

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА
ФРАНКА

Факультет прикладної математики та інформатики
(повне найменування назва факультету)

Кафедра інформаційних систем
(повна назва кафедри)

Дипломна робота

“Розробка симулятора для FPV дронів”

Виконав: студент групи ПМІ-42

спеціальності 122 – комп'ютерні науки
(шифр і назва спеціальності)

Родцевич О.Т

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник _____

(підпис)

Горlach В.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Львів - 2023

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНИЙ ОГЛЯД	5
1.1 Дрони та їх класифікація	5
1.2 FPV: принципи та застосування	6
1.3 Огляд існуючих симуляторів FPV дронів	7
1.4 Unity як платформа для розробки FPV симуляторів	8
1.5 Технічні вимоги та стандарти для FPV симуляторів	9
РОЗДІЛ 2. КОМПЛЕКТУЮЧІ FPV ДРОНА	11
2.1 Керуючий контролер	11
2.2 Електродвигуни	12
2.3 Регулятор швидкості	13
2.4 Батареї	13
2.5 FPV Камера	14
2.6 FPV Окуляри / Приймач	15
2.7 Антени	15
2.8 Відео передавач	16
2.9 Рама дрона	16
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА FPV СИМУЛЯТОРА	18
3.1 Вибір та обґрунтування технологій для розробки	18
3.2 Розробка концепції симулятора	18
3.3 Реалізація фізики польоту дрону	19
3.4 Розробка середовища для польотів	20
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ТА АНАЛІЗ	22
4.1 Опис та демонстрація готового симулятора	22
4.2 Порівняння з іншими симуляторами	27
ВИСНОВОК	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	31

ВСТУП

Безпілотні літальні апарати, відомі як дрони, в останні роки виявили себе інноваційним і перспективним технологічним напрямком. Їх використання стало популярним в багатьох областях, включаючи фотографію, кінематографію, охорону, сільське господарство, дослідження та, найважливіше, військову сферу. Однак, навчання управлінню дронами може бути не простим, особливо для новачків, і це може призвести до дороговартісних пошкоджень обладнання.

Ця дипломна робота присвячена розробці симулятора безпілотного літального апарату від першої особи на платформі Unity. FPV (First Person View) - це метод керування дроном або іншим радіокерованим пристроєм, використовуючи відео-окуляри або монітор для спостереження з перспективи дрона. Ця технологія стала особливо популярною в гонках дронів, а також в військових застосуваннях для розвідки та скидання боєприпасів.

Суть цієї роботи полягає в розробці FPV дрона в віртуальному середовищі, який дозволить користувачам навчитися управлінню дроном в безпечних умовах. Реалізація фізики польоту, поведінки компонентів дрона, а також віртуального середовища для польотів є ключовими аспектами цієї роботи.

Актуальність теми обумовлена широким застосуванням безпілотної авіації в різних сферах людської діяльності, включаючи військову сферу.

Розробка симулятора FPV дрона може стати корисним інструментом для підготовки нових користувачів та ентузіастів дронів, а також для військового тренування без ризику пошкодити дороге обладнання.

Відповідно до цих вимог, план роботи включає в себе дослідження засад керування дронами, технічних особливостей FPV-обладнання, а також розробку власного FPV симулятора дрона на платформі Unity. Ключовими аспектами розробки є вибір відповідних технологій, реалізація фізики польоту, розробка віртуального середовища для польотів, а також можливість підключення FPV пультів до симулятора.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Дрони та їх класифікація

Дрони, відомі також як безпілотні літальні апарати (БПЛА), активно інтегруються в різні сфери сучасного життя, включаючи військову, наукову, комерційну та розважальну. Вони поділяються на декілька типів відповідно до різних критеріїв.

Класифікація за величиною:

1. Міні-дрони: вагою до 2 кг, зазвичай використовуються для особистих та розважальних цілей.

2. Малі дрони: вагою від 2 до 25 кг, використовуються в комерційних та військових цілях.

3. Середні дрони: вагою від 25 до 150 кг, в основному використовуються для військових або наукових цілей.

4. Великі дрони: вагою більше 150 кг, переважно використовуються для військових місій.

Класифікація за типом двигуна:

1. Електромоторні дрони: Найчастіше використовуються електромотори та батареї.

2. Дрони з внутрішньо камерним згорянням: Використовуються для довготривалих польотів або великих навантажень.

Класифікація за кількістю роторів:

1. Мультикоптери: Мають кілька роторів (найчастіше 4, 6 або 8). Це найпопулярніший тип дронів для комерційного та особистого використання.

2. Вертольоти: Мають один основний ротор для підйому і додатковий ротор для стабілізації.

3. Крила: Мають фіксовані крила і використовуються для довгих польотів або польотів на великі відстані.

4. VTOL (Vertical Take-Off and Landing): Такі дрони здатні вертикально злітати і приземлятися, що робить їх зручними у вузьких просторах.

Важливо відзначити, що FPV дрони можуть належати до будь-якої з цих категорій.

1.2 FPV: принципи та застосування

First Person View – це інноваційна технологія, що змінює спосіб взаємодії пілота з безпілотним літальним апаратом. Замість того, щоб спостерігати за дроном з землі, FPV забезпечує пілоту вид від першого лиця, як ніби він сам контролює політ на борту дрона. Це досягається шляхом передачі відео з камери на дроні до окулярів або монітора, який пілот використовує для навігації.

В основу роботи FPV покладено декілька важливих компонентів:

1. FPV Камера: Захоплює зображення та передає їх на наземну станцію. Деякі системи обладнані камерами з регульованим полем зору для більшої гнучкості в умовах різних завдань.

2. FPV Окуляри або монітор: Приймають відеосигнал від камери і відображають його для пілота. Окуляри часто використовуються для більшого занурення в процес польотів.

Завдяки своїм унікальним властивостям, FPV знайшло застосування в різних областях:

1. Військові застосування: Можливість безпечного віддаленого розвідування і виконання маневрів в складних обставинах.

2. Наукові дослідження: Допомога в проведенні досліджень в труднодоступних або небезпечних місцях, таких як вивчення вулканів або моніторинг кліматичних змін.

3. Спорт: Використання у гонках дронів, що стають все популярнішими, а також у FPV freestyle, де пілоти виконують акробатичні трюки в повітрі.

4. Кіно та фотографія: FPV дрони використовуються для зйомки унікальних знімків з різних кутів, недоступних для традиційних методів зйомки.

1.3 Огляд існуючих симуляторів FPV дронів

1. **DRL (Drone Racing League) Simulator:** Офіційний симулятор від Drone Racing League. DRL Simulator не тільки надає реалістичні фізичні моделі і точні траси з реального світу, але також є платформою для віртуальних гонок, де пілоти можуть змагатися за право виступати в реальних гонках DRL.

2. **Velocidrone:** Симулятор, який пропонує велику кількість деталізованих трас та велику кількість налаштувань дронів. Velocidrone акцентує увагу на точній моделі фізики польоту [5].

3. **Liftoff:** Цей симулятор надає можливість користувачам конструювати та налаштовувати власні дрони, а також тестувати їх на різних трасах. Liftoff також пропонує ігрові режими для групових змагань.

4. **FPV Air 2:** Цей симулятор є більш економною опцією, проте пропонує реалістичну фізику польоту і широкий вибір трас.

5. **RealFlight Drone Flight Simulator:** Симулятор від компанії Horizon Hobby, який зосереджується на тренуванні пілотів для польотів на дистанції без FPV, але має і FPV режим [2].

1.4 Unity як платформа для розробки FPV симуляторів

Як розробник ПЗ, я вибрав платформу Unity для створення симулятора FPV дронів з кількох причин. Unity є одним з найпопулярніших ігрових двигунів на сьогоднішній день, який має чимало переваг для розробки симуляторів.

Багатоплатформність: Unity підтримує величезну кількість платформ, включаючи Windows, MacOS, Android, iOS, Linux, а також VR платформи. Це робить Unity ідеальним вибором для розробки симуляторів FPV дронів, які можуть бути доступними на різних пристроях і платформах.

Розширений набір інструментів: Unity має широкий спектр інструментів для створення візуально привабливих і фізично правдивих

сцен. Це означає, що я можу створити реалістичні сцени і моделі для FPV польотів, використовуючи вбудований двигун фізики, систему освітлення і інші інструменти Unity.

Спільнота і підтримка: Unity має одну з найактивніших спільнот розробників, що допомагає в рішенні проблем, навчанні нових методів та обміні ресурсами. Також є багато онлайн курсів, туторіалів і документації, доступної для навчання та допомоги в процесі розробки.

Бібліотеки та плагіни: Unity має велику кількість плагінів і бібліотек, доступних для використання. Це дозволяє мені легко інтегрувати додаткові функції та компоненти, такі як підтримка контролерів.

Ці фактори роблять Unity чудовим інструментом для розробки симулятора FPV дронів, дозволяючи мені створювати реалістичні, багато платформенні додатки з широким спектром можливостей [3].

1.5 Технічні вимоги та стандарти для FPV симуляторів

Технічні вимоги та стандарти для FPV симуляторів диктуються як потребами користувачів, так і необхідністю відтворення реалістичного досвіду польоту. Вони охоплюють ряд ключових аспектів:

1. Реалістичність фізики польоту: Одним з основних вимог до симулятора FPV дрона є здатність точно відтворити фізику польоту. Це означає, що моделювання поведінки дрона має враховувати реальні аспекти, такі як сила гравітації, повітряний опір, маневреність і поведінка роторів.

2. Відтворення умов польоту: Симулятори FPV дронів повинні мати змогу відтворити різноманітні умови польоту, включаючи різні типи ландшафту, погодні умови і освітлення.

3. Підтримка контролерів: FPV симулятори мають підтримувати різноманітні контролери, включаючи радіопередавачі, що використовуються в реальних FPV дронах.

4. Режими тренування: Корисними можуть бути різні режими тренування, які допомагають пілотам розвивати певні навички, такі як реакцію, орієнтацію і контроль дрона.

5. Зв'язок з реальним світом: На відміну від традиційних ігрових симуляторів, FPV симулятори повинні бути зв'язані з реальним світом дронів, включаючи відповідність реальним трасам гонок, дронам і деталям.

У відповідності до цих вимог, я розробив FPV симулятор, який відтворює реалістичний досвід польоту дрона, підтримує використання стандартних контролерів, пропонує корисні режими тренування та пов'язує віртуальний і реальний світ дронів.

РОЗДІЛ 2. КОМПЛЕКТУЮЧІ FPV ДРОНА

2.1 Керуючий контролер

Керуючий контролер, або Flight Controller, є основним компонентом FPV дрона, який відповідає за управління його рухом і стабілізацією. Він аналогічний авіаційному автопілоту і є мозком дрона.

Керуючий контролер складається з мікропроцесора, що управляє іншими компонентами дрона, і сенсорів для вимірювання орієнтації дрона та інших даних. Ці сенсори зазвичай включають гіроскоп, акселерометр, барометр і, в деяких випадках, компас.

1. Мікропроцесор: Це серце керуючого контролера. Він обробляє всі дані, отримані від сенсорів і радіоприймача, і на основі цих даних видає команди двигунам дрона.

2. Гіроскоп: Гіроскоп вимірює обертальний рух дрона за три вісі: крен (roll), тангаж (pitch) і рулевий кут (yaw). Він є основним сенсором, який допомагає в стабілізації дрона.

3. Акселерометр: Акселерометр вимірює прискорення дрона в трьох вимірах. Ця інформація використовується для коригування положення дрона в просторі.

4. Барометр: Барометр використовується для вимірювання висоти, використовуючи зміни атмосферного тиску.

5. Компас: Хоча не у всіх FPV дронах є компас, він може бути корисним для визначення напрямку польоту.

Всі ці компоненти працюють разом, щоб забезпечити стабілізацію і контроль дрона. Керуючий контролер видає команди двигунам, щоб змінити швидкість обертання і, відповідно, напрямок руху дрона [1].

У контексті розробки FPV симулятора, коректне моделювання поведінки керуючого контролера є важливим для досягнення реалістичного досвіду польоту.

2.2 Електродвигуни

Електродвигуни - це ключовий компонент FPV дрона, відповідальний за створення потужності, яка необхідна для підйому і маневрування. Вони працюють в парі з лопастями для створення тяги, яка контролює рух дрона.

Електродвигуни для дронів поділяються на дві основні категорії: безщіткові та щіткові. Безщіткові мотори є набагато більш популярними в FPV дронах через їхню високу ефективність, довговічність та можливість створення великої потужності. Щіткові мотори зазвичай використовуються в дешевих та невеликих дронах.

Безщіткові мотори поділяються на два типи: "inrunner" та "outrunner". Inrunner мотори мають внутрішню обертову частину (ротор), вони зазвичай працюють з вищими обертами, але видають менше крутного моменту. Outrunner мотори мають зовнішню обертову частину і зазвичай видають більше крутного моменту, але працюють з меншими обертами.

При виборі мотора для FPV дрона необхідно враховувати декілька факторів, таких як розмір і вага дрона, кількість та розмір пропелерів,

ємність та напруга батареї, а також тип польоту, який планується виконувати.

2.3 Регулятор швидкості

Електронний регулятор швидкості (ESC) - це пристрій, який контролює швидкість обертання електродвигуна дрона. Він виконує це шляхом регулювання кількості електричного струму, який подається до мотора. ESC важливі для підтримки стабільності дрона під час польоту, оскільки вони дозволяють пристрою миттєво змінювати швидкість обертання кожного мотора за потреби.

ESC для дронів зазвичай є безщітковими і використовуються з безщітковими моторами. Вони мають різні рівні потужності, виражені в Амперах, що вказують на максимальний струм, який вони можуть надати [4].

2.4 Батареї

Джерелом живлення для безпілотників, зокрема FPV дронів, є батареї. Найчастіше для цих цілей використовуються літій-полімерні акумулятори (LiPo), що мають високу енергоємність та можуть забезпечувати високий струм, необхідного для швидкого відгуку моторів.

LiPo-батареї мають декілька важливих параметрів, які варто враховувати. Перший - це ємність, вимірювана в міліампер-годинах (mAh), яка вказує, скільки енергії батарея може зберігати. Вища ємність дозволяє дрону літати довше, але також збільшує вагу батареї.

Другий параметр - це кількість "S", що вказує на кількість серійно з'єднаних елементів ("банок") у батареї. Це впливає на загальну напругу батареї: кожен елемент має напругу 3.7V, тому напруга батареї з двома елементами ("2S") буде 7.4V, з трьома елементами ("3S") - 11.1V і так далі.

Третій параметр - це максимальний струм, або "C" рейтинг. Це вимірює, як швидко батарея може віддавати свою енергію. Чим вище рейтинг "C", тим більший струм може батарея подати, що є важливим для дронів, що вимагають високих пікових навантажень, таких як гоночні FPV дрони.

Літій-іонні акумулятори (Li-ion) також широко використовуються в безпілотниках, хоча менш поширені для FPV дронів порівняно з LiPo. Li-ion акумулятори мають меншу струмову віддачу, але значно вищу енергоємність на одиницю ваги, що робить їх ідеальними для довгих місій, коли потрібно максимізувати час польоту.

Li-ion батареї також мають більшу кількість циклів зарядки/розрядки та більш стабільний рівень напруги протягом всього часу розряду.

2.5 FPV Камера

FPV камера – це важливий компонент FPV дрона, який забезпечує пілоту відеосигнал з першої особи в режимі реального часу. Цей сигнал потім передається на наземну станцію або FPV окуляри.

Основні характеристики, які варто враховувати при виборі FPV камери, включають роздільну здатність, кут огляду (FOV), якість зображення при різних умовах освітлення, і розмір.

2.6 FPV Окуляри / Приймач

FPV окуляри приймають відеосигнал в режимі реального часу з дрона та відтворюють його для пілота, дозволяючи йому бачити, ніби він знаходиться безпосередньо на борту дрона.

FPV окуляри можуть мати різні характеристики, такі як роздільну здатність, кут огляду (FOV), а також різні варіанти зручності та комфорту використання. Деякі окуляри також можуть мати вбудований DVR для запису відео прямо з дрона.

Є також FPV монітори, які використовуються в якості альтернативи окулярам. Вони можуть бути зручні для людей, які носять окуляри або якщо довгий час носіння FPV окулярів є їм не комфортний.

2.7 Антени

Антени бувають різних типів, залежно від конкретних потреб. Наприклад, лінійні антени прості в виготовленні та експлуатації, але вони можуть втрачати сигнал при обертанні дрона. Циркулярно поляризовані антени, можуть забезпечити більш стабільний сигнал незалежно від орієнтації дрона, але вони більш складні в виготовленні і часто більш громіздкі.

Вибір антени також залежить від використовуваної частоти. Найпопулярніші частоти для FPV польотів - це 2.4GHz та 5.8GHz, але існують і інші варіанти.

2.8 Відео передавач

VTX може працювати на різних частотах, зазвичай в діапазоні 5.8 GHz, але існують і інші варіанти, такі як 2.4 GHz або 1.3 GHz. Потужність VTX також відрізняється і може бути регульована в залежності від потреб польотів. Велика потужність передавача може забезпечити більшу дальність польотів, але вона також може спричинити більше інтерференції з іншими FPV системами і може вимагати більше енергії.

Саме відео передавач транслює відеосигнал з fpv камери на fpv окуляри, або монітор.

2.9 Рама дрона

Рама дрона є центральною компонентою кожного безпілотної, вона впливає на його вагу, маневреність, стабільність і здатність витримувати зіткнення або падіння.

Рами дронів варіюються за типами і формами, залежно від їх призначення. Для гоночних FPV дронів найпопулярнішими є рами у формі "X" і "H". Рама "X" забезпечує оптимальний баланс і маневреність, в той час як рама "H" має додаткове місце для розташування електронних компонентів.

Рама може бути виготовлена з різноманітних матеріалів, зокрема пластику, алюмінію, сталевих сплавів, але найпоширенішим матеріалом залишається карбонове волокно, через його високу міцність та низьку вагу.

Розмір рами зазвичай вимірюється в дюймах і відноситься до найбільшої відстані між моторами по діагоналі. Найпоширенішими є рами розміром від 3 до 7 дюймів для гоночних і фрістайл дронів, в той час як для мініатюрних дронів можуть використовуватися рами менші, 2 дюйми або менше.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА FPV СИМУЛЯТОРА

3.1 Вибір та обґрунтування технологій для розробки

Для розробки FPV симулятора було обрано декілька ключових технологій, що спрощують процес створення та відповідають заданим вимогам.

Перша технологія - це движок Unity. Unity - це потужний і гнучкий движок для створення ігор, який має велику кількість інструментів та можливостей. Unity є одним з найпопулярніших движків для створення ігор на ринку, що обумовлено його універсальністю та зручністю використання.

Щодо підключення FPV пультів, важливим аспектом є можливість їх інтеграції з симулятором. Unity має вбудовану підтримку різноманітних контролерів введення, що робить можливим підключення FPV пультів до симулятора з меншими зусиллями. Це відкриває шлях для більш реалістичного відтворення досвіду польоту FPV.

Друга важлива технологія - фізичний движок PhysX, що входить в склад Unity. PhysX дозволяє реалістично моделювати фізичні взаємодії, включаючи зіткнення, тягу, відпор і гравітацію, що є надзвичайно важливим для точного відтворення поведінки FPV дронів в реальному світі.

3.2 Розробка концепції симулятора

В основі розробки концепції FPV симулятора лежить ідея створення реалістичного досвіду польоту дроном. Це значить, що основні елементи та

взаємодії, що відбуваються при управлінні реальним дроном, мають бути відтворені в симуляторі максимально точно.

Центральним аспектом концепції є інтерфейс користувача, який має відображати звичний для пілота FPV дрона вигляд з кабіни пілота. Такий погляд передбачає відображення інформації про поточну швидкість, і зображення з FPV камери.

Наступний важливий аспект - це фізика польоту. Моделювання фізичної поведінки дрона повинне бути якомога ближче до реальності, щоб досвід, отриманий в симуляторі, міг бути перенесений на реальний дрон.

Також необхідно забезпечити можливість вибору різних моделей дронів та їх компонентів в симуляторі. Це не тільки додасть глибини грі, але і дозволить користувачам експериментувати з різними налаштуваннями і дізнатися, як вони впливають на поведінку дрона.

Останній аспект, але не менш важливий, - це створення різноманітних середовищ для польотів. Реалістичне моделювання оточуючого середовища є важливим для створення реалістичного досвіду FPV польоту. Різноманітність локацій дозволить користувачам покращувати свої навички пілотування в різних умовах.

3.3 Реалізація фізики польоту дрону

Квадрокоптери, або дрони з чотирма роторами, є унікальними у тому, що вони здатні переміщатися в будь-якому напрямку та обертатися навколо будь-якої осі в просторі. Це досягається симетричністю квадрокоптера.

Під час моделювання фізики польоту важливо враховувати всі сили, що впливають на дрон. Наприклад, тяга, яку створюють ротори, протистоїть силі гравітації. Коли тяга більша за гравітаційну силу, дрон піднімається, і навпаки. Крім того, при переміщенні дрона вперед потрібно враховувати силу повітряного опору, яка залежить від швидкості та орієнтації дрона.

3.4 Розробка середовища для польотів

Середовище для польотів є важливим елементом FPV симулятора. Воно повинно бути реалістичним, детальним і захоплюючим, аби надати користувачам якісний та унікальний досвід польоту. До того ж, різні середовища дають можливість випробовувати та вдосконалювати різні навички пілотування.

Розробка середовища починається з визначення типу локації. Це може бути урбаністичне середовище з вузькими вулицями та високими будівлями, природні ландшафти з горами і лісами, спортивні арени з перешкодами для гонок FPV, або навіть внутрішні простори для мікро дронів.

Далі, для моделювання ландшафту та об'єктів у середовищі, використовуються різноманітні інструменти Unity для моделювання 3D простору, такі як примітиви, складні 3D моделі, система ландшафту Unity для створення реалістичних природних ландшафтів та ін.

Освітлення та матеріали об'єктів грають важливу роль у створенні атмосфери та відчуття реалізму.

Щоб зробити середовище більш динамічним та цікавим, можна додати рухомі об'єкти, такі як інші дрони, транспортні засоби, перехожі та тварини, а також погодні ефекти, такі як вітер, дощ або сніг, що можуть впливати на політ дрона.

В кінці можна додати звукові ефекти. Звуки дрона, оточуючого середовища, інтерфейсу допомагають створити унікальну атмосферу та підвищують загальне відчуття польоту.

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ТА АНАЛІЗ

4.1 Опис та демонстрація готового симулятора

В меню симулятора FPV дронів, що розташоване на головному екрані, є кілька важливих розділів, що дозволяють користувачам налаштувати свій політ.

1. Верхня ліва частина меню:

- **Вибір Mode 1 та Mode 2:** У цьому розділі користувачі можуть вибрати, який з режимів управління дроном вони бажають використовувати - Mode 1 або Mode 2. Mode 1 зазвичай використовується у Європі та Азії, де правий джойстик контролює газ та праве/ліве креніння, тоді як лівий - підйом та повороти. Натомість, Mode 2, який є більш поширеним у Північній Америці, має обернену конфігурацію джойстиків. Але останні кілька років весь світ переходить на керування в Mode 2, оскільки це зручніше для правшів. Mode 1 - більш комфортний для лівшів.

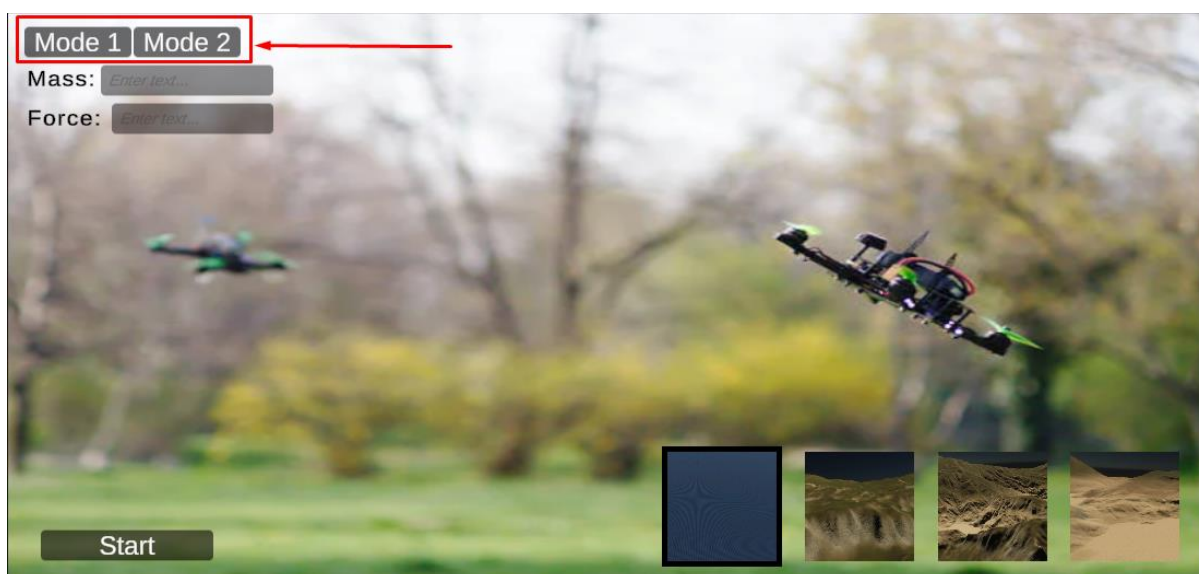


Рис 1. Вибір режиму керування

- **Маса дрона та сумарна тяга моторів:** Ці налаштування дозволяють користувачам вписати масу дрона та сумарну тягу моторів, що

дає можливість симулювати політ реального дрона, на якому пілот планує літати, і зробити досвід польоту більш реалістичним.

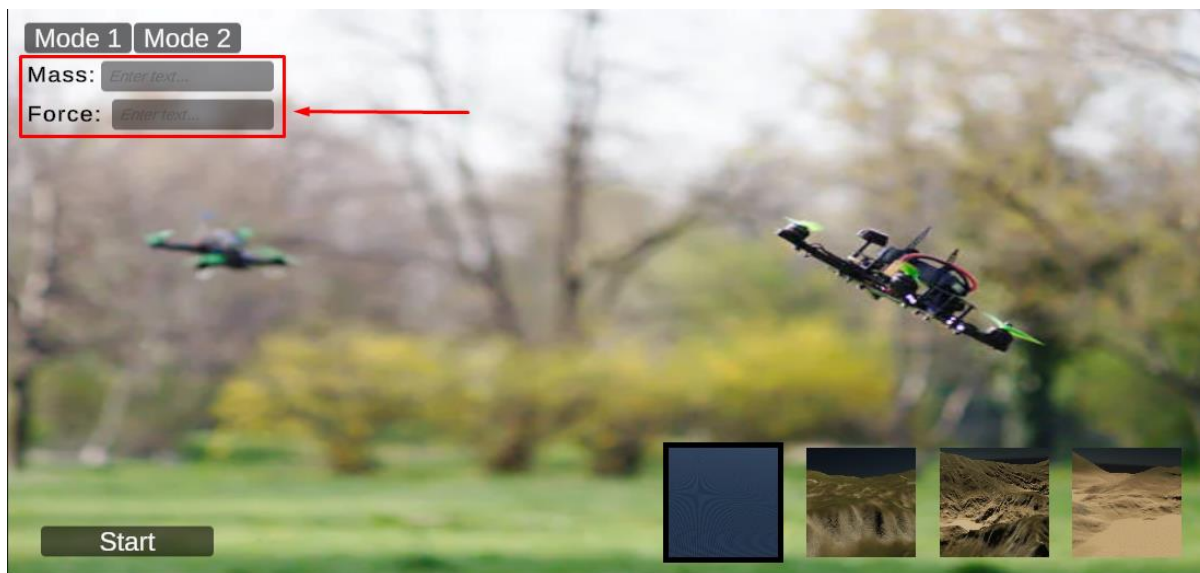


Рис 2. Поля з введенням характеристик дрону

2. Нижня права частина меню:

- **Вибір карти:** У цьому розділі знаходяться чотири картинки з прев'ю різних карт. Користувач може вибрати одну з карт, клікнувши на неї. Після чого вона буде виділена, і коли користувач запустить симулятор, політ буде відбуватися саме на цій карті.

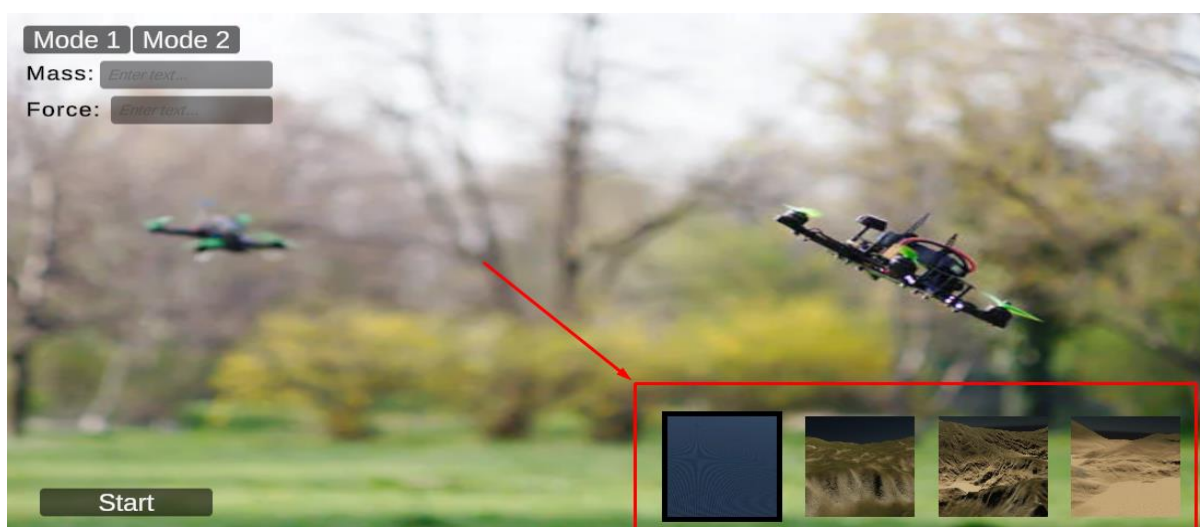


Рис 3. Вибір карти

3. Нижня ліва частина меню:

- **Кнопка "Start"**: Ця кнопка, розташована зліва внизу, дозволяє користувачам запустити симулятор на раніше вибраній карті.

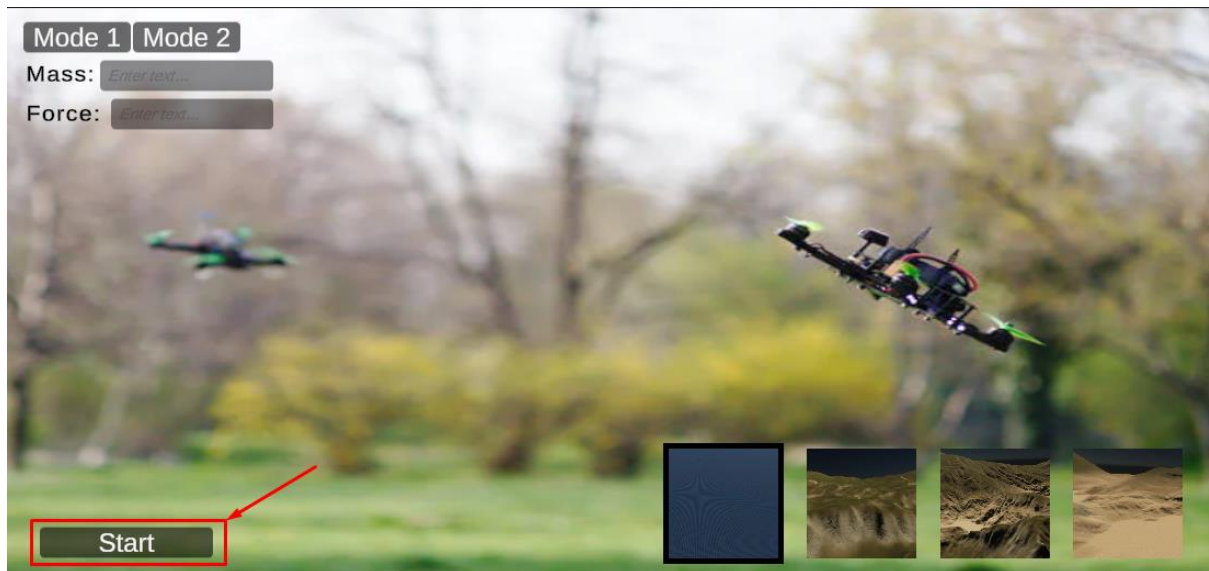


Рис 4. Кнопка "Start"

Меню симулятора створене таким чином, щоб забезпечити користувачам максимальний контроль над параметрами симуляції, а також простоту взаємодії з інтерфейсом.

Меню геймплею розроблено таким чином, щоб надати пілоту всю необхідну інформацію та інструменти для ефективного та реалістичного управління дроном у симуляторі.

1. Верхня ліва частина екрану:

- **Показник FPS**: FPS є аббревіатурою від "Frames Per Second", що означає кількість кадрів на секунду. Це показник, що вказує, наскільки плавно відображається зображення на екрані. Високе значення FPS зазвичай означає гладке та більш реалістичне зображення, тоді як низьке FPS може призвести до затримки або "залипання" зображення.

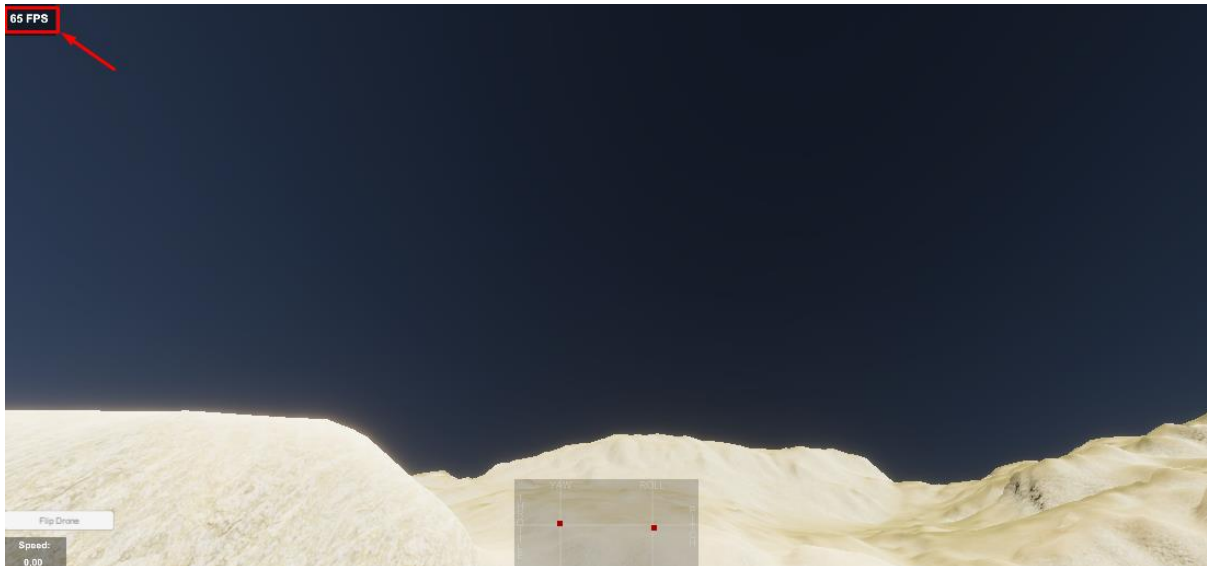


Рис 5. Показник FPS

2. Нижня ліва частина екрану:

- **Кнопка "Flip Drone":** Ця кнопка дозволяє пілоту перевернути дрон у випадку, якщо він перебуває у незручному положенні після зіткнення або падіння. Це дозволяє швидко повернутися до польоту без необхідності перезапуску симуляції.

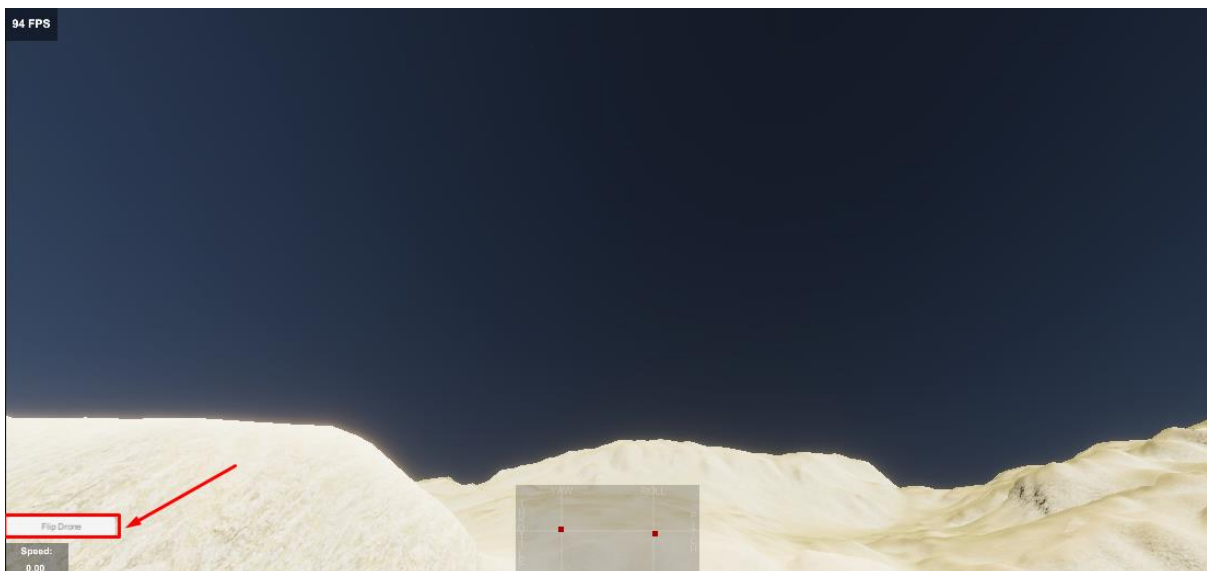


Рис 6. Кнопка "Flip Drone"

- **Показник швидкості по всіх осях:** Під кнопкою "Flip Drone" розташований індикатор, що відображає сумарну швидкість дрона по всіх напрямках (X, Y, та Z осі). Це допомагає пілоту краще розуміти, з якою

швидкістю дрон рухається у просторі, та робити відповідні корективи управління.

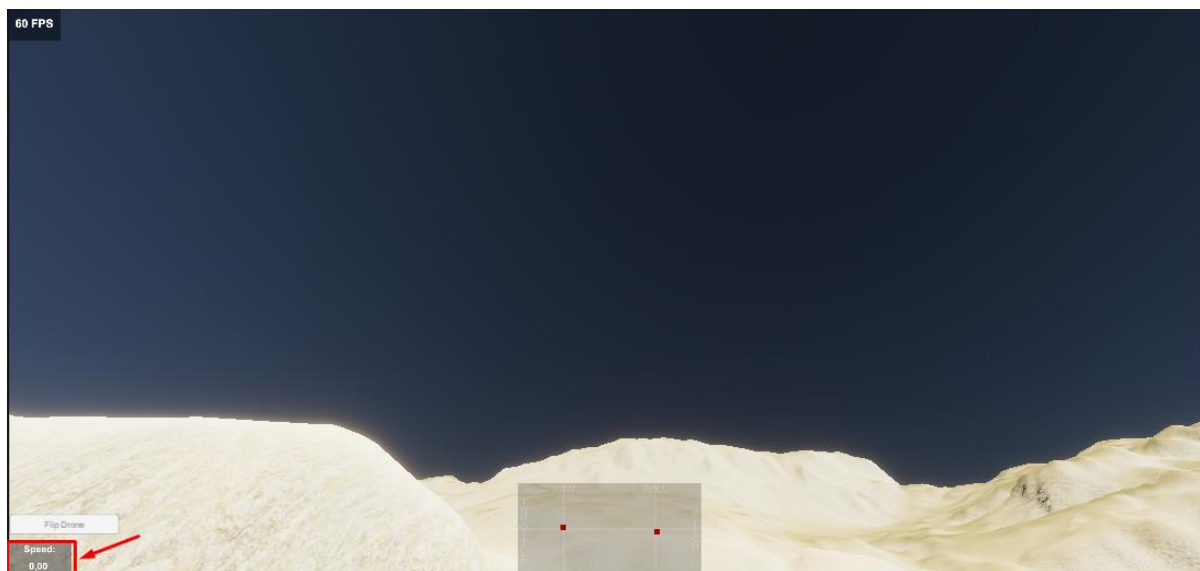


Рис 7. Показник сумарної швидкості по всіх осях

3. Центральна нижня частина екрану:

- **Дані від джойстика:** Цей розділ відображає відсоток відхилень джойстиків контролера у реальному часі. Це корисно для інструкторів та пілотів, оскільки дозволяє моніторити та аналізувати стиль керування дроном під час польоту.



Рис 8. Показник керування від джойстика

4. Додаткові функції:

- Повернення дрона на місце старту: Це відбувається за допомогою кнопки "А" на джойстику. Пілот може використовувати цю функцію для того, щоб автоматично повернути дрон до початкової позиції на мапі. Це особливо корисно для новачків, які тільки вчаться управляти дроном та можуть втратити контроль над ним.

Меню геймплею є інтуїтивно зрозумілим та містить важливі інструменти та інформацію для підтримки навчального процесу та ефективного управління дроном в симуляторі.

Фізика польотів FPV дрона в симуляторі реалізована з метою максимального наближення до реальних умов польоту. Основні компоненти, які моделюються, включають силу тяги, яку генерують мотори та пропелери дрона. Також звертається увага на швидкість обертання моторів, яка впливає на підйомну силу та керованість апарата.

Крім того, в симуляторі враховані властивості інерції, які залежать від маси дрона. Це визначає, наскільки швидко дрон може реагувати на команди та змінювати напрямок руху.

Гравітація та підйомні сили також грають важливу роль у моделюванні польоту. Симулятор відтворює вплив гравітації на дрон та його здатність генерувати підйомні сили для протидії цьому ефекту.

Наостанок, при зіткненні з перешкодами симулятор враховує реакцію дрона, змінюючи його траєкторію та швидкість відповідно до фізичних законів. Це дозволяє пілотам отримувати реалістичний досвід і готуватися до управління реальними дронами в різних умовах.

4.2 Порівняння з іншими симуляторами

При створенні симулятора FPV дрона було враховано основні функціональні особливості сучасних аналогів, а також додано ряд нових рішень, які роблять даний симулятор унікальним.

Симулятори, які наразі доступні на ринку, мають ряд обмежень. Наприклад, більшість з них не надають можливість вибору характеристик дрона. У даному ж симуляторі користувач може вибрати характеристики дрона, що дозволяє експериментувати з різними налаштуваннями польоту та адаптувати досвід пілотування до своїх уподобань.

Щодо середовищ для польотів, у більшості симуляторів вони досить обмежені. У нашому ж випадку, ми розробили кілька карт для польотів, які дозволяють користувачу випробовувати різні сценарії та навички. Включаючи відкриті простори і у майбутньому закриті. Всі ці варіації допомагають зробити досвід польоту більш цікавим і реалістичним.

Наостанок, варто згадати про інтерфейс. У багатьох симуляторах інтерфейс є складним та не зручним для користувача. У нашому симуляторі ми приділили багато уваги створенню інтуїтивно зрозумілого і простого у використанні інтерфейсу. Він допомагає користувачам легко зрозуміти всі налаштування і функції, тим самим підвищуючи задоволення від гри.

Таким чином, створений нами симулятор FPV дрона включає в себе всі переваги своїх конкурентів, а також додає нові можливості, що робить його привабливішим для користувачів різних рівнів.

ВИСНОВОК

В ході цієї дипломної роботи було досліджено сферу FPV дронів, з особливим акцентом на військову сферу використання, включаючи класифікацію дронів, основи технології FPV, аналіз існуючих симуляторів, розгляд Unity як платформи для розробки симуляторів, а також технічні вимоги та стандарти для FPV симуляторів.

У розділі про комплектуючі FPV дронів було досліджено основні елементи, які складають дрон, включаючи контролер польоту, електродвигуни, електронний контролер швидкості (ESC), батареї, FPV камеру, FPV окуляри / приймач, антени, відео передавач (VTX) та раму дрона. Ця інформація є критичною для розуміння, як дрони функціонують, і як їх компоненти взаємодіють один з одним.

Практична частина роботи включає розробку FPV симулятора дронів на платформі Unity. Було виконано ряд ключових етапів: вибір та обґрунтування технологій для розробки, розробка концепції симулятора, реалізація фізики польоту дрону та розробка середовища для польотів. Зроблені кроки були висвітлені у роботі, що дозволяє подальше використання та розширення симулятора.

Додатково, було зроблено порівняння розробленого симулятора з існуючими аналогами. Наш симулятор відрізняється можливістю вибору технічних характеристик дрона, наявністю різних карт для польотів, а також інтуїтивно зрозумілим і простим у використанні інтерфейсом.

Загалом, результати цієї роботи підтверджують актуальність теми та її значущість для військової сфери. FPV симулятори, як показано в цій роботі, можуть служити важливим інструментом навчання і тренування, надаючи можливість підвищувати навички пілотування без ризику для дорогого обладнання або життєво важливих місій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://blog.wazza.com.ua/drony/fpv-dron-hto-eto-takoe-i-s-chego-nachat-novichku/>
2. <https://blog.wazza.com.ua/drony/top-simulyatorov-poleta-na-obychnom-drone-i-fpv/>
3. <https://www.arnia.com/what-makes-unity-so-popular-in-game-development/>
4. https://www.youtube.com/watch?v=SfFl_-tof4Y
5. <https://www.youtube.com/watch?v=I7lUTEJM62g>