

知识图谱在糖尿病患者健康管理中的应用进展

茆福民¹, 李逗逗², 王艳丽¹, 聂娟¹, 徐书杭², 刘超²

摘要: 知识图谱通过先进的语义技术对大量的医疗知识进行规范化表示、抽取、融合和推理, 可以实现强大的知识可视化和推理支持功能。本文介绍知识图谱的概念、发展和特点, 综述其在糖尿病患者健康管理中的应用, 旨在为糖尿病患者健康管理提供参考。

关键词: 糖尿病; 健康管理; 知识图谱; 个性化医疗; 数字健康; 人工智能; 综述文献

中图分类号: R473.5 **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2025.02.126

Application progress of knowledge graphs in the health management of diabetic patients

Mao Fumin, Li Doudou, Wang Yanli, Nie Juan, Xu Shuhang, Liu Chao. School of Nursing, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China

Abstract: Knowledge graphs utilize advanced semantic technologies to standardize the representation, extraction, integration, and reasoning of vast medical knowledge, enabling powerful visualization and reasoning support functions. This article introduces the concept, development, and characteristics of knowledge graphs, and reviews its application in health management of diabetic patients, aiming to provide a reference for the health management of diabetic patients.

Keywords: diabetes; health management; knowledge graphs; personalized medicine; digital health; artificial intelligence; literature review

糖尿病是一种慢性代谢性疾病, 根据国际糖尿病联盟的最新数据显示, 全球糖尿病患者人数已达到 5.37 亿^[1]。中国糖尿病患者数量超过 1.4 亿, 居全球首位^[2]。糖尿病及其并发症对患者的健康和生活构成了严重威胁, 同时也给社会和国家的医疗体系带来沉重的负担^[3]。有效的糖尿病管理对改善患者健康状况和减少医疗成本具有重要意义^[4]。然而, 传统的管理模式由于时空的限制难以满足患者的需求^[5]。《“健康中国 2030”规划纲要》强调了科技创新和信息化在推动健康事业发展中的重要作用^[6]。目前, 利用智能技术进行糖尿病管理已成为国内外学者的研究热点, 连续动态血糖监测系统、互联网远程医疗、智能化语音随访等创新方法极大地提高了糖尿病患者自我管理的便捷性和效率^[7-10]。尽管如此, 这些智能管理方式在实际应用中仍面临医疗资源分配不均、信息的分散性、冗余性以及可信度不足等挑战。这些问题使得患者难以迅速获取准确的健康信息^[11]。知识图谱(Knowledge Graph, KG)作为一种先进的数据整合与知识获取手段, 通过将知识元素组织成图的形式, 实现知识的可视化存储与推理。在大数据研究领域, 知识图谱已经成为热门话题^[12], 现已广泛应用于智能问答、医疗辅助决策、个性化健康方案推荐等多

个系统, 为糖尿病患者健康管理提供了全新的思路与方法。本研究介绍知识图谱的概念、发展和特点, 综述其在糖尿病患者健康管理中的应用, 旨在为糖尿病患者的健康管理提供参考。

1 知识图谱概述

1.1 知识图谱概念 知识图谱是一种利用图数据模型捕捉和描述现实世界中的实体及其相互关系的结构化语义网络^[13]。每个实体在图谱中作为一个节点存在, 而实体间的关系则作为边, 连接这些节点。语义技术是指处理和理解语义内容、知识的各类技术的总称^[14]。通过使用特定的语义技术(Semantic Technologies), 对大规模知识进行标准化的表达、提取、整合和逻辑推理, 使得构建的知识图谱能够有效地存储和查询复杂的关系网络, 并能够帮助用户方便、快捷、准确地获取相关知识。

1.2 知识图谱的发展 知识图谱的发展历程标志着从传统的数据管理到智能化知识处理的转变。其概念最早可追溯至 1955 年, Garfield^[15] 提出了利用引文索引来改进文献检索的方法。随后在 1977 年, Studer 等^[16] 美国计算机科学家提出了知识工程(Knowledge Engineering)的概念, 以知识为处理对象, 基于人工智能的理论技术, 研究如何用计算机来表示和管理知识, 这标志着人们开始系统地研究和应用知识库。1998 年, 万维网的发明者 Berners-Lee 等^[17] 提出了语义网(Semantic Web)的概念, 这是一种通过节点和边来描述数据实体及其相互关系的知识表达方式。基于这一理念, Google 在 2012 年推出了知识图谱, 旨在提升搜索引擎的性能, 优化搜索结果并改善用户体验^[18]。2013 年, 随着智能信息服务和应用的不断

作者单位: 1. 南京中医药大学护理学院(江苏 南京, 210023);

2. 南京中医药大学附属中西医结合医院内分泌科

通信作者: 李逗逗, doudouli1983@163.com

茆福民: 男, 硕士在读, 学生, maofuminzzz@163.com

科研项目: 2024 年江苏省医院协会医院管理创新研究课题(JSY-GY-3-2024-581); 2024 年江苏省研究生实践创新计划(SJXC24_0855)

收稿: 2024-08-22; 修回: 2024-10-20

进步,知识图谱在学术界和工业界得到广泛的应用,并在智能搜索问答、风险控制、推荐系统等多方面发挥了重要的作用^[19]。这些技术的进步显著提升了知识图谱的构建和应用效率,使其成为推动智能信息服务发展的关键因素。目前,医学已成为知识图谱应用最为广泛的领域之一,也是全球人工智能研究的焦点,其在疾病风险评估、智能辅助诊断、医疗质量管理和医疗知识问答等智慧医疗领域展现出巨大的发展潜力^[20]。

1.3 知识图谱的特点 知识图谱作为一种先进的信息组织和表示方法,其核心价值在于能够将大规模、异构、分散的数据资源以实体、关系及属性的形式进行结构化整合,形成互联互通的语义网络^[21]。这种结构不仅极大地提升了数据的可读性、可理解性,而且显著增强了数据的智能处理能力。知识图谱的特点主要表现在以下几个方面^[22]:①精准高效的信息检索。知识图谱通过图形化的方式揭示了数据间的复杂关系,使得信息检索更为精准和高效。用户不再局限于关键词搜索,转而通过实体关系进行复杂的语义查询,获取更为丰富和深入的信息。②个性化推荐支持。知识图谱为推荐系统提供了坚实的支持,通过分析用户的行为模式和偏好,结合实体间的关联信息,实现个性化推荐服务。③智能决策支持。知识图谱能够整合不同领域的的数据资源,为决策者提供全面的信息视图,揭示不易被察觉的模式和趋势,从而提升决策的质量和效率。综上,知识图谱以其独特的数据组织方式,不仅提高了数据资源的利用效率,而且拓展了人工智能技术的应用范围,为各行业的信息化和智能化进程提供了强有力的技术支持^[23]。

2 知识图谱在糖尿病患者健康管理中的应用

2.1 智能对话系统:交互式信息检索 基于知识图谱的智能问答技术(Knowledge-Based Question Answering)是人工智能领域的重要进展,通过解析用户的自然语言,将其转换为语义图或数据库查询语言的结构化逻辑形式,实现从知识库中检索并输出用户易于理解的答案。张芳芳^[24]依据《中国糖尿病防治指南》《中国食物成分表》构建了专门针对糖尿病的知识图谱,并基于此开发了智能饮食问答系统。该系统能够处理六大类与糖尿病饮食相关的问题:判断正误类、列举项目类、行为指导类、营养查询类、解释原因类以及可能涉及到更广泛的健康咨询。每一类别分别对应具体问题,如判断正误类问题涉及对糖尿病患者饮食相关的事实进行判断,如“糖尿病患者可以吃苹果吗?”,系统会根据图谱内容给出相应的回答。基于图谱的问答系统可以帮助护理人员更好地进行饮食宣教,从而更好地对糖尿病患者进行健康管理。然而,该系统在理解用户的口语化提问或纠正提问错误方面存在不足,这可能影响其准确识别和响应用户的

语言需求。赵伟航^[25]研究并构建了基于知识图谱的糖尿病智能问答系统,该研究提出了如何高效构建和补充糖尿病知识图谱,同时解决了传统问答系统性能低和需二次检索的问题,提高了用户获取糖尿病相关知识的效率和准确性。

目前,智能问答系统正在向多模态交互发展,通过结合图像、声音和文本,致力于提供更为全面的用户体验。高逸佳等^[26]开发并实施了一个集成化的管理平台,该平台整合了特定疾病知识图谱、智能对话界面、大数据分析及物联网技术,旨在优化糖尿病管理的效率。该平台能够通过智能对话系统与患者进行互动,并提供个性化的健康咨询,内容覆盖用药指导、运动建议和饮食规划等多个方面。在测试期间,该平台在深度对话理解的语言准确度和召回率方面均实现了40%的增幅,表现出显著的性能优势。尽管如此,该平台目前主要依赖于用户的主动输入来提供建议,并未完全纳入个体差异因素,如年龄、性别、并发症等,这在一定程度上限制了其在提供高度定制化健康管理方案方面的潜力。

2.2 医疗辅助决策系统:疾病诊断与预测 糖尿病及其并发症的早期预测通常依赖机器学习技术,该技术通过分析患者医疗记录进行疾病诊断和预测^[27]。然而,过度依赖单一模型和电子病历数据可能导致模型泛化能力不足和过拟合现象。为了克服这些局限性,研究人员开始探索深度学习技术在糖尿病相关任务中的应用,以期通过更复杂的模型结构提高预测的准确性。知识图谱在决策支持中扮演着至关重要的角色,通过整合患者的医疗历史、实验室测试结果、药物反应和个人健康数据,知识图谱能够为医护人员提供一个全面的患者信息视图,这种视图不仅包括了患者的当前状况,还能够预测潜在的健康风险和并发症。郑群力^[28]结合知识图谱和深度学习开发了糖尿病辅助决策系统,该系统通过分析体检数据和诊疗信息,评估患者糖尿病及其并发症的风险。该系统虽然结合了深度学习的数据处理能力和知识图谱的外部医学知识,提高了模型的可解释性和准确性,但构建的知识图谱仅基于糖尿病公共数据集(DiaKG),未对糖尿病分型进行分类,可能影响诊断结果的全面性。Li等^[29]开发了基于知识图谱的糖尿病性黄斑水肿预测模型,该模型基于改进的相关性增强算法,通过综合分析临床数据,实现了对糖尿病性黄斑水肿风险的精准评估,其准确率高达86.21%。此外,研究团队构建的临床决策支持系统有助于医护人员识别高风险患者群体并进行早期干预。Hendawi等^[30]开发了多功能多模型的可解释预测平台,该平台利用知识图谱和本体论为糖尿病护理提供全面的解释框架,不仅预测糖尿病风险,还为机器学习模型及其结果提供易于理解的解释,帮助医护人员更好地理解 and 信任人工智能在糖尿病护理中的预测,促进了透明度和信任。

综上所述,基于知识图谱的人工智能技术为医疗专业人员在糖尿病诊断、并发症筛查等方面提供了强有力的辅助。未来可进一步探索开发集饮食管理、运动指导、药物使用和胰岛素注射于一体的综合性决策支持系统,有助于更加便捷地跟踪和管理患者治疗计划。

2.3 以患者为中心:个性化糖尿病管理方案 知识图谱可以通过整合和分析大量医学数据,针对患者疾病的特异性,为糖尿病患者自我管理和教育提供了新的途径。通过构建包含疾病信息、治疗指南和生活方式调整建议的知识图谱,患者可以更直观地理解糖尿病的病理机制、并发症风险以及日常管理的重要性。Wang 等^[31]开发了一个强化学习框架,该框架通过分析住院患者的电子健康记录,学习并模拟血糖状态的动态变化,为2型糖尿病患者提供个性化的胰岛素治疗建议。该框架通过一项概念验证试验被证实可有效降低患者的平均血糖水平,避免低血糖风险。Ammar 等^[32]则开发了基于个人健康图书馆(Personal Health Library, PHL)的移动健康推荐系统。该系统结合了患者 PHL 中的数字健康数据和其他情境知识来源,提供改善糖尿病患者自我护理行为的定制化建议。研究表明,PHL 能够帮助患者和护理人员在健康管理决策中发挥中心作用,同时为医疗提供者提供信息化工具。数字孪生技术通过创建物理实体的详尽虚拟副本,模拟和预测其在现实世界中的行为,在疾病进展预测、个性化治疗计划、健康监测和预警方面具有天然优势^[33]。国外有学者提出基于个人健康知识图谱的实时数字孪生框架,该框架能够预测血糖水平、优化胰岛素剂量、提供个性化生活方式建议,并实现健康数据的可视化^[34]。其优势在于整合多源数据,提供定制化的健康管理方案,提升治疗的安全性及有效性,并促进患者的自我管理。此外,图谱还能根据患者的个人数据,如年龄、性别、病史等,提供定制化的教育材料和自我管理策略,使患者能够更加主动地参与到自己的治疗计划中,从而提高治疗的依从性和护理效果。尽管该研究展示了数字孪生技术在糖尿病管理中的潜力,但其在实际医疗环境中的应用效果仍需通过大规模临床试验进行验证。

3 展望

知识图谱能够整合患者的医疗记录、护理计划和健康监测数据,形成结构化的知识库,从而实现护理流程的自动化和智能化,这种方式不仅提高了护理工作的效率,还提升了患者护理的连续性和协调性,为患者提供更加精准和个性化的护理服务。然而,在利用该技术所带来的便利性的同时,还面临着一些困难和挑战。

3.1 数据质量控制 糖尿病治疗与管理策略的发展紧跟医学研究的步伐。在当前信息爆炸和医学知识快速更新的背景下,知识图谱中的数据可能面临过

时、不准确或不一致的风险。因此,在构建糖尿病知识图谱的过程中,必须综合多元信息资源,强化对知识图谱的维护与审查机制。定期对知识图谱内容进行验证与修正,以确保其信息的准确性和时效性。

3.2 患者隐私保护 在将知识图谱技术应用于糖尿病管理领域时,实现个性化服务供给与患者隐私保护之间的均衡显得尤为关键。患者群体在期望获得定制化健康管理建议的同时,也对个人健康信息的安全表示关切。因此,知识图谱系统的设计必须融合尖端的数据分析技术以提供高度个性化的建议,同时需采纳严格的数据保护措施。这些措施包括但不限于加密存储、访问控制以及匿名化处理等,以确保患者信息的安全性和保密性。通过这种平衡策略,可以增强患者对系统的信任度,并激励他们更加主动地参与到自身的健康管理过程中。

3.3 跨学科知识整合 在构建糖尿病知识图谱的过程中,跨学科知识的整合至关重要。该过程涉及从内分泌学、营养学、心血管学等多个医学领域中提取和融合相关知识。这一整合工作不仅要求对不同学科知识的深入理解,还需要在不同数据源和知识领域之间实现有效地融合,同时需组建由多领域专家组成的团队,以实现有效的沟通与知识共享。建立有效的协作机制对于确保团队成员间的协同工作也至关重要。最终,所构建的知识图谱需具备出色的可扩展性和灵活性,以适应医学知识的持续更新及多样化的应用需求。

4 小结

知识图谱作为人工智能领域研究的前沿热点之一,通过结构化存储和分析大量医疗数据,为糖尿病患者提供个性化的饮食、运动和用药建议。随着研究的深入,构建完善的专业知识库实体,综合考虑糖尿病患者个体差异,提供更为科学、合理且个性化的高质量建议,探索基于知识图谱的糖尿病健康管理系统在患者实际应用中的可行性与有效性,是今后开展糖尿病患者健康管理研究的趋势。这种结合信息技术的新型护理模式将优化护理工作流程,提升护理效率和质量。同时,技术的发展也给患者数据安全和隐私保护带来挑战,建立合理的数据使用和共享机制将成为知识图谱可持续发展的关键。知识图谱有潜力成为支持糖尿病等慢性病患者健康管理的关键工具,为患者提供更科学、合理、个性化的健康管理服务,并为医疗专业人员提供强有力的决策支持,共同促进慢性病健康管理的进步和发展。

参考文献:

- [1] International Diabetes Federation. IDF diabetes atlas, 10th ed [EB/OL]. (2021-12-09)[2023-07-05]. <https://diabetesatlas.org/data/en/country/42/cn.html>.
- [2] 中华医学会糖尿病学分会, 国家基层糖尿病防治管理办公室. 国家基层糖尿病防治管理指南(2022)[J]. 中华内

科杂志,2022,61(3):249-262.

- [3] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南 (2020 年版)[J]. 中华糖尿病杂志,2021,13(4):315-409.
- [4] 石瑞峰,郭晓蕙,章秋. 我国成人 2 型糖尿病自我管理教育与支持的现状与展望[J]. 中华糖尿病杂志,2021,13(2):121-124.
- [5] Cho M K, Kim M Y. Self-management nursing intervention for controlling glucose among diabetes;a systematic review and meta-analysis[J]. *Int J Environ Res Public Health*,2021,18(23):12750.
- [6] 健康中国行动推进委员会. 健康中国行动(2019—2030 年):总体要求、重大行动及主要指标[J]. 中国循环杂志,2019,34(9):846-858.
- [7] 林艳,蒋新军,邢树平,等. 数字疗法在 2 型糖尿病患者自我管理中的应用进展[J]. 护理学杂志,2024,39(15):120-124.
- [8] Anjum M, Saher R, Saeed M N. Optimizing type 2 diabetes management: AI-enhanced time series analysis of continuous glucose monitoring data for personalized dietary intervention[J]. *Peer J Comput Sci*,2024,10:e1971.
- [9] Cheng Y S, Lin C P, Chen L Y A, et al. Short-term effects of an eHealth care experiential learning program among patients with type 2 diabetes: randomized controlled trial[J]. *J Med Internet Res*,2024,26:e53509.
- [10] 闫朝霞,陈小平,程团结,等. 基于 5G 网络的复合型糖尿病 AI 管理平台的设计与应用[J]. 护理学杂志,2024,39(5):6-9.
- [11] 王莉,付阿丹,易兰,等. “互联网+”糖尿病健康管理站在 2 型糖尿病患者管理中的应用[J]. 中国全科医学,2019,22(15):1836-1841.
- [12] 王彩云,郑增亮,蔡晓琼,等. 知识图谱在医学领域的应用综述[J]. 生物医学工程学杂志,2023,40(5):1040-1044.
- [13] Chen X, Jia S, Xiang Y. A review: knowledge reasoning over knowledge graph[J]. *Expert Syst Appl*, 2020,141:112948. 1-112948. 21.
- [14] Yang J, Zhuang X, Li Z, et al. CPMKG: a condition-based knowledge graph for precision medicine[J]. *Database*,2024,2024:baae102.
- [15] Garfield E. Citation indexes for science:a new dimension in documentation through association of ideas[J]. *Science*,1955,122(3159):108-111.
- [16] Studer R, Benjamins V R, Fensel D. Knowledge engineering: principles and methods[J]. *Data Knowl Eng*,1998,25(1/2):161-197.
- [17] Berners-Lee T, Hendler J, Lassila O. A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities[J]. *Sci Am*,2001,284(5):34-43.
- [18] Pujara J, Miao H, Getoor L, et al. Knowledge graph identification[C]. Sydney: Springer Berlin Heidelberg, 2013:542-557.
- [19] Paulheim H. Knowledge graph refinement: a survey of approaches and evaluation methods[J]. *Semantic Web*, 2017,8(3):489-508.
- [20] Abu-Salih B, Al-Qurishi M, Alweshah M, et al. Healthcare knowledge graph construction: a systematic review of the state-of-the-art, open issues, and opportunities [J]. *J Big Data*,2023,10(1):81.
- [21] Ji S, Pan S, Cambria E, et al. A survey on knowledge graphs: representation, acquisition, and applications [J]. *IEEE Trans Neural Netw Learn Syst*,2021,33(2):494-514.
- [22] 黄勃,吴申奥,王文广,等. 图模互补:知识图谱与大模型融合综述[J]. 武汉大学学报(理学版),2024,70(4):397-412.
- [23] 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.
- [24] 张芳芳. 基于语义技术的问答系统构建研究[D]. 武汉:华中科技大学,2017.
- [25] 赵伟航. 基于知识图谱的糖尿病智能问答系统关键技术研究及应用[D]. 西安:西京学院,2023.
- [26] 高逸佳,林靖生,杨海俊,等. 基于多模态智能对话机器人的糖尿病健康管理服务平台应用研究[J]. 中国医疗设备,2022,37(6):106-109,131.
- [27] 练春兰. 基于机器学习方法的早期糖尿病风险预测[J]. 统计学与应用,2023,12(4):974-984.
- [28] 郑群力. 基于知识图谱和深度学习的糖尿病辅助诊断模型研究与实现[D]. 南京:南京邮电大学,2023.
- [29] Li Z Q, Fu Z X, Li W J, et al. Prediction of diabetic macular edema using knowledge graph[J]. *Diagnostics*, 2023,13(11):1858.
- [30] Hendawi R, Li J, Roy S. A mobile App that addresses interpretability challenges in machine learning-based diabetes predictions: survey-based user study [J]. *JMIR FormRes*,2023,7(1):e50328.
- [31] Wang G, Liu X, Ying Z, et al. Optimized glycemic control of type 2 diabetes with reinforcement learning: a proof-of-concept trial[J]. *Nat Med*,2023,29(10):2633-2642.
- [32] Ammar N, Bailey J E, Davis R L, et al. Using a personal health library-enabled mHealth recommender system for self-management of diabetes among underserved populations: use case for knowledge graphs and linked data[J]. *JMIR Form Res*,2021,5(3):e24738.
- [33] Sun T, He X, Li Z. Digital twin in healthcare: recent updates and challenges [J]. *Digital Health*, 2023, 9:20552076221149651.
- [34] Sarani Rad F, Hendawi R, Yang X, et al. Personalized diabetes management with digital twins: a patient-centric knowledge graph approach[J]. *J Pers Med*,2024,14(4):359.

(本文编辑 韩燕红)