

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Гнєздовського Олексія Валентиновича

на тему «Відкрита об'єктно-орієнтована архітектура систем скінченно-елементного аналізу», представлену на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки

Актуальність теми дисертації.

Ефективне моделювання поведінки складних інженерних конструкцій відіграє визначальну роль у багатьох аспектах інженерії та науки. По-перше, це допомагає інженерам оптимізувати дизайн, визначаючи оптимальні форми та параметри конструкцій для досягнення максимальної ефективності та витрат ресурсів. Крім того, моделювання дозволяє прогнозувати потенційні зони руйнування, які виникають внаслідок різноманітних впливів зовнішнього середовища. Це спрощує виробництво, забезпечуючи оптимальність процесів та допомагає виробляти конструкції, що витримують великі навантаження та мають довгий термін служби. Безпека та надійність інженерних рішень підсилюються завдяки віртуальним 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 проєктування.

Використання програмних систем, що базуються на методі скінченних елементів (МСЕ), відіграє важливу роль у проведенні віртуальних експериментів над елементами конструкцій. Метод скінченних елементів надає можливість моделювати різноманітні умови, в яких конструкції можуть експлуатуватись в реальному середовищі. Віртуальні комп'ютерні експерименти дозволяють визначити стресостійкість, міцність та деформації елементів, оптимізувати використання матеріалів та прогнозувати можливі дефекти. Такий підхід забезпечує ефективне вирішення завдань без потреби великої кількості фізичних прототипів, прискорюючи процес розробки та зменшуючи витрати часу та ресурсів.

Розробка відкритих бібліотек та програмних засобів для скінченно-елементного аналізу забезпечує відкритий доступ до передових технологій у цій

області, сприяючи загальному розвитку метода та його застосувань. Відкритий доступ до технологій та програмного коду також сприяє освітнім цілям, надаючи студентам та науковцям можливість вивчати та вдосконалювати свої навички.

Враховуючи вищенаведене, вважаємо, що дисертаційна робота О.В. Гнездовського є актуальною, оскільки серед основних задач дослідження автором були визначені такі завдання: проведення критичного аналізу наявних систем скінченно-елементного аналізу та їх програмної архітектури і способів застосування; розробка відкритої об'єктно-орієнтованої архітектури систем скінченноелементного аналізу, яка б дозволяла легко додавати новий функціонал до такого типу ПЗ; розробки відповідних алгоритмів реалізації препроцесора, процесора і постпроцесора, які базуються на запропонованій архітектурі; виконання розробки відповідного програмного забезпечення; виконання тестових розрахунків, які б дозволили виконати доведення ефективності запропонованої архітектури та алгоритму.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Вперше запропоновано ієрархічну об'єктно-орієнтовану архітектуру систем скінченно-елементного аналізу, яка на відміну від наявних аналогів дозволяє легко додавати нові типи розрахунків (статика, динаміка, фізична нелінійність) та враховувати геометричні особливості конструкцій, що розраховуються.

2. Отримали подальший розвиток алгоритми розв'язання крайових задач методом скінченних елементів, що базуються на запропонованій об'єктно-орієнтованій архітектурі.

3. Вперше програмно реалізовано на мові Python система скінченно-елементного аналізу, яка базується на запропонованій архітектурі і може виконувати розрахунок широкого кола задач в статичній та динамічній постановці.

4. Вперше отримано чисельні розрахунки певних класів крайових задач. Достовірність результатів забезпечена коректним застосуванням відповідного математичного апарату та проведенням обчислювальних

експериментів.

Наукові положення, висновки та рекомендації достатньо обґрунтовані, базуються на сучасних вітчизняних та зарубіжних джерелах, а також правильно використовують метод скінченних елементів, паттерни та стандартні бібліотеки мови Python.

У дисертації здобувач запропонував архітектуру, яка сприяє значному підвищенню продуктивності відповідних програм. Отриманий програмний інструмент `ruftm` був розроблений для автоматизації кожного практичного етапу використання методу скінченних елементів. А саме: включає створення дискретних геометричних моделей, чисельне моделювання 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 поставлене наукове завдання створення відкритої об'єктно-орієнтованої архітектури систем скінченно-елементного аналізу, яка може бути використана при розробці як універсального, так і спеціалізованого ПЗ, призначеного для аналізу широких класів крайових задач виконано повністю, здобувач 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 застосуванні обчислювальної техніки для наближеного розв'язання широкого кола крайових

задач. На основі даного аналізу надана типова структура систем для скінченно-елементного аналізу, також описана постановка мети та задач дослідження.

Другий розділ присвячено опису відкритої архітектури систем скінченно-елементного аналізу крайових задач. Здобувач описав схему моделювання із застосуванням методу скінченних елементів, а також приділив увагу архітектурам препроцесора, процесора та постпроцесора.

У третьому розділі детально описана практична реалізація відкритої об'єктно-орієнтованої архітектура скінченно-елементного моделювання. Проведено проєктування класів для реалізації скінченно-елементного розрахунку та розроблений інтерфейс бібліотеки PyFEM.

У четвертому розділі продемонстровано підсумки обчислювальних експериментів та наведені приклади застосування розробленої бібліотеки скінченно-елементного аналізу.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 7 наукових публікаціях здобувача, 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 виданні, проіндексованому у базі даних Scopus, 3 тез доповідей на науково-практичних конференціях.

Також результати дисертації апробовано на наукових конференціях:

- 1) Конференції молодих вчених та спеціалістів “Сучасні проблеми машинобудування” (Харків, 2016 р.);
- 2) Тринадцятій Всеукраїнській, двадцятій регіональній науковій конференції молодих дослідників “Актуальні проблеми математики та інформатики” (Запоріжжя, 2022 р.).

Усі публікації здобувача мають високий науковий рівень. У них детально розкриваються основні наукові результати дослідження. Особистий внесок здобувача 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 здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Доцільно було б провести порівняння отриманих чисельних результатів з дослідженнями інших авторів.

2. В роботі детально описана ієрархія класів. Але не зазначається, чи відповідає ця структура загальним принципам та кращім практикам об'єктно-орієнтованого проектування.

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

Висновок про дисертаційну роботу

Дисертаційна робота Гнездовського Олексія Валентиновича на тему «Відкрита об'єктно-орієнтована архітектура систем скінченно-елементного аналізу» виконана на високому науковому рівні та є завершеним науковим дослідженням. Нові науково обґрунтовані результати особисто проведених здобувачем 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 автор, Гнездовський Олексій Валентинович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 - Комп'ютерні науки.

Рецензент:

К.Т.Н., доцент,
доцент кафедри
програмної інженерії
Запорізького національного університету

Юлія ЛИМАРЕНКО