

城市绿地生态综合评价体系构建及实证分析

邹波¹ 邵丹娜¹ 张利华²

(1. 北京师范大学资源学院, 北京 100875; 2. 中国科学院科技政策与管理科学研究所, 北京 100190)

摘要 通过文献研究构建城市绿地生态综合评价备选指标集, 合公众调查和专家咨询对指标集进行修改完善, 最后筛选组建一套涵盖城市绿地数量、结构特征和质量等方面的综合评价指标; 在专家打分基础上结合层次分析法确定了各指标权重。选择杭州市作为案例, 收集杭州市 2009—2011 年城市绿地的统计、调查数据, 以及遥感监测的分析数据, 将数据进行标准化处理, 得到杭州市城市绿地空间合理性、质量优良性、结构适宜度综合评价结果。杭州市 2009 年、2010 年和 2011 年城市绿地生态综合评价值分别为 2.80, 2.79 和 2.82。通过将评价结果与杭州市绿地实际遥感监测数据、文献资料和公众意见进行比较, 综合分析认为, 杭州市城市绿地生态系统总体处于良好稳定的水平, 各类绿地面积和人均绿地享有面积较多, 绿地质量较好, 各类绿地结构配置趋于合理, 绿地分布更加均等化。文章的研究为促进杭州市城市绿地生态系统完善、结构优化、功能更好发挥提供了重要的理论和实证研究支撑, 也为同类地区城市生态系统功能评价和完善提供借鉴。

关键词 城市绿地; 绿地生态; 综合评价; 指标体系; 杭州市

中图分类号 X826 **文献标识码** A **文章编号** 1002-2104(2013)07-0049-06 **doi**: 10.3969/j.issn.1002-2104.2013.07.008

随着杭州市经济社会快速发展和城市综合实力不断提升, 在保持经济健康快速发展的同时, 杭州市更加注重优化和改善城市生态环境, 全市各项绿地数量指标居全国同类城市前列, 园林建设成效显著, 发挥了较好的经济、生态、社会和景观效益。通过构建一套涵盖绿地数量、结构、质量的指标体系对城市绿地生态系统特征和发展水平开展评价, 可以弥补传统的以绿地数量指标为主的评价缺陷, 这种方法具有全面、系统性, 是当前开展绿地生态综合评价的主要方法。以杭州市 2009—2011 年园林绿地统计、调查和遥感监测数据为基础, 对杭州市绿地空间合理性、质量优良性、结构适宜度进行综合评价与分析。为杭州市城市绿地生态系统完善、结构优化、功能更好发挥提供理论和实证研究支撑。

1 城市绿地生态综合评价体系构建

1.1 指标筛选过程和依据

通过系统学和生态学等城市绿地相关学科理论研究并结合文献分析与相关标准参考, 构建城市绿地生态综合评价备选指标集, 在此基础上, 进行城市居民和专家调查,

从备选指标集中筛选多个指标组成城市绿地生态综合评价指标体系。然后, 结合基于生物控制论的敏感性模型和案例城市的验证, 对指标体系进行调整和完善, 最后形成城市绿地生态综合评价指标体系, 并确定各指标的分级标准(见图 1)。

为了充分了解我国城市绿地研究领域相关学者对各类绿地指标选择意向和重视程度, 在构建备选指标集之前对中国科协一级学会中发表在生态学、环境科学、林学、地理学、城市规划等期刊 1990—2010 年期间发表的城市绿地生态综合评价相关 150 篇文章使用绿地相关指标情况进行汇总分析^[1]。从指标使用情况看, 绿化覆盖率、人均公共绿地面积、绿地率等仍然是数量指标的选择重点; 质量指标主要集中在绿量、三维绿量、乡土树种比例等, 三维绿量逐渐成为热点; 反映城市绿地结构指标有绿地景观连通性、廊道密度、均匀度指标、破碎化指标以及可达性等。

在常用绿地指标使用情况的期刊分析基础上参考了《国家园林城市标准》(建城[2000]106号)、《城市绿地分类标准》(CJJ/T85-2002)、《城市绿地设计规范》(GB50420-2007)、《城市园林绿化评价标准》

收稿日期: 2013-03-05

作者简介: 邹波, 博士生, 主要研究方向为资源经济与管理。

通讯作者: 张利华, 研究员, 主要研究方向为可持续发展与区域管理。

基金项目: 国家科技支撑计划“城镇绿地生态构建和管控关键技术研究示范”子课题(编号: 2008BAJ10B01-04)。

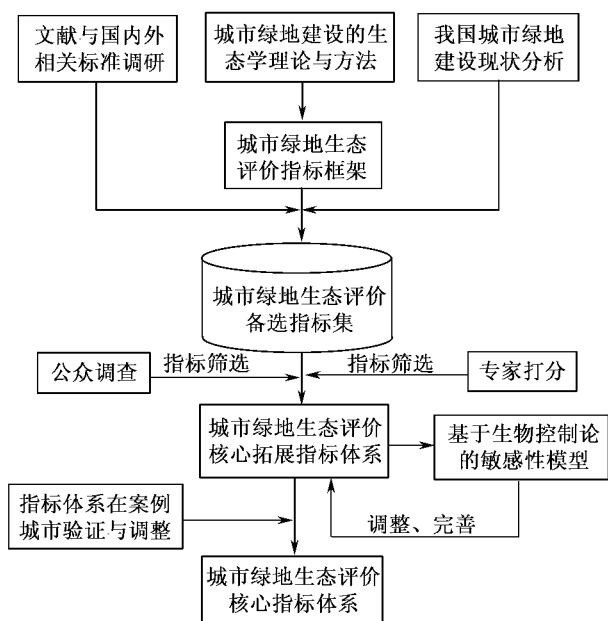


图 1 城市绿地生态综合评价指标体系构建路线

Fig. 1 Construction route of the comprehensive evaluation index system of urban green space ecosystem

(GB/T50563-2010) 等国家标准规范中绿地相关指标使用情况。同时,重点参考了林业、城市规划、生态等领域一些学者对城市绿地生态系统评价指标的研究^[2-8]。根据指标重要性、使用频率、数据可得性,筛选了 56 项城市绿地评价相关指标作为备选指标集。

将备选指标集中的指标设计为问卷,在全国选取了 28 个省会城市和 54 个地级城市,随机抽取居民开展调查,最后回收了 3 020 份有效问卷。同时,聘请 31 位园林、城市规划、生态等领域专家,对备选指标与城市绿地生态综

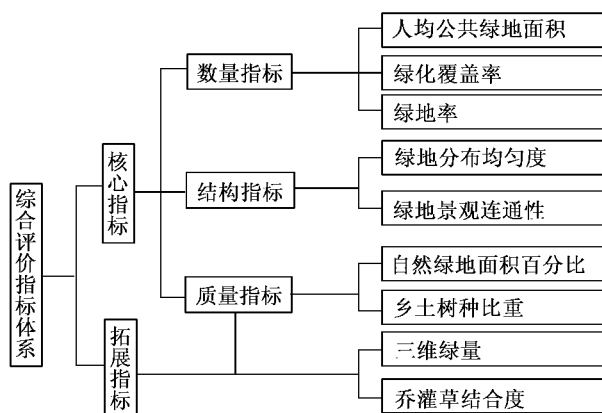


图 2 城市绿地生态综合评价指标体系及权重

Fig. 2 Index system and weights of the comprehensive evaluation of urban green space ecosystem

合评价的相关性、可操作性、灵敏性和适应性关系程度进行打分。将居民调查和专家打分进行统计和分析,综合选取了 7 个核心指标 2 个拓展指标组成城市绿地生态综合评价指标体系(见图 2)。其中,核心指标是衡量绿地生态状况的重要指标,而拓展指标也是质量指标,它对城市绿地生态评价只能起到辅助性说明,并且数据难以获得,其结果说服力有限。

1.2 指标权重的确定

1.2.1 构造判断矩阵

以 A 表示目标, μ_i 表示评价因素, $\mu_i \in U(i=1, 2, \dots, n)$, μ_{ij} 表示 u_i 对 u_j 的相对重要性数值(也称为“标度”)($i=1, 2, \dots, n$) μ_{ij} 的取值见表 1。

表 1 相对重要性的标度
Tab. 1 Scales of relative importance

标度	含 义
1	表示因素 u_i 与 u_j 比较, 具有同等重要性
3	表示因素 u_i 与 u_j 比较, μ_i 比 u_j 稍微重要
5	表示因素 u_i 与 u_j 比较, μ_i 比 u_j 明显重要
7	表示因素 u_i 与 u_j 比较, μ_i 比 u_j 强烈重要
9	表示因素 u_i 与 u_j 比较, μ_i 比 u_j 极端重要
2, 4, 6, 8	分别表示标度 1-3, 3-5, 5-7, 7-9 的中值
倒数	若 u_i 与 u_j 比较得 μ_{ij} , 则 u_j 与 u_i 比较得 $1/\mu_{ij}$

由上述各标度值的意义得到判断矩阵, 也称之为 $A-U$ 判断矩阵 P 。

$$P = \begin{pmatrix} u_{11} & \cdots & u_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{n1} & \cdots & u_{nn} \end{pmatrix} \text{ 满足: } \begin{cases} 0 \leq u_{ij} \leq 1, i \neq j \\ u_{ij} \times u_{ji} = 1, i \neq j \end{cases}$$

1.2.2 计算权重并进行一致性检验

由 $A-U$ 矩阵, 求出最大特征值所对应的单位特征向量并进行一致性检验。所求单位特征向量各分量即为各评价因素重要性排序, 即权重。

$A-U$ 判断矩阵的最大特征值对应的单位特征向量的具体求法如下:

- ① 计算判断矩阵每一行元素的积 $M_i = \prod_{j=1}^n u_{ij}, i=1, 2, \dots, n$
 - ② 计算 M_i 的 n 次方根 $\bar{w}_i = \sqrt[n]{M_i}, i=1, 2, 3, \dots, n$
 $w_j = \frac{\bar{w}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{w}_i}, i=1, 2, 3, \dots, n$
 - ③ 对 w_i 的归一化
 - ④ 计算最大特征根
- 其中 w_i 为所求的特征向量或权重向量的第 i 个分量。

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n u_{ij} \times w_j}{w_i}$$

⑤一致性检验 $C.R. = C.I. / R.I.$

其中,一致性指标 $C.I. = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$; 平均随机一致性指标 $R.I.$ 可查表获得^[9]。

当 $C.R. \leq 0.10$ 时,认为判断矩阵满足一致性,可进行单排序。

当 $C.R. > 0.10$ 时,认为判断矩阵的一致性偏差太大,需修正评分,直到判断矩阵有满意的一致性为止。

1.2.3 计算权重的综合排序向量

由于不同专家对指标的相对重要性程度有不同观点,因此评分所得的判断矩阵有差异,仅仅依赖层次分析法是不够准确的。为了使结果更加接近现实,对每位专家给定的判断矩阵,依次计算各个目标指标的权重向量,然后对所有专家给出的权重向量进行综合处理,计算指标体系中各个目标层指标的综合排序向量。我们认为各个专家的评价权重系数是相等的,专家的权重系数是对专家能力水平的一个综合的数量表示。采用几何平均综合排序向量的方法来对多个判断矩阵进行计算,最后得到各指标权重的综合排序向量。其方法如下:

①计算群组综合权向量的几何平均值

根据 S 位专家给出的判断矩阵 $R_k = (u_{ijk})$, 利用特征根法计算权向量

$$W_k = (W_{k1}, W_{k2}, \dots, W_{kn})$$

然后进行一致性检验。在这里 $k=1, 2, \dots, s$ (k 代表某位专家, s 为专家总数); $j=1, 2, 3, \dots, n$ (j 代表某个目标层的某个指标, n 为某个目标层指标的总数)。

②计算 S 位专家对某个目标层的某个指标赋予的权重值的几何平均值 W_j'

$$W_j' = \sqrt[s]{w_{j1} \times w_{j2} \times w_{j3} \times \dots \times w_{js}}$$

③对某一目标层 j 指标的几何平均值 W_j' 进行归一化处理得到权重值 w_j

$$w_j = W_j' / \sum_{j=1}^n W_j' \quad j=1, 2, \dots, n$$

④得到由 w_j 组成的权重的综合排序向量

⑤计算群组判断的标准差

对于得到的目标层每个指标的专家群组判断,要进行一致性检验,即计算 j 指标优先级权重的总体标准差。

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{1}{s-1} (w_{jk} - w_j)^2}$$

当 $\sigma_j < \xi$ 时 (ξ 取 $[0, 1]$ 之间),认为该群组判断是可以接受的,表示某个专家与总体判断结果的离散程度,数值越小,对专家判断一致性要求就越高。通过计算,最后得到核心指标中各级指标权重(见表3)。

2 杭州市城市绿地生态综合评价过程

2.1 数据获取

通过查阅《浙江城市建设统计年鉴(2010-2012)》、《杭州建设年鉴(2010-2012)》,以及《2011年度杭州市城区绿化工作总结》,从中获取绿地数量评价指标所需原始数据,包括人均公共绿地面积(包含暂住人口)、绿化覆盖率、绿地率、建成区绿地总面积以及建成区总面积。城市绿地质量的指标,通过土地利用分类图来计算,得到包括自然绿地占绿地总面积的百分比和绿化乡土树种比重等。绿地结构的指标即绿地分布均匀度的测算是利用GIS技术,对杭州城区绿地进行取样,把城区分为 60×90 个方格,依次统计绿地方格、累计方格数、累计绿地方格百分比后,并将结果进行排序,并数据放置在坐标图中,以 X 轴为单元累计百分比, Y 轴为绿地方格面积累计百分比,得出杭州城区绿地分布洛伦茨曲线,进一步计算基尼系数 g ,

$$g = \left[\frac{1}{2} - \int_0^1 f(x) dx \right] / \left(\frac{1}{2} \right) = 1 - 2 \int_0^1 f(x) dx$$

得出绿地分布均匀度指数。由于获取绿地景观连通性的相关数据具有一定的客观局限性,故这一指标此次不予考虑,因此结构指标中绿地分布均匀度的权重改为1.0。

拓展指标中的三维绿量是根据杭州市一般公园隔年的乔灌木面积的估算得出。近几年,杭州市一般公园乔木面积约为60%,灌木面积约占70%(林下约30%有灌木);乔木按4m的冠幅(三维绿量取4/5球体体积,通过几何计算可以得出冠幅4m的乔木体积占了4米方块的0.3),灌木取35cm高度,草坪取10cm高度。以此为标准,2010年杭州市建成区绿地总面积为151.17 km²,因此得到乔木占63 km²,灌木占74 km²,草坪占45 km²。按各类型林木体积标准分别计算,得到乔木为 77×10^6 m³,灌木为 25.9×10^6 m³,草坪为 4.5×10^6 m³,得到2010年杭州市绿地三维绿量合计为 1.07×10^8 m³。而乔灌木结合度则是通过实地抽样调查估算得出,它是乔灌木结合绿地面积占城市绿地总面积的百分比,也可以采用与此相反的纯草地占绿地面积的百分比来表示,即区域绿地中纯草地(无灌木和乔木)面积占区域绿地总面积的百分比。例如,调查中杭州有代表性的公园(花港观鱼、六公园、太子湾公园等)乔灌木的结合度在0.65-0.8之间,综合结合度在0.7-0.75之间。按照本次评价所确定的指标因子及权重,筛选整理出了各项指标基础数据(表2)。

2.2 数据处理

为了使得结果更具可比性和参考价值,本次评价将采用极值法对原始数据进行标准化。标准化量化公式为:

$$Z_{jk} = \frac{x_{jk} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \times 10 \quad (1)$$

表 2 杭州市城市绿地生态综合评价基础数据
Tab. 2 Raw data of the comprehensive evaluation of urban green space ecosystem of Hangzhou

一级指标	二级指标	年份/指标值的原始数据 (X_{jk})		
		2009	2010	2011
绿地数量	人均公共绿地面积(m^2)	15.48	15.12	15.50
	绿化覆盖率(%)	39.94	39.95	40.04
	绿地率(%)	36.58	36.64	36.72
绿地结构	绿地分布均匀度指数	0.45	0.40	0.38
	自然绿地占城市绿地总面积比重(%)	81	81	80
绿地质量	绿化乡土树种比重(%)	80	80	80
	三维绿量(m^3)	9.95×10^7	1.07×10^8	1.2×10^8
	乔灌木结合度(%)	72	73	72

其中 Z_{jk} 为某项指标的标准化值 X_{jk} 某项指标的实际值 $X_{\min}$ 所有参与评价的城市绿地指标的最小实际值 $X_{\max}$ 为所有参与评价的城市绿地指标的最大实际值。

这 3 年所有的原始数据中 $X_{\min}$ 为 0.38 $X_{\max}$ 为 40.04, 变量的离差(极差)即 $X_{\max} - X_{\min}$ 为 39.66 根据公式(1), 得到了标准化后的数值(表 3)。根据要求, 标准化后有效的定量值均应控制在 0-10 之间。从结果来看, 对数据标准化计算结果是有效的。

表 3 杭州市城市绿地生态综合评价指标的标准化结果
Tab. 3 Standardized results of the comprehensive evaluation of urban green space ecosystem of Hangzhou

一级指标	权重	二级指标	分权重 (W_i)	年份/经标准化处理的 指标值(Z_{jk})		
				2009	2010	2011
绿地数量	0.38	人均公共绿地面积	0.40	3.81	3.72	3.81
		绿化覆盖率	0.32	9.97	9.98	10.00
		绿地率	0.28	9.13	9.14	9.16
绿地质量	0.33	自然绿地占城市绿地面积的百分比	0.55	0.11	0.11	0.11
		绿化乡土树种比	0.45	0.11	0.11	0.11
绿地结构	0.29	绿地分布均匀度	1.00	0.02	0.01	0.00

将经过标准化处理的指标值(Z_{jk})和一级指标和二级指标的权重值和分权重(W_i)分别代入公式:

$$UGSCE = 0.38 \times \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 W_i \cdot Z_{jk} + 0.33 \times \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 W_i \cdot Z_{jk} + 0.29 \times \sum_{i=1}^1 \sum_{j=1}^1 \sum_{k=1}^1 W_i \cdot Z_{jk}$$

最后得到杭州市 2009 年、2010 年和 2011 年杭州市城市绿地综合评价的综合指标值(见表 4)。

3 杭州市城市绿地生态综合评价结果及分析

3.1 核心指标评价结果

2009 年、2010 年和 2011 年杭州市城市绿地生态综合评价价值分别为 2.80、2.79 和 2.81(见表 4)。其中 2010 年比 2009 年略下降了 0.01 2011 年又重新回升达到 2.81, 总体来看杭州市这 3 年城市绿地生态综合质量较好, 处于良好稳定的状态。

绿地数量的 3 个指标中绿化覆盖率和绿地率标准值有轻微上升, 绿化覆盖率标准值从 9.97 上升到 10.00, 绿地率标准值也从 9.13 上升到 9.16, 而人均公共绿地面积评价价值曾在 2010 年略有下降。绿地质量两项指标的标准值在这 3 年中保持不变, 都稳定在 0.11 水平。原始数据显示, 这 3 年杭州市自然绿地占绿地总面积比重和绿化乡土树种比中分别保持在 81% 和 80% 的水平。杭州市根据地域自身的自然条件和生态环境, 确定适宜的城市绿地结构和树种, 充分遵循了杭州所在气候带的植物群落的构成特点和演替规律, 以地带性乡土树种作为人工植被群落培植和构建的优势物种, 凸显地带植被群落特征的同时, 实现了生物多样性, 优化了群落结构。

表 4 杭州市城市绿地生态综合评价指标值
Tab. 4 Index values of comprehensive evaluation of urban green space ecosystem in Hangzhou

一级指标	权重	二级指标	分权重 (W_i)	年份/经标准化处理的 指标值(Z_{jk})		
				2009	2010	2011
绿地数量	0.38	人均公共绿地面积	0.40	3.81	3.72	3.81
		绿化覆盖率	0.32	9.97	9.98	10.00
		绿地率	0.28	9.13	9.14	9.16
绿地质量	0.33	自然绿地占城市绿地面积的百分比	0.55	0.11	0.11	0.11
		绿化乡土树种比	0.45	0.11	0.11	0.11
绿地结构	0.29	绿地分布均匀度	1.00	0.02	0.01	0.00
综合指标				2.80	2.79	2.81

本研究主要采用绿地分布均匀度这一指标来评价绿地空间结构。该指标的计算是用不同街区人均公共绿地面积的变异系数来获得,变异系数越小,绿地分布的均匀度越高。一般来说在一个大的区域范围内来考察绿地分布均匀度,其所得指标值越大,表明绿地斑块分布越集中,反之表明斑块分布越分散。根据比较理想的城市绿地分布系数和已知城市的基尼系数,杭州的基尼系数约为0.4是比较合理的。从原始数据看出,杭州市绿地分布均匀度从2009年的0.45下降到2010年的0.4,2011年又下降到0.38;这一数值经标准化处理后得到的指标值年分别为0.02、0.01和0.00。因此,表明市域范围内,绿地斑块分布相对比较公平,同时越来越分散,不同区域的城市居民有条件就近享受到绿化建设带来的利益。

3.2 拓展指标评价结果

城市绿化不仅体现绿化覆盖率,三维绿量的不断提高,还表现为植被质量的不断提升和植被物种的多样性。由于受到数据获取难度限制,本次评价选取三维绿量和乔灌草结合度作为拓展指标,辅助说明杭州市城市绿地质量状况。从基础数据来看,杭州市城市绿化三维绿量从2009年的 $9.95 \times 10^7 \text{ m}^3$,增长到2011年的 $1.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。杭州市绿化三维量的不断改善,为城市创造良好的人居环境和发展空间的同时,也为培育城市“碳中和”的功能提供了生态资源的保障。

城市绿地乔灌草结合度表明城市植被种类的配比和协调性,同时还表明绿地系统的承载力和生态功能。2009年到2011年,杭州市乔灌草结合度基本稳定在0.73和0.72的水平,说明这几年杭州市域范围内大多数绿地都实现了乔灌草的合理组合,植被群落以及由其构成的生态系统健康状态较好,生态功能的发挥具有较好的基础。

杭州市这3年三维绿量逐年增长的同时,乔灌草结合度也呈现平稳的态势。穆丹等研究表明,不同的绿地类型,空气负离子水平差异显著,特别是乔灌草复层结构绿地产生的空气负离子浓度最高,空气质量最佳,能最大限度地发挥生态效益^[10]。从这个层面来看,杭州市城市绿地中的乔灌草结合度的不断增进,对改善环境质量将起到积极的促进作用。

3.3 杭州市城市绿地价值分析

杭州市生态环境不断改善积累了大量生态服务价值,同时美化了景观,也为城市品质和社区价值等无形资产的积累和增值奠定了基础。以地区环境优势集聚区域以外的生产要素繁荣地方经济,带动包括商业、地产、旅游、会展等行业在内的协调发展。鲍淳松等研究杭州市园林绿化效益,认为在夏季气温能降低 $0.17 \sim 2.13 \text{ }^\circ\text{C}$ 、相对湿度提高4%~15%;在冬季经过绿化的小区比主街温度低

$0.16 \text{ }^\circ\text{C}$ ^[11]。张侃等研究表明,杭州市1994~2004年绿地生态服务价值与杭州市GDP年度增长率分别为111.92%和5.32%^[12]。王恩等对西湖绿地生态系统服务价值进行了货币化评价,得出西湖风景区绿地的年固碳释氧价值为1754.98万元,年净化环境污染价值为8965.36万元,年涵养水源价值为651.54万元,年土壤保持价值为783.90万元,年调节气候价值为30266.62万元,年总价值达42422.40万元^[13]。2012年国庆,杭州西湖迎来免费开放10周年,据统计,10年间西湖景区减少2亿元门票收入,但游客量与旅游总收入均增长了4倍,2011年杭州旅游总收入比2002年实际增加900多亿元^[14]。在努力挣脱“门票经济”这一发展桎梏的同时,西湖游客逐年剧增还促进了城市就业,实现城市经济效益与社会效益的“双赢”。

4 结 语

构建一套科学完善的城市绿地综合评价体系,可以有效测量一个城市绿地建设的水平,以及其发挥的生态、经济和社会效益,有利于城市人居环境的改善,城市建设与管理水平提升,为推动城市可持续发展提供重要参考。杭州市作为“长三角”主要的中心城市之一,其良好的生态环境为构建精致和谐、大气开放的现代化大都市,为实现杭州经济社会持续健康发展提供环境支撑和生态保障,在维护区域生态安全中发挥了重要的基础作用。

(编辑:温武军)

参考文献(References)

- [1] 张利华, 张京昆, 黄宝荣. 城市绿地生态综合评价研究进展[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(5): 140-147. [Zhang Lihua, Zhang Jingkun, Huang Baorong. Research Progress in Comprehensive Evaluation of Urban Greenland [J]. China Population, Resources and Environment, 2011, 21(5): 140-147.]
- [2] 俞孔坚, 叶正, 段铁武, 等. 论城市景观生态过程与格局的连续性——以中山市为例[J]. 城市规划, 1998, 22(4): 14-17. [Yu Kongjian, Ye Zheng, Duan Tiewu, et al. Connectivity of Landscape Ecological Process and Patterns: a Case Study at Zhongshan City, Guangdong Province [J]. City Planning Review, 1998, 22(4): 14-17.]
- [3] 刘滨谊, 姜允芳. 论中国城市绿地系统规划的误区与对策[J]. 城市规划, 2002, 26(2): 76-80. [Liu Binyi, Jiang Yunfang. On the Mistake and the Policy in the Urban Green Space System Planning [J]. City Planning Review, 2002, 26(2): 76-80.]
- [4] 严晓, 王希华, 刘丽正, 谢远程. 城市绿地系统生态效益评价指标体系初报[J]. 浙江林业科技, 2003, 22(2): 68-72. [Yan Xiao, Wang Xihua, Liu Lizheng, et al. Inquiry into Ecological Indicator System of Urban Greenland System [J]. Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology, 2003, 22(2): 68-72.]
- [5] 周延刚, 罗红霞, 郭志达. 基于遥感影像的城市空间三维绿量(绿化三维量)定量研究[J]. 生态学报, 2005, 25(3): 415-420.

- [Zhou Tinggang , Luo Hongxia , Guo Dazhi. Remote Sensing Image-based Quantitative Study on Urban Spatial 3D Green Quantity Virescence Three-dimension Quantity [J]. Acta Ecologica Sinica , 2005 25(3) : 415 - 420.]
- [6] 金远. 对城市绿地指标的分析[J]. 中国园林 2006(8) : 56 - 60. [Jin Yuan. Analysis of City Green Space Index [J]. Chinese Landscape Architecture , 2006(8) : 56 - 60.]
- [7] 尹海伟, 孔繁花, 宗跃光. 城市绿地可达性与公平性评价[J]. 生态学报 2008(7) : 3375 - 3383. [Yin Haiwei , Kong Fanhua , Zong Yueguang. Accessibility and Equity Assessment on Urban Green Space [J]. Acta Ecologica Sinica 2008(7) : 3375 - 3383.]
- [8] 张利华, 邹波, 黄宝荣. 城市绿地生态功能综合评价体系研究的新视角[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(4) : 67 - 71. [Zhang Lihua , Zou Bo , Huang Baorong. New Perspective of Comprehensive Evaluation Research on Urban Green Space Ecosystem [J]. China Population , Resources and Environment , 2012 22(4) : 67 - 71.]
- [9] 焦树锋. AHP 法中平均随机一致性指标的算法及 MATLAB 实现[J]. 太原师范学院学报(自然科学版) 2006 5(4) : 45 - 47. [Jiao Shufeng. The Algorithm of Mean Random Consistency Index in AHP and its Implementation [J]. Journal of Taiyuan Normal University (Natural Science Edition) 2006 5(4) : 45 - 47.]
- [10] 穆丹, 梁英辉. 城市不同绿地结构对空气负离子水平的影响[J]. 生态学杂志, 2009, 28(5) : 988 - 991. [Mu Dan , Liang Yinghui. Effects of Urban Greenbelt Structure on Air Negative Ions Concentration [J]. Chinese Journal of Ecology , 2009 , 28(5) : 988 - 991.]
- [11] 鲍淳松, 楼建华, 曾新宇, 等. 杭州城市园林绿化对小气候的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版) 2001 27(4) : 415 - 418. [Bao Chunsong , Lou Jianhua , Zeng Xinyu , et al. Effect of Landscaping and Greening on Microclimate in Hangzhou city [J]. Journal of Zhejiang Agricultural University (Agric. & Life Sci) , 2001 27(4) : 415 - 418.]
- [12] 张侃, 张建英, 陈英旭, 等. 基于土地利用变化的杭州市绿地生态服务价值 CITY green 模型评价[J]. 应用生态学报 2006, 17(10) : 1918 - 1922. [Zhang Kan , Zhang Jianying , Chen Yingxu , et al. Urban Greenbelt Eco-Service Value of Hangzhou City Under Effects of Land Use Change: An Evaluation with CITY Green Model [J]. Chinese Journal of Applied Ecology , 2006 , 17(10) : 1918 - 1922.]
- [13] 王恩, 章银柯, 林佳莎, 等. 杭州西湖风景区绿地货币化生态效益评价研究[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(1) : 209 - 213. [Wang En , Zhang Yinke , Lin Jiasha , et al. Monetized Ecological Benefit Evaluation of the West Lake Scenic Area in Hangzhou [J]. Journal of Northwest Forestry University 2011 26(1) : 209 - 213.]
- [14] 尹卫国. 西湖景区免费十年, 收入涨四倍, 门票经济实为急功近利[N]. 中国文化报 2012 - 10 - 09. [Yin Weiguo. Free of Charge in Xihu Scenic Spots for 10 Years , Profits Quadrupled , Ticket Economy Expects Quick Results [N]. China Culture Daily 2012 - 10 - 09.]

An Empirical Analysis and the Establishment of a Comprehensive Evaluation Index System of Urban Green Space Ecosystem

ZOU Bo¹ SHAO Dan-na¹ ZHANG Li-hua²

(1. College of Resources Science & Technology , Beijing Normal University , Beijing 100875 , China;

2. Institute of Policy and Management , Chinese Academy of Sciences , Beijing 100190 , China)

Abstract Through literature review , an alternative index set of ecological comprehensive evaluation of urban green space has been established; and this index set has been revised and improved , combined with public surveys and expert consultation. After screening , a final collection of a comprehensive evaluation that covered a series of indicators including quantity , structural features and quality of urban green space has been selected. Meanwhile , based upon expert scoring , weights in each index have been determined using Analytic Hierarchy Process (AHP) . Taken Hangzhou City as an example , this paper standardizes the collection of statistical survey data of urban green space from 2009 to 2011 and the processed data from remote sensing. Evaluation results regarding spatial rationality , performance on quality and structural suitability of green space have been achieved via data standardization. Results reveal that evaluation values from 2009 to 2011 are 2.80 , 2.79 and 2.82 respectively; synthetically speaking , there is a steady tendency of ecosystem of urban green space in Hangzhou , with a higher quantity of green space of different sorts and green space per capita , a better quality and a more rationally and equally distribution. Research of this paper is of great importance to support the theoretical analysis and empirical study in promoting the perfection of ecosystem , the structural improvement and a better function of Hangzhou urban green space , as well as to provide reference to similar areas for the evaluation and improvement of the urban ecosystem function.

Key words urban green space; ecosystem of green space; comprehensive evaluation; evaluation index system; Hangzhou City