

# 层次分析法在园林发展研究中的应用

贾玲利<sup>1</sup>, 赵东平<sup>2</sup>

(1. 西南交通大学 建筑学院, 四川 成都 610031; 2. 中国中铁二院工程集团有限公司, 四川 成都 610031)

**摘要:**根据层次分析法基本原理,提出了园林发展综合指数概念并建立了评价模型。该评价模型将园林发展水平分为各历史时期的园林数目、园林类型、园林要素、园林分布4个二级层次,应用该评价模型得出了园林发展曲线图,从而对各个历史时期园林发展水平进行了直观评价。运用此方法研究四川园林发展分期得到的结论,与其它相关综合研究得出的结论一致。此方法适用于小区域的地方园林发展研究。

**关键词:**园林发展;层次分析法;园林发展指数

**中图分类号:**TU 985.12<sup>+</sup>7 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)07-0104-03

中国具有悠久的园林历史和杰出的园林艺术,以北方皇家园林和江南私家园林为代表的中国传统园林是世界三大园林体系之一,对世界园林都曾产生过重要影响。目前,对中国园林的研究成果很多,大部分集中在园林发展历史、园林设计手法、园林风格等方面,研究园林方法的几乎没有。中国园林发展历史的研究一直都是国内外研究热点,但是传统的园林发展研究都是以理论分析为基础,加以大量实例的调查,分析园林的发展特点,确定其发展分期。传统园林发展研究获得的都是感性认识,方法相对单一,研究结果缺少有效的检验手段。

该文尝试在地方园林发展研究中引用层次分析法,在传统理论分析方法的基础上,以客观的数学方法进行结果验证,从2个层次判定园林发展状况,改变以往园林发展研究中仅凭理论分析获得感性认识的研究模式。

## 1 层次分析法基本原理

层次分析法(AHP, Analytic Hierarchy Process)是由美国著名运筹学家萨蒂(Saaty T L)教授于20世纪70年代提出的一种系统分析方法<sup>[1]</sup>。这种方法把一个复杂的问题按属性的逻辑关系进行逐层分解,形成一个层次结构加以分析。以简化分析问题的难度,并在逐层分解的基础上加以综合,给出复杂问题的求解结果。它是用一定标度把人的主观判断进行客观量化,将定性问题进行定量分析的一种简单而又实用的多准则评价决策方法。对于那些一般的技术手段无法处理的不能定量测度的问题,AHP方法提供了一条建立测度并进行决策的有效途径<sup>[2]</sup>。AHP强调决策者的直觉判断的重

要性和决策过程中方案比较的一致性,目前已在水资源系统模糊优化、房地产代理商选择、方案优选等各个领域获得广泛应用<sup>[3-5]</sup>,但是目前在园林发展方面未有层次分析法的相关研究。

AHP是一种有效地处理那些难以抽象为解析形式的数学模型问题(即非结构化问题),或难以完全用定量方法来分析复杂问题的手段,它为实际应用中的多准则决策问题提供了有力的量化支持。其基本原理:一是通过分析评价目标包含的因素及其相互关系,将方案评价分解为不同的组成要素,并将这些要素划归不同层次,从而客观上形成多层次的分析结构模型;二是将每一层次的各个要素相对于上一层次各个要素进行两两比较判断,得到其相对重要程度的比较标度,建立判断矩阵;三是通过计算判断矩阵的最大特征根及其相对应的特征向量,得到各层要素相对上层某要素的重要性次序,建立相对权重向量;四是最后自上而下地用上层次各要素的组合权重为权数,对该层次各要素的相对权重向量进行加权求和,得出各层次要素关于系统总体目标的组合权重;五是根据以上各步的计算结果,根据最终权重的大小进行方案排序,为选择最佳方案提供决策依据。

## 2 层次分析法在园林发展研究中的应用

### 2.1 园林发展综合指数概念

园林发展综合指数是指某个历史时期园林发展综合水平。它是某个时期园林发展水平的判断标准。园林发展指数是一个综合概念,它主要由园林数目、园林类型多少、园林要素多样化水平、园林分布的广度等决定。园林发展指数概念的提出,有助于将模糊的描述对象具体化,有助于量化分析,是客观判断园林发展水平的前提。应用园林发展指数判断园林发展水平,从而确定园林发展分期的方法,是对单纯理论研究的一种补充,也是园林发展研究的新思路。

### 2.2 园林发展指数模型

#### 2.2.1 园林发展综合指数的影响因素 要客观评价某

**第一作者简介:**贾玲利(1978-),女,陕西岐山人,博士,讲师,研究方向为自然与人文景观。

**基金项目:**四川省教育厅人文社会科学重点研究基地(地方文化资源保护与开发研究中心)资助项目(11DFWH010-7);中央高校百人基金资助项目(SWJTU09BR187)。

**收稿日期:**2011-12-19

个历史时期园林发展水平,必须对评价目标影响因素进行分析,从各个因素进行综合评价。园林发展综合指数影响因素主要有该时期的园林数量、园林类型、园林要素多样化、园林地理分布的广度 4 个方面。一个历史阶段园林的发展水平与这一时期所拥有的园林数量有直接关系。当一个历史阶段园林建设兴盛时,园林的修建量就比较大。虽然园林的数量多少,并不能直接说明这一时期的园林发展水平,但是可以将其作为园林发展的一个判断指标。园林类型指某一历史时期所存在的园林种类。园林类型的多少与这个时期园林发展水平的高低有密切关系。中国园林在萌芽期只有帝王园囿这一种类型,至发展期,逐渐出现寺庙园林、私家园林等,园林类型逐渐多样化,发展水平提高。园林起始的条件,就是社会具有了一定的财力、物力、人力和技术条件,随即产生了游憩、观赏、娱乐的要求<sup>[7]</sup>,而这种要求是不断变化的,因此,园林自产生以来,其构成要素也是经历了由简单到复杂的变化过程。先秦时期的帝王园囿只有植物和动物,仅供骑射狩猎;逐渐出于休闲需要,开始修建简单的亭台等构筑物;到庄园出现之后,居住、生产、休闲等多重功能增加进来,于是植物、水体、建筑都成了园林的主要构成元素;私家园林出现后,休闲娱乐功能再次加强,很多不具有实用性的元素增加到园林中来,如小品、构架、奇石异草等,园林要素更加丰富。到近现代,城市公共园林的内容与要素更是丰富。园林要素的多少直接体现了当时的园林发展水平。园林地理分布虽然不是时期的园林发展水平的主要判断因素,但是可以从侧面说明这个时期园林发展是否均衡。在园林发展水平处于较低的时期,园林往往只是分布在帝王或贵族活动区域附近,为他们所专属。在大众开始享用园林之后,也只是在经济发达地区才集中有数量较多的园林。随着经济发展,园林的修建也开始分布到较为偏远的地区,说明园林发展水平有了一定的提高。

2.2.2 园林发展综合指数模型的建立 首先将园林发展综合评价目标分解为各种组成因素,将这些因素再按属性关系分解为次级组成因素,形成一个有序的层次结构,如目标层 O、准则层 A 等,并利用层次框图说明层次结构及其要素间的从属关系。第 1 层为各个历史时期园林发展水平,为目标层,第 2 层为体现各个时期园林发展水平的各个因素,则园林发展综合指数模型可用图 1 表示。



图 1 园林发展水平评价模型

Fig. 1 Evaluation model for development level of the garden

### 2.3 构造园林发展评价判断矩阵

针对园林发展水平,与之相关联的 4 个下层要素分别为园林数目( $A_1$ )、园林类型( $A_2$ )、园林要素( $A_3$ )、园林

分布( $A_4$ ),要分析下层要素对园林的发展水平的重要程度,可以构造一个阶的判断矩阵,现根据分析者经验,构造了判断矩阵,如式(1)所示。

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 3 & 9 \\ 1/3 & 1 & 1 & 9 \\ 1/3 & 1 & 1 & 9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/5 & 1 \end{pmatrix} \quad (1).$$

### 2.4 确定权重向并进行一致性检验

为了计算判断矩阵的特征根及对应特征向量则需要计算行列式 $|\lambda I - A| = 0$ ,即

$$\det(\lambda I - A) = \begin{vmatrix} \lambda - 1 & -3 & -3 & -9 \\ -1/3 & \lambda - 1 & -1 & -9 \\ -1/3 & -1 & \lambda - 1 & -5 \\ 1/9 & 1/9 & 1/5 & \lambda - 1 \end{vmatrix} = 0 \quad (2),$$

则求得判断矩阵的最大特征根为 $\lambda_{\max} = 4.1059$ ,则对应特征向量为

$$X = (0.8648, 0.3821, 0.3191, 0.0647)^T \quad (3),$$

得出了权重向量后,即可进行判断矩阵的一致性检验。

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{4.1059 - 4}{4 - 1} = 0.0353 \quad (4).$$

为了度量不同阶判断矩阵是否具有满意的一致性,再引入判断矩阵的平均随机一致性指标  $R.I.$  (Rancom Index)。 $R.I.$  是一个系数<sup>[6]</sup>,对不同阶次数值见表 1。由表 1 可知,当  $n=4$  时, $R.I. = 0.92$ ,随机一致性比值  $C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} = \frac{0.0353}{0.92} = 0.038 < 0.1$ ,这说明判断矩阵具有满意的一致性。

表 1 平均随机一致性指标  $R.I.$

矩阵阶数 $n$ Order of matrix $n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$R.I.$	0	0	0.58	0.92	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

### 2.5 园林发展综合评价

由一致性检验可知,构造的判断矩阵满足一致性检验,因此可以利用判断矩阵进行园林发展水平的评价分析,由上述计算可知,对应最大特征值的特征微量为  $X = (0.8648, 0.3821, 0.3191, 0.0647)^T$ ,对  $X$  进行归一化处理得园林发展因素对其发展水平影响的综合权重向量为

$$w = (0.5303, 0.2342, 0.1957, 0.0397)^T \quad (5).$$

园林发展综合指数模型根据模糊理论和模糊合成法则确立。园林发展综合指数以  $G$  (Garden) 表示; $A_1$  表示某一历史时期所拥有的园林数量; $A_2$  表示某一历史时期所拥有的园林类型多少; $A_3$  表示某一历史时期园林要素的多样化水平, $A_4$  表示某一历史时期园林的地理分布状况。各历史时期分别由  $D_1 \sim D_6$  表示。现以各历史时期四川地区园林统计数据为例(表 2)。统计数据来源于课题组多年来对四川园林相关历史文献与案例的收集整理。

表 2

各历史时期四川地区园林统计数据

Table 2

Statistical data of the garden in Sichuan during different historical period

历史时期 Period of history	园林数目 $A_1$ Number of garden $A_1$	园林类型 $A_2$ Type of garden $A_2$	园林要素 $A_3$ Factor of garden $A_3$	分布地区 $A_4$ Distribution area $A_4$
先秦 D1 Pre Qin D <sub>1</sub>	1	2	3	1
秦汉三国 D2 Qin, Han Three kingdoms D <sub>2</sub>	14	3	5	9
两晋南北朝隋唐 D3 Jin, Northern and Southern Dynasties, Sui, Tang D <sub>3</sub>	52	5	7	28
五代两宋 D4 Five Dynasties, Song D <sub>4</sub>	19	5	7	40
元明清 D5 Yuan, Ming, Qing D <sub>5</sub>	81	5	9	55
近现代 D6 Near Modern D <sub>6</sub>	36	5	10	55

园林发展综合指数采用式(6)确定,即

$$G_1 = (A_1, A_2, A_3, A_4) \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \end{pmatrix} = (1, 2, 3, 1) \begin{pmatrix} 0.5303 \\ 0.2342 \\ 0.1957 \\ 0.0397 \end{pmatrix} = 1.6257 \quad (6).$$

同理可得  $G_2 = 9.4630, G_3 = 31.2292, G_4 = 14.2046, G_5 = 48.0712, G_6 = 24.4023$ 。

## 2.6 园林发展曲线

根据以上计算的各历史时期园林发展综合指数,即可绘制四川地区园林发展曲线图。由图 2 可知,先秦时期是四川园林的萌芽期,两晋南北朝隋唐时期与元明清时期是 2 次发展高潮,五代两宋是四川园林发展的低缓期。

该结论与相关学者对四川园林发展进行综合研究得出的发展分期基本一致<sup>[8-9]</sup>。

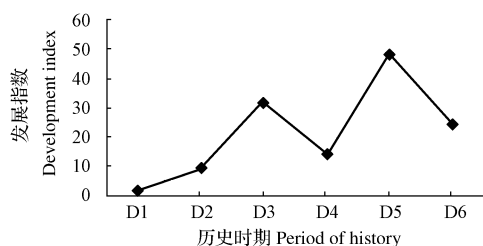


图 2 四川园林发展综合指数

Fig. 2 Comprehensive index graph for the development of Sichuan garden

## 3 结论

该试验以四川园林发展研究为例,应用层次分析法

基本原理,提出园林发展综合指数概念并建立了评价模型。该评价模型将园林发展水平分为各历史时期的园林数目、园林类型、园林要素、园林分布 4 个二级层次,应用该评价模型得出了园林发展曲线图,从而对各个历史时期园林发展水平进行了直观评价。运用此方法研究四川园林发展分期得到的结论,与其它相关综合研究得出的结论基本一致。该方法适用于小区域的地方园林发展研究。

层次分析法引入园林发展研究,可以增加研究结果的客观性,是对传统研究方法的一种补充,弥补了以往园林发展研究仅凭感性认识的不足。鉴于层次分析法具有客观、准确的特点,该方法在园林发展研究领域中具有广阔的应用前景。

## 参考文献

- [1] Saul I G, Harris M. Encyclopedia of Operations Research and Management Science [M]. Springer US, 2001: 19-28.
- [2] (美)萨蒂 T L. 层次分析法-在资源配置、管理和冲突分析中的应用 [M]. 许树柏,译. 北京:煤炭工业出版社, 1988: 3.
- [3] Ranasinghe M, Russel A D. Economic risk analysis of large engineering projects [J]. Canadian Journal of Civil Engineering, 1991, 18(3): 416-427.
- [4] Mon D L, Cheng C H, Lin J C. Evaluating weapon system by analytical hierarchy process based on entropy weight [J]. Fuzzy Sets and Systems, 1994, 62: 127-134.
- [5] Skogen S A, Huseby B. Dynamic risk analysis-the dynrisk concept, project management without boundaries [J]. Internet, 2002(2): 511-520.
- [6] 谢家平. 绿色设计评价与优化 [M]. 武汉:中国地质大学出版社, 2004: 85.
- [7] 游泳. 园林史 [M]. 北京:中国农业科学技术出版社, 2002: 13.
- [8] 贾玲利. 四川园林发展分期 [D]. 重庆:西南交通大学, 2009.
- [9] 蔡致洁. 川西名胜园林形成发展及特色研究 [D]. 重庆:重庆大学, 2007.

## Application of Analysis Hierarchy Process in the Research on the Development of the Garden

JIA Ling-li<sup>1</sup>, ZHAO Dong-ping<sup>2</sup>

(1. Faculty of Architecture, Southwest Jiaotong University, Chengdu, Sichuan 610031; 2. China Railway Eryuan Engineering Group Company Limited, Chengdu, Sichuan 610031)

**Abstract:** According to the fundamentals of Analysis Hierarchy Process (AHP), a concept of comprehensive index about the garden development were put forward and an evaluation model was built. This model divided the garden development to four two-levels which were numbers, types, elements and distributions of garden. A curve of garden development was obtained according to the model, and it evaluated directly the development level of the garden in each history period. The method was applied to the study on periodical division of Sichuan garden, and the conclusion was consistent with other comprehensive research. This method could be used on the development research of local garden in small region.

**Key words:** garden development; analysis hierarchy process; the comprehensive index of garden development