

90年代生态学的新分支——信息生态学*

张新时 (中国科学院植物研究所 北京 100044)

生态学是高度综合性的生物—环境关系的科学。在不同的层次与领域,生命科学与相应的非生命科学:自然科学、技术科学与社会科学发生交叉与渗透,从而形成和发展着一系列的生态学分支。信息生态学(Information ecology)是其中最新和主要的一支。它是80年代现代技术革命和社会变革的产物,具有强旺的理论生命力、技术背景与应用前景,对生态学的发展及人类与自然的关系必将产生重大深远的影响。

信息生态学形成的社会与技术背景 当今世界正处在从工业社会向信息社会转变的新技术革命时期。这一新技术革命被认为是自以蒸汽机发明为标志的第一次产业革命以来的第二次产业革命,其特点为以信息技术转换与延展脑力劳动,扩大智能,因此被称为“信息革命”。信息—知识及其载体是这一新冲击的原动力。它所促进的社会形态,所代表的时代与发展的文化分别被称为“信息社会”、“信息时代”和“信息文化”。在这一社会中对生产与技术起决定作用的主要不是资本和劳动力,而是智力和信息。信息化的知识将成为生产力、竞争力、经济和科学技术成就的资源 and 关键因素。在信息社会中,工业的核心和技术关键是计算机和微电子技术,它们集粹和延展了人类的智慧与科学成就,代表着现代科学技术发展的新水平,标志着社会生产发展的新里程。

另一方面,信息文化具有鲜明的“生态性”和“未来性”。这是信息科学的综合、预测、模拟和反馈功能所决定及赋予的时代特征。信息文化强调人与自然的新型关系,寻求生态—经济系统持续发展和新的平衡。它把社会生产活动放到整个地圈、大气圈、水圈、生物圈,以及人类社会形成的智能圈所构成的地球系统中来整体地考虑发展的潜势,途径、相关关系与后果。尤其是与20世纪末期工业社会膨胀发展随之而来的全球性资源与环境问题:荒漠化、伐林、生物种大量灭绝、人口剧增、环境污染、资源枯竭与温室效应等日益严重地腐蚀着我们的星球,威胁着人类社会与生物圈的生存与发展,更引起了人们对生态学的关注。在上述雄厚的技术背景和迫切的社会需求下,信息生态学作为生态学最新和发展最快的一个分支便应运而生。它是现代技术发展与生态学交叉渗透的必然产物,具有信息科学高科技的优势,并继承和发展了生态学理论的传统,强调对人类及生物圈或生态系统生存攸关问题的综合研究、模拟与预测,并着眼于未来的发展与反馈作用。信息生态学的上述性质巩固和促进了生态学作为人类社会与生物群落稳定与持续发展的自然理论基础,以及作为科学合理地管理和改善地球这个生命支撑系统所必须遵循的原则与途径的地位。

信息生态学的理论基础与性质 本世纪60年代以后是一个技术革命万象复苏的年

* 信息生态学概念系于1988年12月向中国科学院生物学部常务委员会与生物学专家委员会的报告中提出;在1989年11月的中国科学院生物科学与技术局生态学专业委员会第一次会议上又作了介绍。本文在此基础上进行了修改与补充。

代。生态系统的理论研究与实践达到新的阶段,使传统的宏观生态学进展到与实验生物学及微观生物学(细胞与分子水平)高技术相结合的水平。另一方面,由于全球气候变化问题引起极大重视,又使生态系研究层次扩展到生物圈与地球系统的更宏观层次。与此同时,系统生态学由于现代数学方法、系统分析与建模手段应用于生态学的分析研究,使原来以定性为主的传统生态学跨入定量分析、系统分析与预测模拟的工程学领域。到80年代后期,由于迅猛发展的信息科学理论:系统论、信息论、控制论与新兴的耗散结构理论、协同论与突变论等,以及信息技术对生态学的渗透而促就了信息生态学,成为现代生态学发展的里程碑。

信息生态学的基本性质有三个方面的:①信息科学理论的生态系统观,生态系统是生态学的核心,它是生物成分与其环境因子之间进行能量转换与物质循环的系统。从信息科学的观点来看,生态系统被认为是一个包含大量复杂相关与相互控制的“内信息”与系统之间或外部环境的“外信息”进行信息传递、变换与反馈作用的开放型信息系统。或者,它是一个以生命为主导的自组织状态的特殊耗散结构,在不断地与外界进行物质流、能流、信息流(以及价值流)的交换过程中吐故纳新以避免熵(系统无序度)的增加,从而趋向于从简单到复杂的有序性发展,形成与保持生态系统高度复杂有序的自组织结构状态。信息科学的所有理论几乎都可以用来进行生态系统及其有关生态功能、行为与过程的分析与处理,从而扩大与提高生态分析的方法论,深化对生态系统及有关生态学理论的理解,以及整体学科的理论与技术水平。信息科学与生态学的关系是相辅相成,互为促进的。信息科学具有高度“未来性”与“生态性”的特点;生态系统则是信息科学所遇到的最为复杂多样与特殊的有序系统,因而有助于信息科学系统结构与理论上的不断完善;②系统生态学的“软化”与“智能化”,以纯数学为基本手段的“硬性”数学生态学往往产生不成功的数学模型,做出失败的超前定量估计与失真的分析,从而一度限制了系统生态学的应用与发展。然而,由于信息科学迅速发展而形成的软科学群——高度综合的现代系统科学则能较好地反映人类思维与决策经验而产生满意的生态过程预测与模拟结果,对合理的管理生态系统、科学地控制生态功能与过程,建立优化的人工生态系统具有重要意义。因此,在系统生态学的基础上,融合软科学的理论、决策与建模原则,现代的信息生态学便应运而生。在这种意义上,可以说信息生态学是系统生态学的进一步发展,是它“软化”与“智能化”的新生学科分支;③信息技术——计算机与微电子技术生态信息采集、贮存、处理、检索、分析、模拟、预测、反馈等过程的应用具有快速、精确、高效率等极大优越性。生态学研究对象——生物体及其环境因子的大量性、多元性、复杂性与超前性等特点与要求也只有在现代的微电子高技术手段条件下才能得到满足和充分的揭示与表现。信息技术处理的数值化、网络化、图象化、序列化、同步化、模式化与优化等极大地增强了生态学研究对象的分辨性、可解释性、规律性、预见性与可控制性。正在研制中的第五代计算机,即人工智能计算机与生物计算机必将在未来的生态决策与管理中起重大作用。

生态信息系统的基本结构与过程 目前国际上许多综合性的大型生态学或环境科学研究,如美国宇航局等主持的地球系统科学与国际地圈—生物圈研究计划(IGBP)等已建立了较复杂完善的信息系统。

完整的生态信息系统包括五个相互联系的基本部分:数据采集与处理、信息分析与解释、建模与预测、专家系统与优化管理系统、检验与反馈。

生态信息系统所采用的方法十分繁多,并不断发展出新的方法。主要的研究过程及其方

