

## ◆特邀专稿◆

元宇宙应用探索与展望<sup>\*</sup>马小雅<sup>1</sup>,童锦<sup>1</sup>,陆建波<sup>2\*\*</sup>,李梦岫<sup>1</sup>

(1. 南宁师范大学物流管理与工程学院,广西南宁 530023;2. 南宁师范大学计算机与信息工程学院,广西南宁 530023)

**摘要:**新一代信息技术的集中爆发,使得整合性技术“元宇宙”成为产业界和学术界瞩目的焦点。元宇宙对于现实世界的发展和影响备受关注。本文从时代背景出发,对元宇宙概念进行概述,围绕元宇宙本质特征与元宇宙发展核心技术(扩展现实、数字孪生、人工智能、区块链等)进行知识梳理,并提供元宇宙技术功能架构;对元宇宙目前主要的应用领域,即技术创新、产业变革、行业升级、虚实交融、智慧城市应用等进行分类综述,指出元宇宙有利于人类社会教育模式创新、生活方式重构和生产效率提高。最后,本文对元宇宙的未来发展方向进行了分析和展望,元宇宙的发展呈现出从社会主要行业产业的场景应用融合向外扩展,再纵向深入发展的趋势。

**关键词:**元宇宙;扩展现实;数字孪生;人工智能;区块链;应用领域

中图分类号:G252 文献标识码:A 文章编号:1005-9164(2023)01-0001-13

DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.20230308.001

在经历过PC互联网时代和移动互联网时代之后,元宇宙<sup>[1]</sup>成了下一代互联网发展的全新范式。2021年被称为元宇宙元年,在扩展现实(Extended Reality, XR)<sup>[2]</sup>、人工智能(Artificial intelligence)<sup>[3]</sup>和区块链(Blockchain)<sup>[4]</sup>等新兴技术的驱动下,元宇宙正从科幻小说逐渐走向即将到来的现实。数字化时代下,虚拟空间问题开始逐渐被哲学、管理学、计算机科学、教育学等学科领域重视,这也意味着信息作为独立主体的全新空间形态逐渐形成<sup>[5]</sup>。人类逐渐

步入由物理世界、人类社会空间和数字化虚拟空间共同构成的三元世界<sup>[6]</sup>。其中,由元宇宙所构造的虚拟世界作为人类对未来社会形态的一种想象,与现实世界的关系备受关注。赵星等<sup>[7]</sup>归纳、总结了当前学术界对元宇宙发展形成的三大类主流观点——平行宇宙观、融合宇宙观、进化宇宙观。Lee等<sup>[5]</sup>从虚拟世界与现实世界的二元视角出发,提出了数字孪生(Digital twins)、数字原生(Nativecontented creation)、虚实共生(Co-exists and interoperates)等元宇

收稿日期:2022-11-15

修回日期:2022-12-08

<sup>\*</sup>2021年广西高等学校千名中青年骨干教师培育计划人文社会科学类立项课题:高质量发展目标下物流服务供应链协同整合研究(2021QGWRW044);2018年广西哲学社会科学规划办项目:广西物流企业跨界融合成长的动力机制与模式创新研究(18BGL010)和2019年国家社科项目:“一带一路”倡议下跨国供应链整合研究(19BJY184)资助。

【第一作者简介】

马小雅(1981-),女,博士,副教授,硕士研究生导师,主要从事智能物流与供应链管理研究。

【\*\*通信作者】

陆建波(1977-),男,副教授,硕士研究生导师,主要从事智能计算研究,E-mail:55082388@qq.com。

【引用本文】

马小雅,童锦,陆建波,等.元宇宙应用探索与展望[J].广西科学,2023,30(1):1-13.

MA X Y, TONG J, LU J B, et al. Exploration and Prospect of Metaverse Application [J]. Guangxi Sciences, 2023, 30(1): 1-13.

宙发展必经的3个阶段。该研究综述梳理了现存的元宇宙研究观点,提炼出了元宇宙发展演化的递进关系。

目前,元宇宙是数字资源升维再构的载体,是尚处于发展之中的概念,距离成熟还有很长一段路要走。尽管有人提出“元宇宙是商业炒作还是人类未来?”的质疑,但不可否认的是,元宇宙的应用研究和极大吸引着学术界和产业界的注意力。部分学者从不同的角度出发对元宇宙的发展进行了综述研究<sup>[8,9]</sup>。已有的研究呈现出元宇宙发展所要经历的3个阶段:数字孪生<sup>[10]</sup>、数字交互、数字融生。

综合当前元宇宙研究文献呈现的主要研究内容和图1来看,元宇宙的发展和研究在目前显然处于起步阶段。本文首先试图从元宇宙的理论概念、关键技术、应用领域结合等方面对元宇宙展开研究,通过使用文献计量可视化软件VOSviewer对目前元宇宙的相关研究进行聚类分析,评述并讨论元宇宙研究发展现状,根据关键词呈现的研究热点、研究前沿以及关键词演进历程进行研究进展分析;然后,基于研究内容进行分类和综述;最后,展望元宇宙相关研究的未来发展方向。

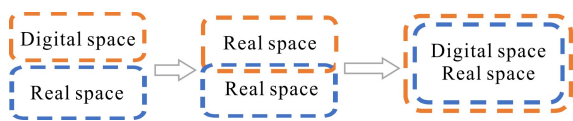


图1 元宇宙发展演化图<sup>[11]</sup>

Fig. 1 Metaverse evolution map<sup>[11]</sup>

## 1 元宇宙概述

### 1.1 元宇宙概念

元宇宙一词来源于1992年尼尔·斯蒂芬森发表的科幻小说《雪崩》<sup>[11]</sup>,描述的是脱胎于现实世界的一代互联网人对两个平行世界的感知和认识<sup>[12]</sup>。元宇宙目前并没有统一的概念。北京大学陈刚教授认为:“元宇宙是利用科技手段进行链接与创造的、与现实世界映射与交互的虚拟世界,具备新型社会体系的数字生活空间。”清华大学沈阳教授定义元宇宙是整合多种新技术而产生的、新型虚实相融的互联网应用和社会形态,它基于扩展现实技术提供沉浸式体验,通过区块链技术搭建经济体系,将虚拟世界与现实世界在经济系统、社交系统、身份系统上密切融合,并且允许每个用户进行内容生产和编辑。Mvstakidis<sup>[1]</sup>将元宇宙视为一个在持久的、多用户平台上的社交网络沉浸式环境的互联网络定义,能够将物理现实与数

字虚拟相融合。吴江等<sup>[13]</sup>学者在元宇宙视域下进行的用户信息行为研究中,认为元宇宙是一种基于数字技术构建的、人以数字身份参与的、虚实融合的三元世界数字社会。

截至目前,元宇宙的概念在各界尚未形成一个统一的定义。基于前人的研究,我们认为元宇宙是人类基于智能集成的整合性技术所构建的,由现实世界映射,可与现实世界交互,最终超越现实世界且能够与现实世界实现融生的新型社会体系数字生活空间。它以扩展现实、数字孪生、区块链为核心技术,智能集成多项先进科学技术并不断扩展,能够实现物理现实与虚拟空间相融合,使人类活动由现实空间拓展到数字虚拟空间乃至虚实融通。

### 1.2 元宇宙的本质与特征

元宇宙的本质是基于技术合集构建和发展的虚拟空间,是现实世界在虚拟空间的映射<sup>[14]</sup>。元宇宙会随着技术合集中各单项技术的不断发展,逐渐产生从短期与现实世界平行走向长期与现实世界融合的演变进程。沉浸式体验、虚拟化身<sup>[15]</sup>、可创造性、强社交属性、稳定化经济系统则是元宇宙的主要本质特征,具体呈现如下。

(1)沉浸式体验意味着极大地释放了人类在虚拟环境状态中的人类感知潜力<sup>[16]</sup>。低延迟传感和无限接近仿真让用户具有身临其境的感官体验<sup>[15]</sup>。数字化赋能各种传感器,技术极强的记录能力让虚拟体验愈加逼真。个体在元宇宙虚拟空间可以模拟获得真实世界中产生的体验感,这是数字世界与物理世界融合的体现<sup>[17]</sup>。

(2)虚拟化身指的是将物理世界的个体身份映射在虚拟世界中产生的数字身份。本质上是现实社会的人在元宇宙中的数字孪生,直接表现为现实世界的个体在数字世界中所拥有的ID身份。

(3)可创造性表示用户基于无准入限制的元宇宙平台,于终端进入数字空间,置身其中可以利用海量资源进行创造活动。这解决了现实世界中资源缺乏所导致的创造受限问题,也正是因为如此,元宇宙充分体现了人类未来发展对内通向虚拟现实,在节约资源的前提下进行创造性活动进而发展生产力,激发传统行业的潜能,进而推动社会高质量发展。

(4)强社交属性指的是现实世界中的个体社交关系链,在数字世界里会产生改变、发生转移和重组。

(5)稳定化经济系统是元宇宙建设的基础要求和必要条件,表现为元宇宙具有安全、稳定、有序的虚拟

经济社会系统。值得一提的是,元宇宙经济体系在长期发展中能够和现实世界的平行经济体系实现很好的融通,届时,数字经济与实体经济融生,数字资产与实物资产交互融合。虚实空间中的经济活动呈现出实时性特点。

### 1.3 元宇宙技术与生态

元宇宙本身并非一种技术,而是一个理念和概念,它需要整合人工智能、5G、大数据等不同的现代化新技术,强调虚实相融。从技术角度来看,元宇宙本身并非一种创新技术,而是一大批现代化技术的整合与集成,是现有IT技术的综合运用。元宇宙能够促进新技术的产生且能够不断地并入新技术,会随着所囊括技术的升级而更新换代<sup>[9]</sup>。从数字空间的角度来看,元宇宙作为一种虚拟空间形态,其存在与运行都需要大量的现代化科学技术支撑。图2为根据现有文献归纳出支撑元宇宙当前发展和未来运行的基本技术架构<sup>[18-19]</sup>。其中,扩展现实技术、数字孪生和区块链被称为元宇宙的3项核心技术。

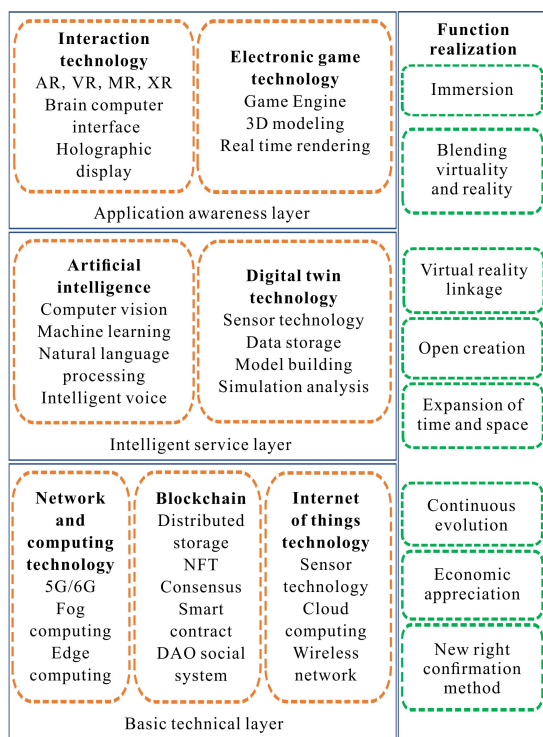


图2 元宇宙技术功能架构图

Fig. 2 Metaverse technology functional architecture diagram

#### 1.3.1 扩展现实技术

扩展现实<sup>[20]</sup>是一个新型概念,指通过计算机技术和可穿戴设备打造出一个真实与虚拟组合、可人机交互的环境。扩展现实是增强现实<sup>[21]</sup>(Augmented Reality, AR)、虚拟现实(Virtual Reality, VR)和混合

现实(Mixed Reality, MR)等多种技术的相互融合,能够让体验者拥有在虚拟空间和现实世界之间无缝衔接转换的“沉浸感”。扩展现实分为多个层次,从通过有限传感器输入的虚拟世界到完全沉浸式的虚拟世界。扩展现实技术的应用领域广泛,从交通、医疗、能源、制造等传统领域到电子商务、网络安全等数字化领域,均有良好的应用前景,尤其在军事领域有巨大的应用潜力。基于扩展现实技术的场景应用和模拟仿真,能够实现问题的高效实时诊断,改进应用领域的决策与管理,提高效率。

#### 1.3.2 数字孪生

数字孪生<sup>[10]</sup>是指充分利用物理模型、传感器更新、运行历史等数据,集成多学科、多物理量、多尺度、多概率的仿真过程,完成现实空间在虚拟空间中的映射,从而反映相对应实体的全生命周期过程<sup>[22]</sup>。数字孪生是一个具有普适性的理论技术体系,可以应用在众多领域,如产品设计和制造、医学分析、工程建设等。截至目前,工程建设是数字孪生技术在中国应用最深入的领域,智能制造则是数字孪生技术应用关注度最高、研究最热的领域。数字孪生在元宇宙的构建和发展中的重要作用在于给物理对象提供了最真实的模拟,该项技术可以精确地指示和预测计算机的所有物理输出<sup>[23]</sup>。高精度的数字孪生能极大地保护物理对象并且帮助行业发展。目前,数字孪生技术主要应用在虚拟工厂、数字化设计、智慧城市、设备维护和智慧医疗等领域。在虚拟工厂和设备维护方面,利用数字孪生技术在虚拟空间中构建与现实相对应的虚拟数字空间,交互实体在物理空间和数字空间的动态数据,能够通过数字空间的实体变化对现实空间中的生产、建设和管理活动进行指导。数字孪生与医疗服务的结合,能够实现对人体运行机理和医疗设备的动态监测、仿真和模拟,有数字孪生加持的医疗优化了对医疗设备的监督和控制,加速了科研创新向临床转化,提高了医疗效率。数字孪生与智慧城市的结合,能够在虚拟空间中映射城市肖像,模拟城市要素运行,为完善物理世界的城市规划建设提供指导。

#### 1.3.3 区块链与 NFT

区块链是元宇宙的核心基础设施<sup>[24]</sup>。由区块链分布式网络带来的去中心化、开放性、独立性、安全性、匿名性等特点,使得区块链技术在网络中肩负起保护网络参与者的隐私和解决信息安全问题的重任,使之成为元宇宙环境安全的保障<sup>[25]</sup>。

非同质化通证(Non-Fungible Token, NFT)<sup>[26]</sup>,



亦称为非同质化货币,是基于区块链技术的非同质化数字资产。NFT作为数字资产的唯一加密货币令牌,利用区块链技术赋予每一份数字资产独一无二、无法复制、不可篡改的数字证书,使其拥有独特且唯一的标识。因此,NFT具有不可分割、无法替代、唯一性、高度透明等基本特征。NFT是构建元宇宙及安全元宇宙经济体系的必要条件,也是支持元宇宙发展的关键技术之一。首先,NFT既拥有利用互联网边际成本趋于无穷小的低成本优势,又能通过区块链技术固定通证的独特性。其次,NFT的独特性、唯一性造就了其在区块链上作为数字资产的一种共识。另外,也正是由于NFT的特性,使得NFT能够永久绑定数字资产与创作者,实现版权确权,进而更好地保护用户或创造者的权益。基于上述特点,NFT作为价值承载物应用在元宇宙中,能够为虚拟世界物品赋予所有权与可信价值,为元宇宙内数字资产的产生、确权、定价、流转、溯源等环节提供底层支持。

#### 1.3.4 元宇宙技术生态

物联网、区块链、网络与运算技术、人工智能、数字孪生、交互技术、电子游戏技术是元宇宙的7大关键技术,这7大关键技术构建了元宇宙的技术生态。如图2所示,元宇宙技术生态的构建自上而下主要分为3个层次。

位于基本技术层的网络与运算技术、区块链、物联网技术等是元宇宙世界的基础,连通了现实社会与虚拟世界,撑起了元宇宙空间上层的主要运行,决定了元宇宙持续演化、经济增长和新确权方式等功能的实现。其中,区块链技术被认为是元宇宙最基础的保障,是实现去中心化数字空间建成的技术落实,围绕区块链衍生出的具有区块链特性的NFT、智能合约等相关技术细化了元宇宙基础构建的途径;物联网技术与元宇宙建设的结合有助于实现虚实空间之间的无缝访问与互动;网络与运算技术帮助模拟现实的用户提供快速响应时间。基本技术层奠定了元宇宙空间的基础。

智能服务层的主要技术是人工智能与数字孪生技术,该层的技术支撑了数字化、智能化、信息化的数字虚拟世界形成,能够帮助实现虚实联动和时空拓展。其中,应用于元宇宙的人工智能主要技术构成包括计算机视觉(Computer vision)、机器学习(Ma-

chine learning)、自然语言处理(Natural language processing)、智能语音等,其链接起物理世界和虚拟空间,为用户进行开放创造奠定基础。利用数字孪生技术在虚拟空间进行人类活动的模拟仿真,对于完善物理世界的计划、行为、决策、管理等活动有非常重要的指导作用。

应用感知层的交互技术和电子游戏技术可以帮助用户获得沉浸式体验。交互技术旨在实现个体在现实世界与虚拟世界之间的无缝衔接和用户元宇宙空间中的沉浸式体验感。电子游戏技术模块下所包含的游戏引擎参与元宇宙虚拟世界的场景构建与内容创作;3D建模技术则能通过捕捉实物外形,将其在元宇宙中重构;实时渲染技术与交互技术有异曲同工之妙的地方在于使模拟和仿真更加逼真。扩展现实被认为是人类交互的终极形态。

## 2 元宇宙研究概况

### 2.1 研究现状

本文通过对中国知网(CNKI)与Web of Science(WOS)上的核心期刊元宇宙主题中的相关文献进行对比研究,把握元宇宙中外研究现状。

中国有关元宇宙主题的重要研究主要分布在元宇宙经济、元宇宙教育、区块链、虚拟现实与场景应用、数字技术与网络媒体等5个领域。基于文献计量软件可视化的关键词共现的结果如图3所示。

外文期刊中元宇宙主题的相关文献主要分布在元宇宙技术(包括人工智能、数字孪生、区块链、AR、VR、MR等)应用、元宇宙场景应用与产业变革等3个方面。

中外文出现同义、近义或相似的关键词有元宇宙 & Metaverse、区块链 & Blockchain、教育 & Education、虚拟现实 & Virtual reality、商业经济 & Business and Economics。中外文献数据库关键词存在相互重叠的区间即元宇宙研究的主流趋势所在。

总体来看,国内外对元宇宙的研究没有特别突出的差异点。从中外文献数据库关键词共现和聚类的结果来看,国内元宇宙研究的范围领域较广,而国外对元宇宙某一领域的细化研究程度更深。对比图3和图4,在相同的参数设置条件下,外文数据库里的元宇宙主题研究相关性更强,联系表现得更为紧密。

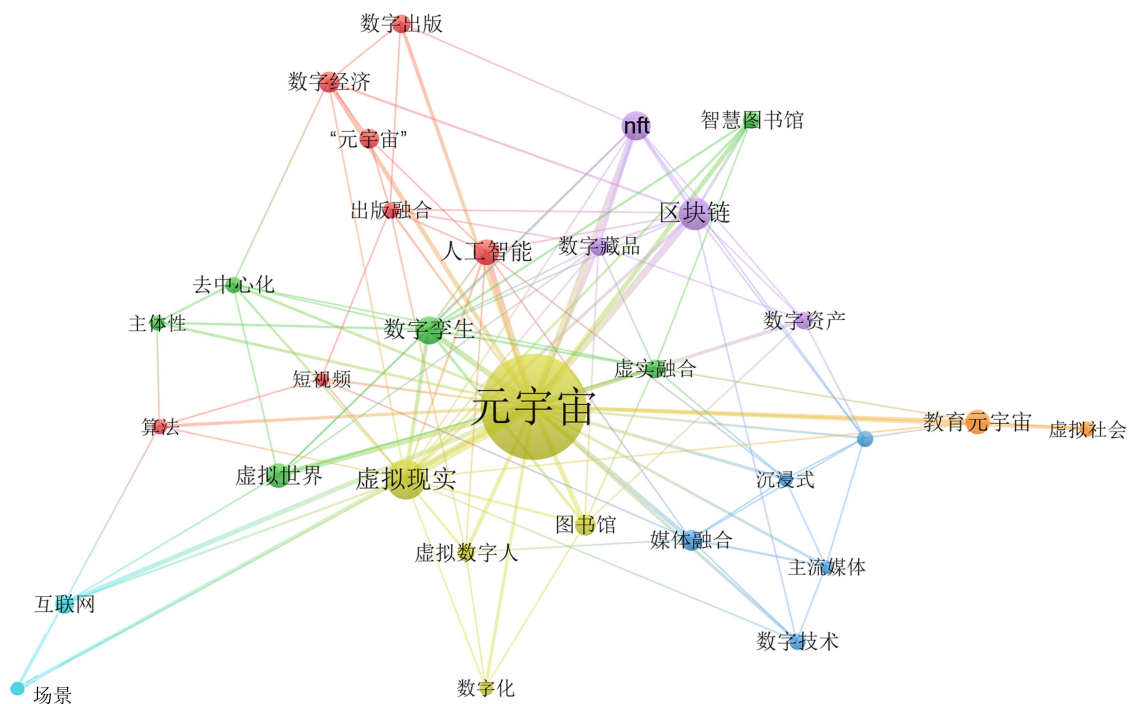


图3 CNKI文献数据关键词共现分析

Fig.3 Keyword co-occurrence analysis of CNKI literature data

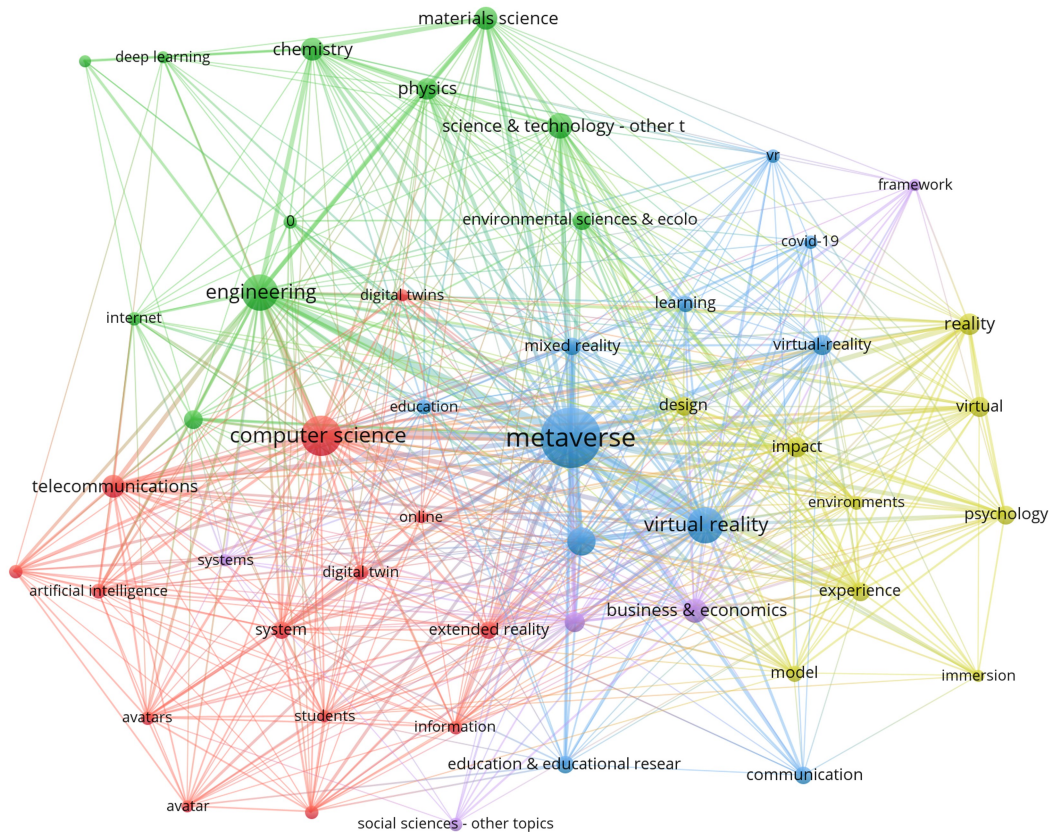


图4 WOS文献数据关键词共现分析

Fig.4 Keyword co-occurrence analysis of WOS literature data

综合 CNKI 和 WOS 文献计量分析可以得到元宇宙研究概况, 根据研究主题可划分为以下 5 个模块: ①沉浸式仿真的扩展现实技术研究; ②以教育教学和元宇宙赋能图书馆的教育产业变革和应用场景扩展; ③以物理 (Physics)、化学 (Chemistry)、工程 (Engineering)、材料科学 (Materials science) 为代表的关键词所呈现的能源节约及产业变革; ④以区块链 (Blockchain)、计算机科学 (Computer science)、电信、电讯 (Telecommunications) 为代表的关键词所呈现的技术创新; ⑤商业经济 (Business & Economics)、虚拟 (Virtual)、设计 (Design)、心理学 (Psychology)、经验 (Experience)、影响 (Impact) 等关键词呈现了元宇宙与商业经济等方面的结合。在知识图谱划分出的研究模块中, VR 与 NFT 处在中外研究内容重合且与其他关键词有较多关联的位置。由此可见, VR 与 NFT 是构建元宇宙并支撑元宇宙与现实世界交互、交融、运行的关键技术。因此, 关于 VR 与 NFT 的相关研究或许将会作为一个研究切入点, 随着元宇宙研究的持续推进被不断地挖掘出更多、更有价值的信息, 从而释放出更大的潜力。

## 2.2 研究进展分析

2021 年被称为元宇宙元年, 被视为下一代互联网形式的元宇宙相关研究迅速扩展。截至目前, 关键词的时间线演进呈现出了元宇宙的研究进展方向与特点。首先, 虚拟世界是元宇宙的主要构成部分。通过虚拟现实、扩展现实等技术, 可以实现构建元宇宙中的虚拟世界并可以使个体在虚拟世界中获得身临其境的沉浸式体验。元宇宙若想与现实世界逐渐从平行、交互走到融生, 人工智能与区块链技术的应用必不可少, 基于此, 在众多领域中率先得到应用研究的领域便是商业与经济。因为经济发展是社会发展的前提和基础, 经济发展向虚拟世界的延伸有利于带动现实世界与元宇宙所构成的数字虚拟世界的交互。其次, 数字经济是商业与经济领域的子集, 其在当前阶段成为元宇宙主题相关的研究前沿存在一定的必然性。这份必然性来自推动构建新发展格局的需要, 来自推动现代化经济体系建设的需要, 来自促进构筑国家竞争新优势的需要, 来自综合这些“需要”的国家倡导。数字经济的发展是新一轮科技革命和产业变革的必然趋势, 这也是“数字经济”成为元宇宙研究前沿的重要原因。

另外, 元宇宙中的虚拟现实、扩展现实等技术的应用在一定程度上助推了心理学的发展。AR、VR、

MR、XR 等技术模拟场景应用为心理学的研究提供了更有利、更便捷的条件。这也显示出了元宇宙的研究逐渐向医学方向延伸的苗头。

## 3 元宇宙研究应用分类

### 3.1 元宇宙研究内容分类

#### 3.1.1 技术创新

元宇宙时代的来临, 离不开其所整合的各项技术的不断改进以及新技术的不断涌入。在致力于实现元宇宙沉浸式体验方面, Panagiotakopoulos 等<sup>[27]</sup>研究了迈向感官互联网和元宇宙的数字气味技术。该研究提到的人机交互 (HCI) 社区认为数字嗅觉刺激是发展数字多感官通信相关技术的有益一步, 多感官技术为在互联网上集体传递和共享感官铺平了道路。AR 三维显示是元宇宙的硬件入口, Lu 等<sup>[28]</sup>研究了用于增强现实 3D 显示的像素体全息光学元件, 推动了元宇宙世界实现的进度。在元宇宙安全建设方面, Zhang 等<sup>[29]</sup>提出了一种元宇宙时代能源物联网低延迟认证与密钥交换协议的技术——基于 2PAKEP [在能源物联网的电力交易中, 认证密钥交换 (Authentication key exchange) 协议可以保证客户端和服务端之间的安全通信, 因此 Park 等<sup>[30]</sup>提出了一种双因素认证协议 2PAKEP。]提出了一种将计算任务从客户端传输到服务器端的认证协议, 整体延迟将大大降低, 协议通过了低延迟、安全性等种种逻辑分析与实证分析, 并将其用于元宇宙场景中的洛特电力交易系统。Zhou 等<sup>[31]</sup>提出一种将摩擦电式无接触式传感器 (Triboelectric touchless sensor) 与深度学习技术相结合的智能非接触式手势识别系统, 为开发新一代的非接触式医疗设备, 以及非接触式公共设施、元宇宙等提供了极具吸引力的机会。除此之外, 元宇宙的技术创新在文创产业跨界衍生<sup>[32]</sup>过程中也有体现。

#### 3.1.2 产业变革

目前, 关于元宇宙推动产业变革的相关研究主要分布在能源节约、工业变革以及农业生产等产业领域。

##### 3.1.2.1 能源产业变革

随着地球资源的不断消耗和全球变暖的不断恶化, 实施绿色技术成为一种倡导, 可再生能源的建议也普遍被采纳。在资源有限的条件下, 有效的能源管理是必要的, 通过减少能源消耗和提高能源效率以利于可持续发展。元宇宙愿景的提出与元宇宙技术的



形成能源元宇宙的构建提供了依据和条件。元宇宙技术在能源产业的应用将极大地改善能源利用现状,实现能源降本增效。在 Singh 等<sup>[33]</sup>的研究中,与元宇宙技术所包含内容相似的智能工厂同样融合了不同的创新技术,包括物联网、区块链技术、云计算、大数据、雾计算、边缘计算、虚拟现实、智能电网、人工智能和机器学习(Machine learning)等。这些技术在智能工厂领域的集成可以实现智能制造、智能机器、智能商业管理、生产管理、智能物流、预测性维护和智能设备等应用。在能源部门采用这些技术可以实现能源有效管理的智能系统。关于元宇宙与能源相结合的研究,Franco 等<sup>[34]</sup>研究了从电池制造到智能电网这一迈向能源科学元宇宙的演化进程。在“碳达峰、碳中和”的目标和新电力系统提出的背景下,构建元宇宙电力系统俨然成为未来能源发展趋势的一部分。Deng 等<sup>[35]</sup>提出了一种元宇宙驱动的蓄能电站远程管理方案,并给出了具体的设计方案。能源元宇宙的畅想已经起步,研究稳步推进,内在实践还需一步步稳定落实。

### 3.1.2.2 工业变革

在工业领域,元宇宙作为一种技术合集,不仅具有在工业生产方式上带来新改变的可能,还有可能催生新的产业模式。元宇宙与工业领域的融合,能够推动工业制造过程中营销模式的转变,实现设计模式的再创新,促进流程自动化向智慧制造的转型升级<sup>[36]</sup>。元宇宙与工业领域结合研究的发展逐渐衍生出工业元宇宙这一新概念。工业元宇宙是一个极为复杂的技术体系,不仅是元宇宙和工业在概念方面或应用上的简单结合,而且是具有庞大工程的技术载体,能够帮助人们实现人、机、物、环境、系统等相互之间的无缝衔接<sup>[37]</sup>,被认为是未来工业发展的重要力量<sup>[38,39]</sup>。在 Lee 等<sup>[40]</sup>的研究中,工业元宇宙作为一种技术手段被用于远程制造。元宇宙在工业制造中的扩展研究被寄予厚望。在涂彦平<sup>[41]</sup>的撰文中,工业元宇宙是智能制造所展现的未来形态。元宇宙技术在工业领域的应用能够实现对工业产品生命周期的各个场景赋能。元宇宙能够有效促进工业领域的智能化升级,在工业领域有很高的应用价值。工业元宇宙被认为是现实世界与虚拟世界互通的桥梁<sup>[37]</sup>,构建了未来工业新蓝图<sup>[42]</sup>。

### 3.1.2.3 农业变革

作为数字经济领域的研究热点,元宇宙与农业领域的融合发展也大有可为。作为一种较理想的发展

愿景,元宇宙为农业产业结构升级注入新的活力,推动智慧农业的发展进入新的阶段。数字科技的赋能,不仅能够使农业产业的效率得到提升,而且还推动了农业发展协同创新<sup>[43]</sup>。目前,关于元宇宙赋能农业农村发展的研究,一方面,朝着促进农村人才结构升级、加速推进城乡融合持续推进<sup>[44]</sup>;另一方面,逐步探索完全实现农业元宇宙的关键技术、应用场景和具体挑战<sup>[45]</sup>。除此之外,卢勇等<sup>[46]</sup>明确了农业文化遗产元宇宙的内涵,探索了元宇宙对于农业文化遗产保护的途径以及农业文化遗产元宇宙的应用前景。尽管目前农业元宇宙的建设尚处于初级阶段,但是其光明前景可以预见。元宇宙在农业领域的应用能够释放新的生产力,最终提高农业生产效率。

### 3.1.3 行业升级

在创新驱动与消费升级的双重背景之下,元宇宙为传统行业的转型升级提供了数字化赋能新方向。教育、金融、商业经济、销售等行业成为元宇宙赋能升级的最早一批试点。在现有的研究中,元宇宙将教育行业升级与商业经济发展推上了一个新高度。

#### 3.1.3.1 教育元宇宙

教育是立国之本,在线教育是顺应时代进步而演化变革的大趋势,新冠疫情的暴发更是加速了在线教育变革的进程<sup>[47]</sup>。从文献研究的数量角度出发,教育领域是元宇宙应用结合的主要领域之一。朱珂等<sup>[48]</sup>研究了元宇宙赋能大规模超域协同学习;刘革平等<sup>[49]</sup>研究了在线教育从虚拟现实到元宇宙转变和发展的新方向,提出了元宇宙智能在线学习环境的构造模型,还探索了支持学生学习的智慧化、个性化环境构建。从沉浸式学习框架<sup>[50]</sup>的提出,到构筑“智能+”教育应用新形态<sup>[51]</sup>的探索;从对教育元宇宙特征、机理和应用场景的梳理挖掘<sup>[52]</sup>,到探寻教育元宇宙的应用和挑战<sup>[53]</sup>,以及对教育元宇宙未来发展进行展望<sup>[11,54,55]</sup>,教育元宇宙俨然成为智能在线教育所追求的新高度和努力实现的新目标。

除此之外,图书馆是教育支撑体系中的重要一环,在元宇宙和元宇宙教育成为互联网领域备受瞩目的焦点时,元宇宙赋能图书馆建设的研究主题也变得炙手可热<sup>[56]</sup>。元宇宙赋能图书馆的发展建设<sup>[57]</sup>,图书馆与元宇宙的结合也在反作用于元宇宙的基础构建<sup>[58]</sup>,元宇宙图书馆开启了虚实融生的社会教育发展新展望<sup>[59]</sup>,是未来可期的另类文明空间<sup>[60]</sup>。

### 3.1.3.2 金融、商业与经济

时代的发展推动着产业的变革。元宇宙作为当前物联网技术的最高层级,在金融、商业和经济领域具有广阔的应用前景。例如,依托元宇宙的虚实结合、沉浸式消费、人机协同等技术优势,元宇宙金融业务不仅能够实现线上化,还能为客户提供沉浸式服务体验,提高了金融服务的质量和效率<sup>[61]</sup>。数字经济的高质量发展是中国经济发展模式变革的重要助推,依托于区块链技术的新型数字资产以 NFT 形态存在于元宇宙中,这为经济领域中的生产、消费、流通等模块的重组以及一系列商业模式的变革奠定了基础<sup>[62]</sup>。元宇宙既是赋能数字经济高质量发展的技术,也是数字经济高质量发展的未来,钟业喜等<sup>[63]</sup>探索了其中的基础、机理、路径与应用场景。以“元宇宙+经济”为中心的研究主题在不断地深化和外延。一方面,以元宇宙为愿景的全球数字化时代的到来催化了文明虚拟化的进程<sup>[64]</sup>,作为新一代科技革命战略基础的数字文化经济价值共创的探索被提上日程<sup>[65]</sup>;另一方面,元宇宙与数字安全<sup>[66]</sup>、数字消费<sup>[67]</sup>等领域的结合研究也在共同发展。经济基础决定上层建筑,同样地,经济基础的发展水平是其他领域发展的带动力量,也是其他领域朝着元宇宙进化的支撑。

元宇宙是社会各行业或产业变革的大方向,除了上述所提到的有关研究领域,元宇宙的相关研究也在不断地向其他领域延伸,如医学<sup>[68,69]</sup>、艺术<sup>[32]</sup>、哲学<sup>[70,71]</sup>等。

### 3.1.4 虚实交融

所谓“虚实交融”,即现实世界与元宇宙虚拟空间之间的交互和融合。实现元宇宙与现实世界的交互融合,是人类社会演化进程朝着信息化、智能化发展的更高阶形态<sup>[67]</sup>。虚实交融是元宇宙发展的目标态势,也是元宇宙发展的最终形态。目前,元宇宙虚实交融已经在现实世界中的部分领域率先发展,例如,元宇宙与金融领域的结合,可以打造元宇宙金融平台,构建虚实结合的金融服务世界<sup>[61]</sup>,通过元宇宙技术在金融领域各项业务中的应用融合,实现金融行业的高效升级。王国成<sup>[72]</sup>在探索社会科学发展的过程

中指出,虚实交融的元宇宙,能够突破客观物理时空的限制,延展人类的思维意识之智,创新物质财富的生产方式,变革精神世界的认知途径,丰富社会生活中的行为模式。董同强等<sup>[73]</sup>和王晔斌等<sup>[74]</sup>围绕图书馆这一载体展示了图书馆元宇宙虚实交融发展所带来的高效与便利。未来,随着科技研究的不断深入,越来越多的领域将会陆续加入元宇宙虚实交融发展并快速跟上脚步。

### 3.1.5 智慧城市发展

智慧城市是城市发展的理想状态<sup>[75]</sup>。元宇宙技术为智慧城市的实现提供支持,智慧城市是元宇宙时代完全来临的必经阶段<sup>[76]</sup>。元宇宙与智慧城市的未来是二者相互靠近,逐渐融合,最终共同发展。Bibri<sup>[77]</sup>从 Science, Technology, and Society (STS) 的角度探索了元宇宙和数据驱动的智慧城市之间的联系。该研究基于对元宇宙及其传达、激活的警告信号和愿景分析评估,深化和扩展对数据驱动智慧城市想象的社会科学批评和理解,以帮助构建有利于所有公民获取更大利益的、可取的替代未来。最终的目标是以道德上可接受的方式构建元宇宙,并且对集体而言是对社会最民主有利的。诚然,时代的进步能够带来很多益处,但也会伴随产生新的问题。例如,元宇宙在智慧城市发展方面的应用推动了智慧城市建设完善,但也带来了城市发展分化程度加大的问题<sup>[78]</sup>。从发展限制角度出发,姜春雷<sup>[79]</sup>梳理了智慧城市向元智慧城市演进过程中涉及的相关问题,并指出发展元智慧城市能够弥补物理世界的不足,更好地赋能实体经济。智慧城市的构建与发展离不开现代智慧化、信息化、数字化科学技术的支持,元宇宙与智慧城市相结合的研究,是对二者共同实现和融合发展的探索。

将有关元宇宙的研究文献按照主要内容进行归类,大致情况如表 1 所示。

## 3.2 元宇宙技术应用的关键领域

目前,元宇宙尚处于发展的初期阶段,元宇宙技术的应用领域也相对有限。元宇宙技术应用的关键领域主要包括能源元宇宙、工业元宇宙、农业元宇宙、教育元宇宙以及元宇宙经济等(表 2)。



表 1 元宇宙研究主题内容归类

Table 1 Metaverse research topic content classification

| 分类<br>Classification            | 主要内容<br>Primary coverage   | 代表文献<br>Representative literature |
|---------------------------------|--|-----------------------------------|
| Technological innovation        | It is used to realize the upgrading or improvement of single or combined technological innovation of the metaverse   | [28,29,31,80]                     |
| Industrial transformation       | Change from conventional industry to digital and intelligent industry and then to metaverse industry   | [81-86]                           |
| Industry upgrading              | The application of metaverse in an industry has promoted the transformation and upgrading of the industry  | [48,49,61,62]                     |
| Blending virtuality and reality | The integration and development of the virtual world constructed by the metaverse and the real world or physical space   | [72-74,87,88]                     |
| Smart city development          | The combination research and relationship exploration of the metaverse and the development of smart cities, as well as the empowerment of the metaverse to the development of smart cities | [76-79]                           |

表 2 元宇宙技术主要应用领域分类

Table 2 Classification of application fields of metaverse technology

| 主要领域<br>Main areas     | 主要内容<br>Primary coverage  | 相关文献<br>Related literature |
|------------------------|---|----------------------------|
| Energy metaverse       | The intelligent integration of metaverse technologies, including IoT, VR, AI, ML and a series of other technologies, is applied in the energy field, which is conducive to the realization of an intelligent system for effective energy management | [33-35]                    |
| Industrial metaverse   | An extremely complex technical system with a huge technical carrier of engineering can help realize the seamless connection among people, machines, objects, environment and systems  | [37-40]                    |
| Agricultural metaverse | The application of multiple metaverse technologies in agriculture, including digital technology, AI and XR, can promote the transformation and upgrading of agriculture-related content centered on the agricultural supply chain                   | [43-45]                    |
| Educational metaverse  | With AR, VR, MR and other metaverse technologies as the main applications, the teaching content is given to match the educational environment, making the educational process more intelligent and educational activities more vivid                | [48,49,52]                 |
| Metaverse economy      | The application of blockchain, NFT, XR and other metaverse technologies in the economic field can realize the upgrading of digital economy to the metaverse and the expansion of virtual space  | [61-63]                    |

## 4 展望

据中外文献数据库的核心研究可视化呈现结果可知,国内外元宇宙研究呈现不同特点:国内期刊上元宇宙研究结合领域相对来说广而散,而外文期刊所呈现的内容在元宇宙技术研究方面更集中和深入。研究显示,就目前元宇宙所处的发展阶段而言,支撑现代社会生产生活的行业和领域(能源、工业、农业、教育等)率先得到关注:一方面是基础且重要的行业领域朝着元宇宙发展可以谋求自身降本增效和产业升级;另一方面是人类社会活动和生产生活向虚拟空间的拓展需要对人类生活密切相关且有重要影响的领域先行者“探路”和“接应”。综合来看,元宇宙的未来发展趋势会率先与对社会体系和人们生活有重要影响的主要行业领域结合并向外扩展,纵向研究以虚

实融生为目标持续深入。

2021年是元宇宙元年,目前元宇宙处于发展的初级阶段。在元宇宙技术应用研究方面,AR、VR、MR、AI及元宇宙核心技术(扩展现实、数字孪生、区块链等)相关的研究所占比例较大,元宇宙发展的技术条件具备一定基础。从现有的研究来看,元宇宙技术在社会各行业领域内的应用研究初步呈现出以下5个方面的影响和发展趋势。

(1)元宇宙助推社会发展有望在技术创新方面和协作方式上产生新的突破,社会生产效率在新技术的加持下能够得到进一步的提高。

(2)元宇宙技术作为基于众多科学技术的智能集成整合性技术,可以随着持续创新而日渐丰富。因此,元宇宙及元宇宙技术的发展和应用的系列新技术、新业态和新模式的催生带来可能,有利于进一步

促进传统产业变革。

(3)元宇宙在教育领域的应用有利于改进教育模式。人工智能、扩展现实等元宇宙技术为教育场景的变换提供条件,先进的技术不仅能够进一步解决用户受教育场所限制的问题,还能够实现虚拟教育环境与教育内容适配。未来,教育元宇宙有望缔造新的知识传播方式,具有为教育行业的变革和发展做出突出贡献的潜力。

(4)元宇宙将帮助人类社会重构工作和生活方式。最容易预见的就是在基于AR、VR、MR等技术实现的虚拟场景中进行活动模拟。随着元宇宙发展逐步实现的物理世界与虚拟空间的交互,可以看出人类大量的工作和生活有在虚拟世界中发生的趋势。

(5)元宇宙技术与智慧城市的发展相结合,有利于推动智慧城市应用场景的建设,基于更先进的技术,掌控并调动更全面的信息,有助于创造出新的社会治理模式。

在未来,元宇宙(包含场景)的实现和正常运转需要在元宇宙技术体系各单项技术深度融合的基础上合力实现。以此图景为目标,对于元宇宙未来的研究,学者们可以从组成技术的升级、扩展和革新,虚实融生经济体系的发展与实现等方面进行宏观理论的探索或实现路径的挖掘。在元宇宙应用领域扩展方面,各界学者可以利用元宇宙与所在领域的结合研究行业内部升级或产业变革。总之,元宇宙时代的到来,将为用户创造更多新的生产生活空间。社会生产方式和社会治理方式也将在很大程度上发生显著变革。

#### 参考文献

- [1] MVSTAKIDIS S. Metaverse [J]. Encyclopedia, 2022, 2(1):486-497.
- [2] RATCLIFFE J, SOAVE F, BRYAN-KINNS N, et al. Extended reality (XR) remote research: a survey of drawbacks and opportunities; 10.1145/3411764.3445170 [P]. 2021-01-20.
- [3] ZHANG C, LU Y. Study on artificial intelligence; the state of the art and future prospects [J]. Journal of Industrial Information Integration, 2021, 23: 100224. DOI: 10.1016/j.jii.2021.100224.
- [4] ZHENG Z, XIE S, DAI H N, et al. Blockchain challenges and opportunities: a survey [J]. International Journal of Web and Grid Services, 2018, 14(4): 352-375.
- [5] LEE L H, BRAUD T, ZHOU P, et al. All one needs to know about metaverse: a complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda [J]. Journal of Latex Class Files, 2021, 14(8): 1-66.
- [6] 李纲, 刘学太, 巴志超. 三元世界理论再认知及其与国家情报空间[J]. 图书与情报, 2022(1): 14-23.
- [7] 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.
- [8] 郭全中, 魏滢欣, 冷一鸣. 元宇宙发展综述[J]. 传媒, 2022(14): 9-11.
- [9] 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.
- [10] SEMERARO C, LEZOCHE M, PANETTO H, et al. Digital twin paradigm: a systematic literature review [J]. Computers in Industry, 2021, 130: 103469-103491. DOI: 10.1016/j.compind.2021.103469.
- [11] 薛耀锋, 朱芳清, 王坤. 元宇宙: 下一代学习空间[J]. 基础教育, 2022, 19(2): 23-32.
- [12] 郭全中. 元宇宙的缘起、现状与未来[J]. 新闻爱好者, 2022(1): 26-31.
- [13] 吴江, 曹喆, 陈佩, 等. 元宇宙视域下的用户信息行为: 框架与展望[J]. 信息资源管理学报, 2022, 12(1): 4-20.
- [14] DAHAN N A, AL-RAZGAN M, AL-LAITH A, et al. Metaverse framework: a case study on E-Learning Environment (ELEM) [J]. Electronics, 2022, 11(10): 1616-1628.
- [15] 邓建国. 元元媒介与数字孪生: 元宇宙的媒介理论透视[J]. 新闻大学, 2022(6): 35-48, 120.
- [16] ZYDA M. Building a human-intelligent metaverse [J]. Computer, 2022, 55(9): 120-128.
- [17] ZHAO Y, JIANG J, CHEN Y, et al. Metaverse: perspectives from graphics, interactions and visualization [J]. Visual Informatics, 2022, 6(1): 56-67.
- [18] 李洪晨, 马捷. 沉浸理论视角下元宇宙图书馆“人、场、物”重构研究[J]. 情报科学, 2022, 40(1): 10-15.
- [19] 向安玲, 高爽, 彭影彤, 等. 知识重组与场景再构: 面向数字资源管理的元宇宙[J]. 图书情报知识, 2022, 39(1): 30-38.
- [20] RAUSCHNABEL P A, FELIX R, HINSCH C, et al. What is XR? Towards a framework for augmented and virtual reality [J]. Computers in Human Behavior, 2022, 133: 107289. DOI: 10.1016/j.chb.2022.107289.
- [21] RAUSCHNABEL P A, BABIN B J, DIECK M C, et al. What is augmented reality marketing? Its definition, complexity, and future [J]. Journal of Business Research, 2022, 142: 1140-1150. DOI: 10.1016/j.jbusres.2021.12.084.
- [22] 曾军. “元宇宙”中的身体与主体性分裂[J]. 探索与争鸣, 2022(4): 85-87.
- [23] FAR S B, RAD A I. Applying digital twins in metaverse: user interface, security and privacy challenges [J]. Journal of Metaverse, 2022, 2(1): 8-15.

- [24] 李鸣,张亮,宋文鹏,等.区块链:元宇宙的核心基础设施[J]. 计算机工程,2022,48(6):24-32,41.
- [25] RYU J, SON S, LEE J, et al. Design of secure mutual authentication scheme for metaverse environments using blockchain [J]. *IEEE Access*, 2022, 10: 98944-98958. DOI:10.1109/access.2022.3206457.
- [26] 郭全中. NFT 及其未来[J]. 新闻爱好者, 2021(11):36-40.
- [27] PANAGIOTAKOPOULOS D, MARENTAKIS G, METZITAKOS R, et al. Digital scent technology: toward the internet of senses and the metaverse [J]. *IT Professional*, 2022, 24(3):52-59.
- [28] LU F, HUA J, ZHOU F, et al. Pixelated volume holographic optical element for augmented reality 3D display [J]. *Optics Express*, 2022, 30(10):15929-15938.
- [29] ZHANG X, HUANG X, YIN H, et al. LLAKEP: a low-latency authentication and key exchange protocol for Energy Internet of Things in the metaverse era [J]. *Mathematics*, 2022, 10(14):2545. DOI:10.3390/math10142545.
- [30] PARK K, PARK Y, PARK Y, et al. 2PAKEP: provably secure and efficient two-party authenticated key exchange protocol for mobile environment [J]. *IEEE Access*, 2018, 6: 30225 - 30241. DOI: 10.1109/access.2018.2844190.
- [31] ZHOU H, HUANG W, XIAO Z, et al. Deep-learning-assisted noncontact gesture - recognition system for touchless human - machine interfaces [J]. *Advanced Functional Materials*, 2022, 32(49):2208271. DOI:10.1002/adfm.202208271.
- [32] 彭锋. 关于元宇宙的艺术想象[J]. 美术观察, 2022(4):9-10.
- [33] SINGH R, AKRAM S V, GEHLOT A, et al. Energy system 4.0: digitalization of the energy sector with inclination towards sustainability [J]. *Sensors*, 2022, 22(17):6619. DOI:10.3390/s22176619.
- [34] FRANCO A A, LOUP-ESCANDE E, LOISEAUX G, et al. From battery manufacturing to smart grids: towards a metaverse for the energy sciences [J]. *Batteries & Supercaps*, 2022, 6(1)e: 202200369. DOI: 10.1002/batt.202200369.
- [35] DENG Y, WENG Z, ZHANG T. Metaverse-driven remote management solution for scene - based energy storage power stations [J]. *Evolutionary Intelligence*, 2022, 1-12. DOI:10.1007/s12065-022-00769-0.
- [36] 陈连虎. 工业融合元宇宙解锁价值变现新场景[J]. 软件和集成电路, 2022(5):32-34.
- [37] 孙柏林. 工业元宇宙——现实世界与虚拟世界互通的桥梁[J]. 计算机仿真, 2022, 39(7):1-7.
- [38] 孙柏林. 工业元宇宙——未来工业发展的重要推动力量(上)[J]. 电气时代, 2022(9):14-18.
- [39] 孙柏林. 工业元宇宙——未来工业发展的重要推动力量(下)[J]. 电气时代, 2022(10):12-15.
- [40] LEE J, KUNDU P. Integrated cyber-physical systems and industrial metaverse for remote manufacturing [J]. *Manufacturing Letters*, 2022, 34: 12-15. DOI: 10.1016/j.mfglet.2022.08.012.
- [41] 涂彦平. 工业元宇宙: 展望智能制造的未来形态[J]. 中国外资, 2022(7):80-81.
- [42] 石菲. 工业元宇宙构建未来工业新蓝图[J]. 中国信息化, 2022(8):16-18.
- [43] 周臻. 探路农业元宇宙[J]. 小康, 2022(24):58-59.
- [44] 刘美琳. 乡村元宇宙促进农村人才结构升级 加速推进城乡融合[N]. 21 世纪经济报道, 2022-09-23(12). DOI:10.28723/n.cnki.nsjbd.2022.003827.
- [45] 陈枫, 孙传恒, 邢斌, 等. 农业元宇宙: 关键技术、应用情景、挑战与展望[J]. 智慧农业(中英文): 2022, 4(4): 126-137.
- [46] 卢勇, 任思博. 农业文化遗产元宇宙的内涵、路径及应用前景研究[J]. 中国农史, 2022, 41(2):136-148.
- [47] PARK J Y, LEE K, CHUNG D R. Public interest in the digital transformation accelerated by the COVID-19 pandemic and perception of its future impact [J]. *Korean Journal of Internal Medicine*, 2022, 37(6): 1223-1233.
- [48] 朱珂, 丁庭印, 付斯理. 元宇宙赋能大规模超域协同学习: 系统框架与实施路径[J]. 远程教育杂志, 2022, 40(2):24-34.
- [49] 刘革平, 王星, 高楠, 等. 从虚拟现实到元宇宙: 在线教育的新方向[J]. 现代远程教育研究, 2021, 33(6):12-22.
- [50] 张文超, 袁磊, 闫若婧, 等. 从游戏化学习到学习元宇宙: 沉浸式学习新框架与实践要义[J]. 远程教育杂志, 2022, 40(4):3-13.
- [51] 兰国帅, 魏家财, 黄春雨, 等. 学习元宇宙赋能教育: 构筑“智能+”教育应用的新样态[J]. 远程教育杂志, 2022, 40(2):35-44.
- [52] 刘革平, 高楠, 胡翰林, 等. 教育元宇宙: 特征、机理及应用场景[J]. 开放教育研究, 2022, 28(1):24-33.
- [53] 蔡苏, 焦新月, 宋伯钧. 打开教育的另一扇门——教育元宇宙的应用、挑战与展望[J]. 现代教育技术, 2022, 32(1):16-26.
- [54] 李政涛, 吴冠军, 李芒, 等. “元宇宙与未来教育”笔谈[J]. 基础教育, 2022, 19(2):13-22.
- [55] 李小涛. 元宇宙中的学习: 融合学习者身份、时空的未来学习图景[J]. 远程教育杂志, 2022, 40(2):45-53.
- [56] 张兴旺, 毕语馨, 郑聪. 图书馆与元宇宙理论融合: 内涵特征、体系结构与发展趋势[J]. 图书与情报, 2021(6): 81-89.
- [57] 娄方园, 邹轶韬, 高振, 等. 元宇宙赋能的图书馆社会教



- 育:场景、审视与应对[J]. 图书馆论坛, 2022, 42(7): 25-32.
- [58] 张庆来, 苏云. 图书馆与元宇宙:关系、功用与未来[J]. 图书与情报, 2021(6): 75-80.
- [59] 徐祥伍, 葛万宝, 黄晓瑜. 元宇宙+公共图书馆:虚实融生的社会教育发展新展望[J]. 图书馆理论与实践, 2022(5): 64-70.
- [60] 只莹莹. 元宇宙图书馆:可期的另类文明空间[J]. 图书馆理论与实践, 2022(5): 71-76, 84.
- [61] 陆岷峰. 元宇宙技术及其在金融领域的应用研究[J]. 南方金融, 2022(7): 66-74.
- [62] 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.
- [63] 钟业喜, 吴思雨. 元宇宙赋能数字经济高质量发展:基础、机理、路径与应用场景[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2022, 28(4): 1-12.
- [64] 吴宁, 刘金凤. 元宇宙与文明的虚拟化[J]. 山东社会科学, 2022(6): 93-100.
- [65] 魏鹏举, 钟艺聪. 数字文化经济的价值共创[J]. 江西社会科学, 2022, 42(7): 156-167, 208.
- [66] 高一乘, 杨东. 应对元宇宙挑战:数据安全综合治理三维结构范式[J]. 行政管理改革, 2022(3): 41-50.
- [67] 关乐宁. 元宇宙新型消费的价值意蕴、创新路径与治理框架[J]. 电子政务, 2022(7): 30-41.
- [68] 张阿云, 王兵, 谢敏, 等. 元宇宙在外科临床教学的应用探索[J]. 中国医学教育技术, 2022, 36(4): 390-395.
- [69] WOODS B, 骆佳. 元宇宙最佳应用:医学探索[J]. 国际品牌观察, 2021(34): 38-39.
- [70] 黄欣荣, 曹贤平. 元宇宙的技术本质与哲学意义[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2022, 43(3): 119-126.
- [71] 时盛杰. “元宇宙”的媒介哲学批判——基于人与媒介关系的视角[J]. 青年记者, 2022(14): 30-32.
- [72] 王国成. 虚实交融的元宇宙图景中社会科学的跃升[J]. 天津社会科学, 2022(5): 37-43.
- [73] 董同强, 王梅. 虚实融生:元宇宙视角下智慧图书馆的未来生态图景[J]. 图书馆学研究, 2022(5): 20-25.
- [74] 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.
- [75] CHEN Y L, HUANG D, LIU Z, et al. Construction 4.0, industry 4.0, and building information modeling (BIM) for sustainable building development within the smart city [J]. Sustainability, 2022, 14 (16): 10028. DOI:10.3390/su141610028.
- [76] 马龙. 从信息化发展史看智慧城市、工业互联网和元宇宙的发展[J]. 中国信息界, 2022(1): 41-43.
- [77] BIBRI S E. The social shaping of the metaverse as an alternative to the imaginaries of data-driven smart cities: a study in science, technology, and society [J]. Smart Cities, 2022, 5(3): 832-874.
- [78] 邓智团. 元宇宙与城市发展:逻辑阐释与规划应对[J]. 城市规划学刊, 2022(3): 44-49.
- [79] 姜春雷. 元宇宙与智慧城市的未来[J]. 智能建筑与智慧城市, 2022(6): 153-155.
- [80] SUN Z D, ZHU M L, SHAN X C, et al. Augmented tactile-perception and haptic-feedback rings as human-machine interfaces aiming for immersive interactions [J]. Nature Communications, 2022, 13: 1-13.
- [81] 陈雯雯, 黄海燕. 元宇宙视域下的体育产业:诉求、变革与展望[J]. 西安体育学院学报, 2022, 39(4): 396-402.
- [82] 黄怡静, 赵云泽. 元宇宙背景下的新闻业发展趋势研究[J]. 新闻爱好者, 2022(6): 9-12.
- [83] 杨勇, 窦尔翔, 蔡文青. 元宇宙电子商务的运行机理、风险与治理[J]. 电子政务, 2022(7): 16-29.
- [84] GURSOY D, MALODIA S, DHIR A. The metaverse in the hospitality and tourism industry: an overview of current trends and future research directions [J]. Journal of Hospitality Marketing & Management, 2022, 31(5): 527-534.
- [85] WANF F F. Metaverse-empowered music and dance: experience of emotion and scene unification [J]. Mobile Information Systems, 2022, 2022: 9. DOI: 10.1155/2022/2455782.
- [86] ZHANG C, FENG S Y, HE R N, et al. Gastroenterology in the metaverse: the dawn of a new era? [J]. Frontiers in Medicine, 2022, 9: 904566. DOI:10.3389/fmed.2022.904566.
- [87] YANG F F, REN L F, GU C. A study of college students' intention to use metaverse technology for basketball learning based on UTAUT2 [J]. Heliyon, 2022, 8(9): e10562. DOI:10.1016/j.heliyon.2022.e10562.
- [88] 郭栋. 深度共融:元宇宙出版的创新与挑战[J]. 出版发行研究, 2022(6): 33-37.

## Exploration and Prospect of Metaverse Application

MA Xiaoya<sup>1</sup>, TONG Jin<sup>1</sup>, LU Jianbo<sup>2\*\*</sup>, LI Mengxiu<sup>1</sup>

(1. School of Logistics Management and Engineering, Nanning Normal University, Nanning, Guangxi, 530023, China; 2. School of Computer and Information Engineering, Nanning Normal University, Nanning, Guangxi, 530023, China)

**Abstract:** The concentrated outbreak of the new generation of information technology makes the integrated technology "metaverse" become the focus of the industry and academia. Much attention has been paid to the development and influence of the metaverse on the real world. Starting from the background of the times, the concept of the metaverse is summarized, knowledge combing is carried out around the essential characteristics of metaverse and the core technologies of metaverse development (extended reality, digital twins, artificial intelligence, blockchain, etc.), and the functional framework of the metaverse technology is provided in this article. The main application fields of the metaverse at present, namely, technological innovation, industrial transformation, industrial upgrading, virtual and real integration, smart city application, etc. are classified and summarized to point out that the metaverse is conducive to the innovation of human social education mode, the reconstruction of lifestyle and the improvement of production efficiency. Finally, the future development direction of the metaverse is analyzed and prospected. The development of metaverse shows a trend of expanding outward from the scene application integration of major industries in society and in-depth development in the vertical direction.

**Key words:** metaverse; extended reality; digital twinning; artificial intelligence; blockchain; field of application

责任编辑:陆 雁



微信公众号投稿更便捷

联系电话:0771-2503923

邮箱:gxxk@gxas.cn

投稿系统网址:<http://gxxk.ijournal.cn/gxxk/ch>