

高等学校统编教材

空间分析 实验教程

Experimental Tutorial of
Spatial Analysis

邓敏 樊子德 刘启亮 编著



测绘出版社

高等学校统编教材

空间分析实验教程

Experimental Tutorial of Spatial Analysis

邓敏 樊子德 刘启亮 编著

测绘出版社

· 北京 ·

© 邓敏 樊子德 刘启亮 2015

所有权利(含信息网络传播权)保留,未经许可,不得以任何方式使用。

内容简介

本书是作者在总结多年教学与科研经验的基础上编写完成的,主要介绍了空间分析的主要实验内容和操作,是“空间分析”课堂教学的配套实验教程。目的是使学生掌握地理空间数据分析处理的基本原理、方法和技术应用,拓展了解深层次的空间数据分析方法和技术手段。本书主要包括空间分析基本操作、空间数据探索性分析、空间量测与空间关系分析、空间叠置与缓冲区分析、网络分析、地形与三维分析、空间分布模式分析、空间插值分析、空间回归分析、空间聚类分析、空间异常探测分析、空间关联模式分析等实验。此外,本书还附带相应的实验数据,以便学生进行练习。

本书强调科学性、系统性、实用性,可供地理、测绘、地质、计算机、环境等相关领域的科研人员、研究生参考,也可作为高年级本科生的实验教材。

图书在版编目(CIP)数据

空间分析实验教程 / 邓敏, 樊子德, 刘启亮编著. — 北京: 测绘出版社, 2015. 12

高等学校统编教材

ISBN 978-7-5030-3856-3

I. ①空… II. ①邓… ②樊… ③刘… III. ①地理信息系统—实验—高等学校—教材 IV. ①P208-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 265523 号

责任编辑 田 力 执行编辑 侯杨杨 封面设计 李 伟 责任校对 曹 平 责任印制 喻 迅

出版发行	测绘出版社	电 话	010—83543956(发行部)
地 址	北京市西城区三里河路 50 号		010—68531609(门市部)
邮政编码	100045		010—68531363(编辑部)
电子邮箱	smp@sinomaps.com	网 址	www.chinasmp.com
印 刷	北京京华虎彩印刷有限公司	经 销	新华书店
成品规格	184mm×260mm	彩 页	3
印 张	8.5	字 数	210 千字
版 次	2015 年 12 月第 1 版	印 次	2015 年 12 月第 1 次印刷
印 数	0001—1000	定 价	24.00 元

书 号 ISBN 978-7-5030-3856-3

本书如有印装质量问题,请与我社门市部联系调换。

前 言

“空间分析上机实验”是“空间分析”课程学习的重要环节之一。本实验教程的设置是为了配合“空间分析”课堂教学,使学生熟练掌握和深入理解空间数据分析、空间数据挖掘等课堂教学内容,进一步强化课堂教学效果。同时,通过实验教学帮助学生掌握 ArcGIS 10.1 及其基本操作,并熟悉其他相关软件的使用。

本实验教程主要包括以下内容:空间分析基本操作、空间数据探索性分析、空间量测与空间关系、空间叠置与缓冲区分析、网络分析、地形与三维分析、空间分布模式分析、空间插值分析、空间回归分析、空间聚类分析、空间异常探测分析、空间关联模式分析等。

本实验教程的组织和编写工作主要由中南大学地球科学与信息物理学院地理信息系邓敏教授、樊子德博士、刘启亮博士共同完成。其他参编人员有地理信息系“时空数据挖掘与信息服务”课题组相关人员,主要有:博士生何占军、杨文涛、唐建波、杨学习、黄金彩;硕士生陈倜、张彩丽。此外,硕士生蔡建南、李佳霖、刘宝举、王航、陈袁芳对书稿进行了校对,在此一并感谢。

同时,本书所有实验数据都可在测绘出版社网站(www.chinasmp.com)的下载中心下载。由于作者水平有限,书中难免存在错误纰漏之处,恳请专家和同行不吝指教。

目 录

实验一 空间分析基本操作.....	1
实验二 空间数据探索性分析.....	9
实验三 空间量测与空间关系	20
实验四 空间叠置与缓冲区分析	32
实验五 网络分析	38
实验六 地形与三维分析	50
实验七 空间分布模式分析	59
实验八 空间插值分析	71
实验九 空间回归分析	86
实验十 空间聚类分析	97
实验十一 空间异常探测分析.....	108
实验十二 空间关联模式分析.....	117
附录.....	124
参考文献.....	130

实验一 空间分析基本操作

一、实验目的

- (1)熟悉 ArcGIS 软件界面和基本操作。
- (2)了解空间数据分析的一般操作原理和流程。
- (3)掌握矢量和栅格数据的创建、坐标投影转换等基本操作。

二、实验准备

1. 实验背景

1)空间分析步骤

根据要进行的空间分析类型的不同,空间分析的步骤亦有所不同。通常,所有的空间分析都涉及以下的基本步骤。具体在某个分析中,可以做相应的变化。

- (1)确定问题并建立分析的目标和满足的条件。
- (2)针对空间问题选择合适的分析工具。
- (3)准备空间操作中要用到的数据。
- (4)定制一个分析计划然后执行分析操作。
- (5)显示并评价分析结果。

空间分析实际上是一个地理建模过程,它涉及问题的确定、使用哪些空间分析操作、数据评价、以合适的顺序执行一系列的空间分析操作、显示及评价分析结果。

2)Geodatabase 及 Shapefile

Geodatabase 是一种采用标准关系数据库技术来表现地理信息的数据模型,Geodatabase 支持在标准的数据库管理系统(database management system,DBMS)表中存储和管理地理信息,Geodatabase 支持多种 DBMS 结构和多用户访问,且大小可伸缩。

ArcCatalog 用于组织和管理所有 GIS 数据。它包含一组工具用于浏览和查找地理数据、记录元数据、快速显示数据集及为地理数据定义数据结构。ArcCatalog 应用模块可帮助用户组织和管理所有的 GIS 信息,如地图、数据集、模型、元数据、服务等。

Shapefile 是描述空间数据的几何和属性特征的非拓扑实体矢量数据结构的一种格式。一个 Shapefile 文件最少包括以下三个文件:

- (1)主文件(*.shp)。存储地理要素几何图形的文件。
- (2)索引文件(*.shx)。存储图形要素与属性信息索引的文件。
- (3)dBase 表文件(*.dbf)。存储要素信息属性的表文件。

2. 实验数据

实验数据包括:slope1(栅格数据),landuse(栅格数据),云南县界 prj.shp,云南县城 prj.shp,云南道路 prj.shp。

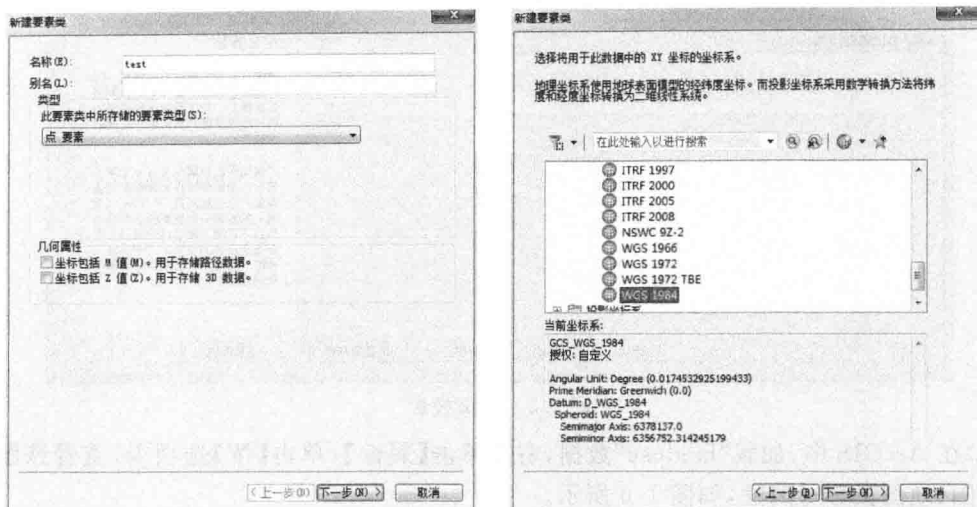


图 1.3 新建要素类

(4) 单击【下一步】，容差参数一般选择默认值；单击【下一步】，添加字段，如添加“pointvalue”字段，选择浮点型；最后单击【完成】，完成操作，建立一个简单要素类，如图 1.4 所示。

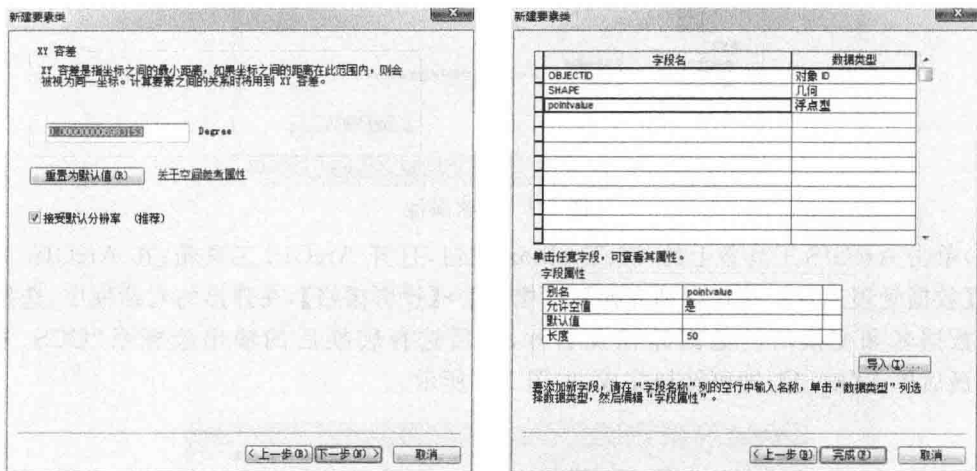


图 1.4 设置要素类字段

同理，可以新建和导入要素集以及栅格数据，空间数据库可以很好地帮助我们管理和操作各种栅格矢量要素。

在 Catalog 中添加 slope1(栅格数据), landuse(栅格数据)到 MyGDB 备用。

2. 坐标投影转换

(1) 在 ArcGIS 中，单击 ArcGIS 工具条上的 ArcToolbox 按钮，打开 ArcGIS 的工具箱；在 ArcGIS 工具箱中选择【数据管理工具】→【投影和变换】→【定义投影】，打开对话框，如图 1.5 所示。

在【输入要素集或要素类】中选择要定义的数据，例如“slope1”，在【坐标系】中选择“WGS 1984”坐标系，单击【确定】，即可完成“slope1”的坐标系定义。



图 1.5 定义投影

(2) 在 ArcGIS 中, 加载“landuse”数据, 右键单击【属性】, 单击【源】选项卡, 查看该图层的空间范围、地图投影等属性, 如图 1.6 所示。

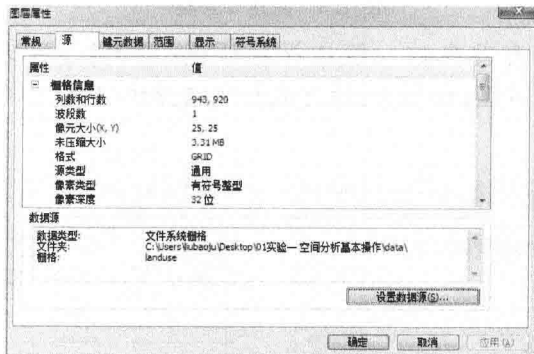


图 1.6 要素属性

(3) 单击 ArcGIS 工具条上的 ArcToolbox 按钮, 打开 ArcGIS 工具箱; 在 ArcGIS 工具箱中选择【数据管理工具】→【投影和变换】→【栅格】→【投影栅格】, 在弹出的对话框中, 选择投影变换的数据名和变换后的数据路径及名称, 最后选择转换后的输出坐标系“GCS_WGS_1984”, 最后单击【确定】, 即可转换完成, 如图 1.7 所示。

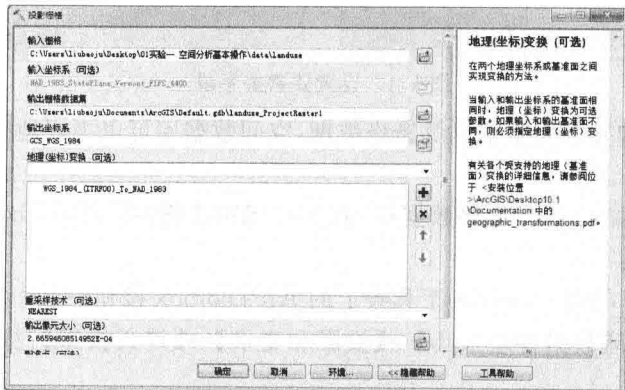


图 1.7 投影栅格

同理可以完成矢量数据的坐标转换, 请实验者自行完成。

3. 属性数据操作

(1)在 ArcMap 中,新建一个地图文档,加载栅格数据“slope1”,在图层控制面板中右键单击图层“slope1”,查看属性,如图 1.8 所示。

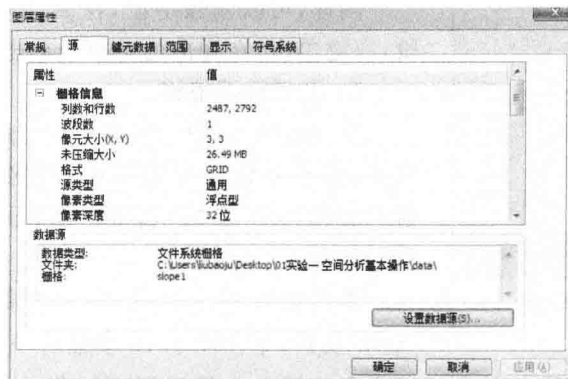


图 1.8 栅格要素属性

在【图层属性】对话框中,单击【源】选项卡,可以查看栅格图层的相关属性及统计信息。打开【空间分析】工具栏,单击图标,查看栅格数据的统计直方图,如图 1.9 所示。

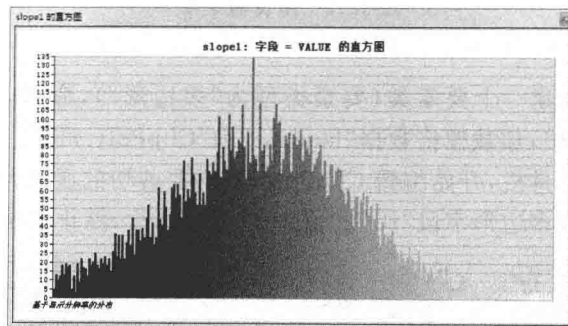


图 1.9 栅格要素直方图

(2)新建 ArcMap 地图文档:加载矢量数据“气温. shp”,在图层控制面板中右键单击【气温】,打开属性表,如图 1.10 所示。

FID	Shape #	OBJECTID	X	Y	Y01	Y02
0	点 CM	1	572561.497857	3078751.00159	11.8	12
1	点 CM	2	970345.002389	3031211.2481	12.3	11
2	点 CM	3	628125.730737	2974557.4993	22	19
3	点 CM	4	1011572.07339	2913823.49696	21	22.5
4	点 CM	5	922526.062753	2894449.74788	19	20
5	点 CM	6	401210.878499	2860727.9972	17.7	21
6	点 CM	7	986676.942363	2826322.24684	18	18
7	点 CM	8	608325.875511	2820106.99668	23	21
8	点 CM	9	319660.440134	2778797.99035	22	18
9	点 CM	10	979961.377011	2777257.74535	25	21
10	点 CM	11	759851.063273	2771206.25014	18.6	15
11	点 CM	12	460040.560062	2705432.24753	15	17
12	点 CM	13	962951.066057	2697174.99834	24	21
13	点 CM	14	405328.253205	2668913.24833	16	17
14	点 CM	15	384899.188832	2658932.49923	22	22
15	点 CM	16	610997.438071	2641258.00046	21	24
16	点 CM	17	1042075.00556	2595949.24905	18	20
17	点 CM	18	929235.438265	2590020.00052	19	16
18	点 CM	19	708181.56137	2524599.74999	22.3	19
19	点 CM	20	685935.251121	2497299.24516	18	16

图 1.10 要素属性表

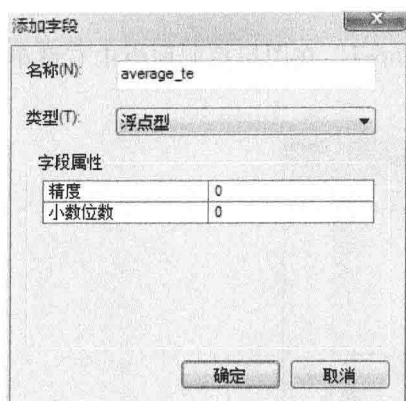


图 1.11 添加字段表

属性表可以编辑,单击 ,在下拉菜单中选择【添加字段】,打开添加字段对话框,如图 1.11 所示,设置好后单击【确定】。

同样,可以删除字段,在属性表中选择需要删除的字段,右键单击,在弹出的菜单中单击【删除字段】即可。

4. 空间数据编辑

在 ArcMap 中,新建一个地图,打开 Catalog,在 MyGDB 中新建一个要素类,命名为“test”,类型为点要素。加载“test”图层,右键单击【菜单栏】,添加【编辑器菜单】,如图 1.12 所示。

单击编辑器下拉菜单,选择【开始编辑】,即可编辑“test”要素;单击图 1.12 中最后一个按钮 ,在创建要素对话框中选择“test”,创建点要素。创建完毕后单击编辑器下拉菜单,单击【保存编辑内容】,保存要素;然后单击【停止编辑】,结束操作。



图 1.12 编辑器菜单

5. 矢量栅格转换

(1)在 MyGDB 中新建一个要素类(要素类型为“多边形”),命名为“ClipPoly. shp”,添加字段“ID”。在 ArcMap 中,加载栅格数据“landuse”和“ClipPoly. shp”。

(2)打开【编辑器】工具栏,开始编辑 ClipPoly,根据要剪切的区域,绘制一个任意形状的多边形。打开属性表,修改多边形字段“ID”的值为 1,保存修改,停止编辑,如图 1.13 所示。

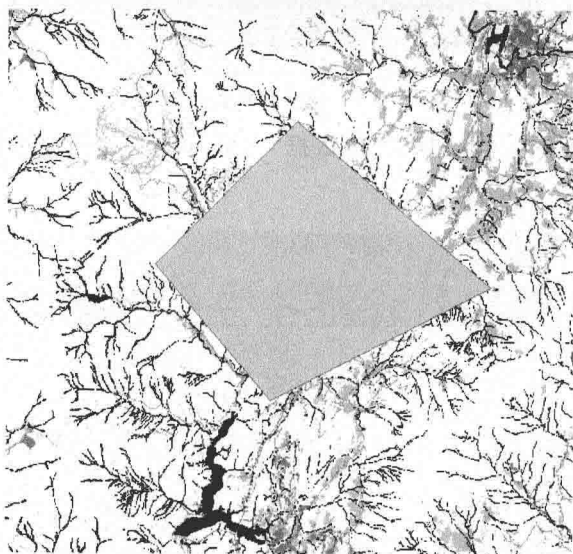


图 1.13 编辑 ClipPoly 要素

(3)在 ArcToolbox 中执行【转换工具】→【转为栅格】→【要素转栅格】命令,如图 1.14 所示。

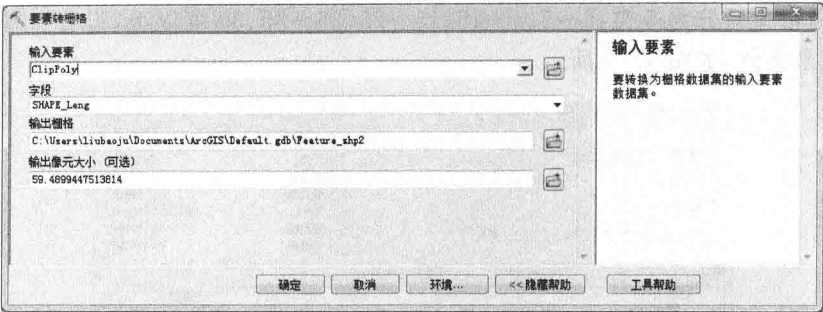


图 1.14 要素转栅格

输出像元大小:查询要剪切的栅格图层“landuse”的栅格大小,这里采用默认值,指定输出栅格的名称为路径。

(4)在 ArcToolbox 中执行【空间分析】→【地图代数】→【栅格计算器】命令,如图 1.15 所示。



图 1.15 栅格计算器

构造表达式:“"landuse" * "Feature_shp2"”,执行“landuse”和用以剪切的栅格之间的相乘运算,得到的结果即是以任意多边形剪切的“landuse”数据。

6. 栅格重分类

通过栅格重分类操作可以将连续栅格数据转换为离散栅格数据。

在 ArcMap 中,新建地图文档,加载栅格数据“slope1”,打开【空间分析】工具栏,执行【重分类】菜单命令,如图 1.16 所示。

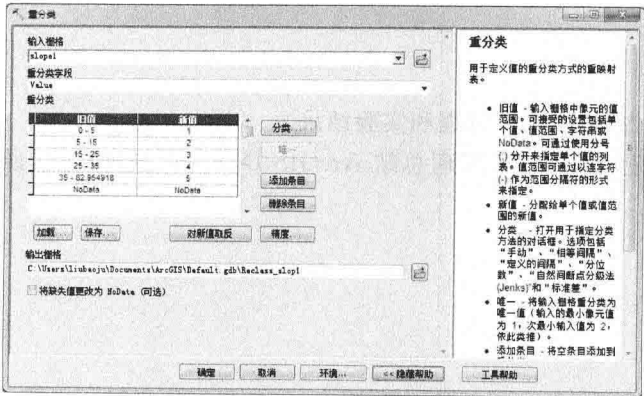


图 1.16 栅格重分类

将坡度栅格重新分为 5 类:0~5、5~15、15~25、25~35、35 度以上,设置“中断值”分别为 5、15、25、35、最大值,如图 1.17 所示。

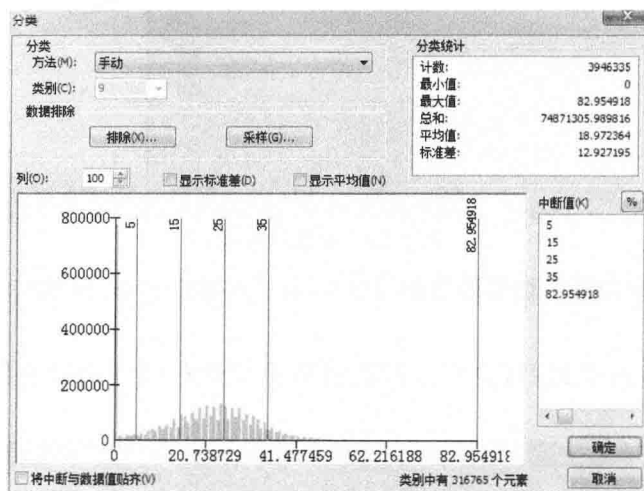


图 1.17 分类

分类结果如图 1.18 所示。

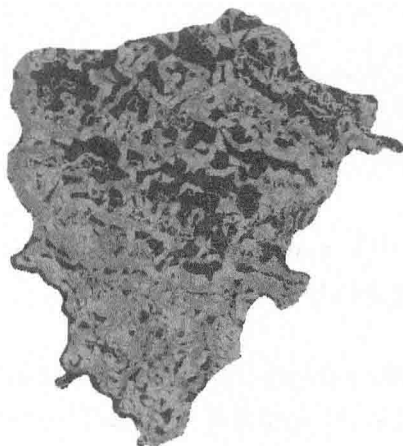


图 1.18 重分类结果

四、实验报告

(1) 撰写实验报告,包括实验过程和实验结果。

(2) 回答如下问题:结合 GIS 原理总结 ArcGIS Desktop 主要特点,说明 GIS 空间分析的基本操作有哪些?

实验二 空间数据探索性分析

一、实验目的

- (1)了解探索性数据分析的基本原理。
- (2)熟悉 ArcGIS Geostatistical Analyst 模块的基本操作。
- (3)掌握 ArcGIS 绘制空间数据统计直方图、正态 QQ 图、空间分布趋势图,并且能够依据所绘制的图形了解空间数据的分布特征。

二、实验准备

1. 实验数据

美国纽约长岛结肠癌数据——“癌症数据.shp”,包含字段“SMRCOLF”(女性结肠癌标准化死亡率)和“SMRCOLM”(男性结肠癌标准化死亡率)。

中国 1960—2008 年年降水数据——“降水数据.shp”,包含字段“2008 降水量”(我国 186 个地面气象观测站 2008 年观测到的年降水量)和“平均降水量”(我国 186 个地面气象观测站的 1960—2008 年年降水量的平均值)。

其中,美国纽约长岛结肠癌数据为面数据,中国 1960—2008 年年降水数据为点数据。

2. 软件准备

ArcGIS 10.1 中文版。

三、实验内容和步骤

1. 加载 Geostatistical Analyst 工具条

本次实验主要用到 ArcGIS 中 Geostatistical Analyst(地统计分析)模块,单击标准工具栏右下角按钮,在【自定义】复选框中,选中“Geostatistical Analyst”选项,如图 2.1 所示。



图 2.1 加载 Geostatistical Analyst 模块

“Geostatistical Analyst”工具条主要包括探索数据和地统计向导两部分,如图 2.2 所示,其中本次实验主要使用探索数据部分的功能。

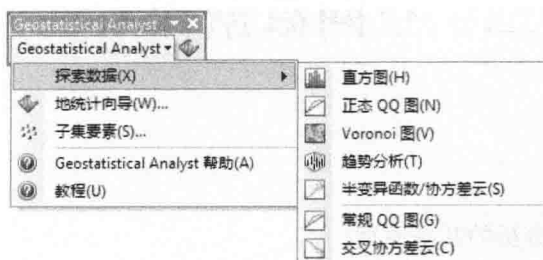


图 2.2 Geostatistical Analyst 工具条

2. 直方图分析

直方图可以直观地反映样本数据的分布特征和总体规律,可以用来检验数据的分布和寻找样本数据的离群值。

(1)单击标准工具栏中【添加数据】按钮,把实验数据“癌症数据.shp”加载到 ArcGIS 中,如图 2.3 所示。



图 2.3 长岛结肠癌症数据

(2)在 Geostatistical Analyst 工具条上,单击【Geostatistical Analyst】→【探索数据】→【直方图】,如图 2.4 所示。

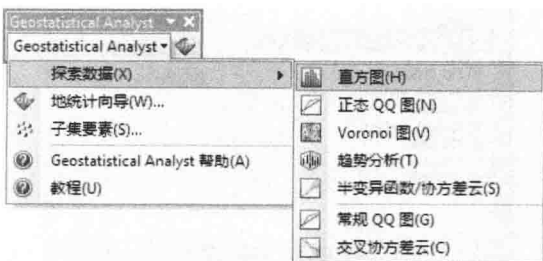


图 2.4 生成直方图

设置相关参数,主要包括:

——条。直方图的分组数目和组距相关,一般性的指导原则为数据量较大时,组距也较大,数据量较小时,组距也设置较小。

——变换。数据变换方式,有些样本数据可能不符合正态分布,但是通过数据变换以后就能近似符合正态分布,便于做统计分析。“无”不对样本数据做任何变换,直接生成直方图。“Log”对样本数据采取对数变换(即取原始数据的对数),再生成直方图。“Box-Cox”对样本数据进行幂变换,再生成直方图。

——图层。选择要进行分析的图层。

——属性。选择生成直方图的属性字段。

本例中分组数目选择 10,不进行数据变换,选择“癌症数据”图层,属性选择“SMRCOLM”男性结肠癌标准化死亡率字段,生成的直方图如图 2.5 所示。在直方图右上方的窗口中,显示了一些统计指标:总数、最小值、最大值、平均值、标准差、偏度、峰度、1/4 分位数、中位数、3/4 分位数,通过这些指标可以定量地了解数据。

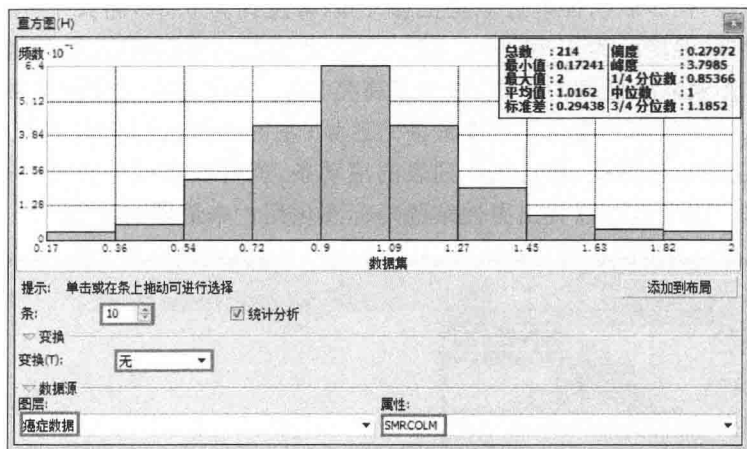


图 2.5 癌症数据直方图

——偏度。用于描述数据分布左右对称性的指标,正态分布的偏度等于 0,如图 2.6(a)所示。如果样本数据的直方图左边尾部长,右边尾部短,数据大部分落在直方图的右边,如图 2.6(b)所示,此时,偏度小于 0,称为负偏态或者左偏态;反之,如果样本的直方图右边尾部长,左边尾部短,数据大部分落在直方图的左边,如图 2.6(c)所示,此时,偏度大于 0,称为正偏态或右偏态。

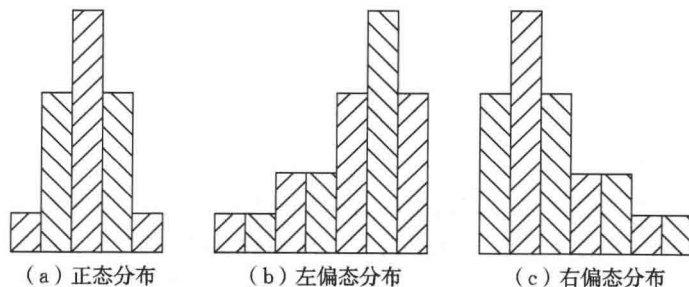


图 2.6 常见的直方图分布形式

——峰度。用来描述数据分布高度的指标,正态分布的峰度等于 3。如果样本数据的峰度大于 3,表示样本数据的分布比正态分布高耸,相应尾部厚度偏薄,此时数据比正态分布集中于平均值附近;如果峰度小于 3,表示样本数据的分布比正态分布平坦,相应尾部厚度偏厚,此时数据比正态分布分散。

——四分位数。将 n 个样本数据按数值大小从小到大排列为 $x(1), x(2), \dots, x(n)$, 则四分位数可以定义为

$$Q_p = \begin{cases} x_{([np]+1)} & \text{当 } n \text{ 为奇数} \\ 0.5(x_{[np]} + x_{[np+1]}) & \text{当 } n \text{ 为偶数} \end{cases}$$

式中, $[np]$ 表示 $n \times p$ 的整数部分。当 p 取 $1/4$ 时, Q_p 为 $1/4$ 分位数;当 p 取 $2/4$ 时, Q_p 为 $2/4$ 分位数(即中位数);当 p 取 $3/4$ 时, Q_p 为 $3/4$ 分位数。四分位距即为 $3/4$ 分位数与 $1/4$ 分位数之差,表示将样本中极端的前 $1/4$ 数据和后 $1/4$ 数据去除,而利用第三个四分位数和第一个四分位数的差距来表示样本的分散情况,从而避免极端值的影响。

从图 2.5 中可以看到本例中样本总数为 214,样本平均值约为 1.02,中位数为 1,平均值和中位数近似相等,初步表明样本近似呈正态分布;峰度约为 3.80,略大于 3,表明样本数据分布集中于均值附近;偏度约为 0.28,较小,表明样本呈轻微正偏态分布,表明数据向右延伸;单击选中落在直方图最右侧区间的条带,该条带高亮显示,主视窗中对应的区域也高亮显示,表明这些区域是男性结肠癌标准化死亡率最高的区域;左键单击主视窗右侧内容列表中癌症数据图层,查看图层的属性数据,拖动属性列表的滚动条,就可以找到男性结肠癌标准化死亡率最高的几个区域。同理也可以找出男性结肠癌标准化死亡率最低的区域。

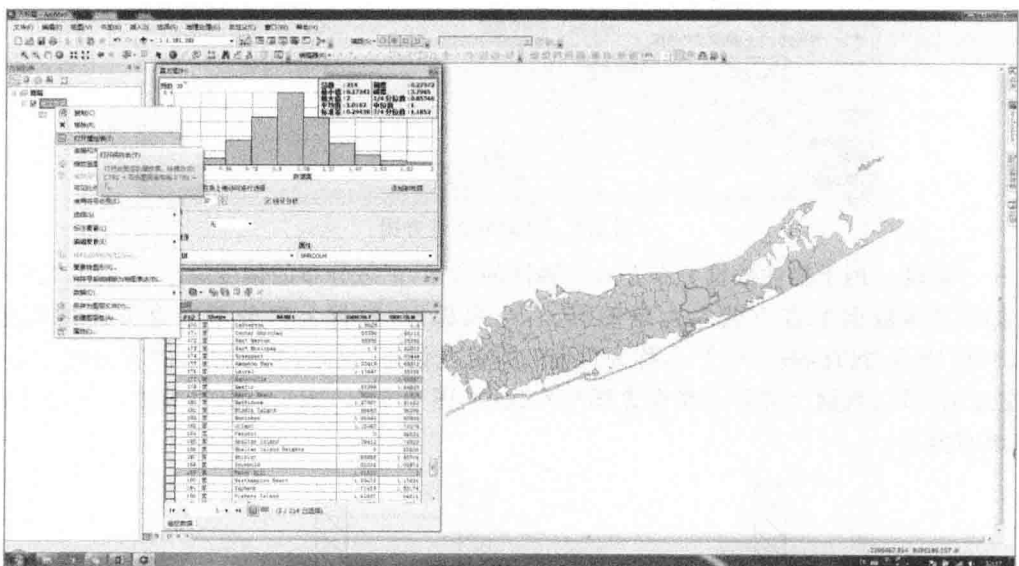


图 2.7 查找样本特殊值

3. 正态 QQ 图分析

常规的 QQ 图是两个数据集分布情况的分位数对照绘制的一种图。对于两个同分布的样本,QQ 图是一条 45° 的直线。正态 QQ 图则是将样本数据分位数与标准正态集分布函数曲线对照绘制的,如果正态 QQ 图呈一条直线,说明样本数据是服从正态分布的。因此,正态 QQ 图提供了另外一种度量样本数据是否近似正态分布的方法。图 2.8 显示了 QQ 图的一些常见