

# 五一数学建模竞赛

## 承 诺 书

我们仔细阅读了五一数学建模竞赛的竞赛规则。

我们完全明白，在竞赛开始后参赛队员不能以任何方式（包括电话、电子邮件、网上咨询等）与本队以外的任何人（包括指导教师）研究、讨论与赛题有关的问题。

我们知道，抄袭别人的成果是违反竞赛规则的，如果引用别人的成果或其它公开的资料（包括网上查到的资料），必须按照规定的参考文献的表述方式在正文引用处和参考文献中明确列出。

我们郑重承诺，严格遵守竞赛规则，以保证竞赛的公正、公平性。如有违反竞赛规则的行为，我们愿意承担由此引起的一切后果。

我们授权五一数学建模竞赛组委会，可将我们的论文以任何形式进行公开展示（包括进行网上公示，在书籍、期刊和其他媒体进行正式或非正式发表等）。

参赛题号（从 A/B/C 中选择一项填写）： C

参赛队号： T7297414150

参赛组别（研究生、本科、专科、高中）： 本科

所属学校（学校全称）： 山西工学院

参赛队员： 队员 1 姓名： 刘钟泽

队员 2 姓名： 师玉娜

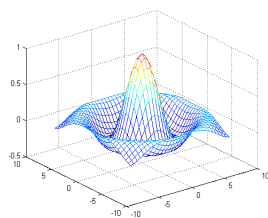
队员 3 姓名： 温宗泽

联系方式： Email: 2401133233@qq.com 联系电话： 15187843372

日期： 2022 年 5 月 4 日

（除本页外不允许出现学校及个人信息）

# 五一数学建模竞赛



## 题目：~~基于筛选统计以及层次分析法的火灾报警系~~

### 统问题研究

关键词：火灾报警系统 综合评价法 层次分析法 统计 筛选

#### 摘要：

本文主要研究了火灾报警部件的敏感性与可靠性以及各辖区大队情况。通过数据筛选，以及代码运算、统计，并利用层次分析法、综合评价法对不同部件的可靠性和故障率进行分析，并以此为基础对大队的综合评价，选出能够帮助政府的最优部件类型并提出合理性建议。

对于问题一，对明显不合理的数据进行预处理，并根据同一火灾的定义进行筛选与统计，求解出真实火警次数。利用层次分析法，对误报警率，故障率，使用次数，准确率等指标所占权重进行分析，以此对各部件评分。

对于问题二，进一步处理数据，考虑可靠性和故障率之间的关系，结合附件3的实验内容，建立研判模型，判断一次报警为真实火灾的概率。

对于问题三，通过筛查与比对分析各大队辖区内未安装部件类型、数量，期间发生火灾次数、部件故障率、误报警率，得出该辖区的风险评分，并针对性的给出整改意见。

对于问题四。通过查阅资料和文献以及得出的结论，针对性的给出管理、养护建议。

# 目录

一、问题重述.....	4
1.1 问题背景.....	4
1.2 待解决的问题.....	5
二、问题分析.....	5
2.1 对问题一的分析.....	5
2.2 对问题二的分析.....	5
2.3 对问题三的分析.....	5
2.4 对问题四的分析.....	6
三、模型假设.....	6
四、模型建立与求解.....	6
4.1 问题一.....	6
4.1.1 数据的预处理.....	6
4.1.2 对于可靠性的计算.....	8
4.1.3 对于故障率的计算.....	9
4.1.4 模型的建立.....	10
4.1.5 结果与分析.....	10

4.2 问题二.....	11
4.2.1 模型的建立.....	11
4.2.2 结果与分析.....	11
4.3 问题三.....	12
4.3.1 解决方法.....	12
4.3.2 结果与分析.....	12
4.3 问题四.....	13
五、模型优缺点分析.....	13
六、参考文献及部分代码.....	14
6.1 参考论文.....	14
6.2 部分代码.....	14

## 一、问题重述

### 1.1 问题背景

随着火灾报警次数的提升，火灾探测报警产业已经成为我国高新技术产业的一个组成部分。

火灾探测器的功能就是捕捉特定的火灾信号，当探测到的信号数值或者变化特征超过阈值时即被判定为火灾。但较高的灵敏度会导致报警可靠性的降低，而较高的可靠性则需要牺牲探测器的灵敏度。因此，探测器的灵敏度和可靠性成为探测器需要平衡考虑的关键参数。

## 1.2 待解决的问题

**问题一：**通过已知文件，确定该城市6月1日至6月18日的真实火灾起数。并利用建立模型各类型部件功能进行分析，对各个部件的关键参数可靠性和故障率进行评价，选取更加可靠的火灾探测器类型。

**问题二：**结合问题1得到的数据，确定区域报警部件研判模型，当发出报警信息时，能够较好判断是否属于误报，提高报警准确率。对各大队不同部件发出的报警信号进行真实性评价，确定报警信号是真实火灾的概率。

**问题三：**在一二问的基础上，分析各消防大队的综合管理水平，并将综合管理水平最低的三个辖区的技术指标进行量化，提出改进方案。

**问题四：**根据相关文献以及分析的结果和建立的模型，针对型的提出火灾报警系统各部件管理维护的意见建议。

## 二、问题分析

### 2.1 对问题一的分析

对附件1中数据先进行分析，优先统计出最大火灾数，由同一火灾的定义排除重复部分，最终确定该城市6月1日至6月18日的真实火灾起数。并利用非误报次数及总报警次数结合附件4分析计算出各可预警部件的可靠率与故障率。再采用层次分析法建立模型，确定可靠性、故障率以及使用次数所占的权重，使用模型对各类型部件进行综合评价，根据评价得分选取可靠的火灾探测器类型。

### 2.2 对问题二的分析

基于问题1得到的数据结论，我们选择合适参数建立区域报警部件类型智能研判模型，通过误报警率，故障率等因素，确定附件3中各报警信号是真实火灾的概率。

### 2.3 对问题三的分析

根据筛选出各大队未安装的部件与问题一所得数据，利用层次分析法建立模型，建立模型，利用综合考虑火灾次数、部件故障率、部件可靠性等因素对各辖区综合管理水平进行评价，得出各辖区的风险评分，并针对性的提出整改意见。

## 2.4 对问题四的分析

寻找火灾报警系统各部件管理维护的相关文献，并结合问题一与问题三建立的评价模型，提出针对各部件管理维护的意见。

## 三、模型假设

实际上不同区域可能存在气候，土地潮湿程度的不同以及地形地貌的差别，为了问题的简化，在此我们假设都一样。

为了问题的简化，我们假设所有火灾报警探测器的安装时间都一样，避免有些探测器可能安装时间长存在老化故障的风险。

## 四、模型建立与求解

### 4.1 问题一

#### 4.1.1 数据的预处理

对附件 1 内的信息筛选分析后，我们通过 excel 表格对是否为误报结果的次数进行统计，然后计算出每个感应器的真实火灾次数。我们认为火灾“是否属于误报”一栏结果为“是”则次数记为“0”，结果为“否，其中有 1 次为真实火灾”则次数记为“1”。结果为“否”则火灾次数就是火警次数。

**对同一起火灾的定义：**当某一建筑内多个火灾探测器的机号与回路编号相同且这些探测器均发出火灾报警信号，则认为是同一起火灾事故。

我们首先假设同一报警装置不会对相同的火灾报警多次。

那么实际火灾次数为：同一项目名称下的相同回路，且同一回路下的相同机号火警次数最大值的和。

将表格导入 python，筛选计算出该城市 6 月 1 日至 6 月 18 日的真实火灾起数为 343 起。

对可归并的数据进行处理，通过观察不难看出，有些名称有着很高的相似性，我们认为他们分别为同种感应器，将他们的名称统一处理，并把相同的数据取出，例如：

信号阀门 (Signal valve), 信号阀 (Signal valve), 信号阀 (The signal valve) 表示的是同一种感应器，

燃气探测器 (Gas detector): 气体探测器 (Gas detector) 同理

以下是属于附件 1 且不属于附件 2 的部件：

表格 属于附件 1 且不属于附件 2 的部件

部件名称 (Component name)						
'光束感烟 (Light beam smoke)',						
信号阀 (Signal valve)',						
'智能光电探测器 (Intelligent photoelectric detector)',						
'智能感温 (Intelligent temperature sensing)',						
'气体探测器 (Gas detector)',						
'点型温烟 (Point type temperature smoke)'						

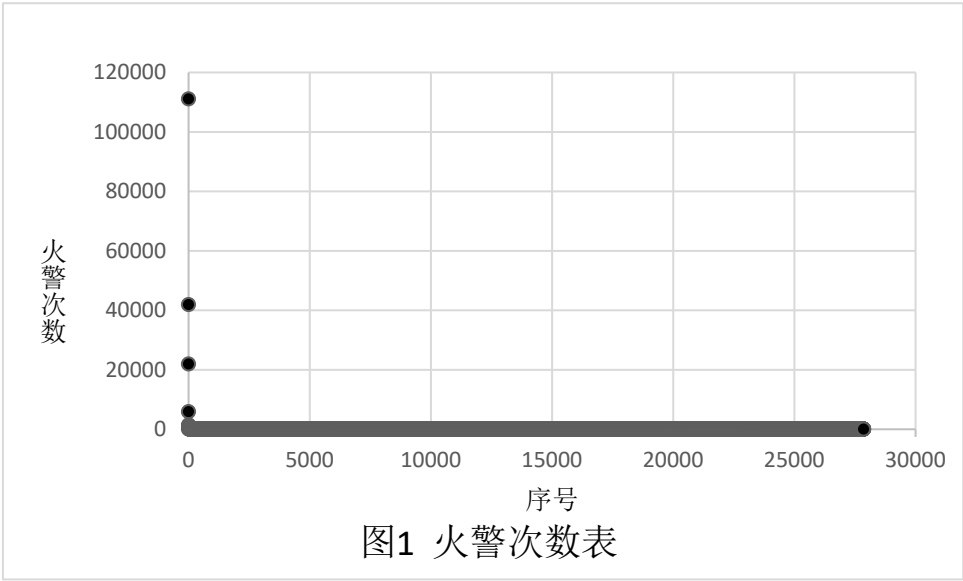
以下是属于附件 2 且不属于附件 1 的部件：

表格 属于附件 2 且不属于附件 1 的部件

部件名称 (Component name)						
02 点型感温探测器	楼层显示器	干式系统压力开关	空压机	卷帘下	点型点感烟探测器	防火阀
11 手动报警按钮	正压送风机	广播	空气采样故障	卷帘中	照明强切	防火阀_入
13 讯响器	气体探测	广播模块	空调强切	卷帘半降	照明配电	防盗模块
14 消防电话	气体灭火	应急	空调机组	卷帘控制	燃气	雨淋泵
15 消火栓	气压罐	应急模块	紧急照明	卷帘门	燃气探头	雨淋系统压力开关
22 防火阀	水池液位	应急照明	线型点型感温探测器	卷帘门全降	燃气探测器	雨淋阀
23 排烟阀	水流	应急电源	联动电源	卷帘门门	电动门	非消防电源
24 送风阀	水流指示器	应急配电	背景音乐	喷淋泵	电动阀	非编码探测器接口
25 电磁阀	水流指示器(Water	强切模块	补风机	声光报警器	电梯	风口
26 卷帘门	水炮	强启	警铃	声光警报	电源	风幕机
31 电梯	泡沫泵	快速排烟阀	讯响器	声光警报器	电源强切	风机控制
49 信号碟阀	流量开关	手动报警	设备停动	外控禁止	电磁阀	风机模块
73 设备故障	消火栓按钮	手动报警器	设备故障	层显	电话模块	显示盘
余压阀	消火栓泵	手动火灾报警按钮	设备故障(卷帘门)	常闭送风口	监管输入	智能数字显示盘
信号	消防分励	扶梯强切	车库卷帘	排风机	防排烟阀	智能液晶

	脱扣器					显示盘
信号蝶阀	消防广播	报警接口	输入模块	排风阀	防火门	未定义
信号蝶阀	消防栓按钮	报警阀	输入输出模块	放气阀	通风空调	柴油泵
信号阀	消防栓泵	报警阀组	输出实模块	故障输出	配电照明	楼宇自控
信号阀门	消防水泵	挡烟垂壁	输出模块	新风机	排烟防火阀	门禁
光栅测温	消防泵	排气口	送风口	早期报警一级	排烟风机	闸阀
光电探测器	消防电梯	排烟口	送风机	早期报警二级	排风口	防/排烟
其他模块	消防电源	排烟机	送风阀	早期报警故障	单输出模块	点型温烟
其它模块	消防电话	排烟窗	动力配电	火灾显示盘		
切电	湿式报警阀	排烟阀	单输入模块	点型感温探测器探头		

紧接着我们对异常数据进行筛选，绘出了火警次数的分布图，从图 1 可以发现，前四组数据的火警次数过多。平均次数为 45213. 25 次，平均每分钟报警 1. 744 次，因此我们认为前四组数据出现纰漏，予以删除不进行分析。



#### 4.1.2 对于可靠性的计算

我们认为评判一个部件是否可靠，从误报警率，使用次数与火警准确率三个指标进行分析。

误报警率=误报警次数/一百万小时

18 天内共 432 小时，误报警率=误报警次数/432，再将结果乘以一百万小时得出每百万小时的误差。

火警的准确率=实际火灾次数/火警次数



将表格导入 python，筛选计算结果如下

表格 1 部件可靠性分析表

部件名称	误报警率	使用次数	火警准确率
点型感烟探测器 (Point smoke detector)	6162.488556	18487	0.005818
点型感温探测器 (Point temperature detector)	8850.610387	1790	0.005377
线型光束感烟探测器 (Linear beam smoke detector)	58601.36452	76	0.001557
智能光电探头 (Intelligent photoelectric probe)	5112.553444	5033	0.00971
手动报警按钮 (Manual call point)	6430.480438	2342	0.009138
复合探测器 (Multiple-sensor)	5492.011619	51	0
光束感烟 (Light beam smoke)	3665.123457	24	0.05
气体探测器 (Gas detector)	2400.548697	27	0

4.1.3 对于故障率的计算

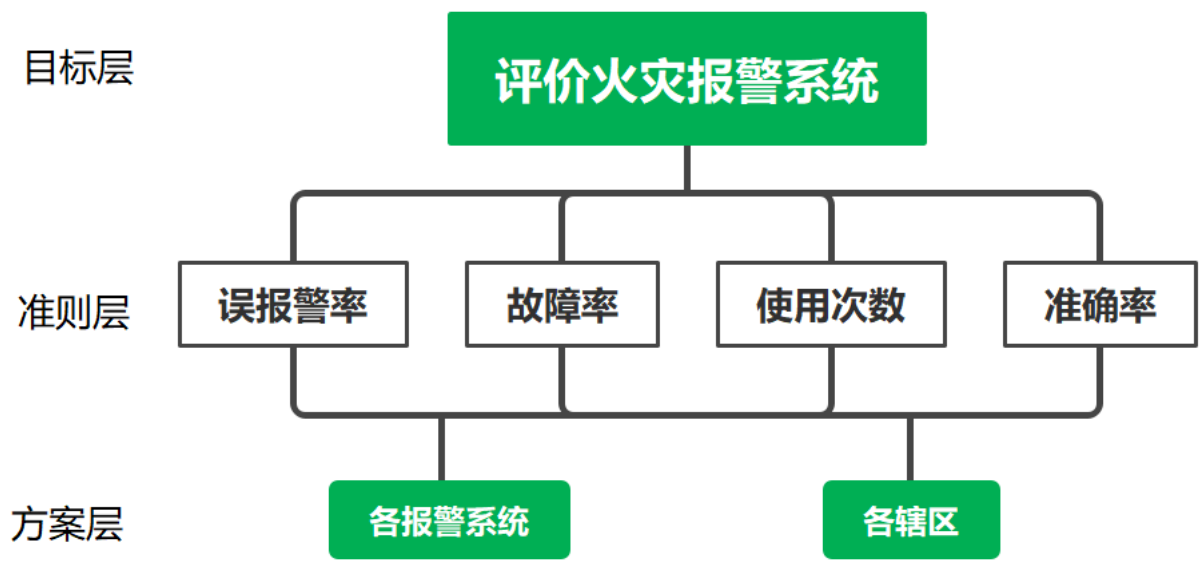
我们认为感应器故障率=故障次数/总次数/感应器数量  
将表格导入 python，筛选计算结果如下

表格 2 部件故障率分析表

部件名称	故障率
点型感烟探测器 (Point smoke detector)	1.09E-05
点型感温探测器 (Point temperature detector)	8.43E-06
线型光束感烟探测器 (Linear beam smoke detector)	7.72E-06
智能光电探头 (Intelligent photoelectric probe)	1.42E-05
手动报警按钮 (Manual call point)	9.48E-06
复合探测器 (Multiple-sensor)	8.75E-06
光束感烟 (Light beam smoke)	NaN
智能光电探测器 (Intelligent photoelectric detector)	NaN
火焰探测器 (Flame detector)	3.84E-07
气体探测器 (Gas detector)	2.57E-05
消火栓 (Hydrant)	1.05E-05
点型点烟 (Point type smoke)	3.84E-07
点型温烟 (Point type temperature smoke)	3.45E-06
信号阀 (Signal valve)	4.32E-06
压力开关 (Pressure switch)	9.75E-06
智能感温 (Intelligent temperature sensing)	NaN

4. 1. 4 模型的建立

我们把决策问题分为三个层次，最上层为目标层，既总目标评价火灾报警系统;最下层的方案层为对报警系统及对各大队辖区的评价;中间的准则层分为四个指标：误报警率，故障率，使用次数，准确率。如图：



我们构建出判断矩阵并把误报警率，故障率，使用次数，准确率四个指标两两比较，求出其特征根，得出各项权重，由公式 $CR = \frac{CI}{RI}$ ，计算出  $CR<0.1$ ，通过了一致性检验。

随后对各数据整合处理，将表格导入 python，进行筛选计算。得出各部件的评分。

4. 1. 5 结果与分析

对各部件评分计算处理后得各部件最终评分如下表所示

表格 3 部件评分表

部件名称	评分
手动报警按钮 (Manual call point)	100
点型点烟 (Point type smoke)	91.170697
智能光电探头 (Intelligent photoelectric probe)	90.324507
火焰探测器 (Flame detector)	89.604018
点型感温探测器 (Point temperature detector)	82.688471
点型温烟 (Point type temperature smoke)	81.927831
点型感烟探测器 (Point smoke detector)	80.774791

(省略部分使用率较低数据，下同)

显然，七种部件里手动报警按钮与点型点烟两种装置得分较高，因此可得出结论，在对火灾报警时手动报警按钮与点型点烟的可靠性相对较高，政府可以选取二者火灾报警。

4.2 问题二

4.2.1 模型的建立

在问题 1 的基础上，将各个大队辖区下不同类型部件的故障率与可靠性计算出来。再根据故障率与可靠性的高低给予其不同的权重，故障率低的权重高，可靠性高的权重高，借此判断是否属于误报，从而达到建立智能研判模型的目的。

表格 4 准确率评估表

部件名称	评分	评估准确率
手动报警按钮 (Manual call point)	100	0.002806
点型点烟 (Point type smoke)	91.170697	0.000173
智能光电探头 (Intelligent photoelectric probe)	90.324507	0.002996
火焰探测器 (Flame detector)	89.604018	0.000115
点型感温探测器 (Point temperature detector)	82.688471	0.001661
点型温烟 (Point type temperature smoke)	81.927831	0.000174
点型感烟探测器 (Point smoke detector)	80.774791	0.001814

故障率越低，准确率越高，代表其数据的重要性越高，误报警率越高，则代表其数据重要性越低，因此我们给故障率，准确率，误报警率分配的权重分别为：40，40，20

各大队评估准确率=40 故障率+40 准确率+20/误报警率

4.2.2 结果与分析

结合附件三测试数据以及研判模型并对其进行分析，得出预计火灾次数，经计算得出真实火灾的概率。

表格 5 各大队火灾次数预测表

部件名称 (Component name)	火警次数 (Number of fire alarms)	隶属消防机构 (Subordinate to fire service)	预计火灾次数
智能光电探头	13	G 大队 (Fire brigade G)	0.000834
点型感烟探测器	13	J 大队 (Fire brigade J)	0.001059
点型感温探测器	13	N 大队 (Fire brigade N)	0.000373
点型感烟探测器	13	H 大队 (Fire brigade H)	0.001198
手动报警按钮	13	Q 大队 (Fire brigade Q)	0.003404
点型感烟探测器	13	C 大队 (Fire brigade C)	0.001269
点型感烟探测器	13	L 大队 (Fire brigade L)	0.001092
手动报警按钮	13	D 大队 (Fire brigade D)	0.001799

点型感烟探测器	13	M 大队 (Fire brigade M)	0.000817
点型感温探测器	13	P 大队 (Fire brigade P)	0.001898
智能光电探头	13	A 大队 (Fire brigade A)	0.001895
线型光束感烟探测器	13	B 大队 (Fire brigade B)	0.089565
智能光电探头	13	E 大队 (Fire brigade E)	0.001819
点型感温探测器	13	F 大队 (Fire brigade F)	0.001675
点型感烟探测器	13	I 大队 (Fire brigade I)	0.000541

### 4.3 问题三

#### 4.3.1 解决方法

根据问题 1 所得到的各个辖区的火灾数据以及问题 2 的结果，同时筛查与比对分析各大队辖区内未安装部件类型、数量、期间发生火灾次数、部件故障率、误报警率，得出各大队辖区的风险评分，发现该市火灾报警可靠率最低的三个大队为 N 大队，M 大队，G 大队，借此进一步分析。

#### 4.3.2 结果与分析

表格 7 各大队风险评估表

大队名称	火灾次数	部件故障率	误报警率	风险评分
O 大队 (Fire brigade O)	6	0.000043	17702.54268	12.069534
E 大队 (Fire brigade E)	5	0.000053	20846.94909	12.358691
I 大队 (Fire brigade I)	8	0.000046	24901.37419	15.13478
R 大队 (Fire brigade R)	10	0.000043	10177.73049	15.317052
D 大队 (Fire brigade D)	10	0.000043	26599.03716	16.959183
F 大队 (Fire brigade F)	12	0.000043	47043.20652	21.0036
H 大队 (Fire brigade H)	9	0.000077	45903.33507	21.269221
L 大队 (Fire brigade L)	14	0.000052	23640.17653	21.538661
K 大队 (Fire brigade K)	12	0.000059	43235.61712	22.270518
B 大队 (Fire brigade B)	15	0.000051	81988.78222	28.27047
Q 大队 (Fire brigade Q)	21	0.000053	22111.48682	28.559485
A 大队 (Fire brigade A)	22	0.000052	45451.67038	31.71981

brigade A)				
J 大队 (Fire	21	0.000078	37867.46589	32.568686
brigade J)				
P 大队 (Fire	22	0.000059	71253.57363	35.072314
brigade P)				
C 大队 (Fire	30	0.000055	25416.97276	38.045035
brigade C)				
N 大队 (Fire	32	0.000043	35827.05844	39.881985
brigade N)				
M 大队 (Fire	44	0.000059	31288.24499	53.075781
brigade M)				
G 大队 (Fire	50	0.000085	621417.5789	120.657636
brigade G)				

### 4.3 问题四

该市的火灾处理系统需要根据各辖区的具体情况进行合理分配，面积较小的辖区应更加偏向探测器的可靠性，因为故障率可以通过辖区面积小带来的维修探测器方便的特点进行弥补；同样的，面积较大的辖区应更偏向于探测器的低故障率从而弥补维修不便的问题；同时部件可靠性较低，需要考虑更换可靠性更高的火灾报警部件；火灾发生频率较高的辖区需要针对报警后的火灾处理能力以及反应速度进行训练提高；零件故障率较高，需要考虑更换故障率更低的零件，同时与部件的可靠性达到平衡。

要加强系统日常维护，定期进行检查和测试，例如，每月要检查系统电源；每季度要检查探测主机、采样管网，清洁采样点，吹扫采样管网、检查监控软件、辅助模块，进行加烟测试；每年要更换过滤器。探测报警器清洗后应做响应阈值及其他功能试验，合格者方可继续使用。<sup>[1]</sup>

在高层、超高层建筑内部火灾自动报警系统设计环节中，可将消火栓的手动启动方式设置以及安装位置选取作为设计工作的重点。在建筑内部出现火灾事故的情况下，能够人工切换装置至启动状态，因此可以更好的进行预防。<sup>[2]</sup>

## 五、模型优缺点分析

层次分析法

**优点：**系统性、实用性、简洁性三大优点

对汇集全部比较信息的矩阵集，使用线性代数理论与方法加以处理。挖掘出深层次的、实质性的综合信息作为决策支持。

**缺点：**

它只能在给定的策略中选择最优的，而不能给出新的策略；

AHP 方法中所用的指标体系需要有专家系统的支持，如果给出的指标不合理则得到的结果也就不准确；

AHP 方法中进行多层比较的时候需要给出一致性比较，如果不满足一致性指标要求，则 AHP 方法就失去了作用；

AHP 方法需要求矩阵的特征值，但是在 AHP 方法中一般用的是求平均值（可以算术、几何、协调平均）的方法来求特征值，这对于一些病态矩阵是有系统误差的。<sup>[3]</sup>

## 六、参考文献及部分代码

### 6.1 参考文献

[1]刘伟,杨旭坤.高灵敏吸气式感烟火灾探测报警技术的应用研究——以风力发电机组防护为例[J].科技通报,2012,28(10):196-

[2]曾睿.火灾自动报警系统设计问题研究[J].智能城市,2021,7(14):60-61.DOI:10.19301/j.cnki.zncs.2021.14.030.

[3]刘平.谈层次分析法及其改进[J].科协论坛(下半月),2008,(04):35.

### 6.2 部分代码

```
alarm_df = pd.read_excel('附件1 报警数据集 (Attachment 1 Alarm data set).xlsx')
fault_df = pd.read_excel('附件2 故障数据集 (Attachment 2 Fault data set).xlsx')
test_df = pd.read_excel('附件3 测试数据 (Attachment 3 Test data).xlsx')

ans = 0
alarm_df['同一起火灾']=0
for i in alarm_df['项目名称 (Object name)'].unique():
    address = alarm_df[alarm_df['项目名称 (Object name)']==i]
    for j in address['回路 (Loop)'].unique():
        a = address[address['回路 (Loop)']==j]
        dic = {}
        for k in a['机号 (Machinery number)'].unique():
            b = a[a['机号 (Machinery number)']==k]
            if len(b['真实火灾次数']):
                if b['真实火灾次数'].max():
                    c=sorted(zip(b['真实火灾次数'],b['真实火灾次数']
                                ).index),key=lambda x:x[0])
                    alarm_df['同一起火灾'][c[-1][1]]=1
                    ans+=b['真实火灾次数'].max()

ans
```

```

dic = {}
for i in alarm_df_part['部件名称 (Component name)'].unique():
    a = alarm_df_part[alarm_df_part['部件名称 (Component name)']==i]
    dic[i] = a['火警次数 (Number of fire alarms)'].sum()-a['真实火灾次数'].sum()
    dic[i]=[dic[i]/18/24*1000000/a.shape[0],a.shape[0],a['真实火灾次数'].sum()/a['火警次数 (Number of fire alarms)'].sum()]
reability = pd.DataFrame(dic).T
reability.columns = ['误报警率','使用次数','火警准确率']
reability

```

```

dic = {}
all_num = fault_df_part['故障次数 (Failure number)'].sum()
for i in fault_df_part['部件名称 (Component name)'].unique():
    a = fault_df_part[fault_df_part['部件名称 (Component name)']==i]
    dic[i]=[a['故障次数 (Failure number)'].sum()/all_num/a.shape[0]]
faulty = pd.DataFrame(dic).T
faulty.columns = ['故障率']
reability['故障率']=faulty['故障率']
reability

```

```

fs_df['各大队评估准确率']=(fs_df['故障率']*30+fs_df['准确率']*30+40/fs_df['误报警率']/100
fs_df.to_excel('各大队数据表.xlsx')
fs_df

```

```

dic = {}
test_df['预计火灾次数']=0.0
for i in test_df.index:
    df1 = fs_df[fs_df['隶属消防机构 (Subordinate to fire service)']==test_df.loc[i,'隶属消防机构 (Subordinate to fire service)']]
    df1 = df1[df1['部件名称 (Component name)']==test_df.loc[i,'部件名称 (Component name)']]
    if df1.values:
        test_df['预计火灾次数'][i]=test_df['火警次数 (Number of fire alarms)'][i]*df1
    else:
        print('第%s 条输出有问题,部件名称为%i,test_df.loc[i,'隶属消防机构 (Subordinate to fire service)'])
test_df

```

```
fire = 'A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M,N,O,P,Q,R'.split(',')
dic = {}
for i in fire:
    I='%s 大队 (Fire brigade %s)'%(i,i)
    df=alarm_df_part[alarm_df_part['隶属消防机构 (Subordinate to fire
service)']==I]
    dic[I]=[(df['真实火灾次数']*df['同一起火灾']).sum()]
just_df = pd.DataFrame(dic).T
just_df.columns = ['火灾次数']
just_df

just_df['风险评分']=just_df['火灾次数']+just_df['部件故障率']*100000+just_df['误
报警率']/10000
just_df.sort_values(by='风险评分')
```