HZ BOOKS
华章IT

智能系统与技术丛书

资深AI专家撰写，腾讯、阿里、微众银行、字节跳动、浙江大学、新智元等企业界、学术界、媒体界的8位资深专家联袂推荐
从基础理论、核心原理、前沿算法等多个维度全面解读AutoML、AutoDL和元学习等技术栈

Dive into AutoML and AutoDL
Building Automated Platforms for Machine Learning and Deep Learning

深入理解AutoML和AutoDL

构建自动化机器学习与深度学习平台

王健宗 瞿晓阳 著

机械工业出版社
China Machine Press

智能系统与技术丛书

Dive into AutoML and AutoDL

Building Automated Platforms for Machine Learning and Deep Learning

深入理解AutoML和AutoDL

构建自动化机器学习与深度学习平台

王健宗 瞿晓阳 著

机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目（CIP）数据

深入理解 AutoML 和 AutoDL：构建自动化机器学习与深度学习平台 / 王健宗，瞿晓阳著 .
—北京：机械工业出版社，2019.8
（智能系统与技术丛书）

ISBN 978-7-111-63436-2

I. 深… II. ①王… ②瞿… III. ①人工智能－基础知识 ②机器学习－基础知识 IV. TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2019）第 162944 号

深入理解 AutoML 和 AutoDL

构建自动化机器学习与深度学习平台

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：罗词亮　　责任校对：李秋荣
印　　刷：大厂回族自治县益利印刷有限公司　　版　　次：2019 年 8 月第 1 版第 1 次印刷
开　　本：186mm × 240mm　1/16　　印　　张：21.75
书　　号：ISBN 978-7-111-63436-2　　定　　价：99.00 元

客服电话：（010）88361066　88379833　68326294　　投稿热线：（010）88379604
华章网站：www.hzbook.com　　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

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

PRAISE

赞　誉

自动化机器学习是未来人工智能的一个重要发展方向，值得我们关注和学习。本书作者王健宗博士是机器学习方面的资深研究者和实践者，在本书中，他不仅讲解了 AutoML 的基础理论知识，还详细分析了近几年 AutoDL 方面最前沿的算法和技术，提供了很好的方法与思路参考。想要系统研究 AutoML 并把握其最新技术趋势的读者，本书不容错过。

——杨强　IEEE Fellow/IAPR Fellow/AAAS Fellow/ACM 杰出科学家 /
微众银行首席人工智能官 / 香港科技大学计算机与工程系教授

人工智能技术将会重塑很多行业，而人工智能的自动化将极大地加速这一进程。本书作者王健宗博士是人工智能领域的知名专家，兼具深厚的理论功底和丰富的实践经验，一直致力于让 AI 无处不在。他的这本专著深入浅出地总结了人工智能自动化的基本理论、框架和技术，对研究和应用人工智能自动化的专业人士和初学者来说都是一本不可多得的参考书。

——俞栋　腾讯 AI Lab 副主任 / 西雅图人工智能实验室负责人

AutoML 可以使机器学习的调参建模流程实现自动化，大大降低机器学习的门槛，让用户在没有丰富机器学习经验的情况下也能开发机器学习模型，大大缩短创建模型的时间。王健宗博士的这本书不仅非常系统、深入地讲解了 AutoML 和 AutoDL 的理论知识和核心技术，而且给出了具体的工程实践方法。对于想学习 AutoML 和 AutoDL 技术或搭建自动化机器学习平台的读者来讲，本书有很大的参考价值。

——李晓林　美国佛罗里达大学教授 /
同盾科技副总裁兼人工智能研究院院长

自动化机器学习探索一种“学习的学习”模式，既是国际学术界热点研究问题，也是工业界急需的核心技术。本书是国内顶尖 AI 专家王健宗博士在实践中摸索出的自动化机器学习理论、方法与系统框架，具有极高的学术和应用价值。

——陈为　教授 / 博导 / 浙江大学计算机学院副院长

AutoML 在机器学习的发展过程中一直是研究者的梦想，让模型的超参数甚至模型结构本身就可以通过学习过程自动探索到最优解。王健宗等著的这本 AutoML 专著涵盖自动化特征工程、自动化超参优化，以及神经网络架构搜索等前沿技术方法。从理论和实践双重维度，对自动化机器学习做了全面介绍，对工程实践也有很好的指导意义。

——李磊　字节跳动人工智能实验室总监

AutoML 的概念于 2012 年由学术界提出，当时的目的是解决编程时人工调校参数的问题。在谷歌、微软等公司的大力推动下，目前 AutoML 的研究越来越深入，应用越来越广泛。AutoML 可以帮助选择模型并选择超参数，成为机器学习和 AI 自动化和平民化的重要方向。王博士的这本书填补了 AutoML 中文图书的空白，从理论与实践的双重维度，对 AutoML 和 AutoDL 的入门知识和进阶知识做了全面介绍，值得一读！

——陈继东　蚂蚁金服 ZOLOZ 全球可信身份平台负责人 / 资深数据专家

AutoML 是当前 AI 领域的前沿方向之一，由谷歌等巨头引领，让深度学习的使用更趋自动化、民主化，是降低机器学习门槛的一大利器。王健宗博士查阅并解读了近百篇论文，详尽介绍了最前沿的 AutoML 算法和技术，本书堪称打开 AutoML 和 AutoDL 深入学习之门的神奇钥匙。

——杨静　新智元创始人兼 CEO

如今，自动化机器学习技术已经风靡全球。模型选择、特征工程、调参等工作自动化之后，普通民众学习 AI 以及专业人士运用 AI 的效率得到了极大提升。王博士既是奋斗在科研一线的 AI 专家，又是平安科技的大型 AI 项目负责人，理论与实践能力均炉火纯青，写这本书再适合不过。相信很多人能从本书中受益。

——周磊（July）　七月在线创始人兼 CEO

PREFACE

前　言

为什么要写这本书

“人工智能”“机器学习”“深度学习”“联邦学习”“自动化”等已经成为互联网行业使用最频繁的词汇，在人工智能发展日益成熟的今天，越来越多的研究者将目标聚焦于“自动化”。出于对 AutoML 技术出现的振奋和对人工智能的热情与投入，我们逐渐萌生了撰写这本书的想法，我们想让更多的人了解 AutoML，了解我们身边最前沿的技术和知识，最终能够让天下没有难的 AI，实现普惠 AI。如果一定要问我们写这本书的原因，我觉得可以归结为如下三点：

首先，已经有多家互联网公司发布了 AutoML 平台，毫无疑问 AutoML 已经成为目前各大公司的“护城河”，我们希望通过本书来揭开 AutoML 平台的神秘面纱。基于 AutoML 平台，专业编程人员和非专业人员均可快速创建项目并训练模型，但是，由于国内至今还没有一本关于 AutoML 算法介绍的书籍，平台用户只知其然却不知其所以然。

其次，我们想要通过本书建立一套完整的 AutoML 知识体系。很多 AutoML 从业者懂技术，但是缺少一套完整的知识体系来支撑自己的核心技术，有鉴于此，我们在开始撰写本书前做的第一件事就是建立知识体系，包括自动化机器学习、神经架构搜索的核心算法、自动化模型压缩、模型调参、深度学习的垂直领域应用以及元学习等。这套知识体系可以帮助很多从业者认清技术方向，也可以帮助初期从业者选择研究领域。我们期望有更多人来为 AutoML 这个诞生仅仅一年半的新技术添砖加瓦，共建 AutoML 生态。

最后，我们希望这本书能为更多非专业人员带来价值。本书的初期定位是 AutoML 入门书籍，换句话说，我们撰写的初衷是想为更多不懂算法但是热爱 AI 技术的爱好者提供一些思路和理解角度。因此，我们在本书中尽量使用白话来解释算法思想，从人工智能的初期发展到 AutoML 技术的成熟，可以让每一个非技术人员快速理解 AutoML。

对于本书，我们倾注了很多热情和心血，从 2017 年年底 AutoML 技术开始出现就开始

深入探索，接着起草最初书稿框架到成型历时一年多，其中经过了多次章节结构调整和修改，查阅并解读近百篇 AI 前沿论文，才有了今天大家看到了这本书。在本书中，我们从 0 到 1 介绍了 AutoML 技术的方方面面，希望这本书能带给你惊喜。

读者对象

本书适用于非计算机专业研究人员、期望转型 AI 领域的技术爱好者，同样也适用于初级、中级和高级的人工智能算法工程师、项目经理和产品经理等。

本书特色

AutoML 技术的发展日新月异，诸多科学家和研究者会在论文中发表自己的研究成果，但是目前国内还没有一本讲解 AutoML 发展和技术的书籍。本书聚焦于 AutoML，从无到有地介绍了 AutoML 的发展过程以及相关的算法。本书涉及 AutoML 技术的多个方面，从 AutoML 到 AutoDL，最后延伸到元学习，为读者提供了一套完整的知识体系。

如何阅读这本书

本书是关于自动化人工智能的一本入门级书籍，书中涵盖了大部分基础知识，因此非专业人士也可以读懂。自动化人工智能的最重要的两个分支是自动化机器学习和自动化深度学习，因此，本书的核心和聚焦在这两大研究领域，旨在为专业人士和刚入门的学者提供一些研究方向和思路。

从逻辑上，全书一共分为四个部分。

第一部分（第 1～2 章）是关于人工智能的基础概述，并介绍了现有的 AutoML 平台。

第二部分（第 3～6 章）是自动化机器学习，这里的机器学习是指统计机器学习，这一部分主要介绍了基本的机器学习知识以及自动化特征工程、自动化模型选择和自动化超参优化。

第三部分（第 7～13 章）是自动化深度学习，众所周知，近年来深度学习的研究开展得如火如荼，为了拓展读者的知识领域和研究思路，我们在这一部分花费了大量的篇幅来介绍近几年最前沿的算法和技术，这也是全书最核心的章节。

第四部分（第 14 章）是关于元学习的内容，我们认为元学习应该是独立于统计机器学习和深度学习的一个研究领域，因为元学习跳出了学习“结果”的这种思想，学习的是“学习过程”，这也是自动化人工智能的理想目标。因此，我们将元学习单独作为一个部分，作为全书内容的升华，读者可以在本书的引导下展开更深入的研究。

我们将本书的重点内容罗列为以下几点：

1）自动化特征工程生成方法，分别是深度特征合成算法、Featuretools 自动特征提取以及基于时序特征的自动化特征工程。

2）自动化模型选择方法，包括贝叶斯优化算法、进化算法、分布式优化等。

3）自动化超参优化，主要有序列超参优化、进化算法的运用以及迁移学习方法。

4）神经架构搜索，主要搜索算法有强化学习和进化算法。

5）神经架构搜索加速方案，包括权值共享法、超网络、网络态射法、代理评估模型以及可微分神经架构搜索。

6）模型压缩和加速方案，包括量化、修剪法、稀疏化以及轻量级模型设计。

专业读者或具体从业者可根据自己的研究领域以及感兴趣情况选择以上部分内容重点阅读。对于非专业读者，本书中也有最基本的算法入门介绍，可以将本书作为一本 AutoML 入门书籍进行全书通读。

勘误和支持

本书并没有涵盖 AutoML 研究领域的全部知识，因为这个领域的知识体系之庞大，不是一本书就可以介绍完的。譬如我们书中所涉及的图计算网络、超网络、蒙特卡洛树搜索以及元学习都可以成为一个独立的研究课题。在 AutoML 技术的发展过程中，很多前沿算法会不断被提出和更新，因此书中的内容会存在一定的局限性。

本书的很多思想和知识体系都是作者基于自己的理解建立的，难免会出现理解不当或者不准确的地方，恳请读者批评指正。如果你有更多的宝贵意见，欢迎发送邮件至邮箱 yfc@hzbook.com，我们会认真采纳你的意见和建议。这本书的结束并不意味着我们的研究就此结束，我们还需要不断挖掘其中的精华与奥妙，期待能够得到你们的真挚反馈和支持。

致谢

在本书的撰写和研究期间，感谢多名 AutoML 技术爱好者（赵淑贞、尚迪雅、曾昱为、吴文启、唐彦玺、张君婷、贺凡等）的参与支持。

感谢出版社对本书的耐心修订和整理，没有他们，就没有今天这本书的出版。

最后，我要感谢读者，感谢读者对我们的信任。我们尽最大努力想要给大家呈现一本逻辑清晰、技术易懂的入门书籍，感谢读者选择了这本书，选择就是对我们最大的信任。

谨以此书献给 AutoML 的技术爱好者和研究者们！

王健宗

2019 年 8 月于深圳

CONTENTS

目　录

赞誉

前言

第 1 章　人工智能概述 ····· 1

1.1　全面了解人工智能 ····· 1

1.1.1　人工智能定义 ····· 1

1.1.2　弱人工智能、强人工智能与超人工智能 ····· 2

1.1.3　人工智能三大主义 ····· 3

1.1.4　机器学习与深度学习 ····· 4

1.2　人工智能发展历程 ····· 5

1.3　深度学习的崛起之路 ····· 7

1.3.1　人脸识别的起源 ····· 7

1.3.2　自动驾驶的福音 ····· 7

1.3.3　超越人类的 AI 智能体 ····· 8

1.3.4　懂你的 AI ····· 8

1.3.5　奔跑、飞行以及玩游戏的 AI ····· 8

1.3.6　人人都可以创造属于自己的 AI ····· 8

1.4　深度学习的发展 ····· 9

1.4.1　计算机视觉 ····· 9

1.4.2　自然语言处理 ····· 10

1.4.3　语音识别 ····· 11

1.5　下一代人工智能 ····· 11

1.6　参考文献 ····· 13

第 2 章　自动化人工智能 ····· 14

2.1　AutoML 概述 ····· 14

2.1.1　什么是自动化 ····· 14

2.1.2　AutoML 的起源与发展 ····· 15

2.2　AutoML 的研究意义 ····· 17

2.2.1　AutoML 的研究动机 ····· 17

2.2.2　AutoML 的意义和作用 ····· 18

2.3　现有 AutoML 平台产品 ····· 21

2.3.1　谷歌 Cloud AutoML ····· 21

2.3.2　百度 EasyDL ····· 23

2.3.3　阿里云 PAI ····· 24

2.3.4　探智立方 DarwinML ····· 28

2.3.5　第四范式 AI Prophet AutoML ····· 29

2.3.6　智易科技 ····· 30

2.4　参考文献 ····· 31

第 3 章　机器学习概述 ……32
3.1　机器学习的发展 ……32
3.1.1　“机器学习”名字的由来 ……32
3.1.2　“机器学习”的前世今生 ……33
3.1.3　“机器学习”的理论基础 ……34
3.2　机器学习的实现方法 ……36
3.2.1　分类问题 ……36
3.2.2　回归问题 ……38
3.2.3　聚类问题 ……39
3.3　自动化机器学习 ……40
3.3.1　机器学习面临的问题 ……40
3.3.2　为什么会产生 AutoML ……41
3.4　参考文献 ……41

第 4 章　自动化特征工程 ……43
4.1　特征工程 ……43
4.1.1　什么是特征 ……43
4.1.2　什么是特征工程 ……44
4.2　特征工程处理方法 ……45
4.2.1　特征选择 ……45
4.2.2　数据预处理 ……47
4.2.3　特征压缩 ……48
4.3　手工特征工程存在的问题 ……49
4.4　自动化特征工程 ……50
4.4.1　什么是自动化特征工程 ……50
4.4.2　机器学习和深度学习的特征工程 ……51
4.5　自动化特征工程生成方法 ……52
4.5.1　深度特征合成算法 ……52
4.5.2　Featuretools 自动特征提取 ……52
4.5.3　基于时序数据的自动化特征工程 ……56
4.6　自动化特征工程工具 ……67
4.6.1　自动化特征工程系统 ……67
4.6.2　自动化特征工程平台 ……71
4.7　参考文献 ……75

第 5 章　自动化模型选择 ……76
5.1　模型选择 ……76
5.2　自动化模型选择 ……77
5.2.1　基于贝叶斯优化的自动化模型选择 ……78
5.2.2　基于进化算法的自动化模型选择 ……84
5.2.3　分布式自动化模型选择 ……86
5.2.4　自动化模型选择的相关平台 ……92
5.3　自动集成学习 ……94
5.3.1　集成学习基础 ……94
5.3.2　集成学习之结合策略 ……97
5.3.3　自动化模型集成 ……98
5.4　参考文献 ……99

第 6 章　自动化超参优化 ……101
6.1　概述 ……101
6.1.1　问题定义 ……103
6.1.2　搜索空间 ……103
6.1.3　搜索策略 ……103
6.1.4　评价预估 ……104
6.1.5　经验迁移加速 ……105
6.2　基本方法 ……105
6.2.1　网格搜索 ……105
6.2.2　随机搜索 ……105
6.3　基于模型的序列超参优化 ……106

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

6.3.1 代理模型的选择 …… 108
6.3.2 代理模型的更新 …… 108
6.3.3 新超参组的选择 …… 109
6.3.4 基于高斯过程回归的序列超参优化 …… 111
6.3.5 基于随机森林算法代理的序列超参优化 …… 112
6.3.6 基于 TPE 算法的序列超参优化 …… 114
6.3.7 SMBO 的进阶技巧 …… 114
6.4 基于进化算法的自动化超参优化 … 115
6.4.1 基于进化策略的自动化超参优化 …… 115
6.4.2 基于粒子群算法的自动化超参优化 …… 116
6.5 基于迁移学习的超参优化加速方法 …… 117
6.5.1 经验迁移机制 …… 117
6.5.2 经验迁移衰退机制 …… 117
6.5.3 经验迁移权重机制 …… 117
6.5.4 优化过程的试点机制 …… 118
6.6 参考文献 …… 118

第 7 章 深度学习基础 …… 120
7.1 深度学习简介 …… 120
7.1.1 什么是神经元 …… 120
7.1.2 人工神经网络的发展历程 … 121
7.1.3 深度学习方法 …… 123
7.2 卷积神经网络简介 …… 123
7.2.1 卷积层 …… 123
7.2.2 池化层 …… 125
7.2.3 全连接层 …… 126
7.3 CNN 经典模型 …… 126
7.3.1 LeNet …… 126
7.3.2 AlexNet …… 127
7.3.3 VGGNet …… 128
7.3.4 GoogLeNet …… 129
7.3.5 ResNet …… 130
7.3.6 DenseNet …… 131
7.4 循环神经网络 …… 132
7.4.1 基本循环神经模型 …… 132
7.4.2 LSTM 模型 …… 133
7.4.3 GRU 模型 …… 134
7.5 参考文献 …… 134

第 8 章 自动化深度学习概述 …… 136
8.1 深度学习 vs 自动化深度学习 …… 136
8.2 什么是 NAS …… 136
8.2.1 问题定义 …… 137
8.2.2 搜索策略 …… 139
8.2.3 加速方案 …… 140
8.3 NAS 方法分类 …… 140

第 9 章 基于强化学习的 AutoDL …… 142
9.1 强化学习基础 …… 142
9.1.1 强化学习简介 …… 142
9.1.2 基本要素及问题定义 …… 144
9.1.3 发展历史 …… 144
9.1.4 基本方法 …… 146
9.2 两类基本模型 …… 147
9.2.1 TD 经典算法 …… 148
9.2.2 DQN 系列算法 …… 149
9.2.3 策略梯度算法 …… 152
9.3 强化学习之 Actor-Critic 系列 …… 154

9.3.1 Actor-Critic 算法 …… 154
9.3.2 确定性策略梯度 …… 155
9.3.3 深度确定性策略梯度 …… 157
9.3.4 异步优势 Actor-Critic 算法 … 158
9.3.5 近端策略优化 …… 160
9.3.6 分布式近端策略优化 …… 164
9.4 基于强化学习的自动搜索 …… 166
9.5 基本搜索方法 …… 166
9.5.1 基于层的搜索 …… 166
9.5.2 基于块的搜索 …… 169
9.5.3 基于连接的搜索 …… 171
9.6 进阶搜索方法 …… 173
9.6.1 逆强化学习 …… 173
9.6.2 图超网络 …… 174
9.6.3 蒙特卡洛树搜索 …… 175
9.6.4 知识提炼（教师网络）…… 177
9.7 参考文献 …… 179

第 10 章 基于进化算法的 AutoDL … 181
10.1 启发式算法 …… 181
10.1.1 随机搜索 …… 182
10.1.2 近邻搜索 …… 183
10.1.3 进化计算 …… 187
10.1.4 启发式算法的局限性 …… 189
10.2 初代进化算法 …… 190
10.2.1 基本术语 …… 190
10.2.2 基础算子 …… 191
10.2.3 遗传算法 …… 196
10.2.4 进化策略 …… 198
10.2.5 进化规划 …… 199
10.3 其他近代进化算法 …… 200
10.3.1 遗传编程算法簇 …… 200
10.3.2 群体算法——以 PSO 为例 …… 205
10.3.3 文化基因算法 …… 207
10.3.4 差分进化算法 …… 208
10.3.5 分布估计算法 …… 208
10.4 进化神经网络 …… 209
10.4.1 简介 …… 209
10.4.2 神经网络编码方式 …… 210
10.4.3 竞争约定 …… 211
10.4.4 网络结构的创新性 …… 212
10.4.5 NAS 之进化算法 …… 212
10.5 细粒度的神经进化（NEAT 算法）…… 213
10.5.1 基因编码 …… 214
10.5.2 基因的可追溯性 …… 216
10.5.3 通过物种形成保护创新结构 …… 216
10.6 粗粒度的神经进化（CoDeep-NEAT 算法）…… 218
10.6.1 DeepNEAT 算法 …… 218
10.6.2 CoDeepNEAT 算法 …… 219
10.7 block-level 的进化 …… 220
10.7.1 Genetic CNN 算法 …… 220
10.7.2 CGP-CNN 方法 …… 222
10.8 基于 node-level 的网络架构进化 …… 224
10.8.1 思想简介 …… 224
10.8.2 基本算法设计 …… 225
10.8.3 信息复用与加速 …… 226
10.9 基于 NAS 搜索空间的网络架构进化 …… 227

10.9.1 思想简介 …… 227
10.9.2 基本算法设计 …… 227
10.9.3 信息复用与加速 …… 228
10.10 基于层次拓扑表示的网络进化方法 …… 228
10.10.1 思想简介 …… 228
10.10.2 分级表示 …… 229
10.10.3 随机的层次分级进化 …… 230
10.11 参考文献 …… 230

第 11 章 AutoDL 高阶 …… 233
11.1 搜索加速之权值共享法 …… 233
11.1.1 ENAS …… 233
11.1.2 基于稀疏优化的 NAS …… 235
11.2 基于 one-shot 模型的架构搜索 … 236
11.2.1 超网络的应用 …… 236
11.2.2 基于 one-shot 的搜索 …… 237
11.2.3 实例级架构搜索 …… 238
11.2.4 单路径超网络 …… 240
11.3 搜索加速之代理评估模型 …… 241
11.3.1 代理模型 …… 241
11.3.2 PNAS 中的 LSTM 代理 … 242
11.4 基于网络态射法的神经架构搜索 …… 244
11.4.1 网络态射的提出 …… 244
11.4.2 什么是网络态射 …… 244
11.4.3 网络态射 + 迂回爬山法 … 246
11.5 可微分神经架构搜索 …… 247
11.5.1 可微分神经架构搜索的来源 …… 247
11.5.2 可微分神经架构搜索的方法 …… 248
11.6 参考文献 …… 250

第 12 章 垂直领域的 AutoDL …… 252
12.1 AutoCV …… 252
12.1.1 Auto-DeepLab（图像语义分割） …… 252
12.1.2 随机连线神经网络 …… 257
12.2 AutoVoice …… 261
12.2.1 关键词定位问题定义 …… 261
12.2.2 随机自适应架构搜索原理 …… 262
12.2.3 SANAS 模型 …… 262
12.3 AutoNLP …… 263
12.3.1 什么是自注意力机制 …… 263
12.3.2 初识 Transformer 模型 … 265
12.3.3 Evolved Transformer 结构 … 266
12.4 参考文献 …… 270

第 13 章 自动化模型压缩与加速 …… 271
13.1 从生物角度看模型压缩的重要性 …… 271
13.1.1 人脑神经元的修剪 …… 271
13.1.2 大脑的冗余性 …… 272
13.1.3 修剪的意义 …… 273
13.2 模型压缩发展概述 …… 274
13.3 入门级方法：量化技术 …… 275
13.3.1 量化技术 …… 275
13.3.2 二值化网络 …… 276
13.3.3 TensorRT …… 277
13.4 初级方法：修剪法 …… 278
13.4.1 修剪法 …… 278
13.4.2 修剪与修复 …… 279
13.5 中级方法：稀疏化技术 …… 281
13.5.1 正则化 …… 281
13.5.2 知识精炼 …… 281

13.5.3 张量分解 …… 281
13.6 高级方法：轻量级模型设计 …… 284
13.6.1 简化卷积操作 …… 284
13.6.2 深度可分离卷积 …… 285
13.6.3 改进的 Inception …… 287
13.7 自动化模型压缩技术 …… 289
13.7.1 AMC 算法 …… 289
13.7.2 PocketFlow 框架 …… 291
13.8 基于 AutoDL 的轻量级模型 …… 292
13.8.1 问题定义 …… 292
13.8.2 帕累托最优问题 …… 293
13.8.3 进化算法的应用 …… 294
13.8.4 强化学习的应用 …… 296
13.8.5 可微分架构搜索 …… 298
13.9 参考文献 …… 300

第 14 章 元学习 …… 302
14.1 什么是元学习 …… 302
14.1.1 基本介绍 …… 302
14.1.2 经典案例 …… 303
14.1.3 深入了解元学习 …… 304
14.1.4 元学习应用的发展 …… 306
14.2 元学习的通用流程 …… 306
14.2.1 基本定义 …… 306
14.2.2 流程框架 …… 306
14.3 从模型评估中学习 …… 307
14.3.1 任务无关推荐 …… 308
14.3.2 参数空间设计 …… 308
14.3.3 参数转换 …… 309
14.3.4 学习曲线 …… 310
14.4 从任务属性中学习 …… 310
14.4.1 元特征 …… 310
14.4.2 学习元特征 …… 311
14.4.3 相似任务的热启动优化 … 311
14.4.4 元模型 …… 311
14.4.5 管道合成 …… 312
14.4.6 是否调整 …… 312
14.5 从先前模型中学习 …… 312
14.5.1 迁移学习 …… 313
14.5.2 神经网络中的元学习 …… 313
14.5.3 小样本学习 …… 314
14.5.4 监督学习之外的方法 …… 315
14.6 基于模型的方法 …… 316
14.6.1 记忆增强神经网络 …… 316
14.6.2 元网络 …… 317
14.6.3 模型无关的元学习方法 … 317
14.6.4 利用注意力机制的方法 … 319
14.6.5 基于时间卷积的方法 …… 320
14.6.6 基于损失预测的方法 …… 321
14.6.7 元强化学习 …… 321
14.7 基于度量的方法 …… 322
14.7.1 Siamese 网络 …… 322
14.7.2 匹配网络 …… 324
14.7.3 关系网络 …… 324
14.7.4 原型网络 …… 325
14.8 基于优化的方法 …… 326
14.8.1 基于 LSTM 网络的元学习者 …… 326
14.8.2 未知模型的元学习 …… 326
14.8.3 Reptile：可扩展元学习方法 …… 327
14.8.4 基于梯度预测的方法 …… 327
14.9 参考文献 …… 329

结束语 …… 332

CHAPTER 1

第 1 章

人工智能概述

本章主要是人工智能的基本概述，包括人工智能的起源和发展，以及人工智能的两个重要组成部分：机器学习和深度学习。深度学习一直在持续发展，我们将用两小节来介绍深度学习的崛起和重要应用领域，在最后一节中，我们引出了人工智能未来的重要发展方向——自动化机器学习技术（AutoML）。

1.1 全面了解人工智能

1.1.1 人工智能定义

在计算机科学领域中，人工智能是一种机器表现的行为，这种行为能以与人类智能相似的方式对环境做出反应并尽可能提高自己达成目的的概率。

人工智能这个概念最早于 1956 年 8 月的达特茅斯会议上由约翰·麦卡锡（John McCarthy）、马文·明斯基（Marvin Minsky）、克劳德·香农（Claude Shannon）、纳撒尼尔·罗切斯特（Nathaniel Rochester）等人提出。在此之前，人工智能有着许多种叫法，如“自动机理论”“复杂数据处理”等。

会议召开的两年前，也就是 1954 年，达特茅斯学院数学系有 4 位教授退休，这对于达特茅斯学院这样的小学校来说无疑是巨大的损失。刚上任的系主任约翰·克门尼（John Kemeny）赶忙向母校普林斯顿大学求援，从母校数学系带回 4 位刚毕业的博士来任教，而麦卡锡就是其中之一。1955 年夏，麦卡锡应邀参与 IBM 的一个商业项目，邀请他的人是罗切斯特。罗切斯特是 IBM 第一代通用机 701 的主设计师，并且对神经网络表现出极大的兴趣。俩人一拍即合，决定发起一个将于次年夏天举办的研讨会，还说服了香农和在哈佛做研究员的明斯基来共同提议。麦卡锡给这个研讨会起了个别出心裁的名字——“人

工智能夏季研讨会”（Summer Research Project on Artificial Intelligence）。同年9月2日，麦卡锡、明斯基、香农和罗切斯特正式发出提案引入“人工智能”一词，该提案的主要内容如下：

“我们提议于1956年夏，在新罕布什尔州汉诺威的达特茅斯学院进行一项10人、为期两个月的人工智能研究。这项研究基于这样一个猜想，即原则上，我们可以足够精确地描述学习或智能的任何其他特征的各个方面，从而能够让机器来进行模拟。我们试图找到方法让机器使用语言、形成抽象和概念、解决人类尚未解决的各类问题以及自我改进等。我们认为，一群经过精心挑选的科学家一起努力一个夏天，就可以在上述的一个甚至多个问题上取得重大进展。”

会议于1956年6月开始，同年8月结束。会议讨论了人工智能相关问题的各个方面，如自动化计算机、如何通过编程让计算机使用语言、神经网络、计算规模的理论、自我改进、随机性和创见性等。

明斯基认为，设计出一种具备某种特定学习能力的机器并非不可能，机器的本质是通过某种转换将输入变成输出的过程。机器的这种反应能力可以通过不断的“试错”过程训练获得。例如我们可以将这样的一台机器放置在某种特定的环境中，不断给予它“成功”和“失败”的判据来训练它达成某种目标的能力。更进一步，如果机器能通过学习使自身形成感知和运动抽象能力，那么它就会进行内部探索找寻解决问题的方案。

罗切斯特分享了关于机器性能的独创性话题。在为自动计算器编写程序时，人们通常会向机器提供一套规则，这些规则涵盖了机器可能会面对的各种意外情况。机器遵守这一套规则但不会表现出独创性或常识。此外，只有当机器因为规则矛盾而变得混乱时，人们才会对自己设计出糟糕的规则感到恼火。最后，在编写机器程序时，有时人们必须以非常费力的方式解决问题，然而，如果机器有一点直觉或者可以做出合理的猜测，问题就可以直接被解决。

会议进行了两个月，虽然每个人对AI的定义都不尽相同，但它却具有重要的开创意义和深远影响。由于会议上提出了人工智能（Artificial Intelligence）这一概念，因而1956年被称作“人工智能元年”。

1.1.2　弱人工智能、强人工智能与超人工智能

人工智能大体上可以分为3类：弱人工智能、强人工智能和超人工智能。

1. 弱人工智能

弱人工智能（Weak AI），也被称为狭隘人工智能（Narrow AI）或应用人工智能（Applied AI），指的是只能完成某一项特定任务或者解决某一特定问题的人工智能。苹果公司的Siri就是一个典型的弱人工智能，它只能执行有限的预设功能。同时，Siri目前还不具备智力或自我意识，它只是一个相对复杂的弱人工智能体。

2. 强人工智能

强人工智能（Strong AI），又被称为通用人工智能（Artificial General Intelligence）或全人工智能（Full AI），指的是可以像人一样胜任任何智力性任务的智能机器。这样的人工智能是一部分人工智能领域研究的最终目标，并且也作为一个经久不衰的话题出现在许多科幻作品中。

对于强人工智能所需要拥有的智力水平并没有准确的定义，但人工智能研究人员认为强人工智能需要具备以下几点：

- 思考能力，运用策略去解决问题，并且可以在不确定情况下做出判断；
- 展现出一定的知识量；
- 计划能力；
- 学习能力；
- 交流能力；
- 利用自身所有能力达成目的的能力。

3. 超人工智能

哲学家、牛津大学人类未来研究院院长尼克·波斯特洛姆（Nick Bostrom）把超级智能定义为“在几乎所有领域都大大超过人类认知表现的任何智力”。

超人工智能（Artificial Super Intelligence，ASI）正是超级智能的一种。首先，超人工智能能实现与人类智能等同的功能，即可以像人类智能实现生物上的进化一样，对自身进行重编程和改进，这也就是“递归自我改进功能”。其次，波斯特洛姆还提到，“生物神经元的工作峰值速度约为 200 Hz，比现代微处理器（约 2 GHz）慢了整整 7 个数量级”，同时，“神经元在轴突上 120 m/s 的传输速度也远远低于计算机比肩光速的通信速度”。这使得超人工智能的思考速度和自我改进速度将远远超过人类，人类作为生物上的生理限制将统统不适用于机器智能。

1.1.3 人工智能三大主义

简要回顾人工智能的发展历史，我们会发现它主要由 3 个方面相互交织发展：符号主义、连接主义和行为主义。

- 符号主义：旨在用数学和物理学中的逻辑符号来表达思维的形成，通过大量的“如果 - 就”（if-then）规则定义，产生像人一样的智能，这是一个自上而下的过程，包括专家系统、知识工程等。
- 连接主义：主张智能来自神经元之间的连接，它让计算机模拟人类大脑中的神经网络及其连接机制，这是一个自下而上的过程，包括人工神经网络等。
- 行为主义：指的是基于感知行为的控制系统，使每个基本单元实现自我优化和适应，这也是一个自下而上的过程，典型的代表有进化算法、多智能体等。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com