DOI:10.19789/j.1004-9398.2018.04.012

InVEST 模型应用研究进展

侯红艳[1] 戴尔阜[2*] 张明庆[1]

(1. 首都师范大学资源环境与旅游学院,北京 100048; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所
中国科学院陆地表层格局与模拟重点实验室,北京 100101)

摘 要

随着生态环境的不断恶化,全球各国越来越重视经济发展与生态保护之间的关系,生态服务功能评估成为地理学、生态经济学、环境科学等众多学科的研究热点. 近年来,国内外涌现出多种生态服务评估模型,尤其是 InVEST 模型具有动态化、空间化、多层次、多模块的优势,能够更好地评估和分析复杂的生态系统服务功能. 本文介绍了 InVEST 模型的基本内容,详述了 InVEST 模型在全球范围内的应用进展,提出了模型存在的问题,并探讨了其未来发展方向.

关键词: InVEST 模型,生态系统服务,评估,应用.
中图分类号: X171.1

0 引 言

生态系统服务是指人类从生态系统中获取的各种生态效益[1],能够为人类生产生活提供直接的自然资源和物质条件以及间接服务,是我们宝贵的财富.

近年来,随着经济的高速发展、人类对生态系统服务的不合理利用,使得生态环境遭到了严重破坏,从而进一步唤醒了政府及相关部门对生态系统的关注,生态系统服务的相关研究大量涌现. 生态服务功能评估作为生态系统有效管理的基础,成为重要研究课题之一.

生态系统服务最初源于 study of critical environmental problem(SCEP)[2] 报告中提出的"环境服务功能概念",并由 Ehrlich 等多位学者[3] 补充发展而成. 此后,在 2000 年由联合国启动的千年生态系统评估项目(millennium ecosystem assessment, MA)[4] 成为生态系统服务研究中的一座丰碑,MA 将生态系统服务功能分为供给、调节、文化和支持功能四大类,提出了生态系统服务价值评价的基本范式,并明确了生态系统服务与人类福祉之间相互依存的关系[5]. 此外,国内也有许多学者开始了生态系统服务的价值评估研究,最早开始的研究主要集中于林地,其后,欧阳志云[6] 和谢高地[7] 等人开始对我国陆地生态系统进行价值评估研究. 其间涌现出各种评价因子,评估方法和评估标准也不尽相同. 而主流的评估方法是物质量评估法和价值量评估法,但都存在一些不足. 例如,单纯地对生态系统服务的总价值进行估算,会忽略生态系统服务的空间异质性; 而对单项生态系统服务类型物质量的计算,由于无法进行多种服务的权衡研究,也会使研究意义大打折扣.

为了满足生态系统服务评估的需求,在生态服务评估研究的理论和成果基础上,许多科学团队构建了生态系统服务功能的量化模型,用来进行生态系统服务的模拟评估,生态系统服务评估模型在评价生态系统服务价值及其空间分布中发挥着越来越重要的作用. 目前,主要有 InVEST 模型、SoLVES 模型、ARIES 模型等评估模型. 其中,InVEST 模型的应用最为广泛和成熟,其空间分析功能、数据需求、评估精度、适用性等方面,相比于 SoLVES、ARIES、Esvalue 等其他生态系统评估模型更具优势.

1 InVEST 模型简介

InVEST 模型(integrated valuation of ecosystem services and tradeoffs)即"生态系统服务功能与权衡交易综合评价模型",是由自然资本项目支持开发

收稿日期: 2017-10-27
* 通信作者

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的、免费开源的、可用以量化多种生态系统服务功能(如生物多样性、碳储与吸收、作物授粉、木材收获管理、水库水力发电量、产水量、土壤保持、水体净化等)的评估模型[8]. 开发初衷是为了能够在地图上标出自然景观的价值[9],提高自然资本的决策效率,将经济因素与环境保护有机结合起来.

截止到2017 年9 月,InVEST 模型从最初的1.0 到最新开发的3.3.3 共有38 个版本. 与之前的版本相比,InVEST 模型3.3.3 模块性能得到了进一步优化. 最初的InVEST1.0 仅包含污染物控制、沉积物两大子模块和未经分类的生物多样性、碳储量、木材产量和作物授粉模块[10] 等. 而最新的InVEST 3.3.3 不仅增加了评估模块的数量,还更新了分类体系,包括支持服务模块(生境质量、生境风险评估以及海洋水质)、最终服务模块(碳储存与封存—气候调节、产水量—水库水利发电等)和促进生态服务研究的分析工具. 该分类体系更加科学,淡化了陆地生态系统服务和海洋生态系统服务的界线,使得其中的部分模块能够适应不同生态系统服务功能的分析. 此外,最初的InVEST 模型版本不能单独使用,需要结合ArcGIS 软件的工具箱加载使用,而最新的InVEST3.3.3 版本除新加入的波浪衰减和侵蚀减少—海岸保护模型需要结合ArcGIS 软件外,其他模块均可以独立使用.

该模型的出现,是以往生态系统服务评估研究领域的一大突破,其基于3S 技术平台,能够使服务价值的评估结果实现空间化、地图式表达,并且能够模拟和预测未来生态系统服务功能的变化趋势,实现动态量化生态服务功能的价值,不同于以往服务价值评估的单一化、静态化. 此外,该模型还具有多模块、多层级的特点,根据不同模块和算法,可以模拟不同土地利用/覆被变化情况下的多种生态系统服务功能. 不同的子模块所需要的数据量也不同,用户可以根据需要选择相应的模块;还可以根据数据的获取量来选择模型评估的层级. 一般而言,低层级的模型所需数据量较少,但同样评估精度相对较低,比较适用于数据难以获取的大尺度研究;高层级的模型评估精度较高,但数据需求量大,较适用于数据相对容易获取的小尺度研究. 用户可根据需要和实际情况灵活搭配,选择最适合解决自己研究问题的模型[13]. 由于InVEST 模型具有以上所述的优势和特点,所以近年来在国内外得到了广泛的应用.

2　InVEST 模型的国内外应用研究进展

2.1　国外应用研究

InVEST 模型自2007 年发布以来,在全球范围内得到了广泛的应用,如今在南北美洲、亚洲、非洲和欧洲都有成功应用的案例.

Haunreiter[14] 等于2008 年将InVEST 模型应用到美国西南部的内华达山脉,对该区域的产水量、碳储量、土壤保持以及生物多样性等生态系统服务功能进行了较为详细的评估,利用InVEST 模型的空间表达功能,将内华达区域的自然资本以地图的形式标注出来. 自此,国外已能够应用InVEST 模型的多个模块同时对多种生态系统服务功能进行评估.

随着研究的深入进行,人们不仅仅应用模型去评估量化区域的生态服务,在应用技术上同时还会结合其他研究方法,基于模型的情景预测功能,设定不同场景(即通过多方利益协商机制确定的不同的发展方向)和相应变量(即影响生态系统的自然与人文因素,如气候、人口等),预测不同场景下,区域生态系统服务的空间分布、数量以及变化等状况. 如美国斯坦福大学的Nelson[15] 等人利用模型及其情景预测功能,就美国俄勒冈州西南部威拉米特河流域的土地利用变化对生态系统服务所产生的影响进行了深入研究. 该研究根据该区域1990 年的土地利用图设定了三种不同的情景(即土地利用开发情景、土地利用保护情景和土地利用计划趋势情景),探究其在2050 年不同土地利用情景下生态系统服务的空间分布和变化. 研究模拟得出了该区域的水文、土壤侵蚀、碳储存和生物多样性在不同情景下的输出值,最后得出在土地利用保护情景下所产生的效益最大的结论,虽然在保护情景下当前的经济价值得到一定限制,但从长远来看,相比另外两种情景下所产生的惠益会更好. 该结论为相关部门对当地土地利用的规划和管理提供了科学参考. Clarke[16] 等还将模型应用到地震海啸频发、生态环境遭到严重破坏的印度尼西亚苏门答腊岛,基于该区域2008 的相关数据,设定不同的情景,探究了在不同情景下该区域产水量和营养物输出量的空间分布特征和变化,为该区域未来生态管理与规划提供了一定参考依据.

模型的应用在不断完善,从已有的研究成果中可以发现,学者们不仅能够应用模型对生态系统服

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

务进行模拟评估与预测,还进一步探究了不同生态服务之间的耦合关系. 2010 年,Goldman[17] 等利用 InVEST 模型的产水量模块及营养物沉积量模块对哥伦比亚的产水量以及营养物沉积量进行了评估与相关性分析,从而确定科学合理的投资方案.

2011 年,Fisher[18] 等人将模型应用到坦桑尼亚的森林生态系统中,使得 InVEST 模型的评估内容和区域更加广泛. 该研究基于模型的情景预测功能,详细模拟评估与预测了该区域的木材生产、生物多样性等多种生态服务的空间分布情况和变化,并希望通过 InVEST 模型建立一种明确的测量、模拟、评估标准,使得生态保护的程度和人类利益的关系更加明确[5]. 研究者还将模型应用到农业部门,为农业生产的发展带来极大便利. 如 Goldstein 等[19] 于 2012 年,应用 InVEST 模型的水质净化模块对夏威夷岛的水质净化服务功能进行评估,将研究成果应用到当地农业灌溉系统的改善上. 同年,Clarke C[20] 等将模型应用到海岸地区综合管理规划中,基于其情景预测功能,探讨了海岸地区龙虾渔业、旅游和娱乐以及海岸防风暴潮这三种人们很少研究的生态系统服务功能的特点.

虽然 InVEST 模型具有广泛的适用性,但将其应用到不同的区域时,需要对模型的参数进行相应的调整. 随着模型应用的区域和范围不断增大,如何调整模型参数才适合自己的研究区便成为模型应用的主要研究内容之一. Sanchezcanales[21] 等在对地中海区域进行生态服务研究时,就该区域的降水、年度蒸散量等相关模型参数进行了探究,并在此基础上对流域内敏感因子的分布特点进行了深入分析.

2014 年以来,InVEST 模型的研究不仅局限于对生态系统服务的评估,其应用的内容也更为丰富. 如 Bhagabati[22] 等应用 InVEST 模型对苏门答腊虎与生态系统服务之间的关系进行了探讨. 该研究基于模型的情景预测功能,设立两种不同的情景,最后得出生态系统服务越好的地方对老虎的保护效应也越好的结论. Terrado M[23] 等应用模型研究了极端气候条件对水文生态服务的影响,应用水源供给等子模块评估地中海高度开发区在极度干旱和极度湿润年份的水文生态服务价值,并根据评估结果的变化进一步分析,得出干旱年份水文服务的价值更重要的结论.

2.2 国内应用研究

与国外相比,国内关于 InVEST 模型的应用研究开始较晚,2010 年后国内才将模型应用到生态系统服务功能的评估当中,之后应用区域和范围不断扩大,评估精度不断提升.

InVEST 模型在国内生态系统服务评估中的应用是一个不断发展完善的过程. 从研究对象的空间范围来看,模型的应用区域不断多元化. 早期的研究主要将 InVEST 模型应用于北京山区和长江上游等地,如北京林业大学的周彬[24] 等人于 2010 年,应用 InVEST 模型的土壤子模块模拟和评估了北京山区的土壤侵蚀量,并探讨了不同森林类型之间土壤保持功能的差异; 陈龙、谢高地[25] 等于 2011 年将模型应用到澜沧江流域,研究了该流域的水文状况; 同年,中国科学院的潘韬[26] 应用模型定量评估了三江源区 1981 – 2010 年间的水源涵养量,为高寒生态系统严重退化的三江源区自然资本的下一步规划和管理提供参考依据. 2013 年之后,InVEST 模型在我国的应用区域越来越广泛. 如西北大学的李婷[27] 等,利用 InVEST 模型的土壤模块,从流域、县、研究区三个不同的尺度定量评估了秦岭山地的土壤侵蚀量; 孙传谆[28] 等基于 InVEST 模型的情景预测功能研究了鄱阳湖湿地的生物多样性的分布状况; 肖强[29] 等利用模型对重庆森林生态系统进行了详细的评估和分析.

从所研究服务种类的数量来看,模型发布初期的研究主要仅评估和模拟一种生态服务. 早期将 InVEST 模型应用到国内时,周彬[24] 等仅利用模型评估了北京山区的土壤服务; 潘韬[26] 和陈龙[25] 等同样仅模拟了研究区的水文服务. 而 2013 年之后涌现出的大量 InVEST 模型的相关研究当中,大多能够对两种及以上生态服务进行评估研究. 如贾芳芳[30]、袁志芬[31] 等都运用模型分别对赣江流域和四川宝兴县的水文、土壤、固碳等多种生态服务功能同时进行了研究. 白杨[32] 等利用 InVEST 模型对白洋淀流域的水源涵养、固碳、土壤保持、授粉等七种生态服务功能指标同时进行了详细评估和分析,并基于 InVEST 模型的情景预测功能设定两种不同情景(政策情景和保护情景),权衡分析了这两种情景下生态服务的特点,模拟结果为: 在政策情景下,该研究区的水源涵养量为 3.86 亿 m^3,农业产出略低于 2005 年实际情况,固碳量为 359 万 t,氮磷等营养物输出量最少; 而保护情景下,水源涵养量为 5.34 亿 m^3,远多于政策情景下的水源涵养量,农业产出基本与 2005 年实际情况一致,固碳量为 552 万 t,与

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

政策情景下的相比较好,由此得出,在保护情景下各项生态效益最佳,从而为相关部门对该流域自然资本的管理和政策的制定提供指导.

从已有的研究成果中可以发现,学者们不仅能够同时对多种生态服务进行定量评估,还会进一步分析不同生态服务功能之间的耦合关系. 例如杨芝歌[33] 等在利用模型对北京山区的生物多样性和碳储量进行定量评估后,还对二者的关系进行了深入探讨,得出碳储量和生物多样之间具有一定的相关性,生物多样性较大的森林生态类型,其碳储量一般也较大.

从研究的技术方法来看,2014 年及之后的研究更多的是将 InVEST 模型与其他模型或方法相结合,来对生态系统服务功能进行研究. 例如黄博强[34] 等利用 InVEST 模型同时借助 GIS 技术和经济价值模型评估方法对龙海市的生态系统服务进行了研究,结果表明,龙海市生态服务价值不仅存在空间分布差异,并且生态效益价值整体呈现下降趋势,而这些均与人类活动有着密不可分的关系,该研究结果为龙海市海岸区未来空间规划和利用提供参考.

InVEST 模型子模块众多,但从以上案例中可以看出,研究者对该模型的应用主要集中于水源供给、土壤保持、碳储存以及生物多样性模块,尤其集中于对水源供给和土壤保持服务功能的评估,这与当下由于人类活动和极端气候原因等带来的生态环境的恶化有极大联系.

3　对 InVEST 模型的评价与展望

InVEST 模型已成功应用于全球生态服务的价值评估当中,并不断完善. 首先,其评估精度与传统的生态服务评估方法相比得到了很大提升,这为政府和决策者管理自然资本提供更加科学的依据. 其次,在对生态服务功能的价值评估中,更加关注自然资本与人类利益之间的关系,使得评估结果与人类福祉相结合. 第三,该模型能够进行情景设定,分析不同情景下生态系统服务价值的高低,进行利弊权衡,从而为决策者提供建议. 第四,该模型拥有多个子模块,几乎涵盖了所有生态服务功能,研究者可以根据具体需要进行子模块的选择. 第五,该模型能够将评估结果在地图上直观的标注出来,实现自然资本的空间化,使得研究者和决策者一目了然,能够更加便捷的对自然资本进行规划和管理[35]. 第六,该模型起初虽多应用于国外,但通过对模型参数的修正,也能使其很好地应用于中国区域的生态系统服务功能的评估,并且已经应用于国内大量的研究当中[35].

从以往研究来看,InVEST 模型作为全球生态系统服务评估的主要模型,其适用性、动态性以及空间化,与其他模型相比具有很大优势,目前该模型应用已相当广泛,但其在模型数据获取、评估内容等方面仍然存在不足,所以,未来 InVEST 模型的应用,在如下方面还应进行深入研究和探讨: 首先,模型中各个模块均需要一定的空间数据,而我国空间数据的使用门槛较高,这对模型的使用造成了不便. 所以建立完备的空间数据库并降低空间数据的使用门槛是未来亟待解决的一大难题[5]. 其次,通过对目前已有 InVEST 模型应用的研究可以发现,利用该模型对生态系统服务进行的评估主要集中于水源供给、土壤保持、碳储存以及生物多样性方面,而对其他模块(例如美学评估、水产养殖模块等) 的应用相对匮乏. 未来应完善对各种生态系统服务功能的评估,加大对模型中海洋模块的应用[36]. 最后,在应用内容上, InVEST 模型不仅应用于生态服务的综合评价,还可以用于探讨人类福祉和各种自然因素与生态服务的关系上.

参　考　文　献

[1] Assessment M E. Ecosystems and human well-being [M]. Washington D C: Island Press, 2005.

[2] Whittaker R H, Likens G E. Primary production: the biosphere and man [J]. Human Ecology, 1973, 1(4): 357 - 369.

[3] Ehrlich P R, Ehrlich A H. Extinction: The causes and consequences of the disappearance of species [M]. New York: Ballantine Books, 1985.

[4] Assessment M E. Ecosystem and human wellbeing: our human planet. Summary for policy makers [M]. Washington DC: Island Press, 2005.

[5] 马良, 金陶陶, 文一惠,等. InVEST 模型研究进展 [J]. 生态经济, 2015, 31(10): 126 - 131.

[6] 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

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(5): 607 – 613.

[7] 鲁春霞,谢高地,肖玉,等. 青藏高原生态系统服务功能的价值评估[J]. 生态学报,2004,24(12):2749 – 2755.

[8] Sharp R, Tallis H T, Ricketts T, et al. InVEST 3.2.0 user's guide [CP]. Stanford: The Natural Capital Project, 2015.

[9] Dolan K A. Names you need to know in 2011: Natural Capital Project [EB/OL]. [2010-11-01], http://www.forbes.com/sites/kerryadolan/2010/10/29/name-you-need-to-know-natural-capital-project/.

[10] Tallis H, Ricketts, T. InVEST 1.0 Beta Users Guide: Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs [M]. Stanford: The Natural Capital Project, 2011.

[11] Bagstad K J, Semmens D J, Waage S, et al. A comparative assessment of decision-support tools for ecosystem services quantification and valuation [J]. Ecosystem Services, 2013, 5: 27 – 39.

[12] Sharp R, Tallis H T, Ricketts T, et al. InVEST 3.2.0 User's Guide [M]. Stanford: The Natural Capital Project, 2015.

[13] 杨园园,戴尔阜,付华. 基于 InVEST 模型的生态系统服务功能价值评估研究框架[J]. 首都师范大学学报:自然科学版,2012,33(3): 41 – 47.

[14] Haunreiter E, Cameron D. Mapping Ecosystem Ser-vices in the Sierra Nevada, California [EB/OL]. [2008-09-16]. http://invest.ecoinformatics.org/shared/sn_ecosystem_services_poster_09_2008.pdf/.

[15] Nelson E, Mendoza G, Regetz J, et al. Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales [J]. Front Ecol Environ,2009, 7(1): 4 – 11.

[16] Clarke C, Rosado S, Rosenthal A, et al. Coastal Zone Planning for Belize [OL]. http://ncp-dev.stanford.edu/~datapor-tal/WWF_CZMAI_ Nat Cap_ Belize%20 study.pdf. study.pdf.

[17] Goldman R L, Benitez S, Calvache A, et al. Linking people and nature through watershed conservation in the East Cauca Valley, Colombia [OL]. [2010]. http://www.naturalcapitalproject.org/pubs/NatCap_Colombia_Water_Fund_Demonst-ration_TEEB_2010.pdf.

[18] Fisher B, Turner R K, Burgess N D, et al. Measuring, modeling and mapping ecosystem services in the Eastern Arc Mountains of Tanzania [J]. Progress in Physical Geography, 2011, 35 (5): 595 – 611.

[19] Goldstein J H, Caldarone G, Duarte T K, et al. Integrating ecosystem-service tradeoffs into land-use decisions [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2012, 109(19): 7565 – 7570.

[20] Clarke C, Rosado S, Rosenthal A, et al. Coastal zone planning for Beize [EB/OL]. [2015-01-03]. http://ncp-dev.stanford.edu/~dataportal/WWF_CZMAI_Nat Cap_Belize%20case%20study. Pdf.

[21] Sánchezcanales M, López B A, Passuello A, et al. Sensitivity analysis of ecosystem service valuation in a Mediterranean watershed. [J]. Science of the Total Environment, 2012, 440(1): 140 – 153.

[22] Bhagabati N K, Ricketts T, Sulistyawan T B S, et al. Ecosystem services reinforce Sumatran tiger conservation in land use plans [J]. Biological Conservation, 2014, 169(387): 147 – 156.

[23] Terrado M, Acuña V, Ennaanay D, et al. Impact of climate extremes on hydrological ecosystem services in a heavily humanized Mediterranean basin [J]. Ecological Indicators, 2014, 37(1): 199 – 209.

[24] 周彬,余新晓,陈丽华,等. 基于 InVEST 模型的北京山区土壤侵蚀模拟[J]. 水土保持研究,2010,17(6): 9 – 13.

[25] Chen L, Xie G, Zhang C, et al. Modelling ecosystem water supply services across the Lancang River basin [J]. 资源与生态学报(英文版),2011,2(4): 322 – 327.

[26] 潘韬. 过去 30 年三江源区生态系统水源涵养量的变化[C]//中国地理学会 2011 年学术年会暨中国科学院新疆生态与地理研究所建所五十年庆典,乌鲁木齐: 2011.

[27] 李婷,刘康,胡胜,等. 基于 InVEST 模型的秦岭山地土壤流失及土壤保持生态效益评价[J]. 长江流域资源与环境,2014,23(9): 1242 – 1250.

[28] 孙传谆,甄霖,王超,等. 基于 InVEST 模型的鄱阳湖湿地生物多样性情景分析[J]. 长江流域资源与环境,2015,24(7): 1119 – 1125.

[29] 肖强,肖洋,欧阳志云,等. 重庆市森林生态系统服务功能价值评估[J]. 生态学报,2014,34(1): 216 – 223.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[30] 贾芳芳. 基于 InVEST 模型的赣江流域生态系统服务功能评估[D]. 中国地质大学(北京), 2014.
[31] 袁志芬. 基于 InVEST 模型的四川省宝兴县生态系统服务功能动态评估[D]. 湘潭: 湖南科技大学, 2014.
[32] 白杨, 郑华, 庄长伟,等. 白洋淀流域生态系统服务评估及其调控[J]. 生态学报, 2013, 33(3): 711 – 717.
[33] 杨芝歌, 周彬, 余新晓,等. 北京山区生物多样性分析与碳储量评估[J]. 水土保持通报, 2012, 32(3): 42 – 46.
[34] 黄博强, 黄金良, 李迅,等. 基于 GIS 和 InVEST 模型的海岸带生态系统服务价值时空动态变化分析——以龙海市为例[J]. 海洋环境科学, 2015, 34(6): 916 – 924.
[35] 吴哲, 陈歆, 刘贝贝,等. InVEST 模型及其应用的研究进展[J]. 热带农业科学, 2013, 33(4): 58 – 62.
[36] 唐尧, 祝炜平, 张慧,等. InVEST 模型原理及其应用研究进展[J]. 生态科学, 2015, 34(3): 204 – 208.

A Review on InVEST Model for the Evaluation of Ecosystem Service Function

Hou Hongyan[1]　Dai Erfu[2]　Zhang Mingqing[1]

(1. College of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing　100048; 2. Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing　100101)

Abstract

With the deterioration of the ecological environment, the global countries have paid more and more attention to the relationship between economic development and ecological protection. The evaluation of ecological service function has become one of the central issues in the subject of geography, ecology economics and environment. In recent years, at home and abroad emerged a variety of ecological service evaluation model. In particular, the InVEST model has the advantages of dynamic, spatial, multi-level and multi-module, and can better evaluate and analyze complex ecosystem service functions. This paper briefly introduces the basic content of InVEST model, analyzes the the progress and existing problems of InVEST model and its application, and discusses its future development direction.

Key words: InVEST model, ecosystem service, evaluation, application.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net