

浅谈基于数字孪生技术的高校食堂系统设计与研究

王加梁 张瑜 文霓 王静
(四川旅游学院, 四川 成都 610100)

【摘要】高校食堂作为人流密集场所,存在就餐时间集中,就餐高峰排队拥挤,菜品质量、人工服务及就餐环境等无法满足人员就餐需求等问题。我国现有的高校食堂服务体系水平无疑难以达到兼顾流行性疾病防治和食品安全的要求。不论是基于疫情或食品安全带来的重大挑战,还是智慧校园开发建设的发展要求,抑或是高校食堂体系确需改革,都说明了结合现代信息技术开发系统功能更细致更全面的高校智能食堂系统是时代发展的切实需求^[2]。本文首次提出了基于数字孪生技术的智能化高校食堂系统的研究方向,探索通过基于计算机可表达的三维模型,实现高校食堂运营管理的仿真预测、智能应用、精细管理和可靠运维等方向的可行性研究。

【关键词】高校;食堂;数字孪生;系统

一、引言

数字孪生技术通过计算机虚拟技术模拟三维模型,对物理实体的外观、几何、行为、结构、规则建立数字化映射,以多维虚拟模型为引擎,以孪生数据为驱动,基于实时动态交互连接,实现面向行业的智能应用、精细管理和可靠运维等多种智能服务。数字孪生技术的出现使得复杂系统、自动控制研究领域发生了重大变革。数字孪生理论技术体系具有普遍适用性和超越现实性的特点,应用在公共服务、社区发展、智能建筑等众多领域。其中产品设计与制造,医疗诊断与分析,智慧城市中应用较多。但数字孪生在食品安全行业的应用可谓凤毛麟角^[1],如图1所示:

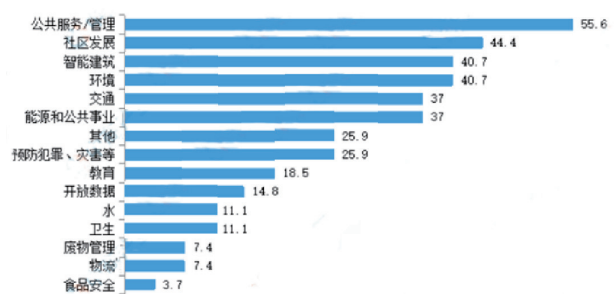


图1 全球数字孪生技术应用领域 (数据来源: 中商产业研究院)

智慧食堂作为数字城市、智慧校园建设的一部分,也是信息时代下高等教育基本条件改善的一种必然趋势,亦是高校建设水平的重要反映。当前市

面上的高校食堂、智能食堂,还处于普遍使用监控系统+自动化设备+各类软件的初级智能系统阶段。诸如以后厨透明化为代表的CCTV监控系统,以RFID为代表的智能结算系统,以自动化清洗加工设备为代表的智能食材加工系统,该类系统在本质上与智能化还存在较大差距^[3]。目前基于现行社会的热点数字孪生技术在高校食堂智能系统的开发研究还不够全面与完善,基于智慧校园开发建设的实际需求,结合数字孪生现代化信息技术开发更细致更全面的高校智能食堂系统功能是时代发展的切实需求。

二、基于数字孪生技术的高校食堂系统的研究目的

本文的主要目的是探索数字孪生技术在高校食堂领域的应用前景并形成系统设计,基于数字孪生的定义及特征,以某高校食堂为例,通过建立与实际项目一致、计算机可表达的三维模型,实现在防疫及食品安全双重压力下高校食堂运营管理的仿真预测、智能应用、精细管理和可靠运维等目标。充分解决高校食堂在目前运营管理常态下智能化、效率化、环保化、安全性等方面的痛点。

大型高校食堂基于数字孪生技术可以在数字化虚拟空间构建高保真食堂模型。高保真食堂模型与物理世界原型具有一致性,可实现虚拟空间与物理空间的连续的闭环信息数据的交互反馈、融合。通过模拟虚拟食堂在物理世界中的行为,监控物理世界的变化,反映物理世界的食堂运行状况,评估物理世界的食堂健康状态,预测未来食堂趋势,如灶具、消杀设

备、排风设备的失效性。基于模型、数据和服务等方面的优势,数字孪生技术成为提升食谱健康质量、提高食堂加工配送效率、降低采购、运行及仓储成本、减少食材损失和厨余浪费、保障食材溯源安全、加强培训及监管、节能减排的关键技术。

三、基于数字孪生技术的高校食堂系统的研究意义

现状下以高校食堂为代表的大型集中式食堂的保障需求越发紧迫,如何通过智能化手段管理此类大型食堂是一项重难点工作。本文通过探索数字孪生技术在高校食堂领域的应用前景并形成系统设计,基于数字孪生的定义及特征,依托物联网、大数据、仿真、人工智能等技术体系和食堂空间信息模型,以某高校食堂为参照,构建一个与物理世界中的食堂相对应的数字食堂模型,实现全感模拟、实时监控、精准诊断、推演预测物理实体在现实环境中的状态,推动食堂内人员、食堂设备、餐具、环境等全元素的数字化、实时化和可视化,就餐组织作业智能协同,实现物理食堂与数字食堂高效协同、平行交互。具有以下研究意义:

(一) 食堂监控及仿真推演

通过食堂数字孪生体对实时信息和智能视频分析的结果,实现对食堂内的就餐师生、工作人员、食堂设备、设施、建筑结构、环境等物理实体实时监控。通过对就餐人员行为、设备等业务模型参数进行设定,对食堂空间使用率、人员分布、设施设备利用情况、排队等进行能力与效率仿真,进而验证食堂运转、日常管理决策的科学性。设备设施运行监控及布局仿真验证:通过控制食堂数字孪生体,实现食堂设备自适应控制,通过食堂设备数字实体运用仿真和验证,实现设备自适应控制与布局优化。

(二) 安全应急监控与预测

安全应急监控与预测是对食堂内的各类事件进行安全监控与预测,并依据事件进行响应处置。通过对食堂就餐人员异常行为、食堂结构安全、设备故障数量、就餐晚点、突发灾害、突发疫情、公共卫生等各类突发事件涉及的相关食堂数字实体的虚拟动模型参数进行监测与仿真,实现对食堂安全状态评估预警;通过对突发事件的范围、环境、救援、应急指挥中心建立数字实体,建立不同突发事件的虚拟动行

为模型和虚拟动规则模型,对应急决策结果进行仿真验证。

(三) 食堂环境模拟与验证

通过对食堂内的温度、湿度、油烟等环境信息进行监测,融合噪声等传感器数值,结合食堂内就餐人员的数量,建立食堂内温湿度、噪声、亮度等环境变化仿真模型。

(四) 食堂可视化监控及食品安全保证

食堂用数字孪生方式展现食堂外部、内部实时情况及重点区域的重点信息。将实时视频与食堂三维模型融合统一,解决单独监控设备视频独立、无联系等问题,可用于跨越多个监控设备的全景事件在整个客站中溯源,保证异常事件或食品安全事件追查的完整性。

四、基于数字孪生技术的高校食堂系统的可行性分析

本文基于现行社会热点数字孪生技术对高校食堂智能化系统进行研究,着重利用当前快速发展的物联网、大数据、人工智能、仿真等技术,完成数字孪生高校食堂的系统架构和设计。初步拟定整个系统由物理层、感知层、数据层、平台层、应用层和生态层组成。主要围绕以下几个方面进行系统研究与设计。

(一) 系统研究与设计

物理层:统一梳理智能化食堂所用到的物理设备和设备,分解其核心指标。

感知层:针对食堂设备及与其环境相关的设备,进行智能化改造与新增。部署了智能传感器、智能监控设备、采集设备、智能网关为基础的感知模块。

数据层:研究设计智能食堂数据处理模块,利用大数据技术进行数据挖掘、清洗、传输、存储。

平台层:运用CESIUM, three.js, thing.js等技术对收集的食堂各种数据,进行建模、渲染和仿真,构建数字孪生体的虚拟模型。

应用层:在数字孪生可视化平台的基础上,挖掘应用和管理的潜力。

生态层:在生态层,面向疫情防控和食品安全的统一监管。

本课题拟以某一高校食堂为例,对其智能食堂系统从物理层、感知层、数据层、平台层、应用层和生态层进行设计和架构,初步设想其食堂系统架构如图

1 所示。

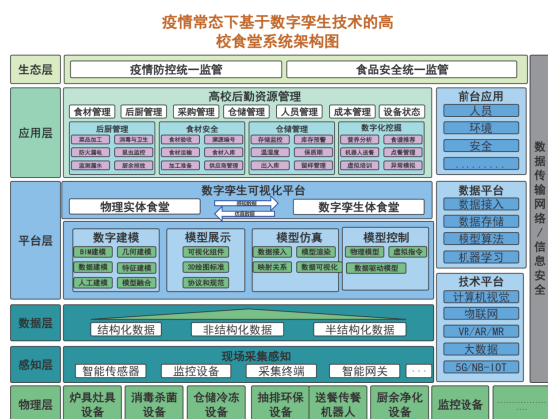


图2 基于数字孪生技术的高校食堂系统架构图

（二）系统核心技术研究

探究数字孪生高校食堂建设所面临的关键问题和核心技术。基于数字孪生技术的高校食堂系统架构根据物理原型到虚拟数字孪生体的数据流先后顺序，将系统构建问题分为环境感知、信息集成、数据传输、3D 建模、显示、服务等六大基本过程。物理实体食堂模型主要涉及包括以智能传感器、计算机视觉为代表的数据采集和感知技术。数字孪生系统建设过程中，获取的数据形式多样，既包括图像、声音等非结构化数据，也包括温度、湿度等结构化数据。所以，在数据采集后需使用多源异构数据集成和处理技术，以及物理实体与数字孪生体的数据传输技术。另外，本课题涉及的另一大关键技术是数字孪生体模型构建技术。数字孪生体模型的构建是整个数字孪生体稳定运行的关键，是有效的数字孪生服务应用的保证。包括三维几何建模、仿真建模、3D 渲染等技术。再次，数据孪生的一大核心是实时交互性，因此，为了使孪生体在显示形态与交互便利性上更接近于物理实体，增强式交互技术广泛运用在数字孪生系统的对外显示与交互中，主要技术包括虚拟现实（VR）、增强现实（AR）与混合现实（MR）技术。最后，数字孪生高校食堂所面临的核心技术与应用相关。

（三）仿真建模与数字孪生高校食堂系统的区别

虽然仿真建模和数字孪生都是由实到虚的过程，但二者也有一些区别，数字孪生的可扩展性、实时性、交互性以及高保真性是仿真模拟无法比拟的。仿真建模更倾向于对实体进行抽象，而数字孪生是对实体的

复刻并在技术集成与业务应用两方面对高校食堂赋能。如何利用数字孪生技术实现智慧食堂的落地应用场景、如何保障虚拟模型真实性仍面临较大的挑战，数字孪生的主要思想是为物理实体创建一个虚拟模型，以便通过建模和仿真分析来模拟和反映物理实体的状态和行为，并通过虚实交互反馈，预测和控制它们的状态和行为。但由于人类的认知水平、技术水平以及基础设施的限制，数字孪生中所建立的虚拟模型并不能完全保证真实可信。在数字孪生技术的应用与发展过程中，建立一个高保真的数字孪生模型，并使其能够最大程度反映物理实体世界的真实特性，依然任重道远。

五、结语

智慧校园是一项利用云计算、虚拟化、物联网等数字技术的系统工程，是数字校园的建设重点。智慧食堂是智慧校园及其重要的一部分，本文首次提出数字孪生高校食堂系统的研究方向，结合数字孪生技术特点，提出数字孪生高校食堂系统的总体框架，分析其关键技术，并展望了其应用实践与发展趋势。

在面临着传统食品安全和新冠疫情的双重压力的今天，基于数字孪生技术模型、数据和服务等方面的优势，探索了提升食谱健康质量、提高食堂加工配送效率、降低采购、运行及仓储成本、减少食材损失和厨余浪费、保障食材溯源安全、加强培训及监管、节能减排的一种新方法。

参考文献：

- [1] 数字孪生与平行系统：发展现状、对比及展望 [J]. 杨林瑶, 陈思远, 王晓, 张俊, 王成红. 自动化学报. 2019(11)
- [2] 高校食堂标准化管理体系创新思路分析 [J]. 李赛杰, 张晨光. 食品安全导刊. 2021(19)
- [3] 基于数字孪生技术的微型智慧工厂物理和虚拟交互平台设计 [J]. 白岩; 张云峰; 金文海; 王艳丽 机床与液压. 2022(11)

本文系四川省社科联研究基地项目：疫情常态下基于数字孪生技术的高校食堂系统设计与研究，项目编号：CC22Z25。