

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U003746

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 17-07-2026

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кулик Юрій-Марко Романович

2. Yurii-Marko R. Kulyk

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0006-1121-3302

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 122

Назва наукової спеціальності: Комп'ютерні науки

Галузь / галузі знань: інформаційні технології

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Комп'ютерні науки

Дата захисту: 14-08-2026

Спеціальність за освітою: 122 Комп'ютерні науки

Місце роботи здобувача: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 15096

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 20.54.07, 20.54.10

Тема дисертації:

1. Інформаційна технологія імерсивної взаємодії користувачів та їх агентів у середовищі віртуальної реальності на базі ігрової платформи
2. Information technology for immersive interaction between users and their agents in a virtual reality environment on the basis of a gaming platform

Реферат/анотація:

1. Дисертаційне дослідження спрямоване на розроблення інформаційної технології імерсивної взаємодії користувачів з агентами та середовищем віртуальної реальності, що забезпечує створення високореалістичного середовища з використанням сучасних технологічних рішень на базі рушія Source. Розроблена інформаційна технологія базується на використанні популярної платформи Garry's Mod, що функціонує на рушії Source, який забезпечує потужні можливості для створення реалістичних фізичних систем та відтворення складних взаємодій об'єктів віртуального світу. У першому розділі проведено комплексний аналіз методів, підходів та програмно-апаратних засобів, що використовуються в технологіях віртуальної реальності. Проведено класифікацію VR-систем, досліджено сучасні інструменти розроблення VR-застосунків, ігрову платформу Garry's Mod на базі рушія Source, інтеграцію інтерфейсів OpenVR та SteamVR. Проаналізовано існуючі та розроблюваний метод генерування тактильних сигналів зворотного

зв'язку, метод синтезу сцени, метод виявлення зіткнень рухомих тіл та визначення кінематики тіла користувача у віртуальному середовищі на основі інверсної кінематики. У другому розділі висвітлені основні наукові результати дисертаційної роботи. Здійснено формалізацію координатних систем та обертань ігрової платформи, зокрема системи кутів Ейлера, розв'язано задачу трансляції між координатними просторами OpenVR і рушія Source. Розроблено метод автоматичного генерування тактильних сигналів зворотного зв'язку, що формує замкнений детермінований ланцюг перетворень від фізичного дескриптора об'єкта до параметрів вібраційного сигналу на основі фізичних властивостей матеріалів без використання попередньо налаштованих шаблонів. Вдосконалено метод синтезу динамічної сцени, що забезпечує виведення фізичних характеристик сутностей на основі метаданих ігрового рушія без залучення ручної розмітки, формалізує граф сцени як структуру, що відображає кожну сутність через її дескриптор та визначає систему просторового трекінгу з афінними перетвореннями між координатними просторами. Вдосконалено метод виявлення зіткнень рухомих тіл шляхом реалізації дворівневої архітектури перевірки потенційних контактів, яка розділяє обчислювальний процес на широку та вузьку фазу, експоненціального фільтра згладжування позиційних даних та ітеративного алгоритму виштовхування при проникненні примітивів у геометрію сцени. Вдосконалено метод визначення кінематики тіла користувача з вдосконаленими параметрами фізичного наближення захоплених об'єктів, компенсацією швидкості руки, механізмом векторного полюса для анатомічно коректної орієнтації суглобів. У третьому розділі розроблено та вдосконалено алгоритми функціонування інформаційної системи імерсивної взаємодії у середовищі віртуальної реальності. Розроблено алгоритм автоматичного генерування тактильних сигналів зворотного зв'язку, що процедурно виводить параметри вібраційного імпульсу з фізичних характеристик об'єктів та властивостей їх матеріалів без потреби у ручній параметризації. Вдосконалено алгоритм для динамічного синтезу сцени з формуванням дескрипторів об'єктів та класифікацією матеріалів. Вдосконалено алгоритм виявлення та розв'язання зіткнень рухомих тіл, що запобігає проникненню об'єктів крізь геометрію сцени шляхом динамічного обчислення тривимірних координат та ітеративної просторової корекції. Вдосконалено алгоритм визначення кінематики тіла користувача на основі інверсної кінематики з детермінованим аналітичним розв'язанням кінематичних ланцюгів. Вдосконалено алгоритм мережевого обміну даними між клієнтами та сервером, механізми збереження стану у реляційній базі даних SQLite та синхронізації віртуального середовища, а також алгоритм створення та синхронізації станів віртуальних агентів. У четвертому розділі виявлено суттєві обмеження існуючих засобів для взаємодії в середовищі віртуальної реальності на базі ігрової платформи Garry's Mod, рушія Source, розглянуто структуру, обґрунтовано завдання, сфери застосування, підходи і засоби розроблення інформаційної технології. Продемонстровано процес інтеграції ігрової платформи з компонентами SteamVR та OpenVR, взаємодію інформаційної системи з апаратною платформою віртуальної реальності через стандартизований інтерфейс OpenVR. Проведено експериментальне дослідження для підтвердження працездатності інформаційної технології.

2. The dissertation research is aimed at developing an information technology for immersive user interaction with agents and a virtual reality environment, which ensures the creation of a highly realistic environment using modern technological solutions based on the Source engine. The developed information technology is based on the use of the popular Garry's Mod platform, which operates on the Source engine, which provides powerful capabilities for creating realistic physical systems and reproducing complex interactions of objects in the virtual world. The first section provides a comprehensive analysis of methods, approaches, and hardware and software used in virtual reality technologies. A classification of VR systems is carried out, modern tools for developing VR applications, the Garry's Mod game platform based on the Source engine, and the integration of OpenVR and SteamVR interfaces are studied. The existing and developed method for generating tactile feedback signals, the scene synthesis method, the method for detecting collisions of moving bodies and determining the kinematics of the user's body in a virtual environment based on inverse kinematics are analyzed. The second section highlights the main scientific results of the dissertation work. The formalization of the coordinate systems and rotations of the game platform, in particular the Euler angle system, is carried out, the translation problem between the coordinate spaces of OpenVR and the Source engine is solved. A method for automatically generating tactile

feedback signals is developed, which forms a closed deterministic chain of transformations from the physical descriptor of the object to the parameters of the vibration signal based on the physical properties of materials without using pre-configured templates. The method of dynamic scene synthesis has been improved, which provides the derivation of physical characteristics of entities based on the metadata of the game engine without the involvement of manual markup, formalizes the scene graph as a structure that reflects each entity through its descriptor and defines a spatial tracking system with affine transformations between coordinate spaces. The method of detecting collisions of moving bodies has been improved by implementing a two-level architecture of checking potential contacts, which divides the computational process into a wide and narrow phase, an exponential smoothing filter for positional data and an iterative pushing algorithm when primitives penetrate the scene geometry. The method of determining the kinematics of the user's body has been improved with improved parameters of physical approximation of captured objects, hand speed compensation, and a vector pole mechanism for anatomically correct orientation of joints. In the third section, algorithms for the functioning of an information system for immersive interaction in a virtual reality environment have been developed and improved. An algorithm for automatic generation of tactile feedback signals has been developed, which procedurally derives the parameters of the vibration pulse from the physical characteristics of objects and the properties of their materials without the need for manual parameterization. An algorithm for dynamic scene synthesis with the formation of object descriptors and material classification has been improved. An algorithm for detecting and resolving collisions of moving bodies has been improved, which prevents objects from penetrating the scene geometry by dynamically calculating three-dimensional coordinates and iterative spatial correction. An algorithm for determining the kinematics of the user's body based on inverse kinematics with deterministic analytical solution of kinematic chains has been improved. An algorithm for network data exchange between clients and the server, mechanisms for saving state in the SQLite relational database and virtual environment synchronization, as well as an algorithm for creating and synchronizing the states of virtual agents have been improved. The fourth section reveals significant limitations of existing tools for interaction in a virtual reality environment based on the Garry's Mod game platform, the Source engine, considers the structure, substantiates the tasks, areas of application, approaches and means of developing information technology. The process of integrating the game platform with SteamVR and OpenVR components, the interaction of the information system with the hardware platform of virtual reality through the standardized OpenVR interface is demonstrated. An experimental study is conducted to confirm the operability of the information technology.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Інформаційні та комунікаційні технології

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Батюк А. Є., Кулик Ю. Р. (2023). Розвиток технології віртуальної реальності та її застосування для навчання студентів. Наукові записки, 2(67), 58-68. <https://doi.org/10.32403/1998-6912-2023-2-67-58-68>
- Батюк А.Є., Кулик Ю.Р. (2024). Інтеграція хмарних технологій у віртуальну реальність. Український журнал інформаційних технологій, 6(1), 109–119. <https://doi.org/10.23939/ujit2024.01.109>
- Батюк А.Є., Кулик Ю.Р. (2024). Застосування технології віртуальної реальності для соціального моделювання та їхньої взаємодії. Науковий вісник НЛТУ України, 34(7), 92-99. <https://doi.org/10.36930/40340712>
- Кулик, Ю.-М. Р., Батюк, А. Є. (2025). Аналіз, розроблення та практичне застосування інтерфейсів взаємодії у віртуальній реальності. Науковий вісник НЛТУ України, 35(6), 76–83. <https://doi.org/10.36930/40350609>

- Кулик, Ю.Р., Батюк, А.Є. (2025). Розроблення та аналіз математичних моделей і обчислювальних методів для симуляції процесів у віртуальній реальності. Інфокомунікаційні та комп'ютерні технології, 2(10), 89–97. <https://doi.org/10.36994/2788-5518-2025-02-10-11>
- Кулик Ю.Р, Батюк А.Є. (2026), Розроблення та реалізація методу автоматичного генерування тактильного зворотного зв'язку у віртуальному середовищі. Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво, (62), 27–33. <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2026-62-03>
- Ю.-М. Кулик, "Технології віртуальної реальності в сучасній науці", V Міжнародна наукова конференція «Науковий простір: актуальні питання, досягнення та інновації», 26 травня 2023 року. м. Черкаси, Україна. – 2023 – С. 174–175
- Ю. Кулик, "Застосування технології віртуальної реальності для проведення військових навчань", СХХV Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Вектори розвитку науки та техніки під час воєнного стану», 29 травня 2023 року. м. Київ, Україна. – 2023 – С. 130–133
- Ю. Кулик, А. Батюк, "Вплив ігрових додатків у віртуальній реальності на розвиток когнітивних та моторних навичок у дітей та підлітків", III Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених, аспірантів та студентів «Комп'ютерні ігри і мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації – 2023», 28-29 вересня 2023 року. м. Одеса, Україна. – 2023 – С. 196–198
- Ю.-М. Кулик, "Технологія віртуальної реальності: взаємодія з користувачем", XXIV Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених, аспірантів та студентів «Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій», 18-19 квітня 2024 року. м. Одеса, Україна. – 2024 – С. 309–311
- А. Батюк, Ю. Кулик, "Проблеми застосування апаратного забезпечення в системах віртуальної реальності", XXIV Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми інформатики та моделювання (ПІМ-2024)», 20–23 вересня 2024 року. Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». м. Харків, Україна. – 2024. – С. 26–30
- A. Batiuk, Yu.-M. Kulyk, "Virtual Reality: a transformative force in industrial and engineering innovation", in Proceedings of the 5th International scientific and practical conference «Current trends in scientific research development». BoScience Publisher. Boston, USA. – 2024. – Pp. 210–214
- Y. Kulyk, A. Batiuk, "Technical and physiological challenges of using virtual reality headsets into systems with prolonged and reliable operation", in Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference «Computational Intelligence and Smart Systems». Lviv Polytechnic National University. Lviv, Ukraine. – 2025. – Pp. 92–94
- Y. Kulyk, A. Batiuk, "Implementation of a method for automatic generation of tactile feedback in a virtual environment", in Proceedings of the IX International scientific and practical conference «The future of science: the latest research and innovation». International Science Group. Stockholm, Sweden – 2026. – Pp. 27–29

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість: забезпечення промисловості чи населення новим видом інформаційно-комунікаційних послуг

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0124U000822

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Батюк Анатолій Євгенович

2. Anatolii Y. Batiuk

Кваліфікація: к.т.н., доц., 05.13.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7650-7383

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Яремчук Наталія Ярославівна

2. Nataliia Y. Yaremchuk

Кваліфікація: к. пед. н., доц., 13.00.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7218-6543

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 59133112100; Web of Science Researcher ID: F-7222-2019;
https://scholar.google.com.ua/citations?user=_ly44nsAAAAJ

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, Львів, 79000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Буров Олександр Юрійович

2. Oleksandr Burov

Кваліфікація: д. т. н., с.д., 05.01.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0733-1120

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут цифровізації освіти Національної академії педагогічних наук України

Код за ЄДРПОУ: 25761786

Місцезнаходження: вул. М. Берлінського, Київ, 04060, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія педагогічних наук України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Теслюк Василь Миколайович

2. Vasyl M. Teslyuk

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5974-9310

Додаткова інформація: <https://scholar.google.com/citations?user=65Wtu6wAAAAJ&hl=uk>; Web of Science ResearcherID: R-5436-2017; Scopus Author ID: 24315132000

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Висоцька Вікторія Анатоліївна

2. Victoria A. Vysotska

Кваліфікація: д.т.н., доц., 10.02.21

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. **Заключні відомості**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Лиса Наталія Корнеліївна

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Лиса Наталія Корнеліївна

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Опотяк Юрій Володимирович

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна