doi: 10.7690/bgzdh.2015.09.018

Excel 规划求解在炮兵射击任务最优分配中的应用

王兆胜
（南京炮兵学院自行火炮系，南京 211132）

摘要：为避免相对复杂的编程，采用 Excel 软件自带的“规划求解”方便地解决炮兵最优任务分配问题。分析射击单位数等于目标数目及射击单位多于目标数目 2 种情况下炮兵射击任务分配模型的约束条件与目标函数，根据具体的算例讨论用 Excel 程序中“规划求解”解决炮兵射击任务最优分配方案的具体步骤。算例结果表明：Excel 规划求解确定射击任务最优分配方案的方法操作简单，便于掌握，适合非编程人员使用。

关键词：Excel；火力分配；规划求解；军事运筹
中图分类号：TJ303　**文献标志码**：A

Application of Excel Programming for Optimal Task Assignment of Artillery Fire

Wang Zhaosheng
(*Department of Self-Propelled Gun*, *Nanjing Artillery Academy*, *Nanjing* 211132, *China*)

Abstract: In order to avoid complicated programming, it is convenient to solve the artillery optimal task assignment problem by using the Excel built-in “planning solving”. Constraint condition and objective function of model of artillery fire task assignment are analyzed in 2 cases of fire units are equal targets and fire units is more than targets, specific steps with the “planning solving” of Excel program to solve artillery optimal task assignment is discussed in details, examples shown that operation is simple to determine optimal task assignment with the planning solving of Excel program, is convenient to master, and is suitable for non professional programmers.

Keywords: Excel; fire distribution; planning solving; military operation

0 引言

当有 m 个炮兵射击分队和 n 目标时，由于目标性质及各分队武器性能、配置位置等的不同，射击任务分配存在一个最佳方案问题。射击任务分配时通常依据 2 种准则，即最少弹药消耗量准则和最大毁伤程度准则。最少弹药消耗量准则指某种射击任务分配方案能使参加射击的各炮兵分队的弹药消耗量的数学期望总和为最小；最大毁伤程度准则指在对各个目标指定的弹药消耗量一定的条件下，某种射击任务分配方案能使对各目标的毁伤程度的总和为最大。从本质上说最佳射击任务分配是一个规划求解问题，一般情况下需通过编程计算求得结果[1]，若采用手工计算方法，其步骤包括“行移”、“列移”、“砌削”和“确定特征矩阵”等[2]，也较繁琐。

Excel 作为日常主要的办公软件之一，有强大的运算能力，其自带的“规划求解”能方便地解决炮兵最优任务分配问题，避免了相对复杂的编程，使用也十分方便。笔者通过算例分析用 Excel 求解工具求解炮兵射击任务最优分配问题。

1 炮兵射击任务最优分配的数学模型

为建立最佳任务分配模型，作如下假设

1) 每个炮兵分队只对一个目标射击[3-4]。

2) 炮兵分队个数为 m，目标数为 n，且 $m \geqslant n$。当 $m<n$，一般应分批次射击，每批射击时总有且 $m \geqslant n$，因此只讨论 $m \geqslant n$ 的情况。

3) 用完成任务的弹药消耗量作为射击效果指标，也可以用毁伤概率作为射击效果指标。

在以上假设下，下面分 2 种情况进行讨论。

1.1 $m=n$ 的任务分配问题

$m=n$ 的任务分配问题，即 n 个炮兵分队对 n 个目标的任务分配问题。设第 i 个分队对第 j 个目标的射击效果指标为 s_{ij}，当采用最少弹药消耗准则时，s_{ij} 为弹药消耗量的数学期望，当采用最大毁伤程度准则时，s_{ij} 为对目标的毁伤程度。由于是 n 个射击单位 n 个目标，这样就构成了一个 $n\times n$ 阶矩阵 $\boldsymbol{S}=(s_{ij})_{n\times n}$，这样的矩阵称为价值矩阵。

如果分配第 i 个分队对第 j 个目标的射击，记 $x_{ij}=1$，否则记为 $x_{ij}=0$。这样 n 个分队对 n 个目标的分配情况构成一个矩阵 $\boldsymbol{X}=(x_{ij})_{n\times n}$。

从数学的角度分析，在目标价值矩阵已知的情况下，最优任务分配实际上是需要求出一个 $n\times n$ 的任务矩阵，这个任务矩阵的元素只取 0 或 1 这 2 个数值，且满足 $\sum_{i=1}^{n} x_{ij}=1$ 及 $\sum_{j=1}^{n} x_{ij}=1$。当采用最小弹药

收稿日期：2015-04-10；修回日期：2015-05-18
作者简介：王兆胜(1962—)，男，江苏人，博士，教授，从事兵器发射理论与技术、自行火炮射击精度分析研究。

消耗量的分配准则下，它实际上是使目标函数 $V=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}s_{ij}x_{ij}$ 为最小值的线性规划——0-1 规划问题。即

$$\left.\begin{aligned}&\min\quad V=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}s_{ij}x_{ij}\\&\text{s.t.}\qquad \sum_{i=1}^{n}x_{ij}=1\\&\qquad\qquad x_{ij}=0,1\end{aligned}\right\}。\tag{1}$$

如果采用最大毁伤程度准则，它为使目标函数 $V=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}s_{ij}x_{ij}$ 为最大值的 0-1 规划问题。

1.2 $m \geqslant n$ 的任务分配问题

$m \geqslant n$ 情况与 $m=n$ 情况的不同之处在于由于目标数少于炮兵分队数，因而某个炮兵分队可能被分配任务，也可能不被分配任务，因此对第 i 个分队，当分配给任务时，$\sum_{j=1}^{n}x_{ij}=1$，否则 $\sum_{j=1}^{n}x_{ij}=0$。此时价值矩阵为 $\boldsymbol{S}=(s_{ij})_{m\times n}$，任务矩阵为 $\boldsymbol{X}=(x_{ij})_{m\times n}$。在采用最小弹药消耗量的分配准则下，它实际是以下的规划问题

$$\left.\begin{aligned}&\min\quad V=\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}s_{ij}x_{ij}\\&\text{s.t.}\qquad \sum_{i=1}^{m}x_{ij}=1\\&\qquad\qquad \sum_{j=1}^{n}x_{ij}=1,0\\&\qquad\qquad x_{ij}=0,1\end{aligned}\right\}。\tag{2}$$

也就是使目标函数 $V=\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}s_{ij}x_{ij}$ 为最小值的线性规划——0-1 规划问题。

采用最大毁伤程度准则时为使目标函数 $V=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}s_{ij}x_{ij}$ 为最大值的 0-1 规划问题。

解以上 2 类 0-1 线性规划问题通常的方法是编程计算。手工计算也较专业，但炮兵作战人员使用并不方便。

2 Excel 求解炮兵射击任务最优分配

下面通过具体算例说明用 Excel 求解上述炮兵射击任务最优分配问题的步骤，其方法具有典型性。

设炮兵群由 2 个×××榴炮营(第 1、2 营)、1 个×××加榴炮营(第 3 营)、1 个×××加榴炮营(第 4 营)和 1 个×××火箭炮营(第 5 营)构成。它需要同时对支撑点(1 号目标)、敌炮连(2 号目标)、集群坦克(3 号目标)和暴露步兵(4 号目标)进行一次急袭射击。各营对各目标完成射击任务所需的弹药消耗量折算成标准弹(以×××榴弹为标准弹)如表 1 所列，求最优任务分配方案。

表 1 分队对不同目标完成射击任务的耗弹量

分队	目标			
	M1	M2	M3	M4
1Y	674	560	481	224
2Y	713	580	520	235
3Y	1 435	1 415	1 370	560
4Y	3 030	2 160	1 820	850
5Y	1 980	∞	1 350	890

表中∞表示受射地形限制无法完成对目标的射击。

它是一个 $m>n$ 时目标分配问题，其实质是对于价值 5×4 的矩阵

$$\boldsymbol{S}=\begin{pmatrix}674&560&481&224\\713&580&520&235\\1\,435&1\,415&1\,370&560\\3\,030&2\,160&1\,820&850\\1\,980&\infty&1\,350&890\end{pmatrix}。$$

在满足线性约束条件

$$\left\{\begin{aligned}&\sum_{i=1}^{m}x_{ij}=1\\&\sum_{j=1}^{n}x_{ij}=1,0\\&x_{ij}=0,1\end{aligned}\right.\text{下，}$$

$V=\sum_{i=1}^{5}\sum_{j=1}^{4}s_{ij}x_{ij}$ 取得极小值所对应 0-1 规划问题。

它是 $m>n$ 的目标分配问题，即 m=5、n=4，所求为 x_{ij}(i=1, 2, 3, 4, 5; j=1, 2, 3, 4)共有 20 个值，用 Excel 求解的步骤如下：

步骤 1：确定变量单元格，输入约束公式，目标函数。

1) 视单元格 A1:D5 为可变单元格，存放计算结果。单元 A1 值为 x_{11}，A2 值为 x_{12}，…。

2) 在单元格 E1:E5 内分别输入约束公式 $\sum_{j=1}^{4}x_{ij}$。例如，在单元格 F1 内输入约束公式“=SUM(A1:D1)”，…。

3) 在单元格 A6:D6 内分别输入约束公式 $\sum_{i=1}^{5}x_{ij}$，例如在单元格 A6 内输入约束公式

“=SUM(A1:A5)”，…。

4) 在单元格 F1:F5 内分别输入公式 $\sum_{j=1}^{4} s_{ij}x_{ij}$，例如在单元格 F1 内输入公式“=674×A1+560×B1+481×C1+224×D”，…。

5) 在单元格 G1 内输入目标函数“=SUM(G1:G5)”。

步骤 2：选择区域，添加约束条件。

用 Excel 求解 0-1 规划问题，约束条件关键，尤其是保证变量只取 2 个值，即只取 0、1。保证 x_{ij} 只取 0、1 的约束条件为 $x_{ij} \geqslant 0$，x_{ij} 为整数，$x_{ij} \leqslant 1$；其他约束条件与它类似[5]。

具体步骤如下：

1) 选择【工具/规划求解】，如果“规划求解”命令没有出现在“工具”菜单上，则需要点击“加载宏”安装“规划求解”。在“规划求解参数”对话框的“设置目标单元格”中选择单元格 G1，在“等于”中选择“最小值”，在“可变单元格”中选择区域 A1:D5，如图 1 所示。

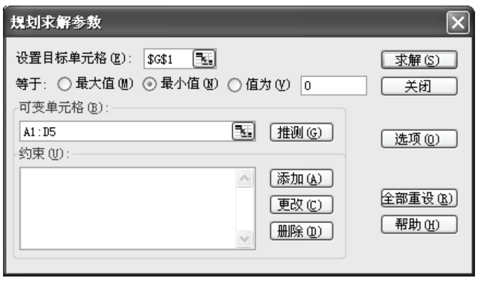

图 1　Excel 活动窗口之一

2) 单击“添加”，出现活动窗口如图 2 所示，在“单元格引用位置”，输入 A1:D5，在弹出的对话框中选择“>=”，在“约束值”输入 0。

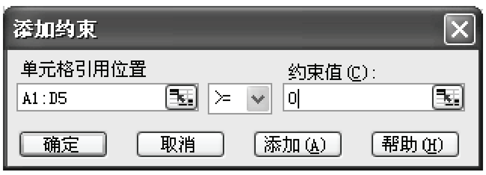

图 2　Excel 活动窗口之二

3) 再单击“添加”，在“单元格引用位置”，输入 A1:D5，在弹出的对话框中选择“int”。

4) 再单击“添加”，在“单元格引用位置”，输入 A1:D5，在弹出的对话框中选择“<=”在“约束值”输入 1。

5) 再单击“添加”，在“单元格引用位置”，输入 B5，在弹出的对话框中选择“=”在“约束值”输入 0，这是因为 2 号目标不可能被分配给第 5 营。

6) 再单击“添加”，输入约束“E1:E5<=1”。

7) 再单击“添加”，输入约束“A6:D6=1”。

8) 在输入以上约束条件后，按确定得到图 3。

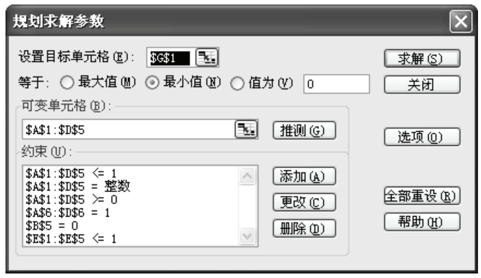

图 3　Excel 活动窗口之三

步骤 3：求解。

单击图 3 中“求解”，显示“规划求解结果”对话框，在活动单元格位置出现计算结果，得到的特征矩阵为

$$\boldsymbol{S}=\begin{pmatrix}1&0&0&0\\0&1&0&0\\0&0&0&1\\0&0&0&0\\0&0&1&0\end{pmatrix}。$$

因而最优方案：第 1 营对第 1 号目标，第 2 营对 2 号目标，第 3 营对 4 号目标，第 4 营不分配任务，第 5 营对第 3 号目标。

Excel“规划求解”还可对采用最大毁伤程度准则的射击任务最优分配求解，只要在“规划求解参数”对话框中，使目标单元格“等于”选择为“最大值”，其余步骤相同。

3　结束语

用 Excel 软件求解炮兵射击任务最优分配，虽然它的后台支持也离不开程序，但省去了分析人员繁琐的编程。从以上例子看，它的操作是很方便的，便于分析人员快捷地掌握，由于炮兵任务分配实际上是一个 0-1 规划问题，在操作过程中，约束条件的正确输入是一个关键。

参考文献：

[1] 刁在筠，刘桂真，宿洁，等．运筹学 [M]．3 版．北京：高等教育出版社，2007: 82-98.

[2] 吴大梁．射击效果评定及最优化方法[M]．南京：南京炮兵学院，1986: 271-276.

[3] 张建立，郭忠伟，吉礼建，等．某防空火箭武器系统对武装直升机的射击能力研究[J]．兵工自动化，2014, 33(6): 5-7.

[4] 解维河，汪德虎，黄义．舰炮射击指挥流程效能评估[J]．兵工自动化，2014, 33(10): 37-39.

[5] 陈光亚．基于主成分分析法的炮兵装备维修保障优化模型[J]．四川兵工学报，2014(12): 88-91.