

# 浙江大学 国家 级大学生创新创业训练计划

## 项目结题报告

项目编号 202310335082

项目名称 基于虚幻引擎实现动态光照仿真的城市数字孪生

项目负责人 胡宸恺

院(系)、年级、专业 计算机科学与技术学院 2021 级计算机科学与技术专业

联系电话 13735752882

电子邮件 ckhu@zju.edu.cn

结题日期 2024 年 5 月 15 日

项目类别：创新训练项目 ☒ 创业训练项目 ☐ 创业实践项目 ☐

校级SRTP项目 ☐ 院级SRTP项目 ☐ 科研实践项目 ☐

## 本科生院制表

# 承 诺 书

- 1、本结题报告中所填写的各栏目内容真实、准确。
- 2、提供验收的技术文件和资料真实、可靠，技术（或理论）成果事实存在。
- 3、提供验收的实物（样品）与所提供鉴定的技术文件和资料一致，并事实存在。
- 4、本项目的知识产权或商业秘密明晰完整，未剽窃他人成果、未侵犯他人的知识产权或商业秘密。
- 5、若发生与上述承诺相违背的事实，由本项目组承担全部法律责任。

项目组全体成员（签名）：

胡宸恺 屠思源 周小童

2024 年 5 月 15 日

一、项目信息

项目名称		基于虚幻引擎实现动态光照仿真的城市数字孪生					
立项经费		¥20,000		结题时间		2024	
项目 负责 人	学号	姓名	年级	所在学院（系）、专业		联系电话	电子信箱
	3210103296	胡宸恺	2021级	计算机科学与技术学院计算机科学与技术		13735752882	ckhu@zju.edu.cn
参 与 成 员	3210105158	周小童	2021级	计算机科学与技术学院计算机科学与技术		17360612738	3210105158@zju.edu.cn
	3210102021	屠思源	2021级	计算机科学与技术学院计算机科学与技术		19996622880	3210102021@zju.edu.cn
指 导 教 师	姓 名	职 称	所 在 学 院（系）		联 系 电 话		电子信箱
	许威威	教授	计算机科学与技术学院		18058700512		xww@cad.zju.edu.cn

二、项目主要内容

## 成果简介 (不少于 500 字)

本项目基于虚幻引擎 (Unreal Engine) 开发了一套城市数字孪生系统，实现了动态光照仿真，为城市规划、自动驾驶仿真、游戏开发和地理信息系统等领域提供了创新的技术支持。项目团队在浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室的支持下，自项目启动以来，在多个阶段取得了显著成果。

### 各阶段的 Milestones

项目初期，团队主要集中在选题和方案设计上。在这一阶段，我们详细规划了项目的总体框架和初步目标，决定采用虚幻引擎作为开发平台，利用其强大的图形处理能力来实现动态光照仿真。同时，完成了对现有技术和市场需求的调研，确立了本项目的创新点和可能的挑战。

在立项后到中期检查前这一阶段，团队聚焦于技术的基础研究和初步开发。我们开发了数据采集系统，利用无人机收集了初步的城市地形数据，并开始构建初步的三维城市模型。此外，团队也在这一阶段开始引入本征图像分解技术和简易的光照调整功能，为后续更复杂的光照仿真技术打下基础。

经过中期检查后，项目进入了关键的实施阶段。这一阶段，我们的工作重点是完善打磨三维城市建模，引入更为复杂的重光照技术，用以进行动态光照仿真。同时，针对用户交互方式进行了大幅优化，用友好的界面设计使非专业用户也能够轻松调整模型中的光照参数。此外，为了提高模型的拟真度和可用性，我们结合时间深入研究了更多高级渲染技术如 Ray Tracing，以及全局光照、LOD 技术和环境光遮挡等技术，并将部分其应用于项目中。我们还扩展了应用场景，尝试了从城市规划辅助工具，拓展到搭建能支持自动驾驶仿真和建筑设计等领域的综合平台，这一努力已经初步看到成果。

通过这三个阶段的扎实工作，项目团队不仅克服了多项技术难题，还将研究成果推广到了实际应用中，展示了项目的广泛应用潜力和社会价值。项目最终实现了一个功能完善的城市数字孪生系统，为未来智能城市的规划与管理提供了新的视角和工具。

### 成果总结

基于此，项目团队已与虚拟现实行业伙伴建立合作关系，包括 VRcollab 等企业，技术人员尝试将我们的系统应用于建筑规划可视化和远程协作中，这在一定程度上提升了项目沟通的效率和设计的全面性。通过这些合作，系统的实用性和市场适应性得到了进一步的验证和提升。

此外，本项目也已申请了国家实用新型专利，目前处于审核状态。同时，项目还科技创新赛事中获奖，最高获得了全国三等奖的奖项。这些都充分证明了项目的创新价值和实际应用潜力。

展望未来，我们的项目团队将继续优化系统性能，扩大应用范围，探索更多的合作机会，以推动城市数字孪生技术在智慧城市建设和自动驾驶技术等多个领域发挥更大的作用。

三、项目实施情况总结（1500 字左右）

项目研究创新点与学术价值

首先，本项目的一大技术突破在于整合了多种光照技术，通过这一复合技术，能够在保持场景真实感的同时，实现动态光照条件下的高精度仿真。

这里，我们团队探索研究过的光照技术主要包括重光照技术、全局光照技术以及虚拟化几何技术。

我们尝试了通过重光照技术，允许系统在不改变场景本质的前提下，根据不同的外部光照条件重新创建光照效果，这使得模型在不同光环境下，能够展示更加真实的光照和阴影效果。全局光照技术聚焦于通过算法模拟光线如何在场景中多次反射散射，增强了模型的视觉深度，探索了视觉仿真的工程价值。虚拟化几何技术如 LOD 技术，则旨在使得高细节的场景在性能有限的情况下，基于观察者的视点动态，调度渲染级别，实现实时呈现的目标，这对于复杂的城市环境模拟至关重要，这有效地优化渲染性能而不损失细节质量，这一点，在虚幻引擎大规模城市模型的实时渲染中已经得到应用，本团队在此基础上做了针对我们特定研究场景的优化。

这些技术的成功应用，大大增强了城市数字孪生模型的拟真度和可用性，使模型能够在不同天气和时间条件下展示更加真实的光照和阴影效果。

项目团队基于易用的交互设计，允许用户可以像在传统引擎中自定义基本光照参数（如光源方向、强度）的同时，还可以改变材质的反射特性、宏观环境的复杂天气条件等。这创新性地丰富了用户的操作维度，拓展了传统工具的功能边界，进而也拓展了更多的实际应用场景。

项目执行过程与实施情况

2023 年 2 月至 5 月 - 技术调研与系统设计

- 研究内容和目标：进行技术调研，设计数据采集系统。
- 完成情况：完成需求分析和系统设计初稿，无人机采集系统测试成功。

2023 年 6 月至 10 月 - 开发与初步测试

- 研究内容和目标：构建三维城市模型，实施本征图像分解和初步光照调整。
- 完成情况：初步三维模型建立，实现了基础光照仿真功能。

2023 年 11 至 2024 年 1 月 - 中期检查前后

- 研究内容和目标：展示至今的进展和成果。此后基于初期 demo 完善了全管线数据流处理集成了所有基本的处理算法。
- 完成情况：项目进展获批准，收到积极反馈和建议。演示系统的开发达到基本可用的程度。

2024 年 2 月 - 高级渲染技术研究与应用

- 研究内容和目标：探索了 Ray Tracing 和全局光照技术，提升仿真真实感。
- 完成情况：成功应用高级渲染技术，动态光照效果显著改善。

2024 年 3 月至 4 月 - 系统优化与扩展应用

- 研究内容和目标：系统集成、性能优化，并拓展到自动驾驶仿真和建筑设计。
- 完成情况：系统性能稳定，用户交互界面优化，扩展应用场景得到初步验证。

2024 年 5 月 - 结题与成果展示

- 研究内容和目标：完成结题报告，展示技术成果和项目影响。
- 完成情况：项目成功结题，成果展示引起广泛关注，展现出项目的广泛应用潜力和社会价值。

本项目从初步设计到系统完成，每个阶段均按照既定目标稳步推进，特别是在中期检查之后，项目团队取得了显著进展。

成果应用与推广及社会效益

从成果应用推广的角度看，本系统的研发推动了数字孪生技术和 3D 建模技术的融合发展。系统能够应用于城市规划和交通模拟等场景中，帮助规划者和设计师更好地理解未来建设项目在不同自然光条件下的表现，从而作出更加科学的设计决策。

技术应用与工程推广

本项目研发的城市数字孪生系统在工程领域的应用已经开始取得显著成效。系统通过结合数字孪生技术与 3D 建模，为城市规划和交通模拟提供了一个强大的工具，帮助规划者和设计师在不同自然光条件下评估未来建设项目的性能。通过对不同季节和时间的光照条件进行模拟，本系统能够协助用户优化建筑物的位置和方向，实现能效最优化，降低能耗，并提升居住与使用的舒适度。

此外，我们与 VRcollab 公司的合作，进一步扩展了系统的实际应用范围。VRcollab 公司专注于提供虚拟现实协作解决方案，本项目的数字孪生技术与其平台整合后，允许多方参与者在虚拟环境中共同查看和修改城市规划设计，这种协作方式显著提高了项目效率和决策的精确性。技术细节上，我们利用虚幻引擎的强大图形渲染能力和他们公司的虚拟现实平台，实现了无缝的数据集成和实时互动，确保所有参与者都能在同一虚拟空间中体验和评估设计变更。

社会认可

项目团队参与的 AI 创意大赛中，本系统因其创新性和实用性获得高度评价。我们展示了如何通过先进的图像处理和渲染技术，提高自动驾驶仿真的准确性和实用性。这不仅证明了技术的先进性，也展示了其在实际应用中的广泛潜力和社会价值。

通过这些实际应用，本项目不仅推动了技术的商业化进程，也促进了相关技术领域的学术交流和技术发展，为城市规划、建筑设计以及自动驾驶等领域，提供了 3D 视觉和孪生技术带来的新可能性。

## 研究存在的不足或欠缺，尚需深入研究的问题等

尽管本项目在技术开发和应用推广方面取得了显著的成果，但在研究和实施过程中依然存在些不足和挑战，这些问题需要在未来的研究中进一步深入探讨和解决：

- （1）系统性能与资源消耗：当前系统在处理大规模和高复杂度的城市模型时，尤其是在实现高级光照技术如 Ray Tracing 时，对计算资源的需求极高。这限制了系统在普通硬件的运行效率，未来的研究需要寻找更优的算法和技术，以优化性能，减少资源消耗。
- （2）数据集成与安全：随着系统功能的拓展，如自动驾驶模拟等应用的集成，对数据的集和保护提出了更高的要求。如何确保数据的完整性和安全性，尤其是在多用户协作环境中，是未来研究的重要方向。
- （3）更多应用场景的挖掘：当前系统主要聚焦于城市规划和建筑设计领域，如何将该技术广泛地应用于其他行业，例如应急管理、环境保护等，需要进一步探索。

四、项目实现经济效益和知识产权情况

经济效益	年产值（万元）		年利税（万元）	
	0.3		0.06	
知识产权	著作类			
	科技论文（篇）	0	科技著作（种）	0
	专利类			
	专利申请受理（件）	1(待受理)	发明专利数（件）	0
	其他类（实物、模型、设计、网站等）			
	基于研究成果设计的、易操作的城市孪生光照模拟器*1			
获奖情况	国家级奖项	省级奖项	市级奖项	校级奖项
	人工智能创意大赛三等奖	-	-	-



五、项目成果统计

完成论文登记表（具体资料附页）

主要作者	论文名称	刊物名称、年、卷、期、页或论文集名称、出版社、页	论文被引用情况或三大索引收录情况	论文类别（打√）				
				国外重要刊物	国内重要刊物	学术会议论文		其他刊物
						国外	国内	

完成论著及其它成果登记表（具体资料附页）

获奖成果名称	主要完成者	授奖单位	奖励名称		等级	日期
-						
专利名称	申请人或专利权人	发明人	申请号或授权号	专利国别	申请日	授权日
虚拟城市光环境模拟系统	胡宸恺	胡宸恺、周小童、屠思源	10000524855211	中国	2024.5.14	暂无
论著名称	主要作者	出版时间	字数 (万字)	出版社		
-						
推广成果名称	应用单位		社会效益			
面向光照模拟的数字孪生技术	VRcollab limited of Singapore		为特定工程场景下进行光拟真以辅助设计或项目维护提供高效帮助。			
评议、鉴定成果名称	评议、鉴定单位		评议、鉴定日期			
-						

六、项目经费使用情况

项 目	金 额（元）	备 注
<b>一、经费收入</b>		
1、学校支助经费	¥20,000	凭支票支取
2、自筹经费	¥0	
3、其他	¥0	
<b>二、经费支出</b>		
1、专用材料费	¥8609.06	
2、交通与差旅费	¥0	
3、印刷与资料费	¥1059	
4、邮寄费	¥0	
5、出版/文献/信息传播/知识产权事务费	¥0	
6、其他		
<b>三、经费总计</b>	¥9668.06	

七、指导老师意见

同意结题。

指导老师签名：许威威

2024 年 5 月 15 日

八、学院（系）验收意见

（验收成绩：优秀、良好、中级、及格、不及格五级评定）

(盖章)

年 月 日

九、学校验收意见

(盖章)

年 月 日