

基于数字孪生技术的城市生态廊道规划优化研究

金周益

浙江建设职业技术学院, 浙江杭州, 310058;

摘要: 随着城市化进程的加快, 城市生态环境问题日益凸显, 生态廊道作为城市绿地系统的重要组成部分, 对于维护城市生态平衡、提高城市居民生活质量具有重要作用。本文提出了一种基于数字孪生技术的城市生态廊道规划优化方法。通过构建城市生态系统的数字孪生模型, 实现对城市生态廊道的动态模拟和优化分析, 以期达到提升城市生态质量、促进城市可持续发展的目的。

关键词: 数字孪生; 城市生态廊道; 规划优化; 可持续发展

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 03. 037

引言

城市生态廊道是指在城市空间中, 以自然生态要素为主体, 通过人工设计和建设, 形成的具有一定生态功能和景观价值的绿色空间。它能够连接城市中的绿地、公园、水系等生态节点, 形成生态网络, 对改善城市生态环境、提升城市景观具有重要意义。数字孪生技术是一种通过创建物理实体的虚拟模型, 实现对实体的实时监控、分析和优化的技术。本文探讨如何将数字孪生技术应用于城市生态廊道的规划与优化中。

1 数字孪生技术概述

数字孪生技术是利用计算机技术, 将现实世界中的物体或系统在数字空间中创建一个或多个虚拟副本。这些虚拟副本能够实时反映实体的状态, 模拟实体的行为, 并通过数据分析和预测, 为实体的优化提供决策支持。数字孪生技术在城市规划、工业制造、医疗健康等领域具有广泛的应用前景。

2 城市生态廊道规划现状与问题

随着城市化进程的加快, 城市生态环境问题日益凸显, 城市生态廊道作为改善城市生态环境、促进生物多样性保护的重要手段, 受到了广泛关注。然而, 在当前的城市生态廊道规划中, 存在一些不容忽视的问题, 这些问题制约了生态廊道功能的充分发挥, 影响了城市生态系统的整体健康。

首先, 缺乏对城市生态系统的整体性认识是当前城市生态廊道规划中最为突出的问题之一。城市生态系统是一个复杂的综合体, 它不仅包括自然生态系统, 还包括社会经济系统和文化系统。在规划过程中, 往往只关注单一的生态要素, 如绿地、水系等, 而忽视了城市生态系统的整体性和系统性。这种片面的规划方法导致生态廊道与城市其他生态要素之间缺乏有效的连接和协调, 无法形成一个有机统一的生态网络。

其次, 规划设计与实际运行效果存在偏差。在规划阶段, 往往基于理想化的模型和假设进行设计, 而忽略了实际操作中的复杂性和不确定性。例如, 规划中可能假设生态廊道能够顺利连接城市中的绿地和水系, 但实际上, 由于城市土地利用的限制、基础设施建设的干扰以及人为活动的影响, 这些廊道往往难以实现预期的连通性。此外, 规划中对生态廊道的宽度、植被配置等技术参数的设定, 往往缺乏充分的科学依据, 导致实际运行效果与规划目标之间存在较大差距。

第三, 缺少动态监测和实时反馈机制。城市生态廊道的建设与管理是一个动态的过程, 需要根据环境变化和生态效应的反馈进行调整。然而, 当前的规划和管理实践中, 往往缺乏有效的监测手段和反馈机制。没有建立起长期的生态监测体系, 无法及时掌握生态廊道的运行状况和生态效应, 导致无法对生态廊道进行科学的维护和管理。

最后, 生态廊道的维护和管理缺乏科学依据。生态廊道的建设只是第一步, 其长期的维护和管理同样重要。然而, 目前在生态廊道的维护和管理方面, 往往缺乏科学的指导和规范。例如, 对于廊道内植被的管理, 缺乏对不同植物群落演替规律的认识, 导致管理措施可能与生态目标相悖。此外, 生态廊道的维护和管理往往需要跨部门协作, 但现实中部门之间的协调机制不健全, 导致管理效率低下。

针对上述问题, 城市生态廊道规划需要采取一系列改进措施。首先, 应加强城市生态系统的整体性研究, 将城市生态廊道规划纳入城市总体规划之中, 确保生态廊道与城市其他生态要素的协调一致。其次, 应强化规划设计与实际运行效果的衔接, 通过建立模拟和预测模型, 提高规划的科学性和可操作性。同时, 建立动态监测和实时反馈机制, 对生态廊道的运行状况进行持续跟踪, 及时调整管理措施。最后, 应加强生态廊道的维护

和管理,制定科学的管理规范,建立跨部门的协作机制,确保生态廊道能够长期有效地发挥其生态功能。

总之,城市生态廊道规划是一项系统工程,需要从整体性、科学性、动态性和协调性等多个方面进行综合考虑和改进。只有这样,才能真正实现城市生态廊道的可持续发展,为城市居民提供更加宜居和生态友好的生活环境。

3 基于数字孪生的城市生态廊道规划优化方法

3.1 数字孪生模型构建

在当今快速城市化的背景下,城市生态廊道的建设对于改善城市生态环境、促进生物多样性保护以及提供市民休闲空间具有重要意义。数字孪生技术的应用为城市生态廊道的规划、建设和管理提供了全新的视角和方法。构建城市生态廊道的数字孪生模型需要经过一系列复杂而细致的步骤,以确保模型的准确性和实用性。

首先,数据收集是构建数字孪生模型的基础。这一步骤需要整合城市地理信息、生态数据、气象数据等多源数据。城市地理信息包括地形、地貌、土地利用类型等,这些信息可以通过遥感技术、地理信息系统(GIS)等手段获取。生态数据则涉及植物种类、动物分布、植被覆盖度等,这些数据可以通过实地调查、生态监测站等途径获得。气象数据包括温度、湿度、风速、降水量等,这些数据通常可以从气象站或通过卫星遥感技术获得。整合这些数据需要跨学科的合作,确保数据的全面性和准确性。

接下来,模型建立是将收集到的数据转化为可视化的三维模型。这一步骤通常利用GIS、建筑信息模型(BIM)等技术来实现。GIS技术能够处理和分析地理空间数据,而BIM技术则专注于建筑物和基础设施的三维模型构建。在生态廊道的数字孪生模型中,GIS和BIM技术的结合可以创建出既包含自然环境特征又包含人工结构特征的综合模型。三维模型不仅能够展示生态廊道的静态特征,还能够通过不同时间点的数据变化展示其动态特征。

动态模拟是数字孪生模型的核心功能之一。通过模拟生态廊道的生态过程、人流活动等,可以实现对生态廊道的动态监测。例如,可以模拟植物生长过程、动物迁徙路径、水文循环等生态过程,以及预测人流分布、活动热点等社会经济活动。动态模拟需要依赖于先进的计算模型和算法,如生态系统服务评估模型、人流预测模型等。通过这些模拟,管理者可以更好地理解生态廊道的运行机制,预测可能出现的问题,并及时采取措施。

最后,优化分析是基于模拟结果对生态廊道进行优化设计的过程。这一步骤需要综合考虑生态效益、社会

效益和经济效益,通过模拟不同的设计方案,评估其对生态廊道功能的影响。优化分析可以采用多目标优化算法,如遗传算法、粒子群优化算法等,以寻找最佳的设计方案。优化的目标可能包括提高生物多样性、增强生态廊道的连通性、提升市民的使用体验等。通过优化分析,可以确保生态廊道的可持续发展,同时满足城市居民的需求。

综上所述,构建城市生态廊道的数字孪生模型是一个系统工程,涉及数据收集、模型建立、动态模拟和优化分析等多个环节。通过这一系列步骤,可以构建出一个高度仿真的数字孪生模型,为城市生态廊道的规划、建设和管理提供科学依据和技术支持。随着技术的不断进步,数字孪生模型将在城市生态建设中发挥越来越重要的作用。

3.2 规划优化策略

在当今快速城市化的背景下,城市生态廊道的规划与优化显得尤为重要。生态廊道不仅为城市提供了绿色空间,还对维护生物多样性、改善城市微气候、提供休闲娱乐场所等方面发挥着关键作用。为了实现生态廊道的可持续发展,以下策略可作为参考:

(1) 生态优先: 确保生态廊道的生态功能得到充分发挥

生态优先是生态廊道规划中的核心原则。首先,需要对现有的自然环境进行详细调查,识别关键的生态节点和生态敏感区域。在此基础上,规划应确保生态廊道的连通性,避免人为活动对生态系统的干扰。例如,通过设置生态缓冲区,减少城市噪音和光污染对野生动植物的影响。此外,生态廊道的设计应遵循自然生态规律,采用本土植被,以增强生态系统的稳定性和自我恢复能力。

(2) 绿色连接: 强化生态廊道与城市绿地系统的连接性

生态廊道的建设应与城市绿地系统相结合,形成一个连贯的绿色网络。这不仅有助于生物多样性的保护,还能提升城市居民的生活质量。在规划时,应考虑生态廊道与公园、街头绿地、屋顶花园等城市绿地的连接,通过绿色桥梁、隧道等设施,确保野生动物的迁徙路径不受阻碍。同时,绿色连接还能促进城市内部的空气流通,缓解城市热岛效应。

(3) 智能管理: 运用物联网、大数据等技术实现生态廊道的智能化管理

随着科技的发展,物联网、大数据、人工智能等技术为生态廊道的管理提供了新的可能性。通过安装传感器和监控设备,可以实时监测生态廊道的环境状况,如

空气质量、土壤湿度、植被生长状况等。大数据分析可以帮助管理者了解生态廊道的使用模式和潜在问题,从而做出更加科学的决策。此外,智能管理还包括利用移动应用和社交媒体平台,向公众提供生态廊道的实时信息,增强公众的参与感和体验感。

(4) 社会参与:鼓励公众参与生态廊道的规划、建设和维护

公众的参与是生态廊道成功的关键。规划阶段,应通过问卷调查、公开讨论会等形式,收集居民的意见和建议,确保生态廊道的规划符合公众的需求。在建设过程中,可以组织志愿者参与植树造林、清洁维护等活动,提高公众对生态廊道价值的认识。此外,通过教育和宣传活动,如生态导览、自然体验课程等,可以进一步激发公众的环保意识和参与热情。

4 案例分析

在当今快速城市化的背景下,城市生态廊道的规划与建设对于改善城市生态环境、提升居民生活质量具有重要意义。本文选取了位于我国南方某城市的生态廊道规划项目作为研究案例,该项目旨在通过科学规划,将一条原本功能单一、生态效益低下的城市绿地,转变为一个多功能、生态可持续的城市生态廊道。

项目团队首先通过收集该城市生态廊道的地理信息、植被分布、水文条件等数据,利用数字孪生技术构建了高精度的虚拟模型。数字孪生模型不仅能够模拟现实环境中的各种生态过程,还能够预测不同规划方案对生态廊道功能和景观的影响。

在数字孪生模型的基础上,项目团队进行了多轮模拟分析,识别出生态廊道中存在的问题,如生物多样性不足、人行步道系统不完善、休闲设施缺乏等。针对这些问题,团队提出了一系列优化措施:

增加生态节点:在生态廊道中增加多个生态节点,如小型湿地、野生花卉园、鸟类观察站等,以提高生物多样性并为市民提供科普教育的场所。

优化植物配置:根据当地的气候和土壤条件,选择适宜的本土植物进行种植,同时考虑植物的季节性变化,以确保生态廊道四季有景可观。

改善步行路径:重新规划步行路径,使其更加便捷和舒适,同时设置休息区和观景台,增加廊道的休闲功能。

引入智慧管理:利用物联网技术,对生态廊道的环境质量进行实时监测,并通过智能标识系统向游客提供信息,如空气质量、温湿度、植物信息等。

实施上述优化措施后,该城市生态廊道的生态效益

和景观效果均得到了显著提升。生物多样性得到了增强,市民的休闲体验也得到了改善。此外,生态廊道的建设还带动了周边地区的经济发展,提升了整个城市的生态形象。

通过这个案例,我们可以看到数字孪生技术在城市生态规划中的巨大潜力。它不仅能够帮助规划者更准确地理解复杂的城市生态系统,还能够通过模拟预测不同规划方案的长期效果,从而做出更加科学合理的决策。未来,随着技术的进一步发展,数字孪生模型将在城市规划和管理中发挥更加重要的作用。

5 结论

通过深入研究和应用数字孪生技术,我们发现这种先进的技术手段在城市生态廊道规划优化方面展现出了巨大的潜力和优势。它能够有效地解决传统城市规划过程中遇到的诸多问题,比如数据不准确、规划与实施脱节、缺乏动态监测和评估机制等。数字孪生技术通过构建虚拟与现实相结合的模型,使得规划者能够更加精确地模拟和预测城市生态廊道的规划效果,从而显著提升规划的质量和实施的效率。此外,数字孪生技术还能够实现对城市生态廊道的实时监控和动态管理,确保生态廊道的可持续发展和长期效益。展望未来,随着数字孪生技术的不断进步和成熟,我们有理由相信,它将在城市生态规划和管理领域扮演越来越重要的角色,为打造更加宜居、绿色、可持续发展的城市环境提供强有力的技术支持。

参考文献

- [1] 黄一昀, 宋亚威, 朱长青, 等. 数字孪生技术在河流生态廊道建设中的应用研究——以扬州古运河为例[J]. 江苏水利, 2024(5): 31-36.
- [2] 王瑞璇. 绿色低碳导向下省级综合交通运输体系优化路径研究[J]. 运输经理世界, 2025(5).
- [3] 肖化顺. 城市生态廊道及其规划设计的理论探讨[J]. 中南林业调查规划, 2005, 24(2): 4. DOI: 10. 3969/j. issn. 1003-6075. 2005. 02. 005.

横向科研经费项目(横向项目)“中西(建设类)职业技术教育学历晋升模式比较、策划与宣传及运营实施研究”(HT202411050);教育部供需对接就业育人项目(第四期)“校企全程和合作协同育人人才培养模式研究”(2024101125356);浙江省属高校科研经费项目“三治视域. 下乡村公共治理管理系统设计关键技术与应用研究”(Z202009)。