

13.生态系统服务应用及人类福祉提升

产水服务评估的不确定性量化与参数优化研究-以祁连山区为例

王 蓓, 李 新, 仲俊涛, 朱高峰, 马春锋, 张 凌

1.西安科技大学 2. 中国科学院青藏高原研究所 3. 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心 4 兰州大学资源环境学院 5. 中国科学院西北生态环境资源研究院

摘要: 生态系统服务为人类提供多重惠益, 在环境管理中越来越受到决策者的关注。生态系统服务的精准评估是科学制定环境管理决策的关键, 然而, 由于地理环境的异质性、资料的局限性, 参数取值往往存在较大波动, 进而导致评估结果存在参数的不确定性。目前对生态系统服务评估不确定性量化研究认知尚浅, 已有研究对服务评估的不确定性忽略。因此, 研究如何量化生态系统服务评估的参数不确定性, 减少评估结果的不确定性, 对提高评估结果可靠性、精准度和制定科学管理决策具有重要意义。为此, 研究以我国重点生态功能区-祁连山地区为研究区, 以产水服务为例, 借助 InVEST 产水模型, 首先采用扩展傅里叶振幅灵敏度测试和蒙特卡罗随机模拟方法识别限制模型输出精度的敏感参数。然后在考虑不同来源的降水和参考蒸散量的情况下, 利用马尔科夫蒙特卡罗方法对这些敏感参数进行优化。最后, 我们还进一步验证了模型输出结果的可靠性, 并检验了敏感参数优化结果在其他子流域的迁移性, 以探索全区域模型模拟结果的可靠性。主要结论: (1) 只有年降水量、年参考蒸散发、草地植被蒸散发系数和季节因子等参数对模型输出敏感, 整体上表现为与自然环境相关的参数(如降水)比与人类活动相关的参数(如草地植被蒸散发系数)更敏感。因此, 我们建议从产水服务视角, 扩大草地覆盖面积可能有助于缓解气候变化引起的产水量变化。(2) 基于不同来源的气候驱动数据进行参数优化, 得到的子流域产水量与观测数据关系密切, 特别是 CMDf/Penman-Monteith 组合的平均 NSE 为 0.72, 而基于未优化的参数初始值的模型模拟性能相对较差, 平均 NSE 仅为-5.50。(3) 基于参数优化结果的其他子流域的模型模拟同样稳健, 表明这些参数优化结果在整个研究区域内表现出了可转移性。因此, 可以推断将不确定性分析和参数优化纳入这种相对简单的模型中可以得到准确的结果。然而, 这些敏感参数的来源和准确性是至关重要的, 需要在其他地区进一步验证。该研究为量化和减少生态系统服务评估中参数不确定性提供了一定的指导, 也为该模型在其他领域的潜在适用性提供了科学依据, 同时, 也为科学地制定环境管理决策提供了重要的科学基础。

关键词: 生态系统服务, 全局敏感性分析, 不确定性分析, 参数优化