

# 基于可拓学方法的电子战系统作战效能评估

张金春, 张家宾, 金哲, 曹彪

(海军航空工程学院, 山东烟台 264001)

**摘要:** 电子战作为信息战的主体部分, 在现代战争中影响越来越大。通过对其作战效能的评估, 能帮助分析和改进作战效能。利用可拓学中发散思维等方法选取评价特征, 采用比重权重法确定权重, 结合层次分析法来构建物元模型。构建关联函数对样本进行评价, 同时在评价等级模型的构建时充分考虑各个等级对最终评价结果的贡献率。

**关键词:** 电子战; 作战效能评估; 可拓学; 物元模型

**本文引用格式:** 张金春, 张家宾, 金哲, 等. 基于可拓学方法的电子战系统作战效能评估[J]. 四川兵工学报, 2014(9): 85-87.

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2014)09-0085-04

## Evaluation of Effectiveness of Electronic Warfare System Based on the Extension

ZHANG Jin-chun, ZHANG Jia-bin, JIN Zhe, CAO Biao

(Naval Aeronautical and Astronautical University, Yantai 264001, China)

**Abstract:** Electronic warfare, as the main body of information war, has more and more influence in modern war. Evaluating its operational efficiency can help to analyze and improve operational efficiency. Make use of Extenics in divergent thinking method to select the evaluation characteristics, determine the weight proportion by weight method, and construct the matter-element model combined with the analytic hierarchy process. Finally, construct the correlation function to evaluate the sample, at the same time, in the construction of evaluation the model takes full account of all grades contribution rate on the final evaluation results.

**Key words:** electronic warfare; combat effectiveness evaluation; extenics; matter element model

**Citation format:** ZHANG Jin-chun, ZHANG Jia-bin, JIN Zhe, et al. Evaluation of Effectiveness of Electronic Warfare System Based on the Extension[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2014(9): 85-87.

随着现代战争军事的发展, 信息战已成为一种相对独立的作战样式出现, 并在陆、海、空、天等战争环境中发挥着越来越大的作用。而电子战作为信息战的主体, 其效能的高低将直接影响到整体信息战能力。电子战系统的效能分析和评价是电子战效能综合评定的一个重要方面<sup>[1]</sup>。目前, 国内外研究武器系统作战效能的工具较多, 常用的作战效能评估方法主要有指数法、作战仿真法和试验统计法等。用相对数值简单地反映研究对象特性的一种量化方法, 称为指数法。作战仿真法也常被称为作战模拟法, 是指利用计算机来模拟作战进程, 从而得到相关的实验数据资料, 得到作战效能值。

在模拟战场环境或试验场所中, 观察所试验武器装备的性能表现, 收集并记录试验的相关资料, 在此基础上, 利用相应的评估方法评估系统的作战效能, 称为试验统计法<sup>[2]</sup>。本文引入可拓学的方法对电子战的系统作战效能进行综合的评估。传统的系统评价方法仅是细化出系统作战效能的各个指标, 确定权重后, 利用层次分析法进行综合评价。而可拓学的方法, 在特征指标选取时, 采用发散思维, 传导思维, 共轭分析等方法, 指标的选定更合理。而基于矩定义的关联函数使得评价过程更严谨。

收稿日期: 2014-03-28

作者简介: 张金春(1960—), 男, 硕士, 教授, 主要从事复杂系统的建模分析与仿真研究。

## 1 可拓评价的基本原理

可拓学是广东工业大学蔡文教授提出的一种解决现实矛盾问题的有效学科体系,物元、可拓集合以及关联函数概念是其精髓所在<sup>[3]</sup>。

物元模型一般表示为  $M = (O, C, V)$ 。其中  $O$  代表事件主体,  $C$  代表事物的特征,  $V$  代表相应特征对应的取值范围。

### 1.1 经典域和节域确定

根据划分标准,将作战效能的等级分为  $j$  类。假设  $O_j$  表示划分的第  $j$  个作战效能的类别,  $C_j (j=1, 2, 3, \dots, n)$  表示作战效能的特征,  $V_{j\alpha} = [a_{j\alpha}, b_{j\alpha}]$  表示相应特征的取值范围,则作战效能等级类别的经典域为  $M_j = (O_j, C_i, V_{j\alpha})$ , 即

$$M_j = \begin{bmatrix} O_j & C_1 & V_{j1} \\ & C_2 & V_{j2} \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & V_{jn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} O_j & C_1 & \langle a_{j1}, b_{j1} \rangle \\ & C_2 & \langle a_{j2}, b_{j2} \rangle \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & \langle a_{jn}, b_{jn} \rangle \end{bmatrix}$$

令  $O_U$  代表作战效能类别划分的全体,  $V_{U\alpha} = \langle a_{U\alpha}, b_{U\alpha} \rangle$  代表  $O_U$  关于  $C_i$  的取值范围,则作战效能等级类别的节域为  $M_U = (O_U, C_i, V_U)$ , 且  $M_j \subset M_U$ , 节域物元为

$$M_U = \begin{bmatrix} O_U & C_1 & V_{U1} \\ & C_2 & V_{U2} \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & V_{Un} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} O_U & C_1 & \langle a_{U1}, b_{U1} \rangle \\ & C_2 & \langle a_{U2}, b_{U2} \rangle \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & \langle a_{Un}, b_{Un} \rangle \end{bmatrix}$$

待测样本物元为

$$M_x = (O_x, C, x) = \begin{bmatrix} O_x & C_1 & x_1 \\ & C_2 & x_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & C_n & x_n \end{bmatrix}$$

式中  $x_1, x_2, \dots, x_n$  分别为待测样本的  $n$  个因子的观测值。

### 1.2 关联函数的构建

根据距的定义,确定关联函数值待测样本与各类的关联度(最优点在区间中点)  $K$  可按下式计算:

$$K(x) = \begin{cases} \frac{\rho(x, X_0)}{D(x, X_0, X)}, & \text{其他} \\ \frac{\rho(x, X_0)}{D(x, X_0, X)} - 1, & \rho(x, X_0) = \rho(x, X) \end{cases}$$

其中距定义为  $\rho(x, X_0) = \left| x - \frac{a+b}{2} \right| - \frac{b-a}{2}$ 。

点  $x$  关于区间  $X_0$  和  $X$  组成的区间套的位值为

$$D(x, X_0, X) = \begin{cases} a-b & \rho(x, X_0) = \rho(x, X) \\ \rho(x, X_0) - \rho(x, X) & \rho(x, X_0) \neq \rho(x, X), x \notin X_0 \\ \rho(x, X_0) - \rho(x, X) + a-b & \rho(x, X_0) \neq \rho(x, X), x \in X_0 \end{cases}$$

### 1.3 综合评价等级的确定

将评价等级分为  $j$  级(优、良、中、差等)则待评价对象的评价等级关联度为

$$K_j(o_x) = \sum_{i=1}^n w_i k_j(V_j)$$

其中  $w_i$  为指标的权重系数,并且  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ 。

标准化有

$$\overline{K_j(o_x)} = \frac{K_j(o_x) - \min K_j(o_x)}{\max K_j(o_x) - \min K_j(o_x)}$$

最后可得评价等级为

$$j = \frac{\sum_{j=1}^m \overline{JK_j(o_x)}}{\sum_{j=1}^m \overline{K_j(o_x)}}$$

## 2 电子战系统作战效能评估的可拓模型建立

### 2.1 物元模型的构建

构建电子战系统作战效能物元模型:

$$M = (\text{电子战作战系统, 效能, 效能值}) \triangleq (O, C, V)$$

用发散思维,电子战的影响因素主要集中于以下几点:

1) 电子进攻能力。电子进攻能力是电子战中的重要能力之一,包括对敌方电子系统的干扰、压制和摧毁能力,在整个信息战中占有重要地位<sup>[4]</sup>。

2) 电子防御能力。电子防御能力即是指保护己方电子设备和武器系统的安全能力,在敌方对我实施电子侦察、进攻的情况下,电子战系统反电子侦察、抗摧毁和反电子干扰的概率<sup>[5]</sup>。

3) 电子支援。电子支援是电子战体系中综合作战能力的重要方面,是为电子战系统的电子进攻和电子防御行动提供侦察信息的能力<sup>[6]</sup>。

即有

$$M \left\{ \{M_{21}, M_{22}, M_{23}\} \triangleq \{(O, C_1, V_1), (O, C_2, V_2), (O, C_3, V_3)\} \right\}$$

又进攻能力包括干扰能力,压制能力,摧毁能力等;防御能力主要和威胁警告能力、自卫干扰能力、抗敌摧毁能力<sup>[7]</sup>有关;电子支援能力又和侦查能力、识别能力、情报传输能力等有关。

所以进一步进行发散分析有

$$M \left\{ \{M_{11}, M_{12}, M_{13}\} \triangleq \{(O, C_{11}, V_{11}), (O, C_{12}, V_{12}), (O, C_{13}, V_{13})\} \right\}$$

$$M \left\{ \{M_{21}, M_{22}, M_{23}\} \triangleq \{(O, C_{21}, V_{21}), (O, C_{22}, V_{22}), (O, C_{23}, V_{23})\} \right\}$$

$$M \left\{ \{M_{31}, M_{32}, M_{33}\} \triangleq \{(O, C_{31}, V_{31}), (O, C_{32}, V_{32}), (O, C_{33}, V_{33})\} \right\}$$

分析可得评价指标如图 1 所示。

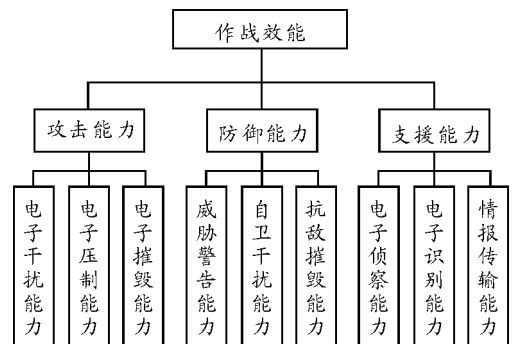


图 1 作战效能指标分析图

## 2.2 经典域节域的确

将电子系统各个指标的战斗值量化到(0,1)之间的某个值(1代表战斗值最大)。并根据实际情况确定经典域如下,即将电子系统的作战效能分为<较好、良好、满意、差>。经典域如下

$$R_1 = \begin{bmatrix} O_1, C_{11}, [1.0, 0.90] \\ C_{12}, [1.0, 0.85] \\ C_{13}, [1.0, 0.85] \\ C_{21}, [1.0, 0.80] \\ C_{22}, [1.0, 0.90] \\ C_{23}, [1.0, 0.85] \\ C_{31}, [1.0, 0.85] \\ C_{32}, [1.0, 0.90] \\ C_{33}, [1.0, 0.80] \end{bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} O_2, C_{11}, [0.90, 0.80] \\ C_{12}, [0.85, 0.70] \\ C_{13}, [0.85, 0.75] \\ C_{21}, [0.80, 0.65] \\ C_{22}, [0.90, 0.70] \\ C_{23}, [0.85, 0.65] \\ C_{31}, [0.85, 0.65] \\ C_{32}, [0.90, 0.75] \\ C_{33}, [0.80, 0.70] \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} O_3, C_{11}, [0.80, 0.65] \\ C_{12}, [0.70, 0.60] \\ C_{13}, [0.75, 0.60] \\ C_{21}, [0.65, 0.55] \\ C_{22}, [0.70, 0.60] \\ C_{23}, [0.65, 0.60] \\ C_{31}, [0.65, 0.55] \\ C_{32}, [0.75, 0.60] \\ C_{33}, [0.70, 0.65] \end{bmatrix}$$

$$R_4 = \begin{bmatrix} O_4, C_{11}, [0.65, 0.50] \\ C_{12}, [0.60, 0.50] \\ C_{13}, [0.60, 0.50] \\ C_{21}, [0.55, 0.50] \\ C_{22}, [0.60, 0.50] \\ C_{23}, [0.60, 0.50] \\ C_{31}, [0.55, 0.50] \\ C_{32}, [0.60, 0.50] \\ C_{33}, [0.65, 0.50] \end{bmatrix}$$

## 2.3 权重系数的确定

指标权重系数的确定采用比重权数法。比重权数法是根据相应的指标的差异信息来衡量该指标的重要性的,即指标所对应的观测值产生的变化对目标值影响越大则此指标

的权重系数越大。权重系数为相应因子占其经典域的最大值的比重与所有这一类中因子占经典域最大值的比重和的比值<sup>[8]</sup>。即

$$\alpha_{ij} = \frac{x_{ij}/b_{ij}}{\sum_{j=1}^n (x_{ij}/b_{ij})}$$

其中: $j$ 符号代表因子 $j=1,2,3,\dots,n$ ;  $i$ 代表类型, $i=1,2,\dots,m$ ;  $b_{ij}$ 代表相对应特征的经典域最大值。

分析以往电子战中的各个指标数据以及对作战效能的影响,得到各个指标的权重为

$$\text{第一层 } W = (W_1, W_2, W_3) = (0.453\ 6, 0.217\ 8, 0.328\ 6)$$

$$\text{第二层 } W_1 = (W_{11}, W_{12}, W_{13}) = (0.335\ 4, 0.267\ 8, 0.396\ 8)$$

8)

$$W_2 = (W_{21}, W_{22}, W_{23}) = (0.106\ 7, 0.436\ 5, 0.456\ 8)$$

$$W_3 = (W_{31}, W_{32}, W_{33}) = (0.346\ 5, 0.367\ 5, 0.286\ 0)$$

## 3 实例分析

选择某个待分析样本,将数据投射到(0,1)之间得到样本数据如下:

$$R_0 = \begin{bmatrix} O_0, C_{11}, 0.87 \\ C_{12}, 0.89 \\ C_{13}, 0.75 \\ C_{21}, 0.81 \\ C_{22}, 0.68 \\ C_{23}, 0.90 \\ C_{31}, 0.88 \\ C_{32}, 0.85 \\ C_{33}, 0.94 \end{bmatrix}$$

根据关联函数计算各个评价指标和  $R_1$  的关联度分别为

$$(k_{11}, k_{12}, k_{13}) = (-0.167\ 2, 0.211\ 2, -0.177\ 1)$$

$$(k_{21}, k_{22}, k_{23}) = (0.014\ 2, -0.212\ 3, 0.123\ 4)$$

$$(k_{31}, k_{32}, k_{33}) = (0.194\ 7, -0.141\ 7, 0.237\ 2)$$

$$\text{计算 } k_1 = \sum_{i=1}^3 w_{1i} \times k_{1i} = -0.272\ 1 \text{ 同理可得 } k_2 = -0.067\ 8, k_3 = -0.039\ 7。$$

$$\text{最后综合计算待测样本和 } R_1 \text{ 的关联度为 } K_1 = \sum_{i=1}^3 w_i \times k_i = -0.020\ 6。$$

同理可得样本和其他类别的关联度如表1所示。

表1 关联度及等级划分

| $K_1$    | $K_1$   | $K_1$    | $K_1$    | $j^*$ | 等级 |
|----------|---------|----------|----------|-------|----|
| -0.020 6 | 0.345 3 | -0.017 5 | -0.239 3 | 1.28  | 2  |

由表1可知,最终的评价等级为2级,但实际上评价的指数为1.28,即评价价值偏向1级。表明此系统有偏向一级的潜力。可以具体分析各个指标的参数值,找出影响系统的短板,进行改进。  
(下转第133页)

会减弱,体系产生的涌现结果会与作战企图保持一致,但相应地下级作战实体对打击目标相关的战场环境的适应能力就会减弱。

## 4 结束语

基于信息系统的作战体系,受作战任务的影响,力量结构将会处于不断的复杂动态演化之中,随着作战进程的发展变化所产生的涌现行为使得能力的形成过程更加模糊不定。因此,科学理性评价并定量描述作战体系在作战过程中的涌现性对于正确使用力量更为重要。论文重点从作战体系的宏观研究了涌现功能的本质,从多 Agent 视角研究了体系作战能力涌现的描述方法,在多方面满足作战体系个体之间交互作用与自治的二元性要求的前提下,建立了能力涌现性模型。

## 参考文献:

[1] 苗东升. 系统科学精要[M]. 北京:中国人民大学出版

社,2006.

- [2] 金士尧,黄红兵,范高俊. 面向涌现的多 Agent 系统研究及其进展[J]. 计算机学报,2008,31(6):881-895.
- [3] Dere K Hitechins. System Engineering: A 21st Century Systems Methodology[M], USA: John Wiley & Sons, Ltd, 2007.
- [4] Ulieru M, Doursat R. Emergent Engineering A Radical Paradigm shift[J]. Int. J. Autonomous and Adaptive Communications Systems (S1754-8632), 2011, 4(1):39-60.
- [5] 朱敏洁,王精业. 作战指挥机构的建模与仿真研究[J]. 系统仿真学报,2007,19(21):5008-5014.
- [6] Stefan Grobbelaar, Mihaela Ulieru. Holonic Stigmergy as a Mechanism for Engineering Self-Organizing Applications [R]//3rd International conference of Informatics in control, Automation and Robotics, Setubal, Portugal, 2006.
- [7] 曹鹏,候博,谭健. 海军合成编队反舰体系作战能力涌现性分析[J]. 兵工自动化,2013(7):67-70.

(责任编辑 周江川)

(上接第 87 页)

## 4 结束语

本文利用可拓学的方法对影响电子战的作战效能的因素进行发散分析,并对系统整体的作战效能进行了评价。为评价方法扩展了新的方向,丰富并发展了作战效能的评价方法体系。可拓评价方法在指标选择以及最终评价结果确定阶段都能综合考虑各种因素,做到全面客观。同时模型借鉴了层次分析法的思想,将评价指标分 2 层,使得模型更贴近实际。

## 参考文献:

[1] 沈永伟,蒋关银,张君莉. 电子战系统效能评估层次分析[J]. 四川兵工学报,2011,32(3):147-153.

- [2] 付方,方程,王震雷. 作战能力与作战效能评估方法研究[J]. 军事运筹与系统工程,2012,12(6):67-74.
- [3] 陈文伟,杨春燕,黄金才. 可拓知识与可拓知识推理[J]. 哈尔滨工业大学学报,2006,38(7):1094-1096.
- [4] 丁峰,黄建冲. 新时期综合电子战系统概述[J]. 飞航导弹,2012,25(7):3-4.
- [5] 孙成松. 电子对抗指挥决策效能评估问题[J]. 火力指挥与控制,2012,27(6):58-63.
- [6] 付昭旺,于雷. 混合编队协同空战电子支援干扰功率分配方法[J]. 系统工程与电子技术,2012,12(7):167-173.
- [7] 王伟锋,赵五洲. 基于扩展 AHP 的电子战仿真效能评估[J]. 通信技术,2010,14(6):134-139.
- [8] 唐志航. 可拓数据挖掘方法及其应用研究[D]. 上海:东华大学,2009.

(责任编辑 杨继森)