

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**



Факультет комп'ютерних наук та технологій  
Кафедра «Комп'ютерні системи та мережі»

**СУШКО ОЛЕКСАНДР СЕРГІЙОВИЧ**  
Група КНТ-513м

**АРКАДНА ГРА ДЛЯ ОС ANDROID З МОНЕТИЗАЦІЄЮ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

магістерської роботи на здобуття освітньо-кваліфікаційного  
рівня «магістр» 123 Комп'ютерна інженерія  
освітньої програми «Комп'ютерні системи та мережі»

2024 р.

Магістерська робота є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті «Запорізька політехніка», на кафедрі комп'ютерних систем та мереж

**Керівник**

кандидат технічних наук, доцент  
**Тягунова Марія Юрївна,**  
Національний університет «Запорізька політехніка», доцент кафедри  
«Комп'ютерні системи та мережі»

**Офіційний  
рецензент:**

кандидат технічних наук, доцент  
**Малий Олександр Юрійович,**  
Національний університет «Запорізька політехніка», доцент кафедри  
«Інформаційні технології електронних засобів»

Захист відбудеться "13" грудня 2024

Секретар екзаменаційної комісії, доцент кафедри  
«Комп'ютерні системи та мережі», доцент, к.т.н Т.В. ГОЛУБ

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Мобільні ігри стали одними з найпопулярніших розваг, і їхня популярність постійно зростає. Особливо це стосується аркадних ігор, які є доступними, легкими для сприйняття і здатними привертати увагу гравців на всіх етапах. Мобільні пристрої на платформі Android, в свою чергу, є одними з найпоширеніших у світі, що створює широкі можливості для розробників. Програмне забезпечення для цієї операційної системи дозволяє реалізувати інноваційні ідеї при порівняно невеликих витратах, що важливо для нових розробників і малих студій.

Ігрова індустрія на мобільних пристроях активно розвивається, і для того, щоб успішно конкурувати на цьому ринку, необхідно впроваджувати ефективні стратегії монетизації. Оскільки більшість мобільних ігор сьогодні доступні безкоштовно, правильно організована монетизація є важливим інструментом для забезпечення доходу від гри. Існує багато різних підходів до монетизації, таких як внутрішньоігрові покупки, реклама, підписки, а також платні версії. Кожен з цих методів має свої переваги та виклики, тому важливо правильно вибрати стратегію, яка відповідає характеру гри та вимогам користувачів.

Ще одним ключовим аспектом є перформанс гри та її оптимізація. У мобільних іграх важливо забезпечити високу продуктивність, оскільки навіть незначні проблеми з затримками, падінням кадрів або низькою швидкістю реакції можуть призвести до того, що гравці швидко припинять гру. Оскільки Android-пристрої мають різні характеристики, від малопотужних моделей до висококласних смартфонів, необхідно приділяти велику увагу оптимізації ігрового процесу. Це включає вибір правильних технологій і інструментів для забезпечення стабільної роботи гри на різних пристроях, а також управління ресурсами.

Дослідження цих аспектів дає можливість не лише створити якісну та привабливу гру, але й розробити механізми, які забезпечать її успіх на ринку. Пошук оптимальних рішень для монетизації та забезпечення стабільної роботи гри в умовах різноманітних технічних обмежень є важливою частиною процесу її створення. Тому дослідження цієї теми є надзвичайно актуальним в умовах швидко змінюваного технологічного середовища, де

конкуренція на ринку мобільних додатків постійно зростає, пошук оптимальних рішень для залучення користувачів і монетизації контенту стає необхідним. Вивчення цього питання дозволяє визначити найбільш ефективні підходи, які допомагають створювати не тільки привабливі, але й економічно успішні продукти.

**Мета та завдання дослідження.** Мета роботи — забезпечити стабільну взаємодію з користувачами та високий рівень їх утримання в аркадній грі для ОС Android з реалізацією сучасних та ефективних методів монетизації.

Відповідно до мети дослідження необхідно виконати такі завдання:

- проаналізувати програмні засоби та технології розробки мобільних ігор;
- проаналізувати наявні мережі та методи монетизації мобільних ігор;
- сформулювати вимоги до розробки мобільної гри на платформі Android;
- спроектувати структуру та розробити концепцію гри;
- реалізувати гру;
- інтегрувати засоби монетизації;
- провести тестування гри та оцінити ефективність обраних методів монетизації;
- провести оптимізацію гри.

**Об’єкт дослідження** — мобільні аркадні ігри для ОС Android.

**Предмет дослідження** — ефективні методи монетизації та оптимізація перформансу мобільних аркадних ігор для ОС Android.

**Методи дослідження** включають експериментальний метод для розробки та тестування мобільної аркадної гри для Android, метод порівняння для оцінки різних стратегій монетизації та оптимізації, а також методи аналізу даних для оцінки перформансу і ефективності. Достовірність результатів забезпечується застосуванням сучасних інструментів для тестування, профілювання та статистичної обробки даних.

**Наукова новизна отриманих результатів.** В роботі здійснено комплексне дослідження перформансу мобільної аркадної гри на платформі Android з використанням існуючих методів

монетизації та оптимізації. Особлива увага приділена аналізу продуктивності гри через тести, а також вибору та застосуванню найбільш ефективних методів оптимізації, що дозволяють покращити перформанс гри. Результати тестування після оптимізації показують суттєве покращення продуктивності, що є важливим вкладом у практику розробки мобільних ігор.

**Практичне значення отриманих результатів.** Проведення тестування та оптимізація можуть бути використані для підвищення ефективності мобільних аркадних ігор, покращення їх продуктивності на різних пристроях Android та підвищення користувацького досвіду. Розроблені методи оптимізації можуть бути застосовані іншими розробниками для створення більш стабільних і швидких ігор, що також позитивно впливає на монетизацію, оскільки оптимізовані ігри зазвичай мають кращу взаємодію з користувачами та краще реагують на монетизаційні стратегії.

**Апробація результатів магістерської роботи.** Основні положення магістерської роботи та результати досліджень подано до участі на конференції:

Сушко О.С., Тягунова М.Ю. Аркадна гра для ОС Android з монетизацією. Експериментальні та теоретичні дослідження в контексті сучасної науки: VII всеукраїнська студентська наукова конф., м. Львів, 22 лист. 2024 р. Львів, 2024. С. 422-424.

**Структура та обсяг роботи.** Магістерська робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, переліку джерел посилання, додатків. Основна частина містить 141 сторінку, 96 рисунків, 15 лістингів та переліку джерел посилання зі 57 найменувань.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У першому розділі було проведено детальний аналіз та перегляд сучасних інструментів і технологій, які використовуються для розробки мобільних ігор. Основна увага була приділена вибору ігрового двигуна та мови програмування, зокрема обрано ігровий двигун Unity та мову програмування C#. У процесі аналізу були виділені основні переваги й недоліки цих технологій.

Unity було обрано завдяки його великій спільноті розробників,

магазину готових асетів та плагінів, простоті в роботі, потужному функціоналу та можливостям для кросплатформної розробки, що дозволяє створювати ігри для різних мобільних операційних систем. Як мову програмування для розробки було обрано С# оскільки вона є основною мовою для Unity, забезпечуючи високий рівень продуктивності та зручність у написанні коду.

**У другому розділі** був проведений глибокий аналіз стратегій монетизації мобільних ігор, детально проаналізовано наявні рекламні мережі, типи внутрішньоігрової реклами, визначено їх переваги та недоліки, що дозволило визначити найефективніші підходи, зокрема використання внутрішньоігрової стратегії монетизації, Google AdMob як рекламної мережі, а також два основних формати реклами, таких як: проміжна реклама та реклама з винагородою.

Вибір стратегії внутрішньоігрової реклами зумовлений її простотою інтеграції, також це ідеальний варіант для аркадних ігор, де реклама органічно вписується в перерви між сесіями. Вона забезпечує доступність гри для всіх користувачів і приносить стабільний дохід, дозволяючи гнучко регулювати монетизацію залежно від зростання аудиторії.

Вибір мережі Google AdMob підтримується високим коефіцієнтом заповнення, конкурентною ціною за клік і дотриманням високих стандартів якості реклами, що забезпечує стабільний дохід без ускладнень.

Вибір саме таких форматів реклами як проміжна реклама та реклама з винагородою, обумовлений тим, що вони ідеально підходять для коротких і частих сесій у жанрі аркадних ігор. Проміжна реклама інтегрується у гру природно, з'являючись під час переходу між сценами, не порушуючи ігровий процес. Реклама з винагородою, зі свого боку, дозволяє гравцям обирати взаємодію з рекламою в обмін на винагороди, що покращує ігровий досвід і сприяє підвищенню залученості.

Такий підхід дозволив досягти балансу між ефективною монетизацією та позитивним користувацьким досвідом, що особливо важливо для зростання аудиторії та утримання гравців.

**У третьому розділі** визначено основні концептуальні складові гри, зокрема її жанр, основну ідею, цільову аудиторію та стратегію монетизації.

Був обраний жанр аркади, оскільки метою створеної гри є не тільки приємне проведення часу, а і певний розвиток навичок.

Основа ідея гри полягає в тому, що гравець отримує випадкову споруду з кубів і має заповнити її за обмежений час, не перевищуючи ліміт помилок. Кожен рівень має більше кубів, менше часу і менше допустимих помилок, що ускладнює гру. Мета — набрати якнайбільше очок, оскільки гра не має кінця. У грі є магазин для персоналізації, де можна змінювати вигляд кубів за допомогою скинів, які відкриваються за очки або дорогоцінні камені, що збираються під час гри. Гра тренує увагу, концентрацію, реакцію і логічне мислення.

Цільова аудиторія гри була визначена як казуальні мобільні гравці віком від 10 до 40 років, які шукають швидкі, захоплюючі ігри для коротких сеансів і люблять змагатися.

Проміжна реклама буде показуватися гравцю відразу після програшу, але лише після того, як гравець зазнає п'яти програшів. А реклама з винагородою буде задіяна два рази, а саме, перегляд реклами з винагородою після програшу виступатиме можливістю для гравця переграти проганий рівень, а у внутрішньоігровому магазині вона буде давати можливість отримати безкоштовні дорогоцінні камені.

Відштовхуючись від концепції, було здійснено проектування гри. А саме, як загальну архітектуру проекту було визначено поєднання менеджерно-контролерної архітектури та компонентної архітектури. Поєднання цих архітектур дозволило досягти значної гнучкості при розробці.

Також була спроектована структура сцен проекту, яка показана на рисунку 1. Вона дозволила організувати проект, розділивши його на логічні частини та забезпечила зручне налаштування окремих компонентів, з яких складається гра.



Рисунок 1 — Структура сцен

Та окремо описано проектування інтерфейсу гри, де були враховані вимоги до зручності користування та візуальної привабливості.

**У четвертому розділі** описано процес створення та реалізації основних елементів гри. Спочатку було розроблено дизайн гри, що включало розробку інтерфейсу, візуальних ефектів, анімацій за допомогою бібліотеки PrimeTween, звукового дизайну та скинів для внутрішньоігрового магазину, що забезпечують привабливий та зручний користувацький досвід.

Далі було реалізовано функціонал гри, зокрема було створено та налаштовано ієрархію об'єктів на сценах, а також розроблено програмний код гри відповідно до вибраної архітектури, що відповідає за її основні механізми та функціонування.

А також, окремо, детально розглянуто інтеграцію внутрішньоігрової реклами, включаючи створення облікового запису Google AdMob, створення додатка, налаштування рекламних блоків, імпортування в Unity та написання коду для її функціонування.



У п'ятому розділі спочатку було проведено тестування гри, яке відбувалося у реальних умовах на цільовому пристрої. Воно включало тестування основного функціоналу гри та ігрового процесу, під час якого було виявлено, що гра відчувалася трохи складнішою ніж була задумана, а також наближення та віддалення камери було злегка повільним, все це було виправлено та протестовано знову.

Далі було проведено тестування інтегрованої внутрішньоігрової реклами, з використанням реальних рекламних блоків в поєднанні з тестовим пристроєм. Результати показали, що всі компоненти працювали дуже добре: інтеграція була успішною, реклама відображалася коректно, а взаємодія з нею відповідала очікуванням.

Завершальним і найважливішим етапом проведення тестування було тестування перформансу гри. Тестування проводилось на цільовому пристрої (Redmi Note 12 Pro), за допомогою вбудованого в Unity інструменту — Unity Profiler в парі з Profile Analyzer, використовуючи функцію віддаленого профілювання (Remote Profiling).

Результати тестування були представлені у вигляді діаграм і графіків, що дали змогу зрозуміти недоліки у роботі гри. На рисунку 2 наведений графік середнього часу кадру на кожній сцені гри. А на рисунку 3 показано графік часу кадру для 300 кадрів на сцені Меню.

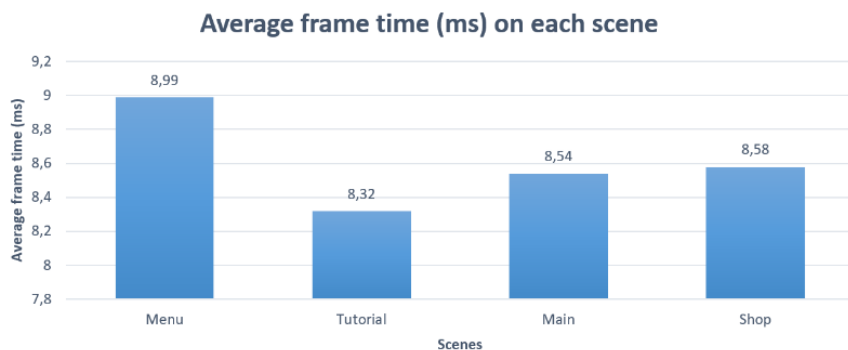


Рисунок 2 — Середній час кадру на кожній сцені

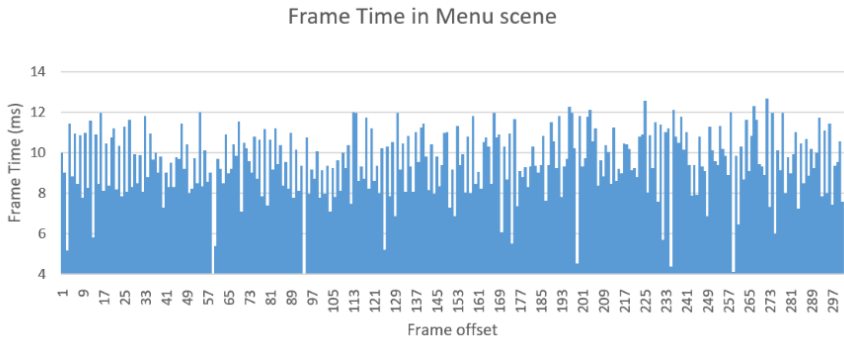


Рисунок 3 — Графік часу кадру для 300 кадрів на сцені Меню

Після аналізу всіх результатів тестування перформансу гри, було з'ясовано, що на сцені Меню спостерігаються проблеми з продуктивністю, а саме, помічено стрибки та нестабільний час кадру (див. рисунок 3), а на діаграмі, яка зображена на рисунку 2, можна побачити, що середній час кадру на цій сцені взагалі дорівнює аж 8,99 мілісекунди, та якщо перевести це у FPS, це  $\approx 111$  FPS, це незадовільний результат. Далі було проведено з'ясування причин проблем з перформансом, та було з'ясовано, що проблеми криються в промальовуванні, а саме високих витратах на рендеринг. Після цього було використано ще один більш спеціалізований вбудований інструмент Unity під назвою Frame Debugger, для перегляду окремих викликів промальовування. На рисунку 4 зображено результати аналізу викликів промальовування у кожній сцені у вигляді стовпчастої діаграми.

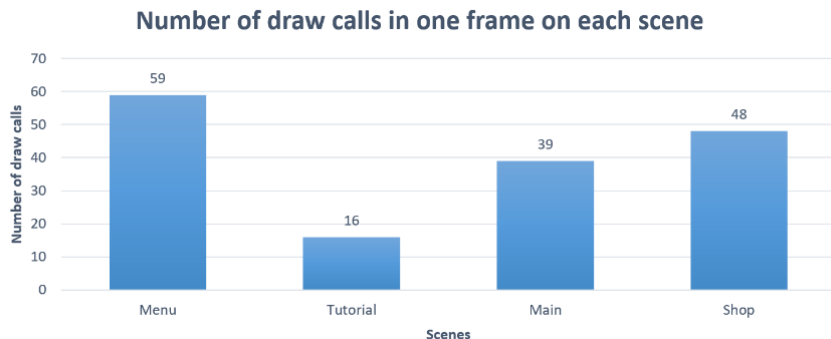


Рисунок 4 — Кількість викликів промальовування для одного кадру у кожній сцені гри

По діаграмі зображеній на рисунку 7, було з'ясовано, що сцена Меню «лідидує» за кількістю викликів промальовування (чим більше — тим гірше).

У підсумку після аналізу всіх результатів тестування, було визначено, що проблеми з перформансом спостерігаються саме в сцені Меню, які пов'язані з високими витратами на рендеринг, зокрема через велику кількість draw calls, пов'язаних з наявністю численних мешів, через споруду з кубів. Крім того, використання normal map текстур додає додаткові обчислювальні витрати, оскільки потребує додаткових обчислень для модифікації нормалей поверхні, що збільшує навантаження на графічний процесор.

Наступним етапом була оптимізація гри. А саме, виходячи з проведеного аналізу результатів тестування, було підібрано та обрано ефективні методи та підходи для оптимізації гри.

Першим підходом оптимізації рендерингу особливо у сцені Меню, було об'єднання всіх мешів споруди, яка розміщена у сцені Меню в одну велику меш, для того, щоб зі свого боку, зменшити кількість викликів промальовування. Для цього було використано безкоштовний ассет «MeshCombiner».

Наступним методом оптимізації було позбавлення від Normal Map текстур або зменшення його властивості bumpiness, які використовують матеріали всіх скинів у грі.

Ще одним методом оптимізації було створення Спрайт атласів (Sprite atlases) для користувацького інтерфейсу для кожної сцени, які дозволяють зменшити число викликів промальовування. Для їх створення був використаний вбудований інструмент Unity, який автоматично оптимізує роботу атласів.

Після всіх проведених етапів оптимізації, гру було протестовано знову, з метою оцінки ефективності використаних методів та підходів оптимізації. Результати повторного тестування були також представлені у вигляді графіків і діаграм, що дало змогу порівняти продуктивність гри до та після оптимізації. На рисунку 5 зображено різницю у кількості викликів промальовування у кожній сцені, до оптимізації та після оптимізації у вигляді стовпчастої діаграми.

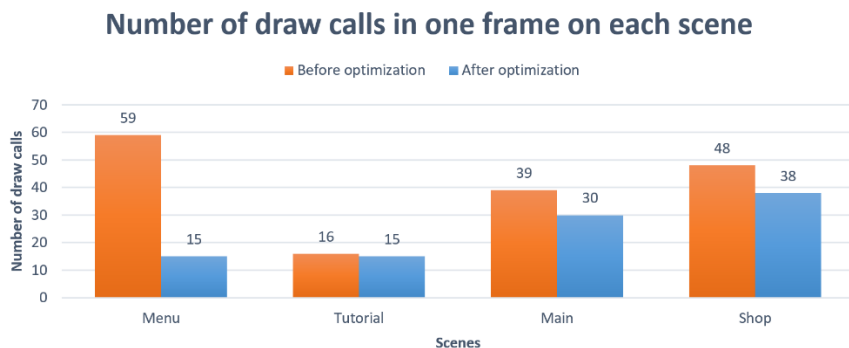


Рисунок 5 — Різниця кількості викликів промальовування у кожній сцені, до оптимізації та після оптимізації

На рисунку 6 зображено графік часу кадру для 300 кадрів на сцені Меню після всіх проведених етапів оптимізації.

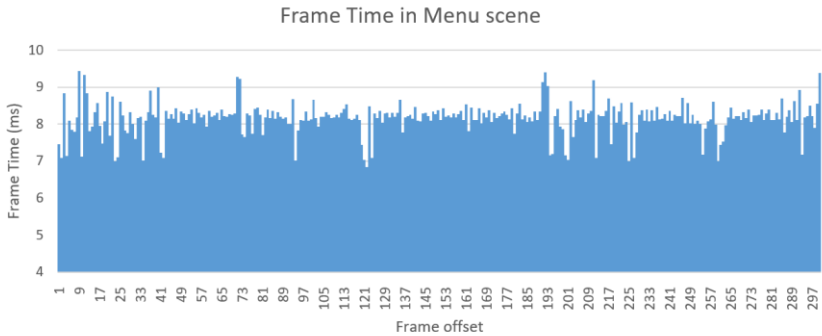


Рисунок 6 — Графік часу кадру для 300 кадрів на сцені Меню після оптимізації

А на рисунку 7 зображено різницю середнього часу кадру на основі аналізу даних для 300 кадрів у кожній сцені, до всіх проведених етапів оптимізації та після оптимізації у вигляді стовпчастої діаграми.

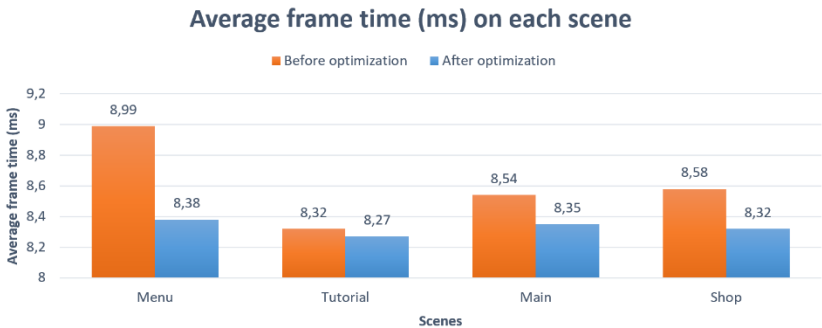


Рисунок 7 — Різниця середнього часу кадру для 300 кадрів у кожній сцені, до та після оптимізації

Аналіз результатів повторного тестування гри після всіх виконаних етапів оптимізації, показав суттєве покращення ключових показників, що підтверджує успішність реалізованих підходів та методів оптимізації. Це забезпечило гравців можливістю насолоджуватися плавним і захоплюючим геймплеєм, що значно підвищує їхній рівень задоволення від гри.

## ВИСНОВКИ

У магістерській роботі було розв'язано практичне завдання, спрямоване на розробку аркадної гри для ОС Android з інтегрованою системою монетизації. Результати роботи є важливим внеском у розробку мобільних ігор, оскільки були досягнуті як теоретичні, так і практичні результати.

Проведено аналіз інструментів та технологій, що використовуються для розробки мобільних ігор. На основі цього аналізу визначено їх переваги та недоліки, що дозволило вибрати оптимальний ігровий двигун Unity і мову програмування C# для створення проєкту.

Окрему увагу приділено дослідженню стратегій монетизації мобільних ігор, що дозволило визначити найбільш ефективні підходи для досягнення балансу між прибутковістю гри та користувачьким досвідом. Це включало використання внутрішньоігрової реклами з застосуванням таких форматів, як проміжна реклама та реклама з винагородою через Google AdMob.

Концепція гри була розроблена з урахуванням жанру, ідеї, цільової аудиторії та стратегії монетизації, що стало основою для проєктування структури, інтерфейсу та функціоналу. Реалізація гри включала розробку візуальних та звукових ефектів, налаштування ігрових сцен і інтеграцію внутрішньоігрової реклами.

Завершальним етапом роботи стали тестування та оптимізація гри. В ході тестування були виявлені проблеми з перформансом, зокрема на сцені Меню, де спостерігалися нестабільні показники часу кадру. Завершальним етапом роботи стала оптимізація гри, що базувалась на аналізі результатів тестування перформансу. Визначені проблеми з перформансом стали основою для вибору ефективних методів оптимізації, які дозволили зменшити навантаження на систему та покращити

швидкість рендерингу. Застосовані методи оптимізації значно покращили продуктивність гри, що було підтверджено повторним тестуванням. Це забезпечило стабільну та плавну роботу гри на різних пристроях, що в результаті позитивно вплинуло на користувацький досвід.

Отже, усі поставлені завдання виконано, а досягнуті результати підтверджують доцільність обраного підходу до створення мобільних ігор для Android, використання ефективних стратегій монетизації, та методів оптимізації.