

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.01.015

基于集对分析和 AHP 的炮兵远程精确打击目标排序

赵磊, 陈庆龙

(解放军炮兵学院 5 系, 安徽 合肥 230031)

摘要: 针对传统目标排序方法忽略了现实中不确定因素和对立因素的缺点, 基于集对分析理论建立了炮兵远程精确打击目标排序指标体系。从同、异、反 3 个方面研究打击目标的确定性与不确定性, 运用联系度的概念从全局角度对目标排序问题进行集对分析, 并以实例进行目标排序。结果表明, 该方法简单易行、思路新颖、易于编程, 适合处理大量数据, 能较好解决定性分析时认识判读偏差的问题。

关键词: 集对分析; 目标排序; 层次分析法

中图分类号: O223 **文献标志码:** A

Artillery Long-Rang Accurate Attack Targets Sequencing Based on Set Pair Analysis and AHP

Zhao Lei, Chen Qinglong

(No. 5 Department, Artillery Academy of PLA, Hefei 230031, China)

Abstract: Aiming at the disadvantages of the traditional direct of targets sequencing which neglects uncertainties and opposing factors, put forward the index system of artillery long-rang accurate attack targets sequencing according to set pair analysis theories. To find relations between the certainty and uncertainty of the system through its 3 aspects: the same, the different, and the opposite. Use the link degree on all situations to deal with the targets sequencing based on the set pair analysis and give an example at last. The results show that the approach is simple, novel, easy to programming and suitable for handing large amounts of data, it can better solve the problem of analytic deviation with qualitative analysis.

Keywords: set pair analysis; targets sequencing; AHP

0 引言

炮兵远程精确打击目标排序是一个多因素综合评估问题, 目的是给战役指挥员定下战役炮兵火力打击的决心提供定量分析依据。目标排序的研究主要有层次分析模型、神经网络模型和基于模糊理论的模型等, 但这些方法都忽略了现实中不确定因素和对立因素的存在和影响, 存在结果失真。

集对分析法 (Set Pair Analysis, SPA) 是 1989 年全国系统理论会议提出的一种新的系统分析法。它从同、异、反 3 个方面研究事物的确定性和不确定性, 全面刻画了 2 个不同事物的联系。集对分析法的实质是一种新的不确定理论, 其核心思想是将确定不确定视为一个确定不确定系统。在这个系统中, 确定性和不确定性相互联系、相互影响、相互制约, 并在一定条件下相互转化。可以用一个能充分体现上述思想的联系数 $\mu = a + bi + cj$ 来统一的描述模糊、随机、中介和信息不完全所致的各种不确定性, 从而把对不确定性的辩证认识转换成具体的数学工具。故基于集对分析理论, 从辩证的角度进行系统分析, 将不确定性与确定性指标作为一个系统来研究, 以建立炮兵远程精确打击目标排序的决策模型。

1 集对分析的概念

集对分析中所谓的“集对”是指具有一定联系的 2 个集合所组成的对子。按照集对的某特性展开分析, 对集对在该特性上的联系进行分类定量刻画, 得到集对在某一问题背景下的联系度表达式为:

$$\mu = a + bi + cj \quad (1)$$

式中: a 为 2 个集合的同一程度, 称为统一度; b 为 2 个集合的差异不确定程度, 称为差异度; c 为 2 个集合的对立程度, 称为对力度; i 为差异标记符号或相应系数, 取值为 $[-1, 1]$, j 为对立标记符号或相应系数, 规定取值为 -1 。根据定义, a 、 b 、 c 应该满足归一化条件 $a + b + c = 1$ 。这种刻画是对确定性和不确定性的定量描述, 其中 a 、 c 是相对确定的, 而 b 是相对不确定的。这种相对性是由于客观对象的复杂性和可变性以及客观对象认识与刻画的主观性和模糊性造成的不确定性。因此式 (1) 是一种确定不确定函数。体现了确定不确定的对立统一关系, 具有深刻的方法论意义。使用集对分析法确定炮兵远程精确打击目标排序优先顺序的步骤如下:

1) 确定评价打击目标优先顺序的各个衡量条件, 确定出衡量条件集。

$$M = \{n_1, n_2, \dots, n_n\} \quad (2)$$

收稿日期: 2010-07-21; 修回日期: 2010-09-20

作者简介: 赵磊 (1983-), 男, 山东人, 硕士, 工程师, 从事作战指挥决策理论与运用研究。

式中： n_1, n_2, \dots, n_n 分别表示各衡量因素。

- 2) 定义权重集 $W = \{W_1, W_2, \dots, W_n\}$ 。
 - 3) 设定理想目标 M_0 , 即 $M_0 = \{n_1^0, n_2^0, \dots, n_n^0\}$ 。
 - 4) 计算同一度、差异度和对力度。
 - 5) 计算加权联系度 (贴进度)。公式为:
- $$\mu = \mu_1 W_1 + \mu_2 W_2 + \dots + \mu_n W_n \quad (3)$$
- 6) 根据贴进度数值由大到小排序。

2 建立炮兵远程精确打击目标排序指标体系

建立信息化条件下炮兵远程精确打击目标排序指标体系, 按照权重大小依次确定的一级指标有: 任务一致性、目标重要性、打击紧迫性、系统关联性、信息可靠性、目标易损性。如图 1。

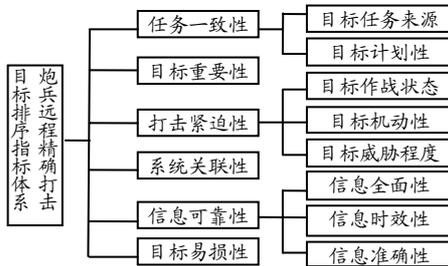


图 1 炮兵远程精确打击目标排序指标体系

3 利用集对分析法进行目标排序

首先确定式 (1) 中 i 和 j 的取值, 差异系数 i 取值区间为 $[-1, 1]$, 如果越接近所要评价的级别, 它越接近 1; 如果越接近相隔的评价级别, 它越接近 -1, 这 2 种情况确定性都是增大的。唯有接近 2 个评价级别中间位置时, 它的值趋向于 0, 表示不确定性增加。J 的值恒为 -1, 表示对立。按照炮兵远程精确打击目标排序指标体系将评价分为 3 个层次, 如表 1。

表 1 衡量条件分级标准表

级别	一致性	紧迫性	重要性	关联性	可靠性	易损性
一级	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
二级	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
三级	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

将 3 个级别的门值作为确定同一度、差异度和对力度的计算依据。计算公式为:

$$\mu = \begin{cases} 1+0i+0j & x \in (0.7, 1] \\ \frac{x-0.4}{0.7-0.4} + \frac{0.7-x}{0.7-0.4} i + 0j & x \in (0.4, 0.7] \\ 0 + \frac{x-0.1}{0.4-0.1} i + \frac{0.4-x}{0.4-0.1} j & x \in (0.1, 0.4] \\ 0+0i+1j & x \in [0, 0.1] \end{cases} \quad (4)$$

式中, 0.7、0.4、0.1 分别是评价指标的门限值, 作为集对分析联系度表达式中的同一度、差异度、对立度的取值依据。

下面给出一组目标来计算联系度, 进行目标排序, 各目标衡量条件评价价值如表 2。

表 2 各目标衡量条件评价价值

目标	一致性	紧迫性	重要性	关联性	可靠性	易损性
1	0.8	0.6	0.5	0.5	0.6	0.2
2	0.5	0.8	0.6	0.5	0.8	0.6
3	0.9	0.2	0.6	0.8	0.3	0.5
4	0.6	0.6	0.8	0.5	0.6	0.5
5	0.6	0.9	0.3	0.8	0.5	0.1

将各个目标相关数据代入式 (4) 计算联系度, 以 1 号目标为例:

$$\begin{aligned} \mu_1 &= 1 \\ \mu_2 &= \frac{0.6-0.4}{0.7-0.4} + \frac{0.7-0.6}{0.7-0.4} \times \frac{0.6-0.55}{0.7-0.55} = 0.78 \\ \mu_3 &= \frac{0.5-0.4}{0.7-0.4} + \frac{0.7-0.5}{0.7-0.4} \times \frac{0.5-0.55}{0.7-0.55} = 0.11 \\ \mu_4 &= \frac{0.5-0.4}{0.7-0.4} + \frac{0.7-0.5}{0.7-0.4} \times \frac{0.5-0.55}{0.7-0.55} = 0.11 \\ \mu_5 &= \frac{0.6-0.4}{0.7-0.4} + \frac{0.7-0.6}{0.7-0.4} \times \frac{0.6-0.55}{0.7-0.55} = 0.78 \\ \mu_6 &= 0 + \frac{0.2-0.1}{0.4-0.1} + \frac{0.2-0.25}{0.4-0.25} \times \frac{0.4-0.2}{0.4-0.1} \times (-1) = -0.78 \end{aligned}$$

根据得菲尔法和层次分析法, 给 $W = \{W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6\}$ 的具体数值, 为 $W = \{W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6\} = \{0.25, 0.2, 0.2, 0.15, 0.1, 0.1\}$, 具体求解步骤不再赘述。

结合 1 号目标各个衡量条件联系度数值得到加权联系度数值为 0.44。用同样的方法计算出 2~5 号目标的加权联系度数值, 如表 3。

表 3 各目标衡量条件联系度及加权联系度

目标	一致性	紧迫性	重要性	关联性	可靠性	易损性	加权联系度
1	1	0.78	0.11	0.11	0.78	-0.78	0.44
2	0.11	1	0.78	0.11	1	0.78	0.58
3	1	-0.78	0.78	1	-0.11	0.11	0.4
4	0.78	0.78	1	0.11	0.78	0.11	0.66
5	0.78	1	-0.11	1	0.11	-1	0.43

由表中加权联系度排序可得到火力毁伤目标顺序为 4、2、1、5、3, 示例证明利用该方法对目标进行排序结果符合实际, 具有较好的参考作用。

4 结论

该方法体现了集对分析法的思想内涵, 突出了联系度和差异系数的作用。集对分析法中差异系数的使用较好地解决了定性分析时认识判读偏差的问题, 而且集对分析法计算思想新颖, 方法简单易行, 适合处理大量数据, 并且易于编程, 对炮兵远程精确打击目标排序有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 赵克勤. 集对分析及其初步应用[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 2000.
- [2] 鹿磊, 纳学柱, 等. 基于集对分析的敌空袭目标排序[J]. 兵工自动化, 2009, 28(7): 31-32.
- [3] 任富兴. 炮兵远程精确打击[M]. 北京: 解放军出版社, 2007.
- [4] 贺小亮, 张秀国. 基于乘幂形式的 AHP 评估常规战术导弹作战能力[J]. 四川兵工学报, 2009(12): 78-80.