

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет \_\_\_\_\_ Комп'ютерних наук \_\_\_\_\_

(повна назва)

Кафедра \_\_\_\_\_ Системотехніки \_\_\_\_\_

(повна назва)

## АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА

### Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський) \_\_\_\_\_

Системне дослідження впливу ігрового рандому на формування кривої  
складності гри. \_\_\_\_\_

(тема)

Виконав:

студент 2 курсу групи СПРМ – 18 – 2

спеціальності 122 Комп'ютерних наук

(код і повна назва спеціальності)

Типи програми освітньо-наукова \_\_\_\_\_

Освітня програма Системне проектування

(повна назва освітньої програми)

Костенюк С.П. \_\_\_\_\_

(прізвище, ініціали)

Керівник проф.доц. Вишняк М.Ю.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. Кафедри

\_\_\_\_\_

(підпис)

Гребеннік І.В. \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

2020 р.

**Харківський національний університет радіоелектроніки**

Факультет Комп'ютерних наук

Кафедра Системотехніки

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 122 Комп'ютерних наук

(код і повна назва)

Освітньо-наукова програма Системне проектування

(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

(підпис)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Костенюку Святославу Павловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Системне дослідження впливу методу рандому на криву складності гри

затверджена наказом по університету від «30» 03 2020р. № 477 СТ

2. Термін подання студентом роботи 28 травня 2020 р

3. Вихідні дані до роботи метод рандому, функція кривої складності, пояснювальна записка. Використання ОС Windows, середовище програмування VS studio, ігровий двигун Unity.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі: вступ, 1 аналіз предметної області дослідження, 2 етапи формування кривої складності, 3 формування кривої складності, 4 Приклад використання результатів дослідження для проектування ігрового додатку, висновок.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) аудиторія ігрового додатку, core loop додатку, аналіз аудиторії комп'ютерної технології за жанрами, аналіз аудиторії консольної технології за жанрами, математичне уявлення кривої складності, game flow, складність рівня у грі, Взаємодія складної системи «гравець – гра – розробник », рандом у грі, аналіз ігрової індустрії, збереження даних користувача за допомогою додатка, основний ігровий цикл та рандом, рандом у підборі опонента, рівень гравця у грі, баланс гри, core loop «hay day», аналіз рівня у платформері «super meat boy», складність з точки зору розробника, складність з використанням методу рандома, візуальна мова програмування, ігровий двигун , порівняння ігрових двигунів, сервіс для аналізу додатків, зміни ігрового додатку по кількості завантажень на певний день, результат пошуку додатку за допомогою сервісу, реалізація взаємодії ігрової механіки, приблизна оцінка складності рівня, метод рандому, фактична складність рівня.

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1 )

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		Підпис	Дата
	Проф. доц. Вишняк М.Ю		

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів	Примітка
1	Аналіз системного впливу методу рандому на криву складності	30.03.2020	
2	Аналіз завдання та пошук літератури та аналогів з теми атестаційної роботи	04.04.2020	
3	Опрацювання літератури та аналіз об'єкту дослідження	08.04.2020	
4	Аналіз складної системи «гравець – гра – розробник »	12.04.2020	
5	Аналіз методу рандому	20.04.2020	
6	Проектування кривої складності гри	24.04.2020	
7	Вибір оптимального підходу до розробки програмних засобів	29.04.2020	
8	Дослідження методу рандому та вплив на криву складності гри	01.05.2020	
9	Оформлення пояснювальної записки та програмної документації	05.05.2020	
10	Оформлення графічної частини та презентаційних матеріалів	15.05.2020	
11	Представлення на рецензування	18.05.2020	
12	Подання атестаційної роботи у ЕК до захисту	28.05.2020	

Дата видачі завдання 30 березня 2020 р.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Костенюк С. П

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Проф.доц. Вишняк М.Ю.  
(посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської атестаційної роботи: 92 с., 4 табл., 42 рис., 3 додатків, 26 джерел інформації.

КРИВА СКЛАДНОСТІ ІГРИ, МЕТОД РАНДОМУ, СИСТЕМА «ГРАВЕЦЬ-ГРА-РОЗРОБНИК», ПРОЕКТУВАННЯ ІГОР, РАНДОМ, ІГРОВІ ЖАНРИ

Об'єкт досліджень: складна система «гравець – гра – розробник».

Предмет досліджень: можливості застосування методу рандому в реалізації ігор та вплив методу рандому на криву складності гри.

Мета досліджень: знайти та впровадити спосіб використання кривої складності гри і застосування рандому для утримання гравців у грі.

Методи дослідження – системний підхід, методи структурного аналізу і моделювання, проектування ігрового додатку, аналіз індустрії відеоігор, використання систем оцінки ігор, вивчення методу рандому.

У роботі було отримано знання про формування кривої складності та методу рандому. Формування складної системи «гравець – гра – розробник ». Проектування ігрового додатку за допомогою ігрового двигуна «Unity». Поглиблене вивчення моделі розповсюдження мобільних ігрових додатків з використанням «F2P» – free to play моделі.

Галузь застосування – ігрова індустрія та індустрія відеоігор.

## ABSTRACT

Explanatory note to the master's attestation work: 92 pages, 4 tables, 42 figures, 3 appendices, 26 sources of information.

GAME COMPLEXITY CURVE, RANDOM METHOD, PLAYER-GAME-DEVELOPER SYSTEM, GAME DESIGN, RANDOM, GAME GENRES

Object of research: a complex system "player - game - developer".

Subject of research: the possibility of applying the method of random in the implementation of games and the influence of the method of random on the curve of complexity of the game.

The purpose of the research: to find and implement a way to use the game complexity curve and use random to keep players in the game.

Research methods - system approach, methods of structural analysis and modeling, game application design, video game industry analysis, use of game evaluation systems, study of the random method.

The work provides knowledge about the formation of the complexity curve and the random method. Formation of a complex system "player - game - developer". Designing a game application using the game engine "Unity". In-depth study of the distribution model of mobile game applications using "F2P" - free to play model.

The field of application is the gaming industry and the video game industry.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕН.....	7
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	10
1.1 Аналіз ігрової індустрії.....	10
1.2. Виявлення проблем та актуалізація рішень.....	14
1.3 Постановка задачі дослідження.....	28
2 ЕТАПИ ФОРМУВАННЯ КРИВОЇ СКЛАДНОСТІ.....	29
2.1 Призначення розробки .....	29
2.2 Загальні відомості.....	29
2.3 Визначення жанру та ігрової платформи.....	36
3 ФОРМУВАННЯ КРИВОЇ СКЛАДНОСТІ.....	38
3.1 Ігрові метрики.....	38
3.2 Ігровий рандом.....	41
3.3 Структурний аналіз кривої складності ігрових додатків.....	52
4 ПРИКЛАД ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ІГРОВОГО ДОДАТКУ .....	57
4.1 Ігрова середа розробки.....	57
4.2 Розробка та проектування ігрового додатку .....	61
4.3 Створення кривої складності гри.....	71
4.4 Балансування кривої складності з використанням методу рандому.....	75
ВИСНОВКИ.....	76
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	78
Додаток А. Графічні матеріали атестаційної роботи.....	80
Додаток Б. Програмні документи.....	85

## Перелік умовних скорочень

VR – Virtual reality;  
BP – Blueprints;  
DAU – day active user;  
WAU – weekly active user;  
MAU – month active user;  
UE – Unreal Engine;  
EG – Epic games;  
GS – Games simulator;  
GI – Game environment;  
AI – Artificial intelligence;  
БД – База даних;  
TD – Tower defense;  
TLE – Time limited event;  
PVP – Player versus player.

## ВСТУП

Майже усі люди використовують комп'ютери як інструмент для роботи, навчання та розваг. Тому він грає велику роль у повсякденному житті людини. Сучасні системи дозволяють людині отримувати різноманітну інформацію яка їм потрібна.

В сфері ігрових розваг використовується багато систем які збирають інформацію, статистику та данні гравців, але вони не завжди можуть відобразити коректні данні або не розкривають усю необхідну інформацію для оптимізації системи. Існує дуже багато методів дослідження поведінок гравців у грі, але не дуже багато методів які можуть впливати на саму складну систему «гравець – гра – розробник », одна з таких є функція «крива складності».

Крива складності – це функція яка базується на часі проведеному у грі та навичках гравця. Її використовують для проектування складності гри на певних її етапах. Розробник гри сам вирішує де та у якому моменті гра почне бути складною, а де навпаки легкою. При проектуванні гри також враховують «рандом» який допомагає або навпаки ускладнює гравцеві змогу швидко пройти гру на певних її етапах.

Рандом – це метод який штучно влаштований у саму гру. Його можна контролювати за допомогою спеціальних змінних або обмежувати його за допомогою відсоткового відношення. Рандом використовують у деяких ігрових моментах. Саме тому багато розробників комп'ютерних ігор використовують метод рандому щоб надати змогу відчувати ігровий азарт гравцю і ввести не лінійний розвиток у грі.

У сукупності ці дві складові формують та впливають на складну систему і стає невід'ємною частиною кожної гри. Без методу рандому у грі гравець швидко адаптується до самої гри і вона почне йому набридати. Для утримання та надання більшого інтересу і використовують метод рандому. У свій час крива складності буде відобразити поведінку гравця на певних рівнях гри та формувати базу у якій

розробник гри зможе контролювати складність самої гри або навпаки виділити складні моменти у грі та додати нагороду за подолання складного рівня гри тим самим стимулюючи гравця на подолання складних моментів для отримання бажаної нагороди. Тому так важливо використовувати метод рандому та криву складності разом.

Отже, система кривої складності взаємодія з методом рандому для надання унікального досвіду гравцеві з подальшим утриманням та отриманням нових даних від гравця які у свою чергу зможуть допомогти розробникам у створенні цього унікального досвіду та незабутніх вражень від самої гри.

**Метою атестаційної роботи** знайти та впровадити спосіб використання кривої складності гри і застосування рандому для утримання гравців у грі.

**Об'єктом дослідження** є складна система «гравець – гра - розробник».

**Предмет дослідження** є крива складності та метод рандому які впливають на складну систему.

#### **Наукова новизна.**

На сьогоднішній день ігрова індустрія дуже швидко та стрімко розвивається. Серед сурової конкуренції ігрового ринку потрібно чітко та правильно налагоджувати усі ігрові процеси за для того, щоб задовільнити потреби користувача та підтримувати його інтерес до ігрового додатку. Саме тому одним з важливих аспектів ігрового додатку є функція кривої складності гри. Вона зможе надати користувачам змогу задовільнити їх потреби у ігровому просторі, а метод рандому зможе доповнити криву складності та підсилити її вплив на користувачів.

#### **Практична цінність.**

Підвищення інтересу користувачів ігрових додатків для забезпечення довшого життєвого циклу гри та створення універсальної кривої складності що буде підходити для багатьох ігрових додатків.

# 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1 Аналіз ігрової індустрії

Інформаційні технології грають велику роль у житті людини, вони супроводжують людей по всюди в навчанні, роботі та відпочинку. Найважливішими галузями у розвитку особистих навичок у повсякденному житті людини є навчання та відпочинок. На сьогоднішній день однією з не від'ємних частин відпочинку є індустрія розваг. Її почали використовувати майже всюди для того щоб люди змогли поєднувати приємне з корисним. Для більш детального розуміння аналізу предметної галузі роздивимось її найбільш детальніше.

### 1.1.1 Індустрія розваг

Розваги – одна з найважливіших сфер повсякденного життя людини, яка, поряд з утворенням, здатна істотно впливати на стан суспільства. Потреба в них з'являється відразу після задоволення первинних потреб. Задоволеність їх якістю та доступністю є для людини індикатором його соціального стану, а для суспільства – показником розвитку економіки країни в цілому і її соціальної сфери зокрема. Формування індустрії розваг є прямий наслідок досягнення певного рівня доходів населення, коли у нього з'являються вільні засоби. Практика створення спеціальних умов для організації процесів розваг привела до появи досить потужної індустрії розваг, яка в її сучасному вигляді склалася до кінця двадцятого століття [25].

Індустрія розваг охоплює дуже великий спектр діяльності такі як: кіно, серіали, парки розваг, відеоігри, а також може поділятися на певні категорії наприклад: для дітей, підлітків та дорослих. Також слід зазначити, що до цієї індустрії розваг відносяться спортивні ігри та театральні вистави.

Люди використовують індустрію розваг для того щоб задовольнити свої бажання та відпочити від повсякденної роботи. Кіно допомагає людям пережити ті емоції яких їм не вистачає наприклад сміху або переживання за головного героя

кінострічки. Спортивні ігри дозволяють зарядитися емоціями, переживання або радість за улюблену команду. Парки розваг передають враження перебування у зовсім іншому світі.

Серед усіх цих розваг слід зазначити, що самою прибутковою на яку є багатий попит це відеоігри. За останні роки, індустрія ігор у сфері відеоігор дуже сильно розвинулась та вийшла на новий рівень.

### 1.1.2 Ігрова індустрія

На сьогоднішній день можна зустріти досить багато різноманітних платформ за допомогою яких люди можуть насолодитися комп'ютерними іграми. Завдяки новим технологіям індустрія ігор стала передавати більш реалістичне зображення та ефекти які своєю чергою дозволяють користувачеві відчувати присутність у грі. Це зроблено для того щоб отримати досвід у тій чи іншій ситуація яка з'являється перед користувачем.

Для того щоб найбільш детально ознайомитись з ігровою індустрією потрібно зрозуміти певні терміни.

Ігрова індустрія – це індустрія яка розроблена для задоволення користувачів, їх потреб та надання змоги позбавитися від зайвої енергії. Отримати певні враження та емоції які покращать стан людини [9].

Коли людина грає, вона вже не так сильно відпочиває, як під час перегляду кіно стрічки. Під час гри, мозок користувача починає працювати, працюють органи зору, пам'яті, невелика моторика рук, зосереджується увага на певних деталях та прокидається азарт [25].

Отже, дамо визначення цим термінам:

- гра – це вирішення проблеми, який виконується з ігровим відношенням;
- fun – це ті емоції які отримує гравець під час гри.

Правильне розуміння цих термінів надасть змогу правильно розуміти ігрову індустрію, процеси та методи які використовуються в ній.

### 1.1.3 Ігрова індустрія у навчанні

Ігрова індустрія також знайшла широке застосування у навчальній сфері. Більшість освітніх закладів починають використовувати індустрію розваг різноманітними способами. У шкільних закладах дітей ділять на рівні команди у яких вони змагаються та отримують бали, команда яка здобула більшу кількість балів перемагає. В університетах також можна зустріти подібну систему навчання. Студентам пропонується об'єднуватися у групи до п'яти осіб та виконати завдання, група яка змогла виконати завдання більш правильно отримує найвищий бал. На сьогоднішній день можна зустріти навіть спеціальні системи які надають змогу навіть дітям почати навчатися за допомогою ігор.

Яскравим прикладом використання індустрії розваг з елементами навчання є програмний додаток «Scratch».

Scratch була розроблена у форматі гри. Дитина використовує спеціальні інструменти які називаються «sprites» для створення своєї власної гри. Використовуючи ці sprites дитина може встановлювати їх на спеціально відведеному полі де і буде відтворюватися сама гра. Після того як дитина закінчить встановлювати «sprites» вона може перейти до створення ігрової логіки.

Scratch використовує візуальну мову програмування тобто маніпулюючи блоками дитина зможе легко налагодити логіку гри та встановити спеціальні правила для неї [23]. Отже, граючи з такою системою дитина починає вивчати мову програмування.

Більш поглиблене застосування в індустрії розваг у навчанні можна зустріти у школах у яких є спеціальні обладнані класи. Вони використовують технологію віртуальної реальності яка своєю чергою дає найбільш поглиблене вивчення предметів таких як: фізика, хімія та біологія. За допомогою віртуальної реальності діти шкільного віку можуть взаємодіяти з речовинами у найбільш безпечних умовах, роздивитися маленькі молекули та навіть вивчити досконально екосистему людини.

#### 1.1.4 Ігрові жанри та цільова аудиторія

Індустрія відео ігор дуже велика та має свою систему у якій кожен може знайти для себе щось цікаве. Однією з прикладів системи ігрової індустрії є ігрові жанри.

На сьогоднішній день можна нарахувати приблизно сорока двох ігрових жанрів, але усіх їх можна поділити на певні категорії, за технологією, а саме мобільні ігри, комп'ютерні та консольні, ігри з використанням віртуальної реальності, доповнена реальність та ігри з суміжною реальністю та за аудиторію якій найбільш притаманний той чи інший ігровий жанр.

Поділ між аудиторією проводиться використовуючи вікові обмеження, а саме спеціальну систему оцінювання вікового обмеження ESRB «Entertainment software rating board» яку проходять майже усі ігри перед виходом у світ [1]. Це робиться для того щоб користувачі могли чітко розуміти якого типу гра, що в ній може бути і підходить вона для певного віку користувача. Для оцінки використовують наступні показники, а саме:

EC «Early childhood» – для дітей молодшого віку;

E «Everyone» – для усіх;

E10+ «Everyone 10 and older» – для усіх від 10 років та вище;

T «Teen» – для підлітків;

M «Mature» – для дорослих;

AO «Adults only 18+» – тільки для дорослих.

Також спеціальна система оцінювання вікового обмеження використовує позначку RP «Rating pending» – очікується рейтинг гри. Вона використовується коли гру анонсують у широке розповсюдження і коли вона ще не розроблена до кінця, або тільки проектується но має основні складові які будуть продемонстровані за допомогою відео ролика або ігрового моменту для підсилення очікування потенціальних користувачів. Прикладом RP ігор може бути міжнародні ігрові конференції на яких компанії велетні демонструють нову гру яка розробляється і буде випущена у велике розповсюдження.

Поділ між технологію визначається за допомогою платформи на яку буде випущена гра. На сьогоднішній день існує чотири ігрових платформ:

- Мобільна платформа;
- Персональні комп'ютери;
- Консолі;
- Віртуальна реальність.

Відмінність платформ полягає в технологічній особливості кожної та широким застосуванням у користувачів. Багато людей грають на мобільній платформі, тому що мобільність у наш час грає велику роль. Хтось любить грати в дома на персональному комп'ютері чи консолі, дехто зовсім хоче отримати максимальне враження від занурення у світ відеоігор та обирає платформу віртуальної реальності, яка у свою чергу передає відчуття повного занурення в світ ігрових розваг.

## 1.2 Виявлення проблем та актуалізація рішень

На сьогоднішній день існує дуже багато платформ та жанрів в ігровій індустрії. Саме тому зростає велика конкуренція на ігровому ринку та починається боротьба за ігрову аудиторію. Щоб створити унікальну гру потрібно використати дуже багато ресурсів які дозволять створити систему яка буде сприяти розвитку ігрового додатка, а далі для утримання гравців у грі потрібно правильно використовувати данні які надходять від них.

Роздивимось найбільш детальніше найпопулярніші ігрові жанри використовуючи платформу мобільних ігор, комп'ютерних, консольних та віртуальну реальність, для кращого розуміння актуалізації рішень та виявлення проблем.

### 1.2.1 Мобільна платформа

На сьогоднішній день мобільна платформа займає перше місце серед використання користувачами. Аналіз був проведений за допомогою опитування

користувачів у соціальних мережах та збору статистики відповідей користувачів компаніями які надають послуги ігровим додатків. Серед ігрових мобільних додатків можна відмітити декілька ігрових жанрів, а саме «casual», «rpg», «Tower defense», «hidden object» та «hyper casual» Аналіз ігрових жанрів робився за допомогою сервісів які надають змогу оцінити популярність ігрового жанру, а саме такі як «App anni» , «Data magic», «Sensor tower» та інші. Роздивимося їх найбільш докладніше у розділі 4.

#### 1.2.1.1 Tower defense

«Tower defense» – скорочено TD назва жанру стратегічних ігор. Завдання гравця в іграх подібного жанру – розправитися з наступаючими ворогами, званими в деяких іграх «mob», до того, як вони перетнуть карту, за допомогою будівництва веж, що нападають на них, коли ті проходять поблизу [1]. Противники і вежі зазвичай розрізняються за характеристиками і ціною. Коли вороги переможені, гравець заробляє гроші або ігрові бали, які використовуються для придбання або модернізації веж. Вибір типу веж і їх розташування – невід'ємна стратегія гри. Зазвичай повзучі створіння пробігають через подібність лабіринту, що дає гравцеві можливість стратегічного розміщення веж, але також існують відомі версії гри, названі лінійними TD, де використовуються прямі шляхи замість лабіринтів. У деяких версіях гравець може сам вибудувувати лабіринт з веж і блоків. Одним з представників цього жануру є гра Arknights



Рисунок 1.1 – Arknights

За допомогою магічних здібностей героїв гравець захищає свою територію від нападу злочинців на базу гравця. Ускладнення кривої складності відбувається шляхом збільшення злочинців на ігровому рівні, а також варіативність ігрового простору. Якщо гравець не досяг певного рівня гри, а вже намагається перейти до іншої розділу йому буде набагато важче подолати перешкоди у цій грі. Саме тому до цієї гри додали спеціальні ранги які демонструють користувачеві можливість переходу до іншої частини гри після досягнення певного рангу.

#### 1.2.1.2 Hidden object

«Hidden object» – ігровий жанр який відноситься до глобального ігрового жанру «пазли» [1]. Цей жанр потребує від гравця уваги та зосередженості. Головною метою цього жанру є знаходження прихованих об'єктів на ігровому полі за звичай в іграх такого жанру використовують час як обмеження за яке гравець мусить знайти усі об'єкти на полі та виконати завдання. Деякі ігри цього жанру мають різноманітні модифікації та рівні складності для усіх типів гравців. Одним з популярних ігор цього жанру є Sable Maze: Twelve Fears Walkthrough.



Рисунок 1.2 – Sable Maze: Twelve Fears Walkthrough

У цій грі гравцеві потрібно відшукати сховані об'єкти для того щоб знайти зниклу дівчину у парку розваг. Виконуючи завдання гравець знаходить потрібні предмети які доповнюють об'єкти в грі для того щоб перейти в іншу кімнату. У грі грає велику роль метод рандому який після невдалого завершення рівня починає генерувати на ігровому просторі нове положення об'єктів які раніше знаходились на іншому місці. За допомогою цього методу гравець залишається у потоковому стані та не втрачає зацікавленість у грі.

### 1.2.1.3 Casual games

«Casual games» – ігровий жанр розроблений для широкого кола користувачів. Казуальні ігри відрізняються простими правилами і не вимагають особливої наполегливості, часу, витраченого на тренування або будь-яких спеціальних навичок від користувача; їх порівняно дешево розробляти і поширювати. Багато таких ігор також мають яскраву привабливу графіку і мінімум тексту. Повсякденні ігри протистоїть «хардкорним» іграм зі складними правилами, розробленими для відносно вузької аудиторії досвідчених гравців, які готові присвятити багато часу

освоєння гри. Яскравим прикладом жанру casual є ігри відомі як «три у ряд» або «match3», а саме гра Disney princess majestic quest.



Рисунок 1.3 – Disney princess majestic quest

У цій грі гравець допомагає казковим принцесам відтворити їх замок який було зруйновано таємничим та містичним штормом. Проходячи ігрові рівні гравець збирає «зорі» які зможе витратити на виконання завдання для того щоб допомогти казковим принцесам відновити свої володіння. Що до casual games тут можна роздивитися їх найбільш детальніше, бо вони краще підходять під системний вплив методу рандому який допомагає у формуванні кривої складності гри, а саме використовуючи гравців як систему яка допомагає формувати нові рівні гри.

#### 1.2.1.4 RPG

«RPG» або «Role player game» – ігровий жанр заснований на ігрових елементах традиційних настільних рольових ігор. У рольовій грі гравець керує одним або декількома персонажами, кожен з яких описується набором числових характеристик, переліком здібностей і навичок; Прикладами таких характеристик можуть бути точки удару, показники сили, спритності, інтелекту, оборони, ухилення, рівень розвитку певної майстерності. Прикладом цього жанру з використанням технології мобільних ігор є Raid.



Рисунок 1.4 – Raid

Основна мета цієї гри відновити контроль над територією яку за ігровим сюжетом захопили злі сили. Гравець обирає собі головного героя та починає формувати команду з п'яти героїв. Різноманітна варіативність комбінації ігрових персонажів дозволяє гравцеві проходити ігрові рівні та відновлювати контроль над загарбаними територіями.

У цій грі також як у жанрі casual games дуже гарно використана система самої гри. Вона дозволяє гравцеві насолоджуватися ігровим процесом використовуючи максимально поглибленні знання гри для подолання складних аспектів гри.

#### 1.2.1.5 Hyper casual

«Hyper casual» – відносно новий ігровий жанр який взяв за основу інший ігровий жанр та спростив керування або вплив гравця до мінімуму. За звичай у цьому жанрі гравець використовує лише одну кнопку або навіть особливі можливості смартфона наприклад такі як «гіроскоп». Ціль в цьому жанрі за звичай дуже проста та не вимагає від гравця довгого знаходження у грі. З самого початку створення цього жанру було вирішено що люди зможуть проводити небагато часу та

зможуть відпочивати та насолоджуватися процесом. Прикладом най популярнішої hyper casual гри є Stack ball.

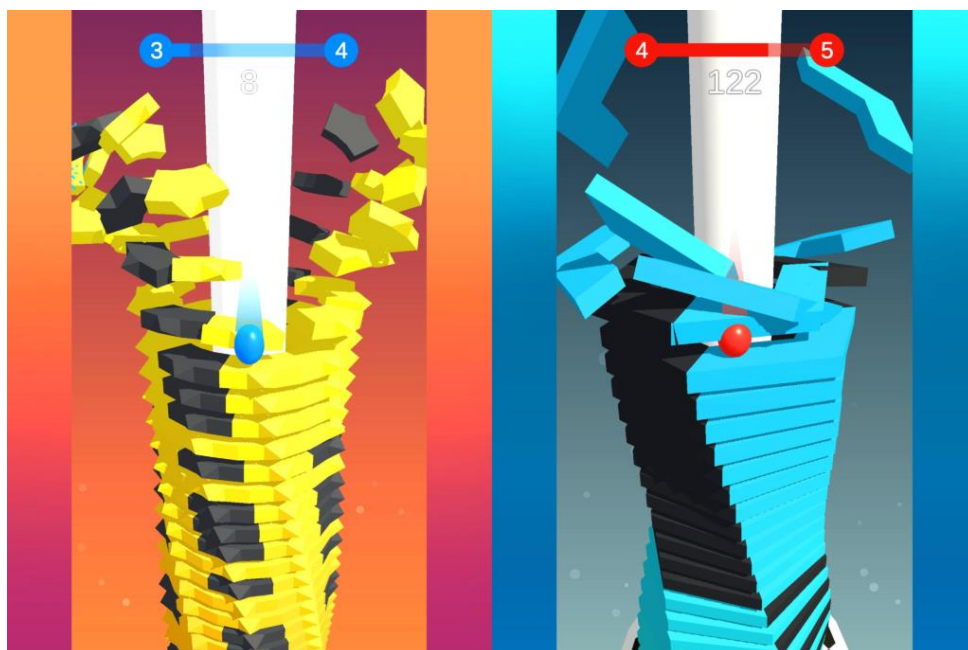


Рисунок 1.5 – Stack ball

Основна мета цієї гри прибрати усі блоки оминаючи чорні блок та набрати більшу кількість очок змагаючись з своїми друзями з соціальних мереж.

Що до цього жанру можемо зробити висновок що дуже велику роль відіграє метод рандому. Він полягає у тому що чорні блоки розташовуються кожного разу по різному. Саме ці жанри не вимагають від гравця багато часу, але налаштовані на уміння гравця адаптуватися під різноманітні ігрові ситуації.

Отже, проаналізувавши кращі жанри на мобільній платформі можемо зробити висновок що усі ці ігри використовують криву складності на рівнях гри для утримання гравця більшість також використовує метод рандому в ігрових додатках але використання рандому не впливає на формування кривої, а впливає на інші ігрові моменти. Наведемо популярність ігрових жанрів на мобільній платформі у таблиці 1.1 яка покаже масштаб аудиторії гравців які використовують ігрові додатки певного ігрового жанру.

Таблиця 1.1 – Аудиторія ігрового додатку

Arknights	>40 000
Stack ball	>550 000
Raid	> 880 000
Disney princess majestic quest	> 45 000
Sable Maze: Twelve Fears Walkthrough	> 55 000

Даний аналіз показує кількість гравців які встановили додаток. Аналіз був проведений на платформі «Google play» з використанням мобільної платформи на базі «Android».

Від жанру залежать показники які потрібно враховувати під час оцінки складності, а саме: розвиток гравця, навички гравця, кількість проведеного часу у грі та змогу навчатися. Маючи ці данні можна створити спеціальну систему яка допоможе розробнику формувати криву та вдало використовувати метод рандому.

### 1.2.2 Комп'ютерна та консольна платформа

На відміну від мобільної платформи комп'ютерна платформа набагато відрізняється від свого попередника. Комп'ютерні ігри вражають своїми можливостями та потребують найбільш детальнішої розробки. При проектуванні системи комп'ютерної гри враховують набагато більше деталей ніж у мобільній, а саме: комп'ютерну графіку, кількість ігрових об'єктів у грі, можливість використання онлайн підключення для гри з реальними користувачами, але у цих платформ є схожість, а саме ігрові жанри та аудиторія. Для комп'ютерних ігор вже використовують систему оцінки аудиторії ESRB.

Роздивимось найпопулярніші ігрові жанри серед комп'ютерної платформи для кращого розуміння та виявлення проблемної області.

Серед найпопулярніших комп'ютерних ігор можна відмітити такі види жанрів як: «Action-adventure», «Action», «Survival horror» та «Shooter» ці жанри були обрані

за допомогою аналізу індустрії відеоігор де на сьогоднішній день можна зустріти багату кількість гравців. Розглянемо їх найбільш детальніше.

### 1.2.2.1 Action

Action – це жанр комп'ютерних ігор, який підкреслює використання фізичних можливостей гравця, включаючи координацію очей і рук і швидкість реакції. В Action іграх гравець зазвичай керує головним героєм або аватаром. Цей персонаж повинен знайти вихід з рівня, збирати предмети, уникати перешкод і боротися з ворогами по-різному. Дія таких ігор дуже динамічна і вимагає високої концентрації уваги і швидкої реакції на події у грі. В кінці рівня або декількох рівнів гравець зазвичай бореться з босом, битва з яким набагато більш вимоглива до гравця, а сам бос, найчастіше, більше звичайних ворогів. Перешкоди і ворожі атаки виснажують здоров'я і життя аватара тим самим змушують гравця бути більш обережним для того щоб не програти. Коли шкала аватара закінчується гравець програє. Кращим жанром минулого року було обрано гру «Death Stranding» рисунок 1.6.



Рисунок 1.6 – Death Stranding

Події розвиваються у далекому пост апокаліптичному майбутньому. Гравцеві пропонується грати за аватара та виконувати завдання з доставлення речей з одного пункту до іншого.

Роздивимося гру з боку системи. Гравець приймає завдання від інших ігрових персонажів потім починає доставляти вантаж, під час доставлення гравець намагається оминати перешкоди використовуючи спеціальне обладнання. Коли гравець доставив вантаж починає використовуватися система оцінки вантажу за певними критеріями, після цього гравця нагороджують ігровим досвідом за допомогою якого гравець може відкривати нові обладнання та долати перешкоди легше. Отже, можемо зробити висновок що до проектування кривої складності гри. Гравцю потрібно здобувати ігровий досвід для подальшого подолання перешкод. Для найбільш детальнішого розуміння складності гри роздивимося coreloop діаграму на якій зображено основний цикл гри.



Рисунок 1.7 – Coreloop додатку

На діаграмі зображені основні дії гравця у грі для подальшого проходження гри. Отже, можемо зробити висновок, що гравець не може отримати завдання на доставлення вантажу на територію де ігровий рівень не відповідає рівню гравця.

### 1.2.2.2 Action-adventure

Action-adventure – це змішаний жанр комп'ютерних ігор, що поєднує в собі елементи quest і action. Такі ігри пропонують гравцеві подолати перешкоди як інтелектуального, так і фізичного характеру, наприклад, випробування на витривалість або швидкість реакції. Саме визначення того, коли така гра перестася бути квестом і перетворюється в гру чистих дій, є лише питанням тлумачення. Елементи квесту можуть включати пазли, сюжет, численні символи, діалоги між ними, інвентар для зібраних предметів та інші знаки жанру квесту. Більш того, в порівнянні з квестами, action – пригода значною мірою спирається на рух персонажа у віртуальному світі гри – це стосується ігрового процесу, в якому можуть переважати битви, і до сюжету: рух змушує запускати сюжетні сюжети, згідно з яким змінюється темп гри і контекст дій гравця.

При проектуванні системи для даного жанру потрібно враховувати вартість завдання, рівень завдання та поділ ігрового простору на рівні.

### 1.2.2.3 Survival horror

Survival horror – це жанр комп'ютерних ігор, який характеризується акцентом на виживання ігрового персонажа й ескалацією атмосфери страху і тривоги, як література і фільми жахів.

Хоча гейм плей таких ігор може містити битви з будь-якими противниками, як в іграх інших жанрів, гравець survival horror не відчуває ступеня контролю над тим, що характерно для більшості ігор. Це досягається різними обмеженнями – відсутністю боєприпасів, низьким здоров'ям головного героя, швидкістю руху, видимістю, а також різними перешкодами, які ускладнюють взаємодію з ігровою механікою. Часто гравець змушений шукати в грі об'єкти, які відкривають доступ до нових областей гри, розгадують різні головоломки і пазли. Дизайн рівня в survival horror також часто використовується для створення атмосфери жаху або очікування

чогось страшного – наприклад, ігровий персонаж може досліджувати темні похмурі кімнати, що нагадують лабіринт, і відчувати несподіваних атак ворогів.

Дуже велику роль грає система складності у самій грі такого виду жанрів. Від обраної складності залежить кількість необхідних речей які необхідні гравцю також розміщення цих речей може змінюватися від обраної складності.

#### 1.2.2.4 Shooter

Shooter – це жанр комп'ютерної гри де гравець знаходиться в тривимірному просторі і має деяку свободу пересування. Рівні, як правило, являють собою обмежений лабіринт, в якому розташовані вороги, союзники і нейтрально налаштовані NPC. Дії більшості шутерів розгортається в анізотропному просторі «приміщення мають очевидні підлогу і стелю, в них діє гравітація», хоча існують і виключення, в яких простір ізотропно «наприклад, Descent». Геймплей канонічного шутера зводиться до пошуку виходу з рівня, з усуненням всіх перешкоджають супротивників і перешкод «пошук ключів до закритих дверей, дистанційне відкриття проходу за допомогою органів управління, віддалених від самих дверей».

Можна відмітити особливості цього жанру тим що на сьогоднішній день жанр shooter полюбляє та обирає багато гравців. З за великого попиту на цей жанр проводяться кіберспортивні змагання по всьому світу.

Роздивляючись даний жанр можна зробити висновок щодо складності гри. Сама складність залежить від здібностей гравця вчасно реагувати на події які відбуваються довкола нього. Чим вищий особистий досвід гравця тим легше він зможе долати перешкоди на своєму шляху.

Можемо зробити висновки що до ігрових додатків на комп'ютерній платформі та консольній порівнявши кількість гравців певних ігрових жанрів та технологій обравши найпопулярніші ігрові додатки серед своїх жанрів або тіж самі ігрові додатки які були розроблені для обох платформ. Для більш кращого аналізу наведемо таблицю 1.2 та 1.3, де роздивимось кількість аудиторії комп'ютерних та консольних платформ.

Таблиця 1.2 – Аналіз аудиторії комп’ютерної технології за жанрами

Жанр	Гра	Кількість придбаних копій
Action	grand theft auto v	>110 мільйонів
Action-adventure	red dead redemption 2	> 9 мільйона
Survival horror	Resident Evil 4	> 9 мільйона
Shooter	cs go	> 25 мільйона

Таблиця 1.3 – Аналіз аудиторії консольної технології за жанрами

Жанр	Гра	Кількість придбаних копій
Action	Death Stranding	>5 мільйонів
Action-adventure	red dead redemption 2	> 14 мільйона
Survival horror	Resident Evil 2	> 5 мільйона
Shooter	Battlefield 1	> 15 мільйона

Отже можемо зробити висновок що до обирання однакових ігрових жанрів але на різних платформах. Ігрові жанри користуються своєю популярністю у багатьох користувачів, але саме завдяки доступності технології більшість користувачів може насолоджуватися ігровим додатком.

### 1.2.3 Платформа віртуальної реальності

Віртуальна реальність – це віртуальний світ у який гравець може потрапити за допомогою спеціальних приладів такі як: шолом віртуальної реальності, controllers або тактильні рукавиці. За їх допомогою користувачі отримують змогу перебувати у віртуальному світі та виконувати будь-що, що може дозволити гра.

На сьогоднішній день віртуальна реальність дуже стрімко розвивається, вона має великий спектр діяльності у науці, медицині, військовій справі для неї

починають виробляти найбільш компактніші прилади за допомогою яких користувач може без жодних перешкод використовувати їх у повсякденному житті.

Існує дуже багато приладів які забезпечують користувачеві потрапляння до віртуальної реальності з можливості використання різних платформ такі як : комп'ютери, консолі, мобільні телефони тощо.

Слід відрізнити деякі різновиди віртуальної реальності, а саме шолом та окуляри віртуальної реальності. Шолом використовують для підключення безпосередньо до комп'ютерів, а окуляри використовують з мобільними пристроями. Існує багато допоміжних приладів які ще більше підсилюють сприйняття та перебування у грі.

Різні виробники намагаються надати як найбільше своїм користувачам ті умови що будуть задовільнять їх потреби та отримують максимально наближений результат перебування у грі.

Віртуальна реальність може використовувати допоміжні платформи для передання більш яскравого досвіду користувачу. Саме тому віртуальну реальність слід роздивлятися як систему яка передає максимально поглиблений ігровий досвід.

Лідером серед ігрових жанрів використовуючи платформу віртуальної реальності є симулятори які намагаються дуже реалістично передати досвід гравцеві який максимально наближений до певних умов. Також можна зустріти уже відомі нам жанри у віртуальній реальності, але з певними обмеженнями.

Оскільки проведення багато часу у віртуальному світі не рекомендується із за певних обмежень у більшості ігри на цій платформі розробляють з обмеженим часом. Кількість аудиторії віртуальної реальності починає зростати але поступово. Багато компаній які намагаються зробити дану технологію доступнішою для користувачів.

### 1.3 Постановка задачі дослідження

На ринку комп'ютерних ігор конкуренція швидко зростає і стає дуже великою. Тому загострюється боротьба за ігрову аудиторію. Гра може бути успішною, якщо

дозволяє як можна довше утримувати гравців у грі. Це є складним завданням для розробника.

Системне бачення ситуації націлює вибрати в якості об'єкта дослідження складну систему «гравець – гра – розробник». Розробник мусить розумітися на поведінці гравця і закласти у гру можливості підлаштовуватися під конкретну людину. Такі можливості зазвичай потребують забагато ресурсі. Тому проводяться дослідження в пошуку варіантів адаптації гри під сучасний стан користувача.

Спираючись на аналіз стану ігрової індустрії та наявні проблеми, потрібно знайти спосіб використання кривої складності гри і застосування рандому для утримання гравців у грі, тобто зробити гру більш гнучкою.

Для того щоб реалізувати успішну гру потрібно виконати ігровий додаток у середі розробки яка краще підходить для створення додатків на певній платформі. Попередньо проаналізувати усі можливі платформи для обрання найбільш популярнішої з них. Це надасть розробнику більше переваг з точки зору розробки додатка, а саме більшу кількість користувачів додатка, можливість використовувати переваги ігрової середі розробки. За для забезпечення успішності гри потрібно зробити основний опір на аналіз гравців, а саме використовувати ігрові метрики які допоможуть у отриманні потрібної інформації за допомогою якої можна буде аналізувати поведінку користувачів.

Потрібно створити ігровий додаток у якому є можливість швидко реагувати та впроваджувати зміни які впливатимуть на побудування кривої складності гри та на метод рандома для надання яскравого ефекту зацікавленості гравців.

Спроекувати приблизну криву складності для забезпечення зацікавленості користувачів, а після тестування ігрового додатку отримати фактичні показники та зміни які покажуть справжню складність рівнів гри. Після отриманих показників впровадити зміни та отримати результат який буде задовольняти систему дослідження.

## 2 ЕТАПИ ФОРМУВАННЯ КРИВОЇ СКЛАДНОСТІ

Перед початком роботи необхідно розробити концепт документ у якому будуть зібрані усі вимоги до програмного продукту, визначитися з платформою та проаналізувати ринок ігрової індустрії для найбільш вдалого тестування самої системи. У загальному випадку під вимогами розуміють сукупність властивостей, які повинна мати система, що реалізується. В ході роботи необхідно протестувати поведінку гравців у ігровому додатку для створення кривої складності та залучення методу рандому для подальшого вивчення поведінки гравців для отримання змін по кривій складності гри. Після виконання вище поставлених задач можна розробити систему яка найкраще відображати взаємодію користувачів з ігровим додатком та отримати достатню кількість інформації від гравців.

### 2.1 Призначення розробки

Індустрія відео ігор вражає своїми масштабами та користується великою популярністю у всьому світі. Але не усі ігри які створюються можуть розкрити свій потенціал. За звичай при неправильному підході до проектування ігрового додатку розробники втрачають дуже багато інформації яка надходить до них від користувачів. Потрібно правильно проаналізувати складну систему «гравець – гра – розробник» та створити унікальну криву складності яка буде утримувати гравців у потоковому стані та буде стимулювати користувачів підвищувати особисті навички у певному ігровому додатку.

### 2.2 Загальні відомості

Перед початком потрібно найбільш детально ознайомитися з усіма поняттями проектування ігрового додатку щоб зрозуміти як створюється ігровий додаток і яку інформацію потрібно обробляти під час використання додатка користувачем.

По–перше потрібно створити документ який буде зберігати повну інформацію про ігровий додаток. Цей документ забезпечить правильне розуміння ігрового додатку та надасть змогу розробникам зрозуміти як гра буде взаємодіяти з користувачами.

По–друге, визначитись з технологією для якої буде розроблятися ігровий додаток та вирішити які сильні сторони технології зможе відображати ігровий додаток що допоможе підкреслити унікальність ігрового додатку та зацікавить користувачів.

По–третє, розробивши прототип або готовий ігровий додаток протестувати його на користувачах та отримати зворотній зв'язок для удосконалення ігрового додатку перед випуском у світ. Налагоджування ігрових моментів грає велику роль у успіху ігрового додатку.

Для початку потрібно дати визначення concept document or GDD «Game design document», крива складності, метод рандому та визначити ігрову платформу та обрати ігровий жанр для кращого оцінювання можливостей складної системи при проектуванні кривої складності гри. Чітке розуміння усіх понять надасть змогу визначитись з послідовністю розробки.

### 2.2.1 Крива складності

Крива складності – це функція залежності навичок гравця від часу проведеного у грі. За звичай користувач ігрового додатку не знає що гра використовує криву складності.

Перед початком гри користувач бачить рівні складності які попереджують про можливі труднощі у використанні ігрового додатку. Під час обирання найскладнішого рівня складності, або навпаки ігровий додаток буде допомагати користувачеві навчитися використовувати основні ігрові механіки, а вже потім буде підлаштовуватися під користувача за допомогою зазвичай підготовленої кривої складності. Якщо використовувати математичну формулу то її можна представити у такому вигляді «рисунок 2.1», де,  $S$  – навички,  $t$  – час.

$$s = f(t),$$

Рисунок 2.1 – Математичне уявлення кривої складності

Крива складності дає наочне уявлення, наскільки швидко гравець навчається та перевіряє щоб гравцю не наскучила сама гра. Добре збалансована крива складності вводить гравця у потоковий стан.

Потоковий стан – це стан у якому гравець максимально зосереджується на самій грі та отримує задоволення від процесу гри. Коли гра дуже складна то гравець відчуває це та йому вона починає набридати. Коли гра дуже легка то гравець не відчуває певного виклика який повинен бути присутній майже в усіх іграх. Прикладом кращого потокового стану є «рисунок 2.2».

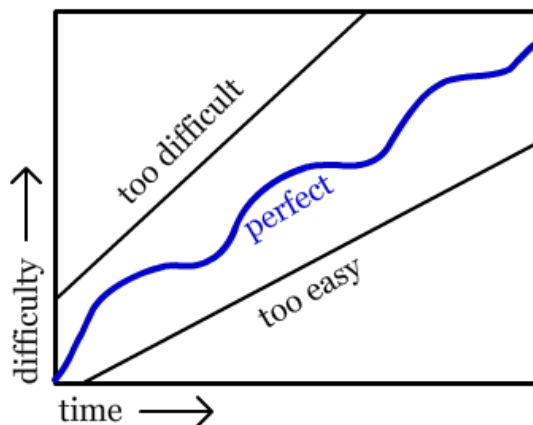


Рисунок 2.2 – Game flow

Для формування кривої складності потрібно обрати достатню кількість користувачів ігрового додатку та відстежити їх поведінку. Усі ці данні повинні надходити до розробника ігрового додатку за для забезпечення гарної підтримки ігрового додатку. Данні від користувача можуть надходити у такому форматі, а

саме: кількість проведеного часу, прогрес гравця, кількість спроб подолання ігрового рівня.

При дослідженні кривої складності потрібно враховувати наступні показники, а саме кількість гравців на певному рівні гри та їх параметри, кількість спроб проходження одного рівня, і поділимо усі ці данні на дві категорії для прорахування можливостей користувачів подолати рівень з першого разу та користуючись додатковими життями. Роздивимось криву складності на прикладі гри «mach3».

Кількість користувачів ігрового додатку складає приблизно 2000 і кожного дня активних користувачів 10% від загальної кількості. На початку користувачі ігрового додатку знайомляться з основними правилами гри та її можливостями за допомогою спеціально розроблених ігрових рівнів. Можемо зазначити що складність початкових рівнів складає 20 – 30%. Переведемо відсоткове відношення складності рівнів у кількість спроб. Для кращого розуміння підрахунків роздивимось рисунок 2.3 на якому зображені кількість спроб на певному рівні гри.

num Level	Hardness%	count try
Level 67	58%	2,38
Level 68	65%	2,86
Level 69	75%	4,00
Level 70	84%	6,25
Level 71	45%	1,82
Level 72	28%	1,39
Level 73	66%	2,94
Level 74	42%	1,72
Level 75	59%	2,44
Level 76	69%	3,23
Level 77	70%	3,33
Level 78	75%	4,00
Level 79	80%	5,00
Level 80	93%	14,29
Level 81	45%	1,82
Level 82	75%	4,00
Level 83	33%	1,49
Level 84	58%	2,38

Рисунок 2.3 – Складність рівня у грі

. Для того щоб перевести складність у кількість спроб потрібно взяти відсоткове відношення певного рівня та відняти від нього сто відсоткову складність та поділити на рівень гри який може складатися навіть з декількох етапів.

Усі ці данні дуже зручно зберігати за допомогою таблиць на яких буде можливість побачити зміни ігрових показників та створити графік на якому буде

зображено кількість гравців які знаходяться на тих чи інших ігрових етапах, кількість спроб одного гравця або групи гравців подолати один ігровий рівень. Правильний аналіз ігрових даних які надходять від користувачів забезпечать довгий життєвий цикл ігрового додатку та знайти слабкі або сильні сторони ігрового додатку.

Для кращого розуміння важливості кривої складності у ігровому додатку потрібно розглянути рисунок 2.3 на якому детально показується взаємодія складної системи.

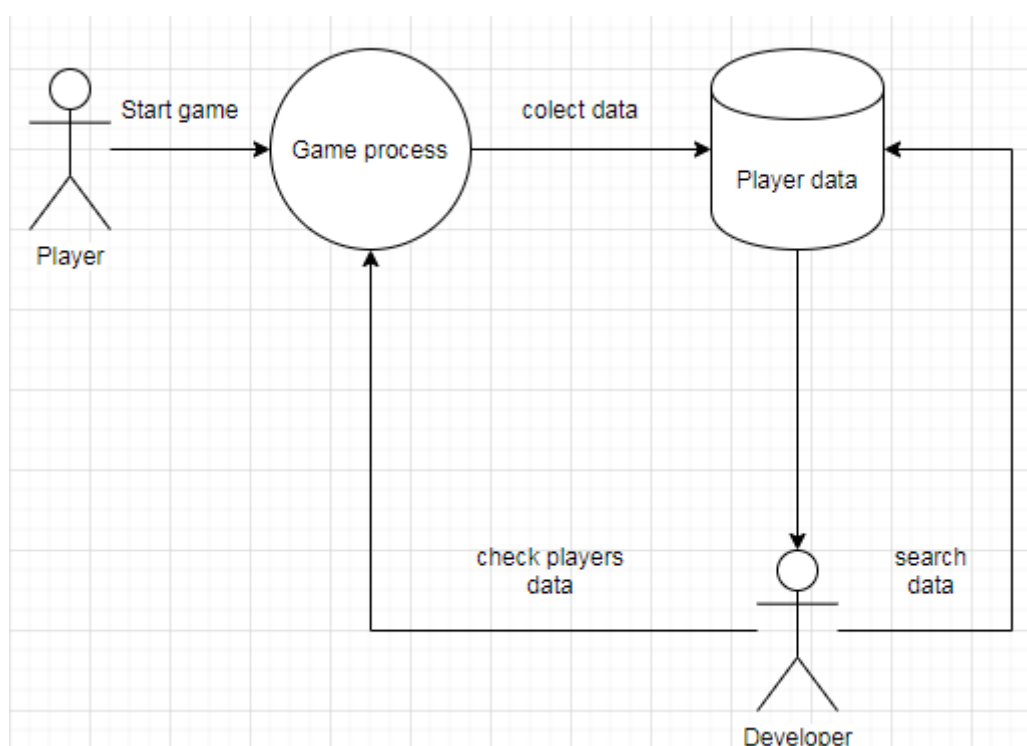


Рисунок 2.3 – Взаємодія складної системи «гравець – гра – розробник »

Отже, можемо зробити висновок що крива складності формується за допомогою наступних даних, а саме:

- Користувачі – усі гравці які завантажили ігровий додаток;
- Рівні у грі – гра має складатися з певних рівнів за допомогою яких можна відстежити прогрес гравця;

- Ігрове життя – ігрова одиниця за допомогою якої можна відстежити де саме гравець витрачає ігрове життя щоб виявити складні моменти гри та проаналізувати їх;
- Ігрове оточення – ігровий простір на якому відбуваються дії;

Візуалізація даних які будуть надходити від користувачів дозволить розробникам ігрових додатків побачити на яких етапах гри у користувача виникають складності, або відстежити його прогрес і зробити висновки що до ігрових моментів з якими користувач взаємодіє

### 2.2.2 Game design document and concept document

Концепт документ – це документ у якому коротко викладені основні можливості гри, правила та поведінка гравця у грі, а також є документ який має назву game design document (GDD), за допомогою якого розробники дотримуватися чітких правил та мають розуміння про те що буде відбуватися у грі. При написанні GDD потрібно чітко розуміти правильність написання усіх правил або логіки гри, наводити приклади та описувати їх детально для того щоб під час реалізації ігрового додатку можна було чітко та правильно розробити компоненти гри.

### 2.2.3 Системи для аналізу ігрових додатків

### 2.2.4 Метод рандому

Рандом – від англійського слова «random» переводиться як випадковий. Даний метод дуже широко застосовується майже в усіх іграх. Його використовують для того щоб надати грі певні особливості. Роздивимось декілька прикладів використання ігрового рандому для кращого розуміння його використання.

Рандом використовують в отриманні ігрових нагород, ігрових героїв, речей, у битвах з супротивником, і.т.д. Роздивимось метод на прикладі мобільної гри «AFK

arena», а саме отримання ігрових героїв. Гра використовує певну валюту для отримання ігрового героя але їх дуже багато і якби кожен міг обрати того героя який йому потрібен гра перестала б бути такою цікавою. Саме тому розробники гри використовують метод рандому у отриманні ігрових персонажів «рисунок 2.4».



Рисунок 2.4 – Рандом у грі AFK arena

Роздивимось найбільш детально отримання ігрових персонажів. Гравцеві пропонується отримати три типи героїв, а саме звичайних, рідких, та елітних. Розробники встановили метод рандома у підборі ігрових персонажів та зв'язали це з шансом отримання їх. Отже, в залежності від шансу гравець може отримати одного з трьох типів героїв та в залежності від рандому є ймовірність того що гравець отримує саме того героя який йому потрібен.

Можемо зробити висновок що до використання методу рандому. Рандом за звичай використовують у зв'язці з теорією ймовірності або математичною статистикою для надання методу більшого випадкового вигляду тим самим про стимулювати гравця вірити у те що він може впливати на нього. Використання методу рандому допоможуть створити унікальний ігровий досвід гравцеві, та надасть змогу відчувати ігровий азарт.

### 2.3 Визначення жанру та ігрової платформи

Ігрова індустрія вражає своїми масштабами та різноманітність ігрових додатків. При проектуванні ігрового додатку потрібно правильно обрати платформу яка користується багатим попитом у користувачі. Це надасть змогу розробникам швидко та правильно проаналізувати свій ігровий додаток та виявити його слабкі та сильні сторони. Проаналізувати можливості використання даної платформи, що допоможуть розкрити потенціал ігрового додатку або його унікальність серед конкурентів.

Також важливим етапом проектування ігрового додатку є вибір ігрового жанру, який також залежить від кількості користувачів. Проаналізувавши ринок ігрової індустрії за допомогою статистичних показників можна зробити висновок на основі кількості гравців та успіху ігрового жанру за грошовим показником що до обрання ігрової платформи та ігрового жанру рисунок 2.5.

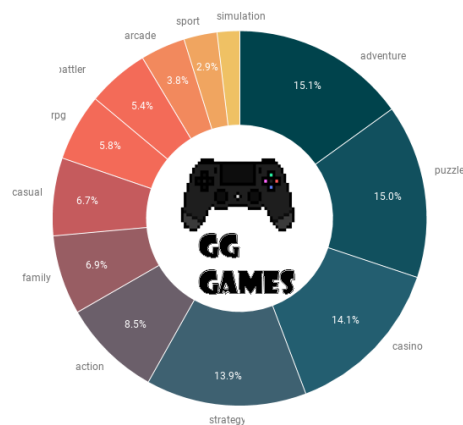


Рисунок 2.5 – Аналіз ігрового жанру

Передову позиці на ринку займає мобільна платформа у світі на базі «Android» та «IOS» за показниками кількості активних користувачів, а що до ігрового жанру то передову позицію займають одразу декілька жанрів, а саме «casual».і «adventure» за показниками кількості користувачів та розвитку ігрового жанру за певний період часу.

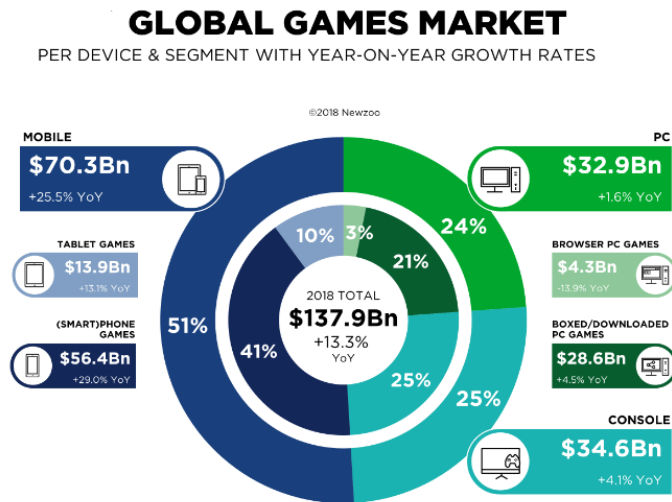


Рисунок 2.6 – Аналіз ігрової індустрії

Проаналізувавши ринок ігрових розваг ми обираємо технологію мобільної платформи тому що розробка ігрового додатку на цій платформі надасть змогу більш краще протестувати складну систему, виявити слабкі та сильні сторони ігрового додатку завдяки кількості користувачів. Цільова аудиторія буде складатися з користувачів віком від 18 до 40 років. Це забезпечить можливість зворотного зв'язку тим самим надасть більше інформації для дослідження впливу методу рандому на криву складності гри.

Що до обрання ігрового жанру потрібно проаналізувати найбільш кращі проекти конкурентів для того щоб створити додаток який буде користуватися такою ж популярністю як ігрові додатки конкурентів. Після чого буде зроблений висновок що до обрання одного ігрового жанру за для виконання

### 3 ФОРМУВАННЯ КРИВОЇ СКЛАДНОСТІ

Крива складності грає дуже велику роль у підтримці життєвого циклу ігрового додатку. За допомогою кривої складності можна контролювати ігровий процес гравця враховувати скільки часу знадобиться для того щоб гравець пройшов до певного етапу гри. Також, крива складності впливає на game events та ігрові метрики які допомагають оцінити успіх гравця. Для того щоб більш детально ознайомитись з кривою складності ознайомимось з основними поняттями ігрового циклу на прикладі мобільної гри у жанрі « casual ».

#### 3.1 Ігрові метрики

Розглядаючи гру як систему використовують основні показники які називаються ігровими метриками. Ігрові метрики – це сукупність метрик які відображають масштаб ігрової аудиторії, а саме унікальних користувачів. За допомогою метрик можна точно дізнатися кількість гравців, які групи гравців знаходяться на початку в середині та у кінці гри.

Існує дуже багато ігрових метрик які допомагають розробнику чітко усвідомлювати що відбувається у грі, а саме як користувачі взаємодіють з ігровим додатком, на якому ігровому етапі вони знаходяться, як система поводить на інших ігрових пристроях. Роздивимось основні та найважливіші метрики які потрібні при формуванні кривої складності.

##### 3.1.1 Users

Users – або користувачі – це найважливіший показник у самій грі. Без користувачів життєвий цикл гри неможливий. Ця метрика допомагає зібрати данні гравців по регіонам та по віковому обмеженню. Це надасть змогу оцінити правильний вибір аудиторії який з самого початку розробки ігрового додатку був обраний.

Прикладом ігрової метрики users може бути наступне:

- Регістрація у ігровому додатку;
- Регістрація за допомогою соціальних мереж;
- Регістрація за допомогою google play або apple store id.

Приклад реєстрації користувача показаний на рисунку 3.1 та 3.2.

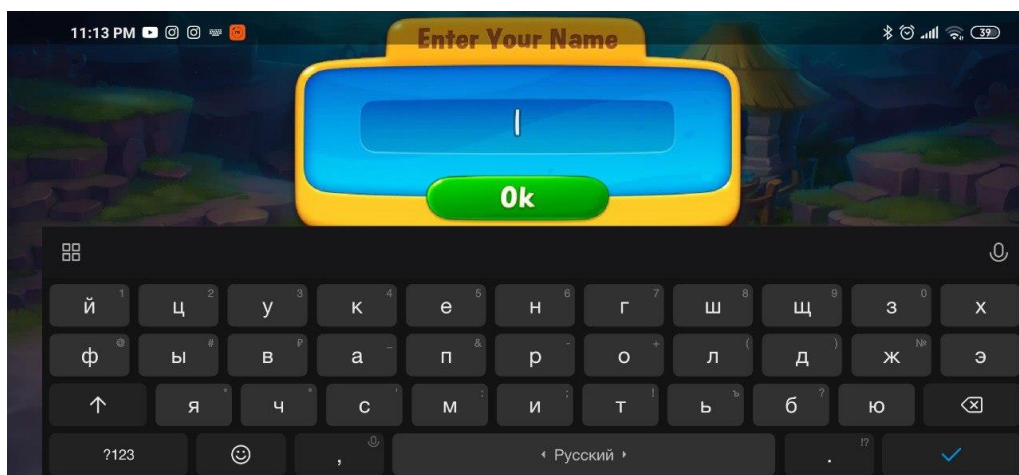


Рисунок 3.1 – реєстрація користувача

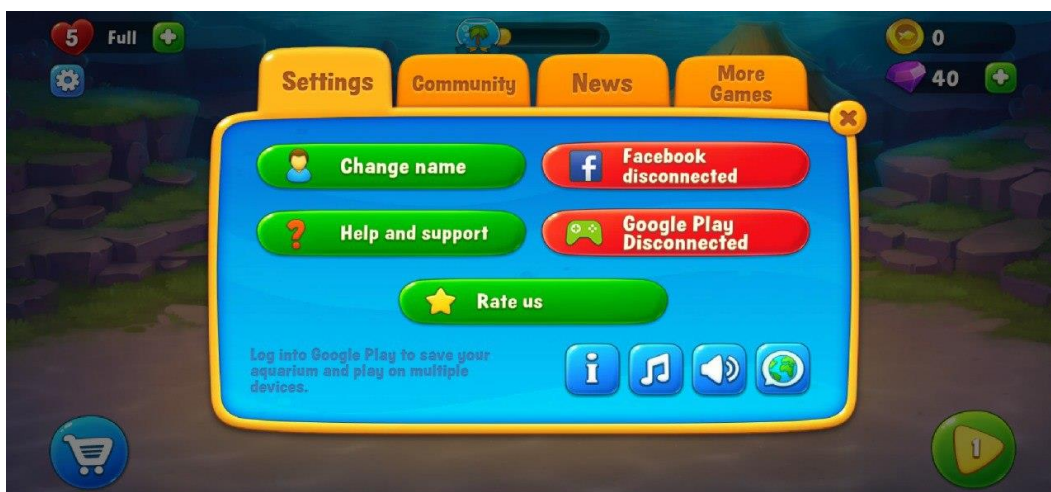


Рисунок 3.2 – збереження даних гравця за допомогою додатків

Данна можливість допомагає користувачу зберегти свій прогрес та данні у грі навіть якщо він змінить свій мобільний телефон або видалить гру, а потім захоче встановити ігровий додаток ще раз він зможе почати грати з того місця де залишив гру.

### 3.1.2 DAU WAU MAU та тривалість сесії

DAU – «Daily active user» гравці які зайшли у гру. Кожного дня гравець який заходить у гру вимірюється метрикою DAU, вона дозволяє відстежити кількість активних користувачів одного дня. Найважливіший показник який дозволяє відстежити успіх гри і за допомогою цієї метрики також можна відстежити до якого етапу гравець дійшов у грі за один день.

WAU – weekly active user – користувачі які заходили у гру протягом однієї неділі формують певну групу гравців. Цей показник може більш детально розкрити зацікавленість гравців. Привести більш детальнішу статистику по групі гравців.

MAU – month active user – це гравці які протягом місяця заходили кожний день у гру. За допомогою MAU можна подивитися як ця група гравців долає перешкоди у грі, сформувати більш чітку картину на якій можна зрозуміти до якого рівня більшість гравців дійшла, які були найскладніші моменти у грі. Це дасть змогу розробнику протестувати свій ігровий додаток та отримати ті данні які він хоче.

Тривалість ігрової сесії – ця метрика дозволяє оцінити зацікавленість гравця ігровим додатком. Також дана ігрова метрика дозволяє дізнатися час коли гравець почав грати та скільки тривала ігрова сесія. Це може допомогти у покращенні ігрового додатку та оцінити підхід до проектування ігрових рівнів які надасть змогу гравцеві відчути насолоду від гри [16].

### 3.1.3 Утримання користувачів

За допомогою цієї метрики можна дізнатися яка кількість користувачів залишається грати в ігровий додаток з моменту його встановлення на свій смартфон. Для того щоб використати цю метрику потрібно розбити гравців на когорти за днями, а саме: D1, D3, D7, D28 та D60. Де – Dn – це когорта гравців у обраний день. Ця метрика дозволить відстежувати повертаючихся користувачів за допомогою формули:  $Dx^* = \text{користувачі в } Dx / \text{користувачі в } D0$ . Де x – це день D1, D2, D7 та так

далі. Контрольний показник утримання користувачів залежить від платформи та ігрового жанру [16].

### 3.1.4 Відтік гравців

Метрика за допомогою якої можна оцінити де саме гравці видалили ігровий додаток. Це надає змогу визначити на якому етапі проектування ігрового додатку було припущено помилку або зрозуміти що було важко для гравців або нудно. Загалом для забезпечення меншого вітїку гравців розробники ігрового додатку намагаються переробляти складні моменти гри які зв'язані з технічними помилками.

Усі ці метрики потрібні для відстеження поведінки користувача та його прогресу у грі від початку встановлення ігрового додатку до часу коли гравець не повернувся до гри або видалив ігровий додаток. Гравцеві на початку присвоюють унікальний ігровий індикатор який бачать лише розробники гри. Ці данні зберігаються у спеціальній базі даних яка може зберігати багату кількість гравців.

## 3.2 Ігровий рандом

Ігровий рандом грає велику роль у розробці ігрового додатку. Розробник контролює поведінку рандому у грі. Рандом стимулює гравців грати, викликає азарт та надає мінливе відчуття того що гравець може якось впливати на ігровий процес. Майже усюди використовують рандом в іграх але гра не може складатися з абсолютного рандому. Щоб рандом був зовсім не випадковий розробники ігор використовують його у зв'язці з теорією верогідності, математичною статистикою та інші математичні комбінації. Для того щоб чіткіше розуміти як використовується рандом потрібно роздивитися основні ігрові моменти які використовують розробники в іграх.

### 3.2.1 Рандом у турнірах на прикладі ККІ іграх

Колекційні карточні ігри або «ККІ» – це ігри які використовують необхідні ігрові елементи у вигляді карток. На картках зображують усю необхідну інформацію для гравця, а саме: життя, можливості картки, енергію картки і так далі. Найкращим прикладом ККІ може бути покрокова мобільна гра «Hardstone». У ній гравці змагаються один з одним за допомогою карток які вони отримують у спеціальних пакунках або які можуть отримати під час проходження основної сюжетної лінії а також придбати їх за реальні гроші.

Існує дуже багата кількість карток які мають свої особливості, а саме рідкісність та основні характеристики. Перший приклад рандому у ККІ це випадання ігрової картки з колоди. З самого початку гри у гравця є основні картки з якими він може взаємодіяти. У кожного гравця є своя колода карт яку гравець формує на початку гри. За допомогою цієї колоди і відбувається основний ігровий процес рисунок 3.3



Рисунок 3.3 – Основний ігровий цикл та рандом

Оскільки у самій грі існує понад трьохсот різноманітних карток розробники гри вводять обмеження на випадання карток за її характеристиками або рідкістю. Наприклад: отримавши один раз легендарну картку гравець не зможе отримати ще одну копію цієї картки поки не отримає усі інші легендарні картки.

У цій грі беруть участь гравці з усього світу вони можуть змагатися один з одним у реальному часі. Навіть коли гравець хоче прийняти участь у поєдинку «PVP» - player versus player він вже може відчутти на собі вплив рандому. Оскільки ігри які мають можливість використовувати online pvp то вони також як інші ігрові жанри використовують деякі турнірні таблиці.

Підбір гравців дуже важливий етап ігрового процесу у іграх які використовують PVP режимами. Для того щоб обрати з ким гравець зможе змагатися у реальному часі ігровий додаток використовує наступні показники учасника змагання:

- Рівень гравця;
- Регіональне положення гравця;
- Рейтинг гравця.

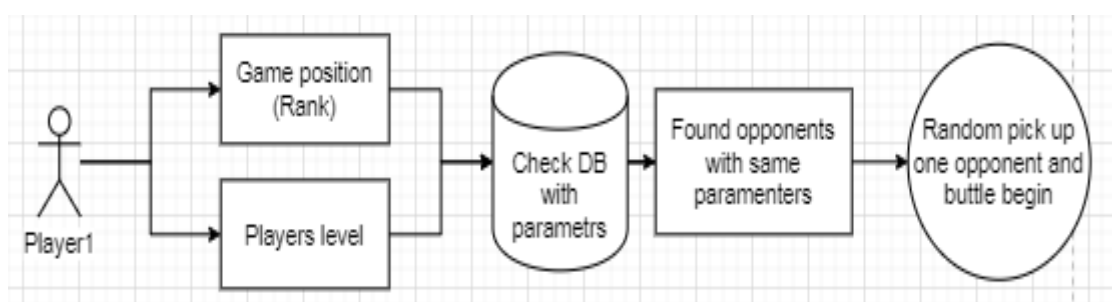


Рисунок 3.4 – Рандом у підборі опонента

За допомогою цих показників ігровий рандом може впливати на отримання ігрового опонента з яким буде відбуватися PVP. Тобто, розробники ігрового додатку програмують ігровий рандом таким чином щоб надати змогу гравцю підібрати свого опонента який більш менш схожий за показниками що й гравець. Це надасть змогу не потрапити на супротивника який більше часу проводить у грі та має перевагу над новачкам.

Можемо зробити висновок щодо впливу рандому у ігрових турнірах. Рандом надає можливість обрати серед багатьох користувачів ігрового додатку саме того опонента який краще підходить до тієї категорії гравців у якій знаходиться гравець.

Це надає можливість гравцю випробувати свої здібності у грі змагаючись з супротивником який більш менш підходить за певними показниками у грі.

### 3.2.2 Рандом та теорія ймовірності або ігрове «везіння»

Ігровий рандом дуже часто намагаються замаскувати під звичайне «везіння» гравця. За звичай для досягнення вдалого маскування ігрового рандому використовують візуально максимально схожі речі які викликають асоціацію гравця з вдачею. Яскравим прикладом рандому–вдачі може бути гра «Coin master». Роздивимось більш детальноше гру як приклад використання рандому як основної особливості гри.

Coin masters – це гра у якій гравцю необхідно заробляти ігрову валюту для того щоб покращити свій острів який відведений під певну тематику.

Заробляти ігрову валюту гравцеві допомагає «колесо фортуни» та ігровий автомат. Для того щоб гравець отримав ігрову валюту йому потрібно використати одну одиницю енергії яка накопичується з часом.

Після того як гравець використає енергію у ігровому автоматі він починає спостерігати за тим яка комбінація речей опиниться на екрані ігрового автомата. У грі існує понад сім різноманітних елементів які можуть відобразитися на екрані ігрового автомата.

Для того щоб отримати нагороду потрібно скласти комбінацію з трьох, двох, однакових речей які наддадут гравцеві виграшну комбінацію рисунок 3.5.

Отримання ігрової комбінації можна вважати основною метою гри де користувач залежить від умовного «везіння». Завдяки тому, що комбінації можуть з'являтися у певних комбінаціях гравець не засмучується а отримує насолоду. Гра тримає користувача у напруженні із за підвищеного бажання отримати виграшну комбінацію.



Рисунок 3.5 – Ігровий автомат у Coin master

На самперед гра використовує не «везіння», а звичайну теорію ймовірності та комбінацію рандома з певними показниками. Роздивимося приклад даної гри:

Гравець має сім основних предметів які можуть з'явитися на ігровому автоматі, а саме: монету, молот, щит, ігрового персонажа, баночку з енергією, мішок грошей, ігровий предмет. Отже для отримання нагороди гравцю потрібно отримати комбінацію з трьох однакових предметів, двох однакових предметів та комбінація за яку гравець не отримує нічого. Використовуючи основні знання з теорії ймовірності можемо прорахувати кількість вдалих комбінацій які наддадуть гравцеві змогу отримати виграшний варіант.

Рандом у цій грі працює за допомогою додаткових предметів які потрапляють до гри під час проведення TLE, де гравцю потрібно зібрати комбінацію з трьох предметів які з'являються під час проведення даної події. Ймовірність та рандом випадання предметів у ігровому автоматі працюють за допомогою відсоткового відношення яке змінюється під час отримання виграшної комбінації. Наприклад, коли гравець отримав комбінацію із трьох предметів які з'явилися під час проведення TLE то ймовірність появи цієї комбінації значно змінюється за допомогою змінних у коді гри.

Ігровий рандом з теорією ймовірності дуже вдало взаємодіють один з одним. Вони стимулюють гравця сподіватися на вдачу отримати бажаний ігровий елемент

або предмет, а якщо гравцю дійсно таланить то він починає більше часу проводити у грі щоб похизуватися своєю перемогою перед друзями або повивчати новий ігровий предмет більш детально комбінуючи його з іншими предметами у грі.

### 3.2.3 Ігровий баланс

Ще одним із найважливіших показників при формуванні кривої складності гри та використанню ігрового рандому є ігровий баланс. Ігровий баланс – це баланс усіх показників які мають цифри. Наприклад нанесення пошкодження ігровому опоненту або сутичка з босом у грі. Гравець бачить лише цифри, але його насамперед його цікавить те що чим більше цей показник буде тим краще для нього. Для того щоб краще ознайомитися з ігровим балансом роздивимось декілька прикладів його використання.

#### 3.2.3.1 Рівень гравця

У деяких іграх є ігровий рівень гравця. Це статус гравця за допомогою якого можна дізнатися успіх гравця та його прогрес рисунок 3.6.

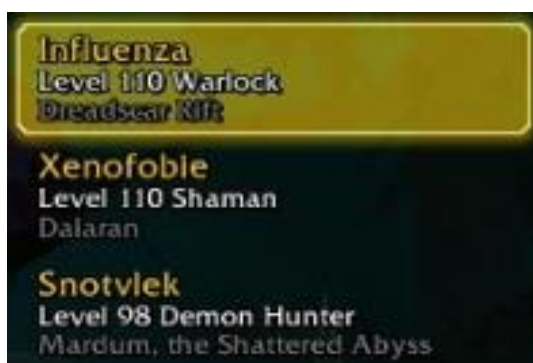


Рисунок 3.6 – Рівень гравця у грі

Якщо роздивлятися ігровий рівень з точки зору розробника ігрового додатку то він показує прогрес гравця у грі. За допомогою рівнів розробник може вводити певні ігрові обмеження, які надають змогу гравцю розвинути свій рівень для

подолання цих обмежень. Прогресуючи гравець відкриває для себе більше можливостей ніж у нього вони були з самого початку. Яскравим прикладом обмежень за допомогою ігрового рівня є ігрова мапа з певним поділом по ігровим рівням рисунок 3.7.



Рисунок 3.7 – Ігрові рівні на мапі у грі

На рисунку зображено поділ між ігровими рівнями та території ігрового простору. Цей поділ розроблено за допомогою ігрового балансу та правильного використання дизайну ігрових рівнів [10]. Якщо більш детально роздивитися рисунок 3.7 то можна помітити, що гравцю відведена певна територія під певний ігровий рівень. На цій території будуть знаходитися завдання та NPC – «Non-Player Character» які будуть допомагати у розвитку ігрового рівня до певного показника який зображено на ігровій мапі. Це надає змогу гравцю ознайомитися з усім ігровим простором та отримати максимальний рівень у грі.

Поділ між ігровими рівнями з точки зору розробника також дозволяю збалансувати ігровий розвиток за допомогою рівнів. Наприклад, якщо ми надамо гравцеві доступ до PVP з самого початку це не покаже бажаного результату та гравець на початковому рівні не зможе показати свої уміння які здобув у грі. Саме тому вводять ігрове обмеження по рівням наприклад: з шістдесятого рівня гравця

він може відкрити для себе участь у PVP events. Гравець вже зможе отримати деякі навички у грі та розвинути свого ігрового персонажа який зможе протистояти іншим гравцям.

З точки зору гравця ігровий рівень – це статус який показує успішність гравця у грі. Один з показників які стимулюють гравця розвинути свого ігрового персонажа до максимального рівня щоб відкрити усі здібності гравця. Якщо роздивлятися TLE то вони також як у розділі «Рандом у турнірах на прикладі ККІ іграх», залежать від ігрового рівня гравця. Щоб уникнути потрапляння у PVP на гравців з віщи рівням ніж у гравця.

### 3.2.3.2 Баланс ігрового оточення

Баланс використовують не тільки для ігрових рівнів, а ще й для предметів, NPC, будівництва нових споруд, навичок ігрового персонажа і так далі. Коли у грі використовують багато персонажей потрібно враховувати усі їх навички щоб не допустити того, що новий ігровий персонаж набагато сильніший ніж його попередники бо він буде не правильно збалансований та матиме певну перевагу над іншими персонажами.

Для того щоб збалансувати ігрових героїв або для поліпшення ігрового балансу, використовують основні переваги ігрових персонажів. Їх зводять до певних умовностей. Наприклад у грі камінь ножиці папір використовують такий баланс рисунок 3.8. Використовуючи метод спрощення складних систем розробник може балансувати складні складові гри [10]. Основний принцип використання балансування складної системи це спрощення ігрових процесів до простої математичної форми, або проектування ігрових компонентів які можуть використовувати недоліки інших ігрових об'єктів як свої переваги та навпаки як свої недоліки як перевага опонентів.



Рисунок 3.8 – Баланс гри

На даному рисунку зображено збалансовану гру камінь ножиці папір. За допомогою цього прикладу намагаються балансувати усі відео ігри. Наприклад ми маємо збалансувати нового ігрового персонажа, який використовує стихію вогню. Для кращого балансу ми можемо перерахувати загальну кількість персонажів та виходячи з кількості персонажів ввести обмеження по кількості персонажів у PVP режимі наприклад у змаганні приймають участь до десяти гравців та під час обирання ігрового персонажу інші гравці не можуть обрати такого самого персонажа.

Яскравим прикладом прогресії гравця та балансу ігрового оточення є ігри «city builder» ігри які використовують гарний баланс по прогресії гравця. Роздивимось більш детально один з прикладів ігри жанру «city builder» а саме «Hay day».

«Hay day» це гра «ферма», основною метою гри являється відновлення старої ферми та налаштування поставок фермерських товарів до інших ігрових міст. Отже, ця гра використовує баланс наступним чином, а саме, після того як гравець виконує завдання він отримує ігрову валюту за яку може придбати нові споруди і вирощувати на своїй території нові продукти які потрібні для завдання. Для кращого розуміння ігрового циклу та ігрового балансу роздивимось core loop гри «Hay day» рисунок 3.9.

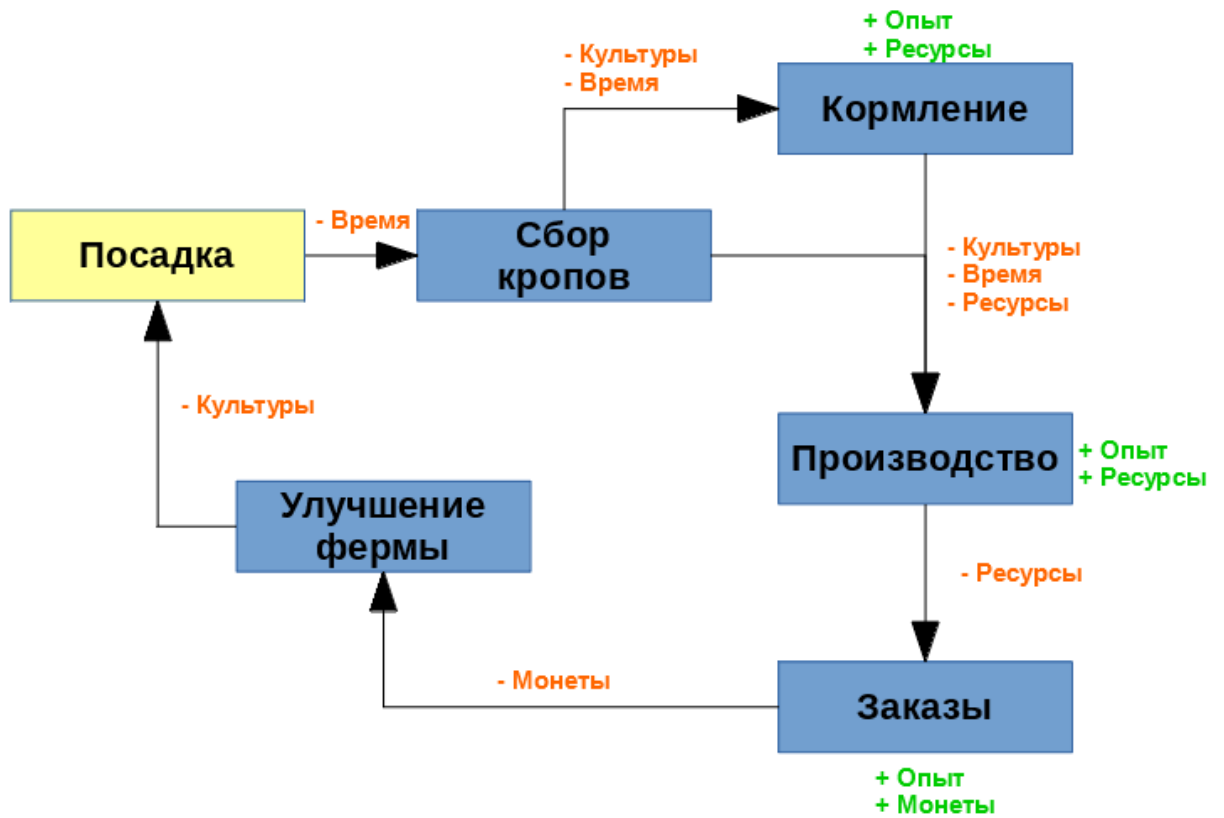


Рисунок 3.9 – Core loop Hay day

Маючи певні змінні такі як: ресурси та монети ми можемо збалансувати певний розвиток гравця. Оскільки ігрова валюта є головним ресурсом для придбання будь чого потрібно правильно визначити та встановити ціни на ресурси, нові споруди. Також, потрібно враховувати важкість завдання яке буде вимірюватися за допомогою часу гри. Наприклад, якщо гравець отримав завдання на збір урожаю який складає багато одиниць будь чого, то кількість цього товару буде ділитися на час затрачений на його вирощування та буде враховуватися ігровий рівень гравця, бо за ігровим обмеженням гравець на десятому рівні зможе відкрити нову територію на якій зможе збирати урожай. За таке завдання і нагорода у ігровій валюті повинна становити вищий показник та ігровий досвіт.

Для придбання нової споруди також використовують математичну статистику та різноманітні математичні формули. Наприклад у грі «Hay day» перше будівництво споруди складає сто монет, а вже її покращення буде у два рази більше. Завдяки такому балансу гравець почне самостійно вирішувати придбати йому нову споруду чи покращити стару.

### 3.2.3.3 Баланс ігрових предметів та lootbox

Оскільки в іграх існує дуже багата різноманітність речей, і не можливо перерахувати їх кількість, розробники ігрових додатків почали ділити усі ігрові предмети на певні категорії, а саме за рідкістю. Не є винятком що звичайний колір може асоціюватися у гравців з певними емоціями які вони відчувають під час гри. Саме тому розробники почали ділити речі за кольоровою ознакою тим самим підкреслювати її важливість або навпаки рідкість у грі рисунок 3.10.



Рисунко 3.10 – Lootbox та ігрові речі

Яскравим прикладом може бути game chests у грі. На рисунку зображено сама скриня, а поруч детальний перелік ігрового обладнання та їх градація за рідкістю у грі. Використовуючи колір гравець може швидко визначити який предмет найцінніший у грі.

Lootbox – це скриня у яких зазвичай формують речі за певними ознаками або за допомогою ігрового рандому з певними параметрами. На прикладі рисунку 3.10 можемо визначити, що у скрині знаходиться чотирнадцять речей з яких чотири сині речі, чотири темно-сині, три фіолетові, дві червоні та одна золота річ. За дорогою теорії ймовірності можемо прорахувати що ймовірність випадання золотого предмета складає одна чотирнадцята, тобто приблизно сім відсотків на отримання бажаної речі. Оскільки гравець не може навмання витягнути предмет самостійно

йому допомагає спеціальна програма, а саме рандом який перемішує речі та зупиняється у випадковому місті.

Отже, можемо зробити висновок. Гарне використання ігрового балансу також впливає на формування кривої складності. Оскільки якщо допустити помилки у ігровому балансі то гра може видатись на певному етапі дуже важкою і гравцям знадобиться дуже довго проводити свій час на одному рівні.

При формуванні кривої складності гри потрібно правильно та чітко використовувати усі ігрові аспекти. Гарна взаємодія усіх показників гри може надати більш чітке бачення ігрових процесів та отримати кращий результат при формуванні кривої складності гри.

### 3.3 Структурний аналіз кривої складності ігрових додатків

При розробці ігрового додатку потрібно враховувати ціль гри. Методи за допомогою якого гравець зможе досягнути головної цілі гри називаються ігровими механіками. Вивчаючи основні моменти гри гравець зможе комбінувати їх у грі і тим самим наближуватися до своєї основної мети, а саме пройти гру.

Крива складності в свою чергу повинна бути створена таким чином щоб надати змогу гравцеві відчувати певну напругу або навпаки надавати гравцеві відпочити від важкої діяльності в грі.

В залежності від жанру гри проектується крива складності. Якщо гравець грає у гру «платформер» то він може зустріти криву складності яка поступово зростає та спадає під час проходження певних етапів гри. Роздивмось рисунок 3.11 як приклад ігрового додатку з використанням кривої складності на рівні гри для більш чіткого уявлення впливу кривої складності.

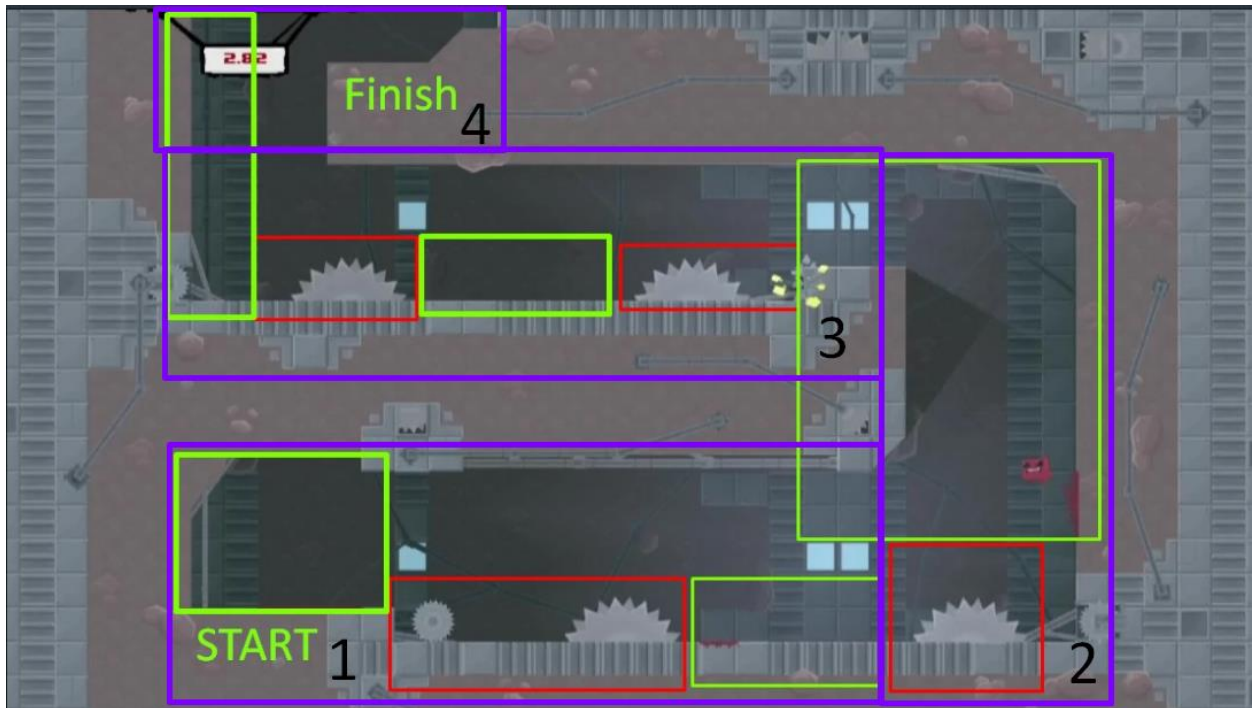


Рисунок 3.11 – Платформер «Super meat boy»

Роздивимось цей рівень гри за допомогою блоків які зображені на малюнку. Зелений колір – це частини гри які не викликають складнощів у гравця. Червоний колір – це складні моменти гри які гравець повинен подолати. Фіолетовий колір – це зони поділу рівня за допомогою яких можемо уявити проектування даного рівня з точки зору розробника.

З точки зору гравця він бачить лише рівень гри де йому потрібно оминати перешкоди та дійти до фінішу. А з точки зору розробника гри цей рівень має декілька етапів з яких складається рівень, а саме початок перший етап гри нижчій рівень де розташована точка старту гри та декілька перешкод, другий етап на який відводиться територія для підйому на третій етап та третій етап гри останні перешкоди до яких наблизився користувач, та четвертий етап по досягнанню якого гравець проходить рівень. Якщо роздивлятися ці етапи послідовно то можна побачити, що початок гри надає користувачу безпечну зону в якій він може використати свої знання або відпочити та прийняти рішення як він буде оминати ці перешкоди. На другому етапі гри розробник викликає у гравця таке уявлення як

безпеку та надає змогу спланувати свої дії на останній етап на рисунку 3.12 зображена крива складності яка проектується під час створення ігрового рівня.

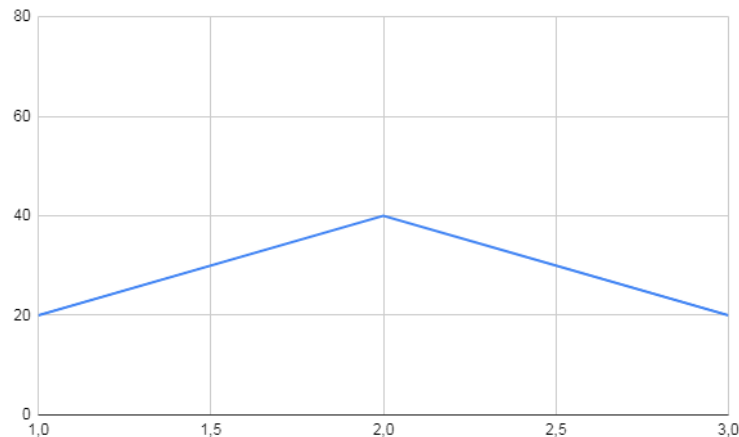


Рисунок 3.12 – Складність з точки зору розробника

Поступово складність гри зростає та спадає це надає змогу гравцеві відчутти саму складність гри. Існує ще декілька прийомів впливання на складність гри за допомогою методу рандому який буде впливати на гру під час її тестування користувачем. Якщо на даний рівень додати можливість випадкового генерування складних перешкод або несподівані перешкоди які будуть з'являтися випадково то крива складності для користувача може складатися так як на рисунку 3.13

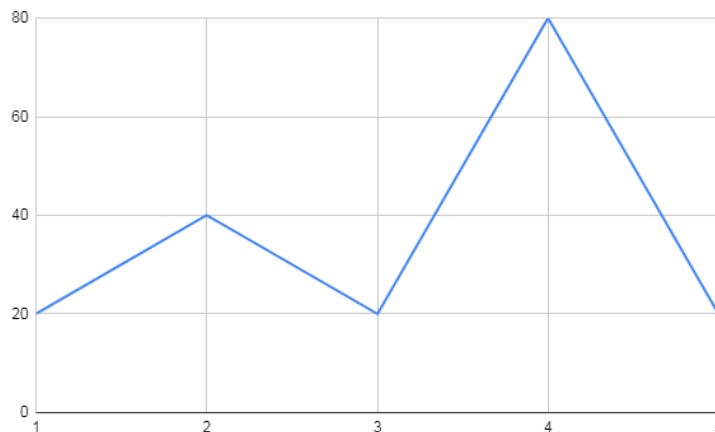


Рисунок 3.13 – Складність з використанням методу рандому

Під час проходження ігрового рівня гравець не перемагає достатню кількість разів тому складність рівня підвищується на кожному етапі, або якщо додати метод

рандому на певний етап то крива буде збалансована тому що гравець навчиться та буде очікувати появи перешкоди на певному етапі гри.

Можемо зробити висновок що до формування кривої складності на прикладі гри жанру «платформер». Під час проектування рівня розробник може використовувати прийом поетапного ускладнення рівня гри, а саме лінійне ускладнення або використовувати метод рандому для випадкової генерації етапів гри яке значно ускладнить рівень гри і підвищить складність рівня.

Існує багато прийомів використання кривої складності в іграх, більшість з них використовують прийоми медійного засобу, а деякі з них використовують штучно обумовлені складності які виникають за допомогою взаємодії гравця з ігровим оточенням.

Яскравим прикладом ускладнення рівня гри за допомогою звукових ефектів та сюжетних прийомів може бути гра у жанрі shooter «Aliens versus Predator» рисунок 3.14.



Рисунок 3.14 – Гра з використанням сюжетного ускладнення рівнів

При проектуванні даної гри розробники використовують спеціальні сюжетні прийоми для ускладнення гри. Використовуючи методи «штучного інтелекту» та спеціально розроблені рівні. Користувачу перед початком пропонують обрати складність гри. Після вибору складності гравець починає проходити гру. Розвиток

сюжетної лінії впливає на користувача викликає у нього емоції переживання за головного героя гри.

Напруга або складність гри зростає на певних етапах гри за допомогою естетичного супроводження. Естетика – це те як відчувається гра, як вона звучить та яка вона на запах та на спробу. Це важливий аспект «game design» бо він має саме пряме відношення до досвіду який користувач отримує за допомогою гри [9].

Коли гравець наближається до певного етапу на рівні він може чути музичне супроводження або постріли чи крик ворогів що викликає напругу гравця та змушує його пересуватися більш обережно або обирати дії які вимагають швидкого рішення. Що до використання штучного інтелекту у грі то він може бути використаний як метод рандому. NPC у грі починають пересуватися по рівню гри по іншому сценарію що викликає у гравця ще більше складності ніж на легкій складності гри.

Отже можемо зробити висновок що до створення кривої складності у грі. В залежності від ігрового жанру потрібно обирати варіанти використання кривої складності. Це може бути як естетична напруга або спеціально спроектована крива складності за допомогою ігрового оточення. Потрібно розуміти що під час використання методу рандому потрібно враховувати обмеження для нього, бо якщо використовувати абсолютний рандом то користувач швидше за все кине гру та не буде продовжувати грати. Для того щоб краще використовувати криву та метод рандому роздивимось програмний додаток який був створений для дослідження складної системи та вивчення впливу методу рандому на криву складності гри.

## 4 ПРИКЛАД ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ІГРОВОГО ДОДАТКУ

На сьогоднішній день існує дуже багата кількість відеоігор, а з кожним днем їх стає все більше. Все це завдяки тому що, існує можливість використовувати безкоштовні ігрові двигуни з відкритим кодом. Ігрових двигунів існує дуже багато але всі вони відрізняються один від одного деякі ігрові двигуни вузько направлені або зовсім зосереджені тільки на одній ігровій платформі. Для того щоб почати проектувати ігровий додаток потрібно ознайомитись з ігровими двигунами та обрати той який максимально задовольняє потреби розробника ігрового додатку.

### 4.1 Ігрова середа розробки

Ігровий двигун – це програмне забезпечення яке дозволяє створювати ігрові додатки за допомогою мов програмування або візуальних мов програмування, має прописану логіку за допомогою якої можна виводити зображення на інтерфейс двигуна.

Зазвичай перед початком розробки потрібно зрозуміти яка основна мета проекту, її ідею, визначити платформу для якої буде розроблятися гра, визначити стиль гри. Усе це потрібно зрозуміти з самого початку розробки, бо обрання двигуна грає дуже велике значення у розробці. Потрібно провести увесь цей список порівнянь для остаточного вибору двигуна та впевнитись у тому який двигун підходить найкраще.

Існує дуже багато різноманітних двигунів для розробки відеоігор але усі вони мають свої переваги та недоліки. Деякі з них підходять для мобільних платформ з використанням 2D графіки, деякі підходять для розробки звичайних браузерних ігор, а існують і такі які підходять для усіх перелічених платформ з використанням 2D та 3D графіки. Найпопулярнішими серед усіх ігрових двигунів є Unity та Unreal Engine 4. Вони мають усе що може потребувати розробник ігор але вони також

відрізняються один від одного. Для того щоб правильно обрати ігровий двигун потрібно ознайомитись з їх особливостями та недоліками щоб визначитись який двигун краще підходить під проектування ігрового додатку.

#### 4.1.1 Unreal Engine 4

UE4 – ігровий двигун який набирає популярності та дуже стрімко розвивається. Випуск даного двигуна відбувся у 1998 році на якому було створено гру у жанрі shooter [8]. З самого початку ігровий двигун розроблявся тільки під можливість створення ігор у жанрі shooter. Після того як почали розвиватися інші технології компанія Epic games яка володіла ігровим двигуном почала оновлювати його та доповнювати двигун можливостями розробки ігрових додатків на інші платформи та жанри.

Кожного місяця ігровий двигун випускає оновлення до останньої версії ігрового двигуна. Він має дуже вимогливі характеристики для свого використання. Оскільки ігровий двигун був заздалегідь направлений на важкі ігри він краще підходить до створення великих ігрових додатків які використовують на персональних комп'ютерах, консолях та навіть для віртуальної реальності.

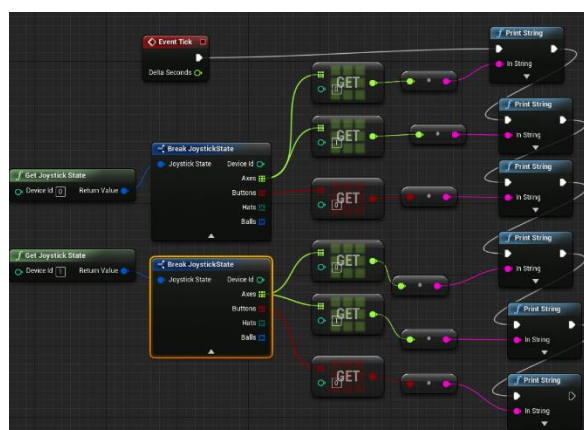


Рисунок 4.2 – Візуальна мова програмування UE4

UE4 має зрозумілий інтерфейс та також як і Unity має систему «Drag&Drop» яка дозволяє користувачу встановлювати інтерфейс так як йому буде краще. Ігровий

двигун використовує мову програмування C++ та має візуальну мову програмування Blueprints. Оскільки язык програмування на мові C++ має високий поріг входження то використання візуальної мови програмування робить менше високий поріг входження у розробку ігрових додатків.

#### 4.1.2 Unity

Unity – це міжплатформлена середовище розробки комп'ютерних ігор яка дозволяє створювати ігри майже на всі платформи. Перший випуск ігрового двигуна був у 2005 році. Двигун дуже швидко почав розповсюджуватись та користуватися популярністю у розробників ігрових додатків. З самого початку двигун був орієнтований лише на одну платформу, а вже потім почав розвиватися та масштабуватися і використовувати орієнтир на інші ігрові платформи.

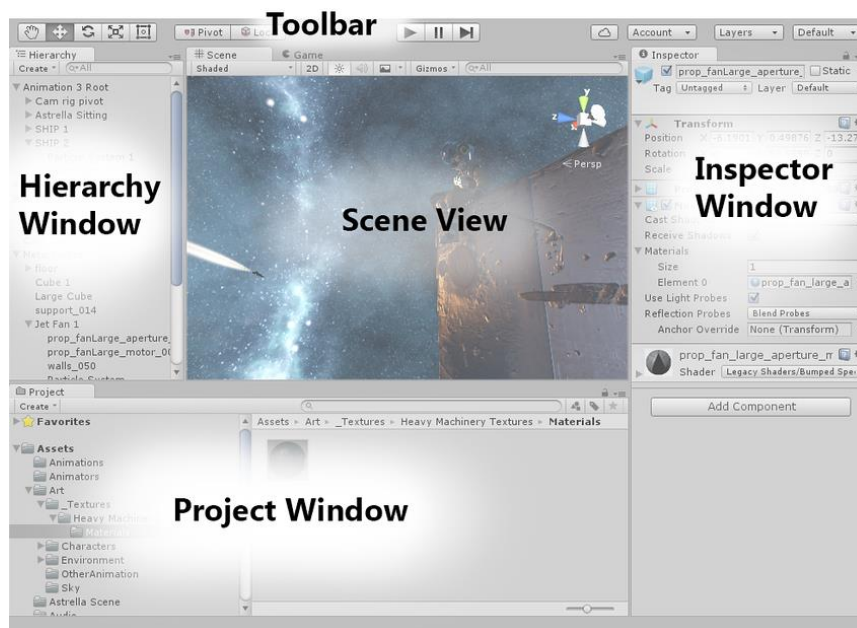


Рисунок 4.1 – Ігровий двигун Unity

Ігровий двигун використовує мову програмування C# який постійно й стрімко розвивається та має гарну підтримку та зрозумілий синтаксис. Мова програмування має середній поріг входження та має гарну відкриту документацію яка дозволяє без проблем знайти потрібну функцію або метод. Також ігровий двигун підтримує мову

програмування Python та модифікацію JavaScript. Розробники двигуна постійно підтримують його та намагаються зробити його ще більш простішим та зрозумілим для користувачів. Останні модифікації двигуна сьогодні дозволяють використовувати візуальну мову програмування яка має менший поріг входу в вивчення мови програмування ніж у C#.

Оскільки ігровий двигун з самого початку був орієнтований на мобільну платформу він має гарну оптимізацію для цієї платформи. Дуже багату підтримку різноманітних розширень екрану мобільних телефонів та різноманітних мобільних операційних систем що сприяє полегшенню виходу ігрових додатків для певної аудиторії.

Unity має гарний та зрозумілий «Drag&Drop» інтерфейс який дозволяє розробнику ігрового додатку розмістити меню ігрового двигуна так як йому зручно. Важливим показником ігрового двигуна є можливість відстежити поведінку ігрових об'єктів у реальному часі під час тестування ігрового додатку. Можливість використання одночасно чотири варіанти камери для більш детальнішої розробки ігрового додатку. На офіційному сайті ігрового двигуна можна знайти зрозумілі відео уроки які мають підтримку багатьох мов.

Сумісність з іншими програмами такі як: Maya, 3DMax, Blender, Zbrush дозволяють використовувати власні моделі ігрових об'єктів. Також якщо розробник не має достатньо досвіду у використанні 3D ресурсів він може скористуватися сервісом « Unity Store » у якому може знайти безкоштовні моделі для своєї гри.

Отже, можемо зробити висновок що до аналізу ігрового двигуна. Постійно розвивається та має гарну та чітко сформовану документацію яка дозволяє швидко та детально вивчити ігровий двигун. Постійні оновлення та оптимізація ігрового двигуна дозволяє користувачам полегшити використання двигуна та розробляти ігрові додатки майже на усі існуючі платформи.

Для того щоб обрати ігровий двигун потрібно порівняти їх за можливостями та обрати той який більш краще підходить для використання та проектування ігрового додатку. Аналіз ігрових двигунів зображено на таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Порівняння ігрових двигунів

Назва пункту	Unity	Unreal Engine 4
Технологія	+	-
Легкий поріг входу для розробки	+	-
2D Графіка	+	-
Мобільна платформа	+	+

Платформа на яку зроблений основний опір – це мобільна платформа. Обидва двигуни підтримують цю платформу але якщо порівнювати технологію то Unity краще підходить для розроблення під мобільну платформу, а UE4 для комп'ютерів. Виходячи з того що unity має досить велику кількість написаних для мобільної платформи ігор та має багато plugins для цієї платформи вона займає першу позицію у використанні розробки мобільних ігор, але його опонент набирає популярності но поки що не так краще підходить для використання під мобільну платформу. Аналіз був зроблений на основі 2D графічних ігор. Оскільки ми обрали мобільну платформу тому ми обираємо ігровий двигун Unity який краще підходить для розробки мобільних додатків.

## 4.2 Розробка та проектування ігрового додатку

### 4.2.1 Сервіси для аналізу додатків – конкурентів

Перед початком розробки ігрового додатку було проаналізовано ігрову індустрію з використанням мобільної технології та виявлено найпопулярніші ігрові жанри. Аналіз ринку робився за допомогою використання сервісу оцінки ігор індустрії «Data magic» та «Sensortower».

Data magic – це сервіс який дозволяє використовувати фільтри за допомогою яких можна знайти потрібний ігровий жанр, платформу для якої розробляється ігровий додаток та переглянути показники успішності ігрового додатку рисунок 4.2.

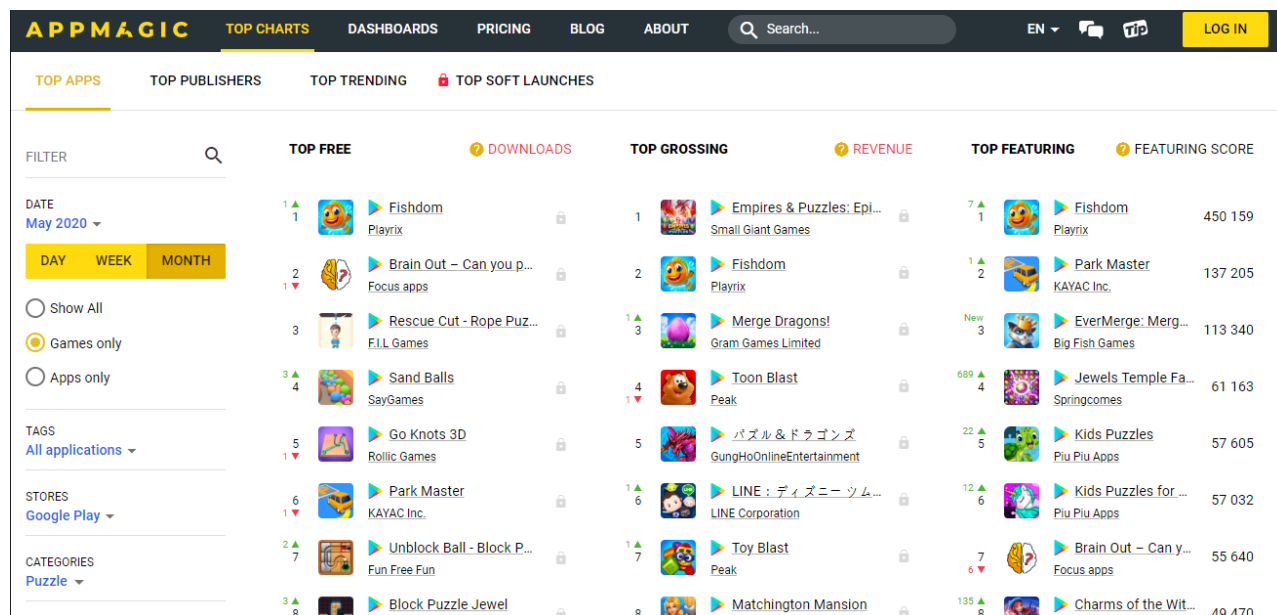


Рисунок 4.2 – Сервіс для аналізу ігрової індустрії

Даний сервіс платний та використовує систему підписки яка надає більше можливостей для аналізу ігрової індустрії. Data magic дозволяє відстежувати зміну позицій ігрових додатків на ігрових платформах де користувач може завантажити даний ігровий додаток. Для того щоб зрозуміти чому данні позиції змінюються потрібно перейти до обраної гри та вибрати певні фільтри які допоможуть подивитися чому змінилась позиція гри.

Одним з показників зміни є кількість завантажень ігрового додатку. За допомогою фільтра можна подивитися скільки користувачів завантажили ігровий додаток у певний день або загалом за цілий місяць рисунок 4.3.

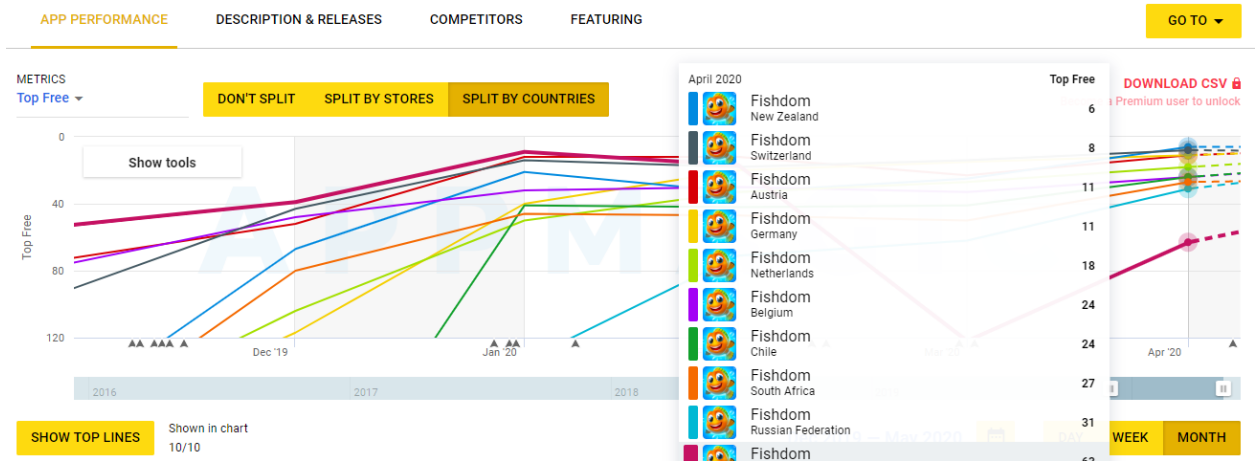


Рисунок 4.3 – Зміні ігрового додатку по кількості завантажень на певний день

Також можна продивитися інформацію успішності проекту за кількістю прибутку гри у певних країнах світу, також використовуючи фільтри сервісу рисунок 4.4.

	Revenue sum	Downloads sum	Featuring Score sum	Rev/Dwn sum/sum	Top Free median	Top Grossing median
<b>Total</b> Fishdom Worldwide (47 Countries)	Premium	Premium	4 111 824	—		
<b>By Countries</b>						
Fishdom Austria	Premium	Premium	35 824	\$ 2,862	12	17
Fishdom Switzerland	Premium	Premium	41 696	\$ 7,264	14	14
Fishdom Germany	Premium	Premium	249 117	\$ 3,144	20	14
Fishdom Norway	Premium	Premium	28 814	\$ 2,704	20	31
Fishdom New Zealand	Premium	Premium	1 293	\$ 1,695	25	25
Fishdom Canada	Premium	Premium	64 413	\$ 3,154	27	21
Fishdom Sweden	Premium	Premium	30 681	\$ 2,022	30	26
Fishdom Belgium	Premium	Premium	22 996	\$ 1,374	32	23

Рисунок 4.4 – Прибуток в певних країнах з використанням фільтрів

Усі ці данні потрібні для того щоб більш детально вивчити ігрові додатки які вже використовуються користувачами та має аналогічні показники обраного жанру та платформи під яку буде відбуватися розробка додатку. Проаналізувавши ці данні можна перейти до створення ігрового додатку та необхідної документації яка буде використовуватися під час проектування гри.

Sensortower – це ще один сервіс який дозволяє подивитися інформацію ігрового додатку. За допомогою даного сервісу можна отримати інформацію про

успішність ігрового додатку за певний час. Даний сервіс також використовує платну підписку та надає інформацію користувачам сервісу. Переваги цього сервісу у тому що він зразу використовує прорахування кількості користувачів на певній платформі та демонструє приблизний прибуток даного ігрового додатку за певний час. У повній версії сервісу можна продивитися як змінюється проект під час випуску покращень ігрового додатку і проаналізувати успішність ігрових рішень розробників ігрового додатку. На рисунку 4.5 зображено можливість аналізу ігрового додатку за допомогою пошуку сервісу.

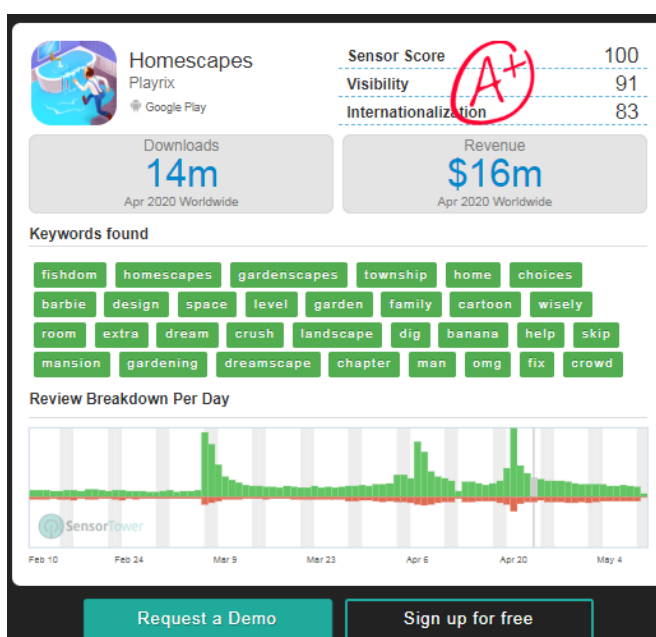


Рисунок 4.5 – Результат пошуку додатку за допомогою сервісу

Оцінка сервісу ділить ігри на певні категорії використовуючи певний поділ, а саме:

- «A+» – максимальний рейтинг на сайті який каже про найкращі показники ігрового додатку за кількості онлайн користувачів та прибутком додатку;
- «A» – гарний показник ігрового додатку;
- «B+» – добрий показник додатку;
- «B» – добрий показник додатку але є певні недоліки;

- «С» – показник додатку на який потрібно звернути увагу. Можливо є певні недоліки;
- «D» – найнижчий показник сервісу. Потрібно звернути увагу на явні недоліки ігрового додатку.

За допомогою цих показників можна зробити сортування на сервісі та обрати ті показники які потрібні користувачу сервісу.

Проаналізувавши основних конкурентів ігрового жанру «casual» можемо зробити висновок, що даний жанр користується великою популярністю у користувачів віком від 18 до 40+ років. За топологічним аналізом на сервісі «Datamagic» можемо зробити висновок, що ігровий додаток користується великою популярністю в Америці та країнах Європи.

Після завершення аналізу можна переходити до проектування ігрового додатку та тестування на певній аудиторії користувачів для дослідження системи та кривої складності.

#### 4.2.2 Проектування ігрового додатку

Ігровий додаток створений за допомогою ігрового двигуна «Unity» який підходить для розробки мобільних ігрових додатків. Оскільки попередній аналіз продемонстрував велику популярність мобільних додатків та має велику аудиторію користувачів які нададуть змогу проаналізувати складну систему та дізнатися вплив методу рандому на криву складності.

Гра «Puzzle» створена у жанрі «casual» має досить просте керування та не вимагає у користувачів ігрового додатку витратити багато часу. Гра розроблена на двигуні «Unity» з використанням мови програмування C#. Ігровий додаток складається з файлів які представлені на рисунку 4.6



Папка «Prefabs» містить усі ігрові елементи які змінюються під впливом користувача ігрового додатку, а саме: кількість монет, зображення героя, кількість рівнів гри і так далі. Ігрові «prefabs» використовуються для моніторингу дій користувача. Вони можуть забезпечувати зворотній зв'язок користувача та розробника. Також вони потрібні для використання ігрових метрик які ми розглядали раніше у розділі 2;

Папка «Resources» містить ігрові вікна які допомагають гравцеві під час проходження гри. Також містять ігрові компоненти які будуть використовуватися коли гравець досягне певної мети гри. Прикладом може бути досягнення користувача двадцятого рівня гри, а потім гравець зможе побачити зміну ігрового фону де зміниться на наступну мапу гри;

Папка «Scenes» містить ігрові сцени з якими користувач буде взаємодіяти під час гри. Існує декілька основних сцен з якими користувач взаємодіє, а саме головна сцена при завантаженні ігрового додатку, поле з мапою та рівнями гри та сама сцена гри де відбувається основний процес гри ;

Папка «Scripts» містить код ігрового додатку, а саме логіки ігрового додатку, взаємодію ігрового оточення та взаємодію інтерфейсу з користувачем приклад реалізації взаємодії двох ігрових об'єктів є рисунок 4.7;

```

if (combo == BoosterComboType.TwoBombs)
{
    for (var i = 0; i < scene.level.width; i++)
    {
        AddTile(tiles, scene, i, y);
    }
    for (var j = 0; j < scene.level.height; j++)
    {
        AddTile(tiles, scene, x, j);
    }
}
if (combo == BoosterComboType.TwoDynamites)
{
    AddTile(tiles, scene, x - 1, y - 1);
    AddTile(tiles, scene, x, y - 1);
    AddTile(tiles, scene, x + 1, y - 1);
    AddTile(tiles, scene, x - 1, y);
    AddTile(tiles, scene, x, y);
    AddTile(tiles, scene, x + 1, y);
    AddTile(tiles, scene, x - 1, y + 1);
    AddTile(tiles, scene, x, y + 1);
    AddTile(tiles, scene, x + 1, y + 1);
    AddTile(tiles, scene, x - 1, y - 2);
    AddTile(tiles, scene, x, y - 2);
    AddTile(tiles, scene, x + 1, y - 2);
    AddTile(tiles, scene, x - 2, y - 1);
    AddTile(tiles, scene, x + 2, y - 1);
    AddTile(tiles, scene, x - 2, y);
    AddTile(tiles, scene, x + 2, y);
    AddTile(tiles, scene, x - 2, y + 1);
    AddTile(tiles, scene, x + 2, y + 1);
    AddTile(tiles, scene, x - 1, y + 2);
    AddTile(tiles, scene, x, y + 2);
    AddTile(tiles, scene, x + 1, y + 2);
}

```

Рисунок 4.7 – Реалізація взаємодії ігрової механіки

На даному рисунку зображено взаємодію двох ігрових механік які перевіряють позицію створення комбінації на ігровому полі та руйнування інших ігрових об'єктів які знаходяться поруч з комбінацією.

Папка «Shaders» містить код програми який використовує фреймворк для відображення гри на мобільній платформі;

Папка «Sounds» містить музичні файли які використовує гра, а саме відображає естетичну складову гри для передачі максимального ефекту знаходження гравця у грі;

Папка «Sprites» містить рисунки які відображаються у грі. Можливість у гравця проводити асоціації дозволять швидко орієнтуватися у ігровому просторі.

### 4.2.3 Проектування ігрових рівнів

Основна мета ігрового додатку – це проходження ігрових рівнів та досягнення максимального рівня гри. За допомогою підключення до соціальної мережі користувач зможе змагатися зі своїми друзями. Займаючи перше місце на турнірній таблиці гравець по закінченню певного часу зможе отримувати нагороди.

Для того щоб гравець зміг насолодитися ігровим додатком потрібно спроектувати багату кількість ігрових рівнів за допомогою яких користувач зможе досягнути головної мети гри та дозволить розробнику гри спроектувати криву складності яка буде вводити користувачів у стан потоку. Це забезпечить довгий життєвий цикл ігрового додатку та надасть змогу впроваджувати новий ігровий контент.

Перед початком проектування ігрових рівнів потрібно усвідомити що гравець може в перший раз грати у даний ігровий жанр. Для того щоб забезпечити гравцеві краще розуміння ігрового додатку користувачу на початку гри пропонують ввімкнути «game tutorial» які під час гри надають гравцеві ознайомитися з усіма ігровими механіками та їх можливостями. Механіки у грі – це усі правила та процеси у грі. Механіки описують мету гри, методи, якими користувач може чи не може користуватися під час процесу досягнення ігрової мети, а також що відбувається коли користувач обирає відповідний для прогресу метод [9]. Також потрібно забезпечити гравцю ігрові рівні які спеціально розроблені під певну ігрову механіку, що суттєво розкриють потенціал та використання даної ігрової механіки.

Ознайомившись з можливістю нової механіки у гравця не будуть виникати питання стосовно до появи цієї механіки на нових рівнях у грі. Він вже буде знати як правильно взаємодіяти з механікою та зможе використовувати певні прийоми які зможе здобути при проходженні ігрових рівнів з використанням будь якої механіки. Game tutorial – це важливий компонент під час проектування ігрового додатку який забезпечує розуміння ігрового додатку та користувача.

Ігровий рівень може складатися з таких об'єктів як:

- Мета рівня;
- Ігрове поле;
- Ігрові механіки;
- Додаткові опції;

Роздивимось більш детально інтерфейс ігрового рівня для кращого розуміння взаємодії ігрових об'єктів які формують рівень гри рисунок 4.8.

Мета рівня – це основна ціль гравця по досягненню якої гра зможе визначити пройшов гравець рівень чи ні. Мета рівня також є обов'язковою складовою без якої не може формуватися рівень гри.

Ігрове поле – це простір на якому відбувається взаємодія користувача з грою. Ігрове поле може бути будь якої форми це забезпечить зацікавленість гравця у його проходженні. Варіативність форми поля також дозволяє створювати цікаві ігрові моменти.

Ігрові механіки – це ігрові об'єкти які доповнюють ігровий простір. За допомогою механік можна поетапно проектувати рівень гри. Правильне розміщення та комбінація ігрових об'єктів впливає на складність рівня.

Додаткові опції – під опціями розуміються різноманітні ігрові можливості наприклад як придбання ігрових бонусів які дозволяють користувачеві полегшити проходження ігрового рівня.



Рисунок 4.8 – Рівень гри

Коли рівні гри були створені та збалансовані потрібно переходити до етапу проектування кривої складності гри, де під час тестування ігрових рівнів розробником приблизно оцінюється складність рівнів гри та формується умовна крива складності.

Криву можна побудувати за допомогою сортування створених рівнів. Правильне розміщення рівнів дозволить розробнику сформувати приблизну криву. Попереднє проектування дозволяє навчитися використовувати ресурси приблизної оцінки складності гри. За допомогою балансу розробник може навмисно створити складні рівні або навпаки створити легкі рівні. Коли додаток буде використовуватись реальними користувачами буде проводитися оцінка складності рівня та робитиметься баланс за допомогою даних які будуть доступні після гри цих рівнів користувачами.

### 4.3 Створення кривої складності гри

Коли були створенні рівні гри потрібно переходити до етапу формування кривої складності. Попередня оцінка ігрових рівнів дозволить сформувати криву складності, яка буде використовуватися протягом усієї гри.

Гра складається з певних етапів. У кожному етапі гри знаходяться двадцять рівнів. Виходячи з того що користувач буде проводити певний час на етапі можемо створити універсальну криву яка буде використовуватися на всіх етапах гри.

Перед початком формування кривої умовно визначмо у відсотковому відношенні складність рівнів та спроектуємо складність на рівні одного етапу гри рисунок 4.9.

Level num	Hardenssy factk	Player hardenssy	User try factk	Count try factk
Level_001	15%	0%	1	1.18
Level_002	25%	0%	1	1.33
Level_003	20%	0%	1	1.25
Level_004	30%	0%	1	1.43
Level_005	35%	0%	1	1.54
Level_006	20%	0%	1	1.25
Level_007	25%	0%	1	1.33
Level_008	30%	0%	1	1.43
Level_009	35%	0%	1	1.54
Level_010	40%	0%	1	1.67
Level_011	30%	0%	1	1.43
Level_012	35%	0%	1	1.54
Level_013	25%	0%	1	1.33
Level_014	30%	0%	1	1.43
Level_015	55%	0%	1	2.22
Level_016	30%	0%	1	1.43
Level_017	50%	0%	1	2.00
Level_018	55%	0%	1	2.22
Level_019	65%	0%	1	2.88
Level_020	85%	0%	1	6.87

Рисунок 4.9 – Приблизна оцінка складності рівня

Для кращого моніторингу зміни кривої складності використовуємо «google spread sheets» які допоможуть зберігати інформацію про створені рівні та дозволять відстежити зміни які будуть відбуватися коли користувачі додатку будуть надавати розробнику зворотній зв'язок за допомогою проходження рівнів.

На цьому етапі проектування гри відсутні данні користувачів. Після впровадження методу рандому та усіх допоміжних ігрових моментів буде тестування ігрового додатку на реальних користувачах. Після отримання даних

таблиця доповниться кількістю гравців які грали в певний рівень та їх фактична складність проходження цих рівнів.

### 4.3.1 Впровадження методу рандому

Метод рандому використовується у ігровому додатку за допомогою спеціального маніпулювання блоками які додаються на рівень кожного разу після того як користувач зробить свій хід. Прикладом використання методу рандому в ігровому додатку є рисунок 4.10.

```

5 using UnityEngine;
6 using System.Collections.Generic;
7 using GV.Core;
8
9 namespace GV.Game.Common
10 {
11     /// <summary>
12     /// The base class used for the tiles in the visual editor.
13     /// </summary>
14     public class SeedsManager
15     {
16         private UnityEngine.Random.State oldState;
17
18         private List<int> seeds = new List<int>();
19         private int lastSeedId = 0;
20
21         public SeedsManager()
22         {
23             seeds.Add(121011);
24             seeds.Add(132012);
25             seeds.Add(143013);
26             seeds.Add(154014);
27             seeds.Add(165015);
28             seeds.Add(176016);
29             seeds.Add(187017);
30             seeds.Add(198018);
31             seeds.Add(209019);
32             seeds.Add(220020);
33             seeds.Add(231021);
34             seeds.Add(242022);
35             seeds.Shuffle();
36         }
37
38         public void saveStartSeed()
39         {
40             oldState = UnityEngine.Random.state;
41         }
42         public void setLevelSeed()
43         {

```

Рисунок 4.10 – Метод рандому у гри

Даний метод впроваджено за допомогою коду програми який взаємодіє з ігровим додатком завдяки спеціальним позначкам на рівень гри який розробник ставить під час проектування рівня гри. Приблизна оцінка складності дозволяє розробнику штучно впливати на ігровий додаток, а саме на рівні гри тим самим штучно стимулює гравця долати перешкоди.

Ігровий додаток використовує метод рандому і у інших напрямках які не впливають на криву складності але дозволяють гравцеві отримати бажані ігрові нагороди.

### 4.3.2 Система «користувач – гра – розробник»

Після закінчення проектування та розробки ігрового додатку його було розповсюджено користувачам які підходили під цільову аудиторію гри. Тестування ігрового додатку надало можливість виявити впливання методу рандому на криву складності гри.

За допомогою даних які надходили від користувачів було виявлено реальну складність певних рівнів гри, рисунок 4.11.

Level num	Hardenssy fact	Player count	Player hardenssy	User try fact	Count try fact
Level_001	15%	350	10%	1,11	1,18
Level_002	25%	350	15%	1,18	1,33
Level_003	20%	350	20%	1,25	1,25
Level_004	30%	350	20%	1,25	1,43
Level_005	35%	350	50%	2,00	1,54
Level_006	20%	350	25%	1,33	1,25
Level_007	25%	350	30%	1,43	1,33
Level_008	30%	350	30%	1,43	1,43
Level_009	35%	350	45%	1,82	1,54
Level_010	40%	350	75%	4,00	1,67
Level_011	30%	315	20%	1,25	1,43
Level_012	35%	312	30%	1,43	1,54
Level_013	25%	310	30%	1,43	1,33
Level_014	30%	310	35%	1,54	1,43
Level_015	55%	310	65%	2,86	2,22
Level_016	30%	300	45%	1,82	1,43
Level_017	50%	300	60%	2,50	2,00
Level_018	55%	293	65%	2,86	2,22
Level_019	65%	293	75%	4,00	2,86
Level_020	85%	285	92%	12,50	6,67

Рисунок 4.11 – Фактична складність рівнів гри

У колонці «User try fact» з'явилися данні від користувачів які показують фактичну складність рівня гри. Також можливість з'явилась можливість дізнатися кількість користувачів які завантажили ігровий додаток та до якого етапу пройшла більшість користувачів у грі.

Зробимо оцінку складності за допомогою графіків та порівняємо як вплинув метод рандому на криву складності гри при фактичному та приблизному оцінюванні складності гри рисунок 4.12, рисунок 4.13.

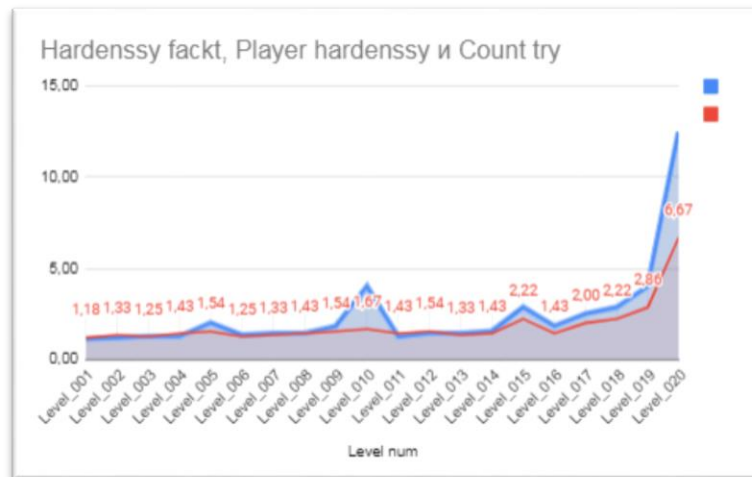


Рисунок 4.12 – Приблизна складність рівнів

Крива складності при якій розробник робив приблизну оцінку складності рівнів показана за допомогою червоної лінії.

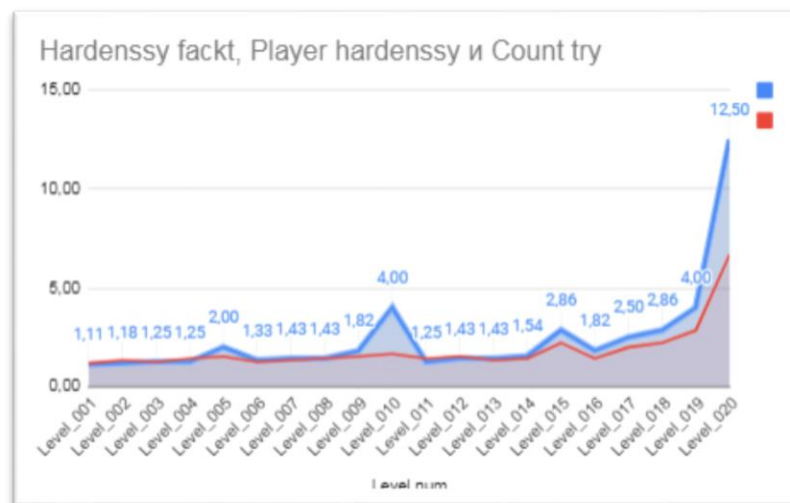


Рисунок 4.13 – Фактична складності рівнів

Фактична крива складність рівнів гри зображена на графіку за допомогою синьої лінії.

Порівнявши ці дві криві складності можемо зробити висновок що до використання методу рандому та кривої складності гри. Метод рандому дозволяє створити як і складні моменти гри так і дуже легкі. Правильне використання методу рандому дозволить користувачеві потрапити до потокового стану в якому він зможе

відчутти виклик гри, а розробник ігрового додатку зможе проаналізувати на скільки відрізняється приблизна крива від фактичної. За допомогою данного аналізу можна зробити криву складності яка буде підходити користувачам та задовільнить їх потреби.

#### 4.4 Балансування кривої складності з використанням методу рандому

Отримавши фактичну криву складності розробник може виявити різність прибливної оцінки та фактичної складності рівнів гри. Цей етап дуже важливий оскільки враховуючи ці показники можна спроектувати криву складності яка буде максимально підходити користувачам і дозволить насолоджуватися ігровим додатком.

Для того щоб вирівняти криву складності розробник може використати декілька способів:

- Балансування за допомогою поліпшення рандому;
- Балансування за допомогою збільшення або зменшення основних цілей гравця;
- Балансування за допомогою ігрового простору.

Після етапу балансування розробник повинен протестувати рівні гри та отримати збалансовану криву складності яка надасть бажаного результату, а саме:

- Зменшить відтік гравців;
- Збільшить кількість гравців;
- Збільшить тривалість ігрової сесії.

Можемо зробити висновок, що правильний аналіз кривої складності та методу рандому забезпечить довгий життєвий цикл ігрового додатку.

## ВИСНОВКИ

Під час дослідження системи впливу методу рандому на криву складності гри було створено ігровий програмний додаток за допомогою якого було проаналізовано складну систему «гравець – гра – розробник ». Сформована крива складності гри, за допомогою вивчення дій користувачів у ігровому додатку. Використання методу рандому дозволило вивчити вплив на криву складності гри та поведінку гравців, що значно допомогло при розробці ігрового додатку та створення кривої яка надає змогу користувачам насолоджуватися додатком та вводить їх у потоковий стан.

На початку роботи було проведено аналіз предметної області, а також аналіз систем які вже присутні на рисунках у першому розділі, і успішно реалізують свою продукцію. Також були визначені вимоги до системи проектування впливу ігрового рандому на криву складності гри. На етапі проектування було виконано концептуальне моделювання предметної області.

Під час роботи було також проаналізовані системи які надають інформацію про гру, а також за допомогою ігрових метрик було проаналізовано аудиторію ігрового додатку. Ознайомився з програмами які забезпечують зворотній зв'язок гравця та розробника. Найбільш детальніше та поглиблене вивчення методу рандом та кривої складності як компонентів однієї системи.

Проектування ігрового додатку дозволило навчитися оцінювати поведінку ігрового рандому та кривої складності гри з використанням зворотний зв'язком з користувачами додатку. Ігрові метрики які використовувались у ігровому додатку дозволили оцінити поведінку гравців та їх прогрес у грі.

Також даний ігровий додаток дозволив вивчити ігрову модель «Free2Play» яка базується на розповсюдженні безкоштовних ігрових додатків та приваблення користувачів методом покращення ігрового додатку за допомогою систем оцінки якості рівнів та кривої складності.

З боку користувача системи вона надає змогу аналізувати ігрові додатки усіх жанрів та платформ враховуючи два важливі та невід’ємні компоненти. Розробник правильно користуючись системою може забезпечити своєму ігровому додатку увійти в топ найпопулярніших ігрових додатків серед певної платформи та жанру.

Також під час виконання магістерської роботи було опубліковано тезу на міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка і молодь у XXI столітті». у якій було створено унікальний підхід до проектування кривої складності у ігрових додатках. [26].

Отже, у процесі виконання магістерської роботи було створено систему, яка базувалася на вимогах користувача та загальних вимогах. Після проектування програмного продукту, створення схематичного графічного інтерфейсу, було розроблено систему, яка повністю задовольняє вимогам. Цю систему легко підтримувати, тестувати та доповнювати. Також було спроектовано приблизну криву складності гри яка вдосконалювалась фактичною кривою складності за участі користувачів ігрового додатку. Отриманні результати дозволили створити криву складності яка задовольняє потреб користувачів та розробника. Впроваджений метод рандому дозволив оцінити вплив на криву складності. Впроваджений метод рандому підвищив інтерес користувачів до ігрового додатку. Надалі планується продовження роботи над програмним продуктом, а саме подальший супровід продукту, оптимізація системи, поліпшення призначеного для користувача інтерфейсу і внесення нового функціоналу.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вільна енциклопедія Вікіпедія [Електронний ресурс] / Мережева енциклопедія Wikipedia. 2000. - Forefront TMG 2010: Режим доступу: <http://ru.wikipedia.org/> . - Загл. с екрана.
2. Буч, Г. Язык UML. Руководство пользователя [Текст] / Г. Буч – М.: ДМК Пресс, 2-е издание, 2006. – 248 с.
3. Грекул, В. И. Проектирование информационных систем[Текст] / Н. Л. Коровкина – Изд-во: ИНТУИТ, 2005. – 240с.
4. Гарсия-Молина, Г. Системы баз данных. Полный курс. [Текст]: Пер. с англ./ Г.Гарсия-Молина, Дж. Ульман, Дж. Уидом. – Изд-во: Вильямс, 2003. – 1088 с.
5. Кренке, Г. Теорія й практика побудови баз даних [Текст] / Г. Кренке. - Спб.: Питер, 2001. - 858с.
6. Мартин, Роберт К. Чистый код: создание, анализ и рефакторинг. Библиотека программиста [Текст]/ Роберт К. Мартин. – Изд-во: Вильямс, 2015. – 464 с.
7. [Metanit.com](http://metanit.com): Сайт о программировании, про создание сайтов и IT-технологии [Електронний ресурс] / metanit.com, 2012-2014. Режим доступу: <http://metanit.com/index.php>. - Загл. с екрана.
8. UnrealEngine.com : Сайт офіційній документації до Unreal Engine 4. Режим доступу <https://docs.unrealengine.com/en-us/>
9. Jesse Schell The Art of Game Design: A Book of Lenses / Jesse Schell - Carnegie Mellon University, 2008. - 520 с N.Nosov, "Virtual Psychology" - М.: "Agraf", 2000 - 207s.
10. Scott Rogers Level up! the guide to great video game design, 2010. - 483 с A John Wiley & Sons, Ltd., Publication.
11. Савелів В. Статистика та котики изд. АСТ, Времена 2 2018. – 192 с
- 12 Charles Wheelan Naked Statistics: Stripping the Dread from the Data 2017. – 352 p.
13. Hardin, Garrett. The Tragedy of the Commons, Science. 1968. – 1243 p

14. Axelrod, Robert. *The Evolution of Cooperation*. BASIC Books, New York. 1984. – 832 p
- 15 А. Гасников, Ю. Дорн, Е. Нурминский, Н. Шамрай «Автомобильные пробки: когда рациональность ведет к коллапсу» // *Квант*. 2013. № 1. Стр. 13—18.
- 16 Will Luton *Free-to-Play: Making Money From Games You Give Away* Publisher: New Riders; 1 edition 2013. 216 p.
- 17 Nicholas Lovell *The F2P Toolbox Gamesbrief*; Paperback First Edition edition 2014. 154 p.
- 18 Nicholas Lovell *The Pyramid of Game Design: Designing, Producing and Launching Service Games* 1st Edition A K Peters/CRC Press; 1 edition 2018. 340 p.
- 19 Eric Benjamin Seufert *Freemium Economics: Leveraging Analytics and User Segmentation to Drive Revenue (The Savvy Manager's Guides)* 1st Edition Morgan Kaufmann; 1 edition 2014. 254 p.
- 20 Magy Seif El-Nasr *Game Analytics: Maximizing the Value of Player Data* 2013th Edition, Kindle Edition Springer; 2013 edition 2013. 800 p.
- 21 Christian Sebastian Loh *Serious Games Analytics: Methodologies for Performance Measurement, Assessment, and Improvement (Advances in Game-Based Learning)* 2015th Edition, Kindle Edition Springer; 2015 edition (June 13, 2015) 510 p.
- 22 Robert Nystrom *Game Programming Patterns* Genever Benning (November 2, 2014) 448 p.
- 23 Jason Gregory *Game Engine Architecture, Third Edition* 3rd Edition A K Peters/CRC Press; 3 edition (July 20, 2018) 1240 p.
- 24 Don L. Daglow *Indie Games: From Dream to Delivery* Sausalito Media LLC; 1 edition (February 21, 2018) 579 p.
- 25 Jamie Madigan *Getting Gamers: The Psychology of Video Games and Their Impact on the People who Play Them* Rowman & Littlefield Publishers; Reprint edition (October 16, 2015) 315 p.
26. Костенюк С.П Підхід до формування кривої складності [теза] *Радіоелектроніка і молодь у XXI столітті*