

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного університету «Львівська
політехніка»
д.т.н., професору Івану ЦМОЦЮ

Відгук офіційного опонента

кандидата фізико-математичних наук,
доцента **ШУВАРА Романа Ярославовича**
на дисертаційну роботу **ОСТРОВКИ Дмитра Васильовича**
на тему «Інформаційна технологія синтезу тривимірного зображення
користувача для мобільних систем доповненої реальності»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»
у галузі знань 12 «Інформаційні технології»

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

У цифрову епоху значення тривимірних аватарів користувачів стає все більш очевидним. Будучи невід'ємною частиною технологій доповненої і віртуальної реальності, цифрові аватари збагачують користувацький досвід забезпечуючи відчуття присутності у віртуальному просторі. Їхнє застосування поширюється від революційних ігрових сюжетів до полегшення реалістичного попереднього перегляду у віртуальній роздрібній торгівлі, що підкреслює їхню багатогранну корисність.

Проте створення аватарів пов'язане з певними проблемами, особливо в етичній сфері. Необхідність балансувати між реалістичністю та потенційними зловживаннями, такими як видача себе за іншу особу, а також занепокоєння щодо конфіденційності даних та упередженості, притаманної аватарам, є першочерговим завданням. Цей сценарій спричинив перехід до напівреалістичних аватарів, які поєднують можливість налаштування зі

зменшенням ризиків зловживань. Крім того, оскільки мобільні платформи стають основним майданчиком для 3D-контенту, рендеринг аватарів на цих пристроях вимагає уваги до деталей, зокрема, до точності передачі кольору та оптимізації моделі, щоб забезпечити користувачеві ефект присутності.

Враховуючи ці фактори, дисертація Островки Д. В. про синтез 3D-аватарів є актуальною і своєчасною. В дисертації подано дослідження на перетині технологій та етики в розробці аватарів, підкреслюючи необхідність відповідальних та інноваційних рішень у цій прогресивній галузі. Ця робота робить значний внесок у дискурс про цифрову репрезентацію та взаємодію з користувачами, надаючи уявлення про еволюцію технологій та її етичні наслідки.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Висвітлені в дисертації роботі наукові положення, висновки та запропоновані рекомендації науково і теоретично обґрунтовані, достовірні та апробовані. При проведенні наукового дослідження, висвітленні результатів, формулюванні пропозицій та практичних рекомендацій здобувачем використано ряд загальних та суто специфічних для даної тематики апробованих методів дослідження та прийомів аналізу. Висновки автора є добре обґрунтованими та переконливими, а достовірність результатів не викликає жодних сумнівів чи критичних зауважень.

Структура дисертаційної роботи Островки Д. В. логічна та сприяє в достатній мірі сприйняттю викладеного автором матеріалу. У роботі підкреслено найважливіші висновки, визначено змістовний зв'язок розділів. Робота добре проілюстрована, доповнена графічними засобами, а оформлення підкреслює логіку та функціональність розділення на складові частини. Структура та наповнення розділів характеризує логічну стрункість процесу дослідження протягом усієї дисертаційної роботи.

У першому розділі “Аналіз методів та засобів синтезу тривимірного зображення користувача в мобільних смарт системах” досліджується стрімкий розвиток технологій доповненої та віртуальної реальності з урахуванням їхньої інтеграції в мобільні пристрої та вплив на різні галузі. У розділі проаналізовано формати файлів для зберігання та відображення 3D-моделей на мобільних пристроях та досліджено методи синтезу 3D-обличчя, відзначено проблеми створення наборів даних, етичні наслідки та труднощі синтезу.

У розділі 2 “Розроблення методу синтезу тривимірного зображення користувача” визначено вимоги до синтезу користувацьких аватарів у мобільних операційних системах, виділяючи модифікацію моделі, інтеграцію VR/AR, взаємодію з користувачем, оптимальний рендеринг та ефективне використання сховища. Розроблено метод створення 3D-аватарів у форматі USDZ, що дає змогу зменшити розмір тривимірної моделі. Також в розділі представлено алгоритми, розроблені для сумісності з платформою iOS, що демонструє практичне застосування в мобільному середовищі.

У розділі 3 “Розроблення методу шейдерного зафарбовування та методу синтезу текстур тривимірного зображення користувача” розроблено метод шейдерного зафарбовування 3D-зображень користувача. Застосування підходу текстурування, поширеного у великомасштабних 3D-ландшафтах, оптимізує використання текстур та вимоги до даних для відображення аватарів. Крім того, в розділі вдосконалено метод синтезу текстур для 3D-зображень, що зменшує потребу в обчисленнях у реальному часі та усуває покадрові обчислення кольору текстури.

У розділі 4 “Особливості реалізації засобів синтезу тривимірного зображення користувача та результати розробленої системи під мобільну платформу” описано побудову інформаційної технології синтезу 3D-зображень користувачів на iOS, включаючи її архітектуру та алгоритмічну підтримку генерації USDZ-файлів. Продемонстровано застосування розроблених методів та засобів, що підтверджує надійну роботу зі стабільною частотою кадрів навіть під час складних модифікацій у реальному часі. Тести засвідчують

ефективність розробленої системи, підтримуючи стабільну продуктивність при оцінці енергетичних і теплових показників. Розділ також включає в себе порівняльний аналіз з існуючими рішеннями, визначення сильних сторін і виявлення областей для подальшого вдосконалення.

3. Наукова новизна результатів досліджень

Проведений детальний аналіз змісту дисертаційної роботи та наведених наукових праць дає змогу виділити основні наукові положення, висновки, пропозиції та рекомендації, які сформулював здобувач.

Наукові положення, висновки та рекомендації, викладені у дисертаційній роботі, є обґрунтованими та містять наукову новизну. Новизна результатів дисертації забезпечується коректною постановкою наукових завдань і адекватністю методів їхнього розв'язання, застосуванням загальнонаукових та спеціальних методів дослідження, використанням досягнень вітчизняної та зарубіжної літератури в галузі комп'ютерних наук.

Новизна наукових результатів дисертаційного дослідження, яка відображає особистий внесок здобувача, полягає в наступному:

- автор вперше розробив метод синтезу 3D-зображень користувачів у форматі USDZ, використовуючи 52 форми для різноманітних виразів обличчя та морфінгу аватарів, що дало змогу зменшити розмір пам'яті мобільного додатку для iOS платформи у 3,75 рази порівняно з існуючими методами;
- автор удосконалив метод шейдерного зафарбовування аватарів користувачів для iOS платформи, об'єднавши текстурювання з фрагментними шейдерами, що забезпечило зменшення використання текстур на 57%;
- автор удосконалив метод синтезу текстур для 3D-зображень користувача, оптимізувавши конвеєр рендерингу для зменшення обчислень у реальному часі, що забезпечило стабільну, плавну роботу 60 кадрів на секунду при частому оновленні аватарів;

- автор удосконалив інформаційну технологію синтезу тривимірного зображення користувача, шляхом її адаптації до обмежених ресурсів мобільних систем доповненої реальності.

4. Значення результатів дослідження для науки і практики.

Значення отриманих автором результатів полягає в тому, що сукупність сформульованих теоретичних положень, висновків і розроблених практичних рекомендацій створює наукову основу для вдосконалення методів синтезу тривимірного зображення користувача в режимі реального часу в мобільних системах доповненої реальності з врахуванням їх обмежених ресурсів. Практична цінність результатів, отриманих у дисертаційній роботі, полягає у створенні інформаційної технології, структур та алгоритмів для iOS платформи, що забезпечують синтез тривимірних зображень користувачів та інтерактивну взаємодію з ними.

Вказані теоретична та практична цінності підтверджені наведеними у дисертації актами впровадження. Актуальність дисертаційної роботи також обґрунтована окремими розділами, які увійшли у науково-дослідницькі роботи 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 баркєроподібних кодів» (№ держ. реєстру 0121U109503).

5. Повнота відображення наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих автором дисертації працях

Результати дослідження опубліковано достатньо повно. Основні положення дисертації опубліковані автором у 9 наукових працях, із них 5 статей – у наукових фахових виданнях України, 1 колективна монографія, 3 публікації – у збірниках наукових праць конференцій. Основні положення та результати дослідження, представлені у дисертації, оприлюднені та обговорені

на міжнародних науково-практичних конференціях, а також на науковому семінарі кафедри автоматизованих систем управління Національного університету “Львівська політехніка”.

6. Мова та стиль дисертаційної роботи

Дисертація написана доступно, на високому науковому та технічному рівні. Виклад лаконічний з використанням сучасної професійної термінології. Тема, зміст та отримані наукові результати роботи відповідають спеціальності 122 “Комп’ютерні науки”, галузі знань 12 “Інформаційні технології”.

7. Дискусійні положення та зауваження до дисертаційної роботи

1. В дисертаційному дослідженні здобувач фокусується на розробці алгоритмів та інформаційної технології саме під iOS платформу, варто було б додати уточнення чому саме ця платформа була обрана або ж розглянути застосування інших наявних мобільних ОС.

2. В розділі 2.2 варто більш детально описати формулу (2.13), а саме представлення критеріїв в порядку від найважливішого критерію до критерію з найменшим значенням, оскільки не до кінця зрозуміло чому вони впорядковані саме від 1 до n .

3. Для кращого розуміння роботи в розділі 2.2 варто додати результати розв’язання багатокритеріальної задачі визначення найбільш оптимального формату файлів.

4. В розділі 2.4 здобувач згадує використання ігрового рушія *SceneKit* для реалізації розробленого методу синтезу аватару. Варто було б додати пояснення чому саме цей ігровий рушій обрано а не більш поширені аналоги, як-от *Unity*.

5. В розділі 2.5 при описі формули (2.18) допущено помилку оскільки F відображає загальну кількість геометричних форм замість i , яка позначає ітерацію значень у формулі.

6. У висновках до розділу 4 здобувач підсумовує, що розроблено і структуру і архітектуру інформаційної технології синтезу хоча згідно з контекстом дисертаційного дослідження описується саме архітектура розробленої інформаційної технології.

7. У тексті дисертаційної роботи зустрічаються ряд стилістичних та орфографічних неточностей.

Загалом, ці зауваження не є критичними та не знижують наукову та практичну цінність дисертаційної роботи.

8. Загальний висновок

Дисертаційна робота Островки Дмитра Васильовича на тему “Інформаційна технологія синтезу тривимірного зображення користувача для мобільних систем доповненої реальності” є завершеним науковим дослідженням, що стосується вирішення наукової задачі синтезу та візуалізації аватара користувача з забезпеченням малого часу адаптації та врахування обмежених ресурсів системи. Усі основні положення дисертації самостійно отримані автором та характеризуються актуальністю, науковою новизною, теоретично та практичною цінністю. Результати та висновки, сформульовані автором у дисертаційному дослідженні, достатньо обґрунтовані. Достовірність результатів та висновків базуються на наукових методах дослідження, підтверджені апробацією запропонованих теоретичних положень та практичних висновків. Тема та зміст роботи відповідають спеціальності 122 “Комп’ютерні науки”, одержані наукові та практичні результати є важливими для галузі знань “Інформаційні технології”.

Враховуючи актуальність теми дисертаційного дослідження “Інформаційна технологія синтезу тривимірного зображення користувача для мобільних систем доповненої реальності”, обґрунтованість наукових положень роботи, висновків та рекомендацій, що ній викладені, новизну, практичну цінність, достатню оприлюдненість та апробацію представлену до захисту результатів у наукових статтях та матеріалах конференцій, відповідність

нормам академічної доброчесності вважаю, що дисертація відповідає вимогам “Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року №44, а її автор, Островка Дмитро Васильович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 “Комп’ютерні науки”.

Офіційний опонент:

Кандидат фізико-математичних наук,
доцент, завідувач кафедри системного
проектування Львівського національного
університету імені Івана Франка



Роман ШУВАР

