

9-17-2021

Intelligent Wargaming System: Change Needed by Next Generation Need to be Changed

Xiaofeng Hu

College of Joint Operation, National Defense University, Beijing100091, China;

Dawei Qi

College of Joint Operation, National Defense University, Beijing100091, China;

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Intelligent Wargaming System: Change Needed by Next Generation Need to be Changed

Abstract

Abstract: The future direction of wargaming system is intelligent, and the most significant feature of intelligence is the modeling of cognition. *The main problems of wargaming system are summarized, the main difficulties of modeling brought by cognition and the overall framework of intelligent wargaming system design are discussed, the technical ways of transformation and upgrading based on the existing wargaming system are given from four aspects of model construction, system design, wargaming ecology and test inspection.* It provides direction and reference to the development and construction of the next generation intelligent wargaming system.

Keywords

next generation wargaming system, intelligent, cognitive modeling, complex system, transformation and upgrading

Recommended Citation

Hu Xiaofeng, Qi Dawei. Intelligent Wargaming System: Change Needed by Next Generation Need to be Changed[J]. Journal of System Simulation, 2021, 33(9): 1997-2009.



胡晓峰

国防大学联合作战学院教授，博士生导师。曾任中国仿真学会副理事长、中国军事运筹学会副理事长及战争复杂系统专委会主任委员、中国系统工程学会常务理事及军事系统工程学会副主任委员、中国指挥控制学会常务理事等职，任多所大学兼职教授，多个科技期刊编委和审稿人。

长期从事军事运筹与信息系统工程、战争模拟系统等领域的教学科研工作，主持完成十余项国家和军队重大课题研究，是我军首个大型计算机兵棋系统总设计师。出版《战争工程论》《战争科学论》等专著十五部，发表论文300余篇。获中国科协“求是”杰出青年实用工程奖、国家863计划先进个人、全国优秀科技工作者、军队杰出专业技术人员奖等奖项，入选国家“百千万人才工程”，是军队科技领军人才。荣立二等功1次、三等功5次。荣获国家科技进步二等奖3项，国家教学成果二等奖1次，军队科技进步一等奖7项、二等奖10余项，带领的团队曾获全军科技创新群体奖。

智能化兵棋系统：下一代需要改变的是什么

胡晓峰，齐大伟

(国防大学 联合作战学院，北京 100091)

摘要：兵棋系统未来的发展方向是智能化，而智能化最显著的特征就是对认知建模。梳理了兵棋系统存在的主要难题，讨论了认知对建模带来的主要困难，探讨了智能化兵棋系统设计的总体框架，从模型构建、系统设计、推演生态和测试检验4个方面，给出了基于现有兵棋系统进行改造升级的技术途径，为下一步智能化兵棋系统发展建设提供了方向和参考。

关键词：下一代兵棋系统；智能化；认知建模；复杂系统；改造升级

中图分类号：TP391

文献标志码：A

文章编号：1004-731X(2021)09-1997-13

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.21-0728

Intelligent Wargaming System: Change Needed by Next Generation Need to be Changed

Hu Xiaofeng, Qi Dawei

(College of Joint Operation, National Defense University, Beijing100091, China)

Abstract: The future direction of wargaming system is intelligent, and the most significant feature of intelligence is the modeling of cognition. The main problems of wargaming system are summarized, the main difficulties of modeling brought by cognition and the overall framework of intelligent wargaming system design are discussed, the technical ways of transformation and upgrading based on the existing wargaming system are given from four aspects of model construction, system design, wargaming ecology and test inspection. It provides direction and reference to the development and construction of the next generation intelligent wargaming system.

Keywords: next generation wargaming system; intelligent; cognitive modeling; complex system; transformation and upgrading

收稿日期：2021-07-21

修回日期：2021-07-26

第一作者/通讯作者：胡晓峰(1957-), 男, 硕士, 教授, 研究方向为军事运筹、战争模拟及智能决策。E-mail: xfhu@vip.sina.com

引言

下一代兵棋系统应该是智能化兵棋系统，这一点毋庸置疑。但智能化兵棋系统应该具有什么样的改变，现在还很难说清楚。这不是简单地引入诸如深度学习、知识图谱等智能技术后，就可以称为“智能化兵棋系统”的。关键在于必须要弄清楚系统存在哪些难题，该有哪些本质性变化，以及如何设计，才能实现兵棋系统的升级换代。这就是本文所要讨论的主要问题。

1 兵棋系统发展概述

1.1 战争模拟与兵棋推演

从古至今，战争模拟一直贯穿于战争研究之中。中国古代墨子和马援等创造的“积米为山，解带为城”，可能是最早的作战模拟研究形式。19 世纪初，普鲁士的冯·莱斯威茨父子发明了手工兵棋，成为最简单的作战研究推演工具，一直沿用至今。“二战”结束后电子计算机出现，尤其是 20 世纪 80 年代中后期发展出来的各种计算机战争模拟系统，使得战争模拟得到了长足进步，产生了包括各种模拟器、集中式模拟系统、分布式交互仿真、LVC (Live, Virtual and Constructive) 以及云仿真等在内的多种战争模拟系统，大大促进了战争决策研究、作战指挥训练以及武器装备研发等各种战争准备活动的发展。

一般说来，战争模拟可以按 3 类 4 层体系进行划分^[1]，即战争分析、战争训练和武器研发 3 个类型；技术、战斗、战役战术、战略 4 个层次。兵棋推演一般用于与指挥决策有关的几种战争模拟类型，集中在战争分析、战争训练 2 类中的战斗层以上各层次，如图 1 所示。

	战争分析	战争训练	武器研发
战略层	战略决策分析 兵力规划分析等	战略决策训练	武器发展规划
战役战术层	作战方案分析 作战规划分析	战役战术指挥训练	多武器系统模拟
战斗层	战斗行动分析	战斗行动训练	武器系统模拟
技术层	武器运用分析	操纵技能训练	武器工程技术仿真
(对象)	“决策及方案”	“人”	“武器”

图 1 兵棋推演在战争模拟分类体系中的位置

Fig. 1 Position of wargaming in war simulation classification system

虽然也需要专门系统的支持，但兵棋推演区别于其他战争模拟形式最大的不同，是特别强调指挥员和决策者的参与。也就是说，兵棋推演特别强调指挥员的“推”，而非单纯依靠模拟系统的“演”。即使早期手工兵棋，也是由“人”(指挥员或决策者)在主导着“推”的过程，引导着战争研究活动不断朝前进展，直至对所研究问题有所解答。但传统武器装备仿真或作战分析仿真，大多数都是人在回路外的“演”，“人”只是作为控制者或观察者，客观地控制着仿真的进程和启停，并不会影响仿真的实际结果。

这两者最大的不同在于，指挥员或者决策者的“推”，会激发并产生出新的知识，而这些知识又会被

引入到推演活动中去, 影响正在进行的推演进程。传统仿真系统得到的, 只是不同输入数据被模型变换的结果, 也即数据可变, 但模型不变。而兵棋推演产生出新知识, 则意味着推演模型, 包括参加推演的“人”在内, 都会被推演进程所改变。因为在兵棋系统中, 它的个体行动决策模型模拟的就是人的本身, 所以也会随之而改变。因此, 常说“兵棋推演与传统仿真有着很大不同, 是一种特殊的作战模拟活动”, 其实就是在说, 它要能够反映出“人”在其中发挥的能动作用。

美军在伊拉克战争前组织的“内窥 03”演习, 就是一个极具代表性的案例。它依托部署在美国本土的 JTLS(Joint Theater Level Simulation)兵棋系统, 采用全部实际作战方案和真实数据, 通过参战的美军及联军指挥机关和指挥员, 推演了伊拉克战争全过程。达到了既检验和修正作战计划, 又训练所有参战官兵的目的, 使得所有的“人”事先得到了宝贵的战争体验, 并影响了后面实际的伊拉克战争进程。从这一点来说, “人”是兵棋推演的核心, 也应该成为兵棋系统中的核心要素。

1.2 兵棋系统的本质特征

第一代兵棋系统主要是手工兵棋, 也包括后来发展出来的计算机手工兵棋。其形式主要表现为棋盘、棋子和规则, 固定的作战地域, 以陆、海、空为主的作战行动, 对弈双方通过“回合制”完成全部推演过程, 并通过规则表和骰子来决定推演的走向及结果。其中, “规则表+骰子”是其本质特征, 它突出了对规则和不确定性的尊重, “人”的干预全部都在盘外, 相对于过去那种“凭脑袋去想象, 以权威定结论”的作战决策研究, 已经是一个很大进步。

第二代兵棋系统为计算机兵棋系统, 产生于计算机技术飞速进步的年代。作为一种运用最为广泛的战争模拟形式, 一直引领着战争模拟技术研究的发展。它的基础平台是计算机系统和网络, 以及建立在其上的指挥信息系统, 参与兵棋推演的对抗各方, 依托越来越强大的计算能力和基础数据, 通过计算机模拟仿真方法, 采取分布式、可并行、变速率的方式, 基本可以实现对战争的全要素、全过程的模拟。计算机兵棋系统的本质特征与手工兵棋也不相同, 它的核心是“数学模型+程序计算”, 将反映作战过程的数学算法与计算机的强大计算能力结合起来, 主导了所有的战争过程和结果的模拟。

经过几十年的发展, 计算机兵棋系统中可模拟的实体、行动及效果越来越逼真, 但仍未实现“跨代”升级, 因为其本质特征并没有发生本质变化, 依旧还是“数学模型+程序计算”, 科学基础仍然是基于牛顿科学体系下的确定性系统仿真方法, 即所谓“机器”系统仿真方法。这是因为一个核心问题始终没有解决好, 即“智能行为难题”: “人”既然是兵棋推演的核心, 但人的智能行为却不能被真实反映。而智能行为的核心是认知, 但我们却找不到对认知进行建模的合适方法。该领域多年来虽然一直都是研究的重点, 但研究的结果却总是不尽人意。比如, 美国国防部建模仿真办公室(Defense Modeling and Simulation Office, DMSO)虽然一直将“人的行为建模”作为研究的重点, 但进展也比较缓慢。我们试图建立的各种智能作战决策行为模型, 表现出来的却总是带有“机器味”, 显示不出自主决策智能行为的特点。

因此, 兵棋系统要想跨入下一代, 发展出智能化兵棋系统, 智能行为建模就将成为关键。下一代兵棋系统的本质特征有哪些需要改变, 以及又应该如何设计新的系统, 就成为必须要说清楚的首要问题。

2 “认知”建模难题

2.1 兵棋推演认知案例研究

兵棋推演中存在着许多认知方面的难题, 可以通过几个典型案例进行分析。

2.1.1 作战环境感知

案例 1 在某兵棋推演中, 要求决策智能体自动执行“海面布雷阻滞航渡编队”的行动指令。但态势显示结果是, 水雷被整齐地分行列布设在海峡中, 而没有考虑海峡可航行的通道环境, 也没有考虑敌方航渡编队前进的主要方向, 更没有考虑此作战阶段敌我双方的战损及条件等情况。很显然, 这是因为兵棋系统决策智能体对作战环境对象(航道、防御、友邻等)的感知, 只存在于预先设定的范围内, 对预设外的情况不能泛化识别, 所以导致了奇怪的行动结果。也就是说, 兵棋实体目前缺乏泛化感知环境的能力。

2.1.2 行动意图判断

案例 2 在兵棋推演中经常需要对敌方行动意图进行判断。比如对敌方的“空袭编队意图判定”, 发现敌机编队, 进行预警, 然后判断其是一般巡逻, 还是要对己方目标进行突袭等。这项工作过去由人类指挥员去完成, 但若将此项工作交由兵棋系统中的指挥所实体完成, 还存在很大困难。因为需要综合判定“目的、实体、关系、事件、任务”, 才能识别“意图”。现在大多数系统只能做出低层的相关性判断, 比如威胁评估或有限判定。对高层“意图”识别, 则需要不断跟踪、分层分析、逐步清晰后, 才能综合判定。这在目前还做不到, 因为兵棋实体尚缺乏自主综合判断的能力。

2.1.3 作战行动预测

案例 3 对敌方作战行动进行预测, 是自主决策的前提。比如对敌方的空袭编队进行拦截, 就需要预测敌方下一步的行动方向或兵力。但是, 常用的趋势性预测、相关性预测等方法在事后分析中很有效, 但对事先预测却并无规律可循, 具有很大的不确定性。预测不可重复, 指挥员全凭经验甚至预感。在这种情况下, 智能体又该如何进行预测?

2.1.4 行动计划决策

【案例 4】兵棋系统的行动一般按计划执行, 并处理临机事件。以“空对地突击任务”为例, 在下达命令后, 空对地突击编队会按步骤连续执行诸如“起飞”“巡航”“突击”“返航”等计划行动。如果出现诸如“命令取消”“遭敌拦截”“天气恶劣”“目标消失”“更换机场”等意外情况, 则需要临机处置。这些所谓意外情况, 其实并不意外, 都可事先想到, 而且只能有限多, 可以在建模时事先指定, 大多数兵棋实体执行的计划任务都有这个特点。但是, 当情况超出预估情况, 出现新的变化或可能时, 兵棋实体仍然只会机械执行原定行动, 而不会随机应变, 因为其缺乏“识别并应对无限多可能情况”的能力。

2.1.5 自动计划执行

【案例 5】以“联合计划自动推演”为例。在作战方案分析中, 会利用兵棋系统对作战计划进行自动推演。但“炮声一响, 计划作废”, 当计划推演因为遇到与事先估计不一致的对抗改变或不确定性时, 就会无法主动应对。这也是因为无法自主判定态势变化, 而缺乏自主决策选择能力。

2.1.6 作战命令细化

【案例 6】兵棋推演时, 经常需要将上级的作战命令细化为可执行的规划, 并生成战术指令。也就是将“大命令”转化为一连串的“小命令”, 将执行单位转为基本作战单位。比如将旅的战役作战行动, 转为多个营甚至连的战术任务行动等。但现有兵棋系统只会机械进行任务的简单分解, 如果细化命令需要新的作战知识, 则会无法自主完成。

2.1.7 换位充当对手

【案例 7】当兵棋实体在换位充当对手(比如充当蓝军)进行决策时, 要求能够按照对手的特点正确反应。但目前的兵棋系统, 却很难给出正确结果。如何演像“蓝军”, 除了基础条件外, 很大程度也属于认知问题。一般说来, 演像“蓝军”, 低层靠装备及行为、编制编成区分, 而上层则要靠决策特征区分。如要更高层次的“想象替代决策”, 即完成“假如我是蓝军”的想象决策, 则是更大的智能难题。

2.1.8 方案分析认知

【案例 8】在方案分析推演中, 认知对决策的影响也很大。这里以兰德公司的《恐怖的海峡-I》分析为例说明。美国兰德公司 2000 年针对 2005 年前后台海可能发生的军事冲突中对空军的需求进行了分析, 得出了“空军必须保持均势”的结论。采用的是定量推演方式, 利用仿真系统进行 7 个变量共计 1 728 次推演, 然后进行统计分析, 得出了各个因素影响的顺序, 并给出了相应的决策建议。本文不关心结果, 只讨论这种基于仿真结果的统计分析方法是否合理。

这种统计分析方法有一个基本假设: 每一次试验都是独立且无序的, 这样“大数定律”才起作用。正如抛硬币试验, 只要次数足够多, 正反面概率最终一定会趋于 1/2。但是, 人是有认知的, 不会简单机械重复, 他在决策时一定会考虑以前的结果, 并对决策不断进行修正, 从而会导致“偏好依附”, 最终使决策效果偏移。这就是人类行为固有的“幂律”特点。也就是说, 那种基于物理规律的方法, 并不能反映人类社会真实的认知效果, “纯理性”决策并不太符合实际。

2.2 复杂性带来的仿真问题

以上这些案例所讨论的情况之所以成为难题, 问题主要就出在认知上。过去我们总是将世界都想象成机器, 用还原论的“简单系统思维”(1+1=2)来思考一切。这种思维概括起来就是, 系统整体等于各部分之和, 即使结构再复杂, 也可以分解还原。系统结构总是保持不变, 结果线性, 因果对应, 状态稳定, 因而也就可重复、可预测。在这种条件下, 仿真可以基于相似性原理完成, 如图 2 所示, 通过对实际系统进行相似性建模, 做到只要输入相同, 输出就被认为是相同的, 这样就可以达成仿真的目的。

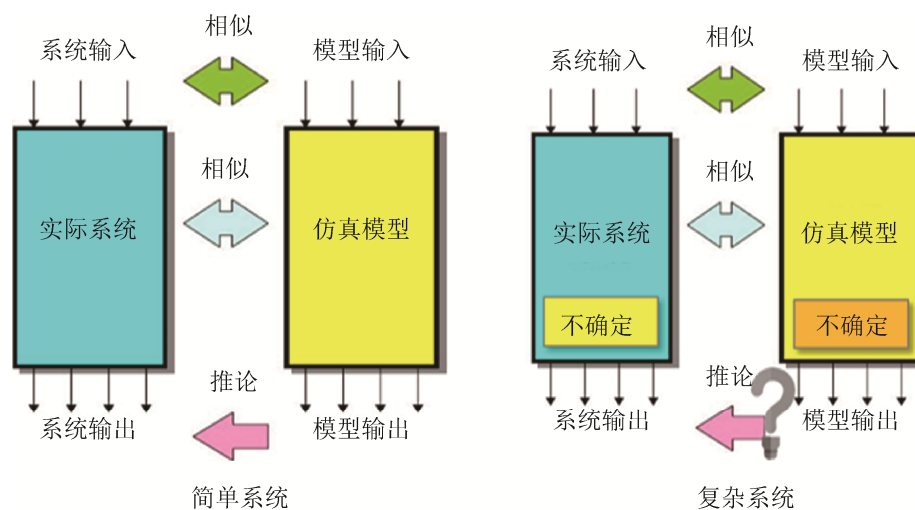


图 2 简单系统和复杂系统仿真原理

Fig. 2 Simulation principle of simple system and complex system

但是, 现实世界还有一类系统并不能被简单地分解还原, 这就是复杂系统, 比如人体、社会或战争系统。它们整体不等于各部分之和, 即 $1+1 \neq 2$, 具有整体性质, 结构可变, 因果不确定, 因而不可预测, 也不可重复。在这种情况下, 如果同样的输入, 在多次实验中就可能得到不同的结果。在实际战争中也是如此, 用同样方法打 2 次, 也可能得到不一样的结果, 这就是“胜战不复”。社会、经济、恐怖主义行为预测等很多问题, 都属于这一类。由于没有一一对应的因果关系, 复杂性就会导致仿真的相似性原理失效。因此, 当仿真对象不是简单系统, 而是战争、社会、经济这些复杂系统时, 由于系统本身是不确定的, 因而模型也就不能确定。因此, 也就不可能找到可以解决复杂性问题的“简单”方法。

物理学中常常采用统计和综合的方法来寻找复杂系统规律。比如容器中的气压是由分子碰撞产生的, 但若是研究每一个分子碰撞过程将会极其复杂, 甚至连包含多少个分子都难以确定。但若使用统计方法计算外部整体压力, 就很容易得到气压值。再比如, 对于群体建模, 过去也常采用多 Agent 方法进行建模, 比如舆论模型、城市交通模型, 蚁群及蜂群行为模型等, 实际也是模拟粒子随机接触碰撞方式, 最后得到整体性结果。比如鸟群, 使用 3 条规则就能描述群体飞行规律。但是将这些方法用于与认知相关的模型时, 常常会使结果与实际偏离很大。

为什么会发生这种情况? 这是因为社会复杂性与物理复杂性, 虽然都是复杂性, 但它们的难点却不一样。物理复杂性, 关键在于其运动规律是混沌的, 比如“三体问题”, 时间长了就可能得不到结果, 因而也就无法做到长程预测。而社会复杂性, 则是因为人是有认知的, 不会像物理粒子一样只是简单地碰撞, 而是会思考然后再行动, 也会带来新的问题。

2.3 反身性与不可预测性

拿物理思维去思考人类社会的事情, 这是人们常犯的错误。正是因为人群不是杂乱无章、没有思想的粒子, 也不是只有简单生命逻辑的低等生物, 而是具有判断和决策能力的人类, 所以人们的一切行为必然都受其认知影响。这其中就包含了 2 个很重要的原理。

(1) 反身性原理。即人的认知不会影响自然系统的物理定律(比如牛顿三大定律), 但会影响自身所在社会系统的演化规律。因为人类会“反思”, “反思”会使后面的行为发生改变, 从而引起所在系统也发生演化, 从而产生出新的系统运行规律。比如证监会主席的讲话会影响股市的涨跌, 指挥员的认知会影响兵棋推演的结果, 等等。这在朱迪亚·帕尔(Judea Pearl)《为什么》^[2]一书中所说的“因果之梯”中, 属于最高的第 3 层。

(2) 社会系统的不可预测性。由于无法预知未来“人”会产生什么新的认知或发现, 所以与人有关的社会系统的未来, 本来就是不可预测的。我们不知道未来会有什么新的想法或者创新, 也不知道明天早上会怎么想, 后天又会发现什么新东西。因此, 明天后天任何会引起世界改变的认知, 对今天而言都是不可预知的。我们的认知, 就必须将不可预测性作为基本条件。一般说来, 可预测的都是物理世界简单系统的规律。

根据这两条原理, 就可以得出这样的推论: 简单系统越认识越简单, 而复杂系统则是越认识越复杂。这是因为, 认知会导致系统朝向复杂程度更高的方向发展。这就像下棋, 菜鸟棋手开始时走棋总是很简单, 但一旦有了更深的了解, 必定会走出更复杂的招数, 也就使得系统演化变得更为复杂, 菜鸟棋手也就逐步成长为老手。下棋如此, 打仗如此, 决策其实也是如此。

一般说来, 简单系统的规律只要找到, 都不会再发生改变。比如, 牛顿三大定律就从来不会发生改变。但是, 根据上面的推论, 我们可以得出这样的结论: 凡是与认知相关的规律总是会发生变化。也就是说, 只要是认知的规律, 昨天的规律和今天的规律也就不再相同, 因为人的认知总是在不断变化的。从建模角度看, 模型即规律的描述, 规律不同则模型不同。也就是说, 与认知相关的模型, 将会不断发生改变。由此就导致了复杂性建模难题的出现。

2.4 复杂性建模难题

第一, 因为规律不断变化, 因而模型结构不能一成不变。传统模型结构是不会改变的, 但凡是与认知有关的模型却都需要改变结构, 比如态势判断、意图识别等模型。因为无论什么层次, 什么行动, 只要存在决策, 就都需要认知。所以需要找到结构可变而非只是数据可变的模型, 才能从根本上解决问题。事实上, 人工神经网络模型, 就具有结构可变的特点。

第二, 因为概念无法形式化, 因而需要找到认知模型的描述方法。复杂系统的概念都是难以描述的, 很难形式化。比如描述“猫”, 可能用多少参数都说不清楚这个概念如何表达。但是“学习”方法的介入, 使我们有了“反推概念”的途径, 这就使得我们可以通过建立人工神经网络, 将这个概念“描述”出来。同样, 比如“具有制空权”这样的概念, 也是一个泛化的认知判断。从这个意义上来说, 这个模型不是“建出来”的, 而是“学出来”“训出来”的。

第三, 因为无法重复, 模型结果并不能被模型结构所确定。复杂系统结果不能被预测, 局部结果也不具有“可加性”。所以, 任何一种结果都只能代表一种可能, 很多可能的结果就会构成“结果云”, 只有分布, 并不确定。比如, 作战体系的状态高低, “克星”现象的存在, 结果的多面性等, 都是如此。在这个理论下, 所有的复杂系统特征都可以得到完美的解释。

所以, 研究智能决策系统, 必须要将其当成认知系统而非机器。

2.5 认知模型是跨代标志

过去也有过许多“智能”建模方法, 比如产生式规则、多 Agent 系统(MAS)、知识本体等, 但结果都不太如人意。CGF(Computer Generated Force)只是按照赋予它的规则约束行动, 但仍然无法应对未预知的情况; MAS 可以用群体方式形成智能, 但规则如果全部是简单的, 简单+简单的规则之和, 只会还是简单, 无法真正涌现出智能。采用本体方法的知识组织更像是电子百科全书, 因缺乏实际的场景而有点“鸡肋”。产生这些问题的原因, 还是因为难以处理复杂性问题, 缺乏“自主认知”能力, 靠的还是系统外的“人”所给与的预先有限指定, 方法都还是局限在“规律不变”或“规律可描述”的框架内。能够应对“无限多的情况”的自主性, 才是智能的核心。

因此, 寻找和研究能够实现结构动态调整的模型, 是智能化兵棋系统的关键。第二代计算机兵棋系统, 核心特征是“数学模型+程序计算”, 通过建立具有相似性的物理模型而得到仿真结果。在未来, 则需要建立基于认知的相似性模型, 通过“神经网络+认知计算”的方法, 如图 3 所示, 仿真模拟出认知决策的结果。因为神经网络模型具有根据认知改变结构的能力, 比较适合未来兵棋决策模型的基本结构形式, 因而也将成为第三代兵棋模型的重要标志。用于兵棋系统的可变结构认知模型, 也应该成为未来研究的重要课题。

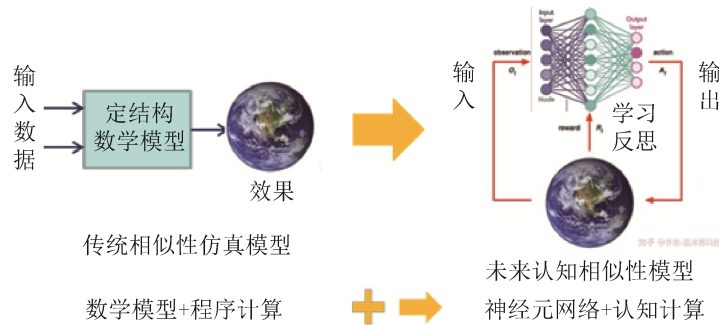


图 3 下一代模型：认知模型

Fig. 3 Next generation model: cognitive model

综上所述，是否具有智能认知模型，才是下一代兵棋系统的跨代标志。“神经网络+认知计算”将成为智能化兵棋系统的核心特征，只有具备了这些能力的模型，兵棋系统才能称之为智能化兵棋系统。

3 智能化兵棋系统设计问题

3.1 兵棋模型构建

兵棋系统的核心在建模。一般说来，兵棋系统模型可以用 EBI(Entity, Behavior, Interaction)来描述，即实体、行为及交互效果^[1]。实体是指那些需要被单独辨识的建模单位，如作战部队、指挥所，武器系统或保障中心等；行为则是实体可以执行的动作或任务(包)，如空对地突袭、航道布雷、装甲突击等；交互效果是实体之间通过行为产生的相互作用结果，如物理毁伤、情报侦察、物资转运等。很显然，这些模型的构建主要集中在物理域、信息域之中。智能化兵棋系统设计重点，将集中在如何反映出认知特点上，因而就必须考虑认知域的建模问题。下面分别进行简要讨论。

3.1.1 实体建模

实体模型从建模角度看一般不会有本质性变化，可以基本继承第二代兵棋系统的模型体系，但是会增加特殊的智能对象类型。包括但不限于以下内容：①增加智能实体类型，比如指挥控制决策中心，其中的人和智能体都将是重要仿真对象，不能仍然使用“机器”方法来模拟，或用某个系数来替代；②增加无人集群实体类，比如无人蜂群，但必须考虑是看成独立聚合实体，还是看成有联系的多实体分别建模；③增加主辅装备类型，比如忠诚僚机、子母机等，也需要根据仿真目的考虑是对单独实体还是成组实体建模；④自组织群体类实体，如城市人群、行政机构、聚合部队等，需要按新型的智能群体方式建模，以区别于他组织类群体，如赛博空间、国家基础设施网络等。

3.1.2 行为建模

“行为”描述了实体可执行的动作和任务，会引发相应效果计算，是智能化模型的核心。过去对所谓“自主”执行计算的行动过程，一般都采用事先确定的规则、时序或指令序列加以描述，但实际上这还只是一个自动的机械过程。未来在这些模型中会引入认知环节，解决过去认知能力不足的问题。智能认知模型会将“OODA(Oberve, Orient, Decide, Act)环”转化为“OODA 螺旋”，如图 4 所示，将“学习”环节引入 OODA 中，使得博弈对抗有了经验积累的过程，避免机械反馈式的简单循环。循环每往上走一层，就是一个学习过程，把前面的经验反馈到现在，可以模拟“反思”过程，不断进步。这就像昨天的 AlphaGo 跟今天的 AlphaGo 也会不一样，因为它也有一个不断学习变化的过程。

<http://www.china-simulation.com>

• 2004 •

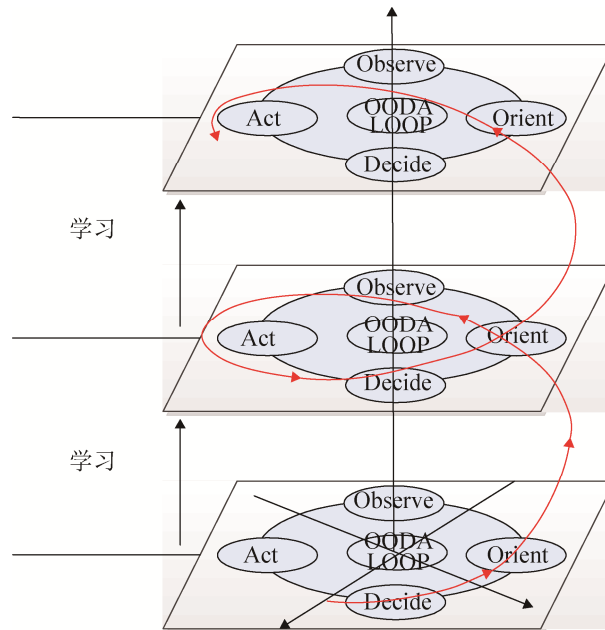


图 4 从 OODA 环到 OODA 螺旋
Fig. 4 From OODA loop to OODA spiral

从指挥控制角度来看, 决策智能的关键点在于需要体现出科学和艺术两个方面。科学性方面, 主要体现在“知道怎么做”时如何去做, 也就是说, 前人已经帮我们找到了方法, 关键在于怎么运用。比如利用已知的流程、算法、规则等, 来制定和实施作战规划; 而在艺术性方面, 则体现在“不知道怎么做”时能够找到做的方法, 比如指挥员的不断试错, 或者是根据经验、直觉或性格做的个性化选择等。所以, 真正的智能实际上就是体现在“不知道怎么做”的时候, 找到“解题”方法。一旦找到, 就立刻变成“知道怎么做”了, 转为了科学方法的运用。所以, 从这个角度说, 循规蹈矩并不是智能, 找到“解题”方法才是智能的关键。对于兵棋系统的认知模型而言, 大多数属于科学方法的运用, 但关键的则是对决策智能的实现。更详细的讨论可以见文献[3-5]。

智能行为建模升级应该集中在对认知能力的提高上。主要包括以下几个方面: ①态势感知, 使得相关实体能在允许的范围内感知态势、识别态势并做出基本判断; ②命令细化, 能将上级指挥命令逐步细化, 并转变为更具体的行动命令; ③长程筹划, 能够部分自主或辅助生成符合战役目的的作战计划; ④自主执行, 能够自主执行作战计划, 并能根据态势变化不断进行调整; ⑤模仿对手, 可以充当训练的对手, 能按对手的方式决策, 协助训练; ⑥实时追踪, 每个智能体都能实时跟踪和修正自己关注对象的行为等。概括起来说, 行为模型需要做到“睁开眼睛”“学会筹划”“自己做主”“及时反馈”, 将原来的“机器”行为, 转变为可以适应环境并会学习的“智能体”行为。而这需要在继承原有模型基础上, 进行关键性创新设计或改造。

行为建模还会涉及到知识图谱问题。需要特别指出, 知识图谱不是电子资料库, 需根据决策场景建立。这里举 2 个例子: ①基于条令的知识图谱, 比如美军模仿俄军作战条令所做的知识图谱, 可以通过作战条令和当前态势给出指令推荐; ②基于态势挖掘的行为图谱, 根据已有的作战态势历史数据挖掘形成态势知识图谱, 识别出敌方的实体、关系、事件、任务及意图等。比如根据来袭敌机编队的方向、队形、机型、轨迹等, 逐步识别并判断出敌机编队的作战意图。这些就可以根据知识图谱协助进行判定。

3.1.3 交互效果建模

交互效果建模可以概括为“行为产生，综合计算，因果合理，双向影响”。传统交互效果建模都是单向计算的，包括 3 条：①效果都由行为产生，任何行为都会产生效果；②结果需要独立计算，并且与行为发起方和对象方独立；③必须符合因果规律，并能进行边际效应之类的修正。但是在加入认知行为后，还要增加第 4 条：增加反向影响，并可调整实体行为模型的结构。这是因为，任何决策既会影响别人，也会影响自己。对自己就是“反思”，对别人就是“判断”。因此，在这种情况下交互效果的计算，就不像过去那样单向计算即可，而会变得更为复杂。

过去的交互效果计算集中在能量、物资及信息交互上。①能量交互，比如硬软毁伤、命中概率及分布等；②物资交互，比如物资保障和运输、敌军物资缴获转移、弹药消耗及补给等；③信息交互，比如情报侦察、部队报告、命令下达、情报分享等。今后可能需要增加更多认知方面的综合计算，包括但不限于以下方面：①拟人交互，比如指挥机关指挥能力、指挥员性格反映、无人机群自主行动效果等；②学习交互，比如经验积累的进步、分析中认知影响的回调、团队士气的改变等；③级联交互，比如人际关系的反映、社团协作中的连锁影响等。

3.2 兵棋系统设计

智能化兵棋系统在设计上可以重点考虑以下几个方面：①智能行动模型。在原有兵棋系统中对新型智能化作战力量及行动进行增补，比如无人集群和一些新型的作战行动，如无人机群覆盖舰队掩护、集群电磁 RCS(Radar Cross Section)的影响、无人平台辅助行动等；②智能指挥替身。建立新型的指挥决策模型，如智能参谋、智能助理等。这样在专业演习比如后勤、政工、装备演习时，就不必由大量作战指挥人员陪练；③智能辅助工具。这些工具可以协助完成指挥决策工作，提高工作效率。比如自动细化作战命令，自动生成合适的任务包或规划等；④智能演习对手，这也是替身的一种，如智能蓝军。通过智能对手，就可以实现想定情况发生、参与对抗演习等复杂的研究及训练活动；⑤智能导演工具，可以协助导演对演习情况进行统计评估，完成演习总结和点评等；⑥智能分析工具，可以协助进行作战方案分析，完成方案智能推演。作战分析和训练演习不一样，需要自动推演分析方案，并反反复复进行，要求能够识别态势变化并自主决策。

兵棋系统的智能化拓展，如图 5~6 所示。图 5 描述了兵棋系统拓展功能模块的位置，图 6 给出了不同功能模块所在的体系结构层次。从图 6 中可以看出，下一代兵棋系统可以分为 3 层，即基础行动层、指挥控制层和演习辅助层。基础行动层，所有行动在原有兵棋系统上基本全部实现，未来要做的是在维持原有模型的情况下，对一些新型 CGF(Computer Generated Forces)自主作战行动进行修改和完善；第 2 层带有决策性质，需要完成智能决策辅助、智能替身的设计；第 3 层就是最高层，包括智能导演辅助、智能对手以及智能辅助分析。可以看出，大多数新增的关于认知的模型，都集中在中上层。

因此，在智能化兵棋系统设计中，兵棋模型引擎需要修改，智能替身、智能参谋和智能决策辅助需要重新设计，智能蓝军、智能导演辅助、智能辅助分析等相对独立，可以分开进行研究，并不会影响原来的兵棋系统。智能化兵棋系统完全可以继承原有系统，将更多拓展集中在中上层与决策有关的智能系统上。

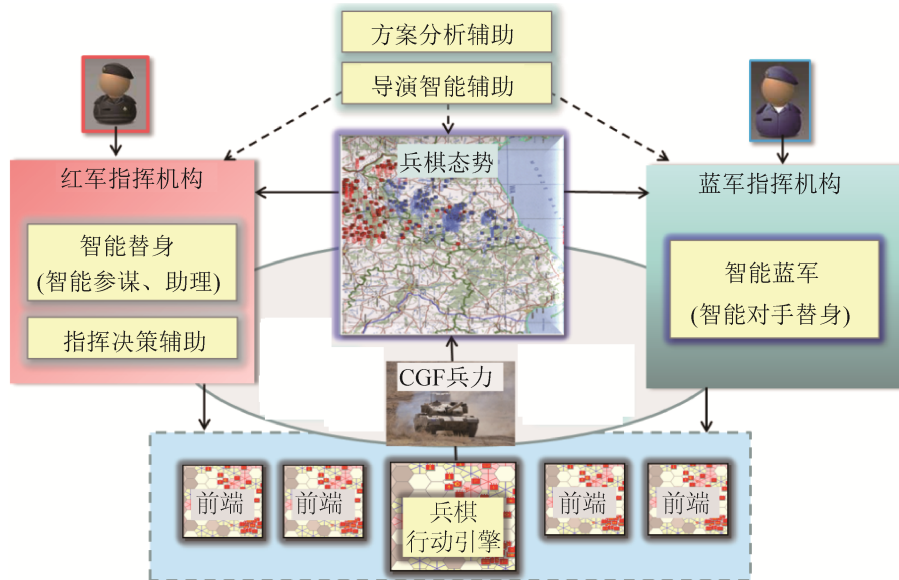


图 5 兵棋系统的智能化拓展
Fig. 5 Intelligent development of wargaming system

层次	决策类型	范例	原有	智能模块
演习辅助层	导演		导演人员	智能导演辅助
	对手	蓝军、绿军等	参训者或导演部	智能对手 (智能蓝军)
	作战方案分析	“恐怖的海峡”	分析人员	智能辅助分析 (自动计划反复推演)
指挥控制层	联合指挥	联合作战计划	人工 (受训人员)	智能替身 (智能参谋)
	军种指挥	作战空间控制		
	部门协同	信息支援及后保等		智能决策辅助 (细化、优化、规划等)
	任务规划	装载、运输等		
基础行动层	指挥行动	指挥所等	无行动	智能行动 新型 CGF 智能作战行动 维持原有模型
	计划行动	空对地突击等	计划过程组合	
	基本作战单位行动	机动、进攻、侦察、防御、后撤等	行动模型	

图 6 功能模块所在体系结构的层次
Fig. 6 Hierarchy of architecture where the function module is located

3.3 兵棋推演生态

智能系统难在不能一蹴而就，智能化兵棋系统也不例外。这需要颠覆传统的“瀑布式”工程研发模式，将研发与应用融为一体，依靠创新面向智能成长的兵棋推演生态来实现，如图 7 所示。兵棋系统研发与演习应用，在这个生态下统一起来，对联合作战训练与系统研发都具有革命性意义。

快速迭代开发。创建面向兵棋推演的系统开发快速迭代环境，并不是简单地将现有开发周期缩短，而是通过建立设计、研发、运用、评估一体的综合环境，驱动螺旋迭代的系统开发过程，不断循环，不断反复，建立起智能成长的合适环境。这是一个包括数据产生、计算环境、训练学习和系统应用的不断循环过程，与“终生学习机器(Lifelong Learning Machine)”概念相似，因为作战决策过程也是一个需要终身训练的过程。

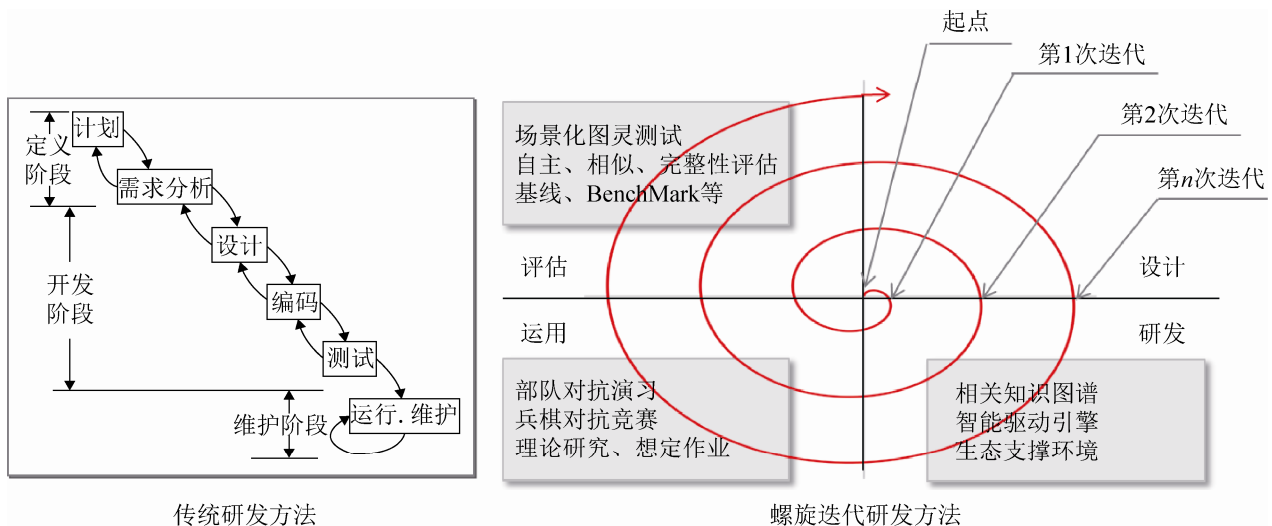


图7 智能兵棋迭代开发

Fig. 7 Iterative development of intelligent wargaming system

云计算环境。兵棋推演环境逐步“上云”是大趋势，但认知学习，模型的引入及训练，更需要大规模计算的支持。认知模型由于采用神经网络，算力需求会随着模型的复杂程度大幅度提高，因而云计算环境将成为下一代兵棋系统运行的基础环境。

人机融合成长。兵棋推演永远都不会是一个“无人”过程，需要“人”与机器协同工作，可以通过人机混合、模仿学习来增强智能。“人”作为训练对象，需要与替身智能体合作，完成演习任务。“人”作为学习目标，机器通过模仿，不断增强自身的智能水平。这就是“平行进化”，在实际演习中充当智能替身，建立起数字平行系统，从辅助开始，直至实现部分或全部替代。依托初始赋能系统，不断向真人指挥员靠拢，这也是人机融合的过程。

3.4 测试检验

一般说来，测试检验包括3个方面。①对智能推演的需求满足度 $R(\text{Requirement})$ 进行评估，也即对系统功能和性能进行测试，得到对需求满足程度的评价；②对智能模型的自主化水平 $A(\text{Autonomy})$ 进行评估，得出自主性等级，如果需要也可以对部分 CGF 的“自动化”水平进行测试；③对智能系统的认知成长性 $G(\text{Growth})$ 进行评估，得到对智能系统成长可能性的判断，估计发展的可能性。这就需要同步建立测试环境，这既是生态系统的一个组成部分，又是研发的重要抓手。

4 结论

智能化兵棋系统是下一代兵棋系统。它不是“二代系统+”，也不是简单地用“智能仿真”“仿真智能”就可以替代的，而是在全新理念下的创新，是兵棋系统的升级换代。

下一代智能化兵棋系统的研究，是一项很有意义但也是非常困难的工作。它的标志性特征在于“认知”的引入，对行为建模和系统设计影响巨大，需要进行深入研究。认知模型的建模理论和方法，是最关键也是不能回避的核心内容。智能化兵棋系统的设计，主要在于智能主体的增加，原有基本模型体系仍可保留，重点在认知决策模型改造和上层应用系统的升级。由于“认知”属于认知域范畴，基本上居于模型的顶端，所以包括智能替身、智能对手、智能导演辅助等在内的智能应用，都可独立研发和配套。

还需要特别指出, 智能化兵棋系统的研发, 需要依托迭代生态的建立。没有这样的生态, 智能系统很难成功, 兵棋系统也不例外。但这需要长期的建设和积累, 需要做好长远规划, 更需要观念上的转变。

参考文献:

- [1] 胡晓峰, 司光亚, 吴琳, 等. 战争模拟原理与系统[M]. 北京: 国防大学出版社, 2009.
Hu Xiaofeng, Si Guangya, Wu Lin, et al. War Gaming & Simulation Principle and System[M]. Beijing: National Defense University Press, 2009.
- [2] 朱迪亚·帕尔. 为什么[M]. 北京: 中信出版社, 2019
Judea Pearl. The Book of Why[M]. Beijing: Chia Citic Press, 2019
- [3] 胡晓峰, 齐大伟. 智能决策问题探讨: 从游戏博弈到作战指挥, 距离还有多远[J]. 指挥与控制学报, 2020, 6(4): 356-363.
Hu Xiaofeng, Qi Dawei. On Problems of Intelligent Decision—Making, How Far Is It from Game-Playing to Operational Command[J]. Journal of Command and Control, 2020, 6(4): 356-363.
- [4] 郭圣明, 贺筱媛, 吴琳, 等. 基于强制稀疏自编码神经网络的作战态势评估方法研究[J]. 系统仿真学报, 2018, 30(3): 772-784.
Guo Shengming, He Xiaoyuan, Wu Lin, et al. Research on Operational Situation Assessment Method Based on Forced Sparse Self-coding Neural Network[J]. Journal of System Simulation, 2018, 30(3): 772-784.
- [5] 胡晓峰, 贺筱媛, 陶九阳. AlphaGo 的突破与兵棋推演的挑战[J]. 科技导报, 2017, 35(21): 49-60.
Hu Xiaofeng, He Xiaoyuan, Tao Jiuyang. Alphago Breakthrough and the Challenge of Wargaming System[J]. Science and Technology Guide, 2017, 35(21): 49-60.
- [6] 胡晓峰, 贺筱媛, 陶九阳. 认知仿真: 是复杂系统建模的新途径吗[J]. 科技导报, 2018, 36(12): 46-54.
Hu Xiaofeng, He Xiaoyuan, Tao Jiuyang. Cognitive Simulation: a New Approach to Complex System Modeling[J]. Science and Technology Guide, 2018, 36(12): 46-54.
- [7] 吕学志, 胡晓峰, 吴琳, 等. 战役态势认知的概念框架[J]. 火力与指挥控制, 2018, 44(7): 1-6.
Lü Xuezhi, Hu Xiaofeng, Wu Lin, et al. Conceptual Framework of Campaign Situation Awareness[J]. Firepower and Command Control, 2018, 44(7): 1-6.
- [8] 朱丰, 胡晓峰, 吴琳, 等. 基于深度学习的战场态势高级理解模拟方法[J]. 火力与指挥控制, 2018, 43(8):25-30
Zhu Feng, Hu Xiaofeng, Wu Lin. Advanced Understanding and Simulation Methods of Battlefield Situation based on Deep Learning [J]. Firepower and Command Control, 2018, 43(8): 25-30
- [9] 王保魁, 吴琳, 胡晓峰, 等. 基于知识图谱的联合作战态势实体描述方法[J]. 指挥控制与仿真, 2020, 42(3): 6-13.
Wang Baokui, Wu Lin, Hu Xiaofeng, et al. Joint Combat Situation Entity Description Method based on Knowledge Map[J]. Command Control and Simulation, 2020, 42(3): 6-13.