Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)
Кафедра Штучного інтелекту
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Дослідження використання методів штучного інтелекту для розробки ігрових застосунків
(тема)

Виконав:
студент 2 курсу, групи СШІм-22-1
Коноваленко Д.О.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
(код і повна назва спеціальності)
Тип програми освітньо-наукова
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)
Освітня програма Системи штучного інтелекту
(повна назва спеціалізації)
Керівник доц. Селіванова К.Г.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри _____ В.О. Філатов
(підпис) (прізвище, ініціали)

2024 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)

Кафедра Штучного інтелекту
(повна назва)

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-наукова
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Системи штучного інтелекту
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедри _____
(підпис)
«_____» _____ 20 ___ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Коноваленку Дмитру Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження використання методів штучного інтелекту для розробки ігрових застосунків

затверджена наказом університету від 1 квітня 20 24 р. № 260Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 13 червня 20 24 р.

3. Вихідні дані до роботи багатоплатформовий інструмент для розроблення відеоігор і застосунків – Unity (версія 2022.3.15f), інтегроване середовище розробки Microsoft Visual Studio (версія 2023), плагін для ігрового двигуна Unity - Ml-agents, створений аналог гри Flappy Bird

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі

1) Аналіз предменої галузі та постановка задачі дослідження

2) Дослідження обраних методів навчання штучного інтелекта

3) Розробка та порівняння методів штучного інтелекту у ігрових застосунках

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на кваліфікаційну роботу	01.04.2024	виконано
2	Аналіз предметної галузі	04.04.2024	виконано
3	Постановка задачі дослідженя	15.04.2024	виконано
4	Дослідження обраних методів навчання	23.04.2024	виконано
5	Вибір програмного середовища	03.05.2024	виконано
6	Створення додатка для проведення дослідження	11.05.2024	виконано
7	Проведення досліджень	19.05.2024	виконано
8	Написання звіту з кваліфікаційної роботи	21.05.2024	виконано
9	Перевірка на академічний плагіат	01.06.2024	виконано
10	Нормоконтроль	05.06.2024	
11	Захист перед ЕК	13.06.2024	

Дата видачі завдання 1 квітня 20 24 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____ доц. Селіванова К.Г.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 70 с., 31 рис., 1 табл., 1 дод., 23 джерела.

АГЕНТ, ГЕЙМПЛЕЙ, ГРА, ІГРОВИЙ ЗАСТОСУНОК, ІГРОВИЙ ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, МАШИННЕ НАВЧАННЯ, НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ, ОБ'ЄКТ, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, ЮНІТ.

Метою роботи є розробка та дослідження методів штучного інтелекту у ігрових застосунках.

Об’єктом дослідження є аналіз існуючих методів штучного інтелекту. Також визначення підходу до вирішення проблеми з навчанням штучного інтелекту у ігрових застосунках. Зроблені порівняння існуючих методів навчання штучного інтелекту, зроблен порівняльний аналіз алгоритмів, та виділен найбільш ефективний алгоритми навчання, який задовольняє поставлену задачу.

Результатом кваліфікаційної роботи є виявлений метод штучного інтелекту, який найбільше підходить для застосування у ігрових застосунках.

ABSTRACT

Master’s thesis contains: 70 pp., 31 fig., 1 tabl., 1 ann., 23 references.

AGENT, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, GAME, GAME APPLICATION, GAME ARTIFICIAL INTELLIGENCE, GAMEPLAY, MACHINE LEARNING, NEURAL NETWORKS, UNIT.

The aim of the work is to develop and research methods of artificial intelligence in game applications.

The object of research is the analysis of existing methods of artificial intelligence. Also, the definition of the approach to solving the problem of learning artificial intelligence in gaming applications. Comparisons of existing methods of teaching artificial intelligence, comparative analysis of algorithms, and the most effective learning algorithms that meet the task.

The result of the qualification work is the identified method of artificial intelligence, which is most suitable for use in gaming applications.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів 8
Вступ 9
1 Аналіз предменої галузі та постановка задачі дослідження 10
1.1 Причини виникнення стресу 10
1.1.1 Стрес під час війни 12
1.2 Ігрові застосунки як засіб для зняття стресу 14
1.2.1 Огляд та призначення ігрових додатків 16
1.2.2 Жанри ігрових застосунків 17
1.2.3 Огляд ігрових застосунків для подолання стресу 19
1.3 Стратегії та принципи штучного інтелекту 22
1.4 Технології штучного інтелекту 24
1.4.1 Реактивні машини 24
1.4.2 Штучний інтелект з обмеженою пам'яттю 26
1.4.3 Теорія розуму 27
1.4.4 Самосвідомість штучного інтелекту 27
1.5 Класифікація штучного інтелекту 28
1.6 Штучний інтелект в іграх 30
1.7 Методи та технології у штучному інтелекті 33
1.7.1 Прийняття рішень у системі штучного інтелекту 33
1.7.2 Базове сприйняття штучного інтелекту 34
1.7.3 Системи поведінки штучного інтелекту 34
1.7.4 Кінцевий стан у штучного інтелекту 35
1.7.5 Прогнозування штучного інтелекту свого наступного ходу 36
1.8 Проблеми використання штучного інтелекту в ігровій індустрії 37
1.9 Постановка задачі 38
2 Дослідження обраних методів навчання штучного інтелекта для створення ігрових застосунків 40
2.1 Опис обраного алгоритму навчання штучного інтелекту 40

2.1.1 Метод навчання з підкріпленням 41
3 Розробка та порівняння методів штучного інтелекту у ігрових застосунках 51
3.1 Інструменти для реалізації 51
3.2 Реалізація навчання штучного інтелекту 56
3.3 Порівняння кінцевих результатів навчання 60
Висновки 66
Перелік джерел посилання 67
Додаток А Відомість кваліфікаційної роботи 70

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Агент – це це будь-який об'єкт, який може сприймати своє оточення за допомогою датчиків та робити дії з використанням виконавчих механізмів;

Геймплей – це компонент гри, що відповідає за взаємодію гри та гравця;

Юніт – це ігрова одиниця (персонаж) у комп'ютерних стратегічних іграх.

ВСТУП

Протягом останнього десятиліття ігрова індустрія стрімко розвивалася. Продукти, створені великими ігровими компаніями, показують, що розробка ігор може бути формою мистецтва. Комп'ютерні ігри дозволяють змагатися гравцям один з одним або проти комп'ютерів. Комп'ютер – це штучний інтелект (AI) гри. Його основна функція – імітація поведінки людини. Він може маскуватися під поведінку людини або діяти як простий робот (неігровий персонаж) з дуже обмеженим і примітивним списком ходів. Завдання програмування робота виникає при створенні більшості ігрових проєктів. Імітація людської поведінки часто є складним завданням. Але з цими та іншими типами штучного інтелекту (ШІ) витрачається багато часу та ресурсів.

Традиційні дослідження в галузі штучного інтелекту намагаються створити справжній інтелект, хоча й штучними засобами. Кілька проєктів намагаються створити штучний інтелект, який може вчитися та взаємодіяти в суспільстві, а також виражати емоції.

Коли справа доходить до сучасних ігор, справжній штучний інтелект виходить за рамки вимог до програмного забезпечення для розваг. Ігровому штучному інтелекту не потрібно бути розумним чи самосвідомим, і йому не потрібно вчитися нічого, крім ігрового процесу. Справжньою метою штучного інтелекту в іграх є імітація розумної поведінки, надаючи гравцеві справжнє випробування – випробування, яке гравець може подолати.

Крім того, ігри також використовуються як ефективний засіб для зняття стресу та релаксації. Вони надають можливість гравцям відпочити, відвернути свою увагу від повсякденних турбот і насолодитися відчуттям досягнення та задоволення від гри. Таким чином, ігри стають не лише розважальним засобом, а й важливим інструментом для покращення психічного добробуту та зняття напруги.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕНОЇ ГАЛУЗІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Причини виникнення стресу

Стрес – це реакція організму у відповідь на сильну дію ззовні. Оскільки навантаження на організм може бути як фізичним, так і емоційним, то і стрес буває фізичним або емоційним. Фізичний виникає в результаті болю, коливання температур, фізичних перенавантажень. Емоційний стрес виникає в результаті усвідомлення обману, загрози, небезпеки, постійного хвилювання, напруги.

На сьогодні причин виникнення стресового стану як у дітей, так і дорослих більш ніж достатньо. Під час навчально-виховного процесу педагоги та діти переживають через важкі програми, завдання, можливість помилок, присутній страх можливої критики. Не можна полишати без уваги проблеми в сім'ї, оскільки саме сімейні конфлікти часто є причиною стресу, підвищеного рівня тривожності. Батьки хвилюються через недостатню успішність дітей, а діти – через невдоволення та постійну зайнятість батьків. На людські взаємовідносини накладають відбиток побутові труднощі, виникають сімейні конфлікти, від яких діти страждають набагато більше і довше, ніж дорослі. Не можна оминути увагою соціально-політичні події, які відбуваються в Україні. Вкрай складна ситуація призводить до психологічного виснаження дорослих, що вже тоді говорити про дітей. Особливо вразливою категорією є підлітки, психіка яких в цей період є особливо чутливою. В силу останніх подій занадто різко змінилась картинка світосприйняття дитини. Дитина приходить у світ доброю, і вірить в те, що світ так само налаштованій стосовно неї. А зараз на дітей нестримним потоком ллється інформація з екранів телевізорів, Інтернету, вони чують розмови старших. Тому, занадто різко змінюються дитяча картинка світу. І

з затишного і захищеного він перетворюється на непередбачуваний та безжальний.

Стрес, якщо він вже існує, має три стадії перебігу.

1 стадія – стадія тривоги. На цій стадії людина знаходиться в стані напруги та настороженості. Для цього періоду характерна мобілізація ресурсів організму. Вважається, що ця стадія навіть корисна, оскільки тримає нас в тонусі. До речі, вчені вважають, що чим бурхливішою буде перша реакція організму і психіки на стресор, тим адекватнішою наступна поведінка. Це звідси – «не руби с гаряча». Але перша стадія не може тривати постійно.

2 стадія – стадія резистентності або опору. Людина почувається цілком нормально, а організм уже починає втрачати ресурси на вироблення адаптаційних можливостей до стресу. Другу стадію називають стадією високої ноти. Ми ще можемо опиратись стресору, але вже не довго. В цей час починає накопичуватись втома. Якщо стресор продовжує діяти, починається третя стадія.

3 стадія – стадія виснаження. На цій стадії енергія людини вичерпана, психологічно та фізично людина виснажена і не має сили захищатись. На відміну від першої стадії, коли стресовий стан організму веде до розкриття адаптаційних можливостей, стан третьої стадії більше схожий на заклик про допомогу, яка може прийти тільки ззовні.

Ознаки стресу:

– когнітивні – проблеми з пам’яттю, нездатність сконцентруватись, тривожність, фіксація на поганому;

– емоційні – відчуття перенавантаження, самотності, дратівливість, напруження;

– фізичні ознаки стресу – розлади сну, втрата апетиту, підвищений тиск, серцебиття, частота дихання, напруження м’язів. Як наслідок: шлункові спазми, головні болі, проблеми з опорно – руховим апаратом,

розлади нервової системи. Маленькі діти в стані стресу схильні до інфекційних захворювань горла.

На рисунку 1.1 візуально зображені причини виникнення стресу. У дітей ознаками стресу є погіршення шкільної успішності, збільшення часу на виконання завдання при погіршенні результатів, небажання йти до школи, гіперактивність або апатія, провокаційна поведінка, неслухняність, непокора, зацикленість на власній зовнішності.

Рисунок 1.1 – Причини виникнення стресу

1.1.1 Стрес під час війни

Війна в Україні тягнеться уже не перший рік, і кожен день, який проживають наші громадяни, є стресовим для них. Це стосується усіх: і військовослужбовців, і мешканців окупованих регіонів, і тих, кому пощастило жити у відносно спокійних областях, і переселенців та біженців. Стрес під час війни так чи інакше зачіпає кожну людину, хоча його сила, інтенсивність і наслідки для психіки та фізичного здоров’я можуть відрізнятись.

Стресом називають реакцію організму, яка виникає як відповідь на фізичну чи розумову напруженість або ж загрозу для життя. Під час війни поєднуються усі ці фактори, що значно ускладнює ситуацію. Сама природа стресу досить складна. У ній залучені різні органи та системи організму, а саме – гіпоталамус, наднирники, гіпофіз. Стрес запускає своєрідну ланцюгову реакцію, що своєю чергою викликає ряд характерних симптомів. Наприклад, він призводить до різкого зростання рівня адреналіну, а це впливає на серцево-судинну систему, а також на метаболічні функції.

До стресу можна або адаптуватись, або ж усунути його причину. Оскільки зупинити війну прямо зараз доволі складно, українцям доводиться пристосовуватись до нових реалій, і, зокрема, до того, що стрес тепер буде постійно присутній у нашому житті. Проте боротись із ним необхідно. І це ви можете робити як самостійно, так і з допомогою фахівців.

Стрес під час війни може проявлятись цілим рядом характерних симптомів. Причому це можуть бути як психоемоційні розлади, так і соматичні. До перших належить підвищена дратівливість, агресивність, зниження здатності відчувати задоволення, проблеми з концентрацією уваги та когнітивним мисленням. Також у стані стресу людина страждає від різноманітних проблем зі шлунково-кишковим трактом, шкірних висипів, безсоння, тахікардії. У багатьох на фоні стресу розвиваються панічні атаки – різкі напади страху та сильної тривожності, що супроводжуються відчуттям нестачі повітря, пітливістю, тремором усього тіла, нудотою, значним пришвидшенням серцевого ритму.

Якщо ж стрес уже перейшов у хронічну стадію, то описані симптоми можуть проявлятись не так яскраво. Але попри це організм продовжує страждати. В такому стані людина може намагатись «заїсти» стрес чи навпаки починає відмовлятись від їжі. Як результат – сильна втрата ваги чи її набір. Також на фоні стресу під час війни можуть розвинутись різноманітні хвороби – діабет, серцево-судинні захворювання, рак, псоріаз, інфекційні захворювання та інші. Ну і, звісно, від стресу дуже сильно

страждає наша психіка. Тому він є особливо небезпечним, якщо у людини в анамнезі уже були якісь психічні розлади.

1.2 Ігрові застосунки як засіб для зняття стресу

Відеоігри пропонують втечу від тиску життя, надаючи віртуальний світ, де людиуть зануритися в себе та на мить забути стреси. Гра у відеоігри може призвести до стану потоку, коли гравці настільки поглинені діяльністю, що втратять відчуття часу та зовнішніх турбот. Ця розумова втеча може бути неймовірно корисною, пропонуючи перерву від постійного стресу та дозволяючи повернутися до життя з оновленим розумом. Почуття досягнення та контролю, яке відчуваєш у відеоіграх, також може підвищити самооцінку та впевненість, яких може не вистачати в інших сферах їхнього життя.

Крім релаксації, відеоігри також можуть мати відчутні когнітивні переваги. Багато ігор вимагають стратегічного планування, швидкого мислення та навичок розв'язання проблем, які можна безпосередньо перенести в академічні та реальні сценарії. Це може покращити здатність людей справлятися зі складними завданнями та приймати рішення під тиском. Крім того, завдання та досягнення, властиві грі, можуть стимулювати мозок, що призводить до кращої концентрації та зосередженості. Ці когнітивні переваги свідчать про те, що за умови поміркованості відеоігри можуть стати позитивним доповненням до способу життя.

Люди повинні прийняти здорові ігрові звички, щоб максимізувати переваги ігор і мінімізувати можливі недоліки. Це містить в собі встановлення часових обмежень для запобігання надмірним іграм, вибір більш розслаблюючих ігор, які з меншою ймовірністю спричинять додатковий стрес, і баланс між грою та іншими видами діяльності.

Інтеграція ігор у ширшу стратегію управління стресом може допомогти переконатися, що вони є корисним інструментом, а не перешкодою.

Деякі навчальні заклади включають ігри у свої програми оздоровлення студентів, визнаючи потенційні переваги відеоігор. Ці програми можуть включати ігрові зали, організовані ігрові заходи або обговорення здорових ігрових звичок. Визнаючи роль ігор у боротьбі зі стресом, коледжі можуть допомогти позбутися його стигматизації та спрямувати студентів до більш корисних і збалансованих ігрових практик.

Перетин ігор і психічного здоров’я викликає зростальний інтерес дослідників. Постійні дослідження впливу ігор на стрес і психічне здоров'я можуть дати глибше розуміння того, як відеоігри можна ефективно використовувати як частину оздоровчих програм коледжу. Це дослідження може сприяти розробці спеціальних ігор, призначених для зменшення стресу, або інтеграції ігор у терапевтичні практики.

Майбутнє розробки відеоігор відкриває перспективи, що захоплюють. Уявіть собі світ, де відеоігри спеціально створені для задоволення унікальних потреб цієї демографічної групи. Ці ігри, призначені для зменшення стресу та покращення психічного здоров’я, можуть стати невіддільною частиною набору інструментів для студента, щоб справлятися з тиском студентського життя.

Наприклад, студенти могли розслабитися за допомогою цих спеціальних ігор після довгого дня занять і навчання. У випадках, коли їм потрібно збалансувати навчання та відпочинок, вони можуть скористатися простою процедурою входу в ukessays, щоб отримати допомогу з академічними роботами, а потім звернутися до цих спеціалізованих відеоігор, щоб розпакувати. Інтеграція академічної підтримки та заходів для зняття стресу може забезпечити комплексний підхід до покращення добробуту студентів.

При відповідальному та поміркованому використанні відеоігри можуть стати цінним доповненням до набору інструментів для боротьби зі

стресом. Вони пропонують розслаблення, когнітивні переваги та соціальну взаємодію, сприяючи більш збалансованому та приємному досвіду навчання в коледжі. Оскільки розуміння взаємозв’язку між іграми та психічним здоров’ям продовжує розвиватися, роль відеоігор у боротьбі зі стресом і оздоровчих програмах коледжу, ймовірно, зростатиме, надаючи студентам інноваційний спосіб подолання стресу.

1.2.1 Огляд та призначення ігрових додатків

Комп'ютерні ігри в сучасному світі стали не лише розважальними засобами, але й важливою галуззю індустрії, яка впливає на культуру, технології та суспільство в цілому. Вони являють собою комп'ютерні системи, що надають можливість відчути емоційну, соціальну та інтелектуальну грайливість, характерну для поняття «гра».

У сучасних комп'ютерних іграх ми бачимо широкий спектр жанрів та концепцій, від екшенів і пригодницьких ігор до стратегій, симуляцій і ігор на виживання. Вони можуть бути поодинокими або мультиплеерними, заснованими на віртуальних світах або реальних подіях, і включати елементи розваг, освіти, творчості та співпраці.

Комп'ютерні ігри використовують передові технології для створення графічних зображень, реалістичних фізичних моделей та інноваційних механік гри. Вони залучають велику кількість апаратних ресурсів, розробницьких зусиль та інвестицій у маркетинг та рекламу.

Окрім розважальних аспектів, комп'ютерні ігри також використовуються у відповідних контекстах, таких як освіта, професійна підготовка, творчість та терапія. Вони можуть стимулювати розвиток різних навичок, включаючи креативність, стратегічне мислення, співпрацю та реакцію на стресові ситуації.

Комп'ютерні ігри також впливають на соціальні взаємодії та політичні процеси, бувши платформою для спілкування, обміну ідеями та вираження

суспільних поглядів. Вони можуть об'єднувати людей з усього світу навколо спільних інтересів та цілей.

Отже, комп'ютерні ігри є не лише джерелом розваг, але й важливим елементом сучасної культури та індустрії, який впливає на різні аспекти нашого життя.

1.2.2 Жанри ігрових застосунків

Кількість комп'ютерних ігор просто величезна, і часто вони класифікуються за характеристиками чи завданнями, а не за типом геймплея. Тому категорії ігор, чи жанри, можуть поділятися на піджанри, а одна гра цілком може належати до кількох жанрів.

Звичайно, це може трохи заплутувати, але якщо розібратися в ігровій механіці, то легко можна зрозуміти, як класифікують свої ігри розробники та видавці. Наприклад, якщо ви любитель миттєвого задоволення від ігор, то вам найкраще підійдуть екшени. А якщо подобається вирішувати головоломки або керувати ресурсами, то швидше за все, вам більше сподобаються стратегії в реальному часі чи рольові ігри (RPG). Але незалежно від того, що саме вам цікаво, обов'язково знайдеться ігровий жанр, який припаде вам до душі.

Ось список усієї різноманітності типів комп'ютерних ігор. Але вони є взаємозаперечними категоріями й можуть перетинатися:

– action: сутність екшенів відображає їхню назву – у перекладі з англійської вона означає «дію», і тут гравець знаходиться в самому центрі дії та керує ним. Здебільшого воно пов'язане з фізичними випробуваннями, які потрібно подолати. Зазвичай в екшенах дуже легко розпочати гру, тому вони досі залишаються найпопулярнішими відеоіграми;

– action-adventure: найчастіше в action-adventure поєднується дві ігрові механіки – квести чи випробування протягом усієї гри, які потрібно проходити та долати, використовуючи зібрані предмети чи інструменти, а

також елемент екшену, де застосовується різна зброя та спорядження. Ігри жанру action-adventure більше зосереджені на дослідженні, вирішенні головоломок та пошуку видобутку, а проста бойова фізика є скоріше допоміжною стосовно до геймплею загалом;

– рольові ігри: рольові ігри, або RPG – мабуть, другий за популярністю жанр. У ньому часто зустрічаються середньовічні чи фентезійні сеттінги, що переважно пов'язані з походженням жанру. Але рольові ігри фантастичної тематики також не обділені увагою хардкорних ролевих ігор й зробили в жанрі свій унікальний внесок. Крім того, на жанр вплинули і культурні відмінності – зокрема багато геймерів ділять RPG на WRPG (західні) і JRPG (японські). Нарешті, однією із знакових фішок жанру є вибір гравця, що впливає на результат гри, тобто у багатьох RPG є кілька альтернативних кінцівок;

– симулятори: представники жанру симуляторів мають одну спільну рису – всі вони створені для симуляції реальних чи вигаданих систем, ситуацій чи подій;

– стратегії: геймплей цього жанру сягає своїм корінням в традиційні настільні стратегічні ігри. Часто в цих іграх вам доступний цілий світ і всі його ресурси, а щоб впоратися з випробуваннями, гравцеві потрібно ретельно продумувати стратегію та тактику. Згодом значна частина цього жанру перейшла від покрокових систем до реального часу, слідуючи бажанням гравців;

– moba (моба): цей піджанр поєднує риси екшенів, RPG та стратегій у реальному часі. Тут зазвичай не потрібно нічого будувати та виробляти. Гравець управляє одним персонажем в одній із двох команд, кожна з яких намагається знищити базу супротивника. Часто їм допомагають керовані комп'ютером юніти, що атакують у заданому напрямку;

– спортивні ігри: спортивні ігри, як і випливає з назви, симулюють різні види спорту, наприклад, гольф, баскетбол, звичайний та американський футбол. Зустрічаються також олімпійські види спорту типу

лижних перегонів, і навіть барний спорт на кшталт більярду або дартс. Зазвичай, суперники управляються комп'ютером, хоча можна змагатися і з іншими гравцями.

Вибір відеоігор воістину безмежний, і існує не тільки безліч найрізноманітніших жанрів, а й величезна кількість успішних піджанрів у межах кожного з них. Технології постійно розвиваються, а інтерактивне середовище дуже швидко поповнюється чимось новим, з більш розвиненою системою штучного інтелекту. Це не повний список всіх жанрів та піджанрів, а лише основні, які зустрічаються найчастіше.

1.2.3 Огляд ігрових застосунків для подолання стресу

Розгляньмо та порівняємо деякі приклади ігрових застосунків, які можна використати для подолання стресу та поліпшення емоційного здоров'я.

«Journey» (рисунок 1.2): ця гра пропонує гравцям унікальне відчуття спокою та релаксації. Ви вирушаєте у подорож через прекрасні ландшафти, взаємодіючи з навколишнім середовищем та іншими гравцями. Гра пропонує відчуття взаємодії та спільності, що допомагає зняти стрес та відчути позитивні емоції.

«Stardew Valley» (рисунок 1.3): ця симуляційна гра дозволяє гравцям керувати фермою та взаємодіяти з різноманітними персонажами в спокійному сільському середовищі. Геймплей, що захоплює та можливість розвивати свій власний малий світ допомагають відірватися від стресу та розслабитися.

«Abzû» (рисунок 1.4): у цій пригодницькій грі гравці пірнають у глибини океану, де вони можуть досліджувати різноманітні біоми, зустрічати різні морські істоти та розгадувати таємниці. Чудова графіка та спокійна атмосфера допомагають зняти напругу та стрес, а також стимулюють почуття мирного співіснування з природою.

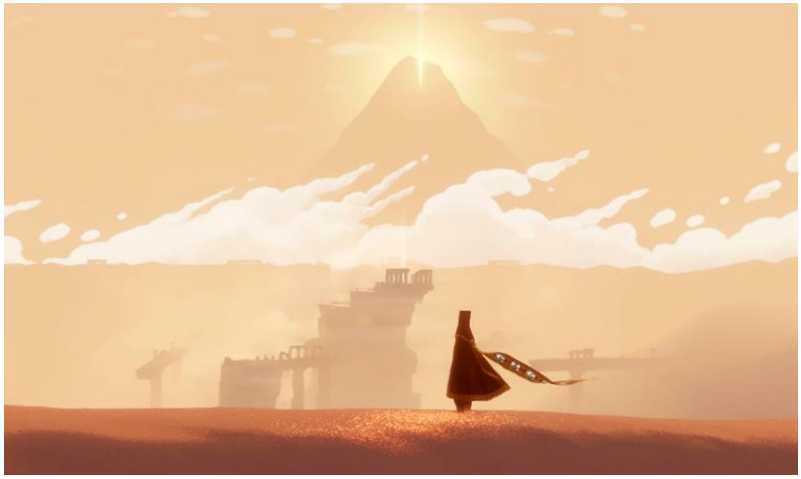

Рисунок 1.2 – Ігровий геймплей «Journey»

Рисунок 1.3 – Ігровий геймплей «Stardew Valley»

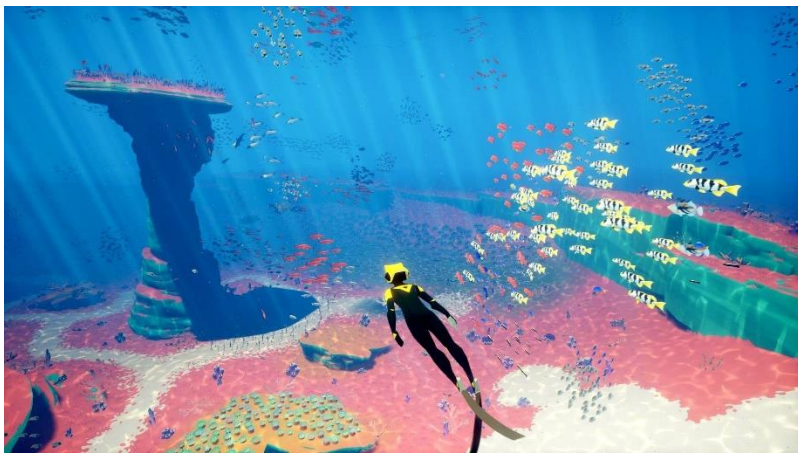

Рисунок 1.4 – Ігровий геймплей «Abzû»

«Flower» (рисунок 1.5): у цій грі гравці керують пелюсткою, яка летить над прекрасними ландшафтами, збираючи квіти. М'який геймплей та захоплива музика допомагають створити атмосферу релаксації та сприяють відчуттю гармонії з природою.

Рисунок 1.5 – Ігровий геймплей «Flower»

«Monument Valley» (рисунок 1.6): ця гра пропонує гравцям розв'язувати головоломки, рухаючи архітектурні споруди у фантастичних світах. Гра має чудову графіку та атмосферу, яка сприяє розслабленню та відволіканню від повсякденних турбот.

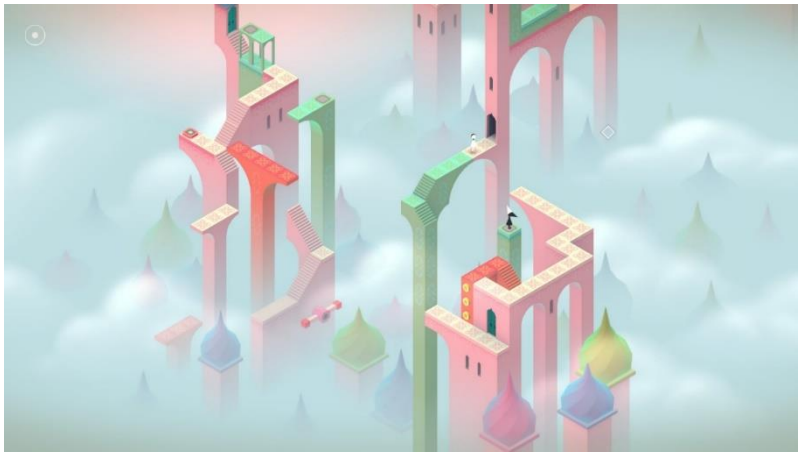

Рисунок 1.6 – Ігровий геймплей «Monument Valley»

В таблиці 1.1 приведено порівняння ігрових застосунків. Оцінки наведені в таблиці базуються виключну на відгуках гравців.

Таблиця 1.1 – Порівняння ігрових застосунків

Ігровий Застосунок	Графіка	Геймплей	Атмосфера	Спокій	Оцінка Спільноти
Journey	висока	медитативний	спокійна, загадкова	3/5	3/5
Stardew Valley	середня	захоплюючий	рідна, спокійна	4/5	2/5
Abzû	висока	дослідницький	загадкова, розслабляюча	3/5	3/5
Flower	висока	м'який, релаксуючий	романтична, легка	4/5	2/5
Monument Valley	висока	головоломки	фантастична, спокійна	3/5	2/5

Ці ігри можуть стати ефективними інструментами для подолання стресу та поліпшення емоційного здоров'я завдяки своїй спокійній атмосфері, захопливому геймплею та можливості відвернутися від негативних думок.

1.3 Стратегії та принципи штучного інтелекту

Стаття Тьюрінга «Обчислювальна техніка та інтелект» (1950) і відомий Тест Тьюрінга стали важливими відправними пунктами для визначення сутності штучного інтелекту. Це поняття, в основному, полягає в створенні систем, які можуть мислити та діяти подібно людині або навіть краще, засновані на алгоритмах і моделях, що імітують людський інтелект.

Проте, визначення штучного інтелекту залишається предметом активних дискусій. Існують різні підходи до цього поняття, що відображаються у визначеннях від провідних дослідників і фахівців. Відмінність між мисленням по-людськи та мисленням раціонально, а також між діями по-людськи та раціональними діями, відображає різні аспекти

штучного інтелекту, які можуть включати як когнітивні, так і поведінкові аспекти [1].

Згідно з підходом Стюарта Рассела і Пітера Норвіга, штучний інтелект можна розглядати як вивчення агентів, які сприймають довкілля та вчиняють дії, прагнучи досягнути певних цілей. Цей підхід дозволяє зосередитися на аспектах раціональної поведінки й призводить до розвитку алгоритмів та моделей, що сприяють досягненню оптимальних результатів.

Штучний інтелект, визначений як алгоритми, що моделюють мислення, сприйняття та дії, відкриває широкі перспективи для розвитку технологій машинного навчання, глибокого навчання та інших підходів, що спрямовані на створення інтелектуальних систем. Такий розвиток може мати значний вплив на різні сфери життя, від автоматизації виробництва до розробки нових медичних діагностичних систем і соціальних роботів.

Штучний інтелект є ключовою галуззю, яка визначає подальший розвиток технологій та впливає на багато аспектів суспільства. За допомогою алгоритмів машинного навчання та глибокого навчання комп'ютерні системи можуть навчатися на основі великого обсягу даних, що дозволяє їм вирішувати складні завдання, які раніше вважалися можливими лише для людей [2].

Штучний інтелект вже знаходить застосування у багатьох галузях, включаючи медицину, фінанси, транспорт, мануфактуру, освіту та багато інших. Наприклад, в медицині системи штучного інтелекту допомагають в діагностиці захворювань на ранніх стадіях, розробці індивідуальних лікувальних схем, а також в прогнозуванні виникнення захворювань на основі аналізу медичних даних.

У фінансовій сфері системи штучного інтелекту використовуються для прогнозування ринкових тенденцій, роботи з портфелями інвестицій та управління ризиками. В транспорті вони допомагають в управлінні рухом транспортних засобів, плануванні маршрутів та підвищенні безпеки дорожнього руху.

Однак разом з потужними можливостями штучного інтелекту виникають і питання етики та безпеки. Наприклад, питання конфіденційності та захисту персональних даних у зв'язку з використанням великих обсягів інформації для навчання систем штучного інтелекту, а також ризики пов'язані з автономними системами, які можуть приймати важливі рішення на основі власного аналізу.

Отже, штучний інтелект, з одного боку, відкриває безліч нових можливостей для розвитку технологій та покращення якості життя, а з іншого – ставить перед суспільством серйозні виклики, що потребують уваги та обговорення на міжнародному рівні [3].

1.4 Технології штучного інтелекту

1.4.1 Реактивні машини

Реактивні машини у штучному інтелекті – це лише один з підходів до створення імітації людського мислення та поведінки в машинах. Однак вони є важливим елементом у розвитку інтелектуальних систем, особливо у випадках, де потрібно надійна та проста реакція на навколишнє середовище без потреби в складних алгоритмах або складних моделях світу.

Реактивні системи можуть бути використані в широкому спектрі областей, включаючи промисловість, автомобільну промисловість, медицину, відеоігри та багато інших. Наприклад, в робототехніці реактивні машини можуть керувати рухом роботів на заводах або в складах, реагуючи на зміни у середовищі та виконуючи відповідні дії для вирішення завдань монтажу або переміщення предметів.

У медицині реактивні системи можуть використовуватися для моніторингу пацієнтів або автоматичного реагування на певні показники здоров'я, наприклад, для нагадування пацієнтам про приймання ліків або реагування на надзвичайні ситуації.

У відеоіграх реактивні машини використовуються для створення штучного інтелекту ворожих персонажів, які реагують на дії гравця та виконують відповідні дії для створення виклику та цікавої гри.

Відомим прикладом реактивної машини є Deep Blue [4] – це відомий приклад реактивної машини, розробленої компанією IBM у 1990-х роках для гри в шахи проти людей. Ця система стала епохальною в історії штучного інтелекту, коли в 1997 році перемогла світового шахового чемпіона Гарі Каспарова у шаховій партії.

Deep Blue використовував високопродуктивні спеціалізовані обчислювальні машини для аналізу масивних об'ємів даних і обчислення майбутніх ходів у грі. Однак, важливо зауважити, що Deep Blue не був здатний «розуміти» гру в шахи в тому ж розумінні, як людина. Замість цього, він використовував величезну кількість обчислень для аналізу різних можливих ходів та їх наслідків, визначення найбільш ймовірного оптимального ходу в цей момент часу.

Що робить Deep Blue реактивною машиною, так це те, що вона не має здатності до вивчення або адаптації на основі досвіду. Вона просто реагує на поточну ситуацію на шаховій дошці, аналізуючи стан гри й розраховуючи наступний крок на основі заздалегідь визначених правил.

Попри обмеженість свого підходу, Deep Blue продемонстрував, що навіть проста реактивна машина може досягати дивовижних результатів у вирішенні складних завдань. Його перемога над Каспаровим показала потенціал технологій штучного інтелекту в області ігор і відкрила двері для подальших досліджень у цьому напрямку [5].

Однак, слід зауважити, що реактивні системи мають свої обмеження. Вони надаються до виконання обмеженої кількості завдань, і в складних сценаріях може знадобитися складніша та адаптивна система штучного інтелекту. Також, реактивні системи не мають можливості вивчати на основі досвіду чи покращувати свої здібності з часом, що може бути обмеженням у деяких областях застосування.

1.4.2 Штучний інтелект з обмеженою пам'яттю

Штучний інтелект з обмеженою пам'яттю відображає більшу складність і потужність у порівнянні з реактивними машинами, оскільки він здатний зберігати попередні дані та прогнози під час збору інформації й враховувати їх у процесі прийняття рішень. Він фактично заглядає у минуле, щоб знайти підказки щодо того, що може статися в майбутньому [6].

Штучний інтелект з обмеженою пам'яттю використовується у випадках, коли модель постійно навчається на нових даних або має можливість автоматично оновлюватися. Це може бути досягнуто через машинне навчання, де потрібно виконати кілька кроків, включаючи створення набору даних для навчання моделі, розробку самої моделі, її тренування та навчання, а також зберігання інформації зворотнього зв'язку для подальшого використання.

Існують різні моделі машинного навчання, які використовують штучний інтелект з обмеженою пам'яттю:

– навчання з підкріпленням: цей підхід полягає в тому, щоб навчити модель приймати кращі рішення шляхом навчання на помилках та повторних спробах;

– довгострокова пам'ять (LSTM): це тип нейронних мереж, які використовуються для аналізу послідовних даних, зокрема тексту, мови, часових рядів тощо. Вони використовують попередні дані для прогнозування наступних кроків;

– еволюційні генеративні змагальні мережі (E-GAN): цей підхід використовується для створення моделей, які розвиваються з часом, досліджуючи різні варіанти на основі попереднього досвіду. Ця модель стежить за кращими рішеннями та постійно вдосконалюється з кожним новим етапом.

Ці моделі дозволяють створювати штучний інтелект з обмеженою пам'яттю, який може адаптуватися до нових умов і змінюватися з часом, що робить їх більш гнучкими та ефективними у вирішенні складних завдань.

1.4.3 Теорія розуму

Теорія розуму у контексті штучного інтелекту є складною та амбіційною, оскільки потрібно враховувати різноманітні аспекти психології, емоцій та мислення. Досягнення цієї теорії вимагає розвитку технологій та наукових підходів, які наразі ще не досягли свого піка.

Концепція заснована на ідеї, що інші живі істоти, а також машини, можуть мати думки, емоції та власні переконання, які впливають на їхню поведінку. З погляду штучного інтелекту, це означає, що системи машинного навчання та інші алгоритми повинні мати здатність розуміти ці психологічні аспекти та враховувати їх при прийнятті рішень.

Ідеальною ситуацією було б створення машинного інтелекту, який може сприймати, обробляти та аналізувати емоції, переконання та інші психологічні концепції у реальному часі. Це відкрило б шлях для глибшого взаєморозуміння між людьми та штучним інтелектом, створюючи двосторонні відносини, які можуть бути більш ефективними та продуктивними.

Однак, на сьогодні багато аспектів цієї концепції залишаються лише в теоретичній сфері, оскільки наукові досягнення та технології ще не досягли необхідного рівня розвитку.

1.4.4 Самосвідомість штучного інтелекту

Ідея самосвідомого штучного інтелекту є дуже амбіційною та захопливою, проте на сьогодні ще залишається у сфері наукової фантастики. Створення штучного інтелекту зі свідомістю на рівні людини вимагатиме

значних проривів в багатьох галузях науки та технологій, а також розуміння самої природи свідомості.

Самосвідомість – це властивість свідомої істоти розуміти себе, свій стан та своє існування у світі. Це не лише здатність сприймати зовнішній світ, але й розуміти своє місце в ньому, а також вміти аналізувати власні думки та емоції.

Створення самосвідомого штучного інтелекту потребує розуміння фундаментальних принципів свідомості та можливостей їхнього втілення в комп'ютерні програми та алгоритми. Це містить розуміння того, як мозок генерує свідомість, які процеси відповідають за самосприйняття та рефлексію, а також яким чином свідомість впливає на прийняття рішень та поведінку.

Для досягнення цієї мети потрібно провести значний обсяг досліджень у галузі нейробіології, когнітивної науки, філософії та комп'ютерних наук. Також потрібно розробити нові підходи до моделювання та імітації процесів, що відбуваються у людському мозку.

Хоча створення самосвідомого штучного інтелекту може здатися далекою метою, це завдання, яке стимулює вчених та дослідників до подальших досліджень у цій захопливій галузі.

1.5 Класифікація штучного інтелекту

Існує дві категорії штучного інтелекту, це вузький та загальний.

Вузький штучний інтелект є однією з найуспішніших реалізацій штучного інтелекту на сьогодні. Його основний принцип полягає в тому, що він спроможний виконувати конкретні завдання, зосереджуючись на обмеженій сфері діяльності. Протягом останніх десятиліть вузький ШІ досягнув численних проривів, що принесло значні переваги для суспільства та поліпшило якість життя людей [7].

Наприклад, деякі приклади вузького ШІ містить:

– пошук Google: алгоритми пошуку Google використовуються для пошуку та відображення найбільш релевантних результатів запитів користувачів в мережі Інтернет;

– програмне забезпечення для розпізнавання зображень: системи розпізнавання зображень, такі як ті, що використовуються в медичній діагностиці або в системах безпеки, дозволяють автоматично впізнавати об'єкти на зображеннях;

– помічники особистого голосового асистента, такі як Siri та Alexa: ці системи дозволяють користувачам взаємодіяти з комп'ютерами та іншими пристроями за допомогою голосових команд, виконуючи завдання та надаючи інформацію.

Багато з цих досягнень вузького ШІ базуються на принципах машинного та глибокого навчання. Машинне навчання – це метод штучного інтелекту, який дозволяє комп'ютерам навчатися з досвіду, використовуючи дані, а глибоке навчання є одним з методів машинного навчання, яке використовує нейронні мережі для аналізу складних залежностей у великих обсягах даних.

Загальний штучний інтелект (ЗШІ) – це концепція штучного інтелекту, яка передбачає створення інтелектуальної системи, здатної досягати рівня інтелекту, що подібний до людського, та виконувати будь-яке завдання, яке може вирішити людський розум. На відміну від вузького штучного інтелекту, який обмежується виконанням конкретних завдань, ЗШІ має амбіційну мету створення універсального інтелекту, який здатний адаптуватися до різноманітних ситуацій і вирішувати різноманітні завдання, так само як це робить людський мозок [8].

Одним з основних аспектів ЗШІ є здатність системи розуміти своє існування, уявляти свої цілі та мотивації, а також розвивати власне свідоме мислення й усвідомлювати світ навколо себе. Це включає розуміння своїх власних дій та їхніх наслідків, а також взаємодію з іншими суб'єктами в інтелектуальних обмінах інформацією та розв'язання проблем.

Для досягнення ЗШІ необхідно вирішити безліч складних наукових, технічних, етичних та філософських проблем. Створення інтелекту, який може мислити, відчувати, вчиться та ефективно розв'язувати проблеми, вимагає розуміння не лише функціонування мозку, але і його емоційних, соціальних та моральних аспектів.

Хоча ЗШІ залишається метою наукових досліджень та розвитку штучного інтелекту, велика частина спільноти вчених вважає, що це поки що залишається у сфері фантастики. Однак розвиток інтелектуальних систем, наближених до ЗШІ, може мати велике значення в багатьох сферах життя, включаючи медицину, освіту, робототехніку та багато інших.

1.6 Штучний інтелект в іграх

Штучний інтелект за останні роки вийшов на новий рівень прогресу та завдяки йому можна створювати повністю готові ігри. Ігри зі штучним інтелектом пропонують унікальну привабливість, яка відрізняє їх від традиційних ігор. Однією з головних переваг є гострі відчуття від змагання з розумними супротивниками, які можуть вчитися, адаптуватися та перехитрити гравців – часто неможливо перемогти ШІ в грі [9].

Підземелля AI (рисунок 1.7) – це текстова інтерактивна художня пригодницька гра, яка використовує GPT-3, щоб створити історію на основі введення гравця. Гравці можуть вибирати з безлічі налаштувань і жанрів (наприклад, фентезі, містика, апокаліптика, кіберпанк, зомбі), і ШІ створить для них унікальну історію.

Гра адаптується та реагує на більшість дій, які вводить гравець. Залишивши поле введення порожнім, можна використати як спосіб спонукати ШІ генерувати подальший вміст. Гра дозволяє гравцям скасовувати, повторювати або змінювати останні події, щоб покращити сюжет гри. Гравці також мають можливість явно вказати штучному інтелекту «запам’ятовувати» певні елементи для майбутніх частин їх

проходження, що забезпечує безперервність і посилання в подальшому ігровому процесі.

Плюси цієї гри:

– одним із плюсів даної гри є те що для гравця вона є цікавішою. Він може створити власну історію та сюжет. Це привертає цікавість аудиторії;

– доступність для гравців. Гра є безплатною;

– гра є послідовною та має не затягнутий сюжет.

Мінуси цієї гри:

– складність для гравців. Вони можуть не зрозуміти розум ШІ;

– відкрита ігрова механіка та системи прогресу можуть здатися неструктурованими для тих, хто віддає перевагу більш структурованому ігровому досвіду.

Рисунок 1.7 – Підземелля AI

Як ми бачимо гра створена в довільному варіанті для великої кількості аудиторії.

За допомогою ШІ можна скоротити витрати великої кількості часу на розробку гри. Звичайно не завжди все виходить на високому рівні та можуть

виникати проблеми, але за статистикою проблеми, які виникають під час розробки людським розумом є набагато більші.

Розглянемо на прикладі ще одну гру створену ШІ.

StarCraft II (рисунок 1.8) – це стратегія наукової фантастики в реальному часі. У режимі кампанії гравці стикаються з керованими ШІ персонажами та фракціями, які вступають у розмови, виконують квести та беруть участь у місіях, додаючи глибини та контексту сюжетній лінії гри. Крім того, у грі використовуються алгоритми штучного інтелекту для генерації рандомізованих карт сутички, що забезпечує високий рівень відтворення [10].

Рисунок 1.8 – StarCraft II

Гра має цікавий та захопливий сюжет для різної вікової категорії людей.

Також штучний інтелект якісно підлаштовується під кожного гравця та розподіляє під нього різний рівень складності.

Штучний інтелект відіграє важливу роль у розробці ігор, забезпечуючи складніший та інтелектуальний геймплей. ШІ може допомагати в створенні реалістичних персонажів, оптимізації штучного

інтелекту ворогів, а також адаптації геймплею до дій гравця. Крім того, використання ШІ в іграх може поліпшити графіку та фізику гри, зробивши її більш відчутною для гравців.

В цілому, використання штучного інтелекту в розробці ігор сприяє створенню цікавіших та захопливих ігор для гравців.

Як висновок ми можемо зробити, що в наш час завдяки ШІ людство вийшло на новий рівень розробки ігор, який в майбутньому буде тільки підвищуватись.

1.7 Методи та технології у штучному інтелекті

1.7.1 Прийняття рішень у системі штучного інтелекту

Основна концепція ШІ – прийняття рішень. Щоб виконати ці рішення, інтелектуальна система повинна мати можливість впливати на об'єкти, які використовують систему ШІ. Можна організувати це виконання у стратегії «натиснення ШІ» або «витягнення об'єктів».

Системи зі штучним інтелектом мають тенденцію ізолювати систему ШІ як окремий елемент архітектури гри. Така стратегія часто набуває форми окремого потоку або потоків, в яких ШІ витрачає свій час на підрахунок найкращих варіантів з урахуванням варіантів гри. Коли ШІ приймає рішення, це рішення передається залученим організаціям. Цей підхід найкраще працює в стратегічних іграх у реальному часі, де ШІ займається загальною картиною.

Системи витягування об'єктів найкраще працюють для ігор із простими об'єктами. У цих іграх об'єкти звертаються до системи ШІ, коли об'єкт «думає» або оновлюється. Цей підхід дуже добре працює в системах з великою кількістю об'єктів, яким не потрібно думати дуже часто, наприклад, шутери. Ця система також може скористатися багатопотоковими методами, але вона вимагає додаткового планування.

1.7.2 Базове сприйняття штучного інтелекту

Щоб ШІ міг приймати важливі рішення, йому потрібен певний спосіб сприйняття навколишнього середовища. У простіших системах це сприйняття може бути простою перевіркою позиції об'єкта гравця. Оскільки системи стають все більш вимогливими, об'єкти повинні визначити ключові особливості ігрового світу, такі як життєздатні шляхи для проходження, місцевість, що забезпечує прикриття, та зони конфлікту.

Завдання для дизайнерів і розробників полягає в тому, щоб знайти спосіб визначити ключові функції, важливі для системи розвідки. Наприклад, обкладинка може бути заздалегідь визначена дизайнерами рівнів або може бути попередньо обчислена під час завантаження або компіляції карти. Деякі елементи необхідно оцінювати на льоту, наприклад, карти конфліктів і неминучі загрози.

1.7.3 Системи поведінки штучного інтелекту

Найпростіша форма, яку може прийняти інтелектуальна система, це система, заснована на правилах. Ця система розширює термін «штучний інтелект». Набір попередньо встановленої поведінки використовується для визначення поведінки ігрових об'єктів. За допомогою різноманітних дій загальним результатом може бути система поведінки, яка не є очевидною, хоча фактичного інтелекту залучено дуже мало.

Класичним застосуванням цієї системи є гра Пак-Мен. На рисунку 1.9 можна побачити візуальне зображення набору правил, що керують привидами у грі Пак-Мен.

Чотири привиди переслідували гравця. Кожен привид дотримувався простого набору правил. Один привид завжди мав повертати ліворуч, інший – праворуч, один повертався у випадковому напрямку, а останній повертався до гравця [11].

Окремо привидів було б легко розгадати, і гравець міг би легко їх уникнути. Як група, їхній рух виглядає як складна, скоординована пошукова група, яка полює на гравця. Насправді, єдиний, хто навіть перевіряє позицію гравця, – це останній.

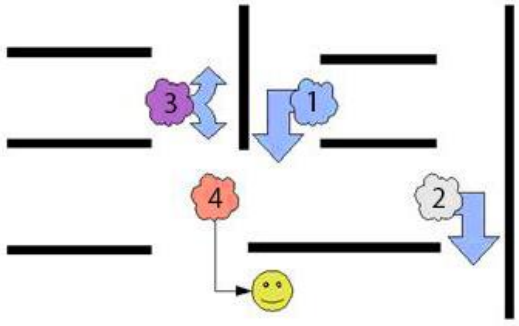

Рисунок 1.9 – Візуальне зображення набору правил, що керують привидами у грі Пак-Мен

Як виходить з цього прикладу, правила не потрібно жорстко кодувати: вони можуть ґрунтуватися на сприйнятих станах або на параметрах об'єктів, які можна редагувати. Такі змінні, як агресія, сміливість, діапазон зору та швидкість мислення, можуть призвести до більш різноманітної поведінки об'єктів, навіть у рамках системи, заснованої на правилах. Системи, засновані на правилах, є найпростішою структурою для ШІ. Більш складні інтелектуальні системи спираються на низку умовних правил і керуються ними [12]. У тактичних іграх правила визначають, яку тактику використовувати. У стратегічних іграх правила регулюють порядок складання та способи реагування на конфлікти. Системи, засновані на правилах, є основою ШІ.

1.7.4 Кінцевий стан у штучного інтелекту

Кінцевий стан (машина з кінцевим числом станів) – це спосіб концептуалізації та реалізації об'єкта, яка має різні стани протягом свого

життя. «Стан» може представляти фізичні умови, в яких перебуває суб'єкт, або він може представляти емоційні стани, які суб'єкт може проявляти. У цьому прикладі емоційні стани – це не що інше, як емоційні стани справжнього ШІ, а заздалегідь визначені моделі поведінки, які вписуються в контекст гри [13]. На рисунку 1.10 можна побачити розташування станів.

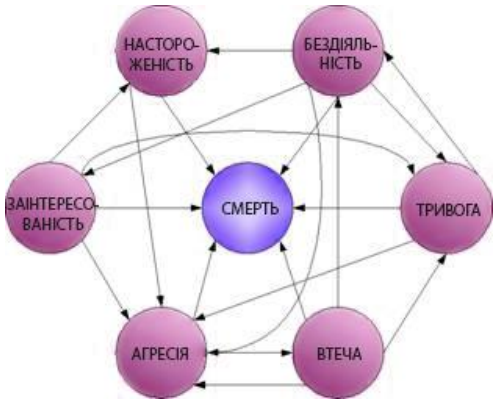

Рисунок 1.10 – Розташування станів, де стрілки відображають можливі зміни стану

1.7.5 Прогнозування штучного інтелекту свого наступного ходу

Здатність ефективно передбачати наступний хід суперника має вирішальне значення в адаптивній системі. Можуть бути використані різні методи, такі як розпізнавання минулих моделей або випадкове припущення, щоб визначити наступну дію [14].

Одним з основних методів адаптації є відстеження минулих рішень та оцінка їх успіху. Система штучного інтелекту веде облік рішень, які гравець зробив у минулому. Минулі рішення мають бути певним чином оцінені. (наприклад, у бойових іграх показником успіху може бути отримана перевага або втрачене здоров'я чи перевага в часі). Додаткова інформація про ситуацію може бути зібрана, щоб надати рішенням певний контекст, наприклад відносне здоров'я, попередні дії та положення на рівні, адже люди грають по-різному, інколи спиною до стіни.

Це все можна оцінити, щоб визначити успіх попередніх дій і чи потрібна зміна тактики. Поки не буде створено список минулих дій, для керування діями суб’єкта можна використовувати загальні тактики або випадкові дії. Ця система може бути пов'язана з системами, заснованими на правилах, і різними станами.

У тактичній грі минула історія може визначити найкращу тактику для використання проти команди гравця, таку як оборона, наступ або деякі збалансовані засоби гри. У стратегічній грі оптимальний склад підрозділів у армії можна виявити на основі кожного гравця. В іграх, де ШІ керує підтримувальними гравцями персонажами, адаптивний ШІ може краще доповнити природний стиль гравця, дізнавшись, як гравець діє [15].

1.8 Проблеми використання штучного інтелекту в ігровій індустрії

Штучний інтелект в наш час застосовується в багатьох робочих сферах, але він не завжди виконує свою роботу правильно. Якщо розглядати питання проблем з якими можна зіштовхнутись при використанні ШІ в ігровій сфері, то їх досить таки велика кількість. Для прикладу вам наведу деякі з цих проблем, які я вважаюсь більш значущими та актуальними на даний час:

– втрата особистого авторства. Коли розробляється гра живою людиною, вона вносить туди свої ідеї, індивідуальні застосунки, створення повної картини за власної ініціативи;

– переоцінені можливості гравців. ШІ може посприяти створенню занадто складних ігор через силу штучного інтелекту і люди, які будуть намагатись грати, просто будуть недооцінювати можливість розвитку гри та неспроможність пересилити штучний інтелект;

– аварійні ситуації. Проблеми, які можуть виникнути у гравців під час гри. Це ускладнює створення правдоподібної поведінки, яка б належним чином реагувала на ці непередбачені обставини та дії гравця;

– однотипність для гравця. Штучний інтелект не зробить ефекту неочікуваності. При розробці з його допомогою все буде розроблено з однаковою послідовністю та стратегією. Гравцю може стати просто не цікаво сприймати однотипність. Завжди зосереджує увагу на неочікувані повороти, можливість вибору та інше. Випадковий вибір викликає питання справжньої цікавості;

– нерівність між гравцями. Застосування ШІ може спричинити проблему нерівності, тому що розвинути алгоритми можуть бути доступні лише певним групам гравців;

– проблема залежності. Мало хто згадує та розглядає цю проблему, але я вважаю, що це також є одним із мінусів використання ШІ в ігровій індустрії. Його можна використовувати для маніпулятивних систем над гравцями, що викликає залежність від ігор – це є великою проблемою на даний час серед молодого і навіть дорослого поколінь;

– втрата роботи. Це є також проблемою. Адже ШІ може замінити багатьох людей, які раніше виконували певні функції, поки не скориставшись штучним інтелектом не зрозуміли, що їх можна замінити та зменшити кількість робочих місць.

Після наведення невеликої кількості проблем, які можуть виникнути зі штучним інтелектом, можна зробити висновок, що окрім користі, яку може надавати ШІ, також є і велика кількість негативних характеристик які він викликає [16].

1.9 Постановка задачі

Метою цієї роботи є дослідження та порівняння алгоритмів штучного інтелекту в ігрових застосунках і виявлення найбільш ефективних методів навчання.

Відповідно до мети, необхідно розробити схему для порівняння та оцінки систем штучного інтелекту на основі обраної гри. Потрібно вибрати

найбільш придатні для ігрових застосунків алгоритми, використати гру як модель для тестування, натренувати обрані алгоритми та розробити метод для їх тестування. Основні критерії розробки алгоритму включають: аналіз усіх доступних методів штучного інтелекту, вибір найбільш придатного методу, підготовку моделі для тренування на основі гри, застосування алгоритмів для тестування та виявлення найкращого алгоритму для навчання штучного інтелекту.

Завдання можна розділити на кілька етапів. По-перше, необхідно провести аналіз штучного інтелекту, який широко використовується не лише в ігрових застосунках, а й у багатьох інших сферах. Це включає вивчення тематичної літератури для кращого розуміння наявних методів. По-друге, слід виявити метод навчання, який найбільше підходить для використання в ігрових застосунках. Існує кілька методів навчання штучного інтелекту, тому потрібно порівняти їх та вибрати найкращий.

Наступним кроком є підготовка моделі на основі обраної гри для порівняння алгоритмів навчання. Це вимагає врахування всіх можливих аспектів поведінки штучного інтелекту та забезпечення повного використання потенціалу моделі для тестування. Після цього алгоритми штучного інтелекту слід застосувати у грі, дотримуючись рівних умов тестування. Важливо виявити слабкі та сильні сторони кожного методу, враховуючи обсяг оброблюваних даних, складність реалізації та вимоги до апаратних ресурсів.

Основна мета оцінки – визначити можливість штучного інтелекту навчитися керувати м'ячиком, вдало проходити рівні та збирати геометричні фігури на шляху. Критерії оцінки успіху включають складність написання та реалізації алгоритму, а також процес навчання, який змінюватиметься під час кожної спроби алгоритму. Використовуватимуться мова програмування C# і середовище розробки Unity з використанням Unity Machine Learning Agents.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ОБРАНИХ МЕТОДІВ НАВЧАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТА ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІГРОВИХ ЗАСТОСУНКІВ

2.1 Опис обраного алгоритму навчання штучного інтелекту

Після дослідження доступної інформації про алгоритми навчання штучного інтелекту, можна виокремити кілька методів, які виявилися найпопулярнішими методами машинного навчання в розробці ігор. Це імітаційне навчання, зворотне навчання з підкріпленням та навчання з підкріпленням. У цьому випадку найбільш доцільним є навчання з підкріпленням.

Навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning) – це один з інтерактивних методів, у якому система, що тестується (агент) навчається, взаємодіючи з навколишнім середовищем. Простіше кажучи, робота заснована на принципі «дають – бери, б’ють – тікай», зі шкодою або винагородою після будь-якої взаємодії з середовищем.

Алгоритм (рисунок 2.1) намагається знайти якомога меншу кількість спроб з можливих досліджувати різні елементи світу та відповідає за довгострокове планування («можливо, якщо ти зараз тут зазнаєш поразки, там тебе винагородять»). Налаштування таких алгоритмів потребує середовища зі складними, але формальними та все ще обмеженими правилами.

До прикладу можна навести DeepMind [17], експідрозділи Google, розробники якого навчили ШІ грати в Quake 3 Arena [18] приблизно так само, як це робить людина. Для навчання використовувалася система із підкріпленням.

Зазвичай, налаштування навчання з підкріпленням складається з двох компонентів: агент та середовище. Агент починає виконувати алгоритм навчання підкріплення, коли середовище посилається на об’єкти, на які діє агент. Середовище спочатку надсилає стан агенту, який потім виконує дії у

відповідь на цей стан на основі своїх знань. Потім середовище надсилає агенту декілька наступних станів і винагороду. Агент використовуватиме винагороди, отримані від середовища, щоб оновити свої знання, щоб оцінити свої останні дії. Цикл продовжується, доки середовище не надішле статус завершення, який завершує виконання алгоритму.

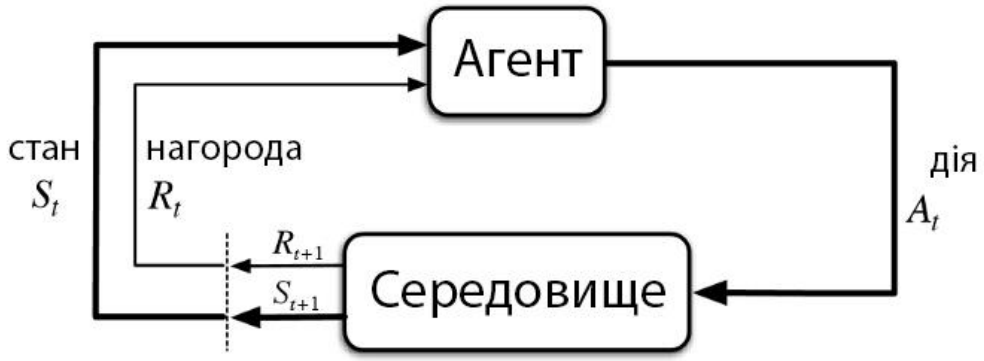

Рисунок 2.1 – Схема алгоритму Навчання з підкріпленням

2.1.1 Метод навчання з підкріпленням

У навчанні з підкріпленням існує агент (agent), який взаємодіє з навколишнім середовищем (environment), виконуючи дії (actions). Навколишнє середовище забезпечує нагороду за ці дії, і агент продовжує виконувати ці дії. Алгоритми з частковим навчанням намагаються знайти стратегію, яка приписує станам (states) навколишнього середовища дії, з цих дій одну агент може обрати у цих станах. Як правило середовище формулюється як марківський процес прийняття рішень (МППР) [19] з кінцевою множиною станів. В цьому сенсі алгоритми навчання з підкріпленням тісно пов'язані з динамічним програмуванням. Імовірності виграшів та заміну станів у МППР зазвичай є випадковими величинами, але вони фіксовані між завданнями.. При навчанні з підкріпленням, на відміну від навчання з учителем, не надаються вірні пари «вхідні дані-відповідь», а

прийняття субоптимальних рішень (що дають локальний екстремум) не обмежується явно. Навчання із підкріпленням намагається знайти компроміс між дослідженням невивчених областей та застосуванням наявних знань (exploration vs exploitation). Баланс вивчення-застосування під час навчання з підкріпленням досліджується у задачі про багаторукого бандита [20].

Формально найпростіша модель навчання з підкріпленням складається з:

– безлічі речовинно-значних скалярних «виграшів» (rewards);

– множини станів оточення (states) S;

– множини дій (actions) A.

У вільний час t агент має стан $st \in S$ і безліч можливих дій A(st). Обираючи дію $a \in A(st)$, агент перетворюється на стан st+1 і отримує виграш rt. Агент, що навчається з підкріпленням на основі такої взаємодії з навколишнім середовищем, згідно з формулою 2.1 має проробити стратегію $\pi: S \rightarrow A$, яка максимізує величину $R=r0+r1+\cdots+rn$ у разі МППР, що має термінальний стан, або величину:

$$R=\sum t \gamma t rt, \tag{2.1}$$

для МППР без термінальних станів (де $0 \leq \gamma \leq 1$ – множник, що дисконтує, для «майбутнього виграшу»).

Тому навчання з підкріпленням особливо підходить для завдань, які включають вибір між довгостроковими та короткостроковими вигодами.

2.1.2.1 Формулювання завдання навчання із підкріпленням

S – безліч станів середовища.

Гра агента із середовищем:

– ініціалізація стратегії $\pi 1(a|s)$ та стану середовища s1;

– для всіх t = 1 ... T:

– агент вибирає дію $a_t \sim \pi_t(a|s_t)$;

– середовище генерує нагороду $r_{t+1} \sim p(r|a_t,s_t)$ та новий стан $s_{t+1} \sim p(s|a_t,s_t)$;

– агент коригує стратегію $\pi_{t+1}(a|s)$.

Це марківський процес прийняття рішень (МППР), якщо $P(s_{t+1}=s',r_{t+1}=r|s_t,a_t,r_t,s_{t-1},a_{t-1},r_{t-1},..,s_1,a_1) = P(s_{t+1}=s',r_{t+1}=r|s_t,a_t)$. МППР називається фінітним, якщо $|A|<\infty$, $|S|<\infty$.

Таким чином, коли визначено функцію виграшу, необхідно визначити алгоритм пошуку стратегії, яка забезпечує найкращий результат. Простий спосіб вирішення цього завдання складається з наступних кроків:

– спробувати усі можливі стратегії;

– обрати стратегію з найбільшим очікуваним виграшем.

Проблема номер один такого підходу полягає в тому, що кількість доступних стратегій може бути дуже великою або нескінченною. Друга проблема виникає, якщо виграші стохастичні: для того, щоб точно оцінити віддачу від кожної стратегії, вам потрібно застосувати кожну стратегію багато разів. Цих проблем можна уникнути, дозволивши певну структуру або дозволивши результатам, отриманим від спроби однієї стратегії, керувати оцінкою іншої. Двома основними способами реалізації цих ідей є оцінка функцій корисності та пряма оптимізація стратегії.

Підхід з використанням функції корисності використовує безліч оцінок очікуваного виграшу тільки для однієї стратегії (або поточної, або оптимальної). При цьому намагаються оцінити або очікуваний виграш, згідно з формулою 2.2 починаючи зі стану s, при подальшому дотриманні стратегії π,

$$V(s)=E[R|s,\pi], \qquad (2.2)$$

або очікуваний виграш за формулою 2.3, при прийнятті рішення a в стані s та подальшому дотриманні π,

$$Q(s,a)=E[R|s,\pi,a]. \quad (2.3)$$

Якщо для вибору оптимальної стратегії використовується функція корисності Q, тоді оптимальну дію завжди можна вибрати як дію, таким чином це максимізує корисність згідно з формулою 2.4. Якщо ж використовуємо функцію V, нам потрібна ймовірнісна модель середовища виду P (s′|s,a), яка дозволяє побудувати функцію корисності виду

$$Q(s,a)=\sum s'V(s')P(s'|s,a). \quad (2.4)$$

Або застосувати так званий метод виконавець-критика, де модель ділиться на дві частини: критик, який оцінює корисність стану V, і виконавець, який вибирає необхідну дію у кожному оцінюваному стані. Якщо мати фіксовану стратегію π і оцінити E[R|·], коли γ =1, можна просто усереднивши безпосередні виграші. Найбільш очевидним способом оцінки γε(0,1) є усереднення загального посилення після кожного стану за формулою 2.5. Однак для цього потрібно, щоб МППР досяг свого кінцевого стану (завершення).

Тому побудова оцінки очікування γε(0,1) не є очевидною. Однак можна побачити, що R утворює рекурсивне рівняння Беллмана:

$$E[R|st]=rt+\gamma E[R|st+1]. \quad (2.5)$$

Застосувавши метод градієнтного спуску з квадратичною функцією помилок та підставивши наявні оцінки V, приходимо до алгоритму навчання з тимчасовими впливами (temporal difference (TD) learning). У

найпростішому випадку стани та дії є дискретними і можуть супроводжуватися табличною оцінкою кожного стану.

2.1.2.2 Багаторукий бандит

На рисунку 2.2 наведено автомат Багаторукий бандит.

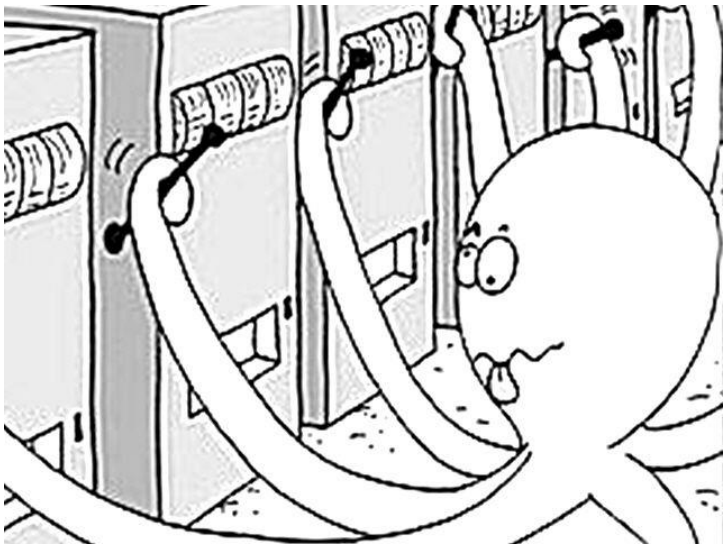

Рисунок 2.2 – Автомат Багаторукий бандит

Формулювання:

– A – безліч можливих дій (ручок автомата);

– pa(r) – невідомий розподіл нагороди r∈R ∀a∈A;

– πt(a) – стратегія агента в момент t ∀a∈A.

Гра агента із середовищем:

а) ініціалізація стратегії π1(a);

б) для всіх t = 1 ... T:

– агент вибирає дію (ручку) at~πt(a);

– середовище генерує нагороду rt-pat (r);

– агент коригує стратегію πt+1(a).

$Qt(a)=\sum ti=1ri[ai=a]\sum ti=1[ai=a]\rightarrow max$ – середня нагорода у t іграх, $Q*(a)=limt\rightarrow\infty Qt(a)\rightarrow max$ – цінність дії a.

У нас є автомат – N-рукий бандит, на кожному кроці ми вибираємо за яку з N ручок автомата смикнути, тобто. безліч дій A = 1,2 ..., N.

Дія, обрана на кроці t, вимагає винагороди R(at), а R(a) $\forall a\in A$ є випадковою величиною, розподіл якої невідомий. Стан нашого довкілля не змінюється від кроку до кроку. Це означає, що набір станів S тривіальний і ні на що не впливає, тому ним можна нехтувати. Для простоти розглядайте кожну дію як відповідну певному розподілу в часі. Якщо ці розподіли відомі, очевидною стратегією є обчислення математичного сподівання кожного розподілу, вибір операції з найбільшим математичним сподіванням, а потім виконання цієї операції на кожному кроці.

Проблема полягає в тому, що розподіл невідомий, але можна оцінити математичне сподівання деякої випадкової величини, розподіл якої невідомий. Для K експериментів xik оцінка математичного сподівання є середнім арифметичним результатів експерименту за формулою 2.6 :

$$E(\xi)=1K\sum Kk=1\xi k. \qquad (2.6)$$

Завдання є модельним для розуміння конфлікту між exploitation-exploration.

2.1.2.3 є-жадібна (є-greedy) стратегія

Нагорода для стратегії з різними є (рисунок 2.3). Слід ввести параметр $\epsilon\in(0,1)$.

На кожному кроці t:

– отримаємо значення – випадкової величини рівномірно розподіленої на відрізку (0,1);

– якщо α∈(0,ϵ), то обираємр дію at∈A випадково і рівноймовірно, інакше як у жадібній стратегії виберемо дію з максимальною оцінкою математичного очікування;

– оновлюємо оцінки так само, як у жадібній стратегії.

Якщо ϵ=0, це звичайна жадібна стратегія. Однак якщо ϵ>0, то на відміну від жадібної стратегії на кожному кроці з ймовірністю ϵ приходиться «дослідження» випадкових дій.

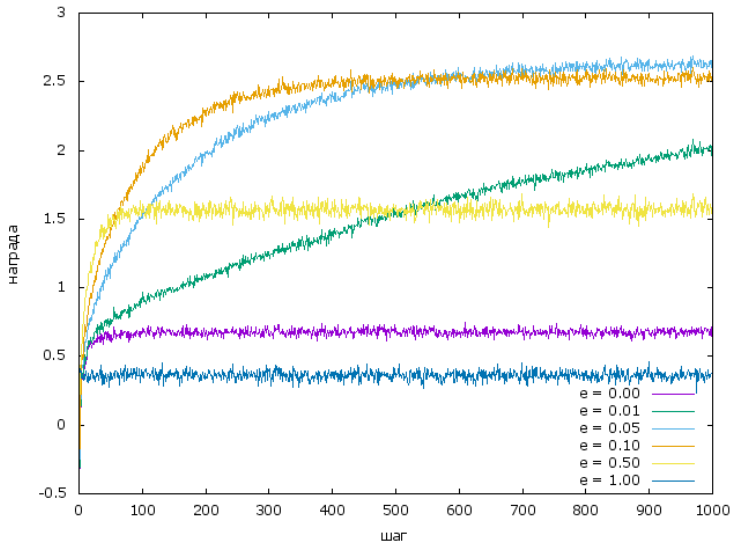

Рисунок 2.3 – Нагорода для стратегії з різнимиє-жадібності

Основна ідея алгоритму Softmax полягає в зменшенні втрат на дослідження шляхом вибору більш рідкісних дій, які в минулому винагороджували менші суми. Для цього розраховуються вагові коефіцієнти (формула 2.7) для кожної дії з урахуванням вибору дій. Чим більше Qt(a), тим більша ймовірність вибору:

$$\pi t+1(a)=\exp(Qt(a)/\tau)\sum b\in A\exp(Qt(b)/\tau) \qquad (2.7)$$

τε(0,∞) – це параметр, який можна використовувати для налаштування поведінки алгоритму.

Коли $\tau \to \infty$, політика збігається, тобто softmax менше залежатиме від значення посилення та вибиратиме дії (дослідження) більш рівномірно.

Коли $\tau \to 0$, політика має тенденцію бути жадібною, тобто алгоритм більше зосереджуватиметься на середньому виграші (експлуатації) відомих дій.

Використання експоненти робить цю вагу відмінною від нуля навіть у діях, де винагорода дорівнює нулю. Евристичний: має сенс, щоб параметр τ зменшувався з часом.

2.1.2.4 Метод UCB

Попередні алгоритми використовували дані про середні виграші після прийняття рішення. Проблема полягає в тому, що якщо дія дає винагороду з певною ймовірністю, то спостережувані дані є неточними, і ми можемо неправильно визначити найприбутковішу дію.

Алгоритм верхньої межі впевненості (UCB) [21] – це сімейство алгоритмів, які намагаються вирішити цю проблему, використовуючи дані не лише про середні виграші, а й про те, наскільки ви вірите в цінність своїх виграшів.

Крім того, як softmax в UCB, при виборі дій використовується ваговий коефіцієнт, який є верхнім довірчим інтервалом (upperconfidencebound) виграшного значення (формула 2.8 та 2.9) :

$$\pi t+1(a)=Qt(a)+ba \tag{2.8}$$

$$ba=2\ln\sum aPaPa−−−−−−−√ \tag{2.9}$$

Бонусне значення, яке показує, наскільки недосліджена дія порівняно з іншими.

На відміну від попередніх алгоритмів, UCB не використовує випадкові числа для вибору операцій у своїй роботі, а також не використовує параметри, за допомогою яких можна вплинути на його роботу. На початку алгоритму кожна дія вибирається один раз (щоб можна було розрахувати розмір бонусу для всіх дій). Після цього в кожен момент вибирається дія з максимальним ваговим коефіцієнтом.

Незважаючи на відсутність випадковості, результати цього алгоритму видаються досить неточними порівняно з іншими алгоритмами. Це тому, що алгоритм відносно часто вибирає невивчені дії.

2.1.2.5 Q-learning

На основі винагороди, отриманої від середовища, агент формує функцію корисності Q, яка дозволяє агенту вже не випадково вибирати стратегію поведінки, а враховувати свій попередній досвід взаємодії з середовищем. Однією з переваг Q – навчання є те, що воно може порівнювати очікувану корисність доступних дій без створення моделі середовища. Він використовується в ситуаціях, які можна представити в МППР.

Таким чином, алгоритм це функція якості від стану та дії за формулою 2.10:

$$Q:S\times A\rightarrow R. \qquad (2.10)$$

Перед навчанням Q ініціалізується довільними значеннями. Потім, кожного разу t, агент вибирає дію at, отримує винагороду rt, переходить у новий стан st+1 (який може залежати від попереднього стану st і вибраної дії) і оновлює функцію Q. Функція оновлення (рисунок 2.4) використовує зважене середнє між старим і новим значеннями, де rt це нагорода, отримана при переході зі стану st у стан st+1, і це швидкість навчання ($0<\alpha\leq 1$).

$$Q^{new}(s_t, a_t) \leftarrow (1-\alpha) \cdot \underbrace{Q(s_t, a_t)}_{\text{old value}} + \underbrace{\alpha}_{\text{learning rate}} \cdot \overbrace{\left(\underbrace{r_t}_{\text{reward}} + \underbrace{\gamma}_{\text{discount factor}} \cdot \underbrace{\max_a Q(s_{t+1}, a)}_{\text{estimate of optimal future value}} \right)}^{\text{learned value}},$$

Рисунок 2.4 – Функція оновлення

Алгоритм закінчується, коли агент перетворюється на термінальний стан st+1.

3 РОЗРОБКА ТА ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ІГРОВИХ ЗАСТОСУНКАХ

3.1 Інструменти для реалізації

Наразі існує безліч різних способів виконання поставленого завдання. Основними критеріями вибору повинні бути простота у використанні, доступність, швидка робота та зрозумілість інтерфейсу. Тому було обрано середовище розробки ігрових застосунків Unity.

Unity (рисунок 3.1) – це безплатне міжплатформне середовище розробки комп'ютерних ігор, створене американською компанією Unity Technologies. Воно дозволяє створювати програми для більш ніж 25 різних платформ, включаючи персональні комп'ютери, ігрові консолі, мобільні пристрої та інтернет-додатки.

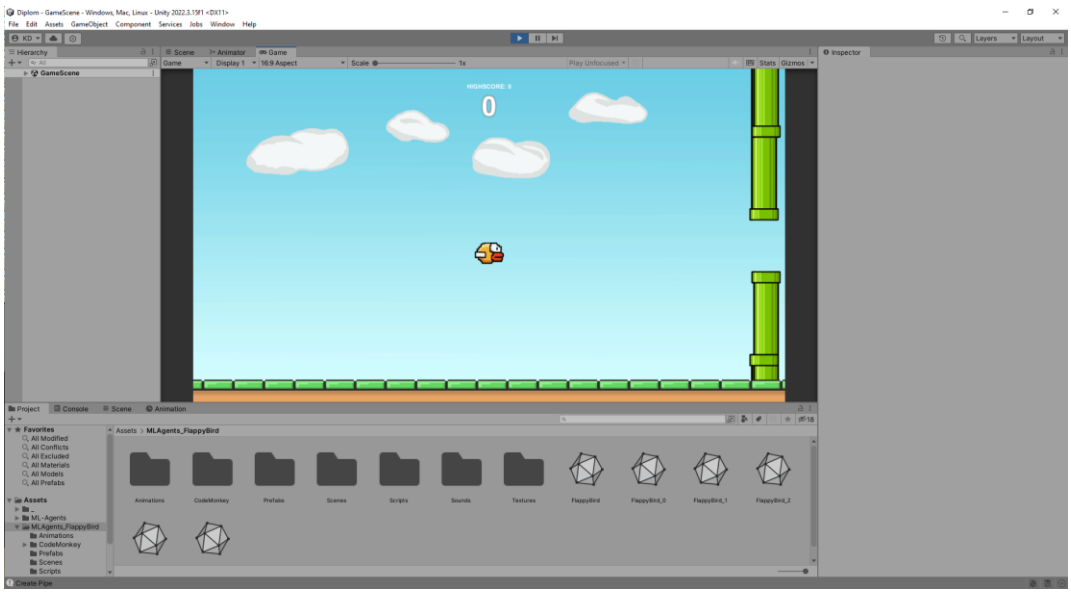

Рисунок 3.1 – Інтерфейс Unity

З моменту випуску у 2005 році Unity постійно розвивається. Основними перевагами Unity є наявність візуального середовища розробки, підтримка різних платформ та модульна система компонентів. До недоліків

можна віднести складнощі при роботі з багатокомпонентними схемами та труднощі з підключенням зовнішніх бібліотек. На Unity написані тисячі ігор, програм та візуалізацій математичних моделей, які охоплюють багато платформ і жанрів. Unity використовується як великими розробниками, так і незалежними студіями. Також Unity має власний онлайн-магазин, де можна знайти готові моделі, текстури та інші ресурси. Деякі з них доступні безплатно, інші потребують покупки. Важливо, що цей магазин інтегрований прямо в редактор Unity, що дозволяє автоматично завантажувати та додавати обрані ресурси у поточний проєкт без додаткових зусиль [22].

Для написання та редагування коду буде використовуватись середовище розробки Microsoft Visual Studio 2019 та мова програмування C# (C Sharp). Microsoft Visual Studio – це серія продуктів компанії Microsoft, яка включає інтегроване середовище розробки програмного забезпечення та інші інструментальні засоби.

Microsoft Visual Studio (рисунок 3.2) – це потужне інтегроване середовище розробки (IDE), яке надає розробникам широкий спектр інструментів для створення різноманітних програмних продуктів. Воно підтримує безліч мов програмування, включаючи C#, C++, VB.NET, F#, Python, JavaScript, TypeScript та інші. Visual Studio має вбудовані інструменти для налагодження, які включають покрокове виконання коду, аналіз стеку викликів, встановлення точок зупину та інспекцію змінних. Інтелектуальний редактор коду з функцією IntelliSense забезпечує автодоповнення, підказки, рефакторинг та швидке переміщення по коду. Також Visual Studio містить засоби для створення юніт-тестів, інтеграційних тестів та автоматизованого тестування UI.

Однією з головних переваг Microsoft Visual Studio є її інтеграція з іншими продуктами Microsoft, такими як Azure, Office 365, SQL Server та іншими хмарними та локальними сервісами. Visual Studio підтримує численні розширення та плагіни, які можуть додати нові функції або

покращити чинні. Це IDE також надає інструменти для спільної розробки, управління проєктами та версіями коду, що значно спрощує командну роботу. Важливою перевагою є велика спільнота користувачів і багата документація, що робить навчання та розв'язання проблем простішим. Інтерфейс користувача Visual Studio інтуїтивно зрозумілий та налаштовуваний, що дозволяє розробникам створювати найбільш зручне робоче середовище.

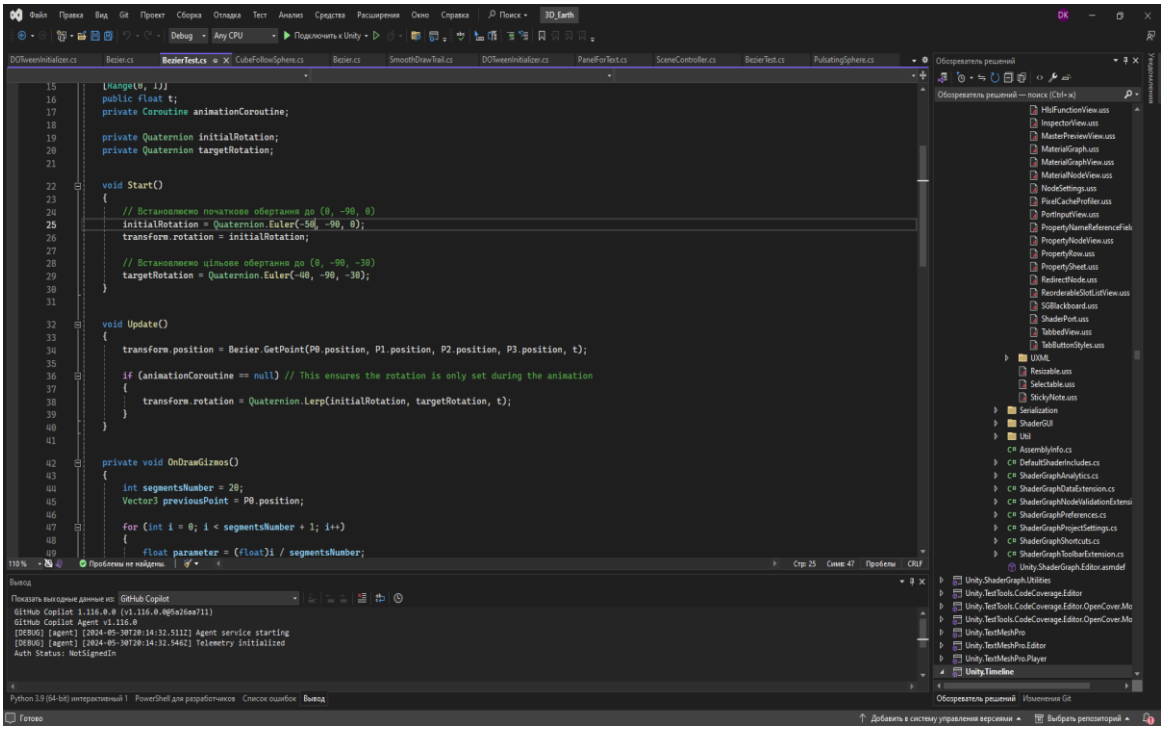

Рисунок 3.2 – Інтерфейс Microsoft Visual Studio

Однак, Visual Studio має і недоліки. Професійні версії можуть бути досить дорогими для окремих розробників або малих команд, хоча є безплатна версія Visual Studio Community для індивідуальних розробників, студентів і невеликих команд. Також, Visual Studio може вимагати значних апаратних ресурсів, особливо для великих проєктів або при використанні численних розширень.

Порівняно з іншими IDE, такими як Visual Studio Code, Eclipse, IntelliJ IDEA та Xcode, Microsoft Visual Studio пропонує потужність і гнучкість, що робить його відмінним вибором для професійних розробників і великих проєктів. Visual Studio Code є легкою, безплатною версією з меншою кількістю функцій, але з широкими можливостями розширення. Eclipse є популярним безплатним IDE з підтримкою багатьох мов програмування, але може бути складніше налаштувати й використовувати. IntelliJ IDEA – потужне IDE для Java та інших мов, має відмінну підтримку рефакторингу та інтелектуальну систему підказок, але вимагає підписки для доступу до повного функціонала. Xcode, спеціалізоване IDE для розробки під iOS та macOS, надає всі необхідні інструменти для екосистеми Apple, але не підтримує інші платформи.

Таким чином, Microsoft Visual Studio є одним з найбільш потужних і універсальних середовищ розробки, що робить його відмінним вибором для професійних розробників і великих проєктів.

Також був використаний набір інструментів Unity Machine Learning Agents Toolkit (ML-Agents) – це інструмент, розроблений Unity Technologies, який дозволяє інтегрувати можливості машинного навчання в ігри та симуляції.

Це відкритий проєкт, що надає засоби для навчання інтелектуальних агентів за допомогою різних методів машинного навчання, таких як підкріплення (reinforcement learning), імітаційне навчання (imitation learning) та інші. ML-Agents дозволяє створювати середовища, де агенти можуть навчатися через взаємодію з ними (рисунок 3.3).

Це охоплює широкий спектр задач, таких як навігація, ухилення від перешкод, взаємодія з іншими агентами та об'єктами. Інструмент підтримує кілька методів навчання, що дозволяє вибирати найкращий підхід для конкретної задачі [23].

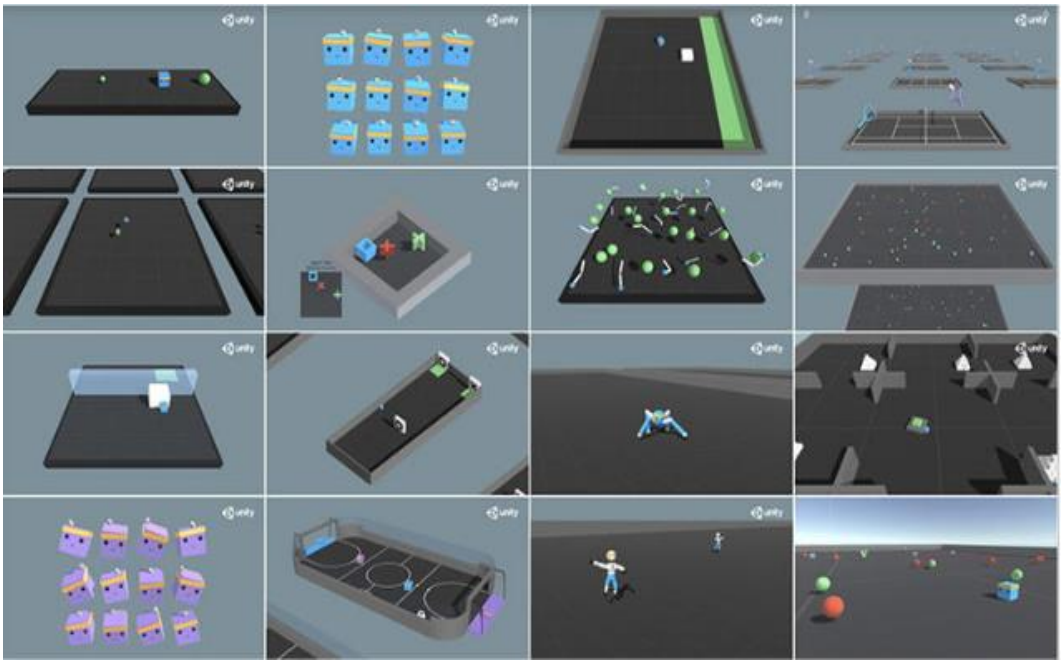

Рисунок 3.3 – Приклади реалізації проектів за допомогою ML-Agents

ML-Agents має інтеграцію з Python, що дозволяє використовувати популярні бібліотеки для машинного навчання, такі як TensorFlow, для створення, навчання та тестування моделей. Інструмент також надає можливості для візуалізації та моніторингу процесу навчання агентів, що допомагає краще розуміти їхню поведінку і прогрес. Крім того, ML-Agents дозволяє налаштовувати середовище і параметри навчання під конкретні потреби проєкту, а також розширювати функціональність за допомогою додаткових модулів.

Однією з головних переваг ML-Agents є швидке прототипування. Завдяки інтеграції з Unity, цей інструмент дозволяє швидко створювати і тестувати прототипи, що значно прискорює процес розробки ідей та концепцій. Unity надає можливість створювати високоякісні 3D-середовища, що дозволяє тренувати агентів у реалістичних умовах, наближених до реальних ситуацій. Це робить процес навчання більш ефективним і корисним для практичного застосування.

Велика спільнота розробників Unity та широкий спектр ресурсів, таких як документація, туторіали й форуми, допомагають швидко знайти відповіді на питання і розв'язувати проблеми. Основні функції ML-Agents доступні безплатно, що робить його доступним для індивідуальних розробників і невеликих команд. Крім того, ML-Agents можна використовувати не тільки в ігровій індустрії, але й в наукових дослідженнях, робототехніці, автоматизації та інших галузях, де потрібні інтелектуальні агенти.

ML-Agents є потужним і гнучким інструментом, який дозволяє розробникам інтегрувати сучасні технології машинного навчання у свої проєкти. Його переваги, такі як швидке прототипування, реалістичні симуляції, велика спільнота, доступність і міждисциплінарне застосування, роблять його відмінним вибором для будь-кого, хто прагне створювати інтелектуальні системи та досліджувати можливості штучного інтелекту. Завдяки ML-Agents розробники можуть експериментувати з різними підходами до навчання агентів, що значно розширює горизонти можливостей у розробці ігор та симуляцій.

3.2 Реалізація навчання штучного інтелекту

Для початку була реалізована гра в якій ми будемо використовувати ШІ. За основи реалізуємо основну механіку з гри Flappy Bird (рисунок 3.4).

Flappy Bird – це проста аркадна гра, розроблена Dong Nguyen і випущена в 2013 році. Гра має мінімалістичний дизайн та простий геймплей, який швидко став популярним серед гравців по всьому світу.

У грі ви керуєте маленьким птахом на ім'я Флепі, який повинен пролетіти через нескінченний ряд труб, які виступають з верхньої та нижньої частини екрана. Завдання гравця – уникати зіткнення з трубами та долати якомога більшу відстань, набираючи очки за кожну пройдену пару труб.

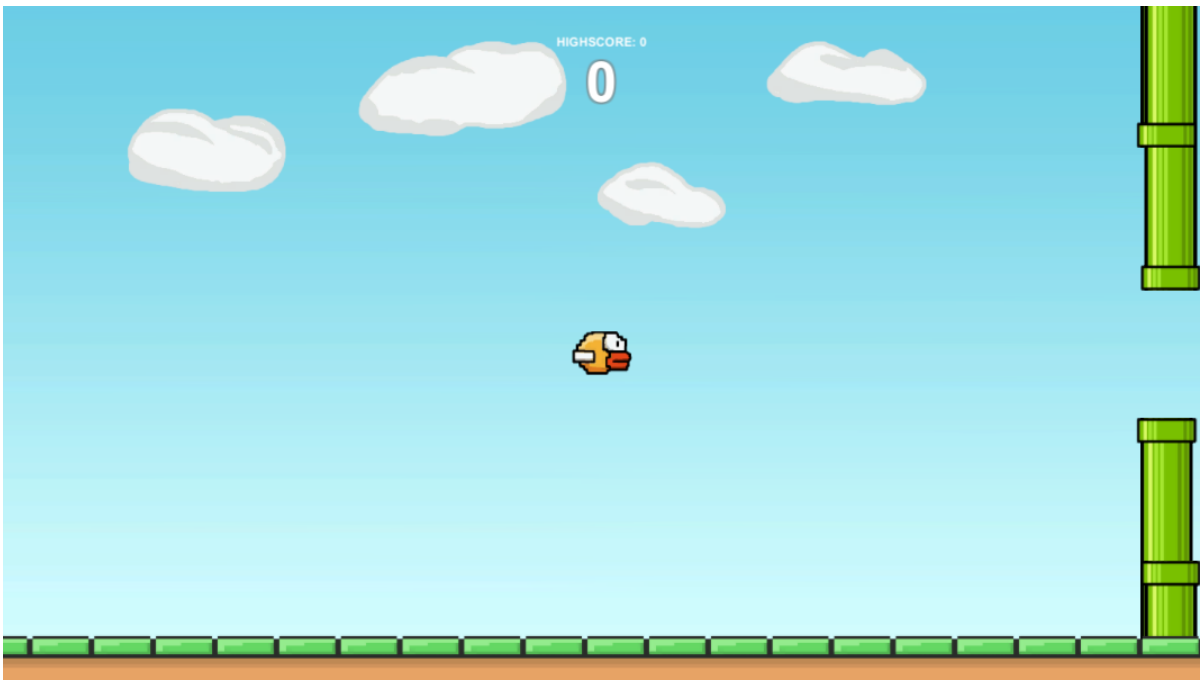

Рисунок 3.4 – Гра Flappy Bird

Гравець торкається екрану, щоб почати гру. Птах Флепі автоматично починає рухатися вперед. Щоб утримувати птаха у повітрі, гравець повинен натискати на екран. Кожне натискання піднімає птаха вгору на невелику висоту. Гравець повинен ретельно контролювати висоту птаха, щоб він пролітав між трубами. Якщо птах зіткнеться з трубою або з землею, гра закінчується. За кожну пару труб, через які успішно пролітає птах, гравець отримує одне очко. Мета гри – набрати якомога більше очок.

Головним стимулом в навчанні ШІ є винагорода за правильні дії, тому наступним кроком необхідно визначити нагороду за правильні дії і те, що буде при не правильних діях, а саме, закінчення гри.

Серед усіх описаних алгоритмів першим був обраний Q-learning. Далі, відповідно до інструкцій ML-Agents, для початку навчання алгоритму була розроблена тренувальна конфігурація (рисунок 3.5), на основі якої проходило навчання агентів.

Для всіх інших алгоритмів також були створені відповідні конфігурації з урахуванням їхніх особливостей.

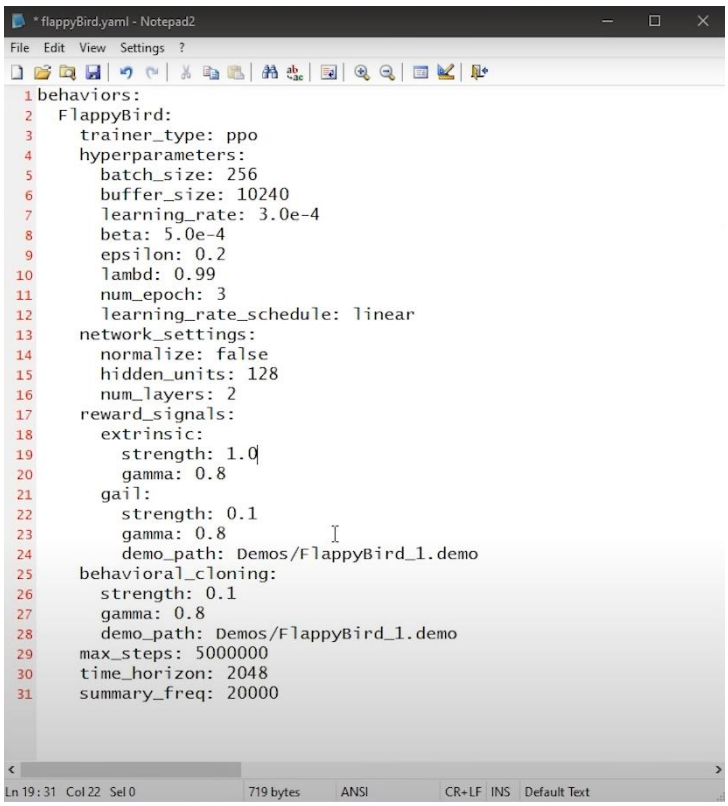

Рисунок 3.5 – Фрагмент тренувальної конфігурації

Тепер необхідно запустити процес навчання. Для цього слід перейти до теки, де знаходиться ML-Agents, та відкрити вікно термінала. Введіть команду, яка визначає, куди саме буде записуватись усе, що вивчить алгоритм:

```
mlagents-learn_flappybird_trainer_config.yaml --run-id="FlappyBird_1"
```

Якщо система не знайде ніяких помилок, все запуститься, і в вікні термінала з’явиться логотип Unity (рисунок 3.6).

Програма буде чекати запуску симуляції гри. Для цього потрібно в програмі Unity обрати вікно Game і зверху натиснути кнопку Play для запуску симуляції гри (рисунок 3.7). Одночасно з цим почнеться процес навчання ШІ.

Для більшого контролю процесу навчання можна подивитись на графіки (рисунок 3.8) і зрозуміти як все проходить.

Рисунок 3.6 – Початок роботи ML-Agents

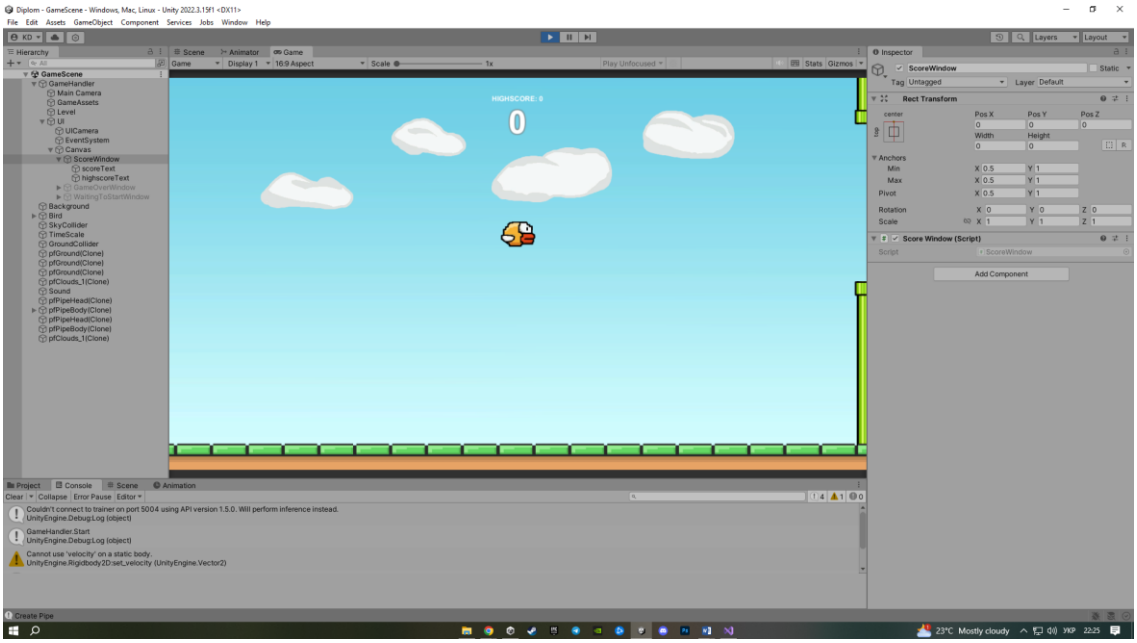

Рисунок 3.7 – Початок симуляції гри

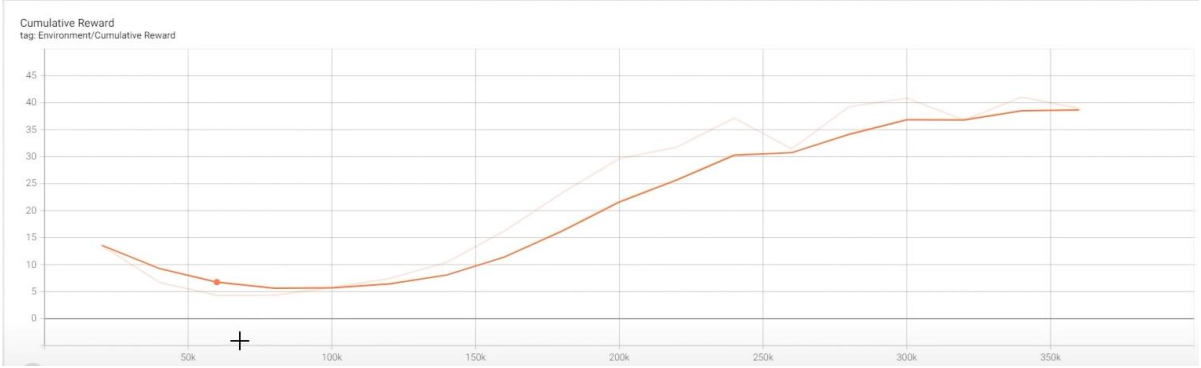

Рисунок 3.8 – Графік здобування очок в грі агентом

3.3 Порівняння кінцевих результатів навчання

На навчання кожного з чотирьох алгоритмів було витрачено по одній годині, і цього виявилося цілком достатньо для формування загальної картини того, як ШІ навчився справлятися із поставленим завданням. За цей час кожен алгоритм зробив трохи більше 3000 спроб.

У перші хвилини навчання алгоритми показували себе дуже погано: спочатку вони не реагували, і птиця завжди здіймалась до гори через, що програвала рівень. Згодом вони почали поступово намагатися щось робити. Приблизно через 20-30 хвилин навчання агенти почали демонструвати свої перші результати. Вони почали здобувати якомога більше очків.

Ближче до кінця відведеного часу результати навчання перестали швидко зростати, з’явилася більша стабільність і точність дій.

Після завершення навчання ШІ за допомогою обраних методів були отримані наступні графіки результатів, що наведені на рисунку 3.9.

На рисунку 3.10 можна побачити як показав себе метод навчання Q-learning. Помітно як на середині процесу агент стрімко почав навчатися, але трохи пізніше це зростання сповільнилось. На другому рисунку (рисунок 3.10) показано середнє значення метода Q-learning за кожні 100 спроб.

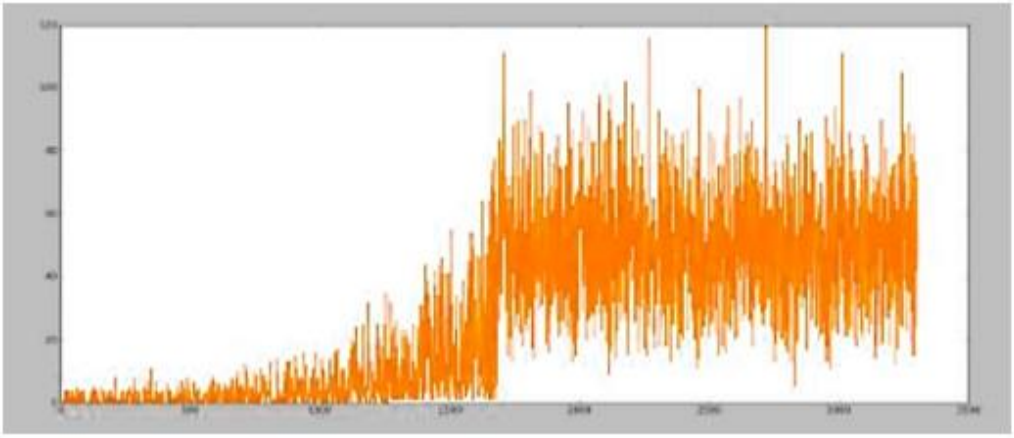

Рисунок 3.9 – Графік процесу навчання за допомогою метода Q-learning протягом більш 3000 спроб

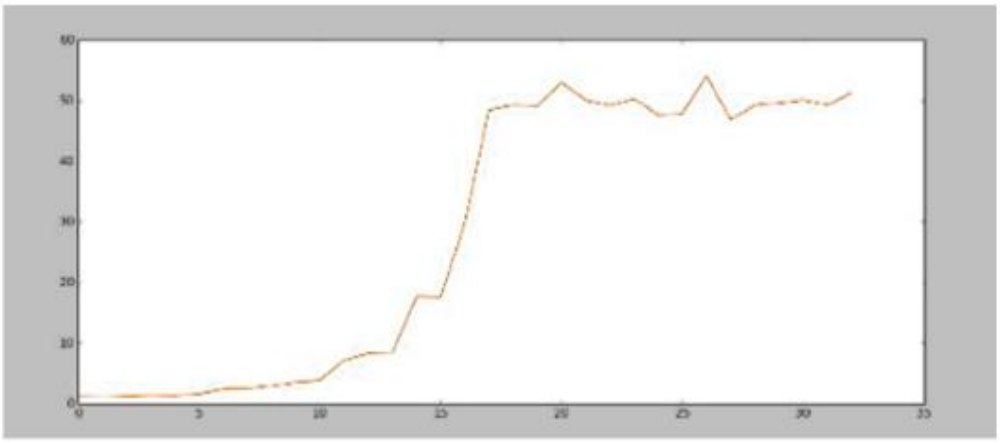

Рисунок 3.10 – Графік середнього значення процесу метода Q-learning

Наступним методом навчання був Softmax. Процес проходив за таких же умов, що і перший алгоритм. На середині графіку помітно, як в один момент агент почав дуже швидко вчитись і майже відразу сповільнився і зростання продовжилось дуже повільно (рисунок 3.11).

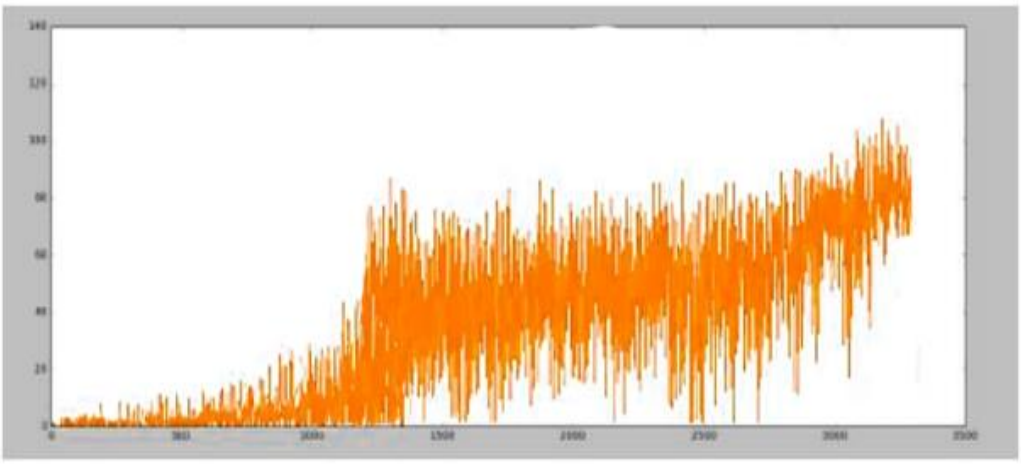

Рисунок 3.11 – Графік процесу навчання за допомогою метода Softmax протягом більш 3000 спроб

Середнє значення алгоритму трохи плавніше, але все одно помітне швидке зростання (рисунок 3.12).

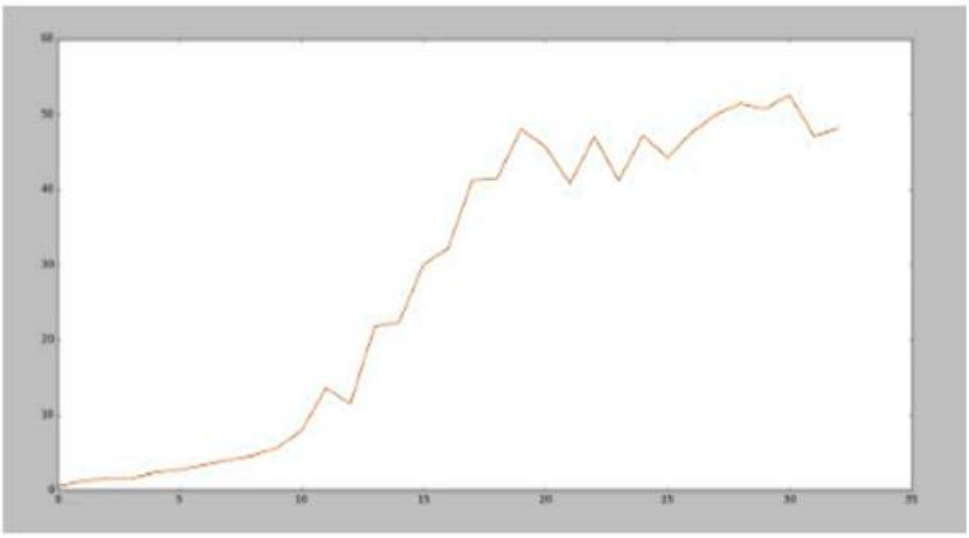

Рисунок 3.12 – Графік середнього значення процесу метода Softmax

Третій метод навчання є-жадібна (є-greedy) стратегія. Він виявився самим повільним та плавним. На середині графіку знову помітно зростання навчання, але воно було найплавніше з усіх обраних методів (рисунок 3.13).

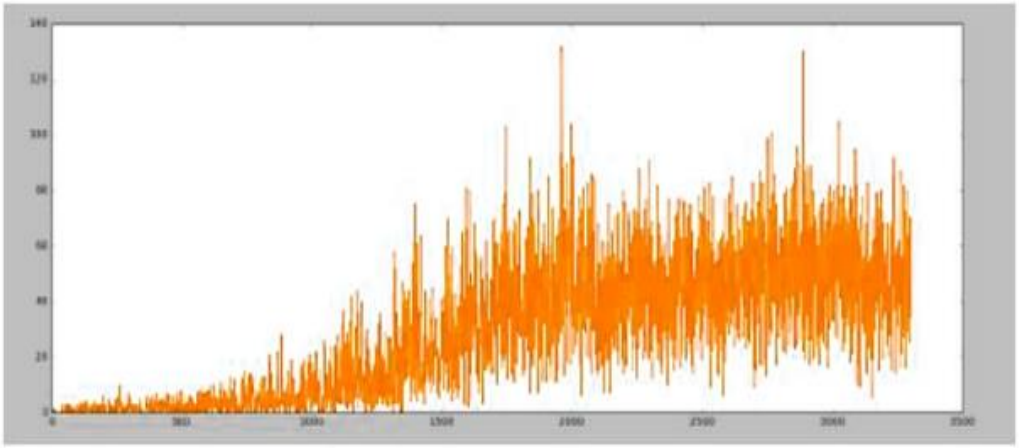

Рисунок 3.13 – Графік процесу навчання за допомогою метода є-greedy протягом більш 3000 спроб

На наступному графіку (рисунок 3.14) цього методу якраз дуже помітне повільний процес навчання, але в той же час дуже стабільне зростання навичок.

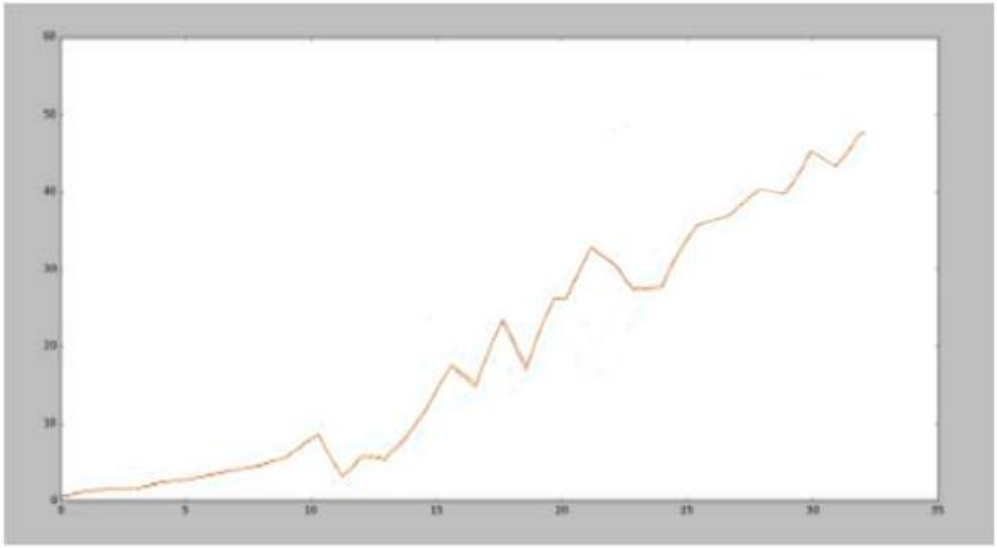

Рисунок 3.14 – Графік середнього значення процесу метода є-greedy

Останній алгоритм навчання штучного інтелекту метод UCB. Якщо придивитись, то цей графік процесу навчання трохи нагадує перший метод своїм стрімким зростанням у середині, але це не так, далі прогрес навчання сильно сповільнюється і не росте (рисунок 3.15).

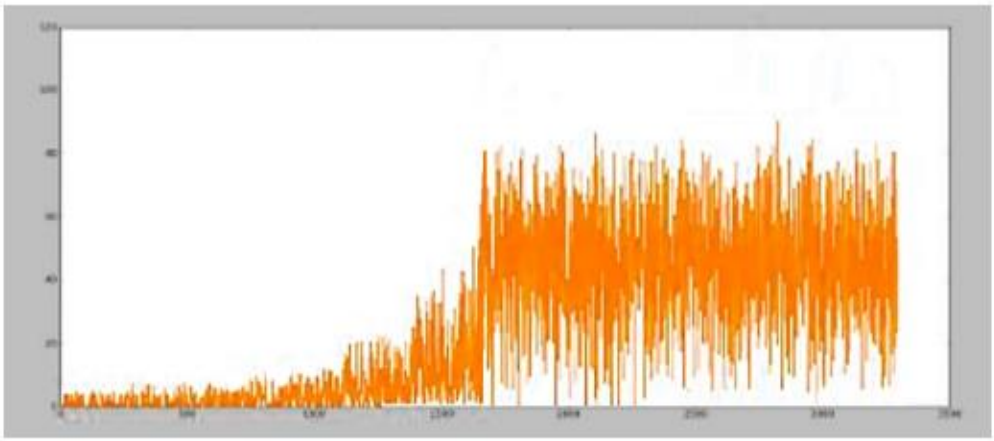

Рисунок 3.15 – Графік процесу навчання за допомогою метода UCB протягом більш 3000 спроб

На другому графіку (рисунок 3.16) цього методу добре помітно стрімке, але й водночас плавну зміну графіку.

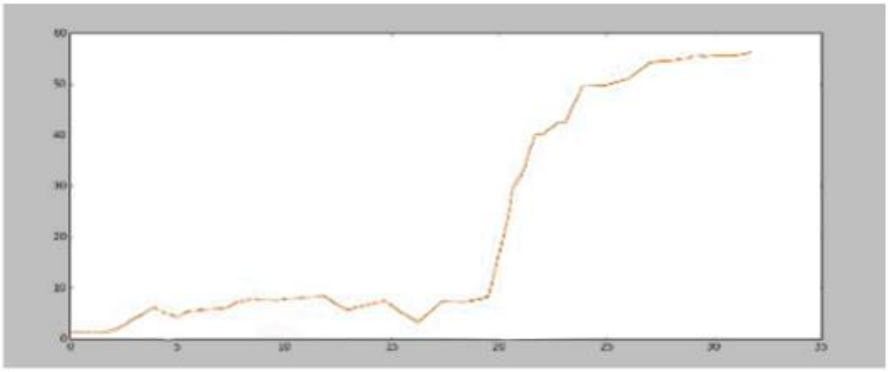

Рисунок 3.16 – Графік середнього значення процесу метода UCB

Порівнявши результати (рисунок 3.17) обраних алгоритмів, можна добре побачити, як саме відрізняються данні методи навчання ШІ.

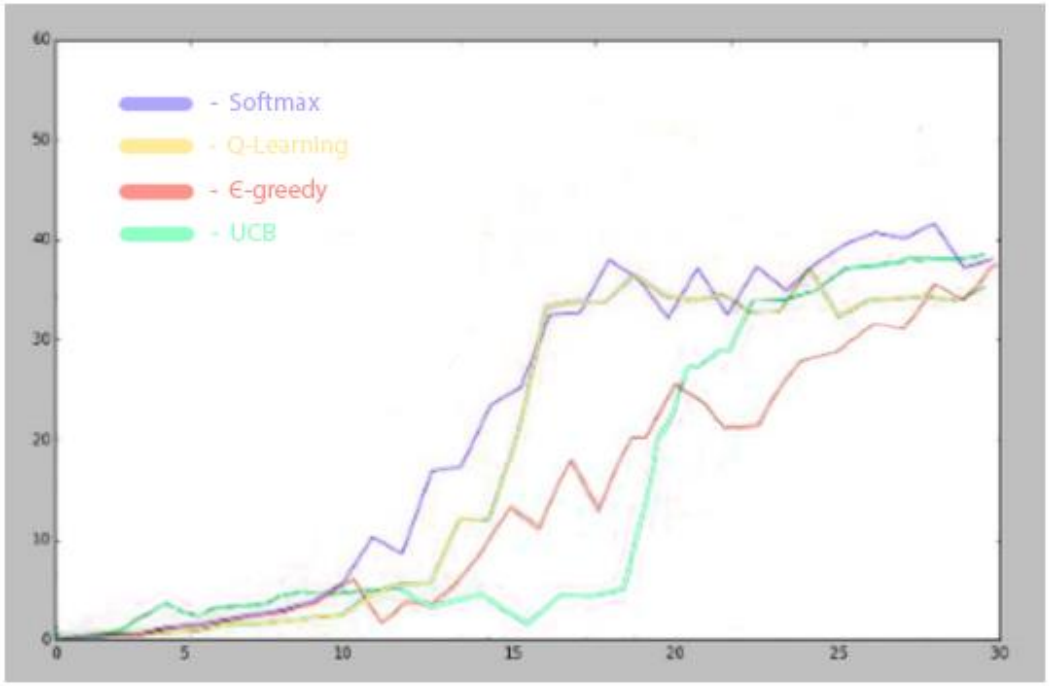

Рисунок 3.17 – Графік порівняння алгоритмів

Перший тестований алгоритм Q-learning має досить не погане зростання на середині графіку, але потім навчання різко сповільнюється, що добре помітно.

Далі Softmax, в нього самий ранній початок зростання, та досить плавний, потім зростання трохи падає, але цього достатньо для продовження навчання агента.

Наступним методом навчання був є-greedy. Не зважаючи на рівне зростання графіку, він виявився самим повільним, що іноді буває дуже важливо знати, коли необхідно швидко навчати штучний інтелект.

Останній алгоритм, UCB, виявився дуже повільним спочатку і аж до середини, але потім стрімко почав рости. Якщо для навчання агентів є не багато часу, то цей метод не підходить.

ВИСНОВКИ

Мета цієї кваліфікаційної роботи полягала в дослідженні та розробці методів штучного інтелекту для використання в ігрових додатках. Під час написання кваліфікаційної роботи були написані та опубліковані тези на тему «Ігрова Еволюція: Вплив комп`ютерних ігор на стрес у воєнний час та використання штучного інтелекту для поліпшення геймплею». В яких було розглянуто ігри не тільки як спосіб розваги, а й методу для зняття стресу. А також описано використання ШІ в іграх для покращення ігрового процесу. В ході дослідження було проаналізовано чинні алгоритми та методи навчання штучного інтелекту, з яких були обрані найбільш придатні для симуляції розумної поведінки комп'ютерних персонажів, аналогічної поведінці реальних гравців.

Після вивчення предметної області з’ясувалося, що метод навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning) є одним із найбільш підходящих підходів. Цей метод дозволяє агенту навчатися шляхом взаємодії з навколишнім середовищем. Були обрані відповідні алгоритми для навчання штучного інтелекту.

Детально розглянувши обраний метод і алгоритми, було проведено огляд літератури та зроблено відповідні висновки. Було визначено середовище розробки та інструменти, а також створено модель мобільної гри для тестування алгоритмів штучного інтелекту.

На основі всіх підготовчих етапів було проведено дослідження алгоритмів навчання штучного інтелекту для ігрових додатків. Серед усіх обраних та досліджених алгоритмів найкращим виявився алгоритм Softmax, який продемонстрував найвищі результати.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Turing A. M. Computing Machinery and Intelligence. *Mind*. 1950. Vol. 59, No. 236. P. 433–460.

2. Russell S., Norvig P. Artificial intelligence: a modern approach. Includes bibliographical references and index. 1995. 1127 p.

3. Lecture 1: Introduction and Scope | Artificial Intelligence | Electrical Engineering and Computer Science | MIT OpenCourseWare. *MIT OpenCourseWare*. URL: https://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-034-artificial-intelligence-fall-2010/lecture-videos/lecture-1-introduction-and-scope/ (date of access: 11.05.2024).

4. Deep Blue. *IBM* URL: https://www.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/deepblue/ (date of access: 11.05.2024).

5. AlphaGo. *Google DeepMind*. URL: https://deepmind.com/research/case-studies/alphago-the-story-so-far (date of access: 11.05.2024).

6. 4 Types of Artificial Intelligence. *BMC Blogs*. URL: https://www.bmc.com/blogs/artificial-intelligence-types/ (date of access: 11.05.2024).

7. AI, Deep Learning, and Machine Learning: A Primer | Andreessen Horowitz. *Andreessen Horowitz*. URL: https://a16z.com/2016/06/10/ai-deep-learning-machines/ (date of access: 11.05.2024).

8. Executive Office of the President National Science and Technology Council Committee on Technology. URL: https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/microsites/ostp/NSTC/preparing_for_the_future_of_ai.pdf (дата звернення: 23.05.2024).

9. Movieclips. Ender's Game (1/10) Movie CLIP - The Mind Game (2013) HD, 2015. *YouTube*. URL: https://www.youtube.com/watch?v=oDRFKZVZwcA (date of access: 11.05.2024).

10. Red Dead Redemption 2. *Rockstar Games*. URL: https://www.rockstargames.com/ru/games/reddeadredemption2 (date of access: 11.05.2024).

11. Dr Mike Cook. URL: http://eecs.qmul.ac.uk/profiles/cookmichael.html (date of access: 11.05.2024)

12. Scott J., Polson N. Artificial intelligence. 2019. 280 p.

13. Features recent news | Game Developer. *Game Developer*. URL: http://www.gamasutra.com/features/20001101/ (date of access: 11.05.2024).

14. Yannakakis G. N. Preference Learning for Affective Modeling. *In Proceedings of the Int. Conf. on Affective Computing and Intelligent Interaction*. Amsterdam, The Netherlands, September 2009. P. 126–131.

15. Champandard A. J. AI Game Development. New Riders Publishing, 2014.

16. Yannakakis G.N., Togelius J. Experience-Driven Procedural Content Generation. *IEEE Transactions on Affective Computing*. 2011. 2:147–161.

17. Zeng Z., Pantic M., Roisman G., Huang T. A survey of affect recognition methods: Audio, visual, and spontaneous expressions. *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2019. 31(1):39–58.

18. Google DeepMind. *Вікіпедія*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Google_DeepMind (дата звернення: 11.05.2024).

19. Quake III Arena. *Вікіпедія*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Quake_III_Arena (дата звернення: 11.05.2024).

20. Markov decision process. *Wikipedia, the free encyclopedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Markov_decision_process (date of access: 11.05.2024).

21. Multi-armed bandit. *Wikipedia, the free encyclopedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Multi-armed_bandit (date of access: 11.05.2024).

22. The Upper Confidence Bound Algorithm. *Bandit Algorithms*. URL: https://banditalgs.com/2016/09/18/the-upper-confidence-bound-algorithm/ (date of access: 11.05.2024).

23. About ML-Agents package (com.unity.ml-agents) | ML Agents | 2.0.1. *Unity - Manual: Unity User Manual 2022.3 (LTS)*. URL: https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.ml-agents@2.0/manual/index.html (date of access: 11.05.2024).

ДОДАТОК А

Відомість кваліфікаційної роботи

Позначення	Найменування	Дод. відомості
	Текстові документи	
1.	Пояснювальна записка	70 с.
	Інші документи	
2.	Презентаційні матеріали	19 плакатів

.	.	Прізвище та ініціали.	Підп.	Дата			
Розробив		Коноваленко Д.О.			Дослідження використання методів штучного інтелекту для розробки ігрових застосунків	Шифр групи	Код напр./спец.
Перевірив		Селіванова К.Г.				СШІм-22-1	122
Н.контр.		Малєєва І.А.				ХНУРЕ кафедра ШІ	
Затв.		Філатов В.О.					