

# “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：

恐怖主义是当今世界面临的重大难题，是人类共同的威胁，需要世界各国承担责任共同解决。深入挖掘大量恐怖袭击事件的相关数据并建立合理有效的数学模型，有助于我们深刻认识恐怖主义的危害性、定量把握恐怖事件的规律性、科学预测恐怖袭击的可信性，为反恐斗争提供信息支撑。

针对任务一，本文首先基于全球恐怖主义数据库，对恐怖事件的数量演变规律、伤亡情况、武器信息以及攻击信息进行了相关统计分析。在此基础上，确定影响危险程度的重要因素，建立基于 DEA（数据包络分析）的恐怖事件分级评估模型。利用 DEA 模型进行数值计算，得到每个事件的有效值。之后，为得到精确结果，利用超效率 DEA 模型进行进一步计算。算出结果后，对所有事件的有效值进行排序，进而得到各个恐怖袭击事件危险程度排序。最后，根据自然灾害等级划分的原理，对恐怖袭击事件进行等级划分。将任务一需要确定的典型事件对应到各个危害等级，其具体结果如表 1，表 2 所示。

表 1 近 20 年危害程度最高的十大恐怖袭击

| 次序 | 事件编号         |
|----|--------------|
| 1  | 200109110004 |
| 2  | 200109110005 |
| 3  | 201406150063 |
| 4  | 201408090071 |
| 5  | 199808070002 |
| 6  | 201406100042 |
| 7  | 201710140002 |
| 8  | 200403210001 |
| 9  | 201408200027 |
| 10 | 200409010002 |

表 2 典型事件危害级别

| 事件编号         | 危害级别 |
|--------------|------|
| 200108110012 | 一级   |
| 200511180002 | 一级   |
| 200901170021 | 一级   |
| 201402110015 | 二级   |
| 201405010071 | 一级   |
| 201411070002 | 四级   |
| 201412160041 | 一级   |
| 201508010015 | 五级   |
| 201705080012 | 一级   |

针对任务二，首先利用聚类分析模型的 DBSCAN 算法，对 2015 年和 2016 年里无人声称负责的恐袭事件进行多指标聚类分析，调整算法参数后得到 68 类

恐袭事件。再利用任务一中所建的超效率 DEA 模型，求解各个恐怖分子嫌疑人的危害度效率值，对危害度效率值进行排序，并找出前 5 名。然后利用灰色关联度分析模型，求解典型事件与前五名嫌疑人对应的恐怖袭击事件之间的关联度，并以关联度的期望作为判断嫌疑人嫌疑程度的标准。最后，分析基于关联度的嫌疑人嫌疑程度排序，对模型的可靠性做出判断，得到表 3 结果。

表 3 恐怖分子关于典型事件的嫌疑度

|              | 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 | 1      | 3      | 4      | 2      | 5      |
| 201702210037 | 2      | 1      | 4      | 3      | 5      |
| 201703120023 | 3      | 5      | 1      | 4      | 2      |
| 201705050009 | 3      | 5      | 2      | 4      | 1      |
| 201705050010 | 3      | 5      | 2      | 4      | 1      |
| 201707010028 | 4      | 5      | 2      | 3      | 1      |
| 201707020006 | 1      | 4      | 3      | 2      | 5      |
| 201708110018 | 3      | 1      | 4      | 2      | 5      |
| 201711010006 | 2      | 1      | 4      | 3      | 5      |
| 201712010003 | 1      | 3      | 4      | 2      | 5      |

注：1——Islamic State of Iraq and the Levant (ISIL)（伊斯兰国）

2——Taliban（塔利班）

3——Houthi extremists (Ansar Allah)（胡赛）

4——Kurdistan Workers' Party (PKK)（库尔德工人党）

5——Boko Haram（博科圣地）

针对任务三，本文首先分析恐怖事件发生的主要原因，根据恐怖事件数据库中的信息，统计分析了近 3 年恐怖袭击事件的时空特性，建立基于数据挖掘的反恐态势分析模型。在分析恐怖事件蔓延特征时，绘制 1998 年、2004 年、2010 年、2016 年四年恐怖活动全球分布图，对全球恐怖主义蔓延趋势进行了阐述。之后，结合任务一中的危害等级划分，统计近 3 年所有恐怖袭击事件的等级，按照相应坐标绘制在地图上，得出分布规律。在分析重点地区的反恐态势中，本文选取了 2016 年内遭受恐怖主义袭击死亡人数最多的 5 个国家，分别为伊拉克，阿富汗，尼日利亚，叙利亚，巴基斯坦，分别对这些地区反恐态势进行预测。最后针对分析的结果，提出了改善恐怖活动地区经济，完善枪支、爆炸物管理制度，加强国际合作、加强对话沟通的建议。

针对任务四，提出基于超效率 DEA 方法的国家安全等级评估模型和利用灰色关联度分析方法的恐怖主义危害等级影响因素分析模型。对于国家安全等级评估模型，首先确定指标体系，再进行数据处理，然后利用超效率数据包络分析求解每个国家的危害程度效率值，最后找出危害程度效率值前三十名的国家，对结果进行分析研究，完成模型检验。对于恐怖主义危害等级影响因素分析模型，首先确定各影响因素，再以危害程度效率值为评价标准，以各影响因素为评价对象，然后算出危害程度效率值与各指标之间的关联度，最后依据关联度找出影响恐怖主义危害等级的主要因素：死亡人数，受伤人数和经济损失，分析模型结果，完成模型检验。

**关键词：**恐怖袭击事件；DEA（数据包络分析）；DBSCAN 聚类分析；灰度关联度分析；危害等级

## 目录

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 1. 问题重述.....               | 4  |
| 1.1 问题背景.....              | 4  |
| 1.2 需要完成的任务.....           | 5  |
| 2. 模型的假设.....              | 6  |
| 3. 符号说明.....               | 7  |
| 4. 依据危害性对恐怖袭击事件分级.....     | 7  |
| 4.1 全球恐怖主义数据库的简要分析.....    | 7  |
| 4.1.1 恐怖袭击事件数量演变规律.....    | 8  |
| 4.1.2 恐怖袭击事件伤亡分析.....      | 8  |
| 4.1.3 恐怖袭击武器信息分析.....      | 9  |
| 4.1.4 恐怖袭击攻击信息分析.....      | 9  |
| 4.2 确定影响危害性的重要因素.....      | 10 |
| 4.2.1 死亡人数.....            | 10 |
| 4.2.2 受伤人数.....            | 10 |
| 4.2.3 经济损失.....            | 10 |
| 4.2.4 攻击类型.....            | 10 |
| 4.2.5 武器类型.....            | 11 |
| 4.2.6 其他因素.....            | 11 |
| 4.2.7 危害性因素的进一步划分.....     | 11 |
| 4.3 数据包络分析模型的建立与求解.....    | 12 |
| 4.4 恐怖袭击事件分级.....          | 14 |
| 4.5 任务 1 的结果.....          | 15 |
| 5. 依据事件特征发现恐怖袭击事件制造者.....  | 17 |
| 5.1 任务二的描述与分析.....         | 17 |
| 5.2 模型一：DBSCAN 聚类分析模型..... | 17 |
| 5.2.1 确定影响因子.....          | 17 |
| 5.2.2 数据预处理.....           | 18 |
| 5.2.3 模型建立.....            | 18 |
| 5.2.4 运算结果.....            | 18 |
| 5.2.5 模型检验.....            | 19 |
| 5.3 模型二：危险性评估模型.....       | 21 |
| 5.3.1 模型建立.....            | 21 |
| 5.3.2 模型求解.....            | 22 |
| 5.3.3 模型检验.....            | 23 |
| 5.4 模型三：灰色关联分析模型.....      | 24 |

|   |    |
|---|----|
| 5.4.1 模型建立.....                         | 24 |
| 5.4.2 模型求解.....                         | 25 |
| 5.4.3 结果分析.....                         | 26 |
| 6 对未来反恐态势的分析.....                       | 28 |
| 6.1 事件发生的主要原因.....                      | 28 |
| 6.2 恐怖袭击事件的时空特性.....                    | 29 |
| 6.2.1 空间分布特征.....                       | 29 |
| 6.2.2 时间分布特征.....                       | 30 |
| 6.3 恐怖袭击事件的蔓延特性.....                    | 31 |
| 6.4 恐怖袭击事件的级别分布.....                    | 32 |
| 6.5 全球重点地区反恐态势.....                     | 33 |
| 6.5.1 伊拉克.....                          | 34 |
| 6.5.2 阿富汗.....                          | 34 |
| 6.5.3 尼日利亚.....                         | 35 |
| 6.5.4 叙利亚.....                          | 35 |
| 6.5.5 巴基斯坦.....                         | 36 |
| 6.6 反恐斗争见解和建议.....                      | 36 |
| 6.6.1 改善恐怖活动地区经济.....                   | 36 |
| 6.6.2 完善枪支、爆炸物的管理制度.....                | 36 |
| 6.6.3 加强国际合作，加强对话沟通.....                | 36 |
| 7. 数据的进一步利用.....                        | 38 |
| 7.1 基于超效率 DEA 的国家安全等级评估模型.....          | 38 |
| 7.1.1 评估模型指标建立.....                     | 38 |
| 7.1.2 数据处理.....                         | 38 |
| 7.1.3 模型建立.....                         | 38 |
| 7.1.4 模型求解.....                         | 39 |
| 7.1.5 模型检验.....                         | 40 |
| 7.2 基于灰色关联度分析方法的恐怖袭击事件危害等级影响因素分析模型..... | 40 |
| 7.2.1 指标体系的建立.....                      | 40 |
| 7.2.2 模型的建立.....                        | 40 |
| 7.2.3 模型的求解.....                        | 41 |
| 7.2.4 结果分析.....                         | 41 |
| 8 模型的评价.....                            | 42 |
| 8.1 模型的优点.....                          | 42 |
| 8.2 模型的缺点.....                          | 42 |
| 参考文献.....                               | 43 |

## 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。

附件 1 选取了某组织搜集整理的全球恐怖主义数据库（GTD）中 1998-2017 年世界上发生的恐怖袭击事件的记录

### 1.2 需要完成的任务

#### 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，如我国《道路交通事故处理办法》第六条规定的交通事故等级划分标准，主要按照人员伤亡和经济损失程度划分。

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。请你们依据附件 1 以及其它有关信息，结合现代信息处理技术，借助数学建模方法建立基于数据分析的量化分级模型，将附件 1 给出的事件按危害程度从高到低分为一至五级，列出近二十年来危害程度最高的十大恐怖袭击事件，并给出表 1 中事件的分级。

表 1 典型事件危害级别

| 事件编号         | 危害级别 |
|--------------|------|
| 200108110012 |      |
| 200511180002 |      |
| 200901170021 |      |
| 201402110015 |      |
| 201405010071 |      |
| 201411070002 |      |
| 201412160041 |      |
| 201508010015 |      |
| 201705080012 |      |

## 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。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。再对表 2 列出的恐怖袭击事件,按嫌疑程度对 5 个嫌疑人排序,并将结果填入下表(表中样例的意思是:对事件编号为 XX 的事件,3 号的嫌疑最大,其次是 4 号,最后是 5 号),如果认为某嫌疑人关系不大,也可以保留空格。

表 2 恐怖分子关于典型事件的嫌疑度

|              | 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 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 样例 XX        | 4      | 3      | 1      | 2      | 5      |
| 201701090031 |        |        |        |        |        |
| 201702210037 |        |        |        |        |        |
| 201703120023 |        |        |        |        |        |
| 201705050009 |        |        |        |        |        |
| 201705050010 |        |        |        |        |        |
| 201707010028 |        |        |        |        |        |
| 201707020006 |        |        |        |        |        |
| 201708110018 |        |        |        |        |        |
| 201711010006 |        |        |        |        |        |
| 201712010003 |        |        |        |        |        |

## 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。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/表给出你们的研究结果,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

通过数学建模还可以发挥附件 1 数据的哪些作用? 给出模型和方法。

## 2. 模型的假设

假设 1: GDT 的数据主要是来自美国的主流媒体和美国政府报告,带有高度的美国政府和媒体的主观色彩。有时将一般刑事案件也认为是恐怖袭击。本文假设数据库中的数据公正客观。

假设 2: 任务一中,对各种因素的量化处理,对攻击类型和武器类型的排序是科学有效的。

假设 3: 有些恐怖事件的活动范围较大,在本文中,假设所有事件的发生地点都是一个坐标点,而不是一个范围。

假设 4: 对于附件 1 中某些事件缺少的相关信息,本文假设其不存在。

## 3. 符号说明

| 符号       | 符号说明             |
|----------|------------------|
| $\theta$ | 效率值              |
| $r_i$    | 灰色关联度            |
| $\xi_i$  | 灰色关联系数           |
| $\rho$   | 分辨系数             |
| $X_j$    | 决策单元 $j$ 的输入向量   |
| $Y_j$    | 表示决策单元 $j$ 的输出向量 |
| $v$      | 表示输入的权值向量,       |
| $u$      | 表示输出的权值向量        |
| $m$      | 输入单元个数           |
| $n$      | 决策单元个数           |
| $s$      | 输出单元个数           |
| $x_0$    | 参考数列 (评价标准)      |
| $x_i$    | 比较数列 (评价对象)      |
| $W$      | 权重系数             |

## 4. 依据危害性对恐怖袭击事件分级

### ——基于 DEA 的恐怖事件分级评估模型

恐怖袭击事件作为非传统安全，对世界的和平与发展，人类的和谐与进步有着重要影响。从 9·11 事件以后，全球每年的恐怖袭击事件数量不断上升，特别是最近数十年，恐怖袭击的规模、频率、手段出现新的特征<sup>[1]</sup>。为提高反恐能力，应对各种突发事件，各国都开始重视恐怖活动的相关研究。

对灾难性事件的分级，是预防灾难和快速应对灾难的一种有效方法。比如，确定了台风的等级，提前预报天气情况，就能做好应对台风的措施，从而降低台风造成的损失；地震发生后，地震局第一时间确定了地震的等级，对地震的灾情就有了初步判断，国家就能有效调动力量进行救援<sup>[2]</sup>。恐怖袭击事件同样如此，依据危害性对恐怖袭击事件分级，从定量角度研究恐怖事件，方便对恐怖事件的决策分析。

#### 4.1 全球恐怖主义数据库的简要分析

在依据危害性对恐怖袭击事件分级之前，有必要对附件 1（全球恐怖主义数据库）中的数据进行简要分析，为确定因素和分级方法奠定基础。

##### 4.1.1 恐怖袭击事件数量演变规律

通过对附件 1（全球恐怖事件数据库）数据统计分析，如图 4-1 所示，从 1998 年到 2014 年，全球恐怖袭击事件数量不断递增，2014 年以后，恐怖事件趋势较为平缓且有所下降，不过从全球范围来看，恐怖袭击事件数量依然庞大，仍在泛滥蔓延。

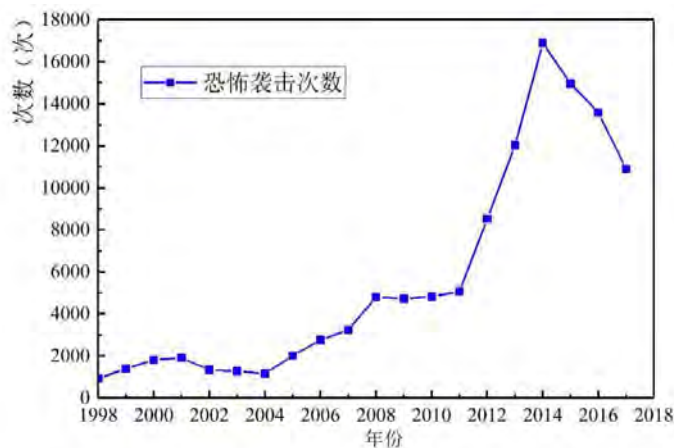


图 4-1 1998-2017 年全球恐怖袭击事件数量演变

##### 4.1.2 恐怖袭击事件伤亡分析

由附件 1，统计结果图 4-2 中可知，由于恐怖活动的连年递增，恐怖袭击造成的人员伤亡也在不断增加。其中 2014 年达到峰值，死亡人数达 44490，受伤人数为 41128。



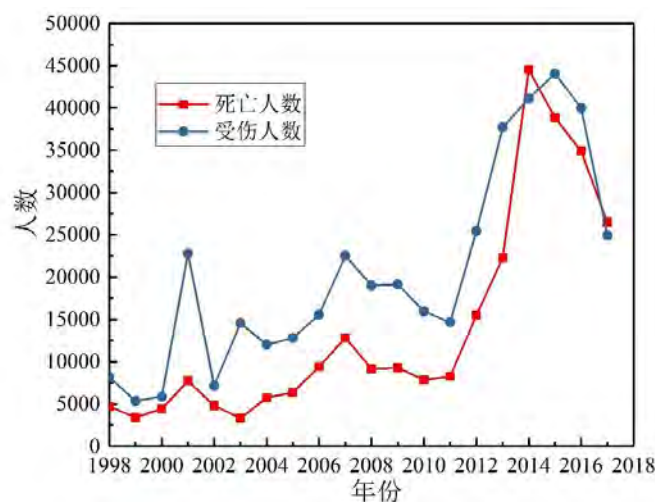


图 4-2 近 20 年恐怖袭击事件伤亡分析

#### 4.1.3 恐怖袭击武器信息分析

在不同的时段，恐怖活动表现的手法各异。通过对袭击方式的分析，结果如图 4-3 所示。

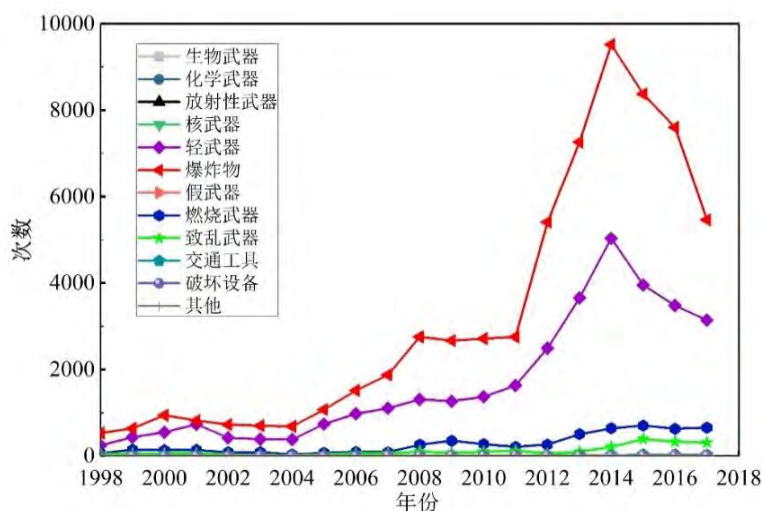


图 4-3 近 20 年恐怖袭击武器变化分析

可以得出，爆炸物一直都是实施恐怖活动的主要方式，因为爆炸物时袭击方式中较为简单且破坏力强，影响大。

此外，轻武器携带方便，容易实施恐怖行动，也是主要的手段。其他生物武器、化学武器、放射性武器和核武器使用次数极少，因为这些武器只有少数国家才有，实行严格管制。

#### 4.1.4 恐怖袭击攻击信息分析

通过对图 4-4 中攻击信息进行分析后发现，爆炸、武装袭击一直是实施恐怖活动的主要方式。这是因为爆炸、武装袭击成功率较高，造成人员伤亡较大。恐怖分子武装化的趋势较快，新的武器的使用，使他们的武装力量显著增强。而徒手袭击和劫持等行为相对较少，主要是此方式容易暴露且成功率较低。

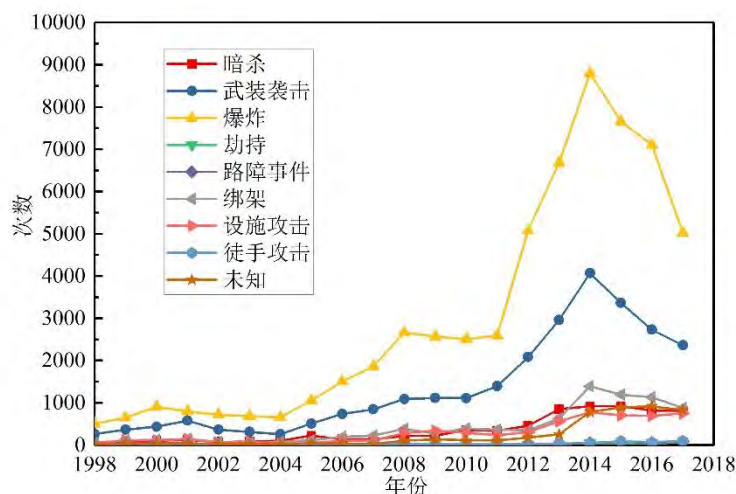


图 4-4 近 20 年恐怖袭击攻击信息变化图

## 4.2 确定影响危害性的重要因素

观察和分析附件 1 中的数据，我们可以得到，恐怖袭击事件的危害性不仅取决于人员伤亡和经济损失，还与攻击类型、武器类型等其他许多因素有关。

### 4.2.1 死亡人数

恐怖袭击事件通常针对人的（包括平民、军人、政府机要人员等），恐怖活动发生，死亡的人数越多，在一定程度上，恐怖氛围越浓厚，其危害性就越强。恐怖分子为了加大恐怖袭击事件的影响和扩散恐怖情绪，通常情况下，会制造更多的死亡人数以达到自己的目的。死亡人数是影响袭击事件的级别的重要因素。

### 4.2.2 受伤人数

相比于死亡人数，受伤人数虽然不及死亡人数给人的恐怖情绪强烈，但其也是一个影响恐怖袭击事件分级的一个重要指标。受伤人数越多，说明恐怖袭击的规模就越大，对社会的影响就越大。而且，对于受伤人员来说，恐怖袭击对于他们不仅是身体上的伤害，更是心理上的摧残。无形中会给他们自己和社会带来负面影响，还会扩大恐怖活动的传播范围，延长恐怖袭击的影响时间。

### 4.2.3 经济损失

恐怖袭击有些是针对经济建设，破坏重要设施和器材，会造成巨大的经济损失。经济损失主要包括损坏设备、建筑、救治伤员等。现实情况下很难具体准确的计算出经济损失，往往采用估计的方法。在附件 1 中，根据全球恐怖主义数据库进行的经济损失等级划分，对经济损失划定衡量范围，如表 4-1 所示。

表 4-1 财产损害金额等级划分

| 标识 | 程度   | 财产损害金额             |
|----|------|--------------------|
| 1  | 灾难性的 | >10 亿美元            |
| 2  | 重大的  | >100 万美元 & <10 亿美元 |
| 3  | 较小的  | <100 万美元           |
| 4  | 未知   | 未知                 |

4.2.4 攻击类型

恐怖袭击事件的攻击类型有很多种。不同的攻击方式，造成的人员伤亡和财产损失往往在量级上有所差别。

例如，劫持人质和武装袭击给人的伤害是不一样的，采用残忍的攻击类型，不仅是对受害者的巨大伤害，更是对普通民众造成巨大的心理恐慌，从而造成社会的动荡不安。

在附件 1 中，共列出了 9 种类型的攻击方式，本文按照杀伤力的大小进行排序，其结果如表 4-2 所示。

表 4-2 攻击类型排序结果

| 次序   | 1  | 2    | 3  | 4    | 5  | 6    | 7  | 8    | 9  |
|------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|
| 攻击类型 | 爆炸 | 武装袭击 | 暗杀 | 徒手攻击 | 劫持 | 路障事件 | 绑架 | 设施攻击 | 未知 |

4.2.5 武器类型

袭击方式与武器类型有着较大联系，随着时代的发展，恐怖袭击的武器类型也越来越丰富，除了传统的爆炸物、轻武器，化学武器、生物武器以及放射性武器也不断被使用。武器的类型是评判袭击事件等级的一项重要指标，我们根据武器的杀伤能力，将数据库中涉及的 13 类武器进行排序，其结果如表 4-3 所示。

表 4-3 武器类型排序结果

| 次序   | 1    | 2     | 3    | 4    | 5   | 6    | 7   |
|------|------|-------|------|------|-----|------|-----|
| 武器种类 | 核武器  | 放射性武器 | 生物武器 | 化学武器 | 爆炸物 | 燃烧武器 | 轻武器 |
| 次序   | 8    | 9     | 10   | 11   | 12  | 13   |     |
| 武器种类 | 致乱武器 | 假武器   | 交通工具 | 破坏设施 | 其他  | 未知   |     |

4.2.6 其他因素

(1) 是否为持续事件

在事件信息中，1=“是”事件的持续时间达到 24 个小时以上；0=“否”事件的持续时间不到 24 小时。是否为持续事件也是衡量事件危害程度的一个重要因素，持续的时间长，会给民众带来更多的心理压力。

(2) 事件组的一部分

一些袭击事件是相互关联的，在事件的属性中，1=“是”袭击事件组的一部分，0=“否”，不是事件组的一部分。如果事件是组成一个事件组的部分，事件的危害等级就要比单独的某一事件危害要大。

(3) 附近地区

在事件信息中，附近地区这一项，1=“是”该事件发生在邻近城市，0=“否”这事件在城市本身。发生在城市里的恐怖袭击事件要比邻近城市的危害程度要大。因为城市里聚集大量人口，会造成更大的危害，给更多的人造成心理负担。

4.2.7 危害性因素的进一步划分

在对恐怖袭击事件的分级过程中，涉及到多项指标。本文从指标的影响和重要性出发，确定了死伤人数，经济损失，袭击手段和民众心理为 4 项一级指标，

其中死伤人数又包括死亡人数和受伤人数，袭击手段主要包含恐怖袭击的攻击类型和武器类型，民众心理则包括是否为持续事件、事件组的一部分和是否为附近地区。其结构图如图 4-5 所示。

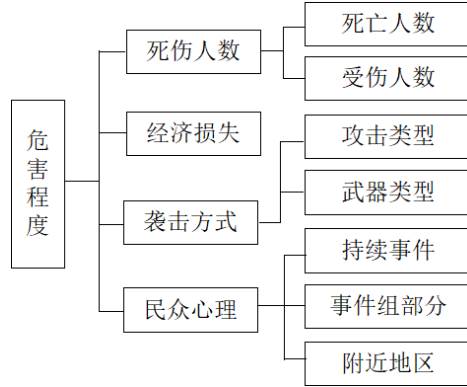


图 4-5 影响等级的危害性因素具体划分

### 4.3 数据包络分析模型的建立与求解

由于指标较多，且没有准确的系数关系。通过查阅相关资料<sup>[3]</sup>了解到，数据包络分析是评价具有多指标输入和多指标输出的较为系统有效的方法。考虑到任务一的基本要求，可以使用此方法进行求解。

数据包络分析模型种类较多，其中  $C^2R$  模型条理清晰，理论完善且实用性较强<sup>[3]</sup>。因此，本文建立数据包络分析的  $C^2R$  模型进行求解。

#### 4.3.1 数据包络分析 $C^2R$ 模型建立

设有  $n$  个决策单元，每个决策单元都有  $m$  种输入和  $s$  种输出；设  $x_{ij}(i=1,\dots,m;j=1,\dots,n)$  表示第  $j$  个决策单元的第  $i$  种输入量， $y_{rj}(r=1,\dots,s;j=1,\dots,n)$  表示第  $j$  个决策单元的第  $r$  种输出量， $v_i(i=1,\dots,m)$  表示第  $i$  种输入的权值， $u_r(r=1,\dots,s)$  表示第  $r$  种输出的权值。

$X_j(j=1,2,\dots,n)$  表示决策单元  $j$  的输入向量， $Y_j(j=1,2,\dots,n)$  表示决策单元  $j$  的输出向量， $v$  表示输入的权值向量， $u$  表示输出的权值向量，则：

$$\begin{cases} X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T \\ Y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T \\ u = (u_1, u_2, \dots, u_m)^T \\ v = (v_1, v_2, \dots, v_s)^T \end{cases} \quad [4]$$

决策单元  $j$  的效率评价指数为<sup>[4]</sup>：

$$h_j = \frac{u^T Y_j}{v^T X_j}, j=1,2,\dots,n$$

决策单元  $j_0$  效率的数学模型为：

$$\begin{aligned} & \max \frac{\mathbf{u}^T \mathbf{Y}_{j_0}}{\mathbf{v}^T \mathbf{X}_{j_0}} \\ \text{s.t. } & \begin{cases} \frac{\mathbf{u}^T \mathbf{Y}_j}{\mathbf{v}^T \mathbf{X}_j} \leq 1, j=1, 2, \dots, n; \\ \mathbf{u} \geq 0, \mathbf{v} \geq 0, \mathbf{u} \neq 0, \mathbf{v} \neq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (4.1)$$

通过 Charnes-Cooper 变换:

$$\boldsymbol{\omega} = t\mathbf{v}, \quad \boldsymbol{\mu} = t\mathbf{u}, \quad t = \frac{1}{\mathbf{v}^T \mathbf{X}_j}$$

将模型转化为线性规划问题, 其结果如下:

$$\begin{aligned} & \max V_{j_0} = \mathbf{u}^T \mathbf{Y}_{j_0} \\ \text{s.t. } & \begin{cases} \boldsymbol{\omega}^T \mathbf{X}_j - \boldsymbol{\mu}^T \mathbf{Y}_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n, \\ \boldsymbol{\omega}^T \mathbf{X}_{j_0} = 1, \\ \boldsymbol{\omega} \geq 0, \boldsymbol{\mu} \geq 0. \end{cases} \end{aligned} \quad (4.2)$$

可以证明, 模型 (4.1) 与模型 (4.2) 是等价的。

我们知道, 线性规划中对偶线性规划模型具有明确的经济意义, 下面是模型的对偶形式:

$$\begin{aligned} & \min \theta \\ \text{s.t. } & \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j \mathbf{X}_j \leq \theta \mathbf{X}_{j_0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j \mathbf{Y}_j \geq \mathbf{Y}_{j_0} \\ \lambda_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n. \end{cases} \end{aligned} \quad (4.3)$$

对于模型 (4.2) 有如下的定义:

**定义 1** 线性规划问题 (4.1) 的最优目标值  $V_{j_0} = 1$ , 则称决策单元  $j_0$  是数据是弱 DEA 有效。

**定义 2** 若线性规划问题存在最优解  $\boldsymbol{\omega}^* > 0$ ,  $\boldsymbol{\mu}^* > 0$ , 且最优目标值  $V_{j_0} = 1$ , 则称决策单元  $j_0$  是 DEA 有效的。

从这两个定义来看, 如果数据包络方法有效, 就是指那些决策单元, 他们的输入输出比达到最大。因此, 可以用数据包络分析来对决策单元进行评价。

### 4.3.2 C<sup>2</sup>R 模型的求解

根据 C<sup>2</sup>R 模型的原理, 为了用标准线性规划软件求解, 需要人为的将输入变量设定为 1。输出变量为死亡人数、受伤人数、财产损失、攻击类型、武器类型、是否持续事件、是否事件组部分、是否附近地区。

将输入变量和输出变量录入, 进行计算。计算的 MATLAB 程序在附录中。

通过计算，得到每个事件的最优目标值 $\theta$ 。最优目标值 $\theta$ 越接近 1，危险性越高，越接近 0，危险性越低。

利用数据包络模型计算后，我们发现，有大量事件的最优目标值都为 1，无法进行排序，这是预期的结果。将所有最优目标值为 1 的事件筛选出来，利用超效率 DEA 模型对其进行进一步计算。

超效率 DEA 模型<sup>[4]</sup>：

$$\begin{aligned} & \min \theta \\ \text{s.t.} & \begin{cases} \sum_{j=1, j \neq 0}^n \lambda_j X_j \leq \theta X_{j_0} \\ \sum_{j=1, j \neq 0}^n \lambda_j Y_j \geq Y_{j_0} \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n. \end{cases} \end{aligned}$$

表 4-4 是通过计算得到最优目标值最大的 12 件恐怖袭击事件，其他的数据在本文附件 1 中可以查到。结合具体的事件造成的后果进行比对，利用该模型得到的结果准确可信。

表 4-4 最优目标值最大的恐怖袭击事件

| GTD 标志号      | 国家            | 最优目标值 $\theta$ |
|--------------|---------------|----------------|
| 200109110004 | United States | 0.9998         |
| 200109110005 | United States | 0.9998         |
| 201406150063 | Iraq          | 0.9980         |
| 201408090071 | Iraq          | 0.9980         |
| 199808070002 | Kenya         | 0.9978         |
| 201406100042 | Iraq          | 0.9978         |
| 201710140002 | Somalia       | 0.9976         |
| 200403210001 | Nepal         | 0.9974         |
| 201408200027 | Syria         | 0.9973         |
| 200409010002 | Russia        | 0.9969         |
| 201612100011 | Syria         | 0.9968         |
| 201607020002 | Iraq          | 0.9958         |

#### 4.4 恐怖袭击事件分级

本文将所有恐怖袭击事件的最优目标值 $\theta$ 降序排列，按照 $\theta$ 值划分等级区间，将所有事件按危害程度从高到低分为一至五级。按照自然灾害、交通事故划分等级的经验，级别高的事件发生率较低，如图 4-6 所示。

根据实际情况，大部分恐怖袭击事件都是影响范围小，危害性小的事件，而真正的大型恐怖袭击事件发生率很低<sup>[5]</sup>。再结合通过模型求解的最优目标值，确定了事件分级的边界条件，进而计算了各级事件占总事件的百分比，其比率结果与自然灾害的分级相近，分级标准较为科学。



图 4-6 自然灾害划分等级示意图

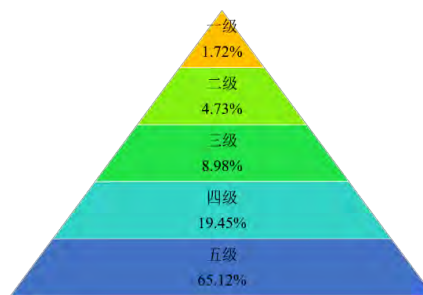


图 4-7 恐怖袭击事件划分示意图

表 4-5 等级分类标准表

| 等级 | 最优目标值 $\theta$ 区间 | 所占百分比  |
|----|-------------------|--------|
| 一级 | 0.90~1.00         | 1.72%  |
| 二级 | 0.75~0.90         | 4.73%  |
| 三级 | 0.55~0.75         | 8.98%  |
| 四级 | 0.35~0.55         | 19.45% |
| 五级 | 0.00~0.35         | 65.12% |

#### 4.5 任务 1 的结果

根据 4.3 节中的计算的结果，得到近二十年危害程度最高的十大恐怖袭击事件，具体事件如表所示。

表 4-6 近二十年危害程度最高的十大恐怖袭击

| 次序 | 事件编号         | 国家            |
|----|--------------|---------------|
| 1  | 200109110004 | United States |
| 2  | 200109110005 | United States |
| 3  | 201406150063 | Iraq          |
| 4  | 201408090071 | Iraq          |
| 5  | 199808070002 | Kenya         |
| 6  | 201406100042 | Iraq          |
| 7  | 201710140002 | Somalia       |
| 8  | 200403210001 | Nepal         |
| 9  | 201408200027 | Syria         |
| 10 | 200409010002 | Russia        |

在计算结果中找出相关事件，根据其最优目标值和等级划分区间，确定这些典型事件的危害级别，其结果如表 4-7 所示。

表 4-7 典型事件危害级别

| 事件编号         | 危害级别 |
|--------------|------|
| 200108110012 | 一级   |
| 200511180002 | 一级   |
| 200901170021 | 一级   |
| 201402110015 | 二级   |
| 201405010071 | 一级   |
| 201411070002 | 四级   |
| 201412160041 | 一级   |
| 201508010015 | 五级   |
| 201705080012 | 一级   |



## 5. 依据事件特征发现恐怖袭击事件制造者

### ——基于 DBSCAN 聚类及在灰色关联分析的恐怖袭击制造者分析模型

#### 5.1 任务二的描述与分析

通常情况，恐怖组织会以各种方式对恐怖袭击事件宣称负责，以此达到提高恐怖组织的声望和影响，寻求更多的资金支持，吸引更多的民众加入组织和营造恐怖的社会氛围等目的。但是，在全球大力反恐的背景环境下，部分恐怖组织在发动恐怖袭击后不再声称负责，以避免遭受国家武装的报复打击。未知恐怖袭击事件制造者，给恐怖袭击事件的分析评估带来了很大的困扰，同时也给预防恐怖袭击埋下隐患。

从附件 1 中筛选信息，2015 年和 2016 年两年时间里共发生 28552 起恐怖袭击事件，其中一共有 22745 起恐怖袭击事件无人负责，高达 80% 的恐怖袭击事件无人负责。同时在 1998 年至 2017 年的 20 年时间里，已确定的恐怖组织中超过 98.7% 制造过 5 起及以上的恐怖袭击活动，超过 15% 的恐怖袭击事件为系列恐怖袭击事件<sup>[6]</sup>。所以，对于无人声称负责的恐怖袭击事件，寻找事件之间的联系，有利于统一组织侦查，提高侦破效率和尽早发现新生或隐藏的恐怖分子，促进建立有效的恐怖主义预防机制。

同一恐怖组织的活动区域，针对对象，攻击方式，武器装备和形成原因存在一定规律，依据事件特征发现恐怖袭击事件制造者，并对重点嫌疑对象的嫌疑度分析研究，对任务进行分析梳理：

（1）采用 DBSCAN 聚类分析方法<sup>[7]</sup>对所有数据进行分类处理。利用 MATLAB 编程，将所有恐怖袭击案件按照各指标的关联程度划分为若干个集合。

（2）应用模型一对每个集合进行危害性评估。每个嫌疑人的危害性大小取决于对应案件的危害性以及案件的数量两个因素

（3）采用灰色关联度分析方法判别恐怖袭击事件与各嫌疑人对应案件集合的关联度。恐怖袭击案件与各嫌疑人对应的案件集合关联度越大，嫌疑人的嫌疑度越高。

#### 5.2 模型一：DBSCAN 聚类分析模型

##### 5.2.1 确定影响因子

（1）经纬度：经纬度可以较为直观的反映出某一个恐怖组织的地理活动范围，通常情况下，恐怖组织的活动范围集中于某一国家或者地区，地理位置之间的关联性可以在一定程度上表现案件之间的关联性。

（2）自杀式袭击：自杀式袭击作为一种尤为极端的恐怖活动手段，带有很强的极端主义色彩，具有极易识别的特征性。

（3）攻击类型：不同的恐怖组织受其形成原因，组织成员和生存环境等因素的影响，其攻击手段的选择带有一定的倾向性。

（4）受害者类型：恐怖组织一般带有政治的或非政治的动机和目的，其打击对象一般是有选择的特殊群体，以此实现自己的目标。

（5）目标国籍：恐怖组织实施恐怖活动，尤其是国际恐怖活动，常常针对特定的国家，国籍指向性强。

（6）武器：受限于恐怖组织的背景，实力和环境等，各组织使用的武器类

型不尽相同，在恐怖活动中表现明显。

### 5.2.2 数据预处理

首先将附件 1 中 2015 年和 2016 年两年无人声称负责的恐怖袭击事件的数据筛选出来，再根据影响因子选择相关参数。由于数据存在缺失，剔除数据不全的“脏点”，共删除 139 项数据，最终得到 22601 项有效数据，有效数据达到 99.4%，认定数据有效，得到最终数据样本。

描述一起恐怖袭击事件有很多指标，这些指标构成了一个  $N$  维空间，每一起事件在该空间中对对应一个点，样本点之间的“距离”<sup>[8]</sup>为：

$$d(n_i, n_j) = \sqrt{(x_{i1} - x_{j1})^2 + (x_{i2} - x_{j2})^2 + \dots + (x_{in} - x_{jn})^2}$$

由于各指标的量纲不同、值均为非负数，因此在计算距离前应对样本数据进行归一化处理：

$$y_{i1} = \frac{x_{i1}}{\sum_{i=1}^a x_{i1}} \quad (a \text{ 为样本点总数})$$

则新序列  $y_{11}, y_{21}, \dots, y_{a1} \in [0, 1]$  且无量纲。因此不同指标在  $N$  维空间中有了统一的标度。

### 5.2.3 模型建立

**Step1** 对于样本集  $D$ ，给定参数  $\varepsilon$ （聚类半径）和  $\text{Minpts}$ （每一聚类簇至少包含的样本点）。

**Step2** 任意访问一个未读取过的样本点，根据  $\varepsilon$  和  $\text{Minpts}$  判断是否是核心对象。若是核心对象，则找到这个核心对象能够密度可达的所有样本集合，即为一个聚类簇；否则为边界点或噪声点。

**Step3** 重复 Step2，直至所有样本点均被聚类成簇或划归为噪声点。

### 5.2.4 运算结果

通过 MATLAB 软件运行 DBSCAN 聚类程序，调试聚类半径后先后得到表 5-1 结果。

表 5-1 恐怖袭击事件聚类结果

| 嫌疑人  | 恐怖袭击事件<br>数量 | 嫌疑人    | 恐怖袭击事件<br>数量 | 嫌疑人    | 恐怖袭击事件<br>数量 |
|------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|
| I    | 1931         | XXIV   | 371          | XLVII  | 79           |
| II   | 1433         | XXV    | 366          | XLVIII | 77           |
| III  | 1389         | XXVI   | 336          | XLIX   | 65           |
| IV   | 1090         | XXVII  | 310          | L      | 53           |
| V    | 1081         | XXVIII | 296          | LI     | 51           |
| VI   | 821          | XXIX   | 290          | LII    | 50           |
| VII  | 806          | XXX    | 273          | LIII   | 47           |
| VIII | 772          | XXXI   | 269          | LIV    | 42           |

|       |     |         |     |        |    |
|-------|-----|---------|-----|--------|----|
| IX    | 738 | XXXII   | 239 | LV     | 42 |
| X     | 683 | XXXIII  | 238 | LVI    | 41 |
| XI    | 649 | XXXIV   | 221 | LVII   | 35 |
| XII   | 557 | XXXV    | 215 | LVIII  | 30 |
| XIII  | 545 | XXXVI   | 138 | LIX    | 29 |
| XIV   | 530 | XXXVII  | 128 | LX     | 23 |
| XV    | 521 | XXXVIII | 123 | LXI    | 23 |
| XVI   | 517 | XXXIX   | 117 | LXII   | 22 |
| XVII  | 513 | XL      | 113 | LXIII  | 21 |
| XVIII | 495 | XLI     | 112 | LXIV   | 21 |
| XIX   | 489 | XLII    | 111 | LXV    | 20 |
| XX    | 489 | XLIII   | 95  | LXVI   | 17 |
| XXI   | 394 | XLIV    | 84  | LXVII  | 15 |
| XXII  | 391 | XLV     | 79  | LXVIII | 15 |
| XXIII | 385 | XLVI    | 79  |        |    |

对各类恐怖袭击事件的数量进行分析：

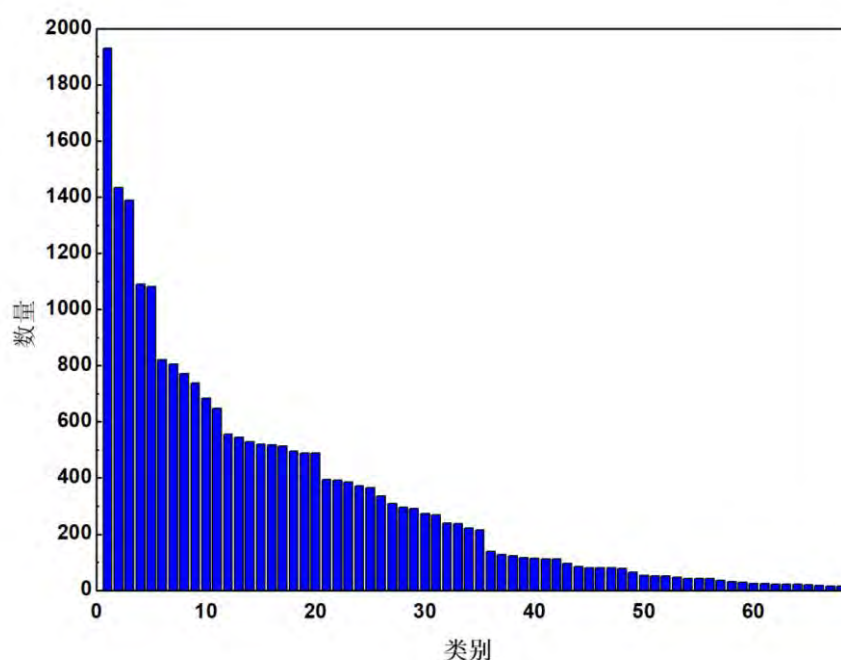


图 5-1 各类恐怖袭击事件数量统计图

从表 5-1 和图 5-1 中可以较为直观地看出各类恐怖袭击事件集合中的样本数量相差较大，少数集合中样本数量非常大，但是大部分集合中样本数量较少。现实中部分危害较大的恐怖组织实施恐怖活动较为频繁，大部分规模较小的恐怖组织受限于自身实力，实施恐怖袭击活动的频率较小，这与数据反映的信息相一致。

### 5.2.5 模型检验

以一号嫌疑人对应的恐怖袭击事件数据样本进行模型有效性的检验：

#### (1) 空间聚集效应

分类结果空间分布聚集效应明显。本次聚类分析，空间坐标是一个重要的影响因素<sup>[9]</sup>，现实中恐怖组织的活动范围也带有明显的空间特征，所以每一类的恐怖袭击事件应当处于某一国家或者某一区域之内。

分析 I 号嫌疑人对应的恐怖袭击事件地理位置区域分布，I 号嫌疑人对应 1931 个恐怖袭击事件，其分布区域主要集中于中东、北非和西欧地区。

从图 5-2 中可以明显地观察到，I 号嫌疑人对应的恐怖袭击事件主要集中于中东地区，在北非和西欧也有一定的恐怖袭击事件，同时又有少量点不在点聚集区域之内，分析后认为是分类时采用多指标聚类模型，不是单一的空间分布指标，所以产生了一些零散数据点，不影响模型的有效性。

表 5-2 I 号嫌疑人对应恐怖袭击事件区域分布情况

| 地区 | 10（中东和北非） | 8（西欧） | 1、7、9、11、12（其他） |
|----|-----------|-------|-----------------|
| 数量 | 1629      | 143   | 159             |
| 比重 | 84.3%     | 7.5%  | 8.2%            |

对表格数据进行可视化处理，通过坐标投影得到图 5-2。

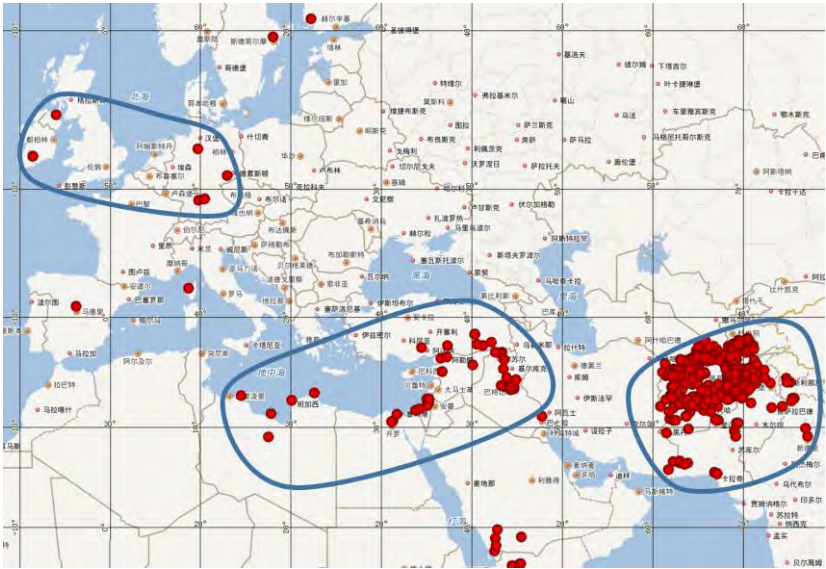


图 5-2 I 号嫌疑人对应恐怖袭击事件区域分布情况

(2) 攻击类型习惯性检验

I 号嫌疑人对应 1931 个恐怖袭击事件，主要采用爆炸袭击，武装袭击和劫持人质等攻击方式。

表 5-3 I 号嫌疑人攻击方式统计

| 攻击方式 | 2<br>(武装袭击) | 3<br>(爆炸袭击) | 6、7<br>(劫持人质) | 1、4、5、8<br>(其他) | 9<br>(未知) |
|------|-------------|-------------|---------------|-----------------|-----------|
| 数量   | 156         | 1251        | 297           | 65              | 162       |
| 比重   | 8.1%        | 64.9%       | 15.3%         | 3.4%            | 8.3%      |

从表 5-3 中数据可以明显看出，该嫌疑人在攻击方式的选择上有极强的习惯性，这与某一特定恐怖组织的训练方式相适应，其特征具有一致性，反映出

DBSCAN 聚类分析模型得出的结果是有效可靠的。

### (3) 武器装备类型倾向性检验

各恐怖组织受限于资金实力与购买渠道等因素的影响<sup>[10]</sup>，其使用的武器装备常常有较强的倾向性。I 号嫌疑人对应 1931 个恐怖袭击事件，主要使用轻武器，爆炸物和燃烧武器。从表 5-4 中数据可以看出 73.5% 的恐怖袭击事件采用了爆炸物和燃烧武器，具有武器装备选择上很强的倾向性，也证明了分类模型的有效性和可靠性。

表 5-4 武器装备类型统计

| 武器类型 | 5<br>(轻武器) | 6<br>(爆炸物) | 8<br>(燃烧武器) | 2、9、10、12<br>(其他) | 13<br>(未知) |
|------|------------|------------|-------------|-------------------|------------|
| 数量   | 202        | 1273       | 147         | 44                | 265        |
| 比重   | 10.4%      | 65.9%      | 7.6%        | 2.3%              | 13.8%      |

### (4) 攻击目标群体的指向性检验

恐怖组织在进行恐怖活动的过程中，其针对的对象具有很强的指向性。I 号嫌疑人对应 1931 个恐怖袭击事件，主要针对警察，军人和一般公民等目标。

表 5-5 攻击目标统计

| 目标 | 警察   | 军事人员  | 公民    | 其他    | 未知   |
|----|------|-------|-------|-------|------|
| 数量 | 167  | 382   | 824   | 402   | 156  |
| 比率 | 8.7% | 19.8% | 42.7% | 20.8% | 8.0% |

从数据中可以看出该嫌疑人所有恐怖袭击事件中，针对军警人员高达 28.5%，针对普通公民高达 42.7%，说明该嫌疑人选择目标时具有很强的针对性，多数以缺少反抗能力的公民和象征国家安全的武装人员为目标，最终验证了模型的合理性。

综上所述，DBSCAN 聚类分析模型将所有无人声称负责的恐怖袭击事件分成 68 类，通过模型检验，每类数据中的各指标特征相近，说明了模型的有效性与可靠性。

## 5.3 模型二：危险性评估模型

### 5.3.1 模型建立

根据聚类分析法将 2015 年和 2016 年的恐怖袭击事件分成 57 个集合，即初步确定了 57 个恐怖分子嫌疑人。

嫌疑人的危害性大小由其对应的恐怖袭击事件数量和案件本身的危害程度共同决定，嫌疑人对应的恐怖袭击案件数量越多，说明其进行恐怖袭击事件的频率越高，危害程度越大；同理，嫌疑人对应的恐怖袭击事件危害程度越高，嫌疑人的危害性就越大。

综上所述，嫌疑人的危害性可以用其对应的恐怖袭击事件的效率值之和来表示，可以定义为：

$$\tilde{\theta}_n = \sum_{i=1}^K \theta_i$$

其中， $\tilde{\theta}_n$  为第  $n$  个嫌疑人的危害性效率值； $\theta_i$  为该嫌疑人对应的第  $i$  个恐怖袭击事件的危害程度的 DEA 效率值。

$\tilde{\theta}_n$  既可以表现出该嫌疑人进行恐怖袭击事件的频率，又可以反映其从事的恐怖事件的危害程度，总体上可以较为准确的反映恐怖分子嫌疑人的危害性。

### 5.3.2 模型求解

将模型一中划分的 68 类恐怖事件的相关指标数据，先导入任务一中的超效率 DEA 模型，输出的效率值反映出该嫌疑人的危害程度。

表 5-6 各嫌疑人的危害程度 DEA 模型输出值

| 嫌疑人   | 效率值     | 嫌疑人     | 效率值    | 嫌疑人    | 效率值   |
|-------|---------|---------|--------|--------|-------|
| I     | 1144.99 | XXIV    | 98.08  | XLVII  | 30.88 |
| II    | 1056.31 | XXV     | 227.58 | XLVIII | 12.09 |
| III   | 935.41  | XXVI    | 202.94 | XLIX   | 40.07 |
| IV    | 654.63  | XXVII   | 162.21 | L      | 26.34 |
| V     | 571.36  | XXVIII  | 115.71 | LI     | 30.17 |
| VI    | 491.43  | XXIX    | 215.37 | LII    | 9.38  |
| VII   | 543.24  | XXX     | 87.58  | LIII   | 18.97 |
| VIII  | 435.87  | XXXI    | 152.84 | LIV    | 17.72 |
| IX    | 419.69  | XXXII   | 111.12 | LV     | 16.95 |
| X     | 452.46  | XXXIII  | 88.47  | LVI    | 31.88 |
| XI    | 400.97  | XXXIV   | 90.43  | LVII   | 20.36 |
| XII   | 186.76  | XXXV    | 116.55 | LVIII  | 6.15  |
| XIII  | 308.88  | XXXVI   | 58.63  | LIX    | 11.25 |
| XIV   | 262.76  | XXXVII  | 54.41  | LX     | 12.5  |
| XV    | 256.41  | XXXVIII | 62.09  | LXI    | 8.17  |
| XVI   | 252.64  | XXXIX   | 117.66 | LXII   | 13.57 |
| XVII  | 265.8   | XL      | 55.17  | LXIII  | 17.69 |
| XVIII | 288.08  | XLI     | 30.29  | LXIV   | 7.29  |
| XIX   | 333.21  | XLII    | 43.53  | LXV    | 10.34 |
| XX    | 196.81  | XLIII   | 53.04  | LXVI   | 9.38  |
| XXI   | 115.25  | XLIV    | 37.53  | LXVII  | 6.42  |
| XXII  | 137.31  | XLV     | 60.59  | LXVIII | 0.5   |
| XXIII | 194.96  | XLVI    | 36.64  |        |       |

从表 5-6 和图 5-3 中可以看出，I、II、III、IV 和 V 五个嫌疑人的危害程度最大。虽然部分类别的恐怖袭击事件数量少，但是其综合危害程度大，说明该恐怖分子嫌疑人虽然制造恐怖袭击事件的数量少，但是每次恐怖活动都会造成相对多的人员伤亡和财产损失，这就导致其综合危害程度较大。

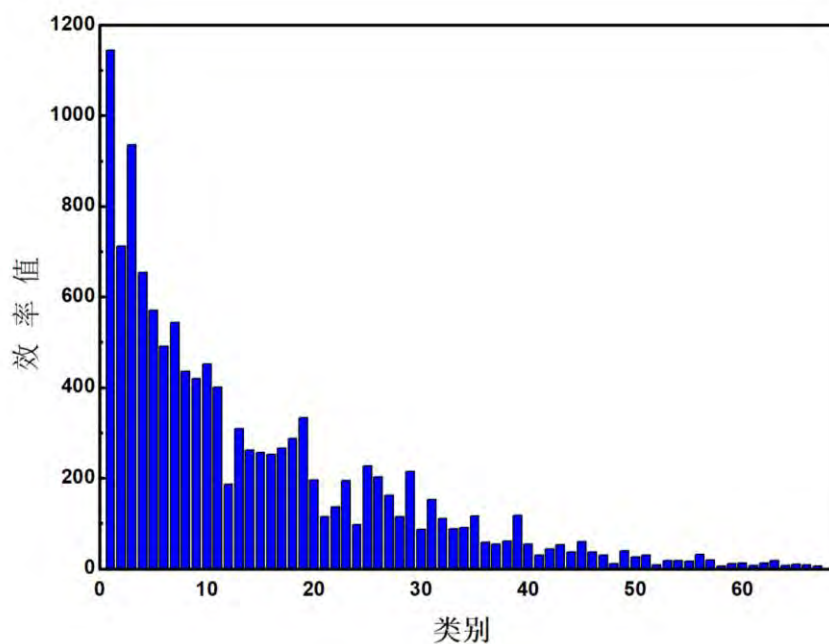


图 5-3 各类恐怖袭击事件危害度效率值图

### 5.3.3 模型检验

分析 I、II、III、IV 和 V 五个嫌疑人对应的恐怖袭击事件的地理位置分布和其他指标数据特征，将五名嫌疑人对应的恐怖袭击事件投影到地图上得到下图：

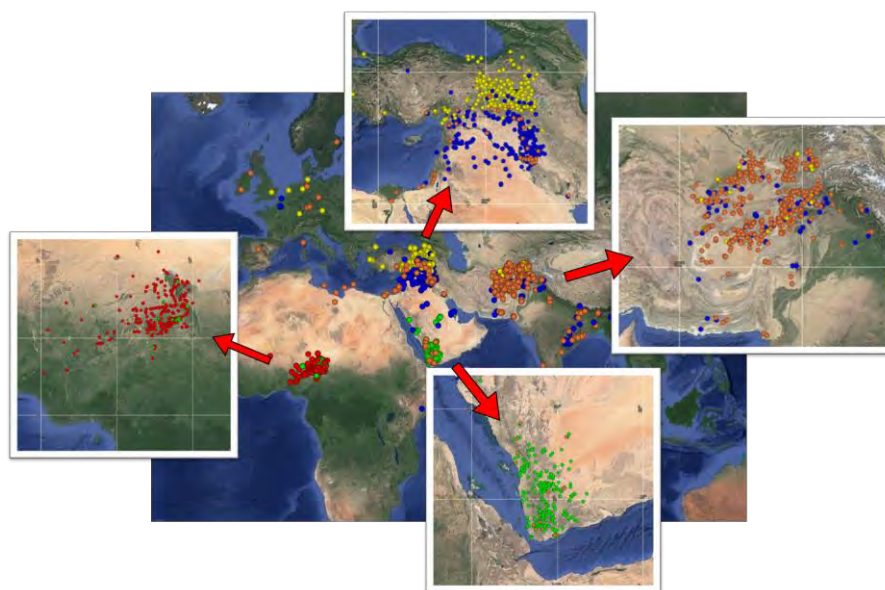


图 5-4 前五名嫌疑人对应恐怖袭击事件地理分布图

根据恐怖袭击事件发生的空间分布，参考部分已查实凶手的恐怖袭击事件的相关信息，结合各恐怖组织的势力范围，推断出危害性前五名恐怖分子嫌疑人身份如表 5-7。

表 5-7 恐怖组织嫌疑人身份

| 嫌疑人 | 判定名称   | 编号 |
|-----|--|----|
| I   | Islamic State of Iraq and the Levant (ISIL) (伊斯兰国) | 1  |
| II  | Taliban (塔利班)                                      | 2  |
| III | Houthi extremists (Ansar Allah) (胡赛)               | 3  |
| IV  | Kurdistan Workers' Party (PKK) (库尔德工人党)            | 4  |
| V   | Boko Haram (博科圣地)                                  | 5  |

5.4 模型三：灰色关联分析模型

5.4.1 模型建立

(1) 确定比较对象和参考数列

评价对象有  $m$  个，评价指标  $L$  有 9 个，分别为国家，地区，经纬度，是否自杀式袭击，攻击方式，受害者类型，受害者国籍和武器类型，参考数列为：

$$x_0 = \{x_0(k) | k = 1, 2, \dots, n\},$$

比较数列为：

$$x_i = \{x_i(k) | k = 1, 2, \dots, n\}, i = 1, 2, \dots, m。$$

(2) 确定各指标值对应的权重

首先确定指标重要性的标度：

表 5-8 标度的含义

| 标度      | 含义              |
|---------|-----------------|
| 1       | 两因素相比，具有相同的重要性  |
| 3       | 两因素相比，前者比后者稍重要  |
| 5       | 两因素相比，前者比后者明显重要 |
| 7       | 两因素相比，前者比后者强烈重要 |
| 9       | 两因素相比，前者比后者极端重要 |
| 2、4、6、8 | 介于上述相邻标度的中间值    |

写出判断矩阵：

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{19} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & & \\ a_{31} & a_{32} & 1 & & \vdots \\ \vdots & & & \ddots & \\ a_{91} & & \dots & & 1 \end{bmatrix}$$

计算出各指标对应的权重：

$$W = [w_1, \dots, w_9]$$



### (3) 计算灰色关联系数

$$\xi_i(k) = \frac{\min_s \min_t |x_0(t) - x_s(t)| + \rho \max_s \max_t |x_0(t) - x_s(t)|}{|x_0(t) - x_i(t)| + \rho \max_s \max_t |x_0(t) - x_s(t)|}$$

其中  $\rho \in [0,1]$  为分辨系数，一般而言，分辨系数越大，分辨率越大。

### (4) 计算灰色加权关联度

灰色加权关联度的计算公式：

$$r_i = \sum_{k=1}^n w_k \xi_i(k)$$

### (5) 评价分析

根据灰色加权关联度的大小，对各评价对象进行排序，建立关联序，关联度越大，评价效果越好。

## 5.4.2 模型求解

利用灰色相关度分析方法分别对 10 个典型恐怖袭击事件和 5 个首要嫌疑人对应的恐怖袭击事件关联程度进行计算，得到一组  $10 \times 6924$  的相关系数数表，详细数据见数附录 1。由于每个嫌疑人对应的恐怖事件数量很大，从单个关联度难以判断典型事件与嫌疑人对应的恐怖袭击事件样本集合之间的关联度，所以对典型事件与每个嫌疑人对应的恐怖袭击事件之间的关联度进行求期望，得到典型事件与嫌疑人之间的关联程度。

表 5-9 典型事件与嫌疑人关联度

| $\bar{r}$    | 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 | 0.8132 | 0.5323 | 0.4434 | 0.6973 | 0.4287 |
| 201702210037 | 0.5123 | 0.7995 | 0.4839 | 0.5012 | 0.4572 |
| 201703120023 | 0.5421 | 0.4490 | 0.6997 | 0.5587 | 0.6853 |
| 201705050009 | 0.5298 | 0.4793 | 0.8001 | 0.5107 | 0.8112 |
| 201705050010 | 0.5754 | 0.4270 | 0.7623 | 0.5248 | 0.7882 |
| 201707010028 | 0.4892 | 0.4409 | 0.6593 | 0.5182 | 0.8103 |
| 201707020006 | 0.8799 | 0.5429 | 0.5628 | 0.7123 | 0.4428 |
| 201708110018 | 0.5920 | 0.6930 | 0.4376 | 0.5289 | 0.4281 |
| 201711010006 | 0.5853 | 0.7107 | 0.4865 | 0.5802 | 0.3571 |
| 201712010003 | 0.7113 | 0.5421 | 0.4839 | 0.6284 | 0.3998 |

通过将典型事件与嫌疑人之间关联系数进行排序，得到排序结果如表 5-10 所示。

表 5-10 典型事件与嫌疑人的关联系数

| 编号           | 排序结果   |
|--------------|--|
| 201701090031 | $r_{11} > r_{14} > r_{12} > r_{13} > r_{15}$ |
| 201702210037 | $r_{22} > r_{21} > r_{24} > r_{23} > r_{25}$ |
| 201703120023 | $r_{33} > r_{35} > r_{31} > r_{34} > r_{32}$ |
| 201705050009 | $r_{45} > r_{43} > r_{41} > r_{44} > r_{42}$ |
| 201705050010 | $r_{55} > r_{53} > r_{51} > r_{54} > r_{52}$ |
| 201707010028 | $r_{65} > r_{63} > r_{64} > r_{61} > r_{62}$ |
| 201707020006 | $r_{71} > r_{74} > r_{73} > r_{72} > r_{75}$ |
| 201708110018 | $r_{82} > r_{84} > r_{81} > r_{83} > r_{85}$ |
| 201711010006 | $r_{92} > r_{91} > r_{94} > r_{93} > r_{95}$ |

注：  $r_{ij}$  表示第  $i$  个典型事件与第  $j$  个嫌疑人之间的关联系数。

在表 5-10 中，对典型事件与个嫌疑人的关联度进行排序，排序名次越靠前，其嫌疑程度越大，以此来确定各嫌疑人的嫌疑程度排序，结果如表 5-11 所示。

表 5-11 恐怖分子对于典型事件的嫌疑度

|              | 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 | 1      | 3      | 4      | 2      | 5      |
| 201702210037 | 2      | 1      | 4      | 3      | 5      |
| 201703120023 | 3      | 5      | 1      | 4      | 2      |
| 201705050009 | 3      | 5      | 2      | 4      | 1      |
| 201705050010 | 3      | 5      | 2      | 4      | 1      |
| 201707010028 | 4      | 5      | 2      | 3      | 1      |
| 201707020006 | 1      | 4      | 3      | 2      | 5      |
| 201708110018 | 3      | 1      | 4      | 2      | 5      |
| 201711010006 | 2      | 1      | 4      | 3      | 5      |
| 201712010003 | 1      | 3      | 4      | 2      | 5      |

注： 1——Islamic State of Iraq and the Levant (ISIL)（伊斯兰国）

2——Taliban（塔利班）

3——Houthi extremists (Ansar Allah)（胡赛）

4——Kurdistan Workers' Party (PKK)（库尔德工人党）

5——Boko Haram（博科圣地）

### 5.4.3 结果分析

为了更加直观的反映出嫌疑人对于各典型事件的嫌疑程度大小，将数据实现可视化，得到图 5-5。

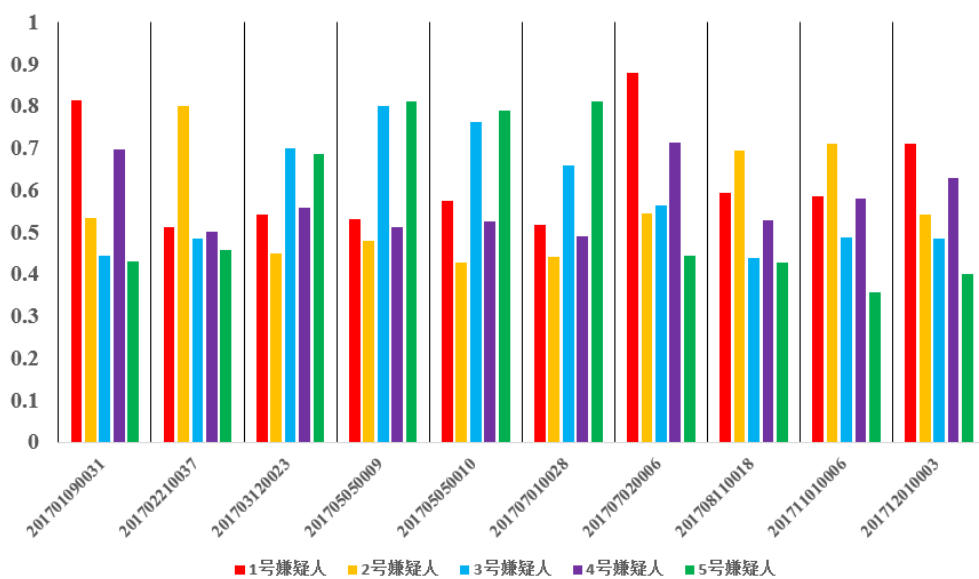


图 5-5 恐怖分子对于典型事件的嫌疑度

使用灰色关联度分析方法对典型恐怖袭击事件和嫌疑人之间的关联系数运算时，总体上数据的分布满足现实情况。但是出现少数数据偏小，关联度较小的现象，由于仍存在一定的关联度，在呈现结果时不认为该典型事件与嫌疑人无关，认为该嫌疑人嫌疑较小。

## 6 对未来反恐态势的分析

### ——基于数据挖掘的反恐态势分析模型

#### 6.1 事件发生的主要原因

当今世界局部动荡接连不断，民族矛盾逐步升温，宗教问题日益严峻，这些矛盾的激化，往往以恐怖行动显现，带给世界无穷无尽的灾难。

恐怖袭击入选 GDT 全球恐怖主义数据库，有三个入选标准。

标准 1：政治、经济、宗教、社会目标；

标准 2：意图胁迫、恐吓或煽动更多群众；

标准 3：超出国际人道主义法律范围。

通过对附件 1 中近 3 年的数据进行分析，3 年内共发生恐怖袭击事件 39453 件，符合标准 1 的事件有 39079 件，占事件总数的 99.1%，符合标准 2 的事件有 39213 件，占事件总数的 99.3%，符合标准 3 的事件有 32971 件，占事件总数的 83.6%。

由此可见，几乎所有的恐怖事件都与政治、经济、宗教为事发原因<sup>[12]</sup>，其目的是为了达到自己的某些意图，恐吓并煽动更多的群众。

通过分析受害者类型，最近 3 年，我们发现，恐怖主义袭击的目标进一步泛化，从附件 1 中，我们对受害者类别进行统计。分析结果如图 6-1 所示。

从图 6-1 中，我们得到恐怖袭击更倾向于攻击经济性、文化性的目标，尤其对没有防卫能力的平民。统计结果中，三年中共发生的 38852 件恐怖袭击事件，有 11501 件是针对普通公民的，占总数的 29.6%。这是极其危险的现象。

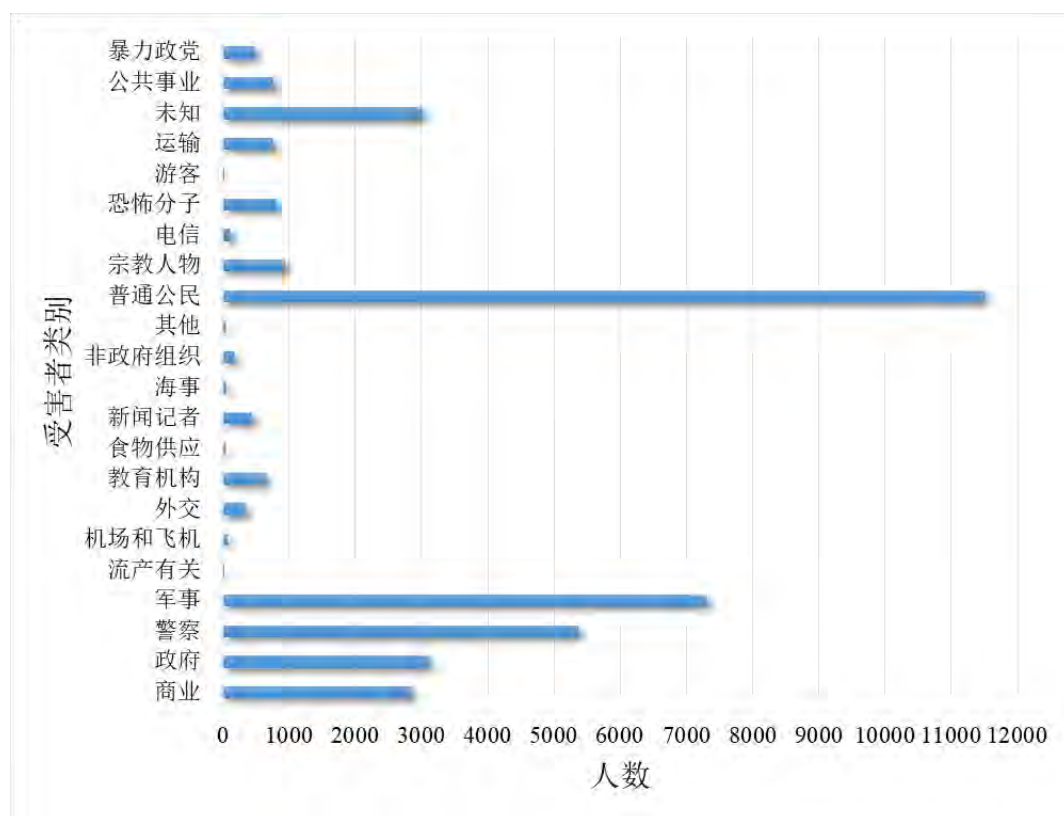


图 6-1 2015~2017 年受害者类别和人数

由于全球的反恐高压，世界各国对重要目标进行保护，恐怖袭击不易发生，但大量的普通公民活动场所广泛，不便防范，恐怖分子容易趁虚而入，为了达到危害社会，造成恐慌的目的，恐怖组织意图屠杀民众向政府宣战。

此外，恐怖主义泛滥的国家，政府的执行效力低下，有些恐怖组织受到一些大国的操纵和支持，这些都增加了恐怖主义的复杂性<sup>[13]</sup>。

### 6.2 恐怖袭击事件的时空特性

观察恐怖袭击事件的时空分布，总结其规律，从一定层面上可以判断恐怖组织的演化特征，划定恐怖组织的大致范围，对预测恐怖组织的发展，进而预防和打击恐怖主义有着重要参考意义。

#### 6.2.1 空间分布特征

根据附件 1 中的数据信息，本文筛选出 2015~2017 共 3 年时间的恐怖袭击事件。根据提供的事件经纬度坐标，绘制出这三年的恐怖袭击事件分布图，之后，经过进一步统计计算，得到每个地区（全球共划分 12 地区）每年的恐怖袭击事件的数量，其结果如图 6-2~6-4 所示。

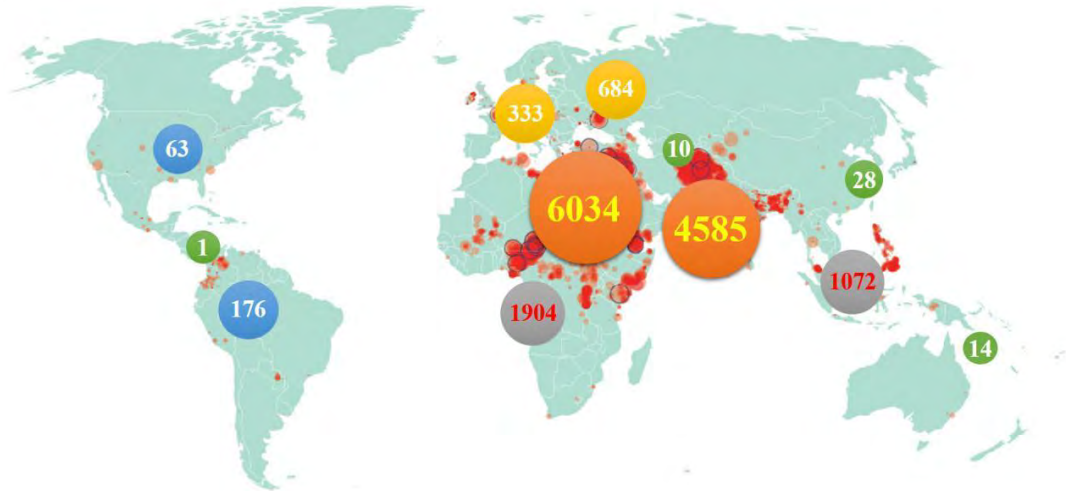


图 6-2 2015 年恐怖袭击事件分布图

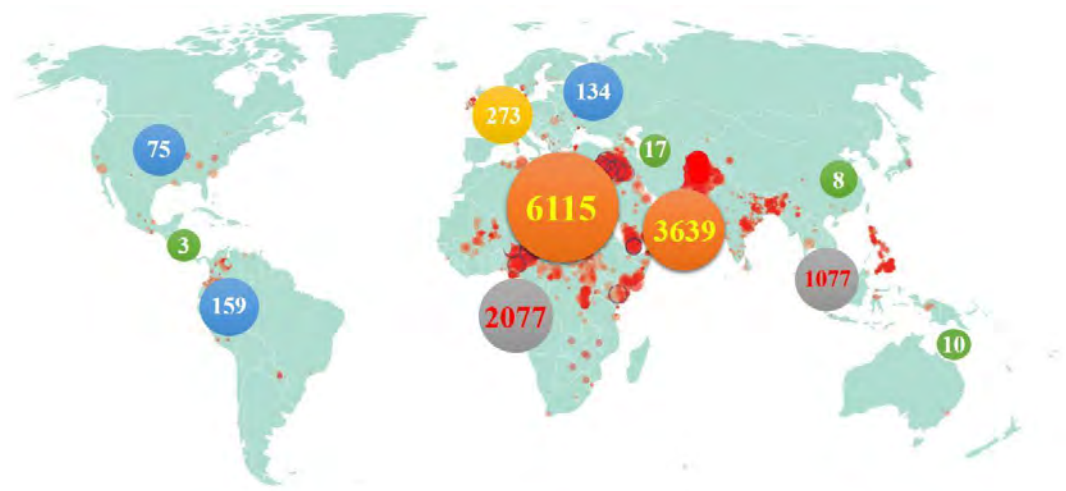


图 6-3 2016 年恐怖袭击事件分布图

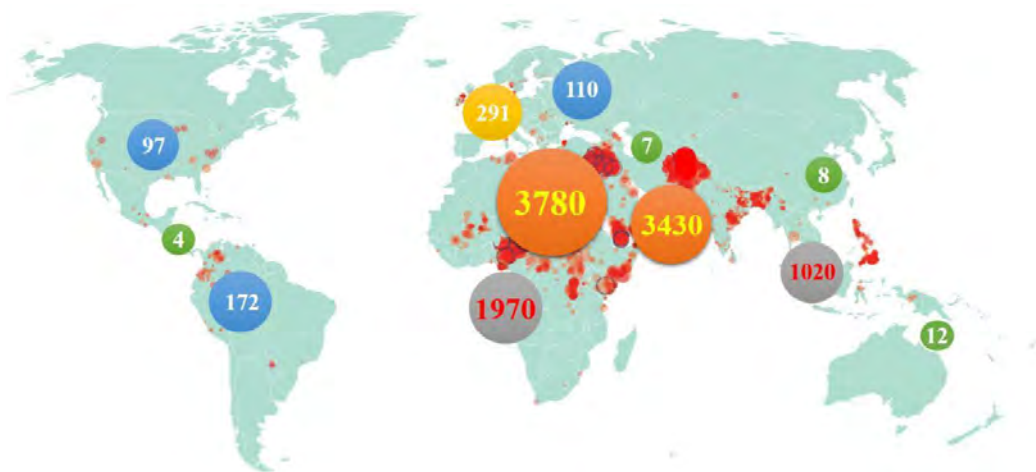


图 6-4 2017 年恐怖主义袭击分布图

从图 6-2~6-4 中可以看出，全球的恐怖袭击事件主要发生在中东北非、南亚、撒哈拉以南沙漠和东南亚地区，其他地区的恐怖袭击事件较少。

中东北非和撒哈拉以南非洲地区，由于叙利亚、利比亚、伊拉克等地长期战乱，和平遥遥无期，外加上霸权主义，强权政治的干扰，这里成为世界的火药桶。长期的战乱使得该地区矛盾激化，而且宗教价值观的影响，使得该地区冲突不断。复杂多变的环境为恐怖主义的诞生和发展创造了良好的土壤环境，也为恐怖主义的壮大提供了广阔的空间。

与西亚北非一样，南亚、东南亚地区在民族、宗教、文化方面矛盾问题不断，印度和巴基斯坦因为克什米尔问题争端不断。加之该地区人口密集，经济落后，政府执行效力低下，导致恐怖组织发展壮大，恐怖袭击事件高居不下。

### 6.2.2 时间分布特征

观察每年的恐怖袭击事件，为进一步观察时间分布特征，我们将 3 年的数据进行整合，绘制在图 6-5 上。

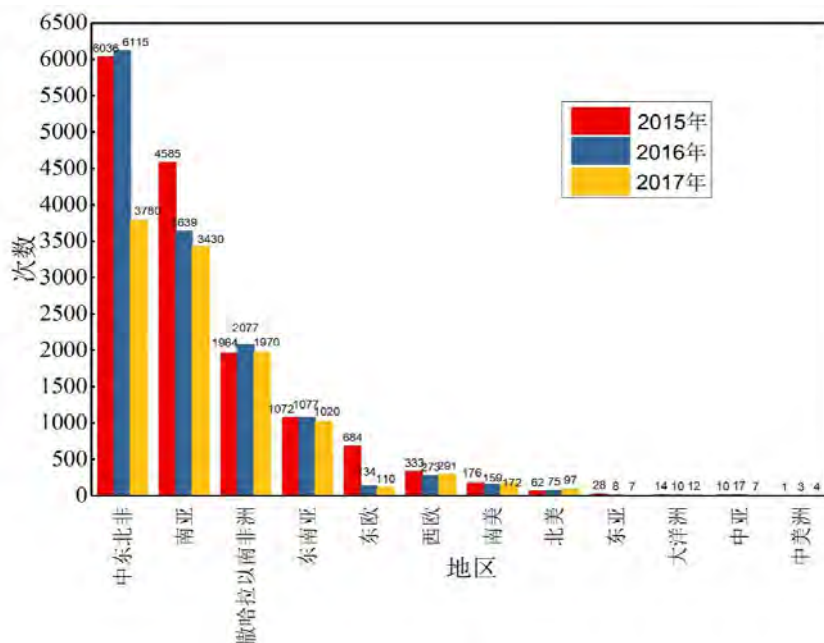


图 6-5 近三年各地区恐怖袭击事件数量对比图



在图 6-5 中，我们可以得到，2015 年恐怖袭击事件数量为 14965，2016 年数量为 13587，2017 年数量为 10900，全球恐怖袭击事件数量呈递减趋势。观察近三年各地区恐怖袭击事件数量对比图，世界各个地区恐怖活动处于平稳状态，其中中亚北非和南亚地区的恐怖袭击数量有明显下降。表现出向好趋势。

6.3 恐怖袭击事件的蔓延特性

研究恐怖袭击的蔓延特性，本文选取 1998 年，2004 年，2010 年和 2016 年（每隔六年）的数据进行分析，统计恐怖袭击的数量和死伤人数（死亡人数+伤亡人数），以及每次袭击死伤的人数。其结果在表 6-1 显示。将这四年中发生的恐怖袭击事件坐标值投放到地图上，其显示的效果如图 6-6~6-9 所示。

表 6-1 选取四年得数据结果

| 年份     | 1998  | 2004  | 2010  | 2016  |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| 恐怖袭击数量 | 934   | 1166  | 4826  | 13587 |
| 死伤人数   | 12871 | 17765 | 23774 | 74872 |



图 6-6 1998 年恐怖活动在全球分布图



图 6-7 2004 年恐怖活动在全球分布图



图 6-8 2010 年恐怖活动在全球分布图



图 6-9 2016 年恐怖活动在全球分布图

由图 6-6~6-9 分析，我们发现，1998 年，恐怖活动主要分布在南美洲、中东、南亚地区，其他地区的零散分布。然后以各自为中心开始向外扩张。2004 年，南美的恐怖主义活动有所下降，但南亚各国发展势头上扬，由于伊拉克战争的影响，中东地区的恐怖袭击事件呈爆发式上涨。2010 年，恐怖主义在原有基础上继续扩大，恐怖事件层出不穷，南亚已经成为恐怖袭击的重灾区。2010 年到 2016 年期间，恐怖袭击的数量持续上增，范围扩展到了全球各个角落。非洲因为战乱，也成为了恐怖袭击的主要灾区，南亚的印度，中东的叙利亚，也成为恐怖袭击的主要受害者。

从世界范围来看，恐怖主义蔓延趋势主要是以中东和南亚向外扩张，战争也是导致恐怖主义发生的重要因素。

6.4 恐怖袭击事件的级别分布

在任务一数据的基础上，统计得到近 3 年各地区不同级别的恐怖袭击事件数量，其具体结果在表 6-2 中。

表 6-2 各地区近三年各级恐怖事件数量统计

| 地区序号 | 一级  | 二级   | 三级   | 四级   | 五级    | 总计    |
|------|-----|------|------|------|-------|-------|
| 1    | 2   | 3    | 12   | 19   | 198   | 234   |
| 2    | 0   | 0    | 1    | 3    | 4     | 8     |
| 3    | 0   | 5    | 12   | 57   | 433   | 507   |
| 4    | 2   | 3    | 6    | 7    | 25    | 43    |
| 5    | 4   | 11   | 72   | 376  | 2706  | 3169  |
| 6    | 132 | 486  | 956  | 1982 | 8098  | 11654 |
| 7    | 0   | 0    | 6    | 3    | 25    | 34    |
| 8    | 7   | 7    | 8    | 21   | 854   | 897   |
| 9    | 6   | 22   | 24   | 108  | 768   | 928   |
| 10   | 294 | 979  | 1433 | 4276 | 8949  | 15931 |
| 11   | 172 | 463  | 760  | 1217 | 3399  | 6011  |
| 12   | 0   | 0    | 0    | 3    | 33    | 36    |
| 全球   | 619 | 1979 | 3290 | 8072 | 25492 | 39452 |

注：地区序号对应的地区名称：1=北美，2=中美洲和加勒比海地区，3=南美，4=东亚，5=东南亚，6=南亚，7=中亚，8=西欧，9=东欧，10=中东和北非，11=撒哈拉以南的非洲，12=澳大利亚和大洋洲

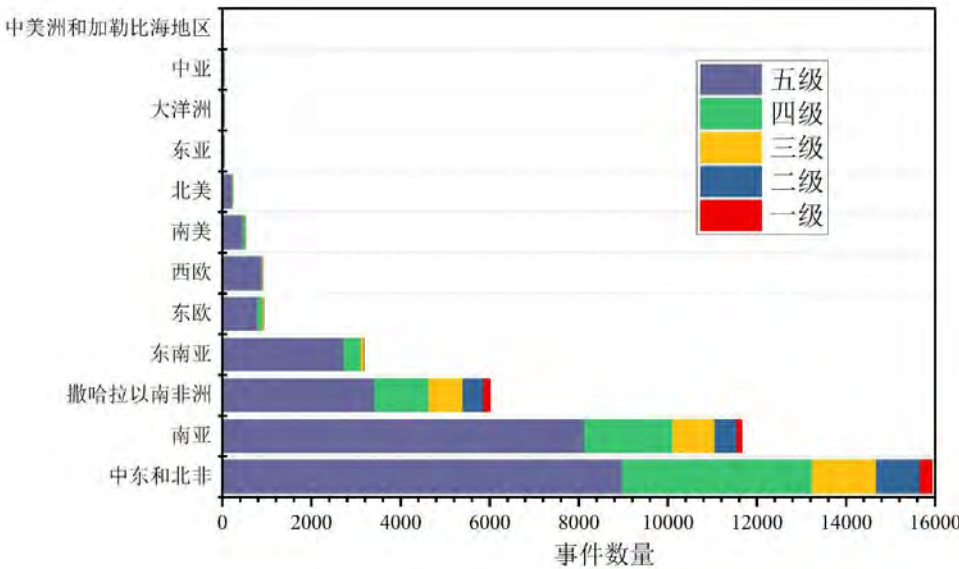


图 6-10 各级事件所占的数量

统计分析表 6-2 和图 6-10 数据，我们得到，一级、二级、三级事件主要分布在中东和北非、南亚以及撒哈拉以南非洲，占据了所有一、二、三级事件的



99%。

6.5 全球重点地区反恐态势



图 6-11 2016 年因恐怖袭击死亡情况

2016 年因为恐怖袭击事件死亡人数，前五个国家死亡人数占了近 3/4。  
这五个国家也是反恐的重点地区。下面我们就对伊拉克，阿富汗，叙利亚，尼日利亚和巴基斯坦这 5 个国家的反恐态势进行分析。  
从附件 1 中，筛选出这五个国家遭遇恐怖袭击次数的数据，如表 6-3 所示。结合数据和历史事实，对伊拉克，阿富汗，叙利亚，尼日利亚和巴基斯坦 5 个重点国家的反恐态势进行分析。

表 6-3 2016 年 top5 重点地区袭击事件统计

| 年份   | 伊拉克  | 阿富汗  | 叙利亚 | 尼日利亚 | 巴基斯坦 |
|------|------|------|-----|------|------|
| 1998 | 7    | 1    | 1   | 2    | 37   |
| 1999 | 12   | 9    | 0   | 18   | 39   |
| 2000 | 10   | 14   | 0   | 6    | 49   |
| 2001 | 3    | 14   | 0   | 5    | 53   |
| 2002 | 6    | 38   | 0   | 6    | 46   |
| 2003 | 102  | 100  | 0   | 9    | 29   |
| 2004 | 323  | 88   | 1   | 6    | 67   |
| 2005 | 617  | 155  | 0   | 9    | 77   |
| 2006 | 838  | 282  | 1   | 37   | 164  |
| 2007 | 1047 | 341  | 0   | 61   | 260  |
| 2008 | 1106 | 414  | 1   | 76   | 568  |
| 2009 | 1137 | 503  | 0   | 42   | 667  |
| 2010 | 1179 | 542  | 0   | 63   | 713  |
| 2011 | 1308 | 421  | 49  | 175  | 1012 |
| 2012 | 1437 | 1469 | 180 | 616  | 1654 |
| 2013 | 2852 | 1443 | 284 | 346  | 2215 |
| 2014 | 3933 | 1824 | 331 | 714  | 2151 |
| 2015 | 2751 | 1928 | 491 | 638  | 1243 |
| 2016 | 3360 | 1617 | 473 | 533  | 864  |
| 2017 | 2466 | 1414 | 243 | 484  | 719  |

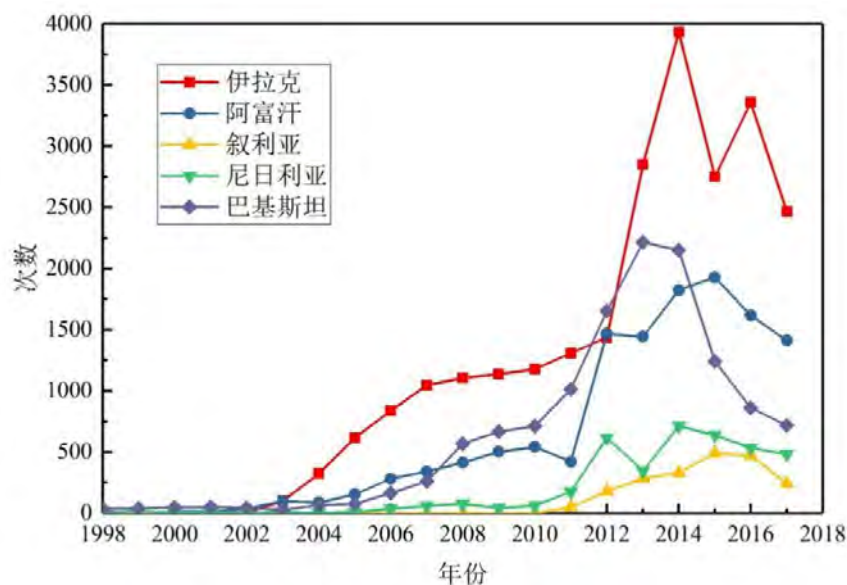


图 6-12 2016 年 top5 重点地区袭击事件分析图

### 6.5.1 伊拉克

在 2003 年美军入侵伊拉克之前，伊拉克的恐怖袭击事件非常少。战争致使该国不稳定，进而导致了恐怖主义上升。

从 2003 年到 2017 年，伊拉克一直是受恐怖主义影响最大的国家。2014 年，伊拉克经历了最糟糕的一年，ISIL 在占领并巩固领土的过程中，在伊拉克进行了大规模的恐怖主义活动，恐怖袭击事件达近 4000 件。

表 6-4 近四年伊拉克事件数量变化

| 年份      | 2014 | 2015   | 2016  | 2017   |
|---------|------|--------|-------|--------|
| 袭击事件数量  | 3933 | 2751   | 3360  | 2466   |
| 相对前一年变化 | --   | -30.1% | 22.1% | -26.7% |

虽然在 2015 年数量有所下降，但是在 2016 年，ISIL 发动的袭击大幅增加，ISIL 共发动了近 1000 次袭击，占伊拉克当年 3/4 的恐怖袭击。。这比 2015 年增加了 22%，导致 7351 人死亡。2017 年袭击数量下降明显。预计 2018 年，通过加大反恐力度，对恐怖主义的打击，伊拉克的反恐态势虽依然严峻，但在逐渐转好。

### 6.5.2 阿富汗

2016 年，阿富汗死于恐怖主义的人数位居第二。然而，这一数字比前一年下降了 16.1%，虽然袭击事件数量的减少让人有些乐观，但这是高居不下的数量依然令人担忧。

表 6-5 近四年阿富汗事件数量变化

| 年份      | 2014 | 2015 | 2016   | 2017   |
|---------|------|------|--------|--------|
| 袭击事件数量  | 1824 | 1928 | 1617   | 1414   |
| 相对前一年变化 | --   | 5.7% | -16.1% | -12.6% |

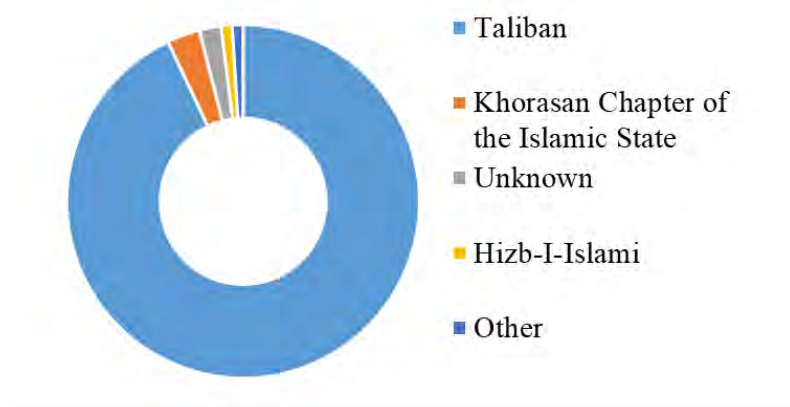


图 6-13 阿富汗恐怖袭击事件制造者

2016 年，已知组织在阿富汗发动的袭击中，有 94% 是塔利班所为。如何有效解决塔利班问题，是缓解阿富汗的反恐态势的根本途径。2016 年和 2017 年，袭击事件数量下降率连续两年都超过 12%，预计 2018 年以后反恐态势逐渐转好。

### 6.5.3 尼日利亚

表 6-6 近四年尼日利亚事件数量变化

| 年份      | 2014 | 2015   | 2016   | 2017  |
|---------|------|--------|--------|-------|
| 袭击事件数量  | 714  | 638    | 533    | 484   |
| 相对前一年变化 | --   | -10.6% | -16.4% | -9.2% |

近三年来，尼日利亚死于恐怖主义的人数下降幅度最大。2016 年，事件数量从 2015 年的 638 次降至 533 次，下降了 16.4%。与 2014 年的峰值相比，这一数字进一步下降，在这一重大减少的同时，政府针对各种恐怖主义集团的军事行动也取得了成功，同时由于这些反动集团在征募和掠夺村庄方面采取了强制措施，国内民众对这些集团的支持也有所下降。

这一下降反映了由贝宁、喀麦隆、乍得、尼日尔和尼日利亚组成的多国联合工作队的成功，相信在多国联合打击下，反恐态势不断向好。

### 6.5.4 叙利亚

叙利亚的恐怖主义与 2011 年开始的内战有关。在冲突发生前，叙利亚恐怖袭击事件很少发生。现在，它现在恐怖袭击事件数量排名第四。这种迅速恶化突出了内战对社会的破坏性影响。

表 6-7 近四年叙利亚事件数量变化

| 年份      | 2014 | 2015  | 2016  | 2017   |
|---------|------|-------|-------|--------|
| 袭击事件数量  | 331  | 491   | 473   | 243    |
| 相对前一年变化 | --   | 48.3% | -3.7% | -48.6% |

然而，恐怖主义造成的死亡只占与冲突有关的死亡人数的一小部分。对 2011 年以来死亡人数的估计各不相同，但可能超过 50 万人。这些死亡大多数被归类为战争的结果（包括难民），而不是恐怖主义行为。

近 3 年，在各国联合打击下，叙利亚情况有所改善，但不确定因素较多。大国博弈，霸权主义、强权政治在这一地区尤为显著。但恐怖袭击事件数量下降明显，希望能够看到好的结果。

6.5.5 巴基斯坦

近 3 年来，巴基斯坦恐怖袭击数量连续减少。2017 年，共有 719 起恐怖事件；这是十年来最低的数字。相比去年下降了 16.8%，比 2014 年下降了 120%。

这些进步是值得注意的，因为巴基斯坦长期以来都有恐怖主义的高发区，今年的结果是数十年来最好的。在持续反恐的行动中，预计巴基斯坦的反恐态势进一步好转。

表 6-8 近四年巴基斯坦事件数量变化

| 年份      | 2014 | 2015   | 2016   | 2017   |
|---------|------|--------|--------|--------|
| 袭击事件数量  | 2151 | 1243   | 864    | 719    |
| 相对前一年变化 | --   | -42.2% | -30.4% | -16.8% |

6.6 反恐斗争见解和建议

6.6.1 改善恐怖活动地区经济

恐怖主义活动频繁的地区，常常伴随着当地人民贫穷、失业和贫富差距增大。发展当地经济，改善人民生活水平，让人民回归正常的生活，可有效解决恐怖组织蔓延发展。铲除恐怖主义土壤，根本上就是减少群众参与恐怖组织，如果当地经济建设发展，人民生活水平提高了，恐怖活动就会大量减少。

我国的“一带一路”重大战略举措<sup>[15]</sup>，秉持“政策沟通，设施联通，贸易畅通，资金融通，民心相通”的发展理念，给沿途国家经济发展带来了机遇，其沿线地区也是恐怖主义势力活动频繁，恐怖袭击事件多发地区。“一带一路”经过的地方，例如巴基斯坦，阿富汗，伊拉克，在最近三年，由于“一带一路”建设为这些国家人民带来了实在的利益，经济发展态势良好，恐怖袭击事件的数量明显下降。“一带一路”在带动经济发展的同时，也为地区的和平稳定带来了希望。



图 6-14 “一带一路”路线示意图

### 6.6.2 完善枪支、爆炸物的管理制度

通过数据分析，我们知道，80%以上恐怖袭击事件使用的武器为爆炸物和轻武器（枪支）。可见，武器的泛滥是造成恐怖袭击的主要原因。我国恐怖袭击事件很少，大规模的恐怖袭击事件更少，这得益于我国政府一直以来对枪支的零容忍态度。

爆炸物原料种类较多，很多原料都涉及生产生活，管控起来较为困难。且一些原料经过简易加工，就能制造成威力巨大的武器。对这些原料购买，提议使用实名制，且这些物资的原料一定要掌握在政府手中，确保合理使用。

此外，要加强防爆队伍建设，制定科学的应急处突工作机制。可以在公共场所加派安检设备，在重要场所、敏感地段放置消防设备，确保事故发生时能够得到快速处置。

### 6.6.3 加强国际合作，加强对话沟通

在今天的经济全球化的背景下，恐怖主义的活动呈现出了国际化的特点。如“伊斯兰国”、“基地”组织，包括我国的“东突”组织，都呈现出跨越多国实施恐怖活动的特点。目前的打击恐怖势力，再也不是一个国家能够解决的，需要世界各国联合起来共同应对。

例如，阿富汗、叙利亚等国，培训出来的恐怖分子，输送到欧美等国进行恐怖行动，如果不能根治恐怖分子输出国，就不能有效解决该问题。国家之间的合作有必要而且至关重要。需要制定合理的合作机制，明确各个国家的分工和责任，如果全世界的国家都能够团结起来应对恐怖事件，可以有效降低事件发生率。

## 7. 数据的进一步利用

本文附件 1 中较为全面的给出了 1998 年到 2017 年共 20 年的恐怖袭击事件相关数据, 本文已经利用相关数据进行了恐怖袭击事件危害程度评估, 恐怖袭击事件关联分析和反恐态势的分析, 对恐怖袭击事件的定性, 分析和预防起到一定作用, 推动反恐斗争的前进发展。但是数据中的信息还有很多, 有待于进一步数据挖掘, 基于数据分析, 本文又提出了两个可行的数学模型。

### (1) 国家安全等级评估模型

对一个国家的安全态势进行分析, 评价国家的安全程度, 定义国家的安全等级, 对评估一个国家的社会状况, 发展潜力和政府执政能力等各方面指标, 都具有很高的参考价值。

### (2) 恐怖袭击事件危害等级影响因素分析模型

对影响恐怖袭击事件危害程度的各项指标的贡献率进行分析, 了解恐怖袭击事件的主要影响指标, 为制定反恐重点策略提供参考。

## 7.1 基于超效率 DEA 的国家安全等级评估模型

### 7.1.1 评估模型指标建立

国家的安全等级评估与恐怖袭击事件数量, 死亡人数, 受伤人数, 经济损失, 武器类型和抓获的凶手数量等因素有关。

(1) 恐怖袭击事件数量: 恐怖袭击事件的数量直接反映出该国家的动荡程度, 数量越多, 社会越不稳定, 国家安全等级越低;

(2) 死亡人数: 死亡人数最直观的反映出恐怖袭击事件造成的危害程度, 死亡人数越多, 国家安全等级越低;

(3) 受伤人数: 受伤人数也可以体现出恐怖袭击事件造成的危害程度, 受伤人数越多, 民众越恐慌, 国家安全等级越低;

(4) 经济损失: 经济损失对恐怖袭击事件的危害程度有重要影响, 经济损失越大, 社会越动荡, 国家安全等级越低;

(5) 武器类型: 武器类型表现了恐怖分子的实力, 其实力越强, 发动的恐怖袭击事件危害程度越高, 国家的安全等级越低;

(6) 抓获凶手数量: 抓获凶手数量表现了一个国家的反恐能力和反恐决心, 抓获得凶手数量越多, 其反恐决心和能力越强, 国家安全等级越高。

### 7.1.2 数据处理

首先将附件 1 中的数据按照国家编号进行排序; 再根据指标体系筛选相关数据, 删去无关数据; 其次对各国家在各年份的相关数据进行统计; 最后对数据进行标准化处理。

### 7.1.3 模型建立

传统 DEA 效率是建立在相对于由若干个效率值等于 1 的 DMU 在投入产出空间所构成的前沿面基础上的一种相对效率。因此, 无法根据传统的 DEA 效率对这些效率值等于 1 的 DMU 进行排序。为解决这一问题我们引入超效率 DEA 模型。该模型能够对前沿的 DMU 重新排序, 并且保持其他不是前沿的 DMU 效率

不变。

以图 7-1 为例介绍 SECCR 的求解过程。

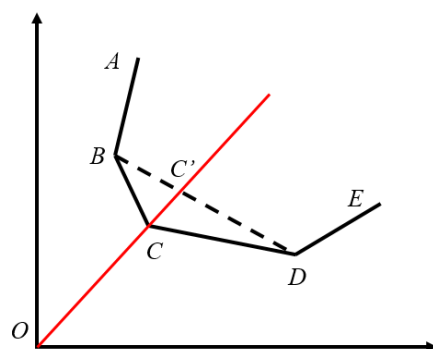


图 7-1 超效率 DEA 原理示意图

**Step1** 在由效率值为 1 的决策单元在投入产出空间构成的前沿面（ABCDE）上随机排除一点（如 C 点），即将 C 点从参考集合中排除；

**Step2** 排除 C 点后，前沿面由 ABCDE 变为 ABDE；

**Step3** 连接 C 点相邻两点与射线 OC 交于 C' 点；

**Step4** 那么 C 的超效率值  $\theta = \frac{OC'}{OC}$ ；

**Step5** 依次计算构成前沿面的所有决策单元的超效率值。

#### 7.1.4 模型求解

将所建立的指标体系相关数据输入到超效率 DEA 程序中，运算后得到各个国家的危险度效率值，取前 30 名危险度效率值较高的国家，如下表 7-1 所示。

表 7-1 各个国家的危险度效率值

| 国家          | 危险度效率值 | 国家           | 危险度效率值 |
|-------------|--------|--------------|--------|
| Iraq        | 0.9987 | Sudan        | 0.6580 |
| Afghanistan | 0.9373 | CAR          | 0.6544 |
| Nigeria     | 0.9179 | Kenya        | 0.6469 |
| Pakistan    | 0.8693 | Bangladesh   | 0.6194 |
| Syria       | 0.8439 | Colombia     | 0.6070 |
| Yemen       | 0.7865 | Lebanon      | 0.6027 |
| Somalia     | 0.7601 | China        | 0.5982 |
| India       | 0.7588 | China        | 0.5982 |
| Libya       | 0.7276 | Saudi Arabia | 0.5966 |
| Philippines | 0.7165 | Mali         | 0.5927 |
| Egypt       | 0.7104 | Palestine    | 0.5882 |
| Ukraine     | 0.6963 | Niger        | 0.5494 |
| Thailand    | 0.6865 | France       | 0.5373 |
| Cameroon    | 0.6752 | Burundi      | 0.4799 |
| DRC         | 0.6696 | Turkey       | 0.4752 |
| South Sudan | 0.6677 | Ethiopia     | 0.4312 |



### 7.1.5 模型检验

从表中可以看出全球危险国家前五名分别为伊拉克,阿富汗,尼日利亚,巴基斯坦和叙利亚。据不完全统计,近三年来,因恐怖袭击事件,伊拉克死亡 27567 人,阿富汗死亡 18449 人,尼日利亚死亡 9528 人,巴基斯坦 3796 死亡人,叙利亚死亡 8759 人。这组数据触目惊心,平均每天伊拉克要因为恐怖袭击事件去世 25 人,因此,伊拉克作为全世界最不安全国家的结论是可靠的。

## 7.2 基于灰色关联度分析方法的恐怖袭击事件危害等级影响因素分析模型

### 7.2.1 指标体系的建立

本模型使用的指标体系与任务一中建立的影响恐怖袭击事件的指标体系相同,其结构体系如图 7-2 所示。

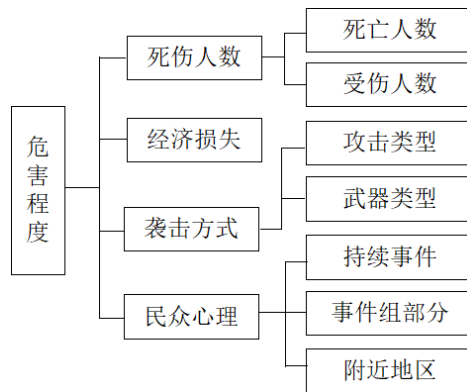


图 7-2 影响等级的危害性因素具体划分

### 7.2.2 模型的建立

#### (1) 确定比较对象和参考数列

采用灰色关联度分析法判断各指标对恐怖袭击事件危害程度的贡献率,需要将评价指标与评价对象进行转置。将死亡人数,受伤人数,经济损失,攻击类型,武器类型,是否持续事件,是否事件组和是否城市内共七个影响因素作为评价对象,将恐怖袭击事件编号作为评价指标,将恐怖袭击事件对应的危害程度效率值作为评价标准。评价对象有  $m$  个,参考数列为  $x_0 = \{x_0(k) | k = 1, 2, \dots, n\}$ , 比较数

列  $x_i = \{x_i(k) | k = 1, 2, \dots, n\}, i = 1, 2, \dots, m$ 。

#### (2) 采用判断矩阵确定各指标对应的权重

由于本模型将恐怖袭击事件编号作为评价指标,指标与指标之间没有重要性差异,所以各指标的权重相同。

#### (3) 计算灰色关联度系数

$$\xi_i(k) = \frac{\min_s \min_t |x_0(t) - x_s(t)| + \rho \max_s \max_t |x_0(t) - x_s(t)|}{|x_0(t) - x_i(t)| + \rho \max_s \max_t |x_0(t) - x_s(t)|}$$

#### (4) 计算灰色加权关联度



$$r_i = \sum_{k=1}^n w_i \xi_i(k)$$

### (5) 评价分析

对各指标与危害度效率值的关联度进行排序，关联度越高，该指标对危害度效率值的贡献率越大。

### 7.2.3 模型的求解

通过数据预处理得到待评价体系有关数据，如表 7-2 所示。

表 7-2 指标评价有关数据

| 评价指标         | 待评价因子 |      |      |      |      |      |      |      | 效率值   |
|--------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
|              | 因子 1  | 因子 2 | 因子 3 | 因子 4 | 因子 5 | 因子 6 | 因子 7 | 因子 8 |       |
| 201501010075 | 13    | 18   | 1    | 3    | 6    | 0    | 0    | 0    | 0.94  |
| 201501010096 | 0     | 0    | 3    | 6    | 13   | 1    | 0    | 0    | 0.25  |
| .....        | ..... |      |      |      |      |      |      |      | ..... |

注：因子 1—死亡人数，2—受伤人数，3—攻击类型，4—武器类型，  
5—是否持续事件，6—是否事件组，7—是否城市内

通过调试灰色关联度分析程序得到最终的关联度和关联系数，见表 7-3。

表 7-3 关联度值

| 因子  | 因子 1   | 因子 2   | 因子 3   | 因子 4   | 因子 5   | 因子 6   | 因子 7   | 因子 8   |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 关联度 | 0.8232 | 0.6288 | 0.5993 | 0.3298 | 0.4002 | 0.3875 | 0.3654 | 0.4382 |

注：因子 1—死亡人数，2—受伤人数，3—经济损失，4—攻击类型，  
5—武器类型，6—是否持续事件，7—是否事件组，8—是否城市内

### 7.2.4 结果分析

将表 7-3 中数据反映到图上，如图 7-3 所示。

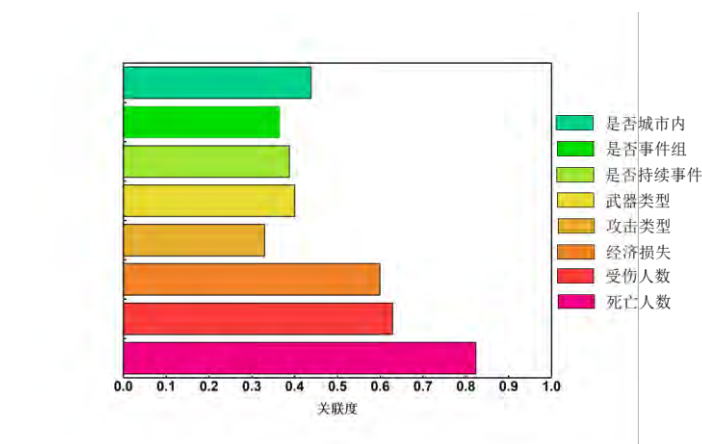


图 7-3 关联度值的结果示意图

通过最终的因子与效率值之间的关联度比较，死亡人数，受伤人数和经济损失对应的关联度较高，其余各因子对应的关联度数值接近，相对较低。

(1) 死亡人数能够较为直观的反映出恐怖袭击事件造成的破坏程度，人员死亡往往会造成不可估量的损失，同时在社会营造恐怖的氛围，极大程度上影响民众心理；

(2) 受伤人数的影响作用小于死亡人数，但也能在一定程度上表现恐怖袭击事件造成的伤害大小，会与人员死亡一样对社会造成巨大的恐怖环境；

(3) 经济损失虽然没有人员伤亡对恐怖袭击事件危害程度影响大，但是，经济损失对社会的发展和民众的生活都造成了极大的困扰，是一个不容忽视的重要因素。

## 8 模型的评价

### 8.1 模型的优点

任务一中，本文合理选取并量化各项因素，基于 DEA 模型进行计算，之后又利用超效率 DEA 模型进一步精确计算，完善了模型，所得结果真实可信。对事件进行等级划分后，选择了若干相关事件进行检验，得到的效果与划分等级完全一致，判断出的典型事件危害级别可信性强。

任务二中，采用 DBSCAN 多指标聚类分析方法对恐袭事件数据进行分类，有效处理了噪声点，实现任意形状空间簇聚集，指标体系全面，聚类方法可靠；采用超效率数据包络方法，有效解决数据包络方法效率值出现多个“1”的问题，结果精确；采用灰色关联分析方法判断典型恐袭事件与嫌疑人的关联程度，针对大量的确定性与不确定性因素及其相互关系，定量与定性有机结合，使复杂决策问题简单化，结果客观性较强，具有参考价值

任务三中，本文基于大量的数据统计分析，得到了近三年恐怖袭击事件的主要特征，将其结果利用多幅图表显示给读者，内容直观明了，并且利用这些数据的特征可以有效预测下一年的反恐态势。

任务四中，创新性地提出基于超效率 DEA 方法的国家安全等级评估模型和基于灰色关联度分析方法的恐怖主义危险等级影响因素模型。再次使用超效率 DEA 方法和灰色关联度分析方法，结果可靠，同时也证明了这两种方法在恐怖主义数据特征挖掘问题中的适用性。

### 8.2 模型的缺点

在恐袭事件危险等级评估时，针对的恐怖袭击对象之间没有定义一个统一的标度去衡量其受攻击的难易程度，不同群体之间的受攻击难度区分不明显，一定程度上影响力模型结果的准确性。

在分析恐怖事件态势时，只是基于事件数量进行分析，没有具体考虑死亡人数、受伤人数和财产损失等因素。在评价过程中可能因为评价指标的单一，而影响评价和预测的结果。

## 参考文献

- [1] 张将星.1970-2013 年全球恐怖主义活动的特征分析——兼论“9·11”事件前后时段比较[J].同济大学学报(社会科学版),2016,27(02):48-57.
- [2] 刘子义,蔡中祥,刘宏建,张琳翔.恐怖主义研究热点与前沿可视化分析[J].世界地理研究,2016,25(06):28-37.
- [3] 郭文月. 基于全球恐怖主义数据库的社会安全事件时空关联分析方法研究[D].解放军信息工程大学,2015.
- [4] 唐超,孟祥云.基于 GTD 的周边涉恐安全风险环境研究[J].情报杂志,2017,36(05):31-36.  
郭开明.基于 GTD 数据库的国内恐怖活动现状及防控对策研究[J].江西警察学院学报,2018(02):60-64.
- [5] 刘子义. 恐怖组织及其活动的时空特征研究[D].解放军信息工程大学,2017.
- [6] 江洋洋. 恐怖袭击特征及变化趋势研究[D].上海交通大学,2014.
- [7] 袁野,张秋波,兰月新,张鹏,瞿志凯.基于 HHM-SWOT 分析的我国政府反恐策略模型研究[J].情报杂志,2016,35(10):42-48.
- [8] 周松青.全球恐怖主义数据库及对中国反恐数据库建设的启示[J].情报杂志,2016,35(09):6-11.
- [9] 章远.国外智库恐怖主义概念界定及其数据库建设的评析[J].探索,2017(02):155-162.  
位珍珍.后 911 时代恐怖主义的 GTD 数据分析[J].情报杂志,2017,36(07):10-15.
- [10] 李益斌.印度恐怖主义与社会经济因素的关系探究[J].南亚研究,2018(02):139-154+160.
- [11] 张家栋.2006 年世界恐怖活动状况述评[J].教学与研究,2007(05):73-81.
- [12] 杨斌.论恐怖主义犯罪及其防范和打击措施[J].云南公安高等专科学校学报,2002(02):50-52.
- [14] 王莹. 后卡扎菲时代利比亚恐怖主义问题研究[D].东北师范大学,2018.
- [15] 宫玉涛.“一带一路”沿线的恐怖主义活动新态势解析[J].党政研究,2016(02):18-26.