

基于风险决策的区域防空部署方案优选方法

阳 林, 刘付显, 张 搏

(空军工程大学防空反导学院, 陕西西安, 710051)

摘要 空情的不确定性是区域防空部署的重要影响因素之一。每一种空情下对应一个最优部署方案,为了综合各空情下的最优部署方案得到适应各种不同空情的最优方案,通过分析,将不确定空情下的区域防空部署方案优选问题转化为一个多目标决策问题,构建风险决策的优势准则和 E-V 准则,并给出了一种基于风险决策的区域防空部署方案优选方法,案例分析表明:该方法具有模型简单、计算方便的优点,适用于需要快速对部署方案做出决策的场合。

关键词 风险决策;不确定性;区域防空部署;多目标决策

DOI 10.3969/j.issn.1009-3516.2013.06.009

中图分类号 TJ765.43 **文献标志码** A **文章编号** 1009-3516(2013)06-0034-04

Optimum of Disposition Schemes for Area Air-defense Operation Based on Risk Decision

YANG Lin, LIU Fu-xian, ZHANG Bo

(Air and Missile Defense College, Air Force Engineering University, Xi'an 710051, China)

Abstract: The uncertainty in air attack is one of the important factors interfering with the disposition of area air-defense operation, and every situation of air attack corresponds with one optimum disposition scheme. In order to synthesize the optimum schemes under conditions of every air-combat, this paper transforms the uncertainty of air attack into a multi-object decision problem by analysis, proposes the superiority and E-V criterion, and a method of optimum selection for disposition schemes based on risk decision. The result indicates that the method is simple in model designis, for calculating, and suitable for quick decision-making in disposing troops for battle.

Key words: risk decision; uncertainty; area air-defense disposition; multi-object decision

部署是影响防空作战效果的决定性因素之一,区域防空作战部署优化的研究在国内仍然是热点、难点问题。文献[1]结合主观评价和客观评价,从分析影响部署效率的主要指标入手,建立了地面防空部署方案的评价模型与优选方法;文献[2~3]则通过建立新的评价区域防空部署的指标体系,构建优化模型,从而通过优化算法求解最优部署方案。

区域防空部署方案的评价、优选与空情有着密切的关系,最优的部署方案一定是最适合于给定空

情的部署方案,若空情发生变化,则与之对应的最优部署方案必定发生变化,因此,空情分析判断的准确与否,直接关系到部署的成败^[4]。但是,空情是未知的,在实施防空部署时,永远都无法确切地知道对方究竟会采取什么样的方式对防空方实施空袭,那么在空情不确定的情况下应该如何从多个部署方案中选出最优部署方案呢?实际上,决策者虽然不能确切地知道对方会采取什么样的空袭方式,但通过对对方空袭力量的部署情况和对方空袭作战指导思想

收稿日期:2013-04-19

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61272011)

作者简介:阳 林(1981—),男,湖南新化人,博士生,主要从事防空作战决策、建模与仿真研究。

E-mail:dreamland_0628@163.com

的分析,能给出几种可能的空袭方式,则不确定空情下的区域防空部署方案优选问题转化为如何在这几种空情下找到一个最优的部署方案。

1 问题的提出

设在实施区域防空部署时,防空方可能面临的空情有 m 种,分别用 $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_m$ 表示。各空情发生的不确定性用主观概率 $\pi(\theta_1), \pi(\theta_2), \dots, \pi(\theta_m)$ 进行量化描述。用于该区域防空的可用空地空导弹火力单元数量为 n 个,分别用 $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ 表示,在平面直角坐标系 OXZ 中,用 $P = \{(X_1, Z_1), (X_2, Z_2), \dots, (X_n, Z_n)\}$ 表示某一部署方案,决策者共给出了 L 个部署方案,部署方案 P_k 在各空情下的收益用 $\{f_1(P_k), f_2(P_k), \dots, f_m(P_k)\}$ 表示,则问题转化为如何从这 L 个部署方案中选出最优部署方案。

2 基于风险决策的区域防空部署方案优选方法

2.1 风险决策的优势准则和 E-V 准则

2.1.1 优势准则(准则 1)

方案 $P_k, k=1, 2, \dots, m$ 在各空情下的期望收益分别为 $f_j(P_k) \pi(\theta_j), j=1, 2, \dots, m$ 。令:

$$\begin{cases} v_k = \min_{j=1, 2, \dots, m} f_j(P_k) \pi(\theta_j) \\ u_k = \max_{j=1, 2, \dots, m} f_j(P_k) \pi(\theta_j) \end{cases} \quad (1)$$

则关于每个方案 P_k ,可以得到 m 个有序对 $(v_k, u_k), k=1, 2, \dots, m$ 。

定义 1(强优方案) 在最优方案集 $\{P_k, k=1, 2, \dots, m\}$ 中,若 $\exists k$,使得对于任意 $j=1, 2, \dots, m$,都有 $u_k \geq u_j$,那么称方案 P_k 为强优方案。

定义 2(强劣方案) 在最优方案集 $\{P_k, k=1, 2, \dots, m\}$ 中,若 $\exists k$,使得对于任意 $j=1, 2, \dots, m$,都有 $u_k \leq u_j$,那么称方案 P_k 为强劣方案。且将剔除强劣方案的最优方案集称为满意方案集 $A(P)$ 。显然,强优方案具有最大的期望收益

$$\sum_{j=1}^m f_j(P_k) \pi(\theta_j), \text{是最优的综合部署方案。}$$

2.1.2 E-V 准则(准则 2)

E-V 准则^[5] 即均值 - 方差准则,它能够同时兼顾不同方案所得收益的均值和风险 2 个因素。方案 $P_k, k=1, 2, \dots, m$ 的期望收益为:

$$E(P_k) = \sum_{j=1}^m f_j(P_k) \pi(\theta_j) \quad (2)$$

方差为:

$$\sigma^2(P_k) = \sum_{j=1}^m (f_j(P_k) - E(P_k))^2 \pi(\theta_j) \quad (3)$$

那么若方案 P_k 和方案 P_j 的期望收益和方差之间存在下面的关系:

$$\begin{cases} E(P_k) \geq E(P_j) \\ \sigma^2(P_k) \leq \sigma^2(P_j) \end{cases} \quad (4)$$

且至少有一个严格不等式成立,则方案 P_k 优于方案 P_j 。若不存在完全优的方案,可以用评价函数式(5)来判断:

$$F_k(E, \sigma^2) = -E(P_k) + a\sigma^2(P_k) \quad (5)$$

式中 a 为决策者对待风险的态度。 $a > 0$ 时决策者是风险厌恶的; $a = 0$ 时决策者是风险中立的; $a < 0$ 时决策者是风险追求的。 $F_k(E, \sigma^2)$ 的值越小,方案 P_k 越优。

2.2 基于优势原则和 E-V 准则的区域防空部署方案优化方法

Step1 根据优势原则,若存在强优方案,则该方案为最优方案,算法结束;若不存在强优方案,则剔除强劣方案,得到满意方案集。

Step2 根据 E-V 准则,计算满意方案集中各方案的期望收益值和方差,若存在完全优的方案,则该方案为最优方案,算法结束;若不存在完全优的方案,则根据决策者的风险偏好,选择最优的部署方案,具体过程见图 1。

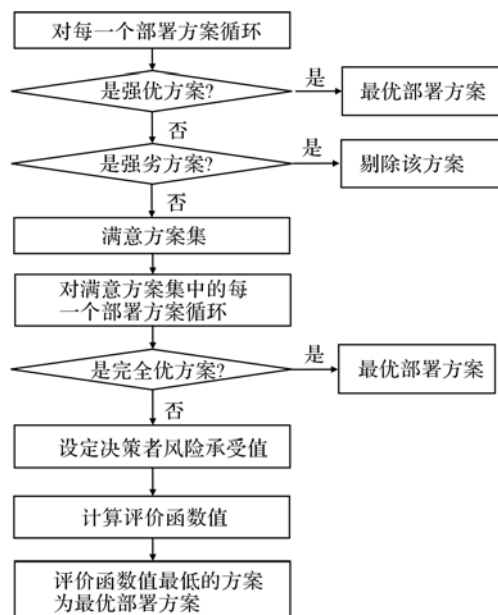


图 1 基于风险决策的区域防空部署方案优选方法流程图

Fig. 1 The flow diagram of optimum selection of disposition schemes for area air-defense Based on risk decision

3 案例分析

设某区域防空中共有 9 个部署方案可供选择, 有 5 种可能的空情, 每个部署方案在每种空情下的收益见表 1。

表 1 各部署方案在各空情下的收益值

Tab.1 The gains of every disposition scheme in different air attacks

方案	空情				
	$\theta_1(0.3)$	$\theta_2(0.2)$	$\theta_3(0.2)$	$\theta_4(0.2)$	$\theta_5(0.1)$
P ₁	0.91	0.82	0.72	0.63	0.54
P ₂	0.48	0.90	0.83	0.72	0.71
P ₃	0.72	0.83	0.91	0.62	0.55
P ₄	0.82	0.71	0.42	0.91	0.66
P ₅	0.25	0.38	0.46	0.81	0.91
P ₆	0.35	0.74	0.82	0.83	0.71
P ₇	0.63	0.71	0.52	0.71	0.83
P ₈	0.72	0.54	0.45	0.82	0.83
P ₉	0.80	0.74	0.66	0.73	0.75

表 2 计算结果表

Tab.2 Calculating results

方案	空情					u	v	E	σ^2
	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5				
P ₁	0.273	0.164	0.144	0.126	0.054	0.054	0.273	0.761	0.016 009
P ₂	0.144	0.180	0.166	0.144	0.071	0.071	0.180	0.705	0.025 965
P ₃	0.216	0.166	0.182	0.124	0.055	0.055	0.216	0.743	0.014 001
P ₄	0.246	0.142	0.084	0.182	0.066	0.066	0.246	0.720	0.028 600
P ₅	0.075	0.076	0.092	0.162	0.091	0.075	0.162	0.496	0.057 964
P ₆	0.105	0.148	0.164	0.166	0.071	0.071	0.166	0.654	0.041 224
P ₇	0.189	0.142	0.104	0.142	0.083	0.083	0.189	0.660	0.008 080
P ₈	0.216	0.108	0.090	0.164	0.083	0.083	0.216	0.661	0.020 789
P ₉	0.240	0.148	0.132	0.146	0.075	0.075	0.240	0.741	0.002 389

从图 2 可以看出, 当 $\alpha \leq 1.468 4$ 时, 方案 1 为最优方案; 否则, 方案 9 为最优方案。最优方案的选取, 与决策者对待风险的态度有关, 对于风险厌恶型决策者来说, 更倾向于选择在各种空情下收益值都不错的部署方案, 如部署方案 9, 而对于风险追求型决策者来说, 更倾向于选择受益最大化的部署方案, 如部署方案 1。

4 结语

空情的不确定性增加了决策者对部属方案优选的复杂性, 事实上, 强优方案往往是不存在的, 决策者必须从众多的满意方案中做出选择, 由于不同决策者的偏好不同, 所选择的最优方案也往往不同。

由式(1)~式(3)计算出各部署方案在各空情下的最大收益、最小收益、期望收益和方差见表 2。

根据优势准则和表 2 中的计算结果, 不存在强优方案, 也不存在强劣方案。9 个待选方案构成满意方案集。根据 E-V 准则, 表 2 中也不存在完全优方案, 但方案 1、3、9 要优于其它方案, 即最优方案应该在方案 1、3 或 9 中产生, 图 2 给出了当 α 取不同的值时, 评价函数值的变化曲线。

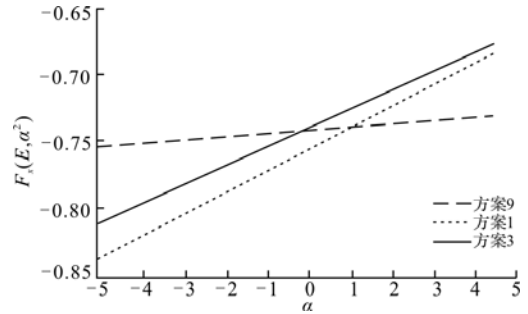


图 2 评价函数值随 α 值变化曲线图

Fig.2 The changing curve of evaluating function value along with α

针对不确定空情下的区域防空部署方案优选问题的上述特点, 给出了一种基于风险决策的部署方案优选方法, 该方法可根据决策者对待风险的不同态度选择出合适的部署方案, 且具有模型简单、计算方便的优点, 非常适合于需要快速进行决策的场合。

参考文献(References):

[1] 刘健. 一种结合主客观评价的部署方案优选方法[J]. 火力与指挥控制, 2011, 36(2):115-118.
LIU Jian. An optimum seeking method for operational disposition scheme through combining subjective with objective evaluations[J]. Fire control & command control, 2011, 36(2):115-118. (in Chinese)

[2] 邢清华, 刘付显. 区域防空部署优化系统建模[J]. 系统工程与电子技术, 2006, 28(5):712-715.

- XING Qinghua, LIU Fuxian. Modeling on area air defense optimization deployment system[J]. System engineering and electronics, 2006, 28(5): 712-715. (in Chinese)
- [3] 邢清华. 防空作战智能辅助决策研究[D]. 西安:空军工程大学, 2003.
XING Qinghua. Study on intelligent decision support of air defense operation[D]. Xi'an: Air force engineering university, 2003. (in Chinese)
- [4] 刘健. 地空导弹兵作战部署定量分析方法研究[D]. 西安:空军工程大学, 2002.
LIU Jian. Study on quantitative analysis method of disposition for ground-to-air defense operation[D]. Xi'an: Air force engineering university, 2002. (in Chinese)
- [5] 岳超源. 决策理论与方法[M]. 北京:科学出版社, 2006.
YUE Chaoyuan. Theory and method of decision-making[M]. Beijing: Science press, 2006. (in Chinese)
- (编辑:田新华)
-
- (上接第 29 页)
- [6] 曹建蜀,汪学刚. 机载前向阵雷达近程杂波频移补偿[J]. 电子科技大学学报, 2006, 35(3):320-323.
CAO Jianshu, WANG Xuegang. Doppler compensation in airborne forward-looking radar for ground short range clutter[J]. Journal of university of electronic science and technology of China, 2006, 35(3):320-323. (in Chinese)
- [7] 姜晖,廖桂生. 基于相似性度量的非正侧阵杂波谱补偿方法[J]. 电波科学学报, 2009, 24(6):1078-1080.
JIANG Hui, LIAO Guisheng. An approach for clutter spectrum compensation based on similar measure[J]. Chinese journal of radio science, 2009, 24(6): 1078-1080. (in Chinese)
- [8] Jiang Hui, Liao Guisheng, Qu Yi. Compensation of clutter spectrum for forward-looking radar based on the spatial steering vector fitting[C]//IET'09 (NO. 0344). Guilin: IEEE press, 2009:1-4.
- [9] 王万林,廖桂生,张光斌. 相控阵 AEW 雷达杂波抑制的非均匀处理方法研究[J]. 电波科学学报, 2004, 19(3): 348-353.
WANG Wanlin, LIAO Guisheng, ZHANG Guangbin. Study on STAP in non-homogeneous environment for phased array airborne early warning radar[J]. Chinese journal of radio science, 2004, 19(3): 348-353. (in Chinese)
- [10] 宁蔚,廖桂生. 机载双通道雷达空时自适应处理中的样本去污[J]. 电波科学学报, 2007, 22(3):470-475.
NING Wei, LIAO Guisheng. Elimination of pollutions in training samples for airborne dual-channel radars space-time adaptive processing[J]. Chinese journal of radio science, 2007, 22(3):470-475. (in Chinese)
- [11] Yang Z. A STAP approach to estimate drift angle and aircraft velocity[C]//Radar 2006. Shanghai: IEEE press, 2006:24-27.
- [12] 姜晖,卢光跃. 贝塞尔级数展开的机载前视阵雷达杂波谱补偿方法[J]. 西安电子科技大学学报, 2012, 39(3):185-189.
JIANG Hui, LU Guangyue. Compensation of clutter spectrum for airborne forward-looking radar based on the Bessel series expansion[J]. Journal of Xidian University, 2012, 39(3):185-189. (in Chinese)
- [13] 廖桂生,保铮. 机载雷达时空二维部分联合自适应处理[J]. 电子科学学刊, 1993, 15(6): 575-580.
LIAO Guisheng, BAO Zheng. A partial adaptive spatial-temporal processor for air-borne radars[J]. Journal of electronics, 1993, 15(6):575-580. (in Chinese)
- (编辑:田新华)