

JIYU GIS HE RS DE

HUANGTUGAOYUAN TURANG QINSHI

YUCE YUBAO JISHU

基于GIS和RS的 黄土高原土壤侵蚀



预测预报技术

史学建 秦 奋 等 编著



黄河水利出版社

基于 GIS 和 RS 的黄土高原 土壤侵蚀预测预报技术

史学建 秦 奋 等 编著

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书介绍了地理信息系统(GIS)与遥感技术(RS)的基本理论、基本原理与方法技术,特别是以土壤侵蚀预测预报为例,介绍了土壤侵蚀环境因子的信息提取和空间分析等实用技术,最后介绍了土壤预测预报信息系统总体设计相关的技术与方法。全书注重理论与实践相结合,可供从事水土保持规划设计、水土流失预测预报、水土保持监测及其相关专业的技术人员和大专院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

基于GIS和RS的黄土高原土壤侵蚀预测预报技术/史学建,秦奋等编著. —郑州:黄河水利出版社,2011.12

ISBN 978-7-5509-0174-2

I. ①基… II. ①史…②秦… III. ①地理信息系统-应用-黄土高原-土壤侵蚀-环境预测-研究②遥感技术-应用-黄土高原-土壤侵蚀-环境预测-研究 IV. ①S157-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第263430号

组稿编辑:岳德军 电话:13838122133 E-mail: dejunyue@163.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail: hhsclbs@126.com

承印单位:河南地质彩色印刷厂

开本:787 mm×1092 mm 1/16

印张:17

字数:393千字

版次:2011年12月第1版

印数:1—1000

印次:2011年12月第1次印刷

定价:49.00元

前 言

土壤侵蚀不仅造成当地土地贫瘠化乃至整个生态环境的恶化,而且还导致其下游河床不断淤积抬高,湖泊淤积面积减少,水库库容减少,调节功能减弱,加剧洪水威胁。土壤侵蚀的这些危害在黄河流域表现最为突出,在黄河中游的黄土高原地区,每年土壤流失量达 16 亿 t,特别是位于黄土高原中北部面积不足 8 万 km² 的黄河多沙粗沙区输沙量达 10 亿 t 之多。严重的水土流失不仅造成该地区生态环境的不断恶化和经济上的贫困,而且堆积于黄河下游河床中,使其河床不断抬高,加剧洪水对下游两岸的威胁。

对黄河流域土壤侵蚀进行科学的预测预报可以为黄河下游河道整治减淤、干支流水利工程建设规划和设计工作提供科学依据;并且通过对土壤侵蚀影响因素的分析,特别是基于地理信息系统(GIS)和遥感技术(RS)的、能够反映流域下垫面空间差异的土壤侵蚀及水沙过程模拟,可进一步揭示土壤侵蚀发生发展规律,为黄河中游水土保持规划等工作提供科学依据。

2002 年水利部批复了“黄土高原土壤侵蚀预测预报技术的 GIS 系统”引进项目,该项目利用国外的 GIS/RS 软件系统及硬件支持系统,建立了土壤侵蚀预测预报技术 GIS 系统,实现了土壤侵蚀预测预报、流域产流产沙过程模拟、数据检索、数据查询、数据分析、数据双向存取、报表的生成输出自动化,以及空间分析及模拟结果的可视化和场景动态显示。2010 年水利部选定该项技术在黄土高原多沙粗沙区延安和榆林两地区进行大面积推广。本书是为推广该项技术而编写的。

本书共分为 12 章,其中,第一章为绪论,简要介绍了地理信息系统(GIS)与遥感技术(RS)的概念、构成、数据类型、基本功能及其在土壤侵蚀科学研究中的作用,并简要介绍了黄土高原土壤侵蚀研究进展。第二章为地理信息系统空间数据表达与获取,介绍了地理空间信息描述法、空间数据的类型和关系以及空间数据采集、编辑与处理。第三章为地理空间数据管理与输出,介绍了空间数据结构、空间数据库及地图制作与输出。第四章为空间查询与空间分析,介绍了空间信息查询、空间量算与内插、栅格数据分析的基本模式、矢量数据分析的基本方法和数字地面模型及其应用。第五章为遥感影像处理方法,介绍了遥感数字图像基本概念、遥感影像校正、增强处理及分类方法。第六章为基于遥感影像的土壤侵蚀信息提取技术,介绍了遥感影像的植被信息、土地利用或覆盖信息、土壤信息以及水土保持措施信息的提取。第七、八章介绍了

遥感技术在土壤侵蚀分析中的应用与精度验证。本书的第九至第十二章为应用篇,第九章为土壤预测预报信息系统总体设计,介绍了建立土壤预测预报信息系统的一些关键技术、系统分析与系统设计、系统主要功能。第十章为系统土壤侵蚀数据库设计与建设,介绍了系统数据库设计基本思路、流域 DEM 数据获取、流域下垫面特征信息提取以及其他相关资料整理。第十一章为土壤侵蚀预测预报信息系统工程的建设,介绍了土壤侵蚀预报工程组织、基础分析与计算、年产沙经验模型计算、次降水机制模型计算以及次暴雨经验模型计算。第十二章为黄土高原土壤侵蚀预测预报实例。

各章撰写人如下:第一章、第二章由史学建、秦奋编写,第三章、第七章和第八章由彭红编写,第四章由王乃芹编写,第五章、第六章由张喜旺编写,第九章至第十二章由韩志刚、黄静编写。全书由史学建和秦奋统稿。

为了使本书能达到最佳推广培训效果,书中参阅了大量参考文献,在此向这些文献的作者表示衷心感谢!

由于编写时间紧,加之水平有限,在编写过程中,难免有偏颇、不足甚至错误之处,敬请读者批评指正。

作者

2011 年 11 月

目 录

前 言

第一章 绪 论	(1)
第一节 地理信息系统概述	(1)
第二节 遥感技术基础	(13)
第三节 黄土高原土壤侵蚀研究进展	(19)
第二章 空间数据表达与获取	(26)
第一节 地理空间信息描述法	(26)
第二节 空间数据的类型和关系	(30)
第三节 空间数据采集	(34)
第四节 空间数据的编辑与处理	(41)
第三章 空间数据管理与输出	(47)
第一节 空间数据结构	(47)
第二节 空间数据库	(61)
第三节 地图制作与输出	(66)
第四章 空间查询与空间分析	(76)
第一节 空间信息查询	(76)
第二节 空间量算与内插	(83)
第三节 栅格数据分析的基本模式	(89)
第四节 矢量数据分析的基本方法	(94)
第五节 数字地面模型及其应用	(101)
第五章 遥感影像处理方法	(123)
第一节 遥感数字图像基础	(123)
第二节 遥感影像校正	(124)
第三节 遥感影像增强处理	(135)
第四节 遥感影像分类	(144)
第六章 基于遥感影像的土壤侵蚀信息提取技术	(148)
第一节 植被信息提取	(148)
第二节 土地利用/土地覆盖信息提取	(159)
第三节 土壤信息提取	(162)
第四节 水土保持措施信息提取	(165)
第七章 遥感在土壤侵蚀分析中的应用实践	(169)
第一节 土壤侵蚀定性监测评估	(169)
第二节 土壤侵蚀监测预报模型	(171)

第三节	数字高程模型(DEM)方法	(172)
第四节	土壤侵蚀遥感监测与评价	(173)
第八章	土壤侵蚀监测预报结果的验证	(179)
第一节	遥感解译精度种类	(179)
第二节	遥感解译精度的影响因素与改进措施	(181)
第九章	土壤预测预报信息系统总体设计	(183)
第一节	建立系统的关键技术	(183)
第二节	系统分析与设计	(189)
第三节	系统主要功能	(192)
第十章	系统土壤侵蚀数据库设计与建设	(196)
第一节	系统数据库设计	(196)
第二节	流域DEM数据获取	(204)
第三节	流域下垫面特征信息提取	(213)
第四节	其他相关资料整理	(220)
第十一章	土壤侵蚀预测预报信息工程建设	(221)
第一节	土壤侵蚀预报工程组织	(221)
第二节	基础分析与计算	(225)
第三节	年产沙经验模型计算	(229)
第四节	次降水机制模型计算	(236)
第五节	次暴雨经验模型计算	(243)
第十二章	黄土高原土壤侵蚀预测预报实例	(247)
第一节	年产沙经验模型预测	(247)
第二节	次降水机制模型预测	(250)
附录A	ArcMap 栅格数据矢量化	(254)
附录B	ArcMap 常用快捷键	(259)
参考文献		(260)

第一章 绪 论

水土资源是地球上基本的生命支撑系统,是人类生存和发展的重要物质基础,但在自然和人类活动双重影响下,以水土流失为代表的水土资源破坏越来越严重,已成为全球性的环境问题,严重威胁着人类的生存与发展。黄土高原是一个巨地貌单元,也是我国乃至世界上水土流失最为严重的地区之一。严重的水土流失和水土资源不合理利用导致土地质量不断下降、生态环境恶化,严重威胁该区社会和经济的可持续发展。随着国家对生态安全与环境质量的日益重视,根据地表物质循环规律,合理利用水土资源,改善生态环境,是我国西部大开发战略中生态环境建设的核心内容。以恢复植被、保持水土为主要措施的生态环境恢复重建与治理正在黄土高原兴起,这对解决该地区由于严重土壤侵蚀所产生的一系列环境问题、实现生态环境的良性循环产生深远影响。

水土流失综合治理的前提是要有定量分析和评价土壤侵蚀的理论与方法,土壤侵蚀模型和预报技术应运而生。土壤侵蚀预测预报是指利用土壤侵蚀模型计算流域土壤侵蚀和搬运率,系统模拟土壤侵蚀过程,为科学研究和水土流失治理提供理论、技术与方法。地理信息系统(Geographical Information System, GIS)和遥感(Remote Sensing, RS)为土壤侵蚀预报提供了数据、分析工具和模型集成平台。

第一节 地理信息系统概述

计算机的广泛应用将人类社会带入信息社会,信息资源的开发与利用深刻地改变着人类生活和社会的面貌。多尺度、多类型、多时态的地理信息是人类研究和解决土地、环境、人口、灾害、规划、建设等重大问题时所必需的重要信息资源,是社会可持续发展的基础。地理信息系统是开发、管理与分析地理信息的核心科学技术。它的建设与发展必将为人类社会作出巨大的贡献。

一、地理信息系统概念

(一) 数据与信息

在地理信息系统应用与研究中,经常要涉及数据与信息两个术语。它们是地理信息系统处理对象、分析内容和结果的表达形式。

1. 数据(data)

数据是指某一目标定性、定量描述的各种资料,包括数字、文字、符号、图形、图像以及它们能转换成的数据等内容。对于计算机而言,数据是指输入到计算机并能被计算机处理的一切内容,是计算机描述事物或现象的唯一方式。数据是用以载荷信息的物理符号,数据本身并没有意义。数字可以离开信息系统而独立存在,也可以离开信息系统的各个组成和阶段而独立存在;而数据的格式往往与计算机系统有关,并随载荷它的物理设备的

形式而改变。

2. 信息 (Information)

信息是近代科学的一个专门术语,已广泛地应用于社会各个领域。狭义信息论将信息定义为“两次不定性之差”,即指人们获得信息前后对事物认识的差别;广义信息论认为,信息是指主体(人、生物或机器)与外部客体(环境、其他人、生物或机器)之间相互联系的一种形式,是主体和客体之间的一切有用的消息或知识,是表征事物特征的一种普遍形式。一般认为,信息是用数据形式来表示事件、事物、现象等的内 容、数量或特征,从而向人们(或系统)提供关于现实世界新的事实和知识,作为生产、建设、经营、管理、分析和决策的依据。

信息具有以下特点:①客观性。任何信息都是与客观事实紧密相关的,这是信息正确性和精确度的保证。②适用性。信息对决策是十分重要的,地理信息系统将地理空间的巨大数据流收集、组织和管理起来,经过处理、转换和分析变为对生产、管理和决策具有重要意义 的有用信息。③传输性。信息可以在信息发送者和接受者之间传输,既包括系统把有用信息送至终端设备(包括远程终端)和以一定的形式或格式提供给有关用户,也包括信息在系统内各个子系统之间的流转和交换,如网络传输技术。④共享性。信息与实物不同,信息可以传输给多个用户,为多个用户共享,而其本身并无损失。信息的这些特点,使信息成为当代社会发展的一项重要资源。

3. 数据与信息的关系

信息和数据是密不可分的,有着密切的联系。一方面,信息是数据的内涵,是数据的内容和解释;另一方面,数据是信息的表达形式,是信息的载体。

4. 地理信息与地理数据

地理信息是有关地理实体的性质、特征及运动状态的表征和一切有用的知识,它是对表达地理特征与地理现象之间关系的地理数据的解释。而地理数据则是各种地理特征和现象间关系的符号化表示,包括空间位置、属性特征(简称属性)及时域特征三部分。空间位置数据描述地物所在位置。这种位置既可以根据大地参照系定义,如大地经纬度坐标,也可以定义为地物间的相对位置关系,如空间上的相邻、包含等;属性数据有时又称非空间数据,是属于一定地物、描述其特征的定性或定量指标。时域特征是指地理数据采集或地理现象发生的时刻、时段。时间数据对环境模拟分析非常重要,正受到地理信息系统学界越来越多的重视。空间位置、属性及时间是地理空间分析的三大基本要素。

5. 地理信息的特征

地理信息除了具有信息的一般特性,还具有以下独特特性:

(1)区域性。地理信息具有空间定位的特点,先定位后定性,并在区域上表现出分布式特点,其属性表现为多层次,因此地理数据库的分布或更新也应是分布式。

(2)数据量大、内容丰富。地理信息既有空间特征,又有属性特征,另外地理信息还随着时间的变化而变化,具有时间特征,因此其数据量很大。尤其是随着全球对地观测计划不断发展,我们每天都可以获得上万亿兆的关于地球资源、环境特征的数据。这必然对数据处理与分析带来很大压力。

GIS 数据库中不仅包含丰富的地理信息,还包含与地理信息有关的其他信息,如人口

分布、环境污染、区域经济情况、交通情况等。纽约市曾经对其数据库进行了调查,发现有80%以上的信息为地理信息或与地理信息有关联的信息。

(3)具有多维结构。即在二维空间的基础上实现多专题的第三维结构,而各个专题型实体型之间的联系是通过属性码进行的,这就为地理系统各圈层之间的综合研究提供了可能。

(4)时序特征十分明显。可以按照时间尺度将地理信息划分为超短期的(如台风、地震)、短期的(如江河洪水、秋季低温)、中期的(如土地利用、作物估产)、长期的(如城市化、水土流失)、超长期的(如地壳变动、气候变化)等。这对地理事物的预测、预报,从而为科学决策提供重要依据。

(5)空间自相关。地理信息在空间上随着距离逐渐变化,距离越近,相似程度越大;反之亦然。

(6)信息载体的多样性。地理信息的第一载体是地理实体的物质和能量本身,除此之外,还有描述地理实体的文字、数字、地图和影像等符号信息载体以及纸质、磁带、光盘等物理介质载体。对于地图来说,它不仅是信息的载体,也是信息的传播媒介。

(二)地理信息系统

1. 地理信息系统的定义

地理信息系统有时又称为“地学信息系统”或“资源与环境信息系统”,它是一种特定的十分重要的空间信息系统。地理信息系统是在相关学科的支持下,对整个或部分地球表层(包括大气层)空间中的有关地理分布数据进行采集、储存、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统;是一门挖掘多种空间和动态的地理信息、模拟地理现象与过程,为人们认知、管理和充分利用地理空间信息资源的系统理论与方法的交叉科学。地理信息系统处理、管理的对象是多种地理空间实体数据及其关系,包括空间定位数据、图形数据、遥感图像数据、属性数据等,用于分析、处理和模拟在一定地理区域内分布的各种现象和过程,解决复杂的规划、决策和管理问题。

通过上述的分析和定义可提出 GIS 的如下基本概念:

(1)GIS 的物理外壳是计算机化的技术系统,它又由若干个相互关联的子系统构成,如数据采集子系统、数据管理子系统、数据处理和分析子系统、图像处理子系统、数据产品输出子系统等,这些子系统的优劣、结构直接影响着 GIS 的硬件平台、功能、效率、数据处理的方式和产品输出的类型。

(2)GIS 的操作对象是空间数据,即点、线、面、体这类有三维要素的地理实体。空间数据的最根本特点是每一个数据都按统一的地理坐标进行编码,实现对其定位、定性和定量的描述,这是 GIS 区别于其他类型信息系统的根本标志,也是其技术难点之所在。

(3)GIS 的技术优势在于它的数据综合、模拟与分析评价能力,可以得到常规方法或普通信息系统难以得到的重要信息,实现地理空间过程演化的模拟和预测。

(4)GIS 是一门交叉学科。大地测量、工程测量、矿山测量、地籍测量、航空摄影测量和遥感技术为 GIS 中的空间实体提供各种不同比例尺和精度的定位数;电子速测仪、GPS 全球定位技术、解析或数字摄影测量工作站、遥感图像处理系统等现代测绘技术的使用,可直接、快速和自动地获取空间目标的数字信息产品,为 GIS 提供丰富和更为实时的信息

源,并促使 GIS 向更高层次发展。地理学是 GIS 的理论依托。有的学者断言,“地理信息系统和信息地理学是地理科学第二次革命的主要工具和手段。如果说 GIS 的兴起和发展是地理科学信息革命的一把钥匙,那么,信息地理学的兴起和发展将是打开地理科学信息革命的一扇大门,必将为地理科学的发展和提高开辟一个崭新的天地”。GIS 被誉为地学的第三代语言——用数字形式来描述空间实体。

2. 地理信息系统的类型

GIS 按研究内容的不同可分为专题型、区域综合型和地理信息系统工具三种。

(1)专题型地理信息系统(Thematic GIS),是具有有限目标和专业特点的地理信息系统,为特定的专门目的服务。例如,森林动态监测信息系统、水资源管理信息系统、矿业资源信息系统、农作物估产信息系统、草场资源管理信息系统、水土流失信息系统等。

(2)区域综合型地理信息系统(Regional GIS),主要以区域综合研究和全面的信息服务为目标,可以有不同的规模,如国家级的、地区或省级的、市级和县级等为各不同级别行政区服务的区域信息系统;也可以按自然分区或流域单元为单位划分区域信息系统。区域信息系统如加拿大国家信息系统、中国黄河流域信息系统等,而数字地球是最大的区域综合型地理信息系统。许多实际的地理信息系统是介于上述二者之间的区域性专题信息系统,如北京市水土流失信息系统、海南岛土地评价信息系统、河南省冬小麦估产信息系统等。

(3)地理信息系统工具或地理信息系统外壳(GIS Tools),是一组具有图形图像数字化、存储管理、查询检索、分析运算和多种输出等地理信息系统基本功能的软件包。它们或者是专门设计研制的,或者是在完成了实用地理信息系统后抽取掉具体区域或专题的地理空间数据后得到的,具有对计算机硬件适应性强、数据管理和操作效率高、功能强且具有普遍性的实用性信息系统,也可以用做 GIS 教学软件。

在通用的地理信息系统工具支持下建立区域或专题地理信息系统,不仅可以节省软件开发的人力、物力、财力,缩短系统建立周期,提高系统技术水平,而且使地理信息系统技术易于推广,并使广大地学工作者可以将更多的精力投入高层次的应用模型开发上。

3. 地理信息系统的特征

与一般的管理信息系统相比,地理信息系统具有以下特征:

(1)地理信息系统在分析处理问题中使用了空间数据和属性数据,并通过数据库管理系统将两者连在一起共同管理、分析与应用,从而提供了认识地理现象的一种新的思维方法;而管理信息系统则只有属性数据库的管理,即使存储了图形,也往往以文件形式等机械形式存储,不能进行有关空间数据的操作,如空间查询、检索、相邻分析等,更无法进行复杂的空间分析。

(2)地理信息强调空间分析,通过利用空间分析式模型来分析空间数据,地理信息系统的成功应用依赖于空间分析模型应用与设计。

(3)地理信息系统的成功应用不仅取决于技术体系,而且依靠一定的组织体系(包括实施组成、系统管理员、技术操作员、系统开发设计者等)。

(4)虽然信息技术对地理信息系统的发展起着重要的作用。但是,实践证明,人的因素在地理信息系统的发展过程中越来越具有重要的影响作用,地理信息系统许多的应用

问题已经超出技术领域的范畴。

二、地理信息系统的构成

完整的 GIS 主要由五个部分构成,即计算机硬件系统、计算机软件系统、地理空间数据、系统管理操作人员和应用模型,其核心部分是计算机软硬件系统,空间数据库反映了 GIS 的地理内容,而管理人员和用户则决定系统的工作方式和信息表示方式。地理信息系统的组成可综合表示为图 1-1。

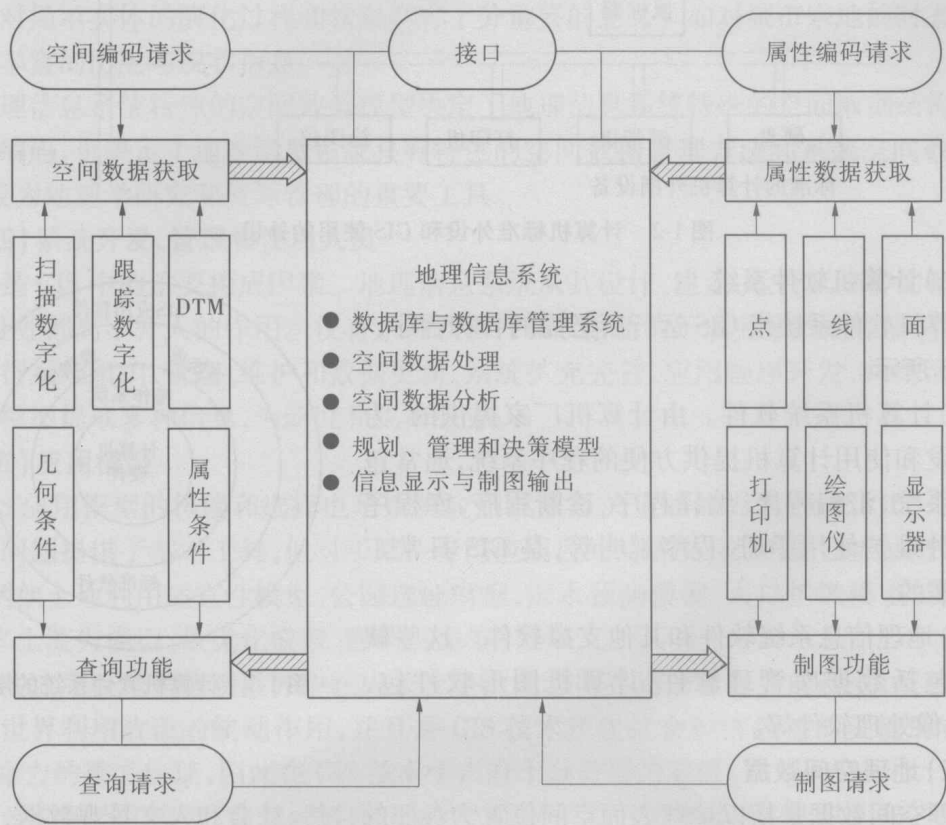


图 1-1 地理信息系统的组成

(一) 计算机硬件系统

计算机硬件是计算机系统在实际物理装置的总称,可以是电子的、电的、磁的、机械的、光的元件或装置,是 GIS 的物理外壳,系统的规模、精度、速度、功能、形式、使用方法甚至软件都与硬件有极大的关系,受硬件指标的支持或制约。GIS 由于其任务的复杂性和特殊性,必须由计算机设备支持。GIS 硬件配置一般包括五个部分,见图 1-2。

- (1) 计算机主机;
- (2) 数据输入设备:数字化仪、图像扫描仪、手写笔、光笔、键盘、通信端口等;
- (3) 数据存储设备:光盘刻录机、磁带机、光盘塔、活动硬盘、磁盘阵列等;
- (4) 数据输出设备:笔式绘图仪、喷墨绘图仪(打印机)、激光打印机等;
- (5) 网络设备:网络设备包括布线系统、网桥、路由器和交换机等。

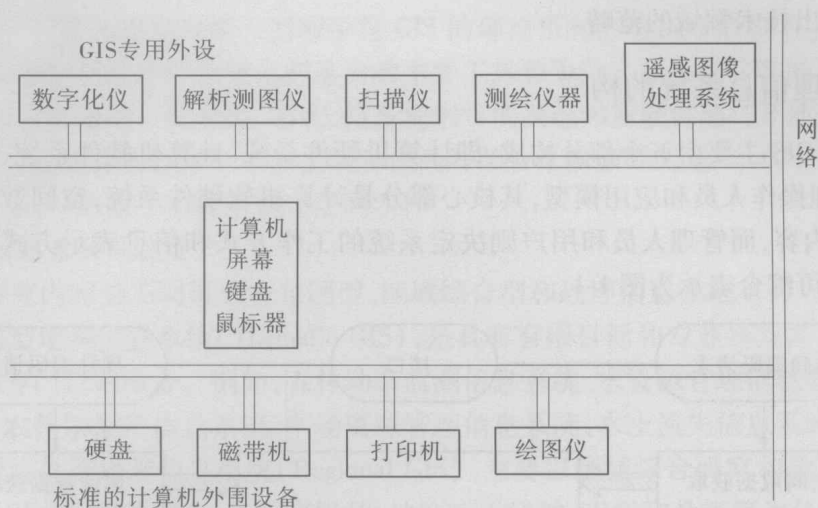


图 1-2 计算机标准外设和 GIS 使用的外设

(二) 计算机软件系统

计算机软件系统指 GIS 运行所必需的各种程序，如图 1-3 所示。

(1) 计算机系统软件。由计算机厂家提供的、为用户开发和使用计算机提供方便的程序系统，通常包括操作系统、汇编程序、编译程序、诊断程序、库程序以及各种维护使用手册、程序说明等，是 GIS 日常工作所必需的。

(2) 地理信息系统软件和其他支撑软件。这些软件也可包括数据库管理软件、计算机图形软件包、CAD、图像处理软件等。

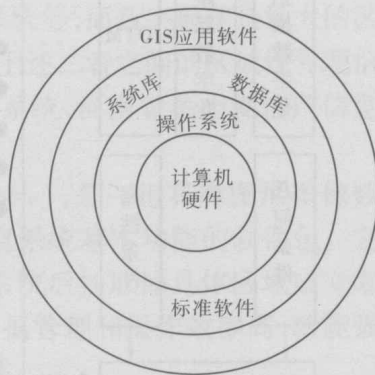


图 1-3 计算机软件系统的层次

(三) 地理空间数据

地理空间数据是指以地球表面空间位置为参照的自然、社会和人文景观数据，可以是图形、图像、文字、表格和数字等，由系统的建立者通过数字化仪、扫描仪、键盘、磁带机或其他通信系统输入 GIS，是系统程序作用的对象，是 GIS 所表达的现实世界经过模型抽象的实质性内容。不同用途的 GIS 其地理空间数据的种类、精度都是不同的，但基本上都包括四种互相联系的数据类型。

(1) 某个已知坐标系中的位置，即几何坐标，标志地理实体在某个已知坐标系（如大地坐标系、直角坐标系、极坐标系、自定义坐标系）中的空间位置，可以是经纬度、平面直角坐标、极坐标，也可以是矩阵的行、列数等。

(2) 实体间的空间相关性，即拓扑关系，表示点、线、面实体之间的空间联系，如网络结点与网络线之间的枢纽关系，边界线与面实体间的构成关系，面实体与岛或内部点的包含关系等。空间拓扑关系对于地理空间数据的编码、录入、格式转换、存储管理、查询检索和模型分析都有重要意义，是地理信息系统的特色之一。

(3) 与几何位置无关的属性，即常说的非几何属性或简称属性 (Attribute)，是与地理

实体相联系的地理变量或地理意义。属性分为定性和定量的两种,前者包括名称、类型、特性等,后者包括数量和等级,定性描述的属性如岩石类型、土壤种类、土地利用类型、行政区划等,定量的属性如面积、长度、土地等级、人口数量、降水量、河流长度、水土流失量等。非几何属性一般是经过抽象的概念,通过分类、命名、量算、统计得到。任何地理实体至少有一个属性,而地理信息系统的分析、检索和表示主要是通过属性的操作运算实现的,因此属性的分类系统、量算指标对系统的功能有较大的影响。

(4)实体产生、发展与演化的时间。任何空间实体都有发展演化阶段,对时间的管理与描述对揭示实体的演化过程和状态具有十分重要的意义。如对城市宗地的时态管理可以提供丰富的历史与现状信息。

地理信息系统特殊的空间数据模型决定了地理信息系统特殊的空间数据结构和特殊的数据编码,也决定了地理信息系统具有特色的空间数据管理方法和系统空间数据分析功能,成为地理学研究和资源管理的重要工具。

(四) 系统开发、管理和使用人员

人是 GIS 中的重要构成因素。地理信息系统从其设计、建立、运行到维护的整个生命周期,处处都离不开人的作用。仅有系统软硬件和数据还构不成完整的地理信息系统,需要人进行系统组织、管理、维护和数据更新、系统扩充完善、应用程序开发,并灵活采用地理分析模型提取多种信息,为研究和决策服务。

(五) 应用模型

GIS 应用模型的构建和选择也是系统应用成败至关重要的因素,虽然 GIS 为解决各种现实问题提供了基本工具,但对于某一专门应用目的的解决,必须通过构建专门的应用模型,例如土地利用适宜性模型、公园选址模型、洪水预测模型、人口扩散模型、森林增长模型、水土流失模型、最优化模型、影响模型等。

这些应用模型是客观世界中相应系统经由观念世界到信息世界的映射,反映了人类对客观世界利用改造的能动作用,并且是 GIS 技术产生社会效益的关键所在,也是 GIS 生命力的重要保证,因此在 GIS 技术中占有十分重要的地位。

构建 GIS 应用模型,首先必须明确用 GIS 求解问题的基本流程(见图 1-4);其次根据模型的研究对象和应用目的,确定模型的类别、相关的变量、参数和算法,构建模型逻辑结构框架图;然后确定 GIS 空间操作项目和空间分析方法;最后是模型运行结果验证、修改和输出。显然,应用模型是 GIS 与相关专业连接的纽带,它的建立绝非是纯数学技术性问题,而必须以坚实而广泛的专业知识和经验为基础,对相关问题的机制和过程进行深入的研究,并从各种因素中找出其因果关系和内在规律,有时还需要采用从定性到定量的综合集成法,这样才能构建出真正有效的 GIS 应用模型。

大量应用模型的研究、开发和应用,凝聚和验证了许多专家的经验与知识,无疑也为 GIS 应用系统向专家系统的发展打下基础。

三、地理信息系统的功能

(一) 地理信息系统解决的基本问题

地理信息系统的核心是解答以下五个方面的问题:位置、条件、变化趋势、模式和模

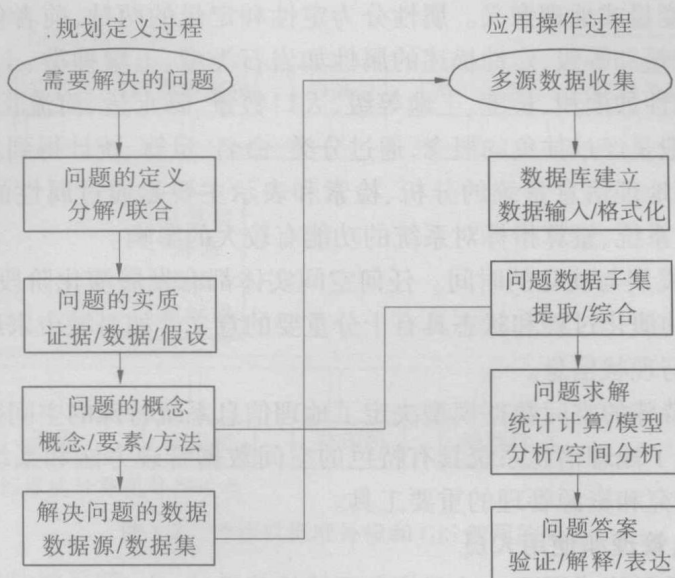


图 1-4 用 GIS 求解问题的基本流程(据陈述彭)

型。

(1)位置(Locations),即在某个特定的位置有什么。

首先,必须定义某个物体或地区信息的具体位置,常用的定义方法有:通过各种交互手段确定位置,或者直接输入一个坐标;其次,指定了目标或区域的位置后,可以获得预期的结果以及其所有或部分特性,例如当前地块所有者、地址、土地利用情况、估价等。

(2)条件(Conditions),即什么地方有满足某些条件的东西。

首先,可以用下列方式指定一组条件,如从预定义的可选项中进行选取;填写逻辑表达式;在终端上交互地填写表格。

其次,指定条件后,可以获得满足指定条件的所有对象的列表,如在屏幕上以高亮度显示满足指定条件的所有特征,例如,其所位于的土地类型为居民区、估价低于 200 000 元、有四个卧室而且是木制的房屋。

(3)变化趋势(Trends)。该类问题需要综合现有数据,以识别已经发生了或正在发生变化的地理现象。

首先,确定趋势。当然趋势的确定并不能保证每次都正确,一旦掌握了一个特定的数据集,要确定趋势可能要依赖假设条件、个人推测、观测现象或证据报道等。

其次,针对该趋势,可通过对数据的分析,对该趋势加以确认或否定。地理信息系统可使用户快速获得定量数据以及说明该趋势的附图等。例如,通过 GIS,可以识别该趋势的特性:有多少柑橘地块转作他用?现在作为何用?某一区域中有多少发生了这种变化?这种变化可回溯多少年?哪个时间段能最好地反映该趋势?1 年、5 年还是 10 年?变化率是增加了还是减少了?

(4)模式(Patterns)。该类问题是分析与已经发生或正在发生事件有关的因素。地理信息系统将现有数据组合在一起,能更好地说明正在发生什么,找出发生事件与哪些数据有关。

首先,确定模式,模式的确定通常需要长期的观察,熟悉现有数据,了解数据间的潜在关系。

其次,模式确定后,可获得一份报告,说明该事件发生在何时何地、显示事件发生的系列图件。例如,机动车辆事故常常符合特定模式,该模式(即事故)发生在何处?发生地点与时间有关吗?是不是在某种特定的交叉处?在这些交叉处又具有什么条件?

(5)模型(Models)。该类问题的解决需要建立新的数据关系以产生解决方案。

首先,建立模型,如选择标准、检验方法等。

其次,建立了一个或多个模型后,能产生满足特定的所有特征的列表,并着重显示被选择特征的地图,而且提供一个有关所选择的特征详细描述的报告。例如要兴建一个儿童书店,用来选址的评价指标可能包括 10、15、20 min 可到达的空间区域,附近居住的 10 岁或 10 岁以下的儿童的人数,附近家庭的收入情况,周围潜在竞争的情况。

为了完成上述的地理信息系统的核心任务,需要采用不同的功能来实现它们。尽管目前商用 GIS 软件包的优缺点是不同的,而且它们在实现这些功能所采用的技术也是不一样的,但是大多数商用 GIS 软件包都提供了如下功能:数据的获取(Data Acquisition)、数据的初步处理(Preliminary data Processing)、数据的存储及检索(Storage and Retrieval)、数据的查询与分析(Search and Analysis)、图形的显示与交互(Display and Interaction)。

图 1-5 说明了这些功能之间的关系,以及它们操作(Manipulation)数据的不同表现。

从图 1-5 中可以看出,数据获取是从现实世界的观测,以及从现存文件、地图中获取数据。有些数据已经是数字化的形式,但是往往需要进行数据预处理,将原始数据转换为结构化的数据,以使其能够被系统查询和分析。查询分析是求取数据的子集或对其进行转换,并交互现实结果。在整个处理过程中,都需要数据存储检索以及交互表现的支持,换言之,这两项功能贯穿了地理信息系统数据处理的始终。

(二)地理信息系统软件的基本功能

1. 数据采集、监测与编辑

主要用于获取数据,保证地理信息系统数据库中的数据在内容与空间上的完整性、数据逻辑一致性与正确性等。一般而论,地理信息系统数据库的建设占整个系统建设投资的 70% 或更多,并且这种比例在近期内不会有明显的改变。因此,信息共享与自动化数据输入成为地理信息系统研究的重要内容。可用于地理信息系统数据采集的方法与技术很多,有些仅用于地理信息系统,如手扶跟踪数字化仪;目前,自动化扫描输入与遥感数据集成最为人们所关注。扫描技术的应用与改进,实现扫描数据的自动化编辑与处理仍是地理信息系统数据获取研究的主要技术关键。

2. 数据处理

初步的数据处理主要包括数据格式化、转换、概括。数据的格式化是指不同数据结构的数据间变换,是一种耗时、易错、需要大量计算的工作,应尽可能避免;数据转换包括数据格式转化、数据比例尺的变化等。在数据格式的转换方式上,矢量到栅格的转换要比其逆运算快速、简单。数据比例尺的变换涉及数据比例尺缩放、平移、旋转等方面,其中最为重要的是投影变换;制图综合(Generalization)包括数据平滑、特征集结等。目前地理信息系统所提供的数据概括功能极弱,与地图综合的要求还有很大差距,需要进一步发展。

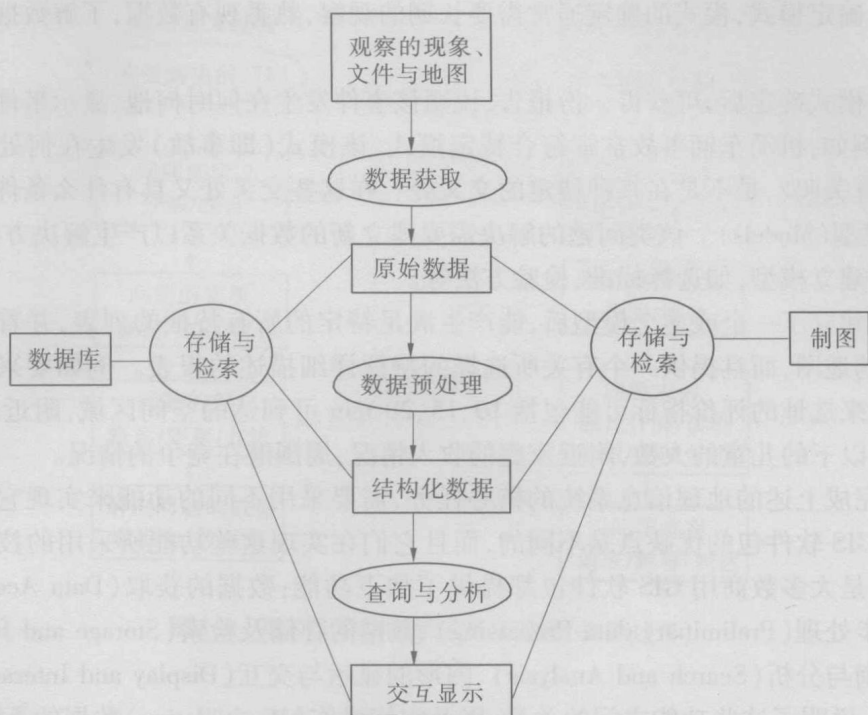


图 1-5 GIS 功能概述(椭圆)以及它们的表现(矩形)(据郭伦)

3. 数据存储与组织

这是建立地理信息系统数据库的关键步骤,涉及空间数据和属性数据的组织。栅格模型、矢量模型或栅格/矢量混合模型是常用的空间数据组织方法。空间数据结构的选择在一定程度上决定了系统所能执行的数据与分析的功能;在地理数据组织与管理中,最为关键的是如何将空间数据与属性数据融合为一体。目前,大多数系统都是将二者分开存储,通过公共项(一般定义为地物标识码)来连接。这种组织方式的缺点是数据的定义与数据操作相分离,无法有效记录地物在时间域上的变化属性。

4. 空间查询与分析

空间查询是地理信息系统以及许多其他自动化地理数据处理系统应具备的最基本的分析功能;而空间分析是地理信息系统的核心功能,也是地理信息系统与其他计算机系统的根本区别,模型分析是在地理信息系统支持下,分析和解决现实世界中与空间相关的问题,它是地理信息系统应用深化的重要标志。地理信息系统的空间分析可分为三个不同的层次。

1) 空间检索

空间检索包括从空间位置检索空间物体及其属性和从属性条件集检索空间物体。一方面,“空间索引”是空间检索的关键技术,如何有效地从大型的地理信息系统数据库中检索出所需信息,将影响地理信息系统的分析能力;另一方面,空间物体的图形表达也是空间检索的重要部分。

2) 空间拓扑叠加分析

空间拓扑叠加实现了输入要素属性的合并(Union)以及要素属性在空间上的连接