

英特尔® FPGA中国创新中心系列丛书

北京海云捷迅力荐

马飒飒 张磊 张瑞 韩宁 | 编著

人工智能基础

教育部“产学合作—协同育人”项目入选书籍



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>

英特尔® FPGA 中国创新中心系列丛书

人工智能基础

马飒飒 张 磊 张 瑞 韩 宁 | 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书主要介绍人工智能的发展历史、基本概念、技术基础及实际应用,从数学基础、编程基础及控制基础等方面进行阐述,使学生理解人工智能的基本原理,特别是数据、算法及应用之间的相互关系。本书包括绪论、人工智能数学基础、人工智能通信技术、智能控制、深度学习、智能机器人、人工智能伦理和人工智能创新创业应用共 8 章,力争通过由浅入深的讲解和大量的实例帮助读者快速掌握人工智能技术的具体应用方法。

本书内容既适合控制相关专业人员,也适合非控制相关专业人员阅读。本书可以作为高校理工科学生学习人工智能技术课程的入门教材。

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

人工智能基础 / 马飒飒等编著. —北京: 电子工业出版社, 2020.3
(英特尔® FPGA 中国创新中心系列丛书)

ISBN 978-7-121-38172-0

I. ①人… II. ①马… III. ①人工智能 IV. ①TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 290018 号

责任编辑: 刘志红(lzhmails@phei.com.cn) 特约编辑: 宋兆武

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: 15.5 字数: 347.2 千字

版 次: 2020 年 3 月第 1 版

印 次: 2020 年 3 月第 1 次印刷

定 价: 89.00 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至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: (010) 88254479, lzhmails@phei.com.cn。

众所周知，我们正在进入一个全面科技创新的时代。科技创新驱动并引领着人类社会的发展，从人工智能、自动驾驶、5G，到精准医疗、机器人等，所有这些领域的突破都离不开科技的创新，也离不开计算的创新。从 CPU、GPU，到 FPGA、ASIC，再到未来的神经拟态计算、量子计算等，英特尔正在全面布局未来的端到端计算创新，以充分释放数据的价值。中国拥有巨大的市场和引领全球创新的需求，其产业生态的全面性及企业创新的实力、活力和速度都令人瞩目。英特尔始终放眼长远，以丰富的生态经验和广阔的全球视野，持续推动与中国产业生态的合作共赢。以此为前提，英特尔在 2018 年建立了英特尔® FPGA 中国创新中心，与 Dell、海云捷讯等合作伙伴携手共建 AI 和 FPGA 生态，并通过组织智能大赛、产学研对接及培训认证等方式，发掘优秀团队，培养专业人才，孵化应用创新，加速智能产业在中国的发展。

该系列丛书是英特尔® FPGA 中国创新中心专为 AI 和 FPGA 领域的人才培养和认证而设计编撰的系列丛书，非常高兴作为英特尔® FPGA 中国创新中心总经理为丛书写序。同时也希望该系列丛书能为中国 AI 和 FPGA 相关产业的生态建设和人才培养添砖加瓦！

英特尔® FPGA 中国创新中心 总经理 张瑞

2019 年秋



张瑞

张瑞先生现任英特尔® FPGA 中国创新中心总经理，总体负责中国区芯片对外合作，以及自动驾驶和 FPGA 等领域的生态建设。同时也兼任（中国）汽车电子产业联盟副理事长和副秘书长的职务，致力于推动包括 5G、机器视觉、传感器融合和自主决策等多项关键自动驾驶相关技术在中国的落地和合作。

张瑞先生拥有多年世界领先半导体公司的从业经历。在加入英特尔之前，曾在瑞萨电子和飞思卡尔半导体担任多个关键技术和管理工作。

张瑞先生曾于 2008 年编写并出版过科学技术类图书《Coldfire 处理器深入浅出》一书。

人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 是计算机科学的一个分支, 它是一门多领域交叉学科, 用于研究、开发模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统, 涉及计算机科学、信息论、控制论、自动化、仿生学、生物学、心理学、数理逻辑、语言学、医学和哲学等多门学科。人工智能可以对人的意识、思维的信息过程进行模拟, 使机器能够胜任一些通常需要人类智能才能完成的复杂工作。另一方面, 作为目前流行的人工智能编程语言, Python 的设计风格清晰划一, 具有简单易学、免费开源、可移植性、可扩展性、可嵌入性、面向对象、丰富的库等优点, 使专业和非专业人员都可以利用 Python 结合封装好的人工智能算法解决其专业问题。

本书由河北工业大学人工智能与数据科学学院的教师结合多年教学经验和人工智能教育的发展需要编著而成的, 可作为高校理工科学生学习人工智能技术课程的入门教材。本书从基础出发, 通过对人工智能技术的数学基础、编程基础和控制基础进行介绍, 讲解人工智能所需的基本技术, 向读者直观展示了解决人工智能问题的详细步骤, 以及利用 Python 程序设计语言快速解决人工智能问题的具体过程, 力争使读者在有限时间内快速掌握多种适合解决人工智能问题的方法。我们也提供了演示实验或具体示例来展示一些人工智能技术的理论分析和推导过程, 使对人工智能技术有兴趣的读者能够对相关知识有一个初步认识和掌握, 为读者后续更深层次的学习打下一个良好的基础。

在基于本书学习人工智能技术的相关知识时, 建议读者一定要多动脑思考、多动手实践。当学习数学基础时, 可以查阅相关书籍对相关知识进行深入学习。当学习案例代码时, 可以配合上机学习, 在梳理代码的同时进行适当理解, 在计算机上对程序实现复现。当学习演示实验时, 可以认真分析每一个案例, 认真思考实际问题的具体解决步骤, 结合书本知识总结利用人工智能技术解决实际问题的方法和流程。只有这样, 才能真正做到熟练运用人工智能技术解决实际的应用问题。

本书的特色包括: (1) 在讲解相关知识的同时, 配合实际应用案例, 使读者在具体应用中快速掌握人工智能技术的实现方法。(2) 强调入门性, 本书给出了必要的人工智能技术学习基础和相相关示例, 既适合人工智能相关专业人员作为机器学习的入门教材, 也适合对“解决人工智能问题”有兴趣的非相关专业人员阅读。(3) 章节内容的编排由

浅入深，同时致力于利用简单、易懂的案例代码演示理论性强或较难理解的内容，方便读者根据实际需求进行学习。

本书共 8 章，下面简单介绍各部分内容。

第 1 章，绪论部分，首先给出了人工智能的基本概念及其发展史。然后对人工智能技术的研究目标和内容进行简要介绍。接着，讲解了人工智能技术的研究进展及其研究领域。最后，结合实际生活给出了人工智能的应用场景，使读者快速了解利用人工智能技术解决实际问题的基本方法，并对人工智能形成系统的宏观认识。

第 2 章，主要介绍了人工智能技术所需的数学基础和编程基础。本章介绍的数学基础部分分为矩阵论、应用统计、数值分析及经典变换四个部分。矩阵论部分系统介绍了矩阵的基本理论、方法及其应用，重点介绍了线性空间与线性变换及范数理论部分；应用统计部分系统阐述了应用统计的相关理论和操作知识，内容包括参数估计、假设检验、回归分析与方差分析；数值分析部分内容包括插值与数值逼近，数值积分与数值微分，解线性方程的直接方法与迭代法；经典变换部分列举了包括快速傅里叶变换、图像变换在内的人工智能技术中常用的变换方法。本章最后一节简要介绍了人工智能技术的编程工具——Python，包括对编程基础和相关工具包的介绍，使读者初步了解 Python 的语言特点及编写方法。

第 3 章，从通信技术的角度对人工智能进行介绍，主要包括人工智能在通信领域面临的挑战、应用并重点介绍了自然语言处理中的语音识别技术，从发展、分类、核心技术、识别方法、应用等方面进行了较为宏观全面的讲解。

第 4 章，介绍了智能控制的概念、产生与发展，重点针对经典的智能控制理论进行了原理、核心内容的简单概述，最后结合人工智能在智能控制领域的应用示例，展示了智能控制较传统控制的优势及应用前景。

第 5 章，给出了 4 个综合案例。首先是基于深度神经网络的图像分类案例，利用 OpenCV 工具库，结合其自带的 Caffe 框架和 DNN 网络实现对图像的分类应用；其次是基于深度学习的个性化推荐案例，利用 OpenCV 工具库，结合其自带的 TensorFlow 框架和卷积神经网络，基于 MovieLens 数据集完成电影推荐的任务；然后是基于卷积神经网络的文本分类案例，按照数据处理、卷积、池化、全联接和分类四个步骤对文本进行分类；最后是基于深度学习的视频行为识别案例，利用 OpenCV 工具库，结合其自带的

PyTorch 框架和用于视频识别的 C3D 卷积神经网络模型，基于 UCF101 数据集完成视频行为识别的任务。本章通过案例的讲解介绍了深度学习的几个重要的基本概念。

第 6 章，首先介绍了智能机器人的研究进展、发展趋势及应用领域，其次对机器人体系结构和视觉系统进行了简单的讲解，然后重点解释了智能机器人的路径规划问题，从导航、定位、避障、路径规划四个方面将路径规划中的关键内容进行了详细说明，最后通过两个应用示例对机器人中运用的计算机视觉分析和路径规划问题进行了说明。

第 7 章，首先分析了人工智能已经或者可能带来的一些安全隐患、安全风险的特征，以及面对安全问题时的某些应对措施，然后讨论了人工智能课程或技术的教育理念及方式，最后以“换脸视频”为例说明了人工智能技术如何向着积极有力的方向发展。

第 8 章，首先对人工智能产业的发展进行了总结和分析，然后介绍了与人工智能相结合的创新创业项目，最后讨论了几个较为经典的人工智能创新创业案例，希望读者通过本章的学习开拓思路，做出更有价值的创新应用。

本书的分工如下：马飒飒负责第 2、3、7 章的编写，韩宁负责第 1、8 章的编写，张磊负责第 4、5 章的编写，张瑞负责第 6 章的编写，马飒飒负责全书统稿和定稿。

在本书的编写过程中，河北工业大学人工智能与数据科学学院 2017 级研究生赵策、刘根旺帮助收集整理了本书的案例，2018 级研究生李晴、母芳林、李诗月帮助收集整理了本书的内容，2019 级研究生蒋俏帮助完成了本书的统稿，电子工业出版社刘志红编辑给予了大力支持，在此表示真诚的感谢！

英特尔® FPGA 中国创新中心和北京海云捷迅科技有限公司为本书的编写提供了大量的支持和帮助，在此特别向他们表示衷心的感谢！

本书还参考了国内外人工智能方面的书籍及大量的网上资料，力求有所突破和创新，由于能力和水平所限，书中出现的不妥乃至错误之处，恳请读者指正。

作 者

2019 年 12 月于河北工业大学

第一章 绪论	001
1.1 人工智能概述.....	003
1.1.1 人工智能定义.....	003
1.1.2 人工智能发展史.....	007
1.2 人工智能研究的目标及内容.....	009
1.2.1 人工智能的研究目标.....	009
1.2.2 人工智能的研究内容.....	010
1.3 人工智能研究进展及领域.....	019
1.4 人工智能的发展及影响.....	023
1.4.1 人工智能的发展.....	023
1.4.2 人工智能的应用.....	024
1.4.3 人工智能的影响.....	025
1.5 本章小结.....	029
习题 1.....	029
第二章 人工智能数学基础	031
2.1 矩阵论.....	033
2.1.1 线性空间与线性变换.....	034
2.1.2 范数理论.....	035
2.2 应用统计.....	036
2.2.1 参数估计.....	036
2.2.2 假设检验.....	036
2.2.3 回归分析与方差分析.....	037
2.3 数值分析.....	038
2.3.1 插值法与数值逼近.....	039
2.3.2 数值积分与数值微分.....	041
2.3.3 解线性方程的直接方法与迭代法.....	041

2.4 经典变换	046
2.4.1 快速傅里叶变换	046
2.4.2 图像变换	049
2.5 Python 基础	052
2.5.1 编程基础	053
2.5.2 Numpy	056
2.5.3 Pandas	056
2.5.4 SciPy	057
2.5.5 其他工具包	058
2.6 本章小结	059
习题 2	059
第三章 人工智能通信技术	061
3.1 人工智能在通信领域的挑战	063
3.2 人工智能在通信领域的应用	066
3.3 语音识别技术	068
3.3.1 国外发展概述	069
3.3.2 国内发展概述	070
3.3.3 系统分类	071
3.3.4 核心技术	072
3.3.5 识别方法	073
3.3.6 应用与发展	077
3.3.7 演示实验	077
3.4 本章小结	083
习题 3	084
第四章 智能控制	085
4.1 智能控制基础	087
4.1.1 智能控制的产生与发展	087
4.1.2 智能控制的基本概念	089
4.2 智能控制理论	090

4.2.1 智能控制经典理论概述·····	090
4.2.2 智能控制系统·····	092
4.3 人工智能在智能控制领域的应用·····	102
4.4 本章小结·····	106
习题 4·····	107
第五章 深度学习 ·····	109
5.1 深度学习的发展·····	111
5.2 深度学习概述·····	115
5.3 深度学习的基本原理·····	118
5.3.1 深度学习的经典网络·····	119
5.3.2 深度学习的正则化·····	130
5.3.3 深度模型的优化·····	132
5.4 深度学习应用·····	135
5.4.1 计算机视觉·····	135
5.4.2 自然语言处理·····	142
5.4.3 其他应用·····	142
5.5 演示实验·····	143
5.5.1 基于深度神经网络的图像分类·····	143
5.5.2 基于深度学习的个性化推荐·····	152
5.5.3 基于卷积神经网络的文本分类·····	155
5.5.4 基于深度学习的视频行为识别·····	158
5.6 本章小结·····	161
习题 5·····	162
第六章 智能机器人 ·····	163
6.1 智能机器人概况·····	165
6.2 智能机器人运动与感知·····	170
6.2.1 智能机器人体系结构·····	170
6.2.2 机器人视觉系统·····	171
6.3 智能机器人路径规划·····	173

6.3.1 机器人导航	173
6.3.2 机器人定位	175
6.3.3 机器人避障	176
6.3.4 机器人路径规划	178
6.4 演示实验	181
6.4.1 计算机视觉分析	181
6.4.2 机器人路径规划	186
6.5 本章小结	190
习题 6	190
第七章 人工智能伦理	191
7.1 人工智能的安全问题	193
7.1.1 人工智能安全问题的出现	193
7.1.2 人工智能安全风险的特征	194
7.1.3 人工智能安全问题的应对策略	196
7.2 人工智能的教育理念	197
7.3 人工智能工程伦理实例	204
7.4 本章小结	208
习题 7	208
第八章 人工智能创新创业应用	209
8.1 人工智能发展前景及创新创业项目介绍	211
8.1.1 充满生机的人工智能产业	211
8.1.2 拭目以待的人工智能产业发展前景	214
8.2 创新创业项目	215
8.2.1 创新创业项目简介	215
8.2.2 开展创新创业项目的注意事项	216
8.3 人工智能创新创业相关案例	217
8.4 本章小结	221
习题 8	222
参考文献	223

第 | 一 | 章

绪 论

“人工智能”，这个词在我们普通人看来是一个很高大上的词汇，因为我们总觉得，这代表了某种神秘的 IT 技术。对于大部分人来说，只能感受到人工智能带来的一些成果，而当需要我们能够比较深入、彻底地去研究它时，就会让人觉得这个领域是那么遥不可及。其实，当我们真正地去了解和探究它后就会发现，人工智能原来并不是那么神秘！技术本身是服务于生活的，能够贴近生活的技术，才是整个世界需要的！

1.1 人工智能概述 ●●●

1.1.1 人工智能定义

人工智能 (Artificial Intelligence, AI)，这个词拆开来看就是“人工”和“智能”。分开理解对我们来说是没有任何难度的，但是当把它们组合在一起的时候，就是一个可以改变世界的技术了。探其本质，可以给它一个精简而又准确的定义——人工制作的系统所表现出的智能，也就是机器智能。当然，这里的智能其实就是像人一样的思维过程和智能行为。当然这是一个层面的理解，就人工智能的发展现状而言，也可以将其定义为研究这样的智能能否实现，以及如何实现的科学领域。

随着科技的高速发展，人造物品的性能常常优于天然的物品。例如人造草坪，利用仿生学的原理模拟天然草坪，使运动者的脚感及足球的反弹速度都和实际情况相似，同时又比天然草坪有着更好的排水性能，更长的使用寿命，更低的维护费用。再比如 20 世纪 50 年代研制成功的人造血管，经过不断地改进逐渐地被应用在较大的血管手术中。目前用于制造人造血管的原料一般有涤纶、聚四氟乙烯等。人造血管物理和化学性能稳

定，在做搭桥手术时易缝性好，与人体的相容性好，可以达到令人满意的远期通畅率。人造血管技术的不断优化将推动大型人体器官的制造，这会使将来的人类医学研究更具创新性。

人工智能不是自然的，而是人造的。要确定人工智能的优点和缺点，必须首先理解和定义“智能”。智能是什么？智能的定义可能比人工的定义更难以捉摸。

斯腾伯格（R. Sternberg）就人类意识这个主题给出了以下定义：“智能是个人从经验中学习、理性思考、记忆重要信息，以及应付日常生活需求的认知能力。”这个定义可以用简单的标准化测试为例进行理解。

给定一个数组：1, 2, 4, 7, 11, 16…。通过观察不难得出下一个数字是 22，规律是每两个连续数字之差为 1, 2, 3, 4…的等差数列。其实对这个问题的解答过程实现的就是简单的智能，需要通过经验分析来发现规律和模式，并且发现提取模式中的特征。那么如何判断人或动物是否具有智能的属性？如果有智能，又该如何评估智能的等级？

大多数人可以很容易地回答出第一个问题，我们可以通过与其他人交流（如做出评论或提出问题）来观察他们的反应，每天多次重复这一过程，以此评估他们的智力。虽然没有直接进入他们的思想，但是相信通过问答这种间接的方式，可以对内部大脑活动做出较为准确的评估。

如果坚持使用问答的方式来评估智力，那么如何评估动物智力呢？观察一下，小狗似乎记得一两个月没见到过的人，并且可以在迷路后找到回家的路；小猫在晚餐时间听到开罐头的声音时常常表现得很兴奋。动物们出现的这些反应只是简单的巴甫洛夫反射，还是它们有意识地将经验与结果预测联系起来？再来看一则有趣的轶事：大约在 1900 年，德国柏林有一匹据说精通数学的马，它可以做加法或计算平方根，人称“聪明的汉斯（Clever Hans）”（见图 1-1）。然而有人观察发现，汉斯计算的成功率与观众的数量相关，如果没有观众在场，它的表现就不会很出色。事实上，汉斯的“智能”在于它能识

别人类的情感，而非对数学的精通。研究人员猜测，因为马一般都具有敏锐的听觉，当汉斯接近正确的答案时，观众们就变得相对兴奋、心跳加速，汉斯也许有一种出奇的能力，它能够检测出这些微小的变化，从而得出正确的答案。



图 1-1 聪明的汉斯

有些生物智能的体现具有群体性特点，而这种集体智慧的实现根源于个体之间的有效沟通。举个例子来说，蜜蜂是一种具有超强生存智慧的昆虫，单只蜜蜂行为并不属于人工智能的范畴，但是蜂群往往会利用群体的智慧解决复杂的问题。为了在寒冷的天气下生存，蜜蜂们在蜂巢内相互靠近，形成球形结构，随着温度的逐渐降低，结团越来越紧，蜜蜂还会轮换自己的位置，蜂球表面的蜜蜂向球心钻，球心的蜜蜂则向外移，使每个同伴都可以安全越冬。

人类大脑的质量及大脑与身体的质量比通常被视为动物智能的指标。有研究发现，海豚在这两个指标上都与人类相当，在动物自我意识测试——镜子测试中，海豚得到了很好的分数，它们可以认识到镜子中的图像实际上是它们自己的形象；海豚可以完成复杂的游戏，这说明海豚具有记忆序列和执行复杂身体运动的能力。

使用工具是智能的另一个“试金石”，这一特征常常用于将直立人与人类祖先进行区

分。倭黑猩猩和人一样，都具备使用工具的特质，他们甚至还会制造工具。科学家发现，倭黑猩猩会主动将树枝的前端削尖，或者用大石块敲碎小石块找到尖锐的部分用来抵御敌人的攻击。由此可见，智能不是人类独有的特性。

人工智能希望创建可以与人类思维相类似的能够表现出与人类智能相关特征的计算机软件 and（或）硬件系统。其中，一个关键的问题就是——机器能思考吗？许多人对待这个问题时怀有偏见，有人说：“计算机只是由硬件系统和软件系统组成的用于高速计算的机器，并不具备思考的能力。”但还有人认为：“在不久的将来，计算机可以赶上甚至超过人类的智慧。”真相可能就存在于两种极端情况之间。思考是推理、分析、评估和形成思想和概念的工具，并不是所有能够思考的物体都有智能。不同的动物物种具有不同程度的智能，同样的人工智能领域开发的软件和硬件系统也具有不同程度的智能。

◎ 定义 1.1 智能 (Intelligence)

人的智能是他们理解和学习事务的能力。也就是说，智能是思考和理解的能力，而不是本能的做事能力。

◎ 定义 1.2 智能机器 (Intelligent Machine)

智能机器可以呈现人类的智能行为。而这种智能行为表现为人类通过大脑思考解决问题进而创造新的想法。

◎ 定义 1.3 人工智能

斯坦福大学尼尔逊 (Nilsson) 提出：人工智能是关于知识的科学（知识的表示、知识的获取及知识的运用）。

◎ 定义 1.4 人工智能学科

人工智能研究者们认为：人工智能学科是计算机科学中的一个分支领域，它主要涉