

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Алатамнеха Хамзе Халеда Мохаммада.

«Математичне моделювання геометричних об'єктів на базі параметричних функцій» на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.05 – математичне моделювання та обчислювальні методи

1. Актуальність теми дисертації. Дослідження стану сучасних технічних об'єктів та інженерних систем пов'язане з використанням комп'ютерної техніки для аналізу їх математичних моделей. Таке моделювання часто називають комп'ютерним. Його вагомою перевагою є можливість заміни досить вартісних натурних експериментів серією комп'ютерних симуляцій. Більшість технічних об'єктів і систем мають певну форму та обмежені розміри та можуть розглядатися як геометричні об'єкти. Для комп'ютерного дослідження стану таких об'єктів необхідно адекватно подати інформацію про їх геометричну структуру та побудувати відповідну дискретну модель для подальшого чисельного аналізу.

Таким чином, тема дисертаційної роботи Алатамнеха Х. Х. М., яка присвячена розробці підходу до аналітичного конструювання моделей складних геометричних об'єктів на базі примітивів, поданих параметричними функціями, з використанням логічних предикатів, є актуальною.

2. Загальна характеристика дисертаційної роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації – 132 сторінки, з яких у тому числі 115 сторінок основного змісту. Робота містить 55 рисунків у тексті, 138 літературних джерел (16 сторінок) та 1 додаток (1 сторінка).

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету та завдання дослідження, визначені об'єкт, предмет та методи дослідження, висвітлені наукова новизна та практичне значення отриманих результатів, особистий внесок автора в роботах, виконаних у співавторстві, а також апробація результатів дисертації та кількість публікацій, виконаних за темою дисертаційної роботи.

У *першому розділі* виконано загальне формулювання задачі математичного моделювання геометричних об'єктів. Розглянуто основні методи математичного моделювання геометричних об'єктів. Наведено огляд основних методів генерації дискретних моделей геометричних об'єктів.

У дисертаційній роботі обґрунтовується, що для вирішення цієї проблеми можливо використовувати параметричні функції, які є гнучким інструментом подання границь геометричних об'єктів. У той самий час для їх практичного використання необхідно:

– привести у формальну відповідність параметричні функціональні моделі та елементарні форми;

– розробити принцип аналітичного конструювання моделей складних геометричних об'єктів з моделей більш простих геометричних об'єктів, використовуючи параметричні функції;

– розробити спосіб побудови розрахункових моделей для методу скінченних елементів на базі моделей геометричних об'єктів, поданих параметричними функціями;

– розробити програмний продукт для апробації інструментальних засобів, заснованих на використанні параметричних функцій для подання геометричних об'єктів, і автоматизації моделювання геометричних об'єктів.

У *другому розділі* розглянуто основні інструментальні засоби для моделювання двовимірних геометричних об'єктів на базі параметричних кривих. Запропоновано логічну функцію та алгоритм її практичного застосування для перевірки належності довільної точки до області, обмеженої замкненою параметричною функцією. Крім того доведено теорему, в якій стверджується, що граничне параметричне подання на базі запропонованої операції визначає двовимірний геометричний об'єкт.

У *третьому розділі* розглянуто інструментальні засоби для моделювання тривимірних геометричних об'єктів на базі параметричних поверхонь. Зокрема переведено до єдиного вигляду формули складних поверхонь різних типів (у тому числі поверхні, утворені рухом двовимірних профілів). Визначено логічну функцію для аналітичного конструювання моделей складних тривимірних геометричних об'єктів, а також запропоновано алгоритм її реалізації. Доведено теорему, яка стверджує, що граничне подання на базі логічної операції для визначення належності довільної точки тривимірній області, обмеженій замкненою параметричною поверхнею, визначає тривимірний геометричний об'єкт.

У *четвертому розділі* висвітлені адаптовані для подання геометричних об'єктів параметричними функціями методи генерації дискретних моделей з використанням трикутників або тетраєдрів. Розроблено проблемно-орієнтовану мову, яка отримала назву FORTU-P, і є розвитком мови FORTU 3. Для дослідження адекватності отриманих у результаті застосування розроблених методів генерації сіток скінченних елементів проведено обчислювальні експерименти. На прикладі задачі вигину кривого бруса побудовано графік залежності відносної похибки від кількості вузлів сітки.

У *висновках* дається загальна оцінка отриманих результатів дисертаційної роботи.

У *додатках* наведено акт про впровадження результатів дисертаційного дослідження у навчальний процес.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій. Вивчення матеріалів дисертаційної роботи, автореферату та публікацій дозволяє стверджувати, що обґрунтованість основних одержаних результатів забезпечується строгістю і коректністю постановки та розв'язання розглянутих у роботі задач. Розроблені способи подання геометричних об'єктів параметричними функціями дозволяють спростити процес математичного моделювання. Прийняті спрощення у підходах, які запропоновані для побудови дискретних моделей геометричних об'єктів, поданих параметричними функціями, значно не впливають на отримані результати моделювання.

Адекватність побудованих скінченно-елементних моделей підтверджена проведеними в роботі обчислювальними експериментами, а також шляхом дослідження впливу кількості вузлів у моделі на похибку.

Обґрунтованість наукових положень, висновків, запропонованих рішень і рекомендацій підтверджується результатами апробації роботи на наукових семінарах, науково-технічних конференціях та симпозіумах.

4. Достовірність і новизна наукових положень, висновків та рекомендацій. Достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій дисертаційної роботи забезпечується:

- коректністю проведених теоретичних досліджень, які ґрунтуються на застосуванні відомих методів побудови скінченно-елементних моделей:

- застосуванням сучасних методів чисельного моделювання, використанням системного підходу, методів наукового пізнання, фундаментальних положень сучасного математичного моделювання;

- апробацією положень дисертаційної роботи на наукових конференціях і семінарах різних рівнів, а також наявністю відповідних актів впровадження.

Сформульовані в дисертації наукові положення, висновки і рекомендації впливають безпосередньо з теоретичних та експериментальних результатів проведених досліджень.

При виконанні завдань дисертаційної роботи отримано такі основні наукові результати:

- вперше запропоновано підхід до аналітичного конструювання моделей складних геометричних об'єктів на базі примітивів, поданих параметричними функціями, з використанням логічних предикатів;

- набув подальшого розвитку математичний апарат параметричних функцій у частині його застосування для опису форми складних геометричних об'єктів, що дозволяє спростити розробку інструментальних засобів для комп'ютерного моделювання геометричних об'єктів;

- набув подальшого розвитку ітераційний метод побудови дискретних моделей геометричних об'єктів з використанням трикутників або тетраєдрів у частині врахування особливостей параметричного подання, що дозволяє спростити процес побудови скінченно-елементних моделей при чисельному розв'язанні крайових задач;

- розроблено принципи побудови, програмної реалізації та застосування проблемно-орієнтованої мови для опису комп'ютерних моделей з використанням параметричних функцій, що дозволяє автоматизувати процес математичного моделювання геометричних об'єктів.

В результаті дослідження підвищено ефективність моделювання складних геометричних об'єктів. Отримано результати, що мають переваги над існуючими.

5. Значення дисертаційної роботи для науки і виробництва. Розроблені у дисертаційній роботі принципи та методи використання параметричних функцій для моделювання геометричних об'єктів, а також побудови відповідних дискретних моделей для скінченно-елементного аналізу, дозволяють підвищити

адекватність і якість математичного моделювання. На базі запропонованих інструментальних засобів розроблено програмний продукт, який може бути використаний для інженерного аналізу стану складних технічних об'єктів у машинобудуванні й архітектурі.

Результати дисертаційної роботи впроваджені в навчальний процес у Запорізькому національному університеті, що підтверджується актом впровадження.

6. Повнота викладу результатів роботи в наукових фахових виданнях.

Основні результати дисертаційної роботи відображені у публікаціях здобувача. Основні наукові результати дисертаційної роботи опубліковано у 10 друківаних працях, у тому числі 1 монографія, 3 статті у виданнях, що включено до Переліку наукових фахових видань України, 1 у закордонному науковому виданні.

Робота пройшла широку апробацію, її основні положення доповідалися на всеукраїнських і міжнародних наукових конференціях.

Дисертація Алатамнеха Х. Х. М. «Математичне моделювання геометричних об'єктів на базі параметричних функцій» є завершеною науковою працею. Її написано грамотною українською мовою та оформлено відповідно до чинних вимог. Робота добре ілюстрована й не перевантажена зайвим матеріалом.

Зміст дисертаційної роботи цілком відповідає спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи, за якою вона подана до захисту, і профілю спеціалізованої вченої ради К 17.051.06.

Автореферат дисертації відображає основний зміст, положення та висновки дисертаційної роботи.

7. Дискусійні положення дисертаційної роботи та зауваження. У цілому, оцінюючи дисертаційну роботу, слід звернути увагу на такі зауваження і дискусійні положення.

7.1. У першому розділі роботи при виконанні аналізу сучасного стану проблеми основну увагу приділено підходам до подання геометричних об'єктів, зокрема їх якісному порівнянню. Проте відсутній кількісний аналіз впливу цих підходів на точність розв'язку крайових задач.

7.2. Запропоновані алгоритми обчислення логічних функцій для перевірки належності точки до певної області базуються на аналізі кількості перетинів променем межі області. У випадках неоднозначності автором пропонується обертати промінь на деякий кут δ . Проте не має відповіді на питання, яке мінімальне значення δ буде призводити для найшвидшого завершення роботи алгоритму.

7.3. Використання параметричних функцій для подання деяких геометричних об'єктів (наприклад, у випадку зі значною кількістю отворів) може бути занадто громіздким, тому доцільно було би дослідити можливість адаптації запропонованого математичного апарату до таких випадків.

7.4. У четвертому розділі значну увагу проведено дослідженням адекватності методів генерації дискретних моделей з використанням лінійних функцій форми скінченних елементів. Проте у випадку, наприклад, пластин і оболонки доцільним

було б провести аналогічне дослідження з використанням інших родин функцій форми.

7.5. В тексті дисертації й автореферату є певна кількість синтаксичних та орфографічних помилок, які, втім, не мають суттєвого впливу на сприйняття змісту роботи.

Зазначені вище зауваження не мають принципового характеру, не знижують загального наукового рівня дисертації та не впливають на позитивну оцінку роботи. Більшою мірою їх треба розглядати як побажання щодо подальших досліджень автора.

8. Загальний висновок. Дисертаційна робота є завершеною науково-дослідною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності є рішенням важливої науково-технічної задачі підвищення ефективності моделювання складних геометричних об'єктів. Для її вирішення розроблено математичний апарат, який дозволяє використовувати параметричні функції та логічні предикати для подання довільних дво- і тривимірних геометричних об'єктів. За актуальністю, науковим рівнем розробок та їх практичним значенням, наявністю необхідної кількості та обсягу публікацій дисертаційна робота Алатамнеха Хамзе Халеда Мохаммада «Математичне моделювання геометричних об'єктів на базі параметричних функцій» повністю відповідає вимогам ДАК МОН України, зокрема, пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент:

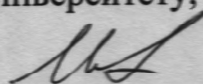
доцент кафедри

вищої математики і математичного моделювання

Херсонського національного технічного університету,

кандидат фізико-математичних наук,

доцент



I. O. Астіоненко

Підпис Астіоненка І.О. засвідчує
Начальник відділу кадрів ХНТУ




М.В. Танська