# 人工智能技术在中医诊断领域应用述评*

王俊文[1**]，叶壮志[2]

（1. 中国中医科学院中医基础理论研究所 北京 100700；2. 中国印刷科学技术研究院 北京 100036）

**摘 要**：本研究从技术落地应用的角度出发，描述和评论目前中医诊断领域常用的AI技术的应用历史、现状及与中医诊断需求之间切合程度等问题，包括专家系统用于智能辨证、图像诊断和望诊、自然语言处理和问诊、传感器和智能硬件用于闻诊、切诊等；分析和预测和描绘未来AI相关新技术在中医诊断领域应用的趋势，包括多模态信息融合的中医智能化思路、物联网拓展诊断信息边界、区块链+联邦学习破解隐私安全需求与数据协作共享矛盾，以及通用中医思维知识图谱助力智能装备辅助诊断。

**关键词**：专家系统 图像诊断 自然语言处理 传感器和智能硬件 多模态信息融合

doi: 10.11842/wst.20210625007 中图分类号：R2-03 文献标识码：A

## 1 前言

人工智能（Artificial Intelligence，AI）是研究开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新技术科学。AI包括计算智能、感知智能和认知智能，另一种说法是感知智能、认知智能和运动智能。中医药领域尤其中医辅助诊断是AI技术的重要应用场景，目前常用的AI技术包括专家系统、影像辅助诊断、自然语言处理（Natural language Processing，NLP）、传感器和智能硬件等。本研究拟从技术落地应用的角度出发，讨论上述AI技术与中医诊断需求之间的切合程度，分析技术应用中存在的问题，对中医药智能辅助诊断的需求做进一步的技术分解和梳理，促进中医药与AI技术的交叉融合。

## 2 中医诊断领域AI应用现状

### 2.1 专家系统与智能辨证

在医疗领域，最早的医疗专家系统是1971年开始，1976年完成的Mycin[1]，用于血液感染病的诊断、治疗和咨询服务。而我国第一个医学专家系统是1978年研制的关幼波治疗肝病的专家系统；第二个是1981年研制成功的中医痹症计算机诊疗系统。这两个系统智能辨证与专家辨证的结果完全符合率分别达到95%[2]和96.88%[1]。此后的30年间，先后研制出220个中医专家系统和开发工具[1]。

但国内外真正能够投入临床使用的中医学专家系统少之又少[1]。最直接的原因在于专家系统基于规则来辨证，过于刚性，容错度不够，很难适应千变万化的真实临床场景。更深层次的原因则在于技术与中医本身的融合尚浮于表面，未能达到深度协调。中医的特点是个体化诊疗，相同的疾病每个病人有不同的表现，不同的医生对同一个病人也有不同的判断，其中的变化很难用简单的规则来描述，而复杂一些的模糊匹配[2]等方法又不够准确，这注定了单纯基于规则的专家系统难以满足中医的需求。

为了解决个体化诊疗带来的疗效难以评价、诊疗技术难以传承等这一系列的问题，中医进行了标准化和客观化的研究。研究规范化的语言表达，建立术语

收稿日期：2021-06-25

修回日期：2021-11-29

* 国家自然科学基金委员会面上项目（82074334）：基于多源信息融合和领域本体的中医装备辅助诊断模型研究——以膝关节骨性关节炎为例，负责人：王俊文；北京市自然科学基金委员会面上项目（7192140）：基于便携式设备的多源四诊信息采集及融合模型，负责人：王俊文；中央级公益性科研院所基本科研业务费专项（YZ-202015）：基于现代文献的冠心病稳定型心绞痛中医辅助诊断模型研究，负责人：王俊文。

** 通讯作者：王俊文，研究员，主要研究方向：中医药大数据与智能辅助诊断。

标准；接入中医四诊仪等诊法客观化设备和仪器，试图克服诊疗过程中医生的主观性等问题。这些研究[2~4]为今天的智能辅助诊断研究奠定了基础。但直到影像辅助诊断及深度学习（Deep Learning, DL）等新一代AI技术出现后，之前一直没有太大突破的中医智能化诊断专家系统才开始与新技术融合并焕发出新的生机。

### 2.2 影像辅助诊断与中医望诊

2006年前后，随着DL的出现，计算机视觉（Computer Vision，CV）技术飞速发展，影像辅助诊断从技术上来说已相对成熟，目前已经有了很多应用案例。2018年，FDA批准了全球第一款AI医疗设备IDx-DR。通过我国国家药监局的网站查询可知，皮肤病影像AI辅助识别系统（湘械注准20202210769）等医疗AI已经获得了注册证。

在中医领域，CV等图像识别和处理技术主要用于望诊。传统中医望诊包括望神色形态，与AI结合最多的是望舌和面。即用DL尤其是卷积神经网络（Convolutional Neural Networks，CNN）构建图像分类器，处理各种图形图像。常见的是以九型体质学说为分类依据构建的中医智能体质辨识模型[5]和算法研究[6]。由于九型体质的分类较为明确，这种做法从技术上讲是适宜的。但对于中医诊病来说，由于分类的数量和标准等都不明确，以CNN为代表的DL技术并不完全适用。

其中一条可能有效的路径是结合特征和规则来做更适合中医诊断的分类器。如温川飙团队[7]在建立面部图像信息数据库的基础上，提取典型面部和舌部的信息特征，实现面部和舌部特征信息的自动识别分析，其提取到的面部特征包括：面色（正常和青赤黄白黑）、光泽、口唇（唇色、润燥）三大类；舌部特征包括：舌色、苔色、舌体（老嫩、胖瘦、齿痕、点刺、裂纹、瘀斑）、舌苔（薄厚、润燥、腐腻、剥少）四大类。许家佗团队2017年重点研发计划项目正致力于“中医智能舌诊系统研发”。

除了舌诊和面诊，现在已经发展出了手诊、目诊、甲诊等适用于人体不同部位的图像诊断方法，均可基于中医全息分区诊断等理论，通过识别特定全息分区下的疾病特征来为疾病诊断提供参考。目前AI在这几种不同部位的图像识别中均有应用产品。如中医目诊在传统中医望诊的基础上，发展了按照五轮学说分区望诊法、虹膜诊断法以及眼底图像分析法等借助现代诊断设备的诊断方法[8]，据此提取不同特征，结合AI和智能硬件建立的大数据分析平台拟用于健康体检等应用场景。

### 2.3 NLP应用于中医问诊和病案文本处理

在中医诊断领域，NLP主要用于问诊信息处理，即从大量非结构化中医问答或者病案文本中自动抽取所蕴含的专业领域信息如术语、实体关系、事件等，用于智能辨病辨证模型，如2020年建立的妇科病证候分类模型准确率为71.4%[9]。DL的发展有可能推动NLP产生出不错的应用[10]，但NLP在技术成熟度方面仍不如影像诊断。技术难点较多，比如中文分词、语义消歧和语境分析等，需要大量的语料库、知识库和大规模的医学术语系统作为基础支撑。

中文的医学术语系统如医学主题词表（Medical Subject Headings，MESH）、人和动物医学系统化术语（the Systematic Nomenclature of Human and Veterinary Medicine，SNOMED）和统一医学语言系统（Unified Medical Language System，UMLS），以及中医药学语言系统和中医临床术语系统等，多基于各类的医学文献构建，当被用于临床时，由于不是同源数据，难以支撑临床电子病历质量控制或临床辅助决策场景[11]。基于临床数据以及临床应用场景来构建的知识库和术语系统，真正有望应用在中医临床数据的处理。

中医诊断学研究本身的发展和完善也很关键，如症状、证候、病名等术语的规范化和标准化等。此外，证素和证候要素概念的提出，使得智能辨证模型的建立更具可操作性。但证素作为证候的最小单元，依然是综合概念，而并不真正适合测量和机器智能，构建更细粒度的测量变量体系[12]，将综合的证候、证素等概念进一步拆分成各自独立无交叉的可测量变量，是进行NLP、DL和智能辨证的基础。

### 2.4 传感器和闻诊、切诊等多种感知方法

能处理多种不同测量信号的传感器技术的应用，对于中医诊断来说也非常重要。比如中医脉诊常用的压力传感器、光电传感器和五维非接触式光学计量脉搏信号获取系统[13]；以及中医闻诊系统中使用的以呼出气为检测目标的气相色谱-声表面波传感器[14]等。

在通过传感器获取测量信号之后，还需要用不同算法进行脉象特征分析和模式分类，并对信号做出诊断。比如人体脉搏有小波域特征，时域特征，频域特

征等多种特征，而卷积神经网络、贝叶斯网络及BP神经网络等用于学习和挖掘脉象特征，识别准确率分别达到95%[15]、84%[16]、98.46%[17]。也可采用收缩压和脉压、心率和脉搏波速度等定量变量来描述定性脉搏图像所包含的强度、深度和速度等信息[18]。

基于传感器技术，20世纪70年代起，国内研发了中医脉诊仪等诊法客观化设备和仪器，为中医装备辅助诊断奠定了重要基础[19]。目前我国生产中医诊断装备的企业一共14家，已拿到批件的上市产品包括脉象仪、红外仪、经络检测仪等。这些仪器多用作科研和治未病用途，真正用于临床诊断的尚不多。究其原因，这些设备从功能上讲，没有能超出医生肉眼可见和人力可及的范围；从性能上讲，受传感器灵敏度及稳定性等限制，准确度和可重复性均有待提高。

综上所述，AI技术在中医诊断领域应用时面临的问题包括：浮于表面形式的中医AI既不能发挥技术的赋能作用，也不符合中医思维，难以真正用于临床，需要调整技术与中医融合的方向以促进深度融合；而AI所模拟的中医诊断过程过于复杂和综合，需要进一步理论分解和诠释才可能能够被现代技术识别和测量；中医诊断客观化、规范化、标准化程度的提高尚需统一的术语库，以及大规模的数据库和知识图谱等基础条件；由于中医诊疗数据量小且分散，以及个体化诊疗、流派众多等特点，需要更好的数据协作共享机制才能支撑相应的数据基础建设和应用研究开展。

## 3 解决中医诊断领域AI适用性问题的技术路径

### 3.1 理清中医智能化思路，多模态信息融合技术助力中医“四诊合参”

从基本思维模式上讲，西医是还原论，而中医是整体论，适合中医的AI辅助诊断技术与西医的也有所不同，西医医疗场景下，各项AI辅助诊断技术比如影像诊断和NLP技术各自独立开展，而中医医疗场景下，需要综合应用多种AI辅助诊断技术才能模拟和实现传统中医“四诊合参”的诊断方法[20-21]。

多模态信息融合是中医AI辅助诊断技术实现“四诊合参”的关键技术。多模态信息融合是指综合利用从文本、图片、视音频等不同模态数据中抽取到的信息，挖掘其多源多模态信息的潜在联系，并服务于同一个目标。其技术路径在于需要结合CV、NLP、各类传感器和模式识别技术，以及智能检测设备等。

首先需要通过领域本体等方法，将复杂和综合的中医诊断过程分解成可测量的变量，梳理出彼此独立的中医概念体系，再在独立的基础上去寻找关联，并对中医诊断术语进行标准化、规范化，建立起以中医工程领域本体为核心的信息采集、识别、计算、分析和应用系统，这是进行多模态信息融合的基础[22]。

其次，需要中医数字化和智能化基建工程的支持，包括支持影像诊断的望诊图片特征标准数据库，支撑自然语言处理的规范化医学术语系统和临床诊断知识图谱，以及对传感器和智能设备测量信号的标准化解读和特征标注，以明确各类检测信号对于中医疾病诊断、辨证论治和疗效评价的价值。

### 3.2 借势物联网拓展中医四诊可用信息，引入时间维度构建个体健康信息“数字孪生”

物联网（Internet of Things，IoT）就是万物互联，小到眼镜、领带、衣服，大到汽车、冰箱，都可能变成智能化设备[23]，收集到人们的健康和生活信息，并进行存储和计算。在此基础上，打通医院内外数据，将血清学、影像学等各种中西医检测诊断信息及来自便携式装备的个体健康监测数据链接起来，可建立多模态信息融合的智能诊断和健康一体化动态检测系统。

这个系统可以在时间维度上延展诊断行为至诊前咨询和诊后随访，使医生能获得医院和诊室外更多可用于中医“四诊合参”智能诊断、辨证和疗效评价的数字化临床扩展信息。这些信息可以传回到医院，与院内诊疗信息互为参考，辅助中医医生优化诊断和决策。由于中医有时间医学的特点和优势，纳入时间维度的信息对于完善中医诊疗模型以及治未病优势发挥意义重大。

同时，也可以通过网络和病人远程互动，进行健康管理、治未病及数字医疗活动，提高慢病病人的依从性，促进人群健康生活方式的养成等。对于个体来说，不仅随时随地能获得中医药服务，且全方位长时程的健康信息采集有望形成个体健康状态的“数字孪生（Digital Twin）”，对于远程就诊、个体化治疗，以及防控药物风险等均有价值。

### 3.3 拥抱区块链和联邦学习等新技术，破解隐私安全需求与数据协作共享的矛盾

AI在医疗领域应用存在的比较大的一个困难是数据量不够。由于健康数据的隐私安全保护等需求，“数据孤岛”长期存在，整合数据的工作常常寸步难

行，这导致任何一家机构都难以获得足够的数据训练出足够好的AI模型。与西医相比，中医医疗机构的数量更少，数据不足的问题更为明显，训练中医AI辅助诊断模型更需要技术上的创新。

基于“区块链+联邦学习”的多方数据共享模型有望能帮助多个机构在满足用户隐私保护、数据安全和政府法规的要求下，进行数据使用和机器学习建模[24]。联邦机器学习是一个机器学习框架，它不需要将数据集中整合，只需要数据的特征。联邦系统可以通过区块链[25]等加密机制下的参数交换方式，即在不违反数据隐私法规情况下，建立一个虚拟的共有模型，与把所有数据聚合在一起建立的最优模型效果一样。

对于中医来说，“区块链+联邦学习”的应用有望解决关键问题。中医个体化诊疗的特点使得数据协作共享的问题更严重，几乎每个中医都是一个天然的数据孤岛，这导致了现实世界中医交流、传承困难，虚拟世界中医数据共享和协作困难。如果联邦学习在中医界得到适合地应用，将可能不仅能解决虚拟世界数据孤岛的问题，还可能在解决现实世界传承难的基础上，进一步形成通用中医思维知识图谱。

### 3.4 构建通用中医思维知识图谱，助力智能装备模拟“好中医”

通用中医思维是指兼容了不同流派和不同个体的所有中医思维的合集。在中医个体化诊疗的同时，思维相似的医生个体形成一个流派，流派的思维特征就是这个流派下所有个体医生思维的合集；而所有流派的思维特征都提取出来，形成一个新的合集，就是通用中医思维。通用中医思维知识图谱是能代表通用中医思维的一个超级认知智能模型，它可以通过联邦学习的方法，从多个专家思维知识图谱联合训练而得到。

当然，实现中医智能辅助诊断，不仅要有通用中医思维知识图谱，还需要配合感知智能，即现代中医诊疗装备作为信息来源。现代装备能检测出越来越多的信息，为了让中医更好地利用好新技术，可从现有装备入手，也可不断研制和改进新的装备，将客观检测信息与原来由医生主观观察并文本化记录的四诊信息对比和融合分析，可以为中医诊断、辨证和疗效评价增加客观化的检测指标，为AI辅助诊断模型提供客观化、可重复、能精确量化的数据。

同时，如果可以应用通用中医思维知识图谱建立智能标注平台[26]，对采集的信号进行符合中医思维方式的智能解读，一方面能真正为中医医生诊断疾病、辨证分型或者疗效评价增加客观化的检测指标，为中医积累客观化数据，为中医药疗效证据的研究提供客观工具，是破解数据不足的手段；另一方面，也可以促进中医智能诊断装备的研发，促进现代科学新技术在中医药领域的广泛应用，使好的中医诊疗随时随地可以获取。

## 4 小结

中医AI辅助诊断技术不仅仅是一项技术，也是一项巨大的工程，需要中医领域和多个理工科研究领域的人员共同完成；任何个体和组织的力量都微小如大海扁舟；我们需要不断创新的AI技术来一步步解决技术应用中遇到的问题，同时也需要不断呼吁多方通力合作，共同推进中医智能辅助诊断技术早日进入千家万户。

## 参考文献


1 王国强. 医学人工智能的发展. 张江科技评论, 2019(3):70-75.
2 郭荣江. 计算机医学诊断系统. 电子技术应用, 1982(6):7-9.
3 余兴龙, 谭耀麟, 竺子民, 等. 中医舌诊自动识别方法的研究. 中国生物医学工程学报, 1994(4):336-344.
4 赵荣慕, 危北海, 丁瑞, 等. 舌质舌苔的计算机定量描述和分类. 中医杂志, 1989(2):47-48.
5 严玲, 周作建, 宋懿花, 等. 基于ML-kNN多标记学习的中医体质辨识模型研究. 世界科学技术-中医药现代化, 2020, 22(10):3558-3562.
6 周浩, 胡广芹, 张新峰. 基于舌图像深度特征融合的中医体质分类方法研究. 北京生物医学工程, 2020, 39(3):221-226.
7 宋海贝, 温川飙, 程小恩. 基于AI的中医舌象面象辅助诊疗系统构建. 时珍国医国药, 2020, 31(2):502-505.
8 李翔, 夏飞, 邓颖, 等. 大数据时代下的中医现代目诊数字化平台建设. 中医学报, 2020, 35(1):19-22.
9 石英杰, 黄雯, 赵攀, 等. 面向中医智能辅助诊断系统的证候要素多层次表示方法研究. 国际中医中药杂志, 2020, 42(10):1001-1007.
10 马郅斌. 自然语言处理中的深度学习:方法及应用. 科技传播, 2020, 12(21):128-130.
11 崔蒙. 中医药学临床术语系统. 世界中联信息专业委员会第九届学术年会. 济南: 2019.
12 王俊文. 匹配仪器信号的中医证候测量变量及计量模型. 北京生物

医学工程, 2021, 40(5):512-515, 540.
13 Xue Y, Su Y, Zhan C, *et al*. Full-field wrist pulse signal acquisition and analysis by 3D Digital Image Correlation. *Opt Lasers Eng*, 2017, 98:76-82.
14 陈星, 陈璟, 陈超, 等. 基于气相色谱-声表面波传感器联用技术的中医脾胃证候辨识. 世界中医药, 2020, 15(11):1540-1545.
15 Li G, Watanabe K, Anzai H, *et al*. Pulse-wave-pattern classification with a convolutional neural network. *Sci Rep*, 2019, 9(1):14930.
16 Wang H, Cheng Y. A quantitative system for pulse diagnosis in Traditional Chinese Medicine. *IEEE*, 2005:5676-5679.
17 Zhang S, Sun Q. Human pulse recognition based on wavelet transform and bp network. *IEEE*, 2015:1043-1046.
18 Moura N G, Cordovil I, Ferreira A S. Traditional Chinese medicine wrist pulse-taking is associated with pulse waveform analysis and hemodynamics in hypertension. *J Integr Med*, 2016, 14(2):100-113.
19 崔骥, 许家佗. 人工智能背景下中医诊疗技术的应用与展望. 第二军医大学学报, 2018, 39(8):846-851.
20 Chen T, Niu X, Si Y, *et al*. Application of Traditional Chinese Medicine Four-diagnostic auxiliary apparatus in evaluation of health status and clinical treatment. *J Tradit Chin Med*, 2018, 38(3):447-451.
21 王忆勤. 中医诊断技术发展及四诊信息融合研究. 上海中医药大学学报, 2019, 33(1):1-7.
22 王俊文. 常用中医诊断装备检测原理与多源信息融合方法构想. 中国医疗设备, 2021, 36(8):157-159, 164.
23 Kranz M. 物联网时代. 北京: 中信出版社, 2018.
24 赵东明, 刘静, 徐晨兴, 等. "联邦学习+区块链"多方安全计算引擎系统研究. 电子技术与软件工程, 2020(21):184-186.
25 宫芳芳, 孙喜琢. 区块链技术在医疗领域的应用及展望. 现代医院, 2021, 21(1):1-3.
26 王俊文, 胡镜清. 一种仪器测量信号的中医AI标注平台和系统. *CN*202011147146.0, 2021-01-22.

## Review on the Application of Artificial Intelligence Technology in the Field of Traditional Chinese Medicine Diagnosis

*Wang Junwen*[1], *Ye Zhuangzhi*[2]
*(1. Institute of Basic Theory of Traditional Chinese Medicine, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China; 2.China Printing Science and Technology Research Institute, Beijing 100036, China)*

**Abstract:** From the perspective of technology application, this study described and commented on the application history and current situation of artificial intelligence (AI) technology commonly used in the field of traditional Chinese medicine (TCM) diagnosis, as well as the degree of fit with the needs of TCM diagnosis, including expert system for intelligent syndrome differentiation, image diagnosis and inspection, natural language processing and inquiry, sensors and intelligent hardware for diagnosis, diagnosis, etc. This study analyzed and described the application trend of AI technology in the field of TCM diagnosis in the future, including the intelligent thinking of TCM based on multi-source information fusion, the expansion of diagnostic information boundary by the Internet of things, blockchain + federal learning to solve the contradiction between privacy security requirements and data cooperation and sharing, and the general knowledge map of TCM to assist intelligent equipment auxiliary diagnosis.

**Keywords:** Expert system, Image diagnosis, Natural language processing, Sensor and intelligent hardware, Multimodal data fusion

（责任编辑：周阿剑、郭思宇，责任译审：周阿剑，审稿人：王瑀、张志华）