

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.02.007

基于线性排序法的基本炮阵地选择

唐克, 王存威, 杜涛

(解放军炮兵学院 火控教研室, 安徽 合肥 230031)

摘要: 运用模糊决策思想, 采用 2 种线性排序的基本方法对基本炮阵地选择进行分析。其中, 评分法先求出备选方案集中每一个元素的 Borda 数, 再确定基本炮阵地的位置; 而布林法则先构造模糊优先度矩阵, 再确定基本炮阵地的位置。实例证明, 2 种方法得到的结果完全一致。

关键词: 线性排序法; 基本炮阵地; 布林法

中图分类号: O223 **文献标识码:** A

Choosing Basic Artillery Position Based on Linear Order Method

TANG Ke, WANG Cun-wei, DU Tao

(Staff Room of Firepower & Controlling, Artillery Academy of PLA, Hefei 230031, China)

Abstract: Using the thought of the fuzzy decision, carry out the analysis to the choice of the artillery position by using of two basic methods of linear order. Thereinto, scoring first find alternatives focused on the number of each element of the Borda number, and then determine the location of the basic artillery positions; Bulin first constructed fuzzy priority rule matrix, and then determine the location of the basic artillery positions. Examples prove that the results of the two methods were exactly the same.

Keywords: Linear ordered; Basic artillery position; Bulin

0 引言

根据现代条件特别是高新技术下作战的特点和以往的经验, 在选择基本炮阵地时, 可将问题归结为线性排序。故可根据模糊决策思想, 采用线性排序方法确定出基本炮阵地的位置, 以方便决策。

1 确定基本炮阵地的线性排序方法

对影响基本炮阵地选择的因素分析, 可以确定影响炮阵地选择的主要因素, 构成因素集:

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$$

把各种可能选择为基本炮阵地的备选方案, 做成备选方案集:

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

根据各因素对基本炮阵地的不同影响, 可对各种不同的因素赋予相应的权重数, 得到权重集:

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\} \quad \sum_{k=1}^m a_k = 1$$

由于各个备选方案对同一个因素的优劣排序比较容易做到, 故假设备选方案集中的所有元素 x_i 对因素集 U 中的每一个元素 u_k 的优劣评价构成一个已知的线性序:

$$X^{(k)} = \{x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, \dots, x_n^{(k)}\} \quad k=1, 2, \dots, m$$

线性排序的基本方法主要包括评分法和布林法。可以用评分法和布林法进行线性量化, 确定出对于因素集 U 的最优线排序:

$$X^* = \{x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*\}$$

因此, 可得到各个备选方案对于因素集整体的优劣顺序, 确定出最佳基本炮阵地。

1.1 评分法

设 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$, $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$, L_i 是按指标 V_i 对 U 种元素排出的一个线性序。对于 $u_i \in U$, $v_i \in V$, 用记号 $B_i(u_j)$ 表示在序 L_i 中后于 u_j 的元素的个数。直观地看, 如果 u_j 在 L_i 中排在第 1 位, 则 $B_i(u_j) = m-1$; 如果 u_j 在 L_i 中排在第 2 位, 则 $B_i(u_j) = m-2$; 一般地, 如果 u_j 在 L_i 中排在第 k 位, 则 $B_i(u_j) = m-k$, 称 $B_i(u_j)$ 为 u_j 在序 L_i 中的得分。

对于 n 个序 L_1, L_2, \dots, L_n , 记 $B(u_j) = \sum_{i=1}^n B_i(u_j)$ 。

$B(u_j)$ 称为元素 u_j 的 Borda 数, 是 u_j 在各个序 L_1, L_2, \dots, L_m 中得分值 $B_i(u_j)$ 的总和。最后, 按计算出的 Borda 数的大小对 U 中元素进行总排序。

收稿日期: 2009-09-21; 修回日期: 2009-11-07

作者简介: 唐克 (1962-), 男, 安徽人, 回族, 工学硕士, 副教授, 从事武器系统分析与仿真研究。

如果各特征指标 v_1, v_2, \dots, v_n (即各个不同意见 L_1, L_2, \dots, L_n) 的重要程度不同,也可对不同意见作加权处理。设意见 L_i (特征指标 v_i) 的权值为 a_i , 即因素重要程度的模糊集为:

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\} \quad \text{且} \quad \sum_{i=1}^n a_i = 1$$

$$\text{则加权 Borda 数为: } B(u_j) = \sum_{i=1}^n a_i B_i(u_j)。$$

然后,再按加权 Borda 数的大小对 U 中元素进行排序。

1.2 布林法

对于把 U 中元素排成线性序的 n 个意见 L_1, L_2, \dots, L_n , J.M.Blin 给出了一个 U 中的模糊关系 \tilde{R} 。

$$r_{jk} = \mu_{\tilde{R}(u_j, u_k)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mu_{L_i}(u_j, u_k), \quad j, k = 1, 2, \dots, m$$

$$\text{式中 } \mu_{L_i}(u_j, u_k) = \begin{cases} 1 & \text{在 } L_i \text{ 中 } \mu_j \text{ 优于 } \mu_k \\ 0.5 & \text{在 } L_i \text{ 中 } \mu_j \text{ 和 } \mu_k \text{ 并列, 即} \\ 0 & \text{其它} \end{cases}$$

$$\tilde{R} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mm} \end{bmatrix}, \quad \text{并且 } r_{ij} \text{ 满足下列条件:}$$

$$1) r_{ij} = 0, \quad j = 1, 2, \dots, m$$

2) $r_{jk} + r_{kj} = 1, j \neq k, j, k = 1, 2, \dots, m$, 称模矩阵 \tilde{R} 为优先矩阵。 \tilde{R} 还可改变成赋权优先矩阵。即:

$$r_{jk} = \mu_{\tilde{R}(u_j, u_k)} = \sum_{i=1}^n a_i \mu_{L_i}(u_j, u_k)$$

式中, a_i 为意见 L_i (特征指标 v_i) 的权数, 且

$$\sum_{i=1}^n a_i = 1。$$

取 $\lambda = 0.5$, 对赋值优先矩阵 \tilde{R} 进行截割, 得 0.5 —截矩阵 $R_{0.5}$, 令 M_i 表示 $R_{0.5}$ 第 i 行中元素为 1 的个数, 或将 $R_{0.5}$ 的元素相加为 $M_i, i = 1, 2, \dots, n$ 。最后, 按 $M_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 的大小对 U 中元素进行排序。

2 确定最佳基本炮阵地问题举例

在选择基本炮阵地时, 往往要综合考虑战术价值、地形防护条件、数量和布局等多种因素, 使它们构成一个合理的动态防御体系, 从而达到机动灵活、应变能力强的目的。但就营的单个基本炮阵地

的选择而言, 只需考虑战术价值和地形防护条件即可, 即基本炮阵地必须在战术地位重要, 敌必攻我必守, 与整个防御体系安危相关的地域, 同时还必须选择在地形险隘、易守难攻、地形对防御有利且处于我能实施有效火力保护的地方。影响防御时机基本炮阵地选择的主要因素包括:

u_1 : 距主要防御方向近。显然距离越近, 火力控制作用越强。

u_2 : 纵向位置适当, 即基本炮阵地与支援部队前沿的距离看来适当。可见最佳距离是一个适中值。一般说来, 团在第一梯队营防御地域的要点距离前沿 \times 米左右为好, 纵深防御要点距纵深梯队前沿 \times 米左右为好。

u_3 : 便于瞰制主要防御方向的通视率的权平均值更高, 因为基本炮阵地是一线展开的, 当然应该考虑各炮对主要防御方向的通视情况, 这样就有利于防止敌人对炮阵地的偷袭。

u_4 : 阵地前沿需要易守难攻, 比较高大。

u_5 : 依托性好, 基本炮阵地是炮兵分队实施防御作战压制敌有生力量的重要依托。一般说来, 在炮阵地地域内, 可供依托的隐蔽物面积大, 炮阵地的依托性就好。

u_6 : 阵地上地势平坦, 便于机动, 炮兵的战场生存力强, 炮阵地要有足够数量且质量较高的机动的大路、适于炮手和火炮隐蔽的掩体、工事, 以便实施机动, 并具备有效的火力防护手段。

例如, 在某炮兵群在某次坚固阵地防御作战中, 前沿防御要点的选择及初始数据 (已换算为准则值) 如表 1。

由于各个因素对炮阵选择的影响程度不同, 其相应的权重数也就不同。记权重集为 A , 则:

$$A = \{0.24, 0.18, 0.18, 0.12, 0.12, 0.16\}$$

由于不同因素的准则值有不同的量纲, 且基本炮阵地对不同因素准则值的要求也大不一样, 不便于排序。故需统一标准和要求, 将准则值化为效用值。其方法是:

$$\text{当准则值越大越好时, 效用值} = \frac{\text{准则值}}{\text{最大准则值}},$$

因素 u_3, u_4, u_5 都属于这种情形。

$$\text{当准则值越小越好时, 效用值} = \frac{\text{最大准则值}}{\text{准则值}},$$

因素 u_1 属于这种情形。

当准则值适中最好时:

$$\text{效用值} = \frac{\text{适中值}}{\text{适中值} + |\text{准则值} - \text{适中值}|}, \text{ 因素 } u_2$$

属于这种情形。

当准则值是定性指标时, 可按定性指标规定的标准确定其效用值, 对 u_6 的定性标准“好、中、差”的效用值规定为 1、0.75、0.5。

利用上述方法, 将准则值表 1 化为效用值表 2。

表 1 前沿防御要点的选择及初始数据准则值

因素	备选方案				
	3 号阵地 x_1	5 号阵地 x_2	7 号阵地 x_3	9 号阵地 x_4	11 号阵地 x_5
u_1 距离防御方向 (m)	8 570	12 750	11 420	11 420	12 200
u_2 距前沿 (m)	3 000	7 500	13 700	22 500	12 000
u_3 通视率	0.34	0.23	0.39	0.36	0.29
u_4 比高(m)	85	98	46	95	116
u_5 依托纵深 (m)	1 500	1 688	1 258	1 654	1 987
u_6 天然屏障、机动性能	中	好	差	好	差

表 2 前沿防御要点的选择及初始数据效用值

因素	备选方案				
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
u_1	1	0.67	0.75	0.75	0.70
u_2	0.57	0.73	0.92	0.53	1
u_3	0.87	0.59	1	0.92	0.74
u_4	0.73	0.84	0.40	0.82	1
u_5	0.75	0.85	0.63	0.83	1
u_6	0.75	1	0.5	1	0.5

由表 2 得:

$$\begin{aligned} X^{(1)} &= (x_1, x_3 = x_4, x_5, x_2) & X^{(2)} &= (x_5, x_3, x_2, x_1, x_4) \\ X^{(3)} &= (x_3, x_4, x_1, x_5, x_2) & X^{(4)} &= (x_5, x_2, x_4, x_1, x_3) \\ X^{(5)} &= (x_5, x_2, x_4, x_1, x_3) & X^{(6)} &= (x_2 = x_4, x_1, x_3 = x_5) \end{aligned}$$

1) 方法 1: 采用评分法, 首先求备选方案集 X 中, 每一个元素的 Borda 数:

$$\text{因为: } B(x_1) = 0.24 \times 3 + 0.18 \times 1 + 0.18 \times 2 + 0.12 \times 1 + 0.12 \times 1 + 0.16 \times 2 = 1.82$$

$$B(x_2) = 0.18 \times 2 + 0.12 \times 3 + 0.12 \times 3 + 0.16 \times 3 = 1.54$$

$$B(x_3) = 0.24 \times 2 + 0.18 \times 3 + 0.18 \times 4 = 1.74$$

$$B(x_4) = 0.24 \times 2 + 0.18 \times 3 + 0.12 \times 3 + 0.12 \times 3 + 0.16 \times 2 = 2.16$$

$$B(x_5) = 0.24 \times 1 + 0.18 \times 4 + 0.18 \times 1 + 0.12 \times 4 + 0.12 \times 4 = 2.1$$

所以, X 元素的 Borda 数的大小顺序为: $2.16 > 2.1 > 1.82 > 1.74 > 1.54$ 。故对应的最优线性序为: $X^* = (x_4, x_5, x_1, x_3, x_2)$ 。即基本炮阵地最好选择在 9 号阵地, 选择在 11 号阵地也可以。

2) 方法 2: 采用布林法, 构造模糊优先度矩阵 因为:

$$r_{12} = 0.24 + 0.18 = 0.42 \quad r_{13} = 0.24 + 0.12 + 0.12 + 0.16 = 0.64$$

$$r_{14} = 0.24 + 0.18 = 0.42 \quad r_{15} = 0.24 + 0.18 + 0.16 = 0.58$$

$$r_{23} = 0.12 + 0.12 + 0.16 = 0.4$$

$$r_{24} = 0.18 + 0.12 + 0.12 + 0.16 \times 0.5 = 0.5$$

$$r_{25} = 0.16 \quad r_{34} = 0.24 \times 0.5 + 0.18 + 0.18 = 0.48$$

$$r_{35} = 0.24 + 0.18 + 0.16 \times 0.5 = 0.5$$

$$r_{45} = 0.24 + 0.18 + 0.16 = 0.58$$

所以:

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0.42 & 0.64 & 0.42 & 0.58 \\ 0.58 & 1 & 0.44 & 0.5 & 0.16 \\ 0.36 & 0.5 & 1 & 0.48 & 0.5 \\ 0.58 & 0.46 & 0.52 & 1 & 0.58 \\ 0.42 & 0.84 & 0.5 & 0.42 & 1 \end{bmatrix}, \quad R_{0.5} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

按行相加, 得分向量 $M^T = (3, 3, 3, 4, 3)$, 其对应的最优线性序 $X^* = (x_4, x_1 = x_2 = x_3 = x_5)$, 结果与方法 1 基本相同, 即基本炮阵地选择在 9 号阵地为好。

如果要在 3 号阵地、5 号阵地、7 号阵地或 11 号阵地选择出一个的话, 或者一定要确定出备选方案集 x 中的元素它们的优劣顺序, 则可在 R 中计算。

$$\sum_{j=1}^5 r_{1j} = 1 + 0.42 + 0.64 + 0.42 + 0.58 = 3.06$$

$$\sum_{j=1}^5 r_{2j} = 0.58 + 1 + 0.44 + 0.5 + 0.16 = 2.68$$

$$\sum_{j=1}^5 r_{3j} = 0.36 + 0.5 + 1 + 0.48 + 0.5 = 2.84$$

$$\sum_{j=1}^5 r_{4j} = 0.42 + 0.84 + 0.5 + 0.42 + 1 = 3.22$$

表 4 信息传输能力两两比较判断

	传输距离	传输速率	通信质量	通信容量	通信时延
传输距离	1	9/7	7/9	8/9	9/6
传输速率	7/9	1	6/9	7/9	9/7
通信质量	9/7	9/6	1	9/8	9/4
通信容量	9/8	9/7	8/9	1	9/5
通信时延	6/9	7/9	4/9	5/9	1

构造出的比较判断矩阵为:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 9/7 & 7/9 & 8/9 & 9/6 \\ 7/9 & 1 & 6/9 & 7/9 & 9/7 \\ 9/7 & 9/6 & 1 & 9/8 & 9/4 \\ 9/8 & 9/7 & 8/9 & 1 & 9/5 \\ 6/9 & 7/9 & 4/9 & 5/9 & 1 \end{pmatrix}$$

显然, A 为一致性正互反矩阵, 选择和积法对单一准则下相对权重进行计算, 特征向量为:

$$W = [0.2055 \quad 0.1701 \quad 0.2664 \quad 0.2293 \quad 0.1287]^T$$

特征值:

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nw_i} = 5.0042$$

计算一致性指标:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = 0.00105$$

当 n=5 时, 查表 RI=1.12, 计算一致性比例为:

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.00105}{1.12} = 0.0009375 < 0.10$$

该判断矩阵的一致性可以接受。指标值和权重都确定之后, 可以用表格形式表示, 便于计算。

5 作战效能的计算

表 5 作战效能计算结果

空间信息 支援下装 甲部队侦 察系统作 战效能 0.7561 [0.6023]	系统抗毁伤能力 (0.2560) 0.7794 [0.6603]	隐藏能力 (0.2252) 0.5[0.5180] 机动能力 (0.3348) 0.9[0.68] 安全防护能力 (0.1527) 0.7[0.592] 快速重组能力 (0.2873) 0.9[0.61]
	信息处理能力 (0.2335) 0.7045 [0.6510]	信息融合能力 (0.2202) 0.7[0.5891] 计算机技术水平 (0.2335) 0.5[0.5] 应用软件技术水平 (0.2560) 0.9[0.9] 情报生成速率 (0.2903) 0.7[0.6]
	信息传输能力 (0.2202) 0.7256 [0.6387]	传输距离 (0.2055) 0.78[0.6758] 传输速率 (0.1701) 0.695[0.6481] 通信质量 (0.2664) 0.74[0.6084] 通信容量 (0.2293) 0.765[0.6563] 通信时延 (0.1287) 0.58[0.4757]
	信息获取能力 (0.2903) 0.7997 [0.4847]	目标发现能力 (0.2864) 0.81[0.531] 目标识别能力 (0.1912) 0.76[0.6080] 目标定位能力 (0.1629) 0.74[0.5988] 侦察探测范围 (0.3594) 0.84[0.6021]

注: 表中圆括号内为指标权重, 方括号内为没有空间信息支援指标值

计算效能值时, 应考虑指标值的融合, 采用分类综合评估常用的融合方法, 通过评估指标的逐层汇总而获得总的评估值。末级指标无量纲化并向上

融合后的结果如表 5。

由计算可得: 空间信息支援下装甲部队作战指挥系统效能值为 0.7561, 没有空间信息支援的装甲部队作战指挥系统效能值为 0.6023。由以上计算可以看出, 在空间信息支援下, 装甲部队的作战效能得到有效提高, 符合评估前的预期。

6 结束语

结果表明, 在空间信息支援下, 装甲部队的作战效能得到了提高, 符合评估前的预期, 对装甲部队侦察系统作战效能研究具有积极意义。但目前还存在体制、编组等诸多问题, 制约了其效能的发挥。

参考文献:

- [1] 常显奇. 军事航天学[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005: 1.
- [2] 王利勇. 军队指挥信息系统研究[M]. 北京: 国防大学出版社, 2003.
- [3] 程启月. 作战指挥决策运筹分析[M]. 北京: 军事科学出版社, 2000.
- [4] 谭跃进, 陈英武, 易进先. 系统工程原理[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 1999.
- [5] 徐学文, 王寿云. 现代作战模拟[M]. 北京: 科学出版社, 2001.

(上接第 22 页)

由 3.22>3.06>2.84>2.68 知, x₅ 应排在 x₄ 后面而在其它之前, 即基本炮阵地最好选择在 9 号阵地, 选择在 11 号阵地也可以。2 种方法得到的结果一致。

3 结束语

在确定最佳基本炮阵地的举例中, 评分法及布林法均属于线性排序的方法, 其中, 评分法先求出备选方案集中每个元素的 Borda 数, 再确定基本炮阵地的位置; 而布林法则先构造模糊优先度矩阵, 再确定基本炮阵地的位置。实例证明, 2 种方法得到的结果一致。根据模糊决策思想, 采用线性排序方法确定出基本炮阵地的位置, 更加方便了决策。

参考文献:

- [1] 赵天翔. 炮兵战术[M]. 北京: 解放军出版社, 2001.
- [2] 吴翎, 等. 数学建模的理论与实践[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 1999.
- [3] 陈之宁. 模糊数学及其军事应用[M]. 北京: 海潮出版社, 2003.
- [4] 张东亮. 弹炮结合武器系统对来袭目标拦截的模糊二元对比排序[J]. 四川兵工学报, 2008(6): 98-100.