



深入浅出 人工神经网络

江永红 著



深入浅出 《二和经》终

江永红 著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

深入浅出人工神经网络 / 江永红著. -- 北京 : 人民邮电出版社, 2019.6
ISBN 978-7-115-50666-5

I. ①深… II. ①江… III. ①人工神经网络—教材
IV. ①TP183

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第022686号

内 容 提 要

作为一本讲解人工神经网络原理的图书,本书旨在让读者在最短的时间内对这些原理知识有一个清晰明了的认识和理解。

本书总共分为3部分,总计9章。第1部分讲解了人工神经网络的源头—生物神经网络的基础知识,第2部分讲解了学习人工神经网络必备的数学知识,第3部分讲解了几种常见而典型的人工神经网络模型,比如感知器、多层感知器、径向基函数神经网络、卷积神经网络、循环神经网络等。

本书写作风格简洁明快,深入浅出,特别适合对人工神经网络/人工智能感兴趣的入门级读者。本书只聚焦原理性知识的讲解,不涉及编程实现,即使对程序编码尚不熟悉的读者也可以轻松阅读理解。本书还可用作高等院校以及相关培训机构的教学或参考用书。

-
- ◆ 著 江永红
责任编辑 傅道坤
责任印制 焦志炜
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市君旺印务有限公司印刷
 - ◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 18.75
字数: 389千字
印数: 1—2400册
- 2019年6月第1版
2019年6月河北第1次印刷
-

定价: 69.00 元

读者服务热线: (010)81055410 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京东工商广登字 20170147 号

序

最近几年，预言新技术影响力的宣传铺天盖地，无孔不入。

就在我利用 2018 年的十一长假，拜读完江永红博士的《深入浅出人工神经网络》并掩卷之际，一则路透社中文网的新闻映入眼帘。这则新闻的大意是世界贸易组织（WTO）总干事 Roberto Azevedo 先生预言，技术与创新会在 2030 年之前带动全球贸易每年增长 1.8~2.0 个百分点。在这篇报道中被明确提到的新技术，就包括了人工智能。此外，Azevedo 先生也提到了区块链、物联网和 3D 打印技术——他认为这些技术会对贸易产生结构性的永久的影响。

我在 2018 年 3 月 30 日出席“2018 区块链技术及应用峰会（BTA）”时，也曾公开提到新技术是“小产业，大变革”。当时，我谈到的新技术固然是区块链，但人工智能等技术也势必会扮演同样的角色。

AlphaGo 与李世石的人机大战把人工智能的学习和研究推向了新一轮的热潮。与以往人工智能热潮的不同之处在于，人类目前所掌握的计算和通信工具在性能上已经产生了质的飞跃，同时藉由这些工具采集和存储的数据规模也早已今非昔比。当曾经制约人工智能发展的因素不再成为瓶颈，人工智能研究和应用的井喷式发展就势在必行。于是在国内，涉及人工智能普及、研究和发展的政策频频出台，这些都预示着人工智能领域未来可期，投身这个领域正当其时。

与近期出版的同类图书相比，江永红博士的新书既没有把大量的笔墨用于挖掘理论深度，



也没有尝试为很有可能不具备理论知识的读者搭建应用的空中楼阁，更没有付诸海量的课后练习来强化和检验读者的理解水平。本书把着眼点完全放在了人工神经网络相关的必备知识点上，用不同于一般教材的轻松语气和细致描述，引导读者一一品味这些理论的个中精髓。

如若类比，江博士这本语气轻松、条分缕析、说理透彻、选题简洁的《深入浅出人工神经网络》可以比作一叶轻舟。虽绝不求在广度深度上与楼船滕舫相媲美，但轻舟漾处，可至花深处，可过万重山。

正在寻找人工神经网络领域入门之作的读者，不妨搭江博士这一叶轻舟，以短短几日，既取寻花之趣，又行抵岸之实。

何宝宏博士

中国信息通信研究院云计算与大数据研究所所长

自序

一直想写一本关于人工神经网络的书，如今这本《深入浅出人工神经网络》终于算是圆了我的一个梦。虽然以前也写过书，也审核过不少书稿，但给书作序还是第一次，而且还是给自己的书作序。我知道，给自己的书作序，理应谦虚为妙，但我还是特别提醒自己：千万别去重复“作者水平有限，且时间紧张，错误之处在所难免，敬请读者批评指正”那样的老套话——既然水平有限，时间匆忙，那还写什么书呀，岂不是要成心误人子弟？

大约 30 年前的一天，我正在为选择自己的博士研究方向而感到迷茫时，碰见了学长焦李成先生。在闲聊中他知道了我的困惑，进而非常认真地建议我好好研究一下人工神经网络。我听从了焦李成学长的建议，从此便与这一领域结下了不解之缘，一直至今。如果说在人工神经网络/深度学习领域又现高潮的今天，我对它们还略知一二的话，首先要感谢的就是我的学长焦李成先生。印象中，他写的那本绿色封面的《神经网络系统理论》好像是国内出版的第一本关于人工神经网络的图书。

神经网络/深度学习研究领域的原理知识是一个庞大而复杂的体系，里面有众多模型，很难在一本书中全面而均匀地涵盖，所以本书在选材和编写上采用了“舍全求精”的原则，在各种纷繁凌乱的神经网络/深度学习模型及其变体中，选取了感知器、多层感知器、径向基函数神经网络、卷积神经网络、循环神经网络这 5 种模型。这 5 种模型是非常经典也是最适合初学者学习的模型，相信读者对于这 5 种模型的结构和原理有了一个清晰明了的认识和理解之后，能够具备举一反三、一通百通的能力。例如，读者可能会发现，这 5 种模型采用的都是监督学习方法，而非监督学习方法、半监督学习方法、增强学习方法、迁移学习方法、对抗学习方法等及相应的模型在本书中均未出现。这样做的原因是，大家在理解了监督学习方法之后，再学习理解其他形式的学习方法及相应模型将不再是难事。另外，本书完全不涉及编程实现方面的内容，而是聚焦在了模型原理知识的讲解上。大家如果想了解如何在实战中实现这些模型，敬请关注我后续编写的以神经网络编程实现为主题的图书。

学习神经网络/深度学习，数学基础知识是绕不过去的坎。如果想对神经网络/深度学习有一个最基本的了解，起码应掌握一些线性代数特别是矩阵相关的基础知识；如果想全面提升对

神经网络/深度学习的理解，则还应该掌握微积分中有关导数、偏导数、极值、梯度等方面的知识，其中最为关键的知识点是梯度；如果还想继续提升对于神经网络/深度学习的认识和看法，概率统计相关的知识则必不可少。总之，学习和研究神经网络/深度学习，数学是基础，更是强有力的工具。

鉴于大多数人碰到数学就头痛，同时也考虑到本书的读者可能是初次涉足神经网络/深度学习这一领域，所以本书刻意规避了概率统计方面知识的专门介绍，并且对于线性代数和微积分方面的基础知识也是删繁就简，使之恰好能够适配对神经网络/深度学习模型的分析 and 讲解。

不敢随便自说本书有什么亮点，因为这需要读者去感受。如果现在非要说一个的话，那就是本书包含了大量的图示，总计有 200 多幅图。我深信，文不如表，表不如图。

最后，想提一下我的女儿。她一直期盼着我能早点把本书写完，因为我曾答应过她，等拿到稿费之后，我会从里面拿出 1/10 给她买个礼物。至于能买什么价位的礼物，我现在也不知道。

江永红

2018 年 11 月于重庆

作者简介

江永红博士，生于 1965 年，1981~1985 年就读于四川大学无线电电子学专业，获学士学位；1985~1988 年就读于中国空间技术研究院通信与电子系统专业，获硕士学位；1988~1992 年就读于西安电子科技大学通信与电子系统专业，获博士学位，主要研究人工神经网络在模糊控制系统中的应用；1992~1995 年于华南理工大学进行博士后研究工作，其间申请并主持了国家自然科学基金项目“基于神经网络的谱估计方法”。

20 世纪 90 年代中后期，江永红博士于新西兰梅西大学首次开设并讲授人工神经网络课程。20 世纪 90 年代末期，入职华为技术有限公司，长期从事技术研发及培训工作，曾担任华为 HCIE 面试主考官，以及华为 ICT 技术认证系列书籍的审稿人。

在他编写的《HCNA 网络技术学习指南》一书中，华为全球培训与认证部部长这样评价：“江永红博士在华为工作近 20 年，现为华为资深技术专家，且之前于国内外高校从事过多年的教学工作，对于知识的学习及传授方法有着深刻的领悟……”

江永红博士目前为 YESLAB 高级讲师，专门致力于人工神经网络、深度学习原理及应用的教学活动和知识普及工作。

献辞

谨以此书献给我的母亲，她看到这本书一定会非常高兴。

致谢

感谢我的好友曾实和叶建忠，与二位的每次交流都让我收获满满，并能让我做出一些明智的决定。例如，与曾兄下棋之后，我就决定以后不再下棋了；读了叶弟的诗作之后，我就决定以后不再写诗了。

前言

现在，我们可以肯定地说，计算机已经普及了，网络也已经普及了。计算机和网络的普及无疑是具有革命性的，它们已经广泛而深刻地改变了社会生活的方方面面。同时，我们现在可以或多或少地感觉到，一场新的技术革命正在到来，这就是人工智能（Artificial Intelligence，AI）。

“普及”牵涉两个方面：一方面是专业技术知识的普及，这需要拥有大量的专业技术人才，目前计算机和网络技术领域已是人才济济；另一方面是应用的普及，现在连几岁的小学生都可以利用网络来抄写作业了，AI 的普及势必也会如此。虽说现在就去遐想和漫谈 AI 的各种可能应用以及它对现实社会及未来的影响未尝不可，但实实在在地多培养出一些 AI 专业技术人才才更是当务之急。

人才的培养离不开书籍的作用。就目前来看，市面上已有不少涉及 AI 主题的书籍，但描述和讲解 AI 技术原理的书籍却是相对匮乏，而以人工神经网络技术原理为主题的书籍尤为不足。人工神经网络是 AI 领域的一个子领域，历史上出现过的以及目前正在经历的 AI 研究热潮其实都是由人工神经网络这个子领域引发的。

近年来，作为国内知名的技术培训机构，YESLAB 一直致力于 AI 人才的培养工作。本书作者是 YESLAB 的一名高级讲师，专门从事 AI 特别是人工神经网络技术原理方面的授课培训工作。作者基于其大量的培训授课讲稿，并综合梳理了学员的大量反馈意见之后，写作了这本《深入浅出人工神经网络》，以期能够对于整个社会的 AI 人才培养工作多添一块砖。

本书组织结构

本书作为描述和讲解人工神经网络技术原理的入门图书，旨在让读者在最短的时间内对这些原理知识有一个清晰明了的认识和理解。机器学习是人工智能领域的一个子领域，人工神经网络或深度学习又是机器学习领域的一个子领域。深度学习是深度神经网络采用的学习方法，深度神经网络是深度学习方法的基础架构。目前，人工神经网络和深度学习这两个术语几乎成了同义词，

常常混用，并且在只提其一时，实则二者皆指。

从内容组织上讲，本书总共分为3个部分：第1部分为第1章，主要介绍人工神经网络的源头——生物神经网络的一些基础知识；第2部分由第2、3、4章组成，主要讲解学习人工神经网络必备的一些数学基础知识；第3部分由第5、6、7、8、9章组成，对几种常见而典型的人工神经网络模型进行了全面介绍。

■ 第1章：背景知识

学习和研究人工神经网络之前，理应了解一些生物神经网络的基础知识。人工神经网络借鉴了生物神经网络的一些原理知识，同时结合了许多数学的方法，这些原理和方法目前仍采用编程方式在传统计算机上进行模拟实现。人工神经网络带有仿生学的影子，但它毕竟不是在复制生物神经网络——如同我们受到鸟儿的启发而发明了飞机一样，我们的飞机上并没有长满羽毛，飞机的翅膀也不会上下扇动。

本章首先对于智能的定义进行了简要的讨论和说明，然后着重介绍了生物神经元和大脑的基础知识，这些知识对于理解第5章中的MCP模型（McCulloch-Pitts Model），也即所谓的人工神经元模型至关重要。简而言之，大脑是由数以千亿的神经元通过数以千万亿的突触相互联系和作用的一个极其复杂的网络系统，而由若干个人工神经元（MCP）互联而成的网络便是所谓的人工神经网络。本章最后还对人工智能、机器学习、神经网络、深度学习这几个常见术语的含义进行了澄清。

■ 第2章：函数

人工神经网络模型中经常会用到各种函数。就目前来看，所有这些函数都属于初等函数的范畴。所谓初等函数，就是指由5种基本初等函数（幂函数、指数函数、对数函数、三角函数、反三角函数）和常数经过有限次的四则运算以及有限次的函数复合而得到的函数。

学习和研究人工神经网络，必须要熟悉函数的一些基本属性，如，函数在某一点是否存在极限，函数在某一点是否连续，函数在某一点是否可导。本章除了介绍函数的这些基本属性外，还会进一步地讲解诸多其他的重要概念，如，函数的极值与最值，函数的凹凸性，函数的驻点、拐点、鞍点，多元函数的偏导数等。

熟悉函数的上述基本属性和相关的重要概念，可以为正确地理解“梯度”以及“梯度下降法”打下坚实的基础。毫无疑问的是，在学习关于人工神经网络知识的过程中，最大的困难就是理解各种各样的训练学习算法，而绝大部分的训练学习算法都会涉及梯度及梯度下降的概念和方法。

■ 第 3 章：梯度

在绝大多数人工神经网络的训练学习算法中，梯度以及梯度下降法几乎总是其最为核心的内容。

函数在某一点的梯度是一个矢量，所以本章在讲解有关梯度的知识之前，特地介绍了一些相关的基础知识，如，什么是自由矢量，矢量的模，矢量之间的夹角，矢量的基本运算，矢量的坐标表示法，矢量的方向角与方向余弦，等等。

本章的一个最为重要的知识点是，方向导数是一个标量，而梯度是一个矢量；函数在某一点的方向导数取得最大值的方向就是函数在该点的梯度矢量的方向，函数在某一点的方向导数的最大值就是函数在该点的梯度矢量的模。

■ 第 4 章：矩阵

有人把矩阵基础知识比喻为学习人工神经网络的敲门砖，此话一点不假。在人工神经网络模型中，输入数据、输出数据、模型自身的参数等几乎都是以矩阵的形式来表示的，同时模型所涉及的各种运算也几乎都是一些矩阵运算。就拿人工神经网络编程来说，如果不事先熟悉矩阵相关的一些基础知识，那么就很难看懂相应的程序代码，更别提自己编写代码了。

本章会介绍矩阵的概念，常见的特殊矩阵，矩阵的基本运算，比如矩阵加法、数与矩阵的乘法、矩阵乘法、矩阵转置、矩阵的初等变换等。需要注意的是，矩阵乘法拥有一些特别的性质，这些性质异于我们的思维习惯。例如，矩阵乘法既不满足交换律，也不满足消去律，所以在学习过程中应特别小心。

神经网络计算常常会涉及逆矩阵的概念和求解。求解逆矩阵的方法有很多，本章会介绍其中的一种方法，也即利用矩阵的初等变换来求解逆矩阵。无论求解逆矩阵的方法是怎样的，其计算过程都是非常繁琐的，并且矩阵的阶次越高，计算量会越大，同时也越容易出错。好在各种求解方法的原理并不会因矩阵的阶次不同而不同，而且包括矩阵求逆在内的各种矩阵运算其实都已经有了现成的程序软件来实现了，所以我们在学习矩阵的各种运算的过程中，重要的是从概念上理解各种运算的含义，具体的计算工作都可以交给程序软件来完成。

需要重点提及的是，本章的最后一节是第 9 章中 BPTT 算法的基础，只有切实掌握这节内容，才能真正理解 BPTT 算法的推导过程。

■ 第 5 章：MCP 模型及感知器 (Perceptron)

本章首先描述了 MCP 模型 (McCulloch-Pitts Model)，也即所谓的人工神经元模型，它是人工神经网络的基本组成单元。MCP 模型加上相应的训练算法之后便是所谓的感知器，它是最为

简单的人工神经网络模型。

人们总是将某些实际应用联系在一起学习和研究人工神经网络，其中一种常见的应用便是模式识别。模式识别有时也称为模式分类。学习人工神经网络及其应用，几乎总是从学习如何利用感知器来解决线性可分的模式识别/分类问题开始，这也是本章的主要学习内容。

模式矢量是模式的数学表现形式，其几何形态就是模式空间中的模式点。不同类别的模式点在模式空间中的分布情形是多种多样的，从理论上讲，我们总是可以利用若干超曲面来对不同类别的模式点进行分隔，从而实现模式分类的目的。如果模式空间中不同类别的模式点是可以利用超平面来进行分隔的，那么相应的模式分类问题就成了简单的线性可分问题。

单个的感知器或由多个感知器并联而成的单层感知器只适合解决线性可分的模式分类问题，这就极大地限制了它的应用范围。为了更好地理解线性可分性，本章还会介绍一些凸集相关的基本知识。

本章最后介绍了著名的 XOR 难题，貌似简单的 XOR 问题竟然成了单层感知器无法逾越的障碍，这因此也催生出了功能强大的多层感知器。

■ 第 6 章：多层感知器 (MLP)

本章主要讲解 MLP 的结构和工作原理。MLP 是一种堪称经典的人工神经网络模型。很多人认为，懂了 MLP，整个人工神经网络的知识就几乎算懂了一半。之所以这样讲，是因为 MLP 的很多原理和方法广泛地应用于许多其他的人工神经网络模型。

MLP 是单层感知器的纵向扩展形式，它包含了一个输入层、若干个隐含层、一个输出层。从数学角度看，MLP 表达了从输入矢量到输出矢量的某种函数映射关系。从理论上讲，一个含有隐含层的 MLP 便可以成为一个万能的函数生成器，而 XOR 难题在 MLP 面前只是小菜一碟。

监督训练方法是人工神经网络经常采用的一种训练方法，MLP 的训练采用的也是监督训练方法。MLP 所采用的具体训练算法叫做 BP (Back Propagation) 算法，它也是一种基于梯度下降原理的算法，所以第 3 章中的梯度知识将在这里派上大用场。

本章还会对 MLP 存在的一些问题和解决方法（这些问题和解决方法具有很大的普遍性，而不是仅仅针对 MLP 网络）进行深入的讨论，主要涉及训练过程中的极小值问题、学习率的选取、批量训练方式、欠拟合与过拟合现象、网络容量问题、网络拓扑选择、收敛曲线特点、训练样本集要求等内容。

■ 第 7 章：径向基函数神经网络 (RBFNN)

本章主要讲解 RBFNN 的结构和工作原理。从数学角度看，人工神经网络在本质上就是一个

函数生成器，所生成的函数映射关系一方面应该尽可能地吻合各个训练样本点，另一方面更应该吻合应用问题本身所隐含的输入-输出函数映射关系。

为了实现上面提到的“吻合”要求，我们可以利用一种称为插值的数学方法。插值方法有很多具体的种类，如线性插值法、多项式插值法、三角插值法等。如果一个人工神经网络所采用的插值函数是若干个径向基函数的线性组合，则这样的人工神经网络就称为径向基函数神经网络。在实际应用中，RBFNN 所使用的径向基函数一般为高斯函数。本章将从插值的基本概念入手，一步一步地引出 RBFNN 的基本结构和工作原理。

RBFNN 体现了 Cover 定理的基本思想：对于一个复杂的、在低维空间表现为非线性可分的模式分类问题，当我们从该低维空间经由某种非线性变换而得到的高维空间来看待时，原来的问题很可能就转化成了一个简单的线性可分的模式分类问题。

本章还会结合 RBFNN 较为深入地讨论一些关于模式分类的问题，如椭圆可分、双曲线可分、抛物线可分，以及模式空间的柔性分割等问题。本章最后对 RBFNN 的训练策略进行了介绍。

■ 第 8 章：卷积神经网络 (CNN)

本章主要讲解 CNN 的结构和工作原理。CNN 是近些年来享负盛名的一种人工神经网络模型，它在图像识别方面的表现尤其令人惊叹。

CNN 也许是生物学启发人工智能的最为成功的例子，CNN 中的某些基本概念和原理在很大程度上都借鉴了著名的 Hubel-Wiesel 生物学实验的研究成果。

卷积是函数之间的一种运算关系，与卷积运算非常类似的另一种运算是相关运算。需要特别指出的是，在常见的卷积神经网络模型以及软件开发平台的库函数中，所谓的卷积运算其实并非卷积运算，而是相关运算！

卷积、卷积核、卷积窗口、特征映射图、池化运算、池化窗口、卷积级、探测级、池化级等，这些都是 CNN 涉及的重要概念。本章会以面部表情识别为例，一步一步地引出卷积神经网络的一般结构和工作原理。

CNN 体现了三种重要的思想：稀疏连接、权值共享、等变表示。这些思想都会在本章中逐一讲解。

本章最后会讲解一个在现实中得到成功运用的 CNN 实例：LeNet-5。LeNet-5 在手写体字符识别方面表现非常出色，它常被应用在银行系统中，用来识别银行客户在支票上书写的内容。

■ 第 9 章：循环神经网络 (RNN)

本章主要讲解 RNN 的结构和工作原理。与 CNN 一样，RNN 近年来也非常抢眼，它在自然语言



处理 (Natural Language Processing, NLP) 方面得到了成功且广泛的应用。不同语言之间的自动翻译、人机对话 (如著名的图灵测试) 等一直就是人工智能研究的热点问题, 这些问题统属于 NLP 的范畴。

N-Gram 是 NLP 中常常会使用的一种语言模型, 从理论上讲, N 值越大, 处理效果就越好。然而, 受计算复杂度及存储需求方面的限制, 传统人工智能方法只能应付 N 值较小的情况, 因此效果大打折扣, 而新的方法多是采用循环神经网络。

如果说多层感知器或卷积神经网络像是组合逻辑电路的话, 那么循环神经网络就像是时序逻辑电路。循环神经网络有别于其他神经网络的最大特点就是, 当前时刻的网络输出不仅与当前时刻的网络输入有关, 还与所有过去时刻的网络输入有关。也就是说, 循环神经网络是一种有“记忆”的网络, 而这种“记忆”在自然语言处理问题中有着举足轻重的作用。

循环神经网络采用的训练算法是 BPTT (Back-Propagation Through Time), 它是一种梯度下降法, 同时也是一种监督训练算法, 每一个训练样本仍是一个<输入, 期待输出>二元组, 但其最大的特点是, 二元组里的输入是一个矢量序列, 二元组里的期待输出也是一个矢量序列。

本章会给出循环神经网络的示例, 并且会一步一步地讲解如何利用循环神经网络来解决下面所示的这个语言填空问题。

我 上班 迟到了, 老板 批评了 ()。

在此过程中, 我们会系统地学习到许多重要的概念和方法, 如, 词库、语料库、矢量化、独热矢量、概率分布矢量、softmax 函数、交叉熵误差函数等。

LSTM (Long Short-Term Memory) 模型是 RNN 的一种变体形式, 它的出现是为了应对所谓的梯度消失问题。本章最后一节会专门讲解 LSTM。

本书读者对象

想必各位读者十有八九都已感受到了人工智能的火热现状, 如 AlphaGo、刷脸技术、语言自动翻译、医学影像诊断、无人驾驶, 如此等等。需要说明的是, 本书不是一本渲染人工智能热闹景象的图书, 不去述说人工智能的前世今生, 也不去讨论人工智能的社会学意义, 更不去探究未来社会究竟是人类统治 AI 还是 AI 统治人类这种高深问题。

本书的目的是实实在在、静心地描述和讲解人工智能当今的热点研究领域——神经网络/深度学习技术原理。本书的目标读者为高校理工类学生, 或有意及正在从事人工智能技术工作的社会人员。本书特别适合用作高等院校及培训机构的教学或参考用书, 也可供对人工神经网络感兴趣的读者自学使用。

资源与支持

本书由异步社区出品，社区（<https://www.epubit.com/>）为您提供相关资源和后续服务。

提交勘误

作者和编辑尽最大努力来确保书中内容的准确性，但难免会存在疏漏。欢迎您将发现的问题反馈给我们，帮助我们提升图书的质量。

当您发现错误时，请登录异步社区，按书名搜索，进入本书页面，点击“提交勘误”，输入勘误信息，点击“提交”按钮即可。本书的作者和编辑会对您提交的勘误进行审核，确认并接受后，您将获赠异步社区的 100 积分。积分可用于在异步社区兑换优惠券、样书或奖品。

详细信息 写书评 提交勘误

页码: 页内位置 (行数): 勘误印次:

B I U   “ ”  

字数统计

提交

扫码关注本书

扫描下方二维码，您将会在异步社区微信服务号中看到本书信息及相关的服务提示。



与我们联系

我们的联系邮箱是 contact@epubit.com.cn。

如果您对本书有任何疑问或建议，请您发邮件给我们，并请在邮件标题中注明本书书名，以便我们更高效地做出反馈。

如果您有兴趣出版图书、录制教学视频，或者参与图书翻译、技术审校等工作，可以发邮件给我们；有意出版图书的作者也可以到异步社区在线提交投稿（直接访问 www.epubit.com/selfpublish/submission 即可）。

如果您是学校、培训机构或企业，想批量购买本书或异步社区出版的其他图书，也可以发邮件给我们。

如果您在网上发现有针对异步社区出品图书的各种形式的盗版行为，包括对图书全部或部分内容的非授权传播，请您将怀疑有侵权行为的链接发邮件给我们。您的这一举动是对作者权益的保护，也是我们持续为您提供有价值的内容的动力之源。

关于异步社区和异步图书

“异步社区”是人民邮电出版社旗下 IT 专业图书社区，致力于出版精品 IT 技术图书和相关学习产品，为作译者提供优质出版服务。异步社区创办于 2015 年 8 月，提供大量精品 IT 技术图书和电子书，以及高品质技术文章和视频课程。更多详情请访问异步社区官网 <https://www.epubit.com>。

“异步图书”是由异步社区编辑团队策划出版的精品 IT 专业图书的品牌，依托于人民邮电出版社近 30 年的计算机图书出版积累和专业编辑团队，相关图书在封面上印有异步图书的 LOGO。异步图书的出版领域包括软件开发、大数据、AI、测试、前端、网络技术 etc。



异步社区



微信服务号