

TensorFlow 与卷积神经网络

从算法入门到项目实战

华超◎编著

腾讯研究员，凝聚8年编程经验，
手把手教你学深度卷积神经网络！

- 内容全：** 包含高维Tensor函数、CNN算法及TensorFlow实战等众多知识
- 看得懂：** 透过110多张图示，让你快速理解算法原理
- 学得会：** 配有40多个视频课程，随时随地轻松学
- 用得着：** 包括中文手写识别、服务器移植、iOS移植及Android移植4个案例
- 有人帮：** 在读者交流QQ群里交流互动，有问必答



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

TensorFlow 与卷积神经网络

从算法入门到项目实战

华超◎编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书从 TensorFlow 基础讲起，逐步深入 TensorFlow 进阶实战，最后配合项目实战案例，重点介绍了使用 TensorFlow 库训练卷积神经网络模型并将其模型移植到服务器端、Android 端和 iOS 端的知识。读者不但可以系统地学习 TensorFlow 库的使用，还能加深对深度卷积神经网络的理解。

本书分为 4 篇，共 13 章，涵盖的主要内容有人工智能发展历程，TensorFlow 基础入门，高维 Tensor 对象的工具函数，前馈网络，常见网络，TensorFlow 数据存取，TensorFlow 数据预处理，TensorFlow 模型训练，TensorBoard 可视化工具，中文手写字识别，移植模型到 TensorFlow Serving 端，移植 TensorFlow 模型到 Android 端，移植 TensorFlow 模型到 iOS 端。

本书内容通俗易懂，案例丰富，实用性强，特别适合 TensorFlow 和深度卷积神经网络入门读者及进阶读者阅读，同时也适合后端开发、移动开发等其他编程爱好者阅读。另外，本书也适合作为相关培训机构的教材。

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。

图书在版编目（CIP）数据

TensorFlow 与卷积神经网络从算法入门到项目实战 / 华超编著. —北京：电子工业出版社，2019.9

ISBN 978-7-121-37078-6

I. ①T… II. ①华… III. ①人工智能—算法 ②人工神经网络—算法 IV. ①TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2019）第 144522 号

责任编辑：高洪霞 特约编辑：田学清

印 刷：三河市良远印务有限公司

装 订：三河市良远印务有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱

邮编：100036

开 本：787×980 1/16 印张：24.75

字数：594 千字

版 次：2019 年 9 月第 1 版

印 次：2019 年 9 月第 1 次印刷

定 价：99.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888，88258888。

质量投诉请发邮件至 zllts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式：010-51260888-819，faq@phei.com.cn。

前言

深度学习在计算机视觉领域取得的巨大成功，使得越来越多的开发人员准备或者正在转入这个领域。不过这方面大部分的网络资源都是从理论方面讲解卷积神经网络中网络层（如卷积、反卷积等）原理的，很少以简单例子并通过代码实现的方式介绍。初学者希望能快速理解抽象的理论原理，亲自动手设计网络结构并能完成模型的训练；有一定基础的人员希望能够对网络层节点原理有进一步理解。本书从最基础的内容出发，将实际项目中卷积神经网络用到的大部分函数和原理进行讲解并实践。

初入卷积神经网络领域的人员对高维数组（Tensor）的相关维度计算操作难以理解，阅读理论原理后也是一知半解。本书从 TensorFlow 基础开始讲解，再介绍卷积神经网络，然后介绍 TensorFlow 的进阶内容。在每一个知识点后均会附加示例代码以加深理解，最后以实际项目“中文手写字识别”对整本书内容进行综合运用。不管是初学者还是有一定经验的深度卷积神经网络开发人员，相信在阅读完本书后一定会收获颇丰。

因受作者水平和成书时间所限，书中难免存有疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

本书特色

1. 内容由浅入深，TensorFlow 的使用从基础到进阶

本书内容包含 TensorFlow 训练模型期间所用到的大部分函数和场景，也包括通过实例详细讲解的 TensorFlow 函数和模型训练技巧，这些都是笔者在实际项目中经验的提炼。

2. 手写代码实现卷积、反卷积等操作，让抽象的理论更容易理解

本书介绍了卷积神经网络中所使用到的大部分计算节点，并使用 Python 代码实现其等价算法。大部分关于卷积神经网络的资料介绍都过于抽象，往往使得读者一知半解。本书从实际代码搭配实际数据例子的角度介绍卷积神经网络，使卷积神经网络简单化、具体化，让读者更容易理解掌握。

3. 手写代码实现当前先进的卷积神经网络

大部分官方提供的现代先进的卷积神经网络结构源码封装太深，初学者往往需要花费很长时间理解。本书以简单的代码引导读者动手实现先进的网络结构，帮助读者理解。

4. 实现手写汉字识别，并移植到服务器端和移动端

运用本书知识点，带领读者完成了中文手写字识别模型训练。完成模型训练后最重要的事情是投入平台使用，本书介绍了将模型移植到服务器端、Android 端和 iOS 端的详细操作，基本涵盖所有的实际部署平台。

本书内容及体系结构

本书分为 4 篇，共 13 章内容，包括 TensorFlow 基础篇、卷积神经网络篇、TensorFlow 进阶篇及卷积神经网络实战篇。

第 1 章 绪论

人工智能在自然语言处理和计算机视觉等领域中，都取得了重大突破。本章介绍人工智能发展史和 TensorFlow 等的安装。

第 2 章 TensorFlow 基础入门

本章涵盖了 TensorFlow 框架的数值计算的基本使用方法，主要包括 TensorFlow 中的图的概念，TensorFlow 中的 Tensor 对象，TensorFlow 中的常量与变量，TensorFlow 中的流程控制，TensorFlow 中的位运算及 TensorFlow 中的字符串处理等基础主题。

第 3 章 高维 Tensor 对象的工具函数

对于一维、二维和三维数组我们比较容易理解，但是一旦数据的维度上升到四维甚至更高维度时，往往比较抽象。在本章中，我们学习高维 Tensor 对象常用的操作函数。

第 4 章 前馈网络

前馈网络不需要关心梯度和参数更新问题，只需关心输入、输出和当前节点参数。相比反向传播，前馈网络（也称为前向网络）更容易理解。本章我们介绍前馈网络计算的各个常见网络层原理，以及使用 TensorFlow 框架实现各个层的方法，并且同时使用 Python 代码实现。

第 5 章 常见网络

近年来，卷积神经网络经历了高速发展。相关研究人员开发了一些拥有高效、快速及易收敛等特性的卷积神经网络结构，如 MobileNet、ResNet、DenseNet 等。本章就来学习这些常用的网络结构，以及这些网络的优势与运用。

第 6 章 TensorFlow 数据存取

本章学习数据的存取方法，包括训练集数据和模型数据的存取。

第 7 章 TensorFlow 数据预处理

在读取图片数据后，通过对图片做随机光线变化、随机裁剪、随机旋转等预处理操作可以扩充训练集。本章学习使用 TensorFlow 框架中的图像处理函数，以及在 TensorFlow 框架中调用 OpenCV 接口的方法。

第 8 章 TensorFlow 模型训练

使用 TensorFlow 模型训练需要掌握一些常见功能的实现，本章主要介绍在模型训练过程中需要掌握的内容。

第 9 章 TensorBoard 可视化工具

在模型训练过程中，可以借助 TensorBoard 可视化工具对误差值 loss 的变化曲线、学习率变化曲线、参数变量变化及图像中间结果等实现可视化监控。本章就来介绍在卷积神经网络中常用的 TensorBoard 内置功能。

第 10 章 中文手写字识别

本章以中文手写字识别项目来综合使用前面章节的内容。中文手写字识别也可以看成一个分类问题，即识别出输入图像所属的分类，每一种分类对应一个汉字。

第 11 章 移植模型到 TensorFlow Serving 端

本章学习将训练保存的模型转为服务器端可执行的模型，在服务器端部署模型及其代码实现，并且提供一个 HTTP 服务接口，实现手写字识别。

第 12 章 移植 TensorFlow 模型到 Android 端

本章分别介绍使用 TensorFlow Mobile 和 TensorFlow Lite 库将 TensorFlow 模型移植到 Android 端的方法。

第 13 章 移植 TensorFlow 模型到 iOS 端

本章介绍将 TensorFlow 模型转为 CoreML 模型，并部署到 iOS 端使用的方法。

本书读者对象

- Python 程序员。
- 卷积神经网络爱好者。
- TensorFlow 编程人员。
- 人工智能开发人员。
- 机器学习相关人员。

读者服务

轻松注册成为博文视点社区用户（www.broadview.com.cn），扫码直达本书页面。

- 下载资源：本书提供示例代码及资源文件，均可在 [下载资源](#) 处下载。
- 提交勘误：您对书中内容的修改意见可在 [提交勘误](#) 处提交，若被采纳，将获赠博文视点社区积分（在您购买电子书时，积分可用来抵扣相应金额）。
- 交流互动：在页面下方 [读者评论](#) 处留下您的疑问或观点，与我们和其他读者一同学习交流。

页面入口：<http://www.broadview.com.cn/37078>



目 录

第一篇 TensorFlow 基础篇

第 1 章 绪论	2
1.1 人工智能简介	2
1.2 卷积神经网络	3
1.3 搭建 TensorFlow 框架环境	5
1.3.1 安装 Anaconda	5
1.3.2 安装 TensorFlow	7
第 2 章 TensorFlow 基础入门	9
2.1 第一个 TensorFlow 程序	9
2.1.1 TensorFlow 中的 hello world	9
2.1.2 TensorFlow 中的图	11
2.1.3 静态图与动态图	14
2.2 初识 Session	15
2.2.1 将 Session 对象关联 Graph 对象	15
2.2.2 Session 参数配置	17
2.3 常量与变量	18
2.3.1 TensorFlow 中的常量	18
2.3.2 TensorFlow 中的变量	20
2.3.3 TensorFlow 中的 tf.placeholder	28
2.4 Tensor 对象	29

2.4.1	什么是 Tensor 对象	29
2.4.2	Python 对象转 Tensor 对象	31
2.4.3	Tensor 对象转 Python 对象	32
2.4.4	SparseTensor 对象	34
2.4.5	强制转换 Tensor 对象数据类型	35
2.5	Operation 对象	37
2.5.1	什么是 Operation 对象	37
2.5.2	获取并执行 Operation 对象	37
2.6	TensorFlow 流程控制	40
2.6.1	条件判断 tf.cond 与 tf.where	40
2.6.2	TensorFlow 比较判断	43
2.6.3	TensorFlow 逻辑运算	44
2.6.4	循环 tf.while_loop	45
2.7	TensorFlow 位运算	48
2.7.1	且位运算	48
2.7.2	或位运算	49
2.7.3	异或位运算	50
2.7.4	取反位运算	51
2.8	TensorFlow 字符串	52
2.8.1	字符串的定义与转换	53
2.8.2	字符串拆分	55
2.8.3	字符串拼接	56
第 3 章	高维 Tensor 对象的工具函数	58
3.1	重定义 Shape	58
3.1.1	Reshape 原理	58
3.1.2	函数 tf.reshape	59
3.1.3	使用 Python 实现 Reshape	60

3.2 维度交换函数	62
3.2.1 Transpose 原理	62
3.2.2 函数 tf.transpose	63
3.2.3 使用 Python 实现 Transpose	64
3.3 维度扩充与消除	65
3.3.1 函数 tf.expand_dims	65
3.3.2 函数 tf.squeeze	66
3.4 Tensor 对象裁剪	68
3.4.1 Tensor 对象裁剪原理	68
3.4.2 函数 tf.slice	69
3.5 Tensor 对象拼接	70
3.5.1 Tensor 对象拼接原理	70
3.5.2 函数 tf.concat 使用	71
3.6 tf.stack 与 tf.unstack	72
3.6.1 函数 tf.stack 的原理	72
3.6.2 函数 tf.stack 的使用	73
3.6.3 函数 tf.unstack 的使用	76
3.7 tf.argmax 与 tf.argmin	79
3.7.1 函数 tf.argmax 与 tf.argmin 的原理	79
3.7.2 函数 tf.argmax 与 tf.argmin 的使用	79

第二篇 卷积神经网络篇

第 4 章 前馈网络	83
4.1 卷积	83
4.1.1 卷积的原理	83
4.1.2 输出宽高与输入、Stride、卷积核及 Padding 之间的关系	90
4.1.3 空洞卷积	92

4.1.4	在 TensorFlow 中使用卷积	93
4.1.5	用 Python 语言实现卷积算法	95
4.2	反卷积	97
4.2.1	反卷积的原理	97
4.2.2	输出宽高与输入、Stride、反卷积核及 Padding 之间的关系	103
4.2.3	在 TensorFlow 中使用反卷积	105
4.2.4	用 Python 语言实现反卷积算法	110
4.3	Batch Normalization	113
4.3.1	Batch Normalization 的原理	113
4.3.2	在 TensorFlow 中使用 Batch Normalization	114
4.3.3	用 Python 语言实现 Batch Normalization	122
4.3.4	在 TensorFlow 中使用 Batch Normalization 时的注意事项	123
4.4	Instance Normalization	125
4.4.1	Instance Normalization 的原理	125
4.4.2	在 TensorFlow 中使用 Instance Normalization	126
4.4.3	用 Python 语言实现 Instance Normalization	130
4.5	全连接层	132
4.5.1	全连接层的原理	132
4.5.2	在 TensorFlow 中使用全连接层	133
4.5.3	用 Python 语言实现全连接层	134
4.6	激活函数	135
4.6.1	激活函数的作用	135
4.6.2	Sigmoid 函数	136
4.6.3	Tanh 函数	138
4.6.4	ReLU 函数	140
4.7	池化层	142
4.7.1	池化层的原理	142

4.7.2 在 TensorFlow 中使用池化层	146
4.7.3 用 Python 语言实现池化层	150
4.8 Dropout	153
4.8.1 Dropout 的作用	153
4.8.2 在 TensorFlow 中使用 Dropout	154
第 5 章 常见网络	156
5.1 移动端定制卷积神经网络——MobileNet	156
5.1.1 MobileNet 的原理与优势	156
5.1.2 在 TensorFlow 中实现 MobileNet 卷积	158
5.1.3 用 Python 语言实现 Depthwise 卷积	164
5.1.4 MobileNet 完整的网络结构	167
5.1.5 MobileNet V2 进一步裁剪加速	168
5.2 深度残差网络——ResNet	171
5.2.1 ResNet 的结构与优势	171
5.2.2 在 TensorFlow 中实现 ResNet	172
5.2.3 完整的 ResNet 网络结构	175
5.3 DenseNet	176
5.3.1 DenseNet 的结构与优势	176
5.3.2 在 TensorFlow 中实现 DenseNet	177
5.3.3 完整的 DenseNet 网络结构	180
第三篇 TensorFlow 进阶篇	
第 6 章 TensorFlow 数据存取	183
6.1 队列	183
6.1.1 构建队列	183
6.1.2 Queue、QueueRunner 及 Coordinator	190
6.1.3 在队列中批量读取数据	194

6.2 文件存取	200
6.2.1 读取文本文件	200
6.2.2 读取定长字节文件	202
6.2.3 读取图片	205
6.3 从 CSV 文件中读取训练集	207
6.3.1 解析 CSV 格式文件	207
6.3.2 封装 CSV 文件读取类	209
6.4 从自定义文本格式文件中读取训练集	210
6.4.1 解析自定义文本格式文件	211
6.4.2 封装自定义文本格式文件读取类	212
6.5 TFRecord 方式存取数据	213
6.5.1 将数据写入 TFRecord 文件	214
6.5.2 从 TFRecord 文件中读取数据	215
6.6 模型存取	217
6.6.1 存储模型	217
6.6.2 从 checkpoint 文件中加载模型	220
6.6.3 从 meta 文件中加载模型	222
6.6.4 将模型导出为单个 pb 文件	223
第 7 章 TensorFlow 数据预处理	226
7.1 随机光照变化	226
7.1.1 随机饱和度变化	226
7.1.2 随机色相变化	228
7.1.3 随机对比度变化	230
7.1.4 随机亮度变化	232
7.1.5 随机伽玛变化	234
7.2 翻转、转置与旋转	237
7.2.1 随机上下、左右翻转	237

7.2.2 随机图像转置	239
7.2.3 随机旋转	241
7.3 裁剪与 Resize	245
7.3.1 图像裁剪	245
7.3.2 图像 Resize	249
7.3.3 其他 Resize 函数	254
7.4 用 OpenCV 对图像进行动态预处理	256
7.4.1 静态预处理与动态预处理	256
7.4.2 在 TensorFlow 中调用 OpenCV	257
第 8 章 TensorFlow 模型训练	260
8.1 反向传播中的优化器与学习率	260
8.1.1 Global Step 与 Epoch	260
8.1.2 梯度理论	260
8.1.3 使用学习率与梯度下降法求最优值	262
8.1.4 TensorFlow 中的优化器	265
8.1.5 优化器中常用的函数	265
8.1.6 在 TensorFlow 中动态调整学习率	269
8.2 模型数据与参数名称映射	273
8.2.1 通过名称映射加载	273
8.2.2 以 pickle 文件为中介加载模型	275
8.3 冻结指定参数	277
8.3.1 从模型中加载部分参数	277
8.3.2 指定网络层参数不参与更新	278
8.3.3 两个学习率同时训练	280
8.4 TensorFlow 中的命名空间	282
8.4.1 使用 tf.variable_scope 添加名称前缀	282
8.4.2 使用 tf.name_scope 添加名称前缀	284

8.4.3	tf.variable_scope 与 tf.name_scope 的混合使用	285
8.5	TensorFlow 多 GPU 训练	286
8.5.1	多 GPU 训练读取数据	286
8.5.2	平均梯度与参数更新	289
第 9 章	TensorBoard 可视化工具	293
9.1	可视化静态图	293
9.1.1	图结构序列化并写入文件	293
9.1.2	启动 TensorBoard	294
9.2	图像显示	296
9.2.1	序列化图像 Tensor 并写入文件	296
9.2.2	用 TensorBoard 查看图像	299
9.3	标量曲线	301
9.3.1	序列化标量 Tensor 并写入文件	301
9.3.2	用 TensorBoard 查看标量曲线	302
9.4	参数直方图	303
9.4.1	序列化参数 Tensor 并写入文件	303
9.4.2	用 TensorBoard 查看参数直方图	304
9.5	文本显示	306
9.5.1	序列化文本 Tensor 并写入文件	306
9.5.2	用 TensorBoard 查看文本	307

第四篇 卷积神经网络实战篇

第 10 章	中文手写字识别	310
10.1	网络结构及数据集	310
10.1.1	网络结构	310
10.1.2	数据集	311
10.2	代码实现	312

10.2.1 封装通用网络层	312
10.2.2 定义网络结构	314
10.2.3 数据读取	316
10.2.4 训练代码实现	318
10.3 模型训练	321
10.4 模型精度测试	321
10.4.1 精度测试	322
10.4.2 代码实现	322
第 11 章 移植模型到 TensorFlow Serving 端	324
11.1 模型转换	324
11.1.1 转换模型为 TensorFlow Serving 模型	324
11.1.2 代码实现	327
11.2 模型部署	329
11.2.1 搭建 TensorFlow Serving 环境	329
11.2.2 启动 TensorFlow Serving 服务	331
11.3 HTTP 服务实现	333
11.3.1 使用 gRPC 调用 TensorFlow Serving 服务	333
11.3.2 实现 HTTP 服务	334
11.4 前端交互实现	336
11.4.1 界面布局	336
11.4.2 手写板实现	337
11.4.3 数据交互	339
11.4.4 流程测试	340
第 12 章 移植 TensorFlow 模型到 Android 端	341
12.1 交互界面	341
12.1.1 页面布局	341

12.1.2 实现手写板	342
12.2 使用 TensorFlow Mobile 库	346
12.2.1 模型转换	347
12.2.2 模型调用	347
12.2.3 模型测试	351
12.3 使用 TensorFlow Lite 库	354
12.3.1 模型转换	354
12.3.2 模型调用	355
12.3.3 模型测试	360
第 13 章 移植 TensorFlow 模型到 iOS 端	361
13.1 界面布局	361
13.1.1 页面布局	361
13.1.2 实现手写板	362
13.1.3 界面布局代码实现	366
13.2 TensorFlow 模型转 CoreML 模型	369
13.2.1 模型转换	369
13.2.2 分析模型对象的调用接口	370
13.3 模型调用	373
13.3.1 实现模型调用	373
13.3.2 模型测试	376