

学生宿舍设计方案的评价模型

周素静¹, 李海燕¹, 张振坤²

(1. 郑州铁路职业技术学院 公共教学部, 河南 郑州 450052;
2. 黄淮学院 数学系, 河南 驻马店 463000)

摘要:利用层次分析法,建立了4种学生宿舍设计方案的综合评价模型,并用经济性、安全性、舒适性等10个评价指标对诸方案分别进行科学分析和量化,计算出了4种学生宿舍设计方案在中部地区、东部沿海地区及西部地区的综合量化值。

关键词:学生宿舍设计方案;数学模型;层次分析法

中图分类号: O224 **文献标志码:** A

The evaluation model of student dormitory architecture design

ZHOU Su-jing¹, LI Hai-yan¹, ZHANG Zhen-kun²

(1. Dept. of Communal Teaching, Zhengzhou Railway Vocational & Tech. College, Zhengzhou 450052, China;
2. Dept. of Math., Huanghuai Univ., Zhumadian 463000, China)

Abstract: Using AHP, the evaluation model of four types of student dormitory designing projects was established. By analyzing and evaluating the ten indicators of the characters of safety, economy, comfort and scientifically, the comprehensive quantitative values of the four types of student dormitory designing projects are computed respectively according to the regions which student dormitory is located in, such as the middle regions, the eastern coastal regions or the western regions in China.

Key words: student dormitory architecture design; mathematical modeling; analytic hierarchy process

0 引言

学生宿舍的使用面积、结构布局和设施配置等的设计既要让学生生活舒适,也要方便管理,同时还要考虑成本和收费的平衡,这些均与所在城市的地域、区位、文化习俗和经济发展水平有关。因此,学生宿舍的设计必须考虑经济性、舒适性和安全性等问题。经济性的指标有建设成本、运行成本和收费标准等;舒适性主要考虑人均面积、使用方便、互

不干扰、采光和通风等指标;安全性主要考虑人员疏散和防盗等。

一般可以运用层次分析法^[1-2]、模糊综合评价^[3-4]等方法来评价学生宿舍设计方案的优劣。相对其他评价方法,层次分析法简单易行、可再现性强,更易为决策者所掌握、理解,而且该模型可移植性强,可以方便地对不同地区、不同经济环境下的学生宿舍设计方案进行综合评价。因此,本文拟根据我国经济发展现状,将中国分成中部、东部和西

收稿日期:2011-08-12

基金项目:河南省基础与前沿技术研究计划项目(102300410044, 112300410047);河南省高校科技创新人才项目(2010HASTIT043)

作者简介:周素静(1969—),女,河南省驻马店市人,郑州铁路职业技术学院副教授,硕士,主要研究方向为图论与组合最优化。

部3个地区,利用层次分析法对方案的经济性、舒适性和安全性分别给出全国大学生数学建模竞赛组委会网站给出的4种学生宿舍设计方案^[5],在3个地区的综合量化评价和排名。

1 模型的假设

1)宿舍楼投入使用后,每个房间均住满,没有空床位;2)4种学生宿舍楼所用建材质量相同,每部电梯费用相同;3)4种设计方案均符合国家学生宿舍楼建筑设计规范,阳台、窗的玻璃均采用统一的玻璃材料,室内墙面的清洁度和光洁度相同;4)安全性只考虑人员疏散和防盗,防盗只与人员密度有关;5)按照中国经济发展状况等国情,将中国分成中部、东部和西部3个地区。

2 模型的分析

依据经济性、舒适性和安全性对4种典型的学生宿舍设计方案进行综合量化评价和比较,采用层次分析法来求解。

2.1 建设成本指标的量化

建设成本的量化方法为:每 m^2 建筑成本 \times 人均建筑面积。根据国家建筑成本核算标准,中部地区每 m^2 建筑成本为1 200~1 500元、东部地区为1 500~1 800元、西部地区为1 000~1 500元。结合4个方案电梯的数目,不妨假设方案一在中、东、西部地区每 m^2 的建设成本分别为1 200元、1 500元和1 000元,方案二在3个地区每 m^2 的建设成本分别为1 300元、1 600元和1 200元,方案三和方案四在3个地区每 m^2 的建设成本分别为1 500元、1 800元和1 300元。依据文献^[1]中相关数据可计算出4种方案在3个地区的人均建设成本,如表1所示。

表1 人均建设成本、人均运行成本及人均年住宿费 元

方案	人均建设成本			人均运行成本			收费标准		
	中部	东部	西部	中部	东部	西部	中部	东部	西部
	$r_i^{(1)}$	$r_i^{(1)}$	$r_i^{(1)}$	$r_i^{(2)}$	$r_i^{(2)}$	$r_i^{(2)}$	$r_i^{(3)}$	$r_i^{(3)}$	$r_i^{(3)}$
方案一	5 712.8	7 152.3	4 768.2	58.0	75.4	48.3	600	800	500
方案二	15 718	19 345	14 509	73.4	95.4	61.2	1 000	1 200	800
方案三	14 664	17 597	12 709	125.9	163.7	104.9	800	1 000	700
方案四	21 441	25 730	18 583	196.3	255.2	163.6	800	1 000	700

2.2 运行成本指标的量化

运行成本的量化方法为:人均管理员月薪金 +

人均月电费 + 人均月水费 + 人均电梯运行成本(电费和维修费)。

以中部城市为例,学校用水用电收费标准为水费2.3元/ m^3 ,电费0.6元/度,1名学生平均每月用水 $2 m^3$,用电6度;后勤人员平均每月薪金为1 000元,每40名学生需要配备一位后勤管理服务人员;每部电梯每月的运行成本为4 166.7元。依据文献^[1]和上述计算方法,可算出3地区4种方案运行成本的量化结果,如表1所示。

2.3 收费标准指标的量化

收费标准按人均年住宿费来量化。网络查询可得到3个地区4人间、6人间和8人间宿舍的平均收费标准,再结合4种设计方案中每间宿舍的人数可计算出人均年住宿费如表1所示。

2.4 人均面积指标、使用方便指标和互不干扰指标的量化

人均面积用建筑面积与人数之比来量化;使用方便用人均公共生活设施面积来量化,(这里,公共生活设施面积 = 盥洗室面积 + 卫生间面积 + 垃圾间面积 + 淋浴室面积 + 自习室面积 + 活动室面积 + 餐厅面积 + 开水间面积 + 客厅面积);互不干扰用人均宿舍面积来量化。根据表1中相关数据可得上述3项指标的量化结果。

2.5 采光指标的量化

采光指标采用有效采光面积与房间地面面积之比来量化,方案一、方案二和方案三有阳台,有效采光面积取为阳台面积;方案四没有阳台,有效采光面积取为窗户面积。根据国家学生宿舍楼建筑设计规范^[6]规定:宿舍楼每层层高应在2.5~3.3m之间,窗户面积与宿舍地面面积之比不低于1:7,因此,在计算有效采光面积时,本文假设4种方案的层高均为3m,窗户面积与宿舍地面面积之比为1:7。依据文献^[5]中的相关数据可计算出4个方案的有效采光面积与房间地面面积之比。

2.6 通风指标的量化

通风指标采用通风口面积与宿舍地面面积之比来量化,其中通风口面积取为窗户面积和楼道截面积之和。根据国家学生宿舍楼建筑设计标准^[6],假设每层的层高为3m,窗户面积与墙面面积之比为1:7,依据文献^[5]中相关数据可计算出通风的量化值。

2.7 人员疏散指标的量化

人员疏散的畅通与否与楼梯宽度和楼梯个数有关,所以可以用楼梯宽度和楼梯个数之积来量化人员疏散指标.依据文献[5]中相关数据可计算得4个方案人员疏散的量化值.

2.8 防盗指标的量化

防盗指标用单位建筑面积上的学生人数来量化,由表1中的数据可得防盗的量化值.

在以上10个指标中,人均面积、使用方便、互不干扰、采光、通风、人员疏散、防盗7个指标在中部、东部和西部无差异,根据上面的分析和计算,其量化值如表2所示.

表2 7个指标的量化值

方案	人均面积 $r_i^{(4)}$	使用方便 $r_i^{(5)}$	互不干扰 $r_i^{(6)}$	采光 $r_i^{(7)}$	通风 $r_i^{(8)}$	人员疏散 $r_i^{(9)}$	防盗 $r_i^{(10)}$
方案一	4.77	0.45	3.19	0.1647	0.057	6.8	0.2097
方案二	12.09	1.45	6.25	0.2160	0.062	18.0	0.0973
方案三	9.78	1.90	4.48	0.4015	0.057	18.0	0.1023
方案四	14.29	3.30	5.45	0.0430	0.043	16.5	0.0700

3 数学模型的建立与求解

3.1 针对中部地区评价模型的建立与求解

1)建立层次结构图.根据前面的分析与假设,可以建立图1所示的层次结构图.

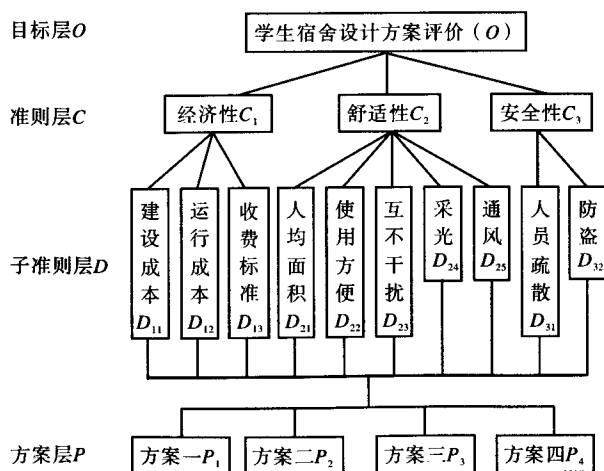


图1 学生宿舍设计方案评价的层次结构图

2)确定准则层对目标层的权重.调查显示,在中部地区准则层因素对目标层的影响由高到低依次为安全性、舒适性、经济性,依此构造准则层对目标层的两两比较矩阵为

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/5 \\ 3 & 1 & 1/3 \\ 5 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$

用Matlab编程求得A的最大特征根为 $\lambda_{\max} = 3.0387$,权重向量为

$$w^{(2)} = (0.1062, 0.2605, 0.6333)^T$$

3)确定子准则层D对准则层C的相对权重向量.通过调查中部地区某市5所高校的学生及后勤管理部门,构造子准则层对准则层中因素经济性、舒适性和安全性的两两比较矩阵分别为

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 5 \\ 1 & 1 & 5 \\ 1/5 & 1/5 & 1 \end{bmatrix}$$

$$B_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 3 & 3 \\ 1 & 1 & 1 & 3 & 3 \\ 1 & 1 & 1 & 3 & 3 \\ 1/3 & 1/3 & 1/3 & 1 & 1 \\ 1/3 & 1/3 & 1/3 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$B_3 = \begin{bmatrix} 1 & 5 \\ 1/5 & 1 \end{bmatrix}$$

由 $B_k(k=1,2,3)$ 编程计算可得最大特征根、相对权重向量分别为

$$\lambda_1 = 3 \quad \lambda_2 = 5 \quad \lambda_3 = 2$$

$$\tilde{w}_1^{(3)} = (0.4545, 0.4545, 0.0909)$$

$$\tilde{w}_2^{(3)} = (0.2727, 0.2727, 0.2727, 0.0909, 0.0909)$$

$$\tilde{w}_3^{(3)} = (0.8333, 0.1667)$$

$$\text{令 } w_1^{(3)} = (\tilde{w}_1^{(3)}, 0, 0, 0, 0, 0, 0)^T$$

$$w_2^{(3)} = (0, 0, 0, \tilde{w}_2^{(3)}, 0, 0)^T$$

$$w_3^{(3)} = (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, \tilde{w}_3^{(3)})^T$$

$$W^{(3)} = (w_1^{(3)}, w_2^{(3)}, w_3^{(3)})$$

则子准则层对目标层的组合权重向量为

$$w^{(3)} = W^{(3)} w^{(2)}$$

4)确定方案层P对子准则层D的相对权重向量.依据表1和表2中的数据,构造方案层对子准则层的两两比较矩阵 $D_k = (d_{ij}^{(k)})_{4 \times 4}, k = 1, 2, \dots, 10$.由于建设成本、运行成本、收费标准、防盗指标的值越大评价越低,而其他6个指标均是值越大评价越高,因此取

$$d_{ij}^{(1)} = \frac{r_j^{(1)}}{r_i^{(1)}} \quad d_{ij}^{(2)} = \frac{r_j^{(2)}}{r_i^{(2)}} \quad d_{ij}^{(3)} = \frac{r_j^{(3)}}{r_i^{(3)}} \quad d_{ij}^{(10)} = \frac{r_j^{(10)}}{r_i^{(10)}}$$

$$d_{ij}^{(k)} = \frac{r_j^{(k)}}{r_i^{(k)}} \quad i, j = 1, \dots, 4 \quad k = 4, 5, \dots, 9$$

由比较矩阵的构造方法可知, $D_k = (d_{ij}^{(k)})_{4 \times 4}$ 均为一致矩阵, 显然通过一致性检验. 将 D_k 的任 1 列向量归一化处理后, 即可得方案层对于准则层中各因素的相对权重向量 $w_k^{(4)}$. 以 $w_k^{(4)}$ 为列向量, 则得第 4 层(方案层)对第 3 层(子准则层)的权重向量矩阵为

$$W^{(4)} = (w_1^{(4)}, w_2^{(4)}, \dots, w_{10}^{(4)})$$

5) 确定方案层对目标层的组合权重向量. 第 4 层方案层对目标层的组合权重向量为

$$w = W^{(4)} w^{(3)} = W^{(4)} W^{(3)} w^{(2)} = (0.1547, 0.2848, 0.2770, 0.2834)^T$$

计算可知, 各层均通过一致性检验和组合一致性检验, 所以组合权重

$$w = (0.1547, 0.2848, 0.2770, 0.2834)^T$$

可以作为目标决策的依据, 由此可以看出: 在中部地区方案二最优, 方案四次之, 方案一最差.

3.2 针对东部和西部地区评价模型的求解

对于东部地区和西部地区, 4 种方案评价的基本步骤与中部地区相同, 其区别在于: 不同地区准则层中经济性、舒适性、安全性因素对目标层的影响不同; 4 个方案的经济性指标中建设成本、运行成本和收费标准的量化值不同.

调查显示: 在东部地区, 准则层中各因素对目标层的影响由高到低依次为舒适性、安全性、经济性; 在西部地区, 经济性对目标层的影响较强, 安全性、舒适性的影响基本相同, 由此构造两地区准则层对目标层的两两比较矩阵分别为

$$A_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1/7 & 1/3 \\ 7 & 1 & 3 \\ 3 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \quad A_2 = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 3 \\ 1/3 & 1 & 1 \\ 1/3 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

由 A_1, A_2 计算可得: 在东部和西部地区, 准则层对目标层的权重向量分别为

$$w_{东部}^{(2)} = (0.0882, 0.6687, 0.2431)^T$$

$$w_{西部}^{(2)} = (0.6, 0.2, 0.2)^T$$

对于东部地区和西部地区, 用与中部地区相同的方法, 可以分别构造出方案层对建设成本、运行成本、收费标准的两两比较矩阵, 计算可得相应的权重向量. 其他两两比较矩阵的构造及权重向量与中部地区完全相同. 因此, 计算可得在东部地区、西部地区方案层对目标层的组合权重向量分别为

$$w_{东部} = (0.1571, 0.2764, 0.2685, 0.2979)^T$$

$$w_{西部} = (0.3100, 0.2584, 0.2279, 0.2036)^T$$

计算可知, 各层均通过一致性检验和组合一致性检验, 所以上面计算的 2 个组合权重可以分别作为东部地区和西部地区评价 4 种方案的决策依据.

综上所述, 4 种设计方案在中部、东部、西部的评价结果(排名)如下表 3 所示.

表 3 4 种方案在不同地区的排名

方案	中部	东部	西部
方案一	4	4	1
方案二	1	2	2
方案三	3	3	3
方案四	2	1	4

4 结论

4 种设计方案的评价结果分别为: 在中部地区方案二最优, 方案四次之, 方案一最差; 在东部地区方案四最优, 方案二次之, 方案一最差; 在西部地区方案一最优, 方案二次之, 方案四最差.

1) 本模型在充分利用 4 种设计方案所提供的数据和信息的基础上, 广泛收集相关数据信息, 依据层次分析法建立模型, 有较高的可靠性.

2) 在对 4 种学生宿舍设计方案进行评价时, 根据我国区域经济发展状况, 分别讨论了在中部、东部和西部地区 4 种方案的评价结果, 这使得评价结果充分考虑了不同地区学校对学生宿舍楼的建设要求, 更具有可行性和应用价值.

参考文献:

- [1] 姜启源, 谢金星, 叶俊. 数学模型[M]. 3 版. 北京: 高等教育出版社, 2003.
- [2] 王东霞, 刘秋菊. 基于层次分析法的旱情评估参数模型研究[J]. 郑州轻工业学院学报: 自然科学版, 2009, 24(2): 70.
- [3] 韩中庚. 数学建模方法及其应用[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [4] 罗继明. 对学生宿舍设计方案的评价[J]. 科学咨询(科学·管理), 2011, 16(6): 117.
- [5] 全国大学生数学建模竞赛组委会. 对学生宿舍设计方案的评价[EB/OL](2010-12-10)[2011-03-26]. http://www.mum.edu.cn/2010_problems.rar.
- [6] 百度文库. 学生宿舍建筑设计规范.[EB/OL](2010-12-05)[2011-03-26]. http://bbs.co188.com/content/0_1650150_1.html.