

# 基于 DEA 的军港码头伪装方案评价<sup>\*</sup>

金乐,柴华,周佳红

(镇江船艇学院,江苏 镇江 212003)

**摘要:**针对军港码头伪装防护的特点,分析了伪装防护的内涵,构建军港伪装方案,将数据包络分析方法应用于伪装方案的评价,得出方案的优劣.讨论了评价方法的原理,建立了评价模型,并通过实例仿真说明该方法的应用.实例表明,该方法简明、实用,能对军港码头伪装防护方案进行科学的评价.

**关键词:**数据包络分析(DEA);伪装;方案评价

**中图分类号:**V247

**文献标识码:**A

**文章编号:**1006-0707(2009)05-0061-02

军港需要伪装的目标多、主要辐射特征不同,一些目标伪装防护要求较高、受兵器和作战方案影响大、投资较大.特别是高技术条件下的军港伪装,使得研究人员面临许多新的问题.如何定量地评价多目标、复杂辐射特征的伪装方案,如何确定针对各种侦察和制导方式的多种伪装方式的伪装方案,为决策者提供一份满意并具有说服力的参考依据,成为当前军港伪装工作迫切需要解决的问题.

在伪装工程的伪装防护能力方案评价过程中,往往需要对相同类型的方案进行评价,需要对多目标复杂辐射特性伪装决策,使码头目标的发现概率降低、生存概率提高.而决策方案是否能达到以上要求,则需要科学的评价方法.本文中运用数据包络分析(Data Envelopment Analysis,简称 DEA)方法建立一种优化模型,通过对多目标反雷达、红外、可见光伪装进行合理的调配,使得各类伪装工程发挥最佳的效用,方便了决策和方案选用.

## 1 伪装工程伪装防护能力的内涵分析

### 1.1 输入—输出指标体系

为保证军港伪装工程的伪装防护能力满足作战要求,从伪装防护工程全过程的需求和伪装效果分析入手,选择其输入指标包括反雷达伪装、红外、可见光伪装需求等;其输出指标包括时效性、伪装防护能力等.

选择输入、输出指标首要原则是能够实现评价目的<sup>[1]</sup>,即能从备选方案中选择最有利的伪装防护建设的方案.

### 1.2 总体建模方法

根据伪装防护工程防护能力需求分析,对现有伪装防护能力作出评估,建立相应的数学模型,从而对方案进行择优<sup>[2]</sup>,其总体流程如图1所示.

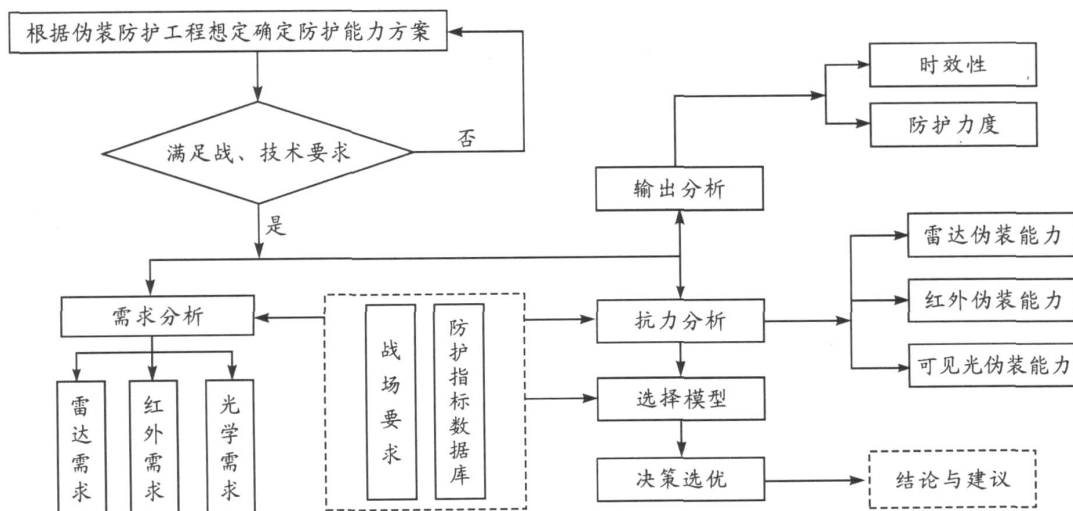


图1 建模方法

\* 收稿日期:2008-11-04

基金项目:陆军船艇及军港码头伪装防护研究(交训【2007】215号).

作者简介:金乐(1983—),男,江苏镇江人,硕士研究生,主要从事电子对抗研究.

### 1.3 构建保障方案初步分析

根据军港伪装防工程的具体任务,确定要完成任务所需的各码头目标的针对各种辐射特征伪装方式,拟定伪装防护工程建设方案,具体内容包括:

- 1) 确定各伪装目标的辐射特征;根据每个目标发的伪装方式,对每一项工程建设所需的伪装方式,给出预先预算;
- 2) 工程所需的材料及进场时间;
- 3) 确定伪装防护工程建设的成本估算;
- 4) 工程的伪装效果。

## 2 基于 DEA 的方案选择决策评价模型

### 2.1 方案评估与决策分析

#### 2.1.1 方案可行性评估

根据满足作战需要的工程伪装防护方案需要论证其可行性。经过现场勘查分析,可以确定工程的伪装防护能力,以该抗力为评判指标,来衡量方案的可行性<sup>[3]</sup>。

根据具体工程的特点,可以按照以下三条标准,论证方案的可行性:

- 1) 方案中的伪装方法需求满足目前工程的进展速度;
- 2) 方案中的伪装方法满足工程的顺利施工;
- 3) 对完成任务进行评估,能够完成所需抗力任务。

#### 2.1.2 决策分析

根据上级的要求,往往需要制定多套可行的工程伪装防护能力方案,需求不同,输入不同,输出就会不同,表现在时效性,伪装防护力度等。要从不同的角度确定其优劣,以利于决策人员根据战局变化,做出最满意的决策。经过探讨,建立决策优选指标体系,如下:

- 1) 按反雷达需求评估,要求建设的物力、任务不变(同一个工程体系),比较不同物力(种类也不同)的方案完成工程的情况;
- 2) 按反红外估算评估,要求拟建工程不变(同一个障碍体系)、人力和物力不变,比较通过人力调配、组合后不同方案所用工期情况;
- 3) 按工程的伪装防护能力评估,要求保障反可见光充足、材料足够,比较工程完成的情况;
- 4) 按战术原则评估,即为完成一定的保障任务,工程方案满足作战原则的程度等<sup>[4]</sup>。

### 2.2 输入—输出的指标量化

根据工程保障作业的“输入—输出”分析,其输入指标包括反雷达、红外、可见光等,用  $X = (X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_m)$  表示输入型指标集,而输出指标包括时效性、伪装防护力度等,用  $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_r, \dots, Y_s)$  表示输出型指标集,  $r = 1, 2, \dots, S$ 。

### 2.3 DEA 运用思路

按照伪装防护工程的建模方法,根据工程的战时需求,制定了  $N$  个工程保障方案。根据 DEA 方法的运用思想,称第  $j$  种待评价方案为决策单元  $j$ ,用  $DMU_j$  表示 ( $j = 1, 2, \dots, N$ );根据输入产出评价指标的选择,可以确定决策单

元具有  $M$  项“输入指标”,  $S$  项“输出指标”。

根据上述的设定,令:

$$DMU_j = \{ (X_j, Y_j) \mid (j = 1, 2, \dots, N) \}$$

$(X_j, Y_j)$  表示决策单元  $DMU_j$  的输入产出。其中,  $X_j$  表示该决策单元的输入向量,  $X_j = (X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{ij}, \dots, X_{mj})$ ,  $X_{ij}$  表示第  $j$  个决策单元(方案)对第  $i$  种指标的输入量;  $Y_j$  表示该决策单元的输出向量,  $Y_j = (Y_{1j}, Y_{2j}, \dots, Y_{rj}, \dots, Y_{sj})$ ,  $Y_{rj}$  表示第  $j$  个决策单元(方案)对第  $r$  种指标的输量。

根据线性规划的对偶理论,建立评价方案相对有效性的数学模型:

$$(D) \begin{cases} \min & \\ & n \\ & x_j \cdot j + s^- = x_0 \\ & j=1 \\ & n \\ & y_j \cdot j - s^+ = y_0 \\ & j=1 \\ & j \\ & 0 \\ & s^-, 0, s^+, 0 \end{cases}$$

(其中,  $j = 1, 2, \dots, n$ )

判定定理【1】: 判定第  $K$  个方案为 DEA 有效的必要条件是  $k = 0$ ; 其充要条件是松弛变量 ( $s^+, s^-$ ) 等于 0。只要同时满足上述两个条件的情况下第  $K$  个方案为百分之百有效。若  $k = 1$  则说明第  $K$  个方案的每个输入指标值应当按照比例值减少,若有任一输入指标的  $s_i^-$  为非 0,则说明第  $K$  个方案的第  $i$  项应当减少  $s_i^-$  量而不需要改变其他任何指标值;同理,若有任何输出指标的  $s_r^+$  为非 0,则意味着第  $K$  个方案的第  $r$  项输出指标具有  $s_r^+$  所示数量不足,该项指标应增加。

## 3 算例

假定在伪装防护工程建设中,为工程的建设符合战时需求,甲方制定了四份方案。现通过对方案的评估,其输入参数为反雷达伪装方式、反红外伪装方式和反可见光伪装方式,其输出参数为时效性和伪装防护力度,其想定的数据分析如表 1 所示。

表 1 作战工程保障方案下的 DEA 分析数据结构表

|     | 反雷达<br>伪装<br>方式 | 反红外<br>伪装<br>方式 | 反可见<br>光伪装<br>方式 | 时效<br>性 | 伪装<br>防护<br>力度 |
|-----|-----------------|-----------------|------------------|---------|----------------|
| 方案一 | 4               | 3.7             | 7                | 0.84    | 0.90           |
| 方案二 | 3               | 4.2             | 5                | 0.82    | 0.86           |
| 方案三 | 5               | 4.5             | 6                | 0.87    | 0.9            |
| 方案四 | 2               | 3               | 4                | 0.90    | 0.80           |

采用管理科学/运筹学设计支持系统上机对其线性规划方程求解<sup>[5]</sup>,解得该工程方案下的变量  $i$  和极值,评价结果如表 2 所示。

(下转第 65 页)

据 Lyapunov 稳定性定理,误差系统(8)的零解渐进稳定,而在控制器(9)的作用下,实现了驱动系统(6)与响应系统(7)的全局同步。

## 2 数值模拟

为了验证所设计的混沌控制器的有效性,把同步误差作为衡量该系统的同步效果的量,经过数值模拟得到混沌系统的同步误差图如图3,由同步误差图可知,使用的非线性同步控制器实现了两个混沌系统的全局同步。

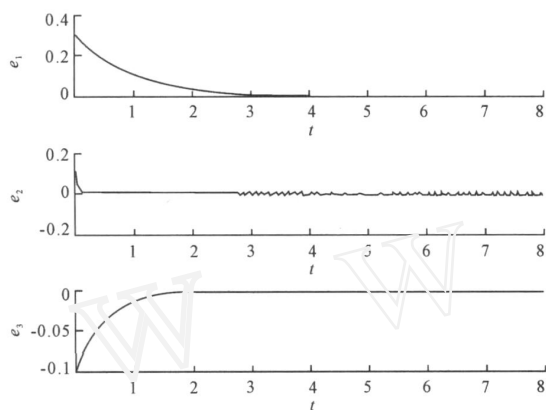


图3 选用(9)时系统的同步误差

## 参考文献:

- [1] Li Z, Han C Z. Adaptive synchronization of chaotic of Rossler and Chen chaotic systems[J]. Chin Phys, 2002, 11(7): 666 - 669.
- [2] Tao C H, Lu J H, Lu J A. The feedback synchronization of a unified system[J]. Acta Phys. Sin. 2002, 51(7): 1467 - 1501.
- [3] 孙克辉,孙太山. 单参数统一混沌系统的自适应控制同步[J]. 短信技术, 2004, 28(9): 7 - 9.
- [4] 李国徽, 霄云逸, 徐得名, 等. 互异参数的统一混沌系统[J]. 量子电子学报, 2003, 20(5): 558 - 560.
- [5] Fedmann U, Hasler M, Schwarz W. Communication by chaotic signals: the inverse system approach Communication by chaotic signals: the inverse system approach[C]// 1995 IEEE International Symposium on Circuit and System. Germany, ISCAS, 1995.
- [6] 王杰智, 陈增强, 袁著祉. 一个新的混沌系统及其性质研究[J]. 物理学报, 2006, 8(29): 56 - 59.

(上接第 62 页)

表2 各方案评价的结果

| 方案  | $y_1$ | $y_2$ | $y_3$ | $y_4$ |       |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 方案一 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 1.125 | 0.921 |
| 方案二 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 1.075 | 0.860 |
| 方案三 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 1.125 | 0.750 |
| 方案四 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 1.000 | 1.000 |

由此可见,只有方案四的  $y_k = 1$ ,而其它方案的输入都应按其相应的  $y_k$  值的比例减少,才能达到 DEA 有效的必要条件.进一步分析方案四的  $s^+$ ,  $s^-$  会发现,对于方案四,  $s^- = s^+ = 0$ . 因此,相对而言,方案四是 4 个方案中相对有效的一个,也是我们应该选择的方案<sup>[6]</sup>.

## 4 结束语

伪装防护工程涉及的面广,受很多因素的影响.本文从反雷达伪装方式、反红外伪装方式和反可见光伪装方式等方面进行建模,运用 DEA 方法进行方案的决策选优,并

结合算例验证了模型的有效性.伪装防护工程建设方案进行评估,需要大量的数据支撑,随着对问题的深入研究,为伪装防护工程研究提供全新的思路和方法,还需要对评价方法的深入研究.

## 参考文献:

- [1] 盛昭瀚,朱乔,吴广谋. DEA 理论、方法和应用[M]. 北京:科学出版社,1996.
- [2] 杨海东,刘知华. 数据包络分析在建设项目方案评价中的应用[J]. 农业系统科学与综合研究, 1999, 15(2): 114 - 116.
- [3] 周述发,蒋沧如. 军事地下防护工程 DEA 评价[J]. 武汉理工大学学报, 2002, 24(7): 107 - 110.
- [4] 黄芳生. 作战工程保障运筹分析[M]. 北京:军事科学出版社, 1995.
- [5] 曾珍香,顾培亮,张闯. DEA 方法在可持续发展中的应用[J]. 系统工程理论与实践, 2000, (8): 114 - 118.
- [6] 魏权龄. 数据包络分析(DEA) [M]. 北京:科学出版社, 2004.