

# 基于态势数据驱动的作战指挥智能决策方法

董书琴<sup>1\*</sup> 张玉臣<sup>1</sup> 刘小虎<sup>1</sup> 马军强<sup>1</sup> 刘鹏程<sup>1</sup>

**摘要** 传统作战指挥筹划过程烦琐、决策主观性强,无法有效满足智能化战争指挥决策精准高效新需求。为此,在深入挖掘智能化战争指挥能力需求的基础上,立足战场多维态势数据,提出一种基于态势数据驱动的作战指挥智能决策模型,通过对深度学习和强化学习算法的迭代训练,实现对战场态势的深度感知与动态分析,促进作战指挥决策过程的智能化发展,精准高效生成智能化战争条件下的作战指挥决策建议。

**关键词** 作战指挥,智能决策,态势数据驱动,深度学习,强化学习

## Intelligent Decision-Making Method of Battle Command Based on Situation Data Driving

DONG Shu-Qin<sup>1\*</sup> ZHANG Yu-Chen<sup>1</sup> LIU Xiao-Hu<sup>1</sup> MA Jun-Qiang<sup>1</sup> LIU Peng-Cheng<sup>1</sup>

**Abstract** The traditional battle command planning process is cumbersome and the subjectivity of decision-making is strong, which can not meet the accurate and efficient new requirements of intelligent war command decision-making. Therefore, based on the in-depth excavation of the requirements of intelligent war command ability, an intelligent decision-making model of battle command driven by situation data is proposed, which is trained by multidimensional situation data of the battlefield, the deep learning and reinforcement learning algorithms. The model can realize the deep perception and dynamic analysis of battlefield situation, and promote the intelligent development of battle command decision-making process, so as to accurately and efficiently generate battle command suggestions to decision-making under intelligent war conditions.

**Key words** battle command, intelligent decision-making, situation data driving, deep learning, reinforcement learning

信息技术的飞速发展及其在军事领域的广泛应用<sup>[1]</sup>,正深刻改变着现代战争的制胜机理,现代战争逐步呈现出战争爆发突然化、战场环境透明化、战场空间模糊化、作战体系集成化等特点规律<sup>[2]</sup>。与此同时,伴随人工智能技术深度融入现代战争军事对抗过程,现代战争的智能化特征愈发凸显,基于网络信息体系的智能化战争逐步成为未来战场主要战争样式。如何打赢智能化战争条件下的局部战争是摆在国家和军队面前的一个重点问题,亟须研究解决。

在现实作战过程中,作战指挥决策是整个实兵对抗过程的核心,深刻影响着智能化战争的下一步作战行动,强有力的作战指挥决策能力是取得智能化战争胜利的重要保证。然而,由于传统作战平台数据处理能力弱,作战指挥决策对专家经验依赖性

强,导致传统作战指挥决策方法面临指挥筹划过程烦琐、指挥决策主观性强等问题,无法有效实现对智能化战争实时战况的快速准确响应,极大地增加了战争失败的风险。

针对上述问题,本文立足智能化战争指挥能力需求,以战场客观态势数据为基础,融合运用深度学习和强化学习方法,提出一种作战指挥智能决策模型,以实现对战场态势的深度感知与动态分析,进而精准高效生成对应的作战指挥决策建议。所提方法对提升作战指挥决策能力、有效应对智能化战争威胁具有重要的指导意义。

## 1 智能化战争指挥能力需求

智能化战争时代,战场环境愈发复杂,作战力

\* 通信作者

1. 战略支援部队信息工程大学 河南 郑州 450001

1. Strategic Support Force Information Engineering University, Zhengzhou Henan 450001, China

量更加多元，战场数据日益庞杂，准确高效作出作战指挥决策是关系战争胜败的关键。相比信息化战争以网聚能、以网释能的作战机理而言，智能化战争更加强调以智驭能、以智制能。智能化战争呈现的新特征，对作战指挥中心的指挥决策能力提出新的需求：

1. 准确感知战场环境，精确理解战场态势

在智能化战争条件下，战场环境纷繁复杂，作战过程对抗激烈，作战信息交互频繁，战场态势瞬息万变，给军事行动结果带来了很大的不确定性，严重影响指挥员进行有效的作战指挥决策。准确感知战场环境、精确理解战场态势是合理制定指挥决策的基础，是指挥员下定作战决心的前提。因此，在智能化战争条件下进行作战指挥决策，应以智能算法为核心，采取强有力的技术手段对战场环境进行实时感知，并根据战场环境的动态变化实现感知结果的自适应调整；同时，采用科学有效的技术手段对战场态势进行深入了解，做到对战场实时状况的精准把握，从而为指挥员快速准确做出作战指挥决策提供依据。

2. 有效融合作战力量，合理配置作战资源

在智能化战争条件下，作战目标愈发复杂，完成作战目标需要的作战力量更加多元，且随着信息技术和人工智能技术的发展，武器装备逐渐向无人化、智能化方向发展，指挥控制系统被赋予了更加高级完善的决策能力，作战人员和武器装备在战争中发挥的作用越来越大，最大化作战人员和武器装备效能是赢得战争的重要保证。因此，在智能化战争条件下，指挥员应能结合作战目标和不同作战力量特点，实现作战力量的有机融合，充分发挥不同作战力量的优势，最大化作战人员合力，并能根据作战任务不同制定不同的作战资源优化配置方案，从而最大化作战指挥决策效能，运用最小的作战代价取得最大的作战效果。

3. 快速处理战场数据，精准下达作战决策

在智能化战争条件下，战场信息来源广泛，多源异构战场数据充斥在整个作战空间，既有来自指挥平台的作战指令及不同信息系统间的通信数据等有用信息，也包含作战对手故意散布的虚假信息及作战对抗过程中产生的冗余信息，快速处理战场数据，有效甄别虚假冗余信息，并实现多源异构战场信息的数据融合，是精准制定并下达作战决策的关键。因此，在智能化战争条件下，指挥员应能综合利用人工智能和大数据技术从众多战场数据中迅速捕获关键信息，并通过对关键信息的综合分析，制

定科学有效的作战决策，精准送达作战人员，从而实现对抗冲突的快速响应和高效应对，为赢得战争胜利打下坚实的基础。

2 战场多维态势数据信息

战场态势是双方对抗双方在作战力量、作战部署和作战行动等方面形成的状态和形势<sup>[3,4]</sup>，战场态势数据是战场态势信息的客观反映，是制定科学作战决策的基础，战场态势数据的全面性在很大程度上影响着决策命令的准确性<sup>[5]</sup>。掌握态势数据、分析态势数据，并将其运用于战争之中，成为智能化战争制胜的关键<sup>[6]</sup>。因此，在现实作战过程中应尽最大可能地全面收集战场多维态势数据，为精准制定作战决策提供基础数据支撑。

2.1 战场态势要素分类

战场态势要素主要包含作战任务、我情、敌情和战场环境等<sup>[7,8]</sup>，战场态势要素组成如图 1 所示。

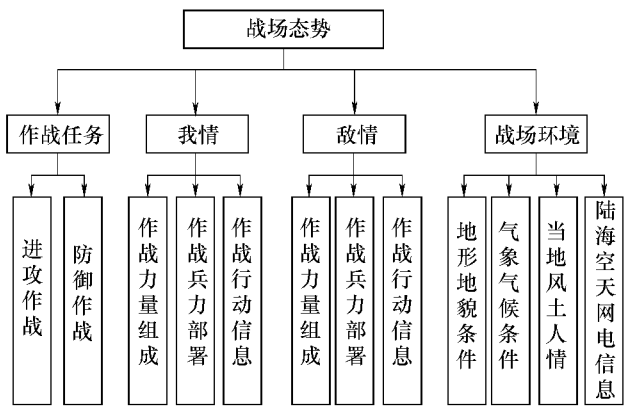


图 1 战场态势要素组成

Fig. 1 The composition of battlefield situation elements

作战任务是战场态势感知的根本，战争通常以任务为牵引，每一场战争的发起都体现了最高领导人的战略决心，只有深入理解作战任务，才能更好地做出作战决策。在现实作战过程中，作战任务通常由上级指挥机构以命令、指令的形式下达，从攻防对抗过程来看，作战任务主要可分为进攻作战和防御作战两类。

我情是我方在作战对抗过程中所具有的作战能力，主要包含我方作战力量组成、作战兵力部署、作战行动信息等，其可以直接由上级单位指定，也可以由作战单位根据作战任务的不同进行动态调整。在攻防对抗过程中，我情的实时变化情况是战场态势感知关注的重点，以便评估我方作战能力的强弱

变化,及时补充兵力物力,从而更好地应对战争局势。

敌情是作战对手在作战对抗过程中所具有的作战能力,主要包含作战对手的作战力量组成、作战兵力部署、作战行动信息等,具有很大的不确定性,是战场态势感知的焦点,只有尽最大可能地了解作战对手情况,才能针对性做出收益最大的作战决策,以便最终取得战争的胜利。

战场环境是战争发生地点所具有的人文自然条件,涉及地形地貌条件、气象气候条件、当地风土人情,以及陆、海、空、天和网电信息等,战场环境因战争发生时间空间的偶然性而具有较大的不确定性,是战场态势感知的难点。现实作战过程中,在敌我双方作战力量对比相对平衡的情况下,谁能有效利用战场环境谁取得战争胜利的可能性就越大。

## 2.2 战场态势数据获取

根据战场态势信息类型和内容不同,战场态势数据获取方法也不尽相同,总体来说,战场态势数据获取方式主要有以下四种:

(1) 基于作战决心和作战意图理解作战任务。作战决心和作战意图是上级指挥机构作战意志的集中体现,通过对上级作战决心和作战意图的深入分析,可进一步梳理作战任务,明确整个作战过程的重点,为制定我作战兵力部署方案提供决策依据。

(2) 基于作战简报和作战指令分析我情信息。作战简报可有效体现攻防对抗过程中敌我双方的战损情况,便于及时掌握我作战兵力变化,作战指令则是作战过程中指挥员立足敌我力量对比做出的最大化作战效能的决策命令,有助于了解我作战力量及兵力部署的最新动态。因此,综合分析作战简报和作战指令,能有效把握我作战能力动态变化情况,为调整作战决策提供数据基础。

(3) 基于开源情报和社会工程挖掘敌情数据。开源情报是获取军事情报的重要途径,通过挖掘报纸、期刊、影音资料等开源情报中的隐含军事信息,能在一定程度上强化对敌情信息的了解,并可采用数据融合、关联分析等技术手段剖析开源情报中的重要军事情报。社会工程学方法是开源情报分析手段的有力补充,对于开源情报中无法获知的内容,可采用社会工程学方法进行搜寻,从而进一步提升我对敌情信息的了解,为制定针对性作战决策方案提供情报支持。

(4) 基于传感网络和雷达系统感知战场环境。战场环境复杂多变且涉及多维空间,态势数据获取

难度较大,可通过向战场中布设传感器节点并构建传感网络,对战场环境信息进行采集,并结合雷达系统对战场空间中的电磁信号进行捕获,同时,探测陆、海、空、天和网电等相关战场信息。最终,通过多种技术手段的综合应用,获取尽可能多的战场环境信息,为最大化作战决策方案效能提供资源支撑。

## 3 作战指挥智能决策模型

随着战场态势数据的增加,如何从大量态势信息中分析获取有用信息、形成正确认知并迅速做出决策,已然成为摆在作战指挥人员面前的一个难题。传统单纯依靠人力的指挥决策方法,无法有效应对错综复杂、瞬息万变的态势信息带来的挑战,迫切需要一种新的技术来辅助人的决策,提升作战指挥速度与精度<sup>[9]</sup>。以深度学习和强化学习为代表的人工智能技术,可通过对战场态势数据特征的深度学习,挖掘出影响作战局势的关键信息,同时,通过与战场环境的交互反馈,不断提升作战决策的精确性,进而做出应对现实作战需求的最佳指挥决策方案。此外,以 Spark 为代表的大数据处理平台,可通过与深度学习框架的结合,实现对海量态势数据的并行处理<sup>[10]</sup>,大大提升数据处理速度和作战指挥决策效率。

因此,本文以战场多维态势数据为驱动,以大数据处理平台为引擎,融合运用深度学习和强化学习算法,提出一种作战指挥智能决策模型。在采用深度学习网络和大数据处理平台对战场态势进行深度感知的基础上,以提取的战场态势时空特征作为综合环境对强化学习算法进行训练,通过智能体(作战指挥中心)与综合环境的动态交互,迭代更新智能体决策奖励和动作策略,不断强化模型智能决策能力,最终输出给定战场态势条件下的作战指挥决策建议,辅助指挥员制定作战决策,从而最大化作战指挥决策效能。相比仅依靠战场环境的强化学习算法而言,将战场态势时空特征作为综合环境,可综合考虑战场环境因素及我情、敌情中的作战力量特点和作战资源情况,进一步提高智能体决策的准确性。基于态势数据驱动的作战指挥智能决策模型总体结构如图 2 所示。

### 3.1 战场态势深度感知

战场态势数据复杂多样,采用单一深度学习算法提取的战场态势特征会存在一定的信息损失,为

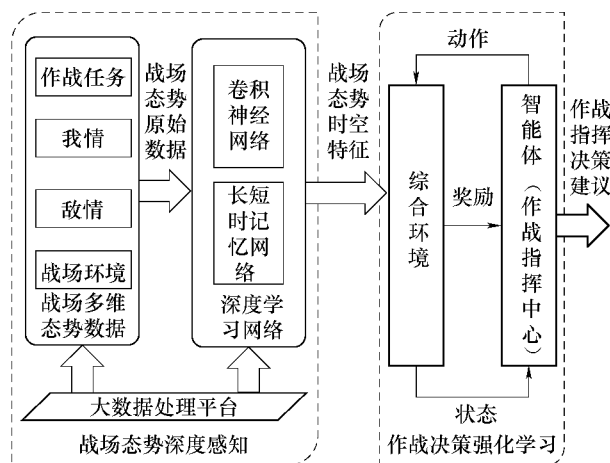


图2 基于态势数据驱动的作战指挥智能决策模型

Fig. 2 The intelligent decision-making model of battle command based on situation data driving

此, 本文在借鉴文献[8] 战场态势特征提取思路的基础上, 立足空间和时间两个维度, 综合运用卷积神经网络 (Convolutional Neural Network, CNN)<sup>[11]</sup> 和长短期记忆 (Long Short Term Memory, LSTM) 网络对战场态势进行深度感知, 从而进一步提高战场态势特征提取的准确性和全面性, 其中, 卷积神经网络主要用于提取战场态势的空间特征, 长短期记忆网络主要用于提取战场态势的时间特征<sup>[12]</sup>。基于 CNN 和 LSTM 的战场态势深度感知框架如图3所示。

对于战场中以图像、视频、音频、文本等形式存在的多维态势原始数据, 首先采用数据清洗、数据编码、归一化等方法进行预处理, 得到可供 CNN 和 LSTM 网络识别的输入向量。然后, 分别采用 CNN 和 LSTM 网络对战场态势数据的空间特征和时间特征进行深度学习。经 CNN 和 LSTM 网络深度学习后的特征, 在由最大池化层和输出层输出后进行特征合并, 即将战场态势数据的空间特征和时间特征进行拼接。最后, 将合并后获得的战场态势时空特征输入全连接层, 进一步进行特征融合与提取, 并最终输出战场态势时空特征。与此同时, 在深度学习网络训练及时空特征提取过程中, 为有效提高态势数据处理速度, 引入大数据处理平台对数据进行并行化处理。

具体地, 在采用 CNN 提取战场态势数据空间特征时, 为避免全量训练 CNN 导致的 CNN 参数更新较慢及随机训练 CNN 导致的 CNN 参数易陷入局部最优解的问题, 首先采用批标准化算法<sup>[13]</sup> 对输入向量进行处理, 并输入卷积层进行初步特征提取。然后, 将初步特征输入最大池化层进行降采样操作, 并采用  $\text{ReLU} = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 1, & x \geq 0 \end{cases}$  ( $x$  表示每层输入向量元素

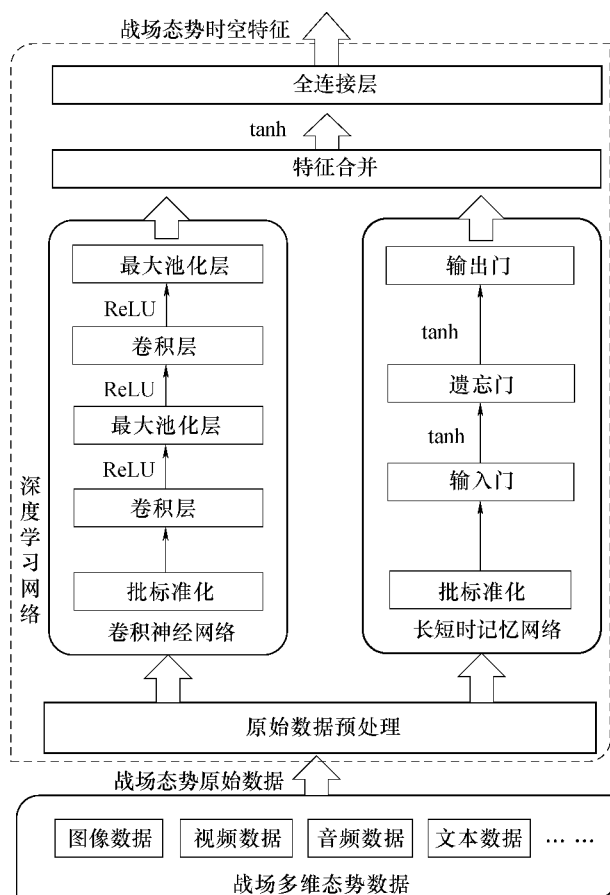


图3 基于 CNN 和 LSTM 的战场态势深度感知框架

Fig. 3 The framework of battlefield situation deep awareness based on CNN and LSTM

的取值) 函数进行激活, 进一步学习初步特征的高层特征, 学习得到的特征再次输入卷积层和最大池化层, 采用 ReLU 函数进行激活, 并采用 Adam<sup>[14]</sup> 算法进行迭代训练, 最终输出初始态势向量的空间特征。在训练过程中, 对于 CNN 的结构及每个卷积层、最大池化层的神经元数, 主要根据训练目标和相关要求进行设置, 且可根据训练目标采用优化算法对 CNN 结构参数进行自适应寻优<sup>[15]</sup>。

在采用 LSTM 提取战场态势数据时间特征时, 对于输入向量同样采用批标准化算法进行处理, 然后再输入输入门、遗忘门和输出层进行态势特征提取, 其中, 输入门与遗忘门, 以及遗忘门与输出层间采用  $\tanh = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$  ( $x$  表示每个门输入向量元素的取值) 函数进行激活。在训练过程中, LSTM 同样采用 Adam 算法进行迭代训练, 最终输出态势向量的时间特征。对于长短期记忆网络中最终应用的 LSTM 单元数, 主要根据训练目标和相关要求进行设置。

### 3.2 作战决策强化学习

在进行作战决策强化学习时,作战指挥智能决策模型主要采用带经验回放的深度 Q 网络 (Deep Q-Network, DQN) 算法<sup>[16]</sup>实现对作战决策的推断。具体训练过程中, DQN 网络以历史作战指挥决策经验数据为样本,采用小批量 Adam 算法对 DQN 网络参数进行迭代更新,即在每一次智能体 (作战指挥中心) 与综合环境进行交互时,计算一次当前值网络与目标值网络间的误差,并通过最小化误差函数值,最终获得 DQN 网络的最佳参数。进而可根据给定战场多维态势数据,自适应提取战场态势时空特征,并输出作战指挥决策建议。

DQN 算法流程如图 4 所示,其中,  $s$  表示当前状态,  $a$  表示当前动作,  $r$  表示奖励,  $\theta$  表示当前值网络参数,  $s'$  表示目标状态,  $a'$  表示目标动作,  $\theta'$  表示目标值网络参数,且当前值网络和目标值网络均采用一个 CNN 进行模拟。经过若干次迭代训练后,可获得当前值网络的最优参数  $\theta$ ,并最终输出当前值网络参数为  $\theta$  时的最佳动作  $\arg\max_a Q(s, a; \theta)$ ,所有最佳动作组成的策略即为作战指挥智能决策模型输出的最优作战决策建议。

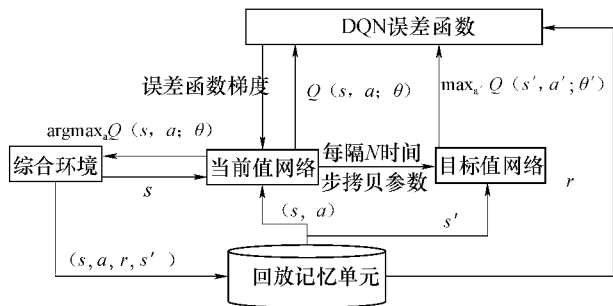


图 4 DQN 算法流程

Fig. 4 DQN algorithm flow

对于 DQN 网络的状态、动作和奖励三要素而言,状态空间主要用由战场态势时空特征构成的综合环境进行表征,动作空间主要根据历史作战经验和战前推演数据进行设定,奖励函数主要根据战损、战果等阶段性作战结果进行设定。

### 4 模型应用建议

作战指挥智能决策模型以战场态势数据为驱动,以深度学习和强化学习算法为核心技术支撑。结合深度学习和强化学习特点,在应用作战指挥智能决策模型进行作战指挥决策时,应从以下三个方面进行加强:

(1) 获取尽可能多的战场态势数据。数据是进行深度学习算法训练的基础,只有获取尽可能多的战场态势数据,才能更好地实现深度学习算法的训练,从而提取准确性更高的战场态势特征,实现对战场态势的深度感知,更加深入理解当前作战战场状态,进而做出有利于战争胜利的作战指挥决策。

(2) 注重积累现实作战指挥决策经验。DQN 网络参数主要采用历史作战指挥决策经验样本进行训练,样本的数量和质量在很大程度上影响着 DQN 网络参数的优劣,且由于作战决策过程的复杂性和不可重复性,采用人工或机器学习方式难以生成高质量的作战决策经验样本,因此,需要在日常作战演习、战争推演过程中加强对指挥决策经验样本的采集与积累,从而提高强化学习算法最终决策的准确性。

(3) 最终决策阶段要强化人的参与度。目前,深度学习和强化学习存在的可解释性<sup>[17,18]</sup>问题一直未得到有效的解决,其提取特征或做出决策的原理还需要进一步进行研究。因此,对于作战指挥决策而言,决策命令对战争的胜败至关重要,不能完全将战争的决策权交给机器,机器只能作为辅助指挥员进行决策的工具。对于作战指挥智能决策模型亦是如此,作战指挥智能决策模型仅应作为决策建议的输出者,最终的作战决策命令还需要结合作战指挥中心和指挥员专家经验进行下达。

## 5 结论

作战指挥决策活动是一项复杂的系统工程,需要考虑多个方面的因素,且需要处理大量的数据。立足战场态势客观数据,融合运用深度学习和强化学习算法,可有效提升战场数据处理能力,加强对战场态势的感知,并能通过与战场环境的交互反馈,提升作战决策的针对性,且能实现对作战力量的综合运用和作战资源的优化配置,进而最大化作战指挥决策效能。因此,作战指挥智能决策方法对于提升作战指挥中心作战决策能力,进而精准高效给出作战决策命令具有重大意义。然而,由于现实作战问题的复杂性,为提高作战指挥智能决策模型的现实应用价值,下一步还需围绕 DQN 算法和现实作战特点持续深化作战决策研究。

## References

- 1 陆梦驰. 基于 SD 的指挥信息系统作战效能评估模型 [J].

- 火力与指挥控制, 2018, 43 (1): 128-131.
- 2 孟二龙, 高桂清, 王康, 等. 智能化战争中计算机兵棋发展建设 [J]. 兵工自动化, 2020, 39 (10): 76-79.
- 3 孙鹏, 谭玉玺, 李路遥. 基于态势描述的陆军作战仿真外部决策模型研究 [J]. 指挥控制与仿真, 2016, 38 (2): 15-19.
- 4 彭亚飞, 杨凡德. 战场态势认知综述 [J]. 兵工自动化, 2021, 40 (7): 24-27, 66.
- 5 简如国. 基于人工智能的联合作战指挥决策问题研究 [D]. 长沙: 国防科技大学, 2019: 43-45.
- 6 郭明. 关于智能化战争的基本认知 [J]. 学术前沿, 2021, 5: 14-21.
- 7 谭玉玺, 王洪军, 侯俊. 陆军作战指挥决策仿真模型构建 [J]. 指挥控制与仿真, 2021, 43 (2): 57-60.
- 8 陈晓婧, 朱德政. 基于人工智能的战场态势感知和作战辅助决策 [C]//第九届中国指挥控制大会论文集. 北京: 中国指挥与控制学会, 2021: 578-582.
- 9 刘伟, 王赛涵, 辛益博, 等. 深度态势感知与智能化战争 [J]. 国防科技, 2021, 42 (3): 9-17.
- 10 BRAHMANE A V, KRISHNA B C. Big data classification using deep learning and apache spark architecture [J]. Neural Computing and Applications, 2021, 33 (10): 15253-15266.
- 11 周飞燕, 金林鹏, 董军. 卷积神经网络研究综述 [J]. 计算机学报, 2017, 40 (6): 1229-1251.
- 12 王伟. 基于深度学习的网络流量分类及异常检测方法研究 [D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2018: 69-76.
- 13 LIU M, WU W, GU Z, et al. Deep learning based on batch normalization for P300 signal detection [J]. Neurocomputing, 2018, 275: 288-297.
- 14 KINGMA D and BA J. Adam: A method for stochastic optimization [C/OL]. (2017-01-30) [2022-04-20]. <https://arxiv.org/abs/1412.6980>.
- 15 董书琴, 张斌. 基于深度特征学习的网络流量异常检测方法 [J]. 电子与信息学报, 2020, 42 (3): 695-703.
- 16 MNIH V, KAVUKCUOGLU K, SILVER D, et al. Human-level control through deep reinforcement learning [J]. Nature, 2015 (518): 529-533.
- 17 成科扬, 王宁, 师文喜, 等. 深度学习可解释性研究进展 [J]. 计算机研究与发展, 2020, 57 (6): 1208-1217.
- 18 PUIUTTA E, VEITH E M. Explainable Reinforcement Learning: A Survey [EB/OL]. (2020-05-13) [2022-04-20]. <https://arxiv.org/pdf/2005.06247.pdf>.