



## “华为杯”第十五届中国研究生 数学建模竞赛

学 校 江西理工大学

---

参赛队号 18104070001

---

1.王翔宇

---

队员姓名 2.王好歆

---

3.汪宁

---

# “华为杯”第十五届中国研究生 数学建模竞赛

题 目 对恐怖袭击事件记录数据的量化分析

## 摘 要:

恐怖主义是人类共同威胁,对恐怖袭击事件相关数据的深入分析有助于加深人们对恐怖主义的认识,为反恐防恐提供有价值的信息支持。

针对任务一要求建立基于数据分析的量化分级模型。本文在查找、阅读相关文献的基础上,提出“危害指数”这一概念用来量化描述恐怖袭击事件的危害程度。首先对原始数据进行筛选、预处理,部分数据量化、分级,结合人员伤亡、经济损失、社会影响等多种因素综合作用计算出每个恐怖袭击事件的危害指数。然后根据危害指数排序所选出“十大恐怖袭击事件”,与公认的十大恐怖袭击事件几乎一致。分析该指数的分布特性并聚类得出危害级别的分级模型,最后根据量化分级模型对表 1 中事件进行分级,根据本文建立的量化分级模型得出典型事件的危害级别为(200108110012,一),(200511180002,一),(200901170021,一),(201402110015,四),(201405010071,三),(201411070002,五),(201412160041,二),(201508010015,五),(201705080012,三),结合其描述信息和新闻内容,本文给予典型事件的危害分级基本符合实际情况,具有较高的准确率、可信度和参考价值。

针对任务二要求的将可能为同一组织或个人的案件归为一类,联想到恐怖组织或个人进行恐怖袭击时带有个体特征的习惯、活动范围等,从附件 1 中提取出相应的数据并进行预处理,将处理后数据进行 K-means 聚类得出不同恐怖组织或个人的特征情况与分类标准,但是仅根据地区进行聚类范围较大,容易造成不同组织或个人被划归为一类的干扰结果。故本文再结合经纬度信息考虑,最终选取 5 位嫌疑人。根据最新新闻数据,结合了经纬度的模型对于寻找隐藏、新生的恐怖组织或个人有着较为优越的表现。对于其关于典型事件的嫌疑度,本文使用典型事件的相关数据与 5 位嫌疑人的聚类中心计算欧式距离,以其判别距离的远近来推断嫌疑度的大小。

针对任务三要求建立数学模型研究近三年分布规律、分析研判下一年全球或重点地区的反恐态势,首先绘制、分析近三年恐怖袭击事件的时空变化、蔓延特性和级别分布示意图,发现北美地区恐怖袭击事件有从东、西海岸向内陆蔓延的

趋势。考虑到危害程度较大的恐怖袭击事件大都有组织或个人宣称对其负责，故本文先根据危害指数找出较为活跃、危害指数也较高的 8 个恐怖组织，建立灰色预测模型对其下一年的理论活动范围、主要袭击目标、制造袭击次数等数据进行预测，最终得出下一年重点地区的恐怖袭击主要针对的是政治目标，所以政府相关人员需要采取积极的应对措施来尽可能避免恐怖袭击的发生。

针对任务四要求挖掘附件 1 的其他作用，考虑到前三问都在试图从源头上减少甚至遏制恐怖袭击，但对于恐怖袭击频发区，这一目标并不现实。故本文从削弱恐怖袭击造成的后果入手，以恐怖袭击导致的烧伤患者为切入点，重点分析这类受害者的分布、数量，并使用曲线拟合对其未来 5 年的情况进行预测，根据残差图、未来走势和当地政治、经济态势综合分析，认为拟合效果较好。从预测结果发现未来几年阿富汗地区致烧伤类袭击导致的烧伤患者人数较多，国际人道主义组织可以考虑在医疗力量部署和物资调配上适当向阿富汗倾斜。

**关键词：**危害指数；聚类算法；灰色预测模型；模糊层次分析；曲线拟合

# 1 问题重述

## 1.1 问题背景

恐怖袭击是指极端分子或组织人为制造的、针对但不仅限于平民及民用设施的、不符合国际道义的攻击行为，它不仅具有极大的杀伤性与破坏力，能直接造成巨大的人员伤亡和财产损失，而且还给人们带来巨大的心理压力，造成社会一定程度的动荡不安，妨碍正常的工作与生活秩序，进而极大地阻碍经济的发展。恐怖主义是人类共同威胁，打击恐怖主义是每个国家应该承担的责任。对恐怖袭击事件相关数据的深入分析有助于加深人们对恐怖主义的认识，为反恐防恐提供有价值的信息支持。

恐怖袭击事件对全球的危害极大，不少学者对恐怖袭击事件进行量化分析。傅子洋等(2016)通过建立贝叶斯网络模型，对恐怖袭击事件进行预警，得到人员伤亡突出的结论，为反恐提供有效预警<sup>[1]</sup>。柴瑞瑞等(2016)采用核密度估计分析恐怖袭击事件分布的时空各具演变，并运用 VAR 模型研究恐怖袭击事件与外界因素的内在联系<sup>[2]</sup>。于恒等(2018)基于案例统计对地铁恐怖袭击事件的特征及规律进行分析<sup>[3]</sup>。对恐怖袭击记录数据的量化分析对全球都具有重要意义。

## 1.2 任务要求

### ● 任务 1 依据危害性对恐怖袭击事件分级

对灾难性事件比如地震、交通事故、气象灾害等等进行分级是社会管理中的重要工作。通常的分级一般采用主观方法，由权威组织或部门选择若干个主要指标，强制规定分级标准。但恐怖袭击事件的危害性不仅取决于人员伤亡和经济损失这两个方面，还与发生的时机、地域、针对的对象等等诸多因素有关，因而采用上述分级方法难以形成统一标准。要求依据附件 1 以及其它有关信息，借助数学建模方法建立基于数据分析的量化分级模型，将所给恐怖袭击事件按危害程度从高到低分为一至五级，并列出近二十年来危害程度最高的十大恐怖袭击事件。

### ● 任务 2 依据事件特征发现恐怖袭击事件制造者

附件 1 中有多起恐怖袭击事件尚未确定作案者。如果将可能是同一个恐怖组织或个人在不同时间、不同地点多次作案的若干案件串联起来统一组织侦查，有助于提高破案效率，有利于尽早发现新生或者隐藏的恐怖分子。要求针对在 2015、2016 年度发生的、尚未有组织或个人宣称负责的恐怖袭击事件，运用数学建模方法寻找上述可能性，即将可能是同一个恐怖组织或个人在不同时间、不同地点多次作案的若干案件归为一类，对应的未知作案组织或个人标记不同的代号，并按该组织或个人的危害性从大到小选出其中的前 5 个，记为 1 号-5 号。并填写恐怖分子关于典型事件的嫌疑度表。

### ● 任务 3 对未来反恐态势的分析

对未来反恐态势的分析评估有助于提高反恐斗争的针对性和效率。要求依据附件 1 并结合因特网上的有关信息，建立适当的数学模型，研究近三年来恐怖袭击事件发生的主要原因、时空特性、蔓延特性、级别分布等规律，进而分析研判下一年全球或某些重点地区的反恐态势，用图/表方式给出研究成果，并提出你们对反恐斗争的见解和建议。

### ● 任务 4 数据的进一步利用

通过数学建模挖掘附件 1 数据的其他作用价值，并给出模型和方法。

## 2 问题分析

任务一要求建立基于数据分析的量化分级模型，列出危害程度最高的十大恐怖事件并对给定事件分级。本文提出“危害指数”这一概念用来量化描述恐怖袭击的危害程度，该指数应由几项主要因素共同作用。先通过查阅资料、文献确定相关因素后，对其进行预处理，分别计算出相应的综合指数并通过合适的计算方法求出每个事件的危害指数，然后根据该指数排序、选出“二十年来危害程度最高的十大恐怖袭击事件”。之后对危害指数的分级应考虑到危害指数的分布特性，选取如聚类、层次分析法等方法独立或共同得出量化分级模型，最后根据建立的量化分级模型对表 1 中给出的事件进行分级。

任务二要求将可能是同一个恐怖组织或个人作案的若干案件归位一类，按其危害性从大到小选出前 5 位进行排序，并给出其关于典型事件的嫌疑度排序。联想到恐怖分子大多有着一定的个体特征等，本文首先结合相关文献，针对附件 1 中 2015、2016 年度发生的、尚未有组织或个人宣称负责的恐怖袭击事件，找出可能体现恐怖分子个体特征的因素进行选取。进而将选取出的特征因素聚类，根据结果判断出可划归为一类的恐怖组织或个人。接着分别对分类后的结果进行危害指数的计算，将计算结果排序后选取前 5 位作为嫌疑人 1-5 号。结合给定事件的特征因素数据与 5 位嫌疑人聚类得出的参数进行相似度的比较，最终得出 5 位嫌疑人关于典型事件的嫌疑度排序。

任务三要求建立数学模型研究近三年恐怖袭击事件的发生规律，并研判下一年全球或重点地区的反恐态势。首先，选取近三年数据并绘制、分析其时空变化、蔓延特性、级别分布示意图。考虑到目前危害级别较高的恐怖袭击事件大多有组织或个人宣称对其负责，故本文根据危害指数筛选出较为活跃且危害性较大的恐怖组织，根据其相应数据使用合适的模型对其的活动范围、袭击目标、大致次数进行预测，通过对结果的分析来提出对反恐斗争的见解和建议。

任务四要求使用数学建模的方法挖掘附件 1 的其他作用。考虑到前三问都从预测恐怖袭击的角度出发，试图从源头减少甚至遏制恐怖袭击。但对于战乱、动荡地区来说，这是不现实的。故本文从降低恐怖袭击造成的危害入手，针对爆炸、轰炸等恐怖袭击导致的烧伤受害者，对其分布、人数进行分析并预测，最终得出未来几年内的预测数据，以作为国际人道主义援助部署医疗力量、调配物资的决策依据，以缓解因恐怖袭击导致的医疗、物资匮乏，甚至导致进一步的动荡和混乱。

### 3 名词及符号说明及模型假设

#### 3.1 名词及符号说明

符号	含义	符号	含义
Se	社会影响得分	C1	人员伤亡的综合指数
Sc	发生的时机对社会影响的评分	Z	恐怖袭击事件的危险性程度得分
Re	地区对社会影响的得分	$X^0$	灰色预测模型的数据序列
V	附近地区对社会影响的评分	$X^1$	灰色预测模型的累加序列
Ta	攻击类型 (targetype1) 对社会影响的得分	a	灰色预测模型的发展系数
Cri	第 i 个入选标准 crit 的得分	b	灰色预测模型的灰作用量
Wi	经济损失、伤亡人数、社会影响这三个因素对恐怖袭击事件危害性的权重	$x^{(0)}(2017)$	恐怖组织 Maoists2017 上半年最大活动距离预测值
ri	恐怖袭击事件在经济损失, 伤亡人数, 社会影响这三个方面因素上的等级评分值	$x^{(0)}(2017.5)$	恐怖组织 Maoists2017 下半年最大活动距离预测值
n1	死亡总数 (nkill) 得分	$x^{(0)}(2018)$	恐怖组织 Maoists2018 上半年最大活动距离预测值
n2	受伤总数 (nwound) 得分	$x^{(0)}(2018.5)$	恐怖组织 Maoists2018 下半年最大活动距离预测值
P1	发生的地域的危害性得分	P2	针对的对象的危害性得分

#### 3.2 模型的基本假设

1. 题中所给数据全都真实有效, 且全部定义为恐怖袭击。
2. 未来几年内国际关系及政策不发生重大变动。
3. 假设题供数据中不同编号的事件相互独立。
4. 题目附件所给数据的英文及其对应中文只在正文第一次出现时同时标出, 后续不再对其进行解释, 两者可互换使用。

## 4 模型的建立与求解

### 4.1 任务一模型的建立与求解

任务一要求根据题供附件 1 建立基于数据分析的量化分级模型，且列出近二十年来危害程度最高的十大恐怖袭击事件。本文通过浏览大量相关资料，确定了通过“人员伤亡”、“经济损失”、“社会影响”三大方面对恐怖袭击危害指数进行评判的方法。通过对原始数据的量化、分级来计算恐怖袭击的危害指数，并依此选出危害程度最高的十大恐怖袭击事件。同时考虑到不同恐怖袭击危害程度的分布情况，利用模糊层次分析法和聚类算法构造分级模型，并对给定的事件进行分级。具体技术路线如图 1 所示：

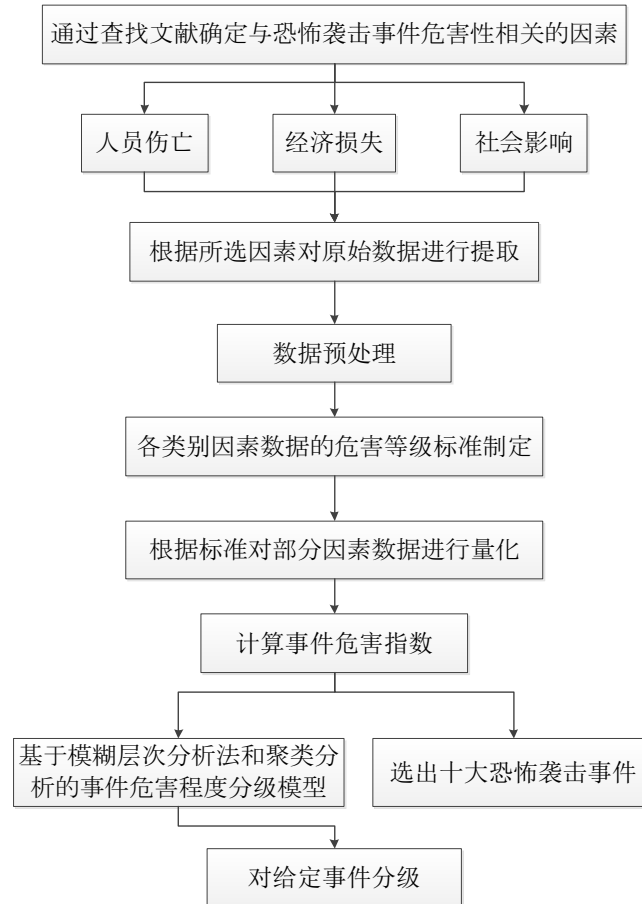


图 1 任务一技术路线图

#### 4.1.1 危害指数相关因素的选取

通过浏览相关文献，本文最终确定以“人员伤亡”、“经济损失”、“社会影响”三大方面，即恐怖袭击所造成的结果来评判恐怖袭击危害程度的方法。

本文将各子类因素中危害程度最高的评级为 5，根据这个划分标准，在多个因素累积作用后，危害程度较高的事件将具有显著的危害指数，以便于危害程度的划分、十大恐怖袭击事件的寻找等后续分析。

##### 1. 人员伤亡相关因素

人员伤亡这一指标由“死亡总数(nkill)”和“受伤总数(nwound)”这两个因素构成。

## 2. 经济损失相关因素

经济损失的评级指标主要参照题供附件 1 中指标进行评判。

## 3. 社会影响相关因素

### (1) 社会影响子类因素的选取

题中明确表示“但恐怖袭击事件的危害性不仅取决于人员伤亡和经济损失两个方面，还与发生的时机、地域、针对的对象等等诸多因素有关”。且“发生的时机、地域、针对的对象”的不同，恐怖袭击所造成的社会影响也不尽相同，故本文选取“时机”、“地域”、“针对的对象”来描述恐怖袭击的社会影响。

### (2) 社会影响子类因素与其对应的数据

#### a. 时机

恐怖袭击是恐怖分子经过一系列策划、准备所制造的恐怖性事件，故其所发生的时间应为仔细筛选过，如重大节日、政要出行等，一旦时机成熟，则恐怖袭击的成功率将大大提高，其所造成的危害也随之激增。故本文选取“成功的攻击(success)”与恐怖袭击的“时机”相对应，该因素与其他因素共同作用，很好地体现了恐怖袭击的时机是否成熟与其造成的危害的差异。

#### b. 地域

恐怖袭击发生的地域不同，其造成的社会影响也有着显著的区别。例如“11.13 巴黎恐怖袭击”与“14 年尼日利亚一所女子学校学生遭极端组织绑架”相比，后者死亡/失踪人数为前者两倍，但显然前者的社会影响更为恶劣。考虑到恐怖袭击发生在城市内部和城市周边又有着显著的差异，故本文将“附近地区(vicinity)”与“地区(region)”共同作用。

#### c. 针对的对象

本文最初选用“入选标准(crit1,2,3)”来描述针对的对象，但在进行数据预处理时发现大多恐怖袭击事件都符合三项入选标准，即较难体现恐怖袭击所针对对象的多样性。故本文研究过附件 2 后，决定添加“目标/受害者类型(targtype1)”与入选标准一起描述恐怖袭击所针对的对象。

## 4.1.2 各因素间的相关性分析

相关分析是研究变量之间密切程度的一种统计方法。本小题通过相关分析可以初步了解城各指标间关系的密切程度，并由此将关系不密切的指标剔除，从而达到减少模型维数的目的。

任意两个变量间的皮尔逊相关系数  $\rho$  可由以下公式计算得到：

$$\rho = \frac{\sum_{k=1}^n (X_{ik} - \bar{X}_i)(X_{jk} - \bar{X}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (X_{jk} - \bar{X}_j)^2 \sum_{k=1}^n (X_{jk} - \bar{X}_j)^2}}$$



其中， $\bar{X}$ 代表单个事件的均值； $X_{ik}$ 代表第 k 个变量第 i 个数据的数值； $\rho$ 为相关系数。 $X_{jk}$ 代表第 k 个变量第 j 个数据的数值。

选用上述数据中 2015-2017 年 28576 个事件数据在 SPSS 软件中进行相关分析，可得到各变量之间的相关系数值如表 1 所示。

表格 1 变量间相关性分析

		eventid	region	crit	success	targtype1	nkill	nwound	propextent
eventid	皮尔逊相关性	1	.026**	.034**	0.007	0.086**	.079**	.044**	-.078**
region	皮尔逊相关性	.026**	1	-.099**	-.015*	.018**	0.006	-.021**	-.021**
crit	皮尔逊相关性	.034**	-.099**	1	.119**	-.018**	.053**	.019**	.181**
success	皮尔逊相关性	0.007	-.015*	.119**	1	.030**	-.024**	.038**	.069**
targtype1	皮尔逊相关性	0.086**	.018**	-.018**	.030**	1	.039**	-.012*	.068**
nkill	皮尔逊相关性	.079**	0.006	.053**	-.024**	.039**	1	.360**	-.067**
nwound	皮尔逊相关性	.044**	-.021**	.019**	.038**	-.012*	.360**	1	-.014*
propextent	皮尔逊相关性	-.078**	-.021**	.181**	.069**	.068**	-.067**	-.014*	1
**. 在 0.01 级别（双尾），相关性显著。									
*. 在 0.05 级别（双尾），相关性显著。									

从表 1 中可以看出，两两变量之间几乎都在 0.01 水平上显著相关，可认为我们选取的这 10 个变量具有很强的相关性，无须剔除无关变量，可进行后续分析。具体预处理数据请见附件 1.1。

#### 4.1.3 危害指数及其相关因素的量化、计算方法

##### 1. 人员伤亡因素

##### (1) 伤亡指数的计算

考虑到死亡与受伤所造成的不同社会影响，及其其间的相关特性，故人员伤亡的综合指数方程 C1 如下：

$$C1=1*n1+0.5*n2$$

##### (2) 伤亡指数的评级划分

参照《生产安全事故报告和调查处理条例》，考虑到恐怖袭击造成伤亡数的分布特性，将伤亡人员根据伤亡指数划分为 5 个评级，具体情况如表 2 所示：

表格 2 伤亡人员等级评分表

伤亡值范围	数量	等级
200 以上	82	5
100-200	230	4
30-100	2060	3
10-30	7305	2
10 以下	83645	1

## 2. 经济损失因素

由于题供附件 1 中关于经济损失部分细节记录并不详尽,且附件 1 中损失程度 2 的划分范围过大,故本文根据附件已有的“财产损害程度(propextent)”,结合其细节记录和分布特性,将附件中损失程度为 2 的数据再次分类,细化为两类。对经济损失的评级划分方法如下:

表格 3 重大经济损失细化说明

财产损 失程度	含义		财产损 失程度	含义
2	重大的(可能大于 100 万 美元,但小于 10 亿美 元)	⇒	4	特大的(可能大于 2000 万, 但小于 10 亿美元)
			3	重大的(可能大于 100 万美 元,但小于 2000 万美元)

表格 4 本文对财产损失程度的描述

财产损失程度评分	含义
5	灾难性的(可能大于 10 亿美元)
4	特大的(可能大于 2000 万,但小于 10 亿美元)
3	重大的(可能大于 100 万美元,但小于 2000 万美元)
2	较小的(可能小于 100 万美元)
1	未知

## 3. 社会影响因素

### (1) 子类因素量化、分级标准

#### a. 时机

由于未成功的恐怖袭击也造成了一定的恶劣结果和社会影响,故本文将 success 为 1 的数据赋值为 1, success 为 0 的数据赋值为 0.5。

#### b. 地域

故本文参考相关文献、新闻,将 GTD 所划分的“12 类地区(region)”根据其和平程度再次划分评级,具体情况如下:

表格 5 恐怖袭击事件对 12 类地区的社会影响等级划分（评分）

等级评分	含义	包含地区类别
1	恐怖袭击对该地区产生的社会影响最小	6、10
2	恐怖袭击对该地区产生的社会影响较小	5、11
3	恐怖袭击对该地区产生的社会影响一般	3、8、9
4	恐怖袭击对该地区产生的社会影响较大	7、1
5	恐怖袭击对该地区产生的社会影响最大	12、2、4

考虑到恐怖袭击发生在城市内部和城市周边又有着显著的差异，故本文将“附近地区(vicinity)”与地区共同作用，本文将 vicinity 值为 1 的数据赋值为 1，为 0 的数据赋值为 0.5。则地域这一子类因素的综合指数计算方式如下：

$$P1 = Re * V$$

#### c. 针对的对象

本文根据 GTD 划分好的 22 类目标/受害者类型（targtype1），分别从犯罪心理角度、造成社会影响情况、恐怖袭击实施的难易程度等方面对这 22 类进行研判、分类，最终提出如下分类方案（具体原因请见附件 1.2）：

表格 6 恐怖袭击事件目标/受害者类型划分

目标类型	目标/受害者类型(targtype1 中)
政治（包括军用设施）	2、3、4、7、12、17、22
民用设施	1、6、9、11、16、19、21
针对对象	8、10、14、18
宗教相关	5、15
其他	13、20

故针对的对象这一子类因素的综合指数计算方式如下：

$$P2 = Ta * Cr1 + Ta * Cr2 + Ta * Cr3$$

#### (2) 社会影响因素计算方法

综上所述，考虑发生的时机、地域、针对的对象三个子类因素共同作用，据此计算恐怖袭击事件的社会影响危害性。由于发生的地区和针对的对象之间存在相互作用，故引入交叉项表述地区和对象之间的作用关系，时机则作为一个成功与否的评判系数，最终“社会影响”这一因素的综合指数计算方法如下：

$$Se = Sc * \left( V * Re + Ta * \sum_{i=1}^3 cri + V * \sum_{i=1}^3 cri * Re * Ta \right)$$

#### 4. 危害指数计算方法

综合“人员伤亡”、“经济损失”、“社会影响”三个因素进行考虑，结合各因素间的相关性，初步确立恐怖袭击的危害指数计算方法：

$$Z = W1 * r1 + W2 * r2 + W3 * r3$$

其中， $Z$  为恐怖袭击事件的危险性程度得分；

$W1, W2, W3$  分别代表经济损失、伤亡人数、社会影响这三个因素对恐怖袭击事件危害性的权重；

$r1, r2, r3$  分别代表恐怖袭击事件在经济损失，伤亡人数，社会影响这三个方面因素上的等级评分值。

#### 4.1.4 基于模糊层次分析法和聚类分析法的分级模型

##### 1. 模糊层次分析法对事件危害程度等级进行综合打分

模糊层次分析法是层次分析法与模糊集的结合，其相对于层次分析法的最大优点在于其判断矩阵的模糊性，比层次分析法省去了一致性判断的麻烦。因此本文考虑采用模糊层次分析法，对恐怖袭击事件的危害程度进行等级评价排序。步骤如下：

Step1. 对各因素进行两两比较，构造模糊判断矩阵。

模糊判断矩阵是采用模糊标度通过专家打分得到判断矩阵。所谓判断矩阵，是指针对上一层某指标，对本层指标体系中各个指标进行两两比较，根据选取的标度值得出的相应的判断值所构成的一个矩阵。为了更准确的应用专家给出的意见，我们采用模糊层次分析法，即先用三角模糊数来表示两两要素间的相对重要性，然后计算各决策准则的模糊权重<sup>[4]</sup>。

模糊集合  $A=(c,a,b)$  是三角模糊数，它的隶属函数为  $U_A(x)$ :

$$U_{A(x)} = \begin{cases} \frac{x-c}{a-c} & c \leq x \leq a \\ \frac{x-b}{a-b} & a \leq x \leq b \\ 0 & \text{otherwise, } 0 \leq c \leq a \leq b \end{cases}$$

先对每一位专家提问，获得每位专家对于指标中两两对比的模糊三角数： $A_{ij}^{(k)} = (c_{ij}^{(k)}, a_{ij}^{(k)}, b_{ij}^{(k)})$ ；其中  $c_{ij}^{(k)}$  表示专家  $k$  对于两个指标  $i$  与  $j$  相对重要程度的悲观评估， $a_{ij}^{(k)}$  表示专家  $k$  对于两个指标  $i$  与  $j$  相对重要程度的平均评估， $b_{ij}^{(k)}$  表示专家  $k$  对于两个指标  $i$  与  $j$  相对重要程度的乐观评估。如对上层某元素  $A$ ，本层的各元素  $a_1, a_2, \dots, a_n$  进行两两比较，比较结果如下表 7 所示。

表格 7 某层指标两两对比结果

$A$	$a1$	$a2$	...	$an$
$a1$	$a11$	$a12$	...	$a1n$
$a2$	$a21$	$a22$	$\vdots$	$a2n$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$an$	$an1$	$an2$	...	$ann$

将上表用矩阵表示，即为关于元素  $A$  的各个指标的模糊判断矩阵

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

通过判断标准对指标进行标度，常用的一种是 0.1-0.9 标度，对于指标 i 与指标 j，其判断值 $a_{ij}$ 具体的判断标准见下表 8。

表格 8 某层指标两两对比结果

$a_{ij}$	含义
0.1	元素 j 极端重要于元素 i
0.1	元素 j 强烈重要于元素 i
0.3	元素 j 明显重要于元素 i
0.4	元素 j 稍微重要于元素 i
0.5	元素 i 与元素 j 同等重要
0.6	元素 i 稍微重要于元素 j
0.7	元素 i 明显重要于元素 j
0.8	元素 i 强烈重要于元素 j
0.9	元素 i 极端重要于元素 j

#### Step2. 各元素权重及单因素评价值的确定

计算各元素的权重，此时便可邀请专家根据指标对各元素的危害性程度进行打分，将每个指标的得分与对应的优先权重相乘，再将乘积相加便得到每个事件的综合得分。

根据上述模糊层次分析法的定义，对不同时间的恐怖袭击事件数据进行计算。首先通过专家打分构造判断矩阵表示两两要素间的相对重要性，得到的判断矩阵如下表 9。

表格 9 恐怖袭击事件危害性因素判断矩阵

事件危险因素	经济损失 A1	伤亡人数 A2	社会影响 A3
经济损失 A1	1	0.5	1
伤亡人数 A2	2	1	3
社会影响 A3	1	1/3	1

将上表用矩阵形式表示，即为恐怖袭击时间危害性因素的模糊判断矩阵 A：

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0.5 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \\ 1 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

计算每个因素的权重。首先将表 5 中经济损失每一行求和得 H1, H2, H3, H4；计算权重 $W_i = H_i / (H_1 + H_2 + H_3 + H_4)$ ，如表 10 所示。

表格 10 各因素对恐怖袭击事件的相对重要权重

事件危险因素	经济损失 A1	伤亡人数 A2	社会影响 A3	Wi
经济损失 A1	1	0.5	1	0.2402
伤亡人数 A2	2	1	3	0.5499
社会影响 A3	1	0.3333	1	0.2098

相应的层次分析图及其权重分布如下图 2 所示。

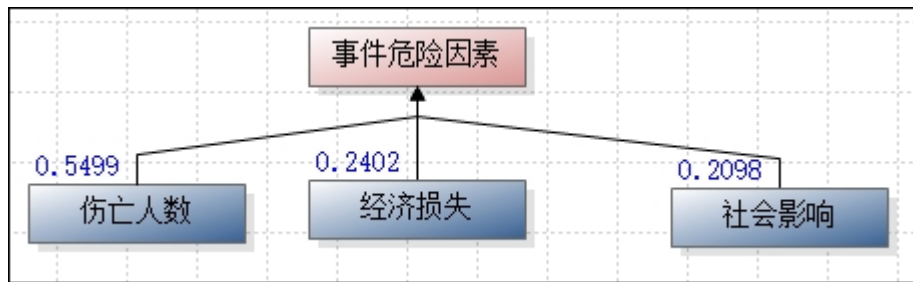


图 2 恐怖袭击事件危害因素层次分析图

使用线性加权法对恐怖袭击事件危害性因素进行综合打分：

$$Z = 0.5499r_1 + 0.2402r_2 + 0.2098r_3$$

其中，Z 为恐怖袭击事件的危险性程度得分  $r_1, r_2, r_3$  分别代表恐怖袭击事件在经济损失，伤亡人数，社会影响这三个方面因素上的等级值。

## 2. 聚类分析法对恐怖袭击事件进行危险程度分类

聚类分析又称群分析，是对多个样本（或指标）进行定量分类的一种多元统计分析方法。聚类分析的目标是分组数据使得组内的对象是相似的（相关的），不同组是不同的（不相关的）。本问采用 K-means 聚类分析法，以事件得分的距离为参考，将得分相近的事件作为一个新事件，通过计算新事件与剩余事件的得分距离继续将事件聚类，直到所有事件聚类为一个事件时结束。此时可根据分级需要将事件按需分级。其算法步骤如下图 3 所示：

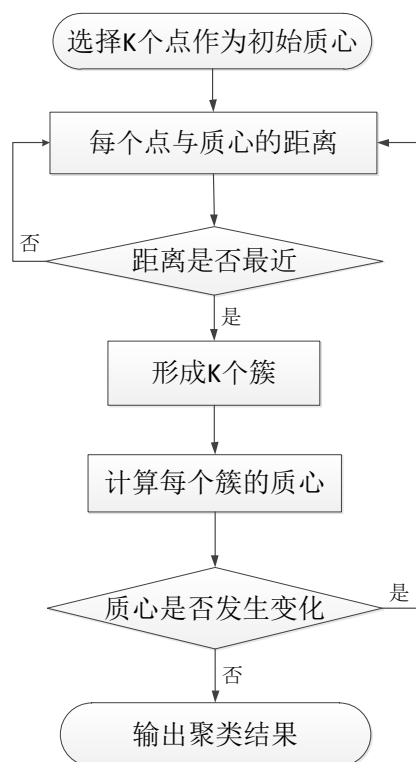


图 3 K-means 聚类分析算法步骤流程图

其目标函数为：

$$SSE = \sum_{i=1}^K \sum_{x \in C_i} dist(c_i, x)^2, c_i = \frac{1}{m_i} \sum_{x \in C_i} x$$

根据上述定义，运用 SPSS 软件对危害因素进行 K-means 聚类分析，其操作为“分析—相关—距离”，选择最终的聚类类别为 5，其聚类结果整理如下表 11、表 12 所示。

表 11 聚类结果及其恐怖袭击事件危害性等级划分

类别	个案数	最终聚类中心	危害级别
1	136	3.37	一
2	21611	1.53	四
3	544	2.65	二
4	3057	2.12	三
5	67974	1.11	五
合计	93322		

表格 12 ANOVA 方差分析表

	聚类		误差		F	显著性
	均方	自由度	均方	自由度		
危险因素	1751.419	4	0.014	93317	126023.226	0.000

从表 12 可以看出，危险因素的聚类均方值都远远大于误差均方值，并且显著性水平均小于 0.05，说明拒绝危险因素使各类之间无差异的假设，表明参与聚类分析的危险因素能很好地区分各类，类间的差异足够大。

#### 4.1.5 十大恐怖袭击事件及典型事件危害级别

根据我们建立的分级模型，选择出近二十年来危害程度最高的十大恐怖袭击事件如下表 13 所示：

表格 13 近 20 年来危害程度最高的十大恐怖袭击事件

事件编号	危险因素	危险级别	恐怖袭击事件名
200109110004	4.5799	1	9.11 恐怖袭击
200109110005	4.5799		
200109110006	4.5799		
200108110012	4.0995	2	安哥拉列车袭击事件
199808070002	3.8897	3	1998 年美国大使馆爆炸案
200403110001	3.8897	4	西班牙马德里火车爆炸
200403110003	3.8897		
200403110004	3.8897		
200403110007	3.8897		
200409010002	3.8593	5	别斯兰人质事件
201504020031	3.8593	6	4.2 肯尼亚加里萨市大学遇袭事件
201511130008	3.8593	7	11.13 巴黎恐怖袭击事件
201710010018	3.8289	8	拉斯维加斯枪击案
200607120001	3.6799	9	印度孟买连环爆炸案
200708150005	3.6799	10	伊拉克最惨重炸弹袭击
200708160008	3.6799		

根据题目中给出的典型事件编号，判断所给典型事件的危害级别，结合表 11 的聚类结果，结果如下表 14 所示：

表格 14 典型事件危害级别

事件编号	聚类类别	危害级别
200108110012	1	一
200511180002	1	一
200901170021	1	一
201402110015	2	四
201405010071	4	三
201411070002	5	五
201412160041	3	二
201508010015	5	五
201705080012	4	三



## 4.2 任务二的模型建立与求解

任务二要求针对在 2015、2016 年度发生的、尚未有组织或个人宣称负责的恐怖袭击事件，依据事件特征对恐怖袭击事件进行分类，找出可能为同一恐怖组织或个人所为的若干案件。按照组织或个人的危害性进行排序，选取前 5 位作为嫌疑人 1-5 号，并列出行嫌疑人关于典型事件的嫌疑度。

本问根据附件 1 中所给 2015 和 2016 年尚未有组织或个人宣称负责的恐怖袭击事件的数据，从事件的共通性特征出发，通过聚类分析将可能为同一恐怖组织或个人的若干案件进行归类，使用任务一提出的危害指数算法选出危害性最大的前 5 类，即为嫌疑人 1-5 号；通过欧式距离计算题中所给事件与各嫌疑人聚类中心的距离值，该值越大，说明该嫌疑人在此事件中的嫌疑程度越小，反之则越大，能比较准确的确定恐怖分子关于典型事件的嫌疑度。

首先给出本问的技术路线图，如图 4 所示。

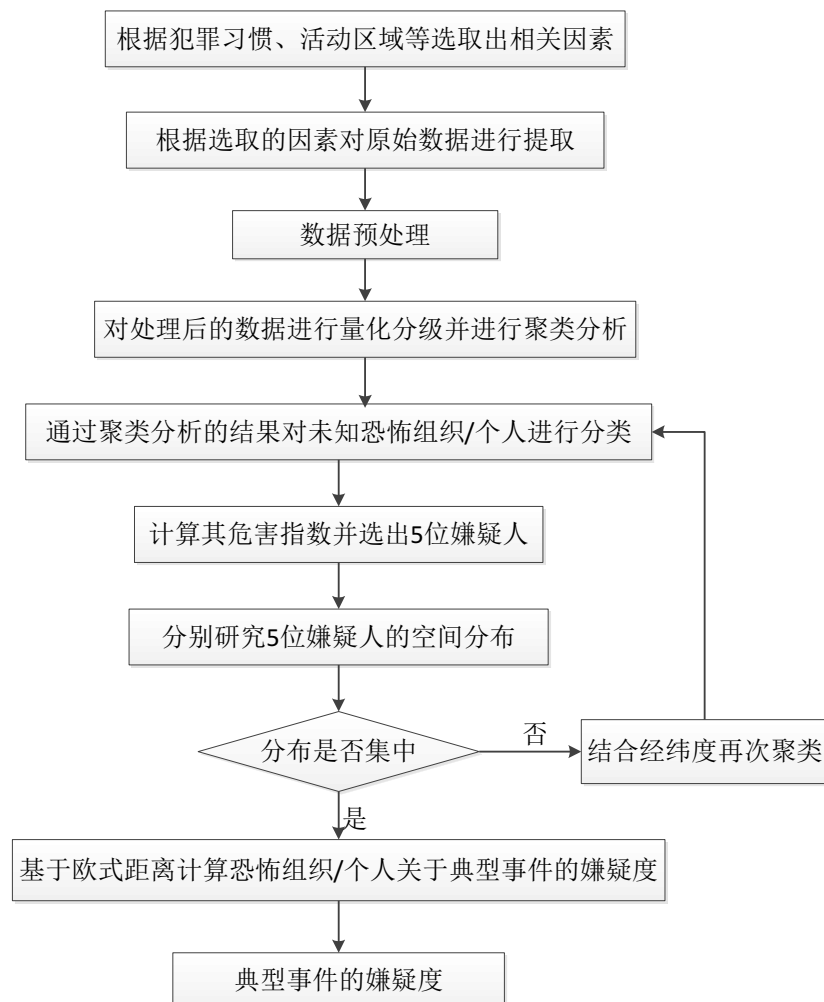


图 4 任务二技术路线图

### 4.2.1 原始数据提取

题目要求针对 2015、2016 年度发生的、尚未有组织或个人宣称负责的恐怖

袭击事件进行分析，故通过分析附件 1 中所给数据及附件 2 中 GTD 全球恐怖主义数据库变量说明，选出表 15 中的 17 个变量的相关数据进行分析，共 9268 个恐怖袭击事件数据。

表格 15 选取的 2015 和 2016 年变量指标

eventid	危险因素	country	vicinity	crit	success	suicide	attacktype1	targtype1
201501010001	1.2401	95	0	3	1	0	3	8
individual	claimed	weaptype1	nkill	nwound	propextent	bangjia	latitude	longitude
0	0	6	1	1	3	0	33.30357	44.37177

4.2.2 基于聚类分析的嫌疑人确定

聚类分析的定义及其算法步骤在任务一中已进行解释，这里不再赘述。具体的分析步骤如下：

Step1. 通过 SPSS 软件进行初步聚类

运用 SPSS 软件对 2015、2016 年度发生的、尚未有组织或个人宣称负责的 9268 个恐怖袭击事件进行 K-means 聚类分析，其操作为“分析—相关—k-means 距离”，选择最终的聚类类别为 50 类，即 50 个嫌疑恐怖组织/个人（也简称为嫌疑人，下同）。再对这 50 个类别包含的恐怖袭击事件由大到小进行排序，恐怖袭击事件数量越多的类别说明其为嫌疑人的可能性越大，从中初步选出排名为靠前的 5 个嫌疑组织/个人见下表 16。但是，从 50 个聚类结果中选择出的 5 个嫌疑人，由于其包含的恐怖袭击事件过多，地区划分的范围较大，故结果的准确性可能较差。因此，从现实的角度考虑，一个恐怖分子进行恐怖袭击的地域分布一般较为集中，故对聚类结果进行改进。

表格 16 第一次聚类确定的 5 个嫌疑人

代号	类别	事件数
嫌疑人 1 号	49	641
嫌疑人 2 号	45	676
嫌疑人 3 号	23	591
嫌疑人 4 号	9	541
嫌疑人 5 号	11	490

Step2. 对这 5 个嫌疑组织/个人的时空分布情况进行分析

通过计算这 5 个类别中恐怖袭击事件的空间分布，发现嫌疑人 1 号在空间分布上差异明显，如下图 5 所示。

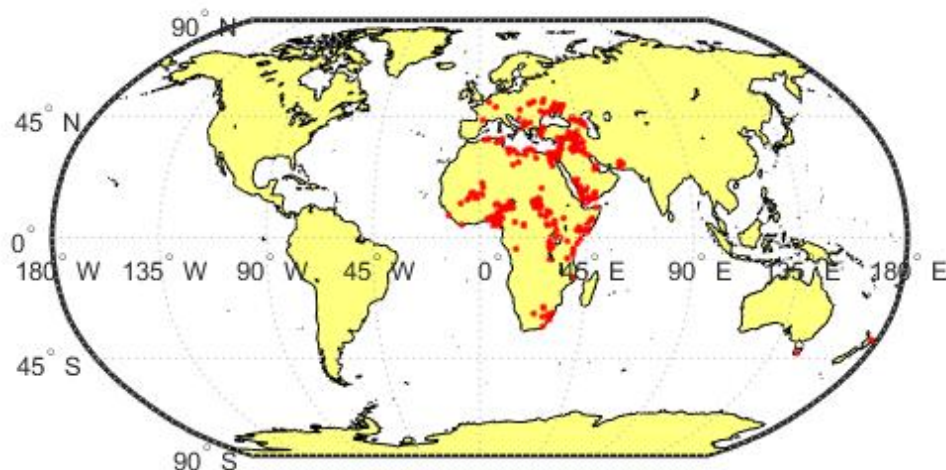


图 5 嫌疑人 1 号空间分布图

从图 5 可以看出,该聚类类别在空间上分布广泛,即其在 2015 和 2016 年两年内大范围内进行恐怖袭击,该情况的出现有悖现实,理由如下:①一个恐怖组织不可能在两年内频繁恐怖袭击却仍然属于未知的恐怖组织/个人;②一个恐怖组织进行恐怖袭击,一般都发生在恐怖分子所在城市或附近城市,不可能出现洲与洲之间大跨度的恐怖袭击。因此,考虑在表 16 选取的 17 个变量中加入经度(longitude)和纬度(latitude)两个变量,对恐怖袭击事件发生的地域进行聚类优化。

Step3. 再次聚类分析确定出嫌疑程度最大的 5 个嫌疑人

通过多次选取聚类类别参数,发现当聚类类别选择为 5 时,得到的结果效果最好,并计算其危险指数如表 17 所示,危险指数越高嫌疑程度越大,据此对嫌疑人的嫌疑程度由高到低分为 1 至 5 号嫌疑人。

表格 17 嫌疑程度最大的 5 个嫌疑人

嫌疑人代号	类别	事件数	危险指数	latitude	longitude
1 号嫌疑人	5	641	744.7579	34.735	43.947
2 号嫌疑人	2	676	683.555	33.361	44.336
3 号嫌疑人	2	591	639.4047	31.375	71.164
4 号嫌疑人	2	541	612.6813	32.260	68.810
5 号嫌疑人	2	490	607.2936	30.665	73.039

#### 4.2.3 基于欧式距离确定恐怖分子关于典型事件的嫌疑度

欧几里得度量 (euclidean metric) (也称欧氏距离) 是一个通常采用的距离定义, 指在  $m$  维空间中两个点之间的真实距离, 或者向量的自然长度 (即该点到原点的距离)。在二维和三维空间中的欧氏距离就是两点之间的实际距离<sup>[5]</sup>。

欧式距离在二维空间的公式如下：

$$\rho = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}, |X| = \sqrt{x_2^2 + y_2^2}$$

其中， $\rho$ 为点 $(x_2, y_2)$ 与点 $(x_1, y_1)$ 之间的欧式距离； $|X|$ 为点 $(x_2, y_2)$ 到远点的欧式距离。

根据上述欧式距离的定义，首先将 5 个嫌疑人与 10 个典型事件的概况进行分析，比较发现 5 个嫌疑人的作案区域发生在 6 号和 10 号地区，而 10 个典型事件发生在 6、10、11 地区见下表，在分布地区上存在差异，其中地区 10 和地区 11 的分布图见图 6 所示。

表格 18 5 个嫌疑人作案地区

嫌疑人	1 号嫌疑人	2 号嫌疑人	3 号嫌疑人	4 号嫌疑人	5 号嫌疑人
作案地区	10	10	6	6	6

表格 19 10 个典型恐怖袭击事件的地区分布表

事件编号	201701090031	201702210037	201703120023	201705050009	201705050010
发生的地区	10	6	11	11	11
事件编号	201707010028	201707020006	201708110018	201711010006	201712010003
发生的地区	11	10	6	6	10



图 6 恐怖袭击事件中地区 10 与地区 11 的分布图

结合图 6，通过查阅资料可以发现：1004（南苏丹）与 41（中非共和国）共

属于 11 类区域，95（伊拉克）和 200（叙利亚）共属于 10 类区域，4（阿富汗）属于 6 类区域。从地图上看，如下图所示，南苏丹北部因为其丰富的石油资源而被他国觊觎，并将南苏丹从苏丹分裂、独立，南苏丹所发生的恐怖袭击大多为总统、副总统两股阵营的武装冲突引起，但由于联合国的介入，其频率明显降低。结合伊拉克、叙利亚暴乱原因，不难联想到南苏丹的恐怖主义威胁还可能来自仅隔一条苏伊士运河的叙利亚、伊拉克为代表的 10 类地区。而同属于 11 类地区的中非共和国，由于其丰富的矿产资源，正所谓“匹夫无罪，怀璧其罪”，正面临着南苏丹一样的尴尬境地和悲惨遭遇。故本文在第二问中，考虑到南苏丹、中非共和国的实际情况，在判断嫌疑度时，将叙利亚、伊拉克代表的 10 类地区的嫌疑人也认为是可以进入 11 类地区南苏丹、中非共和国进行恐怖袭击的。

利用 SPSS 软件“分析—相关—距离”，将 5 个嫌疑人和 10 个典型事件变量全部选入变量组，计算距离选择变量间，输出的嫌疑人与典型事件的距离近似值矩阵如下表：

表格 20 嫌疑人与典型事件的距离近似值矩阵

事件编号	1 号嫌疑人	2 号嫌疑人	3 号嫌疑人	4 号嫌疑人	5 号嫌疑人
201701090031	17.96	19.41	18.65	14.90	19.19
201702210037	21.96	18.53	21.74	24.27	21.49
201703120023	59.59	54.73	59.84	60.54	59.74
201705050009	22.57	22.39	23.44	17.42	23.70
201705050010	22.28	22.32	23.16	17.05	23.43
201707010028	20.43	21.52	21.49	18.06	21.41
201707020006	20.43	21.52	21.47	18.06	21.41
201708110018	17.09	17.90	16.93	12.53	17.13
201711010006	33.96	30.74	33.81	29.92	34.01
201712010003	27.48	28.34	28.01	25.66	28.33

从表 20 可以看出，事件编号为 201703120023 的恐怖袭击事件和 5 个嫌疑人之间的距离均较大，即这 5 个嫌疑人与该事件的关系不大，故保留空格。

根据上述欧式距离矩阵，距离越近说明该嫌疑人与事件的嫌疑越大，据此进行排序，如下表所示：

表格 21 恐怖分子关于典型事件的嫌疑度

事件编号	1 号嫌疑人	2 号嫌疑人	3 号嫌疑人	4 号嫌疑人	5 号嫌疑人
201701090031	2	5	3	1	4
201702210037	4	1	3	5	2
201703120023					
201705050009	3	2	4	1	5
201705050010	2	3	4	1	5
201707010028	2	5	4	1	3

201707020006	2	5	4	1	3
201708110018	3	5	2	1	4
201711010006	4	2	3	1	5
201712010003	2	5	3	1	4

#### 4.3 任务三的模型建立与求解

任务三要求建立适当的数学模型研究近三年来恐怖袭击事件发生的主要原因、时空特性、蔓延特性、级别分布等规律，进而分析研判下一年全球或某些重点地区的反恐态势。

首先给出本问的技术路线图，如下图所示。

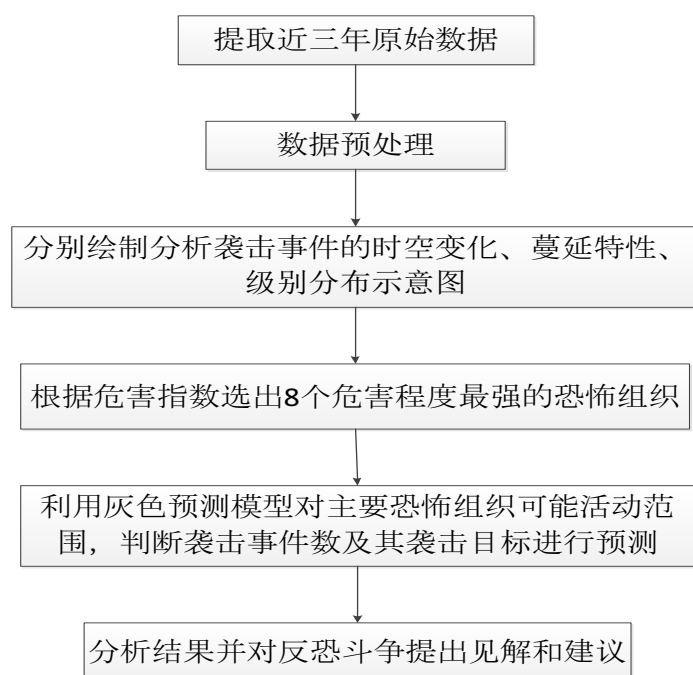


图 7 任务三技术路线图

##### 4.3.1 近三年恐怖袭击分布情况研究

本问通过 2015-2017 年恐怖袭击的经纬度坐标，在 Matlab 上进行画图，具体如下：

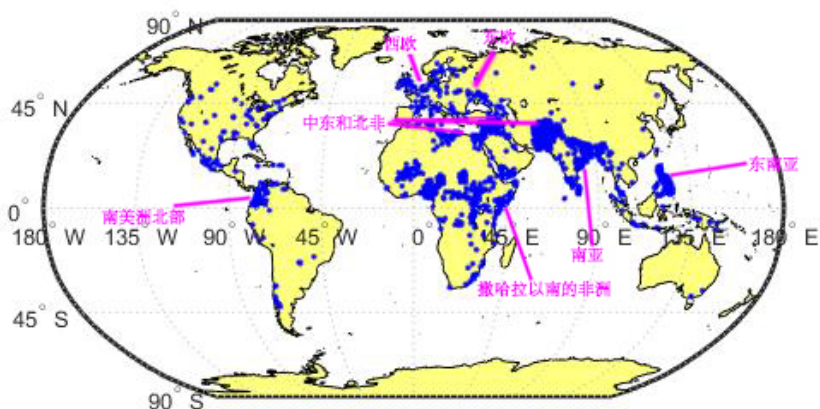


图 8 2017 年恐怖袭击事件分布图

通过 2015-2017 年恐怖袭击事件分布图可以看出，全球恐怖主义分布较广，



但主要集中于西欧、东欧、中东和北非、东南亚、南亚、撒哈拉以南的非洲、南美洲北部等地区，对于亚洲北部，北美东、西海岸，大洋洲东海岸也呈现一定的聚集态势。细节处的变化较难判定。具体时空变化、蔓延情况还需通过更直观的方式研究。

为了体现恐怖袭击事件分布的时空变化趋势，本文将 16-17 年发生的恐怖袭击事件放于一张图中，来直观、准确的分析其时空变化趋势和蔓延趋势。具体如下图所示：

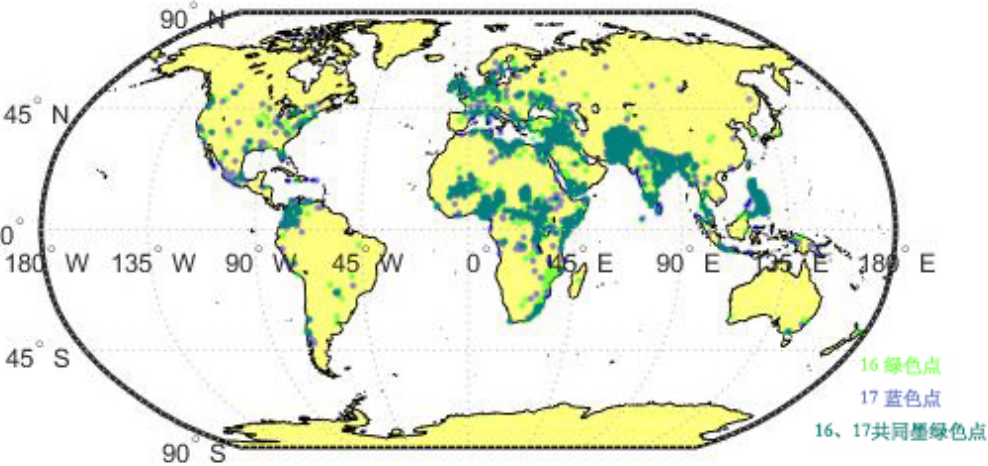


图9 16-17 年恐怖袭击事件分布图

从图 9 可以看出，16-17 年间恐怖袭击所具有的“沿海到内陆”趋势依然势头明显，尤以北美最为突出。2016 年莫桑比克动乱渐渐平息后，非洲东海岸地区的恐怖袭击事件也随之大幅度减少。

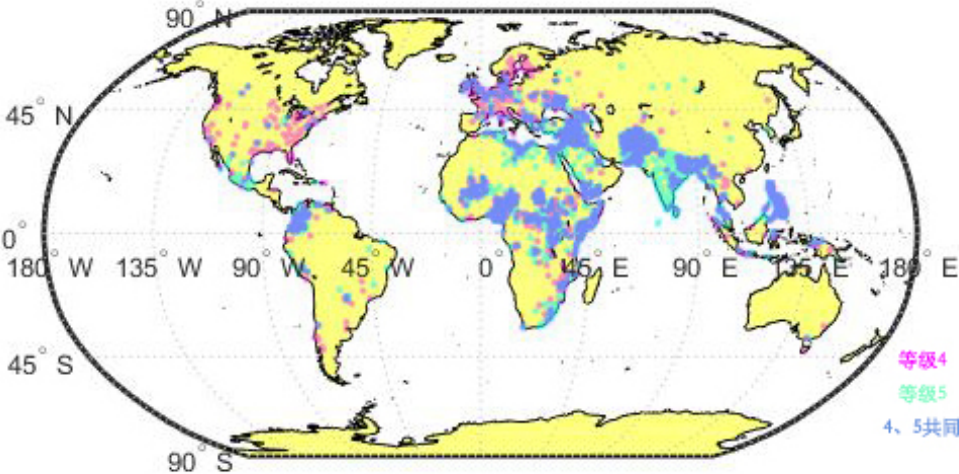


图10 危害级别为四、五的恐怖袭击分布图

由图 10 可见，恐怖袭击的级别主要集中在四、五两个等级，且大都集中在战乱、动荡地区和发达国家海岸线地区。

分析近三年全球发生恐怖袭击所针对的目标占比情况，具体如下表所示：

表格 22 近三年恐怖袭击目标占比情况 (%)

	政治	民用设施	针对对象	宗教	其他	事件个数
全球	48.72	12.91	33.70	2.65	2.02	30493
北美	12.76	18.19	35.05	33.03	0.97	213
中美洲和加勒比海	16.67	0.00	0.50	3.33	0.00	6
南美	45.89	31.54	20.14	2.19	2.47	391
东亚	28.17	35.71	36.11	0.00	0.00	38
东南亚	57.52	20.68	19.54	1.52	0.74	2427
南亚	56.77	10.97	26.97	2.87	2.41	8795
中亚	42.36	17.36	27.08	5.56	7.64	28
西欧	18.69	14.49	54.43	11.67	0.72	654
东欧	49.98	16.44	28.69	4.00	0.88	564
中东和北非	45.86	13.88	36.24	2.26	1.75	12400
撒哈拉以南的非洲	45.10	8.68	42.24	2.37	1.60	4945
澳大利亚和大洋洲	22.78	6.11	20.00	51.11	0.00	32

其中，加阴影占比数据为该地区恐怖袭击目标占比最高值，根据其心理逆向分析，不难得出其针对政治目标进行恐怖袭击的原因主要为夺取政权，且大多发生在战乱、动荡地区，该指标符合国际实际情况。对于北美、中美、西欧这些政权稳定的地区，恐怖袭击大多针对公民以达到报复、仇富、制造恐慌等目的。结合实际情况分析，可见本文分类与实际情况一致，有较强的可参考性。

#### 4.3.2 2015-2017 年恐怖组织全球最大作案范围

Step1. 首先筛选典型恐怖组织作为研究对象。

统计 2015-2017 年这三年间所有恐怖组织的恐怖袭击总次数，基于任务一中恐怖袭击事件危害性分级模型计算该恐怖组织危害值并由大到小排序得到最具危害的 8 个恐怖组织如下表 23 所示。

表格 23 2015-2017 年最具危害性的前八个恐怖组织

排名	恐怖组织	事件数	危害性
1	ISIL	3343	4221.92
2	Taliban	2795	3481.06
3	Al-Shabaab	1179	1898.73
4	Boko Haram	1023	1560.86
5	PKK	743	846.29



6	NPA	647	830.67
7	Houthi	513	633.96
8	Maoists	509	558.37

从表 23 可以看出，这 8 个恐怖组织作案事件数也是最高的，其危害值也很高，原因在于利用任务一的分级模型对恐怖袭击事件分级，与这 8 个恐怖组织有关的恐怖袭击事件几乎都被分级为危害性最高或第二高的恐怖袭击事件。

Step2. 将 2015-2017 年以每半年为一个时间段进行划分

即划分为 6 个时间段，再计算题目所给 8 个恐怖组织的恐怖袭击事件经度及纬度平均值，得到 6 个中心距离点，即 6 个经纬度值。

Step3. 将经纬度转化为距离，计算近三年恐怖组织作案范围

经纬度转化距离公式如下：

设点 A (WA, JA)、B (WB, JB) 两点分别为两个点的纬度、经度坐标，通过数学推导得两点的距离为：

$$L = 2R * \arcsin \left( \sqrt{\sin^2 \left( \frac{WA-WB}{2} \right) + \cos(WA) * \cos(WB) * \sin^2 \left( \frac{JA-JB}{2} \right)} \right)$$

其中 R 为地球半径。

通过 MATLAB 软件编程求解 8 个恐怖组织作案事件发生地点与各自中心距离点间的距离，得到理论作案范围具体见表 25。

#### 4.3.3 基于灰色预测模型的主要恐怖组织理论作案范围预测

灰色预测法是一种对含有不确定因素的系统进行预测的方法。灰色预测通过鉴别系统因素之间发展趋势的相异程度，即进行关联分析，并对原始数据进行生成处理来寻找系统变动的规律，生成有较强规律性的数据序列，然后建立相应的微分方程模型，从而预测事物未来发展趋势的状况，其用等时距观测到的反应预测对象特征的一系列数量值构造灰色预测模型，预测未来某一时刻的特征量，或达到某一特征量的时间。

主要恐怖组织理论活动范围预测灰色GM(1,1)模型构建过程如下，以 Maoists 的恐怖组织的理论活动距离预测为例：

$$X^0 = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(n)) =$$

(1248.16, 1114.08, 757.45, 791.63, 791.37, 891.14)，建立灰色GM(1,1)模型主要首先要做一次累加生成，记为 $\{X^{(0)}\} \rightarrow \{X^{(1)}\}$ ，即

$$X^1 = (X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), \dots, X^{(1)}(n)) = (2362.23, 3119.69, 3911.31, 4702.68, 5593.83)$$

其中

$$X^{(1)}(t) = \sum_{k=1}^t X^{(0)}(k).$$

构造矩阵 $B$ 与向量 $Y_n$ :

$$B = \begin{bmatrix} -(X^{(0)}(2) + X^{(0)}(1))/2 & 1 \\ -(X^{(0)}(3) + X^{(0)}(2))/2 & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -(X^{(0)}(n) + X^{(0)}(1n-1))/2 & 1 \end{bmatrix},$$

$$Y_n = (X^{(0)}(2), X^{(0)}(3), \dots, X^{(0)}(n)).$$

然后用最小二乘法求解系数 $a$ 和 $b$

$$\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T \cdot Y_n.$$

在此基础上建立GM(1,1)模型如下:

$$x^{(1)}(k+1) = \left(x^{(1)}(1) - \frac{b}{a}\right)e^{-ak} + \frac{b}{a},$$

$$x^{(0)}(k) = X^{(1)}(k+1) - X^{(1)}(k),$$

式中 $x^{(0)}(k)$ 为预测值,  $-a$ 为发展系数,  $b$ 为灰作用量。

解得发展系数 $-a = -0.0525$ , 灰作用 $b = 1053.2$ , 预测值为 $x^{(0)}(2017) = 791.37$ ,  $x^{(0)}(2017.5) = 891.14$ ,  $x^{(0)}(2018) = 967.7$ ,  $x^{(0)}(2018.5) = 967.70$ 。

根据上述计算方法, 通过 2015-2017 年恐怖组织理论作案范围数据, 预测其 2018 年恐怖袭击作案理论范围如下表 24 所示:

表格 24 基于灰色模型的主要恐怖组织理论活动范围预测 (单位/km)

编号	恐怖组织	15 年上	15 年下	16 年上	16 年下	17 年上	17 年下	18 上预测值	18 下预测值
1	ISIL	1344.07	1501.70	1580.95	1622.68	1467.71	1476.52	1512.10	1625.30
2	Taliban	644.68	644.26	597.56	569.34	598.83	639.41	647.62	638.25
3	Al-Shabaab	1320.76	876.05	1105.80	1105.80	1108.69	1105.80	1105.40	1106.80
4	Boko Haram	696.32	1501.51	946.78	1166.17	923.79	875.33	1368.50	875.30
5	PKK	324.81	610.07	481.97	462.92	454.41	601.05	408.72	421.03
6	NPA	903.13	860.31	902.03	892.13	885.47	916.01	883.35	881.47
7	Houthi	518.28	518.28	380.92	518.28	350.12	355.58	548.74	377.75
8	Maoists	1248.16	1114.08	757.45	791.63	791.37	891.14	909.60	967.70

表格 25 主要恐怖组织作案范围预测值具体坐标范围

编号	恐怖组织	2018 上半年预测范围		2018 下半年预测范围	
		经度范围	纬度范围	经度范围	纬度范围
1	ISIL	[73.69,90.08]	[11.57,27.96]	[73.17,90.60]	[11.05,28.48]
2	Taliban	[38.78,48.67]	[9.56,19.45]	[40.32,47.13]	[11.10,17.91]
3	Al-Shabaab	[116.15,132.07]	[2.35,18.45]	[116.17,132.05]	[2.36,18.24]
4	Boko Haram	[37.67,45.03]	[33.56,40.92]	[37.56,45.14]	[33.44,41.03]
5	PKK	[0.74,25.39]	[-0.67,23.99]	[5.18,20.95]	[3.77,19.55]
6	NPA	[34.35,54.26]	[-7.38,12.54]	[34.33,54.28]	[-7.39,12.55]
7	Houthi	[61.17,72.84]	[28.34,40.01]	[61.17,72.84]	[28.34,40.01]
8	Maoists	[29.64,56.88]	[20.95,48.19]	[28.62,57.90]	[19.93,49.21]

根据表 25 的坐标范围, 在地图上标出这 8 个恐怖组织的作案分布情况, 如下图所示。

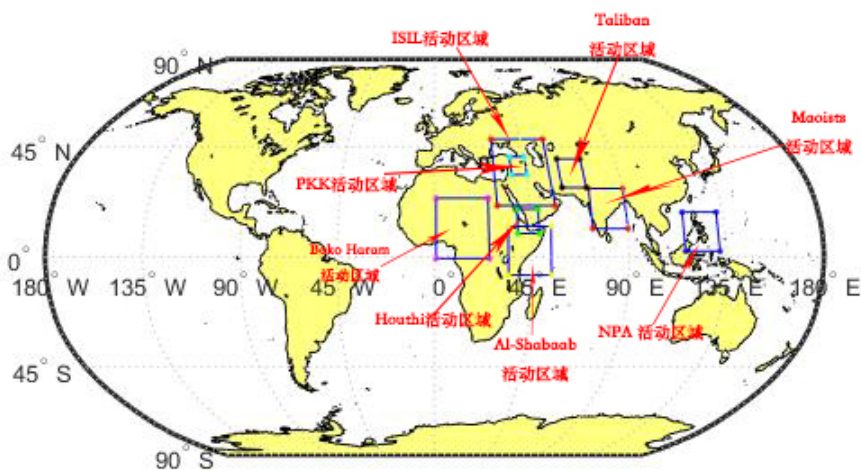


图 11 2018 上半年主要恐怖组织作案范围预测图

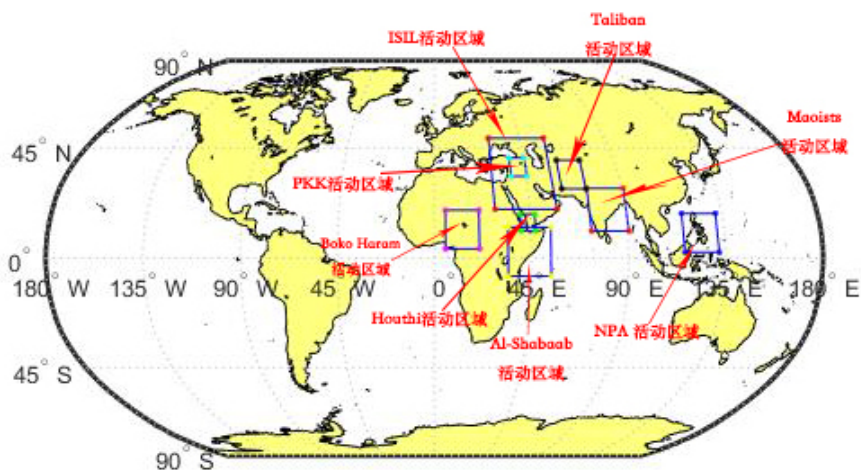


图 12 2018 下半年主要恐怖组织作案范围预测图

从图 11、12 可以看出 2018 全年这 8 个主要的恐怖组织全球作案范围情况，为反恐斗争的搜索范围提供参考。

#### 4.3.4 基于灰色预测模型的主要恐怖组织作案目标类型及其事件数预测

一个恐怖袭击事件的目标/受害者（以下简称“目标”）是恐怖分子“精心”选择的结果，是恐怖分子意图通过袭击该目标对相关组织/政府警示，并且如果一个恐怖袭击事件是“成功”的，可能会诱使其他恐怖分子将相关目标作为袭击目标。

##### Step1. 目标/受害者类型划分

对恐怖袭击事件的目标类型进行划分，若根据传统的“政治、经济、社会”等类别进行划分，将会有很多目标/受害者类型归属于两个甚至以上的类别中，其在每个类别的作用程度、评判标准暂无数据可分析。故本文根据附件 2 中 GTD 划分好的 22 类目标/受害者类型（targtype1），分别从犯罪心理角度、造成社会影响情况、恐怖袭击实施的难易程度等方面对这 22 类进行研判、分类，最终提出如表 26 所示分类方案，具体分类理由见附件 1.2。

表格 26 恐怖袭击事件目标/受害者类型划分

目标类型	目标/受害者类型(targtype1 中)
政治（包括军用设施）	2、3、4、7、12、17、22
民用设施	1、6、9、11、16、19、21
针对对象	8、10、14、18
宗教相关	5、15
其他	13、20

## Step2. 主要恐怖组织作案目标类型预测

首先，根据 2015-2017 年中，以每半年为一个单位阶段，统计各阶段中 8 个主要恐怖组织发动的恐怖袭击事件中以同一目标/受害者为目标发动恐怖袭击的事件数，以目标类型为“政治”为例进行详细说明，其余目标类型预测的相关分析及结果见附件。然后计算求得以“政治”目标类型的恐怖袭击事件占该阶段所有目标类型恐怖袭击事件的比重，并根据上述灰色预测定义，预测其 2018 年恐怖袭击事件目标类型，结果如表 27 所示。表中“上”、“下”指“上半年”和“下半年”（下同）。

表格 27 “政治”目标恐怖袭击事件占有所有目标类型事件的比重及其预测结果

恐怖组织	2015 上	2015 下	2016 上	2016 下	2017 上	2017 下	2018 上预测	2018 下预测
ISIL	0.54	0.53	0.47	0.35	0.49	0.54	0.49	0.49
Taliban	0.78	0.70	0.73	0.60	0.75	0.78	0.77	0.79
Al-Shabaab	0.72	0.77	0.63	0.65	0.73	0.70	0.68	0.68
Boko Haram	0.21	0.21	0.23	0.32	0.36	0.28	0.37	0.40
PKK	0.67	0.76	0.83	0.77	0.83	0.70	0.74	0.73
NPA	0.70	0.56	0.64	0.34	0.52	0.57	0.49	0.48
Houthi	0.34	0.40	0.32	0.44	0.56	0.53	0.62	0.70
Maoists	0.42	0.48	0.43	0.53	0.34	0.34	0.33	0.30

表 27 可以看出 8 个主要恐怖组织以“政治”为目标类型进行恐怖袭击事件的预测数，据此分别对 8 个主要恐怖组织不同目标类型进行预测，以恐怖组织“ISIL”为例，其不同目标类型恐怖袭击事件的比重结果如下表 28 所示。

表格 28 恐怖组织“ISIL”发动恐怖袭击事件不同目标类型比重

目标类型	2018 上预测	2018 下预测
政治	0.49	0.49
民用设施	0.05	0.04
针对对象	0.36	0.28
宗教相关	0.05	0.05
其他	0.06	0.14

从表 28 可以明显看出，“ISIL”这一恐怖组织以“政治”作为其发动恐怖袭击

事件的目标类型所占比例最高，可以推断出该组织一般多以“政治”为目的发动恐怖袭击，未来有关于“政治”方面的恐怖袭击可以增加对该组织的观察。据此，预测得到 8 个主要恐怖组织 2018 年发动恐怖袭击的主要袭击目标类型如下表 29 所示。

表格 29 主要恐怖组织 2018 年袭击目标类型预测

恐怖组织	2018 年主要袭击目标类型预测
ISIL	政治
Taliban	政治
Al-Shabaab	政治
Boko Haram	针对对象
PKK	政治
NPA	政治
Houthi	政治
Maoists	针对对象

Step3. 主要恐怖组织恐怖袭击事件数预测

根据表 29 的主要恐怖组织恐怖袭击事件的目标类型预测，据此对主要恐怖组织 2018 年发动恐怖袭击数进行预测，预测结果如下表 30 所示。

表格 30 主要恐怖组织 2018 年恐怖袭击事件数预测

恐怖组织	2018 年袭击目标类型预测	2018 上事件数预测	2018 下事件数预测
ISIL	政治	495	475
Taliban	政治	363	340
Al-Shabaab	政治	263	286
Boko Haram	针对对象	108	96
PKK	政治	42	29
NPA	政治	116	119
Houthi	政治	38	30
Maoists	针对对象	66	61

4.3.5 见解与建议

由表 30 可见，2018 年内 NPA 主要袭击的是政治类型的目标，且预计 2018 年平均每两天就会有一起或多起的恐怖袭击，由图 17-18 可以看出 NPA 主要的活动范围在东南亚区域，通过查询相关资料得知当地政局不稳，这是导致恐怖袭击的主要原因，而频发的恐怖袭击进一步加剧了政局的动荡，导致了恶性循环。

根据表 30 预测的主要恐怖组织的袭击目标类型可以发现，3/4 的主要恐怖组织都是以政治类型的目标进行袭击的，所以，防范和治理恐怖袭击的首要任务就

是要保证政局的稳定。还有 1/4 的主要恐怖组织都是以重要对象作为目标进行袭击的，故在恐怖袭击的高发地区对于特别的人群需要加强戒备，以减少恐怖袭击的发生

4.4 任务四的模型建立与求解

本题前三个任务全部从寻找恐怖组织或个人的角度出发，试图寻找其作案特征、活动区域等规律以便于预测、提前部署反恐力量、及时制止恐怖袭击，从源头上降低恐怖主义对全球造成的影响，这对于和平、发达地区是有利、可行的。可对于战乱、动荡的恐怖袭击频发区来说，提前部署反恐力量等措施难免有些力不从心，只能在尽可能避免恐怖袭击的前提下，尽可能多地减少恐怖袭击所造成的危害。

考虑到恐怖袭击频发地区的人民易遭到轰炸、爆炸等较大范围、高温、较强杀伤性袭击的伤害（这类袭击文中统称为“致烧伤类袭击”），被烧伤受害者尤其是大面积烧伤者的医疗、康复保障在动荡地区显然成为突出问题，这些地区的烧伤患者急需国际医疗、物资的救助来缓解该地区医疗、物资等资源的匮乏。本文根据这一情况，从烧伤患者的角度出发，寻找恐怖袭击频发地区烧伤患者数量、分布的规律，并依照此规律对未来 5 年的致烧伤类袭击发生的大致地区、被烧伤患者数量等进行预测，对于国际红十字会及其他人道主义援助提前准备、派遣医疗力量、设备、物资等提供参考依据。

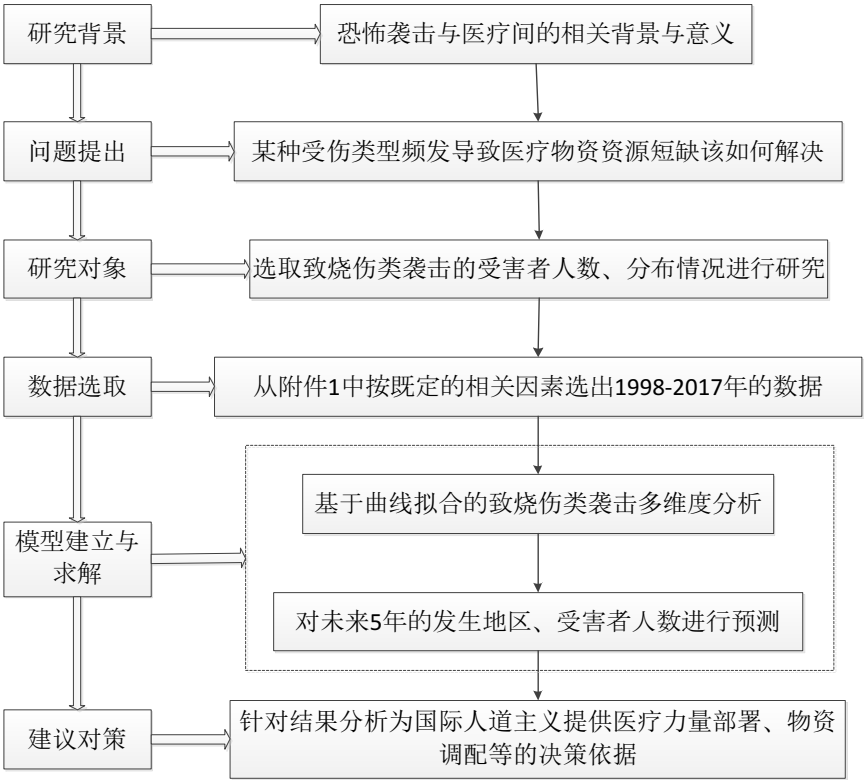


图 13 任务四技术路线

由于针对在恐怖袭击中被烧伤患者的数量、分布进行预测，本文根据其发生

频率筛选出致烧伤类袭击发生频率较高的 10 个国家作为重点分析对象，分别统计该类袭击的被烧伤人数，利用拟合函数对未来 5 年内，这些国家的被烧伤人数进行预测，其结果可作为国际人道主义组织医疗力量的部署、物资的调配提供决策参考。任务四的技术路线如图 13 所示。

#### 4.4.1 评判因素的选取

尽管枪击、毁坏公共设施等恐怖袭击也可能致使烧伤，但其发生概率较低，本文不予考虑，故只选取“攻击类型(attacktype1)”中的“3 轰炸/爆炸”以及“武器类型(weaptype1)”中的“6 爆炸物/炸弹/炸药”和“8 燃烧武器”这些稳定导致受害者烧伤的恐怖袭击类型，同时选择“受伤总数(nwound)”作为致烧伤类袭击的评判因素。

#### 4.4.2 基于曲线拟合的恐怖袭击事件多维度分析及预测

##### 1. 曲线拟合概念及其基本思想

曲线拟合是用连续曲线近似地刻画或比拟平面上离散点组所表示的坐标之间的函数关系的一种数据处理方法，即用解析表达式逼近离散数据。曲线拟合一般包含指数拟合、三角函数拟合以及幂函数拟合等，下面简要阐述一下这三种方法的基本思想。

##### (1) 指数函数拟合:

指数函数的标准式形式为:

$$y = ae^{bx}$$

对上式两边取自然对数，得

$$\ln Y = \ln a + bX$$

$b>0$  时， $Y$  随  $X$  增大而增大； $b<0$  时， $Y$  随  $X$  增大而减少。当以  $\ln Y$  和  $X$  绘制的散点图呈直线趋势时，可考虑采用指数函数来描述  $Y$  与  $X$  间的非线性关系， $\ln a$  和  $b$  分别为截距和斜率。

更一般的指数函数形式为

$$Y = ae^{bx} + k$$

式中  $k$  为一常量，往往未知，应用时可试用不同的值<sup>[6]</sup>。

##### (2) 三角函数拟合

三角函数法拟合<sup>[7]</sup>顾名思义就是利用不同振幅与相位的正余弦函数进行叠加来拟合时间序列中不同频率的周期规律。理论上时间序列不同频率的周期规律只要符合拟合条件都可以进行精确地拟合改正，但实际应用中无限拟合是不现实的，只能通过有限的三角函数来近似拟合时间序列中影响较大的周期规律，三角函数拟合定义如下：

$$g(x) = \sum_{i=0}^n \cos[(2i+1)\omega x] - \varphi$$

随着拟合阶数的提高，精度会越来越高，但效率会越来越低，且不确定性也

会相应增大。

(3) 幂函数拟合

幂函数（power function）的标准式形式为：

$$y = ax^b$$

式中  $b > 0$  时，Y 随 X 增大而增大； $b < 0$  时，Y 随 X 增大而减少。对上式两边取对数，得

$$\ln Y = \ln a + b \ln X$$

所以，当以  $\ln Y$  和  $\ln X$  绘制的散点图呈直线趋势时，可考虑采用幂函数来描述 Y 和 X 间的非线性关系， $\ln a$  和  $b$  分别是截距和斜率<sup>[8]</sup>。

2. 基于曲线拟合的恐怖袭击事件多维度预测

根据上述定义，本文对 10 个致烧伤类袭击高发的国家分别使用 Matlab 进行曲线拟合，根据拟合程度、未来走势综合判断、选取出最优的拟合函数。下面以泰国（国家代号 205）为例进行详细分析。

表格 31 泰国 1998-2017 年致烧伤类袭击次数

年份	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
205（泰国）	0	0	0	50	29	0	142	292	339	502
年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
205（泰国）	557	341	236	344	981	568	488	391	319	222

从表 31 可以看出，1998-2003 年泰国恐怖袭击事件导致烧伤人数较少或为 0，与 2004 年之后开始的相比，可作为异常数据剔除。故本文以 2004-2017 年烧伤人数的数据进行拟合分析，修正后的数据如下：

表格 32 泰国 2004-2017 年致烧伤类袭击次数及其年份编号

年份	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
205（泰国）	-	-	-	-	-	-	142	292	339	502
年份序号	-	-	-	-	-	-	1	2	3	4
年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
205（泰国）	557	341	236	344	981	568	488	391	319	222
年份序号	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

表 32 为修正后数据，2004-2017 年为有效数据，以 2004 年为起始年份编号为 1，以此类推。运用 MATLAB 编程对泰国恐怖袭击事件烧伤人数及相应的年份进行曲线拟合，通过检验残差，合理选择拟合多项式的阶数。得到泰国各年因致烧伤类袭击导致烧伤的受害者人数拟合方程如下，对应的拟合曲线及其残差图如图 14 所示。



$$f(x) = 664.9 \exp \{ -[(x - 1571)/269.6]^2 \} + 395.6 \exp \{ -[(x - 4.408)/2.04]^2 \} + 669.5 \exp \{ -[(x - 9.021)/0.7695]^2 \} + 296.5 \exp \{ -[(x - 10.79)/2.028]^2 \}$$

其中， $x$ 的取值为表 35 中年份序号。

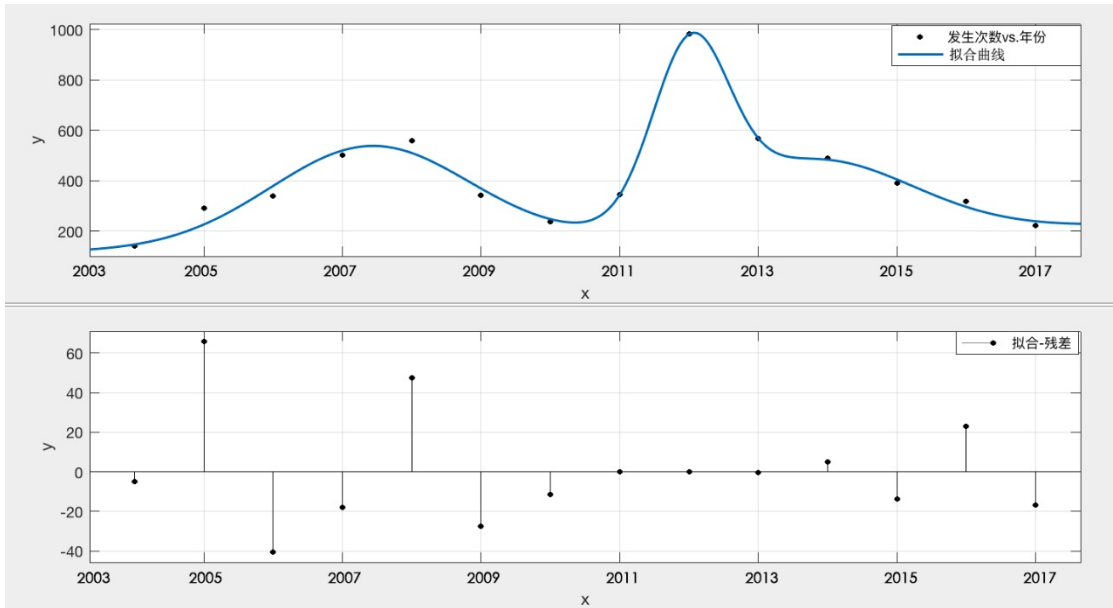


图 14 泰国 2004-2017 年各年恐怖袭击烧伤人数拟合曲线及其残差图

从图 14 中可以发现，曲线的拟合程度较高，在 2009-2017 年间尤为明显，其残差图所显示的残差值也在合理范围之内，且随着年份的推移，实际值和拟合值的吻合度就越高。由此可见该曲线拟合效果较好，且依此预测出的未来 5 年致烧伤类袭击导致烧伤的受害者人数这一数据具有较高的可信度。

#### 4.4.3 模型效果检验

根据上述拟合方程，按照要求导入自变量求解可得 2004-2022 年各年致烧伤类袭击导致烧伤的受害者人数，拟合曲线与相对应的实际情况曲线如下图所示：

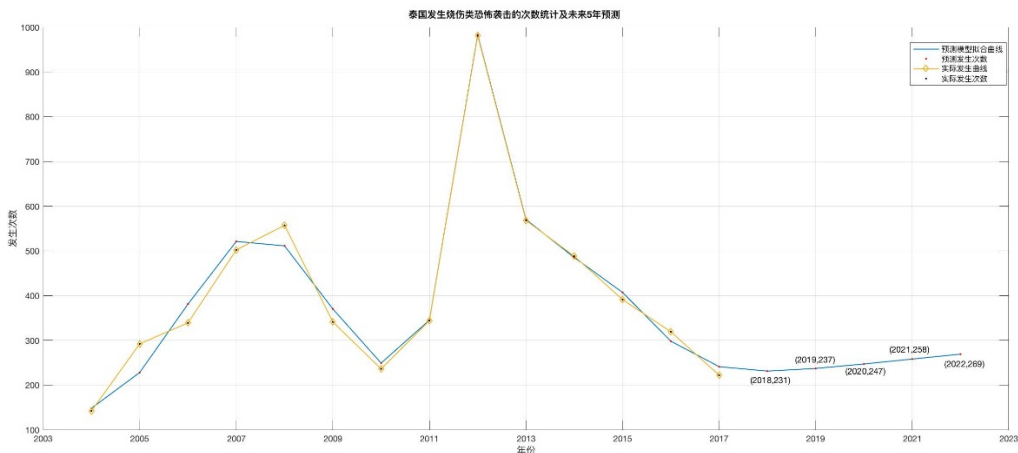


图 15 泰国发生烧伤类恐怖袭击次数统计及未来 5 年预测

根据图 15 可看出，通过拟合函数对泰国 2004-2017 各年致烧伤类袭击导致烧伤的受害者人数的拟合曲线与实际情况曲线有较高的重合度，所以该拟合函数的预测数据是可信的、合理的。

图中还给出了 2018-2022 年的预测值，根据这一预测值，可为国际人道主义援助对于医疗力量的部署、物资调配等提供理论依据。

其他 9 个国家的预测值求解过程不再赘述，总体结果如下表所示：

表格 33 10 国 2004-2017 年各年烧伤类恐怖袭击事件次数模拟数据及预测数据

	国家 年份	伊拉克	巴基 斯坦	阿富汗	印度	泰国	埃及	索马里	叙利亚	也门	哥伦 比亚
已有 实际 数据	1998	-	333	-	297	-	72	-	-	-	16
	1999	-	150	-	52	-	158	-	-	-	204
	2000	-	419	-	496	-	522	-	-	-	136
	2001	-	225	-	819	-	154	-	-	-	375
	2002	-	302	294	864	-	290	-	-	-	595
	2003	1416	100	166	1021	-	407	-	-	-	526
	2004	4052	535	189	839	142	72	-	-	-	192
	2005	5504	242	241	957	292	88	-	-	-	75
	2006	7752	629	778	1953	339	124	-	-	-	79
	2007	12185	1683	968	1071	502	364	450	-	-	78
	2008	6284	1651	1092	1336	557	316	433	-	-	208
	2009	8883	3191	1224	500	341	269	316	-	-	185
	2010	6392	2587	1180	276	236	116	255	-	-	109
	2011	4515	2052	1608	436	344	129	471	176	201	70
	2012	6657	3250	2708	476	981	254	547	1887	630	379
	2013	14795	4572	2786	543	568	312	459	2034	597	182
	2014	15178	2369	3380	380	488	379	511	1818	763	259
	2015	12399	1366	3046	365	391	388	404	2810	2531	102
	2016	11377	1479	2850	396	319	436	854	2716	1073	55
	2017	4268	1788	3209	333	222	321	1050	1218	513	94
预 测 数 据	2018	1559	1992	4316	759	231	252	1343	821	894	96
	2019	1065	2226	5875	883	237	167	1477	697	308	174
	2020	2493	2481	7097	880	247	98	1395	962	2044	352
	2021	4770	2763	7210	949	258	51	1123	2123	1932	530
	2022	7209	3074	5949	1197	269	23	768	1758	199	533

#### 4.4.4 结果分析和建议对策

由表 33 可见，未来 5 年内阿富汗地区始终为致烧伤类袭击的高发地区，因此被烧伤的人数每年都有几千人。阿富汗气候炎热，卫生环境较差，一旦遭受致烧伤类袭击导致大面积烧伤，缺乏药物、医疗力量的情况下，绝大多数受害者由于交叉感染等问题丧失生命。大规模烧伤受害者若不能得到及时的治疗而丧生，引起的进一步由争夺药物而产生的暴乱、因感染丧生而产生的烈性传染病等连锁

反应无疑为该地区本就不稳定的局势雪上加霜。

从缓解地区紧张局势、提供人道主义援助的起点出发，根据本文预测的未来5年内阿富汗地区可能因致烧伤类袭击而导致烧伤的受害者人数，国家人道主义组织可在医疗力量尤其是治疗烧伤类疾病的专家，抗生素、纱布、消毒剂等物资上向阿富汗地区适当倾斜，以免当袭击发生后大量烧伤人员涌入导致此类资源短缺，进而引发进一步的社会动荡。

## 5 模型的检验与改进

本文通过量化分析全球恐怖主义数据库,使用其中恐怖袭击事件的各项特征建立了量化分级模型,根据危害指数排序选出“十大恐怖袭击事件”,其所描述的事件与公认的十大恐怖袭击事件几乎一致,较好的反映出了真实情况。接着根据恐怖组织或个人进行恐怖袭击时带有个体特征的习惯、活动范围,通过分析确定了具体事件可能的嫌疑人或组织。再通过研究近三年来恐怖袭击事件发生的主要原因、时空特性、蔓延特性、级别分布,分析其规律,使用灰色预测模型预测出主要组织的活动范围、主要袭击目标、制造袭击次数。最后,以恐怖袭击导致的烧伤患者为切入点,重点分析这类受害预测结果可为国际人道主义组织部署医疗力量、调配物资提供理论依据伤者的分布、数量,并使用曲线拟合对其未来5年的情况进行预测,为国际人道主义组织部署医疗力量、调配物资提供理论依据。

针对于模型分析的改进:

针对任务一,我们的在数据特征的选取上使用恐怖袭击事件的员伤亡、经济损失、社会影响等多种因素计算出每个恐怖袭击事件的危害指数,并使用聚类算法得出危害级别的分级模型,这里默认数据集中的事件之间是相互独立的,没有考虑事件之间的关联性。下一步的改进是在数据预处理把短时间内同一地点发生的事件集合到一起建立模型,从而得到更好的结果。

针对任务二,在将可能为同一组织或个人的案件归为一类时,使用组织或个人在制造恐怖袭击时带有的个体特性进行聚类,但是实际上在尚未有组织或个人宣称负责的恐怖袭击事件可能有已确定存在的恐怖组织实施的恐怖袭击,而本文并没有将其与未知恐怖组织一起讨论,下一步的改进是将未知和已知的恐怖组织结合起来寻找之间的关联性。

针对任务三,我们对主要恐怖组织的活动范围、类型、造成恐怖袭击的数量进行了大致的预测,而没有对下次恐怖袭击时间发生的具体时间、类型、坐标进行预测,下一步改进是寻找一种更好的模型来预测袭击的准确数据。

针对任务四,我们以恐怖袭击导致的烧伤患者为切入点,重点分析这类受害者的分布、数量,并使用曲线拟合对其未来5年的情况进行预测。希望为国际人道主义组织部署医疗力量、调配物资提供理论依据,但在分析过程中没考虑非政府组织再该地区的影响力和危险性。下一步应结合时政新闻等内容进一步讨论。

由于时间仓促,本文在模型建立上还存在一些问题,比如,在本文中,数据库中大量的数据没有用到,如‘resolution’、‘multiple’等,这为我们未来对恐怖袭击事件的深入分析理解乃至预测提供了新的思路。

## 6 模型的评价与推广

### 6.1 模型的评价

#### 6.1.1 模型的优点

1. 提出“危害指数”这一概念对危害程度进行量化描述，将原本使用主观评价的指标量化，有利于对恐怖袭击事件的评价、分级。
2. 给出了部分因素的量化、分级标准，经过反馈验证，该标注具有较强的科学性和可信度。
3. 使用模糊层次分析法和聚类算法建立危害程度的评级模型，既考虑了危害指数的分布特性，也考虑到了评级分布的合理性。
4. 使用灰色预测模型、曲线拟合较为准确地预测出未来几年内恐怖袭击事件的发展态势、地区、次数、主要袭击目标、受伤人数等，对于未来反恐防恐提供了理论支持。

#### 6.1.2 模型的缺点

1. 撕裂了部分因素间的相关性，如轰炸/爆炸袭击与伤亡人数的相关性。
2. 灰色预测模型、曲线拟合只能用于短期内预测。

### 6.2 模型的推广

本模型除了在对恐怖袭击事件的记录数据进行量化分析外，还可以应用于自然灾害的评级中。将其结果作为参考因素并进行量化分级，将该评级从主观判断转换成客观评价，具有较高的可信度和科学性。

## 参考文献

- [1] 傅子洋,徐荣贞,刘文强.基于贝叶斯网络的恐怖袭击预警模型研究[J].灾害学,2016,31(03):184-189.
- [2] 柴瑞瑞,刘德海,陈静锋.恐怖袭击事件的时空差异特征分析及内生性 VAR 模型[J].中国管理科学,2016,24(S1):281-288.
- [3] 于恒,汪益敏,陶子渝.基于案例统计的地铁恐怖袭击特征与防范对策分析[J].都市轨道交通,2018,31(04):125-132.
- [4] 宋莎莎,戴锋,卫保璐.基于模糊层次分析法和聚类分析的突发事件分级研究[J].科学决策,2010(10):68-72.
- [5] 百度百科, 欧几里得度量,  
<https://baike.baidu.com/item/%E6%AC%A7%E5%87%A0%E9%87%8C%E5%BE%97%E5%BA%A6%E9%87%8F/1274107?fromtitle=%E6%AC%A7%E5%BC%8F%E8%B7%9D%E7%A6%BB&fromid=2809635&fr=aladdin>, 2018.9.18
- [6] 王光裕.参量回归与指数函数曲线拟合[J].河北工业大学学报,1991(3):96-102.
- [7] 陈兆国.时间序列分析及其谱分析[M].北京:科学出版社,25-64, 1988.
- [8] 刘海香,张彩明,梁秀霞.平面上散乱数据点的二次曲线拟合[J].计算机辅助设计与图形学学报,2004,16(11):1594-1598.

## 附录 1 模拟层次分析法代码

```

clear;
clc;
E=input('输入计算精度 e:') Max=input('输入最大迭代次数 Max:')
F=input('输入优先关系矩阵 F:'); %计算模糊一致矩阵
N=size(F);      r=sum(F');
for i=1:N(1)
    for j=1:N(2)
        R(i,j)=(r(i)-r(j))/(2*N(1))+0.5;
    End    end
E=R./R';
% 计算初始向量 -----
% W=sum(R')./sum(sum(R)); % 和行归一法
for i=1:N(1)      S(i)=R(i,1);
    for j=2:N(2)      S(i)=S(i)*R(i,j);
end    end
S=S^(1/N(1));
W = S./sum(S);%方根法
a=input('参数 a=?');
W=sum(R')/(N(1)*a)-1/(2*a)+1/N(1); %排序法
% 利用幂法计算排序向量
V(:,1)=W'/max(abs(W)); %归一化
for i=1:Max
    V(:,i+1)=E*V(:,i);
    V(:,i+1)=V(:,i+1)/max(abs(V(:,i+1)));
    if max(abs(V(:,i+1)-V(:,i)))<e
        k=i;
        A=V(:,i+1)./sum(V(:,i+1));
        break
    Else
    End
End
End

```

## 附录 2 灰色预测模型代码

```

%建立符号变量 a(发展系数)和 b(灰作用量)
syms a b;    c = [a b]';

```

```

A = [543 520 655 575 660 390]; n = length(A); B = cumsum(A);
%对数列 B 做紧邻均值生成
for i = 2:n C(i) = (B(i) + B(i - 1))/2; end
C(1) = [];
%构造数据矩阵
B = [-C;ones(1,n-1)]; Y = A; Y(1) = []; Y = Y';
%使用最小二乘法计算参数 a(发展系数)和 b(灰作用量)
c = inv(B*B')*B*Y; c = c';
a = c(1); b = c(2); %预测后续数据
F = []; F(1) = A(1);
for i = 2:(n+6) F(i) = (A(1)-b/a)/exp(a*(i-1))+ b/a; end
%对数列 F 累减还原,得到预测出的数据
G = []; G(1) = A(1);
for i = 2:(n+3) G(i) = F(i) - F(i-1); %得到预测出来的数据 end
disp('预测数据为: '); G

```

### 附录 3 附件清单

0 附件清单.docx	附件清单
1、第一问附件	
1.1.xlsx	数据预处理的结果
1.2.docx	目标/受害者划分解释
1.3.m	模拟层次分析法的 matlab 代码
1.4.xlsx	k-mean 聚类所使用的数据
2、第二问附件	
2.1.xlsx	初步分析所使用的数据
2.2.xlsx	初步分析求解的结果
2.3.xlsx	进一步分析所使用的数据
2.4.xlsx	进一步分析求解的结果
3、第三问附件	
3.1.m	绘制恐怖袭击事件分布图的 matlab 代码
3.2.jpg	2015 年恐怖袭击事件分布图
3.3.jpg	2016 年恐怖袭击事件分布图
3.4.jpg	2017 年恐怖袭击事件分布图
3.5.jpg	2015 年、2016 年恐怖袭击事件综合分布图
3.6.jpg	2016 年、2017 年恐怖袭击事件综合分布图
3.7.jpg	近三年一级危害性恐怖袭击事件分布图
3.8.jpg	近三年二级危害性恐怖袭击事件分布图
3.9.jpg	近三年三级危害性恐怖袭击事件分布图



3.10.jpg	近三年四级危害性恐怖袭击事件分布图
3.11.jpg	近三年五级危害性恐怖袭击事件分布图
3.12.jpg	近三年二、三级危害性恐怖袭击事件综合分布图
3.13.jpg	近三年四、五级危害性恐怖袭击事件综合分布图
3.14.jpg	近三年 12 类地区恐怖袭击次数综合直方图
3.15.m	经纬度数据计算两点之间的距离的 matlab 代码
3.16.xlsx	主要恐怖组织事件的经纬度到其经纬度均值点的距离
3.17.m	灰色预测模型的 matlab 代码
3.18.xlsx	预测主要恐怖组织的最大活动距离
3.19.xlsx	预测主要恐怖组织活动的经纬度范围
3.20.jpg	2018 上半年主要恐怖组织作案范围预测图
3.21.jpg	2018 下半年主要恐怖组织作案范围预测图
3.22.xlsx	主要恐怖组织袭击目标预测的详细计算过程
3.23.xlsx	主要恐怖组织袭击数量和袭击目标的预测
4、第四间附件	
4.1.xlsx	地区每年烧伤情况
4.2.doc	地区发生次数预测
4.3.jpg	泰国拟合
4.4.jpg	泰国残差
4.5.jpg	泰国预测