

炮兵营火力分配的二阶动态规划算法^{*}

赵 钰¹, 徐 涛², 陈红军²

(1. 解放军 68305 部队, 甘肃 永登 730305; 2. 炮兵学院 研究生系 41 队, 合肥 230031)

摘要:采用二阶动态规划算法对炮兵营的火力进行了分配, 计算了各连所要射击目标的价值系数和单发毁伤概率, 第一阶动态规划对各连目标分配了火力, 第二阶动态规划对连内各火炮分配了火力, 最后综合了各连的分配方案, 得出了炮兵营火力分配问题的解. 当敌来袭目标较多时, 采用一般的动态规划算法求解火力分配计算量太大, 而运用二阶动态规划算法可大大提高计算速度.

关键词:炮兵营; 火力分配; 二阶动态规划

中图分类号: E317

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2009)09-0070-02

科学地分配火力是合理使用兵力、充分发挥武器系统作战效能的基础和前提, 也是减少弹药消耗、发挥作战单位整体优势的重要措施. 以往的兵力分配多用动态规划模型进行研究, 其求解过程麻烦、计算量大; 而运用二阶动态规划算法分配兵力则可大大提高计算速度^[1-2].

1 二阶动态规划数学模型^[3-6]

1.1 分阶

将炮兵营按照编制分为 m 个建制连队, 假设每个连队有 n_i 门作战火炮. 首先将 m 个建制连队分成 m 个阶段, 运用动态规划进行调优, 达到各连火力分配的最优配制; 再将各连的 n_i 门作战火炮分成 n_i 个阶段, 同样用动态规划使各门火炮达到最大突击效果.

1.2 第一阶静态数学模型

各连的射击目标价值是连内各火炮射击目标价值的总和, 即

$$A_i = \sum_{j=1}^{n_i} a_{ij}$$

式中: A_i 为各连射击目标的价值系数; a_{ij} 是第 i 连内第 j 个目标的价值系数.

各连毁伤目标的概率应等于连内各目标均被毁伤的概率, 即

$$B_i = \sum_{j=1}^{n_i} p_{ij}$$

式中: B_i 为单发毁伤概率; p_{ij} 是第 i 连内第 j 个目标的单发毁伤概率.

当营下达射击口令时, 各连对其所射击目标发射的炮弹数可看作是资源分配问题, 其静态数学模型为:

$$\begin{aligned} \max V = \max_{i=1}^m A_i (1 - e^{-B_i \times X_i}) \\ \text{s. t. } \sum_{i=1}^m X_i = X \end{aligned}$$

式中: X_i 是第 i 连目标分得的炮弹数.

动态规划基本方程为

$$f_i(u) = \max_{X_i} \{ f_{i-1}(U_i - X_i) + A_i \times B_i \}$$

式中: U_i 是第 i 连可能分得的炮弹数.

1.3 第二阶静态数学模型

再运用动态规划, 将各连分得的炮弹数 X_i 向连内的 n_i 门火炮进行分配, 其模型为:

$$\begin{aligned} \max W = \max_{j=1}^{n_i} a_{ij} \times (1 - e^{-p_{ij} \times y_{ij}}) \\ \text{s. t. } \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij} = X_i \end{aligned}$$

式中: a_{ij} 为第 i 连内第 j 门火炮所射击目标的价值; y_{ij} 是第 i 连内第 j 个目标分得的炮弹数.

动态规划基本方程为:

$$\begin{aligned} g_i(e_j) = \max_{y_{ij}} \{ g_{i-1}(x_{ij} - y_{ij}) + a_{ij} \times p_{ij} \} \\ g_0(e_0) = 0 \end{aligned}$$

式中: e_j 是第 j 门火炮可能分得的炮弹数.

由上式可得第 i 连最大毁伤目标概率 W_i , 第 j 个目标应分配弹数 y_{ij} 发. 由于各连互相独立, 所以在第二阶动态规划时既可对各连逐次求解, 也可对各连同时展开计算, 并行求解, 以进一步提高解题速度.

1.4 综合各群的分配方案

由于第一阶动态规划已求出各连应分得的弹数 X_i , 第二阶动态规划已解得各门火炮应分配的炮弹数 y_{ij} , 所以对

* 收稿日期: 2009-11-24

作者简介: 赵钰(1983—), 男, 甘肃徽县人, 作训参谋, 主要从事作战运筹研究.

敌目标造成的总体毁伤 W 等于各连最大毁伤之和

$$W = \sum_{i=1}^m W_i$$

2 算例

某炮兵营编有 3 个建制连队,各连火炮因编制或战斗减员等原因分别为 6 门、4 门、6 门,按照 1~3 连的顺序,各门火炮依次编号 1~16,现有 40 发炮弹向各连分配,各门火炮所射击目标的价值系数和单发毁伤概率如下表,求最大毁伤效能下的炮弹分配。

表 1

K	1	2	3	4	5	6	7	8
A_{ij}	0.76	0.81	0.77	0.80	0.65	0.57	0.63	0.78
p_{ij}	0.6	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	0.7
K	9	10	11	12	13	14	15	16
A_{ij}	0.82	0.73	0.64	0.47	0.59	0.78	0.82	0.75
p_{ij}	0.5	0.6	0.7	0.9	0.8	0.6	0.7	0.6

1) 对各连分配炮弹(第一阶动态规划)

各连目标价值系数 A_i 和单发毁伤概率 B_i 分别为:

$$A_1 = \sum_{i=1, j=6} a_{ij} = 4.56, B_1 = \sum_{i=1, j=6} p_{ij} = 0.0756$$

$$A_2 = \sum_{i=2, j=10} a_{ij} = 2.96, B_2 = \sum_{i=2, j=10} p_{ij} = 0.189$$

$$A_3 = \sum_{i=3, j=16} a_{ij} = 4.05, B_3 = \sum_{i=3, j=16} p_{ij} = 0.127$$

运用第一阶动态规划模型,可得最优分配结果(由于动态规划解题步骤较长,限于篇幅,此处只写出结果):

$$X_1^* = 12 \quad X_2^* = 4 \quad X_3^* = 24$$

2) 对各连诸火炮分配炮弹(第二阶动态规划)

在第一阶中得出了各连分配的最优炮弹数后,再将各连炮弹向各火炮最优分配,结果如下。

第一连: $W_1 = 2.87$

$$y_{11} = 1, y_{12} = 2, y_{13} = 2, y_{14} = 4, y_{15} = 2, y_{16} = 1;$$

第二连: $W_2 = 1.44$

$$y_{21} = 1, y_{22} = 1, y_{23} = 1, y_{24} = 1;$$

第三连: $W_3 = 3.76$

$$y_{31} = 3, y_{32} = 3, y_{33} = 4, y_{34} = 4, y_{35} = 8, y_{36} = 2.$$

综合各连结果,可得出各连炮弹分配的最优方案

$$W = W_1 + W_2 + W_3 = 8.07$$

3) 结果分析

用二阶动态规划求解炮兵营火力分配问题,尚无法肯定是否能得到与一般动态规划完全一样的结果,即该方法得到的不一定是最优解,不一定是最优解的原因是由于在第一阶动态规划中减少了动态过程的阶段数,缩小了毁伤效益函数的搜索区域。也就是说,如果使毁伤效益函数取最大值的方案被缩小在搜索区域内,则有可能求得最优解;相反,则只能求得一个满意解。

此外,对各连射击目标的价值和单发毁伤概率的估计偏差,也会使结果和最优解有所偏差。对所求解的满意程度可用下式确定

$$r = |W - W^*| < q$$

式中: W 是二阶动态规划下求得的满意解总体毁伤; W^* 是动态规划下最优解的总体毁伤; r 是满意程度系数; q 是满意程度常数。如果 r 远远小于 q ,则由二阶规划求得的是满意解;反之,如果 r 远远大于 q ,则不是满意解;如果 $r = 0$,则为最优解。所以上例只是一个满意解。

3 结论

二阶动态规划的实质是将较多的目标先分成较少的目标群,并 2 次运用动态规划求解。该方法可以用来解决射击目标较多时动态规划求解火力分配计算量太大的问题,提高计算速度。此法的难点在于如何保证求得是最优解或满意解,这是下一步需要讨论的问题。

参考文献:

- [1] 王弘扬,王兴春.采用二阶动态规划算法的火力分配[J].兵工自动化,2006(8):8-9.
- [2] 姜华,贾春雨,程海全.动态规划法在防空群火力分配中的应用[J].兵工自动化,2006(5):19-20.
- [3] 吴沧浦.动态规划算法[M].北京:清华大学出版社,2001.
- [4] 董树军.作战效率分析[M].北京:解放军出版社,2003.
- [5] 李乃奎.军事运筹学基本理论教程[M].北京:国防大学出版社,2004.
- [6] 王书敏.军事运筹学[M].济南:黄河出版社,2004.