

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА
завідувача кафедри інженерії програмного забезпечення
Національного аерокосмічного університету
«Харківський авіаційний інститут»,
доктора технічних наук, професора
Ігоря Борисовича Туркіна
на дисертаційну роботу Мамчича Олександра Олександровича
«Моделі, методи та інформаційна технологія хмарних обчислень на основі мобільних
пристроїв»,
подану на здобуття ступеня доктора філософії
з галузі знань 12 «Інформаційні технології»
за спеціальністю 126 «Інформаційні системи та технології»

Актуальність теми дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Мамчича Олександра Олександровича спрямована на розв'язання актуальної науково-технічної задачі підвищення енергоефективності гетерогенних розподілених обчислювальних систем шляхом залучення мобільних пристроїв, розроблення моделей і методів оцінювання та прогнозування енергоспоживання, а також створення інформаційної технології підтримки прийняття рішень.

Зростання обсягів хмарних обчислень, поширення комп'ютерного зору, штучного інтелекту та потокового оброблення даних супроводжуються збільшенням енергетичних витрат обчислювального обладнання, мереж і допоміжної інфраструктури. Сучасні мобільні пристрої мають значні обчислювальні можливості, але їх реальне використання ускладнюють нестабільна доступність, обмежений заряд, особливості архітектури, мінливість каналів зв'язку та неможливість фізичного контролю доступу до обчислювальних даних. Отже, потрібне системне оцінювання компромісів між енергією, часом, надійністю та безпекою.

Кваліфікаційним результатом дисертації є інформаційна технологія, яка охоплює підготовку референсного навантаження, одержання параметрів вузлів, побудову моделей системи, обчислювальної роботи і стратегії розподілу, симуляцію альтернатив та формування рекомендації. Об'єктом оптимізації є процес організації й виконання задач, а апаратні характеристики використовуються як вхідні дані моделей. Тому зміст роботи належить до спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології», а не зводиться до розроблення окремого обчислювального компонента.

Наукова новизна, обґрунтованість та практична цінність

Метою роботи є підвищення енергоефективності розподілених хмарних обчислювальних систем із залученням мобільних пристроїв шляхом розроблення моделей і методів оцінювання та прогнозування енергоспоживання і створення інформаційної технології їх застосування. Завдання охоплюють аналіз предметної області, метод оцінювання окремої платформи, модель розподіленої системи, урахування безпекових механізмів, експериментальну перевірку та інтеграцію результатів у технологію підтримки прийняття рішень.

Першим результатом є метод порівняння енергетичних витрат мобільних і стаціонарних платформ на основі алгоритмічно зіставної референсної задачі. Він дає змогу визначати енергетичні характеристики конкретного пристрою для заданого навантаження

та використовувати їх як параметри подальшого моделювання. Для синтетичної задачі отримано зменшення витрат енергії мобільної платформи приблизно на 48 %.

Другим результатом є уніфікована модель і метод прогнозування енергоспоживання розподіленої системи, побудовані як композиція моделей системи, обчислювальної роботи і стратегії розподілу. Модульність дає змогу незалежно змінювати склад вузлів, граф задач і правила планування.

Третій результат полягає в удосконаленні моделі шляхом урахування енергетичної вартості механізмів інформаційної безпеки. Розглянуто повторне виконання і перевірку задач, репутацію, довірені вузли й обмеження експозиції даних. Це дозволяє оцінювати не лише базові витрати, а й енергетичний компроміс, пов'язаний із обраною політикою захисту.

Достовірність результатів у межах досліджених конфігурацій забезпечується узгодженням формального апарату, програмної реалізації та вимірювань. Позитивним є проведення контрольних серій і подання фактичних значень енергії. Водночас похибка часової складової суттєво залежить від кроку симуляції, а числові переваги мобільних платформ слід трактувати як сценарні, а не універсальні.

Для дослідження використано системний аналіз, математичне й дискретне імітаційне моделювання, компонентно-орієнтований підхід, ймовірнісний та алгоритмічний аналіз, а також емпіричні методи вимірювання часу й енергоспоживання. Параметри моделей визначено за допомогою бенчмарків і вимірювальних стендів, після чого прогнози зіставлено з фізичними експериментами.

Оцінка змісту, структури та практичного значення роботи

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Структура загалом відповідає логіці переходу від аналізу предметної області до методу вимірювання, формальної моделі, програмно-експериментальної перевірки та інформаційної технології.

У першому розділі проаналізовано хмарні, високопродуктивні, крайові, туманні та волонтерські обчислення, відомі моделі енергоспоживання, а також проблеми гетерогенності, передачі даних, доступності вузлів і безпеки.

Другий розділ присвячено методу оцінювання енергетичної ефективності окремого пристрою. Розглянуто телеметрію CPU/GPU, зовнішні вимірювальні засоби і підхід на основі ємності акумулятора, відокремлення фонових споживання та вимоги до тривалого навантаження.

У третьому розділі формалізовано уніфіковану модель та метод прогнозування витрат енергії розподіленої системи. Доступність вузла описано двостановим марковським процесом. Наведено алгоритми симуляції обчислень і передавання даних, програмну конфігурацію та результати перевірки на трасуванні променів.

У четвертому розділі базову модель розширено підмоделями захисту від фальсифікації результатів і несанкціонованого накопичення даних. Досліджено енергетичні накладні витрати відповідних механізмів. Інформаційну технологію подано IDEF0-діаграмами, що визначають входи, керувальні впливи, механізми та результати процедури вибору конфігурації.

Штучний інтелект у дисертації присутній передусім як клас прикладного навантаження: виконано інференс SSD на базі MobileNetV1. Використання машинного навчання у формальному ядрі не було метою роботи, тому його відсутність не є недоліком.

Водночас перспективним напрямом є оцінювання за допомогою ML нестационарних параметрів доступності, тротлінгу й навантаження, а також адаптивний вибір стратегії з обов'язковим урахуванням енерговитрат самого прогнозування.

Повнота викладених результатів досліджень у публікаціях. Результати дослідження оприлюднено в 11 працях, серед яких — 4 статті та 7 матеріалів і тез конференцій. Публікації охоплюють ключові етапи роботи. Відомості про особистий внесок здобувача у співавторські праці наведено у вступі.

Академічна доброчесність. За результатами аналізу тексту, системи посилань і опису особистого внеску ознак некоректного використання результатів інших авторів не виявлено. Зміст дисертації узгоджується з опублікованими працями автора, що підтверджує самостійність отриманих результатів. Матеріал подано послідовно й аргументовано, логічна узгодженість викладеного матеріалу та стиль наукової мови свідчать про відповідність етичним нормам академічної доброчесності.

Зауваження та дискусійні питання дисертаційної роботи

Позитивно оцінюючи роботу загалом, вважаю за необхідне висловити такі зауваження та пропозиції.

1. Невідповідність між темою дисертації та фактичним змістом роботи. Тема дисертації «Моделі, методи та інформаційна технологія хмарних обчислень на основі мобільних пристроїв» декларує дослідження хмарних технологій, їх архітектури, принципів функціонування та організації обчислень із залученням мобільних пристроїв. Однак у загальній характеристиці роботи центральною метою визначено: «підвищення енергоефективності розподілених хмарних обчислювальних систем... шляхом розроблення моделей і методів оцінювання та прогнозування енергоспоживання...». Усі основні задачі дослідження також стосуються виключно енергоспоживання, а не хмарних обчислень як технологічної парадигми. Таким чином, між темою та змістом роботи існує концептуальна невідповідність: тема не відображає енергетичний фокус дослідження, який фактично є головним предметом дисертації.

2. У другому та третьому пунктах наукової новизни наявні логічна та методологічна невідповідності. У пункті 2 стверджується, що «вперше запропоновано уніфіковану модель прогнозування витрат енергії», тоді як у пункті 3 зазначено, що ця ж модель «удосконалено». Таке формулювання створює суперечність: якщо модель справді вперше запропонована у пункті 2, то вона не могла бути удосконалена раніше, а отже пункт 3 не може бути окремим результатом наукової новизни. Якщо ж модель існувала раніше і була удосконалена у пункті 3, то твердження пункту 2 про «вперше запропоновано» є некоректним. Крім того, пункт 3 фактично описує розширення або модифікацію моделі з пункту 2, а не самостійний науковий результат. Це порушує вимогу до формулювання новизни, згідно з якою кожен пункт має представляти незалежний, завершений науковий здобуток.

3. Незважаючи на значний обсяг експериментальної частини, вона не сформульована в термінах теорії планування експериментів, що унеможливорює формальну оцінку впливу окремих факторів на результати; у роботі відсутня апроксимаційна модель залежності енерговитрат від параметрів режимів та конфігурацій, яка дозволила б здійснювати формальний пошук оптимальних рішень; експериментальні дослідження не містять постановки статистичних гіпотез, аналізу варіативності вимірювань та довірчих

інтервалів, що знижує статистичну достовірність отриманих висновків і обмежує можливість їх узагальнення.

4. У роботі заявлено врахування повних витрат енергії, включно з обчисленням, передаванням, простоями та інфраструктурними компонентами, однак базова модель (с. 87–100) фактично охоплює лише активні витрати CPU/GPU та мережевих інтерфейсів; витрати керувального вузла, комутації, охолодження, перетворення та заряджання не включено послідовно в усі сценарії. Це створює невідповідність між заявленою системною межею та реальною моделлю, що ускладнює коректність порівняння мобільних і стаціонарних конфігурацій. Доцільно або звужити формулювання межі моделі, або ввести явні idle-, infrastructure- та conversion-компоненти.

5. Показники 48 %, 71 % і 61 % отримано для різних задач (матричне GPU-навантаження, трасування променів, рендеринг із motion blur) та різних конфігурацій, тому вони не утворюють єдиного наскрізного експерименту і не можуть інтерпретуватися як узгоджена система результатів. Припущення про їхню незалежність, переносимість або мультиплікативність потребує обґрунтування. Для підвищення переконливості висновків доцільно навести наскрізне порівняння однієї задачі, однакової системної межі та однакових політик безпеки для мобільної і стаціонарної конфігурацій.

Наведені зауваження стосуються переважно визначення меж застосовності, термінологічної та архітектурної точності, повноти енергетичної межі й часової складової прогнозу. Вони не заперечують отриманих результатів для досліджених сценаріїв та не знижують загальної наукової і практичної цінності роботи.

Висновок

Дисертаційна робота Мамчича Олександра Олександровича «Моделі, методи та інформаційна технологія хмарних обчислень на основі мобільних пристроїв» є завершеним науковим дослідженням, у якому розв'язано актуальну науково-технічну задачу підвищення енергоефективності гетерогенних розподілених обчислювальних систем. Автором запропоновано метод порівняння енергетичних витрат платформ, розроблено композиційну модель і метод прогнозування енергоспоживання й сформовано інформаційну технологію підтримки прийняття рішень. Результати пройшли програмну та експериментальну перевірку, апробовані на конференціях і відображені у публікаціях здобувача.

Зміст, об'єкт, предмет, методи та характер кінцевого результату відповідають спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології». За актуальністю, обсягом виконаних досліджень, науковою новизною, обґрунтованістю положень і практичною цінністю дисертація відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України» від 12 січня 2022 р. № 44. На підставі проведеного аналізу вважаю, що Мамчич Олександр Олександрович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 126 «Інформаційні системи та технології».

Офіційний опонент:

завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення
Національного аерокосмічного університету
«Харківський авіаційний інститут»,
доктор технічних наук, професор

Ігор ТУРКІН