

doi: 10.7690/bgzd.2022.01.007

基于组合赋权-模糊评判的反舰导弹协同作战效能评估

于忠琳, 高新雨, 段金升

(中国人民解放军 92941 部队, 辽宁 葫芦岛 125001)

摘要: 针对典型赋权方法的弊端, 提出基于偏好系数的权重组合新方法。构建导弹协同作战效能指标体系, 分别运用层次分析法 (analytical hierarchy process, AHP) 和熵权法 2 种赋权方法以及 2 种方法组合, 对效能评估模型进行权值求取以及模糊评判, 并对结果进行分析。仿真结果表明, 该方法验证了组合赋权法在效能评估中应用的合理性。

关键词: 组合赋权; 反舰导弹; 模糊评判; 效能评估

中图分类号: TJ761.1⁺4 **文献标志码:** A

Effectiveness Evaluation of Anti-ship Missile Cooperative Operation Based on Combination Weighting and Fuzzy Evaluation

Yu Zhonglin, Gao Xinyu, Duan Jinsheng

(No. 92941 Unit of PLA, Huludao 125001, China)

Abstract: In view of the disadvantages of the typical weighting methods, a new method of weight combination based on preference coefficient is proposed. The index system of missile cooperative combat effectiveness is constructed, and the two weighting methods of analytical hierarchy process (AHP) and entropy weight method and the combination of the two methods are used to calculate the weight of the effectiveness evaluation model and fuzzy evaluation, and the results are analyzed. The simulation results show that the method verifies the rationality of the application of combination weighting method in effectiveness evaluation.

Keywords: combination weighting; anti-ship missiles; fuzzy judgment; performance assessment

0 引言

武器系统作战效能根据其定义^[1], 代表了武器系统能完成预定作战任务的能力, 是评价其好坏的重要量度。由于其对武器装备系统的研制以及使用有着至关重要的作用, 所以对其作战效能评估方法的研究一直是重点。经典的研究方法有兰彻斯特方程法、ADC 法、指数法和作战模拟法等^[2]。不同的方法有不同特点, 适用于不同场合, 所以在实际运用中, 具体运用哪种方法要根据具体情况而定。

模糊层次分析法 (fuzzy analytical hierarchy process, FAHP) 是一种较为经典的作战效能评估方法, 其合理之处在于定性与定量分析相结合^[3]: 首先确立目标评价体系, 运用层次分析法计算各个指标在所属层级的权重, 其权重的大小代表着各指标的重要程度; 在确定好权重之后, 再从底层指标开始, 运用模糊综合评判的方法, 对每个指标进行相应的模糊判断, 最后得出判断评语。其基本步骤为: 建立评价体系、确定指标权重、求得判断矩阵与权

重向量、选择合适模糊算子得出评价结果。由于层次分析法主观性太强, 导致模糊层次分析的结果也有偏主观的问题。笔者针对此问题, 具体分析在效能评估方法中权重的确定方法。

1 权重的确定方法

1.1 赋权方法介绍

什么是权重? 在评价体系中, 各个指标的权重代表着该指标在本层之中所占的重要程度。为反映出最真实的情况, 在确定权重时选择哪种方法很重要。根据以往的研究, 可以将目前惯用的赋权方法分为主观与客观赋权法^[4] 2 大类: 主观赋权法是通过专家经验进行赋权的方法, 比如层次分析法、二项系数法等, 优点是充分考虑了专家意见, 流程简单直观, 缺点是由于专家自身知识储备以及工作领域的不同, 所产生的主观判断有偏差; 客观赋权法是通过评价体系中各个指标进行采样、整理、分析和计算, 进而得到指标的权重, 比如熵权法、TOPSIS 法等, 能在一定程度上避免主观判断而造

收稿日期: 2021-09-17; 修回日期: 2021-10-16

作者简介: 于忠琳(1989—), 男, 辽宁人, 硕士, 从事海军兵种战术研究。E-mail: 964700746@qq.com。

成的误判，具有一定的客观性，但流程复杂、耗时长，且不易被理解。

1.2 基于偏好系数的组合赋权法

在实际作战中，受到装备情况、部队训练情况、战场环境以及指挥员决策水平等因素的影响^[5]，单独运用某一种复权的方法难以得出符合实际情况的权重结果；所以在评价过程中，综合运用不同的方法，可以综合各自的优缺点，从而得到更加合理的指标权重。根据实际情况对 2 类赋权法进行综合运用时，对主、客观的侧重称为偏好，侧重的程度称为偏好系数。如果侧重主观程度为 ε ，则侧重客观程度为 $1-\varepsilon$ 。

设存在某一评价体系，评价指标个数为 m 。运用不同方法对其进行赋权，设主观赋权法有 p 种，运用其求得的权重向量矩阵为：

$$\{W_{z1}, W_{z2}, \dots, W_{zp}\}^T = \begin{pmatrix} w_{11} & w_{21} & \dots & w_{m1} \\ w_{12} & w_{22} & \dots & w_{m2} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ w_{1p} & w_{2p} & \dots & w_{mp} \end{pmatrix} \quad (1)$$

客观赋权法有 q 种，运用其求得的权重向量矩阵为：

$$\{W_{k1}, W_{k2}, \dots, W_{kq}\}^T = \begin{pmatrix} w_{11} & w_{21} & \dots & w_{m1} \\ w_{12} & w_{22} & \dots & w_{m2} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ w_{1q} & w_{2q} & \dots & w_{mq} \end{pmatrix} \quad (2)$$

设组合之后得出的权重向量为 W_h ，其中某一项指标的权重为 w_{h1} ，则运用主观偏好系数 ε ，对指标进行计算，可以得出：

$$w_{h1} = \varepsilon/p \sum_{i=1}^p w_{i1} + (1-\varepsilon)/q \sum_{j=1}^q w_{1j} \quad (3)$$

$$w_{h2} = \varepsilon/p \sum_{i=1}^p w_{i2} + (1-\varepsilon)/q \sum_{j=1}^q w_{2j} \quad (4)$$

...

$$w_{hm} = \varepsilon/p \sum_{i=1}^p w_{ip} + (1-\varepsilon)/q \sum_{j=1}^q w_{mj} \quad (5)$$

进而可以得出权重向量：

$$W_h = \{w_{h1}, w_{h2}, \dots, w_{hm}\}^T \quad (6)$$

2 效能评价体系的确定

2.1 效能评价体系的构建思路

根据目前各国的反舰导弹武器装备基本情况，反舰导弹武器系统的基本构成一般为指控系统、发射系统与保障系统。以机动式岸舰导弹为例，其武器系统的基本构成一般为指控车、发射车以及维护保养车辆装备^[6]。根据其装备体系构成以及现代反舰作战基本战法，不考虑获取目标信息的过程，其作战流程为：根据前指下达的任务情况，岸导突击群按照命令部署到指定位置，执行作战任务。当多个突击群协同打击同一目标时，其各自执行独立的发射流程，完成同一任务，此时的协同关系如图 1 所示。

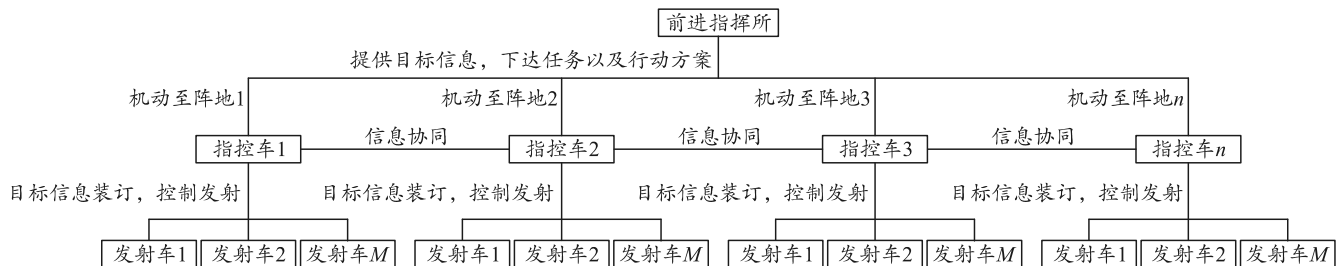


图 1 岸舰导弹协同关系

2.2 效能评价体系指标的选取

下面按照协同作战需要达成的条件构建效能指标体系。

根据图 2 所描述的指挥以及不同发射单元之间的关系，不同发射单元在完成同一目标任务时，需要构成指挥、信息、打击以及保障协同。

指挥协同代表前进指挥所与作战单元之间的协同动作，是指挥所属各作战部队合理、有序、有效进行作战任务的前提条件^[7]。根据作战指挥内容，

选取态势分析时效性、决策方案合理性、命令下达有效性以及任务调整实时性。

信息协同代表指挥系统与发射单元以及发射单元之间的信息交互能力，是作战任务以及部队动作时效性要求的基本保障^[8]。具体指标划分为信息传输精确性、时效性以及稳定性。

打击协同代表两型弹协同打击能力，是作战任务实施环节，直接决定着作战任务的成败。根据以往对协同打击的研究，两型弹协同打击目标过程中涉及到协同发射(时间、方向)能力、协同航路规划

能力、协同捕捉能力和协同突防能力^[9]，选取其为协同指标。

保障协同代表执行作战任务中，保障单元对多阵地的保障能力，比如供电保障、医疗保障、信息系统维护等，是作战任务能顺利进行的后装保障。将其指标划分为后勤、装备以及信息系统 3 方面的协同保障能力。

2.3 效能评价体系模型的构建

根据前文的分析以及指标选取，构建模型如图 2 所示。

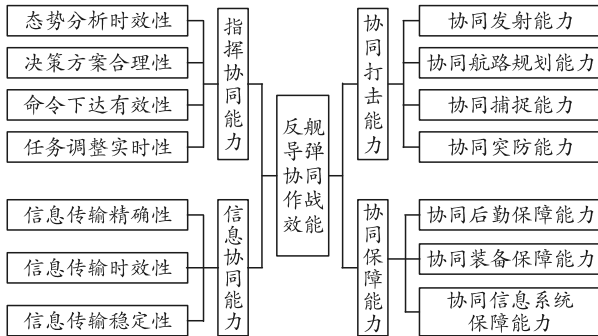


图 2 协同作战效能评估模型

3 仿真计算

3.1 效能指标权重的确定

根据对效能指标的分析，其既有定性指标，又有定量指标，部分指标需要主观进行判定，比如决策方案合理性指标；而另一部分指标需以客观情况进行判定，比如捕捉能力、突防能力等。因此，单纯的主观法或客观法都难以对整个系统进行较为准确的描述，应采取主、客观多种方法进行组合。为方便计算，笔者采用层次分析法(主观)与熵权法(客观)进行组合。

3.1.1 运用层次分析法赋权^[10]

层次分析法的基本原理在这里不进行赘述。首先对准则层标度进行赋值，标度值如表 1 所示。

表 1 准则层标度值

措施层	指挥协同能力	信息协同能力	协同打击能力	协同保障能力
指挥协同能力	1	2	1/3	3
信息协同能力	1/2	1	1/4	2
协同打击能力	3	4	1	5
协同保障能力	1/3	1/2	1/5	1

经过计算，得到权重向量 $w_i=(0.232\ 9, 0.138\ 5, 0.545, 0.083\ 6)$ ， $\lambda_{max}=4.051\ 1$ ， $CR=0.019\ 1 < 0.1$ ，满足一致性要求，所以结果可信。

同理对其他措施层进行赋值，如表 2 所示。

表 2 措施层权重向量

措施层	权重向量	λ_{max}	CI	CR
指挥协同能力	(0.183\ 7, 0.378\ 4, 0.342, 0.095\ 9)	4.117\ 1	0.039\ 0	0.043\ 9
信息协同能力	(0.539\ 6, 0.163\ 4, 0.297)	3.009\ 2	0.004\ 6	0.008\ 8
协同打击能力	(0.095\ 3, 0.160\ 3, 0.277\ 6, 0.466\ 8)	4.031\ 0	0.010\ 3	0.011\ 6
协同保障能力	(0.169\ 2, 0.387\ 4, 0.443\ 4)	3.018\ 3	0.009\ 1	0.017\ 6

3.1.2 运用熵权法赋权

熵权法的基本流程及运用公式如下^[11]：

1) 首先对矩阵数据进行去量纲处理，基本公式为：

$$x'_{ij} = (x_{ij} - x_{i\min}) / (x_{i\max} - x_{i\min}) \quad (7)$$

其中 $x_{i\max}$ 、 $x_{i\min}$ 分别为矩阵行数据的最大和最小值。

2) 对去量纲后得到矩阵进行标准化处理，公式为：

$$p_{ij} = x'_{ij} / \sum_{j=1}^n x'_{ij} \quad (8)$$

3) 根据下式计算第 i 项指标的熵值：

$$e_i = -\frac{1}{\ln n} \sum_{j=1}^n p_{ij} \ln(p_{ij}) \quad (9)$$

最后运用下式得出各指标权重：

$$\omega_i = (1 - e_i) / \sum_{j=1}^n (1 - e_i) \quad (10)$$

邀请 8 名反舰导弹战术专业专家对各个指标进行打分，结果如表 3 所示。

表 3 专家打分

措施层	专家 1	专家 2	专家 3	专家 4
指挥协同能力	84	92	74	48
信息协同能力	83	58	76	65
协同打击能力	85	91	88	87
协同保障能力	82	90	94	80
措施层	专家 5	专家 6	专家 7	专家 8
指挥协同能力	89	94	59	77
信息协同能力	82	68	44	66
协同打击能力	90	73	83	85
协同保障能力	74	91	84	73

经过计算得出指标权重为(0.254\ 6, 0.288\ 7, 0.208\ 2, 0.248\ 5)。

3.1.3 求取组合权重

将以上数值代入式(3)–(6)：

取 $\varepsilon=0.7$ 时，

$$W_h = \{0.239\ 41, 0.183\ 56, 0.443\ 96, 0.133\ 07\}^T;$$

取 $\varepsilon=0.5$ 时，

$$W_h = \{0.243\ 75, 0.213\ 6, 0.376\ 6, 0.166\ 05\}^T;$$

取 $\varepsilon=0.3$ 时,

$$W_h = \{0.248\ 09, 0.243\ 64, 0.309\ 24, 0.199\ 03\}^T.$$

3.2 模糊综合评判

首先确定备择集{优, 良, 中, 一般, 差}。对应的备择集分值为{90, 80, 70, 60, 50}。根据 ε 取值的不同分别进行模糊评判。在实际作战中, 每个作战环节的缺失都将导致作战任务的失败, 但不同环节的重要性程度不一样, 在评判之时需要更加体现权重的作用, 所以采用 $(\cdot, +)$ 算子进行计算。

取 $\varepsilon=1.0$ 时, 为纯主观方法, 综合评判得分为 79.645;

取 $\varepsilon=0.7$ 时, 为偏主观方法, 综合评判得分为 78.661 9;

取 $\varepsilon=0.5$ 时, 为非偏性方法, 综合评判得分为 78.006 5;

取 $\varepsilon=0.3$ 时, 为偏客观方法, 综合评判得分为 77.351 1;

取 $\varepsilon=0.0$ 时, 为纯客观方法, 综合评判得分为 70.368。

3.3 结果分析

有以下结论:

1) 运用层次分析法(主观)时, 指标的权重分配为:

协同打击能力 \gg 指挥协同能力 $>$ 信息协同能力 $>$ 协同保障能力。

结果基本符合实际作战规律, 但是协同打击指标的权重过大, 协同保障指标的权重过小, 在实际作战中, 保障也是关键环节, 特别是在装备故障时, 可能会影响导弹的发射, 进而影响整个作战任务, 所以这样分配权重不合理。

2) 运用熵权法(客观)时, 指标的权重分配为:

信息协同能力 $>$ 指挥协同能力 $>$ 协同保障能力 $>$ 协同打击能力。

这个结果看似不太符合作战规律, 但根据数据来看权重值相差不大, 特别是协同保障的比例比较合理, 与实际作战相符, 协同打击能力的赋值太低, 不合理。

3) 运用 2 种赋权方法组合时, 指标的权重分配为:

协同打击能力 $>$ 指挥协同能力 $>$ 信息协同能力 $>$ 协同保障能力。

根据主观系数 ε 的取值不同, 权重值有所不同, 但是整体比例分配是一样的, 符合实际作战情况;

而且, 权重值比较合理, 没有特别突出的数值。所以, 组合赋权法比较好, 可以更好地规避纯主观以及纯客观的弊端, 更真实地反应作战实际情况。

4) 根据主观系数 ε 的取值不足, 所得模糊分值不同。主观系数 ε 的取值与多方面因素有关, 比如在指挥员的指挥风格上, 如果指挥员注重作战方法层面, 则主观系数 ε 的取值偏大; 如果指挥员指挥时倚重于装备性能、战场环境等客观环境, 则主观系数 ε 的取值偏小。

4 结束语

笔者分析了主观以及客观赋权方法各自的优缺点, 构建了反舰导弹协同作战效能评估模型, 并以层次分析法和熵权法为例, 分别运用 2 种赋权方法以及组合运用 2 种方法, 对效能评估模型进行了权重求取以及模糊评判。根据结果分析, 组合赋权法更加符合作战的实际情况, 可信度较高, 但对主观系数的取值规则仅仅是举例说明, 并未详尽描述, 将在今后进行深入研究。

参考文献:

- [1] 郭齐胜, 张磊. 武器装备系统效能评估方法研究综述[J]. 计算机仿真, 2013, 30(8): 1-4, 18.
- [2] 姜涛. 导弹武器系统作战效能评估方法研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2006.
- [3] 雷添杰, 贾金生, 郑瑾莹, 等. 一种基于模糊综合评价算法的边坡滑坡预警方法及系统[P]. 2020-07-14.
- [4] 郭娇, 李金燕, 张翔. 基于主客观组合赋权的水资源模糊物元综合评价[J]. 人民长江, 2020, 51(7): 106-111.
- [5] 王光源, 沙德鹏, 张有志, 等. 基于实战环境的反舰导弹武器系统作战效能评估[J]. 海军航空工程学院学报, 2017, 32(1): 105-110.
- [6] 曾家有, 王伟, 谢宇鹏, 等. 岸舰导弹多阵地突击水面舰艇的火力的分配模型[J]. 舰船电子工程, 2019, 39(3): 18-20.
- [7] 李宁, 陈晖. 基于灰色层次分析法的作战指挥效能评估[J]. 兵器装备工程学报, 2017, 38(5): 22-26, 30.
- [8] 郭强, 毕义明. 基于云模型的导弹信息作战指挥效能评估[J]. 指挥控制与仿真, 2008(4): 61-64.
- [9] 张小东, 张林, 胡海. 导弹弹群协同作战方式分析[J]. 飞航导弹, 2018(9): 50-54.
- [10] 许海徐, 李相民, 王磊. 基于 AHP 与熵权的舰艇编队信息作战能力模糊综合评估[J]. 火力与指挥控制, 2013, 38(6): 93-96, 101.
- [11] 巫银花, 何常青, 宋勇. 基于熵权法的潜射反舰导弹作战效能灰色关联评估方法[J]. 兵工自动化, 2015(2): 40-42.