

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка

Фізико-математичний факультет

Кафедра комп'ютерних наук

Дипломна робота

магістра

з теми: **«Розробка засобів для розв'язування інтегральних рівнянь Вольтерри зі змінною передісторією»**

Виконав: студент групи KN1-M20

спеціальності 122 Комп'ютерні науки

Вольський Валентин Володимирович

Керівник:

Іванюк В. А., завідувач кафедри

комп'ютерних наук, доктор технічних наук,

доцент

Рецензент:

Ковальська І.Б., доцент кафедри

математики, кандидат фізико-математичних

наук, доцент

Кам'янець-Подільський – 2021

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ІНТЕГРАЛЬНІ МОДЕЛІ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ.....	6
1.1. Інтегральні моделі, як апарат опису керуючих динамічних систем.....	6
1.2. Застосування інтегральних моделей для опису розвитку економічних систем.....	10
РОЗДІЛ 2. СЕРІЙНІ ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ.....	17
2.1. Класифікація інструментальних пакетів комп'ютерного моделювання.....	17
2.2. Порівняльний аналіз "математичних" пакетів	19
2.3. Традиційні засоби чисельного інтегрування.....	21
2.4. Традиційні методи та засоби розв'язання інтегральних рівнянь	26
РОЗДІЛ 3. АЛГОРИТМІЧНІ ОСНОВИ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ	29
3.1. Метод квадратур	29
3.2. Алгоритми розв'язання систем лінійних інтегральних рівнянь Вольтерри II роду.....	34
3.3. Дослідження алгоритмів розв'язання інтегральних рівнянь Вольтерри другого роду зі змінною пам'яттю.....	35
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ТА ПРОВЕДЕННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ.....	38
4.1. Програмні засоби розв'язування систем інтегральних рівнянь Вольтерри другого роду	38
4.2. Обчислювальні експерименти розв'язування систем лінійних інтегральних рівнянь Вольтерри II роду	39
4.3. Програмні засоби розв'язування систем інтегральних рівнянь Вольтерри другого роду із змінною історією	42

4.4. Обчислювальні експерименти розв'язування систем лінійних інтегральних рівнянь Вольтерри II роду із змінною нижньою межею	43
ВИСНОВКИ.....	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ.....	47

ВСТУП

Аналіз сучасних методів та засобів моделювання задач динаміки свідчить, що для опису динамічних систем традиційно використовується апарат звичайних диференціальних рівнянь чи рівнянь у частинних похідних. Разом з тим, до важливих для практики задач моделювання відносять завдання дослідження динамічних систем зі змінною пам'яттю, для опису яких можуть використовуватись інтегральні моделі Вольтеррівського типу зі змінною нижньою межею. Інтегральний метод опису має ряд позитивних характеристик, це компактність математичного опису динамічних систем, високий рівень універсальності моделей, висока стійкість методів чисельної реалізації інтегральних залежностей.

Однак сучасні серійні типові програмні пакети, призначені для моделювання динамічних систем, не охоплюють своїми можливостями розглянутий клас динамічних моделей. Створення програмних засобів комп'ютерного дослідження динамічних систем зі змінною історією на основі інтегральних моделей є досить складним завданням у зв'язку з необхідністю аналізу особливостей певних видів інтегральних рівнянь, розробки ефективних алгоритмів розв'язування систем інтегральних рівнянь та способів організації відповідного комплексу програм.

Таким чином, задача створення програмних засобів комп'ютерного моделювання динамічних моделей зі змінною історією на основі інтегральних рівнянь є актуальною.

Мета та завдання дипломної роботи. Метою дипломної роботи є створення алгоритмічних основ та побудова програмних засобів дослідження динамічних об'єктів зі змінною пам'яттю, що описуються системами інтегральних рівнянь Вольтерри.

Для досягнення поставленої мети поставлено такі **завдання**:

- огляд особливостей та сфер застосування інтегральних моделей;
- огляд серійних програмних засобів моделювання динамічних систем;

- розробка алгоритмів розв'язування інтегральних рівнянь Вольтерри другого роду зі змінною історією;
- розробка програмних засобів та проведення обчислювальних експериментів.

Об'єктом дослідження є динамічні об'єкти зі змінною пам'яттю.

Предметом дослідження є інтегральні рівняння Вольтерри зі змінною передісторією

Методи дослідження. У дипломній роботі для вирішення поставлених завдань використовуються: методи математичного моделювання та елементи теорії інтегральних рівнянь для дослідження динамічних систем; методи обчислювальної математики для вибору та реалізації чисельних алгоритмів у прикладних програмних середовищах; методи організації програмних засобів для реалізації чисельних алгоритмів під час вирішення завдань динаміки; методи організації та проведення обчислювальних експериментів при чисельному дослідженні динамічних систем.

Практичне значення отриманих результатів полягає у створених програмних засобах, які призначені для комп'ютерного моделювання динамічних об'єктів зі змінною пам'яттю, що описуються системами інтегральних рівнянь Вольтерри зі змінною нижньою межею.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі створено алгоритмічні основи та побудовано програмні засоби дослідження динамічних об'єктів зі змінною пам'яттю, що описуються системами інтегральних рівнянь Вольтерри.

Отримані результати у формі створених програмних засобів дозволять здійснювати комп'ютерне моделювання динамічних об'єктів зі змінною пам'яттю, що описуються системами інтегральних рівнянь Вольтерри зі змінною нижньою межею. Ефективність розроблених програмних засобів досліджено при розв'язуванні модельних задач.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ

1. Алексеев Е. Р., Чеснокова О. В., Рудченко Е. А. Scilab: Решение инженерных и математических задач. Москва, 2008. 260 с.
2. Ануфриев И. Е., Смирнов А. Б., Смирнова Е. Н. Matlab 7. Санкт-Петербург, 2005. 1194 с.
3. Бенькович Е. С., Колесов Ю. Б., Сениченков Ю. Б. Практическое моделирование сложных динамических систем. Санкт-Петербург, 2001. 401 с.
4. Верлань А. А., Сагатов М. В., Сытник А. А. Квадратурные алгоритмы моделирования измерительных преобразователей с распределёнными параметрами. *Моделювання та інформаційні технології*. Вип. 6, 2000. С. 131–136.
5. Верлань А. Ф., Контрерас Д. Е., Сізіков В. С., Тихончук С. Т., Федорчук В. А. Integral equation toolbox – пакет програм для розв'язування інтегральних рівнянь в середовищі Matlab. Київ, 1997. 44 с.
6. Верлань А. Ф., Сизиков В. С. Интегральные уравнения: методы, алгоритмы, программы. Київ, 1986. 544 с.
7. Верлань А. Ф., Федорчук В. А. Моделі динаміки електромеханічних систем. Київ, 2013. 221 с.
8. Верлань А. Ф., Федорчук В. А., Іванюк В. А. Комп'ютерне моделювання в задачах динаміки електромеханічних систем. Кам'янець-Подільський, 2010. 204 с.
9. Вольтерра В. Теория функционалов, интегральных и интегро-дифференциальных уравнений. *Под ред. П. И. Кузнецова*. Москва, 1982. 304 с.
10. Іванюк В. А. Математичні пакети прикладних програм : навчальний посібник. Кам'янець-Подільський, 2015. 160 с.

11. Корнеєв О. М., Федорчук В. А. Квадратурний алгоритм розв'язування систем інтегральних рівнянь Вольтерри з виродженими ядрами. *Мат. та комп'ют. моделювання. Сер. Техн. науки*. 2011. Вип. 5. С. 123–133.
12. Лазарев Ю. Ф. Моделювання динамічних систем у Matlab. Київ, 2011. 421 с.
13. Лозинський А., Мороз В., Паранчук Я. Розв'язування задач електромеханіки в середовищах пакетів MathCAD і MATLAB: Навч. посібник. Львів, 2000. 166 с.
14. Максименко С. Н., Козак А. В. Численные алгоритмы аппроксимации функций двух переменных применительно к решению интегральных уравнений. Моделювання та інформаційні технології. Київ, 2006. Вып. 36. С. 40–51.
15. Манжиров А. В., Полянин А. Д. Справочник по интегральным уравнениям: Методы решения. Москва, 2000. 685 с.
16. Никольский С. М. Квадратурные формулы. Москва, 1979. 255 с.
17. Глушков В.М. Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС. — М.: Статистика, 1975. — 160с.
18. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. Москва, 2005. 320 с.
19. Сидоров Д. Н. Методы анализа интегральных динамических моделей. Теория и приложения. Иркутск, 2013. 293 с.
20. Федорчук В. А., Іванюк В. А., Верлань Д. А. Інтегральні рівняння в задачах математичного моделювання : навчальний посібник. Кам'янець-Подільський, 2014. 144 с.
21. Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в Matlab, SimPowerSystems и Simulink. Москва, 2008. 288 с.
22. Чичкарёв Е. А. Компьютерная математика с Maxima: Руководство для школьников и студентов. Москва, ALT Linux, 2012. 384 с.
23. Brunner H. Volterra integral equations: an introduction to theory and applications. Cambridge, 2017. 387 p.

24. Brunner H., *van der Houwen P. J.* The numerical solution of Volterra equations. Amsterdam: North–Holland, 1986. 588 p.
25. Mathews J. H., Fink K. D. Numerical Methods Using Matlab. Mathews Prentice Hall, 1999. 662 p.
26. Steinhaus S. Comparison of mathematical programs for data analysis. Edition 4.42. München / Germany, 2008. 59 p.