

生态系统综合评价的内容与方法

傅伯杰, 刘世梁, 马克明

(中国科学院生态环境研究中心 系统生态开放研究室, 北京 100085)

摘要: 生态系统综合评价是系统分析生态系统的生产及服务能力, 对生态系统进行健康诊断, 做出综合的生态分析和经济分析, 评价其当前状态, 并预测生态系统今后的发展趋势, 为生态系统管理提供科学依据。从总体上讲, 综合评价更强调生态系统一系列产品与服务功能之间的权衡, 具有很强的实践意义。许多学者对不同的生态系统服务功能进行了经济价值评估, 但缺乏对生态系统的产品、服务、健康与管理之间关系的进一步探讨。对生态系统服务功能评价、健康评价和生态管理与预测进行了系统论述, 目的是提出生态系统综合评价的框架, 指导生态系统评价行动及生态系统管理。

关键词: 生态系统综合评价; 生态系统服务; 生态系统健康; 生态系统管理

The contents and methods of integrated ecosystem assessment (IEA)

FU Bo-Jie, LIU Shi-Liang, MA Ke-Ming (Department of System Ecology, Research Center for Eco-Environmental Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(11): 1885~1892.

Abstract: Ecosystems provide many kinds of products and services to human society. However, we still know less about current conditions of ecosystem and their future trends though they have been greatly altered by us in the past centuries. It is urgent to make an integrated ecosystem assessment in supporting decision making for ecosystem management to realize sustainable development. The conceptual framework and assessment procedures of integrated ecosystem assessment were developed in this paper.

Integrated ecosystem assessment (IEA) is the basis for ecosystem management, which mainly includes the analysis of important goods and services of ecosystem, the diagnosis of ecosystem health, the prediction of future trends of ecosystem, as well as the relevant economical and social analysis. Integrated ecosystem assessment should also be carried out from a point of view of broad temporal and spatial scales, because long-term ecological processes often exist in the "invisible present" and ecosystems interact with each other at different scales, which is also a challenge in the establishment of assessment indexes.

The services of ecosystem are critical to the functioning of the earth's life-support system. However, they have not been paid much attention in policy decision because they are not fully accepted in commercial market or not adequately in terms of comparable with economic service and manufactured capital. Actually, they are useful in estimating the "incremental" or "marginal" value of ecosystem service. Ecosystem services can be catalogued into four levels according to their functions, and can be evaluated by using five methods. They are, (1) direct market value method, (2) indirect market value method, (3) conditional estimation value method, (4) production/cost method, and (5) actual market influence estimation value method. Actually, integrated ecosystem assessment is of practical importance mainly because it focuses much more on the trade-offs among various goods and services, which is also the task of ecosystem management.

基金项目: 中国科学院知识创新项目(KZCX2 405)和国家重点基础研究发展规划(G20000046807)资助项目

收稿日期: 2000-12-04; **修订日期:** 2001-05-10

作者简介: 傅伯杰(1958~), 男, 陕西咸阳人, 研究员, 博士。主要从事景观生态学研究。

Ecosystem health is a new concept in ecology, which can be interpreted as a certain condition of ecosystem. Ecosystem health is analogous to human health, and many researchers have proposed lots of sensitive ecosystem health indicators. Ecosystem health can be assessed from vigor, organization and resilience. Each aspect can be assessed by different methods and formulae.

Ecosystem management is founded on the principles of preserving ecosystem integrity while maintaining sustainable benefit for human society. It is driven by explicit goals, executed by policies, protocols and practices, and need to be adjusted by monitoring and research based on our best understanding of the ecological interactions and processes necessary to sustain ecosystem composition, structure and function. Sustainability is its ultimate goal. The principles and methods of ecosystem management are introduced, and the elements and obstacles are also discussed. Ecosystem management should be adaptive not only because our new findings in research, but also because ecosystem management requires ecologists' ongoing interaction with managers and the public. The communication should be bi directional, which means scientists must be willing to prioritize their research with regard to critical management needs.

Although there are many researches elucidating the ecosystem goods and services, health, and management respectively, their relationships has not been discussed, and their combination use in practical assessment has not been discussed. Actually, what decision makers need is integrated ecosystem assessment. That is, the coordination of these three aspects. In doing this, there are two challenges at present, the trade-off of ecosystem services, and the establishment of assessing indexes regarding different temporal and spatial scales. This paper clarifies the problems.

Key words: integrated ecosystem assessment; ecosystem services; ecosystem health; ecosystem management

文章编号:1000-0933(2001)11-1885-08 中国分类号:Q149 文献标识码:A

随着经济的高速发展,人口不断增加,人类已经极其显著地改变了地球的面貌。同时,人类日益忽视自身生活和社会经济发展对自然生态系统的依赖性和自然为人类社会发展所做出的贡献。其实,人们仍然与周围的生态环境密切相关,人们的生活依赖于生态系统生产的物质,同时生态系统还提供一些服务¹。它们的影响往往长期而深远。

对于生态系统的这些产品和服务的现状及其未来前景,人们知之甚少。而且对生态系统产品、服务之间的权衡,生态系统现状的评价诊断以及生态系统未来的预测和管理等皆迫切需要建立一个综合的生态系统评价体系。这也是人们深入了解生态系统的重要性、科学管理生态系统,实现可持续发展的必要条件。

在当前生态系统服务、生态系统健康、生态系统管理研究的基础上,本文提出了生态系统综合评价的理论框架及方法,即从生态系统所提供的服务功能入手,对其进行经济价值评估;对生态系统的现状进行健康诊断及评价;并对生态系统进行预测与管理。

1 生态系统综合评价的理论框架

1.1 生态系统综合评价的内容及特征

生态系统综合评价(Integrated Ecosystem Assessment, IEA)是分析生态系统提供的对人类发展具有重要意义的生产及服务能力。这种能力对于满足人类的需要非常重要,而且最终可能会影响到一个国家的发展。生态系统综合评价包括对生态系统的生态分析和经济分析,也考虑到生态系统的当前状态及今后可能的发展趋势。对生态系统服务功能的经济价值评估是在20世纪80年代末随着经济的发展和环境意识的增强而逐渐兴起的,目前对生态系统服务功能的研究越来越受到生态学家和经济学家的重视,很多国家已开展了这方面的研究²⁻⁵。2000年在挪威召开的千年生态系统评价会议,是对全球生态系统评价研究的一个总结与展望。

生态系统综合评价不仅仅关注如粮食产量等单个生态系统的产品和服务,而且要对整体生态系统所

能提供的产品和服务进行评价。生态系统综合评价的优点是为审视各种产品与服务之间的联系与平衡提供了一个框架。因为从这些产品和服务中所获得利益,往往会被单独隔离开来时所做的评价所遮掩。生态系统对于生产特定产品或服务时可能处于好的状态,而对于其它功能状态则不是最佳。例如一个生态系统管理的目标也许会对如食品生产十分适合,但可能会破坏生态系统的其他服务功能。生态系统综合评价的方法是先分别评价系统提供各种产品及服务的能力,再在这些产品和服务之间做出权衡。

生态系统综合评价具备以下的两个基本的特征:①评价的地域性。评价的重点是生态系统本身,即在一个特定的地点下生物系统及其相关的自然环境,并考虑到影响系统的社会经济因子,这些因子或许是“本地的”(如耕作)或许是“遥远的”(如大气CO₂浓度的变化)。这些具有本地或空间特征的因子信息也可以被综合,用来分析区域或全球趋势和过程。②评价的多维性。生态系统评价的设计是提供一系列指示因子,评价它们如何影响生态系统;同时评价生态系统的变化如何影响整个系列的生产和服务功能。比较而言,一维评价集中在生态系统单个产品及功能上(如木材,农业或生物多样性)或单因子对生态系统的影响(如物种入侵或气候变化)。生态系统综合评价的主要优点是它对不同产品和服务之间的平衡,从而明确从生态系统生产和服务可以获得的有利的综合发展信息。

生态系统评价并非新概念,例如区域资源评价与国家环境评价都有生态系统评价的许多特点,因为它们皆阐明了大量的因子影响生态系统的过程及生态系统所提供的丰富的产品。相比之下,国家生物多样性评价、森林评价和农业评价研究则倾向于单一性。

1.2 评价在时空尺度的转换及扩展

评价生态系统状况的另一个难点为尺度问题。因为地球的任何一个斑块皆可被定义为一个生态系统,这样的系统外总有一系列的因子影响生态系统的功能,同时也有能流、物流及不同的产品及服务功能扩展于系统之外。比如在一个流域尺度上,海岸带生态系统也会受到河流生态系统的营养物质和沉积物的影响。同时评价的范围越大,则越易失去地方的特点,而这些特点往往是决策者们制定政策所必须的。世界范围内40%的土壤退化可能引起广泛关注,但对于土地管理者来说最需要的是获得对生态系统的全面认识。有些生态系统信息在全球尺度上也显著相关,例如全球水、氮和碳循环或物种迁移和入侵。而其他生态系统在国家及地区范围内显著相关,如耕作方式、土壤侵蚀等。

1.2.1 时间尺度变换 短期研究不能揭示数年或几十年的变化趋势,也不能解释这些变化的因果关系;而长期过程常常隐含于“不可见的现在”(invisible present)^[1]。在几十年或上百年的尺度上,人们没有能力去解释一些因果关系,常常认为自然的、生态的变化过程是静止的,而低估了这些变化。同时由于生态过程中驱动因子的变化^[2],生态变化的因果关系^[3],空间尺度的扩展等皆会造成生态过程的迟滞效应。这就要求生态系统综合评价必须基于长期的生态研究,对生态系统的现状及其未来变化趋势做出正确的评估,从而为决策提供科学的理论依据。

1.2.2 空间尺度变换 在生态系统、景观、及其以上水平的生态系统综合评价研究,尺度的扩展十分必要。生态系统综合评价在空间尺度上分为以下几个层次:斑块尺度(patch scale),景观尺度(landscape scale),区域尺度(region scale),大陆尺度(continent scale)及全球尺度(global scale)。尺度研究也因不同的评价目的和内容而定,评价的范围可以从一定点扩展到大尺度的区域。生态系统的网络监测提供了一个更大范围的空间尺度研究,同时地理信息系统(GIS)、遥感(RS)、全球定位系统(GPS)等的发展,评价模型的应用,使得空间尺度的进一步扩展成为可能。

对于特定的生态系统,在其上下有亚系统和复合生态系统,生态系统的综合评价必须考虑它们之间的相互关系。但在实际建立生态系统评价的指标体系时,有许多评价指标是无法进行空间变换或扩展的,所以不同尺度上的生态系统评价会有不同的内容和方法。对于生态系统综合评价来说,评价不仅仅要综合考虑这些因素,而且要综合考虑生态系统服务、健康、管理之间的关系。综合评价的现实目标是生态系统管理,所以评价要求在较短的时间内提供生态系统生产与服务功能的现状、变化趋势及管理所造成的生态影响等。这就要求评价研究应该能够对长期生态研究及现有的资料进行综合,并提出对策。

1.3 生态系统综合评价的框架

生态系统综合评价要求对所评价的对象进行深入研究。首先必须获得可靠的生态系统的基础信息(包括各因子数量、经济价值、产品及服务的状况)。长期的生态数据必须依靠长期生态监测网络获得的资料,而且必须回答所面临的生态问题,诸如环境因子变化后,不同生态系统反应有何不同?如何影响其产品及服务功能?生物多样性的变化如何影响不同生态系统产品与服务的供应及恢复能力?不同生态系统变化的极限及其敏感性如何?同时提出不同的指标体系,对所获得的信息定量化,建立包括生态、经济和科技进步在内的综合模型,为政策管理者提供不同管理选择的未来情景分析。

在综合评价中,评价指标必须具有可查性、可比性和定量性。不同的生态系统,指标体系也应不同。在建立综合模型中必须保证在不同尺度上收集到的数据具有整合性,这样才能保证大尺度模型可以采用小尺度的局域性数据,而反过来可以用于局域分析。同时生态系统评价根据其目标不同,有许多种形式。如生态影响评价,主要集中在生态行为或人类活动对环境的影响,如公路建设等;生态管理评价,集中在某项自然管理的决策对未来生态的影响。一个区域的生态评价必须综合考虑自然环境与人类之间的相关性,并且寻找两者之间的平衡,其评价过程应该综合生态、经济、社会、文化的价值。评价的目标必须是可以量化的,具有社会价值与生态相关性^[9]。在综合了 REO(Regional Ecological Office)评价方法基础上,作者提出了生态系统综合评价的步骤(图 1)^[10]。

2 生态系统服务功能评价

2.1 生态系统的服务功能的概念

生态系统服务功能(Ecosystem Service)由自然系统的生境、物种、生物学状态、性质和生态过程所生产的物质及其所维持的良好生活环境对人类的服务性能,即生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用^[11,12]。自 20 世纪 70 年代首次提出以来,就已引起生态学界的重视^[2,9,13,11]。生态系统功能的多样性对于持续地提供产品的生产和服务是至关重要的。产品是指在市场上用货币表现的商品,服务是不能够在市场上买卖,但它具有重要价值。生态系统服务一般是指生命支持功能,而不包括生态系统功能和生态系统提供的产品。但功能、产品与服务二者是紧密相关的。随着市场经济的发展,更多人主张生态系统服务应包容产品。Costanza 等把生态系统提供的产品和服务统称为生态系统服务^[2]。

生态系统服务功能与生态过程密不可分,它们都是自然生态系统的属性,也是生产服务功能的源泉和多种性能的转换器。从某种意义上说,生态系统服务的总价值是无限大的,全人类的生存依赖于生态系统服务,人类社会经济活动又反过来会对整个自然生态系统产生影响。人工生态系统与自然生态系统提供的生态系统服务不同,它通常仅在一个较小尺度和有限时段内更为有效地提供某一种生态系统服务。生态系统服务功能是客观的存在,不依赖于评价的主体。

全球生态系统服务可以归纳为 17 类^[2],4 个层次:生态系统的生产(包括生态系统的产品及生物多样性的维持等),生态系统的基本功能(包括传粉、传播种子、生物防治、土壤形成等),生态系统的环境效益(包括改良减缓干旱和洪涝灾害,调节气候、净化空气、废物处理等)和生态系统的娱乐价值(休闲、娱乐,文化、艺术素养、生态美学等),这也是生态系统的内涵。

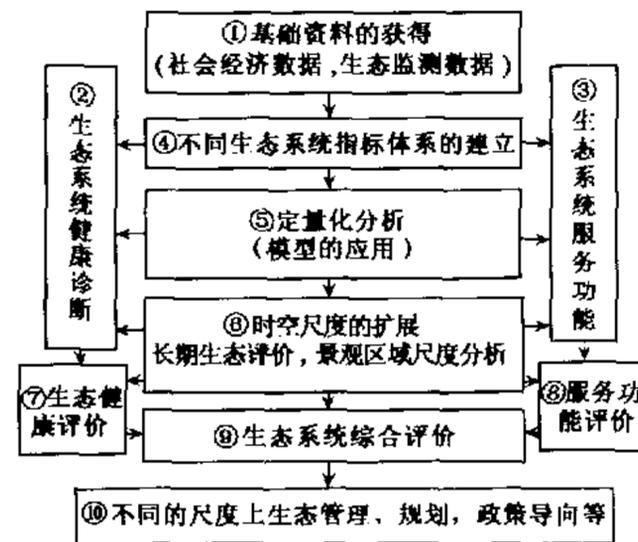


图 1 生态系统综合评价的框架

Fig. 1 The framework for Integrated Ecosystem Assessment (IEA)

- ① Acquisition of fundamental data (including social, economic and ecological data);
- ② The diagnosis of ecosystem health;
- ③ The ecosystem services;
- ④ Establishment of index system of different ecosystems;
- ⑤ Quantitative analysis (The application of model);
- ⑥ The expansion of temporal and spatial scales (long-term ecological assessment and analysis on landscape scale);
- ⑦ Ecosystem health assessment;
- ⑧ ecosystem service assessment;
- ⑨ Integrated ecosystem assessment;
- ⑩ Ecosystem management, project and policy orientation on different scales

2.2 生态服务功能的价值评估

2.2.1 生态服务功能的价值分类 生态服务的价值可根据其功能和利用状况分为四类:第一,直接利用价值,主要指生态系统产品所产生的价值,可以用产品的市场价格来估计;第二,间接利用价值,主要指无法商品化的生态系统服务功能如维护和支撑地球生命支持系统功能。间接利用价值通常根据生态服务功能的类型确定;第三,选择价值,它是人们为了将来能够直接利用与间接利用某种生态系统服务功能的支付意愿,例如,人们为了将来能利用河流生态系统的休闲娱乐功能的支付意愿。第四,存在价值又称内在价值,它表示人们为确保这种生态服务功能继续存在的支付意愿,它是生态系统本身具有的价值,如流域生态景观的多样性,与人们是否进行消费利用无关^[13]。

2.2.2 生态服务功能的评价方法 生态系统的服务未完全进入市场,其服务的经济总值是无限大的。但是对生态系统服务的“增量”价值或“边际”价值(价值的变化和生态系统服务从其现有的水平上的变化比率)进行估计是有益的。对于不同的生态系统来说,评价的指标虽不尽一致,但总的来说,评价方法有直接市场价格法、替代市场价格法、权变估值法、生产成本法和实际影响的市场估值法等^[14]。

3 生态系统健康及其评价

3.1 生态系统健康的内涵

生态系统健康(Ecosystem Health)概念的提出只有 10 余年的历史,作为生态系统研究一个新的领域,是当今生态学最有活力的一个前沿^[15-17]。20 世纪 90 年代初加拿大开展对五大湖区的生态健康诊断,之后美国也进行了全国性的生态系统健康评价。

从生态系统的观点出发,一个健康的生态系统是稳定和可持续的,在时间上能够维持它的组织结构和自我调节,并能维持对胁迫的恢复能力。生态系统的健康评价可以从活力(vigor)、组织结构(organization)和恢复力(resilience)等 3 个主要的特征来评价^[16]。虽然健康这个概念是最近才开始应用到景观水平^[15],但在许多领域,它已经成为了一个指导性的框架,特别是在评价大的生态系统,如海洋生态系统^[18]、森林生态系统^[19-21]、农田生态系统^[22]、沙漠生态系统^[21]等方面。在健康评价中,直接的测量、网络分析和模型模拟是必需的。小尺度的研究与监测必须紧密结合遥感和地理信息系统等,进行中尺度及大尺度的区域分析与评价。

生态系统健康评价更接近于实践,但其引发的问题必须综合社会科学、自然科学和医学才能得到解决。可持续生态系统和景观能够提供连续的生态系统服务,以确保人类社会达到它的目标和愿望。其中的关键问题是提供可持续生态系统和景观的标准。这需要将驱动生态系统和景观动态的生物物理过程与决定社会价值和愿望的社会动态的知识综合起来^[18]。

3.2 生态系统健康评价

生态系统健康评价可参考人类健康检查进行。医学诊断一般是:首先医生检查并确定症状;检测症状的主要指标;做出初步诊断,进行进一步检测;根据以上检测报告综合判断;开处方提出治疗方案。这样的健康检测和评估模式基本上可应用于生态系统。遗憾的是,现在并没有完整的生态系统疾病史及其造成病症的胁迫资料作为依据。Rapport 提出了生态系统和土壤健康的若干指标,而且提出了生态系统的敏感性指标,同时发展了活力、组织结构和恢复力的测量及预测公式,利用这些公式计算出的结果即为生态系统健康的程度^[15]。Costanza 等提出了生态系统健康度量的标准,对各组分进行加权,考虑了每一组分对整个系统功能的相对重要性的评估,这个评估就合成为价值^[23]。随着人们对生态系统更加深入地了解 and 认识,这个价值就能从主观的、表面的数量化中转化为较客观的、更本质的丰富内涵。表 1 列出了生态系统健康度量指标的有关概念和度量方法。

生态系统健康指数(Health Index, *HI*)的初步形式如下:

$$HI = V \times O \times R$$

式中,*HI* 为系统健康指数,也是可持续性的一个度量;*V* 为系统活力,是系统活力、新陈代谢和初级生产力主要标准;*O* 为系统组织指数,是系统组织的相对程度 0~1 间的指数,包括它的多样性和相关性;*R* 为系统弹性指数,是系统弹性的相对程度 0~1 间的指数。

表 1 生态系统健康度量成分、有关概念及方法
Table 1 The criteria, conceptions and methods of ecosystem health

健康的成分 Components of ecosystem health	有关概念 Related concepts	相关度量 Related measures	起源领域 Original subject	可行的方法 Practicable methods
活力 Vigor	功能 Function 生产力 Productivity 通过量 Flux	GPP, NPP GNP 新陈代谢 Metabolism	生态学 Ecology 经济学 Economics 生物学 Biology	度量法 Measurement method
组织 Organization	结构 Structure 生物多样性 Biodiversity	多样性指数 Diversity index 平均互信息可预测性 Prediction of information	生态学 生态学	网络分析 Network analysis
弹性 Resilience		生长范围 Living region	生态学	模拟模型 Simulation model
联合性 Unity		优势 Supertority	生态学	

从理论上说,根据上述的 3 个方面指标进行综合运算就可确定一个生态系统健康状况。可是,实际操作中常常是很复杂的,因为每个生态系统都有许多组分、结构和功能,各有一套独立的系统,许多功能、指标都难以匹配。因此,必须对每个生态系统的健康成分单位加以具体度量;同时生态系统是动态的,条件在变,新条件下生态系统内敏感物种能动性也发生相应变化;而且生态健康的度量本身往往因人而异。事实上,每一位科学家都有自己的专长、特殊兴趣与追求,常用自己熟悉的专业技术去选择不同方法。显然,生态系统健康的度量还未完善,尚需做更多的工作,有待于新的发展^[24]。

4 生态系统管理及影响评价

4.1 生态系统管理的概念

生态系统管理(ecosystem management)是由明确目标驱动,由政策和协议及实践而执行,由监测和对生态系统相互作用与过程的充分理解为基础,综合协调生态学、经济学和社会学原理,从而使生态系统组分、结构和功能达到可持续发展^[12]。

近年来,可持续性已经成为自然资源管理机构明确陈述并立法管制的目标,人类可持续发展归根结底是生态管理的问题。然而,在实践中,管理途径常集中在最大的短期产量和经济收获,而不是长期的可持续力。这种差异的主要障碍有:①生态环境中生物多样性的信息贫乏,②生态系统功能和动态的广泛不确定性,③生态系统开放性和联系性尺度超越管理界限,④普遍存在可更新资源的短期经济和社会效益比未来生态系统受损重要的观点,或有相应管理方法的利益更重要的说法。生态系统管理的目的就是克服这些障碍^[13]。

生态系统管理包括如下要素:①可持续力,生态系统管理并不主要集中在“给予”,而是以代与代之间的可持续力作为先决条件。②目标,生态系统管理建立可测度的目标,这些目标详述了维持可持续力的必要的过程和产出。③合理的生态模型及其理解,生态系统管理依赖于在所有生态组织水平上所进行的研究。④复杂性和相关性,生态系统管理认为生物多样性和结构复杂性可以增强生态系统的抗干扰能力,并提供适应长期变化所必要的遗传资源。⑤生态系统的动态特征,变化和演变是生态系统可持续力所固有的,生态系统管理应试图避免以一种特殊的状态或配置“凝固”生态系统。⑥背景和尺度,生态系统过程是

在广大的时空尺度上进行,并且任意特定位置上的行为都受周围系统的强烈影响。因此,就管理而言,没有合适的单一尺度和时间框架。⑦人类是生态系统的一个组分,生态系统管理要评估人类在获得可持续管理目标中的积极作用。⑧适应性和可解释性,生态系统管理认为生态系统功能的现存知识和范例都是暂时的、不完全的、受制于变化的,管理方法必须被视为一种需要通过研究和监测实践而检验的假设。

4.2 生态系统管理原则和方法

对于生态系统的评价来说,目前对生态系统的结构和功能的研究还不够深入,生态服务功能、健康、管理未有机结合。针对生态系统的多样性和复杂性,生态系统管理必须以可持续发展为目标,以健康为标准,在生态综合评价的基础上,通过政策、协议和实践进行管理,并基于生态监测与科学研究,进一步对管理措施进行修正。

生态系统管理有如下的基本科学规范:①空间和时间尺度是严格、苛刻的。生态系统功能包括物质和能量的输入、输出和循环以及有机体的相互作用。研究和管理一个过程所定义的边界常常不适用于另一个过程。因此,生态系统管理需要广泛的考虑。②生态系统功能取决于其结构、多样性和整体性。生态系统管理寻求保持生物多样性作为增加生态系统抗干扰力的一个重要组分。因此,生物多样性管理需要对任何特定位置的复杂性和功能强烈受周围系统影响有广泛认识和透视。③生态系统在时间和空间上是动态的。生态系统管理具有挑战性的部分原因是生态系统不断变化。在几十年或几个世纪的时间里,许多景观被自然干扰所改变,导致形成了不同年龄的演替斑块镶嵌体,这些斑块的动态对生态系统的结构和功能是非常重要的。④知识的不确定性、意外性和有限性。生态系统管理认为,如果给以足够的时间和空间,一些不可能事件也能发生。一个合适的管理通过结合民主原则、科学分析、教育和科学知识以增加人们对生态系统过程和管理后果的理解并提高决策时所依据数据的质量而解释这种不确定性^[12]。

生态系统管理需要把生态学知识应用到自然资源的管理活动中。但是,从概念到实践的转变十分困难,需要以下步骤和行动:①确定可持续目标和目的。生态系统产品和服务供应的可持续性策略并不是宣称要大量消耗木材、水资源、捕捉鱼虾等,可持续力必须是主要目标。提供有用商品和优美环境的水平必须经过调节以达到目标。②调节空间尺度。如果管理权限与生态系统过程的行为在空间协调一致,那么生态系统管理的实施将大大简化。由于这些过程在空间领域的变化,一个适合所有过程的完美行动实际上是不可能的。生态系统管理必须在每一生态系统的不同管理者中寻求一致性^[13]。③调整时间尺度。鉴于管理机构常被迫做一些以财政年度为基础的决定,生态系统管理必须处理超越人类生命限度的时间尺度,因此,生态系统管理需要长期的计划和协约。④使系统具有适应性和可解释性。成功的生态系统管理需要一种体制,这种体制能适应生态系统特征的变化和科技知识基础的变化。

生态系统管理是适应性管理(adaptive management),这需要科学家们同管理者和公众联合起来,双方之间进行交流和沟通,科学家们也必须首先研究与管理需要有关的课题。在监测实践的发展中,科学家们做了大量的工作,尤其在取样方法、统计分析和模型模拟等方面。随着知识的积累和更新,科学家们必须发展一种新的机制去沟通研究和管理。因此那些了解科学、管理和社会问题以及有能力同科学家、管理者和公众交流的专家受到广泛需求。

生态系统管理并不是人类中心论对整个生物中心观点的背离。相反,它是一种承认人类需要重要性的管理,而同时又面对这样一个现实,这个世界能够永远满足人类需要的能力总是有限度的,并决定于生态系统功能的形成。

5 结论

生态系统综合评价作为一项系统工程,需要对不同的生态系统产品与服务功能之间的权衡,对生态系统做出健康诊断与评价,为生态系统管理提出科学的依据。它们之间有着密切的关系,是一个比较完整的体系。生态评价的目的在于管理,而管理的基础是生态系统的现状评价和未来趋势预测,管理的任务则是对生态系统功能的现状调整。

对于当前的研究来说,需要克服以下几个难点:第一,要权衡不同生态系统产品和服务功能之间的关系。这要求长期效应与短期效益同时考虑,并达到可持续发展;第二,生态系统服务、健康诊断和管理及

其评价应该在时空尺度上扩展。对于复杂的生态系统,只有在时间上摸清其变化的规律,在空间上研究生态系统之间及内部的相互作用,综合评价才可能得到正确的结果;第三,生态系统服务功能与健康诊断的指标体系的建立。不同空间尺度上的指标体系不同,如何合理建立并利用这些指标体系需要研究者针对不同情况综合考虑;第四,为生态系统产品、服务、健康及管理之间的有机结合。

参考文献

- [1] 董全,生态功益:自然生态过程对人类的贡献. 应用生态学报,1999,10(2):233~240.
- [2] Costanza R, D'Arco R, de Groot R, *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, **387**: 253~260.
- [3] Costanza R, Farber S C and Maxwell J. Valuation and management of wetlands ecosystems. *Ecol. Econ.*, 1989, **1**:335~361.
- [4] 毕绪岱,杨永辉,许振华,等. 河北森林生态及经济效益的研究. 河北林业科技,1998,92:1~5.
- [5] 侯元兆,张培昌,王琦,等. 中国森林资源量的研究. 北京:中国森林出版社,1995. 112~133.
- [6] Manguson J J. The invisible present. *BioScience*, 1990, **40** (7): 495~501.
- [7] Coffin D P and Lauenroth W K. A gap dynamics simulation mode of succession in semiarid grassland. *Ecol. Model.*, 1990, **49**: 229~266.
- [8] Kolb T E. Concepts of forest health: utilitarian and ecosystem perspectives. *Journal of Forestry*, 1994, **92**:10~15.
- [9] Ehrlich P R. Human population and the global environment. *Science*, 1974, **62**: 282 ~ 292.
- [10] REO (Regional Ecosystem Office), Ecosystem Analysis at the Watershed Scale (Version 2.1). In: *The Revised Federal Guide for Watershed Analysis*. Portland DC. 1995.
- [11] Daily G. What are ecosystem services? In: Daily G. ed. *Natures Services; Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington DC. 1997.
- [12] Norman L, Ann M B, James H B, *et al.* The report of the ecological society of American committee on the scientific basis for ecosystem management. *Ecol. Application*, 1996, **6**(3):665~691.
- [13] Ehrlich P B. Population diversity and the future of ecosystem. *Science*, 1991, **254**: 175~179.
- [14] Salati E. The forest and the hydrological cycle. In: Dickinson R. ed. *The Geophysiology of Amazonia*. New York: John Wiley and Sons, 1987.
- [15] 欧阳志云,王如松,赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评估方法. 应用生态学报, 1999, **10**(5):635~639.
- [16] Rapport D J. What constitutes ecosystem health? *Perspectives in Biol. and Medicine*, 1989, **33**:120~132.
- [17] Schaffer D J, Henricks E E and Kerster H W. Ecosystem Health: Measuring ecosystem health. *Environ. Mon.*, 1988, **12**: 445~455.
- [18] 曾德慧,姜凤歧,范志平,等. 生态系统健康与人类可持续发展. 应用生态学报,1999,10(6):751~756.
- [19] Rapport D J, Costanza R and McMichael A J. Assessing ecosystem health. *Trends in Ecology and Evolution*, 1999, **13**: 397~402.
- [20] Sherman K. Large marine ecosystems and fisheries. In: Sherman K. ed. *Defining and Measuring Sustainability*. World Bank, Washington, D. C. 1995.
- [21] 蒋延玲,周广胜,中国主要森林生态系统服务功能的评价. 植物生态学报,1999,23(5):426~432.
- [22] Gallopin G C. The potential of agro-ecosystem health as a guiding concept for agricultural research. *Ecosystem Health*, 1995, **1**:129~141.
- [23] Whitford W A. Desertification: implications and limitations of the ecosystem health metaphor. In: Whitford W. A. ed. *Evaluating and Monitoring the Health of Large-Scale Ecosystems*. Heidelberg; Springer-Verlag. 1995.
- [24] Yazvenko S B. A framework for assessing forest ecosystem health. *Ecosystem Health*. 1996, **2**: 41~45.
- [25] David R M, Gordon E G and Kathleen S. Watershed analysis as a framework for implement ecosystem management. *Water Resources Bulletin*, 1995, **31**(3): 369~384.