

〈信息管理〉

医院全流程智能导检系统设计与实现

高友健,王学理[△],陈银福,黄成伟

复旦大学附属中山医院厦门医院信息科,厦门 361015

【摘要】 本文提出了一种全流程智能导检系统的设计方案,旨在优化医院体检中心的排队叫号流程,突破现有系统效率瓶颈。系统基于微服务 Spring Cloud 架构,结合 MySQL 数据库,整合了 Flink 和 Kafka 的实时事件处理机制,使用 Redis 作为分布式缓存组件,通过设计基于精确的数学模型和计算方法的导诊算法,旨在降低体检者的等待时长,并配备灵活的调度系统,包括手动与自动调度机制,满足了不同体检者的个性化需求,从而提升体检者的满意度。该系统的引入显著优化了体检流程,缩短了体检者的等待时间,提高了管理部门的工作效率,在医院信息化建设中取得了显著成效。

【关键词】 全流程智能导检系统;微服务;人工智能;B/S

【文献标志码】 A **【文章编号】** 1672-4232(2026)02-0113-05

【DOI 编码】 10.3969/j.issn.1672-4232.2026.02.025

Design and Implementation of the Whole Process in Hospital's Examination System Guided by Intelligence

GAO You-jian, WANG Xue-li, CHEN Yin-fu, HUANG Cheng-wei

Information Department, Xiamen Branch of Zhongshan Hospital, Fudan University, Xiamen 361015, China

【Abstract】 This paper presents a design scheme for a full-process examination system guided by intelligence, aiming to optimize the queuing and calling process of the hospital's health examination centers and break through the efficiency bottleneck of the existing system. The system is based on the microservice Spring Cloud architecture, integrated with MySQL database, and incorporates a real-time event processing mechanism of Flink and Kafka. Redis is utilized as the distributed cache component. By designing a guidance algorithm based on precise mathematical models and calculation methods, the system aims to reduce the waiting time for the examinees. It is also equipped with a flexible scheduling system, including both manual and automatic scheduling mechanisms, to meet the personalized needs of different examinees, thereby enhancing their satisfaction. The implementation of this system has significantly optimized the examination process, shortened the waiting time for the examinees, improved the work efficiency of the management department, and achieved remarkable results in the hospital's informatization construction.

【Key words】 entire process; examination system guided by intelligence; microservice; artificial intelligence; B/S

随着医疗服务需求的增加,体检中心逐渐面临更大的工作量和更复杂的管理任务。传统体检流程缺乏有效的导检和自动化管理系统,显得繁琐、无序。体检者不得不反复往返于各诊室,排队等候的时间过长,这不仅降低了体检效率,还严重影响了体检者的整体体验。此外,医院管理方为了维持秩序,需要投入大量的人力来引导和组织体检者的流动,进而增加了管理成本^[1-3]。

虽然传统导诊系统可以根据预设规则安排排队,但是其静态的路径规划明显存在不足,难以高效分配资源,常导致某些检查项目闲置,而其他项目则过于拥挤,无法达到理想运作状态。引入半自动化导诊系统在一定程度上缓解了这一问题,该系统能动态安排检查顺序并实时通知体检者下一步的安排,但同时也可能增加医生的工作负担,并可能由于

信息传递延迟或不明确而增加体检者的焦虑。

1 全流程智能导检系统

为解决传统导诊系统的问题,在进行深入市场调研和对国内现有系统的比较分析基础上,本文提出了一种基于人工智能(artificial intelligence, AI)的全流程智能导检系统^[4],通过动态规划和优化导检路径,以提升体检中心的服务效率和体检者体验。该系统采用先进的 AI 算法,综合考虑医院体检规则库、检查项目的地理位置、体检者的个性化需求及医生的操作效率等多维度因素,动态规划最佳体检路径。系统还提供手机端和医院大屏幕的全景导航功能,不仅确保体检者获得清晰直观的引导,还实现医生与体检者间的信息实时共享,显著提升了体检者的满意度和体检体验,同时大幅提高了体检流程的整体效率。

[△]通信作者

2 系统分析

2.1 现状与需求分析

全流程智能导检系统旨在优化医院体检中心的排队叫号流程,解决现有系统在效率方面的瓶颈,提升体检中心的服务效率和体检者体验。系统通过动态规划和优化路径,确保体检过程高效、有序,减少体检者的等待时间,提高管理部门的工作效率。在功能需求方面,系统应具备智能导检功能,信息共享与交互功能,排队与调度功能以及手动与自动调度两种机制。在安全性需求方面,确保体检者个人信息和检查结果的安全,防止数据泄露。在权限管理方面,为不同用户(体检者、医生、管理员)设置不同的权限,确保系统的安全运行。

2.2 业务流程分析

如图1所示,体检者到达体检中心,标志着智能导诊流程的启动。首先,体检者在自助机上使用身份证进行签到,这一初步交互使系统能够记录体检者的到达,并为每位体检者打印个性化的导检单。该导检单详细列出了体检流程和科室分配,帮助体检者顺利进行体检。接下来,AI导检算法根据等待时间、项目紧急度和VIP优先级等因素,智能地将体检者分配到相应的检查科室。体检者按照导检单的指引,依次前往检查科室1至N,完成各项体检项目。每完成一个项目,系统会实时更新体检者的体检进度。医生或系统通过多种方式,如口头通知、手机微信或导诊单提醒,告知体检者下一步的体检安排。体检者可以通过诊室叫号屏或综合显示大屏查看当前的体检进度和下一个项目的信息。所

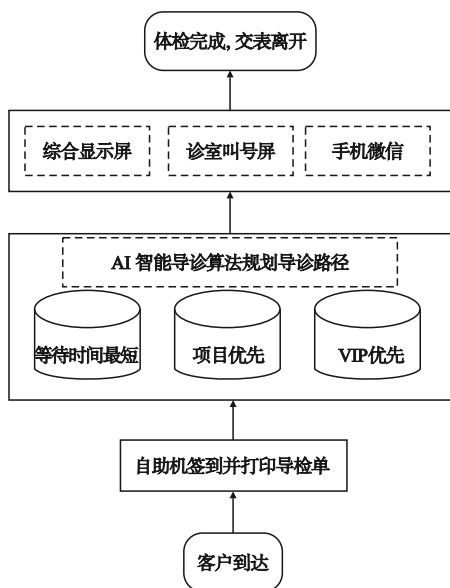


图1 体检中心智能导诊业务流程图

有项目完成后,体检者提交体检表格,并通过手机扫码或其他方式了解后续步骤,如领取体检报告的时间和方式。最终,体检者在完成整个体检流程后离开体检中心。

此外,系统还提供了基于大数据分析的流程优化建议功能。通过对每位体检者的体检流程进行详细记录和分析,系统能够识别出可能存在的效率瓶颈,并生成优化建议报告供管理者参考。这些建议包括科室安排、体检设备使用率以及体检者等待时间的改进措施,从而帮助体检中心不断优化其服务流程。

2.3 数据流程分析

全流程智能导检系统通过收集、处理和分析大量体检相关数据,实现对体检流程的优化和管理。数据流程主要包括数据的采集、预处理、存储、传输、处理和展示等环节。如图2所示,系统通过自助机签到采集体检者的基本信息,包括项目名称、科室、检查时间等检查项目信息,以及医生、设备、开放时间等科室信息,同时收集各科室的实时排队人数和状态。采集到的数据会进行清洗、格式转换和缺失值补全等预处理操作,然后使用MySQL关系数据库存储基础数据,使用Redis分布式缓存存储实时排队情况和当天体检及科室的队列状态。系统内部各模块之间通过Spring Cloud微服务架构进行数据传输,同时通过浏览器/服务器(browser/serves, B/S)结构实现多终端的数据传输,确保体检者和医生能够及时获取最新的检查安排和信息。通过AI算法综合考虑等待时间、空间距离、优先级规则及项目间依赖关系等多维度因素,动态规划最佳体检路径,并根据实时排队情况和检查项目状态,动态调整资源分配,优化体检流程。系统通过手机端和医院大屏幕为体检者提供导航功能,实时



图2 全流程智能导检系统数据流程图

展示检查安排、排队情况等信息,同时通过系统管理模块展示体检中心的运营数据,包括体检者流量、检查项目利用率、平均等待时间等,为管理决策提供依据。

3 系统设计

3.1 设计思路与系统目标

本研究开发的全流程智能导检系统核心采用基于多因素动态决策模型和约束满足理论的AI算法设计。此算法通过一个综合评估机制,考虑等待时间、空间距离、优先级规则及项目间依赖关系等多维度因素,并运用评分函数进行量化分析。在每一个决策节点,系统采取逐步动态规划的方式,而非一次性规划完整路径,实时计算并选择最优的下一检查项目,从而有效应对体检过程中可能出现的动态变化。此外,算法通过依赖关系检查等机制确保体检过程中的硬性约束得到满足,并通过调整评分权重来优先处理特定群体,从而在提升整体效率和优化个体体验之间取得平衡。

系统采用多用户、多部门的交互式设计,以满足不同用户群体及管理者的个性化权限需求。为每个账户分配特定权限,允许用户在授权范围内进行查询、数据输入和系统维护,保障操作的安全性及数据的准确性。系统基于MySQL关系数据库,全面记录导检的基础信息与操作轨迹,确保数据的完整性和可追溯性,为系统的稳定运行和后续分析提供可靠的数据支持。为了提升数据的处理性能,系统通过数据预处理技术对收集到的数据进行清洗、格式转换和缺失值补全,从而为算法的高效运行提供了数据支持。系统架构图见图3。

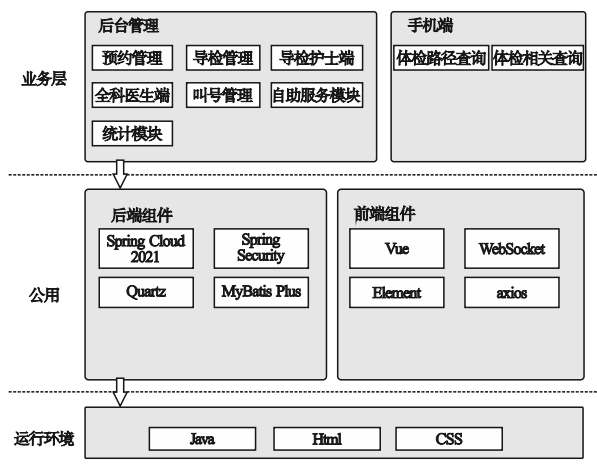


图3 全流程智能导检系统架构图

3.2 系统功能

全流程智能导检系统具备多项重要功能:一是自动采集并预处理体检者信息、检查项目及实时排队数据,确保信息精准;二是运用智能算法综合分析多因素,动态规划最佳体检路径,结合智能调度系统灵活调配资源,显著提升体检效率;三是支持多终端实时信息展示,系统通过手机端和医院大屏幕为体检者提供导航功能,实时展示检查安排、排队情况等信息;四是通过系统管理模块展示体检中心的运营数据,包括体检者流量、检查项目利用率、平均等待时间等,为管理决策提供有力依据,全方位提升体检中心的服务水平与管理效能。

3.3 系统架构

全流程智能导检系统基于Spring Cloud微服务架构设计,采用B/S结构,实现对各个组件的灵活调用和管理,其中微服务的单一职责原则显著提高了系统逻辑的清晰度。在该架构下,每个微服务仅承担特定业务功能,逻辑简洁,便于开发人员理解和维护。此外,服务间清晰的逻辑分界也使得任何修改的影响可以精确地预测,进而制定全面的测试策略,确保软件修改不引入新问题,提升了系统的质量和稳定性。

系统整合了Flink和Kafka,通过实时事件处理机制对体检队列进行调度,有效提升了运营效率,保障体检流程的公平性并确保有序性。实时处理体检数据和队列信息使系统能迅速应对变化,动态调整体检顺序,显著减少了体检者等待时间。

在缓存层面,系统采用Redis分布式缓存记录当天体检及科室的队列状态,确保数据的高可用性和快速访问。系统还利用Python的PyTorch框架开发推荐算法,为体检项目打分并提供个性化推荐路线,进一步提升了用户体验。为应对业务拓展需求,系统通过Spring Cloud微服务架构和REST API实现动态按需扩容,增强了系统的稳定性和灵活性。通过Vue与WebSocket技术,实现了队列信息的实时双向推送,确保信息的及时性和准确性。

此外,系统的模块化结构和可配置评分机制,为适应不同体检中心的多样化需求提供了灵活性和可扩展性。考虑到大量体检者需要实时计算路径,算法采用局部优化策略提高计算效率,避免复杂全局优化。导检算法还特别考虑人性化元素,如位置评分机制,以减少体检者在不同区域间的频繁移动。在设计过程中,充分考虑各种边界情况,确保系统的鲁棒性。这些设计策略旨在提高体检中

心的运营效率,同时优化个体的体检体验,为体检中心的智能化管理提供创新解决方案。

3.4 导检算法设计

全流程智能导检系统首先需要收集和存储大量与体检相关的数据。数据包括体检者基本信息(姓名、年龄、性别、联系方式等)、项目具体信息(项目名称、科室、检查时间等)、科室详细资料(医生、设备、开放时间等)及各科的实时排队情况^[5-6]。为保证数据准确性与完整性,系统需对收集的数据进行预处理,包括数据清洗、格式转换和缺失值处理。预处理后的数据能更有效支持系统后续算法模型的运作,提升导检服务的精准度。

全流程智能导检系统中核心算法的设计旨在通过精确的数学模型和计算方法优化体检流程,以提高整体的效率和体检者的满意度。这些计算不仅包括各医生的诊断时间估算,还涉及动态估算科室候诊队列长度,以及综合考虑多个因素的优先级评分系统。下面详细介绍这些核心的数学计算和算法的应用。医生的诊断平均时间 t 是通过对所有已记录的体检者诊断时间的统计分析得出的平均值。具体计算方法如下:

$$t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_i,$$

其中 T_i 是第 i 位体检者的具体诊断时间, N 是体检者的总数。这个平均时间帮助了解每位医生处理体检者所需的标准时间。

为了更精细地管理时间分配,还计算了医生诊断时间的标准差 σ , 这是一个衡量时间波动的重要指标,用于评估不同体检者诊断时间的变异程度。计算公式为:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (T_i - t)^2}{N}}。$$

通过这两个统计量(平均时间和标准差),能够有效地预测并调整每位医生的工作负载和体检者的等待时间。科室候诊队列长度 L 的计算是基于每个科室的等待体检者数量和医生的诊断时间进行的。计算这一指标是为了动态优化体检者的流动和等待时间。具体公式为:

$$L = \sum_{j=1}^M (\text{等待时间}_j + \text{医生诊断时间}_j),$$

其中, M 代表该科室内医生的数量。这个计算结果使得调度系统能够实时调整体检者的流向,减少拥堵和等待。为了进一步提升体检流程的效率和体检者的体验,设计一个基于多因素的优先级评分系统 P 。这个评分系统考虑了等待时间、地理位置、体

检者的健康紧急性等因素。计算公式如下:

$$P = w_1 \times \text{等待时间评分} + w_2 \times \text{距离评分} + w_3 \times \text{健康紧急性评分},$$

其中, w_1, w_2, w_3 是这些因素的权重,这些权重根据实际操作经验和历史数据分析得到,以确保各因素在评分中的合理性和有效性。

基于上述的计算结果,系统能够动态生成和调整体检者的导诊路径。这包括实时监控各科室的候诊情况,根据优先级评分动态调整体检者的科室访问顺序,以及在必要时重新规划路线。系统的这部分使用图论中的 Dijkstra 最短路径算法,确保每位体检者都能以最少的等待和移动时间完成体检。通过这些算法,全流程智能导检系统不仅优化了体检流程,还提升了整体的操作效率和体检者的满意度,确保了体检过程的平稳和高效。

3.5 手动与自动调度机制

导检工作站配备了一套灵活的调度系统,旨在满足不同体检者的个性化需求。当自动调度系统无法完全适应体检者的特定要求时,导检员可以进行手动干预,以确保每位体检者都能获得满意的体验。这种手动调度功能,作为自动调度的有效补充,增加了系统的灵活性和定制化服务能力。

在常规操作中,系统默认设置为自动调度模式,导检员通常将日常调度任务交由系统处理,系统依据预设规则自动规划体检路径。然而,若需要根据体检者的特殊需求或实时情况调整体检顺序,导检员则可切换至手动调度模式,在此模式下,导检员拥有较大的控制权,能够依据体检者的个别需求和各体检项目的紧急程度手动安排体检路径。虽然这可能需要多次调整和手动操作,但是手动调度模式可为体检者提供了满足特定需求的灵活解决方案。

一旦导检员决定重新启用自动调度,系统将重新接管,并利用内置的优化算法自动规划剩余的体检项目,寻找最佳路径。这种自动调度与人工干预的结合,不仅提高了体检流程的效率,还确保了服务的个性化和灵活性,显著提升了体检者的整体体验。这种系统设计充分考虑了操作的灵活性与高效性,有效地结合了技术自动化与人性化的需求。

4 系统应用效果

自2022年6月起,医院健康管理中心试用全流程智能导检系统,为体检者提供了更加便捷的体检体验。从体检者进入体检中心的第一步开始,体检

者即可以通过自助设备打印个性化的导检单,系统则自动为其规划详细的体检流程指引^[7-8]。整个流程从第一站开始,系统根据预设的规划对体检路径进行自动导航,帮助体检者顺利完成各项检查。在体检环节中,各科医生利用快速呼叫系统通知体检者^[9-10],一旦体检完成,系统将自动向体检者展示后续的指引信息,体检者也可以在综合大屏导检视图上查询,从而帮助其高效完成整个体检流程。

全流程智能导检系统的应用使得体检流程更为高效、流畅,同时减少了体检者对导检员的依赖,提升了体检者的自助体验和满意度。系统运行期间,体检中心仍保留部分导检护士,以解答体检者的疑问并处理现场的个性化需求。全流程智能导检系统并未完全替代人工服务,而是通过自动化手段对导检工作进行优化,使体检流程更加有序,从而减少了体检者的等待时间。

此外,全流程智能导检系统的上线也显著简化了运营管理流程。与系统上线前相比,体检中心现在只需保留少量导检护士,以确保能够满足体检者的特殊需求,有效减少了人力资源的投入。通过优化人力配置,医护人员得以更加专注于其核心医疗职责,从而为体检者提供更高质量的医疗服务。整体来看,全流程智能导检系统的应用使体检流程的各个环节更加连贯,为体检者和医护人员带来了双重便利,显著提高了整体服务质量和运营效率。

本文提出的全流程智能导检系统采用模块化架构,能够处理高并发请求并存储大量数据,确保系统的稳定性和快速响应。结合精细的流程管理与实时数据同步,智能导检算法大幅提高了体检效率,缩短了等待时间,改善了体检者体验。系统兼容多维数据库,确保数据持久化存储和快速访问,为AI算法提供必要的数据库支持,同时保障了数据的

安全与隐私。

自系统投入使用以来,各科室的反馈普遍正面。全流程智能导检系统不仅简化了体检中心的工作流程,还为体检者带来了便捷的个性化服务。随着技术的持续进步和数据的累积,预计系统将在未来实现更智能的服务,促进医疗行业的创新。未来,计划引入更多尖端技术,如基于深度学习的自动化诊断支持,以提高医院的服务水平和诊疗效率,为体检者带来更高效、便捷和智能化的医疗服务体验。

参 考 文 献

- [1] 庄楚璇,邱淑妹,陈凤.智能导检系统在体检中心的应用效果观察[J].中国社区医师,2022,38(36):167-169.
- [2] 桂明,王恺,王巍.体检全流程导检系统设计与应用[J].中国数字医学,2024,19(2):75-79.
- [3] 安怀银.智能导检系统在体检质控中的应用[J].临床医药文献电子杂志,2020,7(47):179-180.
- [4] 付冰,周作建,张维芯.贪心算法在智能导检中的应用研究[J].软件导刊,2022,21(1):136-140.
- [5] 张维芯,王婷.全流程健康体检管理系统的设计与应用[J].中国医疗设备,2024,39(9):62-69.
- [6] 陈钢,陈燕芬,路平,等.智能导检系统在体检中心的应用和评估[J].中日友好医院学报,2020,34(6):342-344.
- [7] 王璠,贾良春.医院体检中心数字化转型现状、挑战与前景[J].中国当代医药,2024,31(23):129-133.
- [8] 黄敬海,潘静,张远辉,等.全流程闭环管理在体检健康管理中的应用及效果[J].现代医院,2024,24(4):518-522.
- [9] 李金苗,高文娟,李鹏,等.体检中心多诊室智能导检方案的研究与应用[J].中国数字医学,2021,16(10):49-52.
- [10] 范云晖,张富,黄惠娟,等.信息化健康管理模式在医院体检中心的应用效果[J].中国卫生标准管理,2023,14(24):1-5.

收稿日期:2025-04-23

(编辑 曹晓芸)