

基于算子的武器装备作战效能评估 柔性建模方法与应用

Weapons and Equipment Operational
Effectiveness Evaluation Operators-based:
Flexible Modeling Methods and Applications

王满玉 蔺美青 高玉良 编著



國防工業出版社
National Defense Industry Press

基于算子的武器装备作战效能 评估柔性建模方法与应用

Weapons and Equipment Operational Effectiveness
Evaluation Operators – based: Flexible Modeling
Methods and Applications

王满玉 蔺美青 高玉良 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

基于算子的武器装备作战效能评估柔性建模方法与应用/王满玉, 蔺美青, 高玉良编著. —北京: 国防工业出版社, 2012. 2

ISBN 978-7-118-07974-6

I. ①基... II. ①王... ②蔺... ③高... III. ①武器装备—作战效能—评估 IV. ①E920.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 013337 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710 × 960 1/16 印张 12½ 字数 251 千字

2012 年 2 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 56.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,原国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 在国防科学技术领域中,学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。
4. 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在总装备部的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由总装备部国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,原国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

国防科技图书出版基金

评审委员会

国防科技图书出版基金 第六届评审委员会组成人员

主任委员	王 峰			
副主任委员	宋家树	蔡 镭	杨崇新	
秘书长	杨崇新			
副秘书长	邢海鹰	贺 明		
委 员	于景元	才鸿年	马伟明	王小谟
(按姓氏笔画排序)	甘茂治	甘晓华	卢秉恒	鄔江兴
	刘世参	芮筱亭	李言荣	李德仁
	李德毅	杨 伟	肖志力	吴有生
	吴宏鑫	何新贵	张信威	陈良惠
	陈冀胜	周一宇	赵万生	赵凤起
	崔尔杰	韩祖南	傅惠民	魏炳波

序

纵观人类历史的绵绵画卷,人们认知能力和创新水平的提高无不依赖于科学技术的进步。任何一种科学方法和科学技术,在其形成和发展过程中,需求的牵引和技术的推动无一例外地发挥着关键和核心的催化作用,在科技发展的舞台上扮演着不可或缺的重要角色。

人类的认知领域是多维的,不同领域由其自身的特点和外在的条件不同,决定其具有不同的发展水平,横向科学就是人类正视这种不平衡而形成的学科领域。横向科学的研究实践,对促进学科融合、推动多学科平衡发展起着至关重要的作用,使得人们的视线越来越多地投入到这一领域,并积累了宝贵的科学财富。

“评估”是个极具普适性意义的词汇,几乎在任何一个领域都可以找到它的艺术舞台,例如,管理领域的“绩效评估”、经济领域的“效益评估”、教育领域的“能力素质评估”等。这就使得“评估”如同一位善舞的精灵,迅速走进了人们的视野,很快成为重要的横向研究领域。

军事领域历来是人们关注的焦点,任何一种科学技术一经出现,就会在该领域跃跃欲试,争取一席之地,当然,评估技术也不例外。正当评估技术在各个领域蓬勃发展之时,人们迅速捕捉到了它在军事领域的现实需求。例如,武器装备作为重要的作战力量因素之一,其作战效能评估成为了极受关注的评估应用领域。此后,武器装备作战效能评估作为重要的学科方向,其理论、方法和技术在不断的应用实践中得到了长足的发展,积累了大量研究成果,为评估理论的升华和技术的进步奠定了基础。与此同时,计算机领域、仿真领域、人工智能领域也在人们不断的认知实践中快速发展,并最终促成了“柔性”理念的形成,这在拓展横向科学思维模式下,对相关领域的研究是极具借鉴意义的。

在人类的不同认知领域,更具体为各个不同行业,不可避免地存在一些共性,如对多种变化的适应性,对多种需求的可调性和兼容性等,更概括地说,就是存在“柔性”需求。这一“柔性”需求很快成为横向科学关注的对象,使得“柔

性”概念,作为一种广为认可的全新理念,很快在各行各业、各个研究领域推广开来,形成了“柔性生产”、“柔性管理”、“柔性分析”、“柔性评估”等概念,使得柔性思想的覆盖面越来越广,影响力越来越大。因为很显然,“柔性”要比“可适应”、“可调整”、“灵活”等词汇更贴切,内涵更丰富,从而适合作为一种科学语言为人们所接受。可以说,“柔性”一词的出现,就是顺应各研究领域走向规范化和标准化的必然选择。

柔性思想渗透于军事领域的直接后果,就是“柔性仿真”理念的最终形成,进而引发了人们对柔性仿真方法、柔性仿真技术及柔性评估等的研究热潮,实现了丰富和有效的研究积累,这就为评估理论的升华奠定了技术基础,对评估技术的进步也具有一定的示范意义。

另外,仿真技术的出现是人类里程碑意义的技术突破,它同其他任何一种新技术一样,很快在军事领域找到了用武之地,形成了基于仿真的论证、基于仿真的推演、基于仿真的分析等概念,甚至将仿真作为武器装备发展全生命周期都适用的技术手段,成为装备采办的有效支撑手段,这就形成了“基于仿真的采办”概念。这对评估理论的发展意义重大,因为武器装备采办绕不开武器装备作战效能评估这一重要环节,由此,就将仿真和评估融为一体,形成了“基于仿真的评估”概念,仿真领域的任何理论创新和技术进步,对评估领域都极具启发意义。人们不断的仿真实践和评估实践过程为评估理论创新和技术进步奠定了技术基础和应用基础。

本书的研究能够将极具现实意义的武器装备作战效能评估领域作为研究背景,采用学科交叉的科学思维方法,借鉴邻近学科的先进思想、方法和技术,将“柔性评估”和“柔性建模”概念有机融合,建立了“柔性评估建模”的概念,并形成了相应的方法论体系和技术规范,实现了对评估理论的升华,推动了评估技术的进步,对武器装备作战效能评估实践极具指导意义,具有很好的科学和实用价值。

中国工程院院士

序

“评估”是个有着普适性意义的词汇,几乎在任何一个领域都可以见到它的应用,例如,管理领域的“绩效评估”、经济领域的“效益评估”、教育领域的“能力素质评估”等。尤其是在军事领域,性能的评估更是备受人们的关注。例如,武器装备将直接关系到军事行动的成败,其效能评估就显得十分重要。

“柔性”的基本含义包括灵活、可重用、可扩展及可重组等概念,已经在医药、社会、军事等各个领域被广泛应用,形成了柔性制造、柔性生产、柔性管理、柔性分析、柔性仿真、柔性建模和柔性评估等概念,在各行各业的各个阶段和环节发挥着不可替代的导向和引领作用。

电子技术和计算机技术的飞速发展,大大促进了信息时代的到来,尤其是在武器装备信息化发展的形势下,武器装备本身越来越复杂,对武器装备的作战效能评估的需求也更为迫切。

柔性评估建模方法论,就是在对武器装备进行作战效能评估的实践过程中,逐步形成和发展的。它必将在武器装备作战效能评估及其他相关领域发挥重要的引领和推动作用,具有很大的科学和实用价值。

本书以武器装备作战效能评估为背景,采用学科交叉的科学思维方法,借鉴邻近学科的先进思想、方法和技术,将“柔性评估”和“柔性建模”概念有机融合,建立了“柔性评估建模”的概念,形成了相应的方法论体系和技术规范,对武器装备作战效能评估实践极具指导意义,具有很好的科学和实用价值。

本书是在武器装备仿真论证科研实践过程中,对武器装备作战效能评估的理论和总结,对武器装备论证科研人员、武器装备工程实践人员以及其他从事武器装备作战效能评估的研究人员、教师和研究生有参考意义,本书的出版将为他们提供十分有益的帮助。

中国工程院院士

前 言

武器装备作战效能评估是武器装备全寿命周期中必不可少的重要环节。人们对评估理论和方法的研究一直方兴未艾。评估是以模型为基础的,因而评估建模是武器装备作战效能评估研究的重要内容。本书就是以武器装备作战效能评估为应用背景,提出基于算子的柔性评估建模方法,目的是为评估建模和设计人员提供有益的借鉴和启示,以推动评估建模理论和方法的进一步发展。

本书将“柔性”理念引入评估建模领域,将“柔性评估”和“柔性建模”有机融合为“柔性评估建模”,强调“柔性”思想在评估建模领域的指导作用,目前在国内外属于首创。此外,拓展算子的概念,在概念层和软件实现层分别定义了算子的具体含义,突出软件层次作为功能组件的算子,将其作为评估建模的基本单元,这就为柔性的评估建模奠定了物质基础。正是将基于算子的评估建模方法与柔性评估建模理念相融合,并在武器装备作战效能评估建模的不断实践过程中,形成了基于算子的柔性评估建模方法论,实现了评估建模理论和方法的创新。

本书介绍的柔性评估建模方法,也是跨学科的理论研究成果。人工智能学中的目标规约理论对评估概念建模具有重要的借鉴意义;软件工程学的柔性软件设计理论对评估软件系统的设计也提供了重要启示;柔性仿真建模理论和实践对柔性评估建模起到了示范作用,且基于仿真的评估理论将仿真和评估有机融为一体,也强化了柔性仿真理论对柔性评估建模实践的推动作用;评估建模领域已有的方法积累也为柔性评估建模奠定了方法和应用基础。该方法强调基于算子的分析,即容易算子化的问题表示——评估指标体系,以及基于算子的实现——算子树模型。由于算子具有很强的问题表达能力,并且在软件实现上能够达到较好的封装性和扩展性,因此基于算子的柔性评估建模方法能够有效地实现对多种评估方法的工具化和不同评估问题模式的模板化,对复杂评估需求具有很强的适应能力,是进行武器装备作战效能评估建模的一种有效

途径。

本书是作者在长期从事武器装备论证和仿真评估的实践过程中,对前期科研积累的理论总结。由于基于仿真的评估理论已深入人心,评估工具需要具备与仿真工具相适应的能力,因而作者在评估工具的开发过程中,受到了仿真工具设计和使用模式的启发,致力于提高评估工具的扩展性和重用性,设计并实现了柔性评估建模工具 FEMS 的原型系统。该系统在巡航导弹突防作战效能仿真评估项目中得到了成功应用,并集成了突防效能评估的相关算子工具;随后,运用该系统开展了装甲装备作战效能仿真评估研究,进一步设计集成了效用函数算子集和 TOPSIS 方法算子集,使得系统的评估建模能力进一步增强。在不断的实践和应用过程中,评估方法算子化的思想、方法和技术逐步成熟。此后,系统进一步集成了其他算子工具,并在雷达侦察系统、雷达组网系统、反辐射无人机、预警监视系统等武器装备作战效能评估中得到了应用。在作者对评估建模理论的理性思考下,对前期的科研实践作了进一步的理论总结,最终形成了本书提出的柔性评估建模方法。

全书共 6 章,包含三大部分内容。第一部分为第 1 章~第 4 章,介绍柔性评估建模方法论的依据、应用对象和方法论的具体内容,是理论部分。第二部分为第 5 章,介绍了柔性评估建模工具 FEMS,为读者提供作战效能评估模型开发的参考,是工具部分。第三部分为第 6 章,介绍了方法论的具体应用,实现了对方法论有效性的验证和检验,是应用部分。

本书的写作得到了作者单位的大力支持,在写作过程中得到了尹自生教授的帮助和支持。特别要感谢胡风明、邓瑛等同志为本书所做的大量文字处理工作,使作者能有更多的时间从事写作。

限于作者的学术和理论水平,书中难免存在疏漏和错误,敬请读者批评指正!

作者
2011 年 9 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 柔性评估建模相关概念	1
1.1.1 柔性评估	1
1.1.2 评估模型	2
1.1.3 柔性评估建模	2
1.2 柔性评估建模方法的形成	4
1.2.1 基于仿真的评估	4
1.2.2 柔性的系统设计	5
1.2.3 柔性仿真评估系统	6
1.2.4 柔性评估需求分析	8
1.2.5 评估方法算子化	11
1.3 柔性评估建模的特点	14
1.3.1 可重构的评估指标体系	14
1.3.2 可综合的评估方法集合	15
1.3.3 可组合的评估建模单元	16
1.3.4 可匹配的评估模板工具	16
1.4 柔性评估建模研究的意义	17
1.4.1 体现评估目的的多样性	18
1.4.2 体现评估需求的多变性	19
1.4.3 提高评估建模效率	20
1.4.4 推动仿真评估系统优化升级	20
第 2 章 柔性评估建模的方法论基础	22
2.1 基于人工智能的目标归约理论	22
2.1.1 目标归约基本思想	22
2.1.2 目标归约基本过程	23
2.1.3 基于算子树的问题求解方法	24

2.2	基于软件工程的柔性软件理论	24
2.2.1	柔性软件基本思想	25
2.2.2	柔性软件技术基础	25
2.2.3	柔性软件层次	26
2.2.4	柔性软件特性	26
2.2.5	柔性软件应用	28
2.3	柔性仿真建模理论	28
2.3.1	柔性仿真基本思想	29
2.3.2	柔性仿真的特点	30
2.3.3	柔性仿真建模框架	31
2.3.4	柔性仿真建模方法	33
2.4	评估建模基本理论	36
2.4.1	研究现状分析	36
2.4.2	评估建模方法	37
2.4.3	评估建模原则	38
2.4.4	评估建模系统	39
第3章	武器装备作战效能评估	40
3.1	基本思想	40
3.1.1	相关概念	40
3.1.2	目的和意义	44
3.1.3	有效评估准则	45
3.2	基本工作流程	47
3.2.1	评估层次	47
3.2.2	评估要素	48
3.2.3	评估流程	50
3.2.4	评估创新模式	52
3.3	常用评估方法	54
3.3.1	基础指标解算方法	54
3.3.2	评估聚合方法	57
3.4	评估建模框架	69
3.4.1	基于状态的 ADC 评估框架	69
3.4.2	基于控制论的 SCA 评估框架	70
3.4.3	适应复杂电磁环境下作战的 ADCE 评估框架	70

3.4.4	面向电子对抗装备的 ADCE + SCA 评估框架	71
第 4 章	基于算子的柔性评估建模方法论	73
4.1	基于算子的问题求解	73
4.1.1	基本思想	73
4.1.2	算子与框图	75
4.1.3	评估问题求解树	76
4.1.4	评估问题算子树	79
4.2	评估方法算子化	81
4.2.1	算子化研究现状	81
4.2.2	算子化基本思路	81
4.2.3	算子化的适用条件分析	83
4.3	基于算子的柔性评估建模	84
4.3.1	基本思想	84
4.3.2	建模基本流程	86
4.3.3	建模工具需求	87
第 5 章	基于算子的柔性评估建模环境 FEMS	89
5.1	FEMS 简介	89
5.2	算子开发规范	90
5.2.1	算子设计规范	90
5.2.2	算子开发和集成	92
5.2.3	算子使用和管理	94
5.3	功能及组成	98
5.3.1	系统主要功能	98
5.3.2	系统组成结构	103
5.4	柔性评估建模能力	109
5.4.1	评估算子设计	109
5.4.2	评估算子集成	115
5.4.3	推广和应用前景	116
第 6 章	基于算子的柔性评估建模应用	119
6.1	导弹武器装备突防作战效能评估	119
6.1.1	评估过程模式	119
6.1.2	评估指标体系	121
6.1.3	评估解算方法	121

6.1.4	评估模型构建	123
6.1.5	算例	128
6.2	装甲装备作战效能评估	130
6.2.1	评估指标体系	130
6.2.2	评估和分析方法	132
6.2.3	评估和分析建模	134
6.2.4	算例	138
6.3	航空装备作战效能评估建模	141
6.3.1	反辐射无人机作战效能评估建模	141
6.3.2	战机低空突防作战效能评估建模	146
6.3.3	新型战斗机作战效能评估建模	149
6.4	战略预警相关作战效能评估建模	154
6.4.1	雷达侦察系统作战效能评估建模	154
6.4.2	雷达组网系统作战效能评估建模	158
6.4.3	高机动便携式雷达作战能力评估建模	161
6.4.4	预警监视系统作战能力评估建模	165
6.4.5	战略预警体系作战效能评估建模	168
6.5	其他应用	173
名词术语汇总		175
参考文献		177

CONTENTS

1	Introduction	1
1.1	The concepts about flexible evaluation modelling	1
1.1.1	Flexible evaluation	1
1.1.2	Evaluation model	2
1.1.3	Flexible evaluation modelling	2
1.2	Formation of flexible evaluation modelling method	4
1.2.1	Simulation based evaluation	4
1.2.2	Flexible system design	5
1.2.3	Flexible simulation and evaluation system	6
1.2.4	Demands analysis of flexible system	8
1.2.5	Operators for evaluation methods	11
1.3	Features of flexible evaluation modelling	14
1.3.1	Reconfigurable evaluation index syste	14
1.3.2	Composable evaluation methods	15
1.3.3	Combinatorial evaluation modeling units	16
1.3.4	Matched evaluation template tools	16
1.4	Significance of flexible evaluation modelling research	17
1.4.1	Represent diversity of evaluation aims	18
1.4.2	Display variability of evaluation demands	19
1.4.3	Enhance efficiency of evaluation modelling	20
1.4.4	Impel optimization of simulation and evaluation system	20
2	Methodology basis of flexible evaluation modelling	22
2.1	Intellection based object reduction theory	22
2.1.1	Thought of object reduction	22
2.1.2	Process of object reduction	23
2.1.3	Operators based problem solving method	24

2.2	Software engineering based flexible software theory	24
2.2.1	Thought of flexible software	25
2.2.2	Technics basis of flexible software	25
2.2.3	Levels of flexible software	26
2.2.4	Characteristics of flexible software	26
2.2.5	Application of flexible software	28
2.3	Flexible simulation medelling theory	28
2.3.1	Thought of flexible simulation	29
2.3.2	Characteristics of flexible simulation	30
2.3.3	Flexible simulation modelling frame	31
2.3.4	Flexible simulation modelling method	33
2.4	Evaluation modelling basic theory	36
2.4.1	Current research state analysis	36
2.4.2	Evaluation modelling method	37
2.4.3	Evaluation modelling principle	38
2.4.4	Evaluation modelling system	39
3	Weapons and equipment operational effectiveness evaluation	40
3.1	Basic thought	40
3.1.1	Related concepts	40
3.1.2	Aim and significance	44
3.1.3	Effective evaluation guidelines	45
3.2	Basic work flow	47
3.2.1	Evaluation levels	47
3.2.2	Evaluation elements	48
3.2.3	Evaluation flow	50
3.2.4	Evaluation innovation model	52
3.3	Conventional evaluation methods	54
3.3.1	Basic indicators calculation methods	54
3.3.2	Evaluation polymerization methods	57
3.4	Evaluation modelling frame	69
3.4.1	State based ADC evaluation frame	69
3.4.2	Cybernetics based SCA evaluation frame	70
3.4.3	ADCE evaluation frame adapt to Complicated EM Environment	70