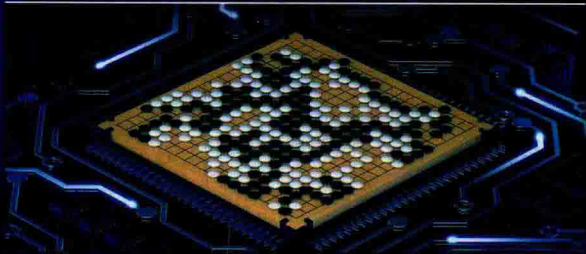


AlphaGo如何能战胜顶级围棋选手，本书将给你揭开神秘的面纱



AlphaGo

如何战胜人类围棋大师

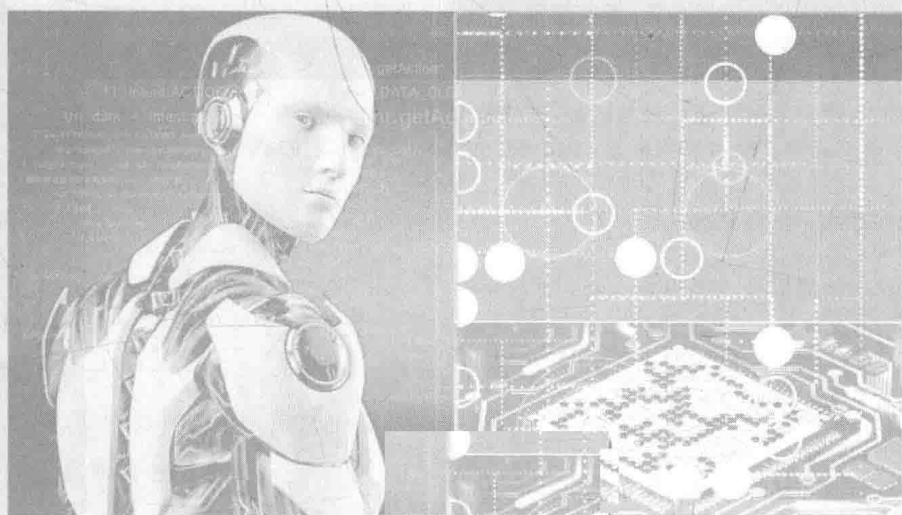
智能硬件TensorFlow实践

- ◆ 本书理论与实践结合，带领你动手学习和了解最热门的人工智能技术
- ◆ 通过深度学习TensorFlow工具的实践，处理真实世界的人机交互问题
- ◆ 本书带你快速入门人工智能技术，通过实例说明让硬件如何“智能化”

陈震 郑文勋◎编著

清华大学出版社





AlphaGo

如何战胜人类围棋大师

智能硬件TensorFlow实践

陈震 郑文勋◎编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书主要阐述了当前机器智能的热点技术——深度学习和强化学习技术的原理。在此基础上,介绍 AlphaGo 结合深度学习和强化学习技术,如何战胜人类围棋大师的原理。接下来,将深度学习的理论转化为实践,给出如何通过掌握 TensorFlow 和 Keras 深度学习框架,制作声控智能硬件的例子,同时给出机器视觉的对象检测案例,指导读者逐步学习使用深度学习技术。

本书的主要特点是实践操作,用实用可运行的案例来上手。本书可作为实践入门指导书,适用于对机器智能有兴趣的高年级本科生,也适合于对机器智能有兴趣的人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

AlphaGo 如何战胜人类围棋大师:智能硬件 TensorFlow 实践/陈震等编著. —北京:清华大学出版社,2018

ISBN 978-7-302-49270-2

I. ①A… II. ①陈… III. ①人工智能—算法—研究 IV. ①TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 003476 号

责任编辑:白立军

封面设计:杨玉兰

责任校对:梁毅

责任印制:沈露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印装者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×230mm

印 张:8.25

字 数:

版 次:2018 年 7 月第 1 版

印 次:2018 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.00 元



产品编号:075982-01



信息技术日新月异,机器智能更是一个快速发展的领域,其所引发的社会变化和带来的社会影响也是巨大的。围绕这一领域的热点技术,如深度学习和强化学习,涉及一些基础数学知识,包括微积分、线性代数和优化理论等。机器智能作为计算机科学的一个应用,虽然涉及计算机体系结构、分布式系统、软硬件协同设计、算法与数据管理等诸多计算机理论知识,但其核心内容还是算法与数据。

AlphaGo 战胜人类围棋大师,其实就是人类所创造的智能工具能力的胜利,是科学理性的胜利。AlphaGo 的成功,证明了基于深度强化学习和蒙特卡洛树搜索方法的机器智能,在很多规则清晰的场景下完全可以比人类做得更好。

机器智能的领域不断扩大,遇到的问题也越来越多,需要人们不断创新,不断深入探究。近些年来的教学实践表明,对于一个新的知识领域,在具备一定的基础知识后,本科生完全有能力投入这一领域前沿技术的研究工作中。本书的目的就是要通过系统整理机器智能领域知识点,帮助本科同学迅速了解全貌,从而快速深入技术细节,为进一步的科研工作打下基础。

大凡与机器智能相关的技术,都需要训练有素的头脑,快速分析问题与解决问题的能力。所以,本科同学要想进入这个领域,除了解、掌握本书中的知识和实践操作外,还需要不断地训练自己思考问题和解决问题的能力。

本书的编写离不开清华大学 iCenter 智能系统实验室教师团队的协助,他们是马晓东、章屹松、王蓓和高英。本书在本科生课程“大数据智能”与“智



能硬件”的实践教学中,根据反馈意见已经做了多次修订。实验室学生郑文勋、王亦凡、常嘉辉、吴垠璿、冯杰、宋丹丹、钱鹏等多次担任课程或单元的助教,为本书的完善做出很大贡献。实验室 SRT 学生的多次学术活动,也为本书提供了有益的参考资料。

同时,我们也得到微软公司 ETG 团队的大力支持,他们是杨滔、章艳、刘士君、闫伟。微软公司除了提供云计算与机器学习服务支持外,还连续三届为清华 iCenter——人工智能挑战赛提供了支持,极大方便了我们的课程教学和实验工作。

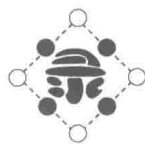
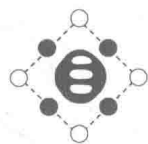
最后,感谢所有参与我们课程及挑战单元亲爱的同学们。他们朝气蓬勃,锐意进取,对未知领域充满好奇并进行着不知疲倦的探索。我们坚信,他们是学术和产业的希望及未来。

书中代码可从清华大学出版社网站 www.tup.com.cn 下载。

作者

2018 年 1 月





第1章 机器智能的发展 1

1.1 机器智能	1
1.1.1 机器智能的定义	1
1.1.2 机器智能的分类	1
1.2 深度学习	2
1.2.1 机器智能的神经网络方法	2
1.2.2 人工神经元与人工神经网络	3
1.2.3 神经网络的复兴	4
1.3 机器学习	5
1.3.1 机器学习的基本原理	5
1.3.2 机器学习泛化能力	6
1.3.3 大数据是深度学习的基础	6
参考文献	7

第2章 深度学习 8

2.1 深度学习的原理	8
2.1.1 人工神经元	8
2.1.2 多层人工神经网络	10
2.1.3 神经网络训练	11



2.2	典型的神经网络架构	15
2.2.1	卷积神经网络	15
2.2.2	循环神经网络	17
2.2.3	长短时记忆循环网络	18
2.2.4	门控循环单元循环网络	19
2.3	机器感知	21
2.3.1	语音识别	21
2.3.2	计算机视觉	25
2.4	深度学习实践	26
2.4.1	建模工具	26
2.4.2	软硬件工具	26
2.5	小结	28
	参考文献	28

第3章 强化学习

30

3.1	强化学习基础	30
3.1.1	强化学习概述	30
3.1.2	深度强化学习	32
3.1.3	强化学习框架	35
3.2	计算机围棋	36
3.2.1	围棋游戏	36
3.2.2	蒙特卡洛树搜索	37
3.2.3	基于卷积网络的围棋程序	43
3.3	阿尔法围棋的原理	43
3.3.1	阿尔法围棋团队	44
3.3.2	深度卷积网络	44
3.3.3	结合策略网络和价值网络的蒙特卡洛树搜索	46
3.3.4	阿尔法围棋技术总结	48
3.4	小结	49

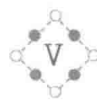
参考文献	49
------------	----

第 4 章 TensorFlow 简介 51

4.1 TensorFlow	51
4.2 TensorFlow 使用	53
4.2.1 TensorFlow 起步	53
4.2.2 Tensor Flow 数据的结构	53
4.2.3 TensorFlow 的工作流程	54
4.3 Tensor 运算	54
4.4 导入实验数据	55
4.4.1 NumpyArray 方法	56
4.4.2 TensorFlow 组件方法	57
4.4.3 TensorFlow 示例	58
4.5 TensorBoard 示例	59
4.6 小结	61
参考文献	61

第 5 章 Keras 简介 62

5.1 Keras	62
5.2 Keras 组织结构	63
5.2.1 Models	63
5.2.2 Core Layers	63
5.2.3 Layers	63
5.2.4 Activations	63
5.2.5 Optimizers	64
5.3 Keras 实践	64
5.3.1 Keras 安装	64
5.3.2 Keras 使用	65
5.4 小结	66



参考文献	66
------------	----

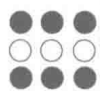
第6章 声控智能1——预处理与训练 67

6.1 声控智能	67
6.1.1 语音指令	67
6.1.2 语音时频谱图	68
6.1.3 语音文件录音	68
6.2 实验过程	69
6.2.1 语音数据预处理	69
6.2.2 语音识别网络	70
6.2.3 TensorFlow/Keras 的使用	73
6.3 小结	76
参考文献	77

第7章 声控智能2——部署 78

7.1 网站端——在线推断	78
7.1.1 云知音网站功能	78
7.1.2 Flask 网站搭建	79
7.1.3 Flask+Keras 实现	80
7.2 移动端——离线推断	81
7.2.1 移动端的网络模型文件	81
7.2.2 安卓平台的 TensorFlow 库生成	85
7.2.3 安卓应用的 TensorFlow 库调用	88
7.2.4 安卓应用的录音功能调用	89
7.2.5 快速集成开发	91
7.3 小结	93
参考文献	94

第 8 章 PYNQ 语音识别	95
8.1 PYNQ	95
8.1.1 PYNQ 简介	95
8.1.2 PYNQ-Z1 开发板	95
8.1.3 Jupyter Notebook	97
8.2 实验设计	97
8.2.1 PYNQ 设置	97
8.2.2 服务器端设置	99
8.3 实验过程	101
8.3.1 AudioInput	101
8.3.2 传送云端	105
参考文献	106
第 9 章 TX1 视觉对象检测	107
9.1 英伟达 Jetson TX1	107
9.2 YOLO 算法	107
9.2.1 YOLO 算法	107
9.2.2 YOLOv2 算法	110
9.2.3 YOLO 的 TX1 实践	112
9.3 SSD 算法	113
9.3.1 SSD 算法介绍	113
9.3.2 SSD 的 TX1 实践	113
参考文献	115
后记	116
附录 A Python 和 TensorFlow 操作基础	117
A.1 Python 实践基础	117
A.2 TensorFlow 实践基础	120



第 1 章

机器智能的发展

1.1 机器智能

1.1.1 机器智能的定义

通俗地说,机器智能就是用机器(如计算机)完成人类需要用大脑完成的任务,代替人脑的工作,例如下棋、开车、阅读理解等。

机器智能是指计算机系统体现的智能的能力,如从听、说、读、写到搜索、推理、决策和回答问题等,同时也指如何设计实现计算机系统和软件,使其具有智能的行为。

1.1.2 机器智能的分类

目前,机器智能一般分为机器感知和机器认知两个层面,如图 1-1 所示。

机器感知:包括语音识别、视觉识别、运动控制和眼手协同等。

机器认知:包括机器学习、自动推理、人工意识和知识表示等。

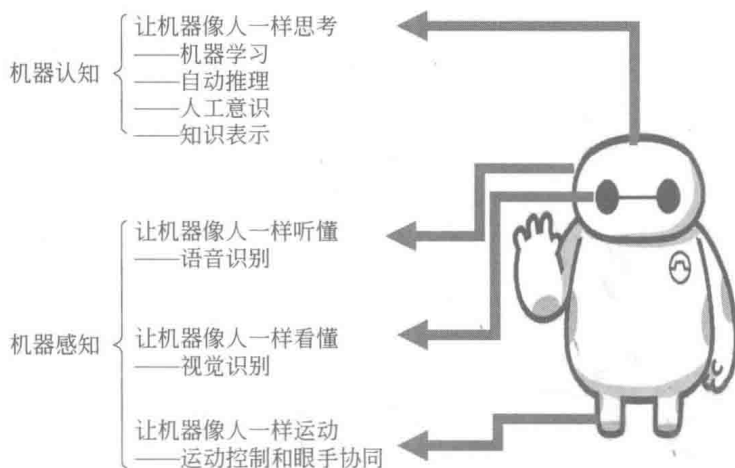


图 1-1 机器智能示意图

1.2 深度学习

1.2.1 机器智能的神经网络方法

人脑含有约 860 亿个神经元,还有大致 850 亿个非神经细胞。在大脑皮层(Cortex)约有 160 亿个神经元,小脑有 690 亿个神经元。人脑的神经元一般只与周围几千个神经元相连接,彼此能够传导电信号。

要让机器代替人脑工作,最直观的方法就是用机器来模拟人脑的工作行为。但是要模拟这些人脑工作的原理有难度。

首先,人脑作为一个系统,太复杂,涉及生物学、生理学、化学等学科知识;其次,至今人们还未彻底理解人脑的各个功能的工作机理。当然,确实有研究人员是沿着这个思路去实现机器智能的。

那是否还有别的思路呢? 其实思路也挺多的,这里有一种称为人工神经网络(Artificial Neural Networks)的方法,最近在实践中被证明是有效的方法。这种方法又称为连接主义(Connectionism),其核心思想是通过大量简单计算单元连接起来的网络来实现复杂的智能行为。

这种方法首先是用数学方法来抽象出单个神经元(Neuron)的功能,构建出单个人工

神经元的模型。其次,在单个神经元建模的基础上,参考人脑中神经元的连接方式,构建人工神经网络。最后,通过输入数据样本给神经网络训练,调整神经网络的参数,使其完成具有某些智能的任务(如眼睛看、耳朵听等)。

1.2.2 人工神经元与人工神经网络

对于单个神经元的活动原理,目前已经有比较深入的研究。不论何种神经元,从功能上可以分为接收区域(Receptive Zone)、触发区域(Trigger Zone)、传导区域(Conducting Zone)和输出区域(Output Zone)。

这里给出人工神经元的数学抽象模型,也称为逻辑斯提回归单元(Logistics Regression Unit)。人工神经元模型如图 1-2 所示,这种结构又称为 McCulloch-Pitts 神经元。它将 n 个输入加权求和后,经过变换 $f(x)$ 输出。逻辑斯提回归单元的 $f()$ 函数就是逻辑斯提函数(Logistics Function)。

将这些单个人工神经元联网,形成复杂的人工神经网络结构,并可以不断扩大网络的层数(又称为深度)和人工神经元的数目,如图 1-3 所示。

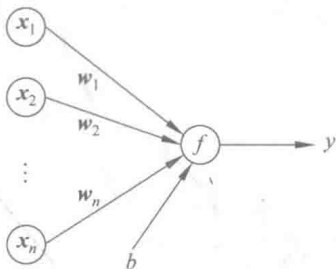


图 1-2 人工神经元模型

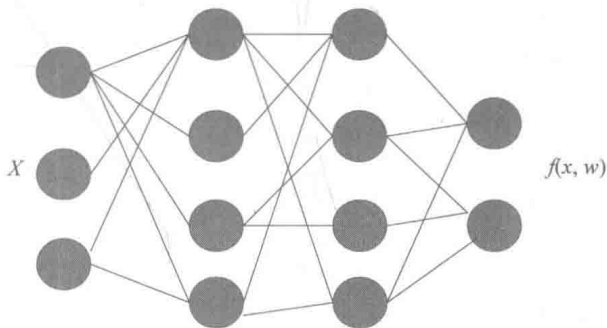


图 1-3 多层神经网络

以上架构人工智能的神经网络方法,就是典型的连接主义的方法,现在称为深度学习的方法,在有大量的训练数据和超大计算能力的情况下,在工业实践中被证明是有效的。

这里需要注意:深度学习使用的神经网络,本质上是一个函数变换的数学模型,和生物中的神经元与神经网络已经没有什么关系了。

基于人工神经网络的人工智能技术的发展,并非一帆风顺。过去经历了两次高潮和



两次低谷。

随着 1957 年罗森布赖特提出了感知机(Perceptron)的概念,掀起了第一次人工神经网络的热潮。由于受当时计算机的计算能力限制,20 世纪 70 年代进入了低谷。

1986 年,随着霍普菲尔德神经网络与 BP 算法的提出,掀起了第二次人工神经网络的热潮。这次由于人工智能计算机的研制失败,20 世纪 90 年代再次进入了低谷。

2006 年,多伦多大学的 Geoffrey Hinton 提出了深度神经网络和训练方法。

2011 年,深度神经网络在 TIMIT 语音识别上实现了突破。

2013 年,深度神经网络在图像识别上取得了重大进展。

2013 年,深度学习被列为《麻省理工学院技术评论》的十大突破性技术之首。

目前,人工神经网络正进入第三次热潮。回顾过去,人们发现主要原因是当时的计算机的计算能力不够,用于训练的数据样本量不足,造成期望与实际效果之间有较大差别。随着计算硬件技术的进步,云计算和网络所支持的计算能力的大规模提升,再加上基于大数据的机器学习的算法进步,基于神经网络的人工智能方法得到复兴。

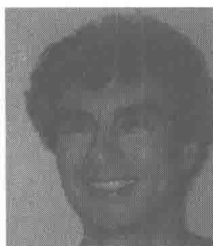
1.2.3 神经网络的复兴

深度学习(Deep Learning)是深度神经网络(Deep Neural Networks)的另一个名称。深度学习的核心是深度神经网络的设计与训练,采用层级更深、参数规模更大的神经网络。

深度神经网络的兴起在于三位领军人物的不懈追求。他们是 Geoffrey Hinton(多伦多大学教授)、Yoshua Bengio(蒙特利尔大学教授)和 Yann LeCun(纽约大学教授),见图 1-4。Geoffrey Hinton 参与提出了反向传播算法 BP,Yoshua Bengio 提出了 Autoencoder 和机



(a) Geoffrey Hinton



(b) Yoshua Bengio



(c) Yann LeCun

图 1-4 三位领军人物

器翻译的 GRU 等方法, Yann LeCun 提出了用卷积网络识别手写体的方法。

这次深度学习普及的引发点始于 2012 年, 由 Geoffrey Hinton 指导博士生 Alex Krizhevsky 和 Ilya Sutskever 采用深度卷积网络(AlexNet), 在 ILSVRC-2012 图像分类(Image Classification)挑战赛的突破性的成绩, 使准确率大幅度提升。

1.3 机器学习

1.3.1 机器学习的基本原理

深度神经网络是机器学习(Machine Learning)的一个分支。为了深入理解深度学习, 我们有必要对机器学习的背景进行介绍。

机器学习的一个基本定义: 给定一个计算机任务 T 和一个对任务 T 的性能度量 P , 在给出经验集 E 的前提下, 计算机任务 T 在性能度量 P 上有所提升。这个利用经验集 E 提升任务 T 的性能 P 的方法就是机器学习。

一般机器学习的原理如图 1-5 所示。机器学习是用数据训练模型, 用模型进行预测, 根据反馈产生数据, 更新模型和数据。所以, 机器学习包括数据、模型与算法 3 个方面。

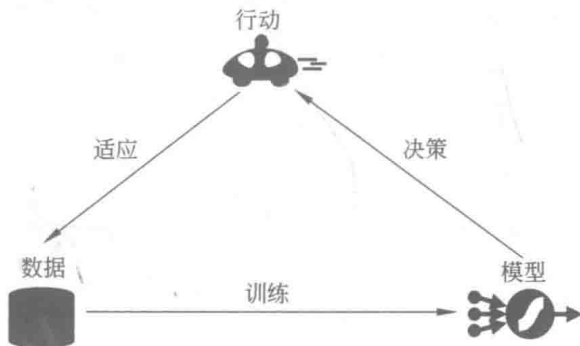


图 1-5 机器学习的原理

自 2012 年以来, 基于深度学习的图像分类方法 AlexNet 在 ILSVRC 2012 比赛中的突破性表现, 引起了各方关注, 使人工智能得到新的发展。

在过去的几年里, 深度学习在解决语音识别与图像处理等机器感知问题方面, 表现优越, 甚至超过人类的水平。目前, 深度学习还在尝试解决自然语言理解、推理、注意和

记忆(RAM)等机器认知相关的问题。

现在的业界认为实现通用人工智能(强人工智能)的一种途径是深度学习和深度增强学习。

1.3.2 机器学习泛化能力

广义上讲,机器学习的成功依赖于它的泛化能力(Generalization)。通过在训练数据上的学习,然后能够推广到新的数据集上的能力称为泛化。

泛化后与正确的分类结果产生的误差称为泛化误差(Generalization Error,GE)。用数学公式表示为

$$GE = AE + EE + OE$$

其中,逼近误差(Approximation Error,AE)是指由于模型规模方面而产生的误差,要想减少这部分误差,需要扩大模型规模。

估计误差(Estimation Error,EE)是指由于数据集规模而产生的误差,要想减少这部分误差,需要增加可用数据的规模。

优化误差(Optimization Error,OE)是指由于算法设计而产生的误差,要降低这部分误差,需要设计更优的算法。

1.3.3 大数据是深度学习的基础

传统机器学习方法主要涉及数据、模型和算法 3 个方面。传统机器学习方法多采用手工或人为的特征选取,随着训练数据规模的提高,这种方法的提升效果就不明显了。而以深度学习为代表的方法,随着训练数据规模的扩大,提升效果显著,大大超过了传统机器学习方法。这种差异在语音识别、图像分类等机器感知类的任务上的体现尤其显著,如图 1-6 所示。

神经网络通过扩展网络结构的深度,扩大规模,甚至可以不断扩展下去,而且扩展之后所带来的效果是稳步提升的。通过规模的扩展,或者是提升网络的深度,是改进深度学习效果的途径。

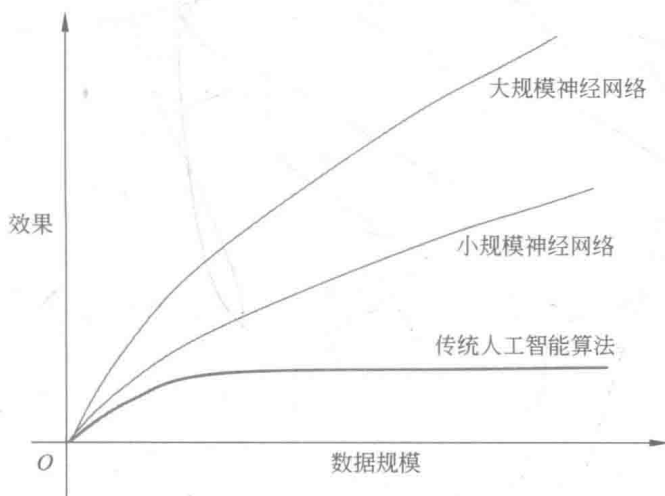


图 1-6 机器学习效果与数据规模之间的关系

参考文献

- [1] Human B[EB/OL]. <https://en.wikipedia.org/wiki/Brain>.
- [2] Deep Learning[EB/OL]. https://en.wikipedia.org/wiki/Deep_learning.
- [3] Li Deng. Deep Learning for AI-from Machine Perception to Machine Cognition[C]. Keynote ICASSP 2016.
- [4] Krizhevsky A, Sutskever I, Hinton G E. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks [C]//International Conference on Neural Information Processing Systems. Curran Associates Inc. 2012;1097-1105.
- [5] Silver D, Huang A, Maddison C J, et al. Mastering the game of Go with Deep Neural Networks and Tree Search[J]. Nature, 2016, 529(7587):484.
- [6] Temam O. The Rebirth of Neural Networks [C]//International Symposium on Computer Architecture. ACM, 2010;349-349.
- [7] Russakovsky O, Deng J, Su H, et al. ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge[J]. International Journal of Computer Vision, 2015, 115(3):211-252.
- [8] 李航. 统计学习方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2012.
- [9] 周志华. 机器学习[M]. 北京: 清华大学出版社, 2016.
- [10] McCulloch W S, Pitts W. A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity[J]. Bulletin of Mathematical Biophysics, 1943,5(13):115-133.
- [11] Ian Goodfellow, et al. Deep learning[M]. Cambridge: The MIT Press, 2016.