

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Державного університету
«Житомирська політехніка»
доктору педагогічних наук, професору
ВАКАЛЮК Т.А.

ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук, професор, професор кафедри інформаційно-вимірjuвальних технологій інституту комп'ютерних технологій, автоматики та метрології

КОЧАНА Ореста Володимировича

на дисертаційну роботу

ВОЙТЮКА Олега Валерійовича

на тему «Моделі, методи та програмні засоби оновлення інтерфейсу вебзастосунків на основі об'єктів з глибокою вкладеністю»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 12 – Інформаційні технології

за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення

Актуальність теми дисертації.

Дисертаційна робота Войтюка Олега Валерійовича присвячена актуальній проблемі підвищення продуктивності оновлення інтерфейсу сучасних вебзастосунків, що працюють з об'єктами, які мають «глибоку вкладеність» та багатозалежні зв'язки. Стрімкий розвиток цифрових технологій, зростання обсягів даних і складності вебзастосунків висувають нові вимоги до швидкодії та ефективності клієнтської частини інформаційних систем. Це знаходить підтвердження у зростаючій кількості наукових публікацій та практичних розробок у сфері фронтенд-інженерії, реактивного програмування та оптимізації DOM-операцій.

Традиційні підходи до оновлення інтерфейсу, зокрема DOM-маніпуляції, Virtual DOM та Shadow DOM, виявляються недостатньо ефективними при роботі з динамічними ієрархічними структурами даних, що характерні для конфігураційних інтерфейсів, великих таблиць, форм зі складними залежностями між полями. Каскадні оновлення при зміні одного значення, надлишкові порівняння піддерев, непотрібні повторні рендеринги

батьківських компонентів знижують продуктивність і якість взаємодії користувача із застосунком.

Отже, тема дисертаційного дослідження є своєчасною, актуальною та має вагоме науково-прикладне значення. Вирішення поставленого завдання сприятиме підвищенню конкурентоспроможності вітчизняних вебпродуктів та якості навчання фахівців з інженерії програмного забезпечення.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Аналіз дисертації та наукових публікацій Войтюка О.В. дозволяє вважати, що ступінь обґрунтованості, цілісності та достовірності викладених наукових положень, висновків та рекомендацій не викликає сумнівів. Достатнім є рівень аналізу здобувачем публікацій вітчизняних та зарубіжних науковців, а також практичних джерел за темою дослідження.

Матеріали дисертації викладено послідовно і системно, розділи взаємопов'язані між собою. Мета дослідження – розробка моделей, методів та програмних засобів оновлення інтерфейсу вебзастосунків на основі об'єктів з глибокою вкладеністю – відповідає задекларованій темі. Поставлені завдання (аналіз сучасних підходів до оновлення інтерфейсу; формалізація моделі точкового оновлення на основі графу залежностей; розробка методу *fine-grained* реактивності; програмна реалізація прототипів; експериментальна перевірка ефективності) логічно підпорядковані меті, що дозволило здобувачу отримати вагомі наукові результати.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. вперше розроблено формальну модель точкового оновлення інтерфейсу вебзастосунків на основі об'єктів з глибокою вкладеністю та багатозалежними зв'язками, у якій процес оновлення формалізовано як задачу мінімізації кількості DOM-операцій за обмежень коректності відображення; введено поняття області впливу змін та мінімальної множини DOM-вузлів; формально обґрунтовано застосування графа залежностей на рівні окремих значень даних як базового алгоритму поширення змін;
2. удосконалено алгоритм оновлення компонентів вебінтерфейсів, який дозволяє виконувати точкове оновлення залежно від релевантності змін, що забезпечує зменшення часу виконання браузерних сценаріїв обробки даних і зниження навантаження на процес відображення;
3. набули подальшого розвитку теоретичні та методичні засади оптимізації оновлення інтерфейсу вебзастосунків, що дозволило системно виявити

фундаментальні обмеження традиційних diffing-підходів та обґрунтувати перехід до fine-grained відстеження залежностей.

Практична значимість одержаних результатів полягає у реалізації прототипів програмного засобу точкового оновлення інтерфейсу на базі React/Redux (TypeScript, Redux Toolkit, HOC, React.memo, lodash.isEqual, Vite) та нативного JavaScript, що підтвердили практичну ефективність запропонованих рішень: для React-прототипу при 1000 рядках час виконання сценаріїв Scripting скоротився у 2,3 рази; для нативного JavaScript у сценарії зміни одного поля при 10 000 рядках – приблизно у 465 разів, а кількість оновлених DOM-елементів скоротилася з 70 044 до 3.

Достовірність отриманих результатів підтверджується коректним застосуванням методів формального моделювання, математичного апарату (теорія графів, асимптотичний аналіз), UML-моделювання, а також відповідністю теоретичних положень результатам багаторазових експериментів у браузерному середовищі з низькою варіативністю показників. Систематичний виграш продуктивності, що відтворюється на всіх масштабах інтерфейсу, підтверджує детермінований характер ефекту локалізації оновлень.

Апробація результатів дослідження проводилась ТОВ «Науковий парк Державного університету «Житомирська політехніка», ТОВ «АЙТІ ЛАБ СТУДІО», ТОВ «ВМК ГРУП ЮА» та освітньому процесі Державного університету «Житомирська політехніка», що підтверджено відповідними довідками, які розміщено у додатках дисертації. Результати доповідались на 5 наукових конференціях. Враховуючи вищезазначене, вважаю, що апробація результатів дисертації є достатньою.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертація здобувача Войтюка О.В. повністю відповідає паспорту спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми. Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям галузі 12 Інформаційні технології, спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення.

Розглянувши анотацію дисертації, де зазначено «Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів

інших авторів мають посилання на відповідне джерело», враховуючи опис особистого внеску здобувача у спільних публікаціях та звіт подібності, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Войтюка Олега Валерійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і підготовлена з дотриманням принципів академічної доброчесності. Здобувачем зазначено, що технології штучного інтелекту не використовувались для генерування тексту дисертації чи формулювання наукових результатів.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою. Матеріал дисертації викладено послідовно, логічно та доступно, використано загальноприйняту термінологію інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій.

Дисертація складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, об'єкт, предмет, завдання та методи дослідження, сформульовано наукову новизну та практичне значення результатів, наведено інформацію про апробацію та публікації здобувача.

У першому розділі проведено порівняльний аналіз внутрішньої архітектури оновлення вебзастосунків (DOM, Virtual DOM, Shadow DOM, Signals, Reactive Rendering), аналіз методів та технологій рендерингу (CSR, SSR, SSG, ISR, стрімінговий SSR, ESR), а також аналіз проблем продуктивності при оновленні інтерфейсу з глибокою вкладеністю структур.

У другому розділі запропоновано формальну модель точкового оновлення інтерфейсу на основі графу залежностей та fine-grained реактивності, розроблено метод точкового оновлення з використанням НОС-обгортки як проміжного рівня логіки, проведено UML-моделювання прототипу.

У третьому розділі представлено реалізацію двох прототипів програмного засобу (React/Redux/TypeScript та нативний JavaScript), описано архітектурні аспекти впровадження та проведено порівняльне профілювання продуктивності за метриками Scripting, Rendering, Painting та кількістю DOM-оновлень.

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 8 наукових працях здобувача, серед яких: 3 статті у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України категорії «Б», та 5 публікацій у матеріалах наукових конференцій. Таким чином, основні наукові результати, що описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи:

1. У першому розділі порівняльний аналіз підходів до оновлення інтерфейсу міг би бути розширений включенням кількісної оцінки продуктивності існуючих фреймворків (наприклад, SolidJS, Svelte) на стандартизованих бенчмарках, що дозволило б чіткіше позиціонувати запропоноване рішення.

2. Результати експериментальних досліджень представлено переважно у вигляді усереднених значень часових метрик. Доцільним було б додати статистичний аналіз із зазначенням довірчих інтервалів або стандартних відхилень, що підвищило б строгість висновків щодо достовірності результатів.

3. У третьому розділі варто було б детальніше висвітлити питання практичного впровадження запропонованого підходу у виробничих проєктах: рекомендації щодо міграції наявних застосунків на нову архітектуру, потенційні складності та шляхи їх подолання.

На нашу думку, вказані зауваження та рекомендації не знижують загальної наукової і практичної цінності дисертаційної роботи Войтюка Олега Валерійовича.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Войтюка Олега Валерійовича на тему «Моделі, методи та програмні засоби оновлення інтерфейсу вебзастосунків на основі об'єктів з глибокою вкладеністю» виконана на належному науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує важливе науково-прикладне завдання оптимізації оновлення інтерфейсу вебзастосунків при роботі з ієрархічними структурами даних, що має суттєве значення в сфері інженерії програмного забезпечення. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю

відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені п. 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 Войтюк Олег Валерійович заслуговує на присудження ступеня
доктора філософії в галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю
121 – Інженерія програмного забезпечення.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук,
професор, професор кафедри
інформаційно-вимірювальних
технологій
Національного університету
«Львівська політехніка»



Орест КОЧАН

Підпис д.т.н. професора О. В. Кочана засвідчую:

Вчений секретар Національного університету «Львівська політехніка»,
к.т.н., доцент _____ Роман БРИЛИНСЬКИЙ



» _____ 2026 року