

面向元宇宙的图书馆信息物理融合研究^{*}

张兴旺 吕瑞倩 李洁 雷薇

(桂林理工大学旅游与风景园林学院, 桂林 541004)

摘要: 信息物理融合是图书馆元宇宙建设的重要内容之一, 能为实现图书馆元宇宙“人-机-物-环境”四要素的协同交互与虚实融合提供重要支撑。文章在对现有研究进行分析的基础上, 设计并提出一种面向元宇宙的图书馆信息物理融合模型, 并依据其运行机制, 分别对物理融合、模型融合、数据融合与服务融合等内容, 以及所涉及的关键技术进行分析。研究认为, 信息物理融合是图书馆元宇宙从“软”到“硬”、从“虚无”到“落地”、从理论到实践的关键所在。

关键词: 元宇宙; 图书馆; 信息物理融合; 数字孪生; 智慧服务

中图分类号: G250.7 **DOI:** 10.3772/j.issn.1673-2286.2022.04.007

引文格式: 张兴旺, 吕瑞倩, 李洁, 等. 面向元宇宙的图书馆信息物理融合研究[J]. 数字图书馆论坛, 2022 (4): 53-59.

1 问题的提出

“元宇宙”概念最早源自1992年美国科幻小说*Snow Crash*, 后被Facebook、Microsoft、腾讯等科技巨头联合推向高潮, 成为近两年互联网、信息科技领域最引人关注的焦点话题^[1]。随着相关软硬件设备设施、信息技术与互联网环境的不断发展, 元宇宙应用正逐渐从游戏、娱乐领域向智慧教育、智能制造、文化艺术、金融贸易、知识生产、社会社交等领域渗透。这些研究为未来图书馆的建设与发展提供了启发式的理论、技术与应用参考。

目前关于元宇宙并无统一的概念界定, 但普遍认为元宇宙是一个平行且独立于现实物理世界的虚拟信息空间, 是大数据、云计算、数字孪生等一系列信息技术的深度融合, 具有实时性、可连接性与可创造性等六大基本属性^[2], 其关键技术主要包括多维交互技术(如VR/AR/MR/XR现实、全身追踪和全身传感技术)、信息通信技术(如5G、6G、WiFi 6、物联网)、计算能力(如云计算、边缘计算)与核心算法(如信息物理融合、数字孪生模型)等^[3]。

元宇宙与生俱来的沉浸式体验交互、人与社会关系数字化、物理与虚拟信息空间虚实融合、知识内容自主创作与生产、数字资产价值评估与显现等应用特征^[4], 未来可能会给图书馆知识组织、管理与服务创新带来积极影响。信息物理融合理论与技术能通过对图书馆进行全要素、全业务、全流程、全状态的数字建模、语义描述与实时映射, 为相关人、机、物、环境等多要素在图书馆物理世界与元宇宙空间之间的协同交互、虚实融合提供重要支撑。因此, 如何有效地推进图书馆元宇宙空间建设, 就成为图书馆领域一个值得思考的重要学术问题, 而图书馆“人-机-物-环境”四要素的信息物理融合问题, 是图书馆元宇宙空间建设的关键问题之一。基于此, 本文从模型构建视角, 探索面向元宇宙的图书馆信息物理融合问题, 冀求为相关研究提供一定参考和借鉴。

2 相关研究

目前关于元宇宙与图书馆融合研究相对较少, 相关研究主要是从理论层面论证了元宇宙理论、技术与方

^{*} 本研究得到2021年国家社会科学基金“大数据背景下南海水下考古多源档案资源的语义互联框架研究”(编号: 21BTQ082)资助。

法在图书馆中应用的可能性。杨新涯等^[5]分析了元宇宙为图书馆带来的机遇与挑战,并对相关核心技术、问题障碍等进行了阐释。陈定权等^[6]围绕元宇宙给图书馆带来的影响展开了讨论。姚占雷等^[7]对元宇宙中情境知识的构建进行了分析,并对其未来应用与发展方向进行探索。向安玲等^[8]从知识重组与场景重构视角,研究元宇宙环境中数字资源管理的应用场景、技术路径与潜在风险。吴江等^[9]从用户、信息与技术等维度,对元宇宙视域下用户信息行为框架进行分析。许鑫等^[10]从信息系统、信息行为、信息公平与信息技术四方面对元宇宙信息产业与信息管理发展的风险与问题进行探索。

图书馆元宇宙建设所涉及的信息物理融合主要包括两方面含义:一是图书馆建筑、实体资源、设备设施、空间、人等资源的融合;二是图书馆建设、管理与服务等过程的融合。围绕这两个方面,现有研究主要从人、机、物、环境等要素,对图书馆物理、模型、数据与服务融合等信息物理融合问题进行研究。陈进等^[11]认为未来图书馆是一个将资源、技术、服务、用户与馆员进行有效融合的智慧有机体和协同体。王世伟^[12]认为文献与信息实体的全面感知、建筑与设施实体的立体互联、空间与环境实体的共享协同是未来图书馆的三大特点。王黎^[13]、沈奎林等^[14]采用超高频RFID对图书馆文献资源、书架、门禁、用户、自助借还设备等物理融合问题进行了研究。孔繁超^[15]、张兴旺等^[16]、石婷婷等^[17]从数字孪生技术视角,对图书馆物理实体与信息空间之间的虚实映射、交互融合模型进行了分析。徐潇洁等^[18]从资源、空间、业务与用户数据驱动视角,构建了相应的数字融合服务框架。柯平^[19]认为未来图书馆系统框架须包括资源与服务两个基本要素、设施与管理两个辅助要素,以及人这个核心要素。夏立新等^[20]提出融合人、资源、空间三大要素,构建相应的智慧建设、管理与服务模型。白苏红等^[21]对未来图书馆空间服务融合与变革进行研究。此外,诸多学者围绕现实物理世界与虚拟信息空间交互融合的演化机理^[22]、关键技术^[23]、体系结构^[24]、应用与服务模式^[25]等进行研究。

根据以上分析可发现,图书馆元宇宙不仅是一种技术,也是未来图书馆建设与发展的一种新理念、新方法,它能在元宇宙空间中实时映射、仿真、模拟图书馆现实管理与服务情境,能全面促进图书馆物理(全要素)、数据(全状态)、模型(全业务)、服务(全流程)数据交互与融合,更能为未来图书馆建设与发展提供重要的理论、技术与方法支撑。

3 图书馆信息物理融合模型构建

3.1 要素分析

人、机、物、环境四元要素是面向元宇宙的图书馆信息物理融合的关键要素,也是其物理、数据、模型与服务融合的基础与前提。其中,“人”主要包括图书馆用户、馆员、管理者等角色。作为图书馆元宇宙建设、管理与服务的重要影响因素,人的活动、行为、需求具有较强的自主性和未知性,其虚拟数字模型构建是图书馆元宇宙技术与应用研究的关键技术之一。“机”主要指的是图书馆建设、管理与服务所涉及的智能传感、智能管理、智能服务、云端、边缘端等设备,如自助借还机、自动分拣机、计算机、服务器、移动智能终端、智能书架、RFID芯片、物联传感设备、数据中心等。“物”主要包括图书馆中除“机”之外所有物理实体资源,如纸质图书、报刊、物理建筑、水电、空调、桌椅、门窗、花草书画等。“环境”主要包括图书馆内外部物理空间环境、人文环境、信息服务环境、建筑环境、网络环境与资源环境等。

面向元宇宙的图书馆信息物理融合的实质就是通过设定的规则、约束、条件与逻辑,实现图书馆人、机、物、环境这4个多源、异构要素的实时感知、感知接入、互联互通、协同交互与虚实融合,从而实现图书馆人、机、物、环境四元要素共融、共联、共用、共享。

3.2 信息物理融合模型构建

元宇宙未来必然会经历多个虚拟平台向统一公共平台、不同领域元宇宙向公共元宇宙融合的演进^[26],其构建需经历“数字孪生—虚拟原生—虚实融合”三个阶段^[27],图书馆元宇宙亦不例外。数字孪生解决的是相关人、机、物、环境等实体资源在元宇宙空间中的模型构建、虚拟仿真问题;虚拟原生解决的是相关人、机、物、环境四元要素在元宇宙空间中的运行演化、虚实映射问题;虚实融合解决的是“人-机-物-环境”的物理(全要素)、数据(全状态)、模型(全业务)、服务(全流程)的协同交互、虚实融合问题。这三个阶段的共性技术之一就是图书馆元宇宙的信息物理融合技术。

图书馆元宇宙主要是指在一个平行且独立于物理世界的元宇宙空间中,通过相关物理、模型、数据与服务融合体系的协同交互,来实现图书馆的人、机、物、

环境的泛在感知、虚拟映射、模拟仿真、运营决策和智慧管控,提高其文献、数据、信息、知识、智力与基础设施资源的管理与服务效率,进而逐步形成一个虚实融合、实时双向映射与协同交互的新型知识组织、管理与服务体系。该体系能利用图书馆物理实体模型、泛在物联智能传感体系,及其相应建设、管理、服务历史数据与运行实时数据,在元宇宙空间中以数字化、模型化、虚拟化形式建立图书馆全要素、全状态、全业务、全流

程的多维度、多尺度、多物理量的动态虚拟数字模型,来真实反映其相关要素、对象、属性、行为、规则与逻辑的信息物理融合过程。

信息物理融合模型需在解决图书馆元宇宙所涉及的人、机、物、环境四元要素连接、交互与融合的基础上,分别构建相应的物理、模型、数据、服务交互与融合体系(见图1)。

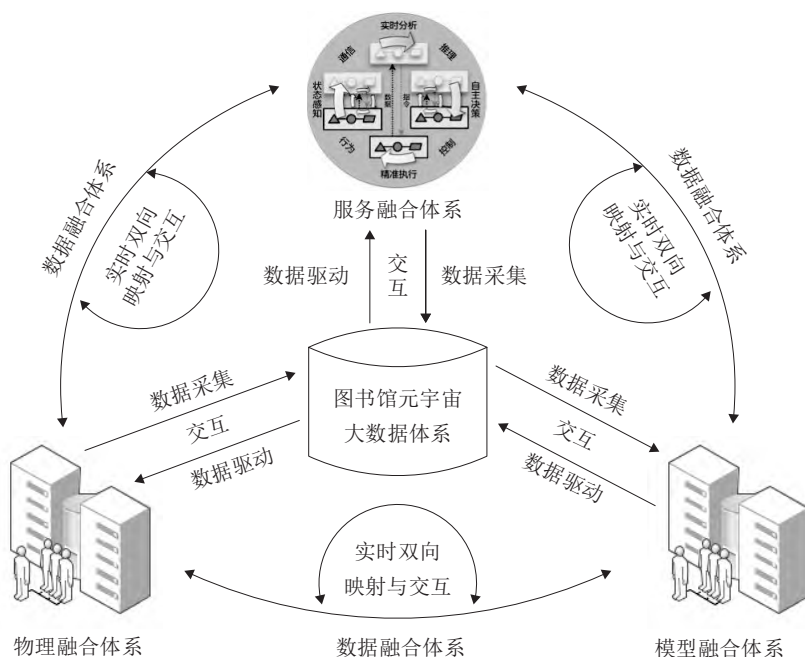


图1 图书馆元宇宙信息物理融合模型

该模型能将图书馆所有物理实体资源、服务资源、模型资源、数据资源等进行有效融合与集成,来满足图书馆物理世界与元宇宙空间的实时双向映射、虚实融合与交互等需求。物理融合体系是图书馆元宇宙的物理基础,是其建设与发展、管理与服务的前提。模型融合体系是对图书馆物理实体的虚拟映射,是图书馆所有资源、要素、过程、行为、规则与逻辑的虚拟数字模型集合,主要包括几何模型、业务模型、行为模型、规则模型和要素模型等。服务融合体系主要指图书馆元宇宙运行过程中所有相关数据、服务、应用、模型、业务与规则等业务逻辑,以及相关接口、中间件、业务引擎与工具模块等功能模块的集合,主要对图书馆元宇宙运行进行智能管控与协同驱动。图书馆元宇宙大数据是图书馆元宇宙正常运转的驱动力,主要包括图书馆物理、模型、服务、数据融合成的图书馆元宇宙大数据体系,以及该模型运转所产生的其他所有相关大数据。

4 图书馆信息物理融合的运行机制

根据上述构建的图书馆信息物理融合模型,图书馆元宇宙信息物理融合模型的运行机制主要分为物理融合层、模型融合层、数据融合层与服务融合层四个层次。

4.1 物理融合层

物理融合层主要包括图书馆元宇宙建设所涉及的图书馆物理建筑、设备设施、资源、空间、文献、人等物理实体资源,以及相应的建设、管理与服务等活动集合。该层主要负责相关物理实体资源整合,同时需具备图书馆物理实体资源的群智感知、物联传感、辅助决策,以及实时数据获取、存储、处理与分析能力。

当前图书馆大部分物联传感设备是处于条块分

割、各自独立的感知孤岛状态。为实现相关物理实体资源的泛在感知、互联互通与实时映射,需针对不同管理与服务情境,统筹规划图书馆建筑、设备设施、资源、空间、文献、人等物联传感体系的建设,全面构建全域覆盖、泛在感知、虚实融合的交互式物联感知体系,实现图书馆物联传感数据的有效汇聚与深度融合,进而实现物理实体资源在元宇宙空间中的精准、实时双向映射。

在具体执行过程中,图书馆元宇宙需通过物联感知设备,实时感知图书馆的智能建筑、文献资源、服务资源、空间环境、基础设施等物理实体资源的全要素、全业务、全状态、全流程信息,对获取到的多源、异构物联传感数据进行实时传递、处理与分析,实现图书馆元宇宙人、机、物、环境四元要素的迭代优化、协同交互与实时管控,进而构建真正的元管理与元服务体系。

物理融合是其他3类融合的数据源泉与物理基础,是在对相关物理实体资源、管理与服务过程进行实时映射的基础上,实现图书馆“人-机-物-环境”四元要素的泛在感知、协同交互与虚实融合。其涉及的关键技术主要包括4个方面。

(1) 智能物联感知与互联互通技术。主要包括图书馆物理实体资源的全域全时段的智能物联感知技术、全要素群智感知技术、“人-机-物-环境”全要素智能感知技术、智能物联感知设备组网及优化技术、物理实体资源互联互通技术、智能物联传感协同测量技术、智能物联感知、定位、溯源与协作技术等。通过这些技术,可将图书馆的人、机、物、环境等物理实体资源进行有效连接,并构建全域全时段的智能物联感知网络,实现其人、机、物、环境的智能物联感知与互联互通。

(2) 多源异构物联传感数据的融合与传递技术。主要包括从图书馆物联传感设备获取到数据的采集、存储与传递技术,集聚、融合与交互技术,处理与分析技术,多层次信息聚类与融合技术等。通过这些技术,可对图书馆智能物联感知网络中获取到的所有多源、异构数据进行实时获取、融合与传输,进而为图书馆元宇宙空间的信息物理融合提供相应的数据支撑。

(3) 多模态数据实时交互与管控技术。主要包括多模态数据实时映射与交互技术、多模态行为对象语义映射与语法约束规则、多维度多层次精准监测体系、物理融合过程建模与管控、数据驱动的自适应交互与映射、数据驱动的动态交互实时管理技术等。通过这些技术,可对获取的多模态数据进行实时监测与管控,

确保信息物理融合数据的可靠性、行为的规范性和交互的实时性,从而为图书馆元宇宙空间的运营管理提供相应的技术保障。

(4) 全要素协同交互与虚实融合技术。主要包括“人-机-物-环境”四元要素协同交互与虚实融合技术、全要素全域数字身份标识体系、VR/AR/MR/XR现实技术、服务需求识别与资源协作技术、服务内容认知与知识组织技术、虚实协同与服务融合技术、元宇宙大数据驱动的“人-机-物-环境”智能物联融合技术等。

4.2 模型融合层

模型融合层主要包括图书馆人、机、物、环境等物理实体资源在元宇宙空间中的数字模型,及图书馆元宇宙空间运行过程中所涉及其他数字模型(如各类要素、规则、逻辑、业务、属性与知识等),从而为图书馆建设、管理与服务过程在元宇宙中的仿真模拟提供相应的模型支撑。

元宇宙模型本质上是与图书馆建设、管理、服务相关的多个虚拟数字模型与子模型的集合。为实现图书馆物理实体资源到元宇宙模型的虚实映射与实时交互,须分别从物理结构、属性特征、业务逻辑、行为轨迹、约束条件与标准规范等方面,构建相应的虚拟数字模型,并对其进行完整性、科学性与可靠性评测。在此基础上,依据彼此之间的业务规则与关联逻辑,将各个精准映射的虚拟数字模型进行有效连接与迭代优化。

模型融合的关键是各个物理实体资源的精准数字化描述与语义化表达。随着大数据、人工智能、数字孪生等技术的飞速发展,图书馆宏观尺度上的物理实体如馆舍建筑、空间环境等对象,微观尺度上的物理实体如图书、报刊、门窗、书架、水电等对象,均可通过模型融合来进行描述与表达。模型融合相关核心技术主要有4个。

(1) 元宇宙模型构建技术。为实现相应的模型融合,须对图书馆人、机、物、环境等要素及其彼此之间关联关系进行精准测绘、语义描述与数字建模,从物理结构、业务逻辑、属性特征、关联关系等多个视角,分别构建相应的虚拟数字模型,并对其进行语义化组织。经过语义组织得到的虚拟数字模型是模型融合的关键所在。一方面,该模型除了包含相关物理实体资源的物理特征之外,还包含其元宇宙模型的相关属性信息与关联特征;另一方面,该模型语义组织信息有助于高效、

快捷地对实现模型无歧义理解与结构化描述,进而有助于促进各个虚拟数字模型在元宇宙空间中的协同交互与迭代优化。

(2) 元宇宙模型评估与检验技术。构建相应的元宇宙模型后,需要对该模型的科学性、有效性与可靠性进行验证,主要包括该模型构建过程中语义化组织的有效性检验、数据实时双向映射的一致性检验、仿真建模的置信度检验、精确性与建模精度检验等一系列技术。

(3) 元宇宙模型语义关联与实时映射技术。在前面基础上,深入探讨各物理实体资源的虚拟数字模型之间的语义关联与实时映射关系。其语义关联与实时映射关系主要包括物理、结构、行为、规则四方面。其中,物理与结构模型是对图书馆人、机、物、环境所有相关实体资源及模型资源的语义描述;行为模型是对物理实体资源的结构、属性、特征、位置、行为与关联关系变化的语义描述;规则模型是对各个物理实体资源彼此之间的运行关系与演化规律,以及模型彼此之间的运行规则、语义关联与演化规律的语义描述。同时,还需在相关物理实体资源及其虚拟数字模型之间进行实时双向映射,使各个虚拟数字模型具备较强的推理、演化、检验、评估能力。

(4) 元宇宙模型运行推演与虚实融合技术。在元宇宙模型中通过模拟仿真技术,可进行相应社会现象、人类行为、系统动力学、时序演化规律的模拟仿真,为图书馆建设、管理与服务提供相应的科学预测和运行推演服务。从模型融合角度来看,元宇宙模型是图书馆物理实体资源的虚拟映射对象和智能操控体,须支撑图书馆全要素虚拟化与信息化、元服务活动全状态实时化与交互化、元管理决策活动全流程智能化与协作化,才能实现图书馆的自我学习智慧生长。

4.3 数据融合层

数据融合层主要包括图书馆元宇宙大数据体系,负责为物理、模型、数据、服务融合层和元宇宙大数据体系的运行提供数据支撑服务,同时具备图书馆物理实体资源及其元宇宙全要素、全业务、全流程、全状态大数据的生成、映射、交互、融合等功能。

图书馆信息物理融合中产生的数据具有海量、多源、异构、多尺度、多概率、多维度、多物理量等大数据特征,通过图书馆元宇宙大数据体系建立服务过程与

服务决策之间的映射关系,有助于对图书馆元宇宙运营管理状态进行智能分析与辅助决策。

数据融合是在图书馆元宇宙大数据体系的组织协调下,对图书馆及其元宇宙模型的全要素、全业务、全流程、全状态数据的采集、存储、生成、处理、迭代、优化、集成与融合,同时还能全面真实地感知、映射和反映图书馆元宇宙的各种管理服务状态、要素、行为、过程、规律与特征等。相关核心技术主要有3个。

(1) 数据感知、获取与处理技术。主要包含图书馆物理实体资源的精准测绘,有效感知与实时传递技术,多层次/多粒度/多维度/多角度元宇宙大数据采集与描述技术,元宇宙大数据清洗、过滤与集约技术,多源异构元宇宙大数据完整性/相关性/准确性/一致性检验与评测技术,等等。

(2) 数据关联、聚类与组织技术。主要包括图书馆元宇宙建设、管理、服务的历史数据与实时数据的语义关联与整合技术,图书馆物理实体资源与元宇宙模型的精准映射与实时交互技术,多尺度/跨时空/多维度信息聚类与语义表达技术,数据关联过程标识与数据溯源技术,多源异构数据协作与知识组织技术等。

(3) 数据迭代、优化与交融技术。主要包括图书馆物理实体资源、元宇宙模型、元宇宙大数据、管理服务过程迭代优化与协同交互技术,数据迭代优化与知识拓展技术,多源异构数据关联特征提取与关联融合技术,全要素/全业务/全流程/全状态数据动态演化与融合技术等。

4.4 服务融合层

服务融合层主要包括以下四方面内容:一是图书馆资源建设、阅读推广、信息素养教育、学科智慧服务、空间服务等元服务;二是相关物联传感设备、空间环境、公共设施、基础设施、智能建筑、全域安防监控等元管理;三是相关数据、信息、知识资源等服务资源的协同交互与虚实融合;四是相关服务、行为、规则、逻辑、属性与对象等服务要素的规则约束与迭代优化。

图书馆元宇宙大数据充分反映了所有物理实体资源及相应元宇宙模型的运行状况,并驱动其对相应的建设、管理与服务过程进行有效的科学预测与决策,以适应其所处的内外部环境及需求的动态变化、各要素彼此之间关联关系的动态演化、服务需求识别与服务资源的动态匹配、服务规则与运行规律的复杂多变等。

服务融合是实现图书馆元宇宙信息物理融合的重要桥梁,也是图书馆信息物理融合建设与研究的重要内容之一。元服务融合内容主要包括图书馆物理实体资源智能感知、全要素数字化表达、服务资源协同交互、服务过程智能监管、服务内容模拟仿真、服务规则自我优化与自我学习智慧成长等,所涉及的相关理论与技术主要包括3个方面。

(1) 元宇宙大数据驱动的服务融合理论与技术。主要包括图书馆元宇宙大数据驱动方法、数据服务到元服务的转换方法、“人-机-物-环境”关联关系的动态演化方法、“物理实体-元宇宙模型-元宇宙大数据-元服务”多层次精准映射与实时交互机制、元服务数字化表达与描述方法、元服务融合的协同交互方法等。

(2) 元服务模型构建与服务供需匹配技术。主要包括相应的元服务模型构建与优化设计、元服务质量评价与反馈、元服务资源协同交互、元服务过程智能管控、元服务模拟仿真、元服务自我优化、元服务供需匹配与优化等理论与技术。

(3) 图书馆元服务协作与融合应用技术。主要包括元服务需求分解与描述、元服务需求匹配与资源协调、元服务映射机制与方法、元服务资源动态协调与组织机制、元服务组合优化与融合理论与技术、元服务协作与融合有效性评估等。

5 总结

信息物理融合是图书馆元宇宙从“软”到“硬”、从“虚无”到“落地”、从理论到实践的关键所在。元宇宙理论与技术因信息物理融合而生,因技术融合创新而兴,为未来图书馆建设与发展提供了一种有效的技术方案和前沿模式。从服务视角来看,面向元宇宙的图书馆信息物理融合所带来的全域标识、泛在感知、仿真推演、智能干预、协同交互、虚实融合等典型特征,将有助于加速推进图书馆管理与服务创新,实现未来图书馆服务空间的分析计算和效果模拟、资源建设的交互设计与仿真推演、“人-机-物-环境”元宇宙模型的特征画像等,并依托其管理服务时空轨迹,来推演其未来的发展趋势、支撑其未来的精准决策与资源布局优化等。在公共文化服务领域,元宇宙仿真推演、沉浸式与交互式体验,将全面创新传统的书刊服务、阅读推广、学科服务、信息服务等服务模式,有助于全面开启个性化、

多元化的智慧服务新时代。

元宇宙已经成为近两年来图情领域研究的热点问题之一,不断涌现的相关理论与应用研究成果,为未来图书馆学研究、图书馆建设与发展指明了方向。作为人工智能、数字孪生、区块链等一系列信息技术融合的产物,元宇宙不仅能有效解决图书馆“人-机-物-环境”四要素的信息物理融合问题,实现图书馆物理建筑、物理空间、实体资源与元宇宙空间之间的虚实融合与协同交互,更能通过沉浸式体验交互、智慧化管理协作、创新型知识生产等方式,加速打破传统知识生产、融合、共享与创新格局^[28],促进图书馆建设、管理与服务模式的颠覆性创新。当前,图情领域对元宇宙理论、技术与应用研究反应颇为强烈,但对其如何在图书馆中加以应用仍感迷惑,对图书馆元宇宙建设与发展前景仍有疑虑。有鉴于此,本文以此为切入点,对面向元宇宙的图书馆信息物理融合问题进行分析,冀求能为相关研究提供一定参考和借鉴。

参考文献

- [1] 喻国明,耿晓梦.何以“元宇宙”:媒介化社会的未来生态图景[J].新疆师范大学学报(哲学社会科学版),2022(3):1-8.
- [2] 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.
- [3] SONG S W, CHUNG D H. Explication and rational conceptualization of Metaverse[J]. Informatization Policy, 2021, 28(3): 3-22.
- [4] 华子荀,黄慕雄.教育元宇宙的教学场域架构、关键技术与实验研究[J].现代远程教育研究,2021,33(6):23-31.
- [5] 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.
- [6] 陈定权,尚洁,汪庆怡,等.在虚与实之间想象元宇宙中图书馆的模样[J].图书馆论坛,2022,42(1):62-68.
- [7] 姚占雷,许鑫.元宇宙中情境知识的构建与应用初探[J].图书馆论坛,2022,42(1):45-52.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 许鑫,易雅琪,汪晓芸.元宇宙当下的“七宗罪”:从产业风险放大器到信息管理新图景[J].图书馆论坛,2022,42(1):38-44.

- [11] 陈进, 郭晶, 徐景, 等. 智慧图书馆的架构规划 [J]. 数字图书馆论坛, 2018 (6): 2-7.
- [12] 王世伟. 论智慧图书馆的三大特点 [J]. 中国图书馆学报, 2012, 38 (6): 22-28.
- [13] 王黎. 基于纳米印制工艺的超高频RFID标签及其在智慧图书馆中的应用 [J]. 新世纪图书馆, 2014 (2): 52-55.
- [14] 沈奎林, 邵波, 陈力军. 基于超高频RFID的智慧图书馆的研究与实践 [J]. 现代情报, 2016, 36 (8): 88-92.
- [15] 孔繁超. 基于数字孪生技术的智慧图书馆空间重构研究 [J]. 情报理论与实践, 2020, 43 (8): 146-151.
- [16] 张兴旺, 石宏佳, 王璐. 孪生图书馆: 6G时代一种未来图书馆运行新模式 [J]. 图书与情报, 2020 (1): 96-102.
- [17] 石婷婷, 徐建华, 张雨浓. 数字孪生技术驱动下的智慧图书馆应用场景与体系架构设计 [J]. 情报理论与实践, 2021, 44 (3): 149-156.
- [18] 徐潇洁, 邵波. 基于数据驱动的智慧图书馆服务框架研究 [J]. 图书馆学研究, 2018 (22): 37-43.
- [19] 柯平. 关于智慧图书馆基本理论的思考 [J]. 国家图书馆学刊, 2021, 30 (4): 3-13.
- [20] 夏立新, 白阳, 张心怡. 融合与重构: 智慧图书馆发展新形态 [J]. 中国图书馆学报, 2018, 44 (1): 35-49.
- [21] 白苏红, 王爱霞. 智慧图书馆空间融合的模式与路径研究 [J]. 图书馆学研究, 2020 (16): 9-16.
- [22] 江海凡, 丁国富, 张剑. 数字孪生车间演化机理及运行机制 [J]. 中国机械工程, 2020, 31 (7): 824-832, 841.
- [23] 陶飞, 程颖, 程江峰, 等. 数字孪生车间信息物理融合理论与技术 [J]. 计算机集成制造系统, 2017, 23 (8): 1603-1611.
- [24] 陶飞, 张萌, 程江峰, 等. 数字孪生车间——一种未来车间运行新模式 [J]. 计算机集成制造系统, 2017, 23 (1): 1-9.
- [25] 李仁旺, 肖人彬. 数字孪生驱动的大数据制造服务模式 [J]. 科技导报, 2020, 38 (14): 116-125.
- [26] YI J Y. Storytelling in Metaverse [J]. Journal of Korean Oral Literature, 2021 (62): 5-32.
- [27] KANG Y M. Metaverse Framework and Building Block [J]. Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, 2021, 25 (9): 1263-1266.
- [28] 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.

作者简介

张兴旺, 男, 1982年生, 博士, 教授, 研究方向: 数字图书馆、数字人文, E-mail: 25894090@qq.com.

吕瑞倩, 女, 1999年生, 硕士研究生, 研究方向: 文旅融合。

李洁, 女, 1991年生, 博士, 副教授, 研究方向: 信息管理、数字人文。

雷薇, 女, 1999年生, 硕士研究生, 研究方向: 文旅融合。

Research on Metaverse Oriented Library Information Physical Fusion

ZHANG XingWang LV RuiQian LI Jie LEI Wei

(GuiLin University of Technology, College of Tourism & Landscape Architecture, Guilin 541004, P. R. China)

Abstract: Information physical fusion is one of the important contents of library metaverse construction, which can provide important support for the realization of the collaborative interaction and virtual reality fusion of the four elements of "human-machine-material-environment" of library metaverse. Based on the analysis of the existing research, this paper designs and puts forward a meta universe oriented library information physical fusion model, and analyzes the contents of physical fusion, model fusion, data fusion and service fusion, as well as the key technologies involved according to its operation mechanism. The research holds that information physics fusion is the key to the library Metaverse from "soft" to "hard", from "nothingness" to "landing", and from theory to practice.

Keywords: Metaverse; Library; Cyber-Physical Fusion; Digital Twins; Smart Service

(收稿日期: 2022-03-21)