

ВІДГУК

**офіційного опонента - доктора фізико-математичних наук,
професора Дорошенка Анатолія Юхимовича
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**

Актуальність теми. При математичному моделюванні складних процесів у різних предметних областях проблему суттєвого підвищення продуктивності вирішують комп'ютери паралельної архітектури. До таких, зокрема, належать комп'ютери гібридної архітектури, які поєднують обчислення на багатоядерних центральних процесорах (CPU) з обчисленнями на графічних процесорах (GPU). Тим самим такі мультипроцесорні архітектури вирішують дві нагальні задачі математичного моделювання: скорочення часу обчислень та забезпечення достатньо великих обсягів оперативної пам'яті.

До необхідності розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР) великих порядків приводять багато прикладних задач. При цьому важливою особливістю задач лінійної алгебри, які виникають з практичних застосувань є те, що вони мають незначну кількість ненульових елементів і спеціальну структуру, зокрема розріджену.

Іншою важливою задачею реалізації методів математичного моделювання, що вирішується в дисертаційній роботі, є розробка та створення програмного забезпечення рівня кінцевого користувача - інтелектуальної системи комп'ютерної математики (ІСКМ) з функцією адаптивного автоматичного налаштування алгоритму, програми та топології паралельного комп'ютера на властивості задачі та отримання комп'ютерного розв'язку в умовах наближених вихідних даних з аналізом достовірності отримуваних результатів.

Акцент в дисертаційній роботі зроблено на дослідженні розріджених матриць при розв'язанні систем лінійних алгебраїчних рівнянь на комп'ютерах гібридної архітектури, а саме – розробці гібридного блочного алгоритму факторизації матриць хмарочосної структури, ідентифікації структури та математичних властивостей розріджених матриць СЛАУ на основі методів машинного навчання та багато розрядної арифметики та розробці і реалізації ІСКМ Inparsolver на основі знання орієнтованого підходу.

Це і обумовлює актуальність та практичну значимість дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основні наукові дослідження за тематикою дисертації проводилися у відділі методів

негладкої оптимізації Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова Національної академії наук України в рамках виконання науково-дослідних робіт:

«Розробити інтелектуальний інтерфейс для моделювання фізико-механічних процесів на основі паралельних обчислень» (№ державної реєстрації 0122U000906, термін виконання 2022–2024 рр.).

«Розробити моделі та методи гетерогенних обчислень для задач механіки суцільних середовищ» (№ державної реєстрації 0119U002224, термін виконання 2019–2023 рр.);

«Розробити платформу високопродуктивних обчислень на базі суперкомп'ютера СКІТ для задач кібербезпеки, математичного моделювання, інженерії» (№ державної реєстрації 0123U101573, термін виконання 2023 р.).

Наукова новизна одержаних результатів. Наукову 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, серед яких найбільш вагомі наступні:

- *вперше* запропоновано принципи автоматизації процесу дослідження та розв'язування СЛАР з розрідженою структурою даних;

- *вперше* розроблено паралельний алгоритм трикутної факторизації матриць блочно-хмарочосної структури;

- *вперше* розроблено метод розпізнавання структури розрідженої матриці на основі машинного навчання та згорткових нейронних мереж для вибору ефективного алгоритму розв'язування;

- *вперше* запропоновано комп'ютерний алгоритм ідентифікації математичних властивостей матриць (виродженість, погана обумовленість) з використанням багаторозрядної арифметики для забезпечення достовірності комп'ютерних розв'язків;

- *удосконалено* 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 задач.

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

Ступінь обґрунтованості основних положень та висновків дисертації. Основні наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи Єршова Павла Сергійовича мають належне теоретичне та практичне обґрунтування. Достовірність положень дисертації

підтверджується порівняльним аналізом вітчизняних та зарубіжних джерел, що відповідають темі дисертації та забезпечуються численними результатами експериментів на тестових та прикладних задачах.

Практична цінність результатів роботи. ISKM Inparsolver для дослідження та розв'язання СЛАР з розрідженими матрицями як штатне програмне забезпечення, впроваджено на суперкомп'ютері СКІТ Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України. Розроблено web-інтерфейс, який забезпечує використання інтелектуального програмного засобу як локально, так і віддалено в мережі Інтернет. Розв'язано низку практичних задач з аналізу міцності будівельних конструкцій.

Результати дослідження можна рекомендувати як програмно-алгоритмічний інструментарій для розв'язання прикладних задач, зокрема для автоматизації процесів дослідження стійкості композитних матеріалів, аналізу міцності конструкцій в будівництві, для дослідження життєвого циклу відповідальних зварних конструкцій тощо.

Певна частина результатів дисертаційної роботи може бути використана у навчальному процесі вищих навчальних закладах України для студентів математичних та ІТ-спеціальностей, де викладаються такі дисципліни, як «Паралельні обчислення», «Методи і технології паралельного програмування» та «Глибинні нейронні мережі».

Повнота викладення наукових положень та висновків в опублікованих працях. Основні положення та результати дисертаційної роботи повністю викладено в 8 публікаціях, з яких 6 є статтями у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України, одна стаття у періодичному науковому виданні, проіндексованому у базі Scopus, тези доповіді на міжнародній конференції англійською мовою проіндексовано у базі Scopus.

Зауваження та побажання до роботи.

1. Зважаючи на тему та мету дисертаційної роботи, доцільно було б проаналізувати можливості розроблених принципів, математичного та програмного забезпечення для побудови сервіс-орієнтованої архітектури системи комп'ютерної математики.
2. В Розділі 4 значна увага приділяється аналізу прискорення від кількості потоків. Доцільно було б навести аналіз прискорення для гібридних моделей обчислень, що поєднують у собі технології MPI для архітектури з розподіленою пам'яттю та потоків для архітектури із загальною пам'яттю.
3. Розроблений в дисертаційній роботі алгоритм факторизації хмарочосних матриць бажано було б порівняти з іншими методами розв'язання СЛАР з розрідженими матрицями.
4. У роботі наявні синтаксичні та орфографічні помилки, однак вони не заважають сприймати текст та розуміти суть викладеного.

Висновок.

Дисертаційна робота Єршова Павла Сергійовича на тему «Інтелектуальна система комп'ютерної математики для математичного моделювання в науці і інженерії» за змістом є завершеною науковою працею, в якій одержані нові науково обґрунтовані результати, що є суттєвими для розвитку алгоритмічного та програмного забезпечення задач лінійної алгебри.

Зважаючи на вищезазначене, 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».

Офіційний опонент

професор кафедри інформаційних систем та технологій

Факультету інформатики та обчислювальної техніки

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

доктор фізико-математичних наук, професор

