

学生宿舍设计方案的评价

摘 要

本题要求对学生宿舍设计方案进行评价，其实质就是通过建立数学模型对设计方案中的各个指标进行评价和选优。由于在评价过程中，涉及到一些定性和定量的指标。使决策具有明显的模糊性和不确定性。因此我们应用模糊决策法和层次分析法进行综合评价。经过对平面设计图的分析 and 整理，我们选择建设成本 P_1 、运行成本 P_2 、收费标准 P_3 、人均面积 P_4 、使用方便 P_5 、互不干扰 P_6 、采光

和通风 P_7 、人员疏散 P_8 和防盗 P_9 作为评价要素，这些要素有些是定量有些是定性的，对于定性的指标我们采用线性隶属度来确定指标评语集合特征值；对于定

量的指标我们采用最大最优 $y_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}}$ 和最小最优 $y_{ij} = \frac{x_{i\max} - x_{ij}}{x_{i\max} - x_{i\min}}$ 的

原则确定指标的特征值。利用层次分析求出评价因素指标的权重向量，在层次分析方法求权重的过程中，我们建立目标层、准则层和指标层三个层次，通过同一层目标之间的重要性的两两比较，得到判断矩阵，求出判断矩阵的特征向量，用

方根法求出它们的最大特征根 $\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(Pw)_i}{nw_i}$ 和特征向量 $P = (p_{ij})_{n \times n}$ ，作为各指

标相对上层指标的权重 $Q = (q_1 \quad q_2 \quad \dots \quad q_j)^T_{n \times 1}$ 。接着确定评价指标的特征值矩阵和评价指标的相对优属度矩阵，最后计算系统的综合评价判值。

结合模糊决策方法，我们将与宿舍有关的主要因素及其相对重要性进行量化，得到模糊关系矩阵 Y ，从而得到宿舍设计方案的综合评价模型：

$$Z = (z_1, z_2, \dots, z_m)^T = Y \times Q = (y_{ij})_{m \times n} \times (q_j)_{n \times 1}$$

根据四种设计方案给出的数据，利用 *Matlab* 对上述模型和算法进行实践求解得到

$$Q = (0.2150 \quad 0.1075 \quad 0.1075 \quad 0.1677 \quad 0.1677 \quad 0.0645 \quad 0.0301 \quad 0.0938 \quad 0.0462)$$

$$Z = (0.3743 \quad 0.4011 \quad 0.4940 \quad 0.5799)^T。$$

比较 z 值大小可知， z_4 值最大，表明在这四个学生宿舍设计方案中，方案四是最佳，方案三次佳，继后是方案二，方案一是最差的，只有综合考虑四个方案的经济性、舒适性和安全性才可以评出最佳方案作为决策方案。

关键词：层次分析法，模糊决策法，隶属度，最优设计方案。

一、问题重述

学生宿舍事关学生在校期间的生活品质，直接或间接地影响到学生的生活、学习和健康成长。学生宿舍的使用面积、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，同时要考虑成本和收费的平衡，这些还与所在城市的地域、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：建设成本、运行成本和收费标准等。

舒适性：人均面积、使用方便、互不干扰、采光和通风等。

安全性：人员疏散和防盗等。

利用数学建模的方法对四种不同的学生宿舍设计方案中的经济性、舒适性和安全性作出综合量化评价和比较。

二、问题分析

问题要求我们对学生宿舍设计方案进行评价，在对宿舍设计方案进行分析中，我们发现需要考虑因素较多，有些是定性有些是定量的，我们要对这些指标进行评价和选优。这就涉及到层次分析方法来估算各个指标的权重，再利用模糊分析决策方法评出最优方案。

具体思路如下：

(1) 我们选择对方案有影响的 9 个指标作为评价要素。指标规定如下：

建设成本：指设计费和造价费，假设单位面积造价一样，我们假设建设成本等于单位造价乘以建筑面积。因此，面积越大，建筑成本越高。

运行成本：指设施设备维修费、折旧费、定额供应水、电、气费，管理人员费等，这与学生人数有关，我们假设人均运行成本相同。

收费标准：指单位造价乘以建筑面积除以学校计划收回成本的年限再除以学生总人数加上运行成本（即 $a * s / (N * R) + f$ ）

人均面积：指学生人均占有的面积相当于建筑面积除以学生总人数

使用方便：学生一般使用最多的就是生活方面所以我们只考虑卫生间、盥洗室、沐浴室的人均面积

互不干扰：卧室是学生休息、生活的主要场所，所以互不干扰我们只考虑卧室的人均面积

采光和通风：如下表

方案	方案一	方案二	方案三	方案四
根据四幅图对采光和通风进行分析	阳台适中采光不错，通风一般	阳台小，采光会弱一些，适于通风	阳台大采光较好，适于通风	无阳台，采光差，通风也不好
评级	良	中	优	差

人员疏散：人员疏散快慢与走廊和楼梯的人均面积多少有关，走廊和楼梯的人均面积越大那么人员疏散越快，安全系数越高

防盗：进入卧室的门越多，安全系数越高，我们认为建筑的防盗设施就越好
根据这些规定我们得到各方案中指标的评分值。

(2) 用层次分析法建立模型，根据判断矩阵求出 P 的最大特征根和特征向量，再结合一致性指标和随机一致性指标，利用 *Matlab* 软件，算出每个指标的权重。

(3) 再利用模糊决策分析法，对各个定性的指标进行量化，对定量的指标进行

无量纲化，通过 $y_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}}$ 和 $y_{ij} = \frac{x_{i\max} - x_{ij}}{x_{i\max} - x_{i\min}}$ 两个相对隶属度公式求出

优属度矩阵，最后根据 $Z = Y \times Q = (y_{ij})_{m \times n} \times (q_j)_{n \times 1}$ 求出最终的综合评价判值，根据各个综合判值比较各个方案的优劣。

三、模型假设

1、学生宿舍建设符合国家建筑标准，质量达到合格以上；

2、由于建筑工程造价其自身计价的复杂性和建筑成本的特殊性，使得建筑产品价格难以控制，因此在本题中我们只考虑在理想的环境下建筑单位造价是一样的；

3、运行成本指设施设备维修费、折旧费、定额供应水、电、气费，管理人员费等。这与学生人数有关，所以我们假设人均运行成本相同；

4、从四张平面设计图中，我们无法计算出墙体所占面积，因此在计算过程中我们忽略墙体占地面积；

四、符号说明

a ：表示每平方米的造价；

f ：表示人均运行成本；

s ：表示总建筑面积；

B ：表示评价要素集；

D ：表示定性指标评语集合特征值；

N ：表示学校计划收回成本的年限；

Q ：表示方案中各个指标的权重；

R ：表示该学生公寓计划入住的总人数；

P_j ：表示第 j 个指标的名称($j=1,2,\dots,9$, 其中 $j=1$ 表示建设成本； $j=2$ 表示运

行成本； $j=3$ 表示收费标准； $j=4$ 表示人均面积； $j=5$ 表示使用方便； $j=6$

表示互不干扰； $j=7$ 表示采光和通风； $j=8$ 表示人员疏散； $j=9$ 表示防盗)；

X ：表示评价指标特征值矩阵；

x_{ij} ：表示第 i 个方案第 j 个因素指标的特征值；

Y ：表示相对优属度矩阵；

y_{ij} ：表示第 i 个方案第 j 个因素评价指标的特征值；

Z ：表示综合评判值；

五、模型的建立

运用模糊决策确定综合评判值的步骤：

1、确定评价要素集（评价指标）选择对设计方案评价有影响的指标作为评价要素，得评价要素集为： $B = \{b_1 \ b_2 \ \dots \ b_n\}$ ，本文对于宿舍建筑设计方案的评价而言，其评价要素集为： $B = \{\text{建筑成本、运行成本、收费标准、人均面积、使用方便、互不干扰、采光和通风、人员疏散、防盗}\}$

2、确定定性指标评语集合特征值

在评价建筑设计方案的指标中，对属于定性指标，评价这些指标可用语言变量评价，其评语集为： $D = \{\text{较差、差、中、良、优}\}$

评价定性指标语言变量值的隶属度函数可以在定性指标的区域 $[0,1]$ ，并用适当的模糊数来表示。本文采用线性隶属度函数，其隶属度数值分别为

$$\{0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0\}$$

3、确定定量指标的特征值

由于各定量评价指标具有不同的量纲和类型，且各指标值所代表的物理含义不尽相同，由其构成的水平矩阵难以进行指标间的直接比较，因此，在进行多指标综合评价前，必须将这些指标的属性值运用相对隶属度的定义进行无量纲化处理，以达到各指标之间能直接比较分析。

(1) 对于越大越优指标的特征值的确定

取第 i 方案中第 j 指标的最大特征值对优的相对隶属度为 1，取方案集中指标 i 的最小特征值的相对隶属度为 0，可得相对优的相对隶属度公式：

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}} \quad (1)$$

(2) 对于越小越优指标的特征值的确定

取第 i 方案中第 j 指标的最小特征值对优的相对隶属度为 1，取方案集中指标 i 的最小特征值的相对隶属度为 0，可得相对优的相对隶属度公式：

$$y_{ij} = \frac{x_{i\max} - x_{ij}}{x_{i\max} - x_{i\min}} \quad (2)$$

4、确定评价因素指标的权重向量

设 q_j 表示第 j 个指标相对其他指标的重要程度， q_j 满足 $0 \leq q_j \leq 1$ ，且

$\sum q_j = 1$ 。指标的权重向量为 $Q = (q_1 \ q_2 \ \dots \ q_j)^T_{n \times 1}$ 。权重的大小可根据设计方案的具体情况，运用层次分析法确定。

根据分析可以建立如下表所示的层次分析结构，并构造两两比较判断矩阵

目标层 A	学生宿舍设计方案的评价								
准则层 C	经济性 C_1			舒适性 C_2				安全性 C_3	
指标层 P	建设成本 P_1	运行成本 P_2	收费标准 P_3	人均面积 P_4	使用方便 P_5	互不干扰 P_6	采光和通风 P_7	人员疏散 P_8	防盗 P_9

在递阶层次结构中，设上一层元素 C 为准则，所支配的下一层元素为 P_1, P_2, \dots, P_n ，我们要确定元素 P_1, P_2, \dots, P_n 对于准则 C 相对的重要性即权重，可分为两种情况：

- (1) 如果 P_1, P_2, \dots, P_n 对 C 的重要性可定量，其权重可直接确定；
- (2) 如果问题复杂， P_1, P_2, \dots, P_n 对 C 的重要性无法直接定量，而是一些定性的，确定权重用两两比较方法。
- (3) 其方法是，对于准则 C ，元素 P_i 和 P_j 哪一个更重要，重要多少，按 1—9 比例标度对重要性程度赋值。表中列出了 1—9 标度的含义。

标度	含义
1	表示两个元素相比，具有同样的重要性
3	表示两个元素相比，前者比后者稍重要
5	表示两个元素相比，前者比后者明显重要
7	表示两个元素相比，前者比后者强烈重要
9	表示两个元素相比，前者比后者极端重要
2,4,6,8	表示上述相邻判断的中间值
倒数	若元素 i 与元素 j 的重要性之比为 p_{ij} ，那么元素 j 与元素 i 重要性之比为 $p_{ji} = \frac{1}{p_{ij}}$

对于准则 C ， n 个元素之间相对重要性的比较得到一个两两比较判断矩阵

$$P = (p_{ij})_{n \times n}$$

表示其中 p_{ij} 表示 P_i 和 P_j 对 C 的影响之比，显然 $p_{ij} > 0, p_{ij} = \frac{1}{p_{ji}}, p_{ii} = 1$ ，由 p_{ij} 的特

点， P 称为正互反矩阵。

我们给出准则层对目标层的比较判断矩阵形式：

A	C_1	C_2	\cdots	C_n
C_1	c_{11}	c_{12}	\cdots	c_{1n}
C_2	c_{21}	c_{22}	\cdots	c_{2n}
\cdots	\cdots	\cdots	\cdots	\cdots
C_n	c_{n1}	c_{n2}	\cdots	c_{nn}

以及指标层对准则层的比较判断矩阵形式：

C_n	P_1	P_2	\cdots	P_i
P_1	p_{11}	p_{12}	\cdots	p_{1i}
P_2	p_{21}	p_{22}	\cdots	p_{2i}
\cdots	\cdots	\cdots	\cdots	\cdots
P_i	p_{i1}	p_{i2}	\cdots	p_{ii}

通过两两判断矩阵用方根法求出它们的最大特征根和特征向量，求法如下：

1.判断矩阵每一行元素的乘积 m_i ，其中 $m_i = \prod_{j=1}^n p_{ij}, i = 1, 2, \cdots, n$

2.计算 m_i 的 n 次方根 \bar{w}_i ， $\bar{w}_i = \sqrt[n]{m_i}$

3.对向量 $w = (\bar{w}_1, \bar{w}_2, \cdots, \bar{w}_n)^T$ 归一化，即 $w_i = \frac{\bar{w}_i}{\sum_{j=1}^n \bar{w}_j}$ ，则 $w = (\bar{w}_1, \bar{w}_2, \cdots, \bar{w}_n)^T$ 为所

求的特征向量。

4.计算判断矩阵的最大特征根 λ_{\max} ， $\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(Pw)_i}{nw_i}$ ，式中 $(Pw)_i$ 表示 Pw 的第 i 个元素。

5.我们定义 CI ($CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$) 为矩阵 A 的一致性指标，为了确定 A 的不一致性

程度的容许范围，需要找出衡量 A 的一致性指标 CI 的标准，我们引入所谓的随机一致性指标 RI 。

平均随机一致性指标 RI 是这样得到的：对于固定的 n ，随机构造正互反矩阵 A ，其中 a_{ij} 是从 $1, 2, \dots, 9, 1/2, 1/3, \dots, 1/9$ 中随机抽取的，这样的 A' 是最不一致的，取

充分大的样子（500 个样本）得到 A' 的最大特征根的平均值 λ_{\max}' ，定义

$$RI = \frac{\lambda_{\max}' - n}{n - 1}$$

对于不同的 n ，得出随机一致性指标 RI 的数值如下

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

表中 $n=1, 2$ 时 $RI=0$ ，是因为 1, 2 阶的正互反阵总是一致阵。

令 $CR = \frac{CI}{RI}$ ，称 CR 为一致性比率，当 $CR < 0.1$ 时，我们认为判断矩阵具有满意的一致性，否则就需要调整判断矩阵，使之具有满意的一致性。

最后通过计算得出下表（其中 c_n 表示准则层的特征向量中的第 n 个数值， p_{jn} 表示指标层的特征向量的第 n 个准则对第 j 个指标的数值）

层次总排序权值表

<div style="display: inline-block; transform: rotate(-45deg);"> 层次 C P </div>	C_1	C_2	\dots	C_n	B 层次总排序权值
	c_1	c_2	\dots	c_n	
P_1	p_{11}	p_{12}	\dots	p_{1n}	$\sum_{j=1}^n c_j p_{1j}$
p_2	p_{21}	p_{22}	\dots	p_{2n}	$\sum_{j=1}^n c_j p_{2j}$
\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots
p_j	p_{j1}	p_{j2}	\dots	p_{jn}	$\sum_{j=1}^n c_j p_{nj}$

层次总排序一致性检验方法：

$$CI = \sum_{j=1}^n c_j CI_j, RI = \sum_{j=1}^n c_j RI_j, CR = \frac{CI}{RI}, \text{ 若 } CR < 0.1 \text{ 时，我们认为判断矩阵具有}$$

满意的一致性，否则就需要调整判断矩阵，使之具有满意的一致性。

5、确定评价指标特征值矩阵和评价指标的相对优属度矩阵

1) 建立评价指标特征值矩阵

我们假设满足约束条件的设计方案有 m 个, 评价每个设计方案的因素指标共有 n 个, x_{ij} 为第 i 个方案第 j 个因素指标的特征值, 则 m 个方案 n 个因素指标的特征值矩阵为:

$$X = (x_{ij})_{m \times n} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad (\text{其中 } i=1, 2, \cdots, m; j=1, 2, \cdots, n)$$

2) 确定评价指标的相对优属度矩阵

对评价指标特征值矩阵通过公式①②, 应用相对隶属度的定义进行无量纲化处理后, 得到指标的相对优属度矩阵:

$$Y = (y_{ij})_{m \times n} = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ y_{m1} & y_{m2} & \cdots & y_{mn} \end{pmatrix}$$

(其中 y_{ij} 表示第 i 个方案第 j 个因素指标的相对优属度)

6、计算系统的综合评价判值

$$Z = (z_1, z_2, \cdots, z_m)^T = Y \times Q = (y_{ij})_{m \times n} \times (q_j)_{n \times 1} = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ y_{m1} & y_{m2} & \cdots & y_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \vdots \\ q_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \vdots \\ z_m \end{pmatrix}$$

(其中 y_{ij} 表示第 i 个方案第 j 个因素指标的相对优属度, q_j 表示第 j 个指标相对于其他指标的重要程度)

7、宿舍设计方案系统决策

计算出各个宿舍设计方案的综合评判值后, 按其值大小顺序排列, z 值较大者即为较优方案。

综上所述, 根据模糊集理论的综合评价法和层次分析法, 构建的宿舍设计方案指标体系, 分析得出的模糊矩阵 Y 和权重 Q , 则宿舍设计方案的综合评价模型 Z :

$$Z = (z_1, z_2, \cdots, z_m)^T = Y \times Q = (y_{ij})_{m \times n} \times (q_j)_{n \times 1}$$

六、模型求解

1. 根据层次分析法求出各个指标的权重

依据我们的初步分析假设所在城市的地域、区位、文化习俗和经济发展都达到中上水平。我们对本题给出其中一种假设:

(1) 经济性和舒适性重要性相当, 由于建筑质量合格, 所以安全性次之;

(2) 在经济性中，由于建设成本与收费标准成正比，所以建设成本重要性稍大一些，运行成本和收费标准次之；

(3) 在舒适性中，人均面积和使用方便稍重要，互不干扰次之，采光和通风再次之；

(4) 在安全性中，人员疏散比防盗更重要一些。

根据上面的假设我们得到如表 (1) (2) (3) (4) 的判断矩阵

判断矩阵 $A-C$ 表 (1)

A	C_1	C_2	C_3
C_1	1	1	3
C_2	1	1	3
C_3	1/3	1/3	1

判断矩阵 C_1-P 表 (2)

C_1	P_1	P_2	P_3
P_1	1	2	2
P_2	1/2	1	1
P_3	1/2	1	1

判断矩阵 C_2-P 表 (3)

C_2	P_4	P_5	P_6	P_7
P_4	1	1	3	5
P_5	1	1	3	5
P_6	1/3	1/3	1	3
P_7	1/5	1/5	1/3	1

判断矩阵 C_3-P 表 (4)

C_3	P_8	P_9
P_8	1	2
P_9	1/2	1

运用方根法我们得到学生宿舍设计方案的评价的层次总排序计算如表 (5)

层次总排序权值表

<div> <div>层次 C</div> <div>层次 P</div> </div>	C_1	C_2	C_3	层次 P 总排序权值
	0.43	0.43	0.14	
P_1	0.5	0	0	0.2150
P_2	0.25	0	0	0.1075
P_3	0.25	0	0	0.1075
P_4	0	0.39	0	0.1677
P_5	0	0.39	0	0.1677
P_6	0	0.15	0	0.0645
P_7	0	0.07	0	0.0301
P_8	0	0	0.67	0.0938
P_9	0	0	0.33	0.0462

层次总排序一致性检验如下：

$$CI = \sum_{j=1}^3 C_j CI_j = 0.43 * 0 + 0.43 * 0.0149 + 0.14 * 0.0001 = 0.0064$$

$$RI = \sum_{j=1}^3 C_j RI_j = 0.43 * 0.58 + 0.43 * 0.9 + 0.14 * 0 = 0.6364$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.0064}{0.6364} = 0.01$$

由于 $CR = 0.01 < 0.1$ 所以我们认为层次总排序的结果具有满意的一致性，所以不需要重新调整判断矩阵的元素取值。

由表（5）我们得出权重：

$$Q = (q_1 \quad q_2 \quad \cdots \quad q_n) \\ = (0.2150 \quad 0.1075 \quad 0.1075 \quad 0.1677 \quad 0.1677 \quad 0.0645 \quad 0.0301 \quad 0.0938 \quad 0.0462)$$

2.根据模糊决策求出各个指标的相对优属度

1) 确定评价指标的特征值矩阵

经过对四张宿舍的平面设计图的分析 and 整理，我们得到如下数据：见表（6）

方案	I	II	III	IV
建筑面积（单位：平方米）	877.35	2660	2229	1886.64

房间间数（单位：间）	23	55	38	22
宿舍人数（单位：人）	8	4	6	2
卧室面积（单位：平方米）	25.5	25	26.9	10.89
卫生间、 沐浴间、 盥洗室（单位：平方米）	27.54 27.54 27.52	0 0 55.4	344 0 42.4	79.2 0 95.04
阳台（单位：平方米）	4.42	3.24	4.42	0
活动室/客厅（单位：平方米）	0	115.8	0	261.36
简易餐厅、厨房、垃圾间、开水房（单位：平方米）	0	93.2	73.4	0
进入卧室的门（单位：个）	1	1	1	2
夜间自习室（单位：平方米）	0	55.4	0	0
走廊和楼梯面积（单位：平方米）	208.25	965.2	747	731.64

表（6）

根据表（6）及对各指标的判断标准，通过计算和整理得到表（7）

指标类型	指标名称	判别标准	各方案指标计算和评分值			
			方案一	方案二	方案三	方案四
建筑功能效果指标	建设成本	小者优	$877.35a$	$2660a$	$2229a$	$1886.64a$
	运行成本	小者优	f	f	f	f
	收费标准	小者优	$\frac{877.35a}{NR+f}$	$\frac{2660a}{NR+f}$	$\frac{2229a}{NR+f}$	$\frac{1886.64a}{NR+f}$
	人均面积	大者优	4.77	12.09	9.78	14.29
	使用方便	大者优	0.45	1.06	1.69	1.32
	互不干扰	大者优	2.89	4.86	4.14	5.45
	采光和通风	优者优	良	中	优	差
	人员疏散	大者优	1.13	4.39	3.28	5.54
	防盗	优者优	良	良	良	优

表（7）

对于评价建筑设计方案的 9 个指标，由 2 个定性指标，为了便于计算，必须对定性指标进行量化处理。方法是定性指标的论域[0,1]，采用线性隶属度数值{0.2,0.4,0.6,0.8,1.0}来描述定性指标的语言变量词集{较差，差，中，良，优}。得到指标特征值矩阵：

$$X = \begin{pmatrix} 877.35a & f & \frac{877.35a}{184N} + f & 4.77 & 0.45 & 2.89 & 0.8 & 1.13 & 0.6 \\ 2660a & f & \frac{2660a}{220N} + f & 12.09 & 1.06 & 4.86 & 0.6 & 4.39 & 0.6 \\ 2229a & f & \frac{2229a}{228N} + f & 9.78 & 1.69 & 4.14 & 1 & 3.28 & 0.6 \\ 1886.64a & f & \frac{1886.64a}{132N} + f & 14.29 & 1.32 & 5.45 & 0.2 & 5.54 & 0.8 \end{pmatrix}$$

2) 确定评价指标的相对优属度矩阵

用公式①、②对上述矩阵 Y 中的 7 个定量指标（即 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 、 P_5 、 P_6 、 P_8 ）的属性进行无量纲化处理，可得到评价指标的相对优属度矩阵

$$Y = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0.8 & 0 & 0.6 \\ 0 & 0 & 0.2312 & 0.7689 & 0.4920 & 0.7695 & 0.6 & 0.7392 & 0.6 \\ 0.2418 & 0 & 0.4742 & 0.5263 & 1 & 0.4883 & 1 & 0.4875 & 0.6 \\ 0.4338 & 0 & 0 & 1 & 0.7016 & 1 & 0.2 & 1 & 0.8 \end{pmatrix}$$

$$Z = Y * Q = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0.8 & 0 & 0.6 \\ 0 & 0 & 0.2312 & 0.7689 & 0.4920 & 0.7695 & 0.6 & 0.7392 & 0.6 \\ 0.2418 & 0 & 0.4742 & 0.5263 & 1 & 0.4883 & 1 & 0.4875 & 0.6 \\ 0.4338 & 0 & 0 & 1 & 0.7016 & 1 & 0.2 & 1 & 0.8 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.2150 \\ 0.1075 \\ 0.1075 \\ 0.1677 \\ 0.1677 \\ 0.0645 \\ 0.0301 \\ 0.0938 \\ 0.0462 \end{pmatrix}$$

$$= (z_1 \ z_2 \ z_3 \ z_4)^T = (0.3743 \ 0.4011 \ 0.4940 \ 0.5799)^T$$

比较 z 值大小可知， z_4 值最大，表明在这四个学生宿舍设计方案中，方案四是最佳，方案三次佳，继后是方案二，方案一是最差的，只有综合考虑四个方案的经济性、舒适性和安全性才可以评出最佳方案作为决策方案。

七、模型的评价与应用

优点：我们的模型在分析四幅平面设计图的过程，从所给的信息划分指标，给出定性和定量的分析指标，考虑到在现实建筑设计方面存在着各种因素，它具有随机性和模糊性，我们从指标入手，运用层次分析法，得出各个指标的权重，在根据模糊矩阵和权重，求出结果，本文在建立模型后经过分析和假设在此基础

上代入实际数据，最终对得出的结果进行评价。模型具有比较强的现实意义。

缺点与改进：建立的模型虽然尽量的使得它更符合实际，但总体来说都有些理想化，比如在建造的时候，多梁的设计必定会使建筑成本提高，我们考虑的单位造价相同有点理想化。其他方面也有些理想化，需要进一步改进。

应用：模型不仅对于各种学生宿舍的建设方案有借鉴作用，还可以运用到更多的建设中去。

八、参考文献

- [1].张彩红，夏慧娟，数学模型 甘肃：甘肃文化出版社，2004 年
- [2].任善强，雷鸣，数学模型（第二版） 重庆：重庆大学出版社，1998 年
- [3].王莲芬，层次分析法引论，北京：中国人民大学出版社，1990 年
- [4].李洪学，工程模糊数学方法及应用，天津：天津科学技术出版社，1991 年