

环境科学高科技特色丛书 2

数字环境

聂庆华 编著



科学出版社
www.sciencep.com

环境科学高科技特色丛书 2

数 字 环 境

聂庆华 编著

国家重点基础研究发展规划项目(批准号 G2000018607)资助
国家自然科学基金青年基金项目(批准号:49801015)资助

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书分为数字环境基础、技术和应用三个部分,系统地介绍了数字环境、空间表达与数据模型、元数据、数据质量等概念和原理;提出了数字环境技术体系,从环境信息获取、管理、分析模拟、决策支持、可视化和网络传输角度,力求把最新空间信息处理技术完整地展现出来;并结合环境监测与全球变化等具体环境领域专题,展望了数字环境应用。

本书可供环境、资源、城市、海洋、农林、生态、地理和信息技术等领域科研和管理人员参考,也是一本从数字环境技术入门到技术创新的阶梯教程,可作为 GIS 教材,供相关师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

数字环境/聂庆华编著. —北京:科学出版社,2005

(环境科学高科技特色丛书;2/戴树桂主编)

ISBN 7-03-015261-1

I. 数… II. 聂… III. 数字技术-应用-环境管理 IV. X32-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 025748 号

责任编辑:杨 震 朱 丽 吴伶伶 王国华 / 责任校对:鲁 素

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005 年 6 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2005 年 6 月第一次印刷 印张:26

印数:1—2 500 字数:486 000

定价:40.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《环境科学高科技特色丛书》

编辑委员会

主 编:戴树桂

副主编:孙红文

编 委(按拼音顺序为序):

陈 威 戴树桂 高志贤 金朝晖

聂庆华 漆新华 孙红文 王玉秋

张智超 朱 琳 庄源益

《环境科学高科技特色丛书》序

21 世纪科技发展趋势的一个鲜明特点是多学科的交叉与综合。这种特点在环境科学研究中体现得尤为突出。现代高新技术的应用促进着自然科学和工程各学科的加速发展,而各种科学技术学科领域本身也在不断地进步中衍生出应用现代高新技术的新事物。

在环境科学与相关高新技术学科的交叉和融合过程中,近年来出现和形成了不少具有高科技特色的新内容并外延产生了很多新的研究方向。

为了将这些国内外近年发展的新知识、新研究的进展和动向介绍给从事环境科学及相关领域的科技工作者或用于培养相应专业的人才,我们迫切需要编著一套《环境科学高科技特色丛书》。

本套丛书包括:《数字环境》、《超临界流体技术在环境科学中的应用》、《环境科学与生物芯片》、《环境分子毒理学》、《环境有机污染修复技术》、《现代环境分析技术》、《手性技术与环境科学》等。它们是现代信息和遥感技术、现代生物科学与技术、物理、化学等理论和技术的新发展与环境科学交叉产生的新研究领域,在学术和实际应用两方面都显示出巨大的生命力与开拓前景。

例如,数字环境是在一个时空参照系中,具有多层次时间和空间组织结构、高分辨率的海量环境空间数据、宽带网络数据传输,以环境时空分析模拟和智能推理为内核,并且三维显示的环境空间技术系统。它的研究目标是将人类或生物生存空间的相关环境信息全部数字化,基于环境科学与工程基本原理,实现环境管理的可试验模拟和可操作,辅助环境空间决策,保障人类社会的可持续发展。《数字环境》一书将讲解数字环境基础,阐述数字环境技术,介绍数字环境应用。该书构思新颖,内容丰富,是一次开拓创新的尝试。

又如,在物质分离、化学分析、有机化学合成、环境污染控制等方面均已获得广泛研究和应用的超临界流体技术,目前尚无一本专门论述此种颇具特色的技术在环境科学中应用的专著。《超临界流体技术在环境科学中的应用》一书从超临界流体的特殊理化性质讲起,涉及其在环境分析、废物处理、清洁生产和绿色化学化工、纳米微粒制备、资源综合利用等多方面应用的原理、技术和示例。

“生物芯片”是近年从生物技术中开发出来的一种崭新技术。《环境科学与生物芯片》一书在介绍生物芯片的基础知识后将分别讨论毒理芯片、蛋白芯片、基因芯片、生物质谱芯片、生物传感芯片等,及其在环境科学、生命科学、卫生学多种领域的应用。

“环境分子毒理学”是环境科学与分子生物学和毒理学交叉所形成的一个新的

学科方向。《环境分子毒理学》一书将阐述该领域的基础理论、研究方法和应用。内容将涉及外源化合物与生物大分子结合,自由基与氧化损伤机理,生物标志物及其检测方法,多组分联合致毒以及各类环境污染物的分子毒理学行为等备受关注的热点问题。

丛书的其余组成部分皆体现新的特点,富有高新技术内涵。不再依次赘述。

总之,本套《环境科学高科技特色丛书》将以具有高新技术特色,崭新的环境科学研究领域的新知识技能面世,以满足相关领域的读者对新知识的渴求。

本套丛书主要由南开大学环境科学与工程学院的教师负责编写,也邀请了部分校外专家参编,适合于高等院校环境科学与工程学科本科生、研究生、教师以及对环境保护感兴趣的科技人员阅读和参考。

本书的编写出版过程得到了科学出版社杨震编辑等的大力支持和帮助,特此致谢。

限于学识和文学水平,书中错误在所难免,恳请读者批评指正。

戴树桂

2005年3月

序

众所周知,21 世纪是信息科学和资源、环境两大社会发展问题的世纪。《数字环境》一书正是反映了新世纪基础科学和社会发展的两个方面。

作者作为一位年轻科学工作者、高校专业教师,在其科学实践的基础上,参阅了环境科学和信息科学大量的已有资料,将有关专业知识的某些主攻领域进行知识叠加与融合,形成自己所理解的数字环境专业框架和体系,写成编著型的学科专著,这代表了一个年轻科学工作者在成长道路上的一个突破,对学科发展、教学质量提高和自己的成长都十分有利。数字环境是环境科学和信息科学的一个交叉性新学科,也是环境科学的重要分支。该学科的特点是有大量的空间数据和属性数据的结合,这就要求对这些数据不但有严格的科学定义、描述和分类,而且还要对环境数据获取、管理、开发及其有关技术,如“3S”技术、空间数据库建立与管理、人工智能、空间数据挖掘与空间决策支持、网络技术及环境虚拟技术等有系统的理解与掌握,作者在这些方面进行了一定的文献资料汇集整理,打下了一定的专业基础。当然,对不同专业背景的读者来说,难免对这些资料有过繁或过简之感,这是可以理解的。我们不可能要求一本专业学科著作能以“百科全书”式的方式来满足不同读者的要求,但至少可起到一个启发和参考的作用。科学是不断发展的,数字环境今后肯定会有快速而长足的发展。

我国已明确提出了国民经济建设的科学发展观和绿色 GDP 的具体方针,我相信作者将来会根据已有基础和其同仁共同开展有关教学、研究与生产实践,用大量、丰富的实践成果来补充该书的!

林陆

2004 年 12 月

前 言

数字社会是指在“自然-社会-经济”复合系统的范畴中,能够有效获取、分类存储、自动处理和智能识别海量数据的、具有高分辨率和高度智能化的、既能虚拟现实又可直接参与管理和服务的综合工程。数字社会是从工业化时代向信息化时代转换的基本标志之一,它包含着生产方式、生活方式、文化方式和人际关系的社会变革,也包含着政府在管理、决策、服务等方面的革命性进展。其中,数字环境是数字社会不可缺少的重要环节。

本书分为3篇,共13章。第一篇为数字环境基础。系统地介绍数字环境概念,提出从现实环境、模型环境、原型环境到数字环境的进化思路(第1章)。根据人类环境认知模式,从环境概念模型、数据模型到数据结构,系统地阐述了数字环境的表达方式(第2、3章)。介绍了元数据、数据质量和数据不确定性等数字环境相关基础(第4章)。第二篇为数字环境技术。首次提出了数字环境的技术体系,并着重介绍遥感、GPS和GIS技术及其在环境信息处理中的作用,以及环境信息获取、管理、分析、应用、显示和传递(第5~11章),力求从最新技术进展角度,系统地把数字环境技术介绍给读者。第三篇为数字环境应用。将环境监测与全球变化研究有机结合起来,展望了数字环境技术在精确农田环境管理、环境影响智能仿真模拟和数字地球中的应用(第12、13章)。

本书最初创意来自南开大学环境科学与工程学院的戴树桂教授,初始大纲和书稿完成后也承蒙戴先生悉心指点,特此致谢。本书写作过程中,自始至终一直得到中国农业大学资源与环境学院林培教授的指导。初稿完成后,林培教授悉心审阅,提出了许多中肯建议和修改意见。10多年来,林先生严谨治学、诚恳待人,其对专业方向的敏锐把握和对学生无私的爱更深深影响着我。本书完成之际,作者真诚地感谢自己的恩师。

我在本书写作过程中参阅了过去和现在众多中外学者的文章、网页和书籍,特别是包括 NCGIA 在内的近 5 年来北美、西欧和我国香港地区近百所大学、组织或公司的 GIS、遥感和 GPS 教程。没有前人工作积累,我不可能提出和充实数字环境,在此谨向他们致敬和感谢。我衷心感谢中国 ESRI 公司(北京)遥感部尚东经理,他审阅了本书的 Geodatabase 部分和成书后的目录。感谢南开大学环境科学与工程学院朱坦院长悉心审阅其中环境评价相关内容,提出了非常中肯的建议。感谢天津测绘院韩振标院长、国土资源部土地勘测设计院李宪文和寇有观高级工程师、国家环境保护总局环境卫星中心王文杰高级工程师、南开大学环境科学与工程学院金朝晖教授和孙红文教授在写作过程中的讨论和建议。感谢南开大学环境

科学与工程学院的领导和同事的帮助,更感谢南开大学生命科学学院高玉葆教授对本书出版的资助。感谢科学出版社杨震老师、朱丽、吴伶伶和王国华等编辑的辛勤劳动,因为他们的出色工作,使此书能尽快出版。感谢我的学生何欢乐、朱琳、赵明、周阳和刘光媛仔细校阅其中部分章节。

书稿完成之际,我也深深感谢我的硕士生导师、西北大学地理系李治武教授和陈明荣教授;感谢我的博士后导师、南京大学城市与资源系包浩生教授;感谢帮助我成长的所有老师和朋友。

最后,请允许我感谢我的妻子王海英。作为计算机网络领域的高级工程师,她为本书的写作提供了大量资料,特别协助 Internet GIS 写作。书稿完成后她悉心校阅,使错误得到及时更正。感谢女儿信堃和侄子信祺,他们自主学习和健康成长,使我能集中精力于写作。

我在写作和多次修改过程中,力求仔细和严谨,但不尽自己心愿之处仍不断出现,错误仍难以避免。希望读者在发现问题后,能尽快告诉我,我的 E-mail: qhnie@nankai. edu. cn。更希望得到读者对本书结构与内容的意见,以便通过我们的共同努力,今后把更好的《数字环境》奉献给其他读者,共同进步。

聂庆华

2005 年 4 月

目 录

第一篇 数字环境基础

第 1 章 数字环境概述	(3)
1.1 数字环境的环境学基础	(3)
1.1.1 环境与环境问题	(3)
1.1.2 环境科学与工程	(4)
1.2 数字环境的计算机科学基础	(7)
1.2.1 计算机数据与信息	(7)
1.2.2 数据处理的计算机基础	(8)
1.2.3 环境数据与环境信息	(10)
1.3 模型环境与原型环境	(11)
1.3.1 模型环境与环境建模	(11)
1.3.2 原型环境	(14)
1.4 数字环境定义与技术体系	(16)
1.4.1 数字环境定义与类型	(16)
1.4.2 数字环境技术体系与前瞻	(17)
第 2 章 环境空间认知与表达	(20)
2.1 环境空间与空间实体	(20)
2.1.1 环境空间认知	(20)
2.1.2 环境空间实体	(22)
2.2 环境空间实体的概念模型	(24)
2.2.1 概念模型的表达	(24)
2.2.2 域模型	(25)
2.2.3 对象模型	(28)
2.3 环境空间测量	(32)
2.3.1 环境测量参照系	(32)
2.3.2 环境信息测量尺度	(35)
2.4 环境信息表达的地图学基础	(36)
2.4.1 地图投影	(36)
2.4.2 地图	(39)
2.5 环境空间采样与属性信息编码	(42)
2.5.1 环境空间采样	(42)

2.5.2 环境属性信息编码	(44)
2.6 环境空间关系	(45)
2.6.1 空间拓扑关系	(45)
2.6.2 三维空间拓扑关系与拓扑分级	(47)
第3章 环境空间数据模型	(50)
3.1 数据模型概述	(50)
3.2 矢量数据模型	(51)
3.2.1 矢量数据模型及其类型	(51)
3.2.2 矢量数据结构拓扑关系表示	(56)
3.2.3 矢量数据模型评述	(57)
3.3 栅格数据模型	(58)
3.3.1 栅格数据模型概述	(58)
3.3.2 栅格数据输入与压缩编码	(62)
3.3.3 四叉树编码及其应用	(66)
3.3.4 栅格数据的优点与不足	(71)
3.3.5 栅格数据格式与矢量数据格式之间的转换	(71)
3.4 TIN 数据模型	(73)
3.4.1 TIN 概述	(73)
3.4.2 创建 TIN 模型	(74)
3.4.3 TIN 数据结构	(79)
3.4.4 TIN 评述	(80)
3.5 面向对象空间数据模型	(80)
3.5.1 面向对象空间数据模型概述	(80)
3.5.2 Geodatabase 体系结构	(83)
3.5.3 Geodatabase 的实现	(86)
3.5.4 面向对象的 3D 空间数据模型	(88)
3.6 时空一体化数据模型	(89)
3.6.1 时间模型表达	(89)
3.6.2 时空一体化模型	(93)
第4章 元数据与数据质量	(96)
4.1 元数据	(96)
4.1.1 元数据基本概念	(96)
4.1.2 元数据标准	(98)
4.1.3 元数据工具与创建	(100)
4.2 空间数据质量	(102)
4.2.1 空间数据质量概念	(102)

4.2.2	空间数据质量描述	(103)
4.2.3	空间数据误差与误差分析	(106)
4.3	空间不确定性分析	(108)
4.3.1	空间不确定性	(108)
4.3.2	数据不确定性	(109)
4.3.3	规则不确定性	(111)
4.3.4	控制与管理空间不确定性	(111)

第二篇 数字环境技术

第5章	数字环境技术核心	(115)
5.1	数字环境技术概述	(115)
5.2	环境遥感技术	(116)
5.2.1	环境遥感概述	(116)
5.2.2	环境遥感基本过程与原理	(118)
5.2.3	高光谱遥感技术	(126)
5.2.4	遥感在环境研究中的应用	(134)
5.3	定位支持技术	(139)
5.3.1	主要定位系统	(139)
5.3.2	GPS 系统结构	(140)
5.3.3	GPS 与双星定位原理	(143)
5.3.4	GPS 定位的相关问题	(146)
5.3.5	GPS 应用	(150)
5.4	地理信息系统技术	(151)
5.4.1	理解 GIS	(152)
5.4.2	GIS 在环境科学中的作用	(155)
第6章	环境信息获取与管理	(159)
6.1	环境信息获取	(159)
6.1.1	环境数据源	(159)
6.1.2	数字环境信息输入	(160)
6.2	环境数据库基础	(166)
6.2.1	数据库的概念	(166)
6.2.2	数据库管理系统的类型	(167)
6.2.3	数据库的性质	(171)
6.3	建造环境数据库	(173)
6.3.1	空间数据组织	(173)
6.3.2	环境数据库设计	(174)
6.3.3	属性数据录入与查询	(183)

6.4	结构化查询语言	(184)
6.4.1	SQL 概述	(184)
6.4.2	SQL 空间数据扩充	(185)
6.5	空间数据引擎	(188)
6.5.1	SDE 概述	(188)
6.5.2	ArcSDE 体系结构	(189)
6.5.3	ArcSDE 空间存储与空间索引	(192)
6.6	环境数据库的新进展	(195)
6.6.1	面向对象数据库	(195)
6.6.2	分布式数据库	(198)
6.6.3	海量数据与数据仓库技术	(203)
第 7 章	环境空间分析	(209)
7.1	空间分析概述	(209)
7.1.1	空间分析概念	(209)
7.1.2	空间分析类型与步骤	(210)
7.2	空间几何分析	(211)
7.2.1	环境空间度量	(211)
7.2.2	环境空间位置匹配	(212)
7.2.3	表面分析与数字地面模型	(213)
7.2.4	网络分析	(221)
7.3	单要素空间分析	(224)
7.3.1	单要素空间操作	(224)
7.3.2	缓冲区分析与邻域分析	(227)
7.3.3	空间查询与空间索引	(229)
7.4	多要素空间分析	(232)
7.4.1	空间叠加概念与原理	(232)
7.4.2	基于矢量多要素空间分析	(233)
7.4.3	地图代数运算与基于栅格空间分析	(234)
第 8 章	环境空间模拟	(240)
8.1	空间模式与模拟分析	(240)
8.1.1	空间模式及其分类	(240)
8.1.2	空间模式分析与模拟	(241)
8.2	空间采样	(242)
8.2.1	样本与采样	(242)
8.2.2	地统计学初步	(245)
8.3	空间点模式分析	(246)

8.3.1	空间点模式分析概述	(246)
8.3.2	空间点模式分析方法	(247)
8.4	空间连续数据分析	(251)
8.4.1	空间连续数据概述	(251)
8.4.2	模拟空间连续数据	(252)
8.5	区域数据分析方法	(255)
8.5.1	区域数据解释	(255)
8.5.2	空间自相关	(257)
8.5.3	空间回归模型	(260)
8.6	空间插值	(260)
8.6.1	空间插值概述	(260)
8.6.2	主要空间插值方法	(262)
8.6.3	确认空间插值有效性	(264)
第9章	空间决策支持技术	(265)
9.1	空间决策支持系统	(265)
9.1.1	决策支持系统概述	(265)
9.1.2	空间决策支持系统概述	(268)
9.2	环境空间决策模型及其发展	(270)
9.2.1	空间决策模型类型	(270)
9.2.2	时间过程模拟与动态空间决策	(274)
9.2.3	人工智能与空间决策支持集成	(276)
9.2.4	人工神经网络与空间决策支持	(279)
9.2.5	遗传算法与空间决策支持	(282)
9.3	数据挖掘与空间决策支持	(283)
9.3.1	数据挖掘概述	(283)
9.3.2	数据挖掘中的数据处理	(286)
9.3.3	数据挖掘技术	(287)
9.3.4	空间数据挖掘	(289)
9.3.5	空间数据挖掘与空间决策支持	(293)
第10章	环境信息输出与环境虚拟	(295)
10.1	环境信息输出	(295)
10.1.1	环境信息输出方式	(295)
10.1.2	环境制图	(296)
10.2	环境虚拟技术	(299)
10.2.1	虚拟现实	(299)
10.2.2	虚拟环境的实现	(302)

第 11 章 数字环境信息网络	(304)
11.1 计算机网络基础	(304)
11.1.1 计算机网络基本概念	(304)
11.1.2 宽带技术	(307)
11.1.3 移动信息传输技术	(308)
11.1.4 客户端/服务器体系结构和中间件技术标准	(309)
11.2 XML 及其应用	(311)
11.2.1 SGML、HTML 和 XML	(311)
11.2.2 XML 文档编辑、处理和显示	(314)
11.2.3 XML 应用程序	(316)
11.2.4 转换遥感图像为 XML 代码	(318)
11.3 Internet GIS	(319)
11.3.1 Internet GIS 概述	(319)
11.3.2 基于服务器实现和基于客户端实现	(321)
11.3.3 网络地图发布需要考虑的问题	(326)
11.3.4 ArcIMS 和 ArcServer	(327)
11.3.5 移动 GIS	(336)
11.4 Open GIS	(340)
11.4.1 Open GIS 概述	(340)
11.4.2 ISO/TC211 地理信息标准	(341)
11.4.3 开放的地理数据互操作规范	(343)

第三篇 数字环境应用

第 12 章 环境监测与全球环境变化管理	(351)
12.1 环境监测技术	(351)
12.1.1 环境监测概述	(351)
12.1.2 数字环境中的环境监测	(352)
12.2 地球环境数据获取:对地观测系统	(353)
12.2.1 EOS 概述	(353)
12.2.2 EOSDIS	(356)
12.2.3 EOS 数据的环境监测应用实例——Terra 卫星对全球 CO 污染追踪	(357)
12.3 管理全球环境变化	(358)
12.3.1 全球环境变化与中国环境变化	(358)
12.3.2 管理全球环境变化概述	(363)
第 13 章 数字环境应用实例	(366)
13.1 环境影响智能仿真模拟	(366)

13.1.1	理解环境影响评价	(366)
13.1.2	环境影响智能仿真模拟	(368)
13.2	精确农田环境管理.....	(372)
13.2.1	精确农业是精确农田环境管理的基础	(372)
13.2.2	精确农业实施	(373)
13.2.3	精确农田环境管理概述	(374)
13.3	数字地球.....	(375)
13.3.1	数字地球概述	(375)
13.3.2	数字地球原型与实现	(378)
13.3.3	未来数字地球	(381)
参考文献.....		(384)
网络地址.....		(394)
后记.....		(397)

第一篇

数字环境基础