

中医药领域人工智能的研究与发展

张德政^{1,2} 哈爽^{1,2} 刘欣^{1,2} 谢永红^{1,2}

1. 北京科技大学计算机与通信工程学院 北京 100083;
2. 材料领域知识工程北京市重点实验室 北京 100083

摘要 当前我国中医药的价值与作用已经逐步被国际社会所认可,人工智能技术在中医药领域的研究与应用已成为中医学现代传承战略的重要方法之一。本文首先概述了人工智能的定义、发展历程及所经历的三次技术浪潮;其次,详细阐述了类脑计算在国际的发展计划及其最新研究进展;最后,分析总结了人工智能在我国传统医学中医药领域的发展历程,以及国内外中医领域人工智能的研究与应用进展。

关键词: 人工智能;类脑计算;中医药

中图分类号: TP182, G35

开放科学(资源服务)标识码(OSID)



Research and Development of Artificial Intelligence in Traditional Chinese Medicine

ZHANG Dezheng^{1,2} HA Shuang^{1,2} LIU Xin^{1,2} XIE Yonghong^{1,2}

1. School of Computer and Communication Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China;
2. Beijing Key Laboratory of Knowledge Engineering for Materials Science, Beijing 100083, China

Abstract Nowadays, the value and application of traditional Chinese medicine has been gradually approved by the international community. The research and application of artificial intelligent technology has become one of the most significant methods of the modern inheritance strategy in traditional Chinese medicine. Firstly, this paper summarized the definition, evolution and three technology waves of the artificial intelligent. Then, this study elaborated the international development program and the recent research

基金项目: 国家科技支撑计划项目: 中医临床智能辅助诊断与决策推荐(2017YFB1002304)。

作者简介: 张德政(1964-), 教授, 研究方向: 大数据与知识工程; 哈爽(1993-), 研究生, 研究方向: 知识工程; 刘欣(1987-), 讲师, 研究方向: 智能信息处理; 谢永红(1970-), 通讯作者, 副教授, 研究方向: 大数据与知识工程, Email: xieyh@ustb.edu.cn。

progresses of brain-like computing. Finally, the development process in the field of Chinese medicine and the research and application of artificial intelligent of domestic and abroad were analyzed.

Keywords: Artificial Intelligence; brain-like computing; traditional Chinese medicine

引言

作为中华民族的文化瑰宝,中医药历经了几千年的发展过程,无论从文化遗产还是医学资源角度,都应受到保护、弘扬和传承。2015年12月28日,习近平总书记在致中国中医科学院成立60周年贺信中提出:“中医药学是中国古代科学的瑰宝,也是打开中华文明宝库的钥匙。切实把中医药这一祖先留给我们的宝贵财富继承好、发展好、利用好”;2016年2月22日国务院印发《中医药发展战略规划纲要(2016-2030)》;2017年7月1日起《中华人民共和国中医药法》正式施行;近期,党的十九大报告明确提出“坚持中西医并重,传承发展中医药事业”。

由此,如何保护、如何弘扬、如何传承的关键问题应运而生。中医学现代传承战略指出“保护为先”、“弘扬文化”、“创新发展”是我国中医药领域的重要目标。目前,人工智能已经走过计算机时代、逻辑时代、系统时代、计算时代,进入到崭新的融合时代,具体行业需求的促进使其不断升级迭代、研发探索。在中医药这一具体行业中,如何将现代信息技术——人工智能与中医药领域需求紧密融合,在推动我国人工智能产业发展的同时,实现我国中医药领域的战略目标是当前阶段亟待解决的关键科学问题。

近年来,人工智能得到了学术界和应用领域的充分重视,并在大数据与机器学习技术的推动下快速发展,同时,人工智能技术在中医药领域的应用也已逐步展开。本文详细阐述了人工智能的现状与发展历程,对人工智能未来的重点发展方向——类脑计算的研究现状与未来发展进行了分析与综述,并重点对人工智能技术在中医药领域的研究与应用现状和趋势进行了归纳与总结。

1 人工智能的现状

1.1 人工智能的定义

人工智能,即 Artificial Intelligence,简称 AI。1956年在 Dartmouth 学会由 McCarthy 提出“使一部机器的反应方式像一个人在行动时所依据的智能”。目前,关于人工智能的定义,至今尚未统一,比较权威的定义分别为:(1)美国斯坦福大学著名的人工智能研究中心 Nilson 教授定义人工智能“人工智能是关于知识的学科——怎样表示知识以及怎样获得知识并使用知识的学科”;(2)美国麻省理工学院 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”^[1]。人工智能方法可以分为“狭义 AI”和通用“AI”^[2]。狭义的 AI 为计算机科学的一个分支,是针对某特定领域的智能计算机系统,例如,语音识别、

图像识别和机器翻译等均是狭义 AI 的体现。通用 AI 的蓝图是创造出在广泛认知领域（包括学习，语言，知觉，推理，创造力和规划）表现人类智力的系统。目前，已经取得了重大成就的 IBM Watson 和 DeepMind 的 AlphaGo 都是属于狭义 AI 系统，而通用 AI 囊括了人类智能行

为规律、智能理论方法的研究，自 AI 概念出现以来一直是研究者的远大目标。

1.2 人工智能的发展历程

人工智能从诞生至今已有大半个世纪，其发展大致可分为以下几个阶段（如图 1）。



图1 人工智能发展阶段

人工智能的思想自古中外均有萌芽。公元前九百多年，我国有歌舞机器人传说的记载。公元 850 年，古希腊就有制造机器人帮助人们劳动的神话传说^[3]。1936 年，英国数学家 A.M.Turing 在论文“理想计算机”中提出的图灵机模型以及 1950 年在“计算机能思维吗”一文中提出机器能够思维的论述（图灵实验）；1943 年，人工神经网络和数学模型建立，人工神经网络研究时代开启^[4]。“人工智能”一词于 1956 年夏季达特茅斯会议上，第一次被正式提出，此后 20 年是人工智能的黄金时期，机器翻

译、定理证明、博弈等为主要研究方向。有了 AI 的第一个发展期（兴旺期）。当人们进行了比较深入的工作后，发现人工智能研究碰到的困难比原来想象的要多得多。六十年代中期至七十年代初期 AI 受到了各种责难，走向低谷。1988 年专家系统开始盛行，知识开始受到重视，各种专家系统、自然语言处理系统走出实验室，被应用到生活的方方面面。人工智能发展进入第二个黄金时期。从 1993 年到现在，人工智能领域不断取得新的突破。2006 年深度学习兴起，2016 年 3 月，阿尔法围棋与围棋世界冠军、职

业九段棋手李世石进行围棋人机大战，以4比1的总比分获胜。人工智能发展迅猛。

1.3 人工智能的技术浪潮

1.3.1 第一次技术浪潮

第一次浪潮集中于手工知识，二十世纪八十年代着重于明确定义域的基于规则的专家系统，其中知识是从人类专家中采集，以“if-then”的规则进行运算，然后在硬件中执行。此类系统推理可成功应用于狭义问题，但其并没有学习或处理不确定性的能力。然而，他们仍然能产生重要解决方案，并且今天的技术发展仍然非常活跃。

1.3.2 第二次技术浪潮

AI研究的第二次浪潮起始于二十一世纪直到现在，其表现特点是机器学习的崛起。应用于诸如图像和书写识别、语音理解和人类语言翻译的任务时，极为大量的数字数据可用性、相对便宜的大规模并行计算能力和经改良的学习技术让AI变得更为进步。这些进步的成果无处不在：智能手机执行语音识别、ATM在书面支票执行手写识别、电子邮件应用程序执行垃圾邮件过滤、以及免费在线服务执行机器翻译。其中一些成就的关键是深度学习的发展。如今，AI系统在专业任务上的表现经常胜于人类。AI首次超越人类表现的主要里程碑包括：国际象棋（1997年）、trivia（2011年）、Atari游戏（2013年）、图像识别（2015年）、语音识别（2015年）和Go（译者注：即AlphaGo围棋。2016年）。这类里程碑的步伐似乎越来越快，按现状，最佳表现系统是基于机器学习，而非手编码规则集合。

几乎所有进步都是在能够有效完成专业任务的“狭义人工智能”方面取得；而在各种认知领域能够发挥有效作用的“广义人工智能”方面取得的进步很小。即使是在狭义人工智能方面，进步也不均衡。用于图像识别的人工智能系统需大量人力来标记数以千计的示例答案。相反，大多数人只需通过几个示例便可“一次性”掌握学习方法。虽然大多数机器视觉系统容易被具有重叠事物的复杂场景混杂，但是儿童可轻松进行“场景解析”。人容易理解的场景对于机器来说仍然很困难。

1.3.3 第三次技术浪潮

人工智能领域现处于第三次浪潮的开始阶段，注重解释性和通用人工智能技术。这些方法的目标是通过说明和界面修正加强学习模型，明确输出的基础和可靠性，以高透明度运作，超越狭义人工智能，获得可在更广泛任务领域中通用的功能。如果成功的话，工程师可创建系统，构建现实世界现象类的解释性模型，与人进行自然交流，在遇到新任务和情况时学习和思考，并通过总结过去的经验解决新问题。人工智能系统的解释性模型可通过先进方法自动构建。这些模型可实现人工智能系统的快速学习，可以向人工智能系统提供“含义”或“理解”，使人工智能系统获得更多通用功能。

2 人工智能的未来

2.1 类脑计算

人类的大脑是生物演化的奇迹，它是由数百种不同类型的上千亿的神经细胞所构成的极为复杂的生物组织。探索智能、意识的人脑机理，

认识人的行为和情感,创新脑疾病诊断与治疗,是二十一世纪解剖学、神经科学、认知科学和信息科学等学科的共同前沿方向。脑科学与计算机科学为现代科技快速发展提供了广阔的可能,随着“中国大脑”提案的提出,新一代人工智能技术和新型信息产业的发展正聚焦于类脑研究领域,试图在理解其工作机制的基础上设计出新型的“人脑式机器(人)”。未来,围绕类脑认知科学研究将会涌现出更多新的研究方向,其中,针对基于类脑计算的认知行为机理研究便是脑科学和人工智能技术的一个重要研究与应用分支。

近年来,世界脑科学研究热潮正悄然而至,众多发达国家纷纷推出大型脑研究计划,具体如下:

(1) 美国

2013年,美国政府科研资助机构(如NIH、NSF、DARPA)、民间基金会(Kavli、Simon基金会)和研究所(Allen研究所)联合提出“通过推动创新型神经技术开展大脑研究计划(Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies, BRAIN)”。该计划以引领前沿科学与相关高科技产业发展为目标,旨在通过新型脑研究技术的研发,揭示脑的工作原理和脑的重大疾病发生机制,其九大优先发展领域包含了:神经元电活动与行为的联系建立;理论、模型和统计方法整合;脑成像技术的基本机制解析;人脑数据采集的机制建立等。

(2) 欧洲

自2012年以来,“欧洲第七框架计划(FP7)”就将新的资助主题聚焦于“脑部疾病

防治”和“涉及健康、材料、神经科学与神经机器人的信息通信技术”;而后于2013年欧盟正式公布了“人脑计划(Human Brain Project, HBP)”^[5],其目标是以超级计算机为载体模拟人类大脑,并将其成果应用于人脑的工作机制深度探索和未来脑疾病的有效治疗,借此推动类脑人工智能的不断发展^[6]。

(3) 日本

2014年,日本启动的“国家脑智(Brain/MIND)计划”,此计划以猕猴为动物模型,绘制从宏观到微观的脑联结图谱,并借助基因操作手段,建立脑疾病的猕猴模型,其目的在于使用整合性神经技术制作辅助构建脑疾病研究的大脑图谱,推动类脑计算的发展^[7]。

2.2 类脑机制研究

在神经科学领域,认知神经计算过去几十年,特别是过去的十年左右时间,取得了飞跃式的发展。大脑的工作原理的逐步揭示为类脑计算的发展提供了重要的生物学基础。人脑以信息在庞大神经网络中有序传递与处理为基础,实现感觉、运动、语言、认知等各项脑功能,如图2所示。在几代神经科学家的共同努力下,目前对于单个神经元的结构与功能已经有较多了解。然而,面对类脑人工智能发展的重大问题——具有自主学习能力,还有很多尚待解决的问题^[8]。

Ailamaki等人指出:“除人脑以外,没有任何一个自然或人工系统能够具有对新环境与新挑战的自适应能力、新信息与新技能的自动获取能力、在复杂环境下进行有效决策并稳定

工作直至几十年的能力。没有任何系统能够在多处损伤的情况下保持像人脑一样好的鲁棒性，

在处理同样复杂的任务时，没有任何人工系统能够媲美人脑的低能耗性。”^[9]

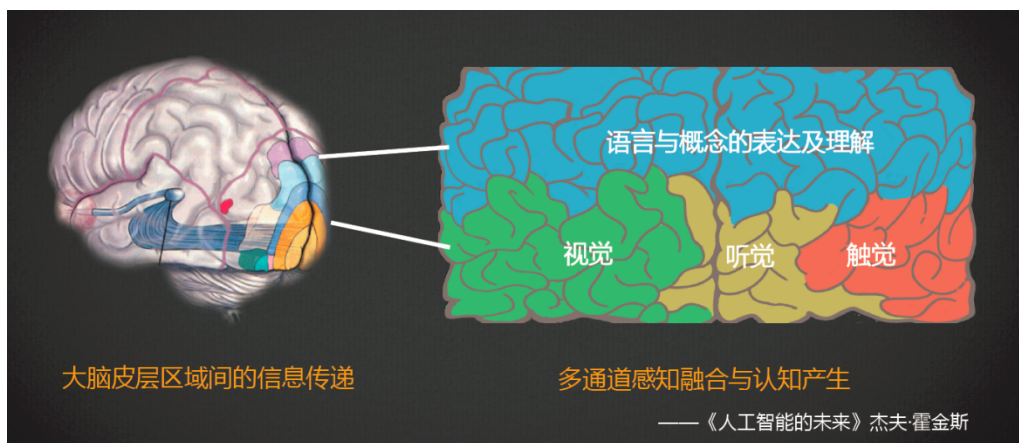


图2 人类大脑的感知与认知机理

2013年，首都医科大学宣武医院张新卿教授，利用多模态核磁共振技术，结合基于图论的脑网络分析方法的研究结果，发现阿尔兹海默症患者存在异常的脑网络拓扑属性变化^[10]。2014年，University of Texas-Dallas Gagan Wig提出一种通过认知水平评估和静息态下的功能性核磁共振成像扫描建立网络水平大脑运转的检测机制，并将其应用于记忆障碍的临床诊断^[11]。同年，Duke University的Miguel Nickless通过电信号与脑关系的研究，利用脑电波刺激的方式控制外骨骼技术，让高位截瘫患者在巴西世界杯开幕式上大显身手。

2015年，中国科学院心理研究所行为科学重点实验室李会杰等人提出一种基于脑功能网络系统划分的认知老化模型，通过对海马旁回、梭状回、额下回等七大脑区激活程度与行为能力的深入数据挖掘，建立起非对称性下降假说（HAROLD）、老化的前后转移模型（PASA）、补偿相关神经环路利用假说（CRUNCH），以

及老化和认知的脚手架理论（STAC）等一系列认知老化理论与方法，对推动全新认知老化脑网络模型的构建以及针对现有模型进行基于脑连接组学的修订具有重要意义^[12]。

同年，首都医科大学宣武医院王晓妮等人根据遗忘型轻度认知障碍患者脑白质网络全局属性的特征，提出一种针对早期阿尔茨海默症早期诊断的脑网络分析方法^[13]。西安高新医院李尊波主任认为，该方法通过对26例遗忘型轻度认知障碍患者及30例健康对照着的研究，构建起基于弥散张量成像的脑网络分析方法，有望成为早期诊断遗忘型轻度认知障碍的影像学标志。Larry Swanson及其同事通过轴突连接的网络分析，提供出一种具有四个组织学特性单元（视觉、听觉、味觉、嗅觉）的脑皮层与认知神经元联系的拓扑结构图，这将为测绘哺乳动物神经元类型和单个神经层次上与认知有观点皮层联系建立一个新支点。2016年，复旦大学类脑智能科学与技术研究院院长冯建峰教

授,利用全维度、多中心的生物大数据与脑疾病的精准诊断相结合,基于大脑的可变和可塑性理论,绘制出脑功能网络的动态图谱,并展开一系列脑重大疾病寻根与大脑量化研究^[14]。

虽然学术界对于脑网络理论与方法的研究已日臻成熟,并取得了相当的积累与进展,但随着神经科学及脑功能障碍医疗领域的不断探索与发展,必将对脑神经网络模拟提出更多新要求、新问题^[15]。面对源源不断的新挑战,认知神经功能智能模拟研究将推动智能技术向通用的人类水平的智能,即强人工智能的目标逐渐逼近。

3 中医领域的人工智能

中医为一门经验医学,起源于古人对人和自然朴素的认识,在封建经济土壤之中成长,有着深厚的文化底蕴,已经从一门粗糙的经验学变成了一套实践丰富、理论完善的学科体系。虽然随着近代西方资本主义的发展,西方医学的大量涌入,对中医学的发展构成了巨大的挑战。但在建国以后,我国非常努力地传播中医药,与多个国家和地区建立了中医药合作项目,并与外国的政府地区主管部门和国际组织签署了多项中医药合作的协议^[16],在党和国家的大力支持下,中医走上了现代化的道路,得到了一定程度的保护和发展。

3.1 人工智能在中医学中的发展历程

3.1.1 起步阶段

20世纪70年代是中医诊断信息智能化研究的起步时期,主要应用是以知识为中心的专

家系统。1977年我国第一个专家系统“中医关幼波肝炎诊断治疗程序”由中国科学院自动化研究所与北京市中医院关幼波等合作研制开发成功,这也是国际上第一个中医专家系统。

3.1.2 发展阶段

20世纪80年代是中医诊断信息智能化研究的发展时期,该时期随着人工智能的发展,一系列中医专家系统开发成功,大致可以分为三类:(1)通用的诊疗系统,以诊断多种疾病为目的;(2)以中医专家对某种疾病诊疗经验的模拟系统;(3)由中医经典著作所设计的系统。这些为中医专家系统的诊断模式向高级智能化方向发展奠定了基础。

3.1.3 突破阶段

20世纪90年代之后,中医诊断智能化突破了“专家系统的概念”,采用了更多人工智能技术。主要体现在专家系统与神经网络模糊逻辑、关系数据库、多媒体技术的结合^[17]。例如田禾等人提出了基于人工神经网络的中医专家系统外壳NNS0的深层模型^[18]。边沁等人^[19]采用一种基于MFBP算法的神经网络,对742例乙肝临床病例资料进行研究。李海鲲等人以中医理论知识为基础,结合数据库和专家系统,实现计算机中医辅助诊断^[20];北京工业大学信号与信息研究室^[21]开发的中医舌象分析仪;厦门大学与上海中医药大学^[22]联合研制的WZX舌色分析系统等;脉诊客观化中研制了多种形式的脉象检测、记录仪器和检测方法,如脉象信息的单触头压力检测方法^[23]、脉象信息的多触头压力检测方法^[24]、非机械压力式检测方法^[25,26]等。

除此之外,专家系统也与其他理论技术进

行了结合,例如基于案例推理的中医诊断系统,基于粗糙集理论的^[27]中医诊断模型,分布式、协同式专家系统^[28,29]等。

3.2 人工智能在中医领域的研究与应用现状

3.2.1 国外

以人工智能和大数据为代表的信息技术,近年来在医学领域的探索应用发展迅速。在中医临床信息采集方面,国际医学生物识别技术协会和香港生物特征识别协会开展了对视觉、听觉、嗅觉、触觉感知等中医体征的精准检测和分析方法等方面的研究。在知识图谱构建方面,Princeton 大学设计一种基于认知语言的英语词典 WordNet,在世界百科知识方面是 Google 公司开发的 Freebase,已经完全推向开源社区。在智能辅助决策方面,近年来 IBM 深蓝挑战国际象棋大师、IBM 沃森挑战人类问答能力大获成功,并向智能医学、智能诊疗领域迈进。2015 年 IBM 组建 Watson Health,专门针对医疗健康行业提供人工智能认知解决方案,其 Waston 系统在领域内处于领跑地位,基于西医的电子病历,主要研究成果为“知识集成工具包”系统。这些进展将会在中医药领域产生积极的推动作用。

随着中医药临床实践的发展,中医药已传播到世界上 180 多个国家和地区^[30]。在美国,中医已经走进大医院和著名大学,如哈佛大学和斯坦福大学;加利福尼亚州成立了美国中医药研究院与美国人体科学研究院。美国 Rocky Mountain Herbal 研究所的 Urtis J. Kruse 采用面向对象的方法来开发有关中医专家系统,目前主要集中在系统有效性和安全性方面的临床研

究。在日本,研究中医药大学多达 40 多所,有 10 多个西医药研究机构建立了传统汉方医药研究机构^[40]。其中,日本东京大学利用语义网络描述法、假设-测试推理策略,成功研制了慢性肝炎中医诊疗系统。

3.2.2 国内

从上世纪 90 年代开始,我国已尝试采用计算机技术来解决中医临床诊断问题,但主要集中在中医药知识检索和反映名老中医个体经验的知识推理系统等方向。近年来,国内部分研究机构已运用大数据技术开展中医药临床大数据知识挖掘及临床辅助系统研发。目前,有代表性的中医辅助诊疗系统主要有中国中医科学院研制的中医临床科研信息共享系统平台、中医传承创新平台、中医临床大数据挖掘分析平台、中医医案知识服务与共享系统、中医医案大数据分析系统、中医临床决策支持系统,北京科技大学研制的名老中医经验传承和辅助诊疗平台等。

中医学强调的整体观念与大数据追求全样本有思维观念上的一致性,中医讲究辨证施治,强调因人、因时、因地的个性化诊疗,大数据通过分析海量数据,可验证中医的有效性。中医诊疗既有背景知识的运用,逻辑规则的运用,也有大量不确定性问题的分析和求解,是医生辨证施治的精华。类脑计算从微观、中观、宏观等各个层面来借鉴、模拟大脑生理、生化、认知原理、特征来设计实现计算模型和系统,解决人工智能问题。可以说,基于大数据和类脑计算技术的中医智能辅助诊疗系统的研发是未来中医学发展的重要方向。

目前,国内从事相关工作的主要机构及研

究内容有：

(1) 2016年10月百度推出百度医疗大脑，模拟医生问诊流程，与用户交流，依据用户症状提出可能出现的问题，并通过验证给出最终建议。

(2) 中国中医科学院通过对中医药临床数据采集、转换存储、整理、汇交、挖掘与分析等关键技术研究，开展中医临床诊疗知识和数据的网络化共享技术研究。并开展了基于名老中医临床诊疗数据的知识发现方法学研究，建立了临床诊疗信息实时采集、整理、加工转换及分析挖掘的技术体系，针对中医临床显性知识及隐性规律，建立了中医临床多维、动态关系实时在线展示系统。开展以名老中医经验传承和重大慢性疾病诊疗规律分析为示范的应用研究等。已研制中医临床科研信息共享系统平台、中医传承创新平台、中医临床大数据挖掘分析平台、基层医疗卫生机构中医诊疗区（中医馆）健康信息平台等。已推广应用到16家国家中医临床研究基地医院，推广应用于20余家单位48老中医传承工作室。

(3) 中医科学院中医药信息研究所从事中医药信息标准研究，已建立中医药主题词表、中医临床术语、中医语言系统、后控词表网络平台^[32]；开展中医药知识图谱研究；中医药数据库、知识库等建库关键技术研究；中医医案大数据挖掘分析、名医名家学术传承知识表达、临床数据和古籍结构化等技术研究；中医四诊采集及客观化技术研究等。已研发中医药主题词表、中医临床术语、中医语言系统、中医药多库融合平台、中医医案知识服务与共享系统、中医药知识服务平台，中医医案大数据分析系

统、中医临床决策支持系统等。研制了4项ISO国际标准，即《中医药学语言系统语义网络框架》、《中医药文献元数据》、《中医药信息标准体系框架与分类》和《针刺操作的语义分类框架标准》^[33]。中医药多库融合平台已在全国22家中医药检索分中心应用。中医医案知识服务与共享系统已有500多个用户，中医药知识服务平台已有1.3万注册用户。中医临床决策支持系统已在广安门医院、西苑医院等医院部分科室使用。

(4) 北京科技大学开展计算机科学、人工智能、知识发现与智能系统理论、类脑计算研究；建立基于内在认知机理的数据挖掘原创性理论体系KDTICM及用于智能控制与智能管理的新模型、新技术与新方法，如：Fuzzy B-D型代数结构与多层次结构逻辑、因果关系定性推理模型与广义细胞自动机模型、专家知识的归纳获取机制、基于模糊语言场的模糊集成技术、模糊语言优化模型等；在人工智能、类脑计算及中医理论与名老中医诊疗经验的积累，研究和实现基于模式计算的中医类脑技术并搭建中医类脑智能服务平台，在两种中医领域典型疾病的辅助诊疗和中医知识搜索服务两个服务形式上进行示范应用。掌握中医临床诊疗语言处理、中医本体构建与管理、中医临床数据挖掘和名老中医临床数据挖掘技术，建立了名老中医经验传承和辅助诊疗平台。已经完成全国范围内300多位国家级名老中医45600份典型医案的采集与部分中医临床实验数据1亿条、临床方剂数据1.5亿条以及其他相关数据2亿条的收集。

(5) 中国中医科学院广安门医院已建立

了国家级及北京市级名老中医工作室 20 余个，承担了国家十五至十二五支撑计划名医经验传承研究、中国中医科学院“名医名家传承”项目、北京市薪火传承“3+3”工程等研究。形成名老中医病历资源 5 万余例，出版名医传承相关著作 20 余部，形成相关软件著作权 6 项，专利 2 项。中国中医科学院广安门医院已完成了 100 余位名老中医经验的总结工作，与美国利诺伊大学香槟分校（UIUC）等国际名校的数据管理、数据挖掘、大数据专家建立了良好的合作关系。

（6）中国中医药国际合作中心承担十五以来支撑计划名老中医经验传承项目管理及课题研究任务，积累了 210 多位名医、4 万多份医案等数据资源，开展名老中医学术经验传承共性技术方法研究。汇聚名医传承研究典型医案、有效方药、诊疗技术、养生保健库、成才之路等精品数据资源，建立“名老中医学术经验国家服务平台”。已有 64 个国家和地区、超过 12 万次访问量。在共性技术方法，将定性研究引入名医传承，形成 17 个名老中医传承应用规范。

4 结论

本文首先从人工智能的定义入手，简要概述了人工智能的萌芽、启动、波折、突破以及平稳发展五个阶段，并对人工智能领域的三次技术浪潮进行了论述；而后，以美国、欧洲、日本为例，阐述了目前国际类脑计算的国家级发展计划，并对类脑机制研究的方向与认知神经功能模拟的研究发展现状进行了详细综述；其次，结合中医药领域的发展分析了人工智能

在中医学中从起步到发展，再到突破各阶段的发展历程；最后，对国内外中医领域人工智能的发展进行了归纳与总结。

综上所述，在相关研究与应用领域，针对中医学的人工智能已初见端倪，但作为中华民族的大智慧，如何利用人工智能的方法与手段，建立有效的模型与算法，更好地表达和应用中医思维体系，让中医知识更好地传承和为大众服务还任重道远。目前，中医核心知识图谱的表示与构建方法已展开初步探索，这预示着在中医药领域的研究与应用中，将脑认知科学与信息科学、人工智能等领域相结合类脑计算研究将成为下一个值得期待的方向，其发展必将推动专用人工智能向领域人工智能乃至通用人工智能过渡，即强人工智能时代的逐步逼近。

参考文献

- [1] 刘东, 尹怡欣, 涂序彦. 智能系统的广义智能定性评价之研究[J]. 计算机科学, 2007, 34(9):167-169.
- [2] 苗芳芳, 刘骏峰. 论人工智能的发展及其在医学领域的应用前景[J]. 卫生软科学, 2009, 23(2):222-224.
- [3] 李红霞. 人工智能的发展综述[J]. 甘肃科技纵横, 2007, 36(5):17-18.
- [4] Pitts W. A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity[M]. Neurocomputing: Foundations of Research. MIT Press, 1988:115-133.
- [5] Pavone F S. The Human Brain Project[J]. Scientific American, 2013, 306(6):50-5.
- [6] 蒲慕明, 徐波, 谭铁牛. 脑科学与类脑研究概述[J]. 中国科学院院刊, 2016, 31(7):725-736.
- [7] Okano H, Miyawaki A, Kasai K. Brain/MINDS: Brain-mapping Project in Japan.[J]. Philosophical

- Transactions of The Royal Society B Biological Sciences, 2015, 370(1668).
- [8] 余山. 从脑网络到人工智能——类脑计算的机遇与挑战[J]. 科技导报, 2016, 34(7):75-77.
- [9] Ailamaki A, Alvandpour A, Amunts K, et al. The Human Brain Project: A Report to the European Commission[R]. Technical Report, 2012.
- [10] 刘学娜, 张新卿. 基于多模态磁共振影像的阿尔茨海默病脑网络研究进展[J]. 脑与神经疾病杂志, 2013, 21(6):479-480.
- [11] Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America [EB/OL]. [2017-05-12]. <http://www.pnas.org/>
- [12] Li H J, Hou X H, Liu H H, et al. Putting Age-related Task Activation into Large-scale Brain networks: A Meta-analysis of 114 fMRI Studies on Healthy aging[J]. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 2015, 57:156-174.
- [13] 王晓妮, 张朦, 李瑜霞, 等. 遗忘型轻度认知障碍患者脑白质网络拓扑特性的改变[J]. 中华神经科杂志, 2015, 48(9):740-747.
- [14] Zhang J, Cheng W, Liu Z, et al. Neural, Electrophysiological and Anatomical Basis of Brain-network Variability and its Characteristic Changes in Mental Disorders[J]. Brain A Journal of Neurology, 2016, 139(Pt 8):2307.
- [15] 王纳新. 计算机证据获取技术研究与应用[D]. 成都: 电子科技大学, 2010.
- [16] 孙涛. 传统不等于落后 中医不等于保守——从近百年中医的发展看其开放性[J]. 中医药管理杂志, 2008, 16(10):729-733.
- [17] 伍欣. 中医诊疗专家辅助系统的研究与实现[D]. 绵阳: 西南科技大学, 2006.
- [18] 田禾, 戴汝为. 基于人工神经网络的中医专家系统外壳NNS[J]. 计算机学报, 1990(5):397-400.
- [19] 边沁, 何裕民, 施小成, 等. 基于MFB-P算法的中医证型的神经网络模型初探[J]. 中国中医基础医学杂志, 2001, 7(5):66-69.
- [20] 李海鲲, 胡存刚, 宗仁鹤. 基于数据库的中医专家诊断系统的研究[J]. 微处理机, 2005, 26(1):26-28.
- [21] 佚名. 中医舌像分析仪[J]. 电子学报, 2002, 30(2):93.
- [22] 孙炆, 罗瑜, 周昌乐, 等. 一种基于分裂-合并方法的中医舌像区域分割算法及其实现[J]. 中国图象图形学报, 2003, 8(12):1395-1399.
- [23] 蔡铁珩, 沈兰荪, 黄祥林. 脉象分析仪的研究进展[J]. 电子测量与仪器学报, 2002, 16(4):55-59.
- [24] 汤伟昌. 双探头复合式中医脉象传感器的研究[J]. 中国医疗器械杂志, 2000, 24(1):16-19.
- [25] 王炳和, 张效民. 人体脉象信息的声学检测与倒谱分析[J]. 自然科学进展, 1993(6):508-514.
- [26] 刘昭武, 王义明, 李芳兰, 等. 双功超声血流图对脉象的初步观察[J]. 山西中医, 1993(5):43-44.
- [27] Pawlak Z. Rough Sets[J]. International Journal of Computer and Information Science, 1982, 11(5): 341-356 .
- [28] 曹元大, 蒋怒涛. 一种分布式协作专家系统工具的设计与实现[J]. 北京理工大学学报, 1998(6): 701-705.
- [29] 高玮玲, 曹元大. 协同式中医诊断专家系统的设计与实现[J]. 北京理工大学学报, 1998(6):753-755.
- [30] 朱爱松, 吴景东. 中医在国外发展状况及其给我们的启示[J]. 世界中医药, 2007, 2(4):250-251.
- [31] 李宗友, 鲍玉琴. 国外中医药科研机构发展及科学研究现状分析[J]. 中国中医药信息杂志, 2009, 16(11):1-2.
- [32] 张航. 模糊模式识别与评判在针灸诊疗系统的应用[D]. 南京: 东南大学, 2010.
- [33] 李海燕. 中医临床信息标准体系框架与体系表的构建研究[D]. 北京: 中国中医科学院, 2012.