

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, старшого наукового співробітника
Максименка-Шейка Кирила Володимировича на дисертацію Халанчук
Лариси Вікторівни «Структуровані дискретні моделі для розв'язку
крайових задач», яку подано на здобуття наукового ступеня доктора
філософії зі спеціальності 113 Прикладна математика

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню важливої науково-практичної задачі – розробці математичного апарату для побудови структурованих та блочно-структурованих сіток із заданими параметрами згущення та гарантією якості моделі.

Ступінь актуальності обраної теми

В сучасних інженерних додатках одне із провідних місць займають дослідження, що виконуються за допомогою математичного моделювання різноманітних реальних процесів з подальшим використанням пакетів комп'ютерних програм, оскільки комп'ютерне моделювання за своїми витратами є в багато разів економічно вигіднішим, ніж побудова фізичної моделі. Обчислювальні методи вимагають побудови математичних моделей, що будуть відображати усі необхідні властивості форми та структури досліджуваного об'єкта для конкретної задачі. Переважна більшість сучасних методів обчислення замінює досліджуваний об'єкт деякою дискретною моделлю. Сучасні проекти мають все більш складний характер, оскільки використовують моделі, що складаються з досить великої кількості компонентів і зв'язків між ними. Математичне моделювання процесів у таких конструкціях має певні труднощі, пов'язані зі складністю форми відповідних областей. Такі задачі зручно розв'язувати за допомогою методу скінченних елементів, де модель складається з певної кількості геометричних областей простої форми. Далі використовуються різні пакети програм для розв'язання отриманої задачі з дискретними моделями. Проте виникає необхідність розробки методів отримання дискретних математичних моделей, що відповідають заданій області та мають певні властивості, що передбачені умовою задачі.

В контексті даної дисертаційної роботи саме форма області побудови стає відправною точкою для подальших досліджень генерації та деформації сітки.

Автор дослідження виходить з гіпотези про те, що врахування певних властивостей форми області може оптимізувати генерацію структурованих дискретних моделей. Фактично, роботу присвячено аналізу впливу форми області на властивості побудованої сітки й експериментальній демонстрації того, що гіпотеза дослідження не суперечить відомим фактам.

Таким чином, можна зробити висновок про те, що обрана здобувачем тема роботи є актуальною і такою, що має суттєву значущість для вирішення важливої науково-технічної задачі у галузі математики, а також є абсолютно релевантною спеціальності 113 Прикладна математика.

Структура роботи

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації складає 152 сторінки, з них: 59 рисунків; 5 таблиць; список використаних джерел зі 189 найменувань на 22 сторінках; 4 додатків на 13 сторінках. Основна частина

дисертації викладена на 117 сторінках (приблизно 4.875 авторських аркушів). Логічна структура викладення результатів дисертаційного дослідження є цілком традиційною: вступ, розділи основного змісту і висновки.

Вступ до дисертаційної роботи детально обґрунтовує актуальність теми дисертаційної роботи, визначає зв'язок роботи з науково-дослідними темами, формулює мету і завдання дослідження, визначає об'єкт, предмет та методи дослідження, формулює наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, містить інформацію про практичне використання результатів роботи, визначає особистий внесок здобувача, містить інформацію про апробацію результатів дослідження та їх висвітлення у наукових публікаціях.

Розділ 1 присвячений аналізу сучасного стану досліджень за тематикою роботи. Він розпочинається з огляду сучасного стану генерації структурованих дискретних моделей, який є продовженням і доповненням попередніх досліджень, а саме: описано основні кроки для побудови сітки, які є загальними для багатьох підходів автоматичної генерації сіток; розглянуто алгебраїчні, еліптичні, варіаційні, гіперболічні методи генерації структурованих та блочно-структурованих сіток; проаналізовано спеціальні програмні засоби, за допомогою яких відбувається комп'ютерна генерація сіток; описано рівняння і теорії, на основі яких будуються сітки; наведено чисельні методи, що використовуються при генерації сіток; проаналізовано методи деформації сітки; досліджено широке коло об'єктів і процесів, для моделювання якого використовуються структуровані сітки; наведено власну генерацію структурованої сітки щільності ймовірності знаходження електрона в заданій області різноманітних квантових точок з різними хвильовими числами.

Розділ 2 присвячений першому та другому завданню дослідження. Було розроблено математичний апарат для побудови структурованих сіток у вільно розповсюджену пакеті програм Scilab диференціальним методом на прикладі рівняння Пуассона із заданими параметрами згущення контрольних функцій та гарантією якості моделі. Емпіричним методом досліджено вплив форми області (опуклості та угнутості ліній сторін криволінійного чотирикутника) та вибір методу побудови початкової сітки на швидкість генерації заданої структурованої моделі даної області еліптичним методом. Також досліджено залежність між значеннями змінних розрахункової та фізичної областей, та вплив форми області на цю залежність.

Розділ 3 присвячений третьому завданню дослідження – розробці підходів до керування формою та інтенсивністю згущення ліній сітки до заданої області моделі геометричного об'єкта на прикладі поверхонь різних типів. Наведено постановку задачі генерації сітки поверхні. Більш детально розглянуто поверхні обертання, оскільки такі поверхні широко використовуються в сучасній технічній промисловості, а саме: авіабудування, ракетобудування та ін. Оскільки навіть порівняно невелика похибка під час подібних розрахунків може привести не тільки до фінансових втрат, а й до людських жертв, то такі дослідження вимагають більшої точності обчислень. Отже, виникає необхідність ретельного дослідження поверхні в місцях концентрації напружень, що можна зробити за допомогою згущення сітки в такій області, при цьому зекономити технічні ресурси під час виконання алгоритму. Тому було досліджено згущення сітки на поверхнях циліндра,

конуса, а також на місці з'єднання циліндричної та конічної, циліндричної та сферичної, двох конічних поверхонь. Досліджено згущення сітки на поверхні, що моделює щільність ймовірності знаходження електрона в заданій області квантової точки на прикладі кубічної квантової точки. Всі проведені дослідження на різних поверхнях підтверджують результати щодо впливу параметрів контрольних функцій на інтенсивність згущення сітки. Дослідження було проведено на прикладі згущення до певних ліній сітки, а у випадку комбінацій поверхонь згущення виконано до лінії з'єднання.

Розділ 4 також присвячений третьому завданню дослідження – розробці підходів до керування формою та інтенсивністю згущення ліній сітки до заданої області моделі геометричного об'єкта на прикладі перерізів тривимірних геометричних об'єктів. Дослідження проведено на прикладі перерізу кутового та прямого з'єднання двох балок. В прикладі моделі кутового з'єднання розглянуто дві прямокутні трапеції, а модель прямого з'єднання показано у двох варіантах розбиття: чотири прямокутні трапеції та два п'ятикутники. Згущення сітки було виконано до лінії межі з'єднання, оскільки саме в околі з'єднання двох конструкцій виникає концентрація напруги, тому більш детальне дослідження функцій в заданій області є актуальним. Було використано контрольні функції для згущення до координатних ліній розрахункової області. Підтверджено попередні дослідження для плоских областей та поверхонь щодо впливу параметрів контрольних функцій на інтенсивність згущення сітки в заданій області, а саме: збільшення першого параметра приводить до посилення згущення в околі заданої області, а збільшення другого параметра призводить до більш рівномірного розподілення ліній сітки, що наближає її до ортогональності. Чисельно розв'язано крайову задачу вигину тонкої пластинки за допомогою різницевого схем для рівняння Софі Жермен. В отриманих сітках виконано згущення ліній сітки до певних зон побудови за допомогою рівняння Пуассона та контрольних функцій.

Висновки по роботі узагальнюють та фокусують увагу на основних отриманих результатах, а також описують можливості щодо подальшого використання науково-технічного доробку автора.

Дисертація є структурно та змістовно збалансованою. 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. Це забезпечується:

- обраною методологією дослідження;
- аналізом стану досліджень в предметній області, комплексним застосуванням теоретичних та експериментальних методів;
- формальним та експериментальним доведенням усіх гіпотез та положень;
- стійкістю алгоритму згущення сітки до різних типів та форм області із можливістю керування інтенсивністю згущення.

Наукова новизна отриманих результатів

У дисертаційному дослідженні отримано такі нові науково-технічні результати.

Уперше на базі еліптичного методу побудови структурованих дискретних моделей геометричних об'єктів розроблено метод оптимального вибору розбиття початкової сітки, що залежить від форми заданого об'єкту; запропоновано декілька варіантів формул для згущення сітки до діагональної лінії криволінійного чотирикутника фізичної області та випадків для її суміщення, що відповідає діагоналі квадрата розрахункової області.

Отримали подальший розвиток еліптичний метод для математичного моделювання складних об'єктів під час розв'язку задач побудови, візуалізації та аналізу структурованих математичних моделей двовимірних та перерізів тривимірних геометричних об'єктів для спрощення процесу їх моделювання; метод згущення сітки за допомогою контрольних функцій рівняння Пуассона для згущення до координатних ліній розрахункової області, до точки, до області у вигляді кола, що дозволяє більш детально досліджувати залежності в заданій області геометричного об'єкта, не збільшуючи при цьому кількість вузлів сітки, що економить технічні ресурси.

Отримані нові результати, які у сукупності вирішують важливу науково-технічну задачу розробки математичного апарату для побудови структурованих та блочно-структурованих сіток із заданими параметрами згущення та гарантією якості моделі.

Значимість результатів дослідження для науки і практики та можливі шляхи їх використання.

Практичне значення дисертаційної роботи ґрунтується на програмній реалізації та можливості прикладного застосування розроблених методів для чисельного дослідження напружено-деформованого стану складних об'єктів. Розроблені в дисертаційній роботі методи генерації структурованих дискретних моделей геометричних об'єктів дозволяють якісно підвищити результати математичного моделювання, використовувати їх при аналізі та оптимізації інженерних конструкцій.

Повнота викладу результатів дослідження в наукових публікаціях.

Основні наукові результати роботи в повному обсязі викладені у 19 публікаціях (у співавторстві). Інформацію про особистий внесок здобувача у ці публікації наведено у дисертації, що дозволяє зробити висновок про його достатність.

З цих робіт, 2 статті опубліковано у міжнародних періодичних виданнях, що проіндексовані у наукометричній базі «Scopus», а 7 статей – у спеціалізованих виданнях, що входять до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії..

Наукові результати, що отримані у дисертаційній роботі, апробовані та отримали позитивну оцінку на 6 міжнародних і 3 всеукраїнських конференціях, 1 міжнародному форумі, також отримано 1 авторське свідоцтво на програмний продукт.

Академічна доброчесність.

Проведений аналіз тексту дає підстави для висновку про відсутність порушень академічної доброчесності.

Відповідність дисертації вимогам, передбаченим пунктом 10 Порядку проведення експерименту з 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 математики. Це підтверджено публікаціями, що розкривають основний зміст роботи. Дисертація свідчить про суттєвий особистий внесок здобувача в науку та характеризується єдністю змісту.

Дисертацію оформлено у відповідності до вимог Міністерства освіти і науки України (Наказ №40 від 12.01.2017 із змінами, внесеними згідно з Наказом № 759 від 31.05.2019).

Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.

Наведені вище аргументи на користь позитивної оцінки дисертаційної роботи не виключають зауважень і відкритих питань, зокрема:

1. У розділі 2 дисертації в формулах контрольних функцій передбачено одночасно згущення до кількох зон. Однак при згущенні до координатних ліній завжди обирається тільки одна лінія. Було б доцільним показати кілька різних варіантів. Проте, для згущення до зони кола у роботі показано як одне, так і два кола згущення в одній області.
2. Розглядаючи особливості застосування контрольних функцій, автор робить припущення щодо загального вигляду контрольних функцій для згущення сітки до певних зон області побудови. Це припущення підтверджується кількома загальновідомими формулами для певних зон (координатні лінії, точка, коло), та перевіряється на новому способі задання – до діагональної лінії та її суміщенні. Залишається відкритим питання щодо узагальнення і перевірки для інших функцій.
3. Залишається відкритим питання, як саме обираються параметри контрольних функцій в різних прикладах згущення сітки, чи існують якісь межі для значень параметрів на початку дослідження?
4. На декількох рисунках підписи показано дуже мілким шрифтом.
5. Робота містить друкарські помилки, проте їх кількість не перевищує встановлені стандартом норми, а також в роботі деінде використовуються стилістично невдалі конструкції.

Загальний висновок.

Зазначені зауваження не є такими, що суттєво впливають на загальну позитивну оцінку представленого наукового дослідження. Вважаю, що дисертація на тему «Структуровані дискретні моделі для розв'язку крайових задач» є завершеною самостійною науковою роботою, яка містить нові аргументовані результати в галузі прикладної математики, і за актуальністю, змістом, науковою новизною, обґрунтованістю висновків, достовірністю і значущістю відповідає вимогам «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженому Постановою Кабінету Міністрів України № 167 від 6 березня 2019 року, а її автор, Халанчук Лариса

Вікторівна, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук,

старший науковий співробітник,

учений секретар Інституту проблем машинобудування

ім. А.М. Підгорного

Національної академії наук України



Кирило Максименко-Шейко

“14”

06

2021 року