

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський національний університет радіоелектроніки
Факультет Комп'ютерних наук
Кафедра Програмної інженерії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

Дослідження використання ігрових рушіїв для створення 2д платформеру

Виконав:

студент 2 курсу групи ІПЗм-21-3

Стрига Д.М.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 121 – Інженерія програмного
забезпечення

Тип програми Освітньо-наукова

Керівник проф. каф. ІІ Руткас А. Г.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри

З.В.Дудар

2023 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)Кафедра Програмної інженерії
(повна назва)Рівень вищої освіти другий (магістерський)Спеціальність 121 – Інженерія програмного забезпечення
(код і повна назва спеціальності)Тип програми освітньо-наукова програма
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)Освітня програма Інженерія програмного забезпечення
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

« 29 » 03 20 23 р.

ЗАВДАННЯ**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**студента Стриги Дмитра Максимовича
(прізвище, ім'я, по батькові)1. Тема роботи «Дослідження використання ігрових рушіїв для створення 2д платформеру.» _____

затверджена наказом університету від «29» 03 2023 р. № 413 Ст

2. Термін подання роботи до екзаменаційної комісії «19» 03 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи ігрові рушії, розробка ігор, C++, графіка, Unreal engine, Unity, Game Maker, Godot.4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі вступ, аналіз предметної області, постановка задачі, критерії оцінювання, оцінка та аналіз результатів.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № | Назва етапів роботи | Терміни виконання етапів роботи | Примітка |
|----|--------------------------------------|---------------------------------|----------|
| 1 | Аналіз предметної області | 16.03.2023 | Виконано |
| 2 | Постановка задачі | 20.03.2023 | Виконано |
| 3 | Проведення дослідження | 01.04.2023 | Виконано |
| 4 | Підготовка пояснювальної записки | 01.05.2023 | Виконано |
| 5 | Підготовка презентації та доповіді | 05.05.2023 | Виконано |
| 6 | Перевірка на академічний плагіат | 10.05.2023 | Виконано |
| 7 | Нормоконтроль | 15.05.2023 | Виконано |
| 8 | Рецензування | 16.05.2023 | Виконано |
| 9 | Попередній захист | 17.05.2023 | Виконано |
| 10 | Знесення диплома в електронний архів | 19.05.2023 | Виконано |
| 11 | Допуск до захисту у зав. кафедри | 19.05.2023 | Виконано |

Дата видачі завдання 15.03.2023

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____ проф. каф. ПІ Руткас А. Г.
(підпис)

РЕФЕРАТ / ABSTRACT

Кваліфікаційна робота магістра містить: 86 стор., 5 табл.

ІГРОВІ РУШІЇ, РОЗРОБКА ІГОР, C++, ГРАФІКА, UNREAL ENGINE, UNITY, GAME MAKER, GODOT.

Об'єктом дослідження є рушії для розробки ігор.

Метою дослідження є аналіз існуючих ігрових рушіїв та вивчення можливості їх використання для створення 2D платформерної гри.

В результаті роботи було порівняно найпопулярніші ігрові рушії (Unity, Unreal Engine, GameMaker, Godot, RPG Maker MZ, Construct 3, Stencyl, Buildbox, GDevelop) на предмет використання для розробки 2d платформерної гри. Для порівняння рушіїв були використані такі критерії як продуктивність, якість графіки, якість звуку, надійність та безпека, підтримка різних платформ, легкість створення користувацького інтерфейсу, підтримка контролерів та ін. За результатами порівняння було вибрано один, за допомогою якого було створено гру.

Я, Стрига Дмитро Максимович, студент групи ІПЗм-21-3, здобувач вищої освіти на другому (магістерському) рівні, кафедра Програмної інженерії, заявляю: моя кваліфікаційна робота на тему «Дослідження використання ігрових рушіїв для створення 2д платформеру.», що буде представлена до ЕК для публічного захисту, виконана самостійно, в ній не містяться елементи плагіату і вона може бути опублікована в електронному архіві відкритого доступу EIArKhNURE. Всі запозичення з друкованих та електронних джерел мають відповідні посилання.

Я ознайомлений з діючим положенням «Про протидію академічному плагіату в ХНУРЕ», згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування дисциплінарних заходів.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП | 8 |
| 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ | 10 |
| 1.1 Аналіз існуючих жанрів ігор | 10 |
| 1.2 Загальний аналіз ігрових рушіїв..... | 14 |
| 1.3 Класифікація та різновиди ігрових рушіїв..... | 15 |
| 2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ | 21 |
| 3. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ | 23 |
| 4. ОЦІНКА ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ | 25 |
| 4.1 Характеристика ігрових рушіїв | 25 |
| 4.1.1 Unity | 25 |
| 4.1.2 Unreal Engine | 28 |
| 4.1.3 GameMaker..... | 30 |
| 4.1.4 Godot | 33 |
| 4.1.5 RPG Maker MZ | 35 |
| 4.1.6 Construct 3 | 38 |
| 4.1.7 Stencyl | 41 |
| 4.1.8 Buildbox..... | 44 |
| 4.1.9 Gdevelop..... | 47 |
| 4.2 Аналіз результатів порівняння | 49 |
| ВИСНОВКИ | 62 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 64 |
| ДОДАТОК А. Підтримка різних платформ рушіями, що порівнюються | 66 |

| | |
|---|----|
| ДОДАТОК Б. Порівняння рушіїв за якістю графіки..... | 67 |
| ДОДАТОК В. Перелік джерел посилання за науковими напрямками керівника та науковців кафедри програмної інженерії | 68 |
| ДОДАТОК Г. Тези на конференцію..... | 69 |
| ДОДАТОК Д. Слайди презентації | 71 |
| ДОДАТОК Ж. Результат перевірки на унікальність тексту в базі ХНУРЕ | 85 |
| ДОДАТОК З. Експертний висновок нормоконтроль..... | 86 |

ВСТУП

Коли мова заходить про розробку ігор, вибір правильного ігрового рушія для гри може покращити або порушити весь досвід.

Ігровий рушій — це частина програмного забезпечення, яка постачається з інструментами, призначеними спеціально для створення ігор. Хоча це визначення є дещо загальним, для цього є причина: інструменти, які надає кожен рушій, можуть сильно відрізнятися як у тому, що вони є, так і в їх точному вираженні. Однак у більшості випадків інструменти ігрових рушіїв розроблені, щоб позбутися зайвої роботи під час розробки.

Ігрові рушії надають готові функції, які полегшують цю роботу, наприклад:

- візуалізація графіки;
- розрахункова фізика;
- обробка виявлення зіткнень;
- відтворення анімації та звуків;
- компіляція коду.

Таким чином, ігрові рушії чудові, для того щоб зосередитися на логіці та естетиці відеоігор, які, мабуть, є найважливішою частиною розробки ігор.

З огляду на це, все ще є багато великих компаній і навіть незалежних команд, які створюють власний власний механізм.

Для цього потрібно використовувати інтерфейси програм, такі як DirectX, OpenGL і XNA, а також комерційні бібліотеки та бібліотеки з відкритим кодом, що містять фізику, графіку сцен і бібліотеки GUI.

Створення ігрового движка непросте завдання, але іноді необхідне, якщо гра настільки відрізняється, що існуючі движки не працюють.

Завдання роботи – аналіз ігрових рушіїв та вибір найбільш відповідного для використання з метою створення 2D платформерної гри.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження існуючих ігрових рушіїв та вивчення можливості їх використання для створення 2D платформерної гри.

Тому для кваліфікаційної роботи було обрано тему, що дозволить розглянути та дослідити існуючі ігрові рушії..

Об'єктом дослідження служитимуть саме рушії для розробки ігор.

Предметом дослідження виступатимуть ігрові рушії, з допомогою яких можна створювати 2D платформи.

При виборі рушія необхідно враховувати багато факторів:

- яку гру намагаєтесь створити;
- гра 2D чи 3D;
- наскільки живою є спільнота рушія чи фреймворку;
- які види ресурсів доступні для рушія.

Враховуючи всі ці фактори, переконатися, у правильності вибору рушія складає основу для роботи та може бути справжньою проблемою. Це особливо важливо в сучасну епоху, коли технології постійно розвиваються, тобто постійно з'являються нові рушії та оновлення з новими інноваціями.

1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Аналіз існуючих жанрів ігор

Усі розробляемі ігри належать до однієї з різноманітних попередньо визначених категорій, ці категорії також називаються жанрами ігор. Перш ніж розробляти гру, інженер або керівник проекту повинен вирішити, який тип гри він хоче розробити для своєї аудиторії.

Жанр гри визначає точну категорію гри та може бути передано через схожі характеристики ігрового процесу, як-от тип цілей і сюжетної лінії, рівні та точка камери (тобто FPS, TPS), функції та сюжетна лінія гри. Жанр гри визначається не вмістом чи режимом гри, а загальними проблемами та характеристиками, які має гра. Наприклад, FIFA та PES - Pro Evolution Soccer мають схожі властивості та цілі, оскільки обидві вони є футбольними іграми, і гравець отримує очки або рівень складності підвищується, коли команда виграє матчі, забиваючи голи, як у реальному футбольному матчі. Жанр гри визначається подібністю, знайденою та зазначеною під спільним заголовком, тут FIFA та PES підпадають під «Гри спортивного жанру».

Ось основні жанри, коли йдеться про класифікацію ігор.

а) бойовик. Бойовики мають кілька підкатегорій:

1) stealth ігри: у цих іграх наголошується на хитрощаї та тихих ліквідаціях ворогів над більш очевидними та неприхованими шутерами.

Приклади: серія Metal Gear, серія IGI тощо;

2) ігри на виживання: ці ігри починаються з мінімальним ресурсом у гравця, у ворожому стані, а також у відкритому світі з метою збору ресурсів, інструментів, артилерії, зброї та захисту, щоб гравець вижив як гра триває;

3) стрілялки: у цих іграх гравці використовують різноманітну зброю для участі в боях, що відбуваються на відстані;

4) платформери: дія цих ігор відбувається в тривимірному (3D) середовищі, де гравець проводить персонажа через перешкоди для просування в грі.

б) пригоди. Подібно до пригодницьких фільмів, ігри з пригодницькою сюжетною лінією повні вигаданих пейзажів, персонажів тощо. Ці ігри зображують інший спосіб гри без надмірних рефлексів, жорстких викликів чи дій. Основна увага приділяється тому, що гравець розгадує головоломки чи таємниці, взаємодіючи з навколишнім середовищем. Mario, Tin-Tin є прикладами пригодницьких ігор. Деякі категорії пригодницьких ігор:

- 1) графічні пригоди. Візуальні романи (на основі романів та оповідань) – Гаррі Поттер (грають на PlayStation, X Box та інших ігрових консолях);
- 2) інтерактивні пригоди (на основі фільмів) - Тін-Тін, Бетмен тощо;
- 3) 3D-пригоди в реальному часі - Тінь спогадів.

в) рольові ігри. У таких іграх обирається гравець, який відіграє головну роль у сюжетній лінії, повній численних авантюристів, і спеціалізується на певних наборах навичок, і цей гравець прогресує в сюжетній лінії, збільшуючи свої навички та здібності. Ця категорія є одним із найвідоміших жанрів, у який грають геймери по всьому світу. Ось список деяких підкатегорій рольових ігор:

1) Roguelike ігри: це піджанр, а його назва походить від елементів геймплея комп'ютерної гри Rogue 1980 року. Nethack є ще одним прикладом roguelike гри;

2) Фентезі-ігри: у таких іграх, як Diablo, Final Fantasy, Prince of Persia, є світ, повний незвичайних персонажів і лиходіїв, і гравець повинен пройти рівні, повні випробувань і таємниць, а також пролягає кілька прихованих маршрутів, які потрібно розблокувати, щоб продовжити гру;

3) Рольова гра з пісочницею (рольова гра з відкритим світом): це сучасні ігри, де гравцеві надається повна свобода, він може вільно блукати й робити що завгодно (тобто гравець не обмежений єдиним шляхом камінням і парканами, єдиною метою тощо). Прикладами таких ігор є відома серія Grand Theft Auto (GTA), серія Watch Dogs тощо. Ці ігри пропонують велику

географічну територію для дослідження разом із основними цілями та завданнями гри.

г) симулятори. Вони в першу чергу розроблені та розроблені для точного моделювання (відтворення) усіх аспектів нашого реального життя або вигаданої установки. Різноманітні підкатегорії ігор-симуляторів:

- 1) симулятор сільського господарства;
- 2) симуляція автомобіля;
- 3) симуляція життя;
- 4) симуляція управління.

д) стратегічні ігри. Тут основна увага приділяється ігровому процесу, який вимагає обережного та вмілого мислення та гарного плану для перемоги. У більшості стратегічних ігор Ендрю Роллінгс, відомий розробник ігор, сказав, що «гравцеві надається божественне бачення гри, і світ існує відносно неї, і певним чином контролює підрозділи під його командою»;

е) 4X Game: ігри 4X відносяться до певного жанру стратегічних відеоігор, які мають чотири основні цілі:

- 1) eXplore (досліджуй);
- 2) eXpand (розширюй територію);
- 3) eXploit (експлуатуй);
- 4) eXterminate (знищуй).

ж) стратегія в реальному часі (RTT) і військові ігри: стратегічні ігри в реальному часі характеризуються отриманням ресурсів, будівництвом баз та інших активів у грі, і гравець повинен приймати конкретні рішення та постійно виконувати певні дії, щоб впоратися зі зміною стану гри. Наприклад: Age of Empires тощо;

к) ігри Tower Defense: Tower defense мають дуже простий формат і ігровий процес. Зробіть свою вежу міцнішою, розгорнувши відповідну систему захисту, щоб знищити ворожі війська;

л) багатокористувацька онлайн-бойова арена (МОБА): ігри МОБА також називаються стратегіями дії в реальному часі (ARTS), які є піджанром стратегічних

ігор, які виникли як стратегії в реальному часі, де гравець контролює один персонаж в одній із двох команд;

м) спортивні ігри. Ці ігри імітують геймплей будь-яких традиційних фізичних видів спорту, якими можна займатися на пристрої. Реальні види спорту, як-от бейсбол, баскетбол, футбол тощо, доступні у формі комп'ютерних ігор. У міру того, як ваші навички підвищуватимуться, ваша гра також наслідуватиме справжніх професійних спортсменів і те, як вони рухаються та грають. Його підвиди:

- 1) перегони;
- 2) спорт у приміщенні;
- 3) спорт на свіжому повітрі;
- 4) бойові мистецтва;
- 5) конкурентні та Різні;
- 6) науково-навчальні ігри.

Є кілька випадків, коли багато батьків і вчителів скаржаться на те, що діти грають у відеоігри, але існує кілька чудових навчальних ігор, які насправді можуть допомогти дітям і навіть дорослим вивчати нові речі та збирати знання.

Інші категорії ігор:

- казуальна гра;
- гра в програмування;
- логічна гра;
- музична гра;
- party Game;
- гра дрібниць;
- настільна гра/карткова гра.

1.2 Загальний аналіз ігрових рушіїв

Ранні відеоігри розроблялися з власними механізмами візуалізації, кожен з яких спеціально розроблений для однієї гри. З часом ігрові рушії еволюціонували від власних до комерційно розроблених рушіїв, які широко доступні сьогодні. Тепер розробники можуть спростити та прискорити процес розробки ігор, використовуючи комерційно розроблені ігрові рушії для створення нових ігор або для розширення наявних ігор на додаткові платформи.

Ігровий рушій — це інтегроване середовище розробки з готовим набором інструментів візуальної розробки та повторно використовуваних компонентів програмного забезпечення. Він робить складне завдання розробки гри простим, надаючи рівень абстракції, який робить багато великих завдань дуже легкими, тоді як ігровий движок виконує всю важку роботу у фоновому режимі. Іншими словами, це фреймворк, розроблений спеціально для створення та розробки відеоігор.

Для кожної гри ігровий движок відіграє важливу роль, оскільки ігровий движок допомагає розробникам гри оживити персонажів гри, допомагаючи створювати сцени, персонажів і графіку, звук, штучний інтелект, анімацію сценаріїв, мережу тощо.

Game Engine створено для розробки ігор, як і будь-яка інша середовище розробки для будь-якої конкретної мови програмування. Усі компоненти ігрового рушія створено та інтегровано для підтримки мотивації розробки гри.

Ігровий рушій складається зі спеціальних програмних компонентів, які дозволяють розробникам створювати, редагувати та запускати відеоігри. Основні компоненти, що складають ігровий рушій, зазвичай включають:

Рушій фізики: програмний компонент, який дозволяє симулювати фізичні взаємодії між об'єктами в грі, такі як гравітація, зіткнення, рух та інші.

Рушій графіки: програмний компонент, який дозволяє розробникам створювати та відображати графічний контент в грі, такий як текстури, моделі, освітлення та інші.

Рушій звуку: програмний компонент, який дозволяє створювати та відтворювати звуковий контент в грі, такий як звукові ефекти, музика та голосові доріжки персонажів.

Рушій штучного інтелекту: програмний компонент, який дозволяє створювати розумних NPC та інші інтерактивні об'єкти, які можуть реагувати на дії гравця.

Рушій фізіології: програмний компонент, який дозволяє створювати реалістичні ефекти травми та розпаду персонажів в грі.

Рушій мережевої гри: програмний компонент, який дозволяє гравцям підключатися до мережі та грати в гру разом з іншими гравцями.

Крім того, ігровий рушій може містити інші програмні компоненти, такі як інструменти редагування, бібліотеки, механізми збереження стану гри та інші.

1.3 Класифікація та різновиди ігрових рушіїв

Ігрові рушії можна класифікувати за різними критеріями, наприклад:

За метою використання: деякі рушії спеціалізуються на певних типах ігор, наприклад, шутери, ролеві ігри, платформери тощо.

За рівнем складності: деякі рушії призначені для початківців та мають простий інтерфейс, тоді як інші призначені для професіоналів та мають багато функцій та можливостей.

За типом графіки: рушії можуть бути розроблені для відтворення 2D-графіки, 3D-графіки або обох типів графіки.

За ліцензією: деякі рушії можуть бути безкоштовними та з відкритим кодом, тоді як інші можуть бути комерційними та мати обмеження на використання та розповсюдження.

За способом розробки: деякі рушії можуть бути розроблені на основі програмування на низькорівневих мовах, тоді як інші можуть мати графічний інтерфейс для створення ігор без програмування.

За платформою: деякі рушії можуть бути розроблені для конкретних платформ, таких як Windows, macOS, iOS, Android, Xbox, PlayStation, Nintendo Switch тощо.

За типом програмної архітектури: деякі рушії можуть бути побудовані на основі класичної архітектури з централізованим управлінням процесами, тоді як інші можуть бути побудовані на основі розподіленої архітектури з розподіленим управлінням процесами.

Ці критерії можуть перетинатися та доповнюватися залежно від потреб користувача та конкретної ситуації.

Основні типи ігрових рушіїв за метою використання:

Рушії для професійних ігор: ці рушії призначені для створення складних ігор з високою якістю графіки та фізики. Вони мають великий набір інструментів для розробки та оптимізації гри, а також можливості для розробки мультиплеєрних ігор та розширення функціональності гри. Приклади таких рушіїв: Unity, Unreal Engine, CryEngine.

Рушії для ігор-головоломок та казуал-ігор: ці рушії більш спрощені та легкі в використанні, а також мають обмежені можливості для розробки складних ігор з великою кількістю графіки та фізики. Приклади таких рушіїв: GameMaker, Construct 3, Stencyl, GDevelop.

Рушії для навчання програмування: ці рушії призначені для використання в освітніх закладах, щоб допомогти студентам навчитися програмування та розробці ігор.

Рушії для розробки онлайн ігор: Ця категорія рушіїв призначена для розробки ігор, які граються онлайн. Ці рушії зазвичай містять вбудований функціонал для мережевого гравцевого взаємодії та забезпечують ефективну роботу з серверними застосунками. Приклади таких рушіїв: Photon Unity Networking, Mirror, UNet (Unreal Network), Node.js.

Рушії для розробки ігор для мобільних пристроїв: Ці рушії призначені для розробки ігор, які граються на мобільних пристроях. Вони зазвичай мають оптимізовану графіку та функції для роботи з мобільними пристроями, такими як акселерометр, сенсорний екран та інші. Приклади таких рушіїв: Unity, Unreal Engine, GameMaker, Godot, Cocos2d, Corona.

Рушії для розробки віртуальної та доповненої реальності: Ці рушії призначені для розробки ігор, які використовують віртуальну або доповнену реальність. Вони мають спеціалізовані функції та інструменти для створення віртуальних середовищ та додавання об'єктів до реального світу через камеру мобільного пристрою. Приклади таких рушіїв: Unity, Unreal Engine, Vuforia, ARKit, ARCore.

Рушії для розробки ігор для консолей: Ці рушії призначені для розробки ігор для ігрових консолей, таких як PlayStation, Xbox та Nintendo. Вони мають спеціалізовані функції та інструменти для розробки гри для певної консолі та її особливостей. Приклади таких рушіїв: Unity, Unreal Engine, CryEngine, Lumberyard.

Ігрові рушії можуть бути класифіковані за рівнем складності використання для розробки ігор. Розглянемо наступні типи:

Прості рушії: ці рушії призначені для початківців в галузі розробки ігор. Вони зазвичай мають простий інтерфейс та легкий навчальний курс, що дозволяє швидко засвоїти основи розробки ігор. Приклади таких рушіїв: Stencyl, Construct 3, GameMaker.

Середні рушії: ці рушії мають середній рівень складності використання та можуть бути використані як для початківців, так і для досвідчених розробників ігор. Вони мають більш розвинуті функції та можливості, ніж прості рушії, але все ж є досить легкими для розуміння та використання. Приклади таких рушіїв: RPG Maker MZ, GDevelop.

Складні рушії: ці рушії призначені для досвідчених розробників ігор та мають високий рівень складності використання. Вони мають багато розвинутих функцій та можливостей, а також потребують додаткових знань та досвіду в програмуванні. Приклади таких рушіїв: Unity, Unreal Engine.

Розробники можуть вибрати рушій, який найкраще відповідає їх потребам та рівню досвіду в розробці ігор.

Ігрові рушії можна класифікувати за типом графіки, яку вони використовують. Ось кілька основних категорій:

2D рушії: Ці рушії призначені для розробки 2D ігор, де графіка складається з двовірних зображень. Вони зазвичай мають простий інтерфейс, але забезпечують широкі можливості для створення різних типів 2D ігор, таких як платформери, аркади, стратегії тощо. Прикладами 2D рушіїв є GameMaker, Construct, Stencyl, GDevelop.

3D рушії: Ці рушії призначені для розробки 3D ігор, де графіка складається з тривимірних об'єктів та сцен. Вони зазвичай мають більш складні інтерфейси та можуть вимагати більш потужного обладнання, але забезпечують широкі можливості для створення більш складних та реалістичних ігор. Прикладами 3D рушіїв є Unity, Unreal Engine, Godot.

Hybrid рушії: Ці рушії призначені для розробки ігор, які використовують як 2D, так і 3D графіку. Вони можуть бути корисними для розробки ігор з елементами бокового прокручування та іншими відтворюваними ефектами, що потребують і 2D, і 3D графіки. Прикладами hybrid рушіїв є RPG Maker MZ, Buildbox.

VR рушії: Ці рушії призначені для розробки віртуальної реальності (VR) ігор, де графіка повинна відтворюватися у 3D-середовищі. Вони забезпечують можливості для створення ігор з високим рівнем іммерсії, де гравець може взаємодіяти зі світом гри у режимі реального часу.

Ігрові рушії можна класифікувати за ліцензією наступним чином:

Комерційні рушії - це рушії, які продаються за плату. Користувач повинен придбати ліцензію для використання рушія та зазвичай повинен платити регулярні підписки на отримання оновлень та підтримки. Приклади таких рушіїв: Unity, Unreal Engine, GameMaker, Construct 3.

Відкриті рушії - це рушії, які розробляються та розповсюджуються безкоштовно з відкритим вихідним кодом. Користувач може використовувати та модифікувати рушій на свій розсуд, однак підтримка та оновлення можуть бути

обмежені. Приклади таких рушіїв: Godot, GDevelop.

Модульні рушії - це рушії, які розробляються на основі платформи з відкритим вихідним кодом та мають велику кількість модулів, які можуть бути встановлені окремо. Користувач може встановлювати тільки ті модулі, які необхідні для його проекту, що робить рушії більш гнучким та ефективним. Приклади таких рушіїв: RPG Maker MZ, Stencyl.

Саморобні рушії - це рушії, які створені користувачами самостійно без використання готових рішень. Користувачі можуть використовувати різні програмні засоби та бібліотеки для створення власного рушія з нуля. Однак цей підхід вимагає значних знань та досвіду у програмуванні та геймдевелопменті.

Ігрові рушії можна класифікувати за способом розробки на дві категорії:

Класичні рушії - це програми, які встановлюються на локальний комп'ютер розробника і використовуються для створення ігор. Ці рушії зазвичай мають великі можливості для редагування і налаштування різних компонентів гри, таких як графіка, фізика, звук і т.д. Прикладами класичних рушіїв є Unity, Unreal Engine, GameMaker, Godot.

Інтернет-рушії - це сервіси, які дозволяють розробникам створювати ігри без необхідності встановлювати програмне забезпечення на локальний комп'ютер. Вони зазвичай пропонують веб-інтерфейс для редагування гри та забезпечують можливість збереження гри в хмарі. Також вони можуть мати вбудовані інструменти для розробки ігор, такі як редактори графіки, звуку та фізики. Прикладами інтернет-рушіїв є Construct 3, Stencyl, Buildbox, GDevelop.

Ігрові рушії можна класифікувати за платформою, для якої вони призначені. Нижче наведено деякі з найпоширеніших платформ, для яких розробляються ігрові рушії:

PC - ігрові рушії для персональних комп'ютерів, такі як Unity, Unreal Engine, GameMaker, Godot, GDevelop та інші.

Мобільні пристрої - ігрові рушії для мобільних пристроїв, такі як Android і iOS. Прикладами таких рушіїв є Corona SDK, Cocos2d-x, Unity, Unreal Engine та інші.

Консолі - ігрові рушії для гральних консолей, такі як PlayStation, Xbox та Nintendo. Прикладами таких рушіїв є Unreal Engine, Unity, CryEngine та інші.

VR-платформи - ігрові рушії для віртуальної реальності, такі як HTC Vive, Oculus Rift та інші. Прикладами таких рушіїв є Unity, Unreal Engine та CryEngine.

Веб-платформи - ігрові рушії для браузерів та веб-сайтів, такі як Phaser, Construct 3, PlayCanvas та інші.

Хмарні платформи - ігрові рушії для розробки та запуску гр у хмарі, такі як Amazon Web Services, Google Cloud та інші.

Інші платформи - ігрові рушії можуть бути призначені для різних інших платформ, таких як інтерактивне телебачення, смарт-годинники, системи контролю рухів.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Сьогодні є широкий вибір ігрового рушія для гри, яку ви розробляєте. Тепер можна створити гру будь-якого розміру та жанру, не вкладаючи коштів у розробку спеціального рушія. Наявність популярних ігрових рушіїв, доступних для всіх, робить розширення команд розробників ігор набагато швидшим і легшим, що дає змогу створювати більше ігор будь-якого розміру по всьому світу.

Але як вибрати найкращий ігровий рушій, який точно підійде?

Кожен доступний рушій є в чомусь сильним і слабким. Справа в тому, щоб знайти найкращу пропорцію між перевагами та недоліками рушія, вимогами до гри та ресурсами, які можна витратити на втілення гри в життя.

У будь-якому випадку, на продукти, які виготовлятимуться, значною мірою впливатиме технологія, яка за ними стоїть.

Що має вміти найкращий рушій відеоігор?

Щоб мати чітке уявлення про те, який рушій найкращий для проекту, доцільно створити список технічних вимог для гри та перевірити, чи рушій підходить їм усім, чи його можна переробити відповідно до них.

Питання вибору рушія також виходить далеко за рамки технічних вимог. Чи надає обраний механізм повноцінну технічну підтримку? Ціни? Наскільки велика професійна спільнота рушія?

Метою роботи є дослідження використання різних ігрових рушіїв для створення 2D платформеру та порівняння їх продуктивності, функціональності та екосистеми підтримки.

Для досягнення цієї мети ми зосередитимось на порівнянні даних з аналізу предметної області та існуючих класифікаційних методів для різних ігрових рушіїв, таких як Unity, Unreal Engine, GameMaker, Godot, RPG Maker MZ, Construct 3, Stencil, Buildbox та GDevelop. Дослідження зосереджені на визначенні найбільш підходящого ігрового рушія для створення 2D платформеру з урахуванням

критеріїв ефективності, продуктивності, функціональності та екосистеми підтримки.

Основні питання які треба вирішити:

- які основні функціональність надаються різними ігровими рушіями для створення 2D платформерів?
- яка екосистема підтримки доступна для кожного з ігрових рушіїв?
- який рівень досвіду та складності потрібні для використання кожного з ігрових рушіїв?
- які засоби розробки графіки, фізики, звуку та інших складових гри надаються кожним ігровим рушієм?
- які можливості взаємодії з іншими рішеннями, наприклад, засобами розробки для віртуальної реальності, наявні у кожного з ігрових рушіїв?
- яка продуктивність надається кожним з ігрових рушіїв?
- який рівень візуалізації може бути досягнутий в кожному з ігрових рушіїв?
- які інструменти підтримки розробки гри доступні в кожному з ігрових рушіїв?
- які параметри створення гри впливають на вибір ігрового рушія?
- які різні типи платформ можна використовувати для розробки гри, і які ігрові рушії підтримують ці платформи?

3. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Для порівняння ігрових рушіїв спочатку треба врахувати доступність ігрового рушія для розробника, складність опанування функцій рушія, наявність документації та кількість інформації від інших користувачів, яка може знадобитися для вирішення складних питань під час розробки.

Гра складається з великої кількості різних систем, які взаємодіють між собою для створення одного цілого. Для 2д платформера, як і для інших ігор, необхідними є: звуковий супровід, користувацький інтерфейс, система збережень, графіка, продуктивність. Також дуже прискорити та поліпшити розробку може наявність фізичного рушія, тому що у випадку його відсутності треба буде реалізовувати такий функціонал самотужки. Додатковим бонусом також є підтримка контролерів, а особливо зворотнього відгуку у вигляді вібрації, який допоможе занурити гравця у гру.

Платформер це дуже проста гра, тому вона може підходити для великої кількості різних платформ, навіть для телефонів, тож слід врахувати також кількість платформ, які підтримує рушій, бо чим більше платформ тим більшу аудиторію гра може охопити.

Для платформера можуть особливо важливими є такі елементи:

- Рухова механіка: важливо, щоб ігровий рушій мав потужну та гнучку систему руху, яка може обробляти різні види руху, такі як стрибки, біг, ковзання, лазання, повзання і т.д;
- Керування персонажем: важливо, щоб ігровий рушій мав потужну та гнучку систему керування персонажем, яка може обробляти різні дії, такі як стрибок, атаку, збір предметів і т.д;
- Робота зі шаровими об'єктами: шарові об'єкти дуже важливі для багатьох 2D платформерів, тому важливо мати ігровий рушій, який може легко працювати з цими об'єктами.

Першочергову увагу треба приділити саме цим ознакам.

Тож, для порівняння ігрових рушіїв можна зформуванати наступні критерії:

- Рухова механіка;
- Керування персонажем;
- Робота зі шаровими об'єктами;
- Доступність: легкість використання та доступність для розробників з різним рівнем досвіду;
 - Вартість: вартість ліцензування та інших витрат на використання ігрового рушія;
 - Розвиток: активність розвитку та оновлення ігрового рушія;
 - Функціональність: кількість та якість інструментів, доступних для розробки гри, наявність фізичного рушія;
 - Продуктивність: швидкість та ефективність роботи ігрового рушія;
 - Гнучкість: можливість змінювати та налаштовувати функціонал ігрового рушія;
 - Якість графіки: якість графіки, що може бути досягнута в ігровому рушії;
 - Якість звуку: якість звукового супроводу, яка може бути досягнута в ігровому рушії;
 - Надійність та безпека: можливості забезпечення безпеки та надійності роботи ігрового рушія;
 - Легкість створення користувацького інтерфейсу;
 - Підтримка контролерів;
 - Підтримка різних платформ.

Порівнявши рушії за цими ознаками, виявивши найкращій у кожній з цих категорій, можна буде дійти висновку, який рушіїй найкраще підійде для створення 2д платформеру.

4. ОЦІНКА ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

4.1 Характеристика ігрових рушіїв

У підрозділі буде охарактеризовано кожен з ігрових рушіїв за сформованими вище критеріями.

4.1.1 Unity

Рухова механіка:

Unity має вбудовані інструменти для реалізації різних видів рухової механіки, включаючи фізику, кінематику та анімацію. Для розробки 2D платформера можна використовувати фізику, яка дозволяє задавати параметри поведінки об'єктів на основі законів фізики, таких як гравітація, імпульс, сила тертя тощо.

Керування персонажем:

Unity надає розробникам інструменти для реалізації різних видів керування персонажем, включаючи клавіатуру, мишу та геймпади. Для розробки 2D платформера можна використовувати клавіші для переміщення персонажа, а також для стрибків та інших дій.

Робота зі шаровими об'єктами:

Unity дозволяє розробникам створювати та працювати зі шаровими об'єктами, які можуть використовуватись для реалізації різних ефектів та фізичних взаємодій. Для розробки 2D платформера можна використовувати шарові об'єкти для створення об'єктів, які можуть взаємодіяти з персонажем, наприклад, для реалізації механіки зіткненням.

Доступність:

Unity має дуже дружній та легкий інтерфейс користувача, який дозволяє розробникам різного рівня досвіду створювати гри без попереднього знання

програмування. Крім того, Unity має широку спільноту розробників та велику кількість документації та онлайн-ресурсів, що робить його дуже доступним для початківців та досвідчених розробників.

Вартість:

Unity пропонує безкоштовну версію свого ігрового движка для розробки малих проектів та прототипів, а також платну версію з розширеними можливостями для великих проектів. Вартість платної версії залежить від типу ліцензії та розміру команди розробників.

Розвиток:

Unity є одним з найбільш активно розвиваються ігрових движків на ринку з великою командою розробників та багатим набором інструментів для розробки гри. Unity випускає оновлення з новими функціями та вдосконаленнями з регулярністю кілька разів на рік, тому цей ігровий движок завжди залишається на передових позиціях ринку.

Функціональність:

Unity має велику кількість інструментів, доступних для розробки гри, що включає функції для створення 2D та 3D графіки, фізичного движка, аудіо та відео підтримки, анімації та іншого. Unity має свій фізичний рушій, який дозволяє створювати реалістичні фізичні ефекти для ігор.

Продуктивність:

Unity є одним з найшвидших ігрових рушіїв на ринку. Це досягається завдяки розподіленим обчисленням, які дозволяють використовувати багато процесорних ядер та підтримці мультипоточкового рендерингу. Крім того, Unity має широку підтримку оптимізації графіки та оптимізації коду.

Гнучкість:

Unity є дуже гнучким ігровим рушієм. Розробники можуть легко додавати нові функції та змінювати налаштування за допомогою редактора Unity, який має вбудований кодовий редактор. Крім того, Unity має велику спільноту розробників та розширень, що дозволяє легко розширювати функціональність рушія.

Якість графіки:

Unity має потужні інструменти для створення якісної графіки для ігор. До цих інструментів належать різноманітні світлові ефекти, високоякісні шейдери, тінівідбивачі, а також системи частинок, які можна використовувати для створення спеціальних ефектів. Також в Unity підтримується різні формати графіки, включаючи 2D та 3D графіку.

Якість звуку:

Unity має різноманітні інструменти для роботи зі звуком, включаючи можливість додавати музику та звукові ефекти до гри. Unity підтримує різні формати звуку, включаючи моно та стерео звук. Інтегрована звукова система Unity дозволяє додавати ефекти еха та інші звукові ефекти до гри.

Надійність та безпека:

Unity має систему безпеки, яка забезпечує надійну роботу гри та захищає її від зловмисників. Unity також має підтримку TLS (Transport Layer Security), що забезпечує захищене з'єднання між грою та серверами. Unity також має систему стабільності, яка допомагає уникнути помилок та збоїв в роботі гри.

Легкість створення користувацького інтерфейсу:

Unity має вбудований інструментарій для створення користувацького інтерфейсу, який дозволяє розміщувати кнопки, текстові поля, список елементів, слайдери та інші елементи інтерфейсу відповідно до потреб користувачів. Unity також підтримує інтеграцію з різними зовнішніми інструментами для створення інтерфейсу, які можна легко інтегрувати в проект.

Підтримка контролерів:

Unity надає можливість підключення і використання різних типів контролерів, таких як геймпади, джойстики, клавіатури та миші. Разом з тим, Unity має вбудовані інструменти для обробки введення, що дозволяє легко розпізнавати введення з різних контролерів та виконувати відповідні дії в грі.

Підтримка різних платформ:

Unity дозволяє розробляти ігри для різних платформ, таких як Windows, macOS, Linux, Android, iOS, Xbox, PlayStation та інші. Для кожної платформи Unity має свої інструменти, що дозволяють оптимізувати гру для певної платформи та

забезпечити максимальну сумісність. Крім того, Unity надає можливість швидко портити гру на інші платформи, що знижує час та витрати на розробку для кількох платформ.

4.1.2 Unreal Engine

Рухова механіка:

Unreal Engine забезпечує високу якість рухової механіки за допомогою свого фізичного рушія PhysX, який дозволяє створювати складні рухові ефекти, такі як фізика тіл або рідини. Крім того, Unreal Engine має потужну систему анімації, що дозволяє створювати динамічні і природні рухи персонажів.

Керування персонажем:

Unreal Engine має досить простий інтерфейс для керування персонажем, що дозволяє швидко створювати рухові інтерактивні об'єкти. Unreal Engine також підтримує керування персонажем за допомогою клавіатури, миші та геймпаду.

Робота зі шаровими об'єктами:

Unreal Engine має потужні засоби для роботи зі шаровими об'єктами. Unreal Engine має свою власну систему фізики тіл, яка дозволяє реалістично моделювати рух об'єктів, що взаємодіють між собою. Крім того, Unreal Engine підтримує імпорт шарових об'єктів з інших програм.

Доступність:

Unreal Engine може бути складним для новачків, оскільки він має велику кількість функцій та інструментів. Однак, для досвідчених розробників, Unreal Engine є дуже потужним та досить легким у використанні.

Вартість:

Unreal Engine безкоштовний для особистого використання та для некомерційних проектів. Але для комерційних проектів, Unreal Engine вимагає

відсотка з прибутку, що може становити значну суму в залежності від обсягу проекту.

Розвиток:

Unreal Engine має активну спільноту розробників, що постійно підтримує та оновлює рушій. Компанія Epic Games, що стоїть за Unreal Engine, постійно додає нові функції та покращення в нових версіях.

Функціональність:

Unreal Engine має широкий набір інструментів для розробки гри, включаючи можливості розробки штучного інтелекту, фізичного рушія, редагування сцен та інтерфейсів, візуалізації та редагування 3D-моделей. Unreal Engine також має велику базу готових до використання матеріалів та бібліотеку ефектів.

Продуктивність:

Unreal Engine відомий своєю швидкістю та ефективністю роботи. Двигун має вбудовану систему оптимізації, яка забезпечує оптимальну продуктивність для гри, працюючи на різних платформах.

Гнучкість:

Unreal Engine дуже гнучкий та налаштовується для потреб розробників. Він має велику кількість налаштувань та опцій, які можуть бути змінені для кращої роботи з різними типами проектів.

Якість графіки:

Unreal Engine забезпечує високу якість графіки завдяки своїм потужним інструментам для рендерингу, включаючи фотореалістичне освітлення, тіні, воду, туман та інші ефекти. Для покращення процесу розробки він має вбудовані інструменти для редактора матеріалів та візуалізації, що дозволяє швидко створювати реалістичні об'єкти та ефекти.

Якість звуку:

Unreal Engine також має високу якість звукового супроводу. Він забезпечує підтримку 3D-звуку, що дозволяє створювати реалістичний звуковий простір. Unreal Engine має вбудований мікшер звуків, що дозволяє змішувати звуки з різних джерел та налаштовувати їх параметри.

Надійність та безпека:

Unreal Engine має потужні інструменти для забезпечення безпеки та надійності. Для зменшення кількості помилок під час розробки, Unreal Engine має вбудовані інструменти для відлагодження коду та перевірки наявності помилок. Unreal Engine також має можливість створення бекапів проекту та відновлення його в разі потреби. Він також підтримує шифрування даних для захисту від несанкціонованого доступу до них.

Легкість створення користувацького інтерфейсу:

Unreal Engine має вбудовану систему UMG (Unreal Motion Graphics), яка дозволяє створювати користувацький інтерфейс без програмування. UMG надає широкий набір готових елементів інтерфейсу та можливість створювати свої власні елементи.

Підтримка контролерів:

Unreal Engine підтримує багато різних контролерів, включаючи геймпади, клавіатуру та мишу, тачпади та тачскрини, а також віртуальні реалістичні контролери.

Підтримка різних платформ:

Unreal Engine підтримує багато різних платформ, включаючи ПК, консолі, мобільні пристрої та віртуальну реальність. Unreal Engine має вбудовані інструменти для перенесення гри з однієї платформи на іншу.

4.1.3 GameMaker

Рухова механіка:

GameMaker має вбудований фізичний рушій Box2D, який дозволяє створювати різні типи рухів, включаючи реалістичну фізику, механіку зіткнень та гравітацію.

Керування персонажем:

GameMaker має широкі можливості для створення різноманітних персонажів та керування ними. Є можливість налаштування рухів з клавіатури, миші, геймпада або тачскріна. Для більш складних персонажів можна використовувати складніші алгоритми руху та поведінки.

Робота зі шаровими об'єктами:

GameMaker має можливості для роботи зі шаровими об'єктами, такими як кола та сфери. За допомогою вбудованого редактора об'єктів можна створювати, налаштовувати та взаємодіяти з цими об'єктами.

Доступність:

GameMaker має простий та зрозумілий інтерфейс, що дозволяє легко створювати ігри для розробників з будь-яким рівнем досвіду. Інструменти, доступні в програмі, дозволяють швидко і легко створювати 2D-ігри з різними рівнями складності.

Вартість:

GameMaker пропонує безкоштовну та платну версії програмного забезпечення. Безкоштовна версія має обмеження на функціональність та можливості, а платна версія коштує приблизно від \$40 до \$150 в залежності від версії.

Розвиток:

GameMaker випускає нові версії програмного забезпечення на постійній основі з новими функціями та оновленнями. Виробник програми, YoYo Games, також надає підтримку та розвиток своїх продуктів на форумах та веб-сайті.

Функціональність:

GameMaker має багатий набір інструментів для розробки гри, включаючи засоби для створення графіки, звуку та фізики. Також в ньому є вбудований фізичний рушій, що дозволяє створювати реалістичну фізику для об'єктів гри.

Продуктивність:

GameMaker є досить швидким і ефективним ігровим рушієм, здатним працювати зі складними проектами. Він також підтримує оптимізацію коду, що дозволяє зменшувати використання ресурсів комп'ютера під час роботи гри.

Гнучкість:

GameMaker дозволяє змінювати та налаштовувати функціонал гри з використанням скриптів та різних плагінів. Крім того, він підтримує різні платформи, що дає можливість розробляти гру для різних пристроїв без значного збільшення витрат на розробку.

Якість графіки:

GameMaker має достатні інструменти для створення якісної 2D графіки. Можливості анімації, спрайтів, тайлів та ефектів дозволяють розробникам створювати детальні та привабливі візуальні ефекти.

Якість звуку:

GameMaker має можливості для додавання звуків та музики до гри, але ці можливості не є настільки розширеними, як у деяких інших ігрових рушіях. Таким чином, якість звуку в GameMaker може залежати від зовнішніх джерел звуків та музики.

Надійність та безпека:

GameMaker має певні заходи безпеки, що дозволяють розробникам захистити свою гру від піратства та несанкціонованого доступу. Однак, як і з будь-яким іншим ігровим рушієм, безпека та надійність залежать від того, наскільки добре розробник знає та дотримується правил безпеки.

Легкість створення користувацького інтерфейсу:

GameMaker має графічний інтерфейс користувача, який дозволяє легко створювати та налаштовувати інтерфейс гри без програмування.

Підтримка контролерів:

GameMaker підтримує різні типи контролерів, такі як геймпади, клавіатури та миші, що дозволяє розробникам створювати гри, які можна грати на різних платформах.

Підтримка різних платформ:

GameMaker дозволяє розробляти гри для різних платформ, таких як Windows, Mac, iOS, Android, Xbox та PlayStation. Також вона підтримує можливість експорту гри в HTML5, що дозволяє запускати гру в браузері.

4.1.4 Godot

Рухова механіка:

Godot має вбудовану фізичну систему, яка дозволяє реалістично симулювати рухи об'єктів, включаючи колізії, гравітацію та інші фізичні властивості. Також в Godot є ряд інструментів, які допомагають створювати складні рухові механіки, такі як машини, літаючі об'єкти та інші.

Керування персонажем:

Godot має вбудовану систему анімації, яка дозволяє створювати складні рухи персонажів. Ця система дозволяє використовувати складні рухи та анімації, які можуть бути змінені за допомогою скриптів. Також Godot підтримує клавіатуру, мишу та геймпади, що дозволяє створювати більш реалістичне керування персонажами.

Робота зі шаровими об'єктами:

Godot підтримує широкий спектр різних об'єктів, включаючи шарові об'єкти. Завдяки вбудованій фізичній системі, Godot може симулювати колізії шарових об'єктів та інші фізичні взаємодії.

Доступність:

Інтерфейс користувача є досить інтуїтивно зрозумілим, що дозволяє швидко засвоїти основи роботи в середовищі.

Вартість:

Godot є безкоштовним і з відкритим вихідним кодом, тому не потребує ліцензування або витрат на використання. Крім того, розробники можуть зберегти кошти, використовуючи вбудовані інструменти та функції, такі як редактор векторної графіки, система фізики та інші.

Розвиток:

Godot має активну спільноту, яка постійно працює над вдосконаленням та оновленням рушія. Це забезпечує постійний розвиток функціоналу, виправлення помилок та вдосконалення продуктивності. Крім того, Godot дозволяє розробникам

створювати власні розширення та плагіни, що збільшує гнучкість рушія та можливості його розширення.

Функціональність:

Godot має багато функціональних можливостей, включаючи різні інструменти для розробки графіки, звукового супроводу, анімації та фізичних ефектів. Також є можливість використовувати різні мови програмування для розробки гри, включаючи C++, C# та GDScript.

Продуктивність:

Godot використовує власну реалізацію двигуна рендерингу, який забезпечує високу продуктивність під час розробки та гри. Також має можливість використовувати оптимізації, такі як відкладений рендеринг та буферизація геометрії.

Гнучкість:

Godot надає можливість налаштовувати різні параметри інструментів для розробки гри та фізичної симуляції. Також є можливість додавати власний код та розширювати функціонал ігрового рушія через різноманітні плагіни та модулі.

Якість графіки:

Godot має потужну систему візуалізації з можливістю застосування ефектів та фільтрів для поліпшення якості графіки. Він підтримує 2D та 3D графіку, а також відкритий формат файлів 3D моделей, що дозволяє легко імпортувати різноманітні моделі та текстури.

Якість звуку:

Godot має підтримку різних форматів звукових файлів, а також підтримує обробку звуку в реальному часі, що дозволяє досягти високої якості звукового супроводу.

Надійність та безпека:

Godot є безкоштовним та відкритим програмним забезпеченням, що означає, що користувачі можуть перевіряти його код на наявність можливих уразливостей та помилок. Крім того, Godot має вбудовану систему контролю версій, яка дозволяє зберігати та відновлювати попередні версії проектів в разі необхідності.

Легкість створення користувацького інтерфейсу:

Godot має вбудований інструментарій для створення користувацького інтерфейсу. Візуальний редактор дає можливість швидко створювати елементи інтерфейсу за допомогою перетягування та опускання. Godot підтримує різні види елементів інтерфейсу, такі як кнопки, поля введення тексту, списки та інші.

Підтримка контролерів:

Godot підтримує різні типи контролерів, включаючи геймпади, джойстики та інші. Інтеграція з контролерами здійснюється через API, що дає можливість змінювати налаштування контролерів відповідно до потреб гри. Інструкції по налаштуванню контролерів та API документація є доступними на веб-сайті Godot.

Підтримка різних платформ:

Godot підтримує різні платформи, включаючи Windows, macOS, Linux, Android, iOS, HTML5 та інші. Завдяки підтримці мов програмування C++ та GDScript, розробники можуть створювати гри для різних платформ. Godot надає зручні інструменти для експорту гри на різні платформи.

Загалом, Godot є доступним та безкоштовним ігровим рушієм з багатою функціональністю, хорошою продуктивністю та гнучкістю. Також має активну спільноту та розвивається досить швидко.

4.1.5 RPG Maker MZ

Рухова механіка:

RPG Maker MZ має обмежену рухову механіку порівняно з іншими ігровими рушіями, оскільки призначений для створення рольових ігор з двомірною графікою. Проте він має вбудовані інструменти, які дозволяють легко створювати стандартні рухові механіки, такі як ходьба та біг персонажів.

Керування персонажем:

Керування персонажем також є обмеженим, оскільки RPG Maker MZ побудований на базі стандартних рухових механік. Проте, інструменти для створення інтерактивних діалогів та іншого ігрового контенту є досить розгалуженими.

Робота зі шаровими об'єктами:

Робота зі шаровими об'єктами не є ключовою функцією RPG Maker MZ, оскільки графіка зазвичай базується на двовимірних спрайтах та тайлах. Однак, користувачі можуть розміщувати об'єкти на різних шарах, щоб створювати більш складні об'єкти та рухові механіки.

Доступність:

RPG Maker MZ є досить легким у використанні та має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що робить його доступним для розробників з будь-яким рівнем досвіду. Крім того, він має вбудований магазин ресурсів, де користувачі можуть купувати або завантажувати безкоштовні ресурси для використання у своїх проектах.

Вартість:

Вартість RPG Maker MZ є відносно доступною порівняно з іншими ігровими рушіями. Ліцензія коштує близько \$80, що дозволяє користувачам створювати необмежену кількість проектів.

Розвиток:

Розробники RPG Maker MZ постійно працюють над оновленням рушія, щоб забезпечити його покращення та додати нові функції. Крім того, RPG Maker MZ має активне співтовариство розробників, яке створює нові ресурси та плагіни, що доповнюють функціональність рушія.

Функціональність:

RPG Maker MZ має достатню кількість інструментів для розробки гри, включаючи можливість налаштування інтерфейсу, створення персонажів та розміщення об'єктів у грі. Присутній редактор баз даних для створення власних об'єктів та діалогів. Не має фізичного рушія.

Продуктивність:

RPG Maker MZ працює швидко та ефективно, з доброю продуктивністю при розробці ігор невеликої чи середньої складності. Швидкість роботи може залежати від складності гри та кількості об'єктів, але загалом RPG Maker MZ може запускати гри без затримок.

Гнучкість:

RPG Maker MZ має можливість змінювати та налаштовувати функціонал гри, але не на тому рівні, що деякі інші ігрові рушії. Однак, з допомогою скриптів та плагінів, можна налаштувати додаткові функції та розширити функціонал гри.

Зважаючи на спрямованість RPG Maker MZ на розробку рольових ігор, оцінки за деякими характеристиками можуть бути трохи відмінними від загальних ігрових рушіїв.

Якість графіки:

RPG Maker MZ має багато вбудованих ресурсів для створення графіки, що забезпечує високу якість зображень. Однак, якщо розробник бажає використовувати власні ресурси, якість графіки залежатиме від ресурсів, які вони використовують.

Якість звуку:

RPG Maker MZ має деякі вбудовані звукові ефекти та можливість додавати власні звуки. Якість звуку може бути досить хорошою, але залежить від якості самого звуку, який використовується.

Надійність та безпека:

RPG Maker MZ є доволі надійним і безпечним ігровим рушієм. Програмне забезпечення має стабільну роботу, і є мало відомих вразливостей безпеки. Однак, як і будь-яке програмне забезпечення, можуть бути знайдені помилки, які можуть вплинути на безпеку ігрового проекту.

Легкість створення користувацького інтерфейсу:

RPG Maker MZ надає досить прості та зрозумілі інструменти для створення користувацького інтерфейсу. Він містить зручний редактор інтерфейсу, який дозволяє створювати меню, діалогові вікна, кнопки та інші елементи інтерфейсу з легкістю.

Підтримка контролерів:

RPG Maker MZ підтримує роботу з контролерами, такими як геймпади та джойстики. Це дає змогу забезпечити гравцям більш зручний та приємний геймплей, який може бути більш іммерсивним.

Підтримка різних платформ:

RPG Maker MZ дозволяє експортувати гру для різних платформ, включаючи Windows, MacOS, Android та iOS. Це дозволяє розробникам створювати гру один раз та експортувати її для різних платформ, зберігаючи при цьому її функціональність та якість.

Загалом, RPG Maker MZ може бути досить ефективним інструментом для розробки невеликих ігор з різноманітними функціями та обмеженим бюджетом. Він має доступну ціну та високий рівень доступності для розробників з різним досвідом. Проте, для складніших проектів можуть знадобитися більш потужні ігрові рушії з розширеним функціоналом.

4.1.6 Construct 3

Зважаючи на те, що Construct 3 – це інструмент для створення HTML5-ігор, він має розширені можливості для роботи з руховою механікою, керуванням персонажем та шаровими об'єктами. Для реалізації цих функцій, Construct 3 використовує блочну систему програмування, яка дозволяє розробникам створювати складні рухові механіки та поведінку персонажів без програмування в коді. Також він має широкий набір готових шаблонів та об'єктів, що спрощує створення гри.

Рухова механіка:

Construct 3 має розширені можливості для реалізації різних типів рухів, включаючи платформери, шутери та інші жанри. Рухова механіка може бути налаштована для різних типів об'єктів та різних умов середовища.

Керування персонажем:

Construct 3 має вбудовані інструменти для керування персонажем, такі як повороти, рух у відповідь на натискання клавіш, пересування за допомогою миші та тачпаду та інші.

Робота зі шаровими об'єктами:

Construct 3 має розширені можливості для роботи зі шарами та об'єктами на шарах. Шари можуть бути використані для різних ефектів та для забезпечення різних рівнів у грі.

Доступність:

Construct 3 вважається досить доступним та легким у використанні ігровим движком, який може бути використаний як для початківців, так і для досвідчених розробників ігор. Він має зручний візуальний інтерфейс, який дозволяє легко створювати та налаштовувати ігрові об'єкти, а також реалізовувати логіку гри.

Вартість:

Construct 3 пропонує різні плани підписки з різними функціями та можливостями. Початковий план безкоштовний, але має обмеження в можливостях розробки. Більш продвинуті плани мають вищу ціну, але також надають розробникам більше функцій та можливостей для створення ігор.

Розвиток:

Construct 3 є ігровим движком, який досить активно розвивається, з постійними оновленнями та додаванням нових функцій. Розробники також пропонують широкий спектр навчальних матеріалів та документації для розробників ігор.

Функціональність:

Construct 3 має велику кількість інструментів для розробки гри, зокрема підтримку фізичної механіки, інтерактивних об'єктів, мультимедійних ефектів та багато іншого. Русій також підтримує платформи VR та AR, що дає можливість розробляти гри з використанням цих технологій.

Продуктивність:

Construct 3 працює в браузері, що забезпечує швидкість та ефективність роботи ігрового рушія. Крім того, рушій має можливість оптимізувати гру та підвищити її продуктивність для різних платформ.

Гнучкість:

Construct 3 дозволяє змінювати та налаштовувати функціонал ігрового рушія згідно з потребами розробника. Він також підтримує розширення та плагіни, що дозволяє розробникам додавати свої власні інструменти.

Якість графіки:

Construct 3 має потужний вбудований редактор графіки, який дозволяє створювати високоякісну 2D та 3D графіку. Рушій також підтримує використання спеціальних ефектів, таких як тіні, блики та частинки.

Якість звуку:

У Construct 3 є можливість додавати звукові ефекти, музику та голосові елементи в ігри. Редактор звуку дозволяє редагувати, обрізати та налаштовувати звукові ефекти.

Надійність та безпека:

Construct 3 дозволяє зберігати ваші проекти в хмарі, що забезпечує їх надійність та безпеку. Рушій також має вбудований механізм автоматичного збереження, який зберігає ваш проект під час розробки. Результатом є більш високий рівень безпеки та захисту проектів.

Легкість створення користувацького інтерфейсу:

Construct 3 має інтуїтивний візуальний редактор, який дозволяє розробникам легко створювати інтерактивний інтерфейс гри. Редактор має широкі можливості для налаштування вигляду інтерфейсу, такі як макети, шаблони та налаштування розміру та положення елементів.

Підтримка контролерів:

Construct 3 підтримує підключення геймпадів та інших контролерів для взаємодії з грою. Розробники можуть використовувати спеціальні плагіни для підтримки певних типів контролерів.

Підтримка різних платформ:

Construct 3 дозволяє створювати гри для різних платформ, включаючи Windows, Mac, Linux, Android, iOS та веб-браузери. Кожна платформа має свої особливості та вимоги до розробки, але Construct 3 надає розробникам зручні інструменти для розробки та тестування гри на кожній з них.

4.1.7 Stencyl

Рухова механіка:

Stencyl має вбудований фізичний рушій, який дозволяє створювати реалістичні ігрові середовища з реалістичною фізикою. Рухові можливості включають переміщення об'єктів, обробку колізій та різноманітні ефекти.

Керування персонажем:

Stencyl надає можливість створювати персонажів та керувати ними, використовуючи різноманітні механіки, такі як клавіші, миша, екранне керування та геймпади.

Робота зі шаровими об'єктами:

Stencyl має потужні інструменти для створення шарів та шарових об'єктів. Шари можуть містити різні елементи гри, такі як фони, об'єкти, зброю та інше.

Доступність:

Stencyl є досить доступним ігровим рушієм, зокрема для початківців. Він має інтуїтивний інтерфейс та добре документовану довідку. Крім того, Stencyl має велике співтовариство користувачів та форум, на якому можна знайти відповіді на багато запитань.

Вартість:

Stencyl має кілька рівнів ліцензування, включаючи безкоштовну версію з обмеженнями. Професійні плани відносно доступні, з оновленнями та підтримкою, але для розширення функціональності необхідно придбати додаткові модулі.

Розвиток:

Stencyl є активно розвивається рушієм з великою кількістю оновлень та покращень за останні кілька років. Він також має активну спільноту користувачів та форум, на якому вислуховуються думки та пропозиції щодо подальшого розвитку платформи.

Функціональність:

Stencyl має велику кількість готових ресурсів, таких як анімації, зображення та звукові ефекти, а також підтримує зовнішні бібліотеки і розширення, які дозволяють розширювати функціональність. Інструменти редагування пов'язані зі створенням ігор, тож користувачам не потрібно витратити час на вивчення програмного забезпечення для редагування зображень або аудіофайлів. Існують також сторонні розширення, які додають нові функції та можливості до інструментів.

Продуктивність:

Stencyl має хорошу продуктивність і швидкість роботи, зокрема завдяки використанню Haxe, мови програмування, яка працює на компіляції. Інтерфейс є інтуїтивно зрозумілим, а інструменти для створення гри легко доступні. Багато функцій можна налаштувати та змінити безпосередньо у графічному інтерфейсі, що дозволяє швидко внести необхідні зміни.

Гнучкість:

Stencyl дозволяє змінювати та налаштовувати функціонал, використовуючи власний SDK та розширення. Крім того, створювані проекти можуть бути експортовані для різних платформ, включаючи iOS, Android, HTML5, Windows та MacOS, що дозволяє розробникам використовувати Stencyl для створення ігор на різних платформах.

Якість графіки:

Зважаючи на останній оновлення, можна сказати, що Stencyl покращила свої можливості щодо якості графіки та звуку. Завдяки інтеграції з програмою Aseprite, яка є спеціалізованою на створенні піксельної графіки, Stencyl забезпечує зручний інтерфейс для роботи з графікою і забезпечує можливість роботи з високою деталізацією.

Якість звуку:

Щодо звуку, Stencyl підтримує імпорт аудіофайлів з різними форматами та забезпечує зручний інтерфейс для роботи зі звуком. Проте, порівняно з іншими ігровими рушіями, можливості настройки та редагування звукового супроводу є обмеженими.

Надійність та безпека:

Стосовно надійності та безпеки, Stencyl є досить надійним та стабільним ігровим рушієм. Програма має систему автоматичного збереження проектів, що дозволяє запобігти втраті даних. Однак, захист від вірусів та шкідливих програм повинен бути забезпечений користувачем самостійно.

Легкість створення користувацького інтерфейсу:

Stencyl надає простий інтерфейс користувача, що дозволяє створювати ігри за допомогою перетягування та розміщення елементів. Розробникам не потрібно мати глибоких знань програмування або дизайну для того, щоб створювати ігри за допомогою цього рушія.

Підтримка контролерів:

Stencyl підтримує роботу з контролерами, включаючи геймпади та клавіатуру, що дозволяє розробникам створювати ігри зручні для гравців на різних платформах.

Підтримка різних платформ:

Stencyl підтримує експорт готових ігор на різні платформи, включаючи Windows, macOS, Linux, iOS, Android та Flash. Це дозволяє розробникам створювати ігри для різних аудиторій та різних пристроїв.

Загалом, Stencyl є дуже потужним інструментом для створення ігор. Інтерфейс є інтуїтивно зрозумілим та легким у використанні, що робить його доступним для розробників з будь-яким рівнем досвіду. Вартість ліцензій Stencyl є досить прийнятною, і існує безкоштовна версія, яка дозволяє розробляти ігри з обмеженнями. Stencyl також має добру підтримку та активну спільноту користувачів, яка забезпечує безпеку та надійність роботи ігрового рушія.

4.1.8 Buildbox

Buildbox – це ігровий двигун з інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом, призначений для швидкої розробки гри. Ось деякі характеристики Buildbox відносно вказаних ознак:

Рухова механіка:

Buildbox має вбудовані шаблони рухової механіки, такі як платформер, стрільба та інші. Це дозволяє розробникам створювати рухову механіку гри без програмування.

Керування персонажем:

Buildbox має інструменти для створення та налаштування керування персонажем. Розробники можуть створювати керування за допомогою сенсорного екрана, віртуальних кнопок та контролерів.

Робота зі сферичними об'єктами:

Buildbox має вбудовану підтримку сфер, що дозволяє розробникам створювати графіку та різноманітні об'єкти на різних рівнях.

Доступність:

Buildbox вважається дуже доступним ігровим рушієм, оскільки він пропонує візуальний редактор, який не вимагає програмування або інженерних навичок для створення ігор. Редактор має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та дуже корисні інструменти для швидкої розробки ігор, зокрема, інструменти для автоматичної генерації різноманітних об'єктів та сценаріїв руху. Також є безліч відеоуроків та документації, які допоможуть новачкам ознайомитися з редактором.

Вартість:

Buildbox пропонує кілька різних пакетів, від безкоштовного до платних. Безкоштовний пакет має обмежені можливості та обмеження на кількість рівнів, які можна створити. Платні пакети починаються від \$19 за місяць та дають доступ до додаткових можливостей, таких як більша кількість рівнів та можливості експортувати гру на різні платформи.

Розвиток:

Buildbox є досить активно розвиваючимся рушієм, з оновленнями, які виходять на щоквартальній основі. Розробники Buildbox також регулярно випускають нові шаблони та інструменти для допомоги розробникам створювати більш різноманітні та складні ігри.

Окрім того, Buildbox має активне співтовариство користувачів, яке регулярно ділиться своїми досвідами та створює власні ресурси та плагіни для рушія.

Зважаючи на те, що Buildbox не є повноцінним ігровим двигуном, але замість цього є інструментом для візуальної розробки ігор, оцінювати його за деякими ознаками може бути складнішим.

Функціональність:

Buildbox має обмежену кількість доступних інструментів порівняно з повноцінними ігровими двигунами, але він зосереджується на простоті використання та швидкості створення. Інструменти, які є, добре підходять для створення простих графічних ігор, таких як ранній 2D-аркади, платформери тощо. Наявність фізичного рушія дозволяє легко створювати графічні ігри з використанням реалістичної фізики.

Продуктивність:

Buildbox має інтуїтивний інтерфейс та візуальну розробку, що дозволяє розробникам створювати ігри швидше порівняно з програмуванням повноцінним ігровим двигуном. Однак, через обмежену функціональність, швидкість та ефективність можуть залежати від типу ігри, що розробляється.

Гнучкість:

Buildbox дозволяє змінювати та налаштовувати функціонал, що доступний. Однак, обмеження в інструментах можуть зробити важким зміну функціональності, яку неможливо досягти з використанням доступних інструментів.

Якість графіки:

Buildbox має можливості для розробки графіки на високому рівні. У рушії доступні інструменти для створення та редагування різних типів об'єктів,

включаючи анімацію, трансформації та різноманітні спеціальні ефекти. Buildbox також має широкі можливості для імпорту зовнішніх зображень та графіки в гру.

Якість звуку:

Buildbox має вбудований звуковий редактор та підтримує імпорт звуків з різних форматів, таких як WAV, MP3 та OGG. Додатково, рушій має можливість додавати звукові ефекти та музичний супровід, що дозволяє створювати більш динамічний та привабливий ігровий досвід.

Надійність та безпека:

Buildbox розроблений з урахуванням вимог надійності та безпеки. Рушій має ряд вбудованих функцій для забезпечення стабільної роботи гри та захисту від різних видів атак, таких як хакерські атаки та віруси. Крім того, рушій відповідає всім сучасним стандартам безпеки та конфіденційності даних.

Легкість створення користувацького інтерфейсу:

Buildbox має досить простий та зрозумілий інтерфейс, що дозволяє легко створювати та налаштовувати ігрові об'єкти. Інтерфейс складається з панелей, що містять готові до використання елементи, такі як фони, персонажі та об'єкти. Також є можливість налаштовувати кольори та стилізацію інтерфейсу гри, включаючи різні ефекти та анімації.

Підтримка контролерів:

Buildbox підтримує підключення контролерів для ігрових консолей та мобільних пристроїв. Це дозволяє користувачам насолоджуватися більш інтуїтивним та зручним керуванням грою. Також є можливість налаштовувати керування грою за допомогою сенсорного екрана та акселерометра, що робить гру більш доступною для різних типів пристроїв.

Підтримка різних платформ:

Buildbox підтримує розробку ігор для різних платформ, включаючи iOS, Android, Windows та Mac. Це дозволяє розробникам створювати гри, що можуть бути доступні на більшості популярних платформ. Buildbox також має можливість експортувати гру в різних форматах, що дозволяє користувачам легко адаптувати свої ігри для різних пристроїв та платформ.

4.1.9 Gdevelop

Рухова механіка:

Gdevelop має потужні інструменти для руху об'єктів, такі як спеціальні поведінки, які дозволяють легко налаштувати рух об'єктів, включаючи фізику, переміщення та інші параметри. За допомогою інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу користувач може швидко створити складні рухові ефекти для своєї гри.

Керування персонажем:

Gdevelop має гнучкі інструменти для керування персонажем, включаючи вбудовану підтримку різних видів введення, таких як клавіатура, миша, тачскрін та контролери. Користувачі можуть легко додавати різні типи керування та налаштовувати їх параметри, щоб створити унікальний інтерфейс керування для своєї гри.

Робота зі шаровими об'єктами:

Gdevelop має потужні інструменти для роботи зі шаровими об'єктами, які дозволяють легко керувати порядком відображення графічних елементів на різних шарах. Користувачі можуть створювати безліч шарів та додавати на них різні об'єкти, такі як фони, персонажі, об'єкти гри тощо. Крім того, Gdevelop має багато інших корисних інструментів, таких як інструменти для створення анімацій, вікон та діалогових вікон, що дозволяють створювати більш складні та ефективні ігри.

Доступність:

Gdevelop є безкоштовним інструментом з відкритим кодом, що робить його доступним для будь-якого розробника, який має доступ до Інтернету та володіє базовим рівнем знань програмування. Інтерфейс є досить простим та зрозумілим, що дозволяє навіть початківцям швидко досягнути його основи.

Вартість:

Gdevelop є безкоштовним інструментом з відкритим кодом, що робить його доступним для будь-якого розробника без необхідності сплати за ліцензію або підписку.

Розвиток:

Gdevelop має активну спільноту розробників та користувачів, що регулярно вносять оновлення та покращення в інструмент. Розробники оновлюють програму на регулярній основі, що дозволяє забезпечити користувачам доступ до нових функцій та виправлення помилок. Крім того, відкритий код дає можливість розробникам створювати свої власні плагіни та розширення для Gdevelop.

Функціональність:

Gdevelop має достатньо засобів для розробки різних типів ігор, включаючи 2D та 3D ігри. Інструменти розробки включають в себе можливості створення сцен, обробки зображень та звуків, анімацій, фізичних ефектів, розміщення об'єктів та інші.

Продуктивність:

Gdevelop показує добру продуктивність, особливо при розробці 2D ігор. Ігровий рушій може працювати на різних платформах, включаючи Windows, macOS, Linux, Android та iOS.

Гнучкість:

Gdevelop надає розробникам можливість змінювати та налаштовувати функціонал ігрового рушія, створювати власні розширення та плагіни, а також використовувати JavaScript та TypeScript для програмування складних функцій.

Якість графіки:

Gdevelop надає можливість створювати графічні ефекти та використовувати різноманітні графічні елементи, такі як спрайти, фони, анімації та інші, що дозволяє досягати високої якості графіки в іграх.

Якість звуку:

Gdevelop має можливість інтеграції зі звуковими бібліотеками та підтримує різноманітні звукові формати, що дозволяє розробникам створювати високоякісний звуковий супровід для своїх ігор.

Надійність та безпека:

Gdevelop використовує відкритий код, що дозволяє розробникам перевіряти безпеку та надійність рушія та забезпечувати його покращення за допомогою внесення змін у вихідний код. Крім того, Gdevelop має вбудовану систему автоматичного збереження проектів та можливість резервного копіювання даних, що дозволяє забезпечити безпеку даних розробників та їх проектів.

Легкість створення користувацького інтерфейсу:

Gdevelop має вбудований інтерфейсний редактор, що дозволяє легко створювати та налаштовувати інтерфейс вашої гри. Редактор інтерфейсу містить широкий набір інструментів для розташування та стилізації кнопок, текстових полів, списків та інших елементів інтерфейсу.

Підтримка контролерів:

Gdevelop підтримує різні типи контролерів, включаючи геймпади, джойстики та інші вхідні пристрої. Ви можете легко налаштувати обробник подій для кожного типу контролера та забезпечити користувачам вашої гри комфортне управління.

Підтримка різних платформ:

Gdevelop підтримує експорт гри на різні платформи, включаючи Windows, macOS, Linux, Android, iOS, HTML5 та інші. Вам не потрібно вивчати окремі інструменти для розробки гри на кожній платформі – Gdevelop забезпечує уніфікований процес розробки та експорту вашої гри на будь-яку платформу, що значно спрощує процес розробки та дозволяє швидко розповсюджувати вашу гру на різних платформах.

4.2 Аналіз результатів порівняння

Після порівняння рухової механіки вищезгаданих ігрових рушіїв, можна зробити висновок, що Unity та Unreal Engine мають найбільш розширені можливості для розробки складних рухових механік, таких як фізика, реалістичні анімації, динамічні ефекти тощо. Godot та GDevelop також мають досить потужні

можливості для розробки рухових механік, хоча не такі розширені, як у Unity та Unreal Engine. GameMaker, Stencyl, Construct 3, Buildbox та RPG Maker MZ мають обмежені можливості для розробки складних рухових механік, але добре підходять для простих ігор та 2D платформерів.

Оскільки рухова механіка є одним з найбільш важливих елементів 2D платформера, Unity та Unreal Engine є найбільш підходящими варіантами для розробки складних рухових механік. Однак, якщо розробка складних рухових механік не є основною метою проекту, Godot та GDevelop також можуть бути добрим вибором, зважаючи на їхні розширені можливості та безкоштовну ліцензію.

При порівнянні рушіїв за керуванням персонажем найбільш підходящим виявився Unity. Цей рушій має дуже розвинуту систему керування персонажем, яка дозволяє розробникам легко створювати складні рухи, такі як стрибки, біг, підйоми та спуски. Unity також має можливість використання фізичної симуляції, що дозволяє створювати детальнішу та реалістичнішу рухову механіку.

У порівнянні з іншими рушіями, Unity має дуже розвинуту систему анімації, що дозволяє легко керувати рухами персонажа та забезпечує зручний інтерфейс для роботи з анімаціями. Також Unity має підтримку декількох методів керування персонажем, включаючи зміну руху зміною напрямку курсора, клавіші WASD та інші.

Таким чином, Unity є найбільш підходящим рушієм для створення 2D платформерів за критерієм керування персонажем. Він має дуже розвинуту та зручну систему керування персонажем, яка дозволяє розробникам легко створювати складні рухи та анімації персонажів.

При порівнянні ігрових рушіїв за роботою зі шаровими об'єктами важливим критерієм є наявність фізичної системи, яка дозволяє реалістично моделювати рух об'єктів у грі. Також важливо, щоб рушій мав можливість налаштування фізичних параметрів об'єктів, таких як маса, тертя, коефіцієнт відскоку та інші.

Unity та Unreal Engine мають потужні фізичні двигуни, які забезпечують високу реалістичність руху шарових об'єктів. В обох рушіях є можливість налаштування фізичних параметрів об'єктів.

Godot має свій фізичний двигун, який також забезпечує достатню реалістичність руху об'єктів. В Godot також є можливість налаштування фізичних параметрів об'єктів.

GameMaker та Construct 3 мають прості фізичні системи, які не забезпечують такої високої реалістичності, як в Unity, Unreal Engine або Godot. Однак, ці рушії можуть бути корисними для розробки простіших ігор, де реалістичність фізики не є головним критерієм.

RPG Maker MZ, Stencyl, Buildbox та GDevelop не мають вбудованих фізичних двигунів, тому їх використання для розробки гри зі шаровими об'єктами може бути обмеженим або вимагати додаткових зусиль для реалізації фізичної системи.

З урахуванням всіх критеріїв, включаючи роботу зі шаровими об'єктами, Unity та Unreal Engine можуть бути найбільш підходящими рушіями для розробки 2D платформерів з високою реалістичністю фізики.

Unity, Unreal Engine, GameMaker, Godot, Construct 3, Stencyl, Buildbox, та GDevelop мають різний рівень доступності та легкості використання для розробників з різним рівнем досвіду.

GameMaker, Construct 3, Stencyl, Buildbox та GDevelop є дуже простими та легкими в освоєнні ігровими движками, які можуть використовуватися новачками та досвідченими розробниками. У них є зручні інтерфейси та багато готових шаблонів, що дозволяє швидко створювати ігри.

Unity, Unreal Engine та Godot є більш складними ігровими движками, які можуть вимагати додаткового часу для освоєння. Однак вони мають значно більше можливостей та функціоналу, що дозволяє створювати більш складні та професійні ігри.

RPG Maker MZ, хоча й спрямований на створення рольових ігор, має досить простий інтерфейс та дозволяє швидко створювати ігри.

З огляду на доступність та легкість використання, GameMaker, Construct 3, Stencyl та GDevelop можуть бути найбільш підходящими ігровими рушіями для новачків та розробників з низьким рівнем досвіду. Однак, якщо розробник має

певний досвід та бажання створювати більш складні проекти, то Unity, Unreal Engine та Godot можуть бути більш підходящими варіантами.

Unity, Unreal Engine та Construct 3 є комерційними рушіями, які вимагають платну ліцензію для комерційного використання. На відміну від них, Godot та GDevelop є безкоштовними ігровими рушіями з відкритим вихідним кодом, що не вимагають платної ліцензії.

Однак, GameMaker та RPG Maker MZ мають доступні ціни та можливість використання без платної ліцензії для некомерційного використання. Buildbox та Stencyl також мають доступні ціни, але їхні функції та можливості обмежені в порівнянні з Unity, Unreal Engine та Construct 3.

Оскільки вибір ігрового рушія залежить від особистих вподобань, досвіду та фінансових можливостей, то в цьому випадку найбільш підходящим може бути Godot або GDevelop, оскільки вони є безкоштовними і мають відкритий вихідний код. Однак, якщо ви хочете використовувати комерційний рушій з більш широким функціоналом, то рекомендуємо Unity або Unreal Engine, які є більш потужними, але вимагають платної ліцензії для комерційного використання.

Таблиця 4.2.1 – порівняльна таблиця вартості ігрових рушіїв

| Інструмент | Вартість |
|---------------|---|
| Unity | Безкоштовний (Personal) або від \$40/місяць (Plus) до \$150/місяць (Enterprise) |
| Unreal Engine | Безкоштовний (з роялті від 5%) або \$19/місяць (Plus) |
| GameMaker | Від \$99.99 (Desktop) до \$1,499.99 (Ultimate) |
| Godot | Безкоштовний |
| RPG Maker MZ | \$79.99 |
| Construct 3 | Від \$16.63/місяць (Personal) до \$149/місяць (Business) |
| Stencyl | Безкоштовний (з обмеженнями) або від \$99/рік (Indie) до \$199/рік (Studio) |

Кінець таблиці 4.2.1

| Інструмент | Вартість |
|------------|---|
| Buildbox | Від \$19.99/місяць (Starter) до \$99.99/місяць (Plus) |
| GDevelop | Безкоштовний |

За активністю розвитку та оновлення ігрового рушія, найбільш перспективним варіантом є Unity. Unity постійно оновлюється та додає нові функції та можливості, працює над покращенням продуктивності та оптимізацією. Крім того, Unity є дуже популярним серед розробників, що означає наявність великої спільноти, яка надає допомогу, підтримку та навчальні матеріали. Інші рушії також мають активний розвиток, але не настільки інтенсивний та широкомасштабний, як у Unity.

Основний фокус багатьох з перерахованих ігрових рушіїв - розробка ігор, тому вони надають багато інструментів для розробки геймплею та ігрової механіки. Але є деякі ігрові рушії, які зосереджені на розробці конкретних жанрів, наприклад, RPG Maker MZ - на створенні рольових ігор. Щодо наявності фізичного рушія, то він є у таких ігрових рушіях, як Unity, Unreal Engine, Godot.

За функціональністю та кількістю інструментів для розробки гри, найбільш підходящим може бути Unreal Engine. Цей рушій надає велику кількість інструментів для розробки ігор, зокрема, візуальні скрипти Blueprint, які дають змогу розробляти геймплей без програмування, та мова програмування C++, яка є потужним інструментом для створення складних механік ігор.

Крім того, Unreal Engine має вбудований фізичний рушій, який надає можливості для реалістичного симулювання фізики в іграх. Unreal Engine також має велику підтримку спільноти розробників, що дає змогу знайти відповіді на більшість питань та проблем, що виникають під час розробки гри.

Таким чином, Unreal Engine може бути найкращим вибором для розробки ігор з високою функціональністю та складними механіками, а також для

розробників зі значним рівнем досвіду. Однак, варто зазначити, що Unreal Engine може мати дещо вищу крутизну навчання порівняно з іншими рушіями.

Продуктивність ігрового рушія вимірюється різними показниками, які включають:

- швидкість рендерингу: це показник того, як швидко рушій може відтворити графіку в грі, включаючи 3D-моделі, текстури та освітлення;
- швидкість фізичної симуляції: це показник того, наскільки швидко рушій може симулювати фізичні взаємодії в грі, такі як рух об'єктів та зіткнення;
- швидкість обробки логіки гри: це показник того, наскільки швидко рушій може оброблювати логіку гри, включаючи взаємодію між об'єктами та зміну стану гри в залежності від взаємодії гравця;
- швидкість завантаження гри: це показник того, наскільки швидко гра може завантажуватися та запускатися.

Порівнявши рушії за продуктивністю, можна зробити наступні висновки:

Unity та Unreal Engine є лідерами за продуктивністю. Вони підтримують широкий спектр платформ, включаючи ПК та мобільні пристрої, та мають потужні інструменти для оптимізації продуктивності гри.

Godot та GDevelop є менш продуктивними рушіями порівняно з Unity та Unreal Engine, але вони все ще забезпечують прийнятну продуктивність та можливості для оптимізації.

GameMaker, RPG Maker MZ, Construct 3, Stencyl та Buildbox є менш продуктивними рушіями порівняно з Unity та Unreal Engine, але вони призначені для створення менших ігор та мають менші вимоги до продуктивності.

Оскільки для створення 2D платформи потрібні не такі великі ресурси, як для 3D гри, GameMaker може бути найбільш підходящим вибором за продуктивністю. GameMaker має приємний інтерфейс та легкий для навчання, що робить його доступним для розробників з будь-яким рівнем досвіду. Крім того, він має вбудовану фізичну систему, що дозволяє розробникам створювати реалістичні фізичні ефекти для персонажів та об'єктів.

Таблиця 4.2.2 – порівняльна таблиця продуктивності ігрових рушіїв

| Рушій | Швидкість фізичної симуляції | Швидкість обробки логіки гри | Швидкість завантаження гри | Швидкість рендерингу |
|---------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------|
| Unity | Висока | Висока | Середня | Висока |
| Unreal Engine | Висока | Висока | Середня | Висока |
| GameMaker | Середня | Середня | Висока | Середня |
| Godot | Висока | Висока | Середня | Висока |
| RPG Maker MZ | Середня | Середня | Висока | Середня |
| Construct 3 | Середня | Середня | Висока | Середня |
| Stencyl | Середня | Середня | Висока | Середня |
| Buildbox | Низька | Середня | Висока | Середня |
| GDevelop | Середня | Середня | Висока | Середня |

Всі рушії, що були порівняні, мають певний рівень гнучкості та можливості налаштовувати функціонал відповідно до потреб користувача. Однак, якщо говорити про найбільш гнучкий рушій з даного списку, то це безперечно Unity.

Unity має широкий набір інструментів, що дозволяють розробникам змінювати та налаштовувати практично будь-який функціонал, включаючи графіку, фізику, звук та багато іншого. Крім того, Unity має велику спільноту розробників, яка постійно створює нові рішення та плагіни для покращення функціоналу рушія.

Інші рушії з цього списку також мають досить широкі можливості для змінювання та налаштування функціоналу, але не настільки гнучкі, як Unity.

Якість графіки, що може бути досягнута в ігровому рушії, можна вимірювати за декількома параметрами:

1. Роздільна здатність (Resolution) - кількість пікселів на екрані гри, що визначає чіткість та деталізацію зображення.

2. Кількість кадрів в секунду (FPS) - кількість зображень, що відтворюються на екрані протягом однієї секунди, що визначає плавність та реалістичність руху об'єктів у грі.

3. Рівень освітлення (Lighting) - якість та реалістичність освітлення в грі, що включає в себе тіні, рефлексії та інші ефекти.

4. Кольорова глибина (Color depth) - кількість кольорів, які можна відобразити на екрані, що визначає насиченість та реалістичність кольорів у грі.

5. Якість текстур (Texture quality) - рівень деталізації та якості текстур в грі, що визначає рівень деталізації та реалістичність поверхонь об'єктів.

6. Спосіб відображення (Rendering technique) - технологія, яку використовує рушій для відображення графіки, наприклад, рейтрейсинг або растеризація.

7. Підтримка графічних ефектів (Graphic effects support) - можливість відтворювати різні графічні ефекти, такі як дим, вогонь, водна поверхня та інші.

Ці параметри можуть варіюватися в залежності від ігрового рушія та можливостей комп'ютерної системи, на якій відтворюється гра.

За якістю графіки серед наведених рушіїв виділяється два - Unity та Unreal Engine. Обидва рушії надають можливості для створення вражаючої графіки та володіють потужними інструментами для візуалізації ігрового світу. Однак, Unreal Engine є лідером у цій категорії завдяки своєму вбудованому движку графіки - Unreal Engine 4, який відомий своєю високою якістю графіки та фотореалістичними можливостями. В той же час, Unity також надає потужні інструменти для створення 3D та 2D графіки, однак, якість графіки може бути менш вражаючою, ніж в Unreal Engine. (Додаток Б)

Отже, якщо якість графіки є важливим фактором при виборі ігрового рушія, то Unreal Engine є найбільш підходящим варіантом серед наведених.

Звуковий супровід є важливим елементом гри, тому якість звуку є важливим фактором при виборі ігрового рушія.

Якість звукового супроводу в ігровому рушії може бути виміряна за декількома параметрами, зокрема:

1. Якість звукових ефектів (Sound effects quality) - це показник того, наскільки реалістично звучать звукові ефекти в грі, такі як звук вибуху, води, вогню та інших звуків, що можуть виникати в грі.

2. Якість діалогів та голосів персонажів (Dialogue and character voices quality) - це показник того, наскільки якісно відтворюються голосові доріжки персонажів та якість діалогів у грі.

3. Якість музики (Music quality) - це показник того, наскільки якісно відтворюється музика у грі, включаючи фонову музику та звукові ефекти, що можуть відтворюватися разом з нею.

4. Простірний звук (Spatial sound) - це показник того, наскільки реалістично відтворюється звук у просторі, що дозволяє гравцеві відчувати більш деталізовано глибину та реалістичність звукового середовища в грі.

5. Підтримка 3D-звуку (3D sound support) - це показник того, наскільки ефективно рушій може відтворювати 3D-звук, що дозволяє гравцеві отримувати максимально реалістичне звучання звуків у грі.

На даний момент більшість ігрових рушіїв підтримують різні формати звукових файлів, такі як MP3, WAV, OGG та інші. Проте, підтримка звуку та його якість можуть різнитися в залежності від вибраного рушія.

Таблиця 4.2.3 – порівняльна таблиця якості графіки та звуку ігрових рушіїв

| Рушій | Якість звукових ефектів | Якість діалогів та голосів персонажів | Якість музики | Простірний звук | Підтримка 3D-звуку |
|---------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------|-----------------|--------------------|
| Unity | Висока | Висока | Висока | Так | Так |
| Unreal Engine | Висока | Висока | Висока | Так | Так |
| GameMaker | Середня | Середня | Середня | Ні | Ні |

Кінець таблиці 4.2.3

| Рушій | Якість звукових ефектів | Якість діалогів та голосів персонажів | Якість музики | Простірний звук | Підтримка 3D-звуку |
|--------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------|-----------------|--------------------|
| Godot | Висока | Висока | Висока | Так | Так |
| RPG Maker MZ | Середня | Середня | Середня | Ні | Ні |
| Construct 3 | Середня | Середня | Середня | Ні | Ні |
| Stencyl | Висока | Висока | Висока | Так | Так |
| Buildbox | Середня | Середня | Середня | Ні | Ні |
| GDevelop | Середня | Середня | Середня | Ні | Так |

Примітка: Висока якість означає високу якість звукового супроводу, середня якість означає помірну якість, а Ні означає, що рушій не підтримує цей функціонал.

Unity та Unreal Engine мають високу якість звукового двигуна та підтримують різні формати звукових файлів. GameMaker та Construct 3 також мають можливості звукового супроводу, проте їхні можливості обмежені порівняно з Unity та Unreal Engine. Godot має гнучкі інструменти для роботи з звуком, але звуковий двигун може бути менш ефективним у порівнянні з Unity та Unreal Engine.

RPG Maker MZ та Stencyl мають базові можливості звукового супроводу та не мають такої широкої підтримки форматів звукових файлів, як Unity та Unreal Engine. Buildbox та GDevelop також мають базову підтримку звуку, проте їхні інструменти для роботи зі звуком можуть бути обмеженими.

Отже, Unity та Unreal Engine є найбільш підходящими ігровими рушіями для розробки ігор з високою якістю звукового супроводу, оскільки вони мають потужні звукові двигуни та широку підтримку форматів звукових файлів.

За надійністю та безпекою, Unity, Unreal Engine, та Godot можуть бути найбільш підходящими варіантами.

Unity та Unreal Engine є великими ігровими двигунами, які використовуються багатьма компаніями для створення професійних ігор, тому вони мають високий рівень безпеки та надійності. Unity має вбудований захист від хакерських атак та вірусів. Unreal Engine забезпечує широкий спектр можливостей забезпечення безпеки, такі як аутентифікація та авторизація, шифрування даних та захист від зламів.

Godot має відкритий код, що дозволяє розробникам перевіряти безпеку та надійність рушія самостійно, а також спільнота розробників допомагає виявляти та виправляти можливі проблеми.

Інші рушії, такі як GameMaker, Construct 3, Stencyl, Buildbox, та GDevelop також мають деякі заходи безпеки, але на порівняння з Unity, Unreal Engine та Godot, вони можуть бути менш надійними із-за обмеженого функціоналу та меншої команди розробників.

Отже, якщо надійність та безпека є важливими факторами, то варто розглянути Unity, Unreal Engine, та Godot, залежно від інших потреб та вимог розробки гри.

Зазвичай розробка користувацького інтерфейсу в ігрових рушіях є досить простою завдяки наявності інструментів, що спрощують процес. Але серед розглянутих рушіїв є певні відмінності.

Unity і Unreal Engine мають потужні редактори інтерфейсу з багатим функціоналом та можливістю налаштування під потреби проекту, що може бути важко для новачка, але з іншого боку, дає велику свободу для дизайну інтерфейсу.

GameMaker та Construct 3 мають вбудований інтерфейсний редактор, який дозволяє створювати прості інтерфейси без додаткових зусиль.

Godot та GDevelop мають вбудований інструмент UI, який пропонує базові можливості створення інтерфейсу, такі як кнопки та текстові поля.

RPG Maker MZ та Stencyl мають вбудовані шаблони інтерфейсу, що дозволяє швидко створювати прості інтерфейси без зайвих зусиль.

Отже, якщо головним критерієм є легкість створення користувацького інтерфейсу, то GameMaker та Construct 3 є дуже зручними інструментами. Однак, якщо потрібно створити більш складний інтерфейс, то Unity або Unreal Engine можуть бути кращим варіантом завдяки своїм потужним редакторам інтерфейсу.

З усіх рушіїв, перерахованих в запитанні, Unity, Unreal Engine та Godot найбільше підходять для підтримки контролерів. Unity має дуже добре розроблену підтримку контролерів, в той час як Unreal Engine використовує власну систему взаємодії з контролерами, що дозволяє забезпечити максимальну функціональність і налаштування. Godot також має гнучку систему підтримки контролерів, яка дозволяє легко додавати та налаштовувати контролери.

Однак, вибір конкретного рушія для підтримки контролерів залежить від конкретних потреб розробника. Якщо це основний функціонал гри, то варто звернути увагу на Unity або Unreal Engine. Якщо ж використання контролерів не є головним пріоритетом, Godot також може бути досить ефективним варіантом.

Усі перераховані ігрові рушії підтримують декілька різних платформ, проте Unity та Unreal Engine в цьому плані є найбільш розширеними та відомими. Вони надають можливість розробляти ігри для декількох платформ, включаючи ПК, консолі Xbox, PlayStation та Nintendo, мобільні пристрої з ОС Android та iOS, віртуальні та доповнену реальність, а також веб-браузери.

Щодо решти рушіїв, то GameMaker та RPG Maker MZ спрямовані на створення 2D-ігор для ПК та мобільних пристроїв, але підтримка інших платформ обмежена. Godot підтримує розробку для ПК, мобільних пристроїв, консолей та веб-браузерів, проте підтримка деяких платформ може бути обмеженою. Construct 3 та Stencyl підтримують ПК та мобільні платформи, але не надають можливість розробляти ігри для консолей або веб-браузерів. Buildbox забезпечує розробку ігор для мобільних платформ, але не підтримує ПК та інші платформи. Нарешті, GDevelop надає можливість розробляти ігри для ПК, мобільних пристроїв та веб-браузерів, проте підтримка інших платформ обмежена. (Додаток А)

Отже, якщо вам потрібно розробляти гру для декількох платформ, Unity та Unreal Engine будуть найкращими виборами. Але якщо ви зосереджені на розробці

ігор для конкретних платформ або маєте обмежений бюджет, можливо, інші рушії, такі як Godot чи GDevelop, будуть для вас кращим вибором.

ВИСНОВКИ

Для порівняння рушіїв були використані такі критерії як продуктивність, якість графіки, якість звуку, надійність та безпека, підтримка різних платформ, легкість створення користувацького інтерфейсу, підтримка контролерів та ін.

За результатами дослідження було визначено наступне:

- За продуктивністю лідирують Unreal Engine та Unity.
- За якістю графіки перші місця займають Unreal Engine та Unity.
- За якістю звуку перші місця ділять Godot та Unreal Engine.
- За надійністю та безпекою перші місця займають Unity та Unreal Engine.
- За підтримкою різних платформ перші місця ділять Unity та Unreal Engine.
- За легкістю створення користувацького інтерфейсу перші місця займають GameMaker та Construct 3.
- За підтримкою контролерів перші місця ділять Unity та Unreal Engine.

Отже, вибір ігрового рушія залежить від потреб розробника та конкретних вимог до проекту. Unreal Engine та Unity показали найкращі результати у більшості категорій, але інші рушії також мають свої переваги та можуть бути корисними в конкретних випадках. Наприклад, GameMaker та Construct 3 можуть бути корисні для швидкої розробки простих ігор з легким інтерфейсом.

За результатами порівняння рушіїв Unity, Unreal Engine, GameMaker, Godot, RPG Maker MZ, Construct 3, Stencyl, Buildbox та GDevelop за критеріями, що відповідають розробці 2D платформи, можна зробити наступні висновки:

Найбільш підходящими рушіями для розробки 2D платформи є Unity, Unreal Engine та Godot, оскільки вони надають потужний функціонал для розробки 2D ігор та мають підтримку різних платформ.

GameMaker та RPG Maker MZ також є підходящими рушіями для розробки 2D платформера, оскільки вони спеціалізуються на розробці 2D ігор та мають простий інтерфейс для створення гри.

Construct 3 та Stencyl можуть бути корисними для початківців, оскільки вони мають простий інтерфейс та легко навчання.

Buildbox може бути корисним для розробки простих 2D платформерів, але він має обмежену функціональність та меншу підтримку платформ.

Таким чином, результати порівняння можуть бути корисні для вибору найбільш підходящого інструменту для розробки 2D платформера, залежно від потреб і вимог проекту.

Очікувана техніко-економічна ефективність результатів порівняння може бути досить високою, оскільки визначення найкращого рушія для створення гри може допомогти розробникам вирішити, який інструментарій використовувати для досягнення найкращих результатів. Це може зекономити час, зусилля та ресурси, які можна витратити на навчання нових інструментів або вирішення проблем, що виникають у процесі розробки.

Щодо напрямків подальшого дослідження на нашу думку варто приділити увагу удосконаленню:

- Удосконалення графіки та звуку: Розглянути можливості для покращення якості графіки та звукового супроводу в грі, зокрема, деталізації текстур, підтримки 3D звуку та інших ефектів.
- Розробка нових ігрових механік: Розглянути можливість додавання нових ігрових механік для збільшення цікавості та різноманітності геймплею.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. James A. Henley, Matthew Johnson 2D Game Development with Unity: A Hands-On Guide to Game Creation. - San Francisco, CA: No Starch Press, 2018. - 374 p.
2. Simon Jackson Mastering Unity 2D Game Development. - Birmingham, UK: Packt Publishing, 2014. - 336 p.
3. Chris Bradfield Godot Engine Game Development Projects: Build Five Cross-Platform 2D and 3D Games with Godot 3.0. - Birmingham, UK: Packt Publishing, 2018. - 488 p.
4. Jacob Habgood, Mark Overmars The GameMaker's Apprentice: Game Development for Beginners. - San Francisco, CA: No Starch Press, 2006. - 328 p.
5. John Bura Construct 2 Game Development by Example. - Birmingham, UK: Packt Publishing, 2013. - 334 p.
6. Richard Sneyd Stencyl Essentials. - Birmingham, UK: Packt Publishing, 2015. - 220 p.
7. Satheesh P. V. Unreal Engine 4 Game Development Essentials. - Birmingham, UK: Packt Publishing, 2016. - 198 p.
8. Cale Dunlap GDevelop for Beginners: Make Your Own Platformer Game. - self-published, 2021. - 105 p.
9. Joe Hocking Unity in Action: Multiplatform Game Development in C#. - Manning Publications , 2018.
10. Aram Cookson, Ryan DowlingSoka Unreal Engine 4 Game Development in 24 Hours. - Sams Publishing, 2016.
11. Ariel Manzur, George Marques Godot Engine Game Development in 24 Hours. - Sams Publishing, 2018.
12. John Bura Construct 2 Game Development by Example. - Packt Publishing, 2014.

13. Alex Luce Top 10 Best 2D Game Engines for Beginners [Электронный ресурс:] Game Dev Academy. Дата обновления: 2020. URL: <https://gamedevacademy.org/top-10-best-2d-game-engines-for-beginners/>.

14. Vlasenko L.A., Rutkas A.G., Chikrii, A.O. Functional-Differential Games with Nonatomic Difference Operator// Ukrainian Mathematical Journal. 2022. №74(2), pp. 186–202.