Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційно-аналітичних технологій та менеджменту
(повна назва)
Кафедра Інформатики
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТОСОВАНОСТІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДО ВІДЕОІГОР
(тема)

Виконав:
студент 2 курсу, групи ІНФм-21-1

Смірнов І.А.
(прізвище, ініціали)

Спеціальності 122 Комп'ютерні науки
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Інформатика
(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Кузьомін О.Я.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри _____ Кобилін О.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

2022 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційно-аналітичних технологій та менеджменту
(повна назва)

Кафедра Інформатики
(повна назва)

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

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

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Інформатика
(повна назва освітньої програми)

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедри _____
(підпис)
«____»_____2022 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Смірнову Іллі Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Реалізація та дослідження пристосованості штучного інтелекту до відеоігор

затверджена наказом по університету від 9 листопада 2022 року №1469Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 28 листопада 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи ігри, що використовують штучний інтелект в своїх реалізаціях, популярні в ігровому середовищі методи штучного інтелекту, способи вирішення поширених проблем при розробці ігор за допомогою штучного інтелекту.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі
1. Мета роботи, аналіз проблемної галузі і постановка задачі, технології ШІ у відеоіграх.
2. Дослідження класифікації та порівняння по рівню адаптації.
3. Проведення порівняльного аналізу результатів дослідження.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п. 5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) актуальність ШІ в відеоіграх вивчення і аналіз методів адаптації ШІ та груп з різними типами адаптації та для різних рівні.

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Консультант з дотримання діючих стандартів та норм	доц. Творошенко І. С.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на кваліфікаційну роботу	09.11.2022	
2	Аналіз завдання, підбір літератури	09.11.22-15.11.22	
3	Аналіз літератури з досліджуваної проблеми	15.11.22-19.11.22	
4	Аналіз проблеми	19.11.22-25.11.22	
5	Дослідження методів тестування	25.11.22-28.11.22	
6	Аналіз методів	28.11.22-30.11.22	
7	Оформлення пояснювальної записки	01.12.22-02.12.22	
8	Перевірка на плагіат	03.12.22	
9	Рецензування	04.12.22	
10	Підготовка презентації та доповіді	05.12.22-06.12.22	
11	Занесення роботи в електронний архів	06.12.22	
12	Попередній захист кваліфікаційної роботи	07.12.22	

Дата видачі завдання 9 листопада 2022 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____ проф. Кузьомін О.Я.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ / ABSTRACT

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: 74 с., 28 табл., 8 рис., 2 дод., 41 джерело.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ВІДЕОІГРАХ, АДАПТИВНІСТЬ В ВІДЕОІГРАХ, АДАПТАЦІЯ ПЕРСОНАЖІВ.

Об’єктом дослідження є способи класифікації та порівняння ігор з точки зору пристосування (ворожого) ШІ-NPC до гравця-людини.

Метою дослідження є знайти зв’язок між складною адаптивністю ШІ в іграх та успіхом таких ігор серед гравців і критиків.

Техніка дослідження передбачає ретельне дослідження штучного інтелекту у відеоіграх, з особливим акцентом на тому, наскільки поведінка NPC адаптується до взаємодії гравців.

Дослідження призвело до створення системи категоризації ігор на основі складності систем контролю та їхньої здатності змінювати якіндивідуальну, так і колективну поведінку суперників. Крім того,досліджувався зв’язок між складністю гри та популярністю.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN VIDEO GAMES, ADAPTABILITY IN VIDEO GAMES, CHARACTER ADAPTATION.

The object of research is ways of classifying and comparing games from the point of view of adaptation of (enemy) AI-NPC to the human player.

The aim of the study is to find the relationship between the complex adaptability of AI in games and the success of such games among players and critics.

The research technique involves a thorough investigation of artificial intelligence in video games, with a particular focus on how well NPC behavior adapts to player interactions.

The research led to a system for categorizing games based on the complexity of control systems and their ability to alter both individual and collective behavior of opponents. In addition, the relationship between game difficulty and popularity was investigated

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів 7
Вступ 8
1 Дослідження методів ШІ в відеоіграх та аспектів специфічних для галузі відеоігор 9
1.1 Проблема штучного інтелекту в відео-іграх 10
1.2 Штучний інтелект в комп'ютерних іграх 12
1.3 Non-Player Characters та їх поведінка 13
1.4 Поведінка не ігрових персонажів, контрольована ШІ 14
1.5 Адаптивність в комп'ютерних іграх 19
1.6 Види адаптації в залежності від джерела 20
1.7 Інтра та інтер-поведінкове навчання 21
1.8 Моделювання опонента/гравця 22
1.9 Розпізнавання стилю гравця та адаптація 24
1.10 Постановка задачі дослідження 26
2 Розробка класифікації ігор заснованої наскладності штучного інтелекту та адаптивності 26
2.1 Автономія 29
2.2 Види адаптації в залежності від джерела 29
2.3 Інтра-поведінкова адаптація 30
2.4 Інтер-поведінкова адаптація 31
3 Аналіз та класифікація ігрового штучного інтелекту 32
3.1 Опис списку ігор і критерії відбору 32
3.2 Жанр екшен 35
3.3 Жанр стелс 37
3.4 Жанр шутер 39
3.5 Жанр стратегії 42
3.6 Навчання штучного інтелекту в популярних відеоіграх 44

3.7 Інтра-поведінкова адаптація 48
3.8 Інтер-поведінкова адаптація..... 52
3.9 Види адаптації в залежності від джерела 54
3.10 Популярність розвинутого штучного інтелекту 57
Висновки..... 64
Перелік джерел посилання..... 66
Додаток А Загальна таблиця……..……...69
Додаток Б Аналітична таблиця…….……71

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ААА-ігри – неформальна класифікація відеоігор, що виробляються та розповсюджуються середніми або великим видавцями, зазвичай мають великий бюджет розробки та маркетингу

Антагоніст/оппонент (в відео-іграх) – не ігровий персонаж (NPC), ворожий догравця

Ігровий штучний інтелект (ШІ) – інтелектуальна система, що використовується в іграх для управління поведінкою NPC

Неігровий персонаж (non-player character, NPC) – будь-який персонаж у грі, що не контролюється гравцем.

Незалежна відеогра (інді-гра) – відеогра, яка часто створюється без фінансової підтримки видавця, хоча деякі ігри, що фінансуються видавцем, все ще вважаються інді

Нескриптована поведінка – поведінка NPC, яка може змінитися в процесі гри. Зазвичай реалізується з використанням технологій штучного інтелекту

Скриптована поведінка – поведінка NPC, чітко визначена в ігрових скриптах і незмінюється відповідно до дій гравця

Адативність (в відеоіграх) – здатність ігрових систем управління персонажамиадаптуватися відповідно до дій гравця та зміни контексту гри

ВСТУП

Кожна відеогра має власний набір правил і обмежень, які керують і обмежують дії гравця, заважаючи гравцеві безпосередньо досягти мети гри. Ці обмеження та правила ставлять гравця в протиріччя з системою гри. Будь яка битва в грі дає гравцям досвід, але цього недостатньо, щоб зробити гру незабутньою. Емоційний зв'язок гравця з грою може зробити це можливим.

Загальна складність ігор для одного гравця складається в зустрічі з антагоністом. Гравець досліджує поведінку, та коли знаходиться слабке місце NPC, гра стає значно легшою. Таким чином, якщо супротивник не коригує свою поведінку під час гри, гравець може втратити інтерес. Багато років тому вчені та представники ігрової індустрії спрогнозували зростаючу актуальність штучного інтелекту у виробництві ігор як методу підвищення складності ігор і, як наслідок, популярності та фінансового прибутку. Незважаючи на значні наукові дослідження в галузі адаптивного ШІ, адаптивна поведінка є відносно рідкісним явищем у розробці, оскільки процес навчання ШІ вимагає експериментів для адаптації поведінки до середовища.

Актуальність дослідження полягає у тому, що все ще існують проблеми зі штучним інтелектом в іграх, які потрібно вирішити, щоб підвищити інтерес гравців до однокористувацьких ігор, наприклад більш просунута адаптація до гравця та дій гравця (гравці отримують більш незабутній досвід, якщо гра та в грі антагоніст узгоджується зі своїм стилем гри), адаптація до середовища (ігрового контексту), підвищення правдоподібність поведінки NPC та покращує інтеграцію ШІ.

Покращення інтеграції ШІ та адаптивності передбачає налаштування досвіду гравця, щоб зміцнити емоційний зв'язок між гравцем і грою. Знання про вподобання гравця, які можна отримати з ігрової діяльності гравця, можуть допомогти в забезпеченні більш потужного емоційного ефекту та значущого досвіду.

1 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ШІ В ВІДЕОІГРАХ ТА АСПЕКТІВ СПЕЦИФІЧНИХ ДЛЯ ГАЛУЗІ ВІДЕОІГОР

Конфлікт кидає виклик гравцеві та викликає у нього відчуття тривоги, коли він намагається вирішити проблему. Оскільки виклик дає гравцеві досвід, він також дуже індивідуальний. Відповідно до теорії потоку досвіду Міхаля Чиксентміхайі, це «робота, яку приємно виконувати, яка вимагає саме відповідної кількості праці, щоб створити відчуття завершеності та задоволення» [1]. Пов’язано з рисунком 1.1. Рівень складності та здібності гравця повинні досягти балансу між розчаруванням і нудьгою, щоб підтримувати інтерес гравця.

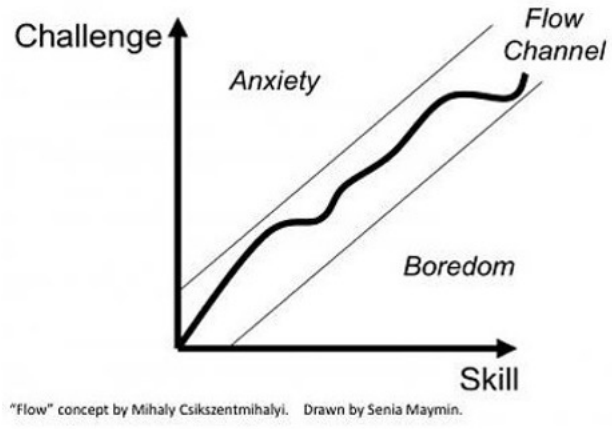

Рисунок 1.1 – Теорія потоку М. Чіксентміхайі

Залежно від передумов гри, дизайну, механіки та інших факторів завдання можуть сильно відрізнятися. Вони можуть включати завдання часу (виконати мету протягом відведеного часу), завдання «очистити рівень» (усунути всіх супротивників або визначені об’єкти на рівні гри), головоломку, вбити певну кількість ворогів, перемогти головного антагоніста та ін.

У більшості однокористувацьких ігор, зокрема стелсів, шутерів, бойовиків і ігор жахів/виживання, основною перешкодою є супротивники гри.

Вони складаються з солдатів, охоронців, бандитів, монстрів та інших сутностей, мета яких – залякати, налякати, полювати або вбити гравця.

Складно знайти баланс між роздратуванням і нудьгою, створюючи суперника для відеоігри. Як правило, складність суперника впливає просто на його силу та здоров'я, і це рідко змінює його тактику [2]. Однак більша частина того, що робить супротивника складним для подолання,це його дії. Відповідно до дослідження дизайну гри та ігрового балансу, якщо антагоніст гри надто потужний і його важко перемогти, гравці, ймовірно, покинуть гру, оскільки її стане неможливо завершити. Навпаки, коли суперник занадто слабкий, гравці зазвичай втрачають інтерес до гри. Тому антагоністична поведінка та її адаптивність до мінливих умов є роботою, яка потребує серйозної уваги.

1.1 Проблема штучного інтелекту в відео-іграх

Багато розробників ігор стверджують, що проблема ШІ з NPC (неігровим персонажем, включаючи дружніх і антагоністичних персонажів) майже вирішена для більшості виробничих завдань, таких як пошук шляху, пошук місць, де можна сховатися, миттєва реакція на дії гравця, налаштування складності залежно від рівня навичок гравця тощо [3].

Пошук шляху (особливо важливий для стелс-ігор) і керування поведінки NPC часто вирішуються за допомогою перевірених алгоритмів ітехнологій ШІ, таких як алгоритм пошуку шляху. Зміна стану, більш складний вид антагоністичної поведінки, як правило, вирішується менш ефективними та адаптованими алгоритмами. Скінченні автомати та дерева рішень є одними з найбільш фундаментальних і широко використовуваних технологій ШІ для цієї роботи. Як правило, кінцевіавтомати реалізуються за допомогою сценаріїв і простих операторів if-then, тому вони передбачають лише фундаментальний контроль поведінки. FSM, як їх офіційно називають, обмежені

обчислювальними засобами та погано масштабуються, тому вони нездатні вирішувати великі проблеми та синхронізувати різні модульні поведінки, що робить їх нездатними надати гравцям складний досвід [4].

Замість справжнього штучного інтелекту, хаки часто використовуються для встановлення відповідності поведінки NPC їх оточенню. Наприклад, дизайнери Half-Life створили враження, що NPC співпрацюють, завдяки чому вони виглядають розумними, коли вони такими не є.

Як можна показати, ігровий ШІ на практиці, навіть у найскладніших іграх, не може забезпечити прийнятних результатів або реалізується за допомогою методів, щоб приховати недостатню витонченість, тому його часто називають штучною дурістю, а не інтелектом.

З початку ери відеоігор ШІ в іграх значно зріс, але він зробив лише невеликі кроки до пристосування до діяльності гравця, наприклад навчання на його діях, поведінці та тактиці, щоб відповідати рівню, талантам і уподобанням гравця. Існують адаптивні алгоритми штучного інтелекту, які рідко використовуються великими корпораціями в іграх AAA, але все ще є досить перспективними.

Поточні дослідження зосереджені на так званому моделюванні опонентів та адаптивних іграх на основі випадків. Наприклад, у грі GHOST штучний інтелект міг вивчати стиль гри супротивника (людини-гравця) і підлаштовуватися під нього (тобто атакувати фігуру супротивника тощо), виводячи невідому інформацію про стан гри. Моделювання суперників було ефективно використано в стратегічних іграх у реальному часі (RTS). Крім того, існують алгоритми штучного інтелекту, які можуть передбачати послідовність дій гравця, наприклад, передбачення позиції гравця в шутерах від першоїособи [5].

Граючи в одиночну гру, гравець зіткнеться з ігровим супротивником (в іграх жахів/виживання часто є один антагоніст або невелика кількість; інші жанри, такі як солдати та істоти, може мати кілька супротивників).

Загалом, є три можливі результати:

– гравець перемагає антагоністів або принаймні дає їм відсіч;

– гравець програє (і зазвичай гине);

– або гравець тікає, щоб уникнути прямого бою (часто в стелс іграх жахів на виживання).

Після зустрічі з супротивником гравець знайомиться з поведінкою NPC. Як тільки гравець виявляє вразливість NPC, просування в грі стає значно простішим, оскільки ніщо не може перешкодити гравцеві використати її [6]. Таким чином, гравець може втратити інтерес, якщо супротивник не змінює та не змінює свою поведінку під час гри (але все одно таким чином, щоб уможливити прогрес гри та перемогу). Необхідно підтримувати рівновагу між розчаруванням і нудьгою.

1.2 Штучний інтелект в комп'ютерних іграх

Як ШІ використовується у відеоіграх? ШІ використовувався в кількох аспектах розробки відеоігор. Підходи штучного інтелекту можуть бути реалізовані кількома способами як у процесі розробки, так і в дизайні гри. З початку періоду штучного інтелекту у відеоіграх словосполучення ігровий штучний інтелект здебільшого стосувалося поведінки неігрових персонажів, починаючи від простого пошуку шляху до прийняття рішень [7], але методи ШІ також використовувалися в:

– розповідний аспект ігрового дизайну: у грі Ice-Bound Concordanse застосовувалася комбінаторна система розповіді, керована штучним інтелектом, для побудови історії із заздалегідь написаних фрагментів тексту за допомогою взаємодії гравця та ШІ. Штучний інтелект із фокусом на розповіді також був включений у популярну інтерактивну дискусійну гру Facade та інтерактивну сюжетну платформу Versus;

– процес тестування гри: ШІ використовувався для тестування та

покращення ігрового балансу в грі City Conquest про захист башт (і атаку). ШІ являв собою віртуальну команду, здатну розпізнавати домінуючу тактику та незначні особливості гри, які потребують коригування. Крім того, була використана система штучного інтелекту для оцінки прохідності The Witness, щоб гравці не зачепилися за краї або не застрягли в стінах;

– процедурне генерування контенту (скорочено PCG): ШІ використовувався для створення процедурних карт або об'єктів. Minecraft є найуспішнішим використанням ШІ в PCG. Крім того, дослідження в PCG керованого досвідом (EDPCG), який використовувався для створення персоналізованих рівнів Super Mario Bros;

– Майкл Кук створив штучний інтелект під назвою ANGELINA(«Роман, що розвивається в іграх, я назвав ANGELINA»), який може інтелектуально виконувати весь процес створення гри та генерувати низку ігор від аркад до платформерів і продовжує поширюватися на нові ігрові жанри [8].

Незважаючи на вищезазначені винятки, підходи AI зазвичай використовуються для керування поведінкою NPC.

1.3 Non-Player Characters та їх поведінка

У відеоіграх NPC – це неігровий персонаж, яким не керує людина. Як правило, ним керує комп'ютер за допомогою планової чи реактивної поведінки. За поведінкою по відношенню до гравців NPC можна умовно розділити на три типи: агресивні, доброзичливі та нейтральні.

Як правило, слово NPC відноситься виключно до персонажів, які не є антагоністичними по відношенню до гравця-людини, тобто дружніх або нейтральних NPC, які можуть допомагати і направляти гравця протягом гри або не впливають на персонажа гравця і призначені для заповнення гри. світ.

Ця кваліфікаційна робота зосереджена насамперед на ворожих NPC, таких як вороги (солдати, охоронці, бандити, монстри та істоти, чия робота

полягає в тому, щоб погрожувати, лякати, полювати та/або вбивати гравця-людину) та «моби» (у більшості сучасних ігор, цей термінвідноситься до NPC, які призначені для вбивства людиною-гравцем [9]), також проведено дослідженя дружніх і нейтральних NPC.

У більшості ситуацій поведінка NPC у комп'ютерних іграх чітко прописана та автоматична (фрази deterministic, hard-coded, hand-coded, і вона може бути викликана певними дії або розмови з неігровими персонажами. Це означає, що практично всі дії та реакції NPC визначені заздалегідь і не можуть бути змінені під час гри чи поза грою без зміни фактичного коду.

1.4 Поведінка не ігрових персонажів, контрольована ШІ

На кількох рівнях штучний інтелект використовується для керування поведінкою NPC, від простих завдань керування рухом, таких як пошук шляху, до прийняття рішень. Примітно, що фраза «ігровий ШІ» значно відрізняється від академічного поняття штучного інтелекту та часто використовується для систем керування NPC загалом.

Загалом, додатки управління ШІ можна розділити на три категорії регулювання поведінки NPC:

– контроль руху: найнижчий рівень контролю NPC, який описує алгоритми, які перетворюють рішення, прийняті NPC AI, у рухи. Це може включати базові завдання, такі як активація відповідної анімації залежно від вибору, або складні алгоритми, такі як пошук шляху та навігація через перешкоди. ШІ використовується для прийняття важких рішень шляхом вибору прийнятної відповіді на дії гравця, часто з бази даних можливих відповідей. ШІ цього рівня визначає наступну дію, яку потрібно виконати;

– управління рухом має переважно технічну спрямованість, наприклад, активація послідовності анімації або певної дії (наприклад, якщо ворог у Super Mario Sunshine виглядає близько до гравця, він атакує). Тим не менш,

управління рухом тісно переплетене з процедурою прийняття рішень, оскільки його відповідальність полягає в реалізації поведінкових рішень системи;

– пошук шляху на перетині рівнів керування рухом і прийняття рішень є основним і найпоширенішим застосуванням ШІ у відеоіграх. Фіксовані маршрути легко встановити, але вони надзвичайно вразливі до збоїв (наприклад, розміщення об'єкта на шляху NPC). Така стратегія не передбачає жодної адаптації до середовища і, як наслідок, накладає великіобмеження на дизайн і процес гри.

Отже, пошук шляху (зокрема пошук шляху для укриття) є одним із найважливіших аспектів гри. Ігрова система повинна бути в змозі виявити найбільш ефективний шлях для NPC від місця відправлення до пункту призначення, уникаючи перешкод і забезпечуючи реалістичну мобільність.

Завдання пошуку шляху часто вирішується за допомогою перевірених алгоритмів і технологій ШІ [10]. Цей алгоритм був включений в різні ігри. Тим не менш, деякі програмісти ШІ виявили, що алгоритм A* може призвести до недостатнього та неприродного руху. У Age of Empires, наприклад, юніти можуть заплутатися в частинах середовища, таких як дерева, через неефективну танеправильну реалізацію алгоритму A*.

Прийняття рішень – наступний рівень контролю NPC. Укомп'ютерних іграх існує кілька підходів до прийняття рішень. Персонаж має доступ до набору інформації із зовнішнього середовища гри, і використовує ці знання для визначення рішення та подальших дій. Більшість ігор використовують рудиментарні системи штучного інтелект для виконання вибору NPC. Скінченні автомати та дерева рішень є типовими прикладами цих підходів.

Перевага дерев рішень полягає в тому, що вони модульні та прості у реалізації. Їх можна використовувати різними способами на всіх рівнях управління NPC, від анімації до стратегії та тактики. Дерева рішень створюють дію з набору потенційних дій залежно від вихідного рішення. Незважаючи на те, що він вважається дуже простим, основний алгоритм дерева рішень може бути розширений для виконання складних дій. Однак цей метод ШІ є дещо

застарілим і рідко використовується в сучасних комп'ютерних іграх.

Кінцеві автомати (FSM) [11] використовуються в ряді відеоігор для систем прийняття рішень і призначені, зокрема, для зміни стану не ігрових персонажів (NPC), коли на них впливає зовнішнє середовище.

Цей тип системи має стани NPC як вузли з пов'язаними діями та поведінкою, а також переходи з набором критеріїв, які можуть переводитиNPC з одного стану в інший (рис. 1.2). Скінченні автомати часто реалізуються за допомогою сценаріїв і простих операторів if-then, тому вони пропонують лише елементарний контроль поведінки. Конечніавтомати обмежені в обчисленнях і погано масштабуються, тому вони не можуть впоратися з величезними проблемами і одночасно виконуватикілька дій.

Алгоритм A*, дерева рішень і кінцеві автомати є найбільш широко використовуваними методами ШІ для прийняття рішень у розробці відеоігор, але, як зазначалося раніше, вони досить застарілі та втрачають популярність через погану масштабованість, обмежені можливості та нездатність виконувати складну поведінку.

Після випуску таких ігор, як F.E.A.R.S. і Halo 2, набули популярності інші стратегії управління складністю поведінки, такі як планування та дерева поведінки.

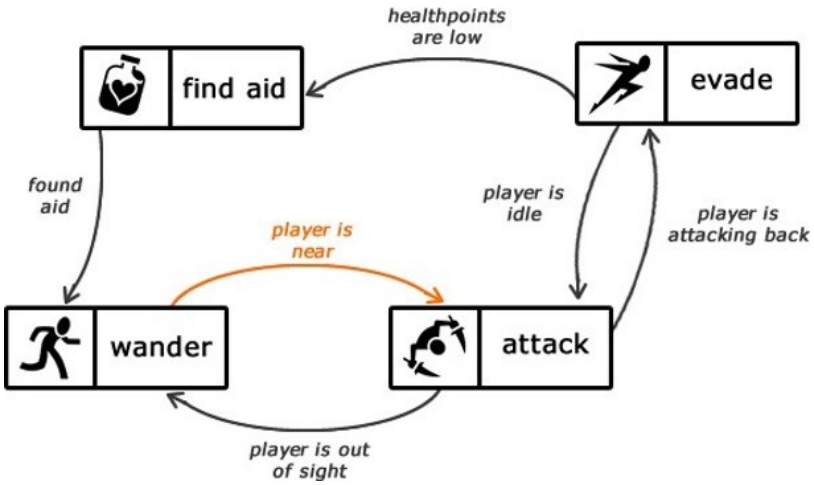

Рисунок 1.2 – Використання кінцевих автоматів в комп'ютерних іграх

На відміну від дерев рішень і кінцевих автоматів, планування не визначає точну поведінку NPC у кожній ситуації. Система планування штучного інтелекту встановлює цілі та перелік заходів, які можна виконати для досягнення певної мети. Технічно планування – це «систематичний процес пошуку послідовності дій, які дозволять досягти мети» [12].

Перевагою такої системи є її здатність відокремлювати цілі від дій, дозволяючи різним NPC вибирати власні методи та бути унікальними. Здатність складати складну поведінку з базових дій низького рівня є додатковою перевагою техніки розшарування.

Варіанти цих стратегій можна синтезувати в методологію штучного інтелекту, відому як «дерева поведінки», яка спочатку використовувалася розробниками відеоігри Halo 2. Дерева поведінки – це комбінація ієрархічних автоматів стану, планування та виконання дій. На відміну від ієрархічних автоматів стану, основний блок дерева поведінки – це завдання, а не стан гри. Завдання можуть варіюватися від вибору числа на основі поточного стану гри до виконання певної анімації (рис. 1.3). Основна перевага дерев поведінки полягає в їх ієрархічній структурі, тобто завдання збираються у піддерева, які представляють складні дії, а потім ці дії можуть бути скомпоновані у поведінку високого рівня, усуваючи потребу турбуватися про деталі реалізації завдання [13].

Незважаючи на застарілість викладених методологій, є кілька вражаючих прикладів їх використання. F.E.A.R. зі своїми бойовими NPC, керованими ШІ, стала віхою для шутерів від першої особи. Вони використовували добре відомі методи, такі як кінцеві автомати та планування, щоб керувати поведінкою персонажів, а також алгоритм A* для пошуку шляху та планування послідовності дій. Незважаючи на те, що його система контролю поведінки складається лише з трьох станів, ШІ може шукати притулок, стріляти наосліп, стрибати через вікна, взаємодіяти один з одним і виконувати різноманітні інші дії.

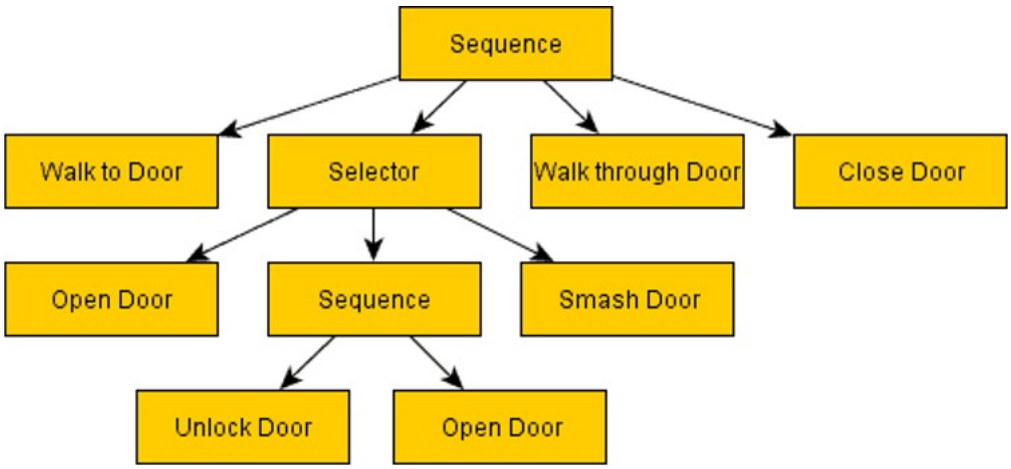

Рисунок 1.3 – Використання дерев поведінки у відеоіграх

Рисунок 1.3 з F.E.A.R.S. і системи керування ШІ Half Life є чудовими прикладами того, як можна використовувати такі технології ШІ, як кінцеві автомати та дерева рішень, якщо вони належним чином сумісні на рівні ігрового дизайну та вирішують проблеми, з якими стикаються творці ігор.

Ще один видатний аспект F.E.A.R.S. ШІ – це його здатність реагувати на зміни в навколишньому середовищі та психічному стані неігрових персонажів. Наприклад, якщо гравець-людина готовий захопити їх, загін шукатиме безпечний шлях, щоб відступити, або використовуватиме вогонь наосліп, щоб змінити прикриття [14]. В іграхце те, що відомо як адаптований штучний інтелект. Однак інколи, хоча поведінка NPC може здатися розумною, не було включено справжніх методів ШІ.

Відповідність дій NPC навколишньому середовищу часто встановлюється за допомогою «чітів і трюків», як у Half-Life: розробники гри забезпечили NPC діалогами та пов’язаними діями (наприклад,персонаж міг кричати «Гранату», коли кидав гранату), якими не ділилися інші NPC команди, створюючи ілюзію співпраці NPC [15].

Цей тип практичних і простих засобів правового захисту поширений у відеоіграх. Завдяки своїй поведінці NPC надають геймерам підказки про те, як діяти далі. Наприклад, вони можуть просуватися перед тим, як фактично атакувати, дозволяючи гравцеві усвідомити існування супротивника та даючи йому час адаптуватися, або вони можуть навмиснопропустити перший удар,

попереджаючи гравця за допомогою звуковихчи візуальних сигналів. Якщо на гравця має намір напасти велика кількість могутніх ворогів, лише невелика кількість із них спочатку завдасть шкоди, щоб не здолати гравця. Усі ці прийоми використовуються, щоб замаскувати відсутність витонченості ШІ в грі, тому їх часто називають «дурістю», а не «інтелектом».

1.5 Адаптивність в комп'ютерних іграх

Більшість інтелектуальних систем прийняття рішень, стратегічного та тактичного планування в іграх демонструють жорстко запрограмовану поведінку [16]. Дерева рішень, дерева поведінки та кінцеві автомати регулюють процес прийняття рішень, вибираючи належну реакцію та послідовність дій із бази даних можливих дій, де кожна унікальна поведінка викликається іншою конкретною дією чи варіантом розмови.

Стратегії є ефективними для встановлення запланованої послідовної поведінки та фундаментальної чутливості до змін контексту, таких як зміни середовища та дій гравців.

Вхід до системи прийняття рішень F.E.A.R.S це мета досягнення та можливі дії функцією системи є визначення відповідних послідовностей [17]. NPC виконуватимуть однакові дії у відповідь на ті самі зміни, причому варіації відбуватимуться виключно в послідовності й незалежно від того, що сталося раніше в грі. Таким чином, ігровий процес виглядає ідентичним і повторюється від бою добою або зіткнення до зіткнення.

Однак новітні технології штучного інтелекту дозволяють розробникам виходити за рамки таких заздалегідь прописаних взаємодій і створювати системи, які можуть не тільки реагувати на дії гравців і зміни навколишнього середовища, але й вчитися на них і відповідно адаптувати свою поведінку, забезпечуючи таким чином багатший і персоналізований досвід для гравця. На цьому рівні адаптивний ігровий штучний інтелект може збільшити складність

гри, змушуючи гравця постійно шукати нові техніки та тактики, щоб перемогти змінну та адаптовану природу інтелектуального NPC [18].

1.6 Види адаптації в залежності від джерела

Варіація не прямої гри коли штучний інтелект отримує статистичну інформацію з оточення та дій гравця, щоб скорегувати свою поведінку, виникає агент ШІ. Визнання найефективнішого методу вбивства гравця є прикладом непрямої адаптації. Шлях NPC може бути змінений штучним інтелектом таким чином, щоб він відвідував місця, які люди-гравці відвідують частіше. Alien: Isolation чітко демонструє непряму адаптацію. За словами критиків і розробників гри, ксеноморф, головний ворог гри, здатний вчитися на жертвах гравців і частіше повертатися в місця, де гравця було вбито в попередніх ігрових сесіях. Основний супротивник постійно знаходиться поблизу гравця, таким чином створюючи відчуття напруги та напруги, повертаючись до місць, які гравець уже дослідив. Прикладом може бути відеогра Alien.

Непряма адаптація виявилася швидкою та успішною, оскільки статистичні дані можуть бути швидко отримані та використані в ігровому процесі, що призводить до майже миттєвої реакції. Крім того, зміни в поведінці чітко визначені та врегульовані, що дозволяє їх легко досліджувати та зменшує ймовірність неадекватної та неправдоподібної поведінки [19].

Основні переваги підходів, які можуть забезпечити прямуадаптацію, полягають у тому, що агенти штучного інтелекту можуть безпосередньо вчитися на своєму ігровому досвіді та розвивати нову поведінку. Поведінка може практично нескінченно розвиватися, ставлячи гравця перед викликом.

Проблема полягає у відсутності контролю над адаптивністю агента ШІ, що призводить до високої ймовірності непередбачуваності та неадекватності через неправильну оцінку або випадковий ефект продуктивності [20].

1.7 Інтра та інтер-поведінкове навчання

Навчання штучного інтелекту можна використовувати для внутрішнього, так і для між поведінкових рівнів адаптивності [21].

Внутрішнє навчання поведінки – це тип навчання, який змінює невелику частину поведінки NPC. Ці регіони можуть включати, наприклад, визначення оптимального шляху для патрулювання території та вивчення прикриття поблизу. Його легко застосувати та оцінити інтра-поведінкове навчання, і його можна перенести на непряму (на основі статистики) адаптацію.

Однак алгоритми інтра-поведінкового навчання не створюють повністю унікальну поведінку. ШІ не вивчатиме жодних нових методівдля досягнення мети.

Іншим типом навчання є інтер-поведінка, яка виникає, коли персонаж приймає нову модель поведінки, щоб знайти нові методи перемогти гравця. Наприклад, визначення оптимального методу вбивства гравця або вибір відповідної відповіді на звичайну поведінку гравця (якщо гравець створює занадто багато шуму, NPC приділить більше уваги звукам або знайде інший спосіб знайти гравця в протилежній ситуації).

Абсолютна адаптація між поведінками неможлива і навряд чи буде застосована в іграх, але штучний інтелект може навчитися вибирати з набору заздалегідь визначених поведінок і методів (або комбінувати основні поведінки, щоб створити нову тактику чи стратегію).

Ці два типи навчання можна поєднувати: міжповедінкове навчання можна використовувати для зміни моделей поведінки, тоді як внутрішньо поведінкове навчання можна використовувати для зміни параметрів.

1.8 Моделювання опонента/гравця

Моделювання суперника (гравця-людину називають суперником) – це метод створення моделей гравців суперника та включення їх копій до реальної ігри [22]. Натомість використовування моделі гравця – це абстрактне представлення людини-гравця в грі [23]. Моделювання гравців призначене для виявлення, прогнозування та вираження когнітивних і поведінкових моделей, які вказують на характеристики гравців.

Перевага цієї техніки полягає в тому, що гра підлаштовується під кожного окремого гравця, враховуючи його вподобання, вимоги, стиль гри, а також емоції та тілесну реакцію на події в грі (частота серцевих скорочень, артеріальний тиск тощо).

Класифікація геймерів визначається тим, що вони люблять відеоігри, крім жанрів відеоігор. Він використовується для уподобань гравця щодо певних функцій та ідей у відеоіграх, таких як «співпраця» та «стратегічне планування». Відрізнити погляд Карпінського на вибір гравців від іншого підходу, відомого як «стиль гри» в певному жанрі, наприклад «дослідження» або «збирання» в RPG. Незважаючи на це, уподобання гравця прирівнюються до абстракції «стиль гри», який можна застосовувати до стилю незалежно від жанру гри, оскільки він організовує унікальні уподобання відповідно до особистості.

У цій галузі використовуються психологічні моделі особистості (п’ятифакторна модель та індикатор типу Майерса-Бріггса). Для адаптації гри на основі вибору користувача пропонуються нові моделі особистості, що описують різні типи гравців.

Досвід гравця пов’язаний з емоційною та когнітивною реакцією гравця під час гри. Визначення зв’язку між діяльністю гравця в грі та звітами про фізіологічну реакцію або самооцінку може полегшитикласифікацію.

Продуктивність – це оцінка здатності гравця просуватися на рівні гри. Він зосереджений на диференціації гравців на основі ступеня складності, з

якою вони долають бар'єри, тобто зіставлення рівня складності з компетенцією гравця.

Приклади щоб проілюструвати тип вхідних даних і функцію гри, до якої вони були застосовані:

– уподобання: карти та сюжет рольових ігор (набір уподобань гравця є вхідним рівнем для трансформації ігрового сюжету та карт [24]), контроль складності (буде обговорено пізніше), рівні платформи (запитання з декількома варіантами відповіді та продуктивність гравця використовуються для змоделювати вподобання гравця та створити рівень, який може бути цікавий гравцеві [25]);

– досвід: положення камери (використання афективної реакції гравця для налаштування положення камери для створення більш афективного досвіду [26]), сюжет і історія (афективний стан гравця використовувався для керування історією, щоб створити більш драматичний ефект [27]) і рівні платформи (внутрішньо ігрова система може передбачити шість ефективних станів на основі самозвітів гравців [28]);

– продуктивність: етапи створення платформи, тип і кількість ворогів (тестова гра, використовує поведінку в грі, швидке опитування переваг і продуктивність для зміни ворогів) і модифікаціяскладності (для буде описано пізніше);

– поведінка: інтерактивна оповідь [29]; каркас квесту; модифікація складності (розглянемо пізніше).

Деякі дані, які можуть бути використані для налаштування, потребують певного обладнання або додаткових даних, отриманих поза ігровим процесом, що може перешкодити зануренню гравця. Опитування перед грою або розмови вгрі з множинними варіантами можна використовувати для збору даних про переваги гри, але дані також можна отримати під час самої гри. Спостереження за досвідом може проводитися об'єктивно за фізіологічними ознаками (кров'яний тиск, частота серцевих скорочень, але переважно через виявлення емоцій на обличчі) або суб'єктивно через самозвіти [30].

Продуктивність гравця та поведінка в грі – це дані, отримані під час виконання гри. Таким чином, наступне дослідження буде зосереджено в основному на цих двох формах вхідних даних, які можуть бути отримані безпосередньо в процесі гри і тому є більш надійними.

1.9 Розпізнавання стилю гравця та адаптація

Адаптація гри до стилю гравця є потенційною сферою дослідження, оскільки вона забезпечує персоналізований досвід для кожного гравця на основі його вимог, уподобань і мотивації.

Було визначино чотири стилі гри [31] на основі простору обробки та сприйняття Колба [32] та побудувно сімейство стилів гри ADOPTA (Adaptive technology-enhanced Platform for edutainment) (рис. 1.4).

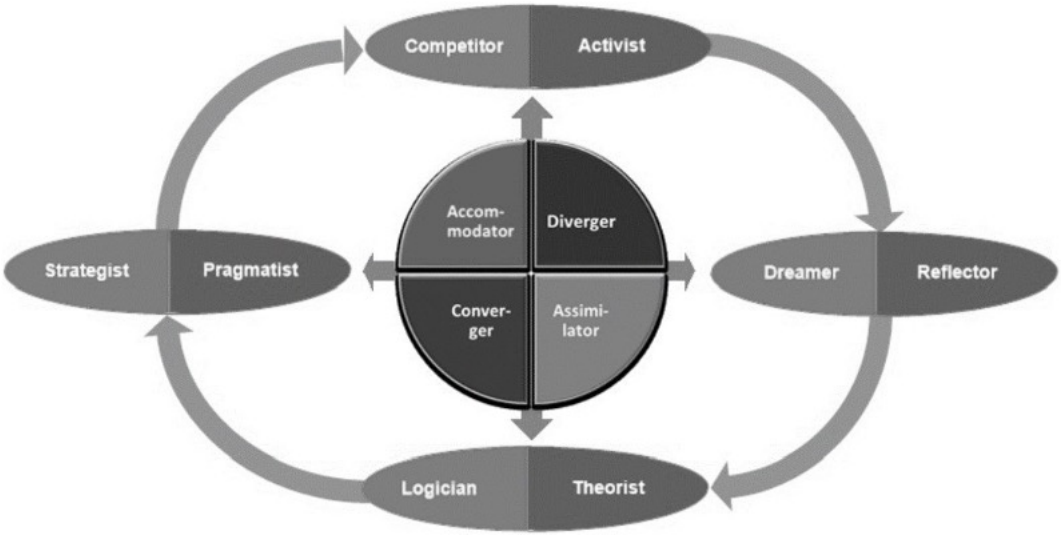

Рисунок 1.4 – Спільні стилі гри ADOPTA

ADOPTA складається складається з наступних стилів гри:

– конкуренти: вправні гравці, які люблять ризикувати; досвід швидкого прийняття рішень; вони прагнуть почати активну гру якомога швидше; інші вважають найактивнішими гравцями;

– мрійники: гравці-спостерігачі, оскільки вони воліють спостерігатиза ігровим середовищем, а не контролювати його; віддавайте перевагу керованому грі на одному рівні, поки не опануєте гру до кінця; дуже емоційний і відкритий; вони віддають перевагу грі з чіткими сценаріями, ане з очевидним геймплеєм; потрібно побачити кілька способів виконання завдання місії та прийняти обдумане рішення;

– логіки: віддають перевагу логічним та аналітичним підходам до вирішення проблем; вивчати всю складність правил гри і намагатися раціонально і досконало застосовувати їх до кожного ходу; намагатися встановити та використовувати структурні часові підходи для виконання місії; і зібрати ігрові факти в схему, яку потім можна використовувати для визначення тактики та стратегії;

– стратеги: насолоджуйтеся вирішенням складних ігрових місій за допомогою найефективнішої стратегії; своєчасно знаходити всі практичні шляхи вирішення ігрової задачі використовувати довгостроковемислення при плануванні своїх стратегій, насолоджуватися створеннямтеорій і перевіркою гіпотез щодо ігрових стратегій; цінувати практичні наслідки своїх дій і рішень; демонструвати відмінні управлінські навички.

Щоб реалізувати адаптацію гри на основі стилю, стиль гравця повинен бути ефективно розпізнаний для цілей адаптації [33].

Існує два методи визначення стилю гравця: самозвіт і автоматичне розпізнавання. Автоматизоване визначення стилю гри є набагато перспективнішою технікою, оскільки вона ідентифікує стиль гри гравця-людини, вивчаючи його взаємодію з ігровим середовищем і результати. Розпізнавання стилю є більш успішним, ніж статичний самозвіт, оскільки учасники не знають про процедуру. Для реалізації цієї стратегії була використана автоматична категоризація ігрових даних і атрибутів, що стосуються певних типів поведінки [34]. Для класифікації стилів гри можна використовувати й інші методи, включаючи карти самоорганізації, аналіз нечітких кластерів із прихованими моделями Маркова та різні класифікатори.

1.10 Постановка задачі дослідження

Огляд сучасних тенденцій у відеоіграх показав, що тільки кілька відеоігор пропонують гравцям унікальний досвід за допомогою адаптивного ШІ; більшість з них – інді-ігри. Таким чином, виникає питання, чи може адаптивний ігровий ШІ зробити гру більш популярною та успішною, і чи розумно для ігрових компаній застосовувати складний ШІ в ААА-іграх. Тому ставиться завдання знайти зв’язок між складною адаптивністю ШІ в іграх та успіхом таких ігор серед гравців і критиків.

Об’єктом дослідження є способи класифікації та порівняння ігор з точки зору пристосування (ворожого) ШІ-NPC до гравця-людини.

Припускаємо, що класифікація та порівняння будуть виконуватися відповідно до набору ознак, що відповідають рівню адаптації. Така класифікація могла б дозволити досліджувати позитивні або негативні кореляції адаптованості та популярності або комерційного успіху. Класифікація також може вказати на різні аспекти адаптації ігрового ШІ, можливі рівні адаптації та видатні підходи та реалізації в популярних відеоіграх.

Метою дослідження є знайти зв’язок між складною адаптивністю ШІ в іграх та успіхом таких ігор серед гравців і критиків.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

– провести аналіз існуючих відео ігор;

– реалізувати класифікацію та порівняння по рівню адаптації;

– провести висновок щодо вивчених показників успішності та адаптивності.

2 РОЗРОБКА КЛАСИФІКАЦІЇ ІГОР ЗАСНОВАНОЇ НАСКЛАДНОСТІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА АДАПТИВНОСТІ

Було зазначено що популярні стратегії штучного інтелекту, які використовують творці якого поки задовольняють критеріям і узгоджуються з ігровими рішеннями, дерева рішень і поведінки, кінцеві автоматами та плануванням всього ще широко використовуються для керування персонажами NPC у відеоіграх. Навіть якщо в спільнотах гравців часто висвітлюється відсутність інтелекту або «тупа» поведінка, більшість ігор, тим не менш, досить економічно успішні, щоб компанії, що займаються розробкою ігор, і видавці їх приймали.

Штучний інтелект у Tom Clancy's Ghost Recon: Wildland, наприклад, викликав значне невдоволення серед гравців. На думку ігрових спільнот, ворожі NPC і комп'ютерно-керовані товариші по команді є «дурними», тому що вони часто губляться в оточенні або не виконують своїх намірів (наприклад, не допомагають людині-гравцю під час бою). Крім того, у цій грі було покращено реалістичність NPC, керованих ШІ. За відгуками користувачів, точність стрільби та загальна потужність суперників роблять їх майже неможливими. Однак, згідно зі звітом про продажі Ubisoft [35], гра була одним із бестселерів компанії.

Визначено набір властивостей, притаманних інтелектуальним агентаму контексті академічного штучного інтелекту, але які також можуть бути застосовані до ігрових NPC, оскільки вони контролюються за допомогою ШІ системи і можна вважати агентами. Нижче наведено деякі з атрибутів, які можуть бути застосовані до агентів NPC:

– незалежний: здатний контролювати власні дії;

– особистість: реалістична «персона»;

– реактивний: своєчасно реагує на зміни середовища;

– навчання: змінює поведінку на основі попереднього досвіду;

– адаптивний: порядок не є жорстко наперед визначеними.

Більшість персонажів у поточних іграх є реактивними, оскільки вони повинні реагувати на дії гравця відповідною реакцією, наприклад, стріляти, якщо гравець починає нападати на NPC. У більшості ігор NPC також повинні змінювати свою поведінку у відповідь на оточення. Одни із прикладів є Pathfinding, який представлений у більшості ігор різного ступеня складності.

Цільова орієнтація здебільшого визначається дизайном гри та підходами штучного інтелекту, які використовуються системою NPC. Ціле спрямовані NPC досліджують наслідки своєї діяльності, вплив своїх дій на навколишнє середовище, а також міру, в якій їхні дії відповідають заявленій меті. Для цілеспрямованих NPC у поточних комп'ютерних іграх можна застосувати техніку планування. Крім того, гнучкість опису послідовності дій і вибору з безлічі наборів дій робить цільово-орієнтованих агентів адаптивними.

Численні аспекти особистості не ігрового персонажа визначаються цілями розробників гри. Мова персонажа, емоції та поведінка можуть використовуватися для передачі особистості персонажа. Усі ці аспекти можуть бути написані в сценарії, якщо вони мають на меті розповісти історію, створену авторами, і налаштовуватися, якщо це рішення прийнято розробниками ігор. Останнє оновлення застосовано у Forza.

Запропоновано інші функції, які підвищити автономність NPC [36]. Ці характеристики включають нагляд з боку агентів вищого рівня (агентів різної складності), видиму міжагентну комунікацію (коли один агент NPC може інформувати іншого про середовище), складність прийняття рішень (або якість рішень з точки зору цілей NPC), і різноманітний репертуар дій (важливий для автономності, оскільки NPC має більше вибору дій).

Адаптивність вимагає моніторингу поведінки та даних гравця в грі, а також їх аналізу та навчання. Дані, отримані від дій і вподобань гравця, потім можуть бути використані для зміни цілей і послідовності дій агентів NPC, тобто для впливу на цільову орієнтацію.

2.1 Автономія

Розглянемо ступінь автономності NPC у грі на основі характеристик: чуйність, цілеспрямованість, здатність до адаптації та навчання.

Оцінки ігрового набору показали, що цілеспрямованість є поширеною рисою NPC у ряді відеоігор. Більшість блогів розробників ігор описують тактику планування, що використовується в їхніх іграх, або функції, які демонструють очевидну цілеспрямованість NPC.

Гнучкість – ще одна характеристика, яка переважає в більшості ігор. Стратегії, які використовуються в іграх для створення цілеспрямованих NPC, включають можливість вибору серії дій із підготовленого списку простих дій або коротких підпослідовностей. Тим не менш, ступінь адаптивності різний, і деяким цілеспрямованим NPC бракує помітної адаптивності.

Навчання – це здатність не ігрових персонажів (NPC) змінювати свою поведінку залежно від свого минулого досвіду. Це незвичайна функція у відеоіграх, оскільки вона потребує складних алгоритмівштучного інтелекту, численних спостережень і ресурсомісткого аналізу. Стверджувалося, що невелика кількість ігор містить ШІ для навчання. Відповідно до відгуків користувачів, за чутками, у ряді ігор є інтелектуальні NPC, однак розробники цього не підтвердили.

2.2 Види адаптації в залежності від джерела

Існує два джерела адаптації: пряму та непряму адаптацію. Параметризація поведінки NPC дозволяє здійснювати пряму адаптацію. Метою системи управління штучним інтелектом є визначення оптимальних значень параметрів і стратегії «гравець проти гравця».

Ця форма адаптації є складною для розробки та використання в грі, простіші реалізації існують розглядаються під час вивчення колекції ігор.

У свою чергу, клас прямої адаптації підрозділяється на трипідкласи, що

позначають використання різних методів параметризації: сенсорна система, керування потоком та інші.

Як правило, сенсорна система реалізована як усвідомлення NPC, що активується, коли гравець-людина проходить повз області «слуху», «нюху» або «бачення» NPC. Як правило, система не адаптована сама по собі (її параметри заздалегідь визначені; хоча ці значення можуть бути визначені за допомогою методів навчання на етапі будівництва), але вона може дозволити деяким аспектам поведінки NPC адаптуватися до дій гравця.

Керування потоком є додатковим значним використанням прямої адаптації у відеоіграх. Це один із типів динамічного налаштування складністю AI Director – популярний підхід для регулювання темпу. Системи, подібні до AI Director, не керують NPC окремо; натомість вони діють як наглядачі за групами та загальною стратегією ШІ (не NPC), керуючи кількістю та частотою ворогів і атак, а також регулюючи «виснаження» гравців. Система реагує на продуктивність гравця в іграх.

Поєднання прямої та непрямої адаптації є рідкістю, але воно часто трапляється в іграх Stealth та Survival Horror. Розрізняється два різних типи комбінацій джерел, це спільна мета для обох джерел та чіткі цілі для джерел.

У разі спільної цілі обидва джерела сприяють адаптації одного компонента поведінки або спільного набору. У іграх, як Alien: Isolation і Monstrum, де приховування є основною метою, сенсорна система та статичні знання про попередні зустрічі використовуються для зміни поведінки монстрів, як в прикладі. Виявлене використання в основному для навігації.

2.3 Інтра-поведінкова адаптація

Внутрішня адаптація поведінки часто змінює крихітну частину поведінки NPC або певну особливість гри. Можливі варіанти поведінки відрізняються від гри до гри залежно від цілей гри та дизайну. У багатьох іграх

деякі аспекти поведінки змінюються в ході гри. Таким чином, класифікуються три основні компоненти внутрішньої поведінки на три групи та четвертий клас для ігор, які не викликають суттєвих змін у поведінці:

– клас бойової адаптації;
– клас адаптації Pathfinding;
– інші адаптаційні заняття;
– жодного класу.

Бойова адаптація більш поширена в іграх, які акцентують увагу на бою. Він складається з вибору дій і зброї, а також пошуку укриття.

Адаптація пошуку шляху є фундаментальною для ігор, у яких ворожі NPC повинні залишатися поруч із гравцем більшу частину часу, і, як наслідок, їхні шляхи патрулювання з часом змінюються залежно від знань про потенційні позиції гравців.

Інші види адаптації включають ігри, які не належать до категорій Combat або Pathfinding через особливості жанру чи чудовий дизайн гри, але включають адаптацію внутрішньої поведінки завдяки звітам розробників або відгукам гравців.

2.4 Інтер-поведінкова адаптація

Інтер-поведінка є загальною моделлю поведінки NPC. Адаптація між поведінкою – це вид, який змінює цей шаблон, щоб відкрити нові стратегії для перемоги над гравцем. Також це внутрішньо та між поведінкова адаптація). Для цієї форми адаптації прийнято трирівневу шкалу для опису складності міжповедінкової адаптації:

Ігри, у яких немає помітної міжповедінкової адаптації,позначаються як відсутність. Ігри зі складними механізмами прийняття рішень і планування, які можуть спричиняти явно відмінну поведінку, отримують низьку позначку.

3 АНАЛІЗ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ІГРОВОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

3.1 Опис списку ігор і критерії відбору

Вибірка ігор, відібраних для дослідження, охоплює майже всі поширені ігрові жанри:

– бойовики: рольові пригоди (скорочено RPG);

– шутери від першої особи (скорочено FPS) і шутери від третьоїособи (скорочено TPS);

– шпигунство та виживання;

– стратегія реального часу.

Екшн ігри – це відеоігри, які підкреслюють фізичні труднощі, швидкі тактичні рішення та швидку реакцію. За винятком жанру чистого бойовика, ігри у зразку представляють окремі піджанри, які поєднують бойовик з іншими жанрами, наприклад пригодницькі, які зосереджуються на інтерактивній розповіді та дослідженні, і рольові ігри, якіпідкреслюють розвиток персонажа, складність і занурення в історія та ігровий світ.

Стрілялки – це різновид екшн ігор, але основна увага приділяється перевірці швидкості та реакції гравця, а також тактичних здібностей убою, як правило, зі зброєю; отже, шутери відрізняються від пригодницьких і рольових ігор на основі їхньої ігрової механіки. Найпопулярнішими підгрупами шутерів є шутери від першої особи та шутери від третьої особи. Різниця між ними полягає в перспективі персонажа. FPS представляє природне бачення людини, дозволяючи гравцеві бачити стільки, скільки можуть очі, тоді як TPS забезпечує ширшу перспективу ігрового персонажа та середовища.

Стелс – це різновид гри, у якій гравець повинен ховатися, підкрадатися або маскуватися, щоб перемогти супротивника або пройти рівень непоміченим. Він часто збігається з жанром survival horror, з наголосом на виживанні в жахливих умовах, за якими часто слідують жахливі тварини.

Однак піджанр survival horror згодом увібрав більше елементів екшн ігор, тому певні екшн-ігри та шутери можуть включати його як піджанр. У добірці ігор survival horror переважають елементи стелсу.

Стратегія в реальному часі – це тип стратегічних ігор у реальному часі, в яких гравці одночасно керують своїми військами (даючи їм команди розвиватися, захищати будівлі, захищати регіон і знищувати солдатів і активи супротивника), на відміну від покрокової стратегії у якому гравці повинні чекати, щоб надати накази. Однак ці жанри відрізняються один від одного. Іноді елементи одного жанру можуть з'являтися в грі іншого типу.

Ігри, відібрані для перевірки, містять помітні приклади кожного жанру, визначені критиками та рецензентами, або ті, які мали інтригуючі реалізації на основі доступних даних, наших результатів та аналізу. Крім популярних ігор з точки зору продажів і балів, набір ігор містить популярні ігри.

Для цілей упорядкування та аналізу створено дві таблиці: загальну таблицю, яка містить загальну інформацію про ігри, згадані в ційроботі, і ігри, вибрані для аналізу, і таблицю аналізу, яка відображає інформацію про впровадження штучного інтелекту у вибраних іграх .

Загальна таблиця представлена в Додатку А і містить наступну відповідну інформацію для кожної вибраної гри:

– опублікована назва компанії-розробника;

– рік першого офіційного релізу;

– посилання на офіційну вебсторінку (або сторінку у Вікіпедії якщо видавець або розробник не надає офіційну вебсторінку);

– жанр;

– оцінка Metacritic першого релізу (середній бал для платформ,якщо гра була випущена на кількох платформах протягом року);

– посилання на сторінку гри та список рецензій на Metacritic TotalSales.

Таблиця аналізу представлена в Додатку Б та складається з набору ігор, вибраного для дослідження штучного інтелекту. На рисунку 3.1 показано запис таблиці аналізу.

		Basic information			Adaptation information				Popularity	
Game name	Genre	Goal-oriented	Flexible	Learning	Adaptation source	Intra-behaviour	Inter-behaviour	Player profiling	Metacritic score	Total Sales
Alien: Isolation	Survival Horror	Yes	Yes	Yes	Combination SS	Pathfinding	None	None	80	2,46

Рисунок 3.1 – Приклад запису гри в таблиці аналізу

Основна інформація (стовпці «Цільова орієнтація», «Гнучкість» і «Навчання») та інформація про адаптацію (стовпці «Пряма/опосередкована адаптація», «Інтер-поведінка», «Внутрішня поведінка» та «Профіль гравця») складають інформаційну область ШІтаблиці «Аналіз».

Розділ загальної інформації Так (якщо функція включена в гру) або Ні можна ввести в комірки стовпців (якщо функція відсутня). Зеленим (жирним шрифтом) позначені офіційні звіти розробників або компаній, інтерв'ю чи публікації, а також висновки щодо заявленої тактики. Жовтий колір (звичайний текст) вказує на досвід гравців, відгуки та публікації та висновки.

Інформація про підрозділ адаптації. Для цього піднабору таблиць існують значення для стовпців. Зелений (жирним) для офіційних джерел; жовтий (звичайний текст) для джерел програвача. Деякі стовпці можуть мати додаткові кольорові схеми.

Стовбець «Джерело адаптації» можуть містити одне з чотирьох текстових значень: Пряме, Непряме, Комбінація або Жодне. Комірка може містити два значення кольору: індикацію джерела та колір підкласу для прямих підкласів. Кольори підкласу такі:

– яскраво-синій (зі знаком DDA) підклас управління потоком/темпом;

– світло-блакитний (з позначкою SS) підклас Сенсорної системи.

Комірка стовпця внутрішньої поведінки має одне з наведених нижче значень, кожне з яких відповідає окремому типу адаптації внутрішньої поведінки: «Пошук шляху», «Бій», «Інше» або «Немає».

Комірки стовпця між поведінками відображають рівні внутрішньої адаптації поведінки з одним із таких значень: «Немає», «Низький» або «Високий». Значення кольорів комірки мають просто індикатор джерела.

Комірки стовпця профілю гравця можуть містити одне з наведених

нижче значень, кожне з яких описує елемент поведінки гравця, перевірений ігровою системою: Прогрес, Стиль гравця або Немає.

Ця ж колірна схема також використовується для позначення градієнтів рейтингу для стовпця оцінок Metacritic у розділі Популярність:

– зелений колір означає високі результати гри (75-100);

– помаранчевий колір означає середні результати гри (50-74);

– червоний колір означає низькі результати гри, нижче 50 (0-49).

Ігри з найвищими оцінками оцінюють як ігрові критики, так і рецензенти. Було продемонстровано, що вони добре розроблені, мають виразний і складний візуальний стиль, збалансований і цікавий ігровий процес і інтригуючий сюжет. Технічно гра оптимізована, надійна і має зручну схему управління.

Ігри з поганою оптимізацією, незбалансованим геймплеєм, частими вильотами гри, спрощеною системою бою тощо отримують низькі бали.

3.2 Жанр екшен

У більшості досліджених прикладів NPC у жанрі Action RPG виглядають цілеспрямованими, хоча деякі NPC виявляють помітну гнучкість (табл. 3.1). У більшості проаналізованих сценаріїв навчання ШІ управління NPC не реалізовано. Крім того, швидке дослідження піджанру Action RPG показало, що ігри цього жанру не пропонують інтер-поведінкової адаптації, хоча існують скромні відмінності у внутрішньому поведінці NPC. Здається, небагато ігор мають адаптивність до бойових дій, що можна пояснити переважанням аспектів Action у грі, тоді як присутні лише деякі функції RPG.

Таблиця 3.1 – Риси жанру Екшен RPG

	Базова інформація			Адаптація		
Назва гри	Цілеспря-мованість	Гнуч-кість	Навчання	Вид адаптації (джерело)	Інтра-п. адаптація	Інте-адаптація
Mass Effect	Ні	Ні	Ні	-	Бій	Відсутня
The Witcher 3	Ні	Ні	Ні	-	-	Відсутня
Dark Souls	Так	Ні	Ні	-	-	Відсутня
Dark Souls 2	Так	Ні	Ні	-	Бій	Відсутня
Diablo III	Так	Так	Ні	-	-	Відсутня
Fallout 3	Так	Так	Ні	-	-	Відсутня

Екшн і Action Thrills NPC, як правило, цілеспрямовані та здатні пристосовуватися. Внутрішньо та міжповедінкова адаптація, прямо чи опосередковано, зазвичай забезпечується шляхом навчання ШІ, який використовується в іграх.

Однак у жанровій групі є винятки, які демонструють унікальні характеристики ШІ. Вони відображені в таблиці 3.2. Batman: Arkham Asylum і Batman: Arkham City – це дві ігри із серії Batman Series від Rocksteady Studios. Виходячи з аналізу ігрових особливостей, штучний інтелект серії Batman збігається з екшн рольовими іграми.

Таблиця 3.2 – Риси жанру Екшен та Екшен Пригод

	Базова інформація			Адаптація		
Назва гри	Цілеспря-мованість	Гнуч-кість	Навчання	Вид адаптації (джерело)	Інтра-п. адаптація	Інтер-п. адаптація
Far Cry 4	Так	Так	Так	Непряма	Бій	Низька

Продовження таблиці 3.2

Назва гри	Цілеспря-мованість	Гнуч-кість	Навчання	Вид адаптації (джерело)	Інтра-п. адаптація	Інтер-п. адаптація
Arkham City	Ні	Ні	Ні	Пряма	-	Відсутня
ECHO	Так	Так	Так	Непряма	Бій	Висока
Tomb Raider	Так	Так	Ні	-	Бій	Відсутня
The Last of Us	Так	Ні	Ні	-	Бій	Відсутня

3.3 Жанр стелс

Аналіз Stealth/Survival показує високий ступінь цілеспрямованості та адаптивності NPC. І незважаючи на те, що лише близько 30% ігор містять навчальний механізм управління NPC, приблизно 80% розглянутих ігор забезпечують адаптивність на різних рівнях і різними способами.

Непряма адаптація, що забезпечується шляхом збору, оцінки та використання внутрішньо ігрової інформації, зазвичай використовується для інтра-поведінкових адаптацій, таких як шляхи патрулювання основного антагоніста. У таких іграх, як Alien: Isolation і Monstrum, адаптація пошуку шляху використовується для створення відчуття напруги гравця – людини, змушуючи його відчувати, ніби монстр постійно поруч і може схопити його. У таких іграх, як Thief і Dishonored, коли інтелектуальні NPC отримують сповіщення, вони починають шукати гравця, що ускладнює завдання та змушує гравця шукати інші рішення або брати участь у бою.

Найпоширенішим видом прямої адаптації є параметризація органів чуття NPC, таких як слух, нюх і зір. Результатом дотику до одного з цих датчиків є те, що NPC стає більш пильним. Цей тип адаптації було використано вперше в складній сенсорній моделі Thief, яка дозволяла гравцеві

використовувати тіні, світло та покриття. Він був успішно поглинений наступними продовженнями Thief і вплинув на серію Dishonored і відеоігри Survival Horror.

Боротьба з внутрішньою поведінковою адаптацією, здається, є дуже рідкісним явищем у Stealth-іграх, але поширена в іграх, які поєднують жанри Stealth та Action. Типові цілі в цих іграх включають усунення великої кількості ворогів, змушуючи гравців вступати в бій. Прикладами таких ігор є Metal Gear, Deus Ex і Tom Clancy's Splinter Cell (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Риси жанрів стелс/survival horror

	Базова інформація			Адаптація		
Назва гри	Цілеспр.мовання ість	Гнуч-кість	Навчання	Вид адаптації (джерело)	Інтра-адаптаця	Інтер-п. адаптація
Dishonored	Так	Так	Ні	Комб.	Шлях	Відсутня
Dishonored 2	Так	Так	Ні	Комб.	Шлях	Низька
Hitman: Absolution	Так	Так	Ні	Пряма	Бій	Відсутня
Thief 1	Ні	Ні	Ні	Пряма	-	Відсутня
Thief 4	Так	Ні	Ні	Пряма	Шлях	Відсутня
Pandora Tomorr	Так	Так	Так	Непряма	Бій	Відсутня
Blacklist	Так	Так	Ні	Пряма	Бій	Низька
Deus Ex III	Так	Так	Ні	-	Бій	Відсутня
Alien: Isolation	Так	Так	Так	Комб.	Шлях	Відсутня
Amnesia I	Так	Так	Ні	Комб.	-	Відсутня
Dying Light	Ні	Ні	Ні	-	-	Відсутня
Hello neighbor	Так	Ні	Так	Непряма	-	Відсутня
Monstrum	Так	Так	Ні	Пряма	Шлях	Відсутня

3.4 Жанр шутер

Шутери від першої особи та шутери від третьої особи розглядаються в наступному описі (табл. 3.4).

Відеоігри шутери від першої особи є найпопулярнішим жанром. Оскільки гравець дивиться на оточення очима головного героя, це забезпечує максимальний рівень занурення. Це був перший жанр, який займався ресурсомісткими 3D-візуальними ефектами, оскільки гравцям потрібно було переглядати переконливе середовище, щоб підтримувати занурення.

Правдоподібність ворожих NPC є надзвичайно важливою та складною для посилення відчуття занурення у світ гри. Як правило, шутери від першої особи є першим жанром, який використовує нові підходи ШІ для покращення тактичної та стратегічної потужності та навичок систем керування NPC.

Цільове планування дій, яке спочатку використовувалося в грі F.E.A.R. і його нащадки, як планування ієрархічної мережі завдань (HTN) [37], є найвідомішим підходом, який використовується в шутерах від першої особи.

Огляд вибраних ігор FPS дозволяє класифікувати передові шутери на дві великі групи:

– повідомлялося, що в сімейних іграх GOAP, які використовують описані вище методи штучного інтелекту або подібні характеристики штучного інтелекту, жоден із підходів не використовується;

– сімейство Flow Control складається з шутерів від першої особи з акцентом на заплутаності та інтенсивності ігрового процесу.

Ігри, які використовують планування у своїх системах керування NPC, є цілеспрямованими за визначенням і гнучкими, оскільки послідовність дій не визначена заздалегідь і залежить виключно від поточної мети. У цих іграх зазвичай немає можливостей для навчання, і вони не просуваються в процесі гри. Оскільки поведінка не є чітко встановленою, ці ігри мають низький рівень адаптації між поведінками через їхню здатність будувати послідовність дій на основі дій гравця та поточної мети. Бойова адаптація є переважаючим видом

міжповедінкової адаптації, як це визначено характеристиками жанру FPS.

Серед винятків є S.T.A.L.K.E.R: Shadow of Chernobyl. Розробка їхньої системи керування штучним інтелектом почалася з простого визначеного FSM і просувалася через ієрархічний FSM і GOAP. Однак використання методів планування обмежується вибором початкової дії і не впливає на інші аспекти плану [38]. Система S.T.A.L.K.E.R виглядає дуже адаптивною до змін навколишнього середовища, переписуючи всю стратегію, якщо будь-які параметри світу змінюються. Цю концепцію в основному використовували сталкери (персонажі, які прагнуть збагатитися в покинутих зонах, повних аномалій, таких як Чорнобильська зона відчуження), а не істоти, які блукають Зоною.

Таблиця 3.4 – Риси сімейства GOAP жанру шутер

	Базова інформація			Адаптація		
Назва гри	Цілеспрямованість	Гнучкість	Навчання	Вид адапт. (джерело)	Інтра-адапт.	Інтер-адаптація
F.E.A.R.	Так	Так	Ні	-	Бій	Низька
Half Life	Так	Так	Ні	-	Бій	Низька
Halo 2	Так	Так	Ні	-	Бій	Низька
Killzone 3	Так	Так	Ні	-	Бій	Низька
R6 Siege	Так	Так	Ні	Пряма	Бій	Низька
Shadow of Chernobyl	Так	Так	Ні	Непряма	Інше	Низька

Друга група ігор має багато спільного з попередньою групою щодо поведінки NPC. Окрім цього, ігри цієї категорії використовують методи навчання, щоб адаптувати складність до подорожі гравця через гру.

Серйозність цих ігор параметризується та змінюється в грі шляхом моніторингу темпу прогресу гравця в грі та зменшення/збільшення нелише потужності та частоти нападів, але й кількості супротивників, які атакують.

Незважаючи на те, що ці ігри мають елементи орієнтації на ціль і гнучкості, у цих іграх для Inter-поведінкових функцій встановленозначення None, на відміну від сімейства GOAP. Це зроблено тому, що оцінки гравців вказують на загальну уявну простоту поведінки NPC (табл. 3.5). У контексті цих ігор цілеспрямованість і адаптованість стосуються переважно модифікації процесу.

Таблиця 3.5 – Риси сімейства контролю потоку жанру шутер

	Базова інформація			Адаптація		
Назва гри	Цілеспря-мованість	Гнучкість	Навчання	Вид адаптації джерело	Інтра-адаптаця	Інтер-адаптація
Evolve	Так	Так	Так	Пряма	Бій	Відсутня
Far Cry	Так	Так	Так	Пряма	Бій	Відсутня
Left 4 Dead	Так	Так	Так	Пряма	Бій	Відсутня

Щодо обраних шутерів від третьої особи, розслідування не виявило жодних відмінних закономірностей. У більшості випадків значення є звичайними для FPS сімейства GOAP, що робить ці значення типовими для жанру шутера (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Риси жанру шутер від третьої особи

	Базова інформація			Адаптація		
Назва гри	Цілеспря-мованість	Гнуч-кість	Навчання	Вид адаптації (джерело)	Інтра-п. адаптація	Інтер-адаптація
Gears of War	Ні	Ні	Ні	Пряма	Бій	Відсутня
Max Payne 3	Так	Так	Ні	Пряма	Бій	Низька
Fall of Cybertron	Так	Так	Ні	-	Бій	Відсутня

Лише одна гра зі стрільбою відхилилася від норми у списку (табл. 3.7). Titanfall – багатокористувацький онлайн-шутер, тому навітьякщо NPC можуть завдати шкоди гравцям, вони в першу чергу служать наповнювачем. У цій грі немає складного штучного інтелекту, але неігрові персонажі можуть здійснювати візуальне спілкування та розповідати гравцеві про ситуацію на полі бою та деякі необхідні завдання.

Таблиця 3.7 – Риси жанру шутер від третьої особи

	Базова інформація			Адаптація		
Назва гри	Цілеспря-мованість	Гнучкість	Навчання	Вид адаптації (джерело)	Інтра-п. адаптаця	Інтер адаптац
Titanfall	Ні	Ні	Ні	Непряма	-	Відсутня

Titanfall – розрахований на багато користувачів онлайн-шутер, тому неігрові персонажі діють як наповнювачі, навіть якщо вони можуть завдати шкоди гравцям. У цій грі не має складного ШІ, але NPC здатні здійснювати видиме спілкування та інформувати гравця про ситуацію на полі бою або виконуватидеякі визначені дії.

3.5 Жанр стратегії

Стратегія – це один із небагатьох ігрових жанрів, у якому мета ШІ – перемогти гравця-людину, а не тримати його на межі, але дозволити йому зрештою перемогти. Хороший штучний інтелект у стратегічній грі в реальному часі має бути цілеспрямованим, адаптованим, розумним і, що найважливіше, навчатися.

Як показано в таблиці 3.8, майже всі останні стратегії, в які грають проти комп'ютерних гравців зі штучним інтелектом (багатокористувацькі ігри не розглядаються), використовують методи навчання. Винятки існують для

старіших ігор, оскільки інтелектуальний штучний інтелект з навчанням був рідкісним і ресурсомістким на момент його створення.

Таблиця 3.8 – Риси жанру стратегії

	Базова інформація			Адаптація		
Назва гри	Цілеспря-мованість	Гнуч-кість	Навчання	Вид адаптації (джерело)	Інтра-п. адаптація	Інтер-адаптац
Attila:Total War	Так	Так	Так	Непряма	-	Висока
Empire:Total War	Так	Так	Так	Непряма	-	Висока
Supreme Comman	Так	Так	Ні	-	-	Низька
Total war	Так	Так	Так	Непряма	-	Висока
WoW	Так	Так	Ні	-	-	Низька
XCOM: EU	Так	Ні	Ні	-	-	Низька

Функція навчання не обов’язково буде включена в кінцевий продукті надіслана справжнім геймерам. Незважаючи на те, що в цих іграх використовується штучний інтелект, який здатний навчатися, системи навчаються перед тим, як досягти кінцевого користувача. Однак у більшості випадків їх тренують люди.

Через жанрові особливості жанр Strategy використовує непряму адаптацію, отримання перевіреної, актуальної інформації з ігрового середовища та поточного стану гри. Потім ці знання можуть бути використані для прийняття важливих тактичних і стратегічних рішень, надаючи грі високий рівень адаптивності між поведінкою.

3.6 Навчання штучного інтелекту в популярних відеоіграх

Оскільки здатність до навчання є проявом інтелекту згідно з академічним визначенням, перевіряється, як часто він використовується в передових відеоіграх і як він використовується для підвищення адаптивності гравців.Згідно з оцінками гравців і критиків, лише 32% із 50 відібраних ігор стверджували, що використовують методи навчання або намагалися їх використовувати. Адаптація до дій людини-гравця була метою всіх екземплярів можливостей навчання ШІ в цих іграх. У таблиці 3.9 може бути відображено вибір, який включає штучний інтелект, здатний до навчання.

Як видно з діаграми, значна частина ігор із ШІ, що навчається, використовує передові алгоритми ШІ, щоб забезпечити високу адаптацію між поведінкою гравця. Це означає, що NPC можуть спостерігати за діяльністю гравця та змінювати свою поведінку у відповідь на зміни середовища. Інтелектуальна система головним чином змінює поведінку, аналізуючи статичну інформацію, взяту з ігрового середовища та доступну для пошуку (функція непрямої адаптації).

Таблиця 3.9 – Ігри з ШІ здатним до навчання

	Базова інформація			Адаптац ія		
Назва гри	Цілеспря-мованість	Гнуч-кість	Навчання	Вид адаптації (джерело)	Інтра-п. адаптація	Інтер-адаптац
ECHO	Так	Так	Так	Непряма	Бій	Висока
Shado Mordor	Так	Так	Так	Комб.	-	Висока
NWN (Spronck mode)	Ні	Так	Так	Пряма	-	Висока
Attila:Total War	Так	Так	Так	Непряма	-	Висока
Empire:Total War	Так	Так	Так	Непряма	-	Висока
Total war	Так	Так	Так	Непряма	-	Висока

Продовження таблиці 3.9

Назва гри	Цілеспря-мованість	Гнуч-кість	Навчання	Вид адаптації (джерело)	Інтра-адаптац	Інтер-адаптац
Left 4 Dead	Так	Так	Так	Пряма	Бій	Відсутня
Pandora Tomorrow	Так	Так	Так	Непряма	Бій	Відсутня
Hello neighbor	Так	Ні	Так	Непряма	-	Відсутня
Alien: Isolation	Так	Так	Так	Комб.	Шлях	Відсутня
Black & White	Так	Так	Так	Пряма	Інше	Висока
GR Wildlands	Так	Так	Так	Непряма	Бій	Низька
Far Cry 4	Так	Так	Так	Непряма	Бій	Низька
MGSV	Так	Так	Так	Непряма	Інше	Низька
Evolve	Так	Так	Так	Пряма	Бій	Відсутня
Far Cry	Так	Так	Так	Пряма	Бій	Відсутня

Тим не менш, є кілька прикладів ігор, що використовують тип адаптації Direct. Вибрана гра «Чорно – білий бог» і експериментальний мод штучного інтелекту для Neverwinter Nights. Поведінка цих ігор параметризована і миттєво реагує на дії гравця.

У модифікації Neverwinter Nights кожна дія абопослідовність має вагу, яку можна змінювати протягом гри, вказуючи на найбільш і найменш успішні дії. Для наступної зустрічі з гравцем-людиною наступною послідовністю дій вибираються найефективніші послідовності дій. Однак, незважаючи на категорію «Пряма адаптація», модифікації впроваджуються між етапами гри, а не безпосередньо. Black&White стає улюбленою грою. Монстри, головні

NPC гри, змінюютьсвою поведінку, коли їх карають або винагороджують за певну поведінку. Очевидно, що люди вибиратимуть поведінку, за яку вони винагороджуються, частіше, ніж ті, за які їх карають.

Менша кількість ігор використовує стратегії навчання для низької інтер-поведінки, пристосовуючи шаблон поведінки до поведінки гравця та змушуючи його знаходити чіти, щоб подолати нові дії. Metal Gear Solid V:The Phantom Pain, наприклад, вчиться на бажаних діях гравця та додає нові способи поведінки до наявного набору. Якщо гравець любить підкрадатися вночі та непомітно вбивати, вороги почнуть патрулювати кордони території з ліхтариками, щоб не дати їм повзти. Або вони почнуть носити шоломи, якщо спортсмен має схильність до частих ударів у голову.

Внутрішню поведінкову адаптивність також можуть сприяти стратегії навчання. Як і в Alien: Isolation, ворожі NPC можуть вибрати найбільш ефективні маршрути патрулювання, збираючи та оцінюючи статичну інформацію з ігрового середовища. Інопланетянин, який є головним героєм гри, використовує свої відчуття та пам’ять, щобповернутися до місць, де він раніше виявив або вбив гравця, або патрулювати територію навколо гучних звуків.

Що стосується ігор, які, здається, не використовують механізми навчання, вони, тим не менш, можуть викликати деяку кількість між та внутрішньо – поведінкової адаптації, яку можна розглядати як високу реактивність, а не адаптивність. В іграх, наведених нижче (табл. 3.10), зазначено, що їм не вистачає елементів навчання системи керування NPC; але складні методи прийняття рішень і вибору дій дозволяють ворогам демонструвати помітно відмінну поведінку.

Таблиця 3.10 – Ігри без ШІ здатного до навчання та з низькою інтер-поведінковою адаптацією

	Базова інформація			Адаптац ія		
Назва гри	Цілеспря-мованість	Гнучкість	Навчання	Вид адаптації (джерело)	Інтра-п. адаптація	Інтер-адаптац
R6 Siege	Так	Так	Ні	Пряма	Бій	Низька
Max Payne 3	Так	Так	Ні	Пряма	Бій	Низька
Blacklist	Так	Так	Ні	Пряма	Бій	Низька
F.E.A.R	Так	Так	Ні	-	Бій	Низька
Killzone 3	Так	Так	Ні	-	Бій	Низька
Shadow Chernob yl	Так	Так	Ні	Непряма	Інше	Низька
Dishonored	Так	Так	Ні	Комб.	Шлях	Низька

Підхід до навчання не потрібен для того, щоб забезпечити внутрішньо–поведінкову адаптивність. Як показано в таблиці 3.11, деякі ігри використовують пряму та непряму адаптацію для зміни багатьох аспектів своєї поведінки, що можна розглядати як відволікання від основної поведінки.

Таблиця 3.11 – Ігор без ШІ здатного до навчання та з інтра-поведінковою адаптацією

	Базова інформація			Адапта ція		
Назва гри	Цілеспря-мованість	Гнуч-кість	Навчання	Вид адаптації (джерело)	Інтра-п. адаптація	Інтер-адапта ція
Dishonored	Так	Так	Ні	Ком б.	Шлях	Відсутня
Resident Evil 4	Так	Так	Ні	Пря ма	Бій	Відсутня
Hitman:Absolut	Так	Так	Ні	Пряма	Бій	Відсутня

Продовження таблиці 3.11

Назва гри	Цілеспря-мованість	Гнуч-кість	Навчання	Вид адаптації (джерело)	Інтра-п. адаптація	Інтер-адапта ція
Gears of War	Ні	Ні	Ні	Пряма	Бій	Відсутня
Thief 4	Так	Ні	Ні	Пряма	Шлях	Відсутня
Monstrum	Так	Так	Ні	Пряма	Шлях	Відсутня

3.7 Інтра-поведінкова адаптація

Адаптація внутрішньої поведінки є надзвичайно поширеним явищем у сучасних відеоіграх. У майже шістдесяти відсотках проаналізованих ігор можна змінити аспекти поведінки NPC, включаючи бойову поведінку та пошук шляху як найпоширеніші.

Понад шістдесят відсотків ігор, які змінюють внутрішню поведінку, використовують модифікації бою (табл. 3.12), щоб запобігти повторенню NPC тієї самої моделі бою. Якщо гравець-людина спостерігає повторювану серію поведінки у відповідь на свою діяльність, він може продовжувати використовувати виявлену слабкість ворога. Бойова адаптація стала невід’ємним компонентом системи управління штучним інтелектом у шутерах і екшн-іграх, пов’язаних із боротьбою зсупротивниками.

Таблиця 3.12 – Ігри з інтра-поведінковою адаптацією бою

Назва гри	Жанр гри	Адаптація		
		Вид адаптації (джерело)	Інтра-адаптація	Інтер адаптація
Far Cry 4	Екшен	Непряма	Бій	Низька
Tomb Raider	Екшен Пригода	-	Бій	Відсутня

Продовження таблиці 3.12

Назва гри	Жанр гри	Адаптація		
		Вид адаптації (джерело)	Інтра-адаптація	Інтер адаптація
Mass Effect	Екшен RPG	-	Бій	Відсутня
Dark Souls 2	Екшен RPG	-	Бій	Відсутня
The Last of Us	Екшен, Стелс	-	Бій	Відсутня
R6: Siege	FPS	Пряма	Бій	Низька
F.E.A.R.	FPS	-	Бій	Низька
Half Life	FPS	-	Бій	Низька
Evovle	FPS	Пряма	Бій	Відсутня
Far Cry	FPS	Пряма	Бій	Відсутня
Left 4 Dead	FPS, Survival Horror	Пряма	Бій	Відсутня
Hitman: Absolution	Стелс	Пряма	Бій	Відсутня
Pandora Tomorrow	Стелс	Непряма	Бій	Відсутня
Blacklist	Стелс, Екшен	Пряма	Бій	Низька
Deus Ex III	Стелс, Екшен RPG	-	Бій	Відсутня
Max Payne 3	TPS	Пряма	Бій	Низька
Gears of War	TPS	Пряма	Бій	Відсутня
Fall of Cybertron	TPS	-	Бій	Відсутня
GR Wildlands	TPS	Непряма	Бій	Низька
Resident Evil 4	TPS, Survival Horror	Пряма	Бій	Відсутня

Більшість шутерів від першої особи, оцінених у цій статті, мають розширені бойові можливості. Ця тенденція була започаткована F.E.A.R. гра, описана кілька разів раніше. Навіть через тринадцять років після першого випуску його бойовий ШІ залишається однією з найжорсткіших систем. Бойові модифікації з’явилися раніше (наприклад, у Far Cry, який вийшов того ж року, що й F.E.A.R., і Half Life, 1998), але на простішому рівні.

Розширене визначення шляху є ще одним компонентом адаптації поведінки, який зазвичай використовується. Незважаючи на те, що пошук шляхів – це часто згадувана тема, яка нібито вирішена, у більшості ігор вона присутня на елементарному, не адаптивному рівні. Однак адаптивне пошук шляху необхідне для ігор Stealth і Survival Horror (табл. 3.13), у яких очікується, що опоненти шукатимуть прихованого гравця, спираючись на свої відчуття та, часом, на спогади прихованого гравця, орієнтуючись на свої почуття, а іноді й пам’ять.

Таблиця 3.13 – Ігри з інтра-поведінковою адаптацією пошуку шляху

Назва гри	Жанр гри	Адаптація		
		Вид адаптації (джерело)	Інтра-п. адаптація	Інтер-п. адаптація
Dishonored 2	Стелс	Комб.	Шлях	Низька
Dishonored	Стелс	Комб.	Шлях	Відсутня
Thief 4	Стелс	Пряма	Шлях	Відсутня
Monstrum	Survival Horror	Пряма	Шлях	Відсутня
Alien:Isolatio	Survival Horror	Комб.	Шлях	Відсутня

Як видно з таблиці, адаптивне визначення шляху часто використовує пряме джерело адаптації, параметризовану сенсорну систему, відповідальну за пильність NPC. Відволікаючись на шум, NPC змінить свій маршрут патрулювання, щоб знайти причину.

У таких іграх, як Thief, маршрути патрулювання повинні змінюватися на короткий період, щоб визначити, що відбувається. Якщо гравця не видно, солдати повертаються до попередньо визначеної схеми.

У більш сучасних іграх, таких як Alien: Isolation або Monstrum, основним джерелом труднощів є шляхи патрулювання супротивників, оскільки мета гри вселити відчуття страху перед наближенням монстра. Відволікшись, ворог змінить свій шлях, щоб бути ближче до гравця, шукаючи його в місцях

попередніх зустрічей.

Підмножина ігор має адаптацію, яка не підходить до жодної з інших категорій, тому розділено на експериментальний клас (табл. 3.14).

Основна мета системи керування NPC у S.T.A.L.K.E.R: Shadow of Chernobyl заселити ігровий світ A-Life, тобто сталкерами, які поводяться практично як гравці та повинні адаптуватися до свого оточення, ставити цілі та приймати рішення. Складна адаптивна поведінка чорно-білих NPC поділяється на менші адаптивні компоненти, наприклад вибір їжі. Metal Gear Solid V: The Phantom Pain з'явилася в експериментальному класі, оскільки ситуація схожа на Black & White: складна поведінка (яка в грі називається Revenge System або Enemy Preparedness) розбивається на менші частини та рішення, як-от носіння одягу. шолом, патрулювання кордонів із ліхтариками тощо. Привіт сусід ШІ також можна розглядати як систему помсти: ворог, сусід головного героя, встановлює пастки в місцях попередніх зіткнень. Цікавим аспектом Hello Neighbour є те, що єдиним типом поведінки NPC є розміщення пасток. Однак ця інформація недостатня для високого рейтингу адаптивності між поведінкою.

Таблиця 3.14 – Ігри без інтра-поведінкової адаптації

Назва гри	Жанр гри	Адаптація		
		Вид адаптації (джерело)	Інтра-п. адаптація	Інтер-п. адаптація
Shadow of Mordor	Екшен	Комб.	-	Висока
Arkham City	Екшен Пригода	Пряма	-	Відсутня
Dark Souls	Екшен RPG	-	-	Відсутня
Diablo III	Екшен RPG	-	-	Відсутня
Fallout 3	Екшен RPG	-	-	Відсутня
Titanfall	FPS	Непряма	-	Відсутня
NWN (Spronck)	RPG	Пряма	-	Висока

Продовження таблиці 3.14

Назва гри	Жанр гри	Адаптація		
		Вид адаптації (джерело)	Інтра-п. адаптація	Інтер-п. адаптація
WoW	Стратегія, RTS	-	-	Відсутня
Attila:Total War	Стратегія, RTS	Непряма	-	Висока
Empire:Total War	Стратегія, RTS	Непряма	-	Висока
Total War	Стратегія, RTS	Непряма	-	Висока
XCOM: EU	Стратегія, TBT, RPG	-	-	Відсутня
Amnesia 1	Survival Horror	Комб.	-	Відсутня
Dying Light	Survival Horror	-	-	Відсутня

Більшість екшн рольових ігор було введено в клас без змін між поведінкою. Вони мають відкритий світ, який наголошує на дослідженні ландшафту та ворогів, а не на хитромудрості поведінки ворога. Однак Dark Souls 2, сиквел Dark Souls, збільшив складність NPC і дещо змінив бойові схеми ворога.

3.8 Інтер-поведінкова адаптація

Помітна висока адаптація між поведінкою є найкращим показником успіху, враховуючи, що основна мета адаптації до гравця-людини полягає в тому, щоб забезпечити йому складний ігровий процес, який відповідає його здібностям і вподобанням і викликає відчуття причетності. Однак лише близько 15% ігор, оцінених у цьому дослідженні, здається повністю або значною мірою адаптуються до стилю та вподобань гравця (табл. 3.15).

Інші ігри з дуже різноманітною поведінкою складаються переважно з експериментальних ігор, таких як ECHO, Black & White і Middle-earth: Shadow of Mordor. ECHO використовує статистику дій гравця та дублює манеру користувача, вимагаючи від гравця боротьби з самим собою та пошуку

альтернативних методів виконання завдань. Middle Earth: Shadow of Mordor використовує спеціально розроблену систему Nemesis, щоб вибирати найжорсткіших супротивників на основі зустрічей у грі та розвивати вцілілих ворогів, щоб їх можна було перекинути на наступні рівні гри.

Таблиця 3.15 – Ігри з високою інтер-поведінковою адаптацією

Назва гри	Жанр гри	Адаптація		
		Вид адаптації (джерело)	Інтра-п. адаптація	Інтер-п. адаптація
ECHO	Екшен Пригода	Непряма	Бій	Висока
Shadow of Mordor	Екшен	Комб.	-	Висока
NWN (Spronck)	RPG	Пряма	-	Висока
Total War	Стратегія, RTS	Непряма	-	Висока
Black & White	Гра в бога	Пряма	Інше	Висока
Attila:Total War	Стратегія, RTS	Непряма	-	Висока

Кількість відеоігор із низькою адаптивністю між поведінкою зростає, але вони ще не є найсучаснішими (табл. 3.16), незважаючи на те, що певні стратегії досить старі, випробувані та вірні (наприклад, техніка, що використовується у F.E.A.R., що все ще залишається одним із найскладніших [39]).

Здається, що адаптивність між поведінкою є менш поширеною у FPS. Виходячи з характеристик жанру шутера та нашого дослідження, є висновок, що причиною низької, а не високої адаптації поведінки є те, що основною метою шутерів є кількість убитих супротивників, а не їх якість. У цій ситуації попереднє прийняття рішень на льоту є кращим, ніж повна зміна поведінки, яка буде надзвичайноресурсомісткою.

Іншим цікавим аспектом мінімальної адаптивності між поведінками є те, що вона не потребує використання методів навчання в системі гри. Однак ці

системи керування не навчаються у гравця, не запам’ятовують його уподобання та не адаптуються до його стилю гри.

Таблиця 3.16 – Ігри з низькою інтер-поведінковою адаптацією

Назва гри	Жанр гри	Адаптація		
		Вид адаптації (джерело)	Інтра-п. адаптація	Інтер-п. адаптація
Far Cry 4	Екшен	Непряма	Бій	Низька
R6: Siege	FPS	Пряма	Бій	Низька
F.E.A.R.	FPS	-	Бій	Низька
Half Life	FPS	-	Бій	Низька
GR Wildlands	TPS	Непряма	Бій	Низька
Halo 2	FPS	-	Бій	Низька
Killzone 3	FPS	-	Бій	Низька

3.9 Види адаптації в залежності від джерела

Аналіз того, як відбувається адаптація в іграх, показав, що, незважаючи на високу складність і потреби в ресурсах, значна частка ігор (близько 30%) використовує пряму адаптацію (табл. 3.17).

У свою чергу, використання прямої адаптації можна розділити на три підкласи, які виділяють основні характеристики реалізації прямої адаптації. Ігри, призначені функцією Direct (DDA), включають динамічне налаштування складності та контроль потоку/темпу.

Багатокористувацькі або кооперативні ігри з керуванням процесом зосереджені на просуванні гравця в ігровому процесі, забезпечуючи продовження прогресу учасників. Left 4 Dead і Evolve є яскравими прикладами цього жанру, причому Left 4 Dead є творцями системи AI Director, яка використовується в кількох іграх. Batman: Arkham City це гра класу DDA, яка

не використовує систему, схожу на AI Director; незважаючи на це, кількість супротивників змінюється відповідно до здатності гравця досягти мети. Resident Evil 4 також використовує динамічне налаштування складності. Для механізму прийняття рішень NPC ігри з функцією Direct (SS) використовують параметризовані органи чуття (зір, слух тощо). реакція насенсорні подразники була досліджена раніше.

Таблиця 3.17 – Ігри з прямою адаптацією

Назва гри	Жанр гри	Інформація про адаптацію		
		Вид адаптації (джерело)	Інтра-п. адаптація	Інтер-п. адаптація
R6: Siege	FPS	Пряма	Бій	Низька
Max Payne 3	TPS	Пряма	Бій	Низька
Resident Evil 4	TPS, Survival Horror	Пряма (DDA)	Бій	Відсутня
Arkham City	Екшен Пригода	Пряма	-	Відсутня
NWN (Spronck)	RPG	Пряма	-	Висока
Black & White	Гра в бога	Пряма	Інше	Висока
Evovle	FPS	Пряма (DDA)	Бій	Відсутня
Far Cry	FPS	Пряма (DDA)	Бій	Відсутня
Left 4 Dead	FPS, Survival Horror	Пряма (DDA)	Бій	Відсутня
Hitman:Absolution	Стелс	Пряма (CC)	Бій	Відсутня
Blacklist	Стелс, Екшен	Пряма (CC)	Бій	Низька
Gears of War	TPS	Пряма (CC)	Бій	Відсутня
Thief 1	Стелс	Пряма (CC)	-	Відсутня
Thief 4	Стелс	Пряма (CC)	Шлях	Відсутня

Непряма адаптація є додатковим ключовим джерелом адаптації у відеоіграх (табл. 3.18). Приблизно 20% ігор використовують статичну інформацію середовища та гравців, щоб змінити поведінку персонажів.

У серії Total War дії гравця-людини впливають як на тактику, так іна глобальну стратегію противника зі штучним інтелектом.

Alien: Isolation підтримує обидві стратегії оптимізації для пошуку шляху. Для визначення місцезнаходження гравця використовуються параметризовані органи чуття, тоді як спогади про попередні зустрічі використовуються для визначення оптимального маршруту патрулювання. Останнє розробники не розголошують, тому покладаються на відгуки гравців. Система Nemesis у Middle-earth: Shadow of Mordor використовує обидва типи аналізу інформації для розробки вцілілих супротивників. Статична інформація, отримана від гравця та про гравця після сутички, запам'ятовується та використовується для зміни параметрів NPC, тоді NPC може бути підвищений до вищого рівня та отримати точнувідплату [40].

Таблиця 3.18 – Ігри з непрямою адаптацією

Назва гри	Жанр гри	Інформація про адаптацію		
		Вид адаптації (джерело)	Інтра-п. адаптація	Інтер-п. адаптація
Far Cry 4	Екшен	Непряма	Бій	Низька
ECHO	Екшен Пригода	Непряма	Бій	Висока
Pandora Tomorrow	Стелс	Непряма	Бій	Відсутня
GR Wildlands	TPS	Непряма	Бій	Низька
Titanfall	FPS	Непряма	-	Відсутня
Attila:Total War	Стратегія, RTS	Непряма	-	Висока
Shadow of Chernobyl	FPS	Непряма	Інше	Низька
MGSV	Стелс	Непряма	Інше	Низька

3.10 Популярність розвинутого штучного інтелекту

На основі дослідження вибраних ігор та систем керування ними ШІ розділено всі ігри на три класи на основі складності їх ШІ: ігри з базовим ШІ, ігри з високо активним ШІ та ігри з розвиненим ШІ.

Вирішено включити до категорії ігор з базовим ШІ з трьома чи менше хорошими якостями з шести (під позитивними мається на увазі значення, відмінні від «Ні/Жодного»).

На етапі аналізу ігри, позначені як Highly reactive, складають другу категорію. Кількість ігор становить менше 25% від загальної кількості, але їх вихваляють як приклади передового ігрового ШІ. Колекція містить високо оцінені назви, як F.E.A.R., Half-Life і Far Cry 4.

Ігри з чотирма або більше позитивними значеннями включені доцієї категорії ігор з розвиненим ШІ. Представники цієї категорії мають цілеспрямований і адаптивний ШІ з можливостями адаптації. Більшість навчальних відеоігорзі штучним інтелектом підпадають під цю категорію.

Як показано в таблиці 3.19, існує суттєва різниця між середніми оцінками ігор у категоріях Basic AI і Advanced AI, де Basic AI лідирує в групі. Hello Neighbor і Monstrum мають надзвичайно низькі бали порівняно з більшістю: 40 зі 100 і 57 зі 100 відповідно, тоді як більшість ігор мають оцінки від 80 до 91. Після усунення викиду ситуація покращилася: середній бал збільшився на 4,6%. Навпаки, більшість ігор у Basic AI мали більшу частоту очок між 85 і 95.

Ідентичне можно спостерігати в продажах Basic AI і Advanced AI: рівень продажів Basic AI вдвічі перевищує показник Advanced AI. Середня кількість ігор, проданих у категорії Advanced AI, становить 1,98 мільйона, порівняно з 4,3 мільйонами для категорії Basic AI. Більшість ігор у Basic AI мають продажі в діапазоні від 2 до 7, тоді як більшість ігор у Advanced AI мають продажі в діапазоні від 0 до 4. Усунення викидів не змінило проблему. Однак дисперсія продажів менша для Advanced AI.

Таблиця 3.19 – Середні бали та обсяги продажів ігор різних груп ШІ

Категорія ігор	Кількість значень	Середній бал	Відхилення балів	Середній обсяг продажів, млн	Відхиленн япродажів
Базовий ШІ(Basic AI)	21	87,2	6,38	4,32	3,24
Високо активний ШІ	12	85,3	7,18	4,05	2,53
Передовий ШІ (Advanced AI)	16	80,8 (85,4)	14,04 (5,79)	1,98 (2,23)	2,06

Категорія Високо активний ШІ має більший середній рівень продажів, але має нижчийзагальний бал, ніж категорія Basic AI. Однак різниця між рейтингами є скромною, як і різниця в темпах продажів. Крім того, більше половини ігор Високо активний ШІ мають рівень продажів чотири мільйони або більше, порівняно з лише 47% для Basic AI і 20% для Advanced AI. Як видно на рисунку 3.2, лише група Advanced AI демонструє від слабкого до помірно позитивного зв'язку між оцінкою Metacritic і продажами для ігор із різними рівнями складності AI (тут і далі використовується коефіцієнт кореляції Пірсона).

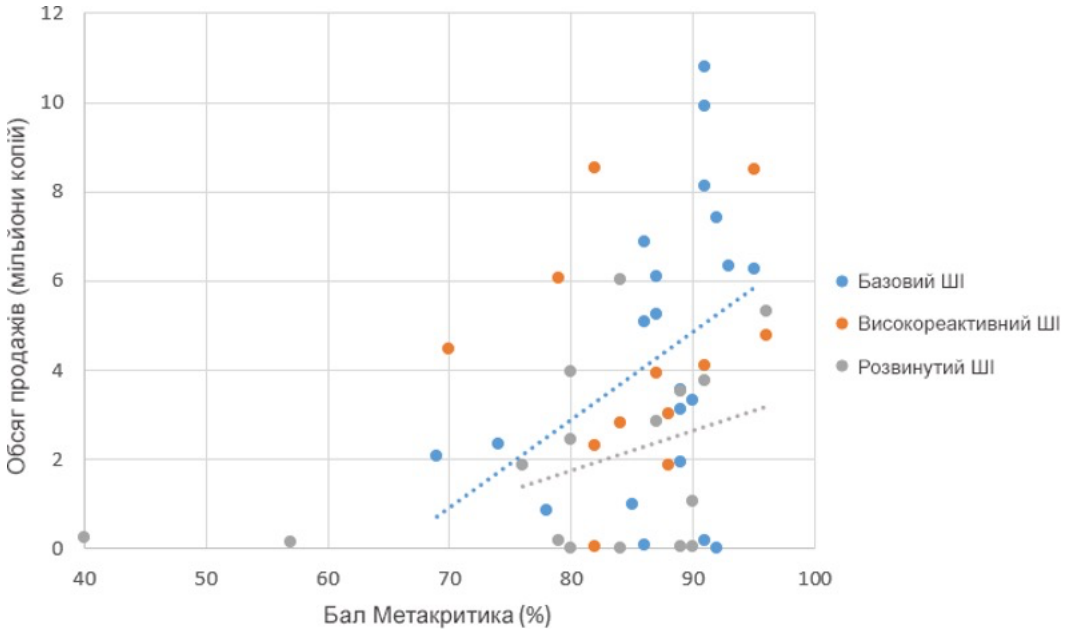

Рисунок 3.2 – Діаграма розсіювання для різних груп ігрового ШІ

На рисунку 3.2 зображено точкову діаграму загальних продажів і результатів Metacritic для кожної групи ШІ. Існує слабкий або помірний позитивний зв’язок у цій дослідницькій вибірці для «Базового ШІ» та «Розширеного ШІ» (n=21 і n=16, p=0,039 і p=0,025, відповідно), але не для «Високо реактивного ШІ» (n=12, p=0,0147). Сині та сірі лінії представляють лінійні моделі для категорій «Базовий ШІ» та «Розширений ШІ» відповідно.

Для базового дослідження популярності ігор з адаптивним штучним інтелектом колекцію досліджуваних ігор було розділено на дві групи: ігриз інтер або інтра-поведінковою адаптацією (позитивні значення в стовпцях Intra-behavior та Inter-behavior) та ігри без такі характеристики. Результати відображені в таблиці 3.20.

Середня оцінка адаптивних ігор більша, ніж у неадаптивних ігор; однак показники продажів виявляють суттєву різницю: середня кількість проданих копій ігор з неадаптивним ШІ становить 4,7 мільйона, а адаптивних – лише 3,1 мільйона. Водночас ігри з адаптивним штучним інтелектом мають значно більшу дисперсію балів, але, як не дивно, меншудисперсію продажів.

Таблиця 3.20 – Середні бали та обсяги продажів адаптивних та неадаптивних ігор

Категорія ігор	Кількість значень	Середній бал	Відхилення балів	Середній обсяг продажів, млн	Відхилення продажів
Неадптивний ШІ	13	88,2	5,00	4,72	3,65
Адаптивний ШІ	36	83,4	10,96	3,09	2,49

Більшість досліджених ігор містять адаптацію різного ступеня складності. Розділено список ігор на дві групи: одна містить ситуації, які змінюють лише певні аспекти поведінки (внутрішня адаптація поведінки), а інша містить ігри, які реалізують адаптацію між поведінкою.

Як показано в таблиці 3.21, середній бал класу Inter-behavior більший,

ніж середній бал Intra-behavior класу. Однак у групі внутрішньої поведінки є кілька викидів із великою різницею між їхніми результатами та більшістю.

Таблиця 3.21 – Середні бали та обсяги продажів ігор тільки з інтра-поведінковою адаптацією або з інтер-поведінковою адаптацією

Категорія ігор	Кількість значень	Середній бал	Відхил балів	Середній обсяг продажів	Відхил продажів
Інтра-поведінкова	18	81,7	14,1	2,9	2,20
Інтер-поведінкова	18	85,1	6,33	3,2	2,81

Однак середня кількість продажів для обох груп порівнянна.Середні продажі для ігор з адаптивністю між поведінками дещо вищі, але розкид значень більший, оскільки деякі з ігор досить старі та мають низькіпоказники продажів. Крім того, ненадійність деяких джерел впливає на результати аналізу: лише невелика кількість видавців повідомляють про загальні продажі своїх продуктів, тому дані в таблиці представляють приблизну кількість завантажень з різних ненадійних джерел.

На рисунку 3.3 зображено точкову діаграму загальних продажів і результатів Metacritic для різних стилів адаптації (внутрішня поведінка та адаптація між поведінкою).

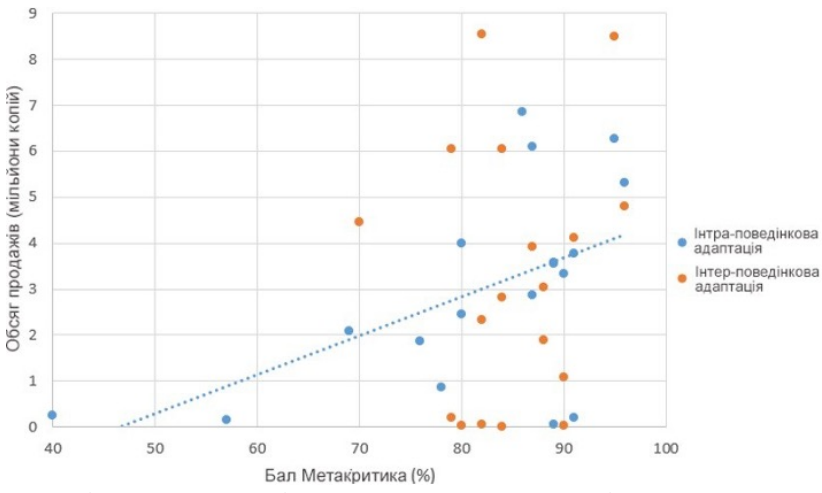

Рисунок 3.3 – Діаграма розсіювання для груп з різними типами адаптації

Існує помірний або помірний позитивний зв’язок у поточній дослідницькій вибірці для ігор з внутрішньою поведінковою адаптацією (n=18, p=0,547) (ситуація залишається такою ж після видалення викидів з балами менше 60), але не для ігор з внутрішньою адаптацією – адаптація поведінки (n=18, p=0,136). Синя лінія представляє лінійні моделі для категорії внутрішньої поведінкової адаптації. На цьому етапі аналізу є чотири ступені адаптивності відеоігор:

– відсутня: у грі немає адаптації NPC для гравця-людини. Крім того, NPC не можна охарактеризувати як надзвичайно реактивні;

– низька: гра не дозволяє адаптувати поведінку NPC між собою, використовує, зібрану з ігрового середовища та дій гравця, щоб змінити певні дрібніші аспекти поведінки NPC (адаптація внутрішньої поведінки). До цієї колекції не входять ігри, які забезпечують такий самий тип адаптації без використання інформації, отриманої від користувача;

– середня: набір включає ігри класу адаптації з низьким інтерактивним поведінкою (ігри з високою реактивністю включені);

– висока: колекція ігор містить ігри класу Високої інтер-поведінкової адаптації.

Результати аналізу середніх балів і продажів наведені в таблиці 3.22.

Таблиця 3.22 – Середні бали та обсяги продажів ігор тільки з різними рівнями адаптивності

Категорія ігор	Кількість значень	Середній бал	Відхилення балів	Середній обсяг продажів, млн	Відхилення продажів
Відсутня	13	88,2	5,00	4,72	3,65
Низька	12	78,4	16,16	2,70	1,97
Середня	12	85,3	7,18	4,21	2,53
Висока	16	84,5	4,72	1,23	2,39

На рисунку 3.4 зображено точкову діаграму загальних продажів і результатів Metacritic для різних ступенів гнучкості відеоігор.

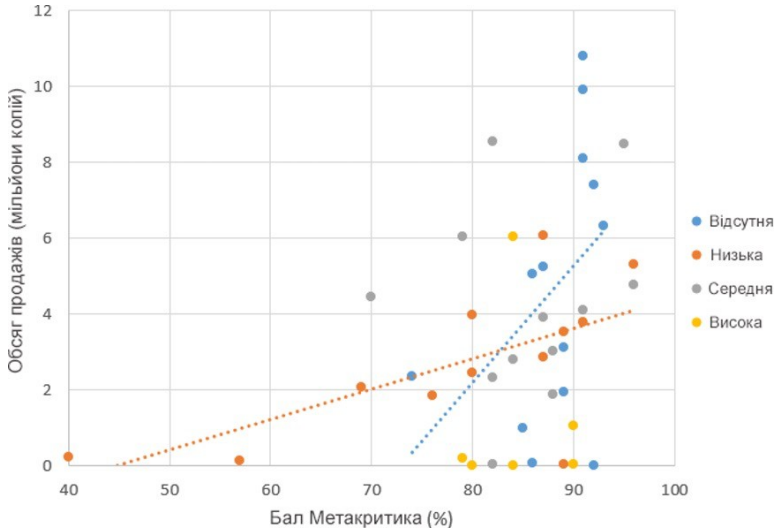

Рисунок 3.4 – Діаграма розсіювання для різних рівнів адаптації

У поточній дослідницькій вибірці існує певний позитивний зв'язок між «Жодним» (n=13, p=0,421) і «Низьким» (n=12, p=0,656), але не між «Середнім» (n=12, p=0,147) і «Високий» (n=76, p=0,0335). Синя та помаранчева лінії представляють лінійні моделі для «Немає» та «Низький» відповідно.

Набір ігор із низькою адаптивністю має найнижчий середній бал з усіх наборів, а також найбільшу варіацію значень балів через наявність трьох особливо низьких викидів. Клас None адаптивності має найбільший середній бал і найменше стандартне відхилення. Незважаючи на одинвипадок оцінки нижче 80, кожна гра отримала оцінку більше 85. Примітним є той факт, що майже половина ігор у цій колекції є частиною відомих серій ігор, що забезпечує їм перевагу. Тим не менш, ігри з адаптацією Medium і High отримали порівняльні результати, 85,3 для Medium і 84,5 для High, але з більшим стандартним відхиленням дляMedium (викид з'явився в наборі).

Ідентичні результати отримані в аналізі продажів. Ігри з низькою адаптивністю мають низькі продажі та варіації продажів. Незважаючи на кілька викидів, загальний обсяг продажів назв, включених до пакету, середній. Через кілька випадків надзвичайної популярності цього параметра ігри з

параметром «Немає» мають найбільші показники продажів, незважаючи на значну дисперсію продажів. У порівнянні з наборами Medium, набори High мають найнижчі показники продажів і найменше відхилення продажів, що вказує на значно меншу привабливість.

Як показано на рисунку 3.4, лише ігри без адаптації («Немає») або з низьким рівнем адаптації («Низький») демонструють помірно сприятливий зв’язок. Рівень «Середній» вказує на дуже слабкий позитивний зв’язок, тоді як рівень «Високий» демонструє майже нульову негативну кореляцію між балами та рівнем продажів.

ВИСНОВКИ

У рамках кваліфікаційної роботи було розроблено та реалізоване дослідження розглянуто існуючого штучного інтелекту у відеоіграх і найсучасніші ігрові системи ШІ. На основі цих даних побудувано класифікацію ігрових систем штучного інтелекту на основі їх складності та адаптивності, а також дослідили кореляцію між популярністю відеоігор і складністю їх ігрового процесу.

Якості, визначені для агентів штучного інтелекту загалом і окремих ігрових агентів штучного інтелекту, дозволили нам оцінити ігри з точки зору складності та адаптивності, а потім класифікувати їх на класи та підкласи, включаючи ігри з порівнянними характеристиками. Характеристики були розділені на дві ключові категорії: основи ШІ та адаптивні функції. Основи ШІ були використані для характеристики фундаментального інтелекту та складності ігрових систем. Основною метою дослідження було зосередитися на джерелах і формах адаптації адаптивної функції у відеоіграх.

Групування ігор відповідно до створеної категоризації показало, що 67% ігор були адаптовані до дій людини, гравця з різним ступенем складності адаптації, тоді як близько 33% не були ні високореактивними, ні адаптованими.

Ця класифікація та аналіз ігор потім були використані для вивчення зв’язку між складністю/адаптивністю ігрового ШІ та популярністю гри, щоб підтвердити або спростувати два припущення. Співвідношення між складністю штучного інтелекту та популярністю відповідало нашим очікуванням: ігри з розширеним штучним інтелектом мали середні рейтинги, порівняні з іграми з простим штучним інтелектом (за винятком кількох), тоді як ігри з простим штучним інтелектом мали вищі показники продажів.

Конкретний аналіз популярності адаптивного ШІ вказав на високі рейтинги адаптивного ШІ, за винятком кількох викидів із надзвичайно

низькими оцінками; темпи продажів адаптивних ігор зі штучним інтелектом були набагато нижчими, ніж неадаптивних ігор. Виходячи з попередніх спостережень і висновків, популярність рівнів адаптаціївідреагувала так само, як і очікувалося.

Показники продажів ігор без адаптації виявилися більшими, ніжігор з різним ступенем модифікації. Крім вищих балів змагальних цінностей набули ігри з помірним і високим ступенем адаптації. Що стосується рівнів складності, то виявилося, що ігри з середньою і високоюадаптацією були більш популярні серед гравців і критиків, ніж ігри знизькою адаптацією (за винятком показників продажів групи High). Щоправда, лише низького рівня.

Дослідження показало, що прибутковість ігор з високо адаптивним ШІ значно нижча, ніж ігор з меншою або неадаптивною ШІ; незважаючи на це, адаптивні ігри отримали хороші оцінки та позитивні оцінки своїх систем ШІ. З огляду на те, що більшість цих ігор є експериментальними,їх виробляють і розповсюджують незалежні розробники, прогнозується, що їхні продажі будуть низькими, оскільки вони не отримають бажаного рівня показу.

Крім того, оцінені та знайдені методології, а також класифікація з певними модифікаціями можуть бути використані для різних областей, пов’язаних зі штучним інтелектом. Наприклад, адаптивний ігровий ШІ досліджувався для адаптивних освітніх ігор, які можуть налаштовувати процес навчання гравця.

На основі поточного дослідження очікуються майбутні пропозиції для дизайнерів і розробників ігор. Ці пропозиції висвітлять потенційні методи та підходи, створені дослідниками для використання у відеоіграх,а також методи штучного інтелекту та ігрову механіку, які можуть бути використані для створення адаптивних до людини систем ШІ.

Результати дослідження апробовано у вигляді тез доповідей під час VIII Міжнародної науково-практичній конференції «Integration of scientific and modern ideas into practice» [41].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Rabotiahov, A., Kobylin, O., Dudar, Z., & Lyashenko, V. (2018, February). Bionic image segmentation of cytology samples method. In 2018 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelecrtronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET) (pp. 665-670). IEEE.

2. Работягов, А. В., Ляшенко, В. В., & Кобылин, О. А. (2016). Сегментация сложных изображений цитологических препаратов.

3. Lyashenko, V., Mohammad, A., & Kobylin, O. (2015). Experiments with Fusion of Images with Use of Wavelet Transformation in Problems of the Text Information Analysis.

4. Kobylin, O., Vyskrebentseva, S., & Petrova, R. (2019). Обробка даних, що містять пропуски в задачах кластеризації. Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць, 5(57).

5. Oleg, K., Sergii, M., & Mykhailo, S. (2017, October). Video Clustering via Multidimensional Time-Series Analysis. In Proceedings of the 9th International Conference on Information Management and Engineering (pp. 60-63). ACM.

6. Mashtalir, S., Mashtalir, V., & Stolbovyi, M. (2018, August). Representative Based Clustering of Long Multivariate Sequences with Different Lengths. In 2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP) (pp. 545-548). IEEE.

7. Fullerton, T. (2014). Game design workshop: a playcentric approach to creating innovative games. CRC press.

8. Csikszentmihalyi, M., & Csikzentmihaly, M. (1990). Flow: The psychology of optimal experience (Vol. 1990). New York: Harper & Row.

9. Bakkes, S., Spronck, P., & Van den Herik, J. (2009). Rapid and reliable adaptation of video game AI. IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games, 1(2), 93-104.

10. Spronck, P., Sprinkhuizen-Kuyper, I., & Postma, E. (2004). Online adaptation of game opponent AI with dynamic scripting. International Journal of Intelligent Games and Simulation, 3(1), 45-53.

11. Bodyanskiy, Y., Vynokurova, O., Kobylin, I., & Kobylin, O. (2016). Adaptive fuzzy clustering of short time series with unevenly distributed observations in Data Stream Mining tasks. Information Technology and Management Science, 19(1), 23-28

12. Lyashenko V., Kobylin O., Selevko O. (2020) Wavelet Analysis and Contrast Modification in the Study of Cell Structures Images. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. 9(4). – 4701-4706.

13. Mashtalir, V., Ruban, I., & Levashenko, V. (Eds.). (2019). Advances in Spatio-Temporal Segmentation of Visual Data (Vol. 876). Springer Nature.

14. Kobylin, O., & Lyashenko, V. (2016). Contrast Modification as a Tool to Study the Structure of Blood Components.

15. Bontchev, B., & Georgieva, O. (2018). Playing style recognition through an adaptive video game. Computers in Human Behavior, 82, 136-147.

16. Aleksieva-Petrova, A., & Petrov, M. (2011, June). ADOPTA model of learmer and educational game structure. (pp. 636-640).

17. Bakkes, S., Tan, C. T., & Pisan, Y. (2012, July). Personalised gaming: a motivation and overview of literature. In Proceedings of the 8th Australasian Conference on Interactive Entertainment: Playing the System (pp. 1-10).

18. Thue, D., Bulitko, V., Spetch, M., & Wasylishen, E. (2007). Interactive storytelling: In Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment (Vol. 3, No. 1, pp. 43-48).

19. Pedersen, C., Togelius, J., & Yannakakis, G. N. (2010). Modeling player experience for content creation. IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games, 2(1), 54-67.

20. Sharma, M., Ontañón, S., Mehta, M., & Ram, A. (2010). Drama management and player modeling for interactive fiction games. Computational Intelligence, 26(2), 183-211.

21. Yannakakis, G. N., Martínez, H. P., & Jhala, A. (2010). Towards affective camera control in games. User Modeling and User-Adapted Interaction, 20(4), 313-340.

22. Nygren, N., Denzinger, J., Stephenson, B., & Aycock, J. (2011, August). User-preference-based automated level generation for platform games. In 2011 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG'11) (pp. 55-62). IEEE.

23. McCrae, R. R., & John, O. P. (1992). An introduction to the five-factor model and its applications. Journal of personality, 60(2), 175-215.

24 Cruz, C. A., & Uresti, J. A. R. (2017). Player-centered game AI from a flow perspective: Towards a better understanding of past trends and future directions. Entertainment Computing, 20, 11-24.

25. Wexler, J. (2002). Artificial Intelligence in Games: A look at the smarts behind Lionhead Studio's" Black and White" and where it can go and will go in the future. University of Rochester, 19.

26. Hoekstra, C. (2006). Adaptive artificially intelligent agents in video games: A survey. UNIAI-06, 7-11.

27. Świechowski, M. (2020, September). Game AI competitions: motivation for the imitation game-playing competition. In 2020 15th Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS) (pp. 155-160). IEEE.

28. Lim, M. Y., Dias, J., Aylett, R., & Paiva, A. (2012). Creating adaptive affective autonomous NPCs. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 24(2), 287-311.

29. Collier, R. (2021, August). A Computer Game to Teach Finite-State Machine Artificial Intelligence to First-Year Undergraduates. In 2021 16th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE) (pp. 421-426). IEEE.

30. Cook, M., Colton, S., & Gow, J. (2016). The angelina videogame design system—part ii. IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games, 9(3), 254-266.

31. Zhadan, A. (2018). Artificial Intelligence Adaptation in Video Games.

32. Demasi, P., & Adriano, J. D. O. (2003). Online Coevolution for Action Games. Int. J. Intell. Games & Simulation, 2(2), 80-88.

33. Hladky, S., & Bulitko, V. (2008, December). An evaluation of models for predicting opponent positions in first-person shooter video games. In 2008 IEEE Symposium On Computational Intelligence and Games (pp. 39-46). IEEE.

34. Aiolli, F., & Palazzi, C. E. (2009). Enhancing artificial intelligence on a real mobile game. International Journal of Computer Games Technology, 2009.

35. Go, C. A. L., & Lee, W. H. (2007). An intelligent belief-desire-intention agent for digital game-based learning. (pp. 677-685). Springer, Berlin, Heidelberg.

36. Champandard, A. J. (2003). AI game development: Synthetic creatures with learning and reactive behaviors. New Riders.

37. Cui, X., & Shi, H. (2011). A*-based pathfinding in modern computer games. International Journal of Computer Science and Network Security, 11(1), 125-130.

38. Karpinskyj, S., Zambetta, F., & Cavedon, L. (2014). Video game personalisation techniques: A comprehensive survey. Entertainment Computing, 5(4), 211-218.

39. Rabin, S. (2006). AI Game Programming Wisdom 3 (Game Development Series). Charles River Media, Inc..

40. Westera, W., Prada, R., Mascarenhas, S., Santos, P. A., Dias, J., Guimarães, M., ... & Ruseti, S. (2020). Artificial intelligence moving serious gaming: Presenting reusable game AI. Education and Information Technologies, 25(1), 351-380.

41. Смірнов І. (2022) Реалізація та дослідження пристосованості штучного інтелекту відеоігор, *Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference «Integration of scientific and modern ideas into practice» (November 15 – 18, 2022). Stockholm, Sweden, pp. 826-829.*