

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора Субботіна Сергія Олександровича на дисертацію Калюжняк Анастасії Вікторівни «Функціональне геометричне моделювання в розподілених комп'ютерних системах», яку подано на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 122 – «Комп'ютерні науки»

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню актуальної науково-технічної проблеми створення нових підходів до розробки програмного забезпечення для функціонального геометричного моделювання в розподілених обчислювальних системах.

Ступінь актуальності обраної теми

В сьогоденні, як справедливо стверджує авторка дисертаційного дослідження, реалізація нової техніки практично неможливе без застосування сучасних інформаційних технологій та комп'ютерних систем. Однією з важливих проблем, яка виникає в машинобудуванні, промисловості, є заміна дорогих, довготривалих, а в деяких випадках й небезпечних фізичних випробувань прототипів складних інженерних систем, що проєктуються, віртуальним комп'ютерним експериментом. Даний підхід дозволить істотно зменшити витрати часу та ресурсів на проєктування нової техніки, а також й поліпшити його якість.

Одним з найбільш поширених на практиці наближених методів, що застосовуються на практиці для моделювання та дослідження властивостей нової техніки та її відповідності вимогам замовника, є метод скінченних елементів. Його популярність зумовила розробку великої кількості програмного забезпечення, яке автоматизує різні аспекти застосування цього методу. Найбільш відомими комерційними програмами скінченно-елементного аналізу є Abaqus, Ansys, DIANA FEA, MSC Nastran, LS-Dyna, SESAM, PATRAN та багато інших. Серед програм, які вільно поширюються, можна відзначити FreeCAD, FreeFEM, GetFEM++, OpenCAD. Кількість даних програмних засобів невпинно збільшується, так як, з одного боку, постійно зростає складність обчислювальних задач, які доводиться вирішувати сучасним інженерам, а з іншого боку, змінюються можливості сучасної

обчислювальної техніки (насамперед за рахунок широкого впровадження паралельних та розподілених систем). Тому, для повного використання наявних можливостей комп'ютерів необхідно розробляти паралельні версії алгоритмів скінченно-елементного аналізу.

Таким чином, можна зробити висновок про те, що обрана здобувачкою тема дисертаційної роботи є актуальною і такою, що має суттєву значущість для вирішення важливої науково-технічної задачі у галузі комп'ютерних наук і повністю відповідає спеціальності 122 – «Комп'ютерні науки».

Структура роботи

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, які містять 18 підрозділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Вступ до дисертаційної роботи детально обґрунтовує актуальність дослідження, визначає зв'язок роботи з науково-дослідними темами Запорізького національного університету, де виконувалася дисертація, формулює її мету та завдання, визначає об'єкт, предмет та методи дослідження, а також описує наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Крім того у вступі наведено інформацію про практичне використання результатів роботи, визначається особистий внесок здобувачки, містяться дані про апробацію результатів дослідження та їх висвітлення у наукових публікаціях.

Перший розділ дисертації присвячено аналізу стану проблеми за тематикою роботи. Він розпочинається з огляду сучасних систем автоматизації проєктувальних робіт і аналізу поточного стану досліджень заявленої предметної області. Даний аналіз дозволив авторці виявити відкриті питання та рівень важливості вирішення цих питань, а також сформулювати мету й основні завдання дисертаційного дослідження. Було розглянуто питання, пов'язані з сучасними архітектурами наукового програмного забезпечення, та застосування до них різних методів геометричного моделювання.

У другому розділі було розглянуто функціональний підхід в проєктуванні дискретних моделей. Особливої уваги у другому розділі було приділено методам

візуалізації неявних функцій, які дозволяють істотно підвищити якість розробки складного програмного забезпечення і зменшити час на його налагодження. В розділі обґрунтовується застосування функціонального підходу до побудови геометричних моделей, як найбільш зручного та універсального способу опису дво- та тривимірних областей довільної форми. Також описано алгоритм згладжування при побудові даних об'єктів.

Третій розділ дисертаційної роботи присвячено опису роботи систем із загальною та спільною пам'яттю. Розробка методу «Маршируючих кубів» в паралельних версіях препроцесора системи, які можна використати для скінченно-елементного аналізу. Представлені розроблені або вдосконалені в роботі паралельні алгоритми. Завершується розділ описом основних законів паралельних обчислень.

У четвертому розділі запропоновано підхід до реалізації паралельних програм, а саме в розподілених комп'ютерних системах із застосуванням функціонального підходу та алгоритму «Маршируючих кубів». В розділі наведено розроблені оригінальні структури даних і алгоритми, що дозволяють користувачеві самостійно описувати математичну модель і схему налаштування кластеру із застосуванням запропонованого в роботі алгоритму. Завершується розділ аналізом результатів проведених експериментів, який демонструє коректність та ефективність розробленого обчислювального методу та відповідного програмного забезпечення.

Висновки по роботі узагальнюють основні отримані в дисертаційному дослідженні результати.

Дисертація в цілому є структурно та змістовно гарно збалансованою роботою. Послідовність викладення її положень є логічною і такою, що побудована у відповідності з науковим методом.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій та їх достовірність

Ступінь обґрунтованості та достовірності результатів дисертаційного дослідження не викликає сумнівів, оскільки вона забезпечується:

- коректністю обраної методології дослідження;
- аналізом сучасного стану досліджень в заявленій предметній області, комплексним застосуванням теоретичних та експериментальних методів дослідження;
- експериментальним доведенням ефективності запропонованої методики;
- адекватною добіркою використаних літературних джерел.

Наукова новизна отриманих результатів

При виконанні дисертаційної роботи отримано такі наукові результати:

- *вперше* запропоновано паралельний варіант алгоритму, за допомогою якого клієнт може здійснити функціональне математичне моделювання дво- та тривимірних областей складної форми, та яка підтримуватиме паралельні обчислення, що сприятиме більш швидкому процесу візуалізації дискретних моделей;
- *вперше* розроблено застосунок, який дозволить описати чисельні схеми задач в паралельних обчислювальних системах;
- *вперше* запропоновано методи розробки систем в паралельних обчислювальних архітектурах із застосуванням алгоритму «Маршируючих кубів»;
- *отримано для подальшого розвитку* методи функціонально-геометричного моделювання областей з використанням теорії R-функцій та паралельних обчислень;
- *отримано для подальшого розвитку* алгоритм візуалізації моделей чисельного розрахунку в паралельних системах;
- *вперше* реалізовано автоматизоване програмне забезпечення побудови моделей, в якій представлені запропоновані підходи та методи.
- *вперше* отримано чисельні розрахунки для порівняння ефективності роботи в різних паралельних архітектурах.

Достовірність результатів забезпечена коректним застосуванням відповідного математичного апарату та проведенням обчислювальних експериментів.

Отримані нові результати, у сукупності, розв'язують актуальну науково-технічну проблему підвищення ефективності розробки систем функціонального геометричного моделювання з використанням паралельних обчислень.

Значущість результатів дослідження для науки і практики та можливі шляхи їх використання

Наукова та практична значущість результатів дисертаційного дослідження підтверджується тим фактом, що розроблені підходи дозволяють значно підвищити якість програмної реалізації в розподілених обчислювальних системах.

Розроблений програмний засіб з використанням бібліотеки MPI дозволяє автоматизувати всі аспекти застосування методу скінченних елементів: побудову більш якісних дискретних моделей, описаних на мові програмування C++; використання алгоритму «Маршируючих кубів», та налаштування обчислювального кластеру; візуалізацію отриманих результатів.

Повнота викладу результатів дослідження в наукових публікаціях

Основні наукові результати роботи в повному обсязі викладені у 10 публікаціях, що відповідає п. 6 Порядку присудження ступеня доктора філософії. Особистий внесок здобувача у ці публікації є суттєвим, що наведено у дисертації. Серед цих робіт три наукові роботи видано у фахових періодичних виданнях України, що висвітлюють основний зміст дисертації, і одну статтю було опубліковано у міжнародному періодичному виданні (Польща). Крім того, здобувачка впроваджує результати наукового дослідження в освітній процес Запорізького національного університету.

Наукові результати, що отримані у дисертаційній роботі, також були апробовані та отримали позитивну оцінку на шести всеукраїнських та міжнародних наукових конференціях.

Академічна доброчесність

Очевидних ознак порушення авторкою академічної доброчесності, зокрема випадків оприлюднення, частково або повністю, наукових результатів, отриманих

іншими особами, як результатів власного дослідження та/або відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення їх авторства, не виявлено.

Відповідність дисертації вимогам, передбаченим пунктом 6 Порядку присудження ступеня доктора філософії

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленої кваліфікаційної наукової праці на правах рукопису, що виконувалася здобувачем особисто. Дисертація містить наукові положення, нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати проведених здобувачем досліджень, що мають істотне значення для галузі комп'ютерних наук.

Це ґрунтовно підтверджено публікаціями, що розкривають основний зміст роботи. Дисертація свідчить про суттєвий особистий внесок здобувача в науку та характеризується єдністю змісту. Все вищезазначене дає змогу зробити висновок про відповідність роботи вимогам п. 6 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (Постанова КМУ № 44 від 12.01.2022 зі змінами, внесеними Постановою КМУ № 341 від 21.03.2022). Дисертацію оформлено у відповідності до вимог Міністерства освіти і науки України (Наказ № 40 від 12.01.2017 із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки №759 від 31.05.2019).

Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації

Загалом, позитивно оцінюючи наукове і практичне значення отриманих дисертантом результатів, варто відзначити наступні дискусійні положення і зауваження до змісту дисертаційної роботи.

1. У першому розділі дисертаційного дослідження доцільно було б більш детально розглянути та порівняти між собою альтернативні до «Маршируючих кубів» методи («Маршируючі тетраедри», «Маршируючі октаедри» тощо). Крім того, було б доцільно розглянути інші бібліотеки, що застосовуються для паралелізації обчислень, наприклад CUDA.

2. Для демонстрації ефективності запропонованого підходу до розробки паралельних реалізації наукового програмного забезпечення, які були описані у третьому, четвертому розділах дисертації, доцільно було б виконати розрахунки не тільки в системах зі спільною та розподіленою пам'яттю, а й можливо розглянути хмарне середовище.

3. Робота значно б виграла, якби в ній були виконані теоретичні оцінки ефективності запропонованих паралельних алгоритмів.

4. Робота значно б виграла, якщо б в ній більш детально були розглянуті прикладні аспекти її застосування.

5. В тексті дисертації наявна певна кількість орфографічних та стилістичних помилок, яка, не являється критичною.

Загальний висновок

Зазначені зауваження та рекомендації не впливають на загальну позитивну оцінку представленого наукового дослідження. Вважаю, що дисертація на тему «Функціональне геометричне моделювання в розподілених комп'ютерних системах» є завершеною самостійною науковою роботою, яка містить нові обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, що мають істотне значення для галузі комп'ютерних наук і за актуальністю, змістом, науковою новизною, обґрунтованістю висновків, достовірністю і значущістю відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її авторка, Калюжніак Анастасія Вікторівна, за результатами публічного захисту наукових досліджень у формі дисертації, на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки».

ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ:

Завідувач кафедри програмних засобів

Національного університету "Запорізька політехніка",

доктор технічних наук, професор



Сергій СУББОТІН

свідчую:

Відомий / Ю.І. Микошишинко