

张振明,刘俊国. 2011. 生态系统服务价值研究进展 [J]. 环境科学学报, 31(9): 1835–1842
Zhang Z M , Liu J G. 2011. Progress in the valuation of ecosystem services [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 31(9): 1835–1842

生态系统服务价值研究进展

张振明, 刘俊国*

北京林业大学自然保护区学院 北京 100083

收稿日期: 2010-12-08 修回日期: 2011-03-10 录用日期: 2011-04-18

摘要: 生态系统服务价值评价结合了生态学、经济学、社会学、伦理学等学科的相关内容, 是当前国际上科学的研究热点和前沿。本文论述了生态系统服务功能的内涵, 就国内外生态系统服务价值评价研究的进展情况分别进行了回顾和总结, 提出今后应重点关注生态系统服务价值的时空动态模型开发、时空变化驱动力分析、不确定性分析、评价指标体系与评价方法的标准化制定和生态服务付费及其市场化机制等方面的研究。

关键词: 生态系统服务; 评估方法; 生态服务价值

文章编号: 0253-2468(2011)09-1835-08 中图分类号: X171 文献标识码: A

Progress in the valuation of ecosystem services

ZHANG Zhenming, LIU Junguo*

College of Nature Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083

Received 8 December 2010; received in revised form 10 March 2011; accepted 18 April 2011

Abstract: Valuation of ecosystem services (ES) integrates different aspects of several subjects such as ecology, economics, sociology and ethics, and it has become a hot topic of ecological research in the past few years. In this paper, we first discussed the content of the ES, and then reviewed the history and recent progress of the valuation of ES in China and in the world. We pointed out that scientific community should focus on several topics in the near future to deepen the understanding of the values of ecosystems. These topics include the development of spatially and temporally explicit dynamic valuation models, the analysis of driving forces of the spatial and temporal changes in the values of ES, uncertainty analysis of the values of ES, standardization of valuation methods, and payment for ES.

Keywords: ecosystem services; evaluation method; value of ecosystem services

1 引言(Introduction)

近年来, 随着经济的发展、科技的进步和人口的增长, 自然生态系统正承受着人类给予的巨大压力, 许多生态系统服务价值正在锐减。据2005年联合国发布的《千年生态系统评估报告》, 全球生态系统提供的2/3以上的各类服务已经呈现下降趋势, 且这种趋势可能在未来50年内仍然不能有效扭转(MA 2005)。生态系统服务功能的退化反过来又影响到了人类的生活和社会发展, 并促使人类从科学的角度重新审视自身与生态系统的关糸以及生态系统的保育和恢复问题(李文华等, 2009)。在这种

背景下, 全面了解并恰当估价生态系统服务成为生态学研究的热点之一(李文华等, 2002; 李文华等, 2008)。本文在广泛查阅国内外相关文献的基础上, 从生态系统服务功能的概念和内涵入手, 回顾了国内外生态系统服务价值评估研究的进展情况, 并提出今后生态系统服务研究的重点, 以期为国内的相关研究提供一定的参考价值。

2 生态系统服务功能的概念及内涵(Concept and connotation of ecosystem services)

对生态系统服务功能的概念, 不同学者虽有不同的表述, 但在基本含义和内涵上已达成共识。1997

基金项目: 北京市科技计划重大项目资助课题(No. D090409004009003); 教育部新世纪优秀人才支持计划(No. NCET-09-0222)

Supported by the Key Project of Science and Technology of Beijing (No. D090409004009003) and the New Century Excellent Talents in University of Ministry of Education of People's Republic of China (No. NCET-09-0222)

作者简介: 张振明(1979—), 男, E-mail: zhenming_zh@gmail.com; * 通讯作者(责任作者), E-mail: water21water@yahoo.com

Biography: ZHANG Zhenming (1979—), male, E-mail: zhenming_zh@gmail.com; * Corresponding author E-mail: water21water@yahoo.com

年 Daily 等提出的“生态系统服务功能是指生态系统与生态过程所形成的、维持人类生存的自然环境条件及其效用”(Daily ,1997)。它是通过生态系统的功能直接或间接得到的产品和服务,是由自然资本的能流、物流、信息流构成的生态系统服务和非自然资本结合在一起所产生的福利(谢高地等,2001)。MA 认为,生态系统服务功能是人类从生态系统获取的惠益,它包括供给服务、调节服务、文化服务和支持服务(MA ,2005)。在我国,欧阳志云等参考了 Daily 的定义,认为生态系统服务功能不仅为人类提供了食品、医药及其它生产生活原料,还创造了地球生态支持系统,形成了人类生存所必需的环境条件(欧阳志云和王如松 2000)。

Daily 将生态系统服务功能分为 13 类,包括缓解干旱和洪水、废物的分解和解毒、产生和更新土壤和土壤肥力、植物授粉、农业害虫的控制、稳定局部气候、支持不同的人类文化传统、提供美学和文化、娱乐等(不包括产品) (Daily ,1997)。Costanza 将生态系统服务分为 17 类,包括气体调节、气候调节、干扰调节、水调节、水供给、基因资源、休闲娱乐、文化等(Costanza *et al.* ,1997)。MA 评估将生态服务划分成四类: 供给服务、调节服务、文化服务和支持服务(MA 2005)。供给服务指由生态系统生产的或提供的服务,如食物、纤维、淡水等。调节服务指从生态系统过程的调节功能所得到的益处,如调节空气质量、净化水质等。文化服务指从生态系统获取的非物质惠益,如休闲和生态旅游等。支持服务为提供其他服务而必需的一种服务,如生产生物量、养分循环、水循环以及提供栖息地。国内学者认为生态系统服务功能的内涵可以包括有机质的合成与生产、生物多样性的产生与维持、气候调节、营养物质贮存与循环、土壤肥力的更新与维持、环境净化与有害有毒物质的降解、植物花粉的传播与种子的扩散、有害生物的控制、减轻自然灾害等方面(欧阳志云和王如松 2000)。

尽管国内外对于生态系统服务功能的概念和内涵表述都有所差异,但无论如何,Daily (1997) 和 Costanza 等(1997) 对生态系统服务功能价值评估的发展产生了深远的影响,并为国内学者深入剖析生态系统服务功能及其价值提供了概念基础和理论支持。

3 国外生态服务价值研究进展(Research progress of ecosystem services abroad)

有关生态服务的研究始于 20 世纪 70 年代,联

合国大学(United Nations University) 在 1970 年发表了《人类对全球环境的影响报告》,首次提出生态系统服务功能的概念,同时列举了生态系统对人类的环境服务功能(SCEP ,1970)。其后 Holder 和 Ehrlich (1974) 、Westman (1977) 和 Odum (1986) 等进行了早期较有影响的研究。但其研究的标志性事件为 1977 年 Westman 提出了“自然的服务”概念及其价值评估问题(Westman ,1977)。自 20 世纪 90 年代以后,生态服务价值的研究日益增多,相关理论与方法也不断涌现(Serafy ,1988; Sagoff ,1998) ,如 Gren 等在 1995 年对欧洲多瑙河流域进行了生态服务价值的评估(Gren *et al.* ,1995) ,Jakbosson 在 1996 年对澳大利亚维多利亚州所有濒危物种的价值进行了评估(Jakbosson *et al.* ,1996) ,Dixon 在 1997 年对英国某流域土壤和沉积物保持的价值进行了评估(Dixon ,1997)。这一时期具有代表性的研究为 Costanza 等世界 13 位科学家在 1997 年对全球生态系统服务价值的分类与全面评估(Costanza ,1997)。进入 21 世纪后,国外学者在全球和区域尺度、流域尺度、单个生态系统尺度、单项服务价值方面开展了大量的研究工作,如 Sutton 在 2002 年对全球生态系统的市场价值和非市场价值及其与世界各国 GDP 的关系进行了分析(Sutton and Costanza ,2002) ,Lal 在 2003 年研究了太平洋沿岸红树林价值及其对环境决策制定的意义(Lal *et al.* ,2003) ,Pattanayak 在 2004 年开展了印度尼西亚 Manggarai 流域减轻旱灾的价值研究(Pattanayak ,2004) ,MA 工作组在 2005 年开展了全球尺度和 33 个区域尺度的《生态系统与人类福利》研究(MA 2005)。2005 年后,更多的研究则关注生态系统服务价值的空间异质性和服务价值与经济、社会等的联系。如 Heina 在 2006 年开展了生态系统服务价值与尺度和利益相关者之间的研究(Heina 2006) ,Adrienne 和 Susanne 2007 年在瑞士阿尔卑斯山的东部将生态系统服务价值整合成投入产出表,从而将区域经济和自然服务融为一体(Adrienne and Susanne 2007) ,Justin 在 2010 年使用对数线性和指数衰减的方法研究了美国伊利诺伊州 Des Plaines 和 Cache 河的生态系统服务价值,提出地理空间单元对生态服务价值的重要性(Justin *et al.* , 2010)。

国外生态系统服务领域的发展研究有两个重要的里程碑。第一个里程碑是 1997 年 Daily 主编的《自然的服务—社会对自然生态系统的依赖》的出

版以及 Costanza 等的文章《世界生态系统服务与自然资本的价值》在权威杂志《自然》上面的发表 (Costanza et al., 1997)。该研究使生态系统服务价值估算的原理及方法从科学意义上更加明确。Costanza 等将全球生物圈分为 16 个生态系统类型, 基于全球尺度各生态类型的单位面积平均价值, 使用全球静态部分平衡模型, 估算 1997 年全球生态服务价值平均为 33 万亿美元, 相当于全球国民生产总值的 1.8 倍。此后很多相关研究都是参考此份文献, 根据生态系统服务分类方案和单位面积生态价值开展对生态服务价值的评估。到目前为止, Costanza 等的文章已经被引用超过 2281 次 (Scopus 2010 年 11 月 30 日检索), 其影响程度可见一斑。另一个里程碑是一项为期四年的国际合作项目“千年生态系统评估”(Millennium Ecosystem Assessment, 简称 MA) (MA, 2005)。该项目自前联合国秘书长安南于 2001 年 6 月宣布启动以来, 来自全球 95 个国家的 1360 名科学家参与了工作。评估报告共 81 章 3000 多页。报告征求了 185 个国家和地区的意见, 共 20745 名人员对报告提出了修改意见。总开支 2500 万美元。这是首次在全球范围内开拓性的对生态系统及其对人类福利的影响进行的多尺度综合评价。经过 4 年的研究, 专家们认为在过去 50 年里, 人类对生态系统的影响比以往任何时期都要快速和广泛。生态系统为人类社会和经济发展作出贡献的同时, 其生态系统服务正在不断退化。生态系统服务的退化在未来 50 年内将进一步加剧, 这将严重影响联合国千年发展目标的实现。通过调整政策和机制, 有可能在未来增加需求的同时, 减缓生态系统的退化。千年生态系统评估报告首次在全球尺度上系统、全面地揭示了各类生态系统的现状和变化趋势、未来变化的情景和应采取的对策, 其评价结果为履行有关国际公约, 制定生态系统管理相关政策提供了充分的科学依据。

随着人们对生态系统的重视, 近年来有关生态系统服务价值的研究呈指数递增。根据权威论文索引机构 Scopus 的统计, 在全球国际期刊发表的有关生态系统服务价值的论文中, 2000 年前只有 45 篇, 2000—2004 年 5 年内共有 139 篇, 2005 年至今 6 年内已发表 908 篇。不断增长的国际期刊论文数量体现了生态服务价值领域研究的不断深入(图 1)。

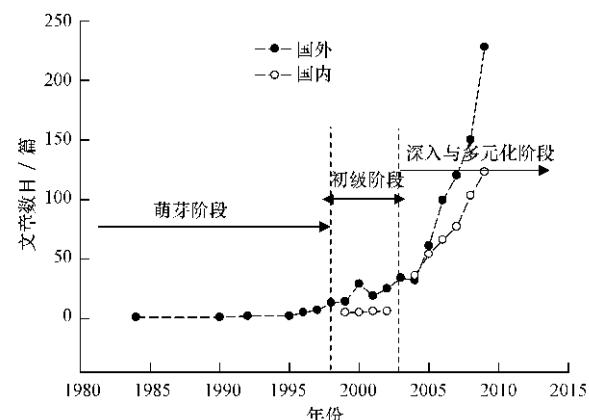


图 1 近年来有关生态系统服务价值的论文发表趋势

Fig. 1 The trends of value of ecosystem services in published in recent years

4 国内生态服务价值研究进展(Research progress of ecosystem services in China)

生态系统服务价值的研究与进展近年来成为生态学研究领域的一大热点, 我国学者特别是生态学界的研究人员在此领域做了许多积极的探索和研究。本研究以中文期刊全文数据库为基础, 以篇名为“生态系统服务”并且“价值”检索, 查询时间为 2010 年 12 月 7 日, 共查询文章 675 篇。有关生态系统服务价值的研究, 中国大致经历了 3 个阶段: 萌芽阶段、初级阶段、深入与多元化阶段(李文华等, 2009)。1998 年前属于萌芽阶段, 此阶段有关生态系统服务价值的研究非常少, 尚未引起大家的广泛关注。初级阶段是从 1998 年到 2002 年。此阶段的特点是受 Costanza 等文章的启发, 生态系统价值的有关理论和研究方法逐渐引起我国学者的关注, 开始正式介绍引入概念与方法, 探索性研究中国生态系统服务价值。2003 年以后为深入与多元化阶段。此阶段生态系统服务的理论和方法得到广泛的认识与应用, 主要是探索性研究, 从中国不同尺度(流域、区域、国家) 和不同类型(河流、森林、草地等) 开展了生态服务价值的研究, 与此相对应的一些评价模型也开始应用到该研究领域。同时开始探讨生态系统服务理论与方法与其他研究方向的融合。

国内生态系统服务价值的评估始于 20 世纪 80 年代。1984 年, 马世骏先生发表了名为《社会经济自然复合生态系统》的文章, 代表生态学家涉足经济学领域(马世骏和王如松, 1984)。1999 年薛达元等采用费用支出法、旅行费用法、条件价值法等当时较少采用的方法对长白山自然保护区生物多样性

的间接使用价值和非使用价值进行了较为详细的分析和评价(薛达元和包浩生,1999)。1999年中国科学院生态环境研究中心的欧阳志云等首先采用了生态系统服务的概念,并对我国陆地生态系统的6种服务价值进行了初步评估,得出我国陆地生态系统服务经济价值每年为148万亿元人民币(欧阳志云等,1999a; 1999b)。欧阳志云等的研究成果在我国现阶段的生态学领域具有较重要的地位,他们将国内的生态系统服务及其价值的实证探讨逐步推向快速发展时期。2000年我国著名植物学家陈仲新、张新时等根据Costanza等的研究成果,按照面积比例对我国生态系统的服务经济价值进行了评估(陈仲新和张新时,2000)。赵景柱和徐亚骏(2003)归纳了生态系统服务的定量评估方法主要有3类:能值分析法、物质量评价法和价值量评价法。并以此对13个国家生态系统服务价值进行了测算。赵同谦等(2003; 2004)对我国陆地地表水生态系统的服务进行了初步的评价,分河流、水库、湖泊和沼泽4种类型,建立了由生活及工农业供水等5项直接使用价值和调蓄洪水等7项间接使用价值构成的指标体系,

得出2000年我国陆地地表水生态系统的总价值为9810亿元。赵军等(2005年)以上海浦东张家派为例,采用支付卡式CVM研究方法,获得城市河流生态系统的平均支付意愿为195.07~253.04元·年⁻¹·户⁻¹。总体来说,我国的生态系统服务的价值评估方法正处于由学习模仿向逐渐成熟的过渡阶段,并开始了纵向的研究。2006年起,世界银行、保护国际等机构在云南启动了拉市海湿地对丽江古城的PES项目,既有效地提高了社会各界对拉市海的保护意识,也有效地筹集了资金用于拉市海湿地保护。科技部2008年启动了“中国主要陆地生态系统服务功能与生态安全”的国家重点基础研究计划(973)项目。

纵观我国生态系统服务研究进展,对于生态系统服务的研究基本涵盖了我国所有的省份。其中对西部的干旱半干旱区的各种生态系统(森林、草地、荒漠)研究较多,东、中部的研究较多涉及森林生态系统,还有一些研究涉及湿地、城市等生态系统的服务价值(表1,图2)。研究的生态系统类型主要有:森林、湿地、草地、海洋、农田、城市、荒漠等。其中森林生态系统占研究的28%,湿地、城市、农田分

表1 中国生态系统服务价值研究文章分布区域

Table 1 The research distribution region of the value of ecosystem services in China

区域	各省份文章数目/篇				
	<5	5~10	10~15	15~20	>20
东部	天津	上海,海南	北京,浙江	辽宁	江苏,福建,山东,广东
中部	山西,安徽		河南,湖北	黑龙江,吉林,江西,湖南	
西部	贵州,云南,青海,宁夏,广西	四川,重庆,西藏,陕西	甘肃	新疆,内蒙古	

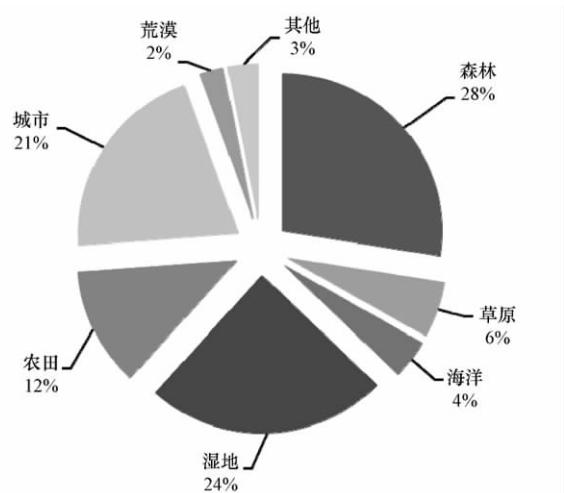


图2 中国生态系统服务价值研究涉及的生态系统类型所占比例

Fig. 2 The proportion of ecosystem types of the value of ecosystem services in China

别占24%、21%、12%,其他类型生态系统所占比例较少(图2)。近几年,国内更多的研究则集中于土地利用变化对生态系统服务价值的响应(蒋晶和田光进,2010; 王璐等,2009; 曹银贵等,2010; 郑江坤等,2010)。

5 生态系统服务价值评估方法(Evaluation method of ecosystem services)

国际上通用的评价生态价值的方法,依据生态系统与自然资本的市场发育程度大致分为3类。第一类 实际市场评估法。此方法应用于具有实际市场的生态系统产品和服务(例如粮食),以市场价格作为生态系统服务的经济价值(Ellis and Fisher, 1987; Chee, 2004; Daily *et al.*, 2000; Spash, 2000)。评价方法主要包括市场价值法(market method)和费用支出法(expenditure method)。第二类 替代市场

评估技术。此种方法用于没有直接市场交易与市场价格但具有这些服务的替代品的市场与价格的生态服务。通过估计使用技术手段获得与某种生态系统服务相同的结果所需的生产费用为依据,间接估算生态系统服务的价值(Bingham et al., 1995; Randall 2002; Pearce, 1998; Rapport et al., 1998)。评估方法包括替代成本法(replacement cost technique)、机会成本法(opportunity cost approach)、恢复和防护费用法(recovery and preventive approach)、影子工程法(shadow project approach)、旅行费用法(TCM)、资产价值法或享乐价格法(HPM)、以及疾病成本法和人力资本法、预防性支出法、有效成本法等。第三类,模拟市场评估法。对没有市场交易和实际市场价格的生态系统产品和服务,只有人为的构造假想市场来衡量生态系统服务的价值(Wilson and Carpenter, 1999; Gregory, 1999)。其代表性的方法是条件价值法或意愿调查

(contingent valuation method)。通过假想市场情况下直接询问人们对某种生态系统服务的支付意愿,以人们的支付意愿来估计生态系统服务的经济价值。

生态系统服务价值评估往往不会采用单一的评估方法,而是综合采用多种方法对生态系统的不同生态服务价值进行评价。而且每一种评估方法都存在各自的优点和不足(图3),从而使得我们的评价结果可比性大大下降(Farber et al. 2002; Wilson and Howarth 2002)。根据MA的划分,从图3可以看出:供给功能主要使用市场价值法,调节功能主要使用替代市场法,文化和支持功能则更多的使用模拟市场法和替代市场法。而且,即使同一种生态系统服务功能通常我们会采用几种评估方法,使评估结果很大程度上依赖于不同方法的选择。因此,价值评估仍然是生态系统服务评价中的难点问题之一。

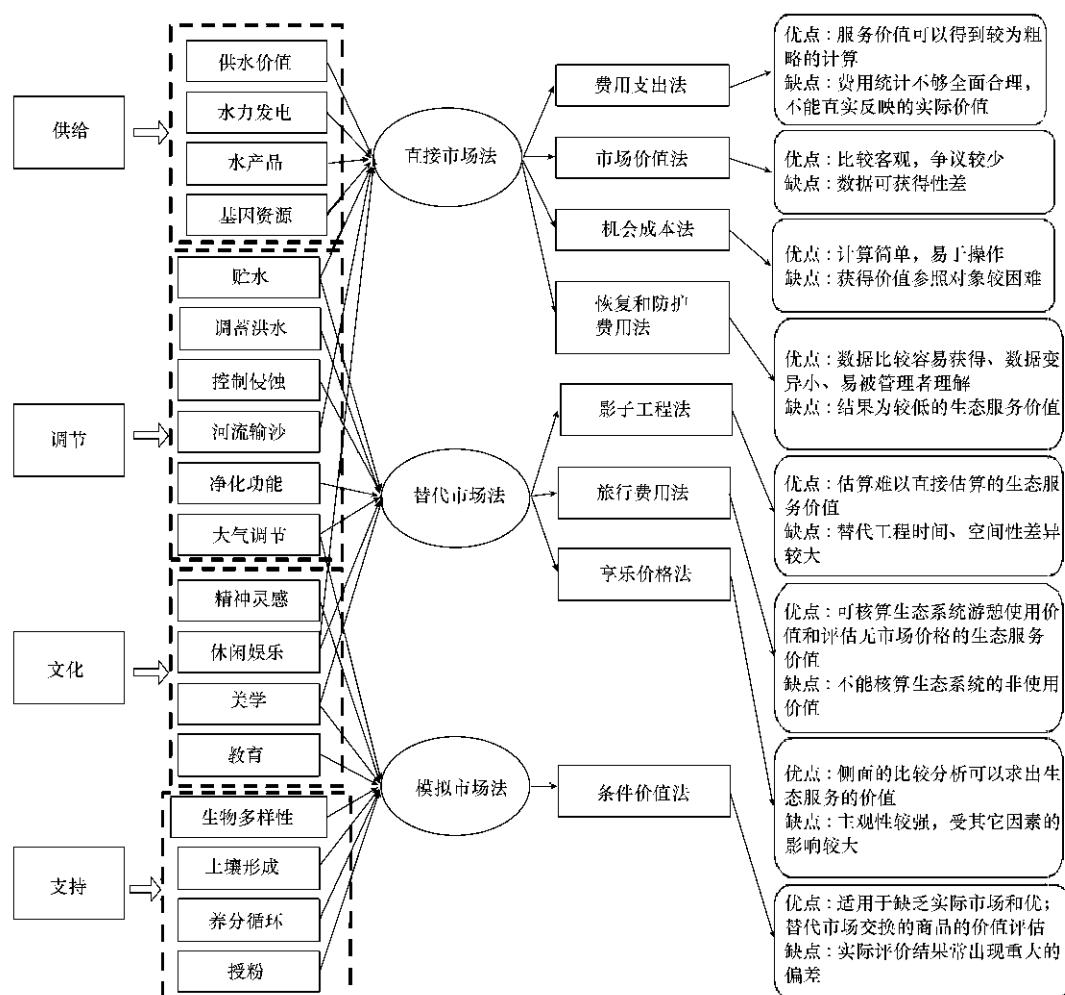


图3 主要生态系统服务功能价值评估方法比较

Fig. 3 Assessment method comparison of the main value of ecosystem services

6 生态系统服务价值研究展望(Research prospect of ecosystem services)

虽然生态服务价值研究已在国内外有了很大的进展,但由于生态系统的内在复杂性,目前关于该领域的研究还存在很多问题亟待解决:如指标选取的任意性、赋值的机械性、评价方法的不一致性及重复计算、评价结果的不确定性等(李文华等,2009)。国内欧阳志云、赵同谦、谢高地、陈仲新、何洁等已在国家尺度上对我国陆地、草地、森林生态系统进行了评估(欧阳志云等,1999;赵同谦等,2003 2004;谢高地等 2001;陈仲新和张新时 2000;何洁等 2005),但评价结论也相差甚远,这可能是由于数据来源、评估方法和生态系统服务功能的构成上存在差异所致(赵军,2007)。目前国内研究大部分还是沿袭国外的研究方法和指标,缺乏适用于中国特色的不同尺度、不同生态系统的方法和指标。包括国际上的相关研究在内,评价结果的可靠性和可应用性都非常有限,未来研究的重点及趋势主要包括以下几个方面。

6.1 生态系统服务价值时空动态模型开发研制

生态系统服务功能的形成是一个在生态学机制操纵下,与生态结构和生态功能密切相关的动态变化过程(吴钢和肖寒,2001;赵同谦,2004)。这意味着生态系统服务价值也具备时空动态变化的特征。然而,以往的研究大部分都基于静态平衡模型,缺乏针对生态系统服务价值的综合区域动态评估模型,采用情景分析和动态模型的方法对生态系统服务功能及其价值变化做出预测与响应。国外现行的动态评估模型主要有 InVEST(Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) 模型和 MIMES (The Multiscale Integrated Earth Systems model) 模型。InVEST 软件是由美国斯坦福大学、WWF 和 TNC 联合开发用于生态系统服务功能评估的模型系统,旨在通过模拟预测不同土地利用情景下生态系统服务功能物质量和价值量的变化,为决策者权衡人类活动的效益和影响提供科学依据(Nelson *et al.*, 2009)。MIMES 模型由美国著名教授 Robert Costanza 及其科研团队开发研制,用于模拟不同尺度不同生态系统的服务功能与价值。MIMES 通过模拟地球表层系统水文、生物物理化学、生态、人类活动等过程,研究生态系统服务功能的时空动态变化,分析不同生态系统服务的经济价值(Burkhard *et al.*, 2009)。与国外相比,我国仍然缺乏自主产权的适合

我国国情的生态系统服务价值时空动态模型。因此,加强生态系统基础理论研究,深入分析生态系统服务功能和价值的时空动态变化,并研发适合我国国情的生态系统服务价值时空动态模型,是当前生态经济领域科学家应高度重视的方向。

6.2 生态系统服务价值时空变化的驱动力研究

引起生态系统发生变化的因素称为驱动力,分为直接驱动力和间接驱动力两类。其中直接驱动力直接影响生态系统的功能,而间接驱动力常常通过改变一个或多个直接驱动力作用的效果,产生比较广泛的影响。此外,直接驱动力和间接驱动力在驱动生态系统服务功能的变化方面存在一定的功能相关性,同时,生态系统服务功能的变化反过来对导致其变化的驱动力也具有反馈作用。因此,研究气候、土地利用、社会、经济变化等多重驱动力作用下的生态系统服务功能及其价值变化已成为生态系统服务功能评估成败的关键环节之一,需要科学家在此方面进行深入的分析。

6.3 生态系统服务价值的不确定性分析

由于生态系统的复杂性和动态性以及评价方法的多样性,使得生态系统服务价值研究存在很多不确定的因素。如数据获取、取样偏差和分析错误等;同时,由于科学家对于生态系统服务认识和经济学方法的局限,使得我们对生态系统服务价值进行时间和空间尺度外推时产生了不确定性;再者,就生态系统服务价值时空动态模型而言,现阶段很少对于模型的参数和模型曲线的不确定性进行分析。所以,如何定量地评价生态系统服务价值研究中的不确定性,这也是制约生态系统服务价值研究的重要因素之一。

6.4 生态系统服务价值评估方法的标准化

从国外的发展趋势来看,生态系统服务价值的评估逐渐从大尺度区域向着小尺度发展,而我国的发展趋势则可以说从小尺度逐渐向大尺度方向发展。国外对于不同的生态系统服务价值给出了适宜的评价方法和指标体系,在一定程度上为我国生态系统服务价值评估提供了参考。我国于 2008 年颁布了《森林生态系统服务功能评估规范》规定了森林生态系统服务功能评估的数据来源、评估指标体系、评估公式等,从而规范了森林生态系统服务价值评估的指标和方法。但其它生态系统服务功能及价值评估,尚无标准可依。因此,下一阶段应对于不同的生态系统制定统一的评价指标体系和规范的

评估方法。

6.5 基于生态服务价值的市场补偿机制

生态服务付费(PES) 是以保护和可持续利用生态系统服务功能为目标, 以经济手段为主要方式, 调节生态保护利益相关者之间的权利义务关系的制度安排。我国最常采用的生态补偿的方法是直接公共补偿, 由政府直接向保护生态系统服务者给予财政或物质补贴, 例如中国的天然林保护工程、退耕还林还草工程和生态公益林保护等。随着全球经济一体化、市场化时代的到来, 生态系统服务的市场化也是大势所趋(李文华 2009)。近年来, 我国为发展经济付出了沉重的代价, 生态系统严重退化。与此同时, 我们也意识到单靠政府来保护生态系统的局限性。因此, 调动民间资本和全民参与, 建立适应我国国情的生态系统服务市场化机制, 发展生态系统保护产业, 提升该产业在市场经济中的地位, 对于保障中国的生态安全和可持续发展, 具有重要的战略意义。

责任作者简介: 刘俊国(1977—) 男 博士 教授/博导 主要从事生态系统评价与水文水资源研究. E-mail: water21water@yahoo. com.

参考文献(References)

- Adrienne G R , Susanne K. 2007. Integrating the valuation of ecosystem services into the Input-Output economics of an Alpine region [J]. *Ecological Economics* , 63(4) : 786–798
- Bingham G , Bishop R , Brody M , et al. 1995. Issues in ecosystem valuation: improving information for decision making [J]. *Ecological Economics* , 14: 73–90
- Burkhard B , Kroll F , Müller F , et al. 2009. Windhorst landscapes capacities to provide ecosystem services — a concept for land-cover based assessments [J]. *Landscape Online* , 15: 1–22. DOI: 10.3097/LO.200915
- 曹银贵, 周伟, 袁春. 2010. 基于土地利用变化的区域生态服务价值研究[J]. 水土保持通报, 30(4) : 241–246
- Cao Y G , Zhou W , Yuan C. 2010. Regional ecosystem service value based on landuse change [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation* , 30(4) : 241–246(in Chinese)
- Chee Y E. 2004. An ecological perspective on the valuation of ecosystem services [J]. *Biological Conservation* , 120: 549–565
- 陈仲新, 张新时. 2001. 中国生态系统效益的价值 [J]. 科学通报 , 1: 17–23
- Chen Z X , Zhang X S. 2001. The value of ecosystem services in China [J]. *Bulletin of Science* , 1: 17–23(in Chinese)
- Costanza R , d Arge R , de Groot R , et al. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. *Nature* , 386 (6630) : 253–260
- Daily G C , Soderquist T , Aniyar S , et al. 2000. The value of nature and the nature of value [J]. *Science* , 289: 395–396
- Daily G C. 1997. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems [M]. Washington DC: Island Press
- Dixon J. 1997. Analysis and management of watersheds. In: Partha D , Karl-Göran M. The Environment and Emerging Development Issues [Z]. Oxford: Clarendon Press
- Ellis G M , Fisher A C. 1987. Valuing the environment as input [J]. *Journal of Environmental Management* , 25: 149–156
- Farber S C , Robert C , Matthew A W. 2002. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services [J]. *Ecological Economics* , 41: 375–392
- Gregory R. 1999. Identifying environmental values. In: Dale V H , English M R , eds. Tools to Aid Environmental Decision Making [Z]. New York: Springer-Verlag New York Inc , 1999
- Gren I M , Groth K H , Sylven M. 1995. Economic values of danube flood plains [J]. *Journal of Environmental Management* , 45: 333–345
- 何浩, 潘耀忠, 朱文泉, 等. 2005. 中国陆地生态系统服务价值测量 [J]. 应用生态学报, 16(6) : 1122–1127
- He J , Pan Y Z , Zhu W Q , et al. 2005. Measurement of terrestrial ecosystem service value in China [J]. *Chinese Journal of Applied Ecol* , 16(6) : 1122–1127(in Chinese)
- Heina L , Koppennb K , Rudolf S , et al. 2006. Spatial scales , stakeholders and the valuation of ecosystem services [J]. *Ecological Economics* , 57: 209–228
- Holder J , Ehrlich P R. 1974. Human population and global environment [J]. *American Scientist* , 62: 282–297
- Jakobsson , Christin M , Egler E. 1996. Contingent Valuation and Endangered Species: Method Logical Issues and Applications [M]. Cheltenham: Edward Elgar Press
- 蒋晶, 田光进. 2010. 1988 年至 2005 年北京生态服务价值对土地利用变化的响应 [J]. 资源科学 , 32(7) : 1407–1416
- Jiang J , Tian G J. 2010. Responses of ecosystem service value to land use change in Beijing from 1998 to 2005 [J]. *Resources Science* , 32 (7) : 1407–1416(in Chinese)
- Kozak J , Lant C , Shaikh S , et al. 2011. The geography of ecosystem service value: The case of the Des Plaines and Cache River wetlands , Illinois [J]. *Applied Geography* , 31(1) : 303–311
- Lal P. 2003. Economic valuation of mangroves and decision-making in the Pacific [J]. *Ocean& Coastal Management* , 46: 823–846
- 李文华. 2008. 生态系统服务功能价值评估的理论、方法与应用 [M]. 北京: 中国人民大学出版社
- Li W H. 2008. Valuation of Ecosystem Services Theories , Methods and Applications [M]. Beijing: China Renmin University Press (in Chinese)
- 李文华, 欧阳志云, 赵景柱. 2002. 生态系统服务功能研究 [M]. 北京: 气象出版社
- Li W H , Ouyang Z Y , Zhao J Z. 2002. Research of Ecosystem Services [M]. Beijing: Meteorological Press(in Chinese)
- 李文华, 张彪, 谢高地. 2009. 中国生态系统服务研究的回顾与展望 [J]. 自然资源学报 , 24(1) : 1–10
- Li W H , Zhang B , Xie G D. 2009. Research on ecosystem services in China: Progress and perspectives [J]. *Journal of Natural Resources* , 24(1) : 1–10(in Chinese)
- 马世骏, 王如松. 1984. 社会-经济-自然复合生态系统 [J]. 生态学报 , 4(1) : 1–9
- Ma S J , Wang R S. 1984. The Social-Economic-Natural Complex Ecosystem [J]. *Acta Ecologica Sinica* , 4(1) : 1–9(in Chinese)
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis [Z]. Washington DC: World Resources Institute
- Nelson E , Mendoza G , Regetz J , et al. 2009. Modeling multiple ecosystem services , biodiversity conservation , commodity

- production, and tradeoffs at landscape scales [J]. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7: 4–11. doi:10.1890/080023
- Odum H T. 1986. Emergy in ecosystems [Z]. In: N Polunin. *Environmental Monographs and Symposia*. New York: John Wiley
- 欧阳志云, 王如松, 赵景柱. 1999a. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. *应用生态学报*, 10(5): 635–640
- Ouyang Z Y, Wang R S, Zhao J Z. 1999a. Ecosystem services and their economic valuation [J]. *Chinese Journal of Applied Ecol*, 10(5): 635–640 (in Chinese)
- 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 1999b. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J]. *生态学报*, 19(5): 607–613
- Ouyang Z Y, Wang X K, Miao H. 1999b. A primary study on Chinese terrestrial ecosystem services and their ecological-economic values [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 19(5): 607–613 (in Chinese)
- 欧阳志云, 王如松. 1999. 生态系统服务功能与可持续发展, 社会-经济-自然复合生态系统可持续发展研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社
- Ouyang Z Y, Wang R S. 1999. Ecosystem Services and Sustainable Development, Social-economic-natural Complex Ecosystem Sustainable Development [M]. Beijing: China Environmental Science Press (in Chinese)
- 欧阳志云, 王如松. 2000. 生态系统服务功能、生态价值与可持续发展[J]. *世界科技研究与发展*, (5): 45–50
- Ouyang Z Y, Wang R S. 2000. Ecosystem services and their economic valuation [J]. *World Sci-Tech R & D*, (5): 45–50 (in Chinese)
- Pauutananayak S K. 2004. Valuing watershed services: concepts and empirics from Southeast Asia [J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 104: 171–184
- Pearce D. 1998. Cost benefits analysis and environmental policy [J]. *Oxford Review of Economic Policy*, 14: 84–100
- Randall A. 2002. Benefit cost considerations should be decisive when there is nothing more important at stake. In: Bromley, D W, Paavola, J. ed. *Economics, Ethics and Environmental Policy: Contested Choices*[Z]. Oxford: Blackwell Publishing
- Rapport D J, Gaudet C, Karr J R, et al. 1998. Evaluating landscape health: integrating societal goals and biophysical process [J]. *Journal of Environmental Management*, 53: 1–15
- Serafy S. 1988. Pricing the invaluable: the value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. *Ecological Economics*, 25: 25–27
- SCEP (Study of Critical Environmental Problem s). 1970. Man's impact on the global environment: Assessment and recommendations for action [Z]. Cambridge, MA: MIT Press
- Spash C L. 2000. The Concerted Action on Environmental Valuation in Europe (EVE): an introduction. *Environmental Valuation in Europe (EVE)* [Z]. Cambridge Research for the Environment, U K
- Sutton P C, Constanza R. 2002. Global estimates of market and non-market values derived from nighttime satellite imagery, land cover, and ecosystem service valuation [J]. *Ecological Economics*, 41: 509–527
- 王璐, 杨洁, 胡月明等. 2009. 广州市土地利用生态服务价值测算研究[J]. *水土保持通报*, 29(1): 229–234
- Wang L, Yang J, Hu Y M, et al. 2009. Quantitatively study on landuse ecosystem service value in Guangzhou City [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 29(1): 229–234 (in Chinese)
- Westman W E. 1977. How much are nature's services worth? [J]. *Science*, 197: 960–964
- Wilson M A, Carpenter, S R. 1999. Economic valuation of freshwater ecosystem services in the United States 1971—1997 [J]. *Ecological Applications*, 9 (3): 772–783
- Wilson M A, Howarth R, 2002. Discourse based valuation of ecosystem services: establishing fair outcomes through group deliberation [J]. *Ecological Economics*, 41: 431–443
- 吴钢, 肖寒. 2001. 长白山森林生态系统服务功能[J]. *中国科学(C辑)*, 31(5): 472–480
- Wu G, Xiao H. 2001. Forest ecosystem service function in Changbai Mountain [J]. *Science in China, Ser. C*, 31 (5): 472–480 (in Chinese)
- 谢高地, 鲁春霞, 成升魁. 2001. 全球生态系统服务价值评估研究进展[J]. *资源科学*, 23(6): 5–9
- Xie G D, Lu C X, Cheng S K. 2001. Progress in evaluation the global ecosystem Services [J]. *Resources Science*, 23 (6): 5–9 (in Chinese)
- 薛达元, 包浩生. 1999. 长白山自然保护区生物多样性旅游价值评估研究[J]. *自然资源学报*, 4(2): 140–145
- Xue D Y, Bao H S. 1999. A study on tourism value of biodiversity in Changbaishan Mountain biosphere reserve (CMBR) in Northeast China [J]. *Journal of Natural Resources*, 4 (2): 140–145 (in Chinese)
- 赵景柱, 徐亚骏, 肖寒, 等. 2003. 基于可持续发展综合国力的生态系统服务评价研究——13个国家生态系统服务价值的测算[J]. *系统工程理论与实践*, 1: 121–127
- Zhao J Z, Xu Y J, Xiao H, et al. 2003. Ecosystem services evaluation based on comprehensive national power for sustainable development—the evaluations on 13 countries [J]. *Systems Engineering-theory & Practice*, 1: 121–127 (in Chinese)
- 赵军, 杨凯, 邹俊, 等. 2005. 上海城市河流生态系统服务的支付意愿[J]. *环境科学*, 26(2): 5–10
- Zhao J, Yang K, Tai J, et al. 2005. Willingness to pay for ecosystem services of urban river in Shanghai [J]. *Environmental Science*, 26 (2): 5–10 (in Chinese)
- 赵军, 杨凯. 2007. 生态系统服务价值评估研究进展[J]. *生态学报*, 27(1): 346–356
- Zhao J, Yang K. 2007. Valuation of ecosystem services: characteristics, issues and prospects [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 27 (1): 346–356 (in Chinese)
- 赵同谦, 欧阳志云, 王效科, 等. 2003. 中国陆地地表水生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. *自然资源学报*, 7(4): 443–452
- Zhao T Q, Ouyang Z Y, Wang X K, et al. 2003. Ecosystem services and their valuation of terrestrial surface water system in China [J]. *Journal of Natural Resources*, 7(4): 443–452 (in Chinese)
- 赵同谦, 欧阳志云. 2004. 中国草地生态系统服务功能间接价值评价[J]. *生态学报*, 24(6): 1102–1110
- Zhao T Q, Ouyang Z Y. 2004. Ecosystem services and their valuation of China grassland [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 24(6): 1102–1110 (in Chinese)
- 郑江坤, 余新晓, 贾国栋, 等. 2010. 密云水库集水区基于LUCC的生态服务价值动态演变[J]. *农业工程学报*, 26(9): 315–320 (in Chinese)
- Zhen J K, Yu X X, Jia G D, et al. 2010. Dynamic evolution of the ecological service value based on LUCC in Miyun Reservoir Catchment [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 26 (9): 315–320