



赠送
100分钟的
配套
学习视频

TensorFlow+PyTorch 深度学习 从算法到实战

刘子瑛◎编著

一切以代码说话

本书的一切原理都有相应的代码实现。一时不能理解的原理，可以通过实践慢慢体会，能够让程序员以较低的成本迅速入门。

从现象到本质

世界上除了两种主流框架之外，还有微软的CNTK、亚马逊的MXNET、百度的PaddlePaddle等。其实它们本质趋同，有了本书学习的基础，希望读者能从更高维度思考框架背后的设计理念，有所取舍，而不沦为其奴仆。

5-4-6速成法

深度学习用到的数学知识很多，概念也很多，学习曲线很陡。但是，笔者还是从中抓住了一条主线——计算图模型。基于计算图模型，总结出了5-4-6速成法，通过5步，使用4种基本元素，组合6种基本网络结构，就能够写出功能非常强大的深度学习程序。

习

本书还讲解了深度学习的两个重要应用：如何自动调参和深度学习引发的强化学习。可以看到，编程变得越来越简单，但是系统变得越来越复杂。我们一方面要时刻关注它们的进展，另一方面手工写神经网络的基本功还不能丢。



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS



TensorFlow+PyTorch

深度学习 从算法到实战

刘子瑛◎编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书详尽介绍深度学习相关的基本原理与使用 TensorFlow、PyTorch 两大主流框架的开发基础知识和基本技术，并且展示了在图像识别与文本生成实际问题中的应用方法。同时考虑到程序员擅长 JavaScript 的人员比熟悉 Python 的人员更多的情况，特别增加了对于 TensorFlow.js 的介绍。初学者面对深度学习望而却步的主要原因是认为入门门槛太高，需要较多的算法基础训练。针对此问题，本书原创了 5-4-6 学习模型提纲挈领地降低学习曲线，并通过将知识点和难点分散到代码中的方式让读者以熟悉的方式迅速入门，并且为进一步学习打下坚实的基础。同时，本书也介绍了 AutoML 和深度强化学习等新技术，帮助读者开阔眼界。

本书内容翔实，讲解深入浅出，通俗易懂，配有大量的程序案例可供实操学习，既适合职场中经验丰富的开发人员学习，又可供计算机等相关专业的在校学生和其他科技人员参考，还可供算法理论相关的研究人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

TensorFlow+PyTorch 深度学习从算法到实战 / 刘子瑛编著. — 北京 : 北京大学出版社, 2019.8

ISBN 978-7-301-30581-2

I. ① T… II. ①刘… III. ①人工智能—算法②机器学习 IV. ① TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 129056 号

- 书 名** TensorFlow+PyTorch 深度学习从算法到实战
TensorFlow+PyTorch SHENDU XUEXI CONG SUANFA DAO SHIZHAN
- 著作责任者** 刘子瑛 编著
- 责任编辑** 吴晓月 王蒙蒙
- 标准书号** ISBN 978-7-301-30581-2
- 出版发行** 北京大学出版社
- 地 址** 北京市海淀区成府路 205 号 100871
- 网 址** <http://www.pup.cn> 新浪微博 : @ 北京大学出版社
- 电子信箱** pup7@pup.cn
- 电 话** 邮购部 010-62752015 发行部 010-62750672 编辑部 010-62570390
- 印 刷 者** 北京溢漾印刷有限公司
- 经 销 者** 新华书店
- 787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 23 印张 445 千字
- 2019 年 8 月第 1 版 2019 年 8 月第 1 次印刷
- 印 数** 1—4000 册
- 定 价** 89.00 元

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究

举报电话：010-62752024 电子信箱：fd@pup.pku.edu.cn

图书如有印装质量问题，请与出版部联系，电话：010-62756370

前言

人工智能经过三次低潮，终于开始进入井喷阶段。2017年，国家制定了《新一代人工智能发展规划》，将人工智能技术上升到国家战略高度，深度学习成为每位程序员的必备技能。但是，程序员普遍反映，深度学习门槛太高，理论体系复杂，就算学了也难以应用。

本书旨在解决上述问题，让程序员能快速掌握深度学习相关知识，并应用于实践中。笔者有十多年的开发经验，对深度学习知识的难点、痛点有深入的了解和研究。鉴于软件开发人员擅长阅读代码，本书将深度学习相关知识分散到 TensorFlow 和 PyTorch 的实际应用中，让大家不但能学到原理，而且可以应用到实际中。

如何培养更多人工智能人才，其实也是业界广泛关注的问题，Google、Facebook、微软等无不将此视为重要任务。Google 的 TensorFlow 一直在努力开发面向初学者的高层 API，并且将 Keras 吸收进了 TensorFlow。不仅如此，Google 还面向网页前端开发人员推出了更易用的 TensorFlow.js。与此同时，Facebook 在用 Lua 语言进行开发的 Torch 框架基础上，重新封装，推出了 PyTorch，提供了案例丰富的详细文档。本书充分吸取了以上这些产业界的最新成果，结合本书独创的 5-4-6 逻辑模型，期望初学者可以站在比较高的起点上学习。

◆ 本书特色

1. 这是一本能够让程序员以较低的成本迅速入门的书

与用大量篇幅讲解理论的书不同，本书的一切原理都有相应的代码实现。代码既可以帮助技术人员理解原理，又可以直接用于工作中。一时还不能理解的原理，可以在实践中慢慢体会和使用。

“一切以代码说话”的方式符合程序员的思维，正如程序员界的著名口号：Talk is cheap, show me the code。

2. 虽然面向入门者，但并未放低要求，同时适合初学者和希望能深入学习的读者

本书既有真实代码又有对应的理论部分，还有深度学习中的重要知识点。在内容较深入的章节中笔者列出了希望大家阅读的论文。

本书完全可以匹配每位读者自身的需求，自己来决定学到什么程度。如果只是想应用，

学习好本书中的代码开发方法，可以在学习的同时，参考官网上的 API 说明和网上的例程，就能直接使用深度学习来帮助提高工作效率。读者也可以顺着本书的线索深入学习相关论文，了解人工智能的最新进展。

3. 独有的多框架同时讲解方法，有助于从多角度学习到深度学习的精华

本书的主体部分同时讲解世界上最流行的两种开发框架：Google 的 TensorFlow 和 Facebook 的 PyTorch，同时还有一章介绍 TensorFlow.js。这样读者学到的知识是独立于框架之外的，将来即使换用其他框架也很容易上手。

除了用以上两种主流框架之外，还有用微软的 CNTK、亚马逊的 MXNet、百度的 PaddlePaddle 等框架实现的代码。学习了主流框架，其他的就可以触类旁通了。阅读本书，读者将拥有更强的能力站在各种框架的“肩上”。

◆ 本书内容及体系结构

第 1 章 30 分钟环境搭建速成

本书的定位决定了以实践贯穿始终的写作风格，而搭建环境是第一道关口。本章介绍使用第三方的 Conda 工具、直接使用 Python 语言和从源代码开始 3 种方式搭建算法运行的编程环境。

第 2 章 深度学习 5-4-6 速成法

与传统学习的四平八稳不同，本书在第 1 章就开始给读者一个图像识别的完整例子，并且将全书的主要知识点以 5-4-6 模型统领起来。本章就像一个全景地图一样，使读者在后续学习中清晰地知道处于知识海洋中的什么位置。

第 3 章 张量与计算图

深度学习与传统编程有所不同，相当于提供了一门全新的编程语言。本章主要介绍这门新编程语言的基本元素，如常量、变量、数据类型、流程控制等，为后面的学习打好基础。计算图这门语言与传统编程语言还是有一定区别的，建议读者不要完全用现有编程知识套用。

第 4 章 向量与矩阵

本章相当于其他语言中容器和数据结构的对应章节。与普通容器基本都是一维线性结构不同，机器学习中大量使用高维张量。张量的变形、拼接、切片都是在实际编程中常用的操作。尤其是高维操作不易理解，需要读者用心体会，因为在其他语言中很少用到二维

以上的数组，但是在深度学习中用 4 维张量是很平常的事情。

第 5 章 高级矩阵编程

从第 4 章的高维张量中脱离出来，本章只讲二维的矩阵。虽然维数降下来了，但是也并不轻松，因为这一章涉及很多线性代数和矩阵论的数学知识。后面的神经网络中要用到很多矩阵运算，虽然已经有了很好的封装，但是基础知识还是要学习扎实的。

第 6 章 优化方法

优化方法是训练人工神经网络的核心技术，虽然看起来是比较基础的领域，但是新的优化方法一直层出不穷，对于老方法的改进也一直在进行中。从本章开始，读者可以试着读论文，学习新技术了。

第 7 章 深度学习基础

虽然深度学习被传得神乎其神，但其实基础的神经网络只能处理一类问题，就是数据的分类问题。本章还介绍了深度学习的发展简史。

第 8 章 基础网络结构：卷积网络

虽然深度全连接网络也可以实现卷积网络的功能，但是卷积网络是更适合图像这样的二维表格式数据的利器。引爆深度学习潮流的 AlexNet 也是使用了卷积网络才达到的突破。

第 9 章 卷积网络图像处理进阶

本章简要介绍了 VGGNet、GoogLeNet 和 Resnet 等几种高级网络的简要原理。虽然它们更强大、更复杂，但它们所用的部件都是第 8 章介绍过的，只是有新的不同的组合方法。但是仅仅有高级网络还是不够的，本章还介绍了图像语义分割和人脸识别中真实使用的卷积网络，从而跟实际应用接上轨。

第 10 章 基础网络结构：循环神经网络

循环神经网络是一种特别适合处理文本的神经网络结构。本章由浅入深地介绍了像传统神经网络一样使用循环神经网络和采用隐藏状态的方式使用循环神经网络，为下一章在文本生成中应用循环神经网络打下良好基础。

第 11 章 RNN 在自然语言处理中的应用

循环神经网络 RNN 是专门用于处理文本序列信息的网络。本书用一章的篇幅介绍了应用 RNN 进行字符序列生成的实例，在网上风行的“机器写诗”就是用这个算法来实现的，还可以用来生成 Linux 内核代码等操作。

第 12 章 用 JavaScript 进行 TensorFlow 编程

截至上一章，深度学习的三大核心知识点已经全部介绍完毕。本章开始将这些知识应用于 2018 年年底新推出的 TensorFlow.js 框架。本章的意图并不是再学一个新框架，而是希望将其作为一道例题，为读者将来自学其他框架打下良好的基础。

第 13 章 高级编程

本章是锦上添花的一章，介绍了使用 GPU 加速来提高深度学习的训练速度，并且简单介绍了生成对抗网络的原理。

第 14 章 超越深度学习

本章介绍了深度学习的两个重要应用：一个是如何自动调参，另一个是深度学习引发的强化学习的革命。从案例中可以看到，编程变得越来越简单，但是系统变得越来越复杂。我们一方面要时刻关注它们的进展，另一方面手写神经网络的基本功还不能丢。

◆ 本书读者对象

- Python 程序员。
- 机器学习开发工程师。
- 人工智能研究人员。
- 各类与人工智能打交道的产品经理、运营人员。
- 互联网行业创业者。

◆ 赠送资源

本书为了便于读者学习，特整理了：①本书涉及的所有源代码；②一些相关技术的论文地址；③与书配套的 100 分钟学习视频。

注意：以上资源已上传到百度网盘，供读者下载。请读者关注封底“博雅读书社”微信公众号，找到“资源下载”栏目，根据提示获取。

目 录

绪论 程序员为什么要学习机器学习	1
0.1 工业革命级的技术红利	2
0.2 中美两国为机器学习作背书	3
0.3 从编程思维向数据思维的进化	5
第 1 章 30 分钟环境搭建速成	8
1.1 使用 Anaconda 搭建开发环境	9
1.1.1 Python 语言的优势	9
1.1.2 安装 Anaconda	9
1.1.3 在 Anaconad 环境下安装 TensorFlow	10
1.1.4 在 Anaconda 环境下安装 PyTorch	11
1.1.5 Anaconda 环境下安装 Keras	12
1.2 使用 Python 自带的开发环境	13
1.2.1 在 Mac OS 平台搭建深度学习开发环境	13
1.2.2 在 Linux 平台搭建深度学习开发环境	14
1.2.3 Windows 系统下使用 pip 搭建环境	15
1.2.4 通过 Virtualenv 来管理 Python 环境	16
1.2.5 依赖包简介	22
1.3 从源代码搭建开发环境	23
1.3.1 编译 TensorFlow	23
1.3.2 编译 PyTorch	29

第 2 章 深度学习 5-4-6 速成法33

2.1	计算图模型与计算框架	34
2.2	五步法构造基本模型	36
2.2.1	4 种基本元素	37
2.2.2	6 种基本层模型	37
2.2.3	过程化方法构造网络模型	38
2.2.4	函数式方法构造网络模型	39
2.2.5	模型的编译、训练、评估和预测	39
2.3	案例教程	40
2.3.1	解决实际问题三步法	41
2.3.2	独热 (one-hot) 编码	44
2.3.3	全连接神经网络编程	45
2.3.4	进化：卷积神经网络编程	51
2.4	5-4-6 速成法学习 PyTorch	57
2.4.1	PyTorch 的建模过程	57
2.4.2	训练和验证	57
2.4.3	进阶：PyTorch 卷积神经网络	62
2.5	5-4-6 速成法学习 TensorFlow	67
2.5.1	TensorFlow 的建模过程	68
2.5.2	TensorFlow 的训练、评估和预测	70
2.5.3	TensorFlow 的完整代码	71
2.6	在 TensorFlow 中使用 Keras	73
2.7	本章小结	74

第 3 章 张量与计算图76

3.1	0 维张量：标量	77
3.1.1	TensorFlow 的数据类型	77
3.1.2	PyTorch 的数据类型	79
3.1.3	标量算术运算	80

3.1.4	Tensor 与 NumPy 类型的转换	82
3.2	计算图与流程控制	84
3.2.1	静态计算图与 TensorFlow	84
3.2.2	动态计算图与 PyTorch 的流程控制	88
3.3	变量	90
3.3.1	TensorFlow 的占位符与变量	90
3.3.2	TensorFlow 变量的保存和加载	91
3.3.3	PyTorch 的变量	93

第 4 章 向量与矩阵 94

4.1	1 维张量：向量	95
4.1.1	快速生成向量的方法	95
4.1.2	向量的操作	96
4.1.3	向量计算	97
4.1.4	PyTorch 的其他向量操作	99
4.2	2 维张量：矩阵	99
4.2.1	矩阵初始化	99
4.2.2	矩阵的转置	103
4.2.3	矩阵运算	104
4.2.4	逆矩阵	107
4.2.5	PyTorch 的其他矩阵功能	108
4.3	n 维：张量	109
4.3.1	改变张量的形状	110
4.3.2	张量的拼接	111
4.3.3	读取某一维	126

第 5 章 高级矩阵编程 131

5.1	范数及其实现	132
5.1.1	欧几里得距离	132

5.1.2	范数的定义	132
5.1.3	范数的推广	133
5.2	迹运算	134
5.2.1	迹运算的定义	134
5.2.2	矩阵转置后迹不变	135
5.2.3	用迹运算定义 Frobenius 范数	136
5.3	矩阵分解	137
5.3.1	特征向量和特征值	137
5.3.2	特征分解	138
5.3.3	奇异值分解	139
5.3.4	Moore-Penrose 广义逆	142

第 6 章 优化方法.....144

6.1	梯度下降的基本原理	145
6.1.1	从画图说起	145
6.1.2	通过迭代求函数极值	147
6.1.3	梯度下降	148
6.2	高维条件下的梯度下降	151
6.2.1	进入第三维	152
6.2.2	高维引入的新问题	154
6.2.3	矩阵的梯度	155
6.3	PyTorch 和 TensorFlow 中的梯度计算	155
6.3.1	PyTorch 中的梯度	155
6.3.2	PyTorch 自动求导进阶：函数与自变量的解耦	157
6.3.3	TensorFlow 中的梯度	157
6.4	梯度下降案例教程	158
6.4.1	梯度下降在线性回归中的应用	158
6.4.2	PyTorch 中的梯度下降	161
6.4.3	模块化的 PyTorch 线性回归写法	163
6.5	优化方法进阶	164

6.5.1 随机梯度下降	164
6.5.2 优化方法进化之一：动量方法	164
6.5.3 优化方法进化之二：自适应方法	165
6.5.4 自适应与动量结合	167
6.5.5 优化方法小结	169

第 7 章 深度学习基础170

7.1 从回归到分类	171
7.1.1 值不重要，重要的是位置	171
7.1.2 二分类问题	172
7.2 深度学习简史	174
7.2.1 从机器学习流派说起	174
7.2.2 M-P 神经元模型	175
7.2.3 感知机	175
7.2.4 人工神经网络第二次高潮和低谷	176
7.2.5 深度学习时代	177

第 8 章 基础网络结构：卷积网络179

8.1 卷积的原理与计算	180
8.1.1 卷积原理	180
8.1.2 填充 Padding	183
8.1.3 步幅 Stride	184
8.1.4 卷积用 TensorFlow 实现	185
8.1.5 卷积的 PyTorch 实现	186
8.2 池化层	187
8.2.1 池化层原理	187
8.2.2 TensorFlow 池化层编程	188
8.2.3 PyTorch 池化层编程	189
8.2.4 平均池化	192

8.3	激活函数	193
8.3.1	ReLU	193
8.3.2	ReLU6	195
8.3.3	Leaky ReLU	195
8.3.4	ELU	196
8.3.5	SELU	197
8.3.6	PReLU	198
8.4	AlexNet	199
8.4.1	AlexNet 的网络结构初探	199
8.4.2	AlexNet 的创新点	202
8.4.3	AlexNet 的完整搭建	202
8.4.4	AlexNet 的演进	205

第 9 章 卷积网络图像处理进阶207

9.1	小卷积核改进 VGGNet	208
9.1.1	VGGNet 的原理	208
9.1.2	VGGNet-A 级网络	209
9.1.3	带 LRN 的 VGGNet-A 级网络	213
9.1.4	VGGNet-B 级网络	214
9.1.5	1*1 的卷积核的妙用	217
9.1.6	用数据来配置网络	219
9.2	GoogLeNet	220
9.2.1	Inception 的结构	221
9.2.2	GoogLeNet 的结构	222
9.2.3	Inception 的演进	223
9.3	残差网络	225
9.3.1	残差网络	226
9.3.2	DenseNet	228
9.4	目标检测	230
9.4.1	传统图像识别方法与 R-CNN 算法	231

9.4.2	第一次改进：空间金字塔池化卷积网络	232
9.4.3	第二次改进：不要支持向量机分类	232
9.4.4	第三次改进：区域提案网络	233
9.4.5	语义分割	233
9.5	人脸识别	234
9.5.1	P-Net	234
9.5.2	R-Net	235
9.5.3	O-Net	236

第 10 章 基础网络结构：循环神经网络239

10.1	循环神经网络原理	240
10.1.1	循环神经网络的结构	240
10.1.2	BPTT 算法及其挑战	243
10.2	实用循环神经网络：LSTM	243
10.2.1	LSTM 的原理	244
10.2.2	LSTM 编程	244
10.3	LSTM 案例教程	246
10.3.1	用 LSTM 来处理 MNIST 图像识别	246
10.3.2	用 LSTM 处理 MNIST 的完整代码	247
10.4	实用循环神经网络：GRU	250
10.4.1	GRU 原理	250
10.4.2	GRU 编程	250
10.5	双向循环神经网络	251
10.5.1	双向循环神经网络的搭建	252
10.5.2	双向神经网络的完整例程	253
10.6	将隐藏状态串联起来	254
10.6.1	带状态输入的模型	254
10.6.2	带状态输入的 MNIST 完整代码	257

第 11 章 RNN 在自然语言处理中的应用.....259

11.1 文本编码：从独热编码到词向量.....	260
11.2 Char-RNN 算法.....	261
11.2.1 Char-RNN 的概念.....	261
11.2.2 Char-RNN 的原理.....	262
11.2.3 向量编码.....	262
11.2.4 随机选取一段测试文本.....	263
11.3 Char-RNN 的训练.....	264
11.3.1 用于 Char-RNN 的 LSTM 网络.....	264
11.3.2 训练过程.....	265
11.4 Char-RNN 的预测推理.....	266
11.4.1 温度的作用.....	266
11.4.2 温度的计算.....	267
11.4.3 生成部分的完整代码.....	268
11.5 Char-RNN 完整模型.....	269

第 12 章 用 JavaScript 进行 TensorFlow 编程273

12.1 TensorFlow.js 的简介和安装.....	274
12.1.1 TensorFlow.js 的安装.....	274
12.1.2 编译 TensorFlow.js 源代码.....	276
12.1.3 运行第一个 TensorFlow.js 程序.....	277
12.1.4 TensorFlow.js 用 TypeScript 写成.....	278
12.2 TensorFlow.js 的张量操作.....	279
12.2.1 TensorFlow.js 的数据类型.....	279
12.2.2 TensorFlow.js 张量的初始化.....	281
12.2.3 TensorFlow.js 张量拼接.....	284
12.3 TensorFlow.js 的常用运算.....	288
12.3.1 算术运算.....	288
12.3.2 数学函数.....	290

12.3.3	矩阵运算	292
12.3.4	生成随机数	293
12.4	激活函数	296
12.4.1	sigmoid 和 tanh	296
12.4.2	ReLU 激活函数族	299
12.4.3	激活函数层的用法	302
12.5	TensorFlow.js 变量	302
12.6	TensorFlow.js 神经网络编程	303
12.6.1	卷积	304
12.6.2	池化层	307
12.7	TensorFlow.js 实现完整模型	308
12.8	TensorFlow.js 的后端接口	312

第 13 章 高级编程.....316

13.1	GPU 加速	317
13.1.1	PyTorch GPU 版的安装	317
13.1.2	TensorFlow GPU 版的安装	317
13.1.3	PyTorch 中使用 CUDA	317
13.1.4	PyTorch CUDA 内存管理	318
13.2	生成对抗网络	319
13.2.1	生成模型	319
13.2.2	生成对抗网络	322
13.3	Attention 机制	322
13.4	多任务学习	324

第 14 章 超越深度学习.....327

14.1	自动机器学习 AutoML	328
14.1.1	Auto-Sklearn 的安装	328
14.1.2	依赖库的简要介绍	330

14.1.3	Auto-Sklearn 编程	332
14.2	Autokeras	334
14.2.1	Autokeras 的安装	335
14.2.2	Autokeras 编程	339
14.3	Windows Subsystem for Linux	340
14.3.1	激活 WSL 功能	340
14.3.2	在微软商店中安装 Linux	341
14.3.3	在 WSL 中使用图形	343
14.4	强化学习	344
14.5	强化学习编程	347
14.5.1	Gym 和 Baselines 的安装	347
14.5.2	Baselines 编程	348
14.6	下一步的学习方法	351