

# 中医药知识图谱研究现状及发展趋势

王松<sup>1,2</sup> 李正钧<sup>2</sup> 杨涛<sup>1</sup> 胡孔法<sup>1,3</sup>

(1. 南京中医药大学人工智能与信息技术学院, 江苏 南京 210023; 2. 南京中医药大学中医药文献研究所, 江苏 南京 210023; 3. 江苏省中医药防治肿瘤协同创新中心, 江苏 南京 210023)

**摘要:** 知识图谱研究在中医药领域迅速发展, 已经应用于中医药的基础理论、临床辅助、方剂用药等多个方面。对知识图谱的概念、关键技术及中医药知识图谱研究现状进行综述, 总结中医药知识图谱研究面临的问题, 包括中医术语标准统一问题、知识图谱模式层构建问题、中医知识融合技术规范问题、推理方法设计和选择问题等, 并对中医药知识图谱研究的发展趋势进行展望, 提出中医药知识图谱研究应切实解决中医临床中的实际问题, 要结合中医药体系自身特点, 加强对知识图谱构建方法和技术的探索, 研究如何能够更加精准地建模中医药知识, 为实现辅助决策、智能问答等服务提供支撑。

**关键词:** 中医药; 知识图谱; 研究现状; 发展趋势

中图分类号: R2-03 文献标志码: A 文章编号: 1672-0482(2022)03-0272-07

DOI: 10.14148/j.issn.1672-0482.2022.0272

引文格式: 王松, 李正钧, 杨涛, 等. 中医药知识图谱研究现状及发展趋势[J]. 南京中医药大学学报, 2022, 38(3): 272-278.

## Current Status and Development Trend of Knowledge Graph Research in Traditional Chinese Medicine

WANG Song<sup>1,2</sup>, LI Zheng-jun<sup>2</sup>, YANG Tao<sup>1</sup>, HU Kong-fa<sup>1,3</sup>

(1. School of Artificial Intelligence and Information Technology, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China; 2. Institute of Chinese Medical Literature, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China; 3. Jiangsu Collaborative Innovation Center of Traditional Chinese Medicine Prevention and Treatment of Tumor, Nanjing 210023, China)

**ABSTRACT:** Knowledge graph research is rapidly developing in the field of traditional Chinese medicine (TCM). It has also been applied to many aspects of TCM, such as basic theory, clinical support, as well as prescriptions and medicines. Through reviewing the concept, key technologies and the current status of knowledge graph research in TCM, we summarize the related problems including the unification of TCM terminology standards, the construction of knowledge graph model levels, the regulation of TCM knowledge fusion technology, as well as the design and selection of reasoning methods. In addition, the development trend of knowledge graph research in TCM is prospected. Thus, it is suggested that TCM knowledge graph research should effectively solve the practical problems in clinical situations, strengthen the exploration of knowledge graph construction methods and technologies by combining the characteristics of TCM system itself, and study how to model TCM knowledge more accurately to provide support for the realization of auxiliary decision-making and intelligent question answering services.

**KEYWORDS:** traditional Chinese medicine; knowledge graph; research status; development trend

自 2012 年 5 月谷歌 (Google) 正式推出知识图谱搜索引擎服务, 知识图谱得到广泛关注和应用。中医药领域知识体系具有规模庞大、内涵丰富、关系复杂等特点。知识图谱作为资源管理和知识应用的重要技术, 应用于中医药领域能够更加有效地描述、挖掘实体间的关系, 使大规模知识存储更为规范、应用更加高效, 实现中医药资源的有效整合, 为知识服务相关研究奠定基础, 为中医药传承和发展提供新的思路。

### 1 知识图谱概念及特点

知识图谱是一种以图的形式描述知识发展进程

与内部相关关系的技术方法<sup>[1]</sup>, 本质上是一种大规模的语义网络, 是实现知识网络可视化的有效载体<sup>[2]</sup>。知识图谱是由节点和边组成的具有有向图结构的知识表示方式, 其中节点表示实体, 边代表实体之间的语义关系。知识图谱与本体联系紧密, 本体侧重于表达认知的概念框架, 知识图谱旨在以图谱的形式直观、准确地描述实体或概念本身及其之间的关系, 故在知识图谱构建时, 模式层构建实质上就是在完成本体定义的任务<sup>[3-4]</sup>。

知识图谱根据知识覆盖范围分为通用知识图谱和领域知识图谱类。通用知识图谱体量大, 覆盖面

收稿日期: 2021-08-12

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (82074580); 国家重点研发计划项目重点专项 (2017YFC1703500); 江苏高校护理学优势学科建设工程 (2019YSHL068); 江苏高校“青蓝工程”

第一作者: 王松, 女, 博士研究生, E-mail: 20193116@njucm.edu.cn

通信作者: 胡孔法, 男, 教授, 博士生导师, 主要从事物联网与云计算、中医药人工智能与大数据分析的研究, E-mail: kfhu@njucm.edu.cn

广,代表性的知识图谱包括 DBpedia<sup>[5]</sup>、YAGO<sup>[6]</sup>等;领域知识图谱对知识的深度和精度有更高要求,应用形式更广泛,如中国中医科学院中医药信息研究所基于中医药学语言系统构建中医药知识图谱,实现综合型知识检索、问答以及决策等智能应用<sup>[7]</sup>。

## 2 中医药知识图谱构建关键技术

目前,构建知识图谱的整体技术路线如图1所示,中医药领域知识图谱的构建流程同样包括知识抽取、知识融合、知识存储和知识推理等多种关键技术,下面选择主要技术逐一简要介绍。

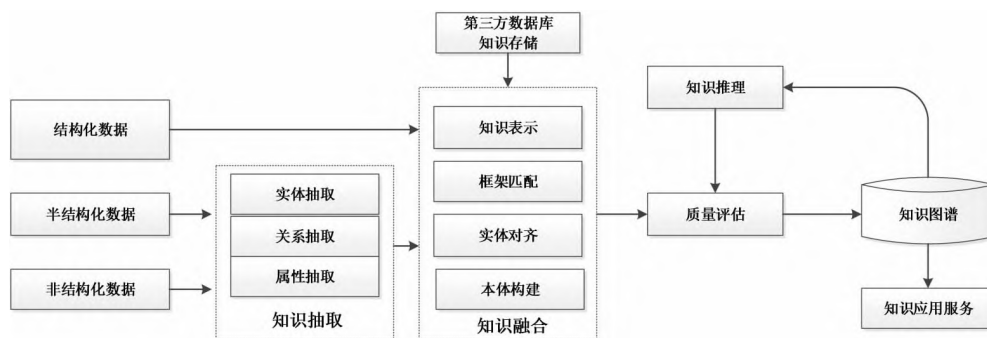


图1 知识图谱构建技术路线

Fig.1 Technical route of knowledge graph construction

### 2.1 知识抽取

知识抽取的目标是从不同来源数据中以自动或半自动的方式抽取知识。数据来源主要分为结构化数据、半结构化数据和非结构化数据三种。不同类型数据,抽取的方法也不同。结构化数据主要分为关系数据库和链接数据,可通过直接映射、图映射等方法进行知识抽取;半结构化数据主要分为百科类数据和普通网页数据,通常使用包装器技术进行抽取;中医医案、中医文献、中医古籍等都属于非结构化数据,也是当前中医药领域知识抽取研究的重点内容。知识抽取包括实体抽取、关系抽取、属性抽取等任务。实体抽取主要是从非结构中医文本中定位实体的边界并将其分配到预定义类别(如症状、中药、疾病等)集合的过程<sup>[4]</sup>。目前,中医药领域实体抽取的主流方法是将传统的机器学习模型与深度学习方法相结合,如用于序列标记的长短期记忆LSTM-CRF模型<sup>[8]</sup>。关系抽取通常在已识别的实体基础上,从文本中抽取实体间关系<sup>[9]</sup>,分为同类型实体间关系抽取(如疾病-疾病等)和不同类型实体间关系抽取(如疾病-中药等)。属性抽取是从异构信息源如医学词典、主流医学网站等为医学实体构造属性列表,对实体进行完整描述,如中药的属性包括药性、药味、归经、功效等。

### 2.2 知识融合

知识融合旨在建立异构本体或异构实例之间的联系,使从不同知识源中抽取的知识整合在同一框架下,且异构的知识图谱间能够互操作<sup>[10]</sup>。由于不同知识源中数据存在重叠、质量良莠不齐等问题,并

且通过知识抽取与挖掘所获取的数据可能会包含错误信息等,故需要进行知识融合。知识融合从融合元素对对象进行划分:一是框架匹配,对概念、属性、关系等进行匹配和融合<sup>[11-12]</sup>,如对不同来源的中药的别名、功效等属性进行融合,可根据各个数据源可信度及不同来源中出现次数进行排序,补充到相应属性字段中<sup>[13]</sup>;二是实体对齐,判断两个知识库中的两个或几个实体是否表示同一对象,通过对齐合并相同的实体完成知识融合<sup>[14]</sup>。传统的实体对齐方法常基于属性特征相似的成对比较方法<sup>[15]</sup>;基于机器学习的实体对齐方法是将其转化为二分类问题<sup>[14]</sup>。知识融合还需解决多个图谱实例间的冲突,如何检测和消解冲突是知识融合的重要步骤<sup>[16]</sup>。

### 2.3 知识存储

对知识进行持久化存储,使其满足用户的查询、推理等需求是知识图谱的必备功能之一。按照存储结构,知识图谱的存储方式大体分为基于表结构的存储和基于图结构的存储。基于表结构的存储是将知识图谱中的数据存储在三元组的数据表中,包括关系数据库、三元组表和类型表。目前大多数知识图谱是以图数据库进行存储,图数据库通过节点、边和属性对数据进行表示和存储,能够将现实世界中的关联数据直观表现为图的形式<sup>[17]</sup>。Neo4j开源数据库是目前最流行的图数据库之一,具备高效查询能力和拓展性。对于存储结构和工具的选择,需要综合考虑数据库性能和对后续任务的支持度等方面。

### 2.4 知识推理

知识推理是指基于图谱从已有事实或关系推断

未知的事实或关系。中医领域知识图谱中,知识推理可以辅助医生进行疾病诊断和提供治疗方案等。知识推理的应用主要包括知识补全、知识对齐等。传统的知识推理方法主要通过规则从已存在的知识图谱中推理新的实体或关系,通常适用于知识图谱中层次较低的实体分类<sup>[18]</sup>;基于统计推理是通过统计规律发现隐含关系;基于图结构的推理是利用实体之间的路径所蕴含信息进行语义关系推理<sup>[19]</sup>。随着深度学习的发展,基于表示学习的推理和基于

深度学习的推理优势突出,知识推理方法未来将不断融合以应对更加复杂、多样的推理任务,并且仅仅依靠于知识图谱本身推理并不能完全弥补知识图谱的不完整性,外部信息也是很好的补充。

### 3 中医药知识图谱应用研究

中医药知识图谱的构建是以中医药学科建设目标、研究方向与等级分类<sup>[20]</sup>为指导,下面对现有的中医药知识图谱,根据其知识范围和应用目标进行简要归纳,如表 1 所示。

表 1 中医药领域知识图谱应用示例

Table 1 Examples of knowledge graph applications in TCM

| 范围     | 实例                 | 应用目标  |
|--------|--------------------|-------|
| 中医基础理论 | 中医体质知识图谱           | 知识可视化 |
|        | 病机十九条知识库           | 知识可视化 |
|        | 构建基于知识图谱的舌象诊疗系统    | 辅助诊疗  |
|        | 构建中医古籍文献知识库        | 语义搜索  |
| 中医临床   | 小儿脑瘫知识图谱           | 知识可视化 |
|        | 胸痹病知识图谱            | 辅助诊疗  |
|        | 中医病机内涵知识图谱         | 辅助决策  |
|        | 构建面向肾脏病的中医知识图谱     | 智能问答  |
|        | 构建类风湿性关节炎的中医辅助诊疗系统 | 辅助诊疗  |
|        | 面向中医骨科问诊的疾病知识图谱    | 辅助诊疗  |
|        | 皮肤科流派用方经验知识图谱      | 名医传承  |
|        | 名老中医临床经验知识图谱       | 名医传承  |
| 中医方药   | 中医方剂知识图谱           | 知识可视化 |
|        | 基于《脾胃论》构建中医方剂本体    | 知识表示  |
|        | 中医经方知识图谱           | 语义搜索  |
|        | 基于《本草纲目》构建中医诊疗知识图谱 | 知识推荐  |
| 方法学研究  | 中医药学语言系统           | 知识服务  |
|        | 中医核心知识图谱           | 知识表示  |
|        | 半自动化构建中医药知识图谱      | 智能问答  |
| 其他     | 中医养生知识图谱           | 知识推荐  |
|        | 中药安全知识图谱           | 知识可视化 |

#### 3.1 中医基础理论知识图谱研究

中医学是在长期的医疗实践中形成的独特理论体系。石燕等<sup>[21]</sup>绘制中医体质知识图谱,对近十年中医体质发展情况、研究热点进行可视化展示,并得出中医体质辨识在中医治未病和全民健康管理中具有良好的应用前景。陈陵芳<sup>[22]</sup>借助 Citespace 知识图谱可视化软件从作者、机构和研究热点方面对中国知网中“病机十九条”相关文献进行分析,构建“病机十九条”的知识库模型,并以肝郁证、肺经风热证等实例验证了知识库的有效性。张莹莹<sup>[23]</sup>建立基于中医药知识图谱的舌象诊疗系统,该系统能够根据用户输入的症状和上传的舌象照片,给出中医辨证结果及建议用药。卢克治<sup>[24]</sup>基于深度神经

网络对中医古籍文献进行实体抽取和关系抽取以构建知识图谱,并通过图数据库搭建可视化平台,基于 Web 端实现知识搜索和发现。

#### 3.2 中医临床知识图谱研究

将知识图谱技术应用于中医药临床研究,可以为中医诊疗知识的传播和学习提供新的思路和方法。牟梓君<sup>[25]</sup>通过构建知识图谱从疾病、证候、症状、治法、疗效等方面实现小儿脑瘫知识体系的可视化,为临床疾病诊疗方案的制定和优化提供方法。石英杰<sup>[26]</sup>模拟临床诊疗路径,构建基于病机辨证模型的胸痹知识图谱,为临床智能辅助诊断提供借鉴。胡嘉元<sup>[27]</sup>应用 Gephi 软件构建中医病机内涵知识图谱,并基于图谱建立中医临床个体化诊疗决策支

持系统,应用于中医药治疗心血管疾病的临床分析和辅助决策。郑子强<sup>[28]</sup>针对慢性肾脏病诊疗过程构建中医诊疗本体层,并建立中医知识图谱学习和推理原型系统。孙明俊等<sup>[29]</sup>构建类风湿性关节炎的中医辅助诊疗系统,向医生展示相关的诊疗指南并推荐药方。

名老中医代表着当前中医学术和临床发展的最高水平,张雨琪等<sup>[30]</sup>选取名医赵炳南、朱仁康为研究对象,制定包含病-证-症-法-方-药等概念及概念间关系的知识框架,并应用图数据库进行可视化展示。刘凡等<sup>[31]</sup>以姚乃礼医师脾胃病诊疗经验文献为数据来源,基于 Neo4j 数据库构建名老中医临床经验知识图谱,实现可视化展示和语义搜索功能。

### 3.3 中医方药知识图谱研究

构建中医方药知识图谱可以高效地对方药等相关实体进行管理。郭文龙<sup>[12]</sup>构建中医方剂知识图谱,对方剂组成、剂量、炮制等信息进行直观展示。周孜恒等<sup>[32]</sup>基于《脾胃论》构建中医方剂本体,实现智能检索应用。尹丹等<sup>[33]</sup>设计中医经方知识图谱,并基于知识图谱初步探索并设计了一种模拟人思维进行检索的经方知识图谱搜索模式,此搜索方案仍需不断完善以使知识图谱更加贴合中医临床诊疗的需求。刘禹琪<sup>[34]</sup>构建中医名方知识图谱,并通过图谱进行药物重定位。吴鸿<sup>[35]</sup>对《本草纲目》和《中国典型病例大全》中的方剂、药物、疾病等进行实体、关系抽取,建立中医诊疗知识图谱,实现症状与方剂、症状与药物之间关系推理,为方剂智能推荐服务奠定基础。

### 3.4 中医知识图谱方法学研究

在中医药知识图谱构建方法和标准化流程方面,已有部分学者进行了初步探索。于彤等<sup>[2]</sup>以基于本体和语义网络技术构建的中医药学语言系统(TCMLS)为框架,初步构建中医药知识图谱,并以可视化图形方式进行展示,这也是对 TCMLS 的一种扩充,并探索基于知识图谱搭建中医药维基百科系统或实现知识地图系统等应用。张德政等<sup>[36]</sup>采用本体知识表示方法构建中医核心知识图谱,并在图谱基础上探讨中医临证经验等相关应用。贾李蓉等<sup>[37]</sup>从资料来源、研究内容、展示形式等构建中医药知识图谱,并提出基于中医药知识图谱检索系统的应用前景。上海曙光医院构建包含疾病库、证候库、方药库等的中医药知识图谱,实现中医药知识问答和辅助开药应用<sup>[13]</sup>。中国中医科学院中医药信

息研究所致力于中医药信息化建设和数字资源利用等相关研究,目前已经建设中医药学语言系统、中医经方知识图谱、中医美容知识图谱等9个知识图谱,并将知识图谱嵌入中医药知识服务平台 TCMKB 中,以可视化方式进行展示,方便中医用户在概念层次上浏览领域知识,实现知识检索、问答以及决策等应用<sup>[7]</sup>。除了知识图谱整体构建思路,技术方法的选择也同样重要。目前,中医知识大多以非结构文本形式存在,面对海量的中医知识,手动对知识进行全面抽取耗时、耗力,如何准确、高效地对这类文本进行分析和处理是当前知识图谱研究的重点,也是知识图谱构建中具有挑战性的任务之一。屈倩倩等<sup>[38]</sup>基于 Bert-BiLSTM-CRF 模型识别出《伤寒论》中症状、疾病名称、方剂、中药、时间5类实体,识别精度较高。高佳奕等<sup>[39]</sup>基于 LSTM-CRF 模型对国医大师的中医医案症状实体进行抽取,通过多分类指标评价和不同变体模型的对比,得出带有 Peephole 机制的双向 LSTM 识别效果较好,为中医文本的自动化抽取提供方法上的参考。将自然语言处理技术应用于中医文本抽取对研究效率的提高具有重要意义,未来研究需不断探索适应于中医药领域且具有中医药特色的命名实体识别模型,以期加快中医智能化发展。

### 3.5 其他

中医养生学是我国具有中华民族特色的领域,Yu 等<sup>[40]</sup>参考相关典籍、教材等构建中医养生顶层本体,确定领域概念及其相关关系,并借助领域现有词库作为数据资源,完成中医养生知识图谱构建,并实现检索、浏览、可视化功能,向用户提供准确、全面的中医养生知识。张静等<sup>[41]</sup>应用 SATI3.2 和 Ucinet6 软件绘制中药安全知识图谱,揭示中药安全领域的主要研究热点及关联性,为中药安全研究开展提供参考。

综上所述,目前中医药知识图谱在中医基础理论、临床、方药、方法学等方面已经取得一些成果,可将中医药知识图谱应用研究归纳为3个方向:①部分研究以科学计量学为理论基础,多以数据库中期刊文献为来源,应用可视化软件绘制作者、机构、关键词等相关信息的图谱,从不同角度展示中医药领域结构特点、研究前沿和发展趋势,但大多研究仍集中在宏观概述层面上,知识图谱解读一定程度上依赖定性描述和判断,未来需更深入的研究和挖掘。②部分研究偏于技术方法,对中医药知识图谱构建

方法、标准化流程和算法模型开发等进行探索和实践,其中基于本体的中医药知识表示研究比较多,为中医药知识的关联、整合与分析等提供有力手段,但面对多类型、多源知识表达则能力有限,且尚未形成明确完整的知识图谱建模策略和流程,这也导致研究结果之间存在差异<sup>[42]</sup>。③部分研究以应用为主,以知识图谱为基础开展知识问答、知识推荐、辅助诊断等服务探索研究,为医生临床诊疗服务,但是由于中医个体化诊疗和干预等特点,使部分研究与真实临床诊疗结果具有一定的差距,如何建模实体使模型推荐的结果更加符合中医理论要求是当前研究的重点问题。

#### 4 中医药知识图谱研究面临的问题

##### 4.1 中医术语标准统一问题

中医术语是中医药领域利用特定文字来表述或限定专业概念的符号,集中体现中医学领域的核心知识<sup>[43]</sup>。中医药领域知识表述多样化,专家诊疗相对独立、各具特点,常以非结构化文本形式存在,缺乏自然语言处理方面的资源,给中医文本信息抽取和利用带来一定困难,故需要标准的中医专业术语作为支撑。目前中医药领域已有权威的《药物、疾病词典》,但是由于症状描述本身相对复杂,在中医症状术语规范问题上尚未形成统一标准,缺乏权威的、全面的、受业内广泛认可的术语词典。知识抽取的质量直接决定上层任务的好坏,围绕统一的中医术语标准进行规范,对后续知识图谱的应用具有重要的意义。

##### 4.2 知识图谱模式层构建问题

模式层构建的有效性直接影响知识图谱构建的质量。中医药领域隐性知识丰富且关系复杂,构建领域知识图谱耗时、耗力,本体构建并没有严格的要求和规范,且中医本体往往是由多个机构独立构建,如何定义本体间的关系尚未有统一的标准,其术语表达和关系定义都具有较大差别,这也导致本体使用率和重复率不高。现阶段知识表示方式大多仍是基于三元组形式进行语义映射,知识抽取往往针对的是二元关系抽取,然而二元关系很难表达实体关系的时空特性,面向多类型、多源融合的信息时,多元关系的展示仍需深入探索。

##### 4.3 中医知识融合技术规范问题

随着医疗数据不断增多以及中医师在实践过程中临床资料不断积累,这些不同来源的中医知识会存在大量重叠、知识质量参差不齐、知识关联关系不

明确等问题<sup>[44]</sup>。知识融合主要研究如何将不同来源抽取的知识通过对齐、合并、消歧等操作整合在同一框架下。其中本体层融合时,会出现不同本体间某些术语描述同一类实体的数据情况,那么需要本体融合技术把它们进行融合,但由于中医本体的复杂性,中医本体对齐问题尚未能很好地解决<sup>[45]</sup>。中医药领域知识融合技术不断发展,但是不同的技术在效率、适应范围等方面均有不同,故仍需要人工干预,进一步完善知识融合技术规范,实现异构知识图谱之间的互操作。

##### 4.4 推理方法设计和选择问题

目前,中医知识图谱辅助诊疗系统的构建大多借助于人工智能领域较为成熟的方法和技术,但这些方法和技术也具有一定的适用范围,不同的方法在实际应用场景中所表现的特征及蕴含的内容存在差异性。同时也要考虑这些技术和方法与中医药实际情况的适配程度,由于病情千变万化及中医个体化诊疗等特点,使得部分推理结果与中医真实诊疗结果存在一定的差距,目前药方推荐评价一般是医生主观评价,尚未有定量指标<sup>[29]</sup>。如何选择适合的方法和技术使模型推荐的结果更加符合中医理论并更好地服务中医临床?如何提升中医知识推理的效率和准确性?这是今后中医药知识图谱研究需要重点关注的方向。

#### 5 中医药知识图谱研究发展趋势

知识图谱因其具有知识语义化、数据易关联、可扩展等特点,已经成为资源管理和知识应用的重要技术,中医药与知识图谱相结合是中医药事业不断发展的必然趋势。但鉴于中医药知识图谱仍处于研究探索阶段,理论内核仍需完善,知识图谱的相关功能也需不断探索。

##### 5.1 高质量知识获取

知识获取是知识图谱构建过程中重要的一步,其准确率、完整性和有效率大大影响后续知识图谱的质量。中医药领域数据庞大、概念表达多样化且关系复杂,领域知识图谱构建缺乏相关资源,故需要先统一标准,才能从这些数据中挖掘高质量的知识。其次,中医药领域中积累了大量以文本形式存在的知识源,如中医医案、中医文献、中医古籍等,如何使其电子化并保证电子化过程中知识的完整度和规范化也是未来研究的方向。此外,名老中医辨证往往依赖自身经验且各具特点,其医案也是他们学术思想和临床经验的载体,很多隐性知识难以明确表达,

如何对这些知识进行抽取以更好地传承名老中医经验也是值得探讨的问题。基于深度学习和群体智能的知识抽取方法逐渐成为研究主流,为中医药知识抽取带来新的机会与挑战。

## 5.2 多模态知识融合

多模态是指多个知识表示方式或者来源。中医药领域的多模态知识包含病史信息、理化检查结果、影像图片信息、声音信息等。目前,多模态融合技术发展迅速并已经成为研究热门,旨在将不同模态的数据相互融合并充分发挥其优点,实现多模态数据之间的互补性。在对中医古籍构建知识图谱时,部分古籍中涉及的大量插图,仅仅靠文本数据不足以覆盖全部知识,将其与文本信息相融合也能便于用户理解。中医临床辨证采取四诊合参,涉及听觉、视觉、嗅觉、触觉等多模态数据,将这些数据相互融合,有助于全面评估疾病情况,提高中医辨证的客观性。随着计算机技术和中医类医疗器械的发展,舌象仪、脉象仪等设备为中医四诊信息的采集提供支撑,通过多模态知识融合能够关联多种模式信息,为下一步应用知识图谱,辅助中医临床决策提供参考。

## 5.3 高效推理决策

中医药领域常采用基于规则推理等传统方法对小规模知识图谱进行推理,但传统方法过于依赖规则,准确率不高,并且在相关决策中仍需依赖大量专家知识进行辅助判断。随着数据量的增大及抽取精度要求的提高,单一方法不能满足实际需求。将不同推理方式进行融合,充分发挥各自优势并互为补充,才能完成更复杂、多样的推理任务。近年来,深度学习是在机器学习基础上发展而来的基于神经网络对数据进行表征学习的算法模型,拥有强大的学习能力,降低专家定义特征的代价,在智能问答、语音识别等领域超过了传统算法,可以提高推理的准确性,对提升中医临床决策水平具有重要意义。

## 6 结语

目前知识图谱在中医药领域中应用广泛,但中医药领域知识图谱的构建和应用仍需更深层次的挖掘。如何运用知识图谱切实解决中医临床问题还需进一步的思考和探索。信息技术的飞速发展中医药知识图谱的构建创造了良机,作为中医药领域知识图谱的研究,要紧密结合中医药体系自身特点,契合中医理论和临床实际需求,研究如何能够更加精准地建模,以表达中医证候、中药方剂、辨证论治等各类中医药知识,以求更加精准、科学地辅助临床,

对实现智能问答、辅助诊疗等服务提供支撑。

参考文献:

- [1] 陈悦,刘则渊. 悄然兴起的科学知识图谱[J]. 科学学研究, 2005, 23(2): 149-154.  
CHEN Y, LIU ZY. The rise of mapping knowledge domain[J]. Stud Sci Sci, 2005, 23(2): 149-154.
- [2] 于彤,刘静,贾李蓉,等. 大型中医药知识图谱构建研究[J]. 中国数字医学, 2015, 10(3): 80-82.  
YU T, LIU J, JIA LR, et al. Research on the construction of big knowledge graph for traditional Chinese medicine[J]. China Digit Med, 2015, 10(3): 80-82.
- [3] 郝伟学. 中医健康知识图谱的构建研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2017.  
HAO WX. Study on the construction of health knowledge graph of traditional Chinese medicine[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2017.
- [4] 黄恒琪,于娟,廖晓,等. 知识图谱研究综述[J]. 计算机系统应用, 2019, 28(6): 1-12.  
HUANG HQ, YU J, LIAO X, et al. Review on knowledge graphs[J]. Comput Syst Appl, 2019, 28(6): 1-12.
- [5] BIZER C, LEHMANN J, KOBILAROV G, et al. DBpedia - A crystallization point for the web of data[J]. J Web Semant, 2009, 7(3): 154-165.
- [6] SUCHANEK FM, KASNECI G, WEIKUM G. YAGO: A large ontology from wikipedia and Word Net[J]. J Web Semant, 2008, 6(3): 203-217.
- [7] 于彤,贾李蓉,刘静,等. 中医药学语言系统研究综述[J]. 中国中医药图书情报杂志, 2015, 39(6): 56-60.  
YU T, JIA LR, LIU J, et al. Research overview on traditional Chinese medicine language system[J]. Chin J Libr Inf Sci Tradit Chin Med, 2015, 39(6): 56-60.
- [8] CHENG M, XIONG SF, LI F, et al. Multi-task learning for Chinese clinical named entity recognition with external knowledge[J]. BMC Med Inform Decis Mak, 2021, 21(1): 372.
- [9] 刘桥,李杨,段宏,等. 知识图谱构建技术综述[J]. 计算机研究与发展, 2016, 53(3): 582-600.  
LIU Q, LI Y, DUAN H, et al. Knowledge graph construction techniques[J]. J Comput Res Dev, 2016, 53(3): 582-600.
- [10] 曹倩,赵一鸣. 知识图谱的技术实现流程及相关应用[J]. 情报理论与实践, 2015, 38(12): 127-132.  
CAO Q, ZHAO YM. The realization process of knowledge map technology and its relevant application[J]. Inf Stud Theory Appl, 2015, 38(12): 127-132.
- [11] GRUBER TR. A translation approach to portable ontology specifications[J]. Knowl Acquis, 1993, 5(2): 199-220.
- [12] 郭文龙. 中医方剂知识图谱构建研究与实现[D]. 兰州: 兰州大学, 2019.  
GUO WL. Research and implementation of knowledge mapping of traditional Chinese medicine prescription[D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2019.
- [13] 阮彤,孙程琳,王昊奋,等. 中医药知识图谱构建与应用[J]. 医学信息学杂志, 2016, 37(4): 8-13.  
RUAN T, SUN CL, WANG HF, et al. Construction of traditional Chinese medicine knowledge graph and its application[J]. J Med Inform, 2016, 37(4): 8-13.
- [14] 吴嘉敏. 肺癌医学知识图谱的构建与分析[D]. 银川: 宁夏大学, 2019.  
WU JM. Construction and analysis of medical knowledge graph of lung cancer[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2019.
- [15] 庄严,李国良,冯建华. 知识库实体对齐技术综述[J]. 计算机研究与发展, 2016, 53(1): 165-192.  
ZHUANG Y, LI GL, FENG JH. A survey on entity alignment of knowledge base[J]. J Comput Res Dev, 2016, 53(1): 165-192.
- [16] 林海伦,王元卓,贾岩涛,等. 面向网络大数据的知识融合方法综述[J]. 计算机学报, 2017, 40(1): 1-27.  
LIN HL, WANG YZ, JIA YT, et al. Network big data oriented knowledge fusion methods: A survey[J]. Chin J Comput, 2017, 40(1): 1-27.
- [17] 方滔. 基于中文语言处理和深度学习的医疗知识图谱构建[D]. 新乡: 河南师范大学, 2018.  
FANG T. Medical knowledge MAP construction based on Chinese language processing and deep learning[D]. Xinxiang: Henan Normal University, 2018.
- [18] 邵浩. 从零构建知识图谱: 技术、方法与案例[M]. 北京: 机械

- 工业出版社, 2021: 59.  
SHAO H. Knowledge Graph from Scratch: Techniques, Methods and Cases [M]. Beijing: China machine press, 2021: 59.
- [19] 杭婷婷, 冯钧, 陆佳民. 知识图谱构建技术: 分类、调查和未来方向[J]. 计算机科学, 2021, 48(2): 175-189.  
HANG TT, FENG J, LU JM. Knowledge graph construction techniques: Taxonomy, survey and future directions[J]. Comput Sci, 2021, 48(2): 175-189.
- [20] 王永炎, 王忠. 中医药学科建设目标、研究方向与人才培养[J]. 中医杂志, 2012, 53(10): 811-814.  
WANG YY, WANG Z. TCM discipline construction goals, research directions and talent training[J]. J Tradit Chin Med, 2012, 53(10): 811-814.
- [21] 石燕, 何黎, 任秋静, 等. 中医体质知识图谱分析: 基于 VOS-viewer 和 CiteSpace 的计量分析[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2021, 23(9): 3415-3423.  
SHI Y, HE L, REN QJ, et al. Analysis of the knowledge graph of traditional Chinese medicine composition: A quantitative analysis based on VOSviewer and CiteSpace[J]. Mod Tradit Chin Med Mater Med World Sci Technol, 2021, 23(9): 3415-3423.
- [22] 陈陵芳. 《黄帝内经》病机十九条知识表示研究[D]. 长沙: 湖南中医药大学, 2018.  
CHEN LF. Study of the knowledge representations of 19 pathomechanisms in the Huangdi Neijing [D]. Changsha: Hunan University of Chinese Medicine, 2018.
- [23] 张莹莹. 基于知识图谱的舌像诊疗系统研究与构建[D]. 成都: 电子科技大学, 2019.  
ZHANG YY. Research and construction of tongue image diagnosis and treatment system based on knowledge graph [D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2019.
- [24] 卢克治. 基于中医古籍的知识图谱构建与应用[D]. 北京: 北京交通大学, 2020.  
LU KZ. The construction and application of knowledge graph based on the ancient books of traditional Chinese medicine [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2020.
- [25] 牟梓君. 小儿脑瘫中医诊疗知识图谱构建及其隐性知识显性化研究[D]. 北京: 中国中医科学院, 2021.  
MOU ZJ. Construction of cerebral palsy knowledge graph and explicit transformation of tacit knowledge of diagnosis and treatment based on medical records of traditional Chinese medicine [D]. Beijing: China Academy of Chinese Medical Sciences, 2021.
- [26] 石英杰. 基于病机模型的胸痹病中医智能辅助诊断方法研究[D]. 北京: 中国中医科学院, 2021.  
SHI YJ. Research on TCM intelligent auxiliary diagnosis method of chest impediment based on model of pathogenesis [D]. Beijing: China Academy of Chinese Medical Sciences, 2021.
- [27] 胡嘉元. 病机主导的中医临床个体化诊疗模式及决策支持系统构建[D]. 北京: 北京中医药大学, 2020.  
HU JY. Construction of an individualized clinical diagnosis and treatment model combined with decision support system for TCM led by pathogenesis [D]. Beijing: Beijing University of Chinese Medicine, 2020.
- [28] 郑子强. 面向慢性肾脏病中医医案的知识图谱学习与推理研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2020.  
ZHENG ZQ. Research on knowledge graph learning and reasoning for TCM prescription of chronic kidney disease [D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2020.
- [29] 孙明俊, 张丹, 郑明智, 等. 基于人工智能的类风湿性关节炎中医辅助诊疗系统[J]. 模式识别与人工智能, 2021, 34(4): 343-352.  
SUN MJ, ZHANG D, ZHENG MZ, et al. Traditional Chinese medicine aided diagnosis and treatment system for rheumatoid arthritis based on artificial intelligence [J]. Pattern Recognit Artif Intell, 2021, 34(4): 343-352.
- [30] 张雨琪, 李宗友, 王映辉, 等. 赵炳南、朱仁康皮肤科流派用方经验知识图谱构建[J]. 中国中医药图书情报杂志, 2021, 45(2): 1-5.  
ZHANG YQ, LI ZY, WANG YH, et al. Construction of knowledge map on experience in TCM prescriptions of dermatology schools of Zhao bingnan and Zhu renkang [J]. Chin J Libr Inf Sci Tradit Chin Med, 2021, 45(2): 1-5.
- [31] 刘凡, 王明强, 李凌香, 等. 名老中医临床经验知识图谱构建方法探索[J]. 中华中医药杂志, 2021, 36(4): 2281-2285.  
LIU F, WANG MQ, LI LX, et al. Exploration on construction method of Knowledge Graph of veteran TCM physicians' clinical experiences [J]. China J Tradit Chin Med Pharm, 2021, 36(4): 2281-2285.
- [32] 周孜恒, 车立娟, 李明, 等. 基于《脾胃论》的方剂本体构建初探[J]. 数理医药学杂志, 2016, 29(5): 635-637.  
ZHOU ZH, CHE LJ, LI M, et al. Preliminary research of building prescription ontology based on treatise on spleen and stomach [J]. J Math Med, 2016, 29(5): 635-637.
- [33] 尹丹, 周璐, 周雨玫, 等. 中医经方知识图谱“图搜索模式”设计研究[J]. 中国中医药信息杂志, 2019, 26(8): 94-98.  
YIN D, ZHOU L, ZHOU YM, et al. Study on design of graph search pattern of knowledge graph of TCM classic prescriptions [J]. Chin J Inf Tradit Chin Med, 2019, 26(8): 94-98.
- [34] 刘禹琪. 中医名方知识图谱构建与链路预测模型的研究及应用[D]. 长春: 东北师范大学, 2021.  
LIU YQ. Researches and applications of knowledge graph and link prediction model for famous prescriptions of traditional Chinese medicine [D]. Changchun: Northeast Normal University, 2021.
- [35] 吴鸿. 基于本草纲目的中药知识图谱构建及应用研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2020.  
WU H. Study on the construction and application of TCM knowledge graph about compendium of materia medica [D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2020.
- [36] 张德政, 谢永红, 李曼, 等. 基于本体的中医知识图谱构建[J]. 情报工程, 2017, 3(1): 35-42.  
ZHANG DZ, XIE YH, LI M, et al. Construction of knowledge graph of traditional Chinese medicine based on the ontology [J]. Technol Intell Eng, 2017, 3(1): 35-42.
- [37] 贾李蓉, 刘静, 于彤, 等. 中医药知识图谱构建[J]. 医学信息学杂志, 2015, 36(8): 51-53, 59.  
JIA LR, LIU J, YU T, et al. Construction of traditional Chinese medicine knowledge graph [J]. J Med Inform, 2015, 36(8): 51-53, 59.
- [38] 屈倩倩, 阚红星. 基于 Bert-BiLSTM-CRF 的中医文本命名实体识别[J]. 电子设计工程, 2021, 29(19): 40-43, 48.  
QU QQ, KAN HX. Named entity recognition of Chinese medical text based on Bert-BiLSTM-CRF [J]. Electron Des Eng, 2021, 29(19): 40-43, 48.
- [39] 高佳奕, 杨涛, 董海艳, 等. 基于 LSTM-CRF 的中医医案症状命名实体抽取研究[J]. 中国中医药信息杂志, 2021, 28(5): 20-24.  
GAO JY, YANG T, DONG HY, et al. Study on named entity extraction of TCM clinical medical records symptoms based on LSTM-CRF [J]. Chin J Inf Tradit Chin Med, 2021, 28(5): 20-24.
- [40] YU T, LI JH, YU Q, et al. Knowledge graph for TCM health preservation: Design, construction, and applications [J]. Artif Intell Med, 2017, 77: 48-52.
- [41] 张静, 叶六奇. 中药安全研究的知识图谱与主题分析[J]. 中国药房, 2018, 29(4): 466-469.  
ZHANG J, YE LQ. Knowledge mapping and thematic analysis of TCM safety study [J]. China Pharm, 2018, 29(4): 466-469.
- [42] 杨思洛, 韩瑞珍. 国外知识图谱的应用研究现状分析[J]. 情报资料工作, 2013(6): 15-20.  
YANG SL, HAN RZ. Studies in the status quo of knowledge mapping application research abroad [J]. Inf Documentation Serv, 2013(6): 15-20.
- [43] 崔艺箫, 翟兴, 钱亦昀, 等. 中医术语抽取方法研究进展[J]. 医学信息学杂志, 2021, 42(4): 30-34, 56.  
CUI YX, ZHAI X, QIAN YY, et al. Study progress of traditional Chinese medicine term extraction methods [J]. J Med Inform, 2021, 42(4): 30-34, 56.
- [44] 林海伦, 王元卓, 贾岩涛, 等. 面向网络大数据的知识融合方法综述[J]. 计算机学报, 2017, 40(1): 1-27.  
LIN HL, WANG YZ, JIA YT, et al. Network bigdata oriented knowledge fusion methods: A survey [J]. Chin J Comput, 2017, 40(1): 1-27.
- [45] 郝伟学, 于剑, 周雪忠. 本体对齐技术概述及其在中医领域的应用探讨[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2017, 19(1): 63-69.  
HAO WX, YU J, ZHOU XZ. The overview of ontology alignment techniques and their applications to traditional Chinese medicine (TCM) [J]. Mod Tradit Chin Med Mater Med World Sci Technol, 2017, 19(1): 63-69.

(编辑: 叶亮)