

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Калюжняк Анастасії Вікторівни
на тему «Функціональне геометричне моделювання в розподілених комп'ютерних
системах», представлену на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки»

Актуальність теми дисертації.

Ефективне моделювання складних інженерних конструкцій відіграє визначальну роль у багатьох аспектах інженерії та науки. По-перше, це допомагає інженерам спроектувати дизайн, визначити оптимальні форми та параметри конструкцій для досягнення найбільшої ефективності та найменших витрат ресурсів. Окрім того, моделювання допомагає прогнозувати потенційні зони руйнування, які можуть виникнути внаслідок різноманітних впливів зовнішнього середовища. Це дозволить спростити виробництво, забезпечити оптимальність процесів та допоможе реалізовувати конструкції, які витримують великі навантаження та матимуть довгий термін служби. Безпека та надійність інженерних рішень підсилюються завдяки автоматизованим комп'ютерним тестам на міцність. Крім того, здатність експериментувати з інноваційними ідеями та ефективно ідентифікувати можливі проблеми є основою для розвитку нових технологій та зменшення ризиків на етапі проектування.

Для забезпечення більш ефективного використання даних систем необхідні відповідні технології, одними з яких є застосування технологій паралельних обчислень. Одним із важливих напрямів застосування інформаційних технологій та систем є проєктувальні системи, які дозволяють моделювати новітні конструкції. В багатьох випадках чисельне моделювання являє собою чи не єдиний шлях визначення несучої здатності і прогнозування ресурсу відповідальних елементів конструкцій. Але це стосується випадків деталей складної геометричної форми, а також елементів конструкцій, термін експлуатації яких вимірюється десятками тисяч годин, і це унеможливорює проведення

натурних експериментальних досліджень. Найбільш поширеним методом моделювання конструкцій є метод скінченних елементів та використання граничних елементів. Задача підвищення ефективності розрахунків за методом скінченних елементів, а саме з функціональним підходом потребує розробки новітніх підходів до організації обчислювальних процесів, зокрема, реалізації та створення алгоритмів паралельних обчислень в рамках методу скінченних елементів.

Враховуючи вищенаведене, вважаємо, що дисертаційна робота А.В. Калюжняк є актуальною, так як серед головних задач дослідження авторкою були визначені наступні завдання: проведення аналізу предметної області, тобто виконання критичного огляду відомих методів і підходів, які відносяться до геометричного моделювання в складних обчислювальних системах; розробка відповідного методу для побудови складних математичних моделей з використанням функціонального підходу, дослідження геометричної моделі та вивчення параметрів її дискретизації; розробка паралельного методу побудови дискретних моделей поверхонь геометричних об'єктів, що представлені неявними функціями; розробка відповідного ПЗ з використанням сучасних технологій і бібліотек програмування, таких як, OpenMP та MPI; проведення тестових експериментальних розрахунків, які доводять ефективність запропонованого алгоритму в паралельній реалізації та порівняння роботи алгоритму зі спільною пам'яттю та в розподіленій системі.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- 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.

Наукові положення, висновки та рекомендації обґрунтовані на достатньому рівні, які базуються на сучасних вітчизняних та зарубіжних джерелах, а також правильне використання методу граничних елементів, застосування функціонального геометричного моделювання, та стандартних бібліотек паралелізації мови C++.

У дисертації здобувачка запропонувала розподілений підхід до реалізації функціонального моделювання, яка сприяє достатньому підвищенню продуктивності відповідних програм. Отримане програмне забезпечення було розроблено для автоматизації кожного практичного етапу використання методу скінченних елементів. А саме: включає побудову дискретних геометричних моделей, паралельну реалізацію системи і графічне представлення числових результатів.

Дослідження та отримані в роботі результати повністю відповідають основним напрямкам наукових досліджень, які проводяться в Запорізькому національному університеті. Зокрема, дана робота виконувалася відповідно до науково-дослідної теми «Математичне та програмне забезпечення наукових досліджень» (державний реєстраційний номер 0121U114694), яка введена в план науково-технічної роботи Запорізького національного університету

Отже, в дисертаційній роботі поставлено наукове завдання застосування функціонального геометричного моделювання та реалізації її в розподіленій комп'ютерній системі, яка може бути використана при розробці як універсального, так і спеціалізованого ПЗ, призначеного для аналізу широких класів крайових задач виконано повністю, здобувачка повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність.

Дисертація складається з анотації українською та англійською мовами, переліку публікацій здобувача за темою роботи, вступу, чотирьох розділів та посилань. У вступі визначено актуальність та представлено обґрунтування теми дослідження, сформульовано мету, завдання, об'єкт, предмет, методи дослідження, визначено наукову новизну та практичну значущість; наведено дані щодо апробації роботи, її структури та змісту.

У першому розділі висвітлено аналіз стану проблеми застосування обчислювальної техніки для наближеного розв'язання задач з використанням різних методів геометричного моделювання. На основі даного аналізу представлено типову структуру різних методів моделювання для скінченно-елементного аналізу, також описана постановка мети та задач дослідження.

Другий розділ присвячено опису застосування функціонального підходу в геометричному моделюванні. Здобувачка описала схему моделювання із застосуванням неявних функцій, алгоритмам згладжування, та ефективність їх застосування.

У третьому розділі детально описано паралельну реалізацію алгоритму «Маршируючих кубів», представлена практична реалізація систем із загальною та

розподіленою пам'яттю (OpenMP та MPI). Проаналізовано основні закони паралельних обчислень.

У четвертому розділі практично представлено побудову геометричних моделей, продемонстровано підсумки обчислювальних експериментів та наведені приклади, які демонструють ефективність застосованого методу.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 10 наукових публікаціях здобувачки, серед яких: 3 статті у наукових фахових виданнях України, які включені на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки», 1 стаття у періодичному науковому іноземному виданні, та 6 тез доповідей на науково-практичних конференціях.

Результати дисертації апробовано на наукових конференціях:

1) Калюжняк А. В. Застосування технології OpenMP для вирішення завдань паралельного програмування. *IV Correspondence International Scientific and Practical Conference «Scientific researchers and methods of their carrying out: world experience and domestic realities»*, 2022. С. 88-89.

2) Калюжняк А. В. Використання алгоритму «Маршируючих кубів» в побудові складних геометричних моделей. *Proceedings of VII International Scientific and Practical Conference Kharkiv*, 2022. С. 457-460.

3) Калюжняк А. В. Візуальне представлення функціонального підходу за допомогою паралельного програмування. *Актуальні проблеми математики та інформатики: тези доповідей Тринадцятої Всеукраїнської, двадцятої регіональної наукової конференції молодих дослідників. Запоріжжя: Запорізький національний університет*, 2022. С. 84-85.

Усі публікації здобувачки мають високий науковий рівень. У них детально розкриваються основні наукові результати дослідження. Особистий внесок здобувачки до публікацій за співавторством вагомий, особливо у описі експериментальних частин роботи. Принципів академічної доброчесності у жодній з публікацій не порушено.

Отже, наукові результати, описані в дисертаційній роботі, повністю

висвітлені у наукових публікаціях здобувачки.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Доцільно було б більшої уваги приділити порівнянню отриманих чисельних результатів з дослідженнями інших авторів.
2. Розкриваючи способи використання паралельних технологій в інженерних розрахунках, було б доцільно детальніше розглянути переваги та недоліки використання паралельних обчислень зокрема, провести порівняння різних підходів до паралельного програмування в інших мовах програмування.
3. Було б доцільно порівняти отримані результати при використанні інших мов програмування з іншими сучасними мовами.

В цілому, дані зауваження не є визначальними і не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Дисертаційна робота Калюжняк Анастасії Вікторівни на тему: «Функціональне геометричне моделювання в розподілених комп'ютерних системах» виконана на високому науковому рівні та є завершеним науковим дослідженням. Нові науково обґрунтовані результати особисто проведених здобувачкою досліджень характеризується повнотою та аргументованістю викладення основного змісту як роботи, так і опублікованих праць. Представлена до захисту дисертація відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44., а її авторка, Калюжняк Анастасія Вікторівна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки».

Рецензент:

к.ф.-м.н, доцент, завідувач
кафедри програмної інженерії
Запорізького національного університету

ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР
Запорізький національний
університет



Андрій ЛІСНЯК

Андрій Лисняк
Олександр Трохимчук