

城市森林生态效益评价及模型研究现状*

韩明臣 李智勇

(中国林业科学研究院林业科技信息研究所, 北京 100091)

摘要: 详细介绍了城市森林生态效益评价研究现状及评价模型的开发与应用状况, 并对城市森林生态效益评价研究的发展趋势进行了讨论。

关键词: 城市森林, 生态效益, 价值评价, 模型, CIFY green, UFORE, i-Tree

中图分类号: S718.5 S731.2

文献标识码: A

文章编号: 1001-4241(2011)02-0042-05

Ecological Benefits Evaluation of Urban Forest and Its Models

Han Mingchen Li Zhiyong

(Research Institute of Forestry Policy and Information, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract This paper described in detail the research progress of ecological benefits evaluation of urban forest and the development and application of its models. And the future development directions of the ecological benefits evaluation of urban forest were then discussed.

Key words urban forest, ecological benefit, value valuation, model, CIFY green, UFORE, i-Tree

人类正面临着快速城市化进程, 城市及其周边地区的资源、环境、生态承受着前所未有的巨大压力, 而作为城市生命支持系统的城市森林, 以其生命支撑、生态调节、环境保护等多重功能, 在城市复合生态系统中具有不可替代的作用。正确认识城市森林, 科学评价城市森林的生态效益与价值是有效管理城市森林的基础, 城市森林生态效益量化及其价值评价已成为国内外城市森林研究的热点。

1 城市森林生态效益量化

现代城市森林生态效益研究起始于美国和加拿大, 关注的内容主要包括空气污染物清除、碳储存和碳整合、降温与节能、生物挥发物排放以及水文效益等。城市森林生态效益的量化是确定城市森林生态效益经济价值的前提。

1.1 空气污染物清除

城市地区的空气污染是一个重大环境问题, 它影响到人类的健康和福祉。城市树木主要通过叶片气

孔吸收消除空气污染气体和叶表面吸附消除、拦截大气中的颗粒污染物, 从而改善当地和区域空气质量。

1991年 Nowak 提出了一套系统计算城市树木清除污染物 (SO_2 , CO , NO_2 , O_3 , PM_{10}) 的算法, 并采用此算法计算了芝加哥城市森林清除污染物的能力^[1]。英国的 Stewart 等通过构建空气质量评估模型对其西部内陆地区城市森林的 O_3 , NO_2 和 CO 全面清除率进行了估计^[2]。Nowak 等利用每小时气象和污染浓度数据, 应用计算机模型 (UFORE) 对美国 55 个城市的树木和灌木清除污染物能力进行了计算与分析^[3]。

1.2 碳储存和碳整合

随着大气中 CO_2 浓度的增加, 人们对城市森林的碳储存和碳整合数量越来越关注。Rowntree 和 Nowak 于 1991 年在树种生物量方程的基础上构建了城市树木碳储存和碳整合计算模型, 并应用该模型计算了芝加哥城市森林碳储存和碳整合效益。结果表明, 美国城市森林贮存碳量可达 8 亿 t 且每年以 650 万 t 的速度增长^[4]。Hyun-Kil Jo 和 McPherson 同样

* 收稿日期: 2010-08-11

基金项目: 林业公益性行业科研专项多功能林业发展模式与监测评价体系研究 (200904005)

作者简介: 韩明臣 (1984-), 男, 山东安丘人, 在读博士研究生, 研究方向为城市林业政策, 电话: 010-62889083 E-mail: xinyue_644@

应用构建计算机模型的方法对芝加哥居民区绿地的碳储存和碳整合效益进行了计算^[5]。基于美国 10 个城市的样地数据, Nowak 应用计算机模型对美国所有城市森林的碳储存和碳整合效益进行了整体分析^[6]。

1.3 降温与节能

城市森林的降温和节能主要通过树冠遮阴降温和树木蒸腾降低环境空气温度 2 种途径实现。据估算, 树冠覆盖每提高 1%, 树木中午降低温度 0.04~0.2℃, 冠下地上 1.5 m 处比无树木覆盖区域低 0.7~1.3℃。树木的节能效益一般通过树木蒸腾作用所吸收的热量来计算。Parker 在佛罗里达案例中最早研究了城市树木的节能效应, 发现增加树木和灌丛后节能高达 50%^[7]。

1.4 生物挥发物排放

生物挥发性有机化合物越来越受到人们的关注, 一方面树木挥发性有机化合物排放有助于 O₃ 和 CO 的形成; 另一方面在低氮氧化物浓度环境下, 挥发性有机物实际上可能消除 O₃; 此外, 生物挥发物的排放还具有高度的温度依赖性。生物挥发物的释放率因树种而异, Nowak 对美国城市森林的生物挥发物排放研究表明, 有 9 个属的树木具有较高的异戊二烯排放率^[8]。

1.5 水文效益

城市森林和树木还通过树冠拦截、蒸腾作用、降低雨滴冲击力等多种途径减少径流, 从而起到减轻城市排水系统的压力和消减洪峰的效用。美国林业局开发的 CITYgreen 模型包含了城市森林减少暴雨径流计算模块。Dwyer 利用该模块对 Stevens Point 市的暴雨进行了分析, 发现该市有 60% 的建筑物只有少数树木点缀, 这些区域的暴雨径流量占该城市总暴雨径流量的 24.5%, 而有大量树木覆盖区域的径流量仅为城市总暴雨径流量的 1.6%^[9]。

2 城市森林生态效益价值评价

城市绿化不能完全当作福利事业进行经营, 只有将城市森林的生态效益用经济价值的形式来表现, 才能使人们更好地认识和了解城市森林的作用。树木定价法和环境效益评估的方法已经被广泛用于评价城市森林的生态效益价值。

2.1 树木定价法

目前, 国外的城市树木定价法主要有 2 种基本类

型: 第 1 种类型首先基于植株大小确定初始价值, 然后根据相关因子如条件、位置、物种类型及特殊情况(历史重要性等)对价值进行调整, 如美国的 CTLA 法和澳大利亚的 Bumley 法; 第 2 种类型是首先应用因子得分等级系统对各因子打分, 所有分数相加或相乘, 最后再同货币化因子相乘得出树木价值, 如新西兰的 STEM 法、英国的 AVTW 法和西班牙的 Noma Granada 法^[10]。

2.1.1 美国的 CTLA 法

CTLA 法 (Council of Tree and Landscape Appraisers) 是美国树木与景观评价委员会于 1942 年在其《树木评价指南》中最早提出的。该方法自 1951 年起得到广泛应用, 第 9 版于 2000 年公布。CTLA 法的最大值是树干高 4.5 英尺 (1.4 m) 处的横断面积与每平方英寸 ($6.4516 \times 10^{-4} \text{ m}^2$) 货币价值的乘积。该最大值伴随树种品质、环境和所处景观位置等因子 (每个因子取值 0.0~1.0) 的变化而降低。每平方英寸货币价值参考当地苗圃现成树木树干横断面积每平方英寸的栽培成本。每平方英寸货币价值和树种等级最终由当地委员会确定。CTLA 法的简明计算公式是: 树木价值 = 树干 1.4 m 处横断面积 × 树木基价 × 树种系数 × 生长情况系数 × 生长位置系数。CTLA 法可针对当地的特点修正公式中的系数或树木基价, 使之更符合当地的情况, 具有普适性。

2.1.2 澳大利亚的 Bumley 法

Bumley 法 (Bumley Method) 由 Bumley 大学农业与园艺维多利亚学院制定。该方法由 McGarry 和 Moore 于 1988 年首次公布, 并由 Moore 在 1991 年进行了修订, 其设计思想与 CTLA 法相似, 同样是以树木体积与单位体积货币价值的乘积作为初始价值。树木体积通过近似树木体积的倒置圆锥计算。体积乘以苗圃每立方米零售价格得出初始树木价值, 然后该初始值伴随预期寿命因子 (0.5~1.0)、外形与活力因子 (0.0~1.0) 以及所在位置因子 (0.4~1.0) 的变化而缩小。与 CTLA 公式类似, 所有属性因子单方向降低基值, 但同时也存在差异, Bumley 法并不像 CTLA 法那样所有因子都可以使树木价值归零。Bumley 法的简明计算公式是: 树木价值 = 树木体积 × 树木基价 × 年龄系数 × 外形与活力系数 × 生长位置系数。

2.1.3 英国的 AVTW 法

Helliwell 于 1967 年首次发布了 AVTW 法 (A-

menty Valuation of Trees and Woodlands), 并于 2000 年进行了修订。该方法基于直观判断对树木大小、年龄、景观重要性、与其他树木的关系、背景关系、外形、特殊因素等 7 个因子分别给予 1 到 4 分不等的评分 (分值偶尔小于 1)。因子分数相乘后与给定的每分货币价值 (2000 年修订为 14 英镑) 做乘法运算。因此, 任何评分是 1 的因子对评价价值不构成影响。AVTW 法的简明计算公式是: 树木价值 = 树木大小 × 年龄系数 × 景观重要性 × 与其他树木关系 × 背景关系 × 外形 × 特殊因素 × 14 英镑。

2.1.4 新西兰的 STEM 法

STEM 法 (Standard Tree Evaluation Method) 由 F bok 于 1996 年首次提出, 类似于 AVTW 法, 它应用打分系统对树木的 3 个总体类别 (基本状况、舒适性、显著性) 的 20 个属性进行打分 (3 至 27 分不等)。其中基本状况类别包括外形、频率、生机与活力、功能 (效用) 以及树龄; 舒适性类别包括高度与幅度、可见性、相邻树木情况、角色以及气候; 显著性类别只对树龄高于 50 年的树木有效, 包括高度 (视觉特征、外形)、历史性 (树龄、与事件和人物的联系、纪念物、遗迹或原生生态系统、子遗物种)、科学性 (来源、稀缺性、危害)。总分乘以树龄为 5 年的树木批发价格, 然后再与种植费用和树木达到相同年龄所需的养护费用相加, 最后与零售转换因素相乘即为树木的价值评价结果。STEM 法的简明计算公式是: 树木价值 = (总分 × 批发价 + 种植价 + 养护价) × 零售转换因素。

2.1.5 西班牙的 Norma Granada 法

Norma Granada 法 (Norma Granada Method) 由西班牙花园协会于 1990 年发布, 并在 1999 年进行了修订。该方法应用一系列表格处理树种 (生长率与寿命) 和大小因子来决定价值因子, 然后通过价值因子乘以苗圃树木零售价格来确定初始价值。与 CTLA 法和 Bumley 法相似, 利用树木状况和景观位置相关因子对初始价值进行调整。与另外 2 个方法不同的是状况因子既能增加也能减少初始价值 (对处于平均状况的树木没有影响)。树木的期望寿命和外部属性只能增加基本价值。树木的最大理论价值是初始价值的 8 倍。Norma Granada 法的简明计算公式是: 树木价值 = (价值指数 × 批发价 × 生长情况指数) × [1 + 树龄 + (美学观赏性指数 + 树种稀有性指数 + 生长立地适应性指数 + 特别指数)]

我国城市单株树木的价值评价研究尚未系统展开, 部分学者对上述方法的国内应用进行了简单尝试, 在一定程度上为我们合理评价城市树木的价值提供了科学参考。但是这些评价方法也存在一些不足, 计算较为复杂, 并且主要是评估树木的补偿价值或结构价值, 并不能评估树木的功能价值, 因此不能将城市森林对城市环境的改善作用完整地表现出来。

2.2 环境效益评价法

环境效益评价法是目前城市森林生态效益价值评估的主要方法, 估价城市森林生态效益价值的目的在于量化城市森林对城市气候的影响 (遮蔽、土壤水分蒸发、调节空气流动等)。环境效益评价法评价城市森林生态效益价值有 2 个基本途径: 一是直接计算出城市森林的生态效益量, 然后参照影子价格进行计算, 通常应用于居民区树木节能或降温效益、固碳释氧效益以及碳储存和碳整合效益价值的评估, 如 McPherson 采用此途径定量研究了芝加哥城市森林的节能效益^[11]; 二是通过环境控制的替代成本间接估算, 通常应用于评价树木影响空气污染、噪声以及暴雨径流的价值, 如 Nowak 利用替代成本法估算出 1991 年芝加哥城市树木去除空气污染的总价值为 100 万美元^[1]。

3 城市森林生态效益与成本分析

单纯计算城市森林的生态效益及其价值意义并不大。对管理投入的成本与产生的效益进行对比分析, 量化成本投入的有效程度, 更有助于城市森林政策的制定与完善。McPherson 对 Modesto 市城市森林的投入及效益产出进行了研究, 得出 Modesto 市城市森林年创造效益价值产投比 (BCR) 为 1.89^[12]; McPherson 和 Simpson 对加利福尼亚州 Modesto 和 Santa Monica 市街道和公园树木的效益成本进行了比较, 估计树木效益是实际成本的 1.52~1.82 倍, 美学和其他效益占总效益的 50%~80%, 并提出了评价行道树和公园树木生态效益的概念模型^[13]。

4 城市森林生态效益综合评价指标体系

通过建立城市森林综合评价指标体系进行城市森林生态效益的评价, 也是一种科学可行的评价方法, 国内许多学者对生态效益综合评价指标体系的构建进行了尝试。徐雁南等从城市森林生态旅游的特殊性出发, 提出了由 15 个指标构成的评价体系, 对中

