

元宇宙研究的理论原则与实用场景探讨^{*}

赵 星 乔利利 张家榕 张 慧 叶 鹰

摘 要 围绕热点“元宇宙”的研究和讨论正风靡各界,而研讨其理论原则与实用场景至关重要。本文以逻辑方法分析元宇宙研究的理论原则与实用场景,提出元宇宙研究的三大理论原则:虚实互动原则、技术互联原则、人文互利原则,并在实用场景中选择三类典型场景对应讨论了理论原则与实践应用。本文阐明了元宇宙研究的理论意义与应用场景价值,特别指出图书馆元宇宙作为一种实用场景对图书情报领域的重要意义。图3。表1。参考文献22。

关键词 元宇宙 元宇宙理论 产业元宇宙 科教元宇宙 政务元宇宙 图书馆元宇宙

分类号 G250

The Theoretical Principles and Practical Scenarios for Exploring Metaverse

Star X. ZHAO, QIAO Lili, Ronda J. ZHANG, Helena H. ZHANG & Fred Y. YE

ABSTRACT

Research and discussion around the burning topic of “metaverse” is all the rage, and it is vital to examine its theoretical principles and practical scenarios. The authors analyse the theoretical principles and practical scenarios of metaverse research in a logical analysis method. The three theoretical principles of metaverse research are proposed: the principle of virtual-real interaction, the principle of technological interconnection, and the principle of humanistic mutual benefit, which correspond to the ontology, epistemology and axiology of the philosophical system respectively. This system of principles can better reveal the nature of the metaverse. Then three types of typical scenarios are selected among many practical scenarios to dovetail theory and practice. The authors clarify the theoretical significance and value of metaverse research as an applied scenario, noting in particular the importance of the library metaverse as a practical scenario for library intelligence.

The authors propose that under the scenario of library metaverse, the library should develop into an innovative space of virtual-real interconnection. That is to say, the library should realize the integrated

^{*} 本文系教育部科学技术与信息化司智能社会治理研究项目“智能化沉浸式教育场景的网络设施关键技术标准及环境评价研究”和中国工程院战略研究与咨询项目“数据要素流动与风险管控关键问题研究”的研究成果之一。(This article is an outcome of the intelligent society governance research project “A Research on Key Technology Standards and Environments Evaluation of Cyberinfrastructure for Intelligent Immersive Education Scenarios” supported by the Department of Science, Technology and Informatization of the Ministry of Education of the PRC and strategic research and consulting project “A Research on Key Issues of Data Element Flow and Its Risk Control” supported by the Chinese Academy of Engineering.)

通信作者:叶鹰, Email: yye@nju.edu.cn, ORCID: 0000-0001-9426-934X (Correspondence should be addressed to Fred Y. YE, Email: yye@nju.edu.cn, ORCID: 0000-0001-9426-934X)

interaction between physical resources and digital resources, the joint application of mechanical and electronic technology and digital network technology, and carry out service design with user convenience as the ultimate goal. 3 figs. 1 tab. 22 refs.

KEY WORDS

Metaverse. Metaverse theory. Industrial metaverse. Science and education metaverse. Governance metaverse. Library metaverse.

0 引言

元宇宙 (Metaverse) 是当前社会、产业和政府最关注的热点之一。透过炒作的迷雾,元宇宙确实开启了人类社会、数字经济、信息产业的深邃想象,勾勒了智能社会的实用形态,折射了社会文明的集成智慧。元宇宙一词,最早出现在 1992 年美国作家尼尔·斯蒂芬森 (Neal Stephenson) 的科幻小说《雪崩》(Snow Crash) 中^[1]。该小说设定了一种赛博朋克式 (Cyberpunk, 极低生活水平和极高技术水平的交织) 生活方式,人们可以通过数字替身“阿凡达” (Avatar, 正是 2009 年同名科幻巨片之源) 在与现实世界平行的三维数字空间中相互交流,现实世界的所有事物也都可以被数字复刻到元宇宙中。

在构词上, Metaverse 由 meta 和 verse 两部分组成,后者指宇宙,前者固然有“元”的意思,但更有“超”和“改变”的意义。Metaverse 的准确含义应为“超越现实的宇宙”,因而“超宇宙”或“超世界”才是更为精确的翻译。但约定俗成,“元宇宙”之风早已吹遍“政商科教”原野,本文也继续沿用。

在互联网诞生初期就设想出“元宇宙”无疑具有非凡想象力,可是这一概念却“冻结”了近 30 年,在 2021 年才以惊人的爆发力开启“元宇宙元年”^[2];这一年的 3 月 10 日,面向元宇宙应用的游戏平台 Roblox 在纽交所上市当日股价即大涨 54%; 10 月 28 日“脸书”CEO 马克·扎克伯格 (Mark E. Zuckerberg) 把 Facebook 改名为 Meta,宣布将投入数百亿美元全力打造元宇宙; 11 月 2 日 Ignite 大会上微软正式宣布进军元宇

宙,并将旗下混合现实会议平台 Mesh 融入 Teams 中;同日 GPU 制造商英伟达的高管理查德·克里斯 (Richard Kress) 也宣称元宇宙作为相互连通的虚拟世界将很快成为现实;国内阿里巴巴、腾讯、字节跳动等公司也纷纷开始布局元宇宙,小鸟看看 (Pico) 被字节跳动以 90 亿人民币价格收购可谓拉开了各大互联网公司竞争元宇宙赛道的序幕。大量产业基金跑步入场,诸多创业者呈现“元宇宙狂热”。

在政策上,2021 年 12 月 21 日,上海市政府于年度经济工作会结束的当晚,用政府官方公众号“上海发布”给出标题新闻——“引导企业研究虚拟世界与现实世界相交的平台”,委婉而创新,吹响了中国特色元宇宙政策创新与竞争的号角。进入 2022 年,北京市宣布将城市副中心通州区打造成元宇宙应用示范区;深圳市提出在其前海区域设立元宇宙应用试验示范区;上海市发布政策,表明到 2025 年实现每年元宇宙产值 3 500 亿元的雄心壮志;十余个省区已有高强度元宇宙政策支持。直至 2022 年 10 月 28 日国务院五部门 (工业和信息化部、教育部、文化和旅游部、国家广播电视总局、国家体育总局) 联合发布《虚拟现实与行业应用融合发展行动计划 (2022—2026 年)》,强调应用场景落地。

面对汹涌澎湃的元宇宙大潮^[3],国内图书情报领域再次勇立潮头。刘炜、杨新涯和吴江等团队进行了初创性研究。杨新涯等提出将元宇宙与图书馆相结合、借元宇宙发展机遇构建图书馆全新服务体系^[4]。随即“图书馆元宇宙”研究热潮兴起。2022 年 5 月 16 日,上海举行元宇宙与虚实交互前沿系列论坛——“天堂的具

象:图书馆元宇宙的理想”,引起广泛关注,推动了相关研究的全面启动^[5,6]。其中,马费成从图书情报学科发展历程的角度提出此学科与元宇宙发展存在的三个共识,并指出二者融合发展的四个重要方面^[7];范并思从“图书馆人”的角度分析了关注元宇宙的必要性,并希望更多图书馆人投入此研究进而推动元宇宙在图书馆中的应用^[8];赵星则从书理学^[9]视角讨论了构建在“书—人—用”理念之上的图书馆元宇宙。与此同时,元宇宙背景下的智慧图书馆建设研究也得到广泛关注^[10-12]。

在各界杂说纷陈中^[13-16],我们特别关注支撑

元宇宙研究的理论原则与实用场景,也隐约担心图书情报领域再次陷入“起个大早,赶个晚集,落地乏力”的怪圈循环,期望为元宇宙探索确立核心支柱并拓展应用景观。这也是本文论题之缘起。

1 元宇宙研究的理论原则

任何实践领域总是需要理论指导,元宇宙研究要成为一个独特领域,同样离不开理论原则。为便于形象化叙述,本文首先展示由理论原则和实用场景结合构成的拟论证体系架构如图1所示。

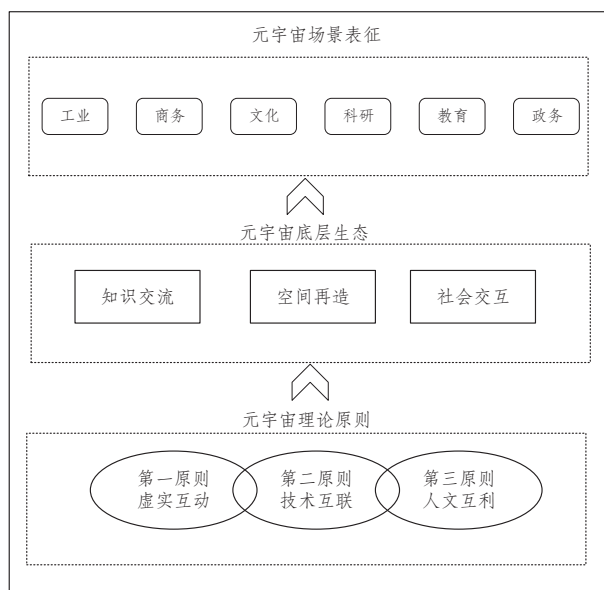


图1 元宇宙理论原则与实用场景架构

鉴于元宇宙研究初起于产业创新,学界为之立论尚早,本文以边发展边立学之策提出以下建议原则,期望在后续发展中逐步完善^[17]。

1.1 第一原则:虚实互动原则

元宇宙的重点并不仅是虚拟世界的构建,而更应是建设虚实交互的数字空间。从本质上来讲,元宇宙设计起源于真实的现实世界与虚拟的数字世界之交互需求,虚实互动作为第一原则实属必要。依此原则,可以立即判定只有

真实世界的宇宙不是元宇宙,只有虚拟世界的宇宙也不是元宇宙,唯有真实世界与虚拟世界并存且存在交互作用的世界才是元宇宙。因此,第一原则为判定元宇宙奠定了基础。

第一原则同时也定义了元宇宙的本质,是一条本体性原则。

1.2 第二原则:技术互联原则

元宇宙在很大程度上受制于技术,是技术牵引或导引的结果。各种技术在元宇宙建设或

构造中皆可发挥作用,但必须互联。互联之意,不仅在于技术植根于互联网,而且技术之间互相关联,单独一种技术或不与现有元宇宙技术关联的技术都不能成为元宇宙技术。

元宇宙技术与已有应用技术存在明显区别,在第一原则制约下,元宇宙技术首先是连接实体世界之主体与虚拟世界之客体的技术。如可穿戴设备,诸如 VR/AR 头盔、智能眼镜、智能服装、皮肤传感器、脑机接口等,这些技术之间还应围绕元宇宙应用相互协同,即互联。

尽管当前在元宇宙关键技术层面存在复刻现实、超脱现实和增强现实等技术发展路径^[18],但由于技术发展的高度动态性,元宇宙技术至今没有定型。Beamable 公司创始人乔恩·拉多夫(Jon Radoff)曾提出过元宇宙技术的七层架构,分别为基础设施、人机交互、去中心化、空间计算、创作者经济、发现和体验;Web 3.0 倡导者主张以区块链和物联网为基础的技术架构。本文从实用角度归纳提出五层架构,如图 2 所示。

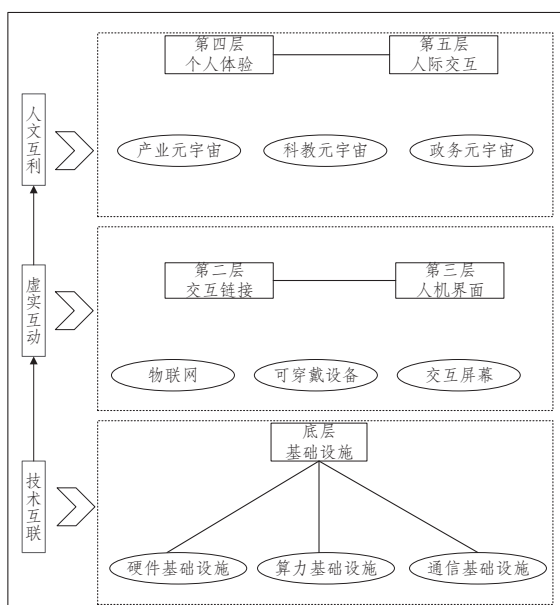


图 2 元宇宙技术五层架构^①

最底层是基础设施,包括计算设备、互联网、传感器等,即硬件、算力和通信的基础设施,三者共同打造了一个可实现交互的具有公共性质的元宇宙空间。

第二层是交互链接,例如去中心化的区块链技术、以后可能发展出的各种“铰链”技术及各类确权的替代技术。这一层的功能是在基础设施上强化各种“铰链”,使万物互联变得真正

不可或缺,构成名副其实的物联网。

第三层是人机界面,这一层的主要功能是实现人机交互,可通过智能化可穿戴设备实现,包括具备 AR 或 VR 技术的智能眼镜或头盔、集成在皮肤上的微型生物传感器乃至脑机接口等。交互设备是当前元宇宙产品端竞争最为激烈的领域,并将很大程度上决定未来元宇宙的技术走向。

第四层是个人体验,这一层体现为用户操作平

① 图中产业元宇宙为包括工业元宇宙、商务元宇宙、文化元宇宙等在内的以产业发展为特征的元宇宙场景的统称,科教元宇宙为科研和教育元宇宙的统称,将在本文第 2 部分详细解释。

台,包含集成工具、发现软件、社交网络以及数字货币、数字资产等,使每个人作为创造性个体能自主发挥个人才能,开创自己的元宇宙生活。

第五层是人际交互,这是元宇宙社会即将发展出的虚实结合的新型人际关系,也是技术变数最大、最不确定的动态层,有大量全新的治理问题值得学术界深入研究。

元宇宙技术的总体特点是相互联接,万物互联因而在元宇宙里得以真正实现。技术对元宇宙的贡献至关重要,相互关联的元宇宙技术为沉浸到元宇宙中提供途径与方法,这是一条认识论原则。

1.3 第三原则:人文互利原则

如果说技术为元宇宙作为新世界提供硬件基础,则人文将为元宇宙构建新社会提供软件粘合。没有人文导向和人文理想的社会是可怕的,任何人都可以想象核弹威胁现实人类社会的场景,在无人文制约的元宇宙中技术风险甚至可能被放大。

因此,第三原则为元宇宙发展提供价值导向,是一条价值论原则。人文互利倡导元宇宙里的人类个体之间平等互利、相互友善、和平共处,也有避免和预防元宇宙暴力及犯罪之功用。

第三原则在过去的元宇宙研究中提及较少,本文予以特别强调。

与元宇宙理念的“平行宇宙观”“融合宇宙

观”和“进化宇宙观”三类主流观点相比^[18],上述三大理论原则更能揭示元宇宙本质。在这三原则中,第一原则可谓元宇宙之本体论原则,第二原则可谓元宇宙之认识论或方法论原则,第三原则可谓元宇宙之价值论原则。三原则组合,正合哲学本体论、认识论和价值论架构^[18],构成较为理想的原理系统。

2 元宇宙研究的实用场景

在虚实互动、技术互联、人文互利三原则指导下,元宇宙实用场景会因应用领域或应用时空不同而有所差异。元宇宙原则会根据各个实用场景的不同而差别化赋能渗透进相关领域或行业。前期研究曾总结,基于复刻现实、增强现实和超脱现实三种技术发展路径,在认知交互、商业生活、工业生产、文化教育和数字经济等方面,已出现元宇宙应用百花齐放的场景^[19],这些实用场景也可区分为工业元宇宙、商务元宇宙、文化元宇宙、科研元宇宙、教育元宇宙、政务元宇宙、医疗元宇宙等小类。每个类别亦可再细分或交叉融合成新的场景。本文聚焦于近期发展势头较好的工业元宇宙、商务元宇宙、文化元宇宙、科研元宇宙、教育元宇宙、政务元宇宙,将其作为元宇宙实用场景之代表或应用核心领域,并归纳其特征(见表1)。

表1 代表性元宇宙实用场景

元宇宙 场景类型	原始依托行业	前代场景	发展动力	特征指标 ^[19]	
				元宇宙指数 ^①	元宇宙时长 ^②
工业元宇宙	生产制造业	工业生产	工业企业	高	高
商务元宇宙	批发零售业、交通运输仓储邮政业、软件和信息技术服务业	电子商务	商业公司	高	高
文化元宇宙	文艺、体育、旅游和娱乐业	电子游戏	商业公司	高	高
科研元宇宙	科研和技术服务业	e-Science	科研机构	中	中
教育元宇宙	教育和培训服务业	学术传播	教育机构	中	中
政务元宇宙	公共管理社会保障业	电子政务	各级政府	中	低

注:①元宇宙指数:元宇宙硬件渗透率指标。指代以C端用户拥有(或经常使用)元宇宙专门入口硬件设备(VR/AR等)的比率。②元宇宙时长:元宇宙化应用指标。指代24小时中人们使用元宇宙应用、进入元宇宙度过的时间占比。

以前期研究曾提出的元宇宙特征指标衡量,本文将工业元宇宙、商务元宇宙、文化元宇宙合称为产业元宇宙,将科研元宇宙和教育元宇宙归并为科教元宇宙,与政务元宇宙一道作为讨论实用场景的核心代表,阐释贯通理论原则与实用场景。

2.1 侧重虚实互动的应用场景

虚实互动是元宇宙的第一原则,也是第一特征。以产业元宇宙为例,作为“万物皆数”的具象化,元宇宙可以在数字空间中对现实的生产环境进行实时模拟和监测,并通过虚实交互设备进行现实和虚拟场景的双向数据传输。数字孪生式的场景协作和仿真监管的生产运作,为规模化提升制造业产业链的生产和沟通效率、提升研发效能提供了便利。尤其是在研发领域,产业元宇宙可以将开发者的创意在数字空间自由交互,实现集聚性的开发,并通过虚拟产品的空间测试,减少传统研发中的测试消耗。人类知识和智慧跨越虚拟和现实的边界进行互动传输,是元宇宙虚实互动第一原则的内在本质,也是其实现以虚促实的路径根基。

元宇宙带来的知识交流革命,也出现在科研和教育领域。两大领域均是以知识的集聚为核心,因而科教元宇宙可看作元宇宙之研发引擎,其他元宇宙应用的落地往往以科教元宇宙为奠基。目前科教元宇宙已在各类科普场馆,如图书馆、博物馆、文化馆,以及各类教育教学的场景中应用。科教元宇宙持续不断的创新将是元宇宙长期发展的后盾,其未来元宇宙指数和时长适中,适宜作为元宇宙理想模型。一个集成的科教元宇宙模式,是以教育者的跨时空协同为目标。在科教元宇宙中,虚实互动原则体现为真实场景科教(如线下授课等)及虚拟环境科教(如网课、网会等)并存;技术互联原则体现为试验或实验中的所有元宇宙支持技术互联互通;人文互利原则体现为教育的人文关怀和科研的人文理想。显然,科教元宇宙可以分解为相对独立的科研元宇宙、教育元宇宙等子系

统,各子系统又能进一步分解,如教育元宇宙又能进一步展开为大学元宇宙、中学元宇宙、小学元宇宙等。

2.2 侧重技术互联的应用场景

元宇宙本身,以数据要素等资源的大量生成和价值化为辅助,为精准挖掘人民群众的生活诉求,提供了具有体验感的真实的消费数据。以产业元宇宙的发展为例,元宇宙可通过用户的使用体验和诉求方案,借助虚拟现实、增强现实、混合现实等手段,拓展生产、消费发展的时空边界;在以虚实交互的手法推动传统文化、休闲产业转型升级的过程中,以针对性的文艺、旅游项目投入与改造为依托,让文化、休闲产业在内容产品丰富度、消费体验多元化、主体交互多模态层面,依据用户的偏好,精准对接消费需求。

技术互联的另一个特征是实现应用场景边界的融合。在纷至沓来的场景更新之中,元宇宙以统一的思想,将其集聚于统一的线下场景之中。产业元宇宙是电子商务的升级,也是推动元宇宙兴起的内部动力。任何应用如果没有商务价值,或将失去可持续发展力量。在元宇宙实用场景的落地中,产业元宇宙必将起到基础推动作用。产业元宇宙的指数和时长指标均高,能为推动者带来的经济利益也较为丰厚,这让各类商业公司愿意对其进行大规模的投入和探索。

在产业元宇宙中,虚实互动原则体现为实际生产、销售、服务等商务活动与电子商务的融会贯通。以技术赋能商业综合体的空间和场景再造,在商、体、文、旅的综合价值取向中,用技术推动线上与线下流量的聚拢,从而以组合式创新实现用户与实体经济的价值关联。在虚拟和实体街景中开展购物、买卖等各种商务活动正在成为元宇宙中人类的日常生活体验,产业元宇宙的实用场景也是未来社会的组成部分。

2.3 侧重人文互利的应用场景

人文精神在技术革命时代的生长,一直以

来都是各界关注的要点。元宇宙第三原则——人文互利,是前两个原则的基点。通过虚实互动与技术互联,元宇宙将冲破前一个技术阶段中人类物理空间意识与虚拟空间精神二维化的壁垒,实现个体本位与价值获取的统一。因而可以理解为,元宇宙的进展实质上是追求价值回归到个体之上。以数字人为例,新型的数字偶像、数字员工等的出现,也未尝不是将人类从低创造力的劳动中解放出来,使人投身于更具创造性的经济活动中去,或是使人类能够自由掌控物理空间的存在和个体智慧的实现。

政务元宇宙作为一类典型的元宇宙应用场景,可通过精简和一体化政务处理程序,使得个体能够减少繁琐的办公流程。尤其在实现共同富裕、消弭贫富差距及数字鸿沟等方面,政务元宇宙以信息透明、流程可见、智能交互等形式,使得政府更有精力去解决复杂、艰难的民生难题。其主要场景是政府利用各类数字技术提升治理和服务水平,这一场景也是智慧城市的有

机组成部分,集成了未来社会的主要元素,其元宇宙指数中等,虽然元宇宙时长较低,但在政务元宇宙建设过程中,政府的强势介入将形成强大的推力,这将极大地推进政务元宇宙的落地发展。

在各种元宇宙实用场景中,图书馆元宇宙是一个独特的应用,下文专门展开讨论。

3 图书馆元宇宙的理论与应用

图书馆元宇宙将继承数字图书馆和智慧图书馆之精神并集成其应用,把实体图书馆和虚拟图书馆整合成虚实互联的创新创意空间。图书馆元宇宙很可能既是联接科教元宇宙的后台,也是联通文化元宇宙的场所。其元宇宙指数较低,对用户端硬件设备需求较小,有望成为元宇宙发展的突破口。

图书馆元宇宙暗合书理学^[9]架构,书理学框架下图书馆元宇宙的实用场景如图3所示。

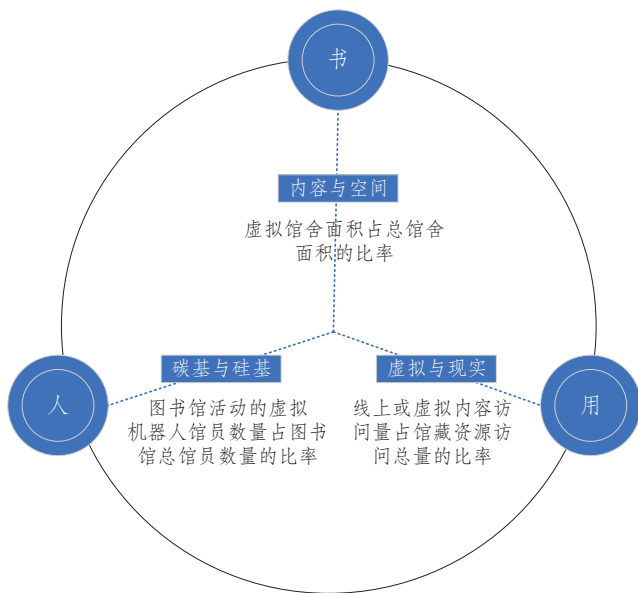


图3 书理学框架下的图书馆元宇宙

“书—人—用”轴心不仅适合用作传统图书馆和数字图书馆的理论基础,而且适合作为图书馆元宇宙的理论解释。“书”扩展出信息资源

空间再造,“人”扩展出数智人^[20]与生物人的集成,“用”则转化出交互创造向社会赋能。书理学三原则“书是基础”“人是关键”“用是目的”

正好对应图书馆元宇宙的数字资源是基础、数智人是关键、交互创造是目的的基本理念。在图书馆元宇宙中,虚实互动原则体现为图书馆实体资源和数字资源的集成互动,技术互联原则体现为机械电子技术与数字网络技术的联合应用,人文互利原则体现为一切以用户便利为归依的服务设计。

同时,元宇宙为书理学提供了一个施展平台,元宇宙框架下书理学的理想也可以获得最大程度的升华,进而不断开拓扩展,还可结合数据—智能—创造整合论^[20]对图书馆元宇宙进行更深入研发。

4 讨论:元宇宙之哲学意境及判识标准

哲学思考无疑面向终极关怀,元宇宙研究也不能没有终极理想,因而必然与哲学关联,甚至产生元宇宙哲学。因此,元宇宙哲学思想^[21]值得借鉴并发扬光大。

元宇宙将创造一个“浸身式互联网”(Embodied Internet),用户真身与替身(Avarta)并存,在增强现实、虚拟现实和混合现实等技术支持下,替身创设、内容生产、社交互动、在线游戏、数字支付等构成一套庞大的自成一体的生态系统。人类思想逼真地沉浸在数字时空里,展开创造性协作互动,在虚拟与现实、生存与幻灭、精神与物质之间转换,哲学意境必然焕然一新。

在未来的元宇宙中,传统哲学精神将被重新审视,新型哲学思想可能由此生发,数智人^[22]之精神可望引发新哲学。理论原则与实用场景结合,既能“致广大而尽精微”(语出《中庸》),又能“极高明而道中庸”(语出《中庸》),本身就是一种哲学意境。

关于社会整体进入元宇宙的判识标准,最简洁的是采用50%原则:只要进入元宇宙的人口大于等于现实人口的50%且每人平均网上活动时间大于等于50%个人有效时间,则社会进入元宇宙时代。

此外,元宇宙与Web3.0正在互补互动中升华,值得后续深入研讨。

5 小结

元宇宙降临,新进化开启。元宇宙的进程是人类从物理空间生活迈向数字空间永续的“大航海”与“大迁徙”。大航海是为了寻求新空间,大迁徙是为了获得新生态。当元宇宙的理想成为现实,或许人类将正式开启“数智人”进化的旅程^[22]。当然,前提是整个人类中的绝大多数人,没有在色彩斑斓的数字世界里走向虚无。

学术界应当成为社会发展最后的守望者。虚实互动、技术互联、人文互利三大理论原则及实用场景可望为元宇宙研究提供导向,为元宇宙研究发展提供一种视角的支撑,为元宇宙社会进程守望一个光明的未来。元宇宙研究也可能以三大理论原则为基础不断拓展新场景、实现新突破。元宇宙的发展,也是以解决社会发展的基本矛盾为目的,以人类精神与智慧的交互便利度提升为导向,外化为各类具体的场景,如政务元宇宙、产业元宇宙、科教元宇宙、图书馆元宇宙等。本质上看,元宇宙是一场信息交互模式的变革,其代表的不是一个抽象的概念或某一产业阶段,而是一类关于社会与文明演进的态度。

图书馆元宇宙等场景皆能相对独立地开拓创新,呈现出丰富的元宇宙景观,为元宇宙提供多姿多彩的未来。在日新月异的技术革命推进中,元宇宙的虚实互动和技术互联都是现象,而人文互利则是其将价值回溯到个体之上的根基。对生产者、创作者、消费者而言,终极目标均是人类意识在多元身份的交互中不断实现自由。人类意识无限接近于世界的本质,意识也将反作用于物质,使人以更具创造力的形式,以数字世界的无限创新,推动现实世界的和谐发展。

参考文献

- [1] JOSHUA J. Information bodies;computational anxiety in Neal Stephenson's *Snow Crash*[J]. *Interdisciplinary Literary Studies*,2017,19(1):17-47.
- [2] DAMAR M. Metaverse shape of your life for future;a bibliometric snapshot[J]. *Journal of Metaverse*,2021,1(1):1-8.
- [3] PARK S M,KIM Y G. A metaverse;taxonomy,components,applications,and open challenges[J]. *IEEE Access*,2022,10:4209-4251.
- [4] 杨新涯,钱国富,唱婷婷,等. 元宇宙是图书馆的未来吗?[J]. *图书馆论坛*,2021,41(12):35-44. (YANG X Y,QIAN G F,CHANG T T,et al. Is metaverse the future of library?[J]. *Library Tribune*,2021,41(12):35-44.)
- [5] 李洪晨,许可,张闯,等. 元宇宙图书馆 一座看得见的天堂——“天堂的具象:图书馆元宇宙的理想”论坛综述[J]. *图书馆论坛*,2022,42(7):1-6. (LI H C,XU K,ZHANG C,et al. Metaverse library;a visible heaven;a summary of “The representation of heaven;the ideal of the library metaverse”[J]. *Library Tribune*,2022,42(7):1-6.)
- [6] 赵星. 国家文化数字化战略与图书馆元宇宙实践[J]. *中国图书馆学报*,2022,48(4):34-38. (ZHAO X. National culture digitization strategy and the road of library metaverse[J]. *Journal of Library Science in China*,2022,48(4):34-38.)
- [7] 马费成. 图书情报学与元宇宙:共识 共创 共进[J/OL]. *中国图书馆学报*,2022[2022-09-12]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2746.G2.20220518.1135.002.html>. (MA F C. Library and information science and the metaverse;consensus,co-creation and co-progress[J/OL]. *Journal of Library Science in China*,2022[2022-09-12]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2746.G2.20220518.1135.002.html>.)
- [8] 范并思. 图书馆元宇宙的理想[J/OL]. *中国图书馆学报*,2022[2022-09-12]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2746.G2.20220608.1117.002.html>. (FAN B S. The ideal of the library metaverse[J/OL]. *Journal of Library Science in China*,2022[2022-09-12]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2746.G2.20220608.1117.002.html>.)
- [9] 叶鹰. 书理学论纲[J]. *中国图书馆学报*,2008,34(1):22-26. (YE F Y. An outline of bookies[J]. *Journal of Library Science in China*,2008,34(1):22-26.)
- [10] 王晔斌,张磊. 虚实相生——元宇宙视角下智慧图书馆场景实现[J]. *图书馆杂志*,2022,41(7):18-24. (WANG Y B,ZHANG L. Virtual-reality combining;realization of smart library scenario from the perspective of metaverse[J]. *Library Journal*,2022,41(7):18-24.)
- [11] 李默. 元宇宙视域下的智慧图书馆服务模式与技术框架研究[J]. *情报理论与实践*,2022,45(3):89-93,88. (LI M. Research on service mode and technical framework of smart library from the perspective of metaverse[J]. *Information Studies:Theory & Application*,2022,45(3):89-93,88.)
- [12] 吴江,陈浩东,贺超城. 元宇宙:智慧图书馆的数实融合空间[J/OL]. *中国图书馆学报*,2022[2022-09-12]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2746.G2.20220610.1843.002.html>. (WU J,CHEN H D,HE C. Metaverse;the digital-real fusion space of the smart library[J/OL]. *Journal of Library Science in China*,2022[2022-09-12]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2746.G2.20220610.1843.002.html>.)

- [13] ZHAO Y,JIANG J,CHEN Y,et al. Metaverse;perspectives from graphics,interactions and visualization[J]. Visual Informatics,2022(6):56-67.
- [14] 王文喜,周芳,万月亮,等. 元宇宙技术综述[J]. 工程科学学报,2022,44(4):744-756. (WANG W X, ZHOU F,WAN Y L,et al. A survey of metaverse technology[J]. Chinese Journal of Engineering,2022,44(4): 744-756.)
- [15] 袁园,杨永忠. 走向元宇宙:一种新型数字经济的机理与逻辑[J]. 深圳大学学报(人文社会科学版), 2022,39(1):84-94. (YUAN Y,YANG Y Z. Embracing the metaverse;mechanism and logic of a new digital economy[J]. Journal of Shenzhen University(Humanities & Social Sciences),2022,39(1):84-94.)
- [16] 北京师范大学新闻传播学院.《2020年—2021年元宇宙发展研究报告》重磅发布[EB/OL]. (2021-09-26) [2022-09-12]. <https://sjc.bnu.edu.cn/xwdt/xzky/xzdt/121317.html>. (School of Journalism and Communication of BNU. 2020-2021 Metaverse Development Research Report released[EB/OL]. (2021-09-26) [2022-09-12]. <https://sjc.bnu.edu.cn/xwdt/xzky/xzdt/121317.html>.)
- [17] 赵星,陆绮雯. 元宇宙之治:未来数智世界的敏捷治理前瞻[J]. 中国图书馆学报,2022,48(1):52-61. (ZHAO X,LU Q W. Governance of the metaverse;a vision for agile governance in the future data intelligence world[J]. Journal of Library Science in China,2022,48(1):52-61.)
- [18] YE F Y. Triad philosophy:an initiative idea for merging Western and Eastern thoughts[J]. Philosophy Study, 2019,9(8):445-451.
- [19] 赵星,乔利利,叶鹰. 元宇宙研究与应用综述[J]. 信息资源管理学报,2022,12(4):12-23,45. (ZHAO X, QIAO L L,YE F Y. A review of metaverse research and applications[J]. Journal of Information Resources Management,2022,12(4):12-23,45.)
- [20] 赵星,乔利利,叶鹰. 面向数据智能和知识发现的图书情报学跨界拓展——数据—学术—创造整合论[J]. 中国图书馆学报,2020,46(6):16-25. (ZHAO X,QIAO L L,YE F Y. An interdisciplinary extension of library and information science facing data intelligence and knowledge discovery:integration of data-academy-creativity [J]. Journal of Library Science in China,2020,46(6):16-25.)
- [21] 黄欣荣. 元宇宙的哲学探索——从信息社会到宇宙大脑[J]. 理论探索,2022(2):5-11. (HUANG X R. Philosophical exploration of the metaverse:from the information society to the cosmic brain[J]. Theoretical Exploration,2022(2):5-11.)
- [22] ZHAO X,QIAO L L,QIAN X H. D. I. Man:an analytical framework for solving complex issues[J]. Science(in 70 years of excellence :ECNU's ongoing commitment to cutting-edge,cross-disciplinary research),2021.

赵星 华东师范大学元宇宙与数智人实验室首席专家,复旦大学国家智能评价与治理实验基地副主任,元宇宙与虚实交互联合研究院院长,教授,博士生导师。上海 200062。

乔利利 元宇宙与虚实交互联合研究院研究员。上海 200062。

张家榕 南京大学信息管理学院助理研究员。江苏 南京 210023。

张慧 上海大学文化遗产与信息管理学院讲师,硕士生导师。上海 200444。

叶鹰 南京大学信息管理学院教授,博士生导师。江苏 南京 210023。

(收稿日期:2022-11-07)