

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор

Хагуров Т.А.

29 мая 2020 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Б1.В.06**

**ЭФФЕКТИВНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В ЗАДАЧАХ
АЛГЕБРЫ И АНАЛИЗА**

Направление подготовки

02.04.01 Математика и компьютерные науки

Программа магистратуры

«Математическое и компьютерное моделирование»

Форма обучения

очная

Квалификация

магистр

Краснодар 2020

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля).

1.1 Цель освоения дисциплины.

Целями освоения дисциплины «Эффективные вычисления в задачах алгебры и анализа» являются: подготовка в области применения современной вычислительной техники для решения практических задач математического и компьютерного моделирования, информатики; получение высшего (на уровне магистра) образования, позволяющего выпускнику успешно работать в избранной сфере деятельности с применением современных компьютерных технологий.

1.2 Задачи дисциплины.

Развитие профессиональных компетентностей и приобретение практических навыков численного решения задач механики и математической физики современными методами.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Эффективные вычисления в задачах алгебры и анализа» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1.Дисциплины (модули).

Знания и умения, приобретенные студентами в результате изучения дисциплины, будут использоваться при изучении общих и специальных курсов, при выполнении курсовых работ, связанных с применением вычислительных методов и компьютерных технологий.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общекультурных/общепрофессиональных/профессиональных компетенций (ОК/ОПК/ПК)

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ПК–1	Способен демонстрировать фундаментальные знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий	основные методы и приемы, используемые при компьютерной реализации с применением параллельных вычислений	пользоваться возможностями параллельных вычислений, создавать и запускать параллельные программы	методикой разработки параллельных программ, способами оценки эффективности параллельных алгоритмов и максимально достижимого параллелизма на целевой вычислительной архитектуре
	ПК–3	Способен преподавать физико-математические дисциплины и информатику в сфере общего образования, среднего профессионального	основные тенденции развития параллельных архитектур, факторы, влияющие на производительность	реализовывать алгоритмы и математические модели в виде компьютерных программ с учетом использования	навыками анализа математической модели и программного кода с учетом конкретной вычислительной

№ п.п.	Индекс компет енции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
		образования, дополнительного образования, высшего образования	сть, критерии выбора программно-аппаратной платформы для решения вычислительно-сложных математических задач	параллельных вычислений	архитектуры и поставленной задачи

2. Структура и содержание дисциплины.

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. (144 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице
(для студентов ОФО).

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)			
			10	—		
Контактная работа, в том числе:		54	54			
Аудиторные занятия (всего):		40	40			
Занятия лекционного типа		14	14	-	-	-
Лабораторные занятия		26	26	-	-	-
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-
Иная контактная работа:						
Контроль самостоятельной работы (КСР)		-	-			
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,3	0,3			
Курсовая работа (КРП)		14	14			
Самостоятельная работа, в том числе:		54	54			
Проработка учебного (теоретического) материала		54	54	-	-	-
Контроль:		35,7	35,7			
Подготовка к экзамену		35,7	35,7			
Общая трудоемкость	час.	144	144	-	-	-
	в том числе контактная работа	54,3	54,3			
	зач. ед	4	4			

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.
Разделы дисциплины, изучаемые в 10 семестре (очная форма)

№	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СРС
1	2	3	4	5	6	7
1.	Введение в параллельные вычисления	34	4		4	6
2.	Методы передачи данных. Стандарт MPI.	48	4		10	20
3.	Базовые средства параллельного программирования систем с общей памятью	62	6		12	28
	<i>Итого по дисциплине:</i>		14		26	54

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

2.3 Содержание разделов дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа.

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Введение в параллельные вычисления	Обзор параллельных вычислительных систем и их классификация. Способы организации параллельной обработки данных Вычислительные кластеры: основные понятия, архитектура, типовой набор кластерного программного обеспечения, средства доступа и управления, тестирование производительности. Моделирование параллельных программ. Реализация параллелизма различного вида. Общая схема и методика разработки параллельных алгоритмов. Цели и задачи параллельной обработки данных. Необходимость и актуальность параллельных вычислений. Различия между многозадачным, параллельным и распределенным режимами выполнения программ. Закон Амдаля. Закон Мура. Гипотеза Минского. Способы построения многопроцессорных вычислительных систем. Краткая история развития высокопроизводительных вычислений	РГЗ
2.	Методы передачи данных. Стандарт MPI.	Общая характеристика методов передачи данных, оценка времени выполнения коммуникационных операций. Оценка трудоемкости операций передачи данных для кластерных систем. Модель Хокни. MPI: основные понятия и определения. Базовый (минимальный) набор функций MPI, достаточный для разработки параллельных программ. Операции передачи данных между двумя процессами. Коллективные операции	РГЗ

		передачи данных. Упаковка и распаковка разнотипных данных в MPI. Управление группами процессов и коммуникаторами. Виртуальные топологии Модельный пример: умножение матрицы на вектор.	
3.	Базовые средства параллельного программирования систем с общей памятью	Общие сведения. Структура стандарта OpenMP. Достоинства технологии OpenMP. Модель параллелизма OpenMP. Модель памяти OpenMP. Директивы OpenMP. Типы директив. Формат записи директив. Определение параллельной области. Распределение вычислений между потоками. Директивы синхронизации. Директивы управления областью видимости данных. Совместимость директив и их параметров. Библиотека функций OpenMP. Функции для контроля/запроса параметров среды исполнения. Функции синхронизации. Переменные среды исполнения. Пример программы произведения матриц. Сравнение технологий MPI и OpenMP для SMP-систем. Гибридный (MPI+OpenMP) подход для SMP-кластеров. Компиляторы Intel с поддержкой OpenMP. Инструментальные средства разработки и отладки многопоточных приложений.	РГЗ

2.3.2 Занятия семинарского типа.

Занятия семинарского типа не предусмотрены.

2.3.3 Лабораторные занятия.

№	Наименование раздела	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Введение в параллельные вычисления	Понятие кластера и кластерной архитектуры. Классификация кластерных вычислительных систем. Состав сетевой инфраструктуры кластера. Типы топологий и критерии эффективности коммуникационной сети кластера. Сетевые решения для кластерных систем. Основные критерии оценки кластерных систем. Типичный набор программно-аппаратного обеспечения кластеров. Особенности запуска задач на кластерах. Системы управления заданиями. Интегрированные наборы кластерного программного обеспечения.	проверка домашнего практического задания

2.	Методы передачи данных. Стандарт MPI.	Общая характеристика методов передачи данных, оценка времени выполнения коммуникационных операций. Оценка трудоемкости операций передачи данных для кластерных систем. Модель Хокни. MPI: основные понятия и определения. Базовый (минимальный) набор функций MPI, достаточный для разработки параллельных программ. Пример: программа вычисления числа π. Операции передачи данных между двумя процессами Коллективные операции передачи данных. Упаковка и распаковка разнотипных данных в MPI. Управление группами процессов и коммутаторами. Виртуальные топологии Модельный пример: умножение матрицы на вектор	проверка домашнего практического задания
3.	Базовые средства параллельного программирования систем с общей памятью	Общие сведения. Структура стандарта OpenMP. Достоинства технологии OpenMP. Модель параллелизма OpenMP. Модель памяти OpenMP. Директивы OpenMP. Типы директив. Формат записи директив. Определение параллельной области. Распределение вычислений между потоками. Директивы синхронизации. Директивы управления областью видимости данных. Совместимость директив и их параметров. Библиотека функций OpenMP. Функции для контроля/запроса параметров среды исполнения. Функции синхронизации. Переменные среды исполнения. Пример программы произведения матриц. Сравнение технологий MPI и OpenMP для SMP-систем. Гибридный (MPI+OpenMP) подход для SMP-кластеров. Компиляторы Intel с поддержкой OpenMP. Инструментальные средства разработки и отладки многопоточных приложений.	практико-ориентированный проект №1

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы - не предусмотрены.

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии.

Лекции, практические занятия, контрольные работы, коллоквиумы, зачеты и экзамен. К образовательным технологиям относятся интерактивные методы обучения. Интерактивность подачи материала по дисциплине «Эффективные вычисления в задачах алгебры и анализа» предполагает не только взаимодействия вида «преподаватель - студент» и «студент - преподаватель», но и «студент - студент». Все эти виды взаимодействия хорошо достигаются при изложении материала на практических занятиях и в процессе докладов с использованием компьютерных технологий.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.

Примерный перечень заданий и контрольных вопросов

1. История и классификация суперкомпьютеров. Состав программного обеспечения современной параллельной вычислительной системы.
2. Программистская модель двусторонних обменов сообщениями на примере решения задачи Дирихле методом Якоби с использованием простейших возможностей MPI.
3. Некоторые дополнительные возможности MPI на примере параллельной реализации решения СЛАУ с заполненной матрицей методом Гаусса, с частичным и полным выбором главного элемента.
4. Систематический обзор возможностей MPI на примере различных вариантов записи метода Якоби для задачи Дирихле.
5. Параллельная реализация решения СЛАУ большого размера методом простой итерации.
6. Обзор OpenMP, иллюстрация основных возможностей на ранее рассмотренных примерах.
7. Обзор альтернативных моделей и технологий параллельного программирования. Где они встречаются, для чего нужны. Базовые и производные модели и технологии. Базовые технологии для промежуточных классов коммуникационного оборудования.
8. Обзор альтернативных моделей и технологий параллельного программирования. Технологии, производные от явного двустороннего обмена сообщениями. Характер и причины неприятия некоторых усовершенствованных технологий параллельного программирования пользователями.
9. Обзор нетрадиционных суперкомпьютерных архитектур. Причины и неизбежность их появления, какие они бывают. Системные трудности в разработке приложений.
10. Общее представление о программировании GPGPU на примере метода Якоби. Подробный разбор гибридной реализации MPI+CUDA.
11. Общий обзор вычислительного и сетевого оборудования, применяемого в современной суперкомпьютерной отрасли.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Систематика Флинна.
2. Понятия мультипроцессора, мульти-компьютера, вычислительного кластера.
3. Особенности организации параллельных вычислений в системах с общей памятью (обеспечение однозначности кэш-памяти разных процессоров, синхронизация вычислений).
4. Особенности организации параллельных вычислений в системах с распределенной памятью посредством передачи сообщений.
5. Классификация кластерных вычислительных систем.
6. Общая схема и методика разработки параллельных алгоритмов.
7. Пример использования методики разработки параллельных алгоритмов для параллельного решения гравитационной задачи N тел.
8. Оценка трудоемкости операций передачи данных для кластерных систем.
9. Коллективные операции передачи данных. Упаковка и распаковка разнотипных данных в MPI.
10. Управление группами процессов и коммуникаторами. Виртуальные топологии.
11. Достоинства технологии OpenMP.
12. Модель памяти OpenMP.
13. Типы директив OpenMP.
14. Формат записи директив OpenMP.
15. Определение параллельной области.
16. Распределение вычислений между потоками в OpenMP.
17. Директивы синхронизации OpenMP.
18. Директивы управления областью видимости данных. Совместимость директив и их параметров.
19. Переменные среды исполнения OpenMP.
20. Гибридный (MPI+OpenMP) подход для SMP-кластеров.
21. Инструментальные средства разработки и отладки многопоточных приложений.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).

5.1 Основная литература:

1. Малявко, А. А. Параллельное программирование на основе технологий openmp, mpi, cuda : учебное пособие для академического бакалавриата / А. А. Малявко. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 115 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-02916-1. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/46BBEB77-8697-4FF5-BE49-711BB1388D50

2. Гергель, В.П. Intel Parallel Programming Professional (Introduction) / В.П. Гергель, В.В. Воеводин, А.В. Сысоев и др. - 2-е изд., испр. - Москва : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. - 569 с. : ил., граф., схем. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429006>

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань».

5.2 Дополнительная литература:

1. В.В. Воеводин. Вычислительная математика и структура алгоритмов. М.: Изд-во МГУ, 2006. 112 с.

<http://www.parallel.ru/sites/default/files/info/parallel/voevodin/voevodin.pdf>

2. В.В. Воеводин, С.А. Жуматий. Вычислительное дело и кластерные системы – М.: Изд-во МГУ, 2007. 150 с. . — URL:

<http://www.parallel.ru/sites/default/files/info/parallel/cluster/cluster.pdf>

3. А.С. Антонов. Параллельное программирование с использованием технологии OpenMP. М.: Изд-во МГУ, 2009. 77 с. — URL:

<http://www.parallel.ru/sites/default/files/info/parallel/openmp/OpenMP.pdf>

5.3. Периодические издания:

1. Журнал «Кибернетика и программирование» <http://e-notabene.ru/kp>

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

1. Образовательный математический сайт Exponenta. — URL: www.old.exponenta.ru

2. Информационно-аналитические материалы по параллельным вычислениям. — URL: <http://www.parallel.ru>

3. Информационные материалы Центра компьютерного моделирования Нижегородского университета. — URL: <http://www.software.unn.ac.ru/ccam>

4. Информационные материалы рабочей группы IEEE по кластерным вычислениям. — URL: <http://www.ieeefcc.org>

5. Федеральный портал "Российское образование". Каталог образовательных ресурсов. — URL:

http://www.edu.ru/modules.php?op=modload&name=Web_Links&file=index&l_op=viewlink&cid=1314

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).

В курсе используются следующие методы и формы работы:

– лекции (2 часа в неделю);

– лабораторные занятия в компьютерном классе (4 часа в неделю, выполняются задания на компьютерах и обсуждаются основные вопросы домашних заданий).

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю).

8.1 Перечень информационных технологий.

- Компьютерное тестирование по итогам изучения разделов дисциплины.
- Проверка домашних заданий.
- Использование электронных презентаций при проведении практических занятий.

8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.

1. Операционная система MS Windows.
2. Visual Studio, C++/Fortran.

8.3 Перечень информационных справочных систем:

1. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru/>)
2. Информационно-аналитические материалы по параллельным вычислениям. — URL: (<http://www.parallel.ru>)

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (Microsoft Office PowerPoint, Visual Studio, C++/Fortran).
2.	Лабораторные занятия	Лаборатория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения и соответствующим программным обеспечением (Visual Studio, C++/Fortran).
3.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.