

doi:10.11835/j.issn.1674-4764.2014.S1.010

绿色住宅绿色度的模糊综合评价模型 ——以福建省为例

李肇娟, 侯祥朝

(华侨大学 土木工程学院, 福建 厦门 361021)

摘要:中国目前对住宅建筑绿色度的评价标准的达标条款多属定性,量化程度低且达标条款间无权重差别,评价结果较粗放等问题,以《福建省绿色建筑评价标准》为例,参考国内外绿色住宅评价模型,结合地域特征,采用问卷法等调研方法,重新筛选和定位了评价条款,据此重新构建了评价指标体系,建立了量化结果为得分的住宅绿色度的模糊综合评价模型。

关键词:绿色住宅;绿色度;评价标准;模糊综合评价模型;福建省

中图分类号:TU12 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-4764(2014)S1-0037-04

Fuzzy Comprehensive Evaluation Model for Green Housing's Green Measure ——Taking Fujian Province as an Example

Li Zhaojuan, Hou Xiangchao

(College of Civil Engineering, Huaqiao University, Xiamen 361021, P. R. China)

Abstract: In view of the facts that existing evaluation standard for Chinese green building is not meticulous, namely, most standard terms are qualitative, the quantification of standard terms is not reasonable and there are no weight differences between standard terms, taking the standard "evaluation standard for green building in Fujian" as an example, restructured the evaluation index system and reconstructed a fuzzy comprehensive evaluation model for green housing's green measure which the result of evaluation may be in the form of score by consulting the domestic and international green housing evaluation models, local regional characteristics and using the questionnaire methods. Using the model for some real engineering projects in Fujian Province, China, it shows many more benefits than the previous, such as the precision and convenience, so it may be promoted by all kinds of participators who engage in green housing's industry.

Key words: green housing; green measure; evaluation standard; fuzzy comprehensive evaluation model; Fujian Province

住宅产业是一个与人民生活 and 国民经济发展密切相关的综合性产业,其“四耗”问题,即耗地、耗水、耗能、耗材问题异常严重,因此住宅建筑绿色化的任务非常紧迫,如何评价其绿色度的标准问题就凸显出来。2006年中国颁布了《绿色建筑评价标准(GB/T50378—2006)》^[1-2];2010年福建省住房和城乡建设厅发布的《福建省绿色建筑评价标准》^[3],大体上沿袭了国家标准,即将建设过程划分为规划与设计阶段、施工阶段和运营管理阶段,在各阶段制定若干项达标的条款,并根据实际工程所达标条款的项数评定绿色建筑星级。目前这样的评价标准存在达标条款多属定性少为定量、达标项无权重差别等问题,评价结果不合理。所以以《福建省绿色建筑评价标准》为基础,参考绿色住宅评价模型^[4-12],结合福建省本地域特征,重新构建绿色住宅评价指标体系,并开展建立将定性评价的星级制转变为量化的模糊综合评价

模型进而推而广之的研究工作,显得非常必要和紧迫。

1 绿色住宅评价指标体系构建及指标权重的确定

《福建省绿色建筑评价标准》中对住宅建筑评价的指标设置,每级指标包括控制项,一般项和优选项,满足所有控制项的要求是达到星级标准的基本条件,再根据所达到一般项和优选项的项数来判断项目星级。基于该标准的上述特点,本文通过问卷调查法等调研方法,识别了指标下一般项和优选项的重要程度并据此进行排序,重新筛选了用来评价的一般项和优选项,通过数理统计分析并采用层次分析法(Analytic Hierarchy Process,简称AHP)^[13],对各层指标因素项计算权重(过程略)并重构了评价指标体系,如表1所示。

收稿日期:2014-05-20

基金项目:福建省科技计划项目(2013R0074);厦门市建设科技计划项目(2012-02-02)

作者简介:李肇娟(1991-),女,研究生,主要从事建筑业及建设项目可持续发展研究,(E-mail)zhaojuan_li@163.com。

侯祥朝(通信作者),男,副教授,硕士生导师,(E-mail)hxcmf@163.com。

表 1 绿色住宅评价指标及指标权重

目标层	准则层	权重	子准则层	权重
绿色住宅综合评价	绿色住宅规划与设计 U_1	0.250	节地与室外环境 U_{11}	0.348
			节能与能源利用 U_{12}	0.185
			节水与水资源利用 U_{13}	0.185
			节材与材料资源利用 U_{14}	0.097
			室内环境质量 U_{15}	0.185
	绿色施工 U_2	0.500	施工管理 U_{21}	0.134
			资源节约 U_{22}	0.255
			环境保护 U_{23}	0.611
	运营与管理 U_3	0.250	住宅建筑运营与管理 U_{31}	1.000

2 绿色住宅模糊综合评价

基于层次分析法的模糊综合评价法是处理决策问题中关于多指标多层次性和模糊性的有效的评价方法^[14-15]。具体步骤如下：

2.1 评价因素的确定

根据上文准则层的因素集记为 $U = \{U_1, U_2, U_3\}$ ，子准则层的因素集记为 $U_i = \{U_{i1}, U_{i2}, \dots, U_{ij}\} (i=1, 2, 3; j=1, 2, \dots, m)$ ，表示子集 U_i 含有 m 个评价因素，各个因素的权重集为：

$$W = (\omega_1, \omega_2, \omega_3) = (0.250, 0.500, 0.250) \quad (1)$$

$$W_1 = (\omega_{11}, \omega_{12}, \omega_{13}, \omega_{14}, \omega_{15}) = (0.348, 0.185, 0.185, 0.097, 0.185) \quad (2)$$

$$W_2 = (\omega_{21}, \omega_{22}, \omega_{23}) = (0.134, 0.255, 0.611) \quad (3)$$

$$W_3 = (\omega_{31}) = (1.000) \quad (4)$$

2.2 评价集的确定

评判住宅绿色度，可采用 5 级模糊语言变量来评价，绿度不合格 (v_1)、绿度合格 (v_2)、绿度中等 (v_3)、绿度良好 (v_4)、绿度优秀 (v_5)，构成评价集，记为 $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\}$ 。评语等级量化向量 $V = [60, 70, 80, 90, 100]$ 。用 E 表示绿色住宅综合评价结果， $E \in (0, 60)$ 表示评价结果为不合格， $E \in [60, 70)$ 表示评价结果为合格， $E \in [70, 80)$ 表示评价结果为中等， $E \in [80, 90)$ 表示评价结果为良好， $E \in [90, 100]$ 表示评价结果为优秀。

2.3 模糊评价矩阵的确定

1) 指标项的量化：

针对具体绿色住宅评价项目对于子准则层指标下各个一般定性指标项进行打分，每项满分 10 分，从 0~10 表示对项目符合的程度由低到高，如节地与室外环境 U_{11} 下定性指标项及权重有：

表 2 节地与室外环境定性指标及指标权重

节地与室外环境 U_{11}	权重	得分
按规划配建住宅公共服务设施，并与周边共享	$\omega_{111} = 0.152$	a_{111}
利用尚可使用的旧建筑，合理选用废弃场地进行建设	$\omega_{112} = 0.049$	a_{112}
住区环境噪声符合现行国家标准的规定	$\omega_{113} = 0.290$	a_{113}
住区风环境有利于自然通风及冬季室外行走舒适	$\omega_{114} = 0.106$	a_{114}
合理开发利用地下空间	$\omega_{115} = 0.049$	a_{115}
保留原有树木、水系，有效保存表土，利用废弃土，减少土方外运	$\omega_{116} = 0.073$	a_{116}

定量指标项根据指标的实际值计算得分，如：

表 3 节地与室外环境定量指标及指标权重

节地与室外环境 U_{11}	权重	得分
住区室外日平均热岛强度(不高于 1.5℃)	$\omega_{117} = 0.033$	$a_{117} = 10 \times (1.5 - \text{实际热岛强度}) / 1.5$
住区内形成绿化系统，保证一定的绿化覆盖率(不低于 40%)	$\omega_{118} = 0.214$	$a_{118} = 10 \times (\text{实际覆盖率} - 0.4) / 0.6$
住区出入口到达公共交通站点的步行距离(不超过 500 m)	$\omega_{119} = 0.017$	$a_{119} = 10 \times (500 - \text{实际步行距离}) / 500$
一定的室外透水面积比(不小于 45%)	$\omega_{1110} = 0.017$	$a_{1110} = 10 \times (\text{实际透水面积比} - 0.45) / 0.55$

由此得到节地与室外环境 U_{11} 得分

$$S_{11} = W_{11} \cdot A_{11} = \sum_{k=1}^{10} \omega_{11k} \cdot a_{11k}, (k = 1, 2, \dots, 10) \quad (5)$$

其余指标得分算法相同，一般项指标得分：

$$S_{ij} = W_{ij} \cdot A_{ij} = \sum_{k=1}^n \omega_{ijk} \cdot a_{ijk}, (i = 1, 2, 3; j = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

2) 隶属函数的建立及隶属度的确定

应用模糊数学方法的关键在于建立符合实际的隶属函数，确定模糊集的隶属函数的方法有模糊统计法、主观经验法、指派法等，本模型采用指派法。指派法是根据问题的性质，选用某些典型函数作为隶属函数。常用的隶属函数形式有三角形分布、梯形分布、正态分布等，本模型采用梯形分布作为隶属函数。如图 1 所示，根据指标得分情况，确定各因

素对各评语等级的隶属程度。

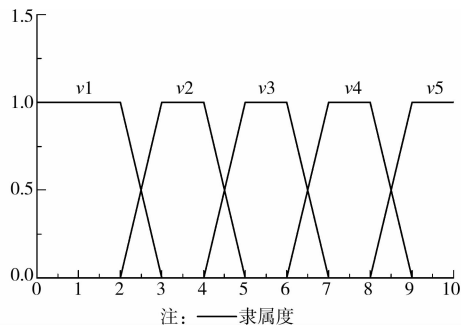


图 1 指标得分对应的隶属度函数

3)由此得到相应的隶属度矩阵用以表示模糊评价矩阵:

$$R_i = \begin{bmatrix} R_{i1} \\ R_{i2} \\ \dots \\ R_{ij} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & \dots & r_{i1l} \\ r_{i21} & r_{i22} & \dots & r_{i2l} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{ij1} & r_{ij2} & \dots & r_{ijl} \end{bmatrix}, (i = 1, 2, 3; j = 1, 2, \dots, m; l = 1, 2, 3, 4, 5) \quad (7)$$

其中 r_{ijl} 表示指标 U_{ij} 属于 v_l 类别的程度。

设评语等级量化向量 $V = [60, 70, 80, 90, 100]$, 用 E 表示绿色住宅综合评价结果, $E \in (0, 60)$ 表示评价结果为不合格, $E \in [60, 70)$ 表示评价结果为合格, $E \in [70, 80)$ 表示评价结果为中等, $E \in [80, 90)$ 表示评价结果为良好, $E \in [90, 100]$ 表示评价结果为优秀。

2.4 综合评价

$M(\cdot, \otimes)$ 本文采用算子, 即模糊综合评级集为

表 4 绿色住宅评价指标得分

准则层	子准则层	设计阶段得分 S	运营阶段得分 S
绿色住宅规划与设计 U_1	节地与室外环境 U_{11}	7.36	7.36
	节能与能源利用 U_{12}	6.93	6.93
	节水与水资源利用 U_{13}	6.45	6.45
	节材与材料资源利用 U_{14}	5.17	5.31
	室内环境质量 U_{15}	7.18	7.18
绿色施工 U_2	施工管理 U_{21}	—	8.10
	资源节约 U_{22}	—	7.19
	环境保护 U_{23}	—	8.29
运营与管理 U_3	住宅建筑运营与管理 U_{31}	7.78	6.79

根据隶属度函数和上述公式得:

3.3 设计阶段评价

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0.07 & 0.93 & 0 \\ 0 & 0 & 0.45 & 0.55 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$B_1 = W_1 \circ R_1 = (0.348, 0.185, 0.185, 0.097, 0.185)$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0.07 & 0.93 & 0 \\ 0 & 0 & 0.45 & 0.55 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} = (0, 0, 0.1932, 0.8068, 0) \quad (13)$$

$$B_i = W_i \circ R_i = \sum_{j=1}^m \omega_j r_{ijl}, (i = 1, 2, 3; j = 1, 2, \dots, m; l = 1, 2, 3, 4, 5) \quad (8)$$

$$R = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \end{bmatrix}, B = W \circ R = \sum_{i=1}^3 \omega_i r_{il}, (i = 1, 2, 3; l = 1, 2, 3, 4, 5) \quad (9)$$

$$V^T = \begin{bmatrix} 60 \\ 70 \\ 80 \\ 90 \\ 100 \end{bmatrix}, \text{各指标分数 } E_i = B_i \cdot V^T (i = 1, 2, 3) \quad (10)$$

$$\text{综合分数: } E = B \cdot V^T \quad (11)$$

3 实例分析

3.1 项目概况

某项目位于厦门翔安洋唐综合区, 项目某地块为保障性住房、公共租赁住房, 低密度高容积率的高层住宅小区, 包含 13 栋高层住宅以及开闭所、配电室等配套公共服务设施。用地面积: 70 428.705 m², 总建筑面积: 248 988.8 m², 其中地上计容建筑面积 197 000 m², 架空层面积 548 808 m², 地下建筑面积: 46 500 m², 容积率 2.8, 绿地率 38%, 停车位 1 560 位, 总户数 2 968 户。

3.2 对各个指标项打分

(设计阶段绿色施工为不参评项)

$$R_3 = (0, 0, 0, 1, 0) \quad (14)$$

$$B_3 = W_3 \circ R_3 = (1) \cdot (0, 0, 0, 1, 0) = (0, 0, 0, 1, 0) \quad (15)$$

设计阶段评价中绿色施工为不参与评价的项目, 因此调整权重

$$W = (0.5, 0.5) \quad (16)$$

$$B = W \circ R = (0.5, 0.5) \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.1932 & 0.8068 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} = (0, 0, 0.0966, 0.9034, 0) \quad (17)$$

$$V^T = \begin{bmatrix} 60 \\ 70 \\ 80 \\ 90 \\ 100 \end{bmatrix}, \text{各指标分数 } E_1 = B_1 \cdot V^T = 88.068$$

(18)

$$E_3 = B_3 \cdot V^T = 90 \quad (19)$$

$$\text{综合分数: } E = B \cdot V^T = 89.034 \quad (20)$$

该项目设计阶段绿色住宅规划与设计得分为:88.068分,运营与管理得分为:90分,综合得分为:89.034分,该项目设计阶段绿色住宅评价结果为“良好”。

3.4 运营阶段评价

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0.07 & 0.93 & 0 \\ 0 & 0 & 0.45 & 0.55 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (21)$$

$$B_1 = W_1 \circ R_1 = (0.348, 0.185, 0.185, 0.097, 0.185)$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0.07 & 0.93 & 0 \\ 0 & 0 & 0.45 & 0.55 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} = (0, 0, 0.1932, 0.8068, 0) \quad (22)$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.9 & 0.1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.71 & 0.29 \end{bmatrix} \quad (23)$$

$$B_2 = W_2 \circ R_2 = (0.134, 0.255, 0.611)$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.9 & 0.1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.71 & 0.29 \end{bmatrix} = (0, 0, 0.080941, 0.19059) \quad (24)$$

$$R_3 = (0, 0, 0.21, 0.79, 0) \quad (25)$$

$$B_3 = W_3 \circ R_3 = (1) \cdot (0, 0, 0.21, 0.79, 0) = (0, 0, 0.21, 0.79, 0) \quad (26)$$

$$W = (0.25, 0.5, 0.25) \quad (27)$$

$$B = W \circ R = (0.25, 0.5, 0.25)$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.1932 & 0.8068 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.80941 & 0.19059 \\ 0 & 0 & 0.21 & 0.79 & 0 \end{bmatrix} = (0, 0, 0.1008, 0.8039, 0.0953) \quad (28)$$

$$V^T = \begin{bmatrix} 60 \\ 70 \\ 80 \\ 90 \\ 100 \end{bmatrix}, \text{各指标分数 } E_1 = B_1 \cdot V^T = 88.068 \quad (29)$$

$$E_2 = B_2 \cdot V^T = 91.9059 \quad (30)$$

$$E_3 = B_3 \cdot V^T = 87.9 \quad (31)$$

$$\text{综合分数: } E = B \cdot V^T = 89.945 \quad (32)$$

该项目运营阶段绿色住宅规划与设计得分为:88.068

分,绿色施工得分为:91.9059分,运营与管理得分为:87.9分,综合得分为:89.945分,该项目设计阶段绿色住宅评价结果为“良好”。

4 结 论

实例项目若采用《福建省绿色建筑评价标准》进行评价,其绿色度为二星级,采用模糊综合评价模型来评价住宅的绿色度,其结果为良好,具体分数为89.945分。理论与实践表明,相比较福建省评价标准的星级制的3个等级,该模糊综合评价模型可以有5个等级的区分,且同一等级可以用分值量化,评价结论与前法总体一致,但更准确合理,是对前法的优化,鉴于优化国内评价标准的必要性及可行性,希望开发商、承包商、监理咨询方以及政府监管部门在绿色建造中参考应用并完善和推广。

参考文献:

- [1] GB/T50378—2006, 绿色建筑评价标准[S].
- [2] 住房和城乡建设部科技发展促进中心. 绿色建筑评价技术指南[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2010.
- [3] DBJ/T 13-118-2010, 福建省绿色建筑评价标准[S].
- [4] 林辉, 张道国. 绿色住宅的内涵及评价方法研究[J]. 建筑经济, 2011, (S1), 8-10.
- [5] 燕军委. 我国绿色住宅评价体系研究[D]. 陕西:西安建筑科技大学, 2012.
- [6] Alison N, Mike P. Smart home systems and the code for sustainable homes: A BRE Guide [M]. IHS BRE Press, 2009.
- [7] Department for communities and local government. code for sustainable homes: technical guide [EP/OL]. <http://www.Communities.Gov.uk/Publications/Planningandbuilding/Codeguide,2010>.
- [8] USGBC. LEED for homes rating system[M]. America: U. S. Green Building Council, 2007.
- [9] Japan Sustainable Building Consortium. CASBEE for new construction technical manual [S/OL]. ibec.or.jp/CASBEE/english/index.htm, 2010.
- [10] Hikmat H A. Developing a greenbuilding assessment tool for developing countries-Case of Jordan [J]. Building and Environment, 2009, 44, 1053-1064.
- [11] McManus A. The potential of the code for sustainable homes to deliver genuine "sustainable energy" in the UK social housing sector[J]. Energy Policy, 2010, 38, 2013-2019.
- [12] Siew E L. Building energy efficiency labeling programme in Singapore[J]. Energy Policy, 2008, 36, 3982-3992.
- [13] 王祖和, 周静. 基于 AHP 的绿色建筑评价体系研究[J]. 建筑经济, 2013(11), 79-82.
- [14] 高云莉, 王庆春, 王楠楠. 基于合作的工程项目风险模糊评价新方法[J]. 数学的实践与认识, 2013, 43(43), 14-22.
- [15] 谢季坚, 刘承平. 模糊数学方法及其应用[M]. 武汉:华中科技大学出版社, 2013.

(编辑 胡 玲)