

元宇宙医院的现况与未来

张纪阳¹, 于佳婕¹, 周宸彬¹, 谭彬², 顾建英^{1*}

1. 复旦大学附属中山医院信息与智能发展部, 上海 200032

2. 上海联影智元医疗科技有限公司, 上海 201815



[摘要] 本文从价值、社会、文化、技术等多个角度探讨了元医院的需求与实现,从数字孪生和数字原生两类对象集成的角度描述了元医院的基本架构,并试图基于技术发展趋势,以一定的延伸预测,半定量地分析元医院基础设施建设的可行性,也强调了元医院共创体系的形成将是一个长期过程。

[关键词] 元医院; 数字孪生; 数字原生

[中图分类号] R-1 **[文献标志码]** A

The current situation and future development of meta-hospitals

ZHANG Jiyang¹, YU Jiajie¹, ZHOU Chenbin¹, TAN Bin², GU Jianying^{1*}

1. Department of Information and Intelligence Development, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

2. Shanghai United Imaging Zhiyuan Medical Technology Co., Ltd, Shanghai 201815, China

[Abstract] This paper discusses the needs and implementation of meta-hospitals from the perspectives of value, society, culture, and technology, and describes the basic architecture of meta-hospitals from the perspectives of integrating digital twins and digital natives. Based on the trend of technological development and a certain extension prediction, this paper attempts to semi-quantitatively analyze the feasibility of the infrastructure construction of the meta-hospital, and also emphasizes that the formation of the meta-hospital collaborative development system will be a long-term process.

[Key Words] meta-hospital; digital twin; digital native

无论从弗诺·文奇的《真实姓名》还是尼尔·斯蒂芬森的《雪崩》开始追溯,元宇宙(Metaverse)都具有深厚的技术背景,是值得预期的。虽然扎克伯格雄心勃勃的元宇宙“All in”计划至今仍不太成功,但是自2021年7月以来,元宇宙对科技、产业及很多领域都产生了深远的影响。在元宇宙中,医院能否作为1个相对独立的世界演进?元医院能否作为未来智慧医院建设的终极目标?我们是否需要元医院?有生之年我们能否相会于元医院?这些问题需要从价值、社会、文化、技术等多个方面去探讨,本文试图以一定的延伸预测,半定量地分析这些问题,梳理元医院未来发展演进之路。

1 元医院的内涵与外延

2021年,元宇宙风靡科技界,很多专家学者也对元宇宙在医疗中的应用进行探讨^[1-3]。不少专家归纳总结了虚拟现实(VR)、混合现实(MR)、增强现实(AR)及扩展现实(XR)等技术在手术、远程诊断、医

学教学等场景中的应用,并在元宇宙框架下对之重新阐释^[4-6]。专家学者们对数字孪生、数字原生的两种技术体系支撑的宇宙时空进行了畅想,将元宇宙医疗引申为“数字化”的高级状态、智慧医疗发展的最终形态、医疗数字化的高度集成模式等^[7]。医疗元宇宙、元宇宙医学、医疗元宇宙场景,以及专科方向的元宇宙体系等概念也陆续被提出^[8]。

在医疗信息化领域,在“云大物移智链”等新技术应用的催生下,以数字孪生为代表的虚实融合体系在智慧医院建设中受到重视,院区、医生、患者、设备、耗材、疾病、诊疗过程、健康生态体系等类型的数字孪生项目得到广泛关注,也有不少医院投入建设。数字孪生成为了“未来医院”“数字化转型”“智慧医院”“数智化医院”“高质量发展医院”等建设思潮的宠儿^[8-10]。由此,本文围绕元宇宙在医疗服务、临床科研、医学教育、医院管理等方面的作用,将元医院定义为:以医疗资源扩容和能力辐射为核心目标,以医院为演进单元,借助数字孪生和数字

[收稿日期] 2024-02-25

[接受日期] 2024-03-25

[作者简介] 张纪阳, 博士, 副教授. E-mail: zhang.jiyang@zs-hospital.sh.cn

* 通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-64041990. E-mail: Gu.jianying@zs-hospital.sh.cn

原生技术实现的虚实融合的医疗空间,内置符合现实医疗逻辑的时空法则与物理规律,以及自行演化的虚拟系统,通过交互手段为医疗生态中的人员提供服务和创作工具,既有符合真实的数据,也有超越现实的展示。

虽然我们对元医院有美好的预期,但人们普遍认为元宇宙医学有点“虚”,对现实应用和“宇宙”成长之路缺乏短期预期。目前,无论是以医工交叉作为支撑的数值仿真、多物理场分析、物理模型、生成式人工智能(AIGC)等数字原生技术,还是以物联网、云计算、大数据、区块链、3D建模等作为支撑的数字孪生技术,在医院中的应用都没有达到能够张成为“宇宙”的状态。在当前医学、医疗、医院元宇宙应用探索中,场景和技术还难以让人拥有“沉浸式”的感知和“离不开”的需要,主要表现在:(1)虽然XR技术在手术规划、导航、模拟等应用中已有多年探索,也有很多示范案例,但是其在精度、安全性、可靠性等方面尚缺乏从理论到实践的保证,不足以吸引患者和医生选择其作为辅助诊疗手段。(2)远程查房、远程门诊、远程会诊、远程操作等应用推广促进传感器、网络基础设施、接入终端、虚拟空间、数据基础等技术水平都有了很大提高。很多医院也从自身业务需要出发,在5G+、互联网+、区块链+、数据要素X等政府主导的新基建项目中,推出了不少示范应用,但是技术应用的成本尚不清楚,平台长期的运维保障缺乏成熟经验,广域协作的医疗模式缺乏政策、管理和医保支付等方面的成熟体系,导致当下数字技术的应用规模和效益仍有限。(3)医学教育中使用数字模型、虚实融合平台和XR交互,大大提升了教学的沉浸感^[11],能够提供超越现实的辅助认知,但是其投入和运维尚未达到成本可控的规模效应,难以推广和普及。

2 元医院建设的价值与意义

元宇宙的兴起和发展虽然是以技术创新引发,但其在医疗领域也有其深厚的价值基础和社会发展需要。我国对医学发展、医疗技术进步和医院管理改革的架构统一于“健康中国”战略,以高质量发展为目标,以“数字中国”建设为支撑,实践具有中国特色的价值医疗^[12-13]。公立医院高质量发展、DIP/DRG支付改革、药品耗材的集中带量采购、药品耗材零加成等政策导向,以及重点专科、国家医学中心、国家区域医疗中心、分级诊疗体系、医联体等体系规划,医养结合、互联网+护理、5G+医疗、家庭病房、互联网医院等业态、模式创新,无不体现对数

字化、新信息技术的依赖。元医院是1个深度数字化前景下的综合解决方案。

2022年初,国际元宇宙医学协会(International Association for Metaverse in Medicine)和国际元宇宙医学联盟(International Alliance for Metaverse in Medicine)成立,并且发布了《元宇宙医学专家共识》^[14],随后以白春学教授为代表的专家对健康养老^[15]、护理^[16]、医学教育^[11, 17-20]、放射医学^[21]、慢病管理^[22]、介入治疗^[23]等方向的应用进行了深入探讨,出版了专著《未来已来——我们的元宇宙医学》^[24]。在这些论述中,白春学教授认为元宇宙医学的发展不仅建立在解决医疗“三低”(高端设备覆盖率低、技术掌握度低和患者认可度低)、“二难”(看名医难、入名院难)、“四差”(预防差、保健差、管理差和康复差)的现实需求基础上,还需要具备深厚的医学发展和医疗技术创新背景。

医疗也面临着新质生产力诞生的强烈需求^[25]。从卫生健康统计情况,以及一系列国家级的规划和政策文件^[26-29]来看,医疗的可及性、均衡性、便捷性、质量和服务水平都有很大的提升空间。目前,人口健康老龄化需求猛增,医疗服务与社会需求仍存在较大差距,医疗资源的快速扩容和均衡化发展还有较大压力,在这些问题的解决方案中,信息化被寄予厚望。开辟“宇宙”空间,实现“医疗殖民”,扩充生存空间,改变时间流速,利用数据生产要素,打破时空和模式局限,预期能够成为解决众多问题的统一框架,也是对目前医疗信息化、智慧医院建设的合理延伸。

3 元医院的体系和技术架构

2022年,叶毓睿等^[30]编写了《元宇宙十大技术:把握数字经济脉搏》,该书汇集了来自不同领域专家、学者和企业对元宇宙的畅想,从宇宙的本源和基本特征出发,将元宇宙归结为数字孪生和数字原生世界的融合,代表了来自现实和超越现实的新世界。从技术现实出发,元医院作为未来医疗世界的承载单元,包括数据驱动的数字孪生世界和模型驱动的数字原生世界(图1),两者交互融合,融合成1个整体的“元医院”。医护、医技、患者和实体机器人等医院的“人员”要素,通过交互技术进入元医院,引入驱动其演进的主观因素。其他物理要素,通过传感器及云网边缘融合的体系进入数字孪生世界,驱动模型演化,从而影响元医院的演化。数字原生的世界则可以自主演化,实现超越现实的医疗观察、分析、仿真和体验。

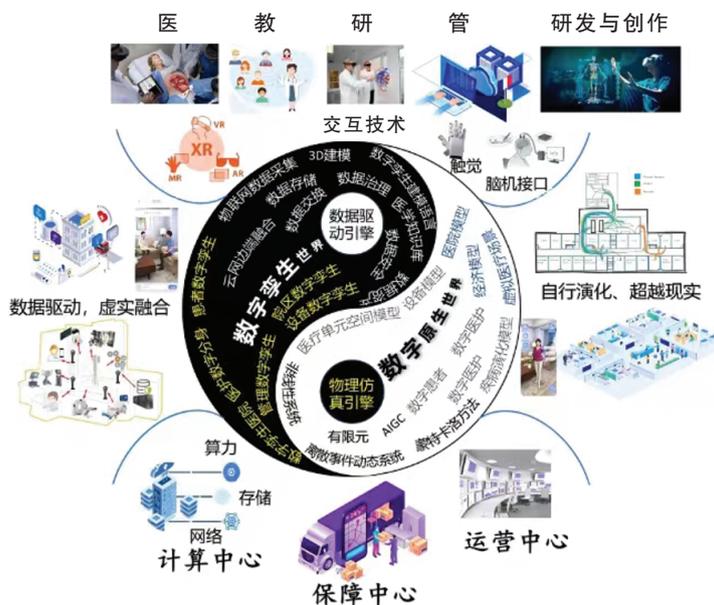


图1 单体元医院的概念架构

元医院的技术基础包括算力、网络、存储、交互、传感,规则 and 秩序,建立则依赖于法律框架、物理规律、数字经济秩序、医疗安全、医学伦理等。元医院的保障和运营均立足于现实世界,需要通过远程医疗、互联网医院、家庭病房、医养结合、健康管理、慢病管理等医疗业态创新解决自身的经济基础。需要强调的是,元医院是1个持续演化、长期存在、全员参与创作和开发的体系,是“上层建筑”和“经济基础”的融合体。

从技术角度看,元医院需要1个可扩展的技术体系作为支撑,该体系可大致分为5层(图2):最底层是各种计算资源,包括传统的GPU、CPU等,以及健康医疗设备、人机交互设备、空间计算传感器和定制芯片组成的专用计算单元。第2层可以称为元医院操作系统,统一管理和调度底层的硬件和芯片,实现对物理世界的信息感知和反馈控制。第3层是医疗元化底座,可以看成是当下各种医疗数字化和数智化平台的升级,封装并扩展“云大物移智链”等技术,实现可复用的医疗元宇宙技术支撑,为元医院的现实和虚拟世界提供数据汇聚、孪生建模、智能决策、数据安全等基础服务。第4层是开发者生态层,在医疗元化底座的基础上,为开发者提供1个开放可扩展平台,加速元医院上层应用和服务的生产、交付、运营、交易过程,使得医疗服务供应商、医院和独立开发者可以共建元医院。最顶层是元服务层,是当下各种医疗数字化软件和应用在元医院体系下的更新换代,如元健康档案、元医技、元会诊、元医疗资产管理等,支撑了元医院的业务

运行,医生、患者和医院科室的管理者可以直接使用这些服务。



图2 1种元医院的技术架构

4 元医院建设的技术支撑及资源要求

虽然人们对元宇宙十分期待,期待现实世界的种种困难能够在1个新的宇宙空间中解决,但是元宇宙的开辟和构建都需要物质和技术基础。我们在设想美好未来的同时,也需要分析和估计一下元医院建设的技术与社会资源需求,从而评估其可行性,预估其发展演进的路径。

《元宇宙十大技术:把握数字经济脉搏》^[30]从人工智能和感知交互技术的需求出发,分析了开辟元宇宙需要的信息技术能力。书中指出对于完全沉浸

的元宇宙接入,单个网络接入需要4 Gbps下行带宽,网络延时不能超过8 ms,这些指标通过简单地扩充现有网络能力已经不足以解决,而是需要云网边端和应用场景结合进行整体优化。因此,相对4G和5G,6G和第7代Wi-Fi的演进可能需要更久。对于存储技术来说,容量不是主要矛盾,数据的持久存在、去中心化存储等问题成为人们进入元宇宙的阻力。书中也提出了区块链存储的解决方案,但是该技术体系的实施还需要整个社会的努力。对于算力来说,一定规模的元宇宙需要在现有算力基础上再提升1 000倍,并且需要融合专用计算和通用计算的新架构。

从技术发展现状及其趋势来看,人们可能已经触摸到了元医院的边缘,看到了其演进的可能性。但是目前为止,点上应用并没有能达到开辟宇宙的层次,所以麦肯锡^[1]用“道阻且长,前景可期”形容元宇宙医疗。

根据《元宇宙十大技术:把握数字经济脉搏》^[30]中的数据和一些合理假设,我们尝试计算将1家

500万门诊量的三甲医院扩建为具有其4倍门诊量的元医院所需要的硬件资源,以分析建设元医院是否可期(表1~表3)。

表1 500万门诊量的三甲医院的规模假设

规模要素	数量规模
门诊	500万人次
住院	20万人次
手术	15万人次
开放床位	3 000张
医生	2 000人
护士	3 000人
职能部门管理人员	100人
其他人员	5 000人
医疗收入	120亿元
信息化投入	2亿元

表中数据假设参考了国家卫健委公布的2022年卫生健康统计年鉴^[32],以及各大医院的预算公开数据设计;信息化投入介于医院年度医疗营收的1%~2%;其他人员包括工勤、信息、保卫、餐饮等;行政管理人员为专职,不包括医生兼职人员,按照1/20计算。

表2 元医院服务覆盖情况

覆盖参数	数量	说明
服务区域	半径3 000 km	覆盖全国面积的半径,按照光速传递,网络延迟为10 ms。
服务人群	2 000万人次/年	参考超大城市规模 ^[33] 。
服务交互时间	10 min/人次	经验假设。
工作人员范围	全国	元医院接入(患者和工作人员)不受地域限制,工资成本按照全国平均水平计算。
营收估计	30亿元,有效收入5亿元	按照挂号费和药品费用计算,治疗和操作类费用通过分级诊疗体系线下分担,不计入元医院营收范围。数据参考国家卫健委发布的2022年卫生健康统计年鉴 ^[32] ,挂号费25元,药品费用125元(零加成)。

表3 元医院运行硬件及消耗资源估算

资源类型	数量	说明
算力	相当于8 000个Intel Xeon Gold 5218R和4 000个NVIDIA GeForce RTX 4090板卡,并配置128张H100板卡	按照单个NVIDIA GeForce RTX 4090板卡可以运行1个7 B规模的多模态大模型计算,每个服务并发配置1个场景、1个数字人,需要2 000张板卡,再加上同等规模的数字原生模型运算需要2 000张板卡;基础大模型运算按照GPT4基础规模,使用128张H100板卡;业务支撑需要4 000台Intel Xeon Gold 5218R规模的CPU(现有按照1 000台计算,双CPU),用于虚拟机和大数据运算。
存储	约4.8 PB	年度增量,每人诊疗需要存储医学影像(CT/MR,约500 MB)、交互音视频(8 k, 60 fps, 10 min约2 GB)和病历文本(约500 kb),按照1/10的人次需要存储计算(没有考虑和住院、手术病理数字切片、基因检测等更大体量的数据)。
网络	约226 Gbps	接入量为2 000万人/年,平均分布在365天,每天按照8 h有效工作时间计算,每位患者服务时间为10 min,并发数量约为1 140人,医患均通过8k 60 fps的XR终端接入,码流为100 Mbps,需要带宽113 Gbps,双向交互,所以总带宽为226 Gbps。
电力消耗	总功率约为6 019.2 kW,年度用电5 272.8万度,电费需要约2 636.4万元(按照0.5元/度计算)	按照CPU(5218R 125 W)和GPU板卡(RTX4090 450 W, H100 700 W)功率的2倍配置(包括散热、服务器其他部件、网络设备和其他消耗),存储功耗按照5 kW/1 PB计算,备用5年存储,需要24 PB,需要120 kW。总体计算如下: $2 \times (\text{CPU } 1000 \text{ kW} + \text{GPU } 1\,889.6 \text{ kW} + \text{存储 } 120 \text{ kW}) = 6019.2 \text{ kW}$ 。

续表

资源类型	数量	说明
基础软件建设费用	1.04 亿元	按照云平台(含操作系统、数据库、中间件、安全软件等,6 000 万元)、数据平台(2 000 万元)、建模软件(800 万元)、分析软件(800 万元)、AI 平台(800 万元)等估算(按照现有医院招标采购平台经费的 4 倍计算,参考数据来自中国政府采购网 https://www.ccgp.gov.cn/)。
人力资源投入	2.4 亿元	年度费用,按照 30 万元/人年计算,人数按照线下医生服务能力的 1/10 配置,需要 800 人左右,考虑因素包括 2023 年全国人工智能从业人员平均薪资水平 ^[34] ,全国 IT 人员平均薪资水平 ^[35] ,以及考虑医信交叉人才的紧缺性因素,人员类型包括运维工程师、算法工程师、数据工程师、医疗专家、元医院运行监控管理人员、运营交互的管理人员等。
模型建设费用	1.5 亿元	按照 GPT-4 训练规模估算 ^[36] ,板卡性能提升带来的训练时间和费用降低。
其他服务费用	1.2 亿元	网络服务费、安全保障、软件运维费、硬件运维保障、运营推广等,按照头部医院信息化年度运维费用规模的 4 倍计算。

从这些简单估算中,信息基础设施的投入还是可能实现的,但是软件体系的建设、知识库、数据资源积累、模型资源和数字原生的创作是 1 个长期积累的过程,整个系统的建设和运维投入将远远超过硬件投入。除了信息系统建设外,元医院建设还需要大量具有数字原生创作能力的人才,这部分人员需要是掌握了元医院开发和创作的医生,目前这样的人力资源在全国都十分稀缺。另外,元医院还需要新的医疗服务收费模式,否则按照目前互联网医院诊疗挂号费 + 药品快递(零加成,对医院不是有效收入)的模式,很难支撑元医院运行。

5 元医院的未来展望

2023 年,大模型和生成式人工智能横空出世,通用人工智能和多模态人工智能出现了曙光。同时,在生成模型的加持下,数字人、数字分身、数字员工、数字场景生成变成了大众可及的服务,代码生成也为平台开发提供了平台内部闭环演进的可能性,英伟达还推出了 OpenUSD (universal scene description) 框架,成立了 AOUSD 联盟。元医院的建设从标准规范、技术发展、应用工具等层面来看,似乎并不太遥远。但是,目前元医院中的主体参与人员十分缺乏,这些需要医生专家、人工智能新业态从业人员、社会大众的广泛认知,以及整个社会数字化进程的快速发展。另外,网络技术,包括 6G 技术和第 7 代 Wi-Fi 的演进还需要时间,以区块链技术为支撑的分布式存储、元宇宙信任和安全机制还有较长的路要走。

从落地路径上看,元医院的建设是 1 个迭代演进的过程,实现这种演进,需要行业参与者通力合作。医院和业务运营方,一方面要立足当下,夯实现有的数字化和数智化基础,另一方面也要积极拥抱元宇宙的新技术,从比较容易落地的应用场景入

手,探索新技术的应用,逐步发掘新技术价值,比如基于大模型的智能导诊、医生助手、基于 VR 技术的远程会诊等。对有志于长期发展元医院技术、平台和应用服务的企业,可以基于自身在产业链中的定位和优势,联合上下游的产品和技术合作伙伴,在合适的技术分层上深耕,逐步建立竞争优势。

总之,从探索试点到宇宙生成,元医院还需要走过模型和数字原生要素的规模化生产的道路,从而在此进程中培养人才、生态,集聚元宇宙的能量、土壤、生产力、生产关系基础,导入元医院的运营生态。

伦理声明 无。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献 张纪阳:论文选题、撰写、修改;于佳婕:修改、文献资料整理;周宸彬:修改、文献资料整理;谭彬:技术架构部分的整理和撰写;顾建英:整体架构、撰写思路设计。

参考文献

- [1] RITTERBUSCH G D, TEICHMANN M R. Defining the metaverse: a systematic literature review [J]. IEEE Access, 2023, 11: 12368-12377.
- [2] BANSAL G, RAJGOPAL K, CHAMOLA V, et al. Healthcare in metaverse: a survey on current metaverse applications in healthcare[J]. IEEE Access, 2022, 10: 119914-119946.
- [3] PIETRIS J, TAN Y R, CHAN W O. Health care in the metaverse[J]. Med J Aust, 2023, 219(1): 41.
- [4] 梅 胜, 王晓丽. 元宇宙医学应用场景的研究[J]. 中国数字医学, 2022, 17(11): 45-48.
- [5] 雷 禹. 智慧医疗背景下医疗元宇宙生态场景构建[J]. 卫生经济研究, 2023, 40(7): 58-62.
- [6] GANAPATHY K. Metaverse and healthcare: a clinician's perspective[J]. Apollo Med, 2022, 19: 256-261.
- [7] 卢绮萍, 付航玮, 张晓帅. 浅谈对元宇宙理念促进中国智慧医疗创新发展的思考 [J]. 中华外科杂志, 2023, 61(5): 353-356.

- [8] 孔祥溢, 姜鸿南, 方 仪, 等. 元宇宙在医学领域的应用现状与前景展望[J]. 医学信息学杂志, 2023, 44(4): 2-11.
- [9] 王飞跃. 数字医生与平行医疗: 从医疗知识自动化到系统化智能医学[J]. 协和医学杂志, 2021, 12(6): 829-833.
- [10] 林江峰, 陈思进, 胡 玲. 汇集个人医疗及健康数据的元宇宙医学站: CN115985447A[P]. 2023-04-18.
- [11] 黄泽平, 张文君, 李思敏, 等. 基于元宇宙的临床医学教育教学应用前景[J]. 中国高等医学教育, 2023(9): 1-4.
- [12] 蒋海泥, 王留明, 杜杏利, 等. 新形势下我国价值导向型医疗服务体系构建[J]. 中国医院, 2018, 22(4): 19-21.
- [13] 刘远立. 实现人人享有基本医疗保健的中国道路[J]. 行政管理改革, 2021(4): 14-22.
- [14] YANG D Z, ZHOU J, CHEN R C, et al. Expert consensus on the metaverse in medicine[J]. Clin eHealth, 2022, 5: 1-9.
- [15] 曾迎春, 曾玲晖. 健康老龄化视域下智慧康养元宇宙的应用现状、挑战与对策[J]. 护理学报, 2023, 30(14): 70-73.
- [16] 陈 晨, 张红梅, 寇 洁, 等. 元宇宙关键技术及其在医疗护理的应用现状 [J]. 中华现代护理杂志, 2023, 29(12): 1672-1676.
- [17] 陈诗翰, 吴俊杰. 医学教育元宇宙的理论构建 [J]. 中国医学教育技术, 2023, 37(4): 390-396.
- [18] 王 岳, 陈 晨, 王亚平, 等. 医学教育元宇宙学习环境架构探讨[J]. 中国数字医学, 2022, 17(9): 45-47.
- [19] 吴 超, 薛 佩, 王佳玉, 等. 虚拟现实技术在外科医学教育实践中的应用与探索 [J]. 中华消化外科杂志, 2023, 22(S1): 78-81.
- [20] 周 翼, 黄振驹, 伍禧雯, 等. 元宇宙在临床医学教育领域的应用[J]. 中国数字医学, 2023, 18(4): 43-47.
- [21] 沈陆恒, 刘曹锐, 杨博文, 等. 元宇宙对放射医学领域的影响[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2022, 42(11): 903-908.
- [22] 孙梦婷, 杨达伟, 谢林杉, 等. 元宇宙医学在慢性疾病健康管理中应用的研究进展 [J]. 复旦学报 (医学版), 2023, 50(2): 292-295.
- [23] 徐文博, 于 洋, 王 超. 介入治疗与教学的元宇宙: 前生、今世与未来[J]. 中国医学教育技术, 2023, 37(4): 397-401.
- [24] 白春学. 未来已来: 我们的元宇宙医学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2023.
- [25] 本报编辑部. 向新质生产力要增长新动能 [N]. 经济日报, 2024-01-29(1).
- [26] 国家卫生健康委, 国家中医药局, 国家疾控局. 关于印发“十四五”全民健康信息化规划的通知[EB/OL]. (2022-11-07)[2024-03-01]. <http://www.nhc.gov.cn/cms-search/xgk/getManuscriptXgk.htm?id=49eb570ca79a42f688f9efac42e3c0f1>.
- [27] 国家卫生健康委规划发展与信息化司. 实施健康中国行动开启健康中国建设新篇章 [J]. 中国健康教育, 2020, 36(11): 971-972.
- [28] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 关于印发《“十四五”优质高效医疗卫生服务体系建设实施方案》的通知[EB/OL]. (2021-07-01)[2024-03-01]. https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tzgg/202107/t20210701_1285213.html.
- [29] 国家卫生健康委, 教育部, 科技部, 等. 关于印发“十四五”健康老龄化规划的通知[EB/OL]. (2022-03-01)[2024-03-01]. <http://www.nhc.gov.cn/fljks/pqt/202203/c51403dce9f24f5882abe13962732919.shtml>.
- [30] 叶毓睿, 李安民, 李 晖, 等. 元宇宙十大技术 [M]. 北京: 中译出版社, 2022.
- [31] 张 琨, 陈 兢, 韩文琪, 等. 道阻且长, 前景可期: 展望元宇宙医疗 [EB/OL]. (2022-04)[2024-03-01]. https://www.zhiyanbao.cn/index/partFile/1/mckinsey/2022-04/1_40963.pdf.
- [32] 国务院. 国务院关于调整城市规模划分标准的通知[EB/OL]. (2014-11-20)[2024-03-01]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2014-11/20/content_9225.htm.
- [33] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 2022 中国卫生健康统计年鉴 [EB/OL]. (2023-05-17)[2024-03-01]. <http://www.nhc.gov.cn/mohwsbwstjxxzx/tjtjnj/202305/6ef68aac6bd14c1eb9375e01a0faa1fb.shtml>.
- [34] 脉脉高聘人才智库. AI 行业专题报告: 2023 人工智能人才洞察报告[EB/OL]. (2023-11-06)[2024-03-01]. https://www.sohu.com/a/739940725_121834026.
- [35] 麦可思研究院. 2023 年中国本科生就业报告 [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2023.
- [36] WONG G. GPT-4 architecture, infrastructure, training dataset, costs, vision, MoE [EB/OL]. (2014-11-20)[2024-03-01]. <https://files.catbox.moe/re56cr.pdf>.

引用本文

张纪阳, 于佳婕, 周宸彬, 等. 元宇宙医院的现况与未来[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(1): 22-27.

ZHANG J Y, YU J J, ZHOU C B, et al. The current situation and future development of meta-hospitals [J]. Metaverse Med, 2024, 1(1): 22-27.