

基于深度学习的声纳智能化显控设计方法*

王 蕾

(杭州应用声学研究所 杭州 310023)

摘 要 声纳显控的智能化能降低声纳使用者的操作难度,提高声纳使用效率,在实战中具有重要意义。在具备可扩展性的声纳显控开发平台下,基于Tensorflow的深度学习框架,论文提出了一种智能化声纳显控设计的方法,给出了相应的可行性分析,具有一定的应用前景。

关键词 声纳;显控设计;深度学习;Tensorflow

中图分类号 TP391 **DOI:**10.3969/j.issn.1672-9730.2017.10.020

A Design Method of Intelligent Display and Control of Sonar Based on Depth Learning

WANG Lei

(Hangzhou Applied Acoustics Research Institute, Hangzhou 310023)

Abstract The intelligentization of sonar display can reduce the difficulty of the operation of sonar users and improve the efficiency of sonar, which is of great significance in actual combat. Based on the Tensorflow depth learning framework, this paper presents a method of intelligent sonar display and control design, and gives the corresponding feasibility analysis, which has certain application foreground.

Key Words sonar, display and control design, depth learning, Tensorflow

Class Number TP391

1 引言

声纳显控台作为声纳系统的重要组成部分,是声纳使用者人机交互的主要工具,目前,相对开放的声纳显控软件平台使得声纳显控软件基本具备了软件的重用性、可扩展性和可维护性^[1]。然而,随着声纳技术的发展,声纳的控制参数及显示输出信息的种类、数量及复杂度都在相应增大,在实用中声纳操作难度也会相应增加。本文提出的智能声纳显控设计就是在充分利用声纳信息的前提下,基于声纳使用人机交互训练过程,在Tensorflow深度学习框架下,使显控软件能半自主或自主地达到最优的控制参数设置和最佳的界面显示,从而实现高效的声纳智能化使用。声纳显控两个主要功能就是声纳信息汇总显示与声纳系统参数控制,常用

的声纳显控软件设计主要考虑人机交互的操作实时性及可靠性,仅包含了基本显示与控制功能,而且一般采用集成式的设计^[2-3]。对于前沿的声纳系统,声纳信息处理的输入和输出不仅种类繁多,而且数量庞大,对于显控设计者而言,需要将声纳信息的处理演变为边控制-边存储-边分类、分层显示。在基于对信息分层和分类的前提下,可以通过两种方式来提高声纳使用效率,一种是基于专家知识系统来引导声纳使用者,该方法实现相对容易,但不具备自主学习能力,需要人为补充知识库;另一种是在使用过程中的数据训练,通过深度学习算法使得声纳显控的控制操作和显示逐步自主化、智能化。本文倾向与采用深度学习方法来设计声纳智能化显控系统,首先介绍了深度学习的基本概念和框架,同时介绍了声纳显控系统的神经网络建

* 收稿日期:2017年4月8日,修回日期:2017年5月29日

作者简介:王蕾,女,硕士,助理工程师,研究方向:声纳显控系统研究。

模,接着给出了基于深度学习框架 Tensorflow 进行声纳显控设计的思路与解决方法,最后对目前存在的问题进行了分析总结,确定了接下来进一步的研究重点。

2 深度学习框架与声纳显控系统简述

深度学习算法通过提取不同层次的特征来对抽象知识进行归纳,具备从数据训练中进行学习的能力。早期的深度学习更多借鉴了神经科学的生物表征,因此通常引用神经网络模型,类似于仿生机器学习,现代的深度学习依托于高速计算能力的计算硬件、更先进算法以及更广泛的训练数据的发展。

深度学习主要包含两个过程:前向传播和反向传播。前向传播是通过在每一层隐藏单元的传播过程中提取输入信息,得到输出,基于训练过程可以得到一个预期的输出结果,从而可以基于信息度量准则(如交叉熵、均方误差)产生损失函数;反向传播可以通过损失函数的信息通过网络向后流动,通过反馈的方式来计算梯度,优化模型参量^[4]。

2.1 声纳显控系统的神经网络建模

声纳显控系统不仅仅是一个数据传输与界面构成的终端显示,对于一个声纳使用者而言,众多与声纳使用相关的参数及声纳信息都会在这个终端汇聚,随着声纳技术的发展,对声纳的使用也变得愈加复杂,因而显控的智能化会大大提高声纳使用者的效率,减轻其任务负担,使声纳在实战应用中变得更可靠。智能声纳显控就是一种具有学习能力的显示与控制系统,智能化的体现就是机器学习。目前实现该功能的途径有两条,可以依赖专家知识库的方法^[5],通过一个 if-then 的专家系统来实现,但是该方法只能被设定规则,而不能适应规则和预测,所以本文更倾向于另一种方法,即通过建立深度神经网络来构造一个具有深度学习能力的声纳显控系统^[6-7]。例如:对于一个包含两个参量(类似于基阵、阵段、景深、频带、算法)输入的例子,其组合形式对于特定环境下的声纳信息分层提取的性能是各不相同的,因而每一种组合具有对应的信息权重^[8],所以可以如图1构建一个简单的4层前向神经网络,包含输入层X,第一隐藏层a,第二隐藏层b及输出层Y,各层之间的不同节点链接都用权重表示。

神经网络本质上是一个优化问题,对于声纳显控使用者而言,他在使用过程中可以不断积累经验,甚至举一反三,提高使用效率,这也是一个不断

自我完善和优化的过程。设计智能显控的一个原理上的关键步骤就是要设定好损失函数,因为损失函数就描述了神经网络需要优化的目标^[9-11]。针对分层特性的声纳信息:宽带输出方位信噪比及跟踪关联结果-窄带特征线谱-单波束调制谱-单波束收听信号等等,在一定输入情形下,每一层信息的表示形式不同,但各层之间具有一定的先后依赖关系,对于显控使用者而言,其对显控输出的这些信息进行综合判断,从而给出最佳决策。然而在深度学习的范畴下,显控输入的控制参数及显示输出的结果均要构成分布式的神经网络输入,可以使用常用的交叉熵作为损失函数,通过声纳使用者在使用过程中给出的数据累计训练,使声纳显控的控制参数通过权重分配实现简约化,声纳的输出布局实现最佳显示,甚至具有自主鉴别声纳目标能力。

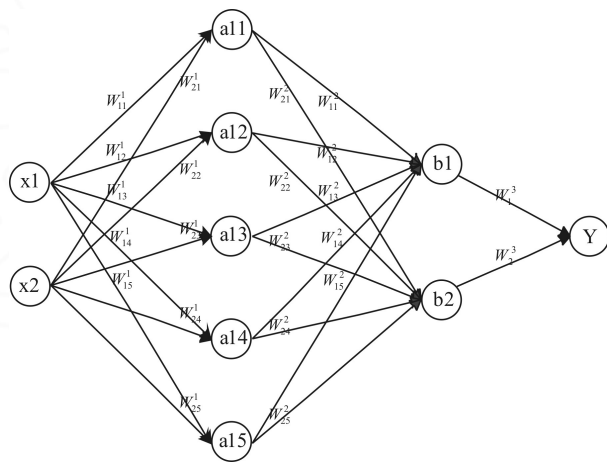


图1 声纳显控系统神经网络结构图

2.2 深度学习框架

目前主流的深度学习框架有 Tensorflow、Caffe、Theano、Torch 等^[12-13],综合考虑算法库的完备性、支持语言的通用性、对不同硬件架构及接口的兼容性以及计算效率等多方面因素,最终选择了综合优势最佳的 Tensorflow 深度学习框架。

Tensorflow 可以方便地部署到各种平台,简化了在声纳显控系统中应用深度学习的难度。除此之外,Tensorflow 能够通过单机模式和分布式模式来实现,单机模式就是将客户端(client)、主端(master)及苦力(worker)全部在一台机器上的同一个进程中实现,分布式模式允许上述三个组件在不同机器的不同进程中,每一个 worker 可以连接多个硬件设备,同时由集群调度系统统一管理各项任务。显然,对于未来升级和扩展需求,具备兼容性的软、硬件框架,分布式模式更加符合这一发展的需求。

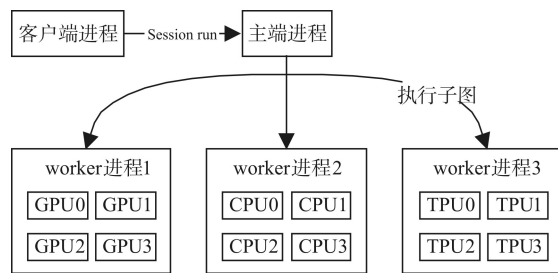


图2 TensorFlow分布模式

3 嵌入Tensorflow的声纳显控设计

智能声纳显控设计应当满足三种选择:自主、半自主、人工;自主或半自主功能的实现需要嵌入Tensorflow,设定好其输入及各隐层及损失函数,进行一定的数据流上的完善就能在功能上实现了^[13]。如图3给出了一个设计好的具有三个隐层的Tensorflow可视化计算图。

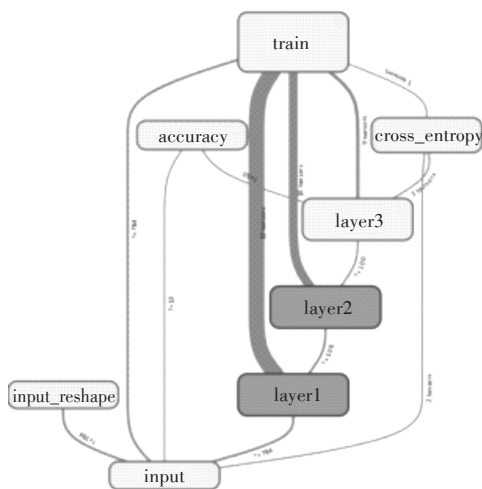


图3 TensorFlow可视化计算图

如2.2节所述,Tensorflow的一个有利条件便是其具有在语言、操作系统平台及硬件上的兼容开放性,所以在声纳显控设计中嵌入Tensorflow的途径也很多。然而需要注意的是,Tensorflow也并非一个即插即用的插件,如果构建这样一个深度学习框架,在显控软件架构设计上需要投入大量的精力,而且为了满足实时高效的处理能力,需要满足与之配套的硬件条件。

在搭建好深度学习的软件和硬件架构的基础上,与当前显控平台进行合并,需要解释两个问题:1)基于当前的显控台需要给深度学习什么样的输入;2)深度学习输出什么样的信息给显控。深度学习模块的输入应当是人工控制的命令表及与之对应的声纳信息,而且由于输入数据的种类和数量均比较多,所以需要对其进行降维和压缩。经过训练

且具备一定辨识能力后的深度学习模块输出的应当是可以辅助或者代替人工的最佳决策表及最佳的显示分布。

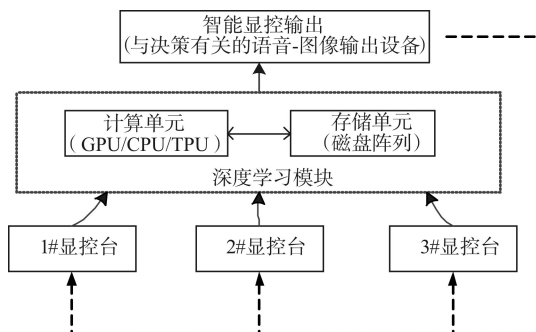


图4 智能显控系统的示意图

4 结语

本文针对当前声纳使用的需求,期望通过具有自主学习的办法来提高声纳使用效率,提出了一种通过深度学习算法来实现智能声纳显控设计的方法。首先对实现原理进行了分析,构建与之相对应的神经网络模型,其次对Tensorflow深度学习框架进行了分析,并对其嵌入智能显控给出了具体实现上的分析,接下来的工作就是在目前的研究基础上,对针对显控输入输出构建的神经网络模型进行具体设计和优化,同时需要对相应的算法性能(包括运算效率)进行测试分析,并给出满足综合最佳性的智能声纳显控设计原理。

参考文献

- [1] 徐丽华. 基于JARL_EGK面向对象的声纳显控界面软件开发方法[J]. 声学及电子工程, 2015(2): 30-33.
- [2] 魏银英. 基于VxWorks的成像声纳显控软件技术研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2008.
- [3] 于海春, 冯师军, 孙长喻. 基于统一建模语言的声纳显控设计[J]. 应用声学, 2009, 28(4): 268-272.
- [4] 黄文坚, 唐源. TensorFlow实战[M]. 北京: 电子工业出版社, 2017: 18-25.
- [5] 王凯, 李贵阳, 应文健. 基于Visio故障树的舰炮故障诊断专家系统设计与实现[J]. 舰船电子工程, 2017(1): 100-104.
- [6] 肖晶, 吴学智. 一种基于神经网络的故障诊断新方法研究[J]. 舰船电子工程, 2010(1): 160-163.
- [7] 杨文慧. 基于深度学习的图像态势感知应用研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2016.
- [8] 李启虎. 数字声纳设计原理[M]. 合肥: 安徽教育出版社, 2003: 291-303.
- [9] Bahdanau D, Cho K, Bengio Y. Neural Machine Translation by Jointly Learning to Align and Translate[J]. Com-

- puter Science, 2014.
- [10] Bengio Y. Deep learning of representations: looking forward [C]// International Conference on Statistical Language and Speech Processing. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2013:1-37.
- [11] Goodfellow I J, Courville A, Bengio Y. Scaling Up Spike-and-Slab Models for Unsupervised Feature Learning [J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence*, 2013, 35(8):1902-1914.
- [12] 王茜,张海仙. 深度学习框架 Caffe 在图像分类中的应用[J]. *现代计算机*, 2016(5):72-75.
- [13] 郑泽宇,顾思宇. Tensorflow 实战 Google 深度学习框架 [M]. 北京:电子工业出版社, 2017:40-62.
- ~~~~~
- (上接第9页)
- [3] Surhone L M, Tennoe M T, Henssonow S F. Anti-Ship Missile [M]. Betascript Publishing, 2010.
- [4] 臧晓京,朱爱平. 国外沿海地带作战的直升机载反舰导弹发展现状[J]. *飞航导弹*, 2010(12):34-38
- [5] 烽火,海基巡航导弹大扫描[J]. *现代舰船*, 2007(4):37-39.
- [6] Scott.Richard. U.S. Seeks Helicopter-Borne Active Decoy for Anti-Ship Missile Defense. [J]. *Jane's International Defense Review*.Nov.2014, Vol.2014, p10-10.
- [7] 钟成行,周军,魏国福. 国外反舰导弹的小型化发展[J]. *飞航导弹*, 2014(11):25-28.
- [8] Park H R, Whang I H. An Effective Target Selection Algorithm for ASM (Anti-ship Missile) [C]// International Joint Conference. 2006:Vol, 29.p30-34.
- [9] 孙明芳,常卫伟. 巡航导弹——由海对陆纵深攻击的首选武器[J]. *现代舰船*, 2010:66-68.
- [10] 杨睿,王海涛. 美、日、台反舰导弹现状与反舰导弹发展趋势[J]. *电子测试*, 2016(3):125-126.
- [11] Snodgrass, Guy M. U.S. Naval Aviation and Weapons Development in Review [J]. *U.S. Naval Institute Proceedings*.May, 2016, vol.142, Issue 5, p84-89.
- [12] Peruzzi, Luca. Fire From The Sea [J]. *Armada International*.2017, Issue 6, p8-13.
- [13] Keller, John. Lockheed Martin to Develop Long-Range, Anti-ship Cruise Missile in DARPA's LRASM Research Project. [J]. *Military & Aerospace Electronics*. Mar. 2011, Vol.22, Issue.3, p8-8.
- [14] John Keller. Lockheed to prepare new anti-ship missile for 2017 acquisition [J]. *Military & Aerospace electronics*, 2014.
- [15] 宫朝霞,王蒙. 静默在大洋深处的“惊雷”——潜射战术导弹[J]. *飞航导弹*, 2009(5):43-46.
- [16] 臧晓京,朱爱平,莫雨. 重型反舰导弹武器的发展[J]. *飞航导弹*, 2010(7):11-18.
- [17] Friedman, Norman. Soft Kill Versus Anti-Ship Missiles [J]. *Naval Forces*.2009, Vol.30, Issue 1, p85-89.
- [18] 李中良,徐清华,刘钢. 超声速反舰导弹发展对现代海战的影响[J]. *飞航导弹*, 2011(4):68-71.
- [19] Larter, David. Navy Eyes New Anti-Ship Missile [J]. *Navy Times*, Oct, 2014. Vol.64, Issue 3, p20-21.
- [20] 瞿朝辉,常小勇,马海洋. 冲淡干扰条件下反舰导弹对隐身目标捕捉能力研究[J]. *船舶电子工程*, 2011, 31(1):83-84, 142.
- [21] 董月娟. 导弹隐身技术的发展[J]. *现代舰船*, 2011(11):36-38.
- [22] 刘尚富,甘怀锦. 雷达隐身与反隐身技术浅析[J]. *船舶电子工程*, 2010(9):28-30, 95.
- [23] 耿方志,吕丹,张永新,邓发升. 外形隐身目标雷达散射截面高频散射特性的研究[J]. *光电技术应用*, 2005, 20(4):26-28, 62.
- [24] Hooton, Ted. Ship-Killers and Ship-savers: Anti-Ship Weapons and Counter-Measures [J]. *Military Technology*, 2013, Vol.37 Issue 12, p60-63.
- [25] 汪浩,曾家有,罗木生. 伴飞诱饵支援对反舰导弹突防舰空导弹的影响[J]. *火力指挥与控制*, 2011, 36(5):68-71.
- [26] Richard Scott. Pacing the Anti-ship Missile Threat [J]. *The Journal of Electronic Defense*, 2012, p24-30.
- [27] Magnuson, Stew. Anti-Ship Ballistic Missile Sparks Speculation, Concern. [J]. *National Defense*.Apr, 2014, Vol.98, Issue 725, p24-24.
- [28] Captain Edward Lundquist. Anti-ship missiles: Finding the Right Fit, Form And Function for Fighting [J]. *Warfare Concepts*, 2015, p28-31.
- [29] 李士刚,张力争. 弹道导弹突防措施分析[J]. *指挥控制与仿真*, 2014, 12(6):73-76.
- [30] Karasakal, Orhan. Anti-Ship Missile Defense for A Naval Task Group [J]. *Naval Research Logistics*. Apr.2011, Vol.58, Issue 3, p304-321.
- [31] Larter, David. Navy Eyes New Anti-Ship Missile [J]. *Navy Times*, Oct, 2014. Vol.64, Issue 3, p20-21.
- [32] Liu G, Lao S Y, Tan D F, et al. Research Status and Progress on Anti-ship Missile Path Planning [J]. *Acta Automatica Sinica*, 2013, Vol.39, Issue, 4, p347-359.
- [33] 胡波,李壮. 国外弹道导弹突防的关键技术与发展[J]. *战术导弹技术*, 2010(2):124-128.
- [34] Scott, Richard. Leading Astray: Soft Kill Evolves to Counter New Anti-Ship Threats [J]. *Jane's International Defense Review*. Jan.2012, Vol.45, p44-49.
- [35] 郑安云,郑桐林. 近海作战与反舰导弹对陆攻击技术发展[J]. *飞航导弹*, 2006(8):18-25.
- [36] 徐松林,姚江涛. 国外海基反舰导弹战斗部现状及展望[J]. *国防科技*, 2011(5):31-34.