

DEM 实习指导书

实习一

基本目标

- 1、熟悉 ArcGIS 软件的基本操作
- 2、重点熟悉 ArcGIS 软件中的 3D Analyst 模块
- 3、掌握高程数据构建 DEM 的方法
- 4、掌握不同格式 DEM 数据相互转换方法

实验数据

本次实验所需要的数据存放于 Practice\BaseData1 和 Practice\BaseData2 文件夹中，主要包括：

数据集	数据描述	备注
Elevation_Point	一号实验区高程矢量数据	点状数据
Arc_Clip	二号实验区等高线矢量数据	线状数据
Arc_Clip_river	二号实验区水系矢量数据	线状数据
Arc_Clip_road	二号实验区道路矢量数据	线状数据
Arc_Clip_urb	二号实验区城镇区矢量数据	线状数据

实验内容

本次实验主要介绍如何利用 ArcGIS 三维分析模块进行 DEM 三维表面的创建，以及常用 DEM 数据之间的转换方法。

DEM 三维表面模型是通过对区域内不同位置的采样点进行插值而获取的，目的是实现对真实表面的近似模拟。利用 ARCGIS 三维分析模块可以从现有数据集中创建新的表面，它允许以规则空间格网（栅格模型）或不规则三角网（TIN 模型）两种形式来创建表面以适合于

某些特定的数据分析。

创建栅格表面模型主要通过插值法实现。ArcGIS 提供的插值方法包括：

1. 反距离权重插值
2. 样条函数插值
3. 克里格插值
4. 自然邻域插值（点插值成面）

创建三角网表面模型，可以用矢量要素生成不规则三角网（包括硬或软断线、集群点等等），也可通过向现有表面中添加要素来创建。

在 ARCGIS 中，还可以实现栅格表面和 TIN 表面的相互格式转换。

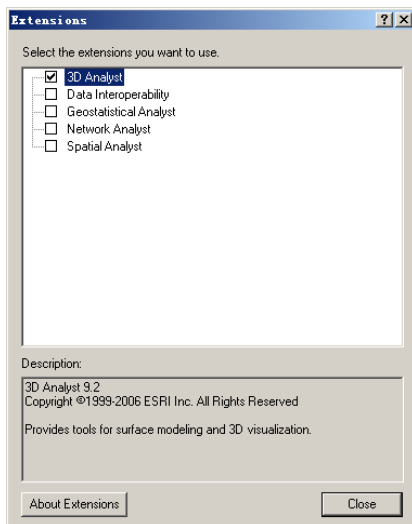
基本要求

- 1、以 Elevation_Point 为基本数据源实验点状高程数据创建 Grid-DEM 和 Grid-DEM 转换为 TIN-DEM 的方法
- 2、以 Elevation_Point 为基本数据源实验点状高程数据创建 TIN-DEM 的方法
- 3、以 Arc_Clip 本次实验为基本数据源实验线状高程数据创建 TIN-DEM 和 TIN-DEM 转换为 Grid-DEM 的方法
- 4、分析以上各创建方法中参数的意义

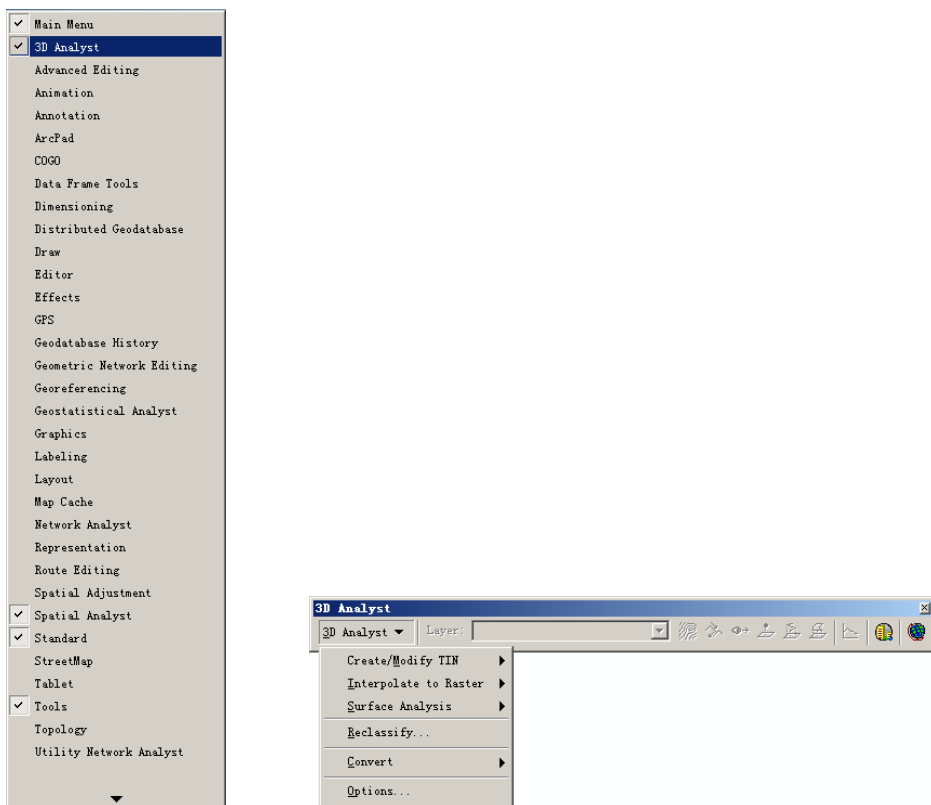
实验步骤

准备工作

- 1、启动 ArcMap 并单击 Tools|Extensions 激活三维分析模块 3D Analyst



2、在 ArcMap 工具栏中添加 3D Analyst 工具条

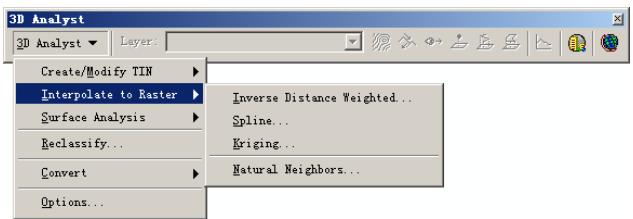


3、在 ArcMap 中添加数据进行相应的处理操作

步骤 1——创建 Grid-DEM 表面

ArcGIS 中创建 Grid-DEM 表面的插值方法包括：反距离权重插值（Inverse Distance Weighted, IDW）、样条函数插值（Spline）、克里格插值（Kriging）和自然邻域插值（Natural Neighbors）。

单击 3D Analyst 工具条中 3D Analyst | Interpolate to Raster | ...，打开相应的操作对话框。



(1) 反距离权重法。这种方法的假设前提是每个采样点间都有局部影响，并且这种影响与距离大小成反比。即，离目标点越近的点其权值越大。这种方法适用于变量影响随距离增大而减小的情况。如计算某一超市的消费者购买力权值，由于人们通常喜欢就近购买，所以距离越远权值越小。

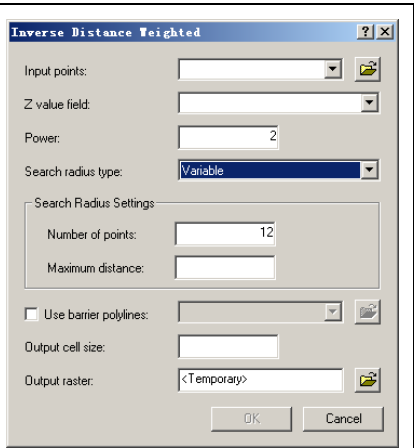
基本参数包括：

- Input points: 选择输入的点数据源；
- Z value field: 选择用来插值的属性数据字段；
- Power: 设置幂数（幂即距离的指数。幂越大，点的距离对每个处理单元的影响越小。幂越小，表面越平滑。通常认为，幂的合理范围是 0.5~3）；
- Search radius type: 选择搜索半径类型，包括 Variable 可变半径和 Fixed 固定半径；

➤ 可变半径插值——指使用最大搜索半径范围内最近的 N 个点作为插值的输入点

Number of points: 设置最大搜索半径内用作输入的点数；

Maximum distance: 指定最大搜索半径；如果在达到最大搜索半径时，搜索到的点数还没有达到指定的数目，此时将停止搜索



- 固定半径插值——指使用固定搜索半径范围内的所有点作为插值的输入点

Distance: 搜索半径;

Mininum number of points: 指定的最少点数; 如果在搜索半径内没有任何点, 这时将自动增加栅格单元的搜索半径, 直到达到指定的最少点数为止。

- Use barrier polylines 复选框: 设置隔断线, 即确定是否存在用做插值障碍 (某些线性要素类, 如断层或悬崖, 其所在处高程发生突变, 在对各个输入栅格单元插值时, 可用来限制输入点的搜索) 的要素类;
- Output cell size: 指定输出栅格单元的大小;
- Output Raster: 指定输出路径及文件名。

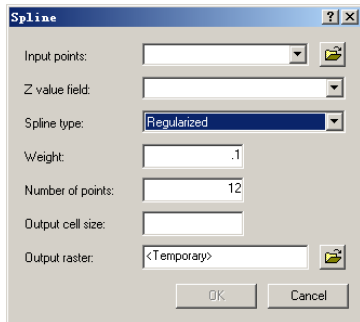
(2) 样条函数法。这种方法通过一定的数学函数对采样点周围的特定点进行拟合获取光滑曲面, 其结果通过所有采样点且曲率最小。该方法适用于渐变的表面属性, 如高程、水深、污染聚集度等。不适合在短距离内属性值存在较大变化的地区。

基本参数包括:

- Input points: 选择输入的点数据源;
- Z value field: 选择用来插值的属性数据字段;
- Spline type: 选择样条类型, 包括 Tension 张力样条插值和 Regularized 规则样条插值。规则样条允许用来控制表面的平滑度。一般在需要计算插值表面的二阶导数时, 使用规则样条。其中, 规则样条中的权重值用来控制表面的平滑度。权重指定三阶导数的系数, 以使表面的曲率最小。权重值越大, 表面越平滑, 一阶导数 (坡度) 表面也越平滑。通常, 权重值取 0~0.5。张力样条中的权重值用来调整表面弹力。当加权值为 0 时, 为标准的薄板样条插值。权重值越大, 表面弹性越大。典型的权重值为 0、1、5 和 10。
- Weight: 设置权重值;
- Number of points: 指定输入栅格单元插值时使用的最少点数; 在计算表面时, 点数控制了各个区域中点的平均数目。区域指大小相等的矩形, 区域的数目由输入数据集集中点的总数除以点数。当数据不是均匀分布时, 各个区域中所包含的点的个数

与指定的点数会有所出入。如果某区域中包含的点数少于八个，区域将会扩张直至包含了八个点。

- Output cell size: 指定输出栅格单元的大小;
- Output Raster: 指定输出路径及文件名。



(3) 克里格方法。此方法的假设前提是采样点间的距离和方向可反映一定的空间关联，并用它们来解释空间变异。克里格利用一定的数学函数对特定点或是给定搜索半径内的所有点进行拟合来估计每个点的值。该方法适用于已知数据含距离和方向上的偏差的情况，常用于社会科学研究及地质学中。

基本参数包括：

- Input points: 选择输入的点数据源;
- Z value field: 选择用来插值的属性数据字段;
- Kriging method: 选择一种克里格插值方法，包括 Ordinary 普通克里格和 Universal 泛克里格。普通克里格是应用最普遍的，它假定均值是未知的常数；泛克里格用于已知数据趋势的情况，并能够对数据进行科学的判断来描述它。
- Semivariogram model: 选择插值所使用的模型
- Search radius type: 选择搜索半径类型，包括 Variable 可变半径和 Fixed 固定半径;

<p>➤ 可变半径插值——指使用最大搜索半径范围内最近的 N 个点作为插值的输入点</p> <p>Number of points: 设置最大搜索半径内用作输入的点数;</p> <p>Maximum distance: 指定最大搜索半径; 如果在达到最大搜索半径时, 搜索到的点数还没有达到指定的数目, 此时将停止搜索</p>	 <p>The image shows the Kriging dialog box with the 'Search radius type' set to 'Variable'. In the 'Search Radius Settings' section, 'Number of points' is set to 12 and 'Maximum distance' is set to 0. Other settings include 'Input points' (empty), 'Z value field' (empty), 'Kriging method' (Ordinary selected), 'Semivariogram model' (Spherical), 'Output cell size' (empty), 'Create variance of prediction' (unchecked), and 'Output raster' (<Temporary>).</p>
<p>➤ 固定半径插值——指使用固定搜索半径范围内的所有点作为插值的输入点</p> <p>Distance: 搜索半径;</p> <p>Mininum number of points: 指定的最少点数; 如果在搜索半径内没有任何点, 这时将自动增加栅格单元的搜索半径, 直到达到指定的最少点数为止。</p>	 <p>The image shows the Kriging dialog box with the 'Search radius type' set to 'Fixed'. In the 'Search Radius Settings' section, 'Distance' is empty and 'Minimum number of points' is set to 0. Other settings are identical to the first image.</p>

- Output cell size: 指定输出栅格单元的大小;
- Output Raster: 指定输出路径及文件名。

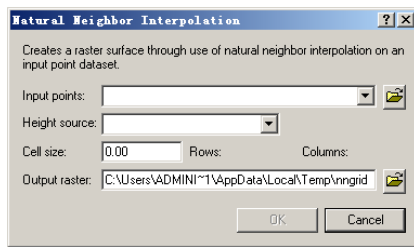
(4) 自然邻域法。类似于反距离权重法，是一种权平均算法。但是它并不利用所有的距离加权来计算插值点。邻域法对每个样本点做 Delauney 三角形，选择最近的点形成一个凸集，然后利用所占面积的比率来计算权重。该方法适用于样本点分布不均的情况。

邻域插值将 TIN 的一些方法与栅格插值方法结合起来。栅格表面使用输入数据点及其邻近栅格单元进行插值。首先，为输入数据点创建一个 Delauney 三角形，输入的样本数据点作为三角形的结点，并且每个三角形的外接圆不能够包含其它结点。对每个样本点，邻域为其周围相邻多边形形成的凸集中最小数目的结点。每个相邻点的权重，通过评价其影响范围的 Thiessen/Voroni 技术计算出来。

基本参数包括：

- Input points: 选择输入的点数数据源;
- Height source: 选择输入的高程数据源;

- cell size: 指定输出栅格单元的大小;
- Output Raster: 指定输出路径及文件名。



步骤 2——创建 TIN 表示地形创建 TIN-DEM 表面

(1) 创建 TIN 表面

单击 3D Analyst 工具条中 3D Analyst | Create/Modify TIN | Create TIN From Features，打开相应的操作对话框。

基本参数包括：

- Input Layers: 选择创建 TIN 所要使用的各个要素图层;
- 对每个选中的要素类，进行以下操作：

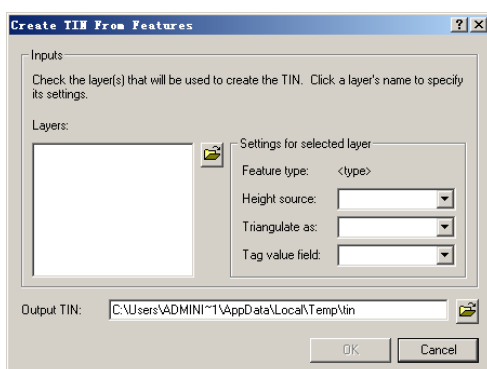
Feature type: 选择几何字段（如果要素具有三维几何特征）；

Height source: 选择高程字段；

Triangulate as: 选择要素合成方式，包括点集、隔断线或多边形；

Tag value field: 选择标志值字段（如需要以要素的值来标记 TIN 要素）；

- Output Tin: 指定输出路径及文件名，完成创建。

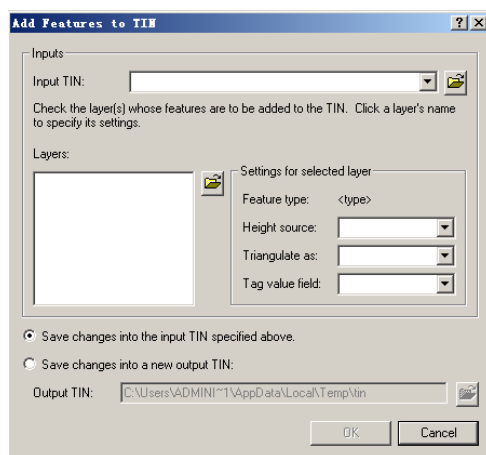


(2) 向 TIN 中添加要素

单击 3D Analyst 工具条中 3D Analyst | Create/Modify TIN | Add Features to TIN，打开相应的操作对话框。

基本参数包括：

- Input TIN: 选择需要改动的 TIN;
- Input Layers: 选择要添加到 TIN 中的要素图层及其它要素类（甚至可以是某要素类中已选种的若干要素）;
- 对每个选中的要素类，进行以下操作：
Feature type: 选择几何字段（如果要素具有三维几何特征）;
Height source: 选择高程字段;
Triangulate as: 选择要素集成到 TIN 中的方式，包括点集、隔断线或多边形;
Tag value field: 选择标志值字段（如需要以要素的值来标记 TIN 要素）;
- Output Tin: 选择将所做改动保存在原始 TIN 中或另存为新的 TIN 文件（指定输出路径及文件名），完成添加。

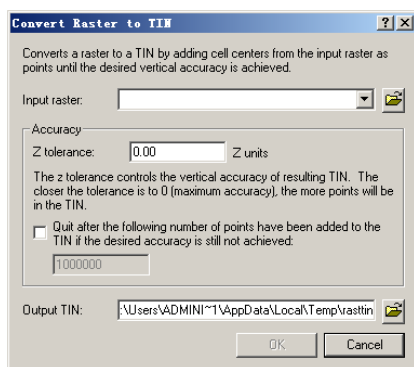


步骤 3——Grid-DEM 转换为 TIN-DEM

单击 3D Analyst 工具条中 3D Analyst | Covert | Raster to TIN，打开相应的操作对话框。

基本参数包括：

- Input raster: 选择来源栅格图层;
- 设定 TIN 的垂直精度(垂直精度指输入栅格单元中心的高程与 TIN 表面间的最大差值。垂直精度的值越小，生成的 TIN 将越好地保持原有栅格表面的详尽程度；垂直精度的值越大，生成的表面越粗略）;
- 设定限制加入到 TIN 中的点数（可选）;
- Output Tin: 指定输出的路径和文件名，完成创建。

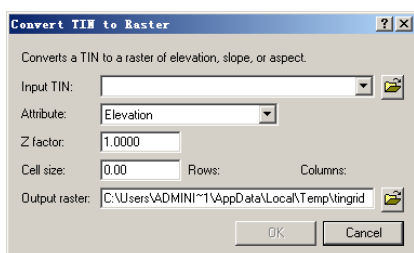


步骤 4——TIN-DEM 转换为 Grid-DEM

单击 3D Analyst 工具条中 3D Analyst | Covert | TIN to Raster，打开相应的操作对话框。

基本参数包括：

- Input TINraster：选择来源 TIN 图层；
- Attribute：选择要转到栅格中的 TIN 属性，可以是高程、坡向、以度为单位的坡度和以百分数为单位的坡度；
- Z factor：设置高程转换系数（指当高程坐标单位与平面坐标单位不一致时，将高程坐标单位转换到平面坐标单位时的常量）；
- Cell size：设置输出栅格单元的大小；
- Output raster：指定输出的路径和文件名，完成转换。



实习二

基本目标

- 1、熟悉常用的地形地貌表现手法及各类图件的制作方法

2、重点熟悉 ArcGIS 软件中 ArcScene 以及 3D Analyst 模块的使用

实验数据

本次实验所需要的数据存放于 Practice\BaseData2 文件夹中，主要包括：

数据集	数据描述	备注
Arc_Clip	二号实验区等高线矢量数据	线状数据
Arc_Clip_river	二号实验区水系矢量数据	线状数据
Arc_Clip_road	二号实验区道路矢量数据	线状数据
Arc_Clip_urb	二号实验区城镇区矢量数据	线状数据

实验内容

本次实验主要介绍如何进行地形地貌的立体感模拟（明暗等高线地形图、晕渲图等的制作）以及如何按照地图版式设计制作标准输出结果。

基本要求

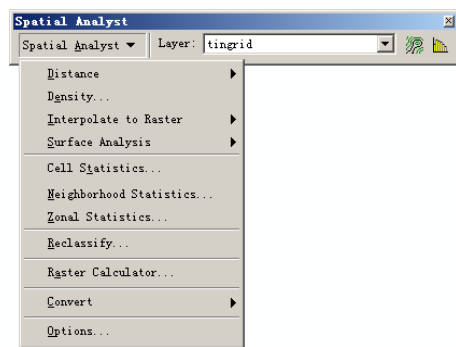
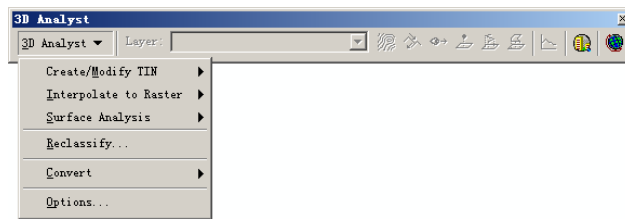
- 1、利用 Grid DEM 数据进行等高线地形图、明暗等高线地形图、等高线分层设色地形图的制作
- 2、利用 Grid DEM 数据进行晕渲图、具有晕渲效果的地形地貌图制作
- 3、在 ArcScene 三维场景中，实现栅格表面与其他要素三维叠加显示，并实现三维场景的飞行模拟

实验步骤

准备工作

- 1、启动 ArcMap 并单击 Tools|Extensions 激活三维分析模块 3D Analyst 和空间分析模块 Spatial Analyst

2、 在 ArcMap 工具栏中添加 3D Analyst 和 Spatial Analyst 工具条



3、 在 ArcMap 中添加数据进行相应的处理操作

4、 以 Arc_Clip 数据为基础数据源创建 TIN 表面

5、 以前面创建的 TIN 表面为基础数据源创建栅格 Grid 表面

步骤 1——绘制等高线地形图

1、 Spatial Analyst | Surface Analysis | Contour 命令

2、 采用改进方法绘制平滑的等高线地形图

步骤 2——绘制明暗等高线地形图

明暗等高线地形图制作要求：

- 根据斜坡所对的光线方向确定等高线的明暗程度；
- 受光部分的等高线饰为白色，背光部分的等高线饰为黑色；
- 地图的底色饰为灰色

步骤 3——绘制等高线分层设色地形图

要求以地图版式设计制作标准输出结果

步骤 4——绘制晕渲图

1、 Spatial Analyst | Surface Analysis | Hillshade 命令

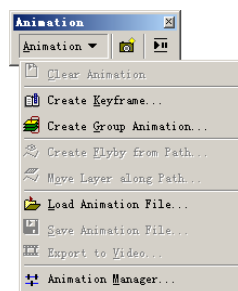
步骤 5——绘制具有晕渲效果的地形地貌图

- 1、 栅格 Grid 表面图层以分层设色方式显示
- 2、 在栅格 Grid 表面图层上右击鼠标打开快捷菜单，单击 Properties，打开 Layer Properties 对话框。在 Display 标签中调整 Transpercy 透明度，单击 OK 按钮。
- 3、 以地图版式设计制作标准输出结果



步骤 6——三维场景飞行模拟

要求采用两种方法实现三维场景飞行模拟：1) 抓取一系列场景图片然后向其中插入平滑帧形成动画；2) 通过记录实施飞行场景生成动画。最后将生成的动画保存为 avi 文件。

- 1、 将需要使用到的数据从 ArcMap 中复制到 ArcScene 中
- 2、 打开 ArcScene，在 ArcScene 工具栏中添加 Animation 动画工具条



方法一：

- 1、 单击抓拍按钮 ，拍摄多幅感兴趣的场景构成动画放映主干帧
- 2、 单击动画控制按钮 ，打开动画控制器



- 3、 修改 Duration 动画录制时间控制动画片长，在动画播放片段控制 Play Only From 栏填入合适时间。
- 4、 点击 Play 按钮预览动画
- 5、 在 Animation 下拉菜单，选择 Export to Video 命令，将动画输出为可用多媒体播放器播放的文件。

方法二：

- 1、 点击按钮，鼠标为飞鸟状，将鼠标放置到场景中合适位置。
- 2、 单击动画控制按钮, 打开动画控制器
- 3、 修改 Duration 动画录制时间控制动画片长，在动画播放片段 Play Only From 栏中选择播放的片断时段。
- 4、 点击沿路径飞行按钮, 开始录制此时控制鼠标，在场景中开始飞行
- 5、 飞行结束后，再次点击沿路径飞行按钮, 结束开始录制
- 6、 点击 Play 按钮预览动画
- 7、 在 Animation 下拉菜单，选择 Export to Video 命令，将动画输出为可用多媒体播放器播放的文件。

实习三

基本目标

- 1、熟悉常用数字地形分析的方法
- 2、重点熟悉 ArcGIS 软件中 3D Analyst 模块和 Spatial Analyst 模块的使用。

实验数据

本次实验所需要的数据存放于 Practice\BaseData3 和 BaseData4 文件夹中，主要包括：

数据集	数据描述	备注
-----	------	----

dem	三号实验区等高线矢量数据	Grid_DEM 数据，5 米分辨率
Dem_5	四号实验区等高线矢量数据	Grid_DEM 数据，5 米分辨率

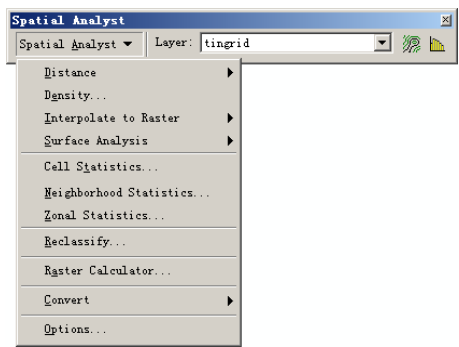
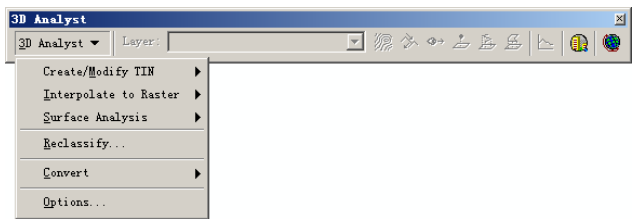
基本要求

- 1、利用三号实验区 Grid DEM 数据提取山顶点，并对选定的山顶点进行视场分析
- 2、利用三号实验区、四号实验区 Grid DEM 数据进行高程分析
- 3、利用 Grid DEM 数据进行坡度、坡向、曲率、指定断面（剖面）的提取
- 4、利用 Grid DEM 数据进行地表面积、体积的量算

实验步骤

准备工作

- 1、启动 ArcMap 并单击 Tools|Extensions 激活三维分析模块 3D Analyst 和空间分析模块 Spatial Analyst
- 2、在 ArcMap 工具栏中添加 3D Analyst 和 Spatial Analyst 工具条



- 3、在 ArcMap 中添加数据进行相应的处理操作

步骤 1——山顶点的提取

- 1、 Spatial Analyst | Neighborhood Statistics 命令，设置合适的窗口大小，提取局部最大值
- 2、 Spatial Analyst | Raster Calculator 命令，提取山顶点区域
- 3、 Spatial Analyst | Convert | Raster to Features 命令，设置参数输出山顶点数据
- 4、 编辑上述结果剔除不合理区域

步骤 2——视场分析

- 1、 利用步骤 1 所得山顶点数据进行 Grid DEM 表面多观测点公共视场分析

步骤 3——高程分布特征分析

对三号实验区与四号实验区两组数据进行高程因子分析及比较，内容包括高程数据的频数分布测度（制作频数分布直方图、累积频数分布曲线）、离差平方和计算、高程分布曲线（包括绝对高程比例和相对高程比例）

参考例表及图：

表 1-1 *实验样区 DEM 数据的频数分布表

组序	组距（h）	组中值（m）	频数分布		累积频数分布	
			频数（f）	频率（%）	累积频数（F）	累积频率（%）
1	852-867	859.5	124	0.315425315	124	0.315425315
2	868-883	875.5	383	0.974257224	507	1.28968254
3	884-899	891.5	789	2.007020757	1296	3.296703297
14	1060-1075	1067.5	354	0.9004884	39233	99.79904355
15	1076-1091	1083.5	74	0.188237688	39307	99.98728124
16	1092-1107	1099.5	5	0.012718763	39312	100

图 1-1. a *样区 DEM 频数分布直方图

图 1-1. b *样区 DEM 累积频数分布曲线

表 1-2 *样区 DEM 数据高程分布特征

DEM高程值	栅格数	相对高程转换值	>=该高程值的栅格数	>=该高程值的栅格面积百分比
VALUE	COUNT	$Y=(h-b)/(H-b)$		
858	9	0.0000000000	39312	1
859	8	0.0041152263	39303	0.99977106
860	62	0.0082304527	39295	0.99956756
1097	1	0.9835390947	3	7.6313E-05
1100	1	0.9958847737	2	5.0875E-05
1101	1	1	1	2.5438E-05
Σ	39312			

图 1-2. a *样区高程曲线（绝对高程比例）
图 1-2. b *样区高程曲线（相对高程比例）

步骤 4——常用地形指标的提取

- 1、利用三号实验区 Grid DEM 数据进行坡度、坡向、曲率、指定断面（剖面）的提取
- 2、利用三号实验区 Grid DEM 数据进行地表面积、体积的量算

实习四

基本目标

- 1、熟悉 DEM 水文分析的流程与方法
- 2、重点熟悉 ArcGIS 软件中 Hydrology 工具的使用。

实验数据

本次实验所需要的数据存放于 Practice\BaseData4 文件夹中，主要包括：

数据集	数据描述	备注
-----	------	----


dem-5	四号实验区等高线矢量数据	Grid_DEM 数据
-------	--------------	-------------

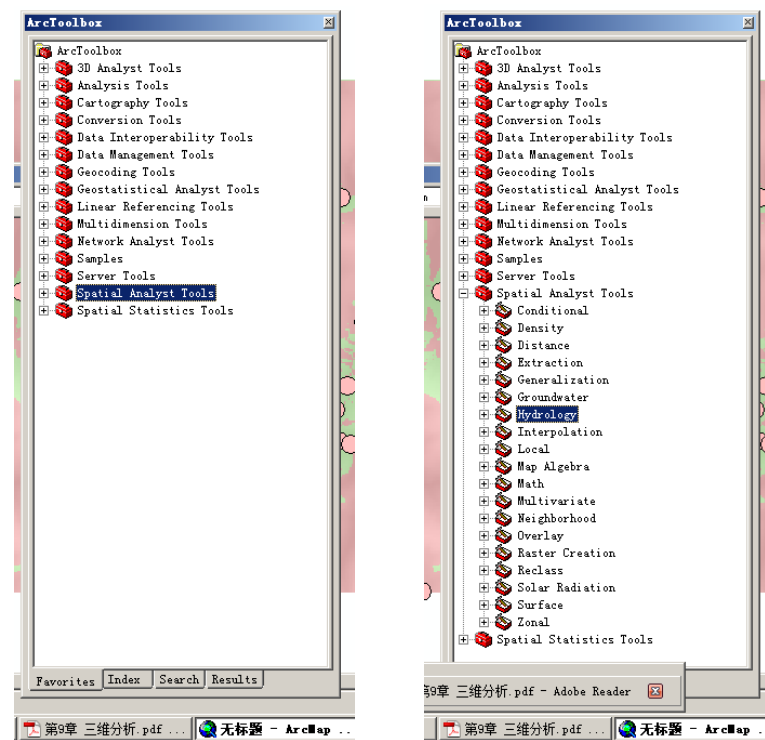
基本要求

- 1、 利用 Grid DEM 数据进行水文分析
- 2、 主要包括洼地分析、洼地填充、水流方向计算、汇流累积计算、水网提取、水流长度计算、流域分析等

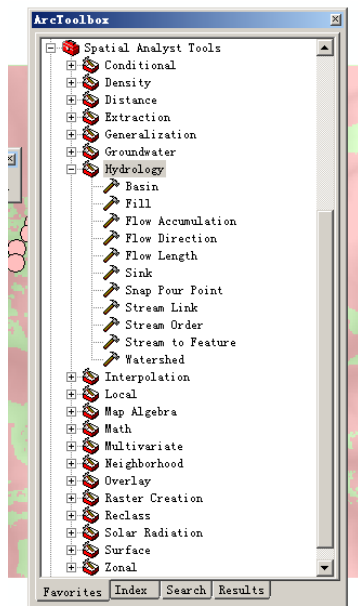
实验步骤

准备工作

- 1、 启动 ArcMap 并单击 打开 ArcToolBox



- 2、 本次实习主要使用 ArcToolBox | Spatial Analyst Tools | Hydrology 工具条



- 3、 在 ArcMap 中添加数据进行相应的处理操作
- 4、 参考附件《水文分析》提取题目要求的数据