

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 моделей безпілотних літальних апаратів Mavic 3 та Matrice 300

Здобувача (ки) групи ІТ-01 _____ Аксючиц Аліни Романівни
(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.

_____ Аліна АКСЮЧИЦ
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник _____ ст. викладач, к. т. н., доц. Наталія ФЕДОТОВА

(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.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ

Аксюциц Аліні Романівні

1 Тема роботи Візуалізація 3D моделей безпілотних літальних апаратів Mavic 3 та Matrice 300

керівник роботи Федотова Наталія Анатоліївна, к.т.н., доцент,

затверджені наказом по університету від «07» травня 2024 р. №0482-VI

2 Строк подання студентом роботи «26» травня 2024 р.

3 Вхідні дані до роботи _____ технічне завдання, фото моделей розроблюваних об'єктів

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____ аналіз предметної області, постановка задачі, проектування 3D моделей дронів, практична реалізація моделей, висновки

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) актуальність роботи, мета та задачі, практична цінність, аналіз аналогів 3D моделей дронів, структурно-функціональний аналіз, засоби реалізації, практична реалізація 3D моделей: 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	Ініціалізація та дослідження предметної області	11.11.23 – 18.11.23	
2	Оформлення технічного завдання	19.11.23 – 01.12.23	
3	Планування робіт проєкту	02.12.23 – 21.01.24	
4	Огляд останніх досліджень	22.01.24 – 25.02.24	
5	Аналіз існуючих продуктів-аналогів	26.02.24 – 03.03.24	
6	Постановка задачі	04.03.24 – 12.03.24	
7	Вибір засобів реалізації	13.03.24 – 20.05.24	
8	Структурно-функціональний аналіз	21.03.24 – 24.03.24	
9	Моделювання 3D дронів	25.03.24 – 01.05.24	
10	Оформлення документації	02.05.23 – 26.05.24	

Студент _____
(підпис)

Аліна АКСЮЧИЦ

Керівник роботи _____
(підпис)

к.т.н., доц. Наталія ФЕДОТОВА

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра «Візуалізація 3D моделей безпілотних літальних апаратів Mavic 3 та Matrice 300».

Пояснювальна записка складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел із 22 найменувань, додатків. Загальний обсяг роботи – 67 сторінок, у тому числі 42 сторінок основного тексту, 4 сторінки списку використаних джерел, 21 сторінок додатків.

Актуальність роботи полягає в розробці тривимірних моделей, які дозволять детально вивчити будову та особливості функціонування безпілотних літальних апаратів Mavic 3 та Matrice 300. Це надасть корисну інформацію для інженерів, дослідників та фахівців у сферах авіаційної техніки та робототехніки.

Мета роботи полягає в створенні тривимірних моделей безпілотних літальних апаратів Mavic 3 та Matrice 300 3D.

В розділі один описано предметну область та дослідження за темою проєкту, окреслені проблеми, що існують при моделюванні дронів, виконано постановку задачі та розроблено технічне завдання. Також проведено аналіз аналогів програмних продуктів для розробки 3D моделей та обрано Blender 3D для візуалізації.

У другому розділі створено контекстну діаграму та діаграми декомпозиції, варіантів використання моделі в межах структурно-функціонального моделювання проєкту.

Практична реалізація роботи наведена в третьому розділі. А саме: структура проєкту, моделюванню елементів дронів та налаштування освітлення, текстур та камери.

Ключові слова: 3D модель, Blender 3D, візуалізація, полігональне моделювання, матеріал, текстура, анімація.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	8
1.1 Огляд останніх досліджень.....	8
1.2 Аналіз існуючих продуктів-аналогів	9
1.3 Мета та задачі дослідження	12
1.4 Вибір програмного продукту.....	13
2 ПРОЕКТУВАННЯ 3D ЛОКАЦІЇ	15
2.1 Структурно-функціональне моделювання	15
2.2 Діаграма варіантів використання	18
3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЛОКАЦІЇ.....	20
3.1 Основні етапи роботи	20
3.2 Моделювання та текстурування моделей.....	21
3.3 Налаштування освітлення та візуалізація моделей	34
3.4 Налаштування анімації моделей	37
3.5 Тестування працездатності моделей.....	39
ВИСНОВКИ	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	42
ДОДАТОК А. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ	46
ДОДАТОК Б. ПЛАНУВАННЯ РОБІТ.....	55

ВСТУП

Зважаючи на швидкі темпи розвитку технологій у сфері безпілотних літальних апаратів (дронів), стає очевидним, що використання їх потенціалу у різних галузях життя стає все більш актуальним. Одним із ключових аспектів ефективного використання дронів є їх можливість збирати велику кількість даних та інформації, що дозволяє здійснювати різноманітні застосування, починаючи від картографування територій і закінчуючи архітектурним проектуванням та візуалізацією [1].

У контексті даного дипломного проекту особлива увага приділяється візуалізації тривимірних моделей двох передових безпілотних літальних апаратів компанії DJI, а саме Mavic 3 та Matrice 300 3D. З моменту їх випуску ці моделі вразили своїми технічними характеристиками, забезпечуючи широкі можливості використання як для професійних, так і для розважальних цілей [2]. Однак, на додаток до їх практичного застосування, важливою є можливість їх візуалізації тривимірних моделей з метою детального дослідження їх конструкції, функціональних можливостей та потенційного використання в різних галузях.

Українські військові винаходять щодня нові способи використання безпілотників. Ними можуть проводити розвідку, доставляти вантажі на перші лінії фронту, евакуювати солдатів і, передусім, знищувати ворога. Воювати дронами дешевше, вони вражають набагато більш точно, ніж та ж артилерія, а ще дрони дозволяють зберегти життя українським військовим [3].

Важливість тривимірної візуалізації дронів Mavic 3 та Matrice 300 3D визначається кількома ключовими факторами [4].

По-перше, тривимірна візуалізація дозволяє детально вивчати будову та конструкцію цих дронів. Вона дозволяє розглянути їх компоненти, внутрішні механізми та способи взаємодії, що є необхідним для розуміння їхньої функціональності та потенційних застосувань.

По-друге, тривимірна візуалізація надає можливість вивчати дрони у віртуальному середовищі, що дозволяє проводити різноманітні експерименти та симуляції без реального використання обладнання, що є дорогим. Це особливо

корисно для тестування нових функцій, визначення оптимальних налаштувань чи розробки нових стратегій управління.

По-третє, тривимірна візуалізація відкриває нові можливості для навчання та навчальних програм. Вона дозволяє створювати інтерактивні навчальні матеріали, які дозволяють студентам та фахівцям вивчати дрони у віртуальному середовищі, що сприяє кращому розумінню їх принципів роботи та застосування цих дронів.

Крім того, тривимірна візуалізація дронів є потужним інструментом для маркетингу та просування продукції. Вона дозволяє компаніям презентувати свої товари та послуги у цікавому та привабливому форматі, що сприяє залученню уваги клієнтів та партнерів.

Тому **метою** цього проєкту є створення тривимірних моделей безпілотних літальних апаратів Mavic 3 та Matrice 300 3D.

Об'єктом дослідження є самі дрони, які вивчаються у контексті їхньої конструкції, технічних характеристик та можливостей використання.

Предметом дослідження є процес візуалізації тривимірних моделей дронів для детального аналізу їх структурних особливостей.

Для досягнення поставленої мети передбачається виконання таких задач: аналіз предметної області, пов'язаної з використанням літальних апаратів, розробка плану побудови 3D моделі, моделювання елементів 3D моделі літальних апаратів з текстуруванням наближеним до оригіналу, анімування рухомих елементів моделі

Практична цінність полягає у розробці тривимірних моделей, які дозволять детально вивчити будову та особливості функціонування безпілотних літальних апаратів Mavic 3 та Matrice 300. Це надасть корисну інформацію для інженерів, дослідників та фахівців у сферах авіаційної техніки та робототехніки.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Огляд останніх досліджень

Останні дослідження та практичні застосування тривимірного моделювання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) Mavic 3 та Matrice 300 3D знаходять широке застосування у різних сферах життя [5]. Почнемо з сфери комерційного використання. Компанії та організації використовують ці дрони для аерофотозйомки та відеозйомки для реклами, маркетингу, архітектурного та будівельного проектування, а також для зйомки відео- та фотоматеріалів для презентацій, веб-сайтів та соціальних медіа.

У сфері туризму та гостинності БПЛА Mavic 3 та Matrice 300 3D також знаходять широке використання. Вони дозволяють створювати захоплюючі аерозйомки туристичних об'єктів, готелів, курортів та природних пам'яток для приваблення нових клієнтів та просування туристичних послуг [6].

У галузі розваг та спорту БПЛА використовуються для створення захоплюючих відео та фотоматеріалів з висоти пташиного польоту на спортивних заходах, концертах, фестивалях, екстремальних видовищах тощо. Вони дозволяють зафіксувати унікальні куточки і події, недоступні для звичайних камер [7].

У сільському господарстві БПЛА використовуються для агрофотозйомки, контролю стану посівів, оцінки врожайності чи виявлення хвороб або шкідників на полях. Вони дозволяють фермерам швидко та ефективно моніторити стан своїх посівів та приймати вчасні рішення для оптимізації виробництва [8].

У сфері науки та досліджень тривимірне моделювання БПЛА використовується для дослідження кліматичних змін, екологічного моніторингу, археологічних досліджень, геологічного картографування та інших різносторонніх дослідницьких цілей [9].

У військовій сфері безпілотні літальні апарати Mavic 3 та Matrice 300 3D займають центральне місце в багатьох аспектах військової діяльності. Вони використовуються для розвідки та моніторингу, забезпечуючи військовим важливі дані про обстановку на полі бою без необхідності високо ризикованих місій. БПЛА

здатні проникати в недоступні або небезпечні зони, збираючи інформацію про розташування ворожих військ, обладунків та інфраструктури [10].

Крім того, безпілотні літальні апарати використовуються для забезпечення вогневої підтримки, яка дозволяє точно визначити цілі та наносити удари безпосередньо на ворожих позиціях. Їхні можливості виявлення та спостереження роблять їх невід'ємною частиною стратегічного планування та проведення різного роду операцій.

Безпілотні літальні апарати також використовуються для доставки вантажів на передові лінії, евакуації поранених чи рятувальних операцій у військових конфліктах. Їхні можливості забезпечення повітряної підтримки і комунікації стають важливою частиною стратегій військового ведення, дозволяючи зберігати життя та знижувати ризики для військовослужбовців.

Загалом, безпілотні літальні апарати Mavic 3 та Matrice 300 3D знаходять широке використання в різних сферах, забезпечуючи високоякісні зйомки та даними для аналізу, що сприяє підвищенню ефективності різних видів діяльності.

1.2 Аналіз існуючих продуктів-аналогів

Порівняння аналогів є важливою частиною дослідження для розуміння стану ринку та визначення конкурентних переваг і недоліків різних рішень. Розгляд аналогів дозволяє нам з'ясувати, які можливості та функціонал уже запропоновано конкурентами, а також визначити ті області, в яких можна покращити продукт або впровадити нові функції, щоб забезпечити перевагу на ринку.

Для аналізу обрано 3 моделі безпілотних літальних апаратів як аналоги з сайту turbosquid.com, а саме:

- Mini Drone model [11]
- Drone auto 3D [12]
- Smart drone 3D [13]

Mini Drone model [11]

Один з головних аспектів цієї моделі - це докладна розробка кожної деталі, від корпусу до пропелерів. Завдяки високоякісному моделюванню і текстурному оформленню, цей дрон виглядає реалістично та вражає своєю деталізацією, що робить його ідеальним вибором для використання в анімаційних проектах, відеоіграх або візуалізації (рис.1.1).

Модель Mini drone model має додаткові можливості, такі як можливість регулювання кута нахилу камери та освітлення, що дозволяє створювати різноманітні ефекти та персоналізувати вигляд дрона для різних проектів та завдань. Ця модель представляє собою високоякісне та багатофункціональне рішення для візуалізації та моделювання у тривимірному просторі.



Рисунок 1.1 – Вигляд 3D моделі «Mini Drone model» [11]

Drone auto 3D [12]

Основною особливістю моделі "Drone Auto 3D" є система автоматичного пілотування, яка дозволяє дрону самостійно виконувати різноманітні місії без необхідності постійного контролю оператора. Ця функція робить цей дрон ідеальним вибором для використання у великих проектах, таких як зйомка аерозйомки або мапування великих територій. Також модель є детальною та високоякісною, вона відзначається ретельно опрацьованою геометрією, що включає детальні компоненти,

такі як корпус, пропелери, камери та інші функціональні елементи дрону (рис.1.2).

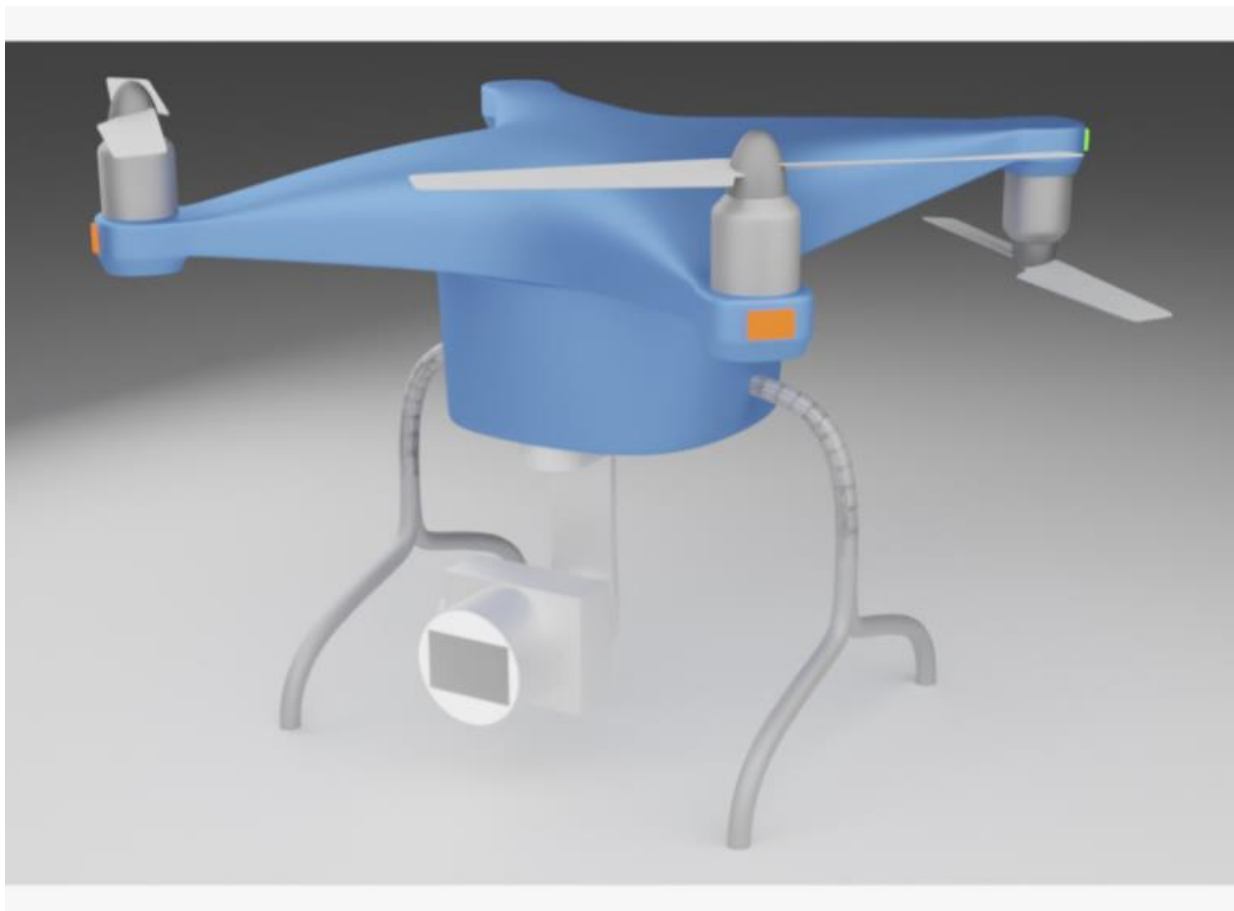


Рисунок 1.2 – Вигляд 3D моделі «Drone Auto 3D» [12]

Smart drone 3D [13]

Цей дрон відрізняється від інших моделей завдяки своїм вбудованим штучним інтелектом і адаптивним системам управління, що забезпечують високий рівень ефективності та надійності. Текстури та освітлення ретельно підібрані для відповідності реальним матеріалам з яких можуть бути виготовлені частини дрону.

"Smart Drone 3D" оснащений інтегрованими системами автоматизації, які спрощують процес управління та забезпечують максимальну точність та стабільність польоту (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Вигляд 3D моделі «Smart drone 3D» [13]

Порівнявши представлені 3D моделі, можна визначити найголовніші елементи, які можуть привернути увагу користувача на ринку.

1.3 Мета та задачі дослідження

Мета дослідження полягає в створенні тривимірних моделей безпілотних літальних апаратів Mavic 3 та Matrice 300 3D. Об'єктом дослідження є самі дрони, які вивчаються у контексті їхньої конструкції, технічних характеристик та можливостей використання. Предметом дослідження є процес візуалізації тривимірних моделей дронів для детального аналізу їх структурних особливостей.

Для того, щоб досягнути результату треба вирішити наступні задачі:

- провести аналіз конструкції та технічних характеристик дронів Mavic 3 та Matrice300 3D;
- розробити технічне завдання, планування робіт, проаналізувати можливі ризики при виконання проекту з моделювання 3D об'єктів;

- вибір інструментів для тривимірної візуалізації.
- моделювання елементів 3D моделі літальних апаратів з текстуруванням наближеним до оригіналу;
- анімування рухомих елементів моделей;
- тестування розроблених моделей літальних апаратів.

3D моделі БПЛА повинні мати візуальні ознаки, які характеризують реалізм тривимірного простору та мають бути схожі на оригінали.

Моделювання, налаштування камери, текстур та матеріалів 3D моделей безпілотних літальних апаратів здійснюється за допомогою програмного продукту, такого як Blender.

Більш детальні вимоги до проекту описані у технічному завданні на розробку проекту з візуалізації 3D моделей(додаток А).

1.4 Вибір програмного продукту

При створенні 3D моделей безпілотних літальних апаратів Mavic 3 та Matrice 300 важливо обрати відповідний програмний продукт, який дозволить ефективно візуалізувати та демонструвати складання головних вузлів. Зараз на ринку існує безліч програмних продуктів, найпопулярнішими є такі програмні продукти як Unreal Engine, 3D Max, Unity та Blender, що дозволяють робити візуалізацію тривимірних моделей.

Unreal Engine – потужний інструмент для розробки ігор та 3D-візуалізації, що забезпечує високу якість графіки та реалістичні ефекти. Проте, його складність у використанні та зосередженість на ігрових сценаріях може бути зайвою для створення суто технічних моделей безпілотних літальних апаратів [14].

3D Max – відома програма для створення 3D моделей і анімацій, яка пропонує широкий спектр інструментів для моделювання та рендерингу. Хоча 3D Max є потужним інструментом, його вартість та висока складність можуть бути обмежувачими факторами для проекту з обмеженим бюджетом і часом [15].

Unity – ще один популярний інструмент для розробки ігор та інтерактивних 3D додатків. Він забезпечує хорошу інтерактивність і підтримку різних платформ, але може бути надмірно складним для суто технічних візуалізацій, подібних до складання вузлів безпілотних літальних апаратів [16].

Blender – безкоштовний і відкритий програмний продукт для створення 3D графіки, який пропонує широкий набір інструментів для моделювання, текстурування, анімації та рендерингу. Blender має значні переваги, серед яких: безкоштовність, потужний функціонал, активна спільнота користувачів та велика кількість навчальних ресурсів. Blender також підтримує скриптування на Python, що дозволяє автоматизувати процеси та створювати спеціалізовані інструменти для конкретних завдань [17].

З огляду на ці фактори, Blender є найкращим вибором для створення 3D моделей безпілотних літальних апаратів Mavic 3 та Matrice 300. Його безкоштовний доступ, потужні можливості для моделювання та рендерингу, а також підтримка спільноти та навчальних ресурсів забезпечують оптимальні умови для ефективного виконання проекту. Серед основних можливостей можна виділити також моделювання, текстурування, освітлення, рендеринг та анімацію, що дозволяє створювати детальні та реалістичні моделі, критичні для вивчення конструкцій і функціональних можливостей дронів.

2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ 3D МОДЕЛЕЙ

2.1 Структурно-функціональне моделювання

Основні елементи IDEF0 включають блоки, які представляють функції або процеси системи; входи, що забезпечують інформацію або матеріали для виконання цих функцій; та виходи, які є результатами виконання функцій [18].

Додатково модель IDEF0 використовує механізми, тобто ресурси або засоби для виконання функцій, а також управління, що визначає обмеження або умови, що впливають на процес виконання функцій. Всі ці компоненти разом формують комплексну модель, яка дозволяє детально аналізувати структуру та функціональність системи.

Методологія IDEF0 ґрунтується на кількох основних компонентах: блоках, що символізують функції або процеси в системі; входах, які представляють інформацію чи матеріали, необхідні для виконання цих функцій; і виходах, що є результатами функцій.

Крім того, модель IDEF0 включає механізми, які є ресурсами або засобами, що використовуються для виконання функцій, а також управління, яке визначає обмеження або умови, що впливають на процес виконання функцій. Ці елементи разом створюють ту саму комплексну модель, що дозволяє детально аналізувати структуру та функціональність системи.

У проекті з візуалізації 3D моделей безпілотних літальних апаратів Mavic 3 та Matrice 300, методологія IDEF0 використовується для моделювання процесу створення і демонстрації складання головних вузлів. Це дозволяє чітко визначити етапи проекту, ресурси, які використовуються, та взаємозв'язки між різними компонентами системи (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Контекстна діаграма «Візуалізація 3D моделей» з точки зору розробника

Вхідними даними для проекту є референс-фото моделей та мета реалізації проекту. Основна функція включає розробку 3D моделей, що передбачає створення базових моделей літальних апаратів згідно з технічними специфікаціями.

Вихідні дані включають готові 3D моделі Mavic 3 та Matrice 300. Механізми для виконання цих функцій включають обладнання для моделювання (комп'ютери, графічні планшети), програмне забезпечення (Blender) та людські ресурси (студент). Управління проектом здійснюється за допомогою проектного плану та графіку робіт, технічних стандартів, а також вимог до моделювання (рис. 2.2).

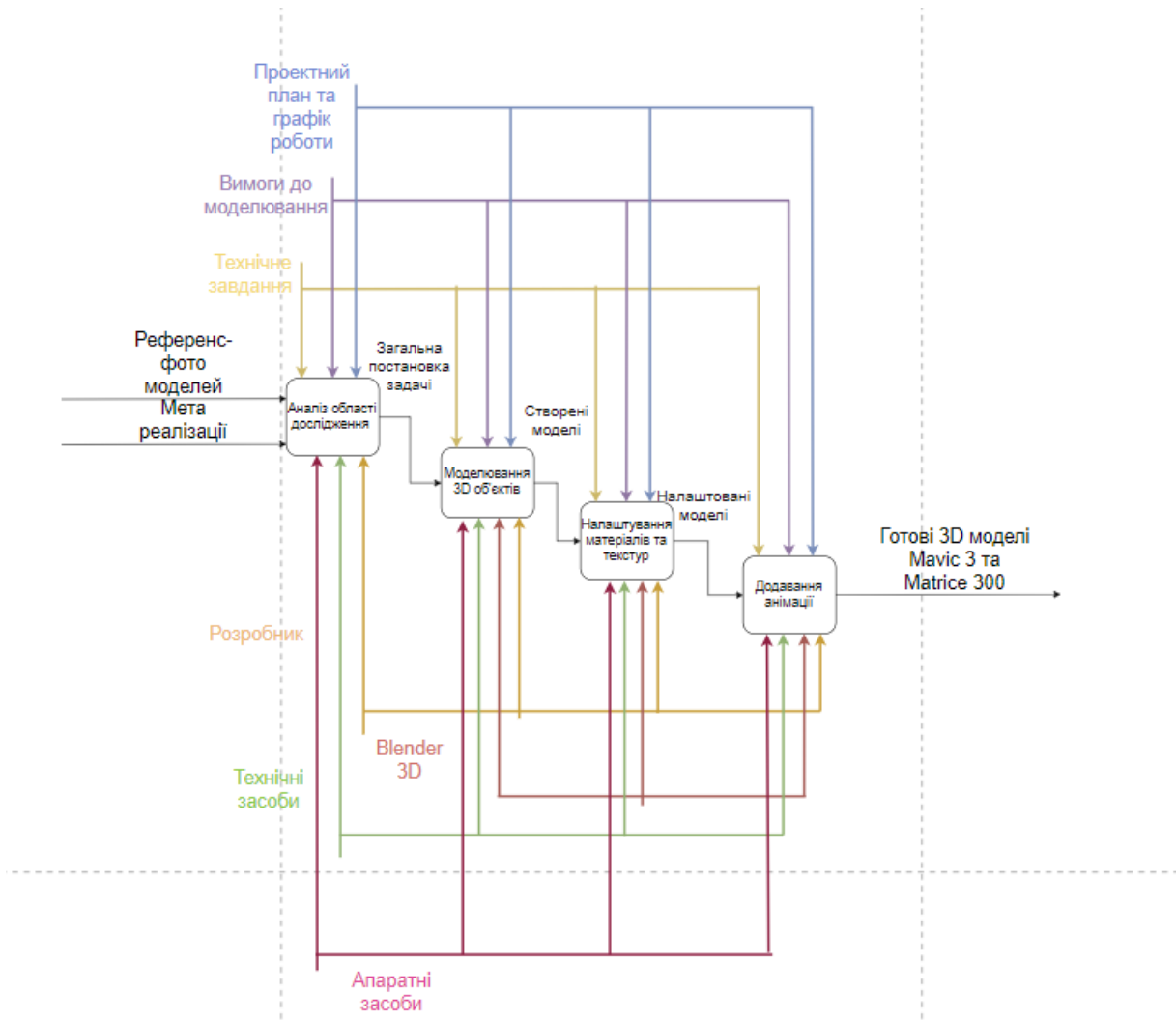


Рисунок 2.2 – Діаграма декомпозиції блоку «Розробка моделей»

Блок "Аналіз області дослідження" – в цьому блоці проводиться дослідження та аналіз області візуалізації 3D моделей з метою визначення технологій, методів та вимог, що необхідні для моделювання.

Блок "Моделювання 3D об'єктів" – у цьому блоці здійснюється процес моделювання дронів, з використанням програмного засобу Blender 3D.

Блок "Налаштування матеріалів та текстур" – в наступному блоці виконується робота з налаштування матеріалів та текстур до створених моделей. Використовуються вхідні дані та програмний продукт, в даному випадку Blender 3D.

Блок "Додавання анімації" – у даному блоці здійснюється процес додавання анімації до вже готових моделей.

2.2 Діаграма варіантів використання

Наступним етапом моделювання є створення діаграми варіантів використання [19], яка допомагає користувачу зрозуміти, які функції надаються і які права доступу до них існують. На рисунку 2.3 представлена діаграма варіантів використання. В даному випадку актором виступає користувач, який разом з іншим актором має можливість переглядати файли проєкту, переглядати створені моделі, анімації чи використовувати 3D моделі дронів, наприклад в особистих цілях.

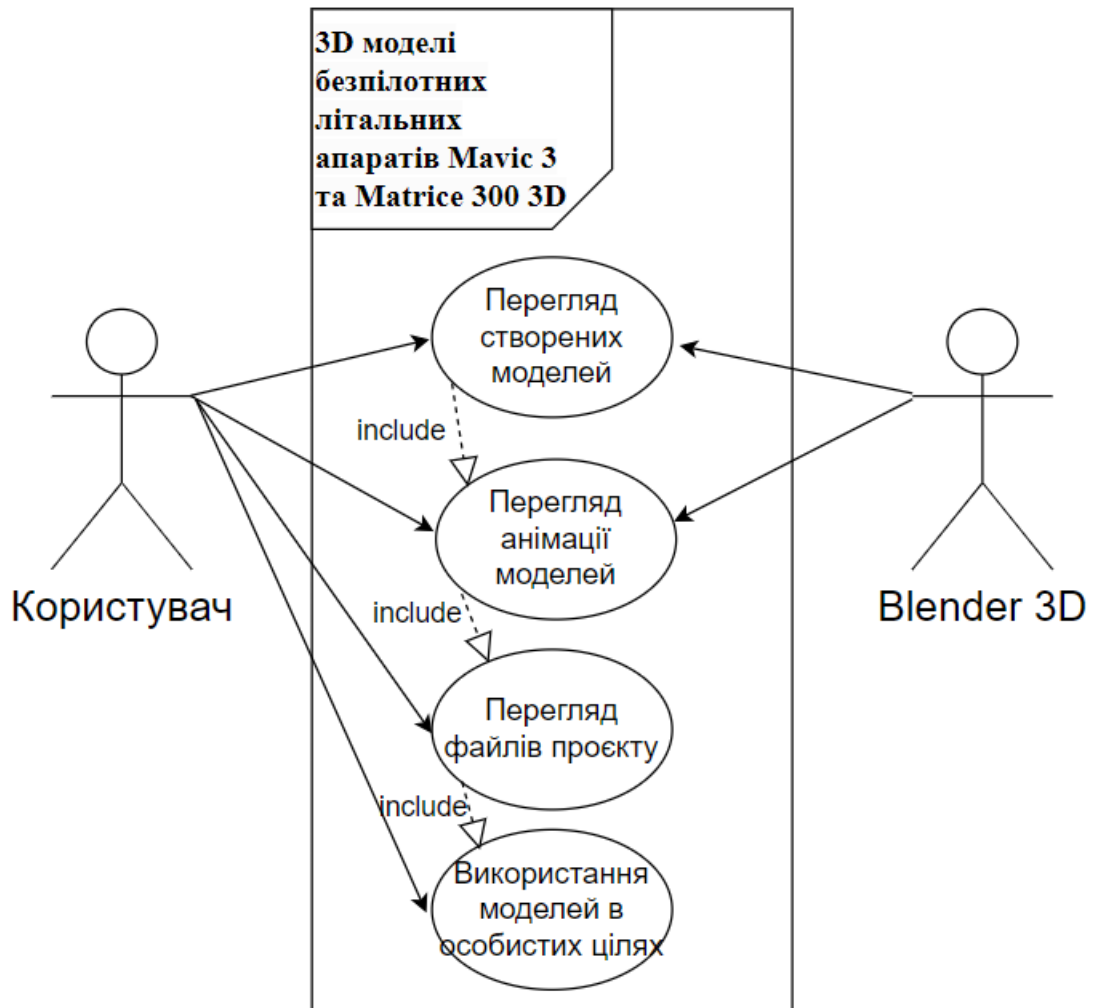


Рисунок 2.3 – Діаграма варіантів використання

Також було створено діаграму Ганта для визначення термінів виконання кожного етапу проекту та проведено оцінку ризиків для оцінки доцільності реалізації проекту. Повна інформація про планування робіт міститься в додатку Б.

3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЛОКАЦІЇ

3.1 Основні етапи роботи

При розробці 3D моделей безпілотних літальних апаратів Mavic 3 та Matrice 300 важливо вибрати відповідний підхід, який зможе забезпечити точність, реалістичність та ефективність. Одним з найпоширеніших методів є полігональне моделювання, що має за мету створення 3D об'єктів за допомогою багатокутників. Цей підхід дозволяє детально контролювати форму та структуру моделі через створення та налаштування базових форм, апроксимацію складних поверхонь і додавання дрібних деталей. Завдяки такому методу можна досягти високої реалістичності та точності моделей [20-21].

Іншим підходом є NURBS-моделювання, яке використовує математичні криві для створення гладких і точних поверхонь. [22] Цей метод підходить для об'єктів з органічними, плавними формами, де важлива висока точність і гладкість поверхонь. Ще один метод – сканування та відтворення, який включає сканування фізичних об'єктів для створення їх цифрових копій. Цей підхід забезпечує високу деталізацію, але вимагає значних ресурсів для обробки сканованих даних.

Для проєкту створення 3D моделей Mavic 3 та Matrice 300 було вирішено використати полігональне моделювання. Це рішення дозволяє досягти оптимального балансу між якістю моделей і ефективністю використання комп'ютерних ресурсів.

Практична реалізація моделей літальних апаратів відбувалась поетапно: спочатку були розроблені базові моделі основних компонентів, потім проведено налаштування текстур і матеріалів. Наступним кроком було налаштування анімації рухів пропелерів та результуюча візуалізація сцени.

3.2 Моделювання та текстурування моделей

Після того як ми відкрили Blender можемо побачити стартове меню з базовим об'єктом static mesh Cube, з яким і будемо працювати на початку, відкривши меню редагування EditMode за допомогою клавіши Tab (рис. 3.1) [23].

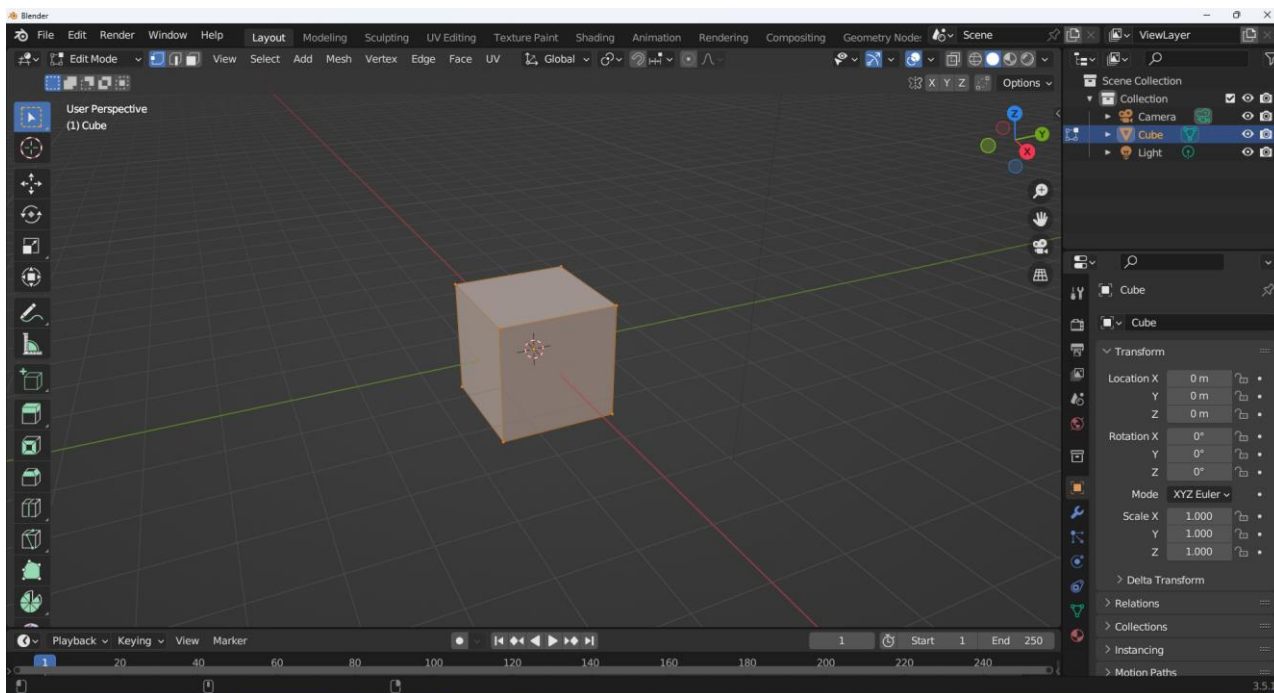


Рисунок 3.1 – Базовий об'єкт static mesh Cube в режимі редагування

За допомогою інструменту Loop Cut (Ctrl+R), що створює додаткові розрізи по периметру об'єкта, утворюючи замкнені кільця для збільшення деталізації та корекції форми моделей, робимо необхідні розрізи. Цей інструмент дає можливість точно виконувати розрізи, забезпечуючи гнучке управління топологією та вдосконалюючи геометрію для текстурування та анімації. Далі застосовуємо інструмент Bevel (Ctrl+B), що використовується для згладжування або фасування країв і кутів об'єкта, створюючи додаткові грані для підвищення деталізації. Та наостанок, щоб отримати готове тіло дрону Matrice 300, як на рисунку 3.2, застосуємо інструмент Extrude region (E), щоб витягнути поверхні та ребра та збільшити об'єм моделі.

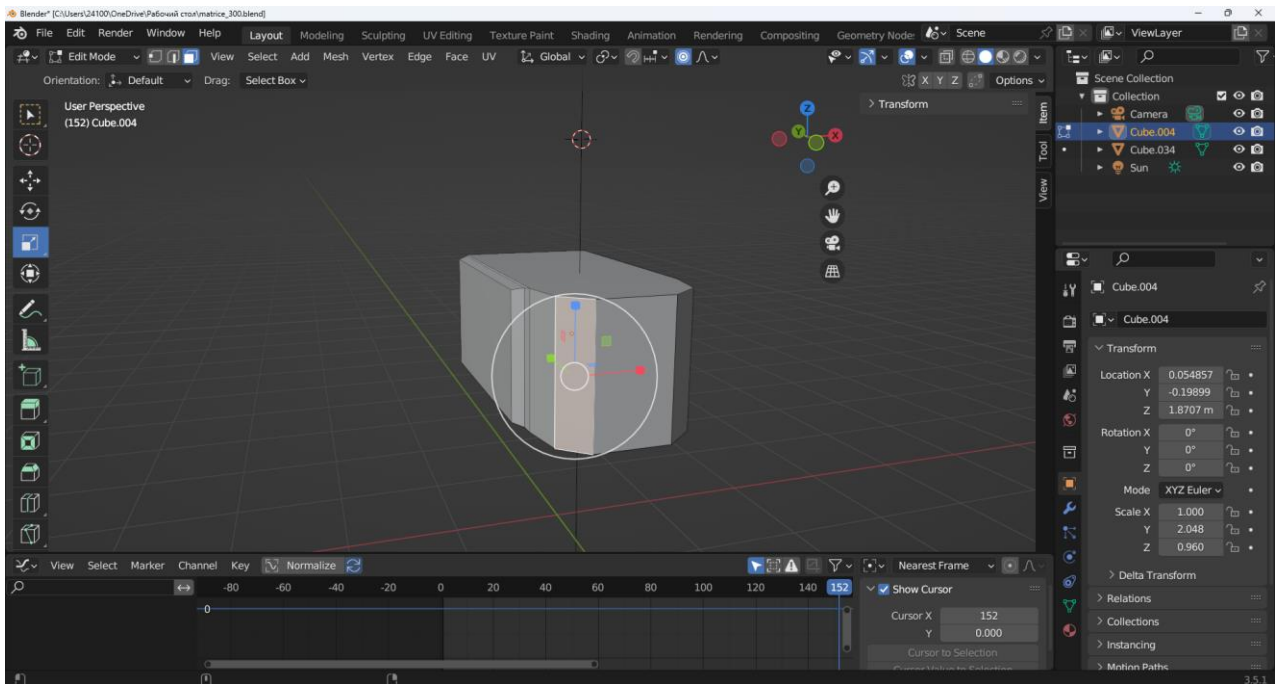


Рисунок 3.2 – Результат створеного тіла дрона

Для створення каркасу, де в результаті будуть розташовані пропелери додаємо об'єкт Path, відкривши меню додавання об'єктів за допомогою комбінації клавіш Shift+A та обравши його в групі Curve, що використовується для створення та маніпуляції кривими, які слугують основою для формування різних об'єктів. У вікні меню Object Data Properties та вкладці Geometry налаштуємо Depth і Resolution та обираємо тип Round (рис. 3.3). На рисунку 3.4 були також використані інструмент Extrude region [24] та модифікатор Mirror, використовується для створення дзеркальної копії об'єкта або його частини відносно осі або площини, що допомагає зменшити час, необхідний для створення симетричних деталей.

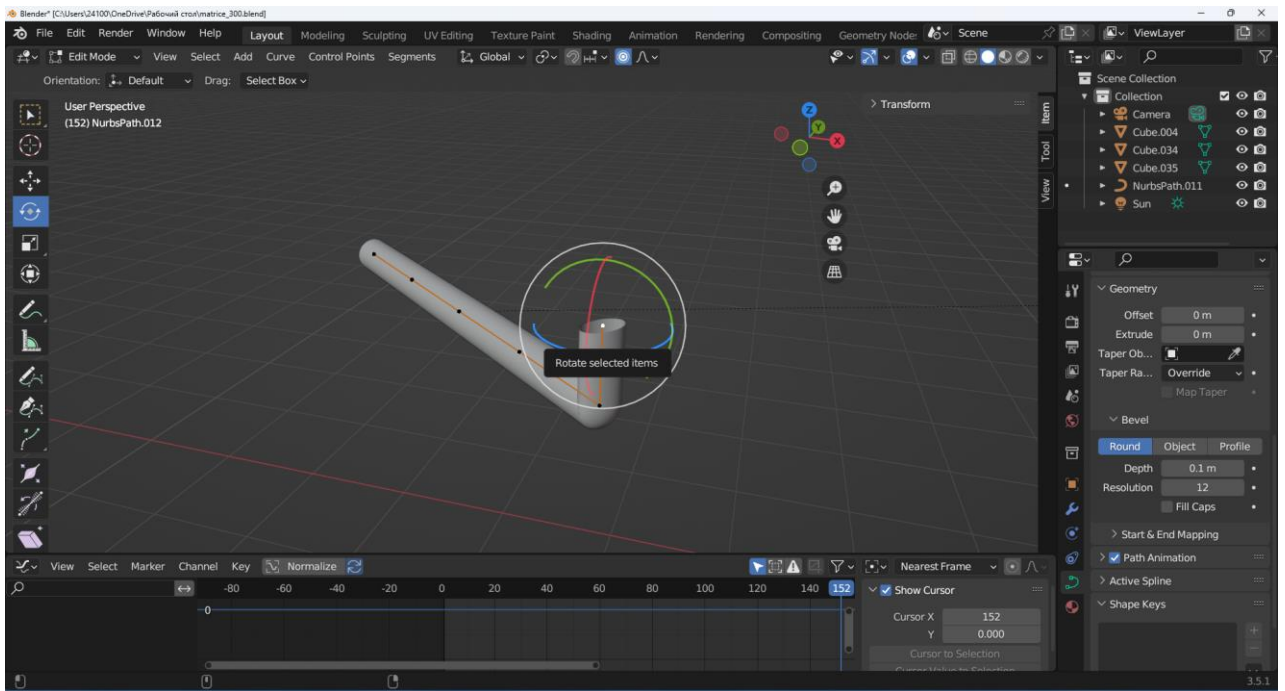


Рисунок 3.3 – Налаштування кривої Path

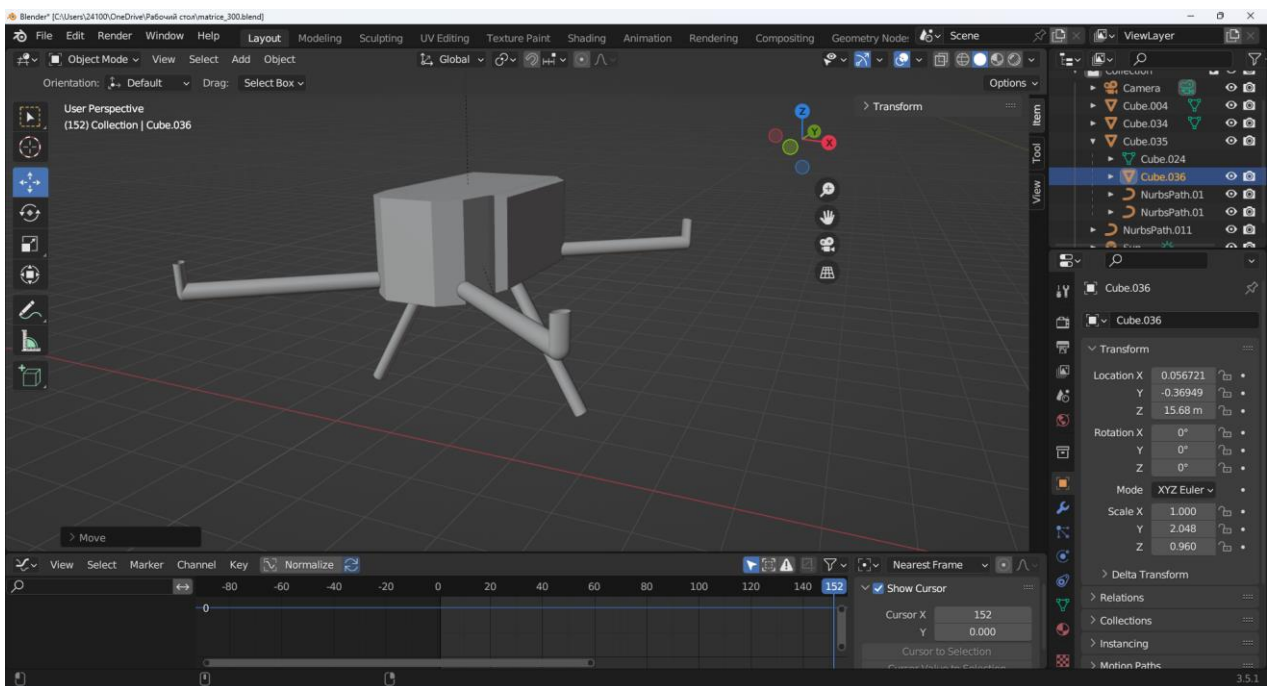


Рисунок 3.4 – Готовий каркас для майбутніх пропелерів

За таким же принципом було створено пропелери з використанням об'єкту static mesh Cube, інструменту Extrude region, Scale, Rotate та застосовано опцію Shade Smooth, що використовується для згладжування видимої поверхні об'єкта, роблячи

його вигляд більш реалістичним. Це дозволяє приховати жорсткі кути між полігонами, створюючи ілюзію гладкої та безперервної поверхні (рис. 3.5).

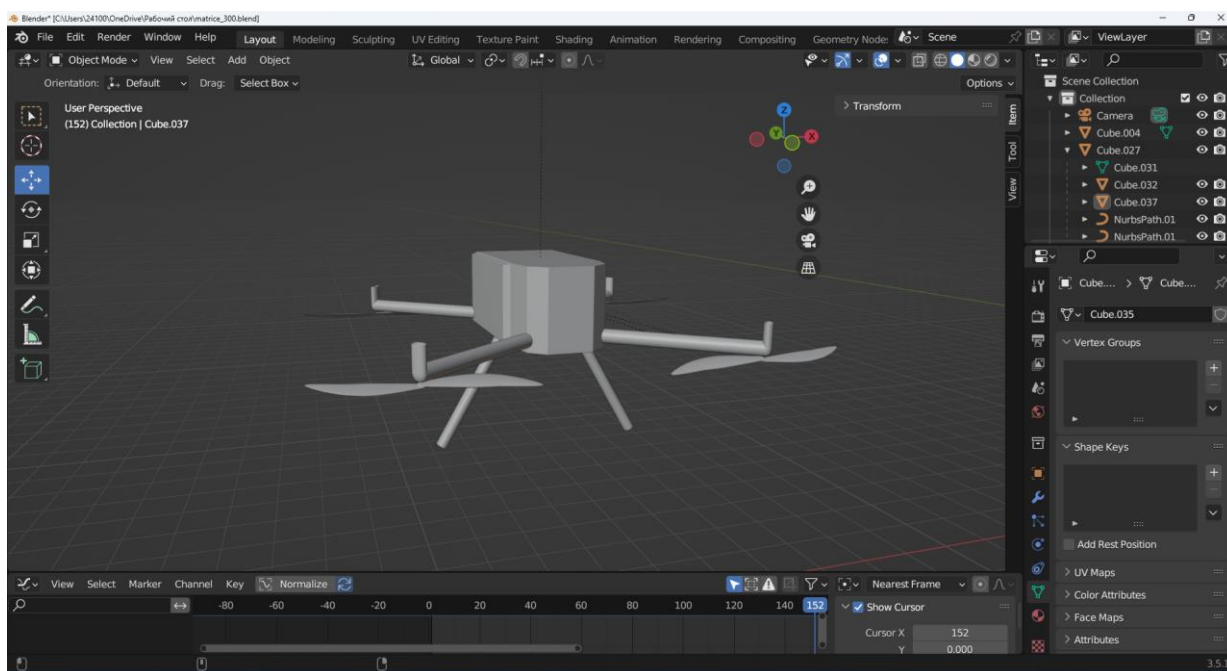


Рисунок 3.5 – Готові пропелери дрону

Після створення основних компонентів каркасу, тобто корпусу (тіла), пропелерів та лапок дрону, було розпочато створення менших деталей каркасу. А саме, додавання моторів, формування осі пропелера до якої кріпляться лопаті. Використання базових фігур, таких як куб і циліндр у поєднанні з використанням інструментів Extrude region, Bevel, Scale, Rotate дозволило створити функціональний та реалістичний каркас дрону, як на рисунку 3.6.

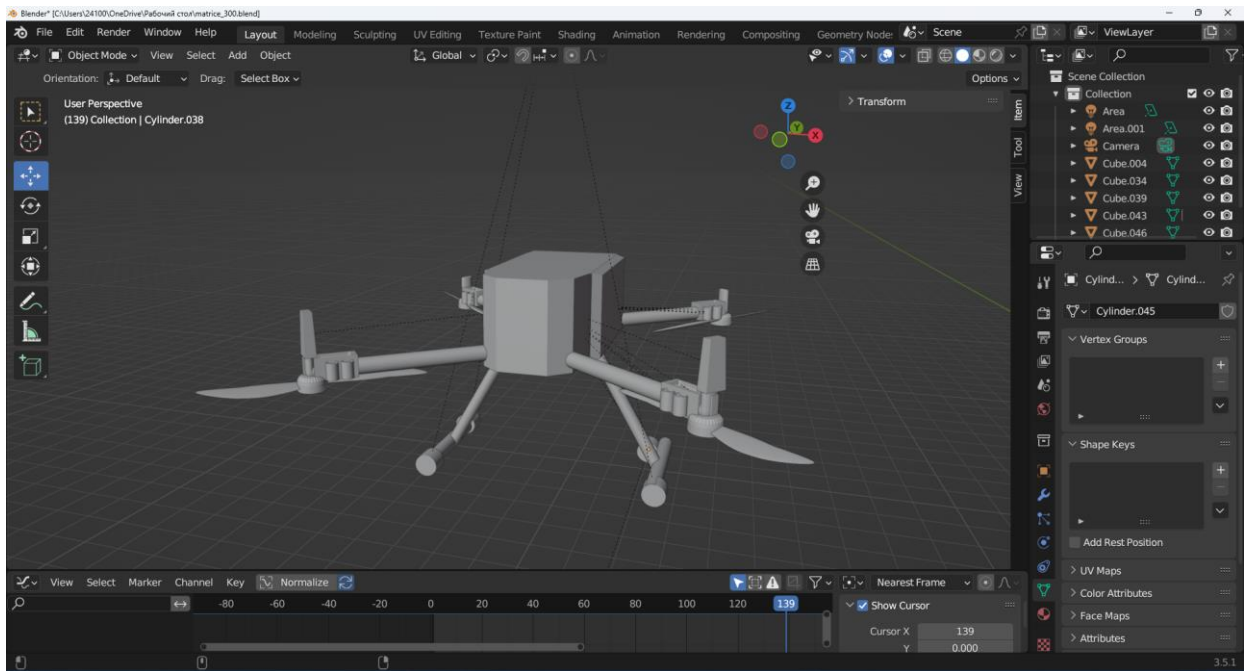


Рисунок 3.6 – Готовий каркас дрону

Далі були використані базові фігури, такі як сфера, куб та конус та застосовані інструменти видавлювання поверхонь, Extrude region та Bevel (рис. 3.7.).

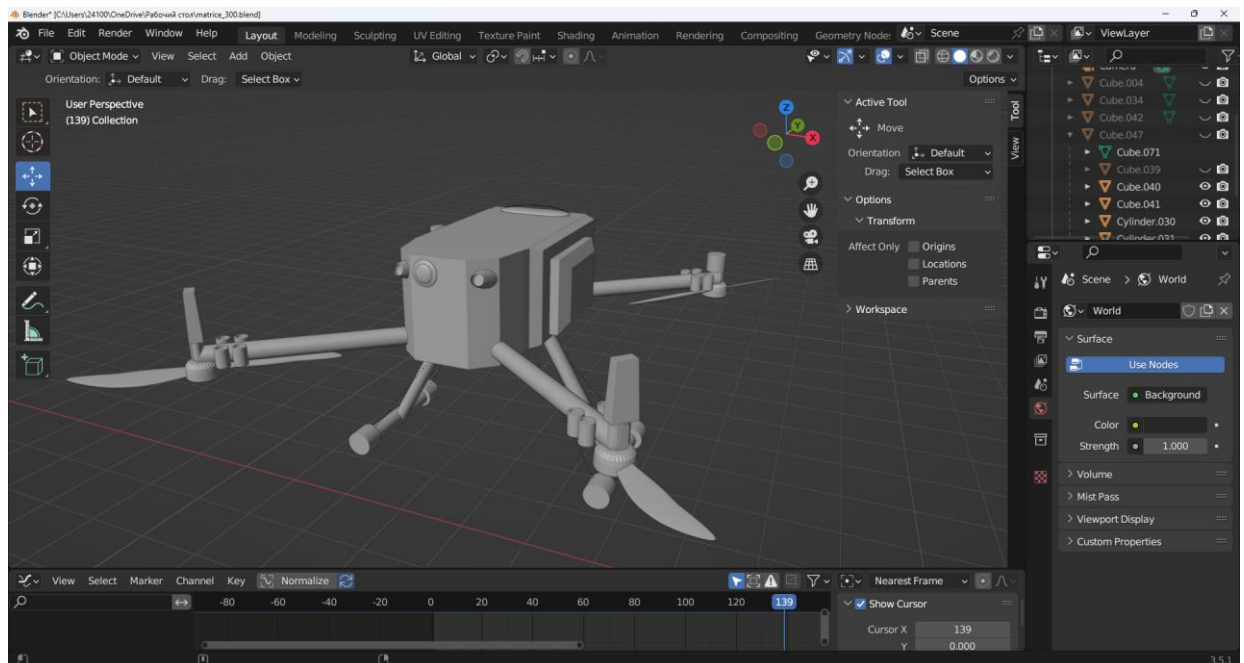


Рисунок 3.7 – Додаткові деталі каркасу дрону

Завершуючи моделювання моделі Matrice 300 були додані фінальні штрихи до каркасу дрону, використовуючи згладжування поверхонь та додаткові розрізи для

корекцій форми та забезпечення точності деталей. Також додавання базових геометричних фігур допомогли досягти додаткової деталізації та реалістичності. Результат створеної моделі можна побачити на рисунках 3.8-3.10.

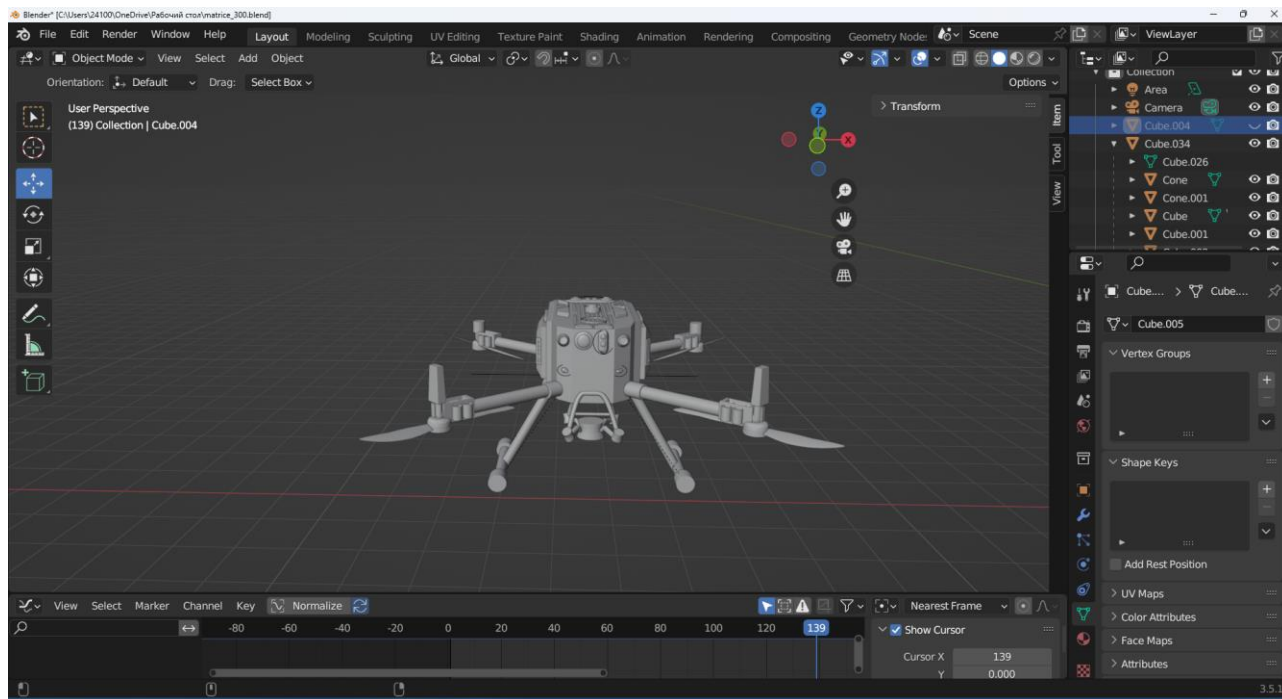


Рисунок 3.8 – Готова модель дрону 1/3

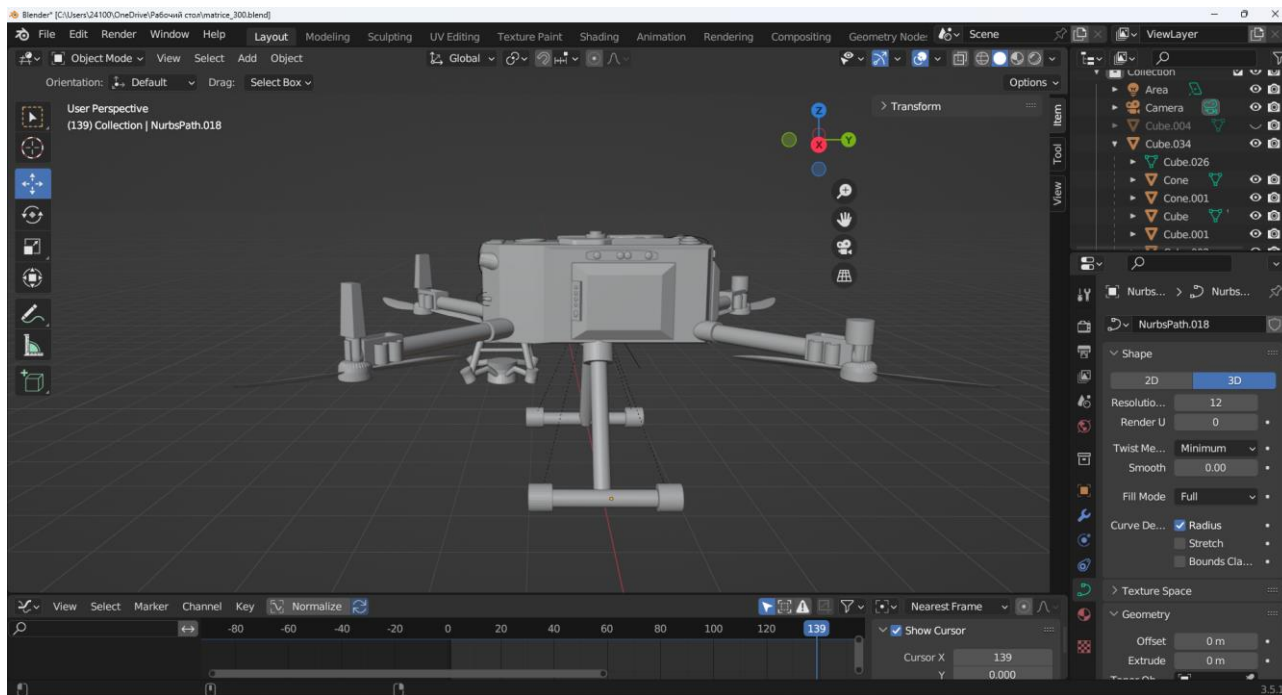


Рисунок 3.9 – Готова модель дрону 2/3

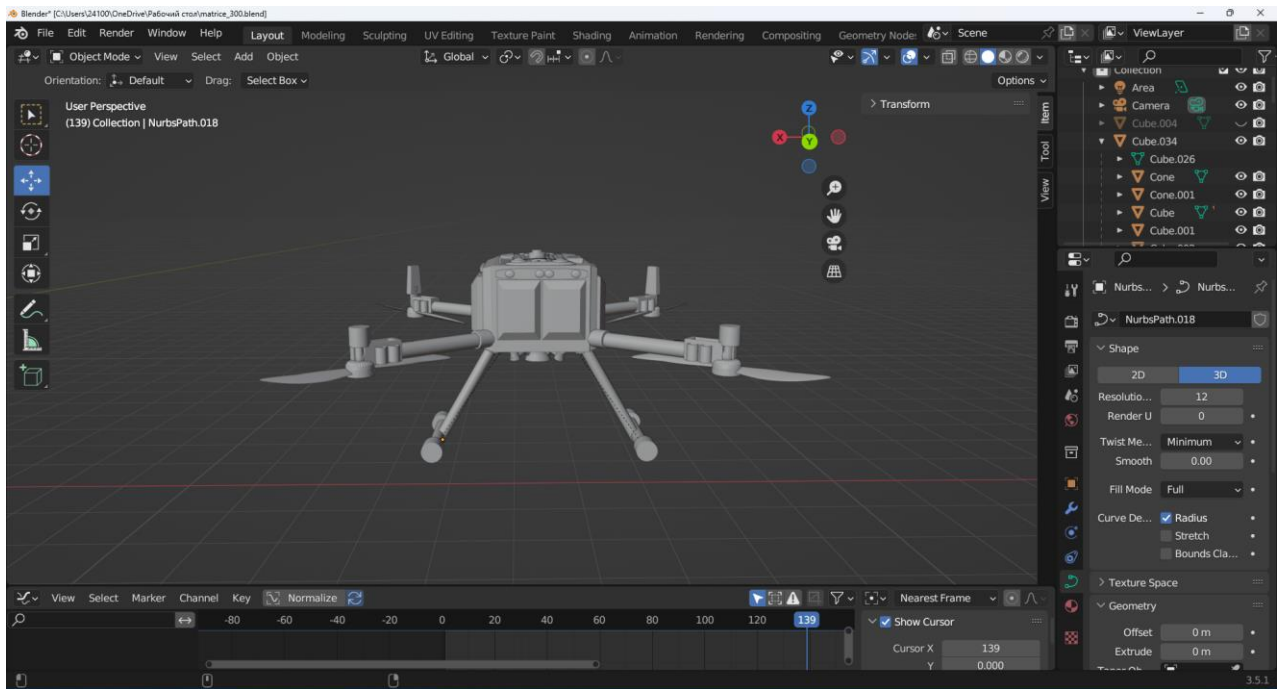


Рисунок 3.10 – Готова модель дрону 3/3

Для побудови наступного дрону Mavic 3 були застосовані ті ж базові об'єкти та інструменти, що і при створенні дрону Matrice 300. Для початку було додано куб змінено його розміри, щоб він слугував корпусом дрону. За допомогою модифікатору Mirror, відзеркалили другу частину задля простішого налаштування симетричності об'єкта. Інструменти Loop Cut та Bevel допомогли надати реалістичності (рис. 3.11).

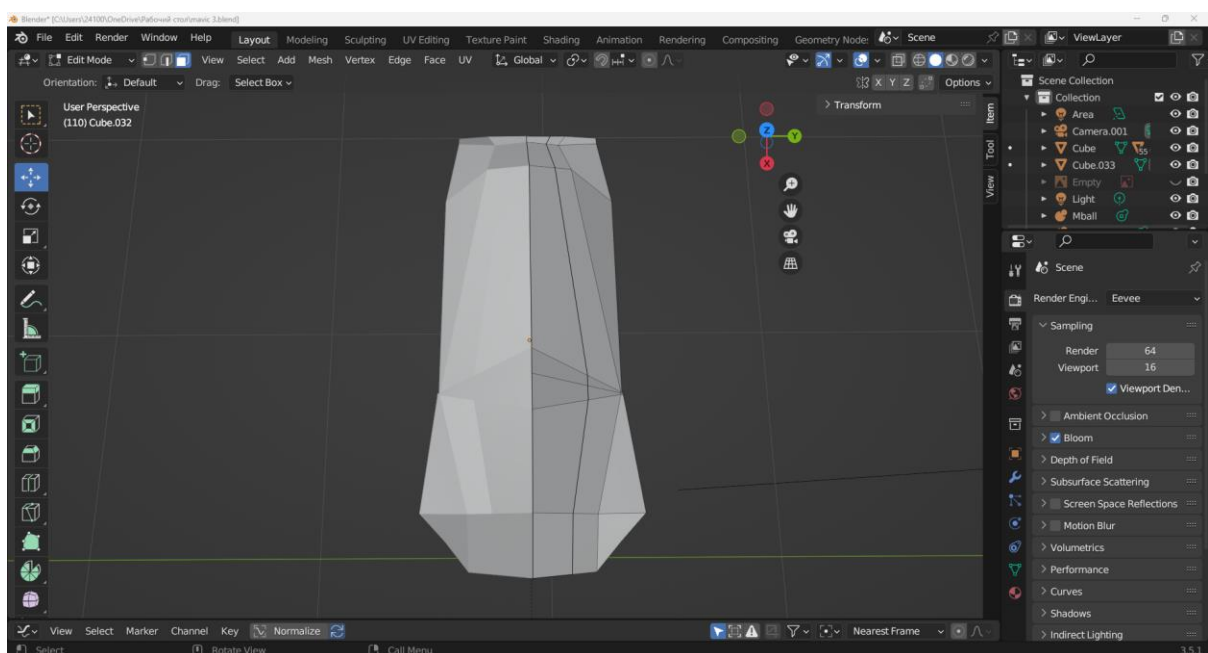


Рисунок 3.10 – Готова форма каркасу дрону

Застосування інструменту Extrude Region витягнули частини ще одного куба для формування основних крил або лапок дрону. Це дозволило створити складну структуру, що виходить з основної верхньої частини корпусу (рис. 3.11).

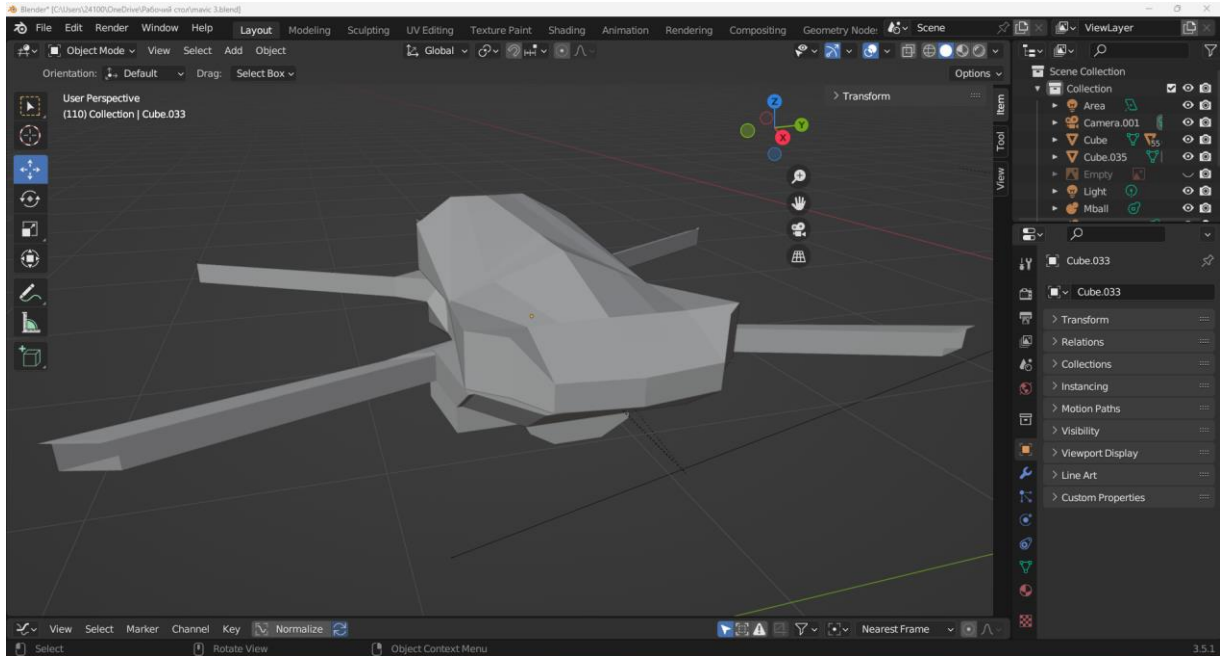


Рисунок 3.11 – Реалізована середня частина каркасу

Застосовано інструмент Shade Smooth для згладжування каркасу дрону та додавання моторів для лопатей за допомогою таких фігур як циліндр та еліпсоїда (рис. 3.12). Інструменти Rotate, Scale та Move допомогли досягти точного позиціонування об'єктів під необхідними кутами, змінення розмірів об'єктів по осях X, Y і Z та переміщення об'єктів для забезпечення правильної компоновки та взаємодії.

Для створення дрібних деталей дрону, такі як лопаті, використовувалися такі геометричні фігури як куби з застосуванням інструменту Extrude region, що допомагає витягнути певні частини куба, щоб сформувати криву поверхню лопаті. Це дозволило створити необхідну аеродинамічну форму. На краях і кутах лопаті застосували інструмент Bevel для згладжування гострих країв, надаючи їм більш реалістичний і плавний вигляд (рис. 3.13).

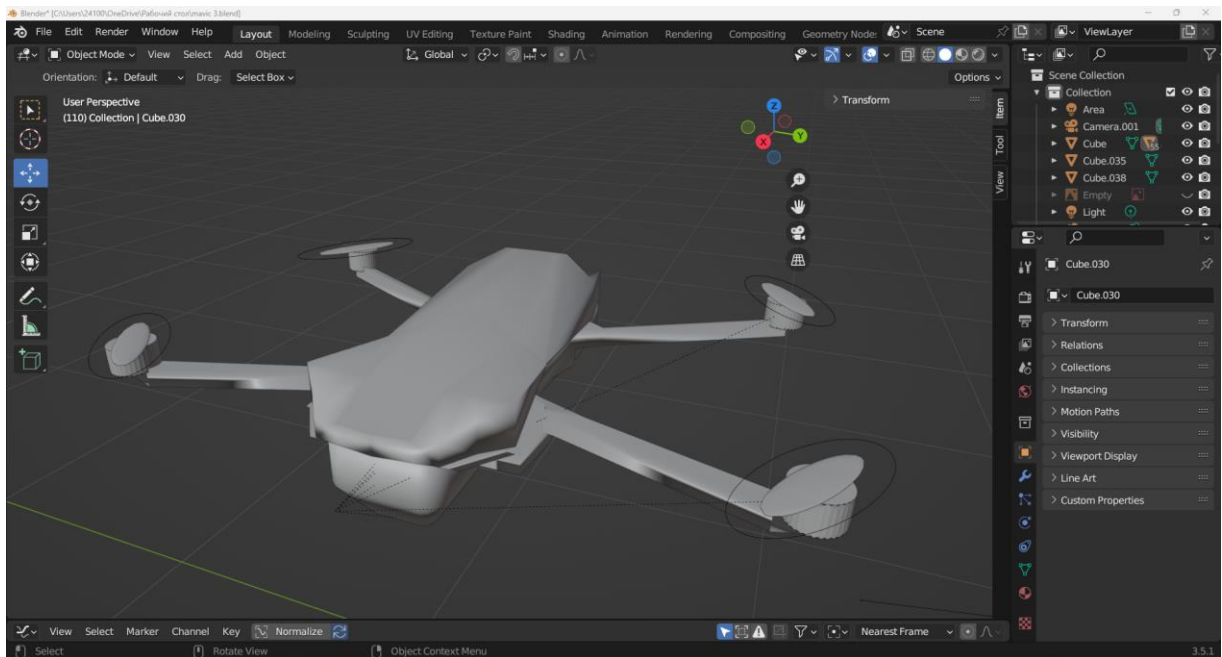


Рисунок 3.12 – Створення додаткових матеріалів та згладжування

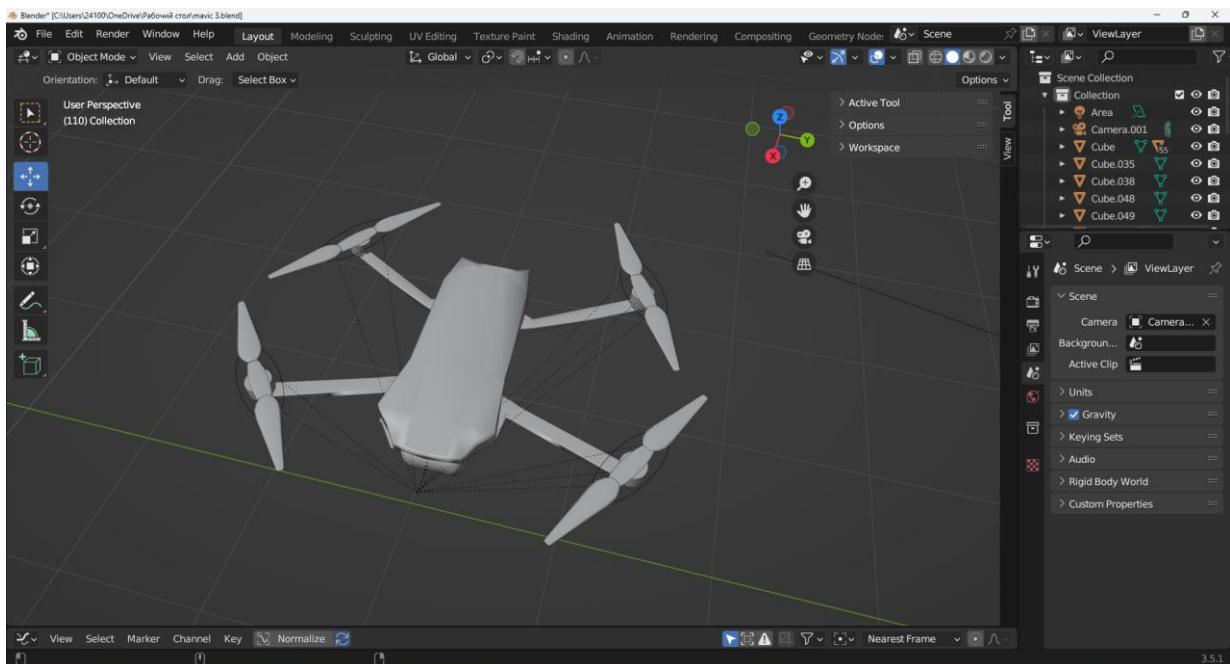


Рисунок 3.13 – Готовий результат лопатей

Для створення камери було використано куб, змінюючи його розміри до форми невеликого прямокутника з гладкими кутами. Використовуючи інструмент Extrude Region витягнули частину куба для формування об'єктива камери. Додали сферу на передню частину об'єктива та налаштували її розміри за допомогою Scale, створюючи лінзу. Завдяки додаванню усіх фінальних деталей вдалося досягти

високого рівня реалістичності та функціональності моделі дрону Mavic 3, що можна побачити на рисунках 3.14-3.17.



Рисунок 3.13 – Готовий результат моделі дрону 1/4

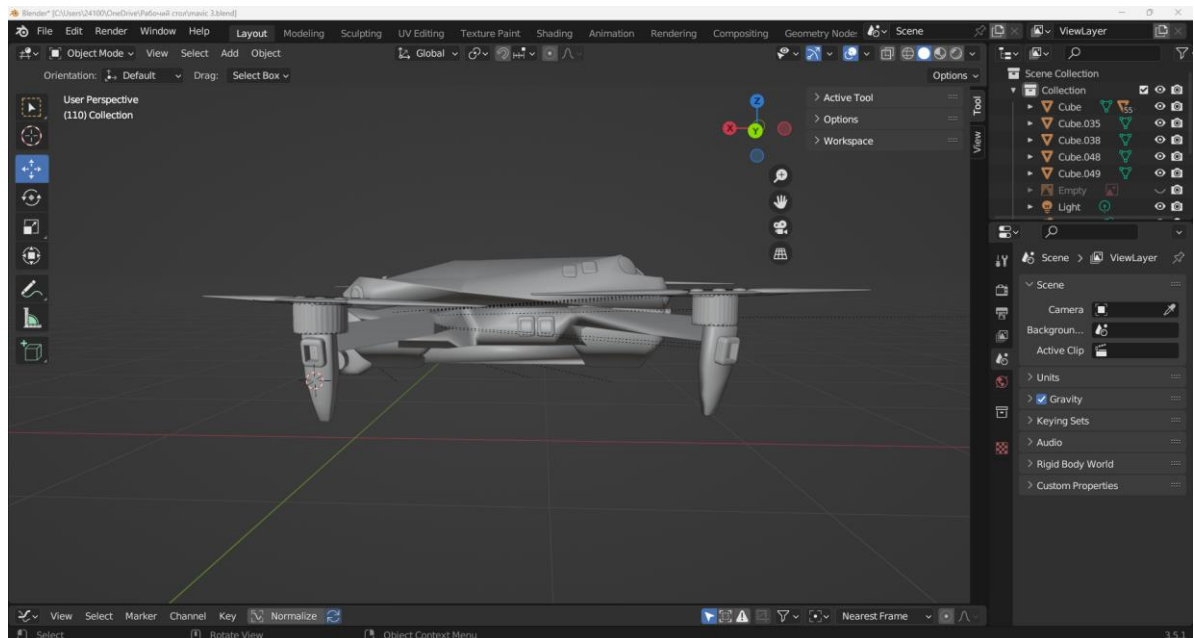


Рисунок 3.14 – Готовий результат моделі дрону 2/4

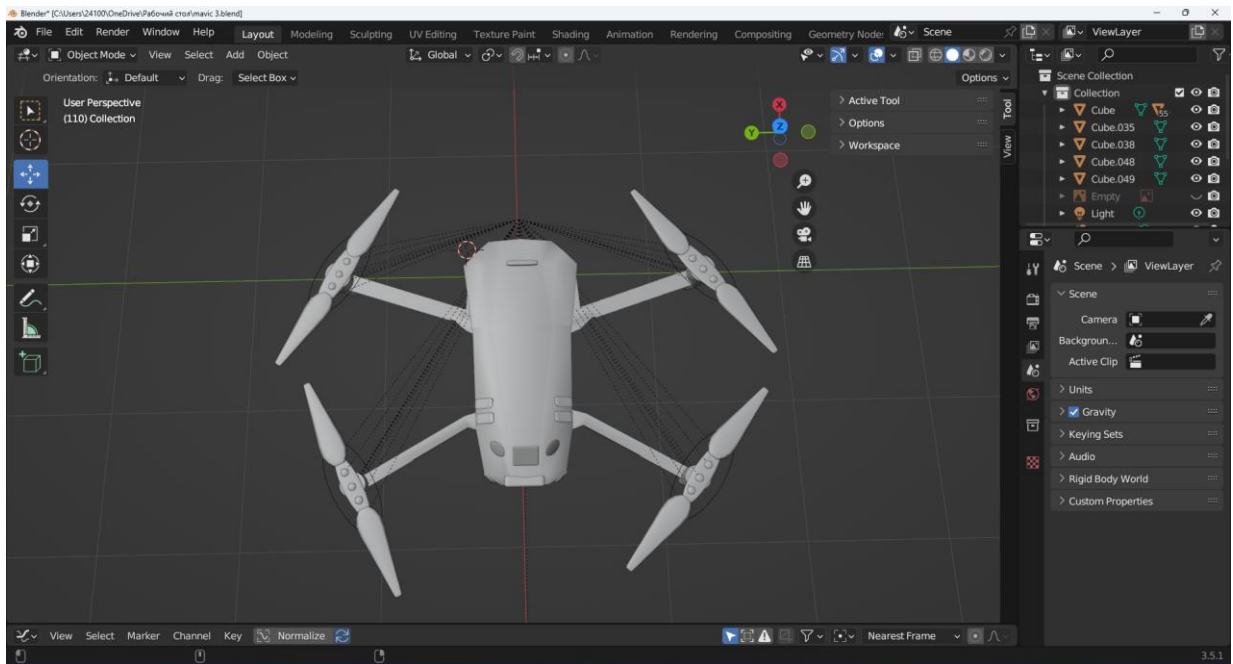


Рисунок 3.15 – Готовий результат моделі дрону 3/4

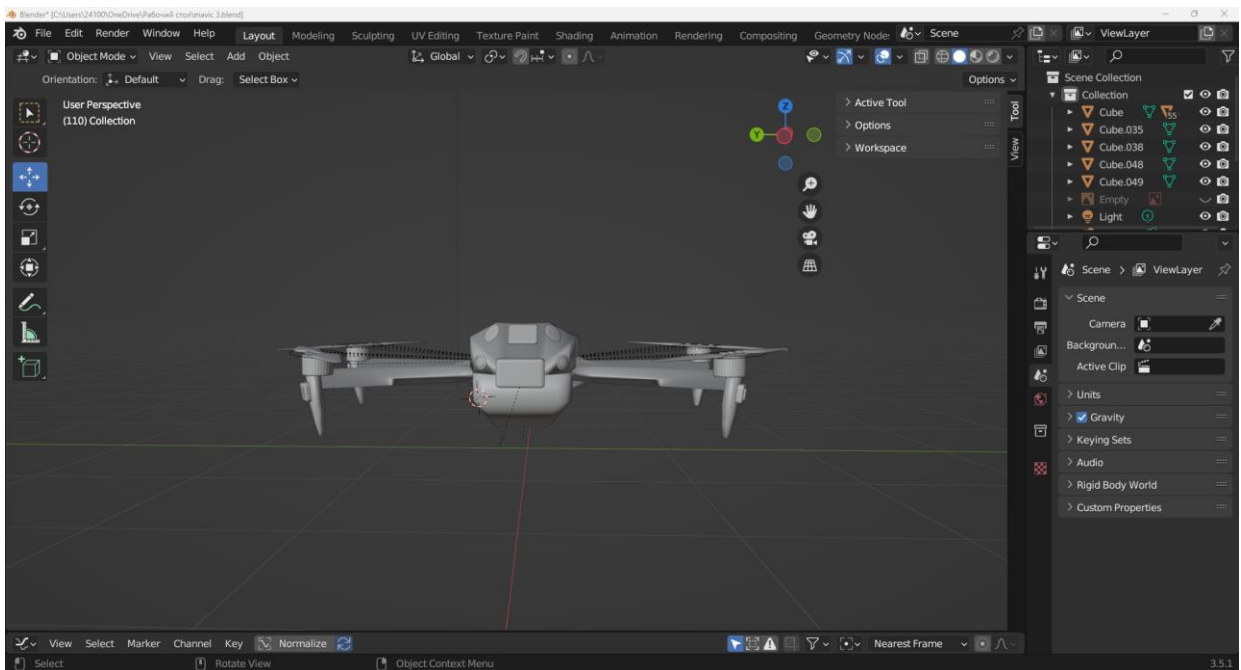


Рисунок 3.16 – Готовий результат моделі дрону 4/4

Наступним етапом було проведено текстурування моделей дронів для надання реалістичного вигляду на фініші [25]. Для цього у вкладці Material Properties додаємо новий матеріал та обираючи базовий колір змінюємо опцію на Image Texture, приготувавши заздалегідь готове зображення бажаної моделі. Налаштувавши

кольори та текстури для усіх деталей дронів, отримуємо результати як на рисунках 3.17-3.20.

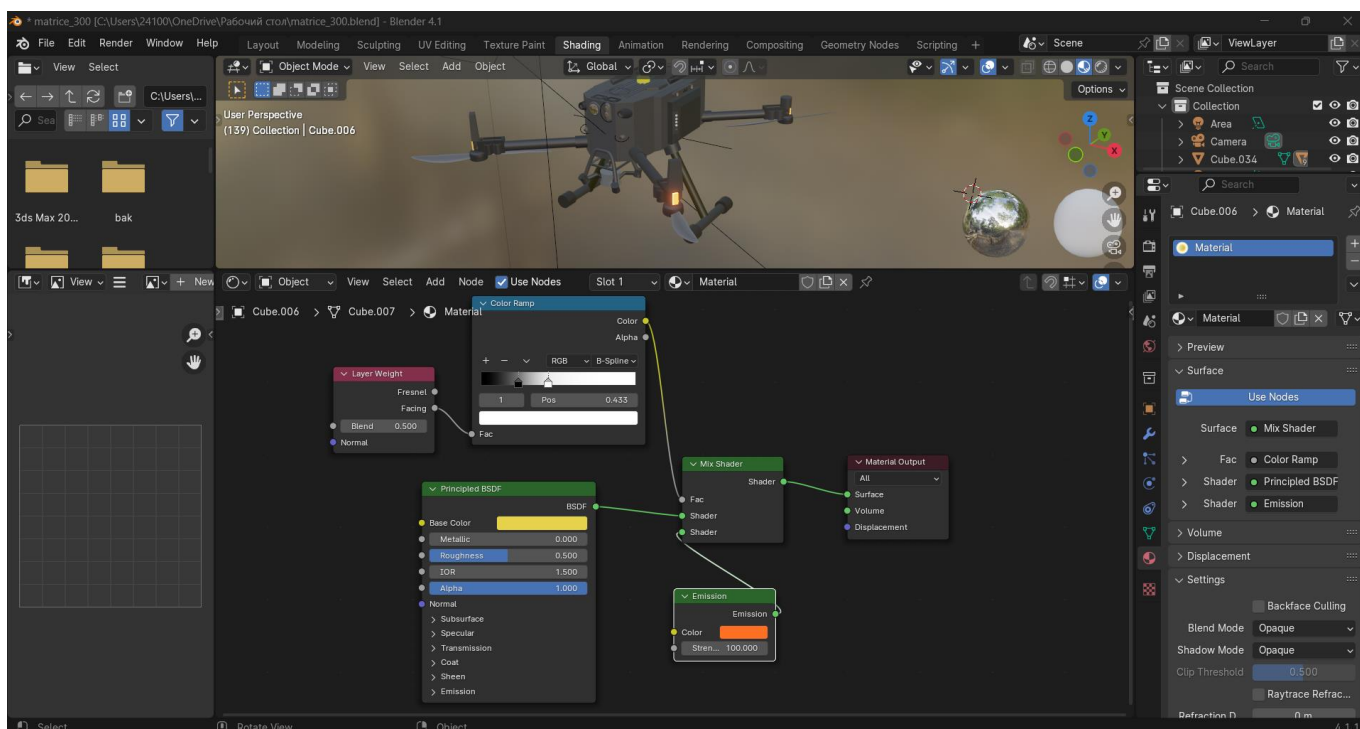


Рисунок 3.17 – Налаштування текстур

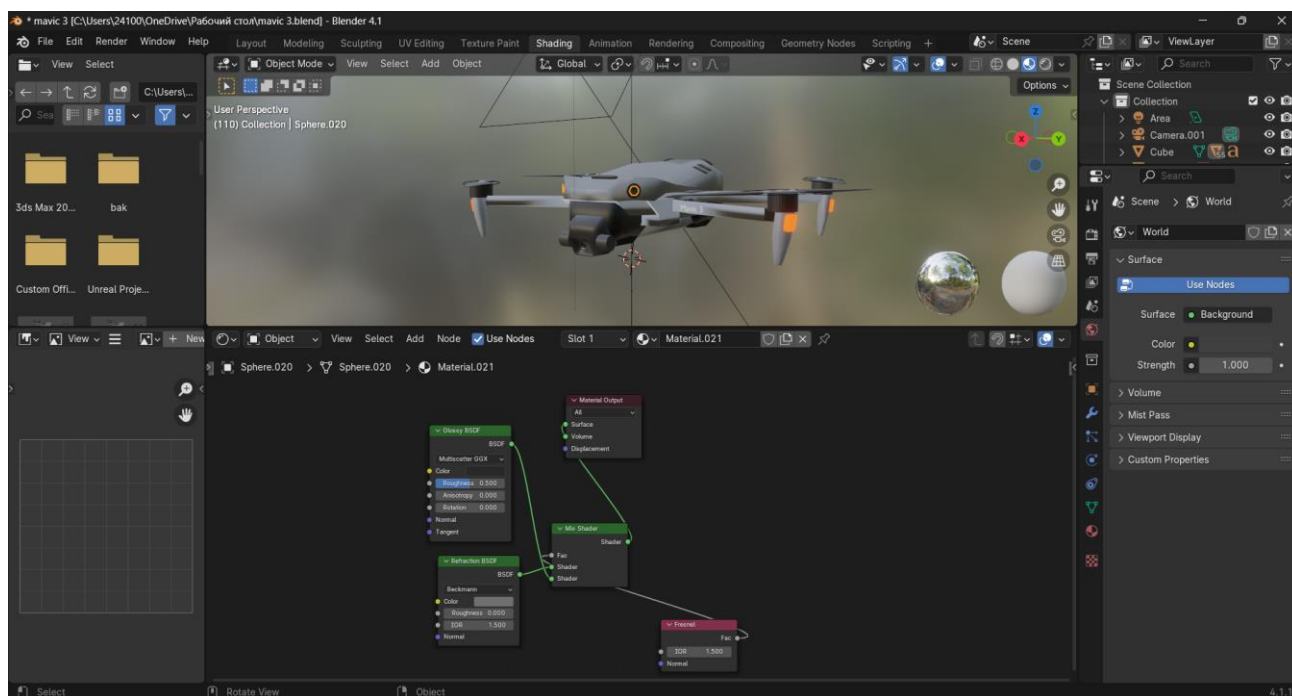


Рисунок 3.18 – Налаштування текстур

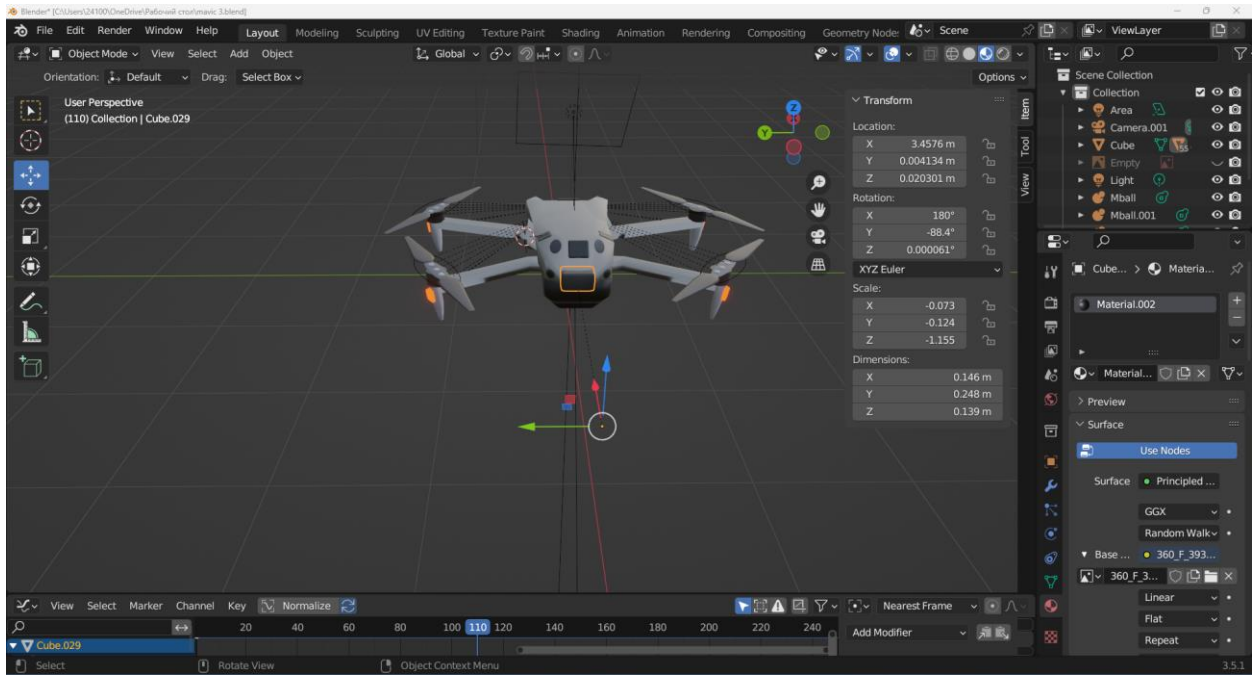


Рисунок 3.19 – Готовый результат текстурирования дрону Mavic 3

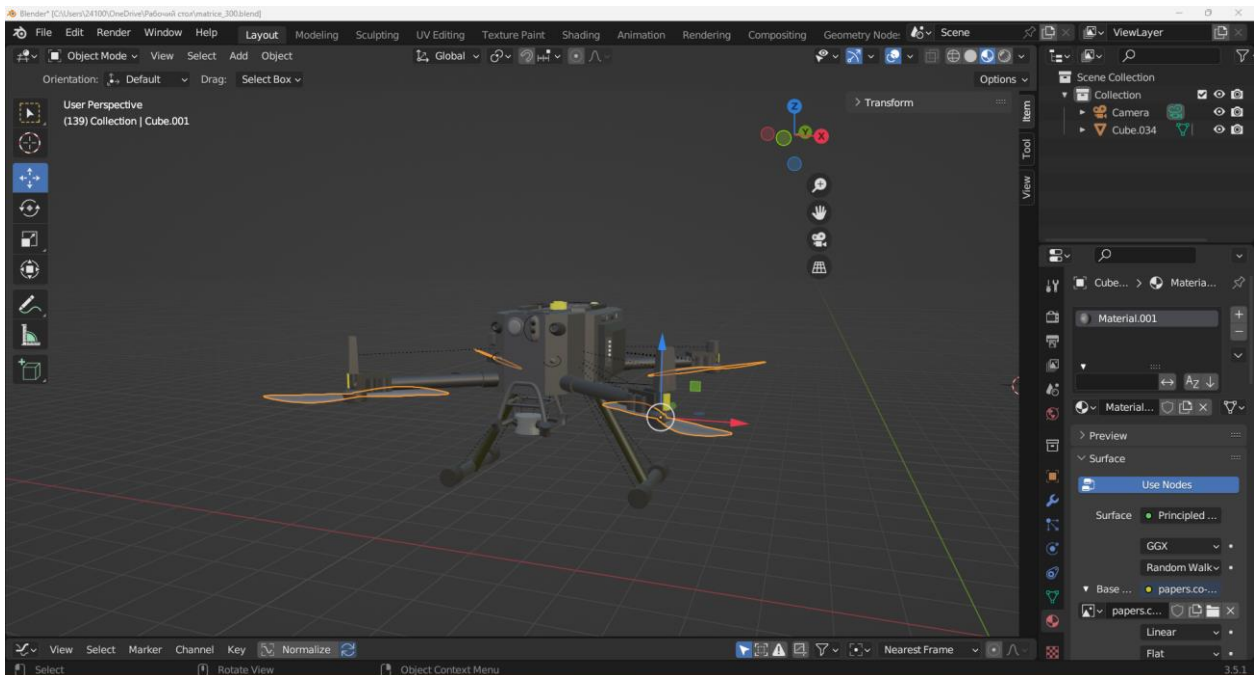


Рисунок 3.20 – Готовый результат текстурирования дрону Matrice 300

3.3 Налаштування освітлення та візуалізація моделей

Додавання освітлення є критичним етапом у створенні реалістичних 3D моделей дронів. Зазвичай використовується декілька джерел світла, в нашому випадку було обрано Sun та Area як основні джерела освітлення в сцені. Спрямоване світло, аналогічне сонячному, створює виразні тіні та додає глибини сцені. Щодо прожекторів, вони використовуються для освітлення обширних ділянок або для виділення конкретних частин моделі. Структура змісту джерел світла та налаштування зображені на рисунку 3.21.

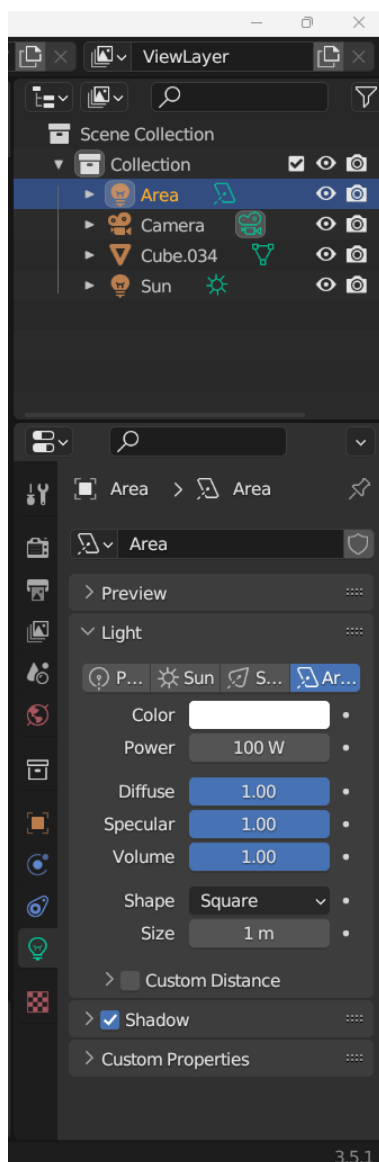


Рисунок 3.21 – Налаштування об'єкта освітлення Area

Налаштування камери є наступним етапом у процесі створення фінальної візуалізації моделей дронів. Камера може бути розміщена так, щоб підкреслити важливі елементи дрону, демонструючи його з різних перспектив. Після встановлення камери були налаштовані такі параметри, як фокусна відстань, діафрагма та глибина різкості. Ці налаштування, як на рисунку 3.22 допомагають контролювати бажаний результат.

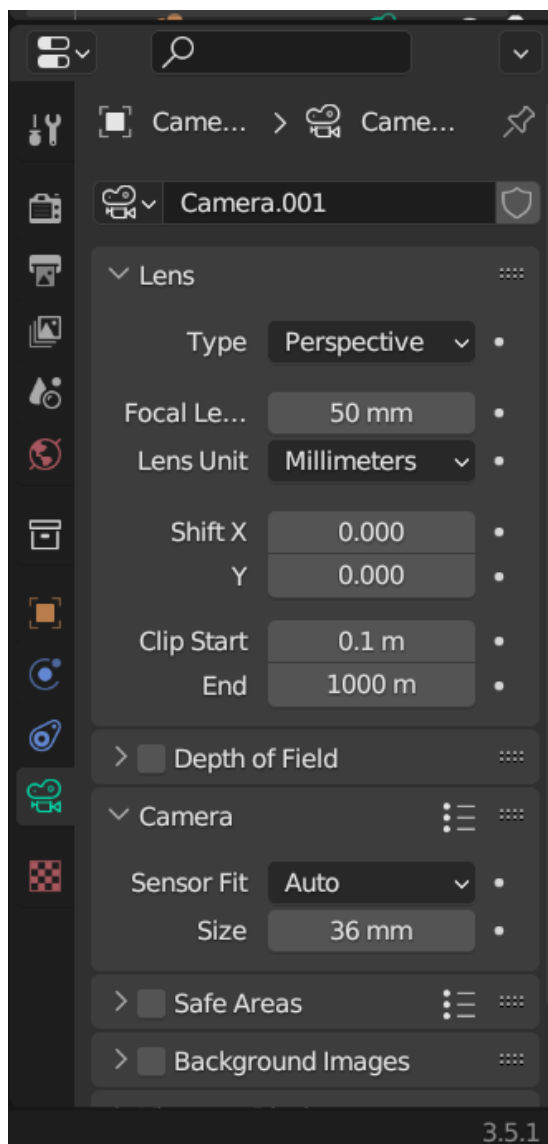


Рисунок 3.22 – Налаштування об'єкта Camera

Рендеринг – це процес створення кінцевих зображень чи анімацій з 3D сцени. У процесі рендерингу враховуються усі параметри освітлення, текстури та матеріали,

щоб створити фотореалістичне зображення моделей дронів. На рисунках 3.23-3.24 можна побачити кінцеву візуалізацію моделей БПЛА.

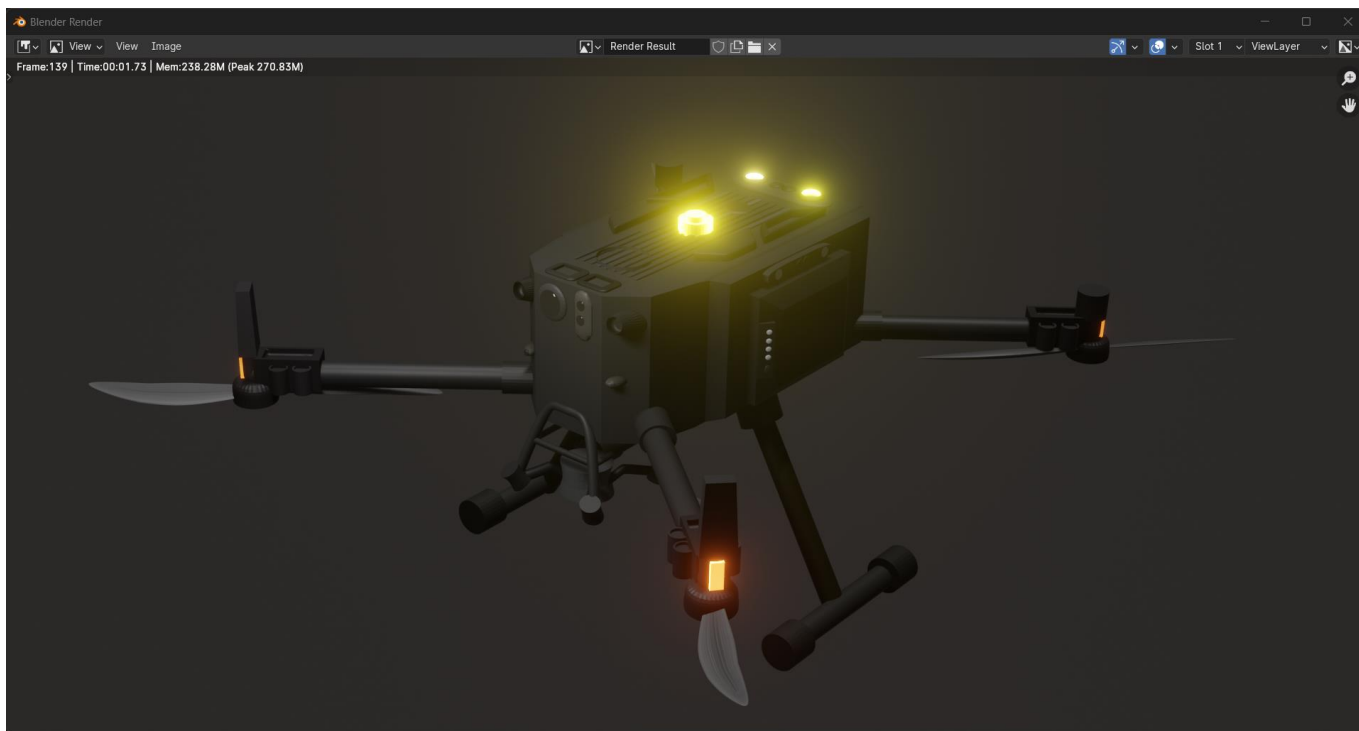


Рисунок 3.23 – Результат фінальної візуалізації дрону Matrice 300

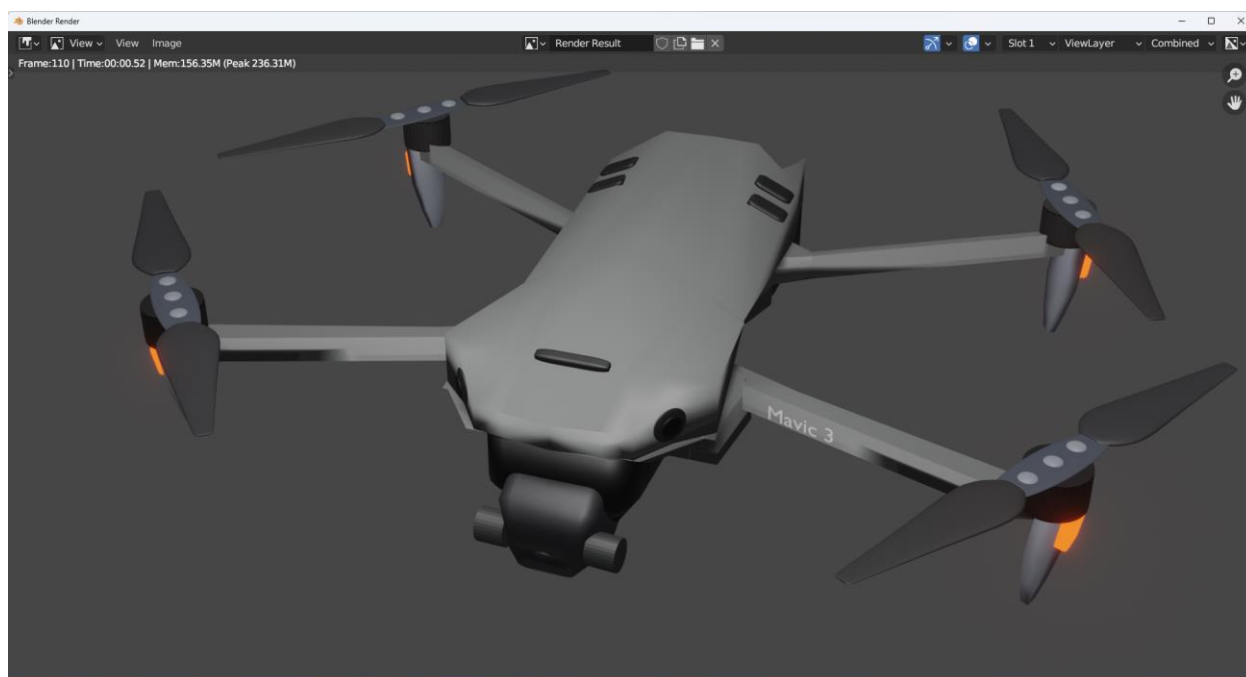


Рисунок 3.24 – Результат фінальної візуалізації дрону Mavic 3

3.4 Налаштування анімації моделей

Для анімації повороту руху пропелерів було здійснено такі кроки. Обрані усі елементи лопатей, відкривши меню Transform у вкладці Rotation змінивши при цьому опцію Insert Single Keyframe отримуємо елемент, що має назву Z Euler Rotation у вкладці Timeline.

Для активації повороту лопатей необхідно додати модифікатор Generator. Цей модифікатор використовується для створення та налаштування анімаційних кривих, що автоматично генерують рухи об'єктів. Тому використання цього модифікатора є ефективним способом створення простих та складних анімацій в Blender, що значно полегшує роботу з анімаційними проектами та дозволяє досягти високої якості кінцевого результату [26].

Тому змінюємо налаштування модифікатора, а саме додаємо опцію Additive та змінюємо функцію x^1 щоб призначити значення 2, це дозволить налаштувати необхідну швидкість повороту лопатей пропелерів на дроні для більш деталізованого вигляду. На рисунках 3.25-3.28 можна побачити активну анімацію дронів Mavic 3 та Matrice 300 з їх налаштуваннями.

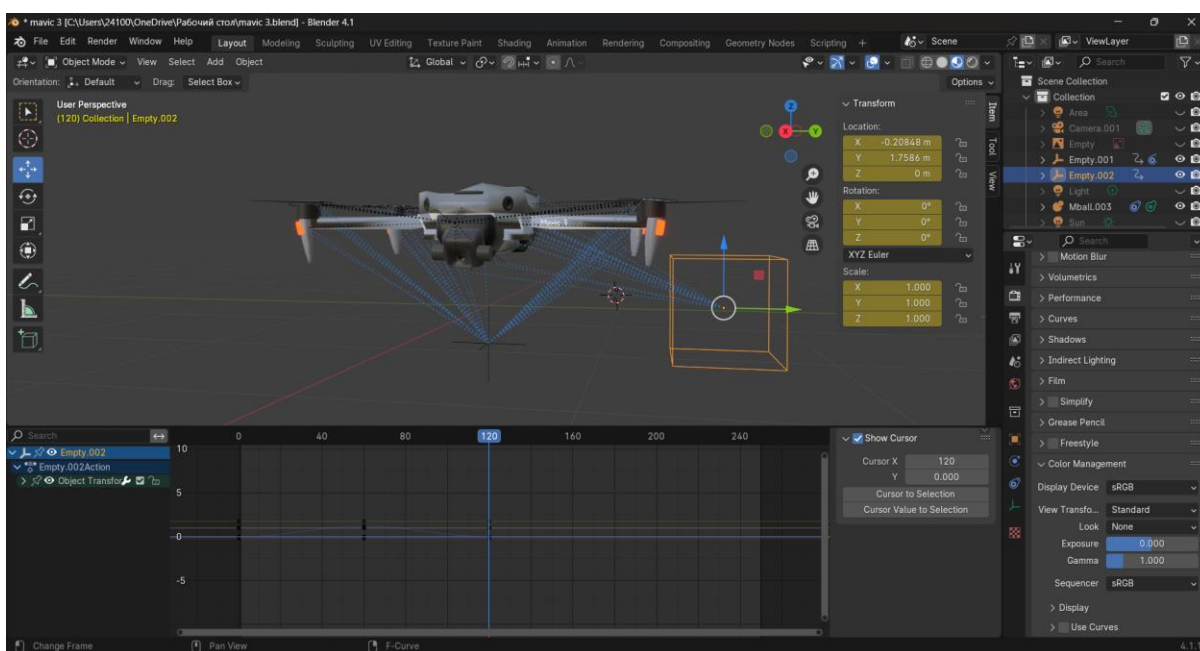


Рисунок 3.25 – Налаштування анімації

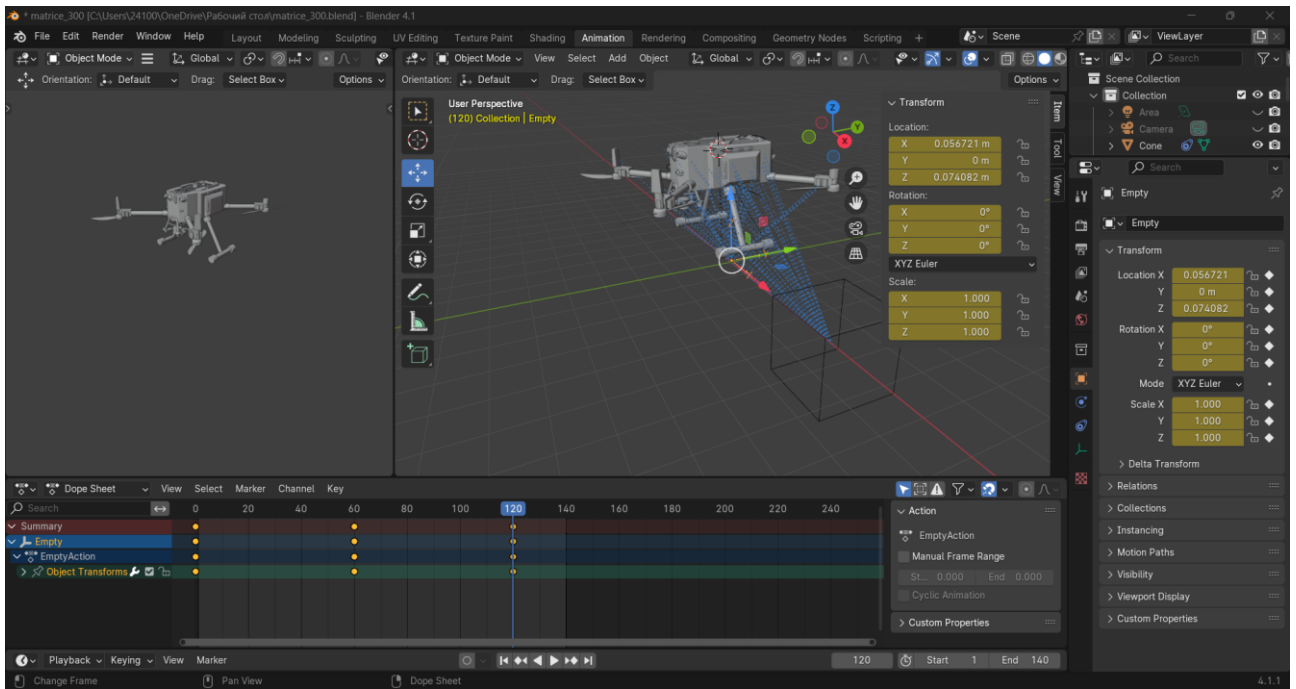


Рисунок 3.26 – Налаштування анімації

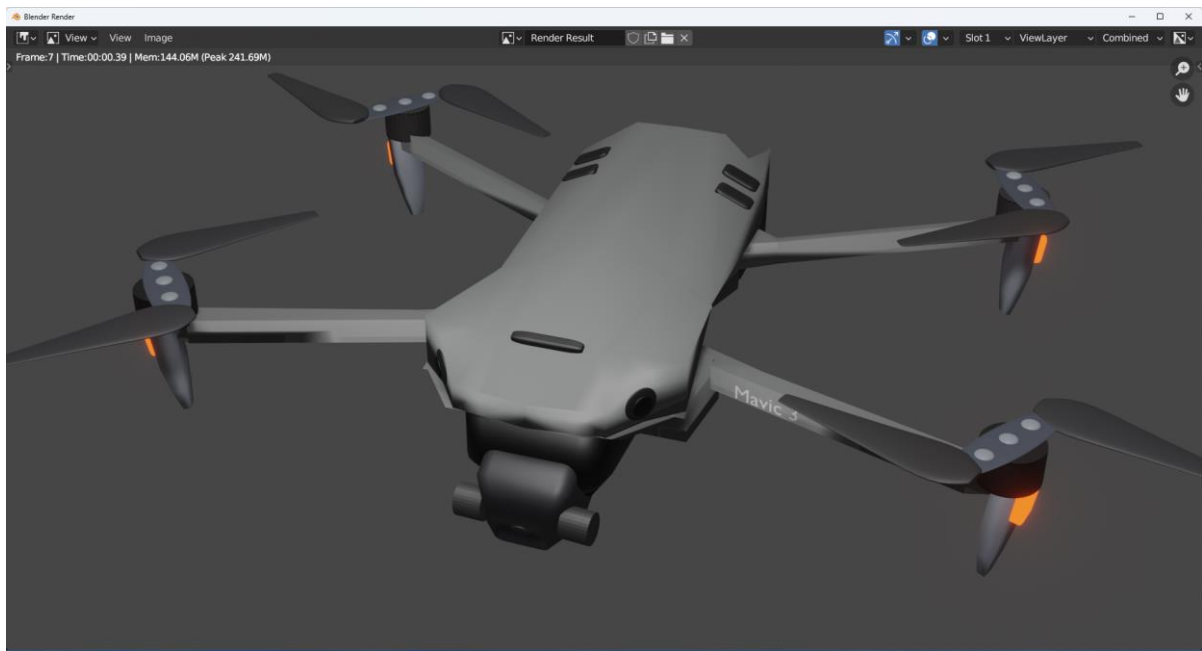


Рисунок 3.27 – Готовий результат анімації дрону Mavic 3

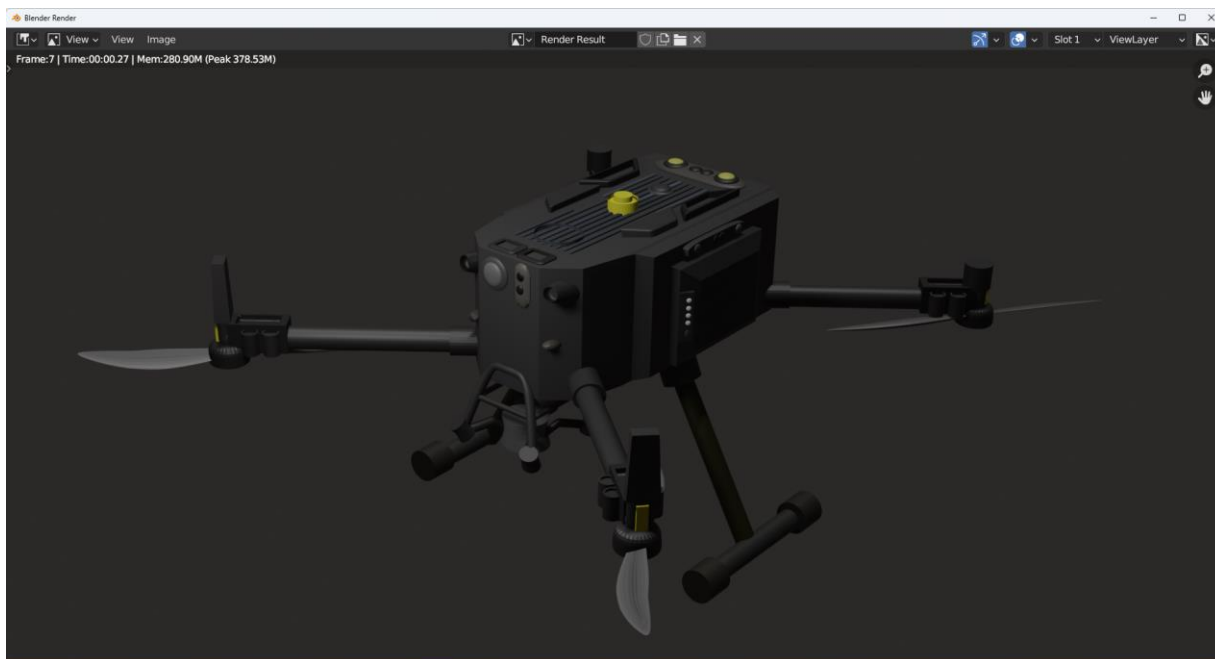


Рисунок 3.28 – Готовий результат анімації дрону Matrice 300

3.5 Тестування працездатності моделей

Перевірка працездатності 3D моделей дронів включала експорт готових моделей з Blender у формат FBX, який широко використовується для перенесення тривимірних об'єктів між різними програмами [27].

Експорт у формат FBX зберігає усю геометрію, текстури, матеріали та анімації моделей, що дозволяє зберегти всі деталі та характеристики створені в Blender. Експортовані файли потім, за допомогою опцій Import to the level були імпортовані в Unreal Engine та за допомогою відкритого вікна BluePrint можливо відстежити усю логіку та структуру перенесених моделей.

На рисунках 3.29-3.30 можна побачити результати перенесення готових 3D моделей БПЛА Mavic 3 та Matrice 300.

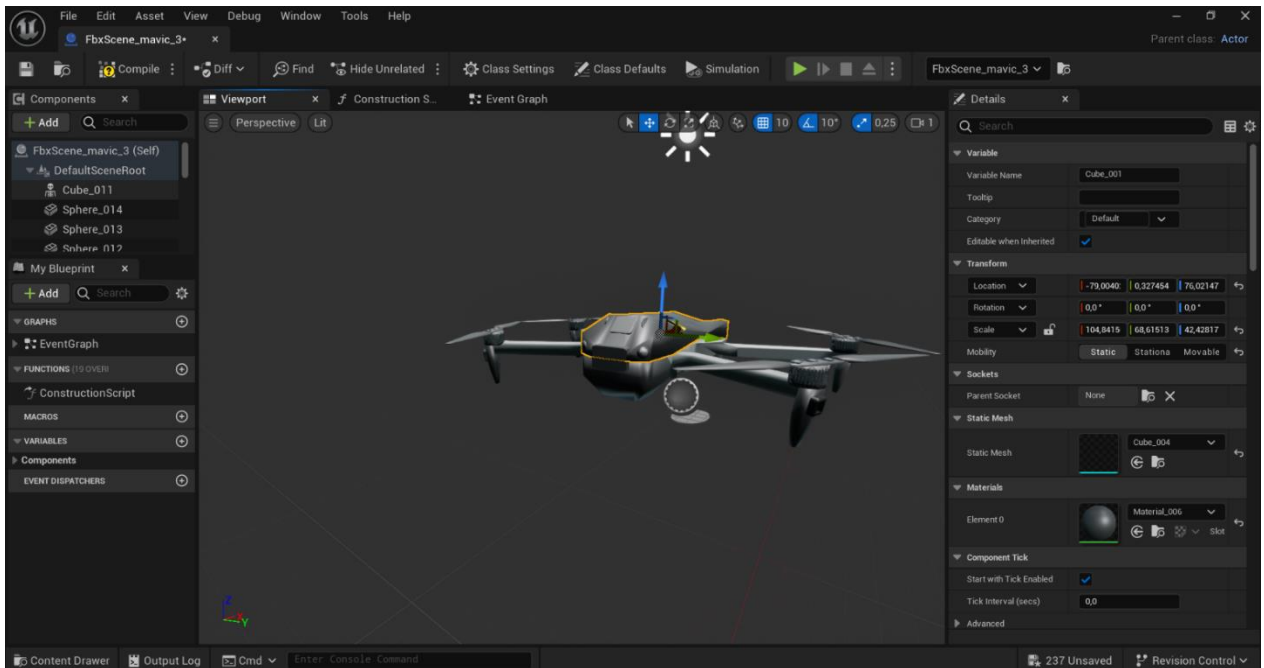


Рисунок 3.29 – Перенесення моделі дрону Mavic 3 в Unreal Engine

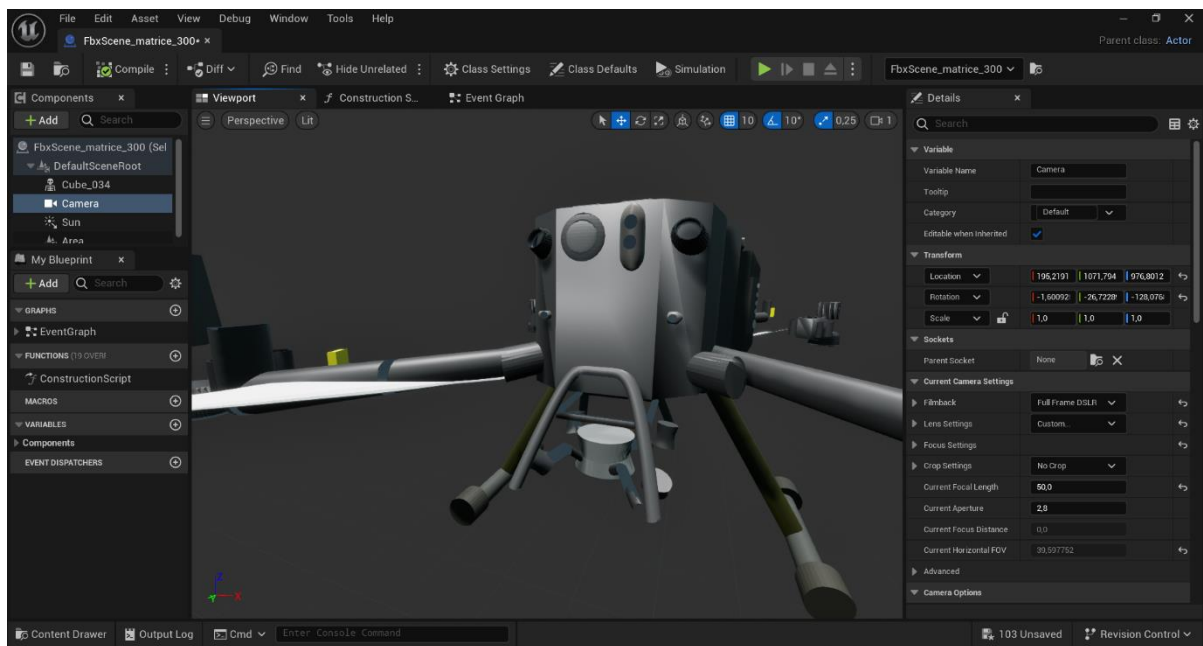


Рисунок 3.30 – Перенесення моделі дрону Matrice 300 в Unreal Engine

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи бакалавра з візуалізації 3D моделей Mavic 3 та Matrice 300 було проведено комплексне дослідження, включаючи аналіз технологій та актуальності теми. Результатом цього дослідження стало підтвердження важливості розробки з візуалізації цих моделей, а також врахування переваг та недоліків аналогів.

За допомогою програмного забезпечення Blender 3D було успішно здійснено моделювання та візуалізацію 3D моделей дронів, де відображені детальні моделі Mavic 3 та Matrice 300.

Сформульовано постановку завдання та технічне завдання для виконання проєкту. Проведено планування робіт, розроблено робочий план та проаналізовано можливі ризики. Усі отримані результати наведено у відповідних додатках.

Крім того, було розроблено структурно-функціональну модель проєкту, включаючи контекстну та діаграму декомпозиції, а також діаграму варіантів використання моделі.

Показано практичну реалізацію проєкту, тобто основні етапи роботи, моделювання дронів та їх текстурування, а також налаштування освітлення, камер в сцені та додавання анімації.

Отримані 3D моделі Mavic 3 та Matrice 300 мають практичне значення для використання у рекламних матеріалах, навчальних програмах та інших областях, що стосуються демонстрації та використання цих дронів. Крім того, вони можуть слугувати основою для створення віртуальних сценаріїв та ігор.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Використання дронів під час воєнного часу: поради для цивільних - Центр демократії та верховенства права. Центр демократії та верховенства права -. URL: <https://cedem.org.ua/consultations/vykorystannya-droniv/> (дата звернення: 05.05.2024).
2. Для чого армії безпілотники? | Авіація Галичини. Авіація Галичини - український бренд одягу для тих, хто відчуває крила за плечима. URL: <https://www.aviatsiyahalychyny.com/blog/dlia-choho-armii-drony/> (дата звернення: 05.05.2024).
3. Ульяновська М. “Очі” ЗСУ. Як дрони змінили війну в Україні. Voice of America. URL: <https://www.holosameryky.com/a/drones-ukraine-russia-war/7259775.html> (дата звернення: 05.05.2024).
4. What is 3D Data Visualization and When Do You Need it? – JP Global Digital – Digital Twin Software. JP Global Digital – Digital Twin Software – Company. URL: <https://www.jpglobaldigital.com/what-is-3d-data-visualization-and-when-do-you-need-it/> (date of access: 26.05.2024).
5. Unmanned aerial vehicles (UAVs): practical aspects, applications, open challenges, security issues, and future trends / S. A. H. Mohsan et al. Intelligent Service Robotics. 2023. URL: <https://doi.org/10.1007/s11370-022-00452-4> (date of access: 13.05.2024).
6. Безпілотні літальні апарати: застосування, роль в українській армії та основні аспекти вибору та обслуговування | День за днем. День за днем. URL: <https://denzadnem.com.ua/blogy/korysni-porady/147828> (дата звернення: 16.05.2024).
7. DroneX: Exhibition and Conference. DroneX. URL: <https://www.dronexpo.co.uk/news/38459/> (date of access: 26.05.2024).
8. ECONOMIC EFFICIENCY OF DRONE USE IN AGRICULTURE / I. Ponomarenko et al. Visnik Sums'kogo deržavnogo unìversitetu. 2021. Vol. 2021, no. 4.

P. 235–240. URL: <https://doi.org/10.21272/1817-9215.2021.4-27> (date of access: 13.05.2024).

9. Let's learn about flying drones for science. Science News Explores. URL: <https://www.snexplores.org/article/lets-learn-about-flying-drones-for-science#:~:text=Studying%20and%20protecting%20wildlife%20are,on%20endangered%20monkeys%20and%20orangutans>. (date of access: 26.05.2024).

10. OLIVEROS-AYA C. Artificial intelligence in drones and robots for war purposes: a biolegal problem. JANUS NET e-journal of International Relation. 2023. Vol. 14, no. 2. URL: <https://doi.org/10.26619/1647-7251.14.2.5> (date of access: 13.05.2024).

11. Mini Drone Model - TurboSquid 1955381. 3D Models for Professionals :: TurboSquid. URL: <https://www.turbosquid.com/3d-models/mini-drone-1955381> (date of access: 05.05.2024).

12. Drone Auto 3D - TurboSquid 1959222. 3D Models for Professionals :: TurboSquid. URL: <https://www.turbosquid.com/3d-models/drone-auto-1959222> (date of access: 05.05.2024).

13. Smart Drone 3D - TurboSquid 1952097. 3D Models for Professionals :: TurboSquid. URL: <https://www.turbosquid.com/3d-models/smart-drone-1952097> (date of access: 05.05.2024).

14. URL: <https://www.unrealengine.com/en-US/unreal-engine-5> (дата звернення: 16.05.2024).

15. URL: <https://www.autodesk.co.uk/products/3ds-max/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> (дата звернення: 16.05.2024).

16. Download Unity. Unity Store. URL: <https://store.unity.com/download> (date of access: 16.05.2024).

17. blender.org - Home of the Blender project - Free and Open 3D Creation Software. blender.org. URL: <https://www.blender.org/> (date of access: 05.05.2024).

18. IDEFØ – Function Modeling Method – IDEF. IDEF – Integrated DEFinition Methods (IDEF). URL: https://www.idef.com/idefo-function_modeling_method/ (date of access: 19.05.2024).

19. Діаграма варіантів використання UML: підручник із ПРИКЛАДОМ. Guru99. URL: <https://www.guru99.com/uk/use-case-diagrams-example.html> (дата звернення: 19.05.2024).
20. ThePro3DStudio. 6 Facts That You Should Know About Polygonal 3D Modeling. ThePro3DStudio. URL: <https://professional3dservices.com/blog/polygonal-modeling.html> (date of access: 20.05.2024).
21. The Main Benefits and Disadvantages of Polygonal Modeling. Developer 2 Developer. URL: <https://blog.spatial.com/the-main-benefits-and-disadvantages-of-polygonal-modeling> (date of access: 26.05.2024).
22. What are NURBS?. www.rhino3d.com. URL: <https://www.rhino3d.com/features/nurbs/> (date of access: 26.05.2024).
23. Blender 3D Modeling Tutorials For Beginners: The Ultimate Collection. Concept Art Empire. URL: <https://conceptartempire.com/blender-modeling-tutorials/> (date of access: 26.05.2024).
24. Extrude Region - Blender 4.1 Manual. Blender Documentation - blender.org. URL: https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/meshes/tools/extrude_region.html (date of access: 26.05.2024).
25. Real Glass Texture Blender Tutorial (Quick Blender Tips) - Wenbo Zhao. Wenbo Zhao. URL: <https://wenbozhaophotography.com/real-glass-texture/> (date of access: 26.05.2024).
26. Drone Animation Tutorial. BlenderNation. URL: <https://www.blendernation.com/2023/01/17/drone-animation-tutorial/> (date of access: 20.05.2024).
27. Blender FBX export to UE | Ready Player Me. Welcome | Ready Player Me. URL: <https://docs.readyplayer.me/ready-player-me/integration-guides/unreal-engine/animations/blender-to-unreal-export> (date of access: 20.05.2024).
28. Постановка цілей по SMART: розшифровка, приклади, суть технології. CyberShark. URL: <https://cybershark.pro/uk/smart-postanovka-cilej/> (дата звернення: 05.05.2024).

29. Що таке Діаграма Ганта і як правильно користуватися?. Worksection.

URL: <https://worksection.com/ua/blog/what-is-gantt-chart.html> (дата звернення: 26.05.2024).

30. Abstracts_Book_IMA-2024.pdf. Google Docs.

URL: <https://drive.google.com/file/d/1odMNmTuXPjFJAMe194n6WEDiMpf2qDgz/view> (date of access: 26.05.2024).

ДОДАТОК А

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на створення графічного продукту
«Візуалізація 3D моделей безпілотних літальних апаратів Mavic 3 та
Matrice 300»

ПОГОДЖЕНО:

Старший викладач кафедри
інформаційних технологій

_____ доц. Федотова Н. А.

Студент групи ІТ-01

_____ Аксючиц А. Р.

Суми 2024

1. Призначення й мета створення 3D моделей

1.1 Призначення 3D моделей

3D моделі безпілотних літальних апаратів Mavic 3 та Matrice 300 призначені для візуалізації, тренування операторів, симуляції польотів, збору даних та аналізу, а також для маркетингових цілей.

1.2 Мета створення 3D моделей

Забезпечення візуального аналізу, тренування операторів, симуляції польотів, збору даних, аналізу та маркетингового використання.

1.3 Цільова аудиторія

Цільова аудиторія включає 3D моделей включає операторів безпілотних літальних апаратів, інженерів, які відповідають за технічний догляд та обслуговування, тренерів, що займаються навчанням пілотів, аналітиків, які здійснюють аналіз даних, а також маркетингових фахівців, що працюють над просуванням продукту на ринку.

2. Вимоги до 3D моделей

2.1 Вимоги до 3D моделей в цілому

2.1.1 Вимоги до структури й функціонування 3D моделей

3D моделі безпілотних літальних апаратів повинні бути деталізованими, реалістичними, інтерактивними, сумісними з програмним забезпеченням, стабільним, легко модифікованими та підтримувати різні платформи.

2.1.2 Вимоги до персоналу

Персонал, що працює з 3D моделями повинен мати знання 3D моделювання, технічну компетентність, уміння взаємодіяти з програмним забезпеченням, аналітичні, комунікативні навички, здатність навчати та підтримувати користувачів, а також креативність та інноваційність.

2.1.3 Вимоги до збереження інформації

Уся інформація про 3D моделі може зберігатися на хмарних чи локальних серверах, зовнішніх носіях, таких як жорсткі диски або флеш-накопичувачі, або у спеціалізованих системах керування версіями файлів.

2.1.4 Вимоги до розмежування доступу

Розроблювані 3D моделі мають бути загальнодоступним.

Користувачі повинні мати доступ лише до тих даних, які необхідні для виконання їхніх обов'язків.

Встановлення різних рівнів доступу відповідно до ролей користувачів та їхніх функціональних обов'язків.

Забезпечення можливості контролювати, хто має доступ до певної інформації та як вона використовується.

Використання шифрування для захисту даних від несанкціонованого доступу під час їх передачі та зберігання.

Вимагати від користувачів ідентифікації та аутентифікації перед наданням доступу до конфіденційної інформації.

2.2 Структура 3D моделей

2.2.1 Загальна інформація про структуру 3D моделей

Структура 3D моделей являє собою набір наступних елементів:

Корпус – основна оболонка літального апарату, яка відтворює форму та розміри реального пристрою.

Компоненти – внутрішні та зовнішні компоненти, такі як мотори, пропелери, камери, сенсори, антени та інші деталі.

Контролери – відтворення елементів управління та керування, таких як джойстики, екрани, кнопки та інші інтерфейси.

Деталізація – відтворення найменших деталей та вузлів, які характеризують апарат та впливають на його функціонування.

Текстури – зображення та текстури для надання реалістичного вигляду та відтворення поверхневих характеристик моделі.

Матеріали – використання відповідних матеріалів для кожного компонента для досягнення бажаного вигляду та текстури.

2.2.2 Навігація

Навігація у 3D моделях включає камеру для переміщення та огляду апарату з різних кутів, управління камерою для зміни орієнтації, масштабування та повороту зображення, використання інтерактивних кнопок для зміни режимів навігації та вибору камери, можливість встановлення шляхових точок для швидкого переходу між областями моделі, а також наявність маркерів або позначок для швидкого переміщення до конкретних областей.

2.2.3 Наповнення 3D моделей (контент)

Наповнення 3D моделей включає геометричні дані, текстури та анімацію, створені у програмах Blender. Це включатиме деталізовану геометрію, реалістичні текстури та матеріали.

Додатково буде враховано дані сенсорів та параметризацію для точного відтворення функціональних характеристик апаратів, а також буде включено моделі середовища для створення повного віртуального простору.

2.2.4 Дизайн та структура 3D моделей

Дизайн та структура 3D моделей буде розроблятися з урахуванням їхньої функціональності та зовнішнього вигляду.

Будуть створені деталізовані геометричні моделі кожного компонента, включаючи корпус, мотори, пропелери, камери та інші складові частини.

Текстури та матеріали будуть використовуватися для надання реалістичного вигляду.

2.3 Вимоги до функціонування системи

2.3.1 Потреби користувача

Потреби користувача, визначені на основі рішення замовника, представлені у таблиці А.1.

Таблиця А.1 – Потреби користувача

ID	Потреби користувача	Джерело
UN-01	Перегляд характеристик та функціональних можливостей	Клієнт
UN-02	Відтворення реалістичного вигляду апарату	Клієнт
UN-03	Аналіз даних сенсорів та параметризація	Технічний клієнт
UN-04	Взаємодія з інтерфейсом для навігації та візуалізації	Клієнт
UN-05	Зміна параметрів апарату	Адміністратор

Продовження таблиці А.1

ID	Потреби користувача	Джерело
UN-06	Перегляд моделей середовища	Клієнт

UN-07	Збереження та обмін даними між користувачами	Клієнт
UN-08	Аналіз та візуалізація даних про польоти	Технічний клієнт
UN-09	Редагування та модифікація 3D моделей	Технічний клієнт
UN-10	Симуляція польотів та відтворення різних сценаріїв	Клієнт

2.3.2 Функціональні вимоги

На основі потреб користувача були визначені такі функціональні вимоги:

- завантаження тривимірних моделей дронів у програму для візуалізації;
- можливість обертання, масштабування та переміщення моделей для детального аналізу;
- відображення деталізованої інформації про конструкцію та характеристики дронів;
- відтворення анімаційних ефектів або симуляцій поведінки дронів;
- забезпечення можливості вибору різних режимів перегляду або аналізу моделей;

2.3.3 Системні вимоги

Даний розділ визначає, розподіляє та вказує на системні вимоги, визначені розробником. Їх перелік наведений в таблиці А.2.

Таблиця А.2 – Системні вимоги

ІД	Системні вимоги	Пріоритет	Опис
SR-01	Наявність модуля для складання головних вузлів	М	Надає можливість користувачам створювати головні вузли моделей, щоб ефективно демонструвати їх структуру

SR-02	Каталог моделей з можливістю пошуку та фільтрації	S	Забезпечує зручний доступ до колекції 3D моделей з можливістю швидкого пошуку та фільтрації
SR-03	Модуль для завантаження та збереження 3D моделей	M	Надає можливість користувачам завантажувати та зберігати 3D моделі
SR-04	Система контролю версій для редагування 3D моделей	S	Забезпечує контроль та відстеження змін у 3D моделях під час редагування
SR-05	Підтримка різних форматів файлів для завантаження	C	Забезпечує сумісність з різними форматами файлів для завантаження моделей
SR-06	Модуль для підтримки обміну даних між користувачами	M	Надає можливість користувачам обмінюватися даними та співпрацювати над проектами
SR-07	Функціонал для аналізу даних та статистики використання	S	Забезпечує збір та аналіз даних щодо використання системи та її функцій
SR-08	Інтеграція з сервісами хмарного зберігання	C	Надає можливість користувачам зберігати 3D моделі в хмарному сховищі
SR-09	Підтримка мультиплатформеності	M	Забезпечує доступ до системи з різних пристроїв та операційних систем

Умовні позначення в таблиці А.2:

Must have (M) – вимоги, які повинні бути реалізовані в системі;

Should have (S) – вимоги, які мають бути виконані, але вони можуть почекати своєї черги;

Could have (C) – вимоги, які можуть бути реалізовані, але вони не є центральною ціллю проекту.

2.4 Вимоги до видів забезпечення

2.4.1 Вимоги до інформаційного забезпечення

Реалізація 3D моделей відбувається з використанням:

- Blender [17]

2.4.2 Вимоги до лінгвістичного забезпечення

3D моделі можуть містити надписи виконані англійською мовою.

2.4.3 Вимоги до програмного забезпечення

Програмне забезпечення клієнтської частини повинне задовольняти наступним вимогам:

- Веб-браузер: Internet Explorer 7.0 і вище, або Firefox 3.5 і вище, або Opera 9.5 і вище, або Safari 3.2.1 і вище, або Chrome 2 і вище.

3. Склад і зміст робіт зі створення 3D моделей

Докладний опис етапів роботи зі створення 3D моделей наведено в таблиці А.3.

Таблиця А.3 – Етапи створення 3D моделей

№	Склад і зміст робіт	Строк розробки (у робочих днях)
1	Постановка завдання та аналіз вимог клієнта	3 дні
2	Розробка концепції та складання технічного завдання	5 днів
3	Створення прототипу або макету моделі	7 днів
4	Моделювання геометрії та додавання деталей	10 днів
5	Текстурування та нанесення матеріалів	3 дні
6	Анімація рухів та ефектів	2 дні

7	Перевірка на відповідність вимогам і виправлення помилок	1 день
8	Тестування та оптимізація продукту	1 день
9	Підготовка до випуску	1 день
10	Завершення роботи	1 день
	Загальна тривалість робіт	34 днів

4 Вимоги до складу й змісту робіт із введення 3D моделей в експлуатацію

Моделі мають включати аналіз форматів файлів, підтримуваних МАХ для Mavic 3 та Matrice 300. Для того, щоб моделями могли користуватися клієнти та відвідувачі необхідно провести тестування для впевненості у сумісності з різними моделями та оптимізувати його роботу. Завершальною частиною буде демонстрація можливостей інтеграції на прикладі введених моделей.

ДОДАТОК Б. ПЛАНУВАННЯ РОБІТ

Б.1 Деталізація мети проекту методом SMART

Технологія SMART - це стратегічний метод постановки цілей, що допомагає забезпечити їхню конкретність, вимірюваність, досяжність, реалістичність та часову обмеженість. Основні принципи цієї технології включають [28]:

1. Специфічність (Specific): Ціль повинна бути конкретно сформульованою, щоб уникнути двозначності та неоднозначності. Конкретна мета дозволяє точно визначити, що потрібно досягнути.

2. Мірність (Measurable): Ціль повинна бути вимірною або кількісно, або якісно, щоб можна було оцінити прогрес досягнення цілі. Вимірюваність дозволяє визначити, чи було досягнуто поставлену ціль.

3. Досяжність (Achievable): Ціль повинна бути досяжною та реалізованою в рамках доступних ресурсів, часу та можливостей. Досяжність цілі визначається реальними можливостями та обмеженнями.

4. Реалістичність (Realistic): Ціль повинна бути реалістичною і розумною для досягнення. Вона повинна відповідати можливостям, знанням та ресурсам, які доступні для досягнення цілі.

5. Часова обмеженість (Time-bound): Ціль повинна мати чіткий термін виконання. Чітко визначений термін дозволяє встановити пріоритети та зосередити зусилля на досягненні цілі в обумовлені строки.

Застосування технології SMART допомагає забезпечити ефективність та успішність досягнення поставлених цілей, як у професійній, так і в особистій сфері.

Отже, на основі вище зазначених принципів ми можемо сформулювати мету проекту. Результати наведені у таблиці Б.1.

Таблиця Б.1 – Формалізація мети за технологією SMART

Specific	Мета проекту полягає в створенні візуалізації 3D моделей безпілотних літальних апаратів Mavic 3 та Matrice 300 для демонстрації їхніх можливостей та функціональності
Measurable	Успішне виконання мети проекту буде виміряно за допомогою якісно створених 3D моделей, які відповідають вимогам технічного завдання
Achievable	Проект реалізовується відповідно на основі створеного та затвердженого ТЗ
Relevant	Результат відповідає потребам клієнта та можливостям розробника проекту
Time-bound	Проект обмежений у часі на розробку та впровадження візуалізації, тому всі етапи проекту повинні бути завершені в межах терміну

Б.2 Планування змісту робіт та структури виконавців

WBS (Work Breakdown Structure) - це інструмент управління проектами, який розбиває весь проєкт на менші, керовані та керовані компоненти для полегшення керування та виконання проєкту. WBS використовується для структурування та організації завдань, ресурсів та виконавців проєкту. Глибина розбиття зазвичай залежить від розміру та складності проєкту.

WBS дозволяє розглядати проєкт як ієрархію, починаючи від загальних елементів та розбиваючи їх на більш конкретні підзадачі. Це дозволяє керівництву та виконавцям краще розуміти обсяг проєкту, виділяти необхідні ресурси та встановлювати пріоритети. На рисунку Б.1 представлено WBS проєкту щодо візуалізації 3D моделей БПЛА.

Наступним кроком після декомпозиції процесів є розробка організаційної структури виконавців або OBS, яка є графічним відображенням учасників або

відповідальних осіб, що беруть участь у реалізації проєкту. В якості відповідальних осіб виступають співробітники, що відповідають за організацію та виконання елементарної роботи, яка визначена у WBS. Кожну елементарну роботу можна розглядати як окремий проєкт. Організаційна структура планування проєкту та список виконавців, що діють у проєкті представлена на рисунку Б.2.

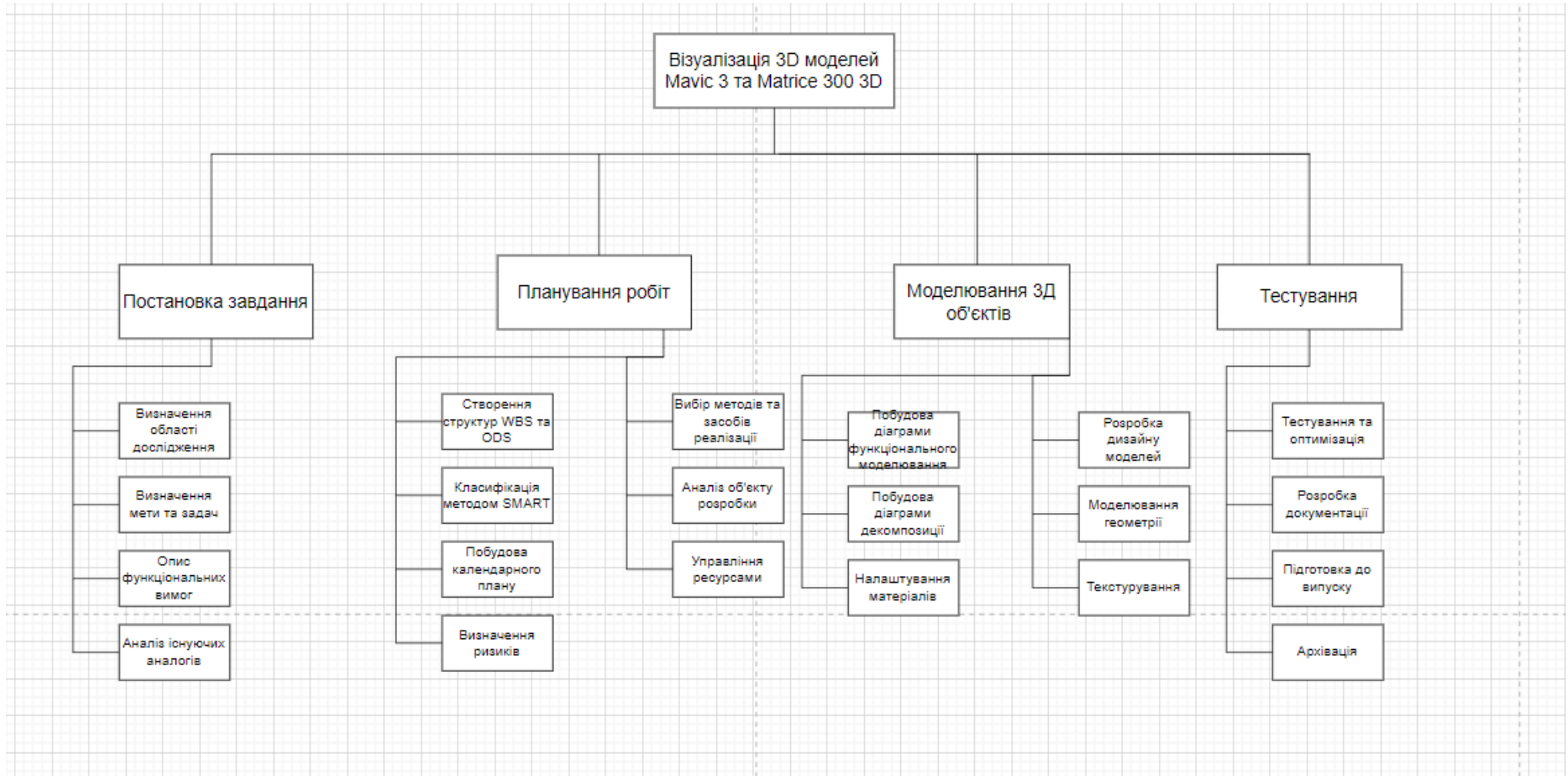


Рисунок Б.1 – WBS-структура робіт проєкту

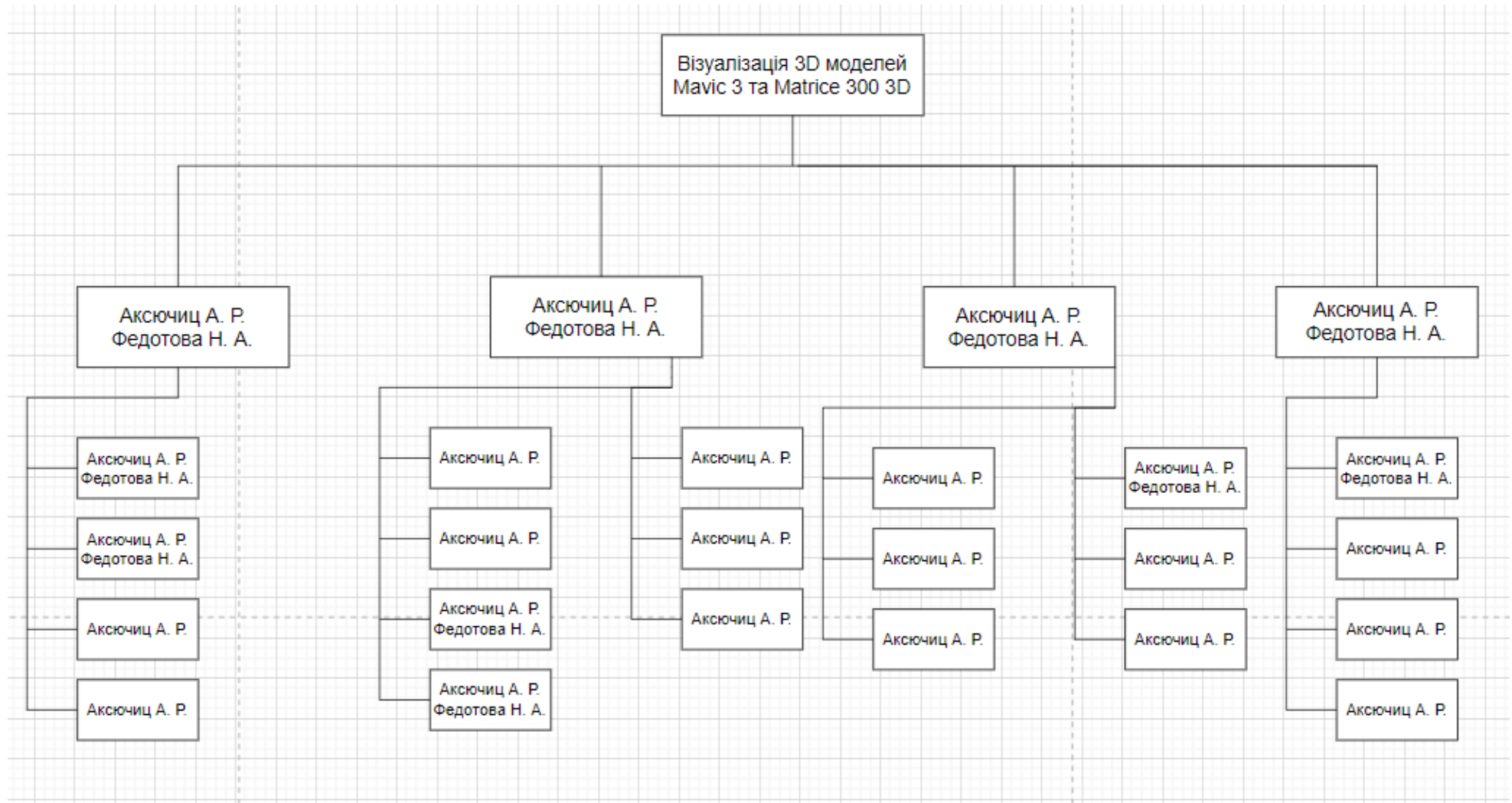


Рисунок Б.2 – OBS-структура робіт проекту

Таблиця Б.2 – Виконавці проєкту

Роль	Ім'я	Проектна роль
Керівник проєкту	Федотова Н. А.	Відповідає за виконання завдань у терміни, розподіл ресурсів та виконання збору та аналізу даних.
3D-розробник	Аксючиц А. Р.	Створення 3D об'єктів, текстурування та додавання анімації.
Тестувальник	Аксючиц А. Р. Федотова Н. А.	Виконує процес тестування та оптимізації перед випуском продукту

Б.3 Діаграма Ганта

Побудова діаграми Ганта становить ключовим етапом у процесі планування проєкту, який відображає послідовність виконання завдань з врахуванням конкретних дат їх виконання. Це дозволяє отримати достовірне уявлення про тривалість етапів процесу з урахуванням обмежень ресурсів, врахування вихідних днів та свят [29].

Календарний графік проєкту представлено на рисунку Б.3.

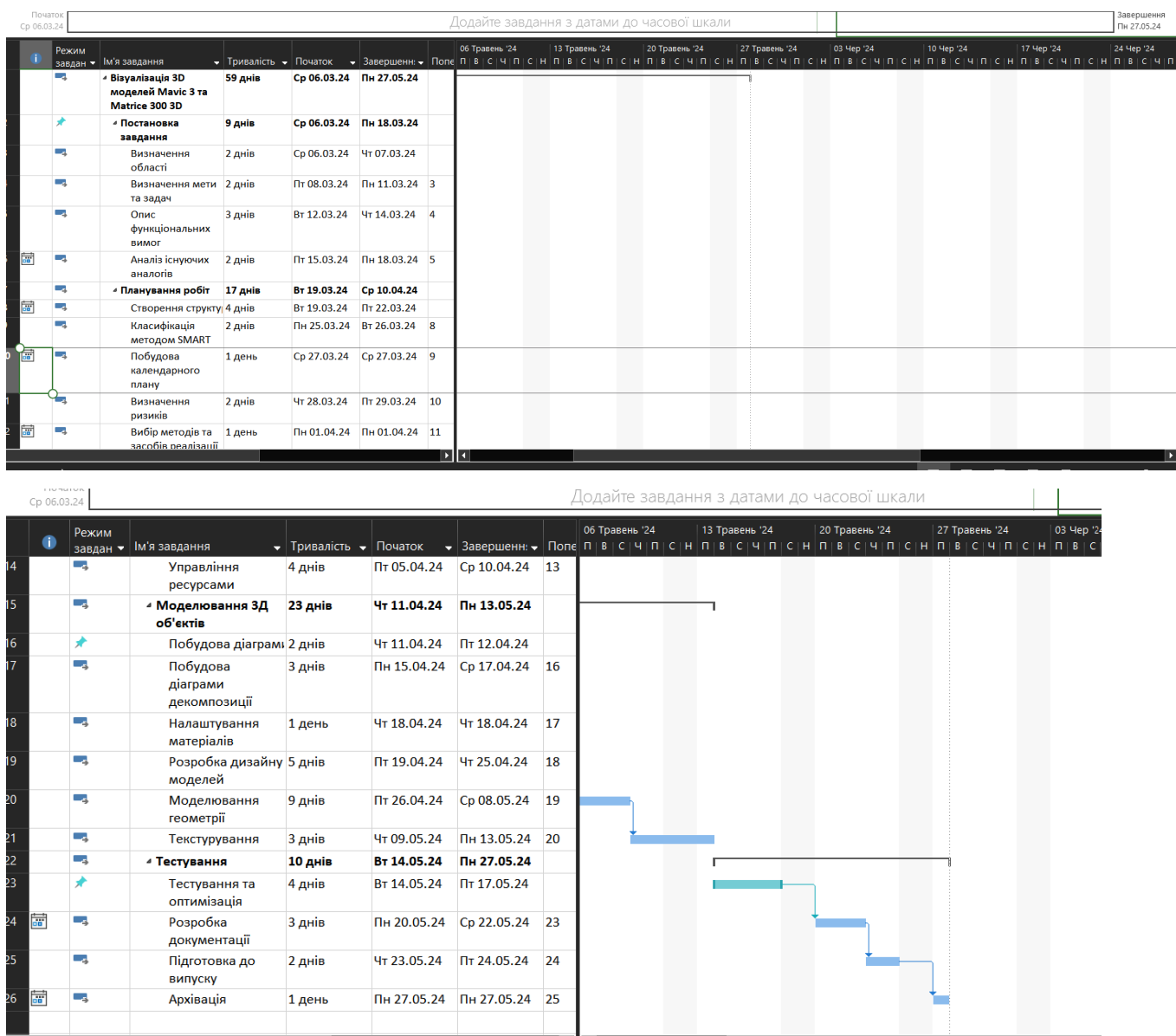


Рисунок Б.3 – Діаграма Ганта

Б.4 Управління ризиками проєкту

Під час проведення якісної оцінки ризиків необхідно визначити ті з них, які потрібно усунути негайно. Реакція на ризики буде відповідати їх важливості. Наступним етапом є проведення кількісної оцінки ризиків. Ці два види оцінок можуть здійснюватися паралельно або окремо, залежно від рівня забезпечення проєкту. У таблиці Б.3 подано шкалу класифікації ризиків за ступенем їх впливу на проєкт і ймовірністю виникнення.

Таблиця Б.3 – Шкала оцінювання ризиків за ймовірністю їх виникнення

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

Для зменшення негативного впливу ризиків на проект необхідно розробити план реагування на них. Цей план включає в себе визначення ефективних стратегій та оцінку наслідків їх впливу на проект. Оцінка здійснюється з використанням показників, зазначених у таблиці Б.3. У результаті планування реагування була створена матриця ймовірності виникнення ризиків та їх впливу, яка зображена на рисунку Б.4. Зеленим кольором у матриці позначені прийнятні ризики, жовтим – прийнятні в обмеженій мірі, а червоним – неприпустимі.

3	IMPACT			RS_1, RS_4, RS_5, RS_8
2		RS_6	RS_2, RS_3, RS_7	
1		RS_9, RS_11, RS_12	RS_10	
		Probability		
		1	2	3

Рисунок Б.4 – Матриця ймовірності

Класифікація ризиків за їх 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	$1 < R < 2$	9, 10, 11, 12

2	Виправдані	$3 < R < 4$	2, 3, 6, 7
3	Неприпустимі	$6 < R < 9$	1, 4, 5, 8

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	Недостатній доступ до необхідних ресурсів для моделювання	Висока	Високий	9	1. Пошук альтернативних джерел ресурсів 2. Звернення до замовника для збільшення обсягу ресурсів	Попередження	Перегляд графіку роботи та перерозподіл ресурсів
RS_2	Відкритий	Зміна вимог замовника під час розробки	Середня	Середній	4	.Контроль змін у вимогах замовника та їх впливу на проєкт .Проведення додаткового аналізу вимог та уточнення їх замовником	Прийняття	Запуск процесу затвердження вимог
RS_3	Відкритий	Технічні проблеми з програмним забезпеченням	Середня	Середній	4	.Пошук альтернативного програмного забезпечення .Виправлення програмного забезпечення	Пом'якшення	Вирішення проблем із сумісністю

Продовження таблиці Б.5

ID	Статус ризику	Опис ризику	Ймовірність виникнення	Вплив ризику	Ранг ризику	План А	Тип стратегії реагування	План Б
RS_4	Відкритий	Відсутність досвіду виконавців у певних аспектах моделювання	Висока	Високий	7	.Надання додаткової підготовки та навчання виконавцям .Перегляд робочих процесів та пошук оптимізації	Попередження	Розподіл завдань з урахуванням навичок та досвіду
RS_5	Відкритий	Неузгодженість між учасниками команди проекту	Висока	Високий	9	1. Проведення комунікаційних зборів для узгодження поглядів та планування роботи 2. Залучення зовнішнього фасилітатора для врегулювання конфліктів	Попередження	Встановлення чітких комунікаційних протоколів

Продовження таблиці Б.5

ID	Статус ризику	Опис ризику	Ймовірність виникнення	Вплив ризику	Ранг ризику	План А	Тип стратегії реагування	План Б
RS_6	Відкритий	Втрата даних або недоліки у зберіганні	Низька	Середній	4	. Регулярні резервні копії даних покращать систему зберігання . Підвищення рівня захисту даних та автоматизація процесу резервного копіювання	Пом'якшення	Використання спеціалізованих програм для зберігання даних
RS_7	Відкритий	Технічні проблеми з апаратним забезпеченням	Середній	Середній	5	. Регулярна попередня профілактика апаратного забезпечення . Запуск програми моніторингу стану апаратного забезпечення	Пом'якшення	Пошук альтернативних апаратних рішень
RS_8	Відкритий	Технічні проблеми зі зв'язком та мережею	Висока	Високий	8	1. Постійний моніторинг стану зв'язку та мережі 2. Проведення аудиту мережі та вдосконалення інфраструктури	Пом'якшення	Розробка плану резервного забезпечення зв'язку

Продовження таблиці Б.5

ID	Статус ризику	Опис ризику	Ймовірність виникнення	Вплив ризику	Ранг ризику	План А	Тип стратегії реагування	План Б
RS_9	Відкритий	Втрата ключового члена команди проекту	Низька	Низький	1	.Планування заміщення та перерозподіл ролей .Встановлення системи навчання та обміну знаннями	Попередження	Проведення оцінки ризиків у команді та підготовка запасних планів
RS_10	Відкритий	Зміни в розкладі або обсягу робіт	Низька	Середній	2	.Відстеження змін та їхніх впливів на проєкт .Розгляд альтернативних підходів до розподілу ресурсів	Попередження	Перегляд графіку роботи та реалізація колективних заходів
RS_11	Відкритий	Поява нових конкурентів на ринку з аналогічними продуктами	Низька	Низький	1	1. Моніторинг ринкової ситуації та аналіз конкурентів. 2. Розробка стратегії маркетингу та реклами.	Прийняття	Аналіз ринку та адаптація стратегії продажів
RS_12	Відкритий	Зміна політичної чи економічної ситуації	Низька	Низький	1	Моніторинг політичної та економічної ситуації.	Попередження	Розробка плану заходів у разі кризових ситуацій.