

【军事战略战术】

# 一种改进的模糊 AHP 法在舰艇作战效能分析中的应用\*

安儒奎, 邢昌凤

(海军工程大学, 武汉 430033)

**摘要:**在分析影响舰艇作战效能因素的基础上,建立了2层评价指标体系.结合近年来国内对AHP法缺陷的改进研究,在AHP算法中引入了次序一致性检验和判断矩阵的改进方法.最后结合算例对算法的有效性和指标体系的可行性进行了验证.

**关键词:**层次分析法;作战效能;次序一致性

**中图分类号:** TN95

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-0707(2010)01-0057-03

对作战效果进行评估在模拟训练中有着举足轻重的作用.舰艇的作战效能涉及舰艇的侦查探测、作战指挥、武器系统及舰艇的隐蔽性等,是一个复杂的评价系统.由于涉及作战效果的因素复杂,且难以量化,在工程实践中形成了多种算法,如指数法、ADC法、AHP法等,这些算法在相应的时期都发挥了重要的作用.层次分析法(AHP)是一种定性与定量结合的多准则决策分析方法,由于其简便性和实用性,在诸多行业都有广泛应用.随着技术的发展,传统AHP法在实际应用中暴露了2方面的缺陷:标度问题,AHP法仍然是一种半定量的方法,建立判断矩阵时需要考虑稍强、较强、强、很强等模糊概念,1~9标度的评分准则与人的传统判断思维方式存在不一致,当评判专家的数量较多时,较难形成统一意见;判断矩阵的一致性检验问题,当判断矩阵的一致性检验不能通过时,需要调整判断矩阵再进行一致性检验,当判断矩阵较大时,则过程繁琐、难以实施.

针对这些实际应用中出现的,主要的解决思路有2种,一是通过修改判断矩阵的形成方法,创造出符合人传统思维方式的判定规则,并改变AHP算法的计算规则,文献[1]中提出了一种可行方案.另一种则是针对已经形成的判断矩阵,进行一致性判定,并使之符合次序一致性和基本一致性.国内外对2种思路的研究较多,值得一提的是文献[2]中提出了判断矩阵次序一致性的检验和改进方法,编制成程序后,可以保持较为简单地实现判断矩阵的自动化修改,可以在工程中使用.

## 1 改进的 AHP 法的效能评估步骤

### 1.1 构造效能评估指标体系

首先将要解决的问题分层系列化,将问题分解为不同

的因素,按照因素之间的相互影响和隶属关系将其分层聚类组合,形成一个递阶、有序的层次模型.

然后根据各因素的差异,采用专家打分的方法建立效能等级评价表.

### 1.2 结合评估指标体系建立判断矩阵

对每一层因素的相对重要性,根据人们对客观现实的判断给予定量表示.

$$A = \{a_{ij}\} \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

### 1.3 次序一致性检验及改进

1) 将判断矩阵转换成0-1矩阵R

$$R = (r_{ij})_{n \times n} \quad i, j = 1, \dots, n$$

$$\text{其中 } r_{ij} = \begin{cases} 1 & a_{ij} > 1 \\ 0 & a_{ij} \leq 1 \end{cases}$$

2) 次序一致性检验

计算 $R^3$ ,若 $R^3$ 中存在某主对角线上元素 $r_{ii}^3 = 1$ ,则此矩阵不满足一致性判断,需要调整.

3) 调整方法

循环链的判定:对于 $R^3 = \{r_{ij}^3\}$

$$\text{若满足 } \begin{cases} r_{ij}^3 = 1 \\ r_{jk}^3 = 1 \\ r_{ik}^3 = 0 \end{cases} \text{ 或 } \begin{cases} r_{ij}^3 = 0 \\ r_{jk}^3 = 0 \\ r_{ik}^3 = 1 \end{cases}$$

则 $r_{ij} - r_{jk} - r_{ik}$ 构成循环链,统计所有的循环链,优先修改循环链中重复最多的结点,在影响次数相同的情况下,优先修改最接近1的判断.

### 1.4 层次分析法处理数据

结合实际,采用简化的和积法<sup>[3]</sup>计算,得出各层元素的组合权重,最终得到最底层指标集相对于总目标的最终组合权重向量.当判断矩阵具有次序一致性而不具有基本一致性时,需要进行基本一致性改进,可采用文献[4]中的

\* 收稿日期:2009-11-26

作者简介:安儒奎(1985—),男,山东新泰人,硕士研究生,主要从事作战建模仿真、作战效能评估方面的研究.

方法处理.

### 1.5 综合评判结果的形成

对最底层指标进行测量、计算和打分,形成待评方案,按照效能评估指标体系的评价集  $V = \{\text{优秀,良好,一般,合格,差}\}$ ,按照  $n$  个专家的评语打分,按照统计值确定各指标的隶属度,根据最底层的隶属度建立模糊矩阵,计算综合评判结果.

## 2 算例分析

### 2.1 效能指标体系的建立

现代战争中,影响战争成败的因素已经不再局限于三维空间之中,争夺信息主动权的电子战已逐渐成为克敌制胜的关键,侦查探测能力的评估不可或缺.与此同时,在科

技日新月异的今天,武器装备的科技水平逐渐提高,但人仍然是决定战争胜负的关键.这就要求指挥员不仅要有卓越的指挥艺术,更要善于使用武器装备,最大限度地发挥武器装备的作战效能.作战指挥能力的考察仍然是重要内容.武器系统是形成威慑、实现作战意图的关键,也是战斗力的直接体现,武器系统能力的评估是评估综合作战效能的关键.另外,在打击对手的同时,自身的生存能力也是极大的考验.在考虑了侦查探测能力、作战指挥能力、武器系统能力和本舰生存能力4个方面影响的情况下,建立了舰艇综合作战效能评估指标体系.具体的指标体系如图1所示.

在某次训练中,采用德尔菲法,通过请专家打分对训练中各要素的表现情况进行评级,评级的结果如表1所示.

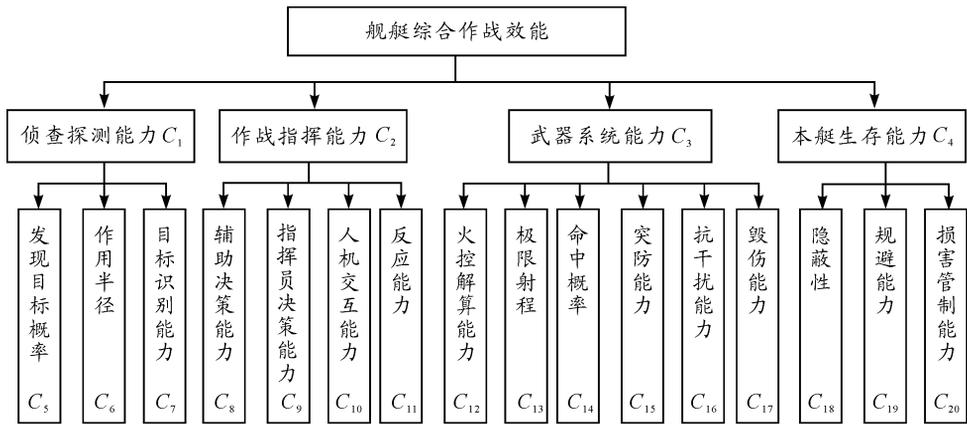


图1 舰艇综合作战效能指标体系结构

表1 舰艇作战效能指标等级评价

评语集	指标体系															
	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$	$C_9$	$C_{10}$	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	$C_{14}$	$C_{15}$	$C_{16}$	$C_{17}$	$C_{18}$	$C_{19}$	$C_{20}$
优秀	6	7	1	1	6	0	2	1	0	1	0	1	4	1	1	1
良好	0	0	5	1	1	0	4	2	1	2	0	2	2	4	5	1
一般	1	0	1	4	0	0	1	4	6	1	1	4	1	1	1	5
合格	0	0	0	1	0	5	0	0	0	3	1	0	0	1	0	0
差	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0

### 2.2 构造判断矩阵

以武器系统能力为例,该效能的评判矩阵为

$$A_3 = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 & 7 & 1 & 1 \\ 1/3 & 1 & 2 & 3 & 1/3 & 1/2 \\ 1/5 & 1/2 & 1 & 3 & 1/4 & 1/3 \\ 1/7 & 1/3 & 1/3 & 1 & 1/3 & 2 \\ 1 & 3 & 4 & 3 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 3 & 5 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

### 2.3 次序一致性检验及权值矩阵调整

按照前述的步骤进行检验,以上判断矩阵中  $A_3$  不满足

一致性检验,对于  $A_3$ ,计算  $R^3$ ,得出此判断矩阵含6条循环链,分别为

$$\begin{aligned} &1 - > 2 - > 4 - > 1, 1 - > 3 - > 4 - > 1, \\ &5 - > 2 - > 4 - > 5, 5 - > 3 - > 4 - > 5, \\ &6 - > 2 - > 4 - > 6, 6 - > 3 - > 4 - > 6. \end{aligned}$$

其中,  $R_{32}, R_{42}, R_{36}, R_{46}$  各占2条循环链,故应优先调整,又由于  $R_{32}, R_{42}, R_{36}$  的值均小于1,故可先修改  $R_{46}$ ,使  $R_{46} = 1/2$ .再检验,符合次序一致性,可以采用层次分析法处理数据.

### 2.4 层次分析法

采用和积法得出武器系统能力权重集,如表2所示.

表2 影响武器系统能力要素权重

指标	$C_{12}$	$C_{13}$	$C_{14}$	$C_{15}$	$C_{16}$	$C_{17}$
权值	0.285	0.109 9	0.074 6	0.056 7	0.243 4	0.230 7
一致性检验	$\lambda_{\max} = 6.030 0$ $CI/RI = 0.004 8 < 0.1$ 符合一致性要求					

故权值为  $W^3 = (0.284 6 \quad 0.109 9 \quad 0.074 6 \quad 0.056 7 \quad 0.243 4 \quad 0.230 7)$

用同样的方法得出其他指标项的权值如表3~6所示。

表3 影响侦察探测能力要素权重

指标项	$C_5$	$C_6$	$C_7$
权值	0.309 2	0.581 3	0.109 6
一致性检验	$\lambda_{\max} = 3.000 5$ $CI/RI = 4.1950e-004$		

表4 影响作战指挥能力要素权重

指标项	$C_8$	$C_9$	$C_{10}$	$C_{11}$
权值	0.297 1	0.520 5	0.124 4	0.058 1
一致性检验	$\lambda_{\max} = 3.993 9$ $CI/RI = -0.002 3$			

表5 影响本艇生存能力要素权重

指标项	$C_{18}$	$C_{19}$	$C_{20}$
权值	0.172 1	0.304 2	0.523 7
一致性检验	$\lambda_{\max} = 3.016 3$ $CI/RI = 0.014 1$		

表6 第一层的要素指标的权值

指标项	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$
权值	0.542 3	0.084 7	0.233 3	0.139 7

## 2.5 对武器系统能力单因素的模糊综合评判

$$B^3 = W^3 \cdot P^3 =$$

$$\begin{bmatrix} 0.284 6 & 0.109 9 & 0.074 6 & 0.056 7 & 0.243 4 & 0.230 7 \\ 0.142 9 & 0.285 7 & 0.571 4 & 0.000 0 & 0.000 0 & 0.000 0 \\ 0.000 0 & 0.142 9 & 0.857 1 & 0.000 0 & 0.000 0 & 0.000 0 \\ 0.142 9 & 0.285 7 & 0.142 9 & 0.428 6 & 0.000 0 & 0.000 0 \\ 0.000 0 & 0.000 0 & 0.142 9 & 0.142 9 & 0.714 3 & 0.000 0 \\ 0.000 0 & 0.142 9 & 0.285 7 & 0.571 4 & 0.000 0 & 0.000 0 \\ 0.571 4 & 0.285 7 & 0.142 9 & 0.000 0 & 0.000 0 & 0.000 0 \end{bmatrix}$$

得到武器系统能力的隶属度为

$$B^3 = \{0.230 7 \quad 0.284 6 \quad 0.284 6 \quad 0.243 4 \quad 0.056 7\}$$

同理,可得出其他二级指标项的隶属度。

## 2.6 多级综合评价

$$B = W \cdot P = (0.542 3 \quad 0.084 7 \quad 0.233 3 \quad 0.139 7) \cdot$$

$$\begin{bmatrix} 0.697 2 & 0.131 5 & 0.171 3 & 0.000 0 & 0.000 0 \\ 0.424 0 & 0.116 4 & 0.242 0 & 0.116 4 & 0.101 3 \\ 0.230 7 & 0.284 6 & 0.284 6 & 0.243 4 & 0.056 7 \\ 0.128 3 & 0.273 2 & 0.470 3 & 0.128 3 & 0.000 0 \end{bmatrix}$$

最终可以得出舰艇作战效能的隶属度

$$B = \{0.412 4 \quad 0.177 4 \quad 0.177 4 \quad 0.168 3 \quad 0.064 4\}$$

## 2.7 评价结果分析

某次舰艇训练的评估结果显示,隶属于“优秀”的隶属度为0.412 4,隶属于“良好”和“一般”的隶属度为0.177 4,隶属于“合格”的隶属度为0.168 3,隶属于“差”的隶属度为0.064 4,故该次舰艇训练的评估结果为“优秀”。

## 3 结束语

舰艇作战效能评估存在着大量随机因素和模糊因素,是一个复杂的综合评价系统,舰艇的作战效能难以给出合理的评价。本文中采用改进的模糊 AHP 法,修正了传统 AHP 算法中存在的次序一致性问题,提供了一种可行的评价方案,并通过实例认证该方法的可行性和指标体系的合理性。

## 参考文献:

- [1] 李宜敏,罗爱民,罗雪山.一种改进 AHP 算法及其在 C3I 系统效能分析中的应用[J].指挥控制与仿真,2006,28(4):37-40.
- [2] 朱建军,王梦光,刘士新.AHP 判断矩阵一致性改进的若干问题研究[J].系统工程理论与实践,2007,1(1):18-22.
- [3] 邢昌凤,李敏勇,吴玲.舰载武器系统效能分析[M].北京:国防工业出版社,2007.
- [4] 朱建军,刘士新,王梦光.一种新的改进不一致判断矩阵的方法[J].系统工程理论与实践,2003,23(11):95-98.