

以实践为导向，使用 Keras 作为编程框架，
强调简单、快速地上手建立模型，解决实际项目问题。

深度学习

基于Keras的Python实践

魏贞原 ● 著



深度学习

基于Keras的Python实践

魏贞原●著

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书系统讲解了深度学习的基本知识，以及使用深度学习解决实际问题，详细介绍了如何构建及优化模型，并针对不同的问题给出不同的解决方案，通过不同的例子展示了在具体项目中的应用和实践经验，是一本非常好的深度学习的入门和实践书籍。

本书以实践为导向，使用 Keras 作为编程框架，强调简单、快速地上手建立模型，解决实际项目问题。读者可以通过学习本书，迅速上手实践深度学习，并利用深度学习解决实际问题。

本书非常适合于项目经理，有意从事机器学习开发的程序员，以及高校在读相关专业的学生。

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

深度学习：基于 Keras 的 Python 实践 / 魏贞原著. —北京：电子工业出版社，2018.5

ISBN 978-7-121-34147-2

I. ①深… II. ①魏… III. ①学习系统—软件工具—程序设计 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 088226 号

策划编辑：石 倩

责任编辑：牛 勇

特约编辑：赵树刚

印 刷：三河市华成印务有限公司

装 订：三河市华成印务有限公司

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：15.25 字数：268.4 千字

版 次：2018 年 5 月第 1 版

印 次：2018 年 5 月第 1 次印刷

定 价：59.00 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 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件到 dbqq@phei.com.cn。

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



序言

2017年12月底的上海湿冷依旧，收到贞原《深度学习：基于 Keras 的 Python 实践》的初稿，心里升起一股暖意。人工智能（AI）在2017年可谓家喻户晓，智能医疗、智能金融及无人驾驶变得不再遥远，而其背后的深度学习尤为功不可没，机器学习（ML）是一种实现人工智能的方法，深度学习（DL）则是一种实现机器学习的技术。

国务院于2017年7月出台了《新一代人工智能发展规划》，首次从国家战略的角度阐述对人工智能在产业、技术应用层面的发展展望，并提出了明确的时间表和线路图，规划提到：

- 前瞻布局新一代人工智能重大科技项目。
- 到2030年，中国人工智能产业竞争力达到国际领先水平。
- 人工智能核心产业规模超过1万亿元，带动相关产业规模超过10万亿元。

作为相关领域的从业者，深感任重道远，作为国家未来的发展方向，AI技术对于经济发展、产业转型和科技进步起着至关重要的作用，这里就不得不提“事情很多，人不够用了”，准确来讲应该是人工智能领域方面的专才不够用，据相关部门2017年的统计，此缺口应该在百万级以上。

配合国家发展战略，个别省份已经陆续将人工智能相关学习纳入中小学教育，而提到机器学习、深度学习，又不得不提 **Python**，希望读者可以借鉴贞原的这本书为自己在人工智能的相关职业发展上打开一扇新的大门。

汤志阳（汤米）

IBM 中国 副合伙人

IBM 客户创新中心 认知及数据团队负责人

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：**本书如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/34147>





前言

深度学习是目前人工智能领域中炙手可热的一种机器学习技术。所谓人工智能是指通过机器模拟人类所特有的“看，听，说，想，学”等智能的科学技术。关于人工智能的研究起源于1956年，在美国的达特茅斯学院，著名的计算机科学家约翰·麦卡锡，及克劳德·艾尔伍德·香农等众多的科学家，齐聚一堂，各抒己见，共同探讨如何开发“智能机器”，在这次会议中提出了人工智能的概念，这也标志着人工智能的诞生。从人工智能的诞生，到深度学习的火热，人工智能也跌宕起伏经历了几个阶段，深度学习的发展一定会给产业和社会带来翻天覆地的变化。

人工智能的首次热潮是，1957年美国心理学家弗兰克·罗森布莱特在参照人脑的神经回路的基础上构建了最原始的信息处理系统，这一系统被称为神经网络。罗森布莱特将自己开发的神经网络系统命名为“感知器”。感知器实现了初级模型的识别功能，如区分三角形和四边形，并将其分类。然而，神经网络的研究很快遇到了瓶颈，美国AI科学家马文·李·明斯基运用数学理论证明了“感知器甚至不能理解异或运算”。这一发现使神经网络的研究热潮迅速冷却。

20 世纪 60~70 年代，研究员投身于“符号处理型 AI”的研究，又称“规则库 AI”。“规则库 AI”是直接模拟人类智能行为的一种研究。20 世纪 80 年代前半期，全世界范围内投入了大量的资金用于“规则库 AI”的研究，所开发的系统称为专家系统。然而，因为现实生活的时间充斥着大量的例外和各种细微的差距，最终几乎没有一个专家系统能够物尽其用。从 20 世纪 80 年代末期开始，AI 研发进入一段很长时间的低迷期，被称为“AI 的冬天”。

在 AI 黯然退场的这段时间里，一种全新理念的 AI 研究悄然萌芽，这就是将“统计与概率推理理论”引入 AI 系统。在这种全新的 AI 理念中，不得不提贝叶斯定理，这是用来描述两种概率之间转换关系的一则定理。1990 年之后，全球的 Internet 有了发展，大量的数据被收集，这让概率式 AI 的发展如虎添翼。另外，概率式 AI 也存在问题和局限性，首先，概率式 AI 不能真正地理解事物。其次，概率式 AI 的性能有限。

为了解决概率式 AI 的问题与局限，新一代的 AI 技术走入了人们的视野，这就是“深度神经网络”，又叫作“深度学习”，原本衰退的神经网络技术浴火重生。早期的神经网络的感知器只有两层，即信息的输入层和输出层。而现在的神经网络则是多层结构，在输入层和输出层之间还存在多层重叠的隐藏层。

目前，深度学习被广泛地应用在图像识别、自然语言处理、自动驾驶等领域，并取得了很高的成就。同时，随着物联网技术的发展，大量的数据被收集，为深度学习提供了丰富的数据，对深度学习模型的建立提供了数据基础。有了充分的数据做基础，利用深度学习技术就能演绎出更聪明的算法。在这一次 AI 技术的浪潮中，大量的数据为深度学习提供了材料，使深度学习得以迅速发展。对深度学习的掌握也是每一个 AI 开发者必需的技能。希望本书能为读者开启通往深度学习的大门。



目录

第一部分 初识

| | | |
|----------|----------------------|----------|
| 1 | 初识深度学习 | 2 |
| 1.1 | Python 的深度学习..... | 2 |
| 1.2 | 软件环境和基本要求..... | 3 |
| 1.2.1 | Python 和 SciPy..... | 3 |
| 1.2.2 | 机器学习..... | 3 |
| 1.2.3 | 深度学习..... | 4 |
| 1.3 | 阅读本书的收获..... | 4 |
| 1.4 | 本书说明..... | 4 |
| 1.5 | 本书中的代码..... | 5 |
| 2 | 深度学习生态圈 | 6 |
| 2.1 | CNTK..... | 6 |
| 2.1.1 | 安装 CNTK..... | 7 |
| 2.1.2 | CNTK 的简单例子..... | 8 |
| 2.2 | TensorFlow..... | 8 |
| 2.2.1 | TensorFlow 介绍..... | 8 |

| | | |
|-------|-------------------------|----|
| 2.2.2 | 安装 TensorFlow..... | 9 |
| 2.2.3 | TensorFlow 的简单例子..... | 9 |
| 2.3 | Keras | 10 |
| 2.3.1 | Keras 简介 | 11 |
| 2.3.2 | Keras 安装 | 11 |
| 2.3.3 | 配置 Keras 的后端 | 11 |
| 2.3.4 | 使用 Keras 构建深度学习模型 | 12 |
| 2.4 | 云端 GPUs 计算 | 13 |

第二部分 多层感知器

3 第一个多层感知器实例：印第安人糖尿病诊断..... 16

| | | |
|-----|-----------------------|----|
| 3.1 | 概述..... | 16 |
| 3.2 | Pima Indians 数据集..... | 17 |
| 3.3 | 导入数据..... | 18 |
| 3.4 | 定义模型..... | 19 |
| 3.5 | 编译模型..... | 20 |
| 3.6 | 训练模型..... | 21 |
| 3.7 | 评估模型..... | 21 |
| 3.8 | 汇总代码..... | 22 |

4 多层感知器速成..... 24

| | | |
|-------|---------------|----|
| 4.1 | 多层感知器..... | 24 |
| 4.2 | 神经元..... | 25 |
| 4.2.1 | 神经元权重..... | 25 |
| 4.2.2 | 激活函数..... | 26 |
| 4.3 | 神经网络..... | 27 |
| 4.3.1 | 输入层（可视层）..... | 28 |
| 4.3.2 | 隐藏层..... | 28 |

| | | |
|----------|--------------------------------------|-----------|
| 4.3.3 | 输出层..... | 28 |
| 4.4 | 训练神经网络..... | 29 |
| 4.4.1 | 准备数据..... | 29 |
| 4.4.2 | 随机梯度下降算法..... | 30 |
| 4.4.3 | 权重更新..... | 30 |
| 4.4.4 | 预测新数据..... | 31 |
| 5 | 评估深度学习模型..... | 33 |
| 5.1 | 深度学习模型和评估..... | 33 |
| 5.2 | 自动评估..... | 34 |
| 5.3 | 手动评估..... | 36 |
| 5.3.1 | 手动分离数据集并评估..... | 36 |
| 5.3.2 | k 折交叉验证..... | 37 |
| 6 | 在 Keras 中使用 Scikit-Learn..... | 40 |
| 6.1 | 使用交叉验证评估模型..... | 41 |
| 6.2 | 深度学习模型调参..... | 42 |
| 7 | 多分类实例：鸢尾花分类..... | 49 |
| 7.1 | 问题分析..... | 49 |
| 7.2 | 导入数据..... | 50 |
| 7.3 | 定义神经网络模型..... | 50 |
| 7.4 | 评估模型..... | 52 |
| 7.5 | 汇总代码..... | 52 |
| 8 | 回归问题实例：波士顿房价预测..... | 54 |
| 8.1 | 问题描述..... | 54 |
| 8.2 | 构建基准模型..... | 55 |
| 8.3 | 数据预处理..... | 57 |

8.4 调参隐藏层和神经元..... 58

9 二分类实例：银行营销分类 61

9.1 问题描述..... 61
 9.2 数据导入与预处理..... 62
 9.3 构建基准模型..... 64
 9.4 数据格式化..... 66
 9.5 调参网络拓扑图..... 66

10 多层感知器进阶 68

10.1 JSON 序列化模型 68
 10.2 YAML 序列化模型..... 74
 10.3 模型增量更新..... 78
 10.4 神经网络的检查点..... 81
 10.4.1 检查点跟踪神经网络模型..... 82
 10.4.2 自动保存最优模型..... 84
 10.4.3 从检查点导入模型..... 86
 10.5 模型训练过程可视化..... 87

11 Dropout 与学习率衰减 92

11.1 神经网络中的 Dropout..... 92
 11.2 在 Keras 中使用 Dropout 93
 11.2.1 输入层使用 Dropout 94
 11.2.2 在隐藏层使用 Dropout 95
 11.2.3 Dropout 的使用技巧 97
 11.3 学习率衰减..... 97
 11.3.1 学习率线性衰减..... 98
 11.3.2 学习率指数衰减..... 100
 11.3.3 学习率衰减的使用技巧..... 103

第三部分 卷积神经网络

| | | |
|-----------|---------------------------------|------------|
| 12 | 卷积神经网络速成 | 106 |
| 12.1 | 卷积层..... | 108 |
| 12.1.1 | 滤波器..... | 108 |
| 12.1.2 | 特征图..... | 109 |
| 12.2 | 池化层..... | 109 |
| 12.3 | 全连接层..... | 109 |
| 12.4 | 卷积神经网络案例..... | 110 |
| 13 | 手写数字识别 | 112 |
| 13.1 | 问题描述..... | 112 |
| 13.2 | 导入数据..... | 113 |
| 13.3 | 多层感知器模型..... | 114 |
| 13.4 | 简单卷积神经网络..... | 117 |
| 13.5 | 复杂卷积神经网络..... | 120 |
| 14 | Keras 中的图像增强 | 124 |
| 14.1 | Keras 中的图像增强 API..... | 124 |
| 14.2 | 增强前的图像..... | 125 |
| 14.3 | 特征标准化..... | 126 |
| 14.4 | ZCA 白化..... | 128 |
| 14.5 | 随机旋转、移动、剪切和反转图像..... | 129 |
| 14.6 | 保存增强后的图像..... | 132 |
| 15 | 图像识别实例：CIFAR-10 分类 | 134 |
| 15.1 | 问题描述..... | 134 |
| 15.2 | 导入数据..... | 135 |
| 15.3 | 简单卷积神经网络..... | 136 |

| | | |
|------|---------------|-----|
| 15.4 | 大型卷积神经网络..... | 140 |
| 15.5 | 改进模型..... | 145 |

16 情感分析实例：IMDB 影评情感分析 152

| | | |
|------|--------------|-----|
| 16.1 | 问题描述..... | 152 |
| 16.2 | 导入数据..... | 153 |
| 16.3 | 词嵌入..... | 154 |
| 16.4 | 多层感知器模型..... | 155 |
| 16.5 | 卷积神经网络..... | 157 |

第四部分 循环神经网络

17 循环神经网络速成 162

| | | |
|------|------------------|-----|
| 17.1 | 处理序列问题的神经网络..... | 163 |
| 17.2 | 循环神经网络..... | 164 |
| 17.3 | 长短期记忆网络..... | 165 |

18 多层感知器的时间序列预测：国际旅行人数预测 167

| | | |
|------|-------------------|-----|
| 18.1 | 问题描述..... | 167 |
| 18.2 | 导入数据..... | 168 |
| 18.3 | 多层感知器..... | 169 |
| 18.4 | 使用窗口方法的多层感知器..... | 172 |

19 LSTM 时间序列问题预测：国际旅行人数预测 177

| | | |
|------|----------------------|-----|
| 19.1 | LSTM 处理回归问题..... | 177 |
| 19.2 | 使用窗口方法的 LSTM 回归..... | 181 |
| 19.3 | 使用时间步长的 LSTM 回归..... | 185 |
| 19.4 | LSTM 的批次间记忆..... | 188 |

| | | |
|-------------|---------------------------------|------------|
| 19.5 | 堆叠 LSTM 的批次间记忆..... | 192 |
| 20 | 序列分类：IMDB 影评分类 | 197 |
| 20.1 | 问题描述 | 197 |
| 20.2 | 简单 LSTM | 197 |
| 20.3 | 使用 Dropout 改进过拟合 | 199 |
| 20.4 | 混合使用 LSTM 和 CNN | 201 |
| 21 | 多变量时间序列预测：PM2.5 预报 | 203 |
| 21.1 | 问题描述 | 203 |
| 21.2 | 数据导入与准备 | 204 |
| 21.3 | 构建数据集 | 206 |
| 21.4 | 简单 LSTM | 207 |
| 22 | 文本生成实例：爱丽丝梦游仙境 | 211 |
| 22.1 | 问题描述 | 211 |
| 22.2 | 导入数据 | 212 |
| 22.3 | 分词与向量化 | 212 |
| 22.4 | 词云 | 213 |
| 22.5 | 简单 LSTM | 215 |
| 22.6 | 生成文本 | 219 |
| 附录 A | 深度学习的基本概念 | 223 |
| A.1 | 神经网络基础 | 223 |
| A.2 | 卷积神经网络 | 227 |
| A.3 | 循环神经网络 | 229 |

第一部分

初识

机器学习是目前应用非常广泛的领域之一，随着物联网的发展，大量的数据被收集起来，为机器学习的发展提供了充足的材料和动力。深度学习需要大量的数据做支持，随着数据的爆炸，它也变得异常火热。

1

初识深度学习

欢迎阅读《深度学习：基于 Keras 的 Python 实践》这本书。这本书主要介绍在 Python 中对深度学习的实践，并介绍如何使用 Keras 在 Python 中生成和评估深度学习的模型，还会介绍深度学习的相关知识、技巧和使用方法，并可以将这些知识、技巧和使用方法应用到深度学习的项目中。

深度学习涉及很多非常复杂的数学原理，但是不需要掌握这些复杂的数学原理，只需要理解并将其当作工具来使用，并将其应用在项目中，实现真正的价值。从应用的角度来说，深度学习是一个可以快速进入，并能带来高价值的技术。

1.1 Python 的深度学习

本书将介绍一种与传统方式不同的学习深度学习的方式，深度学习与机器学习一样，也是一门实践科学，因此本书将通过实践的方式学习深度学习。当你发现自己真的喜欢使用深度学习这种方式解决问题后，为了更好地理解深度学习，可以一步一步更加深入地学习深度学习的背景和理论知识。通过这种方式，可以开发出更好、更有价值的模型。

目前有许多深度学习的平台和类库，本书选择使用 Python 中的 Keras 来介绍深度学习。与 R 语言（R 语言是目前热门的机器学习开发语言之一）不同的是，Python 是一种可以在模型开发和实际生产环境中使用的语言。与 Java 相比，Python 具有 SciPy 等可以用于科学计算的类库和 Scikit-learn 等专业的机器学习类库。

在 Python 中有多种非常流行的用来建立深度学习模型的平台，如起源于 Google 的 TensorFlow 和由微软开源的 CNTK。并且 Keras 提供了非常简洁和易于使用的基于这两个平台的 API，用来开发深度学习模型。

在本书中将会介绍，如何通过 Keras 来创建模型，并将其导入实际的项目应用中，这将是一个非常有趣的过程。

1.2 软件环境和基本要求

1.2.1 Python 和 SciPy

虽然不要求每个人都成为一个 Python 专家，但是如果对 Python 比较熟悉，就可以方便地安装 Python 和 SciPy。本书中的所有例子都是基于 Python 和 SciPy 的环境的。本书中的所有代码都基于 Python3.6.1，并安装了这些类库：SciPy、NumPy、Matplotlib、Pandas、Scikit-Learn。对于这些类库的安装及介绍请参阅官方网站的介绍。此外，后续还会介绍如何安装深度学习相关的类库：TensorFlow、CNTK 和 Keras。

1.2.2 机器学习

关于深度学习的学习，不需要你成为一个机器学习的专家，不过具有机器学习的知识将会对深度学习的学习有很大的帮助，例如通过 Scikit-Learn 来实现交叉验证等。虽然机器学习的技能不是必需的，并且随着对本书的学习，对这方面的知识也会加深理解，但是具有这方面的知识会让学习的过程更加简单。对机器学习感兴趣的读者也可以阅读笔者的另一本书：《机器学习——Python 实践》，来增加对机器的理解，以及掌握如何使用 Scikit-Learn 来实践机器学习。