

坦克分队目标威胁评估与火力优化模型^{*}

谭乐祖^a, 陈晓君^b, 李岩^b, 董浩^a

(海军航空工程学院 a. 指挥系; b. 研究生四队, 山东 烟台 264001)

摘要:综合运用层次分析法、模糊综合评判和多目标整数规划方法,通过对敌方目标威胁程度进行评估,并在此基础上建立目标分配模型,从而有效地解决坦克分队火力分配问题。

关键词:火力分配;模糊决策;威胁度

中图分类号: T760.66+22; E923.1

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2009)01-0108-02

1 基本假设

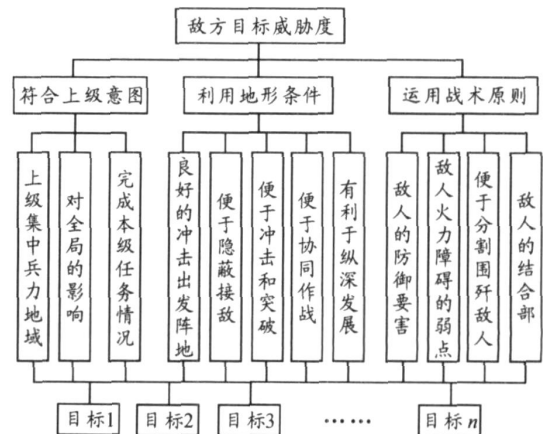
在进攻作战中,敌方综合运用多种兵力火器并依托坚固的防御阵地,构成强大的交叉火力网,使进攻作战的难度异常增大,确保对敌方阵地火力实施有力的打击和摧毁,并进而突破敌防御阵地是坦克分队的基本任务。因此,准确地评定敌方目标的威胁度,为坦克分队拟定火力分配方案,坚决执行“先消灭威胁大的目标”这一战术原则提供科学依据和理论指导。

假设在进攻作战中,坦克分队(共有 m 个火力单元)在上级编成内对防御地段内敌方 n 个不同的目标实施火力打击,并事先侦知敌方兵力、火力配系等基本情况。

2 目标威胁层次模型

现代战场上,敌方目标种类繁多,错综复杂。对哪个目标优先射击,哪个目标稍后射击,存在一个目标威胁大小的问题。评估目标威胁度,确定对目标射击的优先次序,是保证坦克分队火力优化分配的基本前提。对敌方目标的威胁判断需要根据目标性能、企图、态势和我方兵力的任务和部署,以及目标作战能力,地形有利程度等诸多条件来确定。对敌方目标威胁判断模型的分层结构为:

第1层:敌方目标威胁度;第2层:衡量目标威胁度的准则,即符合上级意图、利用地形条件、运用战术原则;第3层:对第2层因素进一步划分其下一级影响因素;第4层:目标自身的战技性能,包括目标的火力、隐蔽程度、防护能力和机动性等。如图1所示。



3 火力分配模型

3.1 目标威胁度的评定

模糊综合评判是模糊决策分析的基本方法,其特点是按多项模糊的准则参数对敌方目标进行综合评判,再根据综合评判结果进行比较排序,选出威胁最大的目标。

设评定敌方目标威胁度的准则集 U 为:符合上级意图、利用地形条件、运用战术原则,即:

$$U = \{u_1, u_2, u_3\} = \{ \text{符合上级意图, 利用地形条件, 运用战术原则} \} \quad (1)$$

设评价决策准则所用的评语集 V 为:威胁大,威胁较大,威胁小,没有威胁等,即:

$$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4\} = \{ \text{威胁大, 威胁较大, 威胁小, 没有威胁} \} \quad (2)$$

对每一种目标,可确定一个从准则集 U 到评语集 V 的模糊关系 R ,它可以表达成矩阵形式:

* 收稿日期:2008-11-04

作者简介:谭乐祖(1965—),男,山东高密人,硕士生导师,副教授,主要从事作战模型与软件研究。

$$R = (r_{ij})_{n \times m} \quad (3)$$

其中, r_{ij} 表示从准则参数 u_i 着眼,该目标能被评为 v_j 的隶属度.因此矩阵 R 的第 i 行表示按准则 u_i 对目标的单因素评判结果.

决策者对目标进行综合评判,是对诸准则权衡轻重的结果.例如对 u_1 权重为 a_1 ,对 u_i 权重为 a_2 ,这些权重组成 U 上的一个模糊子集:

$$A = \{ a_1, a_2, a_3 \} \quad (4)$$

对目标威胁度的模糊评判结果是 V 上的模糊子集 B ,即:

$$B = \{ b_1, b_2, b_3, b_4 \} \quad (5)$$

如果把模糊关系 R 看作一个变换器,输入为权重集合 A ,则模糊综合评判 B 就是输出,按照模糊矩阵运算规则有:

$$B = \{ b_j \} = A \times R \quad (6)$$

$$b_j = \bigvee_{i=1}^3 [a_i \quad r_{ij}] \quad (i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3, 4) \quad (7)$$

模糊算子 \times 和 \bigvee 分别为广义模糊“或”和广义模糊“与”运算,其具体含义有多种,这里根据战术计算要求,分别表示取小(\min)和取大(\max)运算,即:

$$b_j = \max\{ \min(a_1, r_{1j}), \min(a_2, r_{2j}), \min(a_3, r_{3j}) \} \quad (8)$$

3.2 目标分配优化模型

建立目标分配优化模型的关键是选取目标函数,目标函数取为使坦克分队的总体作战效能最大,该效能指标以摧毁目标的数学期望为基础,同时考虑目标的威胁度.

设: p_{ij} 为第 i 个火力单元命中第 j 个目标的概率; q_{ij} 为第 i 个火力单元摧毁第 j 个目标的概率; X_{ij} 为随机变量,表示第 j 个目标被分配给第 i 个火力单元时, $X_{ij} = 1$;第 j 个目标未被分配给第 i 个火力单元时, $X_{ij} = 0$.

摧毁敌方目标的数学期望为:

$$E = \sum_{j=1}^n [1 - \prod_{i=1}^m (1 - q_{ij} p_{ij})^{X_{ij}}] \quad (9)$$

则目标函数为:

$$\max(Z) = \sum_{j=1}^n b_j [1 - \prod_{i=1}^m (1 - q_{ij} p_{ij})^{X_{ij}}] \quad (10)$$

其中, $b_j (j = 1, 2, \dots, n)$ 为第 j 个目标的威胁度评判结果.约束条件为:

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \\ \sum_{i=1}^m X_{ij} = m_j \\ m_j = m \\ X_{ij} \in \{0, 1\} \end{array} \right\} \quad (11)$$

其中, m_j 是命中第 j 个目标所容许的最大火力单元数.

4 计算示例

假设坦克分队 2 个火力单元,对敌方 2 个目标实施火力打击,这是简单的 2 对 2 射击的问题,根据上述约束条件,坦克分队火力分配有 2 种方案:一是火力单元 1 对目标 1 射击,火力单元 2 对目标 2 射击;二是火力单元 1 对目标

2 射击,火力单元 2 对目标 1 射击.

首先评估敌方目标威胁度,影响目标威胁度的各个因素权重为 $A = \{ 0.5, 0.2, 0.3 \}$,目标 1 评价矩阵为:

$$R = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.3 & 0.2 & 0.0 \\ 0.6 & 0.2 & 0.1 & 0.1 \\ 0.0 & 0.1 & 0.4 & 0.5 \end{bmatrix} \quad (12)$$

目标 2 的评价矩阵为:

$$R = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0.0 \\ 0.5 & 0.2 & 0.2 & 0.1 \\ 0.0 & 0.2 & 0.3 & 0.5 \end{bmatrix} \quad (13)$$

代入上式(6),计算求得目标综合评判结果分别为:

$$B_1 = (0.37, 0.22, 0.24, 0.17), B_2 = (0.4, 0.25, 0.18, 0.17).$$

敌方 2 个目标威胁度与较大的隶属度分别为 0.59, 0.65,说明敌方第 2 个目标威胁较大.假设坦克分队各火力单元的毁伤概率 $q_{ij}p_{ij}$ 见表 1.

表 1 坦克分队对目标毁伤概率

火力单元	目标 1	目标 2
火力单元 1	0.43	0.65
火力单元 2	0.52	0.48

代入上式(10),综合计算得:当实施方案 1 时,坦克分队的整体毁伤效能值为 0.5657;实施方案 2 时,其毁伤效能值为 0.7293.因此,第 2 种火力分配方案较好,其整体毁伤效能较大.

5 结束语

通过综合运用层次分析法和模糊综合评判方法,求得敌方目标威胁评估序列.在此基础上,结合整数规划方法,建立目标分配模型,较好地解决坦克分队火力分配问题.为以后的部队作战优化火力分配提供了一种新的解决方法和途径.

参考文献:

- [1] 张最良.军事运筹学[M].北京:军事科学院出版社,1993.
- [2] 李策,马开成,刘树立,等.军事运筹基本方法[M].北京:解放军出版社,2004.
- [3] 徐大杰,刘鹏.合成坦克分队最佳火力分配模型[J].火力与指挥控制,2005,30(1):50-52.
- [4] Yager R R. Fusion of Multi-Agent Preference Orderings[J]. Fuzzy Sets and Systems,2001,7(2):1-12.
- [5] Hwang C L, Yoon K S. Multiple Attribute Decision Making[M]. Berlin:Pringer-Verlag,1981.
- [6] Buckley J J. Fuzzy Hierarchical Analysis[J]. Fuzzy Sets and Systems,1985,17(3):221-251.
- [7] Chen S H. Operations on Fuzzy Numbers with Function Principle[J]. Journal of Management Science,1985,6(1):13-26.
- [8] 张多林,刘胜,吴智辉.基于模糊综合评判的防空信息战效能评估[J].空军工程大学学报,2003,4(5):75-78.