping the trace，并单击确定。（图 7.55）

d. 在主菜单中，点选 Selection 并选 Set Selectable Layers。除了包含欲隔离点图征的图

层之外不需检查;

e. 点选追踪工作 (Track task) 下拉菜单选择寻找连结要素 (Find connected features); (图 7.46)

f. 单击 solve 键, 被选出来的要素就可以用来在网络中隔离目标点; (图 7.56 图中深色为与旗标相不相连通)

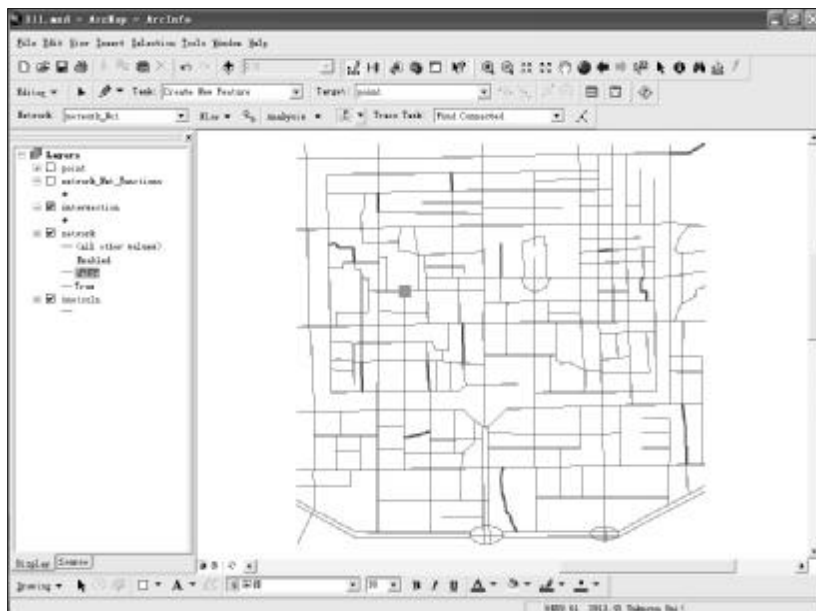


图 7.56 网络点要素的隔离结果

J. 利用权重过滤器进行网络连接要素分析 (Finding connected features using weight filters)

a. 将旗标放在每一个欲寻找相连要素的点上;

b. 点选 Analysis 并选 Options;

c. 点选 Weight Filter 选单, 点选 Junction weight 下拉箭头并选择欲用来过滤交点的比重字段名。在交点的 Weight range 输入框输入用来过滤交点的表示法。点选 Not 以排除这个范围。按一下 Verify 来检查交点权重过滤器的语法; (图 7.57)

d. 点选 From-to weight 下拉箭头并选择欲用来沿数字化方向过滤线状的权重字段名。点选 To-from weight 下拉箭头并选择欲用来沿数字化反方向来过滤线状的权重字段名。在线段的 Weight range



图 7.57 Analysis Options 对话框 Weight Filter 标签

输入框输入用来过滤线段的表示法。点选 Not 以排除这个范围。按 Verify 按钮来检查线段比重滤器的语法, 按 OK; (图 7.57)

e. 点选追踪工作 (Track task) 下拉菜单选择寻找连结要素 (Find connected features); (图 7.46)

f. 单击 solve 键, 则使用滤器后与设定旗标的要素相连的所有要素将显示出来。(图 7.58)

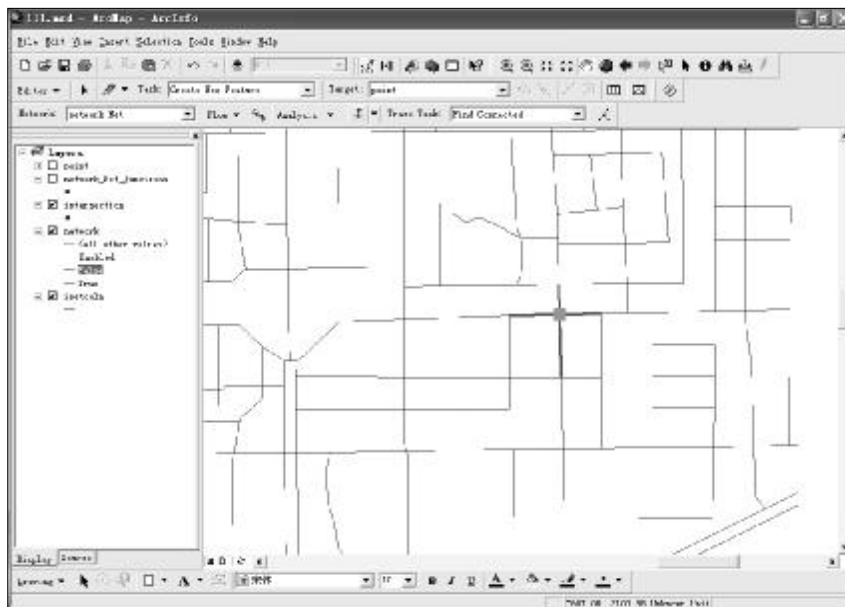


图 7.58 利用权重过滤器进行网络连接要素分析结果

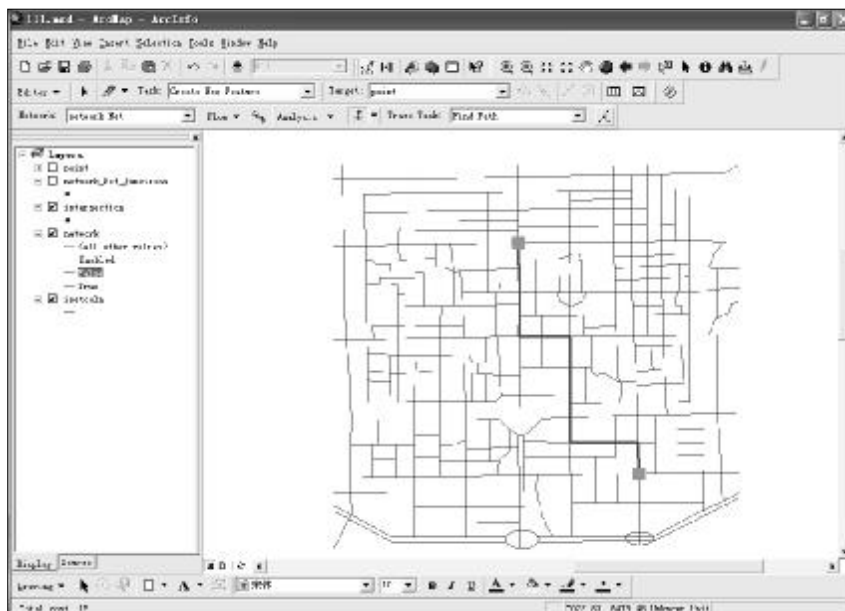


图 7.59 网络路径分析分析结果

K. 网络路径分析 (find path)

- 将旗标放在欲寻找路径的要素之间;
- 点选追踪工作 (Track task) 下拉菜单选择寻找路径 (find path); (图 7.46)
- 单击 solve 键, 则在设定旗标的要素之间的路径将显示出来。(图 7.59)

L. 最短路径分析 (find a shortest path)

- 将旗标放在欲寻找路径的要素之间;
- 点选 Analysis 并选 Options;
- 点选 Weights 标签页, 点选 Junction weights 下拉箭头并选择欲用来计算交点的权重字段名; (图 7.49)
- 单击 From-to 线段权重下拉箭头并选择欲追踪沿线状要素数字化方向的权重字段名。单击 To-from 线段权重下拉箭头并选择欲追踪沿线状要素数字化反方向之权重字段名, 并按 OK;
- 点选追踪工作 (Track task) 下拉菜单选择寻找路径 (find path); (图 7.46)
- 单击 solve 键, 以所选的比重为基础的最短路径将显示出来, 这条路径的总成本将显示在状态列。(图 7.60)

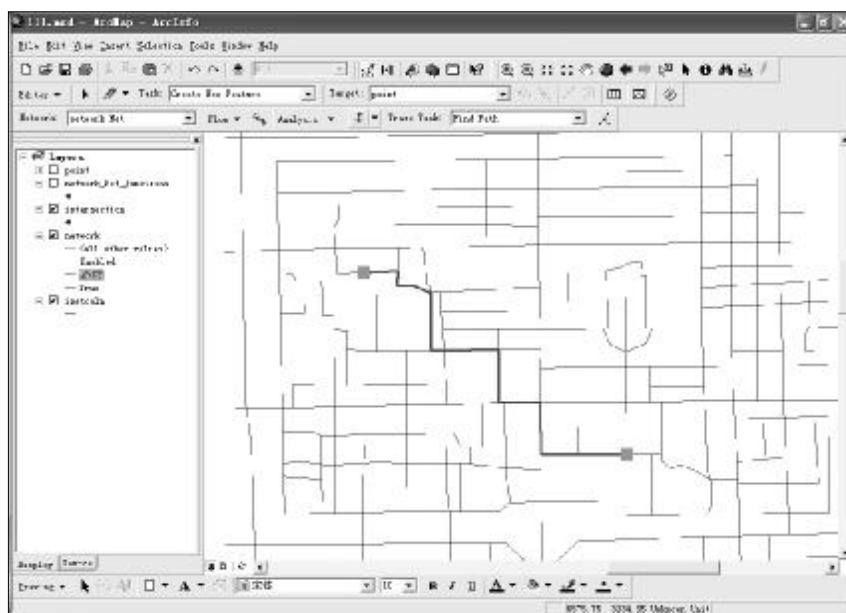


图 7.60 网络最短路径分析分析结果

M. 寻找上溯路径 (Finding an upstream path)

- 点选 Analysis 并选 Options。点选 Results 选单并选 Selection 将追踪工具的结果传回作为选择结果。不检查交点, 结果只传回线段, 单击 OK;
- 在地图上的终点位置放置旗标;
- 点选追踪工作 (Track task) 下拉菜单选择寻找上游路径 (Find path upstream); (图

7.46)

- d. 单击 solve 键;
- e. 点选 Analysis 并选 Clear Flags;
- f. 在主菜单上点选 Selection, 将鼠标移至 Interactive Selection Method 并选 Add to Current Selection;

g. 在地图上的起点位置放置旗标;

- h. 点选追踪工作 (Track task) 下拉菜单选向下游追踪 (Find downstream) 见(图 7.46) 单击 solve 键;

i. 点选 Analysis 并选 Options, 点选 General 标签页并选 Unselected features 将目前所选设定为障碍。按 OK; (图 7.61)

j. 在主菜单上点选 Selection, 将鼠标移至 Interactive Selection Method 并选 Create New Selection;

k. 在地图上的终点位置放置旗标;

l. 点选追踪工作 (Track task) 下拉菜单选择寻找路径 (find path); (图 7.46)

m. 单击 solve 键, 如果存在的话, 这项结果就是从起点至终点之向上游路径。(图 7.62)



图 7.61 Analysis Options 对话框 General 标签

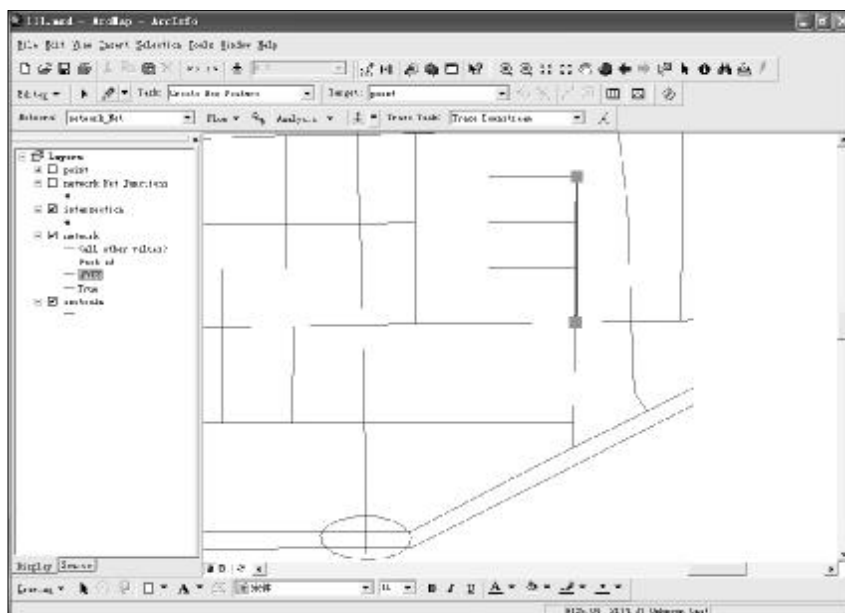


图 7.62 寻找上溯路径分析结果

N. 网络环路分析 (find loops)

a. 在欲寻找循环之每一个连结组成上至少放置一个旗标;

b. 点选追踪工作 (Track task) 下拉菜单选择寻找循环 (find loops); (图 7.46)

c. 单击 solve 键, 则已放置旗标的每一个连结组成具有循环特性的要素将显示出来。(图

7.63 深色线状要素为环路, 浅色为非环路)

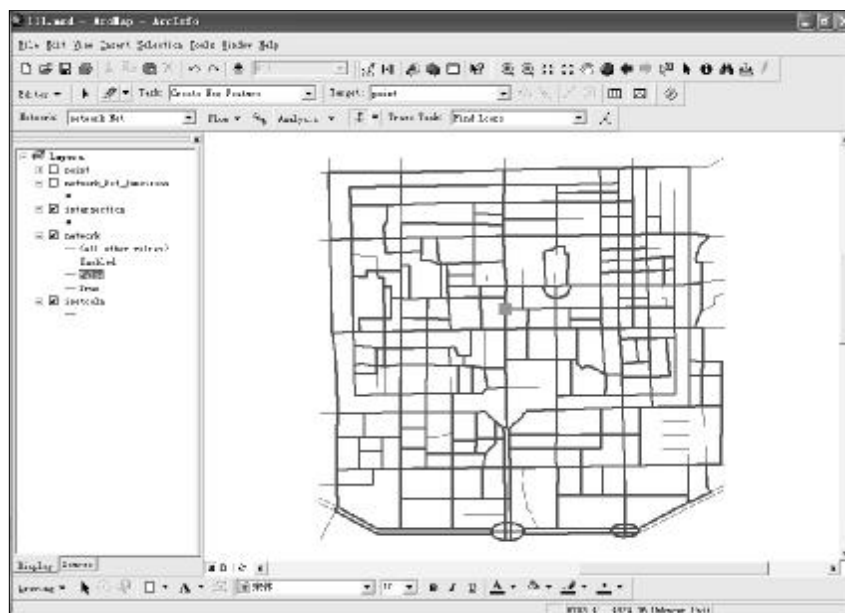


图 7.63 网络环路分析结果

7.4 实例与练习

7.4.1 市区择房分析

1. 背景:

如何找到环境好、购物方便、小孩上学方便的居住区地段是购房者最关心的问题，因此购房者就需要从总体上对商品房的信息进行研究分析，选择最适宜的购房地段。

2. 目的:

学会利用缓冲区分析和叠置分析解决实际问题。

3. 数据:

试验数据位于\Chp7\Ex_1，请将练习拷贝至 E:\Chp7\Ex1\

- a) 城市市区交通网络图 (network.shp)
- b) 商业中心分布图 (Marketplace.shp)
- c) 名牌高中分布图 (school.shp)
- d) 名胜古迹分布图 (famous place.shp)

这些文件综合在一起是 city.mxd

4. 要求:

所寻求的市区是噪声要小，距离商业中心和各大名牌高中要近，是为了环境优雅离名胜古迹较近环境优雅。综合上述条件，给定一个定量的限定如下：

- a) 离主要市区交通要道 200 米之外，交通要道的车流量大，噪音产生的主要源于此；(ST 为道路类型中的主要市区交通要道)
- b) 距大型商业中心的影响，以商业中心的大小来确定影响区域，具体是以其属性字段 YUZHJ;
- c) 距名牌高中在 750 米之内，以便小孩上学便捷；
- d) 距名胜古迹 500 米之内。

最后分别将满足上述条件的其中一个条件的取值为 1，不满足的取值为 0，即如果满足距主要市区交通要道 200 米之内，取值为 1，反之为 0；其他亦是如此，最后将其累加得到分级。即满足三个条件的累加得到 3，满足 2 个条件的得到 2，最后将全部分成 4 级。

5. 操作步骤:

首先打开 ArcMap，打开 E:\Chp7\Ex1\city.mxd 文件将文件加入到窗口中来，这时五个文件全被加入 ArcMap；

(1) 主干道噪音缓冲区的建立

1) 选择交通网络图层 (network.shp)，打开图层的属性表，在右下角的打开 option 选项中，在菜单中选择 select by attributes，在弹出的 select by attributes 对话框中，左边选择“TYPE”双击将其添加到对话框下面 SQL 算式表中，中间点 “=”，再单击 Get unique values 将 TYPE 的全部属性值加入上面的列表框中，然后选择“ST”属性值，双击添加到 SQL 算

式表中，单击 APPLY 按钮，就将市区的主要道路选择出来了；（图 7.64）

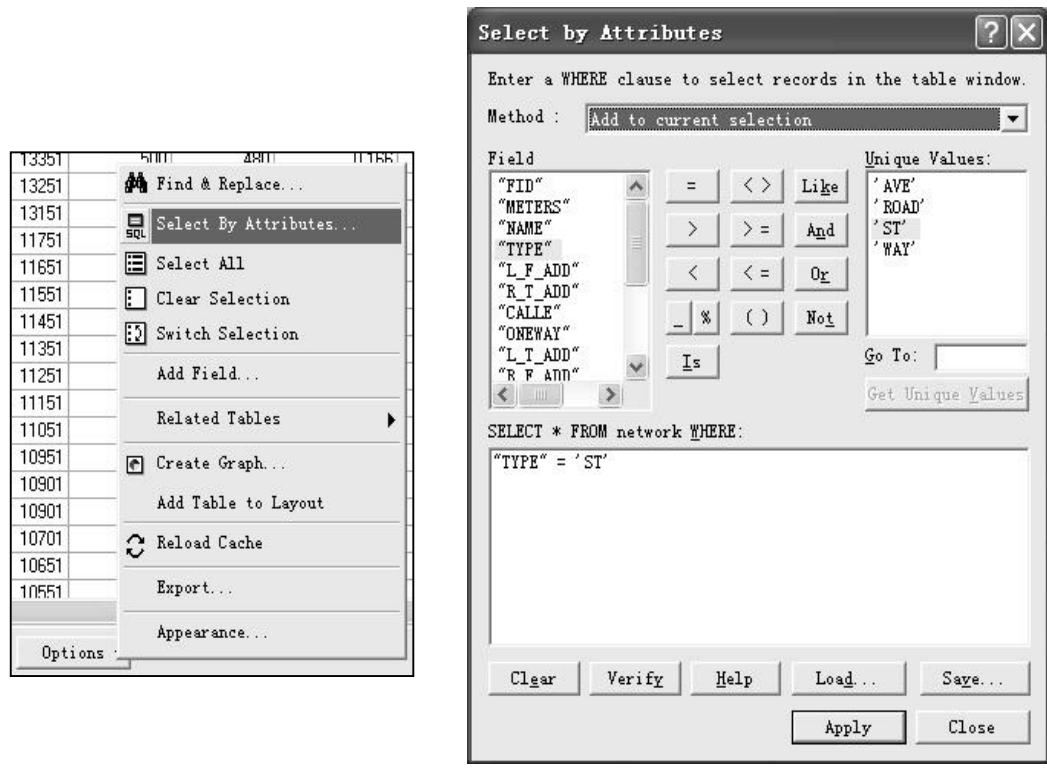



图 7.64 交通道路图通过属性选择要素

- 2) 点击缓冲区按钮  对选择的主干道进行缓冲区的建立，首先在缓冲区对象图层选择交通网络图层（network），然后将 Use Only the Selected Feature（仅对选择的要素进行分析）选项选中，单击 next；
- 3) 确定尺寸单位如米，选择第一种缓冲区建立方法（At a specified distance），指定缓冲区半径为 200 米，单击 next；
- 4) 因为不是分别考虑一个图层的各个不同的要素的目的，所以我们在这里选择的是第一种边界设定类型（Dissolve barriers between），然后指定好缓冲区文件的存放路径和文件名后，单击 OK，完成主干道噪音污染缓冲区的建立。（图 7.65）

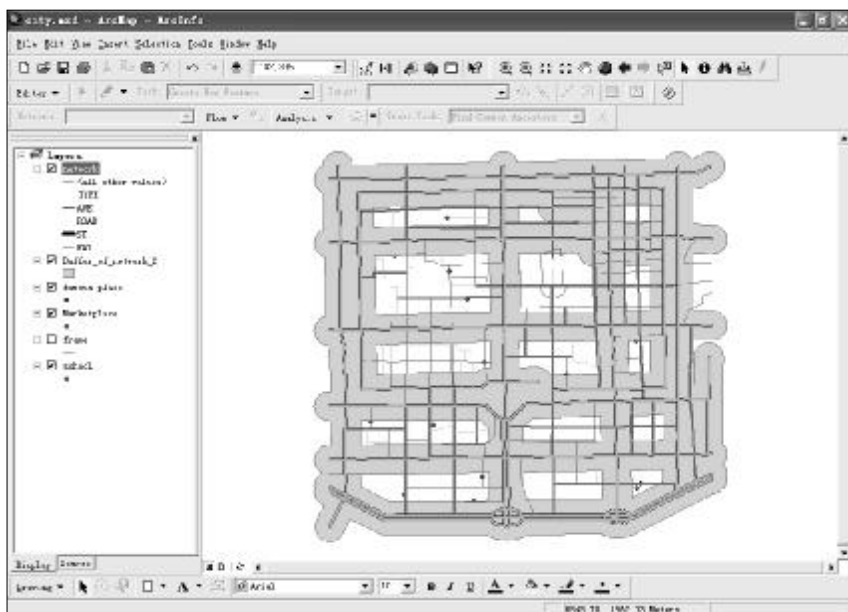



图 7.65 市区交通要道 200 米之外缓冲区

(2) 商业中心影响范围建立

- 1) 建立大型商业中心的影响范围。首先点击缓冲区按钮 ，在缓冲区对象图层选择商业中心分布图层 (network)，单击 next；
- 2) 确定尺寸单位，选择第一种缓冲区建立方法，以其属性字段 YUZHI 为缓冲区半径，单击 next；
- 3) 选择的是第一种边界设定类型，然后指定好缓冲区文件的存放路径和文件名后，

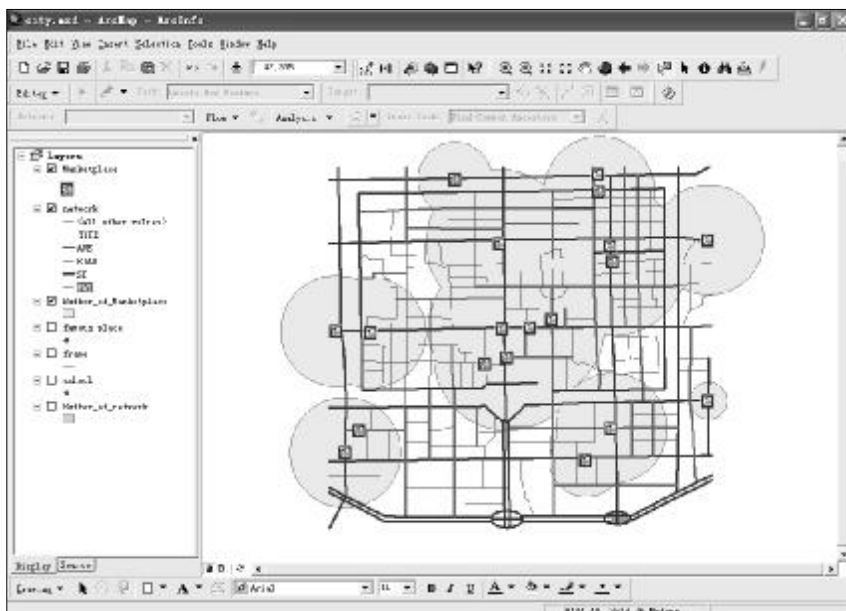



图 7.66 商业中心影响范围缓冲区

单击 OK，完成商业中心影响范围缓冲区的建立。（图 7.66）

（3）名牌高中的影响范围建立

- 1) 单击缓冲区按钮 ，在缓冲区对象图层选择名牌高中分布图层（school），单击 next；
- 2) 确定尺寸单位如米，选择第一种缓冲区建立方法，指定 750 米作为半径，设置好后，单击 next；
- 3) 选择的是第一种边界设定类型，然后指定好缓冲区文件的存放路径和文件名后，

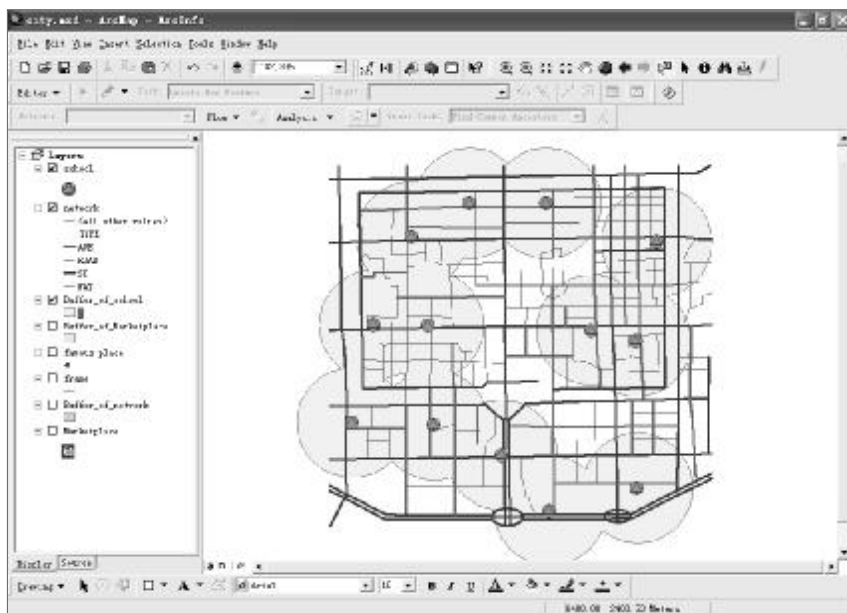



图 7.67 名牌高中的覆盖范围

单击 OK，完成名牌高中的覆盖范围缓冲区的建立。（图 7.67）

（4）名胜古迹的影响范围建立

- 1) 单击缓冲区按钮 ，在缓冲区对象图层选择名胜古迹分布图层（famous place），
- 2) 单击 next，确定尺寸单位，选择第一种缓冲区建立方法，指定 500 米作为缓冲区半径，设置好后，单击 next；
- 3) 选择的是第一种边界设定类型，然后指定好缓冲区文件的存放路径和文件名后，单击 OK，完成名胜古迹的覆盖范围缓冲区的建立。（图 7.68）

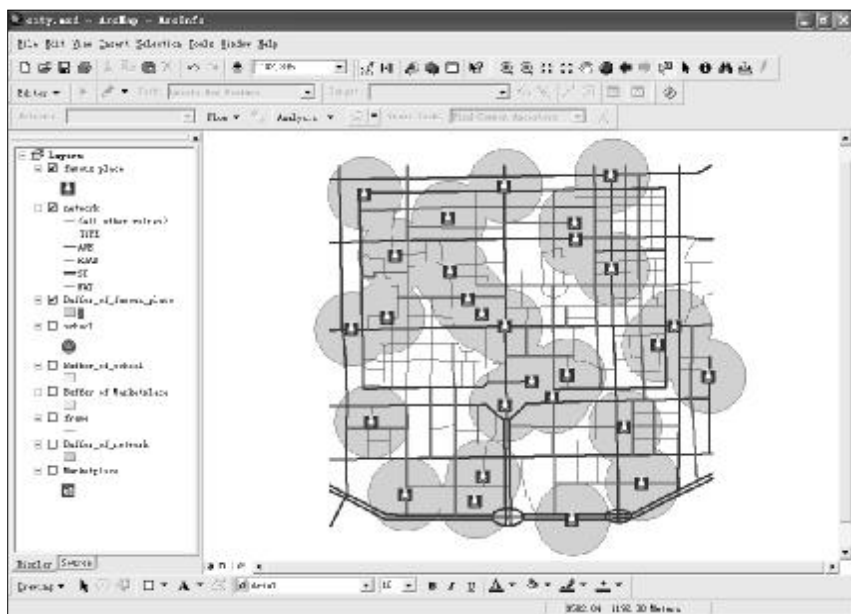


图 7.68 名胜古迹的周边覆盖影响范围

(5) 进行叠置分析，将满足上述四个要求的区域求出

1) 对商业中心影响范围、名牌高中的影响范围和名胜古迹的影响范围三个缓冲区图层进行叠置分析的交集操作，可将同时满足三个条件的区域求出。打开 ArcToolBox，依次选择 analyst tools->overlay->Intersect 操作，打开交集操作对话框。将商业中心的缓冲区、名牌高中的缓冲区和名胜古迹的缓冲区分别进行添加，设定输出文件名并选择全部字段，输出类型和输入类型一样。单击 OK，可获得同时满足三个条件的交集区域。(图 7.69)

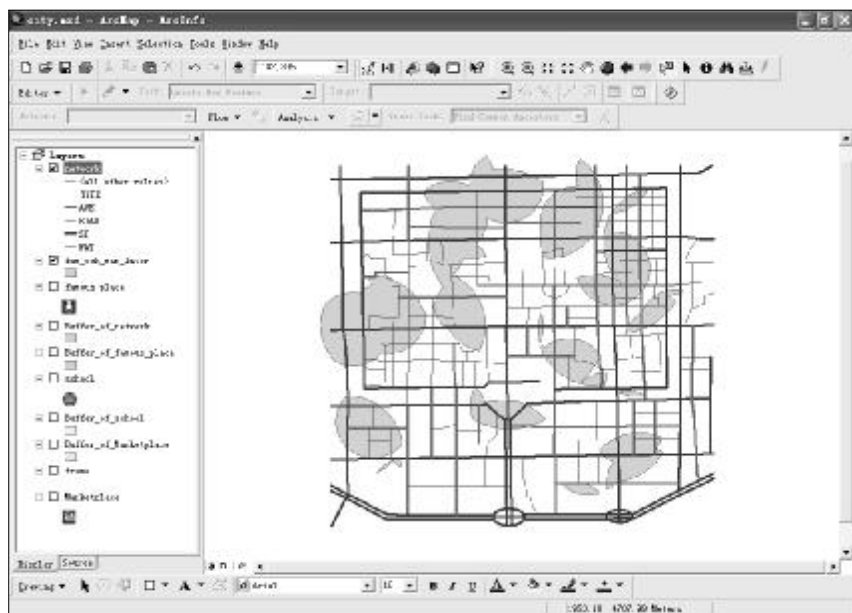


图 7.69 满足三个条件的区域

别添加 market, school 和 famous 字段, 并全部赋值为 1。(图 7.71) 同时向主干道噪音缓冲区图层的属性列表中添加 voice 字段, 全部赋值为-1。这里取-1 的原因是噪音缓冲区之外的区域才是满足要求的。

2) 打开 ArcToolBox, 分别选择 analyst tools->overlay->Union, 打开图层合并操作对话框。将四个缓冲区图层逐个添加进去, 同时设定输出图层的地址和文件名 Union, 将全部字段连接, 单击 OK, 得到四个区域的叠加合并图(图 7.72)。

3) 打开生成的 Union 文件图层的属性列表, 添加一个短整型字段 class。保留 FID, Shape*, class, market, voice, school 和 famous 字段, 在 Editor 工具栏下拉菜单中选择 start editing, 然后在属性列表中的 class 字段上单击右键, 选择 Calculate values。单击之后, 打开 Field Calculator 对话框, 输入运算公式 $class = market + voice + school + famous$ 将其进行分等定级。如图 7.73, 分等定级的标准为:

- 第一等级: 数值为 3;
- 第二等级: 数值为 2;
- 第三等级: 数值为 1;
- 第四等级: 数值为 0;
- 第五等级: 数值为-1。

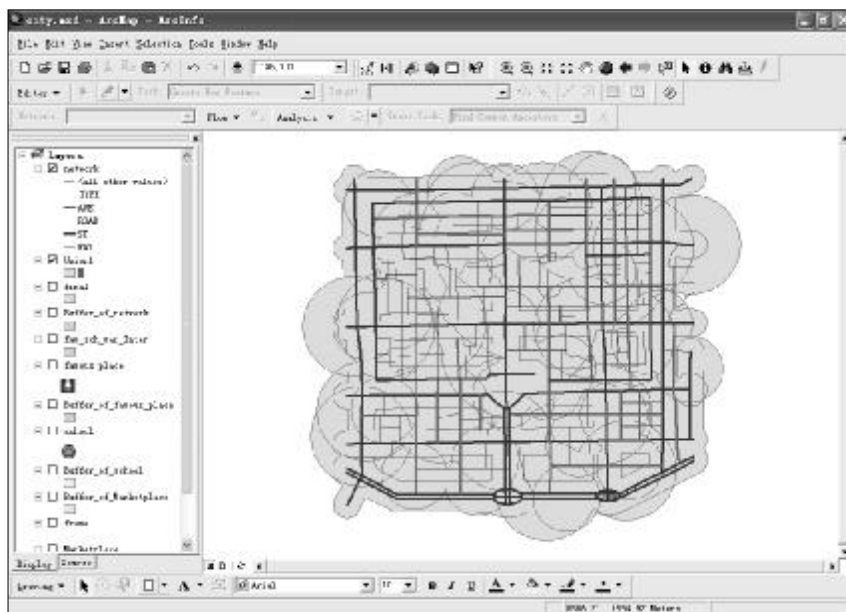


图 7.72 四个缓冲区的叠加图

4) 最后在 Union 图层的属性中将图层设置成 class 字段的分级显示, 得到整个市区的分等定级图。颜色越深, 满足的条件就越多, 就是优选区域; 而相对的颜色浅的区域则是满足的条件较少, 也就不是优选区域(图 7.74)

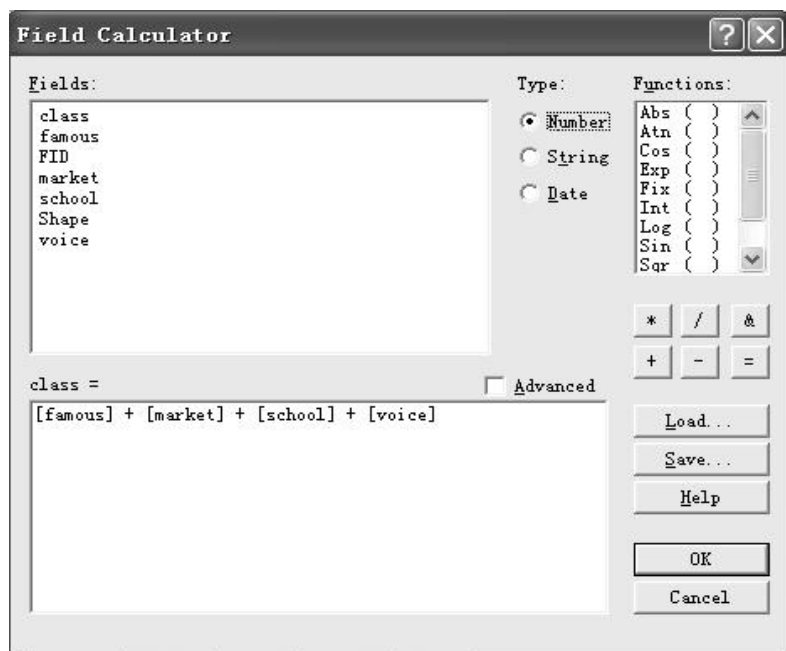


图 7.73 分级数值的计算实现

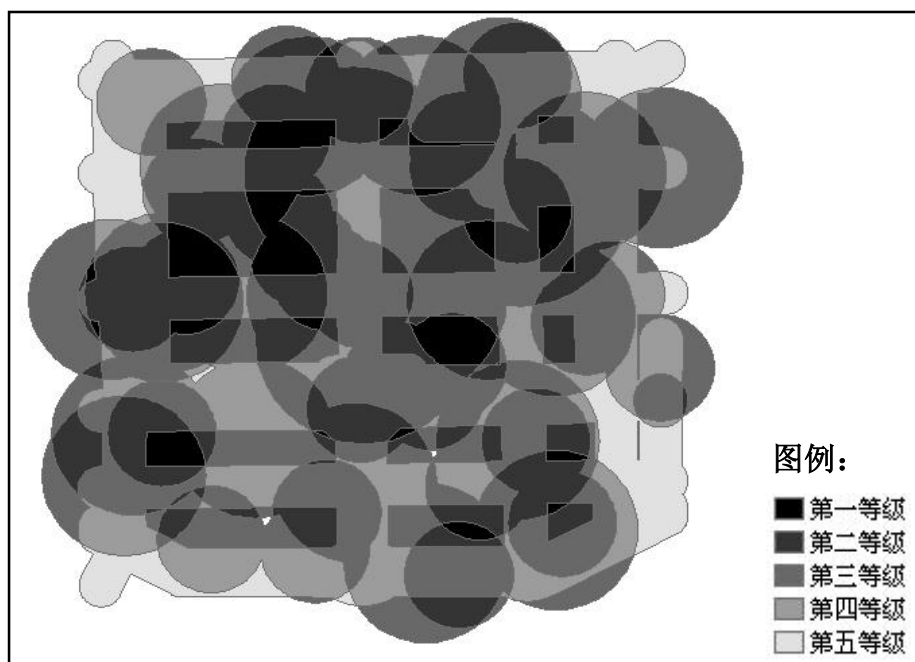


图 7.74 市区分等定级图

以上实例对于笔者感兴趣的及格条件进行分析,并得到很好的分析结果。在现实中,由于考虑到的影响购房的因素较多,可以添加其他限定条件,例如房地产价格,交通便

利与否，是否是闹市区，离工作地点远近等。读者不妨自己设计阈值和条件，寻找符合自己要求的区域。

7.4.2 最短路径问题分析与应用

6. 背景：

最短路径的求取问题在现实中是可以拓展许多方面的最高效率问题，与它的深入研究有十分重要的意义。

7. 目的：学会用 ArcGIS9 进行各种类型的最短路径分析，理解网络分析原理。

8. 数据：试验数据位于\Chp7\Ex2，请将练习的数据拷贝至 E:\Chp7\Ex2\

数据包括一个 GeoDatabase 地理数据库：“City.mdb”中含有城市交通网、超市分布图，网络关系以及家庭住址。

9. 要求：

通过分析能够得到到达指定目的地的路径选择方案以及根据不同的权重得到不同的最佳路径，并给出路径的长度；根据需求找出到过距景点最近的某设施的路径。本实验以超市为例。

- Ø 在网络中指定一个超市，分别求出在不同距离、时间的限制下从家到超市的最佳路径。
- Ø 给定访问顺序，按要求找出从家逐个经过中间位置最终到达目的地的最佳路径。
- Ø 研究阻强的设置对最佳路径选择的影响

10. 操作步骤：

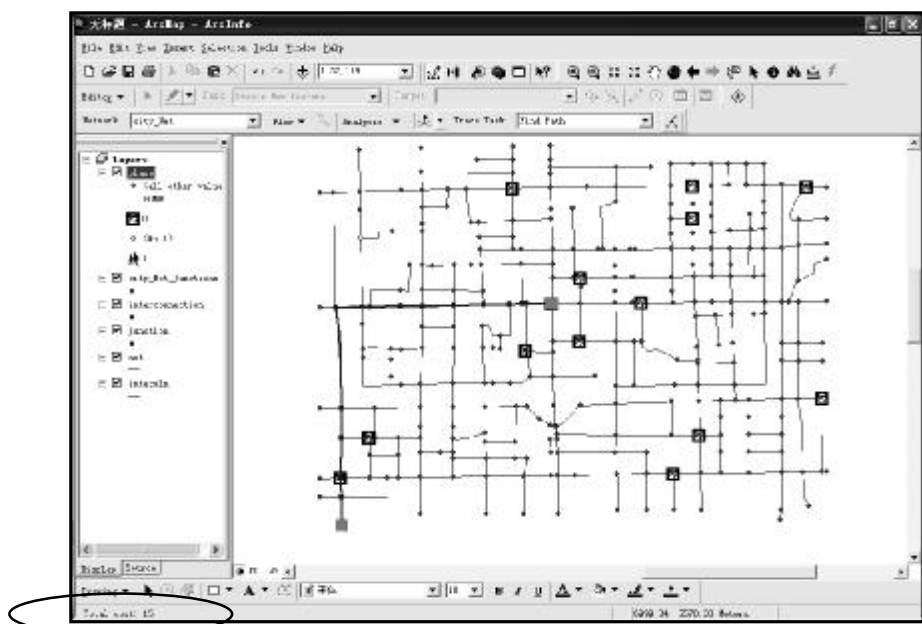
首先打开 ArcMap 选择 E:\Chp7\Ex2\city.mdb 再双击后选择将整个要素数据集 city 进行加载。然后将 place 点状要素以 HOME 字段属性值进行符号化，1 值是家，0 值是超市。

（1）无权重最佳路径的选择

1) 在设施网络分析工具条上，点选旗标和障碍工具板下拉箭头，将旗标放在家和想要去的超市点上。

2) 从在 Analysis 下拉菜单中的 Options 按钮打开 Analysis Options 对话框，确认对话框中 weight 和 weight filter 标签项全部是 none，这种情况下进行的最短路径分析是完全按照这个网络自身的长短来确定的。

3) 点选追踪工作 (Track task) 下拉菜单选择寻找路径 (find path)。单击 solve 键，最短路径将显示出来，这条路径的总成本将显示在状态栏。(图 7.75)



注：这里的“15”指的是从起点到目的地总共经过了 14 个网络节点，如果把两个网络节点当作一个街区的话，也就是指中间经过了有 15 个街区的意思。

图 7.75 无权重参照的最佳路径的显示

(2) 加权最佳路径选择

1) 在设施网络分析工具条上，点选旗标和障碍工具板下拉箭头，将旗标分别放在家和想去的某个超市的位置上。

2) 选择 Analysis 下拉菜单下的 Option 按钮，打开 Analysis Option 对话框，选择 Weight 标签页，在边的权重(edge weight)上，全部选择长度 (length) 权重属性。(图 7.76)

3) 点选追踪工作 (Track task) 下拉菜单选择寻找路径 (find path)。单击 solve 键，则以长度为比重为的最短路径将显示出来，这条路径的总成本将显示在状态栏。(图 7.77)

4) 以上是通过距离远近的选择而得到的最佳路径。实际中不同类型的道路由于道路车流量的问题，有时候要选择通行时间最短的路径，同样可利用网络分析来获得最佳路径。(图 7.78)

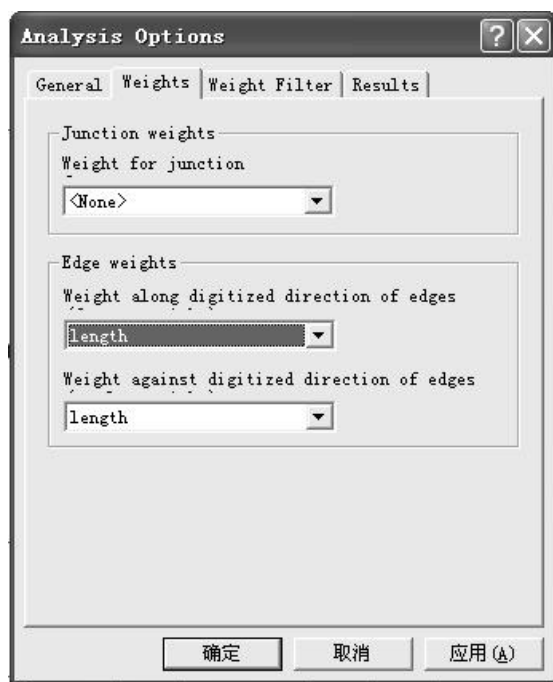
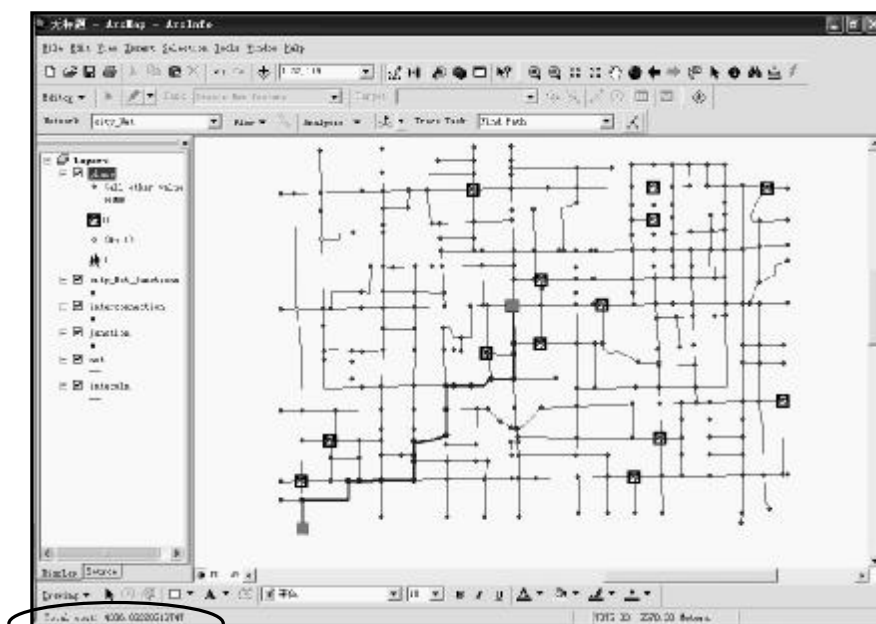
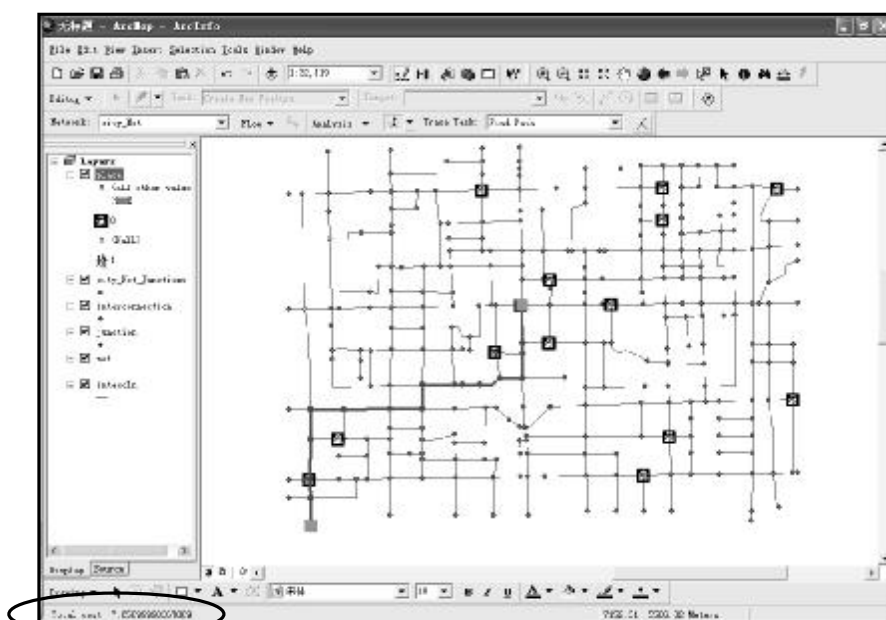


图 7.76 长度权重属性设置



注：总共花费的距离为 4336.86220516747meters

图 7.77 距离加权最佳路径



注：总共花费的时间是 7.65minutes

图 7.78 时间加权最佳路径

这里的时间属性是在建网之前，通过各个道路的类型（主干道，次要道等）得到速度属性，然后通过距离和速度的商值确定的。例子里并没有考虑红灯问题以及其他因素，是一种较理想的情况，但可以通过将其他的要素逐渐加入来完善。

(3) 按要求和顺序能够逐个通过目标点的路径的实现

1) 在设施网络分析工具条上, 点选旗标和障碍工具板下拉箭头, 将旗标按照车辆访问的顺序逐个放在各个目标点上;

2) 选择 Analysis 下拉菜单, 选择 Option 按钮, 打开 Analysis Option 对话框, 选择 Weight 标签页, 在边的权重(edge weight)上, 全部选择长度 (length) 权重属性; (图 13)

3) 点选追踪工作 (Track task) 下拉菜单选择寻找路径 (find path)。单击 solve 键, 从起点按顺序逐一经过超市后回到起点的最短有效路径将显示出来, 这条路径的总成本将显示在状态栏; (图 7.79)

4) 同样是经过这 11 个地点, 权重如果是时间的, 由于道路车流量的不同, 导致车速不同, 有时为了节约时间需绕路, 所以使得路径发生很大的改变, 而从外围的道路行驶了。(图 7.80)

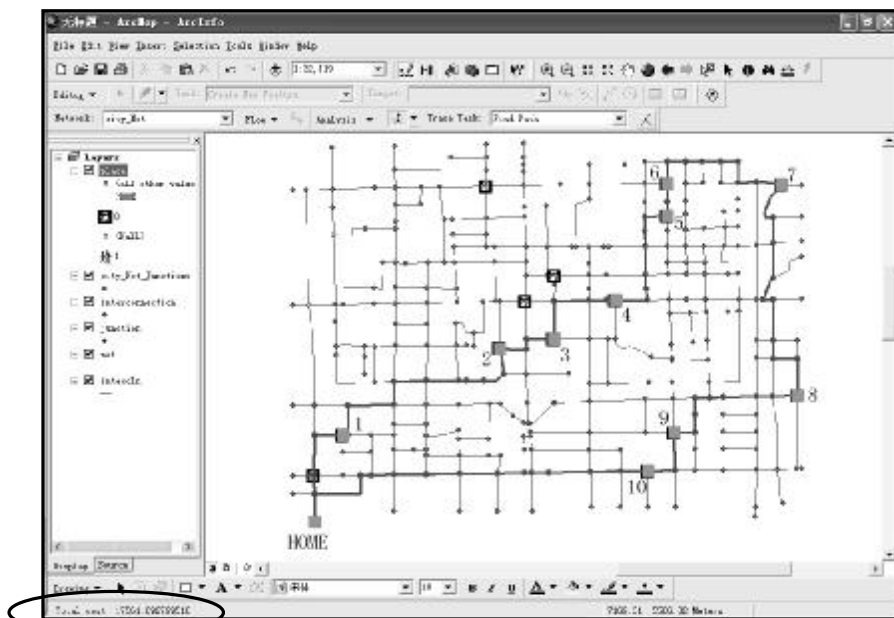


图 7.79 逐个目的地的路径的获得

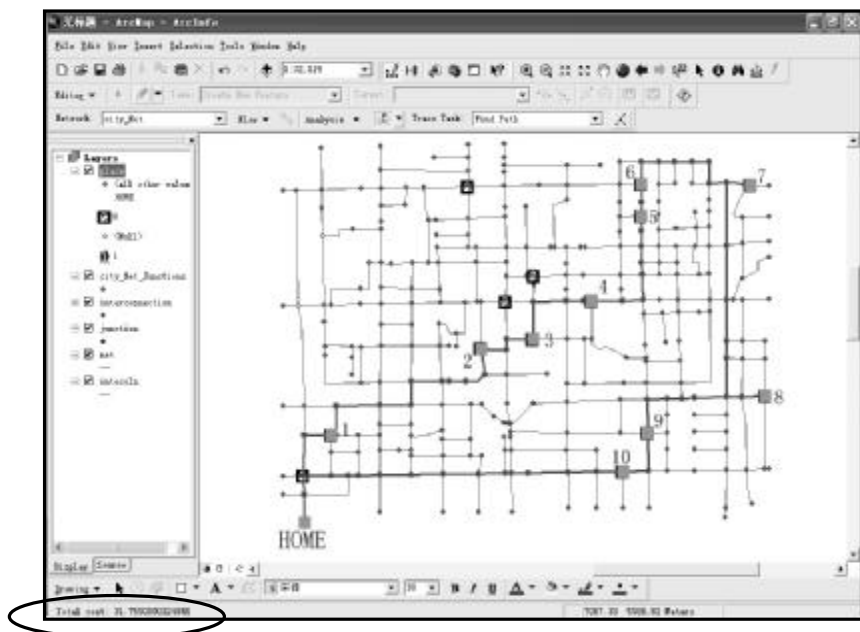




图 7.80 时间权重的逐点路径获得

(4) 阻强问题

这里的阻强是指网络中的点状要素或线状要素因为某些突发事件（如交通事故）而不可运行时，原来获得的最短路径就需要进行修正，具体操作如下：

1) 修路的情形出现，即某个路段不可运行。这在网络中的表现是设置阻强，方法有两种，一种是永久性的。直接将网络边要素的属性修改成不可运行。具体操作是选择要进行设置的边要素，将其属性中的 **Enabled** 字段改成 **False** 即可；另一种是暂时性的，设置边要素障碍。即利用边要素障碍添加工具进行设置。同样取上述实验中的超市为目标地点，假设其中一条路段正在修路，则产生的新的最佳路径如图 7.81（图中标注“X”即为阻强设置边）。可以看出路段的维修状况使最佳路径产生了改变，同时最近距离也随之发生改变。

2) 十字路口发生问题，即网络中的结点不可运行。这时在网络中的表现也是设置阻强，方法和线状要素的一样，改变结点属性或利用点要素阻强添加工具进行设置，进行同样的最佳路径选取，假设其中某个路口出现阻塞，利用该方法产生的最佳路径如图 7.82。

以上这个例子能够简单说明网络分析中的最短路径问题在实际之中的用途。并且例子也表明了网络中要素的变化对最佳路径的产生什么样的影响。相信随着考虑到的实际因子的增加，一定会使得网络分析的模型更趋于实际，在指导现实生活方面发挥着越来越大的作用。

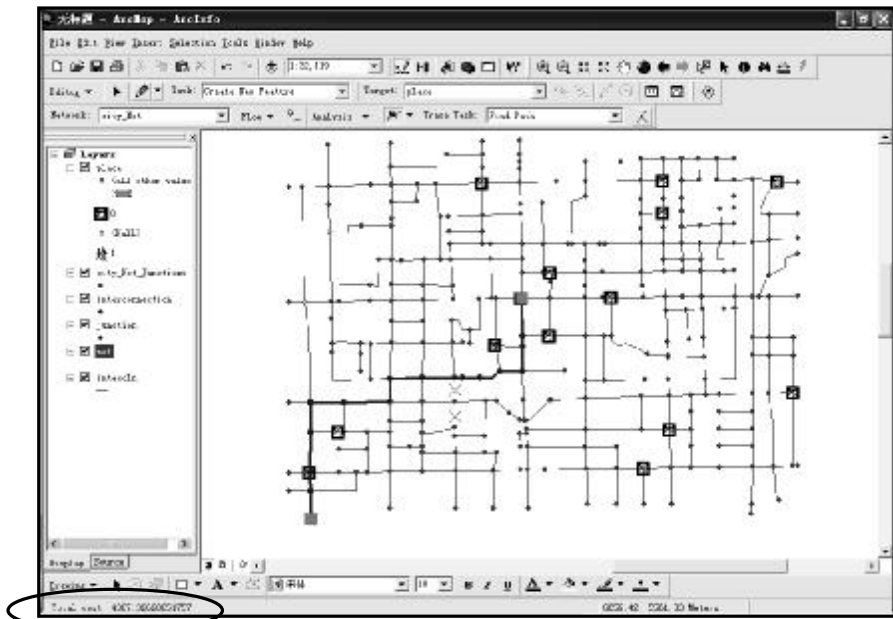


图 7.81 有边阻强的距离加权最佳路径

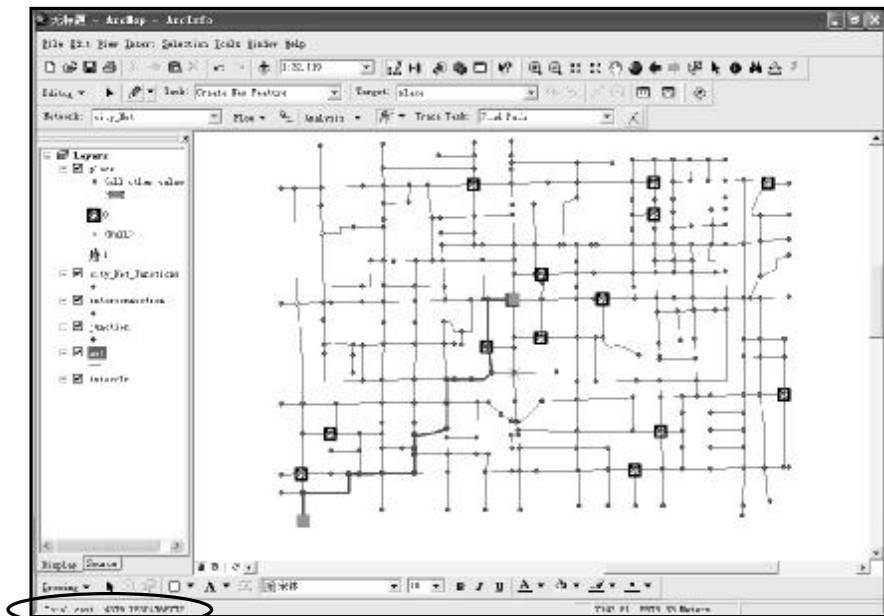


图 7.82 有点阻强的距离加权最佳路径