

面向多域复杂交互的兰彻斯特毁伤描述探讨

刘兵, 陈荣江, 胡晓峰

(国防大学信息作战与指挥训练教研部 北京 100091)

摘要: 在分析信息化战争对抗交互新特点的基础上, 提出了信息化战争毁伤交互具有多域复杂特性。针对陆战毁伤, 应用最为广泛的兰彻斯特毁伤算法。但在信息化战争背景下, 陆战毁伤也具有多域复杂交互特性, 传统的兰彻斯特毁伤算法具有较大的局限性。为此, 应从优化火力毁伤算法、体现诸多因素的影响效果、改进毁伤系数的确定方法等方向入手, 改进传统的兰彻斯特毁伤描述, 使之适应信息化战争陆战毁伤描述要求。

关键词: 信息化战争 兰彻斯特毁伤 毁伤交互

1. 信息化战争带给兰彻斯特毁伤描述的挑战

1.1 信息化战争毁伤交互的多域复杂性

当前, 我军正在步入由机械化向信息化转变的时代, 一系列信息化武器装备陆续列装部队, “建设信息化军队、打赢信息化战争” 已经成为全军上下的共识和练兵标准。信息化战争特别强调系统与系统、体系与体系的对抗, 交战双方的对抗已经不是单纯的武器装备之间的火力对抗, 而是融合指控、情报、通信、战场环境等多要素的全面对抗。随之带来的是, 相比机械化时代的战争, 信息化战争不仅在物理域进行, 还在信息域、认知域等多域展开; 交战双方的对抗是双方武器系统间的综合对抗, 毁伤交互也不再仅是交战双方单一的作用效果, 还是综合的、网络化的连锁效果。可以说, 信息化战争的毁伤交互具有多域复杂特性。这种特性主要体现在:

一是信息化战争在物理域、信息域和认知域进行, 相应的毁伤交互也发生在物理域、信息域和认知域, 既有武器系统对抗产生的毁伤, 即传统的火力毁伤, 也称之为硬毁伤; 也有信息因素和人的心理因素等产生的毁伤, 统称为软毁伤。

二是信息化条件下, 武器装备有了长足的发展, 新式装备陆续配发部队, 一支旅团级别的陆战部队装备有类型众多的武器系统, 不仅有直火、间火武器, 还有远程精确制导武器, 毁伤交互是多对多的复杂交互, 毁伤机理也是复杂多样的。

三是信息化战争是体系与体系的对抗, 毁伤效果是多支部队间的综合交互, 对一支部队的毁伤不能简单地认为是几支部队分别对其毁伤的累加, 还应考虑由此产生的边际效应。

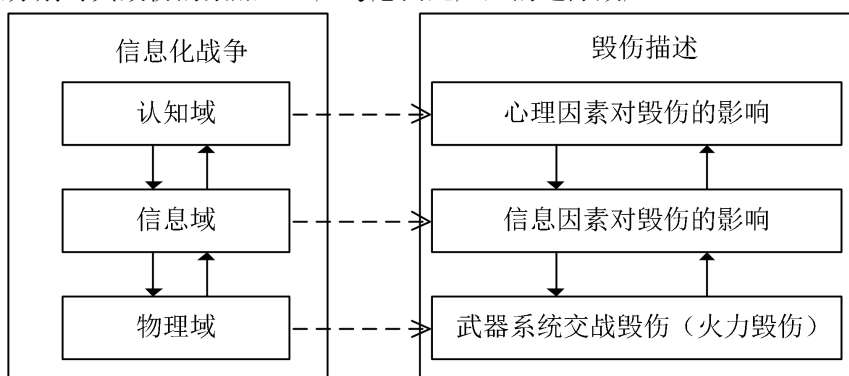


图1 信息化战争毁伤交互图

1.2 兰彻斯特毁伤描述面临的挑战

毁伤描述直接反映了作战效果, 是作战模拟不能不考虑的重要组成部分。传统的陆战毁伤算法, 以对火力毁伤为代表的硬毁伤研究成果居多, 主要有三种方法: 一是兰彻斯特方程, 二是战斗力指数方法, 三是蒙特卡洛法。其中兰彻斯特毁伤算法应用最为广泛, 也是各主要模拟系统毁伤计算的主要算法。兰彻斯

特方程可回答交战双方的一系列问题,例如,哪一方获胜?为保证获胜,兵力对比是多少?作战持续多长时间?兵力数量如何随时间变化?如何改变参数来影响作战结果?兰彻斯特毁伤算法的重要意义在于它能够用于所有层次作战行动的兵力损耗计算,并能对作战的对抗性态势进行动态地定量描述。

但随着科技的进步,信息化战争中,陆战部队装备有类型众多的武器系统,对抗是武器系统间多对多的复杂交互;信息成为战斗力的倍增器,掌握制信息权的一方往往能够取得最终的胜利;人的士气、心理等因素对作战进程影响作用明显增大。传统的兰彻斯特毁伤算法由于是从整体的、平均域的角度,也正是从基于微积分(“和”)的角度来描述作战过程,基本没有或很少考虑武器系统或过程内各个单元之间的关系,从而,缺乏对部队内具体武器系统的毁伤能力、部队感知能力、人员心理因素等的描述,造成计算结果不准确,计算机模拟得出的结果可信度不高,深受部队演训人员的诟病。

为此,有的学者根据不同的研究目的,进行不同的假设,对传统兰彻斯特方程进行扩展,以适应信息化战争模拟的要求。如考虑 C^3I 系统的出现对目标位置的辨识能力增强、指挥效率、时变损耗率、增援、软毁伤、复杂信息环境等因素的影响,使用不同形式的兰彻斯特方程,但大部分的扩展都局限在特定条件下,有其假设前提和适用情况,不足以全面描述信息化战争毁伤效果。

1.3 解决上述问题的基本思路

一是优化火力毁伤算法。信息化战争中,对抗双方装备有多种类型的武器系统,不同的武器系统作战性能不同,对敌方同一武器系统的毁伤能力不同,相同武器系统对敌方不同武器系统的毁伤能力也不同。因此,毁伤算法应改变过去那种从整体的、平均域的角度描述作战过程,能够基于武器系统进行毁伤计算,综合考虑各作战单元间的关系以及由此产生的边际效应。

二是体现诸多因素的影响效果。影响毁伤能力的因素是多方面的,比如攻击部队的战斗效能、地形、光照与天气条件、弹药、雷场、油料以及交战过程中人的心理变化和部队的感知能力,对抗交互是在物理域、信息域、认知域等多域进行,在计算毁伤时要能将这些因素的影响考虑进来。

三是改进毁伤系数的确定方法。兰彻斯特毁伤算法最为核心的是毁伤系数的确定。目前采用的方法多是根据经验主义或直接主观决定,这种方式严重制约了算法本身的可信度。为进一步提高算法的可信度,必须科学合理的确定毁伤系数。

2. 兰彻斯特毁伤研究现状

2.1 兰彻斯特毁伤算法

自1914年英国科学家兰彻斯特提出了一种描述作战过程的解析模型—兰彻斯特方程后,这种方法就被广泛运用到作战损耗计算领域中,并被后人不断扩展。在美国著名军事运筹学家J.G.Taylor的专著^{[2][3]}中详尽介绍了兰彻斯特方程的理论和应用,不仅给出了确定型和随机型兰彻斯特方程,而且包含损耗系数的估算方法。在文献^[4]中完整的给出了兰彻斯特方程基本形式及扩展,GT Kaup, DJ Kaup在文献^[5]和R.K.Colegrave在文献^[6]从数学分析的角度把兰彻斯特方程扩展到了 $(n, 1)$ 和 $(2, 2)$ 并且给出了一般形式。文献^[7]中给出了一种基于混合兰彻斯特方程的半自动目标分配方法。唐铁军在文献^[14]中研究了用兰彻斯特方程评估体系对抗效能;桑伟森在文献^[15]中研究了针对复杂电磁环境的兰彻斯特方程方法。刘震鑫在文献^[16]中改进了兰彻斯特方程,引入了空间信息支援能力指数。胡浩然在文献^[19]在经典方程的基础上,对信息化作战过程进行研究,分析了信息优势的影响导致确定目标更精确、花费时间更短,据此提出信息优势在这两个方面共同影响的时滞微分方程。吕栋雷在文献^[20]分析了软毁伤的作用,建立了对群体目标软毁伤的作用模型,并以兰彻斯特平方律为例,给出了同时考虑软硬毁伤情况下兰彻斯特方程的修正形式。

2.2 兰彻斯特毁伤系数

兰彻斯特型毁伤模型计算的关键是损耗系数的确定,针对兰彻斯特毁伤系数的估算目前有两种方法:一种是COMAN方法,一种是Bonder-Farrel方法。在文献^[8]中作者不仅给出了具体算法,而且比较了两种方法的优缺点。在文献^[9]中作者根据基于底层的JANUS模型进一步探讨研究了ATCAL/COMAN方法。杨立功等在文献^{[17][18]}中提出了一种利用高分辨率仿真模型的输出数据对聚合级实体损耗模型系数进行校准的方法,该方法考虑了对抗双方武器本身性能,同时也利用了高分辨率的仿真结果。张宪等在文献^[21]提到当前兰彻斯

特方程损耗系数估算主要基于武器装备的火力指数, 缺乏对地形、通视性以及目标优先级的考虑, 并给出基于捕捉概率和目标优先级的扩展兰彻斯特方程, 介绍了利用极大似然估计中方差和置信区间的处理技术生成多兵种交战损耗矩阵的方法。

2.3 毁伤模型的开发

毁伤模型作为仿真系统的重要组成, 直接决定着仿真系统是否可信。国内外仿真系统类型众多, 功能各异, 毁伤算法运用不一, 使用兰彻斯特毁伤算法的主要模拟系统基本原理是:

JTLS (Joint Theater Level Simulation) 是 1983 年由美国战备司令部、美国陆军概念分析局以及美国陆军大学联合开发的, 它是随机实时交互的模拟系统, 能够模拟陆战、海战、空战等作战行动。在 JTLS 中针对陆军采用异质兰彻斯特方程的方法, 对于兰彻斯特损耗系数采用查询基于武器装备的损耗系数表来获取, 对于不同的战场态势调用不同的损耗系数矩阵, 模型考虑了精确制导、情报、C3I、战场环境、核生化等因素, 毁伤计算模型比较科学。

FATHM (The Fast Theater Model) 是战区模拟系统, 能够模拟空对地突击的最优火力分配以及地对地作战行动。地面作战毁伤模型使用确定型兰彻斯特方程, 分直瞄火力和间瞄火力, 间瞄火力模型能够在直火交战后进行自我调整, 损耗系数来自高分辨率 COSAGE 模型。

ATCAL (Attrition Calibration) 模型是美国陆军概念分析局 (CAA) 在 80 年代提出的聚合级参数校验模型, 目的是利用高分辨率模型 COSAGE (Combat Sample Generator) 的模拟结果对聚合级模型进行参数修正, 具体分为两个阶段: 第一阶段用高分辨率 Monte Carlo 法模拟估算兰彻斯特系数; 第二阶段把第一阶段得出的系数用到聚合级的毁伤模型计算中, ATCAL 包含连续的毁伤计算和参数校准过程, 这样能够保证聚合级毁伤模型和高分辨率模型的一致性。

3. 现有兰彻斯特毁伤描述的不足

从查阅的大量现有资料来看, 兰彻斯特毁伤算法研究成果丰富, 应用广泛, 围绕火力毁伤建模具有很好的适用性。兰彻斯特方程主要用于聚合级损耗计算, 是模拟低分辨率的有力工具, 对于大规模的武器装备的交互毁伤计算具有较高的可信度, 但是损耗系数的确定是关键也是难点。下面主要从算法、损耗系统估算方法和毁伤模型三个方面分析现有兰彻斯特毁伤描述的不足。

一是对传统火力毁伤 (即硬毁伤) 研究较多, 体现信息化战争毁伤的多域复杂交互特性研究较少。兰彻斯特方程自 1914 年提出以来, 主要就是解决陆战部队间的火力毁伤效果描述, 虽经近百年的发展, 学者多次对算法进行扩展, 由直火到间火再到面杀伤, 由理想情况到考虑较多影响因素, 由硬毁伤到软毁伤, 但专门针对信息化战争毁伤的多域复杂交互特性进行算法研究的, 目前来看基本还属空白。毁伤的多域复杂交互特性, 主要应反映三个方面: 一是物理域、信息域、认知域各域的毁伤描述以及各域间的影响对毁伤效果的作用; 二是多兵种武器装备的复杂对抗, 不是一对一或多对一, 而是多对多的复杂交互关系; 三是交战部队间的对抗往往并不是双方完全暴露, 需要打击的目标也并不是同等重要, 要能反映双方的信息不对等和多兵种武器的目标优先级。

二是损耗系数大多来源于经验主义或直接主观决定, 一定程度上影响了算法的可信度。损耗系数直接决定了一方对另一方的毁伤程度, 系数的准确与否直接影响到算法是否可信。损耗系数的估算, 一是将交战实体一方对另一方的毁伤程度细化为交战实体内某一作战系统对另一方某一作战系统的毁伤程度集, 计算结果会更加准确; 二是将依靠经验主义或直接主观决定转变为依靠一定的计算规则, 录入相关数据, 通过科学计算求得。

三是毁伤模型的研究开发体现联合作战大背景不够。对比国内外模型系统, 美军的毁伤模型对联合作战大背景考虑较多, 并在演习中成功应用, 甚至通过了实际战场的校验, 反观我军, 模型考虑相对单一, 体现信息化条件和联合作战大背景明显不够, 更不要说通过实际战场的检验。毁伤模型的研究开发, 既要能体现多种武器系统毁伤能力, 又要能考虑各种因素的影响, 比如地形、士气等, 还要能体现多种作战行动对毁伤的影响, 比如情报、后勤等的影响。

4. 兰彻斯特毁伤描述发展方向

近年来,陆续有学者提出了面向信息化战争的扩展兰彻斯特方程,但大部分的扩展都局限于特定条件下,着眼解决某一个因素带来的影响。致力于面向多域复杂交互的毁伤算法研究,需要考虑的影响因素多,既要能从宏观层面描述毁伤的整体效果,又要能细化到具体武器装备的毁伤程度,还要考虑人与武器的结合;同时还要将信息、心理、地形等因素对毁伤的影响量化到算法中。已掌握文献大多以修正系数的方式从整体上修正毁伤效果,不足以完整体现实体内部的毁伤程度。在毁伤算法的研究上,可将聚合实体归结为若干类作战系统组成的有机系统,从微观层面描述各作战系统间的对抗交互效果,同时将各种因素的影响考虑在内,提出毁伤算法流程图和具体的计算方法,难点和关键所在就是毁伤算法流程图的设计。

毁伤系数的生成、校准以及毁伤系数生成系统的研发是难点所在。如何突破经验主义或直接主观决定,建立一个毁伤系数生成算法,通过输入一定的变量,求得毁伤系数是相关研究的发展趋势。再就是毁伤系数生成后,如何进行校准,怎样检验是否合理,也较为困难。美军对此研究较为深入,并开发有毁伤系数生成系统,而我军这方面还很欠缺,虽然提出了一些校准的方法,但缺少相应的演习甚至实战检验,同时也缺少毁伤系数生成系统的研究开发,这也将是国内研究的发展方向。

美军在近几场局部战争前,都会进行兵棋推演,并将推演结果与实际战场态势进行对比分析,分析结果充分验证了其毁伤模型的科学性。理想状态或单一环境下的毁伤验证是没有实际意义的,必须在复杂战场环境下,考虑情报、后勤、人员伤亡引起的心理变化等综合因素,在联合作战的大背景下进行验证。这将是今后毁伤原型系统研发和验证的方向。

参考文献:

- [1] 胡晓峰,司光亚.战争模拟原理与系统[M].北京:国防大学出版社,2009.9.42-121
- [2] J.G. Taylor. Lanchester-Type Models of Warfare. Volume I[M]. Oper. Res. Soc. of America Mil. App. Section, Arlington,VA,1980.
- [3] J.G. Taylor. Lanchester-Type Models of Warfare. Volume II[M]. Oper. Res. Soc. of America Mil. App. Section, Arlington,VA,1983.
- [4] Bill Caldwell. Aggregated Combat Models [D]. Operations Research Department of Naval Postgraduate School, 2000.
- [5] G T Kaup,D J Kaup, NM Finkelstein. The Lanchester (n,1) problem[J]. J. of the Operational Research Soc.(2005)56,1399-1407.
- [6] R.K.Colegrave, J.M.Hyde. The Lanchester square-law model extended to a conflict[J]. IMA J. of Applied Math. (1993) 51, 95-109.
- [7] N.J.MacKay. Lanchester models for mixed forces with semi-dynamical target allocation[J]. Dep. of Math., U. of York.2008.
- [8] P. F.Stiller. An Analysis of Three Methods for Computing Weapon Scores and Importances. U.S Army Research Office [R]. 1995.
- [9] Ugue Ziya Yildirim. Extending the state-of-the-art for the COMAN/ATCAL methodology [D]. Naval Postgraduate School, 1999.
- [10] 张国春.体系对抗建模与仿真导论[M].北京:国防大学出版社,2009.7.47-130
- [11] 曹晓敏,段泳毅,贾美英等.美军典型模拟系统研究[M].北京:军事谊文出版社,2010.10.35-105
- [12] 金伟新,肖田元.基于复杂系统理论的信息化战争体系对抗仿真 [J].系统仿真学报, 2010, 22 (10): 2435-2445
- [13] 顾勇,陈章伟.基于信息系统的诸军兵种联合火力打击能力评估问题研究 [J].射击学报, 2011.02: 32-34
- [14] 张宪,张国春.兰彻斯特方程损耗系数估算方法研究 [J].系统仿真学报, 2011, 23 (8): 1583-1586
- [15] 吕栋雷,王玮.对考虑软毁伤的兰彻斯特方程的探讨 [J].电子工程学院学报, 2004, 23 (1): 43-45
- [16] 唐铁军,徐浩军.应用兰彻斯特法进行体系对抗效能评估[J].火力与指挥控制.2007.8.
- [17] 刘震鑫,于小红,杨庆.空间信息支援下的兰彻斯特作战模型[J].兵工自动化, 2011.30 (5): 18-25
- [18] 胡浩然,王俊.信息化条件下时滞兰彻斯特方程[J].兵工自动化, 2012.31 (7): 72-81
- [19] 桑炜森.反映电磁斗争作战效用的兰彻斯特战斗模型[J].电子对抗技术,1992.6:15~24.
- [20] 赵全,黄俊.基于兰彻斯特方程的战斗机超视距空战隐身效能分析 [J].飞机设计, 2011.31 (2): 9-12
- [21] 张宪,张国春.兰彻斯特方程损耗系数估算方法研究 [J].系统仿真学报, 2011, 23 (8): 1583-1586