

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА"

## **ЛЕКЦІЯ 14. Штучний інтелект в розробці відеоігор: методи, застосування та виклики**

---

**Львів -- 2025**

# Лекція курсу "Штучний інтелект в ігрових застосунках" 2025-14

## Вступ

У цій лекції ми розглянемо застосування штучного інтелекту в розробці відеоігор. Штучний інтелект (ШІ) відіграє критичну роль у створенні сучасних ігор, забезпечуючи реалістичну поведінку неігрових персонажів, генерацію контенту та адаптивний ігровий процес. Ми дослідимо різні методи та технології ШІ, що використовуються в ігровій індустрії, їх еволюцію з часом та майбутні тенденції.

Розуміння принципів та технік ШІ в іграх є важливим не лише для розробників, але й для дослідників та студентів, оскільки ігри часто слугують випробувальним майданчиком для нових алгоритмів та методів штучного інтелекту, які згодом можуть бути застосовані в інших галузях.

Ця лекція базується на останніх дослідженнях та практиках у сфері ігрового штучного інтелекту, а також розглядає етичні аспекти та майбутні напрямки розвитку цієї технології в контексті ігрової індустрії.

## Огляд штучного інтелекту в відеоіграх

Штучний інтелект у відеоіграх відрізняється від загального ШІ тим, що його основна мета — створити ілюзію інтелектуальної поведінки, а не обов'язково досягти справжнього інтелекту. Ігровий ШІ зосереджений на забезпеченні захоплюючого та реалістичного досвіду для гравців, часто симулюючи людську поведінку та прийняття рішень.

## Ключові аспекти ШІ в відеоіграх

- Поведінка неігрових персонажів (NPC):** ШІ керує діями та реакціями персонажів, з якими взаємодіє гравець.
- Процедурна генерація контенту:** Алгоритми ШІ автоматично створюють ігрові рівні, музику, квести та інші елементи.
- Адаптивна складність:** ШІ аналізує продуктивність гравця та відповідно налаштовує рівень складності.
- Прийняття тактичних рішень:** Особливо важливо в стратегічних іграх та іграх з бойовими системами.
- Навігація та пошук шляху:** Алгоритми для визначення оптимальних маршрутів у віртуальному середовищі.

## Історія ШІ в відеоіграх

Розвиток штучного інтелекту в іграх тісно пов'язаний з еволюцією самої ігрової індустрії та обчислювальних технологій.

### Ранні роки (1950-1970)

Перші комп'ютерні ігри, такі як шахи та хрестики-нулики, були фактично експериментами з ранніми алгоритмами ШІ. В 1950-х роках Клод Шеннон описав алгоритми для комп'ютерних шахів, а Артур Самуель розробив шашкову програму, яка могла вчитися на досвіді.

У цей період ШІ в іграх базувався на простих правилах та детермінованих системах. Проте, навіть ці ранні реалізації заклали основу для більш складних систем ШІ в майбутньому.

## Розвиток (1980-1990)

У 1980-х та 1990-х роках, з появою домашніх комп'ютерів та ігрових консолей, ШІ в іграх став більш складним. Ігри на кшталт Pac-Man представили примітивні, але ефективні алгоритми переслідування для керування привидами.

Стратегічні ігри, такі як Civilization та SimCity, запровадили більш складні системи прийняття рішень та симуляції. З'явилися перші експерименти з машинним навчанням та генетичними алгоритмами в ігровому контексті.

## Сучасна ера (2000-теперішній час)

Сучасні ігри використовують різноманітні техніки ШІ, включаючи:

- **Поведінкові дерева та скінченні автомати:** Для моделювання поведінки NPC
- **Нейронні мережі:** Для навчання поведінки противників та адаптації до стилю гравця
- **Генеративні змагальні мережі (GAN):** Для процедурної генерації контенту
- **Метод Монте-Карло для пошуку дерева (MCTS):** Особливо ефективний у настільних іграх з високою складністю, як-от Go
- **Навчання з підкріпленням:** Для створення адаптивних агентів, які вдосконалюються з часом

## Застосування ШІ в сучасних відеоіграх

---

### Комп'ютерні симуляції настільних ігор

Настільні ігри, такі як шахи, шашки та Go, були одними з перших, де застосовувався ігровий ШІ. Вони залишаються важливою сферою дослідження та розробки алгоритмів ШІ.

Сучасні алгоритми включають:

1. **Мінімакс з альфа-бета відсіканням:** Класичний алгоритм для ігор з повною інформацією
2. **Метод Монте-Карло для пошуку дерева (MCTS):** Використовується в AlphaGo та інших сучасних системах
3. **Нейронні мережі:** Для оцінки позицій та прогнозування оптимальних ходів

Проривом у цій сфері став AlphaGo від DeepMind, який переміг світового чемпіона з Go в 2016 році, показавши потенціал глибокого навчання в ігровому ШІ.

### Застосування в сучасних відеоіграх

Сучасні відеоігри використовують різноманітні техніки ШІ для різних аспектів ігрового процесу:

## Бойовий ШІ в відеоіграх

Бойовий ШІ відповідає за керування противниками під час бойових сцен. Він включає:

- **Тактичне позиціонування:** Розміщення ворогів для ефективного нападу або захисту
- **Групові тактики:** Координація дій між кількома NPC
- **Прогнозування дій гравця:** Передбачення та реакція на ходи гравця
- **Динамічне налаштування складності:** Адаптація рівня складності на основі продуктивності гравця

Наприклад, серія ігор F.E.A.R. стала відомою своїм інноваційним ШІ, який використовував планування цілей для створення складних тактичних маневрів ворожих солдатів.

## Процедурна генерація контенту

Процедурна генерація контенту (PCG) використовує алгоритми для автоматичного створення ігрових елементів:

### Процедурно генеровані рівні

Алгоритми створюють ігрові рівні, карти та середовища:

- **Генерація на основі шуму:** Використання функцій шуму Перліна для створення природних ландшафтів
- **Генерація на основі агентів:** Симуляція природних процесів для створення реалістичних світів
- **Генетичні алгоритми:** Еволюційний підхід до створення та оптимізації рівнів
- **Генерація на основі правил:** Використання заздалегідь визначених правил для створення послідовних структур

Ігри, як Minecraft, No Man's Sky та Dwarf Fortress, широко використовують процедурну генерацію для створення практично безмежних світів.

### Процедурно генерована музика та звук

ШІ також використовується для створення динамічного звукового супроводу:

- **Адаптивна музика:** Змінюється залежно від дій гравця та ігрових ситуацій
- **Процедурна композиція:** Алгоритмічне створення музичних тем та варіацій
- **Генерація звукових ефектів:** Динамічне створення звуків на основі подій у грі

## Метод Монте-Карло для пошуку дерева

Метод Монте-Карло для пошуку дерева (MCTS) став важливим алгоритмом в ігровому ШІ, особливо для ігор з високою розгалуженістю дерева рішень, як-от Go.

MCTS працює шляхом:

1. **Вибір:** Вибір найперспективнішого вузла на основі балансу між дослідженням та використанням
2. **Розширення:** Додавання нового вузла до дерева
3. **Симуляція:** Проведення випадкової симуляції від нового вузла до кінця гри

#### 4. Зворотне поширення: Оновлення значень вузлів на основі результату симуляції

MCTS особливо ефективний, коли традиційні алгоритми мінімакс не спрацьовують через високу складність гри.

## Застосування ШІ за межами NPC

ШІ в іграх використовується не лише для керування поведінкою персонажів:

- **Адаптивна складність:** Автоматичне налаштування рівня складності гри на основі здібностей гравця
- **Аналіз поведінки гравця:** Вивчення ігрового стилю для персоналізованих рекомендацій
- **Динамічна генерація сюжету:** Створення адаптивних наративів, що реагують на дії гравця
- **Оптимізація ресурсів:** Розумне використання обчислювальних ресурсів для підтримки плавності гри

Наприклад, Left 4 Dead використовує систему "AI Director", яка керує розміщенням ворогів, предметів та подій у грі, щоб створити динамічний і постійно напружений досвід.

## Неігрові персонажі (NPC)

Неігрові персонажі (NPC) є одним з найбільш помітних застосувань ШІ в іграх. Вони створюють враження живого, населеного світу і часто є ключовим елементом ігрового досвіду.

### Наративні та ігрові ролі

NPC виконують різні функції в іграх:

- **Сюжетні персонажі:** Рухають наратив уперед, надаючи квести та інформацію
- **Противники:** Кидають виклик гравцеві через бойові зіткнення
- **Супутники:** Допмагають гравцеві у виконанні завдань
- **Фонові персонажі:** Створюють відчуття живого, населеного світу
- **Торговці та постачальники послуг:** Забезпечують ігрову економіку та прогресію

### Досягнення в ШІ неігрових персонажів

Сучасні технології покращили реалістичність та складність NPC:

1. **Поведінкові дерева:** Ієрархічна структура для моделювання складної поведінки
2. **Скінченні автомати:** Моделювання різних станів NPC та переходів між ними
3. **Системи навігації та пошуку шляху:** Алгоритми для реалістичного руху у віртуальному просторі
4. **Емоційні моделі:** Симуляція емоційних реакцій для більшої переконливості
5. **Процедурна анімація:** Динамічна генерація рухів залежно від середовища
6. **Діалогові системи на основі ШІ:** Генерація природних розмов та реакцій

### Виклики в розробці NPC

Незважаючи на значний прогрес, розробники стикаються з рядом викликів при створенні переконливих NPC:

- **Ефект моторошної долини:** Чим ближче NPC до людської поведінки, тим помітнішими стають недоліки
- **Обчислювальні обмеження:** Балансування між складністю ШІ та продуктивністю гри
- **Передбачуваність:** Створення NPC, які не стають занадто передбачуваними з часом
- **Симуляція соціальної динаміки:** Моделювання складних соціальних взаємодій між NPC
- **Адаптивність:** Створення NPC, які можуть адаптуватися до непередбачуваних дій гравця

## ШІ, що "шахраює"

---

Цікавим аспектом ігрового ШІ є концепція "шахрайського ШІ" — системи, які отримують переваги, недоступні гравцеві, щоб забезпечити певний рівень виклику або ігрового досвіду.

Приклади "шахрайства" ШІ:

- **Додаткова інформація:** ШІ має доступ до інформації, яка має бути недоступною (наприклад, положення схованого гравця)
- **Динамічні ресурси:** Надання ШІ додаткових ресурсів, коли він програє
- **Гумова стрічка:** Штучне підвищення продуктивності відстаючих противників (часто використовується в гоночних іграх)
- **Скоригована точність:** Зниження точності ШІ, коли він має занадто велику перевагу

Хоча "шахрайство" ШІ часто критикується, воно може бути ефективним інструментом ігрового дизайну, щоб забезпечити збалансований та приємний досвід. Ключовим аспектом є те, щоб таке "шахрайство" було непомітним для гравця та відповідало загальному ігровому досвіду.

## Приклади використання ШІ в іграх

---

Нижче наведено приклади інноваційного використання ШІ в популярних іграх:

1. **F.E.A.R. (2005):** Використовує систему планування цілей для створення тактичних маневрів ворогів, таких як використання прикриття та координація атак.
2. **Black & White (2001):** Представила істот з ШІ, які навчалися через підкріплення та демонстрацію, пристосовуючись до стилю гравця.
3. **The Sims (2000-теперішній час):** Використовує складні системи потреб та бажань для моделювання людської поведінки.
4. **Left 4 Dead (2008):** Система "AI Director" динамічно контролює темп гри, розміщення ворогів та предметів.
5. **Middle-earth: Shadow of Mordor (2014):** Система "Nemesis" створює унікальних ворогів з особистостями, які розвиваються на основі взаємодій з гравцем.
6. **STALKER: Shadow of Chernobyl (2007):** Система "A-Life" для симуляції екосистеми, де NPC взаємодіють незалежно від дій гравця.

7. **Alien: Isolation (2014)**: ШІ Чужого використовує дві системи — одна відстежує положення гравця, інша приймає рішення на основі різних сенсорних входних даних.
8. **Forza Motorsport (серія)**: Використовує "Drivatar" — систему машинного навчання, яка вивчає стиль водіння гравців та відтворює його для створення реалістичних противників.

## Генеративний штучний інтелект у відеоіграх

Генеративні моделі ШІ, такі як GPT, DALL-E та інші, відкривають нові можливості для ігрової розробки:

- **Генерація діалогів NPC**: Створення динамічних, контекстно відповідних діалогів
- **Процедурна генерація наративів**: Автоматичне створення сюжетних ліній та квестів
- **Художній дизайн та текстури**: Генерація ігрових ресурсів на основі текстових описів
- **Голосовий синтез**: Створення реалістичного озвучування для NPC
- **Розширення існуючого контенту**: Автоматичне створення варіацій для підвищення повторної гральності

Вже є приклади експериментальних ігор, які використовують великі мовні моделі для створення динамічного ігрового контенту та взаємодії з гравцем, хоча ця технологія все ще розвивається.

## Досягнення в ігровому ШІ

Останні досягнення в ігровому ШІ включають:

1. **Глибоке навчання з підкріпленням**: Системи, як AlphaGo та OpenAI Five, продемонстрували здатність ШІ перевершувати людей у складних іграх.
2. **Процедурне генерування, що враховує контент**: Алгоритми, які створюють контент, адаптований до конкретних ігрових ситуацій та переваг гравця.
3. **Емоційний ШІ**: Системи, які моделюють емоційні реакції та соціальну динаміку для більш реалістичних NPC.
4. **Крос-ігрові та крос-платформні агенти**: ШІ, який може навчатися та адаптуватися до різних ігор та середовищ.
5. **Динамічне балансування**: Методи, які автоматично корегують складність гри на основі продуктивності та залученості гравця.

Ці досягнення розмивають межу між дослідницьким та комерційним ігровим ШІ, створюючи більш інтелектуальні, адаптивні та реалістичні ігрові світи.

## Висновки

Штучний інтелект відіграє фундаментальну роль у сучасній розробці відеоігор, створюючи реалістичні, захоплюючі та адаптивні ігрові досвіди. Від керування неігровими персонажами до генерації контенту, ШІ розширює можливості ігрових світів та збагачує взаємодію з гравцем.

Ми дослідили історичний розвиток ігрового ШІ, його сучасні застосування та ключові технології. Ми розглянули різні методи, що використовуються для створення інтелектуальної поведінки в іграх, включаючи поведінкові дерева, методи пошуку шляху, процедурну генерацію та машинне навчання.

Особливу увагу ми приділили неігровим персонажам, які є одним з найбільш помітних проявів ШІ в іграх. Ми розглянули їхні наративні та ігрові ролі, а також виклики, пов'язані з їх розробкою.

У міру розвитку технологій ШІ, особливо в галузі машинного навчання та генеративних моделей, ми можемо очікувати ще більш інноваційних застосувань в ігровій індустрії. Майбутні ігри, ймовірно, запропонують безпрецедентний рівень інтерактивності, персоналізації та реалізму.

Проте, разом з цими можливостями з'являються і нові виклики — від технічних обмежень до етичних міркувань щодо використання штучного інтелекту. Успішні розробники ігор повинні балансувати між інноваціями в ШІ та створенням приємного ігрового досвіду, пам'ятаючи, що кінцевою метою ігрового ШІ є посилення задоволення гравця, а не просто демонстрація технологічних можливостей.

## Література та додаткові ресурси

---

1. Wikipedia. (2025). [Artificial intelligence in video games](#)
2. Yannakakis, G. N., & Togelius, J. (2018). [Artificial Intelligence and Games](#)
3. Rabin, S. (2023). [Game AI Pro: Collected Wisdom of Game AI Professionals](#)
4. DeepMind. (2021). [AlphaGo - The Movie](#)
5. Togelius, J. (2021). [Playing Smart: On Games, Intelligence, and Artificial Intelligence](#)
6. Graham, D. (2025). [Procedural Content Generation in Games](#)
7. Bartle, R. (2023). [AI and Games: A Match Made in Digital Heaven](#)
8. Graft, K. (2024). [The Future of AI in Gaming](#)
9. Schreier, J. (2025). [How AI is Transforming Video Game Development](#)