

## Реферат роботи

“Розроблення та застосування суперкомп'ютерних технологій для моделювання процесів у сферах обробки просторових даних, надійного функціонування складних систем та інфраструктури електронних бізнесів”

В Інституті кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України створений енергоефективний суперкомп'ютер СКІТ-4 з продуктивністю 11,82 терафлопс за тестом «Лінпак», тобто майже 12 трильйонів операцій в секунду при розв'язуванні систем лінійних рівнянь. Це більше, ніж мають разом суперкомп'ютери НТУУ «КПІ» та ІК НАНУ, які протягом останніх чотирьох років очолювали список найпотужніших обчислювальних засобів України. При вдвічі більшій продуктивності СКІТ-4 споживає вчетверо менше електроенергії, ніж суперкомп'ютер попереднього покоління СКІТ-3.

СКІТ-3 і СКІТ-4 разом складають кластерний комплекс СКІТ, пов'язаний високошвидкісною академічною мережею з понад 20 інститутами і університетами розташованими у різних регіонах України. СКІТ є основою Ресурсного центру Українського національного гріду (УНГ) та пройшов сертифікацію Європейської грид-ініціативи (EGI). Суперкомп'ютери СКІТ доступні для проведення обчислювальних експериментів та застосування у наукових дослідженнях установами НАН України через УНГ і в режимі використання кластеру.

Задачі, які розв'язуються суперкомп'ютерами, часто взагалі неможливо розв'язати в інший спосіб з потрібною точністю чи детальністю. Насамперед це стосується задач моделювання. Наприклад, дослідження довготривалого впливу забруднення на якість питної води неефективно проводити на окремій ділянці з огляду на невизначеність умов на краях моделі, якщо вони не відповідають природним границям системи водорозділу поверхневих і підземних потоків. Отже масштаб такого дослідження – тисячі і десятки тисяч квадратних кілометрів, а глибинність – сотні метрів. Потужність водоносного слою – від кількох метрів, ширина більшості річок не перевищує 10-20 м. Тож йдеться про розрахункові сітки з мільйонів чи десятків мільйонів комірок. Обрахунок таких сіток вимагає на кожному часовому кроці розв'язку системи рівнянь відповідного розміру (кілька рівнянь на комірку).

Використання суперкомп'ютеру дозволяє радикально підвищити детальність моделі, а отже і достовірність результатів.

Сучасні суперкомп'ютери, як інструменти розв'язання класів надскладних задач, створюють умови для нового прискорення техніко-економічного розвитку в світі, нарешті забезпечивши можливість моделювання природних і штучних об'єктів з необхідною точністю та детальністю. В останні роки вартість і час віртуального моделювання стала меншою, ніж витрати на створення і випробування відповідного матеріального зразка. Це досягнення радикально змінює умови конкуренції в проектуванні сучасної техніки, розробці нових матеріалів, технологій тощо. Важливим застосуванням суперкомп'ютерів в розвинених країнах стає управління раціональним використанням матеріальних і фінансових ресурсів. Більше 60% високопродуктивних комп'ютерів в світі використовується на потреби економіки та фінансів, промисловості та нафтогазової галузі, лише 40% іде на традиційні потреби розв'язку військових та наукових задач. США, Об'єднана Європа, Китай та Росія вкладають значні кошти в збільшення темпів розвитку технологій високопродуктивних обчислень. Президенти Росії та США розвиток цієї галузі віднесли до задач національного пріоритету. Вони вважають, що застосування високопродуктивних обчислювальних технологій в найближчі часи визначатиме як загальну конкурентоспроможність економіки, так і спроможність країни забезпечувати різноманітні потреби населення та суб'єктів господарювання в інформаційному суспільстві. Серед задач, які було розв'язано авторським колективом цієї роботи із застосуванням Українських суперкомп'ютерних технологій, можна виділити наступні:

- 1) в теорії надійності – дослідження ймовірності функціональної відмови для різних класів систем. Розглядається випадок, коли умови відмови системи є випадковими і змінюються із часом. Зовнішнє середовище може впливати не лише на надійність елементів системи, але й визначати множину станів відмови системи на кожний момент часу.

Складність цієї задачі не дозволяє створити ефективні аналітичні, у тому числі асимптотичні методи. Водночас, добре відомим є недолік методу Монте-Карло, коли із підвищенням надійності системи необмежено зростає кількість реалізацій, потрібних для досягнення заданої точності. Цей недолік стимулював розвиток методів, які

дозволяють суттєво підвищити ефективність моделювання. Такі методи отримали назву методів прискореного моделювання або методів зменшення дисперсії оцінки. Подальший розвиток методів прискореного моделювання є одним з найбільш перспективних напрямків досліджень сучасної теорії надійності.

Виконані в роботі дослідження дозволяють розв'язати актуальну задачу створення методів прискореного моделювання для проведення ймовірнісного аналізу виникнення функціональної відмови для реальних високонадійних технічних систем як із змінною ефективністю, так і зі змінною структурою. Стійкість та висока точність методів гарантують теореми, які встановлюють умови обмеженості відносної середньоквадратичної похибки оцінок зі зростанням надійності елементів. У випадку занадто великих витрат часу на моделювання на одному процесорі можливі реалізації відповідних алгоритмів на багатопроцесорному комплексі СКІТ4.

Практична цінність отриманих результатів полягає в можливості їх використання при дослідженні надійності систем атомних електростанцій, телекомунікаційних систем, систем мережевого типу, розподільчих систем тощо, особливо в умовах випадкового змінного навантаження на систему, яке суттєво впливає на виконання задач, поставлених перед системою.

2) в обробці просторових даних — суперкомп'ютерні технології дозволяють опрацьовувати обсяги даних, недоступні для аналітичних операцій звичайними програмно-технічними засобами; встановлювати загальні закономірності просторової взаємодії об'єктів природного та соціально-економічного характеру; визначати кореляційні зв'язки між великими масивами просторово-координованої інформації; виконувати просторову інтерполяцію дискретних наборів даних для створення континуальних растрових поверхонь просторового розподілу показників; здійснювати рекласифікацію растрових моделей на основі якісних значень для діапазонів даних при створенні множин однорідних сутностей.

Суперкомп'ютерні обчислювальні потужності в даній роботі застосовувались для обробки та моделювання просторових даних екологічного спрямування, які є необхідною складовою аналітичного процесу прийняття управлінських рішень, розробки економічних моделей функціонування окремих галузей, гарантування безпеки існування суспільства в середовищі природно-антропогенних систем та оцінки якості життя.

Вирішувались завдання збору, зберігання, аналізу параметрів окремих природних компонентів міського середовища (поверхневих вод, ґрунтового покриву, атмосферного повітря), які мають просторову прив'язку. Було визначено спрямованість динамічних змін геохімічних показників ґрунтового покриву на ключових ділянках території України. Виконувалось моделювання просторового розподілу вмісту важких металів у ґрунтах урбанізованих територій. Апробовано і здійснено порівняльний аналіз декількох алгоритмів геостатистичного моделювання (Inverse Distance Weighted, Triangulated Irregular Network, Kriging з різними варіограмними моделями) дискретних показників компонентів природного середовища. Тестування швидкодії операцій картографічної алгебри на прикладі аналізу наборів растрових поверхонь розподілу геохімічних показників.

Отримані результати представлено на всеукраїнських та міжнародних наукових конференціях, опубліковано в періодичних наукових виданнях, які входять до наукометричних баз даних Scopus, Web of Science, Index Journal та Index Copernicus.

3) в державному і місцевому управлінні – застосування суперкомп'ютера у якості «хмарного» сховища даних забезпечує найдешевший спосіб розбудови інфраструктури електронних бізнесів як основи розбудови електронного урядування, електронної економіки, електронних закупівель, електронної комерції тощо. В рамках виконання робіт із моделювання інфраструктури електронних бізнесів було розв'язано задачу створення стандартизованої моделі кваліфікованої інфраструктури відкритих ключів, що дозволяє вирішити ряд внутрішніх проблем Національної системи електронного цифрового підпису (НСЕЦП), зокрема відсутність інтероперабельності, та створити умови інтеграції НСЕЦП у міжнародний простір. Також в рамках робіт із моделювання інфраструктури електронних бізнесів було стандартизовано об'єкт обміну даними між суб'єктами інформаційного суспільства.

Результати робіт були покладені в основу проекту “Концепції Державної цільової програми розвитку та стандартизації інфраструктури відкритих ключів та надання послуг електронного цифрового підпису на період до 2017 року”, що була розроблена Міністерством Юстиції України. Підходи до організації електронного урядування, викладені у монографіях, було підтримано на фаховому круглому столі “Побудова якісної інфраструктури електронних адміністративних послуг. Закладення надійного фундаменту замість піску: стандартизація замість домовленостей та

недомовок” в якому взяли участь представники Державної служби спеціального зв’язку та захисту інформації України, Управління функціонування центрального засвідчувального органу Міністерства юстиції України, Державної міграційної служби України, Державної архівної служби України, Міністерства економічного розвитку і торгівлі України та Технічного комітету із стандартизації “Інформаційні технології”.

*Наукові результати роботи відображено в 2 монографіях, більш ніж в 40 статтях. Новизну та конкурентоспроможність технічних рішень захищено 4 авторськими свідоцтвами.*

к.ф.-м.н., с.н.с.

Мелашенко Андрій Олегович

к.ф.-м.н., н.с.

Хом’як Ольга Миколаївна

к.геогр.н., н.с.

Мацібора Олександр Васильович