

РЕЦЕНЗІЯ

рецензента на дисертаційну роботу
Товсточуба Ігоря Сергійовича
на тему ««Методи генерації графічних об'єктів у відеоіграх на основі
паралельних обчислень»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 12 «Інформаційні технології»
за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

Актуальність теми дисертації.

Значна частина витрат на розробку AAA-проектів припадає на створення графічного контенту - від детальних текстур до складних тривимірних моделей. Парадоксально, але попри величезні бюджети, студії все частіше стикаються з неможливістю вчасно створити достатній обсяг якісного контенту традиційними методами.

Процедурна генерація стала відповіддю індустрії на цей виклик. Проте існуючі рішення натикаються на фундаментальне обмеження - однопотокова архітектура більшості алгоритмів генерації.

Особливо гостро проблема проявляється в жанрі "ігор-як-сервісу" (Games as a Service), де контент має генеруватися динамічно для мільйонів активних користувачів. Централізовані серверні ферми, які традиційно виконують цю роль, потребують колосальних інвестицій в інфраструктуру. Водночас, сукупна обчислювальна потужність пристроїв гравців часто перевищує можливості датацентрів, але залишається невикористаною.

Дисертація пропонує вирішення цієї дилеми через мережецентричний підхід, який перетворює кожного гравця з пасивного споживача контенту на активного учасника його створення.

Таким чином, дисертаційне дослідження Товсточуба І.С. відповідає на критичну потребу ігрової індустрії в нових підходах до створення контенту, що робить тему роботи винятково актуальною та своєчасною.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Розроблено модель для визначення показників паралельної генерації контенту в ігрових системах, яка за рахунок комплексного врахування продуктивності генерації, часу генерації, обсягу даних для синхронізації та часу

синхронізації дозволяє визначити оптимальну кількість обчислювальних вузлів для генерації графічних об'єктів.

2. Удосконалено метод мережевої паралелізації генерації графічних об'єктів, який за рахунок використання розробленої моделі та етапів оцінки можливостей вузлів, початкової сегментації ігрового світу, реалізації пріоритезації генерації дозволяє підвищити ефективність використання обчислювальних ресурсів системи.

3. Розроблено метод адаптивного розподілу генерації графічних об'єктів, який за рахунок використання мережецентричного підходу та динамічної адаптації до змін у мережевому довкіллі забезпечує оптимальне функціонування системи.

Достовірність отриманих результатів підтверджується коректним використанням математичного апарату, результатами експериментальних досліджень проведених на розробленому програмному комплексі.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

Дисертаційна робота здобувача Товсточуба І.С. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності «123 Комп'ютерна інженерія» та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Комп'ютерна інженерія.

Розглянувши представлені матеріали, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Товсточуба І.С. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату чи неправомірних запозичень. Використані ідеї, результати та тексти інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою з коректним використанням наукової термінології. Текст структурований логічно, забезпечує послідовне розкриття теми від постановки проблеми до практичної реалізації рішень. Математичний апарат використовується доречно та супроводжується необхідними поясненнями. Графічні матеріали ефективно ілюструють основні положення роботи.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків та списку літератури. Обсяг дисертації 103 сторінок машинописного тексту.

У *вступі* висвітлено актуальність досліджуваної тематики, коректно сформульовано об'єкт, предмет, мету, завдання та методи дослідження.

У *першому розділі* здійснено системний аналіз проблематики паралелізації в розробці відеоігор. Детально розглянуто алгоритми паралелізації,

проаналізовано архітектуру сучасних ігрових рушіїв з позицій організації паралельних обчислень. Особливу увагу приділено фундаментальним обмеженням паралелізму та їх впливу на ефективність генерації контенту. Обґрунтовано перспективність мережецентричного підходу. У підсумку наведені висновки до розділу

Другий розділ підсвічує розроблену формальну модель розподіленої ігрової системи, запропоновано математичну модель для комплексної оцінки ефективності паралельної генерації. Детально описано архітектуру та алгоритми функціонування системи мережевої паралелізації. У підсумку наведені висновки до розділу

Третій розділ присвячено програмній реалізації запропонованих рішень. Представлено архітектуру програмного комплексу, детально описано реалізацію трьох режимів генерації контенту. Описано концепцію додатку з мережевим паралельним генеруванням контенту. Впроваджено механізми синхронізації в мережевій паралельній генерації та алгоритми вирішення конфліктів у розподіленій генерації. Представлено методику експериментальних досліджень програмного комплексу. У підсумку наведені висновки до розділу.

У *четвертому розділі* наведено результати експериментальних досліджень. Виконано дослідження часу генерації при різних методах паралелізації, Проведений порівняльний аналіз централізованого та мережецентричного підходів до генерації графічного контенту. Результати підтверджують ефективність запропонованих методів та їх практичну придатність. У підсумку наведені висновки до розділу.

Наприкінці дисертації наведені *загальні висновки* дослідження, що підсумовують усі отримані результати роботи.

У *списку використаних джерел* автором представлено 90 наукових праць, включаючи джерела мережі Інтернет.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 10 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 3 статті у наукових фахових виданнях України (категорія Б) за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія та 7 тез виступів на міжнародних наукових конференціях.

Результати дисертації були апробовані на 6 міжнародних наукових конференціях.

Ознайомлення з дисертацією та копіями статей і тез дозволяє зробити висновок про повноту викладення здобутих наукових результатів в

опублікованих працях. Це свідчить про високий науковий рівень публікацій дисертанта та його дотримання принципів академічної доброчесності.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У дисертації недостатньо досліджено питання детермінованості результатів генерації при використанні мережевого паралельного підходу. Автор не розглядає механізми забезпечення ідентичності згенерованого контенту при повторних запусках з тими самими параметрами, що є критичним для відтворюваності ігрового процесу та тестування.

2. При розробці методу адаптивного розподілу генерації (розділ 2.3) не враховано можливість динамічної зміни пріоритетів генерації залежно від ігрових подій. Наприклад, під час інтенсивних бойових сцен може виникнути потреба у швидкій генерації додаткових графічних ефектів, що вимагає перерозподілу ресурсів.

3. У програмній реалізації (розділ 3) відсутні механізми автоматичного відновлення після критичних збоїв системи, що може призвести до втрати прогресу генерації при несподіваних відключеннях.

5. У експериментальних дослідженнях (розділ 4.4) автор використовує утиліту Clumsy для емуляції мережевих затримок, але не моделює більш складні мережеві явища, такі як джиттер (варіативність затримки) або пакетні втрати, які суттєво впливають на роботу розподілених систем у реальних умовах.

6. Автор не дослідив можливості інтеграції методів машинного навчання та штучного інтелекту для покращення якості та варіативності генерованого контенту, хоча це є перспективним напрямком розвитку.

Зазначені недоліки мають рекомендаційний характер і не применшують наукової цінності та практичної значущості отриманих результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Товсточуба Ігоря Сергійовича на тему «Методи генерації графічних об'єктів у відеоіграх на основі паралельних обчислень» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для комп'ютерної інженерії та інформаційних технологій.

Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 - 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Вважаю, що здобувач Товсточуб Ігор Сергійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія».

Офіційний рецензент:

завідувач кафедри
інженерії програмного забезпечення
Державного університету
інформаційно-комунікаційних технологій
доктор технічних наук, професор



Ірина ЗАМРІЙ

« 01 » липень 2025 року

Підпис Ірини Замрій
Засвідчую
який секретар
Державного університету
інформаційно-комунікаційних технологій
Олександр Г. Євєва

