

基于模糊层次分析法的既有住宅性能综合评价

胡文发, 姚伟, 周明

(同济大学 经济管理学院, 上海 200092)

摘要: 以综合改建为目的, 将既有住宅性能分为安全性、完好性、适用性、节能性、环境性和协调性等 6 类指标. 运用模糊数学方法对层次分析法进行改进, 确定各指标的权重, 构建既有住宅性能综合评价模型. 克服了传统评价方法的主观随意性, 全面考虑各类指标的相互影响关系, 改善评判过程中的不确定性. 通过评价 30 个不同的案例, 验证该评价模型具有综合性、客观性和可操作性的优点. 通过案例讨论, 提出各类住宅性能改建的实施方法.

关键词: 既有住宅; 性能评价; 模糊规则; 层次分析法; 改建

中图分类号: F 424.2

文献标识码: A

Comprehensive Evaluation on Performance of Existing Residential Buildings Based on Fuzzy and Analytic Hierarchy Process

HU Wenfa, YAO Wei, ZHOU Ming

(College of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: On the purpose of improving performance of buildings through complex refurbishment, the performance of existing residential buildings in this paper is measured by six indicators such as security, intactness, fittingness, energy-saving, dwelling environment, and coordination. In order to overcome the shortcomings of random and subjectivity in the traditional evaluation method and to eliminate the uncertainty during the evaluation process, a comprehensive model for evaluating performance of residential buildings is proposed, where the weight of each indicator is determinate based on an improved analytic hierarchy process (AHP) method combined with fuzzy analysis of the relevant relationship of each indicator. The case of 30 different residential buildings is evaluated and then reveals many advantages in this model that evaluation is comprehensive, objective, and operational. By discussion of case study in the end, several reconstruction

approaches are proposed in improving performance of existing residential buildings.

Key words: existing building; performance evaluation; fuzzy rules; analytic hierarchy process; refurbishment

城市居民的住房居住质量问题是各大城市关注的重要民生问题. 随着人们生活水平的提高, 人们对居住质量的追求也越来越高, 对既有住宅的改建成为改善居民居住条件的重要措施之一. 为了促进既有住宅改建工作顺利开展, 业主首先要解决如下两个问题: ①该住宅是否适合改建; ②哪些部分需要重点改建. 这些问题的解决都可以归结为科学合理的既有建筑性能的综合评价.

1 既有住宅改建传统评价中的问题

纵观既有建筑性能评价研究的发展, 最初既有住宅性能评价方法是根据住宅技术寿命与已使用年限进行折旧, 推算出其还能使用多少年, 然后根据工程师的经验来确定旧住宅是否能够改建, 以及是否值得改建. 这种方法主要是根据工程师的经验, 弱化了建筑物的保养维护情况, 带来一些改建决策的失误. 例如, 对一些使用时间长但保养维护很好的建筑, 仅根据使用年限来判定, 就很可能被判为不适合改建, 而对一些使用时间较短但保养维护很差的建筑, 却可能被判定为适合改建的建筑. 这些不适合改建的建筑被判定为适合改建的住宅, 改建后不一定能满足人们的居住需求而且还可能留下安全隐患.

2 既有住宅性能评价研究现状

考虑到人们的居住安全问题, 不同学者提出了

收稿日期: 2009-12-25

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划重大资助(2006BAJ03A04-06)

第一作者: 胡文发(1968—), 男, 副教授, 工学博士, 主要研究方向为工程建设与管理等. E-mail: wenfahu@tongji.edu.cn

以建筑物的可靠性评价住宅性能^[1]. 这种方法源于系统工程的可靠度方法, 通过定性和定量相结合的方法, 评定建筑物结构安全性, 从而确定建筑物能否改建, 以及改建后能否安全居住. 由于主要评价安全性, 忽略了人们对住宅的功能需求.

为了更加全面地评价既有住宅, 全面的评价指标体系被不少学者提出. 《住宅性能评价技术标准》(GB/T50362—2005)建立的初衷是为了引导房地产市场的消费而针对新建住宅, 不适合既有住宅. 为了更加合理地评价既有住宅的性能, 有学者在评价指标上作了改进, 但各评价指标权重的主观性太强^[2].

3 既有住宅性能综合评价模型构建

3.1 评价指标的确立

建立既有住宅性能的综合评价指标体系时, 首先要遵循建立指标体系的一般准则和方法, 其次要借鉴住宅性能评价技术标准及绿色建筑评价体系, 最后参考建筑价值理论和已有研究者的研究成果, 吸取他们成功的部分剔除他们不合理的部分, 经过反复研究、思考, 就可以形成比较科学的综合评价指

标体系^[3]. 指标体系建立过程如图 1 所示.

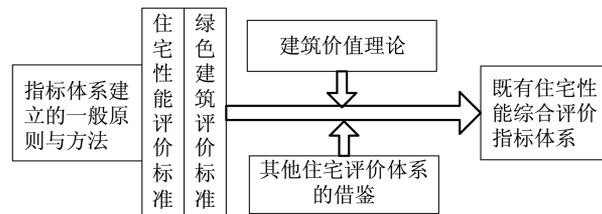


图 1 既有住宅性能综合评价体系的建立过程

Fig.1 Process of setting up the system for performance evaluation of existing residential buildings

由于经济发展水平的不同, 不同地区既有建筑性能评价指标体系所包含的内容不尽一致. 但总体来看, 对既有住宅性能的评价主要包括两方面: 住宅的完好程度和住宅使用功能. 其中, 住宅完好程度主要指对既有住宅各结构的完好程度. 而使用功能则主要指既有住宅与人们现在的居住需求有多大差距. 本论文将既有住宅综合评价体系分为两个层次, 第一层次包括安全性、完好性、适用性、节能性、环境性和协调性, 第二层次由第一层次指标分解组成, 如图 2 所示.

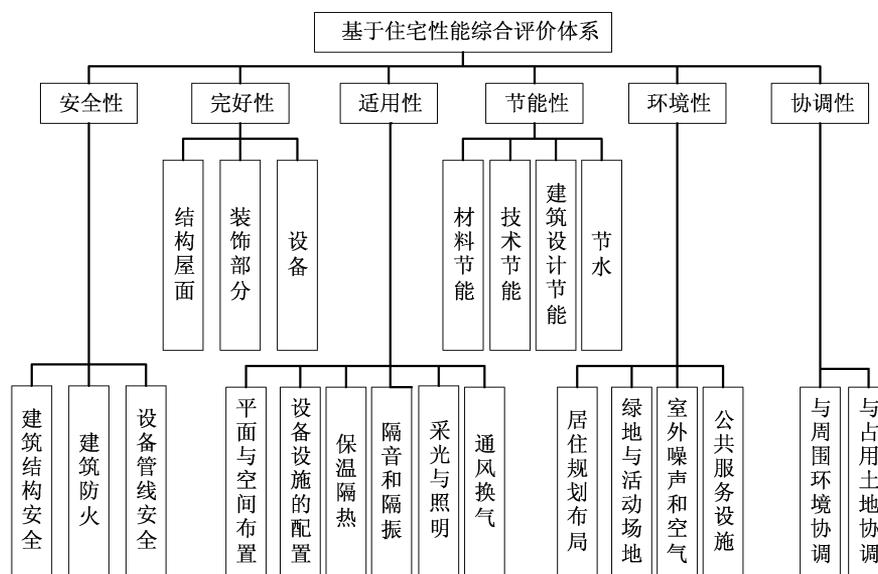


图 2 既有住宅性能综合评价指标体系

Fig.2 Evaluation indicator in the system for performance evaluation of existing residential buildings

3.2 改进的层次分析法确定各指标权重

指标权重的确定方法有很多, 如德尔菲法、相对比较法、最优权法、层次分析法等^[4]. 但这些都直接用于既有住宅性能评价指标权重的确定, 因为它不能直接通过定量计算确定, 需要经过一个从定性到定量的转换过程^[5]. 层次分析法就是一种很好的选择, 但是其应用有一定的局限性, 主要在于层次分析法建

立判断矩阵后, 对判断矩阵的一致性检验困难.

检验判断矩阵是否具有的一致性, 需要判断矩阵的最大特征根 λ_{\max} , 但当阶数 n 较大时, 计算 λ_{\max} 的工作量将非常巨大; 当判断矩阵不具有的一致性时, 需要调整判断矩阵的元素, 使其具有一致性, 这可能要经过大量调整、检验、再调整、再检验的过程, 工作量巨大; 检验判断矩阵是否具有的一致性的判断标准:

$R_c < 0.1$ 实际上是一个经验上的值,缺乏必要的科学依据。

为了克服上述困难和局限性,引入模糊一致矩阵,模糊矩阵和模糊一致矩阵及其相关定义为:

若矩阵 $\mathbf{R} = (r_{ij})_{n \times n}$ 满足 $0 \leq r_{ij} \leq 1, (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n)$ 则称 \mathbf{R} 是模糊矩阵;若模糊矩阵 $\mathbf{R} = (r_{ij})_{n \times n}$ 满足 $r_{ij} + r_{ji} = 1, (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n)$ 则称模糊矩阵 \mathbf{R} 是模糊互补矩阵;若模糊矩阵 $\mathbf{R} = (r_{ij})_{n \times n}$ 满足 $\forall i, j, k$ 有 $r_{ij} = r_{ik} - r_{jk} + 0.5$, 则称模糊矩阵 \mathbf{R} 是模糊一致矩阵。

模糊一致矩阵的性质为: ① $\forall i (i = 1, 2, \dots, n)$, 有 $r_{ii} = 0.5$; ② $\forall i, j (i, j = 1, 2, \dots, n)$, 有 $r_{ij} + r_{ji} = 1$; ③ \mathbf{R} 的第 i 行和第 i 列元素之和为 n ; ④ 从 \mathbf{R} 中划掉任意一行及其对应列所得的子矩阵任然是模糊一致矩阵; ⑤ $\mathbf{R}^T = \mathbf{R}^C$, 且均为模糊一致矩阵, 其中 \mathbf{R}^T 是 \mathbf{R} 的转置矩阵, \mathbf{R}^C 是 \mathbf{R} 的余矩阵; 模糊一致矩阵表示针对上一层某元素, 本层次与之有关元素之间相对重要性的比较, 假定上一层的元素 T 同下一层次中的元素 F_1, F_2, \dots, F_n 有联系, 则模糊一致判断矩阵可表示为

$$\begin{array}{c|cccc} T & F_1 & F_2 & \cdots & F_n \\ \hline F_1 & r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ F_2 & r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ F_n & r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nn} \end{array}$$

其中, 元素 r_{ij} 具有如下实际意义: 表示元素 F_i 和元素 F_j 相对于元素 T 进行比较时, F_i 和 F_j 具有模糊关系“...比...重要得多”的隶属度。为了使任意 2 个元素关于某准则的相对重要程度得到定量描述, 采取“0-1”标度给予数量标度(相当于在只考虑 2 个相比较的元素对上层元素的贡献时各自的贡献率)。有了定量的标度, 就容易通过比较得出模糊判断矩阵

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & \cdots & r_{nn} \end{bmatrix}$$

且 \mathbf{R} 具有如下性质: ① $r_{ii} = 0.5, i = 1, 2, \dots, n$; ② $r_{ij} = 1 - r_{ji}, i, j = 1, 2, \dots, n$; ③ $r_{ij} = r_{ik} - r_{jk}, i, j, k = 1, 2, \dots, n$ 。

即 \mathbf{R} 是模糊判断矩阵, 模糊判断矩阵的一致性反映了人们思维判断的一致性, 在构造模糊判断矩阵时非常重要, 但在实际决策分析中, 由于所研究的问题的复杂性和人们认识上可能产生的片面性, 构造出来的判断矩阵不一定具有一致性。这时需要对构造出来的判断矩阵进行一致性检验和调整, 具体

调整步骤如下: 第一步, 先选择 1 行决策者觉得最有把握的判断, 不失一般性, 设决策者对 $r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in}$ 判断最有把握; 第二步, 用第 i 行的元素减去第 1 行元素, 若所得的 n 个差值为常数, 则不需要调整第 1 行元素; 否则要对第 1 行元素进行调整, 直到第 i 行元素减第 1 行元素的差值为常数为止; 第三步, 用第 i 行元素减去第 2 行元素, 若所得的 n 个差值为常数, 则不需要调整第 2 行元素; 否则, 要对第 2 行元素进行调整, 直到第 i 行元素减第 2 行元素的差值为常数为止; 上面步骤如此继续下去直到第 i 行元素减去第 n 行对应元素之差为常数为止。

若所得判断矩阵具有一致性, 则等式 $r_{ij} = 0.5 + \alpha(w_i - w_j), i, j = 1, 2, \dots, n$ 成立。

解线性方程组

$$\begin{cases} w_1 - w_2 = r_{12}/\alpha - 1/2\alpha \\ w_2 - w_3 = r_{23}/\alpha - 1/2\alpha \\ \vdots \\ w_{n-1} - w_n = (r_{n-1n})/\alpha - 1/2\alpha \end{cases}$$

可得 $w_i = \frac{1}{n} - \frac{1}{2\alpha} + \frac{1}{n\alpha} \sum_{k=1}^n r_{ik}, i = 1, 2, \dots, n$ 。

由 $0 < w_i < 1$, 可解得 $\alpha > (n-1)/2$ 。其中, α 表示因素间权重的区分度, 当 α 越大时, $(w_i - w_j)$ 就越小, 各因素权重间的区分度就越小; 当 α 越小时, $(w_i - w_j)$ 就越大, 各因素权重间的区分度就越大。

在进行模糊评判时, 决策者可以选取几组 α 值计算出几组不同的权重值, 根据决策的需要, 或者经过专家再次确认后选择一组合适的权重值。当决策者需要表现出主要因素的主要地位而减少次要因素的影响时, 可以将 α 值取小点; 当各因素重要性相当, 决策者不希望各因素权重差别大时, 可以将 α 值取大点, 以淡化各因素权重的差别。决策者对 α 值的确定体现了决策者充分参与决策, 可以使评价结果朝着更符合决策目标的方向靠近。

3.3 模糊评语集及各评价等级隶属度的确定

一般来说, 评语等级个数要大于等于 4 个而不超过 9 个。本文模糊评判的评语选择最简单的 4 个等级, 即评语集为 {优, 良, 中, 差}。由于既有建筑的评价对工程专业的知识要求较高, 在对各因子进行评价时选取 50 名相关专家进行评价。

由各评价指标可构造模糊评价矩阵

$$\mathbf{E} = \begin{bmatrix} e_{11} & \cdots & e_{14} \\ \vdots & & \vdots \\ e_{n1} & \cdots & e_{n4} \end{bmatrix}$$

式中: n 为指标的数量; $e_{ij} (j = 1, 2, 3, 4)$ 为第 i 个指

标对评语 j 的隶属度; $e_{i1}, e_{i2}, e_{i3}, e_{i4}$ 分别为对指标 i 评优、良、中、差的专家数量除以专家总数.

3.4 综合评价

评价时先对各二级指标进行评价, 根据各二级指标权重 G 计算出一级指标的评价矩阵, 即 $E = G^T \times M$, 由各一级指标的权重和计算出的各一级指标得分就可计算出最终的综合评价结果 $B = V \times W$.

4 案例分析

4.1 住宅性能评价

在上海选取 30 个项目进行评价, 以确定适合改建的既有住宅的综合得分区间, 并验证评估方法的合理性. 项目 1 为某 3 层砖混结构, 建于 1980 年, 建筑面积为 1 500 m^2 , 现以其为样本, 在详细查勘该房屋安全性、完好性、适用性、节能性、环境性和协调性等性能的基础上, 对其做出综合评价. 运用改进的层次分析法确定各一级指标的权重, 如表 1 所示.

由实际经验可得, 当 $\alpha = 5$ 时更符合实际情况,

因此选择当 $\alpha = 5$ 时的权重. 用同样的方法可以确定各二级指标的权重, 最后所得权重如表 2 所示.

表 1 一级指标权重确定

Tab.1 Weight of the first rank indicators

指标	不同 α 值时的权重			权重 1
	$\alpha = 3$	$\alpha = 4$	$\alpha = 5$	
安全性	0.30	0.28	0.25	0.25
完好性	0.13	0.14	0.15	0.15
适用性	0.13	0.14	0.15	0.15
节能性	0.05	0.07	0.10	0.10
环境性	0.13	0.14	0.15	0.15
协调性	0.26	0.23	0.20	0.20

由表 2 可得, 一级指标的模糊评价结果为:

$$E_1 = G_1^T \times M_1 = (0.306, 0.353, 0.214, 0.127)$$

$$E_2 = G_2^T \times M_2 = (0.218, 0.350, 0.270, 0.162)$$

$$E_3 = G_3^T \times M_3 = (0.185, 0.243, 0.300, 0.272)$$

$$E_4 = G_4^T \times M_4 = (0.116, 0.140, 0.238, 0.506)$$

$$E_5 = G_5^T \times M_5 = (0.094, 0.172, 0.334, 0.412)$$

$$E_6 = G_6^T \times M_6 = (0.116, 0.258, 0.398, 0.228)$$

表 2 二级指标权重及模糊评价矩阵

Tab.2 Weight of the second rank indicators and the matrix of fuzzy evaluation

一级指标	权重 1	二级指标	权重 2	模糊评价矩阵 M			
				优	良	中	差
安全性 E_1	0.25	建筑结构安全	0.4	0.45	0.35	0.10	0.10
		建筑防火	0.3	0.12	0.32	0.38	0.18
		设备管线安全	0.3	0.30	0.40	0.20	0.10
完好性 E_2	0.15	结构屋面	0.4	0.24	0.38	0.24	0.14
		装饰部分	0.3	0.16	0.26	0.34	0.24
		设备	0.3	0.26	0.40	0.24	0.1
适用性 E_3	0.15	平面与空间布置	0.3	0.10	0.20	0.30	0.40
		设备设施的配置	0.1	0.10	0.14	0.40	0.38
		保温隔热	0.1	0.10	0.25	0.25	0.40
		隔音与隔振	0.1	0.04	0.16	0.34	0.46
		采光与照明	0.2	0.36	0.34	0.26	0.04
		通风换气	0.2	0.30	0.30	0.30	0.10
节能性 E_4	0.10	材料节能	0.3	0.10	0.10	0.20	0.60
		技术节能	0.3	0.10	0.14	0.26	0.50
		建筑设计节能	0.2	0.14	0.16	0.30	0.40
		节水	0.2	0.14	0.18	0.20	0.48
环境性 E_5	0.15	居住区规划布局	0.3	0.06	0.14	0.2	0.60
		绿地与活动场地	0.3	0.02	0.10	0.28	0.64
		室外噪声和空气	0.2	0.14	0.30	0.44	0.12
		公共服务设施	0.2	0.20	0.20	0.52	0.08
协调性 E_6	0.20	与周围环境协调	0.4	0.14	0.30	0.36	0.20
		与占用土地协调	0.6	0.10	0.22	0.44	0.24

假设{优,良,中,差} = {10,8,6,4},则该住宅的各级指标的综合评判分值为:安全性, $V_1 = 10 \times 0.306 + 8 \times 0.353 + 6 \times 0.214 + 4 \times 0.172 = 7.676$;同理可得,完好性, $V_2 = 7.248$;适用性, $V_3 = 6.682$;节能性, $V_4 = 5.732$;环境性, $V_5 = 5.968$;协调性, $V_6 = 6.524$.根据各一级指标的权重及各指标的得分,

可算出综合评价的得分值 $B = V \times W = (V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6) \times (W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6)^T = 6.7817$.

其余29个项目按照项目1的评价过程和步骤进行评价,可以得出各项目所有一级指标得分和综合得分,如表3所示.

表3 各项目一级指标得分及综合得分

Tab.3 Total grades and the first rank indicators' grades in each project

一级指标	安全性(V_1)	完好性(V_2)	适用性(V_3)	节能性(V_4)	环境性(V_5)	协调性(V_6)	综合评分(B)
权重	0.250	0.150	0.150	0.100	0.150	0.200	
项目1	7.676	7.248	6.682	5.732	5.968	6.524	6.782
项目2	5.359	6.292	6.606	4.629	4.373	7.310	5.855
项目3	5.770	4.105	6.665	8.583	4.277	7.510	6.060
项目4	9.654	9.754	8.853	9.103	8.071	9.751	9.276
项目5	6.976	7.728	5.469	4.132	7.618	5.350	6.349
项目6	6.707	7.823	5.662	9.994	5.289	7.925	7.077
项目7	9.211	8.383	7.224	8.347	9.797	6.281	8.204
项目8	8.861	6.122	7.510	7.401	4.501	6.018	6.879
项目9	6.472	6.877	6.377	4.574	8.223	8.553	7.008
项目10	7.100	5.955	4.856	6.882	5.852	5.136	5.990
项目11	7.621	9.111	4.590	4.370	8.871	6.085	6.945
项目12	7.275	6.827	5.384	8.894	7.558	7.562	7.186
项目13	7.291	7.598	6.070	6.291	7.452	9.748	7.569
项目14	9.755	9.764	8.319	8.873	7.683	9.740	9.139
项目15	5.021	6.857	9.455	9.686	5.555	7.904	7.085
项目16	7.398	7.909	8.140	9.612	5.557	9.438	7.939
项目17	5.192	6.310	6.326	8.968	4.007	7.699	6.231
项目18	9.680	8.471	9.670	8.230	9.533	8.135	9.021
项目19	7.073	6.701	5.201	5.489	8.730	9.573	7.327
项目20	5.210	7.247	7.358	5.610	5.022	9.977	6.803
项目21	6.397	7.891	4.043	5.495	4.558	5.410	5.705
项目22	6.462	5.661	7.085	4.194	7.073	9.428	6.893
项目23	7.475	5.255	7.458	8.047	4.148	7.523	6.707
项目24	6.799	5.715	7.745	7.650	6.782	6.527	6.806
项目25	4.197	5.189	5.767	4.555	8.940	8.278	6.145
项目26	8.326	7.336	5.996	4.643	8.198	5.072	6.790
项目27	6.601	7.095	7.930	4.908	6.231	7.228	6.775
项目28	6.048	4.528	4.997	4.356	9.354	5.555	5.890
项目29	9.319	8.447	9.419	8.088	7.686	6.766	8.325
项目30	7.836	7.510	5.905	7.261	9.729	6.258	7.408

4.2 评价结果分析

获得上述评价结果之后,首先需要根据各项目的综合得分作初步判断.具体评判原则如下:

(1)如果综合评分值 $B \in (9, 10]$,则表明参与评价的既有住宅性能优秀,能够满足当前人们的居住需求,可暂不考虑改建;

(2)当 $B \in (6, 9]$ 时,表明该既有住宅能保障人们最基本的居住需求,但是部分功能设施有待改善,可以纳入到改建的范围之中;

(3)当 $B \in [4, 6]$ 时,说明既有住宅不能满足当前人们的居住需求而且损坏严重,已不适合改建,而应拆除重建.

由此可知,综合评价得分处于 6~9 的既有住宅为研究的重点. 此处上限 9 的确定方法是由安全性指标所占权重确定,即在其他指标都取最高分时,如果要确保安全性达标,则安全性指标取值必须大于 6. 在乘以相应权重后,则可以知道该项目的综合评价得分大于 9. 同理,如果安全性指标的权重变为 2 时,则此处上限应该为 8.8. 对于下限 6,则是由总分为 10 所决定.

在依据综合得分进行初步评判的基础上,对于综合得分处于 6~9 的项目,还需要依据一级指标得分做进一步分析. 根据综合评价指标体系中各类指标的定义与属性,与其他因素相比,安全性指标在既有住宅改建的综合评价与决策中扮演着更为关键的角色. 因而,在考虑项目综合得分后,首先需要考虑其安全性指标得分情况. 对于综合得分处于 6~9 的项目,当 $V_1 < 6$ 时,应该直接选择拆除重建;当 $V_1 \geq 6$ 时则需要将其纳入到改建的范围中来,并进一步分析其他类指标的得分情况.

此外,由于协调性指标反映的是项目与周边土地情况的相互匹配性,在充分考虑经济与社会发展需要的前提下,通常与剩下的其他指标相比,其发挥的作用更大. 对于综合得分处于 6~9,且安全性指标得分 $V_1 \geq 6$ 的项目,当 $V_6 < 6$ 时,地块价值并没有得到充分利用,可以考虑通过拆除重建改变其用途;而当 $V_6 \geq 6$ 时,基本可以判定该项目需要进行改建. 但是,具体的改进方向还需要结合其他指标的得分情况具体分析. 通常,指标得分小于 6 的方面是改建过程中需要重点关注的.

结合表 3 中综合评价结果,决策结果汇总如表 4 所示.

表 4 决策结果汇总表

Tab. 4 Summary suggestions from all decisions

决策结果	项目名称
建议拆除	项目 2,3,5,10,15,17,20,21,25,26,28
建议改建	项目 1,6,7,8,9,11,12,13, 16,19,22,23,24,27,29,30
建议保留	项目 4(9.274>9)、项目 14(综合取 值为 9.139>9)、项目 18(9.026>9)

从所选 30 个项目中,随机抽取 6 个项目作为检验样本:项目 1、项目 3、项目 8、项目 15、项目 16 和项目 18,经专家评判和居住居民的调查,项目 1,8,16 能基本满足人们的居住需求,但在功能上有些不足,

需要进行改建,以满足人们的居住需求;项目 3,15 年代较远,保养不甚完好,已不再适合居住,需要拆除重建;项目 18 保养完好现在仍能较好满足居民的居住需求.

通过检验样本可以说明基于改进层次分析的模糊综合评价法,能较好地对既有住宅进行综合评价,能为既有住宅的改建提供比较科学的决策支持.

5 结语

科学合理的既有住宅性能综合评价可以为既有住宅的改建提供决策支持. 本文利用基于改进层次分析的模糊综合评价法对既有住宅性能进行评价,有效避免传统评价方法主观随意性较强的缺点,得到较为客观的既有住宅性能评价指标体系中一级指标以及综合评价得分. 在此基础上,提出了与之相对应的面向住宅改建的综合评价方法,为既有住宅改建决策实践提供指导.

参考文献:

- [1] 王晓鸣,李贵青. 既有住宅的可靠性分析与评价[J]. 武汉工业大学学报,1992,21(6):36.
WANG Xiaoming, LI Guiqing. Analysis and assessment of existing residential building reliability[J]. Journal of Wuhan Industry University,1992,21(6):36.
- [2] 高剑平. 国内外既有房屋加层改造发展概况[J]. 上海交通大学学报,2006,23(2):1.
GAO Jianping. National and international summary of adding stories and reconstruction development[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University,2006,23(2):1.
- [3] 陈衍泰,陈国宏,李美娟. 综合评价方法分类及研究进展[J]. 管理科学学报,2004,7(2):69.
CHEN Yantai, CHEN Guohong, LI Meijuan. Classification & research advancement of comprehensive evaluation methods[J]. Journal of Management Sciences in China,2004,7(2):69.
- [4] 黄菊文,李光明,王华,等. 层次分析法评价固体废弃物的资源化利用[J]. 同济大学学报:自然科学版,2007,35(8):1090.
HUANG Juwen, LI Guangming, WANG Hua, et al. Analytic hierarchy process-based evaluation of recycling solid waste in shanghai[J]. Journal of Tongji University: Natural Science, 2007,35(8):1090.
- [5] 陈国宏,陈衍泰,李美娟. 组合评价系统综合研究[J]. 复旦学报:自然科学版,2003,42(5):667.
CHEN Guohong, CHEN Yantai, LI Meijuan. Research on the combination evaluation system[J]. Journal of Fudan University: Natural Science,2003,42(5):667.