



Mapinfo 在土壤资源 信息管理中的应用

孙继光 汪景宽 编著

哈尔滨地图出版社

Mapinfo 在土壤资源信息管理中的应用

Mapinfo ZAI TURANG ZIYUAN XINXI GUANLIZHONG DE YINGYONG

孙继光 汪景宽 编 著

哈尔滨地图出版社

· 哈尔滨 ·

图书在版编目(CIP)数据

Mapinfo 在土壤资源信息管理中的应用 / 孙继光, 汪景宽编著. — 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2007. 4
ISBN 978 - 7 - 80717 - 588 - 9

I. M… II. ①孙…②汪… III. ①地理信息系统 - 应用软件, Mapinfo②土壤资源 - 信息管理 IV. P208 S159

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 050422 号

内 容 简 介

本书的第 1 章和第 2 章主要介绍地理信息系统的一般原理、数字土壤的概念以及二者的相互关系,是土壤资源信息管理的理论基础;第 3 章重点介绍了 Mapinfo 的基本功能,以及土壤专题制图中涉及到的投影、地图分幅编号、制图学中图幅设计等相关知识;第 4 章重点介绍了 Mapinfo 的基本概念、地图组织与编辑等基本操作;第 5 章结合实际应用,详细介绍了利用 Mapinfo 编制各种土壤专题地图的方法示例;第 6 章介绍了两个基于 Mapinfo 开发的土壤资源信息管理系统的实例。第一个是利用 Mapinfo 开发的实例,并给出了全部源程序。第二个是利用 VB 开发的"辽宁省土壤资源信息管理系统"实例,给出了全部数据库结构和设计思路。

本书简单易懂,适合作为基层土壤肥料管理工作者的参考书,也可作为大学本科生的实验教材。

为帮助读者更好地学习,考虑到实际操作中的一些数据的配套问题,作者在编著此书的过程中,将所涉及的文字、图片、地图数据、示例系统的源程序等都分别按章节整理完成。需要者可到<http://www.youicom.com> 网站下载,也可与作者联系。Email: sndsjg@163.com。

哈尔滨地图出版社出版发行

(地址:哈尔滨市南岗区测绘路 2 号 邮政编码:150086)

哈尔滨市动力区哈平印刷厂印刷

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16 印张:11 字数:282 千字

2007 年 4 月第 1 版 2007 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 80717 - 588 - 9

印数:1 ~ 1 000 定价:19.00 元

前 言

随着 GIS(Geographical Information System 地理信息系统)在国民经济各个领域的广泛应用,一些传统的管理思想受到新兴技术的挑战。突出的例证是以 Mapinfo 为代表的 GIS 技术在国土资源管理方面的应用,使传统的土壤资源信息管理手段产生了革命性的变化。回顾土壤资源信息管理领域的发展历程,可以清晰地看到广大农业科技工作者自强不息、勇于探索的足迹。特别是自第二次全国土壤普查以来,如何妥善保存和有效利用宝贵的普查成果,已经引起整个行业的重视。二次普查资料中,大部分县级 1:5 万的图件资料是手工编制完成,文字资料多采用手工刻印装订成册,数量少,不便于保存。另外,一些基层管理人员的更迭,使这些资料的保存价值也越来越大。针对这种状况,只有通过科技进步,提高土壤资源信息的管理水平。经过多年的科研和教学实践,摸索出一套科学、经济、实用的管理方法,并希望作为一种科普知识推广应用,为农业科技的进步贡献微薄的力量。

本书所有示例都来自教学或生产实践,具有广泛的代表性,并根据基层土壤资源信息管理工作的流程选择数据和设计示例,是一本具有科普性质的参考书。如基层土壤肥料管理工作可以参考本书的相关内容,进行测土配方施肥数据管理,达到图文并茂;农业院校的大学生可以将本书作为实验教材,学习土壤资源信息管理的理论和实践过程,为未来的基层工作打下良好的基础。本书由基础理论、Mapinfo 的地图组织、土壤资源信息管理示例、土壤资源信息管理系统开发示例构成,从基础数据制作到 Mapinfo 的高级应用,详细介绍 Mapinfo 在土壤资源信息管理中的应用,可以满足不同层次读者的需要。

在本书的编写过程中,得到了辽宁省土壤肥料总站领导和工作人员的支持;沈阳市东陵区农业技术推广站祝旭东提供了测土配方施肥示例数据,并对相关章节提出了修改意见;<http://www.youicom.com>(星际网联)提供 Mapinfo7.5 试用版。在此,对他们的帮助表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免出现缺陷或不足之处,真诚地希望广大读者特别是基层农业科技工作者提出宝贵意见。

作 者

2007 年春于沈阳农业大学

目 录

第1章 地理信息系统简介	1
1.1 地理信息系统的基本概念	1
1.2 地理信息系统的组成	4
1.3 国内地理信息系统的发展状况	6
第2章 土壤资源信息系统与“数字土壤”概述	7
2.1 土壤资源信息系统	7
2.2 建立土壤资源信息系统的必要性	11
2.3 土壤资源信息系统的开发过程简介	13
2.4 土壤资源信息系统的总体规划	14
2.5 中国“数字土壤”的发展概述	17
2.6 土壤资源信息系统的数据源	24
第3章 地理信息系统 Mapinfo 概述	32
3.1 初识 Mapinfo	32
3.2 Mapinfo 功能概述	32
3.3 必要的预备知识	35
3.4 Mapinfo 的安装启动	45
3.5 如何快速掌握 Mapinfo 的应用	49
第4章 Mapinfo 基本应用	51
4.1 Mapinfo 的界面	51
4.2 工具条简介	52
4.3 Mapinfo 的菜单	53
4.4 利用 Mapinfo 浏览地图	54
4.5 Mapinfo 的基本概念	55
4.6 在实践中学习 Mapinfo 地图制作功能	60
第5章 Mapinfo 在土壤资源专题制图中的应用	77
5.1 土壤资源专题地图的总体设计	77
5.2 Mapinfo 在土壤资源专题制图中的应用示例	79
5.3 土壤资源专题地图编绘的注意事项	124
第6章 应用型土壤资源信息系统开发示例	130
6.1 利用 MapBasic 建立土壤资源信息管理系统	130
6.2 基于 GIS 的辽宁省土壤资源信息管理系统设计	144
参考文献	169

第1章 地理信息系统简介

1.1 地理信息系统的基本概念

广义的土壤资源信息是一种专业地理信息,从资源管理角度看,它融合了相关学科的专业知识。因此,了解一些地理信息的相关概念对土壤资源信息管理工作是必要的。

1.1.1 信息、数据、数据源

信息 (Information) 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。

信息是向人们或机器提供关于现实世界新的事实的知识,是数据、消息中所包含的意义,它不随载体物理设备形式的改变而改变。

信息的特点:

- (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) 实用性:信息对决策是十分重要的,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。

数据 (Data) 是指某一目标定性、定量描述的原始资料,包括数字、文字、符号、图形、图像以及它们转换成的数据等形式;数据是用以载荷信息的物理符号,数据本身并没有意义。

在土壤资源信息管理中,我们所涉及的数据是地理数据 (Geographical Data),它是土壤这一自然体各要素的数量、质量、分布特征、联系和规律的数字、文字、图像和图形等的总称,具有空间特征、属性特征和时间特征,由空间数据、属性数据和时态数据组成,分为基础地理数据和专业地理数据两种类型。

空间数据 (Spatial Data) 是描述地理数据中空间特征部分的数据,即描述地理现象或地理实体的空间位置、形状、大小以及它们之间关系的数据;属性数据 (Attribut Data) 又称为非空间数据,描述地理数据中属性特征部分的数据,即描述地理现象或地理实体的定性或定量指标,包括语义与统计数据等;时态数据 (Temporal Data) 是指地理数据采集或地理现象发生的时刻或时段,时态数据对环境模拟分析非常重要,特别是模拟某一特定区域的土壤在时空间的动态交替时非常重要,因为需要时态数据进行回溯。

我们在土壤调查时绘制的各种图件(如土壤分布图、各种养分图等)都属于空间数据,因为每个由土壤界限围成的封闭的类型图斑,都具有空间位置、不同的形状、可测量的面积等;对

应每个图斑都具有描述土壤类型的数据就是属性数据;图上标明的土壤调查或数据测试的时间就属于时态数据,为使用者提供时间维的参考,这种时态数据可能是某一时刻,也可能是某一时间范围。

数据源是指能够提供某种所需数据的原始媒体,如观测的土壤环境数据、分析测定的土壤养分数据、土壤图表示的图形数据、各种肥料使用情况的统计调查数据等,都属于土壤资源信息的数据源。

信息与数据的关系:信息与数据是不可分离的。信息由与物理介质有关的数据表达,数据中所包含的意义就是信息。数据是记录下来的某种可以识别的符号,具有多种多样的形式,也可以由一种数据形式转换为其他数据形式,但其中包含的信息内容不会改变;数据是信息的载体,信息是数据的内涵。

1.1.2 地理信息

地理信息 (Geographical Information)是指与所研究的地理实体的空间地理分布有关的信息,包括数量、质量、空间位置、空间分布特征、联系和规律等,它是表达地理特征与地理现象之间关系的地理数据的解释。

地理信息具有以下特征:

空间分布性: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的特点,其属性表现为多层次性,因此地理数据库的分布或更新也应是分布式的。

数据量大:地理信息除具有有空间特征和属性特征外,还随时间的变化而变化,具有时间特征,因此数据量很大。

信息载体的多样性:地理信息的第一载体是地理实体的自身,除此之外,还有描述地理实体的文字、数据库、地图和影像等符号信息载体,以及纸质、磁盘、光盘等物理介质载体。

1.1.3 地理信息与土壤资源信息的关系

对于土壤 (Soil) 的定义,人们普遍接受的说法是:“土壤是指能够支持植物生长的陆地表面的疏松表层。”然而,在土壤形成的漫长岁月中,我们可以将其看作是“在气候、母质、生物、地形和时间等诸因子合作形成的独立的历史自然体”。从哲学角度看,土壤的形成不是孤立的,而是诸多因素相互作用的结果,包括我们人类的各种生活方式的影响,因此,土壤除具有自然属性外,还具有社会属性。

从地理学角度看,土壤是一种空间实体,它处于人类活动频繁的地理空间 (Geographical space),即地球表层,是人地关系最为复杂、紧密的区域。因此,在土壤资源信息管理中采用地理信息系统是最佳途径。土壤资源信息管理系统只是一种专业地理信息系统,它利用地理信息系统的技术,为用户提供专业的土壤资源信息,是构建“数字土壤”的技术手段之一。

以土壤发生分类学为基础,研究土壤分布地理规律的学科——土壤地理学,从不同的角度阐述土壤分布的地理规律。单就 B. B 道库恰耶夫关于成土因素的描述,就可以看到各地理要素对土壤形成的作用,这种作用从没有停止过。

$$S = f(cl, o, r, p, t, \dots)$$

式中: S, cl, o, r, p, t 分别表示土壤母质 (Soil)、气候 (climate)、生物 (organisms)、地形 (rock)、时间 (time), … 代表其他成土因素。

土壤资源信息是一种特殊的地理信息,它反映了土壤自然体的自然属性和社会属性。自

然属性包括土壤的空间分布特征,以及自然体的构成要素及其变化对自然体在时空间演化的影响;社会属性反映了人类活动对土壤的影响,其作用是相互的。从生态学角度看,土壤的空间分布特性,由于地域的不同,表现出经度地带性和纬度地带性,因此可以利用土壤学的分类方法将其划分为不同的类型(层次);土壤是经过千百万年才形成的,因此具有时间特征,并随着时间的推移和人类的影响在不断地变化着,可以称之为海量数据;我们是通过土壤调查的方法形成图形(土壤图)、数据(各种与土壤相关的文字和数据表)、媒体资料等来反映土壤的地理特征的。由此可见,土壤是一种典型的地理信息,他不但具备地理实体的自然属性,也因人类生活方式的影响而具备一定的社会属性,也就是说,在土壤的时空演化过程中,人类活动也产生重要的作用。

1.1.4 信息系统

信息系统(Information System)是对数据和信息进行采集、存储、加工和再现,并能回答用户一系列问题的系统。它具有数据采集、管理、分析和输出四大功能。

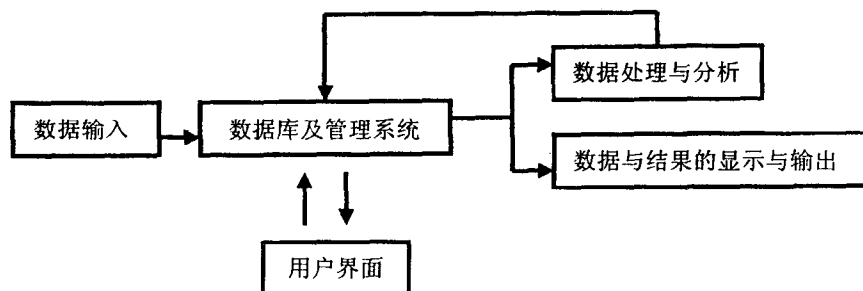


图 1.1 信息系统结构示意图

根据系统目标的不同,信息系统可分为事物处理系统(Transaction Process System)和决策支持系统(Decision Support System)。事物处理系统主要功能是数据维护,如酒店预定系统;决策支持系统的主要功能是辅助决策,提供解决方案,如“平衡施肥专家系统”就是典型应用之一。

1.1.5 地理信息系统

地理信息系统(Geographical Information System,简称 GIS)是 20 世纪 60 年代开始迅速发展起来的地理学研究技术,是多学科相互渗透、融合的产物,是一种特定而重要的空间信息系统。它是在计算机硬件、软件系统支持下,以地理空间数据库为基础,采集、储存、管理、分析和描述整个或部分地球表面(包括大气层在内)与空间和地理分布有关的数据,为地理研究和地理决策服务的空间信息系统。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、遥感数据、属性数据等,用于分析和处理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。

地理信息系统具有以下特征:

- (1) 具有采集、管理、分析和输出多种地理空间信息的能力,具有空间性和动态性;
- (2) 以地理研究和地理决策为目的,以地理模型方法为手段,具有区域空间分析、多要素综合分析和动态预测能力,产生高层次的地理信息;

(3) 由计算机系统支持进行空间地理数据管理,并由计算机程序模拟常规或专门的地理分析方法,作用于空间数据,产生有用信息,完成人类难以完成的任务。

地理信息系统按研究内容的不同可分为综合性和专题性的。同级的各种专题应用系统集成起来,就构成了相应地域同级的区域综合信息系统。专题系统主要是为某一行业的专业应用而设计的系统,如“×××市土壤资源信息管理系统”就属于专题系统。

专题系统提供特定的专业化服务。专题系统主要体现专业特色,一般服务于本专业领域,学科交叉或重叠范围较小,为某一特定专业提供信息管理和决策支持。

地理信息系统按其功能和内容可以分为工具型地理信息系统和应用型地理信息系统。工具型地理信息系统也就是地理信息系统开发平台,如 Mapinfo, SuperMap 等都属于工具型地理信息系统,是通用型系统开发软件,它们具备地理信息系统的一般特点,但没有提供空间实体,由用户根据自己的需要和特定的应用目的,在此系统上进行二次开发,构建一种解决一类或多类特定实际问题的地理信息系统,即应用型地理信息系统。本书将重点介绍 Mapinfo 在土壤资源信息管理中的应用。

1.2 地理信息系统的组成

1.2.1 关于 GIS 的描述

由于地理信息系统融合了多元数据结构,能进行空间分析等独特功能,因此,人们利用下面的公式来描述地理信息系统:

$$\text{GIS} = \text{CAD} + \text{DataBase} + \text{Spatial Operation}$$

其实,就 GIS 的发展趋势来看,笔者认为应修改为:

$$\text{GIS} = \text{Emap} + \text{DataBase} + \text{ES} + \text{OA} + \text{Spatial Operation}$$

其中的 Emap 就是集多元数据为一身的电子地图; DataBase 是数据库; ES 是专家系统; OA

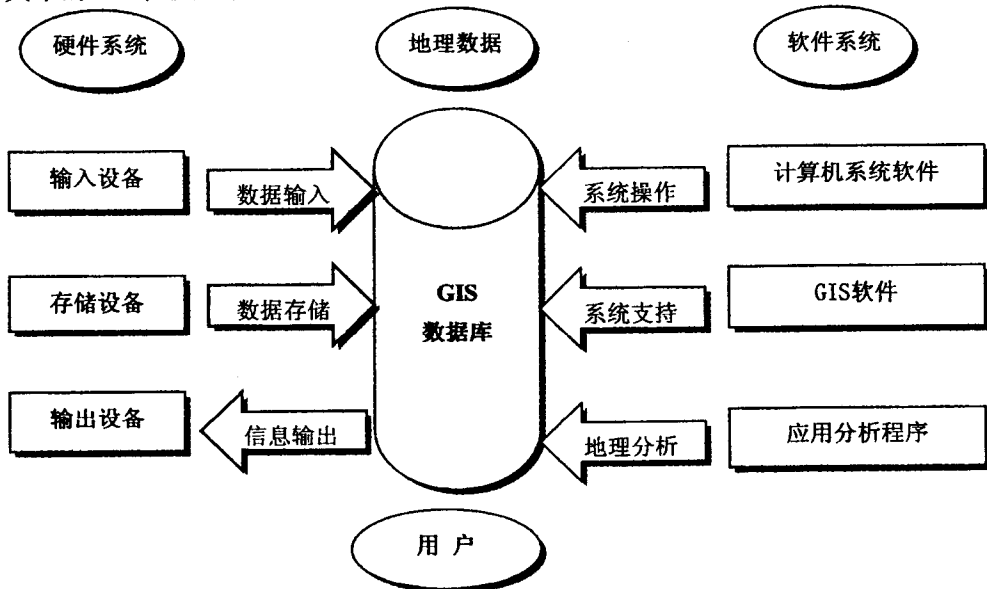


图 1.2 地理信息系统的组成

是办公自动化系统;Spatial Operation 是空间分析功能。如果一个地理信息系统仅具备简单的数据管理功能,只能称其为“电子地图”管理系统。

对于功能强大的 GIS 来说,ES 组分非常重要,具备专家系统后,大大提升了系统的“智能化”水平,完成从数据管理、分析到为用户提供决策(解决方案)的质的飞跃,其典型应用是基于土壤数据库支持的测土配方施肥系统中的专家知识库模块。OA 组分也是近年来逐渐融入 GIS 中的。随着 GIS 的深入应用,特别是在国土资源管理领域,人们开始将普通的 OA 系统嵌入到 GIS 中,这样就可以完成原来两个系统的功能,一个典型的应用是基于 GIS 的地籍管理系统,从收件、审核、图上定位、领导签发,都在一个系统流程内完成,并具备档案自动生成、历史回溯等功能。

1.2.2 硬件环境

任何一个地理信息系统,都离不开软件、硬件的支持。地理信息系统的硬件系统一般由计算机与一些外围设备组成。计算机是硬件系统的核心,用于数据和信息的处理、加工与分析。外围设备包括系统数据的输入、输出设备,如数字化仪、扫描仪、GPS、绘图仪、光盘刻录机等。

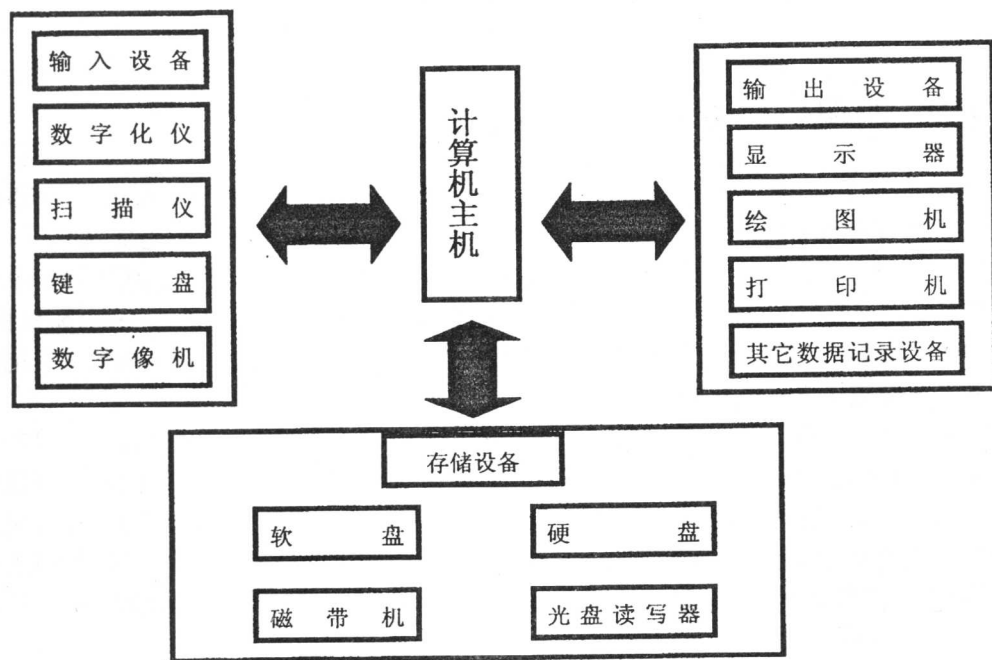


图 1.3 地理信息系统的硬件组成

1.2.3 软件环境

地理信息系统运行所必须的软件环境,通常包括:

计算机系统软件、地理信息系统软件、应用分析程序等。计算机系统软件包括操作系统、数据库管理程序等;地理信息系统软件是在操作系统下运行的地理信息系统软件包,如 Map-info 软件等;应用分析程序是专业的开发人员根据某一特定需要,从底层或利用地理信息系统软件包提供的二次开发功能模块开发的应用程序,如土壤重金属污染等级图等。

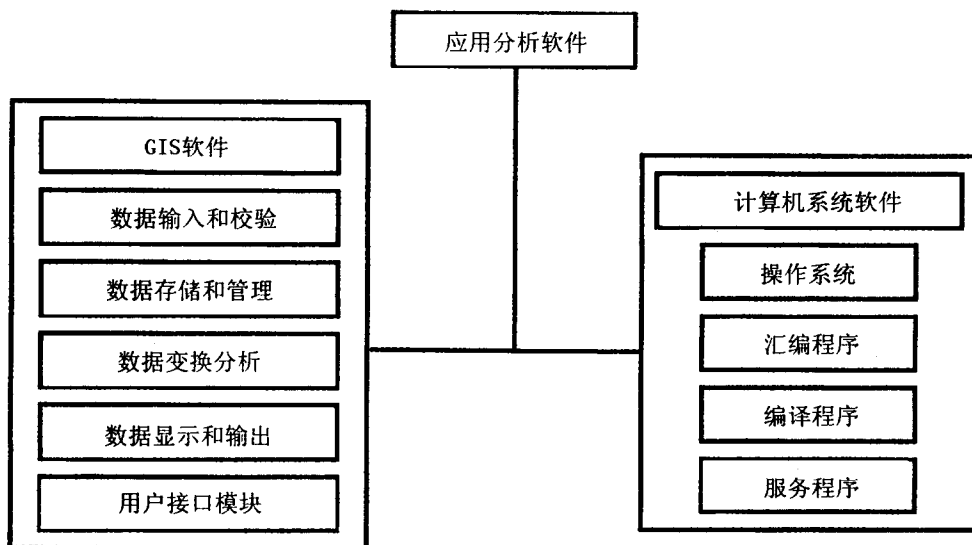


图 1.4 GIS 软件系统

1.3 国内地理信息系统的发展状况

我国的 GIS 发展较晚,但发展速度快,起点高。按照时间划分,1970 ~ 1980 年为起步阶段;1980 ~ 1985 年为准备阶段;1985 ~ 1995 年为发展阶段;1996 年以后为产业化阶段。

在我国的 GIS 发展历程中,或多或少地存在着学习和实践的过程,由于美国等发达国家将 Mapinfo 等地理信息系统软件在全球推广,引起了国内各行业的关注,特别是大学和科研机构,由于研究工作的需要,在科研工作中率先使用地理信息系统软件,这也为我国地理信息系统的应用、自主开发奠定了良好的基础。

目前,我国已有北京超图公司的 SuperMap、中地公司的 MapGIS 等多家具有自主知识产权的地理信息系统软件,并在全中国范围内推广应用。我国各个省、市都组建了基础地理信息中心,国家已陆续制定了相应的技术标准(规范)。特别是在以国土资源信息管理为中心的应用中,地理信息系统发挥着越来越重要的作用。GIS 已经深入到国民经济的各个领域,如国土资源管理、水利、公共安全、军事、交通等领域,都有专业的 GIS 系统进行海量数据的管理,为各行业提供科学决策依据。

在基础应用层面,还存在一些问题。从地域角度看,由于区域经济发展的不平衡性,导致发达地区的信息化水平高于欠发达地区,GIS 应用较好;从垂直的行政关系角度看,省、市级行政管理部门利用 GIS 的水平较高,基层单位特别是经济贫困县基本不了解 GIS 的应用。这其中有技术普及的原因也有经济制约因素,因此在我国推广 GIS 应用要根据经济发展水平,制定合理的推广计划,这不仅是科技人员的责任,也是中国 GIS 软件开发商应考虑的问题,只有这样,才能促进民族 GIS 软件业的发展。

第2章 土壤资源信息系统与“数字土壤”概述

2.1 土壤资源信息系统

2.1.1 土壤资源信息系统(SRIS)的概念

土壤资源信息系统(Soil Resource Information System, 缩写 SRIS)是综合处理和分析土壤资源属性和空间地理数据的一种技术系统。它是一种基于 GIS 的专业地理信息系统,或者称之为应用型地理信息系统。主要具有以下特点:具有完善的管理信息系统(MIS)的属性数据管理功能;具有土壤空间数据(土壤图件中具有位置的几何数据)的管理功能;可以借助一定的数学算法进行空间分析,也就是将属性数据和空间数据联系起来进行空间的几何代数运算。

2.1.2 土壤资源信息系统可提供的基本信息

1. 土壤信息(SoilInfo) 进行由综合指标构成的土壤肥力现状评估,可在地图上查询全国省、县以图、文、表方式表达的土壤生产力信息。

2. 肥料信息(FerInfo) 用于进行肥料利用状况评估,可用于了解全省、各个县肥料生产、施用、各种养分的平衡及肥效的实时信息。

3. 肥料发展(FerChange) 进行中长期肥效变化趋势评估;评估内容包括:N,P,K 和中微量元素养分收支平衡,作物布局的变化及肥料用量变化等。

4. 预测系统(Prognoses) 对各地化肥使用量进行中长期预测。也可预测各市、县人口、土地及水资源和经济发展的时空变化趋势。

5. 土壤专家(SoilExpert) 提供各地区不同轮作下最佳的养分及肥料品种、用量、施肥期、施肥方法及土壤肥料专家的决策建议。

6. 农业地图集(AgrMap) 提供与土壤资源相关的农业电子地图集,如土壤图、植被图、土地利用现状图、各种土壤养分专题图、土壤适宜性分级图、水网图、交通图、农业区划图、各种气象专题图等。

2.1.3 中美土壤资源信息系统的发展比较

1. 中国土壤资源信息系统的发展

信息技术的最新应用范例多出自发达国家,这与其科技发展水平是相适应的。1972 年,加拿大首先建立了土壤数据库,英、美、法国相继建立了各具特色的应用型数据库,拉开了土壤资源信息系统科学研究和应用的序幕。进入 20 世纪 80 年代,土壤资源信息系统的发展有以下特点:

第一,由发达国家发起的全球化土壤数据共享运动的兴起。这方面的代表是“全球和国家级土壤——地(形)体数字化数据库”(Global and National Soils and Terrain Digital Database, 简称 SOTER)项目的开展,在拉美、北美、西欧国家实施。该项目在全球范围内产生了深远的影响,张甘霖等在国内也发表了大量的研究成果。但该项目的实施也暴露出一些问题,如在没

有技术和经济支持的国家很难实现这样庞大的科学研究计划,在大多数发展中国家只能作为科研项目或示范项目在局部地区开展试验性研究。因为,对土壤资源信息、地体数据进行综合采集的工作量相当大,产生的数据也是海量的,不仅对经济条件是个考验,对数据库管理技术等科技发展水平也是一个考验。

第二,促进了土壤资源信息系统在应用领域的多元化发展。主要体现在:土壤调查与制图技术的革命性变化,由手工编绘实现计算机制图出版,使利用计算机建立土壤评价模型成为可能。1989年,美国土壤保持局就利用土壤资源信息系统保护土壤生态环境,控制土壤污染。

第三,推动了应用型土壤资源信息系统研究和建设。在这一阶段,受益的是大多数的发展中国家和经济落后国家。在联合国等相关国际组织的协助下,可以方便地获得部分资金和技术,推动土壤资源信息系统的建设和推广。在时间梯度上可以看出土壤资源信息管理技术的波浪式发展,当发达国家开始应用型系统推广时,发展中国家开始试验性研究和应用。20世纪80年代初期,日本等国家已经将该项技术应用到农业生产的各个领域,而中国等发展中国家才因此开始起步处于初级阶段。1986年底,北京大学遥感中心等主持了土壤侵蚀信息系统的研究,1989年南京土壤研究所开始在东北的三江平原做实践性研究,建立土壤数据库。目前,由于我国具有自主知识产权的GIS平台软件的不断完善,以中国科学院超图公司的SuperMap为代表的民族软件业的不断发展,极大推动了我国GIS技术的普及。计算机硬件水平和数据库软件的性能的不断提高,促进了应用价值的土壤资源信息系统的开发和应用。目前,正在全国开展的测土配方施肥工程中土壤资源信息系统发挥了重要作用,一些地方已经或计划建立符合地域特点的土壤肥料信息系统,指导农民的农业生产,做到科学施肥,提高农民收入,同时也减轻因过量施肥产生的环境污染。

2. 美国土壤资源信息系统的三个发展阶段

美国土壤信息系统研究工作始于20世纪70年代早期。自然资源保护服务局(Natural Resources Conservation Service, NRCS)一直是土壤信息系统研究工作的开拓者,担负着土壤信息系统规范标准的设计、实施,用户技术支持与人员培训,等等。美国土壤信息系统的发展过程可粗略地划分为三个阶段:

第一阶段:70年代。主要完成基础土壤属性数据的整理、入库。这一阶段最核心的工作是按拟订的有关土壤调查规范标准进行数据整理以及数据库表格组织。在计算机处理技术上开发并实现了表格自动生产系统并取代了传统的手工作业。

第二阶段:80年代。围绕提高系统数据解译应用能力开展了一系列研究。利用这些数据解决相关的专题应用,例如,土壤侵蚀危险评价、土壤生产力评价等。在这一阶段首次开发出了基于RDBMS的国家土壤调查属性数据库(SSSD)以及计算机辅助管理与规划应用软件系统(CAMPS)。国家土壤调查数据库(SSSD)具有较强的数据管理与应用能力,它允许土壤调查处(Soil Survey Division, SSD)的各州通过通讯技术实现对有关土壤数据的下载、管理、解译、应用等。与此同时土壤调查图件数字化工作在这一阶段获得很大的发展。

第三阶段:90年代至今。随着土壤调查数据应用的不断扩大,为了进一步提高土壤数据使用的商业化水平,1994年提出了国家土壤信息系统(NASIS)概念。国家土壤信息系统实际是一个通用的数据库管理工具,在设计上表现为以下特征:数据采集标准化,且要求系统能提供土体描述程序帮助用户收集资料;数据录入的现实性、准确性、存储格式的通用性等;应用专家系统知识满足不同应用目的用户对土壤信息解译需求;提高系统数据的处理、应用能力。例如,不同尺度间数据的转换、概括能力;支持图例数据与制图单元间的多对多联系;允许授权用

户根据需要对数据库数据进行编辑处理等;利用网络技术提高数据更新管理速度及开发应用潜能;用户界面友好,在线帮助更加强大。

美国土壤资源信息系统的开发始终都是围绕其产品应用进行的。从土壤调查到国家土壤调查属性数据库(SSSD)、国家土壤信息系统(NASIS),正是用户应用需求的不断扩大促进其不断地完善、发展的过程。美国土壤资源信息系统现已经应用到农业、环保、土地、生态等很多方面。目前国家合作土壤调查计划(NCSS)更是把为用户提供土壤调查技术服务和支撑,提供易于获取的、更新、更准确的信息作为其发展的主要目标。

3. 美国土壤资源信息系统的数据库结构

经过近 30 多年的努力,美国已经初步建立起了覆盖全国约 95% 国土面积的,分县、州、国家三级的土壤信息系统服务网络。美国土壤信息系统由六个基本数据库组成:土壤特性记录(SCR)、土壤系统分类单元记录(TUR)、土壤制图单元记录(MUR)、土壤调查地理数据库(SSURGO)、州级土壤地理数据库(STATSGO)、国家土壤地理数据库(NATSGO)。各数据库在系统工具的组织、管理下实现了各种应用。

土壤特性记录(SCR):土壤特性数据是以土壤单个土体为基本记录单位的,数据库系统地记录了各单个土体理化分析数据,这些数据为构建全国的基本土系奠定了重要基础。

系统分类单元记录(TUR):包括土系类型数据库(SC)和正式土系描述(OSD)。主要内容为:土系名称及在美国国家土系中的位置、土系特征描述、首次确认地点、日期等。

制图单元记录(MUR):该数据库以土壤调查制图单元为基础,系统地记录了各单元土壤组分名称、类型、比例、景观特性、土壤特性、土壤利用解释等属性数据,是国家土壤信息系统的核心内容。该数据库与县、州、国家三级空间地理数据库相连接,完成各尺度地理数据库的应用。

土壤调查地理数据库(SSURGO):也称县级土壤地理数据库,它是在县级土壤调查单元图的基础上通过数字化实现的,数据库尺度在 1 比 12 000 到 1 比 31 680 之间。各制图单元属性数据由 SSURGO 与 MUR 连接,从 MUR 中获取。该数据库主要用于县级土地资源的利用与管理。

州级土壤地理数据库(STATSGO):图形数据由县级土壤调查图概括而得,建库尺度 1:25 万,属性数据也是通过与 MUR 连接,从 MUR 中获取。该数据库用于州级土地规划和管理需要。

国家土壤地理数据库(NATSGO):其空间数据库信息源于国家资源清单计划(National Resources Inventory, NRI),属性数据由国家计划清单(NRI)中点位信息(NN)与制图单元(MUR)相连接获得。该数据库主要用于国家、地区间土地资源的评价、规划等。六大数据库关系可概括如下:

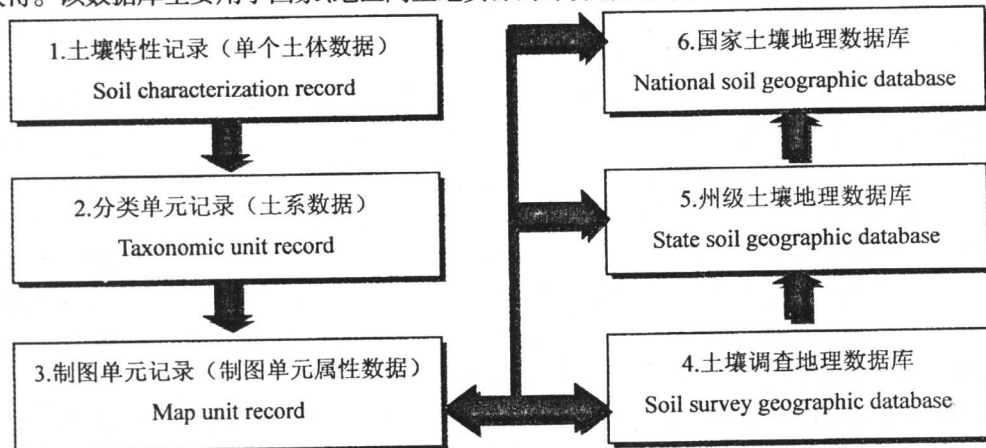


图 2.1 美国国家土壤信息系统数据库构成

4. 美国关于土壤资源保护的主要法规

美国为保护自然资源、合理利用土壤信息数据等制定了一系列法律法规,这些法规是美国土壤调查顺利进行的源泉和保证。例如,1985 年通过的美国《食品安全法案》(Food Security Act of 1985)把利用土壤调查信息确定湿地和易侵蚀土地定为法规,把土壤调查数据的利用制度化。2002 年的《农场安全和农村投资法案》(Farm Security and Rural Investment Act of 2002)是关于促进保护投资的一个里程碑,该法案增进了对长期保护环境和资源质量的关注。其他相关法律法规包括:1935 年的《土壤保护和国内分配法案》(Soil Conservation and Domestic Allotment Act of 1935)、1966 年制定的《土壤调查法案》(Soil Surveys for Resource Planning and Development Act of 1966)、1977 年通过的《土壤和水资源保护法案》(Soil and Water Resources Conservation Act of 1977)、1981 年的《农业与食品法案》(Agriculture and Food Act of 1981)、1996 年的《联邦农业改善与改革法案》(Federal Agriculture Improvement and Reform Act of 1996)。

5. 中美土壤资源信息管理中存在的问题比较

美国等发达国家在土壤资源信息管理中同发展中国家一样存在着诸多问题,美国主要存在的问题有以下几点:

(1)数据老化。这是目前国家土壤数据库面临的一个主要挑战。随着环境问题的出现,土地利用的变化和强度的增加以及人为活动对土壤影响的加深,对土壤数据的需求大大增加。但据统计 40% 的土壤调查数据已经过时,需要更新。此外,现代农业发展和环境保护需要定量化、更精确的土壤数据,提高制图的精度是当务之急。为了制定更详细的地图和获取更多的土壤的数据,土壤调查大约每 30 年就要更新一次。然而,以目前的人员情况和制图技术,更新周期大约为 70 年,无法满足实际需要。

(2)土壤科学家资源的缺乏。自然资源保护服务局(NRCS)拥有的 950 位科学家中超过一半儿的人员将在几年内退休,因此,在不久的将来国家土壤调查计划将面临人员缺乏的困境。

(3)信息传递方式需要改进。为了满足用户对大量数字化土壤信息的需求,必须要加快数字化过程。根据目前的状况,将全国所有完成的土壤调查成果数字化还需要较长的时间。此外,为了提供用户易于获取和理解的信息资源,还需要从总体上改革土壤调查信息传递的方法方式。

相比之下,我国存在的问题较美国严重得多,主要体现在以下几点:

(1)土壤资源信息管理体系不健全。我国进行了两次大规模的土壤调查,但由于时间跨度达 50 余年,第二次土壤调查距今也有 20 余年,这期间,国家、省、市、县没有设置自上而下的专业土壤资源管理机构。在基层,多数土壤调查资料由农业部门或相关部门管理,由于管理人员的更换以及管理水平落后等原因,致使一些基层县的资料损失严重。

(2)土壤资源调查数据管理方式陈旧。我国的两次土壤资源调查的数据绝大多数为纸质档案,没有进行数字化处理,因此,有很多宝贵的资源因管理方式的落后而遗失。这主要是 20 世纪 80 年代我国科技水平还很落后,计算机技术和 GIS 技术的应用与欧美等发达国家相比,基础薄弱,起步较晚。

(3)国家没有统一的土壤资源信息系统开发规划。目前,我国还没有制订国家土壤资源信息系统开发规划。整个规划是一个链式结构,从县级、省级到国家级,要有统一的数据标准,各个级别的系统要有明确的功能划分,相互间要建立数据交换标准等,这是一个庞大的系统工程,需要国家从国土资源开发利用的角度来主抓这项工作。

(4)行业间的资源共享水平低。在我国,由于相关法规的约束和行业管理部门的条块分割,一些基础地理信息不能达到资源共享,在获得数据方面,除了经济因素外,还受到了相关法

规的限制。特别是土壤资源信息管理领域,投入的资金有限,特别是在县级、省级的土壤资源信息管理中,需要大比例尺的基础地理信息数据,但受到保密法等相关法规约束,不易获得非商业化的信息资源。在我国的各级基础地理信息网站上,没有大尺度的基础地理信息可供免费下载,这也可能造成各级土壤资源信息管理部门间数据标准不统一的问题。

因此,国家投入资金更新或制作的数据是否应该高度共享,达到资源利用效率的最大化,是目前许多领域讨论的焦点。

(5)没有针对土壤资源信息管理方面的独立的法规。到目前为止,我国还没有针对土壤资源信息管理方面的独立法规,只是在其他相关法规中有些相关的条款。如《土地法》、《环境保护法》中有涉及土壤资源保护的条款,但针对土壤资源信息管理过程中,从土壤外业调查、内业制图和数据整理分析、出版相关图、书等没有专门的法律规定。

(6)亟待制订省级土壤类型转换。半个多世纪以来,经过两次全国性的土壤调查,已有的大量土壤资料,特别是土壤空间分布资料绝大多数是长期采用“土壤发生分类”条件下积累起来的。全国二次土壤调查也不例外,所采用的就是“土壤发生分类”。但这个分类尚未做到量化,与国际上影响最大的二个分类之间不接轨,可比性差。在中国科学院和国家自然科学基金委的资助下,经过10多年的研究建立了“中国土壤系统分类”,这个分类系统中土壤类型的高级单元划分已基本上做到了量化,并能与国际接轨,但积累的土壤数据还不够多,特别是土壤空间数据。为了使其中的土壤数据既有与国际接轨的量化标准,又有广泛的空间分布性,各省应以全国第二次土壤调查资料为基本数据源,以“中国土壤系统分类”类型划分为基准,编制“土壤发生分类”“土壤系统分类”间各土壤类型的转换目录,使未来的土壤资源信息管理工作有一个通用性强、土壤数据间可参比定量的分类方法(吕成文等,2004)。

2.2 建立土壤资源信息系统的必要性

2.2.1 建立土壤资源信息系统是历史赋予农业科技工作者的重任

两次土壤调查的成果一般由农业行政管理部门下属的土肥站管理,在近50年中,管理人员更替频繁,一些宝贵的调查资料损毁或遗失,特别是人工绘制的彩色或黑白线划图(图2.2),保存方法不当,就会影响资料的使用价值。在科研调查时,我们经常到基层单位查阅土壤资料,发现一些手工着色的土壤图已严重退色,有些图件在潮湿的环境中保存已模糊不清。在与相关工作人员的接触过程中,感到土壤调查资料的保存和利用现状不容乐观。



图2.2 手工绘制的土壤图(局部)

两次土壤调查的成果,从技术手段看,多是手工完成的图、表,有些基层单位甚至手工刻印《××土壤志》。手工绘制的纸质土壤图件不便于保存和使用,纸质图件保管措施不当和管理人员的频繁更替是造成损失的主要因素,如果不及时整理,对未来的科研及农业生产会带来不利影响。

无论是全国性的还是区域性(甚至是县域)的土壤调查,都需要大量的人力、物理和财力,特别是全国统一标准的土壤调查,可以说是一项庞大的系统工程,对广大农业科技工作者的素质也是一次考验。因此,不可能随时进行大规模的土壤调查,只能对已有的两次调查成果进行整理和完善,并在工作中不断丰富其内容,及时纠正原有资料的偏差,利于后续利用。

对于这些海量的调查数据进行管理的有效方法是建立土壤资源信息系统。也就是将两次土壤调查的成果作为系统数据源,利用现代计算机技术,将土壤资源信息数字化,在 GIS 的支持下,对某一特定区域的土壤资源信息实施动态管理,观测土壤各组分在时空间的变化规律,并评价其对环境的影响,以此指导人们有效地利用土壤资源,并对可能发生的土壤污染等重大事故及时预警。

土壤资源信息系统建设是一项专业性极强的系统工程,除需要有计算机、土壤等相关知识的支持外,还要有广大农业科技工作者的团结协作。因此,要打破部门封锁,实现资源共享,特别是基础地理信息和对基层农业生产具有指导意义的各种土壤资料应走出科研院所的实验室,面向农村第一线的科技工作者开放。土壤资源信息系统的建设需要一定的周期和大量的系统试验过程,这期间要求农业科技工作者的密切配合,使系统不断完善,更好地服务于农业生产。

综合以上情况,我们可以得出结论:未来的土壤资源信息系统建设是历史赋予农业科技工作者光荣而艰巨的任务,因为它是我国土壤资源信息管理技术由手工管理向数字化管理的一个转折点。

2.2.2 建立土壤资源信息系统的必要性

建立土壤资源信息系统是对土壤环境动态监测的科学手段。人口、资源和环境问题一直是困扰我国经济发展的难题。随着人口的不断增加、资源紧张和环境恶化随之而来,对于一个农业大国来说,解决温饱是首要任务。特别是改革开放初期,我们主要是依靠化肥的投入量来提高农产品的产量,这无异于一种掠夺。多年来,科技和社会文明的进步,公民的资源和环境保护意识逐渐加强,已从解决温饱向提高生活质量方向发展,对食品安全的担忧就是明显的例证。

2001 年 3 月,中科院院士朱兆良提议建立土壤质量信息系统和监测网络。我国一些地区土壤质量正呈恶化的趋势,诸如西北地区土壤的沙化和水土流失;土壤遭受污染(包括重金属污染和农药污染)的面积扩大,土壤中养分失调,缺钾和某些微量元素的面积增加等土壤退化问题日益突出。为此,建议进行第三次全国土壤调查。调查不仅要查清 20 年来土壤资源数量的变化,更要注意土壤质量的现状及发展趋势。要借鉴国际上采用地球科学和信息科学的先进技术,通过调查逐步建立起全国不同生态区的土壤质量信息系统,进而建立起土壤质量监测中心,逐步形成网络,对土壤质量发展趋势做出预测预报,建议在山东、江苏、广东等经济发达地区先进行试点,那里人口众多,环境问题也比较突出,有条件也有必要首先进行调查。

建立土壤资源信息系统是资源管理现代化的要求。建国以来,我国进行了两次土壤调查,其规模浩大,成果之丰硕前所未有,形成了大量的宝贵资料。长期以来,受经济发展的制约,与发达国家相比,在管理水平上落后很多,直至今日,绝大多数基层单位还没有实现土壤资源管理数字化。