

“云数智”融合视域下数字孪生图书馆场景化服务模式研究^{*}

张艳丰 高明泽

摘要 “云数智”赋能背景下,数字孪生技术能够对物理实体展开监测、仿真,延伸物理实体的实际效能。数字孪生图书馆具有虚实融合、实时交互、自主迭代、动态感知的性能优势,其体系架构由基础设施层、数据传递层、“云”端仿真层、智能交互层组成,经典应用场景包括孪生馆员服务、孪生休闲园地、孪生智库支持、孪生记忆空间。发掘数字孪生图书馆丰富的应用场景,打造场景化服务模式,将全面激活图书馆线上线下各要素,为用户带来全新的沉浸式体验。隐私合理化、人才专业化、资源集约化、指标规范化的联合平台建设,可以使数字孪生图书馆得到进一步完善和推广。图4。表1。参考文献31。

关键词 数字孪生图书馆 智慧图书馆 应用场景 场景化服务

Construction of Scenario Service Mode of Digital Twin Library from the Perspective of “Cloud Digital Intelligence”

Zhang Yanfeng Gao Mingze

Abstract: With the enabling of “cloud digital intelligence”, digital twin technology can monitor and simulate physical entities, and extend the actual effectiveness of physical entities. The digital twin library has the performance advantages of virtual reality integration, real-time interaction, independent iteration, and dynamic perception. Its architecture consists of infrastructure layer, data transmission layer, “cloud” end simulation layer, and intelligent interaction layer. Classic application scenarios include twin librarian service, twin casual corner, twin think-tank support and twin memory space. Exploring the rich application scenarios of the digital twin library and creating a scenario service mode will fully activate the online and offline elements of the library and bring users a new immersive experience. The construction of a joint platform with rationalization of privacy, specialization of talents, intensification of resources and standardization of indicators can further improve and promote the digital twin library. 4 figs. 1 tab. 31 refs.

Keywords: Digital Twin Library; Smart Library; Application Scenario; Scenario Service

“云数智”赋能时代背景下,数字孪生技术以其泛在传感器网络低时延的通讯优势实现全方位数据驱动,能够完整、清晰地构建出多维度仿真模型,完成对物理实体的全息映射。全球视角下,“云数智”融合驱动数字孪生创新发展,有助于推进工业4.0^[1],实现社会生产服务模式集约化、数字化、智能化的创新变革^[2]。图书馆承担着社会教育、科学情报传递、文化休闲服务等重要职能,更要顺应时代要求,着力于在数字化、智

能化方面提升用户体验^[3],促进实体空间与虚拟空间的相互交融,实现全域、全要素激活^[4]。目前,数字孪生图书馆相关研究主要聚焦于应用场景发掘以及服务体系、理论模型的构建。如,基于数字孪生技术特点解析数字孪生图书馆的具体应用场景^[5],立足新一代信息技术联合驱动背景探索数字孪生图书馆运行机制与应用场景搭建^[6],从产品全生命周期管理系统(PLM)视角构建数字孪生图书馆应用情境模型与生态体系^[7],

^{*} 本文系湖南省哲学社会科学基金一般项目“数字空间视角下长株潭智慧城市群全景数据画像实证研究”(项目编号:19YBQ103)的研究成果之一。

围绕智慧服务应用场景中的用户需求设计数字孪生图书馆生态体系^[8]。上述研究主要对数字孪生图书馆技术特点、应用场景及基本体系架构做出了较为详细的论述,但对数字孪生图书馆应用场景与场景化服务适配展开的研究相对较少。因此,本研究试图将“云数智”融合背景下的数字孪生技术与图书馆场景化服务机理相融合,剖析数字孪生图书馆的基本特征与体系框架,在探索其应用场景、实现路径的基础上,进一步构建场景化服务模式,以期为图书馆智慧化转型与服务模式升级提供参考。

1 数字孪生图书馆的概念和特征

1.1 数字孪生图书馆的概念

数字孪生,也称数字映射、信息镜像模型,萌芽于产品生命周期管理,是一种通过数字化手段建立物理实体动态仿真模型的信息技术。本研究参考 Grieves 教授等人的观点^[9]并结合我国《2022 城市数字孪生标准化白皮书》的内容^[10],将数字孪生定义为一种借助泛在传感器网络获取实时动态数据,通过数据驱动虚拟模型实现物理实体多维度、全生命周期可视化管理的数字映射技术。其基本组成部分包括:物理对象、虚拟孪生产品及二者交互过程中产生的数据以及多维度数据接口。在实际应用中,人员或系统通过对参数的调节,可以轻松实现数据交互、方案模拟,大大延伸了物理实体的实际效能。

伴随 5G 网络的兴起,人工智能与物联网技术飞速发展,数字孪生得到了更为广泛的应用。目前全球范围内,数字孪生已逐步融入物流管理^[11]、能源供应^[12]、健康医疗^[13]、建筑施工^[14]等场景,成为工业 4.0 业态下智能生产的重要技术保障。而在图书馆领域,随着“创新驱动”战略的纵深发展,传统图书馆的知识服务模式与管理體系面临挑战,普惠性、被动性的知识服务很难满足当前用户场景化、个性化的信息需求,数字孪生图书馆应运而生。

数字孪生图书馆又称孪生图书馆,是 5G/6G 时

代数字孪生融合泛在感知网络、云边协同计算与深度学习等技术在“云”端平台搭建的具备实时双向映射,全流程、全时空仿真性能的虚拟图书馆。数字孪生图书馆主要由 4 部分组成:图书馆物理实体、数字虚拟模型、信息数据通道、数字孪生系统^[15]。泛在传感网络通过数据上“云”,形成大体量、高价值、强时效的孪生大数据驱动图书馆虚拟模型,实时监测馆内服务进程。数字孪生系统仿真模拟各项业务活动,历经多学科、多维度循环验证,为图书馆应用场景服务提供良好的调节与反馈作用,实现孪生模型与物理实体的双向迭代优化,数字孪生图书馆系统交互模型如图 1 所示。

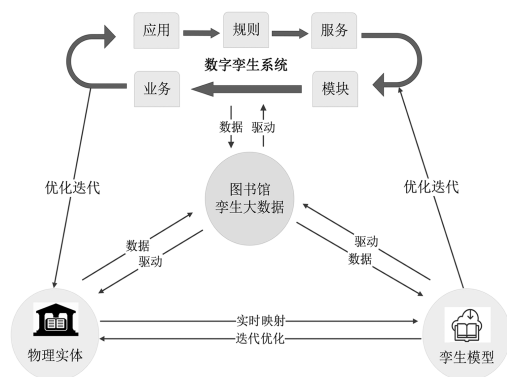


图1 数字孪生图书馆系统交互模型

1.2 数字孪生图书馆的主要特征

(1)深度仿真,虚实融合。“云数智”赋能技术背景下,全域全数字标识体系与泛在传感器网络形成全域、全要素的稳定数据流,实现数据驱动模型。全息动态仿真技术将数字孪生体与物理实体一一对应,可实现对“云”端数据库中运行数据的有效挖掘。针对整体态势与应用场景开展的深度仿真模拟,在数字虚拟空间内构建孪生馆与物理馆之间“人-机-物-环境”的多维度交互映射。可穿戴设备、手机、平板等智能移动终端为用户提供孪生空间接口,基于动态模拟不同条件下的产品生命周期为物理场景的活动策划、服务流程设计提供决策支持。

(2)实时交互,沉浸体验。依托 5G 网络低时延、大容量的通讯优势与边云协同计算的快速响

应机制,物理实体馆与孪生模型馆间通过 Digital Thread(数字线程)形成全生命周期的实时数据交互机制。在此基础上,融合 IOT(物联网)、VR(虚拟现实)和 AR(增强现实)等技术,搭配脑机融合系统与智能穿戴设备等智能移动终端,打造沉浸式云体验。数字孪生图书馆可以精准把握用户需求与情感动态,快速锁定用户所处情境,针对用户偏好推送最具体验式的优质服务。

(3)自主迭代,双向优化。数字孪生图书馆在多维信息交互中能够充分发挥智慧物联感知体系与 AI 性能优势,实现自适应系统算法迭代与需求预测感知,有效挖掘用户群体潜在需求,精准识别与匹配最新应用场景,自发完成数据与功能的迭代。通过对孪生模型馆的仿真操作,图书馆可以及时发现实体资源建设的不足,实现图书馆物理实体与数字孪生体的双向优化,为数字孪生图书馆应用场景服务的可持续发展提供保障。

(4)动态感知,优化配置。“云数智”赋能背景下,数字孪生技术能够有效表征图书馆“人-机

-物-环境”相关要素,动态感知各元素间影响机制与影响结果,打破信息壁垒、优化资源配置。通过虚拟空间的循环验证,构建起高度关联、实时更新的孪生图书馆“块数据”,可以有效减少重复建设造成的资源浪费,打破以往规划与管理相互独立的局面,实现全域、全要素的整合协调与实时监测,以更大的包容性与调配尺度实现馆内资源的最优配置^[16]。

2 数字孪生图书馆的体系架构

“云数智”融合技术驱动下,数字孪生图书馆场景化服务的本质是依托“云-网-端”多层次数据结构对“人-机-物-环境”进行最优配置的动态交互过程。参考我国《工业设备数字孪生白皮书(2021)》中数字孪生技术在智能制造业的应用^[17]并结合数字孪生图书馆的应用场景,本研究提出由基础设施层、数据传递层、“云”端仿真层、智能交互层组成的数字孪生图书馆体系架构,如图2所示。

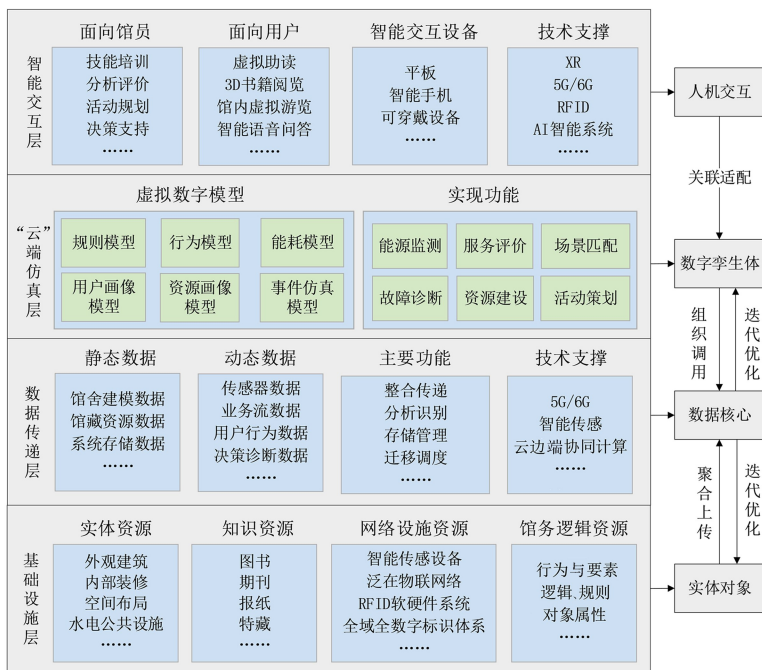


图2 数字孪生图书馆体系架构

2.1 基础设施层

基础设施层是实体资源的主体层,涉及空间建筑和服务资源等诸多要素,支撑着数字孪生图书馆基本功能的实现,主要包含:图书馆外观建筑与内部装饰、空间布局、水电公共设施为主的实体资源;图书、期刊、报纸、特藏等组成的知识资源;以智能传感器、泛在物联网、全域全数字标识体系、RFID 软硬件系统、监控设备、终端设备为代表的网络设施资源;由相关要素与行为、逻辑、规则、对象属性等构成的馆务逻辑资源。通过网络设施资源与馆务逻辑资源对馆内实体资源、知识资源进行系统整合,数字孪生图书馆可以实时感知馆内运营现状,从而为用户提供快捷便利的资源检索、服务推送功能。

2.2 数据传递层

数据传递层集成了 5G/6G、智能传感、云边端协同计算等关键技术,具有超大存储量、超快计算能力以及双向调节等特点,能够完成用户身份信息、馆藏资源数据、系统存储数据等静态数据的清洗与同步,实现传感器数据、用户行为数据、业务流数据、决策诊断数据等动态数据的整合传递、分析识别和存储管理,是“数据驱动模型”的核心步骤。基于数据融合技术与泛在感知功能,数据传递层能够将基础设施层的数据要素充分融合,完成基础设施层与“云”端仿真层的全面对接,在孪生空间与物理实体之间形成双向调节的信息闭环,为数字孪生图书馆应用场景服务的功能运行与迭代优化提供可靠的数据支撑。

2.3 “云”端仿真层

“云”端仿真层是物理实体在虚拟空间的数字化表征。为响应智慧城市协同发展、绿色环保的建设理念^[18],数字孪生图书馆依托区域云计算中心与边云协同计算技术合理分摊运营成本,能够利用有限的计算资源对数据传递层的运行数据实现充分调用。基于 AI 深度学习与全息仿真技术,能够生动塑造与实体对象一一对应的孪生用户、孪生馆员与孪生馆舍,融合规则模型、行为模型、用户画像模型、资源画像模型、事件仿真模

型以及能耗模型等系列模块,快速实现目标活动的场景化,从而为后期服务场景匹配与动态趋势预测提供信息载体。这有助于提升图书馆在故障诊断、服务评价、场景匹配、资源建设、活动策划、能源监测等方面的效率。

2.4 智能交互层

智能交互层融合 XR(扩展现实)、5G/6G、RFID、AI 智能语音与情绪感知等先进技术,借助移动终端、可穿戴设备等智能交互设备,使数字孪生图书馆能够开展虚拟助读、场馆导览、智能语音问答、3D 书籍阅览等多感官沉浸式体验服务。充分对接的虚实馆员工作,实时同步的用户感知体验,有利于发掘用户潜在需求,匹配最优资源及服务。同时,智能交互层能够面向馆员提供技能培训、分析评价、活动规划、决策支持等服务,并基于 AI 语义情感分析快速响应反馈内容,全方位助力馆员规划资源配置、纠正场景错配、延伸服务范围,不断提升用户满意度与场景丰富度,为数字孪生图书馆长期稳定运行提供保证。

3 数字孪生图书馆的应用场景

随着数字孪生技术在城市建设、产业布局、物流管理等应用场景的平稳运行,其用户范围与需求层次亦逐步演进,未来场景化服务模式将对用户信息需求起到积极的导向作用,数字孪生图书馆的应用场景也将不断延伸,其服务目标也将从传统图书馆普惠型的信息提供转向超出用户期许、兼容多种形式、富含人文关怀的场景化智慧服务。未来,通过充分挖掘数字孪生应用场景,推动场景的跨界、分享、迭代^[19],打造沉浸式感官体验,数字孪生图书馆将扭转传统图书馆服务长期以来用户活跃度低、参与度不足的困局。数字孪生图书馆经典应用场景如表 1 所示。

3.1 孪生馆员服务

数字孪生图书馆通过 AI 助理等孪生馆员形式在垂直门户网站、移动智能终端(智能手机、可穿戴设备等)为使用者提供全天候一站式专属服务^[4]。不同于以往虚拟客服表现出的“格式化思

维”和“限定性功能”,孪生馆员依托 XR 沉浸服务体验与 AI 深度学习赋能,可以与用户在视觉、听觉上发生灵活交互,毫秒级响应自然语言形式下的用户需求,量身定制用户专属服务,并根据用户检索记录、阅读偏好、身份信息、隐私设置等历史数据,自主开展热点资讯与服务项目推送。

此外,面向残障人士等社会弱势群体,孪生馆员可以基于用户特殊需要与相关参数设定,自发调整服务方式与内容,有效降低弱势群体在数字孪生技术背景下的信息接收障碍,从而遏制和解决数字鸿沟问题。

表 1 数字孪生图书馆经典应用场景

应用场景	专业技术	场景化服务内涵
孪生馆员服务	AI、“云”数据库、可穿戴智能设备	私人订制全年无休智慧服务,一站式满足综合服务需要,关怀弱势群体,缩小社会数字鸿沟。
孪生休闲园地	XR 沉浸式云技术、智能传感、全息仿真	优化空间布局与资源配置,为用户提供休闲娱乐空间,提升用户的满意度与参与度。
孪生智库支持	全域全要素数字标识、AI、物联网、5G/6G、区块链	打造线上智库平台,打破时空限制,精准匹配行业专家,促进科研成果的分享、传播与交流。
孪生记忆空间	XR 沉浸式云技术、5G/6G	保留城市记忆,展现人文风情,赋能文旅融合发展,传承中华文明,坚定国民文化自信。

3.2 孪生休闲园地

惠民休闲服务是新时期公共数字文化建设的重要组成部分。凭借 XR 沉浸式云技术赋能虚拟体验场景,数字孪生图书馆能够从人力资源与实体资源的困局中突围,打破以往服务实践中面临的时间与空间局限,针对不同人群开展个性化的休闲娱乐服务。随着用户积累与技术沉淀,数字孪生图书馆应逐渐吸纳社会组织机构合作开展相关文化娱乐活动,为用户带来更加丰富的休闲娱乐体验。例如,对接当地音乐厅、美术馆等公共基础设施,构建多部门联动、多主体参与的公共文化服务平台,结合相关馆藏文献资源内容推出数字化专题巡演,通过自由切换私密型或交互型场景的方式为用户提供自由创作、沉浸体验、愉悦社交的虚拟空间,全方位满足读者阅读闲暇享受惠民娱乐休闲服务的需要。

3.3 孪生智库支持

图书馆存储着古籍文献资源、学科信息资源等大量知识情报资料,长期以来稳定地为科创教研活动输送高质量知识服务。数字孪生图书馆采用虚实融合的技术手段,在“云”端数字空间打造线上资源服务平台,能够吸引广大专家学者入驻知识问答社区,从而构建起学科化、专业化、个性化的孪生智库^[20]。面向地处偏远、情报需求紧急的用户,数字孪生体通过精准的用户画像与专家画像为其匹配当前在线的相关领域专家,以移动终端接入、双向多维交互的方式在数字空间供应不逊于现实场景的知识资源与信息服务,进一步便利情报信息的流通。此外,区块链技术有助于数字孪生图书馆降低恶意篡改、版权纠纷等造成的知识流动障碍,进而刺激智库人才的知识创新与科研成果共享,在保障知识产权的同时促进知识资源的分享、交流与传播^[21]。

3.4 孪生记忆空间

当前社会正处在数字转型的重要时期,传承社会记忆与体现人文关怀作为图书馆的重要职能,也面临着数字化重塑。在可预测的未来,数字记忆将成为社会记忆最主要的形态^[22]。基于这一趋势,图书馆应积极完善诸如“红色革命记忆”“古村落记忆”“产业发展记忆”“历史名人记忆”“非遗传承记忆”等基础城市记忆,并结合3D建模与全息动态仿真技术塑造孪生城市空间,保留历史发展脉络,向访客展现不同时期的地域风情,诉说时代洪流下的万家悲喜,有效赋能文旅融合发展,坚定国民文化自信。同时,数字孪生图书馆可以充分发挥资源配置优势,开展多业态联合,构建虚拟现实平台,演示文化古籍的虚拟修复和人文遗址的动态延续过程,实现中华文明的另一种“传承”。

4 数字孪生图书馆场景化服务模型构建

4.1 数字孪生图书馆场景化服务路径

数字孪生图书馆场景化服务路径基于“场景—信息期望—情境”三维一景的服务适配模式,从“场景—需求—情境”“场景—搜索—情境”“场景—接受—情境”等维度,识别用户信息需求和信息获取路径,精准锁定用户信息期望,扎根用户感知情境塑造个性化服务场景,有效降低信息接收障碍,提升服务场景适配度^[23]。具体包括以下四个环节:(1)全面的用户信息获取。借助传感器、大数据、定位系统、移动终端、社交媒体等场景要素^[24],持续、深层次地挖掘用户信息与实时环境数据,细致探索用户需求、行为以及外部环境间的关系,构建具有更高价值密度的块数据,从而全方位还原用户所处情境,为后续场景的识别以及动态的服务调节提供可靠的数据保障。(2)精准的服务场景识别。经过处理后的用户数据与环境数据,协同“云”端数据库、用户标签体系、服务标签体系,挖掘相似用户群体有关检索内容、服务场景、综合评价、分享情况等方面的历史数据,对当前情境下的用户信息需求、信

息获取路径、信息接受偏好做出合理的统计推断,从而快速匹配相关服务场景。(3)灵活的服务流程控制。在服务场景匹配后,智慧交互层在当前场景以往服务方案的基础上对用户需求快速响应。与此同时,移动终端与智能传感器在信息交互中,通过用户面部表情、语气变化、再次搜索行为等评价指标感知用户满意度与实时需求的变化,及时切换现行服务场景,并就服务内容与方式做出调整。当智慧交互层反馈已有场景无法满足用户信息需求或用户体验感不佳时,场景创建机制快速根据“云”端仿真层的模拟结果为用户量身匹配高愉悦度的体验式服务^[25]。(4)持续的场景覆盖延伸。当单次服务圆满完成,数字孪生图书馆将在“云”端保留最新服务场景配置参数,从而丰富和细化服务场景种类。如果直至服务终止用户信息需求或信息体验仍然不能得到充分满足,“云”端仿真层将对相关用户画像模型、资源画像模型进行更新,并由数据传递层向基础设施层反馈信息、下达相应指令,反复模拟调节相关服务参数,在孪生馆员与孪生用户的信息交互中实现数字孪生馆、物理实体馆的双向场景迭代优化。数字孪生图书馆场景化服务路径如图3所示。

4.2 数字孪生图书馆场景化服务模型

本研究在探讨数字孪生图书馆的特征和体系架构的基础上,参考陶飞等^[26]提出的数字孪生五维模型,将“云数智”赋能下数字孪生图书馆场景化服务划分为五个基本要素:物理实体、交互接口、虚拟服务、孪生数据、虚拟实体,以此构建数字孪生图书馆场景化服务模型,如图4所示。

(1)物理实体。物理实体主要涵盖了图书馆的空间环境、设备设施、馆员、用户、智慧服务等基础元素,这些元素共同组成了实体图书馆的具体服务场景。为有效控制调节粒度,本研究采取单元级、系统级和复杂系统级的分层方法对物体实体进行细化^[27]。其中,如传感器、用户、馆员、书刊等单一元素作为单元级物理实体处理;而能够为读者提供知识服务的具体工作模块如借阅服

务、阅读推广、学术分享会等由若干单元级物理实体构成,作为系统级物理实体元素处理;最终由一定数量的系统级物理实体集成复杂系统级物理实体,构建出一个能够面向用户提供体验式

服务的图书馆。作为数字孪生图书馆场景化服务动态模型的初始环节,粒度适中的物理实体能够为场景化服务提供高价值密度的初始参数与实时运营数据,有助于方案指令的针对性传达。

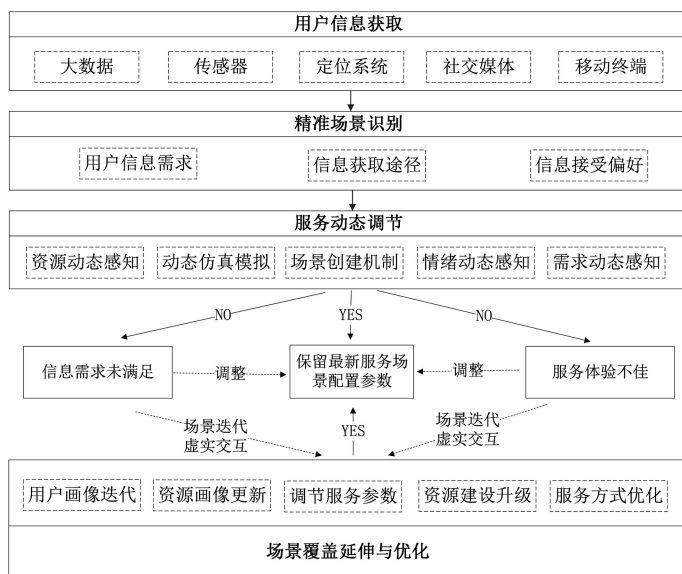


图3 数字孪生图书馆场景化服务路径

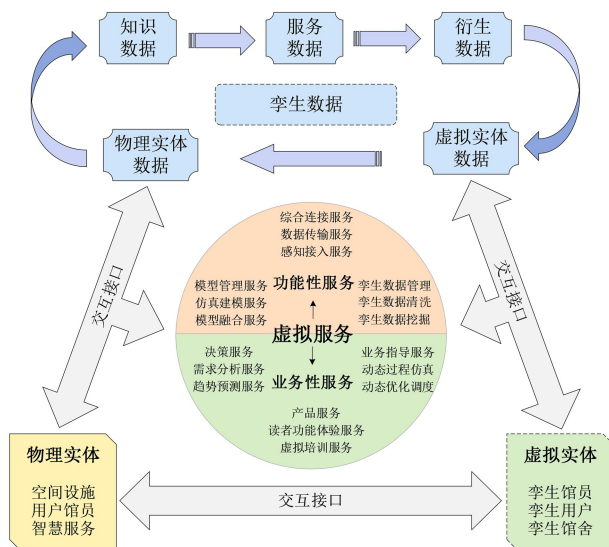


图4 数字孪生图书馆场景化服务模型

(2)交互接口。交互接口是数字孪生图书馆应用场景服务模型各部分有机融合的重要前提,

在用户、场景、服务中起到桥梁作用。其中较为关键的交互接口有:移动终端与孪生数据的感知传

导、虚拟场景对孪生数据的仿真反馈、孪生数据对虚拟服务的参数调节、虚拟场景与现实场景的双向迭代。通过泛在传感器网络、嵌入式系统及传输协议,数字孪生图书馆可以完成馆务数据与用户信息的实时获取,从而构建虚实相生的孪生大数据。借助仿真模型与全息仿真技术,孪生大数据在各项基本模型的基础上得以可视化,通过AI调动虚拟馆员、虚拟用户、虚拟馆舍进行全方位演示虚拟服务,并就服务的具体细节反馈意见,最终优化服务场景匹配效果。

(3) 虚拟服务。虚拟服务是数字孪生图书馆直接面向个人的虚拟元素,是数字孪生过程中各项数据、逻辑、模型、算法的集成化封装,在数字孪生图书馆语境下由图书馆功能性服务与业务性服务两种形式组成。功能性服务主要包括:面向虚拟实体的模型管理服务、面向图书馆孪生大数据的数据管理服务以及面向交互接口的性能优化服务。业务性服务则综合了多项功能性服务,能够为用户带来更丰富的感官体验,满足个性化的服务需求,主要涉及:面向馆员的业务指导服务(动态过程仿真服务、动态优化调度服务等)、面向知识资源管理的决策服务(需求分析服务、趋势预测服务等)、面向用户的产品服务(虚拟培训服务、功能体验服务等)。虚拟服务有效保障了应用场景服务的功能和业务实现,大大降低了数字孪生复杂性给馆员和用户带来的信息接收障碍。

(4) 孪生数据。孪生数据是数字孪生图书馆场景化服务模型的核心驱动,主要包含物理实体数据、虚拟实体数据、知识数据、服务数据和衍生数据。其中,物理实体数据能够动态反映馆内资源情况以及用户个人资料与场景需求信息;虚拟实体数据是孪生用户、孪生馆员、孪生馆舍等虚拟对象的设定参数,以及在仿真模拟过程中产生的运行数据,是控制调节各项虚拟活动的主要依据;知识数据覆盖了行业标准,相关法规等规则信息以及专家知识、用户问答等用户生成内容(UGC),能够有效促进数字孪生图书馆知识资源创新;服务数据包含了现实与虚拟用户的历史服

务数据、动态感知情绪、事后意见反馈以及与之对应的馆内资源、馆内环境情况,是评价仿真活动可行性与场景适配度的量化依据;衍生数据是上述数据计算过程中形成的“中间产品”,通过“云”端缓存、边缘计算的方式,提升场景响应效率。孪生数据为场景化服务过程中的情境感知、需求预判与场景匹配提供稳定的数据支持。

(5) 虚拟实体。虚拟实体是物理实体在数字空间的动态映射,通过组装集成若干模型能够以多时间、多学科、多概率的视角对特定场景下的服务方案进行仿真模拟,主要包括孪生馆员、孪生用户、孪生馆舍三类。通过调节粒度、数量等不同参数,数字空间能够仿真模拟复杂条件下的各项服务功能,塑造满足个性化需求的服务场景,在虚拟空间的交互中精确校准场景错配、细化服务流程,优化服务场景整体适配度,从而大幅度提升用户的信息体验感。与此同时,后台自动运行的方式能够不断迭代孪生数据、增强场景识别灵敏度,当再次触发相似场景时能够快速响应,不断提升场景化服务效率。

5 数字孪生图书馆场景化服务优化策略

5.1 多技术集成,数据隐私化

“云数智”融合背景下,数字孪生图书馆需集成XR、AI、区块链等技术模块,构建融合发展的多维技术体系,有效提升差异化场景中的多维度数据仿真与多模态数据融合运行效率,从而建立起实时更新、动态模拟的孪生馆全要素映射机制。此外,在数字孪生图书馆的数据传递层中,泛在传感器、定位系统往往在用户未授权甚至不知情的情况下获取大量用户个人信息与行为数据,一旦数据意外泄露或遭受黑客攻击,将造成严重的用户信任危机,故而数字孪生图书馆在进行云服务商选择时,应综合考量数据的安全保障能力^[28],不断完善隐私保护的合规性、合理化建设,打造良性发展的数据采集、保存与利用模式。

5.2 多维度培养,人才专业化

专业技术人才是数字孪生图书馆场景化服

务模式创新与持续优化的决定性因素。目前数字孪生技术涉及人工智能、云计算、大数据、物联网等诸多新兴科技,未来还将与更多学科产生交叉,这就意味着数字孪生图书馆需要长期对人才队伍进行多维度的专业培养。随着数字孪生技术在城市规划、制造生产、健康医疗等^[29]领域的日渐应用,通过产学研生态链培养复合型创新人才,成为降低成本、提升人才专业化的有效途径。利用产学研生态链的培养平台,相关供应商与高校科研机构紧密合作,能够及时感知市场变化,攻克数字孪生体系建设的关键共性技术,实现被动接受到主动研发的转变。

5.3 多主体参与,资源集约化

数字孪生图书馆场景化服务需要集成大量的人力、知识、技术与资本,结合目前国内图书馆的资金与技术条件以及国际视野下图书馆联盟的活动经验^[30],在推进数字孪生技术应用的过程中应积极构建地区图书馆联盟、跨领域项目合作平台,为具备不同资源优势的机构开展合作实现资源互补提供条件。同时,积极推动政府相关部门在数字孪生领域发挥政策引导作用,建立企业合作与图书馆联盟的多主体参与机制,以资源集约方式减少重复建设、不当配置造成的资源浪费,汇集更多资本与技术并以最低成本获取最优服务。这有利于保障数字孪生图书馆建设中各项资源的可持续性,确保重点项目、关键共性技术的突破与推进。

5.4 多维度评价,指标规范化

数字孪生图书馆场景化服务的最终目标是丰富用户感知体验,因此要构建由信息接受、用户情境、服务场景、信息期望、交互质量等多维要素共同组成的场景化服务评价体系^[31],基于用户的反馈信息从多重视角综合评价当前场景下的信息载荷与感知效果,在反复切换的虚实场景中持续监测各项服务满意度,进而确保场景化服务的实时优化与最佳配置。此外,针对不同主题馆藏资源建设、特殊群体服务、文化展览推广等服务内容,应形成既相对统一又各自独立的技术量

化评价模型及相关评价标准。数字孪生图书馆场景化服务应在运行模式、人才培养、业务流程、业绩考核等重要方面实现标准化建设,稳步推进数字孪生图书馆在全国范围的推广。

6 结语

“云数智”融合背景下,数字孪生图书馆利用贯穿全生命周期的数据指令完成物理实体与孪生体的虚实交互,在“云”端数据驱动仿真模型的基础上实现资源、场景的双向迭代。基于动态感知、沉浸式体验等性能优势,数字孪生技术可以大幅提升图书馆的服务质量与用户满意度,实现各项资源的最优配置,有效推动智慧图书馆转型升级。本研究从数字孪生图书馆的概念、特征与经典应用场景出发,设计“云数智”联合技术驱动下数字孪生图书馆的场景化服务体系,将三维一景的服务适配模式融入数字孪生图书馆场景化服务技术,构建以应用场景为导向、用户体验为目标、满足用户个性化需求的数字孪生图书馆场景化服务模型,针对数字孪生图书馆场景化服务的运营与发展提出优化策略,以期为数字孪生图书馆未来的应用与推广提供参考。

参考文献

- 1 Lu Y, et al. Digital Twin-driven smart manufacturing: Connotation, reference model, applications and research issues[J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2020, 61: 101837.
- 2 Zhang K, et al. Digital Twin City: A New Pattern of Urban Governance Towards Smart City[J]. 管理科学学报: 英文版, 2021(2): 10.
- 3 任萍萍. 5G 技术驱动下的智慧图书馆应用场景与智慧平台模型构建[J]. 情报理论与实践, 2020(7): 95-102.
- 4 石婷婷, 等. 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(3): 149-156.
- 5 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(8): 146-151.

- 6 王东波. 基于数字孪生的智慧图书馆应用场景构建[J]. 图书馆学研究, 2021(7): 28-34.
 - 7 任萍萍. “云数智”融合视域下孪生图书馆应用情境模型与生态体系构建[J]. 情报理论与实践, 2021(12): 41-47, 9.
 - 8 董同强, 丁世强. “数智”融合驱动下智慧图书馆服务场景与体系设计[J]. 图书馆学研究, 2022(1): 2-8.
 - 9 Grieves M, Vickers J. Digital twin: mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems[M]. Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems. Berlin, Germany: Springer International Publishing, 2017: 85-113.
 - 10 2022 城市数字孪生标准化白皮书 [EB/OL]. [2022-03-25]. <https://view.inews.qq.com/a/20220314A0CV2000>.
 - 11 了解数字孪生在物流领域的应用 [EB/OL]. [2022-03-15]. <https://ishare.ifeng.com/c/7yZ9BsbapRM>.
 - 12 Guo J, et al. Study on the Construction and Application of Digital Twins on High Voltage Transmission Line Live Working Scenes [J]. IEEE Access, 2021, 9: 111587-111594.
 - 13 侯增广, 等. 康复机器人与智能辅助系统的研究进展[J]. 自动化学报, 2016(12): 1765-1779.
 - 14 刘占省, 等. 装配式建筑施工过程数字孪生建模方法[J]. 建筑结构学报, 2021(7): 213-222.
 - 15 张兴旺, 王璐. 数字孪生技术及其在图书馆中的应用研究——以雄安新区图书馆建设为例[J]. 图书情报工作, 2020(17): 64-73.
 - 16 徐辉. 基于“数字孪生”的智慧城市发展建设思路[J]. 人民论坛·学术前沿, 2020(8): 94-99.
 - 17 工业设备数字孪生白皮书(2021) [EB/OL]. [2022-03-15]. https://download.csdn.net/download/goodxianping/33592302?utm_source=bbsseo.
 - 18 鲍巧玲, 等. 数字孪生城市导向下的智慧规建管规则体系构建——以雄安新区规划建设 BIM 管理平台为例[J]. 城市发展研究, 2021(8): 50-55, 106.
 - 19 旭荣花, 郝喜凤. 移动图书馆场景化服务模式及其应用[J]. 图书馆, 2021(1): 56-61.
 - 20 岳敏敏, 董同强. 数据赋能的高校图书馆智库知识服务模型研究[J]. 图书馆学研究, 2021(18): 74-80.
 - 21 何宝亮. 基于区块链技术构建智慧型知识服务系统研究[J]. 图书馆, 2020(9): 41-45, 65.
 - 22 金波, 等. “十四五”图书馆、情报与文献学科发展态势与前瞻[J]. 图书馆杂志, 2022(1): 4-16.
 - 23 王福, 等. 社会化问答服务模式的场景化创新机理和实现路径研究[J]. 现代情报, 2021(7): 38-48.
 - 24 张凤斌, 王福. 短视频产业场景化感官服务功能定位及效用感知路径[J]. 图书馆, 2021(9): 77-84.
 - 25 石光莲, 杨敏. 基于 FCA 的 Folksonomy 用户兴趣研究述评[J]. 现代情报, 2017(5): 172-177.
 - 26 陶飞, 等. 数字孪生五维模型及十大领域应用[J]. 计算机集成制造系统, 2019(1): 1-18.
 - 27 庄存波, 等. 产品数字孪生体的内涵、体系结构及其发展趋势[J]. 计算机集成制造系统, 2017(4): 753-768.
 - 28 马晓亭. 大数据时代图书馆个性化服务读者隐私保护研究[J]. 图书馆论坛, 2014(2): 84-89.
 - 29 宋学官, 等. 人体骨骼数字孪生的构建方法及应用[J/OL]. 机械工程学报. [2022-04-26]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2187.TH.20220315.1945.032.html>.
 - 30 李朝阳, 等. 中外图书馆联盟经费管理模式比较研究[J]. 图书情报工作, 2020(19): 3-14.
 - 31 王福, 于海涛. 移动图书馆信息接受场景构建[J]. 国家图书馆学刊, 2019(6): 90-98, 113.
- (张艳丰 副教授 湘潭大学公共管理学院, 高明泽 湘潭大学公共管理学院 2021 级图书情报专业硕士研究生)

收稿日期: 2022-07-14