

**ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В РОЗРОБЦІ ГРАФІЧНИХ
ЕЛЕМЕНТІВ, 3D-МОДЕЛЕЙ ТА ІНШИХ КОМПОНЕНТІВ ВІДЕОІГОР**

О.Г. Трофименко, О.В. Задерейко, Н.І. Логінова, О.В. Шевченко

Національний університет "Одеська юридична академія"
23, Фонтанська дорога, м. Одеса, 65009, Україна
Email: trofymenko@onua.edu.ua

Статтю присвячено дослідженню практичних аспектів використання різних інструментів на базі штучного інтелекту (ШІ) в розробці 3D-моделей та відеоігор. Метою статті є дослідження й систематизація прикладних аспектів застосування ШІ у розробці відеоігор та ігровому процесі, оскільки наявні інструменти ШІ мають різні сфери застосування та різні підходи до генерації контенту, тестування й оптимізації. Методика дослідження полягає в розгляді можливих варіантів використання тих чи інших сучасних інструментів ШІ на різних етапах розробки 3D-гри. В роботі проаналізовано вплив інструментів ШІ на всі етапи та аспекти розробки ігор на прикладі створення гри «Labyrinth of Darkness». Використання інструментів на базі ШІ, таких як Meshy.ai, Leonardo.Ai, AIVA, DeepMotion, GitHub Copilot, Replica Studios та іншим, дозволило знизити трудомісткість розробки, скоротити часові витрати і, що не менш важливо, покращити кінцевий результат. У сукупності ці інструменти дозволили ефективно реалізувати ігровий проєкт і створити цілісну, атмосферну гру з унікальним стилем і захоплюючим ігровим процесом. Особлива увага приділена дослідженню можливостей оптимізації процесу тестування та перевірки програмного коду за допомогою ШІ. Застосування ШІ стало ключовим елементом у процесі створення гри «Labyrinth of Darkness», значно прискоривши розробку та підвищивши якість кінцевого продукту. Сучасні технології ШІ радикально трансформують всі етапи розробки відеоігор, відкривши нові можливості для оптимізації робочих процесів та підвищення якості кінцевого продукту. Завдяки впровадженню цих інноваційних рішень розробники отримали можливість зосередитись на творчості, а рутинні операції генерації 3D-моделей, створення анімацій, написання коду та локалізації текстів стали більш автоматизованими та точними. Впровадження інструментів ШІ в розробку ігор не лише підвищує ефективність виробничих процесів, а й допомагає вирішувати соціальні проблеми галузі, зокрема надмірне навантаження на співробітників («crunch»).

Ключові слова: штучний інтелект, ШІ, інструменти ШІ, GameDev, розробка ігор, тестування, графічний елемент, 3D-моделювання, 3D-модель, графіка, текстура, дизайн, анімація.

Вступ. Наразі не йдеться про те, чи буде штучний інтелект (ШІ) використовуватися в індустрії GameDev, чи ні, оскільки він вже активно використовується як в розробці, так і в тестуванні 3D-ігор. Перспективи використання ШІ в GameDev надзвичайно широкі, і вони вже активно змінюють індустрію. На ринку з'явилися ШІ-інструменти, які допомагають автоматизувати процеси, покращити якість контенту та оптимізувати геймплей. Використання цих інструментів дає розробникам можливість швидше створювати контент, покращувати поведінку некерованих гравцем персонажів (Non-Player Character, NPC) у комп'ютерних іграх, автоматизувати тестування та оптимізувати процеси розробки. Це не лише економить час, а й дозволяє створювати більш складні та реалістичні ігрові світи.

Дослідження прикладних аспектів використання ШІ в розробці ігор є вельми актуальним, оскільки інструменти ШІ здатні суттєво змінити ігрову індустрію та відкривають нові можливості для розробників.

Аналіз досліджень і публікацій. Стаття [1] аналізує переваги й недоліки технології ШІ, а також розглядає технічні та етичні проблеми, що можуть виникнути в процесі її

впровадження в розробку відеоігор. Дослідження [2] оцінює потенціал використання GPT (Generative Pre-trained Transformer) у відеоіграх. Для цього автори провели огляд 131 публікації, 76 з яких вийшли 2024 року, і визначили 5 основних напрямів застосування GPT: процедурне генерування контенту, дизайн ігрових механік зі змішаною ініціативою, інтерактивний геймплей, використання ШІ для гри та аналіз поведінки гравців. Автор роботи [3] проаналізував вплив ШІ на вдосконалення реакції неігрових персонажів (NPC) у відеоіграх. У статті [4] досліджено різні аспекти застосування великих мовних моделей (Large Language Model, LLM) у геймдеві. У роботі [5] розглянуто використання LLM для генерації рівнів гри Sokoban та залежність ефективності таких моделей від обсягів навчальних даних. У дослідженні [6] проаналізовано, як LLM та GPT можуть виступати в ролі високорівневих творчих асистентів у процесі геймдизайну. Автори статті [7] дослідили можливості LLM для створення прототипів карткових ігор і розробили систему, яка забезпечує узгоджену генерацію ігрового коду, прискорюючи процес прототипування та зменшуючи навантаження на розробників. У дослідженні [8] систематизовано алгоритми ШІ за їх потенційним застосуванням у створенні відеоігор та організації ігрового процесу. У статті [9] презентовано інструмент генеративного ШІ (GenAI), який допомагає дизайнерам у створенні прототипів ігрових персонажів. У роботі [10] представлено систему розпізнавання емоцій на основі нечіткої логіки та нейронних мереж, яка може застосовуватись для динамічного процедурного генерування контенту з механікою інтерактивної взаємодії. Дослідження [11] розглядає можливості та виклики, пов'язані з інтеграцією ШІ у процес дизайну та розробки відеоігор.

Численні публікації, спрямовані на висвітлення проблемних аспектів та можливостей використання ШІ для розробки ігор, свідчить про високий рівень зацікавленості та актуальність дослідження можливих сфер застосування ШІ в індустрії GameDev. При цьому у досліджених публікаціях не приділяється увага прикладним аспектам використання ШІ-інструментів в GameDev.

Метою статті є дослідження та систематизація прикладних аспектів застосування ШІ у розробці відеоігор та ігровому процесі, оскільки наявні інструменти ШІ мають різні сфери застосування та різні підходи до генерації контенту, тестування й оптимізації.

Створення 3D-ігор – це поєднання технічної майстерності, художнього бачення та глибокого розуміння геймплею. Процес розробки потребує синергії між програмістами, художниками, аніматорами, геймдизайнерами та тестувальниками, адже кожен аспект гри має бути не просто функціональним, а й захопливим для гравця.

ШІ відіграє важливу роль на різних етапах розробки 3D-ігор, від створення відео- та аудіоконтенту, 3D-моделей та сценаріїв до генерації програмного коду й тестування (рис. 1).



Рис. 1. Сучасні інструменти на базі ШІ, що використовуються у GameDev

Згідно з опитуванням [12], проведеним на початку 2025 року, 45% розробників ігор вже використовують інструменти генеративного ШІ для моделювання ігрового процесу, що відзначилось зростанням продуктивності роботи на понад 20%. Це свідчить про те, що цей підхід має потенціал значно змінити індустрію GameDev, зробивши розробку швидшою, ефективнішою та доступнішою.

1. Інструменти для генерації 3D-моделей та текстур.

Графічний інтерфейс користувача є ключовим елементом будь-якого програмного продукту, а для відеоігор він формує перше враження про продукт та забезпечує взаємодію користувача із системою. Сучасні ШІ-інструменти трансформують підхід до розробки UI/UX за рахунок швидкого створення якісних візуальних компонентів без потреби залучення великої команди дизайнерів. Це особливо цінно для невеликих команд та індивідуальних розробників, які прагнуть оперативно випустити продукт, оптимізувати витрати на створення інтерфейсу та зосередитись на функціональній частині проєкту. Наприклад, платформа Leonardo.Ai (<https://leonardo.ai/>) надає широкий набір ШІ-інструментів для створення узгоджених стилістичних елементів, а також можливість створювати ілюстрації та концепти персонажів на основі текстових описів або ескізів розробника.

Процес створення 3D-моделей для гри «Labyrinth of Darkness» починався з пошуку ідей та референсних матеріалів з метою визначення загальної концепції візуальних образів персонажів. Так, для моделі «скелетний лицар» були зібрані референсні матеріали, скетчі, фотографії та концепт-арти. Його концептуальне зображення було згенероване засобами Leonardo.Ai, де за допомогою ключових слів з описом бажаного вигляду, а саме: «скелетний лицар», «темна броня», «готичний стиль», отримали зображення (рис. 2), яке стало візуальною основою для подальшого моделювання.



Рис. 2. Концептуальне зображення скелету лицаря, створене за допомогою Leonardo.Ai

Для генерації окремих візуальних елементів ігрового середовища (зомбі-ворогів, зброї, пасток, факелів, вогнищ тощо) у проєкті «Labyrinth of Darkness» використано інструмент Leonardo.Ai із застосуванням шаблону «Game Concept» з високою контрастністю, що забезпечило чіткість і насиченість зображень. Було згенеровано по декілька варіантів візуальних елементів, щоб розробники вибрали найбільш оптимальні варіанти для подальшої адаптації та інтеграції у візуальне оформлення гри. Вибрані зображення елементів ігрового середовища можуть бути творчо доопрацьовані з внесенням додаткових деталей засобами інструмента Canvas із застосуванням функцій ШІ Leonardo.Ai. В такий спосіб для гри «Labyrinth of Darkness» було створено сувій для подальшого відображення завдання для гравця, але йому бракувало певних елементів,

зокрема оригінального штампа у формі черепа, який був доданий авторами в Canvas за допомогою відповідного текстового запита (prompt) (рис. 3).

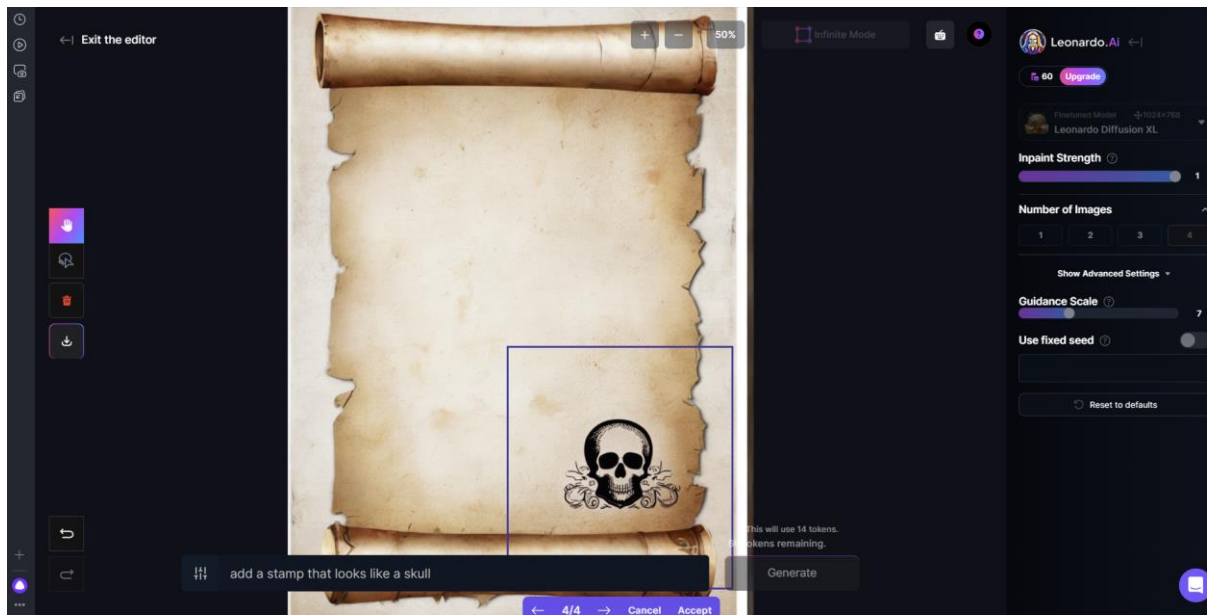


Рис. 3. Результат додавання штампу у вигляді черепа із застосуванням ШІ Leonardo.Ai для гри «Labyrinth of Darkness»

Платформа Leonardo.Ai допомогла трансформувати ескізи в деталізовані ігрові елементи практично в режимі реального часу за допомогою інструмента Realtime Canvas. Також Leonardo.Ai використано для створення HUD (Heads-Up Display) – інтерфейсу, який відображає важливу інформацію під час гри, не відволікаючи увагу гравця від основного процесу. Завдяки цим ШІ-інструментам значно прискорився процес розробки гри «Labyrinth of Darkness», що дозволило забезпечити високий рівень якості візуального контенту. Саме тому використання Leonardo.Ai для створення елементів графічного інтерфейсу не лише оптимізує розробку візуального оформлення, а й сприяє формуванню унікального образу гри, який безпосередньо впливає на її атмосферу та загальне сприйняття користувачем.

2. Інструменти ШІ для створення 3D-моделей у відеоіграх.

У сучасному геймдизайні об'єкти та персонажі визначають структуру візуального середовища гри, а ступінь їхньої деталізації відіграє важливу роль у створенні ефекту занурення для гравця. Розробка високоякісних 3D-моделей вимагає від професійних художників значних часових затрат, у той час як для непрофесійних користувачів оволодіння складними інструментами на кшталт Maya чи Blender часто є складним завданням. Розрив між зростанням вимог до якісного контенту та обмеженими можливостями його створення посилюється ще й високою вартістю та технічною складністю традиційного програмного забезпечення.

Одним з актуальних рішень цієї проблеми є платформа Meshy.ai, яка демонструє, як ШІ може суттєво спростити й прискорити процес створення 3D-моделей та текстур. Сервіс має зручний, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який дає змогу навіть новачкам створювати базові моделі шляхом завантаження ескізу або введення текстового опису. Алгоритми платформи аналізують вхідні дані, розпізнають геометричну структуру та властивості матеріалів, що забезпечує генерацію реалістичних моделей з урахуванням глибини, текстур й освітлення. Робочий процес на платформі складається з трьох ключових етапів: оброблення текстового запиту за допомогою великих мовних моделей, генерація базової 3D-структури та подальша деталізація й текстурування об'єкта. Серед головних переваг Meshy.ai є здатність обробляти геометрично складні об'єкти й створювати високоякісні, реалістичні текстури. Глибокі нейронні мережі, на яких

базується сервіс, аналізують великі масиви зразків текстур і генерують нові варіанти, які відповідають сучасним вимогам до графіки. Оптимізований процес генерації дає змогу отримати готові до використання 3D-моделі у форматах .fbx, .obj та .glb з інтегрованими картами текстур [13].

Meshy.ai формує 3D-об'єкти із збалансованим співвідношенням між полігональністю та деталізацією, що забезпечує їхню придатність як для інтер'єрного дизайну (наприклад, меблі, декор), так і для моделювання персонажів, транспортних засобів, органічних структур, архітектурних елементів та інших компонентів віртуального ігрового середовища. Крім того, користувачам надається можливість вибирати з-поміж різних матеріалів – метал, дерево, тканина, скло тощо – і комбінувати їх для досягнення бажаних візуальних характеристик. Сервіс також підтримує генерацію текстур на базі текстових запитів (text-to-texture) та зображень (image-to-texture), що забезпечує гнучкість і зручність у створенні візуального контенту [14].

Створення деталізованих 3D-моделей персонажів, наприклад лицаря-скелета для гри «Labyrinth of Darkness» на рис. 2, за допомогою Meshy.ai здійснювалося на основі завантаженого концептуального зображення. Після автоматизованої генерації 3D-моделі з базовою геометрією та текстурами виконувалася перевірка отриманого об'єкта як безпосередньо у середовищі Meshy.ai, так і у сторонніх професійних 3D-редакторах, як-от: Blender, ZBrush, 3ds Max, Maya. На цьому етапі виконувалося коригування геометрії, усунення дефектів полігональної сітки та ретопологізація, що є критично важливим для подальшої анімації моделі. Додаткове доопрацювання виконували шляхом скульптингу в інструменті ZBrush, де вносили дрібні деталі, зокрема: декоративні елементи на броні, фактуру кісткових поверхонь, тріщини та інші рельєфні особливості.

Наступний етап розробки стосується текстуровання, в якому за допомогою інструмента Texture генерується та налаштовується UV-розгортка, а також створюються карти нормалей, рельєфу і глобального освітлення, що поєднуються з базовою дифузною текстурою. Платформа Meshy.ai підтримує генерацію текстур на основі текстових запитів (text prompts), що надає змогу повністю оновлювати візуальне оформлення моделі. У конкретному прикладі для адаптації до стилістики гри було згенеровано текстуру лицарської броні у стародавньому стилі з характерними слідами зношення та декоративними елементами. Текстовий запит (prompt) містив опис зовнішнього вигляду, зокрема потертості на кістках, тріщини та складну орнаментацию на броні, що дозволило системі згенерувати текстуру, наближену до візуальної естетики старовинного ремесла (рис. 4,а). Для покращення візуального сприйняття цього 3D-персонажа гри були застосовані додаткові стилізаційні ефекти, які активуються через функцію Stylize з можливістю налаштування параметрів. Оскільки модель використовуватиметься в інтерактивному середовищі наступним кроком було створення скелетної анімації (rigging). Засобами тієї самої платформи реалізовано автоматизовану функцію Rig, яка забезпечила прив'язку скелетної структури до геометрії моделі (рис. 4,б). Після чого здійснювалося тестування деформацій під час руху та перевірка сумісності з анімаційними сценаріями. Завершальним етапом був експорт моделі у формат, який підтримується ігровими рушіями, для подальшої інтеграції в проєкт (рис. 4,в).

3D-моделі персонажів ігрового середовища, створені за допомогою Meshy (рис. 5), характеризуються високим рівнем деталізації, ретельно опрацьованими текстурами й анатомічно коректною структурою, що забезпечує сумісність і зручність подальшої анімації в ігрових рушіях Unity та Unreal Engine.

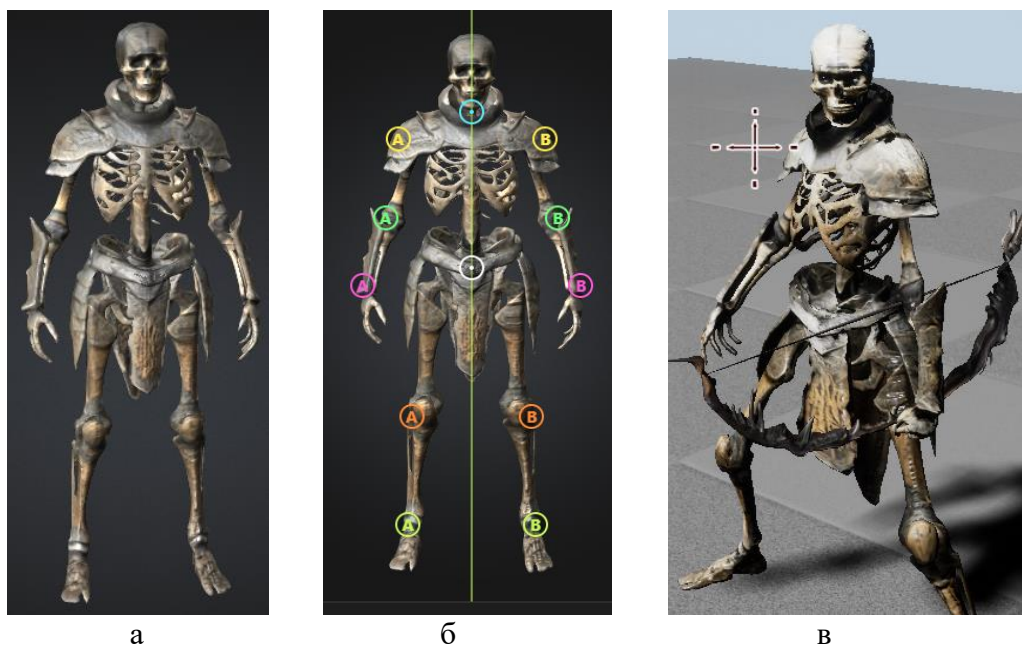


Рис. 4. Поетапне створення 3D-моделі лицаря-скелета для гри «Labyrinth of Darkness» за допомогою ШІ-інструментів:

- а) 3D-модель в Meshy.ai з оновленою текстурою й додаванням ефекту металевого покриття;
- б) додавання до моделі опорних точок для подальшої анімації в Meshy.ai;
- в) застосування розробленої 3D-моделі в ігровому рушії Unreal Engine 4

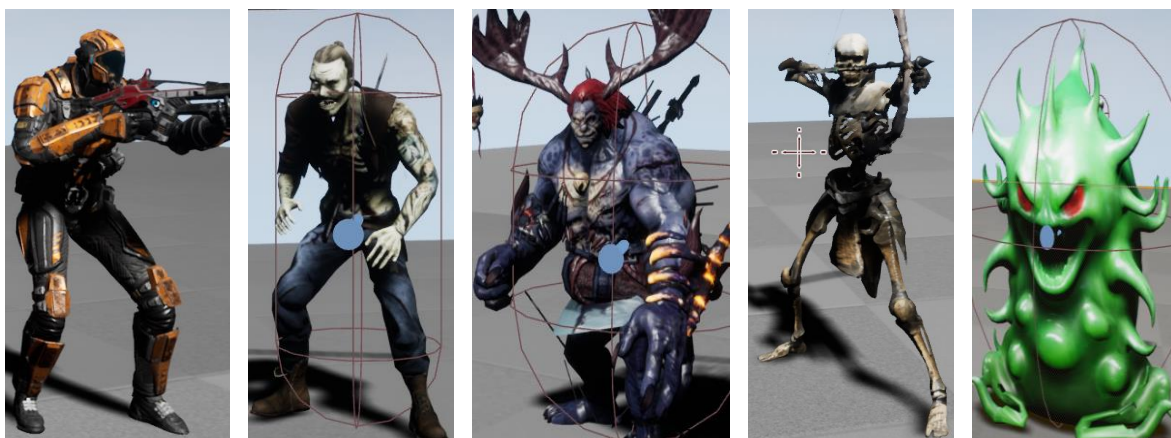


Рис. 5. 3D-моделі персонажів для гри «Labyrinth of Darkness», розроблених за допомогою ШІ-інструментів: головний герой; ворог «зомбі»; персонаж «бос»; ворог «скелет»; ворог «слиз»

У сукупності наведені можливості визначають Meshy.ai як ефективний інструмент на базі ШІ для розробників відеоігор, дозволяючи їм швидко та ефективно створювати високоякісні 3D-активи без потреби витрат часу на ручне моделювання.

3. Інструменти ШІ для створення музики у відеоіграх.

Аудіосупровід у відеоіграх формує ігрову атмосферу та впливає на емоційне сприйняття гравця. Традиційний процес створення музичного супроводу потребує залучення композиторів, звукозаписних студій та використання вартісного обладнання. Використання сучасних ШІ-рішень, як-от платформи AIVA, оптимізує процес створення музики, робить його доступнішим та технологічно гнучким.

AIVA є інноваційним інструментом на основі штучного інтелекту, який дозволяє генерувати музичні композиції у понад 250 стилях за лічені секунди [15]. Основним

принципом роботи AIVA є використання алгоритмів глибокого навчання. Система аналізує величезні обсяги музичних творів, створених відомими композиторами, та виявляє закономірності в нотних партитурах з метою моделювання стилістичних особливостей. Для уникнення однотипності у композиціях, платформа застосовує глибинні нейронні мережі з метою генерації варіативних музичних фрагментів.

Під час розробки гри «Labyrinth of Darkness» використання платформи AIVA для створення музики допомогло створити унікальне звукове оформлення, яке підкреслює похмуру та напружену атмосферу ігрового простору. Згенеровані штучним інтелектом динамічні, емоційно насичені композиції підсилюють напругу під час дослідження лабіринтів, битв з ворогами та проходження пасток. Музичний супровід динамічно адаптується до розвитку подій, що сприяє глибокому зануренню гравця у віртуальний світ і робить рівень більш захоплюючим та атмосферним.

Платформа AIVA може бути інтегрована в ігрові проекти задля отримання високоякісних музичних треків без потреби значних витрат часу та ресурсів. Платформа надає інструменти для налаштування та варіативної персоналізації звукового оформлення, що забезпечує відповідність музики конкретному емоційному тону та атмосфері ігрової ситуації.

4. Інструменти ШІ для озвучення персонажів.

Іншим важливим досягненням застосування ШІ в галузі розробки відеоігор є автоматизоване озвучування персонажів. Традиційно процес створення голосового супроводу потребує участі професійних акторів, оренду студій звукозапису та здійснення тривалої постпродакшн-обробки. Однак, завдяки сучасним технологіям на основі ШІ, наприклад, Replica Studios та іншим подібним сервісам, цей процес став значно доступнішим, знизивши витрати та час, необхідний для отримання високоякісного озвучення. Озвучування персонажів за допомогою інструментів ШІ забезпечує високий рівень реалістичності та широкий спектр голосових варіацій, що дозволяє розробникам ігор зберігати повний контроль над аудіосупроводом і наративною складовою [16]. Технологія синтезу мовлення на основі ШІ дозволяє розробникам вибирати з численних голосів, налаштовувати інтонацію, темп та емоційне забарвлення, що дозволяє створювати унікальні озвучки для кожного персонажа гри.

ШІ-технології синтезу мовлення стали значним досягненням для інди-розробників, оскільки дозволяють використовувати готові ШІ-платформи, які мають інтеграційні інструменти та SDK (Software Development Kit), а також відкриті бібліотеки та API-інтерфейси. Це сприяє зниженню фінансових витрат і пришвидшенню впровадження рішень у процес розробки. Наприклад, шведська компанія Neon Giant, яка є розробником популярної кібепанк-екшн RPG «The Ascent», у партнерстві зі Sweet Justice Sound та Altered (розробники Altered Studio) впровадила інноваційний метод озвучування персонажів із використанням ШІ для генерації людських голосів [17]. Завдяки цьому інструменту інтегровано 800 нових діалогових реплік для 40 NPC, які до того функціонували винятково з текстовими субтитрами. Завдяки використанню попередньо записаних голосових даних актора Сема Х'юза згенеровано різноманітні якісні голосові варіанти, які значно покращили ігровий досвід навіть за умов обмежених ресурсів [18].

Крім того, інструменти ШІ суттєво спрощують процес локалізації голосового контенту в іграх. Завдяки сучасним технологіям синхронного машинного перекладу та генерації мовлення розробники можуть автоматизувати переклад і озвучення діалогів персонажів, зберігаючи інтонаційні особливості, емоційний фон і культурні аспекти мови. Це відкриває можливість охопити широку міжнародну аудиторію та забезпечити доступність гри для гравців із різних країн.

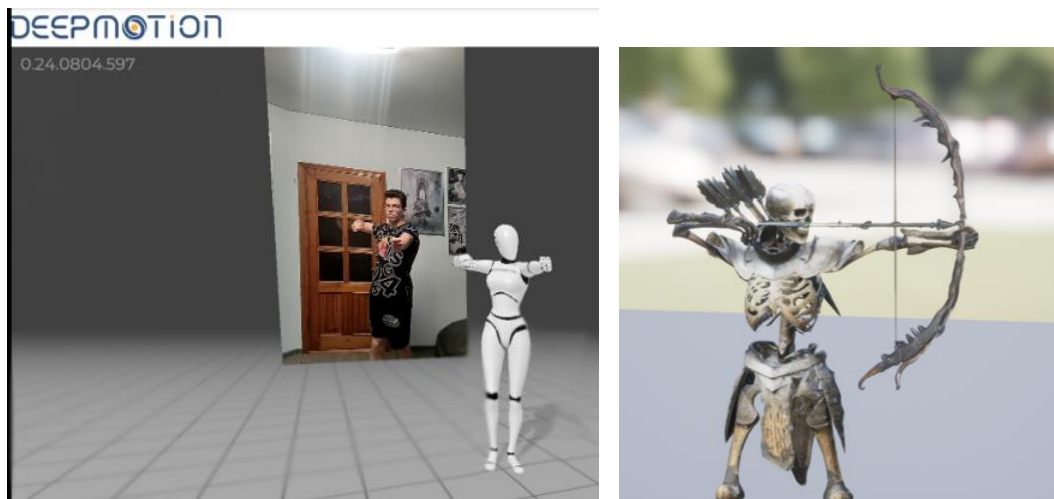
5. Інструменти ШІ для створення анімації у відеоіграх.

Традиційно створення реалістичних анімацій вимагає покадрової ручної роботи. Однак сучасні технології ШІ дозволяють автоматизувати цей процес, застосовуючи алгоритми глибокого навчання для аналізу реальних рухів та їх перенесення на цифрових

персонажів. Одним з основних напрямків використання ШІ в анімації є автоматичне генерація рухів персонажів. Завдяки глибоким нейронним мережам моделі здатні аналізувати відеозаписи з реальними рухами та генерувати плавні анімації. Наприклад, нейронні мережі дають змогу переносити рухи людини на анімованого персонажа, що значно прискорює процес розробки. Ба-більше, ШІ може прогнозувати наступні кадри та генерувати їх, створюючи реалістичні переходи між позами персонажа.

Одним із прикладів успішного застосування ШІ для автоматизованого створення рухів персонажів є платформа DeepMotion (<https://www.deepmotion.com>). Вона дозволяє завантажити відеозапис із рухами реальної людини, після чого алгоритми ШІ аналізують ці рухи та генерують відповідну 3D-анімацію для персонажа. Технологія спирається на хмарне середовище машинного навчання Motion Intelligence, що забезпечує навчання цифрових персонажів виконанню складних рухових дій, зокрема бойових мистецтв, легкої атлетики, паркуру та танцювальних рухів [19]. Платформа підтримує використання SDK з інтеграцією в ігрові рушії Unity та Unreal Engine, що сприяє її сумісності з типовими робочими процесами розробки відеоігор.

Процес створення анімації починається з того, що користувач завантажує відеозапис рухів реальної людини на вебплатформу DeepMotion (рис. 6,а).



а

б

Рис. 6. Аналізу рухів людини (а) та накладання їх на 3D-модель для персонажа гри «Labyrinth of Darkness» за допомогою ШІ від DeepMotion

У проєкті «Labyrinth of Darkness» використовувався відеозапис з рухами натягування лука для генерації анімації скелетного лицаря. Після завантаження відео система автоматично виявляє ключові точки скелета, необхідні для побудови скелетної анімації. Користувачу надається можливість налаштувати додаткові параметри трекінгу, зокрема відстеження рухів голови, рук або запис тільки верхньої частини тіла. На основі цих налаштувань ШІ аналізує рухові дані та генерує 3D-модель скелета із коректною кінематикою, відтворюючи динаміку людини з відеозапису (рис. 6,б).

Результати відображаються у вбудованому 3D-плеєрі, де здійснюється оцінка якості трекінгу та, за потреби, застосовуються інструменти корекції поз або виконується повторна обробка з іншими параметрами. Після отримання задовільного результату анімація експортується у формат, сумісний із цільовим ігровим рушієм.

6. Інструменти ШІ для написання та перевірки коду відеоігор.

Традиційно програмування є трудомістким процесом, який потребує від розробників високої концентрації та точності для виявлення помилок і потенційних вразливостей. Однак сучасні інструменти на основі ШІ здатні автоматизувати численні низку етапів розробки, зокрема оптимізацію коду, генерацію шаблонів і моніторинг дефектів у реальному часі. Наразі одним із найбільш відомих рішень є GitHub Copilot,

який застосовує моделі машинного навчання для аналізу контексту коду та надання рекомендацій із вирішення конкретних завдань [20]. Це сприяє скороченню часу розробки, зниженню кількості помилок, зумовлених людським фактором, і підвищенню ефективності робочих процесів. Крім того, інтелектуальні системи аналізують код на відповідність кращим практикам програмування, виявляють потенційні вразливості, проблеми безпеки та пропонують шляхи їх усунення вже на ранніх етапах. Такий підхід дозволяє зменшувати час, необхідний для тестування, а розробникам дозволяє зосередитися на творчих аспектах і покращенні взаємодії користувачів із продуктом. Отже, застосування інтелектуальних інструментів підвищує ефективність розробки, а перевірку якості програмного забезпечення робить точнішою, що в кінцевому підсумку забезпечує створення високоякісних і стабільних відеоігор.

Наразі GitHub Copilot використовують понад мільйон розробників, а понад 20 000 організацій вже інтегрували цей інструмент у свої робочі процеси. За оцінками експертів [21] використання GitHub Copilot дозволяє прискорити виконання завдань на 55%, а продуктивність розробників збільшити на 30%, що в перспективі до 2030 року сприятиме зростанню світового ВВП на понад 1,5 трильйона доларів, що забезпечить позитивний вплив на глобальну економіку і сприятиме прискоренню цифрової трансформації.

7. Інструменти ШІ для написання діалогів у відеоіграх.

Розробка сценаріїв та діалогів у відеоіграх традиційно вимагає великих зусиль, оскільки текстова частина потребує одночасної граматичної коректності та узгодженості із сюжетними вимогами. Сучасні моделі обробки природної мови, наприклад GPT, допомагають автоматизувати цей етап, генеруючи варіативні версії діалогів, адаптованих до контексту конкретних ігрових сцен. Це дозволяє сценаристам отримати кілька варіантів тексту та вибрати оптимальний тон і рівень емоційної насиченості.

Інтелектуальні системи аналізують контекст, виявляють логічні невідповідності в сценарії та пропонують виправлення, що скорочує час редагування та покращує якість текстового наповнення. Провідні ігрові студії вже використовують ці технології для генерації квестів, побудови розгалужених сюжетних ліній та автоматичного перекладу діалогів з урахуванням мовно-культурних особливостей. Нейронно-машинний переклад підвищив точність і швидкість оброблення тексту, забезпечивши природні, контекстуально відповідні переклади, що є важливим для збереження цілісності ігрового сюжету [22].

Прикладом успішного використання ШІ для динамічної генерації сюжетів і діалогів є гра AI Dungeon (<https://aidungeon.com/>) від компанії Latitude. Завдяки мовним моделям GPT-3 ця текстова гра дозволяє гравцям створювати власні сюжетні лінії, які генеруються в режимі реального часу. Інтеграція ШІ надає розробникам інструменти для створення адаптивного ігрового контенту зі складною розгалуженою логікою та локалізацією, що підвищує автентичність і природність взаємодії користувача з грою.

8. Інструменти ШІ для тестування відеоігор.

Сучасні технології ШІ відкривають нові можливості для автоматизації процесу тестування відеоігор, яке є критично важливим для забезпечення якості кінцевого продукту. Традиційні методи ручного тестування вимагають значних людських і часових ресурсів, а також схильні до помилок. Застосування ШІ прискорює виявлення багів та недоліків, автоматизує аналіз тисяч сценаріїв у реальному часі та виявлення прихованих проблем, таких як логічні помилки в геймплеї або аномальні поведінкові збої NPC.

Прикладами такого роду інтегрованих рішень є Razer Game Assistant і Razer QA Companion, які частково інтегровані в систему WYVRN, що оптимізує процес тестування, автоматично виявляючи аномалії і фіксуючи послідовність дій користувача під час тестування [23]. Хмарний плагін AI QA Copilot для рушіїв Unreal Engine і Unity виявляє баги, аналізує проблеми з продуктивністю та генерує звіти про тестування. За результатами досліджень [24] AI QA Copilot виявляє на 20-25% більше помилок, скорочує час тестування на 50% й економить до 40% витрат. Іншим прикладом є використання поведінкових дерев (Behavior Tree) в Unreal Engine 4 (UE4) для

автоматизованого тестування поведінки NPC та ботів. Цей інструмент дозволяє створювати складні реакції персонажів, що оптимізує перевірку ігрової логіки та анімаційних сценаріїв. У грі «Labyrinth of Darkness» використання Behavior Tree забезпечило автоматизовану перевірку реакцій NPC за різних умов, що прискорило виявлення помилок.

Інтеграція ШІ в процес розробки відеоігор змінює підходи до тестування, підвищує їхню ефективність. Однак існують певні технічні та концептуальні обмеження сучасних генеративних моделей, які варто враховувати в контексті подальшого розвитку ігрової індустрії.

Рекомендації щодо використання результатів дослідження щодо покращення безпеки систем обробки даних.

Не існує єдиного цільного інструмента на базі ШІ, здатного охопити різні етапи розробки ігрового процесу через розмаїття контенту та механік. Кожен із сучасних інструментів на базі ШІ орієнтований на виконання певних завдань у межах розробки ігор. Наприклад, Leonardo.AI та Adobe Substance 3D забезпечують автоматизовану генерацію візуальних елементів та унікальних текстур для ігрових світів, що підвищує гнучкість у розробці, надає можливість швидко адаптувати графіку відповідно до потреб проєкту. Інструменти платформ Meshy.ai та Luma AI здатні генерувати високоякісні, фотореалістичні 3D-моделі на основі текстових описів, а DeepMotion автоматизує створення анімацій персонажів. Такий підхід змінює роль дизайнерів, звільняючи їх від рутинних задач і дозволяючи зосередитися на художньому баченні. Behavior Tree в Unreal Engine 4 є важливим інструментом для створення поведінки NPC за допомогою ієрархічних дерев рішень. Хоча Behavior Tree не є автономною ШІ-системою, він забезпечує створення складних моделей поведінки персонажів. Unity ML-Agents є фреймворком для навчання агентів в ігровому середовищі. Він дозволяє створювати складні поведінкові моделі NPC, використовуючи машинне навчання, що робить персонажів більш реалістичними та адаптивними. Наявність описаних можливостей свідчить про те, що сучасні інструменти ШІ сприяють аналізу поведінки гравців та адаптації ігрових механік на підставі зібраних даних. ШІ-технології вже активно використовуються і в українському сегменті геймдеву, де більшість розробників вважають їх корисними інструментами, а не як новий ризик щодо їх робочих місць.

Застосування інструментів ШІ у процесі створення гри «Labyrinth of Darkness» стало ключовим елементом, який сприяв суттєвому прискоренню розробки та підвищенню якості кінцевого продукту. Інструмент Leonardo.AI став у пригоді для автоматизованої генерації графічного інтерфейсу, який є зручним і стилістично відповідним загальному візуальному оформленню гри. Платформа Meshy.ai забезпечила швидко генерацію високоякісних 3D-моделей, зокрема ворогів і персонажів, що дозволило зосередитися на оптимізації ігрової механіки. Інструмент DeepMotion автоматизував створення реалістичної анімації на основі відеоданих з рухами реальних людей, що надало персонажам живості та динаміки. Платформа AIVA згенерувала музичний супровід, який посилив атмосферу напруги та занурення в ігровий світ. Нарешті, використання ШІ для тестування дозволило оперативно виявити й усунути помилки, покращуючи загальний ігровий досвід. Загалом інтеграція зазначених інструментів сприяла успішній реалізації проєкту та формуванню єдиного художнього стилю, в якому поєднуються виразна атмосфера і багаторівневий ігровий процес.

Практична реалізація підтвердила ефективність сучасних інструментів ШІ, які суттєво трансформували всі етапи розробки відеоігор, відкривши нові можливості для оптимізації виробничих процесів та підвищення якості кінцевого продукту. Використання інструментів на базі ШІ дозволило зменшити трудові та часові витрати на розробку і, що не менш важливо, покращити кінцевий результат. Завдяки впровадженню цих інноваційних рішень розробники отримали можливість зосередитись на творчих завданнях, а рутинні операції з генерації 3D-моделей, створення анімацій, написання програмного коду та локалізації текстів наразі стають більш автоматизованими й точними.

Висновки. Генеративний ШІ відкриває нові горизонти в розробці 3D-ігор за рахунок автоматизації моделювання, текстуровання та тестування. Використання інструментів на базі ШІ допомагає оптимізувати трудомісткі процеси розробки 3D-моделей та компонентів відеоігор. Це дозволяє ігровим студіям створювати реалістичні віртуальні світи з одночасним скороченням часових і фінансових витрат.

Подальший розвиток інструментів ШІ в геймдеві залежатиме від балансу між технологічним інноваціями й організаційними практиками їх застосування. Ефективна інтеграція ШІ у проекти за умови збереження творчих підходів може сприяти підвищенню рівня якості та інноваційності комп'ютерних ігор.

Список літератури

1. Trofymenko, O., Dyka, A., Loboda, Y., Tolocknov, A., & Bondarenko, M. (2025). Artificial Intelligence in the GameDev. *Electronic Professional Scientific Journal «Cybersecurity: Education, Science, Technique»*, 3(27), 109-119. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2025.27.701>
2. Yang, D., Kleinman, E., & Hartevelde, C. (2024). GPT for Games: An Updated Scoping Review (2020-2024). *arXiv*, 2411.00308. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2411.00308>.
3. Filipović, A. (2023). The role of artificial intelligence in video game development. *Kultura Polisa*, 20(3), 50-67. <https://doi.org/10.51738/Kpolisa2023.20.3r.50f>
4. Gallotta, R., Todd, G., Zammit, M., Earle, S., Liapis, A., Togelius, J. (2024). Large Language Models and Games: A Survey and Roadmap. *IEEE Transactions on Games*, 13 September 2024, 1-18. <https://doi.org/10.1109/TG.2024.3461510>.
5. Todd, G., Earle, S., Nasir, M., Green, M., Togelius, J. (2023). Level Generation Through Large Language Models. *Proceedings of the 18th International Conference on the Foundations of Digital Games (FDG '23)*, 70, 1-8. <https://doi.org/10.1145/3582437.3587211>
6. Anjum, A., Li, Y., Law, N., Charity, M., & Togelius, J. (2024). The Ink Splotch Effect: A Case Study on ChatGPT as a Co-Creative Game Designer. *Proceedings of the 19th International Conference on the Foundations of Digital Games (FDG'24)*, 18, 1-15. <https://doi.org/10.1145/3649921.3650010>.
7. Li, D., Zhang, S., Sohn, S., Hu, K., Usman, M., & Kapadia, M. (2025). Cardiverse: Harnessing LLMs for Novel Card Game Prototyping. *arXiv*, 2502.07128. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.07128>.
8. Cui, Y. (2025). The Exploring of AI Applications in Game Development. *Applied and Computational Engineering*, 158, 59-64.
9. Ling, L., Chen, X., Wen, R., Li, T., & Lc, R. (2024). Sketchar: Supporting Character Design and Illustration Prototyping Using Generative AI. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 8, 1-28. <https://doi.org/10.1145/3677102>.
10. Saerssenbek, K. & Chinibayeva, T. (2024). Affective computing methods for simulation of action scenarios in video games. *Procedia Computer Science*, 231, 341-346. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.12.214>.
11. Humble, N. (2024). AI Supported Game Development: Exploring Opportunities and Challenges. *2nd Symposium on AI Opportunities and Challenges (SAIOC)*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30170.76480>.
12. AI use in video game development - statistics & facts. <https://statista.com/topics/13437/artificial-intelligence-ai-use-in-video-game-development/>
13. Meshy AI Review: How I Generated 3D Models in One Minute. <https://www.unite.ai/meshy-ai-review/>
14. Meshy AI: Transform Text into 3D Textures. <https://cutout.pro/learn/meshy-ai/>
15. AIVA Technology – Composing Music using AI. <https://d3.harvard.edu/platform-digit/submission/aiva-technology-composing-music-using-ai/>
16. Replicastudios: AI Voice Actors for Games, Films, and Animation I. <https://hunts->

- ai.onrender.com/ai/replicastudios/
17. Furkan, Ö. How AI Voice Technology is Transforming the Gaming Industry. <https://speaktor.com/ai-voice-in-gaming/>
 18. Neon Giant teams up with Altered for voice in action RPG game The Ascent. <https://www.altered.ai/blog/neon-giant-teams-up-with-altered-for-voice-in-action-rpg-game-the-ascent/>
 19. Tokarev, K. DeepMotion: AI Driven Motion for Games. <https://80.lv/articles/deepmotion-ai-driven-motion-for-games>.
 20. What is GitHub Copilot? <https://docs.github.com/en/copilot/about-github-copilot/what-is-github-copilot>.
 21. The economic impact of the AI-powered developer lifecycle and lessons from GitHub Copilot. <https://github.blog/news-insights/research/the-economic-impact-of-the-ai-powered-developer-lifecycle-and-lessons-from-github-copilot/>
 22. Game On: How AI is Revolutionizing Game Localization! <https://linkedin.com/pulse/game-how-ai-revolutionizing-localization-midlocalize-wq6of>
 23. Razer Reveals WYVRN: AI-Powered Gaming Ecosystem Set to Transform Play and Development. <https://press.razer.com/company-news/razer-reveals-wyvrn-ai-powered-gaming-ecosystem-for-game-developers/>
 24. Razer launches new Wyvrn game dev platform with automated AI bug tester. <https://www.theverge.com/news/632121/razer-wyvrn-developer-ai-qa-gamer-copilot-sensa-haptics-thx>.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS IN THE DEVELOPMENT OF GRAPHIC ELEMENTS, 3D MODELS AND OTHER VIDEO GAME COMPONENTS

O.G. Trofymenko, O.V. Zadereyko, N.I. Loginova, O.V. Shevchenko

National University "Odesa Law Academy"
23, Fontans'ka doroga st., Odesa, 65009, Ukraine
Email: trofymenko@onua.edu.ua

The article is devoted to the study of practical aspects of using various tools based on artificial intelligence (AI) in the development of 3D models and video games. The purpose of the article is to study and systematize the applied aspects of using AI in the development of video games and gameplay, since the existing AI tools have different areas of application and different approaches to content generation, testing and optimization. The research methodology consists in considering possible options for using certain modern AI tools at different stages of developing a 3D game. The work analyzes the impact of AI tools on all stages and aspects of game development using the example of creating the game "Labyrinth of Darkness". The use of AI-based tools, such as Meshy.ai, Leonardo.Ai, AIVA, DeepMotion, GitHub Copilot, Replica Studios and others, made it possible to reduce the complexity of development, reduce time costs and, no less importantly, improve the result. Together, these tools allowed for the effective implementation of the game project and the creation of a holistic, atmospheric game with a unique style and exciting gameplay. Particular attention was paid to exploring the possibilities of optimizing the testing and verification process of the program code using AI. The use of AI became a key element in the process of creating the game "Labyrinth of Darkness", significantly accelerating development and improving the quality of the final product. Modern AI technologies are radically transforming all stages of video game development, opening up new opportunities for optimizing workflows and improving the quality of the final product. Thanks to the implementation of these innovative solutions, developers were able to focus on creativity, and the routine operations of generating 3D models, creating animations, writing code and localizing texts became more automated and accurate. The introduction of AI tools in game development not only increases the efficiency of production processes but also helps to solve social problems in the industry, in particular, excessive workload on employees ("crunch").

Keywords: artificial intelligence, AI, AI tools, GameDev, game development, testing, graphic element, 3D modeling, 3D model, graphics, texture, design, animation.