

# 美国医疗人工智能发展现状分析及启示\*

谢俊祥

(中国医学科学院/北京协和医学院医学信息研究所 北京 100020)

**[摘要]** 从发展政策与战略、技术与应用情况以及伦理和安全几方面分析美国医疗人工智能发展现状,提出对我国医疗人工智能发展的启示,包括加强基础科学研究、重视人才培养、加强行业标准建设、搭建公共平台等方面。

**[关键词]** 医疗人工智能; 医疗保健; 战略

**[中图分类号]** R-056 **[文献标识码]** A **[DOI]** 10.3969/j.issn.1673-6036.2021.02.001

**Analysis of the Development Status of Medical Artificial Intelligence in the United States and Its Enlightenment** XIE Junxiang, Institute of Medical Information, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100020, China

**[Abstract]** The paper analyzes the development status of medical Artificial Intelligence (AI) in the United States from the aspects of development policy and strategy, technology and application situation, ethics and safety, and puts forward suggestions for the development of medical AI in China, including the aspects of strengthening basic scientific research, attaching importance to talent training, strengthening industry standard construction and building public platform, etc.

**[Keywords]** medical Artificial Intelligence (AI); health care; strategy

## 1 引言

人工智能(Artificial Intelligence, AI)可以对人类思维、意识信息过程进行模拟。研究内容包括但不限于图像识别、语言识别、机器人、自然语言处理和专家系统等。AI概念提出已有60多年,随着数据量和计算力的大幅度提升,在机器学习尤其是神经网络主导的深度学习领域取得突破。医疗是人工智能技术应用的重要领域,通过

人工智能技术有望为全球性医疗资源短缺和分配不均等问题提供解决方案。医疗关乎生命安全,属于严格监管行业,对于医疗人工智能的发展和应用需要更多理性思考。本文对美国医疗人工智能发展现状进行梳理和分析,以期为我国医疗人工智能创新发展提供参考。

## 2 美国医疗人工智能发展现状

### 2.1 发展概况

作为科技强国的美国始终坚持以下原则:在国家层面对人工智能绝对重视,同时加强美国在人工智能研发和部署方面的科学、技术和经济领导地位高度统一。2019年8月美国信息技术与创新基金会发布了题为《谁在人工智能竞赛中获胜:中国、欧盟还是美国?》(Who Is Winning the AI

**[收稿日期]** 2020-11-24

**[作者简介]** 谢俊祥,副研究员,发表论文49篇。

**[基金项目]** 中国医学科学院医学与健康科技创新工程重大协同创新项目(项目编号:CIFMS-2017-12M-1-017)。

Race: China, the EU or the United States?) 的报告<sup>[1]</sup>, 就人才、科研、开发、应用、数据和硬件6类指标进行比较, 在对中国、美国、欧盟人工智能发展现状进行测算后指出, 美国在人工智能发展方面处于领先地位, 中国迅速追赶, 欧盟紧随其后。6类指标中美国有4类指标(人才、科研、开发和硬件)领先。德勤公司在研究报告<sup>[2]</sup>中指出, 美国在基础研究、创新发明、研究深度和成果累积方面领先全球。

## 2.2 发展政策及战略

2.2.1 概述 美国政府就人工智能发展出台了一系列战略文件, 持续加强战略引导, 巩固全球人工智能领先优势, 通过不断加强在人才和科研方面的投入力度, 巩固其在人工智能前沿技术的领导地位和长远发展基础动力, 在数据和应用两个相对薄弱环节进行针对性发力, 见表1。与西方一向信奉市场经济原则不同, 美国政府已成为AI发展的主要推动力。

表1 美国人工智能关键战略文档

时间	名称	译名	发布机构
2013年3月	Robot Plan	《国家机器人计划》	国家科学基金会、国家卫生研究院、国家航空航天局和农业部
2013年4月	"Brain" Plan	《国家“大脑”计划》	美国国立卫生研究院
2016年5月	AI&Machine Learning Committee	人工智能与机器学习委员会	白宫
2016年10月	The National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan <sup>[3]</sup>	《国家人工智能研发战略规划》	国家科学技术委员会 (NITRD)
2016年10月	Preparing for the Future of Artificial Intelligence and National Artificial Intelligence Research Development Strategic Plan <sup>[4]</sup>	《为人工智能的未来做好准备》	白宫
2016年12月	Artificial Intelligence, Automation, and the Economy <sup>[5]</sup>	《人工智能、自动化与经济报告》	总统行政办公室 (EOP)
2018年5月	Summary of the 2018 White House Summit on Artificial Intelligence for American Industry <sup>[6]</sup>	《2018美国工业人工智能白宫峰会摘要》	白宫科技政策办公室 (OSTP)
2019年2月	American AI Initiative <sup>[7]</sup>	《美利坚合众国人工智能倡议》	白宫科技政策办公室

2.2.2 科学基础研究 美国能够长期占据科技领先地位与其科研基础设施以及资金、人力投入密不可分。根据联合国以及经济与合作发展组织统计数据, 2016年美国研究与试验发展国内支出达到5103亿美元, 位居世界第1。从支出结构看美国在基础研究和应用研究领域投入更多资源, 合计占比达36%。美国政府为保持国家对人工智能发展的主动性和预见性, 在战略政策文件中均突出科研部分。例如《国家“大脑”计划》是白宫资助的神经系统领域科学研究计划。《美利坚合众国人工智能倡议》基本框架第1项就是研发, 特别强调支持长期研究并为美

国人工智能研究人员提供更多联邦数据、计算资源等访问权限。白宫于2019年11月发布《2016-2019年进度报告: 推进人工智能研发》<sup>[8]</sup>, 反映美国在联邦政府层面对于AI研发投资的广度和深度以及正在推动该领域发生变革性进步。

2.2.3 人力资源 包含两个层面, 一是人工智能高端人才培养, 二是应对人工智能技术对于现有劳动力市场的冲击。美国各研究报告持续呼吁继续支持各级计算机科学教材和教师队伍发展以满足未来AI研发人才需求。《美利坚合众国人工智能倡议》<sup>[9]</sup>强调AI研发人员由计算机、信息科学及其他

领域的多学科团队组成,因此美国联邦机构必须培养跨学科专业人才以维持美国在该领域领导地位。文件呼吁美国各机构设置奖学金和培训计划帮助工人通过多种方式获得人工智能相关技能,将提供教育补助金列为现有联邦奖学金和服务计划的优先事项,提高传统意义上在计算机及相关领域中代表性不足群体的参与度,构建人工智能劳动力。

2.2.4 健康医疗产业 2017 年美国正式发布《国家机器人计划 2.0》,侧重机器人创新研究,强调实现协作型机器人与人类的伙伴共生关系。自 2014 年起美国密歇根大学和马萨诸塞州伍斯特理工学院开始测试一种在医务人员与患者密切接触后,帮助其去除面罩和防护服从而避免传染的机器人。

## 2.3 技术及应用

2.3.1 核心底层技术 近年来美国医疗人工智能

领域技术应用主要侧重于人工智能机器学习、计算机视觉、自然语言处理、语音识别以及智能机器人等底层技术,见表 2。其中计算机视觉技术的核心包括数字图像处理技术等,其在医疗领域主要应用是医学成像,可在医疗大数据基础上实现图像识别。自然语言处理是人工智能与计算机科学领域重要研究方向,对日常使用的具有各种表示形式的语言进行分析与处理。语音识别技术通过信号处理和识别技术,实现机器自动识别和理解人类语言并转换成文本和命令。语音自动识别录入电子病历等是其主要医疗应用场景。机器学习是人工智能研究核心领域,是医疗人工智能关键技术基础。随着机器学习不断深入,产生深度学习这一新兴方向。在医学领域数据量和计算量驱动下,卷积神经网络和深度神经网络等深度学习算法使图像识别发生质的飞跃,远超传统图像识别算法。

表 2 医疗人工智能重要应用场景涉及技术

应用场景	底层技术	代表公司	主要制约因素	成熟预期
医疗影像	计算机视觉	Enlitic, Butterfly Network, Proscia	缺乏合格训练数据;规则和特殊性;误诊率仍较高	10 年以上
电子病历、医疗文本数据分析	自然语言处理语音识别	Apixio	市场接受度不高	2~5 年
辅助诊疗	机器人	Deep Geonomic, Entopsis	监管受限;监管部门审批缺乏标准依据,美国食品和药物管理局需要至少 5 年以上	2~5 年
疾病风险预测	机器学习	Lumiata	-	近期
健康管理方案提供	机器学习计算机视觉	Welltok, BioBeats	-	近期
药物挖掘	机器学习	Atomwise, Envisagenic	市场监管受限,规则和特殊性	10 年

2.3.2 企业创新及应用 美国拥有众多 AI 初创企业,其人工智能初创生态系统获得私募股权和风险投资最多。根据美国研究机构 CB Insights 发布的人工智能投融资趋势报告,2018 年风投机构向美国 AI 初创公司投资总计 93 亿美元,较 2013 年的 11 亿美元增长 8 倍以上。健康医疗行业是目前全球 AI 投资最活跃的领域,2019 年发布的美国最具前景的 50 家 AI 公司榜单中有 7 家属于健康医疗领域。其中 Aira 专为视障人群开发软硬件技术;Path AI 和 Viz.ai 均利用人工智能进行医疗诊断技术开发;Su-

ki AI 为医生提供数字语音助理工具;Insitro 旨在建立最前沿的基于机器学习的新药研发平台。美国医疗人工智能企业基本可以划分为医疗影像、健康管理、医疗服务(辅助诊断)、机构信息化、药企研发、医疗大数据以及基因检测 7 个业务种类。总体来说医学影像和诊断领域创业数量日益增加,远程患者监护网络开发逐渐细化,肿瘤检测、智能决策支持系统、药物研发等医疗人工智能系统日渐普及。

2.3.3 两大世界级 AI 中心 超过 1/3 的美国 AI 企业诞生于硅谷,其与波士顿是全球为数不多的综

合枢纽型 AI 城市。旧金山湾区拥有硅谷创新历史与西海岸浓郁的科技公司氛围, 以及美国长期以来引领传统半导体和计算机芯片产业发展的基础, 加之斯坦福大学、加州大学伯克利分校两所全球顶尖研究型高校为 AI 研发领域输送大量人才, 使得加州成为美国 AI 企业最多、产业发展最繁荣的州。波士顿凭借生命科学领域成熟的研究体系占据 AI 前沿地位。1976 年波士顿剑桥市政府颁布世界上首部利用重组 DNA 规范研究的地方法令, 这套标准的制定奠定了生物科技繁荣的基础, 形成世界知名学府 - 医疗产业 - 人才 - 资金 4 者相连的生态系统。对研究体系的大力支持使得麻州科研机构不断走在生命科学领域发展前沿。借鉴生命科学领域的成功经验, 麻州在 AI 领域提供众多健康应用场景, 为 AI 蓬勃发展奠定基础。同时众多世界知名学府, 例如哈佛大学、麻省理工学院等拥有完备学科体系, 奠定了美国人工智能学术论文平均质量位列全球榜首的基础。麻省理工学院拥有一流的大脑和认知科学系, 该系研究脑功能的各个层面并提供本科和博士后研究课程, 其计算机科学与人工智能实验室拥有 21 个研究小组, 专注 AI 研究与开发。

2.3.4 监管 美国食品和药物管理局 (Food and Drug Administration, FDA) 关注研究解决快速发展的数字产品 (包括人工智能) 监管问题。2016 年 12 月美国国会颁布《21 世纪治疗法案》, FDA 于 2017 年 7 月发布《数字健康创新计划》 (*Digital Health Innovation Action Plan, DHIAP*)、《移动医疗应用指南》等 AI 医疗行业指导意见, 重构数字健康产品监督体系, 同时单独组建成立 AI 与数字医疗审评部, 明确审批路径, 更加关注医疗产品风险, 通过降低医疗 AI 产品门槛加快审批速度。尽管上述指导意见尚不具有法律强制约束力, 但 FDA 自数字健康创新行动计划发布以来于 2017 年批准了 1 款产品, 2018 年 1 - 6 月批准了 8 款医疗人工智能相关产品, 包括 IDx - DR、首个应用于一线医疗的自主式人工智能诊断设备及 DreaMed Advisor Pro 用药辅助类产品等, 打破传统医疗器械审批政策对 AI 产品的限制。

2.3.5 行业影响 医疗人工智能开始逐渐渗透和

影响美国医疗实践。自 2016 年开始梅奥诊所、麻省总医院、克利夫兰诊所、约翰霍普金斯医院等美国顶级医疗机构纷纷与 AI 企业合作, 探索应用创新或设立研发中心, 发展医疗人工智能。美国医院协会最新报告《人工智能和医疗员工队伍》<sup>[10]</sup>指出医疗 AI 已经开始改变全美各地医院和医疗集团工作方式。此报告主要讨论了 AI 整合到员工队伍建设中的关键因素, 就医院和医疗集团如何利用人工智能建设未来员工队伍给予指导, 以及如何改变医院或医疗集团工作人员工作方式。要点包括: 提升医院或医疗集团工作人员所需要的技能或能力水平, 要求医院和医疗集团设置新的 AI 岗位并引进相关技术人才, 优先考虑 AI 项目并优先给予资金支持, 负责人要对 AI 有足够了解以便有效地与包括 AI 厂商在内的更大生态系统合作并开展管理。行业面临采用 AI 技术的主客观重大障碍, 可通过熟练的管理和规划加以克服。

## 2.4 伦理和安全

2.4.1 概述 近年来人工智能系统开发和部署的伦理、法律和社会影响研究活跃度上升。AI 系统必须是可信赖的, AI 可以改变包括医疗在内的社会和经济生活多个领域逐渐成为共识, 必须直面技术所带来的道德伦理风险质疑。未来医疗 AI 产品可能具备人类的情感、性格、习惯, 不同程度地参与医疗健康相关活动, 甚至可以代替医生独立承担诊疗工作。如何保护医疗 AI 的伦理地位和法律权利将是未来需要考虑的重要问题。

2.4.2 伦理风险 主要包括算法、数据以及社会治理 3 方面。算法涉及透明度、准确性、可靠性、可解释性、可验证性、可追溯性、问责制; 数据涉及隐私保护、数据质量和人员管控; 社会治理涵盖向善性、公正性和人类主体性。增强对 AI 信任需要深入开发 AI 架构, 通过透明度和可解释性等技术机制将伦理、法律和社会问题结合起来。

2.4.3 相关政策措施 美国一直寻求在 AI 领域保持国际领导地位。着眼于其对国家长期安全与社会稳定的影响与变革, 较重视 AI 伦理、道德和可信赖性等问题。2019 年 8 月美国国家标准与技术研

究院发布了关于政府如何制定人工智能技术和道德标准的指导意见。美国国防创新委员会2019年10月发布关于人工智能伦理原则的报告《人工智能原则：国防部人工智能应用伦理的若干建议》<sup>[11]</sup>，提出“负责、公平、可追踪、可靠、可控”5项原则。2019年11月美国人工智能国家安全委员会发布中期报告<sup>[12]</sup>，指出就国家安全层面而言AI道德及可信性主要包括3部分：一是可信AI系统设计和开发的伦理性；二是可信AI系统使用的伦理性；三是使用AI时保留的权利与自由问题。美国国家医学院的《医疗人工智能》<sup>[13]</sup>综述报告指出，医疗保健行业的人工智能应用应当优先考虑伦理道德、公平和包容；行业内广泛存在的不公平现象，例如社会偏见、经济收入差异等，以及现行体制中不正当的刺激因素（过度医疗和药品使用），各方应针对需要解决和完善的医疗保健问题形成共识，在现实环境开发和应用中避免AI显性和隐性偏见。

2.4.4 业界举措 值得注意的是美国业界在AI应用伦理问题上持续发声，例如多家科技公司员工反对将AI用于军事。2018年谷歌公司数千名员工联名敦促谷歌公司不再参与美国军方项目，该项目借助人工智能识别军方无人机所摄画面中的潜在目标。谷歌公司随后决定不再继续参与此项目，承诺不会把AI用于武器等可能造成人身伤害的应用。

### 3 对我国人工智能发展的启示

#### 3.1 概述

我国人工智能产业发展迅速，呈现良好态势，但在基础研究、芯片、人才方面多项指标仍与全球领先国家和地区有一定差距。包括美国在内的全球重点国家和地区在医疗人工智能方面发展经验可为我国提供启示。

#### 3.2 加强基础科学研究

持续加大在人工智能研发领域的投资，加强科研院所与机构的基础科学研究，才能在高回报、基础性AI研发的中长期竞赛中加速追赶，为AI发展

提供长久动力。我国相关论文数量自2014年起超过美国并且远超其他国家，这与人工智能科研院所与机构快速发展密不可分，同时科研院所与机构成为人工智能专利申请的主要力量。在论文质量和被引用次数方面美国仍居领先地位，且其AI底层技术实力更为雄厚，拥有深厚技术积淀，包括AI软硬件及传感器技术。在AI基础设施方面芯片和大数据是核心，也是传感和认知计算能力的基础。我国AI芯片仍高度依赖西方国家进口，半导体关键零部件自给率不足20%，同时在基础算法方面与美国差距较大。

#### 3.3 重视人才培养

3.3.1 人才分布不均 AI竞争归根结底是人才竞争，而AI人才依赖于国内高校以及各科研机构输出。目前我国超过75%的AI人才由国内高校培养，清华大学、上海交通大学、浙江大学等在人工智能领域拥有较强科研能力，也是相关人才的主要输出院校。我国人工智能人才分布不均，一线城市以及重点区域，包括京津冀、长三角以及珠三角地区，凭借丰富而优质的科研教育平台形成人才聚集优势。

3.3.2 加强人才培养及激励力度 从国际比较视角看，美国AI人才数量接近85万，中国只有5万，不仅人数相对较少而且成本高昂。建议出台政策保护和培养AI人才，借鉴美国波士顿等地区先进的发展政策，给予AI人才配套补助，应对人才缺口。从长期发展来看，一方面推动科学、技术、工程和数学等基础教育，为发展AI提供动力；另一方面着力培育AI复合型人才。例如医疗人工智能领域，医疗领域专业门槛高，复合型人才极度稀缺，需要建立完善的高端人才培养机制。

#### 3.4 加强行业标准建设，搭建公共平台

我国在数据资源方面具有优势，应通过搭建AI开放平台，开发用于AI训练及测试的共享公共数据集和环境，打造全链条人工智能产业链。同时通过制定标准和参照，例如医疗AI领域制定医疗和数据监管标准，对AI技术进行测试和评估，为不同部门AI设计指导原则和技术标准，以提升

公众 AI 信任度。

### 3.5 着力构建全球性、区域性 AI 中心

3.5.1 概述 AI 发展需要汇集多种优势要素。只有让技术、人才和产业发展最具优势的区域成为中国 AI 发展中心,才能实现行业突破并有效带动周边区域发展。美国加州硅谷湾区和波士顿、英国伦敦、日本东京都是全球一线人工智能中心。我国上海、北京 AI 企业数量已超过 600 家,政府接连出台顶层设计方案。但我国尚未形成在基础科研实力、投资规模、人才聚集效应等各方面与波士顿、硅谷均能够匹敌的 AI 中心,除了继续强化自身优势之外,需要充分发挥自身制度优势,着力创新发展,迎头赶上。

3.5.2 上海 致力于打造 AI 上海高地,不断完善和细化 AI 领域发展战略和政策,继《推动新一代人工智能发展的实施意见》出台后,上海在 2018 年世界人工智能大会上发布《关于加快推进上海人工智能高质量发展的实施办法》<sup>[14]</sup>,围绕人工智能人才队伍建设、数据资源共享和应用、产业布局 and 集群、政府资金引进与支持等方面提出 22 条具体政策。

3.5.3 北京 作为中国政治和经济中心,在我国 AI 技术创新融合应用中具有举足轻重的作用。自 2016 年以来已经发布《关于促进中关村智能机器人产业创新发展的若干措施》、《关于加快培育人工智能产业的指导意见》等多项加快人工智能产业落地的政策。其规划目标与国家基本一致,领先于其他城市。在融合质量方面,清华大学、北京航空航天大学、北京大学等顶尖高校为北京 AI 产业培养大量人才,人才集聚效应使其汇集了我国 43% 的 AI 初创企业和国内外科技巨头 AI 研究中心,如谷歌 AI 中国中心、百度深度学习技术国家工程实验室等。

### 3.6 推进法律制度建设及伦理问题研究

3.6.1 概述 数据是人工智能发展的基础。健康医疗数据具有高敏感性、高价值等特点,其归属、安全、开放等问题严峻。目前我国健康医疗数据归属不明确,给数据开放和应用带来巨大障碍。在过

去几年中 AI 伦理风险成为世界多国重点关注问题。AI 理论“黑盒”依旧存在未知风险,其发展面临伦理挑战。在医疗保健领域 AI 伦理问题更加突出。

3.6.2 相关政策措施 近年来我国开始关注 AI 伦理问题。2019 年 4 月国家人工智能标准化总体组发布《人工智能伦理风险分析报告》<sup>[15]</sup>,将 AI 伦理风险划分为算法相关伦理风险、数据相关伦理风险、应用相关伦理风险以及长期和间接伦理风险,从算法、数据和社会影响 3 方面阐述了人工智能伦理风险评估指标。2019 年 5 月北京智源人工智能研究院发布《人工智能北京共识》<sup>[16]</sup>,从研发、使用和治理 3 方面提出了人工智能发展应当遵循的原则,具体包括:研究与开发中的“造福、服务于人、负责、控制风险、合乎伦理、多样与包容、开放共享”;使用时的“善用与慎用、知情与同意、教育与培训”;治理中的“优化就业、和谐与合作、适应与适度、细化与落实、长远规划”原则。

3.6.3 需注意的问题 目前我国 AI 伦理研究和落地工作仍然停留在专业工作组和研究机构层面,缺乏医疗 AI 伦理重要成果,需要在更高、更专业的层面对此问题予以更多重视。

### 3.7 提升国际影响力,推动国际交流合作

AI 已成为国际关注热点,经济合作与发展组织和七国集团等国际组织都鼓励研发活动以增强对 AI 的信任;美国在多份国家战略文件中提及人工智能研发的国际环境问题,提出为美国人工智能产业打开市场,同时确保技术发展符合美国价值观和利益、抵御战略竞争对手和外国对手,可见 AI 发展已不仅是技术和商业问题。我国需要加强 AI 领域国际交流与合作,一方面能在人才、科研和算法领域获得提升,另一方面在人工智能伦理治理机制层面积极参与全球伦理治理体系,避免不利外部国际环境影响,推动我国新一代人工智能健康发展。

### 参考文献

- 1 Daniel Castro, Michael Mclaughlin, Eline Chivot. Who Is Winning the AI Race: China, the EU or the United States? [EB/OL]. [2020-10-20]. <http://www2.datinnovat->

- ion. org/2019 - china - eu - us - ai. pdf.
- 2 德勤. 全球人工智能发展白皮书 [EB/OL]. [2020 - 10 - 20]. [https://www.sohu.com/a/345921126\\_680938](https://www.sohu.com/a/345921126_680938).
  - 3 National Science & Technology Council. The National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan [EB/OL]. [2020 - 10 - 20]. file:///C:/Users/yk/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge\_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/all - AI - RD196%20 (3). pdf.
  - 4 Executive Office of the President. Artificial Intelligence, Automation, and the Economy [EB/OL]. [2020 - 10 - 20]. <https://www.whitehouse.gov/sites/whitehouse.gov/files/images/EMBARGOED%20AI%20Economy%20Report.pdf>.
  - 5 The White House. Artificial Intelligence, Automation, and the Economy [EB/OL]. [2020 - 10 - 20]. <https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2016/05/03/preparing-future-artificial-intelligence>.
  - 6 The White House. Summary of the 2018 White House Summit on Artificial Intelligence for American Industry [EB/OL]. [2020 - 10 - 20]. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/05/Summary-Report-of-White-House-AI-Summit.pdf?latest>.
  - 7 The White House. American Artificial Intelligence Initiative: Year One Annual Report [EB/OL]. [2020 - 10 - 20]. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2020/02/American-AI-Initiative-One-Year-Annual-Report.pdf>.
  - 8 The White House. President Donald J. Trump Is Accelerating America's Leadership in Artificial Intelligence [EB/OL]. [2019 - 02 - 11]. <https://www.whitehouse.gov/briefings-statements/president-donald-j-trump-is-accelerating-americas-leadership-in-artificial-intelligence/>.
  - 9 The White House. Accelerating America's Leadership in Artificial Intelligence [EB/OL]. [2020 - 10 - 20]. <https://www.whitehouse.gov/briefings-statements/accelerating-americas-leadership-in-artificial-intelligence/>.
  - 10 American Hospital Association. AI and the Healthcare Workforce [EB/OL]. [2020 - 10 - 20]. [https://www.aha.org/system/files/media/file/2019/09/Market-Insights\\_AI\\_Workforce\\_2.pdf](https://www.aha.org/system/files/media/file/2019/09/Market-Insights_AI_Workforce_2.pdf).
  - 11 Defense Innovation Board. AI Principles: Recommendations on the Ethical Use of Artificial Intelligence by the Department of Defense [EB/OL]. [2020 - 10 - 20]. [https://media.defense.gov/2019/Oct/31/2002204458/-1/-1/0/DIB\\_AI\\_PRINCIPLES\\_PRIMARY\\_DOCUMENT.PDF](https://media.defense.gov/2019/Oct/31/2002204458/-1/-1/0/DIB_AI_PRINCIPLES_PRIMARY_DOCUMENT.PDF).
  - 12 US National Security Commission. Interim Report, November 2019 by the National Security Commission on Artificial Intelligence [EB/OL]. [2020 - 10 - 20]. <https://www.andrewleunginternationalconsultants.com/new/2019/11/us-national-security-commission-on-artificial-intelligence-november-2019-interim-report.html>.
  - 13 National Academy of Medicine. Artificial Intelligence in Health Care. The Hope, The Hype, The Promise, The Peril [EB/OL]. [2020 - 10 - 20]. <https://nam.edu/wp-content/uploads/2019/12/AI-in-Health-Care-PRE-PUB-FINAL.pdf>.
  - 14 东方网. 上海市经济信息化委、市发展改革委、市科委、市人力资源社会保障局、市财政局关于印发《加快推进上海人工智能高质量发展的实施办法》的通知 [EB/OL]. [2020 - 10 - 20]. <http://shzw.eastday.com/shzw/n1102226/n1140279/u1ai11824626.html>.
  - 15 国家人工智能标准化总体组. 人工智能伦理风险分析报告 [EB/OL]. [2020 - 10 - 20]. [https://www.sohu.com/a/403587604\\_99939281](https://www.sohu.com/a/403587604_99939281).
  - 16 科学网. 《人工智能北京共识》发布 15 条原则规范 AI [EB/OL]. [2020 - 10 - 20]. <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2019/5/426740.shtm>.

## 敬告作者

《医学信息学杂志》网站现已开通, 投稿作者请登录期刊网站: <http://www.yxxxx.ac.cn>, 在线注册并投稿。

《医学信息学杂志》编辑部