

ВИСНОВОК

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення
результатів дисертації Тао Лі на тему «Інформаційна технологія
формування бізнес-процесів на основі віртуальної реальності в
освітньому просторі», поданої на здобуття ступеня доктора філософії за
спеціальністю 122 Комп'ютерні науки**

1. Актуальність теми дисертації Тао Лі зумовлена гострою потребою впровадження технології віртуальної реальності в діяльність освітніх організацій. Оскільки організації, які надають освітній контекст, прагнуть використовувати імерсивні технології для покращення процесу прийняття рішень, навчання та залучення клієнтів, існує гостра потреба в емпірично перевірених підходах до інтеграції VR. Це дослідження має на меті подолати розрив між теоретичним розумінням і практичним впровадженням технологій віртуальної реальності, забезпечуючи надійну основу для організацій, щоб вони могли орієнтуватися у викликах і можливостях, пов'язаних із впровадженням імерсивних технологій. Дослідження спрямоване на нагальну потребу у всеосяжній структурі, яка б керувала впровадженням віртуальної реальності в організаціях, особливо в контексті зростаючої технологічної складності та швидкої еволюції бізнес-процесів освітнього середовища.

Надання освітніх послуг з використанням технології віртуальної реальності дозволяє наочно вести лекції та семінари, проводити тренінги, демонструвати учням усі аспекти реального об'єкта або процесу, що в цілому покращує якість і швидкість освітніх бізнес-процесів, при цьому зменшуючи їх вартість. Автор поставив перед собою задачу розробити методи, моделі та інформаційну технологію для підвищення ефективності застосування технології віртуальної реальності для формування та трансформації бізнес-процесів підприємств та організацій, які надають освітній контент, тому актуальність теми дисертації не викликає сумнівів.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація відповідає стандарту спеціальності 122 Комп'ютерні науки та тематичному спрямуванню наукових розробок в рамках науково-дослідної роботи кафедри інформаційних технологій факультету автоматизації і інформаційних технологій Київського національного університету будівництва і архітектури та пов'язана із планами науково-дослідних робіт кафедри. Наукові результати дисертації використано при виконанні науково-дослідної роботи «Дослідження можливостей застосування технологій віртуальної реальності (анг. VR) в освітньому просторі», науковий керівник – завідувачка кафедри ІТ Гончаренко Т.А., державний реєстраційний № 0123U104646 від 22.11.2023 р. Дисертація містить наукові положення, нові

науково обґрунтовані теоретичні результати проведених досліджень, які мають істотне значення для розвитку галузі знань 12 Інформаційні технології.

3. Метою дослідження є розроблення інформаційної технології для ефективного впровадження систем віртуальної реальності в бізнес-процеси освітньої галузі.

4. Об'єктом дослідження є процеси інтеграції систем віртуальної реальності в діяльність підприємств і організацій, які надають освітній контент.

5. Предметом дослідження є моделі, методи та інформаційна технологія для розроблення, оцінки та впровадження систем віртуальної реальності для формування та трансформації бізнес-процесів в освітньому просторі.

6. Методи дослідження. У дослідженні використано комплекс методів, серед яких: методи моделювання та аналізу даних, включаючи моделювання структурних рівнянь для перевірки розширеної моделі прийняття технологій; методи програмної інженерії для розробки основних компонентів інформаційної технології на основі віртуальної реальності, включаючи інтерфейси віртуальної реальності та алгоритми обробки даних; експериментальне проектування та дослідження користувачів для оцінки ефективності концепції Віртуальна Реальність - Модель і нотація бізнес-процесів (анг. VR-BPMN) та оцінки взаємодії людини та комп'ютера; методи статистичного аналізу показників продуктивності системи для оптимізації ефективності та швидкості реагування інформаційної технології; методи системного аналізу та проектування для створення фреймворків реалізації та забезпечення масштабованості та адаптивності інформаційної технології; методи симуляції та моделювання для тестування та доопрацювання VR-компонентів інформаційної технології в контрольованих середовищах перед розгортанням у реальному світі.

7. Наукова новизна одержаних результатів. У дисертації одержані такі наукові результати.

вперше розроблено:

— модель взаємодії людини з комп'ютером для систем віртуальної реальності, яка дає змогу збільшити швидкість реакції системи на дії користувача, уможливорює зменшення помилок інтерпретації команд, підвищує точність розпізнавання з часом завдяки адаптивному навчанню і демонструє свій потенціал для формування користувацького досвіду у середовищі віртуальної реальності;

— метод оцінки ефективності застосування симуляцій віртуальної реальності у бізнес-процесах, який дає змогу кількісно визначити показники ефективності застосування технології віртуальної реальності і виявити

показники для оптимізації організаційних робочих процесів та процесів прийняття рішень;

— метод оптимізації користувацького досвіду у середовищі віртуальної реальності, який базується на методах аналітики даних і машинного навчання і забезпечує накопичення VR-досвіду;

— інформаційну технологію 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, які надають освітній контент.

удосконалено:

— модель прийняття технологій, яка забезпечує аналітичний базис для прогнозування результатів впровадження технології віртуальної реальності;

— метод моделювання структурними рівняннями для оцінки сприйняття віртуальної реальності, який дає змогу встановити та кількісно визначити міру взаємозв'язків між ключовими конструктами;

отримали подальший розвиток:

— модель факторів сприйняття технології віртуальної реальності, яка є основою для удосконалення методу моделювання структурними рівняннями;

— метод інтеграції обробки природної мови і розпізнавання жестів у інтерфейсах віртуальної реальності, який забезпечує візуалізацію складних бізнес-процесів за рахунок мультимодального підходу.

8. Теоретичне значення результатів дисертації визначається тим, що формалізований опис моделей і методів як компонентів імерсивних технологій формують структурований підхід до інтеграції систем віртуальної реальності в освітній простір та визначають суттєвий внесок в розвиток теоретико-методологічного базису інформаційних технологій як наукової галузі. Провідним результатом дослідження є інформаційна технологія застосування систем віртуальної реальності для формування та трансформації бізнес-процесів підприємств та організацій, які надають освітній контент. Така технологія має стати підґрунтям для реінжинірингу старих або для проектування якісно нових бізнес-процесів, які засновані на потенційних можливостях впровадження технології віртуальної реальності в освітній простір.

9. Практичне значення результатів дисертації. Пропонуючи структурований, технологічний підхід до інтеграції віртуальної реальності, результати дисертації дають змогу організаціям більш ефективно використовувати віртуальну реальність, стимулюючи до інновацій та конкурентних переваг для цифровізації своєї діяльності. Розроблені програмні

модулі надають користувачам прикладний інструментарій для наочного розуміння та уявлення складних бізнес-процесів, що підвищує ефективність операційної діяльності за допомогою інтерактивних візуалізацій з ефектом занурення. Надані цінні рекомендації щодо впровадження та управління навчальними середовищами на основі систем віртуальної реальності мають потенціал застосування для трансформації педагогічних підходів до різних освітніх компонентів та дисциплін. Емпірично підтверджені модулі оцінювання в рамках інформаційної технології пропонують освітянам надійні засоби для визначення впливу імерсивних технологій на результати навчання, що сприятиме прийняттю рішень щодо доцільності інвестицій для впровадження технології віртуальної реальності в освітніх установах.

10. Використання результатів роботи.

Результати дослідження впроваджено в навчальний процес Київського національного університету будівництва і архітектури. Розроблені в дисертаційній роботі аспіранта Тао Лі науково-теоретичні положення та практичні результати використовуються при підготовці для проведення лекцій та лабораторних робіт для здобувачів I та II освітніх рівнів (бакалавр та магістр) спеціальностей 122 «Комп'ютерні науки» та 015.39 «Професійна освіта (Цифрові технології)» освітніх компонент «Штучний інтелект та гібридні мережі», «Інноваційні цифрові технології в галузі професійної освіти» та «Нейронні мережі та системи штучного інтелекту в освітній сфері».

11. Особиста участь автора

Особиста участь автора в отриманні теоретичних та практичних результатів, що викладені в дисертаційній роботі є самостійною науковою працею, в якій висвітлено власні ідеї та розробки автора, що дали змогу вирішити поставлені завдання. Основні положення та результати дисертаційної роботи одержані автором особисто, що засвідчується 11-ма публікаціями. При цитуванні інших авторів здійснено посилання на відповідні джерела.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі інформаційних технологій Київського Національного університету будівництва і архітектури, науковий керівник – доктор технічних наук, доцент, завідувачка кафедри інформаційних технологій Гончаренко Т.А.

Розглянувши звіт подібності щодо перевірки на плагіат, зроблено висновок, що дисертаційна робота Тао Лі є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело. Дисертація характеризується єдністю змісту та відповідає вимогам щодо її оформлення.

12. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковано **11 наукових праць**: 4 фахові статті категорії В (з них 2 одноосібно), 3 Scopus (2 конференції і 1 робота в Q4), 4 тез конференцій з апробацією (з них 1 одноосібно).

1. Tsiutsiura, M., Tsiutsiura, S., Kryvoruchko, O., & **Tao, L.** (2022). The Method of harmonizing decision of the divergent methodology of the development of higher education institutions. *Management of Development of Complex Systems*, 50, 85 – 92. DOI: 10.32347/2412-9933.2022.50.85-92 [category «В», Index Copernicus] https://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-50/85-92_0.pdf

Особистий внесок здобувача полягає в розробленні методу оцінки ефективності застосування VR-симуляцій для формування бізнес-процесів освітніх закладів.

2. **Tao, L.** (2023). Evaluating the Effectiveness of VR Simulations in Business Process Formation. *Management of Development of Complex Systems*, 56, 97 – 104. DOI: 10.32347/2412-9933.2023.56.97-104 [category «В», Index Copernicus] <http://mdcs.knuba.edu.ua/article/view/299711>

3. **Tao, L.** (2024). Human-computer interaction in virtual reality environments for educational and business purposes. *Management of Development of Complex Systems*, 57, 112 – 117. DOI: 10.32347/2412-9933.2024.57.112-117 [category «В», Index Copernicus] <http://mdcs.knuba.edu.ua/article/view/301837>

4. **Tao, L.**, Honcharenko, T. (2024). Integrating advanced human-computer interaction and machine learning models for optimizing VR systems in educational and business applications. *Bulletin of the National Technical University «KhPI» A series of “Information and Modeling”*, 1 – 2 (11 – 12), 105 – 120. DOI: 10.20998/2411-0558.2024.01.09 [category «В», Index Copernicus]

Особистий внесок здобувача полягає в розробленні моделі взаємодії людини з комп'ютером та методу інтеграції обробки природної мови і розпізнавання жестів для систем віртуальної реальності.

5. Tsiutsiura, M., Kostyshyna, N., Yerukaiev, A., Danylyshyn, S., Honcharenko, Y., & **Tao, L.** (2022). Research of Housing Comfort Using Linguistic Variables. 2022 International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), 1 – 5. DOI: 10.1109/SIST54437.2022.9945736 [**Scopus**].

Особистий внесок здобувача полягає в розробці моделі факторів сприйняття технології віртуальної реальності, яка враховує структуру взаємодії технологічних, організаційних і людських факторів на основі лінгвістичних змінних.

6. Levytskyi, V., Tsiutsiura, M., Yerukaiev, A., Rusan, N., & **Li, T.** (2023). The Working Principle of Artificial Intelligence in Video Games. 2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), 246 – 250. DOI: 10.1109/SIST58284.2023.10223491 [**Scopus**].

Особистий внесок здобувача полягає у дослідженні сучасних підходів та принципів роботи штучного інтелекту у відеоіграх в інтерактивних цифрових середовищах.

7. **Tao, L.**, Dolhopolov, S., & Honcharenko, T. (2024). Strategizing VR Integration in Business and Education: Extending the Technology Acceptance Model through Project Management Perspectives. *International Workshop IT Project Management*, Vol. 3709, 250 – 263 [*Scopus, Q4, ISSN 1613-0073*].

Особистий внесок здобувача полягає в розробленні моделі прийняття технологій для VR систем, що забезпечує аналітичний базис для прогнозування результатів впровадження VR технологій.

8. Tsiutsiura, M., Dolhopolov, S., & **Tao, L.** (2021). Audio-visual assistant for learning foreign languages using machine learning technology. Eighth international scientific-practical conference “Management of the development of technologies”, 15 – 16.

Особистий внесок здобувача полягає в дослідженні можливості використання технології машинного навчання та впровадження систем штучного інтелекту в діяльність освітніх організацій.

9. **Tao, L.**, Korcha, O., & Lukeniv, D. (2022). Using the REST API to create and receive information. Ninth international scientific-practical conference “Management of the development of technologies”.

Особистий внесок здобувача полягає в апробації інформаційної технології на основі системи віртуальної реальності для розробки програмних додатків на основі REST API

10. Tsiutsiura, M., Nechyporenko, D., & **Tao, L.** (2023). Development of automatic “clever refrigerator” technology with the help of “AI – system product control” artificial intelligence. Tenth international scientific-practical conference “Management of the development of technologies”, 12 – 14.

Особистий внесок здобувача полягає в розробці методу оцінки ефективності застосування VR-симуляцій у бізнес-процесах.

11. **Tao, L.** (2023). Enhancing Learning Through Immersive Virtual Reality (VR) Technologies in Education. BMC-2023 – International Scientific-Practical Conference of young scientists “Build-Master-Class-2023”, 425 – 426.

13. Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи складає 218 сторінок, з них основного тексту – 165 сторінок; робота містить 9 таблиць, 29 рисунків, 2 додатки, список використаних джерел із 114 найменувань.

14. Характеристика особистості здобувача. Тао Лі народився 6 вересня 1984 року у місті Тунхуа, Китайська народна республіка. З вересня 2003 року по липень 2008 року навчався у Сільськогосподарському Університеті Цзилінь, отримав ступінь бакалавра за спеціальністю «Електронні інформаційні технології». З вересня 2008 року по липень 2011 року навчався в цьому ж Університеті та отримав ступінь магістра за спеціальністю «Комп'ютерні технології». З липня 2011 року працює, викладачем педагогічного університету Тунхуа. З «01» березня 2021 року по поточний час є аспірантом кафедри інформаційних технологій Київського

національного університету будівництва і архітектури. Мови: англійська, китайська. Сімейний стан: одружений, має 2 дітей.

15. Оцінка мови та стилю дисертації. Дисертація виконана фаховою англійською мовою, текстове подання матеріалу відповідає стилю науково-дослідної літератури.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Тао Лі «Інформаційна технологія формування бізнес-процесів на основі віртуальної реальності в освітньому просторі», яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам пп. 5, 6, 7, 8, 9 «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, та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-науковою програми КНУБА зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки.

РЕКОМЕНДУВАТИ: відповідно до п.15 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 дисертаційну роботу «Інформаційна технологія формування бізнес-процесів на основі віртуальної реальності в освітньому просторі», подану Тао Лі на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» *до захисту*.

ПРОПОНУЄТЬСЯ такий склад разової спеціалізованої вченої ради:

Голова ради:

Веренич Олена Володимирівна, доктор технічних наук (за спеціальністю 05.13.22 – управління проектами та програмами), професор, професор кафедри управління проектами Київського національного університету будівництва і архітектури.

Рецензенти:

Горда Олена Володимирівна, кандидат технічних наук (за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології), доцент, доцента кафедри інформаційних технологій Київського національного університету будівництва і архітектури;

Рябчун Юлія Володимирівна, доктор філософії (за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки), доцент кафедри інформаційних технологій Київського національного університету будівництва і архітектури.

Офіційні опоненти:

Гнатушенко Володимир Володимирович, доктор технічних наук, (за спеціальністю 05.01.01 – відповідає спец. Комп'ютерні науки та інформаційні технології за наказом МОНУ №419 від 12.04.2016), професор, завідувач кафедри інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»;

Олійник Андрій Олександрович, доктор технічних наук (за спеціальністю 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту), професор, професор кафедри програмних засобів Національного університету «Запорізька політехніка».

Усі члени разової спеціалізованої вченої ради не мають реальний чи потенційний конфлікт інтересів щодо здобувача Тао Лі (зокрема, є його близькою особою) та/або його наукового керівника.

Головуюча розширеного засідання кафедри
доктор технічних наук, професор,
професор кафедри управління проектами
Київського національного університету
будівництва і архітектури

Олена ВЕРЕНИЧ

Секретар розширеного засідання кафедри
доктор філософії,
доцент кафедри інформаційних технологій
Київського національного університету
будівництва і архітектури

Юлія РЯБЧУН

Підписи Веренич О.В. та Рябчун Ю.В. засвідчую
Секретар вченої ради КНУБА



Микола КЛИМЕНКО