

Study on Environmental Impact Assessment of Region Construction Projects Based on Ecological Footprint Model

Jia Zhang

Jiangsu Zhihong Environmental Protection Technology Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000, China

Abstract

As a powerful tool for quantifying human activities 'ecological impacts, the ecological footprint model provides a scientific analytical framework for environmental impact assessments of regional construction projects. This study examines the model's applicability and advantages in evaluation. By establishing an evaluation process of "project ecological footprint accounting-ecological carrying capacity matching-environmental impact classification", it addresses existing limitations including insufficient parameter localization and lack of dynamic assessment. The proposed improvements include optimizing parameter systems, incorporating temporal dimensions, and integrating multi-model coupling. Research demonstrates that the ecological footprint model can precisely identify critical environmental impact factors by quantifying project impacts on ecosystems such as arable land, forest land, and energy land, thereby supporting ecological conservation and sustainable planning for regional development projects.

Keywords

ecological footprint model; regional construction project; environmental impact assessment; ecological carrying capacity

基于生态足迹模型的区域建设项目环境影响评价研究

张佳

江苏智泓环保科技有限公司, 中国·江苏 南京 210000

摘要

生态足迹模型作为量化人类活动对生态环境影响的有效工具, 为区域建设项目环境影响评价提供了科学的分析框架。本文阐述生态足迹模型在评价中的适配性与优势; 通过构建“项目生态足迹核算-生态承载力匹配-环境影响等级判定”的评价流程; 针对模型应用中存在的参数本地化不足、动态评价缺失等问题, 提出优化参数体系、引入时间维度、结合多模型耦合的改进策略。研究表明, 生态足迹模型可通过量化项目对耕地、林地、能源用地等生态系统的占用, 精准识别环境影响关键环节, 为区域建设项目的生态保护与可持续规划提供决策支撑。

关键词

生态足迹模型; 区域建设项目; 环境影响评价; 生态承载力

1 引言

区域建设项目是推动地方经济发展的重要载体, 但项目在规划、建设与运营过程中, 往往会占用土地资源、消耗能源、排放污染物, 对区域生态系统的结构与功能产生显著影响。随着“双碳”目标与生态文明建设的推进, 对区域建设项目环境影响评价的系统性、综合性要求不断提升, 亟需引入更科学的评价工具。生态足迹模型是通过计算人类活动所需的各类生态生产性土地面积, 与区域生态承载力进行对比, 量化评估人类活动对生态环境的压力程度。该模型具有直观性强、可操作性高、能反映生态系统整体占用等特点, 已在区域可持续发展评估、城市生态规划等领域广泛应用。

【作者简介】张佳(1997-), 女, 中国江苏扬州人, 本科, 助理工程师, 从事环境影响评价研究。

2 区域建设项目环境影响评价现状与生态足迹模型的适配性

2.1 区域建设项目环境影响评价现状与局限

当前区域建设项目环境影响评价主要采用“指标监测+影响预测”的模式, 重点关注项目施工期的扬尘、噪声、废水排放, 以及运营期的污染物排放达标情况。例如在交通枢纽建设项目评价中, 多通过监测施工扬尘中 PM_{2.5} 浓度、运营期交通噪声分贝值, 预测对周边居民生活的影响; 在工业园区项目评价中, 聚焦工业废水 COD、氨氮排放是否符合国家标准。这种评价模式虽能反映项目的短期、局部环境影响, 但存在明显局限: 一是忽视生态资源的整体占用, 未考虑项目征地对耕地、林地等生态生产性土地的消耗, 以及能源消耗对应的化石能源用地占用; 二是缺乏与区域生态承载力的耦合分析, 无法判断项目生态影响是否超出区域生态系统的承载阈值; 三是评价维度单一, 难以量化项目对生态

系统服务功能（如碳汇、水土保持）的长期影响，导致评价结果无法为项目的可持续规划提供全面支撑^[1]。

2.2 生态足迹模型在区域建设项目评价中的适配性

生态足迹模型的核心优势在于能够将项目的各类环境影响转化为可量化的生态土地面积，实现“多影响因子-单一量化指标”的整合，与区域建设项目环境影响评价的需求高度适配。首先，模型可全面覆盖项目的生态资源占用类型，包括项目征地导致的耕地、林地占用，能源消耗对应的化石能源用地占用，以及水资源消耗对应的水域用地占用，形成项目全生命周期的生态足迹核算体系；其次，通过将项目生态足迹与区域生态承载力对比，可明确项目生态影响是否在区域承载范围内；最后，模型可通过生态足迹结构分析，识别项目环境影响的关键环节^[2]。如图1：



图1 生态足迹模型框架

3 基于生态足迹模型的区域建设项目环境影响评价流程构建

3.1 项目生态足迹核算

项目生态足迹核算需涵盖建设与运营全周期，按生态生产性土地类型分为耕地足迹、林地足迹、化石能源用地足迹、水域足迹、建设用地足迹五类。耕地足迹主要核算项目征地占用的耕地面积，以及项目运营过程中粮食、蔬菜等农产品消耗对应的耕地面积；林地足迹核算项目占用的林地面积，以及木材、纸制品消耗对应的林地面积；化石能源用地足迹通过项目能源消耗（如电力、煤炭、天然气）计算，将能源消耗量转化为等效化石能源用地面积（折算系数参考《生态足迹核算指南》）；水域足迹核算项目水资源开采对应的水域面积，以及水产品消耗对应的养殖水域面积；建设用地足迹核算项目厂房、道路、办公楼等建设占用的土地面积。核算公式为：项目总生态足迹 = \sum （各类资源消耗量 / 全球平均生产力），其中全球平均生产力采用联合国粮农组织发布的最新数据，确保核算结果的可比性^[3]。生态足迹和项目实施的主要流程如图2所示：



图2 生态足迹和项目实施的主要流程

3.2 区域生态承载力测算

区域生态承载力是指项目所在区域生态系统能够提供的生态生产性土地总面积，测算需结合区域土地利用现状、生态保护红线规划等数据。首先，根据区域土地利用规划图，统计耕地、林地、水域、建设用地的实际面积，扣除生态保护红线内禁止开发的面积；其次，考虑不同土地类型的生产力差异，引入产量因子（如耕地产量因子为2.8，林地产量因子为1.1，参考中国生态足迹研究成果），将各类土地面积转化为等效生态承载力；最后，为保障生态系统可持续性，预留12%的生态承载力作为生物多样性保护面积，区域实际生态承载力 = \sum （各类土地有效面积 × 产量因子） × （1-12%）。

3.3 环境影响等级判定

通过对比项目总生态足迹与区域实际生态承载力，结合生态足迹结构分析，判定项目环境影响等级。若项目总生态足迹 ≤ 区域实际生态承载力，且各类生态足迹占比均衡，无单一类型生态足迹占比超过40%，则判定为“低影响”，项目环境影响在区域承载范围内；若项目总生态足迹 ≤ 区域实际生态承载力，但某类生态足迹占比超过40%（如化石能源用地足迹占比过高），则判定为“中影响”，需针对高占比类型优化项目设计；若项目总生态足迹 > 区域实际生态承载力，则判定为“高影响”，项目可能加剧区域生态压力，需重新调整项目规模或选址，必要时开展生态修复措施以提升区域生态承载力^[4]。

4 生态足迹模型应用的优化策略

4.1 完善参数本地化体系

当前生态足迹核算中，全球平均生产力与通用产量因子的广泛使用，是导致核算结果与区域实际偏差较大的核心原因。全球平均生产力数据基于全球生态系统的平均水平，难以反映不同区域因气候条件、土壤质量、农业技术差异形成的生产力差异；通用产量因子则未考虑区域土地利用方式、生态系统类型的特殊性，例如我国东部平原与西部山区的耕地生产力差距可达2-3倍，若统一采用2.8吨/公顷的耕地产量因子，会严重低估东部地区的生态承载力，或高估西部地区的生态足迹。因此，必须结合项目所在区域的实际情况，

建立本地化参数体系。具体实施中,可通过三个步骤推进:首先,收集区域土地利用调查数据、农业统计年鉴、能源消耗报告等基础资料,例如从地方统计局获取近5年耕地平均亩产量、林地木材蓄积量,从能源部门获取区域化石能源消费结构与折算系数;其次,基于基础数据修正生产力参数,如我国东北黑土区耕地因土壤肥沃,可将全球平均生产力2.8吨/公顷调整为4.2吨/公顷,西北干旱区林地因生长缓慢,将林地产量因子1.1调整为0.6;最后,建立参数动态更新机制,每3-5年根据区域生态环境变化、农业技术进步情况调整参数,确保本地化参数始终与区域实际相符^[5]。

4.2 引入动态评价维度

现有生态足迹模型多为静态评价,仅针对项目某一特定阶段(如运营稳定期)进行生态足迹核算,无法反映项目从规划、施工到运营全周期的生态足迹变化规律,导致评价结果无法为项目不同阶段的环境管理提供针对性指导。例如某高速公路建设项目,施工期因征地、建材运输会产生大量建设用地足迹与化石能源用地足迹,运营初期因车流量较少,能源消耗对应的生态足迹较低,运营稳定期随着车流量增长,化石能源用地足迹会显著上升,若仅采用静态评价,会忽视施工期的高生态压力,或低估运营稳定期的长期影响。因此,需引入时间维度,构建动态生态足迹评价模型。模型构建可按“阶段划分-因子识别-足迹核算-趋势分析”四步开展:首先,将项目全周期划分为施工准备期、施工期、运营初期(1-3年)、运营稳定期(3年以上)四个阶段;其次,识别各阶段的关键生态足迹影响因子,如施工期重点关注建设用地占用、建材运输能源消耗,运营期重点关注车辆行驶能源消耗、服务区水资源消耗;再次,针对各阶段因子开展生态足迹核算,例如施工期通过统计征地面积核算建设用地足迹,通过计算建材运输里程与燃油消耗核算化石能源用地足迹;最后,分析各阶段生态足迹变化趋势,识别足迹峰值阶段与关键影响因子,针对性制定阶段性生态保护措施。施工期通过优化施工方案减少临时征地面积,运营初期通过推广新能源车辆降低能源消耗,运营稳定期通过完善交通管控减少车辆怠速油耗,实现项目全周期的生态足迹动态管控,提升环境影响评价的时效性与指导性。

4.3 推动多模型耦合应用

单一生态足迹模型虽能量化项目对生态资源的整体占用,但无法反映项目污染物排放对周边生态环境的局部影响,以及生态系统服务功能的损失情况,导致评价结果存在“重资源占用、轻环境影响”的局限。例如某化工园区建设项目,生态足迹模型可核算项目能源消耗对应的化石能源用地足迹,但无法量化工业废气排放对周边农田土壤质量、农

作物产量的影响;可核算水资源消耗对应的水域足迹,但无法预测项目废水排放对区域地下水系统的污染风险。因此,需推动生态足迹模型与环境影响评价领域的其他专业模型耦合应用,形成“资源占用-环境影响-生态服务”多维度的综合评价体系。具体耦合路径可从三方面推进:一是与大气环境模型耦合,如将生态足迹模型的化石能源用地足迹数据输入AERMOD大气扩散模型,通过化石能源消耗反推废气排放量,进而预测PM_{2.5}、SO₂等污染物在区域内的扩散范围与浓度分布,明确生态资源占用与大气环境影响的关联关系;二是与水文模型耦合,如结合SWAT水文模型,将生态足迹模型的水域足迹数据转化为水资源开采量,模拟项目用水对区域径流、地下水水位的影响,评估水资源占用的生态水文效应;三是与生态系统服务评估模型耦合,如通过InVEST模型计算项目生态足迹占用导致的碳汇损失、水土保持功能下降等生态系统服务价值损失,将生态足迹的“面积量化”转化为“价值量化”,更直观地反映项目对区域生态系统的综合影响。

5 结论

将生态足迹模型引入区域建设项目环境影响评价,可突破传统评价的局限,通过量化项目生态足迹与区域生态承载力的匹配关系,全面识别项目的生态环境影响特征与关键环节。实证案例表明,该模型能够为项目环境优化提供精准方向,帮助项目在满足经济发展需求的同时,降低生态环境压力。针对模型应用中存在的参数本地化不足、动态评价缺失等问题,通过完善本地化参数体系、引入动态评价维度、推动多模型耦合,可进一步提升模型的适用性与评价结果的科学性。未来,随着生态足迹模型的不断优化与完善,其在区域建设项目环境影响评价中的应用将更加广泛,为实现区域建设与生态保护协同发展、推动生态文明建设提供更有力的技术支撑。

参考文献

- [1] 陈益平,秦欢欢,黄丽想,等. 基于系统动力学模型的山东省水资源生态足迹预测[J]. 节水灌溉,2024(11):39-45,53.
- [2] 柳宏斌,夏国柱,林涛,等. 基于改进生态足迹模型的可持续发展评价——以北疆为例[J]. 生态学报,2023,43(1):234-248.
- [3] 张梦娜. 基于生态足迹模型的珠三角城市群生态安全评价[D]. 陕西:长安大学,2023.
- [4] 钱凤魁,徐欢,逢然然,等. 基于三维生态足迹模型辽宁省耕地生态补偿额度估算分析[J]. 中国农业资源与区划,2023,44(6):97-109.
- [5] 周益. 基于改进生态足迹模型的太湖流域生态安全评价[D]. 苏州科技大学,苏州科技学院,2022.