

文章编号:1007-7588(2008)01-0100-07

生态系统服务消费模式、计量及其管理框架构建

甄霖¹, 刘雪林², 魏云洁²

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要:当前,人类社会对生态系统服务的需求和消费日益增加,由此引发了生态系统服务的变化。然而,生态系统服务的消费机制仍然是一个空白的研究领域。本文以生态系统服务-消费-管理的互动关系为主线,从理论基础和实践应用的角度,对生态系统服务消费的概念理论、基本范式、度量体系和管理框架进行了探讨,将与人类消费关系密切的生态系统的供给功能分为生产功能和承载功能,将生态系统服务消费定义为人类生产和生活对生态系统服务的消耗、利用和占用,生态服务消费区分成直接消费和间接消费两种基本模式,强调生态系统服务直接与间接产品界定和消费者确定在生态系统服务消费研究中的重要性,初步给出了两种生态服务消费的不同计量方法。研究提出生态系统服务消费的函数表达式为: $E_c = E_{dc}[f(X_a, X_{hz}, X_{gen}, X_{edu}, X_{bev}, X_{cmr}, X_{inc}, \dots, X_n)] + E_{idc}$ 。生态系统服务消费研究将为政府在生态系统服务的投资、贸易、补贴、税收等方面的决策,提供科学依据。

关键词:生态系统服务消费;模式;度量方法;决策管理

1 引言

大自然提供的生态系统服务为世界上每一个人过上健康和安全的生活创造了条件。尽管我们每时每刻都在浑然不觉地消费和消耗着生态系统服务,但我们必须认识到生态系统服务正在变成越来越稀缺和宝贵的资源,人类再也不能将生态系统服务视为取之不尽、可以随意获取的东西。目前人们滥用生态系统服务的现象极为普遍,如果人类对生态服务的消费方式不发生根本性转变的话,生态系统所受到的压力将进一步加强而导致生态系统的崩溃。

近年来,国内外学者围绕生态系统服务展开了广泛而深入的研究。国外对生态系统服务研究分两个阶段:从20世纪70年代至90年代中期主要集中在生态系统服务功能的概念内涵甄别、生态服务类型和分类以及有关生态资产和生态系统服务价值评价的理论和方法等方面。这为以后生态系统价值评估的开展和区域、全球生态系统服务评估框架的建立提供了重要的理论基础。20世纪90年代中期以来,生态系统服务及其价值评估的研究变成生态学研究的一个热点,在全球范围内广泛开展。不同研究者从不同的研究角度探讨生态系统服务^[1-4]。我

国真正开展生态服务研究,主要还是在1997年受Costanza等有关全球生态系统服务经济价值的研究的影响,一些学者自发地开展了该领域的探索。从20世纪90年代中期至今,众多专家和学者开始对全球、区域、城市以及单一生态系统或者单个物种生态系统服务及其价值评估理论与方法进行积极探讨,研究涉及生态系统服务特征^[5,6]、生态质量与生态系统服务^[7]、生态系统服务的物质质量与价值量评价^[8,9]、生态系统服务与自然资本价值评估^[10]、省、市级生态系统服务价值和结构研究^[11]、以及对中国西部生态系统全方位深层次的评估^[12]。

当前,人类社会对生态系统服务的需求和消费日益增加,由此引发了生态系统服务的变化。研究生态系统服务与社会经济系统之间的关系已成为尝试建立资源节约型社会和可持续发展的重要科学问题。可以预见,对生态系统消费机制的研究将成为该领域的热点,具有重要的科学意义,将为生态系统研究开创一个崭新的领域。但从上述研究可以看出,生态系统的消费机制仍然是一个空白的研究领域,以往的研究没有从生态系统的管理者和消费者-当地公众的角度出发揭示对生态系统服务的可获得性及其消费的意愿和态度。本文旨在界定生态系

收稿日期:2007-09-01;修订日期:2007-11-05

基金项目:国家自然科学基金项目(编号:30670374, 30470317);中国科学院知识工程创新项目(编号:06W60000SZ, 066U0401SZ)。

作者简介:甄霖,女,甘肃天水市人,博士,副研究员,主要从事资源生态与管理研究。

E-mail: zhenl@gnsrr.ac.cn

统服务消费概念、构建生态系统服务消费和管理的概念框架,探讨生态系统服务消费研究的方法,为开展生态系统服务消费研究奠定理论和方法基础,以便为政府在生态系统服务的投资、贸易、补贴、税收等方面的决策,提供科学依据。

2 生态系统服务消费的概念框架构建

生态系统的产品(例如食物)与服务(例如同化废弃物)是指人类直接或间接地从生态系统的功能当中获得的各种惠益,二者通常统称为生态系统服务^[4,13]。生态服务消费指人类社会对生态系统所提供的服务的消费、消耗、利用和占用,是生态系统服务的价值体现,可以物质量(实物量)或价值量(货币量)指标予以表述。因此,对生态系统服务的消费不仅包括对生态系统提供的产品的消费,而且包括对生态系统提供的非产品服务的消费。图 1 列出了生态系统服务消费——管理之间的相互关系。在这个概念框架的图表中,生态系统是由植物、动物,以及微生物群体与其周围的无机环境相互作用形成的一个动态、复杂的功能单位^[14],人类社会系统是包容在生态系统中的生态系统管理者和生态系统服务消费者。在这个互动的概念框架中,人类社会系统与生态系统服务之间存在一种动态的相互作用:一方面,生态系统给人类提供各种服务;另一方面,人类对生态系统服务进行消费,并直接或间接影响着生态系统的变化。因此,人类在进行与生态系统有关的决策并对其进行管理时,要充分考虑人类社会对生态系统的消费。

从生态系统服务的角度看(图 1),生态系统给人类提供各种效益,包括供给功能、调节功能、文化功能以及支持功能。对特定研究区域而言,首先应当明确识别并界定区域特定的关键生态系统服务类型,在此基础上进行量化评估。生态系统提供的这些效益不是一成不变的,他们受自然及社会经济营力的驱动而发生时空变异,体现在数量和质量的变化。这种变化反过来又影响自然生态系统服务的供给效益。

从消费的角度看,人类对生态系统服务的要求多种多样,并在不同程度上获取和消费着这些服务,这主要体现在对物质量和价值量的直接消费和间接消费。在某个特定的空间尺度,人类总是和其周围的某些生态系统服务有着密切的利益关系,但对这些服

务的获得程度和消费方式及程度存在差异,这种差异表现在流域上中下游之间、社区之间、以及个体之间。长期以来,在各种内在和外在营力的共同作用下,促使生态系统结构及其服务发生变化,这种变化同时带来社区社会经济状况的改变,表现为生态系统服务需求-行动-压力-状态-响应的因果链。

人类对生态系统服务消费模式和意愿受多种因素影响。社区公众是生态系统服务的直接生产者、管理者和消费者,他们已经发展和完善了各种知识信息体系,如对生态系统服务的感知、支付程度、意愿、偏好、态度、管理技术等。这些信息系统的形成和差异总是与生态系统提供人类所期望的服务功能的能力有关,并受多种因素的影响,如对生态系统服务的可获得性或可达性、消费行为如消费偏好和消费可能性,价值实现程度和个体因素如年龄、性别、受教育程度、职业、收入及宗教。这不仅对社区自身具有重要的直接的价值,而且对评价当地生态系统提供的服务和对服务的消费状况也具有相当重要的价值。虽然这种信息通常并不为科学界所认知,但它却往往表现了社会与自然之间的关系,也代表了某种管理自然资源的特定的可持续方式。为了保证知识信息的可信性和实用性,决策者必须对来自各方面(不管是科学的、流传的,还是实践方面的)的信息资源进行严格的评价。

对生态系统服务消费研究的最终目的是对其进行科学管理(图 1),使人类社会系统和自然生态系统处于协调发展的状态。在研究生态系统服务消费时,应重点考察人类是如何在利用和消费的同时来

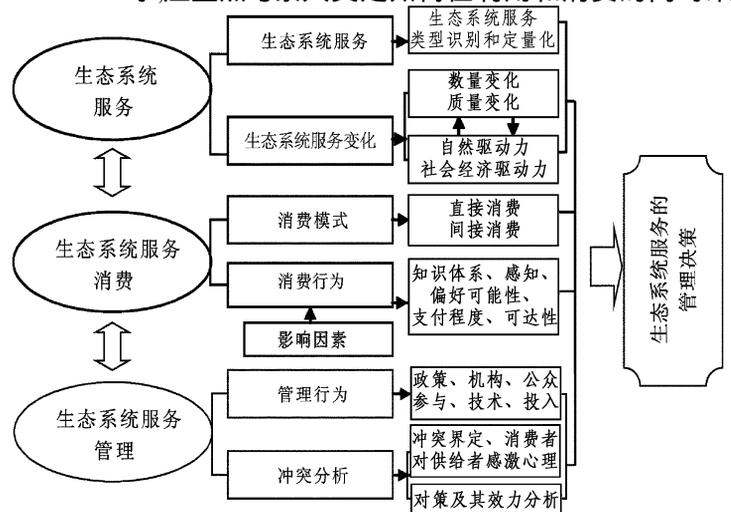


图 1 生态系统服务 - 消费 - 管理的概念框架

Fig. 1 Conceptual framework of ecosystem service-consumption-management

对生态系统进行管理的。有效的生态系统管理需要在从局地到全球的所有尺度上采取行动,这包括为改变人类活动对生态系统的直接或间接影响而可能采取的所有措施。当地社区掌握的知识与经验有时可以帮助实现对生态系统的可持续利用。因此,管理行为包括公众参与、知识、技术、投入、政策和机构能力及管理中存在的冲突如中下游的冲突分析如中下游对上游所付出牺牲的感激心理等是改善生态系统服务不可或缺的内容。合理的政策和管理措施通常可以扭转生态系统的退化趋势,并增强其对人类福利的贡献。但是,准确把握采取干预的时机和方式,需要充分认识有关生态系统和社会经济系统的作用机理。

3 生态系统服务的直接消费和间接消费

人类生态系统服务的消费模式是认识人类生态系统服务消费行为及其生态服务消费计量、价值实现的基础,根据不同生态服务类型的特征和与人类生活的密切程度,人类社会对生态系统服务消费可分为直接消费和间接消费。为满足基本生存需要,人类

直接消费自然或人工生态系统服务,如对谷物、水果、蔬菜、动物性产品和副产品的消费。除食物消费外,人类还直接消费木材并用作燃料或建筑材料,消费药材等。物质是居民能源的主要形式,尤其是在资源贫乏的发展中国家。其中最为普遍的形式是薪柴消费,即购买或采集的木材及其制品,包括矮丛林、灌木、树枝等,主要用作燃料来取暖或做饭。其他形式的物质能源如作物秸秆和动物粪便也逐渐成为流行的燃料类型^[15]。

在所有目前生态学家识别出的生态服务类型中,供给服务是与人类直接消费关系最为密切的服务。De Groot 等^[13]将供给服务定义为人类从生态系统获取的各种产品,即提供资源或空间这一类的“自然服务”,并将其分为生产功能和承载功能两类。生产功能是自然生态系统生产的资源,如从海洋中捕获的鱼类,由野生植物采取的药材,以及天然林里获取的植物和动物。承载功能包括人类通过干预自然生态系统生产力所获取的产品和服务(如水产养殖所得鱼类、种植所得木材等)(表1)。

表1 与人类消费关系密切的供给服务类型

Table 1 Category of provisioning services relevant for human's consumption

生产功能	简述	生物物理指标(如生态系统提供产品和服务的属性)	产品和服务(举例)
供给服务	来自非干扰生态系统的资源	- 物质(生产和储存) - 生物化学属性 - 其他	- 淡水 - 食物(如鱼类,丛林肉) - 原材料(木材、饲料) - 其他
	支撑功能	利用空间提供的资源或其他产品和服务	取决于特定的土地利用类型及环境条件(如土壤稳定性和肥力、空气和水质、水文、地形、气候、地理等)
			- 栽培(如农业、种植、水产) - 能源转化(如风、太阳能) - 采矿(铁、化石、燃料等) - 交通(尤其是水上交通) - 其他

在直接消费的同时,人类也间接地消费生态系统服务。间接消费的生态系统服务通常指被用作生产人们使用的最终产品与服务的中间投入。例如,食物生产过程中所需要的水分、土壤养分,以及授粉与生物控制服务等。人类并没有直接消费土壤形成服务,但土壤形成通过直接影响供给服务的作物生产服务而间接对人类消费产生影响^[16]。表2总结了截至目前为止国外生态系统服务研究领域的科学家所列举的主要直接消费性与间接消费性生态系统服务类型。

应当指出的是,直接消费性与间接消费性生态系统服务类型的划分是一个相对的概念,它受生态系统直接与间接产品的选择性的影响,如森林的木材一旦作为产品提供后,就不可能提供其他的间接服务了。其次,类型划分还取决于生态系统服务的消费群体,在这种情况下,消费者的确定就显得非常

重要,有些可能是当地居民直接消耗掉了,即为直接消费性产品,最典型的为水资源和薪材消费;但还有许多带有公益性的,如文化服务;或被下游地区消费了,如上游的净化水质和洪水调节服务更多地为下游提供了消费的基础,这对于在此基础上的生态补偿机制建立极为重要。再次,在许多情况下,绝对划分生态系统服务的直接消费和间接消费显得有些牵强附会,原因归结于二者的高度关联性。一个典型的例子是刘建国等(2007)近期发表在 Science 杂志的研究结果^[24]:卧龙岗自然保护区居民对薪材的直接消费影响了大熊猫的数量,熊猫数量是生物多样性的主要指标之一,熊猫数量与居住地与薪材收集地之间距离呈负相关性,距离的邻界值为1 800m。当这个距离小于临界值时,采集薪材涉及的林地面积较小,熊猫栖息地可以得到较好的保护;而当距离接近或大于临界值时,居民更多地通过在很大区域

分散砍伐树木来满足燃料需求,导致熊猫数量减少。因此,人类对生态系统服务的直接消费(如薪材消费)同时会伴随着间接消费(如对生物多样性消费),二者是密不可分的。

表 2 国外研究涉及的直接消费性与间接消费性生态系统服务类型

Table 2 Major direct and indirect consumption ecosystem services identified in the literature

直接消费性生态系统服务	间接消费性生态系统服务
农业	生物多样性 ^[17]
粮食作物 ^[13,16~19]	碳收支 ^[1,17]
果树 ^[13,19]	净化水质 ^[17]
动物饲料 ^[13,18]	洪水调控 ^[16]
蔬菜 ^[16,17]	生态旅游 ^[17]
畜牧业	消遣 ^[1,4,17]
肉类及其产品 ^[13,16,18]	社会凝聚力 ^[16]
奶、蛋 ^[16,18]	废弃物处理 ^[4]
燃料	土壤形成 ^[4]
木材 ^[4,13,16,20~22]	气候调节 ^[4,16]
动物粪便 ^[16,20~22]	文化 ^[4]
林业	
薪柴 ^[16~22]	—
原木 ^[1,17]	—
建筑材料 ^[13,17]	—
纤维	
木材、黄麻、棉花、大麻、丝、羊毛 ^[16]	—
淡水 ^[16~19]	

4 生态系统服务消费的计量

生态系统服务因其可被人类社会使用、消费来满足人类需求,因而具有价值。Mc-Neely 等(1990)根据产品是否具有实物性和产品是否通过市场及其消耗的性质,将生态系统价值分为消耗性使用价值、非消耗性使用价值、生产性使用价值、选择价值和存在价值。对人类生态系统服务消费的度量可以根据人类为满足消费目的而使用的生态系统服务的效用(实物量)和价值量(货币量)来衡量。它包括对直接消费的生态系统服务消费的度量和对间接消费的生态系统服务的度量。一旦确定了特定生态系统服务类型,那么对其消费的度量就显得比较容易了。度量方法根据消费生态系统服务的类型而各具特点,主要可以归纳为以下方面:

4.1 对直接消费性生态系统服务的度量

通常的度量方法有以物质量(实物量)指标表达

的,也有以价值量指标予以表述的。以物质量或实物量表达的主要是衡量对生态系统服务产品的实际消费量,在自然生态系统或人工生态系统中,对食物产品、用作薪材或者用于建筑的木材及医药产品的收获量、以及用于消费的动物狩猎量^[16],收获的谷物量或捕获的鱼类数量等^[13],都是消费性使用的例子。

以价值量形式度量生态系统服务消费则是将消费的生态系统服务折算成货币的形式来表达。也就是说可以对在有效市场上进行交易的消费性使用的生态系统服务,按照其在市场上交易的货币量进行估算。通常情况下,这类生态系统服务属于私有物品,而且可以在市场上进行交易,在相对价格和其他经济因素既定的条件下,使用者可以通过他们是实际市场选择,表现出他们对这些物品的偏好程度(与其他替代品或者辅助物品相比)。对于这类生态系统服务来讲,我们可以基于观测到的市场价格直接确定其货币量。在许多生态系统服务价值量评估中,通常利用社区消费生态系统服务后所产生的社会或经济效益及生态系统服务和效益的动态变化来衡量^[4]。

资源流动分析过程中采用的货币单位^[22],把物质流模型与经济模型结合起来,可以应用于生态系统服务消费定量研究。此外,也可以用生态系统服务形成过程中直接或间接消耗的太阳能焦耳总量来度量消费状况,即通常所指的能值分析法^[23]。

4.2 对间接消费性生态系统服务的度量

间接消费的生态系统服务对人们享受其他最终的消费性愉悦产品具有间接的促进作用。例如:净化水质、同化废弃物,以及可以供给清新空气和洁净水从而降低健康风险的其他调节服务。对这些服务的度量可以用生产一定数量的可直接消费的生态系统服务来衡量。

由于间接消费的生态系统服务一般情况下不能进行市场交易,因此不能直接估算其需求和货币量。在这些情况下,我们必须使用其他方法来估算对这些服务消费的量。目前普遍采用的是支付意愿(WTP)和接受意愿(WTA)的方法。广义地讲,支付意愿适合于受益人对提供服务的资源没有所有权,或者是服务水平正在得到提高的情况;而接受意愿适合于受益人对提供服务的资源具有所有权,或者是服务水平正在下降的情况^[16]。这类方法一般是基于利益相关者问卷调查的方式获取数据,他们是

根据被调查者对一些直接问题(描述假设市场或假设情况的问题)的回答推测有关服务的价值。这一组方法还可以划分为对支付意愿或接受意愿的直接假设估算法(例如意愿调查价值评估法(contingent valuation),根据这种方法,要求被调查者直接回答他们愿意为某些特定的惠益支付多少钱)与间接假设估算法(例如条件层次顺序法或者选择表达法(contingent ranking or conjoint valuation),根据这种方法,要求被调查者对不同类的物品进行等级排序)。例如,生产一定数量的粮食需要一定的水、土地资源保障,很多情况下这些产品是在异地生产的,或者利用其它地区的资源生产的,如下游生产粮食则需要上游的水资源供给,那么消费者对生产地或资源提供地区的支付意愿可以作为对间接消费的生态系统服务的估算。一般而言,消费者对生态系统服务支付的支付意愿取决于从中获益多少,尤其是直接获益状况,同时还受消费者对所消费服务的可达性、利用方式和程度的影响。消费者的富裕程度也会直接或间接地影响其对生态系统服务的消费和支付意愿和接受意愿,例如,富裕人群一般较贫困人群以更高的人均比率消费生态系统服务,因为他们通常控制着较大份额的生态系统服务。

4.3 生态系统服务消费计量模型

生态系统服务供给具有时空分异性,人类对生态系统服务消费的匡算受限于生态系统服务的供给程度、可达性,以及社区的消费行为及其社会经济特点。根据前文论述,生态系统服务消费的计量可归纳为下面的表达式:

$$E_c = E_{dc}[f(X_a, X_{hz}, X_{gen}, X_{edu}, X_{bev}, X_{cmr}, X_{inc}, \dots, X_n)] + E_{idc}$$

式中, E_c = 生态系统服务总消费(ecosystem service consumption)。 E_{dc} = 直接消费(direct consumption), 包含的主要参数有: X_a : 生态系统服务的可达性。可以考虑为距离函数。距离函数的临界值影响消费,超出临界值则消费趋于下降; X_{hz} : 家庭大小; X_{gen} : 性别; X_{edu} : 受教育程度; X_{bev} : 消费行为。表示为消费偏好(如消费选择及选择限制,可以融入效应理论的框架)和消费可能性(如实际可供选择的消费品,可以直接观察到); X_{cmr} : 消费者类型; X_{inc} : 消费者收入水平; E_{idc} = 间接消费(indirect consumption)。如粮食生产过程中对水、土、气等资源的消耗。也可以用 WTP 或 WTA 等方法计量。

5 结论与需要进一步研究的问题

本文将生态系统服务的消费定义为人类生产和生活对生态系统服务的消耗、利用和占用,并构建了一个生态系统服务消费和管理的概念框架,将生态服务消费区分成直接消费和间接消费两种基本模式,并初步给出两种生态服务消费的不同计量方法。关于人们对生态服务的消费模式、消费量以及影响生态服务消费因素的研究目前还很少有成果报道,本文只是一个初步的总结,如下研究有待进一步开展:

(1) 生态系统服务消费的机制与效用研究:不同生态系统服务如何作用于人类生产和生活的过程并引起人类所得福利的变化;如何描述和反映消费者对不同生态服务消费品组合的偏好,从而揭示消费者对生态服务消费品组合选择的顺序和原因;生态系统服务生产和消费过程中对环境和人类健康的影响首先是在当地层次上觉察到,如何深入挖掘生态系统服务所蕴含的环境、经济和社会研究价值,是未来研究应该注重的方向之一。

(2) 直接消费性和间接消费性生态系统服务研究:包含其界定与匡算。由于二者之间的相互关联和影响,在实际研究中往往难以进行截然的区分和计算。相关的研究涉及对消费者的确定,在此基础上明确被消费的生态系统服务类型及其关系。

(3) 生态系统服务消费的地域性特点:需要进行大量的实地研究,从生态系统的管理者和消费者出发进行大量生态服务消费调查,揭示对生态系统服务的可获得性及其消费的偏好、意愿和态度,为确定生态服务的消费量、消费程度以及生态服务价值的实现程度、生态补偿政策制定提供第一手实证资料和数据。

(4) 生态服务消费政策选择的分析:生态系统管理始终是社会不同利益集团之间代价和利益(成本和利润)的分配问题^[14]。人类对各种生态系统服务的需求极大,协调各种生态系统服务之间的利与弊取决于改变目标生态系统服务和生态系统的特定管理措施。研究人类对生态系统服务的利用状况从一个方面反应了人类活动对资源的消耗程度,可以明晰资源消耗与经济和社会发展之间的内在联系,建立生态系统服务与资源利用和消耗之间的关系。如何描述和分析生态服务消费的扩张过程、政策对生态服务产品消费的刺激作用和抑制作用,以及政府保障生态服务基本消费的路径,也是未来生态系统服务消费研究应该注重的方向之一。

参考文献 (References):

- [1] Turner R. K., Jouni P., Philip C., et al. Valuing nature: lessons learned and future research directions [J]. *Ecological Economics*, 2003, 46: 493 ~ 510.
- [2] Naeem, S. How changes in biodiversity may affect the provision of ecosystem services[A]. In: *Managing Human Dominated Ecosystems* [C]. Edited by Hollowell. Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, 2001.
- [3] Daily, G. C., S. Oderqvist, T., Aniyar, S., et al. The value of nature and the nature of value[J]. *Science*, 2000, 289: 395 ~ 396.
- [4] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and nature[J]. *Nature*. 1997, 387: 253 ~ 260.
- [5] 欧阳志云,王效科,苗鸿. 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*, 1999, 19(5): 607 ~ 613. [OUYANG Zhi-yun, WANG Xiao-ke, MIAO Hong. A primary study on Chinese terrestrial ecosystem services and their ecological-economic values [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(5): 607 ~ 613.]
- [6] 欧阳志云,王如松. 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*, 2000, 22(5): 45 ~ 50. [OUYANG Zhi-yun, WANG Ru-song. Ecosystem services and their economic valuation[J]. *World Sci-tech R & D*, 2000, 22(5): 45 ~ 50.]
- [7] 周亚萍,安树青. 生态质量与生态系统服务功能[J]. *生态科学*, 2001, 20(1, 2): 85 ~ 90. [ZHOU Ya-ping, AN Shu-qing. Ecological quality and ecosystem services [J]. *Ecologic Science*, 2001, 20(1, 2): 85 ~ 90.]
- [8] 赵景柱,肖寒,吴刚. 生态系统服务的物质与价值量评价方法的比较分析[J]. *应用生态学报*, 2000, 11(2): 290 ~ 292. [ZHAO Jing-zhu, XIAO Han, WU Gang. Comparison analysis on physical and value assessment methods for ecosystems services[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11(2): 290 - 292.]
- [9] 谢高地,张钰铨,鲁春霞,等. 中国自然草地生态系统服务价值[J]. *自然资源学报*, 2001, 16(1): 47 ~ 53. [XIE Gao-di, ZHANG Yu-lian, LU Chun-xia, et al. Study on valuation of rangeland ecosystem services of China[J]. *Journal of Natural Resources*, 2001, 16(1): 47 ~ 53.]
- [10] 张志强,徐中民,王建,等. 黑河流域生态系统服务的价值[J]. *冰川冻土*, 2001, 23(4): 360 ~ 366. [ZHANG Zhi-qiang, XU Zhong-min, WANG Jian, et al. Value of the ecosystem services in the Heihe River Basin[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2001, 23(4): 360 ~ 366.]
- [11] 徐中民,张志强,程国栋,等. 额济纳旗生态系统恢复的总经济价值评估[J]. *地理学报*, 2002, 57(1): 107 ~ 116. [XU Zhong-min, ZHANG Zhi-qiang, CHENG Guo-dong, et al. Measuring the total economic value of restoring Ejina Banner's ecosystem services [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2002, 57(1): 107 ~ 116.]
- [12] Liu, J. Y., Masataka W., Yue, T. X., et al. Integrated ecosystem assessment for western development of China [J]. *Journal of Geographic Sciences*, 2002, 9(4): 330 ~ 334.
- [13] De Groot, R. S., Hein, L.. Concept and valuation of landscape functions at different scales[A]. In: U. Mander, H. Wiggering, K. Helming. *Multifunctional Land Use: Meeting Future Demand for landscape Goods and Services* [C]. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.
- [14] Malthy, E., Martin, Holdgate, M., Acreman, M., Weir, A., 1999. *Ecosystem Management: Questions for Science and Society* [M]. Published by the Royal Holloway Institute for environmental Research, Virginia Water, UK.
- [15] B P Bhatt, L B Singha, M S Sachan, K Singh. Commercial edible bamboo species of the North-Eastern Himalayan Region, India[J]. *Journal of Bamboo and Rattan*, 2004, 3(4): 337 ~ 364.
- [16] MA (Millennium Ecosystem Assessment). *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment* [M]. Washington/Covelo/London: Island Press, 2003.
- [17] Kaplowitz M. D., Boehn J. P.. Do focus groups and individual interviews reveal the same information for natural resource valuation? [J]. *Ecological Economics*, 2001, 36: 237 ~ 247.
- [18] Deutsch L., Folke C.. Ecosystem subsidies to Swedish food consumption from 1962 to 1994[J]. *Ecosystems*, 2005, 8: 512 ~ 528.
- [19] Madubansi M., Shackleton C. M.. Changes in fuelwood use and selection following electrification in the Bushbuckridge lowveld[J]. *South Africa Journal of Environmental Management*, 2007, 83: 416 ~ 426.
- [20] Robert Costanza, Matthias Ruth. Using dynamic modeling to scope environmental problems and build consensus [J]. *Environmental Management*, 1998, 22(2): 183 ~ 195.
- [21] Brouwer Inge D., Hoorweg Jan C.. When households run out of fuel: Responses of rural households to decreasing fuelwood availability [J]. *World Development*, 1997, 25(2): 255 ~ 266.
- [22] Rob B. Dellink, Patricia P. A. A. H. Kandelaars. An empirical analysis of dematerialization: Application to metal policies in the Netherlands[J]. *Ecological Economics*, 2000, 33: 205 ~ 218.
- [23] Odum H T, Odum E P. The energetic basis for valuation of ecosystem services[J]. *Ecosystems*, 2000, 3(1): 21 ~ 23.
- [24] Jianguo Liu, Thomas Dietz, Stephen R. Carpenter. Complexity of coupled human and natural systems[J]. *Science*, 2007, 317: 1513 ~ 1516.

Consumption of Ecosystem Services: Models, Measurement and Management Framework

ZHEN Lin¹, LIU Xue-lin², WEI Yur-jie²

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Population growth and associated increasing intervention and consumption of natural ecosystem services have caused significant changes of ecosystems, and led to degradation of nearly 60 percent of the entire ecosystem services on this planet. Numerous efforts have been undertaken in assessment and valuation of the services, leaving a gap in human's consumption of ecosystem services to be filled up. The research on human's consumption of natural ecosystem services would shed light on interactions between natural system and human system for sustainable management of ecosystems.

This paper aims to establish a conceptual framework for scientific research on ecosystem service's consumption following the relations between ecosystem service-consumption-management. With focus on theoretical review of ecosystem services related mostly to human's consumption, the paper defines a concept of consumption of ecosystem service as human's consumption, utilization and occupation of the services for meeting production needs and livelihood. It categorizes the consumption into direct consumption and indirect consumption, which could be measured in physical and monetary terms respectively, or a combination of the two methods. Physical measurement includes mainly quantity of products produced from ecosystem service such as fish caught, crop harvested, etc; monetary measurement is used for tradable goods and services, which can be expressed as prices in the market. Willingness to pay and willingness to accept are useful methods for measuring indirectly human's consumption. It is addressed that identification of direct vs indirect products of ecosystem services, as well as consumers are critical for making the study focused. The study considers that for ecosystem consumption research, the following formula showing relationships between different components of ecosystem service provision and consumption should be addressed: $E_c = E_{dc} [f(X_a, X_{hz}, X_{gen}, X_{edu}, X_{bev}, X_{cmr}, X_{inc}, \dots, X_n)] + E_{idc}$. Exploration of mechanism of human's consumption of ecosystem service would provide scientific basis for investment, trading, subsidy determination and taxation of the governments at all levels and the society.

Key words: Consumption of ecosystem services; Models; Measurement; Decision management