

ВІДГУК

офіційного опонента 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.

В епоху стрімкого розвитку ігрової індустрії питання ефективної генерації графічного контенту набуває критичного значення. Сучасні відеоігри вимагають створення масштабних віртуальних світів з високою деталізацією, що ставить нові виклики перед розробниками. Традиційні послідовні методи генерації графічних об'єктів досягли своїх технологічних меж і не здатні забезпечити необхідну швидкість та масштабованість для створення динамічних ігрових середовищ.

Поява багатоядерних процесорів, розвиток хмарних технологій та розподілених обчислювальних систем створюють передумови для принципово нових підходів до генерації ігрового контенту. Проте ефективне використання цих технологічних можливостей вимагає розробки спеціалізованих методів та алгоритмів, здатних враховувати специфіку ігрових систем, зокрема необхідність забезпечення реального часу виконання та синхронізації між множиною гравців.

Мережецентричний підхід, запропонований у дисертації, представляє собою перспективний напрямок вирішення проблеми розподілу обчислювального навантаження при генерації графічних об'єктів. Однак практична реалізація такого підходу пов'язана з численними технічними викликами, серед яких синхронізація розподілених процесів, забезпечення узгодженості даних та адаптація до динамічних змін мережевого середовища.

У зв'язку з викладеним, тема дисертаційної роботи Товсточуба І.С., спрямована на розробку методів паралельної генерації графічних об'єктів у відеоіграх з використанням мережецентричного підходу, є безумовно 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.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Товсточуба І.С. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності «123 Комп'ютерна інженерія». Робота є логічно структурованою, завершеною науковою працею, що містить вирішення актуального наукового завдання..

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям комп'ютерної інженерії та інформаційних технологій.

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 і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою. Робота має логічно правильну структуру, матеріал викладений послідовно, змістовно, з усіма необхідними поясненнями, розрахунками та графічними ілюстраціями,

термінологія використовується загальноновживана, що дає змогу сприймати легко матеріал.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків та списку літератури. Загальний обсяг дисертації 103 сторінок.

У *вступі* чітко та обґрунтовано висвітлено актуальність досліджуваної тематики, коректно сформульовано об'єкт, предмет, мету, завдання та методи дослідження. Крім того, вступ висвітлює наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, надає інформацію про впровадження та апробацію результатів дослідження, а також публікації здобувача зі зазначенням особистого внеску.

У *першому розділі* ґрунтовний аналіз сучасного стану проблеми паралелізації в розробці відеоігор. Розглянуто алгоритми паралелізації, архітектури провідних ігрових рушіїв, основні закони та обмеження паралельних обчислень. Особливу увагу приділено аналізу типових проблем та особливостей генерації 2D та 3D графічних об'єктів. У підсумку наведені висновки до розділу.

Другий розділ представлено математичні моделі паралельної генерації графічних об'єктів. Розроблено формальне представлення розподіленої генерації, запропоновано комплексну модель для оцінки показників паралельної генерації. Детально описано методи мережевої паралелізації та адаптивного розподілу генерації на основі мережецентричного підходу. У підсумку наведені висновки до розділу.

Третій розділ присвячено програмній реалізації запропонованих методів. Представлено архітектуру програмного комплексу, описано реалізацію трьох модулів генерування контенту (централізованого, локального паралельного та мережевого паралельного). Розроблено механізми синхронізації та вирішення конфліктів у розподіленій системі.

Четвертий розділ містить результати експериментальних досліджень. Проведено всебічне тестування розроблених методів за різними критеріями: час генерації, продуктивність, вплив мережевих затримок, обсяг даних. Виконано порівняльний аналіз централізованого та мережецентричного підходів. 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 категорії 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 повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У розділі 1 при аналізі архітектур ігрових рушіїв автор зосереджується переважно на технічних аспектах, але недостатньо висвітлює економічну ефективність впровадження запропонованих методів у комерційні проекти.

2. У математичній моделі (розділ 2) використовується припущення про рівномірний розподіл обчислювальних можливостей між вузлами (формула 2.8), що може не відповідати реальним умовам, де гравці мають пристрої з суттєво різними характеристиками.

3. У розділі 3 при описі механізмів синхронізації не розглянуто проблему "розщеплення мережі" (network split), коли частина вузлів тимчасово втрачає зв'язок з іншими, але продовжує генерацію контенту. Відсутні алгоритми злиття розбіжних станів після відновлення з'єднання.

4. У роботі не розглянуто питання інтеграції запропонованих методів з існуючими комерційними рішеннями для хмарного геймінгу як GeForce Now, що могло б розширити практичну цінність дослідження.

5. Недостатньо уваги приділено питанням якості згенерованого контенту при різних рівнях мережових затримок та можливості деградації візуальної якості для забезпечення стабільної роботи системи.

6. Автор не приділив достатньої уваги питанню масштабування запропонованих методів для різних жанрів ігор. Методи, ефективні для відкритих світів RPG, можуть бути неоптимальними для швидких шутерів або стратегій реального часу, де вимоги до швидкості генерації суттєво відрізняються.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значущість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що 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 завершеним науковим дослідженням, що містить вирішення актуального наукового завдання в галузі комп'ютерної інженерії. Робота характеризується науковою новизною, теоретичною обґрунтованістю та практичною значущістю отриманих результатів.

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 йому ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія».

Офіційний опонент:

декан факультету
інформатики та обчислювальної техніки
КПІ імені Ігоря Сікорського
доктор технічних наук, професор


Ярослав КОРНАГА

ЗАСВІДУЧЕНО
Відділ кадрів і архівної справи
«01» 07 2025 року