

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МАРІУПОЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЕКОНОМІКО-ПРАВОВИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**До захисту допустити:
В.о. зав. кафедри**



Ганна МАРТИНЮК

«22» листопада 2024 р.

**«ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УМОВАХ
НЕВИЗНАЧЕНОСТІ»**

Кваліфікаційна робота
здобувача вищої освіти другого
(магістерського) рівня вищої освіти
освітньо-професійної програми
«Системний аналіз»
Касьяненко Ірина Володимирівна
Науковий керівник:
Мнацаканян Марія Сергіївна,
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри системного аналізу та
інформаційних технологій
Рецензент:
Монченко Олена Володимирівна,
кандидат технічних наук, доцент, професор
кафедри біокібернетики та аерокосмічної
медицини Національного авіаційного
університету

Кваліфікаційна робота захищена
з оцінкою відмінно 90 (А)
Секретар ЕК



«16» грудня 2024 р.

Київ– 2024

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи на тему «Використання штучного інтелекту для вдосконалення поведінки NPC у грі Stardew Valley» включає три ключові розділи, які охоплюють теоретичний, аналітичний та практичний аспекти дослідження.

У першому розділі розглядається поняття штучного інтелекту (ШІ), його види та основні принципи роботи. Аналізується сучасний стан розвитку ШІ, а також галузі його застосування, включаючи медицину, бізнес, освіту, розваги та інші сфери. Матеріал розділу слугує основою для розуміння ключових концепцій і можливостей технології.

Другий розділ присвячено аналізу використання ШІ саме у відеоігровій індустрії. Розглянуто типи штучного інтелекту, які застосовуються у відеоіграх, їхні функції, а також приклади успішного впровадження. Оцінено внесок ШІ у створення інтерактивних ігрових середовищ, оптимізацію поведінки NPC (неігрових персонажів) та процедурну генерацію контенту.

Третій розділ містить аналіз наявних алгоритмів NPC у грі Stardew Valley, зокрема їхні сильні сторони та недоліки. На основі цього аналізу було розроблено новий алгоритм для NPC, який покращує їхню поведінку, динамічність та взаємодію з гравцем. Також проведено аналіз результатів впровадження, що підтвердив ефективність алгоритму у підвищенні реалістичності ігрового середовища, емоційного залучення гравців та створенні адаптивного ігрового процесу.

Робота демонструє важливість подальшого розвитку технологій штучного інтелекту у відеоіграх, зокрема для вдосконалення NPC та інтерактивності ігрових середовищ. Отримані результати можуть стати основою для подальших досліджень у сфері інтеграції ШІ в ігрову індустрію та створення більш захопливих ігор нового покоління.

SUMMARY

The explanatory note to the qualification work on the topic “Using artificial intelligence to improve NPC behavior in the game Stardew Valley” includes three key sections covering theoretical, analytical, and practical aspects of the study.

The first chapter discusses the concept of artificial intelligence (AI), its types and basic principles of operation. The current state of AI development is analyzed, as well as its applications, including medicine, business, education, entertainment, and other areas. The material in this section serves as a basis for understanding the key concepts and capabilities of the technology.

The second section analyzes the use of AI in the video game industry. The types of artificial intelligence used in video games, their functions, and examples of successful implementation are considered. The contribution of AI to the creation of interactive gaming environments, optimization of NPC (non-player characters) behavior, and procedural content generation is assessed.

The third section contains an analysis of existing NPC algorithms in the Stardew Valley game, including their strengths and weaknesses. Based on this analysis, a new algorithm for NPCs was developed and implemented, which improves their behavior, dynamism, and interaction with the player. We also analyze the results of the implementation, which confirms the effectiveness of the algorithm in increasing the realism of the game environment, emotional involvement of players, and creating an adaptive gameplay.

The paper demonstrates the importance of further development of AI technologies in video games, in particular for improving NPCs and interactivity of gaming environments. The results obtained can serve as a basis for further research in the field of AI integration into the gaming industry and the creation of more exciting new generation games

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУТНОСТІ ПОНЯТТЯ «ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ»	7
1.1 Аналіз основних аспектів поняття «штучний інтелект»	7
1.2 Типи штучного інтелекту	12
1.3 Детальний аналіз сфери застосування штучного інтелекту в сучасних умовах	18
1.4 Аналіз основних переваг та недоліків штучного інтелекту.....	27
Висновки до розділу 1	31
РОЗДІЛ 2. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ	33
2.1 Роль штучного інтелекту в комп'ютерних іграх	33
2.1.1 Фотореалістична графіка та оточення	35
2.1.2 NPC зі справжніми емоціями та індивідуальністю	37
2.1.3 Аналітика даних та настроїв в реальному часі, моделювання ігрового досвіду.....	38
2.1.4 Процедурна генерація контенту (Procedural Content Generation, PCG)	39
2.1.5 Тестування та налагодження	40
2.2 Типи штучного інтелекту в ігровому світі	41
2.3 Переваги та недоліки ШІ в комп'ютерних іграх.....	44
2.4 Сучасні методи застосування штучного інтелекту на прикладі гри «The Last of Us»	47
Висновки до розділу 2	60
РОЗДІЛ 3. ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У СФЕРІ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГОР	63
3.1. Алгоритм NPC в грі Stardew Valley	63
3.2 Обмеження NPC в грі Stardew Valley та як їх можна виправити за допомогою ШІ	76
3.3 Алгоритм штучного інтелекту для NPC в грі Stardew Valley.....	79
3.4 Результати впровадження алгоритму ШІ для NPC в Stardew Valley для гравців	85
Висновки до розділу 3	88
ВИСНОВКИ	90
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	92

ВСТУП

Штучний інтелект є однією з ключових технологій сучасності, що суттєво впливає на розвиток різних галузей, включаючи медицину, промисловість, фінанси, освіту та розваги. Його здатність автоматизувати процеси, аналізувати великі обсяги даних та генерувати прогнози відкриває нові можливості для підвищення продуктивності та якості послуг. Зокрема, у сфері комп'ютерних ігор використання ШІ дозволяє створювати більш захопливий і реалістичний ігровий досвід, покращуючи поведінку неігрових персонажів, адаптуючи ігрові сценарії до потреб користувача та оптимізуючи візуальні ефекти. В умовах швидкого розвитку цифрових технологій питання використання штучного інтелекту для покращення інтерактивних середовищ стає дедалі актуальнішим, особливо в контексті індустрії відеоігор, де зростає попит на інноваційні рішення для створення унікального користувацького досвіду.

Незважаючи на численні дослідження ШІ, використання цієї технології в ігровій індустрії все ще є відносно новим напрямом. Сучасні дослідження здебільшого зосереджуються на застосуванні машинного навчання, аналізу даних та процедурної генерації контенту, проте існує потреба у подальшій розробці підходів для створення більш гнучких і адаптивних ігрових сценаріїв, які б забезпечували глибшу взаємодію з гравцями та підвищували реалістичність ігрового процесу. Новизна даного дослідження полягає в аналізі новітніх підходів до використання ШІ для вдосконалення ігрових світів, покращення поведінки NPC та підвищення залученості гравців за допомогою адаптивних алгоритмів.

Об'єкт дослідження — процеси та технології використання штучного інтелекту в комп'ютерних іграх.

Предмет дослідження — методи та алгоритми штучного інтелекту, що застосовуються для покращення взаємодії між гравцем та ігровим середовищем.

Мета дослідження — аналіз існуючих та перспективних методів використання штучного інтелекту для вдосконалення ігрового процесу, підвищення рівня взаємодії гравців з NPC в грі «Stardew Valley» за допомогою розробленого алгоритму.

Основні задачі дослідження:

- Проаналізувати теоретичні аспекти штучного інтелекту та його використання в різних сферах.
- Дослідити сучасні технології застосування ШІ у відеоіграх, зокрема для покращення поведінки NPC та адаптації ігрового середовища.
- Розглянути перспективи розвитку ШІ у відеоіграх та можливі ризики, пов'язані з етичними аспектами використання цих технологій.
- Проаналізувати NPC у грі "Stardew Valley" та дослідити як впровадження ШІ може збільшити реалістичність персонажів.
- Розробити алгоритм ШІ для NPC у грі "Stardew Valley" з метою покращення їхньої поведінки та взаємодії з гравцем.

Аналіз літератури показав, що питання штучного інтелекту активно досліджуються як у сфері академічних досліджень, так і в комерційних проєктах. Основну увагу приділено таким темам, як машинне навчання, нейронні мережі, алгоритми глибокого навчання та їх застосування в реальних умовах. Серед авторитетних джерел можна виділити праці, присвячені аналізу впливу ШІ на різні галузі, включаючи роботи з автоматизації бізнес-процесів, використання ШІ в медицині та, зокрема, у сфері розваг та відеоігор. Виявлено, що хоча багато досліджень зосереджено на технічних аспектах впровадження ШІ, залишаються маловивченими питання щодо емоційної залученості гравців, адаптивності NPC та використання ШІ для створення динамічних ігрових світів.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУТНОСТІ ПОНЯТТЯ «ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ»

1.1 Аналіз основних аспектів поняття «штучний інтелект»

В літературі зустрічаються декілька формалізацій поняття «штучний інтелект». Штучний інтелект (artificial intelligence, AI) — це метод змусити комп'ютер чи програмне забезпечення «мислити» як людський мозок. Це досягається шляхом вивчення закономірностей роботи людського мозку та аналізу когнітивних процесів [1].

Штучний інтелект – це здатність комп'ютера вирішувати складні аналітичні завдання, які зазвичай є прерогативою людини, навчатися, міркувати, досягати поставленої мети, приймати рішення або розв'язувати проблеми [2].

Штучний інтелект має широкий спектр застосувань і проникає в наше повсякденне життя, роблячи його більш зручним і ефективним. Найпоширенішим в Україні на даний час є використання сканера відбитків пальців, Face ID та додатку «Дія» на телефоні, введення тексту із авто виправленням та спілкування з чат-ботом в онлайн-магазині, все це базується на штучному інтелекті. Приклади додатків ШІ також включають ChatGPT, голосові помічники Siri або Alexa, системи розумного дому та автомобільні автопілоти.

Аналіз літератури показав що хоча термін ШІ зазвичай використовується для опису низки різних технологій, виникає питання: чи є вони насправді штучним інтелектом? Значна частина технологій, які сьогодні використовуються в реальному світі, насправді є високорозвиненим машинним навчанням, яке є лише першим кроком на шляху до справжнього штучного інтелекту.

Проте, незважаючи на численні філософські розбіжності щодо того, чи існують "справжні" інтелектуальні машини, більшість людей, використовуючи термін "штучний інтелект", мають на увазі набір технологій

на основі машинного навчання, таких як Chat GPT або комп'ютерний зір, які дозволяють машинам виконувати завдання, що раніше були під силу лише людині, наприклад, створювати письмовий контент, керувати автомобілем або аналізувати дані.

Сучасні системи штучного інтелекту зазвичай працюють на основі великих обсягів даних, аналізу кореляцій і закономірностей та використання цих закономірностей для прогнозування майбутніх ситуацій. Таким чином, чат-боти, які беруть зразки тексту, можуть навчитися реалістично спілкуватися з людьми, а інструменти розпізнавання зображень можуть навчитися ідентифікувати та описувати об'єкти на зображеннях, переглядаючи мільйони зразків. Нові методи генеративного штучного інтелекту, що швидко розвиваються, дозволяють створювати реалістичні тексти, зображення, музику та інші медіафайли.

Психологи зазвичай характеризують людський інтелект не однією рисою, а поєднанням багатьох різноманітних здібностей. Дослідження в галузі штучного інтелекту зосереджені переважно на таких складових інтелекту: навчання, міркування, розв'язання проблем, сприйняття та використання мови [3].

Навчання. Існує кілька різних форм навчання, що застосовуються до штучного інтелекту. Найпростіша - це навчання методом спроб і помилок. Наприклад, проста комп'ютерна програма, яка розв'язує шахову задачу, може робити випадкові ходи, поки не знайде рішення (Рис. 1.1). Потім рішення зберігається разом з розташуванням фігур, щоб його можна було згадати наступного разу, коли комп'ютер зіткнеться з такою ж розстановкою. Таке просте запам'ятовування окремих елементів і процедур, яке називається запам'ятовуванням, відносно легко здійснити на комп'ютері.



Рисунок 1.1. Шахова програма ChessBase 15 [4].

Реалізація так званого узагальнення є складнішою. Узагальнення - це застосування минулого досвіду до схожих нових ситуацій. Наприклад, програма, яка вивчає минулий час англійських правильних дієслів шляхом запам'ятовування, не може створити минулий час такого слова, як *walked*, якщо вона ніколи не використовувала слово *walked* у минулому. З іншого боку, узагальнююча програма може вивчити правило додавання *-ed* до правильних дієслів, що закінчуються на приголосні, і генерувати минулий час слова *walk* на основі свого досвіду роботи з подібними дієсловами.

Міркування. Міркувати - це робити висновки, які відповідають ситуації. Висновки поділяються на дедуктивні та індуктивні. Прикладом першого є: "Андрій хотів пообідати на перерві або в їдальні або в кафе. В їдальні його немає, отже, він обідає в кафе", а приклад другого: "Нещодавні ДТП на цьому перехресті були спричинені несправним світлофором. Це ДТП схоже на попередні, отже, ймовірно, також було спричинено несправністю світлофора".

Ключова відмінність між цими формами міркувань полягає в тому, що в дедуктивних міркуваннях істинність передумов гарантує істинність висновку, тоді як в індуктивних міркуваннях істинність передумов підтримує висновок, не забезпечуючи абсолютної впевненості. Індуктивні міркування поширені в науці, де збираються дані і розробляються попередні моделі для опису і

прогнозування майбутньої поведінки. Дедуктивні міркування поширені в математиці та логіці, де складна структура неспростовних теорем будується з невеликого набору базових аксіом і правил.

Для виконання дедуктивних міркувань було досягнуто значного прогресу в комп'ютерному програмуванні. Однак реальні міркування вимагають не просто отримання висновків, а висновків щодо розв'язання конкретної проблеми. Це одна з найскладніших проблем, з якою стикається штучний інтелект.

Вирішення проблем. Розв'язування задач, особливо у штучному інтелекті, - це систематичне дослідження низки можливих дій для досягнення заздалегідь визначеної мети або рішення. Методи вирішення проблем можна розділити на спеціалізовані та узагальнені. Спеціалізовані методи призначені для вирішення конкретних проблем і зазвичай використовують дуже специфічні характеристики ситуації, в якій існує проблема. На відміну від них, загальні методи можуть бути застосовані до широкого спектру проблем; універсальним методом, який використовується в штучному інтелекті, є аналіз середнього значення. Він передбачає поступове або прогресивне зменшення різниці між поточною ситуацією та кінцевою метою. Програма вибирає дію зі списку інструментів. Для простого робота можливі наступні дії PICKUP, PUTDOWN, MOVEFORWARD, MOVEBACK, MOVELEFT і MOVERIGHT - до тих пір, поки мета не буде досягнута.

Застосування штучного інтелекту вирішило широкий спектр проблем. Приклади включають визначення виграшного ходу (або серії ходів) у настільних іграх, розробку математичних доказів і маніпулювання «віртуальними об'єктами» у комп'ютерних світах.

Сприйняття. При сприйнятті навколишнє середовище сканується за допомогою різних органів чуття, реальних або штучних, і сцена аналізується окремими об'єктами в різних просторових відношеннях. Аналіз ускладнюється тим, що об'єкти виглядають по-різному залежно від кута огляду, напрямку та інтенсивності освітлення сцени, а також ступеня

контрасту з навколишнім простором. Штучне зондування зараз достатньо розвинене, щоб оптичні сенсори могли розпізнавати людей, а автономні транспортні засоби могли їздити на помірній швидкості дорогами загального користування.

Мова. Мова - це система символів, яка набуває значення через домовленість. У цьому сенсі мова не повинна обмежуватися розмовною мовою. На відміну від пташиних голосів чи дорожніх знаків, важливою характеристикою справжньої людської мови є її продуктивність. Продуктивна мова може формулювати необмежену кількість речень.

Масштабні мовні моделі, такі як ChatGPT (Рис. 1.2), можуть вільно відповідати на запитання та твердження людською мовою. Такі моделі насправді не розуміють мову так, як люди, вони просто вибирають слова, які з більшою ймовірністю підійшли один до одного, ніж інші, але їхні лінгвістичні здібності досягли рівня, який неможливо відрізнити від звичайної людини.

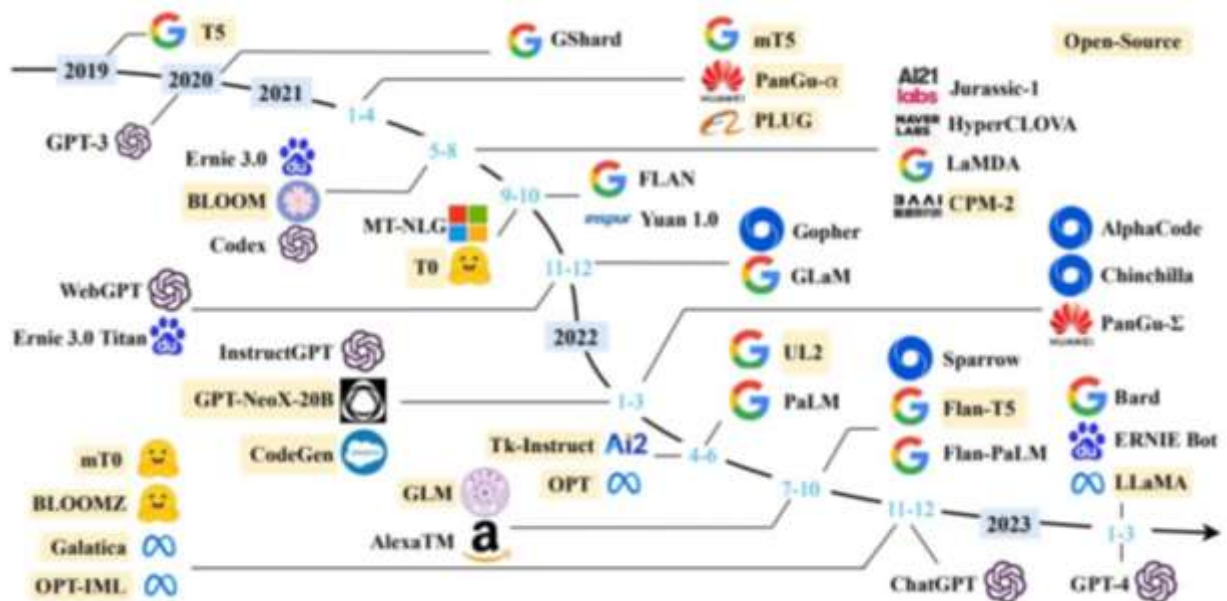


Рисунок 1.2. Великі мовні моделі [5]

За ці роки штучний інтелект пережив багато ажіотажу, випуск ChatGPT від OpenAI знаменує собою поворотний момент. Востаннє, коли штучний інтелект набував таких масштабів, прориви відбувалися у сфері комп'ютерного зору, але зараз стрибок уперед відбувається в обробці природної мови. І справа не тільки в мові: генеративні моделі також можуть

вивчати граматику програмного коду, молекул, природних зображень і безліч інших типів даних.

Штучний інтелект має потенціал трансформувати те, як ми живемо, працюємо та розважаємося. Він ефективно використовується в бізнесі для автоматизації завдань, які раніше виконувала людина, таких як обслуговування клієнтів, генерація лідів, виявлення шахрайства та контроль якості. У деяких сферах ШІ може виконувати завдання набагато краще, ніж людина. Зокрема, коли йдеться про повторювані завдання, орієнтовані на деталі, такі як аналіз великих обсягів юридичних документів і забезпечення правильності заповнення відповідних полів, інструменти ШІ часто виконують завдання швидко і з відносно невеликою кількістю помилок. Завдяки величезним обсягам даних, які може обробляти ШІ, він також може допомогти компаніям отримати уявлення про свою діяльність, про які вони, можливо, не знали. Продуктивні інструменти штучного інтелекту, кількість яких стрімко зростає, відіграватимуть важливу роль у широкому спектрі сфер - від навчання та маркетингу до дизайну продуктів.

1.2 Типи штучного інтелекту

Інтелект складно визначити, тому фахівці зі штучного інтелекту зазвичай розрізняють сильний і слабкий ШІ (Рис. 1.3).

Слабкий ШІ, який також називають вузьким ШІ - це ШІ, навчений і сфокусований на виконанні конкретних завдань [6]. Хоча ці машини можуть здаватися розумними, вони діють в умовах набагато більших обмежень, ніж навіть найпростіший людський інтелект. Слабкий ШІ керує більшістю ШІ, який оточує нас сьогодні. Наприклад, обробка природної мови є різновидом слабого ШІ, оскільки він може розпізнавати голосові команди і відповідати на них, але не може виконувати інші завдання, окрім цього.

Деякі приклади слабого ШІ включають програмне забезпечення для розпізнавання зображень, безпілотні автомобілі та віртуальні асистенти зі

штучним інтелектом. "Вузкий" більш точне визначення для цього типу ШІ, оскільки він зовсім не є слабким; він забезпечує роботу деяких дуже потужних додатків, таких як Siri від Apple, Alexa від Amazon, пошук Google, фільтри спаму в електронній пошті та рекомендації Netflix.

Сильний ШІ або штучний загальний інтелект (AGI) - це теоретична форма ШІ, в якій машина має інтелект, що дорівнює людському; вона має свідомість, здатна вирішувати проблеми, навчатися і планувати майбутнє [6]; це машина, яка може вирішувати проблеми, над якими вона ніколи не працювала. Мета розробки штучного загального інтелекту полягає в тому, щоб мати можливість створювати машини, здатні виконувати багатofункціональні завдання і діяти як живі, такі ж інтелектуальні помічники людини в повсякденному житті.

Це той тип ШІ, який ми бачимо у фільмах, наприклад, роботів із "Західного світу" або персонажа Дейта із "Зоряного шляху: Наступне покоління". Хоча загальний ШІ все ще залишається суто теоретичним явищем без практичних прикладів використання, це не означає, що дослідники ШІ не вивчають його розвиток. Створення машини з інтелектом людського рівня, яку можна застосувати до будь-якого завдання, є Святим Граалем для багатьох дослідників ШІ. А дехто вважає, що дослідження сильного ШІ слід обмежити через потенційні ризики створення суперінтелекту (ASI) без належних запобіжників.

Штучний суперінтелект (ASI) - це щось з області наукової фантастики. Теоретично, як тільки ШІ досягне рівня загального інтелекту, він незабаром буде навчатися настільки швидко, що його знання і можливості стануть сильнішими, ніж у людини. ASI стане базовою технологією для повністю самосвідомих ШІ та інших індивідуалістичних роботів. Його концепція також підживлює популярний медіа-троп "захват ШІ". Але на даний момент це все спекуляції.

ШІ також можна розділити на чотири категорії, залежно від типу та складності завдань, які здатна виконувати система (Рис. 1.3). Ось вони:

Тип 1: Реактивні машини. Ці системи ШІ не мають пам'яті та орієнтовані на конкретні завдання [7]. Реактивні машини не можуть зберігати пам'ять і, як наслідок, не можуть покладатися на попередній досвід для прийняття рішень у режимі реального часу. Вони призначені тільки для виконання обмеженого числа конкретних завдань. Однак навмисне звуження кругозору реактивних машин має свої переваги: ШІ такого типу буде більш надійним і достовірним, і щоразу він реагуватиме на одні й ті ж подразники однаково.

Прикладом може бути Deep Blue, шахова програма IBM, яка у 1990-х роках перемогла Гаррі Каспарова. Deep Blue може визначати фігури на шахівниці і робити прогнози, але оскільки вона не має пам'яті, вона не може використовувати минулий досвід для обґрунтування майбутнього. А також механізм рекомендацій Netflix. Такі медіа-платформи, як Netflix, часто використовують механізми рекомендацій на основі штучного інтелекту, які обробляють дані з історії переглядів користувача, щоб визначити та запропонувати, що вони, швидше за все, будуть дивитися далі.

Тип 2: Обмежена пам'ять. Ці системи ШІ мають пам'ять, тому вони можуть використати минулий досвід для прийняття майбутніх рішень [7]. Це означає, що він активно формує власну обмежену, короткострокову базу знань і виконує завдання на основі цих знань. ШІ з обмеженою пам'яттю складніший і має більше можливостей, ніж реактивні машини. ШІ з обмеженою пам'яттю виникає, коли команди безперервно навчають моделі аналізувати та використовувати нові дані, або коли створюються середовища для ШІ, які дозволяють навчати та оновлювати моделі автоматично.

В основі ШІ з обмеженою пам'яттю лежить глибоке навчання, яке імітує роботу нейронів у людському мозку. Це дозволяє машині поглинати дані з досвіду і "вчитися" на них, допомагаючи їй з часом підвищувати точність своїх дій.

При використанні ШІ з обмеженою пам'яттю у машинному навчанні необхідно виконати шість кроків:

Встановити дані навчання

Створити модель машинного навчання

Переконатися, що модель може робити прогнози

Переконатися, що модель може мати зворотний зв'язок від людини або навколишнього середовища.

Зберігати зворотній зв'язок від людей та довкілля у вигляді даних.

Повторити кроки, описані вище, у вигляді циклу [8].

Приклади ШІ з обмеженою пам'яттю є чат-боти та віртуальні асистенти, які використовують глибоке навчання для імітації людської розмови. Чим більше користувачі взаємодіють з цими системами, тим більше вони навчаються на основі цих даних і запам'ятовують деталі про користувача, що дозволяє їм надавати релевантні та персоналізовані відповіді. Також прикладом є безпілотні автомобілі. Вони постійно спостерігають і обробляють дані про навколишнє середовище під час руху по дорозі. Це допомагає їм передбачити, коли потрібно повернути, зупинитися або об'їхати перешкоду.

Тип 3: Теорія розуму. Теорія розуму – це система, що має соціальний інтелект, що дозволяє їй розуміти емоції. Цей тип ШІ зможе вгадувати наміри людини та передбачати її поведінку, що є необхідною навичкою для того, щоб системи ШІ стали невід'ємними членами людських команд [7]. По суті, машини повинні вміти розуміти та обробляти поняття "розум", коливання емоцій при прийнятті рішень та безліч інших психологічних концепцій у реальному часі, створюючи двосторонні відносини між людьми та ШІ.

Теорія розуму - це лише теорія. Ми ще не досягли технологічного та наукового потенціалу, необхідного для виходу на новий рівень ШІ.

Рафаель Тена, старший дослідник ШІ в страховій компанії Acrisure, навів приклад, який ілюструє, як успішне застосування теорії розуму може революціонізувати технологію: Самокерований автомобіль може працювати краще, ніж водій-людина, більшу частину часу, тому що він не буде робити тих самих людських помилок. Але якщо ви, як водій, знаєте, що дитина вашого сусіда після школи грається неподалік від вулиці, ви інстинктивно зменшите

швидкість, проїжджаючи повз сусідський двір - чого не зможе зробити ШІ-автомобіль, оснащений базовою обмеженою пам'яттю [9].

Тип 4: Самосвідомість. Після створення теорії розуму, що станеться у майбутньому, останнім кроком у розвитку ШІ стане його самосвідомість. У цій категорії ШІ-системи мають самовідчуття, яке наділяє їх свідомістю. Машини із самосвідомістю розуміють свій поточний стан [7]. Такий ШІ матиме свідомість людського рівня і розумітиме своє власне існування у світі, а також присутність та емоційний стан інших людей. Він зможе розуміти, що потрібно іншим, ґрунтуючись не лише на тому, що вони повідомляють йому, а й на тому, як вони це роблять.

Самосвідомий ШІ, який називають точкою сингулярності ШІ, є етапом за межами теорії розуму і однією з кінцевих цілей у розвитку ШІ. Вважається, що коли самосвідомий ШІ буде досягнутий, машини зі штучним інтелектом будуть невідконтрольні нам, оскільки вони не тільки зможуть відчувати почуття інших, але й матимуть почуття власного "я".

Мабуть, один з найвідоміших таких прикладів - Софія, робот, розроблений робототехнічною компанією Hanson Robotics. Хоча Софія технічно не володіє самосвідомістю, передове застосування сучасних технологій ШІ дає змогу зазирнути в майбутнє потенційно самосвідомого ШІ. Це майбутнє багатообіцяюче, але й небезпечне - і зараз точаться суперечки про те, чи етично взагалі створювати розумний ШІ.

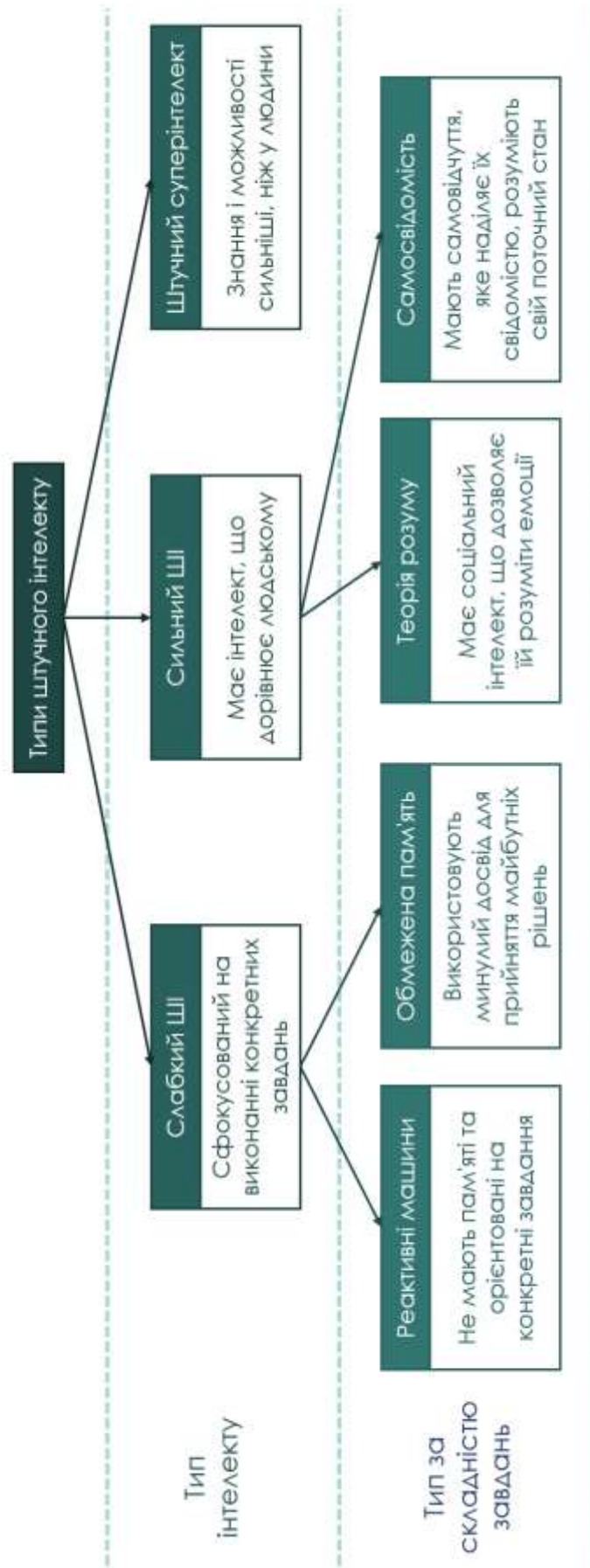


Рисунок 1.3. Типи штучного інтелекту

1.3 Детальний аналіз сфери застосування штучного інтелекту в сучасних умовах

У кожній галузі існує високий попит на можливості ШІ - у тому числі на системи, які можуть використовуватися для автоматизації, навчання, юридичної допомоги, оповіщення про ризики та проведення досліджень. Штучний інтелект знайшов своє застосування на різних ринках (Рис. 1.11).

Охорона здоров'я

Штучний інтелект також відіграє дедалі важливішу роль у сфері охорони здоров'я. Інструменти на основі штучного інтелекту допомагають лікарям діагностувати хвороби, розробляти нові методи лікування та надавати персоналізовану допомогу пацієнтам (Рис. 1.4).

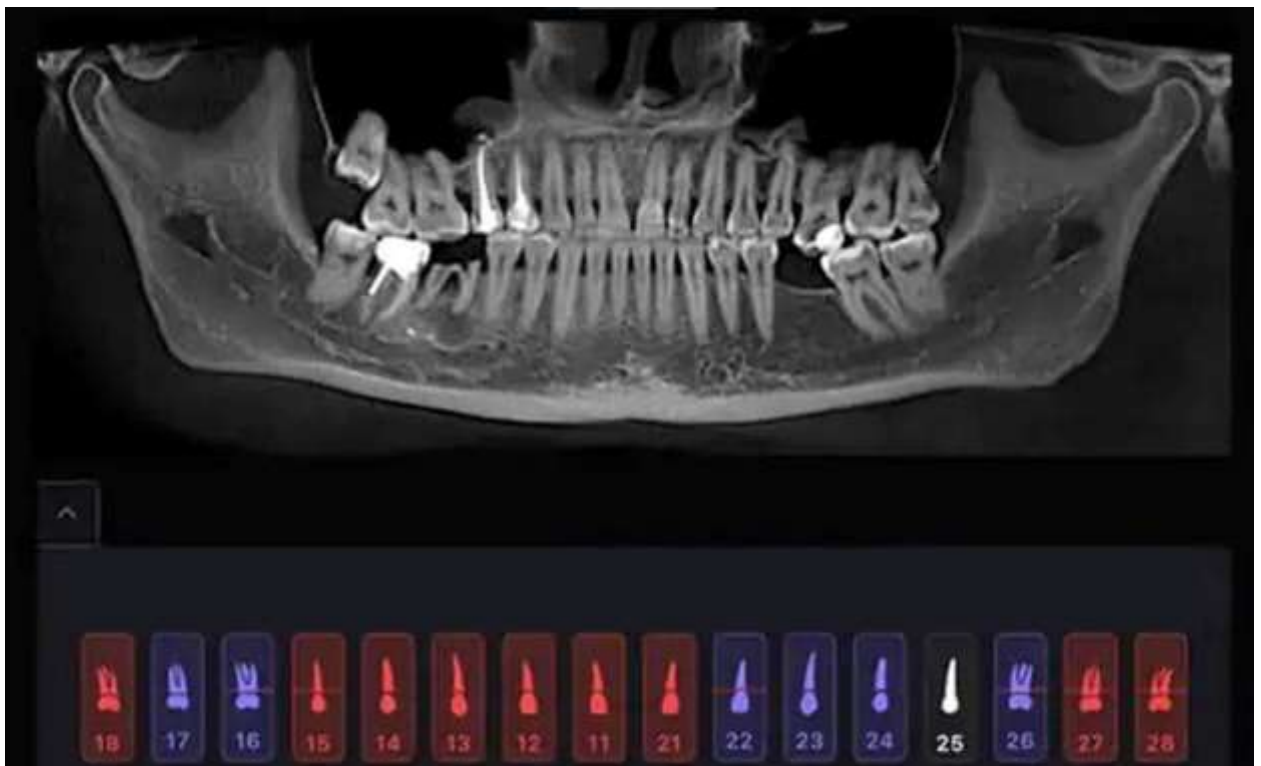


Рисунок 1.4. Штучний інтелект за допомогою знімку зубів виявляє пошкоджені зуби та підказує лікарю найкращі варіанти лікування [10]

Додатки ШІ можуть надавати персоналізовані ліки та показання рентгенівських знімків. Персональні помічники з догляду за здоров'ям можуть виступати в ролі життєвих тренерів, нагадуючи про необхідність приймати таблетки, займатися спортом або дотримуватися здорового харчування.

Компанії використовують машинне навчання, щоб ставити кращі та швидші медичні діагнози, ніж люди. Однією з найвідоміших технологій у сфері охорони здоров'я є IBM Watson. Система аналізує дані про пацієнта та інші доступні джерела інформації, щоб сформуванати гіпотезу, яка потім представляється у вигляді таблиці достовірності.

Бізнес-аналітика

Штучний інтелект відіграє дедалі важливішу роль у бізнес-аналітиці. Інструменти бізнес-аналітики на основі штучного інтелекту можуть допомогти компаніям збирати, аналізувати та візуалізувати дані більш ефективно та результативно. Це може призвести до покращення процесу прийняття рішень, підвищення продуктивності та зниження витрат [11] (Рис. 1.5).

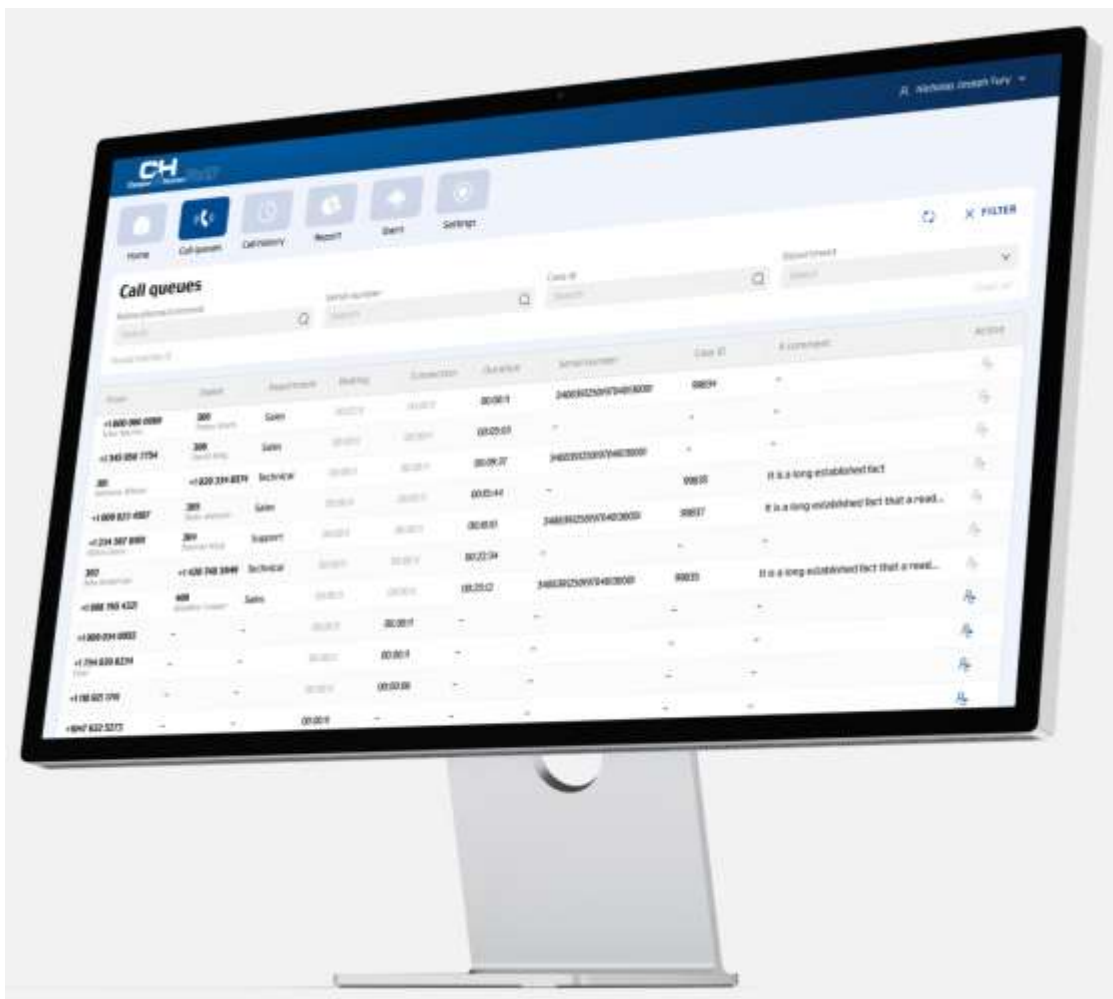


Рисунок 1.5. Програма VOIP зі штучним інтелектом, яка за допомогою розпізнавання голосу автоматично записує серійні номери клієнтів, чим заощаджує 27% часу менеджерів [12]

Алгоритми машинного навчання інтегровані в платформи аналітики та управління відносинами з клієнтами (CRM), щоб дізнатися, як краще обслуговувати клієнтів. Чат-боти вбудовані в веб-сайти, щоб забезпечити миттєве обслуговування клієнтів.

Освіта

ШІ можна використовувати в освіті для персоналізації навчання, підвищення залученості учнів та автоматизації адміністративних завдань для шкіл та інших організацій. Штучний інтелект в освіті змінює те, як студенти вчаться, а викладачі - як навчають. Адаптивні навчальні платформи використовують штучний інтелект для налаштування навчального контенту на основі сильних і слабких сторін кожного учня, забезпечуючи персоналізований навчальний процес (Рис. 1.6, Рис. 1.7). ШІ також може автоматизувати адміністративні завдання, дозволяючи викладачам більше зосереджуватися на навчанні і менше - на паперовій роботі.

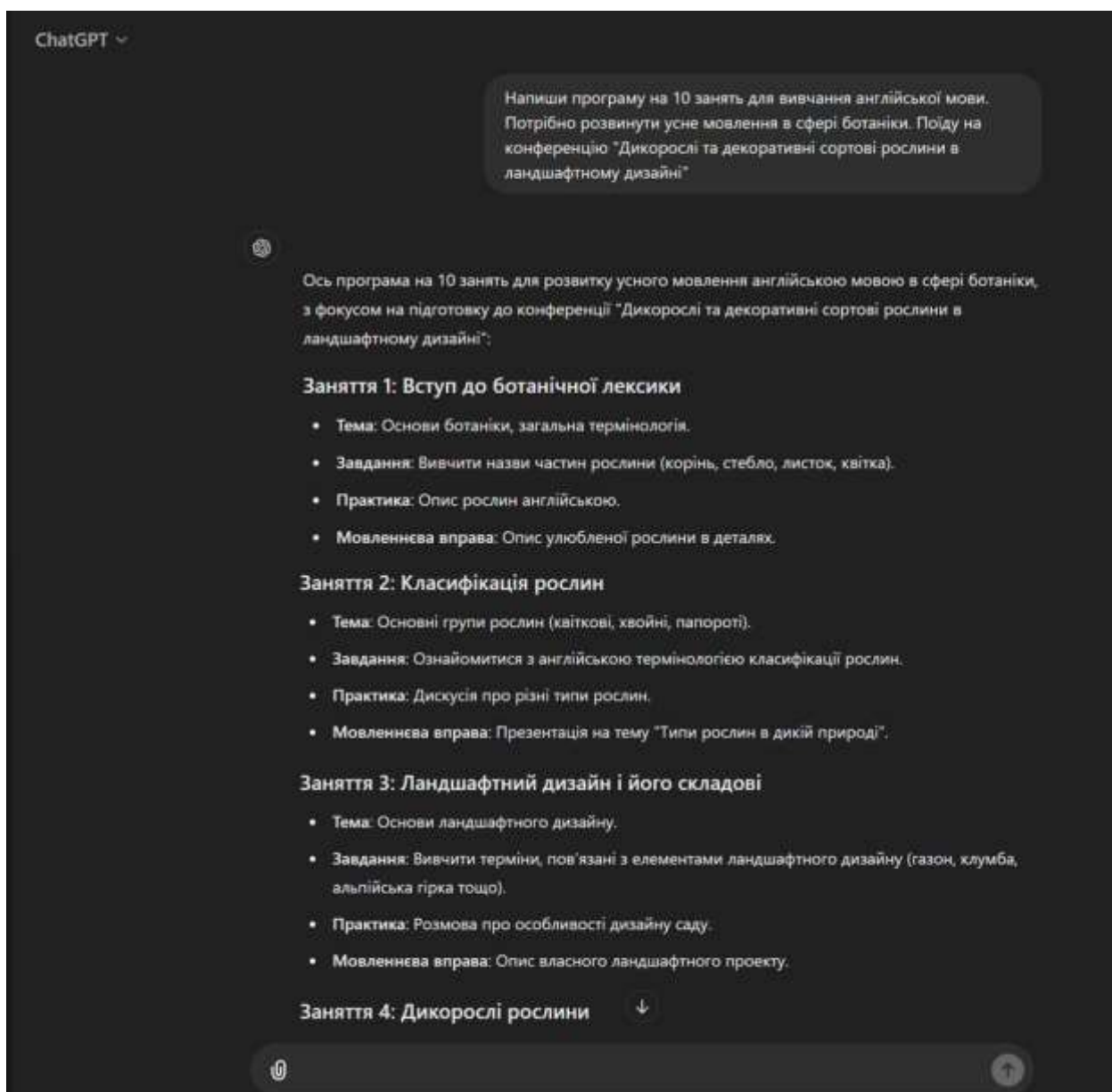


Рисунок 1.6. ChatGPT розробляє індивідуальний план вивчення англійської по запитанню [13]

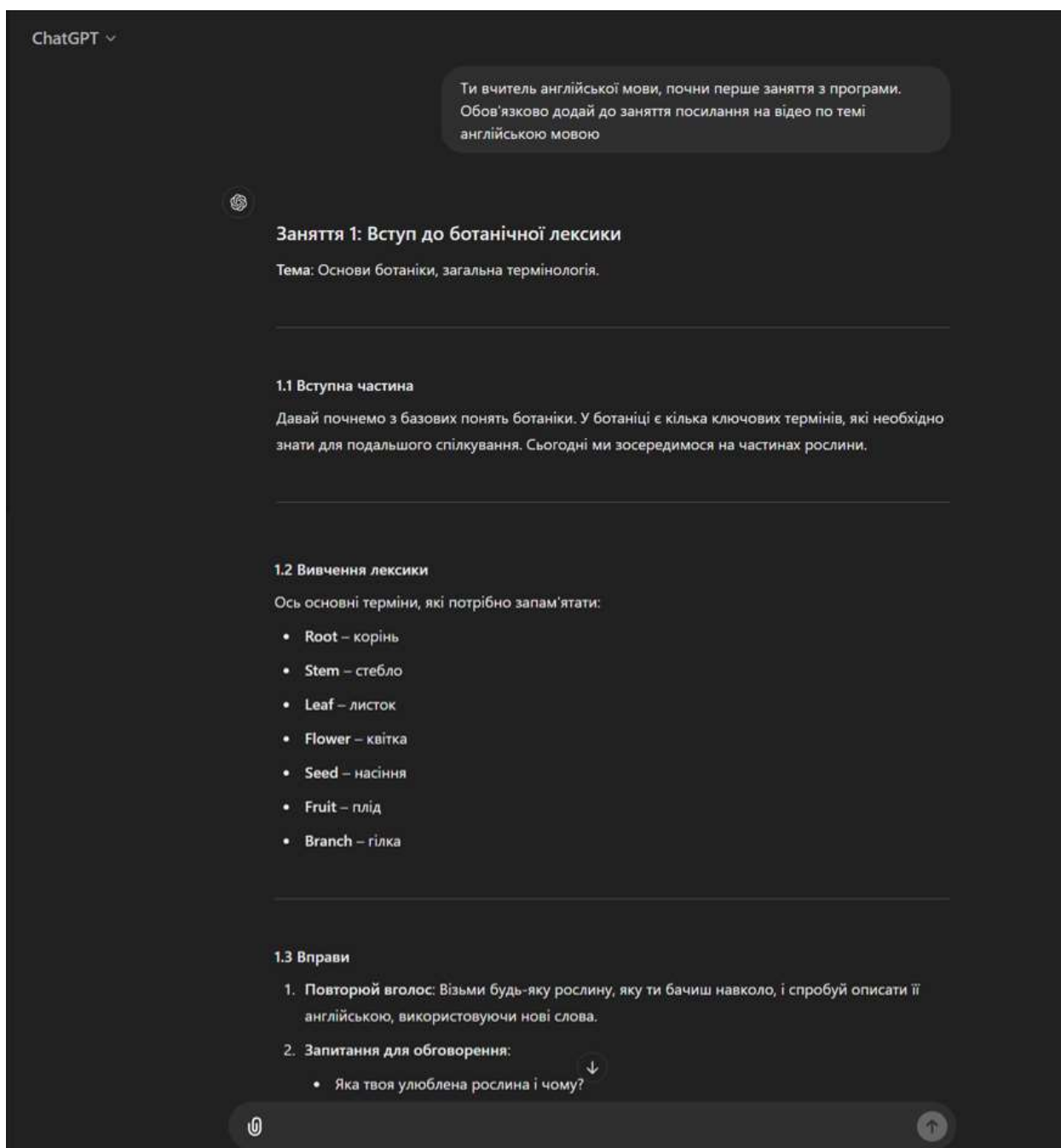


Рисунок 1.7. ChatGPT починає перше заняття по програмі, яку створив сам [13]

Штучний інтелект автоматизує процес підрахунку оцінок, надаючи вчителям більше часу для вирішення інших завдань. Він може оцінювати студентів, пристосовуватися до їхніх потреб та допомагати їм працювати у власному темпі. Використання штучного інтелекту для машинного навчання, обробки природної мови та розпізнавання облич допомагає оцифровувати підручники, виявляти плагіат, оцінювати емоції студентів, аби визначити, кому важко, а кому нудно [1]. Як показують ChatGPT, Bard та інші великі

мовні моделі, генеративний ШІ може допомогти вчителям розробити навчальні курси та інші навчальні матеріали, а також залучити учнів до процесу навчання по-новому. Поява цих інструментів також змушує викладачів переглянути домашні завдання та тести, а також політику щодо плагіату.

Фінансові операції

ШІ може допомогти фінансовим установам у п'яти основних сферах: персоналізація послуг і продуктів, створення нових можливостей, управління ризиками та шахрайством, забезпечення прозорості та дотримання вимог, автоматизація операцій і зниження витрат [11] (Рис. 1.8).

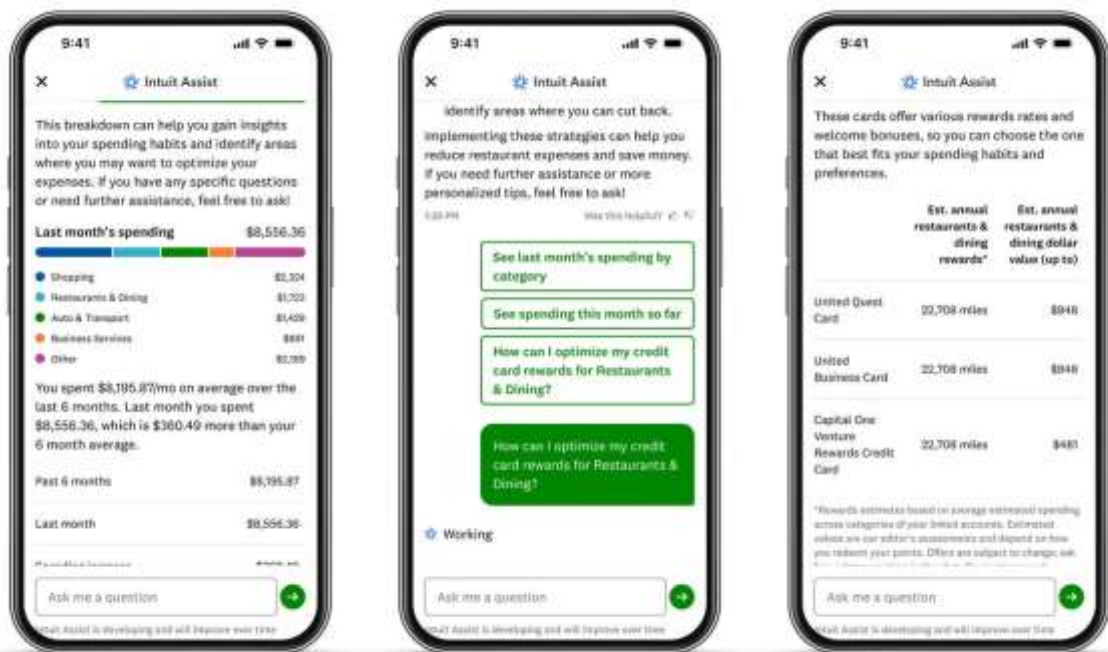


Рисунок 1.8. Помічник зі штучним інтелектом в програмі Credit Karma може допомогти розподілити особисті фінанси [14]

Машинне навчання допомагає фінансовим організаціям виявляти шахрайство. AI та ML також відіграють певну роль в обробці платежів, депонуванні мобільних чеків, страхуванні та наданні рекомендацій щодо варіантів інвестування [1]. Штучний інтелект у додатках для особистих фінансів, таких як Intuit Mint і TurboTax, підриває фінансові установи. Ці

програми збирають персональні дані та надають фінансові поради; інші програми, такі як IBM Watson, використовуються в процесі купівлі житла.

Сфера розваг

ШІ також використовується у сфері кіно та розваг. У цій галузі штучний інтелект використовується для позначення різного контенту конкретній людині. Також індустрія розваг використовує штучний інтелект для категоризації та класифікації контенту відповідно до користувача (Рис. 1.9).

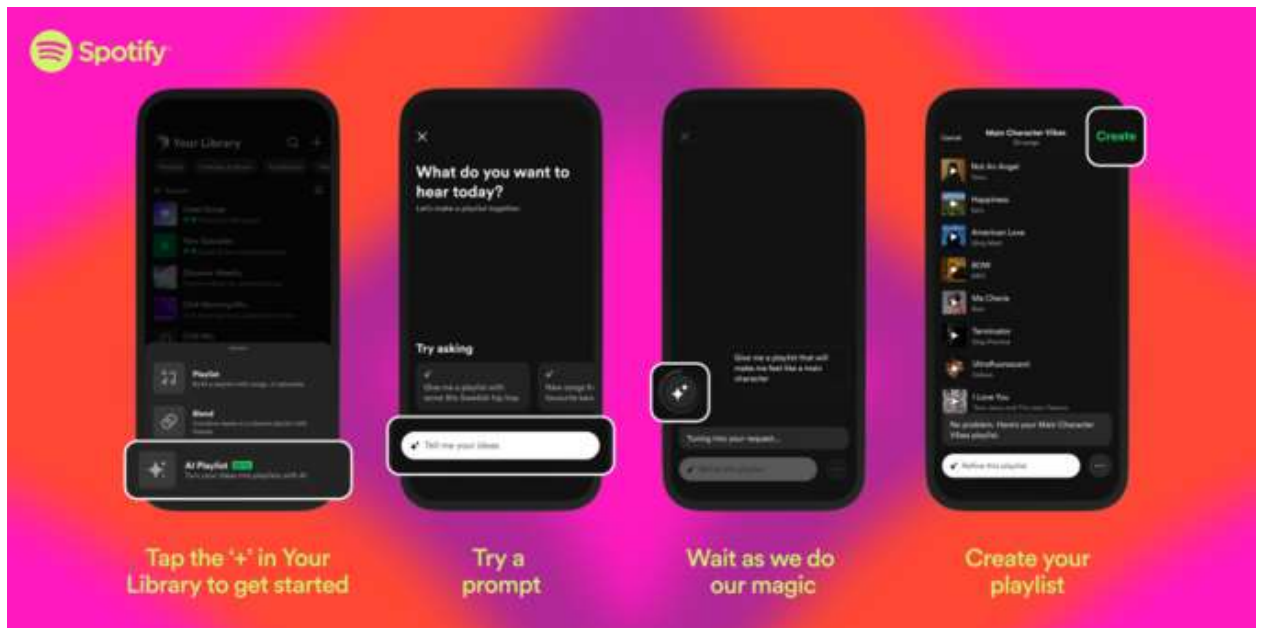


Рисунок 1.9. ШІ-функція в Spotify , яка дозволяє створювати плейліст за текстовими підказками [15]

Технології штучного інтелекту можуть аналізувати величезні обсяги даних, включаючи патерни перегляду та вподобання користувачів, а також витягувати історичні дані. Тепер ці дані використовуються для надання персоналізованих рекомендацій, щоб підтримувати коефіцієнт залученості та час перегляду. За допомогою штучного інтелекту можна дізнатися, як аудиторія дивиться контент і який коефіцієнт залученості.

Spotify використовує штучний інтелект, щоб рекомендувати музику на основі історії прослуховування користувача, створюючи персоналізовані плейлисти, які залучають користувачів і дозволяють їм відкривати для себе нових виконавців.

Комп'ютерні ігри

Штучний інтелект суттєво впливає на ігрову індустрію, створюючи більш реалістичний та захопливий досвід. Штучний інтелект використовується для симуляції в іграх, подібної до людської. Алгоритми ШІ можуть генерувати розумну поведінку неігрових персонажів (NPC), адаптуватися до дій гравця та покращувати ігрове середовище (Рис. 1.10).

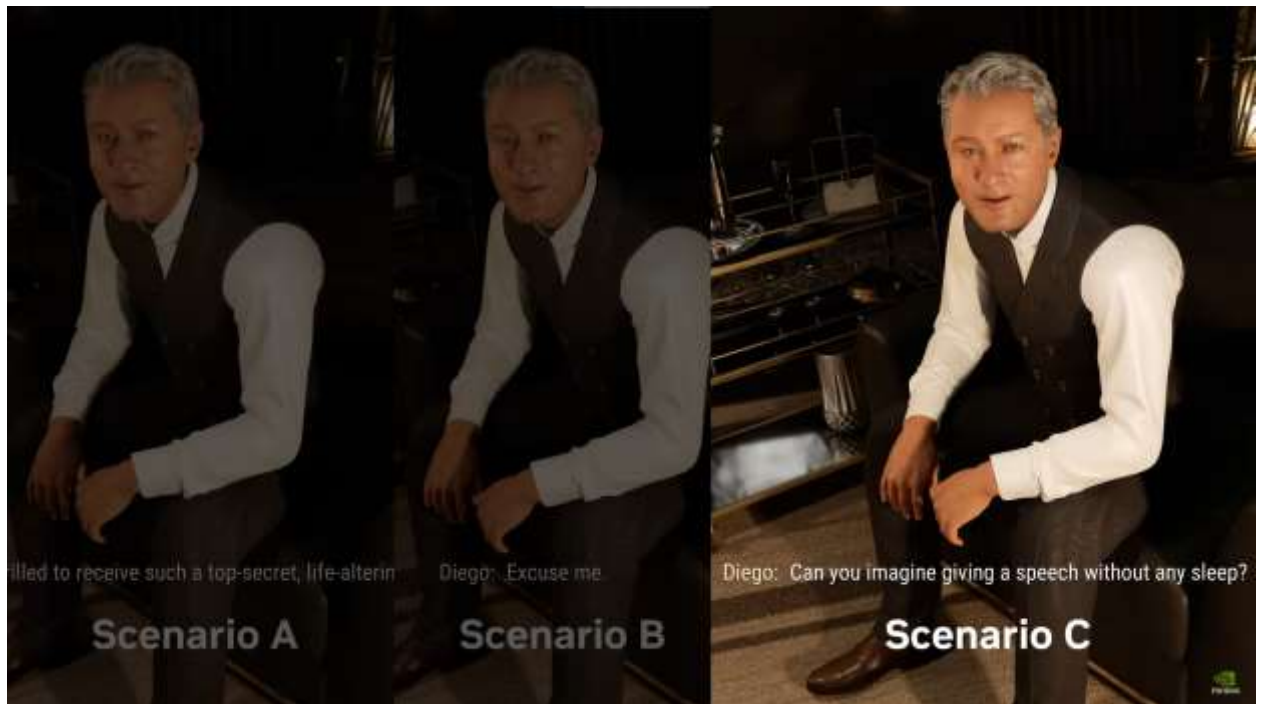


Рисунок 1.10. Скріншот з відео Nvidia GeForce. Використання ШІ для створення "живих" NPC [16]

У таких іграх, як "The Last of Us Part II", NPC, керовані штучним інтелектом, демонструють реалістичну поведінку, що робить ігровий процес більш захопливим і цікавим для гравців [17].

Також алгоритми ШІ пропонують віртуальну допомогу під час ігрових сесій, яка включає підказки, навчальні посібники та інші корисні ресурси. Ця функція допомагає гравцям бути в грі та розуміти метрики протягом усього сеансу. Щоб зробити ігри більш реалістичними, в сучасній ігровій індустрії використовуються алгоритми машинного навчання та штучного інтелекту. Такі технології, як нейронна мережа, розширюють можливості стимуляції та міміки для створення ефекту занурення.

Сфери застосування штучного інтелекту

Охорона здоров'я

Програми:
IBM Watson,
Babylon Health,
Zebra Medical
Vision,
Diagnocat

- ШІ допомагає в діагностиці хвороб, обробці медичних даних, створенні персоналізованих планів лікування.
- Автоматизація аналізу медичних знімків (рентген, МРТ), персоналізована підтримка здоров'я (помічники для прийому ліків та фізичних вправ).

Бізнес-аналітика

Програми:
Tableau,
Salesforce
Einstein,
Power BI

- ШІ автоматизує збір та аналіз бізнес-даних, покращує прогнозування трендів, оптимізує управління взаємовідносинами з клієнтами (CRM).
- Алгоритми машинного навчання покращують обслуговування клієнтів за допомогою чат-ботів і персоналізованих рекомендацій.

Освіта

Програми:
Duolingo,
DreamBox,
Knewton

- Адаптивні навчальні платформи налаштовують контент під індивідуальні потреби учнів, автоматизують виставлення оцінок, підтримують процес навчання через інтерактивні інструменти.
- Оцифровка підручників, виявлення плагіату, аналіз емоцій студентів для підвищення ефективності навчання.

Фінансові операції

Програми:
Intuit Mint,
TurboTax,
Credit Karma

- Виявлення шахрайства, управління ризиками, автоматизація процесів кредитування та страхування.
- Персоналізація фінансових продуктів і послуг на основі даних користувачів, зниження операційних витрат.

Розваги

Програми:
Netflix,
Spotify,
YouTube

- ШІ аналізує поведінку користувачів, надає персоналізовані рекомендації контенту (фільми, музика, відео).
- Використання великих даних для підтримання залученості аудиторії та підвищення тривалості переглядів.

Відеоігри

Програми:
The Last of Us
Part II,
Deer Rock
Galactic,
AI Dungeon

- Розумна поведінка NPC (нейрові персонажі), адаптація до дій гравця.
- Використання нейронних мереж для створення більш реалістичних ігор, інтеграція віртуальних помічників для допомоги гравцям.

Рисунок 1.11. Сфери застосування штучного інтелекту

1.4 Аналіз основних переваг та недоліків штучного інтелекту

Переваги застосування штучного інтелекту величезні та здатні зробити революцію у будь-якій професійній сфері. Розглянемо деякі з них:

1. Виключає людські помилки та ризики

Перша важлива перевага впровадження ШІ полягає в тому, що вона знижує людський фактор, а також ризик для людини. Виконуючи складні завдання він дозволяє значно скоротити кількість помилок та підвищити точність та акуратність, знижуючи ризик для людини. Наприклад, в онкології системи ШІ продемонстрували високу точність у виявленні раку на ранніх стадіях, таких як рак молочної залози і меланома, виділяючи проблемні області для подальшої оцінки медичними працівниками.

Кожна людина іноді робить помилки. Це не завжди погано, але коли йдеться про досягнення стабільних результатів, це, звичайно, може бути погано. У штучному інтелекті рішення приймаються з урахуванням раніше зібраної інформації із застосуванням певного набору алгоритмів [8], що дозволяє запобігти людським помилкам.

Аналогічно використання ШІ для виконання особливо складних або небезпечних завдань дозволяє запобігти ризику травмування або заподіяння шкоди людині.

2. Доступність 24/7

Програми штучного інтелекту доступні у будь-який час, тоді як людина працює 8 годин на добу. ШІ-програмам не потрібно спати або робити перерви. Машини можуть працювати у будь-який час дня та ночі, а чат-боти на базі ШІ можуть обслуговувати клієнтів навіть у неробочий час. За допомогою алгоритмів штучного інтелекту вони можуть легко справлятися навіть із стомлюючою роботою, що повторюється. Це може допомогти компаніям

виробляти більше продукції та забезпечувати більш якісне обслуговування клієнтів, ніж це могла б зробити людина сама.

3. Неупереджені рішення

Люди постійно розходяться в думках і дозволяють своїм упередженням просочуватися в їхнє рішення. Штучний інтелект, навпаки, позбавлений емоцій, його підхід дуже практичний і раціональний. Величезною перевагою штучного інтелекту є відсутність упередженої думки, що забезпечує більш точне прийняття рішень. Це може допомогти забезпечити більшу рівність у таких питаннях, як вибір заявок на роботу, схвалення позик або заявок на отримання кредитів.

Однак якщо ШІ був створений на основі упереджених наборів даних або навчальних даних, він може приймати упереджені рішення. Саме тому необхідно перевіряти якість навчальних даних, а також результати, які видає конкретна програма штучного інтелекту, щоб не прогавити проблеми упередженості.

4. Цифрова допомога

У деяких високорозвинених організаціях взаємодії з користувачами використовуються цифрові помічники, що дозволяє скоротити потреба у людських ресурсах. Цифрові помічники також використовуються на багатьох веб-сайтах для надання користувачам потрібних відповідей. Деякі чат-боти побудовані таким чином, що важко визначити, з ким ми спілкуємося – з людиною або з чат-ботом.

Також системи штучного інтелекту та засоби автоматизації значно скорочують час, необхідний для обробки даних. Це особливо корисно в таких галузях, як фінанси, страхування та охорона здоров'я, які пов'язані з великою кількістю рутинного введення та аналізу даних, а також прийняттям рішень на основі даних. Наприклад, у банківській та фінансовій сферах предиктивні моделі штучного інтелекту можуть обробляти величезні обсяги даних для прогнозування ринкових тенденцій та аналізу інвестиційних ризиків.

5. Допомога у виконанні завдань, що повторюються

Навіть найцікавіша робота у світі має свою частку рутинної або повторюваної роботи. Це введення та аналіз даних, складання звітів, перевірка інформації тощо. Використовуючи штучний інтелект, ми можемо продуктивно автоматизувати ці рутинні завдання і навіть позбавити людину "нудних" справ, звільнивши її для більш творчого підходу [8].

Тепер розглянемо, які основні недоліки притаманні штучному інтелекту.

1. Високі витрати

Найбільший і очевидний недолік впровадження ШІ полягає в тому, що його розробка може бути надзвичайно дорогою. Залежно від того, навіщо саме вам потрібен ШІ, ціна змінюється. За однією з оцінок вартість повного впровадження ШІ для більшості підприємств становить від 20 тис. дол. до декількох мільйонів.

Оскільки ШІ оновлюється щодня, апаратне та програмне забезпечення має своєчасно оновлюватись, щоб відповідати останнім вимогам. Машини потребують ремонту та обслуговування, що теж потребує великих витрат.

2. Відсутність творчого підходу

Машини можуть виконувати лише ті завдання, на які вони розраховані або запрограмовані, якщо вони виходять за ці рамки, то зазвичай дають збій або видають нерелевантні результати, що може стати серйозною перешкодою [8]. Він не може навчитися мислити нестандартно. ШІ здатний навчатися з часом на основі попередньо отриманих даних та минулого досвіду, але не може підходити до справи творчо.

В одній із наукових праць стверджується, що на нинішньому етапі розвитку ШІ можна запрограмувати на створення "нових", але не оригінальних ідей. У цій роботі стверджується, що поки ШІ не навчиться створювати оригінальні та несподівані ідеї, вона не зможе обігнати людину у творчих здібностях, а отже, відчуватиме труднощі у прийнятті рішень.

3. Деградація

Можливо, цей недолік не такий очевидний, як перелічені вище. Проте машини зазвичай деградують згодом. Деталі ШІ з часом почнуть зношуватися, і якщо він не має функції самовідновлення, він рано чи пізно зламається.

Так само і сам ШІ може застаріти, якщо його не навчати і не оцінювати регулярно за допомогою фахівців з обробки даних. Модель та навчальні дані, використані для створення ШІ, з часом старіють, а це означає, що навчений ШІ також застаріє, якщо не буде перенавчений або запрограмований на самостійне навчання та вдосконалення.

4. Відсутність удосконалення з досвідом

ШІ не може природним чином вчитися на власному досвіді та помилках. Людина робить це за своєю природою, намагаючись не повторювати одні й самі помилки знову і знову. ШІ вмiє багаторазово виконувати одне й те саме завдання, але якщо ми хочемо внести якісь корективи чи поліпшення, то повинні вручну змінювати коди. Створити штучний інтелект, здатний навчатися самостійно, дуже складно і досить дорого. Звичайно, існують ШІ, які можуть навчатися. Найбільш яскравим прикладом може бути програма AlphaGo, розроблена компанією Google, яка сама навчила себе грати в го і вже через три дні почала вигадувати нові стратегії, до яких людина ще не додумалася.

5. Етичні проблеми

Швидке створення та використання ШІ призвело до появи величезної кількості етичних питань, пов'язаних з його використанням та подальшим розвитком. Моделі ШІ можуть навчатися на даних, які відображають упереджені людські судження, що може призвести до упередженого або дискримінаційного ставлення до певних груп населення.

Однією з найпоширеніших етичних проблем, на які посилаються люди, є стурбованість щодо конфіденційності даних споживачів. ШІ часто передбачає збір і обробку великих обсягів даних, існує ризик, що до них отримають доступ сторонні люди або організації. Збереження даних створює багато проблем для отримання згоди людей, яким ці дані належать. Не кажучи

вже про те, що оскільки ШІ добре вміє розпізнавати закономірності, він може збирати дані про людей навіть без прямого доступу до персональної інформації. За допомогою генеративного ШІ можна навіть маніпулювати зображеннями і створювати фейкові профілі.

Висновки до розділу 1

1. Штучний інтелект (ШІ) є технологією, що імітує людські інтелектуальні здібності, дозволяючи комп'ютерам навчатися, міркувати та вирішувати складні завдання. Він є основою для багатьох сучасних технологій, що підвищують ефективність та автоматизацію процесів. Його можливості охоплюють широкий спектр застосувань, включаючи аналіз даних, розпізнавання образів і голосу, а також автономні системи керування.

2. На сучасному етапі розвитку більшість технологій ШІ базується на машинному навчанні та обробці великих даних. Ці методи дозволяють програмам, таким як ChatGPT, голосові помічники (Siri, Alexa) та автопілоти, покращувати свою роботу на основі отриманого досвіду та нових даних.

3. Дослідження в галузі штучного інтелекту зосереджені переважно на таких складових інтелекту: навчання, міркування, розв'язання проблем, сприйняття та використання мови.

4. Існує поділ на слабкий (вузький) та сильний (загальний) ШІ. Слабкий ШІ виконує конкретні завдання в межах певних галузей, тоді як сильний ШІ, який поки що залишається теоретичним, має потенціал виконувати завдання без обмежень і адаптуватися до нових ситуацій на рівні людини.

5. Розрізняють чотири основні типи ШІ: реактивні машини, системи з обмеженою пам'яттю, ШІ, заснований на теорії розуму, та самосвідомий ШІ. Реактивні машини реагують на поточні події без використання минулого досвіду, системи з обмеженою пам'яттю здатні враховувати попередні дані для покращення рішень, ШІ, що використовує теорію розуму, має потенціал

розуміти людські емоції, а самосвідомий ШІ, що залишається суто теоретичним, може мати свідомість та автономність.

6. Сучасний ШІ знаходить застосування у різних галузях, включаючи охорону здоров'я, бізнес, освіту та розваги. У медицині ШІ допомагає діагностувати хвороби та розробляти персоналізоване лікування, в бізнесі він сприяє автоматизації процесів і покращенню прийняття рішень, а в освіті адаптує навчальні матеріали під потреби студентів.

7. Переваги застосування штучного інтелекту : виключає людські помилки та ризики, доступність 24/7, неупереджені рішення, цифрова допомога, допомога у виконанні завдань, що повторюються.

7. Водночас розвиток ШІ супроводжується низкою викликів, включаючи високу вартість впровадження, потребу в регулярному оновленні алгоритмів, відсутність творчого підходу, деградацію, відсутність удосконалення з досвідом, питання етичного використання даних. Ефективне впровадження ШІ потребує ретельного врахування цих викликів для забезпечення його безпечного та відповідального використання.

8. Існує також занепокоєння щодо впливу ШІ на ринок праці, оскільки автоматизація може призвести до скорочення робочих місць у певних галузях. Однак ШІ також створює нові можливості для професій, що вимагають глибоких знань у сфері технологій та аналізу даних.

9. Для ефективного впровадження та використання ШІ важливо забезпечити відповідальне регулювання та дотримання етичних стандартів, щоб уникнути потенційних негативних наслідків для суспільства.

10. Загалом, штучний інтелект має величезний потенціал для покращення різних аспектів нашого життя, але потребує обережного підходу до впровадження з урахуванням етичних, соціальних та економічних факторів.

РОЗДІЛ 2. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В КОМП'ЮТЕРНИХ ІГРАХ

2.1 Роль штучного інтелекту в комп'ютерних іграх

З появою нового покоління консолей індустрія відеоігор демонструє, що вона продовжує працювати з метою запропонувати своїм користувачам кращу графіку і передові технології, пов'язані із зображенням і звуком, але, перш за все, з фактором, який постійно розвивається і є ключовим у розробці ігор з самого початку - штучний інтелект [18].

Штучний інтелект для ігор - це інтеграція методів і технологій штучного інтелекту у відеоігри для створення більш динамічного, чутливого та захопливого ігрового процесу. Він передбачає програмування керованих комп'ютером персонажів (неігрових персонажів або NPC) та об'єктів у ігровому середовищі, щоб вони демонстрували розумну поведінку, приймали рішення та взаємодіяли з гравцем і ігровим світом у реалістичній манері; це віртуальний розум для персонажів і компонентів відеоігор, який вдихає життя в цифрову реальність і робить її інтерактивною, так, ніби ви взаємодієте з реальними об'єктами. Однак це визначення стає все більш лаконічним перед обличчям технології, яка розвивається разом із самою індустрією відеоігор, і яка тепер не тільки фокусується на визначенні поведінки супротивників, але й здатна розробляти все більш складні карти, рівні та завдання для гравців.

Алгоритми, що керують сучасними іграми, не можна класифікувати як інтелект, що навчається, оскільки відеоігри наразі не здатні самостійно розвивати поведінку і робити те, на що вони не запрограмовані. Вони керуються сценаріями «якщо-тоді», що є задумкою: ігри не повинні бути непередбачуваними або непереможними.

Вартість і контроль відіграють величезну роль у тому, чому багато розробників відеоігор не поспішають вбудовувати просунутий ШІ в свої ігри. Це не тільки дорого, але й може призвести до втрати контролю в загальному ігровому процесі. Ігри за своєю природою розробляються з передбачуваними

результатами, навіть якщо вони здаються багатошаровими і складними. Це обмежує використання ШІ в сучасних відеоіграх, даючи змогу максимально збільшити тривалість гри й отримати від неї максимум задоволення.

В одній зі статей журналу «Інженерія» Колумбійського університету [19] пояснюється, яке місце штучний інтелект займає сьогодні у відеоіграх. За словами Еріка Нессера, глобального директора з 3-D та інтерактивних технологій міжнародної рекламної компанії, штучний інтелект використовується у кількох ключових сферах. «Сьогодні відеоігри використовують ШІ для покращення комп'ютерної графіки та створення «розумних» супротивників, з якими гравці можуть битися», - пояснює він. «Найбільш практичним і активним застосуванням ШІ сьогодні є поєднання його з такими технологіями, як трасування променів у реальному часі для фотореалістичного освітлення, тіней і віддзеркалень».

Розробники ігор приділяють підвищену увагу саме тим аспектам, які зазначив Ерік Нессер, оскільки це значно покращує ігровий досвід для користувача. Водночас, існує багато інших напрямків застосування штучного інтелекту у відеоіграх (Рис. 2.1).



Рисунок 2.1. Напрямки застосування штучного інтелекту в відеоіграх

2.1.1 Фотореалістична графіка та оточення

Чудове застосування AI в іграх - покращення візуального ряду за допомогою «AI Upscaling». Основна концепція цієї технології полягає в перетворенні зображення з низькою роздільною здатністю на зображення з високою роздільною здатністю зі схожим зовнішнім виглядом. Ця технологія не тільки вдихає нове життя в класичні ігри, але й дозволяє гравцям насолоджуватися передовими візуальними ефектами та покращеною роздільною здатністю навіть на старому обладнанні.

Завдяки штучному інтелекту ігри можуть виглядати приголомшливо фотореалістично. ШІ може змінювати зображення в грі за допомогою згорткової мережі, яка робить знімки реальних міських пейзажів кадр за кадром і накладає їх, створюючи такі речі, як більш гладкий асфальт, блискучі автомобілі та соковитий зелений фон.

Технологія DLSS від NVIDIA демонструє чудовий приклад використання ШІ для покращення зображення. NVIDIA deep learning super sampling (DLSS) [20] - це передова функція на базі ШІ, розроблена NVIDIA. Вона призначена для покращення ігрової продуктивності та якості зображення за рахунок використання потужності штучного інтелекту та алгоритмів глибокого навчання.

NVIDIA DLSS використовує моделі машинного навчання для підвищення якості зображень з низькою роздільною здатністю в режимі реального часу. Ці моделі навчаються на зображеннях високої роздільної здатності, що дозволяє їм генерувати візуальні ефекти вищої якості при збереженні стабільної частоти кадрів.

Дослідники NVIDIA застосовують масштабування на основі ШІ в таких іграх, як «Cyberpunk 2077» (Рис. 2.2) і «Control» (Рис. 2.3), щоб забезпечити графіку вищої роздільної здатності та покращену частоту кадрів, що дозволяє гравцям змінювати сцену.

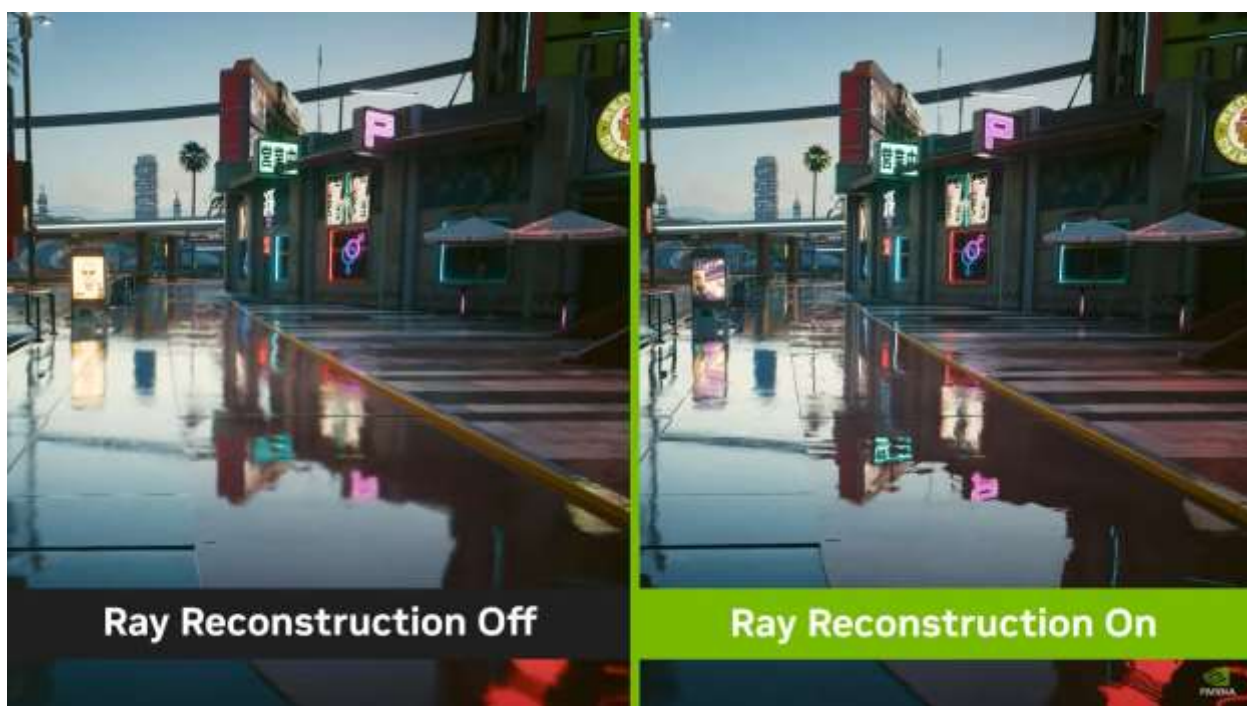


Рисунок 2.2. Скріншот з відео. Реконструкція променів DLSS в грі «Cyberpunk 2077» [21]



Рисунок 2.3. Скріншот з відео. Порівняння графіки в грі «Control» в залежності від включення функції DLSS [22]

2.1.2 NPC зі справжніми емоціями та індивідуальністю

Попри всі розмови про те, що генеративний ШІ може зробити революцію в ігровій індустрії, геймери та розробники ігор особливо схвильовані тим, як ця технологія може трансформувати NPC (неігрових персонажів).

У нещодавньому дослідженні [23], проведеному Bryter Market Research, 99% геймерів заявили, що ШІ NPC покращить ігровий процес, 79% вважають, що будуть проводити більше часу за грою, а 81% витратять більше грошей на ігри з ШІ NPC.

Поведінка неігрових персонажів (NPC) у відеоіграх сьогодні досить спрощена, повторювана та невиразна. ШІ може надати NPC набагато більшої емоційної глибини та варіативності в їхніх реакціях на ігрові події та дії гравців. Їхній діалог міг би змінюватися на льоту, посиляючись на спільний досвід, який вони пережили з гравцем, сприяючи встановленню більш значущих зв'язків. Поведінка NPC може суттєво змінюватися, але при цьому залишатиметься автентичною їхній особистості та передісторії. Відносини між NPC могли б динамічно розвиватися на основі взаємодії, що в цілому призводило б до того, що NPC відчували б себе більш переконливими, багатовимірними персонажами, ніж роботизованими роздавачами квестів.

Компанія NVIDIA, найбільший виробник графічних процесорів, представила технологію Ace for Gaming, що покликана зробити неігрових персонажів більш «реалістичними» за допомогою штучного інтелекту. Нова розробка допоможе неігровим персонажам (NPC) вільно спілкуватися з гравцями і навчить їх автоматично розпізнавати мову і перетворювати текст в мову. У той же час, використовуючи генеративний ШІ, персонажі можуть підтримувати вільний діалог з героєм.

NVIDIA об'єдналася зі стартапом Convai, що займається розробкою ШІ, та в режимі реального часу продемонструвала, як NPC, власник азіатського

ресторану, взаємодіє з гравцем, відповідаючи на питання голосом і даючи реалістичні відповіді, що відповідають історії персонажа [24].

2.1.3 Аналітика даних та настроїв в реальному часі, моделювання ігрового досвіду

Однією з ключових сфер застосування штучного інтелекту є моделювання ігрового досвіду (Player-Experience Modeling, PEM). PEM дозволяє розробникам ігор створювати динамічне та адаптивне ігрове середовище шляхом математичного моделювання досвіду гравця. Цей підхід на основі штучного інтелекту враховує компетентність та емоційний стан гравця, дозволяючи грі змінювати свою складність у реальному часі, динамічно і плавно посилювати або зменшувати небезпеку, щоб забезпечити ідеально збалансовані рівні складності для розвитку індивідуальних здібностей і майстерності гравця. Він також міг би модулювати темп розкриття сюжету, головоломок, бойових зіткнень тощо, щоб елегантно відповідати вподобанням гравця, запобігаючи нудзі. Якщо гравець буде відчувати труднощі, гра може знизити рівень складності, тоді як досвідчений гравець може зіткнутися з більш складними сценаріями, зберігаючи ігровий процес цікавим і пристосованим до індивідуальних уподобань.

Ще одне важливе застосування ШІ в іграх - це інтелектуальний аналіз даних і аналітика в реальному часі. Понад 2,5 мільярда геймерів у всьому світі щодня генерують близько 50 терабайт даних, тому здатність аналізувати ці дані та діяти на їх основі є вкрай важливою. Штучний інтелект і машинне навчання все частіше використовуються для обробки цього величезного обсягу даних, дозволяючи ігровим компаніям відстежувати поведінку в грі, щоб зрозуміти, як люди закінчують гру, в які частини гри вони грають найбільше, і що змушує користувачів припинити гру.. Ця можливість є життєво важливою для підтримки залученості гравців, оскільки дозволяє розробникам швидко реагувати на проблеми, що виникають, або

використовувати нові можливості. Прикладом цього в дії є DemonWare, багатокористувацька онлайн-гра, яка ефективно використовує аналітику даних штучного інтелекту в режимі реального часу для покращення ігрового досвіду.

Аналіз настроїв гравців - ще одне важливе застосування ШІ в іграх. Аналізуючи відгуки гравців, огляди та поведінку в грі, ШІ може надати глибоке розуміння того, що подобається або не подобається гравцям у грі. Ця інформація є безцінною для розробників, які прагнуть вдосконалити свої ігри, щоб вони краще відповідали очікуванням гравців. Яскравим прикладом є League of Legends від Riot Games, яка використовує аналіз настроїв ШІ для моніторингу обговорень гравців на різних платформах. Цей аналіз допомагає розробникам приймати обґрунтовані рішення щодо оновлень і вдосконалень гри, гарантуючи, що ігровий досвід постійно розвивається, щоб відповідати бажанням гравців.

2.1.4 Процедурна генерація контенту (Procedural Content Generation, PCG)

Відеоігри оснащені безліччю тривимірних об'єктів, персонажів, одягу, реквізиту, музики, графіки, рівнів, квестів, мап тощо. Створення цих ігрових ресурсів є складним і трудомістким завданням, що вимагає величезних інвестицій і ресурсів. Інструменти штучного інтелекту можуть автоматизувати більшу частину цього процесу, алгоритмічно генеруючи світи, текстури, моделі, об'єкти та інші ресурси. Використовуючи ШІ в PCG, розробники ігор можуть створювати багатші та різноманітніші світи, спрощуючи складний процес генерації ігрових ресурсів і прискорюючи його, щоб задовольнити запити користувачів.

Наприклад, система штучного інтелекту може аналізувати реальні архітектурні дані та інформацію про місцевість, щоб створити реалістичні 3D-будівлі та природні ландшафти для ігрового середовища з відкритим світом.

ШІ може враховувати такі фактори, як оптимальне використання простору, лінії огляду, можливості укриття і доступність, щоб генерувати структури, пристосовані для захоплюючого ігрового процесу. Він також може імітувати реальні естетичні дизайни та макети, щоб зробити середовище візуально достовірним.

Переваги також поширюються на другорядні ігрові активи: завдяки ШІ можна створювати нескінченну кількість невеликих 3D-моделей об'єктів, таких як меблі, предмети захаращення, рослини та реквізит, щоб щільно заселити ігрові світи, що зазвичай неможливо зробити вручну. Заощаджений час розробки дозволяє творцям зосередитися на дизайні та творчості вищого рівня.

Крім того, ШІ може генерувати інтерактивні розповіді, засновані на попередніх сюжетних лініях. Наприклад, AI Dungeon 2 [25], інноваційна текстова пригодницька гра, використовує мовну модель GPT-3 від OpenAI, щоб запропонувати нескінченні пригоди та можливості. У AI Dungeon 2 геймери можуть проходити гру, даючи відповідні підказки та спрямовуючи ШІ на створення унікальних сюжетних ліній, з якими взаємодіють їхні персонажі.

2.1.5 Тестування та налагодження

Ретельне ігрове тестування має вирішальне значення для виявлення проблем з ігровою механікою, балансом, складністю тощо перед випуском гри. Але вичерпне тестування складних ігор вимагає величезних людських зусиль. Інструменти для тестування та налагодження, керовані штучним інтелектом, можуть ефективно обробляти тисячі складних тестових кейсів набагато швидше, ніж це може зробити людина. Автоматизовані інструменти можуть сканувати величезні обсяги коду, щоб виявляти помилки, виявляти баги та пропонувати виправлення.

Автоматизація цих трудомістких завдань дозволяє розробникам помічати всі дрібниці, які слід вилучити зі структури гри, і виконувати свою роботу більш ефективно, роблячи тестування ігор набагато швидшим і безпроблемним.

Детальні дані, отримані в результаті тестування ігор зі штучним інтелектом, також дають більш повну інформацію порівняно з відгуками людей. Розробники можуть точно налаштовувати та вдосконалювати ігри на основі конкретних показників і візуалізацій, наданих тестувальним ШІ, про те, що функціонує, а що ні.

Наприклад, у Red Dead Redemption 2 поведінка NPC та їхня взаємодія з вами залежать від таких змінних, як плями крові на одязі або тип капелюха, який ви носите. Оскільки існує величезна матриця можливостей, весь ігровий світ може маніпулювати вашими рішеннями.

2.2 Типи штучного інтелекту в ігровому світі

Найпоширенішими типами ШІ в ігрових технологіях є (Рис. 2.4):



Рисунок 2.4. Типи штучного інтелекту в ігровому світі

ШІ на основі правил

ШІ, що базується на правилах, працює на основі набору заздалегідь визначених інструкцій та умов, керуючи NPC в іграх. Ці правила зазвичай програмуються розробниками і визначають, як NPC взаємодіють з гравцями та їхнім оточенням, забезпечуючи послідовну поведінку та передбачувані результати [26].

Наприклад, у гоночній грі, якщо гравець з'їжджає з траси, штучний інтелект, що базується на правилах, може доручити грі загальмувати машину гравця і вивести на екран повідомлення з проханням повернутися на трасу.

Машинне навчання ШІ

ШІ, що навчається, дає змогу NPC навчатися та адаптуватися на основі досвіду та даних у грі. Воно включає в себе навчання моделей ШІ з використанням минулого досвіду, даних і впливу для прийняття рішень [26]. Це дозволяє NPC розвивати свою поведінку з часом завдяки навчанню та циклам зворотного зв'язку. Наприклад, у спортивних симуляторах, якщо гравець постійно використовує певну тактику, штучний інтелект, що навчається, може навчатися та адаптуватися до стратегій гравця з часом, забезпечуючи більш складний та динамічний ігровий процес.

Кінцеві автомати

Кінцеві автомати (Finite State Machines, FSM) моделюють поведінку NPC за допомогою серії станів, кожен з яких представляє певну поведінку або дію. Вони особливо корисні в іграх, які вимагають від NPC динамічної реакції на зміну станів гри, зберігаючи при цьому поведінку, зумовлену станом. Переходи зі стану в стан відбуваються у відповідь на певні тригери або умови [26].

Наприклад, у грі-платформері ворожий персонаж може використовувати кінцевий автомат для перемикання між станами, наприклад, від патрулювання до переслідування або атаки, коли гравець наближається до нього на певну відстань.

Дерева поведінки

Дерева поведінки пропонують більш гнучкий підхід до поведінки ШІ. Дерева поведінки організовують поведінку NPC в ієрархічні структури, що складаються з вузлів, які представляють дії, умови та послідовності. Кожен вузол визначає конкретне завдання або процес прийняття рішень, пропонуючи розробникам модульний підхід до проектування складної поведінки NPC.

Наприклад, у рольовій грі з відкритим світом NPC-власник крамниці може використовувати дерева поведінки для виконання різних завдань, таких як поповнення запасів товарів, взаємодія з покупцями та закриття крамниці на ніч, залежно від часу доби та взаємодії гравців.

ШІ для пошуку шляхів

ШІ пошуку шляхів обчислює оптимальні маршрути для NPC, щоб вони могли переміщатися в ігровому середовищі. Цей тип ШІ враховує перешкоди, рельєф місцевості та динамічні зміни в навколишньому середовищі, щоб забезпечити ефективне переміщення з однієї точки в іншу. Ця техніка гарантує, що NPC рухаються розумно та реалістично у складному середовищі.

Наприклад, у стратегічній грі, якщо гравець наказує юніту переміститися у віддалене місце, ШІ прокладає найкращий маршрут, уникаючи перешкод і обираючи найкоротший шлях.

ШІ з підкріпленням

Навчання з підкріпленням (RL) дає змогу NPC вивчати оптимальну поведінку шляхом спроб і помилок. Воно передбачає отримання NPC зворотного зв'язку у вигляді заохочень або покарань на основі їхньої взаємодії з ігровим середовищем або дій гравця. NPC вчаться коригувати свою поведінку, щоб максимізувати винагороду та мінімізувати покарання. NPC, які використовують RL, постійно вдосконалюють свої процеси прийняття рішень, оцінюючи результати своїх дій і коригуючи стратегії для досягнення довгострокових цілей.

Наприклад, NPC у стратегічній грі може навчитися визначати пріоритетність збору ресурсів, щоб збільшити свої шанси на перемогу.

2.3 Переваги та недоліки ШІ в комп'ютерних іграх

Розробка ігор зі штучним інтелектом пропонує кілька переваг, у тому числі вдосконалений ігровий процес завдяки динамічним, гнучким суперникам і персоналізованим досвідом. Це спрощує створення вмісту за допомогою процедурної генерації, скорочуючи час розробки. Штучний інтелект також дає змогу розумнішим NPC, збагачуючи оповідання. Однак мінуси включають круті криві навчання для розробників, що потенційно збільшує час виробництва. Збалансувати труднощі, спричинені штучним інтелектом, може бути складно, що призведе до розчарування. Під час збору даних для персоналізованого досвіду виникають проблеми з конфіденційністю. Крім того, надмірна залежність від ШІ може перешкоджати творчості. Підсумовуючи, ШІ в розробці ігор відкриває захоплюючі можливості, але вимагає ретельного впровадження, щоб оптимізувати його переваги та пом'якшити проблеми.

Переваги штучного інтелекту:

Підвищення ефективності розробки. Генеративний ШІ значно скорочує час і ресурси, необхідні для автоматизації створення контенту, дозволяючи розробникам зосередитися на ключових аспектах гри.

Покращена масштабованість. Здатність ШІ швидко створювати значні обсяги контенту підвищує масштабованість гри. Завдяки ШІ гра стає глибшою (більше деталей у персонажах, сюжети) і ширшою (більше локацій, завдань і контенту).

Покращений ігровий досвід. Створення унікального контенту в кожній ігровій сесії забезпечує постійні виклики та азарт. ШІ може створювати більш динамічний і чутливий ігровий процес. NPC (неігрові персонажі) з просунутим ШІ можуть запропонувати більш реалістичних і складних супротивників або союзників, що робить гру більш захоплюючою і приємною.

Персоналізовані завдання. Генеративний ШІ може адаптувати ігровий досвід відповідно до індивідуальних уподобань, не повторюючись і не будучи

передбачуваним. Це допомагає гравцям залишатися зацікавленими та мотивованими, оскільки гра підлаштовується під їхні здібності [26].

Реалістичне оточення. ШІ можна використовувати для створення більш захопливих і реалістичних ігрових світів. Наприклад, погодні системи, керовані ШІ, поведінка диких тварин і зміна дня і ночі можуть зробити віртуальні світи більш живими.

Покращені можливості для навчання. Ігри зі штучним інтелектом дають гравцям можливість розвивати навички розв'язання проблем, стратегічного мислення та прийняття рішень. ШІ-супротивники можуть надати гравцям платформу для тестування та вдосконалення їхніх ігрових стратегій.

Емоційне залучення. ШІ можна використовувати для створення персонажів і NPC, які демонструють більш нюансовані емоції та поведінку. Це може призвести до більш глибокого емоційного залучення до історії та персонажів гри.

Покращена доступність. Завдяки можливості створювати інклюзивний контент, генеративний ШІ може зробити ігри більш доступними для людей з обмеженими можливостями, включивши такі функції, як, наприклад, перетворення тексту в мову і дружні інтерфейси для людей з дисхроматопсією.

Недоліки штучного інтелекту:

Правові ризики та інтелектуальна власність. Досі існує правова невизначеність щодо інтелектуальної власності та авторських прав на твори, створені за допомогою ШІ, а також потенційні ризики порушення авторських прав, пов'язані зі створеним контентом.

Варіативність якості контенту. Якість контенту, створеного штучним інтелектом, може змінюватися, що вимагає постійного моніторингу та суворого контролю якості, щоб забезпечити відповідність стандартам ігрового дизайну.

Потенційна відсутність оригінальності. Залежно від навчального набору, надмірна залежність від генеративного ШІ може призвести до відсутності інновацій та оригінальності в ігровому контенті.

Залежність. Ігри, які використовують штучний інтелект для оптимізації залучення та утримання гравців, можуть викликати сильну залежність. Гравцям може бути важко припинити гру, що може призвести до негативного впливу на їхнє повсякденне життя та до соціальної ізоляції, оскільки гравці можуть відійти від реальної соціальної взаємодії [27].

Розчарування. Хоча штучний інтелект може забезпечити складних супротивників, він також може призвести до розчарування, якщо ШІ сприймається як несправедливий або надто складний. Таке розчарування може завадити деяким гравцям отримувати задоволення від гри.

Втрата приватності. Деякі ігри зі штучним інтелектом збирають і аналізують дані про гравців, що може викликати занепокоєння щодо конфіденційності. Гравці можуть почуватися некомфортно, знаючи, що їхні ігрові звички відстежуються та використовуються для різних цілей.

Важливо зазначити, що вплив відеоігор зі штучним інтелектом варіюється від людини до людини. Не всі гравці відчують однакові ефекти, і багато факторів, зокрема індивідуальний темперамент, дизайн гри та кількість часу, проведеного за грою, можуть впливати на результати.

Інтеграція штучного інтелекту в розробку ігор має як переваги, так і недоліки. З позитивного боку, ШІ підвищує реалістичність, створюючи динамічний і захоплюючий ігровий процес. Він оптимізує процедурну генерацію контенту, скорочуючи час розробки. Однак серед проблем - балансування складності ШІ може стати викликом, що впливає на задоволеність гравців. Через збір даних для персоналізованого досвіду виникають проблеми з конфіденційністю. Крім того, в іграх зі штучним інтелектом може бракувати людського дотику, що потенційно може відштовхнути певну аудиторію. Зважаючи всі ці «за» і «проти», потенціал ШІ для революції в іграх очевидний, але ретельне вивчення і вміле впровадження є життєво важливими для використання його переваг і пом'якшення його недоліків.

2.4 Сучасні методи застосування штучного інтелекту на прикладі гри «The Last of Us»

The Last of Us - це пригодницький екшен від третьої особи, в якому основна увага приділяється стрільбі з укриття та стелсу. Пробираючись постапокаліптичною Америкою, гравці вступають в контакт з двома типами протиборчих сил: Мисливці - люди, які патрулюють і контролюють регіони території по всій країні, та Заражені - бездумні божевільні істоти, які є все, що залишилося від тих, хто заразився грибковою чумою.

Коли гра почала розроблятися у 2009 році, одним із перших принципів дизайну було забезпечення того, щоб гравці усвідомили драматичний вплив відбирання ще одного життя у світі, побудованому на місці тих, що вже загинули.

«Коли ми почали створювати прототип штучного інтелекту ворога, ми почали з такого питання: Як змусити гравця повірити в те, що його вороги достатньо реальні, щоб він почував себе погано, коли вбиває їх? Відповідь на це питання визначила весь дизайн ворожого ШІ. Відповідь на це питання вимагала більше, ніж просто найняти найкращих акторів, найкращих модельєрів та найкращих аніматорів, хоча все це було необхідним. Це також вимагало вирішення проблеми зі штучним інтелектом. Бо якщо ми не могли змусити гравця повірити, що ці мандрівні групи вцілілих думають і діють разом, як справжні люди, то жоден ідеально представлений мокап не врятує гравця від виходу з гри, коли NPC сховається не з того боку дверного отвору або вийде на лінію вогню свого друга» (Тревіс Макінтош, «Штучний інтелект ворога в The Last of Us», Game AI Pro, том 2, глава 34, 2015).

ШІ в The Last of Us побудований з використанням машин скінченних станів (FSM) - давнього підходу до створення поведінки штучного інтелекту. FSM були популяризовані в грі Half Life у 1998 році як засіб, за допомогою якого можна структурувати індивідуальну інтелектуальну поведінку як окремі стани. Це означає, що персонаж може атакувати ціль або обшукувати локацію,

доки в грі не відбудеться подія, яка змусить його перейти з одного стану в інший.

III The Last of Us побудований на ідеї навичок і поведінки: навички - це високорівневі ідеї того, що персонаж може робити. Для Мисливця це може бути розслідування безладу, ховання за укриттям або обхід гравця з флангу. Тим часом для Зараженого це може бути блукання мапою або переслідування супротивника. У кожному з цих випадків вони використовують менші, більш конкретні дії у світі - переміщення по локаціях, взаємодію з об'єктами або реакцію на них, щоб надати цьому навичку розумного вигляду. І саме тут вступає в дію поведінка.

Поведінка - це конкретні дії, які можуть виконувати всі персонажі, але те, як вони це роблять, буде відрізнятися один від одного. Отже, якщо персонаж рухається з точки А в точку Б або атакує гравця в ближньому бою, те, як він виконує ці дії, і анімації, які він виконує, будуть відрізнятися, якщо це мисливець на людей або інфікований клікер. Ідея полягає в тому, що поведінку можна використовувати багаторазово, і лише коли вона виконується різними персонажами, ви бачите, як одна і та ж дія виконується по-різному.

Кожна навичка - яка діє як стан у скінченному автоматі - містить власний автомат, що складається з поведінок. Найважливішою частиною всього цього є те, що кожна навичка і поведінка є модульною і міститься сама по собі.

Побудова більш модульної та відокремленої системи дозволяє дизайнерам проводити багато ітерацій, не перевантажуючи програмістів запитами на функції або необхідністю вносити зміни в певні частини коду на замовлення. Це дозволило зосередити набагато більше енергії та часу на тестуванні кожного типу персонажів, перевірці їхньої роботи, вдосконаленні функцій, швидкому прототипуванні нових ідей або просто відкиданні тих, що не працювали, а також на прагненні до створення нових ідей. І все це в прагненні досягти своїх цілей, про які я вже згадував раніше.

«Найкращий спосіб досягти цих цілей - зробити наших персонажів не дурними, перш ніж робити їх розумними. Персонажі створюють ілюзію

інтелекту, коли вони розміщені в добре продуманій обстановці, реагують на гравця, відтворюють переконливі анімації та звуки і поводяться цікавим чином. Але все це легко підривається, коли вони бездумно вриваються в стіни або роблять будь-яку з нескінченного розмаїття речей, якими страждають персонажі зі штучним інтелектом. Усунення цих глюків не тільки забезпечує більш відшліфований досвід, але й вражає, скільки інтелекту приписується персонажам, які просто не роблять дурниць». «Як правило, персонажам не потрібна складна високорівнева логіка прийняття рішень, щоб бути правдоподібними і переконливими та створювати ілюзію інтелекту. Все, що їм потрібно, - це виглядати обґрунтованими, реагуючи на навколишній світ і взаємодіючи з ним у правдоподібний спосіб» (Марк Ботта, «Інфікований ШІ в The Last of Us», Game AI Pro, том 2, глава 33, 2015.)

Мисливці

Тож спершу погляньмо на людей-ворогів, відомих як Мисливці. Мисливці створені таким чином, що кожен з них повинен представляти реальну загрозу. Щоб без уваги та обережності вони могли легко вбити вас, але також, щоб вони давали бій у відповідь, а не були просто гарматним м'ясом. Мисливці створені так, щоб виглядати скоординованими, щоб систематично вистежувати і знищувати гравця, дбаючи про власну безпеку, але при цьому вони також створюються таким чином, щоб повідомляти про свою поведінку, дозволяючи гравцеві відповідати тим же.

Перше, про що варто поговорити, - це те, як Мисливці та інші ШІ можуть виявити гравця у світі. Мисливці мають як зорові, так і звукові сенсори для виявлення порушень у світі, вони працюють на, ймовірно, стандартних рівнях звукового та візуального сприйняття. Наприклад, чутливість сенсорів змінюється досить радикально для кожного з чотирьох архетипів Інфікованих.

Спершу поговоримо про зір. NPC використовують різноманітні конуси зору для виявлення гравця в просторі. В The Last of Us спочатку використовувалися ті ж самі конуси огляду (Рис. 2.5), що і в серії Uncharted від Naughty Dog, але це не дуже спрацювало.

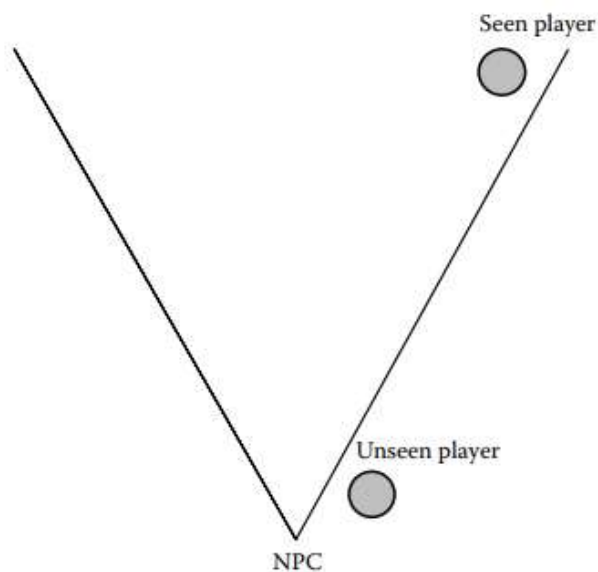


Рисунок 2.5. Найпростіша форма тестування візуального сприйняття для NPC [28]

Гравців помічали занадто швидко на відстані, але також здебільшого не помічали з близької відстані. Вони не відповідали темпу гри, і тому в The Last of Us використовуються не конусоподібні оглядові віконця (Рис. 2.6).

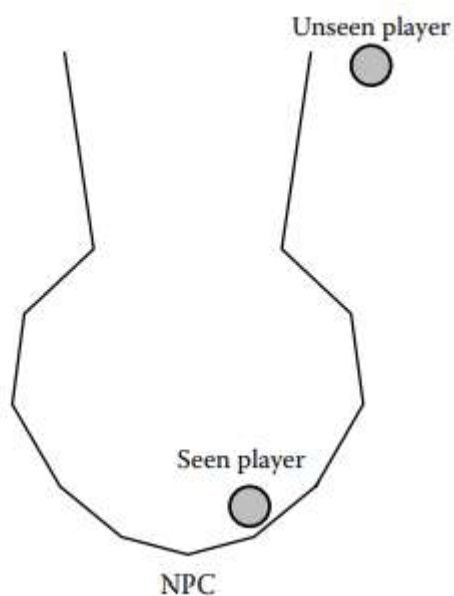


Рисунок 2.6. Складніша форма конуса зору в грі The Last of Us [28]

В The Last of Us вони схожі на замкову щілину, що забезпечує кращий периферійний огляд, тоді як дальній огляд набагато вузький. Крім того, як і в інших стелс-іграх, гравця не помічають одразу, коли він стоїть у конусі огляду,

ви повинні залишатися там протягом певного часу, перш ніж Мисливець побачить вас, зазвичай 1-2 секунди, причому в бою цей час зазвичай коротший, оскільки Мисливець відображає вищий рівень усвідомленості. Крім того, будь-який NPC, який бачить гравця в конусі огляду, проводить додаткову перевірку об'єкта, щоб збільшити таймер виявлення, кожен NPC посилає промінь від себе до місця на тілі Джоела, щоб перевірити, чи нічого не блокує його зір. Спочатку персонаж спрямовував промені до кожного суглоба на тілі Джоела, але це було досить неефективно. Зрештою, команда створила дві умови, за яких промінь спрямовувався на центр грудей Джоела, якщо гравця ще не було виявлено, або на маківку його голови, коли він був у бою (Рис.2.7).

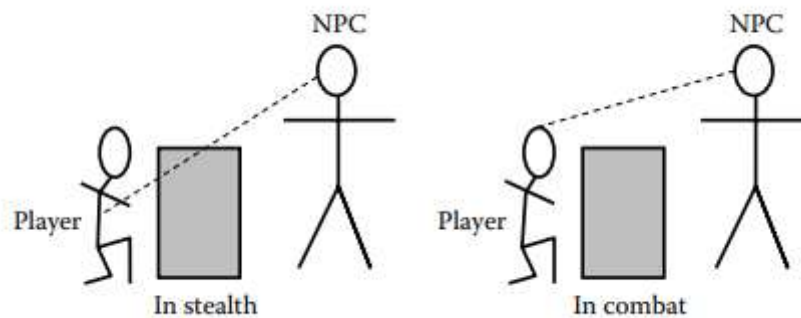


Рисунок 2.7. На лівому зображенні показано, що в стелсі точка випромінювання розміщується на грудях гравця. На правому зображенні показано, що після початку бою точка випромінювання розміщується набагато вище, на маківці голови [28].

Це просто, але виявилось, що це працює дуже добре. На додаток до цього, Мисливці можуть чути шуми різного рівня важкості та пріоритету.

Мисливці мають безліч різних навичок, які вони можуть виконувати, більшість з них побудовані навколо бою, з атаками на відстані та в ближньому бою, обходом з флангу та наступальними діями. Але більшість бойових послідовностей в The Last of Us починаються з гравця в стелс-режимі, і тільки якщо його виявлять, багато з цих навичок починають діяти, критично важливими для стелсу є «Розслідування» та «Пошук».

Розслідування - це поведінка, яка використовується, коли мисливець перевіряє наявність перешкод, це може бути кинута пляшка або цегла, яка створює шум, або він бачить ліхтарик вдалині. Тим часом пошук - це коли гравця виявлено, або мисливці вже знають, що гравець знаходиться поблизу, і вони починають систематично досліджувати світ, щоб знайти вас. Кожна з цих моделей поведінки ґрунтується на трьох ключових елементах інформації:

- Система бойової координації, яка розподіляє ролі для кожного персонажа, вирішуючи, яку поведінку виконувати.
- Навігаційна карта, яка показує найшвидший спосіб переміщення по світу в безпосередній близькості від персонажа.
- Мапа огляду, яка знаходиться поверх мапи навігації і показує інформацію про те, що NPC може бачити з його поточного положення.
- Система точок укриття, яка визначає не тільки хороші точки укриття для бою, але й точки для відтворення певних анімацій та поведінки.

Коли мисливець хоче виконати поведінку «Розслідувати», він звертається до бойового координатора з проханням надати йому роль «Розслідувача». Система обмежує кількість призначених ролей, отже, якщо ви кинете цеглину, то 5 ворогів не зможуть дослідити шум одночасно. Отже, поки один NPC стає дослідником, інші можуть стояти навколо або продовжувати як зазвичай. Потім NPC з роллю дослідника викличе систему Cover Point для того, щоб отримати так званий відкритий пост: це місце поблизу точки інтересу, яке задовольняє певним критеріям. Як ми побачимо згодом, система може бути використана для запиту на пост, який забезпечує хороше тактичне прикриття, але в цьому випадку це місце, до якого можна дістатися за допомогою навігаційної системи, що є гарним місцем для запуску анімації розслідування.

Тим часом, для поведінки «Пошук» велика різниця полягає в тому, що NPC поблизу вже знають, що гравець знаходиться поблизу, вони просто не знають, де саме. Тут використовується система координат, щоб змусити NPC переміщатися по карті та досліджувати її, але їхнє дослідження має бути

систематичним. Якщо вони просто блукатимуть безладно, то це не виглядатиме реалістично і не кидатиме гравцеві виклик. Отже, гра спирається на навігаційні та дослідницькі карти. Навігаційна карта - це сітка, яка лежить на навігаційній сітці - структурі даних, яка дозволяє NPC розраховувати шляхи через навколишнє середовище. Навігаційна карта дозволяє швидко і дешево розрахувати, чи існує шлях до локацій у безпосередній близькості від NPC, а карта впливу показує, які частини світу можна побачити поблизу (Рис.2.8).

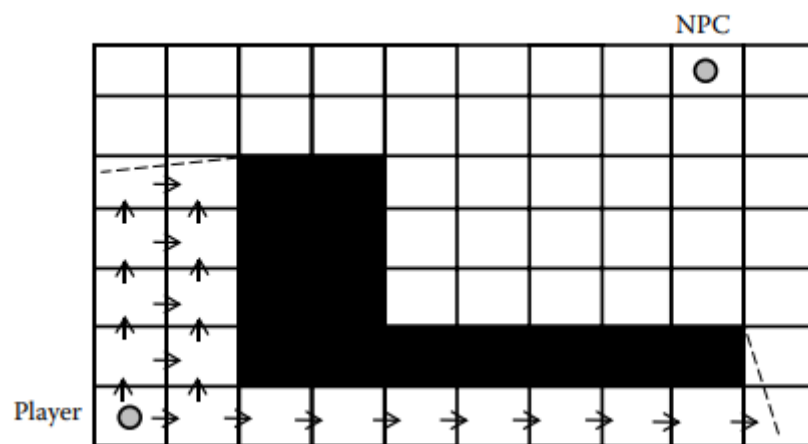


Рисунок 2.8. Карта впливу, яка підказує NPC які частини світу треба дослідити [28]

Використовуючи ці дані, система генерує карту пошуку, яка показує ділянки мапи впливу, які не видно, але до яких можна дійти пішки. Це підказує NPC, які області світу потрібно дослідити, оскільки вони не мають їхнього покриття на даний момент. У цей момент система координат відправляє NPC на пошук цих місць, чи то за кутами, чи то за укриттями. Таким чином, якщо гравець залишається на одному місці, Мисливці зрештою вистежать його, змушуючи постійно переміщатися між укриттями. В обох випадках, якщо мисливці помітять гравця, вони вступлять у бій/

Після того, як гравця помічено, мисливець повертається до більш бойових навичок, доступних йому. Якщо він хоче обійти гравця з флангу, вступити в перестрілку або просунутися до тактичних позицій, він повинен добре розуміти, де знаходиться гравець, які зони забезпечують хороше прикриття і куди він цілиться в цей момент. Перш за все, ворогу може

знадобитися укриття, для цього використовується система точок укриття. Мисливцю не потрібна відкрита точка у світі, а потрібна точка укриття, яка дає персонажу певний захист. Гра обчислює 20 найближчих точок укриття на карті в радіусі від персонажа, потім виконує 4 промені на кожну точку укриття, щоб оцінити, чи може гравець застрелити персонажа з цієї позиції (Рис.2.9).

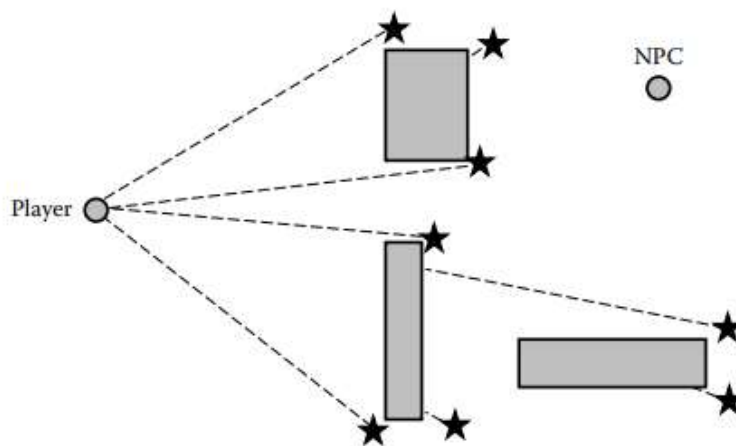


Рисунок 2.9. Система точок укриття [28]

Якщо гра визначає, що це безпечне місце, воно оцінюється на основі типу укриття, чи є шлях до нього і чи не потрібно йти перед гравцем, щоб дістатися до нього, а також чи це гарне місце, щоб сховатися або напасти на гравця з нього (Рис. 2.10). А потім він просто обирає стовп прикриття з найвищою оцінкою.

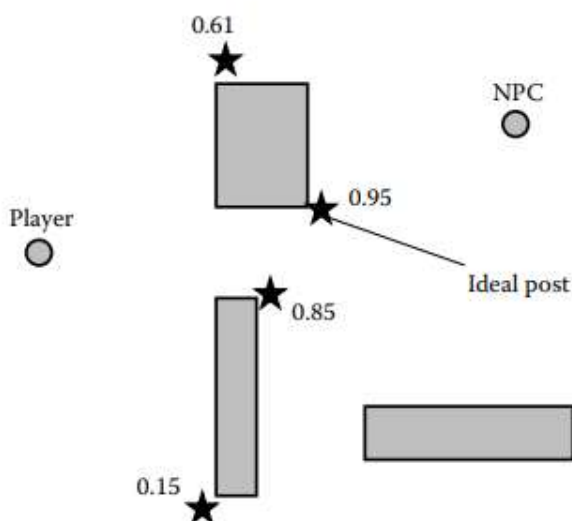


Рисунок 2.10. Система точок укриття з вже відкинутими відкритими позиціями та з оцінками [28].

Цей користувацький розрахунок означає, що позиція, яка корисна зараз, може виявитися марною через 5 секунд, коли гравець буде пересуватися, тому майбутні розрахунки позицій будуть відображати темп бою.

Тепер, коли прикриття встановлено, йде розрахунок кращого координування своєї атаки. Перше, що відбувається, це те, що гра створює посилення на місцезнаходження гравця. Створюється пакет даних, який зберігає місцезнаходження гравця та час, коли він був створений. Це корисно, щоб визначити, скільки часу минуло відтоді, як гравця бачили востаннє, і якщо інший NPC побачить Джоела, то буде згенеровано новий пакет даних. Щоразу, коли створюється один з цих пакетів, він передається іншим NPC, які знаходяться поблизу, щоб повідомити їм про місцезнаходження гравця. Після цього мисливці почнуть просуватися до місця розташування гравця, деякі ховаючись, інші атакуючи прямо на вас. Тим часом інші можуть здійснити фланговий маневр і застати вас зненацька. Координатор бою врівноважує це, призначаючи ролі кожному з доступних NPC, серед яких: флангові, наближаючі, опортуністичні стрільці, а також звичайні стрільці. Як і у випадку з попередньою роллю дослідника, персонаж буде оцінюватися на відповідність цій ролі. У випадку з флангером гра розраховує так званий бойовий вектор гравця: це напрямок, в якому гравець зараз перебуває в бою. Використовуючи цей вектор та інструменти навігації, флангер буде вважатися дійсним, якщо у нього є шлях, який дозволяє йому підкрастися до вас і не перетинається з бойовим вектором, що робить цей фланг ще більш несподіваним, коли це трапляється.

Весь цей процес здебільшого працює добре, але значною мірою залежить від конфігурації середовища. Якщо це тісний і закритий район бойових дій, то гравець часто змушений вести бій (приховано або зі зброєю в руках) досить швидко, і бій буде неспокійним і динамічним. Однак, на більших бойових просторах і ділянках з більшою вертикальністю, гравцеві легше

заплутати ворога і змусити його повторно шукати нове місце розташування. Ця проблема була певною мірою вирішена під час розробки, оскільки гра змушує Мисливців негайно сходитися на стару позицію гравця, якщо гравець переміститься більш ніж на 5 метрів від місця, де їх востаннє помітили, що змушує навичку пошуку спрацьовувати набагато швидше. Але вислизнути від них все ще можна.

Інфіковані

На відміну від людей-мисливців, існують різні класи Заражених, чії навички і навіть сенсорні системи відрізняються один від одного. Є Бігуни - швидкі та злісні істоти, які часто нападають групами. Сталкери, які швидко пересуваються і часто влаштовують засідки в темних місцях, Клікери, які повністю сліпі і покладаються на свою здатність чути гравця, щоб полювати на них, і, нарешті, Здувачі, сліпі і повільні, але добре броньовані і вимагають серйозної вогневої потужності, щоб їх знищити.

Окрім зовнішнього вигляду та більш шалених атак в ближньому бою, ШІ Заражених від Мисливців відрізняє їхня увага до звуку. Як уже згадувалося, Клікери та Здувачі сліпі і, як наслідок, можуть реагувати лише на звукові подразники. Але також Бігун і Сталкер мають обмежений зір порівняно зі звичайними людьми, що означає, що їм знадобиться більше часу, щоб помітити вас. Щоб компенсувати це, аудіосенсори Заражених у шість разів чутливіші, ніж у Мисливців, а це означає, що гравцям дійсно потрібно зосередитися на скритності та дотриманні дистанції.

Коли в грі виникає звук, наприклад, розбиття пляшки або навіть рух гравця, він генерує логічну подію в ігровому світі. Ця подія транслюється в радіусі, визначеному дизайнерами. У випадку з інфікованими, радіус множиться на значення, що налаштовується для кожного архетипу персонажа (Рис. 2.11). Яскравим прикладом цього є рух гравця, оскільки інфіковані набагато чутливіші до звуків руху, і чим швидше ви рухаєтеся, тим більше збільшується радіус звукової події. Коли звук транслюється, NPC, який перетинається з радіусом, виконує швидкий тест на оклюзію, запускаючи

променеві трансляції локального оточення, щоб перевірити, чи не заблокували його інші об'єкти, такі як стіни або поверхні, а це означає, що, хоча він знаходиться в радіусі, шум насправді не був достатньо гучним, щоб бути почутим.

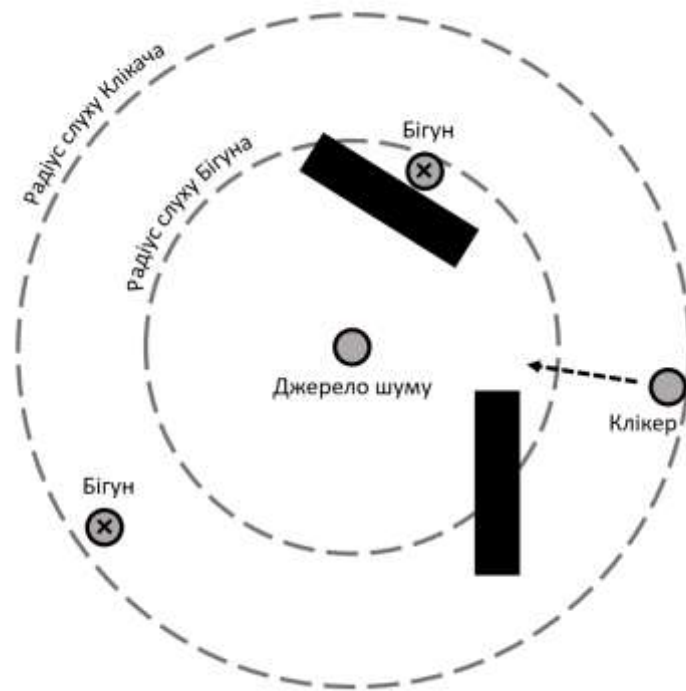


Рисунок 2.11. Радіуси поширення звуку для різних видів інфікованих.

Є кілька невидимих звукових подій, які генерують звук в ігровому світі, який гравці не чують під час гри. Найцікавішим прикладом є те, що – хоча в грі це не чути - Джоел видає дуже низькорівневу звукову подію для свого дихання. Вона призначена для того, щоб допомогти інфікованим знайти гравця, якщо той ховається в безпосередній близькості від нього.

Щоб протидіяти цьому, гравці можуть кидати цеглу та пляшки, щоб створити звукові відволікаючі фактори, але ви можете бути хитрішими і спробувати інші підходи, наприклад, кидати пляшки із запалювальною сумішшю, які можуть легко заманити і вбити сліпого інфікованого, або - що досить дивно - використовувати димові шашки. Димові шашки, як впливає з назви, створюють хмару диму, яка затуляє зір як NPC, так і гравця. Це ідеальний спосіб знищити мисливців, але теоретично марний проти Клікера та Здувача, оскільки вони реагують виключно на звук. Це рішення виникло в

результаті тестування в грі, але так, якщо ви кинете димову шашку, вона не тільки засліпить персонажів, що потрапили в хмару, але й зробить їх глухими. Крім того, під час розробки була покращена реакція інфікованих на запалювальні суміші та зменшена шкала пошкоджень, оскільки ви можете легко знищити орду інфікованих, кинувши запальну суміш у центр кімнати, і всі вони побіжать до неї - адже вони не координують свої дії так, як це роблять мисливці. У фінальній грі кожна пляшка із запалювальною сумішшю може вразити лише пару неігрових персонажів одночасно.

На відміну від Мисливців, навички Інфікованих відрізняються для кожного архетипу, але знову впорядковуються за пріоритетом. Це має сенс, враховуючи, що Здувач більше зосереджений на бойових діях, в той час як Сталкери - єдиний клас, який може влаштувати вам засідку і зловити вас зненацька. Але всі вони мають багато точок дотику, таких як Сон, Блукання, Пошук гравця, а також Атака- що є найвищим пріоритетом для інфікованих.

За замовчуванням інфікований буде Блукати, враховуючи, що це його навик з найнижчим пріоритетом. Дизайнер може вирішити для кожного зараженого, чи слідувати йому за патрулем, де вони відвідують низку точок взаємодії на карті, чи їм дозволено рухатися випадковим чином. Випадкове переміщення зберігає історію раніше відвіданих багатокутників на навігаційній сітці, щоб мінімізувати відкат. Важливо зазначити, що якщо інфікований знаходиться на шляху патрулювання, але його відволікає шум або близький бій та, тим самим, його відводять занадто далеко від початкового шляху, то він продовжить блукати у випадковому напрямку. Це робить їх більш передбачуваними, а також запобігає нереальній поведінці сліпого клікера, який повертається на той самий шлях, яким він йшов дві хвилини тому.

Заражені не шукають гравця так, як це роблять Мисливці. Вони менш методичні у своєму підході, а також менш виснажливі і через деякий час повертаються до блукання, але це створює щось, що здається більш несамопитим і жахливим. Пошукові навички зосереджені на тому, щоб знайти

місце порушення, чи то звук, чи то оцінка поточного місцезнаходження гравців. Але воно запускає заздалегідь створену поведінку, унікальну для Заражених, відому як «Опитування». Це особлива пошукова поведінка, коли інфікований швидко і непередбачувано обертається і оглядає навколишнє середовище. Ця поведінка, як і всі інші, прив'язана до наявного набору анімацій персонажа, але вона використовує ці анімації, щоб диктувати, як персонаж буде оглядатися.

Під час обстеження місцевості заражений створює сітку на місцевій навігаційній карті, яка показує, які ділянки місцевості він ще не оглянув. Потім інфікований дивиться на доступні йому «пошукові» анімації, такі як поворот голови або розворот тіла, щоб подивитися в певному напрямку. Для кожної анімації він обчислює, яку частину «невидимого» простору він би «побачив», якби запустив цю анімацію в цей момент часу, і вибирає ту, яка забезпечує найкраще покриття (Рис. 2.12). Він повторює цей процес протягом певного часу, а потім повертається до блукання або бездіяльності. Це створює цю тривожну експресивну виставу і не дає інфікованим відчутти себе надто передбачуваними.

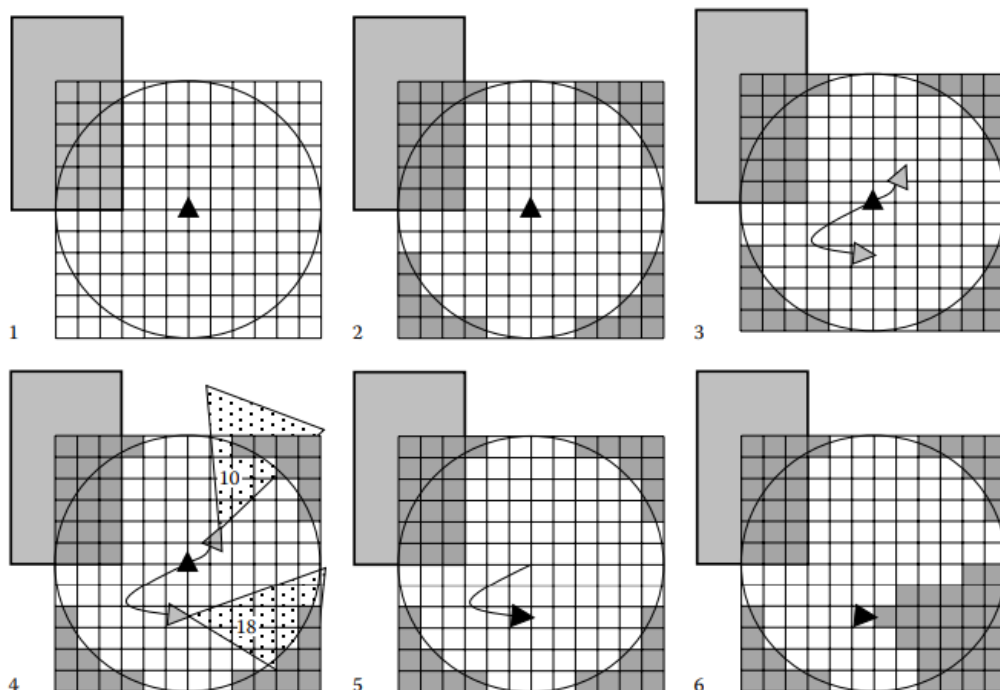


Рисунок 2.12. Алгоритм дій Заражених при запуску поведінки «Опитування»
[29]

Заражені надають зовсім інший бойовий досвід, ніж Мисливці, але, як і їхні людські побратими, вони з'явилися в результаті ретельного ігрового тестування під час розробки. Сталкери та їхня здатність влаштувати засідки на гравців - єдина поведінка інфікованих, яка використовує укриття - з'явилася лише в останні місяці розробки. Вміння спати знижує чутливість сенсорів інфікованих, але використовується для створення вартових навколо вузьких місць та інших незручних геометричних фігур. Заражені не мають можливості спілкуватися один з одним, але вони іноді ходять один за одним, досліджуючи обстановку або нападаючи на гравця. Це відбувається завдяки вмінню слідувати: якщо один інфікований прямує до певної локації з певною метою, інший інфікований може вирішити слідувати за ним, лише інфікований спереду знає, куди він насправді рухається. Крім того, є деякі зміни в поведінці, щоб збалансувати складність: коли інфіковані переслідують гравця, вони періодично припиняють рух і замість цього використовують поведінку розвідки. Це не тільки дозволяє інфікованим переорієнтуватися, але й дає гравцеві невелику перерву, щоб втекти і зібратися з думками.

Висновки до розділу 2

1. Штучний інтелект (ШІ) відіграє значну роль у комп'ютерних іграх, дозволяючи створювати більш динамічний і захопливий ігровий процес. ШІ забезпечує адаптивність і здатність NPC (неігрових персонажів) взаємодіяти з гравцем та оточенням, імітуючи реалістичну поведінку та прийняття рішень.

2. Одним із ключових застосувань ШІ у відеоіграх є покращення графіки та візуальних ефектів. Використання таких технологій, як NVIDIA DLSS, дозволяє підвищити якість зображення та частоту кадрів, створюючи фотореалістичне середовище навіть на менш потужному обладнанні.

3. ШІ використовується для покращення поведінки NPC, надаючи їм емоційну глибину та індивідуальність. Генеративний ШІ дозволяє персонажам адаптувати свої реакції та діалоги на основі взаємодії з гравцем, створюючи більш реалістичні та інтерактивні відносини у грі.

4. Моделювання ігрового досвіду (Player-Experience Modeling) на основі ШІ дозволяє динамічно підлаштовувати рівень складності ігрових завдань до здібностей і настрою гравця, забезпечуючи збалансований та індивідуалізований геймплей.

5. ШІ допомагає у процедурній генерації контенту, автоматизуючи створення ігрових світів, текстур, сюжетів та рівнів. Це значно скорочує час розробки та ресурси, необхідні для створення нових ігрових елементів.

6. Використання ШІ для аналізу поведінки гравців та їхніх відгуків у реальному часі дозволяє розробникам краще розуміти потреби аудиторії та оптимізувати ігровий досвід на основі отриманих даних. Це допомагає підвищувати залученість гравців та покращувати взаємодію.

7. Аналітика на основі ШІ використовується для оцінки настроїв гравців, що дозволяє своєчасно коригувати ігровий процес та виправляти можливі недоліки, підвищуючи задоволення від гри.

8. Процедурна генерація контенту (PCG) на основі ШІ дозволяє автоматично створювати багаті ігрові світи, генеруючи унікальні локації, персонажів та завдання, що знижує витрати на розробку та покращує реіграбельність.

9. Автоматизоване тестування та налагодження за допомогою ШІ значно прискорює процес виявлення багів та недоліків у коді, що підвищує якість ігор та скорочує час їх виходу на ринок.

10. Впровадження ШІ у відеоігри створює як переваги, так і виклики. Серед переваг — вдосконалений ігровий процес, більш реалістичні NPC та можливості персоналізації. Водночас існують проблеми з високою вартістю впровадження, складністю підтримки та можливим впливом на конфіденційність даних користувачів.

11. Попри значні можливості ШІ у відеоіграх, його використання потребує ретельного підходу, щоб уникнути ризиків, пов'язаних із залежністю гравців, конфіденційністю та правами інтелектуальної власності.

12. Загалом, інтеграція ШІ у розробку ігор відкриває нові горизонти для створення інноваційних і захопливих ігрових продуктів, проте вимагає збалансованого підходу для оптимізації переваг та мінімізації можливих недоліків.

13. ШІ в *The Last of Us* побудований на основі використання машин кінцевих станів (FSM), що є давнім методом розробки поведінки штучного інтелекту. Це означає, що персонаж може виконувати конкретні дії до того часу, поки не відбудеться подія, яка змусить його змінити свій стан і перейти до іншої дії.

14. Розробники *The Last of Us* використовували модульну систему ШІ, де поведінка персонажів базується на навичках, що дає можливість швидко тестувати та вдосконалювати різні ідеї. Важливим аспектом є не лише складність штучного інтелекту, але й створення ілюзії інтелекту через правдоподібні анімації та реакції на навколишнє середовище.

15. Система бойових навичок, взаємодія з укриттями та використання зорових і слухових сенсорів роблять Мисливців серйозною загрозою для гравця, змушуючи його постійно адаптуватися та змінювати стратегію. Водночас, простота цих систем дозволяє уникнути глюків і забезпечує більш реалістичну поведінку ворогів.

РОЗДІЛ 3. ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У СФЕРІ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГОР

3.1. Алгоритм NPC в грі Stardew Valley

Stardew Valley (укр. Долина Стардью) (Рис. 3.1) — інді-гра про сільське господарство жанру симулятор та рольова гра, що була розроблена Еріком «ConcernedApe» Бароном та видана Chucklefish у лютому 2016 року [30].



Рисунок 3.1. Картинка з гри Stardew Valley [31]

Stardew Valley можна умовно розбити на три частини: фермерство на своїй ділянці біля дому для отримання врожаю, який можна продати, блукання підземеллями для того щоб знайти ресурси та поліпшити свої інструменти, та соціальна симуляція з мешканцями міста. Однак це більше, ніж просто сума його частин, тому що всі три розділи працюють в гармонії один з одним, створюючи захоплюючий досвід.

Мешканці міста - різноманітні люди (Рис. 3.2). Деякі з них поступово звикають до вашої присутності, інші не знають, як до вас ставитися, а дехто вважає вас відверто огидним. Усі вони дотримуються власного розпорядку

дня, гравцю доведеться вивчити їхні звички, щоб знати, де вони знаходяться, коли потрібно щось купити чи попросити про послугу. Вони також трохи безпорадні, тому розклеюють на міській дошці оголошення з проханням про допомогу в різних справах, які стають побічними квестами. Ці квести зазвичай приносять матеріальну винагороду, наприклад, будівельні матеріали або гроші після завершення, і допомагають зблизитися з тим, хто дає квест. Хоча це може здатися нудним, але такі відволікаючі моменти, як пошук загублених штанів мера або принесення світлого елю для літньої жінки, що поглинає пиво, забавні, і, як правило, варті того, щоб витратити на них трохи часу.



Рисунок 3.2. Усі NPC в грі Stardew Valley [32]

У Stardew Valley NPC є невід'ємною частиною атмосфери гри та взаємодії гравців. Вони не просто виконують свою роботу, вони мають власні особистості та життєві історії і взаємодіють з подіями навколо них. Кожен NPC живе своїм повсякденним життям, працює, відпочиває, гуляє вулицями, реагує на зміни погоди, пори року, свята та інші події в ігровому світі. Гравці можуть взаємодіяти з ними, дарувати їм подарунки, брати участь у фестивалях, розвивати з ними дружні або романтичні стосунки.

Основні характеристики NPC у грі Stardew Valley

Розклад. Кожен NPC живе за власним розкладом, який змінюється залежно від погоди, часу доби, пори року та свят. Наприклад, у дощові дні

багато NPC залишаються вдома або відвідують криті приміщення, такі як магазини чи таверни. Вони також можуть поводитися певним чином у певні пори року. Наприклад, влітку багато мешканців відпочивають на пляжі, а взимку готуються до свят. Так як розклад при різних умовах однаковий, цю інформацію легко знайти на фанатських сайтах гри [32] (Рис. 3.3).

Desert Festival (As Vendor) [Collapse]	
11:10 AM	Boards bus to Calico Desert.
11:30 AM	Arrives at her booth.
12:00 AM	Leaves booth and boards bus back to the Valley.

Spring 15, 16 and 17 (Bus Service Restored) [Collapse]	
9:30 AM	Boards bus to Calico Desert to attend the Desert Festival.
10:00 AM	Stands at her outfit services.
12:30 AM	Boards bus back to the Valley.

Fall 15 (Bus Service Restored) [Collapse]	
9:00 AM	In her bedroom.
10:30 AM	Leaves home for Calico Desert to visit Sandy on her birthday.
12:00 AM	Goes home for the night.

Winter 11 [Collapse]	
9:00 AM	In her bedroom.
10:30 AM	Leaves home for Harvey's Clinic, waits in waiting room.
1:30 PM	Moves to exam room.
4:00 PM	Leaves clinic to work at The Stardrop Saloon.
12:30 AM	Goes home for the night.

Winter 15 [Collapse]	
9:00 AM	In her bedroom.
12:00 PM	Leaves bedroom to stand in living room.
2:30 PM	Leaves home to attend the Night Market.
12:30 AM	Goes home for the night.

Green Rain (Year 1) [Collapse]	
All day	In The Stardrop Saloon.

Rain [Collapse]	
9:00 AM	In her bedroom.
12:00 PM	Leaves bedroom to stand in living room.
3:30 PM	Leaves home to work at The Stardrop Saloon.
12:30 AM	Goes home for the night.

Рисунок 3.3. Приклад розкладу Емілі за різних умов [33]

Розмови та стосунки. Розмови з NPC залежать від рівня дружби, пори року та поточних подій (Рис. 3.4). У грі також є система подарунків, де кожен персонаж має власні вподобання, і вибір правильного подарунка покращить стосунки. Гравці можуть подружитися з будь-яким NPC і отримати корисну інформацію натомість, або взяти участь у спеціальних подіях, які називаються «Події серця».

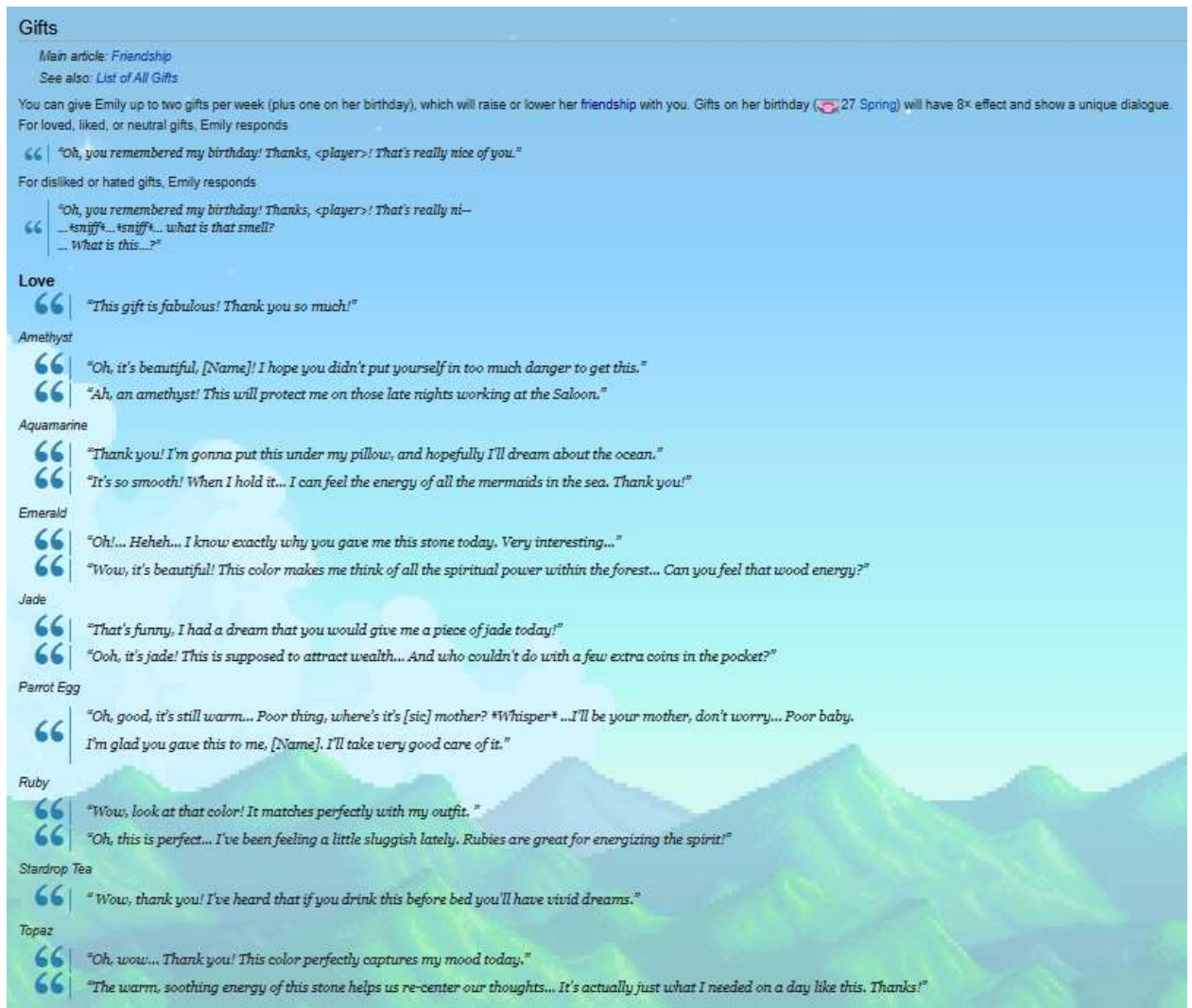


Рисунок 3.4. Приклади фраз Емілі на різні подарунки [33]

Квести та події. Квести можна отримати від NPC. Деякі квести є частиною основної сюжетної лінії, інші з'являються регулярно або випадково. Наприклад, квест на дощі оголошень може попросити вас принести певний предмет або допомогти з іншим квестом (Рис. 3.5).

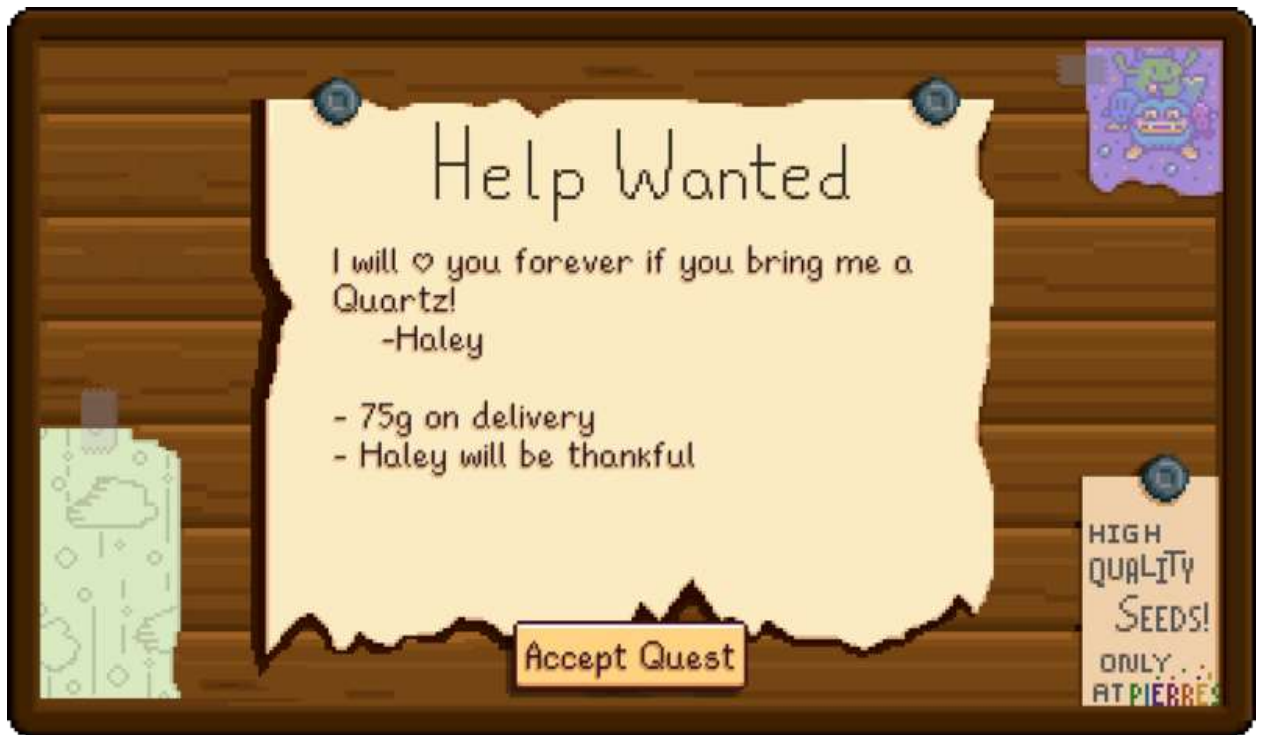


Рисунок 3.5. Квест на дощці оголошень [34]

Взаємодія та особливі події. При досягненні достатнього рівня дружби та виконанні певних умов гравці можуть одружитися з певними неігровим персонажем. З кожним NPC пов'язані особливі події, які відкриваються лише на вищих рівнях стосунків і дозволяють гравцеві дізнатися більше про особистість персонажа (Рис. 3.6). Після одруження чоловік або дружина можуть також допомагати по господарству.

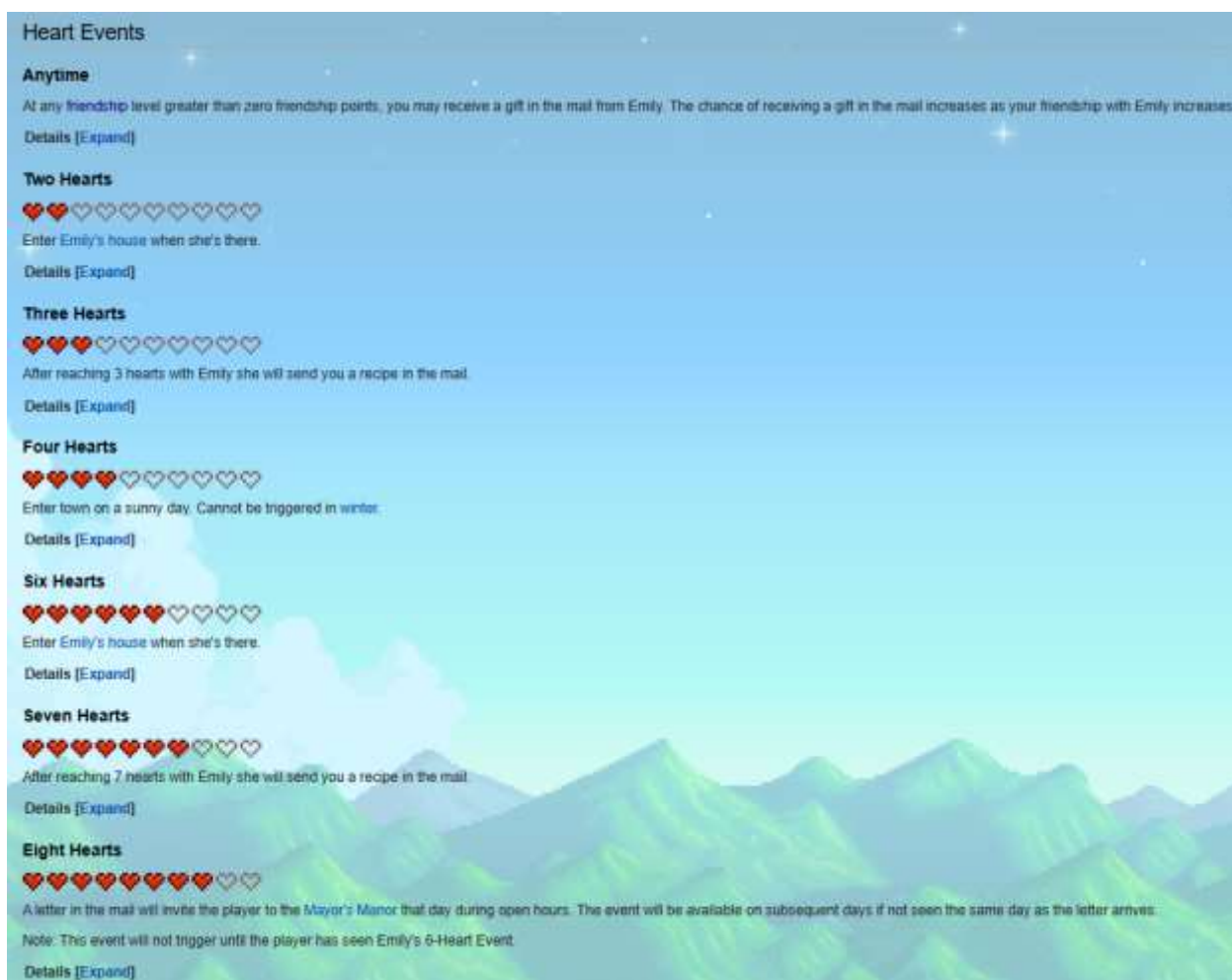


Рисунок 3.6. Приклади Подій серця у Емілі за різного рівня дружби [33]

Алгоритм по якому діють мешканці міста протягом дня заздалегідь прописаний і в загальній формі виглядає так (Рис. 3.7):

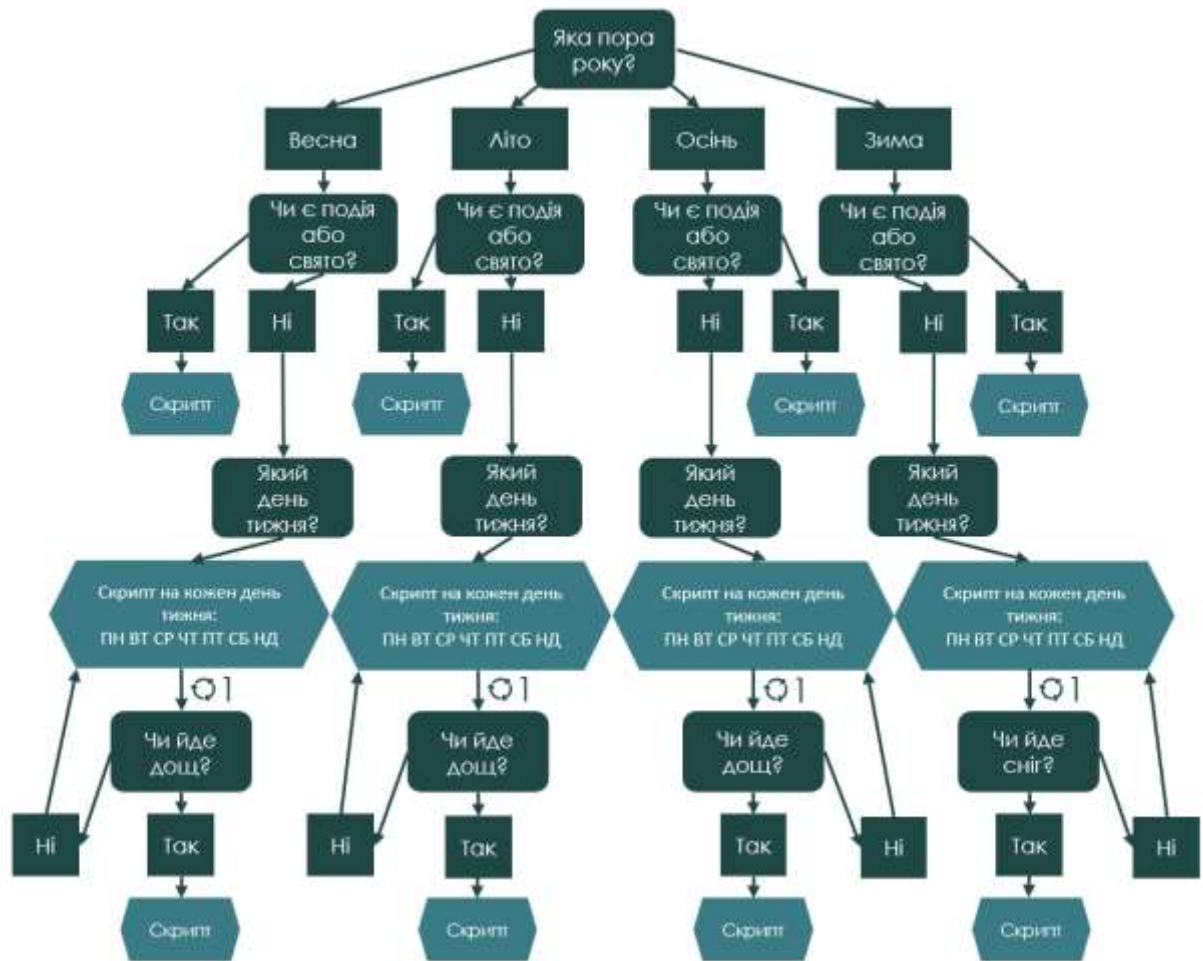


Рисунок 3.7. Загальний алгоритм NPC в грі Stardew Valley

1. Пробудження та початок дня

- Перевірка пори року

Весна - NPC коментують початок сезону і можуть брати участь у сезонних заходах, як-от посадка квітів.

Літо - багато NPC проводять час біля річки або на пляжі.

Осінь - деякі NPC готуються до свят, як-от Духовна Ніч, або відвідують ринок.

Зима - більшість NPC залишаються вдома через холод або йдуть у таверну. Взимку доступні зимові свята, де NPC зустрічаються з іншими мешканцями.

- Перевірка на особливу подію або свято

Так - якщо день фестивалю, як-от Фестиваль Цвітіння або Льодовий фестиваль, NPC прямують до місця свята.

Ні - перехід на наступний етап.

- Перевірка дня тижня

Особливо це важливо для NPC які мають професію, щоб розуміти, чи йти сьогодні на роботу, чи відпочивати у свій вихідний.

- Перевірка погоди

Дощова погода - NPC зазвичай залишаються вдома або йдуть до закритих приміщень.

Сонячна погода - більшість NPC йдуть до своїх робочих місць або гуляють містом.

Більшість NPC прокидається між 7:00 і 9:00 ранку. Вони починають свій день вдома, а потім прямують на роботу або виходять на прогулянку.

2. Робота та спілкування

З 9:00 до 16:00 більшість NPC працює або займається щоденними справами. Справи можуть бути різними в залежності від дня тижня.

3. Повернення додому або відпочинок

Зазвичай після 17:00 NPC завершують робочий день і прямують додому або до місць відпочинку.

4. Підготовка до сну

Якщо гравець має особливу подію з NPC на високому рівні стосунків, то після 20:00 може активуватися подія, де NPC запрошують гравця, як-от посидіти на природі або поговорити.

Більшість NPC завершують день о 22:00-24:00, ідучи спати, щоби відпочити перед новим днем.

Щоб мешканці виглядали більш реалістично, для кожного персонажа створений свій алгоритм розкладу дня. Наприклад розклад Сема залежить від пори року (Рис. 3.8), на відміну від розкладу Емілі (Рис. 3.9), якій не важливо пора року, а важливіше день тижня, тому в своєму алгоритмі вона пропускає етап з визначенням пори року.

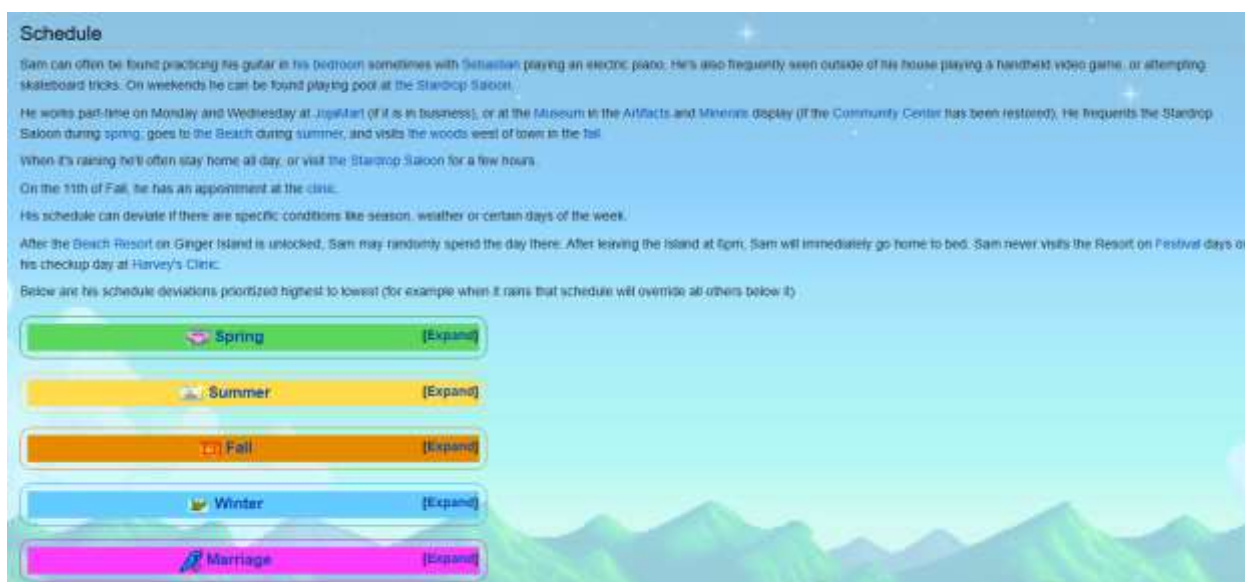


Рисунок 3.8. Варіанти розкладу дня Сема [35]

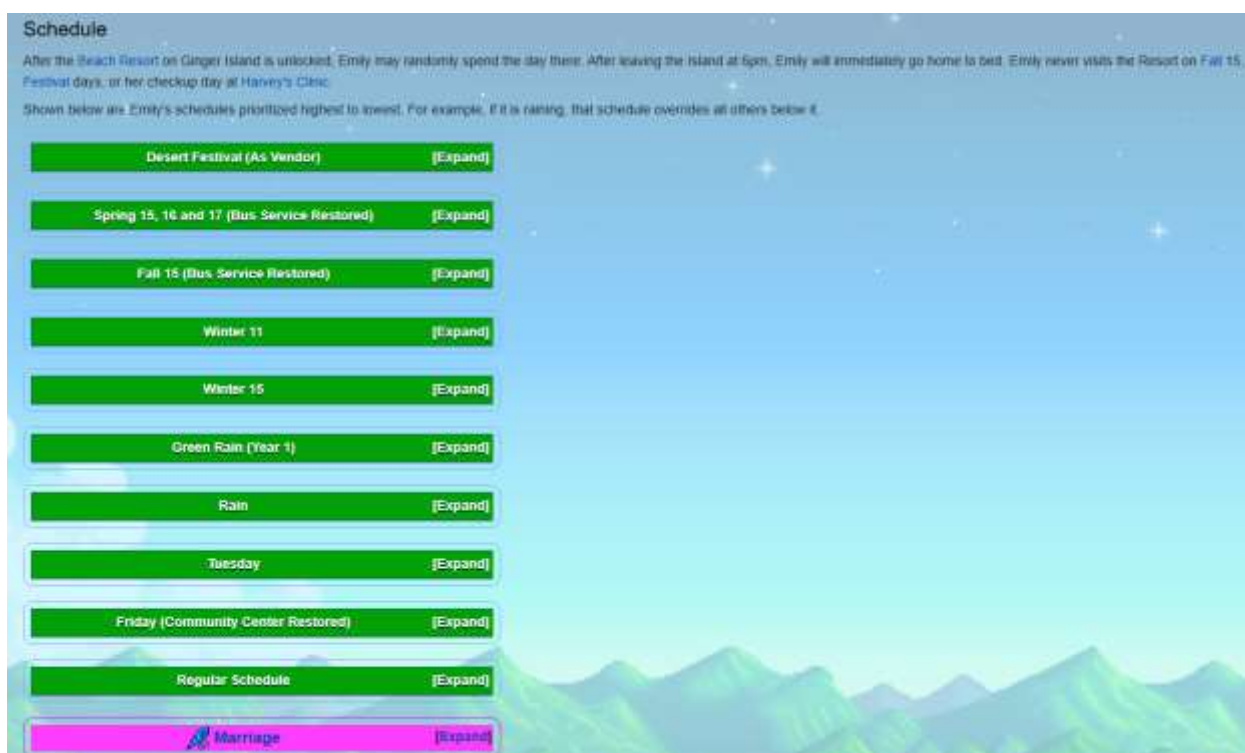


Рисунок 3.9. Варіанти розкладу дня Емілі [33]

Мешканці міста ніколи самі не вступають у діалог з гравцем, це може трапитись тільки якщо це прописано у сюжеті, відбувається фестиваль або свято або активувалась подія серця, тоді вони діють за задалегідь прописаному сценарію та їх репліки унікальні саме для цієї події. Свята повторюються кожен рік та мешканці завжди поведуть себе і говорять

однаково. Гравець в свою чергу може вступати у діалоги та дарувати подарунки, щоб підвищити рівень стосунків.

Гравець не може повноцінно вести діалог з мешканцями. Коли ініціюється діалог, NPC вибирає випадковим чином фразу зі свого списку, в той час як гравець не може навіть вибрати варіанти привітання чи відповіді.

Алгоритм взаємодії NPC із гравцем у Stardew Valley під час розмови або вручення подарунка:

1. Гравець ініціює діалог з NPC (Рис. 3.10)

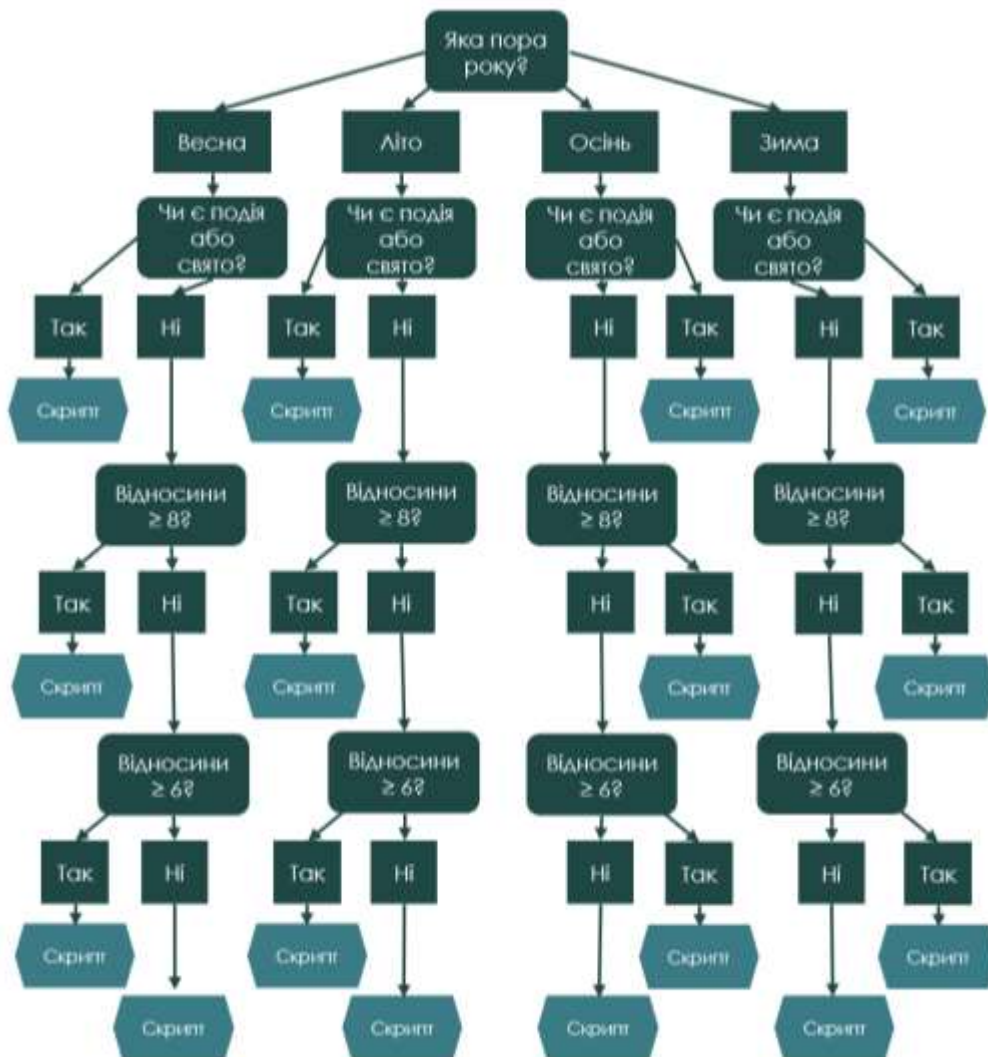


Рисунок 3.10. Алгоритм вибору відповіді NPC в діалозі

- Перевірка сезону та дня тижня

NPC обирає діалог на основі сезону, подій або дня тижня. Наприклад, взимку вони можуть говорити про холод, а на свята — про підготовку.

- Контекст (місцезнаходження та подія)

Якщо NPC перебуває на святі або в певному місці (наприклад, у таверні), він використовує специфічні репліки.

- **Перевірка рівня дружби**

Визначається рівень дружби з гравцем. Якщо гравець досягнув високого рівня, NPC може сказати щось особисте, або активується "подія серця", якщо вона доступна. Як правило фрази розділяють на три категорії за рівнем дружби: звичайні фрази, фрази з рівнем відносин 6-7, фрази з рівнем відносин 8 та більше.

- **Відповідь NPC**

Після визначення цих умов NPC обирає відповідну репліку і звертається до гравця.

2. Гравець дарує подарунок NPC (Рис. 3.11)

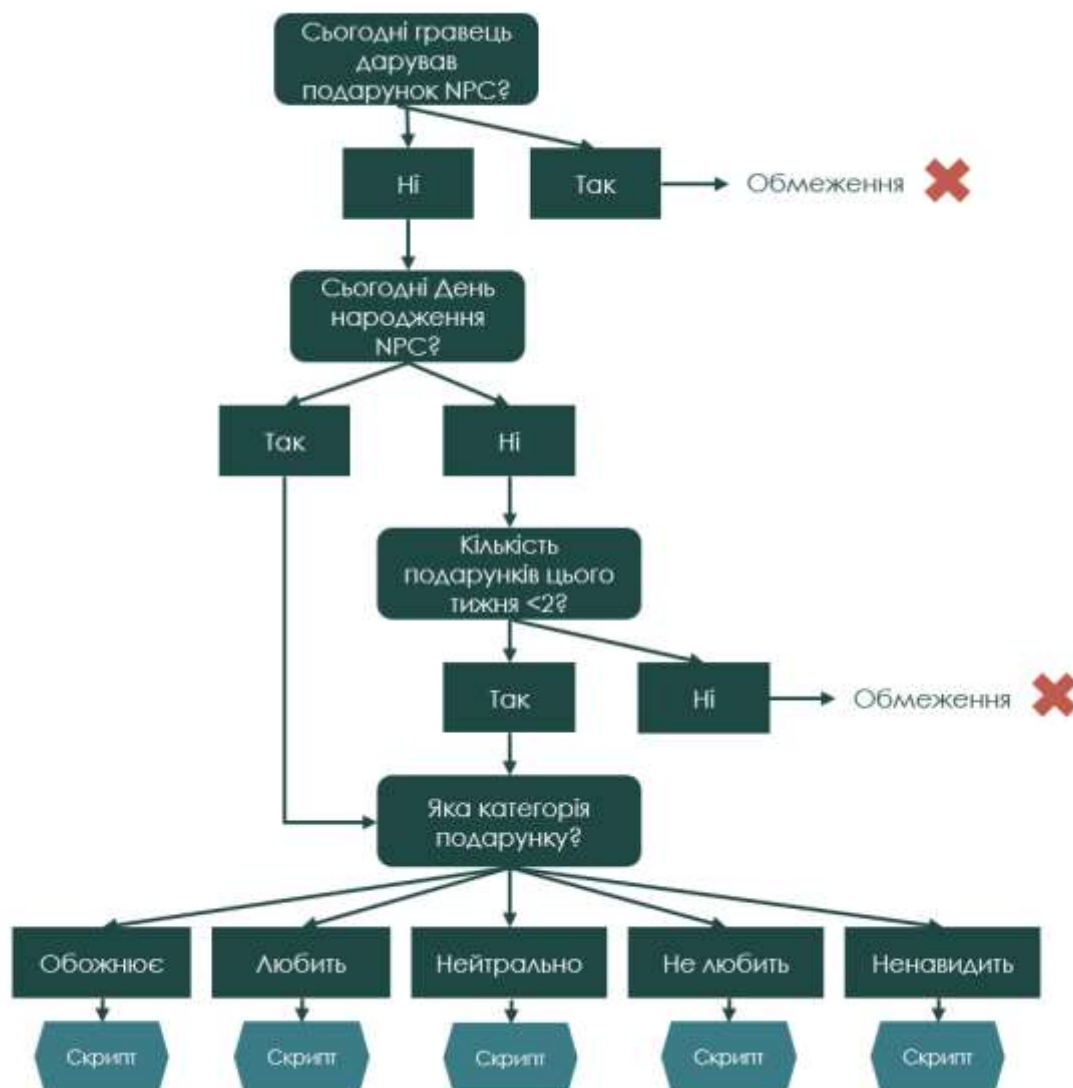


Рисунок 3.11. Алгоритм вибору відповіді NPC на подарунок

- Перевірка обмежень на день

Кожен NPC може прийняти лише один подарунок в день, тому гра враховує, чи можна ще дарувати подарунки цьому NPC.

Можна дарувати - перехід до наступного етапу

Не можна дарувати - гра обмежує здатність дарувати подарунок

- Перевірка дня народження

Так - наступний етап, Перевірка на обмеження на тиждень, не виконується.

Ні - перехід до наступного етапу

- Перевірка обмежень на тиждень

Кожен NPC може прийняти лише два подарунки на тиждень, тому гра враховує, чи можна ще дарувати подарунки цьому NPC.

Можна дарувати - перехід до наступного етапу

Не можна дарувати - гра обмежує здатність дарувати подарунок

- Перевірка списку вподобань NPC

У кожного NPC є список подарунків, які вони обожають, подобаються, нейтральні, не подобаються та ненавидять. Гра порівнює подарунок із цим списком.

- Вибір репліки на подарунок

Улюблений подарунок - NPC виражає велику радість, що підвищує рівень дружби.

Нейтральний подарунок - NPC ввічливо дякує, але рівень дружби не змінюється.

Ненависний подарунок - NPC висловлює розчарування, і рівень дружби знижується.

Список усіх улюблених та ненависних подарунків кожного неігрового персонажа можна знайти на фанатських сайтах гри, а також кількість очок дружби за різні подарунки та у різні дні (Рис. 3.12):

Реакція на подарунок	Звичайний	Зимова зоря (×5)	День народження (×8)
Любить	+80	+400	+640
Подобається	+45	+225	+360
Нейтрально	+20	+100	+160
Не подобається	-20	-100	-160
Жахливий	-40	-200	-320

Рисунок 3.12. Нарахування очок дружби за подарунки [36]

Після того як на екрані висвітилась відповідь мешканця, обмежений час він може стояти біля гравця, але пізніше він покидає гравця та прискорюється,

щоб наздогнати свій розклад, не зважаючи на те, що гравець може навіть не закрити діалог з цим NPC.

3.2 Обмеження NPC в грі Stardew Valley та як їх можна виправити за допомогою ШІ

NPC у Stardew Valley побудовані за класичним алгоритмом зі статичними розкладами та передбачуваною поведінкою. Хоча така структура забезпечує стабільність, вона значно обмежує глибину взаємодії і може знизити залученість гравців. Використання штучного інтелекту покращує ці алгоритми і робить NPC більш інтерактивними та реалістичними.

1. Статичні розклади NPC

NPC слідує жорстко запрограмованому розкладу і змінюється лише під впливом базових умов, таких як погода, дні тижня або пори року. Це робить поведінку персонажа передбачуваною і може зменшити зацікавленість ігровим світом. Наприклад, NPC завжди ходить на ринок по понеділках і проводить час у певних місцях незалежно від того, що відбувається в грі.

Застосування алгоритмів машинного навчання дозволить NPC динамічно змінювати свої маршрути у відповідь на поведінку гравця, зможуть аналізувати поведінку гравця і відповідно адаптувати свій розклад. Наприклад, якщо гравець часто відвідує певну локацію, NPC можуть уникати цього місця або, навпаки, намагатися зустрітися з гравцем. Персонажі також можуть обирати нові місця для блукань відповідно до своїх «смаків» чи «настрою», що підвищує реалістичність їхньої поведінки.

Моделювання поведінки на основі графів Маркова. ШІ прогнозує події та локації, де гравець може з'явитися, аналізуючи минулу поведінку гравця, його місцезнаходження та частоту появи в даній локації. Використовуючи цей граф, NPC можуть змінювати локації та маршрути, які вони відвідують, залежно від їхнього настрою або пори року.

Алгоритм адаптивного графа додає вузли стану до графа програми NPC. Кожен вузол містить «змінну настрою» (наприклад, веселий, сумний, стурбований) і фактор, який NPC враховує при зміні маршруту (наприклад, «гравець поблизу», «свято», «досягнення гравця»).

2. Примітивні діалоги

Діалоги NPC часто повторюються і залежать лише від базових умов (дружба, день тижня, пора року). Погравши кілька сезонів, гравці швидко запам'ятовують фрази персонажів, що знижує інтерактивність спілкування.

Застосування обробки природної мови (NLP) дозволяє NPC створювати унікальні діалоги в реальному часі. Використовуючи мовні моделі, NPC можуть «пам'ятати» минулі розмови і змінювати свої відповіді відповідно до контексту. Наприклад, персонаж може згадати розмову минулого тижня і створити ілюзію, що він її пам'ятає. Це робить спілкування з кожним NPC більш особистим та унікальним і може значно підвищити інтерес гравця до гри.

3. Обмежена реакція на подарунки

Реакції NPC на подарунки часто стандартизовані і базуються на простому списку «подобається» і «не подобається». В результаті гравці швидко звикають до передбачуваних реакцій персонажів, що нівелює унікальність і значущість подарунка.

Використовуючи алгоритм рекомендацій, NPC можуть реагувати на подарунки більш персоналізовано: ШІ може аналізувати подарунки, які гравці часто дарують конкретному персонажу, і надавати різні відповіді NPC. Наприклад, якщо гравець часто дарує один і той самий предмет, NPC може пожартувати з цього приводу або висловити вдячність чи захоплення. Залежно від ситуації та попередніх подарунків, можна додати нові реакції, щоб підвищити залученість гравця.

4. Брак емоційної глибини

NPC не мають змінних емоційних станів, а їхня поведінка не відображає змін у стосунках з гравцем, за винятком індикатора дружби. Це обмежує відчуття емоційного зв'язку між гравцем і персонажем.

Моделювання настрою та емоцій NPC за допомогою штучного інтелекту дозволяє персонажам змінювати свою поведінку залежно від їхніх стосунків з гравцем. Наприклад, якщо гравець довго не спілкувався з певним NPC, він може віддалитися або висловити занепокоєння. І навпаки, якщо рівень дружби високий, він може проявити більше ініціативи у спілкуванні. Така система дозволяє кожному NPC мати індивідуальний емоційний стан, який змінюється залежно від його взаємодії з гравцем.

Алгоритм моделювання емоційних станів додає кожному NPC змінну настрою, яка змінюється під впливом поведінки гравця та подій у світі.

Сумний настрій - якщо гравець забув про день народження NPC або давно не взаємодіяв з ним.

Радісний настрій - якщо гравець подарував NPC особливий подарунок або відвідав якусь подію.

Настрій відображається у мові та поведінці. NPC у щасливому настрої буде говорити більше позитивних речей, починати більше позитивних розмов і дарувати подарунки. Сумні або розчаровані NPC уникатимуть гравця або даватимуть короткі відповіді.

5. Просте сприйняття подій у грі

NPC в грі не враховують важливі зміни, які відбуваються в ігровому світі, наприклад, успіхи гравця на фермі або участь у фестивальных заходах. Це може знижувати враження від досягнень, оскільки NPC не демонструють жодних реакцій на них.

Завдяки впровадженню системи відстеження, NPC можуть «бачити» певні дії гравця. Наприклад, якщо гравець зібрав великий урожай або переміг на фестивалі, NPC зможе повідомити про це за допомогою діалогу або реакції. Такий підхід робить гру більш інтерактивною, оскільки NPC реагують на події у світі так само, як і реальні персонажі та ці події впливають на їх настрій. Це

також забезпечує новий рівень занурення, оскільки гравці можуть бачити вплив своїх дій на ігрове середовище.

Загалом, використання ШІ для покращення поведінки NPC у Stardew Valley створює більш яскравий та інтерактивний світ, де кожен персонаж має індивідуальні характеристики та більш реалістично реагує на події. Це підвищує емпатію гравця, робить ігровий процес цікавішим і динамічнішим, а також надає нові можливості для розвитку сюжету.

3.3 Алгоритм штучного інтелекту для NPC в грі Stardew Valley

Алгоритм штучного інтелекту для NPC в грі Stardew Valley виглядає так (Рис. 3.13):

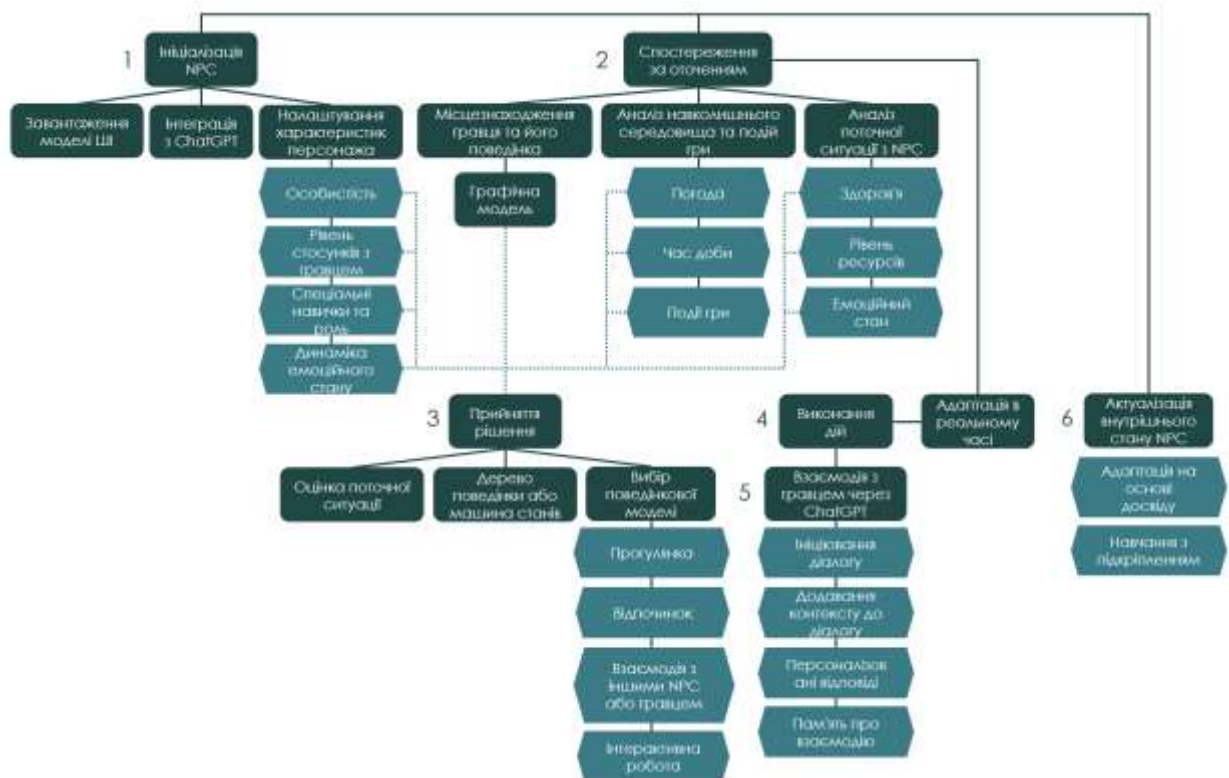


Рисунок 3.13. Алгоритм штучного інтелекту для NPC в грі Stardew Valley

1. Ініціалізація NPC

Завантаження моделі ШІ.

Модель ШІ, заснована на нейронній мережі або дереві рішень, завантажується під час запуску гри. Вона відповідає за поведінкові аспекти NPC, особливо за вибір і корекцію соціальних взаємодій, діалогів і емоцій.

У випадку *Stardew Valley*, NPC не мають агресивних характеристик (як вороги), але важливо враховувати їхню соціальну поведінку. Нейронна мережа або дерево рішень можуть використовуватися для моделювання поведінки персонажів у соціальних взаємодіях. Інтеграція ChatGPT забезпечить ведення діалогів і персоналізацію відповідей.

Інтеграція з ChatGPT. Дозволяє NPC генерувати природні діалоги, адаптовані до певного контексту, з урахуванням їх характеру та настрою.

Налаштування характеристик персонажа. Для кожного NPC встановлюються такі параметри:

Особистість. Кожному NPC присвоюються унікальні риси характеру, такі як дружелюбність, відстороненість або гумор. Ці риси впливають на вибір діалогу та поведінку NPC під час взаємодії з гравцем.

Рівень стосунків з гравцем. Рівень стосунків визначає інтенсивність розмови та відкритість NPC до гравця. Цей параметр збільшується або зменшується завдяки діям гравця.

Спеціальні навички та роль. NPC мають свої ролі в грі (фермер, торговець, ремісник), а також базові рутинні завдання та пов'язані з ними моделі поведінки.

Динаміка емоційного стану. Настрій NPC (наприклад, веселий, сумний, втомлений) залежить від поведінки гравця та подій у грі. Це впливає на те, як NPC реагують у діалогах і наскільки вони активні в даний момент.

Приклад програмного коду першого етапу Ініціалізація NPC наведено в Додатку 1.

2. Спостереження за оточенням

Місцезнаходження гравця та його поведінка. NPC постійно збирають дані про місцезнаходження гравця, його майно та поведінку (наприклад,

допомога іншим NPC, дарування подарунків). На основі цього аналізується ймовірність появи гравця в певній локації.

Графічна модель (на основі графів Маркова). Цей метод прогнозує поведінку гравця, відстежуючи частоту відвідування певної локації, і допомагає NPC коригувати свою поведінку, вибираючи відповідні маршрути.

Аналіз навколишнього середовища та подій гри.

Погода. NPC змінюють свою поведінку залежно від погоди (наприклад, залишаються вдома в дощові дні).

Час доби. NPC дотримуються розкладу, що базується на часі (ранок, день, ніч).

Події гри. У святкові та урочисті дні NPC поведуться інакше, ніж зазвичай - вони можуть бути більш дружелюбними, організовувати зустрічі або запрошувати гравців на заходи.

Приклад програмного коду для аналізу оточення:

```
private void AnalyzeEnvironment (NPC npc)
{
    if (Game1.isFestival())
    {
        Mood = "Excited";
    }
    else if (Game1.isRaining)
    {
        Mood = "Melancholy";
    }

    // Динаміка поведінки в залежності від дня
    if (Game1.timeOfDay > 1800)
    {
        npc.doEmote(32); // Додає певну дію (наприклад, позіхання)
    }
}
```

Аналіз поточної ситуації з NPC.

Здоров'я. NPC можуть втомлюватися після важкої роботи, що впливає на їхні дії та діалог.

Рівень ресурсів. Наприклад, торговці стежать за запасами товарів і не пропонують додаткові товари, коли вони закінчуються.

Емоційний стан. NPC судять про свій настрій за подіями (наприклад, вони можуть зрадіти подарунку або розсердитися, що гравець довго не звертав на них уваги).

3. Прийняття рішення

Оцінка поточної ситуації. NPC використовує дані з навколишнього середовища та своїх внутрішніх станів для вибору дій.

Наприклад, якщо NPC бачить гравця поруч, він може вирішити розпочати діалог або просто привітатися. Якщо гравець подарував подарунок, NPC вирішує, як на це відреагувати (подякувати, висловити радість або незадоволення).

Використання дерева поведінки або машини станів.

Кожен NPC має різні стани (наприклад, працює, відпочиває, взаємодіє з гравцем), які змінюються відповідно до умов.

Умови зміни стану включають місцезнаходження гравця, настрої NPC та тип події. Наприклад, якщо NPC доброзичливий і балакучий, він буде задавати гравцеві питання про те, як пройшов день.

Приклад програмного коду для дерева поведінки:

```
public class BehaviorTree
{
    public void Evaluate(NPC npc)
    {
        if (Game1.isFestival())
        {
            npc.doEmote(20); // NPC реагує на фестиваль
        }
        else if (Game1.player.getFriendshipLevelForNPC(npc.Name) > 250)
        {
            npc.doEmote(32); // NPC стає дружелюбним
        }
    }
}
```

Вибір поведінкової моделі.

Прогоулянка або відпочинок в залежності від часу, погоди та поточних подій.

Взаємодія з іншими NPC або гравцем. Якщо поблизу є інші NPC, він може обговорити з ними певні теми (наприклад, події, новини).

Інтерактивна робота. Поки фермер працює в полі, купець може підготувати товари відповідно до наявних ресурсів і потреб.

4. Виконання дій

NPC виконує обрану дію. Наприклад, він може йти до гравця, використовувати ChatGPT, щоб створити діалог і почати розмову, або використовувати алгоритм A*, щоб уникнути перешкод і переміститися в іншу локацію.

Приклад програмного коду для реалізації поведінки NPC:

```
private void PerformAction(NPC npc)
{
    if (Mood == "Happy")
    {
        npc.tryToMoveInDirection(2, false, 100, true); // NPC іде у певному напрямку
    }
    else if (Mood == "Sad")
    {
        npc.doEmote(28); // Викликає "сумний" вираз обличчя
    }
}
```

Адаптація в реальному часі. Якщо NPC стикається зі зміною в процесі виконання дії (наприклад, злива або несподівана поява гравця), NPC скоригує свою поведінку. Наприклад, якщо NPC знайде гравця поблизу, він піде до нього або змінить свій маршрут.

5. Взаємодія з гравцем через ChatGPT

Ініціювання діалогу.

Коли NPC хоче почати розмову, він використовує ChatGPT, щоб згенерувати персоналізовану відповідь. Гравець може задавати різні питання і теми, а ChatGPT генерує природні відповіді, які враховують емоційний стан і особистість NPC.

Додавання контексту до діалогу

Кожна відповідь ChatGPT містить контекст, такий як поточний статус NPC, його роль, місцезнаходження, час доби, рівень відносин з гравцем і нещодавні події в грі. Цей контекст дозволяє NPC пам'ятати попередні розмови та важливі події.

Персоналізовані відповіді.

ChatGPT підлаштовує відповіді до конкретного настрою NPC. Наприклад, NPC з хорошими стосунками відповідатимуть у дружній і заспокійливій манері, тоді як NPC у поганому настрої відповідатимуть коротко і пасивно.

Пам'ять про взаємодію.

NPC можуть запам'ятовувати попередні взаємодії і посилатися на них у майбутніх розмовах.

б. Актуалізація внутрішнього стану NPC.

Адаптація на основі досвіду.

NPC змінюють свою поведінку відповідно до попередніх взаємодій. Наприклад, якщо гравець довго не взаємодіяв з NPC, він може стати менш дружелюбним і відстороненим. Якщо ж гравець поводитиметься турботливо, то NPC стане більш дружелюбним і відкритим.

Навчання через взаємодію (навчання з підкріпленням).

Навчання з підкріпленням дозволяє NPC аналізувати успіх або невдачу попередніх дій. Наприклад, якщо гравцеві сподобалося привітання NPC, то NPC з більшою ймовірністю повторить цю поведінку. Якщо гравець дарує проханий подарунок, NPC відчуває позитивні емоції і переходить до більш відкритої та дружньої стратегії взаємодії.

Алгоритм дозволяє NPC Stardew Valley адаптувати свою поведінку, мову та емоційні реакції до кожної ситуації, беручи до уваги поведінку гравця, внутрішньоігрові події та поточний настрій. Це створює динамічний, живий світ, де взаємодія з NPC є невід'ємною частиною ігрового процесу.

Загальний вид програмного коду для впровадження цього алгоритму наведений в Додатку 2.

3.4 Результати впровадження алгоритму ШІ для NPC в Stardew Valley для гравців

Впровадження алгоритмів ШІ для NPC в Stardew Valley може значно змінити і покращити досвід гравця, створюючи більш інтерактивну, емоційну та реалістичну атмосферу. Ось детальніше, як це може вплинути на гравців у різних аспектах гри:

1. Персоналізовані взаємодії з NPC

Один з найбільших ефектів від впровадження ШІ для NPC — це створення глибших і більш персоналізованих стосунків між гравцем і персонажами. Кожен NPC тепер буде мати власну особистість і реагувати на дії гравця в залежності від його поведінки. Наприклад, якщо гравець піклується про персонажа, дарує подарунки або проводить час з ним, NPC стане більш відкритим, дружелюбним і привітним. Якщо ж гравець ігнорує персонажа або ображає його, це може призвести до зниження рівня довіри або навіть конфлікту.

Це дозволяє гравцю відчувати реальні наслідки своїх дій. NPC "пам'ятають" попередні взаємодії і можуть згадувати їх у майбутніх діалогах, що додає відчуття, що гравець справді взаємодіє з живими персонажами, а не з набором статичних об'єктів. Наприклад, після тривалого періоду відсутності гравець може почути від NPC зауваження на кшталт: "Ти довго не приходив, я скучив за нашими розмовами".

2. Живий світ з реалістичними змінами

Інтеграція ШІ дозволяє NPC реагувати на зміни у навколишньому середовищі, такі як погода, час доби, сезонні зміни та події в грі. Ці динамічні зміни додають відчуття реалістичності та змінюваності світу. Наприклад, влітку персонажі можуть бути більш активними, організовувати свята або запрошувати гравця на пікніки, тоді як взимку вони можуть ставати більш замкнутими та спокійними, проводячи час вдома. У дощову погоду вони

можуть залишатися в приміщенні, а якщо сонячно — більше часу проводити на вулиці.

Що важливо, NPC реагуватимуть не лише на погоду, а й на інші аспекти світу. Якщо, наприклад, відбудеться важлива подія — свято чи катастрофа — NPC змінюватимуть свою поведінку, роблячи гру більш динамічною. Гравець може потрапити на святкування нового року або подивитись, як NPC готуються до місцевих заходів. Це додасть глибини світу, оскільки відчуття, що час і події мають вплив на світ і персонажів, буде реальнішим.

3. Глибші соціальні динаміки між NPC

Завдяки ШІ NPC можуть не тільки змінювати свою поведінку на основі взаємодії з гравцем, а й взаємодіяти один з одним, створюючи складні соціальні мережі та динаміки. Це означає, що NPC можуть мати свої власні стосунки між собою: дружити, сваритися або допомагати один одному в разі потреби. Це в свою чергу може вплинути на гравця — якщо два NPC мають конфлікт, вони можуть ставати менш доступними або навіть уникати взаємодії з гравцем через свої особисті непорозуміння.

Наприклад, якщо два персонажі мають хороші стосунки, вони можуть разом організовувати заходи чи святкування, куди гравець може бути запрошений. Це створює додаткову складність у взаємодіях, оскільки гравець може впливати на відносини між персонажами, допомагаючи їм залагоджувати конфлікти або підтримуючи дружбу.

4. Відчуття реальних емоцій через діалоги та взаємодії

Завдяки адаптивним діалогам NPC можуть змінювати свою поведінку в залежності від емоційного стану. Якщо гравець проявляє доброту і турботу, NPC будуть відповідати тепло та з вдячністю. У разі, якщо гравець чинить негативно або ігнорує NPC, його реакція буде більш холодною чи навіть агресивною. Наприклад, якщо гравець допомагає NPC в важкий момент, той може сказати: "Ти справжній друг, я дуже це ціную". А якщо гравець ігнорує персонажа або не пам'ятає важливу подію, NPC може сказати: "Ти знову забув про мене? Мені сумно..."

Це дозволяє гравцеві відчутти, що його дії мають значення і впливають на емоції та поведінку NPC. Персонажі можуть показувати не тільки радість чи вдячність, а й сум чи навіть гнів, що робить взаємодії з ними більш реалістичними та емоційно насиченими.

5. Підвищення занурення через історії та розвиток персонажів

NPC будуть ділитися своїми особистими історіями, переживаннями та мріями, якщо гравець стане близьким другом. Це дасть можливість глибше зануритись у кожного персонажа та краще зрозуміти його мотивацію, переживання та цілі. Кожен NPC може мати свою унікальну історію, яка відкривається в залежності від того, як гравець взаємодіє з ним.

Так, наприклад, персонажі можуть ділитися спогадами про своє дитинство, розповідати про свої страхи або мрії на майбутнє, якщо стосунки з ними досягли високого рівня. Це створює більш глибоке занурення у світ гри та дає можливість гравцеві не лише виконувати завдання, а й переживати важливі моменти разом з NPC.

6. Зміни в грі через емоційні і соціальні реакції

Одним із основних ефектів інтеграції ІШ є те, що світ гри стає живим і змінним, залежно від емоційних і соціальних реакцій NPC. Гравець зможе відчувати, що його дії мають реальний вплив на навколишній світ, що всі зміни, навіть на мікрорівні, можуть призвести до великих змін у соціальній ігровій динаміці.

Наприклад, якщо NPC будуть реагувати на певні події (свята, катастрофи, важливі життєві події), це може змінити їхню поведінку та взаємодії з гравцем. Це дозволяє створювати багатогранний і динамічний світ, де не тільки гравець, але й NPC активно впливають на хід подій.

Впровадження алгоритму ІШ для NPC в Stardew Valley створює значну різницю в досвіді гри, роблячи світ більш живим і змінюваним, а взаємодії з персонажами — більш глибокими та емоційно насиченими. Гравці відчують, що їхні дії і вибори дійсно мають значення і впливають на навколишній світ, що дозволяє їм поглиблювати стосунки з персонажами, брати участь у

соціальних динаміках і переживати захоплюючі моменти. Ці зміни зроблять гру не лише більш цікавою, але й емоційно насиченою та персоналізованою.

Висновки до розділу 3

1. Жорстко прописані алгоритми NPC у Stardew Valley створюють передбачувану поведінку персонажів, що обмежує їхню реалістичність та інтерактивність. Використання статичних розкладів не дозволяє NPC адаптуватися до змін у грі, таких як дії гравця, погода чи події.

2. Алгоритми ШІ здатні зробити NPC більш динамічними та інтерактивними. Вони дозволяють персонажам змінювати свою поведінку залежно від контексту, наприклад, коригувати маршрути, враховуючи дії гравця чи умови в ігровому середовищі.

3. Розробка унікальних діалогів за допомогою обробки природної мови (NLP) відкриває можливість створювати персоналізовані розмови між гравцем і NPC. Це робить взаємодію більш реалістичною та цікавою, оскільки NPC можуть "пам'ятати" попередні розмови і реагувати на них.

4. Покращення реакцій NPC на дії гравця включає динамічне реагування на подарунки, запити чи допомогу. NPC можуть демонструвати емоції, наприклад, радість або розчарування, залежно від ситуації, що підвищує емоційну залученість гравця.

5. Введення емоційних станів NPC дає змогу персонажам реагувати на ігрові події та взаємодії з гравцем. Наприклад, вони можуть змінювати свій настрій залежно від уваги, яку їм приділяють, чи відзначати важливі події в ігровому світі.

6. Інтеграція мовних моделей, таких як ChatGPT, дозволяє створювати багатогранні діалоги та персоналізовані відповіді NPC. Це забезпечує реалістичне спілкування і створює враження, що гравець спілкується з живими персонажами.

7. Використання ШІ для соціальної взаємодії NPC відкриває нові можливості для створення глибших зв'язків між персонажами та гравцем. NPC можуть розвивати стосунки один з одним, демонструвати конфлікти, дружбу чи підтримку, що робить світ гри більш живим.

8. Динамічний ігровий світ, створений завдяки ШІ, підвищує реалістичність. NPC тепер можуть реагувати на досягнення гравця, змінювати поведінку залежно від змін у середовищі та брати активну участь у подіях, таких як свята чи фестивалі.

9. Підвищення занурення гравця стає можливим завдяки інтерактивним сюжетам та емоційним зв'язкам з NPC. Персонажі тепер можуть демонструвати індивідуальні риси, історії та реагувати на взаємодії, створюючи більш глибокий і захоплюючий досвід.

10. Реалізація алгоритмів ШІ для NPC у Stardew Valley демонструє великий потенціал технології для покращення ігрового досвіду, додаючи інноваційні рішення, які роблять гру цікавішою, динамічнішою та емоційно насиченою.

ВИСНОВКИ

Сьогодні все більше уваги приділяється впровадженню штучного інтелекту (ШІ) у різні галузі. Проведений аналіз літературної бази продемонстрував важливість ШІ як ключової технології сучасності, яка активно трансформує підходи до автоматизації, адаптивності та взаємодії у багатьох галузях, включаючи медицину, бізнес, освіту та розваги. Штучний інтелект відкриває нові горизонти для створення інноваційних рішень, здатних значно підвищити якість і продуктивність послуг, але водночас його розвиток супроводжується рядом викликів та потребує подальших досліджень.

Особливе значення дослідження має в контексті індустрії відеоігор, де використання ШІ у цій сфері дозволяє не лише оптимізувати процес розробки ігор, але й значно покращити досвід гравців, забезпечуючи емоційне занурення та індивідуалізований підхід. Завдяки алгоритмам ШІ NPC отримують можливість адаптувати свою поведінку до змін ігрового середовища, реагувати на дії гравця та демонструвати емоційну глибину, що значно підвищує рівень занурення у гру.

У рамках цього дослідження було проведено аналіз існуючих методів застосування ШІ у відеоіграх, а також розроблено алгоритм для NPC у грі Stardew Valley, що дозволяє значно покращити взаємодію гравця з ігровим середовищем. Розроблений алгоритм впроваджує динамічну поведінку NPC, що враховує дії гравця, зміну погодних умов, події у грі та інші фактори, створюючи більш реалістичну та захопливу ігрову атмосферу.

Аналіз результатів впровадження алгоритму показав, що використання ШІ значно підвищує реалістичність NPC, забезпечуючи персоналізовану реакцію на дії гравця та розвиток соціальних зв'язків між персонажами. Крім того, алгоритм дозволяє NPC адаптувати свої діалоги, маршрути та поведінку залежно від контексту, що створює ефект «живого» ігрового світу.

Використання сучасних технологій ШІ, таких як обробка природної мови, машинне навчання та генеративні моделі, відкриває можливість

створення унікальних ігрових сценаріїв, які адаптуються під індивідуальні уподобання гравців. Це сприяє покращенню якості ігор, збільшенню часу залучення аудиторії та підвищенню загального рівня задоволеності гравців.

Зокрема, впровадження алгоритмів ШІ може бути використане для автоматизації створення ігрового контенту, процедурної генерації ігрових світів, удосконалення поведінки NPC та оптимізації тестування ігор. Однак важливо зазначити, що подальший розвиток цієї технології потребує вирішення низки технічних та етичних питань, включаючи забезпечення конфіденційності даних користувачів, усунення алгоритмічної упередженості та підтримку балансу між автоматизацією та творчістю розробників.

Таким чином, проведене дослідження підтверджує важливість розвитку технологій ШІ у відеоіграх та демонструє їх значний потенціал для вдосконалення як ігрового процесу, так і взаємодії гравців із цифровим середовищем. Сфера використання ШІ у відеоіграх ще має великий потенціал для подальшого розвитку. Основними напрямками залишаються покращення процедурної генерації контенту, створення більш складних алгоритмів для NPC, інтеграція мовних моделей для реалістичних діалогів та вдосконалення технологій адаптації ігрового процесу під потреби гравця. Результати цієї роботи можуть бути використані для подальшого вдосконалення методів ШІ та створення більш інноваційних ігрових продуктів. Однак необхідно продовжувати дослідження у цій галузі, щоб забезпечити ефективне, безпечне та етичне впровадження ШІ у відеоігрову індустрію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. GigaCloud. Що таке штучний інтелект: історія, види та складові. 2023. URL: <https://gigacloud.ua/blog/navchannja/scho-take-shtuchnij-intelekt-istorija-vidi-ta-skladovi> (дата звернення: 13.08.2024)
2. Coursera Staff. What Is Artificial Intelligence? Definition, Uses, and Types. 2024. URL: <https://www.coursera.org/articles/what-is-artificial-intelligence> (дата звернення: 13.08.2024)
3. B.J. Copeland. Artificial intelligence. 2024. URL: <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence> (дата звернення: 13.08.2024)
4. Martin Fischer. How to train with ChessBase 15. 2019. URL: <https://en.chessbase.com/post/tutorial-chessbase-15-training-with-engine-analysis> (дата звернення: 17.08.2024)
5. Wayne Xin Zhao, Kun Zhou, Junyi Li, Tianyi Tang etc. A Survey of Large Language Models. 2024. URL: <https://arxiv.org/pdf/2303.18223> (дата звернення: 17.08.2024)
6. Cole Stryker, Eda Kavlakoglu. What is AI? 2024. URL: <https://www.ibm.com/topics/artificial-intelligence> (дата звернення: 17.08.2024)
7. Lev Craig. What is AI? Artificial Intelligence explained. 2024. URL: <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/AI-Artificial-Intelligence> (дата звернення: 18.08.2024)
8. Ellen Glover. What Is Artificial Intelligence (AI)? 2024. URL: <https://builtin.com/artificial-intelligence> (дата звернення: 20.08.2024)
9. Sunny Betz. 7 Types of Artificial Intelligence. 2024. URL: <https://builtin.com/artificial-intelligence/types-of-artificial-intelligence> (дата звернення: 20.08.2024)
10. Eurodental. Штучний інтелект. 2023. URL: <https://www.eurodental.com.ua/ua/services/shtuchnyj-intelekt> (дата звернення: 21.08.2024)
11. Google Cloud. What are AI applications? URL: <https://cloud.google.com/discover/ai-applications> (дата звернення: 26.08.2024)
12. Wezom. Cooper&Hunter: застосували ШІ для обробки телефонних звернень клієнтів. URL: <https://wezom.com.ua/ua/portfolio/case-cooperhunter-voip> (дата звернення: 27.08.2024)

13. ChatGPT. URL: <https://chatgpt.com/> (дата звернення: 27.08.2024)
14. Sabrina Ortiz. Credit Karma unveils updated AI tools to help you better understand your finances. 2024. URL: <https://www.zdnet.com/article/credit-karma-unveils-updated-ai-tools-to-help-you-better-understand-your-finances/> (дата звернення: 02.09.2024)
15. Вікторія Кіхтенко. Spotify додав ШІ-функцію, яка дозволяє створювати плейліст за текстовими підказками. 2024. URL: <https://www.village.com.ua/village/business/news/349537-spotify-dodav-shi-funktsiyu-yaka-dozvolyaє-stvoryuvati-pleylist-za-tekstovimi-pidkazkami> (дата звернення: 02.09.2024)
16. NVIDIA GeForce. NVIDIA ACE | NVIDIA x Inworld AI - Pushing the Boundaries of Game Characters in Covert Protocol. 2024. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=uryeFhnNzEs> (дата звернення: 07.09.2024)
17. Avijeet Biswal. 24 Cutting-Edge Artificial Intelligence Applications in 2024. 2024. URL: <https://www.simplilearn.com/tutorials/artificial-intelligence-tutorial/artificial-intelligence-applications> (дата звернення: 08.09.2024)
18. Market Trends. The Evolution of Artificial Intelligence in Video Games. 2020. URL: <https://www.analyticsinsight.net/artificial-intelligence/the-evolution-of-artificial-intelligence-in-video-games> (дата звернення: 09.09.2024)
19. Columbia Engineering. The Future of Artificial Intelligence in Video Games. URL: <https://ai.engineering.columbia.edu/ai-applications/ai-video-games/> (дата звернення: 11.09.2024)
20. NVIDIA. NVIDIA DLSS 3 Max FPS. Max Quality. Powered by AI. URL: <https://www.nvidia.com/en-us/geforce/technologies/dlss/> (дата звернення: 11.09.2024)
21. NVIDIA GeForce. Cyberpunk 2077 | Ray Reconstruction Off/On Comparison. 2023. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=bTJYvtPRRcM> (дата звернення: 11.09.2024)
22. Gentleman. Nvidia DLSS 2.0 or How to Boost FPS and Graphics on RTX Video Card? (Control). 2020. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=r3fDIvsLrSM> (дата звернення: 13.09.2024)
23. Inworld Team. Inworld study on the future of NPCs finds 99% of gamers think AI will enhance gameplay. 2023. URL: <https://www.inworld.ai/blog/future-of-npcs-report> (дата звернення: 13.09.2024)
24. NVIDIA Game Developer. NVIDIA ACE for Games Sparks Life Into Virtual Characters With Generative AI. 2023. URL:

<https://www.youtube.com/watch?v=nAEQdF3JAJ0&t=121s> (дата звернення: 16.09.2024)

25. Nick Walton. AI Dungeon 2. 2019. URL: <https://aidungeon.cc/> (дата звернення: 20.09.2024)

26. Jeremy DSouza. What is AI in Gaming Industry (40+ AI Powered Games in 2024). 2024. URL: <https://www.engati.com/blog/ai-for-gaming> (дата звернення: 24.09.2024)

27. Noor A. Mirza. Artificial Intelligence in video games: Pros and Cons. 2023/ URL: <https://www.linkedin.com/pulse/artificial-intelligence-video-games-pros-cons-noor-abbas-mirza> (дата звернення: 24.09.2024)

28. Travis McIntosh. Human Enemy AI in The Last of Us. 2019. URL: https://www.gameapro.com/GameAIPro2/GameAIPro2_Chapter34_Human_Enemy_AI_in_The_Last_of_Us.pdf (дата звернення: 27.09.2024)

29. Mark Botta. Infected AI in The Last of Us. 2019. URL: https://www.gameapro.com/GameAIPro2/GameAIPro2_Chapter33_Infected_AI_in_The_Last_of_Us.pdf (дата звернення: 27.09.2024)

30. Вікіпедія. Stardew Valley. 2024. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Stardew_Valley (дата звернення: 10.10.2024)

31. Wikipedia. Stardew Valley. 2024. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Stardew_Valley (дата звернення: 10.10.2024)

32. STARDEW VALLEY Wiki. Villagers. 2024. URL: <https://stardewvalleywiki.com/Villagers> (дата звернення: 10.10.2024)

33. STARDEW VALLEY Wiki. Emily. 2024. URL: <https://stardewvalleywiki.com/Emily> (дата звернення: 13.10.2024)

34. STARDEW VALLEY Wiki. Quests. 2024. URL: <https://stardewvalleywiki.com/Quests> (дата звернення: 16.10.2024)

35. STARDEW VALLEY Wiki. Sam. 2024. URL: <https://stardewvalleywiki.com/Sam> (дата звернення: 16.10.2024)

36. Stardew Valley Вікі. Стосунки. 2024. URL: <https://stardew-valley.fandom.com/uk/wiki/Стосунки> (дата звернення: 16.10.2024)

```

using StardewModdingAPI;
using StardewValley;
using StardewValley.Characters;
using System.Collections.Generic;

public class AdvancedNPCBehavior : Mod
{
    private Dictionary<string, NPCState> npcStates;

    public override void Entry(IModHelper helper)
    {
        // Ініціалізація станів NPC
        npcStates = new Dictionary<string, NPCState>();

        // Події ініціалізації
        helper.Events.GameLoop.GameLaunched += OnGameLaunched;
        helper.Events.GameLoop.UpdateTicked += OnUpdateTicked;
    }

    private void OnGameLaunched(object sender, System.EventArgs e)
    {
        // Завантаження моделей ШІ (умовно, API чи сторонній сервіс)
        // Це може бути інтеграція через ChatGPT API або локальну модель
        Monitor.Log("AI Models Initialized.", LogLevel.Info);
    }

    private void OnUpdateTicked(object sender,
        StardewModdingAPI.Events.UpdateTickedEventArgs e)
    {
        // Оновлення станів NPC
        foreach (var npc in Game1.getAllCharacters())
        {
            if (!npcStates.ContainsKey(npc.Name))
            {
                npcStates[npc.Name] = new NPCState(npc.Name,
                    npc.DefaultPosition);
            }

            npcStates[npc.Name].UpdateState(npc);
        }
    }
}

public class NPCState
{
    public string Name { get; private set; }
    public int RelationshipLevel { get; set; }
    public string Mood { get; private set; }
    public Dictionary<string, int> Preferences { get; private set; }

    private Vector2 initialPosition;

    public NPCState(string name, Vector2 defaultPosition)
    {
        Name = name;
        RelationshipLevel = 0; // Початковий рівень відносин
        Mood = "Neutral";
        Preferences = new Dictionary<string, int>();
    }
}

```

```

        initialPosition = defaultPosition;

        // Налаштування початкових вподобань
        Preferences["FavoriteGift"] = 100; // Бал за подарунок
    }

    public void UpdateState(NPC npc)
    {
        // Зміна настрою в залежності від поточної ситуації
        if (Game1.isRaining)
        {
            Mood = "Sad";
        }
        else if (Game1.timeOfDay < 1200)
        {
            Mood = "Happy";
        }

        // Взаємодія з гравцем
        if (npc.withinPlayerThreshold(3))
        {
            // Викликати діалог з ChatGPT
            StartConversation(npc);
        }
    }

    private void StartConversation(NPC npc)
    {
        Game1.drawDialogue(npc, GenerateDialogue(npc));
    }

    private string GenerateDialogue(NPC npc)
    {
        // Інтеграція з ChatGPT
        return $"Hello {Game1.player.Name}, I'm feeling {Mood} today!";
    }
}

```



```

using StardewModdingAPI;
using StardewValley;
using StardewValley.Characters;
using Microsoft.Xna.Framework;
using System.Collections.Generic;

public class SmartNPCBehavior : Mod
{
    private Dictionary<string, NPCState> npcStates;

    public override void Entry(IModHelper helper)
    {
        npcStates = new Dictionary<string, NPCState>();

        // Ініціалізація подій
        helper.Events.GameLoop.GameLaunched += OnGameLaunched;
        helper.Events.GameLoop.UpdateTicked += OnUpdateTicked;
    }

    private void OnGameLaunched(object sender, System.EventArgs e)
    {
        Monitor.Log("Smart NPC Behavior Initialized.", LogLevel.Info);
    }

    private void OnUpdateTicked(object sender,
        StardewModdingAPI.Events.UpdateTickedEventArgs e)
    {
        // Оновлення станів NPC
        foreach (var npc in Game1.getAllCharacters())
        {
            if (!npcStates.ContainsKey(npc.Name))
            {
                npcStates[npc.Name] = new NPCState(npc);
            }

            npcStates[npc.Name].UpdateState(Game1.player);
        }
    }
}

// Клас для управління станами NPC
public class NPCState
{
    public string Name { get; private set; }
    public int RelationshipLevel { get; private set; }
    public string Mood { get; private set; }
    private Vector2 defaultPosition;
    private Dictionary<string, int> preferences;

    public NPCState(NPC npc)
    {
        Name = npc.Name;
        RelationshipLevel =
            Game1.player.getFriendshipLevelForNPC(npc.Name);
        Mood = "Neutral";
        defaultPosition = npc.DefaultPosition;
        preferences = new Dictionary<string, int>

```

```

        {
            { "FavoriteGift", 100 },
            { "NeutralGift", 50 },
            { "DislikedGift", -50 }
        };
    }

    public void UpdateState(Farmer player)
    {
        // Оновлення настрою
        Mood = DetermineMood();

        // Поведінка при зустрічі з гравцем
        if (IsPlayerNearby(player))
        {
            StartConversation();
        }

        // Дії залежно від стану
        PerformBehavior();
    }

    private string DetermineMood()
    {
        if (Game1.isRaining) return "Sad";
        if (Game1.timeOfDay < 1200) return "Happy";
        return "Neutral";
    }

    private bool IsPlayerNearby(Farmer player)
    {
        Vector2 playerPosition = player.getTileLocation();
        return Vector2.Distance(playerPosition, defaultPosition) < 5;
    }

    private void StartConversation()
    {
        string dialogue = GenerateDialogue();
        Game1.drawDialogue(Game1.getCharacterFromName(Name), dialogue);
    }

    private string GenerateDialogue()
    {
        // Простий приклад діалогу, можна замінити інтеграцією ChatGPT
        // через API
        return Mood switch
        {
            "Happy" => $"Hello, {Game1.player.Name}! It's a great day,
isn't it?",
            "Sad" => $"Oh, hi {Game1.player.Name}. This rain is making
me feel down...",
            _ => $"Hey there, {Game1.player.Name}. How are you?",
        };
    }

    private void PerformBehavior()
    {
        var npc = Game1.getCharacterFromName(Name);
    }

```

```
    if (Mood == "Happy")
    {
        npc.tryToMoveInDirection(2, false, 100, true); // Рухається
вправо
    }
    else if (Mood == "Sad")
    {
        npc.doEmote(28); // Показує сумний вираз обличчя
    }
}
}
```