

文章编号: 1672-5913(2014)19-0077-03

中图分类号: G642

探索神经网络深度学习的教学

李睿凡^{1,2}, 王小捷^{1,2}, 钟义信¹

(1. 北京邮电大学 计算机学院, 北京 100876; 2. 北京邮电大学 教育部信息网络工程研究中心, 北京 100876)

摘要:深度学习是智能科学与技术领域最新的一个突破性进展, 将深度学习的基本概念、模型、方法等引入智能科学与技术课程已经迫在眉睫。文章探讨如何在本科生与研究生课程中有效开展深度学习教学, 将智能领域这一最新研究成果介绍给极具创新精神的本科生和研究生群体, 以期能够较早地接触到学科前沿, 提升对于智能科学与技术的学科兴趣, 激发创新精神。

关键词:智能科学与技术; 深度学习; 教学建议

0 引言

智能科学与技术的主要专业课程包括机器智能、模式分析、机器学习、数据挖掘等课程, 课程内容大多来自国内外的一些经典教材。从该学科的发展速度看, 虽然专业课程的教材内容更新已经非常迅速, 但是我们仍然不得不感叹智能科学与技术学科的迅速发展, 这不断给从事智能科学与技术一线教学工作的教师提出挑战^[1]。

神经网络深度学习是智能科学与技术最新、最热的进展之一, 其出发点是构造具有超越典型两层结构的神经网络。自 2006 年神经网络领域大师、加拿大多伦多大学的 Geoffrey Hinton 教授在美国《科学》杂志上发表深度学习里程碑的题为 *Reducing the Dimensionality of Data with Neural Networks*^[2] 论文以来, 深度学习取得突破性进展, 注定影响我们这一代从事智能科学与技术教学和科研工作的教师^[3]。我们更应该抓住机遇, 迎接挑战, 推进这一智能领域的新发展。

北京邮电大学计算机学院设有智能科学与技术的本科专业以及相应硕士和博士专业, 另外笔者从事深度学习的研究工作, 同时承担本科生和研究生智能类课程的教学工作。在 2013 年, 笔者已经在文献 [4] 中提出将深度学习这一最新成果引入智能科学与技术类专业课教学的建议, 包括其必要性和可行性以及初步的实施建议。

1 深度学习背景

深度学习的基本出发点是构造并实现具有多层结构的可学习神经网络, 这一动机有着很深的历史渊源。20 世纪 80 年代初, 以多层感知器及反向传播算法为突破点, 神经网络研究者看到神经网络的巨大应用潜力。虽然从生物神经网络和认知神经学的研究成果看, 试图构造具有超越两层结构的多层神经结构是必然的, 但是大部分以失败而告终, 其中有历史的局限性和认识的局限性。当时, 计算硬件速度和硬件储存设备的发展水平不高, 构造大规模神经网络并进行有效的训练非常困难。同时, 对于反向传播算法和多层神经网络训练的难点在认识上有偏差。直至 2006 年, Hinton 教授和他的博士生 Salakhutdinov 提出采用受限玻尔兹曼机的逐层无监督预训练后, 再采用传统反向传播算法训练多层神经网络的有效方法, 而这成为深度学习研究的一个导火索, 迅速引发了一系列深度学习理论与应用研究工作的开展。

从质疑到毋庸置疑是深度学习发展史上的一个重要特点。深度学习自 2006 年由 Hinton 教授提出后, 受到来自美国加州大学伯克利分校的计算机视觉领域大师 Jitendra Malik 教授的挑战。虽然深度学习在 MINIST 的手写数字识别任务上打破了当时评测记录, 但是对于深度学习大规模

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金项目 (2013RC0304)。

第一作者简介: 李睿凡, 男, 讲师, 研究方向为多模态智能信息处理与深度学习, rli@bupt.edu.cn。

视觉识别问题的表现还一无所知。Hinton 教授的团队欣然应对挑战, 参加 2012 年美国斯坦福大学 Fei-Fei Li 教授等组织的 ImageNet ILSVRC 大规模图像识别评测任务。该任务包括 120 万张高分辨率图片, 分类数为 1 000 个类比。Hinton 教授团队采用 7 层卷积神经网络的结构, 取得惊人突破, 将识别错误率从 26.2% 降低到 15.3%^[5]。毫无疑问, 深度学习的这一表现必将载入史册, 从这一刻起, 那些深度学习应用效果的怀疑论者不得不正视深度学习确实是一把利剑这样一个事实。

学术上, 深度学习的研究从神经网络领域传播到众多领域, 包括国际机器学习大会 (ICML)、神经信息处理大会 (NIPS)、计算机视觉大会 (ICCV)、声学语音与信号处理大会 (ICASSP)、计算语言学大会 (ACL)、计算机视觉与模式识别 (CVPR)、多媒体大会 (MM) 等有深度学习的主题会议及研讨会。在国内, 2013 年 6 月的《程序员杂志》专访 3 名国内机器学习领域专家, 即南京大学教授周志华、华为技术有限公司诺亚方舟实验室首席研究员李航、清华大学副研究员朱军, 讨论他们关于深度学习研究的看法。他们一致肯定深度学习在机器学习领域的贡献并寄予长远期望。2014 年在北京举行的 ICML 大会上, 除了 Hinton 之外, 深度学习的另一位领军人物 Yoshua Bengio 和其他领域的几位研究者进行了以深度学习为题的小组讨论会。

工业界对深度学习的应用非常感兴趣。2012 年 11 月, 微软公司在天津公开演示一个全自动的同声传译系统, 其关键支撑技术也是深度学习; 2013 年 1 月, 百度公司首席执行官李彦宏先生宣布建立深度学习研究院 (Institute of Deep Learning); 2013 年 3 月, 谷歌公司收购由深度学习创始人 Geoffrey Hinton 创立的公司; 2013 年 12 月, Facebook 公司成立人工智能实验室, 任命纽约大学深度学习领军人物 LeCun Yann 教授为主任; 2014 年 1 月, 谷歌公司以 4 亿美金收购深度学习创业公司 DeepMind Technologies; 2014 年 5 月, 百度宣布任命“Google 大脑之父”Andrew Ng 为百度研究院首席科学家。从学术界与工业界对深度学习的兴趣看, 深度学习已经成为机器学习与模式识别乃至智能领域的研究热点。

2 教学建议

深度学习内容广泛, 教师必须充分考虑学生的知识背景和学习特点等, 同时结合自身特点和

兴趣有针对性地选取相应教学内容。此外, 教师还必须对本科生和研究生神经网络深度学习的教学进行区分, 才能达到应有的学习效果。

2.1 本科生

针对本科生, 神经网络深度学习的教学目标是使学生理解深度学习的基本出发点, 掌握深度学习的最基本内容和初步应用, 理解深度学习如何成为智能科学与技术的突破, 激发学生对神经网络深度学习的研究产生浓厚兴趣。基于以上目标, 我们建议无需单独开设神经网络深度学习课程, 而是在高年级本科生的智能类课程中加入若干教学单元。通常, 高年级的专业课时数有限 (通常为 32~36 学时), 我们建议可以设置 4~6 学时的深度学习教学环节。

基于以上考虑, 教学内容主要包括两个主要部分: 多层感知器和经典后传算法, 自编码器与无监督的特征学习。具体地, 我们可以先讲解单个神经单元模型和学习算法及其表示能力的局限性, 然后引出多层感知器的神经网络模型和经典的后传学习算法。在第 2 个单元, 我们引入无监督特征学习的概念、自动编码器的神经网络模型和学习算法, 让学生理解自动编码器和主成分分析方法的关系, 用于深度神经网络模型参数的初始化, 整体调整权值过程, 理解深度学习与表示学习的关系。作为补充, 如果时间容许, 教师在第 3 个单元可以安排讲解受限玻尔兹曼机随机模型和随机学习算法, 特别是随机近似的对比散度算法以及受限玻尔兹曼机用于深度神经网络的学习过程。最后, 作为实际应用的例子, 教师可以将这些深度神经网络模型用于手写体数字识别的任务中。同时, 可以对比使用多层感知器的后传算法, 请学生编写相应程序, 撰写实验报告。

总体而言, 需要学生通过以上内容掌握神经网络深度学习的基本内容, 以此为基础, 进一步让学生思考如何从生物神经网络与人类认知的角度认识深层神经网络的必要性, 如何构建和学习深层学习网络, 如何将深层结构用于视觉、语音、语言的应用问题解决, 如何看待深度学习与原有机器学习方法如流形学习、概率图模型、能量模型的直接关系以及深度学习与其他学科的关系等。根据上述问题, 教师适度引导学生思考和查阅文献资料, 从而激发学生对于深度学习的兴趣。

2.2 研究生

在研究生教学上, 我们必须考虑一些问题,

如可以开设较为独立的神经网络课程和以专题方式开展的教学课程。研究生的生源面较宽,有不少学生来自非计算机专业,甚至没有接触过智能科学与技术。研究生特别是博士生阶段是从知识学习转变到知识创造的过程,因此我们设立研究生深度学习专题类课程的目标是使学生理解深度学习的基本出发点,掌握深度学习的主要内容和某个领域的典型应用,激发学生对神经网络深度学习的研究产生浓厚兴趣并在自己感兴趣的领域提出研究建议书,完成研究内容,撰写研究报告。

基于以上目标,区别于本科生的教学安排,我们针对研究生教育的特点,建议研究生课程(以36学时为例)主要内容包括神经网络与机器学习基础知识、深度神经网络基础、深度神经网络论文阅读列表3部分。具体地,神经网络与机器学习基础知识部分(2学时)主要让学生从零起点顺利过渡到这门课程;教师讲解机器学习的主要目标和线性分类器、主成分分析和线性判别分析、神经网络基本单元等内容。第2部分讲解本科生教学安排中的内容(6学时);第3部分,学生阅读讲解论文部分。对于第3部分的学生阅读讲解论文部分,我们将它再进一步划分为4个单元,主题内容主要包括受限玻尔兹曼机及其扩展、自动编码器及其扩展、深层结构模型、计算机视觉、语音与语言处理的典型应用等。因不同的研究与教学兴趣差异,我们没有给出每个单元细节的论文列表,这给教学同行留出更多的空间。

除教学环节外,我们还在研究生的教学过程强调学以致用,这里包括两方面内容。一个是实验项目,主要包括深度学习的基本模型、自动编码器和受限玻尔兹曼机模型和训练算法的实验、深度神经网络模型与训练算法的实验,更为重要的是如何将学习到的神经网络深度学习方法用于解决可能的问题,我们的做法是在第1和第2部分讲解完成后提出研究建议。具体地,将2~3名学生组成一个小组,给他们一段时间,请他们自

己提出可能的讲解问题,通过与教师进行沟通,学生小组确定一个研究主题,写出研究建议书,在后续时间完成研究,写出研究报告并在课程的最后若干学时分组汇报研究情况。

教师还需要注意提高学生的学习研究主动性。当前的信息资讯非常发达,有相当多的资料可以从网上等多种途径获得,这也使得学习深度学习更为容易。例如,学生容易获得在背景一节中提到的各大顶级会议教程;近期中国计算机学会主办的几期技术讲座中有涉及深度学习的部分;深度学习创始人Hinton教授的主页有丰富的资料;Coursera网站提供Hinton教授讲授的免费神经网络课程;斯坦福大学的Andrew Ng教授提供的在线教程也是非常好的资料;蒙特利尔大学Bengio教授的论文Learning Deep Architectures for AI^[6]是这方面很好入门资料,这些都可以充分调动学生的主动性,大幅提升整个教学质量。

总而言之,通过在教学中开展课堂教学、编程实践、项目研究3个主要环节,学生能够掌握神经网络深度学习主要内容,进一步理解深度学习的研究动机,学会如何将深度学习结构用于解决视觉、语音、语言等应用问题,从较深层次上思考如何构建和学习深度学习网络,思考这些模型与流形学习、概率图模型、能量模型等传统机器学习模型的关系。这些教学内容有助于学生从单纯的知识学习转变到创新意识的提高。

3 结 语

我们探讨如何在本科生与研究生课程中有效地开展深度学习的教学,包括教学中的指导思想、内容组织、教学方法等方面,期望学生能够较早地接触到这一学科前沿,提升他们对于智能科学与技术的学科兴趣,激发他们的创新精神。深度学习还处于高速发展阶段,还不成熟,有不少内容仍存在争议,笔者期望所做研究能引起同行共鸣,抛砖引玉,起到共同推进深度学习教学工作的作用。

参考文献:

- [1] 钟义信. 高等人工智能: 人工智能理论的新阶段[J]. 计算机教育, 2012(18): 6-11.
- [2] Hinton G, Salakhutdinov R. Reducing the dimensionality of data with neural networks[J]. Science, 2006, 313(5786): 504-507.
- [3] Arel I, Rose D C, Karnowski T P. Deep machine learning: a new frontier in artificial intelligence research[J]. IEEE Computational Intelligence Magazine, 2010, 5(4), 13-18.
- [4] 李睿凡, 王小捷, 钟义信. 引入深度学习的人工智能类课程[J]. 计算机教育, 2013(19): 61-64.
- [5] Krizhevsky A, Sutskever I, Hinton G. ImageNet classification with deep convolutional neural networks[C]//Advances in Neural Information Processing Systems. Lake Tahoe: Neural Information Processing Systems (NIPS) Foundation, 2012: 1106-1114.
- [6] Bengio Y. Learning deep architectures for AI[J]. Foundations and Trends® in Machine Learning, 2009, 2(1): 1-127.

(编辑: 宋文婷)