

PACKT
PUBLISHING

异步图书
www.epubit.com.cn

用Java代码释放神经网络的无穷力量

神经网络算法与实现

——基于Java语言

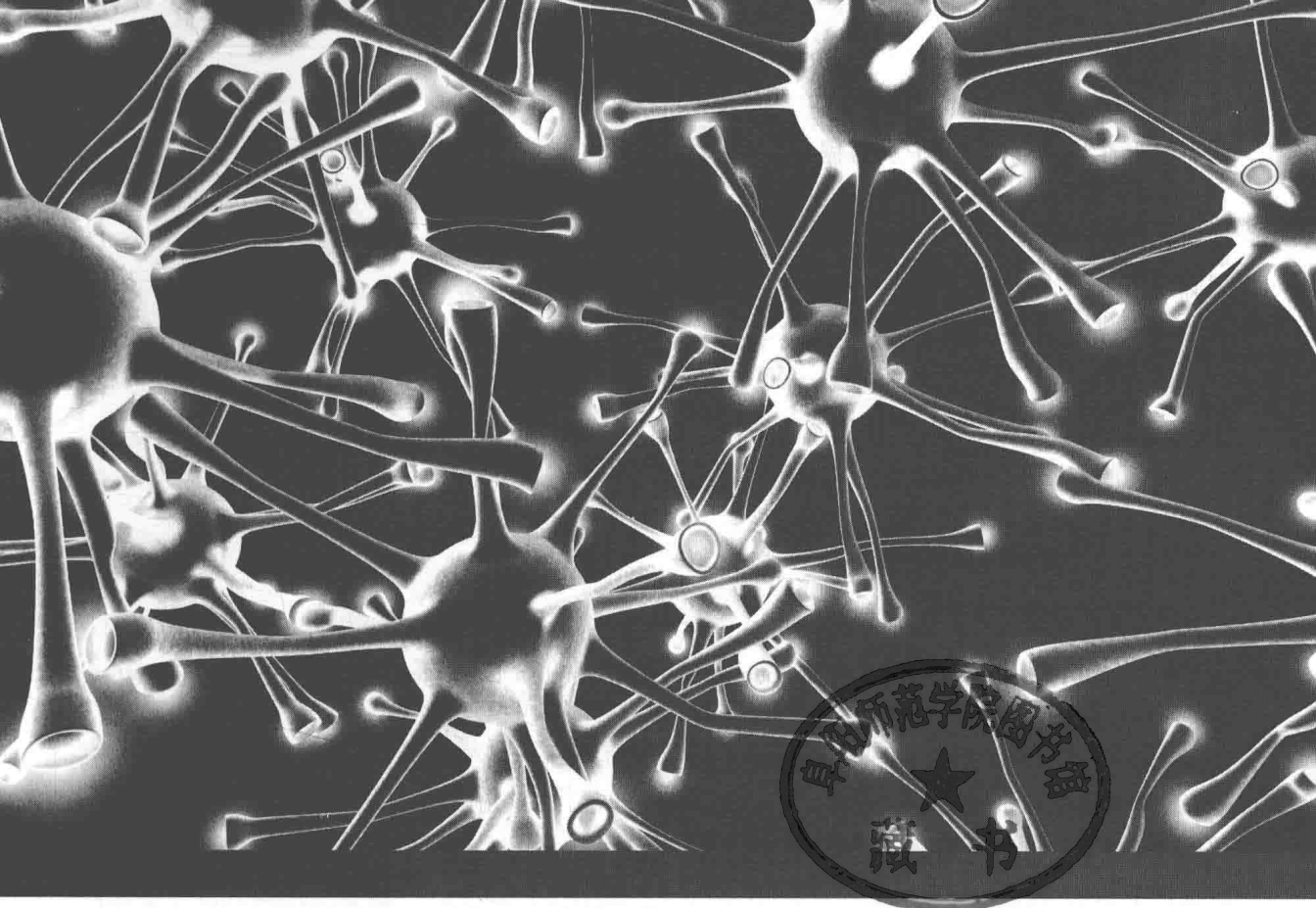
Neural Network
Programming with Java

[巴西] Fábio M. Soares Alan M.F. Souza 著

范东来 封强 译

中国工信出版集团

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



神经网络算法与实现

——基于Java语言

[巴西] Fábio M. Soares Alan M.F. Souza 著
范东来 封强 译

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

神经网络算法与实现：基于Java语言 / (巴西) 法比奥, (巴西) 艾伦著；范东来, 封强译. — 北京：人民邮电出版社, 2017.9

ISBN 978-7-115-46093-6

I. ①神… II. ①法… ②艾… ③范… ④封… III. ①人工神经网络—算法 IV. ①TP183

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第156750号

版权声明

Copyright ©2016 Packt Publishing. First published in the English language under the title *Neural Network Programming with Java*.

All rights reserved.

本书由英国 Packt Publishing 公司授权人民邮电出版社出版。未经出版者书面许可，对本书的任何部分不得以任何方式或任何手段复制和传播。

版权所有，侵权必究。

-
- ◆ 著 [巴西] Fábio M. Soares Alan M.F. Souza
 - 译 范东来 封强
 - 责任编辑 胡俊英
 - 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>
 - 三河市海波印务有限公司印刷
 - ◆ 开本：800×1000 1/16
 - 印张：13
 - 字数：250 千字 2017 年 9 月第 1 版
 - 印数：1—2 400 册 2017 年 9 月河北第 1 次印刷
- 著作权合同登记号 图字：01-2016-8082 号
-

定价：59.00 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

内容提要

人工神经网络是由众多连接权值可调的神经元连接而成，具有大规模并行处理、分布式信息存储、良好的自组织自学习能力等特点，能够完成模式识别、机器学习以及预测趋势等任务。

本书通过 9 章内容，并结合 Java 编程语言，由浅入深地介绍了神经网络算法的应用。书中涉及神经网络的构建、神经网络的结构、神经网络的学习、感知机、自组织映射等核心概念，并将天气预测、疾病诊断、客户特征聚类、模式识别、神经网络优化与自适应等经典案例囊括其中。本书在附录中详细地指导读者进行开发环境的配置，帮助读者更加顺利地进行程序开发。

本书非常适合对神经网络技术感兴趣的开发人员和业余读者阅读，读者无需具备 Java 编程知识，也无需提前了解神经网络的相关概念。本书将从零开始为读者进行由浅入深地讲解。

作者简介

Fábio M. Soares 拥有帕拉联邦大学（Universidade Federal do Pará, UFPA）的计算机应用专业硕士学位，目前是该校的在读博士生。他从 2004 年开始就一直在设计神经网络解决方案，在电信、化学过程建模等多个领域开发了神经网络技术的应用，他的研究主题涉及数据驱动建模的监督学习。

他也是一名个体经营者，为巴西北部的一些中小型公司提供 IT 基础设施管理和数据库管理等服务。在过去，他曾为大公司工作，如 Albras（世界上最重要的铝冶炼厂之一）和 Eletronorte（巴西的一个大型电源供应商）。他也有当讲师的经历，曾在亚马逊联邦农业大学（Federal Rural University）和卡斯塔尼亚尔的一个学院授课，两所学校都在帕拉州，所教的学科涉及编程和人工智能。

他出版了许多作品，其中许多都有英文版，所有作品都是关于针对某些问题的人工智能技术。他在众多权威会议上发表了一系列学术文章，如 TMS（矿物金属和材料学会）、轻金属学会和智能数据工程、自动学习学会等学术会议。他还为 Intech 写过两章内容。

我特别庆幸自己能获得丰富的神经网络方面的知识，而我也只是单纯地喜欢做研究。特别感谢我的家人，我的父亲 Josafá 和母亲 Maria Alice，希望他们能因为这本书而感到非常自豪，还有我的兄弟 Flávio、我的姨妈 Maria Irenice，以及在我学习期间总是以某种方式支持我的所有亲戚。我还要感谢 Roberto Limão 教授的支持，他邀请我参与了许多关于人工智能和神经网络的项目。此外，特别感谢我的合作伙伴和来自 Exodus Sistemas 的前合作伙伴，他们帮助我应对编程和 IT 基础设施方面的各种挑战。最后，我要感谢我的朋友 Alan Souza，他邀请我成为本书的作者，并一起完成了本书。

Alan M.F. Souza 是来自亚马逊高级研究所（Instituto de Estudos Superiores da Amazônia, IESAM）的计算机工程师。他拥有软件项目管理的研究生学位以及帕拉联邦大学（Universidade Federal do Pará, UFPA）的工业过程（计算机应用）硕士学位。自 2009 年以来，他一直从事神经网络方面的工作，并从 2006 年开始与巴西的 IT 公司合作进行 Java、PHP、SQL 和其他编程语言的开发。他热衷于编程和计算智能。目前，他是亚马逊大学（Universidade da Amazônia, UNAMA）的教授和帕拉联邦大学的在读博士生。

在我小的时候，就想写一本书。所以，本书是我一个梦想的实现，也是我努力工作的结果。我要感谢这个机会，也要感谢我的父亲 Célio、我的母亲 Socorro、我的妹妹 Alyne 和我了不起的妻子 Tayná。他们能够理解我不能时常陪伴他们，还经常为我担心。我感谢所有家庭成员和朋友在困难时期一直支持我，并期待我的成功。我要感谢所有出现在我生命中的教授，特别是 Roberto Limão 教授，他第一个传授给我神经网络的概念。我还要向 Fábio Soares 表示感谢，感谢这次伟大的合作和这段伟大的友谊。最后，感谢 Packt 出版社这个不知疲倦的团队，感谢他们在整个出版过程中给予的帮助。

译者简介

范东来

北京航空航天大学硕士，BBD（数联铭品）大数据技术部负责人，大数据平台架构师。技术图书作者和译者，著有《Hadoop 海量数据处理》，译有《解读 NoSQL》《NoSQL 权威指南》。研究方向：大规模并行图挖掘、去中心化应用。

封强

毕业于北京化工大学计算机科学系、法国图尔工程师学院，获法国工程师学位，目前是 BBD（数联铭品）大数据技术部工程师。研究方向：数据仓库、商业智能。

审稿人简介

Saeed Afzal，也被称为 **Smac Afzal**，是定居在巴基斯坦的专业软件工程师和技术爱好者。他专注于解决方案架构和可扩展的高性能应用的实现。

他热衷于为不同 Web 业务需求提供自动化解决方案。他目前的研究和工作主要是对下一代 Web 开发框架的实现，这会减少开发的时间和成本，并在默认情况下提供具有许多必要的强大功能的高效网站。他希望在 2016 年推出这个技术。

他还参与了 Packt 出版社出版的 *Cloud Bees Development* 一书的审校。

你可以在 <http://sirsmac.com> 上找到更多关于他技能和经验的信息，也可以通过 sirsmac@gmail.com 联系他。

我想感谢我的父母和妻子，感谢 Zara Saeed 博士，感谢他们给予的所有鼓励。

前言

程序员的生活就是一条持续的、永无止境的学习之路。程序员总是面临新技术或新方法的挑战。一般来说，在生活中，虽然我们习惯了做重复的事情，但总是会去接受并学习新的东西。学习的过程是最有趣的科学话题之一，人们做了许多尝试来描述或重现人类的学习过程。

面对新内容并且掌握新内容这样的挑战指导着本书的写作。虽然“神经网络”这个名字可能看起来很奇怪，甚至给人以本书是关于神经学的一种感觉，但我们努力把焦点集中在你决定购买本书的原因上，来简化这些细微差别。我们打算建立一个框架，以显示神经网络实际上是简单易懂的，并且保证读者无需预先了解这个题目，也能充分理解本书提出的概念。

所以，我们鼓励你全面地探究本书的内容，在面对重大问题时，要看到神经网络的强大力量，但要始终保持一个初学者的视角。本书中讲述的每一个概念都是用简单的技术性语言来解释的。本书的宗旨是让你可以使用简单语言来编写智能应用程序。

最后，感谢所有直接或间接对本书做出贡献的人，是他们从一开始就支持我们，感谢帕拉联邦大学、数据和组件提供者巴西气象学会（Brazilian Institute of Meteorology, INMET）、Proben1 和 JFreeCharts。特别感谢我们的顾问 Roberto Limão 教授，他给我们介绍神经网络这个主题，我们合作在这个领域发表了许多论文。还要感谢参考文献中引用的几位作者所做的工作，他们拓宽了我们对神经网络的视野，并启发我们深入思考如何指导读者将神经网络应用于 Java 编程。

我们希望你能有一个非常愉快的阅读体验，鼓励你下载源代码，并遵循本书中引用的代码示例。

本书涵盖的内容

第 1 章，初识神经网络，这是神经网络基础知识及其用途介绍。你将了解到本书所涉及的基本概念以及对 Java 编程语言的简要回顾。在所有随后的小节中，还包括神经网络的 Java 代码实现。

第 2 章，神经网络是如何学习的，涵盖神经网络的学习过程，并展示如何使用数据来达到这一目的。这里介绍了学习算法的完整结构和设计。

第 3 章，运用感知机，介绍感知机的使用。感知机是最常用的神经网络架构之一，本书提出一个包含神经元层的神经网络结构，并展示它们在基础问题上如何通过数据来学习。

第 4 章，自组织映射，展示了一个无监督的神经网络架构（自组织映射），它被应用于在记录中寻找模式或聚类。

第 5 章，天气预测，这是第一个关于实践的章节，展示了神经网络在预测，即天气数据预测方面的一个有趣的应用。

第 6 章，疾病诊断分类，涵盖另一个实用的且神经网络非常擅长的分类任务。在本章中，你将看到一个非常有说服力而且有趣的疾病诊断应用。

第 7 章，客户特征聚类，介绍神经网络如何能够在数据中找出模型，包含一个常见的应用开发，涉及对具有相同购买属性的客户进行分组。

第 8 章，模式识别（OCR 案例），一谈到有趣且惊人的模式识别功能，肯定包括光学字符识别，本章探讨如何使用 Java 语言的神经网络来完成此任务。

第 9 章，神经网络优化与自适应，介绍了关于如何优化和增加神经网络的适应性，从而增强神经网络的能力。

阅读本书所需的开发工具

你需要 Netbeans (www.netbeans.org) 或 Eclipse (www.eclipse.org)，它们都是免费的且可以在其官方网站下载。

本书适合的读者

本书面向神经网络技术的专业开发人员和业余爱好者，读者无需具备 Java 编程知识。阅读本书不需要有神经网络的相关知识，本书将从头开始教。如果读者熟悉神经网络或其他机器学习技术，即使缺乏 Java 经验，本书也能提升其开发能力，帮助读者开发出实用的应用程序。当然，如果读者知道基本的编程概念，将会从这本书中获益良多，但无需以前的经验。

规范

本书采用不同的文本样式区分不同种类的信息。这里列举部分示例并对其含义作出解释。

文本中的代码、数据库表名、文件夹名称、字符串、文件扩展名、路径名、虚拟 URL、用户输入和 Twitter 句柄如下所示：“在 Java 项目中，这些值的计算是通过 `Classification` 类完成的。”

代码块如下所示：

```
Data cardDataInput = new Data("data", "card_inputs_training.csv");
Data cardDataInputTestRNA = new Data("data", "card_inputs_test.csv");
Data cardDataOutputTestRNA = new Data("data", "card_output_test.csv");
```

新的术语和重要的文字以粗体展示：



警告信息或重要注释出现在这样的方框里。



温馨提示和小技巧出现在这样的框里。

读者反馈

我们非常欢迎来自读者的反馈。让我们知道你对本书的看法，喜欢什么或不喜欢什么。读者的反馈很重要，因为它有助于我们开发出真正有价值的图书内容。

如果读者要向我们发送一般性反馈，只需发送电子邮件至 feedback@packtpub.com，并在邮件主题中注明图书的标题。

如果你对于一个主题有非常专业的知识，并且对编写或贡献一本书感兴趣，请参阅我们的作者指南 www.packtpub.com/authors。

读者支持

现在，你已经是一名 Packt 图书的尊享者，我们有一些东西可以帮助你获取更多的信息。

下载示例代码

你可以访问 <http://www.packtpub.com>，在账户下载所有已购买的 Packt 图书的示例代码文件。如果你是从其他地方购买本书，则可以访问 <http://www.packtpub.com/support> 并注册，我们将以电子邮件的形式直接发送给你。

勘误

虽然我们已经很谨慎，以确保内容的准确性，但是错误仍在所难免。如果你在我们的任何一本书中发现了错误，无论是文本或代码中的错误，如果你能向我们报告这些错误，我们将不胜感激。通过这样的方式，可以解决其他读者的困惑，并帮助我们改进本书的后续版本。如果你发现任何勘误，请通过访问 <http://www.packtpub.com/submit-errata>，选择要报告的图书，单击勘误提交表单链接，并输入勘误的详细信息。一旦你的勘误被验证成功，提交将被接受，勘误表将被上传到我们的网站或添加到该标题的勘误表下任何一个现有的勘误表里。

关于盗版行为

在互联网上，盗版是所有媒体正在面对的问题。在 Packt，我们非常重视版权保护和版权许可。如果你在互联网上发现任何形式的 Packt 图书的非法副本，请立即向我们提供网址或网站名称，以便我们可以采取补救措施。

请通过 copyright@packtpub.com 向我们提供可疑盗版材料的链接。

感谢你帮助我们保护作者，以及保护我们为你带来有价值内容的能力。

疑问

如果你对本书的任何方面有问题，可以通过 questions@packtpub.com 与我们联系，我们将尽最大努力为你解决问题。

目录

第 1 章 初识神经网络 1

- 1.1 探索神经网络 1
- 1.2 为什么要用人工神经网络 2
- 1.3 神经网络的构造 3
 - 1.3.1 基础元素——人工神经元 3
 - 1.3.2 赋予神经元生命——
激活函数 4
 - 1.3.3 基础值——权值 5
 - 1.3.4 重要参数——偏置 5
 - 1.3.5 神经网络组件——层 5
- 1.4 神经网络结构 6
 - 1.4.1 单层神经网络 7
 - 1.4.2 多层神经网络 7
 - 1.4.3 前馈神经网络 8
 - 1.4.4 反馈神经网络 8
- 1.5 从无知到有识——学习过程 8
- 1.6 实践神经网络 9
- 1.7 小结 15

第 2 章 神经网络是如何学习的 16

- 2.1 神经网络的学习能力 16
- 2.2 学习范式 17
 - 2.2.1 监督学习 17

- 2.2.2 无监督学习 18

2.3 系统结构——学习算法 19

- 2.3.1 学习的两个阶段——训练
和测试 20
- 2.3.2 细节——学习参数 21
- 2.3.3 误差度量和代价函数 22

2.4 学习算法示例 22

- 2.4.1 感知机 22
- 2.4.2 Delta 规则 23

2.5 神经网络学习过程的编码 23

- 2.5.1 参数学习实现 23
- 2.5.2 学习过程 24
- 2.5.3 类定义 26

2.6 两个实例 33

- 2.6.1 感知机（报警系统） 34
- 2.6.2 ADALINE（交通预测） 37

2.7 小结 42

第 3 章 运用感知机 43

3.1 学习感知机神经网络 43

- 3.1.1 感知机的应用和局限性 44
- 3.1.2 线性分离 44
- 3.1.3 经典 XOR（异或）
例子 45

3.2 流行的多层感知机 (MLP)47	第 5 章 天气预测89
3.2.1 MLP 属性48	5.1 针对预测问题的神经网络89
3.2.2 MLP 权值49	5.2 无数据, 无神经网络—— 选择数据91
3.2.3 递归 MLP50	5.2.1 了解问题——天气变量...92
3.2.4 MLP 在 OOP 范式中的 结构50	5.2.2 选择输入输出变量92
3.3 有趣的 MLP 应用51	5.2.3 移除无关行为—— 数据过滤93
3.3.1 使用 MLP 进行分类51	5.3 调整数值——数据预处理94
3.3.2 用 MLP 进行回归53	5.4 Java 实现天气预测96
3.4 MLP 的学习过程54	5.4.1 绘制图表96
3.4.1 简单但很强大的学习 算法——反向传播55	5.4.2 处理数据文件97
3.4.2 复杂而有效的学习算法—— Levenberg-Marquardt57	5.4.3 构建天气预测神经网络...98
3.5 MLP 实现58	5.5 神经网络经验设计101
3.5.1 实战反向传播算法61	5.5.1 选择训练和测试 数据集101
3.5.2 探索代码62	5.5.2 设计实验102
3.6 Levenberg-Marquardt 实现66	5.5.3 结果和模拟103
3.7 实际应用——新生入学68	5.6 小结105
3.8 小结71	第 6 章 疾病诊断分类106
第 4 章 自组织映射72	6.1 什么是分类问题, 以及如何应用 神经网络106
4.1 神经网络无监督学习方式72	6.2 激活函数的特殊类型—— 逻辑回归107
4.2 无监督学习算法介绍73	6.2.1 二分类 VS 多分类109
4.3 Kohonen 自组织映射76	6.2.2 比较预期结果与产生 结果——混淆矩阵109
4.3.1 一维 SOM77	6.2.3 分类衡量——灵敏度和 特异性110
4.3.2 二维 SOM78	6.3 应用神经网络进行分类111
4.3.3 逐步实现自组织映射网络 学习80	6.4 神经网络的疾病诊断114
4.3.4 如何使用 SOM81	6.4.1 使用神经网络诊断 乳腺癌114
4.4 Kohonen 算法编程81	
4.4.1 探索 Kohonen 类84	
4.4.2 Kohonen 实现 (动物聚类)86	
4.5 小结88	

6.4.2 应用神经网络进行早期糖尿病诊断	118	8.3.2 数字表示的方法	140
6.5 小结	121	8.4 开始编码	141
第 7 章 客户特征聚类	122	8.4.1 生成数据	141
7.1 聚类任务	123	8.4.2 构建神经网络	143
7.1.1 聚类分析	123	8.4.3 测试和重新设计——试错	144
7.1.2 聚类评估和验证	124	8.4.4 结果	145
7.1.3 外部验证	125	8.5 小结	148
7.2 应用无监督学习	125	第 9 章 神经网络优化与自适应	149
7.2.1 径向基函数神经网络	125	9.1 神经网络实现中的常见问题	149
7.2.2 Kohonen 神经网络	126	9.2 输入选择	150
7.2.3 数据类型	127	9.2.1 数据相关性	150
7.3 客户特征	128	9.2.2 降维	151
7.4 Java 实现	129	9.2.3 数据过滤	152
7.5 小结	135	9.3 结构选择	152
第 8 章 模式识别 (OCR 案例)	136	9.4 在线再训练	154
8.1 什么是模式识别	136	9.4.1 随机在线学习	155
8.1.1 定义大量数据中的类别	137	9.4.2 实现	156
8.1.2 如果未定义的类没有被定义怎么办	138	9.4.3 应用	157
8.1.3 外部验证	138	9.5 自适应神经网络	159
8.2 如何在模式识别中应用神经网络算法	138	9.5.1 自适应共振理论	159
8.3 OCR 问题	140	9.5.2 实现	160
8.3.1 简化任务——数字识别	140	9.6 小结	162
		附录 A NetBeans 环境搭建	163
		附录 B Eclipse 环境搭建	175
		附录 C 参考文献	186

第 1 章

初识神经网络

本章介绍神经网络及其用途，主要讲解神经网络的基本概念，为后续章节打下基础。其主要内容包含以下几个部分：

- 人工神经元
- 权值和偏置
- 激活函数
- 神经元层
- 用 Java 实现神经网络

1.1 探索神经网络

首先，“神经网络”这个词会在我们脑海里创建出一种模拟人脑的景象，特别是刚刚接触到神经网络的人可能产生这样的想法。实际上，这也是正确的，大脑就是一个巨大的自然神经网络。然而，人工神经网络又是什么呢？其实“人工”是相对于自然神经网络中的“自然”而言的，一提到“人工”一词，首先映入脑海的往往是一张人工大脑或机器人的图片。我们受人脑结构的启发创造了与人脑相似的神经网络结构，所以这也可以被叫作人工智能。读到这里，之前对人工神经网络没有什么经验的读者可能认为这本书是教大家怎么创造智能系统的，例如人造大脑就可以用 Java 代码模拟人类大脑思考的过程，不是吗？当然，我们不会涉及像黑客帝国里人工智能机器人那样的产物，但是，我们会谈到神经网络可以实现很多不可思议的功能。充分利用 Java 编程语言框架的优势，为读者提供定义和创建神经网络结构的完整 Java 代码。