

ВІДГУК

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, член-кореспондента НАН України доктора фізико-математичних наук, професора Григоренка Олександра Ярославовича

Актуальність обраної теми дисертації.

Математичне моделювання процесів та явищ різної природи на основі високопродуктивних комп'ютерів та паралельних алгоритмів на даний час є одним із основних, а інколи і єдиним засобом розв'язання складних задач науки і інженерії. При цьому актуальними залишаються проблеми підвищення швидкості виконання алгоритмів за рахунок високопродуктивних обчислень, забезпечення достовірності розв'язку та створення комфортних умов розв'язання задач для кінцевого користувача.

В дисертаційній роботі розв'язання вказаних завдань для паралельних високопродуктивних комп'ютерів пропонується в рамках концепції інтелектуальної системи комп'ютерної математики (ІСКМ) для автоматизації процесу дослідження та розв'язування СЛАР з розрідженими матрицями на комп'ютерах гібридної архітектури.

Інтелектуальна система комп'ютерної математики реалізує функцію автоматичного адаптивного налаштування методу, алгоритму та топології високопродуктивного комп'ютера на математичні властивості комп'ютерної задачі, в тому числі для розріджених матриць великих порядків та отримання розв'язку з оцінкою достовірності результатів.

Застосування інтелектуальної системи комп'ютерної математики надасть можливість суттєво перерозподілити роботи по постановці і розв'язанню задач між користувачем і комп'ютером у порівнянні з традиційними технологіями, скоротити терміни розроблення прикладних додатків для розв'язання науково-технічних задач і підвищити якість одержуваних комп'ютерних розв'язків.

Таким чином, розроблена система надасть можливість розв'язувати нові науково-технічні задачі, істотно скоротити кошти і час на розробку об'єктів сучасної техніки, що і визначає актуальність завдань дисертаційної роботи.

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 проектів:

1. ВФ.150.26 «Розробити моделі та методи гетерогенних обчислень для задач механіки суцільних середовищ» (№ держреєстрації 0119U002224, 2019–2023 рр.);
2. ВП.150.4.1230 «Розробити платформу високопродуктивних обчислень на базі суперкомп'ютера СКІТ для задач кібербезпеки, математичного моделювання, інженерії» (№ держреєстрації 0123U101573, 2023 рр.);
3. ВП.150.30 «Розробити інтелектуальний інтерфейс для моделювання фізико-

механічних процесів на основі паралельних обчислень» (№ держреєстрації 0122U000906, 2022–2024 рр.).

Оцінка змісту дисертації та її оформлення.

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел, який налічує 104 найменування.

У розділі 1 автор розглянув літературу за темою дисертації та обґрунтував вибір напрямку досліджень. Розглянуто застосування методів та алгоритмічно-програмного забезпечення для розв'язування лінійних систем, особливості створення адаптивних методів та алгоритмів розв'язування СЛАР для гібридних комп'ютерів, інтелектуалізацію програмного забезпечення високопродуктивних обчислень з лінійної алгебри на сучасних суперкомп'ютерах.

Розділ 2 присвячено математичному апарату комп'ютерного дослідження лінійних систем з наближеними даними. Проведено розроблення паралельного блочного алгоритму LL^T -розвинення «хмарочосної» матриці, досліджено прискорення та ефективність паралельного алгоритму.

У розділі 3 розглядаються алгоритми автоматичного визначення структури розріджених матриць та їх регуляризації на основі методів машинного навчання та нейромережових технологій. Побудовано згорткову нейронну мережу для автоматичного визначення структури розріджених матриць. Виконана програмна реалізація зазначених методів та проведено чисельні експерименти.

Розділ 4 присвячено принципам, архітектурі та складу ІСКМ для автоматизації процесу дослідження та розв'язування задач, запропоновано її комп'ютерну реалізацію. Наведено результати практичних розрахунків. Проаналізовано ефективність алгоритмічного і програмного забезпечення ІСКМ на низці задач математичного моделювання в будівельній галузі.

Сформульовані висновки підкреслюють актуальність теми дослідження, дозволяють стверджувати, що мета дослідження була досягнена, а також оцінити перспективи його практичного застосування для розв'язку прикладних задач.

Наукова новизна одержаних результатів.

Наукова новизну одержаних результатів 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. Дисертаційна робота містить наступні нові науково обґрунтовані теоретичні та практичні результати проведених досліджень:

- запропоновано принципи автоматизації процесу дослідження та розв'язування СЛАР з розрідженою структурою даних;
- розроблено метод розпізнавання структури розрідженої матриці на основі машинного навчання та згорткових нейронних мереж для вибору ефективного алгоритму розв'язування;
- розроблено паралельний алгоритм для трикутної факторизації матриць блочно-хмарочосної структури;
- запропоновано комп'ютерний алгоритм ідентифікації математичних властивостей розріджених матриць з використанням багаторозрядної арифметики для 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.

Практичне значення результатів дослідження.

Отримані в дисертації результати мають теоретичне та практичне значення для моделювання фізико-механічних процесів, що зводяться до розв'язування СЛАР на сучасних високопродуктивних суперкомп'ютерах. Розроблена в дисертаційній роботі інтелектуальна система комп'ютерної математики може зокрема використовуватися для автоматизації процесів дослідження стійкості нових композитних матеріалів, міцністному аналізі конструкцій в промисловому і цивільному будівництві, дослідженні життєвого циклу відповідальних зварних конструкцій. Запропоновані принципи інтелектуальної системи надають можливість суттєво скоротити терміни розроблення прикладних систем для розв'язання науково-технічних задач, підвищити достовірність та якість одержуваних комп'ютерних розв'язків тощо.

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 та публікаціями в провідних фахових виданнях. Автор обґрунтовує свої положення, провівши досить суттєвий та всеохоплюючий аналіз вітчизняних та зарубіжних джерел, що відповідають темі дисертації.

Повнота викладення наукових положень та висновків в опублікованих працях.

Основні положення та результати дисертаційної роботи досить повно викладено у 8 публікаціях, з яких: одна стаття у періодичному науковому виданні, проіндексованому у базі Scopus та віднесеному до другого квартиля Q2, 6 статей у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України, 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-технічній 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.

Зауваження.

Поряд з позитивною оцінкою роботи в цілому, є зауваження до дисертаційної роботи.

1. В роботі значна увага приділяється оцінці та уточненні комп'ютерного розв'язку в контексті комп'ютерної реалізації, в тому числі на основі багаторозрядної арифметики. Бажано було б отримати оцінки та рекомендації щодо повної похибки розв'язку.
2. В розділі 1 зроблено огляд особливості створення адаптивних методів та алгоритмів розв'язування СЛАР для гібридних комп'ютерів, який, однак, не містить інформації про моделі та методи з розділу 3.
3. Автором запропоновано алгоритм факторизації матриці для хмарочосного формату. Хотілося б отримати обґрунтований вибір такого формату.
4. В роботі досить деталізовано розглянуто всі основні етапи побудови ІСКМ від розробки машинних алгоритмів до створення програмного забезпечення і його реалізації на високопродуктивних комп'ютерах, зокрема гібридної архітектури. Бажано було б уточнити, який саме сегмент програмної реалізації ІСКМ Inpagsolver належить автору.
5. Наведений в розділі 2 лістинг протоколу комп'ютерного дослідження та розв'язування задачі 2 слід було б винести у додаток.

Відзначу, що вищенаведені зауваження в основному носять характер побажання і не зменшують наукову цінність роботи.

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 систем лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР) з розрідженими матрицями на комп'ютерах гібридної архітектури.

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».

Завідувач відділу обчислювальних методів
Інституту механіки імені С.П.Тимошенка
НАН України член-кореспондент НАН України,
доктор фізико-математичних наук



Олександр ГРИГОРЕНКО

Особистий підпис член-кор. НАН України
Вчений секретар Інституту механіки
ім. С.П.Тимошенка НАН України
доктор технічних наук




Юрій СКОСАРЕНКО