

文章编号: 1673-1522 (2009) 05-0503-04

基于联系度的雷达导引头综合能力评估

玄一民¹, 孙建国^{2a}, 宋贵宝^{2b}, 吉礼超³

(1. 海军驻二二九厂军事代表室, 北京 100013; 2. 海军航空工程学院 a. 新装备培训中心;
b. 飞行器工程系, 山东 烟台 264001; 3. 海军驻航天科技集团第七研究院军事代表工作组, 成都 610100)

摘要: 雷达导引头是反舰导弹的重要组成部分, 对其综合能力的评估是一个多因素综合评判问题。文章分析了影响雷达导引头综合能力的主要因素, 建立了雷达导引头综合能力评估指标体系和基于联系度的雷达导引头综合能力评估模型, 并提出了联系度的比较规则。最后, 评估得出了国外几种典型的雷达导引头综合能力的优劣排序。

关键词: 雷达导引头; 联系度; 综合能力; 指标体系

中图分类号: E917

文献标志码: A

0 引言

反舰导弹雷达导引头是反舰导弹的重要组成部分, 其综合能力直接影响反舰导弹的整体作战效能。随着导弹技术的飞速发展, 使得对反舰导弹雷达导引头综合能力的评估具有了更多的不确定性。因此, 怎样衡量反舰导弹雷达导引头综合能力的优劣, 是一个亟待解决的问题。目前能够用于综合能力评估的方法^[1-5]有很多, 例如, 层次分析法、模糊综合评估法、灰色关联分析法、灰色层次分析法和集对分析法等, 评估对象的特点不同, 所选择的评估方法

就不一样。集对分析法中的联系度, 以其直观的表现形式, 能很好地解决确定与不确定性问题, 目前已经得到广泛的应用。

1 雷达导引头综合能力指标分析

反舰导弹雷达导引头是反舰导弹的弹上测量敏感部件, 它的主要功能^[6-8]有: ① 在一定空域内搜索目标、跟踪测量目标相对导弹的运动信息; ② 输出实现导引规律所需要的信息; ③ 克服各种干扰的影响。在此基础上, 确定反舰导弹雷达导引头综合能力评估指标体系如图 1 所示。

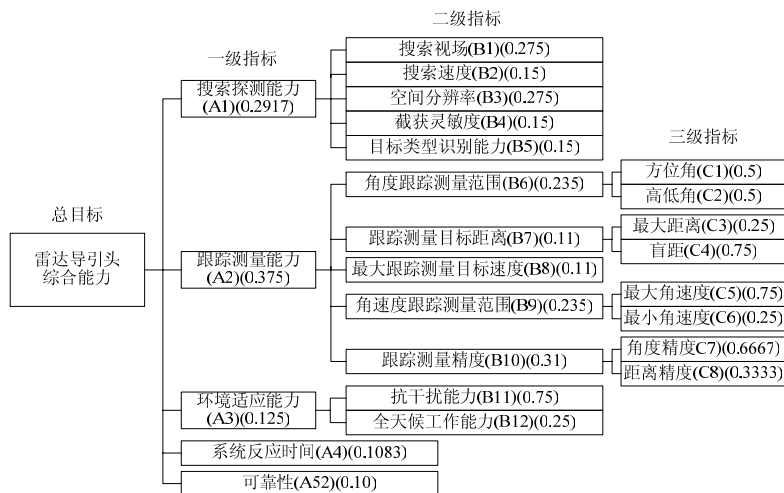


图 1 反舰导弹雷达导引头综合能力评估指标体系

收稿日期: 2009-03-23

作者简介: 玄一民 (1964-), 男, 高工, 硕士。

在图 1 所示的反舰导弹雷达导引头综合能力评估指标体系中，底层指标（底层指标是指自身没有下级指标的指标）有定性指标，例如抗干扰能力；也有定量指标，例如搜索视场；有极大型指标，例如搜索速度；有极小型指标，例如截获灵敏度；还有居中型指标，例如搜索视场。而且各指标的单位、数值数量级之间也有差异。

为了反映实际情况，必须排除由于各指标的特征属性不同、单位不同以及数值数量级之间的悬殊差别给评估结果带来的影响，在进行实际评估之前，应对底层指标进行处理。

2 雷达导引头综合能力评估模型研究

2.1 联系度的引入

联系度^[9]是集对分析法的基石，其一般的表达式为：

$$\mu(W) = \frac{S}{N} + \frac{F}{N}i + \frac{P}{N}j, \quad (1)$$

式中： i 为差异度系数， $i \in [-1,1]$ ； j 为对立度系数， $j \equiv -1$ 。

若令： $S/N = a$ ， $F/N = b$ ， $P/N = c$ ，则有：

$$\begin{cases} \mu = a + bi + cj \\ a + b + c = 1 \end{cases}, \quad (2)$$

式中： $a \in [0,1]$ ， $b \in [0,1]$ ， $c \in [0,1]$ ； a 、 b 、 c 分别表示所论集合在指定问题背景下的同一度、差异度和对立度。

同一度、对立度指的是两个集合的确定性联系程度，而差异度是指不确定性联系程度。

联系度中的同一度、差异度、对立度、差异度系数和对立度系数是相互联系、相互制约、相互影响的统一整体，可以根据问题的需要进行横向或纵向的展开。

例如，联系度 $\mu = a + bi + cj$ 进行横向展开后的一般形式为：

$$\mu = \sum_{r=1}^n a_r + \sum_{r=1}^n b_r i + \sum_{r=1}^n c_r j$$

或

$$\mu = \sum_{r=1}^n a_r + \sum_{r=1}^n b_r i_r + \sum_{r=1}^n c_r j_r。$$

对于图 1 中的定量指标，可以直接对其观测值进行处理；对于定性指标，由于其具有不确定性，根据联系度的定义及特点，可以用联系度对其进行处理。

2.2 定量指标标准化

对于图 1 中的定量指标，必须对其进行标准化处理，才能和联系度相结合组成一个有机的评估系统。本文采用如下的标准化函数^[9-10]：

$$\begin{cases} f(x) = x/x^* & x^* = \max_{1 \leq i \leq m} x \neq 0 \quad \text{极大性指标} \\ f(x) = x^*/x & x^* = \min_{1 \leq i \leq m} x \quad \text{极小型指标} \end{cases}, \quad (3)$$

$$f(x) = \begin{cases} 0 & x < e \\ (x-e)/(f-e) & e \leq x < f \\ 1 & f \leq x < g \\ (h-x)/(h-g) & g \leq x < h \\ 0 & x \geq h \end{cases} \quad \text{居中型指标}, \quad (4)$$

式中： m 为被评估对象个数； e 、 f 、 g 、 h 是常数，根据指标的实际情况而定。

2.3 评估模型

首先，本文采用层次分析法确定评估指标体系中的指标权重；其次，确定评估小组成员，并将定性指标的评估标准划分为“好”、“可能好”、“可能差”、“差”4 个等级，对应评估标准的划分，本文将式(2)中的联系度表达式进行横向展开，得到四元联系度表达式：

$$\begin{cases} \mu = a + bi_1 + ci_2 + dj \\ a + b + c + d = 1 \end{cases}, \quad (5)$$

式中： a 为评估者对某一对象的属性持“肯定”态度的程度； b 为评估者对某一对象的属性持“不确定”态度但偏向于“肯定”的程度； c 为评估者对某一对象的属性持“不确定”态度但偏向于“否定”的程度； d 为评估者对某一对象的属性持“否定”态度的程度。且有： $a \in [0,1]$ ； $b \in [0,1]$ ； $c \in [0,1]$ ； $d \in [0,1]$ ； $a + b + c + d = 1$ ； $i_1 \in [0,1]$ ； $i_2 \in [-1,0]$ ； $j \equiv -1$ 。

假设选取 n 个专家对底层某一定性指标进行评估。设 n 个评估专家中有 k_1 个专家对该指标持“肯定”态度，有 k_2 个专家对该指标持“不确定”态度但偏向于“肯定”，有 k_3 个专家对该指标持“不确定”态度但偏向于“否定”，有 k_4 个专家对该指标持“否定”态度，从而得到该指标的联系度表达式为：

$$\mu = k_1/n + k_2/n \cdot i_1 + k_3/n \cdot i_2 + k_4/n \cdot j。 \quad (6)$$

为了使定量指标标准化处理后的结果与定性指标协调一致，将定量指标标准化处理后的值也划分为 4 个区间，即 $[0.75, 1]$ 、 $[0.50, 0.75)$ 、 $[0.25, 0.50)$ 、 $[0, 0.25)$ ，用联系度进行表示时，定量指标的标准值落入哪个区间，则得分值为 1。例如，若某一定量指标经标准化处理后的值为 0.7，则该指标的四元

联系度表达式即为 $\mu = 0 + i_1 + 0i_2 + 0j$ 。

得到各底层指标的联系度表达式以后，令式(6)中 $a = k_1/n$ ， $b = k_2/n$ ， $c = k_3/n$ ， $d = k_4/n$ ，假设某一二级指标 B_i 包含 n 个底层指标，即得到某一二级指标的同异反系数矩阵：

$$R_{B_i} = \begin{bmatrix} a_{C1} & b_{C1} & c_{C1} & d_{C1} \\ a_{C2} & b_{C2} & c_{C2} & d_{C2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{Cn} & b_{Cn} & c_{Cn} & d_{Cn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

根据各个指标的权重，得到该二级指标 B_i 的联系度表达式为：

$$\mu_{B_i} = (w_{C_1} \quad w_{C_2} \quad \cdots \quad w_{C_n}) \cdot \begin{bmatrix} a_{C1} & b_{C1} & c_{C1} & d_{C1} \\ a_{C2} & b_{C2} & c_{C2} & d_{C2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{Cn} & b_{Cn} & c_{Cn} & d_{Cn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ i_1 \\ i_2 \\ j \end{bmatrix} \quad (8)$$

令 $a_{B_i} = \sum_{i=1}^n w_{C_i} a_{C_i}$ ， $b_{B_i} = \sum_{i=1}^n w_{C_i} b_{C_i}$ ， $c_{B_i} = \sum_{i=1}^n w_{C_i} c_{C_i}$ ，

$d_{B_i} = \sum_{i=1}^n w_{C_i} d_{C_i}$ ，则有：

$$\mu_{B_i} = a_{B_i} + b_{B_i}i_1 + c_{B_i}i_2 + d_{B_i}j \quad (9)$$

以此类推，最终得出反舰导弹雷达导引头综合能力的联系度表达式：

$$\mu = a + bi_1 + ci_2 + dj \quad (10)$$

2.4 联系度的比较规则

从前面联系度可知：联系度表达式中 a 、 d 为评估者对某一定性指标持“确定”态度的程度， b 、 c 为持“不确定”态度的程度，在一定条件下， b 可以转变为 a 或 c ， c 也可以转变为 b 或 d 。对应于 a 、 b 、 c 、 d ，将评估等级划分为“优”、“良”、“中”、“差”4 个等级，因此制定如下表 1 所示的基于联系度的等级判断规则。

表 1 基于联系度的等级判断规则

条件		比较结果
$a > d$	$a + b > c + d$	优
	$a + b \leq c + d$	良
$a = d$	$a + b > c + d$	良
	$a + b \leq c + d$	中
$a < d$	$a + b > c + d$	中
	$a + b \leq c + d$	差

根据表 1 的规则确定某一被评估对象的等级之后，还需要对处于同一等级的被评估对象进行优劣顺序。排序规则见表 2。

表 2 同一等级被评估对象优劣排序规则

等级	条件	比较结果		
优	$a_1 > a_2$	对象 1“优于”对象 2		
	$a_1 = a_2$	$b_1 > b_2$	对象 1“优于”对象 2	
		$b_1 = b_2$	$c_1 > c_2$	对象 1“优于”对象 2
			$c_1 = c_2$	对象 1“等于”对象 2
良	$a_1 + b_1 > a_2 + b_2$	对象 1“优于”对象 2		
	$a_1 + b_1 = a_2 + b_2$	$c_1 < c_2$	对象 1“劣于”对象 2	
		$c_1 > c_2$	对象 1“优于”对象 2	
		$c_1 = c_2$	对象 1“等于”对象 2	
中	$c_1 + d_1 > c_2 + d_2$	对象 1“劣于”对象 2		
	$c_1 + d_1 = c_2 + d_2$	$a_1 < a_2$	对象 1“劣于”对象 2	
		$a_1 > a_2$	对象 1“优于”对象 2	
		$a_1 = a_2$	对象 1“等于”对象 2	
差	$d_1 > d_2$	对象 1“劣于”对象 2		
	$d_1 = d_2$	$c_1 > c_2$	对象 1“优于”对象 2	
		$c_1 = c_2$	$a_1 > a_2$	对象 1“优于”对象 2
			$a_1 = a_2$	对象 1“等于”对象 2

根据表 1 等级判断规则和表 2 同一等级优劣排序规则，即可对所有被评估对象进行优劣排序。

3 实例分析

本文选取国外某 3 型反舰导弹雷达导引头作为评估对象。

首先，采用层次分析法确定各指标的权重（见图 1）；其次，确定本文的评估小组成员由研制人员 3 位、国内专家 3 位、保障人员 3 位、军方人员 3 位共 12 位专家组成。

对表 1 中的打分结果进行统计，得到定性指标的联系度表达式，对定量指标的观测值进行标准化处理，得出定量指标的联系度表达式。根据式(3)~(10)，通过计算得到第 1 型反舰导弹雷达导引头综合能力的联系度表达式为：

$$\mu_1 = 0.7349 + 0.189i_1 + 0.0760i_2 + 0j$$

同理可得第 2 型、第 3 型反舰导弹雷达导引头综合能力的联系度表达式为：

$$\mu_2 = 0.5547 + 0.1772i_1 + 0.1747i_2 + 0.0934j$$

$$\mu_3 = 0.4027 + 0.1725i_1 + 0.2720i_2 + 0.1528j$$

根据表 1 比较规则得到该 3 型反舰导弹雷达导引头综合能力都隶属于“优”等级，再根据表 2 优等级排序规则，得到该 3 型反舰导弹雷达导引头综合能力的优劣排序为：对象 1 > 对象 2 > 对象 3。此结果与实际情况基本相符。

4 结论

本文在分析影响反舰导弹雷达导引头综合能力

因素的基础上,建立了反舰导弹雷达导引头综合能力评估指标体系,提出了联系度的比较规则,并运用联系度对反舰导弹雷达导引头综合能力进行了评估。此方法从一种新的角度研究了反舰导弹雷达导引头的综合能力。通过实例分析表明运用联系度对反舰导弹雷达导引头综合能力进行评估是可行的,可为反舰导弹雷达导引头综合能力评估提供参考。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 郭齐胜, 鄧志刚, 杨瑞平, 等. 装备效能评估概论[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005:62-65.
- [3] 陈衍泰, 陈国宏, 李美娟. 综合评价方法分类及研究进展[J]. 管理科学学报, 2004,7(2):69-79.
- [4] 杜海文, 孟领坡, 马洪斌. 防空导弹制导雷达综合抗干扰能力评估[J]. 火力与指挥控制, 2004,29(5):54-56.
- [5] 王永受. 导弹制导控制性能的评价方法[J]. 飞航导弹, 2002(9):55-58.
- [6] 杨军, 杨晨, 段朝阳, 等. 现代导弹制导控制系统设计[M]. 北京: 航空工业出版社, 2005:96.
- [7] 韩品尧. 战术导弹总体设计原理[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2000:21-26;41-52.
- [8] 雷虎民. 导弹制导与控制原理[M]. 北京: 国防工业出版社, 2006:98-218.
- [9] 叶义成, 柯丽华, 黄德育. 系统综合评价技术及其应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2006:108, 133-136.
- [10] 郭亚军. 综合评价理论、方法及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2007:15-17.

Comprehensive Capacity Evaluation of Radar Guided Seeker Based on Degree of Contact

XUAN Yi-min¹, SUN Jian-guo^{2a}, SONG Gui-bao^{2b}, JI Li-chao³

(1. Military Representatives Office of Navy in 239th Factory, Beijing 100013, China;

2. Naval Aeronautical and Astronautical University

a. New Equipment Training Center;

b. Department of Airborne Vehicle Engineering, Yantai Shandong 264001, China;

3. Military Representatives Office of Navy in №7 Research Institute of Astronautical Science
and Technology Group, Chengdu 610100, China)

Abstract: Radar guided seeker is an important component of anti-ship missile, and its comprehensive capacity evaluation is a multi-factors and comprehensive judge problem. The factors which influenced comprehensive capacity of radar guided seeker was analyzed, and the index system of comprehensive capacity and evaluation model of comprehensive capacity of radar guided seeker based on degree of contact were established, and the comparison rule of degree of contact was proposed. Finally, the compositor of comprehensive capacity of several foreign classic radar guided seeker was acquired.

Key words: radar guided seeker; degree of contact; comprehensive capacity; index system