第27卷 第6期 情报指挥控制系统与仿真技术 Vol.27 No.6
2005年12月 Information Command Control System & Simulation Technology Dec.2005

文章编号：1672-7908(2005)06-0040-03

弹炮混编防空群兵力分配模型

尤志锋，李 勇，吴 鹤

（防空兵指挥学院，河南 郑州 450052）

摘 要：针对对付现代日益发展的空袭手段的一种有效方法——弹炮混编防空布势中存在的防空武器种类繁多，兵力分配复杂，难以充分发挥各自效能的问题，建立了非线性规划模型，利用动态规划对该模型进行分析，运用拉格朗日降维法进行降维,将三维降为二维。经防空作战的实例验证该算法不但能将两维降到单维，而且还可以将多维降到单维，能节省计算机的内存使用率，提高仿真计算的速度，符合信息化条件下指挥决策实时化的要求且分配效果较好。

关键字：弹炮混编；非线性规划；拉格朗日降维

中图分类号：E926.4 文献标识码：A

Allocation Optimum Model for Hybrid Antiaircraft Group of Missile and Artillery

YOU Zhi-feng, LI Yong, WU He

(Air Defense Force Command College, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: Anti-aircraft gun and missile system is a good way to tackle with the developing method of the air raid. But it needs many kinds of weapons and the assignment of the troops is very difficult. To solve this problem better, modeling a non-linear dynamic programming model, analyzing by dynamic programming and dimensioning in Lagrange method. Testified by an example of air defense, this algorithm not only can reduce two dimensions to one, but also reduce more than two to one. It can save the EMS memory and the time of computing and simulating. It accords with the decision-making requirement under information war and the result is good.

Key words: anti-aircraft gun and missile system; non-linear dynamic programming; lagrange reduce dimension

随着空袭样式的不断变化，我防空群已不可能由单一种类的武器系统来完成任务。弹炮混编的防空群的出现已成为必要，且已经出现。弹炮混编防空群中，从大的方面来说有两种武器系统：防空导弹和高射炮。从细的方面来分导弹和高炮又有各种不同的种类。因此对不同种类的武器系统根据所保卫目标的重要性进行兵力分配，是弹炮结合防空群所必须解决的问题。为了便于研究问题下面我们以两种武器为例建立模型,进而向多种武器系统推广。

1 模型建立

设某防空群由地空导弹（Ⅰ）和高射炮（Ⅱ）两种武器系统（不再细分）。地空导弹的数量（以连为单位）有 M 个，高炮连 N 个。该防空群保卫区域内有 n 个要地。武器系统Ⅰ以数量 x_k，Ⅱ以数量 y_k 去保卫第 k 个要地，每个要地的重要程度为 w_i

则 $P_k = 1-(1-p)^{x_k}(1-q)^{y_k}$

由二项分布的 Poisson 定理得：

$$(1-p)^{x_k} \approx e^{-px_k}$$

$$(1-q)^{y_k} \approx e^{-qy_k}$$

其中，p、q 分别为Ⅰ、Ⅱ两种武器保卫要地 k 成功的概率。得兵力分配模型为；

$$(NP)\begin{cases} \max V = \sum_{k}^{n} w_i P_k \\ \sum_{k=1}^{n} x_k = M \\ \sum_{k=1}^{n} y_k = N \\ x_k \ge 0,\ y_k \ge 0,\ k = 1,2,\cdots,n \end{cases} \qquad (1)$$

2 模型求解

2.1 建立非线性规划[1, 2]

上面的模型是一个非线性最优化问题，用非线性最优化方法求解十分困难。由于它是和的形式，所以可以把它看成一个多阶段决策过程，用动态最优化方法求解。

1)阶段变量：$k=1，2，\cdots，n$；

2)决策变量：$u_k = (x_k, y_k)$

收稿日期：2004-11-30 修回日期：2005-01-24

作者简介：尤志锋（1980-），男，河北行唐人，硕士研究生，研究方向为信息化作战指挥与决策。
李 勇（1956-），男，教授，硕士生导师。
吴 鹤（1983-），男，助教。

$0 \le x_k \le M, 0 \le y_k \le N$; x_k , y_k 取整数；其中 x_k 为分配给第 k 个要地 I 类武器系统的数量, y_k 为分配给第 k 个要地 II 类武器系统的数量；

3)状态变量：$s_k = (X_k, Y_k)$。其中，X_k ：分配给第 k 个要地至第 n 个要地 I 武器系统数目的累计数量；Y_k ：分配给第 k 个要地至第 n 个要地 II 武器系统数目的累计数量；

4) 状态转移方程：$s_{k+1} = u_{k+1} + s_k$ ，$s_{k+1} = (X_{k+1}, Y_{k+1})$ 表示第 $k+1$ 阶段的状态变量（即表示分配给第 $k+1$ 个要地至第 n 个要地的两种武器系统数目的总和）。

5)指标函数：$V_k(x_k, y_k) = w_k[1 - e^{-(PX_K + qy_k)}]$ ，对第 k 个目标的保卫效果；

6)目标最优值函数：$f_k(x, y)$，它表示用 s_k 个武器系统分配给第 k 个至第 n 个要地所得最大效果。

于是得动态最优化模型为：

$$(DP)\begin{cases} f_n(x, y) = v_n(x_n, y_n) \\ f_k(x, y) = \max\limits_{\substack{0 \le x_{kk} \le x \\ 0 \le y_k \le y}} \{v_k(x_k, y_k) + f_{k+1}(x - x_k, y - y_k)\} \\ 0 \le x \le M, 0 \le y \le N \\ k = n-1, \cdots, 2, 1 \end{cases} \tag{2}$$

其中，x_k, y_k，x, y 为整数。

$$v_k(x_k, y_k) = w_k[1 - e^{-(Px_K + qy_k)}]$$

2.2　引入拉格朗日乘子（ l ）将二维分配变为一维分配

$$\begin{cases} \max\{v_1(x_1, y_1) + \cdots + v_n(x_n, y_n) - l(y_1 + y_2 + \cdots + y_n)\} \\ s.t. \sum\limits_{i=1}^{n} x_i = M \\ 0 \le x_i, 0 \le y_i, i\text{为正整数} \end{cases} \tag{3}$$

其中，l 为一固定参数，令：

$$v_i(x_i) = v_i(x_i, l) = \max_{0 \le y_i}[v_i(x_i, y_i) - l y_i]$$

则问题变为：

$$\begin{cases} \max \sum\limits_{i=1}^{n} v_i(x_i) \\ s.t. \sum\limits_{i=1}^{n} x_i = M \\ 0 \le x_i, i = 1, 2, \cdots, n \end{cases} \tag{4}$$

这是一个一维分配问题。解得 $x_i = x_i(l), y_i = y_i(l)$，即为其解。

2.3　验证

因为 l 的值不是很确定，因此求出来的值需要验证，具体方法如下：

若 $\sum\limits_{i=1}^{n} y_i(l) = N$，则 $\{x_i, y_i\}$ 为原问题的最优解。

若 $\sum\limits_{i=1}^{n} y_i(l) < N$，则减小 l 的值，重复 2.2 直到 $\sum\limits_{i=1}^{n} y_i(l) = N$ 为止。

若 $\sum\limits_{i=1}^{n} y_i(l) > N$，则增大 l 的值，重复 2.2 直到 $\sum\limits_{i=1}^{n} y_i(l) = N$ 为止。

3　实例[3]

设有 6 个防空导弹连，10 个高射炮兵连混编的防空群，负责保卫某地区内 3 个重要目标的空中安全，这三个目标经过层次分析法得到其重要的权重分别为 $w_1 = 0.3$ ，$w_2 = 0.2$ ，$w_3 = 0.5$ ，其它参数如下表所示：

保卫成功概率 W_{ij} / 武器编号	要地目标编号 1	2	3
1	0.4	0.1	0.5
2	0.2	0.4	0.2

由（1）式得：

$$\begin{cases} \max V = \sum\limits_{k=1}^{3} w_k[1 - e^{-(px_k + qy_k)}] \\ \sum\limits_{k=1}^{3} x_k = 6 \\ \sum\limits_{k=1}^{3} y_k = 10 \\ 0 \le x_k, 0 \le y_k, k = 1, 2, 3 \end{cases}$$

引入 $l = 2$，得

$$v_i(x_i) = v_i(x_i, 2) = \max_{0 \le y_i}[v_i(x_i, y_i) - 2y_i]$$

由（6）式得：

$$\begin{cases} \max \sum\limits_{i=1}^{3} v_i(x_i) \\ s.t. x_1 + x_2 + x_3 = 6 \\ 0 \le x_i, i = 1, 2, \end{cases}$$

解得：$x_1=3,\ x_2=0,\ x_3=3,\ y_1=3,\ y_2=5,\ y_3=2$。

经验证：$\sum_{i=1}^{3} y_i(2)=10$，所以上面所得为最优解，即应该给第一个要地分配 3 个导弹连，3 个高炮连；给第二个要地不分配导弹连，分配 5 个高炮连；第三个要地分配 3 个导弹连，2 个高炮连。这样整体防御效果最优。

4 结束语

该模型从被保卫目标的价值和各种武器系统的防御率出发，用非线性规划建立模型，以动态规划方法求解，比较简洁、易懂，且具有较好的延伸性。如果防空群中武器种类繁多，或实战中需要进一步往下考虑，则就用该模型的拓展模型，下面是有 n 个武器种类时的模型：

$$\begin{cases} \max V=\sum_{k=1}^{n} v_k(x_{1k},x_{2k},\cdots x_{pk})=\sum_{k=1}^{n} w_k[1-e^{-\sum_{i=1}^{p} p_i x_{ik}}] \\ \sum_{k=1}^{n} x_{ik}=M_i \\ x_{ik},M_i \text{为非负数} \\ 1\le k\le n,1\le i\le p \end{cases}$$

其中，p_i 为每个第 i 种武器系统保卫第 k 个要地成功的概率，x_{ik} 为用于保卫第 k 个要地的第 i 种型号的武器系统数。

此模型仍可用拉格朗日法逐步降维求解。

参考文献：

[1] 张志，李建德．动态规划及应用[M]．北京：国防工业出版社，1994.

[2] 钱颂迪．运筹学[M]．北京：清华大学出版社，1996.

[3] 李勇．防空兵作战运筹与决策[M]．郑州：防空兵指挥学院，1999.

[4] 方开泰，许建伦．统计分析[M]．科学出版社，1987.

英国海军为海军情报注入新活力

据报道，英国海军通过创建一个新的司令部情报组织和开发一个新的军官专业情报机构，以调整为已部署的兵力提供情报支持的方式。

在当前政治动荡不定的情况下，为响应“情报为先导”的作战要求，同时还由于目前所谓的“海上战斗参谋指挥官以及水面战舰和潜艇指挥官对英国海军的情报支持效果表示强烈关注”，这种发展已经到来。

英国海军委员会于 7 月底正式批准了改进海军岸上和海上的情报处理过程，并且提供更好的人员结构的提案。

目前，英国海军情报（根据它的参谋部门的名称叫做 N2）处理过程由位于米德萨克斯郡诺斯伍德市的长驻联合司令部联合情报室的海军参谋管理。

这些改变将使部署前的准备工作更为充分，为部署兵力提供更多的指导，在部署后提供更完善的情况查询。还能发展壮大与广阔的英国情报界和联盟海军情报机构的联系。

计划在 9 月份新组织机构能达到初步作战能力，在 2006 年 4 月达到完全的作战能力。在此期间，N2 办公室将进行“全面的操作的检查”以保证其体系满足要求。目前，海军并没有专门的 N2 部门，所以那些希望有的人将有机会专门从事情报工作并被委以海军现行的部门组织之内的职位。对于专业从事采购的人员已经有了相似的体系。

这些情报专业人员可以来自任何一个军官办事处，将有能力为战舰和特遣群的指挥官们提供比目前还要强得多的而且更有经验的 N2 支持。

他们还将为从事支持 N2 例如信号和电子情报工作的士兵提供管理的重点。

另外，将对参加了基本作战军官课程以得到更多的情报培训的人员进行全面培训和检查。