

李金洪
◎ 编著

赠送超值学习资料

- 12套同步配套教学视频
- 123套源代码文件（带配套样本）

深度学习之 TensorFlow 入门、原理与进阶实战

Getting Started and Best Practices with TensorFlow for Deep Learning

一线研发工程师以14年开发经验的视角全面解析TensorFlow应用
涵盖数值、语音、语义、图像等多个领域的96个深度学习应用实战案例

李大学

磁云科技创始人/京东终身荣誉技术顾问

李建军

创客总部/创客共赢基金合伙人

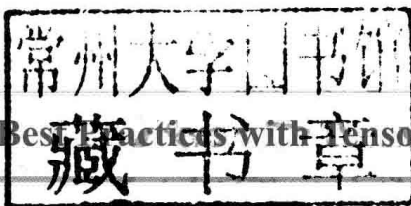
共同
推荐



机械工业出版社
China Machine Press

深度学习之 TensorFlow

入门、原理与进阶实战



Getting Started and Best Practices with TensorFlow for Deep Learning

李金洪◎编著



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

深度学习之TensorFlow: 入门、原理与进阶实战/李金洪编著. —北京: 机械工业出版社, 2018.1
(2018.4重印)

ISBN 978-7-111-59005-7

I. 深… II. 李… III. 人工智能-算法 IV. TP18

中国版本图书馆CIP数据核字 (2018) 第014655号

深度学习之 TensorFlow

入门、原理与进阶实战

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 欧振旭 李华君

责任校对: 姚志娟

印刷: 中国电影出版社印刷厂

版次: 2018 年 4 月第 1 版第 2 次印刷

开本: 186mm × 240mm 1/16

印张: 31.75

书号: ISBN 978-7-111-59005-7

定价: 99.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88379426 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzit@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光/邹晓东

配套学习资源

本书提供了配套的超值学习资料，下面分别介绍。

1. 同步配套教学视频

作者按照图书的内容和结构，录制了同步对应的《深度学习之 TensorFlow：入门、原理与进阶实战》系列教学视频，如图 1 所示。



图 1 《深度学习之 TensorFlow——入门、原理与进阶实战》系列教学视频

2. 书中的实例源文件

本书提供了书中涉及的所有实例源文件，共计 123 段代码，如图 2 所示。读者可以一边阅读本书，一边参照源文件动手练习，这样不仅提高了学习效率，而且可以对书中的内容有更直观的认识，从而逐渐培养自己的编码能力。

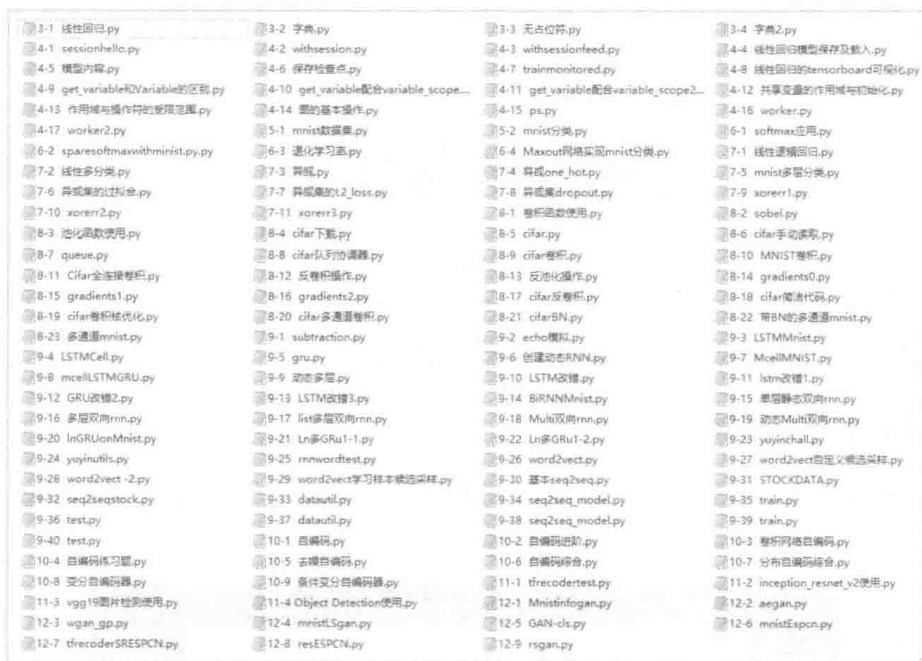


图2 本书实例源文件

3. 书中实例用到的素材和样本

本书提供了书中实例用到的全部素材和样本。读者可以采用这些素材和样本，完全再现书中的实例效果。



图3 本书实例用到的素材和样本

4. 配套学习资源获取方式

本书提供的配套学习资源需要读者自行下载。有以下两种途径：

(1) 登录机械工业出版社华章公司的网站 www.hzbook.com，然后搜索到本书页面，找到下载模块下载即可。

(2) 扫描图4所示的二维码，关注并访问微信公众号 [xiangyuejiqiren](https://www.xiangyuejiqiren.com)，在公众号中回复“深1”得到相关资源的下载链接。



图4 微信公众号 xiangyuejiqiren 二维码

前言

最近，人工智能话题热度不减，IT 领域甚至言必称之。

从人工智能的技术突破看，在语音和图像识别等方面，在特定领域和特定类别下，计算机的处理能力已经接近甚至超过人类。此外，人工智能在人们传统认为很难由机器取得成功的认知领域也有所突破。

我国目前在人工智能技术研究方面已经走在了世界前列，人工智能应用领域已经非常宽广，涵盖了从智能机器人到智能医疗、智能安防、智能家居和智慧城市，再到语音识别、手势控制和自动驾驶等领域。

百度 CEO 李彦宏判断：人工智能是一个非常大的产业，会持续很长时间，在未来的 20 年到 50 年间都会是快速发展的。

人工智能“火”起来主要有 3 个原因：互联网大量的数据、强大的运算能力、深度学习的突破。其中，深度学习是机器学习方法之一，是让计算机从周围世界或某个特定方面的范例中进行学习从而变得更加智能的一种方式。

面对人工智能如火如荼的发展趋势，IT 领域也掀起了一波深度学习热潮，但是其海量的应用数学术语和公式，将不少爱好者拒之门外。本书由浅入深地讲解了深度学习的知识体系，将专业性较强的公式和理论转化成通俗易懂的简单逻辑描述语言，帮助非数学专业的爱好者搭上人工智能的“列车”。

本书特色

1. 配教学视频

为了让读者更好地学习本书内容，作者对每一章内容都录制了教学视频。借助这些视频，读者可以更轻松地学习。

2. 大量的典型应用实例，实战性强，有较高的应用价值

本书提供了 96 个深度学习相关的网络模型实例，将原理的讲解最终都落实到了代码实现上。而且这些实例会随着图书内容的推进，不断趋近于工程化的项目，具有很高的应用价值和参考性。

3. 完整的源代码和训练数据集

书中所有的代码都提供了免费下载途径，使读者学习更方便。另外，读者可以方便地获得书中案例的训练数据集。如果数据集是来源于网站，则提供了有效的下载链接；如果是作者制作的，在随书资源中可直接找到。

4. 由浅入深、循序渐进的知识体系，通俗易懂的语言

本书按照读者的接受度搭建知识体系，由浅入深、循序渐进，并尽最大可能地将学术语言转化为容易让读者理解的语言。

5. 拒绝生僻公式和符号，落地性强

在文字表达上，本书也尽量使用计算机语言编写的代码来表述对应的数学公式，这样即使不习惯用数学公式的读者，也能够容易地理解。

6. 内容全面，应用性强

本书提供了从单个神经元到对抗神经网络，从有监督学习到半监督学习，从简单的数据分类到语音、语言、图像分类乃至样本生成等一系列前沿技术，具有超强的实用性，读者可以随时查阅和参考。

7. 大量宝贵经验的分享

授之以鱼不如授之以渔。本书在讲解知识点的时候，更注重方法与经验的传递。全书共有几十个“注意”标签，其中内容都是“含金量”很高的成功经验分享与易错事项总结，有关于理论理解的，有关于操作细节的。这些内容可以帮助读者在学习的路途上披荆斩棘，快速融会贯通。

本书内容

第1篇 深度学习与TensorFlow基础（第1~5章）

第1章快速了解人工智能与TensorFlow，主要介绍了以下内容：

- (1) 人工智能、深度学习、神经网络三者之间的关系，TensorFlow 软件与深度学习之间的关系及其特点；
- (2) 其他主流深度学习框架的特点；
- (3) 一些关于如何学习深度学习和使用本书的建议。

第2章搭建开发环境，介绍了如何搭建TensorFlow开发环境。具体包括：

- (1) TensorFlow 的下载及在不同平台上的安装方法；

(2) TensorFlow 开发工具（本书用的是 Anaconda 开发工具）的下载、安装和使用。

如要安装 GPU 版的 TensorFlow，书中也详细介绍了如何安装 CUDA 驱动来支持 GPU 运算。

第 3 章 TensorFlow 基本开发步骤——以逻辑回归拟合二维数据为例，首先是一个案例，有一组数据，通过 TensorFlow 搭配模型并训练模型，让模型找出其中 $y \approx 2x$ 的规律。在这个案例的基础上，引出了在神经网络中“模型”的概念，并介绍了 TensorFlow 开发一个模型的基本步骤。

第 4 章 TensorFlow 编程基础，主要介绍了 TensorFlow 框架中编程的基础知识。具体包括：

- (1) 编程模型的系统介绍；
- (2) TensorFlow 基础类型及操作函数；
- (3) 共享变量的作用及用法；
- (4) 与“图”相关的一些基本操作；
- (5) 分布式配置 TensorFlow 的方法。

第 5 章识别图中模糊的手写数字（实例 21），是一个完整的图像识别实例，使用 TensorFlow 构建并训练了一个简单的神经网络模型，该模型能识别出图片中模糊的手写数字 5、0、4、1。通过这个实例，读者一方面可以巩固第 4 章所学的 TensorFlow 编程基础知识，另一方面也对神经网络有一个大体的了解，并掌握最简单的图像识别方法。

第2篇 深度学习基础——神经网络中（第6~10章）

第 6 章单个神经元，介绍了神经网络中最基础的单元。首先讲解了神经元的拟合原理，然后分别介绍了模型优化所需的一些关键技术：

- 激活函数——加入非线性因素，解决线性模型缺陷；
- softmax 算法——处理分类问题；
- 损失函数——用真实值与预测值的距离来指导模型的收敛方向；
- 梯度下降——让模型逼近最小偏差；
- 初始化学习参数。

最后还介绍了在单个神经元基础上扩展的网络——Maxout。

第 7 章多层神经网络——解决非线性问题，先通过两个例子（分辨良性与恶性肿瘤、将数据按颜色分为 3 类）来说明线性问题，进而引出非线性问题。然后介绍了如何使用多个神经元组成的全连接网络进行非线性问题的分类。最后介绍了全连接网络在训练中常用的优化技巧：正则化、增大数据集和 Dropout 等。

第 8 章卷积神经网络——解决参数太多问题，通过分析全连接网络的局限性，引出卷积神经网络。首先分别介绍了卷积神经网络的结构和函数，并通过一个综合的图片分类实例介绍了卷积神经网络的应用。接着介绍了反卷积神经网络的原理，并通过多

个实例介绍了反卷积神经网络的应用。最后通过多个实例介绍了深度学习中模型训练的一些技巧。

第9章循环神经网络——具有记忆功能的网络，本章先解释了人脑记忆，从而引出了机器学习中具有类似功能的循环神经网络，介绍了循环神经网络（RNN）的工作原理，并通过实例介绍了简单RNN的一些应用。接着介绍了RNN的一些改进技术，如LSTM、GRU和BiRNN等，并通过大量的实例，介绍了如何通过TensorFlow实现RNN的应用。从9.5节起，用了大量的篇幅介绍RNN在语音识别和语言处理方面的应用，先介绍几个案例——利用BiRNN实现语音识别、利用RNN训练语言模型及语言模型的系统学习等，然后将前面的内容整合成一个功能更完整的机器人，它可以实现中英文翻译和聊天功能。读者还可以再扩展该机器人的功能，如实现对对联、讲故事、生成文章摘要等功能。

第10章自编码网络——能够自学习样本特征的网络，首先从一个最简单的自编码网络讲起，介绍其网络结构和具体的代码实现。然后分别介绍了去噪自编码、栈式自编码、变分自编码和条件变分自编码等网络结构，并且在讲解每一种结构时都配有对应的实例。

第3篇 深度学习进阶（第11、12章）

第11章深度神经网络，从深度神经网络的起源开始，逐步讲解了深度神经网络的历史发展过程和一些经典模型，并分别详细介绍了这些经典模型的特点及内部原理。接着详细介绍了使用slim图片分类模型库进行图像识别和图像检测的两个实例。最后介绍了实物检测领域的其他一些相关模型。

第12章对抗神经网络，从对抗神经网络（GAN）的理论开始，分别介绍了DCGAN、AEGAN、InfoGAN、ACGAN、WGAN、LSGAN和SRGAN等多种GAN的模型及应用，并通过实例演示了生成指定模拟样本和超分辨率重建的过程。

本书读者对象

- 深度学习初学者；
- 人工智能初学者；
- 深度学习爱好者；
- 人工智能工程师；
- TensorFlow初级开发人员；
- 需要提高动手能力的深度学习技术人员；
- 名大院校的相关学生。

关于作者

本书由李金洪主笔编写。其他参与本书编写的人员还有马峰、孙朝晖、郑一友、王其景、张昭、白林、彭咏文、宋文利。

另外，吴宏伟先生也参与了本书后期的编写工作，为本书做了大量的细节调整。因为有了他的逐字推敲和一丝不苟，才使得本书行文更加通畅和通俗易懂。在此表示深深的感谢！

虽然我们对书中所述内容都尽量核实，并多次进行了文字校对，但因时间所限，加之水平所限，书中疏漏和错误在所难免，敬请广大读者批评指正。联系我们可以加入本书讨论QQ群40016981，也可发E-mail到hzbook2017@163.com。

目录

配套学习资源
前言

第1篇 深度学习与TensorFlow基础

第1章 快速了解人工智能与TensorFlow	2
1.1 什么是深度学习	2
1.2 TensorFlow是做什么的	3
1.3 TensorFlow的特点	4
1.4 其他深度学习框架特点及介绍	5
1.5 如何通过本书学好深度学习	6
1.5.1 深度学习怎么学	6
1.5.2 如何学习本书	7
第2章 搭建开发环境	8
2.1 下载及安装Anaconda开发工具	8
2.2 在Windows平台下载及安装TensorFlow	11
2.3 GPU版本的安装方法	12
2.3.1 安装CUDA软件包	12
2.3.2 安装cuDNN库	13
2.3.3 测试显卡	14
2.4 熟悉Anaconda 3开发工具	15
2.4.1 快速了解Spyder	16
2.4.2 快速了解Jupyter Notebook	18
第3章 TensorFlow基本开发步骤——以逻辑回归拟合二维数据为例	19
3.1 实例1：从一组看似混乱的数据中找出 $y \approx 2x$ 的规律	19
3.1.1 准备数据	20
3.1.2 搭建模型	21
3.1.3 迭代训练模型	23
3.1.4 使用模型	25

3.2	模型是如何训练出来的	25
3.2.1	模型里的内容及意义	25
3.2.2	模型内部的数据流向	26
3.3	了解 TensorFlow 开发的基本步骤	27
3.3.1	定义输入节点的方法	27
3.3.2	实例 2: 通过字典类型定义输入节点	28
3.3.3	实例 3: 直接定义输入节点	28
3.3.4	定义“学习参数”的变量	29
3.3.5	实例 4: 通过字典类型定义“学习参数”	29
3.3.6	定义“运算”	29
3.3.7	优化函数, 优化目标	30
3.3.8	初始化所有变量	30
3.3.9	迭代更新参数到最优解	31
3.3.10	测试模型	31
3.3.11	使用模型	31
第 4 章	TensorFlow 编程基础	32
4.1	编程模型	32
4.1.1	了解模型的运行机制	33
4.1.2	实例 5: 编写 hello world 程序演示 session 的使用	34
4.1.3	实例 6: 演示 with session 的使用	35
4.1.4	实例 7: 演示注入机制	35
4.1.5	建立 session 的其他方法	36
4.1.6	实例 8: 使用注入机制获取节点	36
4.1.7	指定 GPU 运算	37
4.1.8	设置 GPU 使用资源	37
4.1.9	保存和载入模型的方法介绍	38
4.1.10	实例 9: 保存/载入线性回归模型	38
4.1.11	实例 10: 分析模型内容, 演示模型的其他保存方法	40
4.1.12	检查点 (Checkpoint)	41
4.1.13	实例 11: 为模型添加保存检查点	41
4.1.14	实例 12: 更简便地保存检查点	44
4.1.15	模型操作常用函数总结	45
4.1.16	TensorBoard 可视化介绍	45
4.1.17	实例 13: 线性回归的 TensorBoard 可视化	46
4.2	TensorFlow 基础类型定义及操作函数介绍	48
4.2.1	张量及操作	49
4.2.2	算术运算函数	55
4.2.3	矩阵相关的运算	56

4.2.4	复数操作函数	58
4.2.5	规约计算	59
4.2.6	分割	60
4.2.7	序列比较与索引提取	61
4.2.8	错误类	62
4.3	共享变量	62
4.3.1	共享变量用途	62
4.3.2	使用 <code>get-variable</code> 获取变量	63
4.3.3	实例 14: 演示 <code>get_variable</code> 和 <code>Variable</code> 的区别	63
4.3.4	实例 15: 在特定的作用域下获取变量	65
4.3.5	实例 16: 共享变量功能的实现	66
4.3.6	实例 17: 初始化共享变量的作用域	67
4.3.7	实例 18: 演示作用域与操作符的受限范围	68
4.4	实例 19: 图的基本操作	70
4.4.1	建立图	70
4.4.2	获取张量	71
4.4.3	获取节点操作	72
4.4.4	获取元素列表	73
4.4.5	获取对象	73
4.4.6	练习题	74
4.5	配置分布式 TensorFlow	74
4.5.1	分布式 TensorFlow 的角色及原理	74
4.5.2	分布部署 TensorFlow 的具体方法	75
4.5.3	实例 20: 使用 TensorFlow 实现分布式部署训练	75
4.6	动态图 (Eager)	81
4.7	数据集 (<code>tf.data</code>)	82
第 5 章	识别图中模糊的手写数字 (实例 21)	83
5.1	导入图片数据集	84
5.1.1	MNIST 数据集介绍	84
5.1.2	下载并安装 MNIST 数据集	85
5.2	分析图片的特点, 定义变量	87
5.3	构建模型	87
5.3.1	定义学习参数	87
5.3.2	定义输出节点	88
5.3.3	定义反向传播的结构	88
5.4	训练模型并输出中间状态参数	89
5.5	测试模型	90
5.6	保存模型	91

5.7 读取模型	92
----------------	----

第 2 篇 深度学习基础——神经网络

第 6 章 单个神经元	96
6.1 神经元的拟合原理	96
6.1.1 正向传播	98
6.1.2 反向传播	98
6.2 激活函数——加入非线性因素，解决线性模型缺陷	99
6.2.1 Sigmoid 函数	99
6.2.2 Tanh 函数	100
6.2.3 ReLU 函数	101
6.2.4 Swish 函数	103
6.2.5 激活函数总结	103
6.3 softmax 算法——处理分类问题	103
6.3.1 什么是 softmax	104
6.3.2 softmax 原理	104
6.3.3 常用的分类函数	105
6.4 损失函数——用真实值与预测值的距离来指导模型的收敛方向	105
6.4.1 损失函数介绍	105
6.4.2 TensorFlow 中常见的 loss 函数	106
6.5 softmax 算法与损失函数的综合应用	108
6.5.1 实例 22: 交叉熵实验	108
6.5.2 实例 23: one_hot 实验	109
6.5.3 实例 24: sparse 交叉熵的使用	110
6.5.4 实例 25: 计算 loss 值	110
6.5.5 练习题	111
6.6 梯度下降——让模型逼近最小偏差	111
6.6.1 梯度下降的作用及分类	111
6.6.2 TensorFlow 中的梯度下降函数	112
6.6.3 退化学习率——在训练的速度与精度之间找到平衡	113
6.6.4 实例 26: 退化学习率的用法举例	114
6.7 初始化学习参数	115
6.8 单个神经元的扩展——Maxout 网络	116
6.8.1 Maxout 介绍	116
6.8.2 实例 27: 用 Maxout 网络实现 MNIST 分类	117
6.9 练习题	118
第 7 章 多层神经网络——解决非线性问题	119
7.1 线性问题与非线性问题	119

7.1.1	实例 28: 用线性单分逻辑回归分析肿瘤是良性还是恶性的	119
7.1.2	实例 29: 用线性逻辑回归处理多分类问题	123
7.1.3	认识非线性问题	129
7.2	使用隐藏层解决非线性问题	130
7.2.1	实例 30: 使用带隐藏层的神经网络拟合异或操作	130
7.2.2	非线性网络的可视化及其意义	133
7.2.3	练习题	135
7.3	实例 31: 利用全连接网络将图片进行分类	136
7.4	全连接网络训练中的优化技巧	137
7.4.1	实例 32: 利用异或数据集演示过拟合问题	138
7.4.2	正则化	143
7.4.3	实例 33: 通过正则化改善过拟合情况	144
7.4.4	实例 34: 通过增大数据集改善过拟合	145
7.4.5	练习题	146
7.4.6	dropout——训练过程中, 将部分神经单元暂时丢弃	146
7.4.7	实例 35: 为异或数据集模型添加 dropout	147
7.4.8	实例 36: 基于退化学习率 dropout 技术来拟合异或数据集	149
7.4.9	全连接网络的深浅关系	150
7.5	练习题	150
第 8 章	卷积神经网络——解决参数太多问题	151
8.1	全连接网络的局限性	151
8.2	理解卷积神经网络	152
8.3	网络结构	153
8.3.1	网络结构描述	153
8.3.2	卷积操作	155
8.3.3	池化层	157
8.4	卷积神经网络的相关函数	158
8.4.1	卷积函数 <code>tf.nn.conv2d</code>	158
8.4.2	padding 规则介绍	159
8.4.3	实例 37: 卷积函数的使用	160
8.4.4	实例 38: 使用卷积提取图片的轮廓	165
8.4.5	池化函数 <code>tf.nn.max_pool (avg_pool)</code>	167
8.4.6	实例 39: 池化函数的使用	167
8.5	使用卷积神经网络对图片分类	170
8.5.1	CIFAR 介绍	171
8.5.2	下载 CIFAR 数据	172
8.5.3	实例 40: 导入并显示 CIFAR 数据集	173
8.5.4	实例 41: 显示 CIFAR 数据集的原始图片	174
8.5.5	<code>cifar10_input</code> 的其他功能	176
8.5.6	在 TensorFlow 中使用 <code>queue</code>	176

8.5.7	实例 42: 协调器的用法演示	178
8.5.8	实例 43: 为 session 中的队列加上协调器	179
8.5.9	实例 44: 建立一个带有全局平均池化层的卷积神经网络	180
8.5.10	练习题	183
8.6	反卷积神经网络	183
8.6.1	反卷积神经网络的应用场景	184
8.6.2	反卷积原理	184
8.6.3	实例 45: 演示反卷积的操作	185
8.6.4	反池化原理	188
8.6.5	实例 46: 演示反池化的操作	189
8.6.6	实例 47: 演示 gradients 基本用法	192
8.6.7	实例 48: 使用 gradients 对多个式子求多变量偏导	192
8.6.8	实例 49: 演示梯度停止的实现	193
8.7	实例 50: 用反卷积技术复原卷积网络各层图像	195
8.8	善用函数封装库	198
8.8.1	实例 51: 使用函数封装库重写 CIFAR 卷积网络	198
8.8.2	练习题	201
8.9	深度学习的模型训练技巧	201
8.9.1	实例 52: 优化卷积核技术的演示	201
8.9.2	实例 53: 多通道卷积技术的演示	202
8.9.3	批量归一化	204
8.9.4	实例 54: 为 CIFAR 图片分类模型添加 BN	207
8.9.5	练习题	209
第 9 章	循环神经网络——具有记忆功能的网络	210
9.1	了解 RNN 的工作原理	210
9.1.1	了解人的记忆原理	210
9.1.2	RNN 网络的应用领域	212
9.1.3	正向传播过程	212
9.1.4	随时间反向传播	213
9.2	简单 RNN	215
9.2.1	实例 55: 简单循环神经网络实现——裸写一个退位减法器	215
9.2.2	实例 56: 使用 RNN 网络拟合回声信号序列	220
9.3	循环神经网络 (RNN) 的改进	225
9.3.1	LSTM 网络介绍	225
9.3.2	窥视孔连接 (Peephole)	228
9.3.3	带有映射输出的 STMP	230
9.3.4	基于梯度剪辑的 cell	230
9.3.5	GRU 网络介绍	230
9.3.6	Bi-RNN 网络介绍	231
9.3.7	基于神经网络的时序类分类 CTC	232

9.4 TensorFlow 实战 RNN	233
9.4.1 TensorFlow 中的 cell 类	233
9.4.2 通过 cell 类构建 RNN	234
9.4.3 实例 57: 构建单层 LSTM 网络对 MNIST 数据集分类	239
9.4.4 实例 58: 构建单层 GRU 网络对 MNIST 数据集分类	240
9.4.5 实例 59: 创建动态单层 RNN 网络对 MNIST 数据集分类	240
9.4.6 实例 60: 静态多层 LSTM 对 MNIST 数据集分类	241
9.4.7 实例 61: 静态多层 RNN-LSTM 连接 GRU 对 MNIST 数据集分类	242
9.4.8 实例 62: 动态多层 RNN 对 MNIST 数据集分类	242
9.4.9 练习题	243
9.4.10 实例 63: 构建单层动态双向 RNN 对 MNIST 数据集分类	243
9.4.11 实例 64: 构建单层静态双向 RNN 对 MNIST 数据集分类	244
9.4.12 实例 65: 构建多层双向 RNN 对 MNIST 数据集分类	246
9.4.13 实例 66: 构建动态多层双向 RNN 对 MNIST 数据集分类	247
9.4.14 初始化 RNN	247
9.4.15 优化 RNN	248
9.4.16 实例 67: 在 GRUCell 中实现 LN	249
9.4.17 CTC 网络的 loss——ctc_loss	251
9.4.18 CTCdecoder	254
9.5 实例 68: 利用 BiRNN 实现语音识别	255
9.5.1 语音识别背景	255
9.5.2 获取并整理样本	256
9.5.3 训练模型	265
9.5.4 练习题	272
9.6 实例 69: 利用 RNN 训练语言模型	273
9.6.1 准备样本	273
9.6.2 构建模型	275
9.7 语言模型的系统学习	279
9.7.1 统计语言模型	279
9.7.2 词向量	279
9.7.3 word2vec	281
9.7.4 实例 70: 用 CBOW 模型训练自己的 word2vec	283
9.7.5 实例 71: 使用指定候选采样本训练 word2vec	293
9.7.6 练习题	296
9.8 处理 Seq2Seq 任务	296
9.8.1 Seq2Seq 任务介绍	296
9.8.2 Encoder-Decoder 框架	297
9.8.3 实例 72: 使用 basic_rnn_seq2seq 拟合曲线	298
9.8.4 实例 73: 预测当天的股票价格	306
9.8.5 基于注意力的 Seq2Seq	310