РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, доктора фізико-математичних наук, професора, професора кафедри комп'ютерних наук Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій Шикули Олени Миколаївни на дисертаційну роботу Читуляна Вадима Олеговича «Інформаційні технології автоматизованого проектування обчислювальних систем для корпоративних структур», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» галузі знань 12 «Інформаційні технології»

Актуальність теми дисертаційної роботи. Обчислювальні системи корпоративних структур працюють у хмарних і гібридних середовищах за змінного навантаження, тому їх конфігурацію, механізми забезпечення стійкості та архітектуру захисту необхідно обґрунтовувати кількісно ще до введення в експлуатацію. Продуктивність таких систем нелінійно залежить від конфігурації та навантаження, а натурний перебір варіантів є дороговартісним.

Наявні підходи розв'язують задачі прогнозування продуктивності, забезпечення функціональної стійкості та проєктування відмовостійких і захищених систем відокремлено, що призводить до пізнього виявлення архітектурних помилок. Тому дослідження, спрямоване на створення узгодженого апарату автоматизованого проєктування обчислювальних систем, є актуальним для комп'ютерної інженерії.

Оцінка наукової новизни результатів дисертаційного дослідження. У дисертаційній роботі отримано такі нові наукові результати:

1. Вперше розроблено метод автоматизованого проєктування обчислювальних систем на основі сурогатної моделі гаусівської процесової регресії, яка, на відміну від адитивних моделей впливу, апроксимує нелінійну поверхню відгуку у просторі «конфігурація – навантаження» та забезпечує оцінювання невизначеності прогнозу за допомогою відкаліброваних довірчих

інтервалів, що дозволяє скоротити обсяг натурних вимірювань та обґрунтовано визначати раціональну конфігурацію системи за змінних умов навантаження.

2. Удосконалено інформаційну технологію забезпечення функціональної стійкості адаптивної корпоративної інформаційної системи, яка, на відміну від відомих реактивних рішень, інтегрує статистичний моніторинг аномалій, прогнозування поведінки методами машинного навчання, оптимізацію інформаційних потоків та оцінювання ризиків у єдиний контур керування, що забезпечує адаптацію системи в режимі реального часу та підтримання критичної функціональності в умовах збурень.

3. Набули подальшого розвитку метод та інформаційна технологія структурно-параметричного проєктування відмовостійких і захищених розподілених обчислювальних систем корпоративних структур, які відрізняються від існуючих використанням результатів методу автоматизованого проєктування на основі сурогатної моделі гаусівської процесової регресії для обґрунтування параметрів конфігурації та результатів інформаційної технології забезпечення функціональної стійкості для врахування вимог до стійкості системи, у поєднанні з багатокритеріальною оптимізацією розподілу ресурсів безпеки з урахуванням живучості, адаптивності та плавної деградації, що дозволяє обирати відмовостійку й захищену архітектуру системи.

Слід відзначити коректну математичну постановку задач, зокрема формулювання забезпечення функціональної стійкості як задачі умовної оптимізації та вибору архітектури як задачі багатокритеріальної оптимізації з обмеженнями.

Практична цінність отриманих результатів. Розроблені методи та інформаційні технології реалізовано у вигляді програмних засобів і панелей підтримки рішень. Основні практичні результати полягають у такому:

1. Метод автоматизованого проєктування на основі сурогатної моделі забезпечує апроксимацію поверхні відгуку продуктивності з коефіцієнтом детермінації 0,970 проти 0,381 в адитивної моделі та відкалібровані довірчі

інтервали з покриттям 1,00 за очікуваної похибки калібрування 0,055, а заданий поріг точності досягається за 75 натурних вимірювань замість 720, тобто їх обсяг скорочується на 89,6%.

2. Інформаційна технологія забезпечення функціональної стійкості підвищує індекс функціональної стійкості з 0,917 до 0,996 і значення цільової функції стійкості з 0,481 до 0,681, повністю усуває недообслуговування інформаційних потоків під час відмов (з 6,0% до 0,0%), забезпечує прогнозування навантаження із середньою абсолютною відсотковою похибкою 5,2% і знижує втрати від часу реагування на 53,5%.

3. Метод та інформаційна технологія структурно-параметричного проєктування дозволяють на етапі проєктування підвищити допустиму частку втрати компонентів із 40% до 70% за умови плавної деградації, знизити інтегральний ризик системи з 1,769 до 0,722, тобто на 59%, підвищити індекс безпеки відмовостійкої основи з 0,103 до 0,736 та обрати збалансовану архітектуру за найвищим композитним критерієм 0,896.

Результати дисертаційної роботи впроваджено в Інституті програмних систем НАН України та в навчальний процес Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій, що підтверджено актами впровадження, а ТОВ «Байт Орчард Консалтінг» надало статистичне підтвердження отриманих результатів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана в межах:

– науково-дослідної роботи «Підвищення ефективності процесу управління 3D принтером з використанням методів машинного навчання» (державний реєстраційний номер РК 0124U001849), Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій;

– госпдоговірної науково-дослідної роботи «Комплексна інформаційно-аналітична система дослідження освітніх траєкторій і професійної реалізації випускників».

Повнота викладу основних результатів дисертації в публікаціях. Основні наукові результати дисертаційного дослідження опубліковано в 13 наукових публікаціях. У тому числі:

– 2 наукові статті у неперіодичних наукових виданнях, що індексуються наукометричною базою Scopus;

– 5 наукових статей у періодичних виданнях України, включених до «Переліку наукових фахових видань України»;

– 6 тез доповідей та матеріалів наукових конференцій.

Оцінка змісту дисертації, відповідність встановленим вимогам щодо оформлення. Дисертація складається з анотації, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 168 найменувань та чотирьох додатків загальним обсягом 220 сторінок. Розділи роботи логічно пов'язані між собою, а експериментальну верифікацію виконано за єдиною відтворюваною методикою з порівнянням кожного рішення з базовою альтернативою на тих самих даних. Математичний апарат викладено коректно, а дисертація відповідає встановленим вимогам щодо оформлення наукових праць, включаючи структуру, термінологію та технічні нормативи.

Використані джерела є актуальними та відповідають тематиці дослідження, а дослідницька методологія є належною для досягнення поставленої мети.

Зауваження до проведеного дисертаційного дослідження. Оцінка дисертаційного дослідження є позитивною, однак варто звернути увагу на деякі недоліки, що не впливають на загальну оцінку роботи.

1. У другому розділі обмеження за цільовою затримкою в задачі вибору конфігурації накладається на верхню довірчу межу прогнозу, а в п'ятому розділі емпіричне покриття 95-відсоткового довірчого інтервалу дорівнює одиниці, тобто інтервали дещо ширші за номінальні. Доцільно було б розглянути додаткове перекалібрування прогнозного стандартного відхилення на валідаційній вибірці та оцінити, як воно вплине на обрану конфігурацію

ресурсів, адже надмірна ширина інтервалу може зумовлювати вибір конфігурації з певним запасом.

2. Експериментальну верифікацію виконано на фізично обґрунтованих синтетичних даних, що автор належним чином аргументував. Разом з тим, результати дослідження були б ще переконливішими, якби їх було доповнено перевіркою на відкритих наборах даних вимірювань продуктивності та телеметрії реальних обчислювальних систем.

Висновок. Дисертаційна робота Читуляна Вадима Олеговича на тему «Інформаційні технології автоматизованого проектування обчислювальних систем для корпоративних структур» за своєю актуальністю, обсягом проведених досліджень та рівнем наукової новизни є завершеною кваліфікаційною науковою працею, виконаною на високому науковому рівні. Отримані результати мають як теоретичне, так і прикладне значення для галузі інформаційних технологій.

Дисертаційна робота відповідає спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» галузі знань 12 «Інформаційні технології» і вимогам 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, а її автор – Читулян Вадим Олегович – заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія».

Офіційний рецензент
професор кафедри комп'ютерних наук
Державного університету
інформаційно-комунікаційних технологій
Доктор фізико-математичних наук, професор Олена ШИКУЛА

Підпис Олени Шикули
ЗАСВІДЧУЮ
Учений секретар
Державного університету
інформаційно-комунікаційних технологій