

# 关于智能医疗 研究与发展的思考

◎ 涂仕奎 杨杰 连勇 黄晓霖 沈红斌 张丽清 徐雷

我国拓展智能医疗技术有极大潜力。通过采用深度学习算法、医学成像和组学测序技术,以及开发智能芯片,可大大提高疾病诊治的精准水平。国内外有关智能医疗的研究,代表了科学技术发展中一个引人注目的方向。

近年来人工智能的突破性进展和移动互联网的普及,催生了智能医疗。所谓智能医疗是通过物联网、人工智能等技术打造的信息高效共享和交换的医疗信息平台。它以病人为本,使医疗服务过程的信息互动智能化,使手术过程精准和微创化。这就像一位具有海量经验和精确判断能力,不知疲倦工作的“超级医生”,可以快速查阅患者的健康档案,解读医学影像资料及检测数据,进行精准诊断。还能依据患者自身条件提供最佳医疗方案,精准和微创地施行手术,并提供治疗后康复监控和疾病复发预警。

## 有关诊疗智能化的国内外研究近况

2017年1月,斯坦福大学的研究人员开发了一种深度学习算法,在识别皮肤癌的准确率上已经与专业的皮肤科医生不相上下,相关的研究论文被英国《自然》周刊选为封面论文发表。为了搜集足够多的训练样本,研究人员从杂乱的互联网图像数据中整理出近13万幅皮肤病变图像,这些图像来自2000多种疾病类型。图像的像素和疾病标签作为深度卷积神经网络(CNN)的输入,用于训练学习病变在皮肤外观上的模式,并在新图像中识别皮肤癌。在可预测的未来,如果智能手机里能有这样的皮肤癌检测客户端软件(APP),那么皮肤科医生的专业诊断服务就会变得触手可及。在同期的《自然》

周刊上还有北卡罗来纳大学(UNC)教堂山分校的研究人员开发的另外一种深度学习算法,这种算法在预测2岁前自闭症高危儿童(有自闭症的哥哥或者姐姐)是否会在2岁之后被诊断为自闭症时,不仅以88%的准确度远超基于行为观察与问卷调查的传统方法50%的准确度,还打破了传统方法的瓶颈,可以在儿童12个月大时预测是否会在2岁被诊断为自闭症。

人工智能在医学研究中展露超凡能力,掀起了世界热潮。我国有关人工智能辅助诊疗的研究,同样走在世界前列。刘奕志教授领衔中山大学和西安电子科技大学的研究团队,利用深度学习算法,建立了全球首个临床应用的人工智能眼病诊疗平台。它根据上传的图片,计算诊断先天性白内障等罕见疑难病,并提供治疗方案,已达资深眼科专家水平。此原创成果已于2017年2月份作为封面文章发表在《自然·生物医学工程》上。该项研究表明,针对人群发病率只有1%,训练样本少的先天性白内障,人工智能算法一样可以达到很高准确度。预计在不久的将来,人工智能会在罕见疾病的诊疗上取得更多进展。

“超级医生”



快速查阅患者的健康档案

解读医学影像资料及检测数据

精准快速诊断

量身定做治疗方案

精准和微创地施行手术

治疗后康复监控和疾病复发预警

智能医疗是超级医生:精准、快速、系统、普及

涂仕奎, 特别研究员; 杨杰, 教授; 连勇, 教授; 黄晓霖, 特别研究员; 沈红斌, 教授; 张丽清, 教授; 徐雷, 教授; 上海交通大学电子信息与电气工程学院(电信学院)认知机器与计算健康研究中心, 上海200240. tushikui@sytu.edu.cn.

Tu Shikui, Research Professor; Yang Jie, Professor; Lian Yong, Professor; Huang Xiaolin, Research Professor; Shen Hongbin, Professor; Zhang Liqing, Professor; Xu Lei, Professor; Center for Cognitive Machines and Computational Health (CMACH), School of Electronics, Information and Electrical Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240.

## 从医学成像技术看智能医疗

从2016年年底到现在,短短几个月时间,人工智能在医学研究上已经取得的进展体现了智能医疗具有造福社会的广阔前景。当前的突破主要集中在有医学影像等宏观数据的疾病诊断上。医学成像技术像是智能医疗这位“超级医生”的眼睛,其“视力”远远好于人类。它能够以非侵入的方式,获得人体内部影像。常用的医学成像技术包括计算机断层扫描成像(CT)、超声成像、正电子发射断层成像(PET)、核磁共振成像(MRI)、弥散张量成像(DTI)等,它们有不同的特点与功能,能完成特定的医学成像任务。

医学影像是智能医疗最重要的信息来源之一。以数据量为衡量标准,超过90%的医疗数据来自于医学成像技术。因此,从医学影像进行机器学习,是智能医疗的关键技术和热点领域。据报道,谷歌、IBM、百度等数十家企业都已开展了基于医学影像的智能医疗研究。主要技术路线都是利用深度学习等人工智能方法,从大量的医学影像中学习知识和构建网络,进而对特定病灶做出判断。

医学影像在临床应用中发挥越来越重要作用。目前医生在许多疑难杂症和肿瘤疾病的诊断方面,均须分析医学影像读片报告的结果,医学影像的计算机辅助诊断技术可以减轻医生读片和定量化分析的工作量。国际信息技术大公司对这方面研究的人力与资金投入越来越多。例如,谷歌公司开始探索,利用机器学习来筛查糖尿病性视网膜病变(DR),并在《美国医学会期刊》(JAMA)上发表了研究成果:一种深度学习算法能够解释视网膜照片中的DR迹象,可能会帮助医生筛查更多的病人,诊断水平超过高年资医师的平均水平。国内的信息技术领军人物马云等,也声称将投资计算机智能诊断的研究。

医学影像分析和三维重建技术不仅应用于辅助诊断,还广泛应用于手术机器人和手术导航,实现精准医疗和微创医疗。著名的“达芬奇机器人”被成功应用于心外科、胸外科、泌尿外科等手术。习近平主席访问英国时专程参观了帝国理工学院杨广中教授领导的手术机器人研究中心。杨广中与上海交通大学和上海市闵行区政府合作共建医疗机器人研究中心。

除直接应用于医学诊疗之外,医学成像技术在对脑的认识中也扮演极为重要的角色。过去,正是由于采用了MRI等医学成像技术,能够无创地对脑部进行观察,人们才得以了解脑部活动的信息并进行功能区域定位。现在,DTI技术通过追踪水分子的移动方向,能够对脑白质纤维等有效地进行观察;PET技术通过观测示踪剂在人体中代谢的情况,可以了解活体的生物分子代谢

情况,进而知道受体和神经介质的活动情况。利用这些新型医学成像技术(以及未来能够更好地进行微观观测和功能性观测的成像技术),人们可以越来越深入地观测脑部结构与活动情况。利用人工智能方法对这些新型脑影像数据进行学习(如挖掘结构信息,构建功能网络等),能够从根本上支撑并推动脑科学的发展。

## 从组学测序技术看智能医疗

根据国家癌症中心发布的2012年中国恶性肿瘤发病与死亡分析,全国恶性肿瘤发病率为264.85/10万,累积率(0~74岁)为21.82%。全部地区恶性肿瘤死亡率为161.49/10万,累积死亡率(0~74岁)为12.61%。其中,肺癌、胃癌、肝癌占据我国恶性肿瘤发病率的前三位,死亡率也居前三位。例如,胃癌的高发病率、高死亡率和低早诊率是对我国居民生命健康的重大威胁。癌症诊断与治疗的难点在于病因复杂多样,亚型多且随时间变化。随着新一代高通量测序技术的不断发展与价格下降,大规模组学生物学数据的技术,包括基因组学、蛋白质组学、代谢组学、表观基因组学等,得到快速发展。肿瘤发生的遗传学和表观遗传学分子特征,可以被大量数字化测量。特别是单细胞测序技术的发展,使得对每一个肿瘤细胞的刻画成为可能,从而得到肿瘤细胞群的分子标志物的分布,捕捉其随时间的变化特征。通过研究分子标志物的微观测量数据,开发机器学习、因果关系发现和网络推理等新技术,可帮助揭示肿瘤发生的分子机理,从肿瘤发生学角度对不同的肿瘤亚型进行归类区分。简言之,人工智能建模将有助于系统研究癌症的动力学特点,把握癌症多样性特征,提高癌症诊疗水平。

海量的组学生物学数据,也促进了生物信息学的迅速发展。其主要目的是发展针对性强的计算信息理论新算法以及数学建模与自动化的新方法,用以挖掘、阐明、总结和理解海量生物医学数据所隐含的规律与知识,加速从数据到知识的解析,促进基础与临床生物医学的快速发展。生物信息学借助大量人工智能方法,深入研究大规模基因和蛋白质的功能、结构及其间的相互作用关系,在系统层面上快速精确地揭示它们与疾病的关系,为分析和预测潜在疾病的发生、发展与逆转机理而建立新的理论方法和技术平台,在疾病相关基因的发现、辅助诊断、个体化临床治疗、新药物分子靶点的发现、药物的创新设计以及基因芯片的设计与数据处理等医学应用研究方面,发挥重要作用。

在智能医疗的平台上,建立基于宏观和微观数据的协同诊疗方法。以患者临床症状(包括医学影像、病理指标、病历文本信息等数据)为基础,融合患者的内在生物学(比如分子标志物检测)数据,对患者更加准确地进行诊断,并度身定做地推荐最佳治疗和用药方案。比

如,关于自闭症基因组学的研究已有很多,近200个与自闭症相关的基因变异已被找到,但是这些分子标记物还没法用来判断一个2岁前的孩子会不会得自闭症。如何结合这些信息来提高预测的精准度,是新一代人工智能的重要内容。2017年2月15日,中国科学技术部举行了新闻发布会,表示“科技创新2030重大项目”已经启动了4个试点,近期或将新增“人工智能2.0”。中国工程院潘云鹤院士认为,人工智能的发展将从过去追求“用计算机模拟AI(人工智能)”,转化为让机器与人结合成增强的混合智能系统,让机器、人、网络结合成新的群智系统,让人、机器、网络和物结合成智能城市等更复杂的智能系统。在人工智能2.0的时代,高水平的人机协同诊断与治疗将成为智能医疗的主要特征。比如,可以开发手术中的影像智能处理系统,对肿瘤区域进行精准分割,以辅助精准手术,从而大大减轻医生的劳动强度,提高手术的成功率。

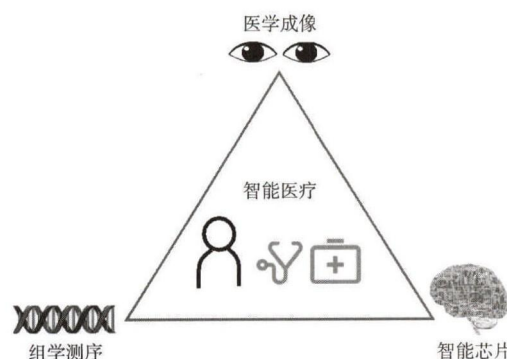
### 从智能芯片技术看智能医疗

无线可穿戴技术是智能医疗中预警和医疗后康复的重要组成部分,它运用柔性医疗传感器组成人体传感网,并通过手机等智能设备收集人体各种生理参数,将数据与云计算和大数据相联,为病人或监护者建立数据化个体。数据化个体与大数据和人工智能的结合,使得人们的认知模式由经验驱动转变为数据驱动。数据化个体利用智能穿戴式传感器等技术,实现对人体生理状况的实时观察,通过收集到的数据及相关的分析,捕捉人体器官及其生理活动的微小变化,在极早期就发出警告,并提供可能的预防措施,为实现真正意义上“预防胜于治疗”以及“治未病”的医疗模式奠定基础。将数据化个体和医疗后康复相结合,可大大缩短康复周期,更可将慢性病人的治疗从医院转向病人家庭,大大降低病人的医疗开支,也最大程度地提高医院的病房周转率,为健康产业带来新的契机。CMaCH中心研发了基于脑-计算机交互的脑卒中病人脑运动功能康复的训练平台。该训练平台通过读取脑电信号,分析预测受试者肢体意向,利用视听觉、触觉等多路神经反馈,让受试者感受到肢体的运动,强化训练受试者不断尝试肢体的运动,使得病人的脑运动控制网络逐步恢复。

无线可穿戴技术的核心是智能芯片,理想中的智能芯片应具有高集成度、超低功耗、无线传感、人工智能诊断、人体能量采集及与人体相融合的柔性等特点。目前在国际上,对于低功耗无线医疗传感片上系统芯片的研究非常活跃,也提出了极具挑战性的目标。就可穿戴传感器系统而言,其整体功耗应达到5微瓦甚至更低,以满足人体自供电的需求。多年来,研究人员正一步一步地逼近这个目标,传感器片上系统芯片的功耗从几个毫瓦逐

渐降低到几个微瓦。美国华盛顿大学和弗吉尼亚大学在2012年合作研发的传感芯片,可以采集心电、脑电或者肌电,并能进行基本的信息处理,包括心率提取、房颤检测等。整个芯片的功耗在传输心率信号时为19微瓦。连勇教授的团队则在2015年成功地设计了全集成无线心电采集片上系统,该芯片在传输原始心电数据时的功耗仅为2.98微瓦,为实现智能医疗的预警功能奠定了基础。

深度机器学习在实现智能医疗的诊断功能方面初露锋芒,但目前深度机器学习算法都需要把用户数据传输到数据中心,依托云计算来得出诊断结果。此类人工智能诊断受限于电子设备的计算能力,特别是机器学习所需的超强处理能力,难以在便携式的诊断仪器中普及推广。神经形态芯片模拟人脑神经网络,可实现人脑的部分功能,而且能耗比目前的电脑芯片小几个数量级,是未来机器学习超强处理器的理想候选。神经形态芯片可以用传统的数字电路方式来实现如IBM的TrueNorth芯片的功能,也可用模拟电路的方式来实现如ETH的NPU芯片的功能。对比数字和模拟的实现方法,模拟的实现方法能耗更低。结合新型器件如忆阻器(或称记忆电阻, memristor),预计神经形态芯片的性能和功耗之改善,在不久的将来会更上一个台阶。



三个角度看智能医疗

我国人口众多,医疗保健的供需不平衡严峻,同时病人样本巨大,使得智能医疗研究具有独特的优势,而国内科研机构对该领域也相应地加强了研究力量,并走到了世界的前列。上海交通大学电信学院于2016年12月完成组建“认知机器和健康计算研究中心”(简称CMaCH中心),以新一代人工智能为主攻目标,包括智能医疗等课题,形成了一支在上海甚至全国都很强的人工智能研究队伍,具备承接国家重大项目的的能力,并将积极寻求与科技企业和创新公司的紧密合作。

**关键词:** 智能诊断 手术机器人 医学成像 组学测序 智能芯片 人工智能2.0