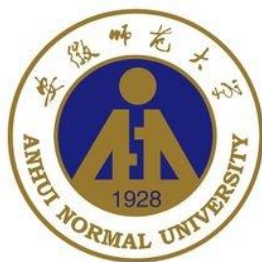




数学建模协

队号： 12

会



安徽师范大学
hui Normal University

2018 年数学建模暑期培训

参赛试题： B

指导老师：

	组 长	组 员	组 员
姓 名	蒋舒悦	叶舟	陈苏婉
学 号	16111201024	16111204099	16111201006
年 级	2016 级	2016 级	2016 级
学 院	数学与统计学院	计算机与信息学院	数学与统计学院
专 业	数学与应用数学	计算机科学与技术	数学与应用数学
联系方式	17775484819	13093628805	17754836418

2018 年 8 月 18 日

目录

摘要.....	1
1. 问题重述	2
2. 问题分析	3
3. 问题假设	3
4. 符号说明	3
5. 模型建立与求解.....	4
5.1 问题一模型建立与求解.....	4
5.1.1 时间冲突会议的求解.....	4
5.1.2 0-1 规划模型的建立	5
5.1.3 问题一的求解.....	8
5.2 问题二模型建立与求解.....	8
5.2.1 模型的建立与求解	8
5.2.2 模型的优化与求解	9
5.3 问题三模型建立与求解.....	12
5.4 问题四模型建立与求解.....	13
5.4.1 多目标问题分析	13
5.4.2 最终方案选择.....	16
6. 模型优缺点分析.....	17
6.1 模型优点分析	17
6.2 模型缺点分析	18
7. 参考文献	18
8. 附录.....	18
1) 附录一：时间冲突会议 MATLAB 程序：	18
2) 附录二：最优价格：	19
3) 附录三：参会地点的其他费用	19
4) 附录四：问题一求解 LINGO 程序.....	19
5) 附录五：层次分析法 MATLAB 程序	21
6) 附录六：问题二 LINGO 程序：	22
7) 附录七：问题三 LINGO 程序	24
8) 附录八：拟合 fourier 方程 MATLAB 程序.....	25
9) 附录九：问题四罚款模型 LINGO 程序.....	25

基于 0-1 规划和多目标决策模型的最优参会安排

摘要

本文研究不同职称教师对 13 场会议的参会选择问题，运用拟合函数、数据归一化处理、层次分析等理论，构建 0-1 规划模型、罚款模型、效用最优化模型，综合MATLAB和LINGO软件对问题进行求解，得到不同约束条件下的最优方案。

针对问题一，对每场会议所对应的时间进行赋值，利用MATLAB求解会议时间相互冲突的会议，对比飞机和火车两种搭乘方式，使参会总费用最小，再构建 0-1 规划模型，运用LINGO软件求解目标函数，得到在各约束条件下，费用最少的参会方案，此时总费用为 112070 元。

针对问题二，在假定讲师、副教授、教授对学科影响力评定的权重贡献值相同的条件下，求解目标函数，得到在此方案下影响力评定指数为 134，总费用为 48616 元，再对模型进行改进，通过层次分析对影响教师职称评定的因素进行分析，确定三种职称的教师对应的影响力指数为 0.57、0.93、1.5，对目标函数进行求解后得到在优化模型下，最优参会方案所对应的影响力指数为 151.74，总费用为 49808 元，模型优化后在满足约束条件的情况下，参会总费用提高了优化前模型的2%，影响力指数提高了优化前的13%。

针对问题三，对每场会议出席教师的职称情况进行分类，确定会议中教师被选中参与大会报告的概率，并对教师在主会场和分会场的影响力指数进行赋值，运用LINGO软件求解在约束条件下影响力指数最优的参会方案，此时影响力指数为 265.62，总费用为 216778 元。

针对问题四，为满足参会方案的科学性，将费用预算与影响力指数进行fourier拟合，得到拟合函数误差方差为 0.9963，再对参会总费用与影响力指数两目标函数单目标化，建立罚款模型求解总效应函数的非劣解，此方案下总费用为 159920.4 元，影响力指数为 165.27. 应用效用最优化理论对模型进行优化，得到总效应函数的非劣解总费用为 15970.79 元，影响力指数为 244.62042，优化后模型参会总费用减少 149.62 元，影响力指数提高48%。

关键词：0-1 规划模型、多目标决策、fourier拟合、层次分析

1. 问题重述

某学科大型国际学术会议及其附属卫星会议今年 7-8 月在中国召开, 具体日程, 参会基本要求以及相关费用参见表 1.

为了了解国际最新的研究动态以及提升影响力, 学院要求教研室组织教师积极报名参加这次会议. 该教研室有教授 5 人(教研室主任和副主任两人均为教授), 副教授 8 人, 讲师 5 人. 学院和教研室希望安排按照以下要求安排教师参会:

1. 学院要求该教研室每位老师至少要参加两个会议, 而主任和副主任因有其他事务至多参加三个会议. 请制定一份详细合理的参会安排, 使得所需总费用最少. 参会过程中教师必须全程参与, 不得中途离开参加别处会议. 长途出行费用按里程计算, 其中飞机 0.8 元/公里, 火车 0.5 元/公里. 不同职称老师一律执行大会住宿标准.

2. 如果学院给该教研室的经费支持是 5 万元, 在没有参会人数最低要求时该如何安排教师参会并作学术报告, 尽可能展现我校该学科的影响力.

3. 若参加同一地点会议的(至少)两人中, 有一人的学术报告选为大会报告的概率是 75%(两人均为教授), 50%(一名教授和一名副教授), 35%(至少一名教授, 或者两人均为副教授), 10%(其他情况). 没有选为大会报告的就在分会场报告. 如何重新安排才是最优的?

4. 写一份安排说明给该教研室的所有教师, 说明安排的科学性, 并给每位教师打印一份出行日程及经费预算.

表 1 参会日程、基本要求以及相关费用表

会议时间	地点	住宿费 (元/ 人/天)	注册费 (元/ 人)	会场交通 费(元/ 人)	学校参会最低要求要求	会议影响力
7.20-7.25	北京	650	1000	200	3 人(其中教授至少 2 人)	五星
7.21-7.26	上海	0	900	80	3 人(其中教授至少 2 人)	五星
7.22-7.26	广州	550	500	150	2 人(其中至少一人为副教授或教授)	四星
7.26-7.28	兰州	400	400	100	2 人(其中至少一人为副教授或教授)	三星
7.26-7.28	成都	460	400	100	2 人(其中至少一人为副教授或教授)	四星
7.29-7.31	昆明	480	400	100	2 人(其中至少一人为副教授或教授)	三星
8.1-8.3	南京	490	400	150	2 人(其中至少一人为副教授或教授)	三星
8.2-8.4	厦门	500	400	150	2 人(其中至少一人为副教授或教授)	四星
8.3-8.6	杭州	500	400	200	2 人(其中至少一人为副教授或教授)	三星
8.6-8.8	济南	450	400	100	2 人(其中至少一人为副教授或教授)	四星
8.7-8.9	天津	480	400	100	2 人(其中至少一人为副教授或教授)	三星
8.7-8.10	咸阳	320	300	100	2 人(其中至少一人为教授)	三星
8.8-8.10	大连	490	500	150	2 人(其中至少一人为教授)	四星

2. 问题分析

问题一分析：首先利用MATLAB求解时间相互冲突的会议，再对教师和会议进行编号建立二维 0-1 规划模型，用*i,j*两个参量确定问题一中复杂的约束条件，并根据火车和飞机行驶里程确定来往两地的最优价格，使得教师参加会议的总费用最少。

问题二分析：首先假设讲师、副教授、教授对于学科影响力评判的权重是相同的，减少问题一中的约束条件并增加参会费用不大于 50000 元这一约束条件，对影响力评定的目标函数求解最大值。然后对模型进行优化，利用层次分析法通过分析平均核心期刊论文数、平均教学水平、平均教学成果三个方面对职称不同的教师影响力评定星级，再对目标函数进行最优化求解。

问题三分析：根据参加每场会议的教师职称占比确定所参加会议的教师中能被选中参与大会报告的概率，并将主会场与分会场所代表的影响力进行赋值，对目标函数进行最优化求解。

问题四分析：为满足安排的科学性，要同时考虑教师参加会议的总费用和影响力评定两个目标对总效用的影响，由于总费用和影响力指数的量纲不统一，所以首先要将两者作归一化处理后再利用多目标决策模型求解非劣解。

3. 问题假设

①假设火车行驶里程按照沿线铁路轨道最短里程计算，飞机行驶里程按照两地间直线距离计算。

②基于数据的时效性，假设所查找到的数据真实有效。

③假设教师乘坐火车和飞机均不影响会议进程。

④假设教师按照节省会议经费、不耽误会议进程的原则选择乘坐火车或飞机的时间。

⑤假设参加会议的所有教师均从上海出发，会议结束后返回上海。

⑥假设参会所需的住宿费、注册费用、会场交通费不随其他因素发生波动变化。

4. 符号说明

符号名称	含义
x_{ij}	编号为 i 的教师是否参加编号为 j 的会议
r_{ij}	第 i 场会议到第 j 场会议所选择的最优费用
H	成对比较矩阵
a_{ij}	第 i 项因素对第 j 项因素的重要程度
WAA_w	加权算术平均算子
b_j	教师参加某个会议所需要的其他费用之和
S	总费用
D	会议时间冲突的两场会议对应编号集合
p, q	表示时间冲突的两场会议编号
W_1, W_2, W	参加会议所得影响力指数

b'_j	第 j 场会议所对应的星级数.
p_j	第 j 场会议有教师选为大会报告内容的概率
$f(x)$	Fourier函数
S'_k, W'_k	归一化处理后的费用和影响力指数
Z	实际值与期望值偏差
T	总效应函数

5. 模型建立与求解

5.1 问题一模型建立与求解

5.1.1 时间冲突会议的求解

对于问题一，在保证教师必须全程参与, 不得中途离开参加别处会议的条件下，必须保证每位教师参加的各个会议的时间是不冲突的，为此对每场会议进行编号，见表 2.

表 2 参会地点编号

会议 地点	北 京	上 海	兰 州	成 都	昆 明	广 州	厦 门	南 京	杭 州	济 南	天 津	大 连	咸 阳
编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

对会议所对应的时间进行赋值，将时间有冲突的会议进行标记，见图 1.

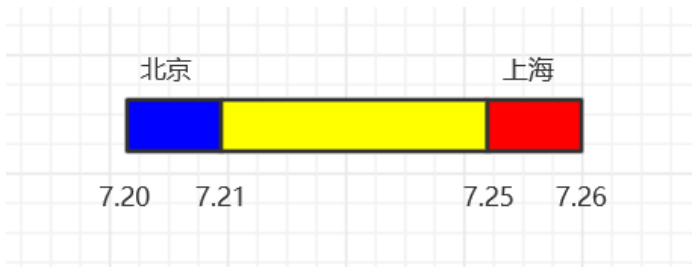


图 1 时间冲突会议示意图

利用MATLAB对时间冲突会议进行求解（程序见附录一），求解结果如表 3 所示：

表 3 MATLAB 求解时间冲突会议

地点	北京	上海	兰州	成都	昆明	广州	厦门	南京	杭州	济南	天津	大连	咸阳
北京	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
上海	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
兰州	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
成都	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
昆明	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
广州	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
厦门	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
南京	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
杭州	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1

济南	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
天津	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
大连	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
咸阳	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0

表 3 中数值1表示两场会议时间不相冲突，数值0表示两场会议时间发生冲突，由此可知所有会议中时间相冲突的会议.

5.1.2 0-1 规划模型的建立

分析问题一知，该问题为寻求职称不同的教师的参会方案使得参会总费用最低的规划问题. 由此建立 0-1 规划模型^[1]. 先对每位教师进行编号，见表 4.

表 4 参会教师编号

职称	教授					副教授								讲师				
教师	主任	副主任	教授 3	教授 4	教授 5	副教授 1	副教授 2	副教授 3	副教授 4	副教授 5	副教授 6	副教授 7	副教授 8	讲师 1	讲师 2	讲师 3	讲师 4	讲师 5
编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

令 $x_{ij}(i = 1,2, \dots, 18; j = 1,2, \dots, 13)$ 表示编号为i的教师参加编号第j场会议，即 x_{ij} 的取值及含义为

$$x_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{第} i \text{个教师不参加第} j \text{场会议} \\ 1 & \text{第} i \text{个教师参加第} j \text{场会议} \end{cases}$$

为使得参会总费用最低，应使每位教师在转场过程中所乘坐的交通工具的价格最低. 在火车行驶中，由于两场会议地点铁路路线的曲折性与中途停靠点问题，故火车里程应以沿线火车轨道长度计算，并且在选择火车轨迹时应选择连通两场会议地点的最短铁路轨迹^[2]. 在飞机行驶中，以两会议地点间的直线距离计算里程^[3]，故火车行驶里程往往要大于飞机行驶里程. 得到各地间火车和飞机行驶里程数如图 2，图 3.

火车各地行驶里程 (单位：公里)													
	北京	上海	兰州	成都	昆明	广州	厦门	南京	杭州	济南	天津	大连	咸阳
北京	0												
上海	732	0											
兰州	838	1093	0										
成都	1024	1176	838	0									
昆明	1494	1535	1136	550	0								
广州	1148	902	1394	1264	1100	0							
厦门	621	564	1387	1024	1218	425	0						
南京	580	152	941	1024	1347	902	695	0					
杭州	817	101	1193	1276	1434	801	592	252	0				
济南	249	483	927	1010	1560	1076	935	332	584	0			
天津	68.5	663	974	1093	1660	1216	1085	512	764	180	0		
大连	569	1215	1475	1593	2161	1717	1025	1064	1316	732	552	0	
咸阳	800	766	327	410	960	1070	990	616	812	605	654	895	0

图 2 火车各地行驶里程 (单位：公里)

飞机各地行驶里程 (单位：公里)													
	北京	上海	兰州	成都	昆明	广州	厦门	南京	杭州	济南	天津	大连	咸阳
北京	0												
上海	851	0											
兰州	950	1374	0										
成都	1216	1327	481	0									
昆明	1669	1560	986	512	0								
广州	1510	970	1359	987	859	0							
厦门	1394	655	1506	1237	1242	412	0						
南京	720	213	1162	1126	1394	906	670	0					
杭州	900	135	1320	1232	1438	836	548	189	0				
济南	293	583	946	1094	1509	1235	1091	430	615	0			
天津	82.4	770	981	1217	1654	1455	1306	644	822	224	0		
大连	354	694	1274	1471	1883	1546	1315	654	775	385	291	0	
咸阳	734	978	402	484	946	1046	1144	766	918	623	733	996	0

图 3 飞机各地行驶里程 (单位：公里)

根据题目所给条件乘坐飞机所需费用为 0.8 元/公里,乘坐火车所需费用为 0.5 元/公里,求解出乘坐两种交通工具时来往各会议地点所需的费用,对比相同两地火车和飞机两种交通方式所需的费用,选择价格较低的方式作为来往两点的出行方式,最优价格见附录二.

由于在会议进行过程中每位教师在除上海以外的 17 个城市中每天都存在住宿费用,故为使出行费用最低,应尽可能减少教师在会议地点的停留时间.当教师所参加的会议连续进行时,教师直接由上一会议地点去往下一会议地点;当教师所参加的会议中间有间隔时,为减少出行费用,教师应从上一会议地点返回上海,再由合理的时间从上海去往下一会议地点.利用MATLAB编程可知,当会议连续进行时有 7 种可能,见表 5.

表 5 连续参加会议地点与参会时间

编号	参会地点	参会时间 1	参会时间 2
1	北京→兰州	7.20-7.25	7.26-7.28
2	北京→成都	7.20-7.25	7.26-7.28
3	兰州→昆明	7.26-7.28	7.29-7.31
4	成都→昆明	7.26-7.28	7.29-7.31
5	昆明→南京	7.29-7.31	8.1-8.3
6	杭州→天津	8.3-8.6	8.7-8.9
7	杭州→济南	8.3-8.6	8.6-8.8

设 $r_{ij}(i = 1,2, \dots, 18; j = 1,2, \dots, 13)$ 表示第 i 场会议到第 j 场会议乘坐飞机或火车所需要的费用, $b_j(j = 1,2, \dots, 13)$ 表示教师参加编号为 j 的会议时所需要的其他费用之和(表格见附录三),若首先考虑每位教师参加自己所需出席的会议时总从上海出发,会议结束后立即返回上海,当教师所需参加的会议连续进行时,应加上两场会议来往的交通最低费用,再减去连续进行的两场会议的地点到上海的交通费用,图 4 表示上海、北京、兰州三场会议转场规则.

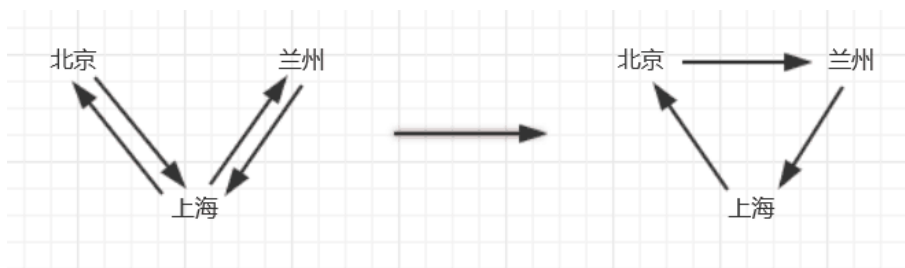


图 4 三场会议转场规则

故目标函数应表示为

$$S = \sum_{i=1}^{18} \sum_{j=1}^{13} (2r_{2j} + b_j) x_{ij} + \sum_{k=1}^{18} \sum_{(i,j \in D)} (r_{ij} - r_{2i} - r_{2j}) x_{ki} x_{kj}$$

其中集合D表示表 3 中会议时间冲突的两场会议的集合.

根据问题一的约束条件, 由于学校要求每位教师至少参加两次会议, 主任和副主任至多参加三个会议, 可得到以下约束条件,

$$\sum_{j=1}^{13} x_{1j} \leq 3$$

$$\sum_{j=1}^{13} x_{2j} \leq 3$$

$$\sum_{j=1}^{13} x_{ij} \geq 2 (i = 1, 2, \dots, 18)$$

对于表格中的约束条件, 由于在北京和上海两地的参会人数至少为三人, 而在其余地点要求的参会人数至少为两人, 可得到约束条件,

$$\sum_{i=1}^{18} x_{i1} \geq 3$$

$$\sum_{i=1}^{18} x_{i2} \geq 3$$

$$\sum_{i=1}^{18} x_{ij} \geq 2 (j = 1, 2, \dots, 13)$$

再根据每场会议对于教师职称的要求, 得到约束条件,

$$\sum_{i=1}^5 x_{ij} \geq 2 (j = 1)$$

$$\sum_{i=1}^5 x_{ij} \geq 1 (j = 2, 12, 13)$$

$$\sum_{i=1}^{13} x_{ij} \geq 1 (j = 3, 4, \dots, 11)$$

由于每位教师所参加的会议时间不能冲突, 故根据表 3, 得到

$$x_{ip} + x_{iq} \leq 1 (i = 1, 2, \dots, 18)$$

其中, p, q分别表示时间冲突的两场会议.

5.1.3 问题一的求解

将目标函数与约束条件带入lingo软件^[4]中 (程序见附录四), 得

到结果：

问题1 lingo 运行结果

	北京	上海	兰州	成都	昆明	广州	厦门	南京	杭州	济南	天津	大连	咸阳
主任				1								1	
副主任	1								1				
教授 3	1				1								
教授 4		1			1								
教授 5			1										1
副教授 1	1										1		
副教授 2		1						1					
副教授 3		1							1				
副教授 4						1					1		
副教授 5				1									1
副教授 6		1						1					
副教授 7		1								1			
副教授 8		1						1					
讲师 1		1						1					
讲师 2		1					1						
讲师 3		1								1			
讲师 4			1				1						
讲师 5						1						1	

(注：指标为 1 说明教师参加该会议，下同)

此时所需费用为 112070 元. 即在满足问题一的各项约束条件下，所得最低费用为 112070 元

5.2 问题二模型建立与求解

5.2.1 模型的建立与求解

对于问题二，类似问题一确定目标函数，假设每位教师的影响力指数相同，根据每场会议所得到的星级得到会议选择方式的影响力指数，故目标函数可写为，

$$W_1 = \sum_{i=1}^{18} \sum_{j=1}^{13} x_{ij} b'_j$$

其中 b'_j 表示参加第 j 场会议时对应的星级.

问题二中要求参会费用小于等于 50000 元，故得到约束条件

$$\sum_{i=1}^{18} \sum_{j=1}^{13} (2r_{2j} + b_j) x_{ij} + \sum_{k=1}^{18} \sum_{(i,j) \in D} (r_{ij} - r_{2i} - r_{2j}) x_{ki} x_{kj} \leq 50000$$

并且教师参加会议时仍需满足每位教师都不能参加时间冲突的两场会议，故约束条件还应有

$$x_{ip} + x_{iq} \leq 1 (i = 1, 2, \dots, 18)$$

使用lingo软件得到结果如下，

问题二模型优化前 lingo 软件求解

	北京	上海	兰州	成都	昆明	广州	厦门	南京	杭州	济南	天津	大连	咸阳
主任		1								1			
副主任		1								1			
教授 3		1								1			
教授 4		1								1			
教授 5		1								1			
副教授 1		1								1			
副教授 2		1								1			
副教授 3		1								1			
副教授 4		1								1			
副教授 5		1								1			
副教授 6		1											
副教授 7		1											
副教授 8		1											
讲师 1		1											
讲师 2		1											
讲师 3		1											
讲师 4		1											
讲师 5		1								1			

此时所得的影响力指数为 134, 花费的费用为 48616 元。

但由求解结果可知，此时 18 位教师一共只参加了 2 次会议，为使参加会议次数增加并提高的影响力指数，对模型进行优化改进。

5.2.2 模型的优化与求解

模型假设不同职称教师所代表的影响力星级程度是相同的，但讲师、副教授、教授其影响力是不同的，由此考虑讲师、副教授、教授在平均核心期刊论文数、平均教学水平、平均教学成果三个方面对其影响力星级评判所产生的权重值。

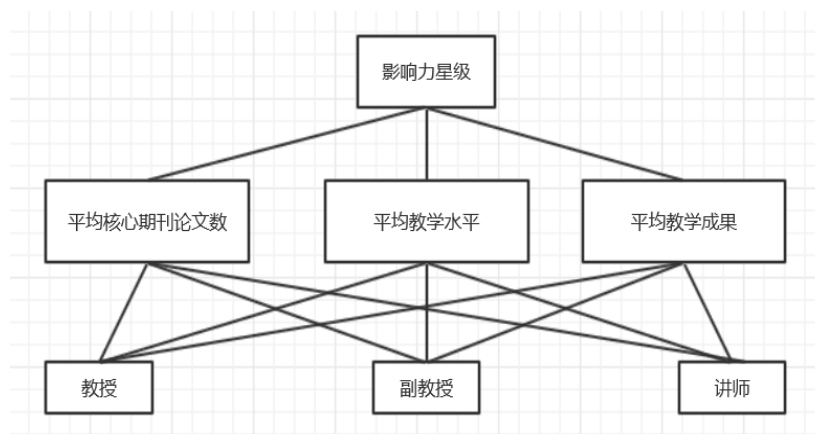


图 5 层次分析图示

图 5 中第一层为目标层, 是通过层次分析法所要求解的结果, 第二层为准则层, 是需要考虑的因素、决策的准则, 第三层为方案层, 是所确定的各个职称的教师所产生的影响力^[5].

引入成对比较矩阵的概念, 成对比较矩阵是表示本层所有因素针对上一层某个因素的相对重要性的比较. 成对比较矩阵用 Santy 的 1-9 标度方法给出.

$$H = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & \cdots & a_{3n} \\ \cdots & \cdots & \ddots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

其中 $a_{ij}(i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n)$ 表示第 i 项因素对第 j 项因素的重要程度, 需要注意的是 $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n)$

查阅资料后得到成对比较矩阵, 导入MATLAB中(程序见附录六), 得到各个属性的不同权重, 并且所得矩阵的一致性可以通过检验. 由于数据中的所有属性值均为效益型数值, 我们对数据进行归一化处理, 令

$$\gamma_{ij} = \frac{a_{ij}}{\max_i a_{ij}}$$

得到归一化处理后的数值, 再利用加权算术平均算子计算不同职称教师所代表的星级数,

$$WAA_w(a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{j=1}^n w_j a_j$$

得到 $\omega_1 = 0.5954, \omega_2 = 0.2764, \omega_3 = 0.1283$,

求解得到讲师、副教授、教授所得的星级影响力评分为 3. 14、5. 13、8. 41, 为使优化后模型与优化前模型形成对比, 根据比例对讲师、副教授、教授所代表的共 3 个星级进行划分, 三者所代表的星级见表 6,

表 6 教师代表的星级

职称	讲师	副教授	教授
影响力星级	0. 57	0. 93	1. 5

故此时目标函数应表示为

$$W_2 = \omega_1 \left(\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{13} x_{ij} b'_{ij} \right) + \omega_2 \left(\sum_{j=6}^{13} \sum_{j=1}^{13} x_{ij} b'_{ij} \right) + \omega_3 \left(\sum_{j=14}^{18} \sum_{j=1}^{13} x_{ij} b'_{ij} \right)$$

应用LINGO软件求解（程序见附录六）结果得到教师出席场次为

问题二模型优化后 lingo 软件求解结果

	北京	上海	兰州	成都	昆明	广州	厦门	南京	杭州	济南	天津	大连	咸阳
主任		1					1			1			
副主任		1					1			1			
教授 3		1					1			1			
教授 4		1					1			1			
教授 5		1					1			1			
副教授 1		1											
副教授 2		1											
副教授 3		1											
副教授 4		1											
副教授 5		1											
副教授 6		1											
副教授 7		1											
副教授 8		1						1					
讲师 1		1											
讲师 2		1											
讲师 3		1											
讲师 4		1											
讲师 5		1											

此时得到的影响力指数为 151.74，总费用为 49808 元，此时满足问题中学院经费小于 50000 元的要求，并在费用提高优化前模型2%的情况下，影响力指数提高了优化前的13%，并使教师参加的会议次数增加。

5.3 问题三模型建立与求解

问题三中，对于教师的学术报告被选为大会报告内容的概率进行分类，分主会场与分会场安排教师的参会方案,假设教师在主会场进行学术报告的影响力星级为 1，在分会场影响力星级为 0.5，当教师参加某一场会议时，其影响力应为教师职称影响力星级与会议所代表的星级相乘求和，

故目标函数为

$$W = \sum_{j=1}^{13} p_j b'_j$$

且满足每场会议至少有两名教师参加，则可得到

$$\begin{cases}
 p_j = 0.75 & \text{if } \sum_{i=1}^5 x_{ij} \geq 2 (j = 1, 2, \dots, 13); \\
 p_j = 0.5 & \text{if } \sum_{i=1}^5 x_{ij} \geq 1 \text{ 且 } \sum_{i=6}^{13} x_{ij} \geq 1 (j = 1, 2, \dots, 13); \\
 p_j = 0.35 & \text{if } \sum_{i=1}^5 x_{ij} \geq 1 \text{ 或 } \sum_{i=6}^{13} x_{ij} \geq 2 (j = 1, 2, \dots, 13); \\
 p_j = 0.1 & \text{if 其他;}
 \end{cases}$$

约束条件为s.t.

$$\begin{aligned}
 & \sum_{j=1}^{13} x_{ij} \leq 3 (i = 1, 2) \\
 & \sum_{j=1}^{13} x_{ij} \geq 2 (i = 1, 2, \dots, 18) \\
 & \sum_{i=1}^{18} x_{ij} \geq 3 (j = 1, 2) \\
 & \sum_{i=1}^{18} x_{ij} \geq 2 (j = 1, 2, \dots, 13) \\
 & \sum_{i=1}^5 x_{ij} \geq 2 (j = 1) \\
 & \sum_{i=1}^{13} x_{ij} \geq 1 (j = 3, 4, \dots, 11) \\
 & \sum_{i=1}^{18} x_{ij} \geq 2 (j = 1, 2, \dots, 13)
 \end{aligned}$$

应用LINGO软件求解（程序见附录七）结果为

问题三 lingo 软件求解结果

	北京	上海	兰州	成都	昆明	广州	厦门	南京	杭州	济南	天津	大连	咸阳
主任		1				1			1			1	
副主任	1				1			1		1			
教授 3				1					1		1		
教授 4	1				1	1		1					1
教授 5				1		1							1
副教授 1				1				1					1
副教授 2			1				1			1			
副教授 3	1				1	1	1					1	
副教授 4		1							1		1		
副教授 5			1			1		1		1			
副教授 6		1					1				1		
副教授 7		1							1		1		
副教授 8	1				1			1		1			
讲师 1				1						1			
讲师 2		1					1					1	
讲师 3			1				1					1	
讲师 4	1				1								1
讲师 5				1					1			1	

在这种参会方案下，所得到的影响力指标为 265.62，总费用为 216778 元。

5.4 问题四模型建立与求解

5.4.1 多目标问题分析

问题四要求制定一份科学的参会方案使得所选方案对于费用和影响力的总效力达到相对最高的状态，使最后决策方案达到总体最优化，故问题四为多目标规划问题。

分析参会总费用和影响力指数，当参会预算不断提高时，影响力指数也在不断增加，直至趋于稳定，运用fourier函数对方案总费用和影响力指数进行拟合（程序见附录八）得到图 6，图中横坐标表示费用预算值，纵坐标表示影响力指数，

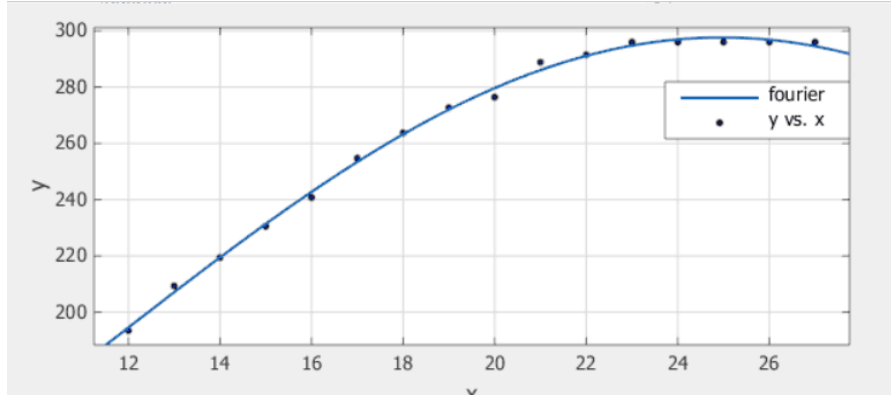


图 6 拟合 fourier 方程

其中fourier函数方程表示为

$$f(x) = a_0 + a_1 \cos(xw) + b_1 \sin(xw)$$

拟合后函数为

$$f(x) = 192.3 - 101.4 \cos(0.1195x) + 16.55 \sin(0.1195x)$$

由图 6 可知影响力指数随着预算的增加不断增加，影响力最高指数为 295.9802，此时总费用为 218447.4 元。

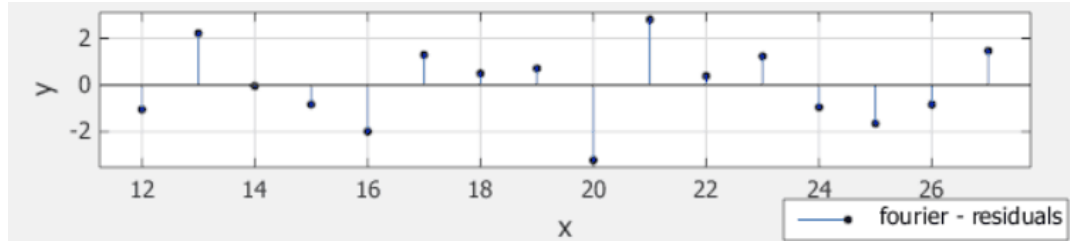


图 7 拟合后方方程误差分析

图 7 中表示各点与方程拟合误差，可以得到拟合函数与各点方差为 0.9963。可以看到预算与影响力指标拟合的较为接近。

再根据第一问与第三问的分析求解知，此时目标函数为，

$$MAX S = \sum_{i=1}^{18} \sum_{j=1}^{13} (2r_{2j} + b_j) x_{ij} + \sum_{k=1}^{18} \sum_{(i,j \in D)} (r_{ij} - r_{2i} - r_{2j}) x_{ki} x_{kj}$$

$$MIN W = \sum_{j=1}^{13} p_j b'_j$$

$$\text{约束条件为 } s.t. \begin{cases} \sum_{j=1}^{13} x_{ij} \leq 3 (i = 1, 2) \\ \sum_{j=1}^{13} x_{ij} \geq 2 (i = 1, 2, \dots, 18) \\ \sum_{i=1}^{18} x_{ij} \geq 3 (j = 1, 2) \\ \sum_{i=1}^{18} x_{ij} \geq 2 (j = 1, 2, \dots, 13) \\ \sum_{i=1}^5 x_{ij} \geq 2 (j = 1) \\ \sum_{i=1}^5 x_{ij} \geq 1 (j = 2, 12, 13) \\ \sum_{i=1}^{13} x_{ij} \geq 1 (j = 3, 4, \dots, 11) \end{cases}$$

当目标函数处于冲突状态时，就不会存在使所有目标函数同时达到最大或最小值的最优解，于是我们只能寻求非劣解（又称非支配解或帕累托解），故寻求将多目标问题转化为单目标问题的方法。

1) 罚款模型求解

罚款模型也为理想点法^[6]，其模型思想是通过比较实际值 t_k 与期望值 t'_k 之间的偏差来选择问题的非劣解，应用矩阵来表示即为，

$$\min Z = (T - T')'A(T - T')$$

其中A为代表权重的对角矩阵。
则可得到目标函数的表达式为

$$\min Z = \sum_{k=1}^m \beta_k (t_k - t'_k)^2$$

在本题中若考虑总费用与影响力指数评定同等重要，则目标函数为

$$\min Z = 0.5(t_1 - t'_1)^2 + 0.5(t_2 - t'_2)^2$$

应用lingo软件求解结果如下，

问题四效用最优优化模型 lingo 软件求解结果

	北京	上海	兰州	成都	昆明	广州	厦门	南京	杭州	济南	天津	大连	咸阳
主任			1										1
副主任	1												1
教授 3						1	1					1	
教授 4						1							1
教授 5		1							1	1			
副教授 1					1								1
副教授 2							1						1
副教授 3		1			1				1			1	
副教授 4					1								1
副教授 5			1								1		
副教授 6					1			1					1
副教授 7			1										1
副教授 8			1										1
讲师 1				1									1
讲师 2				1				1					1
讲师 3									1		1		
讲师 4			1							1			
讲师 5	1												1

此时参会总费用为 159920.4 元，影响力指数为 165.27，为尽可能提高模型的参会方案的影响力指数，降低参会总费用，对模型进行优化处理，采用效用最优优化模型对问题进行求解。

2) 效用最优优化模型求解

为得到更为精确的结果，首先对所考虑的两个目标数据进行归一化处理，由于参会费用属性值为成本型，故归一化公式为

$$S'_k = \frac{\min_k S_k}{S_k}$$

影响力指数属性值为效益型，故归一化处理公式为

$$W'_k = \frac{W_k}{\max_k W_k}$$

若将两者效用通过权重相加，则目标效用函数表示为

$$T = \alpha_1 S'_k + \alpha_2 W'_k$$

其中 α_1 ， α_2 分别表示费用和影响力指数在总目标中所占的权重，满足条件

$$\alpha_1 + \alpha_2 = 1$$

若费用和影响力指数对于总效应函数的权重大小是相同的，即 $\alpha_1 = \alpha_2 = 0.5$ ，则目标函数可写为

$$T = 0.5 \times S'_k + 0.5 \times W'_k$$

应用lingo软件求解（程序九）结果如下，

问题四效用最优化模型 lingo 软件求解结果

	北京	上海	兰州	成都	昆明	广州	厦门	南京	杭州	济南	天津	大连	咸阳
主任			1					1		1			
副主任		1						1		1			
教授 3		1			1			1		1			
教授 4		1			1		1			1			
教授 5		1					1					1	
副教授 1						1		1			1		
副教授 2				1				1					1
副教授 3		1							1	1			
副教授 4		1						1		1			
副教授 5		1						1				1	
副教授 6	1						1			1			
副教授 7		1							1	1			
副教授 8		1						1		1			
讲师 1				1			1			1			
讲师 2			1					1					1
讲师 3	1							1		1			
讲师 4		1						1			1		
讲师 5						1		1		1			

此时参会总费用为 159770.79 元，影响力指数为 244.62042，此时参会总费用比优化前相比降低了 149.61 元，但影响力指数提高了优化前的48%，此时总效应函数达到最优水平。

5.4.2 最终方案选择

通过模型求解，最终决定教师出行方式如表 7 所示：

表 7 教师出行表

教师	日期	行程	路费	会场总费用（元）	合计（元）
主任	7.25-7.28	上海→兰州→上海	2185	1700	9024
	7.31-8.3	上海→南京→上海	303	2020	
	8.5-8.8	上海→济南→上海	966	1850	
副主任	7.21-7.26	上海	0	980	6119
	7.31-8.3	上海→南京→上海	303	2020	
	8.5-8.8	上海→济南→上海	966	1850	
教授 3	7.21-7.26	上海	0	980	12323
	7.28-7.29	上海→昆明	3069	1940	
	7.31-8.3	昆明→南京→上海	1498	2020	
	8.5-8.8	上海→济南→上海	966	1850	
教授 4	7.21-7.26	上海	0	980	8805
	7.28-7.31	上海→昆明→上海	3069	1940	
	8.1-8.4	上海→厦门→上海	1127	2050	
	8.5-8.8	上海→济南→上海	966	1850	
教授 5	7.21-7.26	上海	0	980	7664.2
	8.1-8.4	上海→厦门→上海	1127	2050	
	8.7-8.10	上海→大连→上海	1387.2	2120	
副教授 1	7.21-7.26	上海→广州→上海	1803	3400	10792
	7.31-8.3	上海→南京→上海	303	2020	
	8.6-8.9	上海→天津→上海	1326	1940	
副教授 2	7.25-7.28	上海→成都→上海	2351	1880	9766
	7.31-8.3	上海→南京→上海	303	2020	
	8.6-8.10	上海→咸阳→上海	1532	1680	
副教授 3	7.21-7.26	上海	0	980	5731.5
	8.2-8.3	上海→杭州	100.5	2600	
	8.6-8.8	杭州→济南→上海	201	1850	
副教授 4	7.21-7.26	上海	0	980	6119
	7.31-8.3	上海→南京→上海	303	2020	
	8.5-8.8	上海→济南→上海	966	1850	
副教授 5	7.21-7.26	上海	0	980	6810.2
	7.31-8.3	上海→南京→上海	303	2020	
	8.7-8.10	上海→大连→上海	1387.2	2120	
副教授 6	7.19-7.25	上海→北京→上海	1463	5100	12556
	8.1-8.4	上海→厦门→上海	1127	2050	
	8.5-8.8	上海→济南→上海	966	1850	
副教授 7	7.21-7.26	上海	0	980	6597
	8.2-8.3	上海→杭州	100.5	2600	
	8.3-8.6	杭州→济南→上海	1066.5	1850	
副教授 8	7.21-7.26	上海	0	980	6119
	7.31-8.3	上海→南京→上海	303	2020	
	8.5-8.8	上海→济南→上海	966	1850	

讲师 1	7. 25-7. 28	上海→成都→上海	2351	1880	10224
	8. 1-8. 4	上海→厦门→上海	1127	2050	
	8. 5-8. 8	上海→济南→上海	966	1850	
讲师 2	7. 25-7. 28	上海→兰州→上海	2185	1700	9420
	7. 31-8. 3	上海→南京→上海	303	2020	
	8. 6-8. 10	上海→咸阳→上海	1532	1680	
讲师 3	7. 19-7. 25	上海→北京→上海	1463	5100	11702
	7. 31-8. 3	上海→南京→上海	303	2020	
	8. 5-8. 8	上海→济南→上海	966	1850	
讲师 4	7. 21-7. 26	上海	0	980	6569
	7. 31-8. 3	上海→南京→上海	303	2020	
	8. 6-8. 9	上海→天津→上海	1326	1940	
讲师 5	7. 21-7. 26	上海→广州→上海	1803	3400	10342
	7. 31-8. 3	上海→南京→上海	303	2020	
	8. 5-8. 8	上海→济南→上海	966	1850	
参会总费用（元）		159770. 79			

6. 模型优缺点分析

6.1 模型优点分析

①建立 0-1 规划模型，将问题集中规划，使约束条件直观，便于目标函数的计算。

②采用层次分析法对讲师、副教授、教授进行系统分析，从而更加准确的得出了问题的解决方案，解题步骤简洁明确，具有系统性、广泛性、间接性的优点。

③建立多目标优化模型，把双目标化为比较容易求解的单目标，不同条件下选择不同权重的配比后，具有通用性。

6.2 模型缺点分析

①模型假设时，没有考虑特殊情况。实际中，火车和飞机延误、参会具体时间、会议安排、路线选择等的随机变化都有可能发生，可以对问题进行更为细化的分析。

②0-1 规划多目标优化问题，通过权重法求问题最优解，权重的确定为分析所得结果，不同决策执行者可能会有不同的权重分配。

③由于数据查找的有限性，可以增加影响教师职称的因素。

7. 参考文献

[1]潘平奇，《运筹学与管理科学丛书 12：线性规划计算（上）》，北京：科学出版社，2012 年。

[2]飞机里程查询 <https://map.baidu.com/>，2018 年 8 月 16 日

[3]火车里程查询 <http://www.huochepiao.com/licheng/>，2018 年 8 月 16 日

[4]袁新生，《LINGO 和 Excel 在数学建模总的运用》，北京：科学出版社，2007 年。

[5]张炳江,《层次分析法及其应用案例》,北京:电子工业出版社,2014年.

[6]肖婧,《差分进化算法及其高维多目标优化应用》,北京:人民邮电出版社,2018年.

8. 附录

1) 附录一: 时间冲突会议MATLAB程序:

```
clear all;
A=[720,725;721,726;726,728;726,728;729,731;722,726;802,804;801,803;803,806;806,808;807,809;808,810;807,810];
z=zeros(13);
for i=1:13
    for j=1:13
        z(i,j)=A(i)>A(j+13)|A(j)>A(i+13);
    end
end
z
m=zeros(13);
for i=1:13
    for j=1:13
        m(i,j)=A(i)>A(j+13)+1|A(j)>A(i+13)+1;
    end
end
n=z-m
xlswrite('01.xlsx',z)
```

2) 附录二: 最优价格:

	北京	上海	兰州	成都	昆明	广州	厦门	南京	杭州	济南	天津	大连	咸阳
北京	0												
上海	731.5	0											
兰州	838	1092.5	0										
成都	1024	1175.5	480.8	0									
昆明	1493.5	1534.5	985.6	512	0								
广州	1147.5	901.5	1393.5	987.2	859.2	0							
厦门	620.5	563.5	1387	1023.5	1218	412	0						
南京	580	151.5	941	1024	1346.5	902	669.6	0					
杭州	816.5	100.5	1193	1276	1434	801	548	188.8	0				
济南	248.5	483	926.5	1009.5	1508.8	1075.5	935	331.5	583.5	0			
天津	68.5	663	974	1092.5	1660	1215.5	1085	511.5	763.5	180	0		
大连	353.6	693.6	1274.5	1471.2	1883.2	1545.6	1025	653.6	775.2	384.8	291.2	0	
咸阳	733.6	766	326.5	409.5	946.4	1046.4	990	615.5	811.5	604.5	653.5	894.5	0

3) 附录三：参会地点的其他费用

会议时间	地点	住宿费用(元/人/天)	注册费用(元/人)	会场交通费(元/人)	会场总费用(元/人)
7.20-7.25	北京	650	1000	200	5100
7.21-7.26	上海	0	900	80	980
7.26-7.28	兰州	400	400	100	1700
7.26-7.28	成都	460	400	100	1880
7.29-7.31	昆明	480	400	100	1940
7.22-7.26	广州	550	500	150	3400
8.2-8.4	厦门	500	400	150	2050
8.1-8.3	南京	490	400	150	2020
8.3-8.6	杭州	500	400	200	2600
8.6-8.8	济南	450	400	100	1850
8.7-8.9	天津	480	400	100	1940
8.8-8.10	大连	490	500	150	2120
8.7-8.10	咸阳	320	300	100	1680

4) 附录四：问题一求解LINGO程序

```

model:
sets:
meet/m1..m13/;
fixedcharge/l1..l13/:f;
teacher/t1..t18/;
travel/k1..k13/;
link(meet,travel):c;
link1(teacher,meet):x;
endsets
min=@sum(link1(i,j):(f(j)+2*c(2,j))*x(i,j))+k;
data:
c=
0,731.5,838,1024,1493.5,1147.5,620.5,580,816.5,248.5,68.5,353.6,7
33.6,
731.5,0,1092.5,1175.5,1534.5,901.5,563.5,151.5,100.5,483,663,693.
6,766,
838,1092.5,0,480.8,985.6,1393.5,1387,941,1193,926.5,974,1274.5,32
6.5,
1024,1175.5,480.8,0,512,987.2,1023.5,1024,1276,1009.5,1092.5,1471
.2,409.5,
1493.5,1534.5,985.6,512
0,859.2,1218,1346.5,1434,1508.8,1660,1883.2,946.4,

```

```

1147.5,901.5,1393.5,987.2,859.2,0,412,902,801,1075.5,1215.5,1545.
6,1046.4,
620.5,563.5,1387,1023.5,1218,412,0,669.6,548,935,1085,1025,990,
580,151.5,941,1024,1346.5,902,669.6,0,188.8,331.5,511.5,653.6,615
.5,
816.5,100.5,1193,1276,1434,801,548,188.8,0,583.5,763.5,775.2,811.
5,
248.5,483,926.5,1009.5,1508.8,1075.5,935,331.5,583.5,0,180,384.8,
604.5,
68.5,663,974,1092.5,1660,1215.5,1085,511.5,763.5,180,0,291.2,653.
5,
353.6,693.6,1274.5,1471.2,1883.2,1545.6,1025,653.6,775.2,384.8,29
1.2,0,894.5,
733.6,766,326.5,409.5,946.4,1046.4,990,615.5,811.5,604.5,653.5,89
4.5,0;
f=5100,980,3400,1700,1880,1940,2020,2050,2600,1850,1940,1680,2120
;
enddata
!Ô¼ÊÏÔ¼p;

```

```

@sum(meet(j):x(1,j))<=3;
@sum(meet(j):x(2,j))<=3;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(1,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(2,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(3,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(4,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(5,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(6,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(7,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(8,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(9,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(10,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(11,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(12,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(13,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(14,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(15,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(16,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(17,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(18,j))>=2;
@for(meet(j)|j#le#2#and#j#ge#1:@sum(teacher(i):x(i,j))>=3);
@for(meet(j)|j#le#13#and#j#ge#3:@sum(teacher(i):x(i,j))>=2);

```

```

@sum(teacher(i)|i#le#5#and#i#ge#1:x(i,1))>=2;
@sum(teacher(i)|i#le#5#and#i#ge#1:x(i,2))>=1;
@sum(teacher(i)|i#le#5#and#i#ge#1:x(i,12))>=1;
@sum(teacher(i)|i#le#5#and#i#ge#1:x(i,13))>=1;
@for(teacher(i)|i#le#5#and#i#ge#1:@sum(meet(j)|j#le#11#and#j#ge#3
:x(i,j))>=1);
@for(teacher(i):
x(i,1)+x(i,2)+x(i,6)<=1;x(i,2)+x(i,3)+x(i,4)+x(i,6)<=1;x(i,7)+x(i
,8)+x(i,9)<=1;x(i,10)+x(i,11)+x(i,12)+x(i,13)<=1);
@for(link1:@bin(x));
k=@sum(teacher(i):x(i,1)*x(i,4)*(c(1,4)-c(2,1)-
c(2,4))+x(i,1)*x(i,3)*(c(1,3)-c(2,1)-c(2,3))+x(i,3)*x(i,5)*(c(3,5)-
c(2,3)-c(2,5))+x(i,5)*x(i,4)*(c(5,4)-c(2,5)-
c(2,4))+x(i,9)*x(i,11)*(c(9,11)-c(2,9)-
c(2,11))+x(i,9)*x(i,13)*(c(9,13)-c(2,9)-c(2,13)));
end

```

5) 附录五：层次分析法MATLAB程序

```

disp('请输入判断矩阵 A(n 阶)');
A=input('A=');
[n,n]=size(A);
x=ones(n,100);
y=ones(n,100);
m=zeros(1,100);
m(1)=max(x(:,1));
y(:,1)=x(:,1);
x(:,2)=A*y(:,1);
m(2)=max(x(:,2));
y(:,2)=x(:,2)/m(2);
p=0.0001;i=2;k=abs(m(2)-m(1));
while k>p
    i=i+1;
    x(:,i)=A*y(:,i-1);
    m(i)=max(x(:,i));
    y(:,i)=x(:,i)/m(i);
    k=abs(m(i)-m(i-1));
end
a=sum(y(:,i));
w=y(:,i)/a;
t=m(i);
disp(w);
%以下是一致性检验
CI=(t-n)/(n-1);RI=[0 0 0.52 0.89 1.12 1.26 1.36 1.41 1.46 1.49
1.52 1.54 1.56 1.58 1.59];

```

```

CR=CI/RI(n);
if CR<0.10
    disp('此矩阵的一致性可以接受!');
    disp('CI=');disp(CI);
    disp('CR=');disp(CR);
end

```

6) 附录六：问题二LINGO程序：

```

model:
sets:
meet/m1..m13/;
fixedcharge/l1..l13/:f;
teacher/t1..t18/;
travel/k1..k13/;
link(meet,travel):c;
link1(teacher,meet):x;
rank/r1..r13/:r;
rank1/g1..g18/:g;
endsets
max=@sum(meet(j):r(j)*@sum(teacher(i):x(i,j)));
data:
c=
0,731.5,838,1024,1493.5,1147.5,620.5,580,816.5,248.5,68.5,353.6,7
33.6,
731.5,0,1092.5,1175.5,1534.5,901.5,563.5,151.5,100.5,483,663,693.
6,766,
838,1092.5,0,480.8,985.6,1393.5,1387,941,1193,926.5,974,1274.5,32
6.5,
1024,1175.5,480.8,0,512,987.2,1023.5,1024,1276,1009.5,1092.5,1471
.2,409.5,
1493.5,1534.5,985.6,512
0,859.2,1218,1346.5,1434,1508.8,1660,1883.2,946.4,
1147.5,901.5,1393.5,987.2,859.2,0,412,902,801,1075.5,1215.5,1545.
6,1046.4,
620.5,563.5,1387,1023.5,1218,412,0,669.6,548,935,1085,1025,990,
580,151.5,941,1024,1346.5,902,669.6,0,188.8,331.5,511.5,653.6,615
.5,
816.5,100.5,1193,1276,1434,801,548,188.8,0,583.5,763.5,775.2,811.
5,
248.5,483,926.5,1009.5,1508.8,1075.5,935,331.5,583.5,0,180,384.8,
604.5,
68.5,663,974,1092.5,1660,1215.5,1085,511.5,763.5,180,0,291.2,653.
5,
353.6,693.6,1274.5,1471.2,1883.2,1545.6,1025,653.6,775.2,384.8,29
1.2,0,894.5,

```



```

733.6,766,326.5,409.5,946.4,1046.4,990,615.5,811.5,604.5,653.5,89
4.5,0;
f=5100,980,3400,1700,1880,1940,2020,2050,2600,1850,1940,1680,2120
;
r=5,5,3,4,3,4,4,3,3,4,3,4,3;
g=1.5,1.5,1.5,1.5,1.5,0.93,0.93,0.93,0.93,0.93,0.93,0.93,0.5
7,0.57,0.57,0.57,0.57;
@ole('H:\01.xlsx','kkk')=x;
enddata
!Ô¼ÊøÏö¼p;

@sum(meet(j):x(1,j))<=3;
@sum(meet(j):x(2,j))<=3;
@for(teacher(i):
x(i,1)+x(i,2)+x(i,6)<=1;x(i,2)+x(i,3)+x(i,4)+x(i,6)<=1;x(i,7)+x(i
,8)+x(i,9)<=1;x(i,10)+x(i,11)+x(i,12)+x(i,13)<=1);
@for(link1:@bin(x));
k=@sum(teacher(i):x(i,1)*x(i,4)*(c(1,4)-c(2,1)-
c(2,4))+x(i,1)*x(i,3)*(c(1,3)-c(2,1)-c(2,3))+x(i,3)*x(i,5)*(c(3,5)-
c(2,3)-c(2,5))+x(i,5)*x(i,4)*(c(5,4)-c(2,5)-
c(2,4))+x(i,9)*x(i,11)*(c(9,11)-c(2,9)-
c(2,11))+x(i,9)*x(i,13)*(c(9,13)-c(2,9)-c(2,13))));
z=@sum(link1(i,j):(f(j)+2*c(2,j))*x(i,j))+k;
z<=50000;
end

```

7) 附录七：问题三LINGO程序

```

model:
sets:
meet/ml..m13/;
teacher/t1..t18/;
hope/h1..h13/:E;
quan/q1..q13/:r;!每场会议星级权重;
sta/s1..s13/:q;
lvxing/L1..L13/;
links1(meet,lvxing):c;
links(teacher,meet):x;
endsets
data:
c=0,731.5,838,1024,1493.5,1147.5,620.5,580,816.5,248.5,68.5,353.6,733
.6,
731.5,0,1092.5,1175.5,1534.5,901.5,563.5,151.5,100.5,483,663,693.6,76

```

```

6,
838, 1092. 5, 0, 480. 8, 985. 6, 1393. 5, 1387, 941, 1193, 926. 5, 974, 1274. 5, 326. 5,
1024, 1175. 5, 480. 8, 0, 512, 987. 2, 1023. 5, 1024, 1276, 1009. 5, 1092. 5, 1471. 2, 4
09. 5,
1493. 5, 1534. 5, 985. 6, 512
0, 859. 2, 1218, 1346. 5, 1434, 1508. 8, 1660, 1883. 2, 946. 4,
1147. 5, 901. 5, 1393. 5, 987. 2, 859. 2, 0, 412, 902, 801, 1075. 5, 1215. 5, 1545. 6, 10
46. 4,
620. 5, 563. 5, 1387, 1023. 5, 1218, 412, 0, 669. 6, 548, 935, 1085, 1025, 990,
580, 151. 5, 941, 1024, 1346. 5, 902, 669. 6, 0, 188. 8, 331. 5, 511. 5, 653. 6, 615. 5,
816. 5, 100. 5, 1193, 1276, 1434, 801, 548, 188. 8, 0, 583. 5, 763. 5, 775. 2, 811. 5,
248. 5, 483, 926. 5, 1009. 5, 1508. 8, 1075. 5, 935, 331. 5, 583. 5, 0, 180, 384. 8, 604.
5,
68. 5, 663, 974, 1092. 5, 1660, 1215. 5, 1085, 511. 5, 763. 5, 180, 0, 291. 2, 653. 5,
353. 6, 693. 6, 1274. 5, 1471. 2, 1883. 2, 1545. 6, 1025, 653. 6, 775. 2, 384. 8, 291. 2,
0, 894. 5,
733. 6, 766, 326. 5, 409. 5, 946. 4, 1046. 4, 990, 615. 5, 811. 5, 604. 5, 653. 5, 894. 5,
0;
q=5100, 980, 3400, 1700, 1880, 1940, 2020, 2050, 2600, 1850, 1940, 1680, 2120;
r=5, 5, 4, 3, 4, 3, 3, 4, 3, 4, 3, 3, 4;!星级的平方;
enddata
max=@sum(hope(j):E(j)*r(j));
k=@sum(teacher(i):x(i,1)*x(i,4)*(c(1,4)-c(2,1)-
c(2,4))+x(i,1)*x(i,3)*(c(1,3)-c(2,1)-c(2,3))+x(i,3)*x(i,5)*(c(3,5)-
c(2,3)-c(2,5))+x(i,5)*x(i,4)*(c(5,4)-c(2,5)-
c(2,4))+x(i,9)*x(i,11)*(c(9,11)-c(2,9)-
c(2,11))+x(i,9)*x(i,13)*(c(9,13)-c(2,9)-c(2,13)))));
z=@sum(links(i,j):(q(j)+2*c(2,j))*x(i,j))+k;
z<=50000;
@for(hope(j):E(j)=@if(@sum(teacher(i)|i#LE#5#AND#i#GE#1:x(i,j))#GE#2,
0.75,@if(@sum(teacher(i)
|i#LE#5#AND#i#GE#1:x(i,j))#EQ#1#AND#@sum(teacher(i)|i#LE#13#AND#i#GE
#6:x(i,j))#GE#1,0.5,
@if((@sum(teacher(i)|i#LE#5#AND#i#GE#1:x(i,j))#EQ#1#AND#@sum(teacher(
i)|i#LE#13#AND#i#G
E#6:x(i,j))#EQ#0)#OR#
@sum(teacher(i)|i#LE#13#AND#i#GE#6:x(i,j))#GE#2,0.35,@if(@sum(teacher
(i):x(i,j))#LE#1,0,0.1)))));
;!判断符合条件的 E 值;
@for(teacher(i):
x(i,1)+x(i,2)+x(i,6)<=1;x(i,2)+x(i,3)+x(i,4)+x(i,6)<=1;x(i,7)+x(i,8)+
x(i,9)<=1;x(i,10)+x(i,11)+x(i,12)+x(i,13)<=1);
@for(links:@bin(x));
End

```

end

8) 附录八：拟合fourier方程MATLAB程序

General model Fourier1:

$$f(x) = a_0 + a_1 \cos(x*w) + b_1 \sin(x*w)$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

$$\begin{aligned} a_0 &= 192.3 \quad (135.6, 249) \\ a_1 &= -104.1 \quad (-142.9, -65.22) \\ b_1 &= 16.55 \quad (-98.32, 131.4) \\ w &= 0.1195 \quad (0.07668, 0.1624) \end{aligned}$$

9) 附录九：问题四罚款模型LINGO程序

```
model:
sets:
meet/m1..m13/;
fixedcharge/l1..l13/:f;
teacher/t1..t18/;
travel/k1..k13/;
link(meet,travel):c;
link1(teacher,meet):x;
rank/r1..r13/:r;
rank1/g1..g18/:g;
endsets
max=0.5*@sqrt(@sqrt(z-48616)+@sqrt(p-341.7));
data:
c=
0,731.5,838,1024,1493.5,1147.5,620.5,580,816.5,248.5,68.5,353.6,7
33.6,
731.5,0,1092.5,1175.5,1534.5,901.5,563.5,151.5,100.5,483,663,693.
6,766,
838,1092.5,0,480.8,985.6,1393.5,1387,941,1193,926.5,974,1274.5,32
6.5,
1024,1175.5,480.8,0,512,987.2,1023.5,1024,1276,1009.5,1092.5,1471
.2,409.5,
1493.5,1534.5,985.6,512
0,859.2,1218,1346.5,1434,1508.8,1660,1883.2,946.4,
1147.5,901.5,1393.5,987.2,859.2,0,412,902,801,1075.5,1215.5,1545.
6,1046.4,
620.5,563.5,1387,1023.5,1218,412,0,669.6,548,935,1085,1025,990,
580,151.5,941,1024,1346.5,902,669.6,0,188.8,331.5,511.5,653.6,615
.5,
816.5,100.5,1193,1276,1434,801,548,188.8,0,583.5,763.5,775.2,811.
5,
```

```

248.5,483,926.5,1009.5,1508.8,1075.5,935,331.5,583.5,0,180,384.8,
604.5,
68.5,663,974,1092.5,1660,1215.5,1085,511.5,763.5,180,0,291.2,653.
5,
353.6,693.6,1274.5,1471.2,1883.2,1545.6,1025,653.6,775.2,384.8,29
1.2,0,894.5,
733.6,766,326.5,409.5,946.4,1046.4,990,615.5,811.5,604.5,653.5,89
4.5,0;
f=5100,980,3400,1700,1880,1940,2020,2050,2600,1850,1940,1680,2120
;
r=5,5,3,4,3,4,4,3,3,4,3,4,3;
g=1.5,1.5,1.5,1.5,1.5,0.93,0.93,0.93,0.93,0.93,0.93,0.93,0.93,0.5
7,0.57,0.57,0.57,0.57;
@ole('H:\01.xlsx','kkk')=x;
@ole('H:\01.xlsx','www')=z;
@ole('H:\01.xlsx','eee')=p;
enddata
!Ô¼ÊøÏô¼p;

```

```

@sum(meet(j):x(1,j))<=3;
@sum(meet(j):x(2,j))<=3;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(1,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(2,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(3,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(4,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#13#and#j#ge#1:x(5,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(6,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(7,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(8,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(9,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(10,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(11,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(12,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(13,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(14,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(15,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(16,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(17,j))>=2;
@sum(meet(j)|j#le#18#and#j#ge#1:x(18,j))>=2;
@sum(teacher(i)|i#le#18#and#i#ge#1:x(i,1))>=2;
@sum(teacher(i)|i#le#18#and#i#ge#1:x(i,2))>=2;
@sum(teacher(i)|i#le#18#and#i#ge#1:x(i,3))>=2;

```

```

@sum(teacher(i)|i#le#18#and#i#ge#1:x(i,4))>=2;
@sum(teacher(i)|i#le#13#and#i#ge#1:x(i,5))>=2;
@sum(teacher(i)|i#le#18#and#i#ge#1:x(i,6))>=2;
@sum(teacher(i)|i#le#18#and#i#ge#1:x(i,7))>=2;
@sum(teacher(i)|i#le#18#and#i#ge#1:x(i,8))>=2;
@sum(teacher(i)|i#le#18#and#i#ge#1:x(i,9))>=2;
@sum(teacher(i)|i#le#18#and#i#ge#1:x(i,10))>=2;
@sum(teacher(i)|i#le#18#and#i#ge#1:x(i,11))>=2;
@sum(teacher(i)|i#le#18#and#i#ge#1:x(i,12))>=2;
@sum(teacher(i)|i#le#18#and#i#ge#1:x(i,13))>=2;
@for(teacher(i):
    x(i,1)+x(i,2)+x(i,6)<=1;x(i,2)+x(i,3)+x(i,4)+x(i,6)<=1;x(i,7)+x(i
,8)+x(i,9)<=1;x(i,10)+x(i,11)+x(i,12)+x(i,13)<=1);
    @for(link1:@bin(x));
        k=@sum(teacher(i):x(i,1)*x(i,4)*(c(1,4)-c(2,1)-
c(2,4))+x(i,1)*x(i,3)*(c(1,3)-c(2,1)-c(2,3))+x(i,3)*x(i,5)*(c(3,5)-
c(2,3)-c(2,5))+x(i,5)*x(i,4)*(c(5,4)-c(2,5)-
c(2,4))+x(i,9)*x(i,11)*(c(9,11)-c(2,9)-
c(2,11))+x(i,9)*x(i,13)*(c(9,13)-c(2,9)-c(2,13))));
        z=@sum(link1(i,j):(f(j)+2*c(2,j))*x(i,j))+k;
        z<=160000;
        p=@sum(meet(j):r(j)*@sum(teacher(i):x(i,j))*g(j));
end

```