

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ КІБЕРБЕЗПЕКИ, КОМП'ЮТЕРНОЇ
ТА ПРОГРАМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ІНФОРМАТИКИ**

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

_____ Гамаюн В.П.

(підпис)

(ПІБ)

“ _____ ” _____ 2021р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ “БАКАЛАВР”

Тема: 3D візуалізація інтер'єру дому_____

Виконавець: _____ Паламарчук Ольга Юріївна
(підпис) (ПІБ)

Керівник: _____ Толстікова Олена Володимирівна
(підпис) (ПІБ)

Нормоконтролер: _____ Боровик Володимир Миколайович
(підпис) (ПІБ)

Київ 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет кібербезпеки, комп'ютерної та програмної інженерії
Кафедра прикладної інформатики
Освітній ступень Бакалавр
Спеціальність 122 "Комп'ютерні науки"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Гамаюн В.П.

(підпис)

(ПІБ)

“ _____ ” _____ 2021р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломного проекту

Паламарчук Ольги Юріївни

(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема дипломного проекту: 3D візуалізація інтер'єру дому
затверджена додатком до наказу ректора від “ ___ ” _____ 2021 р., № ___ /ст _____
2. Термін виконання проекту: з “ ___ ” _____ 2021 р. по “ ___ ” _____ 2021 р.
3. Вихідні дані до проекту: 1. Зробити аналіз предметної області. 2. Здійснити проектування 3D візуалізації. 3. Здійснити реалізацію 3D візуалізація інтер'єру дому.
4. Зміст пояснювальної записки: 1. Аналіз предметної області. 2. Проектування 3D візуалізації. 3. Реалізація 3D візуалізації інтер'єру дому.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: 1. Діаграма варіантів використання. 2. Діаграми станів процесів програмної системи. 3. Діаграма розгортання програмної системи. 4. Структура 3D візуалізації. 5. Інтерфейс.

6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.	Здійснити аналіз предметної області	10.04.21-15.04.21	
2.	Здійснити проектування 3D візуалізації	16.04.21-24.04.21	
3.	Здійснити реалізацію 3D візуалізації інтер'єру дому	01.05.21-14.05.21	
4.	Оформити текстові і графічні матеріали дипломного проекту	17.05.21-30.05.21	
5.	Підготувати презентацію по дипломному проекту	30.05.21-31.05.21	

7. Дата видачі завдання: " ____ " _____ 2021 р.

Керівник дипломного проекту _____ Паламарчук О.Ю.
(підпис керівника) (ПІБ.)

Завдання прийняла до виконання _____ Паламарчук О.Ю.
(підпис випускника) (ПІБ.)

ВСТУП

Концепт об'єкта або проекту, в основному, демонструють за допомогою відеороликів і картинок, зроблених на основі 3D-графіки. Все це сценарії в готовому вигляді і демонструють лише те, що компанія-представник вважає за необхідне. Це обмежує перегляд, так як в статичних зображеннях немає можливості відхилитися від сюжету і уважно оглянути деталі. Тривимірна графіка реального часу на сьогоднішній день ефективно застосовується в багатьох предметних областях. Потужність комп'ютерних обчислень дозволяє обробляти досить складні сцени в режимі реального часу без втрати швидкості і якості відображення. Ці можливості привели до появи інтересу до тривимірної візуалізації з боку фахівців з різних сфер діяльності. Так, в області архітектури і містобудування віртуальні будівлі з прогулянками по приміщеннях і віртуальні міста знаходять все більш широке застосування. Фотореалістична реконструкція об'єктів дозволяє на етапі проектування ефективно працювати із замовником, використання 3D моделей в процесі навчання, в музейних, реставраційних, рекламних, комерційних проектах також є сучасним і перспективним.

РОЗДІЛ 1. Аналіз та оцінка програм комп'ютерної графіки для інтерактивної 3D візуалізації

1.1 Параметри оцінювання програм 3D моделювання приміщень.

Було підібрано наступний список найбільш популярних програм, якими користуються архітектори, художники, дизайнери і візуалізатори: 1. Blender; 2. 3D Max; 3. Sweet Home 3D; 4. Sketch Up Make; 5. Pro 100; 6. Floor Plan 3D; 7. ARCON 3D Architect; 8. ARCHICAD; 9. Maya; 10. Artlantis; 11. LUMION; 12. Cinema 4d. Потрібно зазначити, що серед них є такі, що більше використовуються в архітектурному (Archicad) та анімаційному (Lumion, Cinea 4d) спрямуванні. Вибір параметрів якості оцінювання базується на стандарті ISO 9126:2001, де кожна характеристика описується за допомогою кількох вхідних у неї атрибутів. Для кожного атрибута визначається набір метрик, що дозволяють його оцінити. В даному випадку, це: «Функціональність», «Зручність використання», «продуктивність» або «часова ефективність», а замість зручності супроводу та переносимості програмного продукту, використовується: «інтерфейс програми», «кількість бібліотек 3D моделей і матеріалів», а також найголовніший параметр – «якість рендеру» (фінального зображення після обробки. Потрібно зазначити, що кожний критерій не є рівнозначним, саме тому, умовно назначаються коефіцієнти важливості кожному з них (табл.1.1).

1.2 Рейтингове оцінювання.

Отже, оцінки виставлено від 1 до 10 (табл.1.2), на основі досвіду роботи з подібними програмами, численних переглянутих відео, коментарях користувачів даного ПЗ, якості фінальних рендерів та інших факторах.

Загальна рейтингова оцінка дорівнює сумі балів за кожний параметр, помножений на відповідний індекс оцінювання. Після обрахунків можна сформуванати остаточну рейтингову таблицю(табл.1.3).

1.3 Використання UE 4 для інтерактивної 3D візуалізації.

Unreal Engine 4 (UE4) запущена недавно, в березні 2014 року на Epic Games в якості інструменту для створення потужних ігор. Однак, це програма, яка може бути дуже ефективним засобом для архітектурної візуалізації. Вона, як і раніше, має деякі графічні обмеження у порівнянні зі звичайним V-Ray Рендером чи Corona, хоч це й не заважає отримати неймовірно реалістичні результати в режимі реального часу.

ВИСНОВОК ДО 1 РОЗДІЛУ

Після аналізу та оцінки 12 програмних продуктів за численними параметрами, найкращими для моделювання інтер'єру та екстер'єру є перша четвірка в рейтинговій таблиці, а саме: 3D Max, Cinema 4d, Lumion та Blender. Робота в них є зручною в користуванні, ефективна в часі, а кінцевий результат – інтер'єр будинку, офісу, чи екстер'єр фасаду, з більшою ймовірністю сподобається замовнику. Щодо останньої четвірки по балам, це: Floor Plan 3D, Arcon 3D Architect, Pro 100, Sweet Home 3d, то їх вивчення та використання є не рентабельним. Як засіб для створення інтерактиву виступатиме програма Unreal Engine, яка заявила себе, як потужний інструмент для створення ігор. Отже, для створення шаблону використовуватиметься 3D Max, та Unreal Engine 4.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ІНТЕРАКТИВНОЇ 3D ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

2.1 Системні вимоги.

Перш за все, потрібний комп'ютер з середніми або високими для запуску програмного забезпечення UE4 та 3D Max. Апаратною частиною, рекомендованою Epic Games, є чотирьохядерний процесор 2.5Ghz або вище, 8 Гб оперативної пам'яті і принаймні GeForce GTX470 або Radeon 6870HD серії.

2.2 Розробка моделі приміщення.

Першим етапом є моделювання статичних об'єктів архітектури. За даним планом приміщення, зробленим в ArchiCad, побудовані стіни, підлога, стеля, та видавлені модифікатором Extrude. Створення моделі приміщення (рис .2.1 та 2.2) є довготривалий процес і потребує розуміння і знання програми 3D Max на високому рівні. Цей процес для спеціалістів в даній області займає в середньому на 1 день: 15- 20 м2 площі приміщення.

Після створення приміщення, світла, камер, застосування матеріалів на моделі виконується перевірки правильності налаштувань шляхом рендеру зображень із створених камер. У сцені застосовано 20 камер, з ракурсами, що охоплюють усі кімнати з даного приміщення. Результати роботи показані на рис. 2.3, рис 2.4.

2.3 Накладання текстур та матеріалів в 3ds Max.

Після моделювання, наступним етапом є накладання текстур та створення матеріалів. Всі активи, які будуть підготовлені для UE4 повинні мати відкриті сітки і не перетинаючі між собою грані. Потім створити додатковий UV-канал для правильної розкладки текстури. Якщо сторони перекриваються в Lightmap, то в подальшому текстури в UE не накладуться або накладуться хибно. В 3ds Max можна використовувати метод flattening, щоб відкрити сітку в примітивних об'єктах. Цей метод працює підходить для коробки нашого проекту. Для більш складних об'єктів, таких як меблі, текстиль, декор, потрібно використовувати інший метод, наприклад «відображення шкурок».

При роботі можна зустрітись із деякими проблемами, пов'язаними з матеріалами та їх подальшим експортуванням в UE4. Для їх вирішення і запобігання варто:

1. Зображення текстур, карти, які використовуються в матеріалах переформатувати у .png або .tga (targa). Саме ці формати підтримуються в FBX експорті та використовуються в UE4.
2. Матеріали в 3D Max мають відноситись до “Standart” чи “MultiObject”.
3. Кожне ім'я матеріалу повинно бути унікальним. У випадку повторення, матеріали накладуться неправильно або будуть втрачені при експортуванні.
4. Матеріали варто називати латинськими літерами, і бажано, з префіксом назви моделі, на яку застосовується.

2.4 Експорт 3ds Max моделей Unreal Engine 4

При експорті розмір сцени (кількість полігонів) є важливим фактором. Якщо екпортується лише коробка і незначні елементи внутрішнього оформлення приміщення, то можна експортувати усе одним файлом. В іншому випадку, потрібно розділити модель на кілька частин, наприклад, по кімнатах. У разі не виконання цього UE4 може не сприйняти імпорт, й буде завершувати роботу, видаючи помилку. Безпосередньо перед експортом потрібно зробити кілька важливих кроків:

1. Перевірити System Unit Scale в налаштуваннях проєктах. Величина вимірювання повинна бути в сантиметри, адже в UE4 стандартно використовуються сантиметри.
2. Використати скрипт Multiconvertor[14] для трансформування V-ray та Corona матеріалів в “Standart”. Даний скрипт швидко та автоматично трансформує матеріали, використовувані в сцені.
3. Використання скрипта SteamRoller[15]. Розгортає всі об'єкти в селекції з використанням вбудованої функції Unwrap на основі заданих параметрів. Призначений в основному для текстурної випічки. Даний скрипт також застосує на усі об'єкти UV channel 2, який необхідний для UE4. Якщо сцена складна, процес може тривати кілька годин.
4. Використання скрипта Ts_tools[16]. Він розбиває велику сцену на менші частини, дає унікальні імена mesh об'єктам, виправляє зсув центру осей трансформування кожного предмету.

2.5 Імпорт 3ds Max моделей Unreal Engine 4

Інструкція імпорту моделі до UE 4: - Натиснути кнопку «Створити» в Content Browser, вибрати «Import». Знайти і вибрати файл FBX, який потрібно імпортувати у файловий браузер. Примітка: можна вибрати FBX файли (* .fbx) у випадуючому списку, щоб відфільтрувати непотрібні файли. - Шлях імпортованого активу залежить від поточного місця розташування Content Browser під час імпорту. - Вибрати відповідні параметри у діалоговому вікні імпорту (рис. 2.6).

- Натиснути кнопку «Імпорт», для імпорту сітки. Отриманий матеріал сітки, та текстури будуть відображатися в Content Browser, якщо процес був успішним. - Хоча текстури і матеріали можуть бути імпортовані із статичною сіткою, тільки колір і Normal будуть автоматично підключені (за умови, якщо підтримуване обладнання використовувалося в 3D Max). Дзеркальні карти будуть імпортовані, але не підключені, інші карти, наприклад, карти Ambient Occlusion в слот diffuse матеріалу, не будуть навіть імпортовані. - Після імпорту файлів в браузер вмісту треба перейти до верхньої області перегляду і перетягнути усі моделі відразу (використовуючи CTRL для вибору більше одного об'єкта). Таким чином, можна імпортувати усі об'єкти в сцену, у правильному розміщенні на осях координат, які створювались в 3ds Max. - Наступна річ після імпорту активів - переміщення їх в сцену: в Content Browser (Ctrl + E).

2.6 Налаштування матеріалів в Unreal Engine 4

Приклад налаштування матеріалів дуже простий, він складається з карт diffuse, specular, змішаних з чорним кольором. Для збільшення чи зменшення ефекту ставиться функція Multiply (рис.2.7). Та ж карта корегується по кольору та інвертується в каналі roughness (ширшавість). Варто пам'ятати, що карти зберігаються у форматі «.png».

У таких матеріалах як дерево та текстиль варто застосовувати також карту Normal. Вона видавить нерівномірності текстури об'єктам, що добавить

реалістичності. На скляні вироби застосований простий у створенні матеріал з великою прозорістю, відбиванням світла та «бліком» (рис.2.8).

Він має досить темний колір дифузії, нульовий roughness і високе значення дзеркальності. Також застосовується Fresnel (ефект френеля-коефіцієнт заломлення) зі значенням 1,5 для контролю непрозорості і заломлення як в реальності. Є багато більш складних способів отримання більш реалістичного скла, - але даний є цілком достатнім.

2.7 Налаштування світла в UE4

Налаштування освітлення також не складний процес: використовується метод "метод Koala"[17] - поєднання сонця і плям світла в передній частині вікна, для імітування потоку світла. Після цього для розрахунку глобального освітлення важливі тільки кілька налаштувань (рис.2.9).

Варто істотно збільшити освітлення відбитих променів і якість освітлення. Після цього знизити згладжування до 0,6. Як результат: деталі окреслені краще і тіні менші й реалістичніші. Також варто правильно використовувати статичне та динамічне освітлення. Статичне – несе меншу навантаження на сцену, а тіні «запікаються» на текстурах, в той час, як динамічне освітлення – в реальному часі реагує на рухи та зміни положення тіла, обробляючи кожний кадр та змінюючи тінь залежно, від зміни. Для анімації застосовується динамічне освітлення.

Останнім кроком перед натисканням "Створити" буде установка якості освітлення (Lighting Quality) на «Продуктивність» ("Production").

2.11 Алгоритм розробки інтерактивної 3D візуалізації

Усі пройдені етапи при проектуванні шаблону приміщення можна умовно розділити на 3 блоки: експорт, імпорт, інтерактивність. Дані блоки описують процес, побудований на наступних послідовних кроках: 1. Створення моделі в 3D Max: - Експорт плану приміщення; - Побудова коробки; 2. Перевірка Unit Scale (см). 3. Накладання матеріалів на об'єкти: - Усі використовувані зображення повинні мати формат .png; - Використання скрипта для перетворення матеріалів на Standart (multiconvertor); -

Використання скрипта для UV channel та розгортки моделей (steamroller). 4. Перейменування Meshes (об'єктів): - Додавання префіксів до імен; - Латинські літери; - Унікальність кожного об'єкту. 5. Налаштування FBX export - Включити пункт "Smoothing groups"; - Включити пункт "tangents and binormals"; - Включити пункт "Preserve edge orientation". 6. Налаштування FBX export: - Включити "auto generate collision" для low-poly об'єктів; - Виключити "auto generate collision" для high-poly об'єктів; - Виключити "Generate Light map UV`s"; - Виключити "Combine meshes". 7. Маніпуляції із персонажем: - Його масштабування; - Швидкість переміщення. 8. Перевірка матеріалів. Налаштування їх. 9. Включення Collision на low poly об'єкти. 10. Налаштування світла: - Денне світло; - Точкове світло; - Додавання та налаштування HDRI; - Додаткове освітлення (Skylight) та відбиття. 11. Використання Blueprints: - Ефекти анімації води, диму, вогню тощо; - Функція швидкого переміщення по плану чи приміщенню; - Функція заміни текстури чи моделі в режимі реального часу; - Функція «вільного польоту»; - Включення та виключення світла; - Включення, виключення телевізора; - Звуковий супровід; - Інші додаткові функції. 12. Відкривання дверей: - Автоматичне відкривання; - Відкривання, за допомогою клавіші. 13. Створення інтерфейсу: - Меню; - Інструкція користування. По успішному завершенню даних кроків, проект інтерактивної 3D візуалізації буде готовий.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

Даний розділ описує процес розробки інтерактивної 3D візуалізації від початку створення моделі в 3D Max до завершення усіх маніпуляцій в Unreal Engine 4. Отже, побудовано приміщення з внутрішнім наповненням. На моделі внутрішнього наповнення накладено матеріали з певними параметрами. Карти матеріалів були переформатовані в «.png». Поставлено та налаштовано світло і камери. Зроблені візуалізації приміщення, з кількома ракурсами на кожну кімнату. Для подолання несумісностей, при експортуванні перевірено System Unit Scale в налаштуваннях проекту. Величина вимірювання повинна бути в сантиметрах, адже в UE4 стандартно використовуються сантиметри. Використано скрипт Multiconvertor для трансформування V-ray та Corona матеріалів в “Standart”. Даний скрипт швидко та автоматично трансформує матеріали, використовувані в сцені. Саме “Standart” підтримується в UE4. Використали скрипт SteamRoller. Він розгортає всі об’єкти в селекції з використанням вбудованої функції Unwrap на основі заданих параметрів. Призначений в основному для текстурної випічки. Даний скрипт також застосує на усі об’єкти UV channel 2, який необхідний для UE4. Оскільки, наша сцена є складною та об’ємною, даний процес обробки зайняв близько 4 годин. Використано скрипт Ts_tools[17] для розбиття великої сцени на менші частини, для створення унікальних імен mesh-об’єктам та для виправлення зсуву центру осей кожного предмету. Після імпорту в UE 4. Матеріали були перевірено та оновлені. Встановлено освітлення з коректними параметрами. Використано ефект вогню для каміну у вітальні. На low poly об’єкти накладено Collision для того, щоб обмежити простір пересування в межах будинку (стін), для можливості «ходити» по підлозі, та для уникнення перетину користувача з об’єктами наповнення. Було створено та розписано процес анімації для автоматичного відкривання дверей. Дана анімація необхідна, для переходу між кімнатами чи приміщеннями. Час анімації - 3 секунди. Відстань, при якій двері відкриваються, задані box trigger.

РОЗДІЛ 3. ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНИЙ АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ

3.1 Постановка задачі техніко-економічного аналізу

У роботі застосовується метод ФВА для проведення техніко-економічного аналізу розробки системи аналізу нелінійних нестационарних процесів. Оскільки основні проектні рішення стосуються всієї системи, кожна окрема підсистема має їм задовольняти. Тому фактичний аналіз представляє собою аналіз функцій програмного продукту, призначеного для збору, обробки та проведення аналізу гетероскедастичних процесів в економіці та фінансах. Відповідно цьому варто обирати і систему показників якості програмного продукту. Технічні вимоги до продукту наступні: програмний продукт повинен функціонувати на персональних комп'ютерах із стандартним набором компонент; забезпечувати високу швидкість обробки великих об'ємів даних у реальному часі; забезпечувати зручність і простоту взаємодії з користувачем або з розробником програмного забезпечення у випадку використання його як модуля; передбачати мінімальні витрати на впровадження програмного продукту.

3.2 Обґрунтування системи параметрів ПП

На підставі даних про основні функції, що повинен реалізувати програмний продукт, вимог до нього, визначаються основні параметри виробу, що будуть використані для розрахунку коефіцієнта технічного рівня. Для того, щоб охарактеризувати програмний продукт, будемо використовувати наступні параметри: X1 – кількість можливих функцій користувача; X2 – потенційний об'єм проекту; X3 – часова ефективність. X1: Відображає можливі маніпуляції, які зможе робити клієнт у проекті, після кінцевої розробки. X2: Показує розмір моделі чи моделей, які необхідно створити безпосередньо розробнику. X3: Терміни, за які розробник має виконати інтерактивну 3D візуалізацію приміщення (параметр є впливаючим із «зручності» та «простоти» алгоритму шаблону).

3.3 Економічний аналіз варіантів розробки ПП

Для визначення вартості розробки ПП спочатку проведемо розрахунок трудомісткості. Всі варіанти включають в себе два окремих завдання: 1. Розробка проекту шаблону; 2. Розробка функцій шаблону; Завдання 1 за ступенем новизни відноситься до групи А, завдання 2 – до групи Б. За складністю алгоритми, які використовуються в завданні 1 належать до групи 2; а в завданні 2 – до групи 3. Для реалізації завдання 1 використовується довідкова інформація, а завдання 2 використовує інформацію у вигляді моделі. Проведемо розрахунок норм часу на виконання для кожного з завдань. Загальна трудомісткість обчислюється як $T_0 = T_P \cdot K_P \cdot K_{СК} \cdot K_M \cdot K_{СТ} \cdot K_{СТ.М}$, (3.1) де T_P – трудомісткість розробки ПП;

K_P – поправочний коефіцієнт;

$K_{СК}$ – коефіцієнт на складність вхідної інформації;

K_M – коефіцієнт рівня мови програмування;

$K_{СТ}$ – коефіцієнт використання стандартних модулів і прикладних програм;

$K_{СТ.М}$ – коефіцієнт стандартного математичного забезпечення.

Для першого завдання, виходячи із норм часу для завдань розрахункового характеру ступеню новизни А та групи складності алгоритму 2, трудомісткість дорівнює: $T_P = 36$ людино-днів. Поправочний коефіцієнт, який враховує вид перемінну інформацію (ПП) для першого завдання: $K_P = 2,52$. Поправочний коефіцієнт, який враховує складність контролю вхідної та вихідної інформації для всіх завдань рівний 1: $K_{СК} = 1$. Оскільки при розробці першого завдання використовуються стандартні модулі, врахуємо це за допомогою коефіцієнта $K_{СТ} = 0,8$. Тоді, за формулою 3.1, загальна трудомісткість програмування першого завдання дорівнює:

$$T_1 = 36 \cdot 2,52 \cdot 0,8 = 72,57 \text{ людино-днів.}$$

Проведемо аналогічні розрахунки для подальших завдань. Для другого завдання (використовується алгоритм третьої групи складності, ступінь новизни Б), тобто $T_P = 19$ людино-днів, $K_P = 0,9$, $K_{СК} = 1$, $K_{СТ} = 0,8$: $T_2 = 19 \cdot$

$0.9 \cdot 0.8 = 13,68$ людино-днів. $T_3 = 12 \cdot 0.5 \cdot 0.8 = 4.8$ людино-днів. $T_4 = 8 \cdot 0.36 \cdot 1.2 = 3.456$ людино-днів.

Складаємо трудомісткість відповідних завдань для кожного з обраних варіантів реалізації програми, щоб отримати їх трудомісткість:

$$T_I = (72,57 + 13,68 + 4.8 + 13,68) \cdot 8 = 837,84 \text{ людино-годин};$$

$$T_{II} = (72,57 + 13,68 + 3.456 + 13,68) \cdot 8 = 827 \text{ людино-годин};$$

Найбільш високу трудомісткість має варіант I. В розробці беруть участь один програміст-візуалізатор з окладом 17000. Визначимо зарплату за годину за формулою: $SЧ = M \cdot \square \cdot \square$ грн., де M – місячний оклад працівників;

$\square \cdot \square$ – кількість робочих днів тиждень; \square – кількість робочих годин в день.

$SЧ = 17000 \cdot 1 \cdot 21 \cdot 8 = 101$ грн. Тоді, розрахуємо заробітну плату за формулою $SЗП = Sч \cdot T \cdot КД$, де $SЧ$ – величина погодинної оплати праці програміста; T – трудомісткість відповідного завдання; $КД$ – норматив, який враховує додаткову заробітну плату. Зарплата розробника за варіантами становить: I.

$$SЗП = 101 \cdot 837,84 \cdot 1.2 = 101\,546 \text{ грн.}$$

$$\text{II. } SЗП = 101 \cdot 827 \cdot 1.2 = 100\,232 \text{ грн.}$$

Відрахування на єдиний соціальний внесок в залежності від групи професійного ризику (6 клас) становить 22%: I. $СВІД = SЗП \cdot 0.3682 = 101\,546 \cdot 0.22 = 22\,340,12$ грн. II. $СВІД = SЗП \cdot 0.3682 = 100\,232 \cdot 0.22 = 22\,051,04$ грн. Тепер визначимо витрати на оплату однієї машино-години. (СМ) Так як одна ЕОМ обслуговує одного програміста з окладом 17000 грн., з коефіцієнтом зайнятості 0,2 то для однієї машини отримаємо:

$$СГ = 12 \cdot M \cdot КЗ = 12 \cdot 17000 \cdot 0,2 = 40\,800 \text{ грн.}$$

З урахуванням додаткової заробітної плати: $SЗП = СГ \cdot (1 + КЗ) = 40\,800 \cdot (1 + 0,2) = 48960$ грн. Відрахування на єдиний соціальний внесок: $СВІД = SЗП \cdot 0.22 = 48960 \cdot 0,22 = 10\,771,2$ грн. Амортизаційні відрахування розраховуємо при амортизації 25% та вартості ЕОМ – 28000 грн.

$CA = KTM \cdot KA \cdot ЦПР = 1.08 \cdot 0.25 \cdot 28000 = 7560$ грн., де КТМ– коефіцієнт, який враховує витрати на транспортування та монтаж приладу у користувача; КА– річна норма амортизації; ЦПР– договірна ціна приладу. Витрати на ремонт та профілактику розраховуємо як:

$CP = KTM \cdot ЦПР \cdot КР = 1.08 \cdot 28000 \cdot 0.05 = 1512$ грн., де КР– відсоток витрат на поточні ремонти. Ефективний годинний фонд часу ПК за рік розраховуємо за формулою:

$ТЕФ = (ДК - ДВ - ДС - ДР) \cdot t3 \cdot KB = (365 - 104 - 8 - 5) \cdot 8 \cdot 1 = 1984$ годин, де ДК – календарна кількість днів у році; ДВ, ДС – відповідно кількість вихідних та святкових днів; ДР – кількість днів планових ремонтів устаткування; t – кількість робочих годин в день;

KB– коефіцієнт використання приладу у часі протягом зміни. Витрати на оплату електроенергії розраховуємо за формулою:

$СЕЛ = ТЕФ \cdot NC \cdot КЗ \cdot ЦЕН = 1984 \cdot 0,750 \cdot 1 \cdot 1,94 = 2886,72$ грн., де NC – середньо-споживча потужність приладу, кВт;

КЗ– коефіцієнтом зайнятості приладу; ЦЕН – тариф за 1 кВт-годин електроенергії. Накладні витрати розраховуємо за формулою:

$СН = ЦПР \cdot 0.67 = 28000 \cdot 0,67 = 18760$ грн. Тоді, річні експлуатаційні витрати будуть:

$СЕС = СЗП + СВІД + CA + CP + СЕЛ + СН$
 $СЕС = 48960 + 10771,2 + 7560 + 1512 + 2886,72 + 18760 = 90449,92$ грн. Собівартість однієї машино-години ЕОМ дорівнюватиме: $СМ-Г = СЕКС / ТЕФ = 90449,87 / 1984 = 45,58$ грн/год. Оскільки в даному випадку всі роботи, які пов'язані з розробкою програмного продукту ведуться на ЕОМ, витрати на оплату машинного часу, в залежності від обраного варіанта реалізації, складає:

$СМ = СМ-Г \cdot T$
I. $СМ = 45,58 \cdot 837,84 = 38188,7$ грн.;
II. $СМ = 45,58 \cdot 827 = 37694,66$ грн.;

Накладні витрати складають 67% від заробітної плати: $СН = СЗП \cdot 0,67$
I. $СН = 101546 \cdot 0,67 = 68035,82$ грн.;
II. $СН = 100232 \cdot 0,67 = 67155,44$ грн.;

Враховуючи, вартість продукту Hal Archviz Toolkit – 84.99\$. Отже, вартість розробки ПП за варіантами становить:

СПП = СЗП+ СВІД+ СМ +СН I. СПП = 101 546 + 38 188,7 + 22 340+ 68 035,82 = 230 110,52 грн.; II. СПП = 100 232 + 37 694,6 + 22 051 + 67 155,44 + 2213,9 = 229 346 грн.;

3.4 Висновки до даного розділу

В даному розділі проведено повний функціонально-вартісний аналіз ПП, який було розроблено в рамках дипломного проекту. Процес аналізу можна умовно розділити на дві частини. В першій з них проведено дослідження ПП з технічної точки зору: було визначено основні функції ПП та сформовано множину варіантів їх реалізації; на основі обчислених значень параметрів, а також експертних оцінок їх важливості було обчислено коефіцієнт технічного рівня, який і дав змогу визначити оптимальну з технічної точки зору альтернативу реалізації функцій ПП. Другу частину ФВА присвячено вибору із альтернативних варіантів реалізації найбільш економічно обґрунтованого. Порівняння запропонованих варіантів реалізації в рамках даної частини виконувалось за коефіцієнтом ефективності, для обчислення якого були обчислені такі допоміжні параметри, як трудомісткість, витрати на заробітну плату, накладні витрати. Після виконання функціонально-вартісного аналізу програмного комплексу що розроблюється, можна зробити висновок, що з альтернатив, що залишилися після першого відбору двох варіантів виконання програмного комплексу оптимальним є другий варіант реалізації програмного продукту. У нього виявився найкращий показник техніко-економічного рівня якості $KTEP = 1,404 \cdot 10^{-5}$. Цей варіант реалізації програмного продукту має такі параметри: Вибір ПЗ для моделювання: 3D Max; Експортування з використанням скриптів; Налаштування з використанням Hal Archviz Toolkit. Даний варіант виконання програмного комплексу дає користувачу зручний інтерфейс, широкий функціонал і швидкодію.

ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі розглянуто актуальний стан технології інтерактивної 3D візуалізації. Розроблено ряд критеріїв для оцінювання програмних продуктів області 3D візуалізації, а саме: (список критеріїв). За даними критеріями, для створення інтерактивної 3D візуалізації з моделі приміщення, обрано програму 3D Max. Також на основі проаналізованої літератури та доступних матеріалів, засобом для імпорту моделі з 3D Max та створення інтерактиву обрано Unreal Engine4. Кожен крок був детально проаналізований та розписаний для подальшого застосування в аналогічних проектах з комерційним спрямуванням. Також складений алгоритм дій, за яким був створений шаблон проекту квартири, з приміщенням: спальні, дитячої, коридору, кухні та гостьової. Даний шаблон функціонує та готовий для використання. Для правильного експортування приміщення в Unreal Engine: 1) Використано скрипт Multiconvertor для трансформування V-ray та Corona матеріалів в “Standart”. Даний скрипт швидко та автоматично трансформує матеріали, використовувані в сцені. Саме “Standart” підтримується в UE4. 2) Використано скрипт SteamRoller. Він розгортає всі об'єкти в селекції з використанням вбудованої функції Unwrap на основі заданих параметрів. Призначений в основному для текстурної випічки. Даний скрипт також застосує на усі об'єкти UV channel 2, який необхідний для UE4. Оскільки, наша сцена є складною та об'ємною, даний процес обробки зайняв близько 4 годин. 3) Використано скрипт Ts_tools[17] для розбиття великої сцени на менші частини, для створення унікальних імен mesh-об'єктам та для виправлення зсуву центру осей кожного предмету. Приміщення було успішно експортовано в Unreal Engine 4, з усіма відповідними налаштуваннями, проте із втратами деяких матеріалів, як і передбачалось. Матеріали перевірено та налаштовано з виправленням помилок. Для сцени використано денне світло від сонця та skylight. Також застосовані точкове та радіальне освітлення на лампи, бра, люстри та верхнє освітлення. Було створено та розписано процес анімації для автоматичного відкривання дверей. Дана анімація необхідна, для

переходу між кімнатами чи приміщенням. Час анімації - 3 секунди. Відстань, при якій двері відкриваються, задані box trigger. В даній роботі були застосовані Blueprints із збірки інструментів компанії HAL. Вони дають користувачу додаткові режими: Режим редагування: Швидке перемикання моделей і / або матеріалів (наприклад, кухонні шафи і стільниці, меблі, стіни, колір або щонебудь, що потрібно змінити); Режим камери: створення скріншотів HD в реальному часі; Режими роботи контролера: Walk або Fly (режим «безпілотного» перегляду) через візуалізацію; Проаналізовано дану технологію стосовно перспективності її використання, і як результат зроблено висновок, що на сьогоднішній день немає українських дизайн студій, з даною послугою, що підтверджує, що дана технологія є нова, а український ринок для неї вільний. Це відкриває великі перспективи для потенційних інвесторів, у зв'язку з великим попитом та можливістю завищити ціну у порівнянні з реальною собівартістю. Дана технологія є дуже перспективною і вже за 2-3 роки інтерактивна 3D візуалізація буде викладатись у найвідоміших університетах світу й буде у переліку послуг сотень компаній.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Портфолио дизайнера [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://designpub.ru>. – Название с экрана.
2. 30 стильных сайтов агентств и персональных портфолио дизайнеров [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://seo-design.net/>. – Название с экрана.
3. Как создать портфолио графического дизайнера? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://creativshik.com/>. – Название с экрана.
4. Как научиться создавать сайты? [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://www.ucraft.ru/>. – Название с экрана.
5. Как писать функциональные требования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/>. – Название с экрана.
6. Нефункциональные требования к программному обеспечению. Часть 1 [Электронный ресурс]: – Нефункциональные требования: какие они бывают. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/231961/>.
7. Зачем нам UML? Или как сохранить себе нервы и время [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/458680>. – Название с экрана.
8. Что такое унифицированный язык моделирования? [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.lucidchart.com/>.
9. Структура сайта: разработка структуры в виде схемы, типы и примеры [Электронный ресурс]: – Что такое структура сайта и зачем она нужна. – Режим доступа: <https://postium.ru/struktura-sajta-razrabotka-v-vidе-sxemy/>. – Название с экрана.
10. Основы HTML [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://developer.mozilla.org/>. – Название с экрана.

11. HTML Tutorial [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.w3schools.com/html/>
12. Зачем используется CSS [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://wiki.rookee.ru/>.
13. Что Такое CSS: Каскадные Таблицы Стилей Для Начинающих [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.hostinger.com.ua/>. – Название с экрана.
14. Основы Sass [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://sass-scss.ru/guide/>. – Название с экрана.
15. Определение и особенности языка PHP [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://htmlacademy.ru/tutorial/php/basics>. – Название с экрана.
16. Современный учебник JavaScript [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://learn.javascript.ru/> – Название с экрана.
17. JavaScript и jQuery [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://html5book.ru/javascript-jquery/>. – Название с экрана.
18. Как Купить Домен – Руководство по Регистрации Доменного Имени [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.hostinger.com.ua/>. – Название с экрана.
19. Как работает хостинг сайтов: особенности услуги [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://deltahost.ua/>. – Название с экрана.
20. Офіційний сайт fazenda. Стаття Максима Гинзбурга на тему: «Інтерактивна 3D презентація як новий маркетинг в будівництві» - Режим доступу: <http://fazenda.spb.ru/experts/post/sovety-ekspertov/interaktivnaya-3dvizualizaciya-kak-novyy-marketing-v-stroitelstve/> - Дата доступу: 14.04.2021
21. Офіційний сайт Reality Virtual Studio (2016) - Режим доступу: <https://www.zerodensity.tv/products/reality/> - Дата доступу: 14.04.2021
22. Офіційний сайт habrahabr. Стаття на тему: «Архітектурна візуалізація в Unreal Engine 4» - Режим доступу: <https://habrahabr.ru/post/253503/> - Дата доступу: 15.04.2021

23. Офіційний сайт Компанії Archi VR - Режим доступу: <http://archi-vr.ru/index.html> - Дата доступу: 16.04.2021
24. Офіційний сайт easyrender. Стаття на тему: «Найпопулярніші рендерингове програмне забезпечення, що використовується архітекторами та дизайнерами». - Режим доступу: <https://www.easyrender.com/blog/the-most-popular-rendering-software-used-by-architects-anddesigners> - Дата доступу: 29.03.2021
25. Якість програмного забезпечення ISO 9126:2001
26. Офіційний сайт компанії lumion- Режим доступу: <https://lumion3d.com/> - Дата доступу: 16.04.2021
27. Офіційний сайт компанії Autodesk - Режим доступу: <http://www.autodesk.ru/products/3ds-max/features> - Дата доступу: 5.04.2021
28. Голубков Є.П. "Маркетингові дослідження: теорія, методологія і практика." 2-ое вид, перероб. і доповнене, - М: Видавництво "Финпресс". Співвідношення попиту та пропозиції і ціноутворення 2003. – 25 с. 10. Офіційний сайт компанії 3dvector - Режим доступу: <http://3dvector-pro.ru/ceny/> - Дата доступу: 16.04.2021
29. Офіційний сайт компанії weekend-production - Режим доступу: <http://weekend-production.ru/> - Дата доступу: 17.04.2021
30. Architectural Visualization Prices - Режим доступу: <https://www.easyrender.com/blog/architectural-visualization-prices> - Дата доступу: 20.04.2017
31. Офіційний сайт компанії 3d-3d - Режим доступу: <http://3d-3d.ru/> - Дата доступу: 20.05.2021
32. Офіційний сайт скрипта Vraymtlconverter-v2-5 - Режим доступу: <http://www.scriptsspot.com/3ds-max/scripts/vraymtlconverter-v2-5> - Дата доступу: 20.05.2021
33. Офіційний сайт скрипта Steamroller - Режим доступу: <http://www.scriptsspot.com/3ds-max/scripts/steamroller> - Дата доступу: 20.05.2021

33. Офіційний сайт збірки скриптів Tstools - Режим доступу:
<http://www.tomshannon3d.com/2014/09/tstoolsv11.html> - Дата доступу:
20.05.2021

34. Впечатляющая графика на Unreal Engine 4 от Koola - Режим
доступу: <http://gadgets-news.ru/vpechatlyayushhaya-grafika-na-unreal-engine-4-otkoola/> - Дата доступу: 20.05.2021

35. Офіційний сайт Unreal Engine. Документація на тему «Creating a
main menu» - Режим доступу:
<https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/UMG/QuickStart/3/index.html> -
Дата доступу: 23.05.2021