

资源环境信息学

(第二版)

主 编 申广荣

副主编 柳云龙 钱振华



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

资源环境信息学

(第二版)

主 编 申广荣
副主编 柳云龙 钱振华



上海交通大学出版社

内容提要

资源环境信息学是在当今以人口、资源、环境与发展为核心的全球性问题促使下,信息科学与许多学科彼此交叉、相互渗透,形成的一个以资源环境和资源环境的综合开发、合理利用、保护和管理为核心的横向发展的新学科领域。本书主要包括:资源环境信息学的认识,资源环境信息学研究的关键技术,信息论理论基础,遥感技术、GIS 技术、资源环境地学分析技术和资源环境综合信息基础数据库建设以及资源环境信息技术在土壤环境、水环境动态监测中的应用开发实例。

本书既可作为大专院校资源与环境、水土保持与荒漠化、环境科学、土地管理、城市规划等专业学生的教材,也可供从事地球科学、资源环境和信息技术等领域和部门的专业技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

资源环境信息学 / 申广荣主编. —2 版. —上海:
上海交通大学出版社, 2016
ISBN 978-7-313-15134-6

I. ①资… II. ①申… III. ①环境资源—环境信息—
高等学校—教材 IV. ①X196②X32

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 129877 号

资源环境信息学(第二版)

主 编: 申广荣

出版发行: 上海交通大学出版社

邮政编码: 200030

出 版 人: 韩建民

印 制: 凤凰数码印务有限公司

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16

字 数: 505 千字

版 次: 2016 年 6 月第 1 版

书 号: ISBN 978-7-313-15134-6/X

定 价: 59.00 元

地 址: 上海市番禺路 951 号

电 话: 021-64071208

经 销: 全国新华书店

印 张: 20.5

印 次: 2016 年 6 月第 1 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 025-83657309

第二版前言

资源环境作为人类赖以生存的基础,是当今世界各国普遍关注的问题。信息技术的快速发展为资源环境的高效利用、有效管理以及可持续发展提供了新的方法和手段,也为资源的勘查、开发 and 环境的保护注入了新的活力。基于信息科学与资源环境科学交叉融合而形成的资源环境信息学(Informaties of Resource and Environment)正快速发展成为一门新兴的学科领域,为解决环境问题、资源的可持续利用提供全新的技术支持和全方位的信息服务,使资源的开发利用和环境保护及管理逐步走上数字化、定量化、智能化、精确化、高效化和科学化的轨道,使资源环境系统和人类-资源环境关系向着有利于人类社会生存与发展的方向演进,从而使人类与自然更加和谐友好、健康协调发展。

跨学科性综合学科的兴起是 21 世纪学科发展的一个特征。资源环境信息学就是在当代综合与交叉科学潮流的推动下,特别是在当今以人口、资源、环境与发展为核心的全球性问题促使下,信息科学与许多学科彼此交叉、相互渗透,形成了一个以资源环境和资源环境的综合开发、合理利用、保护和管理为核心的横向发展的新学科领域。本书在第一版的基础上,参考读者反馈意见,修改完善优化已有内容,并增加了第 3 章资源环境的地学分析、第 7 章土壤环境时空变异及养分精确管理和第 8 章环境资源信息技术的应用。新版书在编写过程中参考并引用了国内外有关文献,较为详细地介绍了资源环境信息学的发展背景、内涵、基本特征以及研究内容,并在信息论理论上,介绍了资源环境信息的特点,系统地阐述了资源环境信息动态采集,监测的遥感技术,分析管理的数据库和 GIS、GPS 技术以及资源环境地学分析的地球物理和动态模型技术等。最后,详细介绍了信息分析处理技术在土壤环境、水环境监测管理中的应用实例。本书可作为资源环境科学专业的资源环境信息学课程的教材,也可供大专院校研究生、教师和专业技术人员阅读使用。

全书共分为 8 章。第 1~5 章,第 7 章的第 2、第 4 节,第 8 章第 2 节由申广荣编写;第 6 章由钱振华编写;第 7 章的第 1、第 3、第 5 和第 6 节,第 8 章第 1 和第 3~5 节由柳云龙编写。全书由申广荣统编定稿。

本书的编写出版得到了上海交通大学教材立项项目和学院学科建设项目的资助。在编写出版过程中,得到了编者所在单位领导、同事的大力支持和帮助,上海交通大学出版社的编辑付出了辛勤的劳动,做了大量具体细致的文章修改和润色工作,研究生王紫君、朱赟和黄秀梅等稿件录入、排版等环节上做了大量事务性工作,使本教材得以顺利出版。对他们的辛勤劳动和支持,在此一并表示衷心感谢。

由于资源环境信息学为一门新兴的学科领域,再加上编者的水平有限,存在的缺点和不足敬请广大读者和同仁批评指正。

编 者

2015 年 11 月于上海交通大学

目 录

1 绪论	1
1.1 资源环境信息学的认识	1
1.2 资源环境信息学的研究对象和内容	5
1.3 资源环境信息学研究的关键技术	7
1.4 资源环境信息学在资源及环境学科中的地位与作用	10
2 信息论理论基础	12
2.1 信息的基本特征	12
2.2 资源环境信息的基本概念	16
2.3 信息技术的发展	18
2.4 资源环境信息技术体系	26
3 资源环境的地学分析	29
3.1 资源分类及其特征	29
3.2 资源的环境特征	31
3.3 资源环境地学问题	34
3.4 资源环境监测及现代分析技术	37
4 遥感技术	49
4.1 遥感概述	49
4.2 遥感的物理基础	62
4.3 航空遥感图像及其判读	73
4.4 卫星遥感及其影像	75
4.5 遥感图像的分析解译及数字图像处理	79
5 GIS 技术	103
5.1 地理信息技术概述	103
5.2 空间信息基础	115
5.3 空间数据结构	130

5.4	地图数字化	136
5.5	GIS 数据模型与数据库	140
5.6	数字高程模型的建立与应用	155
5.7	GIS 数据查询与输出	167
6	资源环境综合信息基础数据库建设	177
6.1	资源环境数据的特点及空间变量信息采集技术	177
6.2	资源环境综合基础数据库的设计	185
6.3	资源环境综合基础库的数据内容、分类与编码	187
6.4	资源环境数据库的建立	190
6.5	资源环境数据标准化与规范化	207
7	土壤环境时空变异及养分精确管理	211
7.1	土壤养分空间变异	211
7.2	土壤采样设计	216
7.3	土壤养分精确管理	222
7.4	土壤空间变异分析及肥力评价应用	229
7.5	农田养分管理与推荐施肥系统设计与开发	256
7.6	Okeechobee 湖流域土壤磷的空间分布特征及其流失风险评价	261
8	资源环境信息技术的应用	270
8.1	水资源管理	270
8.2	农业面源污染监测	286
8.3	景区旅游管理	294
8.4	DEM 生成与红壤水土流失分析	301
8.5	农业粮食预测系统	309
	参考文献	317

1 绪 论

资源环境作为人类赖以生存的基础,是当今世界各国普遍关注的问题。信息技术的快速发展为资源环境的高效利用、有效管理以及可持续发展提供了新的方法和手段,也为资源的勘查、开发和环境的保护注入了新的活力。基于信息科学与资源环境科学交叉融合而形成的资源环境信息学(Informatics of Resource and Environment)正快速发展成为一门新兴的学科领域,为解决环境问题、资源的可持续利用提供全新的技术支持和全方位的信息服务,使资源的开发利用和环境保护及管理走上数字化、量化、智能化、精确化、高效化和科学化的轨道,从而使人类与自然更加和谐友好、健康协调地发展。

1.1 资源环境信息学的认识

1.1.1 资源环境信息学的形成

资源是指在一定技术条件下,能为人类利用的一切物质、能量和信息,可分为自然资源、经济资源、社会资源三种。狭义地理解,资源是指人类可以利用的自然生成的物质及能量,即自然资源。自然资源是国民经济与社会发展的重要物质基础,是可持续发展之前提。这里,资源环境信息学论及的资源就是指自然资源。环境是一个由多学科到跨学科的庞大科学体系组成的学科,比如环境化学、环境地学、环境医学、环境工程学等,这些不同的学科,分别从不同的角度,运用不同的观点和方法来研究和解决环境问题。保护环境是实现可持续发展的目标;也只有实现了可持续发展,生态环境才能真正得到有效的保护。

20 世纪 50 年代以来,一场信息革命的浪潮席卷全世界,以电子计算机的发明为标志的第一次信息革命,开始形成信息科学和信息产业。随着计算机、互联网技术的飞速发展,计算机不断向各种应用领域渗透,并与各应用领域交叉渗透,逐渐形成交叉学科——信息学,即计算机应用学科,于是产生了资源领域的资源信息学(Resource Informatics)、环境领域的环境信息学(Environmental Informatics)、认知领域的认知信息学(Cognitive Informatics)、能源领域的能源信息学(Energy Informatics)等。资源环境信息学不是简单的资源信息学与环境信息学的叠加,它是基于自然界与人、与人类社会的相互依赖、相互制约、相互影响和相互创造的关系,以信息论为指导,分析探索反映人类对各种资源的产生、开发、利用、保护及其对环境的影响整个过程中信息流的规律和过程,以及相应的资源环境信息技术和应用。资源环境信息学是信息科学与资源环境科学交叉融合而形成的,它从可持续发展的哲学层面上,将信息技术有效地运用于资源环境及人口的协调发展研究中,使资源环境信息科学得到迅速发展。

系统论和信息论是资源环境信息学的理论基础,系统工程和信息方法是资源环境信息学研究的重要方法,计算机等信息技术是它的重要工具。信息科学被认为是一门研究信息的性质、运动规律,以及围绕着信息处理而生成的计算机科学的学科。从系统论的观点,资源环境系统科学是由若干与资源环境相关的科学体系组成的复合性的科学体系。把信息论的观点和

系统论的方法引入到对资源环境系统科学做深入的分析研究,就可看出,资源环境信息学是根据信息论的观点,来分析研究资源环境系统中的信息流问题。在资源环境领域中的信息是人们认识资源环境系统程度的量度,它是消除人们对资源环境系统不确定因素的量度,掌握资源环境系统的信息越多,就对资源环境系统的认识越深刻。因此,资源环境信息学是一门研究资源环境信息的产生、获取、变换、传输、存储、处理、显示、识别和有效合理利用的综合性科学,它将成为资源科学的新兴发展领域,是信息科学在资源环境领域的分支。

1.1.2 资源环境信息学的内涵

资源环境信息学是研究资源环境信息的产生和分布规律、采集、传递、存储、管理和开发应用的理论和方法。资源环境信息技术指资源环境信息研究中所采用的技术手段及相应的应用平台和系统,而对资源环境系统过程的信息流实现全面的数字化表达和整合。资源环境信息学是一门处于发展初期的新兴学科,其学科体系尚未形成统一的认识,所以可以从不同角度去研究和划分资源环境信息学的学科体系。例如,按照资源环境科学的学科体系来划分,就有与资源环境科学体系相同的结构;按照资源环境信息学中对资源环境信息的定义去划分,就会产生与资源环境科学体系完全不一致的结构。资源环境信息学是一门综合性的交叉学科,它是以研究资源环境信息的产生、传递、转换、加工、存储、开发和应用的科学,通过资源环境信息的特征与信息方法去研究和认识资源系统的若干问题,显然抓住资源环境信息的本质,用信息科学的理论和方法去划分资源环境信息学的学科体系结构,更加符合资源环境信息学的使命。因而资源环境信息学体系应由理论基础、方法论、技术体系、工程体系、应用系统这五方面组成。

资源环境信息学的基础理论是信息论和系统论,因此,资源环境信息学要在信息论和系统论的基本理论指导下,去深入探索资源环境信息产生的机理、表达方式,资源环境信息流的形成、传递、存储、管理的理论,资源环境信息开发、应用的理论,资源环境信息的价值理论,资源环境信息共享的理论,资源环境信息流调控物质流和能量流的理论基础,资源环境信息融合的理论和方法,资源环境信息的整合、集成理论等。

“信息方法”在资源环境信息学中的应用,产生了资源环境信息学的方法论体系,它是把复杂的资源环境系统的过程抽象成信息的发生、传递、转换、控制和反馈的过程,从而无须考虑实际资源环境系统的物质、能量的传递过程与转换过程,把研究转向抽象出来的信息流动和变化过程,通过对信息流动过程的分析,达到对复杂系统过程规律性的认识,从而为资源环境的开发利用和保护提出符合资源、环境、经济和人口协调发展的有效措施。资源环境信息学的方法论体系包含资源环境信息综合分析法、资源环境系统黑箱方法、资源环境系统优化法、资源环境系统研究定性定量法、资源环境信息推理判断法、多维资源信息环境法等。

信息技术的定义告诉我们,凡是涉及信息的产生、检测、变换、存储、处理、传递、显示、识别、获取、利用和控制等活动有关的技术都可以称为信息技术。所以我们把与资源环境信息的产生、检测、变换、存储、处理、传递、显示、识别、获取、利用和控制等活动的有关技术都称为资源环境信息技术。资源环境信息技术主要包括信息获取技术、资源环境信息整理和管理技术、资源环境信息综合加工分析技术、资源环境信息传递和发布技术、资源环境信息可视化技术、资源环境信息模拟技术、资源环境信息人工智能技术、资源环境信息网络技术、资源环境信息准确定位技术、资源虚拟环境技术、资源环境信息服务技术、资源环境数据网格技术、资源环境

信息网格计算技术、资源环境信息网格服务技术等。当然资源环境信息技术体系的完善和发展将与不断出现新的信息技术并在资源环境信息学中获得应用有关。

所谓资源环境信息学的工程体系是指利用资源环境信息学的基本理论和相关资源环境信息技术体系或某一项具体技术,为了资源环境信息的获取、传递、存储、开发、利用、综合分析研究、显示等目的,所构成的信息工程系统。可见资源环境信息学的工程体系,同样具有明确的目标和解决问题的可靠方案。目前投入运行的或者构建的资源环境信息工程系统有两大类。

(1) 按照资源环境信息流主要环节构建的系统,如资源环境信息获取系统、资源环境信息管理系统、资源环境信息传输或转换系统、资源环境信息分析应用系统。

(2) 利用资源环境信息资源及信息技术等按照一定的任务需求构建各类实际应用工程系统,如资源环境动态监测与评估分析系统;粮食估产及农情速报系统;自然灾害预警、评估系统;资源环境科学虚拟科研环境等。

资源环境信息学是一门综合性的应用科学,它最重要的应用是促进资源环境科学各领域的知识创新,实现资源环境科学领域研究的现代化,促进资源环境科学研究方法和手段的变革,同时它的理论、方法和技术可以被其他类似的学科领域,如资源科学,环境科学、生态学、农业科学等借鉴。具体讲可以从以下几个方面去理解:

(1) 促进资源环境信息经济的增长与发展。资源环境信息具有驾驭物质资源和能量资源的能力,在经济和社会活动中用资源环境信息去调控甚至替代(或减少)物质资源和能量资源的消耗,使经济增长和发展过程越来越依靠资源环境信息的应用,从而促进资源环境信息经济的增长与发展,在整个社会经济增长中发挥更大的作用。

(2) 促进资源环境科学研究方法的现代化。资源环境信息学的产生就是因为改进资源环境科学研究方法论的需要而发展起来的,因此资源环境信息学的研究方法、技术体系以及工程体系等均是围绕资源环境科学的研究应用所开发的,所以资源环境信息学的产生、发展和完善,始终是为资源环境科学研究方法现代化而努力。

(3) 资源环境信息产业化。资源环境信息是国家信息资源环境的重要组成部分,从资源环境信息学的应用范畴理解,资源环境信息产业化的问题主要包括两个方面:资源环境信息自身的产业化、资源环境信息技术产业化。

1.1.3 资源环境信息学的基本特征

资源环境信息与其他信息相比,具有以下几个特点:

1. 多学科集成性

资源环境信息技术涉及信息获取技术(遥感与测绘技术)、信息存储与处理技术(计算机技术和信息技术)以及与资源环境相关的地理学、环境生态学、气象学、城市科学和管理学等学科,因而它是多学科的集成。RS、GPS 和 GIS 技术已成为环境和自然灾害监测、自然资源管理和使其持续发展方面必不可少的工具,并成为跨学科的应用技术。RS、GPS 与 GIS 技术的综合是资源环境信息技术的必然结果。因为,GIS 需要 RS、GPS 资料不断地更新其数据库中的数据。对 GIS 来讲,应用 RS 作为新数据的来源,而对于 RS 的图像处理与识别,既需要 GPS 数据进行几何校正与数据补充,又需要在 GIS 支持下改善其识别精度,并在数学模型分析和专家系统中得到应用。从遥感数据中可以获得与资源环境变化相关的各种地理信息,把这些信息按应用目的存储于地理信息系统中,就可以应用于对资源环境的分析。

2. 空间特征

资源环境信息数据表达的是一个地理实体,因而这些数据都具有空间几何特征。由于资源环境信息具有这一特点,资源环境信息技术就必须构建一个统一的空间框架,将各种资源(如土壤、土地、矿产、气候等)的属性以及环境状况(如空气的质量、地下水的性状等)存储在这一框架下,利用计算机高速处理的功能进行综合分析。地理信息系统是一个空间型的信息系统,说到底,它是用来进行空间查询、检索、分析的信息系统,因而这项技术是资源环境信息技术中的支撑性技术。

3. 动态特征

任何资源环境信息都具有时序性,因为资源与环境及其各组成要素始终处在变化之中,变化的进程有快有慢,例如植被演替、土地利用变化、地质灾害、植物病虫害等。作为服务于资源环境管理与利用的资源环境信息技术也就必须适应信息动态变化这一特点,提高信息高速采集、获取的能力,具备对资源环境突发事件快速响应的能力,而且能够进行时序综合分析。

4. 基础开放性与实用性

资源环境信息是国民经济的基础信息,国家机构 80% 以上的部门都需要利用资源环境信息,这就要求资源环境信息技术支撑下的信息系统、数据库具有很好的兼容性、开放性。系统中的数据不仅部门内的操作员可以调用检索,而且部门以外的其他人员甚至普通人民群众也能够使用。系统的数据质量、数据结构、数据编码、网上协议都要达到一定标准与规范。

由于资源环境信息学涵盖理论基础、方法论、技术体系、工程体系、应用系统等五方面的主要内容,涉及不同的学科体系,因而资源环境信息学的特征也表现出不同学科和不同内涵的交叉与综合。

资源环境信息学是一种信息科学体系。资源环境信息学具有系统化、模型化、知识化、智能化、可视化、网络化等基本特征。资源环境信息学以信息科学和资源环境科学的理论和技术为基础,其研究与应用的目标广布于地球表面,时空变化莫测,运用常规技术很难获取现势性的资源环境信息,借助现代信息技术获取、分析其现势性信息,从而优化配置和合理利用资源,实现人与资源、环境之间的相互协调。

资源环境信息学是一个多维技术体系。从信息科学与资源环境科学的交叉来看,资源环境信息技术的内涵既有信息科学的共有技术,又有资源环境领域的学科特点,从资源环境信息学的研究对象来看,只就农业资源环境来说,土地资源信息学关注的是土地利用清查与动态监测的信息化、农业用地评价信息化及土地利用规划的信息化;土壤资源类型信息化、土壤质量评价信息化和土壤适宜性评价信息化构成了土壤资源信息学;水资源信息学包括水资源区域平衡信息化、水土保持信息化、水资源管理信息化等;肥料资源和施肥信息化由肥料区域平衡预测信息化、施肥信息化、肥料生产和流通管理信息化组成;太阳辐射资源、热量资源及降水资源信息化管理综合构成气候资源信息学;农业环境评价信息学包括水环境质量评价信息化、土壤环境质量评价化、大气环境质量评价信息化等内容,另外还有矿产资源环境信息学、森林资源环境信息学等。

资源环境信息学是一种应用系统平台,面向特定目标的资源环境信息技术组装和集成,即资源环境信息应用系统,是资源环境信息技术的具体应用平台和工具,而资源环境信息资源的网络化传播则是资源环境信息的服务系统。资源环境信息应用系统和资源环境信息服务系统

将是未来资源环境信息技术在实践中发挥作用的两种最主要的形式。

1.2 资源环境信息学的研究对象和内容

资源环境信息学研究对象或范围可分为宏观、微观两个层次：宏观主要从全球、国家或大的区域着眼进行讨论；微观主要从相对小的局部范围或从资源开发（如矿区、矿山、城镇、小区域等）及其环境保护方面进行分析。

1.2.1 宏观方面

1. 基础性研究

在信息论和系统论的指导下，探索资源环境信息的产生和分布、信息流以及表示方法；资源信息的性质、特征、分类、规范标准和编码体系的研究；资源环境信息时间和空间结构特征、尺度变化允许范围和转换研究；资源环境信息机理的理论和信息载体转换的方法研究；资源环境信息传递过程及误差机理、信息反演理论等。

2. 应用研究

应用研究包括资源环境信息应用范围和功能研究，资源环境信息系统分析的理论和研究方法研究，资源环境信息本身的关联性及与之相关信息之间的相互关系研究，空间分析模型系统研究，资源、环境、经济、人口协调发展模型体系研究，资源环境系统中模式化研究，多媒体技术在资源环境科学研究中的应用研究，遥感、地理信息系统、全球定位系统与地面监测系统信息复合应用的理论与方法研究，三维可视化仿真及区域开发模拟方法和理论研究，虚拟现实技术和多维信息环境构造的研究等。

3. 资源环境信息工程化及产业化研究

资源环境信息工程化及产业化研究包括资源环境信息采集系统设计及构建，资源环境信息管理系统建立与研究，资源、环境、生态监测网络设计与建立，信息传递网络的设计与构建，多重信息复合集成技术研究，资源环境信息产业化及软件商品化研究等。

1.2.2 微观方面

1. 资源环境工程制图，解题中所采用的各种投影，各种投影图、剖面图、切面图、立体图等绘制、使用、分析及解决工程问题的图解方法

图是资源环境信息最主要的表现形式，投影是资源环境信息制图和解决问题的基础。计算机制图是该领域的主要研究内容，已是当前主流工作方法，就土地资源制图及一般的矿图而言，困难已不大。难点一是资源环境工程中所关心的大多是诸如地质、矿山、地下水文等真三维现象，三维图形绘制、三维地学模拟、3D-GIS及虚拟现实技术的应用研究是急需加强的领域；二是井下矿体采样间（断层点）的合理连接问题。例如，有两个相邻探矿工程，其中一个见到两个矿体，另一个只见到一个矿体，这时就可能有四种连图方案，究竟应该按哪个方案连图，计算机将无所适从。这正是计算机制图需要人工干预的原因。而有经验的矿山工作者可以根据专业知识及经验，结合该矿成矿规律及周围的地质条件进行正确的连图。因此需要研究智能化计算机绘图系统，也就是将人工绘制地质图的知识 and 经验，输入专家系统的知识库，由专家系统来引导计算机进行正确的连图、绘图。

2. 资源环境信息空间变量的采集、估计、分析、数学模拟

国土资源数据的数字化是资源信息科学的重要目标,而资源环境信息数据的采集理论与技术方法的研究已成为实现数字资源环境全过程信息化迫切需要解决的问题。对野外资源环境数字化采集技术的理论基础、数据模型、技术流程、实现的工具与方法等进行探讨,根据已知资源空间的特性探索未知空间的特性是许多资源环境研究的第一步。常规方法无法对空间中所有点进行观测,但是我们可以获得一定数量的空间样本,这些样本反映了空间分布的全部或部分特征,并可以据此预测未知空间的特征。不少资源环境特征数据,如矿石品位、厚度、地价等,在一定空间范围内既有随机性,又有结构性,数据多源、多相、多精度、分布复杂、异值不可避免。如何从这些数据中去伪存真、去粗取精,根据已知的空间数据估计(预测)未知空间的数据值,从其数据库中发现规律与知识,建立数学(矿床)模型,模拟资源环境特征数据的空间分布,必然是资源环境信息学的重要研究内容。这方面内容包括多元空间信息统计分析,空间信息统计学(地质统计学)、分形几何、神经网络、遗传算法、模糊数学、灰色系统等多种定量分析的运用,资源数据的 3D-GIS 数据表示和空间插值最优方法研究等,资源环境空间数据发掘与知识发现等。

3. 资源的估计、评价、管理及资源环境保护

这是对资源的面积、体积、(矿产)资源量与(矿产)储量进行计算及估计,对资源量及资源条件评价,研究如何通过对资源信息的分析,运用行政、经济、法律和科学技术等手段,搞好资源管理及资源保护。在土地方面,包括土地信息应用的理论基础、城镇土地定级模型、地产估价模型、农村土地适宜性评价模型、土地利用配置模型、人口承载力模型、土地利用规划模型等。在矿产资源方面,包括资源条件单因素评价预测、基于勘探类型划分的综合评价、勘探开发次序决策的综合评价、地质条件的开采工艺性评价、矿井地质条件分类、矿井(区)条件综合评价与分类、矿井构造与煤层稳定性综合评价、水文地质与工程地质条件综合评价、高产高效矿井的地质条件评价、水采工艺地质条件评价、综放开采煤层可行性综合评价、资源与开采指标的关系模型、资源经济评价等,包括基于资源信息掌握储量动态、分析资源损失、评价采掘状态、监督资源的合理开发和充分利用以及对环境的影响等。地质统计学能有效地对资源环境评价与管理中普遍涉及的空间信息进行分析、处理,GIS 则是图形绘制、分析与显示的重要工具,因此将地质统计学与 GIS 结合,能使我们不断地在空间图形与空间数字这两种状态间穿越,因而值得深入进行理论与应用方面的研究。

4. 资源环境信息系统的建立及应用

资源环境管理信息系统是在计算机硬件 and 软件支撑下的资源环境空间数据的存储、变换、派生、综合、分析和显示系统。它是地理信息系统的一种特殊类型,是利用自然环境要素数据、资源环境质量特征要素数据及相关的社会经济要素数据,以资源环境评价、开发规划、生产决策及管理为目的而设计的一种信息系统。对土地资源而言,包括地籍管理子系统、城镇土地定级估价子系统、土地资源管理子系统等;对生产矿山而言,多指地质测量综合管理信息系统,包括地质子系统、测量子系统、水文子系统、“三量”管理子系统等,这些系统都要求能准确可靠地进行属性数据库操作与管理、报表和台账生成与管理、图形处理与绘制、数值分析与计算等操作。这些研究内容也是其组成部分,同时还包括资源环境信息系统总体框架、设计与实现、空间数据库数据模型、元数据技术、数据交换技术、网络体系建设技术、系统组织管理形式、关键技术支撑、信息系统标准化及集成系统的技术和方法等。

5. 资源环境开发空间决策支持研究

资源开发中存在大量的决策问题,现行的资源开发开采技术与模式具有多层次、多样化特点,不同资源的不同开发模式对其他资源及其开发利用,对生态环境、对资源开发的整体社会经济效益都有程度及性质不同的影响。不同资源的不同开发模式的组合必将产生不同的效益与资源环境效应。理论上,对于不同的决策目标,必然存在相应优化的开发开采模式。如何利用大量的资源环境信息进行辅助决策,寻求最佳的开采效果是对资源环境信息学研究提出的更高要求,也是具有重大社会经济效益的课题,结合 GIS 开展资源环境开发的智能决策研究、建立资源环境开发空间决策支持系统将成为资源环境科学研究中的热点。资源环境开发空间决策支持系统应具有多元性、开放性、复杂性及时空动态等特征,基于 GIS 平台,通过集成方式进行多模型组合,将空间分析技术与决策紧密地结合在一起,为资源评价、预测及开放决策调控提供空间数据管理、应用模型分析及可视化空间决策。当前应深入研究数据和模型的标准化、模型库、知识库及其与 GIS 的无缝连接、知识库与数据库间的通信问题等问题。

从方法手段上讲,资源环境信息学的研究内容包括信息获取技术、数据库管理技术、时空分析技术、信息传输技术、虚拟现实技术等技术。

1.3 资源环境信息学研究的关键技术

资源环境信息学的技术体系是为资源环境信息的获取、处理、管理和利用提供方法和技术支持,主要包括以卫星遥感、地理信息系统和全球定位系统为核心的空间信息处理技术以及数据库、人工智能、模拟模型、虚拟现实、网络技术等电子信息处理技术。资源环境信息学的关键技术因资源类型、范围、区域尺度、工作内容、环境等的不同而有所侧重,但总体框架一般包括资源环境数据库技术、资源环境信息监测技术、资源环境空间信息管理技术、资源环境系统模拟技术、资源环境人工智能技术、资源环境决策支持技术、资源环境信息服务技术等不同技术领域。

1.3.1 资源环境数据库技术

数据库系统及数据库管理系统较早应用于农业领域。数据库系统(Database System)是一种能有组织地、动态地存储、管理、利用一系列有密切联系的数据集合(数据库)的计算机系统。

利用数据库系统可将大量的信息进行记录、分类、整理等定量化、规范化处理,并以记录为单位存储于数据库中,在系统的统一管理下,用户可以对不同的数据库进行查询、检索,以快速、准确地获得满足不同需要的各种信息。

资源环境体系是一个复杂的大系统,资源环境信息浩如烟海,要使各种各样的信息变成能为资源优化配置、合理利用、环境友好合理服务的信息资源,目前最普遍、最实用的方法是将信息加工成数据库,并建立起资源环境数据库系统,以有效地管理和利用各类信息。为了避免低水平的重复,特别是发挥数据库作用,关键是保持资源环境数据的现势性。因为资源环境状况是不断变化的,所以及时更新资源环境数据信息是必不可少的。因此,资源环境数据库建设是资源环境信息资源建设的重要手段,而信息资源建设是资源环境信息化工作的基础。

资源环境信息的种类很多,如从资源环境信息的管理和应用角度出发,资源环境信息数据

库主要包括区域资源环境基础数据库、土地资源数据库、气候资源数据库、水资源数据库、生物资源数据库、矿产资源数据库、能源资源数据库、海洋资源数据库、灾害与治理信息数据库等。在此基础上,可以进一步构建综合资源环境基础数据库,作为资源环境开发利用的数字化信息储存库。例如,综合数据库可包含各种资源环境图形数据库,文本数据库,监测、诊断、评估和预报模型数据库等。由于综合基础数据库储存着资源环境要素的大量信息,为实现信息的储存、查询、检索、分析、制图和决策咨询等奠定了基础。当然,为了实施资源环境的监测、诊断、评估、预报和规划等功能,必须根据信息化资源环境开发利用的需要,进一步研制和建立一批专门领域的数学模型和模型库,而且还要实现图形数据库、属性数据库和专业模型库的连接,并对所需确定和解决的资源环境合理配置与有效管理利用保护问题做出科学合理的决策与实施。为此,需要及时快速更新数据库的信息,保持数据库储存信息的时效性,同时应进一步建立数据库管理系统和信息管理系统,以科学地发挥综合基础数据库的应用价值和功能。

1.3.2 资源环境信息监测技术

资源环境信息监测和采集是资源环境信息获取的主要内容,其主要技术原理是通过光谱遥感、红外成像、机器视觉、图像处理等手段,对资源环境状态进行及时监测和采集,为资源合理开采、配置、有效利用及环境保护管理决策提供基础信息。

遥感技术(RS)是指把传感器获得的目标物体或自然现象的信息信号(以图像或数字表现形式)通过一定的数据处理和分析判读,来识别目标物体或自然现象的技术方法。资源环境遥感技术的优势是适时准确地获取资源环境信息数据,其主要优点有:覆盖面大,宏观性强;波谱视域宽,波段多,所获取的地物信息综合、丰富多样;多时相,速度快;及时、动态,非常有利于监测分布范围广、变化多端的资源环境的现势性。

1.3.3 资源环境空间信息管理技术

资源环境空间信息管理技术主要包括地理信息系统(GIS)技术和全球定位系统(GPS)技术。地理信息系统是对整个或部分地球表面空间中有关地理分布数据进行采集、储存、管理、运算、分析、显示和描述表达的技术系统。其主要技术特点有:

(1) 是一个空间型的信息系统,具有采集、管理、分析和输出多种地理空间信息的能力,并能将空间与属性数据相连接,能实现空间数据与属性数据的统一处理。

(2) 强大的空间分析、多要素综合分析和动态预测能力,可在系统支持下进行空间过程演化的模拟和预测,产生常规方法难以得到的高层次地理分析决策信息。

(3) 对空间数据信息的图形化输出方式,表达形象直观,便于决策者应用。

(4) 由计算机系统支持进行空间数据管理,以地理模型为方法手段,由计算机程序模拟常规的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。

GIS具有空间数据管理、空间指标量算、综合分析评价与模拟预测等功能,以其高效率处理空间信息的功能,通过多要素综合分析,提出资源环境的科学管理和保护利用策略,也可根据动态性模拟预测随时间演变的规律,为资源环境的合理配置和有效管理提供技术支持。GIS的主要应用领域包括资源环境信息清查与核算、农业资源中耕地资源质量评估与管理、资源布局与生态区划、农业环境监测和管理等。

GPS是由24颗卫星组成的空间定位系统,可以在任何时间确定任何物体的三维空间坐

标,即空间位置属性。全球定位系统技术已广泛应用于资源环境、农业、林业、水利、交通、航天、测绘、安全防范、军事、电力、通信、城市管理等部门。GPS在资源环境上的应用有:①耕地资源信息采集空间变量信息采集的定位,环境质量信息采集集中定位。②国土资源调查中面积和周边的测量。③在地质采矿及测绘中精确定位等。

需要指出,GPS通常与GIS和RS结合应用,组成3S技术,能更有效地发挥整体作用和效能。

1.3.4 资源环境系统模拟技术

资源环境系统模拟(System Simulation)属于资源环境信息处理的范畴。系统模拟的技术思想是,运用系统学原理,根据事物发生和演变的动态过程,对系统结构成分与系统环境之间的机理性关系进行定量描述和动态模拟,并建立相应的计算机模型与实验系统。资源环境系统模拟技术就是利用计算机模拟模型对具有不同属性、不同过程、不同时空尺度的资源环境系统进行定量表达和动态模拟,包括从宏观的资源分布利用状态到微观的局部区域特定资源环境的演变,几乎涉及所有资源环境开发利用管理保护问题。

1.3.5 资源环境人工智能技术

人工智能(Artificial Intelligence, AI)是研究人类智能规律,构造具有一定智能行为,以实现用电脑部分取代人脑劳动的综合性科学。人工智能的应用主要包括专家系统、神经网络、遗传算法等;在资源环境方面,以专家系统为代表的研究最多,取得了一系列的研究成果和应用效益。专家系统是以知识为基础,在特定问题领域内能模仿专家解决复杂现实问题的计算机系统。资源环境的不确定性、资源环境知识的不完整性、资源环境领域的复杂性决定了资源环境是一个涉及生物、环境、社会、经济等诸学科的巨大系统。对于这样一个复杂的系统,应用专家系统进行描述可能是最好的解决途径之一。简单地理解,资源环境专家系统是一种实用资源环境软件系统,能将分散的、局部的单项资源环境技术综合集成到全方位、高层次的资源环境专业知识平台,利用计算机对资源环境信息进行智能化处理。从科学角度看,资源环境专家系统就是将资源环境专家的经验用合适的表示方法,经过知识的获取、总结、分析、提炼,存入知识库,通过推理机来求解资源环境问题,进行辅助管理决策。

近年来在资源环境专家系统的数字化表达和实现技术研究方面,取得了突出的进展。比如区域资源生态系统数字化管理研究、中国生态农业模式管理信息及决策支持系统的建立等。

1.3.6 资源环境管理决策技术

资源环境管理决策是资源环境信息管理的重要形式。资源环境管理决策技术关系到资源的开发利用、合理配置和环境保护等,直接影响可持续发展和人口与资源环境的协调等重大问题,因此它是一个组织实施资源环境信息的领导决策和技术管理服务体系。根据职能,资源环境决策技术可划分为资源环境基础信息宏观管理系统和资源环境开发利用管理决策支持系统(Decision Support System)。资源环境基础信息宏观管理系统主要是为国家或区域资源和资源开发利用、结构调整的宏观决策服务提供决策依据。资源环境开发利用管理决策支持系统主要是为资源合理开发利用、科学配置、环境保护和管理提供支持服务,其内容包括资源环境开发管理信息服务系统、专家决策支持系统、资源产生的效益分析系统等,通过优化管理决策

服务,取得最佳的资源开发利用、最低的投入成本和最佳的生态效益,并能改善资源利用和环境质量,实现人口、资源、环境的相互协调和可持续发展。

1.3.7 资源环境信息服务技术

资源环境信息服务是资源环境信息利用的主要内容,是组织实施信息化资源环境的应用平台和服务体系,一般包括资源环境信息管理、资源环境系统监测评估、资源环境区划与管理决策、资源环境电子商务等应用系统。总体上,资源环境信息服务系统是以网络数据库、空间信息管理、知识工程、电子商务等现代信息的综合运用为基础,资源环境信息的监测、采集、开发、利用、保护、管理为信息流的主线,开发和完善基于网络数据库和 WebGIS 的资源环境信息服务系统、基于遥感监测的自然灾害预警系统、基于空间信息和优化技术的资源环境生态区划系统、基于电子商务的资源环境在线物流系统,进一步建立标准化和综合性的资源环境信息综合数据库与服务系统,实现资源环境信息分析、管理和服务的数字化和智能化,使相关专业人员、部门更为及时、准确、完整地获得各种资源环境信息。

在资源环境信息管理方面,构建基于网络数据库和 WebGIS 的区域气象、土壤、生物、生产等空间数据库管理系统及资源环境信息服务系统,有效地管理资源环境不同类型和不同尺度的空间信息资源,并开展资源环境信息的在线咨询服务与智能化分析,为科学管理、优化配置与合理利用资源提供基础,同时监测和评估水环境、土壤环境和大气环境的质量状况及变化趋势,以保障人类的生态环境和可持续发展。

在资源环境系统监测评估方面,主要有资源环境监测与自然灾害监测预警系统。前者包括诸如土地利用等资源环境的利用状态和监测等,是实施资源环境信息化管理的基础信息。自然灾害预警与评估系统主要包括洪涝、旱、气象灾害和水土流失等非生物灾害,以及病虫害和生态环境退化等生物环境灾害等。该系统是为灾害发生前的预报、灾害发生过程中的动态监测、灾害发生后的损失评估以及资源环境基础信息库更新等提供信息服务,以有效及时地调整资源利用、环境保护等对策,减少由于灾害对环境造成的破坏风险。

在资源环境区划与管理决策方面,以网络化资源环境空间信息平台为基础,运用模糊建模和优化规划技术,制定区域化优化资源开发利用布局及区划,并设计出不同生态环境和社会经济条件下的资源合理利用配置结构,进一步结合模型库、知识库及管理决策系统,提供区域资源环境优化管理保护方案。

1.4 资源环境信息学在资源及环境学科中的地位与作用

自 20 世纪以来,不少国家实行了以工业化、城市化为主要内容的经济发展道路,确实取得了巨大成绩,创造了极大的物质财富和精神财富,大幅度地提高了人民的生活水平。但是,由于单纯地追求经济发展所带来的资源浪费与枯竭、环境生态的恶化等,已经严重地危及人类社会进一步的发展,甚至祸及子孙后代的生存,于是国际上提出了可持续发展战略,人口、资源、环境之间的相互协调引起了有识之士的极大关注,其焦点是资源的优化配置和合理利用。

资源环境信息学是以遥感技术、地理信息技术、全球定位技术和计算机网络技术为主要支撑技术而发展起来的,其最突出功能有:

- (1) 通过遥感与全球定位技术,结合某些常规技术,能快速、周期性、准确定位地采集环境

资源的现势性信息。

(2) 通过地理信息技术,能快速大容量地处理所采集的资源环境现势性信息,并提供环境资源优化配置和合理开发与利用的决策咨询方案。

(3) 通过计算机网络技术能把现势性信息和决策咨询方案,快速地传送到网域内的所有单位或个人。这样的技术是现阶段解决资源的分散性、时空变异性、灾害突发性等困难的最佳技术手段。

对各类资源环境信息全面客观的了解和掌控是实施可持续发展战略的基础。信息技术起一种渗透和纽带的作用,它使得人们对资源开发利用和环境保护状态的认识进一步深入到定量化和智能化的水平,使资源的利用和转化效率进一步提高。这种渗透和纽带的作用对资源的优化配置和合理利用及环境保护显示出越来越重要的地位,并逐渐脱颖而出,呈现出一种倍增器的作用,成为生产力发展和科技创新的重要因素。有人论断,21 世纪国与国之间的竞争将更加取决于信息的占有及运用程度。

资源环境信息学的重要任务是在研究其理论体系和关键技术的同时,开发面向服务的资源环境信息化软硬件产品,构建资源环境信息服务体系。资源环境信息科学与信息技术的发展对资源的合理开发、优化配置及环境保护具有重要的战略作用和应用价值,信息技术可以增强对资源环境信息研究对象的量化描述和认识,可以为资源环境管理保护提供新的研究手段和方法,可以提高资源环境开发利用管理决策的科学性和预见性,是促进我国经济、社会、人口和资源、环境、生态协调发展的必然选择。

思考题

1. 资源环境信息学的特点是什么?
2. 资源环境信息学研究涉及哪些关键技术?
3. 资源环境信息学与资源及环境学科有什么关系?