

大数据智能指挥控制内在机理框架模型研究

胡志强

(江苏自动化研究所, 江苏 连云港 222061)

摘要: 从信息时代到大数据时代, 信息化指挥控制向智能指挥控制发展已成为趋势。针对大数据时代智能指挥控制发展面临的挑战, 提出了“智能心源”和大数据“智能算法高架”两个新概念。在此基础上, 提出大数据智能决策网, 进而构建大数据智能指挥控制概念模型; 通过模型分析, 揭示智能指挥控制的内在机理。最后, 以“智能仿真引擎”为依托, 通过一个简化的模型仿真设计, 说明该模型的可行性。

关键词: 大数据; 智能指挥控制; 智能心源; 智能算法高架; 智能仿真引擎; 深度强化学习

中图分类号: E917, TP391.9

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.2096-6652.202111

The framework model on internal mechanism of big data intelligent command and control

HU Zhiqiang

Jiangsu Automation Research Institute, Lianyungang 222061, China

Abstract: From the information age to the big data era, the development of information-based command and control to intelligent command and control has become a trend. In view of the challenges faced by the development of intelligent command and control in the era of big data, two new concepts of “intelligent source of soul” and big data “intelligent algorithm viaduct” were proposed. On this basis, the big data intelligent decision-making network was proposed, and then the concept model of big data intelligent command and control was constructed, and the internal intelligent mechanism of intelligent command and control was revealed through the model analysis. Finally, based on the “intelligent simulation engine”, the feasibility of the model research was demonstrated through a simplified model simulation design.

Key words: big data, intelligent command and control, intelligent source of soul, intelligent algorithm viaduct, intelligent simulation engine, deep reinforcement learning

1 引言

近年来, 随着大数据、云计算、物联网、机器学习等的快速发展, 人类开始由信息社会进入以智能化为主导的时代。在指挥控制领域, 智能在目标识别、图像理解、知识发现、任务规划、人机交互等方面取得了很多进展并开始投入实际应用。如美军的“心灵之眼 (mind’s eye)”项目、神经工程系统设计 (neural engineering system design, NESD)、深度文本搜索过滤 (deep exploration and filtering of text, DEFT) 计划、实时作战智能决策制定 (entitled

real-time adversarial intelligence and decision-making, RAID) 项目、“分布式作战管理 (distributed battle management, DBM)” “X-Plan”计划、“认知电子战”计划等。然而, 智能指挥控制系统的发展在高层次的态势认知理解、智能指挥与决策等方面遭遇了智能化瓶颈^[1-3]。

对此, 现有的思路是基于OODA等指挥控制模型, 采用形式化方法对态势认知理解和作战指挥决策进行建模。主要模型有3类: 一是“符号主义 (symbolism)”模型, 典型的有基于模板的战场态势认知分析与决策模型、基于知识库和知识图谱的专

家系统等；二是“行为主义（behaviorism）”模型，典型的是各种指挥自动化系统和控制系统；三是“连接主义（connectionism）”模型，典型的是以深度学习为代表的人工神经网络模型^[3-5]。但是，这些模型和方法都有其适用性和应用范围，有的仅适用于一些情况非常简单的、变化非常有限的场合，不能处理高度复杂、动态的战场环境，无法形成高层次的思维和认知活动，不能实现对战场所势的智能认知和决策。以上模型存在以下问题。

- 已有的模型（包括基于抽象的数理模型、应用领域的专家知识、面向采样的局域数据的各种指挥控制系统）是基于小数据思想设计的，不能有效处理和挖掘大数据，特别是流变非结构化大数据，不适应大数据时代发展的要求。

- 作战指挥通常面临不确定规则、不完全信息（甚至虚假信息）、强对抗博弈环境等情况，简单的确定规则、完全信息、单向作战推演理论和控制模型并不适用。

- 目前以深度学习为代表的各类人工智能算法不能向用户解释其想法和决策结论，包括思想、目的、意图和出发点，用户也无法完全理解其决策过程，难以分辨其具体行动背后的逻辑，得出的结论可解释性差，可信度不高。

所谓智能，即对环境或情境做出合乎目的的反应的智慧和能力，包括计算智能、感知智能和认知智能3个层次。而根据智能主体的不同，智能被分为自然智能和人工智能两大类。大数据智能指挥控制实际是基于大数据的人工智能指挥控制，智能指挥控制发展和突破的关键是揭示智能指挥控制行为内在的智能机理，即揭示智能指挥控制主体行为背后思考的逻辑起点和运行机制，以及具体实现的方法和手段。

本文首先介绍大数据的内涵及特点，然后提出“智能心源（intelligent source of soul, ISS）”和大数据“智能算法高架”两个新概念，以破解智能指挥控制内部黑盒子问题，建立可解释的智能指挥控制模型。这两个新概念可有效处理大数据，学习获取知识和经验，应对不确定规则、不完全信息、强对抗博弈环境。在此基础上，本文提出大数据智能决策网，以期系统能在复杂的作战环境下智能认知战场态势并理解目标意图，实现智能指挥与决策，从而揭示大数据智能指挥控制的内在机理。最后，扬弃AlphaGo和“深绿”计划方法，以“智能仿真引

擎（intelligent simulation engine, ISE）”为依托，通过一个简化的模型仿真设计，说明该模型的可行性。

2 大数据的内涵及大数据智能指挥控制的特点

2.1 大数据的内涵

大数据是具有多元、多角度价值的，不能用过去局域化的方法提取、存储、搜索、共享、分析和处理的海量的复杂数据集合，是自然界和人类社会生动鲜活的表征和体现。其战略意义不在于掌握多么庞大的数据，而在于大数据能深化认知，通过对大量数据进行专业化存储、处理，挖掘、提取所需要的知识和信息，发现更高层次的规律，深化对这个世界的认识^[6]。

指挥控制领域大数据包括各种静态历史大数据和实时流变大数据。这是大数据智能指挥控制的基础。

2.2 大数据智能指挥控制的特点

大数据的出现改变了过去传统小数据世界的思维模式和决策驱动方式，对智能指挥控制的理论基础、知识来源、指挥决策模式和驱动方式产生了重大作用和影响，其特点如下。

① 大数据是大数据时代指挥控制的基础。大数据从整体上多层面、多角度地客观反映了自然界和人类社会的各种事物和现象，因此，基于大数据分析可以深刻揭示事物和现象之间的各种联系和规律，揭开“指挥控制迷雾”，可以预测、指挥和控制客观物质世界。因此，大数据成为大数据时代指挥控制的基础。

② 大数据智能指挥控制由大数据支配。智能来源于对事物和现象的深刻认知和理解。在指挥控制领域，基于大数据情报分析，通过大数据学习，主动深入地从海量大数据中发现有利用价值的关联规则和规律，可以获取目标和环境信息，汲取经验和智慧，深化战场态势感知，整合战场态势认知，直接作用于决策过程，使得决策分析充满智能，从数据到决策，进而形成大数据驱动的智能指挥控制系统。

应用时，需要把因果关系融入相关关系，通过相关关系分析，发现潜藏的知识 and 规律，让数据“说话”。

③ 大数据使得传统线性的、自上而下的、基于原因推出结论的指挥决策模式转变为非线性的、面向不确定的、自下而上的指挥决策模式。决策驱

动方式从模型经验驱动向大数据驱动转变,决策过程从事后决策向事先预测转变。真正使决策达到事前预测、事中感知、事后反馈,极大地增强了指挥控制的前瞻性和有效性。

3 大数据智能指挥控制概念模型

指挥控制是自然界和人类社会普遍存在的现象。作为个体或组织实现目标的一种手段,指挥控制是过程和结果的有机统一。美军对指挥控制的定义为:在完成使命任务的过程中,合适地赋予指挥人员指派兵力的权力,指挥人员在计划、协调和兵力的控制过程中,对人员、设备、通信、资源和过程的配置活动。我军相关条令对指挥控制的解释是:指挥员及其指挥机关对部队作战或其他行动进行掌握和制约的活动。根据对指挥控制的认知和理解,人们建立了很多指挥控制模型。其中较早的指挥控制模型是结合控制论建立的过程模型,而在指挥控制领域长期占统治地位的理论模型则是20世纪80年代后期由John R. Boyd创立的OODA模型。

现代社会正处于信息爆炸式增长的大数据时代,大数据智能指挥控制基于大数据情报分析,通过大数据学习,主动深入地从海量大数据中发现有利用价值的关联规则和规律,吸取知识和智慧,并将其直接作用于指挥控制过程,使得指挥控制充满智能,进而形成智能指挥控制系统,实现从数据到决策。其概念模型包括“智能心源”、大数据“智能算法高架”和大数据智能决策网3个相互支撑的关键部分。

3.1 “智能心源”的概念

战争是典型的有目的的“活力体系对抗”行为。其指挥控制是战略与战术相结合、经验与理性并存的高度艺术化的使命任务活动。智能指挥控制的核心在于智能思维。对此,思维论者认为,智能思维是人脑的思维活动;知识阈值论者认为,智能思维是一种应用所有知识搜索并求解问题的智力活动;进化论者认为,智能思维是高级生物体(如人、灵长类动物)在长期的生存与发展进化过程中形成的,适应环境的能动活动。

对于人类来说,智能思维源于大脑所思,归于心之所想,是智能主体对客观事物和现象进行合理分析、有目的地行动和有效地处理周围环境事宜的一种综合能力,常表现为面对问题、提出问题、分

析问题、解决问题的能力。研究智能指挥控制的内在机理在于揭示智能指挥控制的智能来源和运行机制,亦是智能指挥控制主体行为背后思考的逻辑起点和运行机制,本文称之为“智能心源”。它回答了动因,即智能产生的第一推动力和引擎。对于人工智能来说,“智能心源”主要有两种来源:一种是外来加入的,如通过人为程序嵌入;另一种是自身在环境中习得领悟并加以固化的,如学习中的价值体验。这在工厂智能制造系统和DeepMind团队开发的AlphaGo系列程序中表现得十分明显。

在以智能化为主导的大数据时代,“智能心源”成为智能指挥控制引擎(intelligent command & control engine, ICCE)。它给出了智能主体行为背后思维的起源,指出了指挥控制的目的、意图、出发点,乃至“情感”,解释了其“为什么这样做而不那样做”的逻辑。其“点火”和运行机制如图1所示,包括“点火”方式、接口系统、运行机制(“智能心源”芯片组)及相关支持部分。

其中,“点火”方式有3种。一是采用“If...Then”,结合“与或”/“与非”等逻辑构成多元混合逻辑触发器,物理实体是多元的混合逻辑触发芯片。该方式成熟,易于实施,但不适应复杂变化的情况。二是应用人机结合方式,通过在人脑中植入芯片,将人脑和人工智能系统相连,或将类脑认知计算模型引入人工智能系统,以人机协同的混合-增强智能形态进行,物理实体是脑机接口芯片(neuralink)。鉴于智能指挥控制应由人类把控,以及脑机接口芯片未来可期,人机结合的方式是理想方式。三是机器学习方式,即大数据智能指挥控制系统通过大数据学习、环境学习和领悟进化,具有了自我意识。这意味着系统已经不受人类控制,可以自主发动指挥控制行动,这目前还比较遥远。

运行机制包括:面向任务(tasks-oriented)的注意力机制、面向问题(problem-oriented)的学习机制、面向后果(consequence-oriented)的最优化机制、面向环境(environment-oriented)的自适应机制、基于价值观(values-based)的底线机制、基于情感(emotion-based)的偏向机制等。可以通过软件定义(software defined)的形式嵌入系统。根据需要,其表现形式既可以是以单个机制主导发挥作用,也可以是多个机制混合交互共同起作用,而且由于时间和场景的不同,具体形式和内容也可以不同。

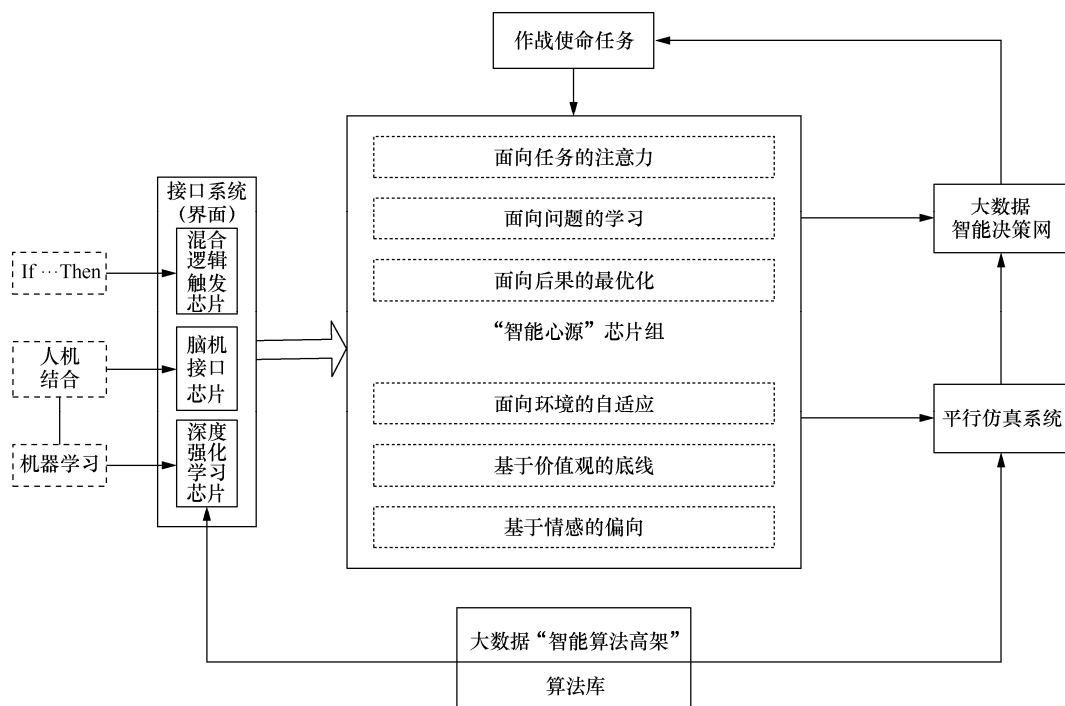


图1 “智能心源”的“点火”和运行机制框架

引入“智能心源”新概念，赋予大数据智能指挥控制以“思想”，其直接作用是利用“智能心源”对大数据智能指挥控制进行调节和控制，目的在于克服以深度学习为代表的大数据人工智能算法的不可解释性，将因果关系融入大数据相关关系分析，从而建立可解释的、可信的大数据人工智能指挥控制模型。

3.2 大数据“智能算法高架”

智能指挥控制面临海量信息的积累，以及信息化指挥控制数据的爆炸式增长，各参战力量间的协同手段和机制正朝着移动互联、空天信息、云计算、全域融合、跨域攻防、实时、精确、主动方向发展。算法和方法是实现从数据中发现和获取知识的手段，目前常用的算法和方法包括统计分析、机器学习、并行搜索、预测决策、规则推理、模糊推理、贝叶斯估计、平行仿真等。但是这些算法和方法有各自的适用性和应用范围。智能算法的进一步发展和应用的出路在于混合进化方法。大数据“智能算法高架”的设计思想是“算法匹配任务，程序围绕着数据转”；算法和知识相互转化，交互螺旋演化。

大数据“智能算法高架”运行流程如图2所示。首先问题咨询与分解系统对作战使命进行解释、说明，对任务进行分解，将其归为一类或分解为若干类，如归为目标图像识别类或目标意图识别类等。

同时，决策支持系统在算法库的支持下对大数据进行分析和预处理，将不同来源的大数据按其性质进行标记和分类；然后，根据任务分类结果与算法库进行“算法-任务”适应性匹配与组合。当只有一类任务时，一般调用一种与之相匹配的算法；当有多类任务时，则调用多种算法进行组合。譬如在目标识别和战场态势感知方面，当有大量数据且特征模糊时，可采用机器学习中的深度学习方法；当只有少量数据但为特征信息时，可运用贝叶斯估计；当信息不确定时，可运用模糊不确定推理算法。在指挥决策领域，根据不同的博弈对抗环境，或采用基于规则的暴力搜索方法（“深蓝”），或采用基于语义的统计推理算法（“沃森”），应用专家系统，以大数据关联分析和统计特征进行推理；或应用平行仿真技术，采用蒙特卡罗搜索树及博弈试探方法（“深绿”），博弈推演对手的行动及结果，通过预测战场中未来可能发生的各种分支和情况，为指挥控制决策提供支撑。

在大数据“智能算法高架”体系中，各种智能算法在相应的应用层面按需调用、并行工作、自适应交互、综合运用，最后得到运行结果。同时，通过机器学习将经验和知识反馈给算法库，并基于贝叶斯后验估计不断改进“算法-任务”匹配与组合。在基于大数据情报分析的作战智能指挥控制系统

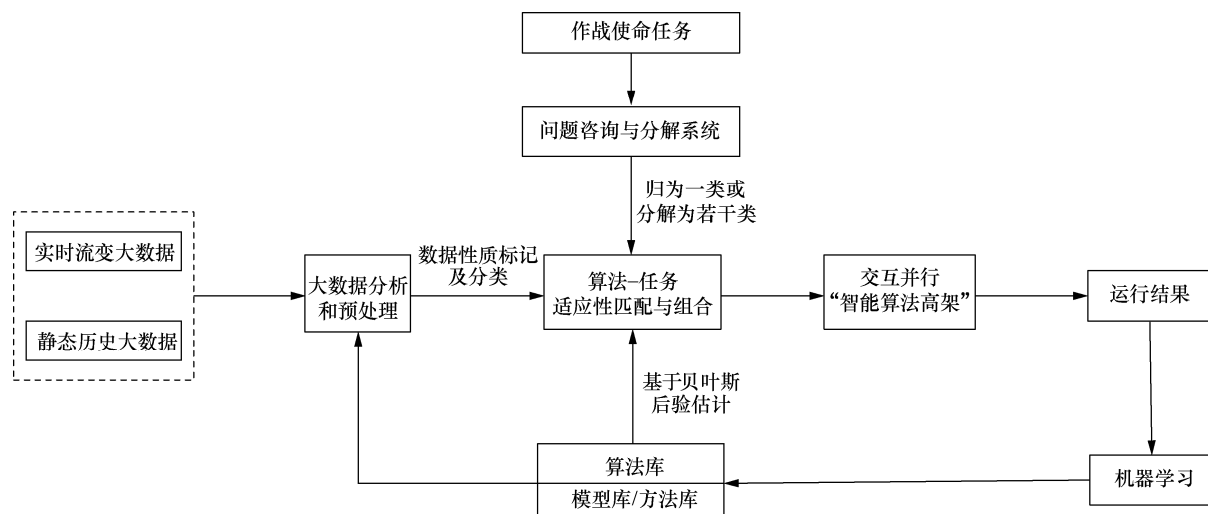


图2 大数据“智能算法高架”运行流程

中，通过大数据“智能算法高架”自适应地进行工程设计，在目标任务、决策支持系统与大数据间实现计算资源、知识和智能算法实时共享。

3.3 大数据智能决策网

大数据智能决策网是大数据智能指挥控制系统进行作战筹划、任务规划和方案选择的关键部分，内含博弈推演、决策分析和面向后果的反馈控制机制。如图3所示，大数据智能决策网包括基于系统大数据智能网络学习算法生成的价值网和策略网，以及作战使命任务、战场态势认知与评估、决策分析、“智能心源”、平行仿真推演系统等模块。

“智能心源”受作战使命任务的制约，同时以分布式方式嵌入平行仿真推演系统，赋予大数据智能指挥控制以“思想”，对智能指挥控制主体行为起调节和控制作用；平行仿真推演系统与实际的大数据智能指挥控制行动并行同步，实时获取真实的和虚拟的作战大数据，通过平行仿真推演，预测评估结果，指导真实的指挥控制行动。在作战使命任务和“智能心源”的引导和驱动下，以深度强化学习（deep reinforcement learning, DRL）为代表的各种算法基于“任务”匹配（见大数据“智能算法高架”）进行大数据分析与计算，实现对战场初始态势的精准画像和可视化分析，从关键态势要素实体关系的角度建立对作战态势要素的基本认知，进而为构建整个战场态势思维图景奠定基础，并通过知识推理发现态势要素之间的隐含关联关系；基于作战能力、目标和效果进行作战体系分析，推理分析敌情威胁，辨识敌我作战重心和高价值军事目标。

大数据智能决策网在战场态势动态感知和战场态势智能认知、态势评估和威胁判断的基础上，结合平行仿真推演，通过决策分析产生具有自主价值的优化决策方案。其中，通过策略网进行决策分支选择，降低决策方案搜索的宽度；通过价值网评估全局战场形势，减小决策方案搜索的深度。两者相互融合，模拟人类作战指挥决策深思熟虑的搜索评估过程。在多域体系对抗中，这是一个体系对抗“博弈推演”决策过程。

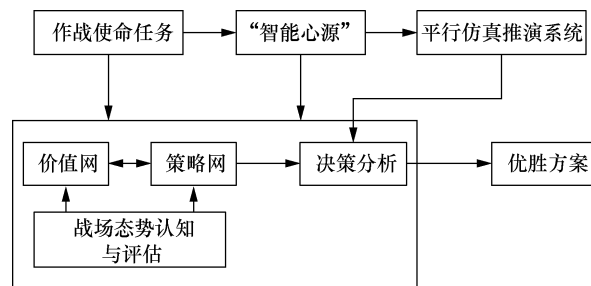


图3 基于深度强化学习的大数据智能决策网

其中的知识分为两类：一类是全局知识，代表所需解决问题的方向；另一类是局部知识，提供解决具体问题的途径。

3.4 大数据智能指挥控制原理

指挥控制是有目的的组织行为。以深度强化学习为代表的智能模型算法可以根据当前战场环境和状态累积的学习结果，做出平衡全局胜负的局部最优响应或动作，并评估相应的回报，计算出当前行为对任务目标的贡献值，进而对战场态势演化进行分析和预测，将认知优势转化为指挥决策优势。

如图4所示,大数据智能指挥控制包括大数据获取、目标识别与战场态势动态感知、战场态势智能认知、作战筹划与任务规划、决策选择与方案执行。在不确定规则、不完备信息、数据爆炸与信息稀缺并存、活力对抗的体系博弈环境中,大数据智能指挥控制由大数据“智能算法高架”调用相应的智能算法从大数据中学习和获取知识,由云计算平台实现。在“智能心源”的驱动和引导下,通过相应的智能学习算法生成策略网和价值网,形成具有自主价值的作战策略。敌我双方围绕作战使命任务进行目标综合识别、战场态势动态感知和战场态势智能认知,各自产生所需的知识和作战行动指挥决策的认知结果,提供针对作战使命任务和环境的优胜方案集。数据驱动决策的推理机制由数据相关性向因果关系转变^[7-10]。在多域体系联合作战中,这是一个多智

能体协同指挥决策与整个作战体系“活力对抗”过程。

其顶层是上级领导机关给出的作战使命任务,作战指挥人员通过人机交互系统(人机接口界面)从大数据智能指挥控制决策支持系统提供的优胜方案集中选择方案,形成决策执行。与之配套的是问题咨询解释系统,包含情报数据库、专家系统和知识库,提供交互双方对使命任务、执行方案等的咨询、解释和问题保留说明等功能。

其底层是一体化信息基础设施,包括各种标准、协议、网络、频谱和条令,为整个指挥控制决策支持系统的构建提供基础和约束。其上为双模大数据云计算平台,包括如下功能模块:①大数据虚拟存储、区块链和内存计算模块,执行大数据分布式存储、检索和内存计算功能,其中应用区块链可以以“数据块”及相应“链”式结构,

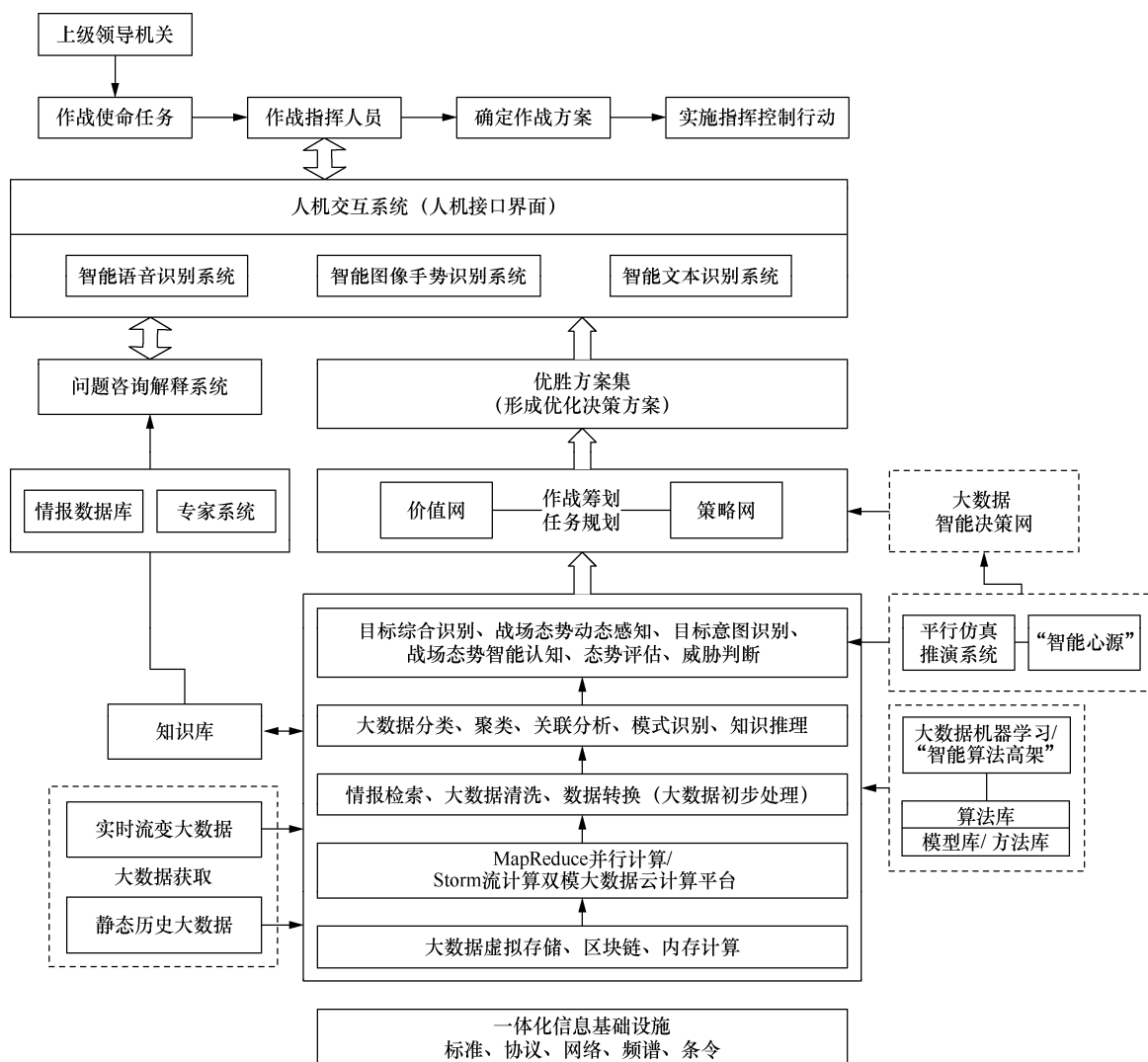


图4 大数据智能指挥控制原理

分布记录和存储已经发生和正在发生的所有事物和信息,其共识共享机制、加密算法和不可篡改性等,可为战场大数据分布存储、点对点实时共享和真实一致性提供技术保证;②MapReduce并行计算/Storm流计算双模大数据云计算平台模块,提供对输入的各种静态历史大数据和实时流变大数据的接收、模型和方法的调用、各种智能算法的应用等功能及相应接口;③大数据初步处理模块,完成情报检索、大数据清洗、数据转换等功能;④大数据分类、聚类、关联分析、模式识别和知识推理模块,分别执行大数据分类、聚类、关联分析、模式识别和知识推理等功能;⑤目标综合识别、战场态势动态感知、目标意图识别、战场态势智能认知、态势评估、威胁判断模块,分别执行目标综合识别、战场态势动态感知、目标意图识别、战场态势智能认知、态势评估、威胁判断等功能。连接大数据云计算平台的配套模块包括算法库模块、大数据机器学习/“智能算法高架”模块,以及平行仿真推演系统模块。

优胜方案集经过人机交互系统(人机接口界面)供作战指挥人员优选,进而实现基于大数据情报分析的作战智能指挥控制。

其中,大数据是基于大数据情报分析的作战智能决策支持系统的基础。数据驱动决策的推理机制由因果关系向数据相关性转变。各种算法和云计算是从大数据中发现和获取知识的主要方法和手段。

4 模型仿真设计示例

基于上述大数据智能指挥控制概念模型及其内在机理,本文以复杂战场态势及敌我行动多分支决策为背景,引入“智能仿真引擎”,将“智能心源”和大数据“智能算法高架”两个概念嵌入作战指挥控制系统,通过一个简化的模型仿真设计,说明大数据智能指挥控制内在机理框架模型研究的可行性。

整个模型以展示大数据智能指挥控制功能为主,尽可能采用成熟的芯片模组,有待发展的技术则采用用户定义(user defined)的软件进行模拟。目的是使模型能有效处理历史数据、作战演习数据和虚拟环境数据;通过大数据分析和机器学习,该模型可深度感知想定空间,智能认知战场态势,提高指挥决策的科学性和前瞻性;该模型可大幅压缩OODA环的周期,提高应对环境变化的敏捷性,提高系统的鲁棒性。

其中,ISE是一种基于已开发的动态平行仿真引擎(dynamic parallel simulation engine, D-PARSE)设计的可伸缩柔性仿真引擎,支持高速并行运行多个仿真,支持系统模拟指挥员深思熟虑的搜索评估过程,可快速仿真生成可能的未来态势,辨识决策分支点,预测可能结果的范围和可能性,并支持沿着每种决策分支继续仿真。如图5所示,“智能仿真引擎”由多个层次组成,从下到上依次为通信层、核心层、服务层、功能扩展层。

“智能心源”是智能指挥控制引擎,其“点火”方式应用成熟的多元混合逻辑触发芯片,保留应用脑机接口芯片的方式;运行机制选取面向任务的注意力机制、面向问题的学习机制、面向后果的最优化机制和面向环境的自适应机制等,事先通过人为程序嵌入“智能仿真引擎”,并通过在环境中不断习得领悟加以固化。将“智能心源”嵌入平行仿真推演系统,进行大数据在线/离线对抗博弈推演,以提供预期的各种优化方案结果。

大数据“智能算法高架”主要应用深度强化学习算法、蒙特卡罗搜索树方法、预测决策方法、规则推理、模糊推理、平行仿真等算法和方法,采用交互多模型并行方式,对作战使命任务进行分解和归类,基于“任务”匹配进行大数据分析与计算。

大数据智能决策网以“智能仿真引擎”为依托,采用深度强化学习算法和残差网络,设计彼此配合、优势互补的策略网、价值网、蒙特卡罗搜索树方法,构建基于大数据的认知决策模型,解决复杂状态下的态势认知分析与决策问题,即在可用大数据的基础上,基于深度学习和强化学习等智能算法构建符合复杂战场态势时空特征的多层神经网络架构,通过历史数据和仿真大数据逐层训练,逐步抽象得到认知,实现对战场初始态势的精准画像和可视化分析,实现从关键战场态势要素实体关系的角度建立对作战态势要素的基本认知,进而为构建整个战场的思维图景奠定基础^[11-12],并进一步通过知识推理发现态势要素之间的隐含关联关系,基于作战能力、目标和效果进行联合作战体系分析,推理分析敌情威胁,辨识敌我作战重心和高价值军事目标,最终实现对复杂战场态势的智能理解^[13]。

决策时,通过将作战指挥控制系统嵌入仿真试验环境,利用平行仿真技术,结合蒙特卡罗搜索树及博弈试探方法,快速推演生成未来可能的战场态势及决策分支,博弈推演对手的行动及结果。通过



图5 “智能仿真引擎”的层次结构

策略网选择决策分支，降低搜索宽度；通过价值网评估复杂战场形势，减小搜索深度。与此同时，使用强化学习的自我博弈试探对策略网进行调整，改善策略网的功能性能，使用对抗推演进一步训练价值网。最终在下一个分支决策时，利用“智能仿真引擎”，结合策略网和价值网的蒙特卡罗搜索树确定当前态势下最优的分支决策，实现对复杂战场态势的智能化认知与优化决策判断。

关键仿真设计步骤如下。

(1) 构建策略网，进行态势研判和方案设计

策略网的设计包含态势研判和方案设计两部分。每一部分的策略网又被分为有监督学习策略网和强化学习策略网。在作战使命任务和“智能心源”的调节和控制下，策略网首先模仿指挥员真实的决策行为进行监督学习，然后使用对抗博弈的仿真数据进行强化学习，以提升功能性能。为了更好地解决作战样本缺乏的问题，可采用残差网络结构模块搭建策略网，用更深的神经网络进行特征表征提取，从而在更加复杂的态势局面中学习。使用基于残差网络结构模块构成的深度神经网络，不需要人工制定特征，通过原始战场态势信息可提取相关表示特征。

这里扬弃 AlphaGo Zero 的深度强化学习思想，设计基于深度强化学习的仿真试验床（deep reinforcement learning based simulation testbed, DST）环境：用策略网模拟指挥员的经验直觉，用价值网模拟指挥员对战场态势的综合评估，使作战双方根

据情况自主决策，从而模拟真实的作战环境。策略网和价值网首先经过线下学习，之后再经过强化学习优化参数配置。同时，运用蒙特卡罗搜索树方法将策略网和价值网融合起来，模拟指挥员指挥决策深思熟虑的搜索过程。结合“智能仿真引擎”，快速推演生成可能的未来态势及决策分支，实现对复杂战场态势的智能化认知，并确定下一个最优决策分支，优化决策判断。

在完成战场态势智能认知的基础上，自动进行敌情、我情和战场环境等大数据分析，形成相关兵力、兵器等对比数据，再根据预先输入的作战任务和目标等信息，生成下一个决策点的多分支方案。

(2) 设计价值网，用于战场形势的综合判断

与策略网结构类似，价值网也采用深层残差网络。价值网在经过深度学习之后，通过大量的自我博弈进行强化学习，不断优化调整模型参数，以给出有效的定量评估结论，实现对战场态势的预测和综合判断。为了消除数据相关性带来的过拟合，从强化学习策略网产生的大量对弈案例中抽取不相关的样本作为训练样本。其输入为当前的战场态势参数，输出为下一个决策分支节点的估值，以评价该决策的优劣。为了满足实时智能决策的需要，评估过程需要在线实时进行。

其中使用的仿真数据包括仿真过程数据、感知态势数据、装备数据、作战计划数据等不同类型的的数据。这些数据之间存在复杂的关联关系。

(3) 结合“智能仿真引擎”，运用蒙特卡罗搜

索树方法实现对博弈树的搜索

策略网和价值网的主要作用是降低博弈树的搜索宽度和搜索深度,通过剪枝来控制搜索空间的规模。但是要做出合适的决策,不仅依赖于搜索空间的减小,还需要选用合适的搜索算法实现对博弈树的搜索。结合“智能仿真引擎”进行蒙特卡罗搜索,搜索下一个最优决策分支,结合自我博弈结果验证,实现对复杂战场态势的智能化认知判断,并在下一个决策分支中确定最优分支。

具体原理是,先随机选择决策分支,然后通过最终的体系评估来更新原先那些决策分支的价值。设定随机决策分支的概率,与先前计算出的决策选择分支价值成正比。如此进行大量的随机模拟,让好的方案自动涌现出来。

5 结束语

研究大数据智能指挥控制内在机理是一个非常困难的课题。本文从大数据智能指挥控制的智能来源出发,围绕大数据智能指挥控制的运行机制、具体实现方法和手段,引入“智能心源”和大数据“智能算法高架”两个新概念,同时将平行仿真推演系统嵌入大数据智能指挥控制系统,在此基础上构建了面向实时使命任务需求的大数据智能决策网,进而提出了大数据智能指挥控制原理框架模型。

由于智能指挥控制系统具有不同的智能等级和复杂度,以及不同的应用要求和互动环境,因此如何基于类脑认知、多元信息复合处理、复杂系统等最新研究成果,更具体深入地研究以深度强化学习为代表的大数据智能指挥控制内在机理,推动态势智能感知、智能认知和作战筹划与决策发展,并以智能认知的针对性、互动性和深入性来衡量智能指挥控制发展水平的指标还需要进一步细化研究。

参考文献:

- [1] 胡晓峰,郭圣明,贺筱媛.指挥信息系统的智能化挑战——“深绿”计划及AlphaGo带来的启示与思考[J].指挥信息系统与技术,2016,7(3): 1-7.
HU X F, GUO S M, HE X Y. Challenges to intelligent command information system: reason and revelation on Deep Green plan and AlphaGo[J]. Command Information System and Technology, 2016, 7(3): 1-7.
- [2] 郭圣明,贺筱媛,胡晓峰,等.军用信息系统智能化的挑战和趋势[J].控制理论与应用,2016,33(12): 1562-1571.

- GUO S M, HE X Y, HU X F, et al. Challenges and trends in intelligent military information system[J]. Control Theory and Applications, 2016, 33(12): 1562-1571.
- [3] 张钊. 人工智能进入后深度学习时代[J]. 智能科学与技术学报, 2019, 1(1): 4-6.
ZHANG B. Artificial intelligence is entering the post deep-learning era[J]. Chinese Journal of Intelligent Science and Technology, 2019, 1(1): 4-6.
- [4] YANN L C, BENGIO Y, HINTON G. Deep learning[J]. Nature, 2015, 521(7553): 436-444.
- [5] PROVOST F, FAWCETT T. Data science and its relationship to big data and data-driven decision making[J]. Big Data, 2013, 1(1): 51-59.
- [6] 胡志强. 基于“三个世界”理论的大数据指挥与控制本体论[J]. 指挥与控制学报, 2015, 1(2): 232-237.
HU Z Q. Ontology of big data command and control based on theory of “three worlds”[J]. Journal of Command and Control, 2015, 1(2): 232-237.
- [7] SVENMARCK P, LUOTSINEN L, NILSSON M, et al. Possibilities and challenges for artificial intelligence in military applications[C]//Proceedings of the NATO Big Data and Artificial Intelligence for Military Decision Making Specialists' Meeting. [S.l.:s.n.], 2018: 1-5.
- [8] LUOTSINEN L J, KAMRANI F, HAMMAR P, et al. Evolved creative intelligence for computer generated forces[C]//Proceedings of the IEEE International Conference on Systems. Piscataway: IEEE Press, 2017.
- [9] 朱丰,胡晓峰,吴琳,等.从态势认知走向态势智能认知[J].系统仿真学报,2018,30(3): 761-771.
ZHU F, HU X F, WU L, et al. From situation cognition stepped into situation intelligent cognition[J]. Journal of System Simulation, 2018, 30(3): 761-771.
- [10] SCHUBERT J, BRYNIELSSON J, NILSSON M, et al. Artificial intelligence for decision support in command and control systems[C]//Proceedings of the 23th International Command and Control Research and Technology Symposium. [S.l.:s.n.], 2018.
- [11] 胡晓峰. 态势智能认知的问题与探索——AlphaGo 的启示与我们的实践[J]. 中国指挥与控制学会通讯, 2019, 4(2): 7-16.
HU X F. Problems and exploration of situation intelligent cognition—inspiration from AlphaGo and our practice[J]. Communications of the CICC, 2019, 4(2): 7-16.
- [12] 唐振韬,邵坤,赵冬斌,等.深度强化学习进展:从AlphaGo到AlphaGo Zero[J]. 控制理论与应用, 2017, 34(12): 1529-1546.
TANG Z T, SHAO K, ZHAO D B, et al. Recent progress of deep reinforcement learning: from AlphaGo to AlphaGo Zero[J]. Control Theory and Applications, 2017, 34(12): 1529-1546.
- [13] SAMEK W, WIEGAND T, MÜLLER K. Explainable artificial intelligence: understanding, visualizing and interpreting deep learning models[J]. arXiv preprint, 2017, arXiv:1708.08296.

[作者简介]



胡志强(1970—),男,江苏自动化研究所研究员,主要研究方向为海上作战指挥控制系统、大数据指挥控制理论与技术。