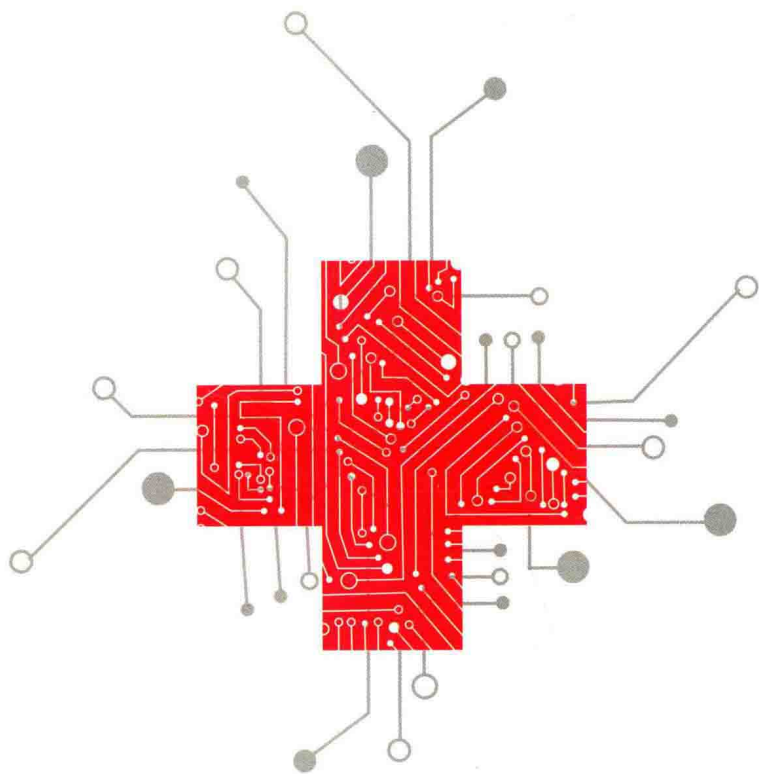


人工智能 + 医疗健康

应用现状及未来发展概论

○ 张学高 周恭伟 主编



国家重点研发计划——精准医学大数据体系的规范化应用与评价课题
(课题编号: 2016YFC0901705) 支持

人工智能+医疗健康

应用现状及未来发展概论

张学高 周恭伟 主 编

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

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+医疗健康：应用现状及未来发展概论/张学高，周恭伟主编. —北京：电子工业出版社，2019.4

ISBN 978-7-121-35849-4

I. ①人… II. ①张… ②周… III. ①人工智能—应用—医疗保健事业—研究
IV. ①R19-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2018）第 287574 号

策划编辑：董亚峰

责任编辑：刘小琳 特约编辑：刘 炯 等

印 刷：涿州市京南印刷厂

装 订：涿州市京南印刷厂

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：720×1 000 1/16 印张：19.5 字数：320 千字

版 次：2019 年 4 月第 1 版

印 次：2019 年 4 月第 1 次印刷

定 价：88.00 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 zltz@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：liuxl@phei.com.cn，（010）88254538。

编委会

主 编：张学高 周恭伟

编 委：赵 飞 曹战强 范 伟 陶晓东
尹 新 邢 昊 武 琼 蒲晓蓉
邱 航 孙 昊 谭文哲 吴闻新
李 群 毕 丹 王 涛 兰 蓝

前言 / Preface

近年来我国高度重视人工智能的发展并将其列入国家“十三五”规划纲要，相关政策高达80多项，其中包括《“互联网+”人工智能三年行动实施方案》《促进和规范健康医疗大数据应用发展的指导意见》等重点政策。2017年7月20日，国务院正式印发《新一代人工智能发展规划》，提出通过“三步走”战略，使中国在2030年成为世界主要人工智能创新中心；2017年10月18日，习近平总书记在党的十九大上提到：加快建设制造强国，加快发展先进制造业，推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合；2018年3月10日，科技部部长在十三届全国人大一次会议记者会上表示，要加快人工智能创新成果的转化应用，推动人工智能应用到产业发展和社会生活的各个方面中去。人工智能毫无疑问是接下来中国科技发展的重要一环。

人工智能是在计算机科学、控制论、信息论、神经心理学、哲学、语言学等多种学科研究的基础上发展起来的一门综合性很强的交叉学科，其目标是让机器的行为看起来像人所表现出来的智能行为一样，被称为20世纪和21世纪三大尖端科技之一。对人工智能而言，健康医疗领域一直被视为一个很有前景的应用领域，目前涉及虚拟助理、医学影像、辅助诊疗、医疗机器人、疾病风险预测、药物挖掘、健康管理、医院管理等方面。人工智能在健康医疗领域的研究成果频出，其应用于健康医疗领域已是大势所趋，对健康医疗领域的颠覆是全方位的。其一，颠覆传统的药企，主要体现在药物发现环节，可以提供精准化、个性化药品；其二，颠覆传统的医院，颠覆的路径

是促使传统医院从固定到移动、从近程到远程；其三，人工智能可以提高各种准确率，同时系统性地降低医疗成本；其四，颠覆医生的诊断方式，促使医生从烦琐的事物中解脱出来，转变成诊疗规则的制定者和诊疗过程的监督者；最后，颠覆病人的看病方式，病人将逐步实现足不出户就能得到精准的、个性化的解决方案，从而拥有更好的治疗体验。

人工智能在健康医疗领域具有广阔的应用前景和现实意义，但目前其发展仍然面临着一些问题，同时缺乏相应的政策体系，因此，为了全面了解当前人工智能在健康领域发展的现状，剖析我国人工智能在健康医疗领域发展面临的机遇与挑战，提出我国人工智能在健康医疗领域的发展方向和政策建议，本书从整体发展、重点应用、技术框架、保障机制四个维度入手，对人工智能在健康医疗领域的应用发展进行全面而深入的研究。

在本书编制过程中，得到中国卫生信息与健康医疗大数据学会的指导和支
持，相关研究机构、知名高校、医疗卫生机构、著名企业的专家和学者参与编写并提供了大量的案例和建议，在此一并致谢。书中难免有疏漏和不当之处，敬请读者批评指正。

张学高

国家卫生健康委统计信息中心主任

2018年12月

目录 / Contents

第一篇 概述

第1章 人工智能的概念及发展历史	2
1.1 人工智能的概念	2
1.2 人工智能的发展历史	3
1.3 人工智能与健康医疗大数据	6
第2章 国外人工智能在卫生领域发展现状	10
2.1 国外人工智能发展战略解读	10
2.2 国外人工智能卫生产业链初步形成	15
2.3 国外智慧医疗产业未来发展趋势	17
第3章 我国人工智能在卫生领域发展现状	18
3.1 我国人工智能发展政策解读	18
3.2 我国人工智能行业市场及产业发展现状	24
3.3 我国人工智能在卫生领域应用的重要意义	25

第二篇 人工智能在卫生领域应用

第4章 人工智能在卫生领域应用场景	28
4.1 人工智能在卫生领域的成熟应用	28
4.2 人工智能在卫生领域应用的研究方向	30

第5章 人工智能+院前管理	32
5.1 健康管理	32
5.2 风险预测与防控	46
第6章 人工智能+院中诊疗	54
6.1 智能影像诊断	55
6.2 临床辅助决策	66
6.3 手术机器人	70
第7章 人工智能+院后康复	72
7.1 康复机器人	72
7.2 虚拟助理	82
第8章 人工智能+临床科研	86
第9章 人工智能+药物研发	90
9.1 传统药物研发的方法及其挑战	90
9.2 人工智能技术在药物研发领域的应用	91
9.3 人工智能技术在药物研发领域的应用案例	93
第10章 人工智能+行业管理	98
10.1 医保基金日益吃紧，控费成医改主旋律	98
10.2 传统审核弊端重重，AI助力监管智能化	99
10.3 医保智能审核与监管典型应用案例	101
第11章 人工智能在卫生领域的其他应用	111
11.1 人工智能在分级诊疗和精确转诊中的应用	111
11.2 人工智能在医疗机构管理中的应用	115
11.3 人工智能在医学教育和培训中的应用	126
11.4 人工智能在健康养老中的应用	130

第三篇 人工智能在卫生领域应用技术生态

第 12 章 技术生态整体框架	137
12.1 基础层	137
12.2 感知层	142
12.3 认知层	143
12.4 生态层	143
12.5 应用层	157
第 13 章 核心技术	167
13.1 语音识别技术	167
13.2 计算机视觉技术	169
13.3 自然语言处理技术	173
13.4 机器学习	175
13.5 智能机器人技术	177
13.6 AR/VR 技术	179
13.7 其他核心技术	183

第四篇 人工智能在卫生领域产业发展

第 14 章 人工智能+卫生产业发展现状	190
14.1 卫生产业生态	190
14.2 人工智能+卫生产业	191
14.3 人工智能在卫生领域产业发展趋势	197
第 15 章 人工智能在卫生领域产业结构	199
15.1 人工智能+卫生产业生态	199
15.2 人工智能+卫生产业链分析	203
15.3 人工智能+卫生商业模式	208

第五篇 人工智能在卫生领域应用发展保障机制

第 16 章 我国人工智能在卫生领域应用发展面临的问题与挑战	212
16.1 数据低质化，人工智能亟待夯实根基	212
16.2 创新进度低于预期，人工智能理论亟待突破	214
16.3 应用场景有待成熟，与行业融合需要加强	215
16.4 人工智能供需失衡，人才缺口成发展短板	217
16.5 政策法规相对滞后，人工智能缺乏标准规范	218
第 17 章 我国人工智能在卫生领域应用发展的保障机制	221
17.1 夯实健康医疗数据基础	221
17.2 建设法律法规保障体系	222
17.3 落实行业发展支持政策	224
17.4 健全应用标准及评估体系	225
17.5 加强核心技术平台支撑	226
17.6 加强复合型人才队伍建设	227

第六篇 人工智能在卫生领域应用发展展望

第 18 章 人工智能应用发展展望	231
18.1 人工智能+辅助医疗	231
18.2 人工智能+影像诊断	232
18.3 人工智能+疾病管理	232
18.4 人工智能+监管控费	233
18.5 人工智能+药品研发	234
第 19 章 人工智能行业发展展望	235
19.1 政府	236
19.2 医疗机构	237

19.3	医疗厂商	237
19.4	研究机构	238
19.5	保险公司	238
第 20 章	人工智能技术发展展望	241
20.1	数据挖掘与学习	241
20.2	知识和数据的智能处理	242
20.3	自然语言处理	242
20.4	人机交互	243
 第七篇 人工智能+卫生现状调研报告 		
第 21 章	调查情况简介	248
21.1	调查目的与样本	248
21.2	调查对象的基本信息	248
第 22 章	调查结果与分析	256
22.1	整体认知与态度	256
22.2	付费意向与观点	260
22.3	数据共享与开放	262
22.4	应用情况与评价	264
22.5	制约因素与保障措施	269
22.6	规划与发展建议	272
第 23 章	结论	274
23.1	人工智能+卫生概念备受青睐, 越来越多的管理者、 医生和居民开始接受、关注人工智能+医疗服务	274
23.2	商业模式尚未清晰, 付费机制的建立应多方共同参与	275
23.3	数据共享开放是趋势, 但仍有一系列问题亟待解决	275

23.4	智能影像诊断成为知晓率最高、认可度最好、实际应用最多的领域	276
23.5	提高医疗服务效率和质量是当前人工智能起到的主要作用，但产品离成熟尚需要时间	276
23.6	人工智能+卫生前景无限，数据、人才、保障机制是关键	277
附录		278
附录 A	人工智能+卫生调研问卷——居民	278
附录 B	人工智能+卫生调研问卷——医生	280
附录 C	人工智能+卫生调研问卷——医院管理者	283
附录 D	人工智能+卫生调研问卷——行业管理者	287
参考文献		290

The background of the page features several sets of thin, parallel, wavy lines that create a sense of movement and depth. These lines are arranged in a way that they appear to flow across the page, with some lines curving upwards and others downwards, creating a complex, layered effect. The lines are light gray and set against a plain white background.

第一篇 概述

人工智能的概念及发展历史

1.1 人工智能的概念

1956 年达特茅斯会议正式提出人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 的概念。美国斯坦福大学著名人工智能研究中心的尼尔逊 (Nilson) 教授这样定义人工智能, “人工智能是关于知识的学科——怎样表示知识及怎样获得知识并使用知识的学科。”简单来讲, 人工智能就是智能机器模拟人类的智能进行判断、推理、学习、解决问题等相关活动, 即人工智能是研究人类智能活动的规律。麻省理工学院的温斯顿 (Winston) 教授认为, “人工智能就是研究如何使计算机去做过去只有人才能做的智能的工作。”简而言之, 人工智能是研究人类智能活动的规律, 构造具有一定智能的人工系统, 研究如何让计算机完成以往需要人的智力才能胜任的工作, 即研究如何应用计算机的软硬件模拟人类某些智能行为的基本理论、方法和技术。

关于“人工智能”的含义, 早在它正式提出之前, 就由英国数学家图灵 (A.M.Turing) 提出了。1950 年他发表了题为《计算机与智能》的论文, 文章以“机器能思维吗?”开始, 论述并提出了著名的“图灵测试”, 形象地指出了什么是人工智能及机器应该达到的智能标准。随后有学者提出, 人工智能是计算机学科的一个分支, 是一门正在发展的综合性的前沿学科, 它是研究人类智能活动的规律, 并用于模拟、延伸和扩展人类智能的一门新的技术科学, 是在计算机、控制论、信息论、数学、心理学等多种学科相互综合、相互渗透的基础上发展起来的一门新兴边缘学科¹。也有学者提出, 人工智能是在计算机科学、控制论、信息论、神经心理学、哲学、语言学等多种学科研究的基础上发展起

来的一门综合性很强的交叉学科，是一门新思想、新观念、新理论、新技术不断出现的新兴学科及正在发展的前沿学科²。近期有学者提出，智能是指人的智力能力，是人类认知、记忆、判断、思考、想象等能力，也是人类区别于其他动物特有的能力；人工就是指人类研究、开发的主动行为，人工智能就是人类研究和开发用于效仿、延伸和拓展人类智能的方法或技术的一门新兴科学技术³。

但是，关于人工智能的最完整定义，当前业内还存在一定的争议，尚未形成统一的结果，但是所有的这些说法都能够反映人工智能的基本内容和基本思想，因此在本书中，作者将其定义为：人工智能是在计算机科学、控制论、信息论、神经心理学、哲学、语言学等多种学科研究的基础上发展起来的一门综合性很强的交叉学科，其目标是要让机器的行为看起来像人所表现出来的智能行为一样，被称为 20 世纪和 21 世纪三大尖端科技之一。

1.2 人工智能的发展历史

人工智能自 1956 年达特茅斯会议开始至今已有 60 余年的发展历程，经历了从计算智能、感知智能到认知智能的不同发展阶段，如图 1-1 所示。

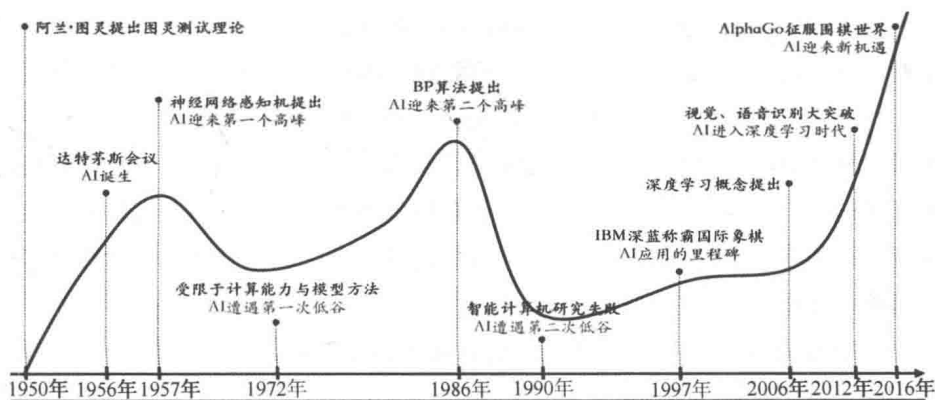


图 1-1 人工智能发展简史

1. 人工智能诞生

1950年图灵在《计算机与智能》⁴一文中借用一个游戏作为判断计算机是否具有人类智能的标准，把一个人和一台计算机放在幕后，让测试人员通过提问来判断哪一个是计算机，如果判断错误的话，就认为计算机通过了图灵测试，具有人的智能。后来人工智能学者将图灵这篇论文中描述的计算机称为图灵机，将这种测试方式称为图灵测试。

1956年夏天，一批学者聚集在达特茅斯学院召开了一次关于人工智能的研讨会，该会议成为人工智能领域正式创立的标志。1951年明斯基（Marvin Minsky）和帕尔特（Seymour Papert）设计出世界上第一台用来对迷宫求解的电子神经网络（SNARC），包含40个电子神经和若干内存。这一贡献使明斯基被认为是人工神经网络的先驱。

1957年康奈尔大学的心理学教授罗森布拉特利用神经网络原理成功制作了电子感知机，该设备因为能够读入并识别简单的字母和图像而在当时引起轰动，使得很多专家预测在几年后计算机将具备思考功能。明斯基和罗森布拉特设计的人工神经网络及后来人工智能专家在计算机上虚拟生成的更复杂的人工神经网络，都是通过模拟人脑神经细胞的记忆结构来实现的。

2. 难以逾越的局限

人工智能的研发在经历了前面描述的这些突破后很快就变得停滞不前，最主要的原因是计算机内存和运算速度的限制。20世纪60年代末SDC公司奎利恩（Ross Quillian）等设计的颇为成功的自然语言翻译程序所使用的计算机内存最多只能同时导入20个单词。1976年，从事机器人研究的人工智能专家莫拉维克（Hans Moravec）估计，仅仅让计算机具备人的视网膜识别物体的边界和探测移动的功能就需要至少10亿次/秒的运算能力，但当时最快的超级计算机的运算速度也仅有8000万~13000万次/秒。

从1966年美国政府组织的自动语言处理调查委员会给出ALPAC报告后，人工智能开始遇冷。1973年英国政府发布了剑桥大学莱特希尔教授的人工智能调查报告，给第一轮人工智能的发展正式画上了句号。

3. 专家与超算

20世纪80年代出现的专家系统是人工智能第2阶段发展过程中最有代表性的例子。20世纪80年代的人工智能领域开始把研究的重点放在为不同的系统提供它们所在领域的专业知识上,试图通过专业知识与推理机制相结合来达到专家水平。20世纪70年代诞生于麻省理工学院林肯实验室的DEC公司相当于20世纪90年代的戴尔,它是最早利用半导体和集成电路技术把大型机体积变小、价格变低,从而让学校和小公司也可以使用计算机的创新公司。20世纪80年代,摩尔定律带来的内存容量和CPU运算速度的指数增长、关系数据库技术的成熟、个人计算机和局域网技术的普及等因素也是促成专家系统全面开花的重要前提。这使得人工智能领域通过专家系统进入第2次高速发展阶段。

1986年北卡罗来纳大学教堂山分校计算机系主任布鲁克斯发表了一篇后来成为计算机学术历史上经典的论文《没有银弹》⁵。在这篇论文里布鲁克斯质疑了已经膨胀多年的关于自动编程可以很快实现的学术泡沫。后来他在《人月神话》一书中结合当年开发IBM 360操作系统的经历,进一步阐述了大型软件工程的复杂性。布鲁克斯发表这篇论文直接或间接导致了人工智能的第2次低谷。因为这时专家系统没能再有大的突破。

神经网络的架构从以前的输入层加输出层的单层结构转变为添加了中间的隐层。这一变化使得神经网络可以解决更加复杂的分类问题。层数的增加为各层的神经节点连接的权重选取带来新的困难。反向传播算法(Back Propagation, BP)的出现在一定程度上解决了权重选取问题。另外,计算机运算能力的提高使得多层神经网络的计算成为可能。

4. 网络人工智能

互联网的前身阿帕网起源于美苏冷战。20世纪80年代阿帕网已经通过大学和研究所等机构渗透到民间。1993年1月,美国伊利诺伊大学为浏览万维网开发的UNIX版本马赛克浏览器被放到该大学计算中心的免费FTP服务器上,不到两个月就被下载了上万次。1993年12月,《纽约时报》商业版头版介绍了马赛克浏览器,称其将创造一个全新的产业。谷歌的佩奇排名(Page Rank)和亚马逊的协同过滤(Collaborative Filtering)推荐系统的共同特点是它们都通过使用简单的数学原理来处理海量数据以达到目的。这种看似简单的指导思想解