



AI
+
Healthcare

闵栋◎主编

AI+医疗健康

智能化医疗健康的应用与未来

机遇与挑战并存 AI引爆未来医疗

王豫 徐岩 方林◎编著

*The Application and Future of
Intelligent Medicine*



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



国药励展
Reed Sinopharm
Exhibitions



CMEF
China International
Medical Equipment Fair

国药励展·大健康系列新知丛书

AI+医疗健康

智能化医疗健康的应用与未来

闵栋◎主编

王豫 徐岩 方林◎编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

随着新一轮科技革命的到来，人工智能、大数据等技术对医疗健康领域产生了巨大的影响。本书阐述了人工智能如何赋能医疗健康行业，介绍了人工智能在医疗健康领域的主要应用场景，分析了人工智能+医疗健康的技术体系、产业生态，并从医学影像识别、临床决策支持、基因测序、健康管理、医用机器人、生物医药等几方面深入阐述了人工智能的具体应用。最后从政策标准、技术创新、商业模式、人才资源、法规伦理等角度对中国人工智能+医疗健康的发展进行了展望。

图书在版编目 (CIP) 数据

AI+医疗健康：智能化医疗健康的应用与未来 / 闵栋主编；
王豫，徐岩，方林编著. —北京：机械工业出版社，2018.10
ISBN 978-7-111-61168-4

I. ①A… II. ①闵… ②王… ③徐… ④方… III. ①人工
智能-应用-医疗保健事业-研究-中国 IV. ①R199.2-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 232246 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑：杨冰 责任编辑：杨冰

责任校对：郭明磊 版式设计：张文贵

责任印制：张博

三河市宏达印刷有限公司印刷

2018 年 10 月第 1 版·第 1 次印刷

145mm×210mm·5.875 印张·3 插页·102 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-61168-4

定价：50.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线：(010) 88361066

读者购书热线：(010) 68326294

(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网：www.cmpbook.com

机工官博：weibo.com/cmp1952

金书网：www.golden-book.com

教育服务网：www.cmpedu.com

丛书编委会

总 编 胡昆坪

执行总编 李 超

编委会成员 (以姓氏拼音为序)

蔡江南 曹 健 陈 钢 陈 一 戴广宇
丁传军 丁海荣 方 林 官成宇 姜天骄
李 健 李建业 李厦戎 刘 夏 闵 栋
施 洵 隋 斌 王 豫 王志刚 武治印
徐 岩 杨 冰 张明群 钟 蕾 周 晋
周 泾

本书编写组

主 编 闵 栋

编写人员 (排名不分先后)

闵 栋 王 豫 徐 岩 方 林
张明群 李建业 周 晋 罗奇斌
赵阳光 许 珊 寇家华 陈 梁

丛书序

我国的大健康产业正迎来前所未有的发展机遇，这不仅得益于党中央、国务院以及各级政府管理部门的坚定支持，也受益于广大人民对健康和美好生活的强烈向往和需求。作为专注于医药医疗大健康领域的展览和会议组织者，国药励展公司在过去 17 年的发展历程中，随着时代的节拍，通过不断完善自身的平台建设，发展范围从原有的医药医疗领域延伸至食品、体育、化妆品等大健康领域。

我们有幸亲历了我国大健康产业波澜壮阔的发展历程，同时也见证了贯穿大健康产业链的创新力量，立足于产业前沿，持续引领推动产业科技的进步与高质量发展。我们也欣喜地看到，越来越多的机构和有识之士投身到我国的大健康事业建设中来，作为“世界媒体 500 强”之一的机械工业出版社，与我们一起合作打造开放式产业研究平台，通过整合产业专家的智库资源，进行系统的选题研究和图书出版，使产业专家们能“观”能“执”的智慧分享进一步突破时空的限制，为人类健康的共同事业、为以“健康梦”托起“中国梦”的实现积极

献力。

“国药励展·大健康系列新知丛书”是我们与机械工业出版社共同打造的第一套专业丛书，汇聚了双方共同组建的“大健康产业专家委员会”中众多专家学者的真知灼见，相信能为国内大健康产业的企业经营者、创业者、市场及产业研究者、投资者给予启迪和参考。

“国药励展·大健康系列新知丛书”丛书首辑将在第80届中国国际医疗器械博览会（CMEF）上推出，共计五本，分别是《精准医疗》《重构大健康》《医疗投资》《医疗+保险》《AI+医疗健康》。这套丛书首辑的出版仅仅是双方合作计划的开始，未来我们每年还将依据产业发展的热点与变革，持续出版该系列丛书的后续分册，从前沿新知到实践探索，出版更多优秀的图书，助推医疗产业的技术发展与科技创新。

择善固执，莫忘初衷。在此，谨以此丛书的出版，为赋能健康产业的高质高效发展、也为助力“健康中国”的实现略致绵薄之力。

国药励展董事总经理

胡昆坪

前 言

随着数据资源、计算能力、算法模型等基础条件的日臻成熟，人工智能成了传统行业变革发展的重要力量。近年来，人工智能技术开始应用于医疗健康多个领域，包括医学影像辅助诊断、临床决策支持、基因测序、智能健康管理、医用机器人、新药研发等，能够帮助医生有效减少误诊漏诊，极大提高了诊断效率，提升了基层医疗服务的能力，促进了医疗健康行业的变革发展。

无论在中国还是在世界范围内，医疗健康服务能力无法满足人民群众日益增长的服务需求都是医疗健康行业的核心痛点。一方面，由于人口老龄化加剧、慢性病蔓延，带来了医疗健康需求的激增，另一方面，优质医疗资源紧缺且分布不平衡的问题持续存在。而大力推进人工智能+医疗健康，给予医疗健康行业新的机遇和新的方向，将有效促进医疗健康服务的创新供给和信息资源的开放共享，大幅提升医疗健康服务能力和普惠水平，助力“健康中国”建设。

本书围绕人工智能如何赋能医疗健康行业，介绍了人工智

能在医疗健康领域的主要应用场景，分析了人工智能 + 医疗健康的技术体系、产业生态，并从医学图像辅助诊断、临床决策支持系统、基因测序、智能健康管理、医用机器人、新药研发等方面深入阐述了人工智能的具体应用。最后，本书从政策标准、技术创新、商业模式、人才资源、法规伦理等角度对中国人工智能 + 医疗健康的发展进行了展望。

本书编写组

2018 年 10 月

目 录

丛书序

前 言

第一章 人工智能赋能医疗健康行业 / 001

- 1.1 人工智能 + 医疗健康发展背景 / 002
 - 1.1.1 行业痛点激发新需求 / 002
 - 1.1.2 技术突破提供新手段 / 005
 - 1.1.3 政策出台营造新环境 / 008
- 1.2 人工智能 + 医疗健康能做什么 / 009
 - 1.2.1 医疗健康信息化的技术进化史 / 009
 - 1.2.2 诊前：疾病预防与健康管理 / 011
 - 1.2.3 诊前：基因测序 / 012
 - 1.2.4 诊中：医学影像辅助诊断 / 012
 - 1.2.5 诊中：临床辅助决策 / 013
 - 1.2.6 诊中：医用机器人 / 014
 - 1.2.7 诊后：康复辅助 / 015
 - 1.2.8 生物医药 / 016
- 1.3 人工智能 + 医疗健康技术产业体系 / 016
 - 1.3.1 人工智能 + 医疗健康技术体系 / 016
 - 1.3.2 人工智能 + 医疗健康产业生态 / 019
 - 1.3.3 人工智能 + 医疗健康产业格局 / 021

第二章 医学图像识别，计算机辅助医生“阅片” / 025

- 2.1 应用场景 / 026

| | |
|------------|--------------------------------|
| 2.1.1 | 发展背景 / 026 |
| 2.1.2 | 主要应用场景 / 029 |
| 2.2 | 关键技术 / 033 |
| 2.2.1 | 技术发展现状 / 033 |
| 2.2.2 | 模型设计 / 036 |
| 2.2.3 | 模型构建 / 036 |
| 2.2.4 | 算法选择 / 037 |
| 2.2.5 | 服务建立 / 039 |
| 2.3 | 业务模式 / 040 |
| 2.3.1 | 产业发展模式 / 040 |
| 2.3.2 | 应用难点 / 042 |
| 第三章 | 临床决策支持系统, 医生的虚拟助手 / 045 |
| 3.1 | 应用场景 / 046 |
| 3.1.1 | 产生背景 / 046 |
| 3.1.2 | 发展历程 / 048 |
| 3.1.3 | 应用前景 / 048 |
| 3.2 | 关键技术 / 050 |
| 3.2.1 | 系统关键技术 / 050 |
| 3.2.2 | 数据关键技术 / 054 |
| 3.3 | 业务模式 / 057 |
| 3.3.1 | 细分市场 / 057 |
| 3.3.2 | 典型应用案例 / 060 |
| 3.3.3 | 发展方向 / 063 |
| 第四章 | 基因测序, 开启精准医学时代 / 067 |
| 4.1 | 应用场景 / 068 |
| 4.1.1 | 无创产前检测 / 068 |
| 4.1.2 | 肿瘤检测 / 070 |

4.1.3 罕见遗传病筛查 / 072

4.1.4 精准健康管理 / 073

4.1.5 身份确认 / 074

4.2 关键技术 / 076

4.2.1 第一代基因测序技术 / 076

4.2.2 第二代基因测序技术 / 078

4.2.3 第三代基因测序技术 / 081

4.3 业务模式 / 084

4.3.1 基因测序仪器制造 / 084

4.3.2 基因测序服务 / 085

4.3.3 软件开发与云服务 / 086

第五章 健康管理，不治“已病”治“未病” / 089

5.1 应用场景 / 090

5.1.1 疾病预防 / 091

5.1.2 慢病管理 / 091

5.1.3 运动管理 / 092

5.1.4 睡眠监测 / 092

5.1.5 母婴健康管理 / 093

5.1.6 老年人护理 / 094

5.2 关键技术 / 094

5.2.1 终端关键技术 / 095

5.2.2 网络关键技术 / 097

5.2.3 平台关键技术 / 098

5.3 业务模式 / 099

5.3.1 硬件销售模式 / 099

5.3.2 服务提供模式 / 100

5.3.3 数据整合模式 / 101

5.3.4 保险付费模式 / 101

第六章 医用机器人, 诊疗、康复与服务 / 103

- 6.1 应用场景 / 104
 - 6.1.1 手术机器人 / 105
 - 6.1.2 非手术诊疗机器人 / 106
 - 6.1.3 康复机器人 / 107
 - 6.1.4 医疗服务机器人 / 108
- 6.2 关键技术 / 108
 - 6.2.1 人机工效学 / 109
 - 6.2.2 遥操作 / 109
 - 6.2.3 空间定位技术 / 110
 - 6.2.4 多模影像处理 / 111
 - 6.2.5 人工智能技术 / 112
 - 6.2.6 医疗大数据 / 114
 - 6.2.7 虚拟现实/增强现实技术 / 115
- 6.3 业务模式 / 116
 - 6.3.1 手术机器人业务模式 / 117
 - 6.3.2 非手术诊疗机器人业务模式 / 122
 - 6.3.3 康复机器人业务模式 / 124
 - 6.3.4 医疗服务机器人业务模式 / 129

第七章 工业互联网, 生物医药发展新方向 / 131

- 7.1 医疗设备全生命周期管理 / 133
 - 7.1.1 发展背景 / 133
 - 7.1.2 关键技术 / 135
 - 7.1.3 面临的问题 / 139
- 7.2 生物医药增材制造 (3D 打印) / 141
 - 7.2.1 发展背景 / 141

- 7.2.2 关键技术 / 144
- 7.2.3 面临的问题 / 148

7.3 人工智能辅助药物研发 / 149

- 7.3.1 发展背景 / 149
- 7.3.2 关键技术 / 151

第八章 中国人工智能 + 医疗健康发展展望 / 155

8.1 政策标准 / 156

- 8.1.1 产业发展促进 / 156
- 8.1.2 行业监督管理 / 159
- 8.1.3 数据安全保护 / 160

8.2 技术创新 / 162

- 8.2.1 关键技术研发 / 162
- 8.2.2 训练数据集建设 / 164
- 8.2.3 信息安全保障 / 165

8.3 商业模式 / 168

- 8.3.1 互联网巨头企业 / 168
- 8.3.2 初创型企业 / 170
- 8.3.3 医疗设备企业 / 170

8.4 人才资源 / 171

8.5 法规伦理 / 173

1

第一章

人工智能赋能医疗健康行业

1.1 人工智能 + 医疗健康发展背景

人工智能 + 医疗健康是医药卫生行业与信息通信技术融合创新的产物，将成为医疗健康行业发展与转型升级的重要方向。人口老龄化、医疗资源配置结构性失衡、人工智能技术的快速发展等宏观环境有力推动人工智能 + 医疗健康迈向广阔的发展空间，并且正处于发展的关键时期。未来，随着人工智能技术的快速发展、新产品开发的加快和企业经营实力与创新能力的不断增强，人工智能 + 医疗健康将向纵深方向发展。

1.1.1 行业痛点激发新需求

医疗健康是人民群众最根本的民生需求之一。健康服务行业以维护和促进人民群众身心健康为目标，主要包括医疗服务、健康管理与促进、健康保险以及相关服务，涉及药品、医

疗器械、保健用品、保健食品、健身产品等支撑产业，覆盖面广，产业链长。医疗服务行业是指对患者进行诊断、治疗、防疫、接生、计划生育方面的服务，以及与之相关的提供药品、医疗用具、病房住宿和伙食等业务，是健康服务业的重要组成部分。当前，我国医疗健康行业的核心痛点在于医疗健康服务能力无法满足人民群众日益增长的服务需求。

在需求侧方面，医疗健康服务需求持续快速增长。一是人口老龄化加速。国际上通常的看法是，当一个国家或地区 60 岁及以上老年人口占人口总数的 10%，或 65 岁及以上老年人口占人口总数的 7%，就意味着这个国家或地区进入老龄化社会。根据世界银行统计数据显示，我国 2002 年 65 岁及以上人口占比 7.01%，已进入老龄化社会，2010 年进入深度老龄化阶段，即 65 岁及以上人口超过总人口 14%。预计 2035 年后，我国将和英国等欧洲国家一起进入超级老龄化社会，即 65 岁及以上人口超过总人口的 20%。二是慢性病蔓延，亚健康常态化。心脏病、高血压、糖尿病等慢性病呈每年递增态势，据国家卫生健康委员会最新统计数据显示，我国现有慢性病患者已经超过 2.6 亿，由慢性病导致的疾病负担占到总疾病负担的近 70%，慢性病导致的死亡人数占到了所有人数死亡人数的 85% 左右。

在供给侧方面，一是医疗资源总量不足。我国医疗资源总

量匮乏而人口众多，形成巨大资源缺口。据世界银行最新数据统计，我国每千人口医生和护士数量均为 1.9 人，低于同等收入水平的国家，与高收入国家差距更大（每千人口医生数量低 1 人、护士数量低 6.7 人）。《2016 中国卫生和计划生育统计年鉴》显示，全国有超过 76 亿人次进行门诊寻医，人均就诊 5.6 次，包括各类医院、基础保健机构等。二是资源不均。优质的医疗资源向大城市倾斜，据《2015 中国卫生和计划生育统计年鉴》数据显示，我国 46% 的三甲医院位于东部地区，西部地区的三甲医院数量仅占 23%。《中国医院竞争力报告（2016）》显示，我国优质医院集中于东部沿海，顶级医院集中在北京、上海和广州，其中北京以 17 家的保有量居首位。大量患者涌入一线城市求医问诊，核心医院人满为患、医生超负荷工作，加大了医患紧张关系。三是供需失衡。医疗资源向综合型医院集中，供需矛盾不断激化。原本定位于“收治急危病症、疑难杂症和人才培养”的大医院却大小疾病皆收，而普通医院及基层医疗机构却有大量资源被闲置浪费。数据显示，只有 8% 的患者首诊会选择社区医院，53% 的患者就医首选知名公立医院，43% 的患者首诊时会直接选择特需门诊或专家号。据测算，全国有近 6 成闲置的基层医疗设备和 95 万张利用不充分的床位资源有待激活，优质医疗机构和非核心医疗机构供需不均衡的局面还在加剧。