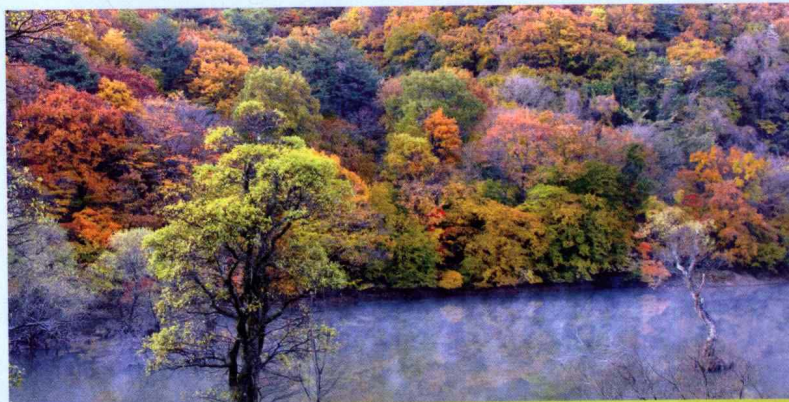


Introduction to
Ecological Information
Science Research

生态信息科学 研究导论

王让会 等 著



科学出版社

生态信息科学研究导论

王让会 等 著

中国气象局干旱气象科学研究基金(IAM201001)

上海市气象局科技开发项目(CCFS-09-10)

国家林业科技支撑计划(2006BAD26B0902) 联合资助

中国科学院知识创新工程重大项目(KSCX-YW-09)

国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2006CB705809)

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书论述生态信息科学的发展现状、学科框架、原理与方法、趋势和动态等问题,重点介绍生态信息表达的理论基础与方法及模式。在介绍生态信息的类型划分、主要特征、表达方法、尺度效应的基础上,阐述生态信息的概念及表达途径,进一步从图谱的基本理论与方法以及生态信息图谱的特征等方面探讨生态信息的时空变化规律、信息化时代的城市生态空间布局与规划、信息图谱在城市生态信息表达中的应用等热点问题。同时,以南京市为例,介绍城市大气环境污染点源数据信息的空间插值方法以及城市相关生态信息的表达等问题。最后,剖析生态系统中各要素之间的信息联系,并从生态要素表达模式设计、景观生态信息图谱建立以及图谱特征分析等方面阐述干旱区 LEITP 模式与方法及其生态信息表达的特色与创新。

本书可供生态科学、信息科学、地理科学相关领域科研、教学与工程技术人员参考,也可供计算机科学、资源科学、环境科学、大气科学、湿地科学、土地科学、数字制图、城市规划、遥感与 GIS 等学科领域硕士研究生、博士研究生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

生态信息科学研究导论 / 王让会等著. — 北京: 科学出版社, 2011

ISBN 978-7-03-032641-6

I. ①生… II. ①王… III. ①生态学: 信息学-研究
IV. ①O149

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第220215号

责任编辑: 伍宏发 卜 新 / 责任校对: 郑金红
责任印制: 赵 博 / 封面设计: 王 浩

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>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社编务公司排版制作

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 11 月第 一 版 开本: B5 (720 × 1000)

2011 年 11 月第一次印刷 印张: 19

印数: 1—2 000

字数: 362 000

定价: 58.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

序*

生态信息科学是研究生态信息机理及生态信息的识别、获取、处理、应用等的新兴交叉学科,以生态信息管理和生态元数据技术研发为重要研究方向。随着学科的快速发展,生态信息科学逐步形成充分利用现代生态学原理及信息技术,综合研究生态信息提取、生态信息管理和生态信息分析和集成的科学。它集生态系统地面定位观测、对地遥感观测系统、数据库管理系统、数字网络传输、地理信息系统等一系列现代信息技术于一体,使传统和经典的生态科学得到新兴的信息科学理论和高新技术的全面渗透和应用,成为相关学科共同发展的新领域。

20 世纪 90 年代以来,生态学的发展开始关注区域或全球尺度的许多生态环境问题,研究人类如何以可持续发展的理念应对全球变化背景下的生态系统和生物多样性调控机制等问题;2001 年 6 月联合国千年生态系统评估计划(MEA)正式启动以来,人们对不同时空尺度生态问题的关注更为明显,此类研究不断得到开拓与发展。目前,在制定环境政策和生态系统管理计划过程中,需要科研工作者包括某些决策者能够跨学科地交流生态数据与信息,这对当代生态学发展提出了新挑战。生态学理论研究及方法研究的系统化与科学化、研究内容及研究尺度的复杂化与多样化、研究过程及研究途径的信息化与数字化,均对于促进现代生态学学科体系发展产生了积极的影响。特别是人们对生态信息获取、生态信息管理、生态信息分析以及生态信息传播等问题的不断探索,极大地促进了生态信息科学的发展。生态信息科学的发展可以为生态学工作者提供现代化方法和技术手段,可以为现代生态学研究提供有效的理论方法和技术支持。在生态信息科学中,生态信息技术对于促进生态信息科学的研究具有重要的作用。生态信息技术是生态信息科学的重要研究手段,它是 3S 技术、现代测试技术、模型模拟方法、数据管理方法等多种技术综合应用的集成化技术体系,实现生态信息的获取、处理、分析、管理及应用。将 GIS 技术应用到生态信息管理领域,对生态信息进行集中统

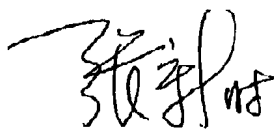
* 作序者:张新时。男,1934 年生,中国科学院院士(1991),曾任中国科学院植物研究所所长(1990~1998)。长期从事我国高山、高原、森林、草地、荒漠与植被制图、植被数量生态学与全球变化生态学研究。提出了青藏高原和全国植被分布规律的创新理论。荣获国家自然科学奖二等奖和林业部科学技术进步奖二等奖。近年来发表学术论文 100 多篇,专著 3 部。

一管理,既是生态学发展对信息化的要求,也是促进生态学发展的巨大动力。

在资源开发、生态保育、环境治理及经济发展中,现代生态学承担极其重要的角色。生态信息科学作为信息时代现代生态学发展的新领域,在生态信息表达的图形化、图形数字化、模型模拟及信息化管理中,突出生态要素的时间及空间特征。以往大量的生态信息以不同的信息载体存在于各个行业及专业领域,考古、树轮、孢粉、冰芯、各种沉积物的剖面等分析技术是挖掘古代生态信息的有效手段,而解析过去的遥感信息则是挖掘近代生态信息的重要途径。当代生态信息包括生物与环境要素的诸多方面,超越时间、空间的不同尺度,极大地丰富生态信息科学研究的时空领域。通过信息集成与挖掘,不断反演出有利于生态产业发展的基础信息与支撑技术,为不同自然地理背景下的森林生态信息系统、草原生态信息系统、农田生态信息系统、海洋生态信息系统、湿地生态信息系统、城市生态信息系统、山地生态系统、绿洲生态系统、荒漠生态系统等不同生态系统可持续发展提供保障,为国家倡导构建资源节约型、环境友好型社会提供科技支持,为实施节能减排、发展低碳产业、推进低碳生活及低碳城市发展提供创新理念。

随着“数字地球”及“智慧地球”等研究领域的快速发展,生态数据日趋海量,生态环境工作者需要有效地管理数据资源,进行信息的分析和应用。在生态数据管理中,元数据及其生态信息机理是生态信息资源管理有效性的关键。生态信息工作者要为不同行业及专业领域的人士提供利用方便、定义明确、准确可靠的信息服务,必须研究生态数据标准化及规范、生态信息处理模式、生态信息管理及共享机制、生态信息安全等一系列问题。生态工作者要完成不同尺度的全球变化、生物多样性保育、可持续发展等问题,必然需要可靠的生态信息支撑,反演出历史过程和未来情景的时间系列生态信息,深化人们对客观世界的科学认识,这将是人类永恒的追求目标。

王让会教授及其团队在多年研究工作的基础上凝练出这部新作,是近年来生态信息科学研究领域的新进展,具有一定的前瞻性与创新性。希望该书的出版能够对生态信息科学及相关领域的研究起到积极的促进作用,衷心希望读者能够从中受益。



2011年5月15日

前 言

随着科学技术的不断发展,学科交叉与融合成为当代学科发展的重要特点。生态科学和信息科学的发展,逐渐地孕育生态信息科学(EIS)的学科体系,使它成为指导生态建设、环境保护与经济发展的一门重要学科。

目前,生态信息表达成为认识生态要素、调控与管理生态系统的重要途径;生态信息表达借助信息技术及图像图形学等方法,对生态信息进行深层次的加工和处理,提取生成为数字、文字、图形、图像等形式的更为直观和高度概括的生态信息数据,为人们分析和认识生态现象及生态过程、了解和掌握生态规律、生态机制服务。生态信息表达研究的根本目的在于揭示和把握复杂的生态学规律。尺度问题是理解生态环境复杂性的关键,生态信息表达中尺度研究的重点是尺度选择和尺度转换方法。生态现象和过程具有复杂性,要揭示和掌握其中的变化规律,需要开展多尺度研究,尺度研究对生态信息科学具有重要意义。生态信息科学及其相关领域的学者一直利用已知的多个尺度上的格局和过程,不断完善已有的尺度选择和转换方法,寻找新的不同尺度间的转换方法。尺度研究的进展必将推动生态信息科学理论研究和实践应用的新发展。

在图谱及信息图谱等基础上发展起来的生态信息图谱,是生态信息表达的重要方式,具有重要的理论价值与现实意义。要把握生态现象及生态规律,不仅要研究生态系统的表现形式,信息获取、分析、综合和解译的模式方法,信息的发生、传输、认知机理,而且要了解数理解析方法和机理之间的内在关系。因此,生态信息图谱是对自然地理、生态要素、资源环境信息的形、数、理一体化理论与方法的高度集成。南京作为绿色之都、人文之都、博爱之都,在我国当代社会经济发展中居于重要地位,以南京城市生态系统为对象,重点研究生态信息表达模式,构建大气污染信息图谱,定量分析生态要素特征及生态环境问题,对于拓展生态信息科学的理论与方法具有重要的理论价值与现实意义。干旱区山地-绿洲-荒漠系统(MODS)的结构与功能,是认识干旱区生态过程、揭示生态规律的重要基础。生态景观信息图谱是生态信息图谱的重要研究方向,为进行干旱区 MODS 生态景观格局变化机制的研究拓展新的途径。利用不同时相、不同波段、不同平台遥感信息源,综合各种属性数据和统计资料,在 GIS 软件平台上,进行模式识别、专题分类、图谱表达,利用 GIS 空间分析功能建立山地景观、绿洲景观及荒

漠景观类型变化信息图谱,并创立属性数据库。以遥感和 DEM 为基本数据,结合生态景观特征进行生态景观类型划分,发挥多元数据在建立生态信息图谱中的作用,并从信息表达的角度分析 MODIS 生态景观要素时空变化特征。生态系统管理作为生态信息科学重要的研究内容,为人们应对气候变化、生物多样性和社会可持续发展等重大问题提供有效的科学依据、战略思路或策略方案,也为低碳经济发展提供一定的借鉴理念。

本书承蒙中国气象局干旱气象科学研究基金“干旱对自然生态系统的影响及评估”(IAM201001)、南京信息工程大学科研基金项目“南京城市生态信息表达的原理、方法及模式”(20070105)、国家林业科技支撑计划“多层次防护林体系构建及水资源合理利用模式”(2006BAD26B0902)、中国科学院知识创新工程重大项目“新疆后备耕地资源开发的效应研究”(KSCX-YW-09)、国家重点基础研究发展计划(973 计划)“二氧化碳植物减排的基础研究”(2006CB705809)、公益性行业(林业)科研专项“塔克拉玛干沙漠南缘多层次防护林生态安全研究”等项目的支撑,同时得到江苏省高校哲学社会科学研究重大项目“城市化对气候变化的影响”、上海市气象局科技开发项目“华东地区气候变化评估——江苏省气候评估”(CCFS-09-10)及测绘科技项目“基于信息图谱的南京城市生态信息表达方法”等研究项目的支持。本书是上述研究项目相关研究成果的凝练与集成,借鉴相关领域同行的研究进展,体现原始性创新与集成性创新的有机结合。

相关研究及成果集成分工如下:王让会负责第一章研究及撰写工作。其中,在第二节,程曼、王龚博、丁玉华分别参与生态信息技术体系的设备组成、生态信息相关原理以及生态信息学与相关学科的关系、生态信息科学的现实应用等撰写工作。第二章由王让会负责撰写。其中,张健、曹华分别参与生态信息表达的尺度问题、生态信息管理的研究与撰写工作。第三章由王让会、张慧芝负责。其中,季宇虹、钟文分别参与地理信息图谱的产生、生态信息图谱构建的一般模式等撰写工作。第四章第一节由程曼负责。其中,南京气候的变化特征由季宇虹负责。第二节由钟文负责。其中,南京气候变化与能源消费相互关系、气候变化对区域经济的影响由邢世平负责,生态足迹及生态系统服务价值由黄磊负责。第四节由陆志家负责。第五章由季宇虹、王让会负责。第六章由张健、王让会负责。第七章由王让会负责。其中,薛雪、黄磊参与第四节撰写工作。第八章由李锦、王让会负责。其中,第五节由张慧芝等负责。

本书基于相关研究项目的成果凝练而成,王让会教授负责策划并统稿。科学出版社伍宏发、卜新等同人为本书出版做出大量工作。我国生态信息学的奠基人——中国科学院院士、原国家自然科学基金委员会副主任张新时先生欣然为本

书作序，这是对著者的莫大鼓舞，必将激励著者进一步开拓创新，深化生态信息科学及相关领域的研究工作！

谨对为本书出版付出辛勤劳动的各位同人表示衷心感谢！

著 者

2011年3月8日

目 录

序

前言

第一章 生态信息科学概要	1
第一节 生态信息学的产生与发展	1
一、现代生态学发展的主要特征	2
二、信息科学与生态系统数据资源管理	4
三、生态学与信息科学融合发展	8
第二节 生态信息学的基本体系与学科框架	13
一、生态信息科学理论及技术特点	13
二、生态信息相关原理	18
三、生态信息学的学科地位及特点	22
四、生态信息科学的现实应用	27
第三节 生态信息学的发展趋势与展望	30
一、中国生态信息学研究的主要进展	30
二、发展生态信息科学面临的主要问题	32
参考文献	33
第二章 生态信息的概念及表达方法	36
第一节 生态信息的概念及特征	36
一、生态信息的概念及一般特点	36
二、生态信息的分类及特征	39
三、生态系统中的信息流	44
第二节 生态信息表达的主要特点	46
一、研究基础及意义	46
二、研究侧重点及目标	46
三、研究思路及技术途径	47
第三节 生态信息表达的尺度问题	49
一、生态信息科学中尺度的内涵	50
二、生态信息表达的尺度选择方法	52
三、生态信息表达的尺度转换方法	53
第四节 生态信息管理	55

一、生态信息模拟及管理的一般进展	55
二、典型生态系统中生态信息管理方法	56
参考文献	63
第三章 生态信息图谱	65
第一节 信息图谱与地学信息图谱	65
一、地学信息图谱的产生	65
二、地学信息图谱的基本概念	71
三、地学信息图谱的主要类型	74
四、地学信息图谱的研究进展	75
第二节 生态信息图谱的主要特点	78
一、图形化的思维模式	78
二、数字化的表达方式	78
三、序列化的要素特征	78
四、多维化的表现形式	79
五、尺度性特征明显	79
六、动态化的属性特征	79
七、模拟化的特征分析	79
第三节 生态信息图谱构建的一般模式	79
第四节 生态信息图谱的应用	83
一、信息图谱与城市生态信息表达	83
二、多维动态信息图谱的实现	83
参考文献	85
第四章 生态信息的时空变化规律	87
第一节 自然生态因子的信息化	87
一、气象生态信息研究的进展	87
二、气象生态因子的信息化表达	89
三、气候变化对 NPP 的影响	98
第二节 人为生态因子的信息化	104
一、土地利用的信息化表达	104
二、人口要素的信息化表达	105
三、绿色 GDP 的表达	107
四、南京市生态足迹相关问题	109
五、气候变化对区域经济的影响	114
第三节 生态信息的时间特征	118
一、生态信息时间尺度的一般特征	119

二、主要生态信息的时间变化特征·····	120
第四节 生态因子的空间差异·····	122
一、植被生态信息空间变化特征·····	123
二、土壤生态信息空间变化特征·····	124
三、水文生态信息空间变化特征·····	127
参考文献·····	128
第五章 地学信息图谱在城市生态信息表达中的应用·····	132
第一节 生态信息表达研究背景·····	132
一、城市生态信息研究背景·····	132
二、自然地理特征及地域特点·····	134
第二节 研究数据与处理方式·····	136
一、研究思路及技术路线·····	136
二、多元数据特征·····	137
三、数据处理方式·····	140
第三节 南京地学信息图谱的建立·····	143
一、数据主要来源·····	143
二、数据处理步骤·····	145
三、图谱构建过程·····	151
四、南京 LUCC 信息图谱特征·····	157
五、南京景观格局分析·····	159
第四节 南京气象信息图谱的特征·····	166
一、数据来源与处理·····	166
二、南京气象地学信息图谱的建立·····	167
参考文献·····	170
第六章 城市大气环境污染点源信息的表达方法·····	172
第一节 城市大气环境研究现状·····	172
一、研究背景和意义·····	172
二、大气环境污染研究进展·····	174
三、研究重点及技术途径·····	177
第二节 基础信息及研究方法·····	179
一、数据信息主要来源·····	180
二、基础数据预处理·····	181
三、空间统计分析的理论假设·····	186
四、污染信息的插值方法·····	188
第三节 基于实测站点的大气环境信息空间插值·····	191

一、大气污染物浓度特征	191
二、实测插值站点建立	195
三、插值方法选择及参数设定	197
四、插值结果分析	198
五、插值交叉验证	203
第四节 大气环境污染空间插值方法优化	205
一、模拟站点建立	206
二、模型参数设定	208
三、插值结果分析	208
四、插值交叉验证	213
第五节 南京市大气环境污染空间插值模拟	215
一、模拟站点空气污染指数计算	216
二、空气污染指数空间分析建模	220
三、空气污染指数图解模型	221
四、空气污染指数空间分布	225
五、大气污染信息空间插值模拟研究进展及展望	232
参考文献	234
第七章 生态系统中要素之间的信息联系	237
第一节 信息传递的作用与意义	237
第二节 信息传递的特征分析	237
一、信息传递的一般模式	238
二、生物与水分之间的信息关系	238
三、植物与植物之间的信息联系	239
四、植物与动物之间的信息联系	240
第三节 物质能量及信息的耦合关系	241
一、山地系统的自然地理特征	242
二、山地系统信息的传递规律	243
三、山地系统可持续发展的策略	245
第四节 基于生态信息的城市管理	246
一、关于生态城市管理	246
二、现代城市时空发展理念及态势	247
三、基于生态信息的低碳城市规划	249
参考文献	255
第八章 MODS 格局下 LEITP 构建的模式与方法	257
第一节 信息图谱与景观生态研究	257

一、景观生态信息图谱研究进展	257
二、LEITP 基本概念	260
三、研究目的及研究内容和方法	261
第二节 研究基础及背景	263
一、研究区自然景观概况	263
二、实验数据获取	264
第三节 景观生态要素表达模式的设计	267
一、景观生态要素分类体系的建立	267
二、专题制图符号库的设计及图谱构建	268
第四节 LEITP 的计算机实现	271
一、图谱数据库的建立	272
二、时空数据结构	273
三、景观类型信息图谱	273
四、数据库中的对象相关性	276
第五节 LEITP 分析	277
一、景观格局图谱分析	277
二、时空变化图谱分析	281
参考文献	285

第一章 生态信息科学概要

第一节 生态信息学的产生与发展

生态信息科学(ecological information science, ecological informatics, eco-informatics, EIS)是新兴的生态学研究前沿领域,有着不同的学科内涵与特点。生态信息科学(或生态信息学)被理解为应用计算机技术等相关技术,进行生态分析、综合、预测和管理的一门学科。Friedrich Recknagel 认为: Ecological informatics is defined as the design and application of computational techniques for ecological analysis, synthesis, forecasting and management. The book (Recknagel, 2003)provides an introduction to the scope, concepts and techniques of this newly emerging discipline. It illustrates numerous applications of ecological informatics for stream systems, river systems, freshwater lakes and marine systems as...还有学者认为,生态信息科学以网络传输、地理信息系统(GIS)等一系列现代信息技术为依托,可以为现代生态学研究提供有效的理论方法和技术,制定环境政策和生态系统管理方案;在多学科协作的研究计划中,可以将不同来源、不同计划,需要科研工作者包括某些决策者能够跨学科、跨区的数据进行综合,从而为不同学科和不同地区的科学提供研究与交流平台,为科研工作者和决策者提供数据与信息支持。生态系统管理(ESM)及一系列生态学发展需要信息科学的指导与信息技术的支撑,而信息科学技术的发展为生态科学的发展提供了重要的方法论,在这种背景下,生态信息科学逐渐孕育发展起来,并成为新兴的交叉学科。我国最先提出生态信息学并对生态信息学给出定义的学者是中国科学院院士、著名生态学家张新时。他认为,生态信息学不仅具有信息科学的高科技与信息理论的优势,而且继承和发展了生态学的传统理论,强调对人类、生态系统及生物圈等重大问题的综合分析研究、模拟与预测,并着眼于未来的发展与反馈作用。从这一概念可以看出,生态信息学最初是利用信息技术来研究生态学的一门学科,研究对象主要是生态系统。卢剑波和杨京平(2005)认为,生态信息学以现代系统理论、方法和现代计算机水平来分析、处理日趋膨胀的试验和观测的生态学信息,寻求生态学系统整体水平的规律。生态信息科学可以为相关生态学领域研究提供现代计算技术以及复杂性理论,可以对生态信息进行识别与表达。因此,生态信息科学已经逐步得到相关学科领域的认同,并在逐步得以完善。目前, EIS 主要借助成熟的生态学原理来研究人与自然及其和信息环境之间的关系与规律,在生态学原理指导下,如何进一步完善信息

管理科学的建设,如何建立生态信息模型,如何利用生态信息理论来实现低碳经济与绿色环境管理,如何利用生态信息的研究成果构建和谐社会等,将是未来生态信息学的研究热点问题。

一、现代生态学发展的主要特征

在全球变化背景下,围绕节能减排、低碳经济及可持续发展一系列重大问题,生态科学与资源开发、环境保护与经济发展密不可分,并表现出一系列新特点。研究对象、研究方法、研究思路、研究的深度与广度等发生了一系列变化,这为生态信息学的发展提供了现实需求。

(一) 理论研究的系统化

目前,生态学已继承并拓展了个体生态、种群生态、群落生态、系统生态的基本原理,并进一步在景观生态、区域生态及全球生态等理论生态领域拓展,逐渐形成了一系列理论生态学的学科分支。

(二) 研究对象的复杂化

在人类寻求应对全球变化行动策略的背景下,随着世界人口和社会经济的增长、科学技术进步和人类开发资源能力的增强,全球生态系统所承受的压力日益增大,生态安全形势严峻;人们所面临的生态危机层出不穷,各种生态问题相互交织,使研究问题日趋复杂化和综合化。生态学各分支学科在解决复杂问题方面具有一定的可能性。

(三) 研究方法的丰富化

生态信息的监测、分析、模拟和评价方法受到技术进步的直接影响,趋于多样化。遥感、GIS 等手段的普遍应用,促进了学科研究的深入进展。同时,多维数据获取、处理方法的应用,使研究不断深化。研究方法越来越表现出丰富多样的特点。

(四) 研究时效长期化

面对当前日趋复杂和综合化的生态与环境问题,对相关要素短时间尺度的生态学研究已经不足以解释这些复杂的综合的生态问题和现象,而开展长期的生态学定位和网络研究显得十分迫切。为此,世界上相继建立了长期生态研究网络(LTER)、中国生态系统研究网络(CERN)和英国环境变化网络(BECN)等,以应对日益复杂而变化多端的生态环境问题。当前人们所关心的热点问题主要是区域或全球性变暖、生物多样性和可持续发展等环境问题,生态学研究也逐渐把空间尺

度扩展到区域和全球。基于全球变化的国际协作项目的相继建立,如全球陆地观测系统/全球陆地观测网络(GTOS/GT-NET)、国际长期生态研究计划(ILTER)、国际地圈-生物圈计划(IGBP)、MEA 等,均在一定程度上体现了生态学监测与研究长期化的态势。

(五) 研究尺度多样化

针对不同的生态学问题,目前的研究从时空两个尺度展开。时间尺度从秒、分、时、天、旬、月,到年、数十年、百年、千年直至万年以上等;空间尺度从微观到宏观的不同空间,涵盖全球、区域及国家等不同类型的空间地域。加上遥感信息时间分辨率、波谱分辨率、空间分辨率的差异性及多样性,生态学研究尺度表现出多样化的特征。

(六) 研究目的实用化

生态学研究曾以解释生态现象和规律、分析生态系统的结构和功能为宗旨。目前,生态学研究越来越关注生态系统的价值和环境服务功能、生态资源的可持续利用与保护、生态功能的维持与延伸。在理念上已经开始从对生态系统的适应转向对生态系统的科学管理。特别是信息化、现代化及低碳化的发展理念,在城市化及区域社会经济发展中,具有重要的指导意义。

(七) 研究过程可视化与数字化

可视化及数字化技术直接促进了对生态要素、生态学过程研究的深化,也使生态学研究更为直观、更为合理,也更为科学。可视化技术使研究者或者工程技术人员能够科学把握生态现象及生态过程的时空特征,规划与预测研究对象的可能状态,实现情景模拟与仿真。与此同时,数字化手段把研究过程以多种类型的数字方式进行表达、存储、处理与应用,体现了信息技术与计算机技术等生态学研究中的新特点。

(八) 研究手段模型化和定量化

模型作为探索复杂事物特征的重要工具,在生态学研究中不可或缺。科研工作者希望借助数学模型来模拟与预测生态现象及生态过程的现状和未来趋势;生态学模型研究已成为生态学研究的重要方向,模型研究为人们认识复杂现象及问题提供了重要思路与途径,延伸了人们的认识能力。随着生态学研究问题的复杂化和综合化,生态学研究对象时空尺度的不断扩展以及信息系统和计算技术的进步,特别是监测手段的系统化与多样化,基于生态系统和区域,甚至全球的生态学研究也逐渐趋于定量化,利用现代的 GIS 和遥感等技术来监测和分析生态现象,

大大加快了量化与数字化研究生态学问题的进程。

以上几方面的生态学发展新趋势,使现代生态学逐渐进入了一种以网络化长期定位观测为基础,以量化和现代化信息技术为研究手段,以建立区域和全球可持续生态系统为总体目标,以大型国际科学行动计划为支撑的全新阶段,未来的生态学将在人与自然和谐相处以及人类的生存与发展等方面发挥出更大的作用。

二、信息科学与生态系统数据资源管理

生态系统中的信息流是指从资料收集到系统输出的整个信息管理和处理过程中生态信息在各系统环节中的储存、处理和变换。生态系统的基本功能是管理和处理与生态有关的各种信息,从而有效地提供决策信息。因此,信息流的设计和实现是系统成败的关键。生态信息主要有系统性、多样性、地域性、复杂性等特点。信息科学为生态系统多样化信息的管理提供了重要思路。

(一)生态系统管理的客观需求

现代生态学在理论基础、方法途径、支撑技术及应用领域都表现出一系列新特点,现代生态学的发展,特别是 ESM 需要信息科学的支持。信息技术的进步既为信息科学的发展提供了技术保障,也为 ESM 提供了技术支撑。ESM 与生态信息科学具有密切的关系,社会需求是推动学科发展的重要动力,近年来,生态信息科学与数据资源管理领域取得了一系列进步。生态信息科学作为生态学和信息科学交叉的新兴学科,是人们认识和管理生态系统的基础和有效手段,已经得到了学术界的普遍关注。作为生态学、环境学和资源科学的复合领域以及自然科学、人文科学和技术科学的新型交叉学科,ESM 已经成为当代科学发展的新热点,生态学各领域的研究特别是生态系统管理迫切需要信息科学的理论指导与信息技术的支撑。在一定程度上,信息科学技术是生态管理的重要技术,信息科学是直接服务于 ESM 的重要分支学科,可为 ESM 提供重要的理论指导与技术支撑。

生态学发展的新趋势所提出的一系列重大问题,为科学化、信息化管理提出了新的挑战。在未来科学研究中,如何获取或生产规范化的生态信息,如何方便地利用日益增长的长时间、大尺度的海量数据资源,开展区域或全球尺度的生态学和资源科学问题的综合研究,如何存储和管理生态信息资源,如何向公众提供准确可靠的生态信息服务,如何建立安全可靠的数据共享和交流体系,如何进行生态功能区科学规划与信息化管理,如何实行节能减排及推荐低碳城市发展,如何针对全球变化问题采取合理的人类应对策略……上述问题反映了 ESM 的客观需求,其解决途径有赖于信息科技的发展。