УНИВЕРСИТЕТ
ПО АРХИТЕКТУРА
СТРОИТЕЛСТВО
И ГЕОДЕЗИЯ

АРХИТЕКТУРЕН ФАКУЛТЕТ
КАТЕДРА "ИНТЕРИОР И ДИЗАЙН ЗА АРХИТЕКТУРАТА"

ПРИНЦИПИ НА АРХИТЕКТУРНАТА ВИЗУАЛИЗАЦИЯ

АВТОРЕФЕРАТ



АВТОР: АРХ. АТАНАС ИЛИЕВ ХРИСТОЗОВ

УНИВЕРСИТЕТ
ПО АРХИТЕКТУРА
СТРОИТЕЛСТВО
И ГЕОДЕЗИЯ

АРХИТЕКТУРЕН ФАКУЛТЕТ

КАТЕДРА ”ИНТЕРИОР И ДИЗАЙН ЗА АРХИТЕКТУРАТА”

АРХ. АТАНАС ИЛИЕВ ХРИСТОЗОВ

Принципи на архитектурната визуализация

АВТОРЕФЕРАТ НА ДИСЕРТАЦИЯ

за присъждане на образователна и научна степен „доктор“

Научен ръководител:

Доц. д-р арх. Евгени Рафаилов

София, 2025 г.

ДАННИ ЗА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Дисертационният труд съдържа общо 314 стандартни страници, от които 126 страници с текст, 171 страници с текст и илюстрации, 17 страници с илюстрации. Използвани са 199 бр. цветни снимки и илюстрации, схеми и изгледи, от които 177 бр. авторски. Списъкът на проучените литературни източници обхваща 122 цитирани заглавия, включващи книги, статии от конференции и електронни източници на информация от български и чуждоезични. Дисертационният труд е разделен в три основни части, към които са налични едно приложение и речник с термини.

Докторантът е зачислен със заповед № 162/08.03.2022 г., гр. София, редовна форма на обучение. Докторантът е отчислен с право на защита със заповед №201/07.03.2025 г. на ректора на УАСГ, на основание: Решение на факултетския съвет на Архитектурния факултет с протокол № 7/04.03.2025 г. Трудът е насочен за защита със заповед № 440/23.06.2025 г. на Декана на Арх. Факултет. Защитата на дисертационния труд ще се състои на 08.10.2025 г. г от 16:00 ч. в зала № 1203 в корпус „А” на УАСГ.

Дисертационният труд е обсъден от разширен катедрен съвет на катедра ”Интериор и дизайн за архитектурата” към архитектурен факултет – УАСГ на 12.06.2025г. и насочен към процедура по защита пред научно жури, съгласно заповед № 440/23.06.2025г. на Декана на Арх. Факултет в състав:

Вътрешни членове:

Проф. д-р арх. Орлин Давчев

Доц. д-р арх. Александрина Ненкова

Външни членове:

Чл.- кор. проф. д. а. н. арх. Атанас Ковачев

Проф. д-р арх. Стела Ташева

Доц. д-р арх. Мария Давчева

Публичната защита ще се проведе на 08.10.2025г. в зала 1203, 12-ти етаж, корпус А на Университета по архитектура, строителство и геодезия.

Съдържание

СЪДЪРЖАНИЕ 3
УВОД 4
ГЛАВА 1: ПРИНЦИПИ НА ИЗГРАЖДАНЕ НА 3D МОДЕЛИ, ТЕКСТУРИ, ОСВЕТЛЕНИЕ И КОМПОЗИЦИЯ 8
1.1. Конвенционални и дигитални подходи за генериране на 3D модели 8
1.2. Фотореалистични материали. Видове, съставни текстури и методи за генерирането им 11
1.3. Сравнителен анализ при осветяването на виртуални сцени с различни източници на осветление 13
1.4. Сравнителен анализ на композиционните принципи при изграждането на компютърно генерирани изображения 15
1.5. Изводи от изследваните принципи 17
ГЛАВА 2: ИЗСЛЕДВАНЕ НА СЪВРЕМЕННИ ПОДХОДИ ЗА РЕАЛИЗИРАНЕ НА АРХИТЕКТУРНИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ 18
2.1. Съвременни методи при изграждането на фотореалистични 3D модели 18
2.2. Съвременни методи при изграждането на фотореалистични материали 20
2.3. Сравнителен анализ при осветяването на виртуални сцени с различни източници на осветление 23
2.4. Сравнителен анализ на композиционните принципи при изграждането на компютърно генерирани изображения 25
2.5. Изводи 27
ГЛАВА 3: ПРИЛОЖЕНИЕ НА МЕТОДИТЕ В АРХИТЕКТУРНАТА ВИЗУАЛИЗАЦИЯ 29
3.1. Реконструкция на Диоклецианопол (Хисар) чрез изграждане на фотореалистични компютърно генерирани изображения 29
3.2. Фотограметрично заснемане и реконструкция на храм-паметник „Св. Александър Невски“, София, с дрон и ръчни камери 32
3.3. Тест - Фотометрична стерео (Photometric stereo) техника за изграждане на текстури. Изграждане на пространството за заснемане на обекти, обработка на текстурата и приложението ѝ 35
3.4. Полеви тест – сравнителен анализ между конвенционалния и дигиталния метод за генериране на текстура. Заснемане и генериране на текстура на стена, изградена с фасадна тухлена зидария, срещу генерирането на текстурата дигитално. За целта е избран материалът на фасадата на Биологическия факултет на Софийския университет, София 36
3.5. Дигитализиране на околното пространство в Южен парк, София чрез HDRI заснемане 38
3.6. Дигитализиране на терена на „Бунарджик тепе“ в Пловдив по метода на фотограметрията 40
3.7. Изводи 40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 42
ПРИНОСИ 44
АВТОРСКИ СТАТИИ, НАПРАВЕНИ ПО ТЕМАТА НА НАСТОЯЩИЯ ТРУД 46

УВОД

Актуалност на изследването

С развитието на технологиите, очакванията към реалистичността на компютърно генерираните изображения се повишават значително. Изчислителната мощ на съвременните компютри дава възможност не само за визуализация на сгради и интериорни пространства, но и за добавяне на емоция към изображението. Това се осъществява чрез създаването на висококачествени тримерни модели с детайлна и точна геометрия, върху която се прилагат фотореалистични текстури. Тази еволюция на технологиите позволява на архитекти и артисти да композират и осветяват сцените по оптимален начин, предавайки желаното усещане и емоция на зрителя.

През последните години напредъкът в компютърната техника, дроновете и камерите предостави на проектантите и CG-артистите нови възможности за сканиране и дигитализация на сгради и обекти. Развитието на софтуерни инструменти за трансформация на физически структури в тримерни модели разшири приложението на тези технологии в архитектурната визуализация и проектиране.

Мотивация за избора на тема

Авторът разполага с богат практически опит като CG-артист, участвайки в проекти за градове като Дубай, Ню Йорк и различни населени места в Саудитска Арабия, Египет, Европа и България. Образованието му в областта на архитектурата ("Университет по архитектура, строителство и геодезия" – София) и специализации в академии като "Redvertex Academy" (България), "State of Art Academy" (Италия) и "ARC Academy" (България) допълват неговата експертиза. На база на този опит авторът избира темата на дисертацията, за да допринесе за развитието на компютърно генерираните изображения в архитектурната визуализация.

Обект на изследването

1. Виртуалното пространство и връзката му с реалното пространство.
2. Съвременни начини за изготвяне на тримерни модели - като съвкупност от форма, топология и прилежащ материал.
3. Съвременни начини за дигитализиране на реални материали и повърхности.
4. Изграждането на виртуално пространство и приложението му в проектирането чрез компютърно генерирани изображения.
5. Методика за оптимално осветяване на виртуална сцена.
6. Успешни композиционни похвати при изграждането на компютърно генерирани изображения.

Предмет на изследването

1. Изграждане на тримерни модели чрез метода фотограметрична реконструкция.
2. Сканиране на сгради и терени с дронове и направата на фотореалистични тримерни модели чрез метода на фотограметрична реконструкция.
3. Дигитализиране на реални материали и повърхности чрез метода на едно заснето изображение до получаване на максимално фотореалистични виртуални материали.
4. Дигитализиране на реални материали чрез метода на фотограметричната реконструкция до получаване на максимално фотореалистични виртуални материали.
5. Дигитализиране на текстури с метода на фотометрично стерео заснемане до получаване на максимално фотореалистични виртуални материали.
6. Дигитализиране на светлината и околното пространство с 360-градусова HDRI панорама и използването ѝ за осветяване на виртуалното пространство.

Основна цел

1. Настоящият труд трябва да изясни и определи, чрез методика, основните принципи и процеси при изграждането на обекти - сгради, мебели, пространства - във виртуална среда.
2. Настоящият труд трябва да изясни и определи, чрез методика, основните принципи и процеси при постигането на по-добри фотореалистични изображения.
3. Настоящият труд трябва да изясни и определи, чрез методика, основните принципи и процеси при виртуалното изграждане на тримерни обекти и дигитализирането на реални обекти.
4. Настоящият труд трябва да изясни и определи, чрез методика, основните принципи и процеси при изграждането на материали и съответните им текстури както дигитално, така и сканирането им от реалното в дигиталното пространство.
5. Настоящият труд трябва да изясни и определи, чрез методика, основните принципи и процеси при прехвърлянето на светлина на околното пространство от реалното в дигиталното пространство.
6. Настоящият труд трябва да изясни и определи различните видове композиционни принципи при изграждането на компютърно генерирани изображения.

Задачи

Теоретична методика

1. Задаване на принципи за постигане на по-добри фотореалистични изображения.
2. Задаване на насоки за изграждане на хармонични композиционни решения при направата на архитектурните визуализации.
3. Задаване на принципи и насоки при интегрирането на новите технологии в процеса на изработка на виртуални обекти и техните материали.
4. Задаване на принципи за генериране на виртуални материали и кога и как е оптимално да се използват за достигане на максимален фотореалистичен резултат.

Практико-приложни задачи

5. Изготвяне на проект за хипотетична компютърно генерирана реконструкция на град Диоклецианопол (днешен Хисар) чрез използване на изследваните методи.
6. Изготвяне на тримерен модел на храм-паметник „Св. Александър Невски“ (София) чрез използване на метода на фотограметричната реконструкция.
7. Изграждане на уред за сканиране на повърхностите на обекти чрез фотометрично стерео реконструиране.
8. Дигитализиране на околното пространство в Южен парк, София чрез HDRI заснемане.
9. Дигитализиране на терена на „Бунарджик тепе“ в Пловдив. Създаване на висококачествен 3D модел с оптимизирана геометрия и текстури, който може да се използва при направата на компютърно генерирани изображения.
10. Полеви тест – сравнителен анализ между конвенционалния и дигиталния метод за генериране на текстура. Заснемане и генериране на текстура на стена, изградена с фасадна тухлена зидария, срещу генерирането на текстурата дигитално. За целта е избран материалът на фасадата на Биологическия факултет на Софийския университет, София.

Обхват на изследването

1. Изследването анализира историческия контекст на виртуалното пространство и компютърно генерираните изображения, фокусирайки се върху съвременните тенденции в изграждането на виртуални среди. Периодът на анализа обхваща развитието на компютърно генерираните изображения от 2008 г. до 2022 г., когато изчислителната мощ достига ниво, позволяващо създаването на висококачествени фотореалистични сцени. В допълнение се предвижда и преглед на бъдещи тенденции и нововъзникващи явления.
2. Анализиране на примери от съвременните решения на базата на световния опит.
3. Теоретична рамка, даваща достатъчна възможност за анализи, изводи и обобщения, подпомагащи основната теза.
4. Решаването на проблеми в конкретните проекти на автора.

Методика на изследването

Изследването прилага комплексен подход, включващ:

1. Анализ на резултатите от практически изпитвания.
2. Проучване на реални примери от практиката на автора на труда и от специалисти в областта.
3. Метод на експертната оценка, осъществен чрез консултации със специализирани специалисти от съответната сфера.

Значимост на труда

Трудът формулира принципи за създаване на висококачествени фотореалистични визуализации, описва съвременни методи за дигитализация на обекти и материали и предоставя практическо приложение чрез проект за реконструкция на Диоклецианопол. Създадено е и уеб приложение, достъпно на https://hisar.netlify.app/.

Хипотеза

За да се изгради едно висококачествено, фотореалистично и най-вече въздействащо компютърно генерирано изображение, е необходимо да се спазват четири основни принципа:

1. Използваните тримерни модели да бъдат изградени с висококачествени геометрии.
2. Върху тези тримерни модели е необходимо да бъдат приложени висококачествени фотореалистични материали, направени с текстури с достатъчно висока резолюция.
3. Тримерните обекти да бъдат хармонично композирани във формата на изображението.
4. Цялата композиция да бъде подходящо осветена, за да подчертае всеки един елемент.

При условие че дори един от тези четири принципа не е спазен, цялостното усещане за фотореализъм, както и чувствата и усещанията, които изображението трябва да предаде на зрителя, се компрометира. Изображението губи своята реалистична убедителност и започва да се възприема като изкуствено и компютърно генерирано.

Съвременните технологии подпомагат генерирането на тримерни модели и техните материали. Методите за дигитализиране на реални обекти и повърхности помагат на архитектите и артистите да създават нужните им тримерни модели, а изчислителна мощ на компютрите към днешна дата позволява използването на различни способи за реалистично осветяване и композиране на тези обекти.

По този начин се получават висококачествени и въздействащи компютърно генерирани изображения, които помагат на проектантите да визуализират идеите си.

Глава 1: Принципи на изграждане на 3D модели, текстури, осветление и композиция

Архитектурната визуализация е ключов инструмент за представяне на пространствени идеи чрез визуален формат, което улеснява комуникацията между архитекти, клиенти и други заинтересовани страни. От ръчно рисуваните изображения до съвременните компютърно генерирани визуализации, този процес еволюира значително, предлагайки по-голяма прецизност и реализъм.

История и развитие

Първоначално архитектурните визуализации са били ръчно рисувани и базирани на принципите на перспективата, разработени през Ренесанса. Леон Батиста Алберти установява геометрични правила, които позволяват точно представяне на триизмерния свят върху двумерна повърхност. Това включва „пирамидата на светлината“ и „централната точка“, които остават основа за съвременната визуализация.

С развитието на ръчните техники се използват и цветове за симулиране на светлинни и материални ефекти, което подобрява реализъма на изображенията. Въпреки че липсват научни правила за тези взаимодействия, художниците успяват да създадат висока степен на достоверност, както демонстрират примери като Пол Стивънсън Олес.

Компютърно генерирани изображения (CGI)

През втората половина на XX век, с навлизането на компютърните технологии, архитектурната визуализация прави огромен скок. CAD програмите заменят ръчната работа, въвеждайки алгоритмична прецизност, триизмерни среди и интерактивност. Днес CGI позволява създаването на фотореалистични визуализации с реалистични материали, светлина и текстури, използвайки техники като виртуална реалност и анимация.

Развитието на архитектурната визуализация от ръчни рисунки до компютърно генерирани изображения демонстрира стремежа към по-висока прецизност и ефективност. Геометричните принципи и основите на перспективата остават ключови, но новите технологии значително разширяват възможностите за представяне и разбиране на архитектурните идеи.

1.1. Конвенционални и дигитални подходи за генериране на 3D модели

Генерирането на тримерни модели е ключов процес в архитектурната визуализация, като съществуват различни методи за тяхното създаване. Основните подходи са дигиталният и конвенционалният. При дигиталния метод геометриите се изграждат изцяло в цифровата среда, като се започва от основни примитивни форми – равнина, куб или сфера. В конвенционалното моделиране процесът започва с реална референция, която се сканира, а след това полученият виртуален модел се оптимизира. И двата метода имат своите предимства и ограничения.

Дигитално

Съществуват различни методи за създаване на тримерни модели, като ръчно генериране, процедурно и параметрично моделиране, дигитално скулптуриране и генериране чрез текстура. В архитектурната визуализация най-често се използват ръчното моделиране и генерирането на геометрия чрез текстура.

Ръчно моделиране на геометрия

Ръчното генериране на тримерни модели е традиционен подход, при който се следват няколко основни стъпки:

1. **Концепция и референции** – създаване на скици или използване на снимки за референция.
2. **Избор на софтуер** – най-популярните инструменти са Blender, Autodesk Maya, 3DS Max и ZBrush.
3. **Моделиране** – започва от базови геометрични форми (куб, сфера, равнина) и се развива чрез различни техники.
4. **Топология** – правилното подреждане на полигони за оптимална деформация и рендиране.
    a. Четириъгълните полигони се предпочитат за анимация.
    b. Успоредността на ръбовете и използването на затворени кръгове подобряват качеството на модела.
    c. Полюсите (върхове с повече от четири свързващи ръба) трябва да бъдат разпределени внимателно.

Прилагане на текстури

Мапингът определя как 2D текстурите се прилагат върху 3D геометрия. Основните методи включват:

1. **UV мапинг** – най-разпространеният метод за точно позициониране на текстурата.
2. **UVW мапинг** – допълнително подобрява UV координатите за триизмерно разположение.
3. **Сферично, цилиндрично и планарно мапване** – използват се за различни видове повърхности.
4. **Разпъващо мапване** – прилага се при сложни геометрии като органични форми.

Генериране на геометрия чрез текстура

При модели с високо ниво на детайлност се използват карти на отстоянията (displacement maps). Те представляват черно-бели текстури, които контролират височината на повърхностите, създавайки детайлна геометрия. Този метод е особено ефективен за сложни текстури като каменни настилки и орнаменти.

Конвенционално генериране на геометрия

Конвенционалното изграждане на геометрията се състои от сканиране на реално съществуващ обект. Съществуват много различни видове сканирания, като например лазерно сканиране, изграждане на облаци от точки и други. В практиката към днешна дата сканирането чрез фотограметрия се е наложило като водещ начин за изграждане на тримерни модели за изграждането на архитектурни визуализации.

Фотограметричната реконструкция

Фотограметрията е наука за измерване и анализ на обекти чрез изображения. Терминът "фотограметрия" произлиза от гръцки: "photo" (светлина), "gram" (рисунка) и "metry" (измерване). Тази техника е въведена през 1890-те години и оттогава намира широко приложение в археологията, топографията, архитектурната консервация, компютърните игри и други области. Чрез сравняване и измерване на точки от двуизмерни изображения се създават тримерни модели на обекти.

Принципи на фотограметрията

Фотограметрията е дефинирана като метод за получаване на надеждна информация за физически обекти и техните пространствени връзки без физически контакт. Процесът включва използване на специализирани камери, дронове и софтуер за подравняване на изображения и генериране на геометрични модели. Основните принципи обхващат стереографски резултати, които се изразяват в 2D елементи, 3D модели или топологични данни.

Фотограметрия в архитектурата

В архитектурното проектиране фотограметрията се използва за дигитализация на археологически обекти, заснемане на съществуващи сгради и точно сканиране на фасадни и интериорни детайли. Използването на дронове допълнително подобрява точността и детайлността на 3D моделите. Чрез заснемане от различни височини и ъгли с подходяща технология се генерират висококачествени тримерни модели, полезни за визуализация, анализ и реставрация.

Практически насоки за заснемане с дрон

Процесът на фотограметрично заснемане включва снимки от различни позиции с припокриване от 60% до 70%. Снимките от дронове съдържат географски данни, които позволяват точна триангулация на обекта. За оптимални резултати е препоръчително използването на софтуер като DroneDeploy или Pix4Dcapture за планиране на полетния път. Тези инструменти осигуряват детайлно и пълно покритие на обекта, като снимките се обработват с програми за генериране на 3D модели.

Сравнение между конвенционални и дигитални методи

Предимства и недостатъци

1. **Конвенционален метод**: Предимството е бързината на сканирането, но изисква наличието на реален обект и използване на висококачествено оборудване, което оскъпява процеса.
2. **Дигитален метод**: Позволява създаването на нови форми без реален еквивалент, но изисква значително време и умения в областта на топологията и текстурирането.

Оптимален подход

При наличието на реален обект се препоръчва комбинирането на конвенционален и дигитален метод. Сканираните модели могат да бъдат дообработени дигитално, докато създаването на нови форми се извършва изцяло дигитално. Този комбиниран подход осигурява висока точност и качество при създаването на архитектурни визуализации.

1.2. Фотореалистични материали. Видове, съставни текстури и методи за генерирането им

Физически базираното визуализиране (PBR) е метод за фотореалистична компютърна графика, пресъздаващ взаимодействието между светлината и материалите. Основните подходи – на огледалност и лъскавост или на грапавост и металност . Те водят до идентични резултати.

Материалите в PBR използват високорезолюционни текстури за базов цвят, отражения и неравности, а шейдърите изчисляват взаимодействието на светлината с повърхността. UV mapping добавя реализъм чрез снимкови или дигитално генерирани текстури. PBR е стандарт в 3D визуализацията, осигуряващ физически коректни материали.

Генерирането на текстурите по различните начини

Съществуват два основни метода за генериране на текстури: **конвенционален** (чрез заснемане на реални повърхности) и **дигитален** (изцяло виртуално създаване чрез ръчно рисуване или алгоритми).

Конвенционалното заснемане включва три подхода:

1. **Реконструкция от едно изображение** – бърз метод за фотореалистични текстури, но с ограничен контрол върху материалните свойства.
2. **Фотограметрия** – висококачествени текстури чрез многократни снимки и 3D реконструкция, подходящи за дигитализация на материали и археологически обекти, но изискващи време и мощни компютърни ресурси.
3. **Фотометрично стерео заснемане** – техника за извличане на микродетайли чрез анализ на осветяването, приложима за тъкани, кожи и порести материали, но неподходяща за големи обекти.

PBR текстурите, генерирани чрез тези методи, осигуряват висока реалистичност и широк спектър от приложения в архитектурата, дизайна и 3D визуализацията.

Дигитално – чрез компютърното им генериране

Дигиталното създаване на материали е процес в 3D визуализацията, използващ софтуерни инструменти за генериране на реалистични или стилизирани текстури. Методите за създаване на такива материали се основават на избор на повърхност, подходящ софтуер и референтни данни от реалния свят.

Основни методи за дигитално генериране на текстури

Съществуват три основни подхода:

1. **Слоеви системи** – широко използвани в софтуери като Adobe Photoshop и Affinity. Включват работа с базов цвят и допълнителни детайли чрез слоеве, използвайки режими на смесване, реални изображения и градиенти.
2. **Възлови системи** – работят чрез мрежа от възли, свързани чрез параметрични връзки. Използвани в софтуери като Substance Designer, те позволяват нелинейна работа и гъвкава модификация.
3. **Изкуствен интелект (AI)** – автоматизирано генериране чрез невронни мрежи, обучени с големи бази данни. Инструменти като MidJourney и DALL-E предлагат ефективност и иновации, но с ограничения в контрола и креативността.

Предимства и недостатъци на методите

1. **Слоевите системи** осигуряват висока детайлност и контрол, но изискват ръчна намеса.
2. **Възловите системи** предлагат гъвкавост и недеструктивно редактиране, но имат стръмна крива на обучение.
3. **AI-базираните методи** ускоряват процеса, но понякога липсва прецизност и креативен контрол.

Дигиталното генериране на текстури е динамично развиваща се област с различни методи, всеки със своите приложения и предимства. Изборът на подход зависи от целите на проекта, необходимото ниво на детайлност и наличните ресурси.

Изводи и съпоставка на методите

Методите за генериране на материали представляват разнообразни подходи със свои специфични предимства и недостатъци, като изборът между тях зависи от конкретните изисквания на проекта и времето, налично за изпълнение.

Към днешна дата най-фотореалистични резултати се постигат чрез дигитализирането на реални повърхности чрез конвенционалния метод на заснемане. Бързото генериране на материал става чрез метода на заснемане на текстура чрез едно изображение. Най-точното и най-прецизното е чрез фотограметрично заснемате. Процесът при него обаче отнема най-много време. Когато трябва да се дигитализират повърхности в микроскопични детайли, е най-удачно да се използва методът на фотометричното стерео заснемане. Този метод най-добре улавя тези детайли и генерира всички необходими допълнителни карти. Недостатък при него е, че изисква специфично оборудване за направата на самото заснемане.

Дигиталният подход за генериране на фотореалистични материали изисква много повече време от конвенционалния. При него също така се изискват и много повече софтуерни

познания от архитекта или артиста, който ги генерира. Самите текстури отнемат повече време, за да бъдат генерирани, но веднъж направени, впоследствие могат да бъдат много лесно модифицирани. Допълнително всичките необходими карти на материала се генерират автоматично, за разлика от конвенционалния метод. Друго преимущество на този похват на генерирането на текстури е, че не се изисква реална проба от материала, която да бъде сканирана. Могат да бъдат генерирани всякакви различни материали.

Генерирането на материали с използването на изкуствен интелект все още се развива. Към настоящия момент този подход предоставя най-бързия начин за генериране на текстури, но авторът изпитва ограничен контрол върху крайния резултат.

Изборът на метод трябва да се направи внимателно, балансирайки между времевите изисквания, нивото на фотореализъм и желаната степен на контрол върху генерирания материал.

1.3. Сравнителен анализ при осветяването на виртуални сцени с различни източници на осветление

Светлината в природата се разпространява под формата на лъчи, които взаимодействат с повърхностите чрез **абсорбция, отражение, пречупване** и **флуоресценция**. Софтуерите за архитектурни визуализации симулират тези процеси за създаване на реалистични сцени.

1. **Абсорбция** – част от светлината се поглъща от повърхността, а останалата се отразява, определяйки видимия ѝ цвят.
2. **Отражение** – гладките повърхности създават огледално отражение, докато грапавите разсейват светлината дифузно.
3. **Пречупване** – настъпва при преминаването на светлината през материали с различни оптични плътности, важен ефект за реалистично изобразяване на стъкло и вода.
4. **Флуоресценция** – процес, при който материалът излъчва светлина с по-ниска енергия от погълнатата, използван в специализирани визуализации.

Система Ray-tracing

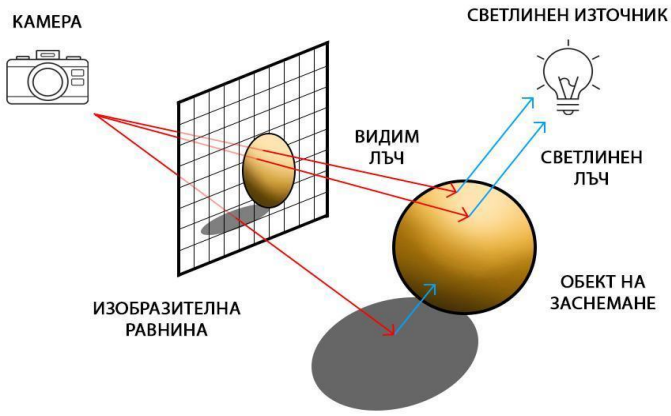
Методът на **проследяване на лъчи** датира от XVI век, когато Албрехт Дюрер използва принципи, наподобяващи съвременната технология. Този подход симулира реалистични **сенки, отражения и пречупвания**, като моделира взаимодействието на светлината с различни материали.

Приложение в архитектурните визуализации

Ray-tracing е ключов за постигане на **фотореалистични изображения**, подобрявайки представянето на проекти чрез точно симулиране на светлинните ефекти. Технологията пресъздава:

1. **Реалистични отражения** в метали и стъкло.
2. **Детайлни текстури** на дърво, бетон, мрамор и други материали.
3. **Прецизни светлинни взаимодействия**, правейки визуализациите по-убедителни.

Графиката на фигура № 69 показва принципа на проследяването на светлинните лъчи и представянето на обекти върху изобразителна равнина.



Фигура № 69: Графиката показва принципа на проследяването на светлините лъчи и представянето на обекти върху изобразителна равнина.
Авторско изображение, генерирано със софтуер Adobe Photoshop.

В архитектурната визуализация има два начина за изграждането на осветлението: дигитално и конвенционално. Всеки един от тях има своите предимства и недостатъци и намира приложение при различните ситуации.

Дигитално осветление

Основното осветление в дигиталното пространство се симулира чрез източник на директна светлина – слънце и карта за околността (environment map). В повечето софтуери това дигитално слънце симулира естественото, докато картата на околността пресъздава отразената светлина. Тази комбинация осигурява реалистична симулация на средата.

Когато се използва дигитално осветление, позицията на слънцето може да бъде произволно зададена или прецизно изчислена според реалната локация, дата и час. Това позволява гъвкавост в представянето на проектите.

Този метод предлага значително по-бърза обработка в сравнение с HDRI осветлението, тъй като софтуерът калкулира по-малко информация.

Конвенционално – чрез сферични панорами с висок динамичен диапазон

Въведение в HDRI

Изображенията с висок динамичен диапазон (High Dynamic Range Imaging – HDRI) революционизират сферата на архитектурната визуализация. Те предоставят на 3D артистите и архитектите мощен инструмент за създаване на реалистични и точно заснети околни пространства.

Принцип на HDRI

HDR изображението представлява съвкупност от няколко снимки, направени с различни стойности на експозиция. Когато тези снимки се комбинират, се използват различни части от всяко изображение, за да се създаде финалното изображение, което съдържа максимално количество визуална информация.

Генериране на HDR панорами

1. **Заснемане** – Избира се подходяща позиция и се използва 360° камера за улавяне на околната среда.
2. **Обединяване на изображения** – Различните експозиции се комбинират, за да се получи изображение с висок динамичен диапазон.
3. **Подравняване и калибриране** – Коригират се цветови разлики и минимални движения на камерата.
4. **Осветяване на сцената** – Генерираното HDR изображение се използва като светлинен източник в 3D среда.

Предимства на HDRI

1. По-реалистично осветяване на сцената.
2. Запазване на детайлите в сенките и светлите зони.
3. По-естествени отражения и сенки в 3D визуализациите.

Изводи

Използването на HDRI като метод за осветление значително подобрява качеството на архитектурните визуализации. Възможността за реалистично представяне на осветяването прави този метод изключително ценен инструмент за архитекти и визуални артисти.

1.4. Сравнителен анализ на композиционните принципи при изграждането на компютърно генерирани изображения

Композицията е ключова за представянето на архитектурни проекти, като организира елементите по начин, който подчертава техните качества. Добрата композиция е балансирана – нито един елемент не е излишен или липсващ.

Основни принципи на композицията

1. **Гледна точка и перспектива** – насочват вниманието към ключови елементи.
2. **Планове (преден, среден, заден)** – придават дълбочина на изображението.
3. **Цветове и осветление** – създават настроение и подчертават форми и текстури.
4. **Насочващи линии** – водят погледа на зрителя, създавайки динамика.
5. **Добавяне на хора и интеракции** – прави сцените по-реалистични.

Видове композиции

1. **Екстериорна** – показва фасадата, озеленяването и връзката с околната среда.



Фигура № 70: Екстериорна визуализация на европейски град.
Авторско изображение, генерирано със софтуер 3DS Max и софтуер Adobe Photoshop.

2. **Интериорна** – акцентира върху пространството, дизайна и атмосферата.



Фигура № 71: Интериорна визуализация на всекидневната на съвременна къща.
Авторско изображение, генерирано със софтуер 3DS Max и софтуер Adobe Photoshop.

3. **Въздушна** – изглед от птичи поглед, илюстриращ връзката с инфраструктурата.



Фигура № 72: Визуализация на хипотетична реконструкция на средновековен град. *Авторско изображение, генерирано със софтуер 3DS Max и софтуер Adobe Photoshop.*

Изводи

Успешната композиция прави визуализацията въздействаща и естетически издържана, подчертавайки архитектурните детайли и предавайки реалистична представа за пространството.

1.5. Изводи от изследваните принципи

При генерирането на 3D модели - и конвенционалният, и дигиталният подход имат своите предимства и недостатъци. Конвенционалният метод на сканиране е бърз и ефективен, когато има наличен реален обект, но изисква висококачествено оборудване и може да бъде неприложим при липса на физически модел. Дигиталният подход позволява създаването на уникални форми без нужда от реални обекти, но е времеемък и изисква задълбочени познания в изграждането на топологията и текстурирането.

За постигане на висококачествени архитектурни визуализации е препоръчително наличните обекти да бъдат сканирани, а новите форми да се създават дигитално.

Методите за генериране на дигитални материали варират според специфичните изисквания на проекта. Най-фотореалистични резултати се постигат чрез конвенционалното заснемане на реални повърхности, като фотограметрията предлага най-висока точност, но е и най-времеемка. Фотометричното стерео заснемане намира своето специфично приложение при дигитализиране на повърхности с микроскопично ниво на детайл. Методът чрез заснемане на едно изображение дава най-бърз резултат при генерирането на материала. Дигиталният подход е по-гъвкав и лесно модифицируем, но изисква повече време и умения. Изкуственият интелект в момента предлага най-бързото генериране на текстури, но с ограничен контрол върху крайния резултат.

Изборът на метод за генериране на материали трябва да бъде съобразен с времевите ограничения, спецификите на реалната повърхност, изискваното ниво на фотореализъм и степента на контрол върху материала.

Използването на дигитално слънце за осветяване на сцената е по-бързо за изчисляване, но не дава реалистични изображения при реални локации. В такива случаи се препоръчва използването на 360° сферични HDRI панорами за осветяване на сцената, които осигуряват по-реалистични резултати.

Композицията е от съществено значение за естетическото въздействие на архитектурната визуализация. Чрез обмислено разполагане на елементите композицията акцентира върху важните аспекти на дизайна, помага за точното представяне на мащаба и пропорциите и предава желаното настроение и атмосфера. Ефективната композиция може да разкаже историята на пространството и да предаде конкретни послания, свързани с архитектурния дизайн.

Глава 2: Изследване на съвременни подходи за реализиране на архитектурни визуализации

2.1. Съвременни методи при изграждането на фотореалистични 3D модели

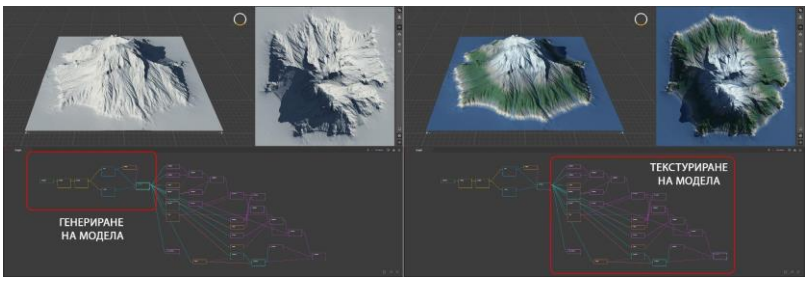
Основните методи за генериране на тримерни геометрии в архитектурната визуализация включват ръчно моделиране, фотограметрия и използване на текстури за дисплейсмънт. Всеки от тези подходи има специфични предимства и недостатъци, които определят тяхното приложение в различни контексти на проектирането.

Ръчно моделиране е най-често използваният метод, който дава пълен контрол върху геометрията и позволява създаването на сложни и детайлни модели. Изисква се правилна топология, като геометрията трябва да бъде „рингната“ за осигуряване на оптимални условия за последващи модификации. Този метод е подходящ за създаване на сгради и елементи на околната среда, като мебели, дървета и храсти. Предимствата включват висока творческа свобода и възможността за изграждане на уникални форми, но той е времеемък и изисква голямо техническо познание. Липсата на оптимизация на топологията може да доведе до излишни полигони и забавяне на процеса.



Фигура № 75: Графиката показва интериорна визуализация и топологията на използваната геометрия.
Авторско изображение. Изображението е генерирано със софтуер Blender, софтуер 3DS Max и софтуер Adobe Photoshop.

Генериране на геометрия чрез текстура е иновативен подход, който позволява използването на текстури върху геометрия за създаване на детайлни модели с по-малък брой полигони. Този метод намира широко приложение при генериране на терени, като осигурява голям контрол върху различни параметри като височина и разположение на елементи като растения. Сред основните предимства е намаляване на броя на полигоните и оптимизация на сцените. Въпреки това, той изисква задълбочени софтуерни познания и може да бъде бавен в процеса на генериране на геометрия.



Фигура № 76: Графиката показва етапите на генерирането на модела. Авторско изображение.

Изображението е генерирано със софтуер Quadspinner GAEA и софтуер Adobe Photoshop.

Фотограметрия използва снимки на реални обекти за създаване на точни 3D модели. Това позволява генерирането на фотореалистични текстури, като процесът е сравнително бърз, но изисква наличие на реален обект и специализирана техника. Моделите, създадени чрез фотограметрия, обаче, често имат проблеми с топологията и изискват корекции за оптимизация.



Фигура № 85: Компютърно генерирани изображения - сканирана къща чрез метода на фотограметрия.

Изображение е собственост на Уилям Фочер (William Faucher).

В зависимост от спецификата на проекта, изборът на метод е критичен. Ръчното моделиране е подходящо за създаване на уникални и сложни геометрии, докато фотограметрията и текстурите за дисплейсмънт предлагат бързи и ефективни решения за конкретни приложения, като генериране на терени и фотореалистични текстури.

2.2. Съвременни методи при изграждането на фотореалистични материали

Фотореалистичните материали се делят на две основни групи: **дигитално генерирани** и **конвенционално генерирани**. Дигитално генерираните материали се създават чрез две основни методики: **слоеста система** и **възлова система**. Конвенционално генерираните материали пък включват материали, генерирани чрез **заснемане на едно изображение**, **фотограметрия** и **фотометрично стерео заснемане**. Всеки от тези методи има своето специфично приложение в архитектурното проектиране.

Конвенционално генерирани материали

Тези материали се използват широко в архитектурни визуализации благодарение на тяхната бързина на генериране и фотореалистичен ефект. Те се създават чрез три основни метода: заснемане на едно изображение, фотограметрия и фотометрично стерео заснемане.

Заснемане на едно изображение

За да се създаде фотореалистичен материал, е необходимо да се заснеме реален обект при оптимални условия. Например, при заснемането на тухлена фасада на Биологическия факултет на СУ, се спазват принципите за избягване на нежелани сенки и минимизиране на вибрациите чрез използването на статив и дистанционно управление на камерата.

Най-подходящото време за заснемане е между 10:00 и 16:00 часа, когато светлината е равномерна, за да се избегнат силни сенки и неравномерно осветяване.

Приложение

Заснетите текстури могат да се използват в проектите за изграждане на стени, настилки или други повърхности, като резултатът е фотореалистичен и много близък до реалността. Пример е заснемането на мостра от паркет за проектиране на интериор.



Фигура № 90: Илюстрира как може да се изпробват различните материали при идейната фаза на проектирането.

Авторско изображение, генерирано със софтуер Adobe Substance Designer и софтуер 3DS Max и софтуер Adobe Photoshop.

Фотограметрична реконструкция

Фотограметрията е метод, при който се правят многобройни снимки от различни ъгли, които се комбинират от софтуер, за да създадат точна текстура на обекта. За успеха на този метод е важно снимките да се припокриват с поне 60%.

Приложение

Този метод намира широко приложение в архитектурни проекти и в реконструкцията на археологически обекти, като позволява създаването на точни и фотореалистични изображения. Възможно е също така да се изградят виртуални реалности, които показват как са изглеждали историческите обекти в оригиналния им вид.

Фотометрично стерео заснемане

Използва се специализирана камера и осветление за заснемане на повърхности с микроскопичен детайл, като платове или кожи. Това заснемане е особено полезно за създаване на текстури с висока точност на детайлите.

Приложение

Този метод е подходящ за материали като текстили, които изискват висока фотореалистичност и могат да бъдат приложени директно в проектите без претоварване на геометрията.



Фигура № 91: Компютърно генерирано изображение с тъкани материали.
Авторско изображение.

Дигитално генерирани материали

Дигитално генерираните материали не изискват физическа проба и се създават изцяло на базата на въображението на дизайнера. Те могат да бъдат създавани чрез **слоести** и **възлови системи**, всяка от които има свои предимства и приложения.

Материали чрез слоеста система

Този метод позволява бързо създаване на фотореалистични материали чрез изграждане на различни слоеве, които могат да се комбинират по различни начини. Това е ефективен начин за визуализиране на концептуални идеи в идейната фаза на проектите.

Приложение

В проектирането, този метод се използва за бързо изграждане на текстури на подове, стени или фасади, които се модифицират лесно и бързо.



Фигура № 92: Компютърно генерирано изображение на сфери на материал на дървен под, генерирано със софтуер Adobe Substance Alchemist.
Авторско изображение.

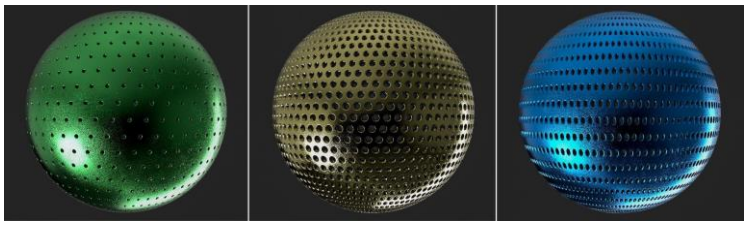
Методът е идеален за експериментиране в началните етапи на проектите, но е по-малко подходящ за финални фотореалистични рендери, тъй като текстурите могат да изглеждат по-малко детайлни.

Материали чрез възлова система

Този метод включва използването на сложни софтуерни инструменти и е много по-времеемък. Той позволява създаването на материали с изключителна детайлност, като например материал на перфорирана стомана.

Приложение

Възловата система намира широко приложение в архитектурните визуализации, където проектантите могат да създават и модифицират множество разновидности на основни материали, като се използват слайдери за настройване на параметри като основен цвят, размер на отвори и разстояние между тях.



Фигура № 94: Модификации на материал на перфорирана стомана чрез възлова система.
Авторско изображение, генерирано със софтуер Adobe Substance Web Player и софтуер Adobe Photoshop.

Изработката на материалите чрез възлова система е много детайлна, но изисква значителни усилия и време в началото. След създаването на основния материал, модификациите са бързи и ефективни.

Заключение

Всеки от методите за генериране на фотореалистични материали има своите предимства и недостатъци. Конвенционално генерираните материали са бързи и ефективни, но могат да имат ограничения в детайлността. Дигитално генерираните материали предоставят голяма свобода в проектирането, но изискват повече време за създаване. В зависимост от нуждите на проекта, изборът на метод може да варира, като често се комбинират различни техники за постигане на най-добрия резултат.

2.3. Сравнителен анализ при осветяването на виртуални сцени с различни източници на осветление

Дигитално осветление

Дигиталното осветление в архитектурната визуализация най-често включва слънце и карта на околната светлина. То се състои от математически модели, които симулират начина, по който слънцето осветява земната повърхност. Изчисленията отчитат както позицията на слънцето спрямо хоризонта, така и неговия интензитет. Съвременните софтуери позволяват не само точна симулация на слънцето, но и добавяне на атмосферни условия като прах, мъгли и облаци, което помага на архитектите да създават фотореалистични визуализации.

Приложение в проектирането

Тази техника намира широко приложение в процеса на проектиране, особено за дневни изображения. Изчисленията за светлината се извършват бързо, като така се намалява времето за рендериране. Например, на фигура № 96 е показан рендер на търговски център, осветен чрез дигитално слънце. Позицията на слънцето е настроена така, че да подчертае композицията, като дългата фасада на сградата е осветена, а кратката – в сянка. Слънцето създава дълбочина на сцената чрез контрастни светлинни планове – преден тъмен, среден контрастен и заден светъл план.



Фигура № 96: Компютърно генерирано изображение на търговски център, осветено с дигитално слънце.
Авторско изображение, генерирано със софтуер 3DS Max и софтуер Adobe Photoshop.

Предимствата на този метод включват пълен контрол върху параметрите на светлината – посока, интензитет, цвят и размер. Недостатъкът е, че при промяна на небето е необходимо актуализиране на всички отражения, което може да забави постпродукцията. Също така, съвременните софтуери все още имат затруднения при точната симулация на нощни сцени, особено когато атмосферата трябва да бъде предадена по време на синя вечер.

Конвенционално – чрез HDRI

HDRI (High Dynamic Range Imaging) представлява изображение с висок динамичен диапазон, използвано за осветяване на цялата сцена. При архитектурната визуализация най-често се използват 360° HDRI изображения, които осигуряват светлина за сцената. След създаването на такова изображение, промени в него не могат лесно да се извършват.

Приложение в проектирането

HDRI осветлението е широко използвано, особено за осветяване на залезни или нощни сцени. Техниката е особено ефективна при изготвянето на изображения през т. нар. "син час". Също така се използва при създаването на фотореалистични визуализации на сгради в тяхната естествена среда. За това се прави специализирано заснемане с 360° камера или дрон, като снимките трябва да се правят по време на целевата част от деня и при съответните атмосферни условия.

Основното приложение на HDRI изображенията е за създаване на атмосфера в изображението. Обикновено се използват студени светлини за фона и топли светлини за осветяване на обектите, като така се постига принципът на топло-студено. На фигура № 98 е показан рендер на акустиращ кораб в пристанище, осветен със студено HDRI, с топли светлини, които подчертават сградите и кораба. Това създава уют в интериорните пространства.



Фигура № 98: Компютърно генерирано изображение на пристанище, осветено с HDRI.
Авторско изображение, генерирано със софтуер 3DS Max и софтуер Adobe Photoshop.

Изводи

Дигиталното осветление е предпочитано за дневни изображения, тъй като предлага пълен контрол върху светлината и е по-бързо в изчисленията, което намалява времето за рендериране. От друга страна, HDRI осветлението е по-подходящо за нощни сцени или когато е необходимо да се пресъздадат специфични атмосферни условия, като син час. Въпреки че HDRI увеличава времето за рендериране, той е ефективен за създаване на реалистични изображения, особено когато сграда трябва да бъде представена в своята естествена среда.

2.4. Сравнителен анализ на композиционните принципи при изграждането на компютърно генерирани изображения

Една картина не е просто плоска повърхност. Тя изисква интерпретация на пространството, като различните му измерения трябва да бъдат изразени в композицията. Завладяването на това пространство се постига чрез геометрията в три измерения, както и чрез играта на светлина и сянка. Постепенно този процес води до създаването на пластично изкуство на илюзията, което се подчинява на същите закони за стабилност и тежест, както реалността.

Проучване сред експерти за композиционни принципи в архитектурни визуализации

С цел да бъдат извлечени основни композиционни принципи при създаването на компютърно генерирани изображения, бе проведено проучване сред специалисти в областта. Анкетата, състояща се от 12 въпроса, беше реализирана в периода 13.05.2024 г. – 17.05.2024 г. в компанията "Redvertex". В проучването участваха 26 служители, които имат доказан опит в създаването на висококачествени архитектурни визуализации на световно ниво.

Видове композиция и техните принципи

1. **Екстериорна композиция**: Основни принципи на екстериорната композиция включват:
    1. Избор на пропорции на изображението, които трябва да отговарят на формата на сградата. Често се използват стандартни съотношения като 16:9, A4, 1:1 или други.
    2. Позиционирането на сградата трябва да осигурява достатъчно пространство около нея. По-голямото пространство пред фасадата създава балансиран визуален ефект.
    3. Линията на хоризонта трябва да бъде поставена в долната част на изображението, а вертикалното преместване на камерата трябва да запази правилната перспектива.
    4. Цветовият контраст, като основен принцип за постигане на баланс, прилага контрасти между топли и студени тонове.
    5. Принципът „топло-студено“ е важен за акцентиране на формите.
    6. Разделянето на сцената на три плана: преден (тъмен), среден (контрастен) и заден (светъл), създава дълбочина в изображението.
    7. Симетричната композиция може да бъде нарушена чрез добавяне на асиметрични елементи, като растителност или мебели.

Прилагането на тези принципи води до реалистични и добре възприемани архитектурни визуализации. Съчетавайки плановост, светлинни и цветови контрасти, както и използването на симетрия и асиметрия, се постига максимална художествена изразителност и дълбочина.

2. **Интериорна композиция**: Основни принципи за изграждане на интериорна композиция включват:
    1. Балансирано използване на цветовете за постигане на хармония, като акцентните цветове се използват за малки елементи. 69,2% от анкетираните специалисти смятат това за ефективен принцип.
    2. Насочващите линии (като осветителни тела и настилки) манипулират възприятието на пространството и подчертават перспективата.
    3. Външната среда влияе на възприятието на интериора, като хармонията между външните и вътрешни цветове е важна.
    4. Малките обекти, групирани в композиция, създават завършен вид.
    5. В интериорната перспектива се разглеждат два типа: едноточкова и двуточкова, като всяка дава различно възприятие на пространството и обема.

Прилагането на тези принципи създава ефективни интериорни визуализации, като комбинирането на контрасти, насочващи линии и светлинни ефекти води до хармония и дълбочина в пространствата.

3. **Въздушна композиция (изглед от птичи поглед)**: Въздухната перспектива осигурява цялостен изглед на архитектурното оформление и неговата връзка със заобикалящата среда, както и визуализира достъпа до имота. При въздушната композиция:
    1. Симетричната композиция трябва да бъде нарушена с асиметрични елементи.
    2. Камерата трябва да има правилно изострена перспектива, за да подчертае височината на сградите.
    3. Акцентирането на определен елемент се постига чрез фокус върху архитектурни детайли.
    4. Загатването на част от цялото предоставя достатъчно информация за зрителя да възприеме цялостната форма на сградата или града.

Въздушната перспектива предлага ефективни визуализации на градската среда и архитектурния контекст, като правилно използваната симетрия, перспектива и акценти водят до ясна комуникация на архитектурния замисъл.

Приложение в проектирането

Добре оформената композиция играе важна роля в архитектурната визуализация, като позволява ефективно представяне на архитектурни концепции и проекти. Тя предоставя различни цели, включително:

1. Подчертаване на фокусни точки.
2. Разкриване на пространствената организация.
3. Създаване на емоционална атмосфера.

Чрез съчетаване на светлина, цветови контрасти и перспектива, композиционните техники водят до успешната визуализация на проектите. 84,6% от специалистите смятат оформянето на плановостта и композиционната рамка за ключови за успешното възприятие на изображението.

Изборът на осветление, цветове и перспективи оказва голямо влияние върху емоционалното въздействие на визуализацията. 76,9% от анкетираните специалисти смятат, че цветовата гама е основен принцип на композицията.

Заключение

Прилагането на композиционни принципи в архитектурната визуализация води до ефективно представяне на архитектурни проекти и концепции. Съчетаването на перспективи, светлина, цветови контрасти и интеграцията със средата осигурява ясна и въздействаща визуална комуникация.

2.5. Изводи

При изграждането на фотореалистични тримерни модели

Съвременните методи, по които се генерират тримерни модели в архитектурната визуализация, са чрез ръчно моделиране, фотограметрия и използване на текстури за дисплейсмънт, като всеки метод предлага както предимства, така и недостатъци.

Ръчното моделиране осигурява пълен креативен контрол и е подходящ за сложни модели, но изисква значително време и усилия. Фотограметрията предлага бърз и ефективен начин за създаване на фотореалистични модели на реални обекти, но ограничава контрола върху крайния резултат и често изисква допълнителна корекция. Генерирането на геометрия чрез текстура за дисплейсмънт е подходящ за сложни детайли и релефи, но също така ограничава контрола и може да срещне затруднения при по-сложни обекти.

Всеки от тези методи има своето място в архитектурната визуализация в зависимост от специфичните изисквания на проекта, времето и наличните ресурси. За нови архитектурни проекти, където креативната свобода е важна, ръчното моделиране е най-подходящо. За дигитализация на съществуващи обекти, особено при паметници на културното наследство, препоръчителна е фотограметрията. За сложни детайли като релефи и водни повърхности, генерирането чрез текстура е ефективно решение.

При изграждането на фотореалистични материали

Различните методи за генериране на материали в архитектурната визуализация намират своите специфични приложения в зависимост от вида и целта на проекта. При представяне на архитектурни концепции или идейни проекти използването на материали, генерирани чрез дигитални методи, е оптимално. Това позволява на проектантите да изразят своите виждания и да създадат повърхности според своите представи, без да са ограничени от реални референции. Дигитално генерираните материали са лесни за модификация, което ги прави подходящи за тази фаза от проектирането, тъй като проектантите могат да се фокусират изцяло върху своите идеи.

За архитектурни визуализации, базирани на технически проекти или предназначени за маркетингови цели, е препоръчително да се използват материали, генерирани конвенционално. Това осигурява фотореалистични изображения с точни финиши, като

съвременната практика включва дигитализация на мостри от реални материали. По този начин визуализациите постигат максимално приближаване до реалността, предоставяйки висока степен на достоверност и прецизност в представянето на архитектурните проекти.

При осветяването на виртуалните сцени

Изборът на метод за осветяване при архитектурните визуализации зависи от специфичните изисквания на проекта. Дигиталният метод е за предпочитане при създаване на дневни изображения, тъй като предоставя на автора пълен контрол върху параметрите на светлината, което позволява оптимално композиционно осветление. Този метод се изчислява бързо от софтуера, което значително намалява времето за рендериране.

Използването на HDRI (High Dynamic Range Imaging) е приложимо, когато се изисква рендериране в специфични части от деня или при определени атмосферни условия, като например по време на синия час. Въпреки че този метод значително увеличава времето за рендериране, той е препоръчителен за избрани изображения от целия пакет рендери на проекта, където е необходимо специфично и фотореалистично осветление.

HDRI може също да се използва за изключително точни и фотореалистични визуализации на проектите в тяхната реална среда. За постигане на тази точност е необходимо специализирано заснемане на околната среда, което след това се използва за осветяване на сцената. Този метод осигурява висока степен на реалистичност и точност в представянето на архитектурните проекти в техния контекст.

При композиционните принципи при изграждането на съвременните компютърно генерирани изображения

При създаването на архитектурни визуализации спазването на композиционните принципи е ключово за качеството на крайния продукт. Те могат да бъдат нарушени за нестандартни решения, но авторът трябва да осъзнава въздействието върху възприятието.

При изграждане на изображението е важно да се разграничат преден, среден и заден план, както и да се обърне внимание на светлината, контраста и цветовете. Малките зони трябва да са акцентни, а големите – по-приглушени. Обектите трябва да формират хармонични мини композиции.

От съществено значение е изборът на перспектива (едно-, дву- или триточкова) и хоризонталната линия. Добре е фокусните елементи да се разпределят по мислените третини, а симетрията да се разнообразява с допълнителни елементи.

Всички тези насоки трябва да се следват от самото начало на изграждането на рендера. Пропускането им в началната фаза може да доведе до некачествен и неубедителен рендер, обезсмисляйки целия процес на генериране на изображението.

Глава 3: Приложение на методите в архитектурната визуализация

3.1. Реконструкция на Диоклецианопол (Хисар) чрез изграждане на фотореалистични компютърно генерирани изображения

В България съществуват множество останки от древни градове, крепости и храмове. Археологическите разкопки често разкриват плановата схема на тези обекти, но в повечето случаи от сградите и крепостните стени са запазени само основите или ниски фрагменти от зидове. Това затруднява разбирането на първоначалния им вид и функция.

На основата на изследваните методи в дисертационния труд е създадена компютърно генерирана реконструкция на античния град Диоклецианопол (днешен Хисар), включваща шест фотореалистични визуализации, които пресъздават града в неговия исторически контекст. Използвани са съвременни технологии за изграждане на 3D модел, като фотограметрична реконструкция за 3D сканиране, сателитни снимки за терена и дронови фотографии за реконструкцията на околната среда. От този модел са генерирани шест висококачествени, фотореалистични изображения на града, неговите порти и прилежащата околност. За осигуряване на интерактивност и нагледност, е разработен уебсайт, на който са представени тези изображения.

Проучванията, свързани с реконструкцията, обхващат археологическите обекти в самия град, както и тези от същия период в близост до него и в други територии на Римската империя. Методите, използвани за изследването, включват справки в историческите източници, обследване на римските руини на локацията и сравнителен анализ с други подобни градове от същия период.

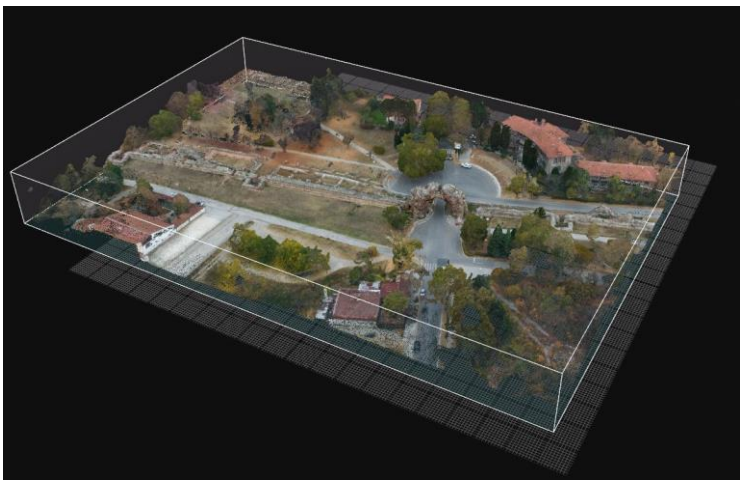
Генериране на виртуалния образ на града

За генерирането на виртуалния образ на града е използвана следната методика. Първо се прави заснемане на локацията. Използват се дронове и ръчни камери. С тях се прави фотограметрична реконструкция. Така се генерира 3D модел на обекта. На базата на историческите източници и този тримерен модел се прави нов тримерен модел на града и на прилежащия му терен. След това се прави заснемане и реалната локация на снимки с дрон и се генерират изображения, които са направени от точното място на заснемането на изображенията. Изображенията се обработват като се използва техниката фотоколаж. По този начин се получават генерираните изображения на града.

Фотограметрична реконструкция на града

Целта е да се заснеме и изгради точен и текстуриран 3D модел на южната порта на римската част на град Хисар и прилежащата ѝ крепостна стена, като за това се използва

методът на фотограметрията. Процесът включва изследване на правилния начин на заснемане с различни камери и дрон, генериране и текстуриране, както и последващата обработка на тримерния модел. На фигура № 141 е показан генерираният модел на портата и крепостната стена.



Фигура № 141: Генерираният тримерен модел на крепостната стена на град Диоклецианопол.
Авторско изображение, генерирано със софтуер Capture Reality.

Реконструкция и доизграждане на геометрията в оригиналния ѝ вид

При изграждането на виртуалния образ на античния град се започва заснемането и направените проучвания. Анализира се информацията от историческите извори и от направеното заснемане на обекта.

В случая се започва от моделиране и текстуриране на терена. След това се правят портите, градските стени и крепостните кули. Продължава се с генериране на уличната мрежа на базата на направеното проучване. Изграждат се сградите, добавят се хората - гражданите и войската, заедно с превозните средства. Накрая се допълват и природните елементи - като дървета, храсти, камъни.

Създаване на компютърно генерираните изображения

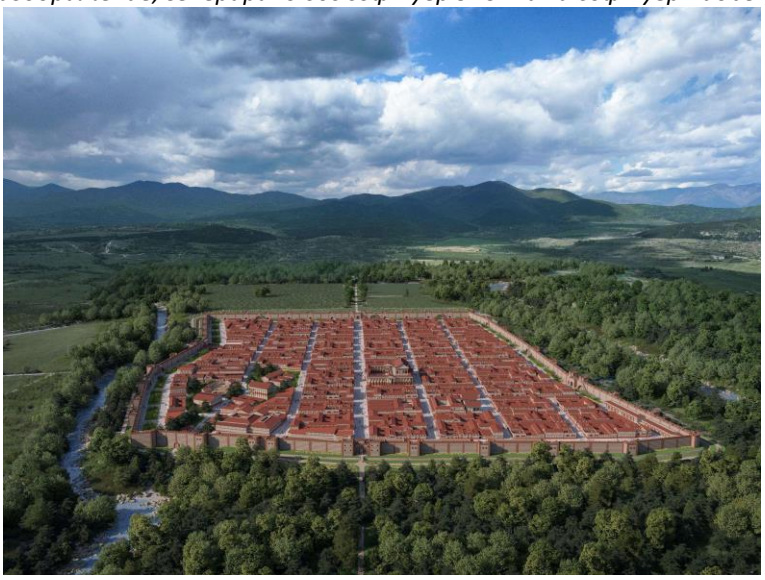
След като всички тримерни модели с добре изработени материали са готови, се преминава към тяхното композиране и осветяване, като за тази цел се прилагат вече изследваните принципи. При визуализациите от птичи поглед е използвана техниката фотомонтаж. Четири от така генерираните изображения са показани на фигури № 159, № 160 и № 163.



Фигура № 159: Визуализация на град Диоклецианопол от птичи поглед.
Авторско изображение, генерирано със софтуер 3DS Max и софтуер Adobe Photoshop.



Фигура № 160: Визуализация на южната порта на град Диоклецианопол.
Авторско изображение, генерирано със софтуер 3DS Max и софтуер Adobe Photoshop.



Фигура № 163: Визуализация на град Диоклецианопол от птичи поглед.
Авторско изображение, генерирано със софтуер 3DS Max и софтуер Adobe Photoshop.

Създаване на уеб приложението

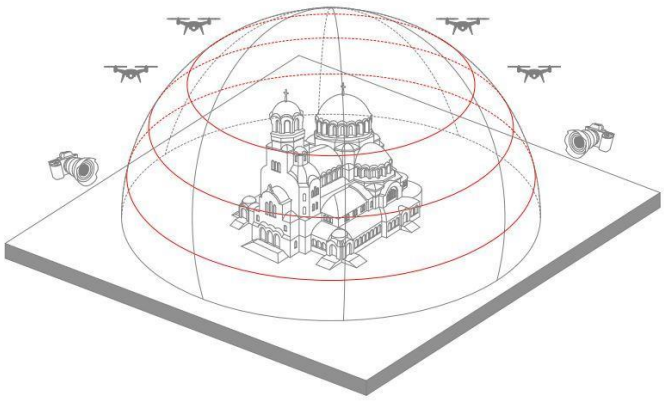
Целта е да се създаде статичен уебсайт, който да онагледи по-добре резултатите от направената реконструкция. Уебсайтът е достъпен на адрес: https://hisar.netlify.app/

3.2. Фотограметрично заснемане и реконструкция на храм-паметник „Св. Александър Невски“, София, с дрон и ръчни камери

Целта на експеримента е дигитализация и изграждане на 3D модел на храм-паметник „Св. Александър Невски“ чрез фотограметрично заснемане. Допълнително се проучват методите, предизвикателствата и процесът на работа при реални условия.

Заснемане

Първото заснемане е извършено на 23.10.2022 г. с дрон DJI Mini 2 и ръчна камера GoPro Hero 10 Black. Снимките са направени от различни височини: 60 м (23 кадъра), 30 м (34 кадъра) и 1.60 м (27 кадъра). Камерите са позиционирани в концентрични окръжности около сградата (Фигура 167). При заснемането се вземат предвид атмосферните условия и градската среда.

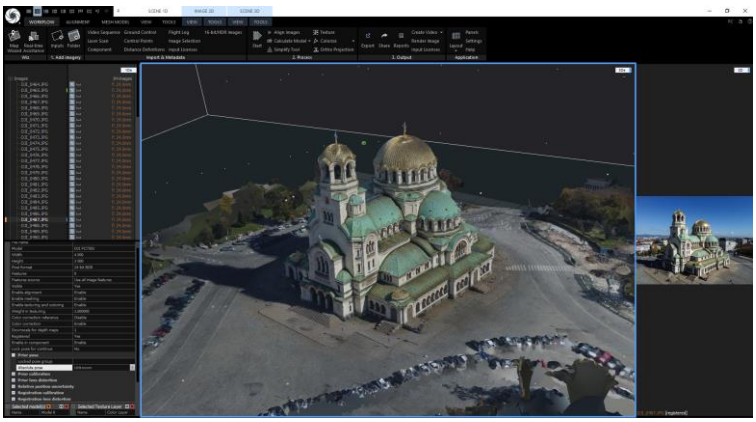


Фигура № 167: Схема на фотограметрично заснемане, заснето с дрон и ръчна камера.
Авторско изображение, генерирано със софтуер Adobe Photoshop.

3D реконструкция

Генерирането на 3D модела е извършено със софтуер CaptureReality. Процесът включва:

1. Импортиране на снимките – използване на GPS данни.
2. Генериране на геометрията – избрано е средно ниво на детайлност, а процесът продължава 46 минути.
3. Текстуриране – автоматично генериране на текстури, като основният проблем е запазването на сенки в текстурата (Фигура 171).
4. Експортиране – моделът е записан във формат .obj с текстури в .png.



Фигура № 171: Изображението показва текстурирания 3D модел на сградата.
Авторско изображение, генерирано със софтуер Reality Capture.

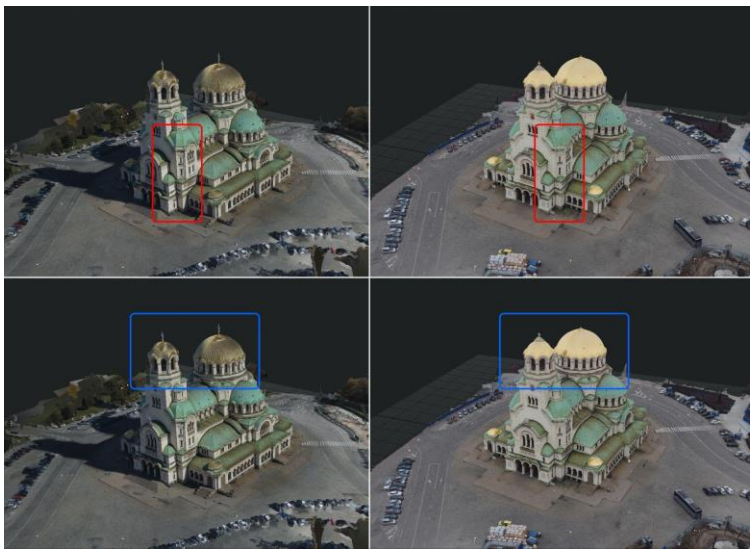
Повторно заснемане

На 04.03.2023 г. е направено повторно заснемане при облачно време, което елиминира проблема със сенките. Извършени са 70 снимки с дрон (35 на 35 м и 35 на 60 м). В резултат на това текстурата на 3D модела е равномерна и по-качествена (Фигура 173).



Фигура № 173: Фотограметрична реконструкция на храм-паметник „Св. Александър Невски“.
Авторско изображение. Моделът е генериран със софтуер Reality Capture.

На фигура № 173 са показани гонерираните модели, като левите изображения представят фотограметричната реконструкция, направена от изображения, заснети в слънчев ден (първото заснемане), докато десните - в облачен ден с дифузна светлина (второто заснемане). Те разкриват разлики в текстурите в зависимост от условията на заснемане. При слънчево време сенките и отраженията се запазват в текстурата, което създава неравномерност и нежелани отблясъци. В облачно време, без пряка светлина, текстурата остава равномерна и без артефакти. Това е важно за създаването на качествени 3D модели, тъй като вградената информация за светлина и отражения може да доведе до нереалистични резултати при по-късно осветяване на модела.



Фигура № 174: Съпоставка на резултатите от фотограметричните реконструкции на храм-паметник „Св. Александър Невски“.
Авторско изображение, генерирано със софтуер Adobe Photoshop.

Изводи от съпоставката на двете заснемания

1. Основният извод от направените реконструкции е, че заснемането на модела трябва да се извърши при подходящи атмосферни условия - като облачност, която да предотврати пряката слънчева светлина. По този начин всички повърхности стават еднакво осветени и цветовете им са идентични. Така генерираният модел е приложим във всякакви сценарии на осветяване в 3D сцените.
2. Когато се заснема сградата, удачният подход е да се използват два вида камери - ръчна камера и дрон с камера, които да снимат във висока резолюция (минимум 4000 пиксела по дългата страна). Когато се правят снимките, е добре да се използва целият размер на сензора. Например, ако сензорът е с пропорция 3:4, снимките също да бъдат с тази пропорция, а не примерно 16:9.
3. Когато се заснема сградата с ръчна камера, е добре да се използва трипод. Това позволява поддържането на константна височина на кадъра и стабилизира снимката.
4. Препоръчва се да се използват дронове със система за избягване на препятствия. В противен случай се рискува увреждане на самия дрон и на имуществото на околните.
5. Препоръчва се, когато се заснема обект, той винаги да е добре композиран в кадъра.

3.3. Тест - Фотометрична стерео (Photometric stereo) техника за изграждане на текстури. Изграждане на пространството за заснемане на обекти, обработка на текстурата и приложението ѝ

Цел

1. Създаване на пространство за сканиране на текстури.
2. Дигитална обработка на заснетите повърхности.
3. Приложение на получените текстури в проекти.

Методика

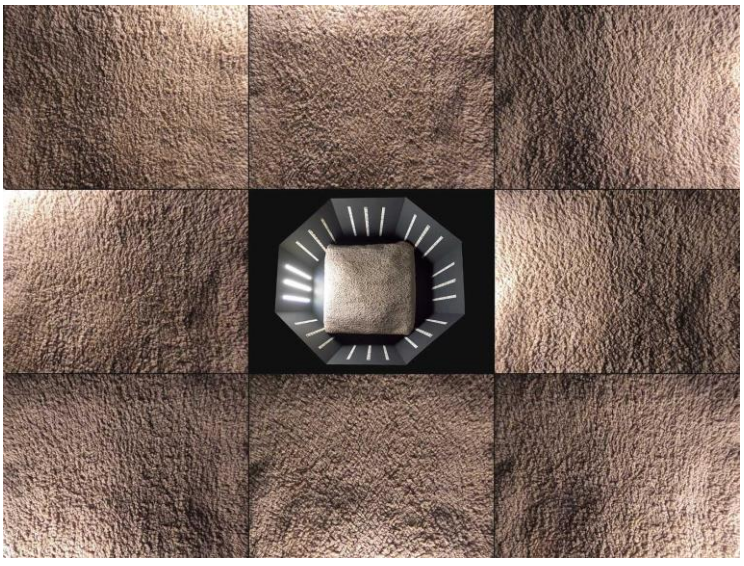
Текстурите се заснемат в напълно тъмна среда, осветени от различни ъгли. Камера, монтирана на капак, улавя изображенията, които впоследствие се обработват със специализиран софтуер за генериране на дигитални текстури.

Изграждане на пространството за заснемане

Конструира се осмоъгълна призматична кутия (страни 20 см, височина 20 см) от черен пенокартон. Осветлението се осигурява от LED ленти (6500K), разположени на осем страни, с възможност за индивидуално управление. Камера GoPro Hero 10 Black е избрана заради безжичното управление и лекотата на конструкцията. Фигура 175 илюстрира уреда.

Заснемане и обработка

Обектът се поставя в кутията и се заснема под осем различни осветявания. Получените изображения се коригират за експозиция и се обработват в Adobe Substance Designer, който създава карти на основния цвят, височини и неравности (Фиг. 177). Генерираните текстури се експортират и импортират в 3DS Max за проверка и финална корекция (Фиг. 185).



Фигура № 177: Показва резултата от заснемането на повърхност на тъканен материал.
Авторско изображение, заснето с камера GoPro HEro 10 Black.

Приложение

Генерираните текстури могат да се използват за визуализация на интериорни проекти, позволявайки оценка на материали в реалистична среда. Например, приложението върху килим в интериорно пространство демонстрира ефективността на метода (Фиг. 182).



Фигура № 182: Показва компютърно генерирано изображение на проект на интериор с два различни материала на килима.
Авторско изображение, генерирано чрез софтуер 3DS Max и софтуер Adobe Photoshop.

Изводи

Изработката на сканиращата кутия отнема около 4 часа и изисква технически познания. Впоследствие, процесът на заснемане и обработка на текстурите е значително по-бърз (около 1 час), което прави метода ефективен за дигитализиране на физически повърхности.

3.4. Полеви тест – сравнителен анализ между конвенционалния и дигиталния метод за генериране на текстура.

Заснемане и генериране на текстура на стена, изградена с фасадна тухлена зидария, срещу генерирането на текстурата дигитално. За целта е избран материалът на фасадата на Биологическия факултет на Софийския университет, София

Цел на изследването

Целта на изследването е сравнителен анализ между два метода за генериране на текстури – дигитален и конвенционален. Като обект за заснемане е избрана тухлената фасада на Биологическия факултет на Софийския университет. Основните критерии за оценка са принципът на работа, постигнатото качество и времето за генериране на текстурата.

Методика на изследването

Изследването включва заснемане на фасадна текстура, последваща обработка и сравнение с изцяло дигитално генерирана текстура.

Конвенционален метод

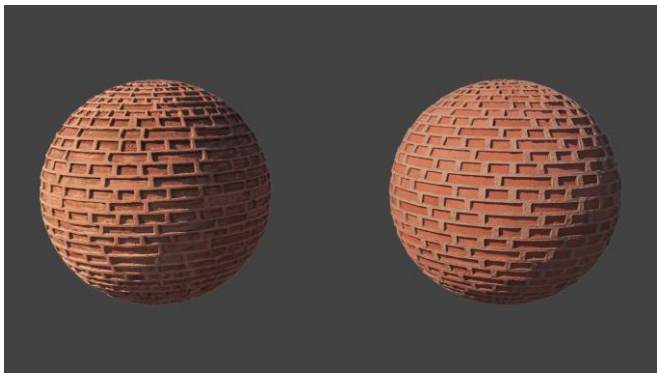
Заснемането е извършено с камери Nikon D3300 и GoPro Hero 10 Black при облачно време, което елиминира сенките и гарантира точност на цветовете. Обработката включва корекции в Adobe Photoshop за премахване на перспективни изкривявания и създаване на безшевна текстура. Генерирани са допълнителни карти в Adobe Substance Alchemist, но текстурата за отстояния (displacement) изисква ръчна обработка. Общото време за този метод е 90 минути. Основното предимство е високата фотореалистичност, но методът е зависим от атмосферните условия и изисква ръчна работа.

Дигитален метод

Създаването на текстурата се извършва в Adobe Substance Alchemist, използвайки базови материали и модификатори за пресъздаване на тухлена зидария. Генерирането на текстурата позволява пълен контрол върху несъвършенствата и отраженията. Времето за изработка е гъвкаво, а процесът е напълно дигитален, но липсват естествените вариации на реалната текстура.

Сравнителен анализ

На фигура 189 са представени резултатите от двата метода. Конвенционалният метод осигурява по-добро цветово разнообразие и детайлност, докато дигиталният метод позволява по-голям контрол върху параметрите на текстурата. Нормалните карти при двата метода са сходни, но при отраженията дигиталният метод предлага по-голяма прецизност.



Фигура № 189: Показва компютърно генерирано изображение за две сфери с материал на тухлена зидария. За лявата е използван материал, генериран чрез заснемане на реална повърхност, а на дясната сфера е приложен изцяло компютърно генериран материал.
Авторско изображение, генерирано чрез софтуер 3DS Max.

Изводи

И двата метода са приложими в реални проекти. Конвенционалният метод е предпочитан за максимален фотореализъм, но е зависим от условията на заснемане и изисква ръчна обработка. Дигиталният метод предлага гъвкавост и автоматизация, но може да липсва автентичността на реалните текстури. Изборът между двата подхода зависи от конкретните изисквания на проекта.

3.5. Дигитализиране на околното пространство в Южен парк, София чрез HDRI заснемане

Въведение

Изображенията с висок динамичен диапазон (HDRI) са съществен технологичен напредък в архитектурната визуализация, осигурявайки по-реалистични и детайлни представяния. Настоящото изследване разглежда процеса на HDRI заснемане и генериране чрез експеримент, проведен в Южен парк, София.

Цел

Основната цел е да се заснеме реална локация, да се създаде HDRI файл и да се приложи за осветяване на сцени в архитектурни проекти, като се формулират добри практики за HDRI генериране.

Методика

Процесът включва три основни етапа: заснемане, обработка и осветяване на виртуална сцена. Заснемането е извършено с камера Insta360 One X2 на 03.07.2023 г. между 19:20 – 19:30 ч. от фиксирана позиция, като са направени 12 снимки с различни експозиции.

Обработване на снимките

Снимките са комбинирани в HDR файл чрез Adobe Photoshop (File/Automate/MergeToHDRPro), като са премахнати артефакти и нежелани обекти. Крайният файл е записан в Radiance HDR (.hdr) формат, използван в компютърната графика.

Осветяване на сцена

Генерираната HDRI 360-панорама е приложена за осветяване на сцена. Фигура 195 илюстрира резултата – компютърно генерирано изображение на рефлективна сфера, осветена с HDRI карта, където се виждат реалистични сенки и отражения.



Фигура № 195: Показва компютърно генерирано изображение на сфера, осветена от генерираната HDRI 360-панорама.
Авторско изображение, генерирано със софтуер Adobe Photoshop.

Заключение

Използването на HDRI се превръща в незаменим инструмент в архитектурната визуализация. Това позволява на архитекти и 3D артисти да създават зашеметяващи и фото-реалистични представяния на своите проекти. Благодарение на точното симулиране на околната среда, HDRI осигурява ниво на реализъм, което значително подобрява разбирането на архитектурната концепция. Тъй като технологията продължава да се развива, HDRI продължава да бъде критичен елемент в работния процес при изработването на архитектурни визуализации. Това дава възможност на артистите да вдъхват живот на своите визии по завладяващи и убедителни начини.

3.6. Дигитализиране на терена на „Бунарджик тепе“ в Пловдив по метода на фотограметрията

Фотограметричната реконструкция е ефективен метод за дигитализиране на терени. Настоящото изследване разглежда необходимото оборудване, процеса на заснемане и възникналите предизвикателства при сканирането на терени.

Цел

Целта е да се изследва дигитализирането на терен в градска среда чрез фотограметрична реконструкция, като се анализират стъпките на процеса, възникналите проблеми и добрите практики. Проведено е заснемане и реконструкция на „Бунарджик тепе“, Пловдив, и са направени препоръки за бъдещи фотограметрични заснемания.

Методика

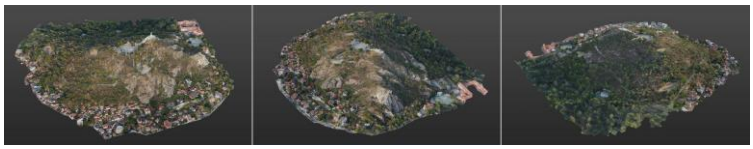
Процесът включва заснемане, фотограметрична реконструкция, обработка на 3D модела и експортиране. Заснемането е извършено с дрон DJI Mini 2, като са направени 172 снимки от различни ъгли.

Генериране на геометрията

Избрано е средно ниво на детайлност, което осигурява баланс между качество и изчислителна ефективност. Генерирането на геометрията отнема 57 минути.

Експортиране на модела

Моделът е експортиран във формат .obj, а текстурите - в .png, за да се запази високо качество. Фигура 199 показва различни изгледи на финалния 3D модел.



Фигура № 199: Изображението показва генерирания чрез фотограметрична реконструкция 3D модел на сградата.
Авторско изображение, генерирано със софтуер Reality Capture.

Изводи

При заснемане на терен в градска среда с дрон трябва да се внимава със смущенията в сигнала и влиянието на атмосферните условия. Препоръчва се използване на софтуер за планиране на летателния маршрут и избор на подходящи метеорологични условия за оптимални резултати.

3.7. Изводи

Когато трябва да се изработи висококачествено компютърно генерирано изображение на даден архитектурен обект, е необходимо да се приложат всички налични методи и техники за създаване на тримерни модели и текстури, които формират изображението. Това включва прецизно моделиране на архитектурните елементи и внимателен избор и създаване на

текстури, които да предадат автентичния вид на материалите. При възможност трябва да се заснеме и пространството около обекта, което допринася за по-голяма реалистичност и интеграция на обекта в неговата среда. Всички тези елементи се композират по начин, който да е естетически задоволителен и убедителен за зрителя.

От направените опити и изследвания в тази глава са изведени множество правила и насоки при изработката на висококачествени тримерни модели, създаването на фотореалистични виртуални материали и точното заснемане и възпроизвеждане на светлината и околното пространство. Всеки един от практическите опити и тестовете, проведени в тази глава, изследва цялостния процес на работа, необходим за постигането на най-висококачествени резултати.

Изследвани са проблемните ситуации, възникващи по време на работа, и са предложени конкретни решения за тяхното преодоляване. Демонстрирани са реални резултати и е показано приложението на изведените принципи в практиката на архитектурните визуализации. Тези резултати и демонстрации не само илюстрират ефективността на предложените методи, но и предоставят практически примери, които могат да служат като ръководство за професионалистите в областта на компютърната графика и архитектурната визуализация.

Заключение

Съвременното архитектурно проектиране изисква все по-висококачествени и по-фотореалистични визуализации на архитектурните проекти. Чрез такива изображения проектантите могат много по-ефективно да представят идеите и вижданията си за дадения проект.

Представеният дисертационен труд предлага ясно дефинирани принципи за създаването на фотореалистични изображения, които задължително трябва да се следват. Компютърно генерираните изображения и виртуалната реалност имат четири компонента, които задължително трябва да присъстват. При условие че един от тях отсъства, усещането за реализъм необратимо се губи. Тези компоненти са:

1. Използването на висококачествени 3D модели с правилно генерирани геометрии.
2. Използването на висококачествени материали с правилно обработени текстури.
3. Логично осветление, което да допринесе за цялостната атмосфера на изображението.
4. Правилна, хармонична и добре обмислена композиция както на кадъра, така и на отделните елементи в него.

Всеки един от тези елементи е изключително важен и към него трябва да се подходи с разбиране и отношение. В зависимост от ситуацията, 3D моделите могат да се генерират по два основни начина - конвенционално и дигитално. Когато се прави избор как да се подходи, трябва да се вземе предвид резултата, който се изисква да се получи и да се направи преценка кой от двата начина отнема повече време.

Конвенционалният метод представлява заснемане на реален материал, който впоследствие се обработва и се създава дигитален. Тази дигитализация изисква да бъде направена по един от наличните методи - реконструкция чрез заснемане на едно изображение, фотограметрична реконструкция и реконструкция чрез фотометрично стерео заснемане. Дигиталният метод се разделя на два вида - реконструкция чрез слоево базирана система и чрез система, базирана на възли. Чрез направените опити и проучвания, настоящият труд задава препоръки и насоки с кой метод да се подходи при определена ситуация. Изборът на правилния подход е от изключителна важност, защото оптимизира времето, за което може да бъде изработено компютърно генерираното изображение.

Когато се избира с кой метод да се подходи при направата на материал за виртуалното пространство, трябва да се предвиди на какъв 3D обект ще бъде приложен. Трябва да се вземе предвид колко отдалечен е обектът от камерата и на каква площ се прилага материалът. Допълнително трябва да се има предвид дали материалът ще бъде използван в бъдеще или не. Правилният избор на метод, с който да се подходи, води до ефективна оптимизация на времето за генериране на материала.

Правилното използване на светлината във виртуалното пространство има важна роля при генерирането на висококачествени компютърно генерирани изображения. То може да се направи или изцяло дигитално, или да се заснеме реалното осветление на дадена ситуация, която да се използва във виртуалното пространство. В зависимост от дадения случай, двата

вида осветление имат своите предимства и недостатъци. Правилният избор на начина на осветяването на сцената води до подобряване на фотореалистичността на генерираните изображения и до по-малко време за генерирането им. Настоящият труд, на базата на опити и съпоставка на различните методи, дава препоръки как да се осветява дадена сцена и елементите в нея.

Композицията е изключително важен елемент при направата на компютърно генерирани изображения. Настоящият дисертационнен труд разглежда особеностите на различните видове композиции и задава препоръки и насоки кои композиционни принципи да се следват от архитектите и артистите при направата на архитектурни визуализации.

Настоящият дисертационен труд представя множество проведени практически опити, които доказват приложението на практика на така изградената методика. Той задава ясни насоки как да се процедира при изграждането на модели, текстури и светлини във виртуалното пространство, така че те да са максимално фотореалистични, бързи за правене и максимално оптимизирани като файлове.

Обобщено дисертационният труд представя аспектите при генерирането на съвремени архитектурни визуализации. Представя съвременни методи за генериране на виртуални обекти и материали. Задават се оптимални принципи при композирането на елементите и светлините при компютърно генерираните изображения. Следвайки така дефинираните принципи и методи, е създадена виртуална хипотетична възстановка на град Диоклецианопол, днешен Хисар, така както е изглеждал през Античността. Дигитализиран е храм-паметник „Св. Александър Невски“. Изработен е висококачествен 3D модел с оптимизирана геометрия и текстури. Дигитализиран е теренът на „Бунарджик тепе“ в Пловдив и е генериран висококачествен 3D модел с оптимизирана геометрия и текстури.

Приноси

Научни приноси

1. Ясна и точна дефиниция на основополагащите принципи за изграждането на висококачествени и фотореалистични компютърно генерирани изображения.
2. Задаване на добри практики в коя ситуация от цикъла на проектиране с кой метод да се подходи при изработката на висококачествени тримерни модели.
3. Задаване на добри практики в коя ситуация от цикъла на проектиране с кой метод да се подходи при изработка на висококачествени дигитални материали.
4. Задаване на добри препоръки как да се подхожда при композирането на сцената, спрямо дадената ситуация.
5. Задаване на добри практики, спрямо ситуацията, с кой метод да се подходи при осветлението на сцената.

Научно-приложни приноси

1. Изработка на хипотетична възстановка на град Диоклецианопол, днешен Хисар, във виртуалното пространство. Дигитализиране на крепостните стени на града в сегашното им състояние, чрез метода на фотограметричното заснемане. Изграждане на висококачествени компютърно генерирани изображения и уеб приложение на хипотетичната възстановка на античния град.
2. Дигитализиране на храм-паметник „Св. Александър Невски“. Изработен е висококачествен 3D модел, с оптимизирана геометрия и текстури, който може да се използва при направата на компютърно генерирани изображения и VR-приложения.
3. Дигитализиране на терена на „Бунарджик тепе“ в Пловдив. Изработен е висококачествен 3D модел, с оптимизирана геометрия и текстури, който може да се използва при направата на компютърно генерирани изображения и VR-приложения.
4. Задаване на начин на работа при дигитализиране на повърхности по метода на фотометричното стерео заснемане. Задаване на насоки за изработване на уред за дигитализиране на тези материали.

Справка за приносите на дисертационния труд

1. Вследствие на анализ и синтез на различните методи за дигитализирането на повърхности, е изградена система от критерии, които подпомагат архитектите и артистите в избора на техника според повърхността на материала, който искат да дигитализират.
2. Предложени са работещи композиционни принципи на базата на опита на автора и световните примери.
3. Примерите от реализирани от автора проекти потвърждават направените изводи.
4. Настоящият труд показва необходимостта от изграждането на висококачествени тримерни модели, които да са правилно текстурирани, осветени и композирани, за да въздействат максимално на зрителя на изображението.

5. Разработените принципи, методи и анализ подобряват значително качеството на обучението на студентите в специализирания курс „Компютърни технологии в архитектурата част I и част II” в Университета по архитектура, строителство и геодезия.
6. Вследствие прилагането на принципите, методите и анализа е установено повишаване на интереса от лекционния курс.
7. Принципите и анализите в дисертационния труд са отразени като практическо приложение в реализираните проекти на автора.

АВТОРСКИ СТАТИИ, НАПРАВЕНИ ПО ТЕМАТА НА НАСТОЯЩИЯ ТРУД

1. "**Методи за дигитализиране на повърхности на материали и приложението им във виртуална среда**", автор арх. Атанас Христозов, XI Международна научно-техническа конференция ИНОВАЦИИ В ГОРСКАТА ПРОМИШЛЕНОСТ И ИНЖЕНЕРНИЯ ДИЗАЙН, 3-5 октомври 2022 г., Хотел Рила, к.к. Боровец, БЪЛГАРИЯ http://inno.ltu.bg/

2. "**ДИГИТАЛИЗИРАНЕТО НА СГРАДИ ПО МЕТОДА НА ФОТОГРАМЕТРИЧНАТА РЕКОНСТРУКЦИЯ И ПРИЛОЖЕНИЕТО И В ПРОЕКТИРАНЕТО**", автор арх. Атанас Христозов, НАЦИОНАЛНА НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКА КОНФЕРЕНЦИЯ „ДИГИТАЛНИ ТЕХНОЛОГИИ В АРХИТЕКТУРАТА, ДИЗАЙНА И ВИЗУАЛНИТЕ ИЗКУСТВА", Нов български университет, 27-28 април 2023 г. https://architecture.nbu.bg/bg/konferencii/nacionalna-nauchno-prakticheskata-konferenciq-digitalni-tehnologii-v-arhitekturata-dizajna-i-vizualnite-izkustva-2023
3. "**ДИГИТАЛИЗИРАНЕТО НА ПОВЪРХНОСТИ ПО МЕТОДА НА ФОТОМЕТРИЧНАТА СТЕРЕО РЕКОНСТРУКЦИЯ И ПРИЛОЖЕНИЕТО ИМ В ПРОЕКТИРАНЕТО**", автор арх. Атанас Христозов, XXIII международна научна конференция ВСУ`2023, 22-24 юни 2023 г., XXIII МЕЖДУНАРОДНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ - ВСУ'2023 - СБОРНИК ДОКЛАДИ Том I, ISSN: 1314-071X https://conference.vsu.bg/

4. "**МЕТОДИКА ПРИ ДИГИТАЛИЗИРАНЕТО НА ОКОЛНОТО ПРОСТРАНСТВО ЧРЕЗ HDRI (ИЗОБРАЖЕНИЕ С ВИСОК ДИНАМИЧЕН ДИАПАЗОН) И ПРИЛОЖЕНИЕТО МУ В АРХИТЕКТУРНОТО ПРОЕКТИРАНЕ**", автор арх. Атанас Христозов, Научна конференция: "Съвременни технологии в дизайна, архитектурата, изкуството и културата." - Технически университет, 16-17 ноември 2023 г., http://design.tu-sofia.bg/d-etc-conference/

5. "**ДИГИТАЛИЗИРАНЕ НА ОКОЛНОТО ПРОСТРАНСТВО НА ЮЖЕН ПАРК, СОФИЯ, ПО МЕТОДА НА HDRI (ИЗОБРАЖЕНИЕ С ВИСОК ДИНАМИЧЕН ДИАПАЗОН) ЗАСНЕМАНЕ**", автор арх. Атанас Христозов, Научна конференция: "Съвременни технологии в дизайна, архитектурата, изкуството и културата" - Технически университет, 16-17 ноември 2023 г. http://design.tu-sofia.bg/d-etc-conference/

6. "**ADVANCING FABRIC MATERIAL DIGITALIZATION THROUGH PHOTOMETRIC STEREO RECONSTRUCTION**", автор арх. Атанас Христозов, XII Международна научно-техническа конференция ИНОВАЦИИ В ГОРСКАТА ПРОМИШЛЕНОСТ И ИНЖЕНЕРНИЯ ДИЗАЙН, 7-9 октомври 2024 г., Хотел Империал, Пловдив, БЪЛГАРИЯ, Science Journal "INNOVATION IN WOODWORKING INDUSTRY AND ENGINEERING DESIGN", Vol. 2, Sofia 2024 , ISSN 1314-6149 http://inno.ltu.bg/