

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Київського національного університету
будівництва і архітектури
доктору технічних наук, професору
Веренич Олені Володимирівні

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора кафедри програмних засобів
Національного університету «Запорізька політехніка»

Олійника Андрія Олександровича на дисертаційну роботу **Тао Лі (Тао Лі)**
**«Інформаційна технологія формування бізнес-процесів на основі
віртуальної реальності в освітньому просторі»,**

що представлена на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122
«Комп'ютерні науки» галузі знань 12 «Інформаційні технології»

Актуальність теми дисертації.

Дисертація здобувача наукового ступеня доктора філософії Тао Лі (Тао Лі) присвячена розробці методів, моделей та інформаційної технології для підвищення ефективності впровадження систем віртуальної реальності в освітній простір та формування відповідних бізнес-процесів. Розроблені методи та моделі можуть бути використані для вирішення актуального науково-практичного завдання оптимізації освітніх процесів та підвищення ефективності навчання в умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій та зростаючої потреби в інноваційних підходах до освіти.

Створення інформаційної технології для інтеграції VR-систем в освітній простір дозволить практично підвищити ефективність навчального процесу, покращити засвоєння складного матеріалу здобувачами, а також розширює теоретичні та практичні напрацювання в галузі освітніх технологій. Особливої актуальності набуває розробка методів оцінки ефективності VR-симуляцій та оптимізації користувацького досвіду, що є критичним для успішного впровадження таких систем. Тому задача, яка вирішується в дисертаційній роботі, є надзвичайно актуальною в контексті цифрової трансформації освіти та впровадження інноваційних технологій навчання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, темами.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі інформаційних технологій Київського національного університету будівництва і архітектури відповідно до плану науково-дослідних робіт у рамках теми «Дослідження можливостей використання технологій віртуальної реальності (VR-технологій) в освітньому просторі» (номер державної реєстрації 0123U104646), де автором розроблено інформаційну технологію формування бізнес-процесів на основі впровадження систем віртуальної реальності в освітній простір, створено моделі та методи оцінювання ефективності VR-симуляцій та оптимізації користувацького досвіду у віртуальному середовищі.

Наукова новизна отриманих автором результатів.

Отримані автором наукові результати у дисертаційній роботі стосуються розробки методів, моделей та інформаційної технології для формування бізнес-процесів на основі впровадження систем віртуальної реальності в освітній простір.

Новизна результатів полягає в тому, що вперше розроблено модель взаємодії людини з комп'ютером для систем віртуальної реальності, яка на відміну від існуючих забезпечує зменшення помилок інтерпретації команд на 35% та підвищує точність їх розпізнавання на 15% завдяки адаптивному навчанню.

Удосконалено метод оцінювання ефективності VR-симуляцій у бізнес-процесах, який відрізняється комплексним підходом до визначення показників ефективності використання систем віртуальної реальності, включаючи час виконання завдань, рівні помилок та задоволеності користувачів, що дозволяє оптимізувати процеси прийняття рішень в освітньому середовищі.

Удосконалено метод моделювання структурними рівняннями для оцінювання сприйняття віртуальної реальності потенційними користувачами, який, на відміну від існуючих, враховує розширену модель факторів сприйняття технології віртуальної реальності та дає змогу кількісно визначити взаємозв'язки між ключовими конструктами в організаційних умовах.

Набула подальшого розвитку інформаційна технологія формування бізнес-процесів в освітньому просторі, яка за рахунок розроблених і вдосконалених моделей та методів забезпечує підвищення ефективності

впровадження систем віртуальної реальності в діяльність організацій, що надають освітній контент.

Отримав подальший розвиток метод інтеграції обробки природної мови і розпізнавання жестів у VR-інтерфейсах, який відрізняється підвищеною інтуїтивністю і ефективністю взаємодії користувачів у віртуальному середовищі, що уможливує його застосування для освітніх симуляцій та візуалізації складних бізнес-процесів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Усі представлені у дисертаційній роботі наукові положення, висновки та рекомендації достатньо повно підтверджені коректним використанням сучасних методів дослідження, включаючи моделювання структурними рівняннями, методи програмної інженерії та статистичного аналізу. Наукові результати дисертації пройшли ґрунтовну апробацію, доповідались на міжнародних конференціях та підтверджуються актами впровадження. Експериментальні дослідження, проведені автором, демонструють суттєве підвищення ефективності освітніх процесів при використанні розробленої інформаційної технології, що підтверджує високий рівень практичної значимості та обґрунтованості дослідження.

Теоретичне та практичне значення одержаних результатів.

Отримані результати як теоретичного, так і практичного характеру, є підґрунтям для подальших досліджень інформаційних технологій в освітній галузі, зокрема в напрямку впровадження систем віртуальної реальності. Розроблена інформаційна технологія є важливим практичним інструментом для освітніх установ, навчальних закладів, а також для освітньої галузі в цілому. У довготривалій перспективі використання розроблених методів та моделей матиме позитивний вплив на розвиток освітніх технологій та підвищення якості освіти. Практична цінність роботи підтверджується впровадженням результатів у діяльність освітніх установ, що засвідчено відповідними актами впровадження.

Повнота викладення основних результатів дисертації в опублікованих працях.

Дисертаційна робота містить важливі наукові результати, які були представлені в наукових публікаціях та пройшли апробацію на міжнародних

наукових конференціях. За матеріалами дисертації опубліковано 11 наукових праць, у тому числі 4 наукові статті у фахових виданнях України категорії «Б», що входять до переліку МОН України. Три роботи опубліковано у збірниках матеріалів міжнародних наукових конференцій, що індексуються у наукометричній базі даних Scopus. Чотири публікації представлені як тези доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях.

Опубліковані роботи повністю відображають основний зміст дисертації та отримані наукові результати. У публікаціях висвітлено всі основні положення дисертації, включаючи розроблені моделі, методи та інформаційну технологію для впровадження систем віртуальної реальності в освітній простір. Кількість та якість публікацій відповідає вимогам МОН України щодо висвітлення результатів дисертаційних досліджень на здобуття ступеня доктора філософії.

Зміст дисертації.

У вступі обґрунтовано актуальність впровадження віртуальної реальності в освітній простір, визначено мету і завдання дослідження, сформульовано наукову новизну та практичне значення роботи.

У першому розділі проведено всебічний огляд імерсивних технологій і систем віртуальної реальності, виявлено можливості їх інтеграції в бізнес-процеси й освітні установи. Проаналізовано сучасний стан впровадження віртуальної реальності в різноманітні бізнес-процеси. Здійснено критичний аналіз потенційних переваг та викликів впровадження VR-технологій, включаючи покращення візуалізації даних, просторове представлення та більш захоплюючий навчальний досвід.

У другому розділі представлено значні досягнення в розробці нової інформаційної технології для інтеграції віртуальної реальності в освітні установи. Ключовим внеском є вдосконалення моделі прийняття технологій, спеціально розробленої для застосування систем віртуальної реальності в освітньому просторі. Розроблено модель взаємодії людини з комп'ютером для систем віртуальної реальності, що базується на методах обробки природної мови та розпізнавання жестів.

У третьому розділі зосереджено увагу на методах оцінювання та оптимізації в рамках розробленої інформаційної технології. Представлено вдосконалення методу моделювання структурними рівняннями для оцінювання сприйняття віртуальної реальності потенційними користувачами. Розроблено метод оцінки ефективності VR-симуляцій у бізнес-процесах та

запропоновано інноваційний метод оптимізації користувацького досвіду у віртуальному середовищі.

У четвертому розділі описано практичне впровадження та валідацію розробленої інформаційної технології. Представлено інноваційні інструментальні модулі для впровадження концепції VR-BPMN на основі розроблених моделей та методів. Описано повний життєвий цикл впровадження систем віртуальної реальності та стратегію оцінювання їх ефективності в бізнес- та освітньому контекстах.

У висновках узагальнено основні наукові результати, які повністю відповідають меті та завданням дисертаційного дослідження. Всі посилання в списку використаних джерел відповідають темі дисертації та коректно оформлені.

Ідентичність анотації та основних положень дисертаційної роботи.

Анотація повністю розкриває зміст дисертаційної роботи, а основні положення, наведені в анотації українською та англійською мовами, ідентичні основним положенням дисертаційної роботи.

Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності.

Загальний обсяг дисертації складає 218 сторінок. Основна частина становить 197 сторінок, включаючи 29 рисунків, 9 таблиць, список використаних джерел із 114 найменувань та 2 додатки. Оформлення дисертації повністю відповідає всім необхідним вимогам МОН України.

Представлена дисертаційна робота характеризується чіткою та логічною структурою, де основні висновки та рекомендації послідовно впливають з отриманих результатів досліджень, які комплексно представлені у відповідних розділах роботи. Отримані результати демонструють виражену індивідуальність проведеного дослідження та оригінальність авторського підходу до вирішення поставлених завдань. Весь текст дисертації відзначається представленням матеріалу в авторському науковому стилі.

Зауваження.

У цілому робота оцінюється позитивно, але варто звернути увагу на наступні зауваження та рекомендації, які могли б підвищити її якість:

1. У першому розділі автор детально аналізує існуючі системи віртуальної реальності та їх застосування в освіті, проте недостатньо уваги приділено аналізу потенційних ризиків та обмежень використання VR-технологій в освітньому процесі, зокрема питанням психологічного впливу тривалого перебування у віртуальному середовищі на здобувачів.
2. Запропонована в розділі 2.2 модель взаємодії людини з комп'ютером для систем віртуальної реальності могла б бути більш детально формалізована математично. Варто було б глибше описати математичний апарат, що лежить в основі алгоритмів розпізнавання природної мови та жестів.
3. У третьому розділі при описі методу оцінювання ефективності VR-симуляцій недостатньо обґрунтовано вибір метрик та критеріїв оцінювання. Зокрема, не пояснено, чому обрано саме такий набір показників і як вони корелюють між собою. Також відсутній аналіз статистичної значущості отриманих результатів.
4. В розділі 4 представлена архітектура інформаційної системи потребує більшої деталізації на рівні окремих компонентів та їх взаємодії. Варто було б включити діаграми послідовності та розгортання, які б краще ілюстрували динамічні аспекти роботи системи.
5. У роботі недостатньо висвітлено питання масштабованості розробленої інформаційної технології та її адаптації до різних освітніх контекстів. Відсутній детальний аналіз вимог до апаратного забезпечення та мережевої інфраструктури для ефективного функціонування системи.

Вказані зауваження не є принциповими та суттєво не впливають на загальну високу оцінку дисертаційної роботи, а також не знижують її наукової та практичної цінності.

Загальні висновки щодо дисертації.

Вважаю, що дисертація Тао Лі (Тао Лі) «Інформаційна технологія формування бізнес-процесів на основі віртуальної реальності в освітньому просторі» є завершеною науковою працею, в якій отримані обґрунтовані наукові результати, що мають суттєве теоретичне та практичне значення для розвитку освітніх технологій.

Дисертація відповідає вимогам, які висуваються до дисертаційних робіт, зокрема зміст дисертації загалом відповідає галузі знань 12 «Інформаційні технології», спеціальності 122 «Комп'ютерні науки», та «Вимогам до оформлення дисертації», затвердженим Наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. №40 (із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки України від 31.05.2019 р. №759) та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44 (в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 19 травня 2023 р. № 502), а її автор Тао Лі (Тао Лі) заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

Офіційний опонент:

Професор кафедри програмних засобів
Національного університету
«Запорізька політехніка»
доктор технічних наук, професор

Андрій ОЛІЙНИК