

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

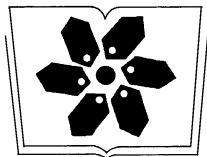
Acta Ecologica Sinica



第34卷 第2期 Vol.34 No.2 **2014**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 34 卷 第 2 期 2014 年 1 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 连续免耕对不同质地稻田土壤理化性质的影响 龚冬琴, 吕 军 (239)
- 下辽河平原景观格局脆弱性及空间关联格局 孙才志, 闫晓露, 钟敬秋 (247)
- 完全水淹环境中光照和溶氧对喜旱莲子草表型可塑性的影响 许建平, 张小萍, 曾 波, 等 (258)
- 赤潮过程中“藻-菌”关系研究进展 周 进, 陈国福, 朱小山, 等 (269)
- 盐湖微微型浮游植物多样性研究进展 王家利, 王 芳 (282)
- 臭氧胁迫对植物主要生理功能的影响 列淦文, 叶龙华, 薛 立 (294)
- 啮齿动物分子系统地理学研究进展 刘 铸, 徐艳春, 戎 可, 等 (307)
- 生态系统服务制图研究进展 张立伟, 傅伯杰 (316)

个体与基础生态

- NaCl 胁迫下沙枣幼苗生长和阳离子吸收、运输与分配特性 刘正祥, 张华新, 杨秀艳, 等 (326)
- 不同生境吉首蒲儿根叶片形态和叶绿素荧光特征的比较 向 芬, 周 强, 田向荣, 等 (337)
- 小麦 LAI-2000 观测值对辐亮度变化的响应 王 龔, 田庆久, 孙绍杰, 等 (345)
- K^+ 、 Cr^{6+} 对网纹藤壶幼虫发育和存活的影响 胡煜峰, 严 涛, 曹文浩, 等 (353)
- 马铃薯甲虫成虫田间扩散规律 李 超, 彭 赫, 程登发, 等 (359)

种群、群落和生态系统

- 莱州湾及黄河口水域鱼类群落结构的季节变化 孙鹏飞, 单秀娟, 吴 强, 等 (367)
- 黄海中南部不同断面鱼类群落结构及其多样性 单秀娟, 陈云龙, 戴芳群, 等 (377)
- 苏南地区湖泊群的富营养化状态比较及指标阈值判定分析 陈小华, 李小平, 王菲菲, 等 (390)
- 盐城淤泥质潮滩湿地潮沟发育及其对米草扩张的影响 侯明行, 刘红玉, 张华兵 (400)
- 江苏省农作物最大光能利用率时空特征及影响因子 康婷婷, 高 苹, 居为民, 等 (410)
- 1961—2010 年潜在干旱对我国夏玉米产量影响的模拟分析 曹 阳, 杨 婕, 熊 伟, 等 (421)
- 黑龙江省 20 世纪森林变化及对氧气释放量的影响 张丽娟, 姜春艳, 马 骏, 等 (430)
- 松嫩草原不同演替阶段大型土壤动物功能类群特征 李晓强, 殷秀琴, 孙立娜 (442)
- 小兴安岭 6 种森林类型土壤微生物量的季节变化特征 刘 纯, 刘延坤, 金光泽 (451)

景观、区域和全球生态

- 黄淮海地区干旱变化特征及其对气候变化的响应 徐建文, 居 辉, 刘 勤, 等 (460)

我国西南地区风速变化及其影响因素 张志斌,杨 莹,张小平,等 (471)

青海湖流域矮嵩草草甸土壤有机碳密度分布特征 曹生奎,陈克龙,曹广超,等 (482)

基于生命周期评价的上海市水稻生产的碳足迹 曹黎明,李茂柏,王新其,等 (491)

研究简报

荒漠草原区柠条固沙人工林地表草本植被季节变化特征 刘任涛,柴永青,徐 坤,等 (500)

跨地带土壤置换实验研究 靳英华,许嘉巍,秦丽杰 (509)

SWAT 模型对景观格局变化的敏感性分析——以丹江口库区老灌河流域为例
..... 魏 冲,宋 轩,陈 杰 (517)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 288 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 29 * 2014-01



封面图说: 高原盐湖——中国是世界上盐湖分布比较稠密的国家,主要分布在高寒的青藏高原以及干旱半干旱地区的新疆、内蒙古一带。尽管盐湖生态环境极端恶劣,但它们依然是陆地特别是高原生态系统中十分重要的组成部分。微微型浮游植物通常是指粒径在 0.2—3 μm 之间的光合自养型浮游生物。微微型浮游植物不仅是海洋生态系统中生物量 and 生产力的最重要贡献者,也是盐湖生态系统最重要的组成部分。研究显示,水体矿化度是影响微微型浮游植物平面分布及群落结构组成的重要因子,光照、营养成分和温度等也会影响盐湖水体中微微型浮游植物平面分布及群落结构组成(详见 P282)。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201303110391

张立伟,傅伯杰.生态系统服务制图研究进展.生态学报,2014,34(2):316-325.
Zhang L W, Fu B J.The progress in ecosystem services mapping: a review.Acta Ecologica Sinica,2014,34(2):316-325.

生态系统服务制图研究进展

张立伟*,傅伯杰

(中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室,北京 100085)

摘要:生态系统服务是生态学研究的的前沿方向之一,生态系统服务制图是将生态系统服务的评估结果纳入到生态环境保护规划与管理决策制定与实施过程中的重要组成部分。生态系统服务制图是根据决策需求,选择合适的制图评价方法,对特定时空尺度上生态系统服务的空间分布以及在各种自然-社会因素共同影响下生态系统服务的情景变化进行量化描述的过程。它最终为决策参与者提供研究区域生态系统服务时空变化特征具体的、可视的量化描述,辅助决策者权衡利弊,最终制定出符合区域生态环境与人类社会共同可持续发展的最优决策。综述了生态系统服务制图的内涵及其在辅助决策过程中的重要作用;介绍了生态系统服务的重点研究内容(生态系统服务的提供、需求及权衡协同关系制图)及研究方法;并对目前研究中所存在的问题进行了深入的探讨,归纳了生态系统服务的制图评价流程及未来重点的研究方向。

关键词:生态系统服务;生态系统服务制图;环境保护;决策制定

The progress in ecosystem services mapping: a review

ZHANG Liwei*, FU Bojie

State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

Abstract: Ecosystem services mapping has been becoming one of the forefronts in the field of ecosystem services researches. Ecosystems deliver bunches of vital services for human society, such as food, water provision and water purification, carbon sequestration, soil protection, and entertainment. The sustainable capability of ecosystems to provide these services is influenced by changes of biophysical condition (e.g. The changes in land use and land cover, biodiversity, atmospheric composition and climate) and human society (e.g. The changes of socio-economic characteristics, demand and consumptive patterns of human beings), which alter the correlation of demand and supply in ecosystem services through impacting the composition, structure, and processes of ecosystems.

Ecosystem services mapping is a process that assesses the component, spatial distribution and mutual relationships of ecosystem services in specific spatial-temporal scales by using multiple mapping methods and multi-sources data. These series of spatially explicit maps not only reveal the quantitative characteristics of the current regional ecosystem service, but also exposit the potential changes caused by different environmental scenarios. These visualized mapping result can facilitate decision makers to integrate ecosystem services into environmental protection planning and implementing, and assist them to weigh the pros and cons of the possible environmental variable scenarios and the consequences of likely decisions, in addition, to make an informed decision which benefits the sustainable developmental of natural-human systems.

In the past few years, the widespread use of GIS and availability of the high spatial and temporal resolution RS data sets have prominently promoted the capability of ecosystem services mapping. After reviewing the researches published recently, we identified and summarized that ecosystem services mapping is primarily focusing on: (1) the mapping of

基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(41230745)

收稿日期:2013-03-11; 修订日期:2013-08-26

* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: z-lw@foxmail.com

ecosystem services supply which refers to the capacity of an given area to provide a specific bundle of ecosystem services within a particular time scale; (2) the mapping of ecosystem services demand which is the sum of all ecosystem services consumed by people in a particular area and specific time period; (3) and the mapping of the ecosystem services trade-offs and synergies, the former refers to the increment of one ecosystem service which is at the cost of the other ecosystem service, the latter means the synchronous variations among many different ecosystem services. Although there are lots of practical cases, ecosystem services mapping is still at its early stage. The core of ecosystem services mapping is a process about how to meet the needs of policy makers by using appropriate mapping methods, however, cautions must be mentioned in the broad use of mapping methods or models because they are scale-dependent and context-specific, and the mapping results need to be validated and verified against the observational data.

Key Words: ecosystem services; ecosystem services mapping; environmental protection; decision- making

自从 20 世纪 60 年代生态系统服务 (Ecosystem services) 的相关概念被提出以来^[1-2],其内涵经过了众多学者的丰富与演变^[3-6],特别是 1997 年 Daily^[7]和 Costanza 等^[8]的工作推动了生态系统服务研究的快速发展。目前被广泛接受和使用的生态系统服务概念与分类认为,生态系统服务是人类从生态系统获得的收益,这些收益包括可以直接影响人类生活的供给服务、调节服务和文化服务,以及维持其他服务所必需的支持服务^[9]。可见,生态系统服务的物质基础来自生态系统,任何种类的生态系统服务都是在特定生态系统组成、结构与过程的基础上被人们利用所形成的,也就是说生态系统所提供的产品与服务只有在能被人们消费利用时才可称之为生态系统服务^[10-11]。自从 2001 年启动的千年生态系统评估报告将生态系统服务评估列为核心内容之一以来^[9],生态系统服务评估被众多的国家和组织列为重要的研究课题^[12-15]。目前较为热门的研究主要着眼于区域与国家尺度上生态系统服务的权衡协同分析及其在决策中的重要作用等^[16-19]。

生态系统服务研究的最终目的是辅助决策者更好地制定出生态保护规划与管理,以促进人类社会与自然环境的共同可持续发展^[9,20-22]。在决策制定时,决策者需要对生态系统服务产品的商品化、存储与流动以及提供给市场中交易参与者生态系统服务商品数量与变化进行精确的测度^[9,14,20-25]。所以需要为决策者提供揭示决策区域生态系统服务状态综合特征的直观可视化的、定量的、空间位置信息具体的评价结果。由于地图是依据一定的数学法则,使用制图语言,通过制图综合,在一定的载体上,表达各种事物的空间分布、联系及时间中的发展变化

状态的图形。地图的这些特征使得它成为一个强有力的工具去综合复杂的多源数据,从而能详细地刻画生态系统服务的时空分布及其相互关系,更好地支持环境资源管理决策和景观规划。加之如今 GIS 科学的飞速发展,高效的制图过程极大地满足了这种决策需求,进而催生和带动了生态系统服务制图研究的快速发展。生态系统服务制图是将生态过程与生态系统服务联系以及将其理论应用于实践的有力工具与关键环节,是生态系统服务评估新的研究方向^[15,25-28]。通过综合分析生态系统服务制图研究的相关文献,对生态系统服务制图研究的意义、内容、研究方法及其存在的问题进行了介绍分析,总结出了生态系统服务制图流程,最后提出了未来应重点关注的研究方向。

1 生态系统服务制图研究内容

生态系统服务制图是根据决策需求,利用不同的生态系统服务评价方法,对特定时空尺度上生态系统服务种类的组成、数量、空间分布和相互关系等综合特征以及各种自然-社会因素影响下的情景变化特征进行量化描述的过程。它的最终目标是为了辅助决策,为决策过程中涉及的决策者、利益相关者、受益者等相关方提供研究区生态系统服务综合特征的定量、直观、可视化及时空变化详细描述定量可视化表达,包括静态展示与动态模拟等表达形式^[19-28]。它既包含了当下研究区内生态系统服务的综合特征也包括了对未来可能的决策与影响情景下的生态系统服务综合特征变化情况,使得决策者能借助这些可能的变化情景,权衡利弊最终制定出符合自身区域需求的可持续的自然资源利用决策。它

是一项保护规划或管理决策从理论提出到实际实施重要的基础评估环节^[24-28]。生态系统服务的提供方面是指生态系统生产产品与服务的能力,需求方面代表着人类对生态系统生产的产品与服务的消费与使用,是生态系统服务从生态系统的“源”流向人类社会的“汇”的过程(图 1)。目前,生态系统服务制图研究主要着眼于生态系统服务提供制图,需求制图、权衡协同情景分析制图几个方面。

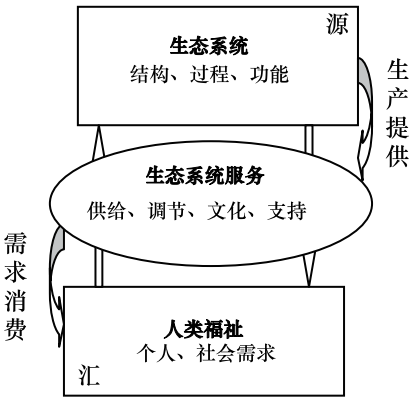


图 1 生态系统、生态系统服务、人类福祉的相互关系
Fig.1 The relationships between ecosystem, ecosystem services and human well-being

1.1 生态系统服务提供制图

生态系统服务提供是指某研究区域(生态系统)在特定的时空尺度内生产一系列能被人类利用的生态系统产品和服务的能力,这种能力的大小可以通过价值量或物质量来度量。它不同于潜在的最大的生态系统服务提供,而是指能被人类直接利用以满足人类需求的那部分生态系统提供的产品和服务,其主要影响因素包括直接的环境资源与服务以及人类活动与决策,如政府的决策与技术进步等^[29-31]。学者们,通过针对不同的生态系统服务类型,对多种空间尺度上(当地^[32-36]、区域^[37-40]、大陆和全球^[41-43])的一种或者多种生态系统服务类型的提供特征研究分析,为生态系统服务提供制图研究提供了丰富的实践案例。María José Martínez-Harms 等^[44]通过对生态系统服务提供制图的相关文献进行统计分析得出,目前生态系统服务提供制图的研究多着眼于区域、国家尺度上,其中调节服务是最多被制图研究的服务类型。相对于来自实际调查实验的原始数据,学者们多利用缺乏实际验证的次级数据(如:遥感数据、土地利用、社会经济数据等)来进行生态系统服

务提供的制图分析,但是鲜有文章对自己的评价结果进行可靠性验证。

1.2 生态系统服务需求制图

生态系统服务需求是指特定研究区域在某时间尺度内被人们使用或消费的生态系统产品和服务的总和;它受到政府政策、人口变动、经济水平、市场营销、文化规范等因素的影响^[29-31,45]。目前对生态系统服务提供制图的研究最多,但是生态系统服务的需求空间格局的制图也逐渐受到重视^[46-50]。

生态系统服务需求制图研究涉及到识别使用生态系统产品与服务的受益者对生态系统服务产品的需求情况方面。通过需求分布,需求量以及受益者所处的位置等来描述^[29-31,51]。如:通过在遥感图像或地理数据中提取人口、聚落、基础设施等人类对生态系统服务消费场所的消费属性,如人口分布,聚落大小、位置等特征代表其的消费量,消费组成等属性作为替代指标来进行分析^[52];又如,可以通过能显示夜间灯光分布的 DMSP-OLS 数据进行人类消费区域的识别分析等^[53]。生态系统服务需求制图多与提供制图相结合来分析,通过对研究区生态系统服务提供与需求的各自制图结果叠加运算,最终生成区域的一种或多种生态系统服务类型提供与需求平衡关系图。例如, Franziska Kroll 等^[29]通过综合人口分布、消费量、消费组成等社会统计信息及其气候变化、河流、交通、土地利用变化等环境变量信息,对德国 Leipzig-Halle 地区的能源、供水与食品生态系统服务的提供与需求特征进行综合分析。Stoyan Nedkov 等^[54]通过综合植被覆盖数据与水文模型数据,对 Bulgaria 地区的水文调节服务的供需空间特征进行了制图分析。Benjamin Burkhard 等^[31]利用 CORINE 的土地覆盖数据,结合前文献中提出的各分类不同的提供与需求能力特征,最后通过打分得出了 CORINE 土地分类各自的供需能力等级分类表,为生态系统服务制图的空间可视化研究与尺度转换提供了很好的参考。

1.3 生态系统服务权衡协同情景分析

生态系统服务制图研究不仅对生态系统服务的供给与需求在不同时空尺度上的变化特征进行量化制图描述,而且还必须对人类影响下的生态系统服务各类型之间的相互关系进行很好的制图表达。由于人们对生态系统服务需求偏好的影响,使得人们

在消费某一种或某几种生态系统服务时,有意识或无意识的对其他生态系统服务的提供产生了影响,从而产生了生态系统服务的权衡与协同问题。生态系统服务协同是指人们对某种生态系统服务消费利用的同时,使得与之相关的生态系统服务类型产生了增加(双赢)或者减少(双亏)的影响,例如植树造林可以同时使得供给、文化和调节服务都得到改善,反之亦然^[9,23,55-60]。

生态系统服务各分类之间的关系可以具体细分为协同双赢、无明显双赢、无明显双亏、权衡、双亏和无变化六个类别^[58]。权衡关系是决策者考虑的重要问题,常常在时间上、空间上以及其可恢复性3个方面来权衡分析决策的影响结果。时间上的权衡是指,考虑人们在短期内对某种生态系统服务类型的利用会对长期的其他生态系统服务类型可能造成什么样的影响;空间上的权衡是人们对空间上一个区域的某种生态系统服务类型的偏好利用会对区域空间上其他生态系统服务类型造成什么样的影响,包括对空间上相同或不不同的生态系统服务类型造成的影响;可恢复性是指人们对生态系统服务的各种干扰消失后,生态系统服务的提供能力是否能恢复到以前状况程度的恢复能力的大小^[55]。目前的生态系统服务权衡协同分析研究还是以定性分析较多,主要着眼于生态系统服务类型间的相互关系的甄别上,所以其定量化研究亟需加强^[9,55-68]。李鹏等^[65]通过对生态系统服务权衡与协同有关文献的综述分析得出,生态系统服务权衡与协同研究方法主要分为生态-经济综合模型和基于土地利用的情景模拟两种方法;生态-经济综合模型是指将主要用来揭示生态系统服务的综合特征是如何受人类影响的生态模型与用来评估生态系统服务变化对人类福祉影响的社会经济评估模型综合结合模型,基于土地利用的情景模拟方法是指综合考虑土地利用与生态系统管理政策,通过设定不同变化情景来反映生态系统服务可能的动态变化的方法。

总之,生态系统服务制图的权衡协同关系情景分析可以为决策者提供决策区域生态系统服务在当前或者未来各种影响因素的变化情景和可能的决策规划情景下,会有什么样的权衡或协同的影响变化。只有在决策过程中详细把握好各种生态系统服务类型之间的相互影响关系(例如,减弱生态系统服务之

间的不利竞争,同时加强其协同增强作用),才能使最终的决策结果能有效的实现人类的福祉与自然环境的持续供给与保护的协调发展。

2 生态系统服务制图面临的挑战

2.1 数据方法的可靠性与验证

对于大多数区域来说,生态系统服务评估过程中最大的障碍是数据缺乏,这使得许多的生态系统服务制图工作基于非常粗糙的数据基础之上^[44,51,69]。生态系统服务制图模型可以根据其数据源的不同分为以使用实际调查为基础的模型和以其他生态环境变量为基础的替代指标分析模型^[44,69]。在生态系统服务制图过程中,二者各有利弊,例如基于原始数据的模型具有精度高,能很好的模拟表现实际情况,适合于异质性变化较大的生态系统服务的评估,但是其数据获得成本较大,大尺度的数据获取费时费力,经常难以获得,其模型预测精度取决于采样密度。基于次级数据为替代指标的制图模型在文献中被使用的数量远远大于基于原始数据的模型^[44],虽然其能弥补由于缺乏原始数据而使得制图区域的生态系统服务评估受限的缺憾,易于大尺度评估建模,但是模拟预测精度常常较差^[69-71]。目前,众多的学者在其评估过程中讨论了模型验证的重要性,但是大多仅限于讨论,而没有实质的将验证部分纳入评估过程中^[31,42,50,54,59-60,69],这使得对生态系统服务的评估结果仅限于一定假设前提下,其评估结果在辅助决策使用过程中的有效性必然存有疑问。例如,对于同一区域同种生态系统服务类型,选用不同的假设前提下的替代指标去量化制图,得出的结果可能有所不同,特别是近些年的生态系统服务价值评估,所以亟需要提出可靠的理论框架和生态系统服务分类的定义,才能使得制图结果有广泛的一致性和可比性^[72-73]。在实际制图过程中,应充分平衡制图精度与制图应用目的之间的关系,合理选择可靠的制图数据源及替代指标,且在评估过程中要有实际调查采样数据的参与矫正,将两种方法结合使用,既节省了成本又提高了模型精度,使得最终的生态系统服务评估结果真正符合决策需求。

2.2 提供与需求的识别

生态系统服务提供与需求的空间关系特征根据产品提供的区域与需求消费的受益者所处的位置不

同可以分为四类^[21],即(1)生态系统服务提供地与消费地处在同一区域,例如,授粉、防洪、薪材提供等;(2)生态系统服务提供地不仅提供给当地而且还提供给更大范围上的消费者,例如,碳汇,气候调节等;(3)生态系统服务提供地处于消费地的上游位置,例如,水土保持,水质净化等;(4)生态系统服务提供地位于消费地附近一侧,例如海岸带红树林为沿岸居民提供的风暴防护服务等^[21]。通常通过需求者所处的位置、需求量多少等信息来对生态系统服务需求进行制图分析^[51]。所以为了对生态系统服务精确地进行制图,就要切实地分析生态系统服务提供地、消费地及其特定的消费组成特征等因素^[28,46]。

在众多的生态系统服务提供制图文献中,研究最多的生态系统服务类型为调节服务(碳储量,碳汇,等),其次为供给(食品)服务和文化服务(娱乐消遣),最后为支持服务^[44];后两个被研究较少的原因一方面是数据和方法的限制,另一方面是对其进行精确的空间辨识较难。目前对生态系统服务的评估多是区域上静态的评价制图^[32,33,74],没有考虑生态系统服务的区域流动,生态系统服务提供与需求的空间关系特征使得对那些“流动性”比较强的生态系统服务类型的精确制图比较困难。例如,对大多数目前可以在市场上交易的供给服务类型(农产品,能源等),由于提供区域不一定是需求区域,仅对这些服务在区域内的提供与需求特征进行制图比较,而不考虑产品与服务空间流动对供需特征的影响,其实际意义有待进一步的探讨^[75-76]。

2.3 尺度匹配

由于生态系统服务依赖于不同时空尺度上的自然和社会过程,因而不论是生态系统服务的提供还是其消费都存在着一一定的尺度效应。生态系统服务制图过程中的的尺度匹配问题,不仅仅是技术上对多源数据的分辨率进行匹配,更重要的是根据决策规划应用的时空尺度不同,仔细甄别出与决策规划尺度范围相符合的关键生态系统服务类型,选择从而使得制图结果有效的辅助决策。生态系统服务的重视程度随着空间尺度的变化而变化,在大空间尺度上,调节服务应受到重视,而在较小空间尺度上生态系统的供给服务应多被重视。例如,防洪减灾、农产品的供给主要服务于当地尺度,而生物多样性与

气候调节在国家或全球尺度上多被考虑。Lars Hein 等^[77]在荷兰 De Wieden 湿地的研究案例中指出,芦苇与渔业资源的提供应在市县尺度上特别重视,娱乐消遣多与省市尺度相关,而在国家尺度上应重视该湿地的自然保护功能。在时间尺度上,由于盲目追求眼前的效益,使得生态系统长期的生态系统服务持续供给能力收到损害^[55],所以在生态系统服务制图过程中,应充分考虑目前的决策目标对长远上一系列生态系统服务的影响。例如,短期的对农业产品的追求常常导致长期的某些生态系统服务(土壤质量)的缺失。在澳大利亚,由于农民盲目的将原生的木本植物去除用以种植牧草和农作物,忽视了木本植物对地下水位的保持作用,使得在木本植物被砍伐后地下水位上升,从而造成了大范围的土壤盐渍化,导致原本的土地变得不再利于传统的耕作;目前又不得不采用一系列生态恢复措施,如植树造林等^[78-82]。

3 生态系统服务制图流程

基于以上对生态系统服务制图主要研究内容与存在问题的综合分析,总结得出了生态系统服务的研究流程,如图 2 所示。由于人类社会快速的发展给所依赖的自然环境产生了巨大的压力,为了人类—自然系统的可持续发展,我们亟需将生态系统服务纳入到区域的决策制定过程。在决策制定时,由于最终决策者需要综合决策过程中的各方利益相关者的意见,对他们提出的这些可能的初步规划管理目标进行可靠的评估,加之这些规划目标的制定需要决策参与者们对当地生态系统服务综合状况有着相当熟悉的了解,这时就需要科研调查人员对当地生态系统服务的供给与需求的种类、变化、数量、分布、相互关系及其不同决策情景下的这种综合特征的变化进行详细的制图分析。生态系统服务制图过程主要出现在决策制定过程的初期,即最初的生态系统服务综合评估阶段。科研人员首先通过对最初的决策需求的分析,收集决策制定区的自然-社会综合特征数据,包括气象气候数据、区位地形数据、遥感数据、地理数据、土地利用以及统计数据等。由于生态系统服务的制图量化分析方法的选择主要依赖于研究区的数据可得性,所以科研人员需要对所能收集来的数据进行综合分析,从而建立符合区域

实际及决策需求的生态系统服务制图模型。生态系统服务制图的模型方法是生态系统服务制图过程中最重要的核心内容,生态系统服务制图模型的选择或建立决定了制图结果的可靠性。最后,在生态系统服务制图模型确定后,科研人员通过制图综合,将最终分析得出的决策区域生态系统服务综合特征地图提供给不同决策阶段的参与者,使得决策者权衡利弊,最终制定出切实有效有益的决策规划。当然,在模型建立的过程中也需要实际调研数据,例如田间调查数据、问卷访问数据以及观测实验数据对模型的分析结果进行可靠性验证,使得最终的模型分析预测结果是真实可靠的,从而在真正意义上辅助决策。

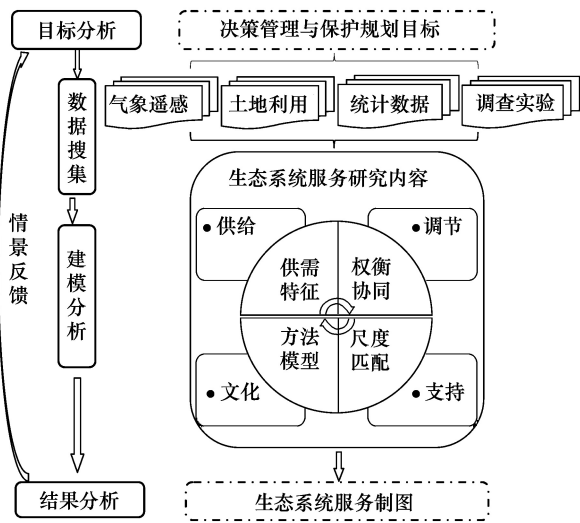


图 2 生态系统服务制图流程

Fig.2 The mapping process of ecosystem services

4 结语与展望

生态系统服务的制图评估方法多种多样,根据不同的决策需求,综合多源数据,建立可靠的量化评价方法进行生态系统服务制图,是生态系统服务制图研究的核心内容。学者们结合各自研究区域的特殊环境特征对多种的生态系统服务类型的供给需求特征进行了案例分析,其结果为区域保护决策与管理规划的制定提供了很好的辅助作用^[32-45]。在生态系统服务制图过程中注意数据方法的可靠性及验证、生态系统服务提供与需求的识别和其尺度变化等问题的同时,亟需建立标准的方法框架去模拟和编制生态系统服务图,以利于制图方法在不同地区的应用及结果对比^[14,44,72,83];生态系统服务权衡协

同关系的研究多以定性分析较多,侧重在相互关系的辨识上,应加强对生态系统服务权衡关系的量化空间制图^[9,55-68];GIS 是生态系统服务制图过程中的重要工具,它能综合多源数据类型,面向决策需求,快速有效的集成多种评估制图方法,应加强其在生态系统服务制图中的应用^[84-86];模型是科学研究成果的一种表现形式,它是科研人员将过去或当前研究对象特征通过抽象测度,从而建立的能预测研究对象特征可能变化的方法的综合表达,是我们利用“已知”过程研究“未知”过程的有效工具。在生态系统服务制图过程中应重视综合模型的建立与应用,使得应用中能综合多种因素的影响,有效地辅助决策^[20,24,85,87-90];生态系统服务制图研究是将生态系统服务评估纳入到区域生态环境保护决策制定过程中的重要组成部分,对区域的可持续发展有着重要的意义,应注重生态系统服务制图在生态系统服务辅助决策过程中的综合应用^[19-28]。所以,生态系统服务制图研究应进一步关注于提出更多易于尺度拓展和跨区域使用的评估方法与模型、生态系统服务制图过程的量化与标准化、生态系统服务权衡协同关系的空间制图表达、GIS 在生态系统服务制图过程中的应用、生态系统服务制图综合模型的建立与应用以及生态系统服务制图在辅助决策与流域生态环境集成研究中的应用等方面。

References:

[1] King R T. Wild life and man. NY Conservationist, 1966, 20(6) : 8-11.

[2] Helliwell D R. Valuation of wild life resources. Regional Studies, 1969, 3(1) : 41-47.

[3] SCEP (Study of Critical Environmental Problems). Man's Impact on the Global Environment: Assessment and Recommendations for Action. Cambridge: MIT Press, 1970.

[4] Holdren J P, Ehrlich P R. Human population and the global environment. American Scientist, 1974, 62(3) : 282-292.

[5] Farber S C, Costanza R, Wilson M A. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. Ecological Economics, 2002, 41(3) : 375-392.

[6] Westman W E. How much are nature's services worth?. Science, 1977, 197(4307) : 960-964.

[7] Daily G C. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Washington, DC: Island Press, 1997.

[8] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G,

- Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387 (6630): 253-260.
- [9] Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington: Island Press, 2005.
- [10] Wallace K J. Classification of ecosystem services: problems and solutions. *Biological Conservation*, 2007, 139(3/4): 235-246.
- [11] Haines Young R. Exploring ecosystem service issues across diverse knowledge domains using Bayesian Belief Networks. *Progress in Physical Geography*, 2011, 35(5): 681-699.
- [12] Palmer M A, Morse J, Bernhardt E, Collins S, Dobson A, Duke C, Gold B, Jacobson R, Kingsland S, Kranz R, Mappin M, Martinez M L, Micheli F, Morse J, Pace M, Pascual M, Palumbi S, Reichman O J, Simons J, Townsend A, Turner M. Ecology for a crowded planet. *Science*, 2004, 304(5675): 1251-1252.
- [13] Sutherland W J, Armstrong Brown S, Armsworth P R, Tom B, Brickland J, Campbell C D, Chamberlain D E, Cooke A I, Duly N K, Dusic N R, Fitton M, Freckleton R P, Godfray H C J, Grout N, Harvey H J, Hedley C, Hopkins J J, Kift N B, Kirby J, Kunin W E, Macdonald D W, Marker B, Naura M, Neale A R, Oliver T, Osborn D, Pullin A S, Shardlow M E A, Showler D A, Smith P L, Smithers R J, Solandt J L, Spencer J, Spray C J, Thomas C D, Thompson J, Webb S E, Yalden D W, Watkinson A R. The identification of 100 ecological questions of high policy relevance in the UK. *Journal of Applied Ecology*, 2006, 43(4): 617-627.
- [14] Crossman N D, Burkhard B, Nedkov S. Quantifying and mapping ecosystem services. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 2012, 8(1/2): 1-4.
- [15] Liu J G, Li S X, Ouyang Z Y, Tam C, Chen X D. Ecological and socioeconomic effects of China's policies for ecosystem services. *Proceedings of the National academy of Sciences of the United States of America*, 2008, 105(28): 9477-9482.
- [16] Li S C, Liu J L, Zhang C Y, Zhao Z Q. The research trends of ecosystem services and the paradigm in geography. *Acta Geographica Sinica*, 2011, 66(12): 1618-1630.
- [17] Ehrlich P R, Kareiva P M, Daily G C. Securing natural capital and expanding equity to rescale civilization. *Nature*, 2012, 486(7401): 68-74.
- [18] Lu Y H, Fu B J, Feng X M, Zeng Y, Liu Y, Chang R Y, Sun G, Wu B F, Bond-Lamberty B. A policy-driven large scale ecological restoration: quantifying ecosystem services changes in the loess plateau of China. *PLoS ONE*, 2012, 7(2): 31782.
- [19] O'Farrell P J, Anderson P M L. Sustainable multifunctional landscapes: a review to implementation. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2010, 2(1/2): 59-65.
- [20] Daily G C, Polasky S, Goldstein J, Kareiva P M, Mooney H A, Pejcha L, Eicketts T H, Salzman J, Shallenberger R. Ecosystem services in decision making: time to deliver. *Frontiers in Ecology and Environment*, 2009, 7(1): 21-28.
- [21] Fisher B, Turner R K, Morling P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, 2009, 68(3): 643-653.
- [22] Beier C M, Patterson T M, Chapin F S. Ecosystem services and emergent vulnerability in managed ecosystems: A geospatial decision-support tool. *Ecosystems*, 2008, 11(6): 923-938.
- [23] Nelson E, Mendoza G, Regetz J, Polasky S, Tallis H, Cameron D, Chan K M, Daily G C, Goldstein J, Kareiva P M, Lonsdorf E, Naidoo R, Ricketts T H, Shaw M. Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2009, 7(1): 4-11.
- [24] Dianna Hogan, Greg Arthaud, Malka Pattison, Roger Sayre, Carl Shapiro. *Developing an analytical Framework: Incorporating Ecosystem Services into Decision Making-Proceedings of a workshop*. U. S. Geological Survey Open-File Report, 2010, 2009-1062, 8-8.
- [25] Summers J K, Smith L M, Case J L, Linthurst R A. A review of the elements of human well-being with an emphasis on the contribution of ecosystem services. *Ambio*, 2012, 41(4): 327-340.
- [26] Heather M, Leslie. A roadmap to nature's benefits. *Science*, 2012, 332(6035): 1264-1265.
- [27] Daily G C, Matson P A. Ecosystem services: From theory to implementation. *Proceedings of the National academy of Sciences of the United States of America*, 2008, 105(28): 9455-9456.
- [28] Cowling R M, Egho B, Knight A T, O'Farrell P J, Reyers B, Rouget M, Roux D J, Wilhelm-Rechman A. An operational model for mainstreaming ecosystem services for implementation. *Proceedings of the National academy of Sciences of the United States of America*, 2008, 105(28): 9483-9488.
- [29] Kroll F, Müller F, Haase D, Fohrer N. Rural-urban gradient analysis of ecosystem services supply and demand dynamics. *Land Use Policy*, 2012, 29(3): 521-535.
- [30] Burkhard B, Kroll F, Müller F, Windhorst W. Landscapes' capacities to provide ecosystem services-a concept for land-cover based assessments. *Landscape Online*, 2009, 15: 1-22.
- [31] Burkhard B, Franziska K, Stoyan N, Müller F. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, 2012, (21) 17-29.
- [32] Rolf W, Lenz R, Peters D. Development of a quantitative 'bioassay' approach for ecosystem mapping. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, 2012, 8(1/2): 71-79.
- [33] La Notte A. Mapping and valuing habitat services: two applications at local scale. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, 2012, 8(1/2): 80-92.

- [34] Gos P, Lavorel S. Stakeholders' expectations on ecosystem services affect the assessment of ecosystem services hotspots and their congruence with biodiversity. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem and Services Management*, 2012, 8(1/2): 93-106.
- [35] Guerry A D, Ruckelshaus M H, Arkema K K, Bernhardt J R, Guannel G, Kim C K, Marsik M, Papenfus M, Toft J E, Verutes G, Wood S A, Beck M, Chan F, Chan K M A, Gelfenbaum G, Gold B D, Halpern B S, Labiosa W B, Lester S E, Levin P S, McField M, Pinsky M L, Plummer M, Polasky S, Ruggiero P, Sutherland D A, Tallis H, Day A, Spencer J. Modeling benefits from nature: using ecosystem services to inform coastal and marine spatial planning. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem and Services Management*, 2012, 8(1/2): 107-121.
- [36] Vihervaara P, Kumpula T, Ruokolainen A, Tanskanen A, Burkhard B. The use of detailed biotope data for linking biodiversity with ecosystem services in Finland. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, 2012, 8(1/2): 169-185.
- [37] Petz K, van Oudenhoven A P E. Modelling and management effect on ecosystem functions and services: a study in the Netherlands. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, 2012, 8(1/2): 135-155.
- [38] La Notte A, Maes J, Grizzetti B, Bouraoui F, Zulian G. Spatially explicit monetary valuation of water purification services in the Mediterranean bio-geographical region. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, 2012, 8(1/2): 26-34.
- [39] Klug H, Dabiri Z, Hochwimmer B, Zalavari P. Assessing drinking water consumption by inhabitants and tourists in the Alps using a WebGIS for information distribution. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, 2012, 8(1/2): 50-70.
- [40] Ericksen P, de Leeuw J, Said M, Silvestri S, Zaibet L. Mapping ecosystem services in the Ewaso Ng'iro catchment. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, 2012, 8(1/2): 122-134.
- [41] Schulp C J E, Alkemade R, Klein Goldewijk K, Petz K. Mapping ecosystem functions and services in Eastern Europe using global-scale data sets. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, 2012, 8(1/2): 156-168.
- [42] de Groot R, Brander L, van der Ploeg S, Costanza R, Bernard F, Braat L, Christie M, Crossman N, Ghermandi A, Hein L, Hussain S, Kumar P, McVittie A, Portela R, Rodriguez L C, ten Brink P, van Beukering P. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*, 2012, 1(1): 50-61.
- [43] Lautenbach S, Maes J, Kattwinkel M, Seppelt R, Strauch M, Scholz M, Schulz-Zunkel C, Volk M, Weinert J, Dormann C F. Mapping water quality-related ecosystem services: concepts and applications for nitrogen retention and pesticide risk reduction. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, 2012, 8(1/2): 35-49.
- [44] Martinez-Harms M J, Balvanera P. Methods for mapping ecosystem service supply: a review. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, 2012, 8(1/2): 17-25.
- [45] Curran S R, de Sherbinin A. Completing the picture: the challenges of bringing "consumption" into the population-environment equation. *Population and Environment*, 2004, 26(2): 107-131.
- [46] van Jaarsveld A S, Biggs R, Scholes R J, Bohensky E, Reyers B, Lynam T, Musvoto C, Fabricius C. Measuring conditions and trends in ecosystem services at multiple scales: the Southern African Millennium Ecosystem Assessment (SAfMA) experience. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2005, 360(1454): 425-441.
- [47] McDonald R. Ecosystem service demand and supply along the urban-to-rural gradient. *Journal of Conservation Planning*, 2009, 5: 1-14.
- [48] Paetzold A, Warren P H, Maltby L L. A framework for assessing ecological quality based on ecosystem services. *Ecological Complexity*, 2010, 7(3): 273-281.
- [49] Syrbe R U, Walz U. Spatial indicators for the assessment of ecosystem services: providing, benefiting and connecting areas and landscape metrics. *Ecological Indicators*, 2012, 21: 80-88.
- [50] Seppelt R, Dormann C F, Eppink F V, Lautenbach S, Schmidt S. A quantitative review of ecosystem service studies: approaches, shortcomings and the road ahead. *Journal of Applied Ecology*, 2011, 48(3): 630-636.
- [51] Naidoo R, Balmford A, Costanza R, Fisher B, Green R E, Lehner B, Malcolm T R, Ricketts T H. Global mapping of ecosystem services and conservation priorities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2008, 105(28): 9495-9500.
- [52] Ayanu Y Z, Conrad C, Nauss T, Wegmann M, Koellner T. Quantifying and mapping ecosystem services supplies and demands: a review of remote sensing applications. *Environmental Science & Technology*, 2012, 46(16): 8529-8541.
- [53] Briggs D J, Gulliver J, Fecht D, Vienneau D M. Dasytetric modelling of small-area population distribution using land cover and light emissions data. *Remote Sensing of Environment*, 2007, 108(4): 451-466.
- [54] Nedkova S, Burkhard B. Flood regulating ecosystem services- Mapping supply and demand, in the Etropole municipality, Bulgaria. *Ecological Indicators*, 2012, 21: 67-79.
- [55] Rodríguez J P, Beard T D, Bennett E M, Cumming G S, Cork S, Agard J, Dobson A P, Peterson G D. Trade-offs across space,

- time, and ecosystem services. *Ecology and Society*, 2006, 11 (1): 28-28.
- [56] Bennett E M, Peterson G D, Gordon L J. Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology Letters*, 2009, 12(12): 1394-1404.
- [57] Goldstein J H, Caldarone G, Duarte T K, Ennaanay D, Hannahs N, Mendoza G, Polasky S, Wolny S, Daily G C. Integrating ecosystem-service tradeoffs into land-use decisions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2012, 109(19): 7565-7570.
- [58] Haase D, Schwarz N, Strohbach M, Kroll F, Seppelt R. Synergies, trade-offs, and losses of ecosystem services in urban regions: an integrated Multiscale framework applied to the Leipzig-Halle Region, Germany. *Ecology and Society*, 2012, 17(3): 22-22.
- [59] Carreño L, Frank F C, Viglizzo E F. Tradeoffs between economic and ecosystem services in Argentina during 50 years of land-use change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2012, 154: 68-77.
- [60] Barral M P, Oscar M N. Land-use planning based on ecosystem service assessment: A case study in the Southeast Pampas of Argentina. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2012, 154: 34-43.
- [61] Raudsepp-Hearne C, Peterson G D, Bennett E M. Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2010, 107(11): 5242-5247.
- [62] Maes J, Paracchini M L, Zulian G, Dunbar M B, Alkemade R. Synergies and trade-offs between ecosystem service supply, biodiversity, and habitat conservation status in Europe. *Biological Conservation*, 2012, 155: 1-12.
- [63] Swallow B M, Sang J K, Nyabenge M, Bundotich D K, Duraipappah A K, Yatich T B. Tradeoffs, synergies and traps among ecosystem services in the Lake Victoria basin of East Africa. *Environmental Science & Policy*, 2009, 12(4): 504-519.
- [64] Wang S, Fu B J. Trade-offs between forest ecosystem services. *Forest Policy and Economics*, 2013, 26: 145-146.
- [65] Li P, Jiang L G, Feng Z M, Yu X B. Research progress on trade-offs and synergies of ecosystem services: an overview. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(16): 5219-5229.
- [66] MEA. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press, 2005.
- [67] Turner R K, van den Bergh J C J M, Serqvist T, Barendregt A, van der Straaten J, Maltby E, van Ierland E C. Ecological-economic analysis of wetlands: scientific integration for management and policy. *Ecological Economics*, 2000, 35(1): 7-23.
- [68] Farber S, Costanza R, Childers D L, Erickson J, Gross K, Grove M, Hopkinson C S, Kahn J, Pincetl S, Troy A, Warren P, Wilson M. Linking ecology and economics for ecosystem management. *Bioscience*, 2006, 56(2): 121-133.
- [69] Felix E, Armsworth P R, Anderson B J, Heinemeyer A, Gillings S, Roy D B, Thomas C D, Gaston K J. The impact of proxy-based methods on mapping the distribution of ecosystem services. *Journal of Applied Ecology*, 2010, 47(2): 377-385.
- [70] Orme C D L, Davies R G, Burgess M, Eigenbrod F, Pickup N, Olson V A, Webster A J, Ding T S, Rasmussen P C, Ridgely R S, Stattersfield A J, Bennett P M, Blackburn T M, Gaston K J, Owens I P F. Global hotspots of species richness are not congruent with endemism or threat. *Nature*, 2005, 436(7053): 1016-1019.
- [71] Eigenbrod F, Anderson B J, Armsworth P R, Heinemeyer A, Jackson S F, Parnell M, Thomas C D, Gaston K J. Ecosystem service benefits of contrasting conservation strategies in a human-dominated region. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 2009, 276(1669): 2903-2911.
- [72] Maes J, Egoh B, Willemsen L, Willemsen L, Liqueste C, Vihervaara P, Schägner J P, Grizzetti B, Drakou E G, La Nottea A, Zuliana G, Bouraouia F, Paracchini M L, Braat L, Bidoglio G. Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services*, 2012, 1(1): 31-39.
- [73] Lamarque P, Quétier F, Lavorel S. The diversity of the ecosystem services concept and its implications for their assessment and management. *Comptes Rendus Biologies*, 2011, 334(5/6): 441-449.
- [74] Chan K M A, Shaw M R, Cameron D R, Underwood E C, Daily G C. Conservation planning for ecosystem services. *PLoS Biology*, 2006, 4(11): 2138-2152.
- [75] Tallis H, Polasky S. Mapping and valuing ecosystem services as an approach for conservation and natural-resource management. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2009, 1162(1): 265-283.
- [76] Schröter M, Remme R P, Hein L. How and where to map supply and demand of ecosystem services for policy-relevant outcomes? *Ecological Indicators*, 2012, 23: 220-221.
- [77] Hein L, van Koppen K, De Groot R S, van Ierland E C. Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services. *Ecological Economics*, 2006, 57(2): 209-228.
- [78] Schofield N J. Tree planting for dryland salinity control in Australia. *Agroforestry Systems*, 1992, 20(1/2): 1-23.
- [79] Farrington P, Salama R B. Controlling dryland salinity by planting trees in the best hydrogeological setting. *Land Degradation & Development*, 1996, 7(3): 183-204.
- [80] Anderies J M, Cumming G, Janssen M, Lebel L, Norberg J, Peterson G, Walker B. A resilience centered approach for engaging stakeholders about regional sustainability: an example from the Goulburn Broken catchment in Southeastern Australia. Technical Report, CSIRO Sustainable Ecosystems, 2001.

[81] Greiner R, Cacho O. On the efficient use of a catchment's land and water resources: dryland salinization in Australia. *Ecological Economics*, 2001, 38(3): 441-458.

[82] Briggs S V, Taws N. Impacts of salinity on biodiversity-clear understanding or muddy confusion? *Australian Journal of Botany*, 2003, 51(6): 609-617.

[83] Burkhard B, de Groot R, Costanza R, Seppelt R, Jørgensen S E, Potschin M. Solutions for sustaining natural capital and ecosystem services. *Ecological Indicators*, 2012, 21: 1-6.

[84] Nemec K T, Raudsepp-Hearne C. The use of geographic information systems to map and assess ecosystem services. *Biodiversity and Conservation*, 2013, 22(1): 1-15.

[85] Sherrouse B C, Clement J M, Semmens D J. A GIS application for assessing, mapping, and quantifying the social values of ecosystem services. *Applied Geography*, 2011, 31(2): 748-760.

[86] Li W J, Zhang S H, Wang H M. Ecosystem services evaluation based on geographic information system and remote sensing technology: a review. *The Journal of Applied Ecology*, 2011, 22(12): 3358-3364.

[87] Villa F, Ceronia M, Bagstad K, Johnson G, Krivov S. ARIES (Artificial Intelligence for Ecosystem Services): a new tool for ecosystem services assessment, planning, and valuation // Paper Presented at 11th Biodiversity and Economics for Conservation Conference. Venice, Italy, 2009.

[88] Wainger L, Mazzotta M. Realizing the potential of ecosystem services: a framework for relating ecological changes to economic benefits. *Environmental Management*, 2011, 48(4): 710-733.

[89] Nelson E J, Daily G C. Modelling ecosystem services in terrestrial systems. *F1000 Biology Reports*, 2010, 2: 53-53.

[90] Vigerstol K L, Aukema J E. A comparison of tools for modeling freshwater ecosystem services. *Journal of Environmental Management*, 2011, 92(10): 2403-2409.

参考文献:

[16] 李双成, 刘金龙, 张才玉, 赵志强. 生态系统服务研究动态及地理学研究范式. *地理学报*, 2011, 66(12): 1618-1630.

[65] 李鹏, 姜鲁光, 封志明, 于秀波. 生态系统服务竞争与协同研究进展. *生态学报*, 2012, 32(16): 5219-5229.

[86] 李文杰, 张时煌, 王辉民. 基于 GIS 和遥感技术的生态系统服务价值评估研究进展. *应用生态学报*, 2011, 22(12): 3358-3364.

<http://www.ecologica.cn>

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34 ,No.2 Jan. ,2014 (Semimonthly)
CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

Effects of soil texture on variations of paddy soil physical and chemical properties under continuous no tillage GONG Dongqin, LÜ Jun (239)

Evaluation of the landscape patterns vulnerability and analysis of spatial correlation patterns in the lower reaches of Liaohe River Plain SUN Caizhi, YAN Xiaolu, ZHONG Jingqiu (247)

Effects of light and dissolved oxygen on the phenotypic plasticity of *Alternanthera philoxeroides* in submergence conditions XU Jianping, ZHANG Xiaoping, ZENG Bo, et al (258)

A review of the relationship between algae and bacteria in harmful algal blooms ZHOU Jin, CHEN Guofu, ZHU Xiaoshan, et al (269)

Biodiversity and research progress on picophytoplankton in saline lakes WANG Jiali, WANG Fang (282)

Effects of ozone stress on major plant physiological functions LIE Ganwen, YE Longhua, XUE Li (294)

The current progress in rodents molecular phylogeography LIU Zhu, XU Yanchun, RONG Ke, et al (307)

The progress in ecosystem services mapping: a review ZHANG Liwei, FU Bojie (316)

Autecology & Fundamentals

Growth, and cationic absorption, transportation and allocation of *Elaeagnus angustifolia* seedlings under NaCl stress LIU Zhengxiang, ZHANG Huaxin, YANG Xiuyan, et al (326)

Leaf morphology and PS II chlorophyll fluorescence parameters in leaves of *Sinosenecio jishouensis* in Different Habitats XIANG Fen, ZHOU Qiang, TIAN Xiangrong, et al (337)

Response of change of wheat LAI measured with LAI-2000 to the radiance WANG Yan, TIAN Qingjiu, SUN Shaojie, et al (345)

Effects of K⁺ and Cr⁶⁺ on larval development and survival rate of the acorn barnacle *Balanus reticulatus* HU Yufeng, YAN Tao, CAO Wenhao, et al (353)

Diffusion of colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, adults in field LI Chao, PENG He, CHENG Dengfa, et al (359)

Population, Community and Ecosystem

Seasonal variations in fish community structure in the Laizhou Bay and the Yellow River Estuary SUN Pengfei, SHAN Xiujuan, WU Qiang, et al (367)

Variations in fish community structure and diversity in the sections of the central and southern Yellow Sea SHAN Xiujuan, CHEN Yunlong, DAI Fangqun, et al (377)

Research on the difference in eutrophication state and indicator threshold value determination among lakes in the Southern Jiangsu Province, China CHEN Xiaohua, LI Xiaoping, WANG Feifei, et al (390)

Effect of tidal creek system on the expansion of the invasive *Spartina* in the coastal wetland of Yancheng HOU Minghang, LIU Hongyu, ZHANG Huabing (400)

The spatial and temporal variations of maximum light use efficiency and possible driving factors of Croplands in Jiangsu Province KANG Tingting, GAO Ping, JU Weimin, et al (410)

Simulation of summer maize yield influenced by potential drought in China during 1961—2010 CAO Yang, YANG Jie, XIONG Wei, et al (421)

Forest change and its impact on the quantity of oxygen release in Heilongjiang Province during the Past Century ZHANG Lijuan, JIANG Chunyan, MA Jun, et al (430)

Soil macro-faunal guild characteristics at different successional stages in the Songnen grassland of China	LI Xiaoqiang, YIN Xiuqin, SUN Lina (442)
Seasonal dynamics of soil microbial biomass in six forest types in Xiaoxing'an Mountains, China	LIU Chun, LIU Yankun, JIN Guangze (451)
Landscape, Regional and Global Ecology	
Variation of drought and regional response to climate change in Huang-Huai-Hai Plain ...	XU Jianwen, JU Hui, LIU Qin, et al (460)
Wind speed changes and its influencing factors in Southwestern China	ZHANG Zhibin, YANG Ying, ZHANG Xiaoping, et al (471)
Characteristics of soil carbon density distribution of the <i>Kobresia humilis</i> meadow in the Qinghai Lake basin	CAO Shengkui, CHEN Kelong, CAO Guangchao, et al (482)
Life cycle assessment of carbon footprint for rice production in Shanghai	CAO Liming, LI Maobai, WANG Xinqi, et al (491)
Research Notes	
Seasonal changes of ground vegetation characteristics under artificial <i>Caragana intermedia</i> plantations with age in desert steppe	LIU Rentao, CHAI Yongqing, XU Kun, et al (500)
The experimental study on trans-regional soil replacement	JIN Yinghua, XU Jiawei, QIN Lijie (509)
Sensitivity analysis of swat model on changes of landscape pattern: a case study from Lao Guanhe Watershed in Danjiangkou Reservoir Area	WEI Chong, SONG Xuan, CHEN Jie (517)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 34 卷 第 2 期 (2014 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 2 (January, 2014)

编 辑 《生态学报》编辑部
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085
电话:(010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 王如松

主 管 中国科学技术协会

主 办 中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂

发 行 科 学 出 版 社
地址:东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
电话:(010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

订 购 全国各地邮局

国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址:北京 399 信箱
邮政编码:100044

广告经营 京海工商广字第 8013 号

许 可 证

Edited by Editorial board of
ACTA ECOLOGICA SINICA
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Tel: (010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

Editor-in-chief WANG Rusong

Supervised by China Association for Science and Technology

Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel: (010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China

Foreign China International Book Trading
Corporation
Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China

