

## РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Єршова Павла Сергійовича  
“Інтелектуальна система комп’ютерної математики для математичного  
моделювання в науці і інженерії”,  
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 113 “Прикладна математика”

### 1. Актуальність теми дослідження.

Математичне моделювання об’єктів, процесів та явищ різної природи на основі високопродуктивних обчислень є одним із основних, а інколи і єдиним засобом розв’язання складних задач науки і інженерії. При цьому актуальними залишаються проблеми скорочення часу комп’ютерного розв’язування розрахункових задач, забезпечення достовірності розв’язку та створення комфортних умов для кінцевого користувача.

Тому актуальним є створення інтелектуальної системи комп’ютерної математики для автоматизації процесу дослідження та розв’язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР) з розрідженими матрицями великих порядків на високопродуктивних комп’ютерах. Адже такі СЛАР або являють собою розрахункову задачу в цілому, або є частиною відповідної розрахункової задачі. Інтелектуальна система комп’ютерної математики реалізує функцію автоматичного адаптивного налаштування методу, алгоритму та топології високопродуктивного комп’ютера на математичні властивості комп’ютерної задачі та отримання розв’язку з оцінкою достовірності результатів.

Застосування інтелектуальної системи комп’ютерної математики надасть можливість суттєво перерозподілити роботу з постановки і розв’язання задач між користувачем і комп’ютером у порівнянні з традиційними технологіями, розв’язувати нові задачі науки і інженерії, істотно скоротити кошти і час на створення об’єктів сучасної техніки.

Саме вирішенню цих актуальних завдань присвячено дисертаційну роботу.

### 2. Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Основні дослідження, пов’язані з темою дисертації, проводилися у Відділі чисельних методів та комп’ютерного моделювання Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, де проходив підготовку здобувач, в межах виконання науково-дослідних тем та проєктів:

- ВФ.150.26 "Розробити моделі та методи гетерогенних обчислень для задач механіки суцільних середовищ" (№ держреєстрації 0119U002224, 2019–2023 рр.);
- ВП.150.30 "Розробити інтелектуальний інтерфейс для моделювання фізико-механічних процесів на основі паралельних обчислень" (№ держреєстрації 0122U000906, 2022–2024 рр.).
- ВП.150.4.1230 "Розробити платформу високопродуктивних обчислень на базі суперкомп’ютера СКІТ для задач кібербезпеки, математичного моделювання, інженерії" (№ держреєстрації 0123U101573, 2023 р.);

### **3. Наукова новизна одержаних результатів.**

Наукову новизну роботи визначають принципи, алгоритмічне та програмне забезпечення інтелектуальної системи комп'ютерної математики для автоматизації процесу дослідження та розв'язування СЛАР з розрідженими матрицями на комп'ютерах гібридної архітектури, а саме:

В дисертаційній роботі отримано наступні нові науково обґрунтовані теоретичні та практичні результати:

- розроблено принципи автоматизації процесу дослідження та розв'язування СЛАР з розрідженими матрицями;
- розроблено метод розпізнавання структури розрідженої матриці на основі машинного навчання та згорткових нейронних мереж з метою вибору ефективного алгоритму розв'язування;
- розроблено паралельний алгоритм розвинення матриць блочно-хмарочосної структури;
- розроблено комп'ютерний алгоритм на основі використання багаторозрядної арифметики для ідентифікації математичних властивостей розріджених матриць та забезпечення достовірності комп'ютерних розв'язків;
- створено інтелектуальну систему комп'ютерної математики для автоматизації дослідження та розв'язування СЛАР з розрідженими матрицями з функцією адаптивного налаштування методу, алгоритму, топології паралельного комп'ютера на математичні властивості задачі.

### **4. Практичне значення результатів дослідження.**

Отримані в дисертації результати мають теоретичне та практичне значення для моделювання об'єктів, процесів та явищ різної природи, що зводяться до розв'язування СЛАР на сучасних високопродуктивних суперкомп'ютерах. Зокрема, розроблена в дисертаційній роботі інтелектуальна система комп'ютерної математики може використовуватися для автоматизації процесів дослідження стійкості нових композитних матеріалів, аналізу міцності будівельних конструкцій, дослідженні життєвого циклу відповідальних зварних конструкцій. Запропоновані принципи інтелектуальної системи надають можливість суттєво скоротити терміни розроблення прикладних систем для розв'язання задач науки та інженерії, підвищити достовірність та якість одержуваних комп'ютерних розв'язків.

### **5. Ступінь обґрунтованості основних положень та висновків дисертації**

Основні наукові положення та висновки повністю обґрунтовані. Їх достовірність підтверджується результатами значної кількості експериментів з апробації запропонованих методів комп'ютерного дослідження та розв'язування задач. Новизна наукових результатів підтверджується ретельним аналізом попередніх досліджень з тематики дисертаційної роботи, публікаціями в провідних фахових виданнях та апробацією на наукових конференціях та семінарах. Автор обґрунтовує свої положення, провівши досить суттєвий та всеохоплюючий аналіз вітчизняних та зарубіжних джерел, що відповідають темі дисертації.

## **6. Повнота викладення наукових положень та висновків в опублікованих працях**

Основні положення та результати дисертаційної роботи викладено у 8 публікаціях, з яких: одна стаття у науковому виданні, яке індексується у наукометричній базі Scopus та віднесено до другого квартиля Q2, 6 статей у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України та одні тези доповіді на міжнародній конференції опубліковано англійською мовою та проіндексовано у базі Scopus.

За результатами роботи Єршовим П.С. було зроблено доповіді на XX Міжнародній науково-технічна конференції "Штучний інтелект та інтелектуальні системи (AIS'2020)", Міжнародній науковій конференції "Питання оптимізації обчислень (ПОО-XLVIII)", Міжнародному науковому симпозиумі "Питання оптимізації обчислень (ПОО-XLVI)".

Публікації здобувача відповідають вимогам, встановленим «Порядком присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженим постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року.

## **7. Зауваження**

Суттєвих недоліків, що стосуються змісту та оформлення дисертаційної роботи, не вбачаю. Але маю декілька зауважень.

1. Бажано було б вказати переваги блочно-хмарочосних структури матриць та обґрунтувати розроблення алгоритму розвинення саме таких матриць.

2. Бажано було б уточнити, який саме сегмент програмної реалізації інтелектуальної системи комп'ютерної математики Inparsolver належить автору.

3. Вислів "моделювання фізико-механічних процесів" звужує коло застосувань розроблених засобів.

4. Вислів "модель задачі" є по суті тавтологією і тому вважаю його некоректним.

5. В тексті роботи трапляються описки та невдалі стилістичні фрагменти, наприклад, на стор. 15 "розув'язування", основний текст дисертаційної роботи складає 105 сторінок, а в роботі вказано 104, деякі речення занадто довгі та складні для розуміння, трапляється погане узгодження слів у реченні тощо.

Наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи і не знижують її рівень наукового та практичного значення.

Дисертація написана українською мовою у відповідності до вимог МОН України про мову та стиль написання дисертацій. Форма викладення матеріалу відповідає прийнятій у науковій літературі.

## **8. Висновок**

Дисертаційна робота Єршова Павла Сергійовича на тему "Інтелектуальна система комп'ютерної математики для математичного моделювання в науці і

інженерії" є завершеним науковим дослідженням, в якому розроблено принципи, алгоритмічне та програмне забезпечення інтелектуальної системи комп'ютерної математики для автоматизації процесу дослідження та розв'язування на високопродуктивних комп'ютерах гібридної архітектури систем лінійних алгебраїчних рівнянь з розрідженими матрицями.

Дисертація Єршова Павла Сергійовича за актуальністю, рівнем проведених досліджень, науковою новизною і практичною значимістю відповідає вимогам "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 № 44 від 12 січня 2022 року, а її автор заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 "Прикладна математика".

Рецензент

провідний науковий співробітник Відділу  
чисельних методів та комп'ютерного моделювання  
Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова  
НАН України,  
доктор фізико-математичних наук,  
старший науковий співробітник



О.В. Попов

