

数字孪生技术驱动的高校“一站式”社区治理理论框架构建——基于“情境—能力—价值”三维模型

彭婉

深圳职业技术大学，广东 深圳 518000

摘 要： 数字孪生技术作为新一代信息技术的综合载体，为高校“一站式”社区治理的数字化转型提供了新路径。本文以“情境—能力—价值”三维模型为理论框架，探讨数字孪生技术在高校“一站式”社区治理中的实践应用与理论构建。通过案例分析发现，数字孪生技术能够通过虚实映射、实时监控、数据驱动决策等功能，优化社区资源配置、提升应急响应能力、强化安全管理，并推动治理模式从“经验驱动”向“智能协同”转型。研究进一步提出以情境为治理基础、能力为技术支撑、价值为效益导向的治理框架，为高校“一站式”社区治理的智慧化升级提供理论参考与实践指南。未来需深化跨领域协同、完善技术标准与数据安全机制，以实现数字孪生技术与社区治理的深度融合。

关 键 词： 数字孪生技术；“一站式”学生社区；三维模型

Constructing a Theoretical Framework for University "One-Stop" Community Governance Driven by Digital Twin Technology — Based on the "Situation-Capability-Value" Three-Dimensional Model

Peng Wan

Shenzhen Polytechnic University, Shenzhen, Guangdong 518100

Abstract： Digital twin technology drives digital transformation in university "one-stop" community governance through the "Situation-Capability-Value" (SCV) framework. Case studies show it enables virtual-real mapping, real-time monitoring, and data-driven decisions to optimize resource allocation and emergency response. The technology shifts governance from experience-driven to intelligent collaboration, with situation forming operational foundations, capability providing technical infrastructure, and value ensuring outcome-oriented implementation. Future research should focus on cross-disciplinary integration, standardized protocols, and data security to deepen synergy between digital twins and governance.

Keywords： digital twin technology; one-stop student communities; governance framework; three-dimensional model; smart governance

引言

在数字化浪潮下，高校“一站式”社区作为知识创新与人才培养的核心载体，亟待突破传统“经验驱动”的粗放式管理困境。当前治理模式存在部门信息孤岛、资源配置低效、应急响应滞后等痛点：消防预警依赖人工巡查、宿舍能耗缺乏动态调控、后勤服务响应迟缓等问题，与“以师生为中心”的治理理念形成冲突。数字孪生技术（Digital Twin）作为物理与数字空间融合的使能技术，凭借虚实映射、实时交互与智能推演能力，为破解高校治理难题提供新路径。

现有研究虽已揭示数字孪生的治理价值，如通过物联网（IoT）、建筑信息模型（BIM）与人工智能（AI）协同实现设施监控^[1]，但其应用多局限于技术实现层面，缺乏对高校场景特殊性的系统考量：一方面，高校社区兼具“生活空间”与“教育场域”双重属性，需平衡效率与育人功能；另一方面，治理涉及政府、学校、师生等多方主体，协同机制更为复杂^[2]。这导致技术应用多停留于局部场景，尚未形成“情境感知—能力构建—价值创造”的完整理论框架。

本文以“情境—能力—价值”三维模型为内核，构建数字孪生驱动的高校治理体系。情境维度强调物理与数字空间的动态耦合，通过传感器网络、GIS与BIM构建校园数字镜像^[3]；能力维度聚焦治理效能提升，依托机器学习与仿真推演形成“风险预警—决策优化”闭环^[4]；价值维度关注多元目标平衡，既提升资源配置效率，亦保障数据安全与隐私权益。三者形成“基础层—支撑层—目标层”递进结构，推动治理模式向“智能协同”跃迁。

一、“情境－能力－价值”三维模型

（一）情境维度：动态感知与空间重构

情境维度通过物理－虚拟空间融合与动态感知重构治理场景的时空特性。物联网（IoT）、建筑信息模型（BIM）与地理信息系统（GIS）技术构建校园数字镜像，如北外数字孪生项目实现校园环境1:1映射与实时监控^[6]，华中农业大学通过BIM建模实现地下管网三维可视化及水电能耗监测^[6]。多源数据整合打破部门孤岛，重庆文理学院建立统一数据标准整合教务、后勤等跨部门数据^[7]；西南民族大学整合学生作息数据建立“全链条培育”机制^[7]，GIS系统在考试周优化教室调度策略，宿舍用电规律分析驱动能耗模型动态调控空调温度^[8]。

（二）能力维度：技术驱动的治理效能提升

能力维度通过预测预警、仿真推演与协同治理推动治理智能化转型。AI算法赋能风险预警，西南民族大学应急演练系统预测校园封控影响，华中科技大学数字孪生平台实现火源定位精度0.5米且响应时间缩短40%^[9]。基于“3P理论”的虚拟实验场突破试错限制，浙江大学模拟暴雨内涝优化排水预案，复旦大学AR维修系统通过设备孪生模型提升工单效率60%^[10]。跨部门协作平台重构治理流程，西北政法大学建立党建引领的“治理前哨”机制，教育部推动“一站式”领导小组实施网格化管理，实现应急机制高效转化。

（三）价值维度：多元目标的动态平衡

价值维度聚焦效率、人本与可持续目标的协同实现。数字孪生优化资源配置效率，浙江大学教室调度系统降低空置率30%，杭州电子科技大学能源模型减少运维成本25%^[10]。技术应用回归育人本质，复旦大学AR系统提升服务响应速度，清华大学MR虚拟校史馆增强文化认同^[10]。可持续治理兼顾绿色校园与数据安全，浙江大学构建低碳校园模型优化用电负荷，华中农业大学平台采用加密协议防范隐私风险^[15-16]。

将以上三个维度的交互关系整合成如图1所示的框架图，可以看出：情境（物理－虚拟融合、数据整合、动态感知）为能力层提供实时数据输入；能力（预测、推演、协同）通过技术赋能驱动价值层目标实现；价值（效率、人本、可持续）通过治理效能反馈优化情境感知参数，三者共同形成了“情境→能力→价值→情境”的三角闭环，通过技术－制度－价值的系统性整合，为高校“一站式”社区治理提供可复制的理论范式与实践路径。

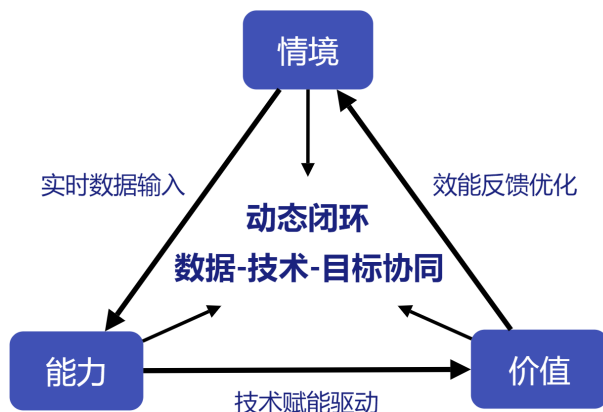


图1 “情境－能力－价值”三维模型交互关系与框架图

二、数字孪生技术应用案例

（一）安全治理场景：智能防控与精准响应

在安全治理领域，数字孪生技术赋能智能防控体系构建^[14]。华中科技大学整合消防传感器与三维地图搭建数字孪生平台，实时监测温度、烟雾数据，火源定位精度达0.5米，应急响应时间缩短40%；杭州电子科技大学通过BIM建模联动物联网设备，实现宿舍用电异常预警，隐患识别率提升35%。行为安全管理层面，浙江理工大学引入AI视频分析技术自动识别校园暴力事件，触发AR实景指挥系统调度安保资源；北京外国语大学集成门禁与周界报警系统，发生公共卫生事件通过人员轨迹追踪精准管控高风险区域，形成全场景安全闭环。

（二）资源调度场景：动态优化与低碳转型

数字孪生技术推动资源调度向动态优化与低碳模式升级。在空间动态分配方面，浙江大学基于人流热力图融合教务数据与实时监测信息，教室空置率下降25%；重庆文理学院打通教务与后勤系统构建跨部门资源池，实现动态分配与使用反馈闭环。能源管理领域，杭州电子科技大学通过用电负荷模拟与光照传感器联动智能调控照明系统，能耗降低15%；华中农业大学采用能源路由算法优化水电管网运行，故障响应效率提升50%，为绿色校园建设提供技术支撑。

（三）服务优化场景：人本交互与文化赋能

服务优化聚焦人本需求与文化价值深度融合^[15]。后勤响应方面，复旦大学AR维修系统依托设备孪生模型指导故障排除，工单处理效率提升60%；中国电信为北外设计的平台实现设备状态自动报修与维修进度可视化，服务响应周期缩短40%。文化服务创新中，浙江大学MR虚拟校史馆通过历史场景还原增强文化认同，北京外国语大学数字孪生思政中心将红色资源转化为沉浸式教学场景，探索出思政育人的数字化新路径。

三、数字孪生驱动的框架搭建：“技术－制度－价值”

基于前文中提出的“情境感知－能力集成－价值创造”三角闭环模型与数字孪生技术应用案例，本文进一步搭建了数字孪生驱动的“基础层－支撑层－目标层”递进结构，推动治理模式向“智能协同”跃迁（见图2）。该模型遵循“物理数据采集→功能模块支撑→治理目标实现”的递进逻辑，强调底层技术为中层功能提供数据基础，中层功能驱动顶层目标达成，而目标层的治理效能反馈优化底层技术参数，形成动态闭环。

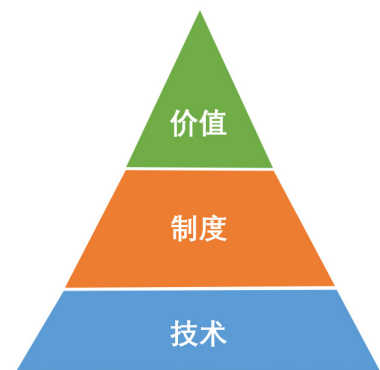


图2 “技术－制度－价值”数字孪生驱动递进结构

四、结论与展望

数字孪生技术为高校“一站式”社区治理的数字化转型提供了全新的技术范式与理论视角。本研究基于“情境-能力-价值”三维模型，构建了数字孪生驱动的治理理论框架，并通过国内多所高校的实践案例验证了其可行性与创新性。研究发现，数字孪生技术通过虚实映射、实时监控与智能推演，能够系统性解决传统治理中部门协同低效、资源分配粗放、应急响应滞后等痛

点。在情境维度，物理-虚拟融合与多源数据整合重构了治理对象的空间属性与动态特征；在能力维度，预测预警与仿真推演技术突破了经验决策的局限性；在价值维度，效率提升、人本服务与可持续目标通过技术-制度协同得以实现。研究进一步提出“技术-制度-价值”嵌套模型，强调数据采集、跨部门协作与伦理约束的闭环互动，为高校社区治理从“数字赋能”向“智慧自治”转型提供了系统性路径。

参考文献

[1]Grieves, M., & Vickers, J. (2017). Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. In F.-J. Kahlen, S. Flumerfelt, & A. Alves (Eds.), Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems: New Findings and Approaches (pp. 85 - 113). Springer.

[2]Liu M, Fang S, Dong H et al (2021) Review of digital twin about concepts, technologies, and industrial applications. J Manuf Syst 58:346 - 361

[3]王士贤,文坤梅,李俊峰,吴驰,郑竞力.高校数字孪生校园平台设计与建设实践——以华中科技大学为例[J].现代教育技术,2023,33(11):118-126

[4]杨俊峰,王红军,冯昊天,宋建丽.基于数字孪生模型的设备故障诊断技术[J].设备管理与维修,2021(9):128-130

[5]中国互联网协会数字孪生技术应用工作委员会,中国信息通信研究院产业与规划研究所,&中国信息通信研究院,中国互联网协会数字孪生技术应用工作委员会.(2021).数字孪生城市优秀案例汇编[M].北京:电子工业出版社,247-252.

[6]中国信息通信研究院数字孪生创新中心.(2023).数字孪生城市技术应用典型实践案例汇编[M].北京:科学技术出版社,138-141.

[7]Chen, X. (2024). Research on One-stop Student Community Comprehensive ManagementModel—Taking Southwest University for Nationalities as an Example. Academic Journal of Management and Social Sciences,6(1), 59-64. <https://doi.org/10.54097/bee5f09>

[8]Yu, Jijun(2022). Exploration and Practice of" One stop" Student Community Comprehensive Management Mode in Local Colleges and Universities. International Journal of Education and Humanities 5.1 : 82-86.

[9]贺秋歌,陈通.基于 AI环境下高校网络安全与防范的研究[J].高科技与产业化,2024,30(11):31-33.

[10]李琳利,顾复,李浩,等.仿生视角的数字孪生系统信息安全框架及技术[J].浙江大学学报(工学版),2022,56(03):419-435.

[11]段娟.人工智能时代高校思想政治教育治理体系构建研究[D].电子科技大学,2024.

[12]陈良斌.数字孪生城市的治理变革与路径优化[J].苏州大学学报(哲学社会科学版),2024,45(02):52-60.

[13]余鹏,李艳.大数据视域下高校数据治理方案研究[J].现代教育技术,2018,28(06):60-66.

[14]刘芳,刘琪,黄美晨,等.数字孪生:跨界赋能于多领域智能的新应用[J].计算机系统应用,2023,32(08):31-41.

[15]陶飞,刘蔚然,张萌,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,2019,25(01):1-18.