

指数法在防空系统效能评价中的运用

辛永平, 李军, 刘晨

(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

摘要:根据现代防空系统特点,提出了防空系统效能评价的指标体系,分析了指标的相关因素,运用指数法建立了防空系统效能分指标(预警探测能力指数、对空射击能力指数、指挥控制能力指数、信息战能力指数、生存能力指数、保障能力指数、机动能力指数)以及效能综合指标的求取模型。

关键词:防空系统;效能;指数法

中图分类号:TJ765 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2002)03-0056-03

1 现代防空系统的效能评估

现代防空系统是多层次(战略、战役、战术)、多要素(武器装备体制系列、防空工程体系、指挥体制、各级指战员、法律法规、保障体制、民防体制等)、多环节(情报预警系统、指挥控制系统、拦截打击系统、信息战系统、保障系统和国民防空系统)的复杂大系统,防空系统的效能评估是一个综合复杂的课题,到目前为止,还没有获得公认的结构化评价方法^[1-3]。为了获得对包括防空系统在内大规模复杂系统的更进一步的认识,有些有一定价值的方法,如指数法、交战效能系数法、仿真模拟法、多目标决策法等方法可资利用。此处仅对指数法在防空系统效能评价中的应用作一探讨。

指数法的实质是一种"等效"方法,即参照统一的效能指标体系将各种武器装备和其它防空体系主要组成要素等效成相对于典型参考武器装备或标准的相对"指数",再把各种武器装备和其它防空体系主要组成要素的指数用一定方法综合起来作为防空系统效能度量的总指数。指数法的关键是指数的求取,可采取定性定量相结合的方法,许多情况下必须借助于专家的评判。

2 防空系统效能指标体系

根据现代和未来防空作战的特点,提出防空系统效能的八个子指标为:预警探测能力、拦截打击能力、指挥控制能力、信息战能力、生存能力、保障能力、机动能力、国民防空能力。

上述子指标中,预警探测能力是指防空系统对来自空间、空中、低空超低空的各种普通威胁以及对特殊空袭目标(隐身目标、小 RCM 目标、TBM 等)的早期预警和获取目标信息的能力,它主要取决于防空系统中的各类预警探测兵力和设备,如预警卫星、预警飞机、地面雷达网、光电观测器材等;拦截打击能力是指对空袭目标的火力杀伤能力,主要取决于作战飞机拦截作战能力、地空导弹对空作战能力和高炮对空作战能力;指挥控制能力是指根据战场对抗态势和各种动态信息,进行处理、分析判断、辅助决策以及指挥和控制兵力实施作战计划的能力,主要取决于防空系统的情报处理能力、辅助决策能力、通信联络能力、战场控制能力等;信息战能力是指防空系统运用各种信息武器或工具进行以信息欺骗、信息进攻、信息防护为主的信息对抗的能力,它主要由电子战能力、计算机网络战能力、心理战能力等构成,电子战能力指数又可进一步由电子进攻能力和电子防御能力构成,电子战能力取决于防空系统中各种电子技术装备和电子战装备的功能和战

术技术性能,计算机网络战能力和心理战能力主要取决于“人”的数量和素质;防空系统生存能力是指防空系统在各种自然环境和对抗条件下保持其战斗力的能力,主要取决于战场隐蔽能力、战场防护能力、装备抗毁能力、战场修复能力等因素;防空系统保障能力主要包括战勤保障能力、技勤保障能力和后勤保障能力,取决于相应保障系统的设备种类、数量以及人员的数量质量等因素;防空系统机动能力是指进行战场态势、兵力火力转移改变的能力,包括装备自身机动能力、防空运输机动能力、保障支援运输能力,取决于防空系统自身的机动能力、运输保障设备的种类数量和防空系统以外的后勤保障支援运输设备的种类数量等;国民防空能力是民防系统和民用系统规避空中打击保存国家战争实力的能力,国民系统一般包括警报分系统、指挥控制分系统、民防工程分系统、民防专业分队等,民防系统是直接向公众提供防护的系统,效费比较高。在现代战争条件下,国民防空已上升到战略高度。

3 防空系统效能指数的求取

3.1 指数求取的一般模型

效能指标指数的求取是一个逐级细化深化、又自下而上综合的过程。防空系统效能指标的求取基本有两种思路:加权算术平均法和加权几何平均法。一般对于具有串联关系的指标,采用加权几何平均法进行指标综合;而对于具有并联并列关系的指标,采用加权算术平均法进行指标综合。

采用加权算术平均法进行指标综合的一般公式为

$$I = \xi \sum_{i=1}^N \alpha_i I_i$$

采用加权几何平均法进行指标综合的一般公式为

$$I = \xi \prod_{i=1}^N I_i^{\alpha_i}$$

其中 $\xi (0 < \xi \leq 1)$ 为修正系数,可根据实际情况进行调整。 N 为下级指标的数量, α_i 为第 i 个下级指标的权重系数。

3.2 防空系统效能子指标求取模型

对所述八个防空系统效能子指标——预警探测能力、拦截打击能力、指挥控制能力、信息战能力、生存能力、保障能力、机动能力、国民防空能力指数的求取,由于不同的指数的下一级指数之间可能有不同的逻辑关系,故下级指数综合成上级能力指数要具体问题具体对待,采用不同的综合方法。此处只举几个典型的例子,其余以此类推即可。

比如,防空系统预警探测能力指数主要由四个方面组成:即对天预警探测能力指数、对空预警探测能力指数、对低空超低空预警探测能力指数、对特殊目标(隐身目标、小 RCM 目标、TBM 等)预警探测能力指数。采用加权几何平均法进行指标综合,评估模型如下:

$$I_{\text{预警}} = \alpha \sum_{i=1}^{N_1} I_{\text{对天}i} M_{\text{对天}i} + \beta \sum_{i=1}^{N_2} I_{\text{对空}i} M_{\text{对空}i} + \gamma \sum_{i=1}^{N_3} I_{\text{对低}i} M_{\text{对低}i} + \delta \sum_{i=1}^{N_4} I_{\text{对特}i} M_{\text{对特}i}$$

其中, $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ 为权重系数; N_1, N_2, N_3, N_4 为防空系统中各类预警探测设备的种类数; $I_{\text{对天}i}, I_{\text{对空}i}, I_{\text{对低}i}, I_{\text{对特}i}$ 分别为防空系统中第 i 种预警探测设备对天、对空、对低空超低空、对特殊目标的预警探测能力指数; $M_{\text{对天}i}, M_{\text{对空}i}, M_{\text{对低}i}, M_{\text{对特}i}$ 分别为防空系统中第 i 种预警探测设备的数量。

此处对 $I_{\text{对天}i}, I_{\text{对空}i}, I_{\text{对低}i}, I_{\text{对特}i}$ 的确定采用如下公式^[1]。

$$I_{\text{对天}i, \text{对空}i, \text{对低}i, \text{对特}i} = KR^\alpha S^\beta E^\gamma$$

其中: K 为调整系数, $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ 为幂指数; R 为探测距离; S 为预警探测设备的体制评分值; E 为预警探测设备的抗干扰性能评分值。 S, E 可根据设备性能由专家评判确定。

如上类推,防空系统拦截打击能力指数主要由作战飞机对空作战能力指数、地空导弹对空作战能力指数、高炮对空作战能力指数构成:

$$I_{\text{拦截打击}} = \alpha \sum_{i=1}^{N_1} I_{\text{飞机}i} M_{\text{飞机}i} + \beta \sum_{i=1}^{N_2} I_{\text{导弹}i} M_{\text{导弹}i} + \gamma \sum_{i=1}^{N_3} I_{\text{高炮}i} M_{\text{高炮}i}$$

涉及参数就不一一加以解释了。

防空系统指挥控制能力指数主要取决于:情报处理能力指数、辅助决策能力指数、通信联络能力指数、战场控制能力指数。模型如下:

$$I_{\text{指控}} = KI_{\text{情报}}^{\alpha} I_{\text{决策}}^{\beta} I_{\text{通信}}^{\gamma} I_{\text{控制}}^{\delta} I_{\text{人}}^{\epsilon}$$

防空系统信息战能力指数主要由电子战能力指数、计算机网络战能力指数、心理战能力指数等构成,电子战能力指数又可进一步由电子进攻能力指数和电子防御能力指数构成,模型如下:

$$I_{\text{电子战}} = \alpha \sum_{i=1}^{N_1} I_{\text{电子进攻}_i} M_{\text{电子进攻}_i} + \beta \sum_{i=1}^{N_2} I_{\text{电子防御}_i} M_{\text{电子防御}_i} + \gamma \sum_{i=1}^{N_3} I_{\text{计算机}_i} M_{\text{计算机}_i} + \delta \sum_{i=1}^{N_4} I_{\text{心理}_i} M_{\text{心理}_i}$$

防空系统生存能力指数主要取决于:战场隐蔽能力指数、战场防护能力指数、装备抗毁能力指数、战场修复能力指数。模型如下:

$$I_{\text{生存}} = KI_{\text{隐蔽}}^{\alpha} I_{\text{防护}}^{\beta} I_{\text{抗毁}}^{\gamma} I_{\text{修复}}^{\delta}$$

保障能力指数主要由战勤保障能力指数、技勤保障能力指数、后勤保障能力指数等构成,具体计算评估模型采用加权算术平均值法。

防空系统机动能力指数主要由三个方面组成:即装备自身机动能力指数、防空运输机动能力指数、保障支援运输能力指数。评估模型采用加权算术平均值法。

国防空能力指数主要由四个方面组成,即民防情报能力指数、民防指挥通信能力指数、民防工程能力指数、民防队伍能力指数构成,评估模型采用加权几何平均值法。

3.3 防空系统效能指数的合成

因为防空系统效能的八个子指标之间主要呈现出息息相依的串联关系,所以此处防空系统效能指数合成方法采用加权几何平均值法。防空系统效能综合指数模型为 $I_{\text{防空}} = \xi I_{\text{预警}}^{\alpha} I_{\text{拦截打击}}^{\beta} I_{\text{指控}}^{\gamma} I_{\text{信息战}}^{\delta} I_{\text{生存}}^{\epsilon} I_{\text{保障}}^{\mu} I_{\text{机动}}^{\sigma} I_{\text{民防}}^{\nu}$

其中: $\xi(0 < \xi \leq 1)$ 为修正系数,可根据防空系统各个环节的协调一致性、运行效率等因素判定。 $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \mu, \sigma, \nu$ 为权重系数。

3.4 武器指数和加权系数的确定方法

对于具体武器系统能力指数的确定,需要结合武器系统的特点和战术技术性能指标进行。如果某武器已经有比较权威的能力指数量值,可以直接选用。对于某些难以量化的因素,可以采用专家打分等方法给出量化值。

各级加权系数的确定可以采取多种方法,如专家打分法、层次分析法(AHP法)等比较成熟的方法获得。这里就不再赘述了。

参考文献:

- [1] 陆勤夫,周银龙. 编队综合作战能力指数评估方法与模型[J]. 军事系统工程, 2000, (2): 33-34.
- [2] 申卯兴,张庆波. 防空作战能力评价指标体系研究[A]. 军事系统工程学会第十届学术年会论文集[C]. 西安:2000.
- [3] 王鸣岐. 关于攻防兼备型空军装备体系优化的几个问题[J]. 装备论证, 2000, (1): 2-3.

(编辑:田新华)

Application of Index Method to Efficiency Estimating of Modern Aerial Defense System

XIN Yong - ping, LI Jun, LIU Chen

(The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan 713800, China)

Abstract: Based on characteristics of the modern aerial defense system, a guideline system and the analysis of its interrelated factors are brought forward. By using index method, the mathematical entreat model of sub - indexes and the integrate index of efficiency estimating of modern aerial defense system are upbuilt.

Key Words: aerial defense system; efficiency; index method