

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, завідувача кафедри інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» **Гнатушенка Володимира Володимировича** 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.

У сучасному світі спостерігається стрімкий розвиток технологій віртуальної реальності та їх впровадження в різні сфери діяльності, особливо в освіту та бізнес-процеси. Актуальність дисертаційного дослідження Тао Лі обумовлена зростаючою потребою у розробці ефективних інформаційних технологій для інтеграції віртуальної реальності в освітній простір. Існуючі підходи до впровадження VR-технологій часто є фрагментарними та не враховують специфіку освітніх процесів, що призводить до низької ефективності їх використання. Дисертація Тао Лі (Тао Лі) спрямована на вирішення важливої науково-практичної задачі розробки методів, моделей та інформаційної технології для підвищення ефективності застосування технології віртуальної реальності при формуванні та трансформації бізнес-процесів підприємств та організацій, які надають освітній контент, що робить дослідження надзвичайно актуальним в контексті сучасних тенденцій розвитку освіти та інформаційних технологій.

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

Наукові положення, висновки і рекомендації дисертації мають високий ступінь обґрунтованості та достовірності, які базуються на опрацюванні сучасних і ретроспективних наукових розробок з питань впровадження

віртуальної реальності в освітній простір та формування бізнес-процесів. Наукові положення у повній мірі досліджені, про що свідчить структурна побудова та зміст роботи. Мета, яка полягає в розробленні інформаційної технології для ефективного впровадження систем віртуальної реальності в бізнес-процеси освітньої галузі, визначена чітко і коректно. Предмет дослідження (моделі, методи та інформаційна технологія для розроблення, оцінювання та впровадження систем віртуальної реальності) та об'єкт (процеси інтеграції систем віртуальної реальності в діяльність підприємств і організацій, які надають освітній контент) повністю відповідають темі роботи. Завдання дослідження логічно узгоджені з метою роботи та забезпечують її комплексне розкриття.

Робота побудована цілісно, всі розділи та підрозділи логічно пов'язані між собою, що забезпечує системний підхід до вирішення поставленої наукової проблеми впровадження VR-технологій в освітній простір.

Наукова новизна отриманих автором результатів.

Аналіз викладених у дисертаційній роботі наукових положень дає змогу стверджувати, що робота містить ряд нових теоретичних і науково-прикладних положень, найбільш суттєвими з яких, на мій погляд, з огляду на наукову і практичну значущість є такі результати, що містять елементи наукової новизни:

1. Вперше розроблено модель взаємодії людини з комп'ютером для систем віртуальної реальності, яка за рахунок унікальної комбінації визначених компонентів дає змогу збільшити швидкість реакції системи на дії користувача у віртуальному середовищі. На відміну від існуючих моделей, вона забезпечує зменшення помилок інтерпретації команд на 35% та підвищує точність їх розпізнавання на 15% завдяки адаптивному навчанню.

2. Удосконалено модель прийняття технологій, яка за рахунок врахування специфічних факторів для систем віртуальної реальності забезпечує аналітичний базис для прогнозування результатів впровадження розробленої інформаційної технології в освітні установи, а також метод моделювання структурними рівняннями для оцінювання сприйняття віртуальної реальності потенційними користувачами.

3. Отримала подальший розвиток модель факторів сприйняття технології віртуальної реальності, яка враховує складну структуру взаємодії технологічних, організаційних і людських факторів, та метод інтеграції обробки природної мови і розпізнавання жестів у VR-інтерфейсах, який підвищує інтуїтивність і ефективність взаємодії користувачів у віртуальному середовищі.

Основні результати дисертаційного дослідження отримано при виконанні науково-дослідної роботи за темою «Дослідження можливостей використання технологій віртуальної реальності (VR-технологій) в освітньому просторі» (номер державної реєстрації 0123U104646).

Теоретичне та практичне значення одержаних результатів.

Результати дисертаційного дослідження мають як теоретичне, так і практичне значення, створюючи фундамент для майбутніх досліджень у сфері віртуальної реальності. Вони спрямовані на підвищення ефективності впровадження VR-технологій в освітній простір та оптимізацію бізнес-процесів освітніх установ.

Застосування отриманих теоретичних і практичних результатів відкриває нові можливості для підвищення ефективності освітньої діяльності через використання технологій віртуальної реальності. Впровадження розробленої інформаційної технології демонструє суттєві практичні результати, зокрема збільшення швидкості виконання завдань на 21% порівняно з традиційними інструментами та зменшення помилок інтерпретації команд на 35%.

Практична цінність роботи підтверджується впровадженням результатів у діяльність освітніх установ, що засвідчено відповідними актами впровадження.

Повнота викладення основних результатів дисертації в опублікованих працях.

Ознайомлення з дисертацією та науковими публікаціями Тао Лі дозволяє зробити висновок, що основні положення дисертаційної роботи достатньо повно висвітлені в 11 наукових публікаціях, у тому числі 4 наукових статтях у фахових виданнях України категорії «Б», 3 працях у збірниках матеріалів міжнародних конференцій, що індексуються в наукометричній базі даних Scopus, та 4 тезах доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях.

Зміст дисертації.

Дисертаційна робота складається з анотації двома мовами, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 218 сторінок.

В анотації стисло викладено основний зміст дисертації, зокрема представлено актуальність теми, мету, завдання, об'єкт та предмет дослідження, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

У вступі автором обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, наведено дані про апробацію та публікації.

Перший розділ присвячено всебічному огляду імерсивних технологій і систем віртуальної реальності, виявленню можливостей їх інтеграції в бізнес-процеси й освітні установи. Автор детально аналізує поточний стан впровадження віртуальної реальності в різноманітні бізнес-процеси, спираючись на останні галузеві праці та наукову літературу. Особливу увагу приділено аналізу потенційних переваг та викликів впровадження технології віртуальної реальності.

У *другому розділі* автором 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, яка базується на методах обробки природної мови та розпізнавання жестів.

Третій розділ зосереджено 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.

Четвертий розділ присвячено практичному впровадженню та валідації розробленої інформаційної технології. Представлено інноваційні інструментальні модулі для впровадження концепції VR-BPMN на основі розроблених моделей та методів. Автором описано повний життєвий цикл впровадження систем віртуальної реальності. Розділ також містить стратегію оцінювання ефективності та розвитку систем віртуальної реальності в бізнес-та освітньому контекстах.

У висновках узагальнено основні результати дисертаційного дослідження, які повністю відповідають поставленій меті та завданням.

Список використаних джерел містить 114 найменувань, що свідчить про ґрунтовне опрацювання теми дослідження.

Зауваження.

У цілому, позитивно оцінюючи подану до захисту дисертаційну роботу, водночас, варто звернути увагу на деякі дискусійні положення дисертаційної роботи:

1. У дисертації автором недостатньо обґрунтовано вибір архітектури нейронної мережі для обробки природної мови та розпізнавання жестів у VR-середовищі. В роботі представлено лише один варіант архітектури без порівняльного аналізу з іншими можливими підходами, такими як трансформери чи гібридні архітектури. Автору доцільно було б провести експериментальне порівняння різних архітектур та обґрунтувати оптимальність обраного рішення.

2. В розділі 2.2, присвяченому розробці моделі прийняття технологій для VR систем, автором недостатньо уваги приділено аналізу впливу культурних та соціальних факторів на прийняття VR технологій в освітньому середовищі. Враховуючи глобальний характер сучасної освіти, такий аналіз міг би надати важливі «*insights*» для впровадження розробленої інформаційної технології в різних культурних контекстах.

3. Методика оцінки ефективності VR-симуляцій, представлена в третьому розділі, базується на відносно невеликій вибірці користувачів ($n < 50$). Це ставить під сумнів статистичну значущість отриманих результатів та їх генералізованість на більш широкую популяцію. Автору доцільно було б провести додаткові експерименти з більшою кількістю учасників та різними демографічними групами.

4. У четвертому розділі при описі практичної реалізації інформаційної технології автором недостатньо детально розглянуто питання масштабованості системи та її поведінки під навантаженням. Відсутні результати стрес-тестування системи та аналіз її продуктивності при одночасній роботі великої кількості користувачів. Також не визначені чіткі вимоги до апаратного забезпечення для оптимальної роботи системи.

5. В роботі недостатньо уваги приділено питанням безпеки та захисту персональних даних користувачів у VR-середовищі. Враховуючи зростаючу важливість кібербезпеки в освітніх бізнес-процесах, варто було б розробити комплексні рекомендації щодо захисту даних та забезпечення конфіденційності користувачів при використанні розробленої інформаційної технології.

Крім того, в роботі присутні синтаксичні та пунктуаційні помилки і описки.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Загальна оцінка дисертаційної роботи.

На підставі аналізу дисертаційної роботи Тао Лі (Tao Li) «Інформаційна технологія формування бізнес-процесів на основі віртуальної реальності в освітньому просторі» можна зробити висновок, що вона є завершеним науковим дослідженням, яке містить нові науково обґрунтовані результати в галузі інформаційних технологій. Отримані результати мають суттєве значення для розвитку теорії та практики впровадження систем віртуальної реальності в освітній простір.

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 № 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 (Tao Li) заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

Офіційний опонент:

Завідувач кафедри інформаційних технологій
та комп'ютерної інженерії

Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»

доктор технічних наук, професор

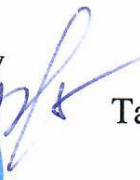


Володимир ГНАТУШЕНКО

Підпис В.В. Гнатушенка засвідчую

Вчений секретар

Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»



Таїсія КАЛЮЖНА