

基于分布式微服务业务中台的互联网医院架构研究^{*}

孙 雷¹ 闫春秒¹ 马玉环² 赵远志² 周 伟² 张胜发²

(¹ 邯郸市中心医院 邯郸 056000 ² 中国医学科学院国家人口健康科学数据中心 北京 100730)

〔摘要〕 目的/意义 当前中国互联网医院建设模式存在差异, 需要科学设计的技术架构作为互联网医院应用系统的基础支撑。方法/过程 基于邯郸市中心医院互联网医院应用系统开发需求, 提出基于分布式微服务中台的互联网医院技术架构, 采用“大中台、小前台”的架构模式设计医院业务中台。结果/结论 该架构可实现集成化、流程化改造, 进而推动互联网医院中的业务系统重复使用, 减少医院多个系统间数据标准不统一的问题, 有助于优化医院资源, 提高互联网医院的服务效率和系统安全性。

〔关键词〕 微服务; 业务中台; 互联网医院; 中台架构

〔中图分类号〕 R-058 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2023.10.013

Study on Internet Hospital Architecture Based on Distributed Micro-service Business Platform

SUN Lei¹, YAN Chunmiao¹, MA Yuhuan², ZHAO Yuanzhi², ZHOU Wei², ZHANG Shengfa²

¹Handan Center Hospital, Handan 056000, China; ²National Population Health Data Center, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100730, China

〔Abstract〕 **Purpose/Significance** There are differences in the current construction mode of internet hospitals in China, and a scientifically designed technical architecture becomes a fundamental requirement as a foundation for the internet hospital system. **Method/Process** Based on the development requirements of the internet hospital application system of Handan Center Hospital, the paper proposes an internet hospital technical architecture based on distributed micro-service business platform and a business platform architecture mode of “large business platform, small front desk” to design the hospital business platform. **Result/Conclusion** This architecture can realize integrated and process-oriented transformation, and then realize the reuse of business systems in internet hospitals, reduce the issue of inconsistent data standards among multiple hospital systems. The architecture is helpful to optimize hospital resources, improve the service efficiency and system security of internet hospitals.

〔Keywords〕 micro-service; business platform; internet hospital; platform architecture

〔修回日期〕 2023-04-17

〔作者简介〕 孙雷, 高级工程师, 发表论文 2 篇; 通信作者: 张胜发, 博士, 助理研究员。

〔基金项目〕 国家重点研发计划 (项目编号: 2018YFB2101100); 河北省卫生健康委医学科学研究课题计划项目 (项目编号: 20231948)。

1 引言

目前,中国互联网医疗行业增长迅速,医疗服务领域新形态不断涌现。2015 年中国首家真正意义上的互联网医院——乌镇互联网医院在浙江正式揭牌^[1-2]。此后,中国迅速掀起互联网医院建设浪潮,互联网医院呈现繁荣发展态势,数量由 2019 年的 158 家增长到 2021 年底的 1 700 多家^[3-4]。随着互联网医院数量不断增长,互联网诊疗服务量也持续增长,在预约挂号、远程诊疗、咨询服务、健康管理等方面发挥重要作用。截至 2022 年 6 月,在线医疗用户数量已突破 3 亿^[3]。

2 互联网医院架构研究综述

2.1 互联网医院建设现状

互联网医院将诊疗活动拓展和延伸到线上,实现线上预约、问诊、检查检验申请等诊疗服务,为公众提供更便捷、高效的医疗服务^[5-6]。从技术角度看,互联网医院是指互联网企业和传统医疗机构以信息通信技术和互联网技术为支撑实现预约挂号、分诊咨询、互联网门诊、检查检验开单、电子处方等线上诊疗便民服务的系统平台,依托实体医疗机构,以互联网为载体,为患者提供一种线上的医疗平台服务^[7-8]。

互联网医院的建设主要有 3 种模式:一是医院投入经费,技术厂家承建互联网医院;二是医院和技术厂家联合开发互联网医院;三是实体医院入驻符合政府规定的互联网医院平台^[9-10]。目前互联网医院大多采用“医院投入+技术厂家承建”模式,依托实体医院建设互联网医院,构建线上线下融合的互联网体系^[9-10]。但是该模式对信息化建设水平的依赖程度较高,不仅严重依赖实体医院的信息化建设,还要融合互联网医院业务系统的建设,在技术架构设计及维护方面要求较高^[9,11]。近年来,国家卫生健康委员会、国家医疗保障局等管理部门虽然印发了各项业务信息化和标准建设规范,但实际的信息化应用落地水平和深度仍存在一定差距^[12]。

实际建设过程中,由于每家医疗机构提供医疗服务的特色不同,不同性质、不同等级的医疗机构建设互联网医院时差异较大,实体医院各环节的信息化建设和互联网医院平台与实体医院基础集成联动需要科学的技术架构作为支撑^[10,13-14]。

2.2 互联网医院技术架构研究现状

由于建设模式和业务需求不同,在互联网医院建设和运营过程中,采用的架构缺乏统一标准,各医院技术架构之间存在较大差异。林亦杉^[15]提出基于“模型-视图-控制器”(model view controller, MVC)的总体设计模式建设互联网医院系统,采用浏览器/服务器(browser/server, B/S)结构,以 Tephra 为技术核心,以 Nginx 作为负载均衡代理服务器,实现互联网医疗功能。贾娜等^[16]基于区块链技术,以及 SpringCloud 微服务架构,单个应用采用 Spring Boot + Nutz + Redis 架构,设计实现基于区块链的处方综合服务平台。安文秀等^[17]构建以软件即服务(software as a service, SaaS)、平台即服务(platform as a service, PaaS)和基础设施即服务(infrastructure as a service, IaaS)为核心的 3 层互联网医院平台架构,采用 Java + 微服务架构,前端 App、微信公众号等 H5 混合架构,通过主流 VUE 框架实现前后端分离。朱佳等^[18]采用 3 层架构搭建互联网医院业务中台,系统服务及数据库均采用本地化部署方案,外网数据交互采用更加安全的 HTTPS 协议与公网云服务,最大限度保证医疗数据及程序安全。在技术架构的研究基础上,一些学者还开展模块或功能优化研究。刘炜等^[19]采用支持 IPv6 协议传输数据的系统设计,通过加密网络层数据、校验 IP 报文,降低互联网医院系统平台层与层间的依赖性。李训栋等^[20]采用面向服务的架构(service-oriented architecture, SOA)通过规范统一的网络接口集成业务系统,降低系统间的依赖性和系统耦合。

当前中国互联网医院建设的模式和功能模块是结合医院具体需求确定的,互联网医院应用系统会包含多个功能模块,各模块之间存在模糊的边界和不清晰的依赖关系,模块的耦合度高,整个项目结

构复杂,需要科学设计技术架构作为平台基础支撑。

3 基于业务需求的互联网医院技术架构

3.1 微服务架构与业务中台的概念

3.1.1 微服务架构 微服务架构是使用小服务开发组合成单个应用,不同的小服务都运行在各自的进程中,以轻量级的协议作为辅助^[21]。微服务是将架构的中间层分解,即把整个系统或应用拆分成多个微服务,每个微服务互不干扰,都有自己单独的进程和数据库^[21]。特定微服务只需要完成特定功能,业务结构比较清晰,开发量小,对单个服务的开发和升级都相对简单,由多个微服务组合而成的应用系统,更具有扩展性和可控性^[21]。

3.1.2 业务中台 业务中台是通过重新构建业务模型,将重复建设不同业务场景的能力下沉到中台的业务模型中实现业务能力的重复使用^[22]。2015 年阿里巴巴公司首次提出中台概念,在“大中台、小前台”的业务战略下进行数据化实践,提出一套完备的“数据价值化和数据资产化”解决方案^[23-24]。其后,国内学术界和企业界开始探索基于数据的业务中台在不同行业的应用。明承瀚等^[25]提出构建政务数据中台,以期更好地应对互联网环境下场景化应用和轻量级碎片化服务需求。李信鹏等^[26]提出通过建设国家电网公司数据中台辅助完善决策和服务。

国外对业务中台的概念仍未有具体定义,还没有较明确的关于数据中台设计与实现的案例,相关研究主要集中在数据治理架构、系统架构等方面^[27]。在实践应用方面,国际商业机器公司(International Business Machines Corporation, IBM)、高德纳公司(Gartner Group)、国际数据治理研究所(Data Governance Institute, DGI)等开展了一些数据治理框架、系统建设方面的实践,与国内基于数据的业务中台采用的架构和模式比较类似,都是通

过重新构建业务模型,将重复建设不同业务场景的能力下沉到中台的业务模型中,并面向所有业务系统,达到复用目的^[28-29]。

3.2 基于微服务业务中台的互联网医院架构设计

本研究提出的互联网医院架构是利用当前最新的互联网、大数据等信息化技术,采用“大中台、小前台”的中台架构模式设计,构建医院业务中台,建立统一身份识别、支付服务中心、预约服务中心、就医服务中心等对外服务的基础组件。其以业务中台为底座,构建面向患者、医务工作人员、管理科室等的智慧服务体系,实现基于业务中台的便民惠民服务应用横向互通,就医场景数据互联互通,就医流程统一。

3.2.1 互联网医院诊疗服务架构 将互联网医院涉及的应用或服务转化为微服务,即将互联网医院系统、门诊预约系统、门诊排队系统、医技预约系统、医院支付平台和医保系统等转化为微服务并融入业务中台,形成统一身份服务、统一预约服务、统一支付服务、统一诊疗服务等多个业务服务。构建微服务框架,各业务服务在微服务框架中完成服务注册、服务熔断、服务监控、服务容错、服务降级及服务限流等管理,实现服务的应用、连接、终止、监控等业务。微服务框架依赖于基础组件,如网关服务、消息队列、缓存服务、日志服务、监控告警以及容器服务等,通过基础组件,实现微服务的消息传递、日志记录、告警等系统安全所需要的内容,见图 1。基础组件支撑、微服务框架管理及业务服务应用构成以服务化为核心能力的医院业务中台,互联网医院可基于医院信息系统(hospital information system, HIS)、电子病历(electronic medical record, EMR)、实验室信息系统(laboratory information system, LIS)、影像存储与传输系统(picture archiving and communication system, PACS)等系统数据,根据业务需要从业务中台调用所需微服务,满足快速构建、灵活应用的需求。

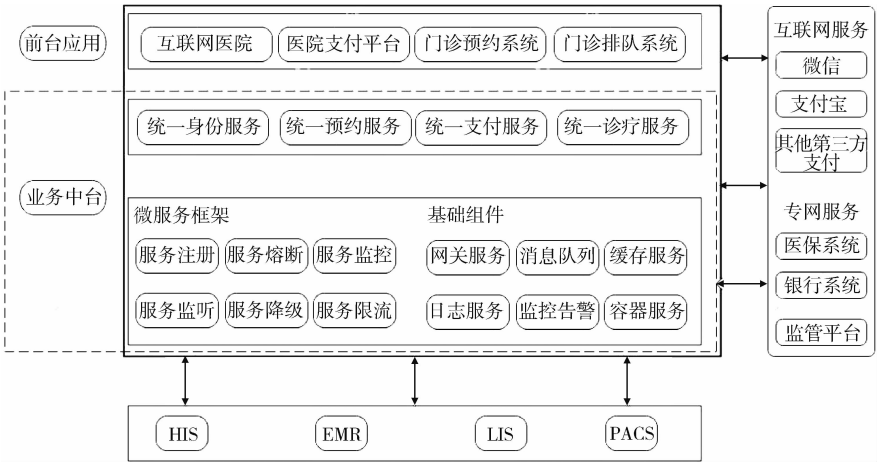


图 1 互联网医院诊疗服务架构

3.2.2 互联网医院诊疗应用架构 通过中台微服务架构，以松耦合、高内聚、灵活扩展、迭代建设的设计思想，构建基于微服务中台的互联网医院应用，建立线上服务综合管理一体化支撑体系，各种微服务的调用构成互联网医院的系统应用架构，见图 2。应用方面，开发患者端、医护端、药师端和管理端。各应用端均可采用微信小程序实现，药师端和管理端需要在 PC 端进行线上服务应用管理。各应用端根据需要调用中台的微服务，如基础服务中的注册登录、身份认证等，诊疗服务中的在线问诊、在线诊断、在线处方、电子病历等。互联网医院所有的线上服务都要遵循管理规范，实时与监管平台接口对接，通过业务中台构建对外统一的标准服务接口来传输数据。

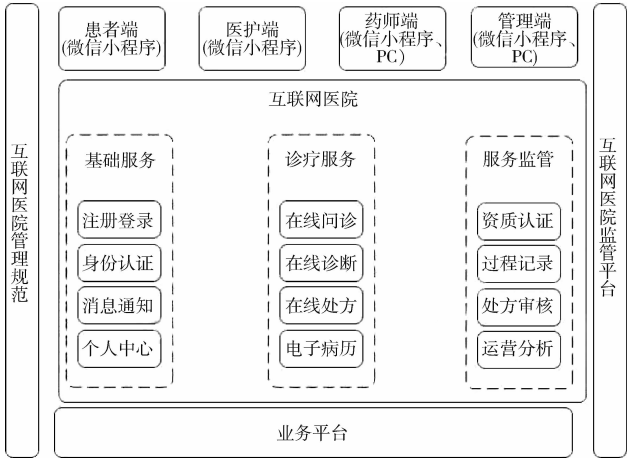


图 2 互联网医院诊疗应用架构

3.3 基于微服务业务中台的互联网医院部署实施

3.3.1 互联网医院系统部署 基于分布式微服务业务中台的互联网医院网络架构，见图 3。系统架构可以划分为公网区、内外网交互（demilitarized zone, DMZ）区、内网区，不同网络区域之间需开通对应的服务访问端口，也需要根据服务器节点开通对应端口实现访问负载。微服务业务中台需要部署院内应用程序接口（application programming interface, API）网关和院外 API 网关两部分服务总线，以防止公网区接入渠道发送过多非法请求，或是某时刻过大的请求量导致服务器无法响应。除满足正常业务的服务器外，还需要部署一台 Nginx 负载服务器，并开通多个不同的集群监听端口。DMZ 区部署的负载服务器使用 Nginx 代理配置负载与院内 API 网关服务器交互，实现公网访问院内 API 网关服务器。在内网区的各项微服务的服务器之间采用 gRPC 通信，对交互信息使用 ProtoBuf 编码。客户以微信小程序等其他外网渠道作为入口发送业务请求报文，此 HTTP 请求通过医院部署在公网的地址接收，并通过防火墙、网闸等安全设备过滤后，发送到 Nginx 代理服务器。当客户端和 Nginx 建立好连接后，可根据需求，设置不同数据交互的函数、事件等，当用户首次访问链接后，Nginx 负载服务器将对此次访问数据做缓存处理，等用户下一次访问链接时，即可首先在缓存中查找相关数据以提高访问速度。通过代理服务器，网络安全管理员将在该服务器上

设置相应的安全规则，防止不良信息等对主服务器恶意攻击；Nginx 服务器还可以提供优良的负载均衡，当访问量过大时，一台服务器不能满足需求，通过代理负载服务器实现服务器集群模式，可将数

据分布到不同服务器，缩短访问等待时间、降低出错率，提升用户体验；使用 Nginx 反向代理功能，可实现将动态资源请求分发给不同目标服务器处理，而静态资源请求可由代理服务器返回用户。

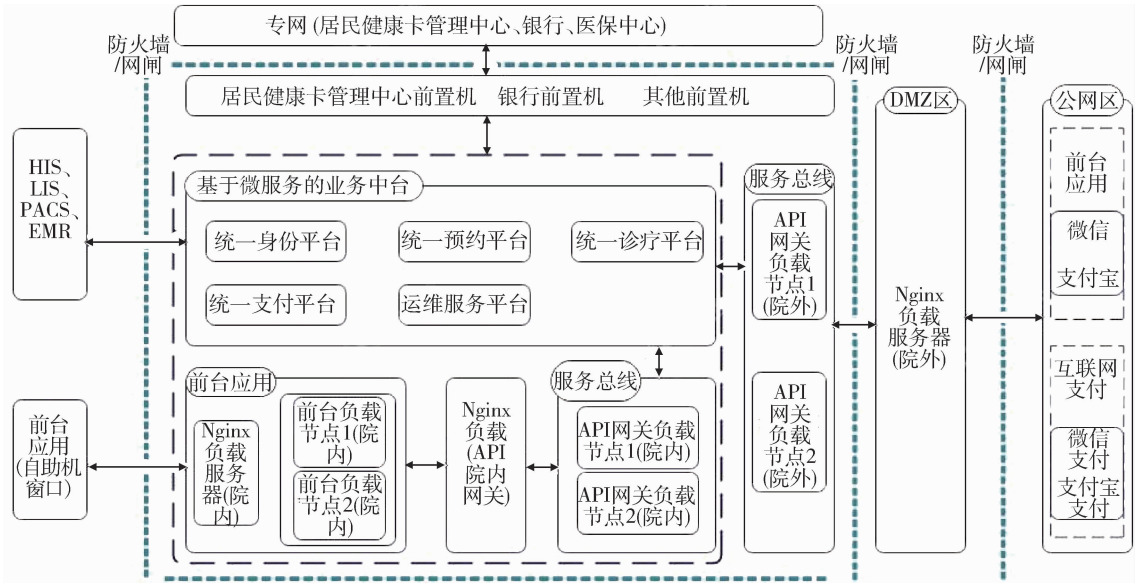


图 3 基于分布式微服务业务中台的互联网医院网络架构

3.3.2 互联网医院通信协议 该网络架构中，微服务应用服务器之间采用谷歌远程过程调用（Google remote procedure calls, gRPC）通信，遵循 ProtoBuf 协议对信息编码。gRPC 是一种远程过程调用（remote procedure call, RPC）框架，具有高性能、通用的特点，并且开源，采用 ProtoBuf 序列化协议，面向移动端应用和服务端应用。本研究将 Nginx 负载服务器部署在内外网环境之间，作为外网信息传递给内网的代理，实现服务器部署的跨网络环境 gPRC 架构。即当客户端发起 gPRC 请求信息后，就与 Nginx 代理服务器创建了连接，代理服务器会根据客户端的网络服务传递给各微服务的服务器存根（server-stub）。其中服务器存根和客户端存根（client-stub）对应，以便在微服务服务器上调用方法，并将请求的数据在本机上调用。微服务服务器从网络服务的数据中提取相应的函数和参数，调用对应的方法处理这些参数。当调用完成后，会将出参返回到设置的堆栈里，并返回到相应地址，以便客户接受出参。

3.3.3 接口改造 从诊疗服务架构看，互联网医

院涉及多个系统，包括 HIS、LIS、PACS、EMR、电子认证（certificate authority, CA）等，因此需要和各系统做接口，交互数据。本研究采用 WebService 接口形式，通过 XML 语言传输数据，制定标准接口，并优化接口方式。第三方接口接入后，可以动态对 API 执行链路进行组合，创建需要的 API 服务，开放给不同终端。

4 层面基于微服务业务中台的互联网医院架构应用效果

4.1 提高互联网医院门诊就诊量和效率

基于微服务业务中台的互联网医院构建完成后，改变了传统架构自上而下单一的系统架构。基于微服务业务中台的互联网医院对业务发展有明显促进作用，通过服务流重构与协同，优化了业务模块和服务内容，有效缩短患者在线就医排队时间，提高互联网医院的门诊就诊量和效率，提升医院的经济效益。

4.2 提高数据监管针对性

采用微服务业务中台构建的互联网医院业务,发挥互联网技术创新优势及相关资源整合能力,医院资源调度更加合理,协作体系不断完善,提高在线服务效率、沟通效率和协作服务能力。通过业务中台的集成,一定程度上破除数据异构导致的业务与数据壁垒,基于业务流的监管更加透明和顺畅,使医院与监管平台以及区域健康平台的对接更加便利,基于业务中台的数据监管更具针对性。

4.3 改善患者就诊体验

微服务中台在互联网医院的应用,构造了以患者为核心的服务模式,加快实现互联网诊疗全流程服务,助力开通医院线上医疗服务环境,可以实现医院自助系统、窗口业务系统等线下流程渠道与线上就医流程一体化,实现数据的集中及多个业务系统的协同,保障患者就医过程中信息的连贯性和便利性,改善患者就诊体验。

4.4 降低运维成本

基于微服务业务中台的互联网医院,改造成本略高于传统业务系统,对服务器资源要求也相对较多。完成基础构建后,各微服务的搭建、升级、卸载等业务操作更加方便快捷,同时实现线上就诊服务一体化的管理应用,建立对外统一的服务标准。从长期运维和优化服务角度看,该架构的应用具有非常好的成本效益比,有利于降低 HIS 运维成本和提升医院经济效益。

4.5 提高系统稳定性和安全性

基于微服务业务中台的互联网医院架构的应用,实现了线上线下数据互通、支付记录互通、业务服务互通等,通过统一的对外标准接口,实现了线上服务标准化,缩短了数据响应时间,减少了数据规则不一致导致的数据异常问题,提高系统的稳定性和安全性。

5 结语

基于分布式微服务业务中台的互联网医院架构,是将传统的个体化、碎片化系统建设逐渐实现集成化、流程化改造。本研究基于互联网医院应用系统开发需求,提出基于微服务中台的互联网医院技术架构设计,采用“大中台、小前台”的架构模式设计医院业务中台,动态组合创建服务,进而实现互联网医院中的业务模块重复使用,同时将各业务模块联通和协同,实现关键业务模块的高效稳定。该架构可支持复杂业务场景的业务规则、流程编排,有助于业务能力和服务的持续迭代和优化,然而,目前对微服务中台的应用场景研究广度和深度不足,需要不同业务场景持续输入更多数据,形成数据中台和业务中台的闭环,推动业务中台的协同化、智能化和行业化。

参考文献

- 1 马建忠. 互联网医院井喷急需管理标准 [J]. 现代养生, 2017 (4): 7-8.
- 2 健康界. 全国首家互联网医院的运营逻辑 [J]. 中国卫生质量管理, 2016, 23 (1): 124.
- 3 上海交通大学. 中国互联网医院发展调研报告 (2022 年) [EB/OL]. [2022-12-29]. <https://www.digit-alelite.cn/h-nd-5493.html?fromMid=3&groupId=311>.
- 4 国家互联网信息办公室. 数字中国发展报告 (2021 年) [EB/OL]. [2022-08-02]. http://www.cac.gov.cn/2022-08/02/c_1661066515613920.htm
- 5 张丽莉, 胡圆圆, 李丽, 等. 我国互联网医院发展面临的主要问题及对策分析 [J]. 中国卫生质量管理, 2021, 28 (9): 1-3.
- 6 周忠良. “互联网+医疗”的现状、问题与发展路径 [J]. 人民论坛, 2021 (22): 88-91.
- 7 陈南, 周博翔. 智慧云医院平台建设研究与实践 [J]. 医学信息学杂志, 2022, 43 (11): 67-72.
- 8 丁涛. 互联网医院线上线下一体化的内涵及实现路径研究 [J]. 卫生经济研究, 2022, 39 (2): 29-31.
- 9 王玉霞, 路杰, 姚进文, 等. “互联网+医疗健康”平台建设与应用实践 [J]. 医学信息学杂志, 2019, 40 (3): 25-30.

- 10 杜明超. 公立医院线上线下融合的互联网医疗体系研究 [J]. 医疗装备, 2022, 35 (7): 52–54.
- 11 魏升, 林朝阳, 钟光辉. 中医医院自主建设互联网医院的实践与思考 [J]. 中医药管理杂志, 2022, 30 (10): 74–76.
- 12 刘霞, 马莉丽, 杨风, 等. 我国互联网医院规范发展研究 [J]. 医学信息学杂志, 2022, 43 (5): 21–24.
- 13 姚刚, 张晓祥. 互联网医院建设推动医院数字化转型实践 [J]. 中国数字医学, 2022, 17 (10): 13–18.
- 14 宋志坚, 郝泽余, 刘坤尧. 某院互联网医院系统建设及使用分析 [J]. 中国卫生标准管理, 2022, 13 (6): 5–8.
- 15 林亦杉. 基于 J2EE 的互联网医院系统的设计与实现 [D]. 厦门: 厦门大学, 2017.
- 16 贾娜, 范兆涵, 陈保站, 等. 基于区块链的处方综合服务平台设计研究 [J]. 中国医院管理, 2022, 42 (11): 31–33.
- 17 安文秀, 刘鹏, 赵岩. 辽宁省肿瘤互联网医院平台设计与实现 [J]. 信息技术, 2022 (6): 169–173.
- 18 朱佳, 王忠民, 戴作雷, 等. 江苏省人民医院互联网医院的建设与实践 [J]. 中国数字医学, 2020, 15 (8): 11–13.
- 19 刘炜, 王培培, 程聪聪, 等. 基于 IPv6 的互联网医院平台设计与实现 [J]. 中国数字医学, 2018, 13 (8): 70–72.
- 20 李训栋, 崔琦, 张晓雅. 医院电子陪护证的研究与实现 [J]. 中国数字医学, 2021, 16 (2): 82–84.
- 21 冯志勇, 徐砚伟, 薛霄, 等. 微服务技术发展的现状与展望 [J]. 计算机研究与发展, 2020, 57 (5): 1103–1122.
- 22 印奇, 王绪洪. 基于数据和业务中台的数据治理技术应用 [J]. 电子技术与软件工程, 2021 (10): 160–162.
- 23 刘晓. 阿里巴巴: 数据技术驱动媒体深度融合转型 [J]. 国际品牌观察, 2021 (24): 44–49.
- 24 李广乾. 什么是数据中台 [J]. 中国信息界, 2019 (6): 72–75.
- 25 明承瀚, 徐晓林, 王少波. 政务数据中台: 城市政务服务生态新动能 [J]. 中国行政管理, 2020 (12): 33–39.
- 26 李信鹏, 刘威, 杨智萍, 等. 电网企业数据中台方案研究 [J]. 电力信息与通信技术, 2020, 18 (2): 1–8.
- 27 苏萌, 贾喜顺, 杜晓梦, 等. 数据中台技术相关进展及发展趋势 [J]. 数据与计算发展前沿, 2019, 1 (5): 116–126.
- 28 王奕, 高宇. 基于数据中台的数据管理体系探讨 [J]. 中国数字医学, 2023, 18 (1): 23–27.
- 29 YEBENES J, ZORRILLA M. Towards a data governance framework for third generation platforms [J]. Procedia computer science, 2019, 151 (4): 614–621.

(上接第 67 页)

- 30 WANG L, XUE Z, EZEANA C F, et al. Preventing inpatient falls with injuries using integrative machine learning prediction: a cohort study [J]. NPJ digital medicine, 2019, 2 (1): 127.
- 31 WANG Y, COIERA E, MAGRABI F. Using convolutional neural networks to identify patient safety incident reports by type and severity [J]. Journal of the American medical informatics association, 2019, 26 (12): 1600–1608.
- 32 NAKANISHI T, IKEDA T, NAKAMURA T, et al. Development of an algorithm for assessing fall risk in a Japanese inpatient population [J]. Scientific reports, 2021, 11 (1): 17993.
- 33 LINDBERG D S, PROSPERI M, BJARNADOTTIR R I, et al. Identification of important factors in an inpatient fall risk prediction model to improve the quality of care using EHR and electronic administrative data: a machine-learning approach [J]. International journal of medical informatics, 2020, 143 (11): 104272.
- 34 吴亚飞, 方亚. 机器学习方法在慢性病研究中的应用进展 [J]. 中国卫生统计, 2020, 37 (4): 624–628.
- 35 施强慧, 张子凡, 胡博, 等. 深度学习与人工智能在颈腰椎退变性疾病诊断及治疗中的应用研究进展 [J]. 解放军医学杂志, 2021, 46 (10): 1034–1039.
- 36 冯留群, 胡宏鸯. 老年人皮肤撕裂伤风险预测模型的研究进展 [J]. 护理研究, 2022, 36 (2): 245–248.
- 37 MOONS K G, KENGNE A P, GROBBEE D E, et al. Risk prediction models: II. External validation, model updating, and impact assessment [J]. Heart, 2012, 98 (9): 691–698.
- 38 王俊峰, 章仲恒, 周支瑞, 等. 临床预测模型: 模型的验证 [J]. 中国循证心血管医学杂志, 2019, 11 (2): 141–144.
- 39 杨良斌. 跨学科的理论基础探讨 [J]. 图书情报工作, 2011, 55 (16): 29–32, 41.
- 40 贺菊芳, 唐英, 张彩云, 等. 2004—2015 年我国住院患者跌倒的文献计量学分析 [J]. 中国护理管理, 2016, 16 (10): 1393–1395.