

Голові разової спеціалізованої вченої ради  
Національного університету «Львівська політехніка»  
доктору технічних наук, професору  
Івану ЦМОЦЮ

## **ВІДГУК**

### **офіційного рецензента**

доктора технічних наук, професора

**Назаркевич Марії Андріївни**

на дисертаційну роботу

**Островки Дмитра Васильовича**

«Інформаційна технологія синтезу тривимірного зображення користувача для  
мобільних систем доповненої реальності»,  
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
за спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»  
в галузі знань 12 «Інформаційні технології»

**Актуальність роботи.** Дисертаційна робота Островки Д.В. присвячена розробці та інтеграції технологій синтезу аватара користувача в мобільних платформах, які використовують елементи доповненої та віртуальної реальності. З огляду на посилене застосування технологій доповненої та віртуальної реальності, створення тривимірного аватара користувача стає важливим елементом для покращення користувацького досвіду в мобільних застосунках. Островка Д. В. пропонує інформаційну технологію синтезу аватара користувача, включаючи програмні та апаратні засоби для створення, модифікації та інтерактивної взаємодії з тривимірним зображенням користувача, при цьому враховуючи обмежені обчислювальні ресурси мобільних пристроїв. Робота Островки Д. В. сприяє розвитку у сфері розробки інтерактивних застосунків, зокрема в контексті доповненої та віртуальної реальності.

**Наукові результати та їх новизна.** Отримані здобувачем Островкою Д. В. наукові результати розв'язують актуальну наукову задачу синтезу та візуалізації аватара користувача забезпечуючи малий час адаптації та враховуючи обмежені ресурси системи.

Автором **вперше** розроблено метод синтезу аватара користувача, який базується на використанні формату збереження тривимірних файлів – USDZ. Розроблений метод включає в себе 52 різні змішані форми для деталізованої імітації міміки обличчя користувача, а також інтегрує процедуру морфінгу аватарів, забезпечуючи адаптивність їх тривимірної структури. Завдяки цьому розроблений метод синтезу аватара, зменшує необхідний обсяг пам'яті для мобільних застосунків на платформі iOS в 3,75 рази порівняно з існуючими методами.

Автором **удосконалено** метод шейдерного зафарбовування аватара користувача на мобільній платформі iOS, що інтегрує процес текстуровання з фрагментними шейдерами. Це досягнуто завдяки взаємодії між вбудованими в мобільну систему ігровим рушієм SceneKit та апаратним прискорювачем Metal, що демонструє зменшення обсягу використання текстур на 57%. Також, автор **удосконалив** метод синтезу текстур аватара користувача. Цей підхід оптимізує конвеєр рендерингу, знижуючи обсяг обчислень у реальному часі, що, у свою чергу, забезпечує плавний і стабільний користувацький досвід при частих змінах відображення аватара, підтримуючи при цьому плавність зображення на рівні 60 кадрів на секунду.

Також, в представленому автором дисертаційному дослідженні **отримала подальший розвиток** інформаційна технологія синтезу аватара користувача. Розроблена інформаційна технологія адаптована до обмежень мобільних систем доповненої реальності та сприяє скороченню часу, необхідного для візуалізації аватара користувача.

**Практичне значення та практична цінність отриманих результатів.** Дисертаційна робота Островки Д. В. виконана на кафедрі автоматизованих систем управління Національного університету «Львівська політехніка». Тема

дисертації відповідає науковому напрямку кафедри. Дослідження, результати яких викладено в дисертації, завершено відповідно до пріоритетних напрямків науково-дослідних робіт Національного університету «Львівська політехніка», в рамках виконання науково-дослідних робіт за держбюджетними темами «Експериментальна мобільна робототехнічна платформа з інтелектуальною системою управління та захистом передачі даних» (№ держ. реєстру 0122U000891) та «Експериментальна система нейромережевого криптографічного захисту та передачі даних у реальному часі з використанням баркероподібних кодів» (№ держ. реєстру 0121U109503).

Практичне значення одержаних в роботі результатів полягає в розробці інформаційної технології синтезу тривимірного зображення користувача в мобільній ОС iOS, що дає змогу користувачу створювати власного аватара та інтерактивно взаємодіяти з ним. Розроблена система може бути інтегрована в будь-який iOS застосунок, з метою підвищити рівень залученості користувачів.

Результати дисертаційного дослідження впроваджені у освітньому процесі Національного університету «Львівська політехніка» при викладанні освітнього компонента «Доповнена реальність в освіті: впровадження європейського досвіду». Результати дисертації були отримані під час роботи здобувача у держбюджетній науково-дослідній роботі та пройшли дослідницьке випробування.

**Оцінка змісту, ступеню завершеності та обґрунтованості положень дисертації.** Дисертація Островки Д. В. представляє собою завершену наукову працю, яка складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, трьох додатків.

У вступі наведено актуальність теми дисертації, визначено мету та основні завдання, предмет та об'єкт, подано наукову новизну і практичне значення одержаних результатів. Наводиться інформація про список публікацій автора.

**Перший** розділ присвячено детальному аналізу сучасних методів та засобів синтезу тривимірних зображень користувачів у мобільних системах. В розділі розглядаються технології доповненої та віртуальної реальності, а також різні

формати файлів, які використовуються для представлення тривимірних моделей, з урахуванням їхньої специфіки в мобільних додатках. Також розділ включає огляд обмежень існуючих досліджень в області синтезу аватарів, що сприяло визначенню ключових напрямків для подальшого дисертаційного дослідження.

**Другий** розділ описує розроблення методу синтезу тривимірного зображення користувача в мобільних операційних системах з використанням оптимального формату представлення тривимірних моделей – USDZ. Розроблений метод включає набір змішаних форм для точного відтворення різних виразів обличчя користувача, а також застосування техніки морфінгу тривимірного зображення, забезпечуючи зміни в структурі моделей.

**Третій** розділ описує удосконалення методу шейдерного зафарбовування тривимірного зображення користувача, що інтегрує техніку текстуровання з фрагментними шейдерами. Використання ігрового рушія SceneKit та апаратного прискорювача Metal вбудованих в ОС iOS сприяє підвищенню швидкості обробки, а метод «splat map» дає змогу зменшити обсяг використання текстур. Також, в цьому розділі представлено удосконалення методу синтезу текстур для тривимірних зображень, який мінімізує обчислення у реальному часі, покращуючи процес рендерингу та забезпечуючи плавну взаємодію з користувачем під час модифікацій аватара.

**Четвертий** розділ описує розроблену структуру та архітектуру інформаційної технології синтезу аватара користувача на iOS платформі. Висвітлюються функціональні можливості системи та її ефективність у забезпеченні динамічного користувацького досвіду. Результати використання системи показують успішну модифікацію обличчя та персоналізацію тривимірного зображення користувача в режимі реального часу. Також демонструється стабільність роботи системи та аналізується її енергетична ефективність. Порівняння з аналогічними рішеннями вказує на переваги розробленої системи та окреслює напрямки для подальших досліджень.

Аналіз змісту розділів, використаних методів та засобів дають змогу зробити висновок про належну обґрунтованість наукових результатів

дисертаційного дослідження. Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертації, обґрунтовано теоретичним аналізом, результатами практичного використання та інформацією з науково-технічної літератури.

**Анотація** точно і всебічно відображає ключові положення, результати і висновки дисертації, підкреслюючи оригінальність і практичну цінність отриманих результатів дослідження, їх основний зміст та особистий внесок автора.

**Повнота викладення результатів дисертації в наукових виданнях.** Основні результати дослідження опубліковано у 5 статтях в наукових фахових виданнях України, 1 колективній монографії, та у 3 працях апробаційного характеру – у матеріалах і тезах конференцій та препринтах. Основі положення дисертації повністю викладено в опублікованих працях.

Повний обсяг роботи становить 131 сторінку друкованого тексту, з них основний текст – на 113 сторінках. Список використаних джерел містить 130 найменування. Вимоги щодо кількості та якості публікацій виконано.

**Оформлення дисертації та дотримання вимог академічної доброчесності.** Оформлення дисертаційного дослідження відповідає усім необхідним вимогам. Основні висновки та пропозиції логічно випливають з результатів, детально викладених у розділах. Робота написана науково-правильною і зрозумілою мовою, демонструє високу технічну підготовку та використання сучасної термінології. Тема, зміст та наукові результати дослідження відповідають спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» галузі знань 12 «Інформаційні технології».

Аналіз структури та змісту дисертації, а також опублікованих наукових праць автора дає підстави стверджувати, що всі наукові та практичні результати отримані особисто автором, пройшли належну апробацію та обговорення.

У дисертації не виявлено текстових запозичень і використання наукових результатів інших науковців без посилань на відповідні джерела.

Відсутність порушень академічної доброчесності підтверджує наявна довідка про результати перевірки на академічний плагіат дисертації Островки Д.В.

**Серед недоліків дисертаційної роботи можна відмітити наступні:**

1. У дисертації часто згадується поняття "висока частота кадрів" (ст. 43, ст. 64, ст. 77, ст. 78 тощо). Було б корисно надати конкретну числову характеристику, яка саме частота кадрів вважається "високою".

2. В другому розділі, на сторінці 46 потрібно було б пояснити, чому саме мультиплікативна згортка обрана для рішення задачі БКО, а не адаптивна чи якийсь інший метод.

3. При розробленні методу синтезу аватара користувача для кращого розуміння варто було би навести пояснення, які саме етичні аспекти дає змогу вирішити розроблений автором метод.

4. У третьому розділі було б доцільно сформулювати задачу оптимізації використання дискового простору на мобільних платформах.

5. У четвертому розділі слід було б обґрунтувати вибір мови програмування Swift для розроблення мобільного застосунку синтезу аватара користувача, а не іншої мови.

6. На сторінці 105, при порівнянні з існуючим рішенням, більш влучно було б завершити речення як "на відміну від результатів, наведених у роботі [124]", а не просто "на відміну від [124]".

7. У тексті дисертації зустрічаються орфографічні помилки: на сторінці 58 вжито "Ця підхід" замість "Цей підхід", а на сторінці 93 - "Спираючись на підходи" замість "Спираючись на підходи".

Вищезазначені зауваження не є критичними і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи. В цілому дисертація демонструє високий рівень наукової обґрунтованості. Однозначно встановлено новизну, достовірність, наукову та практичну цінність отриманих результатів.

**Висновок про відповідність дисертації вимогам, які пред'являються до наукового ступеня наукового ступеня доктора філософії.** Дисертація



Островки Д. В. на тему «Інформаційна технологія синтезу тривимірного зображення користувача для мобільних систем доповненої реальності» є завершеною науково-дослідницькою працею, що містить нові науково обґрунтовані результати. У дисертації вирішено актуальну наукову задачу синтезу та візуалізації аватара користувача забезпечуючи малий час адаптації та враховуючи обмежені ресурси системи.

Одержані наукові та практичні результати є значущими для галузі інформаційних технологій та комп'ютерних наук. Тема і зміст відповідають спеціальності 122 – Комп'ютерні науки.

Дисертація Островки Д.В. за своєю актуальністю, науковою новизною, практичним значенням отриманих результатів, обґрунтованістю основних положень та висновків повністю відповідає вимогам «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 12.01.2022 р. № 44), а її автор, Островка Дмитро Васильович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки.

**Рецензент:**

Доктор технічних наук, професор,  
професор каф. інформаційних систем та мереж  
Національного університету  
«Львівська політехніка»

Марія НАЗАРКЕВИЧ

Підпис д.т.н., професора Назаркевич М. А.

**«ЗАСВІДЧУЮ»**

Вчений секретар Національного університету  
«Львівська Політехніка», к.т.н., доцент



Роман БРИЛИНСЬКИЙ

“ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.