

GEP Urban Ecological Assessment System Construction

Weifeng Zhang Yu Tang

Shanghai Diting Information Technology Co., Ltd., Shanghai, 200062, China

Abstract

In the context of the continuous advancement of ecological civilization construction, the traditional economic accounting system centered on Gross Domestic Product (GDP) has become insufficient to fully reflect the crucial role of natural ecosystems in supporting human well-being and sustainable economic and social development. This paper focuses on the GEP urban ecological assessment system, integrating domestic and international GEP accounting theories and system development practices, and systematically analyzes the system's construction concepts and practical value from multiple dimensions, including design philosophy, system framework, key technologies, and functional design. It provides high-precision data support for regional ecological planning, major decision-making, and ecological civilization assessment and evaluation, and has significant practical significance for promoting high-quality development guided by ecological priority and green growth.

Keywords

Gross Ecosystem Product (GEP); Urban Ecological Assessment System; Accounting for the Value of Ecological Products

GEP 城市生态评估系统建设

张伟锋 汤宇

上海地听信息科技有限公司, 中国 · 上海 200062

摘要

在生态文明建设持续推进的背景下, 传统以国内生产总值 (GDP) 为核心的经济核算体系, 已难以全面彰显自然生态系统在支撑人类福祉提升与经济社会可持续发展中的关键作用。本文以GEP城市生态评估系统为研究对象, 结合国内外GEP核算理论与系统开发实践进展, 从设计理念、系统框架、关键技术、功能设计等多个维度, 系统剖析该系统的建设思路与实践价值。为区域生态规划编制、重大决策制定及生态文明考核评价提供高精度数据支撑, 对推动以生态优先、绿色发展为导向的高质量发展具有重要现实意义。

关键词

生态系统生产总值 (GEP); 城市生态评估系统; 生态产品价值核算

1 引言

党的十八大以来, 中国明确将“资源消耗、环境损害、生态效益”纳入经济社会发展评价体系; 十九大进一步深化“绿水青山就是金山银山”的发展理念, 为GEP核算与评估系统建设提供了坚实政策指引。在国际层面, 不丹的“国民幸福总值 (GNH)”、欧盟的“环境经济账户体系 (SEEA)”等实践探索, 也展现出突破GDP单一核算维度的发展趋势^[1]。在此背景下, 生态系统生产总值 (GEP) 应运而生, 其核心目标在于量化生态系统供给的物质产品、调节服务及文化服务的总价值量^[2]。依托GEP构建城市生态评估系统, 既是支撑生态文明建设落地实施的技术载体, 也是破解“生态保护成效难量化、生态价值贡献难彰显”问题的关键路径, 兼具理论创新性与实践指导价值^[3]。

【作者简介】张伟锋 (1978-), 中国浙江湖州人, 硕士, 高级工程师, 从事生态环境领域大数据分析与应用研究。

2 系统设计理念与技术

2.1 设计理念

系统以“生态文明导向、科学精准核算、实用便捷服务”为核心设计理念, 具体内涵如下:

生态文明导向: 紧密围绕“绿水青山就是金山银山”理念, 将生态产品价值核算作为核心目标, 助力城市实现生态保护与高质量发展的协同推进;

科学精准核算: 基于国内外成熟的GEP核算理论与方法^[4, 5], 结合城市生态系统的独特性, 筛选适配的功能量与价值量核算模型, 保障核算结果的科学性与准确性;

实用便捷服务: 系统具备指标详情查询、核算结果下载等功能, 支持多维度数据统计与空间分析, 可为政府部门、科研机构、企业等不同用户提供“即查即用”的便捷服务, 有效降低使用门槛。

2.2 系统开发技术

2.2.1 GEP 核算模型预算法

系统采用“七步法”标准化核算流程，设置 22 个质量控制节点，确保核算全过程的规范性与可控性^[3]。构建涵盖物质产品、调节服务、文化服务三大类 12-17 项指标的核算体系，针对不同指标分别采用市场价值法、替代成本法、影子价格法、旅行费用法等适配核算方法^[6]。集成水量平衡法、改进 USLE 模型、NEP 模型等核心功能量核算模型，结合本地化参数库与不确定性分析技术，实现生态系统服务功能量与价值量的精准量化，兼顾核算方法的科学性与区域适用性。

2.2.2 基于 OpenLayers 的 WebGIS 技术

网络地理信息系统（WebGIS）的界面地图功能基于 OpenLayers（简称 OL）开发，该技术是专为 WebGIS 客户端打造的 JavaScript 开发包^[7]。其不仅支持 WMS、WFS、GoogleMaps 等专业地图服务及普通图片作为地图数据源，还兼容 XML、GML、GeoJson、Json、KML、WFS 等多种数据格式，同时提供缩放、平移、标记、测量等丰富的地图显示、操作与分析工具，便于用户自定义地图应用的功能与外观^[8]。此外，该技术具备出色的跨平台兼容性，可在各类设备和浏览器中稳定运行，加之高度的可定制性与扩展性，成为各类地图应用开发与研究的优选工具。

2.2.3 数据库与云计算技术

数据库技术：采用关系型数据库（如 MySQL）存储

统计数据、核算参数等结构化数据，运用地理数据库（如 PostGIS）存储矢量图、栅格图等空间数据，确保数据的高效查询与快速调用^[9]；

云计算技术：针对多年遥感数据、高分辨率栅格数据等海量数据的处理需求，采用阿里云、华为云等云计算平台提供算力支持，有效缩短核算周期，提升系统响应速度。

3 平台功能设计与实现

3.1 系统总体架构

本项目的系统框架主要包括：数据层、模型服务层和应用层。

数据层：包括各类生态系统基础数据；

模型服务层：包括农林牧渔、水资源、生态能源、洪水调蓄、水源涵养、交通降噪、海岸防护、气候调节、固碳、空气净化、水质净化、土壤保持、防风固沙、病虫害控制、休闲旅游、景观价值等十余项生态系统服务功能量及价值量评估核算模型；

应用层：包括了生态价值评估、数据预处理、GIS 空间展示、可视化统计分析、统计报表自动生成、数据资源管理等功能模块。

3.2 系统功能架构

GEP 城市生态评估系统功能架构主要包括数据管理、数据预处理及价值核算三个模块。



图 1 GEP 城市生态价值评估系统框架图



图 2 GEP 城市生态评估系统功能架构

3.2.1 数据管理模块

数据管理针对上传数据、结果数据、过程数据等内容的传输与存储，确保用户数据的安全以及使用时的便捷性，同时，数据管理模块需要负责多源数据的传输、存储与管理，确保数据安全与便捷使用。系统数据来源包括：

基础地理与遥感数据：如行政区边界矢量图、生态系统分类栅格图、遥感反演的植被覆盖度数据等，用于明确核算区域范围与生态系统类型分布^[6]；

监测数据：如气象站监测的降雨量、水文站监测的径流量、环境监测站的污染物浓度数据等，为功能量核算提供基础参数支撑^[10]；

统计数据：如农业局的作物产量数据、文旅局的旅游人次数据、统计局的GDP与居民收入数据等，为价值量核算提供数据保障^[3]；

实地调查与文献数据：如野外调查获取的土壤氮磷含量数据、文献记载的单位污染物治理成本等，补充监测数据的不足^[4]。

模块支持数据“上传—存储—读取—下载”全流程管理，用户可通过个人电脑上传本地数据，也可下载系统核算结果与基础数据，满足个性化需求。

3.2.2 数据预处理模块

作为价值核算的前置环节，负责对原始数据进行清洗、转换与分析，确保数据符合核算模型要求。例如：

洪水调蓄价值核算前，需对径流数据进行“异常值剔除—趋势分析—空间插值”处理，生成研究期累计径流量栅格图^[10]；

土壤保持价值核算前，需基于土壤流失方程，对土壤质地、坡度、植被覆盖度等数据进行标准化处理，计算潜在与实际土壤侵蚀量^[4,11]。

预处理结果将直接传输至价值核算模块，为后续核算提供“标准化数据源”，避免因数据格式不统一导致的核算误差^[3]。

3.2.3 价值核算模块

价值核算模块是系统的核心功能模块，基于预处理数据，按照“生态产品清单—功能量核算—价值量核算—GEP 汇总”的逻辑流程，实现各类生态产品价值的核算^[12]。该模块涵盖物质产品、调节服务、文化服务三大类共20余项核算科目（表1），每类科目均对应明确的功能量指标与价值量核算方法^[3,5]。

表1

服务类别	核算项目		功能量指标	核算方法	
物质产品	农业产品	野生农业产品	野生农业产品产量	统计调查	
		集约化种植农业产品	集约化种植农业产品产量		
	林业产品	野生林业产品	野生林业产品产量		
		集约化种植林业产品	集约化种植林业产品产量		
	畜牧业产品	放牧畜牧业产品	放牧畜牧业产品产量		
		集约化养殖畜牧业产品	集约化养殖畜牧业产品产量		
	渔业产品	野生渔业产品	野生渔业产品产量		
		集约化养殖渔业产品	集约化养殖渔业产品产量		
	淡水资源	工业、农业、居民生活用水量			
	生态能源	秸秆、薪柴、水电发电、潮汐能量			
	其他	其他物质产品产量			
调节服务	水源涵养	水源涵养量	水量平衡法 水量供给法		
	土壤保持	土壤保持量	修正通用土壤流失方程 (RUSLE)		
	防风固沙	固沙量	修正风力侵蚀模型 (REWQ)		
	海岸带防护	海岸带防护长度	统计调查		
	洪水调蓄 湖泊：可调蓄水量 水库：防洪库容 沼泽：滞水量	植被：调蓄水量	水量平衡法		
		湖泊调蓄模型			
		水库调蓄模型			
		沼泽调蓄模型			
	空气净化 净化氮氧化物量 净化工业粉尘量	净化二氧化硫量	污染物净化模型		

续表 1

服务类别	核算项目	功能量指标	核算方法
调节服务	水质净化	净化 COD 量	污染物净化模型
	净化总氮量		
	净化总磷量		
文化服务	碳固定	固定二氧化碳量	固碳机理模型
	氧气提供	氧气提供量	释氧机理模型
	授粉服务	作物增产量	作物增产评估模型
文化服务	休闲旅游	游客总人数	统计调查
	景观价值	受益土地与房产面积	

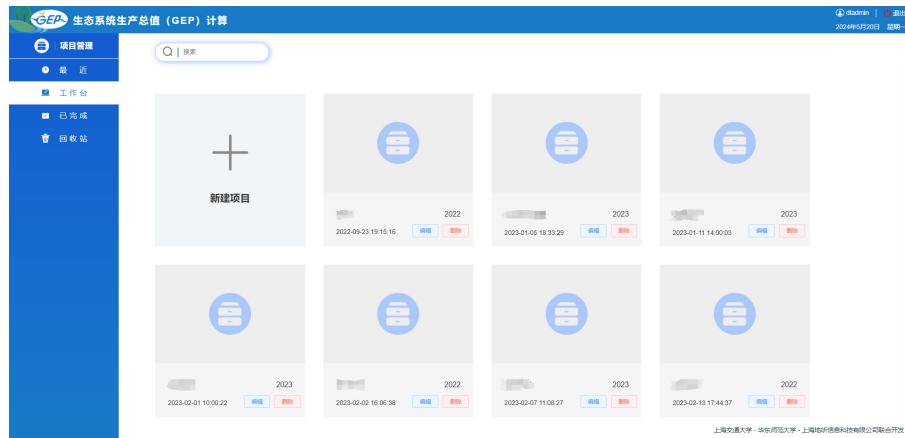


图 4 GEP 项目管理界面

3.2 系统功能详细设计

3.2.1 GEP 核算项目管理

GEP 核算项目管理模块实现了核算项目从创建、编辑、运行到归档的全生命周期规范化管理，以保障核算流程的有序性与数据安全性。系统通过专属登录验证机制构建授权访问体系，仅允许合规用户进入系统主界面，有效规避非授权操作风险。同时，系统主界面划分工作台、最近、已完成、回收站四大功能栏目，通过四大功能的建设，实现项目的集中展示与新建、编辑、删除等操作，达成核算项目“可追溯、可管控、可恢复”的管理目标，为后续 GEP 核算工作奠定流程基础。

3.2.2 GEP 功能量在线计算

GEP 功能量在线计算模块覆盖物质产品、调节服务、文化服务三大类生态系统的多维度功能量核算体系，依托科学适配的计算方法，实现各类生态系统服务功能量的精准量化^[12]。本系统整合径流分析、洪水调蓄、空气净化、水源涵养、气候调节、水质净化、碳固定、土壤保持、文化服务（休闲旅游）、物质产品十大分析子模块（图 5），例如土壤保持模块采用修正通用土壤流失方程（RUSLE），水质净化采用到污染物净化模型和污染物平衡模型等，均为当前生态系统服务功能量核算的主流模型^[4,11]。

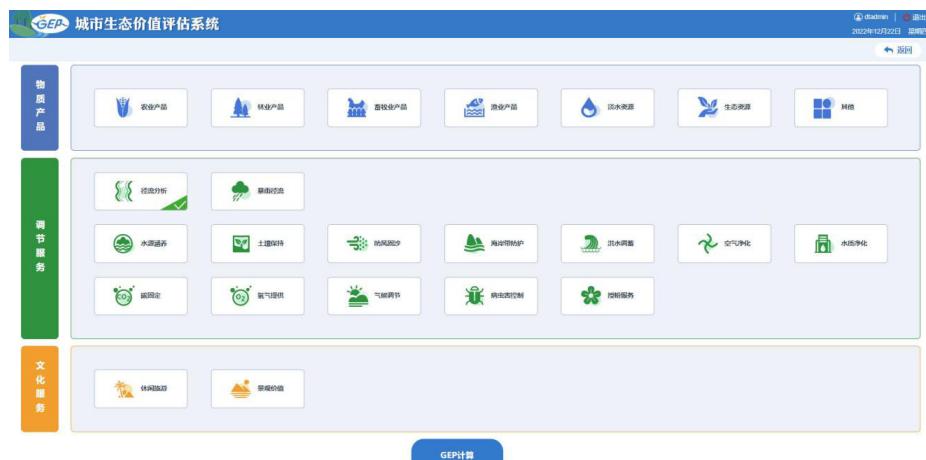


图 5 GEP 功能量在线计算界面

3.2.3 GEP 价值计算

系统采用市场价值法、替代成本法、模拟市场法等主流生态经济评估方法^[5,13]，将物质产品（如农林牧渔产品、淡水资源）的产量、调节服务（如水源涵养量、固碳量）的功能量、文化服务（如休闲旅游人时）的规模转化为货币单

位，实现核算区域生态产品价值的统一量化，为生态产品价值实现机制的探索提供核心数据支撑^[3,12]。

用户在 GEP 计算页面勾选目标生态系统清单项目（如农业产品、洪水调蓄、休闲旅游等），输入各子模块已核算的功能量数据后，系统自动完成价值量换算与累加。



图 6 GEP 统计分析模块

3.2.4 GEP 总值统计与分析

GEP 总值统计与分析将 GEP 核算结果以多维度、多分类、多图表等形式进行呈现。模块在计算完成后自动展示核算项目的 GEP 总值，并按物质产品、调节服务、文化服务三大一级指标分类统计各类生态产品的价值占比；同时通过可视化图表（如饼图、柱状图）清晰呈现细分指标的价值量详情，为生态保护决策与区域发展规划提供直观的数据支撑，这一呈现方式借鉴了现有生态系统服务价值评估研究的可视化表达方法^[10, 13]。

4 结论

GEP 城市生态评估系统通过整合数据管理、数据预处理、价值核算三大模块，构建了科学、精准、实用的城市生态产品价值核算体系，填补了城市尺度 GEP 评估的技术空白。系统以多源数据为基础，以 GIS、遥感、数据库技术为支撑，实现了物质产品、调节服务、文化服务三类生态产品价值的全流程核算，可为区域发展规划、生态保护决策、生态文明考核提供重要支撑。

参考文献

- [1] 欧阳志云, 朱春全, 赵景柱。生态系统生产总值 (GEP) 核算 [J]. 生态学报, 2013, 33 (15): 4551-4559.
- [2] 傅伯杰, 吕一河, 陈利顶。生态系统服务的价值评估与尺度效应 [J]. 地理学报, 2008, 63 (10): 1031-1039.*
- [3] 国家发展和改革委员会, 生态环境部. GB/T 38582-2020 生态系统生产总值 (GEP) 核算技术规范 —— 编制说明与应用指南 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
- [4] 欧阳志云, 王如松, 赵景柱。中国陆地生态系统服务功能及其价值评估 [J]. 生态学报, 1999, 19 (5): 607-613.
- [5] 谢高地, 张钇锂, 鲁春霞。生态系统服务价值评估的研究进展与展望 [J]. 自然资源学报, 2006, 21 (2): 194-203.
- [6] 李德仁, 张良培, 夏桂松。遥感大数据与地理信息服务 [J]. 测绘学报, 2014, 43 (5): 449-456.*
- [7] McClendon H. A High-Performance, Feature-Rich Library for Creating Interactive Maps on the Web[C]// Proceedings of the 18th International Symposium on Web Mapping. New York: ACM Press, 2012: 45-52.*
- [8] 李京, 陈云浩, 宫阿都。基于 WebGIS 的城市生态环境监测与评估系统设计 [J]. 环境科学研究, 2003, 16 (4): 57-60.
- [9] 张康聪。地理信息系统导论 [M]. 5 版. 北京: 科学出版社, 2010.
- [10] 张亚立, 韩宝龙, 孙芳芳。城市生态系统服务价值核算方法与应用 —— 以深圳市为例 [J]. 生态学报, 2023, 43 (17): 7023-7034.
- [11] 吕一河, 傅伯杰, 陈利顶。生态系统服务功能的尺度特征与尺度转换 [J]. 生态学报, 2009, 29 (11): 6180-6189.
- [12] 张彪, 谢高地, 肖玉。生态系统生产总值 (GEP) 核算: 概念、方法与案例 [M]. 北京: 科学出版社, 2018.
- [13] 赵景柱, 肖寒, 吴刚。生态系统服务价值评估研究进展 [J]. 应用生态学报, 2000, 11 (2): 305-310.