



国防大学学科系列教材

作战模拟系统

ZUOZHAN MONI XI TONG

(下)

主编 马亚平

国防大学出版社

作战模拟系统

(下)

主编：马亚平

编著：（以下排列按姓氏笔画为序）

马亚平 刘秀罗 李元
李柯 陈亚洲 金伟新
黄亦工

国防大学出版社

目 录

上 篇 基本理论

第1章 绪 论	(1)
1.1 基本概念	(1)
1.2 词语辨析	(3)
1.2.1 模拟与仿真	(3)
1.2.2 模型与系统	(5)
1.2.3 作战模拟与训练模拟	(7)
1.3 发展概况	(9)
1.4 应用	(15)
1.4.1 类型	(15)
1.4.2 战略模拟	(17)
1.4.3 联合作战模拟	(18)
1.5 计算机训练模拟的特点	(20)
1.6 作战模拟的发展动态与未来趋势	(22)
第2章 作战模拟方法	(28)
2.1 古代作战模拟方法	(28)
2.1.1 原始智力推演方法	(28)
2.1.2 智力推演方法	(29)
2.1.3 兵棋对弈方法	(29)
2.1.4 沙盘模拟方法	(31)
2.1.5 实兵演习方法	(31)
2.1.6 图上作业方法	(31)

2.2	近现代作战模拟方法	(32)
2.2.1	莱斯维茨方法	(32)
2.2.2	自由对抗模拟方法	(33)
2.2.3	Lanchester 微分方程模拟方法	(34)
2.2.4	Monte Carlo 方法	(35)
2.2.5	解析模拟方法	(35)
2.2.6	计算机仿真方法	(36)
2.2.7	交互式作战模拟方法	(36)
2.2.8	计算机辅助作战模拟方法	(36)
2.2.9	虚拟现实模拟方法	(37)
2.3	高层作战模拟方法	(37)
2.3.1	决策模拟方法	(37)
2.3.2	综合集成方法	(44)
2.3.3	研讨厅体系	(53)
2.4	复杂作战模拟方法	(57)
2.4.1	定性模拟方法	(57)
2.4.2	系统动力学方法	(59)
2.4.3	MAS 方法	(61)
2.4.4	CAS 方法	(65)
2.4.5	Swarm 方法	(65)
第3章	作战模拟系统的体系结构	(68)
3.1	体系结构的一般概念	(68)
3.1.1	什么是体系结构	(69)
3.1.2	软件体系结构	(70)
3.1.3	体系结构的描述方式	(72)
3.1.4	作战模拟系统的体系结构	(77)
3.1.5	研究体系结构的意义	(78)
3.2	控制方式与体系结构	(79)
3.2.1	对模拟系统中主要控制矛盾的分析	(79)

3.2.2 典型的系统控制方式	(81)
3.3 集中式系统的体系结构	(85)
3.3.1 集中式系统(Centralized Systems)的概念	(85)
3.3.2 集中式系统的原理与框架	(86)
3.3.3 集中式系统的控制方式	(87)
3.3.4 集中式系统优缺点分析	(87)
3.4 分布式体系结构	(88)
3.4.1 分布式系统(Distributed System)的基本 概念与发展	(88)
3.4.2 分布式系统的原理与框架	(90)
3.4.3 分布式系统的控制方式	(94)
3.4.4 分布式系统的特点、优点和不足之处	(95)
3.5 先进分布仿真技术的发展	(97)
3.5.1 基本概念和发展历程	(97)
3.5.2 SIMNET 及相关体系结构	(98)
3.5.3 DIS 技术及相关体系结构	(101)
3.5.4 ALSP 技术及相关体系结构	(108)
3.6 高层体系结构 HLA	(110)
3.6.1 HLA 的基本原理概述	(110)
3.6.2 HLA 的起源与发展	(113)
3.6.3 与 HLA 相关的基本概念	(115)
3.6.4 HLA 的主要组成	(116)
3.6.5 HLA 的设计原理	(121)
3.7 作战模拟系统体系结构的发展 - 基于模型驱动 的体系结构(MDA)与 HLA	(128)
3.7.1 对象管理组织(OMG)与 MDA	(128)
3.7.2 MDA 的基本概念与技术思想	(130)
3.7.3 MDA 的技术、思想与 HLA 的结合	(135)
3.7.4 可扩展的建模与仿真框架(XMSF)	(137)

3.8 基于多 Agent 可组构领域平台结构	(142)
3.8.1 什么是“公共平台”	(143)
3.8.2 作战模拟领域应用的公共平台	(145)
3.8.3 公共平台的核心技术研究	(150)
第4章 作战模拟的模型方法	(155)
4.1 作战模拟模型基础	(156)
4.1.1 系统、模拟与模型	(156)
4.1.2 作战模拟与作战模型	(162)
4.1.3 作战模型的类型	(165)
4.1.4 作战模型的表现形式	(167)
4.1.5 复杂系统模拟与模型	(168)
4.1.6 作战模型的地位、作用	(169)
4.2 联合作战训练模拟模型的体系结构	(172)
4.2.1 模型体系结构相关基本概念	(172)
4.2.2 联合作战模型体系的设计原则、目标与标准	(173)
4.2.3 联合作战模型体系的军事设计与技术设计	(175)
4.2.4 联合作战模型体系的设计模板	(176)
4.2.5 联合作战模型体系的标准化问题	(177)
4.2.6 联合作战模型体系结构与联合作战模拟系统	(178)
4.2.7 联合作战模型体系结构模型类型横向划分	(178)
4.2.8 联合作战模型结构化描述参考模板	(179)
4.3 联合作战模拟训练模型军事设计	(180)
4.3.1 模型的军事需求分析	(180)
4.3.2 军事模型军事设计	(182)
4.3.3 军事问题的抽象和分解	(183)

4.4	联合作战训练模拟模型技术设计	(184)
4.4.1	作战模型技术开发总体方案设计	(184)
4.4.2	作战模型技术开发总体方案的审定	(185)
4.4.3	作战模型技术开发的软硬件约束条件分析	(185)
4.4.4	作战模型的工程技术开发与实践	(186)
4.4.5	作战模型设计过程中容易犯的错误	(196)
4.5	联合作战训练模拟模型建模方法	(199)
4.5.1	经典建模方法	(199)
4.5.2	现代建模方法	(217)
4.5.3	几种特殊建模技巧与方法	(237)
4.5.4	复杂作战模拟建模方法	(252)
4.6	作战模拟模型建模工具与环境	(264)
4.6.1	UML 建模工具	(265)
4.6.2	基于 Agent 的建模工具	(273)
4.7	作战模拟模型校核、验证与确认(VV&A)	(278)
4.7.1	概述	(278)
4.7.2	作战模拟模型校核(Verification)、验证 (Validation)与确认(Accreditation)的概念 ...	(278)
4.7.3	作战模拟模型校核、验证与确认的主要 方法	(279)
4.8	作战模拟模型实例——美军建模思想与方法 简介	(282)
4.8.1	美军模拟模型设计原理	(283)
4.8.2	美军模拟模型设计方法及框架	(284)
4.9	作战模拟模型方法的未来发展	(291)
第5章	数据与数据准备	(300)
5.1	数据准备的意义	(300)
5.1.1	数据的急剧膨胀	(300)

5.1.2	数据的标准化与共享性	(301)
5.2	数据准备的基本内容	(301)
5.2.1	文件资料	(302)
5.2.2	战场环境	(305)
5.2.3	作战保障	(309)
5.2.4	武装力量	(310)
5.2.5	武器装备	(312)
5.3	数据字典	(315)
5.3.1	数据集名称	(316)
5.3.2	标识信息	(316)
5.3.3	数据项内容	(316)
5.3.4	数据质量	(316)
5.3.5	数据分布	(317)
5.3.6	数据安全	(317)
5.4	武器装备数据库	(318)
5.4.1	武器装备的构成关系	(318)
5.4.2	武器装备数据库基本结构	(320)
5.5	编制、编成与编组数据库	(323)
5.5.1	关于编制、编成与编组	(323)
5.5.2	编制、编成与编组数据库的基本结构	(328)
5.5.3	武器装备与作战编组数据库的生成关系	(339)
5.6	战场环境数据库	(339)
5.6.1	战场环境数据的类型与基本关系	(339)
5.6.2	基础层战场环境数据的结构关系	(341)
5.6.3	目标层战场环境数据的结构关系	(350)
5.6.4	兵要地志信息数据的结构关系	(352)
第6章	军队作战能力指数	(354)
6.1	作战能力指数	(354)
6.1.1	指数方法	(354)

6.1.2 常用作战能力指数概念	(357)
6.2 典型的武器装备作战能力指数方法	(360)
6.2.1 武器装备杀伤力指数	(360)
6.2.2 武器装备作战能力的幂指数	(382)
6.3 联合作战模拟中作战能力指数	(394)
6.3.1 联合作战的特点	(394)
6.3.2 联合作战模拟中作战能力指数—联合指数	(396)
第7章 作战模拟系统的总体设计方法概述	(420)
7.1 把握需求	(420)
7.1.1 把握需求的层次	(421)
7.1.2 把握需求的目的	(422)
7.1.3 把握需求的可操作性	(422)
7.2 分析难点	(423)
7.3 功能定义	(424)
7.4 系统组成	(426)
7.5 总体结构	(427)

下 篇 工程实践

第8章 作战行动模型的建模过程与逻辑模型描述 方法	(433)
8.1 问题的提出	(433)
8.2 关于模型开发阶段的几种观点	(440)
8.2.1 观点一:军事概念模型(逻辑模型)、 数学模型、程序模型	(440)
8.2.2 观点二:军事概念模型(军事描述)、 逻辑模型、数学模型、程序模型	(442)
8.2.3 观点三:军事概念模型、对象模型、执行模型	

.....	(444)
8.2.4 观点四:一体化建模框架	(445)
8.2.5 观点五:美军的联邦模型开发过程	(448)
8.2.6 对上述几种观点的分析与比较	(456)
8.3 军事行动逻辑模型的概念及逻辑模型描述方法	(471)
8.3.1 军事行动逻辑模型的概念	(471)
8.3.2 军事行动逻辑模型描述方法	(476)
第9章 总体设计实例	(482)
9.1 需求分析	(482)
9.1.1 对“联合”作战行动的重点描述	(483)
9.1.2 模型的“聚合”与“分解”	(485)
9.1.3 与演习作业的“同步”	(486)
9.1.4 “对抗”在系统中的表现形式	(488)
9.1.5 关于态势显示	(489)
9.2 各军(兵)种部队的主要模拟特征	(493)
9.2.1 陆军合同部队	(494)
9.2.2 海军舰艇部队	(494)
9.2.3 航空兵部队	(494)
9.2.4 导弹部队	(495)
9.2.5 电子对抗部队	(495)
9.2.6 压制炮兵部队	(495)
9.2.7 防空兵部队	(496)
9.2.8 后方保障部队	(496)
9.3 主要技术问题	(496)
9.3.1 模拟结果的合理性	(496)
9.3.2 作战环境数据与态势显示	(497)
9.3.3 系统的模拟效率	(498)
9.3.4 系统的控制关系	(499)

9.3.5	远程数据的压缩与传送	(501)
9.4	系统组成与功能定义	(505)
9.4.1	总体控制系统的主要功能	(506)
9.4.2	各模拟模型系统的主要功能	(507)
9.5	系统总体结构	(521)
9.5.1	总体逻辑结构	(523)
9.5.2	系统控制流程	(523)
9.5.3	总体数据流程	(525)
9.5.4	模拟系统远程数据传输	(525)
第10章	RTI 的扩展设计	(531)
10.1	扩展 RTI 的应用目标	(531)
10.1.1	支持多分辨率模型的信息交互	(531)
10.1.2	支持不同类型功能应用之间的互操作	(531)
10.1.3	支持不同层次模拟系统应用之间的互操作	(531)
10.1.4	支持远程环境下模拟应用之间的互操作	(532)
10.1.5	支持仿真应用与实际作战系统之间的互联互通	(532)
10.1.6	促进各类仿真应用达到最大程度的重用数学模型、程序模型	(532)
10.2	E-RTI 的扩展功能	(532)
10.2.1	广域网多联邦互联功能	(532)
10.2.2	DR 算法	(533)
10.2.3	坐标转换	(533)
10.2.4	多分辨率模型处理	(534)
10.2.5	与各种工具、指控系统和实装的接口功能	(534)
10.2.6	动态数据记录器	(535)
10.2.7	运行接口跨编译平台控件	(535)

10.2.8	虚拟成员机	(535)
10.2.9	多功能通信组件	(536)
10.2.10	通用仿真代理成员	(536)
10.2.11	对所有管理服务的扩展	(537)
10.2.12	对时间管理服务的扩展	(537)
10.2.13	对数据分发管理服务的扩展	(538)
10.2.14	对底层通信机制的扩展	(539)
10.3	扩展 RTI 方案设计	(540)
10.3.1	文件传输技术方案	(541)
10.3.2	网络数据库访问技术方案	(542)
10.3.3	大数据量实时传输技术方案	(543)
10.3.4	多联邦互联技术方案	(543)
10.4	E-RTI 体系结构	(545)
10.5	E-RTI 支持下 HLA 仿真联邦体系结构	(546)
10.5.1	E-RTI 仿真联邦一般结构	(546)
10.5.2	单联邦运行时结构	(549)
10.5.3	多联邦运行时结构	(551)
第 11 章	作战模拟系统的态势显示	(553)
11.1	态势显示系统概述	(553)
11.1.1	系统总体设备配置	(554)
11.1.2	系统逻辑结构	(555)
11.1.3	软件组成部分	(556)
11.2	基本要素	(557)
11.2.1	背景图形	(557)
11.2.2	军标符号	(559)
11.2.3	辅助函数	(563)
11.3	应用软件	(564)
11.3.1	背景制作	(565)
11.3.2	军标制作	(567)

11.3.3	态势显示	(567)
11.3.4	服务器	(568)
11.3.5	接收器	(570)
11.3.6	辅助工具	(570)
11.4	典型技术设计	(570)
11.4.1	线军标符号显示	(571)
11.4.2	箭头显示	(578)
11.4.3	电子区域线显示	(583)
11.4.4	坐标空间变换	(587)
11.4.5	态势数据处理	(590)
11.4.6	网络通信优化	(599)
11.4.7	远程态势数据传输	(603)
11.5	应用软件结构	(607)
11.5.1	态势显示模块结构	(607)
11.5.2	态势服务器模块结构	(620)
11.5.3	态势显示的数据与控制流程	(625)
11.5.4	态势服务器的数据与控制流程	(627)
11.6	应用模块分析	(629)
11.6.1	军标库类	(629)
11.6.2	箭头显示模块	(643)
11.6.3	态势显示子窗口类	(649)
11.6.4	数据处理子窗口类	(671)
11.6.5	数据信息类	(681)
11.6.6	通信线程类	(683)
11.6.7	通信模块类	(687)
11.6.8	态势服务模块	(692)
11.7	数据结构分析	(699)
11.7.1	矢量军标库结构	(699)
11.7.2	军标表结构	(727)

11.7.3	扩充军标表结构	(734)
11.7.4	其它态势数据表结构	(746)
11.8	军标显示函数接口说明	(752)
11.8.1	矢量军标作图	(752)
11.8.2	函数军标作图	(755)
11.8.3	实箭头作图	(758)
11.8.4	线箭头作图	(760)
11.8.5	战斗分界线作图	(763)
参考文献		(768)
后 记		(773)

第8章 作战行动模型的建模过程 与逻辑模型描述方法

8.1 问题的提出

近几年来,利用计算机手段进行作战模拟在我军已经得到了广泛应用,在不同领域、不同层次上开发了为数众多的计算机模拟系统。其中指挥训练领域的作战模拟系统研究历史长、应用范围广,已经取得了一批有实用价值的研究成果,在开发过程中也积累了丰富的经验。但是,由于作战指挥训练模拟系统应用目的和所模拟的对象比较特殊,目前这一领域的研究还存在一些问题,最为突出的是“问题空间”与“解空间”之间的“语义断层”难以消除。本章将以我们开发新一代指挥训练模拟系统为例,说明如何解决这些问题。

建立作战系统的计算机仿真模型,是实现将真实的作战系统映射到软件系统的过程。真实的作战系统是问题空间,作战模拟软件系统是解空间。问题空间是非结构化的,解空间是结构化的,把非结构化描述转化为结构化描述而又要保证二者本质的一致性,必然要有个语义转换的过程,完成这一转换存在以下制约因素:

一是问题空间的复杂性。用于作战指挥训练的计算机模拟系统的目的是“为受训的指挥员提供一个近似于实战的战场环境”,这个战场环境并不是《军语》上所指的“战场及其周围对作战活动有影响的各种情况和条件的统称。包括地形、水文、气象等自然条件,人口、民族、交通、建筑物、工农业生产、社会情况等人文条件,以及国防工程构筑、作战物资储备等战场建设

的情况。”而是作战中除受训的指挥员以外的所有的人和物，既包括《军语》上的“战场环境”，还包括敌我双方的部队和武器装备。而作战指挥训练模拟系统就是要模拟敌我双方的部队运用各种可能的武器装备，在各种可能的战场环境下，进行对抗的过程。当然，进行作战模拟是通过建立真实系统的模型进行的，模型是对真实系统的抽象而不是全面反映，是根据需要确定一定的视角对真实系统的描述。在有些情况下抽象是一种简化，但并不是所有情况下都是如此。指挥训练模拟系统要提供“近似实战的”战场环境，这一要求说明它对真实的作战系统的描述应该还是比较全面细致的，它要描述指挥人员（包括指挥员及其参谋人员）能够感知的、需要做出反应的所有的人、物和活动。另一方面，作战指挥训练模拟系统不是对某一场作战的模拟，而是对各种类型的作战活动的模拟，其涉及的范围非常广泛，这就大大增加了系统描述的难度。

二是对问题空间描述的不确定性。由于作战系统的复杂性，以及人的主观能动性在作战中的重要作用，使得作战过程和结局具有很大的不确定性。正如世界上没有完全相同的两片树叶一样，古今中外没有两场完全相同的战斗（更不要说战役）。军事学在很长的历史时期内仅作为研究和传授如何作战的学问，很大部分内容带有“只可意会，不可言传”的神秘色彩。现代的军事学仍然被定位为是反映军事斗争中统计规律的经验性科学，它既是科学，也是艺术。因此，对作战系统的描述不可能象对物理问题描述那样确切，军事描述通常是定性的。比如，对“行进间短停顿发起进攻”的军事描述是“攻击部（分）队乘车或徒步进入出发地区展开后，稍事停留准备后即发起冲击的方式”，这一描述没有说明停留多长时间，对于在何种情况下采用这种方式，采用了以下描述：“摩托化步兵师、团，在不与敌直接接触条件下实施进攻通常采用这种方式。机械化部（分）队也可视情采用此种方式。即展开地区地形有利、制空权掌握较好时可作

必要的短暂停留，……”。其中“地形有利”，“制空权掌握较好”等都具有很大的不确定性。

三是不同领域人员间难以沟通。作战系统的复杂性决定了把军事问题“说清楚”并不是一件简单的事情，需要丰富的军事领域知识，包括军事概念、军事术语、武器装备的战术技术性能、不同国家军队的编制体制、作战的基本程序、作战方法、战史等等，军事领域知识的特点是量大面广，需要长期积累才能熟练掌握和运用。所以对作战系统进行军事描述需要军事专业人员完成。

军事人员受其专业背景影响，有其特有的思维习惯和对军事问题的描述方式。但作战模拟系统最终的程序实现却是由编程人员完成的。由于军事描述的不确定性，编程人员很难把它们转化成计算机程序，只能把它们作为一种参考材料，加上自己的“合理想象”，软件设计在相当大程度上是编程人员“自编、自导、自演”。当软件实现以后，交付军事人员使用时，军事人员会发现很多与军事规律不符的问题。

针对上述问题，我们开发新一代作战指挥训练模拟系统时，采取了以下两个方面的措施：

一是搞好总体设计，把大的问题分解。新一代作战指挥训练模拟系统的开发目标是建立“标准化的系列模拟系统”，通过采用相同的体系结构与设计标准，使不同领域、不同层次的多个（一系列）模拟系统既可以独立用于本领域训练，也能够通过互联、互通和互操作实现大范围的联合训练。这就从应用的角度把军事问题分解开来了。另外，在对“系列”模拟系统进行总体设计时，又把每个模拟系统都分解为五个大的功能系统（或称五大基础部件），即指挥系统、模型系统、导控系统、数据库系统和运行支持系统（如图8-1）。每一个功能系统采用不同的开发方法。由于指挥系统、导控系统、数据库系统和运行支持系统所涉及的军事问题主要是对军事需求的理解，而且我们在以前的