

基于 InvaCost 数据库评估中国伊蚊的经济成本

李橙

深圳信息职业技术大学, 广东 深圳 518172

DOI: 10.61369/ETR.2026230041

摘 要 : 本文将 biomod2 集成模型与 InvaCost 数据库结合使用, 完成了中国白纹伊蚊 (*Aedes albopictus*) 生态适生格局、潜在经济损失结构的评估工作。用空间价值转移法估算后发现, 国内对应的潜在总经济损失为 1.35 百万美元 (2017 年不变价), 损失内部结构的被动特征比较明显: 其中疾病暴发、医疗支出带来的直接灾损 (Damage Cost) 为 0.74 百万美元, 占总损失的 54.81%, 混合成本 (Mixed Cost) 占比为 41.48%, 用于日常监测、早期防控的管理成本 (Management Cost) 占比仅为 3.70%。

关 键 词 : 白纹伊蚊; 适生区分布; InvaCost; 经济损失评估

Economic Cost Assessment of China *Aedes* Mosquitoes based on the InvaCost Database

Li Cheng

Shenzhen Institute of Information Technology, Shenzhen, Guangdong 518172

Abstract : This study combined the biomod2 ensemble model with the InvaCost database to evaluate the ecological suitability pattern and potential economic loss structure of *Aedes albopictus* in China. Estimates based on the spatial value transfer method show that the total potential economic loss nationwide reaches 1.35 million US dollars at 2017 constant prices, and the loss structure presents prominent passive characteristics: the direct damage cost caused by disease outbreaks and medical expenditures totals 0.74 million US dollars, accounting for 54.81% of the overall loss; the mixed cost accounts for 41.48%, while the management cost for routine monitoring and early prevention and control only takes up 3.70%.

Keywords : *aedes albopictus*; suitability distribution; invacost; economic loss assessment

一、前言

当前国际贸易覆盖范围不断拓展、跨境物流运输效率持续提升, 全球外来物种的积累速度远超以往各时期, 未来几十年这类入侵态势还会不断出现^[1]。目前已被记录的入侵类群里, 昆虫纲的物种数量多、扩散速度快、灾害损失高, 属于特征十分典型的入侵类群^[2], 会给全球和我国的农业生产活动、林业生态防护体系、公共卫生安全造成长期的严重威胁^[3]。

为了量化外来入侵生物的危害, 给管理决策提供直观的货币化依据, 近年来国际学术界调整研究方向, 用环境经济学方法评估其经济灾损^[4]。全球入侵生物经济成本数据库 (InvaCost) 设置了统一的货币转换规则, 可完成全球跨区域、跨灾种损失数据的等值对比^[5]。全球范围内, 中国入侵昆虫造成的累计经济成本达 503.52 亿美元, 排在全球第二位^[6]。在所有已知入侵昆虫中, 伊

蚊属 (*Aedes* spp.) 是蚊媒传染病的关键媒介, 其造成的经济损失与行政防疫投入排在全球首位^[7]。近年草地贪夜蛾、长林小蠹、红火蚁等恶性害虫在本土持续扩散, 我国面临的潜在经济灾损正处于长期的激增态势。

不过, 当前针对入侵昆虫开展的经济成本评估, 仍受到“数据洼地”与“统计低估”的明显瓶颈制约。InvaCost 回溯数据主要依托英语开源文献, 让非英语国家的大量本土研究、政府内部统计等灰色文献没有被完整收录, 使得非英语区域的损失出现系统性低估。中国本土目前缺少伊蚊相关的高信度记录, 直接开展加总统计容易让数据出现严重失真, 本文跳出传统被动统计模式的限制, 完成 InvaCost 数据库内全球范围内所有伊蚊属 (*Aedes* spp.) 高信度经济成本数据的提取与整合, 拆解分析全球各地区应对该类蚊媒昆虫时的人均损失强度特征, 提炼出普适性的环境 - 经济转移函数。

二、数据和方法

（一）伊蚊全球经济损失数据来源与处理

本文开展研究用到的外来入侵昆虫经济损失数据，全部取自全球入侵生物经济成本数据库（InvaCost, v4.1），本文对原始数据库开展了严格的清洗与筛选。检索 Species（物种名）或 Genus（属名）字段包含“伊蚊属（*Aedes*）”的所有记录，完整提取白纹伊蚊（*Aedes albopictus*）与埃及伊蚊（*Aedes aegypti*）等关键蚊媒的全球损失条目。对所有提取到的记录做进一步筛选，仅保留 Method_reliability（数据可信度）字段标记为“高（High）”的内容，经上述处理后本文共得到289条记录。

（二）伊蚊基准人均年损失系数构建

对完成清洗的 InvaCost 全球高信度数据集开展提取操作，得到所有有记录国家各年份由伊蚊引发的标准化年度灾损金额。为了搭建普适性较强的全球基准系数，本研究先统计全球有相关报道区域内伊蚊带来的年均总损失额（ $cost_{global}$ ），全球对应有灾损报道区域内的常住总人口数（ pop_{global} ）。将上述两个指标相除，得到全球伊蚊基准人均年损失系数 β ，该系数的计算公式如下：

$$\beta = \frac{\sum_{k=1}^M Cost_k}{Pop_{global}}$$

$cost_k$ 对应 InvaCost 数据库收录的全球第 k 条高信度伊蚊年度损失记录数据； $\$M\$$ 指满足筛选标准的全球记录总数量。

（三）基于 biomod2 的中国伊蚊适生区空间建模

为明确全球伊蚊经济损失系数在我国境内外推的空间边界与暴露面，本文借助 R 语言集成包 biomod2，完成我国境内伊蚊潜在适生区的分布模拟。

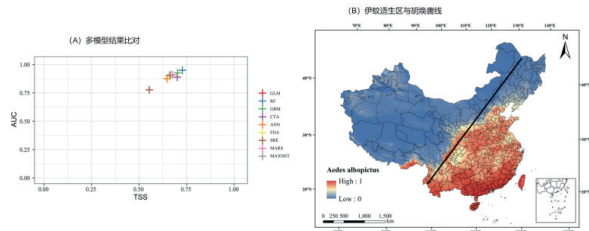
本文针对我国微观空间栅格，最终得到的空间价值转移与潜在经济损失外推方程如下：

$$LOSS_{China} = \sum_{i=1}^N \left(S_i \times P_i \times \beta \times \frac{GDP_{China_PPP}}{GDP_{Global_PPP}} \right)$$

三、结果

（一）伊蚊适生区

依托 biomod2 框架搭建的物种分布模型输出的预测结果显示，随机森林（RF）是表现最优的集成拟合模型，它与 AUC 表现较好的广义梯度提升模型（GBM）、分类树分析（CTA）结合，得到了稳健性较高的中国白纹伊蚊（*Aedes albopictus*）潜在地理分布格局（见图2A）。宏观地理尺度下，我国境内白纹伊蚊的适生概率分布，与经典“胡焕庸线”（黑河—腾冲线）的空间耦合性、边界收敛特征都十分明显（见图2B）。高适生区（红色、橙色区域）几乎全部分布在胡焕庸线东南侧；该线西北的广阔区域，除西藏墨脱等藏东南谷地、新疆伊犁河谷存在极弱的低度适生外，基本为完全不适生区（深蓝色，接近0）。



（二）中国伊蚊入侵潜在经济损失评估

完成宏观价值转移估算后得出，白纹伊蚊入侵我国造成的潜在总经济损失达1.35百万美元（以2017年不变价美元计）。拆分这类经济损失的内部构成，呈现出极端的“重末端灾损、轻前端管理”的被动防御特征。

伊蚊媒介引发的登革热等传染病暴发、居民医疗负担加重、劳动生产力丧失，是我国潜在蚊媒损失的核心促成因素，这类因素对应的潜在直接灾损（Damage Cost）总额达0.74百万美元，占全国总损失的54.81%，在各类损失中占据绝对主导。潜在混合成本（Mixed Cost）总金额为0.56百万美元，在全部成本中的占比达41.48%。这类成本同时具备灾损与应急防控两类属性，是疫情暴发阶段社会系统付出的复合型代价。潜在控制管理成本（Management Cost）总额仅为0.05百万美元，对应整体支出的占比仅为3.70%。这种悬殊的结构差异有明确的量化数据作为支撑，当前针对伊蚊入侵的资源分配，过度偏向末端救治与被动承担损失环节。如果将资金提前投入常态化蚊媒监测与早期群防群治，可压低伊蚊指数级爆发带来的直接灾害损失。

四、结论与政策建议

通过价值转移模型估算可知，我国需承担的潜在总经济损失为1.35百万美元（2017年不变价），内部结构表现出明显的被动特征：疾病暴发、医疗支出增加和劳动生产力损失带来的直接灾损（Damage Cost）达0.74 M\$，占总损失的54.81%，同时具备两类属性的混合成本（Mixed Cost）占比为41.48%，投入到常态化监测、早期预防环节的控制管理成本（Management Cost）占比仅有3.70%这种“侧重末端灾损应对、忽视前端管理投入”的明显差异，是对应结论的可靠定量依据，我国公共卫生体系当前正承担着比较大的末端被动应对压力。

要化解高额被动灾损带来的系统性风险，后续我国在外来生物入侵与公共卫生管理领域，可推行前置干预与差异化精准防控两类对策，第一、要推动防控预算配置重心从“末端救治”向“主动防御”转移，加大常态化社区灭蚊、积水生境治理以及种群密度监测相关工作的预算投入，在疫情暴发前筑牢常规公共卫生防护屏障，可大幅削减后续疫情指数级爆发产生的直接经济损失。第二、防控策略可结合生态适应性要求开展区域差异化治理，针对华南及沿海连续高适生“震中”地带建立全年运行的精细化网格预警机制，长江流域至秦岭—淮河过渡区域重点做好夏

秋季高峰“窗口期”集中防控工作，胡焕庸线西北侧区域要严格防范外来生物局部定殖风险，要重点关注全球变暖与城市热岛效应影响下适生边界向高纬度“北扩”的潜在风险，定期对应急物资储备及公共卫生防御纵深开展前瞻性动态布局。

参考文献

[1]SEEBENS H, BACHER S, BLACKBURN T M, et al. Projecting the continental accumulation of alien species through to 2050 [J]. *Global Change Biology*, 2021, 27(5): 970–982.

[2] 郭建洋, 洗晓青, 张桂芬, 等. 我国入侵昆虫研究进展 [J]. *应用昆虫学报*, 2019, 56(6): 1186–1192.

[3]WAN F H, JIANG M X, ZHAN A B. *Biological Invasion and Its Management in China. Volume 1* [M]. Dordrecht: Springer Nature, 2017: 3–15.

[4]WILLIAMS F, ESCHEN R, HARRIS A, et al. The economic cost of invasive non-native species to Great Britain [J/OL]. *Economic Cost Invasion Non Native Species Great Britain*, 2010, 11: 9206.

[5]DIAGNE C, LEROY B, GOZLAN R E, et al. InvaCost, a public database of the economic costs of biological invasions worldwide [J]. *Scientific Data*, 2020, 7(1): 277–286.

[6] 范世奇, 赵光华, 才琪, 等. 基于 InvaCost 数据库评估全球入侵昆虫的经济成本 [J]. *中国农业科技导报*, 2023, 25(10): 137–143.

[7]AHMED D A, HUDGINS E J, CUTHBERT R N, et al. Managing biological invasions: the cost of inaction [J]. *Biological Invasions*, 2022, 24: 1927–1946.

尾注