

Київський столичний університет імені Бориса Грінченка
Факультет інформаційних технологій та математики
Кафедра комп'ютерних наук

Допущено до захисту
Завідувач кафедри
комп'ютерних наук,
кандидат технічних наук, доцент
(науковий ступінь, вчене звання)

_____ Ірина МАШКІНА
(підпис, ім'я, прізвище)
« _____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки

Освітня програма 122.00.01 Інформатика

Тема: РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРИ АЛХІМІЇ В 4D

Виконав

студент групи Інб1-21-4.0д

(шифр академічної групи)

Мирошніченко Ратмир Богданович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник

кандидат технічних наук, доцент

(науковий ступінь, наукове звання)

ЯСКЕВИЧ В.О.

(прізвище, ініціали)

(підпис)

Київ – 2025

Київський столичний університет імені Бориса Грінченка
Факультет інформаційних технологій та математики
Кафедра комп'ютерних наук

«Затверджую»
Завідувач кафедри
комп'ютерних наук,

кандидат технічних наук, доцент
(науковий ступінь, вчене звання)

_____ Ірина МАШКІНА
(підпис, ім'я, прізвище)
« ____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА
«Розробка компютерної гри алхімії в 4D»

Виконавець – студент групи ІНБ-1-21-4.0д,
спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
освітньої програми 122.00.01 Інформатика
Мирошніченко Ратмир Богданович

1. Вихідні дані: сучасні тенденції розвитку ігрової індустрії, наукові підходи до гейміфікації навчання, а також потреба у створенні інтерактивної 4D-алхімічної гри для поєднання просторових і логічних механік.
2. Основні завдання: Провести аналіз існуючих ігрових продуктів-аналогів з алхімічними та багатовимірними механіками. Розробити концепцію та механіку алхімічних перетворень у чотиривимірному просторі. Спроекувати архітектуру гри та інтерфейс користувача для взаємодії з 4D-простором. Реалізувати демонстраційний прототип із основними інтерактивними механіками. Провести тестування прототипу та проаналізувати результати взаємодії користувачів. Підготувати

пояснювальну записку, графічні матеріали та додатки відповідно до вимог роботи.

3. Пояснювальна записка: Обсяг – до 45 стор. формату А4 комп'ютерного набору з дотриманням вимог стандарту і методичних рекомендацій кафедри.
4. Графічні матеріали: презентація
5. Додатки: не передбачено.
6. Строк подання роботи на кафедру: «___» _____ 2025 р.

Науковий керівник

кандидат технічних наук, доцент

_____ ЯСКЕВИЧ В.О.

_____ дата

Виконавець:

Мирошніченко Р.Б.

_____ дата

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавра: 46 стор., 2 табл., 2 рис., 33 джерела.

Мета роботи – розробити концепцію, структуру та функціональний демонстраційний прототип гри, в якій реалізовано головні інтерактивні механіки алхімії у чотиривимірному просторі.

Об'єкт дослідження – взаємодія та розуміння гравцем спрощеного 4D простору в рамках гри та ігрових механік напружених на просторове мислення.

Предмет дослідження – механізми створення багатовимірних цифрових продуктів.

Актуальність дослідження – у зростаючій потребі в інтерактивних освітніх інструментах, що поєднують гейміфікацію, моделювання багатовимірних структур і візуалізацію складних понять для ефективного засвоєння знань у сфері STEM.

Завдання роботи – Створення демонстраційного прототипу гри «Алхімія в чотирьох вимірах» з реалізацією головних інтерактивних механік алхімії у 4D-просторі.

1. Провести аналіз продуктів-аналогів.
2. Розробити концепцію та механіку алхімічних перетворень у 4D-просторі.
3. Спроекувати архітектуру гри та взаємодію користувача з гіперпростором.
4. Реалізувати прототип: інтерактивну модель головної механіки проекту.
5. Провести тестування прототипу та проаналізувати результати взаємодії користувачів.

Короткий зміст роботи: У цій дипломній роботі досліджується авторська концепція алхімічної гри, що вирізняється унікальними механіками — чотиривимірною навігацією, векторною алхімією. Проект охоплює як розробку теоретичної основи, так і практичну реалізацію ключової ігрової системи. У

першому розділі аналізується вибір основних напрямів і механік, детально описується створена авторська алхімічна мова та система координат. Другий розділ присвячено проектуванню: визначено головні задачі, обґрунтовано вибір рушіїв, розроблено систему інгредієнтів та рецептів, здійснено модульний поділ гри. У третьому розділі розглядається безпосередня реалізація: створено інтерфейс карти й інвентаря, реалізовано механіку змішування та візуалізації результатів. Окремо наведено приклади роботи та результати тестування. Робота демонструє оригінальний підхід до геймдизайну й свідчить про здатність поєднувати візуальне та логічне мислення.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АЛХІМІЯ, ЧОТИРИ ВИМІРИ, JAVASCRIPT, GODOT, ВЕКТОРИ, ІГРИ, STEM, АБСТРАКТНЕ МИСЛЕННЯ

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 КОНЦЕПТ, АНАЛОГИ ТА ВИМОГИ	9
1.1 Опис головних концепцій гри	10
1.1.1 Жанр	10
1.1.2 Головні механіки	11
1.1.3 Мета гри	11
1.1.4 Мета гравця	12
1.1.5 Цільова аудиторія	13
1.2 Ігри–аналоги	13
1.2.1 Potion Craft	14
1.2.2 Herbalist	15
1.2.3 Noita	15
1.2.4 Opus Magnum	15
Висновок розділу “Концепт, аналоги та вимоги”	16
2 ПРОЕКТУВАННЯ	18
2.1 Ключові задачі на етапі проектування	18
2.1.1 Уявлення чотирирівимірного простору	18
2.1.2 Механіка комбінації	18
2.1.3 Унікальність кожного об’єкта	18
2.1.4 Інтерфейсна простота	19
2.1.5 Масштабованість	19
2.2 Вибір рушія для гри	19
2.2.1 Переваги Godot для цього проекту:	19
2.2.2 Чому не Unity?	20
2.2.3 Unreal Engine?	21
2.2.4 Рушієм Three.js для демонстраційної версії	21
2.3 Розробка головної механіки	21
2.3.1 Основні структури даних: Ingredient	23
2.3.2 Основні структури даних: Recipe	23
2.3.3 Головна механіка - змішування	24
2.4 База даних та зберігання інформації	25
2.4.1 Основна проблема зберігання інгредієнтів	25
2.4.2 Компактифікація даних про об’єкт	25
2.4.3 Швидкий доступ до точної інформації без повного перебору	26
2.4.4 База даних та зберігання	27
2.5 Подальший розвиток	28

	7
Висновок розділу “Проектування”	29
3 РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ	31
3.1 Графічний користувацький інтерфейс	31
3.1.1 Карта	31
3.1.2 Інвентар	33
3.2 Ігрова логіка	35
3.2.1 Представлення інгредієнтів	36
3.2.2 Алгоритм поєднання	36
3.2.3 Система результатів	37
3.2.4 Урахування точності	37
3.3 Тестування	38
3.3.1 Ручне тестування основних сценаріїв	39
3.3.2 Виявлені помилки та їх усунення	39
3.3.3 Перевірка точності розрахунків	40
Висновок розділу “Реалізація та тестування”	41
ВИСНОВКИ	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	44

ВСТУП

У наш час цифрові технології розвиваються надзвичайно швидко, ігрова індустрія вже не обмежується лише розважальною функцією, а активно проникає у сфери освіти, науки, комунікації та візуалізації складних понять. Гейміфікація освітнього процесу стала ефективним інструментом для залучення уваги до STEM-дисциплін, адже саме ці галузі часто потребують творчих підходів до пояснення абстрактних і багатовимірних концепцій. У цьому контексті особливо актуальними є розробки навчально-розважальних продуктів, які поєднують ігрові елементи з дослідницькими завданнями, логікою та розвитком просторового мислення.

Аналіз наукової літератури та існуючих програмних рішень свідчить про значний інтерес до ігор, які моделюють хімічні або псевдохімічні процеси — це, зокрема, такі продукти, як «Potion Craft» та «Opus Magnum». Водночас більшість подібних проєктів використовують лише дво- або тривимірні простори й майже не розкривають потенціал багатовимірного моделювання. Більшість розробок у сфері 4D-візуалізації орієнтовані переважно на математичні візуалізації чи технічні демонстрації, часто без інтерактивних сценаріїв. Це означає, що залишається значний простір для розробки нових рішень, які б органічно поєднували багатовимірні моделі, алхімічну логіку та інтерактивні елементи у форматі гри.

Актуальність даного напрямку обумовлена необхідністю пошуку нових засобів популяризації складних наукових концепцій за допомогою ігрових платформ. Гра як форма пізнання здатна не лише утримувати увагу, а й сприяти глибшому засвоєнню матеріалу через візуалізацію, взаємодію та можливість багаторазового повторення експериментів. Створення гри з елементами симуляції 4D-простору у поєднанні із системою алхімічних перетворень дозволяє розробити унікальний цифровий продукт, що об'єднує інструменти математики, фізики, хімії та програмної інженерії.

Мета дослідження — Розробити концепцію, структуру та функціональний демонстраційний прототип гри, в якій реалізовано головні інтерактивні механіки алхімії у чотиривимірному просторі.

Об'єкт дослідження — взаємодія та розуміння гравцем спрощеного 4D простору в рамках гри та ігрових механік напрямлених на просторове мислення.

Завдання дослідження:

1. Провести аналіз продуктів-аналогів.
2. Розробити концепцію та механіку алхімічних перетворень у 4D-просторі.
3. Спроекувати архітектуру гри та взаємодію користувача з гіперпростором.
4. Реалізувати прототип: інтерактивну модель головної механіки проєкту.
5. Провести тестування прототипу та проаналізувати результати взаємодії користувачів.

Методи дослідження — аналіз аналогів, математичне моделювання, елементи UI/UX-дизайну, об'єктно-орієнтоване програмування, модульне тестування, а також спостереження та аналіз поведінки користувачів у процесі взаємодії з прототипом.

Практичне значення — створення унікального освітнього інструменту для вивчення абстрактних понять, можливості використання в STEM-навчанні, неформальній освіті, науково-популярних заходах або як основи для розширених ігрових проєктів.

Галузь застосування — освітні та науково-популярні цифрові платформи, інтерактивні експозиції, демонстраційні матеріали у шкільній і студентській освіті. Результати дослідження апробовані у формі публічних демонстрацій і презентацій на навчальних семінарах.

1 КОНЦЕПТ, АНАЛОГИ ТА ВИМОГИ

1.1 Опис головних концепцій гри

1.1.1 Жанр

Основними жанровими орієнтирами цього проєкту виступають головоломка та пісочниця, проте його концепція значною мірою виходить за межі класичних категорій [1-2]. Особливої уваги заслуговує елемент, який можна умовно назвати «жанром алхімії». Попри відсутність такого жанру в офіційній ігровій класифікації [1-2], саме тут проявляється інноваційність — гравцеві пропонується комбінувати базові елементи різними способами для створення нових, більш складних об'єктів. Такий підхід формує унікальний стиль геймплею, що поєднує інтуїтивне дослідження, логічне мислення та естетику відкриттів, наближаючи гру до ідеї творчого експерименту.

Геймплей повної версії охоплює широкий спектр механік, які забезпечують глибину й різноманіття ігрового досвіду:

- Алхімія: змішування різних інгредієнтів різними шляхами (у котлі, за допомогою нагріву, охолодження, дистиляції тощо) з метою отримання нових речовин — зіль, порошоків, артефактів. Ці продукти можна використовувати у торгівлі, виконанні квестів чи безпосередньо в ігровому процесі.
- Взаємодія з NPC [3]: система включає торгівлю, діалоги, квестові завдання та розвиток сюжету, що сприяє формуванню динамічного та «живого» ігрового світу.
- Садівництво: гравець отримує можливість вирощувати алхімічні рослини й інші інгредієнти, необхідні для створення компонентів, а також впливати на умови їх зростання.
- Текстове квестове дослідження світу [4-5]: цей елемент реалізований у стилі інтерактивної літератури, де гравець приймає рішення у текстових діалогах і сценаріях, відкриваючи нові локації, події та сюжетні лінії.

1.1.2 Головні механіки

Основні механіки гри формують досить цікаву й багатогранну систему, яка виходить далеко за межі простого змішування інгредієнтів. На перший погляд, здається, що все зводиться до інтуїтивного експериментування в алхімічному казані — кидати різні компоненти, спостерігати за результатом, намагаючись винайти щось нове. Однак, насправді, цей процес набагато складніший і вимагає не лише творчого підходу, а й певної дисципліни. Рецептури, які потрібно дотримуватися, ставлять перед гравцем завдання проявляти послідовність, увагу до деталей і вміння логічно мислити. Одна помилка — і замість бажаного еліксиру можна отримати зовсім інший результат, часом непередбачуваний.

Додаткові взаємодії з інгредієнтами ще більше поглиблюють геймплей. Так, нагрівання компонентів відкриває можливості для ініціації різноманітних хімічних реакцій, що дозволяє змінювати властивості речовин. Охолодження, у свою чергу, використовується для стабілізації або трансформації створених субстанцій, що дає змогу експериментувати з новими станами матеріалів. Дистиляція — це взагалі окрема наука; завдяки випаровуванню і подальшій конденсації гравець отримує можливість виокремлювати чисті елементи, які можуть стати ключовими для створення складніших зіль чи еліксирів.

Загалом, подібний підхід забезпечує глибину й різноманіття ігрового процесу. Гравець не лише механічно виконує запропоновані рецепти, а й постійно аналізує, експериментує та відкриває нові шляхи досягнення цілей. Це сприяє розвитку стратегічного мислення, навичок планування й розвиває уяву, що, без сумніву, є важливою перевагою у порівнянні з більш прямолінійними ігровими системами.

1.1.3 Мета гри

Метою цієї гри є створення глибоко атмосферного та медитативного ігрового досвіду, що сприяє інтелектуальному відновленню та внутрішньому балансу гравця. Завдяки естетично продуманій взаємодії з абстрактними

структурами й багатовимірними просторами, гра стимулює розвиток просторового мислення, аналітичних навичок та креативності. Кожна головоломка, яка передбачає винайдення нового інгредієнта, виступає не лише логічним викликом, а й м'яким зануренням у процес пізнання закономірностей складних систем, відкриваючи для гравця нові горизонти мислення.

1.1.4 Мета гравця

Гравець опиняється у справжньому вирі алхімічного ремесла, де кожен крок — це не лише експеримент, а й спроба досягнути глибини стародавнього мистецтва. Процес занурення у творчу лабораторію алхімії передбачає постійний пошук нових шляхів, де експерименти з інгредієнтами стають своєрідною науковою методологією — спочатку гіпотеза, потім перевірка та аналіз результатів. Тут важливо не лише механічно змішувати компоненти, а усвідомлено підходити до кожної комбінації, розмірковуючи над їхньою можливою взаємодією.

Винаходження нових субстанцій — це вже вищий рівень майстерності. Гравець має спиратися не тільки на логіку, а й на інтуїцію, адже саме інтуїтивний пошук часто приводить до справжніх відкриттів у цій галузі. Поступово формується розуміння прихованих зв'язків між елементами, і гравець починає розпізнавати закономірності, які раніше вислизали від погляду.

Особливу цінність набуває створення особистої алхімічної енциклопедії — своєрідного корпусу знань, який не лише фіксує досягнення, а й сприяє подальшому розвитку навичок. Ця енциклопедія стає інструментом для аналізу й удосконалення власних підходів.

Нарешті, справжньою майстерністю є здатність гармонізувати хаос експериментів із впорядкованістю рецептів. Парадоксально, але саме на межі між спонтанністю та системністю народжуються найцікавіші рішення. Алхімія в цьому контексті постає не лише як ремесло, а як складна творча дисципліна, що вимагає ерудиції, допитливості й невтомного прагнення до відкриттів.

1.1.5 Цільова аудиторія

Цільова аудиторія гри — це інтелектуально допитливі гравці, що прагнуть нестандартного досвіду та глибокого занурення у незвичайні ігрові світи. Серед них можна виділити наступні категорії:

- Шукачі нового, які відчують потребу в свіжих механіках і нестандартних вимірах взаємодії, зокрема — через використання четвертого виміру, що досі залишається майже недоторканим простором у сучасній ігровій індустрії.
- Любителі логічних викликів, здатні мислити просторово, аналітично та абстрактно, і які отримують справжнє задоволення від вирішення нестандартних завдань.
- Шанувальники алхімічних експериментів, що захоплюються процесом створення нового через комбінації, реакції та трансформації — у пошуку істинної формули досконалості.
- Поціновувачі глибоких наративів і текстових квестів, які цінують багатопланові історії, загадкові локації та розгалужений, ретельно прописаний лор.

1.2 Ігри–аналоги

Під час формування концепції гри ключовим етапом стало проведення аналізу ринку аналогічних проєктів. Такий підхід дозволяє не лише ідентифікувати наявні конкурентні рішення, але й визначити власну унікальність серед існуючих продуктів. Особливу увагу було приділено іграм, що включають елементи алхімії, чотиривимірної просторової навігації, садівництва, пригод, текстових квестів та торговельних механік. У результаті було відібрано декілька проєктів із подібними ігровими механіками, які стали орієнтиром для подальшої розробки концепції.

1.2.1 Potion Craft

Potion Craft [6], безперечно, виступає одним із найближчих і найяскравіших прикладів ігор, присвячених алхімічній тематиці. Саме цей проєкт значно вплинув на концепцію власної гри, ставши не лише джерелом натхнення, а й певною відправною точкою для аналізу та подальшого переосмислення ключових механік.

Спільні риси між двома проєктами очевидні: алхімія фігурує як центральний рушійний елемент геймплею, без якого загальна структура гри втратила б сенс. Крім того, у грі присутній базовий елемент садівництва, який реалізується у вигляді збирання рослин, необхідних для створення різноманітних зілля. Економічний аспект також представлений — гравець має змогу взаємодіяти з NPC через систему торгівлі, що додає ігровому процесу додаткової глибини.

Проте фундаментальні відмінності суттєво розширюють межі жанру. Алхімічна карта у Potion Craft — це двовимірна, досить жорстко обмежена схема з фіксованими траєкторіями руху. Натомість у розробленому проєкті пропонується чотиривимірна навігаційна модель, чутлива до унікальних властивостей кожного доданого інгредієнта. Такий підхід не лише ускладнює процес, а й вимагає від гравця стратегічного мислення, аналізу та планування.

Механіка руху також зазнає суттєвих змін: замість проходження наперед визначених маршрутів використовується векторна система координат із низкою обмежень, що підвищує варіативність та складність прийняття рішень. Садівництво перестає бути другорядною механікою — воно трансформується у повноцінну аграрну систему із вибором типів ґрунтів, доглядом за рослинами та врахуванням мікрокліматичних умов. Економічна модель також ускладнюється: замість простої торгівлі впроваджується багаторівнева система із динамічним ринком і можливістю персоналізованої взаємодії з клієнтами, що робить ігровий процес значно глибшим та реалістичнішим.

1.2.2 Herbalist

Herbalist репрезентує собою інший підхід до теми — основну увагу тут приділено атмосфері та художньому стилю, а не складності ігрових механік. Гравець отримує можливість дослідження відкритого світу та збирання інгредієнтів, що створює особливий естетичний настрій і дозволяє зануритися у світ природи й споглядання.

Водночас ця гра позбавлена глибоких систем алхімії, торгівлі та логічних викликів. Механіки залишаються досить примітивними, що обмежує потенціал розвитку ігрового процесу. Власний проєкт, навпаки, прагне інтегрувати ці елементи, надаючи гравцеві ширший спектр взаємодій, складніші завдання та більшу глибину занурення.

1.2.3 Noita

Noita [7] — унікальний зразок фізичної алхімії в ігровій індустрії. В цій грі всі субстанції взаємодіють між собою у реальному часі, створюючи цілком непередбачувані ефекти. Такий підхід забезпечує експериментальність та високу динаміку геймплею, що суттєво відрізняє Noita від традиційних алхімічних ігор.

З одного боку, спільною рисою є можливість експериментування з речовинами та отримання несподіваних результатів, що стимулює творче мислення. З іншого боку, основний фокус Noita зосереджений на платформерних і бойових механіках, а візуалізація реалізована через складну піксельну фізику. Власна розробка, натомість, ґрунтується на абстрактній карті станів і системі тегів, де алхімія зводиться до комбінацій умов та логічного планування, що розширює спектр стратегічних можливостей та дозволяє уникнути хаотичних сценаріїв.

1.2.4 Opus Magnum

Opus Magnum [8] вирізняється інтелектуальним підходом до алхімічної тематики. Гра пропонує гравцеві вирішувати просторові головоломки, будуючи

складні механізми для трансформації елементів, що вимагає значної концентрації та аналітичного мислення.

Водночас процес алхімії тут повністю абстрагований — відсутня взаємодія з ігровим світом, а головний акцент зроблено на побудову ідеальних схем. Садівництво, пригородницька складова чи текстова нарація повністю відсутні, що суттєво звужує ігровий досвід. Мій проєкт, навпаки, має на меті поєднати інженерну точність із багатогранністю світу, інтегруючи як механічні, так і наративні елементи, щоб забезпечити глибше й різноманітніше залучення гравця.

Підсумовуючи, можна стверджувати: хоча кожна з розглянутих ігор зробила вагомий внесок у розвиток жанру, запропонований проєкт прагне досягти якісно нового рівня синтезу механік, глибини й взаємодії, враховуючи найкращі риси попередників та долаючи їхні обмеження через розширення систем і впровадження інноваційних підходів.

Висновок розділу “Концепт, аналоги та вимоги”

Перший розділ формує концептуальні основи гри, підкреслюючи її унікальність як жанрового синтезу головоломки, пісочниці та умовного «жанру алхімії». Особлива увага приділяється складній системі комбінування інгредієнтів, що включає численні фізико-хімічні процеси. Гра не обмежується простим експериментуванням: вона вимагає стратегічного мислення, творчого підходу й аналітичних навичок. Метою проєкту є створення глибокого, медитативного досвіду із залученням елементів самоосмислення; цільова аудиторія — гравці, які шукають інтелектуальні виклики, нетипову естетику й глибоку взаємодію з ігровим процесом.

Аналіз ігор-аналогів, зокрема Potion Craft, дозволив ідентифікувати сильні сторони наявних проєктів і на цій основі сформулювати авторське бачення, що виходить за межі стандартних жанрових рішень. Завдяки впровадженню чотиривимірної навігації та мультифункціональної алхімічної системи,

запропонована гра вирізняється інноваційністю, глибиною і потенціалом для формування нового формату ігрового мислення.

2 ПРОЕКТУВАННЯ

Проектування гри-алхімії у чотиривимірному просторі — це досить складний і водночас захопливий процес, що вимагає від розробника не лише глибоких технічних знань, а й розвиненої уяви, абстрактного мислення та креативності. Важливою метою є побудова механіки алхімії, яка буде водночас інтуїтивно зрозумілою для користувача та достатньо складною, щоб стимулювати постійний дослідницький інтерес і заохочувати експерименти. Такий підхід дозволяє не просто комбінувати елементи, а створює умови для глибшого занурення у процес відкриттів і розвитку ігрового досвіду.

2.1 Ключові задачі на етапі проектування

2.1.1 Уявлення чотиривимірного простору

У даній моделі інгредієнти та зілля розташовуються у просторі з чотирма координатами: три відповідають звичним просторовим осям, а четверта може інтерпретуватися як, наприклад, час.

2.1.2 Механіка комбінації

Правила поєднання інгредієнтів визначають зміщення позиції зілля у цьому чотиривимірному просторі. Процес варіння реалізується як поступове зміщення вектора позиції згідно з внесеною вагою кожного інгредієнта. Також у комбінуванні враховуються так звані “теги” — додаткова інформація про стан інгредієнтів та готових зілля.

2.1.3 Унікальність кожного об’єкта

Для забезпечення точності та ідентифікації кожен об’єкт кодується у вигляді BigInt-ідентифікатора [9]. Це дозволяє зберігати всю інформацію про вагу та позицію без втрат і забезпечує можливість зворотного декодування даних.

2.1.4 Інтерфейсна простота

Попри складність внутрішньої логіки, користувацький інтерфейс має залишатися інтуїтивно зрозумілим та візуально привабливим. Карта та інвентар створюють умови для повного контролю над алхімічними процесами, забезпечуючи легкість взаємодії з системою.

2.1.5 Масштабованість

Враховується перспектива масштабування ігрової механіки: від базових комбінацій до реалізації складних ланцюгів трансформацій, використання часу як ресурсу та впровадження системи рецептів.

Загалом, проект поєднує математичну точність, ігрову логіку та естетичний підхід, що формує фундамент для створення унікального ігрового досвіду.

2.2 Вибір рушія для гри

Вибір рушія для розробки гри — це, без перебільшення, ключовий момент усього процесу. Я обрав Godot Engine [10], оскільки він є відкритим та багатофункціональним рішенням, що дозволяє працювати як із 2D, так і з 3D графікою. Така універсальність особливо важлива при реалізації ідеї гри із чотиривимірним простором. Крім того, Godot Engine вирізняється відносною простотою у використанні й не вимагає надмірних ресурсів, що робить його оптимальним вибором для подібних проєктів.

2.2.1 Переваги Godot для цього проєкту:

Godot, без перебільшення, є унікальним інструментом для розробки ігор у тривимірному та навіть чотиривимірному просторі. Даний рушій надає розробникам гнучкі засоби для роботи з об'єктами не лише у традиційному 3D, але й дозволяє впроваджувати механіки, пов'язані із четвертим виміром, що відкриває нові горизонти для створення інноваційних ігрових концепцій.

Щодо мов програмування, Godot використовує GDScript — синтаксично близьку до Python мову, яка суттєво спрощує й пришвидшує написання ігрової логіки, дозволяючи розробникам зосередитись на ключових аспектах проекту, не відволікаючись на складні низькорівневі деталі. За потреби, для оптимізації продуктивності, підтримується також використання мови C#, що надає додаткову гнучкість у виборі технологій.

Важливою перевагою Godot є його відкритість та безкоштовність, що робить рушій особливо привабливим для студентів та незалежних розробників. Відсутність ліцензійних витрат та можливість модифікувати код рушія для власних потреб сприяють реалізації унікальних ідей без фінансових і технічних обмежень.

Крім того, Godot забезпечує широкий спектр інструментів для створення як 2D, так і 3D графіки. Це дозволяє ефективно поєднувати низькополігональні 3D-моделі з абстрактними елементами, що відповідає вимогам сучасних ігор із нестандартною візуальною складовою.

Зрештою, рушій вирізняється зрозумілим інтерфейсом та якісною документацією, що значно спрощує процес розробки та інтеграції різних функціональних можливостей, у тому числі й для роботи з чотиривимірним простором. Godot, таким чином, виступає потужною платформою для реалізації як класичних, так і експериментальних ігрових проектів.

2.2.2 Чому не Unity?

Звісно, Unity [11] — це потужний інструмент, але для невеликого проекту його застосування видається надмірним. Розробнику доводиться витратити чимало часу на організацію ресурсів, налаштування сцен, оптимізацію — усе це суттєво ускладнює роботу над концептуальним чи навчальним прототипом. Окрім того, Unity орієнтується на використання C#, що не завжди зручно саме для швидкого прототипування (у порівнянні з GDScript у Godot). Додатковим недоліком є комерційна політика Unity: розробник змушений погоджуватись на

відрахування від прибутку, що для малих проєктів може бути суттєвим обмеженням.

2.2.3 Unreal Engine?

Unreal Engine [12], у свою чергу, — це середовище, орієнтоване на масштабні проєкти з високим рівнем графіки та складністю механік. Для невеликого дослідницького чи концептуального завдання використання Unreal може призвести до надмірних витрат ресурсів і часу, а також ускладнити сам процес реалізації. До того ж, аналогічно до Unity, Unreal вимагає сплати певного відсотку з доходу розробника, що не завжди виправдано для малих чи експериментальних проєктів.

2.2.4 Рушій Three.js для демонстраційної версії

Для розробки демонстраційної версії обрано Three.js [13]. Цей фреймворк дозволяє оперативно створювати 3D-прототипи безпосередньо у веб-браузері, що ідеально підходить для демонстрації базових ігрових механік. Використання JavaScript спрощує розгортання проєкту на GitHub Pages [14] чи інших хмарних платформах. Крім того, Three.js забезпечує мінімальні витрати часу на старті, що критично важливо для швидкої демонстрації результатів.

З огляду на це, вибір рушія визначався специфікою завдань: Godot краще підходить для повної ігрової реалізації із складними та оптимізованими математичними обчисленнями та кросплатформеного впровадження, тоді як Three.js є оптимальним рішенням для швидкого прототипування та демонстрації ключових ідей.

2.3 Розробка головної механіки

Реалізація основної механіки базується на бібліотеці Three.js у середовищі JavaScript, що дозволяє створити складну ігрову логіку з використанням сучасних підходів до роботи з графікою та даними. Користувач взаємодіє із

системою через комбінування різноманітних інгредієнтів, результатом чого стає отримання нового зілля з унікальними властивостями. Дана механіка є не лише інтерактивною, але й відкриває простір для експериментів та досліджень всередині ігрового процесу.

Важливою особливістю системи виступає використання чотиривимірної координатної моделі разом із системою вагових впливів. Такий підхід забезпечує багатовимірність алхімічного простору, де розташування і характеристики кожного зілля визначаються не лише стандартними просторовими координатами, а й додатковими параметрами, що впливають на кінцевий результат. Це дозволяє моделювати складні взаємозв'язки між інгредієнтами, а також прогнозувати зміну властивостей зілля при зміні його «положення» у цьому гіперпросторі.

Завдяки цьому, система перестає бути простою ігровою механікою і набуває рис інструменту для моделювання складних процесів, які можуть мати як ігрову, так і навчальну цінність. Застосування тривимірної візуалізації у поєднанні з багатовимірними обчисленнями відкриває нові можливості аналізу, дозволяючи користувачам не лише грати, а й розвивати аналітичне мислення, оскільки кожна дія впливає на багатовимірну структуру алхімічного простору.

2.3.1 Основні структури даних: Ingredient

Інгредієнт — це головна структура гри. Саме інгредієнти змішуються між собою для отримання нових інгредієнтів.

Таблиця 2.1

Структура Ingredient (Інгредієнт)

Ідентифікатор	Тип	Інформація
position	Vector4	координата, до якої штовхає інгредієнт
vector_weight	Vector4	індивідуальна вага по кожній осі
elements	Object	об'єкт із тегами та їх кількістю
title, description	String	метаінформація, назва та опис
color	Color	колір, слугує заглушкою замість текстури
amount	Float	кількість речовини
hash	String	технічний параметр для оптимізації

2.3.2 Основні структури даних: Recipe

Рецепт — це набір параметрів та умов, при яких певна комбінація інгредієнтів може перейти у принципово новий стан, а не залишатися сумою своїх компонентів.

Таблиця 2.2

Структура Recipe (Рецепт)

Ідентифікатор	Тип	Інформація
result	Ingredient	координата, до якої штовхає інгредієнт
vector_radius	Vector2	індивідуальна вага по кожній осі
element_includes	Object	список необхідних тегів
element_excludes	Object	список виключених тегів

2.3.3 Головна механіка - змішування

Під час додавання нових інгредієнтів у котел застосовуються відповідні формули, наведені нижче. В даному випадку використовується метод розрахунку зваженого середнього [15-17], який враховує як кількість, так і вагу кожного окремого компоненту. Це дозволяє коректно визначити вплив кожного інгредієнта на загальний результат.

Спочатку перераховується вагове середнє по кожній осі за формулою:

$$W_{new} = \frac{W_{current} * A_{current} + W_{ingredient} * A_{ingredient}}{A_{current} + A_{ingredient}},$$

де $W_{current}$ - поточна вага по осі зілля;

$A_{current}$ - поточна кількість зілля;

$W_{ingredient}$ - вага по осі інгредієнта що додається;

$A_{ingredient}$ - кількість інгредієнта що додається;

Після чого йде розрахунок нової позиції з урахуванням ваги:

$$P_{new} = \frac{P_{current} * W_{current} * A_{current} + P_{ingredient} * W_{ingredient} * A_{ingredient}}{W_{current} * A_{current} + W_{ingredient} * A_{ingredient}},$$

де $P_{current}$ - поточна позиція по осі зілля;

$W_{current}$ - поточна вага по осі зілля;

$A_{current}$ - поточна кількість зілля;

$W_{ingredient}$ - вага по осі інгредієнта що додається;

$A_{ingredient}$ - кількість інгредієнта що додається;

Ці розрахунки, власне кажучи, виконують роль фундаменту всієї ігрової системи. Вони забезпечують ключову логіку, завдяки якій більшість внутрішньоігрових процесів працює коректно. Якщо говорити про демонстраційну версію, то така реалізація цілком достатня для ознайомлення потенційних користувачів із базовими механіками проекту та загальним принципом його функціонування.

У цьому контексті важливо зазначити, що для демонстрації концепції не обов'язково впроваджувати надмірно складні алгоритми чи додаткові рівні деталізації. Основна мета демо-версії — дати уявлення про структуру гри, її

логіку та потенційний ігровий досвід. Надалі, у процесі розробки, ці розрахунки можна деталізувати або розширити відповідно до вимог повноцінної версії продукту. Такий підхід дозволяє ефективно презентувати проект і водночас зберегти гнучкість для подальшого вдосконалення ігрових механік.

2.4 База даних та зберігання інформації

2.4.1 Основна проблема зберігання інгредієнтів

Уявіть собі, кожен інгредієнт у грі — це не просто об'єкт з парою властивостей. Він має цілу низку тегів, і ще два чотиривимірних вектори: позицію та вагу. Найцікавіше — ці вектори часто відрізняються між собою лише на якісь дрібні значення, буквально на рівні машинної похибки. Виникає класична інженерна дилема: як зберегти величезні обсяги подібних даних, не перетворюючи сховище на смітник, і при цьому залишити можливість без втрат відновити всі деталі кожного об'єкта? Втрата точності тут може призвести до неправильного відтворення ігрової механіки, що вкрай небажано для складних симуляційних систем.

2.4.2 Компактифікація дани про об'єкт

Замість того, щоб зберігати вектори у вигляді звичних масивів чисел або, ще гірше, у форматі JSON, застосовується підхід із конвертацією кожного з векторів у тип `BigInt`. Це дозволяє оперувати з даними без втрат точності, оскільки не відбувається ані округлення, ані стискання з втратами. Далі ці великі числа кодуються у системі числення з основою 62 [18-20], яка використовує стандартний набір латинських символів і цифр. Такий підхід забезпечує високу щільність даних: розмір кожного об'єкта суттєво менший за класичні варіанти подання. Цікаво, що цей спосіб не лише економить місце, а й підвищує швидкість операцій — передача, запис та зчитування відбуваються швидше, оскільки об'єм інформації, який потрібно обробити, мінімізується.

Окрім цього, структура кодування дозволяє ефективно організувати перевірку цілісності даних. У разі виникнення помилки при передачі або збереженні система може миттєво виявити невідповідність, що значно знижує ризик появи невлених багів — наприклад, коли інгредієнт “раптом” перестає працювати як треба через пошкоджені дані. Ще один плюс: цей підхід масштабується майже лінійно — навіть якщо зберігати мільйони об’єктів, продуктивність системи не буде відчутно падати.

2.4.3 Швидкий доступ до точної інформації без повного перебору

У середовищі гри, де експериментальні дії гравця можуть створити величезну кількість об’єктів, різниця між ними іноді перебуває на рівні однієї одиниці у форматі float. Якщо кожен раз напряду порівнювати всі вектори — це практично гарантований шлях до перевантаження системи, особливо за наявності сотень тисяч елементів. Тому виникає потреба у такому підході, що дозволяє швидко ідентифікувати кожен об’єкт без повного перебору.

Розв’язання — це створення унікального хешу, який генерується шляхом об’єднання даних векторів позиції та ваги [21-23]. Фактично, цей хеш стає універсальним ідентифікатором:

- У хеш-таблиці [23] або базі даних він дозволяє миттєво знаходити об’єкт без складних обчислень.
- Як ключ у структурах з прямим доступом, він забезпечує ефективність і швидкість роботи алгоритмів.
- Як дескриптор [24], що передається або зберігається у вигляді єдиного рядка, він спрощує передачу об’єктів між різними частинами системи, забезпечуючи при цьому уніфікацію підходів до роботи з даними.

Цей метод дозволяє не лише уникнути зайвих ітерацій, а й формує єдину структурну основу для всієї системи гри. Логіка обробки ігрових подій суттєво спрощується: замість порівняння десятків параметрів достатньо співставити хеші. Це, у свою чергу, полегшує масштабування гри, спрощує відлагодження та

підтримку, а також відкриває можливості для складніших ігрових механік, де точність і швидкість доступу до даних критично важливі.

2.4.4 База даних та зберігання

У повній версії гри питання зберігання даних планується вирішувати за допомогою сучасних систем керування базами даних, серед яких найбільш доцільними виглядають PostgreSQL та SQLite [25-26]. Якщо проєкт функціонуватиме у клієнт-серверному середовищі, вибір, безумовно, схиляється на користь PostgreSQL. Ця система відзначається високим ступенем надійності, потужними можливостями масштабування та розвиненою інфраструктурою адміністрування — серед іншого, через такі інструменти, як pgAdmin. PostgreSQL дозволяє ефективно організовувати зберігання великих обсягів даних, забезпечуючи цілісність, безпеку та швидкий доступ, що критично важливо для багатокористувацьких ігор або проєктів із складною логікою.

Водночас, якщо мова йде про локальні або автономні версії гри, доцільною альтернативою є SQLite. Ця система ідеально підходить для сценаріїв, де немає необхідності у виділеному сервері бази даних. SQLite інтегрується безпосередньо в додаток, не потребує окремого розгортання серверної інфраструктури, а також має чудову сумісність із рушієм Godot, що додатково спрощує процес розробки та тестування.

На даному етапі, коли йдеться про створення демонстраційної версії гри, пріоритет надається простоті та гнучкості. Саме тому для зберігання даних обрано формат JSON. Такий підхід дозволяє зберігати всю інформацію щодо ігрових інгредієнтів, їхніх властивостей і рецептів у вигляді словників (Dictionary), які серіалізуються у JSON-файли. Це рішення забезпечує надзвичайну легкість у зміні структури даних, оперативне тестування нових механік, а також швидке внесення коректив без необхідності конфігурувати зовнішні сервіси чи залежати від інфраструктурних рішень.

Варто наголосити, що на початкових етапах розробки найбільшу цінність становлять швидкість і зручність доступу до даних у межах ітеративного

процесу. Максимізація ефективності обраної СКБД на цьому етапі не є пріоритетом — важливо мати інструмент, який дозволяє оперативно реагувати на зміни, швидко прототипувати нові ідеї та зберігати гнучкість у прийнятті рішень. У майбутньому, зі зростанням складності проєкту та збільшенням вимог до продуктивності й масштабованості, архітектурне рішення щодо зберігання даних може бути переглянуто. Можлива міграція на більш складну СКБД або впровадження гібридних підходів, які поєднують переваги різних технологій, з метою оптимізації роботи гри відповідно до нових потреб та викликів.

Отже, вибір технології для зберігання даних на різних етапах розробки зумовлений стратегічними міркуваннями — від прагматичної простоти на старті до прагнення масштабованості та ефективності на етапі виходу гри на ринок.

2.5 Подальший розвиток

Варто ще раз зауважити, що поточна версія проєкту — це, по суті, лише прототип, що ілюструє основну ідею, але ще далекий від завершеного продукту. Функціонал обмежений, тож давати глибоко спеціалізовані рекомендації наразі проблематично. Водночас, навіть поверхневий аналіз виявляє низку напрямів, які потребують суттєвого доопрацювання. Зокрема, йдеться про ігрову механіку, структуру інтерфейсу, систему збереження даних, а також повноцінну інтеграцію з рушієм гри. Без системних змін у цих сферах подальший розвиток проєкту неможливий.

Особливу увагу варто приділити роботі з четвертим виміром, оскільки саме ця концепція надає грі унікального характеру. Вивчення поведінки об'єктів у 4D-просторі, розробка правил їхніх зіткнень та створення коректної візуалізації таких процесів — це складні завдання не лише з технічної точки зору, а й з погляду сприйняття гравцями. Психологічний аспект взаємодії людини з багатовимірними просторами часто недооцінюють, хоча саме від

нього залежить, чи зможе гравець інтуїтивно зрозуміти запропоновану механіку, чи навпаки — відчує фрустрацію.

Збереження інтуїтивності ігрового процесу є критично важливим. Існує ризик, що надмірне ускладнення механік відштовхне широку аудиторію, перетворивши проект на надто складну для освоєння нішеву забаву. В цьому контексті доцільним виглядає підхід, за якого четвертий вимір розглядається як вісь часу. З огляду на вплив масової культури та наукової фантастики, більшість користувачів вже мають хоча б базове уявлення про час як координату. Такий підхід не тільки полегшує сприйняття ігрового світу, а й відкриває нові можливості для інтерактивності й сюжетних рішень.

У перспективі розвиток гри передбачає розширення механік алхімії, впровадження візуальної індикації змін у 4D-просторі, вдосконалення системи збереження та завантаження ігрових сесій, а також створення сучасного користувацького інтерфейсу. Додатково, важливо звернути увагу на аспекти, пов'язані з NPC, подорожами, квестами та іншими елементами, що забезпечують глибину ігрового процесу.

Загалом, системна робота у цих напрямках дозволить трансформувати поточну технічну демонстрацію у повноцінний ігровий продукт із розвиненою механікою та доступним, інтуїтивно зрозумілим ігровим досвідом. Це відкриє проєкту шлях до ширшої аудиторії та забезпечить потенціал для подальшого масштабування.

Висновок розділу “Проектування”

У процесі розробки авторської алхімічної гри були визначені основні завдання: реалізація навігації у чотиривимірному просторі, впровадження системи алхімічного змішування, а також розробка механік садівництва та текстових квестів. Було проведено аналіз можливих рушіїв, зокрема Godot та Three.js, із урахуванням особливостей візуалізації, продуктивності й гнучкості. В результаті, обрано Three.js завдяки його гнучкості у використанні для швидкої розробки прототипів.

Визначено базові структури даних: інгредієнт (Ingredient) як об'єкт із координатами у 4D-просторі та вагою, а також рецепт (Recipe) — як набір умов для змішування. Система комбінування ґрунтується на додаванні векторів та перевірці на допустимі відхилення, що забезпечує коректність алхімічних операцій. Здійснено розробку механізму генерації початкових інгредієнтів із поділом на «прості» і «круті», що дозволяє здійснювати контрольоване формування алхімічного простору.

У підсумку, спроєктовано фундамент гри, що поєднує строгі математичні структури з творчим підходом до візуалізації алхімії у багатовимірному просторі.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ

3.1 Графічний користувацький інтерфейс

Інтерфейс демонстраційної версії гри, по суті, складається з двох центральних елементів: карти та інвентаря. Кожен із них виконує свою унікальну роль у структурі ігрового процесу. Карта виступає як просторове середовище, де розгортаються основні дії гравця, а інвентар — це, по суті, інструментарій, який дозволяє гравцеві взаємодіяти з об'єктами й ресурсами.

Особливої уваги заслуговує базова механіка гри: комбінування інгредієнтів у чотиривимірному просторі. Такий підхід не просто ускладнює звичний геймплей, а й розширює уявлення про класичні механіки комбінування. Гравець змушений мислити не лише у тривимірних координатах, а й у додатковому вимірі, що стимулює розвиток просторової уяви й аналітичного мислення.

Цікаво, що навіть у демонстраційній версії ці елементи працюють як цілісна система, створюючи відчуття занурення. Можливість експериментувати з інгредієнтами й шукати нові комбінації мотивує гравця до дослідження, а взаємодія між картою та інвентарем — це своєрідний міст між теорією та практикою всередині ігрового світу. Такий дизайн не лише додає глибини, а й формує своєрідну навчальну платформу, де кожна дія має потенціал для відкриття чогось нового.

3.1.1 Карта

Карта у цьому випадку виступає не просто фоновим елементом, а складною проєкцією чотиривимірного простору, трансформованого у двовимірне зображення — власне, у вигляді кола, як проілюстровано на рисунку 3.1. Вона слугує інструментом для просторової навігації й візуалізації, надаючи гравцю можливість у реальному часі відстежувати розташування свого зілля у межах ігрового процесу. Динамічність інтерфейсу дозволяє обертати карту, змінюючи ракурс і поглиблюючи розуміння просторових взаємозв'язків, що особливо важливо для аналітичної роботи з ігровими механіками.

Особливу увагу заслуговують так звані «бульбашки рецептів». Це не просто декоративні елементи, а своєрідні маркери, які сигналізують про можливість отримання певного, вже відомого результату при завершенні створення зілля у визначеній точці простору. Таким чином, карта стає не лише інструментом навігації, а й засобом планування та оптимізації алхімічних експериментів: гравець отримує змогу свідомо обирати маршрут переміщення зілля з урахуванням власних цілей.

На рисунку 3.1 можна виділити кілька ключових компонентів:

1. **Карта:** Вона репрезентує чотиривимірний простір, у якому відбувається основна взаємодія.
2. **Бульбашки рецептів:** Ці елементи функціонують як підказки, вказуючи на позиції, де вже відкриті рецепти можуть бути повторно відтворені.
3. **Координати:** Система координат дозволяє точно фіксувати місцезнаходження зілля, що суттєво полегшує орієнтацію у просторі карти та сприяє більш свідомому управлінню процесом.
4. **Кнопка “Зварити”:** Завершальний етап створення зілля, після чого результат зберігається в інвентарі гравця.

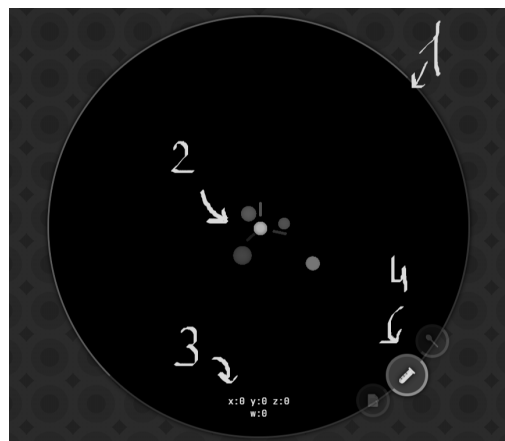


Рисунок 3.1. Карта котла з позначками

У нижній частині ігрової карти розташовується функціональна кнопка під назвою "Зварити". Її основна задача – завершувати процес створення зілля, після чого щойно отриманий об'єкт автоматично додається до інвентаря

користувача. Такий підхід не лише спрощує взаємодію гравця з ігровим інтерфейсом, а й підвищує ефективність керування ресурсами у грі.

Поруч із цією кнопкою відображаються координати, які дозволяють з високою точністю встановити просторове положення активного зілля. Така система координат має практичне значення для гравців: вона забезпечує можливість відстеження місцезнаходження створених об'єктів у розгалуженому ігровому світі, сприяє організації інвентаря і навіть може мати стратегічну цінність у випадках, коли розташування певного зілля впливає на подальший перебіг гри. З погляду дизайну, інтеграція координат і кнопки "Зварити" в одному інтерфейсному блоці підсилює зручність використання системи для кінцевого користувача, водночас дозволяючи гравцеві краще контролювати свої дії у віртуальному просторі..

3.1.2 Інвентар

Інвентар у цьому контексті виконує функцію централізованого сховища всіх наявних інгредієнтів, що значно оптимізує взаємодію користувача з ресурсами. У демонстраційному режимі реалізовано так званий «творчий режим» [27], завдяки якому всі базові інгредієнти вже доступні без необхідності їх поступового відкриття чи збору. Це дозволяє користувачеві зосередитись на вивченні механік інтерфейсу та експериментуванні з елементами гри, оминаючи рутинні дії, пов'язані з пошуком чи розблокуванням ресурсів.

Кожен інгредієнт у інвентарі представлений окремою панеллю (див. рис. 3.2), що містить розширену інформацію:

1. Назву та опис;
2. Кількість одиниць;
3. Індикатор позиції та ваги по осях;
4. Значення координати;
5. Значення ваги.

Такий підхід забезпечує не лише швидкий доступ до предметів, а й дає змогу аналізувати їх властивості та потенційну взаємодію у просторі гри. Особливо важливою є наявність координат і ваги, оскільки це може бути ключовим для симуляцій фізичних процесів, розрахунку балансу або інших механік, пов'язаних із розміщенням об'єктів.

Завдяки деталізованому відображенню параметрів інгредієнтів, користувач отримує змогу не лише ефективно керувати ресурсами, а й приймати обґрунтовані рішення під час створення чи комбінування нових об'єктів. Інвентар у такому вигляді не просто спрощує користування, а й формує підґрунтя для глибшого занурення у дослідницький чи творчий процес.

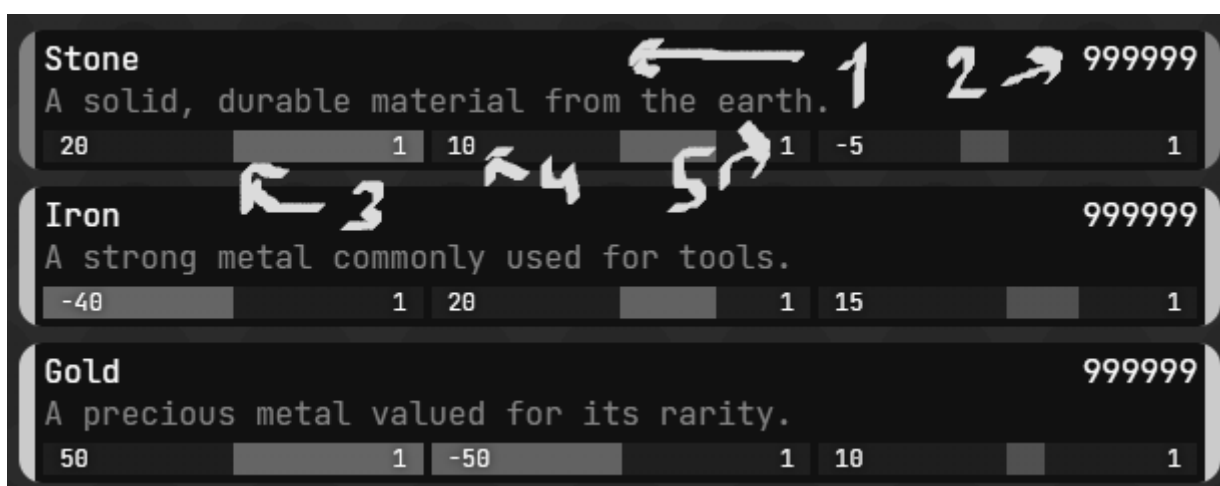


Рисунок 3.2. Частина інвентаря з позначками

Гравець отримує унікальну свободу дій: він може самостійно обирати будь-який інгредієнт із доступного набору та визначати його точну кількість для додавання до котла. Цей підхід не обмежує експериментатора суворими правилами чи шаблонами — навпаки, процес створення зілля стає багатовекторним і гнучким. Після додавання двох або більше інгредієнтів відкривається можливість приготувати зілля, а кінцевий результат формується залежно від комбінацій позицій та ваг кожного компонента. Таким чином, система допускає як передбачувані (для досвідченого гравця), так і абсолютно випадкові результати, що робить алхімічний процес не лише цікавим, а й непередбачуваним.

Завдяки такому інтерфейсу вдається реалізувати справжній експериментальний підхід до алхімії. Користувач не просто повторює відомі рецепти, а активно досліджує простір можливостей — шляхом спроб, помилок і власних відкриттів. Це стимулює когнітивну залученість, розвиває критичне мислення та навички аналізу. Відкриття нових рецептів стає інтерактивним досвідом, де гравець поєднує логіку, інтуїцію й елемент випадковості. Загалом, така система сприяє глибшому зануренню у світ гри, де алхімія стає не просто механікою, а цілим простором для творчості та самовираження.

3.2 Ігрова логіка

У демонстраційній версії цієї гри закладено по-справжньому нестандартний підхід до алхімії — тут вона розгортається у чотиривимірному просторі, що, погодьтеся, вже саме по собі інтригує. Кожен інгредієнт не просто має якусь там базову характеристику, а визначається цілим набором — двома чотиривимірними векторами: один з них описує позицію інгредієнта, інший — його вагу. Така концепція дозволяє створити надзвичайно гнучку систему розрахунків, у якій взаємодії між об'єктами виходять далеко за межі стандартних ігрових механік.

Чотиривимірний простір відкриває можливості для експериментів з ігровою фізикою, адже тут навіть найзвичніші дії — змішування, переміщення, балансування — отримують додатковий шар складності. Вектори позиції та ваги стають фундаментом для всіх математичних операцій: вони впливають на те, як інгредієнти реагують одне на одного, які властивості набувають при поєднанні, і навіть на те, як змінюється сам світ гри у відповідь на дії гравця.

Варто зауважити, що такий підхід не лише ускладнює геймплей, але й розширює простір для творчості — гравець отримує змогу експериментувати з комбінаціями, які в класичній алхімії були б просто неможливими. Це додає глибини ігровій механіці та задає новий рівень виклику для тих, хто прагне не

просто перемогти, а й розібратися у внутрішній логіці цього унікального ігрового світу.

3.2.1 Представлення інгредієнтів

У найпростішому вигляді кожен інгредієнт моделі можна описати як пару векторів — див. розділ 2.3.3. Перший із них, позиція (P), визначає точне розташування інгредієнта у чотиривимірному просторі, що дозволяє моделі враховувати складну структуру й взаємозв'язки в багатовимірних даних. Другий компонент — вага (W) — це вектор, який відіграє ключову роль у процесі додавання інгредієнтів: саме він визначає величину та напрямок зміщення у просторі при включенні нового елемента до системи. Такий підхід забезпечує гнучкість і точність маніпуляцій із складними структурами даних, дозволяючи моделі адаптуватися до різноманітних сценаріїв завдяки змінюваним позиціям і вагам компонентів.

3.2.2 Алгоритм поєднання

Після додавання хоча б двох інгредієнтів, користувач отримує можливість натиснути кнопку «Зварити», яка запускає основний процес створення зілля. На цьому етапі система обчислює нову координату — точку у чотиривимірному просторі, що слугує уявним відображенням результату хімічної взаємодії обраних компонентів. Такий підхід моделює складність реальних алхімічних процесів, де результат залежить не лише від самих інгредієнтів, а й від їхньої комбінації та пропорцій.

Варто зазначити: якщо отримана координата збігається, або знаходиться в межах допустимої похибки, з координатою рецепту — система ідентифікує цю комбінацію як валідну та присвоює гравцеві конкретний результат. Таким чином, механіка заохочує експериментування й творчий підхід: гравець може обирати різні шляхи, комбінувати інгредієнти в різних співвідношеннях, і кожна спроба відкриває нові потенційні комбінації зілля.

Ця система, по суті, використовує концепцію багатовимірного простору для представлення взаємодії інгредієнтів — що є цікавим прикладом застосування математичних моделей у гейміфікації процесів [28]. Подібний підхід стимулює гравця не просто повторювати завчені рецепти, а й досліджувати невідоме, залучаючи елементи дослідження, аналітики та навіть інтуїції..

3.2.3 Система результатів

У цій системі результати визначаються через чітко задані точки у чотиривимірному просторі — фактично, кожна з них фіксує окремий артефакт, наприклад, назву зілля чи певної речовини. Така структура дозволяє не просто створити перелік комбінацій, а й розгорнути ціле дерево можливостей, де кожен експеримент веде до нових і часто несподіваних результатів. Це спонукає користувачів до активного дослідження — експериментування стає не просто бажаним, а невід’ємною частиною процесу.

Відмова від жорстких шаблонів у побудові алхімічної системи забезпечує гнучкість і глибину: гравець або дослідник не обмежений наперед заданими алгоритмами, а має справжню свободу для пошуку унікальних рішень. Такий підхід сприяє розвитку креативного мислення, оскільки кожне нове поєднання може призвести до відкриття несподіваних властивостей чи ефектів. Зрештою, це сприяє формуванню більш складної й багатовимірної системи, здатної відобразити реальні процеси дослідження та експерименту в сучасній науці.

3.2.4 Урахування точності

Оскільки координати тут зберігаються у вигляді чисел з плаваючою комою, це створює певні складнощі під час їх порівняння — математичні похибки в обчисленнях можуть призводити до ледь помітних, але суттєвих розбіжностей. Саме тому для визначення збігу використовується допуск “R”. По суті, це певний поріг, який дозволяє системі трактувати координати як

“достатньо близькі”, навіть якщо вони не ідеально співпадають із еталонним значенням.

Цей підхід не лише компенсує можливі похибки, що виникають через обмежену точність чисел з плаваючою комою, а й забезпечує більшу гнучкість під час роботи із просторовими даними. Наприклад, якщо користувач знаходиться не у точці з абсолютно точними координатами рецепту, а в її околицях — система все одно розпізнає такий випадок як успішний збіг. Таким чином, допуск “R” фактично визначає радіус дії рецепту, тобто зону, в якій спрацьовує певна логіка або сценарій.

Більше того, гнучкість у виборі величини цього допуску дозволяє адаптувати систему до різних вимог точності, залежно від конкретного застосування. В одних випадках може бути доцільно встановити невеликий радіус для підвищення точності, в інших — навпаки, розширити його, щоб забезпечити більшу толерантність до відхилень. Такий підхід є досить типовим у роботі із просторовими або координатними даними, особливо коли важлива не абсолютна точність, а практична зручність та надійність системи.

3.3 Тестування

Тестування, безумовно, відіграє ключову роль у розробці, особливо коли йдеться про демонстраційну версію гри. Саме на цьому етапі важливо переконатися, що всі механіки працюють належним чином, і жодна частина геймплею не викликає неочікуваних збоїв чи багів. Якщо, наприклад, система алхімії реалізована некоректно, гравці можуть отримувати абсолютно нелогічні результати, що суттєво знижує довіру до гри та негативно впливає на перше враження від проєкту.

Демонстраційна версія часто стає першою точкою контакту аудиторії з новою грою, тож її якість прямо впливає на майбутній успіх продукту. Недостатньо просто впровадити основну ігрову логіку — необхідно впевнитися, що вона стабільно працює у різних ігрових сценаріях. Особливу увагу слід приділити саме тим елементам, які відрізняють гру від конкурентів,

наприклад, унікальній системі алхімії. Саме тестування дозволяє виявити недоліки, що не були помічені під час розробки, і уникнути ситуацій, коли гравець стикається з критичними помилками.

У підсумку, ретельне тестування демонстраційної версії не лише підвищує якість продукту, а й формує позитивний імідж розробників у очах спільноти та потенційних інвесторів.

3.3.1 Ручне тестування основних сценаріїв

У дослідженні основних функціональних сценаріїв гри основну увагу було приділено ретельній перевірці ключових ігрових механік. Зокрема, додавання інгредієнтів до казана відбувалося із застосуванням різноманітних комбінацій — це дозволило не лише протестувати стандартні кейси, а й виявити можливості створення нових, неочевидних зілля. Окремо перевірялась реакція системи на завершення процесу варіння: чи правильно система ідентифікує збіг координат отриманого зілля з існуючим рецептом та коректно формує результат.

Інтерфейс користувача тестувався з акцентом на ергономічність і точність відображення: була проаналізована робота інвентаря (зокрема — чи відображаються актуальні позиції й ваги інгредієнтів), а також функціональність інтерактивних елементів, таких як карта і кнопка “Зварити”. Важливо було не лише забезпечити відсутність явних збоїв, а й досягти інтуїтивності взаємодії для кінцевого користувача. Це дозволяє підвищити загальний рівень користувацького досвіду [29-30] та мінімізувати когнітивне навантаження під час ігрового процесу.

3.3.2 Виявлені помилки та їх усунення

В процесі тестування було ідентифіковано низку недоліків, вирішення яких сприяло підвищенню стабільності системи. Насамперед, спостерігалась некоректна візуалізація позицій інгредієнтів на карті — інгредієнти іноді “зміщувались” або зникали з очікуваної області. Для усунення цієї проблеми

було проведено ревізію алгоритму відображення координат, що дало змогу синхронізувати візуальні елементи з логічною моделлю даних.

Ще однією суттєвою проблемою стала некоректна обробка малих кількостей інгредієнтів, що проявлялась у неправильному розрахунку результату змішування. Для її вирішення було вдосконалено алгоритм змішування, зокрема — підвищено точність обчислень, що дозволило уникнути втрат даних у граничних випадках.

Окремо варто зазначити проблеми з інтерфейсом, зокрема — непередбачувану роботу кнопки “Зварити” у певних сценаріях. Після оновлення механізму обробки кліків у коді інтерфейсу було забезпечено стабільність роботи цієї функції, що позитивно вплинуло на цілісність користувацького досвіду.

3.3.3 Перевірка точності розрахунків

Точність математичних розрахунків є критичною для стабільності та передбачуваності ігрового процесу, оскільки навіть незначні відхилення можуть призвести до виникнення неочікуваних результатів або порушення балансу гри. В межах цього етапу було детально протестовано всі арифметичні операції, що застосовуються для визначення нових координат інгредієнтів. Застосовувалися як типові, так і граничні набори тестових даних, що дозволило виявити та усунути потенційні похибки у складних випадках.

Додатково було проведено порівняння отриманих результатів із заданими рецептурами, особливо для значень, що наближаються до меж точності. Це дозволило переконатися у відповідності фактичних результатів теоретичним очікуванням. Також було визначено допустимий рівень похибки для кожного типу розрахунків, що забезпечило контроль за якістю і стабільністю роботи системи в цілому.

Отже, багаторівнева система тестування, яка включає як ручні перевірки, так і глибокий аналіз усіх критичних компонентів, дає змогу не лише своєчасно

ідентифікувати та усувати помилки, а й забезпечує стійкість ігрової механіки до появи нових збоїв у майбутньому.

Висновок розділу “Реалізація та тестування”

У третьому розділі було здійснено практичну реалізацію основних компонентів авторської гри, спираючись на попередньо сформульовані проектні рішення. Основний акцент зроблено на технічній імplementації ігрових механік, розробці інтерфейсів, моделюванні логіки змішування інгредієнтів, а також на проведенні початкового тестування функціональності.

Створення інтерфейсу карти передбачало побудову навігаційного середовища із можливістю переміщення гравця у чотиривимірному просторі. З цією метою впроваджено абстрактну координатну систему, що дозволяє перемикатися між різними рівнями або станами ігрового світу. Кожен із вимірів впливає на доступність локацій, об'єктів та ігрових взаємодій, що забезпечує більш глибокий рівень взаємозв'язку між просторовими та геймплейними елементами.

Інвентар реалізовано як гнучку структуру, що підтримує предмети-інгредієнти, кожен із яких представлено у вигляді вектора (Vector4), що включає координати та вагу. Алхімічна система дозволяє комбінувати ці вектори за визначеними правилами — як аналітичними (арифметичні операції), так і евристичними (шаблони для створення спеціальних об'єктів). Реалізовано механізм визначення рецепту через порівняння отриманого результату з відомими формулами.

Ігрова логіка побудована на подієво-орієнтованому підході: дії гравця спричиняють зміни у ігровому середовищі. Передбачено базову інтерактивність із садовими об'єктами — гравець має змогу вирощувати рослини, комбінувати добрива, змінювати стан ґрунту та отримувати алхімічні реакції. Текстові квести організовано у вигляді послідовних вузлів, пов'язаних із параметрами локацій та інвентаря, що підвищує рівень нелінійності проходження.

На етапі тестування було перевірено працездатність усіх реалізованих механік у межах прототипу. Виявлені незначні помилки у логіці змішування та візуалізації векторних значень оперативно виправлено. Загалом система продемонструвала стабільність, а основні компоненти — сумісність і потенціал до масштабування у подальшій розробці.

ВИСНОВКИ

У цій роботі висвітлюється створення авторської алхімічної гри з новаторськими механіками: 4D-навігацією, оригінальною системою змішування інгредієнтів і текстовими квестами. Дослідження структуровано у три основні розділи: теоретичне підґрунтя, етап проєктування та реалізацію з подальшим тестуванням.

Перший розділ присвячено аналізу сучасного стану ігрової індустрії, особливостей інтеграції алхімії в ігровий процес, а також докладному розгляду концепції 4D-навігації як засобу поглиблення ігрового досвіду. Тут сформовано теоретичну базу, визначено мотивацію та цілі проєкту, а також обґрунтовано важливість поєднання просторових і логічних механік.

Другий розділ акцентує увагу на проєктуванні гри: виборі рушія (розглядалися Godot і Three.js як основні), структуризації основних ігрових об'єктів (інгредієнтів, рецептів), розробці механік змішування та алгоритмів взаємодії. Був розроблений чіткий план архітектури, що враховує складні та варіативні алхімічні процеси, а також особливості 4D-простору.

У третьому розділі описано практичну реалізацію архітектури: розробку інтерфейсів карти й інвентаря, впровадження алгоритмів змішування інгредієнтів, логіки текстових квестів, а також тестування й відлагодження системи. Окрема увага приділена забезпеченню інтерактивності та нелінійності, що підвищує глибину та цікавість ігрового процесу.

Загалом, у роботі успішно реалізовано поставлені цілі: створено ігровий прототип з унікальними механіками, які поєднують просторові виміри, алхімічні експерименти та текстову взаємодію. Проєкт відкриває перспективи для подальшого розвитку у напрямках розширення геймплею, удосконалення графіки, впровадження багатокористувацьких режимів і поглиблення сценаріїв.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. gameopedia.com – The Ultimate Guide To Video Game Genres: Сайт присвячений відеоіграм
URL: <https://gameopedia.com/blogs/the-ultimate-guide-to-video-game-genres> (дата звернення: 25.04.2025).
2. uswitch.com – Video game genres: every game type explained: Мільтифункціональна платформа
URL: <https://www.uswitch.com/broadband/guides/video-game-genres/> (дата звернення: 25.04.2025).
3. inworld.ai – What is an NPC? Tracing the history (and future) of NPC meaning in games, memes, and Tik Tok
URL: <https://inworld.ai/blog/what-is-an-npc-tracing-the-history-and-future-of-npc-meaning-in-games-memes-and-tik-tok> (дата звернення: 25.04.2025).
4. AI Dungeon – Text-based Adventure Platform: Платформа для інтерактивних текстових пригод
URL: <https://aidungeon.com> (дата звернення: 25.04.2025).
5. Interactive Fiction Technology Foundation – Text Adventures History: Історія текстових пригод та їх еволюція
URL: <https://iftechfoundation.org/> (дата звернення: 25.04.2025).
6. Potion Craft – Official Website: Інді-гра про створення зілля з реалістичною механікою
URL: <https://www.potioncraft.com> (дата звернення: 25.04.2025).
7. Noita Wiki – Comprehensive Guide: Вікіпедія, присвячена механікам та геймплею Noita
URL: https://noita.fandom.com/wiki/Noita_Wiki (дата звернення: 25.04.2025).
8. Opus Magnum Wiki – Game Mechanics: Деталі ігрової механіки Opus Magnum
URL: https://opus-magnum.fandom.com/wiki/Opus_Magnum_Wiki (дата звернення: 25.04.2025).
9. MDN Web Docs – BigInt: Опис типу даних BigInt в JavaScript для роботи з великими числами
URL: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript/Reference/Global_Objects/BigInt (дата звернення: 25.04.2025).
10. Godot Engine – Official Website: Офіційний сайт движка Godot для розробки ігор
URL: <https://godotengine.org> (дата звернення: 25.04.2025).
11. Unity – Official Website: Платформа Unity для створення ігор
URL: <https://unity.com> (дата звернення: 25.04.2025).

12. Unreal Engine – Official Website: Ресурс Epic Games для Unreal Engine
URL: <https://www.unrealengine.com/en-US> (дата звернення: 25.04.2025).
13. Three.js – Documentation: Бібліотека JavaScript для 3D-графіки у браузері
URL: <https://threejs.org> (дата звернення: 25.04.2025).
14. GitHub Pages – Official Site: Сервіс для хостингу статичних сайтів з GitHub
URL: <https://pages.github.com> (дата звернення: 25.04.2025).
15. NVK Vvilshanka – Зважене середнє: Опис поняття зваженого середнього в статистиці
URL:
<https://nvk-vvilshanka.com.ua/yaka-riznicya-mizh-serednim-i-serednozvazhenim/>
(дата звернення: 25.04.2025).
16. ScienceDirect – Optimization Algorithm Based on Weighted Mean of Vectors: Опис алгоритму INFO із застосуванням зваженого середнього
URL: <https://sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417422000173> (дата звернення: 25.04.2025).
17. Springer – Weighted Mean of Vectors Algorithm with Neighborhood Interaction: Покращення алгоритму INFO із врахуванням сусідніх векторів
URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10489-024-05889-x> (дата звернення: 25.04.2025).
18. GitHub – petersmagnusson/base62: Алгоритм кодування та декодування даних у форматі base62 з використанням BigInt
URL: <https://github.com/petersmagnusson/base62> (дата звернення: 25.04.2025).
19. DEV Community – What is Base62 Conversion?: Огляд концепції base62-кодування та приклади реалізації
URL: <https://dev.to/joshduffney/what-is-base62-conversion-13o0> (дата звернення: 25.04.2025).
20. npmjs – @sindresorhus/base62: Бібліотека для компактного кодування у форматі base62
URL: <https://npmjs.com/package/%40sindresorhus/base62> (дата звернення: 25.04.2025).
21. Stack Overflow – Good way to hash a float vector?: Обговорення методів хешування векторів з плаваючою точкою, включаючи квантування та використання гіперкубів
URL:
<https://stackoverflow.com/questions/650175/good-way-to-hash-a-float-vector>
(дата звернення: 25.04.2025).
22. GitHub – vitali-fedulov/hyper: Інструмент для хешування N-вимірних векторів з плаваючою точкою
URL: <https://github.com/vitali-fedulov/hyper> (дата звернення: 25.04.2025).

23. Stack Overflow – Hashing 2D, 3D and nD vectors: Обговорення варіантів хешування багатовимірних векторів
URL: <https://stackoverflow.com/questions/5928725/hashing-2d-3d-and-nd-vectors> (дата звернення: 23.04.2025).
24. В Машкіна, ВО Абрамов, ТІ Носенко, ЄВ Іваніченко. Навчально-методичний посібник до виконання і захисту кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальностей 122 Комп'ютерні науки для здобувачів вищої освіти денної форми навчання, Київський столичний університет імені Бориса Грінченка. Київ, 2024.- 43 с.
25. Теоретичні та практичні аспекти використання математичних методів та інформаційних технологій в освіті й науці: моногр. / за заг. ред. О. Литвин. — К.: Київ. ун-т ім. Б. Грінченка, 2021. — 332 с.
26. Яскевич, Владислав Олександрович (2023) *JavaScript бібліотека React Навчальний посібник для студентів спеціальності Комп'ютерні науки* Київський університет імені Бориса Грінченка, Україна, Київ. <https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/48587/>
27. 3.13.3 Documentation » Python HOWTO » Descriptor Guide
URL: <https://docs.python.org/uk/3.13/howto/descriptor.html> (дата звернення: 4.05.2025).
28. PostgreSQL Documentation – Official Site: Офіційна документація системи керування базами даних PostgreSQL
URL: <https://www.postgresql.org/docs/> (дата звернення: 25.04.2025).
29. SQLite Documentation – Official Site: Офіційна документація SQLite, вбудованої бази даних
URL: <https://sqlite.org/docs.html> (дата звернення: 25.04.2025).
30. Minecraft Wiki – Creative Mode: Опис творчого режиму в Minecraft, як приклад геймплейної механіки
URL: https://minecraft.fandom.com/wiki/Creative_mode (дата звернення: 10.05.2025).
31. excited.agency – Гейміфікація UX: що, чому і як
URL: <https://www.excited.agency/ua/blog/gamification-ux> (дата звернення: 25.04.2025).
32. Nielsen Norman Group – UX Basics: Основи користувацького досвіду та дизайн взаємодії
URL: <https://www.nngroup.com/articles/definition-user-experience/> (дата звернення: 4.05.2025).

33. smartico.ai – Найсучасніші концепції гейміфікації UX для вашого веб-сайту
URL: <https://www.smartico.ai/uk/blog-post/ux-gamification-concepts> (дата
звернення: 4.05.2025).