

美国智能医疗产业发展现状分析

钟文艳

(中国科学技术部, 北京 100862)

摘 要:近年来,随着以深度学习为代表的人工智能技术不断发展和成熟,美国出现了人工智能技术与医疗健康领域开始深度结合的迹象。本文从医疗健康行业的瓶颈和人工智能技术的特点两方面探讨了人工智能可以在医疗健康领域成功应用的原因;梳理了目前美国智能医疗产业的基本情况,主要表现为科技巨头抢占市场、各路资本大量涌入、初创公司遍地开花;并归纳出美国智能医疗产业的几个特点,即数据是关键、民间资本是主力、肿瘤是热点方向、细分领域是广阔舞台,以期对我国智能医疗产业发展提供借鉴。

关键词:美国;人工智能;医疗健康;智能医疗

中图分类号: R197.324 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2017.06.006

近年来,人工智能进入了新一轮快速增长期,技术和产品的重大突破不断涌现,公众认知度也不断提高。随着以深度学习为代表的人工智能技术不断发展和成熟,美国出现了人工智能技术与医疗健康领域开始深度结合的迹象,在数字医疗、互联网医疗和移动医疗的基础上,智能医疗逐渐成型。

1 智能医疗是医疗健康行业发展的必然方向

无论从医疗健康行业自身发展的现实需求来看,还是从人工智能技术本身的特点来讲,将人工智能技术应用于医疗健康行业都是大势所趋,智能医疗是医疗健康行业未来发展的必然方向。

1.1 医疗健康行业发展进入瓶颈期,需要新技术帮助其突破

医疗健康行业发展到今天,全世界都面临着同样的问题,即医疗资源与社会需求之间越来越突出的供需矛盾。一是优秀医生短缺。美国医学院联合会 2016 年 4 月发布的研究报告称,未来 10 年美国将面临 61 700 到 94 700 名医生的缺口^[1]。而根据经济合作与发展组织的数据,截至 2015 年,经济

合作与发展组织所有成员国中平均每千人拥有的医生数量最多五个(奥地利),最少还不到一个(南非)^[2]。培养一名医生需要很长的时间,短期内无法迅速提升医生的数量。二是创新药物短缺。与 20 世纪相比,急性、外源性、细菌感染等机理单一、简单的疾病,都已经得到了较好控制,“容易摘的果子已经被摘完了”。目前的主要疑难疾病大多是慢性、内源性、机理复杂的疾病,单一药物很难对多数病人有效,需要有针对性的个性化治疗方案。这类创新药物研发难度更大,如按传统动辄以 10 年计的研发方式,显然无法满足临床需求。

另一个全球性的问题是,医疗成本越来越高,医疗支出对各国政府和民众都是越来越沉重的负担。根据世界卫生组织的数据,全球医疗总支出近 20 年来总体持续增加,到 2014 年已占到全球国内生产总值的 9.9%,人均支出达 1 058 美元^[3]。而根据美国医保与医助服务中心的数据,美国 2015 年的医疗总支出达 3.2 万亿美元,人均 9 990 美元,占国内生产总值的 17.8%^[4]。人口老龄化加剧、慢性病增多、新药研发费用高企等都是不断

作者简介:钟文艳(1980—),女,硕士研究生,主要研究方向为美国医药卫生领域政策研究。

收稿日期:2017-03-14

推高医疗成本的因素。如何在不降低医疗服务质量的前提下降低医疗成本，成为各国政府都面临的巨大难题。

1.2 人工智能技术特点契合，是医疗健康行业的最优选择

医疗健康行业需要新的技术来解决其供应不足和成本增加的难题，以深度学习为基础的人工智能技术本身的特点恰好与这一需求高度契合，是医疗健康行业最好的也是必然的选择。

第一，增加“医生”数量。人工智能技术可以充分利用各种海量数据，完全自动地学习抽象的知识表达，把原始数据浓缩成某种知识。这个优点使人们看到了训练“机器医生”的希望，通过“机器医生”辅助诊断，能在客观上提高“医生”的数量。以如今已成功开始较大规模应用的 IBM “沃森医生”为例，它已至少“学习”了肿瘤学研究领域的 42 种医学期刊、临床试验的 60 多万条医疗证据和 200 万页文本资料，因而能达到 10 分钟诊断出肿瘤的程度^[5]。

第二，加快研发速度。人工智能技术先进的算法和强大的计算能力，能够快速准确地锁定可能成为新药的候选小分子化合物，并通过计算机模拟，对药物活性、安全性和副作用进行预测，从而有效克服传统药物研发周期长、费用高、成功率低的缺点。

第三，提高医疗效率。人工智能技术在语音识别、图像分类、文本理解等方面都具有不可比拟的优势，尤其擅长非结构化数据的识别。而现有的医疗影像、临床医生的医疗记录等各种医疗数据，绝大部分都是非结构化数据。较之前的数据处理技术，深度学习技术处理这些数据的速度快、准确度高、效果好，将极大地提高现有医疗机构的效率。

第四，降低医疗支出。目前全球的医疗现状是治大于防，所有的医护系统在很大程度上都是围绕疾病治疗展开的，治疗费用远超日常护理的费用。而通过人工智能技术，可以更好地管理日常健康数据，更早地发现健康隐患，达到“治未病”的预防效果，从而降低后续医疗的支出费用。

2 智能医疗时代即将全面开启

人工智能技术的各项优势，被认为将彻底改变

甚至颠覆传统医疗健康行业。因此，美国的科技巨头和资本巨头都在积极布局智能医疗产业，大批专注细分领域的初创公司也蓄势待发。智能医疗已成为科技界和金融界共同的热点话题，智能医疗时代即将全面开启。

2.1 科技巨头纷纷进场，打响智能医疗市场争夺战

IBM、谷歌、微软、亚马逊、脸谱网、苹果等科技巨头近年来都在人工智能领域投入了大量的资源，建立了庞大的人工智能团队，抢占人工智能市场。这一战火也延续到了医疗健康领域。近几年，无论是通过外部收购中小企业还是内部组建自家团队，或者与医院、医学研究机构、传统医疗企业合作，科技巨头们纷纷涉足医疗健康领域，试图用人工智能改变甚至颠覆传统的医疗健康行业。

IBM 公司是最早将人工智能应用于医疗健康领域的科技巨头之一。早在 2013 年，IBM 就开始与全美综合医院排名前四的克利夫兰诊所进行全面合作，研究如何利用 IBM 的沃森人工智能系统提高护理水平^[6]。沃森健康部门（Watson Health）正式成立后，IBM 收购了一些医疗健康大数据提供商和分析商，与传统医疗器械和药物生产商、销售商，以及著名医院和研究机构开展了广泛的合作。在此基础上，IBM 选择肿瘤精准治疗作为主攻领域，利用沃森系统快速分析各种数据，协助医生诊断肿瘤，并根据患者的肿瘤基因提供适当的个性化治疗方案。IBM 的沃森已经在美国、泰国、印度、中国、日本等地开始较大范围应用，是截至目前把人工智能应用于医疗健康领域的最佳商业模式之一。

谷歌公司在智能医疗领域也非常活跃。一方面，谷歌对医疗前沿技术进展相当了解，是医疗技术投资的权威。自 2014 年起，谷歌风投资金的 1/3 进入了医疗健康与生命科学领域^[7]，通过并购的一些公司，谷歌自己的医疗技术公司的研发能力得以增强。另一方面，谷歌积累了扎实的图像识别、语音识别、深度学习等人工智能底层技术，“阿尔法狗”的成功尤其强化了“谷歌人工智能技术强大”的公众认知度。谷歌目前在智能医疗领域的研发重点是糖尿病、神经性疾病诊疗和医疗器械，已经与制药和医疗设备巨头成立合作公司，共同研发针对 2 型糖尿病的检测和疗法、可

植入人体的微型设备及药物、手术机器人等。此外，谷歌还与英国国民保健服务（National Health Service, NHS）开展合作^[8]，将深度学习技术用于处理美国国民保健服务的数据，共同开发实时的医疗健康预测预警技术。

微软进军智能医疗的路线，与前述两家科技巨头异曲同工。微软早在 2006 年就开始通过投资、并购逐步进入医疗信息技术领域，2014 年还建立了一个专注于健康医疗科技创业公司的孵化器。同时，作为软件和平台巨头，微软发布了面向个人的健康管理平台 Microsoft Health 和 Health Vault，整合不同的健康和健身设备搜集的数据；同时专门针对医疗人员开发的信息系统 Amalgam UIS，实现了对医疗数据的深度挖掘和分析。微软的兴趣点也是癌症。2016 年，微软公布了将人工智能用于医疗健康的最新项目 Hanover^[9]，希望通过人工智能深度理解最新的医学专业论文，帮助医生进行资源整合，寻找最有效的肿瘤药物和治疗方案。

此外，苹果、脸谱网等公司也通过设立医疗健康部门、开发医疗健康类应用、收购医疗健康类初创企业等方式，逐步踏入医疗健康行业，争夺智能医疗的市场。

2.2 各路资本大量涌入，智能医疗成为投资热点

随着人工智能技术的新一轮爆发，资本看到了人工智能与医疗健康相结合可能产生的广阔商业前景和巨大市场。据咨询公司弗若斯特沙利文（Frost & Sullivan）估计，到 2021 年，智能医疗的收入将从 2014 年的 6 亿美元升至 60 亿美元，年均复合增长率将达到 40%^[10]。人工智能本已是投资热点，“人工智能 + 医疗健康”这一题材更是成为了热点中的热点。

根据咨询公司 CB Insights 整理的资料^[11]，在人工智能细分领域，自 2011 年起，医疗健康就逐渐开始受到资本的关注。到 2014 年，医疗健康已成为人工智能应用场景中最热的投资领域。

CB Insights 公司的详细数据显示^[12]，2012 年，资本投资智能医疗初创公司的披露交易还不到 21 宗。2015 年这一数字已上升到 60 宗，占到人工智能领域所有投资交易数量的 15%。到 2016 年这一数字已上升至 90 宗，披露的交易金额达到 7.48 亿美元，双双创下历史新高（见图 1）。而据硅谷银行 2016 年 9 月对 122 位医疗健康公司的创始人、CEO 和投资者的问卷调查^[13]，超过 35% 的受访者认为，人工智能在 2017 年将仍是医疗健康领域最有投资价值的技术。

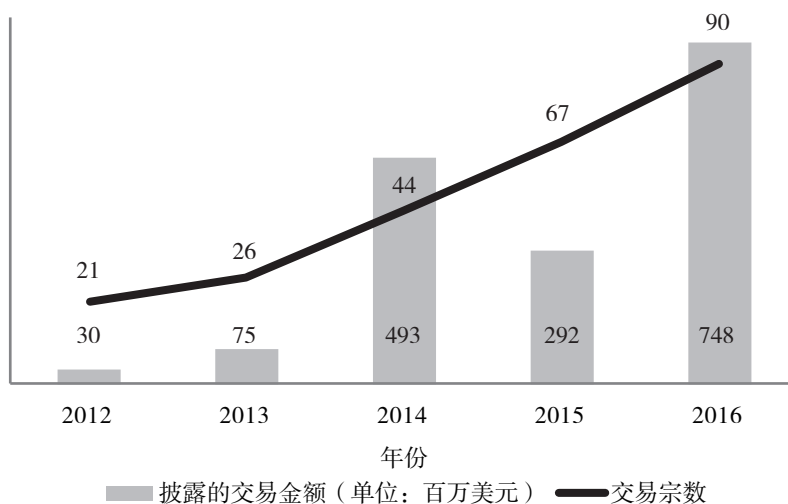


图 1 2012—2016 年智能医疗初创公司融资情况

资料来源：CB Insights 公司。

2.3 初创公司大批出现，专注智能医疗细分领域

智能医疗作为新兴领域，潜力巨大。IBM、谷歌这些巨头也都仅仅是近三四年才入门，还有大量市场空间留给中小公司。因此，智能医疗领域的初创企业如雨后春笋般大批出现，美国仅 2013 年以来就至少有 100 家初创企业已小有成就^[14]。这些企业通常根据自己创业团队的特点和特长，专注于

智能医疗的细分领域，包括洞察与风险分析、生活方式管理与监测、医疗影像与诊断、药物挖掘、急诊室与医院管理、可穿戴设备、虚拟助手、心理健康、基础研究、营养学等。从图 2^[15]可以看出，洞察与风险分析、生活方式管理与监测、医疗影像与诊断以及药物挖掘都是近一两年来初创企业和资本扎堆的细分领域。

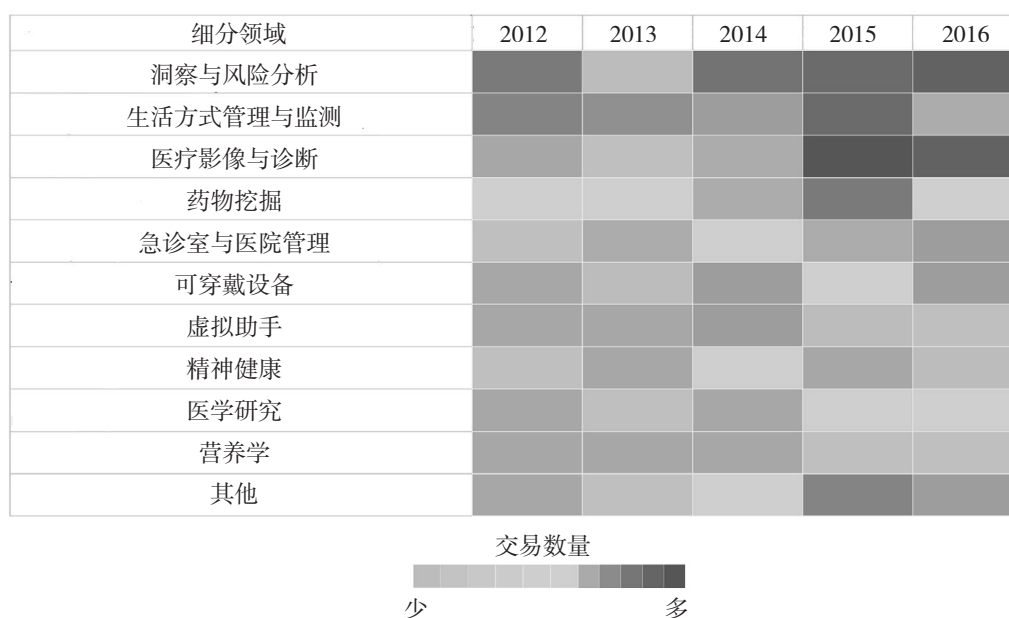


图 2 2012—2016 年智能医疗领域投资热度图（截至 2016 年 8 月 30 日）

资料来源：CB Insights 公司。

洞察与风险分析领域的企业，主要通过机器学习等人工智能技术，结合专业医疗知识大数据库，分析数据内在联系及价值，提供更合适的诊疗方案，以及医疗服务流程中的高效策略。如获得谷歌风投等多家知名投资公司 3 250 万美元共同投资的 Zephyr Health 公司，在提供合适的治疗方案的同时，还能提供预测、分析药品的销售等服务。

生活方式管理与监测主要集中在慢性病管理和健康生活方式管理。这类企业主要通过手机终端或可穿戴设备的应用，针对特定病症（如心血管病、糖尿病）或特定领域（如预防早产儿、术前准备）提供健康管理和服务。代表企业是获得 1.92 亿美元投资的 WellTok 公司，IBM 也是其合作对象。

医疗影像与诊断是初创公司和资本增长最快的领域。由于影像诊断在医疗决策中的重要性，人工智能技术在图像识别上精准率高、耗时短，大大减轻了医务人员的工作压力，广受欢迎。代表企业有斯坦福大学投资的 Butterfly Network 公司。该公司制造了便携式医学成像装置，使超声波和磁共振检查的速度更快、精准度更高、成本更低并且更加智能。

药物挖掘是最早利用人工智能技术并且进展较大的医学领域。传统的药物研发周期长、成本高、成功率低。人工智能技术可以在计算机上模拟、预测药物筛选的过程，然后进行有针对性的实体筛选，从而极大地降低药物开发成本，提高研发效率。典

型企业是 Atomwise 公司。2015 年，该公司基于现有安全药物，只用了四个月时间就通过算法找到了可能控制埃博拉病毒的药物，大大缩短了以往平均 14 年的药物研发周期^[16]。

3 现阶段美国智能医疗行业发展特点鲜明

分析目前美国智能医疗行业的发展情况，可以发现以下几个比较鲜明的特点。

3.1 数据是关键

目前，深度学习技术是人工智能技术的主流代表。深度学习技术的显著特点是需要海量数据对其进行训练才能达到最好的效果。因此，对智能医疗公司来说，谁掌握了海量的优质数据，谁就能在竞争中抢得先机，得数据者得天下。IBM 公司出手不凡，收购了四家医疗健康大数据提供商和分析商，又相继与强生、美敦力、西门子、CVS 等传统医疗器械、药物生产商和销售商，以及梅奥诊所、安德森癌症中心、纪念斯隆-凯特琳癌症中心、纽约基因组研究中心等著名医院和研究机构建立合作，就是为了直接获取大量优质的医学资料、医疗数据和健康数据。可以说，这些大数据是 IBM 沃森医生系统成功实现商业化应用的制胜关键。

3.2 民间资本是主力

尽管智能医疗的投资连年上涨，但目前资本的主要来源还是以风投公司为代表的民间资本。美国政府 2016 年发布的《国家人工智能研发战略规划》虽明确了将对人工智能研发进行长期投资，但主要是指对人工智能通用技术和下一代重点技术的投资，并未特指将人工智能用于某一特定领域。硅谷银行的调查显示^[13]，61.48% 的医疗健康类科技公司的创始人、CEO 和投资人认为，2017 年智能医疗类公司最主要的资金来源仍是风险投资，没有人认为政府部门会积极投资于该领域。

3.3 肿瘤是热点方向

肿瘤是近年来整个医疗行业的热点，无论是免疫疗法，还是 PD-1 新药开发，围绕肿瘤防治的各项研究层出不穷。肿瘤也毫无悬念地成为了智能医疗的热点方向。IBM 的沃森肿瘤解决方案（IBM Watson for Oncology）已经开始在美国、泰国、印度、中国、日本等地进行较大范围的商业应用。微软 2016 年最新的智能医疗项目 Hanover，也以寻找最

有效的肿瘤药物和治疗方案为目标。此外，还有很多初创公司将肿瘤作为主攻方向，如采集高危人群的血样快速检测早期肿瘤、建立肿瘤数据云平台方便医务人员使用、快速准确识别肿瘤医疗影像等。

3.4 细分领域是广阔舞台

智能医疗的大部分公司都是近两三年才进入该领域的，即使是目前商业化最成功的 IBM，也是从 2013 年才开始将其人工智能系统逐渐用于医疗健康行业。因此，智能医疗还是一片广阔的“蓝海”，有大量的空间供初创公司生长、发展。智能医疗的各项细分领域，成为初创公司施展的广阔舞台。一些初创公司瞄准 IBM 等科技巨头在某一细分领域的短板，专门等待被大公司收购。一些初创公司坚持深入挖掘某一细分领域，已闯出名号，其中不乏“独角兽”公司。截至目前，除了 IBM 的沃森，其他成功实现智能医疗商业化的案例，多出自初创或中小公司。

4 美国智能医疗产业发展对我国的启示

我国的人工智能技术实力不俗。美国《国家人工智能研发战略规划》认为，SCI 中收录的关于“深度学习”或“深度神经网络”的论文数量，中国在 2014 年和 2015 年都超过了美国（以及所有第二梯队的国家之和），已居于领跑者的位置^[17]。可以说，我国发展智能医疗行业具有良好的技术基础，因此在智能医疗的应用方面有广阔的发展前景。

（1）高度重视健康医疗大数据的战略作用，加强相关政策和标准体系建设

2016 年 6 月，国务院办公厅发布《关于促进和规范健康医疗大数据应用发展的指导意见》，明确了健康医疗大数据是国家重要的基础性战略资源。同年 10 月发布的《“健康中国 2030”规划纲要》，也特别强调发展健康产业和医疗大数据、培育健康医疗大数据应用新业态。然而目前我国的健康医疗大数据还存在着共享和开放程度不高、权属不明确等问题，健康医疗大数据领域的法律和标准体系亟待完善。建议尽快出台相关政策，一方面规范健康医疗数据的采集活动，明确医疗卫生机构和相关企业须遵循的原则、承担的责任和义务等，有效保护个人数据的安全；另一方面明确须在我国本地化存储健康医疗大数

据，在无法确定对外输出数据是否会危害国家安全和公共利益的情况下，应尽量避免向境外传输具有敏感度的健康医疗数据，并限制外资企业采集和传输特定类型（如人类遗传资源）的健康医疗数据。

（2）充分发挥我国智能医疗企业的创新主体作用，适时出台支持引导政策

经过近几年的政策引导，企业是创新主体的观念已深入人心，我国科技企业已形成了主体创新、主动创新意识。很多企业同样看到了人工智能技术对医疗健康行业的颠覆性影响，纷纷加大对智能医疗的投入力度。如科技巨头百度已于2016年10月发布了其智能医疗最新项目“百度医疗大脑”；初创企业深圳碳云智能公司在成立不到一年时已获得超过1亿美元的A轮融资。智能医疗是近两三年才出现的新兴产业，现阶段宜以企业自主决策参与、民间资本投入为主。然而智能医疗应用前景广阔，有望解决传统医疗健康领域的一些顽疾，政府相关部门需及时跟踪国际国内的最新动态，适时推出引导支持政策，鼓励智能医疗产业快速健康发展。 ■

参考文献：

- [1] IHS Inc. The 2016 Update: Complexities of Physician Supply and Demand: Projections from 2014 to 2025[R/OL]. [2017-01-16]. https://www.aamc.org/download/458082/data/2016_complexities_of_supply_and_demand_projections.pdf.
- [2] OECD. OECD Indicators: doctors [EB/OL]. [2017-01-16]. <https://data.oecd.org/healthres/doctors.htm>.
- [3] WHO. Global Health Observatory (GHO) data: health financing [EB/OL]. [2017-01-16]. http://www.who.int/gho/health_financing/total_expenditure/en/.
- [4] Center for Medicare and Medicaid Services. National Health Expenditures 2015 Highlights[R/OL]. [2017-01-16]. <https://www.cms.gov/Research-Statistics-Data-and-Systems/Statistics-Trends-and-Reports/NationalHealthExpendData/Downloads/highlights.pdf>.
- [5] Alfred Ng. IBM's Watson gives proper diagnosis for Japanese leukemia patient after doctors were stumped for months[N/OL]. New York Daily News, 2016-08-07[2017-01-17]. <http://www.nydailynews.com/news/world/ibm-watson-proper-diagnosis-doctors-stumped-article-1.2741857>.
- [6] Cleveland Clinic. Cleveland Clinic, IBM collaborate to establish model for cognitive population health management and data-driven personalized healthcare[EB/OL]. [2017-01-17]. <https://newsroom.clevelandclinic.org/2016/12/22/cleveland-clinic-ibm-collaborate-establish-model-cognitive-population-health-management-data-driven-personalized-healthcare/>.
- [7] Meghana Keshavan. Google Ventures CEO: our focus on the life sciences will grow [EB/OL]. [2017-01-17]. <http://medcitynews.com/2015/12/google-ventures-ceo-our-focus-on-the-life-sciences-will-grow/>.
- [8] Mustafa Suleyman. Working with the NHS to build lifesaving technology [EB/OL]. [2017-01-17]. <https://deepmind.com/blog/working-nhs-build-lifesaving-technology/>.
- [9] James Vincent. Microsoft announces new AI-powered health care initiatives targeting cancer [EB/OL]. [2017-01-17]. <http://www.theverge.com/2016/9/20/12986314/microsoft-ai-healthcare-project-hanover-cancer>.
- [10] Frost & Sullivan. From \$600 m to \$6 billion, artificial intelligence systems poised for dramatic market expansion in healthcare[EB/OL]. [2017-01-17]. <https://ww2.frost.com/news/press-releases/600-m-6-billion-artificial-intelligence-systems-poised-dramatic-market-expansion-healthcare/>.
- [11] CB Insights. AI heatmap: healthcare emerges as hottest area for deals to artificial intelligence startups[EB/OL]. [2016-12-19]. <https://www.cbinsights.com/blog/artificial-intelligence-investment-heatmap/>.
- [12] CB Insights. AI In healthcare: deals to startups on track for 5-year annual high[EB/OL]. [2016-12-19]. <https://www.cbinsights.com/blog/artificial-intelligence-healthcare-funding/>.
- [13] Silicon Valley Bank. Big Data and artificial intelligence hold greatest promise for healthcare technologies, according to Silicon Valley Bank Survey[EB/OL]. [2016-12-20]. <https://www.svb.com/News/Company-News/Big-Data-and-Artificial-Intelligence-Hold-Greatest-Promise-for->

- Healthcare-Technologies/.
- [14] CB Insights. From virtual nurses to drug discovery: 106 artificial intelligence startups in healthcare[EB/OL]. [2016-12-19]. <https://www.cbinsights.com/blog/artificial-intelligence-startups-healthcare/>.
- [15] CB Insights. AI in healthcare heatmap: from diagnostics to drug discovery startups, the category heats up[EB/OL]. [2016-12-19]. <https://www.cbinsights.com/blog/artificial-intelligence-healthcare-investment-heatmap/>.
- [16] Atomwise News. Atomwise finds first evidence towards new Ebola treatments [EB/OL]. [2017-01-20]. <http://www.atomwise.com/atomwise-finds-first-evidence-towards-new-ebola-treatments/>.
- [17] National Science and Technology Council, Networking and Information Technology Research and Development Subcommittee. The National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan[R/OL]. [2016-12-22]. https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/microsites/ostp/NSTC/national_ai_rd_strategic_plan.pdf.

Analysis on Industrial Development of Artificial Intelligence in Healthcare in US

ZHONG Wen-yan

(Ministry of Science and Technology of China, Beijing 100862)

Abstract: As the technology of artificial intelligence (AI), represented by deep learning, gets developing and maturing, more and more applications of AI in healthcare have emerged in US. This paper tries to figure out the reasons of such successful applications from both areas of healthcare and AI. It also portrays the current industrial situation of AI in healthcare: while the big tech companies compete to seize the market, the startups still have plenty room to grow with the help of capital from various channels. Such situation indicates some characteristics of the industry, which are: (1) data are essential to all; (2) currently private capital is main strength in AI in healthcare; (3) oncology is the hottest category; (4) there are plenty of opportunities for all companies in segmentation of the industry. Finally, the paper hopes Chinese AI in healthcare industry could get some implications from US.

Key words: US; artificial intelligence; healthcare; intelligence healthcare