

文章编号:1004-4574(2013)03-0185-07

区域住宅安全状况综合评价方法研究

杜运兴,赵光超,周芬

(湖南大学 土木工程学院,湖南长沙410082)

摘要:正确评估区域住宅的安全状况,对危房改造及相关政策的制定具有重要的意义。提出了运用层次分析法建立区域住宅安全状况评价指标体系,通过构造判断矩阵,并进行一致性检验,确定各指标的权重。在此基础上采用灰色关联分析,根据调研人员评分结果计算出关联系数及关联度,进而得出调研地区住宅的安全等级。该方法被用于湖南省部分地区农村住宅情况的评价。结果表明,所提方法克服了传统评价方法主观性大的不足,提高了评价结果的客观性,具有一定的应用价值。

关键词:层次分析法;评价;关联理论;指标体系;权重

中图分类号:TU241.4

文献标志码:A

Study on comprehensive evaluation method of residence safety condition for certain area

DU Yunxing, ZHAO Guangchao, ZHOU Fen

(College of Civil Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: Appraising the safety condition of residence correctly is essential for dilapidated buildings renovation and related policy establishment. The analytic hierarchy process was put forward to set up the evaluation index system of residence safety level, in which the weight values of the indices were determined through judgment matrix setup and consistency check. The residence safety level in the research area was obtained adopting grey correlation analysis and correlation factors and correlation degree calculated by investigators. This method was used to appraise the investigation of partial rural residences in Hunan Province. Results show that the proposed method overcomes the disadvantages of traditional methods of being subjective and improves the objectivity of the evaluation, thus this method is of applicable value.

Key words: analytic hierarchy process; evaluation; correlation theory; index system; weight

我国是一个自然灾害严重的国家,这些灾害对农村地区会造成更大的破坏。一方面,这些灾害更多的发生在农村地区;另一方面,农村住宅抵御自然灾害的能力相对较差,这些地区的房子长期处于无正规设计、无正规施工、无质量监管的状态。为了提高目前农村民居的抗灾害能力,就需要对农村民居的现状进行调研,基于调研结果制定相关的政策及相关方案。因此,客观地评价一个区域所有住宅的安全状况是摆在危房改造工作人员及科研人员面前的关键问题。现有的评价方法通常是研究者进行实地调研,并结合调研者自身的专业知识对某区域住宅进行评价。例如,洪海春等^[1]等通过调研研究了江苏省农村民居集中住宅区房屋

收稿日期:2012-09-22; 修回日期:2012-12-08

基金项目:湖南省科技计划重点项目(06SK4057);长沙市科技计划重点项目(K1207015-11);湖南省科技支撑计划(2013GK3020)

作者简介:杜运兴(1971-),男,副教授,博士,主要从事钢结构、加筋土和结构抗震方面的研究。E-mail:duyunxing@hnu.edu.cn

的抗震设防的情况;赵党书等^[2]等通过调研对云南农村建筑的抗震问题进行了探讨;刘阳等^[3]等调查研究了闽南地区农村住宅的安全性现状;许东等^[4]对锦州地区的农村住宅建设进行了调查研究。这些评价结果的客观性通常受研究者自身因素的影响较大,且评价结果无法量化。因此,选择合适的评价方法,增加结论的客观性,并使结果量化,是进行住宅安全状况评价研究的方向。

目前,常用的调研评价方法有层次分析法^[5-6]、模糊综合评价法^[7]、灰色关联分析法^[8]等。层次分析法是一种定性与定量相结合的多准则评价方法。该方法所建立评价指标体系可以将复杂系统简化,从而便于分析,而且能够计算出各个子因素对其所属上一层因素的重要性量化值。模糊数学是是针对现实中大量经济现象具有模糊性这一特点而设计的一种评判模型和方法。灰色关联分析是灰色系统理论的一个重要组成部分。该方法对所研究系统的各个影响因素进行处理,分析并确定各个因素之间的影响程度,进而找出影响系统的主要因素,并对各因素的影响程度进行评价。这些方法均存在一定的局限,因此研究合理的数据评价方法非常重要。

1 调研数据评价方法研究

层次分析法与灰色关联分析法具有较好的互补性,本文拟采用层次分析法建立区域住宅安全状况评价指标体系,计算各影响因素的权重,进而结合调研人员评分结果,采用灰色关联分析对所调研地区住宅的安全状况进行评价。该方法将层次分析法计算得到的权重引入到关联度的计算中,使两种方法结合起来,消除了传统灰色关联法中关联度的计算采用平均值的不足。该评价方法的计算过程如图 1 所示。

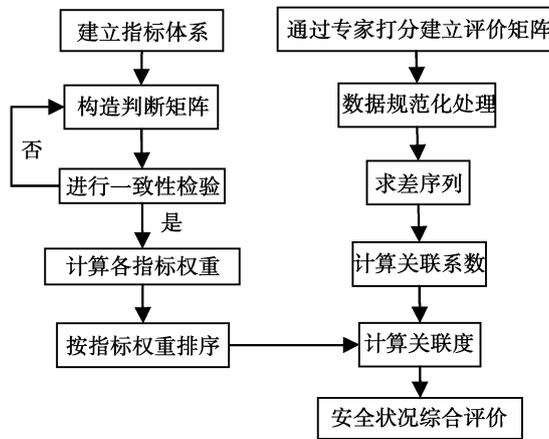


图 1 评价方法计算过程

Fig. 1 Calculation process of evaluation method

1.1 层次分析法计算指标权重

层次分析法计算指标权重主要包括以下几个步骤:

- (1) 建立层次结构模型;
- (2) 构造判断矩阵,对各层次因素采用两两比较的方法,得出权重系数判断矩阵 A ;
- (3) 计算各判断矩阵的最大特征值 λ_i 及其所对应的归一化特征向量 ω_i ;
- (4) 计算判断矩阵的一致性指标,并检验其一致性。定义 I_c 为一致性指标, $I_c = (\lambda - n)/(n - 1)$, I_r 为随机一致性指标,致性比率 $R_c = I_c/I_r$ 。

(5) 当一致性比率 $R_c = 0$ 时, A 具有完全一致性;当 $R_c < 0.1$ 时, A 具有满意一致性;当 $R_c \geq 0.1$ 时, A 不具有满意一致性,应予以调整或舍弃不用。一致性满足后,即可确定权重,得到层次单排序结果。然后即可得到层次总排序结果。

1.2 灰色关联分析评价过程

灰色系统理论^[9]是我国学者邓聚龙教授于 1982 年创立的,灰色关联分析的基本思想是根据序列曲线几何形状的相似程度来判断其联系的紧密性,相似程度越高,相应序列之间关联度就越大,反之就越小,其中灰色关联度用来衡量序列曲线几何形状的相似程度。

1.2.1 确定参考序列和比较序列

确定参考序列 $x_0(k) = (x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(m))$;

比较序列 $x_i(k) = (x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(m))$.

其中 $k = 1, 2, \dots, m$; $i = 1, 2, \dots, n$ 。 m 表示每个数据序列包含的指标数目, n 表示与参考数据序列进行比较的数据指标序列的个数。

1.2.2 数据规范化处理

首先对原始数据进行规范化处理,以消除量纲的影响,使数据具有可比性,从而保证建模质量和分析结果的准确性。常用的数据规范化处理方法有初值化、均值化和区间相对值化等。本文采用均值化方法进行数据处理,即用序列平均值去除所有数据,从而得到一个占平均值百分比的数列。

数据规范化处理后,

参考序列为 $x'_0(k) = (x'_0(1), x'_0(2), \dots, x'_0(m))$;

比较序列为 $x'_i(k) = (x'_i(1), x'_i(2), \dots, x'_i(m))$ 。

1.2.3 关联系数的计算

比较序列与参考序列的关联系数 $r_i(k)$ 的计算公式如下:

$$r_i(k) = \frac{\min_i \min_k |x'_0(k) - x'_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x'_0(k) - x'_i(k)|}{|x'_0(k) - x'_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x'_0(k) - x'_i(k)|} \quad (1)$$

其中: $\min_k |x'_0(k) - x'_i(k)|$ 是第1层次最小差,是指在所有的 k 值中, $|x'_0(k) - x'_i(k)|$ 的最小值; $\min_i \min_k |x'_0(k) - x'_i(k)|$ 是2个层次的最小差,是指在所有的 i 值中, $\min_k |x'_0(k) - x'_i(k)|$ 的最小值; 2个层次的最大差 $\max_i \max_k |x'_0(k) - x'_i(k)|$ 同理可以得到; ρ 是分辨系数,用于提高关联系数之间的差异显著性,取值范围是 $[0, 1]$, 通常取 0.5, 本文取 0.5。

1.2.4 关联度的计算

关联系数是描述比较序列与参考序列在某时刻关联程度的一种指标,由于各个时刻都有一个关联系数,信息显得比较分散,不便于比较,而关联度是把各个时刻的关联系数集中为一个值,使分散的信息集中化,从而可以方便的对各种问题分析。

关联度算法如下:

$$\gamma_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n r_i(k) \quad (2)$$

式中: γ_i 为序列 x_0 和序列 x_i 的关联度, γ_i 越大,两个序列间的关系越紧密。

2 区域住宅安全状况评价

2.1 层次分析法计算指标权重

采用以上提出的方法对湖南省农村民居的安全情况进行评价。由于影响湖南省农村民居的安全情况的因素很多,且部分因素相互重叠,因此在研究中选择影响较大的因素,忽略次要因素,对重叠的因素进行精简。结合调研的实际情况,建立了区域住宅安全状况评价指标体系,见图2所示。

2.2 权重评价等级的评分标准

进行安全评价时,需要建立区域住宅安全状况各个等级的评分标准,根据实际情况将安全状况划分为5个等级,各个等级标准序列如下:

- I 级,好, {95, 95, ..., 95};
- II 级,较好, {85, 85, ..., 85};
- III 级,一般, {75, 75, ..., 75};
- IV 级,较差, {65, 65, ..., 65};
- V 级,差, {55, 55, ..., 55}.

首先请专家对某地区住宅各指标分别评分,建立比较序列,然后用层次分析法确定各指标的权重,最后结合这些指标的权重,运用灰色关联法计算比较序列与各级标准序列之间的关联度,其中,关联度最大的值

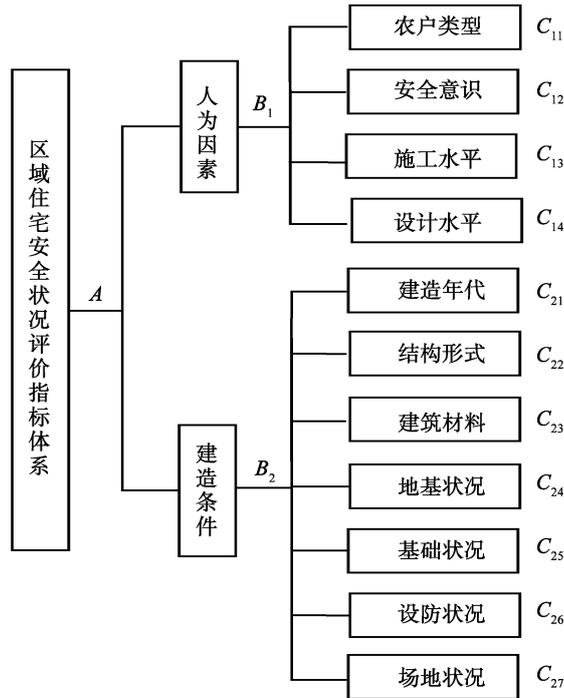


图 2 区域住宅安全状况评价指标体系

Fig.2 Index system of residence safety condition

对应的标准序列等级,即为该地区住宅安全状况的等级。

2.3 金家村统计数据评价过程

对金家村调研数据进行整理,得到如下统计结果:

(1)对人为因素调研可知,贫困户住宅危房率是 11.4%,安全意识差的农户,其住宅危房率是 7.6%,农户自己施工建造的住宅危房率是 2.4%,农户自己设计建造的住宅危房率是 17.1%。

(2)对建造条件调研可知,建造年代久远的住宅的危房率是 15.2%,结构形式选择不当产生的危房率是 9.4%,建筑材料破坏严重的住宅比例是 17.1%,地基破坏较严重的危房占危房总数的 22.2%,基础破坏较严重的危房占危房总数的 13.9%,基本无抗震设防措施的住宅的危房率是 17.1%,建造在危险场地上的住宅比例是 3%。

2.3.1 计算指标权重

根据金家村调研数据统计结果,并结合本次调研地区的实际情况,得到各判断矩阵及权重分配如下,见表 1 至表 3。金家村住宅安全状况指标权重汇总结果见表 4。

表 1 A - B 判断矩阵

Table 1 A - B judgment matrix

A	B ₁	B ₂	w
B ₁	1	1/5	0.167
B ₂	5	1	0.833

表 2 B₁ - C 判断矩阵

Table 2 B₁ - C judgment matrix

B ₁	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	w
C ₁₁	1	4	5	1/3	0.299
C ₁₂	1/4	1	3	1/4	0.130
C ₁₃	1/5	1/3	1	1/5	0.066
C ₁₄	3	4	5	1	0.505

表3 $B_2 - C$ 判断矩阵
Table 3 $B_2 - C$ judgment matrix

B_2	C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{24}	C_{25}	C_{26}	C_{27}	w
C_{21}	1	4	1/3	1/4	3	1/3	6	0.113
C_{22}	1/4	1	1/4	1/6	1/3	1/4	4	0.049
C_{23}	3	4	1	1/3	5	1	7	0.193
C_{24}	4	6	3	1	5	3	8	0.358
C_{25}	1/3	3	1/5	1/5	1	1/5	5	0.071
C_{26}	3	4	1	1/3	5	1	7	0.193
C_{27}	1/6	1/4	1/7	1/8	1/5	1/7	1	0.023

2.3.2 计算各指标的关联度

(1) 专家评分

以本次调研实际情况为基础,由调研人员对各指标进行评分,评分去掉最大值和最小值,取剩余数值的平均值作为最终评分结果,评分结果见表4。

表4 金家村住宅安全状况指标权重
Table 4 Weight values of safety condition in Jinjia Village

目标层	准则层	指标层	权重	排序	评分
安全状况 区域住宅	人为因素 0.167	农户类型 0.299	0.050	7	70
		安全意识 0.130	0.022	9	75
		施工水平 0.066	0.011	11	85
		设计水平 0.505	0.084	5	65
	建造条件 0.833	建造年代 0.113	0.094	4	65
		结构形式 0.049	0.041	8	80
		建筑材料 0.193	0.161	2	65
		地基状况 0.358	0.298	1	55
		基础状况 0.071	0.059	6	70
		设防状况 0.193	0.161	3	65
		场地状况 0.023	0.019	10	85

(2) 确定参考序列和比较序列

本文仅列出建造条件的计算过程,评分结果和各个等级标准序列如下:

$$\begin{bmatrix} 65 & 95 & 85 & 75 & 65 & 55 \\ 80 & 95 & 85 & 75 & 65 & 55 \\ 65 & 95 & 85 & 75 & 65 & 55 \\ 55 & 95 & 85 & 75 & 65 & 55 \\ 70 & 95 & 85 & 75 & 65 & 55 \\ 65 & 95 & 85 & 75 & 65 & 55 \\ 85 & 95 & 85 & 75 & 65 & 55 \end{bmatrix}.$$

(3) 计算关联系数

将原始数据进行规范化处理后,运用式(1)进行计算,得到如下的关联系数:

$$\begin{bmatrix} 0.44 & 0.54 & 0.70 & 1.00 & 0.70 \\ 0.66 & 0.85 & 0.85 & 0.66 & 0.54 \\ 0.44 & 0.54 & 0.70 & 1.00 & 0.70 \\ 0.37 & 0.4 & 0.50 & 0.67 & 1.00 \\ 0.50 & 0.63 & 0.84 & 0.84 & 0.63 \\ 0.44 & 0.54 & 0.70 & 1.00 & 0.70 \\ 0.75 & 1.00 & 0.75 & 0.61 & 0.57 \end{bmatrix}.$$

(4)计算关联度

将关联系数结果代入式(2),即可得到关联度。

$$R_2 = [0.113 \quad 0.049 \quad 0.358 \quad 0.071 \quad 0.193 \quad 0.023] \times$$

$$\begin{bmatrix} 0.44 & 0.54 & 0.70 & 1.00 & 0.70 \\ 0.66 & 0.85 & 0.85 & 0.66 & 0.54 \\ 0.44 & 0.54 & 0.70 & 1.00 & 0.70 \\ 0.33 & 0.40 & 0.50 & 0.67 & 0.10 \\ 0.50 & 0.63 & 0.84 & 0.84 & 0.63 \\ 0.44 & 0.54 & 0.70 & 1.00 & 0.70 \\ 0.75 & 1.00 & 0.75 & 0.61 & 0.51 \end{bmatrix} = [0.423 \quad 0.522 \quad 0.647 \quad 0.845 \quad 0.790].$$

最大关联度 $R_{2max} = 0.845$,说明金家村住宅建造条件的安全等级为IV级,即住宅建造条件较差。

$$R_1 = [0.065, 0.087, 0.119, 0.142, 0.092].$$

最大关联度 $R_{1max} = 0.142$,说明金家村住宅人为因素安全等级为IV级。由此可以看出,金家村住宅人为因素安全等级等于建造条件的安全等级。

2.3.3 确定综合安全等级

金家村住宅安全状况指标权重及关联度见表5,进而得到综合安全等级。

表 5 金家村住宅安全状况指标权重及关联度

Table 5 Weight values and correlation degree of safety condition in Jinjia Village

指标层	权重	I	II	III	IV	V
人为因素	0.167	0.065	0.087	0.119	0.142	0.092
建造条件	0.833	0.423	0.522	0.647	0.845	0.790

$$R = [0.167 \quad 0.833] \times \begin{bmatrix} 0.065 & 0.087 & 0.119 & 0.142 \\ 0.423 & 0.522 & 0.647 & 0.845 \end{bmatrix} = [0.363 \quad 0.449 \quad 0.559 \quad 0.728 \quad 0.673]$$

最大关联度 $R_{max} = 0.728$,所以,整个金家村住宅安全状况等级属于IV级。

2.3.4 影响因素分析

(1)人为因素和建造条件的安全等级都是IV级。

(2)地基状况、建筑材料、设防状况、建造年代、设计水平等的总权重达到80%,是主要的影响因素。因此,在进行危房改造工作时应更加注重这几个方面的改善。

(3)金家村住宅的整体安全状况较差,建议进行改造。

2.3.5 改善措施

灰色关联分析结果显示,金家村住宅安全等级属于IV级,即安全状况较差,建议进行改造。由表4可知,影响金家村住宅安全状况的主要因素依次是地基状况、建筑材料的质量、设防状况、建造年代、设计水平等,因此在进行改造时,应依次致力于以上几个方面的改善,增加改造工作的针对性。

2.3.6 其余调研地区住宅现状分析

与金家村计算过程一样,可以得到调研地区3个县各个行政村住宅的安全等级见表6。

表 6 各地区住宅安全等级

Table 6 Residence safety levels in research area

	临澧县			泸溪县			宜章县		
	金家村	群乐村	古城村	水卡村	楠木冲	峒头寨	小塘村	坦山村	汇溪村
人为因素	IV	II	III	V	IV	IV	IV	V	III
建造条件	IV	IV	III	IV	V	V	IV	IV	IV
整体等级	IV	IV	III	IV	V	V	IV	IV	III

(1)对比人为因素可以看出,临澧县人为因素的安全等级高于宜章县,泸溪县最差。

(2)对比建造条件可以看出,泸溪县住宅的整体建造条件最好,泸溪县最差,宜章县居中。

(3)泸溪县人为因素、建造条件以及综合安全等级均是最低,原因在于泸溪县位于湘西,地处山区,经济条件落后,而且交通不便,导致建筑材料运输不便,最终形成该地区住宅质量无法得到有效保障的局面。

(4)通过分析可以看出,各个行政村住宅的安全等级均是较低,最好的是Ⅲ级,反应出所调研地区住宅的安全状况普遍较差。

3 结论

本文将层次分析法和灰色关联分析相结合,结合调研人员意见,对区域住宅安全状况进行评估,根据权重大小确定改造措施的着重点,根据关联度的大小确定最终安全等级,该方法可以较为可观的反应出调研的实际情况。为相关政策的制订提供了较为可观的依据。该方法具有一定的理论和实际意义。

参考文献:

- [1] 洪海春,宋峰,高志兵,等. 江苏省农村民居集中住宅区房屋抗震性能探讨[J]. 防灾减灾学报, 2010, 26(3):11-17.
HONG Haichun, SONG Feng, GAO Zhibing, et al. Discussion on earthquake resistant capability of the housing of residential concentration for rural buildings in Jiangsu Province[J]. Journal of Disaster Prevention and Reduction, 2010, 26(3): 11-17. (in Chinese)
- [2] 赵党书,曹净,赵惠敏,等. 云南农村建筑的抗震问题探讨[J]. 四川建筑科学研究, 2006, 32(5): 161-163.
ZHAO Dangshu, CAO Jing, ZHAO Huimin, et al. The discussion about the quake-proof situation of farm building in Yunnan Province[J]. Sichuan Building Science, 2006, 32(5): 161-163. (in Chinese)
- [3] 刘阳,郭子雄,杨勇,等. 闽南地区农村住宅安全现状与防灾建议[J]. 华侨大学学报:自然科学版, 2007, 28(1): 63-67.
LIU yang, GUO Zijing, YANG Yong, et al. Safety survey of the county houses in south Fujian and advices for disaster prevention[J]. Journal of Huaqiao University: Natural Science, 2007, 28(1): 63-67. (in Chinese)
- [4] 许东,王雪英,裴玉屏,等. 锦州地区农村住宅建设的调查[J]. 辽宁工业大学学报:自然科学版, 2009, 29(1): 36-40.
XU Dong, WANG Xueying, PEI Yuping, et al. Investigation of rural house construction in Jinzhou region[J]. Journal of Liaoning University of Technology: Natural Science Edition, 2009, 29(1): 36-40. (in Chinese)
- [5] 黄典剑,吴宗之,蔡嗣经,等. 城市应急避难所的应急适应能力——基于层次分析法的评价[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(1): 52-58.
HUANG Dianjian, WU Zongzhi, CAI Sijing, et al. Emergency adaption of urban emergency shelter: analytic hierarchy process-based assessment method[J]. Journal of Natural Disasters, 2006, 15(1): 52-58. (in Chinese)
- [6] 胡俊锋,杨佩国,杨月巧,等. 防洪减灾能力评价指标体系和评价方法研究[J]. 自然灾害学报, 2010, 19(3): 82-87.
HU Junfeng, YANG Peiguo, YANG Yueqiao, et al. Study on evaluation index system and method for flood control and disaster reduction capacity [J]. Journal of Natural Disasters, 2010, 19(3): 82-87. (in Chinese)
- [7] 李士勇. 工程模糊数学及应用[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社, 2004: 17-19.
LI Shiyong. Engineering Fuzzy Mathematics with Applications[M]. Harbin: Harbin Institute of Technology Press, 2004: 17-19. (in Chinese)
- [8] 刘思峰,党耀国,方志耕,等. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京:科学出版社, 2010: 8-13.
LIU Sifeng, DANG yaoguo, FANG Zhigeng, et al. The Gray System Theory and Application[M]. Beijing: Science Press, 2010: 8-13. (in Chinese)
- [9] 邓聚龙. 灰色数理资源科学导论[M]. 武汉:华中科技大学出版社, 2007: 20-26.
DENG Julong. Introduction to Grey Methemathical Resource Science[M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2007: 20-26. (in Chinese)