

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА

Факультет прикладної математики та інформатики

(повне найменування назва факультету)

Кафедра програмування

(повна назва кафедри)

Дипломна робота

«Розробка гри для моделювання розвитку суспільства/цивілізації з використанням нейронних мереж»

Виконав: студент групи ПМі-41с
спеціальності

122 «Комп'ютерні науки»

(шифр і назва спеціальності)

Вдовіцин А. А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Глова А. Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Музичук Ю. А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА

Факультет Прикладної математики та інформатики _____

Кафедра програмування _____

Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки» _____

(шифр і назва)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри _____

"31" серпня 2022 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Вдовіцину Андрію Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка гри для моделювання розвитку суспільства/цивілізації з використанням нейронних мереж

керівник роботи Глова Андрій Романович, доктор філософії

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

затверджені Вченою радою факультету від "**13" вересня 2022 року № 15**

2. Строк подання студентом роботи **13.06.2023р.**

3. Вихідні дані до роботи Література та інтернет-ресурси за тематикою роботи

4. Зміст дипломної роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

а) проаналізувати ігрову механіку та правила «Settlers of Catan»

б) продемонструвати дизайн та інтерфейс розробленої гри

в) розробити та реалізувати архітектуру нейронної мережі

г) описати навчання нейронної мережі

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Зображення екрану розробленої гри

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання **31 серпня 2022 р.**

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз предметної області	вересень	Виконано
2	Постановка задачі	жовтень	Виконано
3	Дослідження засобів програмування та вибір середовищ розробки, необхідних для реалізації гри	листопад	Виконано
4	Розробка гри «Settlers of Catan»	грудень-січень	Виконано
5	Ознайомлення з літературою та дослідження у галузі нейромереж	лютий	Виконано
6	Розробка архітектури та підключення нейромережі	березень	Виконано
7	Навчання нейромережі	квітень	Виконано
8	Аналіз результатів	травень	Виконано
9	Оформлення дипломної роботи	червень	Виконано

Студент _____ **Вдовіцин А. А.**
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ **Глова А. Р.**
 (підпис) (прізвище та ініціали)

АВТОРЕФЕРАТ

Дипломної роботи Вдовіцина Андрія Андрійовича «Розробка гри для моделювання розвитку суспільства/цивілізації з використанням нейронних мереж»

Роботу виконано на кафедрі програмування факультету прикладної математики та інформатики Львівського національного університету імені Івана Франка.

Ця дипломна робота зосереджена на розробці гри на платформі Unity, яка моделює розвиток суспільства/цивілізації за допомогою нейронних мереж. У проекті використовується популярна гра «Settlers of Catan» як основа для моделювання складної суспільної динаміки та процесів прийняття рішень. Завдяки інтеграції нейронних мереж гра включає в себе супротивників зі штучним інтелектом.

Цей проект має подвійні цілі: по-перше, дослідити потенціал нейронних мереж у підвищенні стратегічної глибини та занурення ігрового процесу; і по-друге, сприяти розвитку досліджень ШІ та застосувань у сфері розробки ігор. Архітектура нейронної мережі розроблена для навчання та адаптації до різних ігрових сценаріїв, дозволяючи супротивникам ШІ приймати розумні рішення та демонструвати поведінку, схожу на людину.

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів та висновків. У вступі наведено мету роботи, обґрунтовано її актуальність та практичне значення. Перший розділ містить короткий опис проекту та цілі дослідження. Другий розділ присвячений огляду настільної гри «Settlers of Catan». Він містить пояснення ігрової механіки, правил і стратегій, наголошуючи на ключових елементах та служить основою для розуміння аспектів, які будуть змодельовані за допомогою нейронних мереж. У третьому розділі обговорюється дизайн та інтерфейс розробленої гри. Четвертий розділ охоплює загальну структуру та тестування проекту. Також, у цьому розділі висвітлюється інтеграція нейронних мереж та використовувани технології. У висновках підсумовано результати роботи.

Результати та висновки цієї роботи сприяють розумінню того, як нейронні мережі можна ефективно використовувати для моделювання суспільного розвитку в контексті ігор. Проект демонструє потенціал інтеграції штучного інтелекту для створення складних ігрових процесів, а також прокладає шлях для майбутніх досягнень у дослідженні штучного інтелекту в іграх.

ЗМІСТ

ВСТУП	2
1 ОПИС	3
1.1 Цілі дослідження	3
2 ОГЛЯД ГРИ: SETTLERS OF SATAN	4
2.1 Аналіз ігрової механіки, правил і стратегій	4
2.2 Основні правила гри	4
2.3 Визначення ключових елементів для моделювання суспільного/цивілізаційного розвитку	5
3 ДИЗАЙН І АРХІТЕКТУРА ГРИ	7
3.1 Інтерфейс та вікна гри	7
4 ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ	10
4.1 Структура проєкту	10
4.2 Тестування	12
4.3 Нейромережі	13
4.3.1 Реалізація та підключення нейронної мережі	13
4.3.2 Навчання нейронної мережі	14
4.4 Технології та середовища розробки	16
4.4.1 Unity	16
4.4.2 Blender	16
4.4.3 C#	16
4.4.4 Visual Studio	16
4.4.5 Unity Test Framework	16
4.4.6 ML-Agents	16
5 ВИСНОВОК	18
6 СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	20

ВСТУП

Швидкий розвиток штучного інтелекту (ШІ) і його потенціал для моделювання складних систем відкрив нові горизонти для розробки ігор та представляє новий і передовий підхід до розробки ігор та інтеграції штучного інтелекту. Це дослідження спрямоване на вивчення інтеграції технологій ШІ, зокрема нейронних мереж, у гру, яка моделює розвиток суспільства чи цивілізації. Використовуючи потужність нейронних мереж, цей проєкт прагне покращити ігровий процес, створюючи адаптивних супротивників зі штучним інтелектом у відомій настільній грі «Settlers of Catan».

Важливість та актуальність цього дослідження полягає в перетині розробки ігор, ШІ та моделювання розвитку суспільства. Цей проєкт пропонує можливість дослідити потенціал нейронних мереж у моделюванні складної суспільної динаміки, процесів прийняття рішень і стратегічного мислення. Моделюючи розвиток суспільства чи цивілізації, гравці можуть заглибитися в динамічний і захоплюючий ігровий процес, де супротивники штучного інтелекту приймають рішення на основі вивчених шаблонів, що сприяє створенню більш реалістичного та складного ігрового середовища.

Практичне застосування полягає в можливостях застосування результатів цього дослідження в складніші проєкти розробки ігор і навіть можливістю вийти за межі ігрової індустрії у інші сфери суспільства.

Основна мотивація цього дослідження пов'язана зі зростаючим попитом на ігровий досвід на базі штучного інтелекту, який забезпечує адаптованих супротивників. Завдяки інтеграції нейронних мереж супротивники ШІ в грі можуть вчитися на минулому досвіді, адаптуватися до різних ігрових ситуацій і приймати рішення, які відповідають стратегічному плануванню та управлінню ресурсами. Ця інтеграція не тільки покращує ігровий процес, але й демонструє потенціал технологій ШІ для симуляції та моделювання складних систем.

Метою цього дослідження є розробка гри на Unity, яка надасть платформу для вивчення взаємодії між ШІ, розвитком суспільства/цивілізації та прийняттям стратегічних рішень. Створюючи середовище, де супротивники зі штучним інтелектом демонструють інтелектуальну поведінку, гравці можуть зануритися у складну та спонукаючу до роздумів гру.

Підсумовуючи, це дослідження спрямоване на об'єднання областей розробки ігор, штучного інтелекту та моделювання суспільства шляхом розробки гри на платформі Unity.

1 ОПИС

Проект спрямований на розробку гри на Unity під назвою «Settlers of Catan», яка моделює розвиток суспільства/цивілізації за допомогою нейронних мереж. Завдяки цілісній інтеграції нейронних мереж у Unity проект прагне створити реалістичне та привабливе середовище, яке відображає складнощі суспільного розвитку та надає гравцям захоплюючий і складний ігровий процес. Проект має бути розроблений із врахуванням сучасних тенденцій розробки та дизайну.

1.1 Цілі дослідження

Цілі цього дослідження наступні:

1. Проаналізувати ігрову механіку та правила «Settlers of Catan», щоб визначити ключові елементи для моделювання суспільного/цивілізаційного розвитку.
2. Розробити гру «Settlers of Catan» на платформі Unity. Гра повинна бути зі зручним інтерфейсом та містити реалізацію усіх стандартних правил «Settlers of Catan» (будівництво, торгівля, тощо), забезпечуючи гравцям захоплюючі враження, та зручний інтерфейс.
3. Розробити та реалізувати архітектуру нейронної мережі, придатну для прийняття рішень ШІ в грі.
4. Навчити нейронну мережу за допомогою зібраних даних, щоб забезпечити адаптивне прийняття рішень.
5. Інтегрувати навчену нейронну мережу в ігровий проект Unity та оцінити покращений досвід гри з опонентами ШІ.

Досягнувши цих цілей, ми можемо зробити свій внесок у розвиток ігрового досвіду на основі штучного інтелекту, одночасно досліджуючи потенціал нейронних мереж у моделюванні та розумінні складних систем.

2 ОГЛЯД ГРИ: SETTLERS OF CATAN

«Settlers of Catan» — популярна стратегічна настільна гра, розроблена Клаусом Тойбером. У неї грають від двох до чотирьох гравців, які беруть на себе ролі поселенців на острові Катан. Мета гри — ефективно використовувати ресурси, засновувати поселення та міста, торгувати, будувати дороги та накопичувати переможні бали, щоб стати домінуючою силою на острові.

2.1 Аналіз ігрової механіки, правил і стратегій

Гра розгортається на гексагональній сітці, яка представляє різні місцевості, такі як поля, ліси, пагорби, гори та пасовища. Кожна місцевість виробляє певні ресурси, включаючи пшеницю, деревину, цеглу, руду та овець відповідно. Гравці збирають ресурси, стратегічно розміщуючи поселення поруч із цими територіями, і розширюють свій вплив, будуючи дороги та додаткові поселення.

Центральне місце в ігровому процесі «Settlers of Catan» займає механізм торгівлі. Гравці можуть вести переговори та торгувати ресурсами один з одним, сприяючи взаємодії, союзам і суперництву. Доступність і розподіл ресурсів у поєднанні з прийняттям стратегічних рішень сильно впливають на прогрес гравця в грі. Складна взаємодія управління ресурсами, торгівлі та стратегічного вибору робить «Settlers of Catan» захоплюючою та динамічною грою.

2.2 Основні правила гри

Основні правила гри "Settlers of Catan" наступні:

1. Початок гри: Грають четверо гравців. Кожен гравець отримує по 2 селища, 2 дороги і ресурсні картки, що відповідають їх початковим селищам. Селища повинні розташовуватися на різних перетинах доріг. Гральна дошка складається з шестикутних плиток, які випадковим чином розміщуються під час початку гри, встановлюючи розташування ресурсів.
2. Розташування ресурсів: Кожна ресурсна плитка на дошці має число від 2 до 12, яке вказує, коли цей ресурс може бути зібраний. На початку гри гравці ставлять селища поруч з ресурсними плитками. Кожне селище приносить ресурси, коли число на його ресурсній плитці співпадає з сумою чисел, викинутих на двох гральних кубиків.

3. Збирання ресурсів: Кожен гравець збирає ресурси відповідно до ресурсних плиток, з якими вони мають селища. Наприклад, якщо ви маєте одне селище поруч з лісом, то ви отримаєте одну деревину.
4. Торгівля: Гравці можуть торгувати ресурсами між собою. Вони можуть пропонувати обмін одного ресурсу за інший або за комбінацію ресурсів. Торгівля може відбуватися на власних умовах між гравцями, але також може бути використана офіційна система торгівлі грошима - обмін ресурсів за курсом 4 до 1. Проте якщо гравець розмістить поселення на спеціальних перетинах (портах), то курс може покращуватись.
5. Будівництво та розвиток: Гравці можуть будувати селища, міста і дороги за допомогою ресурсів. Місто може бути побудоване тільки на місці селища. Селища дають один ресурс, коли відповідне число випаде на кидку кубика, а місто дає два. Дороги дозволяють розширювати володіння і будувати нові селища. Селище не може бути побудованим поруч з іншим селищем або містом.
6. Грабіжники: Коли гравець на кубиках викидає 7, гравці ресурси не отримують, проте дається можливість цьому гравцю розмістити грабіжника біля поселення іншого гравця, і отримати від нього один ресурс.
7. Отримання перемоги: Гра продовжується до тих пір, поки один з гравців не набере 10 переможних очок. Очки можна отримати за будівництво селищ, міст і отриманням спеціальних досягнень - найбільшої армії, найдовшої дороги, розвитку торгівлі.

2.3 Визначення ключових елементів для моделювання суспільно-го/цивілізаційного розвитку

З точки зору суспільного/цивілізаційного розвитку, «Settlers of Catan» втілюють кілька ключових елементів. Гравці повинні ретельно розпоряджатися своїми ресурсами, щоб розвивати і розширювати свої поселення в міста, що приносить більше ресурсів і переможних очок. У грі імітується конкуренція за обмежені ресурси, встановлення торговельних шляхів і потреба у стратегічному плануванні та навичках ведення переговорів. Успішні гравці повинні збалансувати короткострокові досягнення з довгостроковим розвитком, адаптувати свої стратегії відповідно до мінливих обставин і взаємодіяти з іншими гравцями, щоб оптимізувати свій прогрес.

Розуміння тонкощів ігрової механіки, правил і стратегій має вирішальне значення для

ефективного моделювання аспектів суспільного/цивілізаційного розвитку в грі. Використовуючи нейронні мережі, це дослідження спрямоване на покращення можливостей прийняття рішень супротивниками ШІ в «Settlers of Catan». Супротивники зі штучним інтелектом навчатимуться на минулому досвіді, оцінюватимуть доступність ресурсів, аналізуватимуть стратегічні можливості та прийматимуть розумні рішення, які імітуватимуть людську поведінку та створюватимуть складний і захоплюючий ігровий процес.

3 ДИЗАЙН І АРХІТЕКТУРА ГРИ

Гра складається з різних компонентів, які сприяють моделюванню суспільства/цивілізації в ігровому процесі. Ці компоненти включають представлення ресурсів, поселень, міст, доріг і шестикутну сітку, що представляє острів Катан. Кожен компонент взаємодіє з іншими, імітуючи динаміку збору ресурсів, торгівлі та розширення поселень. Інтеграція нейронних мереж покращує процес прийняття рішень опонентами ШІ, роблячи їх чутливими до мінливих умов і конкурентоспроможними у своїх стратегіях.

Крім того, дизайн гри містить елементи стратегії, управління ресурсами та переговорів. Гравці повинні розробити стратегію розміщення своїх поселень, ефективно керувати своїми ресурсами та брати участь у торгівлі з опонентами ШІ. Механіка ігрового процесу заохочує взаємодію, створення альянсу та прийняття тактичних рішень. Симулюючи ці аспекти суспільного розвитку, гра надає гравцям реалістичний і захоплюючий досвід, який відображає складність прийняття стратегічних рішень у реальному світі.

Архітектура гри реалізована за допомогою ігрового двигуна Unity, який використовує його надійні функції для візуалізації графіки, симуляції фізики та дизайну інтерфейсу користувача. Unity надає гнучке та інтуїтивно зрозуміле середовище розробки, що дозволяє інтегрувати нейронні мережі та створювати візуально привабливу та інтерактивну гру. Архітектура гри розроблена з урахуванням модульності та масштабованості, що передбачає можливі майбутні розширення, оновлення та вдосконалення.

Загалом, дизайн та архітектура гри на Unity поєднує в собі елементи нейронних мереж, моделювання суспільства/цивілізації та стратегічний геймплей. Завдяки інтеграції цих компонентів гра пропонує гравцям динамічний і захоплюючий досвід, де супротивники ШІ демонструють розумну поведінку, а гравці можуть брати участь у складних процесах прийняття рішень у контексті суспільного розвитку.

3.1 Інтерфейс та вікна гри

Перше вікно гри служить етапом налаштування, що дозволяє гравцям налаштувати свій ігровий досвід перед початком нової гри «Settlers of Catan». У цьому вікні кожен гравець може вибрати бажаний колір із низки варіантів. Ця функція налаштування дозволяє гравцям візуально виділити себе під час гри. Гравці мають можливість призначити одного або кількох гравців супротивниками, керованими штучним інтелектом. Вони можуть увімкнути або вимкнути керування ШІ для певних гравців, вказавши, чи хочуть вони, щоб штучний інтелект гри контролював їхні дії, також вони можуть змінювати імена за замовчуванням, призначе-

ні кожному гравцеві. Це дозволяє персоналізувати та додає нотку індивідуальності ігровому досвіду. Після того, як гравці виберуть колір, контролер ІІІ та змінять імена гравців, вони можуть натиснути кнопку «Почати гру», щоб розпочати гру з вибраними налаштуваннями.

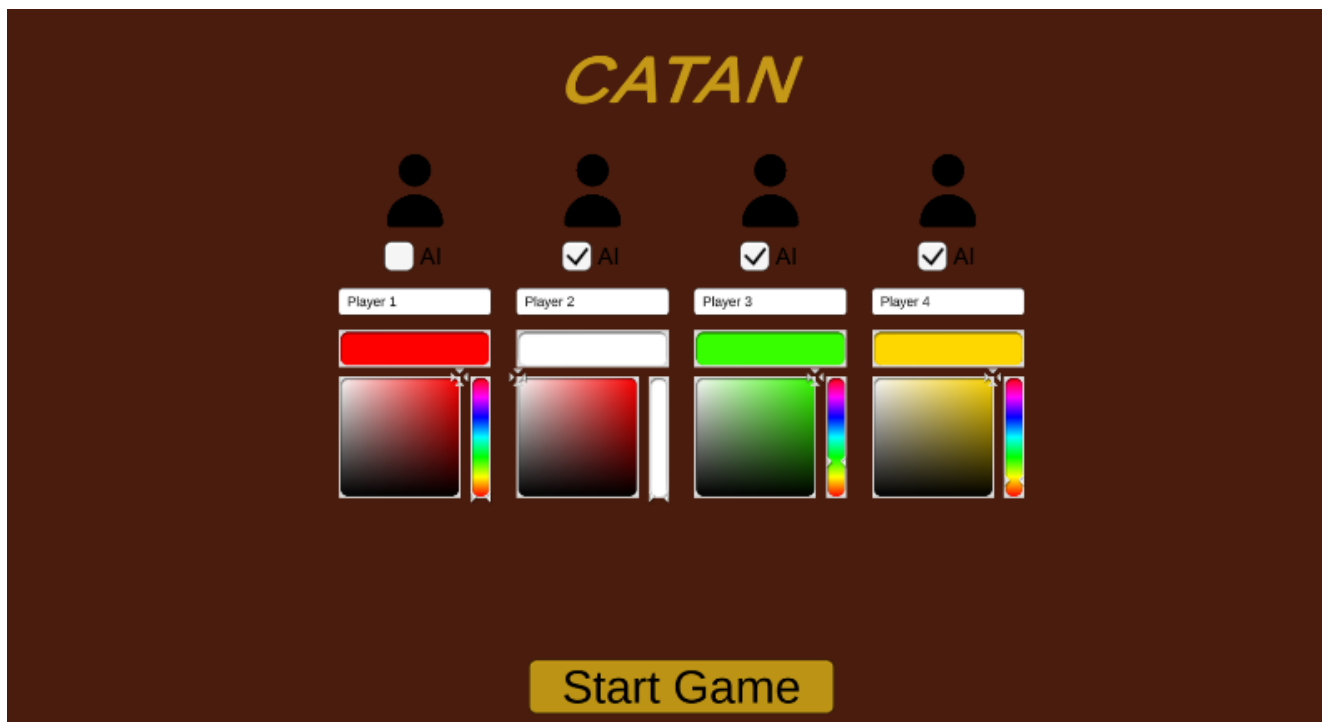


Рис. 1: Стартовий екран

У другому вікні гри відбувається ігровий процес у грі. Це вікно надає гравцям динамічний та інтерактивний інтерфейс, який відображає суть ігрового світу. Дозволяється обертання камери навколо дошки. Ось опис ключових елементів і функцій, які містяться в цьому вікні:

- **Ігрова дошка.** Ігрова дошка розміщена на видному місці, де представлені шестикутні плитки, що представляють різні типи місцевості, такі як ліси, гори, поля та інші. Дошка служить центральною ігровою зоною, де гравці стратегічно розміщують поселення, міста та дороги.
- **Ресурси.** Інвентар ресурсів гравця видно на екрані, показуючи його поточні запаси ресурсів, таких як ліс, цегла, пшениця, руда та вівці.
- **Індикатор кидка кубика.** Віртуальний кидок кубика визначає результат виробництва ресурсів. Отримане число визначає, які шестикутні плитки дають ресурси гравцям із сусідніми поселеннями.
- **Інформація про гравців.** Відповідна інформація про кожного гравця, наприклад доступні переможні очки, кількість ресурсів, довжина найдовшої дороги, тощо.

- **Статистика гравця.** Інформація про володіння портами гравця, кількість доріг, селищ та міст.
- **Елементи керування грою.** Кнопка центрування камери та кнопка наступної дії/завершення ходу.



Рис. 2: Інтерфейс гри

4 ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ

4.1 Структура проєкту

Проєкт складається з кількох папок:

- **Assets** - ця папка містить усі ігрові ресурси, такі як 3D-моделі, текстури, аудіофайли та анімації.
- **Scripts** - містить файли коду гри, включаючи сценарії C# для керування процесом гри, поведінкою ШІ, взаємодією інтерфейсу користувача та іншими функціями.
- **Scenes** - ця папка містить файли сцен гри, які представляють різні ігрові екрани, які можна відтворити.
- **UI** - зберігає елементи інтерфейсу користувача, включаючи панелі, кнопки, меню та інші візуальні компоненти, які дозволяють гравцям взаємодіяти з грою.
- **Materials** - у цій папці зберігаються файли матеріалів, які використовуються для призначення текстур і шейдерів ігровим об'єктам, покращуючи їх візуальний вигляд.
- **Prefabs** - попередньо налаштовані ігрові об'єкти, екземпляри яких можна створити в грі. Ця папка зберігає готові файли багаторазового використання для легкого доступу та розміщення в сценах.
- **Textures** - містить файли текстур, які використовуються для застосування візуальних деталей і властивостей поверхні до 3D-моделей і елементів інтерфейсу користувача.
- **Models** - зберігаються файли 3D-моделей.
- **Shaders** - містить файли шейдерів, які визначають, як матеріали та об'єкти відображаються в грі, керуючи освітленням, тінями та візуальними ефектами.
- **AI** - папка призначена для зберігання файлів, пов'язаних зі ШІ, зокрема моделей нейронних мереж, навчальних даних і сценаріїв для керування поведінкою ШІ.
- **Plugins** - папка Плагіни містить зовнішні плагіни або бібліотеки, які використовуються в проєкті для додаткових функцій або інтеграції зі сторонніми системами.
- **Resources** - використовується для зберігання додаткових ресурсів або файлів, які потрібно динамічно завантажувати під час виконання.

- **Editor Default Resources** - ця папка містить ресурси за замовчуванням, які використовуються редактором Unity під час розробки, наприклад значки за замовчуванням або макети.
- **Packages** - містить імпортовані пакети Unity, які надають додаткові функції проєкту.
- **LightingData** - використовується для зберігання попередньо обчислених файлів даних освітлення, які оптимізують відтворення освітлення та тіней у грі.
- **Libraries** - зберігає зовнішні бібліотеки, які використовуються в проєкті.
- **Tests** - містить автоматизовані тестові сценарії та тестові дані, які використовуються для модульного тестування та перевірки якості коду гри.

4.2 Тестування

Для тестування проєкту застосовуються Unity Test Framework. Це дозволило створити та запускати автоматичні тести для перевірки функціональності та поведінки свого коду, що забезпечило стабільність і якість своєї гри.

4.3 Нейромережі

4.3.1 Реалізація та підключення нейронної мережі

Реалізація нейронної мережі є ключовим компонентом гри, оскільки вона дозволяє супротивникам штучного інтелекту приймати адаптивні рішення в контексті розвитку суспільства/цивілізації.

Архітектура нейронної мережі розроблена для обробки відповідних вхідних даних від компонентів гри, таких як доступність ресурсів, стан дошки та динаміка торгівлі, і створення відповідних дій як вихідних даних.

Для реалізації нейромережі було використано набір інструментів Unity, а саме ML-Agents.

Архітектура складається з трьох рівнів - вхідний, прихований і вихідний рівень, з різними функціями активації для забезпечення нелінійного прийняття рішень.

Нейронна мережа навчається за допомогою набору даних, зібраного в процесі гри. Набір даних містить пари введення-виведення, де вхідні дані представляють поточний стан гри, а виходи представляють оптимальні дії, які мають виконати супротивники ШІ. Алгоритми навчання, такі як зворотне поширення та стохастичний градієнтний спуск, використовуються для ітеративного коригування вагових коефіцієнтів і зміщень мережі, оптимізуючи її продуктивність. Процес навчання спрямований на мінімізацію різниці між прогнозованими діями мережі та бажаними діями на основі набору даних.

Під час гри навчена нейронна мережа взаємодіє з компонентами гри в режимі реального часу. Він отримує вхідні дані від поточного стану гри, обробляє інформацію через свої рівні та генерує вихідні дані, що представляють дії опонентів ШІ. Потім ці дії застосовуються до гри, впливаючи на процес прийняття рішень опонентами ШІ та формуючи їхню поведінку протягом гри. Здатність нейронної мережі вчитися на минулому досвіді та адаптуватися до мінливих умов дозволяє супротивникам ШІ демонструвати стратегічне мислення та динамічні відповіді, забезпечуючи складний і захоплюючий ігровий процес.

Реалізація нейронної мережі в ігровому двигуні Unity полегшується вбудованими фреймворками штучного інтелекту, які забезпечують бездоганну інтеграцію. Unity надає інструменти та бібліотеки для роботи з нейронними мережами, такі як ML-Agents, що робить процес реалізації більш ефективним. Крім того, інтеграція нейронної мережі з архітектурою гри здійснюється модульно та масштабовано, що забезпечує гнучкість і майбутні вдосконалення.

Реалізація нейронної мережі є критично важливим компонентом штучного інтелекту супротивників у грі, покращуючи їхні можливості прийняття рішень і імітуючи людську поведінку. Інтегруючи нейронні мережі в процес розробки гри, ми можемо створювати складні-

ших і розумніших супротивників, надаючи гравцям динамічний і захоплюючий досвід.

4.3.2 Навчання нейронної мережі

Для Процес навчання нейронної мережі є вирішальним кроком у покращенні можливостей прийняття рішень супротивниками ШІ в грі. Завдяки ітераційному процесу навчання мережа навчається на основі зібраних даних, що дозволяє їй приймати адаптивні рішення на основі динаміки гри.

Процес навчання починається зі збору набору даних, який фіксує різні стани гри. Цей набір даних складається з пар входів і виходів, де входи представляють поточний стан гри, а виходи представляють оптимальні дії, які мають виконати супротивники ШІ. Набір даних генерується шляхом самостійної гри між нейромережами, забезпечуючи різноманітний діапазон сценаріїв і ситуацій прийняття рішень, таким чином забезпечуючи нейронну мережу комплексним набором для навчання.

Методи оптимізації, такі як зворотне поширення та стохастичний градієнтний спуск, використовуються для ітеративного коригування ваг і зміщень нейронної мережі. Ці методи спрямовані на мінімізацію різниці між прогнозованими діями мережі та бажаними діями на основі набору даних. Під час кожної ітерації мережа обробляє вхідні дані, генерує виходи та порівнює їх із бажаними виходами. На основі обчисленої помилки параметри мережі оновлюються для покращення її продуктивності.

Процес навчання містить кілька ітерацій або поколінь, що дозволяє мережі поступово покращувати свої можливості прийняття рішень. З кожною ітерацією мережа вивчає минулий досвід і коригує свої параметри, щоб робити точніші прогнози. У міру навчання мережа стає краще оснащеною для обробки складних сценаріїв прийняття рішень, адаптації до змін динаміки гри та демонстрації розумної поведінки.

Щоб забезпечити ефективність процесу навчання, можна використовувати різні методи, такі як регуляризація для запобігання переобладнанню, перехресна перевірка для оцінки можливостей узагальнення мережі та налаштування гіперпараметрів для оптимізації архітектури мережі. Ці методи допомагають точно налаштувати нейронну мережу та підвищити її продуктивність у прийнятті рішень, які відповідають людським стратегіям.

Процес навчання є повторюваним і вимагає багато часу, оскільки продуктивність мережі поступово покращується через вплив різноманітних сценаріїв ігрового процесу. Тривалість процесу навчання залежить від таких факторів, як складність гри, розмір набору даних і доступні обчислювальні ресурси. Протягом усього навчального процесу продуктивність ме-

режі контролюється та оцінюється, щоб переконатися, що вона відповідає бажаним цілям покращення можливостей ШІ-опонентів приймати рішення.

Навчаючи нейронну мережу за допомогою зібраних даних і оптимізуючи її продуктивність, супротивники ШІ в грі набувають здатності приймати стратегічні рішення, адаптуватися до мінливих умов гри та демонструвати розумну поведінку. Цей навчальний процес формує основу для створення складних і захоплюючих ігрових процесів, які імітують прийняття рішень людиною в контексті стратегії розвитку.

4.4 Технології та середовища розробки

4.4.1 Unity

У проєкті використовується ігровий двигун Unity, це потужна й універсальна платформа для розробки ігор. Unity надає широкий спектр інструментів, ресурсів і можливостей для створення ефектних інтерактивних ігор.

4.4.2 Blender

Blender — це потужне програмне забезпечення для 3D-моделювання та анімації з відкритим вихідним кодом, яке використовується в проєкті для створення та керування 3D-моделями для гри «Settlers of Catan».

4.4.3 C#

Основною мовою програмування, яка використовується для розробки гри в Unity, є C#. C# — це універсальна та широко використовувана мова, яка бездоганно інтегрується з ігровим механізмом Unity, забезпечуючи ефективне написання сценаріїв і розробку ігрової логіки.

4.4.4 Visual Studio

Проєкт розробляється за допомогою інтегрованого середовища розробки Visual Studio. Це середовище надає розширені функції редагування коду, можливості налагодження та інтеграцію з Unity для спрощеної розробки.

4.4.5 Unity Test Framework

Unity Test Framework — це вбудована платформа тестування, яка надається ігровим двигуном Unity. Це дозволило створити та запускати автоматичні тести для перевірки функціональності та поведінки свого коду гри, а також писати тестові сценарії, виконувати модульне тестування, інтеграційне тестування та регресійне тестування, що забезпечує стабільність і якість своєї гри.

4.4.6 ML-Agents

ML-Agents (Machine Learning Agents) — це набір інструментів Unity, який інтегрує алгоритми машинного навчання в проєкти Unity. Це дозволяє навчати та розгортати інтелекту-

альних агентів ШІ за допомогою навчання з підкріпленням або інших методів машинного навчання. ML-Agents надає набір інструментів і API для розробки, навчання та оцінки агентів ШІ в середовищах Unity. За допомогою ML-Agents оптимізовано продуктивність агента за допомогою ітераційного навчання та забезпечено адаптивне прийняття рішень. Цей набір інструментів покращує проект, дозволяючи створювати супротивників штучного інтелекту в «Settlers of Catan», які можуть навчатися, адаптуватися та надавати гравцям різні ігрові враження.

5 ВИСНОВОК

Підсумовуючи, цей дослідницький проект успішно вивчив інтеграцію нейронних мереж і моделювання суспільства/цивілізації в контексті настільної гри «Поселенці Катану». Цілі проекту, які включали аналіз ігрової механіки, розробку архітектури нейронної мережі, навчання мережі та оцінку покращеного досвіду гри, були досягнуті.

Аналіз ігрової механіки «Settlers of Catan» дав цінну інформацію про ключові елементи, які сприяють розвитку суспільства/цивілізації. Завдяки моделюванню цих елементів, таких як управління ресурсами, динаміка торгівлі та прийняття стратегічних рішень, інтеграція нейронних мереж розширила можливості опонентів ШІ приймати рішення. Завдяки навчанню нейронної мережі за допомогою зібраних даних і оптимізації продуктивності мережі, опоненти штучного інтелекту продемонстрували розумну та адаптивну поведінку, що призвело до більш складного та захоплюючого ігрового процесу.

Цей дослідницький проект зробив внесок у розвиток ігор та ШІ, продемонструвавши потенціал нейронних мереж у моделюванні та розумінні складних систем. Використовуючи технології штучного інтелекту, такі як нейронні мережі, у розробці ігор, ми можемо створювати більш привабливих, розумних і адаптивних супротивників, покращуючи загальний ігровий досвід. Крім того, успішна інтеграція соціального/цивілізаційного моделювання в гру забезпечила платформу для вивчення процесу прийняття стратегічних рішень, управління ресурсами та динаміки переговорів, пропонуючи цінну інформацію про сценарії реального світу.

Незважаючи на те, що цей дослідницький проект досяг своїх цілей, є кілька шляхів для майбутніх досліджень і розробки. По-перше, можна внести подальші вдосконалення в архітектуру нейронної мережі та методології навчання, щоб підвищити здатність опонентів ШІ приймати рішення та адаптацію. Крім того, гру можна розширити, щоб включити складніші аспекти моделювання суспільства, такі як зростання населення, культурний розвиток або технологічний прогрес, щоб створити ще багатший і реалістичніший ігровий досвід.

Важливість цього дослідження полягає в потенціалі нейронних мереж для покращення ігрового процесу та моделювання складної суспільної динаміки. Моделюючи розвиток суспільства чи цивілізації в грі, ми можемо надати гравцям досвід, що спонукає до роздумів, який сприяє стратегічному мисленню, навичкам прийняття рішень і розумінню складнощів, пов'язаних із суспільним розвитком. Отримані результати цього дослідження, можна застосувати до інших проектів розробки ігор і навіть вийти за межі ігрової індустрії в такі сфери, як моделювання, формування політики та освітні інструменти.

Підсумовуючи, інтеграція нейронних мереж і моделювання суспільства/цивілізації в гру «Settlers of Catan» продемонструвала потенціал для створення інтелектуальних і захоплюючих ігрових вражень. Поєднавши потужність ШІ зі стратегічними настільними іграми, ми можемо розширити межі розробки ігор і отримати цінну інформацію про суспільну динаміку. Це дослідження робить внесок у ширші сфери розробки ігор та ШІ, відкриваючи двері для майбутніх досліджень та інновацій у сфері інтелектуальних ігор.

6 СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Веб-сервіс для вивчення функції активації нейронів: https://en.wikipedia.org/wiki/Activation_function
2. Веб-сервіс для кращого вивчення правил гри «Settlers of Catan»: <https://en.wikipedia.org/wiki/Catan>
3. Веб-сервіс для кращого розуміння навчання нейромереж з підкріпленням: https://en.wikipedia.org/wiki/Reinforcement_learning
4. Документація для вивчення Blender: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/>
5. Документація для вивчення ML-Agents: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.ml-agents@2.3/api/Unity.MLAgents.Agent.html>
6. Документація Unity: офіційна документація, надана Unity Technologies, яка пропонує вичерпні посібники, підручники та довідкові матеріали щодо розробки ігор Unity <https://docs.unity3d.com/>
7. Jeffrey Richter CLR via C#, 4th edition, Pearson Education, 2012
8. "Neural Networks and Deep Learning Michael Nielsen: комплексна онлайн-книга, яка охоплює основи нейронних мереж і глибокого навчання, надаючи детальне розуміння основних концепцій: <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/>
9. Unity Asset Store - ринок асетів Unity, включаючи 3D-моделі, сценарії, плагіни та інші ресурси: <https://assetstore.unity.com/>