

数字孪生在我国智慧城市建设中的应用现状、问题及对策研究

李海芳

北京建筑大学 城市经济与管理学院 北京 100044

摘要: 数字孪生作为构建智慧城市的关键技术之一,在我国得到了广泛关注和应用。文章探讨了数字孪生、智慧城市的相关概念,分析了数字孪生的技术支撑及在智慧城市运行中的逻辑,重点介绍了数字孪生在我国智慧城市建设中的应用现状、存在的问题及对策建议,以期为加快推进数字孪生技术在智慧城市中的应用提供参考和借鉴。

关键词: 数字孪生; 智慧城市建设; 应用现状; 问题; 对策建议

引言

随着信息技术的飞速发展,智慧城市作为城市信息化和智能化的高级形态,已成为全球城市发展的重要趋势。智慧城市通过集成先进的信息技术,实现城市运行管理的全面感知、分析、整合和智能响应,以提高城市运行效率、居民生活质量和可持续发展能力。在这一背景下,数字孪生技术以其独特的优势,逐渐成为智慧城市建设的重要支撑技术之一。然而,尽管数字孪生技术在我国智慧城市建设中取得了一些成效,但其应用仍面临诸多挑战和问题。例如,技术标准不完善、创新不够、应用深度不足、安全与隐私保护性差等,这些问题制约了数字孪生技术在智慧城市中的进一步推广和应用。因此,深入研究数字孪生在我国智慧城市建设中的应用现状、问题及对策,对于推动智慧城市高质量发展具有重要意义。

一、相关概念介绍

1. 数字孪生的概念

数字孪生(Digital Twin)作为一种新兴技术,得到了众多研究者与学者的讨论,陈良斌^[1]认为数字孪生是一种通过技术在虚拟的数字空间中克隆出物理世界的实体,并通过仿真数据服务于这些实体的运行,旨在降低试错成本,并使实体运行更精确、安全和高效。陶飞等^[2]认为数字孪生是一种集成多学科属性的技术手段,具有实时同步、忠实映射、高度保真,能够实现物理世界与信息世界的交互与融合。林楷奇等^[3]认为数字孪生是利用先进的技术实现虚拟与现实的交互,最终实现对产品全生命周期的把控和优化。综合上述观点,数字孪生是指运用多种技术手段实现对物理世界的映射,通过对真实世界的模拟,来降低试错成本,从而达到对产品全

生命周期内各种决策和实施方案进行优化的目的。

2. 智慧城市的概念

智慧城市起源于“智慧地球”的概念,2008年,IBM公司提出了智慧城市的理念^[4],2010年,IBM正式提出建设“智慧城市”的愿景,随后便掀起了智慧城市建设的热潮。刘淑妍等^[5]认为智慧城市的构建根植于技术、人类活动与自然环境的深度融合设计与系统性考量之中,旨在促进多元主体协同参与,共同实现智慧化的治理格局。褚海峰等^[6]认为智慧城市是融合物联网、人工智能、云计算及大数据等前沿科技的一种先进的发展模式。实现对城市中各类资源要素的全面整合、促进数据的高度集成与信息的高度协同,从而构建了一个资源高效利用、信息畅通无阻的城市发展新格局。Cardullo等^[7]认为,智慧城市是城市居民、政府、社区与技术深度融合所催生的智慧生态系统。这一生态系统不仅涵盖了促进可持续发展的物质环境层面,还深刻体现在构建一个开放、包容且利于知识共享与学习的社会环境之中。通过研究不同学者对智慧城市的定义,可以发现智慧城市是指通过先进的技术手段如人工智能、物联网、云计算等,实现城市各项功能的数字化、网络化、智能化,从而提升城市治理水平,提高居民生活质量的新型城市发展模式。其核心在于构建高度信息化的城市平台,优化资源配置,以智慧方式规划、建设、管理和发展城市,融合以人为本和可持续发展理念,共创美好城市生活。

二、数字孪生的技术支撑及在智慧城市运行中的逻辑

1. 数字孪生的技术支撑

数字孪生技术,作为一种前沿技术手段,其具有可扩展性、实时性、保真性、闭环性等特点^[8]。主要的技术支撑有以下几个方面。

(1) 数据采集与处理技术，通过各种传感器获取现实世界中的数据，并利用无线传感器网络、物联网等技术进行整合和处理，以满足数字孪生建模和仿真分析的需求。

(2) 计算机模拟技术，利用计算机对数字孪生模型进行模拟、分析和优化，以达到对现实世界中物理实体和过程的真实仿真。

(3) 云计算技术，为数字孪生提供了强大的计算和存储能力。通过云计算技术，数字孪生能够处理复杂的数学模型和算法，实现资源的动态调整。

(4) 人工智能技术，在数字孪生应用中，人工智能技术可以通过建立多种仿真模型来模拟和预测城市运行态势及发展情景，辅助城市规划与管理决策。

(5) 虚拟现实与增强现实技术，提供了沉浸式交互能力，拓展了数字孪生的应用空间，使用户能够更直观地与数字孪生模型进行交互。

此外数字孪生还涉及空间信息技术、大数据、区块链、BIM等技术。正是这些技术的不断发展和融合，推动数字孪生技术在更多领域的应用和发展。

2. 数字孪生在智慧城市运行中的逻辑

数字孪生通过物联网、云计算、虚拟现实、人工智能等各种技术，将物理世界与虚拟世界相结合的新型技术。它通过对物理实体进行数字化建模，创造出与之相对应的虚拟实体，从而实现物理世界与虚拟世界的无缝连接。通过在虚拟世界模拟各种方案和决策的优劣，来做出更加科学准确的判断。数字孪生智慧城市运行中的主要逻辑如图1所示。



图1 数字孪生在智慧城市运行中的逻辑

三、数字孪生在我国智慧城市建设中的应用现状

智慧城市的建设离不开人工智能、物联网、云计算等先进的现代技术，而数字孪生的核心正是通过高度集成这些新兴技术和方法，实现城市各项功能的数字化、网络化、智能化，从而实现城市的可持续发展，为人类打造更加宜居、繁荣与和谐的城市生活。

2024年5月，国家发展改革委、国家数据局、财政部、自然资源部联合发布了《关于深化智慧城市发展 推进城市全域数字化转型的指导意见》，明确提出到2027年要打造一批宜居、韧性、智慧的城市，并强调要因地制宜推进数字孪生城市建设，推动虚实共生、仿真推演、迭代优化的数字孪生场景落地。这一政策的出台，表明了国家对数字孪生推动智慧城市建设的重视，各地政府也积极响应国家的号召，努力打造基于数字孪生的智慧城市。其中做的比较好的地方有北京、上海、深圳、杭州、广州等^[9]。这些城市的数字孪生技术主要应用于构建智慧城市信息平台，城市应急救援的数字孪生平台，“一网通”的政务服务平台，城市规划设计，城市运营管理，生态保护，智慧交通，智慧医疗等公共服务^[10]。以下是对数字孪生在我国智慧城市建设中的应用现状的具体分析。

(1) 一网通政务服务系统：作为数字孪生技术在政务服务领域的典型应用，该系统通过构建政务服务的数字孪生体，实现了线上线下服务的深度融合，为民众提供了“一网通办”的便捷政务服务。这一系统能够集成各部门的数据资源，实现跨部门、跨区域的业务协同，提高政务服务效率和群众满意度。

(2) 智慧城市信息平台：数字孪生技术通过构建虚拟的城市模型，实现物理世界与数字世界的深度融合。这一平台集成了城市各类数据资源，包括地理信息、建筑信息、交通信息、环境信息等，为城市管理者提供了全面、实时、精准的城市运行状态监测和决策支持。通过数字孪生技术，可以实现城市管理的智能化、精细化，提高城市管理效率和水平。

(3) 城市应急救援的数字孪生平台：数字孪生平台能够实时展示应急资源的分布情况和状态，为应急指挥调度提供科学依据。在突发事件发生时，平台可以迅速定位最近的应急资源，并规划最优的救援路径，提高救援效率。通过整合城市安防、消防、医疗等多部门的数据资源，平台可以实现对突发事件的全面监测和及时响应，为应急部门提供综合态势掌控能力。

(4) 城市规划设计：数字孪生技术可以模拟多种城市规划方案，并实时展示其潜在效果。规划人员可以通过调整参数、观察不同规划方案下的城市运行状态，从而选择最优方案。平台可以对规划方案进行全面评估，包括经济影响、环境影响、社会影响等方面，为规划决策提供科学依据。

(5) 城市运营及生态保护：数字孪生技术通过建立

系统分析和场景模型，有助于业务流程的变革和优化。它能够模拟不同的运营方案和生态保护措施，评估其潜在效果和经济影响，从而辅助决策者进行更加科学合理的规划。在生态保护方面，数字孪生技术能够集成各类环境监测数据，对空气质量、水质、噪音等环境指标进行实时监控。一旦发现异常，系统可以及时预警并分析原因，为环境保护提供科学依据。

(6) 城市公共服务：数字孪生技术在城市公共服务中展现了多重应用优势。首先，它显著提升了公共服务设施的智能化水平，特别是在医疗和教育领域，通过构建数字孪生医院和学校，实现了精准医疗、远程咨询和个性化学习等创新服务，有效缓解了资源分配不均的问题。其次，该技术优化了公共服务资源的配置，通过实时监测和分析公共交通、公共设施等运行数据，为管理者提供了科学决策的依据，促进了资源的合理布局 and 高效利用。最后，数字孪生技术还增强了公共服务决策的科学性和准确性，基于大数据驱动的决策模式，能够及时预警潜在风险并快速响应突发事件，确保公共服务的稳定性和安全性。这些应用共同推动了城市公共服务的智能化、高效化和人性化发展。

四、数字孪生在我国智慧城市建设中存在的问题

在我国智慧城市建设中，数字孪生技术的应用虽然带来了诸多优势，但也面临着一些问题和挑战。主要有以下几个方面。

1. 数据采集与处理的挑战

数字孪生技术的核心在于对物理世界的全面数字化映射，这需要大量的实时、准确的数据支持。然而，在实际应用中，由于数据来源广泛、格式多样，且存在数据孤岛现象，导致数据获取难度较大。

数字孪生系统需要对海量数据进行实时处理和分析，这对计算能力和存储能力提出了极高的要求。如果数据处理能力不足，将影响数字孪生系统的实时性和准确性。

2. 技术成熟度与标准化问题

数字孪生技术尚处于快速发展阶段，部分技术尚未完全成熟。这可能导致在实际应用中遇到技术瓶颈，影响系统的稳定性和可靠性。

目前，数字孪生技术的标准化工作尚不完善，不同厂商、不同平台之间的技术标准和接口存在差异，难以实现互操作和信息共享。这增加了系统集成的难度和成本。

3. 安全与隐私保护

数字孪生系统涉及大量敏感数据，如城市基础设施的运行数据、居民的个人信息等。如果数据安全措施不

到位，将面临数据泄露、非法访问等安全风险。

在智慧城市建设中，数字孪生技术的应用可能涉及个人隐私信息的收集和处理。如何在保障城市运行效率的同时，有效保护个人隐私权益，是一个亟待解决的问题。

4. 成本与投入

数字孪生系统的建设需要投入大量的人力、物力和财力。对于部分城市而言，尤其是中小城市，可能难以承担高昂的初期投入成本。

数字孪生系统的运行和维护需要持续的资金支持。随着系统规模的扩大和功能的增加，运营成本也将不断上升。这可能对城市的财政造成一定压力。

5. 人才短缺，技术创新不足

数字孪生技术的研发和应用需要跨学科、复合型的人才支持。然而，目前我国在这方面的人才储备相对不足，难以满足智慧城市建设的需求。这可能导致在技术应用过程中遇到人才瓶颈，影响系统的建设和运行效果。

技术创新的不足也是数字孪生在智慧城市建设中的一个问题。目前使用的数字孪生技术不够完善，例如海量数据加载和云边计算协同等技术的自主创新不足，容易出现安全隐患和技术断供风险。关键技术大多掌握在国外企业手中，国内尚欠缺这些关键技术和商品。

6. 应用程度较低

数字孪生技术在智慧城市中的应用程度相对较低。由于数据质量不高和技术不成熟，数字孪生技术与城市发展的现实问题结合不够紧密。现阶段数字孪生城市的应用更多停留在理论和试验阶段，缺乏面向城市具体实际运行场景的应用。

五、数字孪生在我国智慧城市建设中的对策建议

1. 明确数字孪生城市的发展战略

首先，根据城市自身特点和发展趋势，制定数字孪生城市的中长期发展战略，确保技术的持续投入和应用的逐步深化。将数字孪生城市建设划分为多个阶段，如起步阶段、发展阶段、成熟阶段等，明确每个阶段的任务和重点。

其次，根据数字孪生城市建设的目标和任务，设定评估指标，如技术水平、应用效果、经济效益、社会影响等。对数字孪生城市建设进行定期评估，根据评估结果及时调整战略目标、实施路径和措施，确保数字孪生城市建设的持续优化。

2. 加强技术研发与创新

加强数字孪生关键技术的研发与创新力度，特别是在高精度建模、实时仿真、大数据分析、人工智能等领

域,以提升数字孪生模型的准确性和实时性。

加强跨学科融合,促进信息技术、物联网、云计算、大数据、人工智能等多学科技术的融合应用,构建综合技术体系,提升数字孪生系统的综合能力。

3.完善数据管理与共享机制

构建统一的数据管理平台,实现跨部门、跨领域的数据整合与共享,打破信息孤岛,提升数据利用效率。

加强数据安全与隐私保护,建立健全数据安全防护体系,制定数据分类分级保护制度,加强数据在收集、存储、处理、传输等全过程中的安全防护,确保数据安全和隐私保护。

4.推广数字孪生应用

首先,在重点领域推广数字孪生应用,例如在城市治理、交通物流、环境保护、医疗健康、教育文化等重点领域率先推广数字孪生应用,通过示范项目带动整体发展。

其次,深化应用场景,将数字孪生技术应用于城市规划、城市管理、公共服务等多个场景,提升城市治理现代化水平,增强城市运行效率和居民生活质量。

5.培养数字孪生专业人才

加强教育培训,建立健全数字孪生专业人才培养体系,通过高校、职业院校、培训机构等多种渠道,培养具备数字孪生技术能力的专业人才。同时引进高端人才,吸引国内外数字孪生领域的高端人才和团队,提升我国数字孪生技术的整体水平。

6.加强政策引导与支持

出台相关政策和规划,明确数字孪生在智慧城市建设中的发展目标、重点任务和保障措施,为数字孪生发展提供政策支持和引导。加大资金投入,设立数字孪生专项基金,支持数字孪生技术研发、应用推广和人才培养等工作,保障数字孪生项目的顺利实施。

7.加强国际交流与合作

积极学习借鉴国际先进国家在数字孪生领域的成功经验和成果,提升我国数字孪生技术的国际化水平。同时参与国际合作,加强与国际组织、科研机构和企业等的合作与交流,共同推动数字孪生技术的国际标准化和协同发展。

结论

数字孪生技术作为新兴技术的重要代表,在推动我国智慧城市建设过程中展现出了巨大潜力和实际应用成效,但仍需克服一系列挑战和问题。未来,随着技术的不断进步和应用场景的不断拓展,数字孪生技术将在智慧城市建设中发挥更加重要的作用,推动城市治理体系和治理能力现代化,为城市的可持续发展注入新的动力,推动城市向更加智能、绿色、宜居的方向发展。

参考文献

- [1]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(2):52-60.
- [2]陶飞,刘蔚然,刘检华,等.数字孪生及其应用探索[J].计算机集成制造系统,2018,24(1):1-8.
- [3]林楷奇,郑俊浩,陆新征.数字孪生技术在土木工程中的应用:综述与展望[J].哈尔滨工业大学学报,2024,56(1):1-10.
- [4]李德仁,姚远,邵振峰.智慧城市中的大数据[J].武汉大学学报(信息科学版),2014,39(6):631-640.
- [5]刘淑妍,李斯睿.智慧城市治理:重塑政府公共服务供给模式[J].社会科学,2019(1):26-34.
- [6]褚海峰,张晓玲,杜昕萌.基于智慧城市理念的城市历史文化街区更新策略研究——以桂林东西巷为例[J].城市建筑空间,2022,29(12):28-31.
- [7]Cardullo P.,Kitchin R.Smart urbanism and smart citizenship:The neoliberal logic of citizen-focused smart cities in Eu-rope[J].Environment and Planning C:Politics and Space,2019,37(5):813-830.
- [8]沈娟斐,李超,陈岳飞.数字孪生在建筑工程领域的应用[J].中国检验检测,2022,3(30):6-10.
- [9]南风窗.《中国城市数字治理报告(2020)》发布,正式进入数字治理2.0时代[EB/OL].(2020-08-18)[2024-08-05].<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1675350611520094026&wfr=spider&for=pc>.
- [10]陶红,张振刚.比较分析视域下广州建设数字孪生城市的对策研究[J].科技管理研究,2023,43(09):72-81.