

基于传递媒介的生态系统服务分类

吴舒尧 李双成[†]

地表过程分析与模拟教育部重点实验室, 北京大学城市与环境学院, 北京 100871;

[†] 通信作者, E-mail: scl@urban.pku.edu.cn

摘要 通过总结已有的生态系统服务分类体系, 发现大多数研究未考虑不同生态系统(如森林、草原、湖泊、溪流等)的组分、结构以及所处环境的差异, 无法有效地反映不同生态系统产生的不同生态过程与服务。以生态系统的组成成分为媒介, 从服务传递媒介角度建立以水、岩石和土壤、大气、生物系统及生态系统整体为媒介的生态系统服务分类体系。以水为媒介的服务有水源涵养和水质净化等, 以岩石和土壤为媒介的服务有土壤形成和土壤保持等, 以大气为媒介的服务有固碳释氧和空气净化等, 以生物为媒介的服务有食物生产和生物控制等, 基于生态系统整体作为媒介的服务有景观美学和休闲娱乐等。以期用此生态系统服务分类框架更有效地研究不同类型生态系统提供的服务特征, 以及相同类型生态系统提供的服务共同点。

关键词 生态系统服务分类; 传递媒介; 服务级联

中图分类号 P935

Transmission Mediums Based Ecosystem Services Classification System

WU Shuyao, LI Shuangcheng[†]

Key Laboratory for Earth Surface Processes (MOE), College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871; [†] Corresponding author, E-mail: scl@urban.pku.edu.cn

Abstract After reviewing some current common ecosystem service classification systems, it is found that current classification systems were not able to reflect the fact of different ecosystem types often produce different services due to their unique components, structures and environments. The authors used ecosystem components to create a new ecosystem service classification system based on transmission medium. Ecosystem services are classified into water-transmitted, rock and soil-transmitted, air-transmitted, organism-transmitted and whole ecosystem-transmitted services. Some water-transmitted services include water yield, water purifying, water regulation etc.; rock and soil-transmitted services include soil retention, soil formation, geologic hazard prevention etc.; air-transmitted services include carbon sequestration, air purifying, climate regulation etc.; organism-transmitted services include food production, pollination, pest bio-control etc.; last but not least, whole ecosystem-transmitted services include aesthetic information, recreation, education etc. The proposed classification system may help differentiating services provided by different ecosystem types and identifying some common services provided by the same ecosystem type.

Key words ecosystem services classification; transmission medium; service cascade

生态系统服务是目前综合地理学、生态学与经济学等学科的研究热点之一。Costanza 等^[1]1997 年发表的“The value of the world’s ecosystem services and natural capital”以及 2005 年的联合国千年生态

系统评估(Millennium Ecosystem Assessment, MA)^[2]推动了大量相关研究。对不同生态系统服务进行科学且实用的分类, 是深入研究生态系统服务不可缺少的前提。由于生态系统结构的复杂性、提供服务

的多样性以及服务之间存在的各种依存与权衡关系,对生态系统服务的分类一直是该领域研究的难点与重点之一^[3-4]。本文首先分析当前国内外代表性的生态系统服务分类方案,尝试利用生态系统的组分,从生态系统服务传递媒介的角度,讨论对生态系统服务进行分类的可行性,以期更有效地研究不同类型生态系统提供的服务特征以及相同类型生态系统提供的服务共同点。

1 生态系统服务已有分类方案

目前使用最广泛的生态系统服务分类方案来自 MA。与其他早期的分类方案类似,MA 的分类依据主要是不同服务的功能差别。按使用功能对服务进行分类,可以清晰地区分不同服务之间可能的效果差异。但是,由于缺少对服务目的与过程的差异性考虑,导致此分类方案可能造成重复计算等问题^[5]。Fisher 等^[6]从服务过程的角度,将生态系统服务分为中间服务与最终服务两类。此后,Costanza^[7]从地理学空间特征角度以及经济学排外性与竞争性角度对生态系统进行分类,从而更加精准地描述生态系统服务的某些属性特征,但是,由于此分类方案的专业性使其应用范围较小。

除从服务提供者的角度进行分类外,也有学者基于人类(即服务的消费者)角度对不同生态系统服务进行区分。例如,Wallace^[8]认为流行的 MA 功能分类方案混淆了目的(生态系统服务)与手段(生态过程),因此他建立了基于生态系统服务目的(即人类从服务中可获得的收益)的生态系统服务分类体系。类似地,张彪等^[3]从人类需求的角度,将生态系统服务分为物质产品、生态安全维护、景观文化承载功能等几类。李琰等^[9]基于服务对人类福祉的作用,提出以福祉构建、福祉维护和福祉提升 3 大类作为分类标准的生态系统服务分类方案。表 1 总结了目前国内外主要的生态系统分类方案。通过对各类服务进行分类,人们可以更有效地比较与权衡不同生态系统服务的潜在收益,以期更好地为资源管理的科学决策提供支持^[6,8]。例如,基于功能的分类可以对不同生态系统服务的作用进行区分,以便体现不同服务的特点,并在进行资源管理时力求依据其特点进行规划。基于人类收益的服务更强调服务受益方的需求,并更适用于对这些不同服务需求的差异化管理。虽然上述各种生态系统分类方案各有所长,但 van der Meulen 等^[14]、Sousa 等^[15]和

表 1 主要的生态系统分类方案

Table 1 Some main ecosystem services classification systems

分类依据	分类系统
服务的功能 ^[10]	调节功能、栖息地功能、生产功能、信息功能,4 个大类,23 个小类
服务的功能 ^[2]	供给服务、调节服务、支持服务、文化服务,4 个大类
人类收益 ^[11]	产量、令人愉快和满足、防治灾害、废物吸收、应用水供应、娱乐,6 个大类
人类收益 ^[8]	充足的资源、捕食者/疾病/寄生虫保护、油耗自然和化学环境、社会文化成就,4 个大类
服务的空间特征 ^[7]	全球非邻近、本地邻近、目标流向相关、原位、使用者转移相关,5 个大类,17 个小类
服务的排外性与竞争性 ^[7]	排外-竞争、排外-非竞争、非排外-竞争、非排外-非竞争,4 个大类,17 个小类
服务的过程 ^[6]	中间服务、最终服务,2 个大类
服务的功能 ^[12]	供给服务、调节服务、栖息地服务、文化服务,4 个大类,22 个子类
服务的功能 ^[13]	供给、调节和维护、文化服务,3 个大类,9 个亚类,23 组
人类需求 ^[3]	物质产品、生态安全维护、景观文化承载功能,3 个大类,12 个子项
人类福祉 ^[9]	福祉构建、福祉维护、福祉提升,3 个大类

Notte 等^[16]的研究也指出,现有的分类系统存在在复杂环境下分类困难、部分服务定义过于模糊、未对过程与最终结果进行区分以及未考虑非生物要素流动(abiotic flow)作用等不足。

2 生态系统服务的传递媒介

研究发现,造成上述现有服务分类不足的一个很重要的原因是,没有考虑由于生态系统(如森林、草原、湖泊、溪流等)的组分、结构以及所处环境的差异带来的影响,导致产生的生态过程与服务可能有所不同^[10,12]。不仅如此,将这些服务从生态系统(提供者)传递给人类社会(消费者)的中间媒介可能也不相同。在介绍服务传递媒介之前,我们需要清楚不同媒介的本质对应的是生态系统不同的组分。将任意一个生态系统从组分的角度进行区分,大致可以划分为有机生物与环境两部分。其中,环境又可细分为大气环境、水环境、岩石及土壤环境 4 个部分^[17]。如果将生态系统限定为自然生态系统,则人类对自然动植物的影响也可视为生态系统外部环境的重要部分之一^[18]。生物是生态系统的主要组成成分,物质与能量在生物与环境之间的流动和作用,形成种种生态过程,并共同构成一个可有效运行的系统。例如,大气与生物之间的能量与物质流动主要产生初级生产力,生物对于水的蒸

腾作用产生水分循环这一生态过程,岩石和土壤与生物之间的作用形成生物侵蚀、养分循环等过程,生物自身之间的能量与物质流动也可产生捕食、降解等生态过程。

根据 Haines-Young 等^[13]提出的生态系统服务级联框架,由生物、大气、水和土壤组成的自然生态系统结构与过程会产生不同的生态功能,其中一些生态功能会再转化成可使人类社会受益的各种服务(图 1)。可以说,生态系统服务又将人类社会与自然生态系统联结起来。虽然不同服务的提供者均是生态系统中的有机生命体,但连接提供者与消费者的通路不止一条。实际上,生态系统的各个组成部分均可以作为媒介进行多通路传递。例如,植物通过对降水进行截留,起到减少水流速度的功能,而这一功能又为人类提供洪水危害防治服务。这条通路便以水为媒介,将生态系统与人类连接起来。一个以大气为媒介的服务例子是植物在进行光合作用时吸收大气中的 CO₂,这一过程产生生物量与氧气,而这个功能对人类来说便是固碳释氧服务。也有一些服务是生态系统各要素综合后,作为整体与人类直接连接并作用而产生的,如景观美学、休闲娱乐等。这些服务以生态系统整体为媒介而使人类可以直接享受它们。

上述例子均为由单一通路、通过某一最终媒介而产生服务。但是,有一些服务是通过多条通路综合之后,再由一个最终媒介产生的。例如土壤保持服务,虽然是由土壤媒介提供,但是除对土壤颗粒物的凝聚作用外,植物对水或风的截留也对土壤保持服务的最终产生起到非常重要的作用。此服务便是植物通过与土壤和水/风多通路作用后,再经过土壤这一最终媒介而产生的。

不同类型的生态系统由于结构及所处环境不同,产生的功能与服务也可能有所差异。例如湖泊与河

流等水生生态系统由于其结构的特点可以产生更多以水为通路媒介的生态系统服务,如水源供给、水质净化和洪灾防治等。一片位于城市中心的森林生态系统,由于其所处的环境、可能导致产生更多以生态系统整体为媒介、被人类直接消费的服务,如景观美学、休闲娱乐等。

3 基于服务传递媒介的生态系统服务分类

如上所述,生态系统服务需要以不同生态系统组分为媒介传递至人类社会。因此,可将生态系统服务分为以水、岩石和土壤、大气、生物以及生态系统整体为媒介的五类,具体如表 2 所示。

通过从传递媒介的角度对不同生态系统服务进行分类,人们可以在生态系统评估、景观设计、生态恢复设计等领域有更好的发挥。李文华等^[19]指出,目前在利用生态系统服务对生态系统进行评估时,评估指标的选择仍有较大的主观性。按照服务传递媒介对生态系统服务进行分类,可以更好地体

表 2 基于服务传递媒介的生态系统服务分类
Table 2 Ecosystem services classification system that based on service transmission mediums

传递媒介	生态系统服务(功能分类)
水	水源供给(供给)、水质净化(调节)、水文调节(调节)、洪灾防治(调节)等
岩石和土壤	土壤形成(支持)、土壤保持(调节)、地质灾害防治(调节)等
大气	固碳释氧(调节)、空气净化(调节)、气候调节(调节)、降噪(调节)等
生物	食物生产(供给)、原材料生产(供给)、生物控制(调节)、生物多样性保护(调节)、传粉(调节)等
生态系统整体	景观美学(文化)、休闲娱乐(文化)、科学教育(文化)等

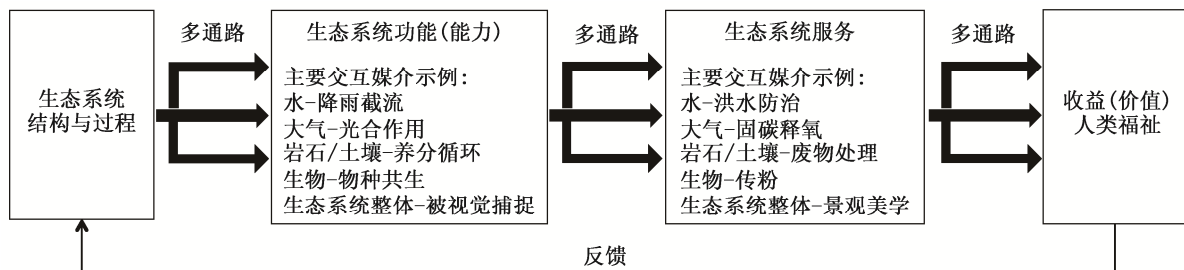


图 1 基于媒介的多通路生态系统服务级联关系

Fig. 1 Cascade relationship between ecosystem structure, process, services and human well-being through multiple transmission mediums with an example given for each medium

现生态系统结构及其所处环境的特点。因此,此分类方法可为同类型生态系统评估时指标选取的统一提供更客观的依据。此外,从传递媒介的角度来考虑生态系统服务,也可使人们在进行景观或生态工程设计时,根据目标生态系统的结构与环境特性,更清楚地了解其设计的生态系统可能产生的服务,从而提出更理想的设计方案。

4 结论

生态系统的结构与过程非常复杂。虽然将其分为几大类有助于人们了解生态系统功能与服务的产生,但实际上却是对现实的极大简化。这种简化导致对实际服务进行人为分类时,需要在实用性与精确性之间进行取舍。例如,生态系统对泥石流灾害的防治服务涉及土壤和水两种媒介,但由于土壤媒介一般占比更高,所以将其归纳为以岩石和土壤为媒介的服务;气候调节服务的提供也涉及大气中的水分,但由于此服务主要以气体水作为传递媒介,因此将其归入以大气为媒介的服务中。

由于不同的生态系统服务分类方法描述的是服务的不同属性,未来可以尝试将不同的分类模式进行结合,以便更准确、更全面地描述某一种生态系统服务,并更好地加以应用。如在表2中,我们尝试将基于传递媒介的生态系统服务分类与MA的基于功能的生态系统服务分类初步结合,从而可以更加精准地描述不同生态系统服务的特质。

参考文献

- [1] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Science*, 1997, 387: 253–260
- [2] Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis*. Washington DC: World Resources Institute, 2005
- [3] 张彪, 谢高地, 肖玉, 等. 基于人类需求的生态系统服务分类. *中国人口·资源与环境*, 2010, 20(6): 64–67
- [4] 李双成, 刘金龙, 张才玉, 等. 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
- [5] Fisher B, Turner R K. Ecosystem services: classification for valuation. *Biological Conservation*, 2008, 141(5): 1167–1169
- [6] Fisher B, Turner R K, Morling P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, 2009, 68(3): 643–653
- [7] Costanza R. Ecosystem services: multiple classification systems are needed. *Biological Conservation*, 2008, 141(2): 350–352
- [8] Wallace K J. Classification of ecosystem services: problems and solutions. *Biological Conservation*, 2007, 139(3/4): 235–246
- [9] 李琰, 李双成, 高阳, 等. 连接多层次人类福祉的生态系统服务分类框架. *地理学报*, 2013, 68(8): 1038–1047
- [10] De Groot R S, Wilson M A, Boumans R M J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 2002, 41(3): 393–408
- [11] Boyd J, Banzhaf S. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics*, 2007, 63(2/3): 616–626
- [12] TEEB. *The economics of ecosystems and biodiversity: mainstreaming the economics of nature: a synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*. Malta: Progress Press, 2010
- [13] Hains-Young R, Potschin M. The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being // Raffaelli D, Frid C. *Ecosystem ecology: a new synthesis*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2010
- [14] Van der Meulen E S, Braat L C, Brils J M. Abiotic flows should be inherent part of ecosystem services classification. *Ecosystem Services*, 2016, 19: 1–5
- [15] Sousa L P, Sousa A I, Alves F L, et al. Ecosystem services provided by a complex coastal region: challenges of classification and mapping. *Scientific Reports*, 2016, 6: 22782
- [16] Notte A L, D'Amato D, Mäkinen H, et al. Ecosystem services classification: a systems ecology perspective of the cascade framework. *Ecological Indicators*, 2017, 74: 392–402
- [17] 王献溥. 生物圈和生态系统. *环境保护*, 1979(2): 9–10
- [18] Fu B, Wang S, Su C, et al. Linking ecosystem processes and ecosystem services. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2013, 5(1): 4–10
- [19] 李文华, 张彪, 谢高地. 中国生态系统服务研究的回顾与展望. *自然资源学报*, 2009, 24(1): 1–10