

基于 Greedy 算法的防空作战目标分配

刘海峰, 王君, 刘付显

(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

摘要:依据防空作战中目标分配的一般原则,按目标分配方案中射击有利度最大的原则,提出了目标分配算法,并用组合优化算法中的 Greedy 算法进行了求解。结果表明该算法是一种较成熟、可靠的方法。

关键词:目标分配;射击有利度;Greedy 算法

中图分类号:O221.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2004)02-0048-03

防空作战中,提供给决策指挥人员的火力分配信息主要是目标航路捷径 P 、目标在杀伤区飞行时间 T_{sl} 和目标飞临时间 T_f 。目前攻防对抗的特点是,异型火力单元构成高、中、低空和远、中、近程的防空火力体系,且空袭目标类型多、数量大。一个目标可能通过几个火力单元的杀伤区,目标对各火力单元的 P 、 T_{sl} 和 T_f 又都不相同。在这种情况下,指挥员人工决策的实时性、准确性都将难以得到保证。为使目标分配方案达到射击有利程度最大,就需要一个成熟、可靠的方法。

1 建立模型

1.1 射击有利度模型^[1]

$$Y_{ij} = C_4(C_1q_A + C_2q_B + C_3q_c)$$

式中: q_A 为目标 j 对 i 营飞临时间对射击的有利度,且 $q_A \in [0, 1]$, $q_A = x_A(T_{fj})$, (T_{fj}) 为目标 j 对 i 营的飞临时间, x 表示“有利”,隶属函数 $x_A(T_{fj})$ 应用模糊数学中的方法确定, $x_A(T_{fj}) = \frac{1}{1 + 0.1((T_{fj}) - \min T_{fj})}$; q_B 为目标 j 在 i 营杀伤区停留时间对射击的有利度,且 $q_B \in [0, 1]$, $q_B = x_B(T_{slj})$, T_{slj} 为目标 j 在 i 营杀伤区停留时间,表示“有利”的隶属函数 $x_B(T_{slj})$ 应用模糊数学中的方法确定, $x_B(T_{slj}) = \frac{1}{1 + \frac{1}{0.1((T_{slj}) - \min T_{slj})}}$; q_c 为目标 j 对 i 营的航路捷径对射击的有利度,且 $q_c \in [0, 1]$, $q_c = x_c(P_{ij})$ P_{ij} 为

目标 j 对 i 营的航路捷径,表示“有利”的隶属函数 $x_c(P_{ij})$ 应用模糊数学中的方法确定, $x_c(P_{ij}) = \frac{P_{\max} - P_{ij}}{P_{\max}}$,

C_1, C_2, C_3 分别为各射击有利度的权系数,由专家打分的方法确定它们的值。

由于不同防空导弹武器系统的性能差异并不能完全通过“有利度”表示,所以利用 C_4 (武器系统综合性能的权系数)来进一步区分不同武器系统对同一目标的不同射击能力,可应用层次分析法来求武器系统综合性能的权系数 C_4 。

上述射击有利度模型主要是针对典型目标(除干扰目标、弹道目标和其它特殊类型目标)而设计的,对其它类型目标的射击有利度模型详见参考文献[1]。

1.2 目标分配问题的分析

目标分配在一定程度上是将目标分配给对该目标射击最有利的武器系统,即要求作战区域内火力单元

对来袭目标总的射击有利度最大。此问题可转化为求一个图的最大权森林问题,如图 1 所示。图中 $S_i (i = 1, 2, \dots, k)$ 表示第 i 套防空导弹武器系统; $m_j (j = 1, 2, \dots, n)$ 表示进入防空区域的目标 j ; Y_{ij} 为第 i 套防空导弹武器射击目标 j 的射击有利度。

设防空区域内部署 k 套防空导弹武器系统(可为同型武器系统或异型武器系统),当前来袭目标共 n 批,对图 $G = (S, M, E)$ 中任一条边 (S_i, m_j) 表示武器系统 i 对目标 j 有射击能力,且 Y_{ij} 为武器 i 射击目标 j 的射击有利度。为求防空区域内射击有利度最大,相当于对图 $G = (S, M, E)$ 找出 G 的一个森林,在满足射击原则(武器系统目标通道数限制)下,使其总权最大(MWF)的问题。

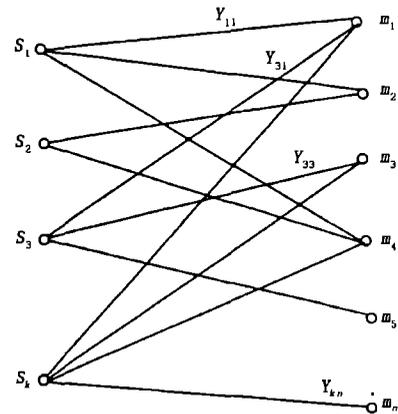


图 1 防空导弹武器系统与目标关系图

2 Greedy 算法的基本思想

算法概述:设 $\{(U_1, T_1), (U_2, T_2), \dots, (U_k, T_k)\}$ 是支撑 V 的一个森林,令 $[v, u]$ 是离开 U_1 的最大权边,则在一切包含 $T = \bigcup_{i=1}^k T_i$ 的森林中,必存在一个最优的森林,它包含边 $[v, u]$ [2]。

Greedy 算法的一个朴素的优化思想就是始终试图把权尽可能大的边加到森林里,仅当把它放到森林里不可行时,才放弃它。因此满足目标分配的目标通道数约束不会影响到最大权森林的求解。

3 应用 Greedy 算法求解目标分配模型

Greedy 算法:

Input: 边的权为 Y_{ij} (同上定义)的图 $G = (S, M, E)$.

Output: G 的最大森林 F .

begin

$F = \emptyset$,

while $E \neq \emptyset$ do

 设 $[S, m]$ 是 E 中最大权边;

 从 E 中去掉 $[S, m]$ 和 $[S_i, m] S_i \in S$;

 if S 和 m 不在 (S, m, F) 同一个分图里 && F 中的枝小于目标通道数

 then $F = F \cup \{[S, m]\}$

 end

end

4 算例分析

设某防空区域内部署了 4 套防空导弹武器系统,假设火力单元 1、2 有 2 个目标通道;火力单元 3、4 有 4 个目标通道。防空区域内有 12 批目标。经计算后的射击有利度参数如表 1 所示。

表 1 射击有利度数据

武器	目 标											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	3	5	0	2	7	0	7	8	0	1	5
2	3	6	0	5	3	4	8	1	0	5	2	6
3	8	2	6	4	1	0	3	9	2	4	6	1
4	2	5	1	9	0	4	2	1	3	8	4	7

应用邻接表表示火力单元与目标的关系图为

$A(S_1) = \{m_2, m_3, m_5, m_6, m_8, m_9, m_{11}, m_{12}\}$; $A(S_2) = \{m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_6, m_7, m_8, m_9, m_{10}, m_{11}, m_{12}\}$;

$A(S_3) = \{m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_7, m_8, m_9, m_{10}, m_{11}, m_{12}\}; A(S_4) = \{m_1, m_2, m_3, m_4, m_6, m_7, m_8, m_9, m_{10}, m_{11}, m_{12}\}$ 。

经 Greedy 算法计算后,目标分配结果为

$A(S_1) = \{m_6, m_9\}; A(S_2) = \{m_2, m_7\}; A(S_3) = \{m_1, m_3, m_8, m_{11}\}; A(S_4) = \{m_4, m_{10}, m_{12}\}$ 。

分配后的目标射击有利度和为 82。而利用动态规划的方法对此例进行优化分配后,求得目标分配关系、射击有利度和均与此算法相同,说明该算法达到了问题对解的优化要求。在此次分配过程中,由于各套武器对目标 5 的射击有利度相对其它目标均比较小,因此此次没有被分配。

5 结束语

该算法对战场情况的变化易于描述。当作战情况发生变化(目标被击落、有新的目标进入作战区、部分防空导弹武器在对抗中失去作战能力等),可对图进行更新,以适应当前的作战形势。在权值的选取上可灵活掌握,除选取射击有利度外,还可以选取射击效率、作战效能等作为权值。

此算法的另一意义在于对于目标分配算法,可以用一个 2 部图表示,并转化为求 MWF 问题,由此可见,目标分配问题是一个 NP 类的问题,因此,在解决目标分配问题时,应主要立足于它的实用性、满足作战需要性,不一定要求出最优的目标分配方案。本文中的算法和模型就是考虑目标分配的实用优化性和实时性而提出的,可为实际作战使用提供借鉴。

参考文献:

- [1] 刘海峰,赵英俊,娄寿春. 地空导弹武器系统火力分配模型[J]. 战术导弹技术 2002,(1):5-8.
- [2] Papadimitriou K, Steiglitz C H. 组合最优化和算法复杂性[M]. 刘振宏,蔡茂诚. 北京:清华大学出版社,1998.
- [3] 万自明. 防空导弹武器系统火力分配[J]. 战术导弹技术,1993,(4):7-13
- [4] 张庆波,周延延. 马尔可夫决策过程在防空系统目标分配中的应用[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2001,2(4):73-75.

(编辑:田新华)

Research on the Application of Greedy Algorithm to the Target Allocation in Air - Defense Battle

LIU Hai - feng, WANG Jun, LIU Fu - xian

(The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan, Shaanxi 713800, China)

Abstract: According to the principle of target allocation in air - defense battle and the maximum profit of fire in the target allocation scheme, a target allocation algorithm is presented, and the results are figured out by the Greedy algorithm.

Key words: target allocation; profit of fire; greedy algorithm