

УДК 519.6

СУЧАСНІ ЗАСАДИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Олександр Хіміч

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України

khimich505@gmail.com

Високопродуктивні обчислення і суперкомп'ютерні технології на основі паралельних обчислень на даний час є одним із основних інструментів (а інколи – єдиним) математичного моделювання в наукових і інженерних дослідженнях.

Разом зі зростанням можливостей паралельних комп'ютерів зростають і проблеми їх створення та експлуатації. Збільшення кількості процесорів у паралельних комп'ютерах, створення нових гібридних гетерогенних архітектур означає суттєве збільшення комунікаційних втрат та зниження їх ефективності. Вже зараз є суттєві відмінності за рахунок комунікаційних втрат між максимальною та експлуатаційною продуктивностями [1]. Основні проривні досягнення в цих напрямках: нові моделі обчислень, що враховують багаторівневий паралелізм (розподілені, паралельні, гібридні обчислення), шарово-циклічні методи розподілу та обробки інформації на розподілених обчислювальних системах, які дозволили позбутися обмеження на ефективність внаслідок ефекту Гайдна та забезпечила створення збалансованих паралельних обчислювальних алгоритмів; методи структурної регуляризації для ущільнення великих розріджених даних, кеш-когерентні методи обробки даних (кешизація обчислень), динамічна адаптивна реконфігурація архітектури в процесі обчислень [3].

Проблеми достовірності комп'ютерних розв'язків зі зростанням об'ємів задач також посилюються. Відомо, що у ряді випадків при вирішенні наукових та інженерних завдань на комп'ютерах користувачі отримують машинні результати, що не містять фізичного сенсу. Це відбувається з багатьох причин, але насамперед через похибку у вихідних даних, відмінності властивостей математичних та машинних моделей задач, відмінності арифметики та машинної арифметики тощо. Практично всі інженерні та наукові задачі мають наближені вихідні дані. Характерною особливістю математичних моделей з наближеними вихідними даними є те, що їх математичні властивості ап'іорі невідомі і в рамках похибок вихідних даних можуть змінюватись. Більше того, у фіксованому комп'ютерному середовищі неможливо розрізнити вироджену матрицю від погано обумовленої, патологічно близькі власні значення від кратних і т.д. Проблема достовірності комп'ютерних рішень залишається й надалі однією з практично важливих. Істотна роль покладається на

математичні методи оцінювання спадкової, обчислювальної та повної похибок комп'ютерних результатів, програмний та технічний інструментарій багаторозрядної та змішаної арифметики [3–6].

Іншою, не менш важливою проблемою практичної реалізації високопродуктивних обчислень є створення програмного забезпечення рівня кінцевого користувача – інтелектуальних програмних засобів, що забезпечують спілкування з комп'ютером мовою предметної області та автоматичну адаптацію методу, комп'ютерного алгоритму, програми та топології комп'ютера до властивостей комп'ютерної моделі задачі у процесі отримання рішення. Програмний інструментарій для цього – знання-орієнтовані технології, що базуються на формальних методах та нейромережних елементах штучного інтелекту [2, 5].

Вирішення перерахованих проблем для основних класів задач обчислювальної та прикладної математики (систем лінійних рівнянь алгебри, алгебраїчної проблеми власних рішень, систем звичайних диференціальних рівнянь, нелінійних рівнянь) розглядається в рамках розробки засадничих принципів математичного моделювання, в основі яких лежить триада: комп'ютерна математика, високопродуктивні обчислення, інтелектуальне програмне забезпечення [2, 3, 5, 6].

Реалізація такого підходу дозволяє істотно перерозподілити роботи з постановки і розв'язування задач між користувачем і комп'ютером порівняно з традиційними технологіями, автоматизувати процес дослідження та розв'язання задач, забезпечити достовірність комп'ютерних розв'язків та істотно скоротити час математичного моделювання.

1. www.top500.org
2. Химич А.Н., Молчанов И.Н., Мова В.И. и др. Численное программное обеспечение МІМД-компьютера Инпарком. – Киев: Наук. думка, 2007. – 221 с.
3. Химич А.Н., Молчанов И.Н., Попов А.В., Чистякова Т.В., Яковлев М.Ф. Параллельные алгоритмы решения задач вычислительной математики. – Киев: Наук. думка, 2008. – 248 с.
4. Nikolaevskaya E., Khimich A., Chistyakova T. Programming with multiple precision. Studies in computational intelligence. – Berlin, Heidelberg: Springer, 2012. – 234 p.
5. Khimich O.M., Chistyakova T.V., Sidoruk V.A., Ershov P.S. Adaptive computer technologies for solving problems of computational and applied mathematics // Cybernetics and Systems Analysis. – 2021. – 57, No. 6. – P. 990–997.
6. Хімич О.М., Попов О.В., Чистяков В.А., Коханівський В.О. Розв'язування задач на власні значення у змінному комп'ютерному середовищі суперкомп'ютерів // Кібернетика і системний аналіз. – 2023. – 59, № 3. – С. 141–156.

MODERN PRINCIPLES OF MATHEMATICAL MODELING

Solving the problems for the main classes of computational and applied-mathematics problems (systems of linear algebraic equations, algebraic problems of eigensolutions, systems of ordinary differential equations, nonlinear equations) is considered within the framework of the development of basic principles of the mathematical modeling, which is based on the triad: computer mathematics, high-performance computing, intelligent software security.