

Selecting and Sequencing of the Important Defending Targets in Defense Zone Based on Vague Sets

Hui Feng, Chunmei Zhang

Air and Missile Defense College, Air Force Engineering University, Xi'an Shaanxi
Email: fenghui_yy@126.com

Received: May 7th, 2019; accepted: May 23rd, 2019; published: May 30th, 2019

Abstract

Considering the deficiency of known air defense target value evaluation technology, a new method based on vague sets is presented. The indexes that affect evaluation of selecting and sequencing of the defending targets were analyzed; fuzzy value expression and weight calculation of the index is offered; this method can avoid subjective deviation resulted from expert evaluation method available. On this basis, a comprehensive evaluation model of the important defending targets in defense zone based on Vague Sets is established, and ranking method of the evaluation is given. Finally, via an example, the result of this evaluation technology is correct. The method proposed by this paper is valuable for the commander's decision making.

Keywords

Vague Set, Important Defending Target, Selecting and Sequencing, Deviation Degree

基于Vague集的防空重点保卫目标优选与排序

冯 卉, 张春梅

空军工程大学防空反导学院, 陕西 西安
Email: fenghui_yy@126.com

收稿日期: 2019年5月7日; 录用日期: 2019年5月23日; 发布日期: 2019年5月30日

摘 要

针对已有评估方法存在的不足, 提出一种基于Vague集的防空重点保卫目标优选与排序方法。分析了影响保卫目标优选与排序的指标因素, 给出了各评价指标的模糊值表示及指标权重的计算方法, 该方法能

有效避免传统的专家打分法造成的主观偏差。在此基础上,建立了基于Vague集的防空重点保卫目标综合评价模型,给出了保卫目标优选与排序的方法。最后通过实例分析验证,该方法评估结果准确,对指挥员科学决策具有一定的参考价值。

关键词

Vague集, 重点保卫目标, 优选与排序, 相离度

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

防空作战中,地面防空兵承担极其繁重的作战任务,由于防空兵力有限,为合理地使用兵力,力求取得最佳的防空效果,预先确定重点保卫目标的掩护顺序,分清轻重缓急是防空作战中极其重要的一环。目前研究保卫目标优选与排序的文献并不少[1][2][3][4],但这些文献在处理评价指标权重时大多采用主观打分法,针对此问题,本文借助Vague集理论提出一种防空重点保卫目标优选与排序的新方法,该方法通过定量计算得到各评价指标权重。因此,能有效避免主观偏差,更好地适应现代防空作战对数据处理客观性、精确化的要求。

2. Vague集基本理论

Gau和Buehrer早在1993年就提出了Vague集理论[5],由于Vague集理论比较符合人类思维活动,被广泛地推广应用。Vague集理论有以下定义:

定义[6] 设 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 是一论域,再设属于 X 有Vague集 A , Vague集 A 可以通过名为 t_A 的肯定隶属函数与名为 f_A 的否定隶属函数来表述,存在 $t_A: X \rightarrow [0,1], f_A: X \rightarrow [0,1]$,上式中, $t_A(x_i)$ 可认为是肯定隶属度下界,由支持 x_i 的证据得到, $f_A(x_i)$ 可认为是否定隶属度下界,由反对 x_i 的证据得到,并存在 $t_A(x_i) \leq 1 - f_A(x_i)$ 。任意 x_i 在 A 中的隶属度,可由区间值 $v_A(x_i) = [t_A(x_i), 1 - f_A(x_i)]$ 来界定,因此, $v_A(x_i)$ 是 x_i 在 A 内的Vague值,可简单表述为 $v = [t, 1 - f]$ 。

3. 防空重点保卫目标综合评价指标体系

防空重点保卫目标的选择主要依据上级意图、所担负的掩护任务、敌空袭意图、保卫目标重要性、保卫目标特性及我防空作战能力[7]。作战过程中,影响保卫目标选择的因素很多,为了便于分析问题,这里以目标价值(目标在防空作战中所起的作用以及受损后产生的影响)为基本衡量标准,重点考虑以下几个具有决定性作用的因素:目标重要性、目标受威胁程度、目标易损性、目标恢复性。由此可建立出防空重点保卫目标综合评价指标体系,如图1所示。

4. 基于Vague集的防空重点保卫目标优选与排序方法

4.1. 评价指标的模糊值表示

假设有 m 个待评价的防空重点保卫目标,根据以上建立的体系结构,选取目标重要性、目标受威胁程度、目标易损性、目标恢复性为评价指标。即有方案 $X = \{X_1, X_2, \dots, X_m\}$,指标集 $U = \{U_1, U_2, U_3, U_4\}$,

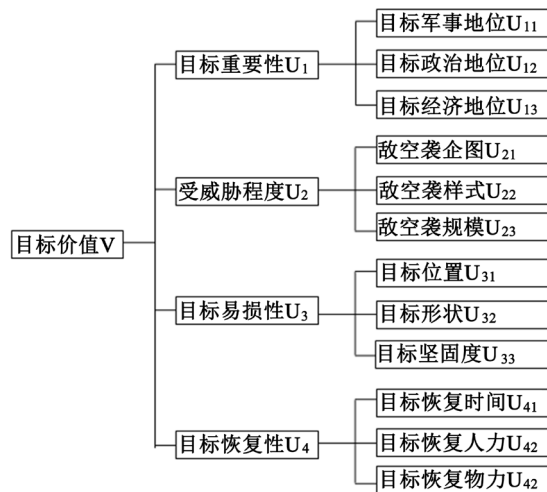


Figure 1. Evaluation index system of important defending targets in defense zone
图 1. 防空重点保卫目标评价指标体系结构

设各指标权重为 w_1, w_2, w_3, w_4 ，且 $w_1 + w_2 + w_3 + w_4 = 1$ 。首先采取以下方法对各指标进行规范化处理[8]。

对于效益型指标，令

$$t_{ij} = (x_{ij} - x_j^{\min}) / (x_j^{\max} - x_j^{\min}) \tag{1}$$

$$f_{ij} = (x_j^{\max} - x_{ij}) / (x_j^{\max} - x_j^{\min}) \tag{2}$$

对于成本型指标，令

$$t_{ij} = (x_j^{\max} - x_{ij}) / (x_j^{\max} - x_j^{\min}) \tag{3}$$

$$f_{ij} = (x_{ij} - x_j^{\min}) / (x_j^{\max} - x_j^{\min}) \tag{4}$$

式中， $x_j^{\max} = \max\{x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}\}$ ， $x_j^{\min} = \min\{x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}\}$ ； $i = 1, 2, \dots, m$ ； $j = 1, 2, 3, 4$ 。

根据以下公式可以求得各指标的模糊值矩阵 $F = (F_{ij})_{m \times n}$

$$F_{ij} = t_{ij} + (1 - t_{ij} - f_{ij})t_{ij} / (t_{ij} + f_{ij}) = t_{ij} / (t_{ij} + f_{ij}) \tag{5}$$

当 $t_{ij} = 0$ 时， $F_{ij} = t_{ij} + (1 - t_{ij} - f_{ij})(1 - f_{ij}) / 2 = (1 - f_{ij})^2 / 2$ (6)

当 $f_{ij} = 0$ 时， $F_{ij} = t_{ij} + (1 - t_{ij} - f_{ij})(1 + f_{ij}) / 2 = t_{ij} + (1 - f_{ij}) / 2$ (7)

4.2. 评价指标权重的计算

方案 X_i 与 X^* 间的相离度定义为：

$$J(X_i, X^*) = \sum_{j=1}^5 \sqrt{f_{ij}^2 + (1 - t_{ij})^2} \cdot w_j \tag{8}$$

建立最优化模型[9]：

$$\min J(w) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^5 [f_{ij}^2 + (1 - t_{ij})^2] w_j^2 \tag{9}$$

$$s.t. \quad w_j \geq 0, \quad \sum_{j=1}^5 w_j = 1$$

求解得各指标权重:

$$w_j = \frac{1 / \sum_{j=1}^5 \frac{1}{\sum_{i=1}^m [f_{ij}^2 + (1-t_{ij})^2]}}{\sum_{i=1}^m [f_{ij}^2 + (1-t_{ij})^2]}, \quad j=1,2,3,4 \quad (10)$$

具体求解过程参看文献[9], 此处不再赘述。

4.3. 基于 Vague 集的防空重点保卫目标优选方法

- 1) 构造模糊值矩阵 $F = (F_{ij})_{m \times n}$ 。
- 2) 计算各指标权重。
- 3) 分别确定方案集的最优、最劣点 X^+ 、 X^- 。
- 4) 计算每个方案到最优点 X^+ 的接近度 E_i 。

$$d_i^+ = d(X_i, X^+) = \sum_{j=1}^4 \sqrt{(f_{ij} - f_{p_j})^2 + (t_{ij} - t_{p_j})^2} \cdot w_j, \quad i=1,2,\dots,m \quad (11)$$

$$d_i^- = d(X_i, X^-) = \sum_{j=1}^4 \sqrt{(f_{ij} - f_{q_j})^2 + (t_{ij} - t_{q_j})^2} \cdot w_j, \quad i=1,2,\dots,m \quad (12)$$

$$E_i = d_i^- / (d_i^- + d_i^+), \quad i=1,2,\dots,m \quad (13)$$

- 5) 通过 E_i 值对待评价的防空重点保卫目标进行优选与排序。

5. 实例分析

假设现有 4 个防空保卫目标, 需确定对其掩护顺序, 即有方案集 $X = \{X_1, X_2, X_3, X_4\}$, 指标集 $U = \{U_1, U_2, U_3, U_4\}$ 。各方案在每个指标下的指标值见表 1 (各指标的满分均为 10)。

Table 1. Evaluation indexes of important defending targets in defense zone

表 1. 防空重点保卫目标评价指标值

	U_1	U_2	U_3	U_4
X_1	8.25	7.84	5.45	4.60
X_2	9.30	5.05	8.26	7.10
X_3	9.12	4.40	6.50	6.64
X_4	9.08	5.60	5.00	7.06

- 1) 评价指标模糊值表示

根据公式(1)~(4)对其进行规范化, 这样可得到各指标的 Vague 集表示。

$$X_1 = \{(U_1, [0.00, 0.00]), (U_2, [1.00, 1.00]), (U_3, [0.14, 0.14]), (U_4, [1.00, 1.00])\}$$

$$X_2 = \{(U_1, [1.00, 1.00]), (U_2, [0.19, 0.19]), (U_3, [1.00, 1.00]), (U_4, [0.00, 0.00])\}$$

$$X_3 = \{(U_1, [0.83, 0.83]), (U_2, [0.00, 0.00]), (U_3, [0.46, 0.46]), (U_4, [0.18, 0.18])\}$$

$$X_4 = \{(U_1, [0.79, 0.79]), (U_2, [0.35, 0.35]), (U_3, [0.00, 0.00]), (U_4, [0.02, 0.02])\}$$

由此, 可得到模糊值矩阵 $F = \begin{bmatrix} 0.00 & 1.50 & 0.14 & 1.50 \\ 1.50 & 0.19 & 1.50 & 0.00 \\ 0.83 & 0.00 & 0.46 & 0.18 \\ 0.79 & 0.35 & 0.00 & 0.02 \end{bmatrix}$ 。

2) 计算各指标权重分别为: $w_1 = 0.4078$, $w_2 = 0.2106$, $w_3 = 0.2153$, $w_4 = 0.1663$ 。

3) 确定方案集的最优、最劣点 X^+ 、 X^- 。

$$X^+ = \{(U_1, [1.00, 1.00]), (U_2, [1.00, 1.00]), (U_3, [1.00, 1.00]), (U_4, [1.00, 1.00])\}$$

$$X^- = \{(U_1, [0.00, 0.00]), (U_2, [0.00, 0.00]), (U_3, [0.00, 0.00]), (U_4, [0.00, 0.00])\}$$

4) 确定各方案 X_i 到最优、最劣点的距离 d_i^+ 、 d_i^- 。

$$d_1^+ = 0.7953, \quad d_2^+ = 0.4807, \quad d_3^+ = 0.7607; \quad d_4^+ = 0.8496$$

$$d_1^- = 0.5756, \quad d_2^- = 0.9377, \quad d_3^- = 0.6611; \quad d_4^- = 0.5645$$

5) 确定各方案 X_i 到最优点 X^+ 的接近度 E_i 。

$$E_1 = 0.4199, \quad E_2 = 0.6611, \quad E_3 = 0.4650; \quad E_4 = 0.3992$$

根据 E_i 的大小排序, 即可得各保卫目标的优先掩护顺序为: $X_2 > X_3 > X_1 > X_4$ 。

实例证明, 该保卫目标优先掩护顺序符合实际情况, 与专家评判一致。因此, 该方法具有较高的可信度。

6. 结束语

本文提出了一种基于 Vague 集的防空重点保卫目标优选与排序方法, 该方法借助模糊理论, 充分考虑了战场信息的随机性与不确定性, 以定量的方式很好地解决了保卫目标的优选和排序问题, 能有效避免传统模糊决策方法存在的不足, 具有较强的实用性和鲁棒性, 可为防空作战提供更可靠的辅助决策。实例证明该方法简单有效, 在防空火力优化部署方面有着较为广泛的应用前景。

参考文献

- [1] 张海兵, 徐诚. 基于改进 AHP 的目标价值评估模型分析[J]. 弹箭与制导学报, 2007, 27(1): 228-230.
- [2] 郭积宁, 沈军, 潘丽萍. 空军机场地面目标威胁评估方法[J]. 桂林空军学院学报, 2011, 28(6): 20-23.
- [3] 刘琼, 艾云平, 王卓柱, 等. 多层次灰色聚类决策对目标价值排序的应用[J]. 火力与指挥控制, 2008, 33(5): 79-81.
- [4] 孔健, 郝强, 王艳正, 等. 大区域防空作战重点保卫目标的优选与排序[J]. 现代防御技术, 2007, 35(3): 68-71.
- [5] Gau, W.L. and Buehrer, D.J. (1993) Vague Sets. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, **23**, 610-614. <https://doi.org/10.1109/21.229476>
- [6] 周晓光, 谭春桥, 张强. 基于 Vague 集的决策理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [7] 宁伟华, 李海龙, 席吉虎. 基于不确定多属性决策的防空重点保卫目标优选与排序[J]. 空军工程大学学报(自然科学版), 2006, 7(4): 28-31.
- [8] 彭方明, 邢清华, 王三涛. 基于 Vague 集 TOPSIS 法的空中目标威胁评估[J]. 电光与控制, 2010, 17(10): 23-27.
- [9] 要瑞璞, 沈惠璋. 不确定多属性 Vague 集决策方法[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(14): 48-49.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2167-664X，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：mse@hanspub.org