

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. Використання віртуальних комп'ютерних експериментів у порівнянні з натурними випробуваннями є надзвичайно актуальним у сучасній інженерії. Цей підхід дозволяє зменшити витрати та час, оскільки не потрібно виготовляти фізичні прототипи елементів конструкцій. Швидкість проведення віртуальних експериментів прискорює розробку та спрощує реагування на зміни у вимогах. Важливою перевагою віртуальних експериментів є також їхня безпека, оскільки тестування відбувається без реальних ризиків для людей та обладнання. Крім того, цей підхід дозволяє моделювати умови, які можуть бути важкодоступними або небезпечними для реального тестування. З усіма цими перевагами віртуальні комп'ютерні експерименти стають важливим інструментом для удосконалення та розробки конструкцій у галузі інженерії та науки.

Актуальність розробки гнучкої архітектури наукового програмного забезпечення сьогодні визначається рядом стратегічних переваг, які вона надає. Гнучка архітектура дозволяє ефективно адаптуватися до змін у вимогах та навколишньому середовищі. Це полегшує процес розробки та впровадження нового функціоналу, робить систему більш модульною. Крім того, гнучка архітектура забезпечує легкість тестування та відлагодження, зменшує ризики при внесенні змін та підвищує масштабованість системи.

Отже, дисертація, що надана на рецензування є актуальною, оскільки в роботі визначені такі основні задачі: 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.

Вирішення поставлених задач орієнтовано на досягнення мети, яка полягає у створенні 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.

Об'єктом дослідження є процес розробки скінченно-елементних програмних систем.

Предметом дослідження є об'єктно-орієнтована архітектура відкритого програмного забезпечення скінченно-елементного аналізу.

Методи дослідження базуються на застосуванні апарату обчислювальної математики, прикладного та системного програмування, об'єктно-орієнтованого аналізу.

Наукова новизна отриманих в дисертаційній роботі результатів полягає у тому, що:

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.

Практичне значення та практична цінність отриманих результатів.

Нова архітектура системи для скінченно-елементного аналізу, яка

пропонується у даній дисертації, має потенціал суттєво поліпшити ефективність програмної реалізації систем скінченно-елементного аналізу. Розроблений інструмент `ruFem` дозволяє автоматизувати всі етапи практичного використання методу скінчених елементів, включаючи генерацію дискретних геометричних моделей, чисельний розрахунок та візуалізацію чисельних результатів. Система `ruFem` реалізована як бібліотека класів з відкритим вихідним кодом і використовує стандартні бібліотеки мови програмування Python, такі як NumPy, SciPy та інші.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання створення відкритого програмного забезпечення скінченно-елементного аналізу, яке б давало можливість ефективного вирішення актуальних науково-технічних проблем.

Оцінка змісту дисертації та її основних положень.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації 122 сторінки.

У вступі визначено актуальність теми дисертації, сформульовано мету, завдання, об'єкт, предмет, методи дослідження; визначено його наукову новизну та практичну значущість; наведено дані щодо апробації роботи, її структури та змісту.

У першому розділі дисертації представлено огляд сучасних систем скінченно-елементного аналізу.

Другий розділ дисертації присвячений опису відкритої архітектури систем скінченно-елементного аналізу напружено-деформованого стану елементів конструкцій. Наведена типова схема моделювання із застосуванням методу скінчених елементів. Описані архітектури препроцесора, процесора та постпроцесора.

В третьому розділі представлена практична реалізація відкритої об'єктно-орієнтованої архітектура скінченно-елементного моделювання. Описані основні патерни розробки наукового програмного забезпечення, виконано проєктування класів для інкапсуляції різних типів скінчених елементів, а також наданий інтерфейс бібліотеки `PyFEM`.

У четвертому розділі наведені обчислювальні експерименти та приклади застосування бібліотеки скінченно-елементного аналізу для різних класів задач.

Текст дисертаційної роботи відповідає усім необхідним вимогам.

Наукові результати дисертації висвітлені у 7 наукових публікаціях здобувача,

серед яких: 3 статті у наукових фахових виданнях України, що належать до категорії Б за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки, та 1 стаття у періодичному науковому виданні, проіндексованому у базі даних Scopus, а також 3 тез доповідей на науково-практичних конференціях.

Результати дисертаційного дослідження були оприлюднені на таких наукових конференціях:

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

У всіх публікаціях були дотримані принципи наукової доброчесності. Науковий рівень публікацій здобувача – високий, суттєвий особистий внесок прослідковується у кожній роботі.

Наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Дискусійні положення та зауваження до дисертації

5. В дисертаційній роботі недостатньо описано процес побудови скінченно-елементних сіток.

6. Порівняння ефективності програмного коду та архітектур систем скінченно-елементного аналізу виконано без залучення метрик якості коду.

7. В тексті є певна кількість одруківок.

Слід зазначити, що висловлені зауваження не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів і не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок.

Дисертаційна робота Гнездовського Олексія Валентиновича на тему «Відкрита об'єктно-орієнтована архітектура систем скінченно-елементного аналізу» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є завершеним науковим дослідженням. Текст дисертації за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою

Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р. Автор дисертаційної роботи Гнєздовський Олексій Валентинович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 - Комп'ютерні науки.

Рецензент:

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

Андрій ЛІСНЯК