

人工智能赋能中医体质辨识与方言语音交互的老年友好型健康服务平台：研究进展与构建思路

刘家丞, 穆光锐*, 林海勇, 闫宇欣, 代梦瑶

黑龙江中医药大学研究生院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2026年7月7日; 录用日期: 2026年8月11日; 发布日期: 2026年8月20日

摘要

人口老龄化与慢性病共病趋势使老年健康管理面临持续性、个体化和可及性要求, 而以文字、普通话和触屏操作为主的数字健康平台难以覆盖不识字、方言使用及感官功能下降的老年群体。本文围绕老年健康服务需求、中医体质辨识与“治未病”理论、人工智能(AI)及方言语音交互技术, 梳理相关研究进展, 并提出老年友好型健康服务平台的构建思路。现有证据显示, 机器学习可用于慢病风险预测与认知筛查, 中医体质辨识为个体化生活方式干预提供了理论入口, 方言语音交互则有助于降低健康信息采集的使用门槛。平台宜以方言语音为主要入口, 以AI动态问卷和可穿戴设备为数据支撑, 以体质与风险评估、专业复核、家庭协同和线下服务转介为输出, 形成“采集-分析-干预-反馈”闭环。当前仍需重点解决方言老年语料不足、证候与体质量化困难、数据质量与算法公平、隐私保护及临床外部验证不足等问题。未来应通过多中心、前瞻性和真实世界研究, 验证平台的可用性、准确性、健康结局与服务公平性。

关键词

人口老龄化, 中医体质辨识, 人工智能, 方言语音交互, 老年健康管理

AI-Enabled Elderly-Friendly Health Service Platform for TCM Constitution Identification and Dialect Speech Interaction: Research Progress and Construction Framework

Jiacheng Liu, Guangrui Mu*, Haiyong Lin, Yuxin Yan, Mengyao Dai

Graduate School, Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin Heilongjiang

*通讯作者。

文章引用: 刘家丞, 穆光锐, 林海勇, 闫宇欣, 代梦瑶. 人工智能赋能中医体质辨识与方言语音交互的老年友好型健康服务平台: 研究进展与构建思路[J]. 计算机科学与应用, 2026, 16(8): 167-176. DOI: 10.12677/csa.2026.168272

Abstract

The concurrent trends of population aging and multimorbidity impose sustained, individualized, and accessible demands on elderly health management. However, digital health platforms that primarily rely on text, Mandarin, and touchscreen operations are inadequate for older adults who are illiterate, speak dialects, or experience age-related sensory decline. This paper reviews relevant research progress on elderly health service needs, Traditional Chinese Medicine (TCM) constitution identification and the theory of “preventive treatment of disease”, as well as artificial intelligence (AI) and dialect speech interaction technologies, and proposes a construction framework for an elderly-friendly health service platform. Existing evidence indicates that machine learning can be applied to chronic disease risk prediction and cognitive screening, TCM constitution identification provides a theoretical entry point for personalized lifestyle interventions, and dialect speech interaction helps lower the barrier to health information collection. The proposed platform should adopt dialect speech as the primary entry point, supported by AI-driven dynamic questionnaires and wearable devices for data acquisition, and deliver outputs including constitution and risk assessment, professional review, family coordination, and offline service referral, thereby forming a closed loop of “collection-analysis-intervention-feedback”. Key challenges remain to be addressed, including insufficient dialect speech corpora from elderly speakers, difficulties in quantifying TCM syndromes and constitutions, data quality and algorithmic fairness, privacy protection, and the lack of clinical external validation. Future efforts should focus on multicenter, prospective, and real-world studies to validate the platform’s usability, accuracy, health outcomes, and service equity.

Keywords

Population Aging, Traditional Chinese Medicine (TCM) Constitution Identification, Artificial Intelligence, Dialect Speech Interaction, Elderly Health Management

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 老年健康服务的现实需求

1.1. 老龄化、慢病负担与数字健康鸿沟

老年健康问题已由单一疾病治疗转向慢病共病、功能维护和连续照护。全球疾病负担研究提示，心血管疾病、慢性肾病等非传染性疾病的绝对负担仍受人口老龄化和代谢风险因素影响[1][2]。中国老年人口规模大、家庭照护结构变化快，社区和居家场景中的健康监测、风险预警与服务衔接需求日益突出[3]。因此，老年健康平台的核心不应局限于信息展示，而应同时承担低门槛交互、连续数据采集、风险分层和服务协调等功能。

现有数字健康工具多以普通话、文字阅读和触屏操作为默认前提，老年人可能因视力、听力、手部精细动作和数字素养下降而难以完成注册、填报和复诊等流程。相关研究已指出，智能手机健康评估和智慧养老产品在适老化设计、操作简化及通用性方面仍存在不足[4]-[6]；数字干预虽可改善部分慢病患者的自我效能和生活质量，但其效果受依从性、设备可及性和服务连续性影响[7]。对于方言使用者、听力

受损者及不识字者，语言和沟通障碍还会进一步放大健康服务不平等[8]。

1.2. “治未病”与老年健康管理的适配性

国家层面持续强调积极应对人口老龄化、完善老年健康服务体系和推进中医药健康服务[9] [10]。中医“治未病”包括未病先防、既病防变和瘥后防复，与老年慢病管理的风险识别、早期干预和长期随访具有较强的理念对应关系[11]。中医体质辨识能够将饮食、运动、睡眠和情志等生活方式建议与个体特征相联系，并可与老年综合评估(CGA)结合，形成兼顾疾病、功能、心理和社会支持的综合管理框架[12]。但需要明确，体质辨识属于健康评估和风险分层工具，不能替代疾病诊断、处方决策或急症处置。

2. 中医体质辨识与人工智能的结合基础

2.1. 体质辨识的理论价值与现有证据

《中医体质分类与判定》将体质分为平和质、气虚质、阳虚质、阴虚质、痰湿质、湿热质、血瘀质、气郁质和特禀质。老年人常见气虚、阳虚等偏颇体质，其形成与脏腑功能减退、活动能力下降及代谢失衡有关[13]-[15]。已有研究发现，中医体质问卷与高血压、糖尿病等疾病或健康结局存在关联，为以体质为入口开展风险分层提供了观察性依据[16] [17]。社区应用研究亦提示，体质辨识结合保健指导可能改善部分老年人的健康行为和亚健康表现[18] [19]；基于中医体质的 AI 健康教育系统也已进入方案设计和验证阶段，但其实际效果仍需随机对照研究确认[20]。不过，现有证据仍以横断面研究、单中心应用和方案性研究为主，体质分类的稳定性、干预的因果效应及其对硬结局的影响仍需高质量研究验证。

2.2. 数字化转译的关键难点

中医辨证强调四诊合参、动态观察和整体判断，而数字平台要求将症状、体征和生活方式信息转化为可结构化、可计算的数据。现有研究已从证候标准化、组学辅助和循证评价等方面讨论其客观化路径，但证候边界、数据标注和跨医师一致性仍是难点[21] [22]。决策树、知识注意力和处方推荐等方法可为体质分类和辨证推理提供技术支持，但模型性能高度依赖训练样本的代表性、标签质量和外部验证[23]-[25]。此外，老年人常以口语化、隐喻化或方言表达症状，平台需要同时完成语音识别、方言归一化、医学实体识别和语义确认，不能将一次自动转写直接等同于可靠的临床信息。

3. 老年友好型健康服务平台的构建思路

3.1. 以方言语音为入口的多模态交互

方言语音交互可降低文字输入和复杂触屏操作的门槛，适用于健康打卡、症状描述、用药提醒和服务咨询等场景。研究表明，自然语言特征可用于老年人心理状态识别，语音及声学信号也已被用于吞咽困难等健康筛查的技术探索[26] [27]。AI 辅助中医诊断及中医现代化研究进一步提示，语音、图像和结构化知识的多模态融合具有应用潜力，但仍需以临床数据和人工复核为基础[28]-[30]。面向老年健康服务，语音模块应采用“方言识别-医学热词增强-语义确认-结果播报”的链路，训练数据覆盖不同地区、年龄、性别、语速和听力状况，并通过重复提问、候选答案和人工纠错降低误识别风险。

老年友好不等于单一依赖语音。对于听力障碍、言语障碍或嘈杂环境中的用户，平台应保留大字体、图标、人工协助和家属代填等替代通道；对于涉及胸痛、意识障碍、呼吸困难等高风险信息的表达，系统应优先触发人工或急救流程，而不是继续进行自动问卷。方言语音的价值在于改善可及性，不能据此宣称平台能够独立完成中医诊断或临床决策。

3.2. AI 动态问卷与可穿戴数据融合

AI 动态问卷应以年龄、既往史、用药、功能状态和上一轮回答为条件,利用规则引擎、决策树和自然语言理解技术动态选择问题,跳过无关条目,并对矛盾或缺失信息进行确认。相关研究显示,机器学习模型已用于慢病进展、胃溃疡风险及轻度认知障碍筛查,但其结果仍需结合临床场景和人群差异解释[31]-[33]。在平台中,动态问卷的主要作用是提高数据完整性和采集效率,而不是替代医师诊断。

可穿戴设备和家用检测设备可连续采集血压、心率、血氧、活动量和睡眠等指标,并通过时间序列分析识别异常趋势。AI 在老年临床研究和照护中的应用已呈增长趋势,但设备依从性、数据缺失、测量偏差和不同品牌之间的互操作性会影响模型可靠性[34][35]。因此,平台应同时保存数据来源、测量时间、质量标记和人工复核记录,并以趋势变化和风险等级为主要呈现方式,避免用单次异常值制造不必要的焦虑。

3.3. “采集 - 分析 - 干预 - 反馈” 服务闭环

平台框架可分为交互层、数据层、分析层和服务层。交互层负责方言语音、普通话、视觉和人工辅助;数据层整合问卷、语音转写、设备指标、既往病史和服务记录;分析层输出体质评估、慢病风险提示和随访优先级;服务层将结果分别推送给老年人、监护人、家庭医生、社区机构或养老机构。中医健康管理与 AI 结合的研究已提出从数据采集到健康干预的连续管理方向,但平台化落地仍需明确各主体的责任边界[36][37]。

闭环的关键不是增加功能数量,而是保证每一条提示都能对应后续行动:低风险用户获得简明的生活方式建议并进入常规随访;中风险用户由家庭医生或健康管理师复核并安排随访;高风险用户转入人工问诊、线下就医或急救流程。所有个性化建议应标明证据来源、适用条件和禁忌事项,涉及药物、方剂或治疗操作时必须由具备资质的专业人员审核。

3.4. 数据治理与算法责任

健康语音、体质报告和疾病风险信息具有高度敏感性,平台应遵循最小必要采集、明示同意、分级授权、脱敏使用、全程审计和可撤回等原则。医生、社区工作人员、监护人和平台运营者应采用不同的访问权限,家属端以健康摘要和预警信息为主,不宜默认开放原始语音或完整病历。对于方言、性别、年龄、教育程度和设备条件不同的用户,还应开展分层性能评估,关注识别错误和服务遗漏是否集中于弱势群体。AI 在老年健康管理中的价值取决于技术性能、组织协同和责任追踪的共同成立,而非单一模型指标[38]。

3.5. 系统架构与数据流: 从语音入口到人机协同输出

关于平台架构方面,我们将系统拆解为数据入口、交互与感知、语义理解与流程编排、知识与分析、治理与服务输出五层。图 1 给出模块、关键技术和主要数据流。系统的最小可行闭环不是“语音输入 - 自动诊断”,而是“语音输入 - 结构化抽取 - 置信度确认 - 体质/风险评估 - 专业复核 - 分层服务”,其中任一高风险节点均可由人工接管。

(1) 语音识别前端。前端先完成语音活动检测、说话人分离和噪声质量评估,再使用方言适配的端到端自动语音识别模型,并通过中医症状、部位、药物和时间表达构建热词表。采用“通用声学模型 + 领域热词/语言模型增强”的组合,是因为老年语音往往同时具有方言音系、语速不稳、停顿增多和家庭环境噪声等特征,单纯扩大通用词表难以稳定解决医学词汇召回问题。

(2) 自然语言理解单元。该单元将转写结果归一化为普通话医学概念,并抽取“症状 - 部位 - 持续时

间-程度-诱因/缓解因素-用药”等实体与槽位，同时保留原始方言片段、候选概念、模型置信度和确认状态。低置信度或会改变风险分层的结果必须触发“复述-候选选择-再次确认”流程，避免将一次自动转写直接当作临床事实。

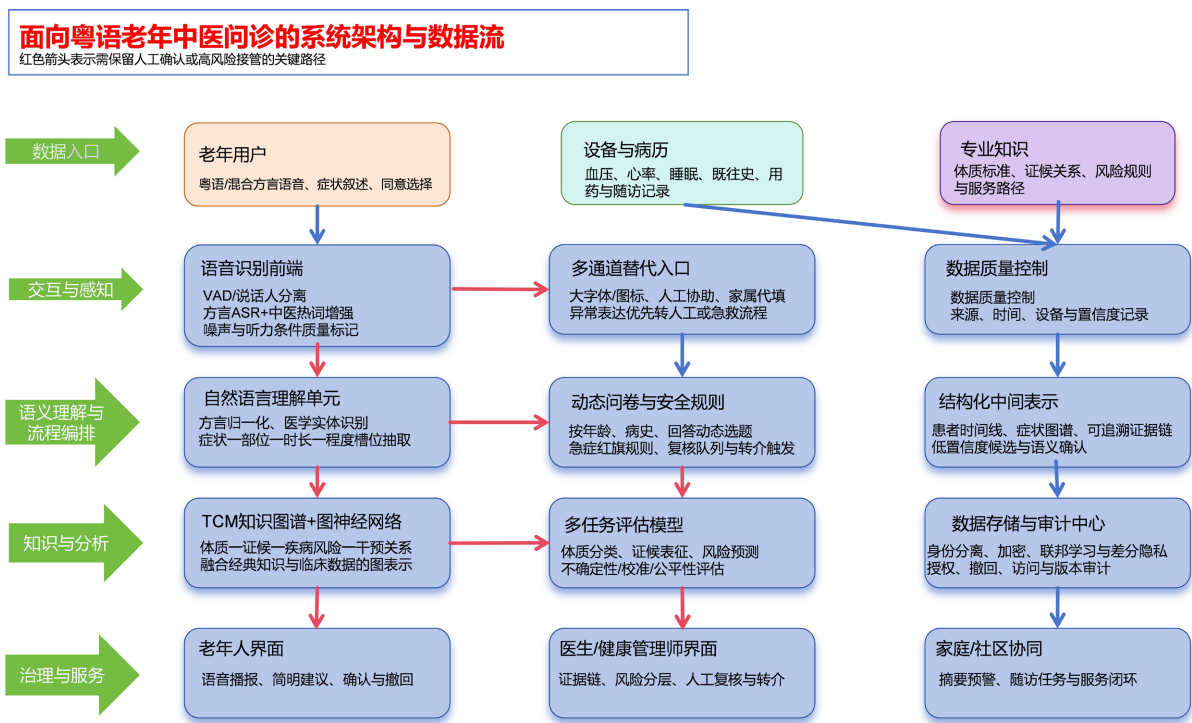


Figure 1. System architecture and data flow for Cantonese elderly TCM consultation
图 1. 面向粤语老年中医问诊的系统架构与数据流

- (3) 动态问卷与安全规则。问卷引擎依据年龄、既往史、上一轮回答、功能状态和当前风险动态选题；规则引擎独立维护胸痛、呼吸困难、意识障碍、严重过敏等红旗信号，并在触发时暂停常规问卷，转入人工问诊或急救指引。将安全规则与统计模型解耦，便于审计、版本控制和临床人员复核。
- (4) 知识与分析层。知识图谱用于组织体质、证候、疾病风险、生活方式因素和服务动作之间的关系；图神经网络提取局部与跨层关系表示，多任务模型同时输出体质概率、证候表征和慢病风险提示，并将关键证据回链至症状、测量值和规则来源。该设计将“可解释的知识约束”置于模型输出之前，降低黑箱推理和越权生成的风险。
- (5) 数据存储与用户/医生界面。数据中心保存身份分离后的语音摘要、结构化实体、设备数据、授权记录、模型版本、人工修订和服务结果；老年人界面突出语音播报、简短问题和一键转人工，医生界面展示证据链、风险等级、不确定性和待复核项，家属/社区界面只接收经授权的健康摘要、预警和随访任务。

3.6. 证候与体质量化：知识图谱约束的多任务计算框架

“证候-体质量化”既涉及中医理论概念的数字化转译，也涉及临床标签的主观性和时间变化。我们提出一个“本体约束-图表示学习-多任务预测-人工校准”的计算范式：首先建立体质、证候、症状、舌脉信息、疾病风险和干预动作的分层本体；其次将经典理论中的定义、相兼关系、禁忌关系与临床数据中的共现关系分别编码，构建带来源标识和置信权重的异质图；最后将患者在一段时间内的症状槽位、设备趋势和问卷答案编码为患者子图，输入图神经网络与共享语义编码器。将上述宏观框架进一

步落到可验证的粤语老年中医问诊语音原型：先评估语音识别、医学实体抽取和红旗信息召回，再在外部验证和专业复核基础上逐步接入体质辨识与风险预测。

模型输出不应只给出单一类别，而应同时学习三个相关任务：体质分类 $p(c|x)$ 、证候表征 $p(s|x)$ 和疾病/不良结局风险 $p(r|x)$ 。可将总损失写为： $L = \lambda_c L_c + \lambda_s L_s + \lambda_r L_r + \lambda_g L_g + \lambda_u L_u$ 。其中 L_c 、 L_s 和 L_r 分别为分类或风险预测损失， L_g 为知识图谱关系一致性约束， L_u 为不确定性与校准损失； λ 为在验证集上确定的任务权重。若语义证据不足，模型应输出“信息不足/需复核”，而不是强行归类。

该选型的理由有三点：一是图结构可以显式保留经典理论与临床证据的来源，支持“为什么给出该提示”的追溯；二是多任务学习共享症状语义表示，可缓解单一体质标签样本不足，并利用风险任务提供辅助监督；三是通过温度校准、分层性能报告和人工复核阈值，将模型评价从平均准确率扩展到可靠性、公平性和临床可用性。需要强调，图谱关系是计算约束和解释工具，不等同于已被临床试验证实的因果关系；任何诊疗或用药建议仍须由有资质的专业人员确认。

3.7. 聚焦核心技术的原型验证：粤语老年中医问诊语音识别与实体抽取

为将宏大平台框架转化为可检验研究，将第一阶段研究边界收缩为“面向粤语老年群体的中医问诊语音识别与医学实体/槽位抽取”。该原型只验证语音到结构化问诊信息的关键链路，不在同一阶段宣称完成体质诊断、处方推荐或临床决策。选择粤语作为示范方言，是因为其既具有明确的方言适配需求，又便于在社区、门诊和医养结合机构中设计连续采集与人工复核流程；后续可用同一标注体系迁移至闽南语等方言。

语料库建设采用“说话人独立”的小规模试点设计。计划在伦理审批和语音知情同意后，招募不少于 60 名、年龄不低于 60 岁的粤语常用者，采集约 20~30 小时社区/门诊模拟问诊语音，并覆盖不同性别、年龄段、教育程度、语速、噪声和设备条件。每条语音由至少两名经过培训的标注员进行转写与实体标注，第三名中医或全科专业人员处理分歧。标注范围限定为可由问诊语音可靠获取的内容，包括症状、部位、持续时间、程度、诱因、缓解因素、睡眠、食欲、二便、既往史和用药；舌象、脉象等无法由语音直接观察的内容不纳入语音标签。

建议采用 70%/15%/15% 的说话人独立训练集、验证集和测试集，禁止同一说话人的语音跨集合，以避免年龄、音色和表达习惯泄漏。基线比较设置为：A，通用普通话 ASR + 通用医学实体识别；B，加入粤语语音适配；C，在 B 基础上加入中医热词、方言归一化和置信度驱动的语义确认。主要指标为字符错误率/词错误率、医学实体 Precision、Recall 和 F1、槽位完全匹配率、低置信度确认率、端到端延迟及急症红旗召回率；同时按年龄、性别、教育程度、方言熟练度和噪声条件分层报告 95% 置信区间。可复现验证路径见表 1。

Table 1. Reproducible verification pipeline for the Cantonese elderly TCM diagnostic consultation speech prototype
表 1. 粤语老年中医问诊语音原型的可复现验证路径

阶段	输入与处理	输出与判定
数据采集	粤语老年问诊语音；同步记录场景、设备、噪声与授权版本	脱敏音频、转写稿、说话人 ID、场景标签
标注质控	双人转写与实体标注；专业人员仲裁；抽样复核一致性	实体边界、槽位值、证据片段、标注一致性
模型训练	通用 ASR、粤语适配、热词增强、归一化与实体抽取的分阶段消融	WER/CER、实体 F1、槽位匹配、延迟与置信度
安全评估	构造胸痛、呼吸困难、意识障碍等红旗表达及噪声/方言变体	红旗召回率、漏报案例、人工接管比例与复核负担

3.8. 伦理、治理与分阶段部署框架

平台面向老年人使用时，伦理设计应与交互流程同时完成，而不是在模型训练后补充。语音知情同意可采用“解释－理解核验－选择－确认－可撤回”的五步流程：先用短句和方言播报说明采集目的、数据类型、保存期限、共享对象、潜在风险和人工复核安排；再用 teach-back 方式请用户复述关键事项；随后让用户分别选择是否同意语音、问卷、设备和家属协同；最后由用户口头说出或选择“同意/不同意/稍后决定”，系统记录同意版本、时间、设备、辅助人员和撤回渠道。对听力、认知或表达能力受限者，应提供大字版、人工解释和适当的代理/辅助同意流程，并保留用户随时停止录音和撤回授权的入口。

隐私保护采用分层组合方案：在端侧先做语音活动检测和敏感字段最小化，传输与存储使用加密；身份信息与语音/特征分库存放，采用假名化 ID 和最小权限访问；跨机构训练优先采用联邦学习与安全聚合，原始语音不离开本地机构，模型更新再施加差分隐私噪声。差分隐私的预算、模型性能损失和群体公平性应在试点中共同评估，不能把“使用隐私技术”直接等同于零风险。平台还应设立数据保留与删除策略、访问日志、模型版本台账、事件上报和撤回后的再利用禁止规则。

部署采用“小规模试点－多中心验证－规模化推广”的门控路线。每一阶段只在上一阶段完成安全性、可用性和责任闭环后扩展范围，避免把实验室性能直接外推到不同方言、不同机构和不同照护能力的真实环境。平台分阶段部署路线图及门控证据见表 2。

Table 2. Staged deployment roadmap and gate evidence for the platform
表 2. 平台分阶段部署路线图及门控证据

阶段	主要参与者与协同机制	关键障碍	进入下一阶段的证据
小规模试点 单社区/单机构	研究团队、社区医生、老年用户、家属； 由社区医生负责人工复核与转介， 研究团队负责模型和数据审计	语料规模小、设备依从性 不足、老年人对录音顾虑、 方言和噪声偏差	安全事件可追溯；红旗 漏报为零的目标需经真实案 例检验；完成率、误识率率 和用户理解度达到预设阈值
多中心验证 不同社区/机构	多中心伦理与数据治理委员会、 家庭医生、医养机构、方言专家；统一 标注协议、模型卡和不良事件上报机制	域偏移、机构流程差异、 跨中心数据共享和 公平性下降	外部测试集性能稳定； 不同年龄/教育/方言层级的 差异可接受；人工复核负担 与转介时效可控
规模化推广 区域服务网络	卫生管理部门、医疗机构、养老机构、 平台运营方和用户代表；建立持续监测、 版本审批与责任追踪制度	模型漂移、供应商锁定、 运营成本、误导性自动 建议和责任边界不清	具备持续监测、停用 回滚、申诉处理和培训 机制；健康结局与服务 公平性有真实世界证据支持

在治理责任上，研究团队负责模型开发、验证和偏差披露；医疗机构负责临床流程、专业复核和转介；社区/养老机构负责设备协助、随访与异常上报；平台运营方负责安全运维、权限管理和版本留痕；用户代表参与可用性、知情同意和公平性评估。任何阶段都应允许人工暂停模型、回滚版本和向用户解释数据处理结果。

4. 应用场景、评价框架与研究展望

4.1. 社区居家、医养结合与农村场景

在社区和居家场景，平台可用于低频健康打卡、慢病随访、异常趋势提醒和家属协同；在医养结合机构，可将体质评估、设备数据和照护记录纳入入院评估、营养管理与康复计划；在农村和欠发达地区，则可通过方言语音、离线或边缘部署以及“村医－平台－上级医院”协作，降低健康信息上报和远程会

诊的门槛。上述场景的共同前提是基层人员能够复核数据并提供线下服务，不能将平台接入误认为服务能力已经自动形成。

平台还可与高血压、糖尿病、慢性阻塞性肺疾病等慢病管理系统对接，将中医体质信息作为生活方式干预和随访分层的补充变量。已有研究支持 AI 用于老年慢病管理和临床决策支持，但不同疾病、不同方言地区和不同照护组织之间的可迁移性仍需单独评价[39]。

4.2. 核心期刊导向下的评价重点

后续研究应从“能否使用”推进到“是否有效、是否公平、是否安全”。建议至少设置以下评价维度：方言语音识别错误率和医学关键词召回率；问卷完成率、完成时间、缺失率和重复测量一致性；体质或风险分层与专业评估的一致性；高风险提示的敏感度、特异度和人工复核负担；服务转介的及时性、完成率及健康结局；不同年龄、教育、方言和设备条件用户的可及性差异；用户信任、接受度和长期依从性。研究设计宜采用多中心、前瞻性或真实世界研究，并报告外部验证、失访、数据漂移和不良事件。

4.3. 多模态大模型的边界与前景

大语言模型、多模态学习和知识图谱有望提升方言语义理解、健康问答和中医知识组织能力。相关综述已关注大模型问答、语音视觉融合及机器学习辅助中医诊断，也指出传统中医与机器学习融合仍受数据、标准和临床转化条件制约[40]-[43]。因此，未来系统应定位为可追溯、可解释、可人工接管的决策支持工具：模型输出需链接结构化证据和规则，关键节点保留人工确认，禁止在缺乏临床依据时自动开方或替代急诊判断。

5. 结论

面向不识字、方言使用和数字能力不足的老年群体，老年友好型健康服务平台的建设重点在于降低交互门槛、提高数据质量并实现服务闭环。中医体质辨识和“治未病”可提供个体化健康管理的理论入口，AI 动态问卷、方言语音和可穿戴设备则为连续采集和风险分层提供技术条件。

从研究转化角度看，平台目前更适合作为“人机协同”的健康管理基础设施，而非独立诊疗系统。后续应围绕方言语料、体质量化、模型公平、数据安全、专业复核和临床结局开展实证研究，形成可验证、可监管、可推广的老年健康服务模式。

基金项目

黑龙江中医药大学研究生创新创业项目(项目号：YCYYB2025010)。

参考文献

- [1] Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risks 2023 Collaborators (2025) Global, Regional, and National Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors in 204 Countries and Territories, 1990-2023. *Journal of the American College of Cardiology*, **86**, 2167-2243.
- [2] GBD 2023 Chronic Kidney Disease Collaborators (2025) Global, Regional, and National Burden of Chronic Kidney Disease in Adults, 1990-2023, and Its Attributable Risk Factors: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2023. *The Lancet*, **406**, 2461-2482.
- [3] Li, X., Fan, L. and Leng, S.X. (2018) The Aging Tsunami and Senior Healthcare Development in China. *Journal of the American Geriatrics Society*, **66**, 1462-1468. <https://doi.org/10.1111/jgs.15424>
- [4] Fu, Y., Zhang, Y., Ye, B., Babineau, J., Zhao, Y., Gao, Z., *et al.* (2024) Smartphone-Based Hand Function Assessment: Systematic Review. *Journal of Medical Internet Research*, **26**, e51564. <https://doi.org/10.2196/51564>
- [5] Chen, S. (2024) Age-Appropriate Design of Smart Senior Care Product APP Interface Based on Deep Learning. *Heliyon*,

- 10, e28567. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28567>
- [6] Zhao, R., Zhang, Q., Sun, H., Zhang, Y., Mao, Y., An, Z., *et al.* (2026) Digital Geriatric Medical Care in the Era of Big Data: A Narrative Review and Case Study of a Chinese Aged Care Facility. *International Journal of General Medicine*, **19**, 1-13. <https://doi.org/10.2147/ijgm.s556468>
 - [7] Zhuang, M., Hassan, I.I., W Ahmad, W.M.A., Abdul Kadir, A., Liu, X., Li, F., *et al.* (2025) Effectiveness of Digital Health Interventions for Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Medical Internet Research*, **27**, e76323. <https://doi.org/10.2196/76323>
 - [8] Lesch, H., Burcher, K., Wharton, T., Chapple, R. and Chapple, K. (2019) Barriers to Healthcare Services and Supports for Signing Deaf Older Adults. *Rehabilitation Psychology*, **64**, 237-244. <https://doi.org/10.1037/rep0000252>
 - [9] 施小明, 曾毅. 加强老年健康研究积极应对人口老龄化[J]. 中华预防医学杂志, 2010, 44(2): 94-96.
 - [10] 任红霞. 推动老年健康服务高质量发展实现健康老龄化[J]. 中国卫生质量管理, 2024, 31(8): 1.
 - [11] 马晓峰, 王琦. 体质辨识在中医“治未病”中的应用[J]. 中国民间疗法, 2017, 25(4): 2-3.
 - [12] 施红. 加快推进老年综合评估 助力健康老龄化[J]. 中华医学信息导报, 2022, 37(10): 12.
 - [13] 周少林, 高红兰. 从中医体质学说谈“治未病”理论[J]. 江苏中医药, 2012, 44(7): 1-3.
 - [14] 王琦. “治未病”的中医体质辨识理论与技术[J]. 中华健康管理学杂志, 2008, 2(4): 193-194.
 - [15] 孟翔鹤, 侯淑润, 杨正, 等. 基于“生命过程论”中医体质治未病探析[J]. 吉林中医药, 2019, 39(3): 281-284.
 - [16] Chen, D.Y., Chen, C.S. and Yang, T.Y. (2025) *Computers in Biology and Medicine*, **195**, Article 110684. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2025.110684>
 - [17] Fang, Y., Luo, L. and Li, R. (2021) Application of Traditional Chinese Medicine Syndrome Differentiation in Identification of Body Constitution of Hypertensive and Diabetic Patients. *American Journal of Translational Research*, **13**, 12034-12042.
 - [18] 方旂旒, 王琦, 张国辉, 等. 中医体质学在“治未病”中的应用研究[J]. 中医杂志, 2020, 61(7): 581-585.
 - [19] 李凤. 中医体质辨识和保健指导在社区老年人健康管理中治未病的应用价值评估[J]. 中国保健营养, 2023, 33(11): 214-216.
 - [20] Liu, Q., Yang, Y., Hu, Y., Yang, X., Liu, S., Bao, R., *et al.* (2026) Study Protocol for a Randomized Controlled Trial to Evaluate the Effectiveness of an Artificial Intelligence-Based Health Education Accurately Linking System Based on Traditional Chinese Medicine Body Constitution in Patients with Chronic Disease Multimorbidity. *Frontiers in Public Health*, **14**, Article ID: 1773974. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2026.1773974>
 - [21] Song, Y.N., Zhang, G.B., Zhang, Y.Y. and Su, S.B. (2013) Clinical Applications of Omics Technologies on Zheng Differentiation Research in Traditional Chinese Medicine. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, **2013**, Article ID: 989618. <https://doi.org/10.1155/2013/989618>
 - [22] Jiang, M., Zhang, C., Zheng, G., Guo, H., Li, L., Yang, J., *et al.* (2012) Traditional Chinese Medicine Zheng in the Era of Evidence-Based Medicine: A Literature Analysis. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, **2012**, 409568 409568. <https://doi.org/10.1155/2012/409568>
 - [23] Yang, C.C., Yen, S.J., Chiu, X.D., Wu, K., Ye, S., Su, S., *et al.* (2022) Decision Tree-Based Body Constitution Diagnosis System for Traditional Chinese Medicine. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, **2022**, Article ID: 5560087. <https://doi.org/10.1155/2022/5560087>
 - [24] Liu, B., Huang, H., Liu, X., Zhao, J. and Mo, J. (2025) Dual-Channel Knowledge Attention for Traditional Chinese Medicine Syndrome Differentiation. *Scientific Reports*, **15**, Article No. 13487. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-96404-w>
 - [25] Yue, W., Ji, W., Wang, X., Ma, X., Wang, P. and Wang, X. (2025) SDPR: Prescription Recommendation with Syndrome Differentiation in Traditional Chinese Medicine. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, **29**, 3736-3749. <https://doi.org/10.1109/jbhi.2025.3525507>
 - [26] Badal, V.D., Graham, S.A., Depp, C.A., Shinkawa, K., Yamada, Y., Palinkas, L.A., *et al.* (2021) Prediction of Loneliness in Older Adults Using Natural Language Processing: Exploring Sex Differences in Speech. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, **29**, 853-866. <https://doi.org/10.1016/j.jagp.2020.09.009>
 - [27] Wong, D.W., Wang, J., Cheung, S.M., Lai, D.K., Chiu, A.T., Pu, D., *et al.* (2025) Current Technological Advances in Dysphagia Screening: Systematic Scoping Review. *Journal of Medical Internet Research*, **27**, e65551. <https://doi.org/10.2196/65551>
 - [28] 罗思言, 王心舟, 饶向荣. 人工智能在中医诊断中的应用进展[J]. 中国医学物理学杂志, 2022, 39(5): 647-654.
 - [29] Pan, D., Guo, Y., Fan, Y. and Wan, H. (2024) Development and Application of Traditional Chinese Medicine Using AI

- Machine Learning and Deep Learning Strategies. *The American Journal of Chinese Medicine*, **52**, 605-623. <https://doi.org/10.1142/s0192415x24500265>
- [30] Yu, W., Chen, M., Tan, X., Wei, X., Sun, F., Yan, H., *et al.* (2026) Traditional Chinese Medicine Modernization in Diagnosis and Treatment: Utilizing Artificial Intelligence and Nanotechnology. *MedComm*, **7**, e70596. <https://doi.org/10.1002/mco2.70596>
- [31] Zheng, J.X., Li, X., Zhu, J., Guan, S.Y., Zhang, S. and Wang, W.M. (2024) Interpretable Machine Learning for Predicting Chronic Kidney Disease Progression Risk. *Digital Health*, **10**, 1-16.
- [32] Xiao, X., Yi, X., Shi, Z., Ge, Z., Song, H., Zhao, H., *et al.* (2025) A Web-Based Tool for Predicting Gastric Ulcers in Chinese Elderly Adults Based on Machine Learning Algorithms and Noninvasive Predictors: A National Cross-Sectional and Cohort Study. *Digital Health*, **11**, e40858. <https://doi.org/10.1177/20552076251336951>
- [33] Wu, J., Tu, J., Liu, Z., Cao, L., He, Y., Huang, J., *et al.* (2023) An Effective Test (EOMciSS) for Screening Older Adults with Mild Cognitive Impairment in a Community Setting: Development and Validation Study. *Journal of Medical Internet Research*, **25**, e40858. <https://doi.org/10.2196/40858>
- [34] Feng, G., Weng, F., Lu, W., Xu, L., Zhu, W., Tan, M., *et al.* (2025) Artificial Intelligence in Chronic Disease Management for Aging Populations: A Systematic Review of Machine Learning and NLP Applications. *International Journal of General Medicine*, **18**, 3105-3115. <https://doi.org/10.2147/ijgm.s516247>
- [35] Pettit, R.W., Fullem, R., Cheng, C. and Amos, C.I. (2021) Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning for Clinical Outcome Prediction. *Emerging Topics in Life Sciences*, **5**, 729-745.
- [36] 李灿东, 辛基梁, 雷黄伟, 等. 中医健康管理与人工智能[J]. 中华中医药杂志, 2019, 34(8): 3586-3588.
- [37] 万雪娇, 张彭跃, 黄培冬, 等. 中医人工智能体质辨识的管理与运用[J]. 中国民间疗法, 2023, 31(18): 120-124.
- [38] Wang, J., Liang, Y., Cao, S., Cai, P. and Fan, Y. (2023) Application of Artificial Intelligence in Geriatric Care: Bibliometric Analysis. *Journal of Medical Internet Research*, **25**, e46014. <https://doi.org/10.2196/46014>
- [39] Wang, Y., Miao, M., Wang, Q., Yin, Y., Zhao, H., Zhao, S., *et al.* (2026) Embracing the Digital Revolution: How Artificial Intelligence Is Transforming Clinical Trials in Older Participants. *Drugs & Aging*, **43**, 239-250. <https://doi.org/10.1007/s40266-026-01288-8>
- [40] Huang, X., Goh, H.H., He, T., Zhang, D., Dai, W., Kurniawan, T.A., *et al.* (2026) Integration of Traditional Chinese Medicine and Machine Learning: Opportunities, Obstacles, and Implications for Future of Healthcare. *Journal of Integrative Medicine*, **24**, 295-309. <https://doi.org/10.1016/j.joim.2026.02.004>
- [41] Wang, J., Liu, Y.M., Li, J., He, H., Liu, C., Song, Y., *et al.* (2025) Artificial Intelligence in Traditional Chinese Medicine: Multimodal Fusion and Machine Learning for Enhanced Diagnosis and Treatment Efficacy. *Current Medical Science*, **45**, 1013-1022. <https://doi.org/10.1007/s11596-025-00103-6>
- [42] Xu, Q., Wu, T., Wang, Y., Li, X., Yu, H., Cen, S., *et al.* (2026) A Comprehensive Review of Intelligent Question-Answering Systems in Traditional Chinese Medicine Based on LLMs. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, **16**, Article 101406. <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2025.101406>
- [43] Tian, D., Chen, W., Xu, D., Xu, L., Xu, G., Guo, Y., *et al.* (2024) A Review of Traditional Chinese Medicine Diagnosis Using Machine Learning: Inspection, Auscultation-Olfaction, Inquiry, and Palpation. *Computers in Biology and Medicine*, **170**, Article 108074. <https://doi.org/10.1016/j.compbimed.2024.108074>