

# 面向健康老龄化的“5G + 智慧养老”服务生态体系设计研究\*

纪浩 虞颖映

糜蒙

(1 杭州医学院医学情报与卫生政策研究中心 杭州 311599 (浙江移动信息系统集成有限公司 杭州 310005)  
2 浙江省医学情报研究所 杭州 311599)

**[摘要]** 介绍“5G + 智慧养老”服务生态体系架构,从个人、家庭、社会层面阐释功能设计与实现,阐述该体系所涉及的关键技术,包括网络部署、短距离通信、个性化推荐等。本研究为融合多项技术的智慧养老服务模式提供理论框架,拓宽传统养老服务智慧化转型升级的思路,具有一定实践指导价值。

**[关键词]** 健康老龄化; 5G; 智慧养老

**[中图分类号]** R-058 **[文献标识码]** A **[DOI]** 10.3969/j.issn.1673-6036.2021.11.015

**Study on the Design of “5G + Smart Pension Service” Ecosystem for Healthy Aging** *Ji Hao, YU Yingying, 1Hangzhou Medical College Medical Information and Health Policy Research Center, Hangzhou 311599, 2Zhejiang Institute of Medical Information, Hangzhou 311599, China; MI Meng, Zhejiang Mobile Information System Integration Co. Ltd., Hangzhou 310005, China*

**[Abstract]** The paper introduces the ecosystem architecture of “5G + smart pension service”, elaborates the function design and implementation from the perspectives of individuals, families and society, and expounds the key technologies related to the ecosystem, including network deployment, short-distance communication, personalized recommendation and so on. The study provides a theoretical framework for the smart pension service mode integrating multiple technologies and broadens the thinking of the smart transformation and upgrading of traditional pension service, which has certain practical guiding value.

**[Keywords]** healthy aging; 5G; smart pension service

## 1 引言

随着我国老年群体规模的持续扩增,人口老

龄化程度进一步加深。据第7次全国人口普查公报(第5号)数据显示,我国60岁及以上老年人口数量已超过2.6亿,占人口总量的18.7%。全国老龄办预测国内老年人口增速不会减缓,到

**[修回日期]** 2021-08-24

**[作者简介]** 纪浩,硕士,助教,发表论文9篇;通讯作者:虞颖映,副研究员,发表论文40篇。

**[基金项目]** 浙江省哲学社会科学规划课题“基于信息级联和精英群体沉默的网络意见偏差及引导机制研究”(项目编号: No. 21NDQN247YB);浙江省教育厅一般科研项目“‘一老一小’健康服务资源配置效率评价及优化机制研究”(项目编号: No. Y202146074);浙江省社科联研究课题“面向‘一老一小’的浙江省健康服务资源配置效率评价及优化机制研究”(项目编号: No. 2022N98)。

2050年我国60岁及以上人口数量将增加到4.87亿左右。同时我国老年群体的健康问题日益凸显,养老照护压力不断加剧。艾媒咨询研究显示到2050年我国失能/半失能老年人口数量将突破9000万<sup>[1]</sup>。中国疾病预防控制中心数据表明,我国60岁及以上老年群体中有超过75%至少患有1种慢性病,其中糖尿病、高血压、冠心病、呼吸系统疾病等常见疾病会严重降低老年群体生活质量,加重家庭以及社会养老负担。在此背景下我国提出实施积极应对人口老龄化的国家战略,先后出台《国家积极应对人口老龄化中长期规划》《“十四五”积极应对人口老龄化工程和托育建设实施方案》《关于推动物业服务企业发展居家社区养老服务的意见》等政策,积极布局与推进基于5G通信技术、物联网、云计算、大数据、人工智能的智慧养老模式。相关研究指出5G技术下的服务场景具有高度资源组织自动化、服务内容个性化、服务场所泛在化以及服务空间虚拟化等优势<sup>[2]</sup>,因此融合5G技术的智慧养老服务或将成为缓解传统养老压力的重要途径。本文通过梳理国内外相关文献、前沿技术以及5G智慧养老服务实际

案例,研究设计纳入居家社区、医疗机构、养老中心、政府机关等机构的“5G+智慧养老”服务生态体系,力争进一步提升对老龄化群体的健康信息数字化管理、用户健康画像、慢病管理与预防等服务能力与质量,持续推动我国健康养老事业的优质化、高效化、健康化、数字化和智慧化发展。

## 2 服务体系架构

### 2.1 总体架构

“5G+智慧养老”服务生态体系以全面获取老年群体需求为核心,以医疗平台、养老中心、政府机构等提供的大量健康资源为基础,以5G网络为骨干传输通道,通过深度融合物联网、Hadoop云平台、边缘计算、近场通信(Near Field Communication, NFC)以及蓝牙、ZigBee短距离通信技术、LoRa技术等,为老龄化群体提供精准、优质、智慧的健康支撑服务。具体架构分为信息感知、网络传输、数据资源、智慧服务体系以及区域医联体、社区卫生服务中心、养老机构、家庭医生、5G智慧急救车等养老服务供给端,见图1。

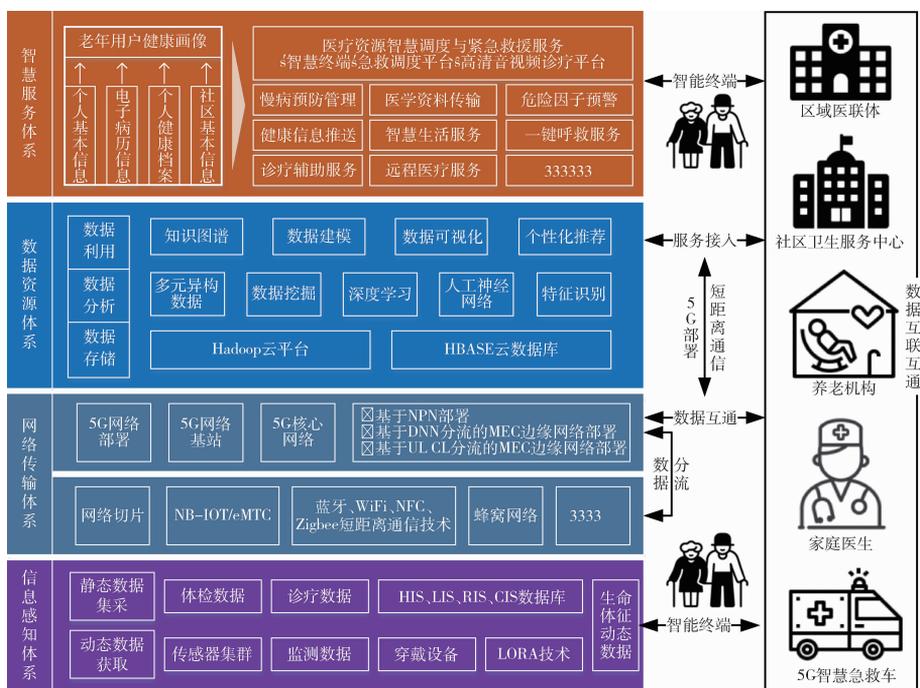


图1 “5G+智慧养老”服务生态体系

## 2.2 信息感知体系

主要用于实现在册老年用户健康数据采集,数据来源包括两个方面,一是静态数据对接与导入,包括周期性体检、常规或突发性诊疗数据以及与区域医联体内医院各业务信息系统等互联互通;二是对老年用户日常活动所产生数据的感知与抓取,如基于智能穿戴式设备(手环、手表、传感器等)、传感器集群系统(智能家用电器、智能视频监控终端、门磁感应系统)以及 LoRa 技术等实现对老年人动态健康信息(位置、行动轨迹、血压、心率、血糖、睡眠、环境信息等)的实时监测和高效上传。

## 2.3 网络传输体系

对 5G 传输网络和短距离通信技术进行优化、整合与提升,从而保证该生态体系能够基于差异化传输方式应对各类不同传输场景,进一步提高传输效率、节约传输成本。一方面,通过非公共网络(Non-Public Network, NPN)方案,命名数据网络(Data Network Name, DNN)方案以及上行分类器(Uplink Classifier, ULCL)方案进行 5G 网络部署,实现数据分流;另一方面,在数据分流基础上搭建针对性的短距离信息传输系统,包括运用端到端网络切片技术、窄带物联网(Narrow Band Internet of Things, NB-IoT)以及 ZigBee 短距离通信技术等,进而实现信息精准化交互。在具备低延时、广带宽、多互联的 5G 通信技术支撑下,该生态体系既能实现老年健康数据的云端存储、交换与管理,又能保证人端、物端、数据端在近距离条件下的边缘计算能力。

## 2.4 数据资源体系

在“5G+智慧养老”服务生态体系中起到承上启下的关键作用。数据资源体系由数据存储、分析、利用 3 部分构成。数据存储层,基于提取-转换-加载(Extract-Transform-Load, ETL)工具对老年健康数据进行初步集成,继而通过 Hadoop 云计算平台和 HBASE 云数据库实现特定数据的云

写入和云查询。数据分析层,基于大数据、数据挖掘与深度学习技术实现对老年用户群体特征和医疗健康服务特征的识别与建模,以特征向量形式组建知识库,继而形成老年用户健康信息服务知识图谱。数据利用层,基于数据建模方法实现知识图谱(老年群体特征和医疗健康服务特征数据)可视化,最终通过数据标注、特征匹配算法及人工神经网络结构等技术实现对老年群体健康需求的个性化推荐服务。

## 2.5 智慧服务体系

5G 智慧养老服务体系是信息感知、网络传输、数据资源体系在联通、整合与优化基础上的外延,是“5G+智慧养老”服务生态体系的功能外化,给老年用户带来最直观的养老服务和主观感受。一方面,结合老年群体个人基本信息、电子病历、个人健康档案以及社区基本信息,实现对老年用户健康信息的精准画像,奠定医疗健康服务数据基础;另一方面,在画像基础上实现健康信息精准化推送、制定针对性与个性化的老年慢性病预防与管理方案、识别与预警健康危险因子,开展远程会诊与医疗服务、医学影像高清传输、医疗资源调度与紧急救援、辅助诊断和各类日常生活服务等。

# 3 功能设计与实现

## 3.1 个人层面

3.1.1 个人日常生活服务 第一,营造健康的居住环境。基于信息感知体系进行老年群体家居环境的智能化调节与控制,包括水电网气智慧化管理、家用电器控制、温度湿度调控以及空气质量改善等,使老年人始终处于方便、稳定、舒适的生活状态。第二,获取全面健康服务资源。老年群体可以通过智慧终端无缝链接“5G+智慧养老”服务生态体系的医疗机构、养老机构、社区卫生服务中心、家政中心、家庭医生等,从而及时获取医疗、保洁、出行、用餐等各类生活辅助服务。

3.1.2 健康管理及医疗情报推送 基于信息感知体系实现对老年健康信息的实时监测与获取,形成

动态化老年群体生命体征数据,借助智慧养老服务生态体系的云计算能力、数据挖掘功能、深度学习算法、个性化推荐技术等,实现对老年人群的健康监测、疾病预防、用药指导、慢病康复等,为老年群体构建方便、优质、愉悦的健康生活圈。同时老年用户借助智能终端还可获得“5G+智慧养老”服务生态体系深度加工与优化的医疗保健、疾病预防、科学养生等知识视频、动画、图片、语音、文字等科普服务或个性化推荐服务,从而进一步提升老年群体健康素养和自我保健水平。

## 3.2 家庭层面

3.2.1 心理与精神慰藉服务 第一,基于5G技术的云计算和云存储能力全面抓取、汇聚老年用户家庭影像资料、图片集锦以及音频材料,通过智慧终端、“5G+虚拟现实”和“5G+增强现实”技术,构建面向老年用户的集听觉、视觉、触觉于一体的虚拟娱乐空间,丰富其生活内容。第二,在老年用户健康画像基础上,基于智慧养老服务生态体系的深度学习和个性化推荐功能对老年群体兴趣爱好进行挖掘,实时推荐满足用户需求的读物、电影、音乐、戏曲等内容。第三,在5G网络支撑下,基于智慧服务体系和虚拟现实、增强现实技术,老年用户可以在线与家人、朋友进行高质量、沉浸式互动交流,满足社交需求。

3.2.2 日常安全监护功能 第一,主动报警功能。当老年群体感觉身体不适希望寻求帮助或及时就医时,可以通过启用智能终端的“一键呼救”功能即时获取帮助。第二,异常指标监测功能。“5G+智慧养老”服务生态体系的传感器集群系统具有强大的信息感知功能,不仅能够实时监测水、电、网、气等生活环境信息,还可以全面监测老年群体位置、活动轨迹和情绪变化,一旦监测数据与正常值相比发生较大偏差,该服务体系报警模块能主动发出预警并随即自动联系相关单位展开紧急援助。第三,跌倒报警功能。当老年用户发生意外或突发疾病而处于跌倒状态时,该体系危险因子预警模块能够迅速将老年用户状态信息向老人家属、医疗机构、急救中心等相关部门

进行反馈,从而获取救援服务。

## 3.3 社会层面

3.3.1 远程会诊与远程手术 一是远程会诊功能。对于日常医疗咨询而言,老年用户仅需借助智慧终端足不出户便可进行健康服务预约、选医、分诊等,进而通过智慧终端视频通话功能实现初级远程会诊。对于想获得更为全面优质医疗服务的老年用户而言,需前往较近且已经接入“5G+智慧养老”服务生态体系的区域医联体或社区卫生服务中心,通过在诊疗室、病房、手术室等场所接入基于5G技术的智能超声医疗设备,配合先进的5G全息远程医疗系统实现医疗影像实时传输,从而为远端专家呈现更为真实全面的患者端状态,进而便于开展精准化专业医疗服务。二是远程手术功能。5G通信技术具有大宽带、低时延、低功耗、网络切片以及边缘计算等特征,能够保证远程手术对大容量数据高速传输要求。术前:5G网络传输体系可以将用户生命体征数据及时传递到急救平台,供医务人员数据共享、协同分析与诊断评估,进而合理安排医疗资源,有利于节约时间与人力成本。术中:实现4k/8k级别超高清影像零延时呈现,便于医务人员掌握患者在术中情况以及把控手术进程。同时基于5G大连接优势可以负载更加多元化数据,保证对远程手术中多模态数据的实时管理,如患者术中各种生命体征数据,包括呼吸、血压、痛感、心率、血糖、血氧、脉搏、瞳孔或角膜特征的变化情况等。术后:可以实现5G远程体征监测、5G远程移动护理、5G无线输液监控、5G远程指导、5G远程查房等服务功能。

3.3.2 医疗资源智慧调度与救援 “5G+智慧养老”服务生态体系中的医疗资源智慧调度与紧急救援服务平台能实现指挥调度中心、紧急医疗物资配送中心、急救中心、5G智慧救护车等各单元数据的互联互通,保证在紧急态势下实现对医疗资源的快速化、精准化、科学化与智慧化调度,最大化满足老年用户急救需求,挽救生命。第一,及时满足急救需求。通过“一键呼救”功能以及传感器集群系统、5G智慧监测系统的实时数据传送,可以及时识别突发状况,全周期获取求救情报。第二,通过及

时调取救援对象数据,包括个人基本信息、电子病历、健康档案、生命体征数据、位置数据、社区信息、家属情况、监护数据、救援道路状况等,进行急救前的用户画像和救援计划安排。第三,基于5G智慧养老服务系统的数据挖掘、深度学习、5G导航定位,优化安排最佳救援线路,避开拥堵路段和人群,为5G智慧救护车“铺路”,从而在最短时间内完成紧急医疗救援服务。

## 4 关键技术

### 4.1 网络部署

#### 4.1.1 技术架构 5G网络传输体系的优化部署是

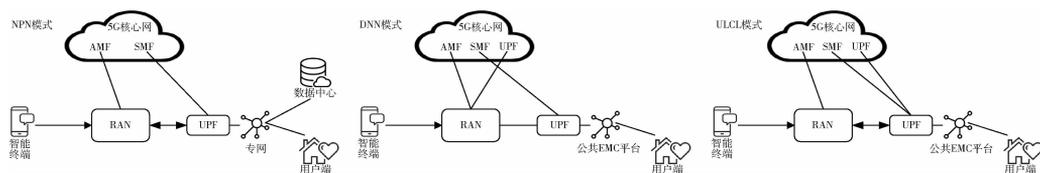


图2 5G网络部署技术架构

4.1.2 基于DNN分流模式 其移动边缘计算(Mobile Edge Computing, MEC)技术最成熟、构建效率最高,但定制化程度相对较低,常用在终端数量不多、网络隔离无明显要求的场景,例如本体系中一般性养老机构推荐选取该模式进行网络部署。

4.1.3 基于ULCL模式 ULCL技术模式相对成熟,主要应用在内部网络规模较大、终端数量较多、网络时延要求较高的场景,该模式能基于5G网络切片、无线侧网络优化等技术按需定制专用基站、专用频率和专用区域级用户面功能(User Plane Function, UPF)等网络设备,且能在应用场景内部提供端到端、隔离的高性能5G专用接入通道,例如本体系中的社区卫生服务中心可以采用该模式的网络部署方式。

4.1.4 基于公共网络集成NPN模式 NPN模式具有最高定制化程度,能够为具有特定需求的垂直行业提供私有网络服务,满足客户对于专网的自主掌控需求。NPN部署方式是在公共网络上分配若干网络切片以实现非公共网络功能。同时NPN模式可以

数据高质量传输和“5G+智慧养老”服务生态体系运行的基础和前提,鉴于大规模传感器、监控器、终端等各类物联网设备及Hadoop云计算中心、HBASE云数据库、数据仓库等多样化数据平台接入,需采用基于命名数据网络(Named Data Networking, NDN)的部署方案,从而保证海量物联网设备以及数据平台在交互传输过程中的安全性、异构性和可扩展性等。常见命名数据网络部署方案包括基于公共网络集成NPN模式、基于DNN分流模式和基于ULCL模式3种类型<sup>[3]</sup>,见图2。3种网络部署方案应结合特定的应用场景和需求进行针对性定制。

基于闭合接入组(Closed Access Group, CAG)的引入实现用户身份鉴权,但是网络部署成本较高,对于已经建设内部专网的机构建议采用NPN模式进行5G接入网络部署,例如本体系中的区域医联体建议采用该模式。

### 4.2 短距离通信

短距离通信技术优化是决定“5G+智慧养老”服务生态体系运行效率与成本节约的关键。在小于10m的领域(近距离)宜采用蓝牙无线技术(包括蓝牙5.0、蓝牙5.2)进行通信设备之间的数据传送;在10~100m的传输区间(短距离)应采用ZigBee无线通信技术进行数据交互,相比蓝牙ZigBee运行能耗和成本更低。在ZigBee技术支持下,通过编写代码能够实现传感器系统操作,包括传感器的初始化、远程控制、数据采集等。同时ZigBee可以作为网络节点链接终端与服务器进行数据收发操作<sup>[4]</sup>;在千米级传输范围(区域级)保证数据在居家、社区、养老及医疗机构之间的高效传输,适宜搭建基于LoRa技术的通信网

络, LoRa 终端节点模块能够有效抑制同频干扰, 可同时应对传统通信方案在距离、抗扰以及功耗无法兼顾等方面的问题<sup>[5]</sup>。其技术关键是对 LoRa 集成终端、LoRa 通讯中继器、LoRaWAN 网络服务器的优化部署。

#### 4.3 个性化推荐

实现健康服务的精准化推送从而制定个性化的老年病预防与管理方案是“5G + 智慧养老”服务生态体系的重要内容。基于深度学习和人工神经网络算法能够更高效地进行老年用户特征和健康服务特征提取。同时人工神经网络中复杂神经元能够通过大量数据学习相应规则, 进而将学习的数据特征用于分类和预测, 从而得到更优化的服务信息匹配与推送结果<sup>[6]</sup>。更关键的是, 在深度学习的基础上, 需要将信息感知体系采集到的数据与养老中心、医疗机构能够提供的健康服务数据进行比较, 挖掘数据之间的关联, 进一步基于得分训练模型筛选具有较高分数的推荐服务, 生成个性化服务推荐集, 优化健康服务推荐结果, 见图 3。

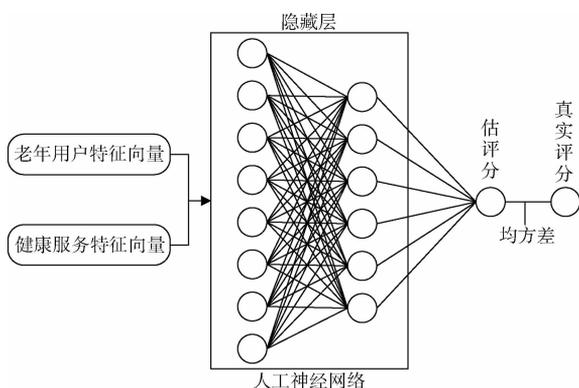


图3 老年群体健康服务个性化推荐技术

#### 4.4 云平台部署

“5G + 智慧养老”服务生态体系在运行过程中会产生大量价值密度低、形式结构繁杂的多元异构数据, 其中以老年用户电子病历、高清医学影像资料、生命体征实时数据等为代表的医疗大数据逐渐成为健康数据一大源头, 而传统数据库在运行效

率、存储类型、扩展能力等方面存在缺陷, 无法满足多元异构数据存储要求<sup>[7]</sup>。将高性能、高可靠性、高拓展的云计算平台 (Hadoop 云平台、HBASE 云数据库) 嵌入智慧养老系统, 可以较好地应对多源异构医疗大数据的存储以及查询问题。Hadoop 云平台属于开源分布式数据中心, 其本质为 Hadoop 分布式文件与 MapReduce 编程模型; HBASE 云数据库是运行在 Hadoop 云平台上、基于 Java 设计的非关系型数据库, 其关键元素为列族、时间戳以及行键。

#### 4.5 通用接口部署

随着技术演进以及设备更新, “5G + 智慧养老”服务生态体系需要进一步实现动态化拓展, 通过采用 Java 语言构建基于微服务架构的技术中台, 将数据资源、网络传输、信息感知体系进行整合, 继而建立、封装具备高拓展性的通用接口。同时将传统客户端/服务器模式的单体架构进行转型升级, 开发针对数据访问层、业务逻辑层、界面表示层的浏览器/服务器 (Browser/Server, B/S) 3 层架构, 有利于进一步提升“5G + 智慧养老”服务生态体系的高拓展性和可伸缩性。

### 5 结语

面对我国不断增长的养老服务需求, 搭建融合 5G、人工智能、云计算、物联网、智能传感器等技术的智慧养老服务平台或将成为缓解养老负担、提高养老质量及效率的关键举措。本文研究设计的“5G + 智慧养老”服务生态体系从实时追踪动态化的健康数据切入, 以高速率网络传输管道为纽带, 以智能化大数据存储平台为支撑, 以全生命周期健康管理和个性化信息推荐服务为途径, 驱动传统养老服务模式智慧化升级。“5G + 智慧养老”服务生态体系打通各养老服务方通道, 促进服务接口、服务数据、服务资源相互之间的智慧化协同, 进一步实现对老年群体在个人、家庭以及社会层面的全方位养老支撑。本研究成果

在学术研究、商业经济、社会管理等方面具有较强的理论价值和实践意义。在学术研究层面,研究人员可基于老年健康大数据积累,更为精细化地剖析老年慢病发生机理,构建分类慢病风险预警模型,对疾病风险预防与控制提供针对性的工具指引;在商业经济层面,引导养老服务产业与5G、人工智能、云计算等信息技术产业相互促进与深度融合,驱动形成智慧养老产业集群,推动智慧养老产业链上、中、下游的商业化发展;在社会管理层面,推动面向“5G+智慧养老”服务生态体系涉及的用户隐私、医学伦理、数据资产等出台相关政策法规,加强对“5G+养老服务”的监督力度,保障其健康有序发展。随着我国5G网络全面布局的快速推进,数字化健康服务市场体量将持续扩大,更多新兴前沿技术与先进模式会随之出现。如何提升“5G+智慧养老”服务生态体系通用性,从而实现多技术的无缝融合与深度嵌入,进而驱动养老服务效能进一步提升并产生更大的实践价值是下一步重点研究方向。

## 参考文献

- 1 艾媒咨询. 2020H1 中国老年人群画像及消费模式调查报告 [EB/OL]. [2020 - 07 - 13]. <https://www.iimedia.cn/c400/72621.html>.
- 2 马秀峰,董同强. 5G 技术场域中的图书馆移动服务:特征与框架 [J]. 图书馆学研究, 2020, 4 (1): 2-6, 15.
- 3 唐伦,周钰,杨友超,等. 5G 网络切片场景中基于预测的虚拟网络功能动态部署算法 [J]. 电子与信息学报, 2019, 41 (9): 2071-2078.
- 4 Zheng Y, Zhang Y, Wang Y, et al. Create Your Own Data and Energy Integrated Communication Network: A Brief Tutorial and a Prototype System [J]. China Communications, 2020, 17 (9): 193-209.
- 5 常兆心,张扶桑,牛凯,等. 基于 LoRa 信号的行走距离和方向估计 [J]. 计算机学报, 2021, 44 (5): 999-1012.
- 6 Minaee S, Kalchbrenner N, Cambria E, et al. Deep Learning-based Text Classification: A Comprehensive Review [J]. ACM Computing Surveys (CSUR), 2021, 54 (3): 1-40.
- 7 赵子豪,沈志宏. 一种适合多元异构图数据管理系统的交互分析框架 [J]. 数据分析与知识发现, 2019, 3 (10): 37-46.
- 14 Sagnelli E, Macera M, Russo A, et al. Epidemiological and Etiological Variations in Hepatocellular Carcinoma [J]. Infection, 2020, 48 (1): 7-17.
- 15 Li B, Zhang C, Zhan Y T. Nonalcoholic Fatty Liver Disease Cirrhosis: a review of its epidemiology, risk factors, clinical presentation, diagnosis, management, and prognosis [J]. Canadian Journal of Gastroenterology and Hepatology, 2018 (3): 1-8.
- 16 李玲,杨渊,殷环,等. 我国慢性非传染性疾病流行态势研究 [J]. 医学信息学杂志, 2019, 40 (8): 14-19.
- 17 Wang M J, Wang Y T, Feng X S, et al. Contribution of Hepatitis B Virus and Hepatitis C Virus to Liver Cancer in China North Areas: experience of the Chinese national cancer center [J]. International Journal of Infectious Diseases, 2017 (65): 15-21.
- 18 Li M, Wang Z Q, Zhang L, et al. Burden of Cirrhosis and Other Chronic Liver Diseases Caused by Specific Etiologies in China, 1990-2016: findings from the Global Burden of Disease Study 2016 [J]. Biomedical and Environmental Sciences, 2020, 33 (1): 1-10.
- 19 单姗,赵连晖,马红,等. 肝硬化的定义、病因及流行病学 [J]. 临床肝胆病杂志, 2021, 37 (1): 14-16.
- 20 Tao J, Li J, Chen X, et al. Endoscopic Variceal Sequential Ligation Does Not Increase Risk of Gastroesophageal Reflux Disease in Cirrhosis Patients [J]. Digestive Diseases and Sciences, 2020, 65 (1): 329-335.
- 21 Wang X, Luo J, Liu C, et al. Impact of Variceal Eradication on Rebleeding and Prognosis in Cirrhotic Patients Undergoing Secondary Prophylaxis [EB/OL]. [2021 - 04 - 30]. <http://ir.lzu.edu.cn/handle/262010/450358>.

(上接第 86 页)