



火力与指挥控制  
*Fire Control & Command Control*  
ISSN 1002-0640, CN 14-1138/TJ

## 《火力与指挥控制》网络首发论文

题目: 基于深度学习的自组织态势感知与决策系统研究  
作者: 李晓婷, 贾婧, 孟云霞  
收稿日期: 2020-01-08  
网络首发日期: 2020-09-27  
引用格式: 李晓婷, 贾婧, 孟云霞. 基于深度学习的自组织态势感知与决策系统研究  
[J/OL]. 火力与指挥控制.  
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/14.1138.TJ.20200925.0951.002.html>



**网络首发:** 在编辑部工作流程中, 稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定, 且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式 (包括网络呈现版式) 排版后的稿件, 可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定; 学术研究成果具有创新性、科学性和先进性, 符合编辑部对刊文的录用要求, 不存在学术不端行为及其他侵权行为; 稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准, 正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性, 录用定稿一经发布, 不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容, 只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

**出版确认:** 纸质期刊编辑部通过《中国学术期刊 (光盘版)》电子杂志社有限公司签约, 在《中国学术期刊 (网络版)》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版, 以单篇或整期出版形式, 在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊 (网络版)》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物 (ISSN 2096-4188, CN 11-6037/Z), 所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

# 基于深度学习的自组织态势感知与决策系统研究\*

李晓婷, 贾 婧, 孟云霞

(北方自动控制技术研究所, 太原 030006)

**摘 要:**针对巡飞弹武器平台,如何提高态势感知的精准性和实时性以及作战任务自主决策的准确性,已成为当前的一个研究热点。结合以深度学习技术为代表的人工智能最新研究成果,提出基于深度学习的目标识别模型、任务自主决策模型和任务规划模型,并将模型应用于巡飞弹武器平台,提升巡飞弹武器平台协同作战任务的自主决策和智能规划能力。

**关键词:**深度学习, 自主决策, 自组织, 态势感知

**中图分类号:** E02; TJ01

**文献标识码:** A

## Research of Self-organization Situational Awareness and Decision System Based on Deep Learning

LI Xiao-ting, JIA Jing, MENG Yun-xia

(North Automatic Control Technology Institute, Taiyuan 030006, China)

**Abstract:** For loitering missile weapon platform, studying on how to improve the accuracy of situational awareness and self-operational task decision has become a hot topic at present. To achieve autonomous decision and intelligent planning for loitering missile weapon platform, object recognition model, self-operational task decision model and task planning model are presented based on deep learning--the latest research results of artificial intelligence in this paper.

**Key words:** deep learning, self-decision, self-organization, situational awareness

### 0 引言

巡飞弹是集无人机技术和弹药技术为一体的一种新概念弹药,不仅能够实现战场侦察与毁伤评估,还能实现高精度打击、目标指示、空中警戒等多种作战功能,巡飞弹独特的巡飞能力不仅对于攻击坦克集群、运输车等动态目标具有很强的战场灵活性和适应性,还可根据战场需求大大缩短从发现到摧毁目标的时间,提高作战效能,而且对敌方机场、指挥所、港口、供应站等静态目标也具有十分重要

的作用<sup>[1]</sup>。如何将自组织态势感知与决策系统变得“会理解、会思考、会决策”,实现自主化、智能化是未来战争中巡飞弹武器充分发挥其作战能力的关键所在。因此,推进目标识别、自主决策等关键技术研究,是自组织态势感知与决策系统建设面临的重要问题。

本文结合以深度学习技术为代表的人工智能最新研究成果,研究基于巡飞弹武器平台的自组织态势感知与决策系统组成和应用模式,提出基于深度学习的目标识别模型、任务自主决策模型和任务

收稿日期:2020-01-08

修回日期:2020-03-20

\* 基金项目:国防基础科研计划基金资助项目(JCKY2017208B018)

作者简介:李晓婷(1976-),女,山西太原人,硕士研究生,研究员。研究方向:陆军指挥控制系统。

分配模型,实现协同作战任务自主决策和智能规划。提高复杂环境下情报信息的获取、处理、分析以及可视化能力;提高自组织态势感知与决策系统复杂环境下的作战任务决策速度以及任务规划能力,从而提高系统数据化快速决策及协同作战能力,最大限度地发挥巡飞弹武器平台协同作战效能。

## 1 自组织态势感知与决策系统组成

自组织态势感知与决策系统由协同目标识别子系统、态势感知子系统、作战任务自主决策子系统、协同作战任务规划子系统、线下深度学习子系统以及决策支撑模型算法库和数据支撑专业数据库组成。

协同目标识别子系统依赖深度学习目标识别模型完成光测/雷测影像预处理、目标特征提取、特征融合、目标识别、目标定位以及目标融合等功能。态势感知子系统完成战场态势感知、态势综合等功能。作战任务自主决策子系统依赖作战任务自主决策模型完成目标威胁分析、目标动向预测,以及作战任务自主决策等功能。协同作战任务规划子系统依赖于作战任务方案模型及任务规划模型库等,采用分布式架构进行态势数据驱动的协同部署、目标数据驱动的协同任务分配、数据驱动的时域/空域协同冲突检测及规划动态调控等功能,并生成多巡飞弹武器平台协同作战任务指令。当感知到战场情况发生较大变化时,态势感知可将战场态势信息及动态环境反馈输入至协同作战任务规划子系统,协同作战任务规划子系统根据战场实时态势及动态环境进行实时任务重分配和规划调控。态势可视化子系统对敌我力量部署、战场形势,以及弹载编队的任务分工等进行直观的展现。决策支撑模型库包括知识库、深度学习目标识别模型库、作战任务自主决策模型库、任务规划模型库,主要为复杂环境下深度学习目标识别、基于深度学习的作战任务自主决策,以及多巡飞弹武器平台协同作战任务规划<sup>[2]</sup>提供模型算法支撑。数据支撑专业数据库包括目标特征样本库、光测/雷测影像库、巡飞弹武器平台毁伤效能库、训练样本库以及综合业务数据库,主要为态势数据驱动的协同部署、目标数据驱动的协同任务分配,以及数据驱动的时域/空域协同冲突检测提供数据支撑。基于深度学习的自组织态势感知与决策系统的组成如图1所示。

自组织协同态势感知与决策系统的若干个子系统配合工作,自组织地完成多项任务<sup>[3]</sup>。基于巡飞弹的自组织算法如下:

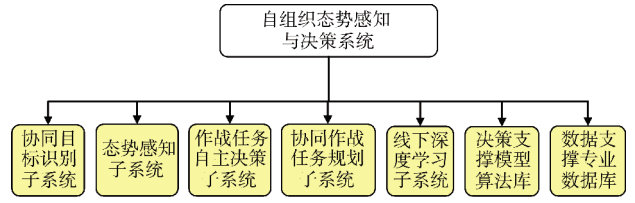


图1 自组织态势感知与决策系统组成图

设集群中有  $N$  个成员,各个巡飞弹的动力学模型有如下矩阵表达形式:

$$Z(k)=[V(k),\gamma(k),\chi(k),x(k),y(k),h(k)],(k=1,2,\dots,N)$$

则基于自组织方法的协同控制问题有如下定义:在每个周期  $t_c=t_0+\delta_c$  内,求解每个巡飞弹的理想速度矢量,其表达式如下:

$$\vec{V}_c(k)=\sum_m C_m(k)\vec{V}_m(k),k=1,2,\dots,N$$

权值应满足如下关系:

$$\sum_m C_m(k)=1,m\in M$$

其中,  $M=\{A,O,T,F,K,\dots\}$ 代表飞行过程中需要执行的任务和考虑的影响因素的集合。

在巡飞弹攻击场景中,重点考虑某个特定时间内碰撞、避障、目标搜寻和编队保持等影响因素,并使  $m$  取相应的值,由权重系数  $C_a, C_o, C_t, C_f$  分别表示。例如,当一枚巡飞弹与另一枚的距离小于危险距离,巡飞弹间避碰的权重系数  $C_a$  就具有最大值,因为此时最紧迫的任务是避开临近巡飞弹。

$C_t$  代表追击目标的权重系数,追寻不同的目标。 $C_t$  的表达式如下:

$$C_t(k)=P_c(k;C_m(k))\cdot E(d_t(k);\sigma_t(k)),$$

$$k=1,2,\dots,N,m\in M,m\neq t$$

其中,  $P_c(k;C_m(k))$  是表示各权重优先级的函数,  $E(d_t(k);\sigma_t(k))$  是指数形式的函数,  $d_t(k)$  是巡飞弹  $k$  距被关注目标的距离,  $\sigma_t$  是与该目标相关的衰减系数。如果一个或多个目标被探测到,为了使巡飞弹集群中的成员可以进行任务重规划,根据各自情况自动分成子编队,应对不同的目标,Mark R. Anderson 等人引入周围巡飞弹与该目标的当前距离。目标分类和识别需要一个特定的观测视角,这与目标方位和巡飞弹速度矢量的方向有关。设传感器识别出目标  $n$  的置信水平在大于顶角  $60^\circ$  的圆锥体外显著下降,则限定当目标运动方向与巡飞弹运动方向的夹角在此圆锥内时,才在任务执行范围内。

在巡飞弹攻击情景中,算法优化的目标是,希望  $N$  个巡飞弹组成的团队能够执行尽可能多的任务。可见,应该合理地选择权重,使团队可以执行已



被评估为具有较大价值的任务,而不必执行低价值的任务,特别是在巡飞弹能源充足的时候。于是,设定搜索任务权值的初始值等于攻击最大价值目标任务所获得的权值,且该值随能源的消耗而减少。令  $T_0$  是飞行器刚开始执行任务时能够维持的飞行时间,  $T_f$  是飞行器的剩余可飞行时间。

本文将目标价值和摧毁概率引入对目标攻击的权值。设每个目标都有一个给定的价值  $M_p$  以及攻击时被摧毁的概率  $P_{kp}$ 。令:

$$\bar{M} = \max(M_p \times P_{kp})$$

则  $\bar{M}$  是攻击一个目标可能获得的最高价值。令:

$$C_{i0}^p(k) = \bar{M} \times T_f(k) / T_0(k), k = 1, 2, \dots, N$$

据此构造目标的价值函数,将比值  $C_{i0}^p(k)$  提高到指数上,得到如下形式:

$$C_i(k) = P_c(k; C_m(k)) \cdot E(C_{i0}^p(k); \sigma_i(k)), \\ k = 1, 2, \dots, N, m \in M, m \neq i$$

其中,  $E(C_{i0}^p(k); \sigma_i(k))$  是自然指数形式的权重函数因子。

## 2 自组织态势感知与决策系统应用模式

系统应用模式分为线下训练与线上应用两种模式,线下训练主要是指在战前,通过线下深度学习工具(包括样本训练管理工具与模型训练工具),依次完成训练样本的导入、目标识别/自主决策/任务规划模型训练、模型入库等过程,使训练后的目标识别/自主决策/任务规划模型可以直接应用于线上巡飞弹武器平台。而线上应用主要是指巡飞弹武器平台的应用,具体包含以下几个阶段:

在目标识别与态势感知阶段,指挥员通过态势感知子系统观察在该阶段生成的战场态势信息,对态势进行分析与理解。

在作战任务决策阶段,区别于传统辅助决策模式,指挥员不需要依次进行选定目标、确定作战任务、确定攻击条件、选定关键目标和选定目标关键点等多个过程的决策。通过作战任务自主决策子系统将自动生成针对每个目标的作战任务,指挥员的工作只需要对生成作战任务进行确认与调整。

在任务规划阶段,区别于传统指挥员需要进行任务规划的模式,指挥员不需要编制作战方案的每个细节。通过协同作战任务规划子系统将自动生成作战方案,指挥员的工作只需要对生成的作战方案进行调整与确定。

在作战执行与评估阶段,指挥员主要对任务执行以及毁伤评估进行监控。

根据上述内容,将自组织态势感知与决策系统应用于巡飞弹武器平台,使指挥员从繁琐的制定作战任务及方案的细节中解脱出来,而将精力更专注于更高层面的顶层决策上。

自组织态势感知与决策系统应用视图如下页图2所示。

## 3 深度学习模型库建立

通过在地面线下应用深度学习技术<sup>[4-5]</sup>训练协同态势感知与决策模型,然后将训练好的模型部署到弹载线上系统中,分别完成深度目标识别<sup>[6]</sup>、任务自主决策<sup>[7]</sup>与任务规划。

在深度目标识别模型地面线下学习阶段,深度学习技术所需的训练样本主要来自历史采集的巡飞弹图像数据与模拟生成的典型图像数据,包括红外传感器<sup>[8]</sup>、可见光探测器<sup>[9]</sup>、雷达所探测的影像<sup>[10]</sup>,并通过大数据集成引擎完成多源异构训练数据集的集成与规格化。传统用于目标识别所需的知识库与目标特征库用于对目标识别模型建模,形成初始目标识别模型。目标识别主要依据其识别对象的类型而独立建模的,例如指挥所、雷达站等目标都需要建立其各自独立的目标识别模型,因此,在对目标识别模型进行训练时,其训练集是依据其识别对象的类型而选取的,例如在对指挥所目标识别模型进行训练时,需要选取所有包含了指挥所的影像训练集。其次,需要对模型中的神经元的初始参数进行设置,并且选择合适的训练算法,以保证识别误差达到理想状态,并且训练过程可以快速收敛。在目标识别模型训练后,训练后的模型可以直接应用于对目标的识别。

在任务自主决策模型<sup>[11]</sup>地面线下学习阶段,深度学习技术所需的训练样本主要来自巡飞弹的历史作战任务决策数据与典型仿真场景中的作战任务决策数据,并通过大数据集成引擎完成多源异构训练数据集的集成与规格化。作战任务决策最终需要确定对目标的监视、跟踪、打击等作战任务<sup>[12]</sup>,因此,建立的任务决策模型是依据其作战任务的类型建立的,例如,监视决策模型、跟踪决策模型等<sup>[13]</sup>,因此,在对任务决策模型进行训练时,其训练集也是依据其决策任务的类型而选取的,例如在对监视决策任务模型进行训练时,需要选取所有包含了监视决策任务的训练集。其次,需要对模型中的神经元的初始参数进行设置,并且选择合适的训练算

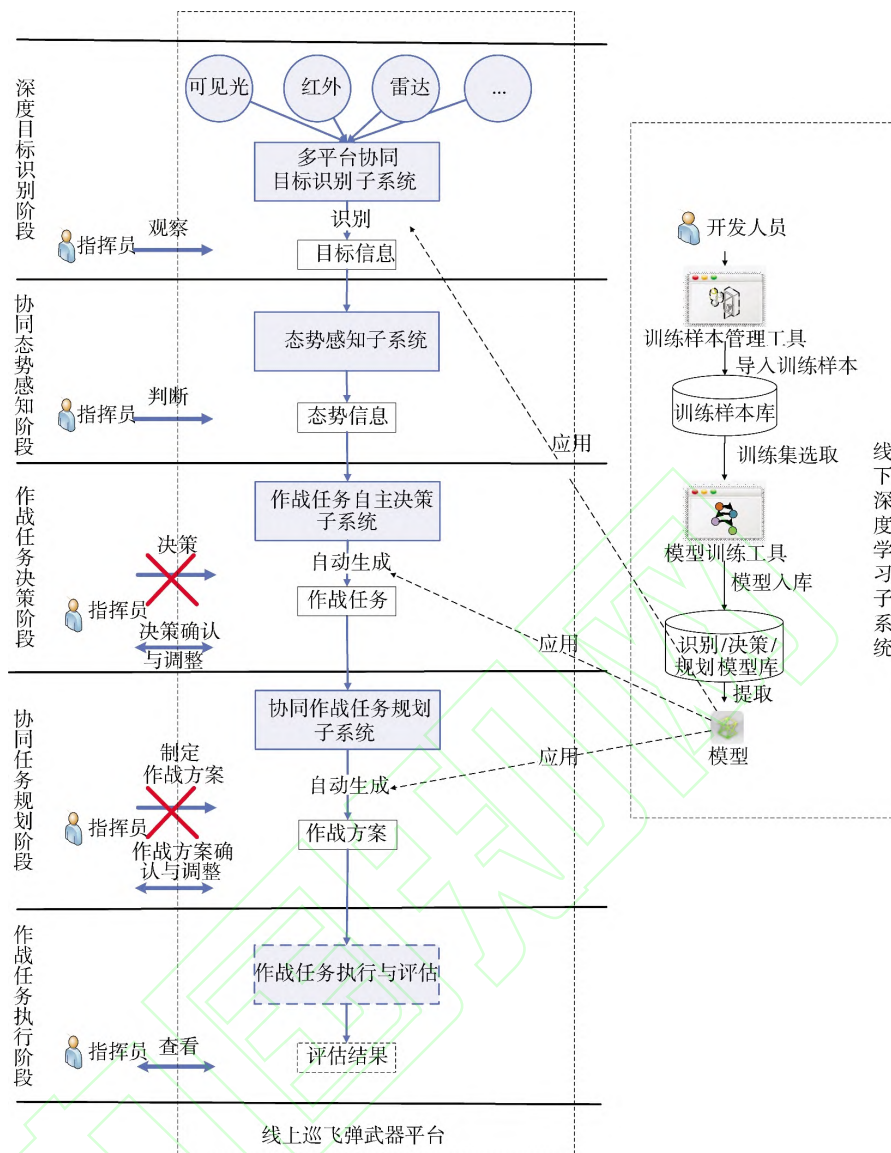


图2 自组织态势感知与决策系统应用模式

法,以保证识别误差达到理想状态,并且训练过程可以快速收敛。在任务决策模型训练后,训练后的模型可以直接应用于任务决策,将目标数据、敌情数据、我情数据及战场态势信息作为任务决策模型的输入,可以得到该目标采取某种任务决策的概率,最终实现作战任务自主决策。

在任务规划模型<sup>[14]</sup>地面线下学习阶段,深度学习技术所需的训练样本主要来自巡飞弹的历史作战任务方案与典型仿真场景中的作战任务方案,并通过大数据集成引擎完成多源异构训练数据集的集成与规格化。作战任务规划最终需要确定我方装备的作战任务,作战任务包含了许多组成方面,其中最重要的是选择最优的武器/协同武器来获取最佳的杀伤效果,因此,建立的任务规划模型是依据我方装备的类型建立的<sup>[15]</sup>,其训练集也是依据我方装备类型而选取的,例如在对巡飞弹武器平台任务

规模模型进行训练时,需要选取所有包含了该巡飞弹武器平台与其对应的态势信息的训练集。其次,需要对模型中的神经元的初始参数进行设置,并且选择合适的训练算法,以保证识别误差达到理想状态,并且训练过程可以快速收敛。在任务规划模型训练后,训练后的模型可以直接应用于任务规划的武器装备选择。

#### 4 发展应用前景

自组织态势感知与决策系统的总体设计,将为系统的技术突破、功能实现、产品设计奠定基础。通过对基于深度学习的态势感知与决策系统的深入技术与产品研制,可望使系统在如下几个方面得到发展与应用:一是向智能化、自主化发展,使系统变得“会理解、会思考、会决策”;二是向协同一体、精确作战方向发展,有效缩短 OODA 时间,提高

作战效能。基于深度学习的协同态势感知与决策系统的发展,不仅可提高巡飞弹武器的态势感知能力和精确打击能力,而且可推广到其他武器协同态势感知与决策系统的研制,具有很大的军事、技术和经济效益。

#### 参考文献:

- [1] 周瑞,黄长强,黄汉桥,等.多巡飞弹协同攻击目标优化分配研究[J].计算机仿真,2017,34(8):110-115.
- [2] 吴蔚楠.巡飞弹协同攻击任务规划问题建模与方法研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2013.
- [3] 徐杨,李响,常宏,等.复杂网络特性对大规模多智能体协同控制的影响[J].软件学报,2012,23(11):2971-2986.
- [4] LECUN Y, BENGIO Y, HINTON G. Deep learning [J]. Nature, 2015, 521(7553):436-444.
- [5] SCHMIDHUBER J. Deep learning in neural networks: an overview[J]. Neural Networks, 2015, 61:85-117.
- [6] 张志豪.基于深度学习的目标检测算法研究[D].成都:电子科技大学,2018.
- [7] 张晓海,操新文.基于深度学习的军事智能决策支持系统[J].指挥控制与仿真,2018,40(2):1-7.
- [8] CIREGAND, Meier U, Schmidhuber J. Multi-column deep neural networks for image classification [C]//Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2012 IEEE Conference on IEEE, 2012:3642-3649.
- [9] CHEN T H, JIA K, GAO S, et al. PCANet: A simple deep learning baseline for classification [J]. IEEE Transaction on Image Processing, 2015, 24(12):5017-5032.
- [10] CHEN S, WANG H. SAR target recognition based on deep learning [C]//International Conference on Data Science and Advanced Analytics IEEE, 2014:541-547.
- [11] 郭瑞,贺筱媛,朱丰.侦察辅助决策模型构建方法[J].系统仿真学报,2017,20(10):2301-2308.
- [12] 张路青,许宏泉,詹广平.人工智能在信息化战场的应用探析[J].舰船电子工程,2009,29(6):13-16.
- [13] GOZTEPE K. Artificial Intelligence application; do any need it [J]. Journal of Military and Information Science, 2014, 2(2):20-21.
- [14] 王伟,刘复显.多平台协同作战任务分配模型机算法[J].电光与控制,2017,24(12):11-15.
- [15] 陈洪辉,赵亮,芮红,等.作战任务和资源间的匹配模型及求解算法研究 [J]. 系统工程与电子技术, 2008, 30(9):1712-1716.