

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**  
**НАВЧАЛЬНО–НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Кафедра інженерії програмного забезпечення

**Пояснювальна записка**

до бакалаврської роботи  
на ступінь вищої освіти бакалавр

на тему: «**РОЗРОБКА МОБІЛЬНОЇ ГРИ В ЖАНРІ ТРИ В РЯД З  
ВИКОРИСТАННЯМ ІГРОВОГО ДВИГУНА UNITY**»

Виконав: студент 4 курсу, групи ПД–42  
спеціальності  
121 Інженерія програмного забезпечення  
(шифр і назва спеціальності/спеціалізації)

Череха А.А.  
(прізвище та ініціали)

Керівник Дібрівний О.А.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

# ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

## НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра Інженерії програмного забезпечення

Ступінь вищої освіти - «Бакалавр»

Спеціальність підготовки – 121 «Інженерія програмного забезпечення»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

Інженерії програмного забезпечення

Негоденко О.В.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 року

### ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Черепаха Артем Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розробка мобільної гри в жанрі три в ряд з використанням ігрового двигуна unity»

Керівник роботи: Дібрівний Олександр Андрійович, доктор філософії

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом вищого навчального закладу від «18» лютого 2022 року №.

2. Строк подання студентом роботи «3» червня 2022 року

3. Вхідні дані до роботи:

3.1 Науково-технічна література з питань, пов'язаних з програмним забезпеченням щодо розробки ігор.

3.2 Офіційна документація Unity.

3.3 Офіційна документація Microsoft Visual Studio.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1 Аналіз актуальності та проблематики розроблюваної гри.

4.2 Аналіз та вибір інструментів для реалізації мобільної гри.

4.3 Проектування мобільної гри.

4.4 Висновки.

5. Перелік демонстраційного матеріалу (назва основних слайдів):

5.1 Титульний слайд.

5.2 Мета, об'єкт, предмет, наукова новизна дослідження.

5.3 Актуальність.

- 5.4 Аналіз аналогів.
  - 5.5 Технічні завдання.
  - 5.6 Програмні засоби та інструменти реалізації.
  - 5.7 Діаграма діяльності.
  - 5.8 Діаграма класів.
  - 5.9 Апробація результатів дослідження.
  - 5.10 Висновки.
  - 5.11 Кінцевий слайд.
6. Дата видачі завдання «11» квітня 2022р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Підбір науково-технічної літератури	11.04.2022	Виконано
2	Дослідження аналогів та актуальності додатку	13.04.2022	Виконано
3	Аналіз та вибір інструментів для розробки додатку	14.04.2022	Виконано
4	Проектування та реалізація	02.05.2022	Виконано
5	Вступ, висновки, реферат	17.05.2022	Виконано
6	Розробка обов'язкових демонстраційних матеріалів	18.05.2022	Виконано
7	Попередній захист роботи		
8	Здача роботи	3.06.2022	

Студент \_\_\_\_\_ Череха А.А.  
 ( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Дібрівний О.А.  
 ( підпис ) (прізвище та ініціали)





## РЕФЕРАТ

Текстова частина бакалаврської роботи 72 с., 1 табл., 30 рис., 15 джерел.

Ключові слова: ігровий двигун, три в ряд, Unity, мобільна гра, казуальна, відеогра.

Об'єкт дослідження – технології розробки мобільних ігор.

Предмет дослідження – процес розробки мобільної гри.

Мета роботи – розробка розважальної мобільної гри в жанрі три в ряд з використанням кросплатформового ігрового двигуна Unity.

Наукова новизна – створення нових та перетворення відомих ігрових механік, притаманних для ігор жанра три в ряд; створення інтуїтивного та привабливого дизайну гри, що зачепить гравця.

У дипломному проєкті був проведений аналіз ринку мобільних ігор та додатків-аналогів. Проаналізовано та виявлено переваги і недоліки програмних інструментів розробки. Проаналізовано особливості розробки мобільних ігор жанра три в ряд.

Мобільну гру було створено за допомоги ігрового двигуна Unity. Ігрова логіка написана у середовищі розробки Microsoft Visual Studio Community 2019 на мові програмування C#. В якості мобільної платформи було обрано операційну систему Android. Для створення елементів графічного дизайну та прототипування гри було використано Adobe Photoshop. Рекламу додано завдяки Unity Ads.

Дана мобільна гра може слугувати як і швидким способом ненадовго відволіктися, так і повноцінною грою, яка забезпечить швидке занурення у стан потоку та дозволить отримувати задоволення від подолання поставлених завдань.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	9
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	11
1.1 Загальна характеристика ігор.....	11
1.1.1 Класифікація ігор.....	13
1.1.1.1 Класифікація за кількістю гравців.....	13
1.1.1.2 Класифікація за платформою.....	13
1.1.1.3 Класифікація за операційною системою.....	15
1.1.1.4 Класифікація за жанрами.....	16
1.1.1.5 Класифікація за системою монетизації.....	18
1.2 Аналіз ринка мобільних ігор.....	19
1.2.1 Загальна статистика мобільних ігор.....	20
1.2.2 Аналіз тенденцій індустрії мобільних ігор.....	22
1.3 Аналіз існуючих розробок.....	25
1.4 Аналіз потенційної аудиторії користувачів.....	33
1.5 Висновки до розділу 1.....	34
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ЗАСОБІВ РОЗРОБКИ.....	35
2.1 Загальні відомості про ігрові двигуни.....	35
2.2 Аналіз ігрових двигунів.....	36
2.2.1 Unreal Engine .....	36
2.2.2 Unity.....	37
2.3 Середовище розробки програмного забезпечення.....	40
2.4 Інструмент монетизації.....	40
2.5 Інструмент створення графічного дизайну.....	42
2.6 Висновки до розділу 2.....	44
РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ МОБІЛЬНОЇ ГРИ.....	45
3.1 Загальний алгоритм реалізації ігор.....	45
3.2 Планування гри.....	47

3.3 Прототипування структури та створення гри.....	52
3.4 Висновки до розділу 3.....	62
РОЗДІЛ 4. ПРЕДСТАВЛЕННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ ГРИ.....	63
4.1 Скріншоти гри.....	63
4.2 Висновки до розділу 4.....	69
ВИСНОВКИ.....	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	71



## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ**

GPU - graphics processing unit

CPU - central processing unit

ПК – персональний комп'ютер

ОС – операційна система

P2E - Play-to-Earn

UE4 – Unreal Engine 4

SDK - software development kit

2D - 2-dimensional

3D - 3-dimensional

NFT - non-fungible token

CPI - cost per install

CPV - cost per view

API - application programming interface

RPG - role-playing game

## ВСТУП

Одна з проблем людства сьогодні – це як убити час. Інакше кажучи, як відволіктися в умовах кліпового мислення та отримати швидкий дофамін. Казуальні розваги, у свою чергу, дають можливість в умовах подібного мислення вирішити насушту проблему. Оскільки це ігри з надкороткими сесіями та інтуїтивним управлінням, вони підходять для максимально широкої аудиторії. В них максимально легко і комфортно грати. Короткі сесії та динамічний прогрес забезпечують швидке занурення у стан потоку та дозволяють отримувати задоволення вже за декілька хвилин.

Казуальні ігри безсумнівно стали одним із трендів останніх років. Якщо подивитися на топи в Google Play, то можна побачити, що серед 10 найкращих ігор за кількістю завантажень – 4 належать до казуальних ігор. До таких ігор належить і гра жанру три в ряд.

Об'єкт дослідження – технології розробки мобільних ігор.

Предмет дослідження – процес розробки мобільної гри.

Метою даної роботи є розробка розважальної мобільної гри в жанрі три в ряд з використанням кросплатформового ігрового двигуна Unity.

Наукова новизна проекту – створення нових та перетворення відомих ігрових механік, притаманних для ігор жанра три в ряд; створення інтуїтивного та привабливого дизайну гри, що зачепить гравця.

У дипломному проєкті був проведений аналіз ринку мобільних ігор та додатків-аналогів. Проаналізовано та виявлено переваги і недоліки програмних інструментів розробки. Проаналізовано особливості розробки мобільних ігор жанра три в ряд.

Гра розроблена в ігровому двигуні Unity, програмний код написаний в середовищі розробки Visual Studio 2019 на мові програмування C#. Для створення елементів графічного дизайну та прототипування гри було використано Adobe Photoshop. Рекламу додано завдяки Unity Ads.

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

### 1.1 Загальна характеристика ігор

Відеогра – це програма, що служить для розваги або навчання людини.. Під час відеогри за допомогою спеціальних програм створюється імітація прямої взаємодії у віртуальному просторі між ігровим персонажем та користувачем або групою користувачів за певним алгоритмом. Спостерігаючи ігрову ситуацію на екрані монітора, гравець впливає на неї за допомогою контролерів.

Комп'ютерні ігри часто створюються на основі сторонніх джерел. Так, наприклад, комп'ютерні ігри як «Call of Cthulhu» та «The Sinking City», створені українською компанією Frogware, були створені за мотивами твору Г. Лавкрафта «Тінь над Іннсмаутом».

Останнім часом існують приклади і зворотного напрямку, коли на основі гри чи ігрової серії починають з'являтися додаткові матеріали. Наприклад, відеогра «Prince of Persia» (1989) надихнула В. Пелевіна, який у 1991 р. написав книгу «Принц Госплана».

За деякими популярними іграми проводяться змагання різних видів масштабності, від регіональних до світових, які називаються кіберспортом. Деякі країни зараховують кіберспорт до офіційного виду спорту, та, наприклад, уряд США у 2011 році визнав комп'ютерні ігри окремим видом мистецтва, поряд із театром та кіно. Зазвичай змагання проводяться в спортивних симуляторах, шутерах або в стратегіях реального часу. Дисциплінами кіберспорту є конкретні ігри. На даний момент дисциплін дуже багато, але найпопулярнішими вважаються “Dota 2” та “Counter-Strike: Global Offensive”, саме з них проводяться наймасштабніші змагання, на яких збираються цілі стадіони глядачів.

У 2012 році українська команда NaVi перемогла у першому міжнародному турнірі The International по грі Dota 2. А український гравець Simple цієї ж команди у грі CS:GO визнаний другим рік поспіль найкращим гравцем у світі.

Комп'ютерні ігри мають настільки значущий вплив на сучасне суспільство, що вже можуть виступати в якості навчального матеріалу або дозволяють використовуватися в науково-дослідних цілях. Таким чином, в деяких європейських навчальних закладах почали використовувати відеоігри для навчання. У школах Швеції гра Minecraft є обов'язковою частиною програми з 2013 року. У Австралії гру використовують під час уроків природознавства, США - вивчення історії.

Використовують методика лише у молодших класах, старшим учням гра не настільки цікава. На початку уроку діти закріплюють вивчений матеріал, а потім виконують завдання у Minecraft. Наприклад, шукають скриню, а щоб її відкрити, вирішують приклади та завдання. Якщо рішення правильне, скриня відкривається, а в ньому - сувій із новим завданням.

Відеоігри можуть бути корисні в тому сенсі, що вони створюють симуляцію дій, але при цьому не несуть будь-якої реальної небезпеки. Наприклад, коли американські повітряні війська вчать своїх пілотів користуватись літаком, що коштує мільйони доларів, природно, що вони не відправляють пілотів відразу ж на злітну смугу. Вони використовують симулятор водіння літака, щоб підготувати пілотів до керування справжньою машиною. Ці віртуальні симулятори призначені для тренувань і підготовки до роботи в реальному світі, при цьому вони попереджають отримання будь-якої шкоди або втрати життя в процесі навчання. Пілот може розбитись у симуляторі, зробити висновки зі своїх помилок та перезапустити програму. Цей процес веде в результаті до високого рівня майстерності в симуляторі, а далі і при керуванні справжнім літаком, на якому пілоти літатимуть у майбутньому. Військові також використовують ігри шутери. Використовуючи тактичні навички, гравці намагаються досягти у грі поставлених перед ними цілей. Це дозволяє військовим показати своїм солдатам, як справлятися з конкретними ситуаціями, не ризикуючи отримати поранення у справжньому бою.

### **1.1.1 Класифікації ігор**

Відеоігри класифікуються за багатьма критеріями: ігровими платформами, операційними системами, жанрами, кількістю гравців, візуальною складовою, стилістикою. Про головні критерії дізнаємося більше.

#### **1.1.1.1 Класифікація за кількістю гравців**

Усі ігри поділяються на одиночні та мультиплеєрні. Саме завдяки цій класифікації встановлюються режими, що будуть присутні у грі.

Одиночна гра – вид гри, яка розрахована на участь однієї людини. Зазвичай гравцю протистоїть штучний інтелект, а його метою є проходження, накопичення ресурсів або прокачування навичок. Часто ці цілі комбінуються.

Іншим видом ігор є мультиплеєрні. Цей режим гри пристосований до гри більше ніж однієї людини. Зазвичай до 64 користувача одночасно по локальній мережі або інтернету. В багатьох іграх одиночна гра та мультиплеєр комбінуються.

Різновидом мультиплеєра є масові онлайн ігри. Це ігри, які використовують лише підключення до інтернету. У більшості таких ігор відсутня одиночна гра. Найчастіше цей спосіб використовується в таких жанрах як настільні та рольові ігри. Серед них розрізняють також ігри, що запускаються в браузері і не вимагають скачування та установки додатку на комп'ютер.

#### **1.1.1.2 Класифікація за платформою**

Виділяють 3 основні типи ігрових платформ: ПК, ігрові консолі чи приставки, мобільні пристрої. Також на підставі кількості платформ, на яких працює гра, існує поділ ігор на багатоплатформні - що вийшли на двох і більше платформах, та на одноплатформні - що вийшли лише на одній платформі (ігри ексклюзиви).

Персональні комп'ютери - це багатофункціональні пристрої, пристосовані для багатьох задач. Ними можуть бути як настільні ПК, так і ноутбуки. Обладнання повинно включати потужну оперативну пам'ять, а також центральний

процесор для обробки даних. Разом з цим комп'ютер повинен мати потужний GPU для ігор із сучасною графікою. До всього, щоб зручно користуватися ПК, до нього потрібна периферія: монітор, клавіатура, комп'ютерна миша, колонки або навушники. До того ж не кожен пересічний користувач у змозі власноруч зібрати ПК з комплектуючих, що є оптимальним рішенням при використанні ПК як ігрової платформи, щоб отримати якомога найкращу збірку під власні потреби з точки зору ціна-якість. Але незважаючи на усі вище перелічені мінуси та складності платформи, з іншої сторони, для продвинутого та розуміючого свої потреби користувача це є гарним рішенням.

Ігрові приставки - це пристрої, створені спеціально для гри у відеоігри. Зазвичай вони постачаються з пристроями введення, такими як джойстик та основний блок, який виконує всі процеси обробки та слугує пристроєм виводу звуку. Їх потрібно тільки підключити до екрана телевізора або монітора, щоб мати змогу грати. Та замість повноцінної ОС, як на ПК, зі складним інтерфейсом та сотнями сторінок, які не стосуються геймінгу, та яку ще потрібно власноруч встановити та настроїти, на приставках інтерфейс обмежений лише тими функціями, що користувач буде використовувати увесь час. Сьогодні на ринку є кілька основних типів консолей. Найпопулярнішими є консолі компанії Xbox та PlayStation.

Мобільні пристрої - це одні із найзручніших платформ для відеоігор, які доступних сьогодні кожному. Ринок переповнений мобільними пристроями, які підійдуть будь-якому користувачеві. Вони можуть бути різного розміру, функціоналу, можливості додавання ігрових аксесуарів та звісно різного цінового діапазону. До мобільної платформи належать всі мобільні девайси, незалежно від виробника чи розміру. Це можуть бути смартфони, планшети, електронні читаті або смарт-годинники. Як зрозуміло з назви, мобільні пристрої компактні та завжди знаходяться при користувачі. Людина в будь-який момент може швидко включити гру і грати в неї одразу на ходу. Що стосується питання ціни - ринок мобільних пристроїв може запропонувати пристрій на будь-який розмір гаманця. Навіть на старому, недорогому мобільному пристрої можуть запускатися

більшість мобільних ігор. А потужність флагманських моделей може позмагатися з представниками ПК та приставок. Також вони є абсолютно автономними, будь-які зовнішні пристрої на відміну від приставок та ПК є скоріше опціональним аксесуаром, що поліпшує користування, аніж обов'язковим рішенням, без якого не обійтись. Цікаво, що смартфони – це не проміжний етап переходу на інші ігрові платформи, як хтось може вважати. Вони стали повноцінною самостійною ігровою платформою. Люди, які грають на смартфоні, не завжди переходять на більш просунуті консолі та ПК. Розробники смартфонів не виходять за рамки своєї частини індустрії, а розробники консолей та ПК – свої.

Беручи все це до уваги, мобільні пристрої служать чудовою ігровою платформою для максимально широкої аудиторії.

### **1.1.1.3 Класифікація за операційною системою**

Ігри можна також класифікувати за підтримуваними операційними системами. З точки зору розробника для збільшення виручки та клієнтської бази користувачів - вигідно підтримувати як можливо більшу кількість операційних систем. Питання у тому чи варто це робити? Чи коштуватиме трата часу, коштів та сил на підтримку менш популярної системи того приросту користувачів чи ні? Тому загалом підтримують обмежену кількість операційних систем, що є перспективними або навіть обов'язковими для максимальної доступності гри користувачам. Підтримувані ОС можуть бути трьох форм-факторів: комп'ютерні, консольні і мобільні. До комп'ютерних належать Windows, Linux та MacOS. До консольних належать XboxOS та PlaystationOS. У мобільних ОС існує велика кількість різних за популярністю, направленістю та брендами ОС, але загалом більшість не є релевантними у питанні ігор або є сумісними з Android-додатками.

iOS - це закрита мобільна операційна система, створена та розроблена компанією Apple Inc. виключно для її обладнання. Вона має другу за величиною базу смартфонів у світі - 19% ринку операційних систем, але найбільший прибуток через агресивну цінову конкуренцію між виробниками на базі Android. Пристрої iPad та Apple TV також працювали на цій ОС до введення нових

окремих у 2019 році. Це основа для інших операційних систем компанії Apple Inc, таких як iPadOS, tvOS та watchOS.

Android - це мобільна операційна система, заснована на модифікованій версії ядра Linux та іншого програмного забезпечення з відкритим кодом, розробленого головним чином для мобільних пристроїв із сенсорним екраном. Наразі використовується також для тв-приставок, автомобільних систем, а іноді і ноутбуків. Android розробляється консорціумом розробників, відомим як Open Handset Alliance і комерційно спонсорується Google. Хоча Android базується на ядрі Linux, він стоїть дещо осторонь Linux-інфраструктури. Базовим елементом цієї операційної системи є реалізація Dalvik віртуальної машини Java, і все програмне забезпечення і застосування спираються на цю реалізацію Java. Програми для Android є програмами в нестандартному байт-кодi для віртуальної машини Dalvik. Google пропонує для вільного завантаження інструментарій для розробки. Для Android був розроблений окремий формат інсталяційних пакетів .apk. У березні 2017 року ОС Android стала найпопулярнішою ОС, з якої виходили в інтернет, конкуруючи навіть з Windows. Взагалі на ринку мобільних пристроїв Android займає впевнене перше місце по кількості базі смартфонів - 78%.

#### **1.1.1.4 Класифікація за жанрами**

Внаслідок того, що критерії приналежності гри до того чи іншого жанру не визначені однозначно, класифікація комп'ютерних ігор недостатньо систематизована, і в різних джерелах дані про жанр конкретного проекту можуть розрізнятися. Проте, існує консенсус, до якого прийшли розробники ігор, і приналежність гри до одного з основних жанрів майже завжди можна визначити однозначно. За основний критерій сучасного розподілу жанрів відеоігор беремо вид активності, який найбільш часто здійснюється в іграх цього жанру. Так ігри в загальному можуть ділитися на три великі групи: ігри дії, ігри контролю та ігри інформації (табл. 1.1).



Ігри інформації: Як зрозуміло з назви, головне в іграх цієї групи - отримання інформації в усіх її проявах. В таких іграх іноді присутній і планування, і динаміка, але інформація в них найважливіше.

Ігри дії: Головне в іграх цієї групи - рухи, які необхідний здійснювати керуючи якимось тілом або технічним засобом.

Ігри контролю: Група «ігри контролю» складається з тих ігор, головна суть яких - планування подій і управління для досягнення переваги в подальшому.

Таблиця 1.1 – жанрова класифікація відеоігор

Категорія	Ігри інформації	Ігри дії	Ігри контролю
Гібридні жанри	Рольова стратегія Рольовий екшен	Масовий екшен Виживання	Реалтайм-стратегія МОБА
5 елементів	Відкрита рольова	Відкритий бойовик	Глобальна стратегія
3 елементи	Рольова гра Сесійна рольова Масова рольова	Бойовик Битва Перегони-битви	Локальна стратегія Непрямого контролю Глобальна військова
2 елементи	Головоломка Пригоди Браузерна рольова Рогалик	Платформер Шпигунський бойовик Поєдинок Перегони	Економічна стратегія Захисні вежі Військова гра Карткова рольова
1 елемент	Навчальна гра Вікторина Новелла Клікер Подорож	Аркада Хорор Стрілялка Спорт Симулятор	Логічні ігри Тактична гра Мікроконтроль Будівництво Симулятор життя
Елементарні жанри	Навчання Загадки Спілкування Роль Вивчення	Збирання Ухиляння Знищення Змагання Водіння	Турбота Створення Контроль Тактика Планування

Існують і ігри, у яких присутні елементи декількох жанрів. У цьому випадку гру зараховують або до одного з жанрів, який є основним, або до декількох, що найбільше виділяються у грі.

Безсумнівно, під впливом розвитку індустрії жанрова відмінність ігор також безперервно еволюціонує. Представлена тут класифікація жанрів не є повною і може доповнюватися та змінюватися з часом. З'являються як нові піджанри, так і цілі окремі напрямки. Одним з таких напрямків є казуальні ігри.

Казуальна гра – це відеогра, яка не потребує великих зусиль для ігрового процесу і призначена для широкого кола користувачів. Вона не вимагає від користувача будь-яких особливих навичок або інструкції для ігрового процесу. Найчастіше час на проходження таких ігор невеликий, тому вони добре підходять для тих, хто не може приділяти грі багато часу. В них грають від випадку до випадку, мимохідь, найчастіше - щоб якимось «вбити» час. Казуальні відрізняються простими правилами та мають прощений інтерфейс. Багато подібних ігор мають також яскраву і привабливу графіку з простою колірною схемою і мінімум тексту. В основному застосовується 2D-дизайн гри. Механіки не вимагають особливих зусиль і майже завжди є нескінченно-зацикленіми. В них можна грати нескінченну кількість часу, що призводить до звикання.

В даний час для визначення таких ігор не має чітких меж і до казуальних відносять ігри, дистрибутивні яких відносно невеликі розміром, є безкоштовними і поширюються так, щоб їх було легко завантажити і відразу розпочати ігровий процес.

Часто казуальні ігри обговорюються як бізнес-модель, а не повноцінний жанр мобільних ігор, так як такі ігри дешеві в розробці та легкі в дистрибуції.

#### **1.1.1.5 Класифікація за системою монетизації**

Ще один важливий критерій класифікації ігор, крім жанрової приналежності це інтегровані в них системи монетизації. Те, що розробники хочуть отримувати прибуток від своєї роботи – це природно, і вибирають вони для цього різні способи.

За системою монетизації ігри бувають:

- платні. Покупець платить за копію гри один раз, отримуючи повний обсяг контенту. Можливе придбання нових доповнень;
- умовно-безкоштовні. Частина ігрового контенту надається безкоштовно, якщо гравець хоче отримати більше – платить;
- з періодичної підпискою. Щоб мати доступ до гри, потрібно регулярно оплачувати підписку (раз на місяць або рік). При цьому, поновлення та доповнення до таких ігор, частіше за все, доступні безкоштовно;
- безкоштовні з внутрішньоігровими покупками. Такі ігри умовно безкоштовні, але, зазвичай, щоб мати можливість на рівних змагатися з іншими гравцями, доводиться платити. У деяких подібних іграх внутрішньоігрові покупки настільки необхідні, що їх часом називають Pay-To-Win (плати, щоб перемагати);
- безкоштовні з внутрішньоігровою рекламою. В таких іграх можуть показуватися рекламні оголошення 3 типів: відео із винагородою (коли ці рекламні ролики проглядаються, гравець нагороджується внутрішньоігровими нагородами), банерна реклама (реклама, що знаходиться зазвичай у нижній частині екрана користувача), міжсторінкові оголошення (рекламні оголошення, що відображаються між ігровими сеансами).

## **1.2 Аналіз ринка мобільних ігор**

Ні для кого не секрет, що ринок мобільних ігор процвітає. За останні пару років ми бачили, як мобільні ігри б'ють рекорди та заробляють мільярди. Зростаюче проникнення смартфонів і технологічний прогрес із дедалі більшим впровадженням нових технологій для розробки ігор є основними факторами розвитку індустрії мобільних ігор.

Все більше і більше гравців використовують мобільні пристрої для ігор. Це зручно, просто і весело. Крім того, він дозволяє гравцям грати в ігри, де б вони не були, чого не можна сказати про настільні комп'ютери чи консолі. За останні кілька років апаратні можливості смартфона стрімко зросли. За даними Unity Technologies, кращі мобільні чіпсети забезпечують більшу продуктивність при меншому розрядженні акумулятора та забезпечуючи вищу роздільну здатність на екранах невеликих розмірів.

Оскільки більшість країн у всьому світі закриті для контролю поширення вірусу COVID-19, спостерігається значне зростання споживання цифрових розваг, зокрема мобільних ігор. Основні постачальники ігор засвідчили значне зростання завантажень різних типів мобільних ігор на ринках. «У низці компаній справи пішли навіть краще, ніж до карантину. Кількість вакансій в геймдев індустрії у квітні зросла на 11%» [6, с. 38].

Бізнес-модель значно змінилася за останні декілька років. Через цього споживачі купують менше різних додатків, але значно зріс час, який користувачі Android щотижня проводять за мобільними іграми.

### **1.2.1 Загальна статистика мобільних ігор**

За оцінками Newzoo, мобільні ігри принесли \$93,2 млрд у 2021 році, що на 7,3% більше, ніж у минулому 2020 році. За даними аналітика Variety глобальний касовий дохід у 2021 році склав 21,4 мільярда доларів, а за даними The Business Research Company світовий ринок музичних записів приніс близько 57,05 мільярдів доларів доходу в тому ж році. Іншими словами, лише мобільні ігри принесли більше річного доходу, ніж музична та кіноіндустрія разом узяті. Давайте подивимося на додаткові статистичні дані.

- у 2021 році у світі налічувалося 3,9 мільярда користувачів смартфонів;
- витрати на мобільні ігри досягли 116 мільярдів доларів у 2021 році – на 16 мільярдів більше, ніж у 2020 році;
- витрати гравців досягнуть 138 мільярдів доларів до 2025 року;

- Китай, Сполучені Штати та Японія були трійкою найбільших ринків у 2021 році за доходами від мобільних ігор. Їх дохід склав 56 мільярдів доларів, 43 мільярди доларів та 20 мільярдів доларів відповідно;
- Китай, Індія та Сполучені Штати були трійкою лідерів ринків у 2021 році з точки зору завантажень, 98 мільярдів, 26 мільярдів та 12 мільярдів завантажень відповідно;
- у 2021 році утримування користувачів за грою показало зростання на 35% і досягло показників більше 5 млрд годин на тиждень;
- у 2021 році гравці завантажили 82,98 мільярда мобільних ігор;
- казуальні ігри становлять 78% усіх завантажень мобільних ігор, а також генерують 23% загального доходу;
- дохід Google Play продовжує зростати швидше, ніж дохід iOS App Store – від 6% до 13,2%;
- очікується, що до 2025 року 71% доходу Google Play буде надходити від мобільних ігор.

За даними AppAnnie State of Mobile найкращими піджанрами мобільних ігор 2021 року за завантаженнями стали:

- екшен (казуальні) – 4,01 млрд;
- головоломка (казуальні) – 3,78 млрд;
- симулятори (казуальні) – 3,15 млрд;
- діти (інше) – 2,57 млрд;
- гонки (симулятори) – 1,63 млрд;
- .io (казуальні) – 1,41 млрд;
- ранери (екшен) – 1,20 млрд;
- симулятори спорту – 1,10 млрд.

Останні дані показують, що казуальні ігри були жанром номер один за завантаженням у 2021 року. У загальному жанрі найпопулярнішими були екшен, головоломки та симулятори.

Судячи з цієї статистики, очевидно, що ринок мобільних ігор продовжить зростати в 2022-2023 році.

### **1.2.2 Аналіз тенденцій індустрії мобільних ігор**

2021 рік став насичений подіями і рекордним роком для ігрової індустрії. Щоб підготуватися до 2022 та наступних років, виділимо декілька основних тенденцій, на які варто звернути увагу.

1. Play-to-earn зростає. Play-to-earn (P2E) є новою бізнес-моделлю. Ігри P2E, розроблені за допомогою технології блокчейн, дозволяють гравцям отримувати реальний дохід у крипто-гаманці - вони навіть можуть перепродати свої активи, коли захочуть.

З моделлю безкоштовної гри або плати за гру користувачі витрачають віртуальну валюту на оновлення, підвищення прогресу, скіни персонажів тощо, але валюта не має цінності за межами гри. Отже, коли користувач перестає грати, валюта зникає.

З іншого боку, за допомогою моделі P2E користувачі купують або заробляють валюту та ресурси, якими вони можуть торгувати або продавати іншим гравцям. Поза межами гри ці активи можна продати за криптовалюту, яку потім можна конвертувати в фіатні гроші.

Деякі ігри вже освоїли модель P2E. Насправді, добре відомий додаток на основі NFT, який дозволяє користувачам купувати та продавати персонажів, став важливим джерелом доходу для багатьох людей.

Крім того, очікується, що ця модель буде розвиватися з розвитком таких технологій, як доповнена реальність і 5G. З розповсюдженням 5G, який надасть більш високу швидкість інтернету очікується, що рекламні відео підвищать якість і залучення.

Незважаючи на те, що P2E все ще знаходиться на ранній, у компанії, що займаються ігровими іграми на блокчейні, надходять значні інвестиції, і простір буде розширюватися та значно розвиватися в 2022 році.

2. Побудова бренду – це головне. Не секрет, що зміни конфіденційності створили нові проблеми для залучення мобільних користувачів. Створення бренду та спільноти навколо додатка є як ніколи важливим для збільшення встановлень та покращення утримання.

Ймовірно, розробники також почнуть приділяти більше часу та ресурсів створенню онлайн-спільнот через інфлюенсерів або пряму трансляцію на таких платформах, як YouTube або Twitch. Підтримка залучення користувачів де-небудь, окрім самої гри, життєво важливо в сучасних умовах.

Деякі розробники вже почали покращувати залучення користувачів за допомогою створення бренду гри та комунікаціями з аудиторією.

3. Більше компаній, які займаються іграми. Великі розважальні компанії та великі технологічні гіганти експериментували з іграми минулого року, заінтриговані розміром ринку і широким охопленням галузі.

Apple Arcade і Google Play Pass — це доступні бібліотеки мобільних ігор на основі підписки. Хоча ігровий підрозділ Amazon існує вже деякий час, у минулому році він випустив свій перший хіт десятиліття MMO «New World».

Коли на ринок виходить безліч додатків, ті, хто орієнтований на економіку уваги, шукають способи виділитися, отримати конкурентну перевагу і утримати користувачів. Іншими словами, бути лідером в іграх стає перспективним варіантом.

4. Зміна динаміки в екосистемах магазину. Економіка додатків стає все більш демократизованою, завдяки справі Apple проти Epic Games.

Epic вважав, що Apple має занадто великий контроль над своїми розробниками додатків, тому вони запропонували універсальний магазин додатків, який отримуватиме нижчі комісії. Завдяки боротьбі сьогодні розробники можуть спрямовувати користувачів на свої персональні сайти, щоб збирати платежі за підписки або покупки в додатку, замість того, щоб платити через App Store разом з комісією. Тим часом Google недавно знизив комісію за підписку до 15%.

Напруга між магазинами та розробниками також спостерігається на ринку ПК. Steam, наприклад, заборонив технологію блокчейн, включаючи NFT, для ігор на своїй платформі. Epic Games, з іншого боку, відкриває свої двері для NFT і криптовалют.

У майбутньому ми, ймовірно, побачимо більше демократизації економіки додатків, спровокованої деякими з найбільших світових розробників, що потенційно призведе до нових моделей розповсюдження додатків.

5. Зростання метавсесвіту. Минулого року метавсесвіт стало популярним словом. У 2022 році ігри переплітаються з метавсесвітом, створюючи більш інноваційний ігровий досвід, як наприклад, концерти в Fortnite. Великі бренди також беруть у цьому участь та розробляють власні ігрові світи, наприклад Nikeland у Roblox. За підтримки інфраструктури метавсесвіту та за рахунок надходження грошей інвесторів з'являться стартапи, які нададуть користувачам ресурси для створення метавсесвіту, наприклад, створення реалістичних аватарів. Також буде більше криптовалютних і NFT-розробок і нових способів використання цих активів.

2022 рік, ймовірно, стане роком, коли метавсесвіт стане зрозумілішим для суспільства, і це, безумовно, тема для спостереження.

6. Поглинання компаній. Протягом останніх 5-10 років ігрова індустрія поступово зростала, частково завдяки появі високотехнологічних рішень для підтримки екосистеми ігрових технологій.

У міру того, як галузь розвивалася завдяки своїм інструментам, гіганти галузі почали купувати дрібніші компанії з потужними рішеннями, щоб розширити свої пропозиції та стати єдиною платформою для розробників, щоб керувати своїм бізнесом додатків та розвивати його.

Наприклад, компанія Microsoft у 2023 здійснює найбільшу покупку у своїй історії та історії відеоігрової індустрії: за 68,7 мільярда доларів буде придбаний розробник і видавець Activision Blizzard. У 2016 році ігрова компанія Ubisoft придбала Ketchapp (одного з ініціаторів казуальних ігор). У 2017 році Goldman



Sachs інвестував 200 мільйонів доларів у компанію Voodoo, яка займається розробкою казуальних ігор.

У 2022 році ми можемо очікувати багато нових об'єднань та поглинання.

### **1.3 Аналіз існуючих розробок**

Відеогра «три в ряд» — це тип відеоігри-головоломки, де ігровий світ складається з таблиці або сітки елементів, а завданням гравця є маніпулювання елементами таким чином, щоб збіглися задані грою шаблонні комбінації, і після виконання умови зібрані елементи зникають. У багатьох іграх на підбір плиток цим критерієм є розміщення заданої кількості плиток одного типу так, щоб вони прилягали один до одного. Часто це число дорівнює трьом, через що гра і називається «три в ряд».

Основна задача ігор зі збігом плиток — це складання візерунків на хаотичній дошці. Їхнє походження лежить в іграх-головоломках 1980-х років, таких як Tetris , Chain Shot! (SameGame) і Puzznic . Першою грою, яка згодом стала відома як гра «три в ряд», метою якої є створення кластерів із трьох або більше однакових елементів на сітці, була Шарики (1994). У 2000-х роках стали популярними ігри зі збігом плиток у формі казуальних ігор, які розповсюджувалися або в які грали через Інтернет. Це призвело безпосередньо до успіху гри Bejeweled, яка стала серією і надихнула на створення подібних ігор, включаючи Zoo Keeper, Big Kahuna Reef, Jewel Quest та Chuzzle (2005 р.). Tidalis (2010) розвинув ідею, додавши 20 ігрових режимів і поставивши перед собою мету створити максимально довгий ланцюжок кольорів, що збігаються. Вони залишалися популярними з тих пір, коли гра Candy Crush Saga стала найпопулярнішою грою на Facebook у 2013 році. Механіка підбору плиток також стала другорядною особливістю в деяких великих іграх.

Ранні ігри-головоломки, такі як тетріс, були розраховані на час, тобто постійно додавали нові плитки, і гравець був змушений складати збіги до того, як

ігрове поле заповниться. Швидкість додавання плитки часто збільшувалася, щоб ускладнити завдання у довготривалих іграх.

Покрокові ігри, в яких нові плитки додаються тільки після того, як гравець зробив хід, раніше були винятком, хоча гра 1985 Chain Shot! вже був тимчасовий режим. У режимах без урахування часу гравець може продовжувати проводити матчі доти, доки вони не стануть неіграбельними, і в цьому випадку гра вважається закінченою. Додавання до Bejeweled режиму без спливаючого часу було невід'ємною частиною успіху цієї гри, а також одним з найважливіших факторів, що вплинули на наступні ігри, оскільки вони зробили гру більш доступною для менш досвідчених гравців.

З появою Candy Crush Saga почали виходити ігри з рівнями з обмеженою кількістю ходів. При цьому перед гравцем може стояти завдання набрати певну кількість очок або зібрати достатню кількість плиток певного кольору до того, як закінчатся ходи, інакше доведеться знову проходити рівень.

Гра Bejeweled популяризувала механіку заміни плитки, у якому плитки можна переміщати, змінюючи положення двох сусідніх плиток (рис. 1.1). Ця механіка управління в три в ряд досі є однією з найпоширеніших. 63% від ігор Match-3 в топ-500 найприбутковіших проєктів на IOS у Сполучених Штатах дотримуються цієї традиційної механіки.



Рисунок 1.1 – Демонстрація геймплею в Bejeweled

Другим часто використовуваним методом маніпулювання є стрільбі. Як передбачається з назви, в цих іграх елементи підбираються за допомогою стріляючих бульбашок або плиток (рис. 1.2). Він вимагає зорово-моторної координації, на додаток до навичок розпізнавання образів, і робить стиль гри більш безладним. Ігри як Panda Pop, Bubble Witch 3 Saga є хітами в цьому типі. Однак, навіть така, друга за популярністю механіка три в ряд, становить лише 16% від топ-500 прибуткових ігор Match-3.

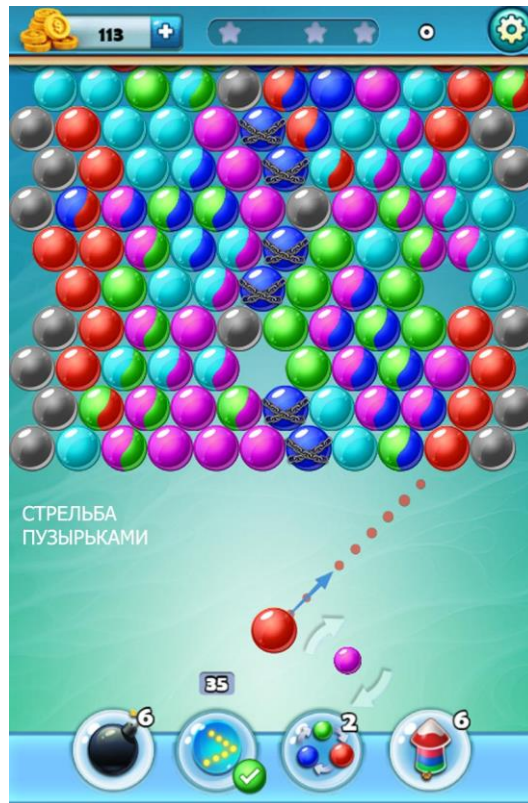


Рисунок 1.2 - Демонстрація геймплею в клоні Panda Pop

Третім є руйнування – це популярна механіка Match-3 у таких іграх як Pet Rescue Saga та Toy Blast (рис. 1.3). У цьому варіанті гравці натискають на блоки одного кольору, які знаходяться поруч. При натисканні блоки зникають, а блоки, що залишилися, руйнуються, щоб заповнити порожній простір. 11% від топ-500 прибуткових проектів мають цю механіку.



Рисунок 1.3 - Демонстрація геймплею в Toy Blast

Останній тип механіки – це об'єднання. Це ігри, де ти поєднуєш шматочки за їх типом, малюючи по ним лінію. Ця механіка присутня в таких іграх як Best Fiends, Line Disney Tsum Tsum або Two Dots (рис. 1.4). Близько 10% ігор Match-3 із топ-500 прибуткових проєктів використовують подібну механіку.

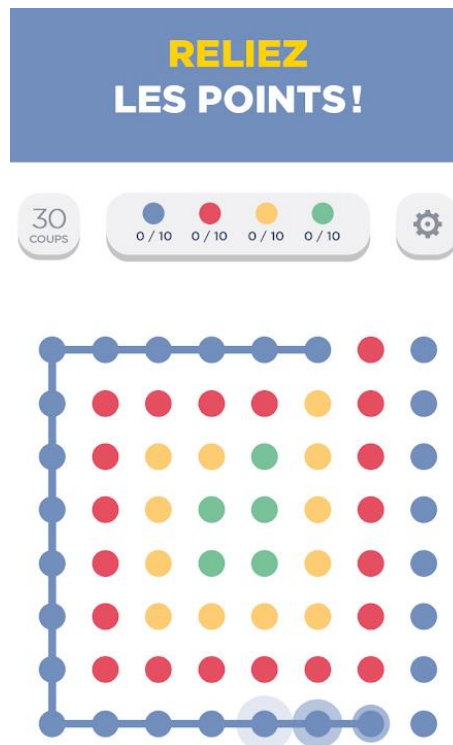


Рисунок 1.4 - Демонстрація геймплею в Two Dots

Таким чином, перший метод, який допускає ті рухи, які створюють збіг, призводить до більш стратегічного, вдумливого стилю гри та займає перше місце в популярності та прибутковості серед інших механік.

На рахунок заповнення сітки новими елементами, в одних іграх плитки випадають випадковим чином, в інших - за алгоритмами. У більшості ігор нові плитки додаються на дошку випадково, або по черзі, або в режимі реального часу.

Гравець повинен постійно видаляти додані плитки шляхом співвіднесення. Гра може закінчитися програшом, коли ігрове поле заповнене плитками і більше

немає можливих збігів. Отримати перемогу гравець може коли набере задану кількість очок або набере задану кількість співвідношень елементів за типом.

Всі вище переглянуті розробники три в ряд використовують рекламу як основний спосіб монетизації своїх ігор. Платні ігри продавати досить важко та вони не підходять під концепцію казуальних ігор – швидкого та легкого отримання дистрибутива, щоб якомога швидше почати грати. Всередині додатків покупки роблять лише до 5% користувачів, так що реклама залишається одним з найкращих методів заробітку.

Для більш детального порівняння аналогів було обрано випадкову одну нових опублікованих ігор жанра три в ряд в Google Play. Гра називається Magic Match. На сторінці маркету вона описується як «Збирайте магичні предмети. Зіставляйте їх в ряд з трьох та більше». Вона має класичну механіку свайпа елементів. Перейшовши з головного екрану гри до сторінки вибору рівня, бачимо, що рівні заблоковані, а відкриваються вони після успішного проходження попереднього рівня (рис. 1.5). Можна гортати сторінки з рівнями, але відсутня кнопка для повернення на головну сторінку гри.



Рисунок 1.5 – Сторінка вибору рівня в Magic Match

Перше, що відбувається після початку гри – елементи можуть згенеруватися так, що ще не зробивши жодного ходу, на дошці є збігання і нараховуються очки. Для успішного проходження рівня потрібно зіставити певну кількість всіх елементів дошки. Для обмежування гри є таймер. Для полегшення гри час від часу на дошці генеруються елементи, при зіставленні яких на таймері додається кількість доступного часу. Можна побачити, що елементи інтерфейсу погано розташовані та наступають один на одного (рис. 1.6). В цілому, графіка гри має застарілий вигляд, домінацію темної кольорової палітри, що зовсім не підходить під концепцію розважальної казуальної гри.



Рисунок 1.6 – Сторінка ігрового матчу в Magic Match

Після успішного завершення рівня показується повноекранна реклама, лише після перегляду та закриття якої з'являється інформаційна панель зі статистикою проходження (рис. 1.7). Після програшу аналогічно показується реклама, потім з'являється інформаційна панель, яка повідомляє про поразку.

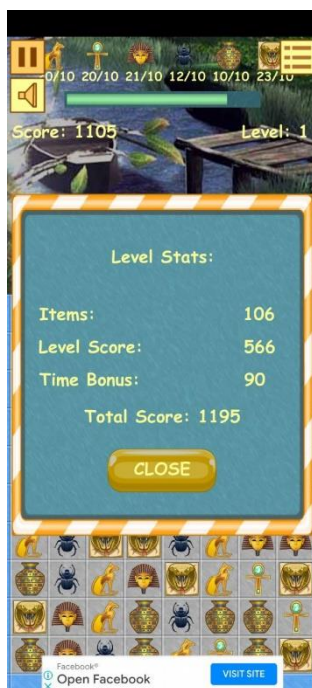


Рисунок 1.7 – Панель статистики в Magic Match

При натисканні кнопки «CLOSE» в обох випадках гра не переводить гравця на головну сторінку гри, а одразу починає гру на наступному або на присутньому рівні, в залежності від результатів попереднього матчу. Це дуже незручно.

Також на всіх рівнях однаковий розмір ігрової дошки та кількість типів елементів. Це робить гру більш одноманітною.

З особливостей гри можна виділити можливість гравцем змінювати тему гри: в наявності присутні 7 шаблонів різних стилістів (рис. 1.8). Нажаль, змінюються лише ігрові елементи, без фонового зображення та елементів інтерфейсу.





Рисунок 1.8 – Шаблони стилів гри Magic Match

#### 1.4 Аналіз потенційної аудиторії користувачів

Аналізуючи соціологічне дослідження серед споживачів мобільних ігор, проведене видавцем ігор Alawar Entertainment разом із TOY-Opinion, було виділено певні характеристик цільової аудиторії споживачів мобільних ігор.

Середній вік мобільних геймерів становить 36,6, гендерний розкол становить 53,6% жінок, 46,4% чоловіків, а третина всіх гравців має вік 32-50 років. Ядром цільової аудиторії споживачів мобільних ігор є жінки віком 20-39 років. Окрему групу становлять жінки старше 40 років, які є найактивнішими споживачами саме казуальних ігор.

Основними причинами, через які люди віддають перевагу конкретно казуальним іграм, є бажання відпочити, можливість зайняти вільний час, або відволіктися від повсякденних справ. Ігри стають чимось на зразок періодичного розваги, аналогічного телевізору. Коло інтересів змінюється і людина стає стовідсотково орієнтована на сім'ю: грати довгі сесії у них просто немає можливості, як і грати з чіткою періодичністю, щоб стежити за сюжетом складної

гри. В основному, за іграми користувачі проводять 20-60 хвилин щодня. Переважна більшість користувачів надають перевагу грати в казуальні ігри вдома.

Найчастіше при виборі гри для скачування цільова аудиторія орієнтується на жанр гри, наявність чіткого та зрозумілого опису та галереї скріншотів.

Найбільш популярними жанрами казуальних ігор цільової аудиторії є головоломки, «пошук предметів» та квести.

## **1.5 Висновки до розділу 1**

У рамках першого розділу даної дипломної роботи ми оглянули та проаналізували класифікації ігор, ринкові показники та тенденції ігрової індустрії, провели детальний аналіз ігор три в ряд та оцінили потенційну аудиторію користувачів.

Сьогодні ігрова індустрія не лише знаходиться на історичному піку популярності, а й доступна для кожного. Відеоігри щільно влились до нашого нинішнього життя. Сфера їх використання за останні роки продовжує зростати, ігри використовують не тільки для розваг, але й для навчання та проведення наукових досліджень.

Після ретельного аналізу класифікацій ігор та ринку індустрії, було прийнято рішення розробити казуальну гру у жанрі три в ряд. Казуальні ігри займають топи популярності серед користувачів, а також приносять великі прибутки. В якості мобільної платформи було обрано операційну систему Android. Ігри жанру три в ряд мають зрозумілу та просту механіку, яка не вимагає особливих зусиль і є нескінченно-зацикленою. В них можна грати нескінченну кількість часу, що призводить до звикання та утримання користувача за проектом. Казуальна гра не потребує великої кількості людей та ресурсів для розробки. Головним методом переміщення в грі буде свайп з сусіднім елементом. Хоч гра матиме безкоштовне поширення, вона зможе приносити прибуток за рахунок показу внутрішньоігрових міжсторінкових реклам.

## РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ЗАСОБІВ РОЗРОБКИ

### 2.1 Загальні відомості про ігрові двигуни

Ігровий движок - це середовище розробки програмного забезпечення, яке також називають ігровою архітектурою з налаштуваннями та конфігураціями, які оптимізують і спрощують розробку відеоігор на різних мовах програмування. Ігровий двигун також може посилатися на інструменти розробки, що використовують цю структуру. Як правило, воно включає відповідні бібліотеки та програми підтримки з інструментами і функціями для розробки ігор.

Основні функції, які зазвичай надаються ігровим механізмом, можуть включати:

- механізм рендеру - візуалізації 2D та 3D графіки;
- фізичний механізм, який відповідає за достовірну симуляцію фізичних тіл;
- звуковий механізм, який керує звуковими ефектами;
- двигун анімації;
- штучний інтелект, який дозволяють розробнику створити ілюзію інтелекту в поведінці ігрових персонажів, що контролюються комп'ютером;
- мережевий механізм, який відповідає за взаємодію гравця та сервера між собою в онлайн грі;
- потокове передавання, потокова підтримка;
- керування пам'яттю;
- підтримка локалізації;
- сценарії, графік сцени;

Ранні відеоігри були розроблені з власними механізмами візуалізації, кожен спеціально розроблений для однієї гри. З часом ігрові движки еволюціонували від запатентованих власних двигунів до комерційно розроблених движків, які сьогодні широко доступні. Розробники ігор можуть спростити та прискорити

процес розробки ігор, використовуючи комерційно розроблені ігрові движки для створення нових ігор, повторно використовуючи/адаптуючи, значною мірою, той самий ігровий движок для виробництва різних ігор або розширення існуючих ігор на додаткові платформи.

## **2.2 Огляд ігрових двигунів**

В даний час існує величезна кількість різних ігрових двигунів. Основні їх відмінності полягають в підтримуваних мовах програмування, функціональності і, що не менш важливо, в вартості ліцензії. При виборі середовища розробки основна увага буде приділена саме цим параметрам.

### **2.2.1 Unreal Engine 4**

Одним з найпопулярніших і широко використовуваних ігрових движків є Unreal Engine, який належить Epic Games. Це багатоплатформний движок для розробки ігор, розроблений для компаній будь-якого розміру, який допомагає використовувати технології реального часу для перетворення ідей у привабливий візуальний контент.

Оригінальна версія була випущена ще в 1998 році, а через 24 роки вона продовжує використовуватися для деяких з найбільших ігор. Сильна сторона Unreal Engine полягає в його здатності бути достатньо модифікованим, щоб ігри можна було перетворити на дуже унікальний досвід. Однак для цього потрібні кваліфіковані розробники з великим досвідом.

UE4 підтримує створену Epic Games систему візуального програмування на двигуні, що має назву Blueprint. Blueprint є скриптованою мовою для визначення якої можна використовувати об'єктно-орієнтований клас чи об'єкт. Редактор Blueprint потужна і гнучка система, тому що дає право новим користувачам та художникам використовувати більшість можливостей для створення концепцій та інструментів, які як правило мають лише програмісти. Для написання коду гри використовується мова програмування C++. Деякі потужні компанії

використовують різні технології Unreal Engine як головну основу для створення власного ігрового двигуна. Для спрощення портування двигуна використовується модульна система залежних компонентів та підтримуються різні системи рендера та звуку.

З плюсів даного ігрового двигуна можна відмітити наступне:

- система візуального програмування Blueprint дозволяє користувачам створювати прототипи гри;
- націленість на масштабні проекти;
- доступ до вихідного коду;
- велика кількість доступних асетів та плагінів в Unreal Marketplace та Quixel Megascans. Також компанія Epic Games щомісяця роздають деякі платні асети та плагіни безкоштовно;

Серед мінусів двигуна можна вказати декілька недоліків:

- високий поріг входження для розробників ігор. Без огляду на те, що Blueprint спрощує розробку, все ж для простої людини цей ігровий двигун буде являтися занадто складним через дуже широкий функціонал, що надає Unreal Engine 4 для розробників;
- багато розробників скаржаться на мізерну та застарілу документацію з вузькоспеціалізованих тем;
- двигун орієнтований на складні ігри з сучасною 3D графікою.

З 3 березня 2015 року Unreal Engine 4 став безкоштовним, але якщо щоквартальний прибуток компанії розробника перевищує 3000 доларів, то необхідно передавати компанії Epic Games 5% від прибутку з продажів гри.

### **2.2.2 Unity**

Unity - засіб для розробки двомірних і тривимірних ігор, що є одним з найбільш популярних на сьогоднішній день ігрових двигунів. Реліз ігрового двигуна прийшов на 2005 рік, і з тих пір він постійно розвивається. Завдяки універсальному редактору Unity сумісна з Windows, Mac, Linux, IOS, Android, Switch, Xbox, PS4, Tizen. Є можливість створювати додатки для запуску в

браузерах за допомогою спеціального модуля Unity Web Player, а також за допомогою реалізації технології WebGL. Останні версії Unity дозволяють створювати додатки для окулярів віртуальної реальності. Загалом налічується підтримка випуску більше ніж на 20 різних платформ.

Зручний інтерфейс полегшує розробку та зменшує потребу в навчанні. Редактор Unity має простий Drag & Drop інтерфейс, який легко налаштовувати, що складається з різних вікон, завдяки чому можна проводити налагодження гри прямо в редакторі. Розрахунки фізики здійснює фізичний двигун PhysX від Nvidia.

Проект в Unity ділиться на сцени - окремі файли, що містять свої ігрові світи зі своїм набором об'єктів, сценаріїв і налаштувань. Сцени можуть містити в собі як об'єкти, які в свою чергу містять набори компонентів, з якими взаємодіють скрипти.

Універсальний редактор Unity пропонує новітні та найкращі інструменти для розробки, видання та монетизації двовимірних ігор. Робота зі спрайтами: імпорт спрайтів та автоматичне вирізання їх з атласів; управління масштабуванням та стисненням для оптимізації та мультиплатформенності; сортування слоями. Анімація: монтаж та криві для анімації; анімація будь-якого атрибута у грі. Робота з 2D-фізикою: фізика Box2D; набір жорстких тіл та колайдерів; визначення поведінки з Physics Materials; зміна форми колайдерів з Polygon Colliders. Ефекти: освітлення спрайтів; системи частинок зі спрайтами.

Unity має багато головних плюсів:

- в редакторі двигуна застосовується компонентно-орієнтований підхід, завдяки цьому розробник може створювати об'єкти і додавати в них різні компоненти двигуна;
- легкий для використання Drag and Drop інтерфейс графічного редактора дає право ставити об'єкти в сцену в режимі реального часу з можливістю тестування результату;

- наявність Unity Asset Store - понад 15 тисяч безкоштовних та платних рішень для будь-якої гри (моделі, аудіо, анімації, скрипти, розширення тощо);
- нативні можливості для додавання реклами, покупок, аналітики в реальному часі;
- можливість розробника гри за хвилину змінити платформу;
- двигун розвивається з урахуванням мінімізації вимог до обладнання та розміру білдів, що критично для мобільної розробки;
- націленість на 2D ігри;
- швидка техпідтримка та докладна документація.

Серед мінусів двигуна можна вказати один недолік: при створенні складних сцен з великою кількістю компонентів двигун негативно впливає на оптимізацію гри.

Для написання коду в Unity використовується мова програмування C#.

Unity поширюється безкоштовно, але крім безкоштовної, існують ще три версії: Plus, Pro та Enterprise. В безкоштовній версії двигуна існують деякі невеликі обмеження, скажімо, перед запуском вашої гри буде демонструватись логотип компанії Unity та дохід від вашої гри не повинен бути більше ніж 100000 доларів в рік. Інакше потрібно буде придбати Pro версію за 125\$ в місяць.

Для розробки мобільної гри Unity буде ідеальним рішенням. Unity вже давно асоціюється з інді іграми, тому що більшість незалежних розробників вибирають саме цей двигун як основу для майбутнього проекту. Це підтверджується домінуванням Unity серед розробників мобільних ігор: 71% програм на мобільному ринку створено на Unity; 50% ігор (від загальної кількості проектів на ПК, консолях та мобільних пристроях) створено на Unity.

Також він має велику кількість плагінів для використання важливих нативних можливостей мобільних платформ: реклама, внутрішні покупки, аналітика, ігрові центри і т.д. Якщо хочеться розробити саме 2D гру, Unity теж буде прекрасним вибором, тому що саме у нього найбільше засобів для створення

двовимірних ігор, хоч Unreal Engine 4 останнім часом і намагається заманити розробників мобільних додатків.

### **2.3 Середина розробки програмного забезпечення**

Оскільки для розробки гри було обрано ігровий двигун Unity, реалізація програмного коду в ньому відбувається за допомоги Microsoft Visual Studio.

Microsoft Visual Studio - це серія продуктів фірми Microsoft, які містять інтегроване середовище розробки програмного забезпечення та низку інших інструментальних засобів. Visual Studio включає у себе редактор вихідного коду та має можливість рефакторінгу. Він дає змогу розробляти як консольні програми, так і програми з графічним інтерфейсом.

Unity інтегрується з Microsoft Visual Studio через пакет редактора коду для Visual Studio. Цей пакет попередньо встановлюється під час встановлення Unity. Якщо Visual Studio встановлена під час встановлення Unity, тоді Unity використовує Visual Studio для відкриття та редагування скриптів за замовчуванням. Unity також використовує компілятор Visual Studio C# для компіляції скриптів. Коли використовується пакет Visual Studio Editor в ігровому двигуні, Unity і Visual Studio відображають відомості про всі помилки в коді.

Visual Studio є зручним інструментом програмування та відмінно підходить для написання коду для ігрового двигуна Unity.

### **2.4 Інструмент монетизації**

Створений провідним движком мобільних ігор, Unity Ads надає комплексну систему монетизації для гри. Це спрощує рекламу, покупки в додатку та аналітику, використовуючи передові технології машинного навчання, щоб максимізувати дохід розробника, зберігаючи при цьому чудовий ігровий досвід гравця. У всьому світі ігрові студії використовують Unity Ads.



Охоплення реклами – 1 млрд користувачів по всьому світу. Дозволяється запускати різні формати реклами - від відео з винагородою до міжсторінкових оголошень. Ролики інтегруються у всередину додатків розробників.

У платформу вбудована система самонавчання. Вона показує оголошення максимально відповідним гравцям. Як результат – розробники ефективно монетизують свої програми, а рекламодавці залучають якісний трафік.

Представники рекламної мережі обіцяють найвищий показник середнього прибутку від користувача (ARPU). На практиці, дійсно, ARPU за свіжими пропозиціями більше, ніж у інших сіток.

Діють такі моделі оплати:

- CPI – за скачування;
- CPV – за перегляди.

Дозволені типи трафіку:

- мотивований;
- не мотивований.

Підтягування статистики може зайняти до 7 днів та/або 5000 повних переглядів відео.

Плюси Unity Ads:

- проста реєстрація;
- вказано середній розмір вартості кліка/перегляду кожної країни;
- є своя SDK;
- можливість інтегруватися з ще не опублікованими програмами;
- єдиний API для впровадження вбудованих покупок додатків у всіх популярних магазинах;
- служба підтримки відповідає протягом півгодини.

З мінусів можна виділити довге оновлення статистики.

## 2.5 Інструмент створення графічного дизайну

Створення будь-якого додатку потребує великої кількості графіки: картинок, іконок, фонових зображень. Створення гри у свою чергу потребує ще більшої кількості візуальних об'єктів: спрайтів персонажів, предметів, текстур, фонів, елементів інтерфейсу. Далі буде розглянуто найпопулярнішу універсальну програму для вирішення подібних проблем.

Adobe Photoshop - програмне забезпечення для створення та обробки і ретушування зображень, виготовлене компанією Adobe. Він використовується на комп'ютерах з ОС Windows або MacOS. Photoshop став стандартом для управління растровими зображеннями. Растрові зображення складаються з сітки точок, званих пікселями. Цікавість цих зображень полягає у відтворенні тонких градацій кольорів.

Основними функціональними можливостями програми є:

- дизайн виділених елементів у різних режимах, що дозволяє з великою точністю вибирати частини зображення, що підлягають модифікації;
- безліч інструментів, що дозволяють обрізати зображення повністю, або частково для редагування;
- робота зі слоями, що дозволяє компоувати різні зображення в
- створення різноманітних масок, що дозволяють виконувати операції між різними візуальними елементами;
- багато фільтрів, що дозволяють створювати спецефекти.

Це найпопулярніший програмний інструмент для редагування і маніпуляцій із зображеннями та ретуші для багатьох форматів файлів зображень. Інструменти Photoshop дозволяють редагувати як окремі зображення, так і великі партії фотографій.

Adobe Photoshop є важливим інструментом для веб-розробників, графічних дизайнерів, фотографів та творчих професіоналів.

У Photoshop можна створювати макети веб-сайтів, а їх конструкції можна допрацьовувати до того, як розробники приймуть етап кодування. Окрему графіку можна створювати та експортувати для використання в інших програмах.

Adobe Photoshop може зберігати або експортувати зображення та графіку у різноманітних форматах файлів.

Зображення можуть містити лише пікселі, тоді як інші можуть містити суміш пікселів та векторів. Деякі формати файлів також використовують методи стиснення для зменшення розміру зображення, а деякі варіанти стиснення навмисно видаляють дані, щоб зменшити розмір файлу. Для збереження всіх функціональних можливостей Adobe Photoshop, включаючи ефекти, маски та шари, використовується формат файлу Photoshop PSD.

Розроблений спеціально для комп'ютерів, Photoshop є кросплатформним, оскільки доступний як у Windows, так і в MacOS. Інтернет-версія, доступна через будь-який веб-браузер, також існує в вигляді Photoshop Express.

У професійному середовищі це інструмент, який найчастіше використовується для моделювання флаєрів, логотипів чи візиток. В додатку або грі це може бути джерелом присутніх графічних елементів, що дозволяє надати проекту індивідуальність та загальну привабливість.

Щодо вартості ліцензії, Adobe надає перший місяць користування безкоштовно. Далі потрібно буде платити за підписку 30\$ щомісячно.

Хоч Photoshop не ідеальне програмне забезпечення, загалом воно отримує позитивні відгуки від своїх користувачів і з кожним новим оновленням виправляє виникнуті недоліки та робить все для покращення користувацького опиту.

## 2.6 Висновки до розділу 2

У другому розділі були проаналізовані та обрані програмні засоби для розробки мобільної гри. Було детально досліджено ігрові двигуни, зокрема Unreal Engine 4 та Unity. Було проведено аналіз технічних функціональностей двигунів, їх вартість ліцензії, зручність в користуванні та відповідність для розробки мобільної 2D гри. Враховуючи всі дані, було обрано ігровий двигун Unity. Для розробки мобільної гри він буде ідеальним рішенням. Також було досліджено середовище Microsoft Visual Studio, яке інтегрується з клієнтом Unity та у якому проводиться вся робота з програмним кодом проекту з використанням об'єктно-орієнтованої мови програмування C#. Для створення графічних елементів гри буде використовуватися багатофункціональний графічний редактор Adobe Photoshop. Щоб забезпечити прибуток після релізу гри, для показа гравцям внутрішньоігрової міжсторінкової реклами буде використано платформа Unity Ads. Вона, використовуючи передові технології машинного навчання, показує оголошення відповідним зацікавленим гравцям, а використовуючи досліджені дані про потенційну аудиторію користувачів із теоритичного розділу, можна максималізувати якість таргета та збільшити прибуток з показів.

## РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ МОБІЛЬНОЇ ГРИ

### 3.1 Загальний алгоритм реалізації ігор

Загальний алгоритм розробки відеогри мало чим відрізняється від алгоритму розробки будь-якого іншого програмного продукту і включає в себе 3 великих етапи:

- проектування;
- розробка;
- видання та підтримка.

На етапі проектування визначаються тип гри та засоби її розробки.

При визначенні типу виділяються ідея, жанр і сеттинг гри. Ідея - це те, що буде спонукати гравця грати в створювану гру, і вона дуже тісно пов'язана з жанром. Так, наприклад, основна ідея RPG - дозволити гравцеві прожити свою роль так, як він бажає, а основна ідея шутера - дозволити гравцеві взяти участь в реальних чи вигаданих бойових діях. Таким чином, визначивши основні ідеї гри, жанр буде підібраний практично відразу.

Насамперед потрібно визначитися з сюжетом і механікою ігрового процесу. Ігрова механіка ґрунтується на цілі гри, вона визначає всі об'єкти і правила, за якими гравець буде взаємодіяти з ними. Зазвичай паралельно з розробкою ігрової механіки йде написання сюжету гри. Сюжет грає не останню роль, він визначає те, наскільки буде гравцеві цікаво грати у вашу гру. Сюжет представляють в двох варіантах: літературний і режисерський сценарій. Літературний сценарій описує основні події і персонажів гри, які беруть участь в грі. Режисерський ж являє собою докладний опис рівнів гри, подій, які на цих рівнях відбуваються. Так само на даному етапі починаються ранні опрацювання графічної складової і дизайну гри. На основі сюжету і заздалегідь обумовленого дизайну, створюються ранні концепт арти, на основі яких згодом буде опрацьовано основний вид гри і персонажів. Після розробки сюжету і ігрової механіки починається найважливіша частина - розробка самої гри.

До засобів розробки в першу чергу відносять ігровий рушій. Від вибору засобів розробки залежить як швидкість самої розробки, так і працездатність самого продукту надалі. Програмний код в першу чергу залежить від платформи, для якої буде створюватись комп'ютерна гра. Наприклад, якщо гра створюється для браузерів, то логічно буде використання мови Java або Flash, але, якщо гра створюється для персонального комп'ютера, оптимальним вибором буде, наприклад, мова програмування C#. Ігровий рушій відповідає за опис фізики об'єктів, правил рендера графіки, тощо.

Після вибору мети гри і засобів розробки, починається другий етап реалізації проекту - розробка. Розробка найбільшій та найдовшій етап реалізації проекту, він включає у себе велику кількість кроків, без яких неможливо створити працездатний продукт.

При розробці ігрових рівнів спочатку створюється його спрощений план, на якому схематично зображено сам рівень, а так же зображені предмети, з якими буде згодом взаємодіяти гравець. Слідом після цього створюється перша версія рівня. Зазвичай, вона являє собою просто голу локацію, з мінімумом необхідних для проходження предметів. Ця версія рівня служить для того, щоб протестувати рівень на прохідність. Після тесту, рівень починають поступово заповнювати іншими об'єктами. Незабаром після створення перших рівнів триває складання першого прототипу гри, який називають альфа-версією гри. Вона необхідна для того, щоб розробник міг провести тестування основної механіки гри, і перевірити наскільки вона відповідає заявленим вимогам. Часто у альфа-версіях гри, у об'єктів навіть немає текстур або вони взагалі представлені у вигляді абстрактних об'єктів. Якщо альфа-версія гри успішно проходить тестування, настає наступний етап розробки - опрацювання механіки і об'єктів гри. На даному етапі йде доробка рівнів і механіки гри, і починають додавати перші сюжетні події в гру, такі як відеоролики, сюжетні діалоги і катсцени. Так само виправляються перші помилки і несправності в коді гри, які були виявлені при тестуванні альфа-версії гри. Після цього настає етап створення другого прототипу гри, або, як прийнято говорити, бета-версії. Бета-версія служить для того, щоб протестувати гру на

несправності, фактично бета-версія являє собою практично готову гру. У ній можуть бути відсутні які-небудь незначні елементи, які не впливають на ігровий процес гри. при тестуванні бета-версії гри перевіряється абсолютно все. Часто, особливо, якщо гра є мультиплеєрною, на тестування запрошуються звичайні гравці це дозволяє сильно прискорити час проведення тестування, а так само зняти частину навантаження з команди розробки. Якщо гра проходить бета-тестування, вона відправляється на остаточне доопрацювання і вправлення критичних помилок, після чого йде збірка фінальної версії гри і слідом настає реліз гри.

Після релізу гри подальша її підтримка. Підтримка полягає у випуску патчів (файлів виправлень помилок в готовому продукті). Так ж для того, що б продовжити життєвий цикл гри, для неї випускають додатковий контент, які додають різні предмети, механіки або можливості для гравця.

### **3.2 Планування гри**

Під час створення ігор жанру три в ряд звертають увагу на такі особливості: як налаштувати баланс, як підходити до розміщення фішок на полі, скільки потрібно рівнів, як вибирати механіки та як часто їх додавати? Розберемо ці та інші проблеми далі.

1. Як робити баланс у три в ряд? На початку гри все має бути просто, без складнощів, тому що ви навчаєте гравця. Вам потрібно його навчити, не треба відразу на нього вивалювати складний рівень, але й довго тримати осторонь складнощів – не варто.

Перший пік складності можна зробити приблизно на 6 рівні. Він займає першу ігрову сесію. Перша сесія обов'язково має бути зі складним рівнем, щоб гравцеві не здалося, що все дуже просто.

Далі знову йдуть простіші рівні. Треба намагатися робити прості рівні приблизно в діапазоні 40% складності (рис. 3.1). Це не так складно для гравця, в

гіршому випадку це може зайняти кілька спроб, але він відчуває, що переміг не просто так, хоч і не застряг надовго на цих рівнях.

Складні рівні зазвичай виходять у діапазоні 90-95%.

Іноді на пік складності можна виходити поступово, а можна вийти різко. Так же складність може різко впасти з піку, а може спадати поступово.

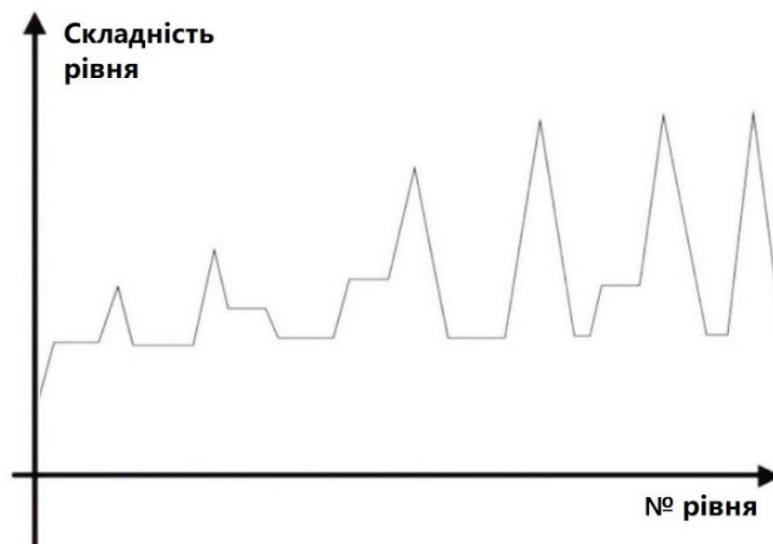


Рисунок 3.1 – представлення узагальненої кривої складності

2. Як часто потрібно додавати нові механіки? На старті, коли у вас їх дефіцит, ви додаєте нові механіки досить часто, раз на 5 рівнів, поки ви не наберете їх достатню кількість, щоб міксувати і рівні не були однотипними і повторюваними. Для цього достатньо 3 механік.

Потім, до 100 рівня, ми робимо діапазон 20 рівнів по доданню однієї нової механіки. Далі – до 300-400 рівня – діапазон збільшується до 30. Їх стає багато, з'являється можливість чергувати їх від рівня до рівня активніше. Після 400-500 рівня ставити механіки можна ще рідше приблизно раз на 50 рівнів.

Не слід ставити поспіль однотипні механіки, намагайтеся їх робити різноманітними.

3. Як розставляти фішки на полі? Потрібен рандом. Це краще працює, тому що якщо ми говоримо про складний рівень, який гравець переграє багато разів, то він з цим рівнем стикається постійно. Він має проблему, він не може його виграти. І коли він бачить ту саму розстановку і пробує перший хід, другий хід,



варіації ходів, і вони не допомагають йому досягти успіху, він думає, що ви його обманюєте, він думає: «Ви спеціально поставили таку розстановку, щоб я не виграв!» Тому, коли є рандом, і гравець, стартуючи рівень, бачить різну розстановку, це дає можливість думати, що зараз він придумає правильний хід або йому пощастить з розстановкою, і він точно його виграє.

4. Скільки ходів має бути на рівні? Це питання балансу, питання складності. Загалом, намагаються ставити в діапазоні 20-30 ходів. Іноді 35. Чому так, а не інакше?

Занадто багато ходів передбачає довшу сесію. Якщо ми говоримо про складний рівень, то взагалі намагаємося йти нижньою межею, умовно кажучи, 20 ходів. Намагаються до цієї кількості наблизитися, тому що гравець складний рівень переграє багато разів. І він має бути динамічним. Навіть якщо він програє, там має бути драйв. Якщо ви робите багато ходів, а рівень складний, довгий, то гравець, переграваючи його багато разів, починає нудьгувати, сумує та йде.

Якщо ми говоримо про простий рівень, то можна йти до верхньої планки кількості ходів. Тому що ми знаємо, що він його швидко пройде, він не буде його перегравати, але тим не менш вам потрібно, щоб він провів певну кількість часу в грі і отримав свій фан, займаючись тим самим гриндингом. Ми розуміємо, що він пройде цей рівень, збере свої матчі і потім не повернеться до нього, тому робимо 30-35 ходів, намагаємося йти до верхньої планки. Тож потрібно уникати занадто коротких сесій, щоб не було надто швидких рівнів. Звісно, це не стосується початкових «навчальних» рівнів. Казуальні ігри дають можливість гравцеві досягти успіху на самому початку, і ігри жанру «три в ряд» наслідують цю особливість.

5. Скількох кольорів мають бути плитки на рівні? Зазвичай на кожному рівні зустрічається від 4 до 6 кольорів. Найчастіше бувають на рівнях фішки 5 кольорів: це збалансований варіант.

Для складних рівнів, причому складних з погляду зміни поля (наприклад, наявності заблокованих плиток на цьому полі), намагаються використовувати 4-5 кольорів; 4 – рідко, 5 – часто.

Формула тут досить проста: чим складніше конфігурація, тим менше кольорів вам потрібно, тому що якщо ви будете використовувати велику кількість кольорів, у вас будуть часті програші через відсутність можливості скласти відповідності на дошці.

Буде нецікаво грати, будуть вимушені матчі, ви змушуватимете гравця робити вимушений хід, єдино доступний на полі. Це також погано. Не змушуйте гравця робити вимушені ходи, дайте можливість вибирати.

Власне, кількість кольорів - один із способів балансування рівня, який дозволяє не допускати таких вимушених ходів.

6. Як можна проводити тестування? Єдиним доцільним способом тестування балансу гри на невеликому проекті з одним розробником буде проходження рівнів власноруч. Якщо хтось робив рівні і проходив їх дуже багато у своїй грі три-в-ряд, то погравши разів п'ять на рівень, він уже розуміє, наскільки складним цей рівень є та як можна його скорегувати. Щодо тестування гри на виявлення різних багів, мануальний спосіб також буде доцільним для проекту невеликого розміру.

7. Як перевірити рівень? Насамперед, рівень має бути динамічним, тому що гравцю має бути цікаво. Намагаємося, щоб людина, навіть коли програє, залишалася з відчуттям, що їй зовсім трохи не вистачило до перемоги. Домогтися цього вкрай складно, проте намагайтеся, як мінімум, уникати ситуацій, коли при програші гравець бачить, що перемога для нього практично недосяжна. Це найбільше зло.

Якщо не можна збалансувати рівень так, щоб залишалось відчуття одного ходу, потрібно хоча б уникати ситуацій, коли є відчуття, що до кінця ходу нереально виграти цей рівень і не варто навіть намагатися.

Уникайте вимушених ходів. Гравець завжди повинен мати можливість вибору двох-трьох комбінацій, щоб він відчував, що сам вирішує, як розвивається ситуація на полі, що він вибирає саме це поєднання, а не інші.

Якщо є елемент у завданні, наприклад, вам потрібно зібрати якийсь елемент на полі, то цей елемент повинен з'явитися відразу ж на першому ході. Не робіть так, що якщо завдання стоїть зібрати елемент, то починається гра, а елемента на полі немає, і він з'являється лише на другому ході. Відразу всі елементи, які ви дали в завданні, повинні бути на полі.

Також обов'язковим є наявність декількох рівнів успішної гри: якщо гравець проходить гру або виконує локальне завдання складнішим способом, то це винагороджується; наприклад, якщо гравець робить комбо або за раз зіставляє більше елементів, ніж потрібно.

8. Скільки має бути рівнів? Ви почали робити гру три в ряд і хочете зрозуміти, коли можна її випускати в маркет? Потрібно 100 рівнів зробити, 300 чи взагалі 1000?

Можна сказати, що якщо є контент на місяць гри, то це достатньо контенту, з яким можна вже виходити. Причому виходити потрібно якомога раніше, тому що ви отримаєте зворотний зв'язок від гравця і вже не робитимете абстрактні речі якісь у грі, а робитимете, озираючись на реальні дані з гри. Це великий плюс, звісно.

Але при цьому ви повинні розуміти, що якщо ви запускаєте гру в не завершеному стані, ви повинні бути готові відразу ж робити багфікси, тому що вони у вас, напевно, будуть. Потім треба буде робити багфікси після ваших багфіксів, якими ви, напевно, теж додасте багів, і при цьому ви повинні встигати раз на тиждень або раз на два тижні, в гіршому випадку, додавати достатню кількість рівнів, щоб гра розвивалася на очах у гравця, і при цьому ті, хто дійшов до останнього рівня, отримували нову порцію рівнів, і могли в них грати наступний тиждень, поки ви будете робити нові.

Коли у вас не вистачає рівнів, коли ви вперлися в левел-кап, перевикористовуйте створені раніше рівні, тому що ви можете з простих рівнів

зробити складні, трохи модернізувавши їх. Або давайте тим гравцям, які дійшли до левелів-капу, перегравати в них ще раз, додавши якусь мету, призи. Як завгодно, це залежить від підходу.

9. Ком'юніті. Спілкуйтеся з гравцями, постарайтеся створити ком'юніті якихось лояльних гравців, спілкуйтесь у соцмережах, спілкуйтесь у пошті, читайте відгуки, відповідайте. Це важливо, тому що це допоможе швидше знайти баги, ніж будь-яка аналітика, яку ви дивитися та створить для гравця відчуття більшого відклику від гри, поєднання з нею.

Аналіз особливостей ігор жанра три в ряд, існуючих додатків та казуальних ігор в цілому дозволяє сформулювати вимоги до майбутньої гри. Гра в жанрі три в ряд повинна бути реалізована для мобільної платформи, забезпечувати наступні функції або мати наступні механіки:

- мати простий, яскравий, привабливий за сучасними мірами дизайн;
- мати велику кількість різних рівнів гри;
- можливість зберігати результати та прогрес навіть після виходу з гри;
- підлаштовувати камеру під розмір дошки для оптимального відображення;
- мати різні супер-елементи;
- мати різні типи рівнів: з таймером або лічильником кроків;
- показувати міжсторінкову рекламу;
- уникати генерації 3 елементів одного кольору в ряд і колонку;
- мати системи очок та цілей.

### **3.3 Прототипування структури та створення гри**

Перш за все потрібно визначимося із основними елементами інтерфейсу, щоб потім про них не забути та не відволікатися від розробки.

Головні елементи інтерфейсу гри:

- фонове зображення;
- логотип з назвою гри;

- кнопка переходу до вибору рівнів;
- кнопки перегортання сторінки рівнів;
- кнопка переходу до головної сторінки;
- кнопка рівня;
- панель статистики проходження рівня;
- панель цілей рівня;
- кнопка початку гри;
- статус бар набраних очок;
- текстове поле набраних очок;
- контейнер стану виконання цілей ;
- ігрові елементи;
- лічильник ходів і таймер.

Визначившись із головними елементами інтерфейсу можна починати розробляти прототип у Photoshop. Для початку, авторизувавшись у встановленому додатку, потрібно створити новий файл проекту. Інтерфейс повинен бути інтуїтивно зрозумілим для нового користувача, щоб він одразу не вийшов із гри.

На головній сторінці буде знаходитися логотип з назвою гри та кнопка переходу до вибору рівнів (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – прототип головної сторінки

Перейшовши на сторінку вибору рівня, ми побачимо самі кнопки з номером рівня, під якими знаходяться зірки, які будуть показувати наскільки добре користувач пройшов той чи інший рівень (рис. 3.3). Зіставляючи набрану кількість очок гравцем на рівні, при досяганні певної кількості буде розблоковуватися нова зірка. Це замотивує гравця на перепроходження рівня за для покращення результату і демонстрації цього досягнення на сторінці вибору рівня.

Так як в гра три в ряд передбачає наявність великої кількості рівнів, буде додано можливість переходити на наступні сторінки вибору рівнів, як і можливість гортати ці сторінки назад. Також додано кнопку повернення до головної сторінки гри.

За замовчуванням при першому запуску гри всі рівні, окрім першого, будуть заблоковані. Кнопки будуть не клакабельними, а також матимуть інший колір та відсутність номеру рівня для більш інтуїтивного розуміння, що цей рівень недоступний. Лише після успішного проходження першого рівня розблокується другий. Аналогічно, для відкриття наступних рівнів потрібно буде успішно пройти попередні.



Рисунок 3.3 – прототип сторінки вибору рівня

Якщо натиснути на кнопку доступного рівня, то на екрані з'явиться інформаційна панель, на якій відобразатиметься актуальна статистика досягнень проходження цього рівня (рис. 3.4). А саме найбільш набрана кількість очок та кількість зірок. Нижче знаходяться 2 кнопки: для повернення до сторінки вибору рівня та для початку гри.

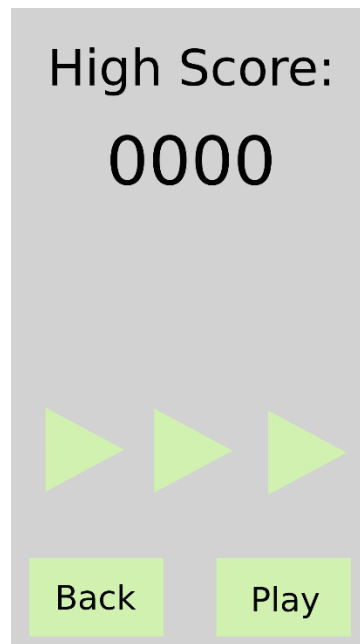


Рисунок 3.4 – прототип панелі інформації про рівень

Натиснувши на кнопку гри, відкриється нова панель, де будуть представлені майбутні цілі рівня (рис. 3.5). Протягом гри потрібно буде знищити елементи певного типу або кольору. Далі, натиснувши на кнопку ОК, почнеться сама гра.

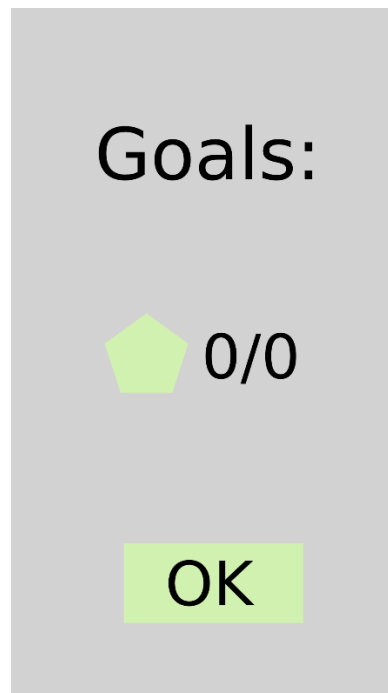


Рисунок 3.5 – прототип панелі цілей рівня

На сторінці гри в хедері знаходяться інформативні елементи інтерфейсу, а саме: текстове поле кількості набраних очок; його графічне відображення, представлене шкалою, яка заповнюється по мірі набирання очок; в залежності від режиму гри, лічильник доступної кількості ходів, який зменшується з кожним наступним ходом гравця або таймер, який відраховує час до закінчення гри; контейнер цілей рівня, що включає картинку потрібного елемента та текстове поле прогресу цілі (рис. 3.6).

По середині екрану генеруються самі ігрові елементи різного типу або кольору, які треба переміщувати з їх сусідами, щоб зіставити три або більше елемента одного кольору в ряд або колонку.

В нижньому лівому куту екрана знаходиться кнопка виходу з рівня до головної сторінки гри.



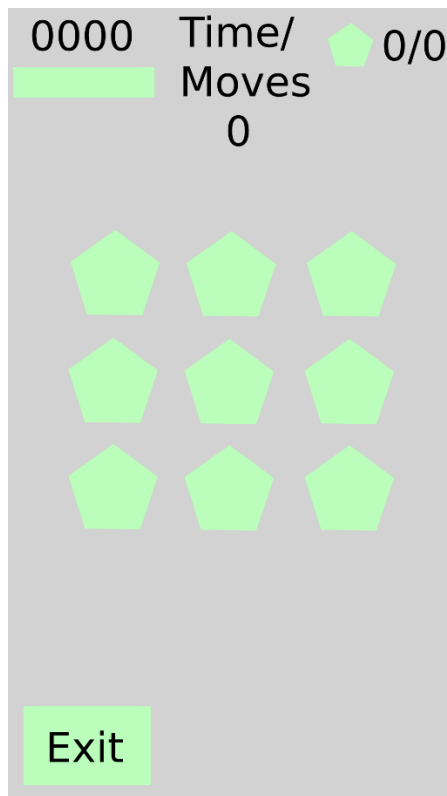


Рисунок 3.6 – прототип сторінки гри

Якщо гравцю не вдалося за поставлений час або кількість ходів виконати поставлені цілі на початку гри, або якщо на дошці закінчилися можливі ходи для зіставлення елементів одного кольору, то гравцю зараховується поразка. На екрані з'являється панель, на якій інформується, що гравець програв та він повинен спробувати пройти рівень ще раз (рис. 3.7). Кнопка ОК перенаправляє на головну сторінку гри. Також після натискання на кнопку ОК панелі програшу на екрані з'являється відеореклама.

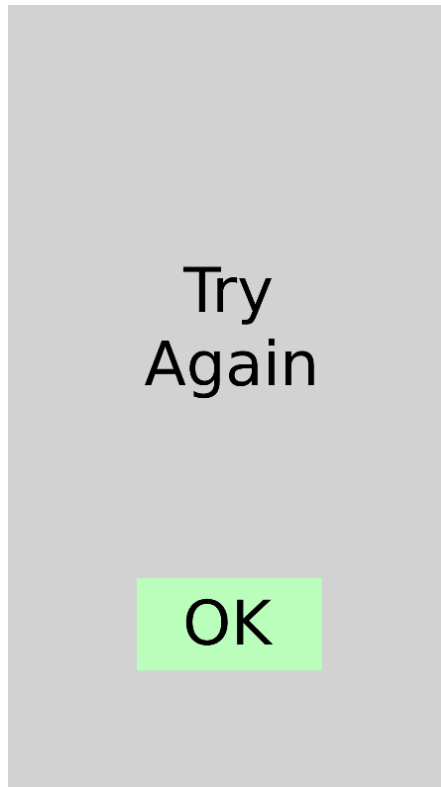


Рисунок 3.7 – прототип панелі програшу

Якщо гравцю вдалося за поставлений час або кількість ходів виконати поставлені цілі на початку гри, то йому зараховується перемога. На екрані з'являється панель, на якій інформується, що гравець переміг (рис. 3.8). Кнопка ОК перенаправляє на головну сторінку гри.

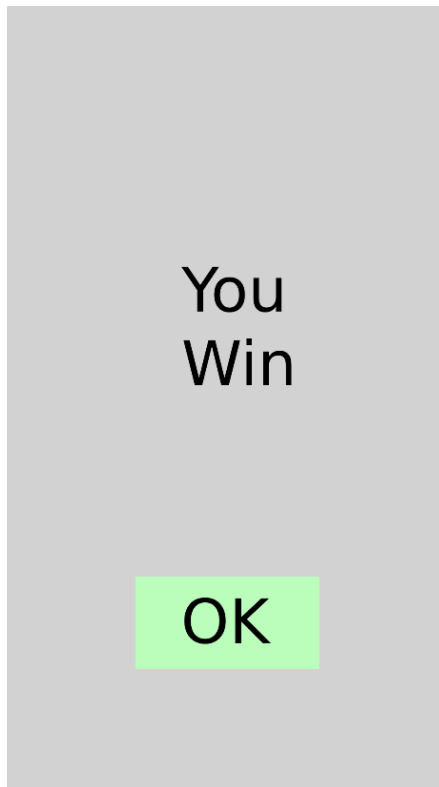


Рисунок 3.8 – прототип панелі перемоги

Щодо визначення особливих механік ігор жанра три в ряд, було вирішено розробити наступні механіки:

1. При знищенні ігрових елементів на дошці, елементи, що знаходяться вище, будуть переміщені вниз, а на їх місце рандомно згенеруються нові елементи.
2. При зіставленні 4 елементів в ряд або колонку, переміщений елемент рандомно перетворюється в бомбу рядка або бомбу колонки: елемент, який при наступному його зіставленні буде знищувати всі елементи або рядка, або колонки, на якому він знаходиться.
3. При зіставленні 5 елементів в ряд або колонку, переміщений елемент перетворюється в кольорову бомбу: якщо її перемістити з будь-яким другим елементом, всі елементи на дошці цього кольору будуть знищені.
4. При зіставленні Г-образної форми з елементів, переміщений елемент перетворюється в суміжню бомбу: при наступному її зіставленні будуть зруйновані всі елементи в радіусі 1 елемента.

5. Для різноманіття цілей гри, на дошку рівня можна додати плитки на певні місця. Вони будуть перебувати під основними елементами, не змінюватимуть свої позиції, а зруйнувати їх можна зіставивши ігрові елементи по кольору над ними.

Таким чином, створено повноцінний прототип, за допомогою якого буде набагато легше реалізувати інтерфейс створюваної гри та прослідкувати логіку між сторінками.

Після створення прототипу розпочинаємо створювати елементи графіки. Це буде дуже легко, оскільки ми їх вже прописали у прототипі, але треба їх покращити, зробити дійсно гарними та підходящими під казуальну мобільну гру. Після їх створення, нам залишиться лише додати їх у гру.

Для створення елементів інтерфейсу та графіки в цілому ми будемо використовувати Photoshop, бо він має безліч можливостей для створення та редагування картинок.

Відкриваємо Photoshop, створюємо новий проект, вибираємо його розмір та починаймо його робити. Першим я створив фонове зображення, користуючись популярною технікою колажування (рис. 3.9). Подібною технікою було створено і всі інші елементи графіки гри.

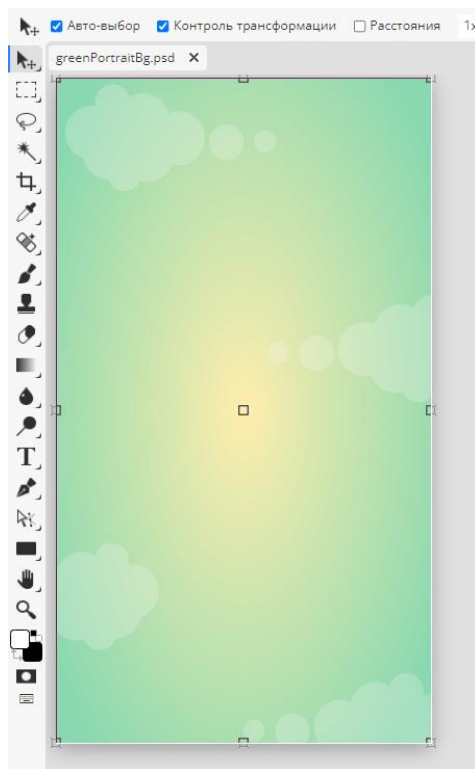


Рисунок 3.9 – Результат створення фонового зображення

Після створення прототипу та елементів графіки розпочинаємо розробку гри зі встановлення обраного ігрового двигуна Unity з офіційного сайту Unity.

Після завантаження двигуна для розширення можливостей розробки та підтримки платформ додаємо до нього модулі: Android Build Support, Android SDK & NDK Tools, OpenJDK та середу розробки програмного забезпечення Microsoft Visual Studio Community 2019. Далі потрібно створити новий проект, який і буде нашою грою після завершення розробки. Unity пропонує для розробника вибрати готові шаблони:

- 2D. Це порожній проект, налаштований для 2D-додатків. Він використовує вбудований засіб візуалізації Unity;
- 3D. Це порожній 3D-проект, який використовує вбудований засіб візуалізації Unity;
- 3D Sample Scene (HDRP). Цей шаблон використовує пайплайн візуалізації високої чіткості.

Та інші виробничі і навчальні шаблони з присутніми та налаштованими ігровими об'єктами під різні сценарії.

Ми вибираємо 2D, так як буде створюватися двовимірна гра з нуля.

Далі було розроблено повну гру, крок за кроком повторюючи прототип, використовуючи створені елементи графіки та поступово прописуючи логіку гри.

### **3.4 Висновки до розділу 3**

Третій розділ був присвячений проектуванню мобільної гри. Для початку, було розглянуто загальний алгоритм реалізації ігор. Він включає в себе етапи проектування, розробки та видання з підтримкою.

На етапі проектування визначаються тип гри та засоби її розробки.

Наступним починається етап реалізації проекту - розробка. Розробка найбільший та найдовший етап реалізації проекту, він включає у себе велику кількість кроків, без яких неможливо створити працездатний продукт. Починається все з визначення вимог до гри та прототипування. Були вирішені такі проблеми гри три в ряд, як баланс, розміщення елементів, кількість рівнів, кольорів, ходів, особливості механік та інше.

Далі було створено детальний прототип гри зі всіма сторінками, панелями, елементами інтерфейсу та розписані унікальні особливості механік гри.

В завершення було описано та показано декілька із частин розробки, як створення фінального елемента графіки та та створення самої гри.

## РОЗДІЛ 4. ПРЕДСТАВЛЕННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ ГРИ

### 4.1 Скріншоти гри

Кнопка гри анімована, вона циклічно змінює свій розмір (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Головна сторінка



Рисунок 4.2 – Перша сторінка вибору рівня



Рисунок 4.3 – Друга сторінка вибору рівня



Рисунок 4.4 – Панель інформації про рівень



Панель цілей рівня анімована, після натискання на кнопку ОК панель швидко переміщується вниз за екран, а фонове зображення поступово стає прозорим і змінюється ігровою дошкою та її елементами інтерфейсу (рис 4.5).



Рисунок 4.5 – Панель цілей рівня

На сторінці гри першого рівня можна побачити заповнення статус-бару набраних очок, зміну кількості решти ходів, а також прослідкування за виконанням цілей рівня (рис. 4.6). Після знищення елементів за допомогою системи частинок було створено ефект стилізованого вибуху, який супроводжується звуковим ефектом.



Рисунок 4.6 – Перший рівень



Рисунок 4.7 – Панель перемоги

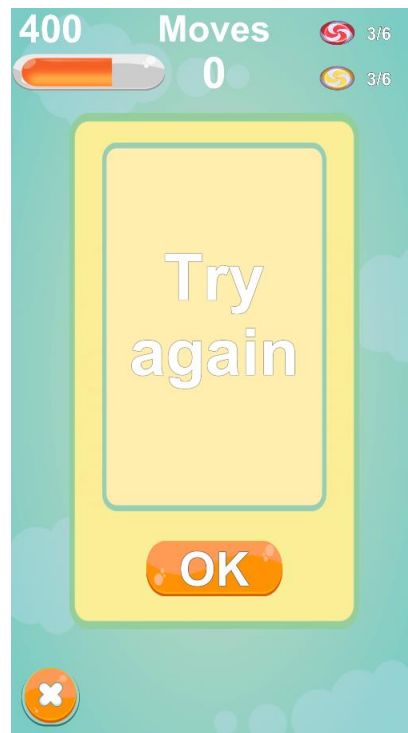


Рисунок 4.8 – Панель програшу



Рисунок 4.9 – Сторінка вибору рівня після успішного проходження першого рівня



Рисунок 4.10 - Панель інформації про перший рівень після його успішного проходження

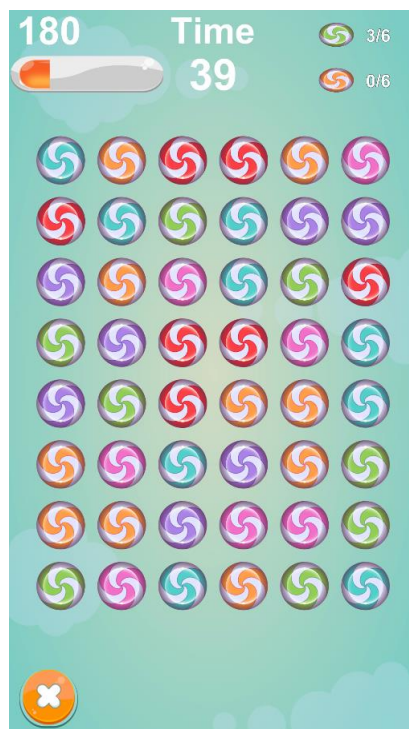


Рисунок 4.11 – Другий рівень з таймером

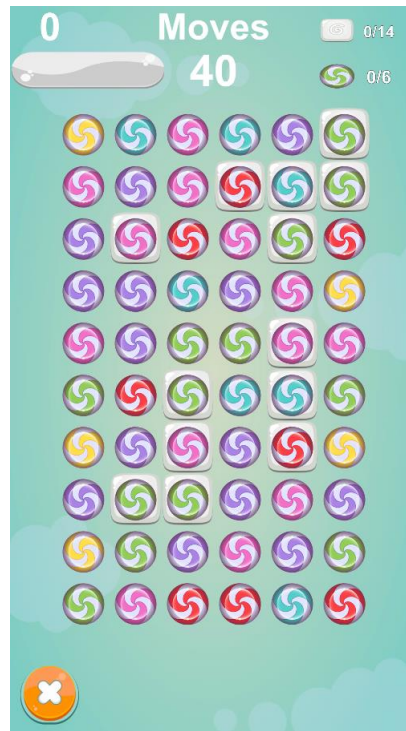


Рисунок 4.12 – Третій рівень з плитками

Спеціальні ігрові елементи зліва-направо: бомба в рядок, бомба в колонку, суміжня бомба, кольорова бомба, плитка (рис. 4.13).



Рисунок 4.13 – Спеціальні ігрові елементи

#### 4.2 Висновки до розділу 4

У цьому розділі було представлено скріншоти з розробленої мобільної гри три в ряд. Продемонстровані з оновленою графікою всі сторінки, панелі та ігрові елементи. Описані додані до елементів ігрової дошки звукові та графічні ефекти.

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання даної дипломної роботи було розроблено мобільну гру на Android в жанрі три в ряд. У роботі описується шлях створення мобільної гри від аналізу ігор та ринка до втілення гри у життя.

В першому розділі було описано загальні відомості про відеоігри та їх класифікацію за різними параметрами. Проаналізували загальну статистику та тенденції індустрії мобільних ігор. Розібрали що таке казуальні ігри та чому вони такі популярні. Для покращення розуміння можливостей та функцій, які можна реалізувати в своїй грі, провели аналіз існуючих розробок. Проаналізували потенційну аудиторію гравців.

Другий розділ містить в собі загальні відомості та аналіз інструментів і програмних засобів реалізації, які найліпше підійдуть для розробки дипломного проекту. Розглянули що таке ігрові двигуни, для чого вони потрібні, виділили переваги та недоліки кожного окремого двигуна. В ході аналізу було обрано ігровий двигун Unity, як найбільш відповідний для розробки мобільної двовимірної гри. Опираючись на це, для розробки програмного коду було обрано Microsoft Visual Studio 2019, а мову програмування – C#. Для створення елементів графічного дизайну обрано Photoshop. Реклама була вбудована за допомоги Unity Ads.

У третьому розділі описано загальний алгоритм реалізації ігор. Вирішено основні проблематики ігор жанра три в ряд. Визначено головні елементи інтерфейсу гри. Далі був розроблений детальний прототип, який дозволяє переглянути увесь функціонал та графічний інтерфейс. Обрали унікальні особливості механік гри, які допоможуть їй виділитися. Завершується розділ створенням графіки та написанням логіки гри.

Останній розділ демонструє фінальні результати розробленої гри, яка покриває всі написані вимоги.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Відеогра [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
<https://www.computerhope.com/jargon/g/game.htm>
2. Жанри комп'ютерних ігор [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
[https://vlab.fandom.com/ru/wiki/%D0%96%D0%B0%D0%BD%D1%80%D1%8B\\_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D1%85\\_%D0%B8%D0%B3%D1%80](https://vlab.fandom.com/ru/wiki/%D0%96%D0%B0%D0%BD%D1%80%D1%8B_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%B8%D0%B3%D1%80)
3. Види комп'ютерних ігор [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://tsn.ua/cybersport/vidi-komp-yuternih-igor-zhanri-ta-monetizaciya-1710949.html>
4. Казуальна гра [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
<https://www.computerhope.com/jargon/c/casual-gaming.htm>
5. Сучасні ігрові платформи [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://plarium.com/ru/blog/gaming-platforms/>
6. Вплив COVID-19 та карантинних обмежень на економіку України. Центр прикладних досліджень, 2020. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
<https://www.kas.de/documents/270026/8703904/%D0%92%D0%BF%D0%B%D0%B8%D0%B2+COVID-19+%D1%82%D0%B0+%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D1%85+%D0%BE%D0%B1%D0%BC%D0%B5%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D1%8C+%D0%BD%D0%B0+%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D1%96%D0%BA%D1%83+%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B8.+%D0%9A%D0%B0%D0%B1%D1%96%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%BD%D0%B5+%D0%B4%D0%BE%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F+%D0>

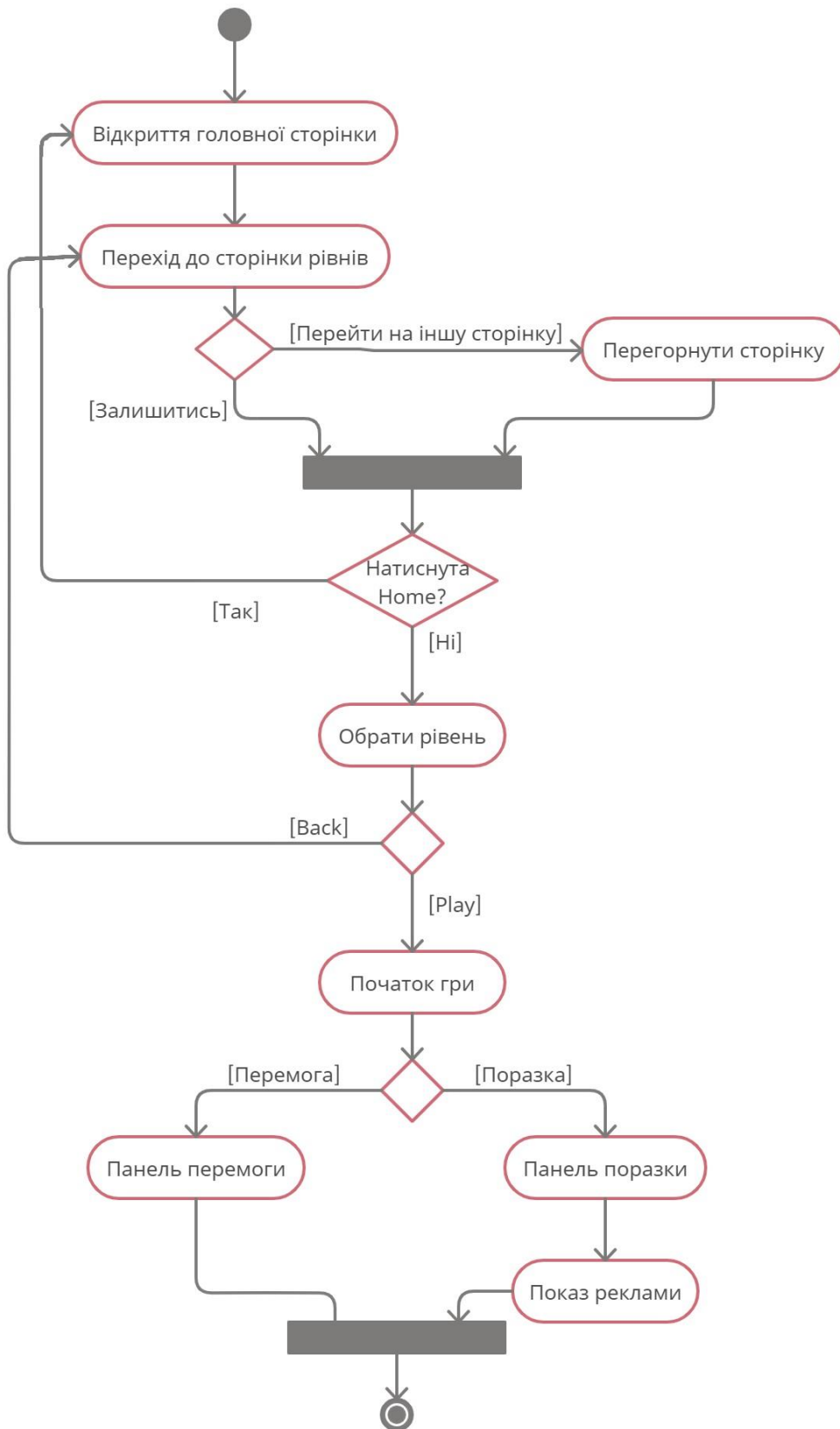
[%A6%D0%9F%D0%94.+%D0%9B%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D0%BD%D1%8C+2020.pdf/b7398098-a602-524d-7f88-6189058f69d3?version=1.0&t=1597301028775](https://gameanalytics.com/blog/match3-games-meta-layers-and-matching-types.html)

7. Типи відповідностей в Match-3 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://gameanalytics.com/blog/match3-games-meta-layers-and-matching-types.html>
8. Топ ігрових двигунів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.gamedesigning.org/career/video-game-engines/>
9. Ігровий ринок 2021 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://newzoo.com/insights/articles/the-games-market-in-2021-the-year-in-numbers-esports-cloud-gaming/>
10. Мобільний ігровий ринок [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/mobile-games-market>
11. Статистика мобільних ігор 2022 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.blog.udonis.co/mobile-marketing/mobile-games/mobile-gaming-statistics>
12. Продукти Unity [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://unity.com/products?check\\_logged\\_in=1](https://unity.com/products?check_logged_in=1)
13. Цільова аудиторія [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mistle-gamer.livejournal.com/4457.html>
14. Посібник користувача Photoshop [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://helpx.adobe.com/ua/photoshop/user-guide.html>
15. Посібник користувача Unity [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.unity3d.com/ru/530/Manual/>



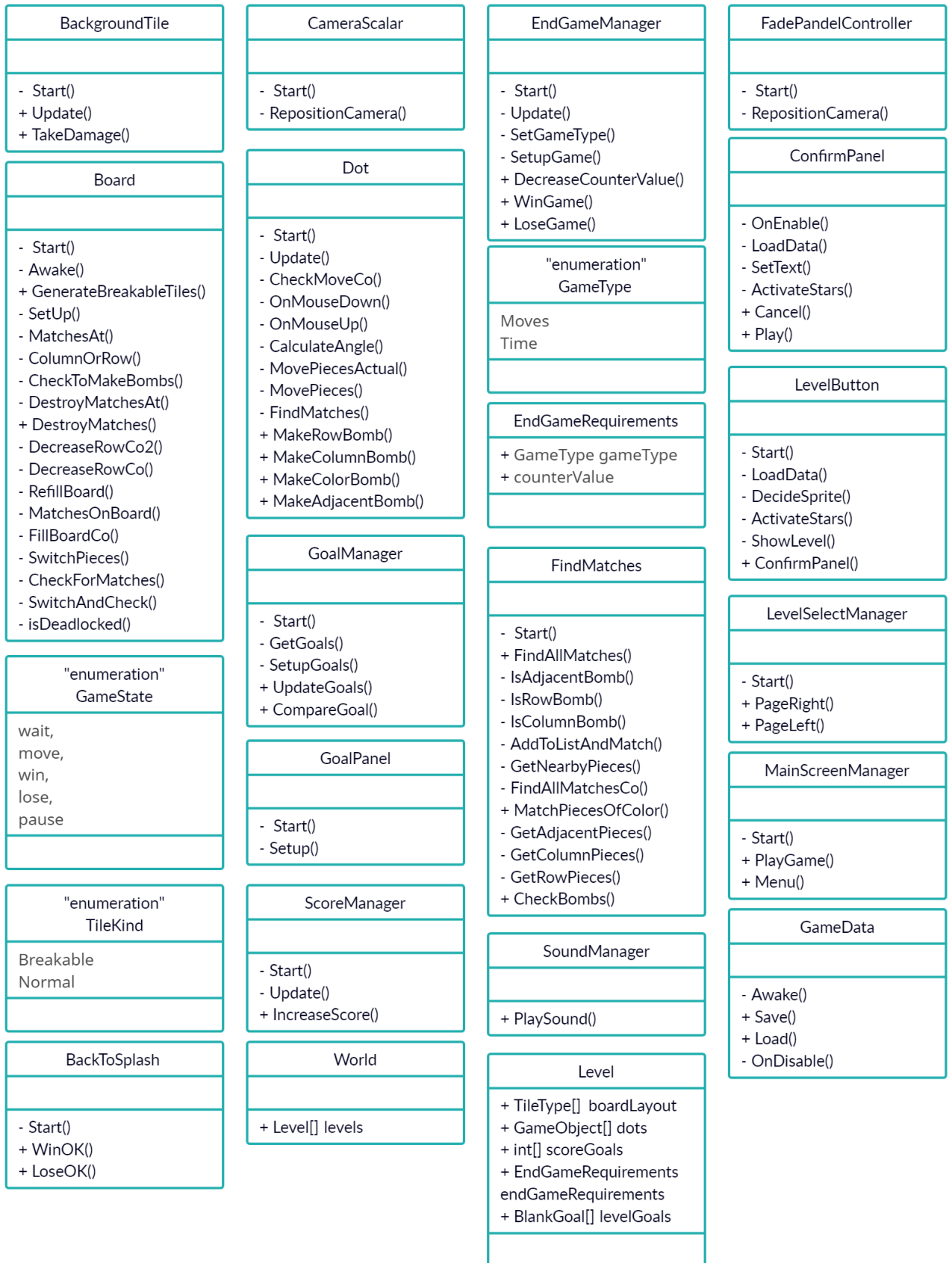
# ДОДАТОК А

## Діаграма діяльності



# ДОДАТОК Б

## Діаграма класів



# ДОДАТОК В

## Демонстраційні матеріали



ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ



### «РОЗРОБКА МОБІЛЬНОЇ ГРИ В ЖАНРІ ТРИ В РЯД З ВИКОРИСТАННЯМ ІГРОВОГО ДВИГУНА UNITY»

Виконав студент 4 курсу  
групи ПД-42  
Черепаша Артем Андрійович  
Керівник роботи  
Доктор філософії  
Дібрівний Олесь Андрійович

Київ-2022

## МЕТА, ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ, НАУКОВА НОВИЗНА ДОСЛІДЖЕННЯ

**Мета роботи** – розробка розважальної мобільної гри в жанрі три в ряд з використанням кросплатформового ігрового двигуна Unity.

**Об'єкт дослідження** – технології розробки мобільних ігор.

**Предмет дослідження** – процес розробки мобільної гри.

**Наукова новизна** – створення нових та перетворення відомих ігрових механік, притаманних для ігор жанра три в ряд; створення інтуїтивного та привабливого дизайну гри, що зачепить гравця.

## АКТУАЛЬНІСТЬ

- Одна з проблем людства сьогодні – це як убити час;
- мобільні пристрої доступніші, ніж коли-небудь;
- казуальні ігри стали трендом.

3

## АНАЛІЗ АНАЛОГІВ

### Недоліки

- Застарілий, погано адаптований дизайн;
- непродумана генерація елементів;
- ігрова дошка лише одного розміру;
- відсутність різноманіття між різними рівнями;
- після завершення рівня одразу починається нова гра.

### Переваги

- Можливість змінити стилістику ігрових елементів;
- супер-елемент для відстрочування таймера.



**Magic Match**

4

## ТЕХНІЧНІ ЗАВДАННЯ

- Реалізувати простий, яскравий, привабливий за сучасними мірами дизайн;
- реалізувати велику кількість різних рівнів гри;
- реалізувати зберігання результатів та прогресу навіть після виходу з гри;
- реалізувати підлаштовування камери під розмір дошки;
- реалізувати різні супер-елементи;
- реалізувати різні типи рівнів: з таймером або лічильником кроків;
- реалізувати показ міжсторінкової реклами;
- реалізувати уникання генерації 3 елементів одного кольору в ряд і колонку;
- реалізувати системи очок та цілей.

5

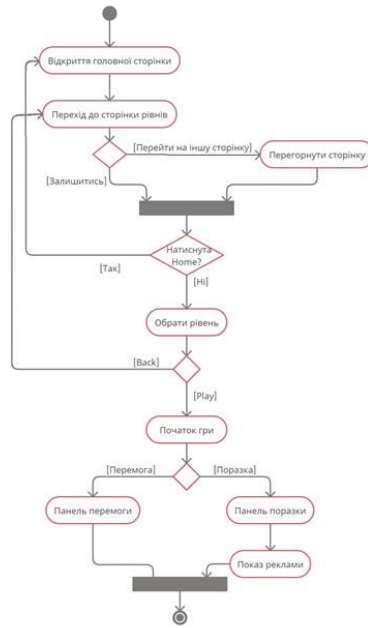
## ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ТА ІНСТРУМЕНТИ РЕАЛІЗАЦІЇ

- **Unity** – було використано для розробки гри та портування на мобільну платформу;
- **Adobe Photoshop** – використано для прототипування гри та створення графічних елементів;
- **Visual Studio 2019** – використано для написання ігрових скриптів;
- **Unity Ads** – використано для вбудовування реклами.



6

# ДІАГРАМА ДІЯЛЬНОСТІ



7

# ДІАГРАМА КЛАСІВ



8

# АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Черепача А.А. Розробка мобільної гри в жанрі три в ряд з використанням ігрового двигуна unity: Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції «Застосування програмного забезпечення в інфокомунікаційних технологіях», 20.04.2022 р., ДУТ, м. Київ.

9

## ВИСНОВКИ

1. Було детально досліджено відеоігри, обґрунтовано актуальність цієї теми та її наукову новизну.
2. Проведено аналіз програмних засобів та інструментів реалізації, які найкраще вповаються зі створенням двовимірної гри під мобільну платформу, графічними елементами до неї та всіма постановленими функціями.
3. Визначено основні проблеми ігор жанра три в ряд, описані вимоги та головні елементи інтерфейсу мобільної гри. Розроблено детальний прототип, що демонструє функціонал та графічний інтерфейс.
4. Реалізовано графічний дизайн та функціонал мобільної гри.

Перспективи подальших досліджень та розвитку даної роботи:

1. Адаптація гри під ОС IOS та портативний комп'ютер.
2. Додавання нових елементів-бомб та інших супер-елементів;
3. Додавання механіки для зміни форми ігрової дошки.
4. Додавання унікальних графічних та звукових ефектів для кожного елента-бомби.
5. Створення внутрішньоігрового магазину для комерціалізації елементів-бомб.
6. Введення внутрішньоігрової підписки для відключення реклами.

10

**ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!**