

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Сумський державний університет**  
**Факультет електроніки та інформаційних технологій**  
**Кафедра інформаційних технологій**

До захисту допущено  
В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Світлана ВАЩЕНКО

\_\_\_\_\_ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на здобуття освітнього ступеня бакалавр**

зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки,

освітньо-професійної програми Інформаційні технології проектування

на тему: Візуалізація 3D моделі теплиці

Здобувача (ки) групи ІТ-03 Криловецької Дарини Вікторівни  
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

\_\_\_\_\_ Дарина КРИЛОВЕЦЬКА  
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник доцент, к.т.н., доцент Ірина БАРАНОВА \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

**Суми – 2024**

Сумський державний університет  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра інформаційних технологій  
Спеціальність 122 Комп'ютерні науки  
Освітньо-професійна програма Інформаційні технології проектування

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В. о. зав. кафедри ІТ

\_\_\_\_\_ Світлана ВАЩЕНКО

\_\_\_\_\_ 2024 р.

## **ЗАВДАННЯ**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ**

*Криловецької Дарини Вікторівни*

**1 Тема роботи** Візуалізація 3D моделі теплиці

**керівник роботи** Баранова Ірина Володимирівна, к.т.н., доцент,

затверджені наказом по університету від «24» 05 2024 р. №0579-VI

**2 Строк подання студентом роботи** «26» 05 2024 р.

**3 Вхідні дані до роботи** технічне завдання, аналоги 3D моделей

**4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)** аналіз предметної області, постановка задачі, проектування 3D моделі теплиці, практична реалізація моделі, анімація росту рослин, висновки

**5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)** актуальність роботи, мета та задачі, аналіз аналогів 3D теплиць, вимоги до моделі, структурно-функціональний аналіз, засоби реалізації, практична реалізація 3D теплиці: моделювання об'єктів, створення анімації, фінальна візуалізація, висновки

## 6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Планування роботи над проектом	08.04.2024 – 09.04.2024	
2	Написання технічного завдання та детального плану реалізації	10.04.2024 – 15.04.2024	
3	Дослідження актуальності	16.04.2024 – 20.04.2024	
4	Аналіз та вибір програмного забезпечення	21.04.2024 – 24.04.2024	
5	Моделювання в IDEF-0	05.05.2024 – 06.05.2024	
6	Практична реалізація моделі	07.05.2024 – 20.05.2024	
7	Тестування моделі	20.05.2024 – 21.05.2024	
8	Створення анімації	22.05.2024 – 24.05.2024	
9	Тестування анімації	24.05.2024 – 25.05.2024	
10	Оформлення документації	26.05.2024 – 29.05.2024	

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Дарина КРИЛОВЕЦЬКА

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

к.т.н., доц. Ірина БАРАНОВА

## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра «Візуалізація 3D моделі теплиці».

Пояснювальна записка складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел із 25 найменувань, додатків. Загальний обсяг роботи – 63 сторінки, у тому числі 45 сторінки основного тексту, 3 сторінки списку використаних джерел, 15 сторінок додатків.

Актуальність роботи полягає в тому, що 3D–модель теплиці допомагає агрономам та фермерам краще планувати розміщення рослин, системи поливу та освітлення, що призводить до зниження витрат.

Мета роботи: створення візуалізації 3D моделі теплиці з анімацією росту рослин.

В першому розділі розглянуті актуальні публікації, пов'язані з візуалізацією 3D моделі теплиці. Зроблено огляд програмних засобів для вирішення поставлених завдань, в результаті обрано програму 3Ds Max 2023.

В розділі 2 детально розглянуто процес проектування діаграми варіантів використання та діаграми IDEF0. Проведений аналіз включає в себе опис методології створення кожної з цих діаграм, вказано призначення та основні принципи їх побудови.

В розділі 3 висвітлено практичну реалізацію моделі. Детально описано етапи створення моделі, налаштування текстур і матеріалів. Також розглянуто процес створення візуальних ефектів і елементів анімації, що доповнюють реалістичний вигляд моделі та розвивають її функціональність. Проведено тестування моделі для перевірки її працездатності та стабільності.

Ключові слова: 3D модель, теплиця, полігональне моделювання, сплайнове моделювання, матеріал, текстура, візуалізація, симуляція, анімація росту рослин.

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Аналіз предметної області 3D моделювання .....	8
1.1 Огляд останніх досліджень .....	8
1.2 Аналіз існуючих продуктів – аналогів.....	9
1.3 Постановка задачі.....	12
1.4 Вибір засобів реалізації.....	12
2 Проєктування процесу візуалізації 3D моделі теплиці .....	15
2.1 Моделювання в IDEF0 .....	15
2.2 Діаграма варіантів використання .....	17
3 Практична реалізація проєкту 3D моделі теплиці .....	19
3.1 Етапи реалізації.....	19
3.2 Розробка моделі теплиці.....	20
3.3 Моделювання елементів декору .....	22
3.4 Текстурування та налаштування матеріалів .....	29
3.5 Налаштування світла та створення анімації.....	33
3.6 Налаштування камер та візуалізація .....	40
Висновки .....	45
Список використаних джерел .....	46
Додаток А. Технічне завдання.....	49
Додаток Б. Планування робіт.....	53

## ВСТУП

3D моделювання та візуалізація стали невід'ємною частиною сучасного виробництва, сприяючи створенню продуктів, їх дизайну, прототипів та анімацій. Щороку зростає кількість ІТ-спеціалізацій, які впливають на майже усі сфери життя. Одночасно з цим збільшується потужність комп'ютерної техніки, що надає нові можливості в наукових дослідженнях та творчих проєктах.

Такий підхід особливо важливий у секторах, де необхідно візуально продемонструвати комплексні системи чи інноваційні технології перед їхнім втіленням. Наприклад, у біотехнологіях, енергетиці, чи будівництві, де 3D-моделі допомагають мінімізувати помилки у проєктуванні та оптимізувати використання ресурсів.

Застосування таких технологій в аграрній сфері, особливо у розробці інфраструктурних проєктів, таких як теплиці, відкриває нові горизонти для виробництва. Створення детальних 3D-моделей теплиць допомагає агрономам та фермерам краще планувати розміщення рослин, системи поливу та освітлення, що призводить до зниження витрат та збільшення урожайності.

Тому створення віртуальних об'єктів та середовищ через візуалізацію 3D моделей є актуальною задачею, оскільки спрощує процес попередньої візуалізації та проєктування.

Об'єктом дослідження даної роботи є візуалізація 3D моделей сільськогосподарських об'єктів.

Предмет дослідження – 3D модель віртуальної теплиці.

Метою даної роботи є створення та візуалізація 3D моделі теплиці з анімацією росту в ній рослин.

Для досягнення мети проєкту необхідно виконати наступні задачі:

- провести дослідження та аналіз існуючих аналогів 3D візуалізацій моделей сільськогосподарських об'єктів, визначити актуальність;
- сформулювати технічне завдання та детальний план реалізації проєкту;

– створити тривимірну модель теплиці, налаштувати матеріали та виконати текстування;

– візуалізувати модель теплиці та анімувати розвиток рослин.

Практичне значення роботи – створену модель теплиці можна застосовувати для візуалізації та дослідження процесів росту рослин у віртуальному середовищі у різних областях, наприклад в рекламі, іграх, віртуальній реальності тощо.

Результати роботи були представлені та обговорені на Міжнародній науково-технічній конференції молодих вчених «Інформатика, математика, автоматика – ІМА-2024» (м. Суми, Україна).

# 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ 3D МОДЕЛЮВАННЯ

## 1.1 Огляд останніх досліджень

Зважаючи на швидкий розвиток інформаційних технологій, 3D-моделювання стає особливо актуальними в сучасному світі [1]. Воно не лише дозволяє ефективно моделювати та відобразити реальні об'єкти, але й забезпечує унікальний спосіб віртуальної взаємодії з ними.

Важливою перевагою є можливість створення інтерактивних середовищ, що відкривають нові можливості для освіти, досліджень та інновацій [2].

На сьогоднішній день, технології 3D-візуалізації виявляються дуже перспективними у великій кількості сфер: від інтер'єрного дизайну та архітектури до виробництва, реклами, медицини та освіти [3].

Саме через цей широкий спектр застосування виникає потреба в подальшому розвитку технологій 3D-моделювання та візуалізації.

Однією з ключових переваг є можливість створення реалістичних віртуальних об'єктів та середовищ, що дозволяє попередньо візуалізувати різноманітні проекти, спрощуючи процес проектування та сприяючи точнішому розумінню та взаємодії з об'єктами ще до їх фізичної реалізації.

Відзначається, що за останні роки у сфері 3D візуалізації для сільського господарства спостерігається зростання інтересу дослідників та фахівців [4]. Зокрема, у працях таких авторів, як Каліс Ф. [5], Кім Р. [6], Муралідхара Х. Б. [7] розглядаються різні аспекти візуалізації та моделювання теплиць з використанням сучасних технологій та програмного забезпечення.

У роботі [8] автори зосереджуються на дослідженні професійних симуляторів та віртуальних середовищ, спеціально створених для моделювання теплиць у тривимірному просторі. Вони аналізують декілька таких платформ, порівнюють їх ключові характеристики та ефективність. В роботі показана концепція використання повністю змодельованих тепличних систем у віртуальному середовищі, що сприяє більш ефективній співпраці між дослідницькими групами у



галузі тепличного землеробства та спільному використанню робочих просторів, алгоритмів і матеріалів.

У контексті даної роботи, актуальність полягає в створенні та використанні 3D–моделі для віртуальної теплиці та анімації росту рослин. Створення такої моделі дасть реальне уявлення про результати планувальних рішень.

## **1.2 Аналіз існуючих продуктів – аналогів**

В мережі інтернет існує безліч різноманітних 3D моделей теплиць. Але це не означає що всі вони гарної якості.

Більшість з них створені давно, на теперішній час втратили актуальність та не відображають повністю всі аспекти сучасних технологій.

Дана робота ґрунтується на виявленні існуючих проблем та сучасних тенденцій при тривимірному моделюванні теплиць, усуненні цих недоліків та створенні сучасної, якісної 3D–моделі, яка відповідає потребам та вимогам.

Для порівняльного аналізу було обрано такі готові моделі, як Garden House, Greenhouse, Greenhouse in the garden (DRAFT) [9-11].

Перша модель Garden House [9] має реалістичну деталізацію текстур та матеріалів. Кольорова палітра підібрана гарно, але сама теплиця нагадує будинок. Відсутність внутрішнього оформлення та оснащення рослин є також значним недоліком (рис 1.1).

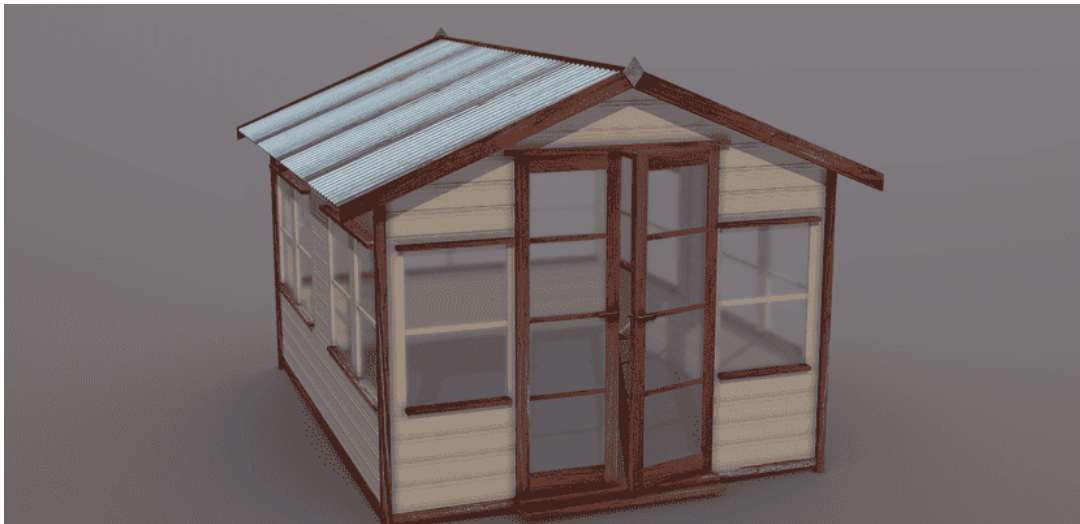


Рисунок 1.1 – Garden House [9]

Помітно, що друга модель Greenhouse [10], навіть з урахуванням наявності текстур, оточуючого середовища та моделей рослин, не досягла повноти й залишається недоробленою у контексті остаточного вигляду. Відсутність деталізації та реалістичного зображення об'єктів зробила цей продукт менш привабливим для потенційного використання (рис. 1.2).

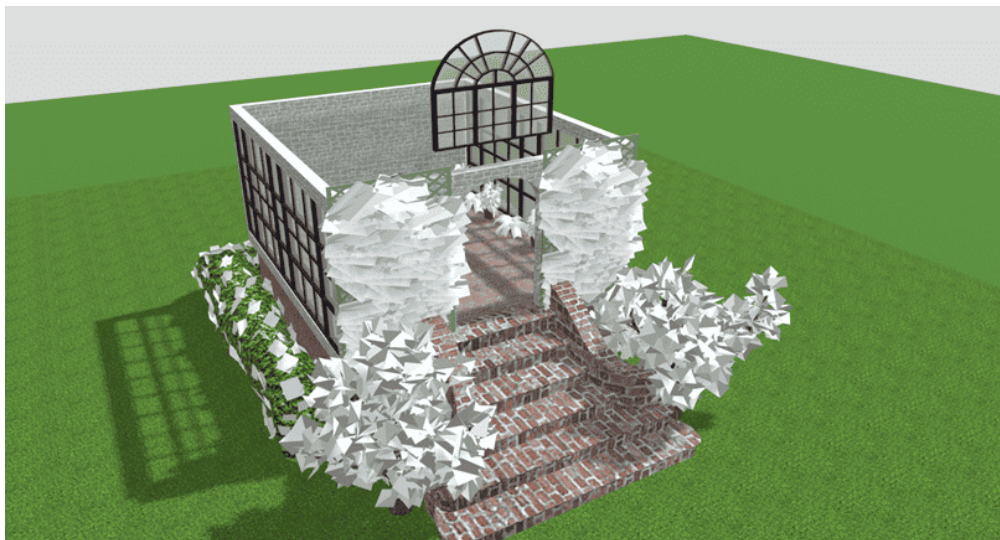


Рисунок 1.2 – Greenhouse [10]

Третя модель – Greenhouse in the garden (DRAFT) [11] – оптимізує використання простору, має чітко виражену конструкцію та прозорі стінки, що дозволяють спостерігати всередині теплиці.

Проте варто відзначити, що її дизайн, хоча й має привабливий вигляд, може більше асоціюватися з музеєм, аніж з теплицею (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Greenhouse in the garden (DRAFT) [11]

Проаналізувавши представлені 3D моделі, було виявлено переваги та недоліки аналогів (табл 1.1). Всі критерії будуть враховані при розробці дипломної роботи.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика аналогічних 3D моделей

Критерії порівняння	3D моделі		
	Garden House	Greenhouse	Greenhouse in the garden (DRAFT)
Сучасний дизайн	–	–	–
Якісна візуалізація	+	–	+
Деталізація	+	–	+
Наявність рослин	–	+	+
Оформлення	–	+	+

### 1.3 Постановка задачі

Мета даного проєкту полягає у візуалізації 3D моделі теплиці з анімацією росту рослин.

Для досягнення результату треба вирішити наступні питання:

- сформулювати технічне завдання та розробити детальний план реалізації проєкту, провести аналіз можливих ризиків;
- розробити структуру проєкта, визначити ключові елементи стилізованих об'єктів;
- створити відповідні моделі та налаштувати для них текстури та матеріали відповідно до вимог проєкту;
- реалізувати візуальні ефекти та елементи анімації камери для досягнення бажаного естетичного і функціонального результату;
- провести тестування моделі та підготувати супровідну документацію.

Модель 3D теплиці повинна мати привабливий та деталізований вид з урахуванням усіх її складових елементів.

Більш детальні вимоги до проєкту описані у технічному завданні на розробку проєкту (додаток А).

### 1.4 Вибір засобів реалізації

В арсеналі сучасного інженера й дизайнера існує ряд програмних продуктів, спрямованих на візуалізацію 3D моделей, в тому числі й теплиць [12]. В контексті дипломної роботи важливо ретельно вибрати програмний продукт, які найбільше відповідає вимогам реалізації проєкту. Для цього проведено огляд наявних програмних рішень на ринку, які можуть бути потенційно використані для розробки 3D моделі теплиці.

## **Blender 3D**

Один із найпопулярніших програмних продуктів, відомий своєю безкоштовністю та великим спектром можливостей для роботи з тривимірною графікою. Він забезпечує широкий набір інструментів для моделювання, текстурування, анімації та візуалізації об'єктів [13]. Крім того, він має велику спільноту користувачів та розширену документацію, що сприяє швидкому вивченню й використанню програми. Однак, порівняно з іншими програмними продуктами, Blender 3D може бути важким в оволодінні через свою складність та обширний функціонал.

## **3ds Max**

Володіє високою продуктивністю та широким функціоналом для розробки тривимірних сцен. Він часто використовується в ігровій та кіноіндустріях для створення складних анімаційних об'єктів та сцен [14]. Однією з основних переваг 3ds Max є його висока продуктивність та швидкість роботи. Це дозволяє зосередитися на творчому процесі та отримати швидкі результати. Також важливою характеристикою є широка підтримка форматів файлів, що дозволяє легко обмінюватися даними з іншими програмами та платформами.

## **Cinema 4D**

Відома своїм дружнім інтерфейсом, а також розширеними можливостями для створення візуально вражаючих тривимірних об'єктів та анімацій [15]. Крім того, Cinema 4D забезпечує можливості реалістичного моделювання та візуалізації, що робить його відмінним вибором для проєктів, що вимагають високої якості графіки. Проте, порівняно з іншими програмними рішеннями, такими як 3ds Max, Cinema 4D може виявитися менш потужним у плані функціональності та можливостей налаштування. Тому вибір між Cinema 4D та іншими програмами визначається вимогами та конкретними потребами проєкту.

Для зручності порівняння характеристик цих графічних редакторів складено таблицю, в якій відображені основні параметри кожного з них, такі як функціональні можливості, продуктивність, наявність плагінів та інші ключові аспекти (табл 1.2).

Таблиця 1.2 – Порівняння додатків для моделювання

Характеристика	Додатки для 3D моделювання		
	Blender 3D	3ds Max	Cinema 4D
Функціональні можливості	Великий спектр інструментів для моделювання, анімації та візуалізації	Професійні інструменти для моделювання, анімації та візуалізації	Можливості для моделювання, анімації та спеціальних ефектів
Продуктивність	Висока	Висока	Висока
Наявність плагінів	Обмежена	Велика кількість	Велика кількість
Підтримка форматів	Широкий спектр	Широкий спектр	Широкий спектр
Інтерфейс	Складний	Зручний	Інтуїтивно зрозумілий

Після детального аналізу додатків для 3D моделювання було визначено, що 3ds Max найкраще підходить під потреби проєкту. Також важливим фактором у виборі 3ds Max була його широка популярність серед професіоналів у галузі 3D моделювання та візуалізації. Це означає наявність великої кількості ресурсів, таких як навчальні матеріали, онлайн-курси та форуми спільноти, де можна отримати підтримку та поради від досвідчених користувачів [16–18].

## 2 ПРОЄКТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ 3D МОДЕЛІ ТЕПЛИЦІ

### 2.1 Моделювання в IDEF0

Методологія функціонального моделювання IDEF0 та графічна нотація призначені для графічного відображення функцій системи та їх взаємозв'язків [24].

Функціональна модель IDEF0 складається з набору блоків, кожен з яких є чорним ящиком з входами і виходами, управлінням і механізмами, які можуть бути деталізовані до потрібного рівня. Ключова функція знаходиться у верхньому лівому кутку, а функціональні блоки з'єднуються стрілками та описами.

Перелік даних, сформований в результаті аналізу головних елементів системи:

- вхід: результати аналізу аналогів, параметри побудови теплиці;
- управління: методи моделювання, технічне завдання;
- вихід: 3D модель, візуалізовані зображення теплиці, відеоанімація;
- механізми: розробник, апаратне та програмне (3ds Max) забезпечення.

Функціональне моделювання інформаційної системи в нотації IDEF0 представлено на рисунку 2.1.

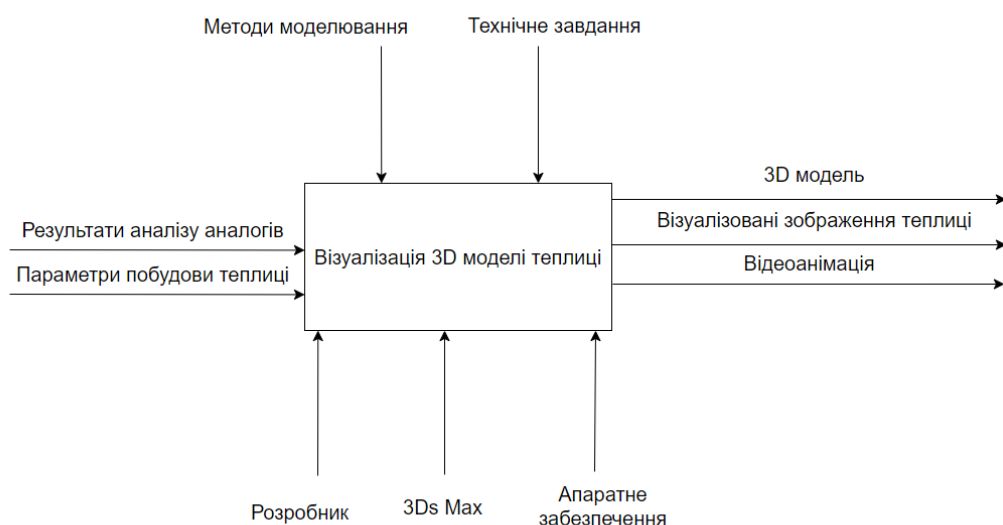


Рисунок 2.1 – Моделювання в IDEF0

Діаграма першого рівня із розкриттям етапів проєкту наведена на рисунку 2.2.

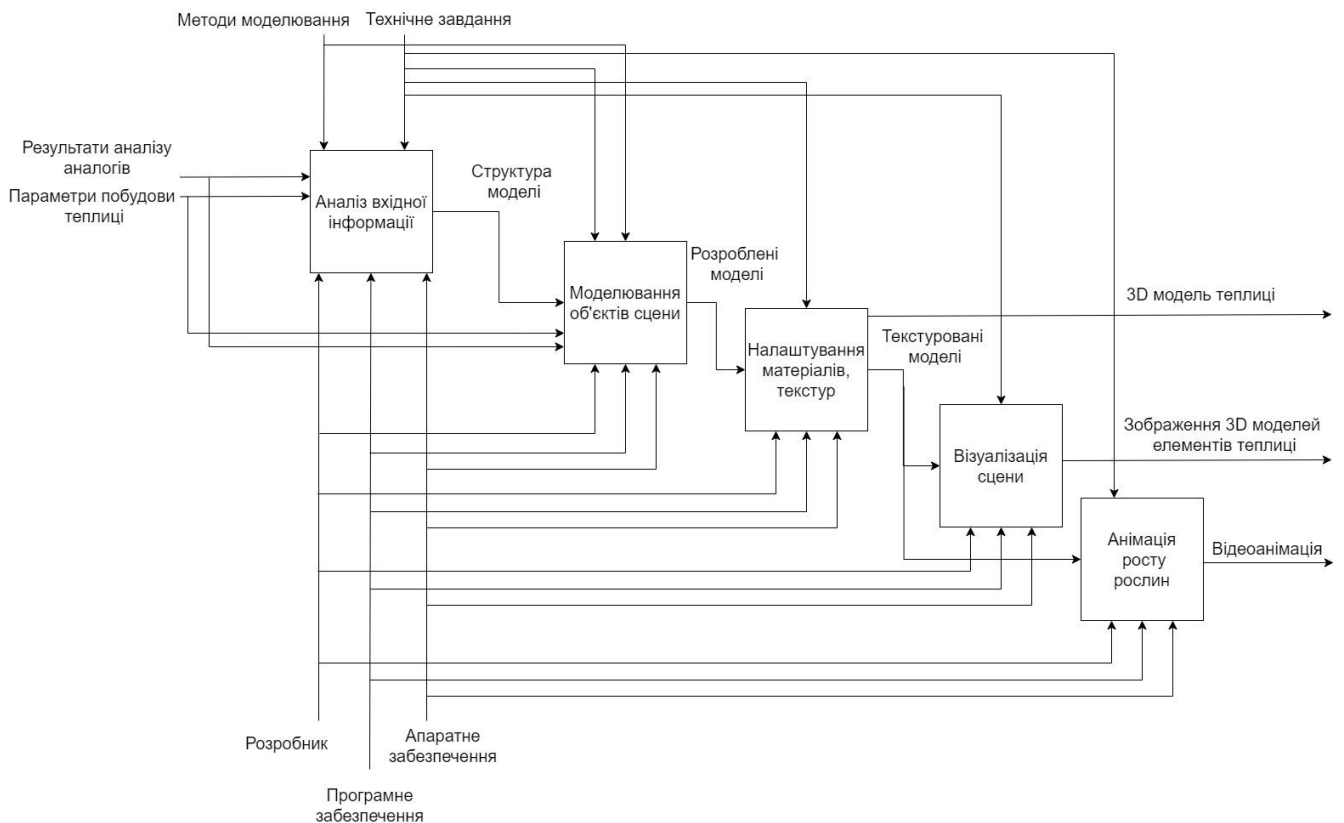


Рисунок 2.2 – Моделювання в IDEF0

В результаті розкриття загального процесу на п'ять різних етапів отримали:

- перший блок: аналіз вхідної інформації;
- другий блок: моделювання об'єктів сцени;
- третій блок: налаштування матеріалів, текстур;
- четвертий блок: візуалізація сцени;
- п'ятий блок: анімація росту рослин.

Після першого блоку аналізу маємо на виході структуру моделі, яка є вхідними даними для другого блока. По завершенні моделювання на виході отримуємо розроблені моделі, які передаються до третього блока, де будуть виконуватися налаштування матеріалів та текстур. Перша вихідна стрілка з цього блока – 3D модель теплиці, а друга – Текстуровані моделі, має розгалуження та веде до останніх двох блоків візуалізації та анімації проєкту.



## 2.2 Діаграма варіантів використання

Діаграма варіантів використання є важливою концептуальною моделлю системи під час її проектування та розробки [25]. На цій діаграмі відображаються взаємозв'язки між зовнішніми акторами та різними сценаріями використання системи.

Варіант використання, або прецедент відповідає за конкретний спосіб взаємодії з системою. Актор, або дійова особа описує роль, яку грає персона або інша зовнішня сутність під час взаємодії з системою. Один актор може представляти багатьох фізичних осіб, у яких збігаються функції по відношенню до системи. І навпаки, одна фізична особа може грати декілька ролей, отже її функції описуються багатьма акторами.

Діаграма варіантів використання даного проєкта наведена на рисунку 2.3.

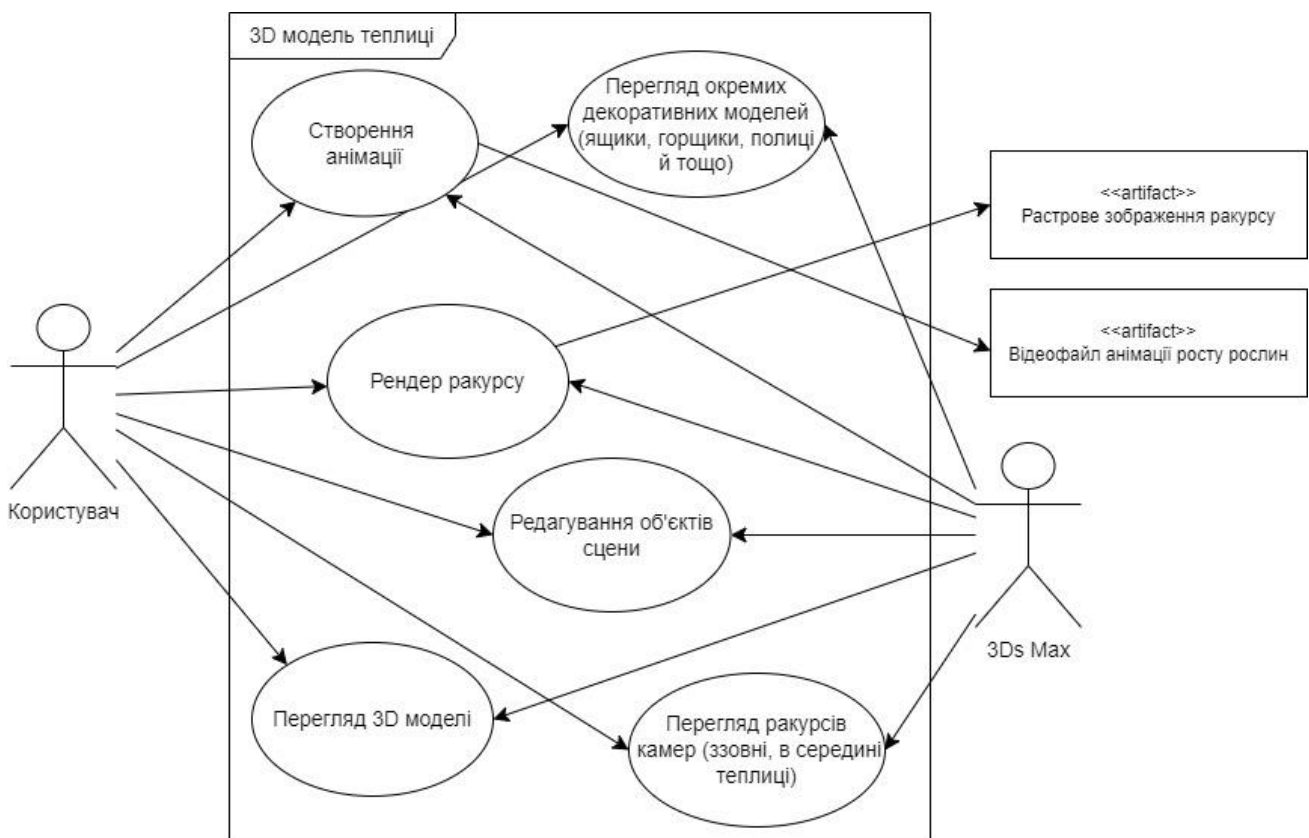


Рисунок 2.3 – Діаграма варіантів використання

В даній діаграмі в ролі актора виступає користувач, який має можливість переглядати 3D модель теплиці, відеоанімацію та окремі декоративні моделі всередині сцени.

## 3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЄКТУ 3D МОДЕЛІ ТЕПЛИЦІ

### 3.1 Етапи реалізації

Ключовим аспектом практичної реалізації проєкту є детальне планування його окремих етапів реалізації. Завдяки розділенню процесу дотримується запланований графік роботи та забезпечується можливість оцінити зовнішній вигляд й розміщення кожного з об'єктів у сцені під час моделювання. Таким чином план дій складається з:

- розробка моделі теплиці, з використанням відповідних референсів.
- створення й розташування елементів інтер'єру та екстер'єру;
- налаштування матеріалів, текстуровання сцени;
- додавання моделей світла та реалізація анімації росту рослин;
- додавання камер, візуалізація моделі.

Перший етап – створення основної моделі на основі проаналізованих вже раніше моделей аналогів.

Другий етап – візуальне наповнення сцени, включаючи додавання рослинності. Додаються меблі, горщики, лійка, відро, ящики, корзина для сміття, тощо.

Третій етап – створення та використання різних матеріалів та текстур, впровадження HDRi карти – навколишнього середовища.

Четвертий етап – для надання більшої атмосферності та привабливості сцені, додаються джерела світла різного типу та кольору. Використовуються різні методики анімації для демонстрації росту рослин.

П'ятий етап – налаштування положень камер для подальшого рендера відеоанімації. Візуалізація готової сцени з різних сторін.

Вище описаний план буде реалізований з використанням програми 3ds Max 2023.

### 3.2 Розробка моделі теплиці

Роботу розпочинаємо з основної моделі, що буде знаходитись в центрі сцени – теплиці. Щоб надати їй сучасного виду, було вирішено використовувати примітив Gengon, який потім конвертовано в EditPoly. Завдяки цьому споруда буде мати більш цікавішу форму, аніж простий квадрат.

Для створення фундаменту використовується функція Slice Plane. Далі за допомогою виділення необхідних полігонів та функції Extrude, додаються виступи з внутрішньої та зовнішньої сторін фундаменту, стін. Наступним кроком є додавання ребр для стін з використанням функції Connect, які в подальшому буде використано для створення віконної рами (рис. 3.1).

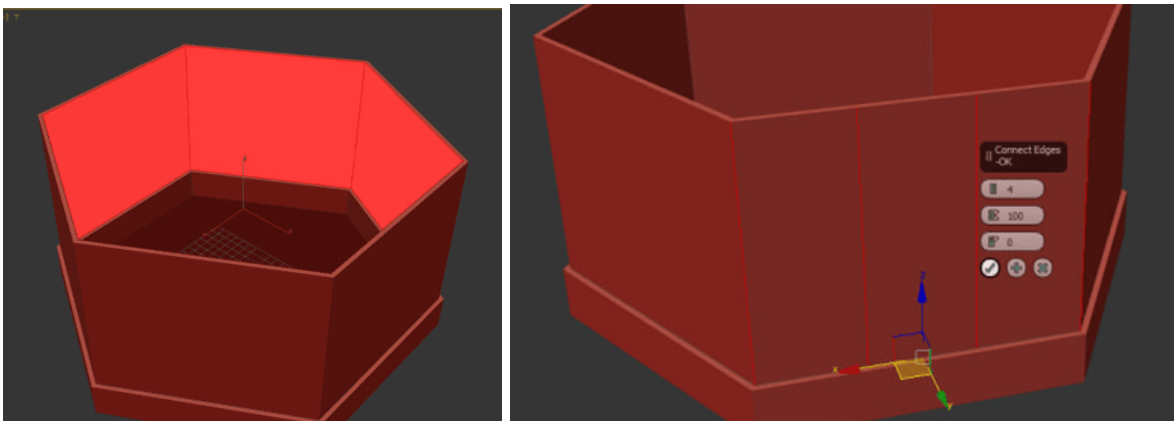


Рисунок 3.1 – Результат додавання виступів для стін та фундаменту

Щоб створити отвори для скла з отриманих полігонів, спочатку слід виділити потрібні, а потім застосувати до них функцію Inset зменшивши розмір. Для створення фаски використовується функція Extrude, зміщуючи полігони всередину будівлі. Після виконаних дій отвори вирізаються за допомогою Bridge (рис. 3.2).

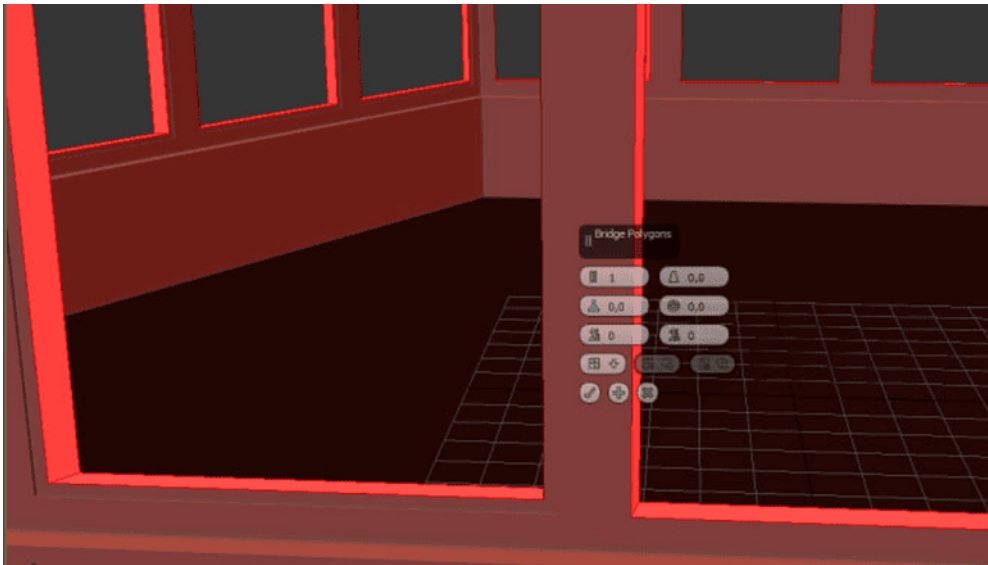


Рисунок 3.2 – Створення віконної рами

За аналогічним принципом моделюються двері, до яких додається дверна ручка, створена зі стандартних примітивів Box та Cone. Також додаються сходи. Вікна вставляються з використанням примітиву Plane, а дах будівлі створено з примітиву Genop, положення вершин якого змінено. Результат дій наведено на рисунку 3.3.

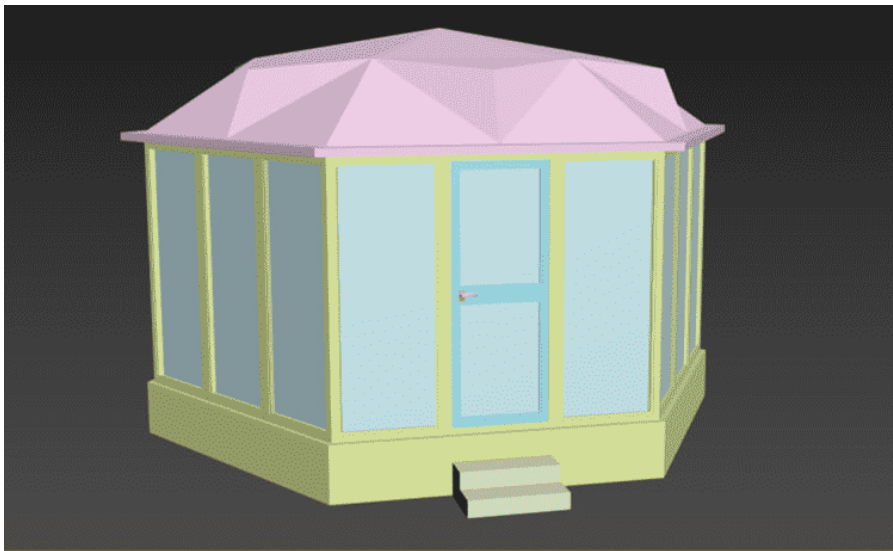


Рисунок 3.3 – Результат моделювання

### 3.3 Моделювання елементів декору

Після завершення створення основної моделі теплиці слід змоделювати додаткові елементи декору. Розпочнемо з моделювання столу. Стільниця створена за допомогою базового примітиву Box, для ніжок столу було використано функцію Extrude (рис. 3.4).

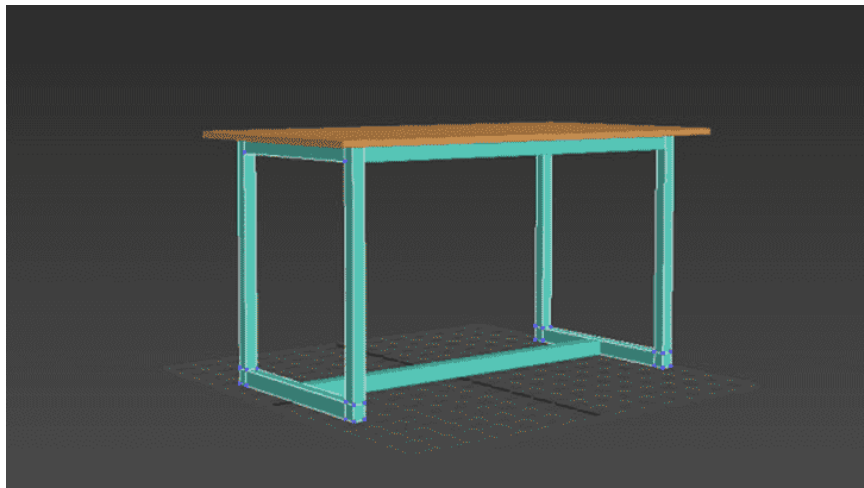


Рисунок 3.4 – Фінальний результат

Далі виконується моделювання ящиків з використанням інструменту Array. Спочатку було створено базову основу, потім дощечку, котру було продубльовано. Готову модель ящика представлено на рисунку 3.5.

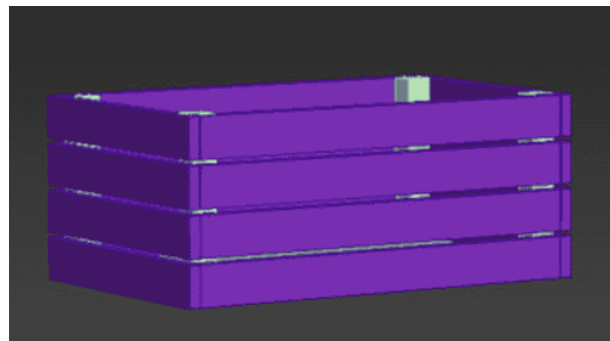


Рисунок 3.5 – Модель ящика

Наступним елементом у моделюванні є поличка для горщиків – з базового примітиву та подальшого витягування полігонів. Конструкцію нахилено за допомогою інструменту Select and Rotate та при редагуванні вершин додано скоси на нижніх кінцях елемента та задні ніжки. Потім, використовуючи масив, створено дошки, на які буде в майбутньому розставлено горщики (рис. 3.6).

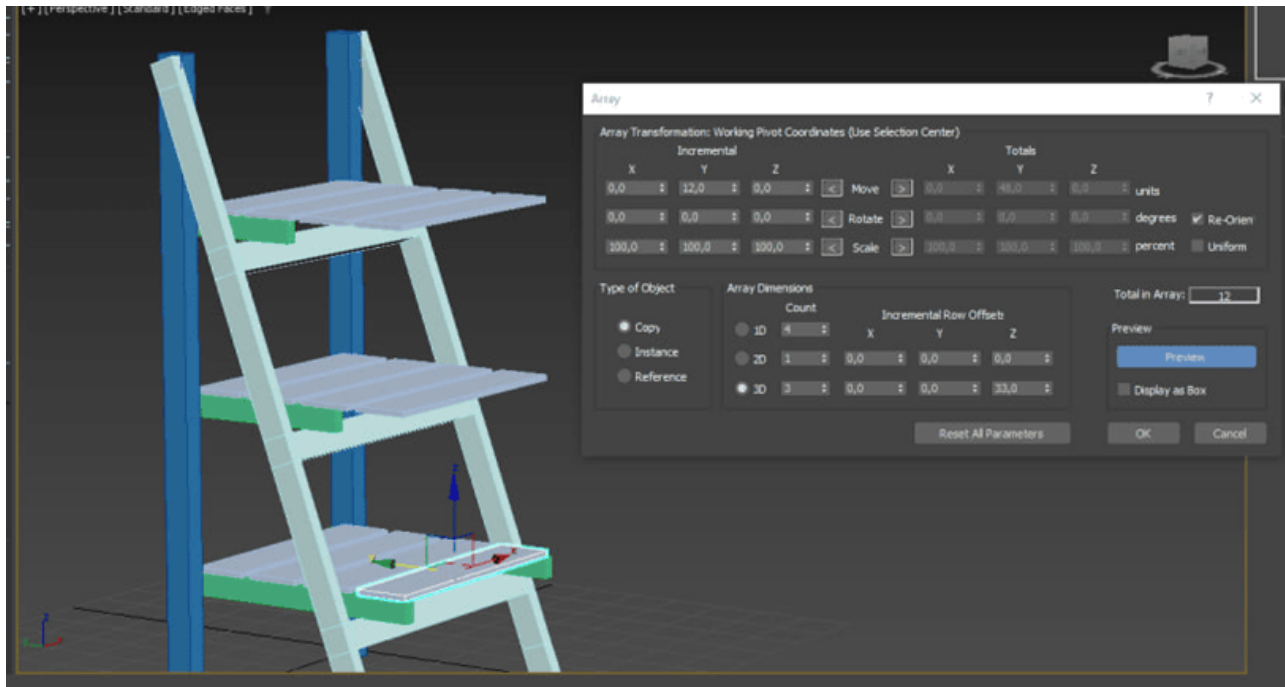


Рисунок 3.6 – Створення полички

Для створення квіткових горщиків використано метод сплайнового моделювання. В проекції Front малюється лінія, яка відповідає бажаній формі горщика. Далі застосовано модифікатор Lathe, створюємо тривимірний об'єкт. Конвертуємо отриману модель в Edit Poly та застосуємо модифікатор Shell для надання товщини. Щоб отримати більш гладку поверхню застосовуємо Autoslush і NURMS до моделі (рис. 3.7). Таким же чином створено й інші горщики.

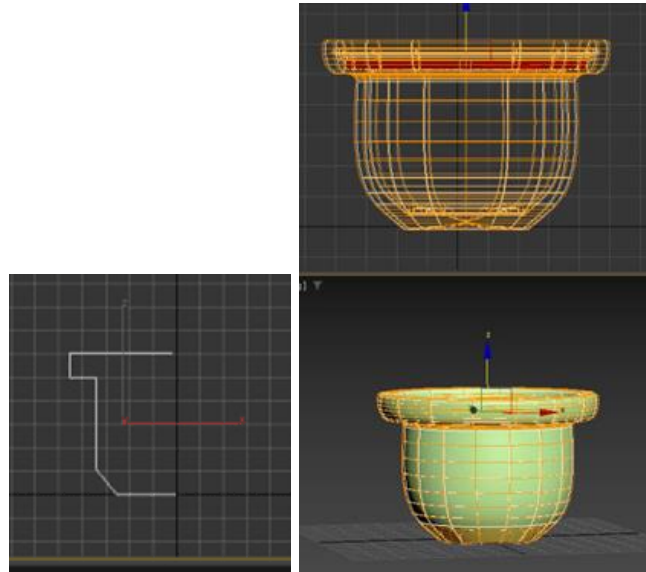


Рисунок 3.7 – Моделювання горщика

Реалістичний мішок, котрий спирається на стінку, створено методом симуляції. Спочатку було створено конструкцію та об'єкт для симуляції. Потім застосовуємо до об'єктів модифікатор Cloth. У властивостях об'єкта обираємо тип Cloth та збільшуємо параметр Pressure. Для конструкції задаємо тип Collision Object. Ці налаштування важливі для визначення того, що є тканиною, а що є твердим об'єктом, з яким вона взаємодіє. Після цього запустивши симуляцію, отримуємо результат (рис.3.8). Проводимо подібні кроки й для інших мішків.

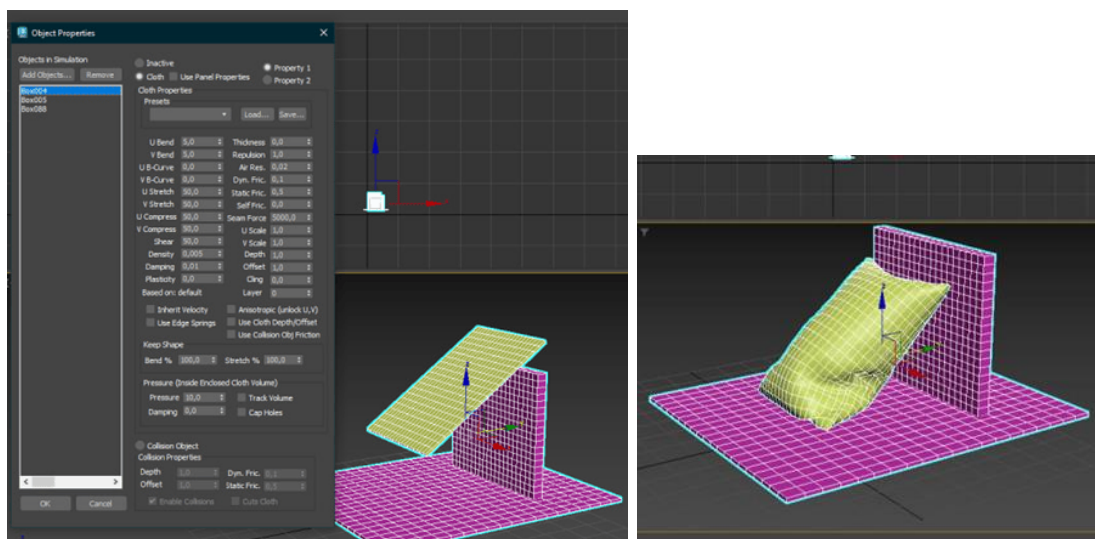


Рисунок 3.8 – Налаштування та результат симуляції



Переходимо до моделювання лійки. Для створення її основи було використано примітив Cylinder, конвертований в Edit Poly. За допомогою функцій Bevel та Connect створено носик лійки. За допомогою модифікатора FFD 4x4x4 надано форму та змінено кількість ребр для створення більш привабливого вигляду носика й загальної форми. За схожим принципом моделюється ручка лійки (рис. 3.9).

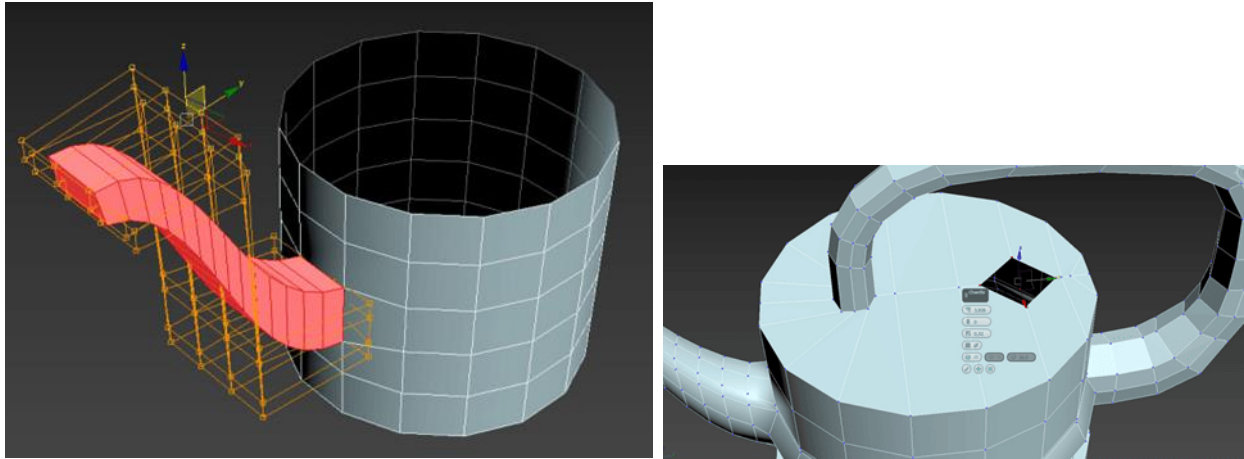


Рисунок 3.9 – Моделювання носика та ручки

Отвори в лійці моделюються за допомогою функцій Chamfer, Inset, Extrude, Connect, зайві полігони видалено. Модифікатор Turbosmooth було застосовано для згладжування гострих кутів на моделі (рис. 3.10).

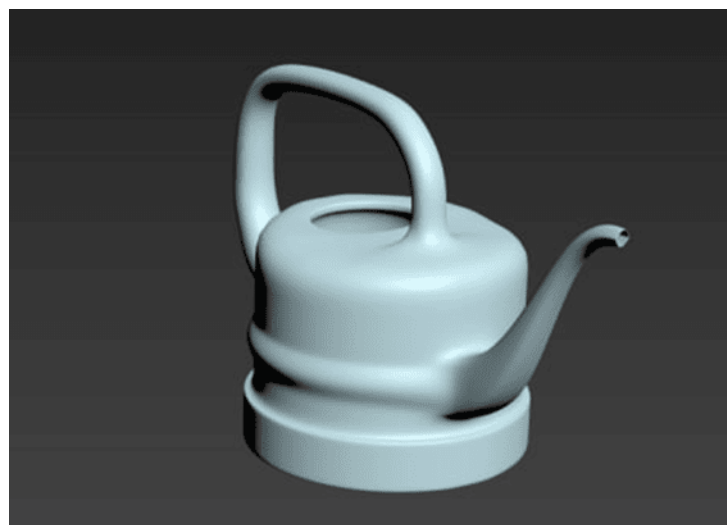


Рисунок 3.10 – Готова модель лійки

Щоб змоделювати корзину для сміття використано примітив Cylinder, який трансформовано у Shape зі зміною загальної топології. Потім видаляємо всі непотрібні елементи, застосуємо модифікатор Taper, додаємо дно корзини та отримаємо результат (рис. 3.11).

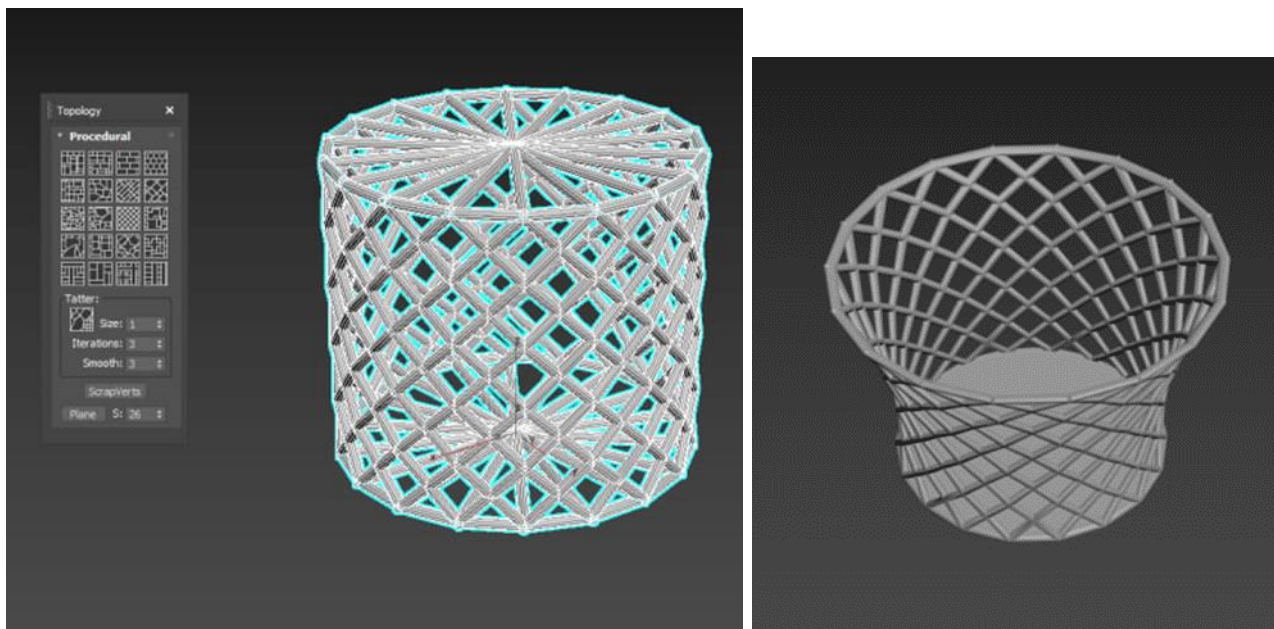


Рисунок 3.11 – Моделювання корзини для сміття

Мотузку моделюємо зі сплайнів Line та Star, на їх основі створюється об'єкт Loft. Для отримання бажаного результату застосуємо деформацію Twist та виконуємо налаштування відповідно до бажаного результату (рис 3.12).

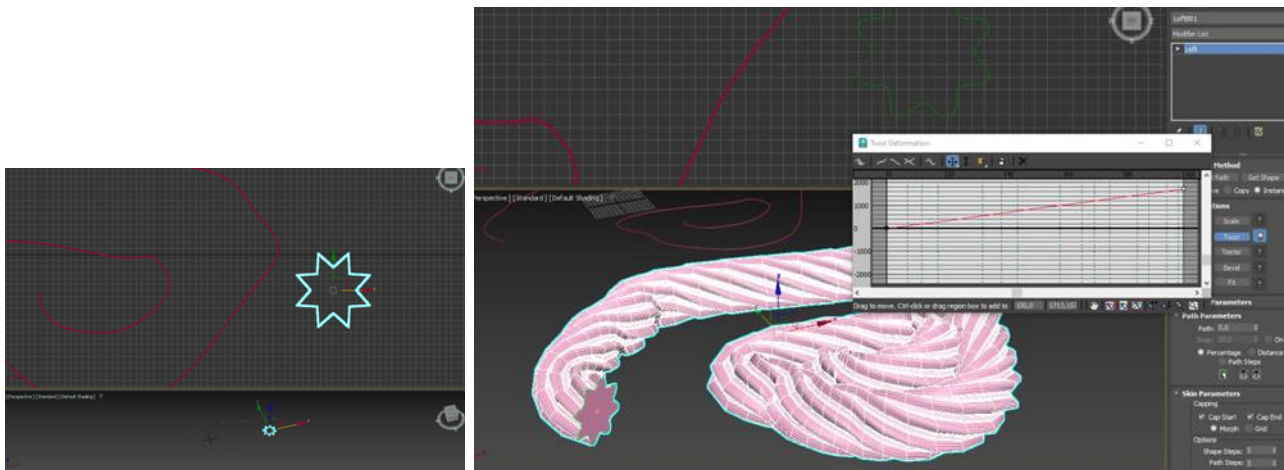


Рисунок 3.12 – Створення мотузки

Змінивши положення точок лінії, параметри зірки, отримано результат, як на рисунку 3.13.

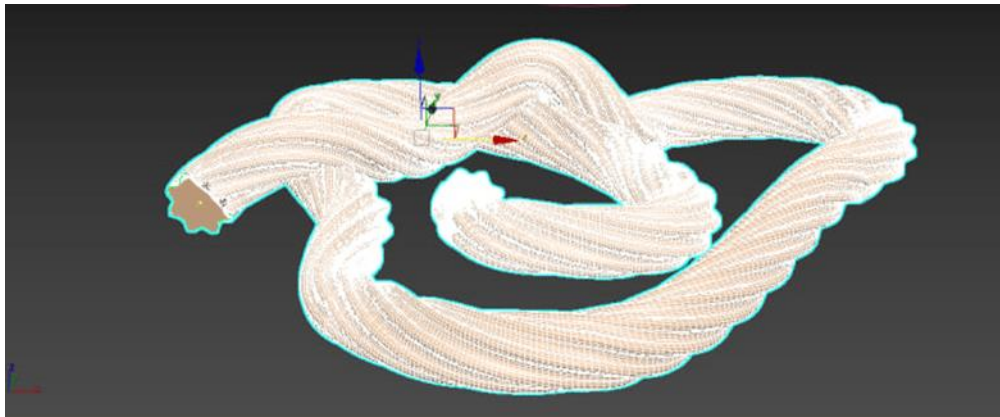


Рисунок 3.13 – Результат моделювання мотузки

Щоб всі моделі не парили в просторі, було додано платформу, на якій розміщено доріжку з каміння.

Створення доріжки розпочинається з використання примітиву Plane та застосування функцій Inset, Extrude. Потім видаляються непотрібні полігони та надається більш гладкий вид за допомогою Chamfer (рис. 3.14).

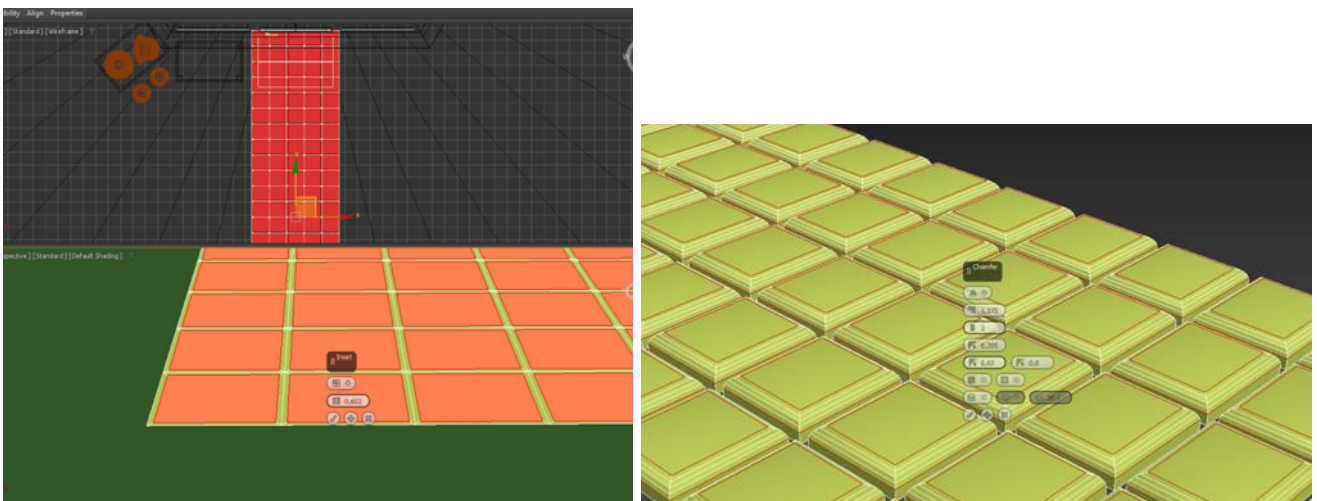


Рисунок 3.14 – Моделювання каміння доріжки

Для озеленення загального виду сцени та надання їй більш живого вигляду додано рослинність. Для моделювання травинок використано примітив Box, який

конвертовано в Edit Poly, з накладанням на нього модифікатора FFD (box) 4x2x4. Щоб форма травинки виглядала більш реалістично, редагуємо вершини з використанням інструментів Select and Non-uniform Scale, Select and Move. Далі для надання більш гнучкої форми використано модифікатор Bend.

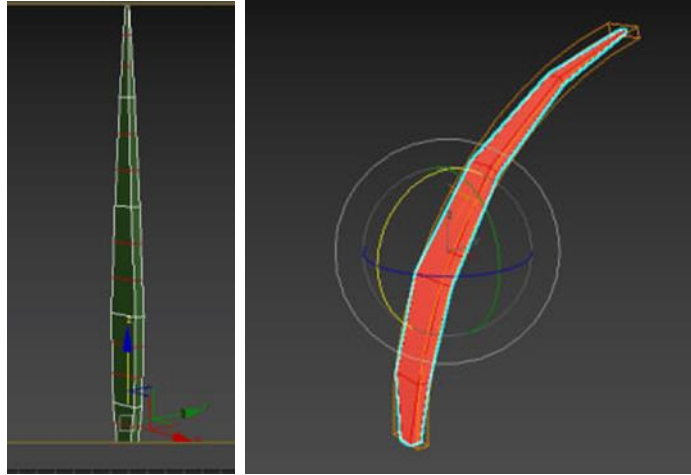


Рисунок 3.15 – Моделювання травинки

Після цього створено декілька дублікатів, об'єднано та зостосовано до них модифікатор Scatter. Як об'єкт розподілення створюється примітив Plane. Також налаштовано кількість копій Duplicates та метод розподілення Random Faces. Однак отримано не зовсім бажаний результат (рис. 3.16), трава проходить скрізь об'єкти та виступає за межі платформи. Щоб виправити це конвертуємо модель в Edit Poly та видаляємо всі зайві травинки.

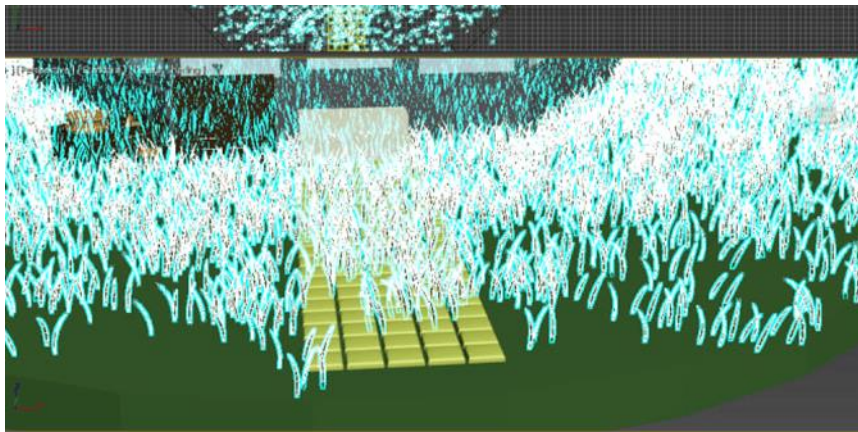


Рисунок 3.16 – Використання модифікатора Scatter

За схожим принципом створюються й інші елементи інтер'єру та екстер'єру.



Рисунок 3.17 – Фінальний результат моделювання трави

### 3.4 Текстурування та налаштування матеріалів

Наступним, не менш важливим, етапом роботи над проектом є текстурування та налаштування матеріалів сцени. Завдяки цьому кроку об'єкти набувають більш привабливого та реалістичного виду.

Створення та налаштування відбуваються в редакторі матеріалів Material Editor. При роботі було створено й використано різні типи текстур та матеріалів від простих стандартних до більш детальних налаштованих власноруч.

Прикладом стандартних простих матеріалів є матеріал: мотузки, ягід, корзини для сміття, поліетиленових пакетів, горщиків для квітів. Для їх створення налаштовувались лише параметри Diffuse, Specular Level, Glossiness.

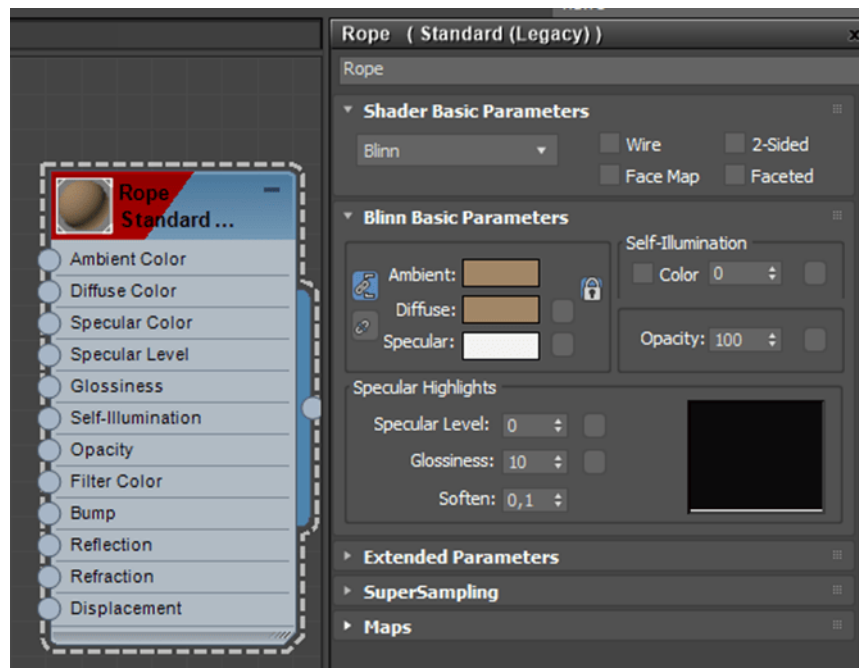


Рисунок 3.18 – Параметри матеріалу мотузки

Прикладом більш складних матеріалів, з накладанням на них текстур, є матеріали для: столу (стілниця та ніжки), полиці, сходинок, каміння, підлоги, даху, скла, платформи, лійки, дверної ручки та гачків (на них кріпляться підвісні горщики з рослинами), мішків, ґрунту, основ теплиці та дверей, відра, квітки, лози, пластикової пляшки, дощочок для ящиків, листя та рослин (рис. 3.19 – 3.20).

Для їх створення крім вище зазначених параметрів було також використано такі параметри як:

- Diffuse Color – накладання карти BitMap, щоб задати колір або текстуру;
- Reflection – накладання карти BitMap, Raytrace для імітації відбивної поверхні об'єкта;
- Bump – накладання карти BitMap, Noise для імітації рельєфу.

При налаштуванні самих карт було використано параметри Blur offset, Tiling, Mirror.

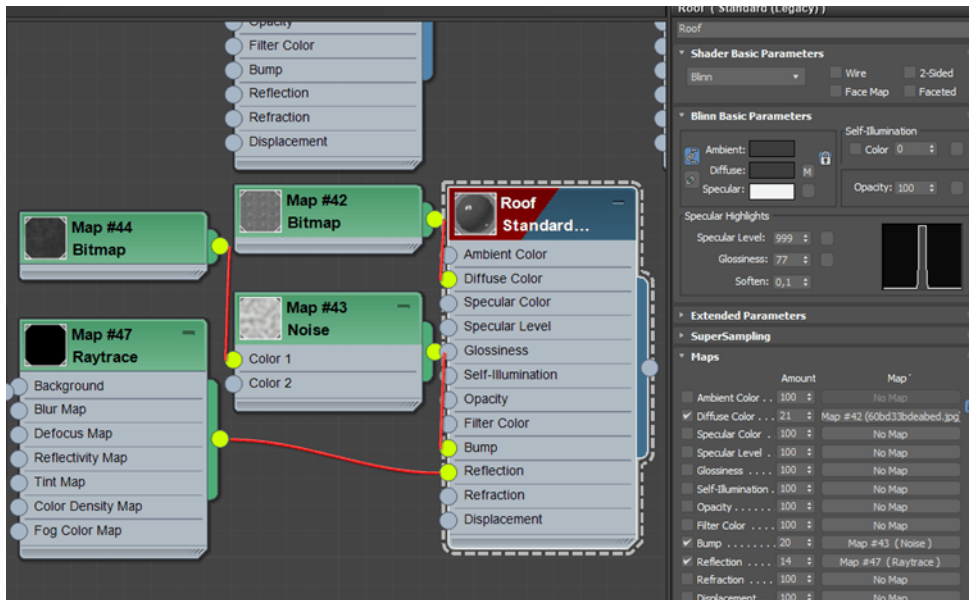


Рисунок 3.19 – Параметри матеріалу даху

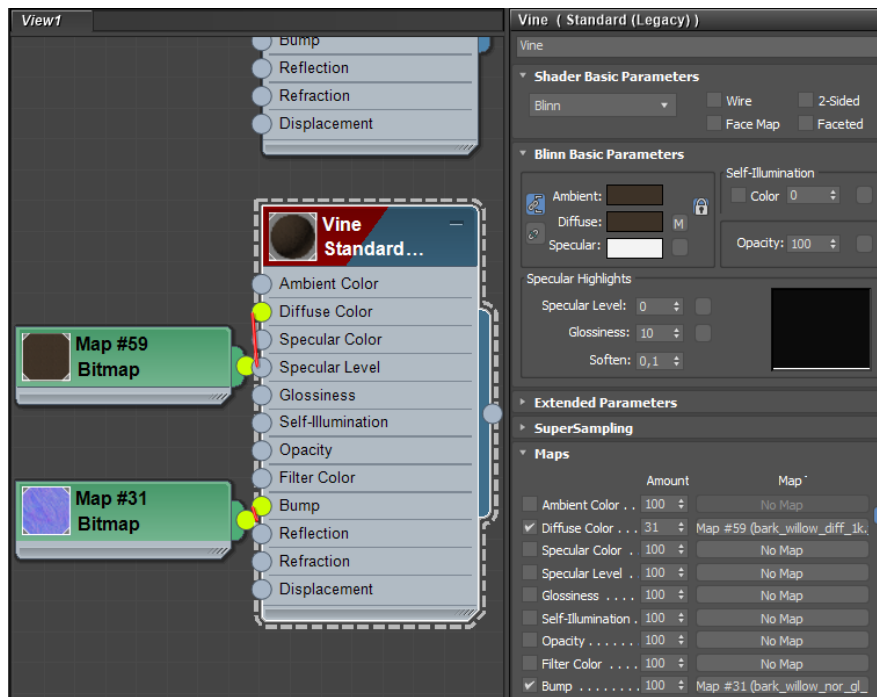


Рисунок 3.20 – Параметри матеріалу стволу лози

У разі якщо текстура накладається невірно (рис. 3.21), до моделі слід застосувати модифікатор UVW Map, в параметрах якого обрати метод Box. За необхідності можна змінити висоту, ширину та довжину карти (рис. 3.22).

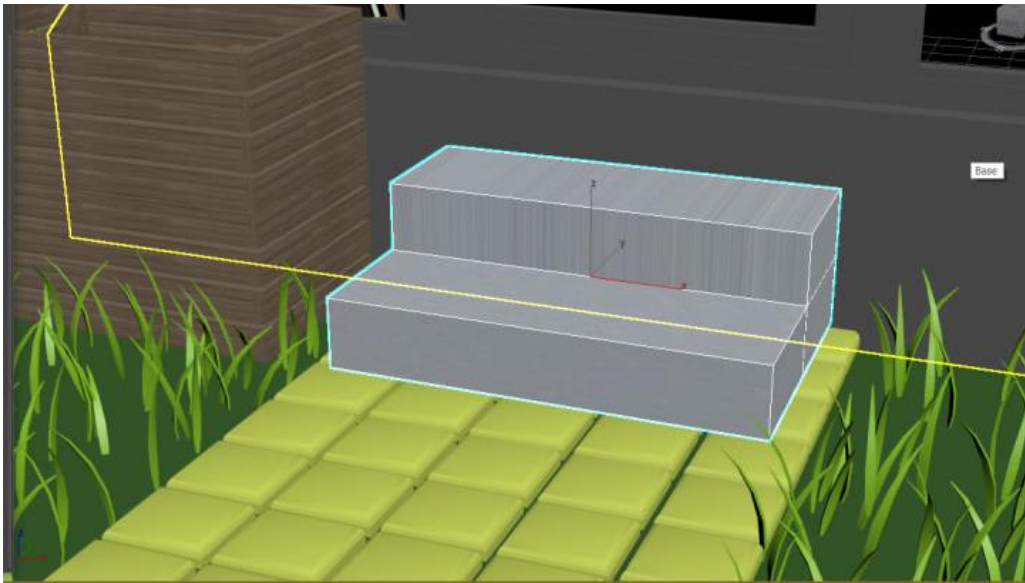


Рисунок 3.21 – Невірне відображення текстури

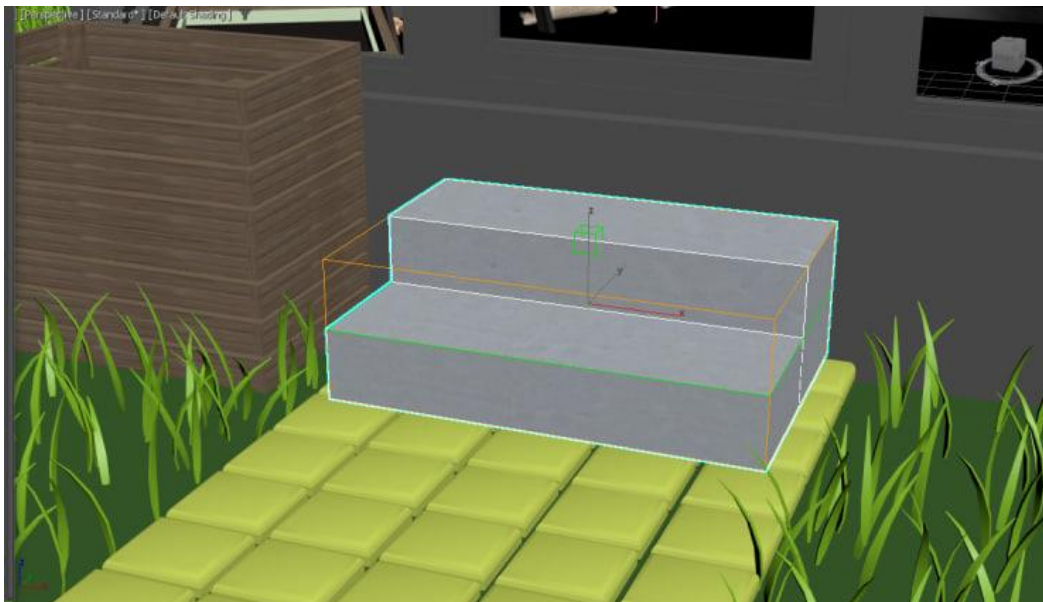


Рисунок 3.22 – Застосування модифікатора

Для інтеграції HDRI-карти як оточуючого середовища, спочатку необхідно завантажити її в редактор матеріалів. Потім у параметрах вибрати розділ *Environ*, відкрити вікно *Environment and Effects* та вказати завантажену карту, обов'язково позначивши опцію *Use Map* (рис. 3.23).



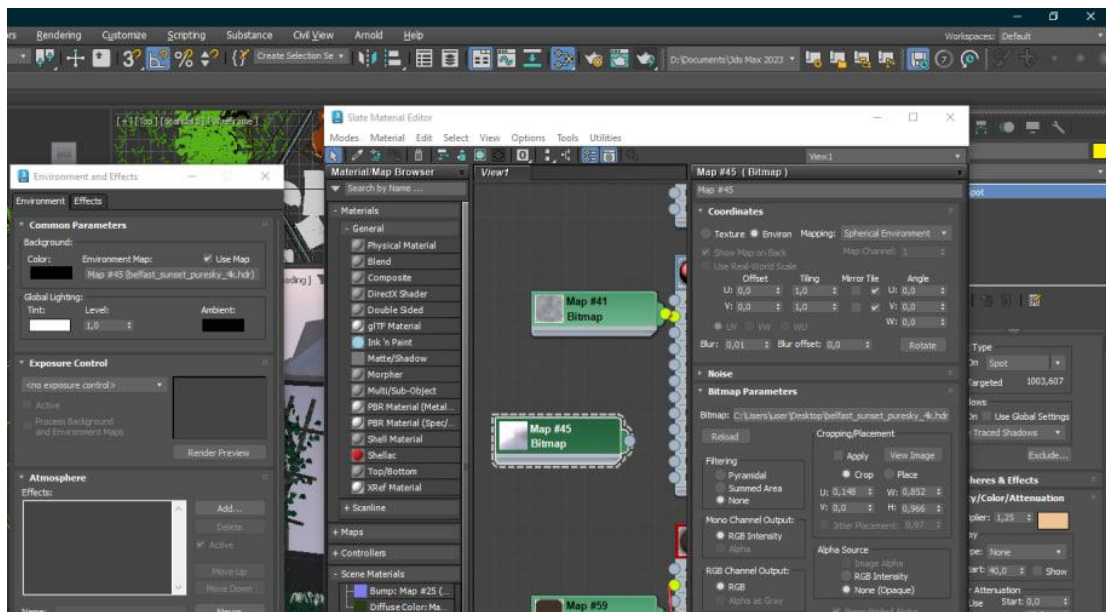


Рисунок 3.23 – Налаштування HDRІ карти

### 3.5 Налаштування світла та створення анімації

Щоб створювана сцена мала реалістичний вигляд слід додати та налаштувати додаткове освітлення – Target Light та Free Light.

Перше джерело відповідає за імітацію сонячних променів і розташоване праворуч від сцени (рис. 3.24).

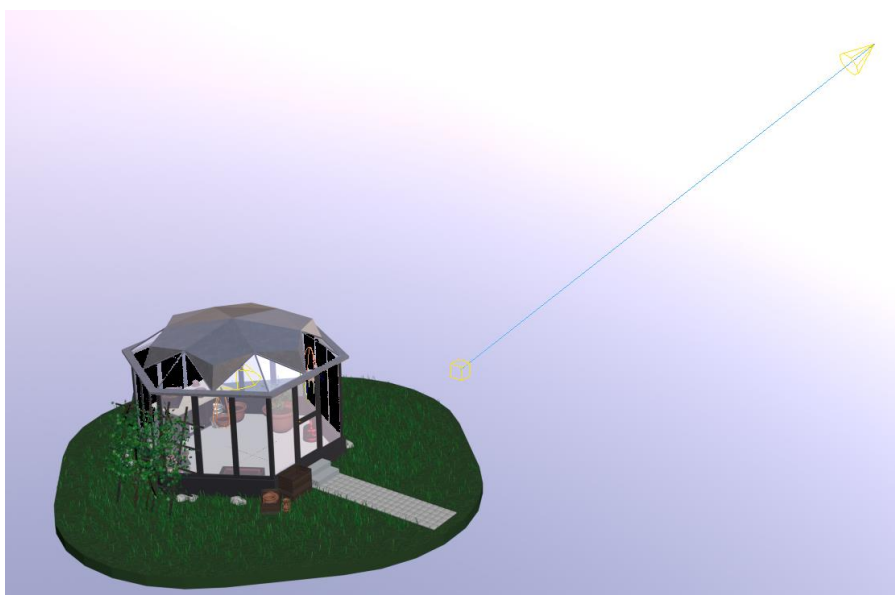


Рисунок 3.24 – Створення сонячного світла

При його створенні було змінено параметри Color, Multiplier, густина Dens тіней тощо (рис. 3.25 – 3.26). Завдяки цим налаштуванням тіні при рендері виглядають природньо.

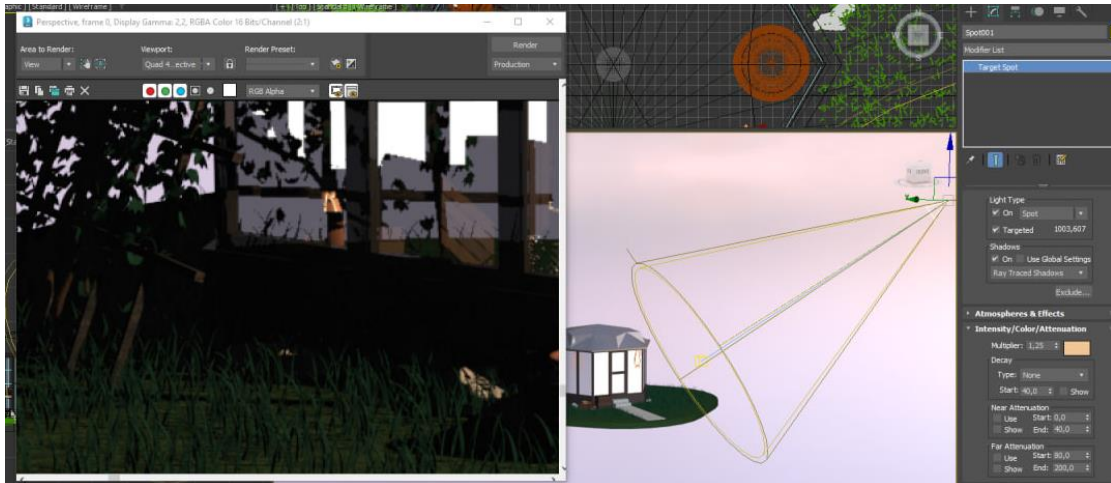


Рисунок 3.25 – Налаштування світла

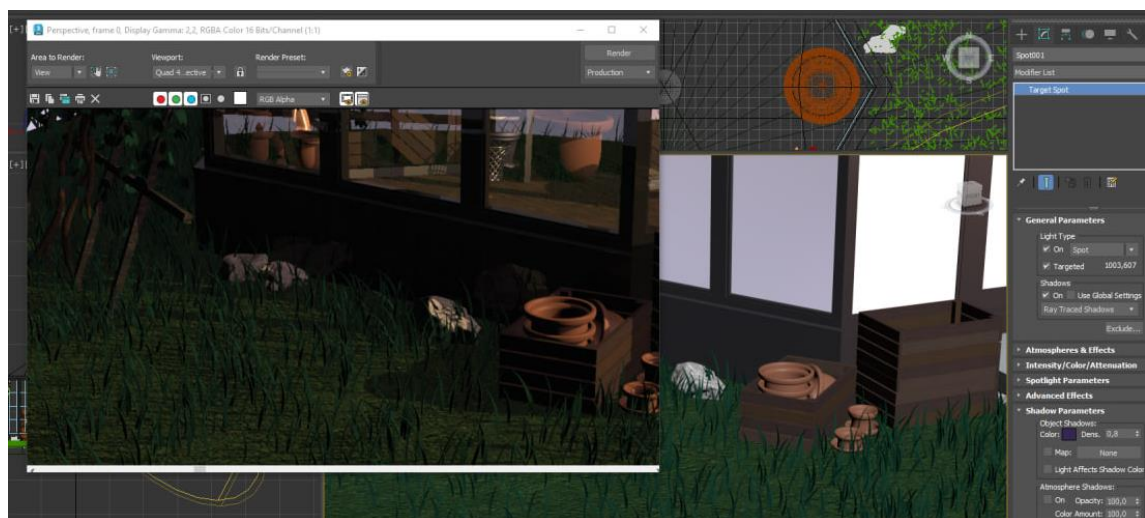


Рисунок 3.26 – Налаштування тіней

Друге джерело відповідає за світло від лампи, що знаходиться на стелі теплиці. При його налаштуванні також було використано параметри кольору та інтенсивності, а також змінено розмір внутрішнього радіусу Hotspot та зовнішнього Falloff. Ці параметри допомагають забезпечити більш плавний перехід від світла до тіней (рис. 3. 27).

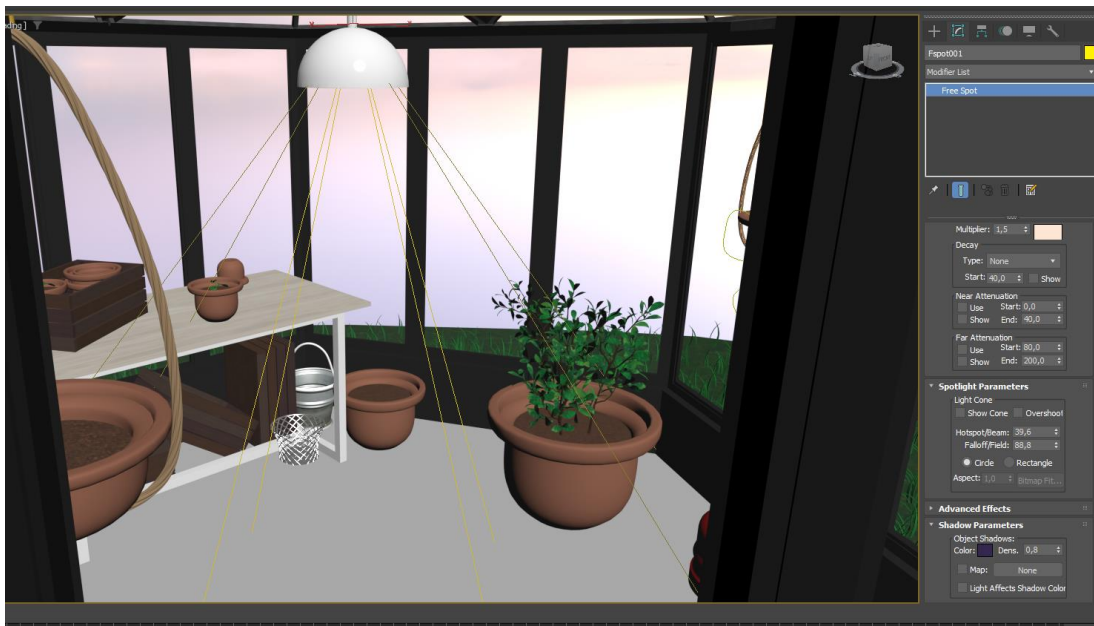


Рисунок 3.27 – Параметри світла від лампи

Після успішного моделювання основної сцени та налаштування світла виконується анімація росту рослин в горщиках.

Анімація першої рослини буде виконана за допомогою сплайнів та примітивів. Для цього створюється примітив Cylinder та крива Line (рис. 3.28).

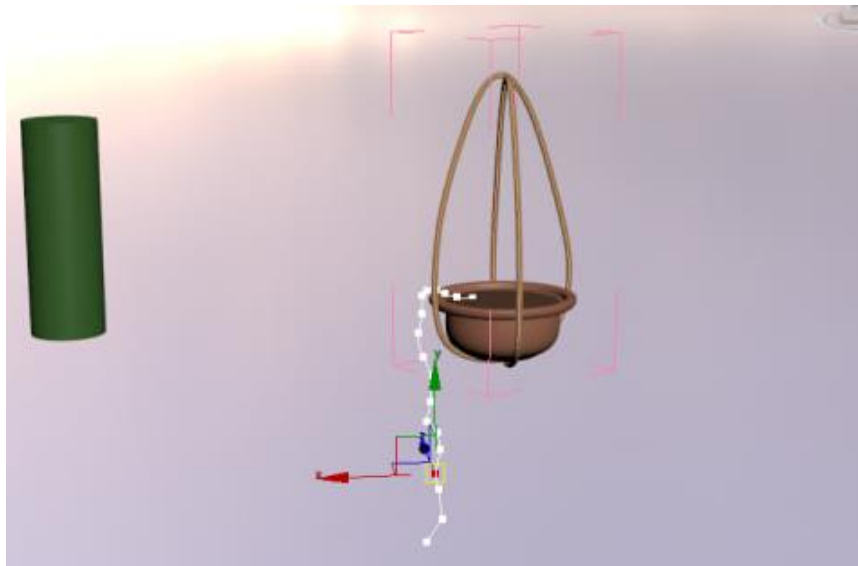


Рисунок 3.28 – Створення сплайну та циліндру

Наступним кроком до циліндру застосовується модифікатор Path Deform (WSM), обирається створений раніше сплайн, використав опцію Move to Patch

циліндр вирівнюється вздовж шляху. Тепер слід змінити розміри циліндру, а також додати модифікатор Taper, налаштувавши параметр Amount. Це дозволить зробити другий кінець значно тоншим (рис. 3.29).

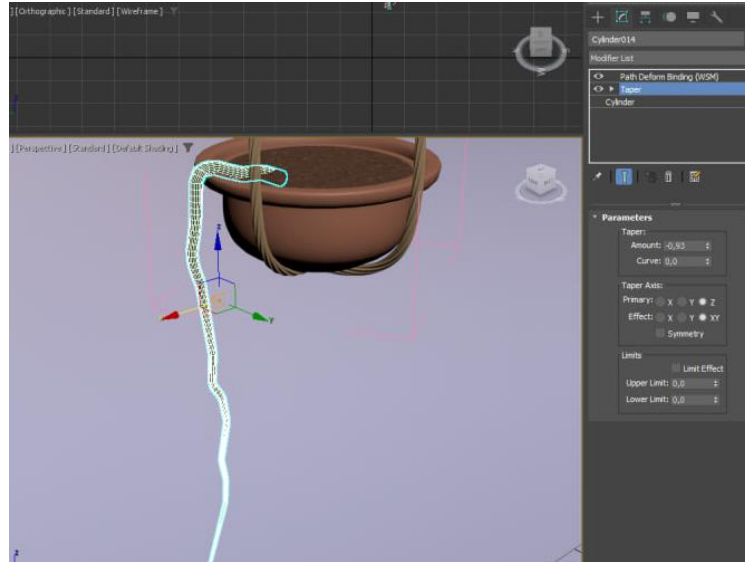


Рисунок 3.29 – Налаштування модифікатору Taper

Щоб анімувати зростання лози в режимі автоматичного створення ключів встановлюємо параметр Stretch рівний нулю на початковому кадрі. Перейдемо до останнього ключового кадру, збільшуємо параметр (рис. 3.30). Цей принцип використано для створення анімації зростання кожної наступної гілки лози.

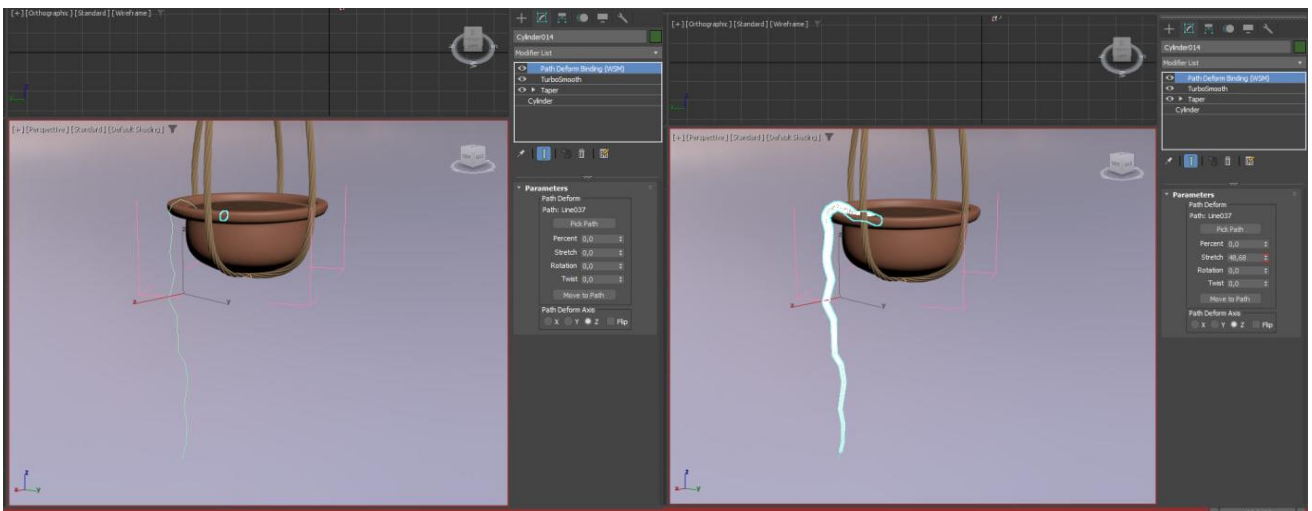


Рисунок 3.30 – Створення початкового та кінцевого кадрів для лози

Анімація наступної рослини починається зі створення пелюстки з примітива Sphere. Для цього примітив конвертуємо у полігони та видаляємо всі не потрібні вершини. Тепер застосувавши модифікатор Shell та модифікатор Bend, у якого зміщено Gismo та Center за межі об'єкта, отримано результат як на рисунку 3.31.

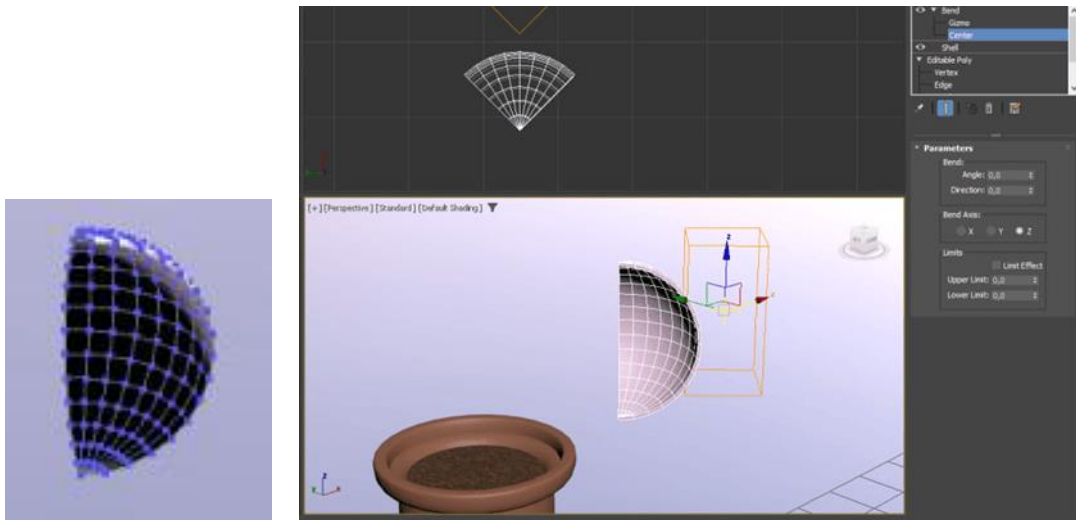


Рисунок 3.31 – Створення пелюстки

Анімуємо параметри Angle та Direction модифікатора Bend – залишаємо нульовими для першого кадру, але збільшуємо їх для кінцевого кадру (рис. 3.32).

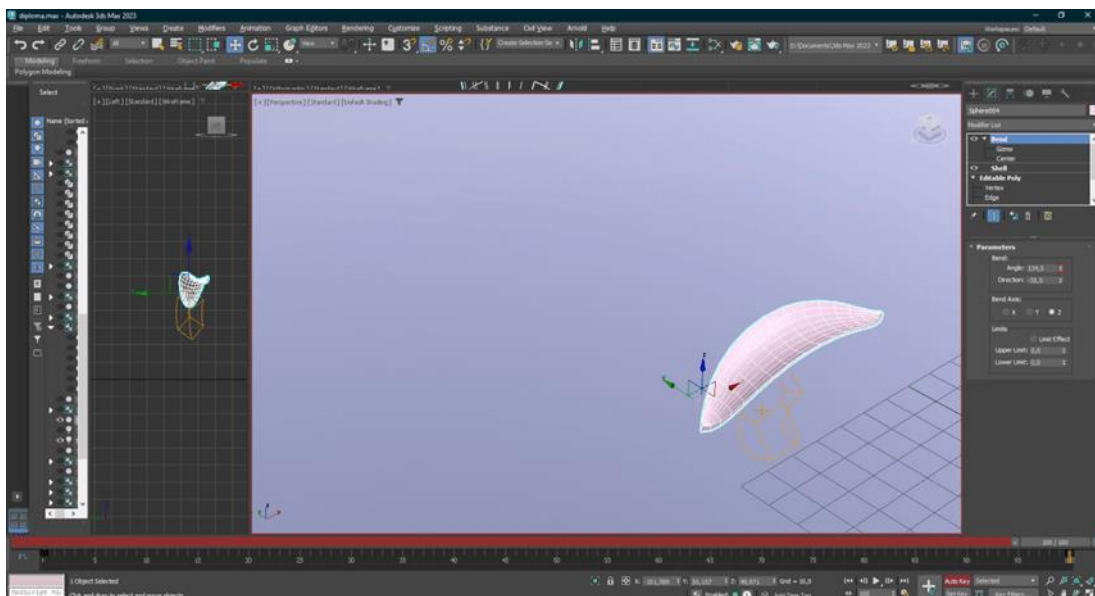


Рисунок 3.32 – Анімація пелюстки

Продублювавши пелюстки для формування квітки за допомогою інструменту масиву й змінивши положення, отримаємо результат (рис. 3.33).

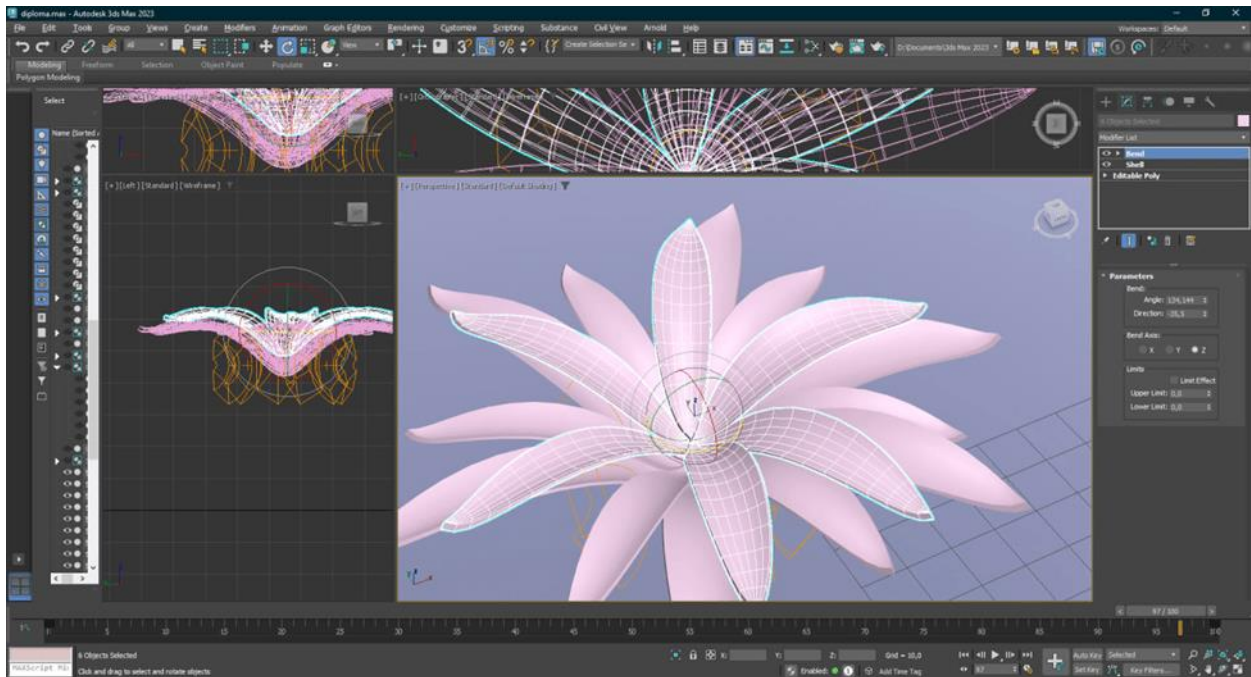


Рисунок 3.33 – Створена квітка

У програмі 3Dx Max можна анімувати різноманітні параметри та об'єкти, що надає можливості використати цей інструмент для створення анімації процесу дозрівання плодів. Для досягнення цієї мети створено примітивні кулі за допомогою інструменту масиву, призначено їм матеріал, який в процесі анімації буде змінювати свою кольорову гаму від темно-зеленого (рис. 3.34) до яскраво-червоного (рис. 3.35). На останньому ключовому кадрі збільшено розмір куль за допомогою інструменту Select and Non-uniform Scale. Зміна кольору реалізується шляхом регулювання положення повзунків кольору на ключових кадрах.

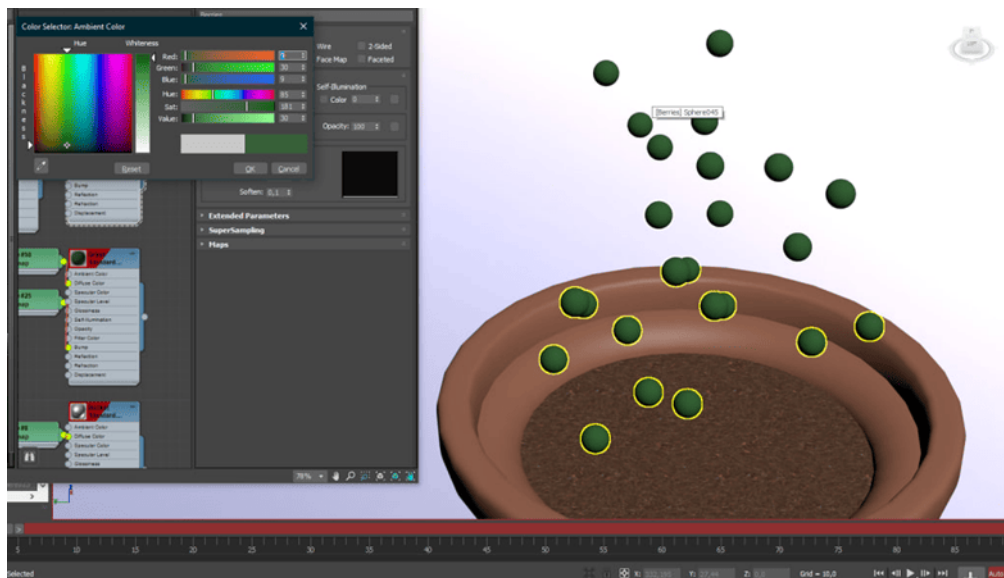


Рисунок 3.34 – Зелений колір для плодів

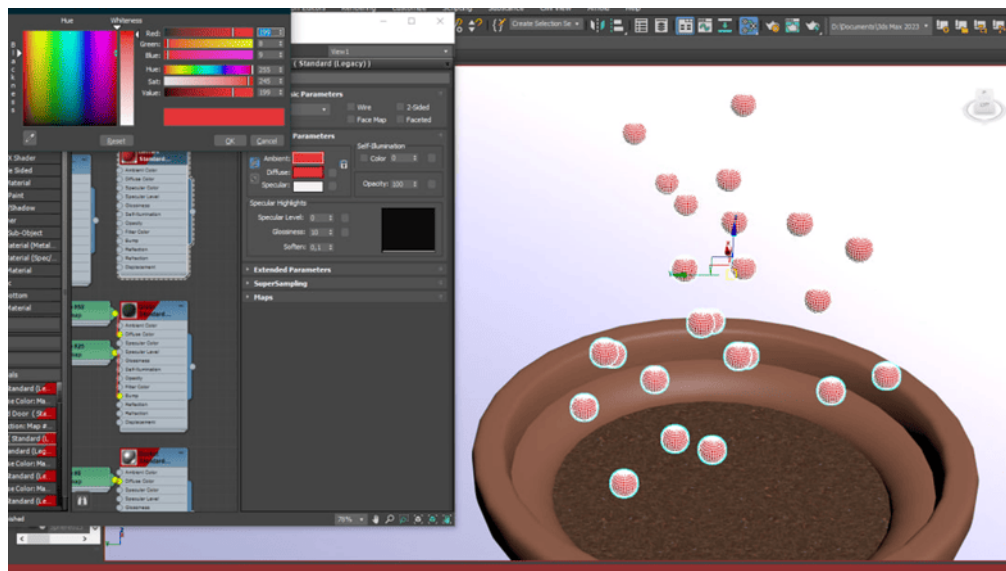


Рисунок 3.35 – Червоний колір для плодів

Анімацію всіх інших рослин створено за схожими принципами.

Оцінку якості створеної анімації можна провести, в тому числі, й за допомогою розробленого класифікатора на основі дискримінантного аналізу [26], який здатний оцінювати нові проекти анімації на основі попередніх експертних оцінок. Якість такого аналізу значною мірою залежить від застосованих технологій анімації.

### 3.6 Налаштування камер та візуалізація

Фінальний етап реалізації проекту – якісна та чітка візуалізація.

В сцені використано кілька камер типу Physical зі стандартними налаштуваннями, де було змінено лише параметр Aperture та Target, в межах від 5 до 8 для кожної з камер (рис. 3.36).

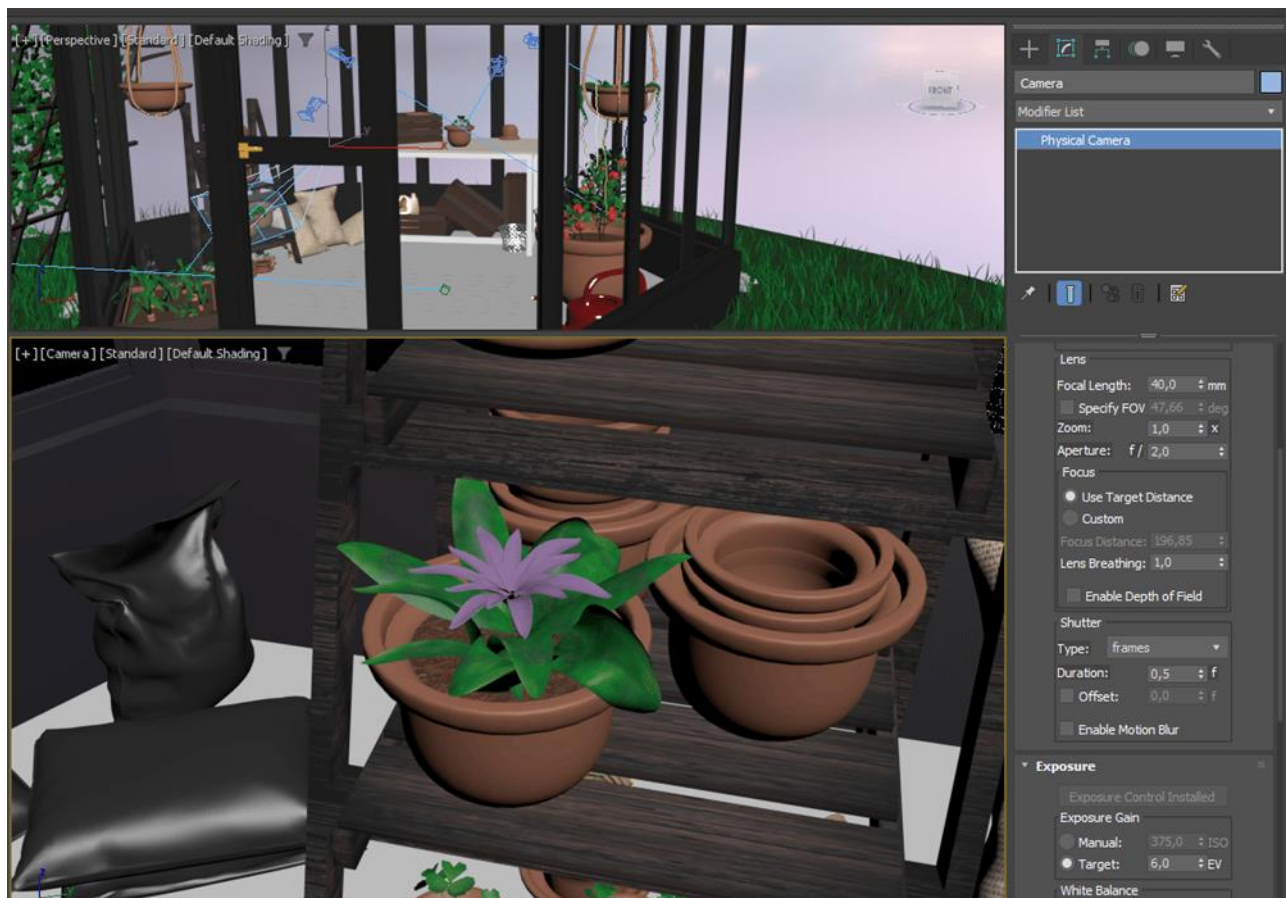


Рисунок 3.36 – Налаштування камери

Візуалізація виконується як і для окремих кадрів, так і для відеоанімації за допомогою Scanline Render. Для отримання зображень високої якості було обрано роздільну здатність 1920x1080. Для створення та обробки відео в форматі .mp4 використано програму Adobe Premier (рис. 3.37). Відео ролик змонтований шляхом попереднього рендеру всіх кадрів анімації, а потім їх об'єднанням.



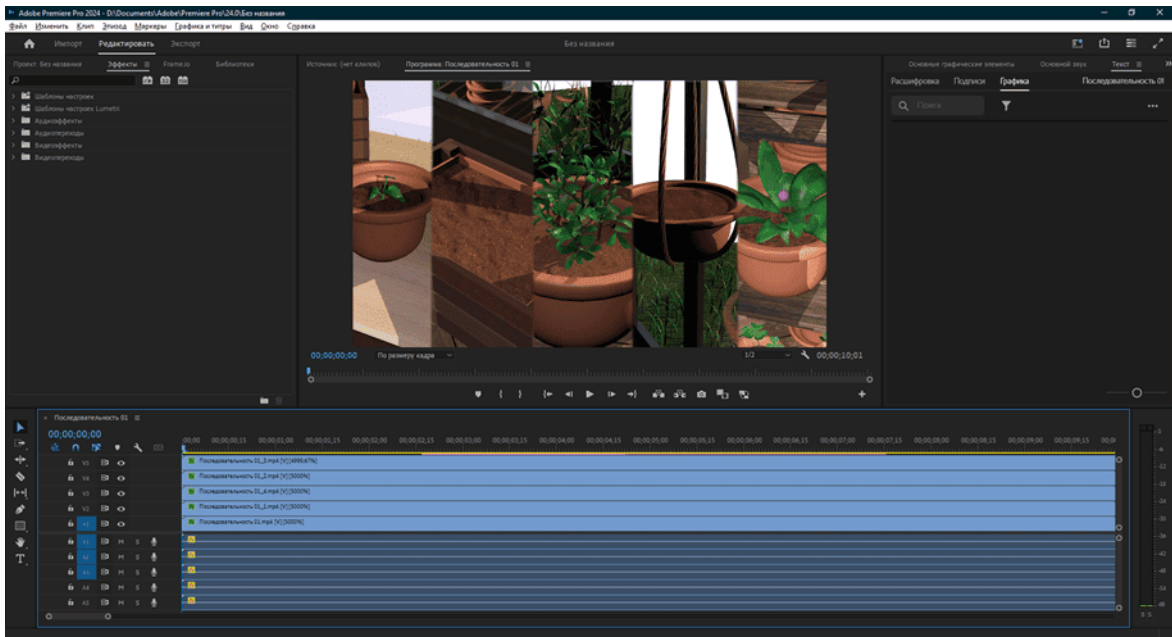


Рисунок 3.37 – Робота над відео

Результати фінальної візуалізації сцени та створеного відео продемонстровано на рисунках 3.38 – 3.40.



Рисунок 3.38 – Візуалізація моделі з одного ракурсу



Рисунок 3.39 – Візуалізація моделі з другого ракурсу

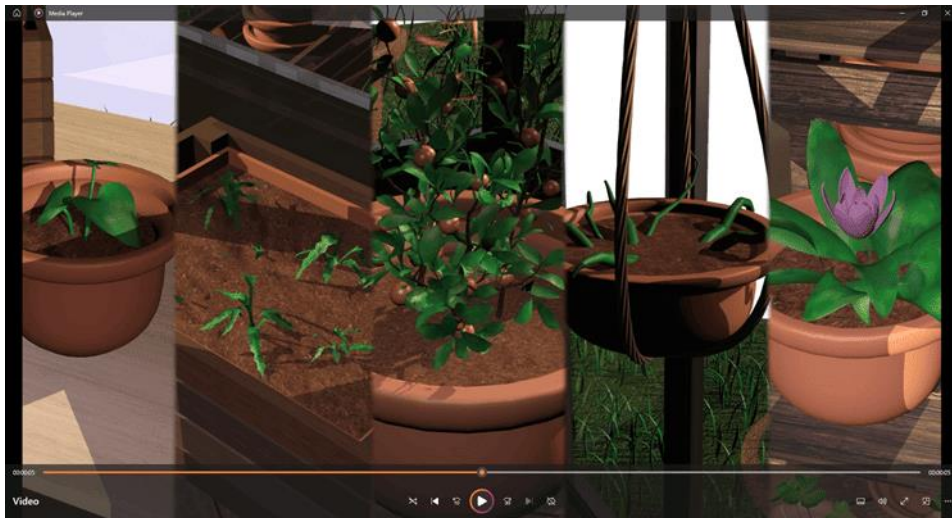


Рисунок 3.40 – Показ анімації росту рослин

Візуалізація сцени ззовні не надає можливості повною мірою продемонструвати вид з середини самої теплиці. Для вирішення цієї проблеми було виконано рендер окремих зображень з камер на фінальному вигляді анімації росту рослин (рис. 3.41 – рис.3.45).



Рисунок 3.41 – Візуалізація моделі першої рослини

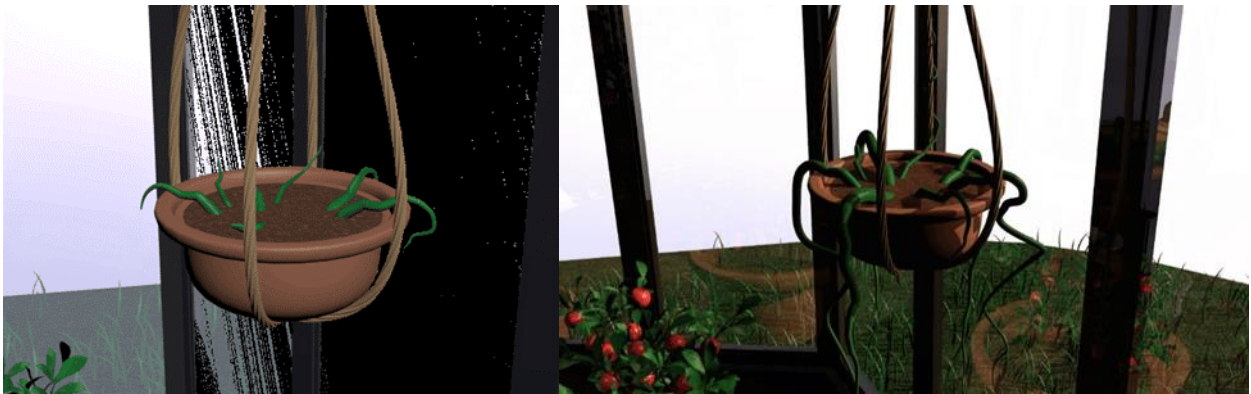


Рисунок 3.42 – Візуалізація моделі другої рослини

Такий підхід дозволяє краще зрозуміти, який вигляд має модель при анімації росту рослини, забезпечуючи уявлення про цей процес.



Рисунок 3.43 – Візуалізація зростання третьої рослини



Рисунок 3.44 – Візуалізація зростання четвертої рослини

Зображення наочно демонструють різні стадії розвитку рослин, елементи інтер'єру. Крім того видно, як кожна з рослин відрізняється одна від одної за своїми характеристиками та зовнішнім виглядом, що робить зображення не тільки наочними, але й інформативними.



Рисунок 3.45 – Візуалізація моделі п'ятої рослини

Отже, всі етапи поставленого плану реалізації були виконані успішно. Розроблена модель відповідає всім вимогам та критеріям, що були сформульовані на початку проекту.

## ВИСНОВКИ

Під час роботи над проектом було проведено аналіз предметної області, визначено актуальність у контексті розробки 3D – моделей теплиць та інших подібних проектів. В результаті цього аналізу підтвердилася актуальність розробки, сформульовано вимоги до моделі.

Було проведено комплексне дослідження найбільш популярних графічних редакторів для створення 3D – моделей теплиць, після чого здійснено порівняння їх можливостей та характеристик. Внаслідок цього порівняння було визначено, що найбільш відповідним програмним забезпеченням для реалізації проекту є 3Ds Max 2023.

Сформульована постановка задачі та технічне завдання, що визначили основні напрямки та вимоги до виконання проекту. Крім того, було здійснено планування робіт, під час якого були визначені етапи реалізації проекту та проведений аналіз потенційних ризиків та методів їх усунення.

Виконано структурно–функціональне моделювання IDEF0, включаючи декомпозицію та варіанти використання діаграм.

В ході практичної реалізації було розроблено поетапний план дій, завдяки якому вдалося створити й візуалізувати якісну та деталізовану сцену 3D моделі теплиці з налаштованими текстурами, матеріалами, світлом та камерами.

За допомогою різних методів анімації було створено та продемонстровано ріст рослин.

Всі етапи створень та налаштувань основних елементів детально описано та проілюстровано.

Практичне значення роботи полягає в тому, що створену модель можна використовувати в проектних, навчальних чи рекламних цілях, наприклад для попереднього перегляду проекту будівництва теплиці, для візуалізації процесу росту рослин, в рекламі, ігровій індустрії тощо.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Роль інформаційних технологій у житті сучасної людини. *UA5.org – Матеріали з інформаційних технологій*. URL: <https://ua5.org/svit/2099–rol–informacziynyh–tehnologij–u–zhytti–suchasnoyi–lyudyny.html> (дата звернення: 23.04.2024).
2. Переваги використання інтерактивного обладнання в навчальному закладі для покращення навчального процесу. *Promethean інтерактивні панелі для освіти*. URL: <https://prometheanworld.com.ua/perevagy–vykorystannya–interaktyvnogo–obladnannya–v–navchalnomu–zakladi–dlya–pokrashhennya–navchalnogo–protsesu/> (дата звернення: 23.04.2024).
3. 3D візуалізатор: кому підходить ця професія і як її опанувати – URL: [https://stud–point.com/blog/info\\_partneriv/3d–vizualizator–komu–pidhodyt–czya–profesiya–i–yak–yiyi–opanutaty/#:~:text=3D%20візуалізація%20або%20CGI%20\(computer,розробці%20продуктів,%20науці%20та%20медицині.](https://stud–point.com/blog/info_partneriv/3d–vizualizator–komu–pidhodyt–czya–profesiya–i–yak–yiyi–opanutaty/#:~:text=3D%20візуалізація%20або%20CGI%20(computer,розробці%20продуктів,%20науці%20та%20медицині.) (дата звернення: 23.04.2024).
4. 3D–друк у сільському господарстві: нова ера землеробства. URL: <https://3d4u.com.ua/uk/blog/post/133–agriculture–3d–printing> (дата звернення: 23.04.2024).
5. Calise, F.; Cappiello, F.L.; Cimmino, L.; Vicidomini, M. Dynamic Modelling and Energy, Economic, and Environmental Analysis of a Greenhouse Supplied by Renewable Sources. *Appl. Sci.* 2023, 13, 6584.
6. Kim, R., Kim, J., Lee, I., Yeo, U., Lee, S., and Decano–Valentin, C. (2021). Development of three–dimensional visualization technology of the aerodynamic environment in a greenhouse using CFD and VR technology, part 2: development of an educational VR simulator. *Biosyst. Eng.* 207, 12–32.
7. Muralidhara H. B., Banerjee S. 3D Printing Technology and Its Diverse Applications. Apple Academic Press, Incorporated, 2021. 345 p.
8. Shamshiri R R, Hameed I A, Pitonakova L, Weltzien C, Balasundram S K, Yule I J, et al. Simulation software and virtual environments for acceleration of

agricultural robotics: Features highlights and performance comparison. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 2018; 11(4): 15–31.

9. Garden House - Buy Royalty Free 3D model by 3Dee (@mellydeeis). *Sketchfab*. URL: <https://sketchfab.com/3d-models/garden-house-32b5258a06994bb7bb60a73ef4d83111> (дата звернення: 23.04.2024).

10. Greenhouse – Download Free 3D model by Home Design 3D (@homedesign3d). *Sketchfab*. URL: <https://sketchfab.com/3d-models/greenhouse-97040248464443c5808346431cf350dc> (дата звернення: 23.04.2024).

11. Greenhouse in the garden (DRAFT) – Download Free 3D model by Velvet~beetle (@Velvet\_beetle). *Sketchfab*. URL: <https://sketchfab.com/3d-models/greenhouse-in-the-garden-draft-955afc94f2134b5db39a515dcf3ce0a9> (дата звернення: 23.04.2024).

12. Pickavance M., Loeffler J., Clark S. Best 3D modeling software of 2024. *TechRadar*. URL: <https://www.techradar.com/best/best-3d-modelling-software> (дата звернення: 23.04.2024).

13. John M. Blain. *The Complete Guide to Blender Graphics*, 7th Edition. A K Peters/CRC Press, 2022. – 626 p.

14. 3ds Max. *Business Software Reviews from Software Advice®*. URL: <https://www.softwareadvice.com/3d-architecture/3ds-max-profile/reviews/> (дата звернення: 23.04.2024).

15. Cinema 4D. *Business Software Reviews from Software Advice®*. URL: <https://www.softwareadvice.com/vector-graphics/cinema-4d-profile/reviews/> (дата звернення: 23.04.2024).

16. ASCENT. *Autodesk 3ds Max 2022 Fundamentals*. Published by ASCENT, 2021. 696 pp.

17. Sham Tickoo. *Autodesk 3ds Max 2021 for Beginners: A Tutorial Approach*, 21st Edition. CADCIM Technologies, 2020. 646 c.

18. Murdock K. *Autodesk 3ds Max 2021 Complete Reference Guide*. Taylor & Francis Group, 2020. 1300 c.

19. Що таке SMART–цілі та SMART–завдання?. *How Dropbox Empowers You and Your Teams to Find and Use Your Content More Easily – Dropbox*. URL: <https://experience.dropbox.com/uk-ua/resources/smart-goals> (дата звернення: 27.04.2024).

20. Постановка цілей по SMART – приклади, критерії. URL: <https://www.pdatu.edu.ua/images/vihovna-robota/psiholog/ps10.pdf> (дата звернення: 23.04.2024).

21. Махум Z. Структура розбиття робіт (Work Breakdown Structure – WBS). *Махум Zosym*. URL: <https://www.maxzosim.com/struktura-rozbittia-robot/> (дата звернення: 27.04.2024).

22. Організаційна структура проекту (Organizational Breakdown Structure, OBS) – Бюро проектного менеджменту. *Бюро проектного менеджменту*. URL: <https://pmb.com.ua/uk/slovar-terminov/organizatsionnaya-struktura-organizational-breakdown-structure-obs-instrument/> (дата звернення: 23.04.2024).

23. Чому діаграма Ганта це важливий інструмент для управління проектами – CoreWin. *CoreWin*. URL: <http://surl.li/swsjb> (дата звернення: 23.04.2024).

24. Головна | Elib LNTU. URL: [https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib\\_upload/Кондіус%20%20готовва/page9.html](https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/Кондіус%20%20готовва/page9.html) (дата звернення: 06.05.2024)

25. Використання UML діаграм для аналізу і проектування інформаційних систем. *S. Kuznets KhNUE Personal Learning Systems*. URL: [https://pns.hneu.edu.ua/pluginfile.php/321048/mod\\_resource/content/3/Використання%20UML%20діаграм.pdf](https://pns.hneu.edu.ua/pluginfile.php/321048/mod_resource/content/3/Використання%20UML%20діаграм.pdf) (дата звернення: 06.05.2024).

26. Криловецька Д. В., Лавров Є. А. Дискримінантний аналіз якості анімації тепличних технологій на основі кількості кадрів та тривалості анімації // Інформатика, математика, автоматика : матеріали та програма Міжнар. наукової конференції молодих учених, м. Суми, 22-24 квітня 2024 р. / Відп. за вип. Ю.Волк. – Суми : СумДУ, 2024. – С. 191-192.



**ДОДАТОК А.**

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**  
**на створення графічного продукту**  
**Візуалізація 3D моделі теплиці**

**ПОГОДЖЕНО:**

Доцент кафедри інформаційних технологій

\_\_\_\_\_ Баранова І.В.

Студент групи ІТ– 03

\_\_\_\_\_ Криловецька Д.В.

**Суми 2024**

## **1 Призначення й мета створення 3D моделі теплиці**

### **1.1 Призначення**

Візуалізація моделі полягає у застосуванні передових інформаційних технологій для створення віртуальних середовищ, що можуть використовуватись в освіті, дизайні та наукових дослідженнях.

### **1.2 Мета створення**

Мета проєкту – навчання та демонстрації можливостей 3D моделювання і анімації, що використовуються у галузі комп'ютерних наук.

### **1.3 Цільова аудиторія**

Проєкт призначений для студентів навчальних закладів, що вивчають аграрні науки та ботаніку. Також буде корисним організаторам підліткових та дитячих освітніх заходів для ознайомлення з принципами росту рослин та фермерською роботою.

## **2 Вимоги до проєкту**

### **2.1 Вимоги до проєкту в цілому**

Проєкт представляє собою файл анімованої 3D моделі віртуальної теплиці у форматі 3ds Max, яка дозволить реалізувати всі необхідні деталі та характеристики проєкту.

### **2.2 Вимоги до функціонування моделі**

Кінцевий проєкт даного проєкту представляє собою файл моделі, який для перегляду необхідно завантажити за допомогою програми 3Ds Max. Анімоване відео можна переглядати за допомогою відеоплеєра.

### **2.3 Вимоги до програмного та апаратного забезпечення**

Для ефективного відтворення анімаційної моделі процесів росту рослин рекомендується комп'ютер з операційною системою Windows 7/8/10, на якій встановлено або наявний вбудований відеоплеєр, що має підтримку файлів у форматах AVI.

Для коректної роботи програмного забезпечення 3Ds Max 2023 рекомендується наявність апаратного забезпечення з наступними мінімальними технічними характеристиками:

- Операційна система: Windows 7, 8, 8.1 або 10;
- Процесор (CPU): 64– бітний процесор Intel або багатоядерний AMD;
- Відеокарта (GPU): Мінімум 1 ГБ відеопам'яті;
- Обсяг оперативної пам'яті (RAM): Не менше 4 ГБ.

### **3 Структура 3D моделі теплиці**

#### **3.1 Наповнення 3D сцени**

Фінальна сцена має представляти собою модель теплиці з розміщеними в ній рослинами.

Тривимірна сцена повинна включати наступні елементи:

- Текстуровану модель теплиці з чітко визначеними формами та розмірами;
- Моделі декоративних елементів таких як ящики, горщики, полиці, тощо, розташованих як всередині, так і навколо теплиці;
- Моделі п'яти рослин і анімація їхнього росту для демонстрації процесів розвитку;
- Моделі освітлення та спеціальні ефекти, які додають реалізму та атмосферності сцені.

#### **3.2 Дизайн проєкту візуалізації 3D моделі теплиці**

Всі розроблені моделі об'єктів в сцені повинні бути якісними та мати сучасний й деталізований дизайн.

Основні вимоги до моделей включають:

- Детальне відтворення будівлі як усередині, так і зовні теплиці з максимальною точністю;
- Текстури, що докладно передають реальні матеріали, забезпечуючи відтворення реалістичного вигляду;
- Відповідність моделей рослин реальним видам та їх характеристикам.

#### 4. Склад і зміст робіт зі створення 3D моделі теплиці

Докладний опис етапів роботи зі створення 3D моделі локації наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Етапи створення 3D моделі

№	Склад і зміст робіт	Строк розробки (у робочих днях)
1	Дослідження предметної області	9 днів
2	Моделювання об'єктів	28 днів
3	Збір фінальної сцени	2 дні
4	Візуалізація створеної моделі	5 днів
5	Анімація росту рослин	5 днів
6	Написання супровідної документації	2 дні
	Загальна тривалість робіт	45 днів

## ДОДАТОК Б. ПЛАНУВАННЯ РОБІТ

Метою даної роботи є створення 3D моделі, візуальних зображень теплиці та анімація росту рослин.

Для досягнення мети проєкту необхідно виконати наступні задачі:

- провести дослідження та аналіз існуючих аналогів 3D візуалізацій моделей, визначити актуальність;
- сформулювати технічне завдання та детальний план реалізації проєкту;
- створити тривимірну модель теплиці, налаштувати матеріали та виконати текстурування
- візуалізувати модель.

### Б.1 Деталізація мети проєкту методом SMART

Метод SMART – це ефективний інструмент для встановлення цілей. Використовуючи цей метод, цілі стають більш структурованими і керованими, що полегшує їх досягнення [19–20]. Ось як кожна літера в аббревіатурі SMART відображає певний аспект цілі:

**Specific** – конкретний: Ціль оформлена чітко і зрозуміло, не є абстрактною або загальною, а має чіткий об’єктив і напрямок.

**Measurable** – вимірюваний: Ціль повинна мати показники, за допомогою яких можна виміряти прогрес і досягнення. Вони повинні бути конкретними і спостережними.

**Achievable** – досяжний: Ціль повинна бути реалістичною і досяжною з урахуванням наявних ресурсів, знань і технічних можливостей.

**Relevant** – реалістичний або значущий: Ціль повинна бути значущою та відповідати стратегічним цілям організації. Вона повинна мати сенс і бути важливою для успішного виконання проєкту.

**Time-bound** – обмежений в часі: Ціль має визначений часовий рамок, що допомагає контролювати прогрес та вчасно досягати результатів.

Отже, можемо сформулювати мету нашого проєкту за цими п'ятьма факторами. Результати наведені у таблиці Б.1.

Таблиця Б.1 – Формалізація мети за технологією SMART

Specific	Візуалізація 3D моделі теплиці.
Measurable	Завершити створення та візуалізацію моделі до встановленого терміну.
Achievable	Проєкт реалізовується відповідно до затвердженого ТЗ та рівня досвіду.
Relevant	У наявності є всі необхідні технічні та програмні засоби.
Time – bound	Термін встановлений – до кінця 4 курсу.

## Б.2 Планування змісту робіт та структури виконавців

Планування змісту робіт. WBS (Work Breakdown Structure) – це ієрархічна графічна діаграма, яка систематизує роботи у проєкті у вигляді пакетів робіт з ієрархічними зв'язками з продуктом проєкту [21]. Для кращого керування проєктом WBS може бути розділений на кілька рівнів, починаючи від загальних етапів та закінчуючи конкретними завданнями. На рисунку Б.1 представлено WBS діаграму планування проєкту.

OBS (Organizational Breakdown Structure) – Структуроване зображення організації проєкту відображається у вигляді ієрархічної схеми, де кожен пакет робіт співвідноситься з відповідними виконавчими організаційними одиницями [22].

На рисунку Б.2 представлено організаційну структуру планування проєкту. Список виконавців, що функціонують в проєкті, описано в таблиці Б.2.

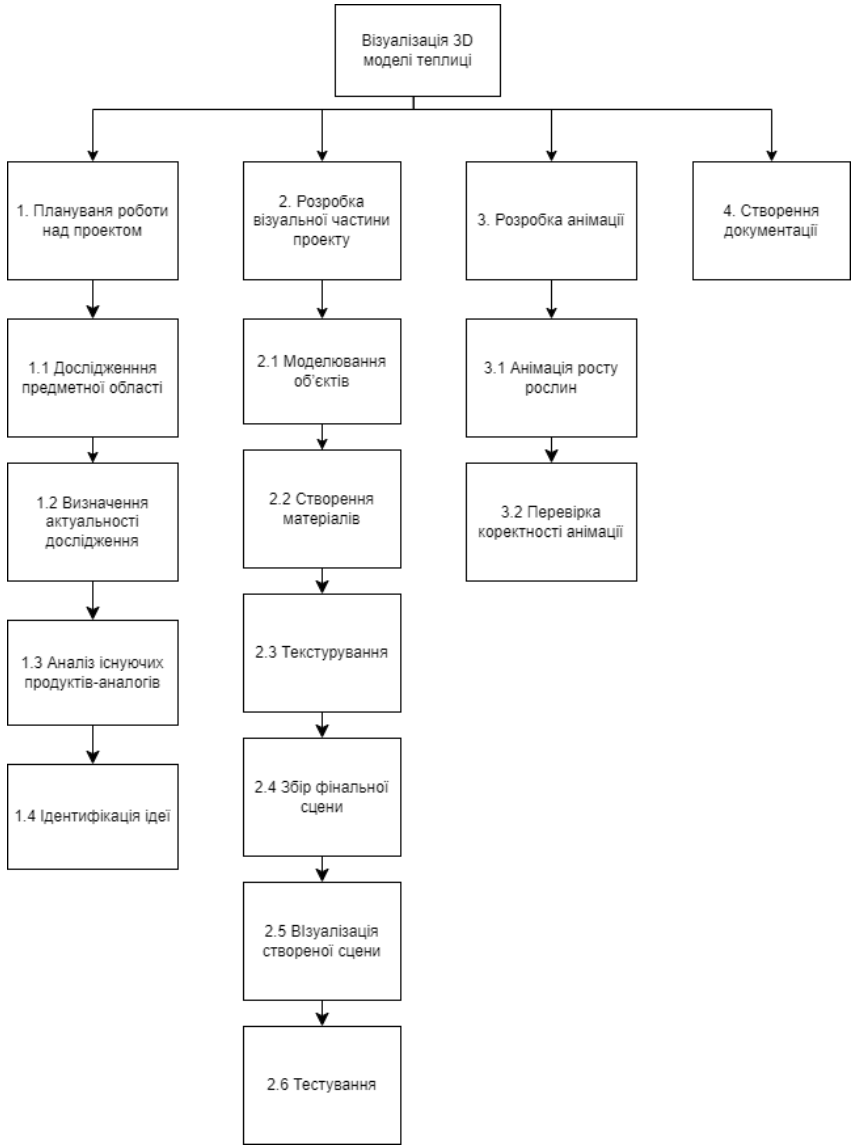


Рисунок Б.1 – WBS– структура робіт проекту

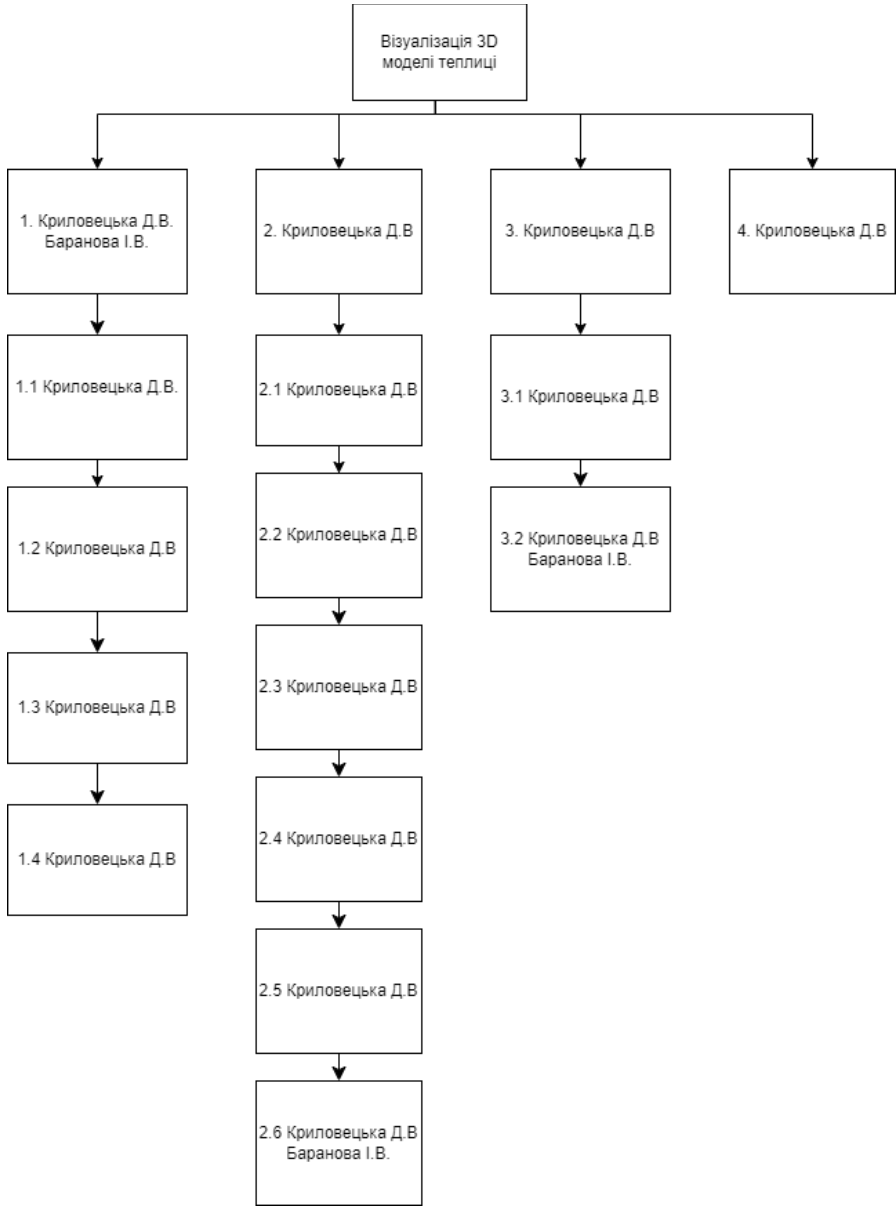


Рисунок Б.2 – OBS– структура робіт проєкту



Таблиця Б.2 – Виконавці проєкту

Роль	Ім'я	Проектна роль
Керівник проєкту	Баранова І.В.	Забезпечує загальне керівництво та затвердження етапів проєкту
Менеджер проєкту	Криловецька Д.В.	Відповідає за ефективне виконання розробки та реалізації проєкту, проводить збір та аналіз даних.
Розробник	Криловецька Д.В.	Створювання та редагування 3D моделей, анімації.
Тестувальник	Баранова І.В. Криловецька Д.В.	Знаходження помилок до релізу моделі

### Б.3 Діаграма Ганта

Створення нового проєкту в середовищі MS Project на основі інформації з технічного завдання передбачає розроблення графіку проєкту (діаграми Ганта). Діаграма включає сумарні та елементарні роботи з визначенням їхніх строків виконання, призначення виконавців для робіт, розподілу людських ресурсів відповідно до завдань проєкту [23].

Календарний графік проєкту представлено на рисунку Б.3.

• Візуалізація 3D моделі теплиці	44 днів	Пн 08.04.24	Чт 06.06.24	
• Планування роботи над проектом	11 днів	Пн 08.04.24	Пн 22.04.24	
Дослідження предметної області	1 день	Пн 08.04.24	Пн 08.04.24	
Визначення актуальності дослідження	3 днів	Вт 09.04.24	Чт 11.04.24	3
Аналіз існуючих продуктів-аналогів	3 днів	Вс 14.04.24	Вт 16.04.24	4
Ідентифікація ідей	4 днів	Ср 17.04.24	Пн 22.04.24	5
• Розробка візуальної частини проекту	26 днів	Вт 23.04.24	Вт 28.05.24	
Моделювання об'єктів	12 днів	Вт 23.04.24	Ср 08.05.24	6
Створення матеріалів	3 днів	Чт 09.05.24	Пн 13.05.24	8
Текстурування	2 днів	Вт 14.05.24	Ср 15.05.24	9
Збір фінальної сцени	2 днів	Чт 16.05.24	Вс 19.05.24	10
Візуалізація створеної сцени	5 днів	Пн 20.05.24	Вс 26.05.24	11
Тестування	2 днів	Пн 27.05.24	Вт 28.05.24	12
• Розробка анімації	3 днів	Ср 29.05.24	Вс 02.06.24	
Анімація росту рослин	2 днів	Ср 29.05.24	Чт 30.05.24	13
Перевірка коректності анімації	1 день	Вс 02.06.24	Вс 02.06.24	15
• Створення документації	4 днів	Пн 03.06.24	Чт 06.06.24	16

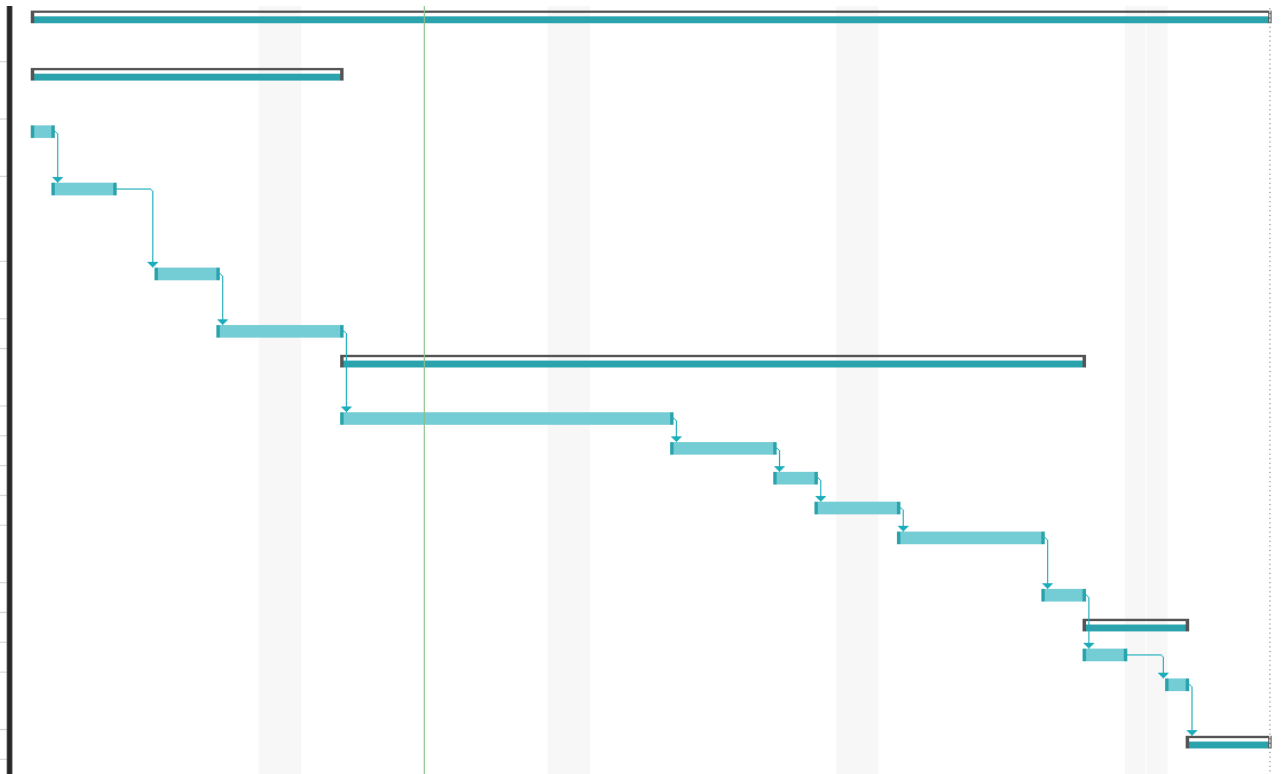


Рисунок Б.3 – Діаграма Ганта

## Б.4 Управління ризиками проєкту

Під час виконання проєкту слід визначити можливі ризики, які можуть виникнути в процесі реалізації проєкту, ідентифікувати їх та усунути. У таблиці Б.3 представлено ймовірність виникнення ризиків для їх класифікації.

Таблиця Б.3 – Шкала ймовірності виникнення, впливу та типу ризиків

Оцінка	Ймовірність виникнення	Вплив	Тип ризику
1	Низька	Низький	Прийнятні
2	Середня	Середній	Виправдані
3	Висока	Високий	Неприпустимі

На основі таблиці Б.3. для мінімізації негативного впливу ризиків на проєкт необхідно розробити план реагування на них. Цей план включає в себе визначення ефективних заходів та оцінку можливих наслідків впливу цих ризиків на проєкт. Як результат планування реагування, була складена матриця ймовірності виникнення ризиків та їх впливу, що проілюстрована на рисунку Б.4. Зеленим кольором на матриці позначають прийнятні ризики, жовтим – виправдані, а червоним – неприпустимі.

3	Виникнення		RS_4	RS_5
2		RS_2, RS_3, RS_7, RS_9, RS_10	RS_1, RS_6, RS_8	
1		RS_11		
		Ймовірність		
		1	2	3

Рисунок Б.4 – Матриця ймовірності

Класифікація ризиків за рівнем відповідно до отриманого значення індексу представлена у таблиці Б.4. У таблиці Б.5 описано ризики та стратегії реагування на кожен з них.

Таблиця Б.4 – Шкала оцінювання за рівнем ризику

№	Назва	Межі	Ризики, які входять
1	Прийнятні	$1 < R < 2$	2,3,7,9,10,11
2	Виправдані	$3 < R < 4$	1,6,8
3	Неприпустимі	$6 < R < 9$	4,5

Таблиця Б.5 – Ризики та стратегії реагування

ID	Статус ризику	Опис ризику	Ймовірність виникнення	Вплив ризику	Ранг ризику	План А	Тип стратегії реагування	План Б
RS_1	Відкритий	Непорозуміння між розробником та керівником	Середня	Середній	4	Налагодити комунікацію з керівником.	Попередження	З'ясувати причину непорозуміння та усунути її.
RS_2	Відкритий	Модифікація вимог замовника у ході створення проєкту	Низька	Середній	3	На початкових етапах вирішити всі вимоги до проєкту.	Пом'якшення	При кожній зміні вимог вносити правки.
RS_3	Відкритий	Відсутність резервних копій	Низька	Середній	2	Використовувати автоматичне збереження даних та різні фізичні носії інформації.	Попередження	Використовувати хмарні носії інформації, робити збереження після кожного виконаного етапу.
RS_4	Відкритий	Не чітко сформульоване завдання	Середня	Високий	6	Розробити план і технічне завдання, періодично звітувати перед керівником.	Попередження	Виконати правки при виявленні помилок.

Продовження таблиці Б.5

ID	Статус ризику	Опис ризику	Ймовірність виникнення	Вплив ризику	Ранг ризику	План А	Тип стратегії реагування	План Б
RS_5	Відкритий	Неоптимальний розподіл часу	Висока	Високий	9	Дотримуватися календарного плану.	Пом'якшення	Оптимізувати роботу.
RS_6	Відкритий	Помилки при моделюванні	Середня	Середній	4	Дослідити аналоги та проаналізувати завдання.	Пом'якшення	В разі виникнення питань звернутися до керівника.
RS_7	Відкритий	Збій програмного забезпечення	Низька	Середній	3	Усунути збої та підготувати резерв даних.	Попередження	Замінити ПО.

Продовження таблиці Б.5

ID	Статус ризику	Опис ризику	Ймовірність виникнення	Вплив ризику	Ранг ризику	План А	Тип стратегії реагування	План Б
RS_8	Відкритий	Невірна оцінка масштабів роботи	Середня	Середній	4	Розподілити час для виконання кожного етапу.	Пом'якшення	Зміна стратегії реалізації проекту.
RS_9	Відкритий	Відсутність періодичного моніторингу у керівником	Низька	Середній	2	Надавати проміжні результати виконання роботи керівнику.	Прийняття	
RS_10	Відкритий	Не вірний вибір методу реалізації	Низька	Середній	3	Обрати легкий та зрозумілий метод реалізації.	Пом'якшення	Дослідити допоміжні ресурси
RS_11	Відкритий	Створення моделей не зазначених в ТЗ	Низька	Низька	1	Вразі необхідності видалити.	Використання	