



Introduction to 3D Data:
Modeling with ArcGIS 3D Analyst and Google Earth

三维空间数据建模

(美) K. Heather Kennedy 著
戴红 翁敬农 李金贵 译

 **WILEY**
wiley.com



清华大学出版社

P236/10

1966398

三维空间数据建模

(美) K. Heather Kennedy 著
戴红 翁敬农 李金贵 译



徐州师范大学图书馆



23997619

清华大学出版社
北京

98

内 容 简 介

本书是有关三维空间数据的入门书,介绍如何用 ArcGIS 3D Analyst 和 Google Earth(谷歌地球)操作空间数据。全书共分 10 章:第 1 章介绍三维数据基础,第 2 章介绍 ArcScene 中的三维显示,第 3 章介绍三维导航与动画,第 4 章介绍 ArcGlobe,第 5 章介绍 Google Earth,第 6 章介绍栅格表面模型,第 7 章介绍 TIN 表面模型,第 8 章介绍地形表面模型,第 9 章介绍三维要素和其他表面分析技术,第 10 章介绍从 SKP 到 Multipatch、KML 文件格式的转换。

全书设计了多个实践练习,每个练习均给出详细的操作步骤。书中练习所用到的数据可以在配套网站下载。本书可作为地理信息系统及相关专业的教材,也可供相关领域从业人员参考。

Introduction to 3D Data: Modeling with ArcGIS 3D Analyst and Google Earth by K. Heather Kennedy

EISBN: 978-0-470-38124-3

Copyright © 2009 John Wiley & Sons Inc.

All rights Reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, scanning or otherwise, except as permitted under Section 107 or 108 of the 1976 United States Copyright Act, without either the prior written permission of the Publisher, or authorization through payment of the appropriate per-copy fee to the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, (978) 750-8400, fax (978) 646-8600, or on the web at www.copyright.com. Requests to the Publisher for permission should be addressed to the Permissions Department, John Wiley & Sons Inc., 111 River Street, Hoboken, NJ 07030, (201) 748-6011, fax (201) 748-6008 or online at www.wiley.com/go/permissions. All Rights Reserved. This translation published under license.

本书中文简体字版由 John Wiley & Sons Inc. 授权清华大学出版社出版。未经出版者书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

北京市版权局著作权合同登记 图字: 01-2011-4036

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

三维空间数据建模(美)肯尼迪(Kennedy, K. H.)著;戴红,翁敬农,李金贵译. —北京:清华大学出版社, 2013

书名原文: Introduction to 3D Data: Modeling with ArcGIS 3D Analyst and Google Earth

ISBN 978-7-302-30221-6

I. ①三… II. ①肯… ②戴… ③翁… ④李… III. ①三维—空间测量—数据处理 IV. ①P236

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 228419 号

责任编辑:文开琪 汤涌涛

封面设计:杨玉兰

责任校对:周剑云

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京世知印务有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:18.5 字 数:441 千字

版 次:2013 年 1 月第 1 版 印 次:2013 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:59.00 元

译者序

随着地理信息系统(GIS)应用的不断深入,三维数据在GIS系统中的应用需求不断增长。本书讲授如何用ESRI公司的ArcGIS 3D Analyst软件对三维地形进行分析和建模,如何创建三维数据以及制作具有拓扑的真实地图、三维场景和类似地球的球体视图。全书共分为10章,每一章讲解一种三维数据格式或一种软件,如ArcCatalog、ArcScene、ArcGlobe或Google Earth。本书将三维数据的一些基本概念和实践操作结合起来,先介绍概念,然后进行练习。每个练习均给出了详细的操作步骤。练习用到的数据可以在网站 www.wiley.com 中下载。运行示例数据的系统要求与运行ArcGIS 3D Analyst的一样。要进行练习,必须安装ArcGIS 3D Analyst,本书没有包含任何试用版软件。大部分3D Analyst练习可以利用ArcView、ArcEditor或者ArcInfo 9.1或9.2版完成,某些练习需要使用9.3版。在做第5章到第10章的练习前,需要先安装免费的Google Earth。

译者根据网站的情况,对原书有关示例数据下载的部分进行了补充和更新,使得用户可以方便地得到示例数据。另外,因为ArcGIS 9.3没有公开的中文版,本书专有名词的译法主要参考了ArcGIS 10中文版。并且,在翻译的过程中,译者用ArcGIS 10对书中所述的操作步骤进行了实际验证。

本书是一本很好的三维数据操作实践的入门指导书。作者希瑟·肯尼迪从事地理信息系统工作多年,是一位专业的技术作家。其父迈克尔·肯尼迪是美国肯塔基州大学地理系主讲地理信息系统和全球定位系统课程的教授,具有近四十年地理信息系统和全球定位系统工作的经历,有着丰富的教学经验,并曾出版过多部与地理信息系统相关的专著。因此,相信读者可通过本书获益良多。

戴 红

于北京联合大学应用文理学院

前 言

本书为地理信息系统领域的专业人员、分析人员及技术人员讲授如何用 ESRI 公司的 ArcGIS 3D Analyst 分析软件对三维地形表面进行分析和建模，如何创建三维数据以及制作具有拓扑的真实地图、三维场景和类似地球的球体的视图。全书共分为 10 章，每一章讲解一种数据格式或一种软件，如 ArcCatalog、ArcScene、ArcGlobe 或 Google Earth。本书共有 39 个列有详细操作步骤的实践练习，用通俗的语言讨论数据结构和软件的工作机理。我的目标是通过一种友好的、吸引人的方式在知其然不知其所以然的参考手册式的示例教程和只重理论而不重现实应用的大部头的学术著作之间寻求一种折中。做完这些练习，你将完全明白 ArcGIS 3D Analyst 能够做什么，你将记住用专用的软件创建专用的数据类型的各种情况。

有的读者可能读过我以前的书，*Data in Three Dimensions: A Guide to ArcGIS 3D Analyst*(Onword 出版社，2004)，该书用到了 ArcGIS 8.x 版 3D Analyst。本书是该书的更新和扩充，用到 ArcGIS 9.3 版 3D Analyst，并包含新的数据格式，如地形、多面体要素和 KML。本书虽然谈及 Google Earth，但 3D Analyst 仍为书中重点，因为后者的优势就在于 GIS 数据的创建和分析，而 Google Earth 主要用于数据的显示。

做练习时，需要在计算机上安装 ArcView 并需要一个 ArcGIS 3D Analyst 软件的使用许可。大部分的练习使用 9.1 或 9.2 版本的 ArcGIS 就能完成，有些需要用到 9.3 版本。另外，你也需要安装 Google Earth。

本书配套网站 www.wiley.com 上的示例数据仅供教学使用。这些数据是经过修改的，是不可靠的，只作演示和教学之用。这些数据不能买卖、复制(个人使用除外)和分发。

示例数据

书中练习用到的一些数据可以在网站 www.wiley.com 中获得。

系统要求

运行示例数据的系统要求与运行 ArcGIS 3D Analyst 的一样，你必须已经安装了 ArcGIS 3D Analyst，本书中没有包含试用版的任何软件。大部分 3D Analyst 练习可以在 ArcView、ArcEditor 或者 ArcInfo 9.1 和 9.2 版本中使用，一些练习要求 9.3 版本。在做第 5 章~第 10 章的练习前，需要先安装免费的 Google Earth。

在 Windows 环境下使用示例数据

需要确定计算机满足最低的系统要求。如果计算机不能完全满足系统要求，可能在使用数据文档内容时会出现一些问题。

你使用的计算机要求能够运行 Windows 2000、Vista 或者 XP，并能与互联网连接。

使用示例数据

可以按照以下的步骤来使用示例数据。^①

- (1) 访问 <http://as.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0470381248.html>，打开本书在 Wiley 的网页，如图 1 所示。

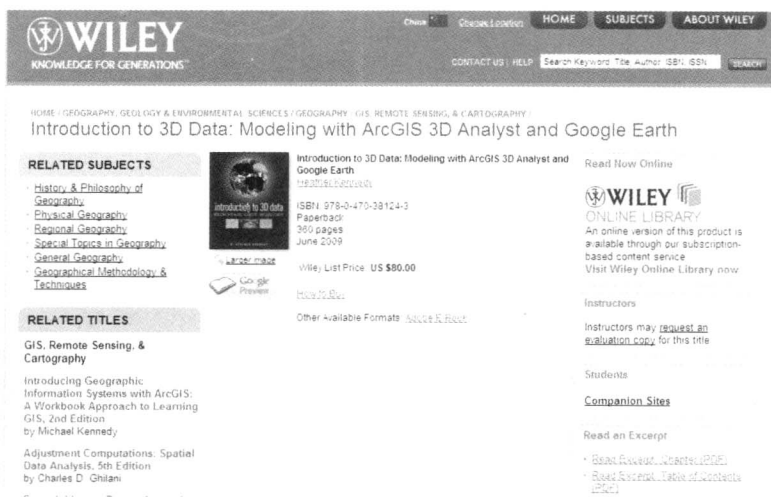


图 1 本书在 Wiley 的网页

^① 译者注：这部分内容，译者根据网站的变化进行了补充和更新。

- (2) 单击右侧 student 栏中的 Companion Sites 链接，再单击 Student Component Site 链接，得到如图 2 所示页面。

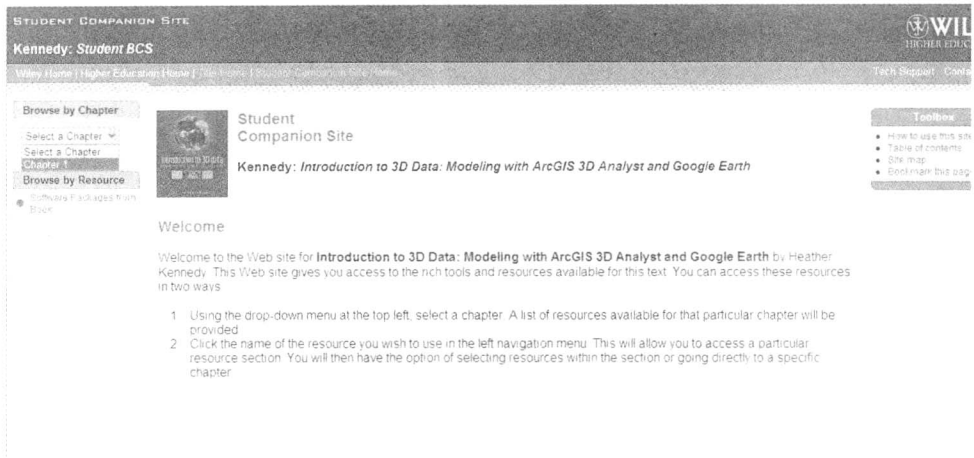


图 2

- (3) 在页面左侧 Browse by Chapter 下拉列表中选择 Chapter 1 项(只有这一项)，得到图 3 所示的页面。

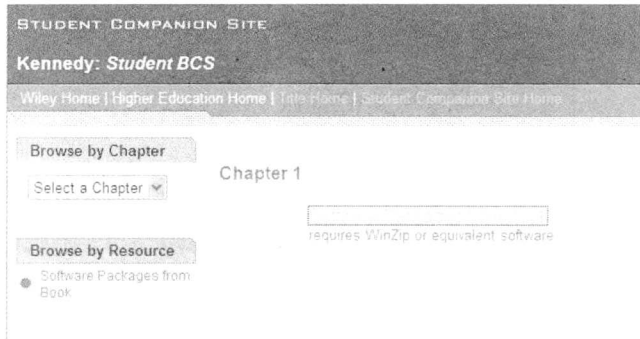


图 3 示例数据下载页面

- (4) 单击 Software Packages from Book 链接，下载文件。文件名为 3DDATA.zip，文件大小为 65 MB。解压后得到一个 3DDATA 目录，其中包括 10 章的练习数据，如图 4 所示。

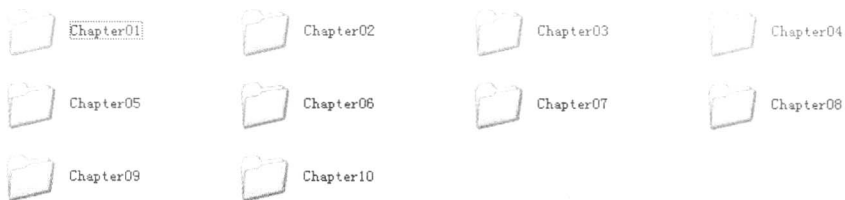


图 4 3DDATA 目录下的各章数据



用户服务

如果需要帮助，请联系 Wiley 产品技术支持部门，电话为(800)762-2974。在美国以外的地区，可拨打 1(317)572-3994。你也可以访问 Wiley 产品技术支持网站 www.wiley.com/techsupport。John Wiley & Sons 可以给你提供一些安装的帮助和解决通常的质量问题。应用技术方面的支持，请咨询软件厂家或者作者。

目 录

第 1 章 三维数据基础：用 ArcGIS 3D Analyst 和 Google Earth 建模.....	1
三维数据的基本概念.....	4
加载示例数据.....	11
练习 1.1 在 ArcCatalog 中预览数据.....	11
练习 1.2 在 ArcCatalog 中创建图层文件.....	17
第 2 章 ArcScene 中的三维显示.....	23
场景属性：背景色、光照、坐标系和垂直夸大.....	23
三维图层显示属性：基本高度、拉伸和阴影.....	25
练习 2.1 在 ArcScene 中设置背景色和光照.....	27
练习 2.2 在 ArcScene 中设置垂直夸大.....	31
练习 2.3 将坐标系应用到场景中.....	35
练习 2.4 用于高程栅格的三维图层属性.....	43
练习 2.5 设置栅格影像的三维图层属性.....	47
练习 2.6 为二维矢量图层设置基本高度.....	50
练习 2.7 拉伸二维矢量要素.....	57
选做练习 在 ArcScene 中查看一个地区公园的练习数据.....	64
第 3 章 三维导航与动画.....	69
目标和观察点.....	69
动画旋转与飞行模拟.....	70
创作动画.....	70
练习 3.1 设置目标和观察点.....	71
练习 3.2 动画旋转与查看器管理器.....	78
练习 3.3 “飞行”工具.....	85
练习 3.4 创建三维动画视频.....	88
第 4 章 ArcGlobe.....	103
练习 4.1 了解 ArcGlobe.....	103
练习 4.2 ArcGlobe 的“选项”设置及添加数据和重新设置图层类型的功能.....	110

第 5 章	Google Earth	121
	练习 5.1 Google Earth 界面及其虚拟地球导航	121
	练习 5.2 使用 Google Earth 的“窗体”菜单创建一个多边形并编辑它的属性	128
	练习 5.3 使用 KML 编辑多边形 Gardens	135
第 6 章	栅格表面模型	141
	栅格插值	141
	采样大小	142
	断层边缘(障碍)插值	142
	反距离权重法(IDW)	143
	样条函数法	144
	克里金法	144
	自然邻域法	145
	趋势面法	146
	栅格重分类方法: 坡度、坡向、山体阴影和视域	147
	其他重分类方法	149
	练习 6.1 用样条函数法对地形表面进行插值	150
	练习 6.2 使用反距离权重法和自然邻域法进行地形插值	156
	练习 6.3 计算山体阴影和坡向	161
	练习 6.4 计算坡度	166
	练习 6.5 计算视域	173
	选做练习 计算埃尔克帕克(Elk Park)地区的视域和坡度等级	181
第 7 章	TIN 表面模型	185
	TIN 插值	185
	断裂线、替换多边形、剪切多边形、擦除多边形和填充多边形	186
	练习 7.1 通过矢量要素创建 TIN	191
	练习 7.2 为 TIN 添加多边形属性值	197
	练习 7.3 改变 TIN 的符号系统和分类	204
	选做练习 为埃尔克帕克镇创建 TIN	210
第 8 章	地形表面模型	217
	练习 8.1 创建地形数据集	218
	练习 8.2 将地形数据集栅格化并在 ArcGlobe 中查看	226
第 9 章	三维要素与其他表面分析技术	235
	三维要素类: Shape_Z 字段与多面体	235
	练习 9.1 将二维要素转化为三维要素, 并在 ArcMap 中数字化三维要素	237

练习 9.2 画一条通视线和一个剖面图	246
练习 9.3 在 TIN 中计算表面面积和体积	252
选做练习 多面体三维要素	256
第 10 章 从 SKP 到 Multipatch、KML 文件格式的转换	261
练习 10.1 将 SketchUp 文件转换为多面体要素类	261
练习 10.2 在 ArcGlobe 中查看多面体要素类	267
选做练习 添加更多的数据	269
练习 10.3 在 ArcMap 中将图层导出为 KML 并在 Google Earth 中查看	269
选做练习 将 SketchUp 模型导入 Google Earth 中	275

第 1 章 三维数据基础：用 ArcGIS 3D Analyst 和 Google Earth 建模

本书是一本自学指导书，将介绍如何用 ESRI 的 3D Analyst 来创建数据和地图，并在 Google Earth 中使用它们。

本书所有练习的数据集均可以从原版英文书配套网站 www.wiley.com 下载。本书不提供任何试用软件，所以需要安装 ArcGIS 3D Analyst。大部分 3D Analyst 练习可以用 ArcView、ArcEditor 或 ArcInfo 的 9.1 版或 9.2 版完成，部分练习需要用 9.3 版。Google Earth 是可以免费使用的。

本书适用于对 ESRI 产品尤其是 ArcMap 和 ArcCatalog 有一定了解而又想深入了解三维建模的读者。可以按任意顺序完成书中的练习，但最好能够先完成前面的练习，因为后面的练习会省略某些步骤操作说明。

3D Analyst 主要用于创建地面高程数据并以三维方式显示它们。它提供了视域、表面积和体积计算等额外的分析功能。其基础界面是 ArcScene，用于在三维空间中展示数据，如图 1.1 所示。

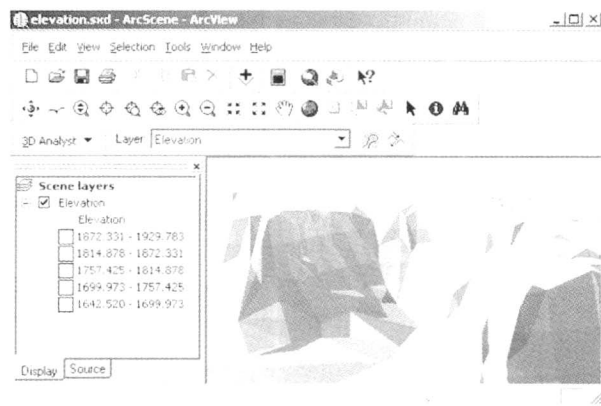


图 1.1 ArcScene 在三维空间中展示数据

在 9.0 版本中，ESRI 增加了可以让我们在三维地球模式下浏览大型数据集的 ArcGlobe(如图 1.2 所示)。

然而，越来越多的用户希望能够在网络上免费查看可交互的地图。这得益于 Google Earth 对空间信息查看方式的变革。ArcGIS 3D Analyst 具有创建和分析地理数据的能力，而 Google Earth 因其响应速度快和界面直观而成为显示地图和共享空间信息的主要工具。

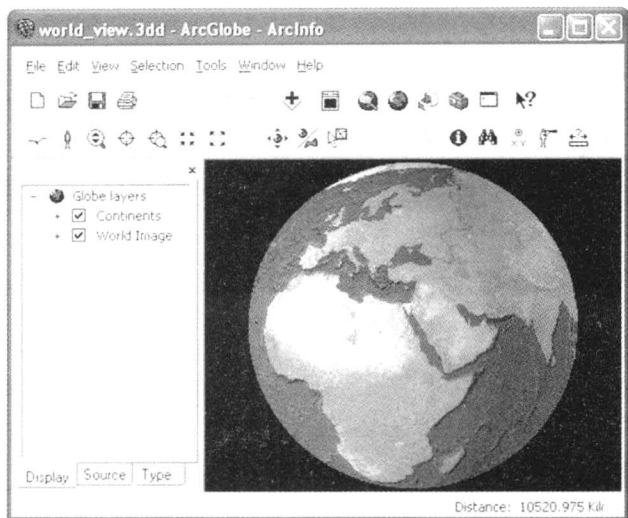


图 1.2 ArcGlobe 展示地球数据

有了 3D Analyst，可以通过矢量高程数据(如等高线、GPS 点、调查点等)来创建 TIN(Triangulated Irregular Network，不规则三角网)和栅格表面模型。通过 ArcScene 和 ArcGlobe，可以在表面上叠加栅格或者矢量图层，在三维空间飞行浏览，制作飞行动画。我们可以把二维的点、线、多边形变成线、面、体，可以创建各种各样的“true 3D”(真三维)功能。可以计算坡度、坡向、山体阴影、高度和表面积；也可以创建等高线，决定表面上任何一点的能见度；还可以决定视线，创建一个表面的剖面图，数字化三维要素和图形。示例参见图 1.3~图 1.7。



图 1.3 ArcMap 中的一个高程栅格图

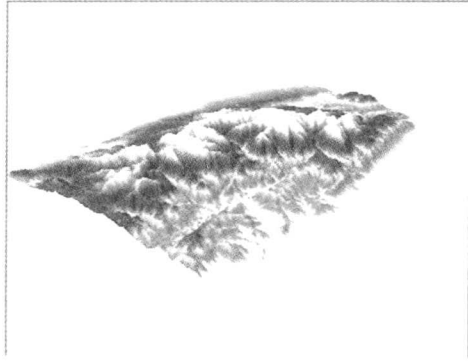


图 1.4 在 ArcScene 中显示同一高程栅格图

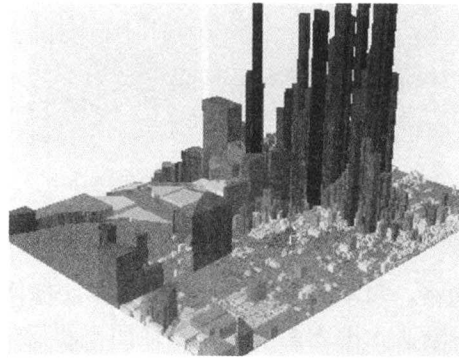


图 1.5 根据土地价值对土地着色和拔起

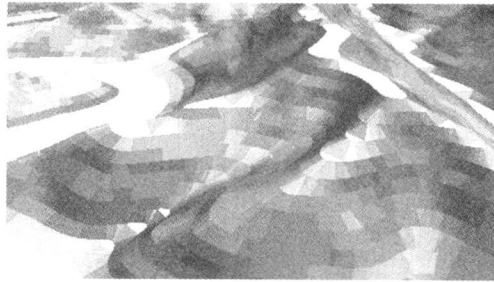


图 1.6 通过等高线和斜坡面特征创建的一个 TIN

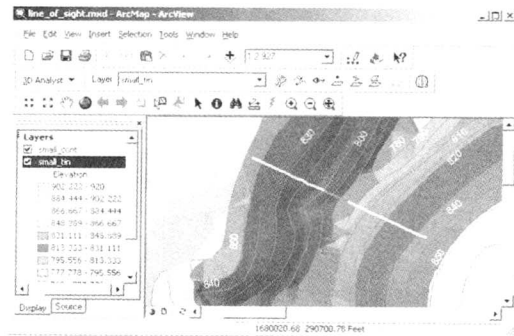


图 1.7 在 ArcMap 中绘制的一条视线

三维数据的基本概念

x, y, z 坐标值

所有的地理数据都包括二维 x, y 坐标值。为了方便在三维环境中使用, 需要同时包含 z 坐标数据。对于三维数据集中每对 x, y 坐标对应的地点而言, z 值用来表示一个属性而不是用来表示位置。在地形模型中, z 值用来表示海拔高度(如图 1.8 所示)。

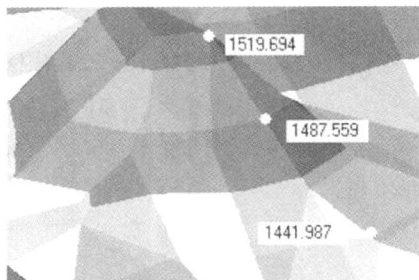


图 1.8 TIN 中的三个地点, 标出了它们的高程值(z)

3D Analyst 主要处理栅格、TIN 和三维矢量要素数据。栅格和 TIN 用于表面建模。此处所指的表面不仅包括地形意义上的表面, 还包括地面不断变化的各种现象, 例如降水、化学物的浓度、污染扩散、噪音水平、人口分布、土壤 pH 值等。

栅格

一幅栅格图像就是一个矩形网格, 而此网格又由均匀分布的矩形像元组成(如图 1.9 所示)。每个像元大小一样且有唯一的行和列地址。一个像元可以代表一平方千米、一平方米或一平方厘米。像元越小, 栅格就越详细, 因此网格所占用的文件空间就越大。

由于网格是规则排列的, 所以并不需要在每个像元中都存储它的二维坐标值(x, y 坐标值), 而是通过网格左下角的像元来计算。但每个像元都会存储它的 z 坐标值, 它表示数量或者一类现象, 例如海拔高度、农作物的产量或反射光强度等。

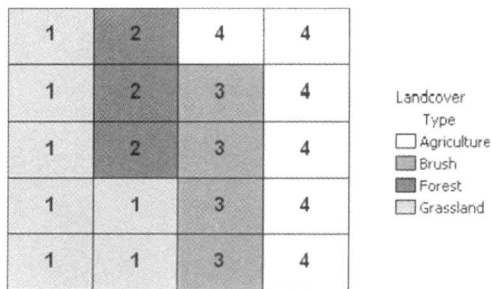


图 1.9 土地利用网格中的像元, 拥有相同值的像元具有相同的颜色

尽管土地利用也可以用离散的矢量多边形表示, 但多边形数据并不能表现土地的周期

性或持续性变化。连续性网格的示例参见图 1.10。

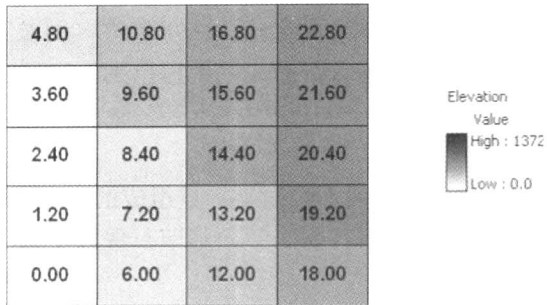


图 1.10 按取值范围表示的连续性网格

栅格数据通常分为两类：图像和专题。在一个图像中，表面的现象是光的反射或放射，或电磁波谱中的一些频段，图像可以通过摄像头或卫星获取。示例如图 1.11 所示。



图 1.11 一幅太空图像。栅格中的像元代表从地球表面反射的光

当一个现象(如光)被摄像头或者卫星捕捉时，每个像元的值代表那一点的亮度和颜色。而一个主题栅格则代表了现象的类别或数量，如海拔高度、污染程度、人口密度、降水量或噪音值等。由于不可能取得每个点的值，所以往往通过采样来构建模型。这种模型是一种近似，它是通过在两个采样点之间进行插值来预测的。示例参见图 1.12。

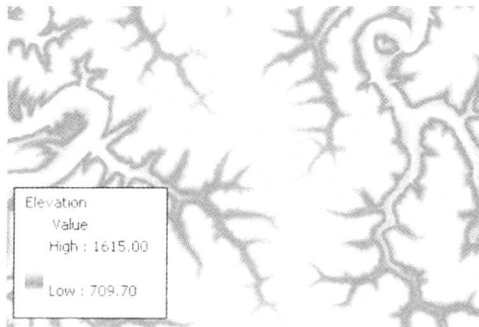


图 1.12 一个关于海拔高度的主题栅格。只有一部分像元的数据是真实测量的样本值，绝大多数的像元数据是通过插值获得的

3D Analyst 使用每个像元所存储的 z 值在三维空间中显示栅格。海拔值通常会显示出来，而且任何数字像元的值可以在三维空间内给出。尽管许多图像和主题栅格不含有海拔值，但可以在三维空间里通过将它们覆盖具有相同地理范围的表面来显示。

TIN

TIN(不规则三角网)代表了由一系列不规则坐标点组成的表面，这些点通过直线连接，形成连续的不重叠的大小不一的三角形。每个三角形节点保存了 x, y, z 坐标值。示例参见图 1.13。

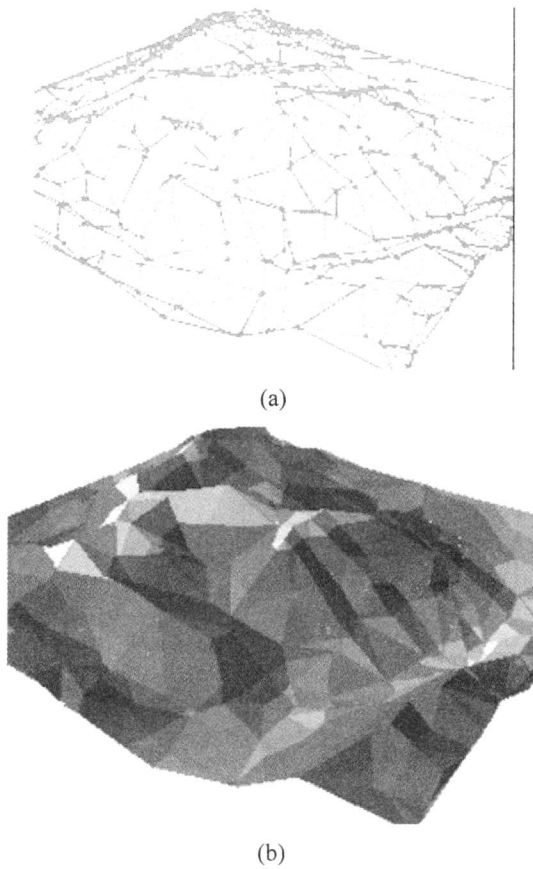


图 1.13 一个 TIN 的结构。(a)只显示了节点和边，(b)通过不同颜色显示海拔值

和栅格一样，TIN 中的值是通过在采样点中插值而获得的。采样点构成了三角形节点，而插值(通常称为三角化)则是指用线将节点相连。TIN 一旦建成，TIN 表面任意一点的海拔值可以通过边界三角形的顶点的 x, y, z 值来估计。每个三角形的坡度和坡向也都可以计算(如图 1.14 所示)。

正因为 TIN 表面的节点可以是不规则的，所以它可以用来表示那些变化十分剧烈并且需要较高精确度的地方。TIN 中的采样点越多，它的精确度就越高；为了获得较好的精度，山区往往需要比平地更多的采样点。