

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.10.006

# 基于对抗演练的坦克分队火力分配评价

孟强, 徐克虎, 李科

(装甲兵工程学院 控制工程系, 北京 100072)

**摘要:** 依据战场的实际情况, 总结出评价战场目标价值的指标体系, 建立合理的火力分配模型, 并运用遗传算法找出最优的火力分配方案。依据实际方案与最优方案射击效益的差距对实际方案进行评定, 给出合理的评价结果。实例表明, 该方法科学合理, 易于计算机编程实现, 在战场评价方面具有很好的运用前景。

**关键词:** 火力分配; 遗传算法; 评价

**中图分类号:** O231; N945.16 **文献标识码:** A

## Evaluation of Fire Distribution of Tank Unit Based on Rivalry-Drilling

Meng Qiang, Xu Kehu, Li Ke

(Dept. of Control Engineering, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China)

**Abstract:** The evaluation index system of the target value of battlefield is set up according to the real battlefield environments, establish the math mode of fire distribution, then the optimal scheme of fire distribution is find out by using genetic algorithm, finally evaluate the actual scheme according to the different of the fire benefit between the actual scheme and the optimal one. Then the evaluation result is obtained. Testified by the experiment, this method is scientific, reasonable, easy to program in computer and has a good applying prospect in domain of evaluation about battlefield.

**Keywords:** fire distribution; genetic algorithm; evaluation

### 0 引言

对坦克分队火力分配方案进行评价是分队对抗演练之后的重要工作, 对于评价我坦克分队在对抗中是否充分发挥了所属武器的火力威力, 论证指挥员选择的火力分配方案是否科学合理具有重要意义。依据具体的战场环境, 指挥员可能做出的火力分配方案很多, 故根据当时具体的战场态势找出一个最优的分配方案, 并依据该方案与最优方案的差距对其进行评价。

### 1 最优方案的寻取

#### 1.1 目标价值的确定

确定最优分配方案, 首先应评定每一个目标的战场价值。影响目标价值的因素很多, 主要分为固定型因素和相对型因素。1) 固定型因素是指战场目标在这些因素方面所具有的战场价值是其自身所固有的, 相对于我方任何坦克其在这些因素方面的价值都是相同的, 用  $f_j$  来表示, 其中,  $j$  代表目标编号; 2) 相对型因素是指战场目标在这些因素方面所具有的战场价值相对于我方不同的坦克是不同的, 用  $r_{ij}$  来表示, 其中,  $i$  为我方作战单元编号,  $j$  为目标编号。依据上述分类, 建立目标价值的评估指标体系如图 1。

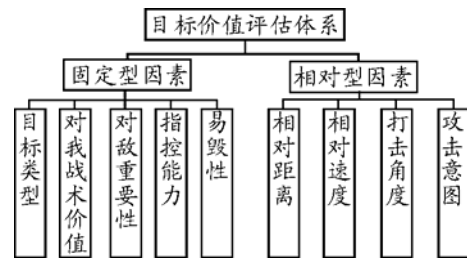


图 1 战场目标价值评估体系

根据图 1, 目标固有价值与相对价值的计算依据参考文献[1]的方法。

各目标的相对总价值  $v_{ij} = \frac{f_j + r_{ij}}{2}$ , 其中,  $r_{ij}$  为敌方目标  $j$  相对于我方作战单元  $i$  的相对价值,  $f_j$  表示敌方目标  $j$  的固有价值,  $v_{ij}$  为敌方目标  $j$  相对于我方作战单元  $i$  总的战场价值。

#### 1.2 毁伤概率的确定

我方坦克对各目标的毁伤概率需要综合考虑我坦克与目标的距离、速度、射角、高差以及我坦克所选择的弹种等因素, 其具体的确定方法可以查阅参考文献[2]和[3]。

#### 1.3 分配模型的确定

坦克分队单个作战单元的射击准则很多, 主要有毁伤目标期望值最大准则与目标战场价值最大准

收稿日期: 2010-04-14; 修回日期: 2010-05-24

作者简介: 孟强 (1986-), 男, 山西人, 硕士研究生, 从事作战评估与军事仿真研究。

则, 但在实际的战场环境中, 我方坦克毁伤期望值最大的目标也许其战场价值并不大, 而对于我方某坦克战场价值最大的目标, 也许我坦克对其毁伤的期望值却很小, 综合以上两方面原因, 定义我坦克分队各作战单元对各目标射击的射击效益为  $c_{ij} = v_{ij} p_{ij}$ , 其中,  $p_{ij}$  为第  $i$  个作战单元打击第  $j$  个目标的毁伤概率。依据分队射击效益最大为火力分配准则, 得坦克分队的火力分配模型为:

$$\begin{aligned} \max S &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \\ \text{s.t.} \quad &\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1 \quad i=1, 2, \dots, n \\ &x_{ij} = 1, 0 \end{aligned} \quad (1)$$

其中,  $x_{ij}$  为决策变量, 当第  $i$  个作战单元打击第  $j$  个目标时,  $x_{ij} = 1$ ; 否则,  $x_{ij} = 0$ 。约束条件表示某时刻第  $i$  个作战单元只能打击一个目标,  $n$  和  $m$  分别为坦克分队作战单元的总数与目标总数。

#### 1.4 求解最优方案

坦克分队的火力分配是一个多目标决策问题, 一般算法难以实现, 在当前诸多的智能算法中, 遗传算法模仿自然选择和进化在高维空间中寻优<sup>[4]</sup>, 可以找到更优点, 能较好地解决打击多个目标的火力分配问题。故运用遗传算法来求解最优方案:

1) 编码和生成初始种群。首先, 由计算机按随机方法通过伪随机数产生  $N$  个个体 ( $N$  为群体规模, 表示  $N$  种火力分配方案) 组成初始群体, 其中, 每个染色体串长度为待分配打击目标的作战单元数量  $n$ , 每一个基因座代表一个作战单元, 等位基因是该作战单元实施打击的战场目标, 这样, 每一个染色体就代表一种分配方案。例如, 某一染色体串为“214352”, 表示共有 6 个作战单元, 第 1 个作战单元打击第 2 号目标, 第 2 个作战单元打击第 1 号目标, 其余作战单元的打击目标依此类推。

2) 适应度函数的计算与选择操作。直接用待求解的目标函数  $f(x)$  转化为适应度函数  $fit(f(x))$ , 即:  $fit(f(x)) = f(x)$ , 适应度函数大的个体表示其更能适应环境, 计算出种群内各个生物个体的适应度函数值, 以  $F(x_i) = \frac{f(x_i)}{\sum_{i=1}^N f(x_i)}$  为选择生物个体的概

率, 对每个生物个体进行选择, 选中的生物个体将进行配对繁殖, 产生下一代的生物个体, 适应度高

的个体被选择进行繁殖的概率较高, 适应度低的个体被淘汰的概率较高。经选择, 适应度高的个体的优良特性得以遗传和保留, 得到的第二代种群的平均适应度将比第一代有所提高。

3) 交叉操作。交叉是指 2 个相互配对的染色体按某种方式相互交换其部分基因, 从而形成 2 个新的个体。新个体将继承父代的基本特征。采用单点交叉方式, 在个体基因串中随机设定一个交叉点。实行交叉时, 该点前或后的 2 个个体的部分结构进行互换, 并生成 2 个新的个体。

4) 变异操作。变异是以较小的概率对个体编码串上的某个或某些位置进行改变, 使遗传算法具有局部的随机搜索能力。突变发生在哪个染色体上以及在染色体上的哪个部位点都是由计算机随机确定的。突变操作的目的是使遗传算法维持群体多样性, 以防止出现未成熟收敛现象。此外, 当遗传算法通过交叉算子已接近最优解邻域时, 利用变异算子的这种局部随机搜索能力可以加速向最优解收敛。

通过上述操作将得到的新一代群体代替上一代群体, 然后回到步骤 2, 如此迭代下去, 直到找到满意个体或达到一定的迭代次数后, 选取适应度最高的个体, 便认为是最优的火力分配方案, 其对应的效益值  $S_{\max}$  便是最大的效益值。

## 2 火力分配的评价

将坦克分队实际的火力分配方案代入式 (1), 得到的效益值为  $S_r$ , 用下式对其进行评价:

$$D = \frac{S_{\max} - S_r}{S_{\max}} \quad (2)$$

评价标准制定范围如表 1。

表 1 评价等级与对应的取值范围

评价等级	优秀	良好	中等	合格	不合格
D 的取值范围	0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~1

## 3 应用举例

在某次坦克分队对抗演练中, 红蓝双方各出 10 辆坦克参战, 对抗过程中红方的火力分配矩阵如表 2, 现需对红方的火力分配情况进行评价, 具体的解决方法及步骤如表 2。

1) 根据战场环境, 按照 1.1 中所述的方法, 得到蓝方各目标的战场价值矩阵如下:

v=	0.95	0.61	0.05	0.01	0.83	0.19	0.49	0.72	0.79	0.13
	0.23	0.79	0.35	0.74	0.01	0.68	0.89	0.31	0.95	0.01
	0.61	0.92	0.81	0.45	0.68	0.30	0.82	0.83	0.52	0.89
	0.48	0.73	0.01	0.93	0.37	0.54	0.64	0.56	0.88	0.19
	0.89	0.17	0.13	0.46	0.83	0.15	0.81	0.37	0.17	0.29
	0.76	0.41	0.20	0.42	0.50	0.69	0.66	0.70	0.97	0.66
	0.45	0.93	0.19	0.84	0.71	0.37	0.34	0.54	0.27	0.28
	0.01	0.91	0.60	0.52	0.42	0.86	0.28	0.44	0.25	0.46
	0.82	0.41	0.27	0.20	0.30	0.85	0.34	0.69	0.87	0.06
	0.56	0.89	0.19	0.67	0.19	0.59	0.53	0.62	0.73	0.98

表 2 红方火力分配表

作战单元	目标编号									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

2) 依据 1.2 所述的方法, 得到红方对蓝方的毁伤矩阵如下:

p=	0.45	0.38	0.32	0.75	0.31	0.19	0.89	0.24	0.78	0.13
	0.39	0.05	0.84	0.18	0.16	0.33	0.23	0.48	0.07	0.31
	0.97	0.17	0.39	0.01	0.05	0.67	0.62	0.56	0.31	0.44
	0.54	0.94	0.38	0.21	0.58	0.79	0.02	0.78	0.69	0.50
	0.09	0.01	0.78	0.53	0.60	0.58	0.94	0.39	0.21	0.54
	0.25	0.97	0.99	0.99	0.69	0.86	0.24	0.20	0.85	0.24
	0.36	0.23	0.64	0.32	0.37	0.52	0.95	0.61	0.21	0.42
	0.91	0.05	0.45	0.26	0.24	0.96	0.86	0.02	0.71	0.50
	0.62	0.78	0.93	0.25	0.84	0.13	0.37	0.15	0.27	0.65
	0.30	0.36	0.25	0.19	0.80	0.14	0.54	0.55	0.48	0.61

3) 依据 1.4 所述遗传算法, 进行 Matlab 编程, 得到最优的火力分配方案以及最大效益值如表 3。

表 3 最优分配方案

作战单元	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
目标编号	9	3	1	2	7	9	8	6	1	10

最大的效益值为  $S_{\max} = 6.10$ 。其中, 图 2 为经过 100 次迭代后的优化解的目标函数值及性能跟踪图, 从图 2 中可以看出: 运用遗传算法求解的最优个体的适应度与各种群的平均适应度都逐渐增大, 最后趋于平稳, 说明了该方法求解最优解的稳定性与可行性。

4) 将实际的火力分配方案代入式 (1) 得  $S_r = 3.21$ 。

5) 依据式 (2) 得到最终的评价值为  $D = 0.47$ , 相应的等级评价语言为不合格。

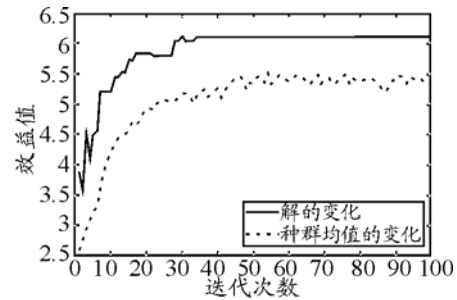


图 2 遗传算法优化解的目标函数值及性能跟踪图

经分析可知, 红方之所以被评定为不合格, 是因为红方在分配火力时只考虑了目标价值, 而没有考虑本身作战单元对目标的毁伤期望, 如红方令 3、6、7 号作战单元打击 2 号目标, 由目标价值矩阵可知, 2 号目标对这三个作战单元的目标价值都很大, 但是依据毁伤矩阵, 经计算, 这三个作战单位对二号目标总的毁伤概率才为 0.41, 而最优方案仅由 4 号作战单元一个单元打击二号目标的毁伤概率就达到了 0.94。可见, 红方的在火力分配中存在较大的失误, 因此评定其为不合格。对抗演练结果: 红方失败。这也在一定程度上验证了对其评定结果合理性。

#### 4 结束语

该研究的创新点包括: 1) 将战场目标价值分为固有价值与相对价值, 更加贴近战场态势, 符合战场的真实情况; 2) 在利用遗传算法寻找火力分配最优方案时, 运用的编码方式巧妙地解决了寻找优化参数过程中的约束问题, 简化了寻优过程, 减少了计算机编程的复杂性。除此之外, 遗传算法是一种概率搜索算法, 它每次运行不一定都能求出一个确定最优解, 但它一定能求出一个全局比较好的解, 因此, 所建立的坦克分队火力分配评价模型科学合理。该研究对我坦克分队战后评价总结具有重要意义, 对坦克分队训练仿真系统和射击指挥自动化系统中火力分配评价模块的建立也具有一定的参考价值。

#### 参考文献:

- [1] 杨建兵, 李大鹏, 王忠义, 等. 线性规划在火力分配辅助决策中的应用[J]. 高校应用数学学报, 2004, 19(4): 550-560.
- [2] 陶国华. 九六式坦克分队岛屿山地进攻战斗火力运用研究[D]. 郑州: 解放军信息工程大学, 2005.
- [3] 李天勇, 杜涛, 于振冰. 88B 坦克分队与 M60A3 坦克分队随机火力对抗[J]. 火力与指挥控制, 2004, 29(1): 32-34.
- [4] 陈国良. 遗传算法及应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1996.
- [5] 钟晓声, 李应歧. 一种基于遗传算法的防空导弹火力分配优化方法[J]. 四川兵工学报, 2009(7): 20-23.