

ArcGIS Spatial Analyst

Jerry 整理制作，版权归原作者所有

栅格数据和非栅格数据的复合应用是 GIS 应用中的一个趋势，目前多数 GIS 软件关注的是矢量数据的分析和应用。随着 GIS 和遥感以及 DEM 的不断发展，栅格数据在 GIS 中将扮演越来越重要的角色。这几天，兔八哥认真的学习了一些这方面的知识，并正在学习 ArcGIS Spatial Analyst，下面将学习心得和大家共享。对于这个模块，兔八哥也是初学，难免会出现问题，请大家指正！

第一节 空间分析扩展模块简介

1.1 简介

ArcGIS 空间分析扩展模块提供了功能强大的空间建模和分析工具。利用这个扩展模块可以创建基于栅格的数据，并对其查询，分析，绘图。在空间分析模块中我们可以采用的数据包括影像，Grid 以及其他的栅格数据集。

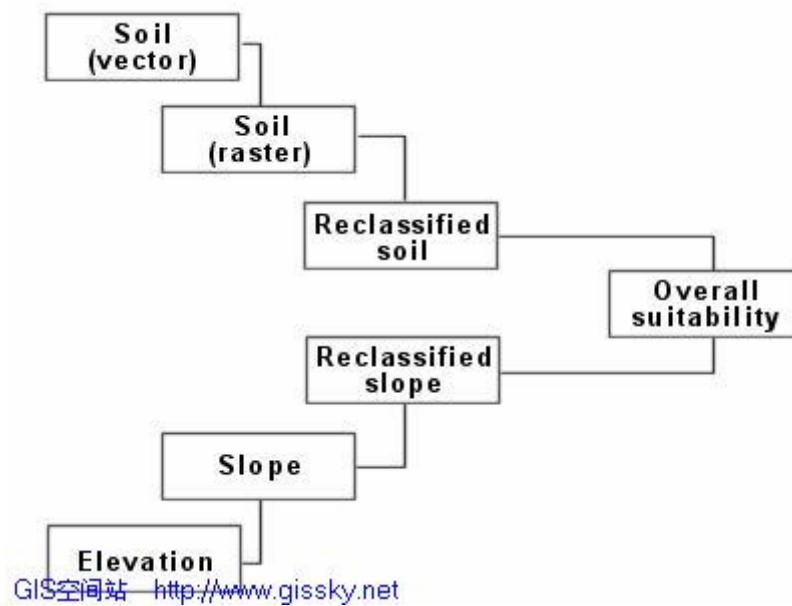
1.2 空间分析扩展模块功能

下面列举一些使用该模块可以实现的功能：

- 根据要素生成 Arcinfo Grid
- 从要素按照一定距离或临近关系生成 Raster
- 由点状要素生成密度栅格图
- 由离散要素点生成连续表面
- 根据要素派生出等高线，坡度图，坡向图和山体阴影
- 进行基于栅格数据的分析
- 同时在多个栅格数据上进行逻辑查询和代数运算
- 进行临域和区域分析
- 进行栅格分类和显示
- 支持很多标准格式

1.3 空间模型

模型就是把源域的组成部分表现在目标域中的一种结构。源域中被表现的部分可以是实体，关系，过程或者其他感兴趣的现象。建模的目的就是对源域的简单化和抽象化。因此空间建模就是对地面上的地理实体进行简单和抽象化进行表示的过程。模型有两类：表征模型和过程模型。前者是用来描述物体，而后者则关注是物体间的相互作用和描述过程。GIS 过程模型，它可以使用一个流程图来表示。



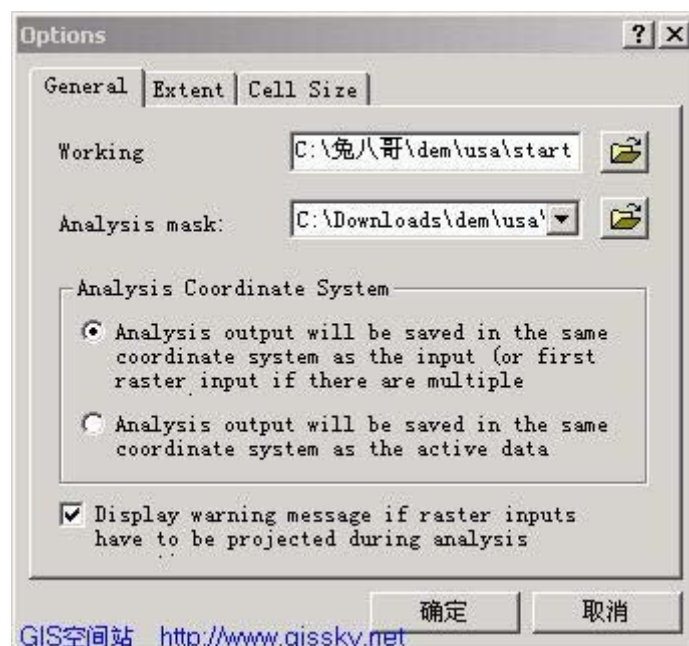
第二节 在 ArcGIS 中进行空间分析

2.1 分析环境设置

在进行空间分析前，必须对设定分析范围，存储形式，存储使用的坐标系统，输出 Grid 的大小，缺省的输出目录。下面将一一对此进行说明（这些设置是在 Spatial Analyst 工具条---->Spatial Analyst 菜单---->Options 中设置）

坐标系统

和矢量数据类似，没有校准的栅格数据是没有太大使用价值的。很多基本的空间分析操作都要求你的数据指定坐标系统。同时可以指定输出结果的坐标系统。如下图所示，分析输出将可以采用输入数据的坐标系统或者当前数据框的坐标系统。



输出栅格形式

缺省情况下，大多数的空间分析操作生成的栅格是 ArcInfo 的 Grid 格式，生成的 Grid 有临时和永久两种形式。这个在后面的部分中将详细讲到。Grid 的名称最多 12 个字符，而且在中间不允许空格，只允许包括 A~Z 和 0~9，这些字符（这个和 Coverage 的存储类似，经常我们生成的 Coverage 有问题，可能就是因为名称或者路径中出现了空格，兔八哥注）。

设置分析范围

在空间分析 Options 中，可以设置空间分析的范围，可以由用户指定坐标范围，一般情况是选择等同于某个图层的空间范围或者当前显示范围



设置 Cell 大小

在空间分析中，分析结果缺省的 cell 大小为输入数据的最大 cell 的大小，用户可以指定 cell 大小或者指定输出 cell 等同于输入的某个数据的 cell 大小。兔八哥提示你，减小 cell 的大小可以提高数据的精度，但是数据量会以二次方增长。如果你指定的输出 cell 大小小于输入分析数据的 cell 大小，得到的所谓精度是没有意义的。



除了上述设置外，还要对工作目录进行设置和分析 Mask（掩码），分析掩码是用来标识分析中操作的部分，所以分析掩码中的空值单元将被屏蔽掉。

2.2 表面分析工具

在 ArcGIS 提供的空间分析工具中，最常用的就是表面分析工具，首先和兔八哥一起看看表面分析吧。ArcGIS 提供了我们常用的表面分析功能：生成等值线(Contour)，坡度(Slope)，坡向(Aspect)，山体阴影(hillshade)，可视范围(Viewshed)以及工程上常用的计算土方量(Cut/Fill)，这些功能的原理大家可以参考《地理信息系统基础》龚健雅 科学出版社 2002。

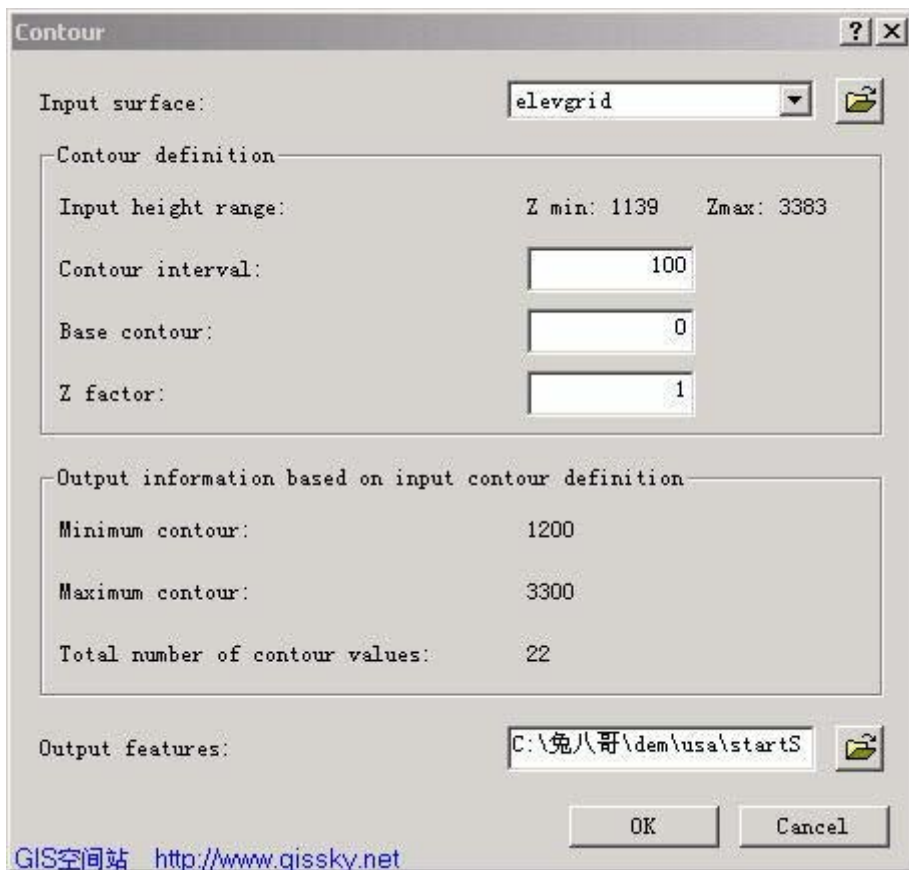
2.2.1 生成等值线(Contour)

首先我们一起看看什么是等值线，所谓等值线就是连接等值点的线段，比如我们常见的等高线，等温线等等。关于等值线的详细情况大家可以随便找一个 GIS 书看看就明白了。使用等值线可以很容易的看出趋势变化，比如从等高线上很容易看出山谷，山脊以及地形的起伏。下面我们一起看看如何利用 Raster(Grid)生成等高线。

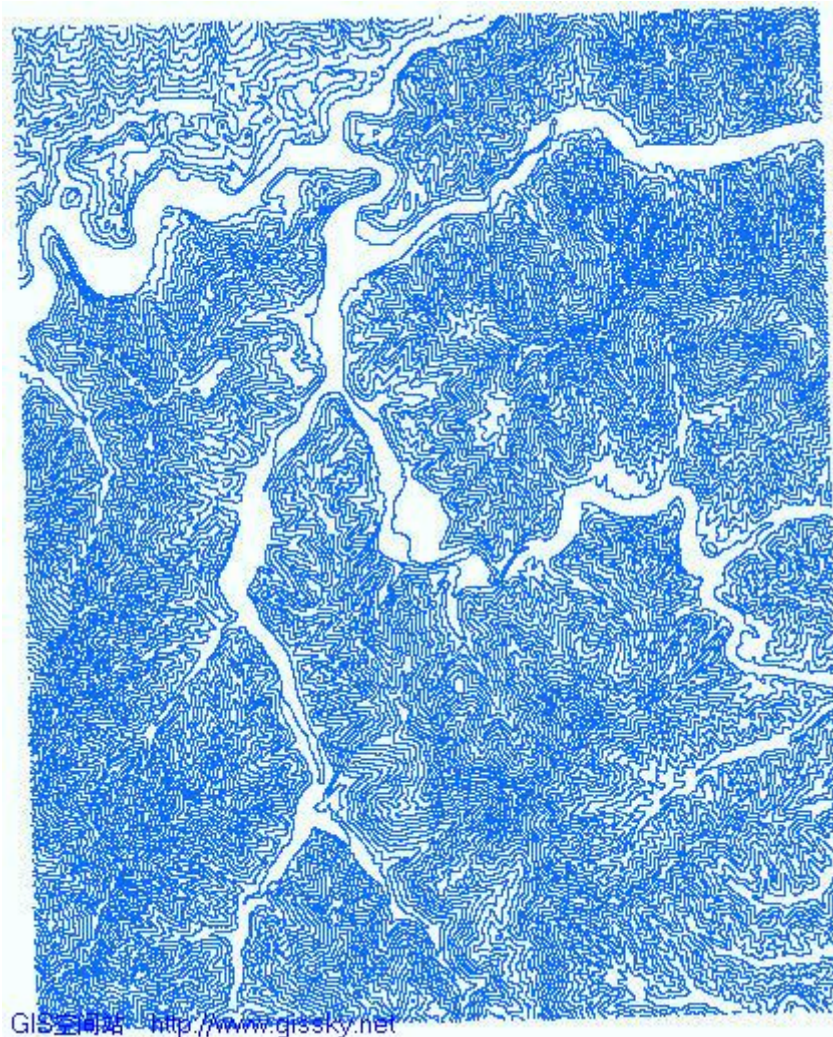
Step 1:首先，打开下载数据中的 surface.mxd 这个地图文档。地图文档中有两个图层，其中可视的为 elevgrid 图层，它是 Grid 格式，用来表示地面高程。我们就要根据它来创建等值线。

Step 2:设置分析环境 在进行空间分析前，必须对设置分析环境。在 Spatial Analyst 工具条中，Spatial Analyst 菜单下，点击 Options。设置你的工作目录；设置 Extent 为"Same as Layer elevgrid"；设置 Cell Size "Same as Layer elevgrid"。

Step 3: 生成等值线 在 Spatial Analyst 菜单--->Surface Analysis---->Contour，出现下面这个控制面板，在 Input Surface 中选择输入的 Raster,Contour interval 表示等高线间的差值，Base contour 表示起始等高线，一般采用却省 0。Z facotor 表示方向控制，兔八哥从来没用过。下面就是输出的位置和文件名了。



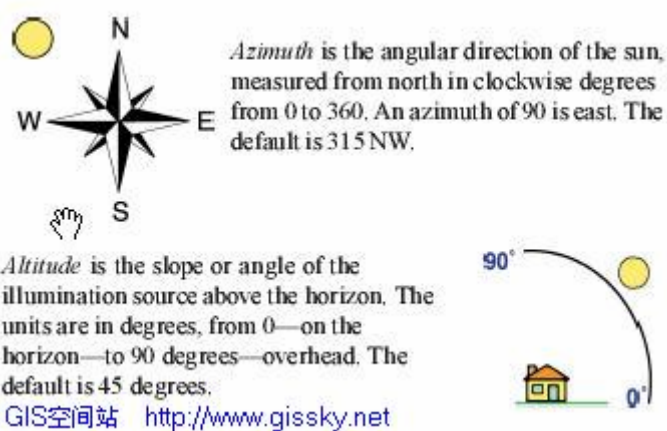
Step 4:等几秒后，结果出来了，如下图所示。呵呵，是不是很简单呀。



GIS空间站 <http://www.gissky.net>

2.2.2 生成山体阴影(Hillshade)

在前面 2.2.1 中，我们通过 Grid 生成了等高线，现在我们来一起利用该 Grid 生成山体阴影，增加数据的显示的真实感。在生成阴影前，首先需要对方位角和太阳高度角有一定的了解，二者的示意图如下：



左图：来自 ESRI 的电子文档，说明方位角和太阳高度角的意义。在 ArcGIS 中缺省的方位角为 315 度（西北方向），缺省的太阳高度角为 45 度。

下面我们一起进行操作吧：

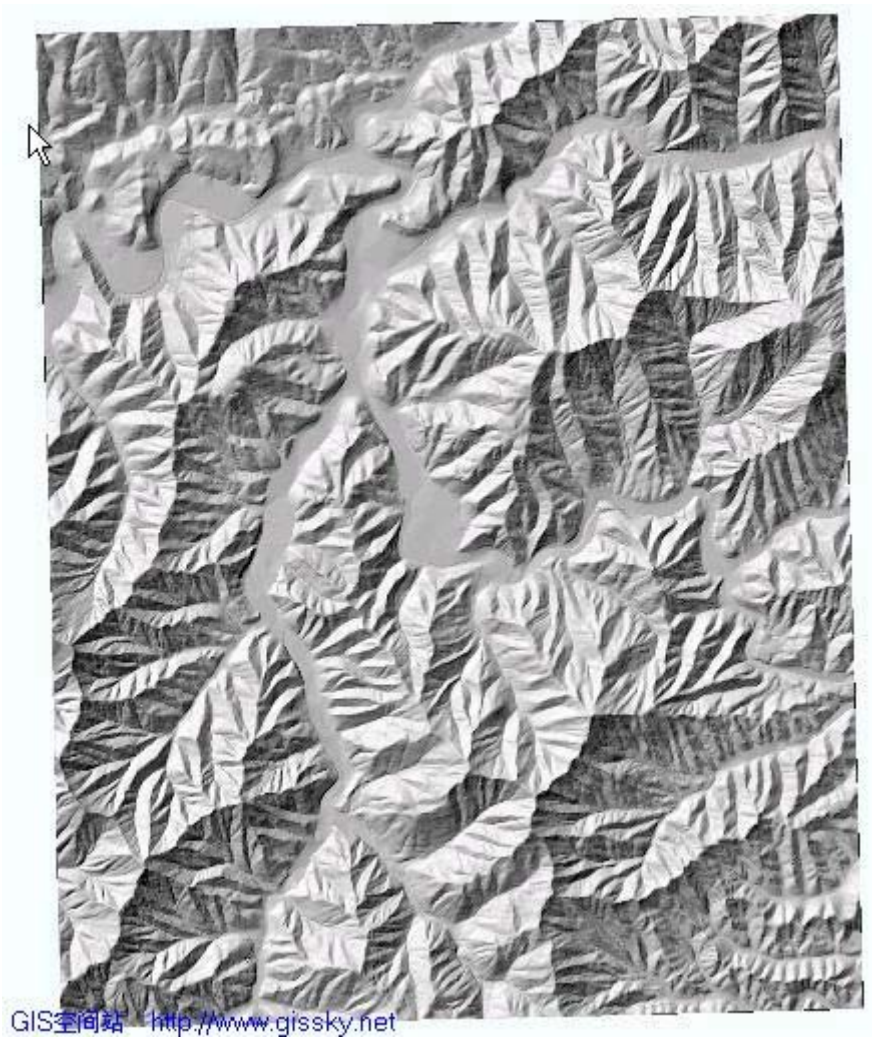
Step 1:首先,打开下载数据中的 surface.mxd 这个地图文档。我们将对 elevgrid 这个栅格数据创建山体阴影。

Step 2:设置分析环境 在 Spatial Analyst 工具条中, Spatial Analyst 菜单下, 点击 Options。设置你的工作目录; 设置 Extent 为"Same as Layer elevgrid";设置 Cell Size "Same as Layer elevgrid".

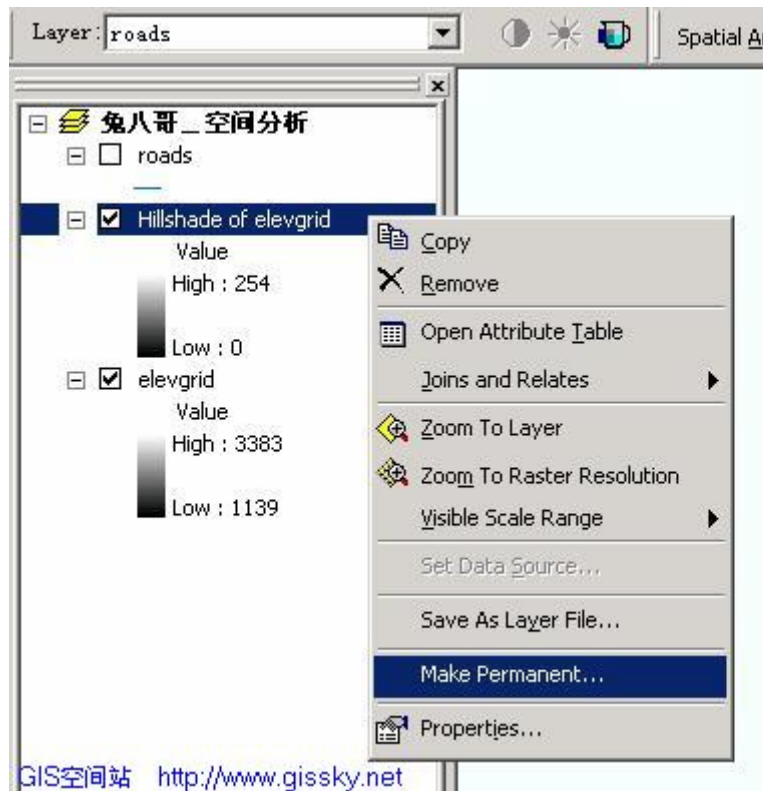
Step 3: 创建山体阴影 在 Spatial Analyst 菜单--->Surface Analysis---->Hillshade, 出现下面这个控制面板, 在 Input Surface 中选择输入的 Raster,Azimuth 表示方位角, Altitude 表示高度角。下面都使用缺省值。(大家注意 Output raster 中为<Temporary>, 也就是生成的栅格数据为临时的。



Step 4:稍等, 结果就出来了, 如下图所示, 还是蛮专业的吧。



tep 5:别忘了，这个栅格数据是临时的，还需要把他永久保存下来。如下图所示，选择保存的路径和文件名就 OK 了。



2.2.3 生成坡度(Slope)

坡度是地形描述中常用的参数，在各类工程中也有很多的用途，比如在农业用地开发中，坡度大于 25 度的土地一般是不适宜开发的。在其他的很多选址方面，坡度也是必须考虑的问题。利用 ArcGIS 空间分析扩展模块，我们可以非常容易的提取出地面的坡度信息。

下面我们一起进行操作吧：

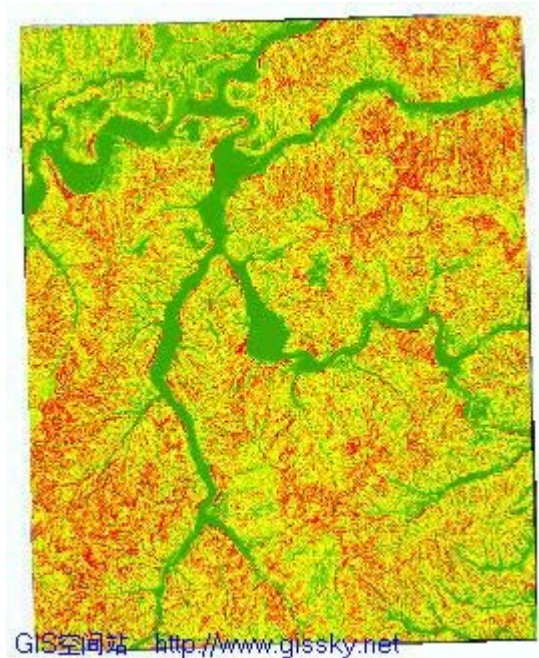
Step 1:首先，打开下载数据中的 surface.mxd 这个地图文档。我们仍然根据 elevgrid 来派生出需要的坡度信息。

Step 2:设置分析环境 在 Spatial Analyst 工具条中，Spatial Analyst 菜单下，点击 Options。设置你的工作目录；设置 Extent 为"Same as Layer elevgrid";设置 Cell Size "Same as Layer elevgrid".

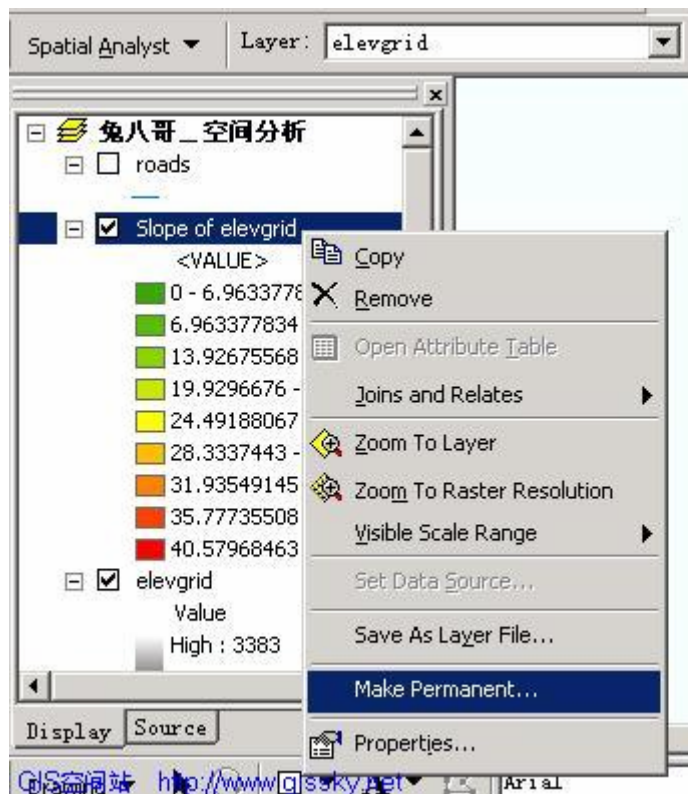
Step 3: 生成坡度 在 Spatial Analyst 菜单--->Surface Analysis---->Slope，出现下面这个控制面板，在 Input Surface 中选择输入的 Raster elevgrid;选择输出坡度方式，生成的坡度可以是坡度度数或者坡度百分比，在本例中选择 Degree; Output cell Size 为定义输出 cell 大小，缺省值为输入 Grid 的 Cell 大小。（大家注意 Output raster 中为<Temporary>，也就是生成的栅格数据为临时的。）



Step 4:输出结果按照不同的颜色显示坡度，红色的坡度较大。大家可以对输出结果进行重分类（在后面部分将学习到）。

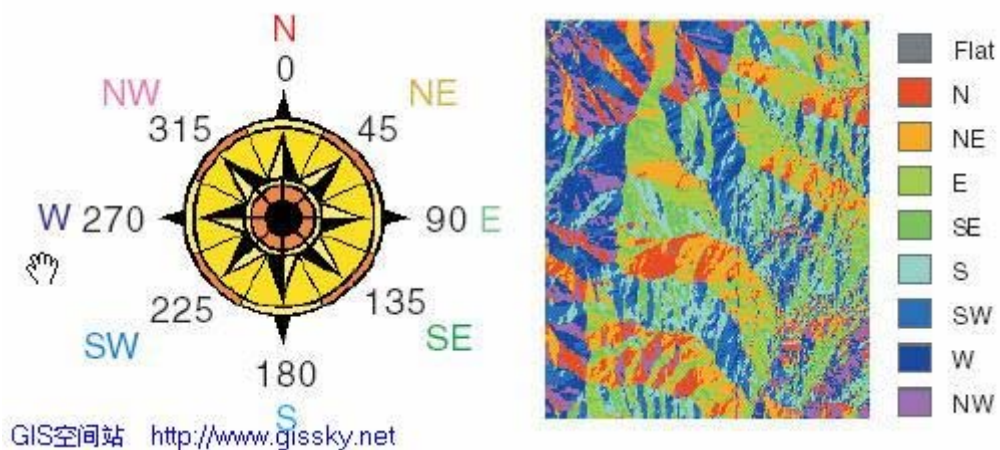


Step 5:别忘了，这个栅格数据是临时的，还需要把他永久保存下来。如下图所示，选择保存的路径和文件名就 OK 了。



2.2.4 坡向计算(Aspect)

坡向和坡度是互相关联的两个参数，坡度反映斜坡的倾斜程度，而坡向则反映斜坡所面对的方向。当基于 DEM 计算坡向时，通常定义坡向为：过格网单元所拟合的曲面上某点的切平面的法线的正方向在平面上与正北方夹角。即法方向水平投影向量的方位角。(龚健雅《地理信息系统基础》)



下面我们一起进行操作吧：

Step 1:首先，打开下载数据中的 surface.mxd 这个地图文档。我们将根据 elevgrid 这个栅格数据生成坡向图。

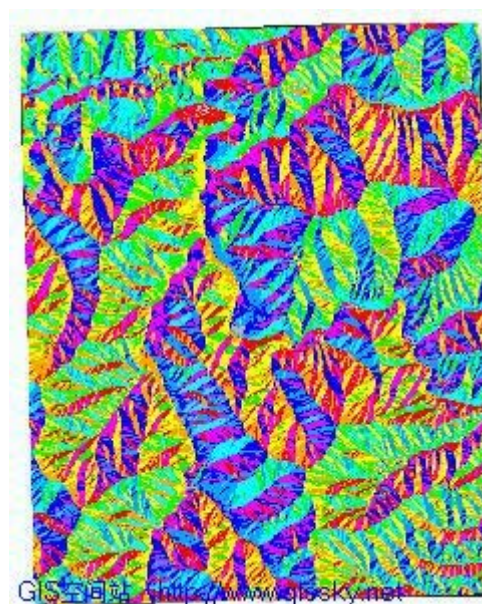
Step 2:设置分析环境 在 Spatial Analyst 工具条中，Spatial Analyst 菜单下，点击 Options。设置你的工作目录；设置 Extent 为"Same as Layer elevgrid";设置 Cell Size "Same as Layer elevgrid".

Step 3: 计算坡向 在 Spatial Analyst 菜单--->Surface Analysis---->Aspect, 出现下面这

个控制面板。感觉坡向中要求输入的参数较少。在 Input Surface 中选择输入的 Raster,输出的 Cell Size 使用缺省值。(注意 Output raster 中为<Temporary>,也就是生成的栅格数据为临时的。



Step 4: 结果如下图所示,不同的颜色表示不同的坡向(见Toc)。



Step 5:别忘了,这个栅格数据是临时的,还需要把他永久保存下来,选择保存的路径和文件名就 OK 了。相信大家也都会了,兔八哥就不用图示了。

2.2.5 可视域分析(Viewshed)

可视域分析又称通视分析,它属于根据地形进行最优化处理范畴,比如建设一个电视发射站,设置雷达站以及在航海,航空,军事上面都被广泛的应用。

下面我们一起进行操作吧:

Step 1:首先,打开下载数据中的 surface.mxd 这个地图文档。前面我们做了一个山体阴影生成了一个 Grid(兔八哥生成的命名为 HillShade),把该数据增加到地图文档中。在地图文档中有一个“哨所”的图层,将该图层可视。本小节中我们将研究一下,这些哨所的可视范围。

Step 2:设置分析环境 在 Spatial Analyst 工具条中, Spatial Analyst 菜单下,点击 Options。设置你的工作目录;设置 Extent 为"Same as Layer elevgrid";设置 Cell Size "Same as Layer elevgrid".

Step 3: 生成哨所的可视域 在 Spatial Analyst 菜单--->Surface Analysis---->Viewshed,

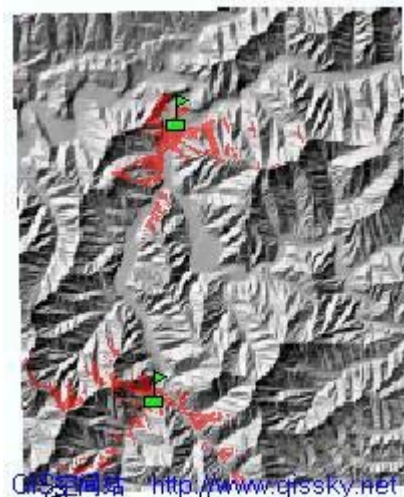
出现下面这个控制面板，在 Input Surface 中选择 elevgrid,Observer Points 为观察点图层。其他使用缺省值。



Step 4:生成可视域非常的慢，可要有耐心哦。生成后，如下图所示，显得不很直观。下面我们将对他进行符号化。



Step 5:在 ArcMap 目录表中,将 Not Visible 设置为无色填充,而 Visible 设置为红色填充。在 ArcMap 中增加 Effects 工具条,设置"Viewshed of 哨所"30%透明。处理后结果如下,其中红色区域就是两个哨所的可视区域。而其他区域不可视。



Step 5:如果对你的作品感到满意，别忘记把他永久保存下来哦。

2.2.6 计算土方量工具(Cut/Fill)

兔八哥第一次使用 ArcGIS 扩展模块就是用来计算土方量的，当时在新疆煤田灭火处，他们手头有挖方前和挖方后的地表 GPS 数据。希望能计算出工程的实际土方量。当时使用的版本上 ArcGIS8.1，好象这个工具还是在 3D 扩展模块中，Spatial 扩展模块中没有的（记不清楚了!）

计算土方量的方法

因为兔八哥手头没有合适的数据只能将大概步骤写下来：

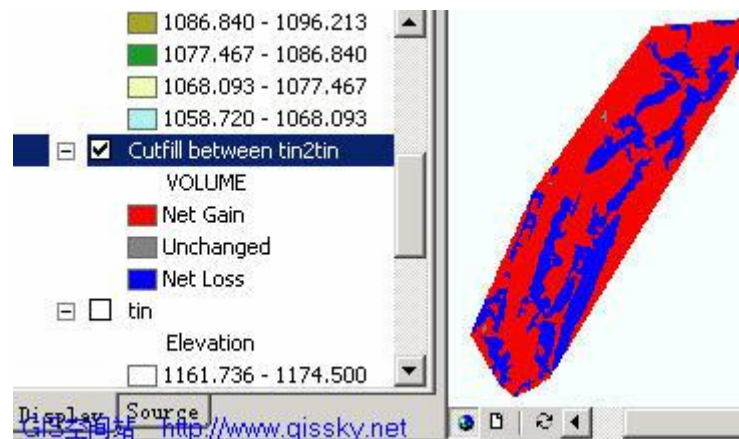
Step 1:一般情况下，我们手头的数据都是用 GPS 采集的 x,y,z 文本数据。首先我们需要根据这些数据生成一个点状的 Shapefile，当然挖方前后各自生成一个（如果不会，GIS 空间站上有着这方面的步骤）。

Step 2: 利用 3D 扩展模块，利用 Shapefile 分别生成挖方前后的 Tin。（其实这个时候，你会发现 3D 模块中也有 Cut/fill 工具，呵呵，这个和 Spatial 模块中完全相同）。

Step 3: 利用 Spatial Analyst 工具条中 Surface Analysis---->Cut/Fill,在 Before Surface 和 After Surface 中分别选择挖方前后的 Tin。



Step 4:处理后，结果如下图所示。用不同的颜色显示土方变化，红色表示土方增加，蓝色表示土方减少，其他的为没有变化的区域。

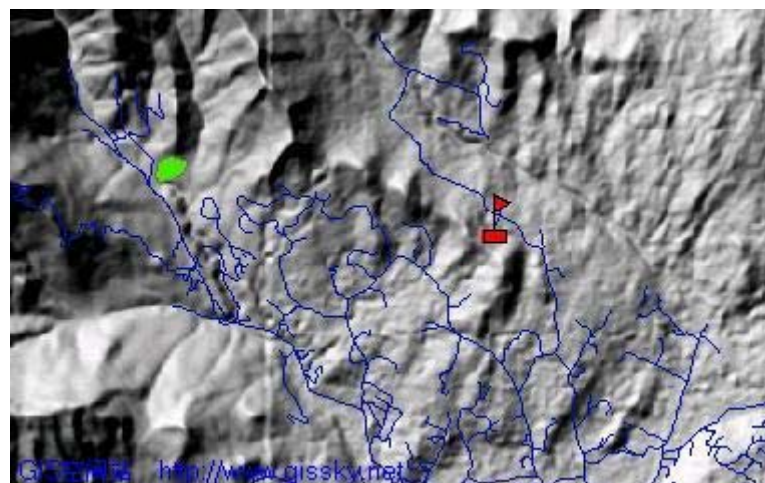


step 5: 在处理结果的属性表中, 对 Volume 字段中正负属性值分别选择, 进行统计, 在这就不详细讲解了

2.2 Distance 分析

在网络分析, 我们经常分析最短路径, 最优路径, 这些操作是对矢量数据进行操作。现在我们将一起学习, 如何对利用栅格数据生成最优路径。下面这个例子是 ESRI 电子文档上的例子, 兔八哥实在找不到更合适的数据。(本部分数据下载)

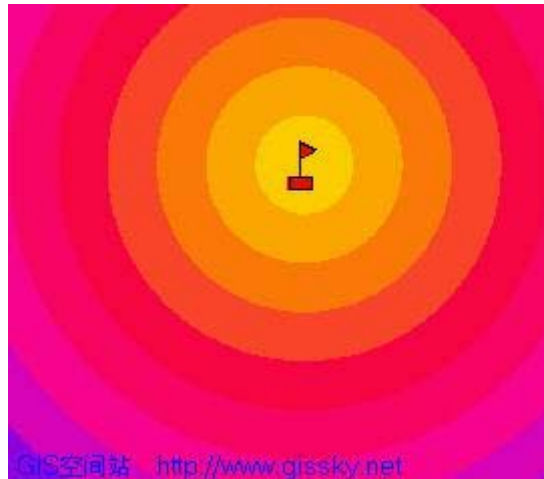
下面我们将任务简单说明一下, 假设某地新建了一个小学。考虑到学生上学放学交通问题, 打算修建一条公路与已有公路连接起来。如下图所示, 绿色表示学校, 红色旗帜为公路的起点, 现在将修筑一条连接这两个区域的公路, 在修建公路的时候需要考虑地形坡度问题和公路经过地区的土地利用情况, 从而减少成本和工程难度。



在本例子中我们将使用 Spatial Analyst 模块中的 Straight Line, Cost Weighted, Shortest Path 三个功能, 首先我们一起来了解一些这三个工具的作用和使用方法。

2.2.1 生成直线距离 (Straight Line)

生成直线距离是用来给出栅格中每个单元距离最近的源的距离。使用该功能可以帮助选择合适的补给源。如下图所示, 生成的到公路尽头的直线距离。



2.2.2 成本加权(Cost Weighted)

使用上面的直线距离功能，我们可以很容易的生成各栅格单元到源的直线距离，但是在实际工作中，远没有这么简单。比如本例子的修路，选择合适的地区，我们不可能简单的选择连接公路源头和学校的一条直线(大家应该都是非常清楚这一点的)。我们就需要针对不同的坡度和土地利用类型进行考虑，给从而能够使得选择的公路的通行成本最小。在考虑这两个影响因素时候，根据他们的影响程度和重要性，给它们赋予一定的影响百分比。比如赋予公路 60%的影响百分比，而赋予土地利用 40%的百分比。

2.2.3 最短路径(Shortest Path)

有了前面的铺垫，最短路径就很简单了。它就是用来生成一条最小成本的路径。下面我们就开始利用已有的数据来生成一条连接公路源头和学校的最短路径。(兔八哥觉得这儿称为最优路径更为合适)

2.2.4 Sample:生成连接公路源头和学校的最优路径

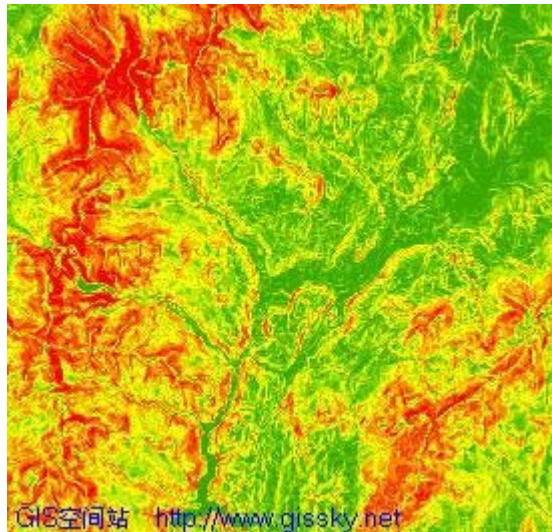
Step 1:打开 Distance.mxd 地图文档，在兔八哥_Distance 数据框下有五个图层：公路起点，已有公路，学校，土地利用，高程。我们将利用这些数据来分析出一条连接公路起点和学校的新的公路。



Step 2:设置分析环境：在 Option 中设置 Extent "Same as Layer 高程", Cell Size "Same as Layer 高程", 此外还要设置工作路径。

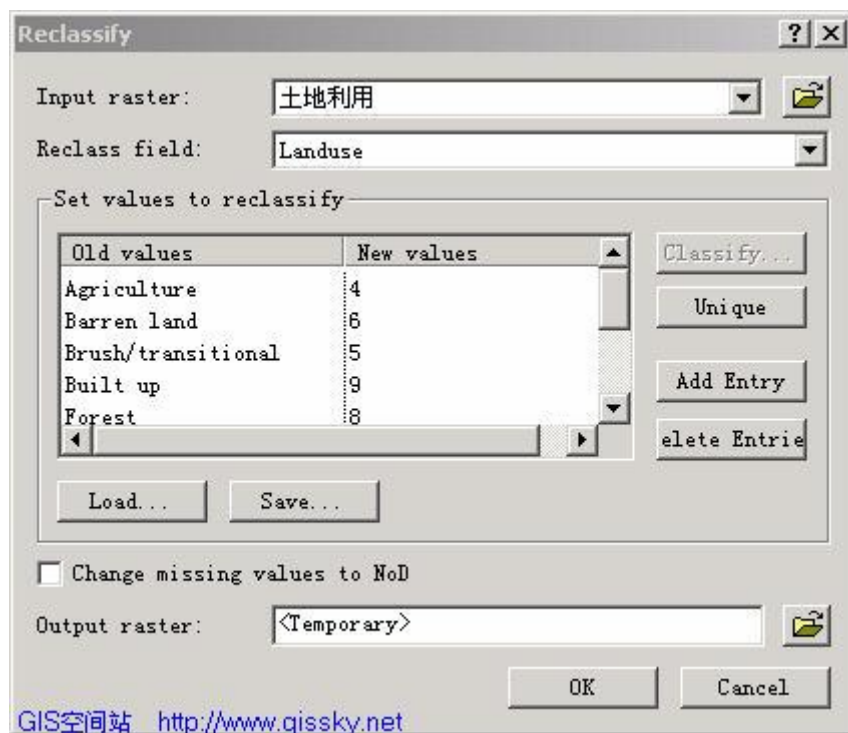
首先我们做一些数据准备工作：在分析中我们需要利用坡度数据，而我们当前“高程”的是地形数据，首先我们利用他生成坡度：

Step 3:利用表面分析的 Slope 来生成坡度（如有问题，请参照前面生成坡度）。结果如下图,修改图层名称为"坡度"。

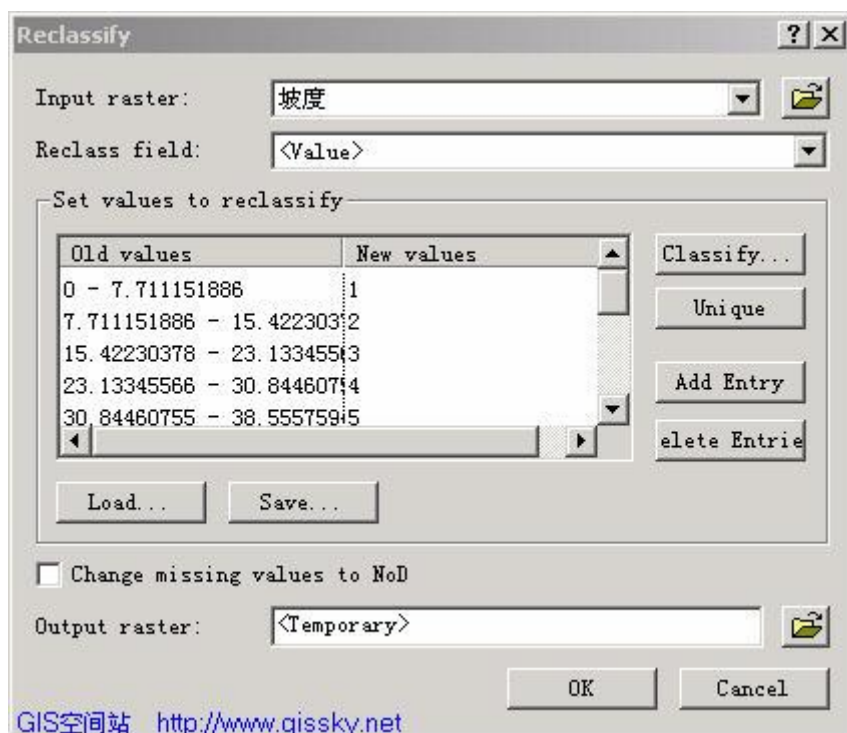


下面我们将对坡度和土地利用进行重分类，从而为后面的成本加权做准备：

Step 4:在 Spatial Analyst 工具条中选择 Reclassify, 在 Input raster 中选择土地利用, Reclass field 选择 Landuse. 分别给各类土地赋予下面的新值： Agriculture 4, Barren land 6, Brush/transitional 5, Built up 9, Forest 8, Water 10, Wetland NoData, 点击 OK 确定。



Step 5:使用相同的方法对坡度进行重分类，点击 Classify 按钮，在分类方法中选择 Equal Interval（等分方法），将坡度分为十类。



Step 6:合并数据集 下面我们将利用坡度数据和土地利用数据来产生一个成本数据，考虑到修筑公路时候，坡度占有更为重要的作用，赋予坡度 60%的权重，赋予土地利用 40%的权重。在 Spatial Analyst 工具条中，点击 Raster Calculator,创建下面的语句：

Step 7:修改生成的图层名称为"成本"，它表示经过每个 Cell 的成本。该图层有很多空白处，他就是处理过程中的空值区域（比如我们前面将 wetland 设置为空值），在显示上不美观，可以在图层符号化中将空值显示为黑色。

下面计算各 Cell 到达学校的距离成本：

Step 8:在 Spatial Analyst 工具条中，点击 Distance--->Cost Weighted, Distance to 选择“学校”图层，Cost raster 选择"成本"图层，选择 Create direction 复选框。



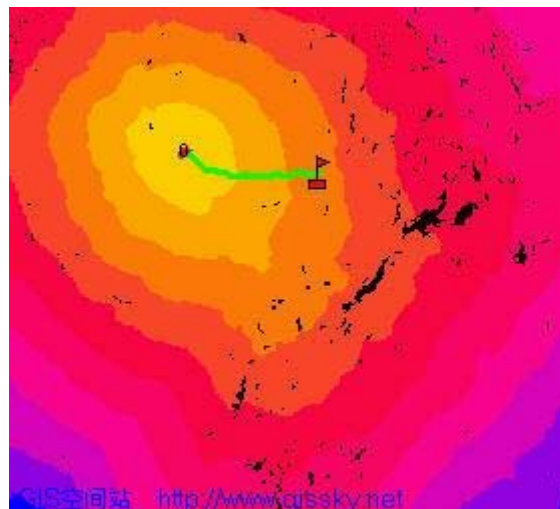
Step 9: 这样生成了两个图层，"CostDistance to 学校"和"CostDirection to 学校"，分别将这两个图层分别重命名为"距离成本"和"方向"。

Step 10:执行最优路径选择 在 Spatial Analyst 工具条中，点击 Distance--->Shortest Path。

如下图所示，Path to 选择“公路起点”，Cost distance raster 选择“距离成本”，Cost direction raster 选择“方向”，Output features 中选择你输出的文件名称。



Step 11: 执行操作，你会惊奇的发现，在地图中增加了一条连接“公路起点”和“学校”的线，就是我们要找的最优路径，如下图所显示。



哈哈，我们这个公路选址问题就解决了，由于限于篇幅，很多问题没有展开讨论，比如为什么要使用方向，重分类等等，大家可以自己考虑考虑。有问题欢迎和兔八哥讨论！

限于时间和水平，兔八哥只能在此搁笔了，ArcGIS 空间分析的常用内容多数已经接触到了，空间插值请参考萧萧幕雨的地统计模块学习指南。部分内容，大家可以参考电子文档。在此给大家推荐一本书《ArcGIS 空间分析实用指南》，兔八哥也是按照这本书学习 ArcGIS 空间分析扩展模块的。(如果大家有空间分析方面的实际问题，兔八哥非常愿意和你进行探讨，一起学习进步。只有通过解决实际问题，才能对学习的东西加以巩固。EMail:wanghuabin@sohu.com)