

Секція: Інформатика та кібернетика

Назва пріоритетного напрямку розвитку науки і техніки (згідно з Законом України від 12.10.2010 № 2519-17): Інформаційні та комунікаційні технології

Назва пріоритетного тематичного напрямку (згідно з постановою КМУ від 07.09.2011 № 942): Суперкомп'ютерні програмно-технічні засоби, телекомунікаційні мережі та системи. Грід- та клауд-технології

Назва напрямку секції (згідно з паспортом секції обирається до 2-х напрямів):

1-ий: 1. Теоретичні основи інформатики і кібернетики. 1.8. Математичні моделі паралельних і розподілених обчислень, реактивні системи.

2-ий: 2. Математичне моделювання та обчислювальні методи. 2.7. Методи й алгоритми паралельних обчислень.

Організація-виконавець: ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Адреса: вул. Артема, 58. Донецьк, 83000 Україна

Назва проекту: Алгоритмічні методи підвищення ефективності паралельних комп'ютерних систем при моделюванні динамічних об'єктів

АВТОРИ ПРОЕКТУ:

Керівник проекту (П.І.Б.): Фельдман Лев Петрович

Науковий ступінь: д-р техн. наук **учене звання:** проф.

Місце основної роботи: ДВНЗ "Донецький національний технічний університет"

Посада: професор кафедри прикладної математики та інформатики

Робоч.тел., факс: (062) 301-07-57 дом. тел. (062) 305-02-88

E-mail: feldman@pmi.dgtu.donetsk.ua

Основні виконавці проекту (П.І.Б., науковий ступінь, учене звання, посада):

1. Дмитрієва Ольга Анатоліївна, д.т.н., професор кафедри ПМІ (ДонНТУ);

2. Михайлова Тетяна Василівна, к.т.н., доцент кафедри ПМІ (ДонНТУ);

3. Назарова Ірина Акопівна, к.т.н., доцент кафедри ПМІ (ДонНТУ).

4. Сорока Тарас Євгенович, м.н.с., аспірант кафедри ПМІ (ДонНТУ).

Проект розглянуто й погоджено рішенням наукової (вченої) ради (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет») від «12» вересня 2014р., протокол № 1

Керівник проекту:

Ректор

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

О.А. Мінаєв



Л.П. Фельдман

підпис

" " 2014 р.

підпис

2014 р.

МП



П Р О Е К Т

прикладного дослідження за рахунок видатків державного бюджету

Назва проекту: (не більше 15 слів) «Алгоритмічні методи підвищення ефективності паралельних комп'ютерних систем при моделюванні динамічних об'єктів»

Пропоновані строки виконання проекту (до 5 років на розсуд і за обґрунтуванням автора): з 1. 01. 2015 р. по 31. 12. 2017 р.

1.01-31.03.2015 – аналітичний огляд існуючих методів і алгоритмів паралельного моделювання динамічних систем великої розмірності. 1.04-31.08.2015 – реструктуризація алгоритмів чисельного розв'язання задач із зосередженими параметрами, розробка ефективних схем відображення їх на паралельні архітектури. 1.09-31.12.2015 – розробка та тестування програмного забезпечення для алгоритмів, проведення чисельних експериментів, визначення динамічних показників якості паралельних алгоритмів. 1.01-31.05.2016 – розробка нових паралельних алгоритмів на базі колокаційних методів для розв'язання жорстких задач Коші, доведення стійкості та збіжності методів. 1.06-31.09.2016 - розробка паралельних методів керування кроком і порядком інтегрування. 1.12-31.09.2016 - розробка та тестування програмного забезпечення, підготовка до друку монографії. 1.01-31.03.2017 – розробка паралельних алгоритмів розв'язання СЗДР на базі операторного підходу. 1.04-30.06.2017 – розробка та тестування програмного забезпечення, отримання динамічних показників якості. 1.07-30.10.2017 – використання розроблених методів в рамках розподіленого паралельного моделюючого середовища. 1.11-31.12.2017 – отримання оцінок якості, збіжності та стійкості методів, проведення чисельного експерименту, підготовка до друку навчального посібника, науково-технічного звіту

Обсяг фінансування: 480 тис. грн тис. грн., зокрема за роками

на 1 рік: 160 тис. грн

на 2 рік: 160 тис. грн

на 3 рік: 160 тис. грн

1. АНОТАЦІЯ (до 15 рядків)

На теперішній час одним з найбільш поширених і ефективних методів дослідження складних динамічних систем є комп'ютерне моделювання, яке відзначається широким застосуванням паралельних обчислювальних систем. Саме цим обумовлено формування нової області досліджень – «технології паралельного моделювання» (ParSimTech - Parallel Simulation Technology) - розвиток якої відбувається в напрямках створення математичних методів організації паралельних обчислень, розробки паралельних методів і алгоритмів розв'язання задач різних класів, розробки методів і програмних засобів автоматичного розпаралелювання програм для багатопроцесорних систем. Найбільша необхідність в ефективних паралельних методах виникає при моделюванні динамічних об'єктів із зосередженими параметрами, які описуються системами звичайних диференціальних рівнянь (СЗДР) великої розмірності. Але існують об'єктивні труднощі в розв'язанні таких задач, що полягають у відсутності обчислювальних методів і алгоритмів, орієнтованих на ефективне використання в багатопроцесорних системах, тому продуктивність паралельних додатків на подібних системах значно нижча від заявленої пікової, тому виникає необхідність в ефективній структурній і алгоритмічній реалізації паралельних обчислень.

2. ПРИКЛАДНА ПРОБЛЕМА, НА ВИРІШЕННЯ ЯКОЇ СПРЯМОВАНИЙ ПРОЕКТ(до 30 рядків)

2.1. *Об'єкт дослідження* - процеси обчислень при паралельному моделюванні складних динамічних об'єктів у високопродуктивних паралельних комп'ютерних системах з базовими топологічними характеристиками.

2.2. *Предметом дослідження* є паралельні чисельні методи моделювання динамічних об'єктів великої розмірності із зосередженими параметрами, орієнтовані на розв'язання задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь, які забезпечують підвищення ефективності функціонування паралельних обчислювальних систем.

2.3. Роботу присвячено вирішенню *науково-технічної проблеми* підвищення ефективності моделювання складних динамічних об'єктів з зосередженими параметрами в паралельних обчислювальних системах.

2.4. Актуальність та значимість проекту для отримання нових знань, підтвердження гіпотез, теорій, подальшого використання на практиці.

Аналіз динамічних процесів є невід'ємним етапом на шляху розв'язання багатьох задач науки і техніки. Найбільш поширеним класом задач в практиці математичного моделювання динамічних процесів, що спостерігаються в об'єктах як із зосередженими, так і з розподіленими параметрами є задачі пошуку чисельних розв'язків задачі Коші для систем звичайних диференціальних рівнянь. Разом з тим, через велику розмірність та нелінійність таких систем, якими, зазвичай, описуються динамічні процеси, пошук аналітичних розв'язків є неможливим, що призводить до необхідності застосування чисельних методів.

Зазвичай розробки паралельних алгоритмів пошуку розв'язків задачі Коші зводяться до розробки паралельних алгоритмів пошуку розв'язків нелінійних систем алгебраїчних рівнянь, породжуваних чисельними методами дискретизації диференціальних рівнянь. При цьому безпосередній вплив обраного чисельного методу дискретизації диференціальних рівнянь на ефективність його паралельної реалізації залишається поза увагою дослідників. Разом з тим заявлена потужність сучасних паралельних систем вже перевищує рубіж петафлопс, але реальна продуктивність, за різними оцінками, не досягає, навіть, 15% від можливої пікової як при вирішенні задач обчислення та обробки інформації, так і при реалізації паралельних моделей. Таким чином, на даному етапі розвитку паралельного моделювання складних динамічних систем, розроблювачі моделей не взмозі скористуватися тими перевагами, що потенційно притаманні апаратній базі паралельних обчислювальних систем. Враховуючи зростаючі потреби застосування сучасних обчислювальних систем в практиці комп'ютерного моделювання динамічних процесів, обрана наукова проблема, спрямована на ефективне використання паралельних обчислювальних ресурсів, є, безумовно, актуальною.

3. МЕТА І ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ ПРОЕКТУ (до 30 рядків)

3.1. *Мета* роботи полягає в полягає в модифікації існуючих та розробці нових чисельних методів розв'язку задачі Коші для систем диференціальних рівнянь, в тому числі таких, що мають велику розмірність, погану обумовленість або жорсткість, і призначених для ефективної реалізації в паралельних обчислювальних системах; в створенні підсистеми вирішувачів рівнянь у складі розподіленого паралельного моделюючого середовища.

3.2. Завдання, на вирішення яких спрямовано проект

Аналіз існуючих методів і алгоритмів паралельного моделювання динамічних систем з метою визначення нових підходів до підвищення продуктивності їхньої реалізації.

Реструктуризація відомих послідовних алгоритмів чисельного розв'язання СЗДР шляхом зведення матриць розрахункових коефіцієнтів неявних багатостадійних чисельних методів до особливого виду на основі діагоналізації й триангуляризації повної матриці.

Розробка нових паралельних підходів до чисельного розв'язання динамічних задач на основі колокаційних одно- і багатокрокових методів зі старшими похідними, а також узагальнення блокових багатоточкових кінцево-різницевих схем із введенням похідних високих порядків у точках колокації з доказами стійкості та збіжності отриманих методів.

Розробка алгоритмів генерування розрахункових коефіцієнтів паралельних різницевих схем для колокаційних блокових методів заданого порядку з розглядом питань оптимального співвідношення розрахункових та опорних точок, порядку похідних, визначення оцінок похибок результатів.

Розробку паралельних алгоритмів керування кроком і порядком інтегрування при розв'язанні жорстких систем на основі паралельних вкладених стадійних методів з генеруванням коефіцієнтів методу заданого порядку точності.

Розробка алгоритмів паралельного контролю розміру кроку та дослідження особливостей їхнього відображення на багатопроцесорні обчислювальні системи.

Генерування операторів переходу та блоків операторних переходів, що зводять процедуру отримання розв'язку на кроці до виконання паралельних матрично-векторних операцій.

Розширення можливостей розподіленого паралельного моделюючого середовища за рахунок підсистеми паралельних розв'язувачів рівнянь на основі запропонованих методів

4. СТАН ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ (до 30 рядків)

4.1. Аналіз результатів, отриманих вітчизняними та іноземними вченими із цієї проблеми.

Сучасний стан розробок та досліджень в галузі математичного моделювання відзначається широким застосуванням паралельних обчислювальних систем різних архітектур. Проблема підвищення ефективності паралельних обчислень при моделюванні складних динамічних систем знайшла численні рішення в працях Боюна В. П., Воеводіна В. В., Гергеля В. П., Жукова І. А., Молчанова І. М., Петренка А. І., Погорілого С. Д., Прангішвілі І. В., Сауха С. Є., Святного В. А., Фельдмана Л. П., Хорошевського В. Г. Серед учених далекого зарубіжжя найбільш відомими в досліджуваних напрямках є праці Батчера Д., Донгари Д., Енрайта В., Гіра К., Хайрера Е., Хоувена П., Ортеги Д., Шампайна Л., Содерлінга Г., Ваннера Д.

Нові чисельні схеми, орієнтовані на розв'язання жорстких систем, запропоновано в роботах Вшивкова В. А., Кулікова Г. Ю., Ракитського Ю. В., Куртісса К., Хіршфельдера Д.

Науково-технічна проблема забезпечення високоефективних паралельних обчислень при моделюванні СДС охоплює нову системну організацію використання паралельних обчислювальних ресурсів, розробку нових та адаптацію існуючих обчислювальних методів до новітніх паралельних архітектур.

4.2. Напрацювання (якісна характеристика наукових досягнень) авторів проекту із цієї проблеми.

В окресленій проблематиці досліджень авторами проекту було отримано Державну премію України в галузі науки і техніки, опубліковано декілька монографій, у тому числі 3 англійських, видано підручник з грифом МОН «Чисельні методи в інформатиці» та ряд

навчальних посібників, за замовленням МОН виконано наступні науково-дослідницькі роботи: «Наукові основи оптимізації структур високопродуктивних обчислювальних систем і методи реалізації паралельних алгоритмів» (0202U002619), «Алгоритмічне й програмне забезпечення високопродуктивних і інтелектуальних обчислювальних систем і мереж» (0197U008267), «Методи алгоритмізації, топологічного відображення й оптимізації структур паралельних і розподілених обчислювальних систем» (0103U001824), «Розробка алгоритмічних методів підвищення ефективності моделювання складних систем у паралельних обчислювальних середовищах» (0106U001266), «Високоєфективні алгоритми моделювання динамічних об'єктів із зосередженими параметрами в паралельних комп'ютерних системах», «Чисельні методи паралельного моделювання динамічних задач і способи їхньої реалізації в мультипроцесорних системах» (0108U011213).

5. МЕТОДИ, ПІДХОДИ, ІДЕЇ, РОБОЧІ ГІПОТЕЗИ ПРОЕКТУ (до 30 рядків)

Розв'язання сформульованих у дослідженні задач базується на сучасних методах обчислювальної математики, математичного моделювання й аналізу алгоритмів. Реструктуризація відомих і розробка нових методів розв'язання динамічних задач буде здійснюватися на основі використання основних положень теорії звичайних диференціальних рівнянь і диференціальних рівнянь у частинних похідних. При генеруванні позначених дерев, різницевих схем і при формуванні розрахункових коефіцієнтів будуть використовуватися основні комбінаторні з'єднання теорії ймовірностей. Стійкість розроблених методів буде досліджуватися за допомогою положень теорії функцій комплексних змінних і теорії стійкості. Оцінки трудомісткості реалізації будуть отримані із залученням апарата теорії алгоритмів і теорії обчислювальної складності. Дослідження архітектурних особливостей спирається на основні положення теорії обчислювальних систем, теорії паралельних обчислень. При відображенні отриманих алгоритмів на паралельні архітектури планується використання апарату теорії графів. Питання програмної реалізації будуть вирішуватися із залученням сучасних обчислювальних технологій: об'єктно-орієнтованого програмування, бібліотеки передачі повідомлень MPI і стандарту OpenMP. Особливості в моделюванні динамічних систем, пов'язані з лінійністю правої частини або з розрідженістю матриць коефіцієнтів, будуть досліджуватися із залученням апарата лінійної алгебри й теорії матричних обчислень. Перевірку отриманих результатів планується здійснювати шляхом проведення обчислювальних експериментів на мультиосновних обчислювальних машинах та у кластерних системах. У якості еталонних, по можливості, будуть використовуватися відомі точні розв'язки, а у випадку їхньої відсутності – розв'язки, отримані відомими методами з порівнянною точністю.

6. ОЧІКУВАНІ НАУКОВІ ТА НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ПЕРЕВАГИ НАД АНАЛОГАМИ (до 40 рядків)

6.1. Отримання нових або покращених існуючих технологій

Основною особливістю методів, що розробляються, є можливість їхнього використання в паралельних обчислювальних системах з поліпшеними показниками прискорення й ефективності за рахунок одночасного обчислення нових значень у всіх точках блоку. Потенційне прискорення при цьому відповідає кількості розрахункових точок (розмірності блоку) на відміну від робіт Штеттера и Сміта, де потенційне прискорення не перевищує 2.

Додані в різницеві схеми колокаційних методів старші похідні дозволяють вирівняти порядок апроксимації методу для керування кроком, в той час, як у методів

Хоувена, Лімінга, Бірта порядок апроксимації в розрахункових точках не збігається, а оцінка нового кроку будується за мінімальним порядком.

Блоки операторних переходів дозволяють звести процедуру одержання результатів на кроці до виконання матрично-векторних операцій. Основна відмінність цього підходу полягає в тому, що оператори переходу визначаються один раз до початку обчислень і дозволяють знаходити значення вектора невідомих паралельно, також для керування похибкою й довжиною кроку є можливість додатково ввести у розрахункову схему оператор більш високого порядку. Операторні блоки для кожного s - стадійного методу будуються один раз і дозволять в s разів скоротити число матричних операцій, які виконуються на кожному кроці.

Планується побудова:

1. Алгоритмів генерування розрахункових схем з довільним розташуванням вузлів для паралельних колокаційних методів заданого порядку точності, які навіть в послідовній реалізації в s разів ефективніші за відповідний s -стадійний аналог при фіксованій точності.

2. Блокових багатоточкових колокаційних кінцево-різницевих схем зі старшими похідними в опорних і розрахункових точках, які орієнтовані на розв'язання жорстких задач. Кількість вузлів, співвідношення числа опорних m і розрахункових s точок, порядки похідних у кожному вузлі колокації визначаються виходячи з вимог точності, розмірності задачі, архітектурних особливостей паралельної системи й топології процесорного поля.

6.2. Створення макетних або експериментальних зразків не передбачається

6.3. Створення програмних продуктів

1. Передбачається створення програмного забезпечення реструктуризованих чисельних алгоритмів і алгоритмів розв'язання задач із зосередженими параметрами, орієнтоване на обчислювальні системи з паралельною архітектурою.

2. Програмна реалізація чисельних методів для розв'язання жорстких і погано обумовлених задач в паралельних обчислювальних системах.

3. Програмне забезпечення паралельних алгоритмів керування кроком і порядком інтегрування для розв'язання жорстких систем, що засновані на колокаційних однокрокових і багатокрокових блокових методах зі старшими похідними. У розроблених алгоритмах локальні похибки будуть визначатися й зіставлятися у всіх колокаційних точках блоку, на відміну від стадійних методів, де стадії, як правило, не збігаються, і порівняння ведеться тільки по одній кінцевій розрахунковій точці.

4. Програмне забезпечення паралельних алгоритмів змінного кроку, заснованих на вкладених стадійних методах з генеруванням коефіцієнтів заданого порядку точності, що будуються шляхом формування набору абстрактних дерев необхідного порядку.

6.4. Створення методик і методичних рекомендацій

1. Передбачається розробка методики генерування паралельних колокаційних різницевих формул з похідними високих порядків на основі інтегро-інтерполяційного підходу з використанням багаточленів Ерміта. Дана методика буде універсальною для одержання різницевих рівнянь різних видів і дозволить будувати як методи багатостадійного типу, так і блокові однокрокові й багатокрокові багатоточкові різницеві схеми. Розрахункові схеми заданого порядку точності будуть генеруватися з урахуванням співвідношень опорних і розрахункових вузлів і порядків похідних у вузлах колокації.

2. Передбачається розробка методики вибору кращого варіанта діагонального наближення, що ґрунтується на мінімізації спектрального радіуса матриці із проведенням дослідження збіжності й стійкості запропонованих методів.

3. Розробка методики генерування вкладених стадійних методів заданого порядку точності, що заснована на формуванні набору абстрактних дерев. Введення у процес генерування розрахункових коефіцієнтів додаткових співвідношень, що дозволяють

згенерувати вкладений вектор складання результату, порядок якого щодо вихідного порядку методу p визначається як $p+1$.

6.5. Створення проектів нормативних документів, технічної або технологічної документації не передбачається.

6.6. Створення матеріалів не передбачається.

6.7. Перспективи подальшого розвитку отриманих результатів дослідження.

На основі отриманих результатів планується розширення можливостей розподіленого паралельного моделюючого середовища за рахунок підсилення підсистеми паралельних вирішувачів рівнянь запропонованими і обґрунтованими в роботі паралельними обчислювальними методами, які дозволяють обирати оптимальну розрахункову схему реалізації з урахуванням особливостей завдання, що розв'язується. Застосування розроблених алгоритмів для обчислювальних задач з великою розрахунковою ємністю дозволить одержувати більш точне розв'язання в порівнянні з існуючими при однаковому часі обчислень або, при фіксованій точності, значно швидше знаходити розв'язок.

На основі запропонованих у роботі паралельних алгоритмів формування розв'язання й керування кроком інтегрування отримані паралельні чисельні реалізації математичних моделей руху повітря в шахтних вентиляційних мережах, утворення кластерних структур і т.п.

На основі отриманих матеріалів планується підготувати до друку монографію «Паралельні багатоточкові методи розв'язання задачі Коші» і навчальний посібник «Математичні методи в інформатиці».

7. ФІНАНСОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИТРАТ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПРОЕКТУ

7.1. Обсяг витрат на оплату праці.

Код статті витрат	Найменування статті витрат	Усього	У тому числі на бюджетний період (тис. грн.)	У тому числі за роками		
				1 рік	2 рік	3 рік
1	2	3	4	5	6	
	Оплата праці	268667		89556	89556	89556

7.2. Обсяг витрат на матеріали.

Код статті витрат	Найменування статті витрат	Усього	У тому числі на бюджетний період (тис. грн.)	У тому числі за роками		
				1 рік	2 рік	3 рік
1	2	3	4	5	6	
	Предмети, матеріали, обладнання та інвентар	3900		1300	1300	1300

7.3. Обсяг витрат на енергоносії.

7.4. Інші витрати.

7.5. Калькулювання собівартості проекту

Код статті витрат	Найменування статті витрат	Усього	У тому числі на бюджетний період (тис. грн.)	У тому числі за роками		
				1 рік	2 рік	3 рік
1	2	3	4	5	6	
1	Оплата праці	268667		89556	89556	89556
2	Нарахування на оплату праці 36,3%	97527		32509	32509	32509
3	Предмети, матеріали, обладнання та інвентар	3900		1300	1300	1300
4	Оплата комунальних послуг та енергоносіїв					
5	Витрати на відрядження безпосередніх виконавців проекту	10500		3500	3500	3500
6	Інші витрати					
7	Непрямі витрати накладне 37%	99406		33135	33135	33135
8	Кошторисна вартість роботи (сума статей 1-7)	480000		160000	160000	160000

8. ДОРОБОК АВТОРІВ ЗА ТЕМАТИКОЮ ПРОЕКТУ (за останні 5 років)

8.1 Публікації за тематикою проекту (обов'язково надати посилання на електронні версії монографій, статей у фахових виданнях України та журналах, що входять до наукометричних баз даних **Наукові видання**):

8.1.1. Перелік статей у журналах та збірниках наукових праць, що входять до наукометричних баз даних (Scopus, Web of Science) (не більше 12 статей)

- 1) Дмитриева О.А. Генерация операторов перехода для параллельного управления шагом при моделировании линейных динамических систем / О. А. Дмитриева // Радиоэлектроника. Информатика. Управление. – 2012. – № 2 (27). – С. 88–96.
- 2) Дмитриева О.А. Управление шагом интегрирования при параллельной реализации обобщенных коллокационных блочных методов / О. А. Дмитриева // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2014, № 5 (69). – С. 119-123.
- 3) Дмитриева О.А. Разработка многошаговых параллельных коллокационных блочных методов с использованием интерполяционных полиномов Эрмита / О. А. Дмитриева // Радиоэлектронные и компьютерные системы, 2013, № 5 (64). – С. 243-249.
- 4) Дмитриева О.А. Параллельное моделирование динамических объектов с автоматическим выбором шага на основе экстраполяционных методов / О. А. Дмитриева // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2012. – № 6 (58). – С. 103–108
- 5) Дмитриева О.А. Параллельный контроль размера шага на основе коллокационных методов с использованием интерполяционных полиномов Эрмита// Искусственный интеллект, 2013, № 3 (61), С. 488 – 494
- 6) Дмитриева О.А. Высокоэффективные алгоритмы управления шагом на основе параллельных коллокационных блочных методов / О. А. Дмитриева // Искусственный интеллект. – 2012. – № 4. – С. 77–88
- 7) Дмитриева О.А. Параллельное моделирование жестких систем на основе диагонализации полной матрицы / О. А. Дмитриева // Искусственный интеллект. – 2011. – № 4. – С. 46–53.
- 8) Дмитриева О.А. О модификации многошаговых коллокационных блочных методов при параллельном моделировании динамических объектов// Системы обработки информации. - 2013, № 14(177). - С. 121-126.

8.1.2. Перелік статей у журналах, що включені до переліку наукових фахових видань України (не більше 12 статей)

- 1) Фельдман Л.П. Применение графовых моделей при разработке параллельных алгоритмов решения нелинейной задачи Коши / Л.П. Фельдман, И.А. Назарова // Наукові праці ДонНТУ. Серія: ІКОТ. – Донецьк: ДонНТУ, 2012. – Вип. 15(203). – С. 216-227
- 2) Фельдман Л.П. Имитационная модель для оценки эффективности протоколов когерентности кэш-памяти мультипроцессоров с общей памятью / Фельдман Л.П., Михайлова Т.В., Сорока Т.Е // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия: Информатика, кибернетика и вычислительная техника (ИКВТ - 2012), выпуск 15(203): - Донецк: ДонНТУ, 2012.
- 3) Дмитриева О. А. Формирование условий порядка методов Рунге-Кутты с использованием метода помеченных деревьев / О. А. Дмитриева, Я. А. Куприй // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2012. – №3 (25). – С.86–90.
- 4) Дмитриева О.А. Повышение порядка аппроксимации параллельных блочных одношаговых разностных схем решения задачи Коши / О. А. Дмитриева // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Обчислювальна техніка і автоматизація». – 2013. – № 1 (24). – С. 104–112.
- 5) Дмитриева О.А. О приведении матриц расчетных коэффициентов коллокационных методов со старшими производными к диагональному виду// Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія “Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка”. Випуск 1(17) – Донецьк: ДонНТУ. – 2013. С.79-84

- 6) Дмитриева О.А. Параллельный контроль размера шага вложенными методами на основе преобразованных матриц коэффициентов // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка». Випуск 2 (18) – Донецьк: ДонНТУ. – 2013. С. 92-98.
- 7) Дмитриева О.А. Разработка и исследование параллельных колокационных блочных методов / О. А. Дмитриева, Л. П. Фельдман // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка». – 2012. – № 16 (204). – С. 28–35.
- 8) Дмитриева О.А. Разработка параллельных алгоритмов управления шагом на основе вложенных стадийных методов / О. А. Дмитриева // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Проблеми моделювання та автоматизації проектування динамічних систем». – 2012. – № 1(10)–2(11). – С. 22–31.
- 9) Дмитриева О.А. Организация высокопродуктивных вычислений в динамических задачах с разряженными матрицами / О. А. Дмитриева, О. М. Григор'єва // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2012. – № 2 (173). – С. 85–89.
- 10) Михайлова Т.В. Модель неоднорідного кластера зі спільним використанням дискового простору/ Михайлова Т.В., Кучереносова О.В. // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия: Информатика, кибернетика и вычислительная техника (ИКВТ - 2012), выпуск 16(204): - Донецк:ДонНТУ, 2012.
- 11) Дмитриева О.А. Упрощение итераций при параллельной реализации неявных методов решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений / О. А. Дмитриева // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка». – 2011. – № 13 (185). – С. 13–18.
- 12) Дмитриева О.А. Генерация стійких блокових методів для розв'язання жорстких диференціальних рівнянь і їх систем / О. А. Дмитриева // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка». – 2011. – №14 (188). – С. 36–43.

8.1.3. Перелік монографій (розділи в монографіях), опублікованих у провідних закордонних наукових видавництвах

- 1) Dmitrieva O. Parallel Step Control. Development of parallel algorithms of the step variation for simulation of stiff dynamic systems / O. Dmitrieva, L. Feldman. – Lambert Academic Publishing, 2013. – 72 p. – ISBN 978-3-659-38425-7.
- 2) Dmitrieva O. Parallel Algorithms of Simulation. Increase of simulation of dynamic objects with the lumped parameters into parallel computer systems / O. Dmitrieva, A. Firsova. – Lambert Academic Publishing, 2012. – 192 p. – ISBN 978-3-659-28540-0.
- 3) Firsova A. Dynamic System Simulation. Robust algorithms of state estimation of dynamic lumped parameters systems / A. Firsova, O. Dmitrieva. – Lambert Academic Publishing, 2011. – 92 p. – ISBN 978-3-844-31962-0.

8.1.4. Перелік монографій, що опубліковані за рішенням наукової (вченої) ради вищого навчального закладу/наукової установи

- 1) Дмитриева О.А. Паралельні різницеві методи розв'язання задачі Коші / О.А Дмитриева. – Донецьк: ДонНТУ, 2011. – 265 с. – ISBN 978-966-377-104-5.
- 2) Фельдман Л.П. Современные параллельные методы численного решения задачи Коши: монография / Л.П. Фельдман, И.А. Назарова. – Донецк: ГБУЗ «ДонНТУ», 2013. – 206с

Навчально-методичні видання:

8.1.5. Перелік підручників, навчальних посібників.

- 1) Фельдман Л.П. Чисельні методи. Лабораторний практикум / Л.П. Фельдман, А.І. Петренко, О.А. Дмитрієва. – Донецьк: ДонНТУ, 2009. – 320 с.
- 2) Назарова І.А. Дискретний аналіз: Навчально-методичний посібник / І.А. Назарова. – Донецьк: ДонНТУ, 2012. – 245с.

8.1.6. Перелік інших видань (словників, довідників тощо).

8.2 Підготовка наукових кадрів

8.2.1 Перелік захищених авторами проекту докторських дисертацій за тематикою проекту

- 1) Дмитрієва О. А. Високоєфективні алгоритми моделювання динамічних об'єктів із зосередженими параметрами в паралельних комп'ютерних системах Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи. – Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, Київ, 2013.

8.2.2 Перелік захищених під керівництвом авторів проекту (науковий консультант) докторських дисертацій за тематикою проекту

- 1) Фельдман Л.П. науковий консультант. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи. – Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, Київ, 2013 (Дмитрієва О. А. Високоєфективні алгоритми моделювання динамічних об'єктів із зосередженими параметрами в паралельних комп'ютерних системах)

8.2.3 Перелік захищених авторами проекту кандидатських дисертацій за тематикою проекту

- 1) Назарова І.А. Підвищення ефективності паралельних обчислювальних систем при вирішенні багатомірних динамічних задач. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.13 – Обчислювальні машини, системи і мережі – ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Донецьк.

8.2.4 Перелік захищених під керівництвом авторів проекту (науковий керівник) кандидатських дисертацій за тематикою проекту

- 1) Фельдман Л.П. науковий керівник Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.13 – Обчислювальні машини, системи і мережі (Назарова І.А. Підвищення ефективності паралельних обчислювальних систем при вирішенні багатомірних динамічних задач).

8.3. Охоронні документи на об'єкти права інтелектуальної власності створені за тематикою проекту.

- 8.3.1. Перелік отриманих патентів (свідоцтв про право автора на твір) України.
- 8.3.2. Перелік отриманих патентів (свідоцтв про право автора на твір) інших держав.

8.4. Обсяг коштів, отриманих від впровадження результатів, отриманих при виконанні попередніх проектів, та ефективність використання коштів на попередні дослідження, підтверджена документально бухгалтерією вищого навчального закладу.**

8.5. Участь авторів в проектах міжнародного науково-технічного співробітництва за тематикою досліджень за останні 5 років (обов'язково вказати назву програми і проекту, виконавців та терміни виконання)

8.5.1. Перелік наукових проектів (грантів), що завершені.

8.5.2. Перелік наукових проектів (грантів), що продовжуються.

8.6. Членство в редколегії наукових журналів

8.6.1. Членство в редколегії журналів, що входять до наукометричних баз даних (Scopus, Web of Science).

8.6.2. **Членство в редколегії журналів, що включені до переліку наукових фахових видань України.**

1). Фельдман Л.П. членство в редколегії журналу Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка»

Таблиця 1.

Доробок авторів проекту за останні 5 років

№ з/п	Показники	Кількість
1.	Публікації авторів за тематикою проекту*:	
	1.1. Наукові видання:	8
	1.1.1. Статті у журналах та збірниках наукових праць, що входять до наукометричних баз даних (Scopus, Web of Science).	
	1.1.2. Статті у журналах, що включені до переліку наукових фахових видань України.	26
	1.1.3. Монографії (розділи в монографіях), опубліковані у провідних закордонних наукових видавництвах.	3
	1.1.4. Монографії, що опубліковані за рішенням наукової (вченої) ради вищого навчального закладу/наукової установи.	2
2.	1.2. Навчально-методичні видання:	
	1.1.1. Підручники, навчальні посібники.	2
	1.1.2. Інші видання (словники, довідники тощо).	
2.	Підготовка наукових кадрів:	
	2.1. Захищено авторами проекту докторських дисертацій за тематикою проекту.	1
	2.2. Захищено під керівництвом авторів проекту (науковий консультант) докторських дисертацій за тематикою проекту.	1
	2.3. Захищено авторами проекту кандидатських дисертацій за тематикою проекту.	1
	2.4. Захищено під керівництвом авторів проекту (науковий керівник) кандидатських дисертацій за тематикою проекту.	1
3.	Охоронні документи на об'єкти права інтелектуальної власності створені за тематикою проекту:	
	3.1. Отримано патентів (свідоцтв про право автора на твір) України.	
	3.2. Отримано патентів (свідоцтв про право автора на твір) інших держав.	
	3.3. Продано ліцензій	
4.	Членство в редколегії наукових журналів:	
	4.1. Членство в редколегії журналів, що входять до наукометричних баз даних (Scopus, Web of Science).	
	4.2. Членство в редколегії журналів, що включені до переліку наукових фахових видань України.	1
5.	Обсяг коштів, отриманих від впровадження результатів попередніх НДР у тис. грн.	
6.	Ефективність використання коштів **	
7.	Кількість госпдоговорів, укладених за результатами виконання попередніх НДР.	

* - Вказується повна кількість робіт за останні 5 років

9. ОЧІКУВАНЕ ВИКОРИСТАННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Таблиця 2.

№ з/п	Показники	Кількість
1.	Заплановані публікації авторів за тематикою проекту: 1.1 Статті у журналах та збірниках наукових праць, що входять до наукометричних баз даних (Scopus, Web of Science). 1.2 Статті у журналах, що включені до переліку наукових фахових видань України. 1.3 Монографії (розділи в монографіях), опубліковані у провідних закордонних наукових видавництвах. 1.4 Монографії, що опубліковані за рішенням наукової (вченої) ради вищого навчального закладу/наукової установи.	2 9 1 1
2.	Використання результатів роботи в навчальному процесі: 2.1. Публікація підручників, навчальних посібників. 2.2. Публікація інших видань (словники, довідники тощо). 2.3. Розроблення і впровадження нового лекційного курсу або циклу лабораторних робіт. 2.4. Часткове використання в лекційних курсах або лабораторних практикумах.	1 2 2
3.	Заплановане використання результатів проекту при підготовці наукових кадрів: 3.1. захист докторських дисертацій (прийняття до захисту спеціалізованою вченою радою) за тематикою проекту. 3.2. захист кандидатських дисертацій (прийняття до захисту спеціалізованою вченою радою) за тематикою проекту. 3.3. захист магістерських робіт за тематикою проекту	1 8
4.	Отримання охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності створені за тематикою проекту: 4.1. Буде отримано патентів (свідоцтв про право автора на твір) України. 4.2. Буде отримано патентів (свідоцтв про право автора на твір) інших держав.	
5.	Участь у виконанні проекту: 5.1. Студентів. 5.2. Аспірантів, молодих вчених.	2 1

Очікуване впровадження результатів досліджень в описовій формі:
 9.1. В навчальному процесі:

- **підготовка нових лекційних курсів та циклів лабораторних робіт;**

1. Планується підготовка нових лекційних курсів та циклів лабораторних робіт для навчальних процесів кафедр прикладної математики й інформатики, комп'ютерної інженерії Донецького національного технічного університету при викладанні дисциплін «Паралельні інформаційні системи», «Структури обчислювальних систем та розподілені обчислення»;

2. Планується вдосконалення лекційних курсів та оновлення циклів лабораторних робіт для навчальних процесів кафедр прикладної математики й інформатики, комп'ютерної інженерії Донецького національного технічного університету при викладанні дисципліни «Чисельні методи в інформатиці»;

- **виконання магістерських кваліфікаційних робіт**

Планується виконання наступних магістерських дисертацій

1. Складчиков В. «Програмні засоби підтримки паралельних обчислень при моделюванні складних динамічних об'єктів»

2. Чупрін В. «Підвищення ефективності реалізації моделі розподілених обчислень MapReduce в межах програмного каркасу Hadoop»
3. Кулаков В. «Підвищення ефективності розв'язання багатомірної задачі Коші на основі паралельних високоточних чисельних методів»
4. Григор'єва О. «Оптимізаційне моделювання динамічних систем великої розмірності»

- **видання підручників, навчальних посібників.**

Планується видання навчального посібника «Математичні методи в інформатиці».

9.2. Підготовка кадрів вищої кваліфікації:

- підготовка та захист 1 кандидатської дисертації за проблематикою проекту.

10. ЕТАПИ РОБОТИ

Таблиця 3

№ етапу	Зміст етапу	Очікувані результати
1	2	3
1 (2015 рік)	<p>Аналіз існуючих методів і алгоритмів паралельного моделювання динамічних систем великої розмірності з метою визначення нових підходів до підвищення продуктивності їхньої реалізації;</p> <p>Реструктуризація відомих послідовних алгоритмів чисельного розв'язання систем звичайних диференціальних рівнянь шляхом зведення матриць розрахункових коефіцієнтів неявних багатостадійних чисельних методів до особливого виду на основі діагоналізації й триангуляризації повної матриці, дослідження можливостей і особливостей відображення реструктуризованих алгоритмів на паралельні обчислювальні структури з метою одержання максимальної реальної продуктивності</p>	<p>Програмне забезпечення реструктуризованих чисельних алгоритмів і алгоритмів розв'язання задач із зосередженими параметрами, орієнтоване на обчислювальні системи з паралельною архітектурою.</p> <p>Підготовка до друку 3 публікацій у виданнях із переліку Державної атестаційної комісії.</p>
2 (2016 рік)	<p>Розробка нових паралельних підходів до чисельного розв'язання динамічних задач на основі колокаційних одно- і багатокрокових методів зі старшими похідними, а також узагальнення блокових багатоточкових кінцево-різницевих схем із введенням похідних високих порядків у точках колокації, орієнтованих на розв'язання жорстких задач, з доказами стійкості та збіжності отриманих методів;</p> <p>Розробка алгоритмів генерування розрахункових коефіцієнтів паралельних різницевих схем для колокаційних</p>	<p>Програмне забезпечення для розв'язання жорстких і погано обумовлених задач в паралельних обчислювальних системах. Математичний апарат для генерації колокаційних блокових методів з похідними високих порядків.</p> <p>Підготовка до друку 3 публікацій у виданнях із переліку Державної атестаційної комісії.</p> <p>Підготовка до друку</p>

	<p>блокових методів заданого порядку з розглядом питань оптимального співвідношення розрахункових та опорних точок, порядку похідних, визначення оцінок похибок результатів;</p> <p>Розробка паралельних алгоритмів керування кроком і порядком інтегрування при розв'язанні жорстких систем на основі паралельних вкладених стадійних методів з генеруванням коефіцієнтів методу заданого порядку точності;</p>	<p>монографії «Паралельні багатоточкові методи розв'язання задачі Коші».</p>
3 (2017 рік)	<p>Побудова блоків операторних переходів для паралельного моделювання динамічних об'єктів, описуваних лінійними неоднорідними системами диференціальних рівнянь з розмірністю блоку, обумовленою числом стадій базового методу;</p> <p>Розширення можливостей розподіленого паралельного моделюючого середовища за рахунок введення підсистеми паралельних розв'язувачів рівнянь на основі запропонованих і обґрунтованих методів формування чисельного розв'язку й керування кроком інтегрування, що базуються на колоціюванні зі старшими похідними, явній і неявній екстраполяції, вкладеності тощо;</p> <p>Складання звіту.</p>	<p>Визначення оцінок якості функціонування паралельних обчислювальних середовищ.</p> <p>Теоретичні положення і оцінки швидкості збіжності, стійкості розроблених чисельних методів. Результати чисельних експериментів.</p> <p>Підготовка до друку 3 публікацій у виданнях із переліку Державної атестаційної комісії.</p> <p>Підготовка до друку навчального посібника «Математичні методи в інформатиці».</p> <p>Науково - технічний звіт.</p>

11. КЕРІВНИК ТА ВИКОНАВЦІ ПРОЕКТУ (з оплатою в межах запиту)

- доктори наук 2; кандидати наук 2;
- молоді вчені до 35 років 1, з них кандидатів _____, докторів _____;
- наукові працівники без ступеня _____;
- інженерно-технічні кадри: _____, допоміжний персонал _____;
- аспіранти: 1; студенти 2.

Р а з о м :

Таблиця 4.

Виконавці проекту* (з оплатою в межах запиту):

№ з/п	Прізвище, ім'я, по батькові	Науковий ступінь	Вчене звання	Посада і місце основної роботи	Вік
1	Фельдман Л.П. г.н.д.н.	д.т.н.	проф.	професор каф. прикладної математики і інформатики ДонНТУ	1923
	Дмитрієва О.А. в.н.с., д.т.н.	д.т.н.	доц.	професор каф. прикладної математики і інформатики ДонНТУ	1964
	Михайлова Т.В., с.н.с.	к.т.н.	доц.	доцент каф. прикладної математики і інформатики ДонНТУ	1962
	Назарова Т.В., с.н.с.	к.т.н.	доц.	доцент каф. прикладної математики і інформатики ДонНТУ	1959
	Сорока Т.Є., м.н.с.			аспірант каф. прикладної математики і інформатики ДонНТУ	1990

*вносяться дані про докторів та кандидатів наук, а також молодих вчених та наукових працівників без ступеня

12. МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНА БАЗА ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПРОЕКТУ І ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ

12.1. Назва і коротка характеристика наукового (науково-навчального підрозділу), на базі якого виконуватиметься дослідження.

Виконання досліджень проводитиметься на факультеті обчислювальної техніки і інформатики ДонНТУ, на кафедрі прикладної математики і інформатики. На факультеті працює 2 комп'ютерних лабораторії, що оздоблені сучасними багатопроекторними обчислювальними комплексами. Перша лабораторія (4.18) оснащена 15 двопроекторними комп'ютерами, що об'єднані загальною мережею під керуванням хост-машини. Основну частину роботи планується виконати за допомогою паралельного MPI-кластера NeClus.

Також на факультеті функціонує спільна апаратна база розподіленого паралельного моделюючого середовища на базі університету IPVR (Інституту паралельних і розподілених надпотужних обчислювальних систем, Штутгартський університет).

12.2. Перелік наявного обладнання, термін його сертифікації та метрологічної повірки (за потреби).

Паралельний MPI-кластер NeClus складається з 93 обчислювальних вузлів Node1 – Node93, одного вузла управління Front Node, системи комутації у складі двох гігабітних Ethernet коммутаторов HP Procurve. В якості вузла управління і обчислювальних вузлів використовуються стійкові 1U системні блоки фірми NEC – NEC Express 5800 120RE-1 PCI-E. Кожний обчислювальний вузол складається з 2-х процесорів Intel Xeon 3.2G/1Mb/800, 2-х модулів оперативної пам'яті 1Gb DDR333, жорсткого диску 80Gb SATA 7200 RPM, LAN 1Gb Ethernet 24x CD-ROM.