

住宅项目生态价值链测度研究

李玲燕¹, 刘晓君¹, 闫永强²

(1.西安建筑科技大学管理学院, 陕西 西安 710055; 2.西安曲江新区管理委员会, 陕西 西安 710061)

摘要:住宅产业化发展进程中,住宅项目所带来的“生态不经济”、“低碳高成本”的现实困境严重影响着市场主体发展住宅产业化的动力与积极性。为解决此现实窘境,在构建住宅项目生态价值链基础上,从经济、生态、资源、环境、运营、技术等维度来剖析住宅项目生态价值链的构成要素,创建住宅项目生态价值链的熵权-模糊测度模型,并以算例演示了测度模型的算法,提出优化住宅项目生态价值链的对策建议。

关键词:住宅开发项目;生态价值链;熵权-模糊积分;测度

中图分类号: F293.3

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2015)02-0297-07

Research on the measurement of ecological value chain in residential projects

LI Lingyan¹, LIUXiaojun¹, YAN Yongqiang²

(1.School of Management, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China;

2. Xi'an Qujiang New District Administration Committee, Xi'an 710061, China)

Abstract: The housing industrialization motivation and enthusiasm are disturbed seriously by the practical problems of "ecology but uneconomic benefit" and "low carbon but high cost" in the process of its development. In order to solve the realistic predicament, the ecological value chain in residential projects is constructed, and the detailed elements are analyzed from the perspective of economy, ecology, resource, environment, operation, technology and so on. Based on this, the Entropy-Fuzzy measure model of ecological value chain in residential projects is created, and then an example to demonstrate the measurement model is simulated. The recommendations are put forward to optimize the ecological value chain in residential projects.

Keywords: residential projects; ecological value chain; entropy-fuzzy integral; measurement

住宅产业化对于实现节能减排、实现绿色施工管理、改善人居环境以及促进产业结构调整具有重要意义,是住宅建设与产业升级的必然趋势。虽然,我国在住宅产业化方面已经取得了一定的成果,然而在住宅产业化发展进程中,还存在着一些问题制约着它的进一步深化和提升。例如,住宅产业化动力不足、住宅产业的生态化程度偏低等问题,尤其是住宅项目在实施产业化过程中出现的“生态不经济”、“低碳高成本”的现实困境严重影响着市场主体发展住宅产业化的动力与积极性。

住宅项目生态价值链是在生态原则的指导下,遵循价值的发展和再创造,住宅项目的开发过程通过仿照生态系统的超循环结构,持续实现系统内协同进化以及外界环境要素系统超循环结构的过程。本文在系统构建住宅项目生态价值链的基础上,从经济、生态、资源、环境、运营、技术等维度来剖析住宅项目生态价值链的构成要素,创建住宅项目生态价值链的熵权-模糊测度模型,经过算例分析说明测度模型的应用过程及优化重点。

1 住宅项目生态价值链构建

住宅项目生态价值链是指以生态学、价值链、循环经济为理论指导,以最大满足住宅消费者的市场需求为根本,以住宅产业可持续发展为目标的新型发展模式,通过仿照生态系统的循环模式构建的生态价值链,以达到资源的循环利用,建筑废料的排放最低化,实现住宅项目(有形的产品与无形的服务)及其相关产品价值增值最大化,确保项目价值和资源在整个价值链上不断创造、增值和传递循环,并与其他资源、环境的协调发展的一个动态循环系统。

住宅项目生态价值链是住宅项目在开发与运营过程中,实现住宅和资源、环境和谐共生的动态循环系统,它不同于一般的生态价值链,它在链条结构、链结关系及生产方式的组织上存在着诸多独特之处。本文将生态运作原则、资源与能源的循环利用融合于住宅项目的价值创造过程,从而来构建住宅项目生态价值链,具体见图 1。

收稿日期: 2014-08-18

修改稿日期: 2015-02-04

基金项目: 国家软科学研究计划项目(2011GXQ4D080); 陕西省教育厅项目(13JK0109)

作者简介: 李玲燕(1984-),女,讲师,博士,从事房地产经济与管理研究。E-mail:jasmine1988@163.com

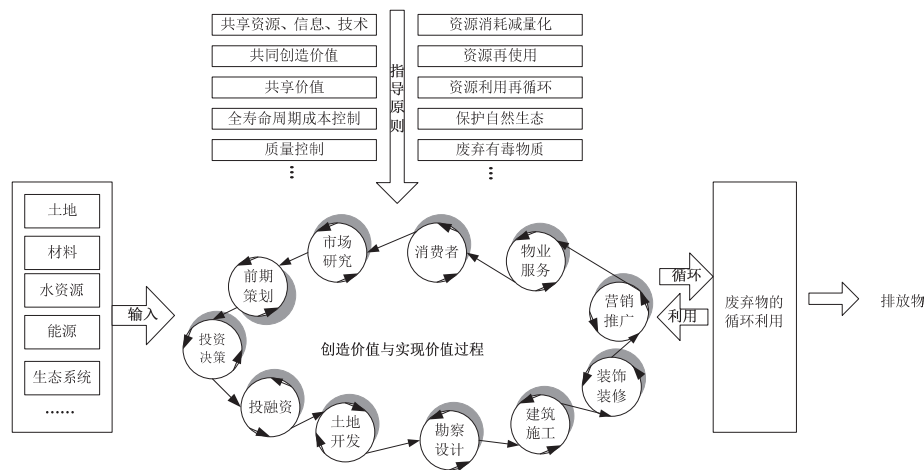


图 1 住宅项目生态价值链示意图
Fig.1 Ecologicalvalue chain in residential projects

2 住宅项目生态价值链测度的指标体系设计

(1) 住宅项目生态价值链的构成要素解析
住宅项目生态价值链测度模型构建的第一步便是透析其构成要素，在参阅国内外最新有关生态

建筑、可持续建筑、绿色建筑的评价体系^[1-3]（具体见表 1）的基础上，其中包括政府的绿色建筑指导性文件和国内外绿色建筑评价系统，对影响住宅项目生态价值链测评的众多因子进行分析、梳理，提出住宅项目生态价值链的构成要素体系。

表 1 各国或地区生态建筑构成要素总结

| 评价体系 | 时间(年) | 国家或地区 | 构成要素 |
|--------------|-------|----------|---|
| LEED-NC | 2009 | 美国 | 可持续场地设计、水资源利用、能源与大气、材料与资源、室内环境质量、创新与设计、区域性特色 |
| BREEAM | 1990 | 英国 | 管理、能耗、健康舒适、污染、交通、土地使用、生态价值、材料、水资源利用 |
| CASBEE | 2002 | 日本 | 规划阶段生态评价（明确项目内容、地址、影响因素）、设计阶段生态评价（督促住宅环境效率设计）、建设及运营阶段生态评价（明确住宅环境效率等级）、使用与维修阶段生态评价（督促改善住宅环境效率） |
| GREEN STAR | ---- | 澳大利亚 | 管理、室内环境质量、能源、交通、水资源、材料、土地使用和生态、废弃物排放、创新技术 |
| GBTOOL | 2008 | 国际绿色建筑挑战 | 资源消耗、环境负担、室内环境质量、服务质量、经济性、运行管理、公共交通 |
| DGNB | 2007 | 德国 | 生态质量、经济质量、社会文化及功能质量、技术质量、程序质量、场址选择 |
| GBC2000 | 2000 | 加拿大 | 资源消耗、环境负荷、室内环境质量、设备质量、成本、前期运作 |
| Eco-Profile | 1995 | 挪威 | 室外环境(排放物质/有毒物质/周围环境/交通)、资源(能源/水/土地/材料)、室外环境(热环境/空气质量/声环境/光环境/辐射/EMF/机械及生物工程) |
| 台湾建筑标章 | 2001 | 中国台湾 | 绿化指标、基地保水指标、水资源指标、日常节能指标、CO ₂ 减量指标、废弃物减量指标、污染垃圾减 |
| HK-BEAM | 1996 | 中国香港 | 场地、材料、能源、水资源、室内环境质量、创新 |
| ECCALE | ---- | 法国 | 能源、水资源和材料、建筑垃圾、大范围污染、本地污染、文脉适应、舒适性、健康性、环境管理、间接条款(维护、调节) |
| 中国生态住宅技术评估手册 | 2001 | 中国 | 住区环境规划设计、能源与环境、室内环境质量、住区水环境、材料与资源 |
| 绿色奥运建筑评估体系 | 2003 | 中国 | 环境、能源、水资源、材料与资源、室内环境 |
| 绿色建筑评价标准 | 2006 | 中国 | 节地与室外环境、节能与能源利用、节水与水资源利用、节材与材料资源利用、室内环境质量、运营管理 |

为了保障住宅项目的生态性与经济性并存，以解决当前“生态不经济”、“低碳高成本”的现实困境，本文设定住宅项目生态价值链测度的构成要素具体包括经济效益、生态价值水平、资源（包括能源与材料）的节约利用水平、资源（包括能源与材料）的再生利用水平、废弃物排放水平、运营管理

水平、生态技术进步等方面。

(2) 住宅项目生态价值链测度的指标设计

基于住宅项目生态价值链的构成要素分析, 综合考虑测度指标构建的科学性原则、系统性原则、客观性原则、层次性原则、可操作性原则, 本文将住宅项目生态价值链测度的指标体系设计为“经济效益、生态价值水平、资源(包括能源和材料)的节约利用水平、资源(包括能源和材料)的再生利用水平、废弃物排放水平、运营管理水平、生态技术进步”7 大类一级指标, 以及一级指标下的 35 个二级指标, 具体见表 2。

表 2 住宅项目生态价值链测度的指标体系
Tab.2 Measurement index system of ecological value chain in residential projects

| 一级指标 | 二级指标 |
|----------------------------|--|
| 经济效益 u_1 (0.1423) | 产值增长率 u_{11} (0.1823); 销售利润率 u_{12} (0.1766); 成本利润率 u_{13} (0.1748); 成本节约率 u_{14} (0.1702); 土地年均增值率 u_{15} (0.1534); 建筑年均增值率 u_{16} (0.1427) |
| 生态价值水平 u_2 (0.1437) | 选址离污染源距离 u_{21} (0.1415); 声环境 u_{22} (0.1402); 热环境 u_{23} (0.1416); 光环境 u_{24} (0.1432); 空气质量 u_{25} (0.1447); 室内环境质量 u_{26} (0.1586); 原始资源含量 u_{27} (0.1302) |
| 资源的节约利用水平 u_3 (0.1434) | (每万元产值) 土地使用节约率 u_{31} (0.2529); (每万元产值) 原材料消耗节约率 u_{32} (0.2509); (每万元产值) 综合能耗节约率 u_{33} (0.2484); (每万元产值) 净水耗费节约率 u_{34} (0.2478) |
| 资源 (的再生利用水平 u_4 (0.1432) | 可再生材料利用率 u_{41} (0.1181); 可再生能源利用率 u_{42} (0.1178); 固体废弃物综合利用率 u_{43} (0.1165); 废旧土地使用率 u_{44} (0.1032); 再开发用地使用率 u_{45} (0.1024); 节水器具和设施使用率 u_{46} (0.1044); 污水处理与回用率 u_{47} (0.1187); 雨水利用率 u_{48} (0.1031) 废气利用率 u_{49} (0.1158) |
| 废弃物排放水平 u_5 (0.1431) | 废水排放量减少率 u_{51} (0.3339); 固体废弃物排放量减少率 u_{52} (0.3324); 废气排放量减少率 u_{53} (0.3337) |
| 运营管理水平 u_6 (0.1418) | 设施运营能力 u_{61} (0.3878); 维修和保管能力 u_{62} (0.2833); 建筑年折旧率 u_{63} (0.3289) |
| 生态技术进步 u_7 (0.1425) | 环保投入占产值的比重 u_{71} (0.3279); 绿色技术使用比率 u_{72} (0.3378); 信息系统集成程度 u_{73} (0.3343) |

注: 表中指标后的括号表示算例中各指标的权重值。

3 住宅项目生态价值链测度模型构建

(1) 确定指标权重

本文采用熵权法确定各级指标层的相对权重^[4]。住宅项目生态价值链测度的评价指标体系的一级指标有 7 个, 假设一级指标 i 分为 n 个二级评价指标, 本文涉及到的各级指标权重集表示如下:

一级指标权重集:

$$W = (W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6, W_7) \tag{1}$$

二级指标权重集:

$$W_i = (W_{i1}, W_{i2}, \dots, W_{in}) \tag{2}$$

具体的步骤如下:

步骤一: 首先确定二级评价指标权重

(1) 假设有 q 个评价专家, 评价标准集为:

$$Y = (Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5) =$$

(高, 较高, 中等, 一般, 低)

$$= \{[8-10], [6-8], [4-6], [2-4], [0-2]\}$$

每位专家针对 n 个二级指标进行评判, 以建立二级指标评判矩阵, 其中 $r_{k(ij)}$ 表示第 k 个专家对二级指标 j 的测评值。

$$R_{k(i)} = \begin{bmatrix} r_{1(i1)} & r_{1(i2)} & \cdots & r_{1(in)} \\ r_{2(i1)} & r_{2(i2)} & \cdots & r_{2(in)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{q(i1)} & r_{q(i2)} & \cdots & r_{q(in)} \end{bmatrix} \tag{3}$$

$$(k=1, 2, \dots, q; i=1, 2, \dots, 7; j=1, 2, \dots, n)$$

(2) 对评测值进行无量纲化处理, 使用区间值化处理, 另外由于本文设置的权重指标为越大越优型, 所以方法为:

$$r'_{k(ijg)} = \frac{r_{k(ijg)} - \min_g r_{k(ijg)}}{\max_g r_{k(ijg)} - \min_g r_{k(ijg)}} \tag{4}$$

归一化处理后, 得到归一化二级指标评判矩阵:

$$R'_{k(i)} = \begin{bmatrix} r'_{1(i1)} & r'_{1(i2)} & \cdots & r'_{1(in)} \\ r'_{2(i1)} & r'_{2(i2)} & \cdots & r'_{2(in)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r'_{q(i1)} & r'_{q(i2)} & \cdots & r'_{q(in)} \end{bmatrix} \tag{5}$$

(3) 计算第 k 位专家的评价值在第 j 个评价指标下的比重, 方法如下:

$$p_{k(ij)} = r'_{k(ij)} / \sum_{k=1}^q r'_{k(ij)} \tag{6}$$

但由于 $p_{k(ij)} = 0$ 时, $\ln p_{k(ij)}$ 无意义, 所以将 $p_{k(ij)}$

修正为:

$$p_{k(ij)} = 1 + r'_{k(ij)} / \left(1 + \sum_{k=1}^q r'_{k(ij)} \right) \quad (7)$$

(4) 计算第 j 个评价指标的熵:

$$e_{ij} = (-1/\ln q) \sum_{k=1}^q p_{k(ij)} \ln p_{k(ij)} \quad (8)$$

(5) 计算第 j 个评价指标的熵权:

$$w_{ij} = (1 - e_{ij}) / \sum_{j=1}^n (1 - e_{ij}) \quad (9)$$

经过上述步骤, 获得二级指标权重集 $W_i = (W_{i1}, W_{i2}, W_{ij}, \dots, W_{in})$. 其中, $i=1, 2, \dots, 7; j=1, 2, \dots, n$.

步骤二: 确定一级指标权重

$$w_{ij} = \sum_{j=1}^n (1 - e_{ij}) / \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^n (1 - e_{ij}) \quad (10)$$

由此, 获得一级指标权重集 $W = (W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6, W_7)$. 其中, $i=1, 2, \dots, 7$.

(2) 计算测度效果

本文应用多层次灰色动态规划的思想和方法来构建住宅项目生态价值链的评价模型. 在住宅项目的价值链测度与评价指标体系存在着由专家评估的定性指标, 而这些指标具有一定的模糊性, 难以直接用一个确定的数值来评价^[5], 而这些指标的确定值可采用语意变量的概念描述主观评估值语意变量, 即应用自然语词的值来表达评估者对评估值好坏程度的感受, 以处理不明确或模糊的信息^[6].

步骤一: 定义事件

定义单个事件为 x_i , 事件集为 $X = x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$, 不同的事件对应的决策也往往不唯一, 所以定义单个决策为 y_j , 决策集为 $Y = y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$. 事件 x_i 和对策 y_j 构成了局势状态 $S_{ij} = (x_i, y_j)$, 则局势状态集合为 $S = (x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_{m-1}, y_{n-1}), (x_m, y_n)$, 则 $X \times Y = S$, $S_{ij} \in S$, 状态 S_{ij} 在目标 b 下的表现值为样本 u_{ij}^b :

$$u_{ij}^b | i \in (1, 2, 3, \dots, m), j \in (1, 2, 3, \dots, n), b \in (1, 2, 3, \dots, k) \quad (11)$$

步骤二: 定量指标样本效果测度

由于各项指标样本的目标存在不同, 其极性也将存现不同. 如有的要求越大越好, 存在着目标 b 的极大值 $b_{(\max)}$, 即样本越大越接近目标; 而有的要求越小越好, 存在着目标 b 的极小值 $b_{(\min)}$, 即样本越小越接近目标^[7].

当样本的目标个数 $b > 1$ 时, 对于极性不同的样本, 不可能进行运算. 效果测度是用来统一效果样本极性, 并使其变换值落于 $(0, 1]$ 内的变换方法. 基本效果测度方法有^[8]:

UEM(Up Effect Measure)上限效果测度, 用来处置极大值极性:

$$p_{ij}^b = UEM(u_{ij}^b) = u_{ij}^b / u_{ij}^{b_{\max}} \quad (12)$$

LEM(Low Effect Measure)下限效果测度, 用来处置极小值极性:

$$p_{ij}^b = LEM(u_{ij}^b) = u_{ij}^{b_{\min}} / u_{ij}^b \quad (13)$$

MEM(Medium Effect Measure)适中效果测度, 用来处置适中值极性:

$$p_{ij}^b = MEM(u_{ij}^b) = \min\{u_{ij}^b \cdot u_0^b\} / \max\{u_{ij}^b \cdot u_0^b\} \quad (14)$$

其中: p_{ij}^b 为目标 b 下的效果测度值; u_{ij}^b 为目标 b 下的效果样本值; $u_{ij}^{b_{\max}}$ 为目标 b 下的效果样本最大值; $u_{ij}^{b_{\min}}$ 为目标 b 下的效果样本最小值; u_0^b 为目标 b 下的效果样本平均值.

由上可见, 效果测度的实质便是指标样本无量纲化的过程, 因此本文对定性指标将利用梯形模糊数表示的语意变量来进行无量纲化, 从而得出定性指标的效果测度.

步骤三: 定性指标样本效果测度

(1) 通过专家打分给出定性指标语意值

专家在对定性指标值的打分过程中, 由于对它们的描述具有相当程度的模糊性, 因此采用梯形模糊数表示的语意变量的概念来描述主观评价值^[9]. 通过问卷调查, 由有关专家根据评价值的语意变量表给出各个定性指标语意值^[8].

$$\begin{aligned} \tilde{f}_l &= [\tilde{f}_l(X_i^k) | k=1, 2, \dots, n; \\ i &= 1, 2, \dots, dn; l=1, 2, \dots, m] \end{aligned} \quad (15)$$

其中: $\tilde{f}_l(X_i^k)$ 为梯形模糊数, 为第 l 为专家对评价层面 X_k 下第 i 个定性指标 X_i^k 的语意值, 表示为 $(a_i^k, b_i^k, c_i^k, d_i^k)$, $a_i^k \in [0, 1]$, $b_i^k \in [0, 1]$, $c_i^k \in [0, 1]$, $d_i^k \in [0, 1]$; n 为评价层面的个数; dn_k 为评价层面下 X_k 的定性指标个数; m 为专家的人数.

(2) 综合专家意见, 计算定性指标的模糊值

$$\tilde{f} = \tilde{f}(X_i^k) | k=1, 2, \dots, n; i=1, 2, \dots, dn_k \quad (16)$$

$$\tilde{f}(X_i^k) = (1/m) \otimes [\tilde{f}_1(X_i^k) \oplus \tilde{f}_2(X_i^k) \oplus \dots \oplus \tilde{f}_m(X_i^k)] \quad (17)$$

其中: $\tilde{f}(X_i^k)$ 表示综合 m 名专家意见后对评价层面 X_k 下第 i 个定性指标 X_i^k 的模糊值; \otimes 及 \oplus 表示模糊运算子.

(3) 将模糊数转换成明确值, 得出定性指标

本文采用三种常用的计算模糊化公式的相对距离公式 $M_1(\tilde{f}(X_i^k))$ 、中心值法 $M_2(\tilde{f}(X_i^k))$ 和重心值法 $M_3(\tilde{f}(X_i^k))$ 来综合考虑将住宅项目生态价值链测度的定性指标的模糊数转换成明确值^[10]。

将评价层面 X_k 下第 i 个定性指标 X_i^k 的模糊值 $\tilde{f}(X_i^k)$ 转换成明确值 $f(X_i^k)$ 的方法如下:

$$f(X_i^k) = \{M_1[\tilde{f}(X_i^k)] + M_2[\tilde{f}(X_i^k)] + M_3[\tilde{f}(X_i^k)]\} / 3 \quad (18)$$

$$M_1[\tilde{f}(X_i^k)] = d_i^k / (d_i^k + d_i^{k*}), \quad i = 1, 2, \dots, dn_k \quad (19)$$

$$d_i^k = \sqrt{\frac{1}{4}[(a_i^k)^2 + (b_i^k)^2 + (c_i^k)^2 + (d_i^k)^2]} \quad (20)$$

$$d_i^{k*} = \sqrt{\frac{1}{4}[(1-a_i^k)^2 + (1-b_i^k)^2 + (1-c_i^k)^2 + 1 - (d_i^k)^2]} \quad (21)$$

$$M_2[\tilde{f}(X_i^k)] = (b_i^k + c_i^k) / 2 + [(d_i^k - c_i^k) - (b_i^k - a_i^k)] / 6 \quad (22)$$

$$= 2b_i^k + 2c_i^k + d_i^k + a_i^k / 6$$

$$M_3[\tilde{f}(X_i^k)] = \begin{cases} a_i^k, & a_i^k = b_i^k = c_i^k = d_i^k \\ \frac{(d_i^k)^2 + (c_i^k)^2 - (b_i^k)^2 - (a_i^k)^2 + c_i^k d_i^k - a_i^k b_i^k}{3(d_i^k + c_i^k - b_i^k - a_i^k)} \end{cases} \quad (23)$$

其他从而得出所有定性指标值:

$$f(X_i^k) | k = 1, 2, \dots, n; i = 1, 2, \dots, dn_k \quad (24)$$

(4) 综合测度结果

基于定量指标和定性指标的测度效果, 结合二级指标权重集 $W_i = (W_{i1}, W_{i2}, \dots, W_{in})$, 应用加权平均法可获得每个住宅项目生态价值链 (假设共存在 t 条) 一级指标的综合测度结果:

$$p_{t(i)} = p_{t(ij)} | p_{t(i)} = \sum_{j=1}^n p_{t(ij)}^b \cdot w_{ij}; \quad i = 1, 2, \dots, 7; j, b = 1, 2, \dots, n \quad (25)$$

其中: $p_{t(ij)}^b$ 表示第 t 个住宅项目生态价值链一级指标 i 下的第 j 个二级指标的评测效果值, $p_{t(i)}$ 表示第 t 个住宅项目生态价值链一级指标 i 的测评效果集。进而, 结合一级指标权重集

$W = (W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6, W_7)$, 可获得每个住宅项目生态价值链(t)的综合测度结果:

$$p_t = \{p_{t(i)} | p_{t(i)} = \sum_{i,b'=1}^7 p_{t(i)}^{b'} \cdot w_i; i, b' = 1, 2, \dots, 7\} \quad (26)$$

最后, 可得到事件 X 的综合测度结果集合:

$$p = p_1, p_2, \dots, p_t \quad (27)$$

从该综合测度结果集合中, 根据不同的要求选取结果最大或者最小的测度值, 从而分析住宅项目

的生态价值链效果。

4 住宅项目生态价值链测度算例分析

(1) 测度样本收集

通过实地走访与问卷调查, 于 2014 年 3 月底完成西安地区 5 个住宅项目 A、B、C、D、E 的生态价值链样本指标数据的收集与整理, 但由于篇幅问题, 省略具体样本数据, 算例分析旨在检测住宅项目生态价值链测度模型的可操作性与可行性。

(2) 测度过程说明

5 个住宅项目生态价值链的具体测度过程为:

第一步: 明确指标权重。基于调查数据及专家的评定, 利用“熵权法”, 获得各个层级住宅项目生态价值链测度指标的权重值。具体见表 2 所示。

第二步: 计算二级定量指标样本效果测度值。根据各个二级定量指标的含义判定指标极性, 进而利用公式 (12) 和公式 (13), 计算各定量指标的效果值。

第三步: 计算二级定性指标样本效果测度值。根据明确模糊化的相对距离法、中心值法和重心值法的三个计算公式, 得到各个定性指标的三个明确值, 进而根据公式 (18) 获得各定性指标的效果值。

第四步: 获得综合二级指标样本效果值。

第五步: 计算各个一级指标的综合测度值。

第六步: 计算 5 个住宅项目生态价值链的整体综合测度值。

(3) 计算测度结果

利用住宅项目生态价值链各二级指标权重值, 结合综合测度结果公式 (25) 得到 5 个住宅项目 A、B、C、D、E 的生态价值链的各个一级指标的综合测度结果, 见测度结果矩阵 (28):

$$p_{s(i)} = \begin{bmatrix} 0.7589 & 0.6042 & 0.8981 & 0.5905 & 0.4126 \\ 0.7022 & 0.6239 & 0.6265 & 0.5831 & 0.6175 \\ 0.6757 & 0.9470 & 0.8915 & 0.7400 & 0.9245 \\ 0.6572 & 0.7935 & 0.7189 & 0.5160 & 0.9379 \\ 0.8039 & 0.7711 & 0.5786 & 0.4507 & 0.8146 \\ 0.8048 & 0.5920 & 0.6193 & 0.6633 & 0.6639 \\ 0.9323 & 0.5572 & 0.5611 & 0.5966 & 0.5432 \end{bmatrix} \quad (28)$$

进而可利用公式 (26) 和一级指标的权重值, 获得 5 个住宅项目 A、B、C、D、E 的生态价值链的整体综合测度结果:

$$p = \{0.7619, 0.6987, 0.6992, 0.5914, 0.7024\}$$

从而可得,

$$p_{\max(i)} = p_{(A)} = 0.7619, p_{\min(i)} = p_{(D)} = 0.5914.$$

5 结论及建议

从算例分析可得,住宅项目A的生态价值链运行效率最高;而住宅项目D的生态价值链的生态经济和循环经济运行效率最低,也说明住宅项目D的生态价值链是其中经济效益和生态效益最差的一条。

究其原因,住宅项目D的生态价值、资源的再生利用水平和废弃物排放减少水平都是五条生态价值链中最低的。其中在生态价值水平方面,其选址离污染源最近,空气质量、室内环境质量、原始资源含量的使用都是最低;在资源的再生利用方面,其再生能源的利用率、可再开发用地的使用率、节水器具和设施使用率、雨水利用率、废气利用率等也是最低值;在废弃物排放水平方面,废气排放量和废水排放量的控制水平也是最低。并且从经济效益角度测度,产值增长率、销售利润率和土地年均增值率都偏低,尤其是土地年均增值率严重偏低,当然这也与该住宅项目的选址有关。因此,如果要提高住宅项目D的生态经济和循环经济运行效率,一方面要降低其废水和废气的排放水平,提高废水、废气、再生能源和土地的重复利用率,并提高节水能力和雨水的利用水平,同时还要不断改善项目开发过程中的生态环境,通过废气、废水、再生能源、土地的循环利用以及生态环境的不断改善,降低住宅项目生态价值链的运行成本,从而增加其生态价值链的经济效益。

此外,值得注意的是住宅项目E的生态价值链,其灰色测度值为0.7024,其资源的节约利用水平、资源的再生利用水平、废弃物排放水平都是最高的,尤其是净水耗费节约率、综合能耗节约率、可再生材料利用率、固体废弃物综合利用率、废旧土地使用率、再开发用地使用率、节水器具和设施使用率、污水处理与回用率、雨水利用率、废水排放量减少率、固体废弃物排放量减少率都是最高值。然而,其经济效益是最低,尤其是产值增长率、成本节约率是最低的,销售利润率、土地年均增值率也是偏低的。可见,该住宅项目的生态效益和循环效益较好,但是经济效益较差,说明由于该住宅项目的重要经济效益指标偏低,从而导致了“生态不经济和

循环不经济”的困境局面,必须通过不断降低循环利用的成本,提高废弃物循环利用经济效益等途径来优化整条生态价值链的经济运行效率,否则也将大大降低生态价值链上各个主体参与生态价值链建设的积极性。

参考文献 References

- [1] "Making the Business Case for High Performance Green Buildings" [EB/OL]. U.S. Green building council. Available at www.usgbc.org, 2003.
- [2] CHARLESJ. Kibert. Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery[M]. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2008.
- [3] HENRIK Ny, MCDONALD Jamie, BROMAN Goran, et al. Robert 2006. "Sustainability constrains as system boundaries"[J]. Journal of Industrial Ecology, 2006, 10(1-2): 61-77.
- [4] 李玲燕, 韩红丽, 刘晓君. 住宅产业价值链价值分布研究-以西安市为例[J]. 财经理论与实践, 2011(02): 98-104.
LI Lingyan, HAN Hongli, LIUXiaoJun. Study on the Value Distribution of Industrial Value Chain in Housing Industry-A Case Study of Xi'an City[J]. The Theory and Practice of Finance and Economics, 2011 (02): 98-104;
- [5] SOUNG Hiekim, BYEONG Seokahn. Interactive group decision making procedure under incomplete information. European Journal of Operational Research. 1999.
- [6] SUGENO M, NARUKAWA Y, MUROFUSHI T. Choquet Integral and Fuzzy Measures on Locally Compact Space[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1998(99): 205-211.
- [7] 汪金霞. 梯形模糊数多属性基于群决策方法研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2009.
WANG Jinxia. Research on Trapezoidal Fuzzy Numbers Based Multi-attributive Group Decision Making Method[D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2009.
- [8] 毕克新, 孙金花, 张铁柱, 等. 基于模糊积分的区域中小企业技术创新测度与评价[J]. 系统工程理论与实践, 2005(2): 40-46+61.
BI Kexin, SUN Jinhua, ZHANG Tiezhu, et al. Measurement and Evaluation of Regional Technological Innovation in Small and Medium Enterprises Based on Fuzzy Integral[J]. Systems Engineering-theory & Practice, 2005 (2): 40-46+61.
- [9] MASE K, SUMI Y, NISHIMOTO K. Informal conversation environment for collaborative concept formation [A]. Ishida T. Community Computing: collaboration over Global Information Networks[C]// New York: John Wiley Sons, Inc. 1998: 165-205.
- [10] COSTANZA Robert, ARGERALPH' GROOT Rudolf de, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature. 1997, 387(5): 253-260.

(本文编辑 吴海西)