

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет комп'ютерних наук
(повна назва)

Кафедра програмної інженерії
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Дослідження методів багатокритеріальної
оптимізації в геймдев
(тема)

Виконав:
студент (ка) 2 курсу, групи ІПЗм-22-6

Слободяник О.В.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 121 – Інженерія програмного
забезпечення
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-наукова

Керівник доц. Чуприна А.С.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту
Зав. кафедри

(підпис)

З.В. Дудар
(прізвище, ініціали)

2024 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ комп'ютерних наук
 Кафедра _____ програмної інженерії
 Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський)
 Спеціальність _____ 121 – Інженерія програмного забезпечення
 Тип програми _____ освітньо-наукова програма
 Освітня програма _____ Інженерія програмного забезпечення
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

«_____» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Слободянику Олександрю Валентиновичу _____
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження методів багатокритеріальної оптимізації в геймдеві»

Затверджена наказом по університету від 29.03.2024р. № 250 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 19.06.2024

3. Вихідні дані до роботи алгоритм-формула реалістичної механіки витривалості, прототип, результати експерименту

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі
аналіз та порівняння ігрових додатків наближених до реалізму з механікою витривалості, вибір критеріїв для створення та дослідження універсальної формули механіки витривалості, створення та реалізація формули механіки витривалості, створення прототипу

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз предметної області	29.03.2024	<i>виконано</i>
2	Постановка задачі	11.04.2024	<i>виконано</i>
3	Проведення дослідження	29.05.2023	<i>виконано</i>
4	Підготовка пояснювальної записки	10.06.2023	<i>виконано</i>
5	Підготовка презентації та доповіді	18.06.2023	<i>виконано</i>
6	Перевірка на академічний плагіат	11.06.2023	<i>виконано</i>
7	Нормоконтроль	11.06.2023	<i>виконано</i>
8	Рецензування	16.06.2023	<i>виконано</i>
9	Знесення диплома в електронний архів	18.06.2023	<i>виконано</i>
10	Допуск до захисту у зав. кафедри	19.06.2023	<i>виконано</i>

Дата видачі завдання 29 березня 2024р.

Студент (ка) _____
(підпис)

Слободяник О.В.

Керівник роботи _____
(підпис)

доц. Чуприна А.С.
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ / ABSTRACT

Пояснювальна записка містить: 62 с., 8 рис., 2 табл., 17 джерел.

**ГЕЙМДЕВ, БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ, МЕХАНІКА
ВИТРИВАЛОСТІ.**

Об'єктом дослідження є методи багатокритеріальної оптимізації.

Метою дослідження є створення формули реалістичної механіки витривалості, яка враховує різноманітність критеріїв і забезпечує приємний та реалістичний геймплей для різних гравців, за допомогою методів багатокритеріальної оптимізації.

Методи розробки базуються на основі ігрового рушію Unity, мови програмування C# та інтегрованого середовища розробки Visual Studio.

У результаті дослідження було проведено аналіз існуючих продуктів-аналогів, виокремлення дотичних параметрів у механіці витривалості, створення алгоритму-формули реалістичної механіки витривалості, прототипування та експеримент.

**GAMEDEV, MULTICRITERIA OPTIMIZATION, MECHANICS OF
ENDURANCE.**

The object of study is multicriteria optimisation methods.

The aim of the study is to create a formula for a realistic endurance mechanic that takes into account a variety of criteria and provides a pleasant and realistic gameplay for different players using multicriteria optimisation methods.

The development methods are based on the Unity game engine, C# programming language, and the Visual Studio integrated development environment.

The study included the analysis of existing analogue products, the identification of tangential parameters in the endurance mechanics, the creation of an algorithm-formula for realistic endurance mechanics, prototyping and experimentation.

Я, Слободяник Олександр Валентинович, студент гр. ПЗм-22-б, здобувач вищої освіти на другому (магістерському) рівні кафедри «Програмна інженерія», заявляю: моя кваліфікаційна робота на тему «Дослідження методів багатокритеріальної оптимізації в геймдеві», що буде представлена в екзаменаційну комісію 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.....	11
2.1 Опис предметної області	11
2.2 Технології для досягнення мети дослідження	14
2 Постановка задачі.....	16
1.1 Проблематика що розглядається	16
1.2 Технічна задача кваліфікаційного дослідження	18
1.3 Формування технічного завдання магістерського дослідження	19
3 Дослідження продуктів-аналогів	22
3.1 Пошук та аналіз продуктів-аналогів дотичних за критеріями	22
3.2 Аналіз характеристик, з якими взаємодіє користувач при використанні механіки «витривалість (stamina)»	24
4 Проектування алгоритму-формули механіки витривалості	28
4.1 Відокремлення дотичних аспектів з аналізованих продуктів-аналогів.....	28
4.2 Визначення потрібних аспектів та параметрів для прототипу	29
4.3 Багатокритеріальна оптимізація параметрів та аспектів, створення формули	32
4.3.1 Оптимізація параметру ваги персонажу	32
4.3.2 Оптимізація параметру ваги інвентарю	33
4.3.3 Оптимізація параметру куту нахилу	33
4.3.4 Оптимізація параметру бігу	34
4.3.5 Оптимізація допоміжних параметрів	34
4.3.6 Багатокритеріальна оптимізація загальної формули.....	35
5 Розробка прототипу та проведення експерименту	37
5.1 Розробка прототипу за отриманими критеріями	37
5.2 Проведення та підведення підсумків експерименту	38
Висновки	42
Перелік джерел посилання	44
Додаток А – Перелік посилань відповідно до наукових досліджень кафедри	47

Додаток Б – Звіт результатів Перевірки на унікальність тексту	48
Додаток В – Апробація результатів роботи.....	49
Додаток Г – Слайди презентації	51
Додаток Д – Експертний висновок результатів перевірки кваліфікаційної роботи на відповідність оформлення вимогам ДСТУ 3008:2015.....	58
Додаток Е – Скрипти прототипу	59

ВСТУП

Багатокритеріальна оптимізація є важливим напрямом у сучасному геймдеві, оскільки вона дозволяє розробникам створювати складні та реалістичні моделі, що враховують численні параметри і взаємодії. Одним із ключових аспектів, що впливає на реалістичність відеоігор, є механіка витривалості персонажів. Реалістична механіка витривалості визначає, як довго персонаж може виконувати різні дії, такі як біг, стрибки та носіння важких предметів, до того моменту, коли він потребує відпочинку [1].

Тема кваліфікаційної магістерської роботи – дослідження методів багатокритеріальної оптимізації в геймдеві. Мета – є створення формули реалістичної механіки витривалості, яка враховує різноманітність критеріїв і забезпечує приємний та реалістичний геймплей для різних гравців, за допомогою методів багатокритеріальної оптимізації.

Сутність наукової проблеми полягає у розробці та оптимізації моделей витривалості, які адекватно відображають фізичні та психологічні навантаження на персонажа у грі. Більшість сучасних ігор використовують спрощені моделі витривалості, які не враховують множинні фактори, що впливають на витривалість [2]. Це призводить до менш реалістичного ігрового досвіду, що може знижувати рівень задоволення гравців.

Наукова значущість цієї проблеми полягає у підвищенні реалістичності та глибини ігрового процесу. Реалістична механіка витривалості сприяє більшому зануренню гравців у гру, збільшує виклики та стимули для стратегічного планування та прийняття рішень. Це особливо важливо для ігор, які прагнуть відтворити реальні умови та ситуації, такі як військові симулятори або виживальні ігри.

Підстави для розробки теми включають аналіз сучасних тенденцій у геймдеві та попередні дослідження у сфері оптимізації ігрових процесів. Розвиток технологій і збільшення потужностей комп'ютерів дозволяють реалізувати більш складні моделі, що відкриває нові можливості для розробників ігор. Крім того, зростаюча популярність жанрів, що потребують високої реалістичності, таких як

survival та mil-sim, підкреслює необхідність удосконалення механік витривалості [3].

Вихідні дані для розробки теми були зібрані шляхом аналізу сучасних ігор, наукових публікацій та технічної документації. Особлива увага була приділена вивченню механік витривалості у таких іграх, як «Escape from Tarkov» та «Arma 3», які відомі своєю увагою до деталей та реалістичності [4, 5]. Ці дані були використані для визначення ключових параметрів, що впливають на витривалість персонажів.

Необхідність проведення досліджень обґрунтована потребою у розробці нових, більш ефективних методів багатокритеріальної оптимізації. Це дозволить створювати ігри з високим рівнем реалістичності та забезпечувати гравцям більш насичений ігровий досвід. Крім того, такі дослідження можуть мати ширше застосування у інших сферах, де важлива модель фізичних навантажень на людину, таких як тренувальні симулятори та віртуальна реальність [6].

Загальна характеристика кваліфікаційної роботи включає кілька етапів. По-перше було визначено проблематика та технічне завдання дослідження. На другому етапі було проведено аналіз предметної області та вибір технологій для реалізації мети дослідження. Третій етап включав дослідження продуктів-аналогів та виокремлення дотичних елементів для подальшого прототипування. На четвертому етапі спроектовано нову багатокритеріальну модель, що враховує вагу персонажа, вагу інвентарю, кут нахилу поверхні, показник бігу та здоров'я. На п'ятому етапі модель була реалізована у прототипі гри, створеному за допомогою Unity та C#.

На основі проведених досліджень було доведено, що багатокритеріальна оптимізація є ефективним інструментом для вдосконалення механік у відеоіграх. Врахування численних параметрів, таких як вага персонажа та інвентарю, кут нахилу поверхні, показник бігу та здоров'я, дозволяє створювати реалістичні моделі витривалості, які точно відображають фізичні навантаження та впливають на ігровий процес. Це, в свою чергу, підвищує задоволення гравців та робить гру більш захоплюючою та складною.

Результати цієї роботи можуть бути корисними не тільки для розробників ігор, але і для інших сфер, де важлива точна модель витривалості та фізичних навантажень [7]. Це включає в себе спортивні тренажери, навчальні симулятори та системи віртуальної реальності, що використовуються для навчання та тренувань у різних галузях.

Заключний етап роботи включає розробку рекомендацій для подальших досліджень та вдосконалення моделі витривалості. Зокрема, доцільним є дослідження додаткових параметрів, які можуть впливати на витривалість, таких як погодні умови або психологічний стан персонажа. Також важливо продовжувати оптимізацію моделі на основі зворотного зв'язку від гравців та нових технологічних можливостей [8]. Це забезпечить безперервний розвиток та вдосконалення механіки витривалості, що є ключовим елементом реалістичного та захоплюючого ігрового процесу.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

2.1 Опис предметної області

Багатокритеріальна оптимізація є підходом до вирішення задач, де потрібно одночасно враховувати кілька критеріїв або цілей, часто з конфліктуючими вимогами. У сфері розробки ігор багатокритеріальна оптимізація набуває все більшого значення, оскільки дозволяє досягти балансу між різними аспектами гри, такими як ігровий процес, графіка, продуктивність та економіка ресурсів. Використання багатокритеріальна оптимізація допомагає розробникам створювати ігри, які не тільки цікаві й захоплюючі, але й технічно ефективні та зручні для гравців.

У контексті розробки ігор багатокритеріальна оптимізація може застосовуватися для оптимізації різних параметрів гри. Наприклад, при налаштуванні ігрових механік, таких як балансування зброї, визначення оптимальних маршрутів для персонажів чи управління ресурсами в стратегіях [11]. Багатокритеріальна оптимізація дозволяє враховувати і гармонізувати різні аспекти ігрового процесу, забезпечуючи, що жоден з критеріїв не домінує над іншими на шкоду загальному досвіду гравця. Це забезпечує більш інтегрований підхід до дизайну гри, де кожен елемент взаємодіє з іншими у гармонії.

Графічні налаштування також можуть бути оптимізовані за допомогою багатокритеріальної оптимізації для досягнення балансу між продуктивністю і якістю зображення. В сучасних іграх, де високоякісна графіка є важливим аспектом, збереження високої продуктивності без втрати якості є критичним [12]. Використання багатокритеріальної оптимізації дозволяє знаходити оптимальні точки компромісу, де гра виглядає добре і водночас працює плавно на різних системах. Це особливо важливо для забезпечення позитивного досвіду гравців з різними конфігураціями обладнання.

Багатокритеріальна оптимізація відіграє важливу роль у створенні ігрових механік, дозволяючи розробникам збалансовувати різні аспекти гри для досягнення оптимального ігрового досвіду. Наприклад, при балансуванні зброї у шутерах або характеристик персонажів у рольових іграх розробникам потрібно

враховувати безліч критеріїв, таких як потужність, швидкість, точність та інші параметри [13]. Використання багатокритеріальної оптимізації допомагає знаходити компроміс між цими параметрами, забезпечуючи, що жоден з аспектів не домінує над іншими, що сприяє збереженню чесності та інтерактивності гри. Це дозволяє створювати більш глибокі та різноманітні ігрові механіки, які можуть пристосовуватися до різних стилів гри та переваг гравців, збільшуючи загальне задоволення від гри.

Іншим важливим застосуванням багатокритеріальної оптимізації в розробці ігор є оптимізація економіки ресурсів у внутрішньо-ігрових системах. Це включає управління ресурсами гравців, такими як час, гроші або інші ресурси, які можуть впливати на прогрес у грі. Оптимізація цих аспектів дозволяє створювати більш збалансовані і справедливі системи, що стимулюють гравців до продовження гри без відчуття несправедливості або перевантаженості [14].

Нарешті, багатокритеріальна оптимізація може бути використана для покращення штучного інтелекту у грі. Наприклад, створення інтелектуальних агентів, які можуть ефективно реагувати на дії гравця, вимагає врахування багатьох факторів одночасно, таких як поведінка гравця, стратегія агента та навколишнє середовище. Використовуючи багатокритеріальну оптимізацію, розробники можуть створювати більш адаптивні та реалістичні системи штучного інтелекту, які підвищують занурення та задоволення від гри.

Механіка витривалості в іграх є важливим елементом геймплею, що впливає на темп, тактику та загальне сприйняття гри гравцями. У різних жанрах ігор механіка витривалості реалізується по-різному, в залежності від цілей розробників та очікувань аудиторії. У рольових іграх (RPG) витривалість часто використовується для обмеження дій гравця, таких як біг, стрибки чи використання спеціальних здібностей. Це додає стратегічної глибини, оскільки гравець повинен планувати свої дії і управляти ресурсами, щоб уникнути виснаження в критичні моменти.

У шутерах від першої особи (FPS) механіка витривалості часто інтегрується для підвищення реалістичності та створення більш напруженого ігрового процесу.

Наприклад, у таких іграх, як «Escape from Tarkov», витривалість впливає на здатність гравця швидко пересуватися, прицілюватися та уникати ворожих атак. Виснаження витривалості може стати фатальним у бойових ситуаціях, тому гравці змушені зважувати ризики та винагороди кожного свого кроку. Це спонукає до обдуманих рішень і додає реалізму, оскільки гравці відчувають обмеження, подібні до тих, що відчувають реальні солдати.

У спортивних симуляторах витривалість є ключовим елементом, що впливає на продуктивність гравця протягом матчу. Наприклад, у футбольних симуляторах, як-от «FIFA», гравці з низькою витривалістю можуть втомлюватися швидше, що впливає на їхню швидкість, точність пасів і здатність до швидких спринтів [15]. Це додає стратегічного виміру, оскільки гравці повинні управляти командою, враховуючи фізичний стан кожного футболіста, замінювати втомлених гравців та планувати використання ключових гравців у критичні моменти матчу.

В іграх на виживання (survival games) механіка витривалості часто поєднується з іншими фізіологічними параметрами, такими як голод, спрага та сон. У таких іграх, як «The Long Dark», гравці змушені управляти своєю витривалістю разом з іншими життєвими показниками, що створює складний та реалістичний ігровий процес. Витривалість у таких іграх визначає, скільки гравець може пробігти, скільки ресурсів може перенести і як довго він може виконувати певні дії без відпочинку. Це спонукає до глибокого планування та управління ресурсами, оскільки втрата витривалості може призвести до катастрофічних наслідків у суворих умовах виживання.

Таким чином, багатокритеріальна оптимізація є потужним інструментом у арсеналі розробників ігор, що дозволяє їм створювати більш якісні, збалансовані та привабливі ігрові продукти. Використання цього підходу сприяє ефективному вирішенню складних завдань та забезпечує гармонійний розвиток різних аспектів гри, що є ключовим для успіху на сучасному ігровому ринку [16].

Витривалість героя – ключовий аспект геймплею – визначає його здатність виконувати різноманітні дії протягом гри. Основною метою дослідження було замінити абстрактний підхід до геймплей-механік реалістичними та імерсійними

аспектами витривалості героя. Механіка витривалості враховує, наскільки герой може виконувати різні дії перед тим, як його можливості обмежаться, включаючи біг, боротьбу, використання вмінь та предметів. Цей підхід визначає витривалість як динамічний параметр, що змінюється залежно від сценарію гри, дій гравця та умов оточення.

Реалістична імплементація враховує не лише кількість витривалості, а й вплив на різні аспекти героя, такі як швидкість руху, точність ударів чи ефективність використання вмінь. Важливим є підкреслення стратегічності та взаємодії гравця з ігровим світом. Розглядаючи витривалість як реалістичний та динамічний параметр, гравець активно керує витратою витривалості для досягнення своїх цілей, створюючи більшу інтерактивність та стратегічність.

Додатково, дослідження спрямоване на вивчення можливостей багатокритеріальної оптимізації витривалості для забезпечення балансу між реалізмом та геймплеєм. Розробка систем, які враховують фактори, такі як харчування, відпочинок та умови оточення, дозволяє зробити ситуації в грі ще більше динамічними та варіативними.

Такий підхід до механіки витривалості допомагає створити глибше та більш реалістичне відчуття внутрішнього світу гри, підсилюючи взаємодію гравця з героєм та сприяючи створенню неповторного геймплей-досвіду. У рамках розвитку механіки витривалості для головного героя в іграх важливо враховувати динаміку геймплею та взаємодію гравця з ігровим світом.

2.2 Технології для досягнення мети дослідження

В рамках аналізу предметної області дослідження та розробка механіки витривалості для головного героя в іграх вимагає використання конкретних технологій для досягнення мети дослідження. Для ефективною імплементації цієї механіки були задіяні інструменти, такі як Unity, Visual Studio та мова програмування C#. Використання цих технологій дозволяє створити прототип в якому буде задіяна проєктована алгоритм-формула для експерименту.

Unity виступив в ролі ігрового рушія для реалізації прототипу. Завдяки своїй високій популярності та великій спільноті, Unity надав можливість ефективно втілювати ідеї та концепції щодо механіки витривалості в ігровому середовищі. Його графічний інтерфейс і легкість використання сприяли швидкому прототипуванню та тестуванню концепцій.

Visual Studio та мова програмування C# були використані для створення методів підрахунку формул, необхідних для реалізації механіки витривалості. C# забезпечив високий рівень продуктивності та об'єктно-орієнтований підхід, спрощуючи розробку та підтримку коду. Також ігровий рушій Unity використовує цю мову програмування, тому її використання необхідне для взаємодії з ігровим рушієм та створенням прототипу.

Ці технології спільно дозволили створити прототип гри з реалістичною механікою витривалості, визначити параметри та формули, що впливають на витривалість героя. Такий підхід не лише полегшує розробку, але і сприяє легкості підтримки та подальшого розвитку продукту. Застосування цих технологій в дослідженні дозволяє ефективно поєднувати теоретичний аналіз із практичною реалізацією механіки витривалості в ігровому середовищі.

2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Проблематика що розглядається

Геймдев – це галузь, що постійно еволюціонує, де основним завданням розробників є створення ігрових продуктів, які вражають і залучають гравців спробувати цей ігровий досвід. Однак важливу роль у зацікавленості та захопленості продуктом гравців відіграє імерсія ігрового продукту.

Імерсія можна отримати шляхом використання реалістичної графіки, реалістичним звуковим супроводом, реалізмом у механіках взаємодії гравця з ігровим світом тощо [9].

При використанні складних і реалістичних механік в іграх, програмісти використовують багато параметрів та функцій. Наприклад, щоб створити реалістичну механіку пересування машини, треба, як мінімум, повністю параметризувати характеристики та поведження того чи іншого автомобіля, а це багато різних критеріїв. Для великої кількості параметрів та формул оптимізація є доцільним рішенням для зменшення розрахункових дій комп'ютером або ж людиною. У випадку, коли використовується багато різних критеріїв для оптимізації, треба вдатися до багатокритеріальної оптимізації. Тому за темою цього дослідження розглядається проблематика реалістичної механіки витривалості в іграх різних жанрів.

Ігрова індустрія, яка стає все популярнішою з кожним роком, викликає великий інтерес до розробки реалістичних ігрових продуктів. Зараз геймдев не лише розважає гравців, але і надає їм можливість взаємодіяти з унікальними світами та персонажами. З цим ростом популярності виникає необхідність в удосконаленні ігрових механік, зокрема в контексті створення реалістичної механіки витривалості.

Постійне підвищення вимог до геймплею та графіки спонукає розробників до пошуку ефективних методів для оптимізації ігрових систем, зокрема тих, які визначають рівень витривалості персонажів у грі. Забезпечення балансу між реалізмом і задоволенням від гри стає ключовим завданням, оскільки гравці все більше вимагають від ігрових універсумів надзвичайної деталізації та імерсії.

У цьому контексті багатокритеріальна оптимізація набуває важливого значення. Враховуючи різноманітні фактори витривалості, такі як показник здоров'я, втоми, куту пересування персонажу (спускається, рухається по площині або піднімається) та інші, ми стаємо свідками виникнення потреби в розробці систем, які не лише забезпечують відчуття реалізму, але й гарантують захоплюючий ігровий процес [10].

Враховуючи вищезазначені виклики та необхідність удосконалення механік гри, дослідження методів багатокритеріальної оптимізації в геймдеві для створення реалістичної механіки витривалості стає актуальним та важливим напрямком роботи. Розуміння цього контексту дозволить не лише покращити існуючий ігровий досвід, але й відкрити нові можливості для творчості та інновацій у світі, відомого вже сьогодні, як мистецтво геймдеву.

Ігрова індустрія, вражаючи своєю експансією та популярністю, стає важливою складовою розважальної культури. Зростаючий запит на неперевершені геймплейні враження приводить до постійного удосконалення ігрових механік. Однією з ключових проблем є необхідність створення реалістичної механіки витривалості, яка б враховувала різноманітні аспекти геймплею.

Різнманітність факторів витривалості.

Ігри стають більш складними та реалістичними, вимагаючи врахування множини факторів витривалості, таких як показник здоров'я, втоми, куту пересування персонажу тощо. Ця різноманітність створює виклик для багатокритеріальної оптимізації, оскільки необхідно забезпечити баланс між усіма цими аспектами. Деякі з цих факторів більше або менше впливають на механіку витривалості та на її реалізм, та явно не пов'язані між собою. Показник здоров'я може бути пов'язаним з втомою, але не пов'язаним з кутом нахилу поверхні, по якій пересувається персонаж гри.

Баланс реалізму та геймплею.

Забезпечення реалістичності в іграх вимагає узгодження з реальними фізичними та біологічними законами. Однак, зберігаючи цей реалізм, необхідно уникнути втрати задоволення від гри. Баланс між реалізмом та геймплеєм стає

важливою проблемою для розробників. Якщо використати занадто реалістичні параметри, то гравцю просто буде не зручно та не цікаво користуватися ігровою механікою через те, що гравець обмежений органами управління (клавіатура, миш, або геймпад).

Адаптація до різних стилів гри.

Гравці мають різні стилі гри, і тому механіка витривалості повинна бути адаптована до вподобань різних аудиторій. Забезпечення різноманіття та балансу в контексті багатокритеріальної оптимізації є важливим завданням для забезпечення задоволення від гри для всіх гравців. В іграх, які не використовують реалізм, механіки можуть бути створені у тому чи іншому стилі, що підходять або не підходять деяким гравцям. При створенні реалістичної механіки більша кількість гравців буде задоволена механікою через те, що вона наближена до реального життя.

Усі ці аспекти формують складний ландшафт, де дослідження методів багатокритеріальної оптимізації стає вирішальним для досягнення гармонії між реалістичністю та захоплюючим геймплеєм у світі, який постійно розвивається.

Отже, основною проблематикою дослідження є відокремлення та абстракція потрібних параметрів та функцій для подальшої багатокритеріальної оптимізації механіки витривалості для ігрових додатків будь-яких жанрів. Для розробки прототипу та проведення експерименту обрано жанр First Person Shooter.

1.2 Технічна задача кваліфікаційного дослідження

В рамках кваліфікаційного магістерського дослідження передбачається розробка технічного завдання, що визначатиме ключові етапи та завдання для дослідження методів багатокритеріальної оптимізації в геймдеві, з метою вдосконалення механіки витривалості шляхом упровадження реалістичного аспекту через параметри та функції.

Перший етап передбачає розробку технічного завдання, в якому буде чітко визначено об'єкт та предмет дослідження, визначені основні завдання та вимоги

до результатів дослідження. Зокрема, слід уточнити обрані критерії витривалості та параметри, які будуть оцінюватися у розроблюваному алгоритмі.

Другий етап передбачає здійснення ретельного аналізу теоретичного матеріалу, пов'язаного із методами багатокритеріальної оптимізації в геймдеві. Це включає у себе вивчення наукових статей, публікацій та книг, а також визначення актуальних тенденцій у галузі.

На третьому етапі проводитиметься аналіз продуктів-аналогів, у яких застосовуються схожі алгоритми та механіки витривалості, та які є популярними серед гравців і критиків. Це дозволить виявити сильні та слабкі сторони існуючих рішень та взяти їхній досвід для вдосконалення власного проекту.

Четвертий етап передбачає визначення основних параметрів та функцій, які будуть використовуватися при проектуванні алгоритму-формули механіки витривалості, проектування самого алгоритму-формули та багатокритеріальна оптимізація цього алгоритму.

Наступний етап – створення прототипу на базі цільової формули та її параметрів і функцій. Прототип повинен мати мінімальний функціонал – методи підрахунку основної задачі кваліфікаційної роботи, та методи для демонстрації та проведення експерименту. Також п'ятий етап полягає у проведенні експерименту

Завершальний етап передбачає аналіз роботи прототипу та проведення експерименту в ньому, підбиття підсумків стосовно кваліфікаційного магістерського дослідження.

1.3 Формування технічного завдання магістерського дослідження

Тема – дослідження методів багатокритеріальної оптимізації в геймдеві.

Мета – є створення формули реалістичної механіки витривалості, яка враховує різноманітність критеріїв і забезпечує приємний та реалістичний геймплей для різних гравців, за допомогою методів багатокритеріальної оптимізації.

Задачі:

- розробити технічне завдання щодо магістерського дослідження;
- знайти та проаналізувати теоретичний матеріал щодо теми та напрямку дослідження;
- проаналізувати продукти-аналоги, які використовують схожі алгоритми та механіки;
- визначити основні параметри, які будуть використовуватися для проектування реалістичного алгоритму механіки витривалості;
- спроектувати алгоритм-формулу та оптимізувати її функції та параметри;
- створення прототипу для проведення експерименту;
- проведення експерименту щодо оптимального рішення для створення алгоритму-формули;
- запис результатів експерименту щодо підбору різних значень параметрів та їх відношень (критеріїв);
- зробити висновки щодо проведеного аналізу та дослідження.

Основні параметри, які будуть використовуватися для алгоритму-формули механіки реалістичної витривалості:

- вага персонажу;
- показник здоров'я персонажу;
- кут нахилу поверхні для пересування;
- показник бігу;
- вага інвентарю персонажу;
- максимальна витривалість.

Очікувані результати.

Очікується, що дослідження дозволить проаналізувати наукову базу стосовно теми багатокритеріальної оптимізації у геймдеві, знайти продукти-аналоги, які наблизилися до мети дослідження, а саме формули створення та використання реалістичної механіки витривалості, проектування алгоритму-формули та прототипу, проведення експерименту та аналіз результатів експерименту. Головним результатом цього дослідження має стати алгоритм-

формула та прототип, який в подальшому може розвинутися до повноцінного ігрового продукту з реалістичним ухилом.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТІВ-АНАЛОГІВ

3.1 Пошук та аналіз продуктів-аналогів дотичних за критеріями

Під час вибору ігор для аналізу механіки «витривалості», основними критеріями були реалізм та деталізація цієї механіки. Гри «Arma 3» та «Escape from Tarkov» володіють славою високореалістичних ігор, які детально вивчають аспекти витривалості гравця та поведінки героїв. Обидві гри надають можливість глибокого аналізу, оскільки вони розглядають цю механіку на високому рівні деталей.

Крім того, враховувалася жанрова різноманітність, оскільки «Arma 3» представляє військовий симулятор, а «Escape from Tarkov» – шутер з елементами виживання. Це дозволяє аналізувати механіку витривалості в різних контекстах та визначати, як ця механіка інтегрується в різні стилі гри.

Популярність обраних ігор та наявність активної ігрової спільноти стали ключовими критеріями для обрання «Arma 3» та «Escape from Tarkov». Велика кількість гравців забезпечує різноманіття та дозволяє враховувати різні реакції на механіку витривалості.

Також враховувалася зручність для прототипування, і «Arma 3», і «Escape from Tarkov» дозволяють зручно працювати над прототипами та ефективно досліджувати механіку витривалості. Використання Unity для створення прототипів додало гнучкості та швидкості в аналізі різних аспектів витривалості.

Загалом, обрані ігрові продукти задовольняють усі визначені критерії та надають можливість глибокого та всебічного дослідження механіки витривалості в ігровому середовищі. Також гра «Escape from Tarkov» розроблена на ігровому рушії Unity, що є спільним з обраними технологіями для досягнення мети дослідження. У контексті механіки витривалості гравця та реалістичної поведінки героїв гри «Arma 3» та «Escape from Tarkov» представляють цікавий об'єкт аналізу в ігровій індустрії.

Гра «Arma 3» вивільняється завдяки високому рівню реалізму в механіці витривалості. В ній гравці стикаються з детальною системою, що враховує фізичний стан героя, його втому та вплив на ефективність під час виконання

різноманітних дій у грі. Важливим є взаємозв'язок з навколишнім середовищем, включаючи терен, погодні умови, та використання різноманітних транспортних засобів, що додає глибину й інтерактивність в геймплей.

У грі «Escape from Tarkov» витривалість героя нерозривно пов'язана з системою ушкоджень та лікування. Гравці мають враховувати ступінь втоми, голод та жагу, щоб підтримувати оптимальну ефективність свого персонажа. Система травм та лікування робить механіку витривалості більш деталізованою, а гравці повинні реагувати на можливість травм та їх вплив на характеристики героя.

Обидві гри вигідно використовують концепцію витривалості в контексті реалізму та підходять до цього принципу відмінно. «Arma 3» зосереджується на широкому спектрі фізичних та взаємодій гравця з оточенням, тоді як «Escape from Tarkov» акцентується на медичних аспектах, враховуючи більш широкий спектр впливу факторів на героя.

Загалом, обидві гри надають високий рівень глибини імерсії та взаємодії гравця з механікою витривалості, проте через свою унікальну спрямованість вони пропонують різноманітні підходи, які впливають на сприйняття та задоволення від геймплею.

Важливим аспектом дослідження механіки «витривалості» в іграх «Arma 3» та «Escape from Tarkov» є аналіз способів впровадження цієї механіки у контексті різних жанрів. «Arma 3», як військовий симулятор, акцентується на широкому спектрі фізичних та територіальних взаємодій гравця, що відображається в широкому використанні транспортних засобів та реалістичному моделюванні навколишнього середовища. З іншого боку, «Escape from Tarkov», яка поєднує в собі шутер із елементами виживання, фокусується на медичних аспектах витривалості, враховуючи важливість ушкоджень та лікування для забезпечення ефективності героя в умовах постійного стресу та загроз [17].

Обидві гри дозволяють глибокий і аналітичний погляд на те, як витривалість може бути впроваджена залежно від жанру та ігрового середовища.

Це робить їх ідеальними об'єктами для дослідження та аналізу в контексті реалістичної імітації витривалості в іграх.

3.2 Аналіз характеристик, з якими взаємодіє користувач при використанні механіки «витривалість (stamina)»

При вивченні механіки «витривалості (stamina)» в іграх «Arma 3» та «Escape from Tarkov» можна виділити ключові характеристики, з якими взаємодіє користувач. У цих іграх основними факторами, які впливають на параметр витривалості головного героя, є ушкодження та вага його інвентарю.

У «Arma 3» відображення параметра витривалості стає складовою стратегічного розгляду гравця. Ушкодження героя позначається на його фізичній витривалості, впливаючи на швидкість руху та можливість виконання різних дій. Гравцеві доводиться уважно вирішувати, які навантаження та ризики він може прийняти, враховуючи можливість ушкодження та його вплив на героя.

У «Escape from Tarkov» вага інвентарю грає важливу роль у витривалості героя. Гравець повинен бути стратегічно обережним у виборі та носінні обладунків, щоб уникнути перевантаження та погіршення його фізичного стану. Кожен предмет в інвентарі має вагу, і це додає елемент реалізму до прийняття рішень гравцем щодо того, що варто приймати в себе та як це вплине на його витривалість.

В обох іграх вага та ушкодження взаємодіють, формуючи складну систему, де гравець має постійно оцінювати свій стан та вибирати оптимальний спосіб ведення героя залежно від ситуації. Такий підхід до механіки «витривалості» забезпечує не лише реалістичність геймплею, але й спонукає гравця до стратегічних рішень та активного управління ресурсами персонажа.

В іграх «Arma 3» та «Escape from Tarkov», де реалізм та деталізація геймплею вважаються важливими принципами, механіка «витривалості» відображається з особливою увагою до деталей, проте вона урізана в порівнянні з іншими механіками цих ігор. Незважаючи на те, що ці гри прагнуть наблизити

гравців до реальності, механіка витривалості все ж зазнає спрощень, порівняно з іншими аспектами геймплею.

У «Arma 3», де реалізм військового симулятора піднято на високий рівень, гравці зіткнуться із складовою витривалості, але ця механіка не так деталізована, як, наприклад, балістика чи тактичні аспекти гри. Важливою стає спрощена система витривалості, яка дозволяє гравцям фокусуватися на стратегічних і тактичних вирішеннях без детального поглиблення в інші механіки, тобто імерсія досягається не тим способом, що визначено у меті кваліфікаційного магістерського дослідження.

У «Escape from Tarkov» система витривалості також є ключовою, але порівняно з іншими аспектами гри, такими як економіка, торгівля та боєві характеристики, вона є менш важливою. Хоча вага та ушкодження впливають на героя, система є дещо урізаною, щоб не перевантажувати гравців і не ускладнювати гру до такого рівня, коли це стає неприємно для широкої аудиторії.

Такий баланс дозволяє гравцям отримати відчуття реалістичності та витривалості, не поглиблюючись в надто складні аспекти. Це робить зазначені ігри привабливими для різних типів гравців, де вони можуть насолоджуватися реалізмом, не відчуваючи перевантаження від деталей механіки витривалості.

У «Arma 3» та «Escape from Tarkov» спосіб відображення витривалості героя в інтерфейсі гри є ключовим елементом для забезпечення комфортної та зрозумілої взаємодії гравця з цією механікою.

У «Arma 3» розробники обрали підхід не відображати витривалість гравця напряму в інтерфейсі (рис. 3.1). Замість цього гравець повинен бути уважним до змін у фізичному стані свого персонажа, таких як повільніший рух або неможливість виконувати деякі дії. Це створює реалістичнішу імерсію, де гравець повинен взаємодіяти з оточенням та власним героєм, а не слідкувати за числовим значенням на інтерфейсі.



Рисунок 3.1 – Інтерфейс гри «Arma 3»

Натомість, у «Escape from Tarkov» витривалість відображається простою лінією внизу екрану (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Інтерфейс гри «Escape from Tarkov»

Це графічне представлення надає гравцеві інформацію про стан його витривалості, відображаючи, наскільки вона ще не вичерпана. Такий підхід є

зручним для гравців, оскільки вони можуть швидко зрозуміти, коли їхній герой наближається до межі витривалості без докладного вивчення інших показників.

У сучасних відеоіграх звуковий супровід відіграє ключову роль у створенні реалістичного ігрового середовища та поглибленні занурення гравця. Ігри «Arma 3» та «Escape from Tarkov» є яскравими прикладами продуктів, де звук використовується не лише для додавання атмосфери, але й як інтерактивний елемент геймплею. В «Arma 3», військовий симулятор з відкритим світом, звукові ефекти відтворюються з високою точністю, від звуків пострілів і вибухів до природних шумів і радіопереговорів. Ці елементи допомагають гравцям орієнтуватися в навколишньому середовищі та приймати тактичні рішення, базуючись на аудіоінформації, що значно підвищує рівень реалістичності та занурення в гру [18].

«Escape from Tarkov» також надає величезне значення звуковому супроводу, використовуючи його для створення напруги і підвищення рівня складності. У цій грі кожен звук, від кроків і пересування до звуків перезарядки зброї, є критично важливим для виживання. Гравці повинні уважно слухати, щоб визначити місцезнаходження ворогів, оцінити небезпеку та планувати свої дії. Висока деталізація звукових ефектів і використання об'ємного звуку сприяє створенню глибокого відчуття присутності та реалістичності, що є важливим для повного занурення в ігровий процес.

4 ПРОЕКТУВАННЯ АЛГОРИТМУ-ФОРМУЛИ МЕХАНІКИ ВИТРИВАЛОСТІ

4.1 Відокремлення дотичних аспектів з аналізованих продуктів-аналогів

Відокремлення дотичних алгоритмів після дослідження продуктів-аналогів, зокрема аналізу механіки витривалості в грах «Arma 3» та «Escape from Tarkov», передбачає визначення та розгляд основних аспектів, які впливають на цю механіку.

У грі «Arma 3» вага інвентарю та ушкодження героя відіграють критичну роль у витривалості персонажа. Система, яка відповідає за ці аспекти гри, ймовірно включає в себе складну систему підрахунку фізичної витривалості героя, залежно від ваги та типу отриманих травм. Цей алгоритм може враховувати різні фактори, такі як швидкість руху, час необхідний для відновлення сил, ефективність виконання різних дій у грі, що додає реалізму та глибини ігровому процесу.

У грі «Escape from Tarkov» вага інвентарю також є важливим фактором для витривалості героя. Дотичний алгоритм ймовірно враховує кількість та вагу предметів в інвентарі гравця, а також вплив ушкоджень на його фізичний стан. Полоса витривалості, яка відображається в інтерфейсі, може розраховуватися на основі цих параметрів, дозволяючи гравцеві легко визначати свій стан в грі.

Після дослідження механіки витривалості в іграх-аналогах, важливо відокремити дотичні алгоритми. Це означає створення окремих блоків коду або функцій, які відповідають за розрахунок витривалості відносно тих чи інших параметрів та аспектів. Таке відокремлення полегшить подальшу розробку та оптимізацію гри, оскільки кожен аспект буде контролюватися окремо.

Розділення алгоритмів надає можливість оптимізації коду та вдосконалення роботи окремих елементів механіки. Це може включати в себе оптимізацію обчислювальних процесів, вдосконалення алгоритмів визначення впливу різних параметрів та оптимізацію відновлення витривалості персонажу [19].

Під час відокремлення алгоритмів, важливо забезпечити, щоб розрахунки були достатньо реалістичними та віддзеркалювали фізичні закономірності. Це дозволить досягти високого рівня імерсії та взаємодії гравця з ігровим продуктом.

Після відокремлення дотичних алгоритмів відбувається їхня детальна оптимізація та налаштування, що сприяє створенню реалістичної та оптимізованої механіки витривалості в обраних іграх.

У процесі проектування алгоритму-формули підрахунку витривалості для прототипу, які враховують різні параметри, було обрано два ключових аспекти з продуктів-аналогів, таких як «Arma 3» та «Escape from Tarkov». З огляду на відсутність відкритого коду в цих іграх, алгоритми були розроблені з нуля, враховуючи концепції та вивчення механіки цих продуктів-аналогів.

З наведених продуктів-аналогів було обрано лише декілька параметрів для відтворення реалістичної механіки витривалості через те, що кількість параметрів може бути необмеженою: чим реалістичніша механіка – тим більше параметрів треба прорахувати. Таким чином, було обрано найважливіші аспекти, щоб можна було продемонструвати принцип реалістичної механіки витривалості на базі прототипу. Спільним і єдиним аспектом серед продуктів-аналогів, який впливає безпосередньо на показник витривалості персонажу, є аспект підрахунку впливу ваги інвентарю персонажу.

4.2 Визначення потрібних аспектів та параметрів для прототипу

Для прототипування було обрано найголовніші параметри та аспекти, такі як наступні.

Вага персонажа є одним із ключових параметрів у розрахунках фізичних властивостей та поведінки в ігровому середовищі. Вона впливає на багато аспектів, таких як швидкість руху, витрати енергії під час бігу чи пересування по нахиленій поверхні, а також на витривалість персонажа. Вага може варіюватися в залежності від типу персонажа, його класу або статури, що додає реалізму та варіативності до гри. Наприклад, більш важкі персонажі можуть бути менш маневреними, але стійкішими до пошкоджень.

Вага інвентарю є другим важливим параметром, який впливає на фізичні властивості персонажа. Кількість і тип предметів, які персонаж несе, можуть значно змінити його здатність швидко пересуватися або довго бігти. Наприклад, велика кількість важких предметів зменшує швидкість та збільшує витрати енергії, що вимушує гравця стратегічно планувати, що саме нести з собою. Це також додає глибини ігровій механіці, оскільки гравець має враховувати баланс між необхідними речами та рухливістю.

Кут нахилу поверхні, по якій рухається персонаж, є ще одним важливим параметром, що впливає на витрати енергії та швидкість руху. Пересування по похилій поверхні, особливо вгору, вимагає більше зусиль і відповідно більше витрат енергії. Це також може впливати на стан персонажа, як-от швидше втомлення або навіть ризик травм. З іншого боку, рух вниз по похилій поверхні може збільшити швидкість, але також збільшує ризик втрати контролю або падіння.

Показник бігу відображає здатність персонажа пересуватися на високій швидкості протягом певного часу. Цей параметр може включати витривалість, максимальну швидкість бігу та час, протягом якого персонаж може підтримувати цю швидкість. Показник бігу залежить від багатьох факторів, включаючи вагу персонажа та інвентарю, кут нахилу поверхні та загальний стан персонажа. Реалістичне моделювання цього параметра додає глибини та виклику ігровому процесу, оскільки гравці мають враховувати, коли та як використовувати спринт.

Показник здоров'я є критично важливим параметром, який відображає загальний стан персонажа та його здатність витримувати пошкодження. Він впливає на витривалість, швидкість пересування і здатність до відновлення після бою або важких фізичних навантажень. Зниження показника здоров'я може призвести до втрати ефективності, уповільнення рухів або навіть нездатності продовжувати гру. Включення цього параметра в модель поведінки персонажа забезпечує більш глибокий і реалістичний ігровий досвід.

Всі зазначені параметри взаємодіють один з одним, створюючи комплексну модель поведінки персонажа. Наприклад, вага персонажа та інвентарю впливають

на показник бігу, а кут нахилу поверхні змінює витрати енергії при пересуванні. Врахування взаємодії цих параметрів дозволяє створити більш реалістичну та захоплюючу ігрову механіку. Це також дає можливість розробникам налаштовувати баланс гри, забезпечуючи цікаві виклики для гравців.

Багатокритеріальна оптимізація дозволяє ефективно враховувати та балансувати всі зазначені параметри для досягнення оптимальної ігрової механіки. Використання методів багатокритеріальної оптимізації дозволяє розробникам створювати більш збалансовані та реалістичні сценарії, де гравці мають приймати рішення, що враховують різні фактори. Це може включати оптимізацію витрат енергії при різних умовах, вибір оптимального інвентарю для конкретних завдань або визначення найкращого маршруту пересування з урахуванням нахилу поверхні та стану персонажа.

Після дослідження аспектів та параметрів для реалістичної механіки витривалості було створено таблицю порівняння параметрів у продуктах-аналогах та прототипі. Порівняння наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри впливу на механіку витривалості в продуктах-аналогах

Параметр/Гра	«Arma 3»	«Escape from Tarkov»	Прототип
Вага персонажу	–	–	+
Вага інвентарю	+	+	+
Кут нахилу поверхні пересування персонажу	–	–	+
Біг	+	+	+
Показник здоров'я	–	+	+

«Escape from Tarkov» відомий своїм фокусом на реалістичності та складності. Вага інвентарю та персонажа значно впливають на швидкість та витривалість, змушуючи гравців обдумано підходити до вибору спорядження. Проте, в грі не враховується кут нахилу поверхні, що обмежує реалістичність поведінки персонажа в різних умовах. Показник здоров'я впливає на рух і бойові

можливості, додаючи ще один шар складності. Взаємодія параметрів досить обмежена, що спрощує модель руху і витривалості.

«Arma 3» відрізняється більш складною моделлю поведінки персонажа, де враховується кут нахилу поверхні, впливаючи на швидкість пересування і витрати енергії. Вага персонажа та інвентарю також мають значний вплив на витривалість і швидкість. Показник здоров'я враховується, впливаючи на рух і бойові можливості персонажа. Взаємодія параметрів більш комплексна, порівняно з «Escape from Tarkov», дозволяючи створювати реалістичніші сценарії. Частково застосовується багатокритеріальна оптимізація для балансування різних аспектів гри.

Прототип, що розробляється, поєднує переваги обох попередніх ігор, але йде далі, впроваджуючи більш комплексну взаємодію параметрів. Вага персонажа, вага інвентарю, кут нахилу поверхні, показник бігу та показник здоров'я враховуються з високим рівнем деталізації, що дозволяє створити більш реалістичну та стратегічну ігрову механіку. Багатокритеріальна оптимізація повністю реалізована, дозволяючи збалансувати всі параметри для досягнення оптимальної ігрової механіки. Це робить прототип унікальним, забезпечуючи гравців більш глибоким і цікавим досвідом, де кожне рішення має значення.

4.3 Багатокритеріальна оптимізація параметрів та аспектів, створення формули

4.3.1 Оптимізація параметру ваги персонажу

Для більш глибокого врахування впливу ваги персонажа на його витривалість та швидкість був розроблений вдосконалений алгоритм, що базується на принципах фізичного напруження. Алгоритм підраховує параметр WK_p , який набуває значень від 1 до 2. Це коефіцієнт ваги персонажу, який залежить від параметрів мінімальної ваги W_{pmin} та максимальної ваги персонажу, яка може бути. Якщо W_p (фактична вага персонажу) = W_{pmin} , то коефіцієнт ваги персонажу буде 1, $W_p = W_{pmax}$, то коефіцієнт ваги буде 2. Чим більший коефіцієнт,

тим більше витривалості буде витратити головний герой. Нижче наведена формула 4.1.

$$WK_p = \frac{W_p - W_{pmin}}{W_{pmax} - W_{pmin}} + 1 \quad (4.1)$$

4.3.2 Оптимізація параметру ваги інвентарю

Для більш глибокого врахування впливу ваги інвентарю на персонажа та його витривалість, був розроблений вдосконалений алгоритм, що базується на принципах фізичного напруження. Алгоритм підраховує параметр W_{ik} , який набуває значень від 0 до 1. Це коефіцієнт ваги інвентарю, який залежить від параметрів мінімальної ваги W_{imax} . Якщо W_i (фактична вага інвентарю) = W_{imax} , то коефіцієнт ваги інвентарю буде 1, $W_i = 0$, то коефіцієнт ваги буде 0. Чим більший коефіцієнт, тим більше витривалості буде витратити головний герой. Якщо інвентар пустий, тобто не має ваги, то він не буде впливати на витривалість зовсім. Нижче наведена формула 4.2.

$$WK_i = \frac{W_i}{W_{imax}} \quad (4.2)$$

4.3.3 Оптимізація параметру куту нахилу

Для обчислення впливу кута нахилу поверхні на витривалість персонажа та швидкість його пересування використовується алгоритм, що враховує додаткові зусилля при русі вгору чи вниз. Алгоритм підраховує параметр AK_{slope} , який набуває значень від -1 до 1. Це коефіцієнт кута нахилу поверхні, який залежить від параметрів максимального нахилу поверхні по якій може пересуватися головний герой $A_{maxslope}$. Якщо A_{slope} (фактичний кут нахилу персонажу відносно поверхні) = $A_{maxslope}$, то коефіцієнт куту нахилу буде 1, якщо $A_{slope} = -A_{maxslope}$, то коефіцієнт куту нахилу буде -1. Чим більший коефіцієнт, тим більше витривалості буде витратити головний герой. Нижче наведена формула 4.3.

$$AK_{slope} = \frac{A_{slope} + A_{maxslope}}{A_{maxslope}} - 1 \quad (4.3)$$

4.3.4 Оптимізація параметру бігу

Для врахування впливу бігу на витривалість персонажа розроблено алгоритм, що враховує час, протягом якого персонаж може бігти з максимальною швидкістю. Алгоритм підраховує параметр R_k – це коефіцієнт бігу, який в залежності від стану персонажу набуває значень 1 або 2. При спринту персонажа (зазвичай затискання клавіши Shift) параметр набуває значення 2, при звичайному стані параметр дорівнює 1.

4.3.5 Оптимізація допоміжних параметрів

Усі вищезгадані параметри взаємодіють один з одним, створюючи комплексну модель поведінки персонажа. Також були введені додаткові підрахунки параметрів, таких як:

- S_{max} – максимальна витривалість персонажу, яка залежить від ваги персонажу (W_p), максимального показника здоров'я (H_{max}) та фактичний показник здоров'я (H_c). Формула підрахунку виглядає так (формула 4.4):

$$S_{max} = (100 + W_p) * \frac{H_c}{H_{max}} \quad (4.4)$$

- H_{max} – максимальний показник здоров'я, який залежить від ваги персонажу (W_p). Формула підрахунку виглядає так (формула 4.5):

$$H_{max} = 10 * W_p \quad (4.5)$$

- WK_{total} – коефіцієнт загальної ваги, який залежить від коефіцієнту ваги персонажу (WK_p) та коефіцієнту ваги інвентарю (WK_i). Формула підрахунку виглядає так (формула 4.6):

$$WK_{total} = (WK_p * 0.4 + WK_i * 0.6 - 0.4) + 1 \quad (4.6)$$

- $A_{maxslope}$ – максимальний кут нахилу по якому може пересуватися гравець, який залежить від коефіцієнту загальної ваги персонажу (WK_{total}).
Формула підрахунку виглядає так (формула 4.7):

$$A_{maxslope} = -20 * WK_{total} + 60 \quad (4.1)$$

4.3.6 Багатокритеріальна оптимізація загальної формули

Створення загальної формули підрахунку витривалості гравця вимагає інтеграції кількох ключових параметрів, таких як вага персонажа, вага його інвентарю, кут нахилу поверхні, показник бігу та показник здоров'я. Кожен з цих параметрів має свій вплив на витривалість, а їх взаємодія створює комплексну модель поведінки персонажа. Для цього були створені окремі формули для кожного параметру, які враховують специфічні впливи на витривалість, а потім ці формули комбінуються в єдину загальну формулу.

Багатокритеріальна оптимізація загальної формули підрахунку витривалості гравця полягає у збалансуванні всіх врахованих параметрів таким чином, щоб забезпечити реалістичний ігровий процес і задовольнити потреби гравця в різних ігрових ситуаціях. Це досягається шляхом налаштування коефіцієнтів впливу кожного параметра, таких як WK_p для ваги персонажа, WK_i для ваги інвентарю, AK_{slope} для кута нахилу поверхні, R_k для показника бігу та врахування показників максимального та фактичного здоров'я персонажу (H_{max} та H_c). Оптимізація здійснюється через тестування і коригування значень цих коефіцієнтів, щоб досягти бажаного балансу між різними аспектами витривалості. Це дозволяє створити таку модель, де зміни одного параметру мають пропорційний та логічний вплив на загальну витривалість, що робить гру більш реалістичною та захоплюючою. Використання багатокритеріальної оптимізації забезпечує гармонійне поєднання всіх параметрів, створюючи складний, але зрозумілий ігровий досвід.

Також було додано коефіцієнти впливу кожного параметру на загальну формулу (k_1 , k_2 , k_3). За допомогою їх можна оптимізувати формулу, щоб її розрахунки наближалися до реальних.

Для реалізації підрахунку витривалості було спроектовано формулу, яка вираховує скільки одиниць витривалості треба відняти за 1 секунду (вона ж і є загальною формулою). Далі наведено саму формулу 4.8:

$$S_c = 100 * \left((k_1 * WK_p + k_2 * WK_i + k_3 * AK_{slope}) * R_k \right) * \frac{H_c}{H_{max}} \quad (4.8)$$

5 РОЗРОБКА ПРОТОТИПУ ТА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

5.1 Розробка прототипу за отриманими критеріями

Розробка прототипу почалася з визначення основних параметрів персонажа, які необхідно враховувати в грі. Було вирішено, що прототип включатиме такі параметри, як вага персонажа, вага інвентарю, кут нахилу поверхні, показник бігу та показник здоров'я. Ці параметри були ретельно продумані, щоб створити модель мінімального реалізму поведінки персонажа для прототипу. Першим етапом було створення базової моделі персонажа в Unity, використовуючи стандартні інструменти для програмування, моделювання та анімації. Було створено скрипти управління персонажем, навколишнє середовище та інші допоміжні елементи. Це дозволило швидко розпочати роботу над інтеграцією фізичних властивостей персонажа з оточенням.

Наступним важливим етапом було впровадження алгоритмів підрахунку витривалості персонажа. Використовуючи C#, ми реалізували функції, які обчислюють витривалість залежно від ваги персонажа, ваги інвентарю, кута нахилу поверхні, показника бігу та показника здоров'я. Ці алгоритми були розроблені на основі формул, які забезпечують динамічне і реалістичне змінення витривалості в залежності від дій гравця та умов оточення. Це дозволило створити базову, але функціональну модель, яка може бути легко налаштована для досягнення бажаного ігрового балансу.

Для забезпечення коректної роботи прототипу було проведено серію тестувань. Особлива увага приділялась перевірці того, як зміни в параметрах впливають на витривалість персонажа у різних умовах гри. Тестування проводилося як вручну, так і з використанням автоматизованих тестів, що дозволило швидко виявляти та виправляти помилки. На основі отриманих результатів тестувань ми налаштовували коефіцієнти впливу кожного параметра, щоб досягти оптимального балансу ігрового процесу. Це включало коригування формул і перевірку їх ефективності в різних ігрових ситуаціях.

Останнім етапом розробки прототипу було створення візуальних елементів та інтерфейсу користувача для відображення основних параметрів персонажа. В

Unity було створено інтерфейс, який відображає поточний рівень витривалості, вагу інвентарю, кут нахилу поверхні та показник здоров'я. Це дозволило гравцеві легко контролювати стан персонажа та приймати обґрунтовані рішення під час гри. Візуалізація даних у реальному часі забезпечила глибоке занурення у ігровий процес та підвищила загальне задоволення від гри.

Таким чином, завдяки інтеграції різних параметрів та багатокритеріальній оптимізації, було створено прототип, який забезпечує реалістичну і захоплюючу гру. Впровадження цих параметрів у прототип дозволило створити комплексну модель поведінки персонажа, яка враховує всі аспекти фізичного напруження і витривалості. Це стало можливим завдяки використанню сучасних інструментів розробки, таких як Unity та C#, а також ретельного тестування та налаштування кожного з параметрів.

Елементи коду та скрипти які відповідають за формули та алгоритми наведені у додатку А.

5.2 Проведення та підведення підсумків експерименту

Після завершення розробки прототипу настала черга проведення експерименту для оцінки ефективності реалізованих алгоритмів та загального ігрового процесу. Метою експерименту було перевірити, наскільки реалістичною та збалансованою є модель витривалості персонажа, а також визначити, як зміни у різних параметрах впливають на гравця під час гри. Для пришвидшення експерименту головна формула була змінена. Перевірку результатів проведено за допомогою показника положення персонажу. На рисунку 5.1 зображено інтерфейс прототипу.

Експеримент проходив у кілька етапів. Під час тестувань збиралися дані про витривалість персонажа, швидкість пересування, витрати енергії на різних поверхнях та інші ключові показники. Ці дані допомогли визначити, які аспекти моделі працюють добре, а які потребують доопрацювання.

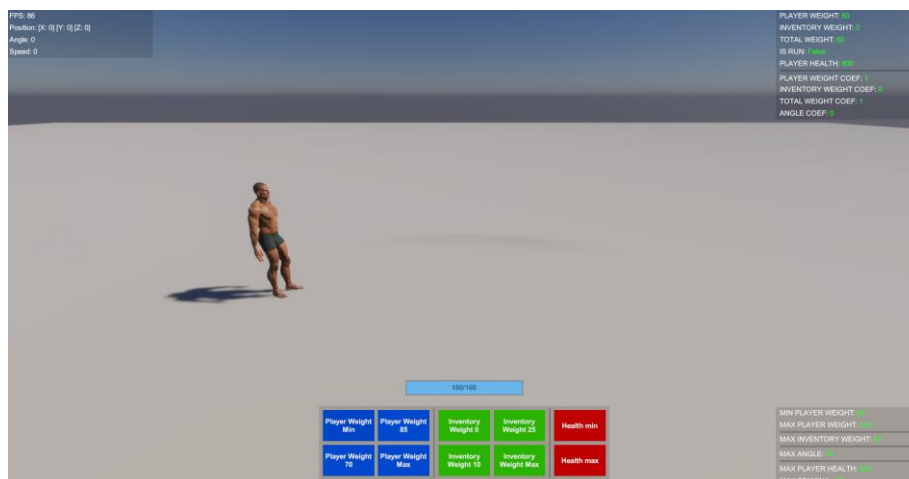


Рисунок 5.1 – Інтерфейс прототипу

На рисунках 5.2 – 5.5 зображено момент тестування з різними показниками та результатами.

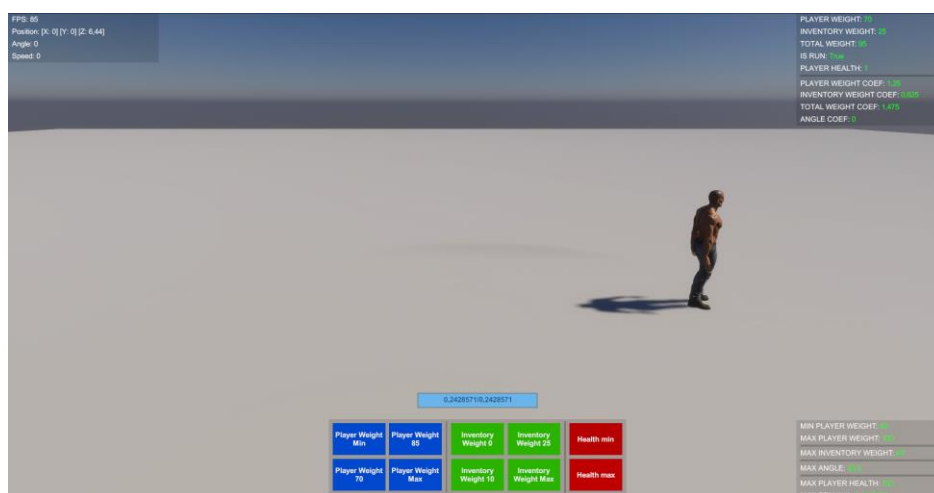


Рисунок 5.2 – Проведення експерименту



Рисунок 5.3 – Проведення експерименту

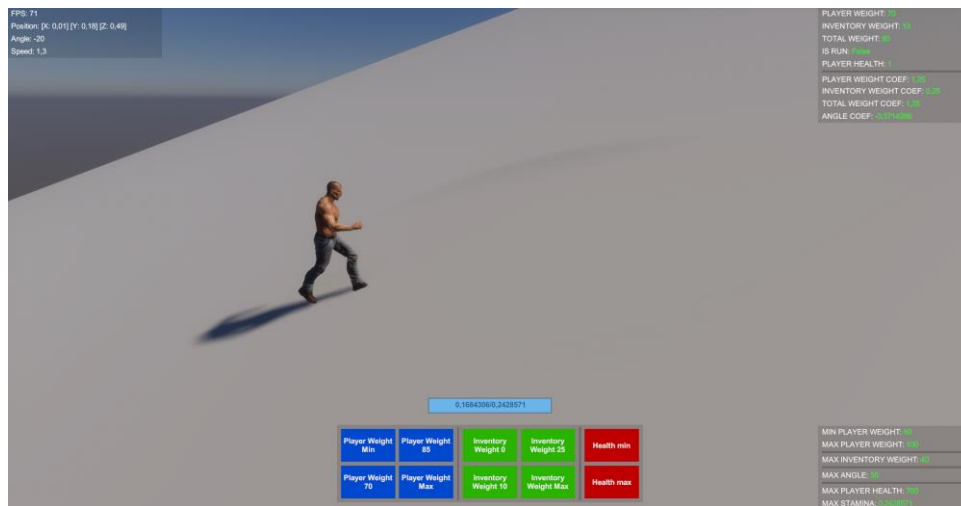


Рисунок 5.4 – Проведення експерименту

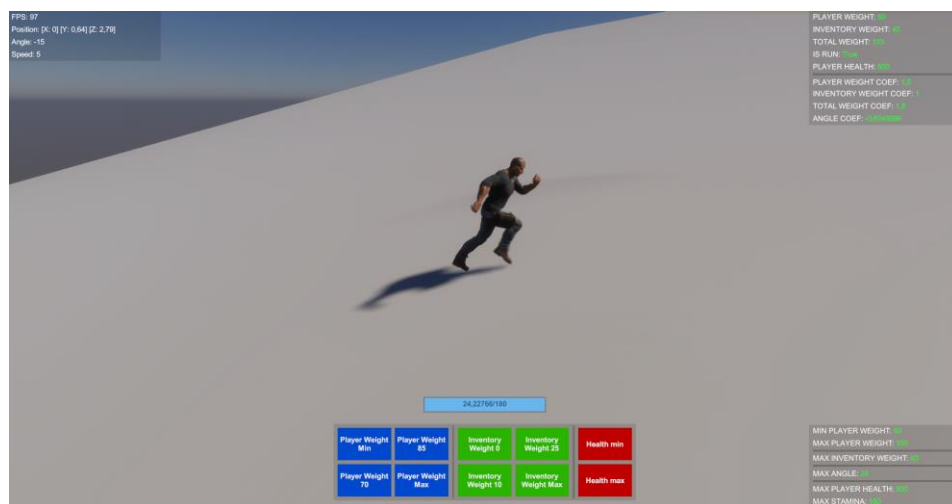


Рисунок 5.5 – Проведення експерименту

Аналіз даних, зібраних під час експерименту, дозволив виявити кілька важливих тенденцій. По-перше, стало зрозуміло, що вага персонажа та інвентарю має значний вплив на витривалість, як і очікувалося. По-друге, кут нахилу поверхні також суттєво впливав на витрати енергії, причому рух вгору вимагав більше витривалості, ніж рух на рівній поверхні. Показник бігу та здоров'я також виявилися критичними факторами, що впливають на загальну ефективність персонажа у грі. Всі ці дані були використані для подальшого налаштування та оптимізації алгоритмів.

На основі результатів експерименту були внесені корективи до формул та коефіцієнтів, які використовувалися для підрахунку витривалості персонажа. Це

включало зменшення впливу деяких параметрів, щоб зробити гру більш збалансованою, а також покращення взаємодії між різними параметрами. Наприклад, було вирішено зменшити вплив ваги інвентарю на витривалість, щоб гравець мав більше свободи у виборі спорядження без значного зниження швидкості та витривалості.

На основі отриманих даних була створена остаточна версія прототипу, яка враховувала всі виявлені під час тестування недоліки. Результати експерименту наведені у таблиці 5.1. За показник результату було взято відстань у координатній площині ігрового світу, яку пройшов гравець з тим чи іншим параметром.

Таблиця 5.1 – Параметри впливу на механіку витривалості в продуктах-аналогах

№	Вага персонажу	Вага інвентарю	Відсоток здоров'я	Біг	Кут нахилу	Результат
1	60	0	1%	+	0	9,71
2	60	0	100%	-	0	13,01
3	60	25	100%	+	-20	16,06
4	60	40	1%	-	15	4,39
5	70	0	100%	+	0	10,78
6	70	10	100%	-	10	12,04
7	70	10	1%	+	10	9,07
8	70	40	100%	-	-20	3,72
9	100	0	100%	+	18	12,74
10	100	25	1%	-	0	5,77
11	100	40	100%	+	-10	6,54
12	100	40	100%	-	-8	6,24

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної магістерської роботи було розроблено методику багатокритеріальної оптимізації для створення реалістичної механіки витривалості в ігровому процесі. Основою методики стало врахування кількох критичних параметрів, таких як вага персонажа, вага інвентарю, кут нахилу поверхні, показник бігу та здоров'я персонажа. Ця методика дозволяє моделювати реалістичні фізичні та психологічні навантаження на персонажа, що значно підвищує реалістичність ігрового досвіду.

Результатом дослідження стала формула, яка інтегрує всі зазначені параметри для обчислення витривалості персонажа. Ця формула дозволяє точно визначати рівень витривалості в залежності від змінних умов гри, забезпечуючи більш реалістичну поведінку персонажа. Впровадження цієї формули у ігровий процес дає змогу створювати більш складні та захоплюючі ігрові сценарії, де гравцям необхідно стратегічно планувати свої дії, враховуючи обмеження витривалості.

Значущість отриманих результатів полягає у підвищенні рівня реалістичності та глибини ігрового процесу. Використання багатокритеріальної моделі витривалості сприяє більшому зануренню гравців у гру, створюючи умови, близькі до реальних. Це особливо важливо для жанрів ігор, які вимагають високого рівня реалістичності, таких як військові симулятори, виживальні ігри та інші.

Розроблений прототип на основі отриманої формули був створений за допомогою Unity та C#, що демонструє практичну реалізацію запропонованої методики. Прототип показав високу ефективність моделі витривалості та можливість її подальшого розвитку і інтеграції у повноцінні ігрові проекти. Це відкриває нові перспективи для розробників у створенні реалістичних ігрових середовищ.

Можливості використання розробленої моделі не обмежуються лише ігровою індустрією. Вона може бути корисною для інших сфер, де важлива точна модель фізичних навантажень та витривалості, таких як спортивні тренажери,

навчальні симулятори та системи віртуальної реальності. Це дозволяє створювати більш ефективні тренувальні програми та симуляції, що сприяють підвищенню професійних навичок та загальної фізичної підготовки.

Очікувана техніко-економічна ефективність впровадження розробленої моделі полягає у зниженні витрат на розробку реалістичних ігор та підвищенні рівня задоволення гравців. Більш реалістичні ігри залучають ширшу аудиторію та забезпечують триваліший інтерес до гри, що позитивно впливає на комерційні показники проєктів. Крім того, використання багатокритеріальної оптимізації сприяє ефективнішому використанню ресурсів під час розробки та тестування ігрових механік.

Пропозиції щодо напрямків подальших досліджень включають вивчення додаткових параметрів, які можуть впливати на витривалість персонажа, таких як погодні умови, рівень стресу або психологічний стан. Також доцільно продовжувати оптимізацію моделі на основі зворотного зв'язку від гравців та впровадження нових технологічних можливостей. Це забезпечить безперервний розвиток та вдосконалення механіки витривалості, що є ключовим елементом реалістичного та захоплюючого ігрового процесу.

Таким чином, результати дослідження мають значний потенціал для подальшого розвитку як у межах геймдеву, так і у інших галузях, де важливо моделювати фізичні та психологічні навантаження. Розроблена модель витривалості може стати основою для створення нових, більш реалістичних ігрових проєктів та тренувальних симуляторів, забезпечуючи високий рівень занурення та задоволення користувачів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Józef Lisowski. Multi-criteria multi-stage game optimization. Journal of Automation, Electronics and Electrical Engineering. Vol. 4 No. 1, 2022. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.24136/jaeec.2022.005>
2. Design Thinking: Stamina in Action Games [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.hedberggames.com/blog/design-thinking-stamina-in-action-games>
3. Survival games are having another viral moment, making PC players the tastemakers once again [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.pcgamer.com/survival-games-are-having-another-viral-moment-and-once-again-pc-players-are-the-tastemakers/>
4. Escape from Tarkov [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/Escape_from_Tarkov
5. Arma 3 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/Arma_3
6. Віртуальна та доповнена реальність: як нові технології надихають вчитися [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://osvitoria.media/opinions/virtualna-ta-dopovnena-realnist-yakoyu-mozhe-buty-suchasna-osvita/>
7. L. Véronique Billat, J. Pierre Koralsztein and R. Hugh Morton. Time in human endurance models. From empirical models to physiological models [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/12881613_Time_in_human_endurance_models_From_empirical_models_to_physiological_models
8. Redefining Realism: The Evolution of Hyper-realistic Graphics in Gaming [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://frameboxx.in/article/blog/hyper-realistic-graphics-gaming/20207>
9. The Power of Experience: The Wonders of Video Game Immersion [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.gamedesigning.org/learn/game-immersion/>

10. G. O. Odu, and O. E. Charles-Owaba. Review of Multi-criteria Optimization Methods – Theory and Applications. Vol. 3, Issue 10, 2013 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [https://www.iosrjen.org/Papers/vol3_issue10%20\(part-2\)/A031020114.pdf](https://www.iosrjen.org/Papers/vol3_issue10%20(part-2)/A031020114.pdf)

11. Józef Lisowski. Multi-criteria multi-stage game optimization. Journal of Automation, Electronics and Electrical Engineering. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://www.academia.edu/83303382/Multi_criteria_multi_stage_game_optimization

12. Game Optimization Methodology [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.intel.com/content/www/us/en/docs/gpa/user-guide/2022-4/game-optimization-methodology.html>

13. BALANCING GAME DESIGN AND PLAYER FREEDOM: THE ROLE OF WEAPON VARIETY [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://wallawallastudio.com/article/balancing-game-design-and-player-freedom/>

14. Subgame Consistent Economic Optimization: An Advanced Cooperative Dynamic Game Analysis [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/267189773_Subgame_Consistent_Economic_Optimization_An_Advanced_Cooperative_Dynamic_Game_Analysis

15. Multi-Objective Optimization for Football Team Member Selection [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/352621944_Multi-Objective_Optimization_for_Football_Team_Member_Selection

16. Conference Paper Machine Learning Models Efficiency Analysis for Image Classification / Problem Smelyakov, K., Honchar, Y., Bohomolov, O., Chupryna, A. – CEUR Workshop, 3171, 2022.

17. Which is more real for Escape from Tarkov or Arma 3 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://omninesia.wordpress.com/2021/01/07/which-is-more-real-for-escape-from-tarkov-or-arma-3/>

18. Danylenko, S., Smelyakov, K., Chupryna, A. Methods of Digital-To-Analog Conversion for Reproduction of Sound Waves. 2022 IEEE 9th International Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2022 - Proceedings, 2022.

19. Smelyakov, K., Smelyakov, S., Chupryna, A. Adaptive edge detection models and algorithms. Studies in Computational Intelligence, 2020.