

doi: 10.7690/bgzdh.2015.08.006

计算机兵棋系统发展及应用研究

柳 玉, 文家焱, 陈建华
(海军陆战学院科研部, 广州 510430)

摘要: 由于兵棋可以有效提高作战推演的逼真度和效率, 具有解决复杂军事问题的能力, 开展计算机兵棋系统发展及应用问题研究具有理论价值和军事意义。综述国内外最新研究成果, 给出了兵棋的定义、分类及特点; 从逻辑结构、推演模式及组成要素 3 个方面深入论述计算机兵棋系统的基本原理及实现方法, 并将兵棋与运筹分析、一般性分析仿真、演习实验及数学分析 3 种模拟方法进行了理论对比; 通过调研相关产品、成果, 阐述计算机兵棋系统的主要应用, 为军事战法研究、武器装备作战运用及指挥机关决策提供科学依据和技术支持。

关键词: 兵棋; 作战模拟; 运筹分析; 高层体系结构

中图分类号: TJ03 **文献标志码:** A

Development and Application of Computer War Games System

Liu Yu, Wen Jiayan, Chen Jianhua
(Scientific Research Department, Naval Marine Academy, Guangzhou 510430, China)

Abstract: Since computer war games system can improve the reality, efficiency of military operation, and possess excellent capabilities to solve complex military problem, researching on development and application is of great theoretical and military significance. Firstly, by summarizing the latest researching achievements from both domestic and foreign scholars, the definition, classification and characteristics of computer war games is proposed. Secondly, the principle and technology achievement strategy is seriously discussed and described from logic structure, operational mode, and composition. Thirdly, it is compared with other simulation methods such as general analysis simulation, maneuver experiments and mathematical analysis. Finally, based on related products and results in practice, the application domain of computer war games is pointed out, which provides scientific basis and technical support for military operation method research, weapon equipment operation application and command decision control.

Keywords: war games; operation simulation; operational research; high level architecture

0 引言

兵棋是通过对历史的更深理解, 尝试推断未来, 是历史和科学的结合, 是纸做的时间机器, 同时也是导演战争的“魔术师”^[1]。作为一种作战模拟手段, 兵棋不仅可以用于模拟作战行动和检验战场环境, 也可用于指挥员和指挥机构的谋略训练、作战问题的研究、作战方案的优化和评估等^[2]。20 世纪以来, 随着信息技术的发展, 兵棋从传统使用地图、棋子、骰子和规则表模拟军队交战过程的器材发展成具有计算快速、数据统计精准的计算机兵棋推演系统, 并逐步与作战模拟融合, 受到美国等西方发达国家军队的高度重视和广泛应用。在其他领域, 传统兵棋通过在不同层次和不同类别上与商业 IT 公司相融合, 开发出的军事智能玩具在宣传民族传统、科普文化历史和推广国防知识等方面均取得了良好的效果^[3]。此外, 兵棋推演还广泛用于国际政治危机以及城市应急管理中的策略选择问题。

计算机兵棋系统主要建立在现代军事建模与仿真实理论和复杂信息系统基础上, 通过收集和整理以

往战争案例, 挖掘潜在的数学模型和一般规律, 运用虚拟视景技术, 创建逼真综合战场环境, 对战争进程的整体或局部态势进行重现和推演分析。作为一种重要的战争模拟方式, 兵棋主要研究决策者和环境机会之间的逻辑关系, 人在回路中心是兵棋建模与仿真的最显著特征。

据此, 笔者调研了近十年来出现的具有代表性的兵棋系统, 分析并总结出其特点、原理、推演模式和组成要素, 讨论了兵棋与其他 3 种问题研究方法的主要区别, 最后给出了计算机兵棋系统主要的应用领域, 并展望了其进一步的研究方向。

1 兵棋系统概述

1.1 兵棋的定义

兵棋历史悠久, 迄今未统一认识。一种较为全面的观点认为^[4]: 兵棋基于代表战场及兵力的棋盘、棋子, 根据战争规则及模型, 结合随机模拟方法, 通过推演分析作战过程中相关人员的决策和行为, 综合研究和评估作战过程。我国将其称为对抗模

收稿日期: 2015-03-19; 修回日期: 2015-04-12

基金项目: 军队院校实验室建设与管理重点课题 (SYSLXH-2013035)

作者简介: 柳 玉(1982—), 男, 河南人, 博士, 讲师, 从事军事建模与仿真、计算机兵棋系统、军事运筹与分析技术研究。

拟^[5]，由一系列局中人的决策构成，决策结果通过某种判定过程来评价，该过程可由开始前预先设计好的模型或/和局中人共同来决定。兵棋总体上包括自由式兵棋和专业式兵棋^[6]，前者以人为进行推演，靠事前约定裁决胜负；而后者遵循严格的推演规则，在标准的棋盘上进行对抗性的战争推演。

1.2 兵棋的分类

兵棋推演的关键因素是参与者，其过程和结局主要取决于推演双方的专业水平、军事素养、指挥能力等。实施推演的方法、目的、层次决定了兵棋的不同分类，见表 1。

表 1 兵棋的分类

分类依据	分类结果
指挥或行动级别	战略兵棋、战役兵棋和战术兵棋
信息公开程度	公开兵棋、封闭兵棋
使用人员	业余兵棋和专业兵棋
推演方式	手工兵棋和计算机兵棋
人员数量	单方兵棋、双方兵棋和多方兵棋
作战目的	战例兵棋，现实兵棋
指导思想	动作兵棋，策略兵棋

指挥兵棋关注兵种间的配合以及一些宏观信息，推演人员在推演中往往是对编队进行控制和操作来完成合同战术、战役、战略级任务^[7]。计算机兵棋利用现代软件开发技术和方法，实现手工兵棋的数字化和智能化，并以软件形式体现，已经成为兵棋发展的主要方向。战例兵棋则侧重于历史战法的重演，发挥教学、研讨的训练作用^[8]。

1.3 计算机兵棋的特点

手工兵棋严格依据推演规则说明书，推演过程考虑因素较简单，整个推演的效率较低；而计算机兵棋拥有强大的计算和存储能力，在推演过程中引入大量的环境、装备、兵力等要素，有效地提高了推演的效率和结果的可信度^[9]。计算机兵棋系统具有以下显著特点：

1) 复杂、动态、可配置的战场环境。手工兵棋推演系统主要考虑地形、道路、水系等战场的一般地理环境，而计算机兵棋系统则着眼于人工因素主导的复杂战场环境。

2) 精确的作战模型。手工兵棋需要对作战模型进行简化处理，而计算机兵棋系统可以充分发挥自身的计算优势，不断提高作战模型的精度。

3) 大范围的推演区。手工兵棋适用于小范围区域，而计算机兵棋可模拟仿真各种区域的军事作战行为。

4) 连续的推演过程。手工兵棋只能按照先后次序异步执行，而计算机兵棋能做到推演的实时化和

连续化。

2 计算机兵棋系统的基本原理

2.1 体系结构

采用面向对象思想构造的计算机兵棋系统的体系结构主要包括：人机交互层 (human computer interaction, HCI)、战场对象集与裁判机 3 个部分，见图 1。

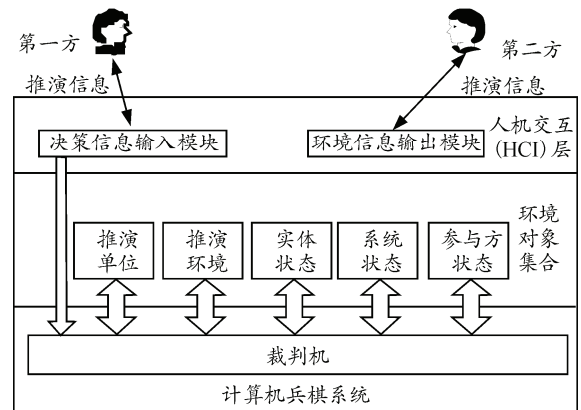


图 1 计算机兵棋系统体系结构

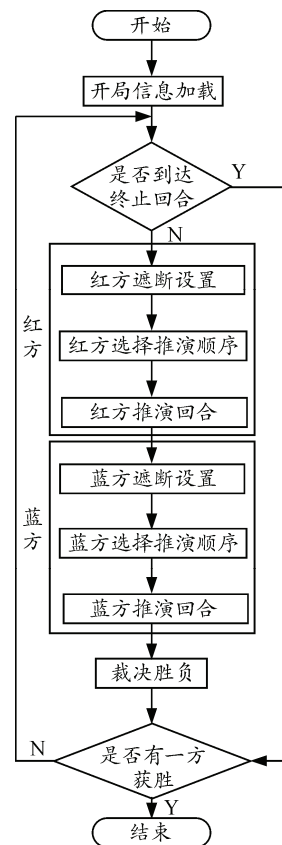


图 2 计算机兵棋推演过程

环境对象集合包括推演单位、参与方状态、推演环境、实体状态、系统状态等对象^[10]。HCI 负责将存储在环境对象集合中的推演信息通过战场信息

输出模块传递给推演者，另外将推演者的决策信息通过决策信息输入模块传递到裁判机；裁判机则根据对象的属性以及推演者的决策信息进行逻辑推理，并执行裁判结果。

计算机兵棋推演过程一般包括多个轮次，其中每个轮次又可按照“先手方机动—先手方进攻—后守方机动—后守方进攻”的顺序进行。具体来说，推演双方仅能在“机动-作战”和“作战-机动”二者中选择，并在限定时间内结束，若推演时间耗尽，则自动宣告结束^[11]；红方结束后蓝方开始，蓝方结束后推演进入下一回合，直至推演结束，整个过程如图 2 所示。

2.2 推演模式

兵棋的推演模式主要是指推演人员、仲裁人员行动和裁决的次序。手工兵棋由于采用“轮次表”(turn tables)来规定对阵双方的走棋次序和内容，每个回合必须遵循既定的步骤和确定的、一致的规则，模式固定、流程单一^[12]。计算机兵棋系统目前采用的推演模式主要有 3 种：

1) “乒乓”推演和并行推演。

对抗过程即可按“乒乓”方式轮流进行，也可并行执行。人工兵棋推演多采用“乒乓式”，明确规定了每个回合对抗双方的作战过程，并按时机拥有顺序区分先、后手^[13]。“乒乓”推演模式虽可详细规定轮、节、回合的行动顺序，但设计规则模型比较困难，且很难实时化。并行推演是计算机兵棋系统应用最为广泛的推演模式，两者之间的区别如图 3 所示。计算机兵棋系统的底层模型能够根据推演方的输入自动计算结果，客观地分析交战结果，不需要强制地规定各方推演次序和做出决策时机，真正实现了各方的并行推演，完全满足实时推演要求。

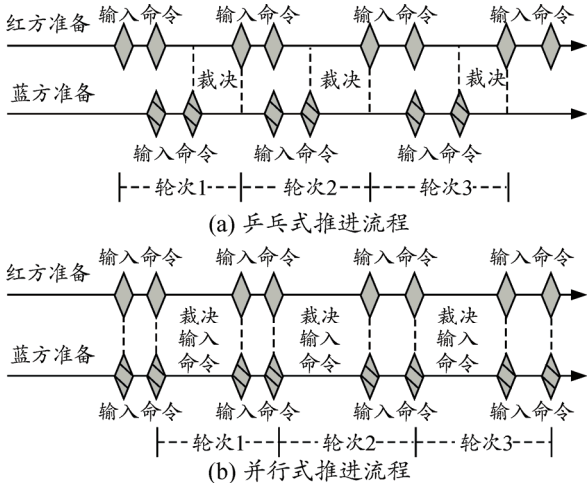


图 3 “乒乓”推演和并行推演流程

2) 研讨式推演。

研讨式推演通过结合领域专家经验的定性分析和集体智慧知识，同时充分考虑战场环境的对抗特点，将专家研讨与对抗式地模拟仿真相结合。参加研讨型兵棋推演的人员需要扮演一系列局中角色，并代表其进行决策，最终结果要由参与研讨人运用对阵讨论来判定^[14]，见图 4。

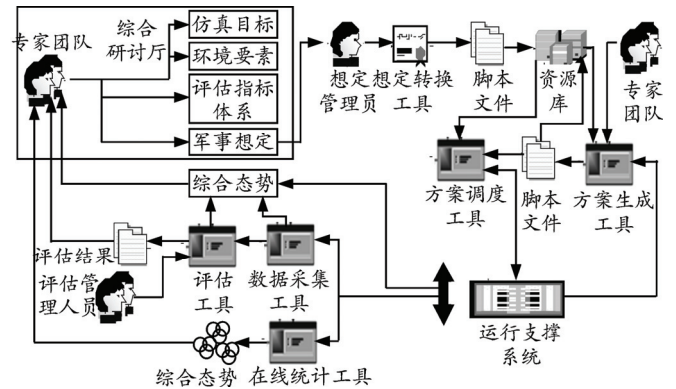


图 4 研讨型兵棋推演过程

整个推演系统的应用流程从综合研讨厅开始，以顺时针方向运行，领域专家可根据当前态势和问题需求对运行过程进行主动干预，重新决策，生成新的仿真方案，以此为基础继续推演，形成领域专家知识与初始环境数据、兵棋模型不断交互的过程。

3) 在线推演或在线仿真。

仿真目标的复杂性，使得难以事先完全预测其进程，需要在推演过程中实时决策，不断调整仿真预案。在线推演是仿真系统与真实系统协调运行的仿真应用，具有支持真实系统的操作运转、在线诊断，增强逼真度等优点，其基本原理如图 5 所示。

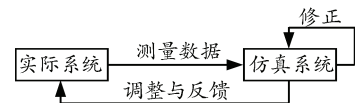


图 5 在线推演过程

在线仿真是作为一种新的仿真运行模式，在国内外仿真建模领域广受关注。美国空军提出联合虚拟作战空间(joint synthetic battlespace, JSB)的思想^[15]，作战人员可以使用真实装备进行训练。美国自然科学基金会(NSFC)DDDAS 系统(dynamic data driven application systems)^[16]，能够接受并动态响应新注入的数据，实现了在线仿真与真实系统的闭环耦合。

2.3 组成要素

2.3.1 地图

兵棋地图是经过概略量化并能反映地理状态标

示的格形图，其数字化需要对整个或部分作战区域进行网格化处理，该项工作是设计计算机兵棋系统的重要环节，文献[17]已证明在相同采样密度下，六角网格的逼近质量比方形网格好，且具有：1) 正六边形是构成一个平面所有能连续拼接的正多边形中等距方向最多的图形；2) 在不能等距量度的对角线方向上，正六边形比正方形的误差小，见图 6。

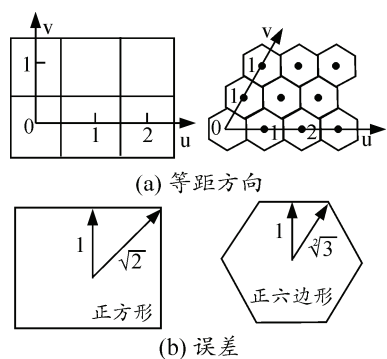


图 6 方形与六角网络逼近质量比较

文献[18]给出了目前最常见的时间、空间复杂度分别为 $O(gn)$ 和 $O(n)$ 的数字地图量化绘制算法，但没有从根本上解决大场景兵棋推演的效率问题^[19]。文献[20]将元启发式算法应用到六边形网格的定位过程中，提出的快速定位算法可将时间和空间复杂度降到 $O(1)$ ，能够满足兵棋系统对超大地图数字化的要求。

2.3.2 棋子

兵棋棋子代表实际参加推演的单位，其数量需要根据推演对象、目标、兵力构成来确定。经验表明，仿真单位的最小级别需设定在最高级别推演单位的下两到三级^[21]。军事领域的棋子一般称为作战棋子，标有装备类型、军兵种符、机动能力、弹药储备等量化信息，以及伤亡情况、破坏和突发事件等战场态势信息，见图 7。

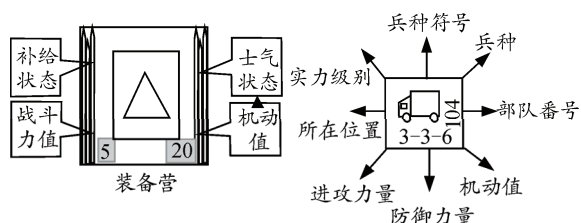


图 7 作战棋子的典型模型

文献[22]以杜派指数法为理论基础，给出了一种面向对象的棋子建模方法，改善了传统兵棋实体建模通用性和扩展性差的问题。为适应多军兵种、多层次、海量信息的战场环境，文献[23]建立了兵棋实体多尺度表达模型，提高了推演过程中指挥员

感知战场态势的效果，并验证了其有效性。石崇林等人^[24]在分析计算机兵棋实体轨迹数据特点的基础上，提出了 CTECW 算法，降低了绘制整体战场态势的时间复杂度。

2.3.3 规则

兵棋规则是按照战争规律、概率原理并结合以往战例设计出来的裁决方法和规定，是兵棋的核心要素。规则一般来源于对历史对抗情况的总结，或演习、试验数据的抽象。按适用范围可分为推演规则和裁决规则^[25]，前者说明了如何实施推演，后者是对实体操作行为的裁决方法，以及对推演环境影响的定义，可进一步分为机动规则、结果裁决规则。

兵棋采用轮次(turn)来规定推演双方的走棋次序和内容，即上午轮，下午轮以及夜晚轮，各 8 h。推演的上午轮次包括战略、行动回合，下午轮次仅有行动回合，夜晚轮次包括行动、结束回合，推演过程反复循环直至结束，见图 8。

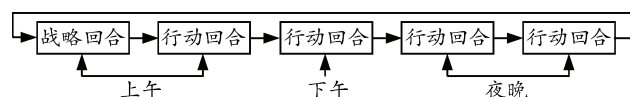


图 8 兵棋推演轮次推进

文献[26]界定了兵棋实体数据规则的基本概念，阐述了规则建模的基本内容和要求，总结出兵棋数据建模的基本过程。文献[27]使用 CLIPS 语言描述裁判规则，实现了基于 CLIPS 的推理引擎，增加了兵棋规则的灵活性与可扩展性。张占月^[28]针对兵棋推演中最为关键的火力分配规则问题，建立了数学模型且给出了基于 GA (genetic algorithm) 的全局最优解算法。

3 兵棋与其他方法的比较

3.1 兵棋与运筹分析

运筹分析是系统研究问题的定量分析及决策优化的理论和方法的统称。兵棋推演和运筹分析都是过程模拟的基本方法，但在目标、输出、关注重点和参与者等方面，存在一定的差别^[29]，见表 2。

1) 运筹分析运用数值分析和优化方法处理外部物理参数，定量计算行为过程结果。兵棋推演是一种工具，用来研究推演者对信息的处理后果，而不是实际信息本身^[30]。

2) 运筹分析通过关注实际推演过程，利用数学模型将过程近似，从而达到分析解决问题的目的；而兵棋推演的焦点集中在参考方行为，尤其是决策恒心方面。

3) 运筹分析关注系统工程, 而兵棋推演侧重于人的能力, 兵棋最大的特点在于能够通过对抗发现人的作用。

4) 运筹分析要求很高的技术和量化训练, 参与人员一般都是专家学者, 而兵棋则由普通使用者担任决策制定者的角色。

表 2 兵棋与运筹分析的区别

项目	兵棋	运筹分析
目标	培训、研究决策过程	为可行性、重要物理因素做出量化结论
事件序列	动态	预设
输出	随机	通常为期望值
过程	很少重复	反复重复, 直到平衡输出
解释	过程	结果
参考者	用户	专业人员

3.2 兵棋与一般分析性仿真

从概念上看, 兵棋推演是一个博弈过程, 因此可从博弈论角度分析兵棋与一般分析性仿真的区别。根据推演行为决策的方式, 可分为战略式兵棋 (strategic form game) 和扩展式兵棋 (extensive form game)^[31]。一般的分析性仿真可归为战略式兵棋范畴, 仿真想定包含了全部推演方的任务信息, 除非仿真系统发生故障, 运行时不会对事先制订的策略

进行修改。

兵棋推演作为一种扩展式兵棋, 目的在于对推演人员在对抗过程中所遭遇的各种问题所采取的措施和方法的评估分析, 主要表现在:

- 1) 代表推演各方的参与人集合;
- 2) 对抗双方的推演时机和次序;
- 3) 推演方面面临的决策行为, 包括各种备选的行动方案和战场信息;
- 4) 推演结果, 包括参与各方的兵力装备损耗、行为决策的科学性, 整个作战行动的有效性。

3.3 兵棋与演习实验、数学分析

国外研究结果表明: 兵棋、演习与实验、数学分析是 3 种既相互区别, 又彼此配合的过程模拟方法, 整合后构成一个完整的实际问题研究循环, 见图 9(a)。

图 9(b)描述问题研究与分析的循环和频谱, 给出了演习与实验 (exercises and experiments)、数学分析 (mathematical analyses)、计算机模拟 (computer simulation)、兵棋 4 种方法在频谱中的具体位置和相对能力^[32]。可看出: 1) 兵棋关注“决心”; 2) 演习实验关注“行动”; 3) 数学分析关注“数据”。

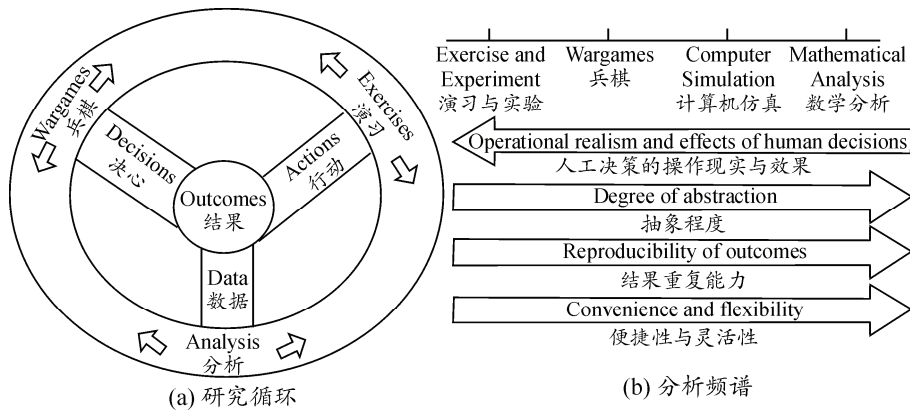


图 9 问题研究与分析的循环和频谱

4 计算机兵棋系统的应用

4.1 作战模拟

在基于兵棋的作战模拟系统中, 由人处理各种指挥控制信息, 计算机只按规则分析、计算、评估推演活动对整个战争的影响, 合理地模拟各种作战实体在虚拟战场环境中的行为操作, 提升了训练的对抗性、可信性, 加速了战争经验和演习数据的总结积累。此类系统在功能上一般包括数据准备以及运行支撑环境、辅助评估、作战推演、指挥控制、导调调理 6 个子系统^[33-34], 其中前 3 个子系统与训练模拟直接相关, 相互关系如图 10 所示。运用兵棋

思想建立作战实体、作战行动及战场环境的数学模型, 依据兵棋推演模式设计模拟训练流程。

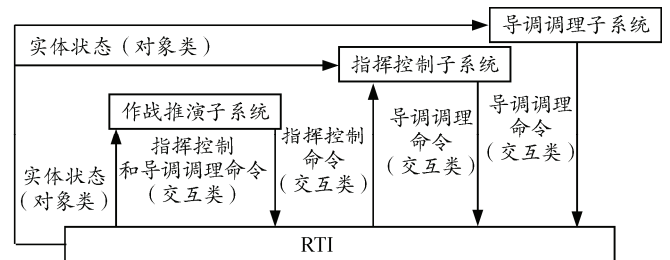


图 10 基于兵棋的作战模拟系统核心模块关系

导调调理子系统负责管理训练控制环节, 并根据推演进程对战场态势变化进行调理; 指挥控制子

系统提供了一个图形化的操作界面，用于下达各种指控命令；作战推演子系统处理导训调理控制、指挥命令，并负责推演计算；运行支撑平台(runtime infrastructure, RTI)作为容器使负载的各子系统处理成联邦，运用对象类描述棋子的状态、交互类描述作战指挥命令。文献[35]根据计划拟制和系列产品开发的流程，论证了兵棋系统对作战行动方案生成和分析的可行性，辅助指挥员提高分析、评估、比较作战行动方案的能力。

4.2 装备保障

随着现代战争对装备保障依赖程度的增加，作战指导思想已由以前的兵力正面对抗转变为重点打击后勤装备。装备保障领域开始研究兵棋系统的应用问题。装备保障兵棋系统实现了运用棋子下达装备保障活动命令，反映装备运行状态和分析装备作战效果等功能^[36]，见图 11，其中装备保障行动推演是系统的核心功能。

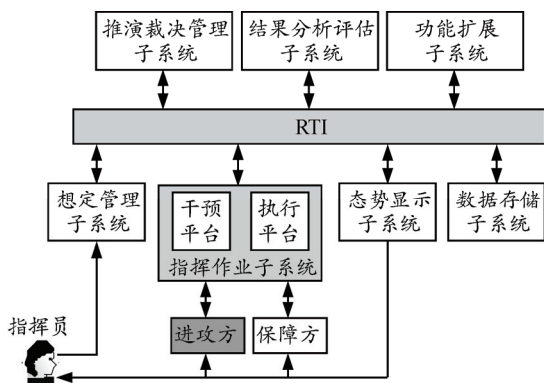


图 11 装备保障兵棋系统工作原理

指挥员充当整个推演任务的发起者，首先输入保障作业想定；当产生保障需求时，指挥员根据任务指示形成作战决策，并通过作业子系统驱动棋子，实时反映战场态势及保障作业效果，科学评估指挥决策对兵棋事件的影响。文献[37]通过分析对比装备保障兵棋与作战兵棋，综合运用实兵演习、运筹分析和兵棋推演技术，提出了装备保障兵棋系统总体设计应遵循的原则和实施方法。文献[38]运用兵棋推演实施装备作战效能评估，体现了人的指挥控制、后装保障与体系作战的协调统一。

4.3 作战推演

作战是一个复杂的随机性活动，需要定量计算、分析作战行动的相互影响，以便做出合理决策。兵棋作战推演是指在作战行动实施前，按照作战计划的顺序和进程，逐步地对各阶段作战部署和作战行动可能产生状态进行演练的过程^[39]，见图 12。

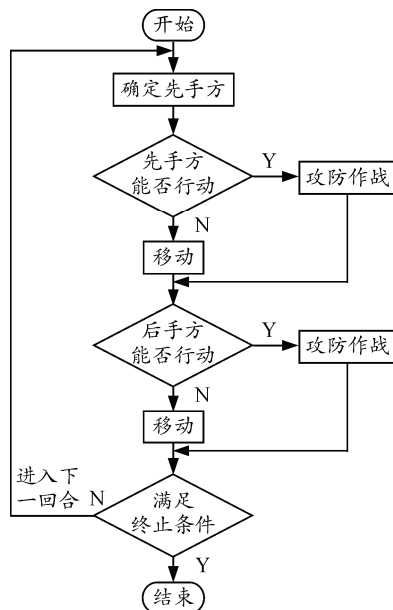


图 12 兵棋作战推演流程

文献[40]以舰对舰导弹战(SSM)为例，研究实际作战规则的生成方法，建立了一个充分考虑对方选择的整体性推演模型，通过实例验证该模型可以辅助作战行动分析并且有助于制定作战计划。文献[13]提出一种基于本体的人机语义交互方法，解决了决策方与仿真系统在交互过程中存在的概念矛盾、知识冗余和数据冲突等问题。针对战略投送特点与规律，运用兵棋推演能够机动灵活地模拟各种输送情况和方案，为首长决策提供依据^[41]。

5 结论

随着信息技术的不断进步和对战争模拟要求的不断提高，兵棋系统存在一些理论和技术问题需要进一步研究，主要包括以下几个方面：1) 以网络中心战、基于效果作战等新作战概念下的战场实体和推演规则形式化描述问题；2) 综合借鉴国内外成熟的仿真技术为战争分析提供更加逼真的推演环境；3) 应用综合集成思想研究计算机模拟与现有信息化系统的融合问题。

参考文献：

- [1] Peter P Perla. The art of wargaming[M]. USA: Naval institute Press, 1990: 1-21.
- [2] Peter P Perla, Ed Mcgrady. Why wargaming works[J]. Naval War College Review, 2011, 64(3): 111-133.
- [3] Blank, Dennis. Military wargaming: a commercial battlefield[J]. Jane's Defence Weekly, 2004(2): 5-9.
- [4] Ross D. Designing a system on system wargame[R]. US Air Force Research Lab, 2006.
- [5] 徐学文, 王寿云. 现代作战模拟[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 5-12.

- [6] Caffrey Jr, Matthew B. Intelligent computing and wargaming[C]//The International Society for Optical Engineering Orlando, FL, U.S.: The Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, 2011: 5-9.
- [7] Matthew B, Caffery Jr. Toward a history-based doctrine for wargaming[J]. Aerospace Power Journal, 2000, 155(2): 3611-3635.
- [8] 吴鹏, 祝江汉, 邱涤珊, 等. 作战态势推演系统研究[J]. 装备指挥技术学院学报, 2005, 16(2): 38-42.
- [9] 张欣. 兵棋推演系统全球地理环境建模方法研究[D]. 郑州: 解放军信息工程大学, 2011.
- [10] 谭鑫. 基于规则的计算机兵棋系统技术研究[D]. 长沙: 国防科技大学, 2010.
- [11] Timothy Revello, Robert McCartney, Eugene Santos. Multiple strategy generation for war Gaming[C]//Proceedings of SPIE, Bellingham, WA: SPIE, 2004: 232-244.
- [12] Li Xiaolei, Li Huan, Cheng Mingang, et al. Framework for emergency decision exercise system of urban crisis based on wargaming[C]//2013 International Conference on Mechatronics, Robotics and Automation, Guangzhou, China: Applied Mechanics and Materials, 2013: 1139-1143.
- [13] 彭春光. 基于语义交互和动态重构的兵棋推演系统概念框架及其关键技术研究[D]. 长沙: 国防科技大学, 2010.
- [14] 彭春光, 鞠儒生, 杨建池, 等. 现代兵棋推演技术分析[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(S2): 97-101.
- [15] Timothy B Paul W, Igor G. Joint synthetic battlespace: cornerstone for predictive battlespace awareness[C]//Proceeding of the 8th C2 Research and Technology Symposium, Zhangjiajie, China: IEEE, 2003: 1-21.
- [16] Nfs. Dynamic data driven application systems(DDDAS) workshop report[R]. USA NFS, 2006.
- [17] Shi Chonglin, Zhang Maojun, Wu Lin. Quick clustering algorithm for wargaming data based on density[J]. Systems Engineering and Electronics, 2011, 33(11): 2428-2433.
- [18] 刘雅, 乔晓, 鱼江海. 兵棋地图地形量化方法及其实现[J]. 指挥信息系统与技术, 2013, 4(3): 71-76.
- [19] James F Dunnigan. Wargames handbook: how to play and design commercial and professional wargames(Third Edition)[M]. New York: Writers Club Press, 2000.
- [20] 余小涛, 李德华, 潘莹. 兵棋地图快速数字化算法的研究与实现[J]. 计算机与数字工程, 2010, 38(11): 52-56.
- [21] 王桂起, 刘辉, 朱宁. 兵棋技术综述[J]. 兵工自动化, 2012, 31(9): 38-43.
- [22] Peng Chunguang, Liu Baohong, Huang Kedi. The study of wargames based on HLA[C]//the 7th International Conference on System Simulation and Scientific Computing, Beijing, China: IEEE, 2008: 536-540.
- [23] 刘嵩, 武志强, 游雄, 等. 基于兵棋推演的综合战场态势多尺度表达[J]. 测绘科学技术学报, 2012, 29(5): 382-387.
- [24] 石崇林, 涂文燕, 吴琳, 等. 计算机兵棋作战实体轨迹聚类算法[J]. 软件学报, 2013, 24(3): 465-476.
- [25] Hofmann Marko A, Junge Bodo. Dealing with structural uncertainty in tactical wargaming[C]//SISO European Simulation Interoperability Workshop, Edinburgh, United kingdom: Springer, 2008: 68-80.
- [26] William E. Mckeever Jr, Duane A. Gilmour, Robert G. Hillman. An approach to effects based modeling for wargaming[C]//Proceedings of SPIE, Bellingham, WA: SPIE, 2004: 43-54.
- [27] Wang Wei, Tan Xin, Zhang Maojun. Wargame system modeling and CLIPS-based rule description method[C]//Proceedings of International Conference on Computer Application and System Modeling, Taiyuan, China: IEEE, 2010: 572-577.
- [28] 张占月, 孙琰. 空间兵棋推演初探[J]. 装备学院学报, 2013, 24(3): 72-76.
- [29] 俞康伦. 撩起兵棋推演和运筹分析的面纱[J]. 环球军事, 2008(6): 46-47.
- [30] Raymond R. Hill, Miller J O. Applications of discrete event simulation modeling to military problems[C]//Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference, Arlington, VA, USA: ACM, 2001: 780-789.
- [31] Li Xiaolei, Zhao Jie, Li Huan, et al. Research on systems modeling and analysis method based on wargaming[C]//2013 IEEE International Conference on Information and Automation, Yinchuan, China: IEEE Computer Society, 2013: 872-880.
- [32] Daniel Fu, Ryan Houlette. Warcon: a wargame construction toolset for military simulations [C]//Proceedings of SPIE, Bellingham, WA: SPIE, 2004: 179-190.
- [33] 姚芬, 李云龙. 基于 HLA 的对抗性 C4ISR 仿真训练系统[J]. 指挥信息系统与技术, 2012, 3(5): 5-9.
- [34] 李云龙, 姚芬, 陈文明. 基于兵棋的指挥训练模拟系统设计与实现[J]. 指挥信息系统与技术, 2013, 4(4): 21-28.
- [35] 杜桂, 杨俊强. 支持计划拟制的兵棋系统军事需求分析[J]. 系统工程与电子技术, 2010, 32(7): 1446-1450.
- [36] 王桂起, 杜晓明, 古平, 等. 装备保障兵棋推演基本原理研究[J]. 装备学院学报, 2013, 23(4): 63-67.
- [37] Du Xiaoming, Wang Guiqi, Gu Ping, et al. Research on the modeling method of wargaming for equipment support on computer[C]//19th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management: Assistive Technology of Industrial Engineering, Changsha, China: IEEE, 2012: 1301-1308.
- [38] 吴伟, 吴琳. 基于兵棋推演的作战效能评估方法研究[J]. 军事运筹与系统工程, 2013, 27(2): 16-21.
- [39] 龚立, 叶利民, 刘忠. 兵棋推演系统设计与建模研究[J]. 计算机与数字工程, 2011, 39(12): 58-62.
- [40] 鲁大剑. 面向作战推演的博弈与决策模型及应用研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2013.
- [41] Craig Ewing. The advanced guided weapon testbed (AGWT) at the Air Force Research Laboratory Munitions Directorate[R]. Air Force Research Laboratory, 2010.