

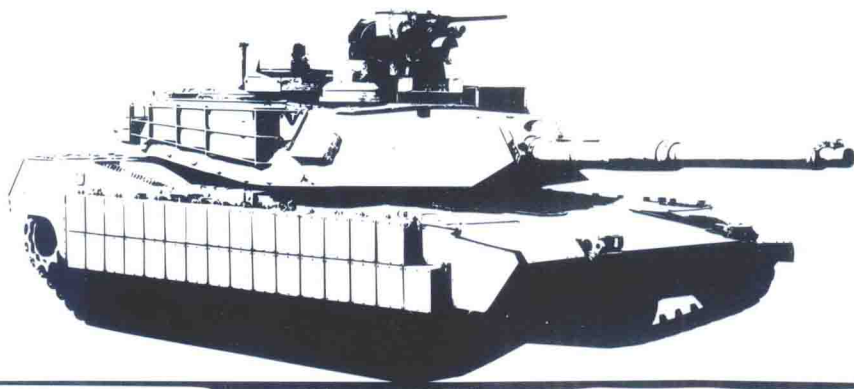
军事运筹学

——定量决策

Military Operations Research
Quantitative Decision Making

[印度] N.K. Jaiswal 著

卢均 译



现代战争理论、技术

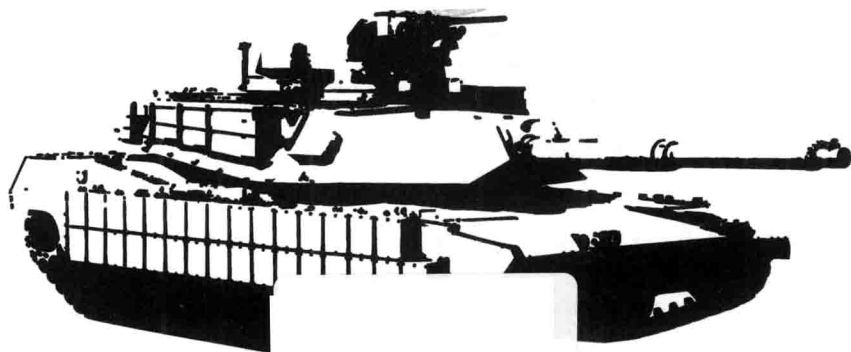
军事运筹学

——定量决策

Military Operations Research
Quantitative Decision Making

[印度] N.K. Jaiswal 著

卢均 译



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

Translation from the English language edition:
“Military Operations Research: Quantitative Decision Making” by N. K. Jaiswal;
ISBN 978-0-7923-9858-5
Copyright © 1997 Kluwer Academic Publishers
as a part of Springer Science+Business Media
All Rights Reserved

本书简体中文专有翻译出版权由 Springer Science+Business Media 授予电子工业出版社。专有出版权受法律保护。

版权贸易合同登记号 图字：01-2013-2689

图书在版编目(CIP)数据

军事运筹学：定量决策 / (印)杰斯瓦尔(Jaiswal, N. K.)著；卢均译. —北京：电子工业出版社，2015.4

(现代战争理论、技术与装备丛书)

书名原文：Military operations research: quantitative decision making

ISBN 978-7-121-25464-2

I. ①军… II. ①杰…②卢… III. ①军事运筹学 IV. ①E911

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 021760 号

责任编辑：张毅

印刷：三河市鑫金马印装有限公司

装订：三河市鑫金马印装有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编：100036

开本：720×1000 1/16 印张：23.5 字数：337 千字

版次：2015 年 4 月第 1 版

印次：2015 年 4 月第 1 次印刷

定价：95.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010)88258888。

丛书总序

科学技术的发展，特别是以信息技术为代表的新技术的迅猛发展，使人类从工业时代进入到信息时代。新技术在军事领域的应用引发了自20世纪六七十年代开始的世界性军事变革。这场变革以信息化为本质和核心，积极推动了作战概念和军事理论的创新，促进了武器装备的发展，并推动了军队编制体制的调整，战争样式正由机械化向信息化转变，作战效能产生了质的飞跃，各种高技术装备的应用使战场呈现出前所未有的现代战争形态。

直面现代战争与军事变革，各军事强国纷纷加快了军事理论、技术和装备的研究与发展。有学者认为“一支严重依赖技术的武装力量，必须不断创新，以时刻保持领先”。从平台中心战到网络中心战，从单一战场到陆、海、空、天、电全维战场，从近距离搏杀到非接触精确打击，从单一兵种作战到体系对抗，等等，外军在军事变革方面取得了丰富的成果和有益的经验。这些成果为我们准确认识现代战争的特点、正确把握军事变革的关键环节、实现国防建设的跨越式发展提供了有益借鉴。

党的十八大报告要求我军在2020年基本实现机械化，信息化建设也要取得重大进展。目标已定，任重而道远。为积极推进有中国特色的军事变革、建设信息化军队、打赢信息化战争，我们应放开眼界，密切关注世界军事发展的动向，学习与借鉴外军军事理论、技术与装备的最新研究成果及实践，研究未来战争的破敌之策和国防建设发展之路。“现代战争理论、技术与装备丛书”正是以这样的目的而编译出版的。

围绕着对现代战争特点的认知和军队信息化的转型，我们首批编译出

版的书籍包括《军事变革和现代战争》、《战争认知》、《信息战理论与实践》、《导弹扩散——巡航导弹激增及对国际安全的威胁》和《军事运筹学——定量决策》等。希望这些图书能给从事国防理论研究、装备建设和作战运用的人员以有益的借鉴。虽然这些图书反映了当前国外军事领域的发展,但难免掺杂了诸多作者的个人观点,对这类图书的阅读要善于“去粗取精”、“去伪存真”。

《军事变革和现代战争》一书“以我们如何作战”为主线描述了人们对战争特别是现代战争的认识,据此引起的军事变革发展的过程,军事变革的特点及其重点,较为全面地介绍了世界主要国家和组织进行军事变革的思路和措施。

《战争认知》一书以 20 世纪以来几场战争为案例描述了历史上和当前战争的特点,提出未来战争是以丰富信息为核心的战争,并通过未来信息系统的试验,设想了未来作战指挥控制的过程。

《导弹扩散——巡航导弹激增对国际安全的威胁》一书通过分析伊拉克战争等近期典型战争中弹道导弹和巡航导弹的作战效能,阐述了巡航导弹激增的原因、扩散途径,以及巡航导弹激增对国际安全的威胁及其应对策略。

《信息战理论与实践》一书以参考书形式介绍了信息战的概念、范畴及其发展历程,还介绍了心理战、军事欺骗、作战保密、电子战、计算机网络战等五个信息战的支柱能力的定义,以及它们之间的关系。

《军事运筹学——定量决策》一书介绍了国家间战略平衡、武器发展与评价、作战行动中的目标侦察、作战决策、火力打击、后勤支援等各项活动中的定量分析和决策方法。

译者

2014 年 8 月

前 言

在第二次世界大战中，军事运筹学对于改进武器装备效能的作用已显现出来。军事运筹学在国防各个领域的辅助决策中发展很快，变得越来越重要。它在国防领域的贡献大部分保留在各种秘密的文件中，很少在公开的书籍中涉及军队定量决策的运用和相关信息。

近几年形势变化很快，军事运筹学科(MOR)有了巨大的推进和发展，并开始出现军事运筹学的相关图书和杂志，国内和国际关于军事运筹学的会议、论坛注册数量在不断增加，军事院校和非军事院校中关于军事运筹学的教材、培训资料、研究报告相当活跃，军队指挥和管理人员开始关心、讨论并科学地回答武器装备建设的相关问题，如威胁量化、毁伤评估、战斗获胜概率、力量编组、武器部署、作战对象、打击目标、作战艺术和想定评估，等等。过去大部分这些问题的解决，建立在直觉和经验的判断以及简单推理的基础上。在先进武器和通信设备日益增加的背景下，运用军事运筹学方法进行科学的研究和实践，解决复杂的军事问题就非常必要了。

鉴于以上原因，需要军事运筹学方面的书籍，用于国防和军事方面运筹学领域的组织和学会、国防部的顾问和研究机构、军事院校有关军事运筹方面的教学和研究。本书主要关注和研究以及运用运筹学方法解决军事领域的问题，它当然也讨论必要的理论和概念，并且分析战役和战术层面的军事问题。在军事运筹学领域的学者可以发现本书包括对他们的研究工作非常有用的全面参考书目、运筹学方面的基础知识和假定的计算。

本书概要如下。第1章介绍运筹学的由来和方法，军事运筹学的必要

性,以及学习军事运筹学涉及的要素。第2章讨论和研究搜索探测及毁伤评估。在这个章节中只做个别和一般的讨论,为以后章节的讨论做一个基本和框架性的铺垫。第3章涉及军事系统的几个例子,讨论非连续和连续的系统仿真。第4章进一步拓展仿真的思想,涉及战争游戏软件的开发和设计,以及简要介绍几个软件包。第5章描述成本和效能的分析方法,并进行成本效能分析。第6章举例说明最优化技术,如线性规划、整数规划、多目标规划、动态规划和非线性规划等,这一章的例子涉及任务计划和后勤管理。第7章介绍启发式最优化技术,例如仿真退火方法、遗传算法、人工神经网络等。第8章涉及分层解析处理,用于局势定性评估,以及行动的排队与选择。第9章、第10章介绍相似和不同的战斗模型。第11章讨论几个关于军力潜力静态评估的例子,涉及武器效能指数(WEI)/武器个体价值(WUV)、潜力和反潜力方法,以及态势修改军力方法。同时也讨论动态方法,如定量化判断模型分析法(QJMA),态势军力指数法(SFS),自适应动态模型(ADM)和军备竞赛模型。最后,在第12章,拓展第11章关于威胁分析的讨论,进行多极区域的稳定分析。

通过各章一定数量例子的解析,阐明军事运筹技术在军事系统的运用。例子中数据是假设的,并不对应实际的武器或军事态势,只是举例说明军事运筹学在作战决策中对实际问题的解决。

希望本书能有力推动军事运筹学在作战决策中的研究和运用。

N. K. Jaiswal

致 谢

写这本书的灵感主要来源于防御研究和发展组织(DRDO)、印度国防部,特别是“德里系统研究和分析学会”(ISSA)的 V. S. Arunachalam 博士对《军事运筹学》的编写给予了鼓励和帮助。前国防部科学顾问 A. P. J. Abdul, 国防部科学顾问和“防御研究和发展组织”总顾问 K. Santhanam 先生,以及 ISSA 在 1983—1996 年期间,给予了我很大的支持和指导。我在 ISSA 的同事的帮助下组织了材料,并且在几次讨论之后准备了最后的手稿。我必须提及他们的名字: B. S. Nagabhushana、Navneel Bhushan、Rajiv Gupta、S. C. Jethi、Dr. Arun Kumar 和 Sanchita Malik。没有他们的帮助,这本书是不可能完成的。ISSA 的 R. K. Jain, Ipsita Biswas 和 Sanjay Pal, 以及 D. S. Sastry 先生(前 C. S. I. R 的出版和信息理事)详细审查了手稿。我衷心感谢他们的帮助。

一些章节最初的草稿曾送交 Dr. Moshe Kress(CEMA, 以色列), Dr. Reiner Huber、Dr. Hans W. Hofman(德国慕尼黑联邦陆军学院)和 Dr. P. T. Harker(美国宾夕法尼亚大学)审阅,他们提出了大量的修改意见,帮助我完善了最初的手稿。我非常感激他们的建设性的批评和建议。负责完成本书手稿编辑的有 Lal、Shyam Kishwar Singh、Sanjay Madan 和 A. Shajumone, 以及给我大力合作的编辑 OR/MS Mr. Gary Folven、发行人 Kluwer Academic, 在此一并表示感谢。

最后,我还要感谢我的妻子 Lakshmi、儿子 Shailendra 和 Rajiv, 侄女 Vatsala 和孙女 Vandana、Shweta, 感谢他们在我写作期间的合作、耐心和理解,这本书体现了他们真诚的爱。

目 录

第 1 章 运筹学在国防领域	1
1.1 国防领域对运筹学的需求	1
1.2 运筹学的由来	2
1.3 军事运筹学	5
1.4 运筹学分析的方法论	6
1.5 军事运筹学研究的要点	9
参考书目	10
第 2 章 搜索探测和毁伤评估	12
2.1 目标获取、交战和毁伤评估	12
2.2 探测理论	14
2.3 搜索模型	18
2.4 命中概率	27
2.5 毁伤评估	35
2.6 齐射和模式攻击	42
2.7 单个和多个瞄准点的比较	47
2.8 基于毁伤信息的射击策略	48
参考书目	51
第 3 章 军事系统仿真	54
3.1 系统、模型和仿真	54
3.2 蒙特卡罗抽样过程	55
3.3 连续系统仿真	60
3.4 非连续系统仿真	61

3.5 武器系统仿真与战斗仿真的比较	76
3.6 仿真程序包	77
参考书目	83
第4章 战争游戏	86
4.1 战斗仿真、战争游戏和游戏原理	86
4.2 战争游戏的历史	87
4.3 战争游戏的分类	88
4.4 战争游戏的开发	90
4.5 陆战游戏	96
4.6 海战游戏	100
4.7 空战游戏	100
4.8 其他战争游戏	101
参考书目	102
第5章 成本和效能分析	105
5.1 系统效能与成本	105
5.2 利用固定效能的方法进行成本效能分析	107
5.3 利用价值描述分析成本效能	111
5.4 相关性价比观点分析	119
5.5 成本和作战效能分析(COEA)	120
参考书目	123
第6章 最优化问题	124
6.1 资源分配问题	124
6.2 线性规划	125
6.3 运输问题	137
6.4 分配问题	139
6.5 整数规划	140
6.6 多目标规划	145
6.7 动态规划	147
6.8 非线性规划	153

6.9 最优化技术在海湾战争中的运用	159
参考书目	161
第7章 启发式最优化	163
7.1 启发式最优化算法	163
7.2 多层防御的武器与目标分配问题	164
7.3 仿真退火	166
7.4 遗传算法	173
7.5 人工神经网络	178
7.6 三个启发式最优化技术的突出特点	197
参考书目	198
第8章 层次分析法	200
8.1 多准则决策	200
8.2 德尔菲法(Delphi Method)	200
8.3 决策矩阵方法	201
8.4 强迫决策矩阵方法	202
8.5 层次分析法	204
8.6 问题和 AHP 的修正	219
参考书目	223
第9章 相似战斗模型	225
9.1 兰彻斯特战争公式	225
9.2 其他损耗规律	231
9.3 战斗终止规则	234
9.4 战斗胜利评判方法	237
9.5 空间效能战斗模型	254
9.6 随机决斗	261
9.7 随机战斗模型	263
9.8 战斗模型的非线性影响	268
9.9 空、海军战斗模型	270
参考书目	270

第 10 章 不同种类战斗模型	276
10.1 (m, n) 模型	276
10.2 集合	280
10.3 缩放比例方法	283
10.4 选择性近似集合	286
10.5 可变决心模型	288
10.6 最优化模型	290
参考书目	300
第 11 章 威胁评估：静态和动态分析	302
11.1 威胁评估	302
11.2 静态分析	304
11.3 动态分析	320
参考书目	341
第 12 章 战略稳定性分析	344
12.1 稳定的概念	344
12.2 军事稳定性度量	346
12.3 线性防御模型的稳定性	348
12.4 稳定区域的兵力比模型	353
12.5 加强区域稳定的方法	359
参考书目	360

Chapter 1

第 1 章 | 运筹学在国防领域

1.1 国防领域对运筹学的需求

几乎所有的国家都花费相当规模的预算获得和发展武器，并增加它们的杀伤性。这是因为每一个国家期望他们的军力维持并且超过对手，以及遏制对手的企图和挑衅行动。为了这个目标，每个国家通过购置、设计和研发，获得了越来越多的武器系统。然而，获得武器系统涉及巨大的开支。因此，国家必须制订防御计划，并评估武器发展获得的好处和必要性。除了武器的效益，国防决策者还关心以下问题：对一个国家的威胁能否量化？单边、双边或多边军事力量削减后的结果将如何？

同样，军队指挥员关心以下问题的答案：一种武器的作用在哪里？在似是而非的战斗想定中的战术计划是什么？如果各种要素影响系统运行的质量和数量，针对特定任务这些要素如何混合配置？有多少不同种类的武器，如何配置在各种不同的地点，可以提供最佳的效费比？怎样给武器分配攻击目标使之能够完成既定的目的？利用 3 : 1 的攻击力量战胜防御方是否合理？对军官的训练，是在训练场练习提高快还是在实验室仿真练习提高快？等等。

以上问题的回答要考虑快速发展的战场环境、武器的毁伤能力和军队的技术水平。这些问题的解决需要在很短的时间内完成，并且在接收信息

不明确的情况下做出决策。同样，决策的过程需要严密的推理。部队有效的协同和他们的正确部署，以及部队的行动时间是决策的关键。指挥员必须能看到、理解和说明作战想定，想象未来的结果，并将相应的决策传达给他的下属。

战场监视和通信技术有了很快的发展。因此，使指挥员能够不间断地连续得到战场敌方重要变化信息的实时更新。技术的发展同样可以完成各种来源信息流的过滤、关联和融合，使指挥员不亲临战场，即可快速掌握战场信息。现代计算机技术在网络、图形、数据库管理、快速处理方面提供有力支持。在某些领域，计算机通过知识库和专家库可以辅助作战人员的决策。战场指挥员现在可以通过计算机访问地形特征和周围环境的详细信息，获得战场主动权。提供指挥员的信息，在计算机屏幕上以数字地图的方式显示，并可完成战术部署，这些都提供了快速、全面的决策支持。因此，有效的 C⁴I 系统对于决策变得非常重要。

技术的发展使武器系统在威力和精度方面有了很大的提高。科学技术的提升，使制导武器如：激光制导炸弹和灵巧武器，在准确攻击目标的能力方面取得重大进展，而火力控制系统是支持武器效能提升的倍增器。

上述所有的发展，在防御决策方面增加了额外的难度，C⁴I 系统影响着发现、探测、打击、毁伤概率的评估。军事系统的建模将计算机和计算机之间集成为一个整体，使通常基于直觉、经验和判断进行决策的指挥员和执行者，得到了科学分析的支持，这也给军队建模组织提出了挑战，帮助军队指挥员和执行者完成理性的科学决策，也就是运筹学的任务。

1.2 运筹学的由来

运筹学的诞生，正式归因于 P. M. S. Blackett 的著作。在第二次世界大战期间，他和由科学家、工程师组成的团队，向英国政府提出新武器和装备发展的技术问题。这个小组考察了几个战术状况，确认武器装备没有

达到最佳运用样式，他们通过科学分析，找到了最好的可实施技术，认为如果将其实施是明智的。

一个经典的例子是：在反潜飞机丢下的深水炸弹上进行深度指示设定。最初的攻击被判断是不成功的，没有多少潜艇被击沉的报告。Blacken's 团队中的 E. J. Williams 教授改变了这一状况，他被要求考虑使引信感应到潜艇后再引爆炸弹的可能性，而不是不管潜艇多深，以假定的潜艇深度设定引爆炸弹。这个平均假定的深度为 150 英尺。因此，炸弹只能给予 150 英尺的潜艇以毁伤。

争论是在以下情况引起的：敌方潜艇经常从反潜飞机机组人员视线内消失后，机组人员不知道在哪里投掷深水炸弹是有效和正确的。因此，对潜艇的攻击毁伤率非常低。另外，潜艇消失后下潜得并不深，炸弹在 150 英尺爆炸，潜艇没有被毁伤。此时，炸弹的深度设定应该是 20 英尺。现行的 150 英尺炸弹定深方案，对潜艇较低的毁伤效率，来源于较低的爆炸精确性和较小的毁伤半径。

通过有效数据和简单分析，事情变得很清楚，如果将深度设定由 150 英尺减小到 25 英尺，以及飞行员被告知如果潜艇下潜超过半分钟后，不允许投弹，这样潜艇被攻击期望的平均数将增加两倍，并不需要通过研发感应引信来提高深水炸弹的效能，这个建议被接受并得到执行。

随后得到敌方的报道，一种更强大的深水炸弹被采用，造成潜艇的伤亡增加两倍以上。

以上的例子说明，在很多种情况下，成功地改进一个系统，仅仅涉及使用科学分析，以及优化和选择操作方法，可能还要强调问题的验证来实现。对于增大潜艇毁伤目的，有两个选择：一是设计感应引信的深水炸弹，二是改变深水炸弹的定深，第二个选择是便宜的和立即见效的。

Morse 和 Kimball (1951)给出了第二次世界大战中几个问题运筹分析的简单、清晰说明。Falconer (1976)、Lamder (1984)、Mc Closkey (1987a, 1987b, 1987c)、Cunningham 等(1984)、Lovell (1988)、Sawyer

等(1989)、Christopherson 和 Baughan (1992)几位在报告中回忆了第二次世界大战期间英国和美国运筹学最初的工作。

在解决第二次世界大战中战术问题的成功科学分析后,催生了运筹学学科(在美国英语中称作 Operations Research)。

战后,与 Blackett 共事的科学家改行工作在运输、健康、工业等各个部门,对他们进行调查时,他们确认在科学分析和运筹控制下工作是个好方法。

之后,在不同领域的管理和筹划工作中运用运筹学的概念,变得普遍和清晰。例如,军工厂内的拥塞,造船厂的交通,医院的就诊病人,均属于相同的排队问题。因此,在国防领域、交通领域、健康领域需要相同类型的分析。这些都使运筹学概念被看成管理者控制下改善系统性能的工具和技术,与活动的领域无关。其中的一些技术有排队理论、数学规划、总量控制、性能评估/监控、搜索理论、竞赛理论、仿真,等等。

科学决策的另一个发展和地位改变是在 1960 年。Mr. Robert S. McNamara 成为美国国防部长后,他认识到运筹学技术还没有用于至关重要的武器发展决策中,并预测在不远的将来,它势必将大量运用在实际工作中。其主要原因如下:复杂武器的生命周期是 15 至 20 年,研发需要科学技术支持,开发成本巨大,武器附属的保障、维修将降低武器的价值。例如,预期远程武器发展计划中的陆军远程火箭,空军的非末制导导弹,存在着一定的不确定性和风险。同样,武器采购决心的形成,不仅仅依赖对需求细节的掌握,还需要提出人从国家安全的范围进行分析。由于武器采购的决策问题没有更多负责任的运筹学结构分析,因此催生了新的叫做系统分析的科学领域。

系统分析可以解释为:以系统方法,帮助决策者选择行动的步骤,包括问题的调研、寻找达成目标解决问题的办法、重要性比较、问题领域专家的直觉和判断等(见 Quade and Boucher 1968)。一个建议的研究周期由目标定义,探索方法选择,评估选择,成本效率选择等内容组成。这样的

周期在获取新的信息和目标后可能重复，重新辨别、评估和选择，直到明了所有的问题。因此，早在20世纪60年代，美国有一大批武器的成本效能评估研究报告形成，为武器采购清单的决策提供了建议。此后，系统分析活动在国防部门得到了普遍的认可。

与运筹学(OR)一样，系统分析(SA)在国防领域取得成功以后，在民用领域也得到了应用。随后引起了运筹学和系统分析相同还是不同的大量争论，事实上运筹学和系统分析分别是战术、战略分析的不同视角发展起来的。然而，这些区别已经不重要了。不要制造它们俩的区别，对于科学决策来说不管怎样划分，都应属于运筹学的范畴。

1.3 军事运筹学

运筹学已经应用在差不多所有的人类活动中。可是，本书只限定在军事运筹学(MOR)范围内。军事一词强调决策在军方的应用，不涉及其他领域。实际上，早期一般的情况，运筹研究技术和工具都是不考虑非军事领域的。无论如何，军事运筹学对军事事务的处理与经济和社会活动是不同的，例如速度3马赫、升限75000英尺的飞机，躺在冰层下携带导弹的核潜艇，与民事领域的事情是不相干的。同样，飞机在空中加油、飞机在舰艇上降落、武器系统的毁伤能力，也是军队所特有的。军事系统最极端的能力是战争中人们被动员起来，全部或部分消灭敌人，赢得战争。

此外，战争的重要特征是它很少发生，有很大的不确定性和复杂性。因此，军事决策分析较一般民事业务更复杂和困难。军事业务分析的另一个问题是：在军事作战分析和其他问题中，战争数据的有效性和可靠性。

许多军事行动的目的描述为：某一期间人员和物资的毁伤、地域的丢失，意图的实现。因此，有关效能的度量不用民用业务通常的成本标准。这就引发了在军事行动中系统效能的定量比较问题。例如，步枪与坦克比较是很困难的，而民用的两个系统在成本方面是可以比较的。