

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**

02.04.01 Математика и компьютерные науки

(код и наименование направления подготовки (специальности))

**направленность (профиль) подготовки**

Математические методы в экономике и финансах

(направленность (профиль) подготовки))

г. Владимир

2021

## 1. 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.

## 2. 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-3. Способен самостоятельно создавать прикладные программные средства на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов, в том числе отечественного производства	ОПК-3.1. Знает фундаментальные понятия в области прикладного программирования и информационных технологий. ОПК-3.2. Умеет использовать фундаментальные понятия в области прикладного программирования и информационных технологий в профессиональной деятельности. ОПК-3.3. Владеет практическим опытом применения программных средств, используемых при построении математических моделей в естественных науках.	Знает: • постановку и подходы к решению основных задач прикладной математики и информатики методами параллельных вычислений. Умеет: • выбирать и использовать адекватные поставленной задаче параллельные численные методы. Владеет: • практическим опытом применения программных средств, используемых при реализации численных методов параллельной обработки данных.	Отчёты по лабораторным работам.  Контрольные вопросы к лабораторным работам.  Контрольные вопросы к текущей и промежуточной аттестации.
ПК-3. Способен различным образом представлять и адаптировать математические знания, методы программирования и информационные технологии с учётом уровня аудитории	ПК-3.1. Знает теорию обучения и принципы подготовки результатов физико-математических и прикладных исследований. ПК-3.2. Знает методы внедрения и контроля результатов исследований и разработок. ПК-3.3. Умеет выбирать методики обучения и организовывать методическую работу. ПК-3.4. Умеет применять методы внедрения и контроля результатов исследований и разработок в профессиональной деятельности. ПК-3.5. Владеет навыками описания методик выполнения аналитических работ и осуществления обучения и наставничества. ПК-3.6. Владеет навыками проведения	Знает: • основные подходы к решению задач прикладной математики параллельными численными методами; • основные способы оценки качества параллельных численных методов и алгоритмов. Умеет: • адаптировать принципы программного параллелизма к решению вычислительных задач. Владеет: • навыками оценки достижимости решения задач вычислительной математики параллельными	Отчёты по лабораторным работам.  Контрольные вопросы к лабораторным работам.  Контрольные вопросы к текущей и промежуточной аттестации.

	анализа научных данных и внедрения результатов исследования и разработок в профессиональную деятельность.	методами.	
ПК-4. Способен создавать и исследовать новые экономико-математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учётом возможностей современных информационных технологий, программирования и компьютерной техники	ПК-4.1. Знает направления развития соответствующего вида экономической деятельности. ПК-4.2. Знает методы планирования проектных работ и методологии разработки программного обеспечения и технологии программирования. ПК-4.3. Умеет вырабатывать варианты реализации требований к программному обеспечению в конкретной области профессиональной деятельности. ПК-4.4. Умеет планировать проектные аналитические работы в ИТ-проектах, направленных на развитие цифровой экономики. ПК-4.5. Владеет навыками постановки задач на разработку планов аналитических работ по отдельным частям системы. ПК-4.6. Владеет навыками выявления проблем и сложностей в существующих практиках выполнения аналитических работ в организации.	Знает: • информационно-коммуникационные технологии, используемые при программной реализации параллельных численных методов. Умеет: • выполнять программную реализацию численных методов параллельной обработки данных. Владеет: • 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.

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

##### 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 форме практической подготовки		
1	Принципы разработки параллельных алгоритмов и программ в системе MATLAB	2	1-6	6	–	6	6	36	рейтинг-контроль №1
2	Параллельные численные методы решения задач линейной алгебры	2	7-10	4	–	4	4	24	рейтинг-контроль №2
3	Параллельные численные методы решения дифференциальных уравнений	2	11-14	4	–	4	4	24	рейтинг-контроль №3
4	Параллельная реализация дискретного преобразования Фурье и иных методов	2	15-18	4	–	4	4	24	
Всего за 2 семестр:		–	–	18	–	18	–	144	зачёт с оценкой
Наличие в дисциплине КП/КР		–	–	–	–	–	–	–	–
Итого по дисциплине		–	–	18	–	18	–	108	зачёт с оценкой

#### 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 (зачёт с оценкой).**

Зачёт с оценкой 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.

#### **Примерный перечень вопросов к зачёту с оценкой**

- 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 А 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	<a href="http://znanium.com/catalog/product/1027816">http://znanium.com/catalog/product/1027816</a>
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	<a href="http://znanium.com/catalog/product/1015051">http://znanium.com/catalog/product/1015051</a>
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	<a href="http://znanium.com/catalog/product/949717">http://znanium.com/catalog/product/949717</a>
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	<a href="http://znanium.com/catalog/product/858609">http://znanium.com/catalog/product/858609</a>
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	<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=546692">http://znanium.com/bookread2.php?book=546692</a>
2. Кудряшова Е.С. Михайлова Н.Н. Хусаинов А.А. Моделирование конвейерных и волновых вычислений / Интернет-журнал "Науковедение", Вып. 1, 2014	2014	<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=477304">http://znanium.com/bookread2.php?book=477304</a>
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	<a href="http://znanium.com/catalog/product/1022874">http://znanium.com/catalog/product/1022874</a>

### 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.ieeefcc.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»

(место работы, должность, ФИО, подпись)

Д.С. Квасов

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

Заведующий кафедрой

(ФИО, подпись)

Аракелян С.М.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 02.04.01 Математика и компьютерные науки

Протокол № 1 от 30.08.2021 года

Председатель комиссии

(ФИО, подпись)

Бурков В.Д.

## ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

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 \_\_\_\_\_



Рабочая программа одобрена на 20\_\_\_\_ / 20\_\_\_\_ учебный года

Протокол заседания кафедры №\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

---