

现代电子信息技术 在环境保护中的应用实例



XIANDAI DIANZI XINXI JISHU

ZAI HUANJING BAOHUZHONG DE YINGYONG SHILI

文新宇 胡 卉 著

湘潭大学出版社

现代电子信息技术在环境保护中的应用实例

文新宇 胡 卉 著

湘潭大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

现代电子信息技术在环境保护中的应用实例 / 文新宇, 胡卉著. —湘潭: 湘潭大学出版社, 2016.9

ISBN 978-7-5687-0008-5

I. ①现… II. ①文…②胡… III. ①地理信息系统—应用—环境保护—研究 IV. ①X-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 238877 号

现代电子信息技术在环境保护中的应用实例

文新宇 胡 卉 著

责任编辑: 丁立松

封面设计: 张丽莉

出版发行: 湘潭大学出版社

社 址: 湖南省湘潭市 湘潭大学出版大楼

电话(传真): 0732-8298966 邮编: 411105

网 址: <http://press.xtu.edu.cn>

印 刷: 长沙宇航印刷有限公司

经 销: 湖南省新华书店

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 9.25

字 数: 226 千字

版 次: 2016 年 9 月第 1 版

版 次: 2016 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5687-0008-5

定 价: 32.00 元

(版权所有 严禁翻印)

前 言

本人从事环境监测技术工作已 25 年。近十年来,特别关注现代电子信息技术在环境监测中的应用工作。2008 年开始全国土壤调查时,本人第一次接触到地理信息系统,立刻被它的强大功能所震撼,意识到它的重要性,于是开始了长期自学,并逐步应用到实际工作中。2012 年,我参加了中国科学院计算技术研究所举办的地理信息系统工程师学习班,并通过考试和考核,取得了地理信息工程师的资格。本书的很多实例就是我在工作中做的实际应用的集合。

本书共分为 4 章,第 1 章是地理信息系统介绍,第 2 章是地理信息系统在污染场地中的应用,第 3 章是地理信息系统在环境管理中的应用,第 4 章是环境监测管理信息系统。对于第 4 章的数据库系统,本人于 2003~2004 年在德国进修城市环境保护专业期间,就发现数据库技术已经广泛应用于德国的实验室。在仪器检测占到实验室工作绝大多数工作量的今天,不使用数据库技术,是不可想象的,而当时国内实验室在这方面基本上是空白的。本人在黑森水公司用到数据库处理数据的时候,就意识到这个技术在未来的 10~20 年内,将在国内普遍应用,果不其然,现在,国内的 LIMCS 系统已经在不少实验室得到了应用。

我回国后一年内在所在单位株洲市环境监测中心站参加了首个数据库的建设,和同事们一起研发了《环境监测数据管理系统》。虽然该系统没有国外的专业数据库那么完善,也算是做成了一个基于局域网的半自动数据管理系统。然而,随着时代的发展,我们的数据库逐渐落后,也就促成本人在 2015 年,联合湖南工业大学计算机通信研究所吴志辉老师,经过一年的研发,完成了第二代数据管理系统,也就是本书第 4 章介绍的环境监测管理信息系统。目前,我们还在合作开发更新的环境监测管理信息系统,计划将监测数据在线采集、数据自动审核和更多的报告形式不断完善,也算是对自己几十年环境监测工作的总结。

限于作者的理论水平和实践经验,书中难免存在问题,衷心希望读者提出宝贵意见,以便进一步修改。如果本书对您的工作有所帮助,将是我最大的心愿。

作 者

2016 年 8 月

目 录

第 1 章 地理信息系统介绍	(1)
1.1 发展历史	(2)
1.2 特 点	(3)
1.3 产品分类	(4)
1.4 实现方法	(4)
1.5 建模系统	(6)
第 2 章 地理信息系统在污染场地调查中的应用	(8)
2.1 创建和编辑图层	(8)
2.2 坐标校正方法	(9)
2.3 格式转换	(13)
2.4 地图的输出	(14)
2.5 环境监测实例	(15)
2.6 污染场地调查实例	(18)
2.7 克里格(Kriging)插值法介绍	(29)
第 3 章 地理信息系统在环境管理中的应用	(33)
3.1 环境监测地理信息系统在环境管理中的应用前景	(33)
3.2 GIS 在城市管理和环境保护中应用实例介绍	(64)
3.3 环境监测数据管理系统和地理信息系统的联合运用	(68)
第 4 章 环境监测管理信息系统	(74)
4.1 数据库服务器的安装	(74)
4.2 安装和配置环境监测管理信息系统更新服务器	(84)
4.3 安装环境监测管理信息系统客户端程序	(85)
4.4 EMMIS 客户端程序的数据库配置	(88)
4.5 EMMIS 业务功能概述	(91)

4.6	信息系统维护子系统	(93)
4.7	监测信息管理子系统	(97)
4.8	质控业务管理子系统	(107)
4.9	污染源监测子系统	(110)
4.10	环境质量管理子系统	(126)
4.11	应急监测子系统	(126)
4.12	考勤信息管理子系统	(128)
参考文献		(137)
后 记		(140)

第 1 章 地理信息系统介绍

地理信息系统(GIS, Geographic Information System)是一门综合性学科,结合地理学与地图学以及遥感和计算机科学,已经广泛地应用在不同的领域,是用于输入、存储、查询、分析和显示地理数据的计算机系统,随着 GIS 的发展,也有称 GIS 为“地理信息科学”(Geographic Information Science),近年来,也有称 GIS 为“地理信息服务”(Geographic Information service)。GIS 是一种基于计算机的工具,它可以对空间信息进行分析和处理(简而言之,是对地球上存在的现象和发生的事件进行成图和分析)。GIS 技术把地图这种独特的视觉化效果和地理分析功能与一般的数据库操作(如查询和统计分析等)集成在一起。GIS 与其他信息系统最大的区别是对空间信息的存储管理分析,从而使其在广泛的公众和个人企事业单位中解释事件、预测结果、规划战略等中具有实用价值。

- GIS 可以分为以下五部分,如图 1.1 所示。
- (1) 人员,是 GIS 中最重要的组成部分。开发人员必须定义 GIS 中被执行的各种任务,开发处理程序。熟练的操作人员通常可以克服 GIS 软件功能的不足,但是相反的情况就不成立。最好的软件也无法弥补操作人员对 GIS 的一无所知所带来的副作用。
 - (2) 数据,精确的可用的数据可以影响到查询和分析的结果。
 - (3) 硬件,硬件的性能影响到软件对数据的处理速度,使用是否方便及可能的输出方式。
 - (4) 软件,不仅包含 GIS 软件,还包括各种数据库、绘图、统计、影像处理及其他程序。
 - (5) 过程,GIS 要求明确定义一致的方法来生成正确的可验证的结果。

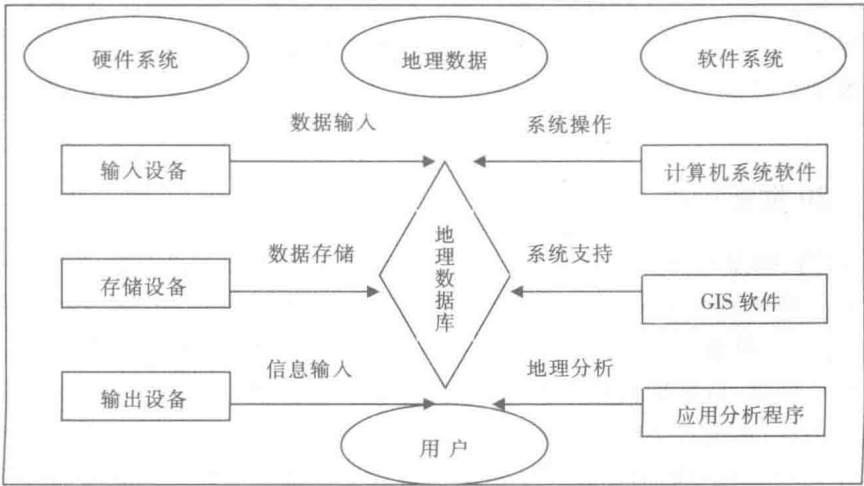


图 1.1 地理信息系统的组成

GIS 属于信息系统中的一类,不同之处在于它能够运作和处理地理参照数据。地理参照数据描述地球表面(包括大气层和较浅的地表下空间)空间要素的位置和属性。在 GIS 中,有两种地理数据成分:空间数据,与空间要素几何特性有关;属性数据,提供空间要素的信息。

地理信息系统(GIS)与全球定位系统(GPS)、遥感系统(RS)合称 3S 系统。

地理信息系统(GIS) 是一种具有信息系统空间专业形式的数据管理系统。在严格的意义上,这是一个具有集中、存储、操作和显示地理参考信息的计算机系统。例如,根据在数据库中的位置对数据进行识别。初学者通常也认为整个 GIS 系统包括操作人员以及输入系统的数据。

地理信息系统(GIS)技术能够应用于科学调查、资源管理、财产管理、发展规划、绘图和路线规划。例如,一个地理信息系统(GIS)能使应急计划者在自然灾害的情况下较容易地计算出应急响应时间,或利用 GIS 系统来发现那些需要保护不受污染的湿地。

1.1 发展历史

1.1.1 史前

15 000 年前,在拉斯考克(Lascaux)附近的洞穴墙壁上,法国的 Cro Magnon 猎人画下了他们所捕猎动物的图案。与这些动物图案相关的是一些描述迁移路线和轨迹线条和符号。这些早期记录符合了现代地理资讯系统的二元素结构:一个图形文件对应一个属性数据库。

1.1.2 18 世纪

18 世纪,地形图绘制的现代勘测技术得以实现,同时还出现了专题绘图的早期版本,如科学方面或人口普查资料。1854 年,约翰·斯诺用点来代表个例,描绘了伦敦的霍乱疫情,这可能是最早使用地理方法的案例。他对霍乱分布的研究指向了疾病的来源——一个位于霍乱疫情爆发中心区域百老汇街的被污染的公共水泵。约翰·斯诺将泵断开,最终终止了疫情爆发。

1.1.3 20 世纪初期

20 世纪初期,将图片分成层的“照片石印术”得以发展。它允许地图被分成各图层,例如一个层表示植被和另一层表示水。这技术特别用于印刷轮廓-绘制,是一个劳动力集中的任务,但它们有一个单独的图层,意味着它们可以不被其他图层上的工作混淆。这项工作最初是在玻璃板上绘制,后来塑料薄膜被引入,具有更轻、使用较少的存储空间、柔韧等优势。当所有的图层完成,再由一个巨型处理摄像机结合成一个图像。彩色印刷引进后,层的概念也被用于创建每种颜色单独的印版。尽管后来层的使用成为当代地理信息系统的主要典型特征之一,上面所描述的摄影过程本身并不被认为是一个地理信息系统——因为这个地图只有图像而没有附加的属性数据库。

1.1.4 20 世纪 60 年代

20 世纪 60 年代早期,在核武器研究的推动下,计算机硬件的发展导致通用计算机“绘图”的应用。1967 年,世界上第一个真正投入应用的地理信息系统在加拿大安大略省的渥太华研发。罗杰·汤姆林森博士(如图 1.2 所示)开发的这个系统被称为加拿大地理信息系统(CGIS),它用于存储、分析和利用加拿大土地统计局(CLI,使用 1:50 000 比例尺,利用关于土壤、农业、休闲、野生动物、林业和土地使用的地理信息,以确定加拿大农村的土地能力)收集的数据,并增设了等级分类因素来进行分析。

CGIS 是“计算机制图”应用的改进版,它提供了覆盖、资料数字化/扫描功能。它支持一个横跨大陆的国家坐标系统,将线编码为具有真实的嵌入拓扑结构的“弧”,并在单独的文件中存储属性和区位信息。由于这一结果,尤其是他在促进收敛地理数据的空间分析中对覆盖的应用,罗杰·汤姆林森被称为“地理信息系统之父”。



图 1.2 罗杰·汤姆林森博士

CGIS 一直持续到 20 世纪 70 年代才完成,但是耗时太长,因此在其发展初期,不能与 Intergraph 这样的销售各种商业地图应用软件的供应商竞争。CGIS 一直使用到 20 世纪 90 年代,并在加拿大建立了一个庞大的数字化的土地资源数据库。它被开发为基于大型机的系统以支持资源规划和管理。其能力是大陆范围内的复杂数据分析。CGIS 未被应用于商业。

1.1.5 20 世纪 80 年代以后

微型计算机硬件的发展使得像 ESRI 和 CARIS 那样的供应商成功地兼容了大多数的 CGIS 特征,并结合了对空间和属性信息的分离的第一种世代方法与对组织的属性数据的第二种世代方法入数据库结构。20 世纪 80 年代和 90 年代产业成长,刺激了应用了 GIS 的 UNIX 工作站和个人计算机飞速增长。至 20 世纪末,在各种系统中迅速增长,使得其在相关的少量平台已经得到了巩固和规范,并且用户开始提出了在互联网上查看 GIS 数据的概念,这要求数据的格式和传输标准化。

1.2 特 点

地理信息系统(GIS)的特点如下:

- (1) 公共的地理定位基础;
- (2) 具有采集、管理、分析和输出多种地理空间信息的能力;
- (3) 系统以分析模型驱动,具有极强的空间综合分析和动态预测能力,并能产生高层次的地理信息;
- (4) 以地理研究和地理决策为目的,是一个人机交互式的空间决策支持系统。

1.3 产品分类

按功能可分为专题地理信息系统(Thematic GIS)、区域地理信息系统(Regional GIS)、地理信息系统工具(GIS Tools)等。

按内容可分为城市信息系统、自然资源查询信息系统、规划与评估信息系统、土地管理信息系统等。

1.4 实现方法

1.4.1 信息来源

如果能将你所在省的降雨和你所在县上空的照片联系起来,就可以判断出哪块湿地在一年中的某些时候会干涸。一个 GIS 系统就能够进行这样的分析,它能够将不同来源的信息以不同的形式应用。对于源数据的基本要求是确定变量的位置。位置可能由经度、纬度和海拔的 x 、 y 、 z 坐标来标注,或是由其他地理编码系统比如 ZIP 码,又或是高速公路千米标志来表示。任何可以定位存放的变量都能被反馈到 GIS。一些政府机构和非政府组织正在生产制作能够直接访问 GIS 的计算机数据库。可以将地图中不同类型的数据格式输入 GIS, GIS 系统同时能将不是地图形式的数字信息转换成可识别利用的形式。例如,通过分析由遥感生成的数字卫星图像,可以生成一个与地图类似的有关植被覆盖的数字信息层。

同样,人口调查或水文表格数据也可在 GIS 系统中被转换成作为主题信息层的地图形式。

1.4.2 资料展现

GIS 数据以数字数据的形式表现了现实世界客观对象(公路、土地利用、海拔)。现实世界客观对象可被划分为两个抽象概念:离散对象(如房屋)和连续对象(如降雨量或海拔)。这两种抽象体在 GIS 中存储数据主要的两种方法为栅格(网格)和矢量。

栅格(网格)数据由存放唯一值存储单元的行和列组成。它与栅格(网格)图像是类似的,除了使用合适的颜色之外,各个单元记录的数值也可能是一个分类组(如土地使用状况)、一个连续的值(如降雨量)或是当数据不是可用时记录的一个空值。栅格数据集的分辨率取决于地面单位的网格宽度。通常存储单元代表地面的方形区域,但也可以用来代表其他形状。栅格数据既可以用来代表一块区域,也可以用来表示一个实物。

矢量数据利用了几何图形如点、线(一系列点坐标)或是面(形状决定于线)来表现客观对象。例如,在住房细分中以多边形来代表物产边界,以点来精确表示位置。矢量同样可以用来表示具有连续变化性的领域。利用等高线和不规则三角形格网(TIN)来表示海拔或其他连续变化的值。TIN 的记录对于这些连接成一个由三角形构成的不规则网格的点进行评估。三角形所在的面代表地形表面。

利用栅格或矢量数据模型来表达现实既有优点也有缺点。栅格数据设置在面内所有的点上都记录同一个值,而矢量格式只在需要的地方存储数据,这就使得前者所需的存储空间

大于后者。对于栅格数据可以很轻易地实现覆盖的操作,而对于矢量数据来说要困难得多。矢量数据可以像在传统地图上的矢量图形一样被显示出来,而栅格数据在以图像显示时显示对象的边界将呈现模糊状。

除了以几何向量坐标或是栅格单元位置来表达的空间数据外,非空间数据也可以被存储。在矢量数据中,这些附加数据为客观对象的属性。例如,一个森林资源的多边形可能包含一个标识符值及有关树木种类的信息。在栅格数据中,单元值可存储属性信息,但同样可以作为与其他表格中记录相关的标识符。

1.4.3 资料采集

数据采集即向系统内输入数据,它占据了 GIS 从业者的大部分时间。有多种方法向 GIS 中输入数据,在其中它以数字格式存储。

印在纸或聚酯薄膜地图上的现有数据可以被数字化或扫描来产生数字数据。数字化仪从地图中产生向量数据作为操作符轨迹点、线和多边形的边界。扫描地图可以产生能被进一步处理生成向量数据的光栅数据。

测量数据可以从测量器械上的数字数据收集系统中被直接输入到 GIS 中。从全球定位系统(GPS)——另一种测量工具中得到的位置,也可以被直接输入到 GIS 中。遥感数据同样在数据收集发挥着重要作用,并由附在平台上的多个传感器组成。传感器包括摄像机、数字扫描仪和激光雷达,而平台则通常由航空器和卫星构成。大部分数字数据来源于图片判读和航空照片。软拷贝工作站用来数字化直接从数字图像的立体像对中得到的特征。这些系统允许数据以二维或三维捕捉,它们的海拔直接从用照相测量法原理的立体像对中测量得到。

现今,模拟航空照片先被扫描然后再输入到软拷贝系统,但随着高质量的数字摄像机越来越便宜,这一步也就可被省略了。卫星遥感提供了空间数据的另一个重要来源。这里卫星使用不同的传感器包来被动地测量,从主动传感器如雷达发射出去的电磁波频谱或无线电波的部分反射系数。遥感收集可以进一步处理以标识感兴趣的对象和类,如土地覆盖的光栅数据。

除了收集和输入空间数据之外,属性数据也要输入到 GIS 中。对于向量数据,这包括关于在系统中的对象的附加信息。

输入数据到 GIS 中后,通常还要编辑,来消除错误,或进一步处理。对于向量数据必须要“拓扑正确”才能进行一些高级分析。比如说,在公路网中,线必须与交叉点处的结点相连,像反冲或过冲的错误也必须消除。对于扫描的地图,源地图上的污点可能需要从生成的光栅中消除。例如,污物的斑点可能会把两条本不该相连的线连在一起。

1.4.4 资料操作

GIS 可以执行数据重构来把数据转换成不同的格式。例如,GIS 可以通过在具有相同分类的所有单元周围生成线,同时决定单元的空间关系,如邻接和包含,来将卫星图像转换成向量结构。

由于数字数据以不同的方法收集和存储,两种数据源可能会不完全兼容。因此,GIS 必须能够将地理数据从一种结构转换到另一种结构。

1.4.5 系统转换

财产所有权地图与土壤分布图可能以不同的比例尺显示数据。GIS 中的地图数据必须能被操作以使其与从其他地图获得的数据对齐或相配合。在数字数据被分析前,它们可能得经过其他一些将它们整合进 GIS 的处理,比如投影与坐标变换。

地球可以用多种模型来表示,对于地球表面上的任一给定点,各个模型都可能给出一套不同的坐标(如纬度、经度、海拔)。最简单的模型是假定地球是一个理想的球体。随着地球的更多测量逐渐累积,地球的模型也变得越来越复杂,越来越精确。事实上,有些模型应用于地球的不同区域以提供更高的精确度(如北美坐标系统,1983—NAD83 只适合在美国使用,而在欧洲地区不适用)。

投影是制作地图的基础部分,它是从地球的一种模型中转换信息的数学方法,它将三维的弯曲表面转换成二维的媒介(比如纸或电脑屏幕)。不同类型的地图要采用不同的投影系统,因为每种投影系统有其自身的合适的用途。比如,一种可以精确反映大陆形状的投影会歪曲大陆的相对尺寸。

1.4.6 空间分析

空间分析能力是 GIS 的主要功能,也是 GIS 与计算机制图软件相区别的主要特征。空间分析是从空间物体的空间位置、联系等方面去研究空间事物,以及对空间事物做出定量的描述。一般地讲,它只回答 What(是什么)、Where(在哪里)、How(怎么样)等问题,但并不(能)回答 Why(为什么)的问题。空间分析需要复杂的数学工具,其中最主要的是空间统计学、图论、拓扑学、计算几何等,其主要任务是对空间构成进行描述和分析,以达到获取、描述和认知空间数据、理解和解释地理图案的背景过程、进行空间过程的模拟和预测、调控地理空间上发生的事件等目的。对于环境科学来说,很多时候是运用空间分析进行污染状况分析,说明污染的程度和范围,这一点在本书以后的章节里面会进行详细的介绍。

空间分析技术与许多学科有联系,地理学、经济学、区域科学、大气学、地球物理学、水文学等专门学科为其提供知识和机理。

除了 GIS 软件捆绑空间分析模块外,也有一些专用的空间分析软件,如 GISLIB、SIM、PPA、Fragstats 等。

1.5 建模系统

1.5.1 数据建模

将湿地地图与在机场、电视台和学校等不同地方记录的降雨量关联起来是很困难的。然而,GIS 能够描述地表、地下和大气的二维三维特征。

例如,GIS 能够将反映降雨量的雨量线迅速制图。这样的图称为雨量线图。通过有限数量的点的量测,可以估计出整个地表的特征,这样的方法已经很成熟。一张二维雨量线图可以和 GIS 中相同区域的其他图层进行叠加分析。

1.5.2 拓扑建模

在过去的 30 多年里,在湿地边上有没有任何加油站或工厂经营过?有没有任何满足在 2 千米内且高出湿地的条件的这类设施? GIS 可以识别并分析这种在数字化空间数据中的空间关系。这些拓扑关系允许进行复杂的空间建模和分析。地理实体间的拓扑关系包括连接(什么和什么相连)、包含(什么在什么之中)、邻近(两者之间的远近)。

1.5.3 网络建模

如果所有在湿地附近的工厂同时向河中排放化学物质,那么排入湿地的污染物的数量要多久就能达到破坏环境的数量? GIS 能模拟出污染物沿线性网络(河流)的扩散的路径。诸如坡度、速度限值、管道直径之类的数值可以纳入这个模型使得模拟得更精确,以此判断污染物所造成污染的范围、程度和受污染人口的数量。网络建模通常用于交通规划、水文建模和地下管网建模等。

第2章 地理信息系统在污染场地调查中的应用

在环境监测过程中,经常遇到污染源环境质量评估的问题,但是针对环境质量评估,如果没有合适的工具,针对环境质量的空间评价,只用文字是惨白无力的。如果借助地理信息系统,将能很好地把环境质量和空间位置进行综合评价,带来更为客观和直接的效果。下面就结合一个实例讲解如何将环境质量评估和地理信息系统完整的结合,首先打开 ArcGIS10,新建一个文件,导入一幅图片,如卫星图片,或者扫描图片,图片中的点位可以预先标注采样点的点位或者部分明显的地标名称,以方便后来的作图。

2.1 创建和编辑图层

2.1.1 创建图层

进入 Arccatlog, 创建诸如道路、丘陵、居民点、监测井和大气监测点位等图层, 注意此类图层需要建立地理投影坐标系, 如图 2.1 所示。

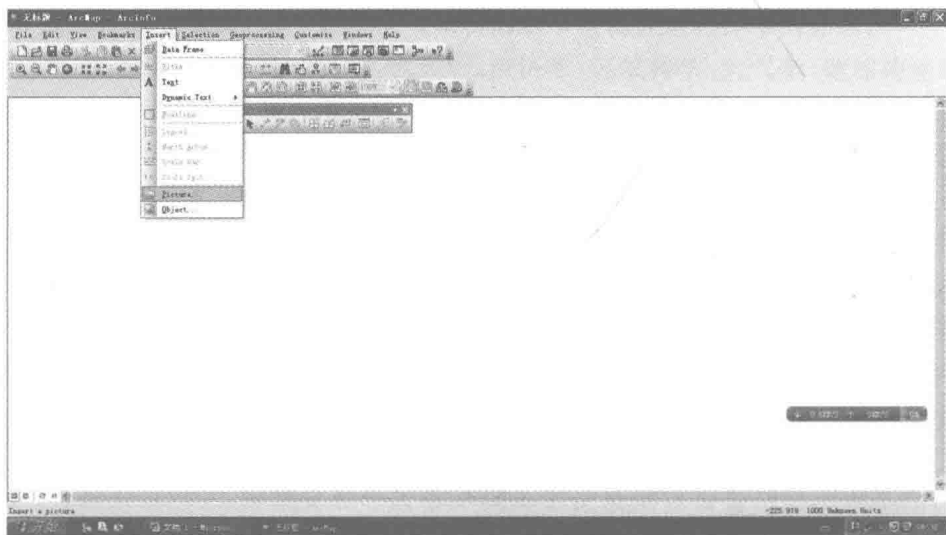


图 2.1 创建图层

常用的是 WGS1984 投影坐标,这也是 Google 地球采用的地理坐标系,同时,要注意选择图层属性,如丘陵要选择多边形(Polygon),监测点位选择点(Point),如图 2.2 和图 2.3 所示。

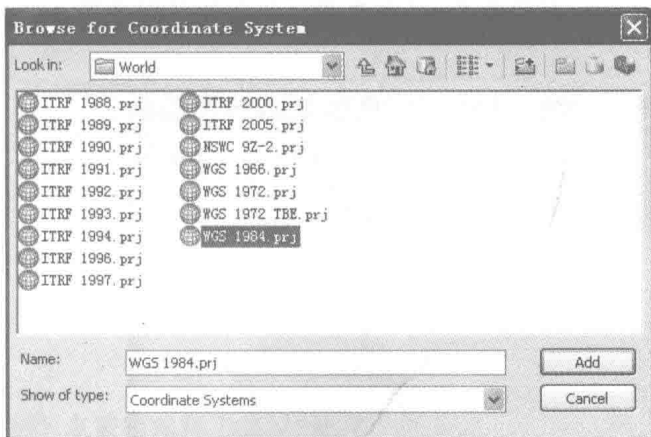


图 2.2 坐标系选择

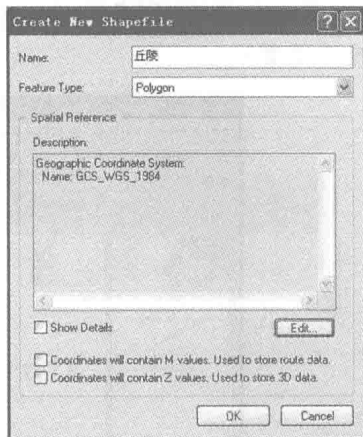


图 2.3 图层命名和属性选择

2.1.2 加载图层

通过 Add Data,加载不同的图层,需要产生新的要素,包括点、线和面的要素,如图 2.4 所示。通过编辑工厂厂界,结束编辑之后,就自动保存了编辑的结果。同样的编辑过程适用于监测点位、道路、渠道、池塘和丘陵等要素,如此编辑结束后,所有的位置都没有进行坐标校正,表明该图层只是显示了相对位置,还需要对图层进行坐标校正,校正方法将在后面进行详细的描述。



图 2.4 Google 图层加载

2.2 坐标校正方法

在 Google 地图上找 9 个左右的配准点,然后进行坐标配准和校正。具体的做法是利用 ArcGIS 空间校正(Spatial Adjustment)这个常用的工具,但许多新手不太明白如何使用它,下面简单说一下它的使用方法。

如图 2.5 所示,深色的是已经有坐标系的要素(基准要素),浅色的是需要校正的要素(被校正要素)。

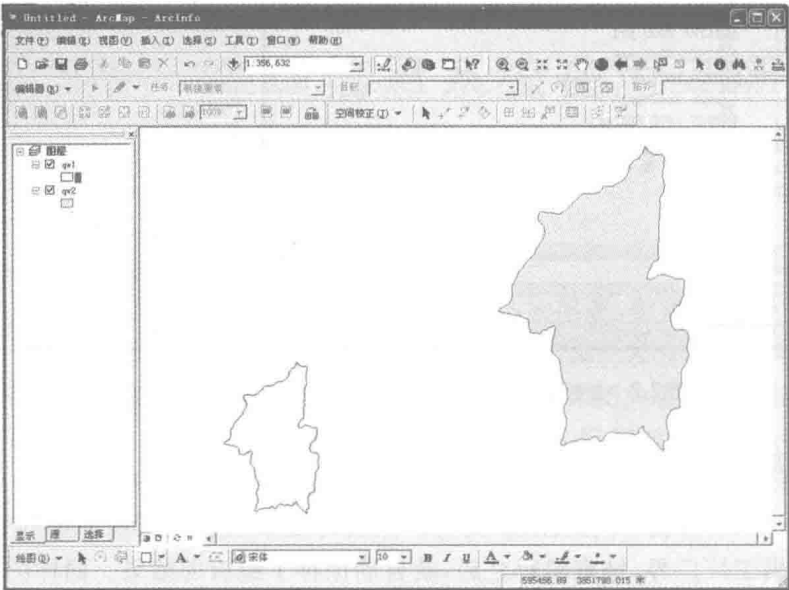


图 2.5 坐标校正示例

(1) 将已经具有坐标系的要素类和需要校正的要素类加进 arcmap 中,然后调出 spatial adjustment 工具条,开始编辑。

(2) 在 spatial adjustment 工具条的菜单里设置要校正的数据,把要校正的要素类打钩,如图 2.6 所示。

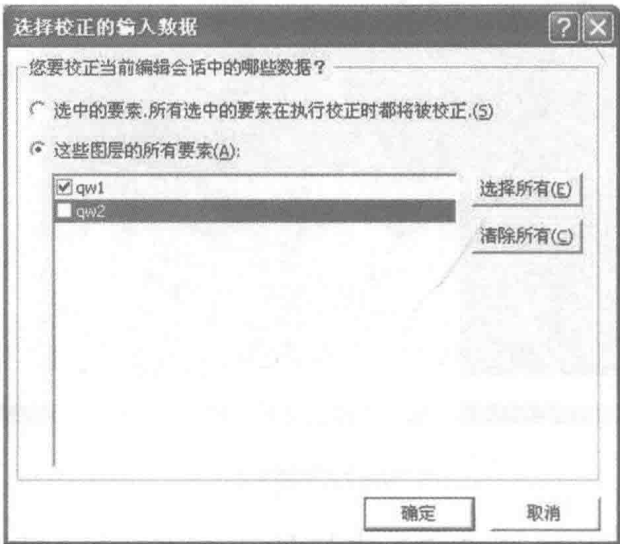


图 2.6 要素选择

(3) 设置校正方法,如图 2.7 所示。每种校正方法的适用范围和区别可看帮助文件。仿射变换是最常用的方法,建议新手使用。

(4) 设置结合环境,以便准确地建立校正连接,如图 2.8 所示。

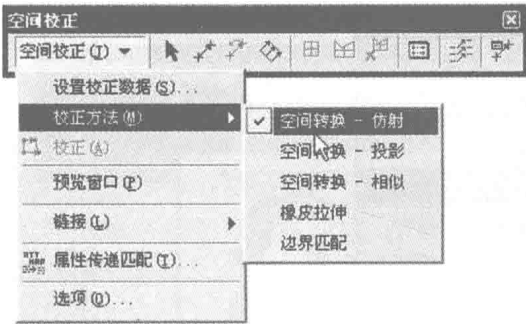


图 2.7 校正方式的选择

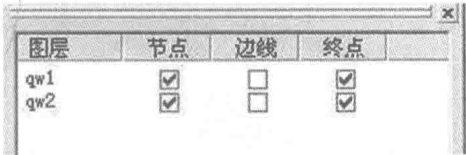


图 2.8 校正连接

(5) 点置换连接工具,如图 2.9 所示。



图 2.9 选择校正连接工具

(6) 点击被校正要素上的某点,然后点基准要素上的对应点,这样就建立了一个置换链接,起点是被校正要素上的某点,终点是基准要素上的对应点。用同样的方法建立足够的链接。理论上有三个置换链接就能做仿射变换,但实际上一般是不够用的。实际使用中要尽量多建几个链接,尤其是在拐点等特殊点上,而且要均匀分布。如图 2.10 所示是建立好链接的情形。

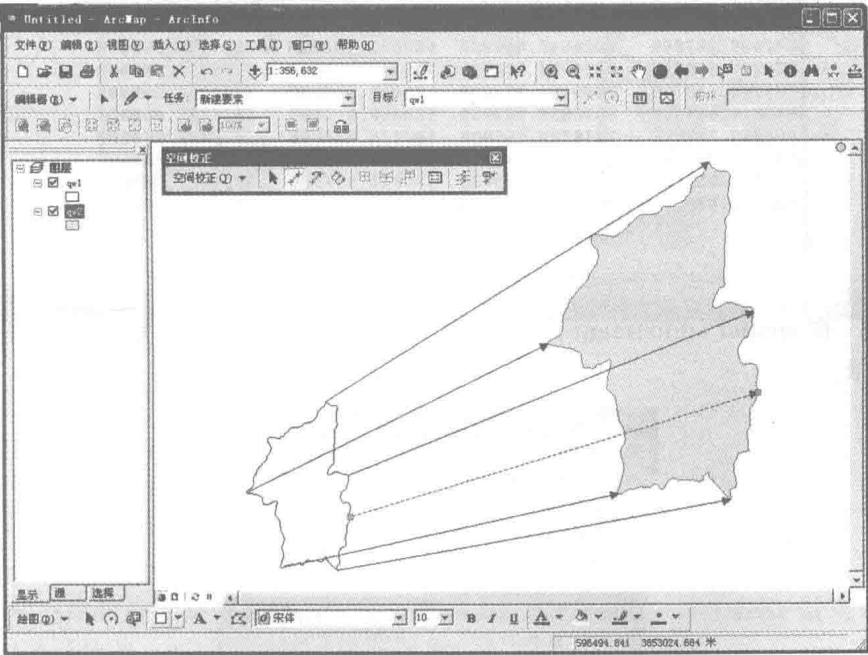


图 2.10 建立好链接的情形示例

(7) 点击 spatial adjustment 工具条菜单下的“校正”(adjust)命令,如图 2.11 所示。