

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

Институт прикладной математики, физики и информатики

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

К.С. Хорьков

«30» августа 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Численные методы параллельной обработки данных

направление подготовки / специальность

01.04.02 Прикладная математика и информатика
(код и наименование направления подготовки (специальности))

направленность (профиль) подготовки

Математическое моделирование
(направленность (профиль) подготовки))

г. Владимир

2021

ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение основных особенностей программирования параллельных вычислительных процессов и ознакомление с численными методами решения основных математических задач с помощью многопроцессорных систем.

Для достижения цели предполагается решение следующих задач:

- изучение основных приемов программирования параллельных вычислительных процессов;
- изучение численных методов решения матричных задач, систем линейных уравнений, обыкновенных дифференциальных и дифференциальных уравнений в частных производных на основе технологии параллельного программирования.

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Численные методы параллельной обработки данных» относится к обязательной части блока Б1 Дисциплины (модули) учебного плана.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-1. Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики	ОПК-1.1. Знает современные проблемы фундаментальной и прикладной математики и информатики и подходы к их решению. ОПК-1.2. Умеет выбирать и использовать адекватные поставленной задаче методы её решения, в том числе нетрадиционные и использующие междисциплинарные знания. ОПК-1.3. Владеет навыками выработки стратегии и оценки достижимости решения актуальных задач фундаментальной и прикладной математики.	Знает: <ul style="list-style-type: none"> • постановку и подходы к решению основных задач прикладной математики и информатики методами параллельных вычислений. Умеет: <ul style="list-style-type: none"> • выбирать и использовать адекватные поставленной задаче параллельные численные методы. Владеет: <ul style="list-style-type: none"> • навыками оценки достижимости решения задач вычислительной математики параллельными методами. 	Отчёты по лабораторным работам. Контрольные вопросы к лабораторным работам. Контрольные вопросы к текущей и промежуточной аттестации.
ОПК-2. Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	ОПК-2.1. Знает основные классические, современные и перспективные подходы и методы решения задач фундаментальной и прикладной математики и информатики. ОПК-2.1. Умеет адаптировать общие, а также предлагать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач. ОПК-2.3. Владеет навыками оценки и сравнительного анализа альтернативных методов решения прикладных задач.	Знает: <ul style="list-style-type: none"> • основные подходы к решению задач прикладной математики параллельными численными методами; • основные способы оценки качества параллельных численных методов и алгоритмов. Умеет: <ul style="list-style-type: none"> • адаптировать принципы программного параллелизма к решению вычислительных задач. Владеет: <ul style="list-style-type: none"> • навыками оценки и сравнительного анализа альтернативных параллельных методов решения прикладных задач. 	Отчёты по лабораторным работам. Контрольные вопросы к лабораторным работам. Контрольные вопросы к текущей и промежуточной аттестации.

<p>ОПК-4. Способен комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учётом требований информационной безопасности</p>	<p>ОПК-4.1. Знает требования информационной безопасности и информационно-коммуникационные технологии, используемые при решении прикладных и фундаментальных задач в области профессиональной деятельности. ОПК-4.2. Умеет применять существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учётом требований информационной безопасности. ОПК-4.3. Владеет навыками предварительной оценки по различным критериям и сравнения альтернатив при выборе информационно-коммуникационных технологий для решения задач в области профессиональной деятельности.</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> информационно-коммуникационные технологии, используемые при программной реализации параллельных численных методов. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> выполнять программную реализацию численных методов параллельной обработки данных. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> навыками оценки и сравнительного анализа альтернативных параллельных методов решения прикладных задач. 	<p>Отчёты по лабораторным работам.</p> <p>Контрольные вопросы к лабораторным работам.</p> <p>Контрольные вопросы к текущей и промежуточной аттестации.</p>
--	---	---	--

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в-фирме практической подготовки		
1	Принципы разработки параллельных алгоритмов и программ в системе MATLAB	2	1-6	6	–	6	–	48	рейтинг-контроль №1
2	Параллельные численные методы решения задач линейной алгебры	2	7-10	4	–	4	–	32	рейтинг-контроль №2
3	Параллельные численные методы решения дифференциальных уравнений	2	11-14	4	–	4	–	32	рейтинг-контроль №3
4	Параллельная реализация дискретного преобразования Фурье и иных методов	2	15-18	4	–	4	–	32	
Всего за 4 семестр:		–	–	18	–	18	–	144	экзамен (36)
Наличие в дисциплине КИ/КР		–	–	–	–	–	–	–	–
Итого по дисциплине		–	–	18	–	18	–	144	экзамен (36)

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Принципы разработки параллельных алгоритмов и программ в системе MATLAB.

1) *Вычислительные задачи как сфера использования многопроцессорных систем. Обзор задач, для которых возможно эффективное параллельное решение. Способы оценки эффективности параллельных численных методов. Основные подходы к разработке параллельных численных методов. Обзор инструментария для программной реализации параллельных численных методов.*

- 2) *Принципы работы в системе MATLAB. Работа с матрицами. Команды языка MATLAB. Визуализация результатов. Основные функции, реализующие численные методы.*
- 3) *Обзор Parallel Toolbox. Режимы parfor и spmd. Достоинства и недостатки Parallel Toolbox. Средства анализа эффективности программ в MATLAB.*

Раздел 2. Параллельные численные методы решения задач линейной алгебры.

- 4) *Решение систем линейных алгебраических уравнений. Вычисление частных сумм последовательности числовых значений. Каскадные схемы суммирования. Умножение матрицы на вектор. Матричное умножение.*
- 5) *Алгоритмы сортировки. Алгоритмы работы с графами.*

Раздел 3. Параллельные численные методы решения дифференциальных уравнений.

- 6) *Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Решение волнового уравнения.*
- 7) *Параллельная реализация метода Монте-Карло для вычисления определённых интегралов и для решения дифференциальных уравнений.*

Раздел 4. Параллельная реализация дискретного преобразования Фурье и иных методов.

- 8) *Дискретное преобразование Фурье. Алгоритм Кули-Тьюки быстрого преобразования Фурье и его разновидности. Параллельная реализация быстрого преобразования Фурье.*
- 9) *Фурье-метод расщепления по физическим факторам и его параллельная реализация.*

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

Раздел 1. Принципы разработки параллельных алгоритмов и программ в системе MATLAB.

- 1) *Среда разработки MATLAB. Работа с матрицами в MATLAB. (2 ч.)*
- 2) *Вычислительные средства MATLAB. Визуализация результатов. (2 ч.)*
- 3) *Режимы параллельных вычислений parfor и spmd. (2 ч.)*

Раздел 2. Параллельные численные методы решения задач линейной алгебры.

- 4) *Матричное умножение (2 ч.).*
- 5) *Алгоритмы работы с графами (2 ч.).*

Раздел 3. Параллельные численные методы решения дифференциальных уравнений.

- 1) *Решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона (2 ч.).*
- 2) *Метод Монте-Карло для решения дифференциальных уравнений в частных производных (2 ч.).*

Раздел 4. Параллельная реализация дискретного преобразования Фурье и иных методов.

- 1) *Параллельная реализация быстрого преобразования Фурье (2 ч.).*
- 2) *Защита лабораторных работ (2 ч.).*

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

5.1. Текущий контроль успеваемости

Примерный перечень вопросов к рейтинг-контролю №1

- 1) *Вычислительные задачи как сфера использования многопроцессорных систем.*
- 2) *Обзор задач, для которых возможно эффективное параллельное решение.*
- 3) *Способы оценки эффективности параллельных численных методов.*

- 4) Основные подходы к разработке параллельных численных методов.
- 5) Обзор инструментария для программной реализации параллельных численных методов.
- 6) Принципы работы в системе MATLAB. Работа с матрицами. Команды языка MATLAB. Визуализация результатов.
- 7) Основные функции системы MATLAB, реализующие численные методы (решение систем линейных алгебраических уравнений, решение дифференциальных уравнений, гармонический анализ).
- 8) Обзор Parallel Toolbox. Режимы parfor и spmd.
- 9) Достоинства и недостатки Parallel Toolbox. Средства анализа эффективности программ в MATLAB.

Примерный перечень вопросов к рейтинг-контролю №2

- 1) Решение систем линейных алгебраических уравнений.
- 2) Вычисление частных сумм последовательности числовых значений.
- 3) Каскадные схемы суммирования для вычисления частных сумм арифметических последовательностей.
- 4) Умножение матрицы на вектор. Оценка эффективности.
- 5) Матричное умножение.
- 6) Алгоритмы сортировки.
- 7) Алгоритмы работы с графами.

Примерный перечень вопросов к рейтинг-контролю №3

- 1) Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.
- 2) Методы решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений.
- 3) Решение волнового уравнения.
- 4) Решение задачи теплопроводности.
- 5) Решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона.
- 6) Параллельная реализация метода Монте-Карло для вычисления определённых интегралов.
- 7) Параллельная реализация метода Монте-Карло для решения дифференциальных уравнений.
- 8) Дискретное преобразование Фурье. Алгоритм Кули-Тьюки быстрого преобразования Фурье и его разновидности.
- 9) Параллельная реализация быстрого преобразования Фурье.
- 10) Фурье-метод расщепления по физическим факторам и его параллельная реализация.

5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (экзамен).

Экзамен предполагает письменный ответ студента на теоретический вопрос, продемонстрированный примером программы, и устное пояснение ответа. Пример программы является обязательным элементом ответа, и его качество оценивается как составляющая общей оценки за экзамен.

Примерный перечень вопросов к экзамену

- 1) Примеры практического применения параллельных численных методов. Привести программный пример применения параллельного численного метода для какой-либо задачи.
- 2) Оценка ускорения при использовании параллельных численных методов. Привести пример оценки для какой-либо программной реализации.
- 3) Оценка эффективности использования процессорного времени при использовании параллельных численных методов. Привести пример оценки для какой-либо программной реализации.
- 4) Работа с матрицами в системе MATLAB. Команды языка MATLAB. Визуализация результатов. Основные функции, реализующие численные методы. Продемонстрировать примерами.

- 5) Возможности *Parallel Toolbox*. Команда *parfor*. Продемонстрировать примерами.
- 6) Возможности *Parallel Toolbox*. Команда *spmd*. Продемонстрировать примерами.
- 7) Параллельные методы решения систем линейных алгебраических уравнений.
- 8) Вычисление частных сумм последовательности числовых значений. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 9) Каскадные схемы суммирования. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 10) Умножение матрицы на вектор. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 11) Матричное умножение. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 12) Алгоритмы сортировки. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 13) Алгоритмы поиска путей на графе. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 14) Алгоритмы раскраски графа. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 15) Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 16) Решение волнового уравнения. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 17) Решение задачи теплопроводности. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 18) Решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 19) Параллельная реализация метода Монте-Карло для вычисления определённых интегралов. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 20) Параллельная реализация метода Монте-Карло для решения дифференциальных уравнений. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 21) Дискретное преобразование Фурье. Алгоритм Кули-Тьюки быстрого преобразования Фурье и его разновидности. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 22) Параллельная реализация быстрого преобразования Фурье. Оценка эффективности. Пример программной реализации.
- 23) Фурье-метод расщепления по физическим факторам и его параллельная реализация. Оценка эффективности. Пример программной реализации.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Численные методы параллельной обработки данных» включает в себя следующие виды деятельности:

- 1) проработку учебного материала по конспектам, учебной и научной литературе;
- 2) подготовку к практическим и лабораторным занятиям;
- 3) подготовку по всем видам контрольных мероприятий, в том числе к текущему контролю знаний и промежуточной аттестации.

Темы для самостоятельной работы студентов

1. Анализ эффективности для алгоритма клеточного умножения.
2. Самопланирующий алгоритм умножения матрицы на вектор. Зависимость ускорения от размеров вектора и матрицы и разных способов коммуникаций.
3. Самопланирующий алгоритм умножения матриц. Зависимость ускорения от размеров умножаемых матриц и разных способов коммуникаций.
4. Алгоритм умножения матриц, при котором происходит равномерное распределение частей матрицы A по процессам, а затем независимо вычисляются части результирующей матрицы.
5. Метод итераций Якоби для одномерной декомпозиции (с топологией квадратной сетки произвольного размера и блокирующим обменом).

6. Метод итераций Якоби для двумерной декомпозиции.
7. “Теневые” точки. Введение “теневых” точек для решения задачи Пуассона методом итераций Якоби.
8. Различия между прямыми и итерационными методами решения СЛАУ.
9. Различия между методами простой итерации и Гаусса–Зейделя для решения СЛАУ.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Наличие в электронном каталоге ЭБС	
Основная литература			
1. Гилат, А. MATLAB. Теория и практика / Амос Гилат ; пер. с англ. Н.К.Смоленцева. - 5-е изд. - Москва : ДМК Пресс, 2017. - 416 с. - ISBN 978-5-97060-183-9	2017	http://znanium.com/catalog/product/1027816	
2. Плохотников, К.Э. Методы разработки математических моделей и вычислительный эксперимент на базе пакета Matlab : курс лекций / К.Э. Плохотников. - М. : СОЛОН-Пр., 2017. - 628 с. - (Библиотека студента). - ISBN 978-5-91359-211-8	2017	http://znanium.com/catalog/product/1015051	
3. Параллельные вычисления общего назначения на графических процессорах: Учебное пособие / Некрасов К.А., Поташников С.И., Боярченков А.С., - 2-е изд., стер. - М.:Флинта, Изд-во Урал. ун-та, 2017. - 102 с. ISBN 978-5-9765-3182-6	2017	http://znanium.com/catalog/product/949717	
4. Модели параллельного программирования: Практическое пособие / Федотов И.Е. - М.:СОЛОН-Пр., 2017. - 392 с.: 60x88 1/8. - (Библиотека профессионала) ISBN 978-5-91359-222-4	2017	http://znanium.com/catalog/product/858609	
Дополнительная литература			
1. Численные методы и программирование: Учебное пособие / Колдаев В.Д.; Под ред. Гагариной Л.Г. - М.:ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 336 с.: 60x90 1/16. - (Профессиональное образование) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-8199-0333-9	2016	http://znanium.com/bookread2.php?book=546692	
2. Кудряшова Е.С. Михайлова Н.Н. Хусаинов А.А. Моделирование конвейерных и волновых вычислений / Интернет-журнал "Науковедение", Вып. 1, 2014	2014	http://znanium.com/bookread2.php?book=477304	
3. Зорин, А.В. Методы Монте-Карло для параллельных вычислений : учебное пособие / А.В. Зорин, М.А.Федоткин. - Москва : Издательство Московского университета, 2013. - 192 с., ил. - (Суперкомпьютерное образование). - ISBN 978-5-211-06530-7	2013	http://znanium.com/catalog/product/1022874	

6.2. Периодические издания

1. Computerworld Россия, ISSN: 1560-5213.
2. Мир ПК, ISSN: 0235-3520.

6.3. Интернет-ресурсы

1. Информационно-аналитические материалы по параллельным вычислениям // Режим доступа: <http://www.parallel.ru>.
2. Информационные материалы Центра компьютерного моделирования Нижегородского университета // Режим доступа: <http://www.software.unn.ac.ru/ccam>
3. Информационные материалы рабочей группы IEEE по кластерным вычислениям // Режим доступа: <http://www.ieeetfcc.org>

4. Introduction to Parallel Computing (Teaching Course) // Режим доступа:
http://www.ece.nwu.edu/~choudhar/C58/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий практического/лабораторного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Практические и лабораторные занятия проводятся в аудитории (компьютерном классе) 5116-3 (или аналогичном компьютерном классе в зависимости от сетки расписания).

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения:

- 1) MS Word;
- 2) MATLAB.

Рабочую программу составил доц. каф. ФиПМ Лексин А.Ю.

(ФИО, должность, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя)

Генеральный директор ООО «ФС Сервис»

Д.С. Квасов

(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры физики и прикладной математики
Протокол № 1 от 30.08.2021 года

Заведующий кафедрой

Аракелян С.М.

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии
направления 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Протокол № 1 от 30.08.2021 года

Председатель комиссии

Аракелян С.М.

(ФИО, подпись)

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 20²² / 20²³ учебный года

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.2022 года

Заведующий кафедрой

С.И. Абрамкин

Рабочая программа одобрена на 20__ / 20__ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой

Рабочая программа одобрена на 20__ / 20__ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой