文章编号: 1001- 2486(2003) 06- 0056- 06

坦克会战中动态武器—目标分配问题求解方法*

王正元, 谭跃进
(国防科技大学人文与管理学院, 湖南 长沙　410073)

摘　要: 动态武器—目标分配(DWTA) 是坦克会战中取得战斗胜利的关键。建立了坦克战中 DWTA 模型, 并提出了它的一种简单求解方法。实验结果表明求解方法是有效的。

关键词: 武器目标分配; 动态武器目标分配; NP 问题; 坦克战
中图分类号: TP301　　文献标识码: A

A Solution to Dynamic Weapon-target Assignment in the Tank Warfare

WANG Zheng-yuan, TAN Yue-jin
(College of Humanities and Management, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: It is crucial that how to accomplish dynamic weapon-target assignment (DWTA) efficiently to win the tank warfare. A model of DWTA in tank warfare is built and also a simple solution to it is proposed. The experiment results show that the solution is valid.

Key words: WTA; DWTA; NP; tank warfare

武器 —目标分配问题(Weapon-Target Assignment, WTA) 的基本提法是 W 个武器平台受到 T 个目标(一种具备攻击能力的武器) 的攻击, 第 j 个目标对第 k 个武器平台的毁伤概率是 p_{kj}。第 k 个武器平台的重要性为 w_k, 并且有 m_k 件武器可用于防御, 它的第 i 件武器对第 j 个目标的毁伤概率是 γ_{kij}。在对第 j 个目标进行还击时最多使用 W 个武器平台上的 n_j 件武器。WTA 求解目标就是确定武器分配方案, 使得己方损失最少, 问题描述如下[1]:

$$\min\left\{\sum_{k=1}^{W} w_k \prod_{j=1}^{T}\left[p_{kj}\prod_{i=1}^{m_k}(1-\gamma_{kij})^{x_{kij}}\right]\right\} \tag{1}$$

$$\sum_{j=1}^{T}\sum_{i=1}^{m_k} x_{kij} \leqslant m_k, \quad k = 1, 2, \ldots, W \tag{2}$$

$$\sum_{k=1}^{W}\sum_{i=1}^{m_k} x_{kij} \leqslant n_j, \quad j = 1, 2, \ldots, T \tag{3}$$

$$\sum_{k=1}^{W}\sum_{j=1}^{T}\sum_{i=1}^{m_k} x_{kij} = \sum_{k=1}^{W} m_k \tag{4}$$

$$x_{kij} \in \{0, 1\}, \quad 1 \leqslant k \leqslant W; 1 \leqslant j \leqslant T; 1 \leqslant i \leqslant m_k \tag{5}$$

WTA 问题可分为静态武器目标分配问题(SWTA) 和动态武器目标分配问题(DWTA)[2, 3, 12]。SWTA 问题只进行一次分配, 如来袭武器(目标) 是导弹; 多个阶段都进行分配则是 DWTA 问题, 如坦克会战过程中, 一个坦克群往往对另一个坦克群发动多次攻击。

武器目标分配(WTA) 问题是一种 NP 问题[4]。较好的 WTA 方案可以大大提高作战防御的效率, 减少己方损失, 增大毁伤效果, 因此 WTA 问题求解在军事上具有重要意义, 国内外对这一问题进行了不

* 收稿日期: 2003- 04- 08
基金项目: 国家部委基金资助项目
作者简介: 王正元(1971—), 男, 讲师, 博士生。

同程度的研究[1~12]。虽然 WTA 问题是从防御作战中抽象出来的, 如空战中的防御作战[5]、弹道导弹防御战[6]、海战[7~12] 等, 但是对具有战斗力的目标进攻时进攻方如何选择目标也可以抽象为 WTA 问题。从查到的文献来看, 这一类问题的求解方法有神经网络方法[1,7]、蚁群算法[8,9]、遗传算法[12] 等。由于作战过程中分秒必争, 因此求解时间过长的方法并不适于对抗剧烈的战斗。

1 坦克会战中 WTA 问题

坦克会战过程是一个对抗的过程, 在作战中尽量做到保存自己、消灭敌人, 即尽量减少己方损失而增大敌方损失。在文献[13] 考虑了敌方坦克对己方构成不同程度威胁时选择目标的问题, 主要考虑了一次开火中最大限度减少己方受到的威胁、歼灭敌人。实际上, 坦克作战存在多次交锋, 为了更好地歼灭敌人, 有时主动制造己方坦克群围歼小股敌人的态势, 这时要全面考虑双方坦克的抗毁性能、炮弹的命中、毁伤概率等。为便于问题分析, 假设如下:

- 作战双方为红方、蓝方, 红方坦克是同一类型的; 蓝方坦克也是同一类型的;
- 红、蓝双方的任务都是歼灭对方;
- 蓝方有 T 辆坦克, 每辆坦克最多配备 N 发炮弹; 如果 k 发炮弹击中目标, 则前 $(k-1)$ 发炮弹没摧毁目标而第 k 发炮弹能摧毁的概率为 $p_k(k=1,\cdots,U_b)$;
- 红方有 W 辆坦克, 每辆坦克最多配备 M 发炮弹; 如果 k 发炮弹击中目标, 则前 $(k-1)$ 发炮弹没有摧毁目标而第 k 发炮弹能摧毁的概率为 $q_k(k=1,\cdots,U_r)$;
- 蓝方任意一辆坦克能够攻击红方所有坦克, 红方任意一辆坦克也能攻击蓝方所有坦克。

蓝方全面攻击红方坦克, 即尽可能多地攻击红方不同坦克。怎样确定红方坦克的防御策略使得红方坦克损失最小、蓝方坦克消耗最大?这种 DWTA 问题可以描述如下:

蓝方第一次用 T 辆坦克对红方的坦克开火, 以后开火的坦克为具有攻击能力(有炮弹和火力攻击能力) 的坦克, 那么红方坦克 j 在蓝方首轮打击中生存概率为

$$f_{1j}=\prod_{k=1}^{T}(1-p_1)^{x_{jk}} \tag{6}$$

其中,

$$[T/W]\leqslant\sum_{k=1}^{T}x_{jk}\leqslant[T/W]+1,\quad j=1,2,\cdots,W \tag{7}$$

$$\sum_{j=1}^{W}\sum_{k=1}^{T}x_{jk}=T,\quad \sum_{j=1}^{W}x_{jk}=1,\quad k=1,2,\cdots,T \tag{8}$$

$$x_{jk}\in\{0,1\},\quad j=1,2,\cdots,W;\ k=1,2,\cdots,T \tag{9}$$

由于蓝方坦克的任务是歼灭红方, 未被摧毁的坦克受到攻击次数不一样, 可以利用摧毁余下坦克所需弹药来评价结果, 令目标函数为

$$\max z=S_R-S_B \tag{10}$$

其中, S_B 为歼灭蓝方剩余坦克平均所需弹药, S_R 为歼灭红方剩余坦克平均所需弹药。假设蓝方剩余坦克中, 中弹数为 k 的坦克数量为 $s_k(k=0,1,\cdots,U_b-1)$, 则

$$S_B=\sum_{i=0}^{U_b-1}s_i\sum_{j=i+1}^{U_b}(j-i)p_j\prod_{k=i+1}^{j-1}(1-p_k) \tag{11}$$

假设红方剩余坦克中, 中弹数为 k 的坦克数量为 $t_k(k=0,1,\cdots,U_r-1)$, 则

$$S_R=\sum_{i=0}^{U_r-1}t_i\sum_{j=i+1}^{U_r}(j-i)q_j\prod_{k=i+1}^{j-1}(1-q_k) \tag{12}$$

目标函数式(10) 与式(1) 不一样, 主要是因为蓝方作战任务是要歼灭红方, 战斗最后结果是红方全部被歼灭或者蓝方全部被歼灭。当蓝方全部被歼灭时要求红方损失最小, 而红方全部被歼灭时, 希望蓝方消耗最大。

按照“对于人, 伤其十指, 不如断其一指; 对于敌, 击溃其十个师, 不如歼灭其一个师”[14] 的歼灭战原则, 红方采用战法“拣弱的打”[15]、“敲牛皮糖”[15] 攻击蓝方, 优先选择中弹数较多的目标。由于问题复

杂, 先不考虑命中精度的影响, 根据进攻炮弹摧毁目标的方式把问题分为三种类型: 确定数目炮弹摧毁一辆坦克的 DWTA 问题; 炮弹随机(按照一定概率) 摧毁坦克, 多发炮弹攻击无累积效应的 DWTA 问题; 炮弹随机摧毁目标, 有累积效应的 DWTA 问题。为了便于比较, 假设作战双方的坦克类型单一。

1.1 确定数目炮弹摧毁目标的 **DWTA** 问题

如果至少 m 发炮弹才能摧毁一辆坦克, 那么最佳策略是同时使用 m 辆坦克攻击一辆坦克。即使蓝方坦克多于红方坦克, 红方最佳的策略还是同时使用 m 辆坦克攻击一辆坦克。

例 1 假设红、蓝方各有坦克 10 辆, 一辆坦克被攻击 2 发炮弹就被彻底摧毁, 蓝方坦克对红方坦克采取全面进攻的方式展开攻击, 而红方则是在一次攻击中集中兵力逐个击破, 交战结束条件为参战一方全部被歼灭。交战结果为: 第一轮攻击后, 红方坦克都被击中一次, 蓝方 5 辆坦克被毁; 第二轮攻击后, 红方还有 5 辆坦克, 蓝方坦克全被歼灭, 蓝方失败。

1.2 炮弹随机摧毁目标且无累积效应的 **DWTA** 问题

炮弹攻击没有累积效应, 就是无论坦克以前是否受到攻击, 一发炮弹摧毁一辆坦克的概率相同。这时最好的打击策略是尽可能攻击不同目标。

例 2 如果一发炮弹摧毁一辆坦克的概率是 0.5, 蓝方坦克 16 辆, 红方坦克 16 辆, 蓝方对红方全面进攻, 红方以 2 辆坦克迎击蓝方一辆坦克。各个批次交战结果如表 1 所示。

表 1 无累积效应随机摧毁目标时红、蓝双方实力变化情况

Tab.1 Strength transformation of the red and blue side under target damaged randomly without accumulated effect

交战批次	红方剩余坦克数	蓝方剩余坦克数
1	8	10
…	…	…
4	0	5

如果红方以 4 辆坦克迎击蓝方一辆坦克, 则以蓝方还有 9 辆坦克、红方全军覆灭告终。这表明不考虑炮弹给坦克造成的累积毁伤效应时, 如果红方兵力不超过蓝方兵力, 那么具备攻击能力的坦克尽可能攻击不同的坦克是最为有效的攻击方法; 如果超过蓝方兵力($W > T$), 则蓝方每辆坦克最少受到 $[W/T]$ 辆坦克攻击, 最多受到$[W/T+1]$ 辆坦克攻击。

1.3 炮弹随机摧毁目标且有累积效应的 **DWTA** 问题

炮弹以一定概率摧毁目标、多次打击有累积效应时, 炮弹摧毁目标的条件概率为 p_k, $p_{k+1} > p_k$, 且 $p_m = 1$, 即一辆坦克共受到 m 发炮弹攻击后必然被摧毁。蓝方坦克最好的打击策略与 m、$p_k(k=1, \cdots, m)$ 有关。为便于描述, 这里的打击策略用一个向量表示:

$$\alpha = (v_0, v_1, \cdots, v_{m-1}) \tag{13}$$

其中, m 为摧毁一个目标使用炮弹数的上确界, $v_k(k = 0, 1, \cdots, m-1)$ 表示目标受到 k 发炮弹攻击后没有被摧毁、再次受到攻击的炮弹数, $v_k \in \{0, 1, \cdots, m-k\}$ 当且仅当 $v_k > 1$ 时, $v_j = 0(j = k+1, \cdots, k+v_k-1)$, 其他情况下 $v_k > 0$, 并且 $\sum_{k=0}^{m-1} v_k = m$。

如果作战双方兵力相同、使用武器的质量相同, 这时存在一个策略 α, 无论对方采用什么打击策略 β 都不能获胜, 这样的策略 α 称为最优打击策略。在 2.3 节阐明怎样求取最优打击策略, 这里先说明有了打击策略后计算交战结果的方法。

如果知道初始兵力, 摧毁一辆坦克所需炮弹数的上确界 m, 炮弹摧毁目标的条件概率 p_k, 打击策略 $\alpha = (\alpha_0, \cdots, \alpha_{m-1})$, 那么双方的实力(平均值) 变化情况可以逐步计算出来。假设几次交战后进攻方有 r 辆坦克用于攻击, 防御方未毁坦克数分别为$(s_0, \cdots, s_{m-1})$, 在新一轮打击后防御方的实力可以按照下列步骤计算:

第一步: $d = 0, i = m-1$;

第二步: 如果 $\alpha_i = 0$ 或 $s_i = 0$, 则转第四步; 否则, $p = \prod_{k=i}^{i+\alpha_i-1}(1-p_{k+1})$, $t = r/\alpha_i$;

第三步: 如果 $t < s_i$, 则

$$s_{i+\alpha_i} = s_{i+\alpha_i} + t \times p \tag{14}$$

$$s_i = s_i - t, \quad r = 0 \tag{15}$$

计算完毕, 退出; 否则

$$s_{i+\alpha_i} = s_{i+\alpha_i} + s_i \times p \tag{16}$$

$$r = r - s_i \times \alpha_i, \quad s_i = 0, \quad d = 1 \tag{17}$$

第四步: $i = i - 1$。当 $i < 0$ 时, 如果 $d = 0$, 则计算完毕, 退出; 否则转第一步。

例 **3** 红蓝双方各有坦克 **100** 辆, $U_b = U_r = 3$, $p_k = q_k$, $\{p_1, p_2, p_3\} = \{0.1, 0.22, 1.0\}$。蓝方使用策略(1, 1, 1) 对红方全面展开攻击, 红方采用不同打击策略(共 4 种), 结果如表 2 所示。

表 **2** 有累积效应随机摧毁目标时红、蓝双方交战结果

Tab. 2 Engagement results between the red and blue side under target damaged randomly with accumulated effect

序号	打击策略	获胜方	中弹量不同且未被摧毁坦克的数量			$\max z = S_R - S_B$
			0	1	2	
1	(1, 1, 1)	平局	0	0	0	0
2	(1, 2, 0)	红方	0	0	15	15
3	(2, 0, 1)	红方	0	5	14	22
4	(3, 0, 0)	红方	0	23	4	45

1.4 考虑炮弹命中概率、累积效应、随机摧毁目标的 DWTA 问题

如果考虑命中概率, 那么发射 m 发炮弹不一定有 m 发炮弹命中目标。考虑命中概率和累积效应时随机摧毁目标的 DWTA 问题, 直接利用不考虑命中概率的最优打击策略将产生一个问题: 有些受到一定数目炮弹攻击但是没被摧毁的坦克将不再受到攻击。例如, 打击策略为(2, 0, 1), 如果一个目标已受到一发炮弹的攻击, 按照打击策略不会再分配武器攻击它。因此, 考虑命中概率后最优的打击策略应该满足: 已经受到任意 $k(k < m)$ 发炮弹攻击但是还没被摧毁的目标, 在接下来的攻击中受到攻击的炮弹数是最优的(不考虑命中概率、只考虑毁伤概率的情况下)。

最优打击策略求解步骤在 2.3 节阐明, 给定打击策略后兵力分配方法与 1.3 节相同。

2 坦克战中 DWTA 的求解

对于坦克战中的 DWTA 问题, 求解的目标就是求得一个策略, 使得按照这个策略打击敌人能够处于不败之地。首先, 确定不考虑命中概率、摧毁一辆坦克最多需要 m 发炮弹时所有可能的策略数; 然后确定不考虑命中概率时最优策略的求解方法; 最后确定考虑命中概率时最优策略的求取方法。

2.1 不考虑命中概率时打击策略的总数

不考虑命中概率, 只考虑炮弹的毁伤概率(即命中概率为 1.0) 时, 打击策略的总数与需要炮弹数的上确界 m 有关。

定理 **1** 摧毁一个目标所需炮弹数的上确界为 m, 则打击策略总数为 2^{m-1}。

证明: 用数学归纳法证明。$m = 1$ 时, 打击策略为(1), 策略总数为 1, 命题成立。$m = 2$ 时, 打击策略为(2, 0)、(1, 1), 策略总数为 2, 命题成立。假设 $m = k$ 时命题成立, 即 $m = k$ 时策略数为 $f(k) = 2^{k-1}$。$m = k + 1$ 时打击策略数 $f(k+1)$ 由下列关系确定:

对于一类打击策略, 如果第一次射击炮弹 $x(1 \leqslant x \leqslant k+1)$ 发, 其余$(k+1-x)$ 发炮弹的打击策略总数为 $f(k+1-x)$, 那么这一类打击策略共有 $f(k+1-x)$ 种打击策略; 如果第一次发射了$(k+1)$ 发炮弹, 只有一种策略, 可设 $f(0) = 1$, 则

$$f(k+1) = \sum_{j=1}^{k+1} f(k+1-j) = \sum_{j=0}^{k} f(j) = 1 + \sum_{j=1}^{k} 2^{k-1} = 2^k$$

因此 $m = k + 1$ 时命题也成立。所以, 不考虑命中概率时策略数为 2^{m-1}, 命题成立。

2.2 不考虑命中概率时最优策略的求解方法

为了便于研究, 求取最优打击策略时, 假设参战双方的兵力组成完全相同, 即兵力数量与质量都相同。利用最优打击策略的特性, 将当前最好的策略分别与其他策略比较, 就能求得不考虑命中概率时的

最优打击策略。

定理**2** 若打击策略是 m 维向量,逐个比较法求取最优打击策略最多需要作 $m(m-1)/2$ 次比较。

证明:最优打击策略 $\alpha=(v_0, v_1, \cdots, v_{m-1})$ 是 m 维向量,$v_0 \in \{1, 2, \cdots, m\}$,那么确定 v_0 需要进行$(m-1)$次比较;$v_0 \geqslant 1$,确定 v_1 最多需要进行$(m-2)$次比较;类推可得:确定 v_k 最多需要进行$(m-k-1)$次比较。所以,需要比较的次数最多是 $m(m-1)/2$ 次。按照最优策略的定义(1.3节),最优策略只有一个,因此按照定理2得到的策略是最优策略。

最优打击策略求解步骤如下:

第一步:设置当前最好的打击策略为 $\alpha=(1, 1, \cdots, 1)$, $k=0$;

第二步:令策略 $\beta=\alpha+j\times \boldsymbol{e}_k(j=1, 2, \cdots, m-k)$;

第三步:先调整 β,如果 $v_k>1$,则 $v_{k+j}=0(j=1, 2, \cdots, v_k-1)$。对不同的 j,分别以 α、β 作为交战双方的策略,利用1.3节的方法计算作战结果,得胜方的策略作为当前最优策略 α;

第四步:如果策略 α 中 $v_k>1$,则 $k=k+v_k$;否则 $k=k+1$;

第五步:如果 $k\geqslant m-1$,则 $v_{m-1}=1$,计算结束,退出;否则转第二步。

例**4** 摧毁目标所需炮弹数的上确界为**6**,求不考虑命中概率的最优打击策略。其中摧毁目标的条件概率为$\{p_k\}=\{0.1, 0.22, 0.35, 0.5, 0.7, 1.0\}$。

解:假设最优打击策略为 $\alpha=(1, 1, 1, 1, 1, 1)$,参战双方都有100辆相同的坦克,红方采用策略 α,蓝方采用策略 $\beta=(k, 1, 1, 1, 1, 1)$,其中 $k\in\{2, \cdots, 6\}$。计算交战结果,如果蓝方获胜,则令 $\alpha=\beta$;否则增大 k 值,得到新的 β,继续与 α 比较。现求得 $\alpha=(2, 1, 1, 1, 1, 1)$,由于 α 的第一个元素等于2,所以 $v_1=0$。同样的方法可以确定后面的四个元素,得到最优打击策略为 $\alpha=(2, 0, 1, 1, 1, 1)$。

2.3 考虑命中概率时最优打击策略的求解方法

在1.4节中已经提到,考虑命中概率的打击策略中没有0元素,对于受到一定数目炮弹攻击后还没有被摧毁的目标,后续打击策略(不考虑命中概率的情况下)还是最优的。因此,这种最优打击策略也可以采用逐个比较法求得。和2.2节不同,打击策略是 m 维向量,求取这种最优策略需要比较 $m(m-1)/2$ 次,策略中没有0元素,每一个元素都要求一次,不可能跳过一些元素直接求取后面的元素。具体求解步骤和2.2节相同。

3 求解步骤

求解坦克会战中的DWTA问题的关键是求解最优打击策略。考虑命中概率和毁伤累积效应、随机摧毁目标的DWTA问题求解的具体步骤如下:

第一步:确定己方摧毁敌方一辆坦克需要击中敌方坦克的炮弹数得上确界 m;

第二步:确定己方 $k(k=1, 2, \cdots, m)$ 发炮弹击中敌方坦克、最后一发炮弹摧毁目标的概率,这种概率是考虑炮弹击中坦克不同部位后摧毁它的概率;

第三步:利用第2节的方法求最优打击策略 $\alpha=(c_0, c_1, \cdots, c_{m-1})$;

第四步:利用第1节的方法确定兵力分配方案。

4 实验结果分析

例**5** 红、蓝双方初始坦克数为50、40辆,每辆坦克装弹量分别为30、40发,坦克炮弹命中概率分别为0.5、0.6,摧毁对方一辆坦克最多需要8、6发炮弹,炮弹摧毁对方一辆坦克的条件概率向量分别是(0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 1.0)、(0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 1.0),最优打击策略分别为(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)、(1, 1, 1, 1, 1, 1)。不同策略下交战结果如表3所示。

表 3　不同打击策略下的交战结果

Tab. 3　Result of the engagement under different aggression strategy

红方打击策略	蓝方打击策略	获胜方	剩余兵力总量	剩余兵力分量
(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)	(1, 1, 1, 1, 1, 1)	蓝方	1	(0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0)
(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)	(2, 1, 1, 1, 1, 1)	红方	6	(3, 0, 0, 0, 3, 0)
(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)	(3, 1, 1, 1, 1, 1)	红方	9	(7, 0, 0, 1, 1, 0)
(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)	(4, 1, 1, 1, 1, 1)	红方	13	(11, 0, 0, 1, 1, 0)
(2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)	(1, 1, 1, 1, 1, 1)	蓝方	8	(0, 1, 2, 2, 1, 1, 1, 0)
(3, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)	(1, 1, 1, 1, 1, 1)	蓝方	7	(1, 1, 2, 0, 1, 1, 1, 0)
(4, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)	(1, 1, 1, 1, 1, 1)	蓝方	6	(3, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0)

表 3 中剩余兵力分量用向量表示, 第一个元素表示没有受到炮弹攻击的坦克数, 第二个元素表示只受到一发炮弹攻击但没被摧毁的坦克数, 依次类推。

由表 3 可以看出: 红方采用策略(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1) 时损失最小, 蓝方采用策略(1, 1, 1, 1, 1, 1) 时赢得最多。红方使用不同策略时, 有时蓝方剩余总兵力较少, 但是潜在的战斗力并不小, 这是因为受伤程度较低的坦克较多。使用同样的兵力、不同的打击策略对敌作战得到不同的作战效果: 摧毁敌方坦克数量不一样; 一次攻击后敌方剩余兵力对我方潜在的杀伤能力不一样; 有时剩余兵力相同, 但剩余兵力被毁伤程度不同, 对我方潜在杀伤能力也不同。求解坦克战中的 DWTA 问题, 实质是求一种打击策略, 最快地摧毁敌方对我方的潜在杀伤能力。

5　结 论

坦克与坦克交战过程中出现的武器目标分配(DWTA) 问题有很多个解, 解的数量与摧毁一辆坦克需要击中坦克的炮弹数的上确界 m、发射炮弹命中目标的概率以及选择目标(已受到不同数量炮弹的攻击但没摧毁的目标) 的方式有关。只考虑 m 时就存在 2^{m-1} 种不同的打击策略(打击策略与解有关), 考虑炮弹命中概率和目标选择方式后解空间更大。只考虑炮弹的命中概率、毁伤目标的累积效应时, 坦克会战中 DWTA 问题的最优解包括目标选择方式和打击策略(向已经被不同数量炮弹击中的目标发射炮弹的数目)。交战一方的最优打击策略主要与己方兵力数量、己方坦克命中精度、炮弹的毁伤能力和敌方目标的数量、抗毁能力有关。本文虽然研究的是坦克与坦克作战的 WTA 问题, 结论还可应用到坦克与其他武器系统交战中。

参 考 文 献:

[1]　朱齐丹, 胡绍勇, 等. 解武器 — 目标分配问题的神经网络方法[J]. 哈尔滨工程大学学报, 1997, 18(3): 36 – 41.

[2]　Hosein. The Dynamic Weapon Target Assignment Problem [R]. ADA210442: 1 – 9.

[3]　Hosein. The Dynamic Weapon Target Assignment Problems with Vulnerable C3 Nodes [R]. ADA196449: 1 – 7.

[4]　Lloyd S P, Witsenhausen H S. Weapon Allocation is NP-complete [C]. Proceedings of the IEEE Summer Simulation Conference, 1986.

[5]　Pedersen D, Van Zandt J R, Vogel A L, Williamson M R. Decision Support System Engineering for Time Critical Targeting [R]. http://www.mitre.org/.

[6]　Ballistic Missile Defense [R]. Ballistic Missile Defense Organization, http://www.acq.osd.mil/.

[7]　Smith K A. Neural Networks for Combinatorial Optimization: A Review of More Than a Decade of Research [J]. Informs Journal on Computing, 1999, 11(1): 15 – 34.

[8]　Lee Zne-Jung, Lee Chou-Yuan, Su Shun-Feng. An Immunity-based Ant Colony Optimization Algorithm for Solving Weapon-target Assignment Problem [J]. Applied Soft Computing, 2002, (2): 39 – 47.

[9]　Lee Zne-Jung, Lee Chou-Yuan, Su Shun-Feng. Parallel Ant Colonies with Heuristics Applied to Weapon-target Assignment Problems [R], http://www.avi.im.isu.edu.tw/.

[10]　Lee Zne-Jung, Lee Chou-Yuan, Su Shun-Feng. A Hybrid Genetic Algorithm Applied to Weapon-Target Assignment Problem [R]. http://www.bohr.idv.tw/.

[11]　归宝琪, 曹奇英, 郑丰. 解武器 — 目标分配问题的回溯算法[J]. 华东船舶工业学院学报, 1998, 12(4): 52 – 56.

[12]　韩斌, 王士同, 张帆. 基于层次遗传算法的动态武器目标分配[J]. 华东船舶工业学院学报, 1999, 13(6): 19 – 23.

[13]　王正元, 谭跃进, 等. 目标选择的一个优化模型[J]. 国防科技大学学报, 2002, 24(5): 88 – 92.

[14]　毛泽东. 毛泽东选集(第一卷)[M]. 北京: 人民出版社, 1991: 237.

[15]　何太由, 等. 毛泽东战法[M]. 北京: 国防大学出版社, 1988: 117 – 204.