
MAPGIS10 空间分析

地理信息系统(GIS)具有很强的空间信息分析功能，这是区别于计算机地图制图系统的显著特征之一。利用空间信息分析技术，通过对原始数据模型的观察和实验，用户可以获得新的经验和知识，并以此作为空间行为的决策依据。空间信息分析的内涵极为丰富。作为GIS的核心部分之一，空间信息分析在地理数据的应用中发挥着举足轻重的作用。

以下通过三种主要 GIS 数据类型——矢量、栅格、TIN(不规则三角网)，分别介绍 Mapgis10 提供的应用于不同数据类型的常用空间分析方法。

一、 矢量空间分析

矢量空间分析主要通过空间数据和空间模型的联合分析来挖掘空间目标的潜在信息，而这些空间目标的基本信息，无非是其空间位置、分布、形态、距离、方位、拓扑关系等，其中距离、方位、拓扑关系组成了空间目标的空间关系，它是地理实体之间的空间特性，可以作为数据组织、查询、分析和推理的基础。通过将地理空间目标划分为点、线、面不同的类型，可以获得这些不同类型目标的形态结构。将空间目标的空间数据和属性数据结合起来，可以进行许多特定任务的空间计算与分析。

1.1 图元合并

图元合并即矢量空间聚合，是根据空间邻接关系、分类属性字段，进行数据类型的合并或转换以实现空间地域的兼并（数据的综合）。空间聚合的结果往往将较复杂的类别转换为较简单的类别，当从地点、地区到大区域的制图综合变换时常需要使用这种分析处理方法。

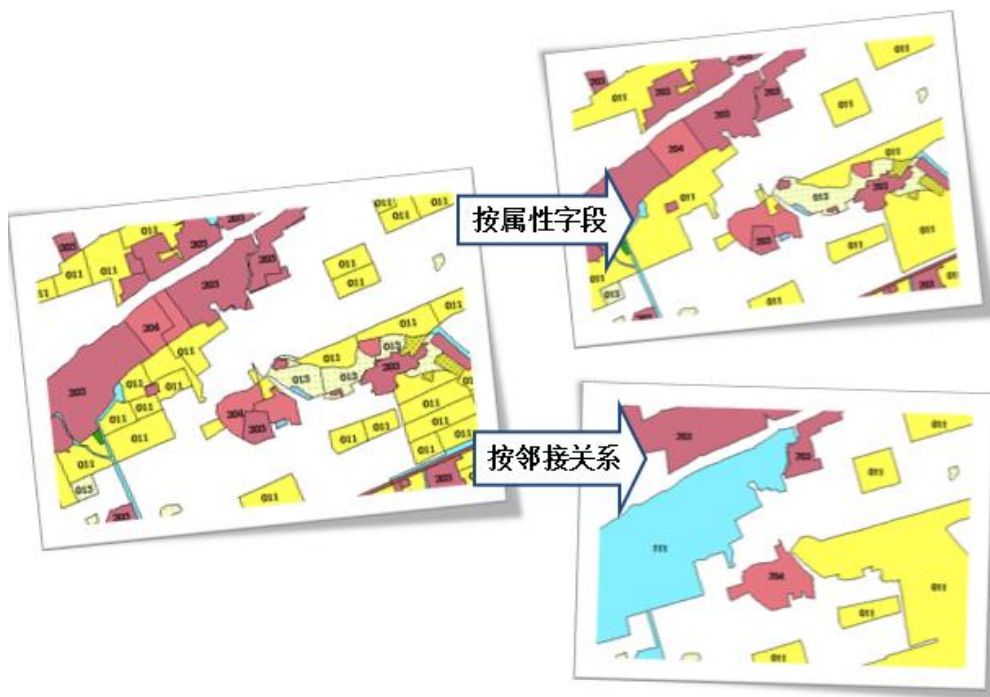


图 1 图元合并示例图

1.2 空间查询

空间查询是将输入图层与查询图层的要素或是交互输入的查询范围进行空间拓扑判别 (包含、相离、相交、外包矩形相交), 从输入图层中提取出满足拓扑判别条件的图元。

1.3 叠加分析

覆盖叠加分析是将两层或多层地图要素进行叠加产生一个新要素层的操作, 其结果将原来要素分割生成新的要素, 新要素综合了原来两层或多层要素所具有的属性。也就是说, 覆盖叠加分析不仅生成了新的空间关系, 还将输入数据层的属性联系起来产生了新的属性关系。覆盖叠加分析是对新要素的属性按一定的数学模型进行计算分析, 进而产生用户需要的结果或回答用户提出的问题。叠加分析提供的运算类型有: 求并、求交、相减、判别、对称差、区区更新。

求并运算: 通过把两个图层的区域范围联合起来而保持来自输入图层和叠加图层的所有

地图要素。求并运算将原来的多边形或线要素分割成新要素，新要素综合了原来两层的属性。

标志码	面积	周长	f1
1	320.5	61.2	a

标志码	面积	周长	f2
1	280.7	50.1	b

标志码	面积	周长	f1	区号	F2
1	198.2	51.3	a		
2	122.3	42.1	a	1	b
3	158.4	53.4		1	b

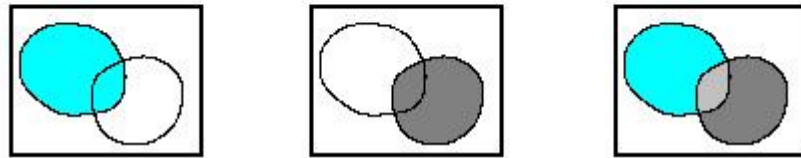


图 2 区对区求并运算示意图

求交运算：交集操作是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。

的新的图层上显示出来。

标志码	面积	周长	f1
1	320.5	61.2	a

标志码	面积	周长	f2
1	280.7	50.1	b

标志码	面积	周长	F1	区号	f2
1	122.3	42.1	A	1	b

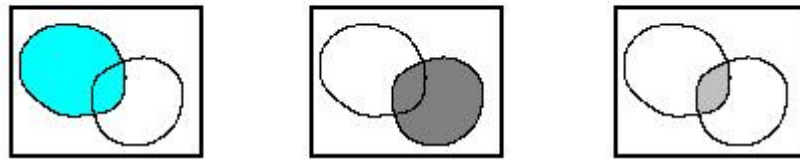


图 3 区对区求交运算示意图

相减运算：输入图层根据擦除图层的范围大小，将擦除参照图层所覆盖的输入图层内的

要素去除，最后得到剩余的输入图层的结果。

标志码	面积	周长	f1
1	320.5	61.2	a

标志码	面积	周长	f2
1	280.7	50.1	b

标志码	面积	周长	F1	区号	F2
1	198.2	51.3	A		

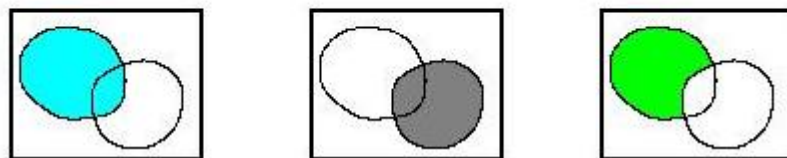


图 4 区对区相减结果示意图

判别运算：输入图层和另外一个图层进行识别叠加，在图形交叠的区域，识别图层的属

性将赋给输入图层在该区域内的地图要素，同时也有部分图形的变化在其中。

标识码	面积	周长	f1	标识码	面积	周长	f2	标识码	面积	周长	f1	f2
1	320.5	61.2	a	1	280.7	50.1	b	1	198.2	61	a	
								2	122.3	25.6	a	b

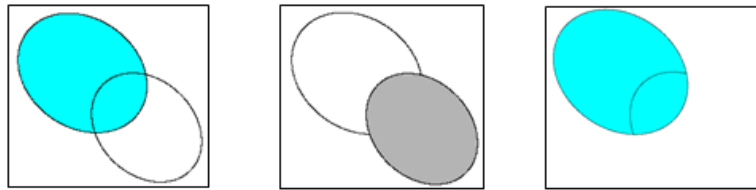


图 5 区判别运算示意图

对称差运算 对称差运算获得两个图层去掉它们之间的公共部分 ,而只需要剩下的部分 ,同时对原有图层的空间上的分布也进行一定区域内的调整 ,新生成的图层的属性也是综合两者的属性而产生的。

标志码	面积	周长	f1	标志码	面积	周长	f2	标志码	面积	周长	f1	区号	F2
1	320.5	61.2	a	1	280.7	50.1	b	1	198.2	51.3	a		
								2	122.3	42.1	a	1	b

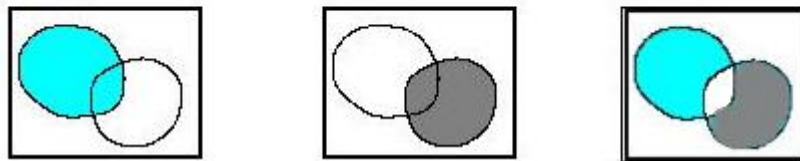


图 6 区对区对称差示意图

区区更新 :对输入的图层和修正图层进行几何相交的计算后 ,输入图层被修正图层覆盖的那一部分的属性被修正图层替代 ,且重叠部分将被修正图层所替代 ,而输入图层那一部分将被擦除。

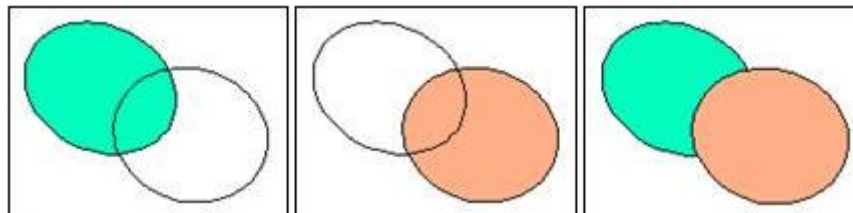


图 7 区区更新示意图

1.4 缓冲区分析

缓冲区分析是地理信息系统重要的空间分析功能之一，它在交通、林业、资源管理、城市规划中有着广泛的应用。例如：湖泊和河流周围保护区的定界，汽车服务区的选择，民宅区远离街道网络的缓冲区的建立等。缓冲区分析是针对点、线、面实体，自动建立其周围一定宽度范围以内的缓冲区多边形。缓冲区的产生有三种情况：

一是基于点要素的缓冲区，通常以点为圆心、以一定距离为半径的圆；

二是基于线要素的缓冲区，通常是以线为中心轴线，距中心轴线一定距离的平行条带多边形；

三是基于面要素多边形边界的缓冲区，向外或向内扩展一定距离以生成新的多边形。

1.5 对比分析

数据对比分析技术用于分析两个空间数据之间的差异，便于变化检测与自动更新。一个地区或城市通常由不同的部门负责采集地图数据并各自建立相应的空间数据库，因此现实世界中同一地物在不同来源的地图上通常都存在着差异，这种差异是由于制图误差、不同应用目的或不同人的解释差异以及制图综合等因素的影响而产生的。矢量对比分析是通过分析空间实体的差异和相似性识别出不同来源图中表达现实世界同一地物的过程，综合考虑矢量数据的属性信息、空间信息和图形信息来对比分析不同来源数据的差异实体。

1.6 网络分析

对地理网络(如交通网络)、城市基础设施网络(如各种网线、电力线、电话线、供排水管线等)进行地理分析和模型化,是地理信息系统中网络分析功能的主要目的。网络分析是运筹学模型中的一个基本模型，它的根本目的是研究、筹划一项网络工程如何安排，并使其运行

效果最好,如一定资源的最佳分配,从一地到另一地的运输费用最低等。其基本思想则在于人类活动总是趋向于按一定目标选择达到最佳效果的空间位置。这类问题在生产、社会、经济活动中不胜枚举。

路径分析 路径分析是为绕过障碍,在指定一系列网标之间找一条耗费资源最小的路径,这个资源可以是时间、成本、距离等。它的产生基于边线元素的顺权和逆权,结点元素的权值以及转角权值。



图 8 最佳路径分析示例

地址匹配:地址匹配实质是对地理位置的查询,它涉及到地址的编码(Geocode)。地址匹配与其它网络分析功能结合起来,可以满足实际工作中非常复杂的分析要求。



图 9 地址匹配示例

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。

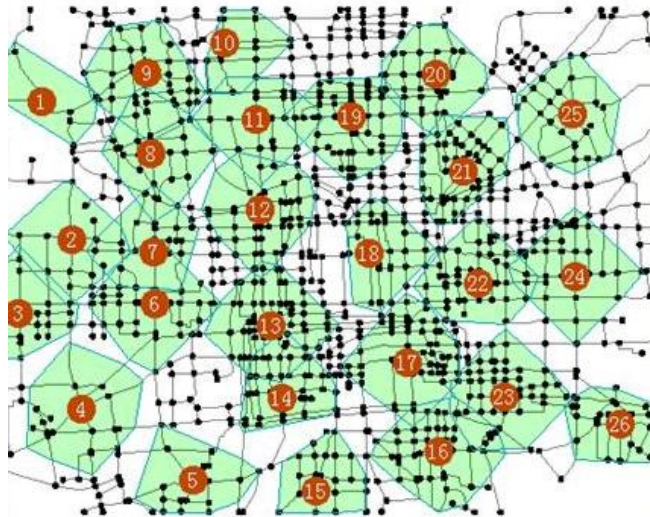


图 10 资源分配示例

二、 栅格空间分析

基于栅格数据的空间分析是 GIS 空间分析的基础，主要包括：距离制图、 密度制图、表面分析、统计分析、重分类、栅格计算、可视性分析，地形因子分析，水文分析等功能。

2.1 距离制图

距离制图即根据每一栅格相距其最邻近要素（也称为“源”）的距离来进行分析制图，从而反映出每一栅格与其最邻近源的相互关系。通过距离制图可以获得很多相关信息，指导人们进行资源的合理规划与利用。例如，飞机失事紧急救援时从指定地区到最近医院的距离；消防、照明等市政设施的布设及其服务区域的分析等。此外，也可以根据某些成本因素找到 A 地到 B 地的最短路径或成本最低路径。

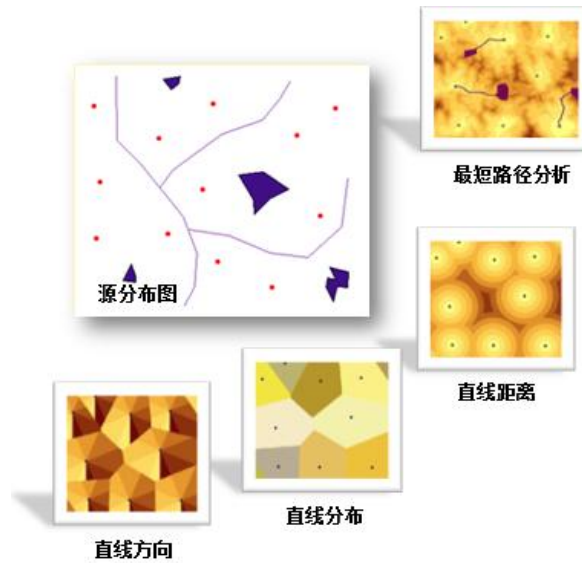


图 11 距离制图功能示例

2.2 密度制图

密度制图主要根据输入的已知点要素的数值及其分布,来计算整个区域的数据分布状况,从而产生一个连续的表面。它主要是基于点数据生成的,以每个待计算格网点为中心,进行环形区域的搜寻,进而来计算每个格网点的密度值。利用密度制图可以通过密度表面显示点的聚集情形,例如可以制作人口密度图反映城市人口聚集情况,或根据污染源数据来分析城市污染物的分布情况。

根据内插原理的不同,密度制图可以分为核函数密度制图(Kernal)和简单密度制图(Simple)。

核函数(Kernal)密度制图:在核函数密度制图中,落入搜索区内的点具有不同的权重,靠近格网搜寻区域中心的点或线会被赋以较大的权重,随着其与格网中心距离的加大权重降低。它的计算结果分布较平滑;

简单(Simple)密度制图:在简单密度制图中,落在搜寻区域内的点或线有同样的权重,先对其进行求和,然后用其合计总数除以搜索区域的大小,从而得到每个点的密度值;

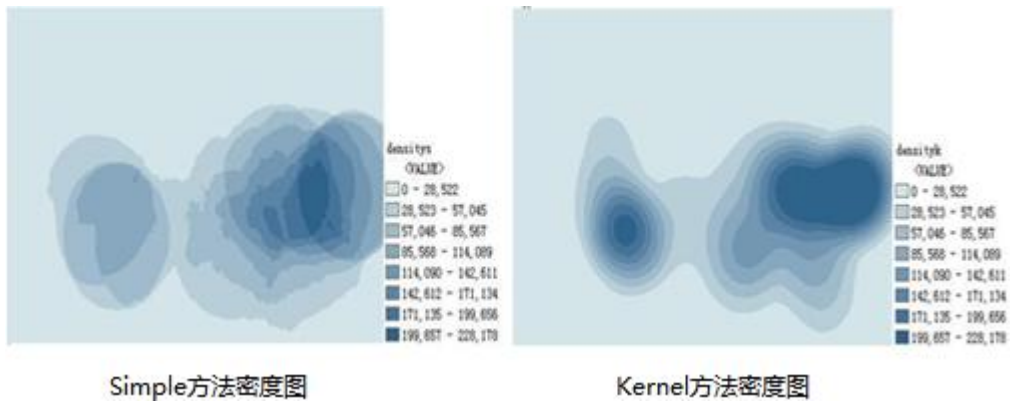


图 12 密度制图示例

2.3 表面分析

表面分析主要通过生成新数据集，诸如等值线、坡度、坡向、山体阴影等派生数据，获得更多的反映原始数据集中所暗含的空间特征、空间格局等信息。

在 MapGIS 中，表面分析的主要功能有：查询表面值、从表面获取坡度和坡向信息、创建等值线、分析表面的可视性、从表面计算山体的阴影、确定坡面线的高度、寻找最陡路径、计算面积和体积、数据重分类等。

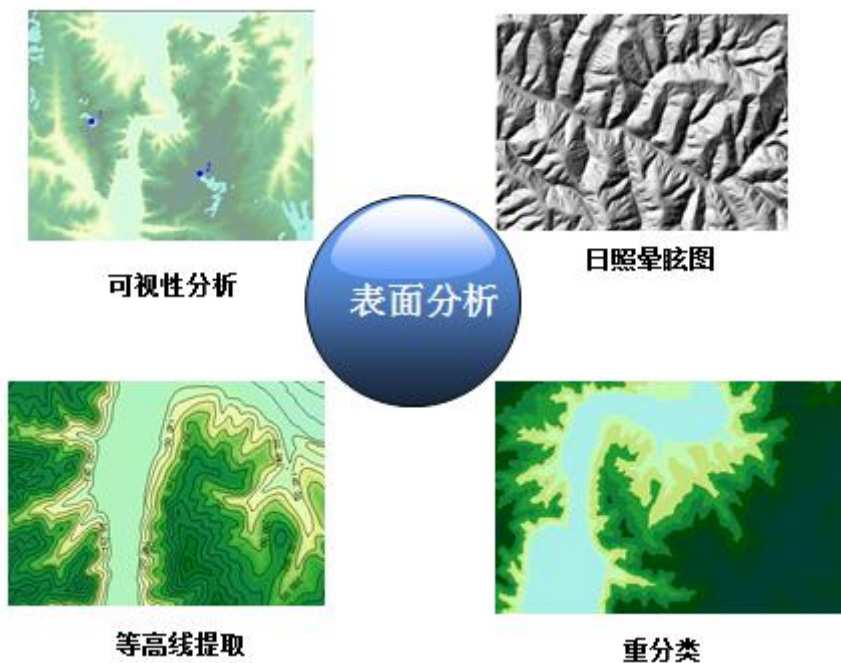


图 13 栅格表面分析功能示例

2.3.1 可视性分析

可视性分析是指以某一点为观察点，研究某一区域通视情况的地形分析。通视分析的基本内容有两个：一个是两点或者多点之间的可视性分析；另一个是可视域分析，即对于给定的观察点，分析观察所覆盖的区域。

可视性分析是对多个观察点和被观察点，在输入的栅格数据表面上的通视性进行分析，即能否两两相互通视。

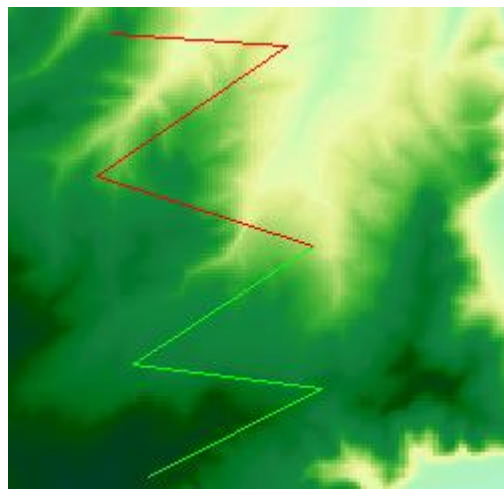


图 14 可视性分析（红色线标识 2 点间不可视）

可视域分析是从一个或者多个观察的可以看见的地表范围。对于给定的一个观察点，基于一定的相对高度，查找给定的范围内观察点所能通视覆盖的区域。在确定发射塔的位置、雷达扫描的区域、以及建立森林防火瞭望塔的时候，都会用到可视域分析。可视域分析在航海、航空以及军事方面有较为广泛的应用。

可视性分析在航海、航空以及军事方面有重要的应用价值，比如设置雷达站、电视台的发射站、道路选择、航海导航等，在军事上如布设阵地、设置观察哨所、铺设通信线路等；有时还可能对不可见区域进行分析，如低空侦察飞机在飞行时，要尽可能避免敌方雷达的捕捉，飞机要选择雷达盲区飞行。

2.3.2 等高线提取

等值线是将表面上相邻的具有相同值的点连接起来的线,如地形图上的等高线、气温图上的等压线。等值线分布的疏密一定程度上表明了表面值的变化情况。等值线越密,表面值的变化越大,反之越小。因此,通过研究等值线,可以获得表面值变化的基本趋势。平面等值线追踪是根据当前地形数据绘制出相应的平面等值线图。

2.3.3 日照晕眩图

日照晕眩图是根据假想的照明光源对高程栅格图的每个栅格单元计算照明值。日照晕眩图不仅很好地表达了地形的立体形态,而且可以方便的提取地形遮蔽信息。计算过程中包括三个重要参数:太阳方位角、太阳高度角、表面灰度值。

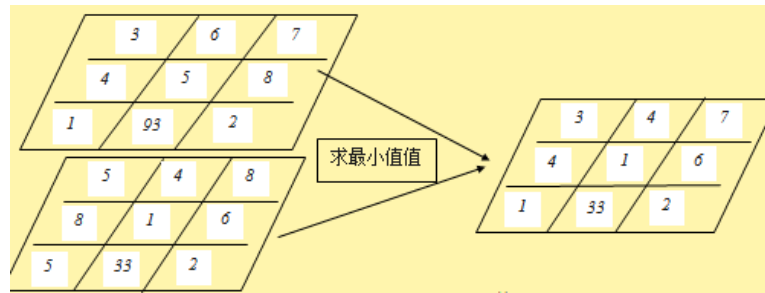
2.3.4 重分类

重分类即基于原有数值,对原有数值重新进行分类整理从而得到一组新值并输出。根据用户需要的不同,重分类一般包括四种基本分类形式:数值更新(用一组新值取代原来值)、类别合并(将原值重新组合分类)、同标准分类(以一种分类体系对原始值进行分类),以及特定值重分类(为指定值设置空值)。具体应用如:用统一的等级体系对数据集进行重分类:土地利用和坡度影响建造成本,但是这些数据反映了不同的度量体系,它们之间不具有可比性,必须用一个统一的等级体系进行重分类。可以定义 1-10 级,级别越高说明建造成本越昂贵。

2.4 统计分析

栅格数据统计分析根据统计方式可分为:单元统计、邻域统计、分类区统计。

单元统计：以栅格单元为单位来进行单元统计 (Cell Statistics) 分析。



邻域统计：邻域统计的计算是以待计算栅格为中心，向其周围扩展一定范围，基于这些扩展栅格数据进行统计函数运算，从而得到此栅格邻域范围内的数据统计值。邻域统计通过窗口分析获得指定邻域的数据统计信息。如右图红色线范围就是一个 3X3 邻域统计分析窗口。



分类区统计：分类区统计即以一个数据集为基础在它所包含的不同类别中对另一个被分类数据集进行统计。用来作为基础进行分类的分类区就是分类区数据中拥有相同值的所有栅格单元，而不考虑他们是否邻近。在此基础上对同一分类区所对应的被分类数据集进行统计，输出统计结果。

2.5 栅格计算

栅格计算是两个以上层面的栅格数据系统以某种函数关系作为复合分析的依据进行逐网格运算，从而得到新的栅格数据系统的过程。主要包括：数学运算、布尔运算和关系运算。

只要得到对于某事物及发展变化的函数关系式,便可运用以上方法完成各种人工难以完成的极其复杂的分析运算。使用栅格计算器(Map Calculator)可以很方便地实现栅格图层的复合/叠置运算。栅格计算应用于地学综合分析、环境质量评价、遥感数字图像处理等领域。

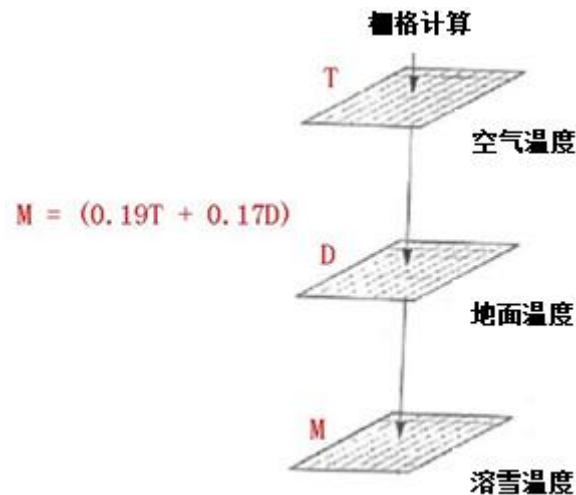


图 15 栅格计算示例

2.6 水文分析

水文分析应用于研究与地表水流有关的各种自然现象如洪水水位及泛滥情况,或者划定受污染源影响的地区,以及预测当某一地区的地貌改变时对整个地区将造成的影响等,应用在城市和区域规划、农业及森林、交通道路等许多领域。

当栅格所记录的是地面点的海拔高程值,根据地面水流必然流向最大坡度方向,由追踪法可以提取出地面水流的基本轨迹,表面的形状决定水是如何流经其上的。水文分析提供了描述表面水文特征的方法。

2.7 矢栅转换

许多数据如行政边界、交通干线、土地利用类型、土壤类型等都是用矢量数字化的方法输入计算机或以矢量的方式存在计算机中,表现为点、线、多边形数据。然而,矢量数据直

接用于多种数据的复合分析等处理将比较复杂,特别是不同数据要在位置上一一配准,寻找交点并进行分析。相比之下利用栅格数据模式进行处理则容易得多。加之土地覆盖和土地利用等数据常常从遥感图像中获得,这些数据都是栅格数据,因此矢量数据与它们的叠置复合分析更需要把其从矢量数据的形式转变为栅格数据的形式。

矢量数据的基本坐标是直角坐标 X 、 Y ,其坐标原点一般取图的左下角。网格数据的基本坐标是行和列(i,j),其坐标原点一般取图的左上角。两种数据变换时,令直角坐标 X 和 Y 分别与行与列平行。由于矢量数据的基本要素是点、线、面,因而只要实现点、线、面的转换,各种线划图形的变换问题基本上都可以得到解决。

三、 TIN 空间分析

TIN (Triangular Irregular Network),即不规则三角网。当用有限离散的观测样点表示某地理现象的空间分布时,采用此种数据模型,使用不规则的三角网形成对地理空间的完全覆盖。三角网大小随样点密度的变化自动变化,所有样点都称为三角形的顶点。TIN 能较好的表达地理现象的空间变化,在表示不连续地理现象时也具有优势。

对 TIN 数据的空间分析包括等值线追踪、表面长度计算、剖面分析、可视性分析等,具体功能实现效果和栅格数据基本一致,可参考栅格部分的描述。