

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Шевченка Станіслава Сергійовича

на тему **«Інформаційна технологія створення інтерактивних сценаріїв на основі 3D-моделей з навчання спеціалістів з ремонту насосів атомних станцій»**, представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 12 Інформаційні технології

за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки

Актуальність теми дисертації.

Надійна експлуатація критичної інфраструктури, зокрема атомних електростанцій, багато в чому залежить від безпомилкових дій оперативного та ремонтного персоналу. Класичні методи навчання наразі не здатні повною мірою забезпечити необхідний рівень формування сенсомоторних навичок. Використання інтерактивних локальних тренажерів та 3D-симуляторів є ефективною альтернативою, проте процес їх створення супроводжується значними складнощами. Зокрема, існуючі стандарти моделювання бізнес-процесів (такі як IDEF, UML, BPMN та інші) мають серйозні обмеження при проектуванні паралельних багатокористувацьких дій у реальному часі та не містять вбудованих механізмів математичної верифікації на наявність тупикових ситуацій. Окрім того, надмірна деталізація інженерних CAD-моделей призводить до когнітивного та обчислювального перевантаження під час їх відтворення у веб-середовищі.

Отже, розробка інформаційної технології, що дозволяє експертам предметної області візуально створювати, верифікувати та безпечно транслювати кооперативні навчальні сценарії з використанням оптимізованих 3D-моделей, є своєчасним, актуальним та науково значущим завданням для розвитку систем підготовки персоналу в енергетиці.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

Достовірність наукових результатів підтверджена суворим математичним доведенням запропонованих алгоритмів (на основі апарату ієрархічних мереж Петрі), узгодженістю теоретичних положень з результатами практичних експериментів та апробацією системи в реальному навчальному процесі підготовки оперативного персоналу.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у розробці наступних моделей і методів:

1. Дістала подальшого розвитку технологія створення інтерактивних сценаріїв завдяки розробленій моделі рольової взаємодії (MPV) на базі ієрархічних мереж Петрі. На відміну від нотації BPMN, ця модель забезпечує автоматичну верифікацію сценарію на тупикові ситуації та здійснює коректний опис динаміки паралельних процесів із розподілом ресурсів (інструментів).

2. Вперше запропоновано формалізовану інформаційну модель 3D-навчальних об'єктів («Шаблон-Екземпляр»), що завдяки інтеграції механізму фіксації залежностей та ієрархічного блокування гарантує детермінованість

поведінки об'єктів і захищає логіку графа від каскадних руйнувань при модифікаціях контенту.

3. Удосконалено метод підготовки інженерних 3D-даних. Розроблений алгоритм «Black Box» автоматично, спираючись на логіку сценарію, видаляє внутрішню топологію незадіяних вузлів. Це не лише радикально зменшує кількість полігонів, а й перешкоджає реверс-інжинірингу пропрієтарних креслень.

4. Вперше запропоновано метод управління обсягом інформації на сцені на основі теорії когнітивного навантаження. Застосування алгоритмів проактивного сповіщення, конвертації дій у мовчазні τ -переходи та контекстного фокусування дозволяє утримувати навантаження в межах робочої пам'яті того хто навчається.

5. Вперше розроблено аналітико-параметричний метод реплікації гармонічних станів для мережевої синхронізації, що уможливлює плавне відображення високочастотної кінематики (вібрацій) навіть на нестабільних каналах зв'язку (3G/Edge).

Наукові дослідження були виконані здобувачем в Інституті проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова Національної академії наук України у відділі моделювання енергетичних процесів та систем під керівництвом доктора технічних наук, професора Винничука Степана Дмитровича.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання розроблення інформаційної технології створення, верифікації та візуалізації навчальних сценаріїв на основі 3D-моделей виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Шевченка С.С. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Комп'ютерні науки.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям сценарно-імітаційного моделювання та розробки тренажерних систем.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Шевченка Станіслава Сергійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, копіювання, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Охарактеризована високим рівнем наукового стилю, логічною послідовністю, чіткістю формулювань та доступністю викладення. Здобувач демонструє впевнене володіння загальноприйнятою термінологією з комп'ютерних наук та математичного моделювання.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 183 сторінки.

У вступі наведено загальну характеристику роботи, обґрунтовано її мету, завдання та наукову новизну.

У першому розділі виконано аналіз сучасного стану розробки навчальних систем у 3D, показано обмеження існуючих підходів до опису діяльності (зокрема BPMN) у контексті верифікації та багатокористувацької взаємодії.

У другому розділі побудовано формальну модель рольової взаємодії (MPV) на базі мереж Петрі, методи оптимізації топології 3D-об'єктів та управління когнітивним навантаженням.

У третьому розділі докладно описано архітектуру програмного комплексу (мікросервіси, No-Code редактор, клієнтський рушій Runtime Engine) та наведено алгоритми візуальної побудови графа подій.

У четвертому розділі представлено результати експериментальних досліджень (на прикладі насосного агрегату), які доводять прискорення розробки сценаріїв у 5-6 разів та зменшення мережевого трафіку на 94%.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 15 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 2 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 2 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 2 статей у виданнях, віднесених до першого — третього квартилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports; 1 патент України на корисну модель.

Також результати дисертації були апробовані на 10 наукових фахових конференціях.

Оцінюючи науковий рівень публікацій здобувача та дотримання в наукових публікаціях принципів академічної доброчесності, слід відзначити системність та ґрунтовність підходу автора. Особистий внесок здобувача до всіх наукових публікацій, опублікованих із співавторами, чітко виділений, відображає основні результати дисертації та є значним.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

Позитивно оцінюючи дисертаційну роботу в цілому, варто вказати на деякі зауваження:

1. У підрозділі 3.3.2 автор пропонує алгоритм автоматичної генерації сценарію збирання шляхом інверсії графа розбирання (Auto-Reverse). Однак у реальних регламентах технічного обслуговування процеси демонтажу та монтажу часто є несиметричними (наприклад, необхідність зрізання старих ущільнювачів або використання різних інструментів для зривання і затягування гайок). У роботі не деталізовано, як саме алгоритм обробляє такі несиметричні кроки і якого обсягу ручного втручання інструктора це вимагає.

2. Алгоритм «Black Box» (підрозділ 3.2.2) застосовує процедуру генерації зовнішньої оболонки. Було б доцільно навести кількісні оцінки обчислювального часу, необхідного серверу на препроцесинг та таку диференційовану обробку геометрії для дуже складних CAD-моделей

(наприклад, понад 10 мільйонів полігонів), щоб повніше оцінити швидкодію конвеєра імпорту.

3. Здійснюючи порівняльний аналіз запропонованої Моделі Рольової Взаємодії (МРВ) з існуючими стандартами, зокрема BPMN 2.0 (підрозділ 2.2.5), автор наводить вагомі теоретичні та архітектурні переваги. Проте практична цінність цього підрозділу значно зросла б за наявності кількісного порівняння (наприклад, метрик складності графа — порівняння кількості необхідних вузлів та шляхів для реалізації однакового багатокористувацького завдання у BPMN та в МРВ).

4. Описуючи модуль статичного аналізу для автоматизованої верифікації сценаріїв (підрозділ 3.3.4), автор зазначає, що система виявляє тупикові ситуації (deadlocks) ще на етапі візуального проектування. Однак не вказано, чи здатний візуальний редактор пропонувати експерту (інструктору) автоматизовані підказки чи евристики щодо шляхів усунення знайдених логічних конфліктів у графі, чи він лише сигналізує про факт їх наявності.

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.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Шевченка Станіслава Сергійовича на тему «Інформаційна технологія створення інтерактивних сценаріїв на основі 3D-моделей з навчання спеціалістів з ремонту насосів атомних станцій» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для Інформаційних технологій. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6–9 «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.

Здобувач Шевченко Станіслав Сергійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Рецензент:

Провідний науковий співробітник науково-організаційного відділу
ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України
к.т.н., с.н.с.

Ігор ПЛЕТЯНИЙ

« 16 » вересня 2026 року