

【理论与探索】

灵敏度分析在某新型火炮系统效能分析中的应用^{*}赵明海¹, 李进¹, 包强², 张国新²

(1. 合肥炮兵学院, 合肥 230031; 2. 桂林空军学院, 广西 桂林 541003)

摘要:对灵敏度在武器装备效能分析中的应用进行了较为系统的阐述,从对某新型火炮系统效能进行灵敏度分析入手,总结了灵敏度分析的一般步骤,并结合实例进行了灵敏度分析。

关键词:效能分析; 敏感性参数; 灵敏度分析

中图分类号: TJ31

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2008)01-0046-03

1 灵敏度分析的意义

武器装备的效能是指在军事活动,尤其是围绕军事装备或系统的活动中,军事装备或系统能达到某个或某些任务目标的能力。武器装备的效能与各分系统、各部件的技战术性能密切相关,任何一个分系统或部件的性能改变,都会影响到武器装备的效能。对武器装备效能进行灵敏度分析,一个重要目的就是比较影响武器装备效能的诸多因素,从中确定影响武器装备效能的主要因素,找出重要的技战术参数(指标)并对其进行分析和研究,以便对武器装备的设计、改进、评估、决策提供参考意见。

武器装备的效能往往和其他因素交融在一起,呈多极映射关系,而且属于非线性,因此武器装备各技战术参数对武器装备的影响程度和范围是不同的,即有的参数的微小变化,能引起武器装备效能的显著改变;有的参数虽发生较大的变化,可武器装备的效能却变化微弱;还有的参数在某一个范围内变化时,武器装备效能变化不大,而在另一个范围变化时,武器装备效能变化

明显。那么,在武器装备效能分析中,通过测定当武器装备技战术参数(指标)在一定幅度范围内变化时,导致武器装备效能的变化幅度;分析讨论参数的变化对武器装备效能的影响程度和范围;掌握武器装备效能对装备参数变化的敏感度;找出对武器装备效能影响大的敏感性参数,定量分析其对武器装备效能的影响,这对提高武器装备效能是一项非常有意义的工作。

2 灵敏度分析的一般步骤

对火炮系统效能进行灵敏度分析,一般可分为4个步骤,如图1所示。

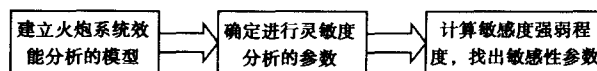


图1 火炮系统效能灵敏度分析的一般步骤

2.1 建立火炮系统效能分析的数学模型

根据火炮系统的技战术参数,结合一定的系统效能计算方法,以及系统效能量化参照系中“标准压制火炮”的性能指标,建立火炮系统效能与技战术参数之间的定量关系,即建立火炮系统

* 收稿日期:2007-12-17

作者简介:赵海明(1979—),硕士研究生,主要从事军事系统建模与仿真研究。

效能的数学模型.效能分析的方法很多,主要有ADC法、专家评估法、统计试验法、解析法、指数法和作战模拟法等,本研究在对国内某新型火炮进行分析时,使用的是指数法分析模型和目前比较成熟的ADC分析模型.

2.2 确定要进行灵敏度分析的技战术参数

装备的技战术指标众多,在对装备效能进行灵敏度分析时切忌“眉毛胡子一把抓”,应该把握“重点”,结合实际情况,对重要的参数进行灵敏度分析.在确定进行灵敏度分析的技战术参数时,应在了解装备使命、功能和结构等基本情况的基础上,先做定性分析,把影响装备主要功能、反映装备关键性能的重要参数挑选出来,再对其进行灵敏度分析.

2.3 计算灵敏度强弱程度,确定敏感性参数

当对重要参数进行灵敏度分析时,可采用单因素变化灵敏度分析,即逐次变动某个参数而令其他参数保持不变,观察武器装备效能值的变化情况,分析其灵敏程度,从而确定该参数是否为敏感性参数.对每一参数进行计算时,要重点考虑3个方面内容.

一是确定参数的变化范围.根据可能的实际情况,合理确定出参数的变化范围.在确定参数变化范围时,要考虑参数取边界值的情况,武器装备在参数边界值的效能往往具有重要的技战术含义,通过分析可以获得有价值的结论.

二是确定参数变化的取值间隔.根据参数数量级,适当地确定参数的取值间隔,即每一次变化的取值步长.间隔过小,计算量增大;间隔过大,难以反映系统效能的敏感性,达不到计算效果.

三是预测效能值可能出现的饱和区.由于效能和参数之间是非线性关系,有可能出现下述情况:当参数在某一范围内变化时,装备效能反映敏感,变化较大,但当参数变化超出某一范围后,装备效能对参数的变化反映迟钝,呈稳定趋势.如图2所示,其中装备效能对参数变化敏感的区域称为敏感区,变化不敏感的区域称为饱和区,敏感区和饱和区的交界点称为饱和点(B),找出

饱和点对武器装备的研制、评估、改进和定量分析有重要意义.

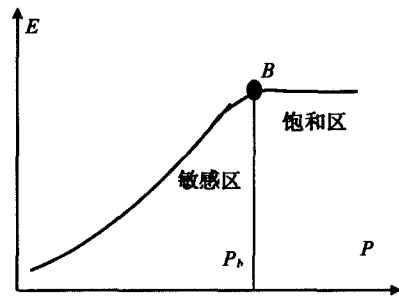


图2 存在饱和区的E—P关系曲线

2.4 进行灵敏度综合分析

根据所研究的具体装备和进行此次系统效能分析的目的,结合所获得的计算数据,对所确定的敏感性参数进行综合分析,研究各敏感性参数对装备效能的影响关系,以获得对装备方案决策、工程设计、试验验收等诸方面有用的结论.如本文中在对国内某新型火炮进行灵敏度分析时,选取了持续射速、平均无故障发射弹数、系统反映时间作为敏感参数进行了分析,下面以持续射速为例进行灵敏度分析.

某新型火炮的系统效能E为:

$$E = w_1 E_t + w_2 E_r + w_3 E_m + w_4 E_p$$

其中: E_t, E_r, E_m, E_p 分别为指挥控制系统效能、火力火控系统效能、运行系统效能和防护系统效能; w_1, w_2, w_3, w_4 为各自的权重值.

火力火控系统效能 E_r 为:

$$E_r = \sqrt[k]{\prod_{i=1}^k C_{1i}} = \sqrt[4]{C_{11} \cdot C_{12} \cdot C_{13} \cdot C_{14}}$$

其中: $C_{11}, C_{12}, C_{13}, C_{14}$ 分别为火力反应能力、火力覆盖能力、火力持续能力、火力毁伤能力.

火力持续能力 C_{13} 为:

$$C_{13} = \frac{Q'}{Q_0}$$

其中: Q' 为新型轮式榴弹炮持续射击概率; Q_0 为“标准压制火炮”持续射击概率.

持续射击概率 Q' 为:

$$Q' = \frac{S/V_p}{S/V_p + T} = \frac{S}{S + V_p \cdot T}$$

其中: S 为火炮的携弹量; V_p 为持续射速; T 为

弹药补充时间. 通过改变持续射速 V_p 可以计算出持续射速对武器装备总体效能的影响, 同理, 可求得其他敏感参数对武器装备总体效能的影响.

3 武器装备效能灵敏性分析应用举例

对国内某新型火炮进行效能分析, 以标准压制火炮的技战术指标为参照系, 选取与新型火炮可用性有关的平均无故障发射弹数, 与新型火炮固有能力的系统反应时间、射速 3 项参数进行灵敏度分析.

3.1 某新型火炮效能对持续射速的灵敏度分析

持续射速是表征新型火炮火力持续性的关键问题, 提高射速可增大火力持续性, 提高火力火控系统效能, 从而提高武器装备的综合效能, 对持续射速进行单因素灵敏度分析, 如图 3 所示:

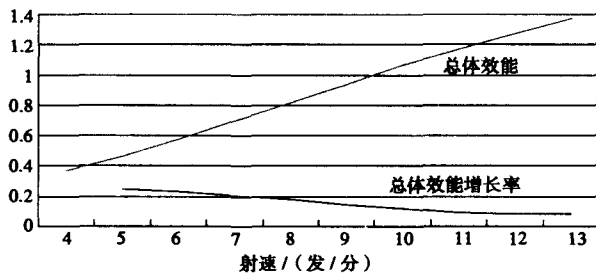


图3 持续射速灵敏度分析曲线

由图3可知, 持续射速对总体效能有一定影响, 当射速由4发/分增大到5发/分时, 总体效能由0.372提高到0.465, 提高了25%. 当射速由12发/分增大到13发/分, 总体效能由1.272提高到1.377, 仅提高了8.3%. 随着射速的提高, 总体效能增加, 但总体效能增长率是下降的.

3.2 某新型火炮效能对系统反应时间的灵敏度分析

系统反应时间是反映火炮固有能力的的一个重要参数. 其他参数不变, 仅改变系统反应时间, 可以得到新型火炮总体效能的变化, 如图4所示.

从图4中可知, 在5s到30s的区域内, 系统反应时间对总体效能影响明显, 此区域为敏感区. 在敏感区内提高系统反应速度, 减小反应时间, 可以大幅度提高该型火炮综合效能. 但当系

统反应时间在30s以后, 可射击性能和总体效能进入饱和区, 改变系统反应时间对新型火炮综合效能影响较小.

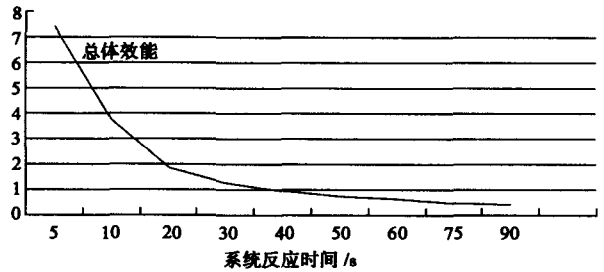


图4 系统反应时间灵敏度分析曲线

3.3 某新型火炮效能对平均无故障发射弹数的灵敏度分析

其他参数不变, 仅改变平均无故障发射弹数, 可以得到新型火炮可用性和总体效能的变化, 如图5所示.

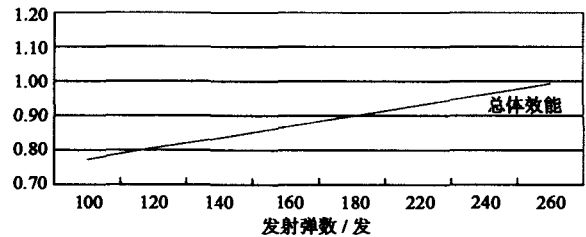


图5 平均无故障发射弹数灵敏度分析曲线

从图5中可以看出, 火炮平均无故障发射弹数对该型加榴炮总体效能的影响接近线性, 因而尽量增大火炮平均无故障发射弹数, 可以达到快速提高总体效能的目的.

灵敏度分析是武器装备效能分析中的一项重要内容, 但灵敏度分析的应用并不普遍, 从而可能失去很多有价值的结论. 目前对火炮系统灵敏度分析都是单因素变化的灵敏度分析, 多参数同时变化的灵敏度分析问题还有待解决, 应加强灵敏度分析的理论研究, 不断提高火炮系统效能分析的质量和水平.

参考文献:

- [1] 张剑. 军事装备系统的效能分析、优化与仿真[M]. 北京: 国防工业出版社, 2000.
- [2] 解可新. 最优化方法[M]. 天津: 天津大学出版社, 1998.
- [3] 江敬灼. 军事系统工程研究与发展[M]. 北京: 军事科学出版社, 1999.