

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний економічний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії

Голод Юрій Васильович

**Програмний модуль візуалізації пакету 3ds Max із
використанням методу світлових сіток/ The
program module for 3ds Max package visualization
using the light grids method.**

спеціальність: 6.050102 - Комп'ютерна інженерія
освітньо-професійна програма - Комп'ютерні системи та мережі

Випускна кваліфікаційна робота

Виконав: студент групи КСМ-43/2
ГОЛОД Юрій Васильович

Науковий керівник
к.т.н., Гураль І. В.

ТЕРНОПІЛЬ 2019

РЕЗЮМЕ

Бакалаврська робота містить 62 сторінки пояснюючої записки, 18 рисунків, 5 таблиць, 3 додатки. Обсяг графічного матеріалу 2 аркуші формату А3.

Метою бакалаврської роботи є розроблення алгоритму роботи програмного модуля візуалізації пакету 3Ds Max на основі методу світлових сіток.

Реалізовано програмний модуль 3Ds Max в середовищі Microsoft Visual Studio із використанням 3Ds Max SDK і мови програмування C ++. Реалізовано MAXScript-версію модуля.

Створено динамічну бібліотеку DLL – модуль FastLMM, що підключається до 3Ds Max. Тип модуля – Shadow Generator по специфікації Max SDK. Програмний модуль забезпечує вибір алгоритму прискорення розрахунку: з використанням алгоритму тіньових об'ємів, без прискорення. Створено користувальницький інтерфейс для редагування параметрів алгоритму: якість зображення, радіус розмиття кордонів тіні, вибір конкретного алгоритму прискорення (алгоритм тіньових об'ємів, без прискорення), прискорене рисування Express реалізацією, для алгоритму тіньових об'ємів розмір тіньової карти.

Похибка, що вноситься алгоритмами в розрахунок становить в середньому кілька відсотків, що дуже мало у контексті завдання генерації м'яких тіней. Таким чином, запропоновані алгоритми дозволяють прискорити розрахунок зображень по методу світлових сіток без відчутних втрат якості.

Ключові слова: БЕЗПРОВІДНА КОМП'ЮТЕРНА МЕРЕЖА, ПРОПУСКНА ЗДАТНІСТЬ, НАДІЙНІСТЬ.

RESUME

The bachelor's thesis contains 62 pages of explanatory note, 18 figures, 5 tables, 3 appendices. Volume of graphic material 2 sheets of A3 format.

The purpose of the bachelor's work is to develop an algorithm for the software module for visualization of the 3Ds Max package based on the method of light grids.

Implemented 3Ds Max software module in Microsoft Visual Studio environment using 3Ds Max SDK and C ++ programming language. Implemented MAXScript version of the module.

A dynamic DLL library has been created - a FastLMM module that connects to 3Ds Max. Module type - Shadow Generator according to Max SDK specification. The software module provides a choice of algorithm for speeding up the calculation: using the algorithm of shadow volumes, without acceleration. A user interface has been created for editing algorithm parameters: image quality, shadow blur radius, selection of a specific acceleration algorithm (shadow volume algorithm, without acceleration), accelerated drawing by Express implementation, shadow shadow size algorithm for shadow volume algorithm.

The error introduced by the algorithms in the calculations is on average a few percent, which is very small in the context of the task of generating soft shadows. Thus, the proposed algorithms allow to accelerate the calculation of images by the method of light grids without significant loss of quality.

Keywords: WIRELESS COMPUTER NETWORK, PERFORMANCE, RELIABILITY.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
Аналіз сучасних алгоритмів та методів трьохвимірною моделювання.....	7
1.1 Загальні поняття тривимірної графіки та методів їх візуалізації.....	7
1.2 Обґрунтування вибору методу світлових сіток для побудови 3D моделей.....	14
1.3 Аналіз технічного завдання та постановка задачі бакалаврської роботи	21
2 Розробка алгоритму роботи програмного модуля візуалізації пакету 3ds max із використанням методу світлових сіток.....	24
2.1 Особливості сучасного програмного забезпечення для побудови 3D моделей.....	24
2.2 Специфікація можливостей програми 3Ds Max	32
2.3 Алгоритм роботи програмного модуля візуалізації пакету 3Ds Max....	37
3 Програмний модуль Autodesk 3DS max із використанням методу світлових сіток	40
3.1 Розробка програмного модуля візуалізації пакету 3Ds Max	40
3.2 Програмна реалізація методу світлових сіток в 3Ds Max.....	46
3.3 Тестування та верифікація програмного модуля.....	51
Висновки	58
Список використаних джерел	59

					БР.КСМ. 07083/15.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ПРОГРАМНИЙ МОДУЛЬ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ПАКЕТУ 3DS MAX ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ СВІТЛОВИХ СІТОК.	Літ.	Арк.	Акрушів
Розробив		Голод Ю.В..					8	
Перевір.		Гураль І.В.				ТНЕУ, ФКІТ, КСМ-41/1		
Консульт.		Паздрій І.Р.						
Н. Контр.		Мельник Г.М..						
Затвердив		Березький О.М.						

ВСТУП

На сьогоднішній день область застосування фотореалістичної тривимірної графіки дуже широка. Вона включає в себе кіноіндустрію, комп'ютерні ігри, рекламу, дизайн, наукову візуалізацію і інші області. Широке поширення продуктів комп'ютерної графіки, постійне зростання продуктивності комп'ютера сприяє безперервному підвищенню вимог до отримуваних зображень. І, хоча зростання потужностей обчислювальних засобів дозволяє вирішувати все більш складні завдання візуалізації тривимірних сцен, зростання складності самих завдань випереджає його.

Для створення фотореалістичних тривимірних зображень необхідно враховувати безліч аспектів: властивості джерел освітлення (форма, кількість, колір), властивості поверхонь предметів, що знаходяться на сцені (колір, дзеркальність, прозорість). Одним з найважливіших аспектів реалістичності є наявність і правильна форма тіней. Тіні для людини несуть важливу інформацію, пояснюють форму і взаємне розташування предметів графічної сцени. В тому числі, велике значення має чіткість кордонів тіні.

У комп'ютерній графіці часто використовуються точкові джерела освітлення, що створюють лише чітку межу – чіткі тіні. Однак тіні, які спостерігаються в реальному житті, мають плавний перехід від повної тіні до світла, званий півтінню, – м'які тіні. Для створення візуально правдоподібних зображень з м'якими тінями розроблено безліч різних методів. Однак було виявлено [1], що, хоча всі вони або мають гарну продуктивність, але на отриманих зображеннях спостерігаються графічні артефакти, або вони дають досить реалістичний результат, але вимагають значних обчислень. Однак, метод світлових сіток (МСС) [1, 2], будучи модифікацією зворотного рекурсивної променевої трасування Віттеда (ЗРПТ) [3], дозволяє генерувати правдоподібні м'які тіні без артефактів швидше багатьох алгоритмів в разі складних і надскладних сцен [1].

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для впровадження МСС в практику, його необхідно вбудувати в будь-якої графічний редактор, тому що окремий додаток малокорисні, зазвичай користувачі моделюють тривимірні сцени в популярних графічних редакторах, таких як Autodesk Maya, Autodesk 3ds Max, Cinema4D, Blender і т.д. З причини того, що програмний продукт Autodesk 3ds Max [4] широко популярний для вирішення завдань реалістичної тривимірної графіки і має засоби створення додаткових функціональних модулів, саме він був обраний в якості бази для створення модуля (плагін 3ds Max), що реалізує МСС.

Для зменшення часу розрахунку зображень по МСС частина обчислень може бути перенесена з центрального процесора на графічний прискорювач шляхом комплексування МСС з алгоритмом тіньових карт (АТК) [5] – модифікація МСС + АТК.

Метою даної роботи є розробка програмного модуля Autodesk 3ds Max, що забезпечує розрахунок фотореалістичних зображень з генерацією м'яких тіней методом світлових сіток. Очікується, що даний модуль забезпечить прискорення рендерингу сцен в відеофільми (наприклад, навчальні ролики) і дозволить отримувати попередні кадри перед довгим розрахунком фінальної версії.

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ АЛГОРИТМІВ ТА МЕТОДІВ ТРЬОХВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

1.1 Загальні поняття тривимірної графіки та методів їх візуалізації

Зазвичай побудову зображень здійснюється тільки в двох осях – X і Y , де видно тільки одну сторону зображеного предмету. Проте, на сьогоднішній день все більшої популярності набуває тривимірна графіка (3D графіка), що вивчає прийоми і методи створення об'ємних моделей об'єктів, які максимально наближені до реальних. Таким чином, для побудови 3D зображення додається третя вісь Z – вісь глибини. Основним завданням цього виду графіки є створення об'ємної моделі, яку можна обертати і розглядати з усіх боків.

На відміну від двовимірної тривимірної комп'ютерної графіки має ряд переваг, а саме:

– при наявності 3D моделі художнику досить розмістити її в кадрі і анімувати, а отримання фінального зображення лягає на спеціальну програму – візуалізатор (render);

– одна тривимірна модель може бути використана багато разів в різних проектах, так як її можна легко змінювати, деформувати і міняти зовнішній вигляд на свій розсуд, із звичайним двовимірним рисунком такі дії не завжди можливі;

– можливість створення деталізованих моделей (наприклад гвинтиків на годиннику), на загальному плані це не завжди може бути видно, але варто лише наблизити камеру і візуалізатор розрахує, що видно в кадрі, а що – ні.

Найпопулярнішим способом моделювання є полігональне моделювання. Суть цього методу полягає в тому, що поверхня моделі задається у вигляді двовимірних геометричних примітивів – трикутників для комп'ютерних ігор, для інших цілей – чотирикутники і інші багатокутники. Ці багатокутники, з яких складається модель, називаються полігонами. В

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

основному, при створенні 3D моделі, намагаються використовувати чотирикутники, тому що при експорті моделі в ігровий рух чотирикутники легко перетворюються в трикутники, а при необхідності згладжування модель з чотирикутників виходить без артефактів.

Чим більше полігонів містить модель, тим більше ця модель схожа на оригінал. Однак, у великій кількості полігонів є і свої мінуси – зниження продуктивності. Велика кількість полігонів відповідає великій кількості точок, за якими вони будуються, що призводить до збільшення кількості даних, яке доводиться обробляти процесору. Тому при створенні моделі часто доводиться йти на компроміс між продуктивністю і деталізацією моделі. У зв'язку з цим виникли такі терміни, як high poly (високополігональна модель) і low poly (нізкополігональна модель). У комп'ютерних іграх застосовуються нізкополігональні моделі, тому що візуалізація в іграх виконується в реальному часі.

Після етапу моделювання є лише математична модель, яка містить інформацію тільки про геометричні форми об'єкта. Для того, щоб надати моделі потрібний колір і відображувану здатність, використовуються текстури.

Текстура – це двовимірний малюнок, який накладається на тривимірну модель. Текстури бувають процедурними (тобто генеруються за допомогою алгоритму) і намальованими в графічному редакторі. Текстура задає тільки малюнок і колір моделі, а відображувану здатність, переломлення, рельєф і прозорість задаються у властивостях матеріалу. З точки зору тривимірної графіки, матеріал – це математична модель, яка описує параметри поверхні. Перед тим, як накласти текстуру на модель, необхідно зробити її розгортку – тобто уявити поверхню моделі у вигляді проекції на площину. Таким чином створення тривимірної моделі складається з декількох етапів:

- вивід ескізу моделі або ж пошук такого зображення, з чого буде створена модель;
- моделювання геометричної форми об'єкта на основі ескізу або зображення;

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- створення розгортки;
- створення текстур;
- налаштування параметрів матеріалу (текстур, відображення, заломлення, прозорості і т.д.).

Після виконання цих пунктів модель готова для візуалізації або ж можна продовжувати з нею роботу: налаштування ригінга моделі, створення анімації.

У 3D графіці після побудови моделі її потрібно помістити в сцену до інших об'єктів, додати камеру і освітлення, і тільки після цього можна отримати фінальне зображення. Це зображення прораховується на основі фізичної моделі, це модель поширення променів світла з урахуванням відображення, заломлення, розсіювання і т.д. При традиційному малюванні художник сам відмальовує відблиски, відображення, тіні і т.д., а в 3D графіці автор готує сцену з урахуванням геометрії, матеріалів освітлення, властивостей камери, і візуалізатор сам розраховує підсумкове зображення.

Проаналізуємо сучасні методи 3D моделювання. Тривимірні системи працюють з трьома координатами таким чином, при якому зміна одного виду призводить до змін на інших видах. Деякі 3D системи включають в себе такі засоби автоматичного аналізу фізичних характеристик, як моменти інерції, вага тощо. До методів тривимірного моделювання відносять:

- каркасне (дротове) моделювання;
- поверхневе (полігональне) моделювання;
- твердотільне (об'ємне, суцільне) моделювання.

Каркасна модель – це модель, яка повністю описується в термінах ліній і точок. Цей спосіб моделювання має великий ряд обмежень і вважається методом моделювання найнижчого рівня. Більшість обмежень виникає через нестачу інформації про грані, які знаходяться між лініями, і неможливості виділити зовнішню та внутрішню частину зображення об'ємного твердого предмета. До недоліків каркасної моделі можна віднести:

- неоднозначність – необхідність подання всіх ребер для того, щоб представити модель;

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- обмежений клас об'єктів для моделювання – неможливість розпізнавання криволінійних граней істотно звужує коло об'єктів, можливих для моделювання;
- відсутність даних про взаємне розташування двох об'єктів;
- помилки в обчисленні фізичних характеристик об'єкта;
- неможливість виконання тонових зображень через відсутність даних про грані.

Однак не можливо сказати, що цей спосіб моделювання найгірший. Каркасна модель (рисунок 1.1) вимагає менше витрат ресурсів комп'ютера і підходить для вирішення простих завдань. Часто цей метод використовується не при моделюванні, а при відображенні готових моделей як один з методів з візуалізації.

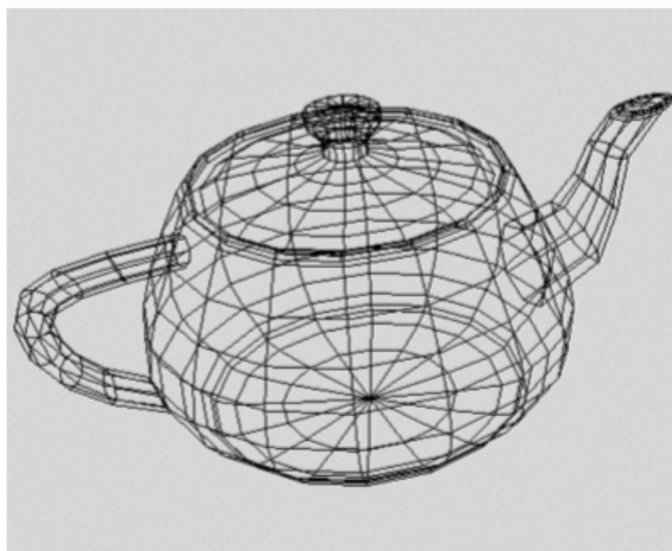


Рисунок 1.1 – Каркасна модель чайника

Іншим методом моделювання є поверхневе моделювання, яке визначається в термінах точок, ліній і поверхонь. Цей метод передбачає, що об'єкти обмежені поверхнями, які відокремлюють їх від навколишнього середовища. Ця оболонка зображена графічними поверхнями. Поверхня об'єкта обмежена контурами, які є результатом двох прилеглих або пересічних поверхонь. Вершини об'єктів задаються перетином трьох

поверхонь. На відміну від каркасного моделювання поверхневе моделювання має такі переваги:

- можливість визначення складних криволінійних граней;
- здатність отримання тонових зображень;
- розпізнавання особливих побудов на поверхні, наприклад, отворів;
- отримання якісного зображення.

В основі поверхневого моделювання (рисунок 1.2) лежать два математичних положення, а саме: будь-яка поверхня може бути апроксимована многогранником, кожна грань якого складається з найпростішого плоского багатокутника; також в моделі допускаються поверхні другого порядку і поверхні, форма яких визначається за допомогою різних способів апроксимації та інтерполяції. Будь-який об'єкт, створений за допомогою поверхневого моделювання, має внутрішню і зовнішню сторону.



Рисунок 1.2 – Поверхневе моделювання чайника

Існують різні типи поверхонь:

- базові геометричні поверхні – це поверхні, які виходять при русі однієї плоскої кривої відносно іншої;
- поверхні обертання – це поверхні, які створюються при обертанні плоскої грані навколо деякої осі;

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

– поверхні сполучень і перетинів – це поверхні, які створюються в результаті сполучення або перетинання поверхонь;

– скульптурні поверхні – поверхні, які неможливо описати математичними рівняннями і які створюються лише за допомогою сплайнів, які з'єднують точки в просторі;

– аналітичні поверхні – поверхні, які описуються математичним рівнянням.

Ще один метод моделювання – твердотільне моделювання (рисунок 1.3). Твердотільна модель визначається в термінах того тривимірного обсягу, який займає визначене нею тіло. Твердотільне моделювання – найдосконаліший і найдостовірніший метод створення реального об'єкту.

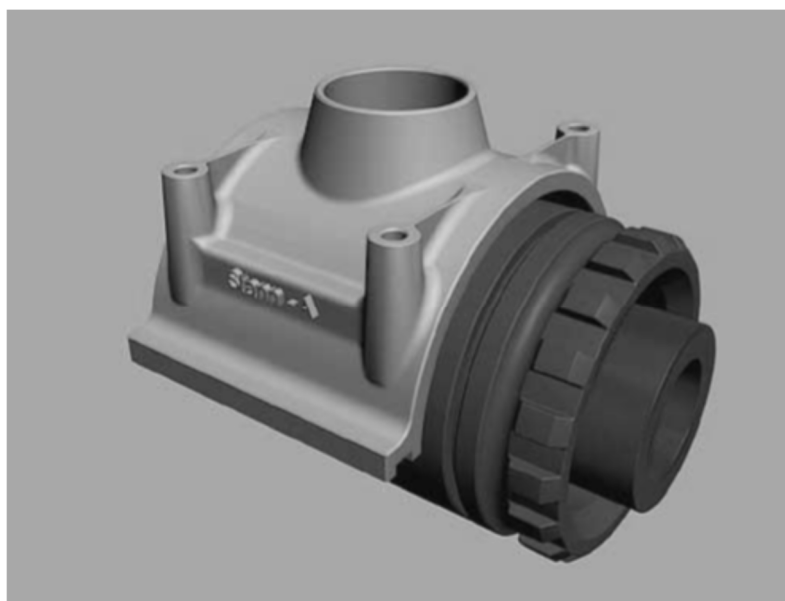


Рисунок 1.3 – Твердотільне моделювання

Перевагами такого методу на відміну від інших є:

- можливість розмежування внутрішньої і зовнішньої областей об'єкту;
- автоматичне видалення прихованих ліній;
- автоматична побудова тривимірних розрізів об'єкта, що важливо при проведенні аналізу складних виробів;

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

- використання методів аналізу з автоматичним отриманням зображення конкретних характеристик;
- здатність отримання тонових зображень.

За способом створення твердотільних моделей розрізняють методи конструктивного та граничного уявлення.

Метод конструктивного уявлення полягає в тому, що з базових складових елементів (твердотільних примітивів, які визначаються формою, розмірами, точкою прив'язки і орієнтацією) створюється твердотільна модель. Твердотільні моделі створюються за допомогою булевих операцій: об'єднання, перетин, різниця.

За допомогою методу конструктивного уявлення забезпечується висока точність розрахунків фізичних властивостей об'єкта. Недолік же полягає в тому, що цей метод відрізняється від звичних способів моделювання і не завжди може бути простий в застосуванні без відповідного досвіду роботи.

Метод граничного уявлення описує межі об'єкта і точно задає межі, що описують тіло. Це єдиний метод, який дозволяє створити точне уявлення геометричного твердого тіла. При цьому підході потрібно задати контури або межі об'єкту і ескізи різних видів об'єкту, а також вказати лінії зв'язків між цими видами для установки взаємної відповідності.

Обидва методи мають свої особливості. Метод конструктивного представлення більш зручний при первинній побудові моделі; крім того, цей метод займає менше місця в базі даних. Однак, на відміну від методу граничного подання, він є не дуже хороший для побудови складних форм. Також, хоча в методі конструктивного уявлення дані займають менше місця, обсяг обчислень при відтворенні моделі виявляється більшою. З іншого боку, метод граничного уявлення зберігає точний опис меж моделі, яке займає багато пам'яті, але майже не вимагає ніяких обчислень для відтворення моделі. Перевагою систем граничного уявлення також є простота перетворення в каркасну модель і назад.

Поєднання конструктивного і граничного уявлень являють собою гібридну систему. Гібридне моделювання дозволяє поєднувати каркасну,

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

твердотельною і поверхневу геометрії, а також використовувати параметричне моделювання.

1.2 Обґрунтування вибору методу світлових сіток для побудови 3D моделей

Для побудови 3D моделі на практиці потрібні алгоритми та методи, збалансовані за часом і за якістю зображення. Розглянемо деякі з них.

На сьогоднішній день цим критерієм найбільш повно відповідає модель освітлення Віттеда, що використовується в алгоритмі зворотного рекурсивного променевого трасування (ЗРПТ) [1].

Модель Віттеда використовує точкові джерела освітлення, що створюють тінь з чіткими кордонами. Однак в рамках даної моделі можна згенерувати і м'які тіні. Для цього потрібно одне точкове джерело освітлення замінити багатьма точковими джерелами. Такий підхід використовується в Autodesk 3Ds Max у вигляді модуля «Area Shadows». Даний метод дозволяє розраховувати м'які тіні і отримувати візуально правдоподібний результат. Однак час виконання збільшується приблизно в стільки разів, скільки джерел освітлення буде використовуватися при розрахунку, тому що час розрахунку зображень зростає при збільшенні числа джерел освітлення.

Варто зазначити, що під генерацією м'яких тіней можна розуміти як розрахунок м'яких тіней, так і їх імітацію.

У випадку «Area Shadows» з метою генерації м'яких тіней відбувалось моделювання об'ємної частини форми джерела освітлення. Але припустимо, що м'які тіні можна імітувати, розмиваючи чіткі межі від точкових джерел освітлення.

Більшість алгоритмів імітації м'яких тіней засноване на алгоритмі тінювих карт і алгоритмі тінювих об'ємів [6]. Аналіз цих алгоритмів показав, що їх область застосування обмежена: вони некоректно працюють

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

при рекурсії (багаторазові відбиття) і на сценах з напівпрозорими поверхнями. У цих випадках алгоритми страждають від графічних артефактів. Перевагою цих методів є те, що вони можуть бути ефективно реалізовані на графічній прискорювач. До складу пакета Autodesk 3Ds Max входять модулі генерації тіней «Shadow Map», заснований на алгоритмі тінювих карт. Модуль «FastLMM», розроблений в даному проекті, повинен функціонувати нарівні з модулями «Area Shadows», «Shadow Map», і мати схожий інтерфейс користувача.

Розглянемо задачу рендерингу – розрахунку фотореалістичного зображення сконструйованої в редакторі тривимірної сцени.

Просторова сцена – поверхня, представлена набором з nT непрозорих трикутників. У кожній точці поверхні визначені властивості відображення, які задаються коефіцієнтами: k_d – коефіцієнт дифузійного відбиття, k_s – коефіцієнт дзеркального відображення. Для поверхні визначена операція перетину з променем. У кожній точці поверхні визначена нормаль. Всі об'єкти сцени задаються в декартовій світовій системі координат.

Сцена освітлюється nL точковими джерелами освітлення L_i , специфікованими інтенсивностями випромінювання l_i і позиціями в просторі LP_i , $i=1...nL$.

Камера – це набір параметрів, що характеризують віртуального спостерігача: позиція і орієнтація в просторі (положення спостерігача – точка eye, куди він дивиться – точка at, нахил вертикальної осі спостерігача – вектор up), вертикальний і горизонтальний кути поля зору спостерігача.

Площина зображення viewPlane має розміри $N_{Cam} \times M_{Cam}$, і на ній введена двовимірна декартова система координат UV . Площина viewPlane відображається на прямокутну піксельну область вікна програми.

На растровому прямокутнику порту введення в системі координат побудуємо функцію $D(u,v)$, яку будемо називати буфером відстаней. З eye через $(u,v) \in \text{viewPlane}$ проведемо промінь в просторі сцени. Якщо цей промінь не перетинається з об'єктами сцени, то $D(u,v) = -1$. В іншому випадку

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

$D(u, v)$ – це відстань від точки e_u до найближчої точки перетину променя зі сценою.

Розглянемо детальніше алгоритм ЗРПТ, що зображений на рисунку 1.4.

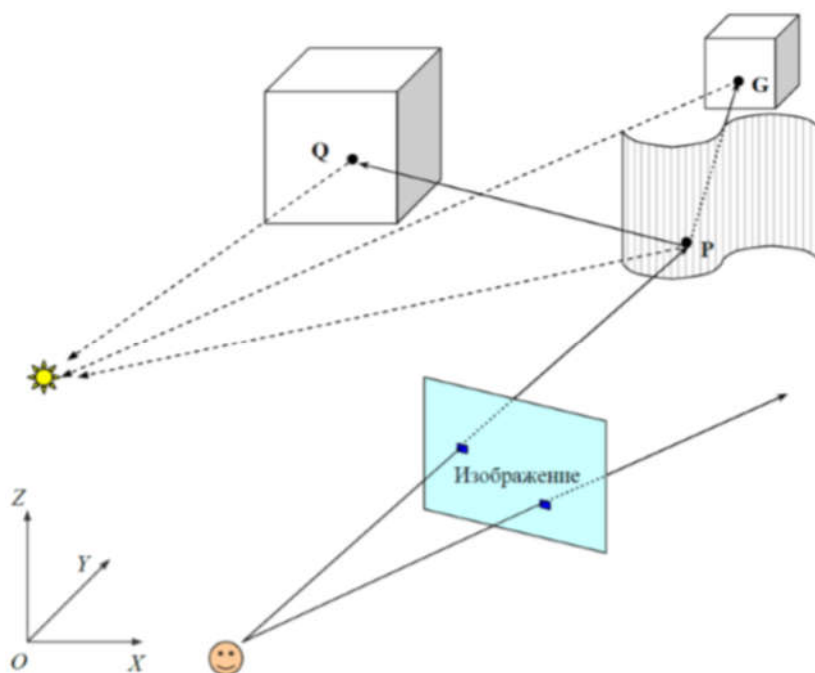


Рисунок 1.4 – Схема ЗРПТ

Суть алгоритму ЗРПТ [3, 1] полягає в випусценні з камери променів, що проходять через центри пікселів екрану. Кольором пікселя є інтенсивність в точці P – найближчого перетину променя зі сценою. Для пікселя розраховуються три значення інтенсивності для кожного з колірних каналів: червоного, зеленого і синього, кожне значення обчислюється незалежно від інших. Інтенсивність випромінювання в точці P обчислюється за формулою, яка описує локальну модель освітленості по Фонгу:

$$I(P) = I_a k_a + \sum_{i=1}^{nT} (V(LP_i, P) \cdot I_i [k_d (\overset{r}{N}, \overset{r}{D}_i) + k_s (\overset{r}{R}_i, \overset{r}{V})^{pow}]) + k_s I_r, \quad (1.1)$$

де (\cdot) – скалярне добуток, все значення беруться в об'єктній точці P ; I – шукана інтенсивність; I_a і k_a – інтенсивність та коефіцієнт відбиття

розсіяного світла; row - ступінь дзеркальності; \dot{N} , \dot{D}_i , \dot{R}_i та \dot{V} – нормаль, напрямок на i -е джерело, відповідний йому вектор відображення та напрямок на камеру; I_r – інтенсивність, яка прийшла з напрямку відбитого вектору. Функція видимості $V(LP_i, P)$ приймає два значення: 1, якщо точка P освітлена i -им джерелом світла і 0 інакше.

Вираз (1) без доданка $k_s I_r$ характеризує відсутність рекурсії і відображень, тобто в такому випадку ЗРПТ замінюється нерекурсивним зворотним променевим трасуванням.

Розглянемо алгоритм тінювих карт (АТК) [5], він дозволяє будувати чіткі тіні та полягає в наступному: перед промальовуванням сцени будується її зображення (тінюва карта) з позиції джерела освітлення. Тінюва карта – це буфер глибини, розрахований для камери, що знаходиться в позиції джерела освітлення. У кожному пікселі тінювої карти зберігається значення відстані від проєктованої в нього точки сцени до джерела освітлення. Під час побудови результуючого зображення, для обчислення затіненості точки визначається її глибина щодо джерела по тінювій карті, і порівнюються відстань, що зберігається у відповідному її пікселі, і відстань до самої зображуваної точки. Якщо вони рівні, то тестована зображена точка є найближчою до джерела освітлення, тобто, не затінена ніякою іншою точкою. В іншому випадку точка закрита від джерела освітлення точкою, зображеної на її місці в тінювій карті, і, отже, затінена.

Основною проблемою методу тінювих карт є графічні артефакти, причиною яких є помилки при затіненні, викликані кінцем розширення тінювої карти. Перевагою цього методу є те, що він може бути ефективно реалізований на графічний прискорювач.

Алгоритм тінювих об'ємів (АТО) для визначення видимості зображуваної точки використовує додаткові геометричні побудови, так звані тінювими об'ємами [6]. Тінюві об'єми – це напівнескінченні поверхні, які отримані витягуванням геометрії силуетів об'єктів від джерела на

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нескінченність. Якщо зображена точка потрапляє всередину хоча б одного тіньового об'єму, то джерело не видно з даної точки – точка в тіні джерела.

Для того щоб визначити, чи потрапляє конкретна точка екрану в тінь, пропонується обчислити кількість перетинів променя, що йде від спостерігача, з межами тіньових об'ємів. Ці значення будемо зберігати в Stencil buffer. Визначимо Stencil buffer як функцію $S(u,v)$, де (u,v) – точки площини перегляду. Якщо $D(u,v)=-1$, то вважаємо $S(u,v)=-1$, інакше, $S(u,v)=c$, де c – лічильник, який обчислюється за наступним алгоритмом. Спочатку лічильник перетинів дорівнює 0. Коли промінь входить в черговий тіньовий об'єм, то лічильник збільшується на 1, коли промінь виходить з об'єму, лічильник зменшується на 1. В результаті, якщо для даної точки лічильник більше 0, то точка знаходиться в тіні, якщо дорівнює 0, то точка освітлена.

Описаний алгоритм проілюстрований на рисунку 1.5.

Розглянемо ще один метод – метод світлових сіток (МСС), що є модифікацією ЗРПТ і вимагає побудови просторової сітки із світлових точок [1].

Світлова сітка $LN = x_k$ – це рівномірна сітка з кроком h і розміром $N^{LM} = N_x^{LM} \times N_y^{LM} \times N_z^{LM}$ в просторі сцени, інформація про кожну точку світлової сітки містить шкалу видимості для кожного джерела.

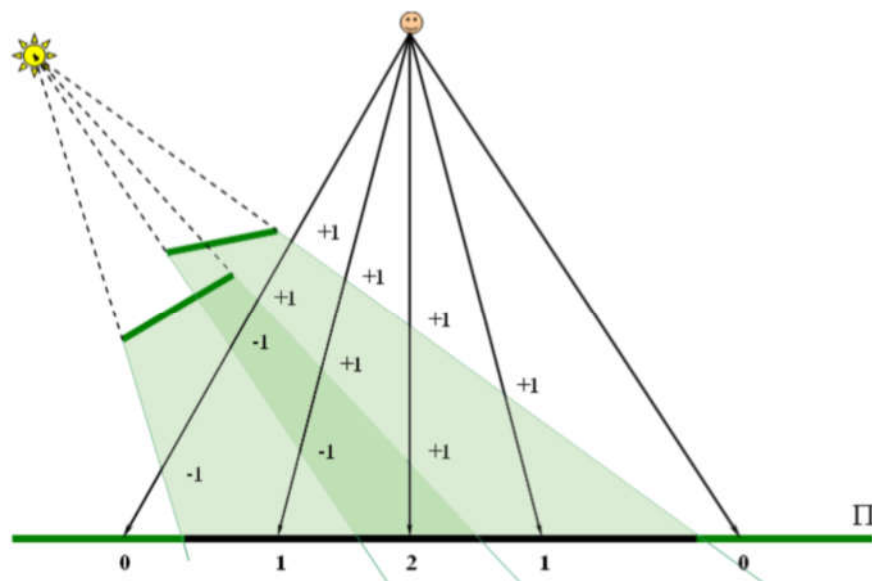


Рисунок 1.5 – Схема алгоритму тіньових об'ємів

Для розрахунку видимості в точці найближчого перетину променя з поверхнею (об'єктної точці) P будується інтерполяційна множина $D_{LM}(P, r)$ радіусом r (рисунок 1.6):

$$D_{LM}(P, r) = \{x_k \cdot x_k \in LM, \|x_k - P\| < r, (n, x_k - P) > 0, V(P, x_k) = 1\}. \quad (1.2)$$

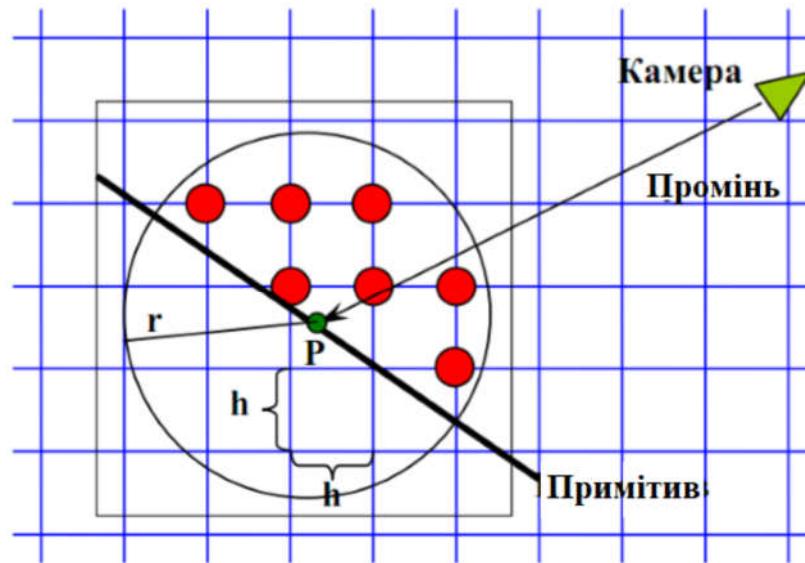


Рисунок 1.6 – Схема методу світових сіток

Для МСС значення видимості в точці P обчислюється за формулою:

$$V(LP_i, P) = \chi(P, LP_i) \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m [w(\|x_k - P\|) \cdot V(LP_i, x_k)], \quad (1.3)$$

де m – кількість світлових точок у $D_{LM}(P, r)$, функція $\chi(P, LP_i)$ може приймати значення: 1, якщо джерело світла освітлює точку спереду і 0 якщо ззаду.

У разі $m=0$ використовується формула (1.1).

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МСС є модифікацією ЗРПТ, що дозволяє підвищити якість отриманого зображення за рахунок генерації м'яких тіней замість чітких, а будь-яка модифікація такого роду вимагає додаткових обчислювальних витрат. Щоб порівняти обчислювальні витрати для ЗРПТ і МСС, досить порівняти витрати на застосування формули (1.1) в ЗРПТ і формули (1.3) в МСС, оскільки всі інші обчислення одні й ті ж.

У формулі (1.1) критичною є операція обчислення взаємної видимості джерела і об'єктної точки $V(LP_i, P)$. Для виконання цієї операції необхідно знайти перетину відрізка $[P, LP_i]$ зі сценою. Довжина такого відрізка порівнянна з габаритами сцени, тому тест видимості джерела об'єктної точкою можна охарактеризувати як довгий тест. Нехай $COST_{Long}$ – середній час виконання довгого тесту, тоді витрати $COST_{RT}$ на використання формули (1.1) можна оцінити як:

$$COST_{RT} \approx N_{Cam} \times M_{Cam} \times nL \times COST_{Long}. \quad (1.4)$$

У формулі (1.3) визначається взаємна видимість джерела і світловий точки $V(LP_i, P)$, тому довгий тест є базовою операцією і для МСС. Крім того, в МСС є друга базова операція: перевірка локальної видимості $V(P, x_k)$, тобто перетин відрізка $[P, LP_i]$ зі сценою. Довжина цього відрізка обмежена радіусом інтерполяційної множини r , який в порівнянні з габаритами сцени малий, тому такий тест можна охарактеризувати як короткий тест. Нехай $COST_{Short}$ – середній час виконання короткого тесту, U^{LM} – число використаних в розрахунку світлових точок, m^{HSp} – середнє число світлових точок у півсфері радіусу (для проміжних положень об'єктної точки між двома сусідніми світловими точками в півсфері може потрапляти різну кількість світлових точок), тоді витрати $COST_{LM}$ на використання формули (1.3) можна оцінити як:

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

$$COST_{LM} \approx U^{LM} \times nL \times COST_{Long} \times N_{Cam} \times M_{Cam} \times m^{HSp} \times COST_{Short}. \quad (1.5)$$

Найбільш очевидний і найпростіший алгоритм перетину відрізка зі сценою полягає в послідовній перевірці перетину відрізка з кожним об'єктом сцени. В цьому випадку $COST_{Short} = COST_{Long}$, а отже:

$$COST_{LM} \approx (U^{LM} \times nL \times N_{Cam} \times M_{Cam} \times m^{HSp}) \times COST_{Long}. \quad (1.6)$$

Порівняємо формули (1.4) і (1.6). Зауважимо, що U^{LM} і m^{HSp} не залежать від кількості джерел освітлення і розширення зображення. Візьмемо nL і $N_{Cam} \times M_{Cam}$ настільки великі, що $m^{HSp} < nL / 2$, а $U^{LM} < (N_{Cam} \times M_{Cam}) / 2$. В такому випадку:

$$COST_{LM} < N_{Cam} \times M_{Cam} \times nL \times COST_{Long} \approx COST_{RT}. \quad (1.7)$$

Отже, при зростанні числа джерел і дозволу зображення настає момент (для кожної сцени свій), коли МСС починає вигравати за часом у PPGT. З іншого боку, для більшості сцен, використовуваних на практиці m^{HSp} значно більше nL . Наприклад, при співвідношенні $r/h=3.1$ значення $m^{HSp} > 50$. Тому в найпростішому випадку, як правило, $COST_{LM}$ значно більше $COST_{RT}$.

1.3 Аналіз технічного завдання та постановка задачі бакалаврської роботи

У комп'ютерній графіці часто використовуються точкові джерела освітлення, що створюють лише чітку межу – чіткі тіні. Однак тіні, які спостерігаються в реальному житті, мають плавний перехід від повної тіні до

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

світла, званий півтінню, – м'які тіні. Для створення візуально правдоподібних зображень з м'якими тінями розроблено безліч різних методів. Однак було виявлено [1], що, хоча всі вони або мають гарну продуктивність, на отриманих зображеннях спостерігаються графічні артефакти (небажані особливості зображення, згенеровані комп'ютером, з'являються в певних умовах: переходи яскравості або кольоровості, рух зображення, режими виведення, призначені для прискорення роботи, недостатньо якісна компресія текстур тощо), або вони дають досить реалістичний результат, але вимагають значних обчислень. Однак, метод світлових сіток [1, 2], будучи модифікацією зворотного рекурсивного променевого трасування Віттеда [3], дозволяє генерувати правдоподібні м'які тіні без артефактів швидше багатьох алгоритмів в разі складних і надскладних сцен [1].

Для впровадження МСС в практику, його необхідно вбудувати в будь-якої графічний редактор, тому що окремий додаток малокорисний, зазвичай користувачі моделюють тривимірні сцени в популярних графічних редакторах, таких як Autodesk Maya, Autodesk 3Ds Max, Cinema4D, Blender і т.д. З причини того, що програмний продукт Autodesk 3Ds Max [4] широко популярний для вирішення завдань реалістичної тривимірної графіки і має засоби створення додаткових функціональних модулів, саме він був обраний в якості бази для створення модуля (плагін 3Ds Max), що реалізує МСС.

Для зменшення часу розрахунку зображень по МСС частина обчислень може бути перенесена з центрального процесора на графічний прискорювач шляхом комплексування МСС з алгоритмом тінювих карт [5] – модифікація МСС + АТК.

Метою даної роботи є розробка програмного модуля Autodesk 3Ds Max, що забезпечує розрахунок фотореалістичних зображень з генерацією м'яких тіней методом світлових сіток.

Очікується, що даний модуль забезпечить прискорення рендерингу сцен в відеофільми (наприклад, навчальні ролики) і дозволить отримувати попередні кадри перед довгим розрахунком фінальної версії.

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати наступні завдання:

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- провести аналіз алгоритмів ЗРПТ і МСС;
- ознайомитися з графічним редактором Autodesk 3Ds Max і освоїти розробку підключених до нього модулів (плагінів);
- розробити і реалізувати алгоритми МСС + АТК;
- реалізувати модуль Autodesk 3Ds Max для згаданого алгоритму;
- розробити і реалізувати графічний інтерфейс для завдання параметрів рендерингу;
- провести експерименти для тестових сцен різної складності;
- обґрунтувати техніко-економічну доцільність даного проекту.

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

2 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОБОТИ ПРОГРАМНОГО МОДУЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ПАКЕТУ 3DS MAX ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ СВІТЛОВИХ СІТОК

2.1 Особливості сучасного програмного забезпечення для побудови 3D моделей

Розглянемо декілька популярних графічних редакторів, таких як Cinema4D, Blender, Zbrush, Autodesk Maya та Autodesk 3Ds Max та визначимо їх особливості.

Cinema 4D (скорочено C4D) фірми MAXON – пакет для створення тривимірної графіки і анімації. C4D – універсальна комплексна програма для створення і редагування 3D об'єктів і ефектів. Також ця програма підтримує анімацію і високоякісний рендеринг.

Вона відрізняється більш зрозумілим інтерфейсом, ніж у інших подібних програм (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Інтерфейс програми Cinema 4D Studio

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Cinema 4D Studio має спеціальні інструменти, які значно спрощують створення ригінгу і анімації персонажів. Потужний набір інструментів дозволяє легко додати волосся і хутро для персонажів, наростити, причесати, анімувати і стилізувати волосся. Фізичний двигун легко дозволяє реалізувати складні зіткнення і взаємодії між об'єктами не дивлячись на їх кількість. Для того, щоб швидше прорахувати анімацію, можна використовувати рендеринг по мережі.

Blender – безкоштовний, професійний пакет для створення 3D графіки, який включає в себе засоби моделювання, анімації, рендерингу, постобробки і монтажу відео зі звуком. Він найпопулярніший з безкоштовних редакторів, тому що програма постійно і швидко вдосконалюється.

Великою перевагою пакета Blender є його маленький розмір у порівнянні з іншими популярними 3D редакторами. Програма має велику кількість функцій:

- підтримка геометричних примітивів, полігональних моделей, системи швидкого моделювання в режимі SubSurf, криві Безьє, скульптурне моделювання, векторні шрифти та багато іншого;

- універсальні вбудовані механізми рендеринга і інтеграція з різними зовнішніми рендерами;

- професійні інструменти для анімації, наприклад, інверсна кінематика, скелетна анімація, сіткова деформація, ключові кадри, система волосся на основі частинок, динаміка м'яких і твердих тіл тощо;

- базові функції нелінійного монтажу відео.

Інтерфейс користувача має такі особливості:

- два режиму редагування («об'єктний режим» і «режим редагування»): «об'єктний режим» в основному служить для маніпуляцій з індивідуальними об'єктами; «режим редагування» для маніпуляцій з фактичними даними об'єкта;

- широке використання гарячих клавіш, велику кількість команд, що виконуються з клавіатури;

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

– особливості в управлінні робочим простором – у програмі є кілька екранів, кожен з яких ділиться на секції і підсекції, кожен окремий елемент інтерфейсу контролюється тими ж інструментами, що і маніпуляції в 3D просторі, користувач сам налаштовує інтерфейс під свої потреби і певні завдання (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Інтерфейс програми Blender

Робочий простір Blender вважається одним з найсміливіших концепцій графічного інтерфейсу. Також пакет Blender має безліч додаткових особливостей:

- власна файлова система, яка дозволяє зберігати в єдиному файлі (з розширенням .blend) кілька сцен;
- все файли з розширенням .blend сумісні як зі старими, так і з новими версіями Blender;
- Blender створює резервні копії проектів протягом всієї роботи в програмі, це дозволяє не втратити дані під час непередбачених обставин;
- всі сцени, матеріали, текстури, звуки, ефекти і т.д. можуть побут збережені в один файл з розширенням .blend;

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

– також в .blend файл можна зберегти настройки робочого середовища, що дозволяє користуватися налаштованим під власні потреби інтерфейсом навіть за іншим комп'ютером.

Zbrush – редактор, який відрізняється від звичних програм. Він використовує тільки одну техніку 3D моделювання – «тривимірне ліплення». Суть цього методу в тому, що художник, за допомогою віртуальних кистей, надає потрібну форму об'єкту, вдавлюючи або видавлюючи конкретні ділянки моделі. Цей метод дуже схожий на ліплення з глини, він дуже практичний і ефективний, а також давно використовується в сучасній продакшн-індустрії.

Zbrush дозволяє не тільки моделювати об'єкт, але також надавати йому колір, малюючи штрихами з глибиною. Програма дозволяє автоматично малювати тіні і відблиски так, що вони виглядають абсолютно натурально (рисунок 2.3).

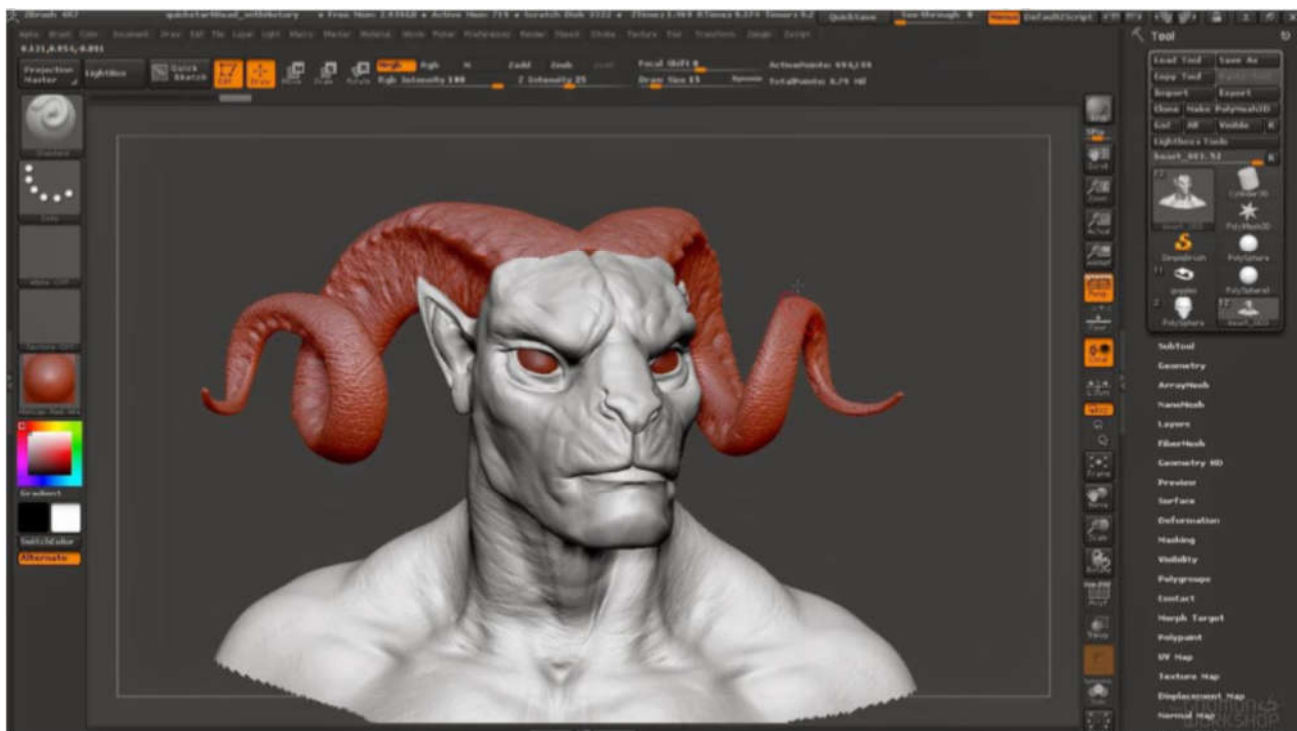


Рисунок 2.3 – Інтерфейс програми Zbrush

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Autodesk Maya – потужний редактор тривимірної графіки та комп'ютерної тривимірної анімації. В даний час широко застосовується в кінематографії, телебаченні та мультиплікації (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Інтерфейс Maya

Одна з важливих особливостей даної програми в тому, що вона відкрита для сторонніх розробників, які можуть перетворити її в версію, яка підходить під конкретні потреби студії.

У Maya вбудований потужний інтерпретувач переносних незалежних мов: Maya Embedded Language (MEL), дуже схожий на Tcl і C. Ця мова дозволяє налаштувати і доопрацювати основний функціональність Maya. Наприклад, аніматори можуть доповнювати Maya створеним ними функціоналом навіть не володіючи мовою MEL.

Файли проектів, а також всі дані про геометрію і анімації, зберігаються як послідовності операцій MEL. Ці файли можуть бути збережені в текстовому файлі (.ma - Maya ASCII), який може бути відредагований в будь-

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

якому текстовому редакторі, що забезпечує чудовий рівень гнучкості при роботі із зовнішніми інструментами.

Програма має все необхідне для створення 3D графіки. Мауа дозволяє реалізувати всі етапи створення тривимірної графіки – від моделювання та анімації до текстурівання, композитинга і пошарового рендерингу. Цей 3D редактор може моделювати фізику твердих і м'яких тіл, розраховувати поведінку тканини, симулювати текучі ефекти, дозволяє ретельно налаштовувати зачіску персонажів, створювати сухий і мокрий хутро, анімувати волосся і т.д. Модуль Paint Effects дає можливість малювати віртуальної пензлем такі тривимірні об'єкти, як квіти, траву, об'ємні візерунки та ін. Програма не проста в освоєнні, але це компенсується великою кількістю уроків з даного редактору.

Autodesk 3Ds Max – повнофункціональна професійна програма для створення і редагування 3D графіки та анімації (рисунок 2.5). Вона містить найсучасніші засоби для художників і фахівців в області мультимедіа.

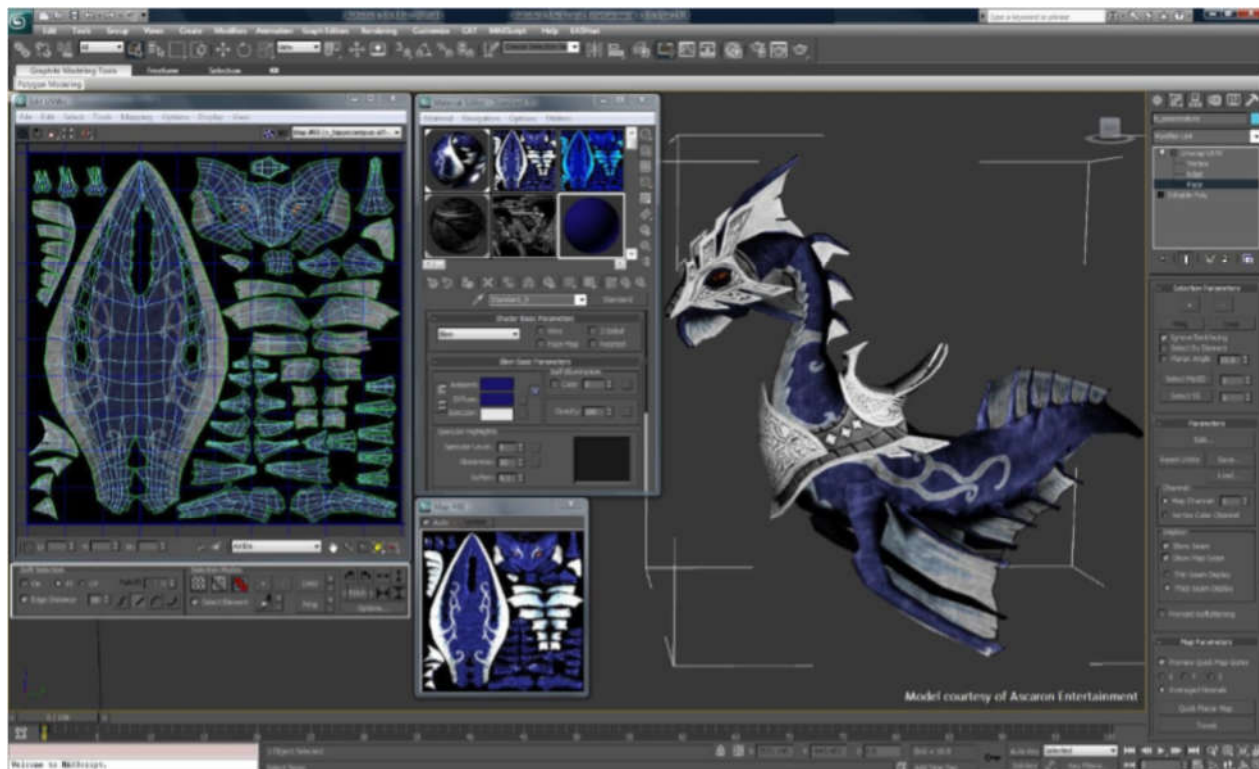


Рисунок 2.5 –Інтерфейс програми 3Ds Max

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

В 3Ds Max є величезна кількість інструментів, необхідних при моделюванні різних архітектурних проектів – від заготовок дверей і вікон різних форм до рослинності, сходів і огорож. Крім цього, в тривимірному редакторі присутні засоби для аналізу та настройки освітлення тривимірного проекту. Також в програму вбудований фотореалістичний візуалізатор, що дає можливість досягти високої правдоподібності прораховувати зображення.

3Ds Max володіє великими засобами для створення різних за формою і складності тривимірних комп'ютерних моделей, реальних чи фантастичних об'єктів навколишнього світу, з застосуванням різних технік і механізмів, які включають в себе:

- полігональне моделювання, що включає в себе Editable mesh (редагована поверхня) і Editable poly (редагований полігон) – найбільш поширений метод моделювання, який використовується для створення складних моделей і нізкополігональних моделей для ігор;

- моделювання, на основі неоднорідних раціональних B-сплайнах;

- моделювання на основі так званих «сіток шматків» або поверхонь Безьє – підходить для моделювання тіл обертання;

- моделювання з використанням вбудованих бібліотек примітивів і модифікаторів;

- моделювання на основі сплайнов з подальшим застосуванням модифікатора Surface;

- моделювання на основі сплайнів з подальшим застосуванням модифікаторів Extrude, Lathe, Bevel Profile або створення на основі сплайнів об'єктів Loft.

Останній метод широко застосовується для архітектурного моделювання.

Методи моделювання можна легко поєднувати один з одним.

Моделювання, засноване на стандартних об'єктах, як правило, є основним способом моделювання і служить відправною точкою для створення об'єктів складної структури, що пов'язано з використанням

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

примітивів в поєднанні один с іншому як найпростіших частин складових об'єктів.

Стандартний об'єкт «Чайник» входить в набір примітивів в силу історичних причин: він необхідний для тестування матеріалів і освітлення в сцені, і, крім того, давно став символом 3D графіки.

При всій своїй складності, 3Ds Max досить легкий у вивченні, а нестача якого-небудь специфічного інструменту компенсується великою базою доповнень – плагінів, які значно розширюють стандартні можливості програми. Крім цього, у користувача 3D Max завжди є можливість користуватись альтернативними алгоритмами візуалізації. Крім вбудованого двигуна mental ray, для 3Ds Max можна використовувати більш швидкі і точні системи рендерингу, такі як finalrender, V-ray і Maxwell render.

3Ds Max гнучкий для управління частками, створюючи при цьому найрізноманітніші ефекти – від моделювання анімованих масивів об'єктів до імітації усіляких природних явищ, наприклад, бризки накочуються хвиль, дим тощо. Про великі можливості модуля Particle Flow говорить і те, що ще до того, як в програмі з'явилися інструменти для імітації тривимірних волосся і вовни, створенням волосся могли займатися тільки професіонали, які мали колосальний досвід роботи з тривимірною графікою і знають секрети імітації вовни за допомогою текстур і власноруч написаних скриптів.

Програма 3Ds Max має повний набір функцій для 3Dмоделювання, анімації, імітації та візуалізації, які затребувані художниками, що займаються виробництвом ігор, фільмів і мультиплікаційних фільмів. 3Ds Max забезпечує доступ до новітніх дієвим інструментам, збільшує продуктивність і робить робочі процеси простіше, що дозволяє художникам ефективніше працювати зі складними компонентами з високою роздільною здатністю.

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

2.2 Специфікація можливостей програми 3Ds Max

Техніка моделювання сплайна є одним з найбільш ефективних способів створення тривимірних моделей. Сплайн – це крива в тривимірному просторі, за допомогою якої можна створити тривимірний або двовимірний об'єкт.

У програмі 3Ds max використовуються наступні стандартні сплайни (рисунок 2.6): Line (лінія), Circle (коло), Ark (дуга), NGon (багатокутник), Text (текст), Egg (яйце), Rectangle (прямокутник), Ellipse (еліпс), Donut (кільце), Star (зірка), Helix (спіраль), Section (перетин). Ці сплайни знаходяться в головному меню у вкладці «create», підрозділ «shapes».

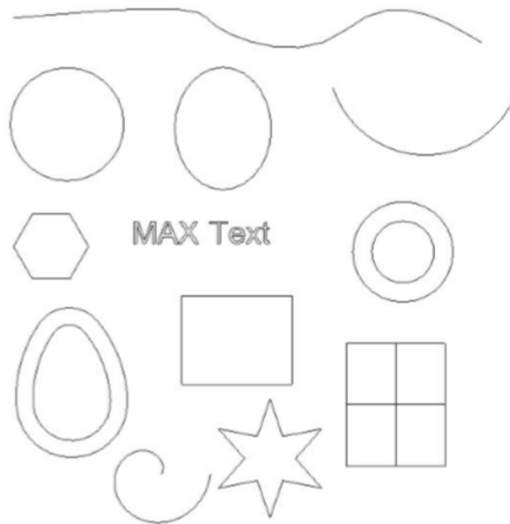


Рисунок 2.6 – Стандартні сплайни

Сплайни мають як загальні для всіх налаштування, так і персональні. До загальних налаштувань відносяться налаштування рендерингу і інтерполяції. Персональні налаштування залежать від типу використовуваного сплайна. Наприклад, Rectangle має налаштування довжини, ширини і заокруглення кутів; NGon - налаштування радіусу, кількості сторін і заокруглення кутів; Helix має два радіуса, висоту, кількість витків і напрямок обертання і т.д.

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Line – універсальний сплайн, за допомогою якого можна домогтися будь-якої форми. При редагуванні сплайна у вкладці Modify є 3 підоб'єкту: vertex (вершина), segment (сегмент), spline (сплайн). У сплайнах в 3Ds Max буває 4 типи вершин: Bezier, Bezier corner, Smooth, Corner. Вони представлені на рисунку 2.7.

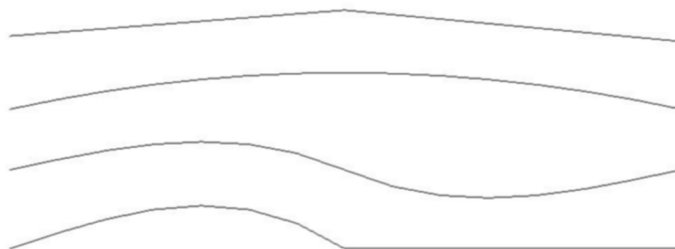


Рисунок 2.7 – Типи вершин (зверху вниз):
Corner, Smooth, Bezier, Bezier corner

Існує багато методів використання сплайнів. Розглянемо деякі з них

1. Створення фігури обертання за допомогою модифікатора Lathe.

Для того, щоб створити фігуру обертання, потрібно в одному з вікон проєкції створити сплайн необхідної форми, потім застосувати модифікатор Lathe і виставити необхідні налаштування (рисунок 2.8).

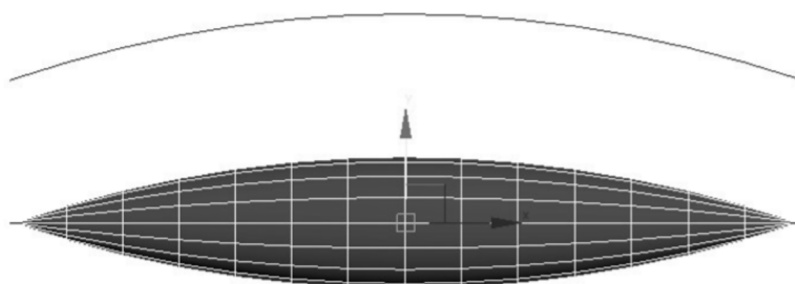


Рисунок 2.8 – Сплайн до і після застосування модифікатора Lathe

Налаштування модифікатора включають в себе: число градусів, на яке повертається сплайн; кількість сегментів; напрямок осі обертання (X , Y , Z); вирівнювання; тип поверхні.

2. Застосування модифікаторів Extrude (видавлювання) і Bevel (видавлювання з скосом).

Різниця між двома цими модифікаторами полягає в тому, що при використанні Bevel можна додатково управляти величиною скосу видавлених граней. Крім того, модифікує атор Bevel дозволяє застосовувати трирівневу видавлених, за допомогою якого можна надавати красиву форму краям видавленої фігури. Дані модифікатори дуже зручно використовувати при створенні логотипів і об'ємного тексту (рисунок 2.9).

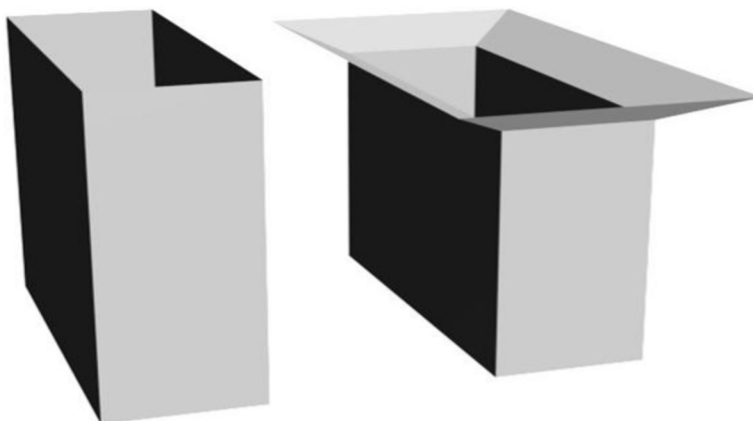


Рисунок 2.9 – Застосування модифікаторів Extrude і Bevel на сплайн Rectangle

Головним налаштуванням модифікаторів Extrude і Bevel є величина видавлених. Для модифікатора Bevel – це параметр Height, а для Extrude-Amount. Величину скоса задає параметр Outline.

Модифікатор Edit Poly дозволяє редагувати об'єкт на рівні підоб'єктів. Підоб'єкти можна переміщати, масштабувати, обертати, деформувати, видаляти і т.д. Модифікатор Edit Poly можна застосувати до будь-якого тривимірного об'єкту, створеного на основі примітиву. Крім різних рівнів підоб'єктів модифікатор має велику кількість налаштувань як загальних для всіх підоб'єктів, так і індивідуальних. Провести налаштування можна на панелі Modify. Налаштування діляться на дві категорії:

– Selection (виділення) – відповідає за включення потрібного підоб'єктного рівня і управління режимами вибору підоб'єктів;

– Soft Selection (м'яке виділення) – призначений для розширення можливостей виділення підоб'єктів і визначає закон поширення трансформацій за обсягом редагованого каркаса.

– Edit Geometry (редагувати геометрію) – містить основні інструменти зміни геометрії підоб'єктів. Деякі інструменти однакові для всіх підоб'єктів, а інші є особливими для кожного.

Загальні інструменти включають в себе:

– Attach (приєднати) – дозволяє додавати до редагованої моделі нові каркасні об'єкти, при цьому всі грані приєднується об'єкта виявляються об'єднаними в новий елемент;

– Detach (завершити з'єднання) – відповідає за відділення обраного підоб'єкту в окремий елемент або новий об'єкт;

– Remove Isolated Vertices (видалити ізольовані вершини) – дозволяє видаляти окремо розташовані вершини об'єкта;

– View Align і Grid Align (орієнтувати за поточним виду / Орієнтувати по сітці) - здійснює відповідну зміну орієнтації обраних подоб'єктів;

– Make Planar (привести до площини) – встановлює площинну орієнтацію для обраних підоб'єктів;

– Collapse (звести в точку) – виконує колапс (стиснення) і об'єднання всіх вершин обраних підоб'єктів в одну, маючи в своєму розпорядженні її в геометричному центрі виділеної області;

– Surface Properties (властивості поверхні) – об'єднує такі інструменти настройки властивостей поверхні, які призначені для кожного рівня;

– Tessellate (мозаїчність) – розбивання полігону або межі на кілька полігонів або граней.

Для вибору самих підоб'єктів використовуються звичайні інструменти виділення: Select Object (виділити об'єкт), Select and Move (виділити і пересунути), Select and Scale (виділити і масштабувати), Select and Rotate

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(виділити і повернути) і Selection Region (форма області виділення). Щоб послідовно виділити кілька об'єктів, при виділенні утримують клавішу Ctrl.

Ретопологія – процес створення правильної топології моделі на основі моделі з неправильною топологією.

Цілі правильної топології:

– правильні деформації під час анімації – полігони повинні розташовуватися на 3D моделі таким чином, щоб при русі кісток або м'язів, було легко повторити реальні опуклості від цих же м'язів або кісток;

– використання найменшої кількості полігонів для опису потрібної форми, для того, щоб модель вимагала менше продуктивності комп'ютера, що особливо цінується в ігрових движках.

Як правило, спочатку в одній з програм 3D ліплення створюється високополігональна модель, потім робиться ретопологія моделі, тобто на основі високополігональної моделі створюється нізкополігональних. Цю модель дуже легко і зручно анімувати.

У програмі 3Ds Max існує простий і зручний інструмент для ретопології – Extend. Він знаходиться в меню Freeform у вкладці PolyDraw.

При ретопології в 3D Max першим етапом є імпорт високополігональні моделі. Потім в тій же вкладці PolyDraw слід вибрати інструмент Draw on Surface, натиснути кнопку Pick і вибрати імпортовану модель. Після цього необхідно створити невелику площину з одним сегментом по довжині і ширині і накласти модифікатор Edit Poly. Потім слід вибрати інструмент Extend і в режимі подоб'єктів вершин за допомогою гарячих клавіш перемістити всі крапки площині на необхідну модель. Швидкий доступ в інструменті Extend:

Ще одним з основних процесів підготовки тривимірної моделі до анімації є ріггінг, або оснащення. Для цього переважно використовуються допоміжні об'єкти, модифікатори і набори інструментів, що значно спрощують процес анімації.

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

2.3 Алгоритм роботи програмного модуля візуалізації пакету 3Ds Max

Алгоритми АТК і АТО, розглянуті в першому розділі, завоювали популярність і набули широкого поширення завдяки тому, що дані алгоритми можна ефектно реалізувати на графічній прискорювач. З іншого боку, у цих алгоритмів багато недоліків: вони страждають від графічних артефактів, не застосовуються для рекурсивних розрахунків, некоректно працюють для напівпрозорих об'єктів. МСС же вільний від недоліків, властивих АТК і АТО.

При комплексуванні МСС з АТК або АТО, ми отримуємо комбінований алгоритм генерації м'яких тіней. Даний підхід описаний в роботах [1, 2].

Для визначення значення інтенсивності в об'єктній точці по МСС застосовується формула (1.3), в якій використовується функція значення видимості джерела світлової точкою $V(LP_i, P)$. Для визначення видимості виконується довгий тест, тобто відшукується перетин відрізка $[x_k, LP_i]$ з об'єктами сцени – операція, яка вимагає значних обчислювальних витрат. Також згадаємо, що при відборі світлових точок у інтерполяційну множину $D_{LM}(P, r)$ будується півсфера радіусом r з центром в точці P , і для кожної світлової точки x_j , що потрапила в півсферу, перевіряється видимість з об'єктної точки $V(P, x_j)$. Для визначення $V(P, x_j)$ виконується короткий тест, тобто відшукується перетин відрізка $[P, x_j]$ з об'єктами сцени – друге основне джерело обчислювальних витрат МСС.

У підрозділі 1.2. виконано оцінку обчислювальних витрат на генерацію тіней по МСС, виражена у формулі (1.5). У цьому виразі величина першого доданку $U^{LM} \times nL \times COST_{Long}$ визначається часом виконання довгого тесту $COST_{Long}$. Для того, щоб зменшити $COST_{Long}$, в роботах [1, 2] розглядаються два алгоритми : комплексування МСС з АТК; комплексування МСС з АТО.

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Основна ідея полягає в тому, що МСС буде працювати незалежно від того, яким способом обчислюється видимість джерела для світлової точки. Якщо запозичувати позитивну якість АТК і АТО – швидкий тест видимості джерела, тобто комплексувати МСС з АТК або АТО, ми отримаємо комбінований алгоритм генерації м'яких тіней. Очевидно, що така апаратно прискорена модифікація МСС дозволить розраховувати зображення швидше. Відзначимо, що перший доданок формули (1.5) є визначальним в оцінці обчислювальних витрат МСС, особливо для складних сцен, що містять велику кількість джерел освітлення, тому зменшення $COST_{Long}$ дуже значне для розрахунку зображень по МСС.

Величина другого доданка формули (1.5) $N_{Cam} \times M_{Cam} \times m^{HSp} \times COST_{Short}$ визначається часом виконання короткого тесту. З точки зору застосування графічного акселератора незрозуміло як можна зменшити.

В рамках даної роботи розроблено алгоритм комплексування МСС з АТК.

Розглянемо цей алгоритм по кроках для сцени з одним джерелом освітлення L (з координатами LP):

Крок 1. Будуємо рівномірну світлову сітку $LM = x_{k=1}^{N,LM}$ з кроком h в просторі сцени.

Крок 2. Визначаємо положення камери. Розраховуємо буфер відстаней $DB_{Cam}[N_{Cam}, M_{Cam}]$. Оператор перекладу координат Tr_{Cam} .

Крок 3. Для джерела L будуємо буфер відстаней $DB_L[N_L, M_L]$. Оператор перекладу координат Tr_L .

Крок 4. Будуємо підсумкове зображення сцени, спираючись на обидві карти відстаней. Якщо глибина зображуваної точки $w = DB_{Cam}(u, v) = -1$, то це точка фону. Вихід.

Крок 5. Інакше обчислюємо $P(x, y, z) = Tr_{Cam}(u, v, w)$ – координати зображуваної точки в світовій системі координат.

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крок 6. Для точки P будемо інтерполяційну множину $D_{LM}(P, r)$ (за формулою (1.2)), розмір множини m .

Крок 7. Якщо $m > 0$, тобто множина $D_{LM}(P, r)$ не порожня, визначаємо видимість джерела $V(LP, x_k)$ для кожної світлової точки $x_k \in D_{LM}(P, r)$:

Крок 7.1. Якщо видимість для світлової точки відома, тобто була обчислена раніше, переходимо до наступної світлової точки інтерполяційної множини.

Крок 7.2. Інакше обчислюємо відстань до джерела $d = \|x_k - LP\|$.

Крок 7.3. Переводимо координати світлової точки $x_k = (x_k^x, x_k^y, x_k^z)$ в систему координат джерела освітлення $(uL, vL, wL) = Tr_L^{-1}(x_k^x, x_k^y, x_k^z)$.

Крок 7.4. Вибираємо з карти відстаней джерела освітлення значення $d_L = DB_L(uL, vL)$.

Крок 7.5. Якщо $d_L < d$, то джерело закрито від світлової точки x_k деякою точкою поверхні сцени, тобто $V(LP, x_k) = 0$. Інакше світлова точка освітлена джерелом, тобто $V(LP, x_k) = 1$.

Крок 8. Розраховуємо одержувану за рахунок джерела інтенсивність зображеної точки P за формулою (1.3).

Крок 9. Якщо $m = 0$, тобто інтерполяційна множина порожня, то використовуємо стандартний алгоритм ЗРПТ, тобто розраховуємо підсумкову інтенсивність за формулою (1.1).

Кроки 2 і 3 (розрахунок карти відстаней) виконуються на графічному прискорювачі, тобто на нього лягає одна з найбільш трудомістких частин алгоритму. Решта кроків виконуються на центральному процесорі.

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ПРОГРАМНИЙ МОДУЛЬ AUTODESK 3DS MAX ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ СВІТЛОВИХ СІТОК

3.1 Розробка програмного модуля візуалізації пакету 3Ds Max

Розглядається технологічний ланцюжок створення програмного модуля 3Ds Max в середовищі Microsoft Visual Studio із використанням 3Ds Max SDK і мови програмування C ++. Також реалізується MAXScript-версія модуля.

Програмний модуль, ще відомий як плагін, підключається до основної програми і/або реалізує частину функціоналу основної програми, або розширює її можливості.

Так, в 3ds Max до першої групи плагінів відносяться стандартні плагіни, що зберігаються в папці stdplugs і завантажувані під час запуску програми. Їх список відображається в наведеному на рисунку 3.1 діалоговому вікні Plug-in Manager (меню Customize - Plug-in Manager).

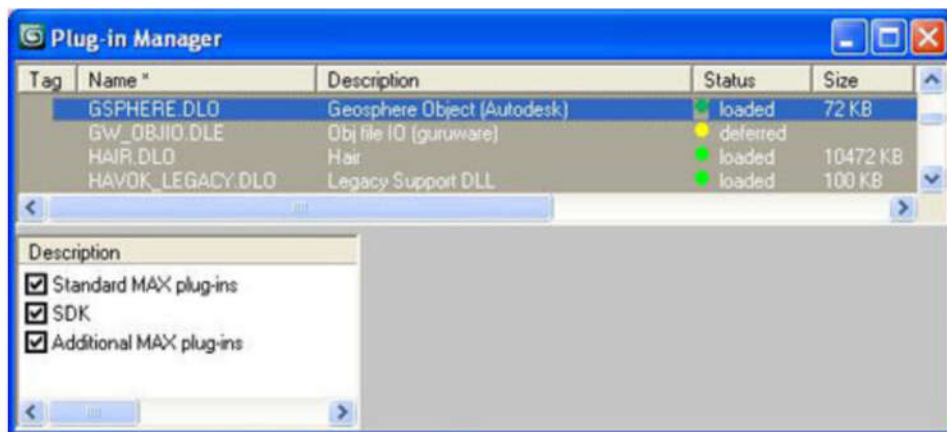


Рисунок 3.1 – Plug-in Manager

Ці плагіни, а їх близько 350, реалізують значну частину функціоналу 3ds Max. Наприклад, плагін prim.dlo забезпечує створення стандартних примітивів, сплайнів і стандартних джерел світла.

Інші, нестандартні плагіни краще розміщувати в інших папках і завантажувати в міру необхідності.

3ds Max SDK (Solution Development Kit, інструментарій розробника) являється на професійній версії 3ds Max і містить заголовні і бібліотечні файли, що забезпечують доступ до класів і іншими даними 3ds Max. Окрім того, в списку є помічник і велика кількість прикладів.

Програмний модуль візуалізації 3ds Max може бути написаний на мові MAXScript і на мові C ++ із використанням 3ds Max SDK.

У першому випадку модуль створюється в середовищі 3ds Max, а в другому – в середовищі Microsoft Visual Studio.

У багатьох випадках MAXScript може забезпечити такий же функціонал, як і SDK. Однак швидкість SDK-плагінів вище.

SDK-плагін – це відкомпільований і зібраний dll-файл C ++ (DLL, Dynamic Linked Library, що динамічно підключається). Рекомендоване розширення файлу залежить від призначення плагіна. У стандартному постачанні 3ds Max плагіни, які оперують матеріалами і їх картами, мають розширення DLT, а плагіни, що створює об'єкти, дається розширення DLO, плагіни-модифікатори виділяються розширенням DLM і так далі.

Поставка 3ds Max SDK включає помічник створення плагінів Plug-in Wizard. Він підтримує (або планує підтримувати) створення близько 40 таких видів плагінів.

Після з'ясування завдання написання SDK-плагіна, як правило, передбачає створення належного інтерфейсу користувача і реалізацію намічених процедур.

При розробці SDK-плагінів кожна версія 3ds Max передбачає використання відповідної версії Microsoft Visual Studio.

Порядок розробки програмного модуля розглянемо на наступному прикладі: створити модуль, який формує примітив куб (Cube).

Примітив має один параметр Size, для управління яким використовується редагується поле з лічильником .

Як і інші примітиви, куб вводиться в сцену мишкою з притиснутою лівою клавішою миші.

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розглянемо MAXScript реалізацію програмного модуля. Одну і ту ж задачу можна вирішити засобами 3ds Max SDK і MAXScript. Для ілюстрації цього положення реалізуємо перш плагін створення куба на MAXScript, давши модулю ім'я CubeMS. Лістинг коду програмного модуля наведено у додатку А.

Програмний модуль містить секцію (Rollout) params, що забезпечує завдання розміру куба (лічильник Size). Значення лічильника пов'язано з однойменною параметром, заданим в блоці Parameters.

Інструмент створення куба (мишка) задається блоком Tool Create. Після вибору позиції (подія mousePoint з параметром click = 1) визначається частина Translation (переміщення) матриці афінних перетворень куба (nodeTM.Translation = gridPoint). Далі при натиснутій лівій кнопці миші фіксується її переміщення в видовому порте; величина переміщення визначає розмір куба.

Після звільнення миші сцена може прийняти черговий куб.

Батьківським класом куба є клас SimpleObject. Клас куба має ім'я CubeMS.

Для отримання ідентифікатора класу classID слід вжити наявну в папці .. \Autodesk \ 3ds Max 20xx SDK \ maxsdk \ help програму gencid.exe (рисунок 3.2).

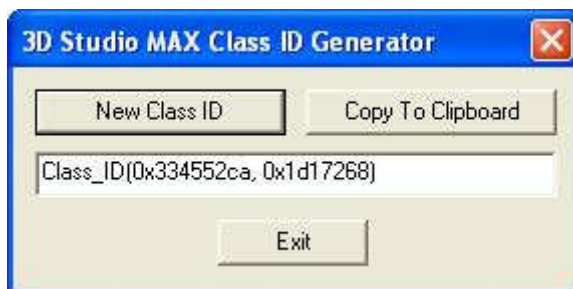


Рисунок 3.2 – Генератор ідентифікатора класу програмного модуля

Параметризований куб створюється обробником buildMesh в результаті застосування методу SetMesh, що одержує масив arrVrts з координатами вершин примітиву і масив його граней arrFcs. Розмір куба визначається

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

значенням параметра Size. Згладжують групи і нормалі куба задані по аналогії з примітивом Box.

Після копіювання та запуску коду в MAXScript Editor, програмний модуль буде доступний на вкладці Create - Geometry - Scripted Primitives (рисунок 3.3).

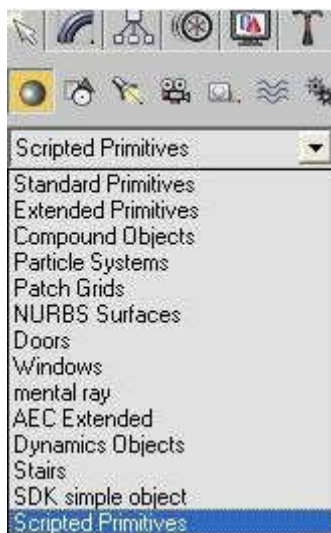


Рисунок 3.3 – Виклик програмного модуля CubeMS

Категорія (Scripted Primitives) і положення елемента в командному вікні визначаються параметрами вираження Plugin. Так, клас SimpleObject вказує на приналежність примітиву до геометричних об'єктів, зрозуміло і призначення властивості Category.

Після завантаження плагіна кубом можна оперувати коштами мови MAXScript, наприклад:

```
DELETE $ *
CB = CUBEMS SIZE: 40
ANIMATE ON AT TIME 100 (
  CB.SIZE = 60
  ROTATE CB 360 [0, 0, 1]
)
PLAYANIMATION ()
```

Зауважимо, що створений об'єкт не має текстурних координат та тіней, тому при вживанні матеріалу слід подбати про створення таких параметрів, наприклад за допомогою модифікатора UVWmap:

```
DELETE $ *
CB = CUBEMS SIZE: 50
ADDMODIFIER CB (UVWMAP MAPTYPE: 4 UI: ON)
CHK = CHECKER ()
CHK.COORDINATES.U_TILING = CHK.COORDINATES.V_TILING = 2
STD = STANDARD DIFFUSEMAP: CHK SHOWINVIEWPORT: TRUE DIFFUSEMAPENABLE: TRUE
CB.MATERIAL = STD
```

Далі потрібно налаштувати помічник Plug-in Wizard. Необхідні для використання помічника файли розташовані в папці MAXSDK \ Howto \ 3DSMaxPluginWizard.

Відкриємо в текстовому редакторі наявний в цій папці файл 3dsmaxPluginWizard.vsz і визначимо в ньому таке значення параметра:

```
Param = "ABSOLUTE_PATH = C: \ Program Files \ Autodesk \ 3ds Max 2009 SDK \ maxsdk \ howto \ 3dsmaxPluginWizard"
```

Тобто вкажемо повний шлях до папки з файлами помічника. Збережемо зміни і закриємо файл. Залишаючись в цій папці, скопіюємо три наступні файли:

- 3dsmaxPluginWizard.ico;
- 3dsmaxPluginWizard.vmdir;
- 3dsmaxPluginWizard.vsz

і вставимо їх в VC / vcprojects директорію установки Microsoft Visual Studio (це може бути C: \ Program Files \ Microsoft Visual Studio 5 \ VC \ vcprojects).

Цього достатньо, щоб 3ds Max Plug-in Wizard виявився доступним як шаблон в Microsoft Visual Studio.

Перевіримо це, запустивши Visual Studio і вибравши File> New: Projects> Visual C ++> 3ds Max Plug-in Wizard (рисунок 3.4).

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

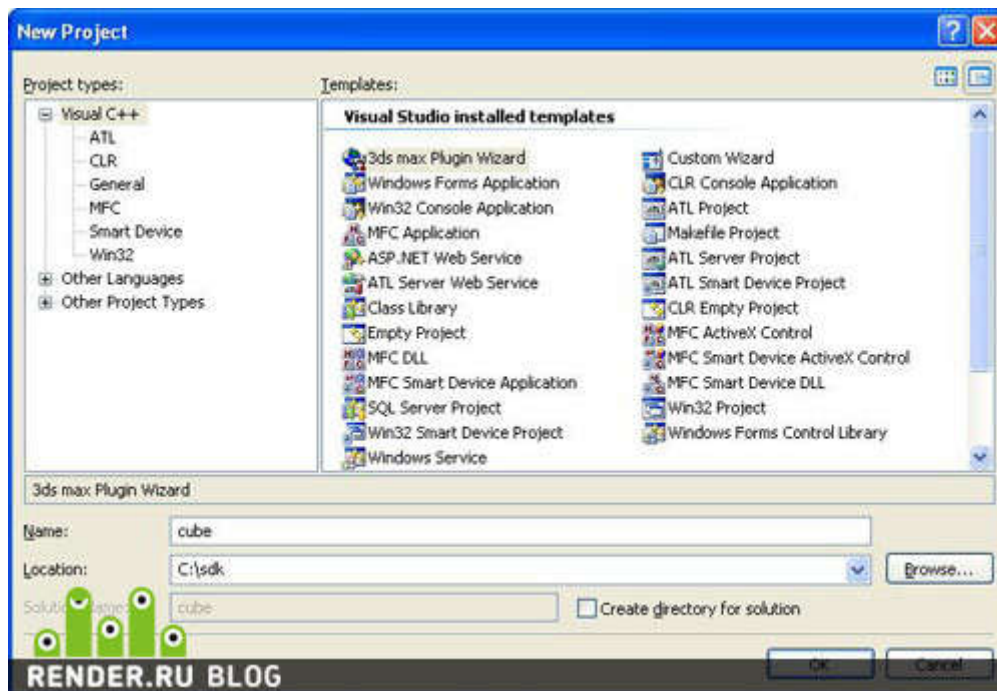


Рисунок 3.4 – Створення проекту Visual C ++ за допомогою 3ds Max Plugin Wizard

Розглянемо порядок створення 3ds Max SDK-плагіна. Після розробки проекту програмного модуля і оформлення проекту, наприклад, у вигляді технічного завдання запускається Microsoft Visual Studio, де і виконуються всі наступні дії. У проекті SDK-модуля корисно вказати наступні характеристики, що подано у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні характеристики програмного модуля

Характеристика модуля	Приклад значення
ім'я файлу	cube.dlo
Ідентифікатор класу утиліти	Class_ID (0xd667c5aa, 0xb65e9ddb)
опис IDS_LIBDESCRIPTION	"Cube"
Категорія IDS_CATEGORY	"SDK simple object "
ім'я класу IDS_CLASS_NAME	"Cube"

Інтерфейс користувача, що надається модулем, сформуємо відповідно до рисунку 3.5, додавши можливість ручного введення (Keyboard Entry) примітиву Cube.

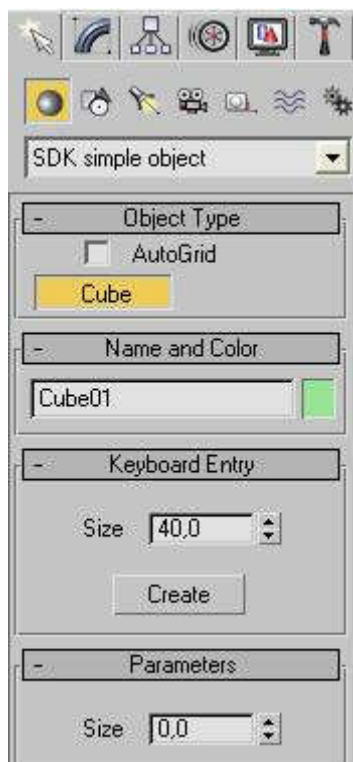


Рисунок 3.5 – Уточнений призначений для користувача інтерфейс програмного модуля

При введенні за допомогою натискання на кнопку Create центр куба буде розміщений на початку світової системи координат.

3.2 Програмна реалізація методу світлових сіток в 3Ds Max

Для впровадження МСС в практику, необхідно вбудувати його в редактор тривимірних сцен Autodesk 3Ds Max, що був обраний базою для реалізації МСС у вигляді модуля, який до нього підключається з огляду на поширеність і визнаною ефективності програмного продукту.

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Розглянемо процес візуалізації пакету 3Ds Max. Процес візуалізації сконструйованої в редакторі просторової сцени називається рендеринг.

Розглянемо типи підключених модулів, які ближче всього відносяться до рендерингу в нашому контексті:

- Shadow Generator модуль;
- Render модуль.

Для генерації м'яких тіней досить розробити модуль типу Shadow Generator, тобто необхідно реалізувати інтерфейс ShadowGenerator, основним методом якого є:

```
float ShadowGenerator :: Sample (ShadeContext &, Point3 &, Color &)
```

Значення, що їм повертається визначає ступінь затіненості точки перетину променя зі сценою (0 – точка в тіні, 1 – точка освітлена; проміжні значення відповідають півтіні).

Використання модуля типу Render означає створення свого унікального конструктора зображень (в даному випадку трасувальника променів). Підключений модуль типу Shadow Generator використовує стандартний трасувальник променів. Таким чином, перевикористовується існуючий стандартний код 3Ds Max.

Далі розглянемо інтерфейс користувача. Для кожного точкового джерела освітлення 3Ds Max дозволяє визначити, чи буде він відкидати тінь (тобто, чи буде обчислюватися затіненість точок сцени від освітлення цього джерела), і якщо так, то який алгоритм буде застосований для генерації тіней від нього, і задати параметри роботи цього алгоритму для даного джерела. Набір параметрів залежить від конкретного алгоритму і задається його програмною реалізацією.

При виборі джерела освітлення, на вкладці General Parameters панелі настройки Modify можна вказати алгоритм генерації тіней для цього джерела.

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

При виборі певного алгоритму, на панелі налаштування з'являється вкладка з опціями цього алгоритму.

Підключення до 3Ds Max модуля генерації тіней модуль FastLMM додає в список алгоритмів опцію «Fast Light Mesh Method». При виборі цієї опції на панелі налаштування з'являється вкладка Parameters, де можна редагувати необхідні параметри.

Інтерфейс повинен бути інтуїтивно зрозумілий і не повинен викликати складнощів у використанні. Інтерфейс, створений в рамках цієї роботи, більш зрозумілий користувачеві (рисунок 3.6(б)), який нічого не знає про пристрій МСС, а також виконаний в тому ж стилі, що і призначений для користувача інтерфейс стандартних алгоритмів генерації тіней, таких як «Area Shadows», «Shadow Map», «Ray Traced Shadows».

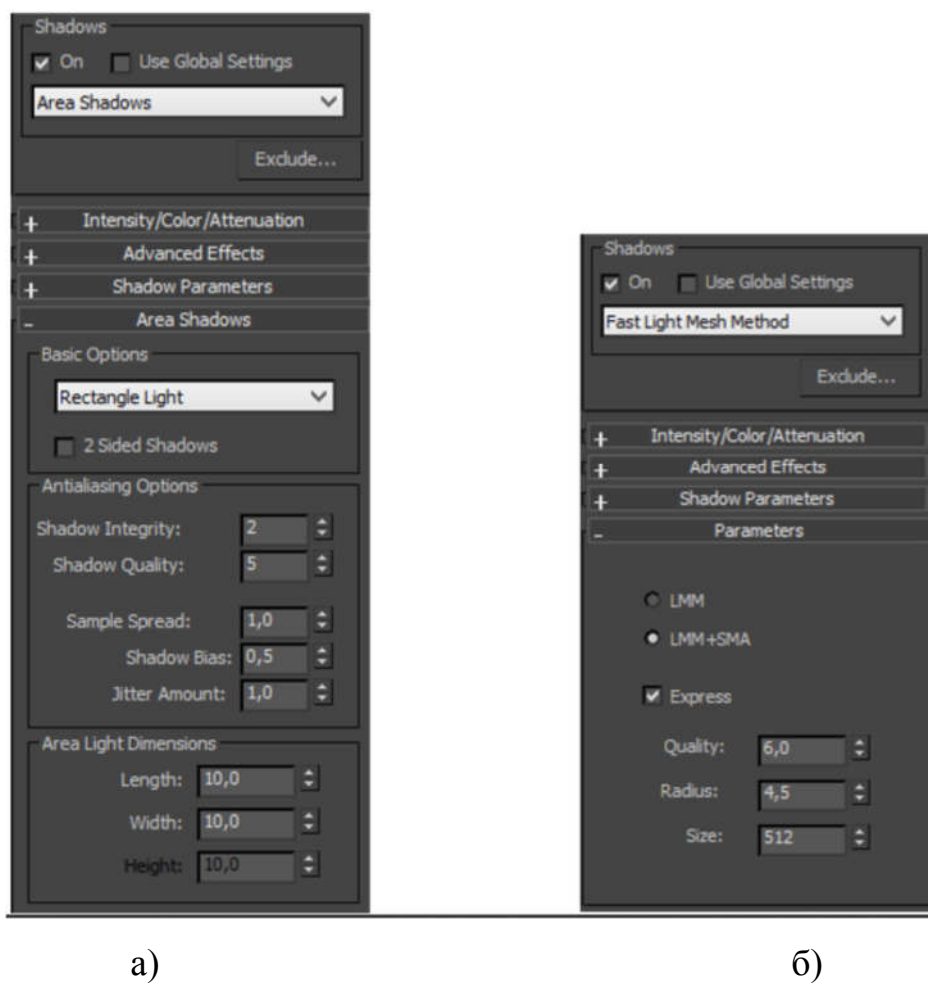


Рисунок 3.6 – Інтерфейси модулів: а) Area Shadows, б) FastLMM

Для модуля FastLMM доступні наступні параметри:

- Алгоритм візуалізації - MCC (LMM), MCC + ATK (LMM + SMA).
- Express – візуалізація алгоритмом з протікання (Light / Shadow Leaks).

Даний параметр дозволяє генерувати тіні значно швидше, за рахунок того, що при побудові інтерполяційної множини не враховується короткий тест – перевірка локальної видимості $V(P, x_k)$. Така візуалізація можлива для випадків, коли необхідно відмалювати сцену швидко, наприклад, для чорнового варіанту, при цьому на зображенні можуть з'явитися артефакти – протікання світла або тіні.

- Quality – Якість зображуваної тіні. При збільшенні даного параметра, збільшується кількість світлових точок у світловій сітці. Крок світловий сітки, використовуючи цей параметр, обчислюється за формулою $h=r/q$, де r – радіус, q – якість.

- Radius – радіус розмиття тіні. Чим більше радіус, тим більше розмиті межі тіней як зовні, так і внутрішньо кордону чіткої тіні/

- Size – розмір буфера глибини або тіньової карти (тільки для LMM + SMA). Чим більше розмір буфера, тим точніше тіньова карта відображає видимість світлових точок, і, отже, виходять більш якісні зображення.

Перейдемо до підключеного модуля FastLMM. Для створення модуля типу Shadow Generator необхідно реалізувати інтерфейс ShadowGenerator, основним методом якого є:

```
float ShadowGenerator :: Sample (ShadeContext &, Point3 &, Color &)
```

Для кожного джерела освітлення що міститься в сцені, для якого вказано використання модуля FastLMM, створюється свій екземпляр (об'єкт) класу FastLMMGenerator інтерфейсу ShadowGenerator. В цьому об'єкті зберігається позиція джерела освітлення та структура для зберігання точок світловий сітки. Спочатку ця структура не містить ніякої інформації про затіненості вузлів.

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Потім в процесі візуалізації сцени 3Ds Max викликає у примірника FastLMMGenerator метод Sample для зображуваних точок в просторі сцени. У методі Sample у світловій сітці викликається метод calculateIntensity, який обчислює елементи інтерполяційного безлічі, таким чином, розраховується видимість даними джерелом для деяких світлових точок. Отримане значення видимості (0 або 1) зберігається в об'єкті. Якщо в подальшому, ці світлові точки потрапляють в інтерполяційній множині іншої точки сцени, то видимість для них вже не розраховується. З методу Sample повертається значення затіненості точки P , на яке множиться внесок джерела L в освітленість цієї точки.

Для реалізації комплексного алгоритму, було вирішено перенести розрахунок тіньової карти на графічний прискорювач. Для цього був використаний DirectX 9 – програмний інтерфейс для роботи з відеокартою. Сцена, з позиції джерела освітлення, відмальованих в текстуру, при цьому для кожного пікселя розраховувалося відстань від джерела до точки сцени, яка відобразилася в даний піксель при растеризації. Далі буфер зчитується в пам'ять центрального процесора і використовувався для розрахунку видимості в МСС + АТК.

При реалізації алгоритму МСС + АТК, він був дещо модифікований, тому що 3Ds Max накладає деякі обмеження на розробку. Таким чином, кроки 2, 4, 5 з п. 2.3 в даному модулі не реалізуються, тому що точка перетину променя зі сценою розраховувалася всередині 3Ds Max, і в метод Sample передавалися розраховані координати цієї точки.

Таким чином, сформулюємо основні вимоги до програмної реалізації прискореного МСС в 3Ds Max.

1. Створити DLL – модуль FastLMM, що підключається до 3Ds Max. Тип модуля – Shadow Generator по специфікації Max SDK.
2. Програмний модуль повинен забезпечувати вибір алгоритму прискорення розрахунку: з використанням АТК, без прискорення.
3. Створити користувальницький інтерфейс для редагування параметрів алгоритму: якість зображення, радіус розмиття кордонів тіні,

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

вибір конкретного алгоритму прискорення (АТК, без прискорення), прискорена отрисовка Express реалізацією, для АТК розмір тіньової карти.

Засоби розробки повинні мати наступне.

1. Мова програмування C ++.
2. Середовище розробки Microsoft Visual Studio 2010.
3. Графічний редактор Autodesk 3Ds Max 2013 + SDK.
4. Програмний інтерфейс DirectX 9.0.
5. Мови Vertex Shader Assembler 1.4, Pixel Shader Assembler 2.0.

3.3 Тестування та верифікація програмного модуля

У результаті створення програмного модуля проведено ряд експериментів, які можна розділити на дві групи: за якістю і за швидкістю.

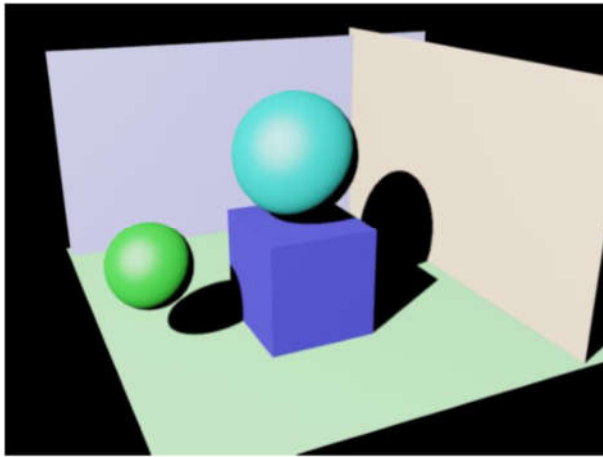
Спершу порівнюємо швидкість розрахунку отриманих зображень.

Були проведені розрахунки для двох сцен різної складності:

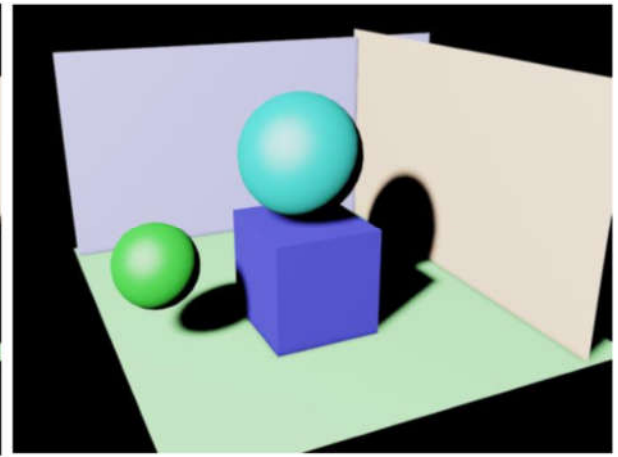
- «Сфери» (рисунок 3.7) – 2028 трикутників.
- «Парк» (рисунок 3.8) – 145 970 трикутників.

При розробці програмного модуля був проведений наступний експеримент. Як було описано, при розрахунку зображення по МСС в кожній зображуваній точці виконуються десятки коротких тестів перевірки локальної видимості, тобто перетину короткого відрізка з об'єктами сцени, для визначення того, потрапляє світлова точка в інтерполяційну множину чи ні.

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51



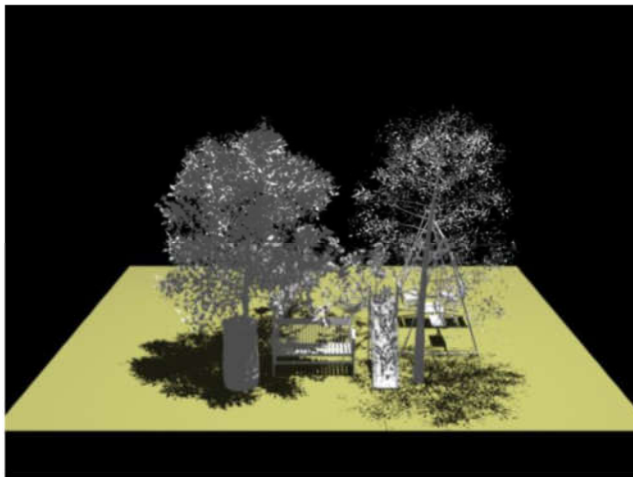
а)



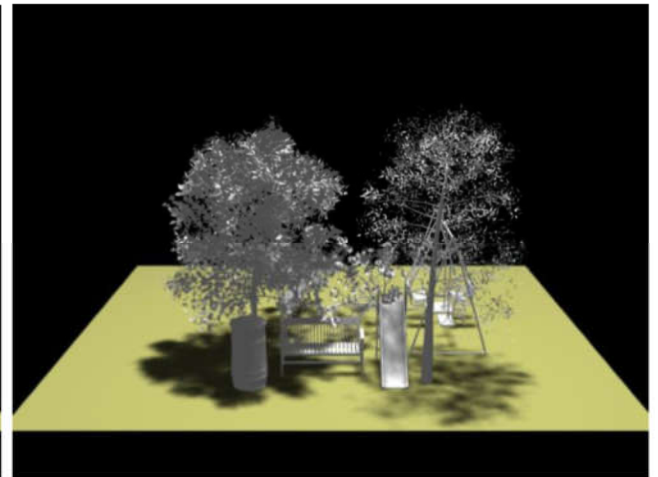
б)

Рисунок 3.7 – Сцена «Сфери»: а) з чіткими тінями (ЗРПТ);
б) з м'якими тінями (МСС)

Це одна з ресурсномістких операцій МСС. Було прийнято рішення досліджувати підхід, названий Express, коли ці короткі тести не робляться. Звичайно, теоретично таке рішення приведе до протікання світла і тіні. Потрібно оцінити вплив цих протікань на якість зображення. Зрозуміло, що швидкість розрахунку буде вище.



а)



б)

Рисунок 3.8 – Сцена «Парк»: а) з чіткими тінями (ОРЛТ);
б) з м'якими тінями (МСС)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

У таблицях 3.2 та 3.3 наведено порівняння алгоритмів: МСС, МСС + АТК, що працюють в звичайному та у експрес режимах.

Таблиця 3.2 – Час розрахунку сцени «Парк»

	$q=4, r=3, SM$ 1024x1024	$q=4, r=3, SM$ 512x512	$q=4, r=4, SM$ 1024x1024	$q=4, r=4, SM$ 512x512
МСС	65,1	65,1	146,1	146,1
МСС+АТК	62,7	59,5	142,8	141,1
Express MSS	12,65	12,65	13,3	12,83,3
Express MSS+АТК	4	3,98	5,2	5,1

Таблиця 3.3 – Час розрахунку сцени «Сфери»

	$q=6, r=4.5,$ SM 1024	$q=6, r=4.5,$ SM 512	$q=6, r=5.5,$ SM 1024	$q=6, r=5.5,$ SM 512
МСС	42,6	42,6	77,6	77,6
МСС+АТК	41,5	42,2	76,8	76,3
Express MSS	6,52	6,2	12,8	12,8
Express MSS+АТК	6,4	6,33	9,53	9,52

В результаті тестування програмного модуля, використання алгоритму комплексування МСС з АТК у порівнянні зі звичайним МСС дало прискорення розрахунку зображень порядку на 10 відсотків. Як показано у таблицях 3.2 та 3.3 швидкісний Express режим дозволяє зменшити обчислювальну складність складних сцен, що можна використовувати у випадках тестових сцен перед довгим підсумковим розрахунком.

Перейдемо до порівняння якості одержуваних зображень.

Зображення, розраховані МСС (див. рисунки 3.7(б), 3.8(б)), не містять артефактів. Відмінність цих зображень від зображень, розрахованих ЗРПТ

(див. рисунки 3.7(а), 3.8(а)), полягає тільки в розмитті границі тіней. На рисунку 3.9 показано відмінність зображень на рисунках 3.7(а) та 3.8(б), де видно, що зображення відрізняються тільки в зонах розмиття тіней, при цьому в повністю освітлених областях та областях повної тіні різниця дорівнює нулю, тобто зображення повністю збігаються.

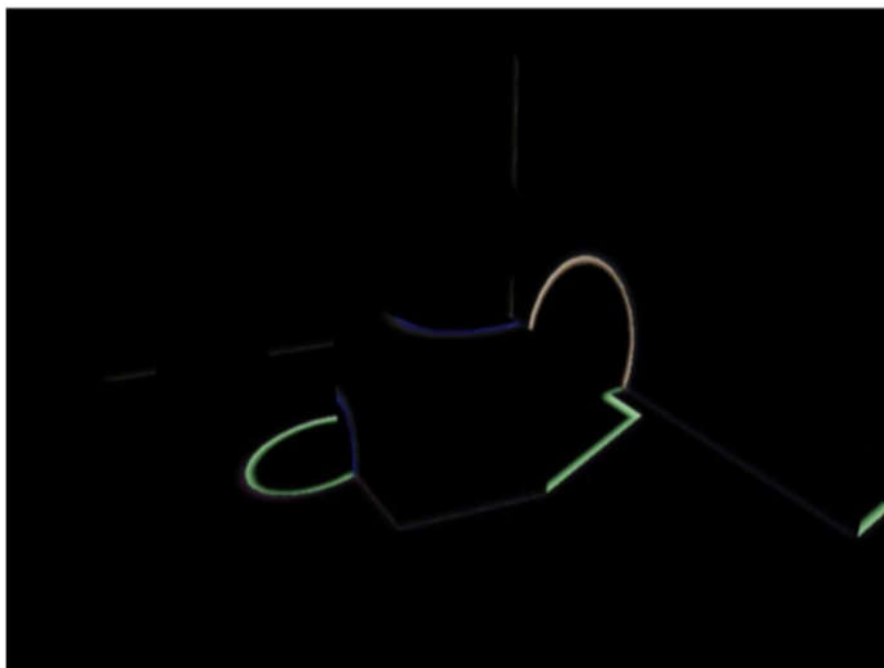


Рисунок 3.9 – Відмінність зображень на рисунках 3.7(а) та 3.8(б)

Зображення, розраховані МСС + АТК, мають деякі графічні артефакти через краї тіньової карти, але ці артефакти, при правильно підібраних параметрах (рисунок 3.10), практично непомітні на підсумковому зображенні.

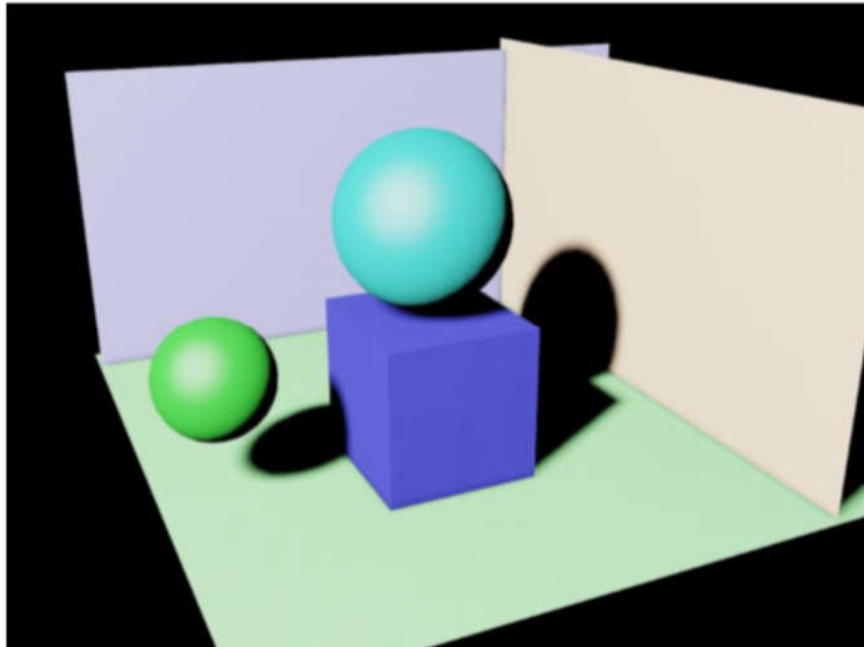


Рисунок 3.10 – Зображення сцени «Сфери», розрахованої МСС + АТК, розмір тіньової карти 1024x1024

На рисунку 3.11 показано відмінність зображень на рисунках 3.7(б) і 3.10. Як бачимо, зображення відрізняються тільки в областях півтіні, при цьому різниця незначна для ока, в чому неважко переконатися, візуально порівнявши представлені зображення.

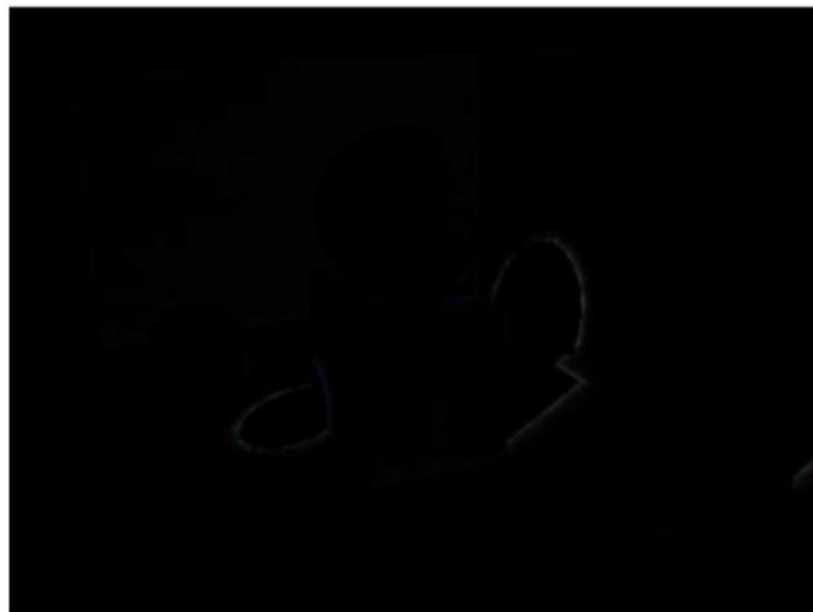


Рисунок 3.11 – Відмінність зображень на рисунках 3.7(б) і 3.10

Оскільки для спостерігача важлива не точність розрахунку тіней, а скоріше зорові відчуття від сприйняття зображення, можна вважати, що запропоноване пришвидшення побудови зображення дозволяє отримувати зображення з МСС без втрати якості.

Зображення, розраховане МСС в Express режимі (рисунки 3.12(а), 3.13(а)), також візуально практично не відрізняються від зображень розрахованих МСС або МСС + АТК. На рисунку 3.12(б) показано відмінність рисунків 3.8(а) і 3.12(а), а на рисунку 3.13(б) – відмінність 3.8(б) і 3.13(а).

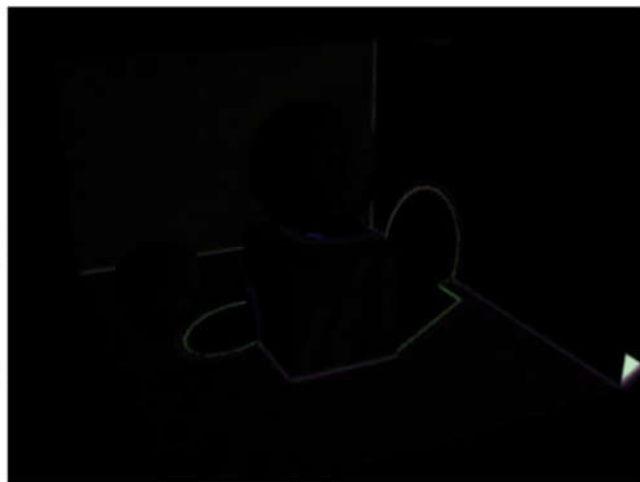
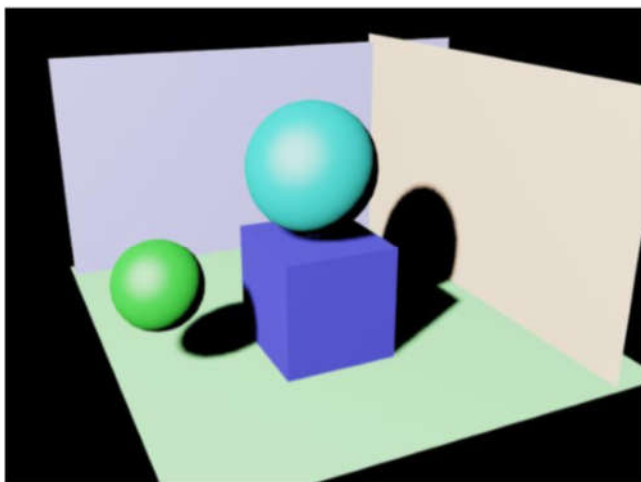


Рисунок 3.12 – а) Сцена «Сфери», розрахована МСС в Express режимі;
б) відмінність рисунків 3.8(а) і 3.12(а)

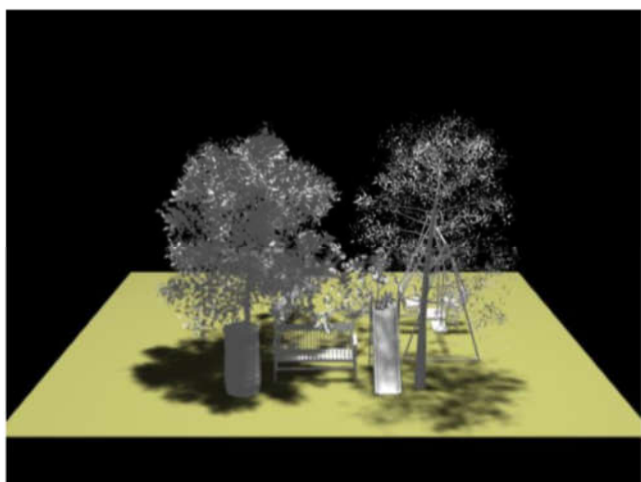


Рисунок 3.13 – а) Сцена «Парк», розрахована МСС в Express режимі;
б) відмінність рисунків 3.9(а) і 3.12(а)

При візуальному порівнянні цих зображень різниця практично непомітна. Отже, даний підхід буде дуже корисний у випадках, коли потрібне швидке час розрахунку зображень, при цьому незначне погіршення якості не заважає сприйняттю зображення.

Похибка, що вноситься алгоритмом МСС + АТК і Express режимом в розрахунок по МСС, становить в середньому кілька відсотків, що дуже мало у контексті завдання генерації м'яких тіней. Таким чином, запропоновані алгоритми дозволяють прискорити розрахунок зображень по МСС без відчутних втрат якості.

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

ВИСНОВКИ

В ході виконання випускної кваліфікаційної роботи можна зробити наступні висновки.

1. Розроблено алгоритм роботи програмного модуля візуалізації пакету 3Ds Max. Основна ідея полягає в тому, що метод світлових сіток буде працювати незалежно від того, яким способом обчислюється видимість джерела для світлової точки. Якщо запозичувати позитивну якість алгоритму тінювих карт і алгоритму тінювих об'ємів – швидкий тест видимості джерела, тобто комплексувати метод світлових сіток з алгоритмом тінювих карт або алгоритмом тінювих об'ємів, ми отримаємо комбінований алгоритм генерації м'яких тіней. Очевидно, що така апаратно прискорена модифікація методу світлових сіток дозволить розраховувати зображення швидше.

2. Реалізовано програмний модуль 3Ds Max в середовищі Microsoft Visual Studio із використанням 3Ds Max SDK і мови програмування C ++. Реалізовано MAXScript-версію модуля.

3. Створено динамічну бібліотеку DLL – модуль FastLMM, що підключається до 3Ds Max. Тип модуля – Shadow Generator по специфікації Max SDK. Програмний модуль забезпечує вибір алгоритму прискорення розрахунку: з використанням алгоритму тінювих об'ємів, без прискорення. Створено користувальницький інтерфейс для редагування параметрів алгоритму: якість зображення, радіус розмиття кордонів тіні, вибір конкретного алгоритму прискорення (алгоритм тінювих об'ємів, без прискорення), прискорене рисування Express реалізацією, для алгоритму тінювих об'ємів розмір тінювої карти.

4. Похибка, що вноситься алгоритмами в розрахунок становить в середньому кілька відсотків, що дуже мало у контексті завдання генерації м'яких тіней. Таким чином, запропоновані алгоритми дозволяють прискорити розрахунок зображень по методу світлових сіток без відчутних втрат якості.

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії. Рендеринг / Матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії. // Вікіпедія. – 2018. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Рендеринг> (дата звернення: 14.01.2019).
2. ChaosGroupLtd. Система визуализации V-Ray / ChaosGroupLtd. // vraydoc.narod.ru. – 2008. URL: <http://vraydoc.narod.ru/vray150sp1/index.htm> (дата звернення: 15.01.2019).
3. Офіційний сайт безшовних текстур та фонів hdURL: <http://www.render911.ru/>(дата звернення 16.01.2019).
4. Maxvon Übel Looking for 3D rendering software? Check out our 2019 guide to the 25 best 3D rendering software tools for animation movies, special effects, and architectural visualization. Some of them are free. / all3dp.com. – 2019. – URL: <https://all3dp.com/1/best-3d-rendering-software/> (дата звернення 17.01.2019).
5. Ярков Д. Продвинутый композитинг интерьеров в Eyeon Fusion / render.ru. 2009. URL: <https://render.ru/ru/d.yarkov/post/11905> (дата звернення: 18.01.2019).
6. Самый быстрый рендерер! Hydra Renderer. 2014. URL: <http://www.raytracing.ru/fastest.html> (дата звернення: 19.01.2019).
7. Миловская О.С. 3ds Max 2018. Дизайн интерьеров и архитектуры. СПб: Питер, 2018. – 400 с.
8. V-Ray for 3ds Max Help – URL: <https://docs.chaosgroup.com/display/VRAY3MAX/VRay+for+3ds+Max+Help> (дата звернення 20.01.2019).
9. Кулагин Б. Ю. Актуальное моделирование, визуализация и анимация в 3ds Max 7.5. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 496 с.
10. Nishisaka T., Jensen H.W. Stochastic progressive photon mapping, ACM Trans. Graph., vol. 28, no. 5, dec. 2009. P. 141– 148

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

11. Georgiev I, KrivanekJ, Slusallek Ph. Bidirectional light transport with vertex merging in SIGGRAPH Asia, 2011 Sketches, New York, NY, USA, 2011, SA '11. – P. 27 – 27, ACM.

12. Yu-Chi Lai, Shaohua Fan, Stephen Chenney, and Charcle Dyer, “Photorealistic image rendering with population monte carlo energy redistribution,” Eurographics Symposium on Rendering, 2007.

13. Ondra Karlik, Adam Hotovy, Jaroslav Krivanek, Jakub Konecny, and Ludvik Koutny, “Corona render,” 2014.

14. Офіційний сайт fazenda. Стаття Максима Гинзбурга на тему: «Интерактивная 3D презентация как новый маркетинг в строительстве». URL: <http://fazenda.spb.ru/experts/post/sovety-ekspertov/interaktivnaya-3d-vizualizaciya-kak-novyy-marketing-v-stroitelstve/> (дата звернення: 21.01.2019).

15. Офіційний сайт Reality Virtual Studio (2016) – URL: <https://www.zerodensity.tv/products/reality/> (дата звернення: 22.01.2019).

16. Офіційний сайт habrahabr. Стаття на тему: «Архітектурна візуалізація в UnrealEngine 4» – URL: <https://habrahabr.ru/post/253503/> (дата звернення: 23.01.2019).

17. Офіційний сайт Компанії Archi VR. URL: <http://archi-vr.ru/index.html> (дата звернення: 24.01.2019).

18. Офіційний сайт easyrender. Стаття на тему: «Найпопулярніші рендерингове програмне забезпечення, що використовується архітекторами та дизайнерами». URL: <https://www.easyrender.com/blog/the-most-popular-rendering-software-used-by-architects-and-designers> (дата звернення: 26.01.2019).

19. Офіційний сайт компанії lumion. URL: <https://lumion3d.com/> (дата звернення: 15.02.2019).

20. Офіційний сайт компанії Autodesk. URL: <http://www.autodesk.ru/products/3ds-max/features> (дата звернення: 15.01.2019).

21. Офіційний сайт компанії 3dvector. URL: <http://3dvector-pro.ru/ceny/>(дата звернення: 17.02.2019).

22. Офіційний сайт компанії weekend-production. URL: <http://weekend-production.ru/> (дата звернення: 19.02.2019).

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

23. Architectural Visualization Prices. URL: <https://www.easyrender.com/blog/architectural-visualization-prices> (дата звернення: 25.02.2019).

24. Офіційний сайт компанії 3d-3d. URL: <http://3d-3d.ru/> (дата звернення: 20.03.2019).

25. Офіційний сайт скрипта Vraymtlconverter-v2-5. URL: <http://www.scripspot.com/3ds-max/scripts/vraymtlconverter-v2-5> (дата звернення: 21.03.2019).

26. Офіційний сайт скрипта Steamroller. URL: <http://www.scripspot.com/3ds-max/scripts/steamroller> (дата звернення: 15.03.2019).

27. Офіційний сайт збірки скриптів Tstools. URL: <http://www.tomshannon3d.com/2014/09/tstoolsv11.html> (дата звернення: 18.03.2019).

28. Методичні вказівки до оформлення курсових проектів, звітів про проходження практики, випускних кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності «Комп'ютерна інженерія» / І.В. Гураль, Л.О. Дубчак / Під ред. О.М. Березького. - Тернопіль: ТНЕУ, 2019. – 33 с.

29. Методичні вказівки до написання техніко-економічного розділу дипломних проектів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» напряму підготовки 6.050102 «Комп'ютерна інженерія» / І.Р. Паздрій – Тернопіль: ТАНГ, 2014. – 37 с.

					БР.КСМ. 07094/15.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61