

6-4-2020

Construction Method of Reconnaissance Assistant Decision Model

Guo Rui

1. Information Operations and Command Training Department, National Defense University, Beijing 100091, China;;2. Bureau Five, Department Three, Strategic Support Force, Beijing 100029, China;;

Xiaoyuan He

1. Information Operations and Command Training Department, National Defense University, Beijing 100091, China;;

Zhu feng

1. Information Operations and Command Training Department, National Defense University, Beijing 100091, China;;3.No. 93682 Unit of PLA,Beijing 101300, 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.

Construction Method of Reconnaissance Assistant Decision Model

Abstract

Abstract: The fog of war in modern battlefield information big data generated by the judgment of the battlefield commander had a strong interference, which could increase the difficulty of decision-making. The use of reconnaissance and early warning forces is the beginning of mastering the initiative of the battlefield. *Intelligent auxiliary investigation command* is to achieve this goal. On the basis of the simulation system field data of a certain operations, through extracting the key information of reconnaissance order, combined with establishing the labels of reconnaissance effect, an auxiliary decision model aimed at reconnaissance and early warning is designed. This model is also trained to achieve the effect of an auxiliary decision at the aspects of reconnaissance and early warning.

Keywords

reconnaissance and warning, simulation data, auxiliary decision, model design

Recommended Citation

Guo Rui, He Xiaoyuan, Zhu feng. Construction Method of Reconnaissance Assistant Decision Model[J]. Journal of System Simulation, 2017, 29(10): 2301-2308.

侦察辅助决策模型构建方法研究

郭瑞^{1,2}, 贺筱媛¹, 朱丰^{1,3}

(1. 国防大学信息作战与指挥训练教研部, 北京 100091; 2. 战略支援部队第三部第五局, 北京 100029;
3. 中国人民解放军 93682 部队, 北京, 101300)

摘要: 现代战场信息大数据产生的战争迷雾对指挥员的战场判断产生了强烈干扰, 这些都会增加指挥员的指挥决策的难度, 侦察预警力量的使用是掌握战场主动的开端, 利用智能化手段辅助侦查命令的下达是要达到的目标, 依据对某作战模拟系统中战场数据的研究基础上, 通过对侦察命令的关键信息提取, 结合对侦查效果的标签建立, 围绕侦查需求设计出一套针对侦察预警决策的辅助模型, 并对模型进行训练, 来达到我们辅助侦察决策的效果。

关键词: 侦察预警; 仿真数据; 辅助决策; 模型设计

中图分类号: TP391.9 文献标识码: A 文章编号: 1004-731X (2017) 10-2301-08

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201710010

Construction Method of Reconnaissance Assistant Decision Model

Guo Rui^{1,2}, He Xiaoyuan¹, Zhu feng^{1,3}

(1. Information Operations and Command Training Department, National Defense University, Beijing 100091, China;
2. Bureau Five, Department Three, Strategic Support Force, Beijing 100029, China; 3.No. 93682 Unit of PLA, Beijing, China, 101300)

Abstract: The fog of war in modern battlefield information big data generated by the judgment of the battlefield commander had a strong interference, which could increase the difficulty of decision-making. The use of reconnaissance and early warning forces is the beginning of mastering the initiative of the battlefield. *Intelligent auxiliary investigation command* is to achieve this goal. On the basis of the simulation system field data of a certain operations, through extracting the key information of reconnaissance order, combined with establishing the labels of reconnaissance effect, an auxiliary decision model aimed at reconnaissance and early warning is designed. This model is also trained to achieve the effect of an auxiliary decision at the aspects of reconnaissance and early warning.

Keywords: reconnaissance and warning; simulation data; auxiliary decision; model design

引言

在信息技术和战争实践的推动下, 联合作战和体系对抗已成为了现代战争的基本特征, 现代战争与以往不同, 战争的节奏越来越快, 而且战

争手段多样, 地域多维, 已经进入了发现即摧毁的“秒杀”时代, 给指挥员留下的决策时间大幅度缩短, 只有在有效的战场情报的支撑下, 才能迅速对战场的态势做出准确的判断, 如何通过科学的使用侦查力量, 提高感知战场形势的速度和精确度, 及时的下达有效命令, 是战场指挥员需要面对的难点问题。

面向侦查力量使用的智能化决策辅助模型需要大量的侦查数据加以研究, 而我国现实战役对抗



收稿日期: 2017-05-20 修回日期: 2017-08-02;
基金项目: 国家自然科学基金(61374179, 61703412),
军民共用重大研究计划联合基金(U1435218), 中国博士
后科学基金(2016M602996);
作者简介: 郭瑞(1987-), 男, 河南驻马店, 本科, 助
工, 研究方向为军事运筹学。

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

• 2301 •

较少, 真实战场的研究数据很难获得。兵棋推演系统^[1]是对战场对抗的模拟, 在作战层面上, 它是对真实战争有现实的指导意义的仿真战场模型; 在训练层面上, 它是集战略方案分析与作战训练为一体的战争模拟平台。在多次军事推演中都有高层军事指挥员参与, 兵棋推演系统所产生的数据对研究工作具有很大的参考意义。

由于兵棋数据本身具有多维、海量、非线性等特征, 对它进行研究就必须选择一种合适的分析方法, 深度学习是一种基于无监督特征学习和特征层次结构的学习方法, 在理论分析、信息提取与优化求解等领域中有较大的优势, 本文拟采用深度学习结合兵棋演习的仿真数据建立侦察预警决策辅助模型, 但深度学习无法通过固定的数学公式和方法构建和设计具体的模型算法, 这里就需要对辅助对象的具体参数加以分析, 选择合适的神经网络来构建和设计算法, 以达到用深度学习在辅助决策方面的应用。

在确定了数据基础和研究方法之后, 本文拟采用挖掘兵棋数据中关键信息作为输入, 以侦察效果的评价标签作为输出的方法, 围绕侦察辅助决策的目的, 建立相应的模型并进行训练。

1 侦察命令的具体参数挖掘

面向侦察预警的辅助决策的模型设计, 必须对侦察命令方案有详细的分析, 挖掘其中重要的参数加以分析, 作为训练深度学习模型的输入部分。

1.1 侦察力量编成部分的参数挖掘

兵棋系统是按照现实战场的战役阶段来划分推演过程, 指挥员对战场态势的了解来源于侦查情报的获取, 侦查阶段也是战役阶段的开端, 侦查方案的下达涉及整场战役的走向。侦察方案中侦察力量由以下三部分构成。

(1) 空中侦察力量

主要由部分预警机、舰载电子战飞机、侦察机、电子侦察机等编成, 由各单位情报部门组织侦察行

动, 在确保安全的基础上, 尽量前出抵近侦察、侦扰结合, 重点查明敌方沿海地区附近海空域的导弹、飞行器、战舰、潜艇等主战兵力兵器的部署位置与调整动向, 电磁频谱情况等作战准备与实施情况等。

(2) 海上侦察力量

由组编部队自身的对空警戒雷达、对海搜索雷达、声纳及电子战系统等舰载侦察装备编成, 侦察行动均由各单位自行组织实施, 主要是按照组编部队的防御部署要求, 对其编队配置的周边海空域实施侦察搜索, 为其编队自身防卫提供情报支持。

(3) 网络侦察力量

由组编部队中网络侦察部队组成, 重点查明敌方网络舆情, 在网络空间的攻击、防御动态, 及其电力网、电信网、金融网、军事信息网等重要战略网络的结构、弱点及运行情况等。并同时申请上级调整卫星轨道, 专为协防作战提供情报支援。

1.2 侦察情报保障任务的参数挖掘

侦察任务要依托侦察卫星资源和编成内侦察力量建立的立体侦察配系^[2], 侦察敌方兵力活动情况和电磁频谱的频率、强度、范围。从一些具体侦察任务布置中, 我们可以得到指挥员的具体思路参数, 同时可以抽取出侦察的范围、时间、距离, 同时根据数据库的记录, 可以找到侦察目标的相关距离, 这些参数中有侦察实体和实体的具体参数, 以及任务的执行参数, 同时还要从查询相关任务执行的环境参数, 例如战役进行的阶段, 战况的激烈程度等。

根据侦察命令, 对侦察任务的相关内容进行分析, 抽取出命令中侦察手段的具体参数, 并通过兵棋系统想定数据库查询到相关的详细指标, 作为侦察决策辅助模型的输入部分。

2 侦察效果评价标签的设置

2.1 针对具体侦察效果的研究

由于我们是基于某大型计算机兵棋系统作

为研究的依托^[3], 在演习中, 不但有战役进行的双方, 而且有导演方进行战役动向的实时监控, 在导演方的视角里, 完全摒弃战争迷雾, 可以对双方的战役动向一目了然, 这些情况都会以数据的形式存放在兵棋系统回放数据库里, 在后期的

研究中, 作为训练模型的一部分, 我们可以通过导演方视角的数据和侦察所得数据进行对比来设定标签。

例如在某次演习中, 具体侦察情况对比如图 1 所示。

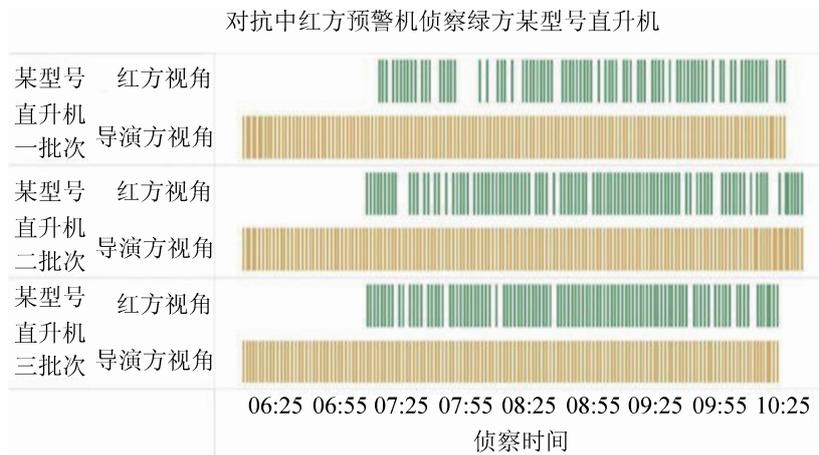


图 1 红方预警体系对空中目标侦察效果图

Fig. 1 Air target reconnaissance effect map of early warning system on red side

由图 1 可知, 通过导演方视角和红方侦察视角的效果有着清晰的对比, 用来定义侦察的优劣标签有着较好的科学性与可信度。

2.2 针对侦察效果的标签设置

针对训练侦察预警辅助决策模型的目的, 设置输出标签是为了更直观的对侦察任务的效果进行分组, 从而对大量侦察命令的执行结果进行辅助判断, 从中选出侦察效果明显的部分任务来, 分析其手段与方法的构成, 对类似的侦察任务有一定的借鉴作用。在模型的训练过程中, 作为输出部分, 通过导演方视角的数据和侦察所得数据进行对比, 然后根据对比结果生成优劣标签的分类, 是本文对模型训练的设计。

根据侦察效果数据的对比设置标签分类, 必须限定一些对比规则, 这里可以设定导演方视角的完整数据为 1, 如侦察所得数据和导演方视角数据对比的一致性达到 80% 以上则设置任务效果标签为优秀, 60%~80% 设置为良好, 40%~60% 设置为一般, 20%~40% 设置为较差, 20% 以下设置为很差。

具体的标签设置如图 2 所示。

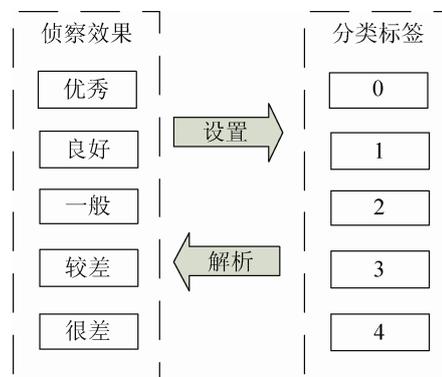


图 2 兵棋演习侦察任务效果数据标签设置

Fig. 2 Wargame exercise reconnaissance mission effect data label settings

3 面向兵棋演习侦察预警辅助决策的深度学习模型构建

如前所述, 兵棋演习中侦察数据^[4]具有自身独特的特点, 数据包括了侦察手段、方法、环境、时间、距离等大量关键信息, 要根据这些数据的特点设计出适合它的模型, 把关键信息提取出来进行压缩整合^[5], 对应上述模型的输出标签才能更好的训

练模型。深度学习在近几年里有了飞跃式的发展，在处理大数据以及无监督训练等方面有着巨大的优势，深度神经网络具有多种不同的结构，为了完成我们需要的方法模型，就需要选取适当的结构加以应用。结合兵棋数据本身多维、海量、非线性的特点，另外演习中由于侦察任务的执行时间不一，导致侦察数据在演习过程中分散不均等特征，这里拟选用深度神经网络中自编码器的方法进行模型的构建。

自编码器是深度神经网络的一种基本的构建方法，它的功能是通过编码解码对数据进行分解压缩与结构重组，自编码器可以优化误差以便于更精确的压缩和重组数据，在数据的组合处理方面有着较大的便利性优势，由自编码器栈化后形成的栈式自编码网络(Stacked Auto-Encoder, SDA)对数据的压缩提取有着非常显著的作用。另外与同类的方法相比，栈式自编码网络在准确性计算方面效果同样明显，兵棋演习数据的发散度以及噪声都相对较大，用栈式自编码网络进行数据结构重组，对之后的研究和模型训练较为适合。

3.1 自编码器的结构

自编码器由输入层、隐含层、输出层构成的深度神经网络^[6]，隐含层位于输入层和输出层之间，具体结构如图 3 所示。自编码器能实现无监督的学习算法，通过编码解码对数据进行分解压缩与结构重组。

另外，自编码器的结构不全是上述所示，有时根据需要对数据进行信息检测时，隐含层的节点数可以相对较多，如图 4A 所示；而如果自编码器的结构如图 4B 所示，隐含层的节点数较少时，自编码器可对数据进行压缩，提取关键信息。

在图 4B 模型结构中，隐含层通过减少节点数对数据进行压缩提取，这也是本文的模型训练所需的基本结构，在这种模型中隐含层因为节点数较少，就成为了模型的瓶颈层，如果去掉该模型结构的输出层，那么瓶颈层就成为了模型的输出，用来对数据进行关

键信息的压缩提取。具体变化如图 5 所示。

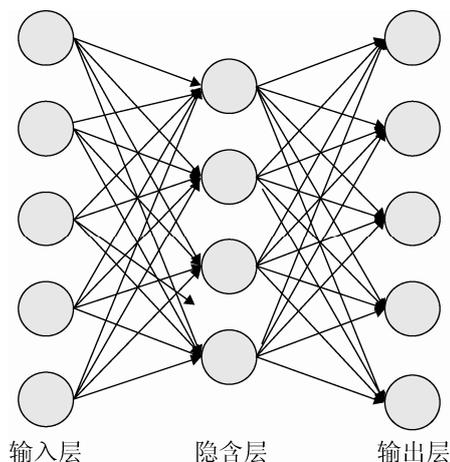


图 3 自编码器的组成

Fig. 3 Composition of autoencoders

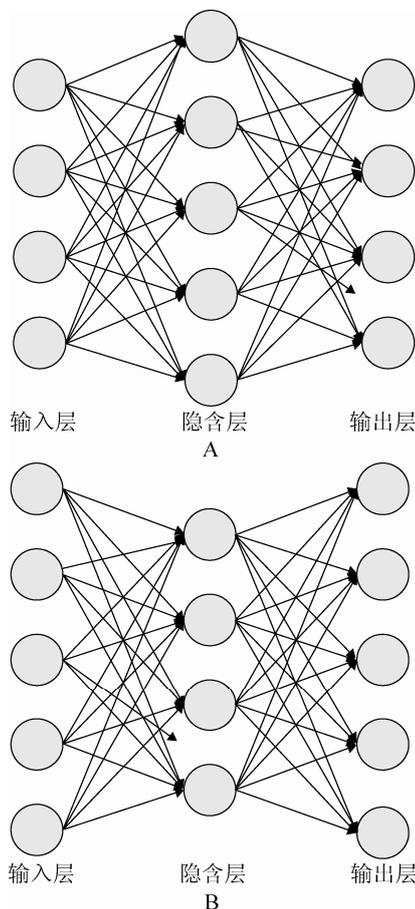


图 4 不同自编码器的区别

Fig. 4 Differences from different autoencoders

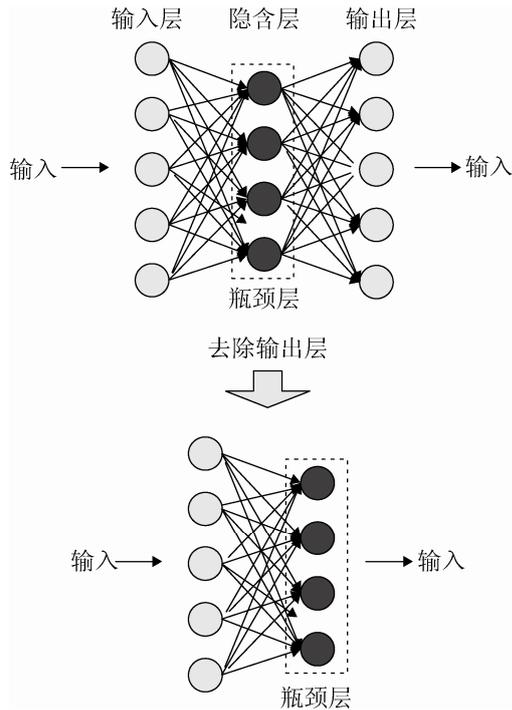


图 5 自编码器信息压缩图示
Fig. 5 Compression from autoencoders information

3.2 栈式自编码网络的构建

自编码器可以完成对一次数据关键信息的压缩提取,可是为了完成模型输入数据的训练,需要对关键信息进行多次提取,这就需把多个自编码器进行叠加,把已提取的信息进行再次整合,多个自编码器组合在一起形成一个栈式自编码网络。

自编码网络的运行机制是把上一个自编码器在数据压缩提取之后形成的瓶颈层数据作为输入,加入到之后的自编码器进行信息再次提取的过程,自编码器层层嵌套,从而实现整个栈式自编码网络的运行,具体流程如图 6 所示。

栈式自编码网络的运行机制是通过自编码器对输入数据进行层层编码与解码后得到数据,从首个自编码器编码开始压缩抽取关键信息^[7],再解码得到重构数据,然后把重组的数据作为下一次的输入数据输入到下一个自编码器,层层迭代从而组成网络。整个网络的工作流程如图 7 所示。

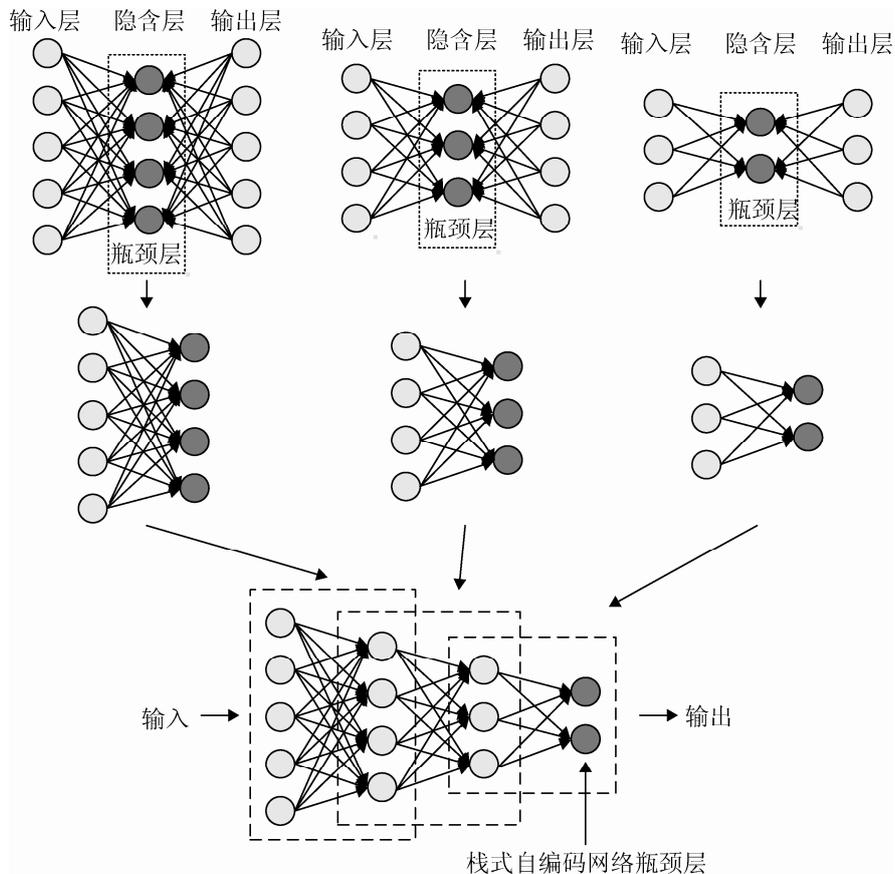


图 6 栈式自编码网络构建过程
Fig. 6 Construction process of SDA

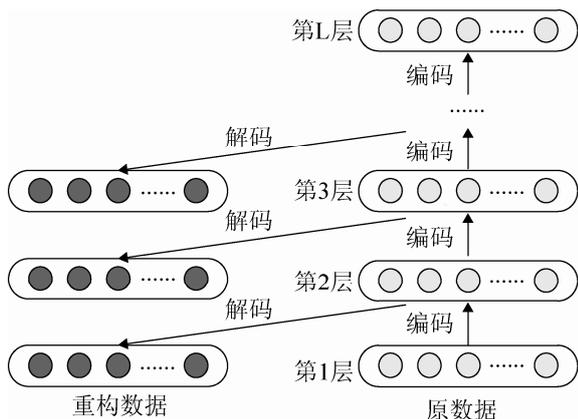


图7 栈式自编码网络工作流程

Fig. 7 Workflow of SDA

3.3 侦察预警智能辅助决策的模型结构设计

兵棋系统中侦察数据具有自己特有的数据特征,结合设计辅助决策模型的要求,本文设计了一种基于栈式自编码网络的模型,模型有三种结构组成,从输入层输入侦察命令的参数数据,经过中间隐含层对这些数据的处理来提取关键信息,再根据我们提前设计好的侦察任务完成效果评价标签作为输出层,这三层结构的组成,由输入到提炼再到效果的评价,以此来训练侦察预警辅助决策模型。

本文栈式自编码网络出了输入和输出之外,包含了几个中间层,中间层数量多少的确定影响着整个模型的运行,中间层的作用是抽象提取侦察参数的关键信息,中间层越多可能提取的信息越精炼,越接近于侦察命令的核心内涵,但是大量的中间层会加大模型的运算难度,可能会加大时间因素的成本,而在战场临机决断时,时间因素可能对命令效果的执行影响很大,所以选择一个合适的模型构建对贴近具体实践有很大的意义。

根据 Vincent P, Larochelle H 等的研究成果^[8],结合本文研究的对象模型中数据的规模,以及对决策时间的要求,这里将深度神经网络的隐含层设为3层,第一级中间隐含层的节点数要适应侦察数据参数的维度,而后面每一级隐含层的节点数的数量在依次递减,但是递减的幅度也要适当,当节点数递减幅度过大时,会导致栈式自编码网络的结构过于简单,导致之后的输出数据无法全面保持数据的

关键信息,致使结果发生偏差。而如果隐含层节点数递减幅度偏小,会导致侦察数据中信息参数过于分散,另外也会使模型复杂化,计算速度很难达到预期效果。本文根据研究需要,3级隐含层的节点数以半数递减,以此规则设定本文侦察预警辅助决策模型的栈式自编码网络结构,具体结构流程如图8所示。

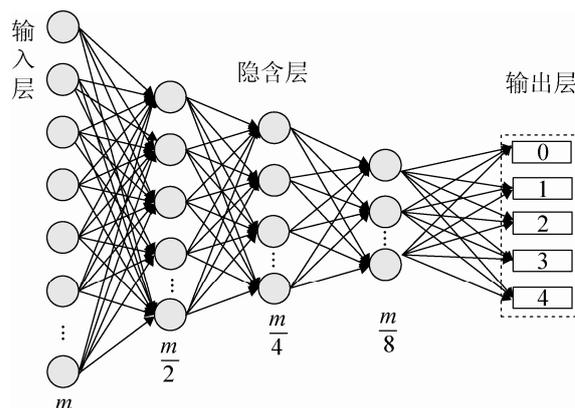


图8 侦察辅助决策模型的栈式自编码网络结构

Fig. 8 SDA architecture for reconnaissance auxiliary decision-making model

这里只是初步设计了所需模型的概况,由于深度神经网络现今为止还很难用数学公式阐述清楚,所以有很多参数的设定和调整需要在本文模型的实际训练中加以确定。

4 侦察预警辅助决策深度学习模型训练方法设计

侦察预警辅助决策模型的结构经过初步设定后,要对它进行训练,使它拥有对数据自处理的能力,根据 Hinton, Bengio 等人在深度神经网络上取得的成果,可以将模型训练分为两个部分,首先进行无监督逐层的预训练(layer-wise pre-training),然后再对模型进行有监督的微调(fine-tuning afterwards)。本文要结合侦察数据参数的特点,然后再通过这种两步走的方法,力争可以更好的训练我们所需的模型。

4.1 模型无监督逐层的预训练

在模型的预训练阶段,是按照逐层无监督训练的方法^[9],运用 Theano 编译函数,实现一次前向的 SGD(Stochastic gradient descent)随机梯度下降,用来优化权重,以此来减少重构误差,而且在训练网络时,除当次被训练的某一层网络外,其他层不做变化,用这种做法逐次循环到整个网络,具体流程如图 9 所示。

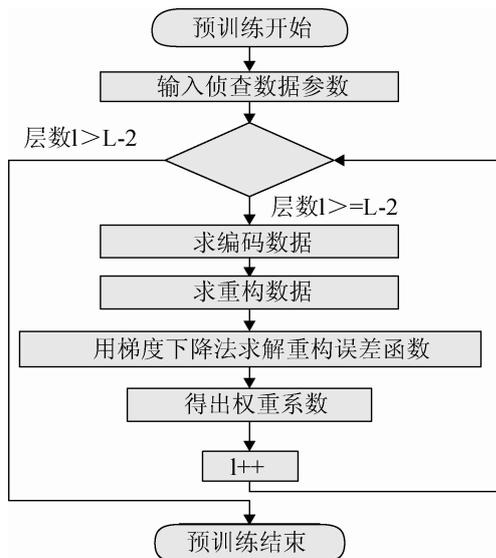


图 9 模型无监督逐层的预训练过程
Fig. 9 Layer-wise pre-training process

4.2 模型标签数据的微调训练

当模型的栈式自编码网络逐层的全部完成预训练之后,就需要对整个网络进行有目的的微调(fine-tuning),微调训练需要一些人为设置的标签,然后在有目的性的进行有监督的模型训练,通过减小误差的方法来优化模型数据,从而调整栈式自编码网络的权重,使模型在处理侦察数据的压缩提取关键信息时能够更加准确。这一过程的训练具体流程如图 10 所示。

为了使模型更加贴近于我们分析侦察指挥决策中命令参数与侦察效果之间的蕴涵关系,通过一些人为设置的标签来进行模型的微调训练,从而完成整个侦察预警辅助决策模型的栈式自编码网络的建立。

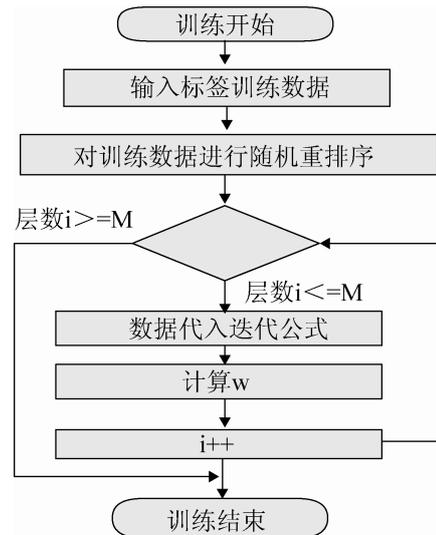


图 10 模型微调训练流程
Fig. 10 Model fine-tuning training process

4.3 训练及实验结果分析

运用上述方法,对栈式自编码网络进行多次的训练和微调实验,取得了侦察预警辅助决策模型的输入信息提取精确度和相关性分析

4.3.1 侦察任务数据信息提取的精确度

对两组数据进行分别提取,经过多次试验后,对数据的误差和训练时间的数值取平均数,训练结果如表 1 所示。

表 1 对两组数据进行训练的对比结果
Tab. 1 Contrast results of training two sets of data

数据集	平均校验 误差/%	平均测试 误差/%	平均预训 练时间/min	平均微调训 练时间/min
数据集 1	2.39	2.31	150.35	328.15
数据集 2	0.1	0.03	19.52	55.61

通过上述可以看到,数据集 1 在 478.5 min 的信息提取后,能够达到 97.89%的平均精确度,数据集 2 在 75.13 min 的信息提取后,能够达到 99.97%的平均精确度。

4.3.2 侦察任务数据信息的相关性

根据演习任务的不同,两次任务的方案也会有很大的区别,这里运用模型对两次任务的数据进行处理,并对任务数据的提取结果进行相关性分析,具体结果如表 2 所示。

表 2 两次任务数据的提取结果相关性分析
Tab. 2 Correlation analysis of extraction results
of two task data

$r(F_1, F_2)$	$r(F_1, F_3)$	$r(F_1, F_5)$	$r(F_1, F_6)$...	\bar{r}
0.03	0.04	0.02	0.03	...	0.03

如表 2 所示, 侦察预警辅助决策模型的栈式自编码网络对数据进行处理后, 提取出来的数据之间没有太大的相关性, 这说明两次侦察任务方案有很好的独立性, 分别代表着演习中一次独立的侦察行动, 对研究中输出标签的设置有好的对比作用。

5 结论

本文依据侦察预警决策的相关需要, 建立了对决策带侦察效果标签的辅助模型。模型采用了某大型计算机兵棋系统侦察任务数据为研究基础, 再加入了深度神经网络的算法, 设计了模型的栈式自编码网络结构, 之后又对模型进行了预训练以及微调训练, 提升了模型的可用性。本文的模型设计针对侦察预警力量的决策使用, 为下一步在演习中实际应用的测试提供了依据。

参考文献:

- [1] 胡晓峰, 范嘉宾. 兵棋对抗演习概论 [M]. 北京: 国防大学出版社, 2012. (Hu Xiaofeng, Fan Jiabin. The introduction of wargame maneuvers [M]. Beijing, China: National Defense University Press, 2012.)
- [2] 徐宁. 计算机兵棋的关键技术研究及实现 [D]. 沈阳: 东北大学, 2009. (Xu Ning. Research and implementation of key technologies in computer wargame [D]. Shenyang,

- China: Northeastern University, 2009.)
- [3] 彭春光, 赵鑫业, 刘宝宏, 等. 兵棋推演技术综述 [J]. 系统仿真技术及其应用, 2009, 31(11): 366-370. (Peng Chunguang, Zhao Xinye, Liu Baohong, et al. Review of Wargaming Technology, [J]. System Simulation Technology and its Application, 2009, 31(11): 366-370.)
- [4] 彭希文. 兵棋-从实验室走向战场 [M]. 北京: 国防大学出版社, 2013. (Peng Xiwen. War game-from the laboratory to the battlefield [M]. Beijing, China: National Defense University press, 2013.)
- [5] 陶雪娇. 基于仿真大数据的指挥效能分析方法研究 [M]. 北京: 国防大学, 2014. (Tao Xuejiao. Research on command effectiveness analysis method based on simulation large data [M]. Beijing, China: National Defense University Press, 2014.)
- [6] Ethen Alpaydin. 机器学习导论 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2014. (Ethen Alpaydin. Introduction to machine learning [M]. Beijing, China: Machinery Industry Press, 2014.)
- [7] 胡洁. 高维数据特征降维研究综述 [J]. 计算机应用研究, 2008, 25(9): 2601-2606. (Hu Jie. Review of dimensionality reduction for high-dimensional data [J]. Computer Application Research, 2008, 25(9): 2601-2606.)
- [8] Vincent P, Larochelle H, Lajoie I, et al. Stacked denoising autoencoders: Learning useful representations in a deep network with a local denoising criterion[J]. The Journal of Machine Learning Research (S1532-4435), 2010, 11: 3371-3408.
- [9] 章银娥. 基于模糊集与前馈神经网络的数据特征分析与选择算法 [J]. 合肥工业大学学报, 2009, 32(9): 1312-1316. (Zhang Yine. Data feature analysis and selection algorithm based on fuzzy set and feed forward neural network [J]. Journal of Hefei University of Technology, 2009, 32(9): 1312-1316.)