

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію *Верланя Дмитра Анатолійовича* «**Методи та засоби чисельної реалізації інтегральних моделей динамічних об'єктів на основі розщеплення ядер**», подану до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи

1. Актуальність теми дисертації

Моделі у вигляді інтегральних рівнянь – це чи не найефективніший інструмент для моделювання динамічних процесів в технічних засобах опрацювання сигналів: в системах управління, вимірювання, контролю, діагностики тощо. Такі моделі використовують при моделюванні динамічних об'єктів з зосередженими й розподіленими параметрами, а також при проектуванні й дослідженні технічних засобів оперативного опрацювання інформації в системах керування та спостереження. З використанням інтегральних рівнянь можна описати непараметричні динамічні моделі, властивості яких визначаються ядрами та структурою інтегральних операторів. Розв'язування інтегральних рівнянь – це здебільшого доволі складна задача, для якої характерна висока розмірність. Застосування методу вироджених ядер дає можливість дещо зменшити розмірність цієї задачі й відповідно зменшити кількість обчислювальних операцій за рахунок заміни операцій з функціями двох змінних операціями з функціями однієї змінної.

Предметом дисертаційного дослідження Верланя Д. А. є дослідження можливостей моделювання динамічних об'єктів з використанням непараметричних моделей у вигляді інтегральних рівнянь. Його дослідження стосуються використання методу вироджених ядер. Застосування цього методу стримується обмеженнями, зумовленими тим, що ядро має бути виродженим, а саме представленим у вигляді певної комбінації функцій однієї змінної, що інколи досить складно практично реалізувати. Методи наближення функцій двох змінних комбінаціями функцій однієї змінної засновані, як правило, на аналітичних методах розкладання вихідної функції з попереднім вибором системи лінійно незалежних базисних функцій. Отримана апроксимація складається з значної

УТМ ВХ 106

23.06.2016

кількості доданків, що відповідно ускладнює обчислювальні процеси комп'ютерного моделювання.

Тому науковий інтерес представляють алгоритми апроксимації функцій двох змінних, які забезпечують ефективну реалізацію методу вироджених ядер при застосуванні інтегральних рівнянь у задачах математичного моделювання. Так що дисертаційне дослідження Верланда Д. А., орієнтоване на чисельну реалізацію моделей у вигляді інтегральних рівнянь на основі вдосконалення методу вироджених ядер, є актуальним.

2. Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій

Обґрунтованість наукових положень, рекомендацій і висновків дисертації підтверджується строгістю постановки задачі й коректним використанням математичного апарату. Достовірність та придатність для практичного використання запропонованого методу чисельного розщеплення ядер інтегральних рівнянь, розроблених алгоритмів і їхньої програмної реалізації перевірені на тестових прикладах і низці конкретних прикладних задач.

3. Наукова новизна проведеного дослідження й отриманих результатів

За результатами дослідження можливостей застосування чисельного методу розщеплення ядер інтегральних рівнянь дисертант отримав низку нових наукових результатів, зокрема:

1. Розроблено оригінальний метод розщеплення ядра інтегрального рівняння у вигляді чисельних значень базисних функцій. Значення цих базисних функцій визначаються з умови досягнення мінімуму відповідних функціоналів. Обґрунтовано збіжність цього чисельного методу;
2. На основі розробленого методу розщеплення ядер запропоновано спосіб розв'язування інтегральних рівнянь типу Вольтерри першого роду з використанням виродженої резольвенти;
3. Запропоновано нові ефективні алгоритми розв'язування інтегральних рівнянь типу Фредгольма з використанням чисельного розщеплення ядер. Для інтегральних рівнянь Фредгольма другого роду побудовано алгоритми з оперативним оцінюванням точності обчислень, що забезпечує можливість апостеріорного поточного контролю точності процесу моделювання.

Запропоновані методи та алгоритми програмно реалізовані у вигляді набору функцій (23 функції) в середовищі MATLAB. Вони орієнтовані як на самостійне

використання, так і модулів зовнішнього використання. Працездатність і ефективність розроблених програмних модулів проілюстровано на низці прикладних задач, зокрема, на аналізі результатів моделювання коливань в'якопружного циліндра, а також задачі підвищення роздільної здатності антени.

4. Практичне значення результатів дисертації

Програмне забезпечення, розроблене з використанням запропонованого методу чисельного розщеплення ядер інтегральних рівнянь, можна використовувати для аналізу моделей динамічних систем. Ефективність використання запропонованої методики проілюстровано, зокрема, на аналізі задачі динамічної корекції системи вимірювання теплового випромінювання.

Практична значимість результатів дисертаційних досліджень підтверджена актом про використання розробленого програмного забезпечення для моделювання процесів оперативного опрацювання сигналів у системах контролю і діагностики у відділі фізичних основ діагностики матеріалів Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України.

5. Апробація й публікації

Дисертація Д. А. Верланя пройшла належну апробацію на багатьох фахових науково-технічних конференціях і семінарах із проблем, що стосуються як роботи в цілому, так і її окремих аспектів. Результати досліджень опубліковано в 21 науковій праці, зокрема, в 12 статтях у наукових фахових виданнях за спеціальністю, одну з яких включено до міжнародної наукометричної бази даних, а також одному навчальному посібнику.

6. Недоліки дисертаційної роботи

У цілому робота виконана методологічно правильно й на належному науковому рівні. До окремих недоліків, що стосуються тексту викладу результатів, можна віднести:

1. У роботі подано порівняння ефективності запропонованого методу чисельного розщеплення ядер інтегральних рівнянь з відомими методами апроксимації функції двох змінних. Бажано було би ще показати вплив застосування різних методів розщеплення ядер на похибку розв'язку тестового рівняння;

2. Варто було би пояснити результати апроксимації подані в табл.2.4 (ст. 54);

3. У дисертаційній роботі обґрунтовано вимоги щодо програмної реалізації окремих модулів орієнтованих на розв'язування інтегральних рівнянь. Лаконічно й змістовно описано розроблені програмні модулі. Проте для повноти опису варто було би ще вказати спосіб і форму подачі результатів їхнього виконання;

4. У дисертації трапляються деякі огріхи технічного характеру, зокрема:

– в четвертому абзаці на ст. 32 не вказано нерівність;

– на рис. 3.5 (ст. 105) подано невдалі графіки похибок розв'язків рівнянь

Вольтерри першого та другого типу;

– для формули (3.3) на ст. 78 не означено параметр A_j ;

– в другому абзаці на ст. 67 не завершено речення;

– у формулах (2.41) та (2.44) є розбіжності в позначенні аргументу;

– декілька разів у тексті дисертації вжито «безперервні функції», «безперервні похідні» тощо.

Вказані недоліки не мають принципового характеру, а відображають лише окремі вади викладу результатів.

7. Оцінка змісту дисертаційної роботи, її завершеність

Основні матеріали роботи змістовно викладені в п'яти розділах, висновку, списку використаних джерел та додатках. Дисертаційна робота має струнку логічну структуру. У роботі послідовно висвітлено метод чисельного розщеплення при отриманні вироджених ядер інтегральних рівнянь. Обґрунтовано його збіжність. Показано способи його застосування при знаходженні розв'язків інтегральних рівнянь типу Вольтерри та Фредгольма. Описано розроблені на основі запропонованого методу алгоритми і їх програмну реалізацію.

Зміст і форма висвітлення результатів дослідження відповідають існуючим вимогам МОН України. Вони належним чином відображають мету роботи та поставлені завдання.

Дисертаційна робота Д. А. Верланя є цілісним завершеним науковим дослідженням. Викладений у дисертації матеріал обґрунтовує ефективність використання методу чисельного розщеплення при отриманні вироджених ядер під час розв'язування інтегральних рівнянь в задачах моделювання динамічних об'єктів технічного призначення.

8. Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам

Дисертація Верланя Дмитра Анатолійовича є завершеним науковим дослідженням, у якому розв'язана актуальна науково-технічна задача, яка полягає в розробленні методів і програмного забезпечення для комп'ютерного моделювання динамічних процесів з використанням моделей у вигляді інтегральних рівнянь типу Вольтерри й Фредгольма. Результати роботи є новими. Наведені приклади переконливо свідчать про ефективність використання запропонованого методу чисельного обчислення непараметричного розщеплення ядер при розв'язуванні інтегральних рівнянь.

Тема й результати дисертаційного дослідження відповідають спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Автореферат відповідає змісту дисертації, правильно відображає суть отриманих у дисертаційній роботі результатів та висновків і оформлений відповідно до діючих вимог МОН України.

За актуальністю теми, обсягом, різнобічністю, системністю та повнотою виконаних досліджень, новизною і практичною цінністю отриманих результатів дисертаційна робота «Методи та засоби чисельної реалізації інтегральних моделей динамічних об'єктів на основі розщеплення ядер» відповідає вимогам пунктів 9, 11, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24 липня 2013 року, а її автор, Верлань Дмитро Анатолійович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент, провідний науковий співробітник

Центру математичного моделювання Інституту прикладних проблем

механіки і математики ім. Я. С. Підстригача

НАН України, д.т.н., проф.

П. С. Малачівський

Підпис П. С. Малачівського засвідчую: вчений секретар

ЦММ ІППММ ім. Я. С. Підстригача

НАН України, кандидат технічних наук

Г. Т. Лянце

21 червня 2016 р.

