

SAP

企业机器学习

——赋能业务创新

邬学宁 陈泽平 曹晓华 王洪刚 著

ENTERPRISE
MACHINE
LEARNING



清华大学出版社

SAP

企业机器学习

——赋能业务创新

邬学宁 陈泽平 曹晓华 王洪刚 著



ENTERPRISE
MACHINE
LEARNING

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以两条交叉的线索来阐述企业机器学习,一条是企业如何利用机器学习赋能业务创新,另一条是机器学习和深度学习的算法原理。本书以“易于理解”和“知行合一”为核心理念,用平实的语言而不是令人生畏的数学公式来解释算法的原理,大部分算法配有例题、习题和答案,可使用 SAP 预测分析工具(免费试用)、Python、R 等开源语言和深度学习框架 Tensorflow 实现。同时,本书通过分享 SAP 全球 12 个行业 50 多个创新案例,助力企业开拓创新思维,定义业务场景。

全书分 5 章。第 1 章介绍机器学习的基本概念和企业机器学习大背景——数字化转型;第 2 章介绍 SAP 发布的 SAP Leonardo 机器学习平台、应用和创新组织;第 3 章占据全书近一半的篇幅,是本书的重点,介绍数据科学的背景、起源与流程,以及十余种主流的机器学习与深度学习的算法的思想、应用和实例;第 4 章从行业与应用创新的角度展示了机器学习如何赋能企业进行创新,以及人工智能在工业 4.0 中的地位与作用;第 5 章回顾了技术指数增长的特点,讨论了创新者困境和企业创新的切入点,介绍了 SAP. iO 孵化器。余论展望了机器学习和人工智能未来发展趋势以及对社会和行业的影响。

本书适合作为企业 IT 和管理人员了解机器学习,利用其进行数字化转型与业务创新的参考书,也可作为高等院校机器学习课程的补充教材,还可供希望理解机器学习算法工作原理,但不涉及太多数学知识就能将算法落地的读者阅读。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。
版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

SAP 企业机器学习: 赋能业务创新/ 邬学宁等著. —北京: 清华大学出版社, 2018
ISBN 978-7-302-50162-6

I. ①S… II. ①邬… III. ①机器学习 IV. ①TP181

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 103777 号

责任编辑: 刘向威 战晓雷
封面设计: 文 静
责任校对: 李建庄
责任印制: 李红英

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者: 三河市国英印务有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 170mm×240mm 印 张: 21.5

字 数: 411 千字

版 次: 2018 年 7 月第 1 版

印 次: 2018 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 1~2500

定 价: 89.00 元

产品编号: 076386-01

Preface

Artificial intelligence (AI) is playing an increasingly important role in the age of the intelligent world, just like the steam engine in the industrial age and the Internet in the information age. Along with that comes the trend towards the *Intelligent Enterprise*, a completely new way to run businesses based on data driven, automated decisions.

Artificial Intelligence is much more than just another technology trend. It will not only influence the way we communicate or work, but also everyone's daily life. At the same time, Governments around the globe have been waking up, creating digital expert teams, working with think tanks on the digital future and starting creating policies & legal frameworks around data privacy and cyber security. Along with it, artificial intelligence has been developed into important national strategic policies in many countries, such as the United States, Europe and China. All of the countries are investing heavily in the national level.

In recent years, machine learning, especially deep learning is the key technology driving the recent thrive of AI, and we have already seen its power to reshape industries, such as face recognition, machine translation, medical image diagnosis, autonomous vehicles, etc, although AI is still in its early days.

Given the influence and the significance of the transformation and it's potential to reshape most of the business processes as we know them today, it is paramount for all managers, business leaders and decision makers to understand Artificial Intelligence to much greater extend. If one does not understand the concepts of AI, it is also not possible to utilize its potential to its fullest extent. Only through AI, big data and the intelligence from big data can be pout into productive use for a digital enterprise. Only through AI, the massive amount of unstructured information available today can be structured and intelligently used. And finally—we should not leave the innovation process around new business models that leverage AI to the smart and rare species of

data scientists. They are providing valuable perspective, but to be successful, the intelligent enterprise of the future will need to leverage its human intelligence from everyone!

This book will help the reader to understand basic concepts of AI and how those can be applied into business process and how the business applications of the future leverage AI. Also, the reader will understand opportunities and limitations much better.

Xuening is an active member driving machine learning community of SAP Labs China, he ran a series of machine learning/big data workshop 3 years ago and deep learning workshop last year, congratulate to his new book publish, and I am glad to see he brings his global business innovation experience with machine learning in various industries to China, and especially in the sector of enterprise machine learning, which is not only algorithms, but also business scenarios with design thinking.

Enjoy the reading!



Clas Neumann

Senior Vice President, SAP

Head of Global SAP Labs Network

Head of Fast Growth Market Strategy Group

序

我们作为 SAP 内部的创新团队，一直需要站在产品发展的前沿，关注新兴技术对商业的影响。SAP 硅谷创新中心是在 SAP 内部一个比较特别的部门，致力于结合市场和客户需求，将最新的颠覆性技术创新转化为商业动力。客户创新部门是 SAP 硅谷创新中心的 SWAT(特警)团队，由项目经理、系统架构师、开发工程师、数据科学家、用户体验设计和基础开发执行人员等角色组成，着力与全球重要客户合作，运用前沿技术解决客户商业流程中的棘手问题。

从 2010 年开始，我们团队集中力量解决重要客户数据量巨大、系统分散和信息智能提取难度大的问题，使用 SAP HANA 解决了很多重要客户的棘手问题，如信息孤岛、客户 360°视图、客户流失分享、海量产品目录销售分析、智慧城市与医疗和生产预测等，其中一部分逐渐演化成为今天 SAP Leonardo 机器学习应用等标准产品。我们发现，基于大数据的机器学习技术有着非常广泛的应用前景。在 2012 年年初，我们团队开始应用机器学习技术来解决客户的商业问题、业务的分析和预测，尤其在数据量巨大，超出人力处理能力时，机器学习的地位显得尤为突出。同时，在与客户的紧密合作过程中，我们也一直在思考机器学习对未来商业流程的影响。

学宁是我们团队的首席科学家，他在机器学习与深度学习领域有深厚的积累，具有丰富的 SAP 技术、产品、客户和行业经验，并在国内著名高校讲授人工智能课程。大约在 2015 年年初的时候，学宁向我提到他打算写一本关于机器学习的书。随着机器视觉和自然语言处理的迅速发展，机器学习已经成为各领域的热门课题。经过这几年的打磨，学宁在书中结合行业发展、SAP 最佳实践以及机器学习深度学习的技术和创新，完善地展示了基于大数据的机器学习的成功实践和应用前景。在这里，恭喜学宁终于完稿，并希望本书能给企业软件行业的从业者以及广大的机器学习应用的开发者带来帮助。

SAP 硅谷创新中心研发总监 周曦炜

2018 年 4 月

于美国 Palo Alto

前言

自文艺复兴以降,启蒙运动推动历史的车轮向科学的方向滚动。工业革命以来的两百余年,科技发展的速度不断提升,成就了昌盛的现代工业文明。随着互联网、物联网和云计算的发展演进,社交网络与数百亿个传感器每秒都在产生持续的数据洪流,全球正在进入空前绝后的数字化转型阶段,物联网演进到“数字孪生”的新阶段,现实世界中的物理实体在虚拟的数字世界中存在一个与之对应的数字化模型,基于比特的虚拟世界摆脱了基于原子的现实世界的种种限制,衍生出无穷的创新,给人类带来堪比于工业革命的空前变革,被称为“数字文艺复兴”。

2017年,AlphaZero、人脸识别、机器翻译、医疗影像诊断、无人超市和无人驾驶等不同领域的人工智能应用纷纷落地,人工智能驱动的“黑天鹅”事件频发。未来十年,人工智能将成为新的“电力”,大部分行业都将被人工智能改变。李开复博士认为,一半的工作将被人工智能所取代,在这个无人能置身事外的时代巨变中,机器学习特别是深度学习成为推动本轮人工智能繁荣的最强动力。

SAP的愿景是使世界运转得更卓越,让人们生活得更美好。四十余年来,SAP系统产生了大量极富价值的交易数据,全球74%的GDP都会至少接触一次SAP系统。2017年5月,SAP隆重推出了SAP Leonardo数字创新系统,内置的机器学习平台为新一代商业应用提供了智能引擎,帮助企业从数字化转型所产生的海量数据中实现与创造价值。企业不仅需要将大数据转化为商业洞见,更需要重新思考数据时代对于未来业务和工作关系的影响,以及如何进行业务模式与流程的破坏式创新,保护和创造竞争优势。机器学习已成为企业开拓新市场、打造卓越用户体验、重构业务模式与流程的利器。

企业进行业务创新,首先要定义业务场景。与传统实施项目不同,机器学习的创新项目可借鉴的“最佳业务实践”可以说是凤毛麟角,全球各行业大多如此。因此,本书收集了近年来SAP涉及全球12个行业的50多个基于机器学习进行业务创新的案例,结合设计思维,为企业进行业务场景创新抛砖引玉,助力企业数字化转型。

机器学习涉及十几种常用算法,各有其特点,常令用户在算法选择时困扰不已,更不用说算法背后的数学与统计学原理了。即使高级分析工具屏蔽了复杂的细节,算法的输出结果也难以理解,让大部分用户望而生畏。有鉴于此,本书坚持两个宗旨:第一,以平实的语言通俗易懂地解释算法的思想和工作原理,不出现复杂的数学公式;第

二,通过例子和练习将重要的算法落地。另外,本书强调对术语的名称、历史渊源与应用场合的厘清,很多时候理解了术语名称和背景,也帮助厘清了概念,再结合理论与实践,就能掌握得更牢固。

本书包括业务创新与机器学习算法这两条时常交叉的主线,试图帮助读者推开企业机器学习的一扇扇门,把“已知的未知”变为“已知”,把“未知的未知”变成“已知的未知”,为进一步深入机器学习算法铺平道路,为利用机器学习进行业务创新提供案例、框架与工具。由于篇幅所限,更多的算法理论、数学公式的推导与实现代码可以访问 <https://github.com/g-wave>,其中包括练习所需的数据以及我在复旦大学开设的硕士生课程“数据驱动的人工智能”的讲义和部分不定期更新的 Python 源代码。

本书由邬学宁担任主编,陈泽平和曹晓华分别负责第 5 章与第 2 章部分内容的编写,王洪刚负责 3.2 节和 3.3 节的编写。本书在从最初构思到付梓经历了近三年的时间,其间多次进行结构与内容的调整,笔者力图以最精简的文字将最有价值的内容呈现给读者。在本书写作过程中,笔者得到了许多 SAP 同事与朋友的大力支持,特向杨焜、袁虹、米凯、关铮、沈剑蕾、于德生、倪寅凌、Howard Dai、秦斌、高凌燕、洪蓓、徐妮、余佩玟、Dahlmeier Daniel、Noga Markus、Katrin Schneider、Farooq Azam、Judith Li、Eric Du、Marc Chan、张琪伟、崔成哲、黄英、濮立新、金江、连平、葛海洋、张平伟、王胜男、刘咏、陈继麟、范晶、臧青青、丁晓峰、米智伟、郭润平、谈盛涛、张浩明和杨林表示由衷的感谢。MIT 的 Lex Fridman 博士和谷歌大脑的 Christopher Olah 也给予了内容上的无私支持,一并表示感谢。

关于阅读顺序说明如下。每章内容自成体系,可以跳跃式阅读。如果您只希望了解机器学习算法的工作原理,在看完第 1 章的 1.1 节后可直接阅读第 3 章;如果您只对业务创新的应用与案例感兴趣,可将第 4 章和第 5 章作为阅读重点;如果您希望了解企业机器学习的背景与发展趋势,可重点看第 1 章和第 5 章;如果希望了解 SAP Leonardo 机器学习平台与应用,请参考第 2 章。

由于作者水平与时间有限,虽然尽力对内容进行了精简与优化,但不当之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

邬学宁

2018 年 4 月于上海

第1章 人工智能与企业机器学习：愿景还是现实？ /1

- 1.1 人工智能的第3春是永恒？ /1
 - 1.1.1 AlphaGo 早已不下围棋了！ /3
 - 1.1.2 人工智能与机器学习 /4
 - 1.1.3 机器学习的3种类型 /5
- 1.2 企业生存之道：数字化转型 /9
 - 1.2.1 数字达尔文主义 /10
 - 1.2.2 体验经济 /12
 - 1.2.3 数字化转型 /14
 - 1.2.4 双模 IT /17
- 1.3 扩展的摩尔定律：驱动技术指数发展的法则 /19
- 1.4 数据为王 /24
 - 1.4.1 德国国家队之第十二人 /24
 - 1.4.2 SAP HANA 挽救病患 /26
 - 1.4.3 一切皆数据：从决定论到概率论 /27
 - 1.4.4 IT 向DT 转型 /35

参考文献 /39

第2章 SAP 企业机器学习 /41

- 2.1 SAP Leonardo 机器学习概述 /41
 - 2.1.1 财务自动化与现金应用 /45
 - 2.1.2 SAP 简历匹配 /47
 - 2.1.3 SAP 品牌影响 /48
 - 2.1.4 SAP 客户留存 /50
 - 2.1.5 SAP 服务票 /52

- 2.2 业务问题转化为机器学习问题的步骤 /53
- 2.3 机器学习与商业智能 /54
 - 2.3.1 SAP 预测分析 /56
 - 2.3.2 HANA 预测分析库 /57
 - 2.3.3 应用函数建模器 /58
 - 2.3.4 SAP 分析云服务 /60
- 2.4 基于机器学习的业务创新框架 /61
- 2.5 SAP 创新组织与服务 /63
- 参考文献 /65

第3章 数据科学：第4范式 /67

- 3.1 数据科学概览 /69
- 3.2 数据预处理 /74
 - 3.2.1 数据清理 /75
 - 3.2.2 数据集成 /77
 - 3.2.3 数据归约 /77
 - 3.2.4 数据变换 /79
- 3.3 机器学习算法 /80
 - 3.3.1 机器学习概述 /81
 - 3.3.2 回归分析 /88
 - 3.3.3 分类 /96
 - 3.3.4 SAP 预测分析之自动分析 /114
 - 3.3.5 聚簇 /117
 - 3.3.6 关联规则学习 /121
 - 3.3.7 时间序列 /124
 - 3.3.8 推荐系统 /131
 - 3.3.9 离群点侦测 /134
 - 3.3.10 ABC 分类法 /137
 - 3.3.11 社交网络 /139
 - 3.3.12 自然语言处理 /147
- 3.4 系统设计与自动分析 /150
- 3.5 深度学习 /154
 - 3.5.1 联结主义概述：从感知器到深度学习 /158

3.5.2	CNN的生理学基础——大脑视觉过程	/165
3.5.3	自动编码器与玻尔兹曼机	/167
3.5.4	稀疏编码	/174
3.5.5	卷积神经网络	/176
3.5.6	循环神经网络和长短时记忆	/191
3.5.7	深度强化学习	/205
3.5.8	生成对抗网络	/208
3.6	机器学习趋势与影响	/216
	附录 3A SAP 预测分析习题	/222
	参考文献	/242
第 4 章	基于机器学习的行业创新案例与应用	/245
4.1	行业创新案例	/246
4.1.1	零售、电商与互联网	/246
4.1.2	消费品	/251
4.1.3	金融服务	/254
4.1.4	制造业	/258
4.1.5	旅行与运输业	/263
4.1.6	石油与天然气	/264
4.1.7	公用事业	/266
4.1.8	电信	/269
4.1.9	医疗与健康	/271
4.1.10	体育与娱乐	/274
4.1.11	教育与科研	/278
4.1.12	政府	/280
4.2	数据驱动的创新应用	/281
4.2.1	SAP Hybris Marketing	/282
4.2.2	SAP 客户活动库	/282
4.2.3	SAP 销售洞见(零售业)	/284
4.2.4	SAP 需求信号管理	/286
4.2.5	SAP 反欺诈管理	/286
4.3	工业 4.0 与 AI	/287
4.3.1	工业革命的共性: 信息对物质的控制	/288

4.3.2 工业 4.0 与物联网 /291

4.3.3 回顾与展望 /301

参考文献 /304

第 5 章 机器学习：数字经济创新的原动力 /305

5.1 网络价值：梅特卡夫定律 /306

5.2 创新者窘境：维持性创新 vs 颠覆性创新 /309

5.3 企业机器学习创新的切入点 /311

5.3.1 超个性化的客户体验 /312

5.3.2 对员工的授权和互动 /313

5.3.3 实时计划和资源优化 /314

5.4 业务与 IT 新核心：数据分析 /315

5.5 SAP.iO 创业孵化 /317

5.5.1 内部创业孵化项目 /318

5.5.2 SAP.iO 内部创业项目的选择标准 /319

5.6 结语 /319

参考文献 /320

余论 /321

附录 A 设计思维简介 /326

附录 B 企业数字化转型简表 /329

附录 C 更多信息 /332

这是最好的时代,这是最坏的时代;这是智慧的年代,这是愚昧的年代;这是信仰的纪元,这是怀疑的纪元;这是光明的季节,这是黑暗的季节;这是希望之春,这是失望之冬;我们拥有一切,我们一无所有;人们直奔天堂,人们直下地狱……

——查尔斯·狄更斯《双城记》

第 1 章 人工智能与企业机器学习：愿景还是现实？

未来已经来临,只是尚未流行。

——威廉·吉布森

1.1 人工智能的第 3 春是永恒？

2016 年 3 月,谷歌 DeepMind 阿尔法围棋(AlphaGo)在与世界冠军李世石九段进行的 5 番棋的人机大战中以 4:1 获胜,这比人们的预期提前了 10 年,这起“黑天鹅”事件成为人工智能(Artificial Intelligence, AI)领域的一个重要的里程碑。9 个月后,AlphaGo 2.0 以 Master 之名再次王者归来,与中日韩最顶尖的 20 位高手进行快棋对决,连续 60 局无一败绩,此时的 AlphaGo 已无需人类棋谱就能实现自我进化了。2017 年 5 月,AlphaGo 以 3:0 战胜世界积分排名第一的柯洁九段。2017 年 10 月 19 日,DeepMind 发表论文披露 AlphaGo Zero 完全放弃人类经验,从零开始“自学成才”,经过 40 天的训练,超越了 AlphaGo Master。对此,柯洁预言:“一个纯净、纯粹自我学习的 AlphaGo 是最强的,对于 AlphaGo 的自我进步来讲,人类太多余了。”如同天文学家利用哈勃望远镜观察宇宙一样,借助 AlphaGo,棋手可以发现他们的未知世界,探索围棋的奥秘。2017 年 12 月 11 日,AlphaGo 教学工具正式上线。从此,人类进入了和 AI 一起探索围棋的新阶段。

无独有偶,2017 年 1 月,在宾夕法尼亚州匹兹堡的河流(Rivers)赌场,卡内基·梅隆大学(CMU)研发的 Libratus 人工智能系统击败世界最强的顶级职业玩家。围棋被视为棋盘游戏的珠峰,对应的是完美信息博弈(Game of Perfect Information),而扑克玩家并不了解对手握有什么底牌,对应的是不完美信息博弈(Game of Imperfect

Information), 这种博弈与许多管理决策更为类似。

2017年8月8日,九寨沟发生里氏7.0级地震,在震后18分钟,中国地震台网的机器人写了一篇配发4张图片的新闻稿,内容包含速报参数、震中地势、简介与气候、周边村镇、县区与人口分布和地震前史等全面信息,稿件用词准确,行文流畅,写作仅用时25s。

凡是过去,皆为序章。AlphaGo只是拉开了人类与AI共同进化的序幕,AI提升了人类文明的智慧水平,使原本必需要人工介入的工作越来越多地自动化和智能化,在提高了生产力的同时也改变了行业的格局。牛津大学的一项研究估计,未来10~20年,美国47%的工作面临被自动化取代的风险,在发展中国家该比例更高^[1],个人、企业和行业都面临着空前的机遇与挑战,而这才刚刚开始。

AI自诞生以来,都只能处理特定的任务。例如,扫地机器人不会做菜,人脸识别系统不能识别语音,也不会翻译,属于窄人工智能(Artificial Narrow Intelligence, ANI)^①的范畴。AlphaGo采用了一种类似大脑多巴胺(Dopamine)工作原理的“强化学习”(Reinforcement Learning)^②方法,使AI具有了一定程度的通用性,这种方法的兴起可追溯到2013年,有一类名为“雅达利”(Atari)的49个游戏,DeepMind的同一个AI程序在其中的23个游戏中都击败了人类专业玩家,在完成不同任务方面,该AI实现了一定程度的通用性。以Breakout游戏为例(图1-1),玩家可以通过操控屏幕底部的滑块,将小球弹射向屏幕上半部分,每击中一块砖,砖块就会消失并得分^③。科学家们将电视机视频作为AI的输入,通过得分作为激励来“训练”(Training)AI输出尽量“最优”的动作,经过4小时的不断试错训练,AI“发现”了一个“秘籍”:如图1-1最右侧^④所示,先在屏幕一侧打出一个通道,将球射入砖块与顶部之间的狭小空间中反复反弹,可快速得分。AI发现了连设计它的工程师们都不知晓的“秘笈”,也就不难理解为何AlphaGo能下出屡屡令人类难以想象的招数了。AlphaGo正是采用了这种类似于多巴胺工作原理的强化学习与蒙特卡洛搜索树^④和卷积神经网络等算法进行集成,实现了自我进化,才击败了顶尖的人类专业棋手。

① 中文中一般被意译为弱人工智能,本书使用直译,以更好地体现其应用范围狭窄的原意。

② 强化学习是机器学习的一种,因其类似于多巴胺对动物行为的“强化”作用而得名。早期研究人员认为:当动物得到食物、水、性等奖赏(Reward)刺激时,多巴胺的释放会增加,会令动物产生快感,从而强化了能获得奖励的行为。近20年来,一些新的理论被提出,我们在第3章再进一步讨论。

③ 在Atari游戏和AlphaGo中,得分和胜负的作用与多巴胺的强化作用类似。

④ 蒙特卡洛搜索树(Monte Carlo Search Tree, MCST)是一种搜索方向具有随机性的算法,以赌城蒙特卡洛命名体现了随机性的特点。它执行一种非对称的树形拓扑结构的搜索,会更频繁地访问它认为“有趣”的节点,是一种更多地依靠强大的处理能力的“暴力算法”。MCST曾是围棋(和其他棋类)软件的主要算法,因为围棋的搜索空间太大,仅依靠MCST难以达到专业棋手的水准。

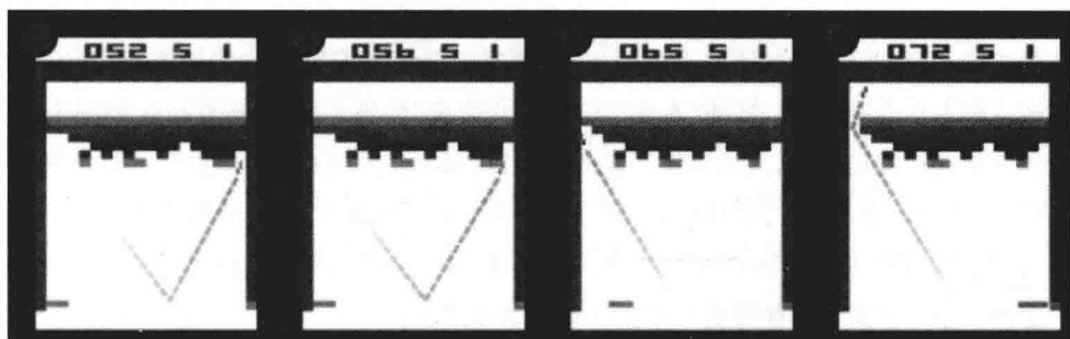


图 1-1 Atari Breakout 游戏

(来源: DeepMind)

1.1.1 AlphaGo 早已不下围棋了!

DeepMind CEO 迪米斯·哈萨比斯(Demis Hassabis)说过,研发 AlphaGo 的目的并不是赢得围棋比赛,其研究成果将被应用于其他领域: DeepMind 获得了使用英国国家医疗服务系统(NHS)约 160 万病人的数据的授权,助力医生诊疗;帮助谷歌减少了 40% 的机房冷却系统的费用,并希望与英国国家电网合作,将英国能耗降低 10%。2017 年 6 月 DeepMind 发表了两篇论文^[2],赋予了 AI 超越人类的关系推理的能力。DeepMind 的愿景是先解决 AI 的问题,再利用 AI 去解决所有的问题。强化学习与深度学习^①相结合,让人们看到了通用人工智能的希望,AlphaGo 仅仅是开始!

近年来,在原先人们觉得机器不可能替代人类的多个领域,AI 已逼近或超越了人类。

- 在图像识别领域权威的 ImageNet 大赛中,2016 年冠军算法已将误差率降到 3% 以下(人类平均误差率为 5.1%)。
- 谷歌无人驾驶汽车 Waymo 在美国行驶超过 200 万英里(约 320 万千米),仅发生了一起事故,比任何类别的司机都要安全很多^②。
- 2016 年 11 月,谷歌发表了新一代机器翻译系统——谷歌神经机器翻译(Google Neural Machine Translation,GNMT),采用神经网络算法提升了谷歌翻译的准确率与流畅度,在不同的语言对(Language Pair)上,GNMT 把原来基于词组的翻译系统与人工翻译之间的鸿沟缩小了 58%~87%,在某些语言对上已接近人类水平。

^① 深度学习: 一个机器学习目前非常热门的子领域,通过多层结构来合理表达和映射数据的内部结构,在计算机视觉、自然语言处理等多个领域接近或达到了人类水平,成为本轮 AI 复兴的主要推动力,第 3 章将详细介绍。

^② 谷歌 Waymo 比最安全的人群(60~69 岁)还要安全 10 倍,比新手司机安全 40 倍。全球每年有 120 万人在交通事故中丧生,其中 95% 是人为原因所导致的。

AI 自诞生以来的 60 年间经历了 3 次繁荣和两次寒冬^①(AI Winter)。最近一次 AI 热潮大约于 2012 年发动,不同于前两次 AI 繁荣主要由政府和军方所投资,今天的 AI 繁荣主要由企业驱动,在 AI 能“看懂”“听懂”和“读懂”世界之后,各行业衍生的基于 AI 的商业化应用层出不穷,人们每天阅读的新闻、垃圾邮件的过滤、电商的产品推荐、各类人脸识别应用、无人超市、车牌识别、医疗影像分析、机器翻译、设计师的艺术创作……AI 应用已渗透到人们生活的方方面面,无形中影响着每个人的生活。这一次 AI 繁荣的主要原因是因为它所依赖的 3 个条件都已基本成熟:

- 算法。脑科学、量子力学和博弈论等多学科与 AI 结合,成为算法创新的源泉。
- 算力。摩尔定律决定了处理器能力按指数增长,GPU^②被广泛应用于深度学习模型训练。
- 数据。互联网产生的海量数据为 AI 提供了充分的“燃料”。

2017 年 4 月,美国计算机科学家米切尔^③在 2017 年全球移动互联网大会(GMIC)上表示:过去几十年中,AI 的发展经历了起伏;现在又处于上升阶段,这次不会再衰落了,因为业界投入了比政府更多的资源,在商业化方面已经取得了巨大的成功,这是前所未有的。2017 年 2 月,吴恩达^④(Andrew Ng)在斯坦福 MSx 未来论坛上表示,AI 已经进入了“永恒”的春天,如同一百多年前的电力,所有的行业都将被 AI 所改变。这一轮人工智能的特点是由数据所驱动的,可表示如下:

数据驱动的人工智能 = 算法 + 算力 + 大数据

1.1.2 人工智能与机器学习

1956 年夏天的达特茅斯会议标志着 AI 的诞生。约翰·麦卡锡^⑤(John McCarthy)

① 如同被核弹攻击过的“核冬天”,几乎寸草不生。

② CPU 与 GPU 对比:CPU 功能模块较多,能适应各种复杂的运算环境,但大部分晶体管用于构建控制电路和缓存,实际进行运算工作的晶体管并不多;GPU(图形处理器)的架构相对简单,大部分晶体管参与到多条流水线的计算中,GPU 含有成百上千个处理单元,对于图像、声音等多媒体处理所需的大量重复运算具有天然优势。因其含有数百个可并行处理的单元,利用 GPU 训练深度学习模型的效率比 CPU 高数十倍,几乎已经成为业界标配。

③ Tom Mitchell(1951—),卡内基·梅隆大学计算机科学学院机器学习系主任,美国国家工程院院士,美国科学与艺术院院士,美国科学促进会(AAAS)会士和国际人工智能促进会(AAAD)会士,美国 *Machine Learning* 杂志、国际机器学习年度会议(ICML)的创始人。

④ Andrew Ng(1976—),生于英国,百度硅谷研究院前首席科学家,谷歌大脑创始人,斯坦福大学电子工程和计算机科学学院副教授,斯坦福人工智能机器人项目负责人,知名机器学习与深度学习专家,曾领导直升机自动驾驶等 AI 项目,全球最大的在线教育平台 Coursera 的联合创始人。2008 年,被《麻省理工技术评论》选为全球 35 位 35 岁以下的顶尖创新者之一。

⑤ John McCarthy(1927—2011),计算机科学家与认知科学家,被称为“人工智能”之父,1971 年获图灵奖,获美国国家科学奖章,Lisp 语言的发明者。1958 年,他与明斯基(L. Minsky,1969 年图灵奖得主)一起组建了世界上第一个 AI 实验室。一般认为他“发明”了 Artificial Intelligence 这个术语,但是据他晚年回忆,这个词是他从某个人那里听来的,他已记不清那个人是谁了。

作为东道主和发起人，提出了 Artificial Intelligence 这一通用术语，被尊为人工智能之父。简单地说：AI 就是机器所展示的智能。其研究的核心主题包括推理与演绎 (Inference & Deduction)、规划、学习、自然语言处理、知识表达、感知 (Perception) 和与环境进行前瞻性交互 (Proactive Interaction) 等非常广阔的领域。

机器学习是人工智能的一个重要领域^①，研究如何教会算法从数据中进行自我学习和预测而无须对特定的任务编程。达特茅斯会议的与会者阿瑟·塞缪尔^② (Arthur Samuel) 早在 1952 年就写出了世界上第一个计算机自我学习的程序——西洋棋 (Checkers) 程序，计算机棋下得越多，学到的招数也越多，棋力就越强。1956 年，塞缪尔的西洋棋程序战胜了美国康涅狄格州的冠军，1962 年，该程序又战胜了美国最著名的西洋棋选手之一尼雷 (R. W. Nealey)，这是尼雷 8 年来的首次败绩。60 年后，在 AlphaGo 中仍然能依稀看到塞缪尔西洋棋的思想，他不仅实现了具有学习能力的西洋棋程序，也铸造了 Machine Learning 这一术语，被誉为机器学习之父。他将机器学习定义为“一个研究如何不通过明确编程^③ (Explicitly Programming) 就能赋予计算机能力的研究领域”。

深度学习一般是指在 2006 年之后发展起来的一个新兴机器学习领域，这类算法的发明在很大程度上受到了动物大脑视觉皮层结构、大脑工作记忆模型与量子力学的启发^④，采用多层的网络结构，层数越多，深度就越大，深度学习因此而得名。随着时间的推移，“深度”的含义也在发生变化，2013 年，10 层的网络就已经足够“深”了，而今天的所谓“深”可能指数百层甚至上千层的结构。“深度”更重要的含义是指客观世界的特征也是分层的，例如人脸图像主要由五官 (高级特征) 构成，而五官则由更底层的各种线条特征构成，这两种层次——网络层次与特征层次相互对应。深度学习以其对数据的强大表达能力，在图像处理和自然语言处理等众多领域取得了令人瞩目的突破，成为 AI 第三次繁荣的主要推动力。

1.1.3 机器学习的 3 种类型

让我们先看一个例子：有一类动物名为 Acerous (先不要查词典，让我们来模拟机

① 虽然机器学习，特别是深度学习是这一次 AI 繁荣的主要驱动力，但是，机器学习并不等于 AI，AI 还包括众多其他领域与流派，如以控制论和行为主义为代表的机器人领域、以逻辑计算为代表的符号主义、基于进化论思想的遗传算法、基于贝叶斯思想的贝叶斯主义等，本书讨论的主题是机器学习，第 3 章会简单介绍一些与之相关的其他 AI 领域。

② Arthur Samuel (1901—1990)，人工智能与机器学习先驱，斯坦福大学教授。在 IBM 工作期间，编制了世界上第一个有自主学习功能的下棋程序。1987 年被 IEEE 授予计算机先驱奖。

③ 人脸识别、机器翻译、无人驾驶等很多任务因为过于复杂，难以通过传统的编程方法枚举所有的可能性 (明确编程) 来实现。

④ 主要指卷积神经网络、循环神经网络和以玻尔兹曼机为代表的基于能量的网络 (第 3 章进一步介绍)，除了神经网络，周志华教授提出的深度森林 (Deep Forest) 代表着另一类深度学习方法。