

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.05.015

基于兰切斯特方程的装甲战斗车辆作战能力需求生成方法

刘毅, 刘川禾

(蚌埠坦克学院 车辆运用教研室, 安徽 蚌埠 233050)

摘要: 针对装甲战斗车辆作战能力需求主要依靠经验法确定的现状, 对兰切斯特方程进行了改进, 提出了用于装甲战斗车辆作战能力需求生成的方法体系, 建立了较为全面、可行的装甲战斗车辆作战能力需求生成模型, 并在应用模型解决实际问题方面进行了相关探索。研究成果对装甲战斗车辆型号的科学、持续发展具有一定的现实意义。

关键词: 装甲战斗车辆; 作战能力需求; 生成

中图分类号: N945.12 **文献标识码:** A

Study on Method of Generation of Combat Capability Requirement of Armored Combat Vehicle Based on Lanchester Equation

LIU Yi, LIU Chuan-he

(Staff Room of Vehicle Application, Bengbu Tank Institute, Bengbu 233050, China)

Abstract: Improve the Lanchester Equation by taking into consideration of the status quo that combat capability requirement of armored combat vehicle is mainly determined by means of experience. And it brings forward a method system which is used to generate the combat capability requirement of armored combat vehicle. It also builds a feasible model about the generation of combat capability requirement. Moreover, it carries out some correlative study on how to apply the model to solve actual problems. The study is significant to scientific continuing development of armored combat vehicle's model.

Keywords: Armored combat vehicle; Combat capability requirement; Generation

0 引言

武器装备作战能力是指武器装备满足特定任务要求的能力, 或者说是武器装备在规定条件下达到规定使用目标的能力。武器装备作战能力具有对抗性、相对性和综合性。武器装备作战能力不是单一要素作用的结果, 也不是各要素作用的简单相加, 而是各种因素相互关联、相互作用形成的整体的、系统的能力。装甲战斗车辆作战能力需求生成方法是装甲战斗车辆型号论证和综合研制立项论证的迫切需要。故针对信息化作战的特点, 将兰切斯特方程进行了改进, 对装甲战斗车辆作战能力需求生成方法进行研究。

1 作战能力需求生成模型

1.1 兰切斯特方程的改进

作战双方的交战涉及到不同的武器装备。传统描述多元武器装备交战的兰切斯特作战方程^[1]为:

$$\begin{cases} \frac{dr_i}{dt} = -\sum_{j=1}^n \eta_{ji} \beta_{ji} b_j & i=1,2,\dots,m; \\ & j=1,2,\dots,n \\ \frac{db_j}{dt} = -\sum_{i=1}^m \eta_{ij} \alpha_{ij} r_i \end{cases} \quad (1)$$

式中:

r_i 、 b_j 为红、蓝双方某类武器装备在 t 时刻的瞬时作战能力指数;

r_{i0} 、 b_{j0} 为红、蓝双方某类武器装备初始作战能力指数, 且 $r_{i0} = s_{i0} r'_{i0}$, $b_{j0} = s_{j0} b'_{j0}$;

s_{i0} 、 s_{j0} 为红、蓝双方某类武器装备的初始数量;

r'_{i0} 、 b'_{j0} 为红、蓝双方某类武器装备的个体作战能力指数;

α_{ij} 、 β_{ji} 为红方第 i 类武器装备对蓝方第 j 类武器装备、蓝方第 j 类武器装备对红方第 i 类武器装备的平均毁伤率;

η_{ij} 、 η_{ji} 为红方第 i 类武器装备对蓝方第 j 类武器装备、蓝方第 j 类武器装备对红方第 i 类武器装备的火力分配系数, 且 $\sum_{i=1}^m \eta_{ij} = 1$, $\sum_{j=1}^n \eta_{ji} = 1$ 。

传统的兰切斯特作战模型不能反映战场环境及态势对作战的影响, 更不适用于信息化战场下的具体情况, 因此需要对其进行改进。

考虑战场环境及态势对作战的影响, 增加战场

收稿日期: 2009-12-30; 修回日期: 2010-03-10

作者简介: 刘毅 (1981-), 男, 江苏人, 硕士研究生, 讲师, 从事装甲装备建设与发展研究。

环境因子及战场态势因子的兰切斯特作战方程为:

$$\begin{cases} \frac{dr_i}{dt} = -\sum_{j=1}^n h_{bj} v_{bj} \eta_{ji} \beta_{ji} b_j \\ \frac{db_j}{dt} = -\sum_{i=1}^m h_{ri} v_{ri} \eta_{ij} \alpha_{ij} r_i \end{cases} \quad \begin{matrix} i=1,2,\dots,m; \\ j=1,2,\dots,n \end{matrix} \quad (2)$$

式中:

h_{ri} 、 h_{bj} 为红方第 i 类武器装备、蓝方第 j 类武器装备的战场环境因子;

v_{ri} 、 v_{bj} 为红方第 i 类武器装备、蓝方第 j 类武器装备的战场态势因子。

Seth Bonder 指出, 信息对抗能力的增量也可以等效为武器装备作战能力指数的增量^[2]。在信息对抗的影响下, 多元武器装备交战的兰切斯特作战模型为:

$$\begin{cases} \frac{dr_i}{dt} = -\sum_{j=1}^n h_{bj} v_{bj} \eta_{ji} \beta_{ji} b_j r_i / [r_{i0} - c_b (r_{i0} - r_i)] \\ \frac{db_j}{dt} = -\sum_{i=1}^m h_{ri} v_{ri} \eta_{ij} \alpha_{ij} r_i b_j / [b_{j0} - c_r (b_{j0} - b_j)] \end{cases} \quad \begin{matrix} i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n \end{matrix} \quad (3)$$

式中:

c_r 、 c_b 为红方武器装备与蓝方武器装备的信息对抗能力因子。

采用兰切斯特作战方程进行作战模拟虽然存在一定误差, 但是它能描述作战过程中每一个瞬间的战场态势, 清楚反映了整个作战过程中双方各类武器装备的实时损耗, 同时可以定量反映武器装备的能力需求, 从而为武器装备的具体性能指标生成提供了条件。因此, 将兰切斯特作战方程用于武器装备作战能力需求生成是较为合适的。

1.2 胜利条件的规定

对以往的战斗进行总结可以发现, 当战斗以一方获胜结束时, 战败一方并没有被全部消灭, 在多数情况下有一定比例的兵力是以撤出战场或放弃抵抗的方式保存下来, 按下式定义 δ :

$$\delta = \frac{\text{战败一方的剩余兵力}}{\text{战败一方初始兵力}} \quad (4)$$

称 δ 为胜负界值。统计一定次数以往战斗的 δ 值, 并取其平均值作为作战模拟的 δ 值。

对作战模拟的胜利条件做如下规定: 若要赢得作战胜利, 我军整体武器装备作战能力不能先于敌军达到小于 δ 。

1.3 装甲战斗车辆作战能力需求生成

基于兰切斯特方程模型的装甲战斗车辆作战能力需求生成的具体过程如下:

- 1) 步骤 1 程序初始化。
- 2) 步骤 2 进行作战模拟。选用改进的兰切斯特方程模型进行作战模拟, 将具体作战情况代入式 (3), 可得到与双方武器装备种类数量之和相同数目的微分方程。各个微分方程均表示具体对抗条件下装甲战斗车辆作战能力的实时变化。
- 3) 步骤 3 判断我军是否获胜, 如是, 程序结束, 输出各类武器装备作战能力提高量。否则, 将作战能力损失最大的那类装备的作战能力提升一个单位, 转入步骤 2。

值得注意的是, 当某类装甲战斗车辆的作战能力提高之后, 其对敌方武器装备的毁伤能力也随之提高, 敌方武器装备对这类装甲战斗车辆的毁伤能力却相应降低。因此, 当再次进行作战模拟时, 需要使用系数 σ 对毁伤率等参数进行相应调整。

装甲战斗车辆作战能力需求生成流程如图 1。

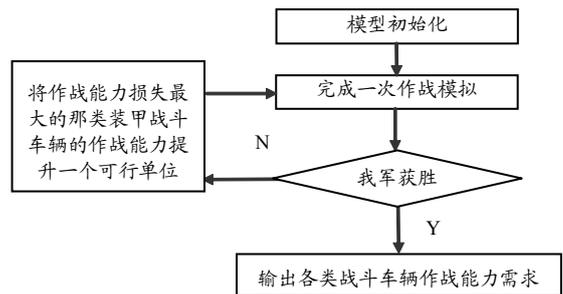


图 1 基于兰切斯特方程的作战能力需求生成图

2 模型应用

现以红方一个机械化步兵作战单位 U_r 对蓝方一个装甲步兵作战单位 U_b 的进攻战斗为例, 应用上文提出的装甲战斗车辆作战能力需求生成方法进行装甲战斗车辆作战能力需求生成。目的首先是检验生成方法的可信性与应用性, 其次是为包括装甲战斗车辆在内的武器装备作战能力需求生成提供一种应用框架。

2.1 对抗双方武器装备体系描述

作战背景为红方一个机械化步兵作战单位 U_r 对蓝方一个装甲步兵作战单位 U_b 的进攻战斗。分别计算火力支援车辆与地面突击车辆的作战能力指数^[1]。

U_r 的装备种类、数量及作战能力指数如表 1。

U_b 的武器装备种类、数量及作战能力指数见表 2。

表 1 U_r 的装备种类、数量及作战能力指数

| 装备种类 | 数量 | 作战能力指数 |
|----------------|----------------|--------|
| H ₁ | x ₁ | 11 780 |
| H ₂ | x ₂ | 19 530 |
| H ₃ | x ₃ | 4 900 |
| H ₄ | x ₄ | 1 410 |
| H ₅ | x ₅ | 1 640 |
| H ₆ | x ₆ | 1 680 |
| H ₇ | x ₇ | 2 040 |

表 2 U_b 的装备种类、数量及作战能力指数

| 装备种类 | 数量 | 作战能力指数 |
|----------------|----------------|--------|
| L ₁ | y ₁ | 7 448 |
| L ₂ | y ₂ | 10 234 |
| L ₃ | y ₃ | 1 470 |
| L ₄ | y ₄ | 2 016 |
| L ₅ | y ₅ | 273 |
| L ₆ | y ₆ | 315 |

2.2 确定装备平均毁伤率、火力分配系数及战场环境因子

由仿真试验法求出各装备相互间平均毁伤率，并在求解中充分考虑战场实际状况，如防守方武器装备有掩体防护同时不易被发现等。采用 Delphi 法确定对抗双方各武器装备的火力分配系数。

战场环境设置如下：温带的 7 月，干燥有阳光，气温很高，地形为有疏林的丘陵地，蓝方障碍物设置密集程度一般。确定双方战场环境因子分别如表 3 和表 4^[3]：

表 3 U_r 的装甲战斗车辆环境因子值

| H ₁ | H ₂ | H ₃ | H ₄ | H ₅ | H ₆ | H ₇ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 0.41 | | 0.43 | | | 0.76 |

表 4 U_b 的武器装备环境因子值

| L ₁ | L ₂ | L ₃ | L ₄ | L ₅ | L ₆ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 0.81 | | 0.96 | | 0.76 |

2.3 战场态势因子的确定

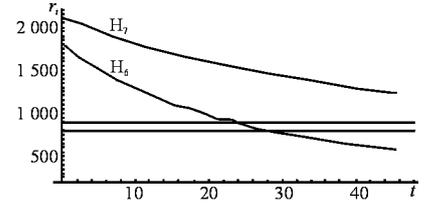
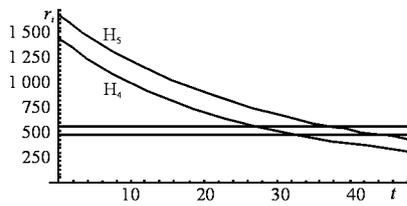
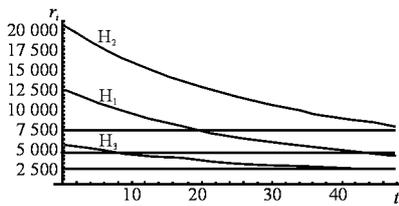


图 2 作战能力实时变化图（蓝方获胜）

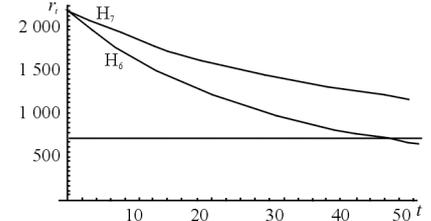
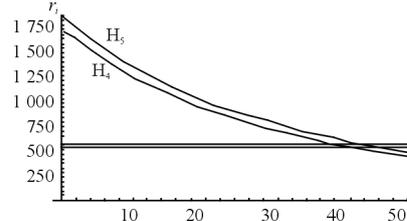
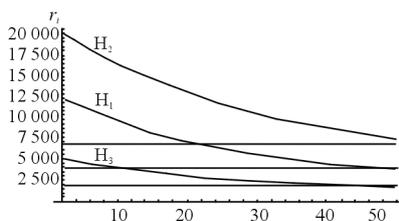


图 3 作战能力实时变化图（红方获胜）

战场态势设置如下： U_r 发起进攻突然性为中等， U_b 防守的严密程度为有备防守。双方战场态势因子如表 5^[3]：

战场态势设置如下：机械化步兵团发起进攻突然性为中等，装甲步兵营防守的严密程度为有备防守。双方战场态势因子如表 5^[3]。

表 5 战场态势因子值

| U_r | U_b |
|-------|-------|
| 1.02 | 1 |

2.4 作战模拟及装甲战斗车辆作战能力需求生成

由于作战规模较大，因此使用基于兰切斯特方程的作战模型进行作战模拟。

依据上文中的作战能力需求生成图的思路，使用 Mathematics 软件编程进行能力需求求解。假定 U_r 在信息权争夺上稍处于劣势，取 $c_r = 0.45$ ，取 $c_b = 0.55$ ，取 $\delta = \frac{1}{3}$ ，程序的初始化根据上述具体作战情况进行，并依线性律确定 σ ，以 σ 调整 U_r 装甲战斗车辆对 U_b 武器装备的毁伤率。

程序运行结果显示如下：

H₁:40 H₂:0
 H₃:0 H₄:270
 H₅:150 H₆:360
 H₇:0

H₆、H₄、H₅ 这 3 种武器装备作战能力需求最大。

各种装甲战斗车辆作战能力需求得到满足前后在作战过程中的作战能力指数 r_i 随时间 t 变化情况如图 2、图 3。

3 算例

下面应用多层次灰色评估法对某炮兵旅进行作战能力评估, 为增加评估的广泛性及准确性, 邀请 20 位专家, 平均分为 5 组 ($p=5$) 对该部队的快速精准作战能力进行评估, 规定评估者的评分范围为 4 分、3 分、2 分、1 分, 分别代表优秀、良好、合格、不合格, 每组专家评分量化后归结为优秀、良好、合格、不合格, 确定评分并取整值。评估指标体系如图 1, 采用层次分析法, 求出权重, 各层指标的权重向量为:

$$A = (0.32, 0.24, 0.29, 0.15), A_1 = (0.31, 0.34, 0.19, 0.16),$$

$$A_2 = (0.42, 0.21, 0.37), A_3 = (0.17, 0.30, 0.38, 0.15),$$

$$A_4 = (0.41, 0.17, 0.14, 0.28).$$

5 组专家按照规定的给分标准打分, 得到评估矩阵如下:

$$D_1 = \begin{bmatrix} 4 & 2 & 3 & 3 & 4 \\ 3 & 2 & 2 & 4 & 3 \\ 3 & 4 & 3 & 2 & 3 \\ 4 & 2 & 2 & 3 & 3 \end{bmatrix}, D_2 = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 2 & 3 & 4 \\ 3 & 2 & 2 & 4 & 3 \\ 1 & 1 & 3 & 2 & 2 \end{bmatrix},$$

$$D_3 = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 3 & 2 & 4 \\ 3 & 4 & 3 & 2 & 3 \\ 3 & 2 & 3 & 4 & 2 \\ 2 & 1 & 2 & 1 & 3 \end{bmatrix}, D_4 = \begin{bmatrix} 4 & 3 & 3 & 3 & 2 \\ 2 & 2 & 3 & 4 & 3 \\ 3 & 4 & 3 & 2 & 4 \\ 1 & 2 & 2 & 1 & 3 \end{bmatrix}$$

$$D = (D_1, D_2, D_3, D_4)^T$$

将各个数值代入数学模型中的公式, 得到对该评估系统的一级指标作为综合评估, 其综合评估结果分别为:

$$B_1 = A_1 \cdot R_1 = (0.358, 0.392, 0.250, 0)$$

$$B_2 = A_2 \cdot R_2 = (0.287, 0.343, 0.301, 0.069)$$

$$B_3 = A_3 \cdot R_3 = (0.314, 0.366, 0.292, 0.028)$$

$$B_4 = A_4 \cdot R_4 = (0.307, 0.364, 0.277, 0.052)$$

由此得到该炮兵旅快速精准作战的灰色综合评估结果为:

$$B = A \cdot R, R = (B_1, B_2, B_3, B_4)^T$$

$$B = (0.321, 0.369, 0.278, 0.032)$$

由于各评估灰类等级值化向量 $C=($ 优秀, 良好, 合格, 不合格 $)=(4,3,2,1)$, 则该炮兵旅的综合评估指标为 $Z = B \cdot C^T = 2.979$, 从而确定该炮兵旅快速精准作战的综合评估结果。其中, 一级指标战场快速决策能力在各相关因素中所占比重较大, 该炮兵旅需进一步强化其该方面的能力。

4 结语

该方法既为当前炮兵快速精准作战能力评估提供了手段, 也是加强炮兵作战能力建设的重要依据, 可以找出作战能力中的不足并加以完善, 从而最大限度发挥炮兵快速精准作战能力, 实现提高炮兵部队建设水平的目标。

参考文献:

[1] 董树军. 作战能力评估理论与方法[M]. 北京: 解放军出版社, 2006.

[2] 龙泉. AHP-模糊综合评估法在绩效评估中的应用研究[J]. 冶金经济与管理, 2007, 21(2): 45-48.

[3] 汤鹏, 刘己斌, 周练. 基于灰色层次模型的防空C³I系统作战能力评估[J]. 兵工自动化, 2007, 26(2): 45-48.

[4] 叶云, 屈洋. 基于多层次灰色理论的信息化部队作战能力评估[J]. 军事与运筹, 2004, 11(1): 46-50.

[5] 刘树海. 炮兵作战指挥学概论[M]. 北京: 解放军出版社, 2001.

(上接第 46 页)

图 2 反映以初始作战能力进行作战的装甲战斗车辆在作战过程中作战能力的实时变化, 作战持续时间 47.4 min, 蓝方获胜; 图 3 反映以满足需求后的作战能力进行作战的各种装甲战斗车辆在作战过程中作战能力的实时变化, 作战持续时间为 50.2 min, 红方获胜。分析图 2 与图 3 可以看出, 在满足各种装甲车辆作战能力需求后作战双方进行的对抗中, 在 47.4 分, 红方武器装备作战能力基本上均保持在三分之一以上, 即使在对抗结束的 50.2 分, H₅、H₄、H₆ 这 3 种武器装备的损失也明显减少。

3 结束语

该方法为各军兵种装甲战斗车辆作战能力需求生成提供了一种可行的模式, 为此类研究开辟了一条新途径。

参考文献:

[1] 徐学文, 等. 现代作战模拟[M]. 北京: 科学出版社, 2002.

[2] 江敬灼. 高技术战争与作战模拟[M]. 北京: 军事科学出版社, 1997.

[3] 康崇禄, 等. 国防系统分析方法[M]. 北京: 国防工业出版社, 2003.

[4] 王书敏, 等. 武器装备作战需求论证初探[J]. 军事运筹与系统工程, 2003, 17(1): 56-58.

[5] 郭齐胜, 等. 装备军事需求论证理论和方法[M]. 北京: 装甲兵工程学院, 2006.