

2019 数维杯大学生数学建模竞赛论文

论文题目：基于 Borda 法的火灾等级评价及拟核聚变法的人员分配问题

队伍编号：20193761

基于 Borda 法的火灾等价评价及拟核聚变法的人员分配问题

摘 要:

本文主要针对区域的火灾预期危害进行评价,并对消防人员的分配问题做了研究探讨。火灾问题在我国时有发生,研究该类问题对社会稳定、经济发展具有重大的实际意义。

针对问题一,考虑到单一评价法对问题具有片面性的特点,本文采取了模糊 Borda 法综合评价火灾预期危害。首先,我们将初始面积、蔓延速度、风力大小、救援难度四个指标进行量化及归一化处理;进一步,分别采用 Topsis 法、综合指数法、熵权法对区域的预期危害进行了评价;最后,采用模糊 Borda 法将三种方法所得结果进行综合处理,得到 10 大火灾编号分别为 1217、802、1248、288、1927、1972、1264、328、857、872。

针对问题二,本文基于问题一所得结果,创造性地提出了模拟原子核聚变的过程,将 2033 个区域聚类为了 100 个重要防火区域。首先,我们将 2033 个区域离散化为了 2033 个质点,将问题一得到的 Borda 数视为质点的质量,然后基于原子核聚变的思想不断将质点聚类,共聚类四次,得到 100 个质点,则其视为重点防火区域。具体结果请见正文。

针对问题三,由于消防员的属性数据未知,均视为同一属性。因而在第二问求解结果基础上,我们直接根据 100 个质点的 Borda 数进行分配人员。由于在实际原子核聚变过程中存在能量损失,但考虑这一点对于模型的计算并不方便也无益处,因此我们将质点的聚类简单地视为 Borda 数的加和,从而直接按比例分配人员。即 Borda 数越大的区域分配消防人员越多。

最后本文对模型进行了评价,并给出了进一步改进发展等问题的思考与探索。

关键词: 火灾预期危害评价; 模糊 Borda 法; 拟核聚变法; 人员分配问题

§ 1 问题重述

1.1 引言

随着人类经济社会的快速发展，人类的各项活动影响了地球演进的自然规律。这使得全球极端气候频发，各类自然灾害的数量与等级均有一定的上升趋势。

众所周知“水火无情”，没有科学合理的火灾救援策略不仅会增加无辜人员伤亡，同时也会带来重大经济灾难。2019年清明节前后因北方大部分地区具有较大等级的风，春季气候普遍干燥，使得众多地区发生了一定规模的火灾。2018年美国的加州大火所造成的经济损失相当于烧掉了整个洛杉矶。这就意味着科学的火灾等级的评价及救援策略的引进是十分有必要的。



图 1:火灾示意图(图源来自网络)

1.2 要解决的具体问题

本题目以附件 2 中的数据为基础数据试解决如下几个问题：

问题 1：请你对附件 2 中的 2033 个火灾预期危害等级进行评价，并筛选出 10 大火灾编号。

问题 2：结合问题 1 中所确定的火灾等级及火灾位置，请您筛选出重点的放火位置。

问题 3：假设目前有 100000 个消防人员，请您将这些人员合理的分配到问题 2 中所筛选出的重点位置中。

§ 2 问题分析

2.1 问题的总分析

本文研究的问题是对火灾等级的评价以及快速救援措施优化问题，其实质是一个评价分类问题及人员分配问题。我们首先需要对火灾的危害等价进行评价分类，然后再筛选出重点防火位置并分配相应的消防人员。再具体求解各个问题时，应充分抓住问题之间的联系性，进行递推式建模。易见三个问题是相互串联的，因而模型之间应该能够起到相互衔接的作用，每一问的模型应基于前一问模型建立以此到达模型最优算法最优的目的。

2.2 对具体问题的分析

2.2.1 对问题一的分析

问题一需要我们对附件所给数据对 2033 个火灾预期危害等级进行评价。常见的评价方法有主成分分析法[1]、因子分析法[2]、综合指数法、TOPSIS 法[3]等等，但是单一的方法适用范围存在着局限性，尤其是对于本文所研究的问题，数据所给指标过少，以单一的评价方法容易造成很大的偏差，结果难以令人信服。

因此，我们考虑基于模糊 Borda 法的组合评价法[4]，将多种方法的评价结果进行组合，有效发挥每种方法的有点弥补单一方法的不足。在一定程度上，克服了单一方法的局限性，提高了评价的全面性、科学性和合理性。根据组合评价法，我们给出每一个区域的危害等级评分，然后据此进行排名，筛选出火灾预期危害最大的十个区域。

具体建模时，我们将依次使用 TOPSIS 法、综合指数法、熵值法对火灾预期危害进行评价，而后采用模糊 Borda 法进行组合评价。

问题一的思维导图如下：

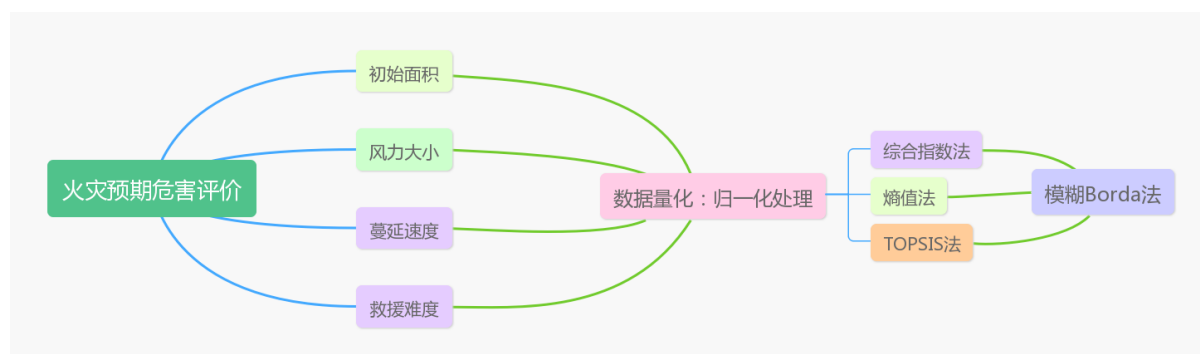


图 2:问题一的思维导图

2.2.2 对问题二的分析

问题二要求我们筛选出重要的防火地区。为此我们需要考虑各个区域的所处位置，即便是火患较小的区域我们也应考虑是否派遣消防员前去防火救火，因为有可能其所处位置较为偏僻如若周边无消防员也会造成较大的损失。

此外，对于火灾本身具有较大危害的区域我们更要重视。基于第一问我们已经得到每个区域的预期危害的表征值——Borda 数。因此在这一问的具体求解中，我们所依托的数据基础仅有两个，一为每个区域的地理位置，二为其预期危害。

为此，基于问题一的求解结果，我们根据 Borda 数的数值大小区分火灾预期等级为四类——小型火灾、一般火灾、大型火灾、特大火灾。而后考虑到火灾的空间分布情况，将 2033 个区域离散化为了 2033 个质点，并根据预期等级将质点相应分成四类，然后考虑到邻近火灾可能引发连锁反应，使得火势进一步提升，为此我们考虑设定距离阈值，在一定距离内，代表不同区域的指点进行聚合，而后不断改进距离阈值，进行逐次聚类迭代，最终筛选出 100 个重要防火地点。

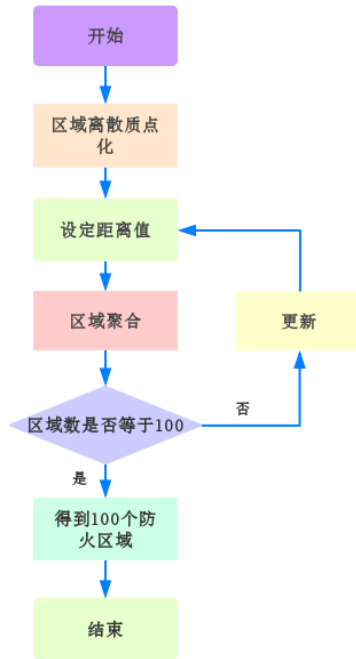


图 3: 问题二的思路流程

2.2.3 对问题三的分析

该问要求我们将 100000 名消防员分配到各个重大防火区域，显然消防员自身的数据及其行动路径数据均无法获取，因此我们假设每一个消防员的属性一样，且忽略路径所需时间。而我们所能依托的数据仅有各个重大所需防火区域的火灾预期危害指标，因此我们定量地根据各个区域的火灾预期危害的量化值来分配人员。

具体地说，我们建立在问题二的求解基础上进行人员分配，考虑到缺乏相应的数据，我们忽视消防人员到达指派地点的路径损耗时间，即假设均在第一时间到达。然后根据问题二得到的 100 个被聚类后的地点，每个地点它由原先的点组合而成，计算它的组合 Borda 数，这样我们得到每个地点的 Borda 数，然后直接根据 Borda 数的大小按比例分配各个地点消防人员的数量。

§ 3 模型假设

1. 假设附件所给数据均具有统计价值及参考意义；
2. 假设附件中的四个指标具有代表性意义，足够表征火灾的预期危害情况；
3. 假设每一个火灾区域为一个质点；
4. 假设每一位消防员均可在第一时间到达指派地点；
5. 假设每一位消防员的属性是一样的，即不存在消防员之间个人工作效率的差异性

§ 4 符号说明

表 1 符号说明及意义

序号	符号	说明
1	Z_i^+	最优向量
2	Z_i^-	最劣向量
3	D_i^+	最优距离
4	D_i^-	最劣距离
5	C_i	相似度
6	M_j	第 j 个指标的标准值
7	Z_{ij}	第 i 个区域的第 j 个指标归一化后数值
8	I_i	第 i 个区域的综合指数
9	S_i	第 i 个区域的危害评分
10	FB_i	第 i 个区域的 Borda 数

§ 5 模型的建立与求解

5.1 问题一

模型 I ——TOPSIS 评价模型

TOPSIS 法是 C. L. Hwang 和 K. Yoon 于 1981 年首次提出，是系统工程中有限方案多目标决策分析的一种常用方法。该方法的基本思想是：基于归一化后的原始数据矩阵，找出有限方案中的最优方案和最劣方案，然后分别计算诸评价对象与最优方案和最劣方案间的距离，获得各评价对象与最优方案的相对接近程度，以此作为评价优劣的依据[8-9]。

5.1.1 TOPSIS 原理

TOPSIS 法是系统工程中有限方案多目标决策分析中用到的一种决策方法，也称为逼近理想值排序法[5]。

我们将 2033 个灾区和 4 个评价指标(初始面积, 风力大小, 蔓延速度, 救援难度系数)提取构建原始数据矩阵, 从中得到指标最大值和最小值, 进而得出最优向量 Z_i^+ 和最劣向量 Z_i^- ，分别计算出评价指标与最优值的距离 D_i^+ 、与最劣值的距离 D_i^- ，最终计算出评价指标与预期危害的相似程度 C_i 值，并进行排序。

5.1.2 模型 I 建立

Step1 指标同趋势化

负相关指标统一转化为正相关指标。正相关指标是指指标值越大，目标值相应地越大。具体地说，指标值越大，火灾预期危害性越大。因此，从实际意考虑，我们所参考的四个指标——初始面积、风力大小、蔓延速度、救援难度系数均是正相关指标。

Step2 数据归一化处理

首先, 我们注意到所给数据中蔓延速度是区分为了“缓慢-慢-适中-快-特快”五个等级, 我们直接将其相地量化为“1-2-3-4-5”。然后我们考虑到四个指标均是正相关指标, 我们采取如下的公式进行归一化处理:

$$Z_{ij} = \frac{\max_{1 \leq i \leq n} x_i(j) - x_i(j)}{\max_{1 \leq i \leq n} x_i(j) - \min_{1 \leq i \leq n} x_i(j)} \quad (1.1)$$

其中*i, j* 分别表示区域的次序及指标的次序，即有 $1 \leq i \leq 2033, 1 \leq j \leq 4, i, j \in \mathbb{Z}^+$

Step3 计算评价指标与最优值的距离和最劣值距离

最优距离与最劣距离计算公式分别如下：

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (Z_{ij} - Z_j^+)^2}$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (Z_{ij} - Z_j^-)^2} \quad (1.2)$$

Step4 计算相关度

C_i 值计算公式如下：

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (i = 1, 2, \dots, 2033) \quad (1.3)$$

通过其定义式(1.3)我们容易看出*C_i* 值介于 0-1 之间，*C_i* 值越接近于 1 说明火灾预期危害等级越高。

5.1.3 模型 I 计算

基于 MATLAB 环境我们计算得出在 Topsis 法下的 2033 个地区的风险评估得分，考虑数据量过大，我们在此仅展示其中风险评估得分最大的 20 个地区。全部的数据结果我们放置于支撑材料——附件 1 中。

表 2:Topsis 法计算得出风险评估得分最大的 20 个地区

地区序号	<i>D_i⁺</i>	<i>D_i⁻</i>	<i>C_i</i>
1217	0.175574906	1.881746871	0.91465851
1927	0.191164491	1.845394557	0.906133588
802	0.224991737	1.880369728	0.893133915
288	0.226056711	1.877162075	0.89251869
1248	0.248107485	1.888211417	0.88386215
328	0.291982588	1.77735503	0.858900459
1972	0.335408076	1.836119411	0.845542791
1264	0.337248003	1.828824212	0.844304358
1455	0.319838726	1.710706145	0.842486256
1005	0.343014474	1.738163306	0.835182521
872	0.362779549	1.751287199	0.828397306
857	0.377977519	1.754003112	0.822710622
907	0.379972208	1.744008928	0.821103775
1252	0.386062903	1.748811	0.819163604
608	0.379977285	1.70140028	0.817439521
1667	0.395252104	1.748727363	0.815645574
555	0.408071755	1.74286091	0.810281483
266	0.395754841	1.684935488	0.809796376
1533	0.40931605	1.684162636	0.804480431
360	0.42086631	1.700543283	0.801610066

模型 II——综合指数法评估模型

综合指数法是以评价指标的实际值和参照值为基础，计算二者的比值，即将指标指数化，使不同类型的指标同趋势化的一种质量评价方法，以指标值的综合值为评价标准[6]。其中的参考值可以为平均值、标准值、计划值、目标值，本研究以指标的标准值作为参考值。

5.1.4 模型 II 建立

Step1 数据的归一化处理

同模型 I 中 5.1.2 的归一化处理一样，在此略过。

Step2 指标指数化处理

将每个指标的数值进行指数化处理，公式如下：

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij}}{M_j} \quad (1.4)$$

其中， x_{ij} 表第 i 个地区第 j 个指标归一化后的数值， M_j 表示第 j 个指标的标准差；

Step3 计算综合指数

每个地区的火灾预期危害综合指数计算公式如下：

$$I_i = \sum_{j=1}^n Z_{ij} \quad (1.5)$$

容易看出每一个标准差的倒数其实是每一个指标的权，综合指数是各个指标值的加权求和。

5.1.5 模型 II 计算

基于 MATLAB 环境我们计算得出在综合指数法下的 2033 个地区的风险评估得分，考虑数据量过大，我们在此仅展示其中风险评估得分最大的 20 个地区。全部的数据结果我们放置于支撑材料——附件 2 中。

表 3:综合指数法计算得出风险评估得分最大的 20 个地区

地区序号	初始面积指数	风力大小指数	蔓延速度指数	救援难度指数	综合指数
1217	0.068446273	0.058601574	0.063488181	0.071045958	0.261581986
802	0.073544109	0.068368503	0.063488181	0.055257967	0.26065876
1248	0.057314344	0.068368503	0.063488181	0.071045958	0.260216985
288	0.073066425	0.068368503	0.063488181	0.055257967	0.260181077
1927	0.071534018	0.058601574	0.063488181	0.063151962	0.256775735
1972	0.073387428	0.068368503	0.063488181	0.047363972	0.252608084
1264	0.07232124	0.068368503	0.063488181	0.047363972	0.251541895
328	0.068450095	0.068368503	0.047616136	0.063151962	0.247586696
907	0.075030659	0.048834645	0.047616136	0.071045958	0.242527397
872	0.074369545	0.048834645	0.063488181	0.055257967	0.241950338
1005	0.070433435	0.068368503	0.047616136	0.055257967	0.241676042
857	0.057364023	0.048834645	0.063488181	0.071045958	0.240732806
1252	0.056435406	0.048834645	0.063488181	0.071045958	0.23980419
1455	0.069829644	0.058601574	0.047616136	0.063151962	0.239199316
1780	0.075378412	0.068368503	0.063488181	0.031575981	0.238811077

1667	0.051310821	0.068368503	0.063488181	0.055257967	0.238425472
1673	0.074744049	0.068368503	0.03174409	0.063151962	0.238008605
123	0.073933898	0.029300787	0.063488181	0.071045958	0.237768824
555	0.050137631	0.068368503	0.063488181	0.055257967	0.237252282
339	0.065259171	0.068368503	0.03174409	0.071045958	0.236417722

模型 III——熵值法评价模型

下面我们采用熵值法计算区域火灾预期危害评价体系中的各项指标权重。该方法是多指标综合评价区域的有效方法，具有较强的科学性和有效性[7]。熵权法的基本思路是根据指标变异性的的大小来确定客观权重，一般来说若某个指标的信息熵越小，表明指标值变异程度越大，提供信息量越多，在综合评价中所能起到的作用也越大，其权重也越大。相反某个指标的信息熵越大，表明指标变异程度越小，提供信息量也越少，在综合评价中起到的作用也越小其权重也就越小。

5.1.6 模型 III 建立

Step1 指标归一化处理

与 5.1.2 同，在此略过

Step2 计算各指标的信息熵

第 j 个指标的信息熵为

$$E_j = -(\log n)^{-1} \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln p_{ij} \quad (1.6)$$

其中

$$p_{ij} = \frac{Z_{ij}}{\sum_{i=1}^n Z_{ij}} \quad (1.7)$$

如果 $p_{ij} = 0$ ，定义 $\lim_{p_{ij} \rightarrow 0} p_{ij} \ln p_{ij} = 0$

Step3 确定各指标权重

根据信息熵的计算公式(1.6)和(1.7)计算出各个指标的信息熵 E_1, E_2, E_3, E_4 。通过信息熵计算出各个指标的权重

$$w_i = \frac{1 - E_i}{4 - \sum E_i} \quad (i = 1, 2, 3, 4) \quad (1.8)$$

Step4 计算各区域的火灾预期危害评分

第 i 个区域的火灾预期危害评分为

$$S_i = \sum_{j=1}^4 w_j Z_{ij} \quad (1.9)$$

5.1.7 模型 III 计算

基于 MATLAB 环境我们计算得出在熵权法下的 2033 个地区的风险评估得分，考虑数据量过大，我们在此仅展示其中风险评估得分最大的 20 个地区。全部的数据结果我们放置于支撑材料——附件

3 中。

表 4: 熵权法计算得出风险评估得分最大的 20 个区域

区域序号	危害评分	区域序号	危害评分
1248	0.954016164	555	0.881730274
1217	0.947022896	872	0.872528883
802	0.938640962	328	0.871303212
288	0.93747952	1665	0.869427125
1927	0.927112273	862	0.86319365
1972	0.910841821	990	0.86231518
1264	0.908249481	1780	0.860846338
857	0.886017901	123	0.85818697
1667	0.884582777	1698	0.857650827
1252	0.883760057	599	0.856260359

模型 IV——基于模糊 Borda 法的综合评价模型

针对单一评价方法用于复杂系统评价存在的不足, 本文采用一种新的更有效的系统评价方法综合评价模型。综合评价模型通过组合多个单一模型的评价结果, 能够有效地发挥单一方法的优点, 弥补单一方法的不足, 提高评价的全面性、科学性和合理性。在此我们将基于模糊 Borda 法将之前建立的三个模型得到的结果综合起来, 构建综合评价模型。

5.1.8 模型 IV 建立

Step1 计算隶属度

$$u_{ij} = \frac{s_{ij} - \min_j \{s_{ij}\}}{\max_j \{s_{ij}\} - \min_j \{s_{ij}\}} \times 0.9 + 0.1 \quad (1.10)$$

其中 s_{ij} 表示第 i 个区域在第 j 种评价方法下的得分。该公式的本质是简单的归一化, 考虑到在运算过程中趋向于 0 的值可能导致相乘结果接近于 0 我们做了一个平移归一化, 以 0.1 为最低值, 这样就避免了数值运算可能产生的误差传播。

Step2 计算模糊频数

$$P_{hi} = \sum_{j=1}^3 \delta_{hi} u_{ij} \quad h = 1, 2, \dots, 2033 \quad (1.11)$$

$$\delta_{hi} = \begin{cases} 1 & \text{区域 } i \text{ 排在第 } h \text{ 位} \\ 0 & \text{否则} \end{cases}$$

Step3 计算模糊频率

$$w_{hi} = p_{hi} / \sum_h p_{hi} \quad (1.12)$$

Step4 将排序转化为得分

$$Q_{hi} = \frac{1}{2} (n^* - h) (n^* - h + 1) \quad (1.13)$$

Q_{hi} 为区域 i 在 h 位的得分, 这里的 $n^* = 2033$ 即区域的个数。

Step5 计算区域的模糊 Borda 数

$$FB_i = \sum_h w_{hi} Q_{hi} \quad (1.14)$$

5.1.9 模型 IV 计算结果

基于 MATLAB 环境我们计算得出每个区域的模糊 Borda 数，该数值越大说明预期危害越高，具体结果我们放于支撑材料——附件 4. 预期危害最大的十个区域分别为 1217、802、1248、288、1927、1972、1264、328、857、872。

5.2 问题二

模型 V—拟核聚变仿真模型

该模型充分考虑实际情况中不同火灾区域因蔓延情况而产生连锁的火势等复杂情况，因此我们考虑将 2033 个区域先抽象为质点，我们视每个质点为一个原子核，Borda 数为其质量，根据不同原子核之间的欧氏距离，仿真核聚变的动态过程，进行质点聚类。然后不停地更新原子核的质量和距离，再进行迭代聚类，直至得到 100 个点为止，则这 100 个即为重点防火区域。

5.2.1 模型 V 建立

Step1 区域质点离散化

我们先将 2033 个区域根据他们的 Borda 数分成四个类别，并将它们的离散点图绘制出来，对应区间及颜色如下

表 5:火灾预期危害等级分划

	较小火患	一般火患	较大火患	特大火患
BORDA 数	1-681752.5	681752-1363503	1363503-2045253	2045253-2727004
颜色	蓝	黄	绿	红

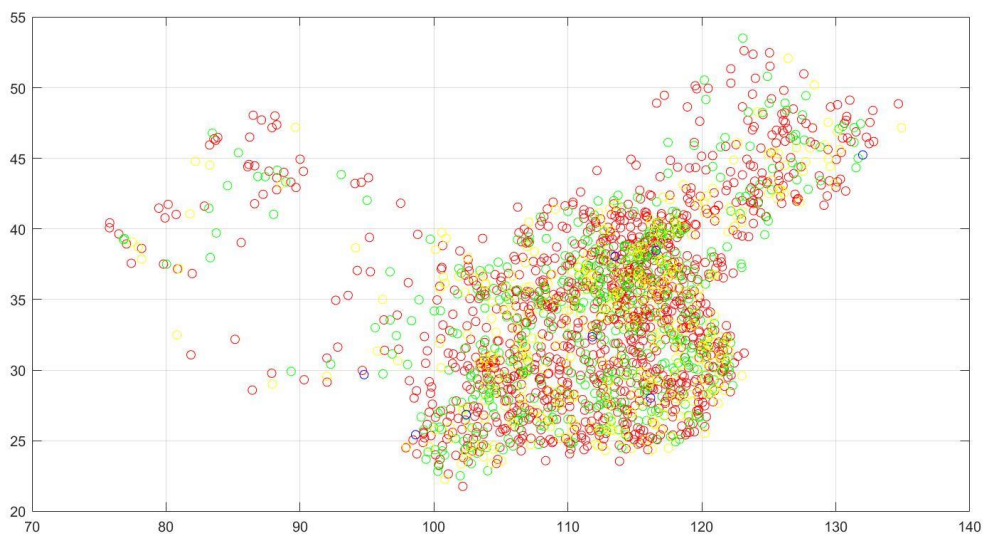


图 4:2033 个区域的初始分布图

Step2 拟核聚变

我们将每个质点视为原子核，每个质点对应的 Borda 数视为原子核的质量，根据原子核聚变原理，仿真模拟原子核聚变的动态过程，我们假设在仿真模型中，原子核聚变不存在能量损失，即经聚变后的原子核质量等于聚变前的原子核质量之和。下面是连续四次聚变得到 100 个点，其中第四次聚变我们人为地控制了原子核聚变，降低了聚变条件以达到恰好聚变结果为 100 个点。具体聚变过程图示如下：

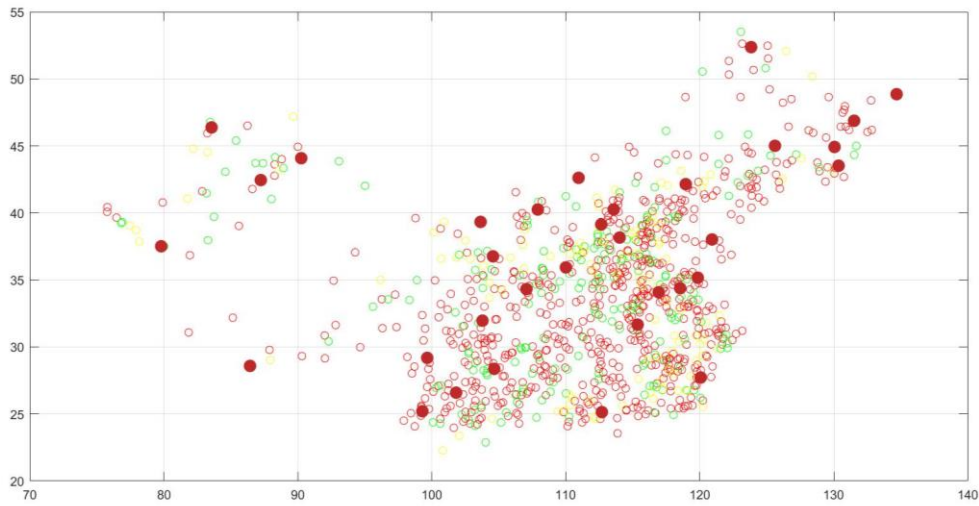


图 5:第一次拟核聚变结果

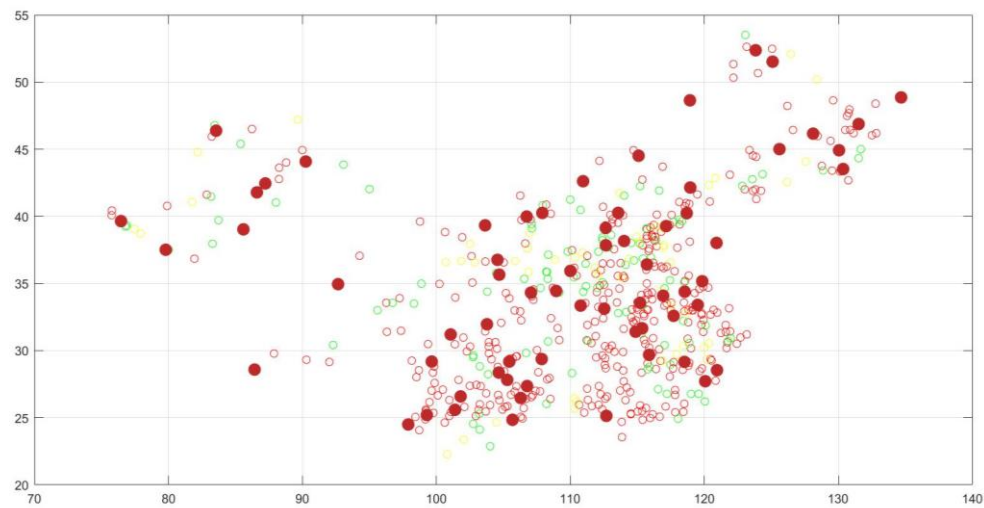


图 6:第二次拟核聚变结果

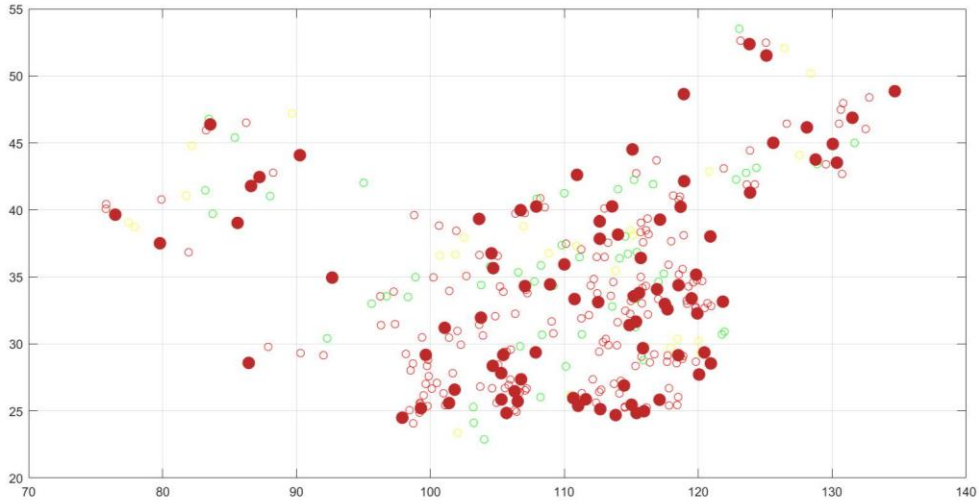


图 7:第三次拟核聚变结果

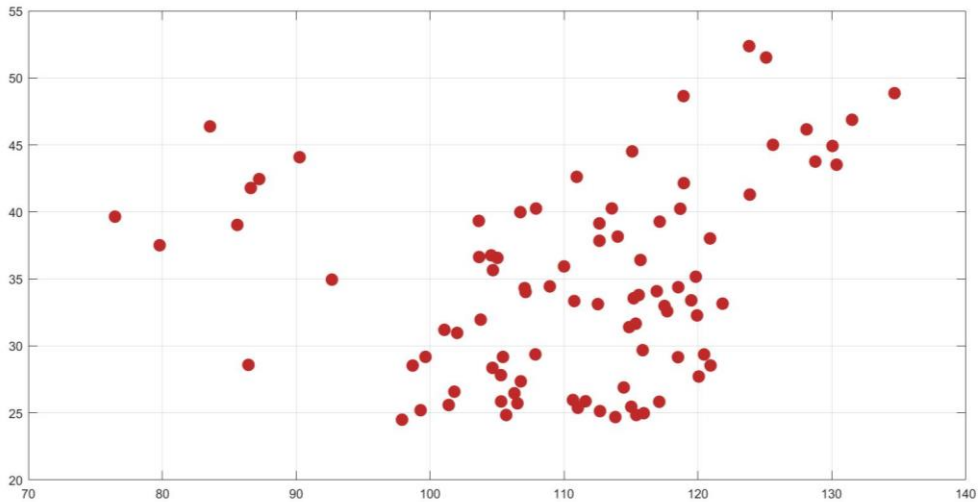


图 8:第四次拟核聚变结果

最终我们得出 100 个重点防火位置，具体的经纬位置我们将一并在 5.3 问题三中给出。

5.3 问题三

模型 VI——消防人员分配模型

在问题 2 中，我们基于原子核聚变仿真算法得出了 100 个重点防火位置及它们的质量(即 Borda 数)，考虑到消防人员本身的属性数据不明，我们视他们的属性一致，即个体不存在差异，在消防工作中的机动性一样。

为此我们根据 100 个重点防火位置的 Borda 数按比例分配 100000 个消防员，并在此给出问题二中未给出的 100 个重点防火位置的经纬位置，结果如下：

重点防火序列号	经度	纬度	Borda 数	人员分配
1	123.8157176	52.3699455	212387	869
2	134.6702929	48.85684696	164635	674
3	131.498639	46.87432974	37262.33333	153
4	83.56805104	46.37769172	41415	170
5	90.25490714	44.0824841	463450	1897
6	79.80843599	37.51133088	395709.3333	1620
7	103.6340116	39.32969971	85666	351
8	104.5597046	36.7603144	640813	2623
9	110.9441605	42.61554282	227764	932
10	113.5635875	40.26002252	25600.33333	105
11	107.9042783	40.25097026	81890	335
12	112.6353708	39.14073552	211517	866
13	114.0044848	38.16086045	13630	56
14	125.5941534	45.00691767	457699.3333	1874
15	130.3425029	43.52290431	261369.3333	1070
16	118.9404849	42.14472624	433986.3333	1777
17	86.43720204	28.58529434	188877	773
18	99.65361853	29.18300825	302067.3333	1237
19	104.6539282	28.36190295	25502.33333	104
20	101.8089048	26.58631392	90037.66667	369
21	118.5232135	34.3823309	40336.33333	165
22	116.9179023	34.08338488	46000	188
23	120.0557125	27.71983332	532738.3333	2181
24	112.6799971	25.13674966	382359.3333	1565
25	119.8348259	35.16423862	40680.33333	167
26	115.3511889	31.6593846	634850.3333	2599
27	107.0564965	34.31494534	522322.5	2138
28	99.28996487	25.20287182	32452.33333	133
29	103.7735755	31.96021839	346974.6667	1420
30	120.8987697	38.01897532	20673	85
31	118.9404849	42.14472624	433986.3333	1777
32	130.0382358	44.92008067	57637.66667	236
33	109.9970818	35.9336792	178359	730
34	107.9042783	40.25097026	81890	335
35	87.23896612	42.44901214	104980.3333	430
36	125.0814024	51.51955001	657439.3333	2691
37	118.9149724	48.64037866	114277	468
38	128.1039394	46.15846334	24109	99
39	86.61026266	41.78432388	637404	2609
40	76.47281543	39.64594245	185489.3333	759
41	85.60466688	39.0294568	143275	587
42	104.6893687	35.65603535	564869.6667	2313

43	115.0832096	44.51548345	19484.66667	80
44	106.7364257	39.98218059	632439.6667	2589
45	112.6428374	37.84666823	480988.3333	1969
46	118.6753953	40.23374228	66911	274
47	117.1390836	39.27163328	305577	1251
48	115.7047496	36.41256238	213540.3333	874
49	86.43720204	28.58529434	188877	773
50	92.6674003	34.94753002	452195	1851
51	101.0667943	31.20042235	280772.6667	1149
52	105.436955	29.17917625	15396.33333	63
53	99.65361853	29.18300825	302067.3333	1237
54	105.2873996	27.81836646	339036.3333	1388
55	101.3884963	25.5917901	45463	186
56	97.90060577	24.49649365	373115.3333	1528
57	108.9350029	34.44376614	23562.66667	96
58	110.7603759	33.34864835	73000	299
59	112.5245993	33.12018478	25497	104
60	114.8608646	31.40451278	84480.33333	346
61	107.8577604	29.36929618	612677.3333	2508
62	106.2909772	26.46975374	21800	89
63	106.7674484	27.3574166	52014	213
64	115.1937924	33.55456638	13760	56
65	117.6978276	32.58771693	29951	123
66	119.4950036	33.40115315	32390.33333	133
67	115.8686039	29.68324298	129729.3333	531
68	118.5052613	29.15870641	569706.3333	2332
69	120.9338146	28.54262723	503357.6667	2061
70	105.6786436	24.8453958	374707	1534
71	111.0279971	25.38087092	76050.33333	311
72	115.0149373	25.46192151	69432.33333	284
73	113.8275446	24.69225176	166059.3333	680
74	115.9494864	24.97907415	584981.3333	2395
75	128.7562621	43.75522032	663309.3333	2716
76	123.8633569	41.29020517	16484.33333	67
77	114.4549627	26.89952761	347608	1423
78	106.5160231	25.71829278	566561	2319
79	111.601064	25.87059414	36750.33333	150
80	115.5736066	33.79708819	109430.6667	448
81	119.9265263	32.27759735	139514	571
82	121.8338071	33.15329565	669068.3333	2739
83	120.4525094	29.36357969	173260.6667	709
84	117.1041525	25.83489339	34426.33333	141
85	115.3889054	24.84565998	38699.33333	158

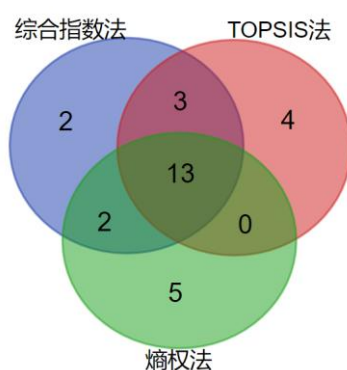
86	117.4998702	32.98372262	62815	257
87	119.8348259	35.16423862	40680.33333	167
88	110.6621236	25.96466839	463845.3333	1899
89	105.3024178	25.85709242	389210	1593
90	106.7674484	27.3574166	52014	213
91	104.5597046	36.7603144	640813	2623
92	103.6592803	36.63413814	606164	2482
93	102.0149663	30.97169618	91672	375
94	101.0667943	31.20042235	280772.6667	1149
95	107.1257715	34.0265245	246677.3333	1010
96	105.0235905	36.5674138	18504.33333	76
97	104.6893687	35.65603535	564869.6667	2313
98	92.6674003	34.94753002	502195	2056
99	98.6963738	28.53606142	178897.3333	732
100	86.43720204	28.58529434	188877	773

§ 6 模型的评价与推广

6.1 模型的评价

6.1.1 优点

- 用 TOPSIS 法进行评价时，如某个指标的离散程度较大，结果容易受异常值的影响，且只能对每个评价对象的优劣进行排序，不能分档管理，灵敏度不高。而综合指数法的指标转化，以标准差作为衡量值，容易造成误差，影响评价结果的准确性。熵值法又人为定性了信息含量。下面是三种评价方法各自得到预期风险最大的 20 个区域的交集



我们可以看出他们有一定的交集，但是依然有着差异，这便是由它们各自的特点导致的。因此，本文采取的 Borda 法将三种方法相结合，弥补单一方法的局限性，使评价结果更加全面准确

- 拟核聚变仿真模拟的方法巧妙地利用了先前工作的成果并为后续问题的解决做了良好的铺垫

-
- 注重问题的衔接性，模型之间具有递进性。同时充分利用了题目所给的数据，忽视了不必要的影响因素。

6.1.2 缺点

- 由于可依托的数据过少，本文建立的模型距实际应用仍然有不小的距离；
- 本文对于各项指标的实际意义缺乏重视因而导致模型的结果势必与理想值有一定偏差；
- 在原子核仿真模型中聚合的结果是粗糙的，所得到的 100 个重点防火位置只是粗糙值而不是近似值；
- MATLAB 在计算过程中有截断误差，但是由于算法本身的特点并未造成误差传播。

6.1.3 模型的推广

本文在问题一中构建了一个主要的评价方法模糊 Broda 法，以及三个次要评价方法——Topsis 法、综合指数法、熵值加权法。构建的这一套评价体系可以运用到其他的评估问题中，只需要修改对应的参数，引入新的指标即可。

§ 7 模型的进一步改进

考虑到本文所依托的数据过少，所得出的结果势必与实际情况吻合度不高，因此我们考虑在数据充足，算法可实现的情况下，可对模型进行如下的改进：

选取火灾预期危害的多个指标，进行动态仿真模拟，基于神经网络训练，预测各个地区的火势增长情况。然后考虑消防员对火势的遏制作用，输入消防员的属性参数，修正火势蔓延的预测模型，设立时间阈值，在期望时间范围内，合理分配人员

§ 8 参考文献

- [1] 欧俊豪, 马逢时, 姬孟祥, 城市综合经济实力的主成份分析[J]. 数理统计与管理, 1999, 18(3):13-18
- [2] 刘馨, 王虹. 利用因子分析法评价四川省各城市综合经济实力[J]. 经济体制改革, 2002(4):128-131
- [3] 梅艳, 徐梦洁, 孙雁等. 江苏省 13 城市综合经济实力评价[J]. 华中工业大学学报: 社会科学版, 2005(3):47-50.
- [4] 郭显光, 一种新的综合评价方法——组合评价法[J]. 统计研究, 1995(5):56-59.
- [5] 吴爱霞. TOPSIS 法对医院医疗质量管理的综合评价[J]. 中国卫生统计, 2019, 27(6):619-620
- [6] 汪强祥, 毛坤剑. 基于 TOPSIS 和综合指数法的某医院综合效益评价研究[J]. 中国病案, 2016, 17
- [7] 郑峰, 王巧芝, 高学辉等. Matlab 与熵值法在综合评价中的应用[C]//National Vocational Education of Communications and Information Technology Conference. 北京: 中国通信学会青年工作委员会, 2010.