

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП

Гензе Л.В.

" 31 " 08

2021 г.

Введение в методы параллельных вычислений

Рабочая программа дисциплины

Закреплена за кафедрой	<i>Кафедра вычислительной математики и компьютерного моделирования</i>
Учебный план	<i>01.03.01 – Математика Программа «Основы научно-исследовательской деятельности в области математики»</i>
Форма обучения	<i>очная</i>
Общая трудоёмкость	<i>2 з.е.</i>
Часов по учебному плану	<i>72</i>
в том числе:	
аудиторная контактная работа	<i>32 лекции + 1,85 групповые консультации</i>
самостоятельная работа	<i>38,15</i>
Вид(ы) контроля в семестрах <i>зачет</i>	<i>8 семестр</i>

Программу составили
профессор, доктор физико-математических наук

Старченко Александр Васильевич

доцент, кандидат физико-математических наук
Данилкин Евгений Александрович

Рецензент

доцент, кандидат физико-математических наук

Берцун Владимир Николаевич

Рабочая программа дисциплины «Кафедра вычислительной математики и компьютерного моделирования» разработана в соответствии с СУОС НИ ТГУ:
Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт НИ ТГУ по направлению подготовки 01.03.01 – Математика (Утвержден Ученым советом НИ ТГУ, протокол от 28.03.2019 №03)

Рабочая программа одобрена на заседании УМК ММФ

Протокол от 30 января 2020 № 1

1. Цель освоения дисциплины

Основной целью дисциплины является овладение методами параллельной реализации задач вычислительной математики различного уровня сложности - от вычисления частных сумм или рекуррентных соотношений до решения задач линейной алгебры. При этом особое внимание уделяется проведению теоретических оценок эффективности известных или вновь созданных параллельных алгоритмов.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативным дисциплинам профессионального цикла Блока 1 «Дисциплины/модули».

Пререквизиты дисциплины – Программирование, алгебра, математический анализ.

Постреквизиты дисциплины: научно-исследовательская работа, выполнение и защита выпускной квалификационной работы.

3. Компетенции и результаты обучения, формируемые в результате освоения дисциплины

Таблица 1

Компетенция	Индикатор компетенции	Код и наименование результатов обучения (планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций)
ОПК-1: - Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ИОПК 1.1: - Демонстрирует навыки работы с профессиональной литературой по основным естественнонаучным и математическим дисциплинам. ИОПК 1.2 - Демонстрирует навыки выполнения стандартных действий, решения типовых задач с учетом основных понятий и общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых математических и естественнонаучных дисциплин. ИОПК 1.3 - Владеет фундаментальными знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук.	ОР-1.1: Имеет навыки работы с профессиональной литературой по методам параллельных вычислений для успешной профессиональной деятельности. Знает терминологию и параллельные вычислительные методы для многопроцессорных систем с общей или распределенной памятью. ОР-1.2: Умеет решать задачи вычислительного и теоретического характера в области методов параллельных вычислений. Умеет распараллеливать, как известные алгоритмы вычислительной математики, так и родственные им новые. ОР-1.3: Владеет разнообразными методами параллельных вычислений, подбирая и сочетая их при анализе и решении конкретных теоретических и прикладных задач. Владеет навыками параллельной реализации методов вычислительной математики на кластерных системах, проведения теоретических оценок эффективности полученных параллельных программ.

<p>ПК 1: - Способен выполнять отдельные задания в рамках решения исследовательских задач под руководством более квалифицированного работника.</p>	<p>ИПК 1.1: - Способен выполнять отдельные задания в рамках решения исследовательских задач под руководством более квалифицированного работника.</p> <p>ИПК 1.2: - Обладает навыками проведения исследований под руководством более квалифицированного работника.</p> <p>ИПК 1.3: - Оценивает полученные результаты и формулирует выводы по итогам проведенных исследований.</p>	<p>ОР-2.1: Имеет навыки выполнять поиск и обработку научной и научно-технической информации по методам параллельных вычислений. Знает терминологию и основные подходы к построению параллельных алгоритмов. Умеет решать задачи вычислительного и теоретического характера, разрабатывать, отлаживать и применять программы, реализующие алгоритмы и методы вычислительной математики.</p> <p>ОР-2.2: Умеет осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-методической информации по теме или заданию. Умеет определять задачи методов параллельных вычислений, подбирать метод решения задачи.</p> <p>ОР-2.3: Умеет разрабатывать, отлаживать и верифицировать параллельные программы для систем с распределенной памятью. А также анализировать эффективность полученных параллельных программ. Умеет проводить критический анализ результатов собственной деятельности и деятельности коллег, в рамках групповой работы по разделам изучаемой дисциплины.</p>
---	--	---

3. Структура и содержание дисциплины

4.1. Структура и трудоемкость видов учебной работы по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

Таблица 2

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах	
	8-й семестр	всего
Общая трудоемкость		
Контактная работа:	33,85	33,85
Лекции (Л):	32	32
Групповые консультации	1,85	1,85
Промежуточная аттестация	0	0
Самостоятельная работа обучающегося:	38,15	38,15
Знакомство с современными суперкомпьютерами мира и России	2	2
Параллельное программирование каскадной схемы суммирования, алгоритма сдваивания и модифицированной каскадной схемы суммирования.	8	8
Параллельное программирование квадратурных формул вычисления определенных интегралов на кластере ТГУ.	4	4
Параллельное программирование приближенных формул для вычисления кратных интегралов.	8	8
Параллельное программирование умножения квадратных матриц на кластере ТГУ.	8	8
Параллельная реализация алгоритмов метода простой итерации.	8,15	8,15
Вид промежуточной аттестации	зачет	

4.2. Содержание и трудоемкость разделов дисциплины

Таблица 3

Код занятия	Наименование разделов и тем и их содержание	Вид учебной работы, занятий, контроля	Семестр	Часы в электронной форме	Всего (час.)	Литература	Код (ы) результата(ов) обучения
	Раздел 1. Введение						
1.1	Суперкомпьютеры мира вчера и сегодня. TOP500 и TOP50. Флопс. Тест Linpack. Архитектура МВС.	Л	8	0	2	http://top500.org http://top50.supercomputers.ru	ОР-1.1
1.2	Знакомство с современными суперкомпьютерами мира и России	Ср	8	0	2	http://top500.org http://top50.supercomputers.ru	ОР-2.1
1.3	Критерии оценки производительности параллельного алгоритма. Ускорение и эффективность. Закон Амдала. Основные этапы разработки параллельных программ.	Л	8	0	2	Старченко А.В., Берцун В.Н. Методы параллельных вычислений, 2013	ОР-1.2
	Раздел 2. Основные понятия параллельных вычислительных систем						
2.1	Последовательные, конвейерные и матричные вычисления.	Л	8	0	1	Хокни П., Джессхоуп Параллельные ЭВМ, 1980	ОР-1.2, ОР-1.3
2.2	Топологии многопроцессорных вычислительных систем.	Л	8	0	1	Гергель В.П., Стронгин Р.Г. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем. Нижний Новгород: ННГУ, 2002. 122с.	ОР-1.2, ОР-1.3
	Раздел 3. Распараллеливание рекуррентных формул						
3.1	Вычисление частных сумм последовательности числовых значений. Циклическая редукция.	Л	8	0	2	Старченко А.В., Берцун В.Н. Методы параллельных вычислений, 2013	ОР-1.2, ОР-1.3
3.2	Параллельное программирование каскадной схемы суммирования, алгоритма сдваивания и модифицированной каскадной схемы суммирования.	Ср	8	0	8	Гергель В.П., Стронгин Р.Г. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем. Нижний Новгород: ННГУ, 2002. 122с.	ОР-2.1, ОР-2.2, ОР-2.3
	Раздел 4. Параллельное вычисление интегралов						
4.1	Формулы прямоугольников, трапеций и Симпсона	Л	8	0	1	Старченко А.В., Берцун В.Н. Методы	ОР-1.2, ОР-1.3

	для вычисления определенных интегралов. Их распараллеливание					параллельных вычислений, 2013	
4.2	Параллельное программирование квадратурных формул вычисления определенных интегралов на кластере ТГУ.	Ср	8	0	4	Высокопроизводительные вычисления на кластерах	ОР-2.1, ОР-2.2, ОР-2.3
4.3	Формулы ячеек, повторного интегрирования, Монте-Карло для вычисления кратных интегралов. Их параллельная реализация.	Л	8	0	1	Старченко А.В., Берцун В.Н. Методы параллельных вычислений, 2013	ОР-1.2, ОР-1.3
4.4	Параллельное программирование приближенных формул для вычисления кратных интегралов.	Ср	8	0	8	Высокопроизводительные вычисления на кластерах	ОР-2.1, ОР-2.2, ОР-2.3
	Раздел 5. Параллельная реализация базовых алгоритмов линейной алгебры						
5.1	Векторные операции. Умножение матрицы на вектор. Подбор топологии МВС.	Л	8	0	2	Старченко А.В., Берцун В.Н. Методы параллельных вычислений, 2013	ОР-1.2, ОР-1.3
5.2	Умножение матриц. Увеличенный объем ОЗУ МВС. Простой блочный алгоритм. Алгоритм Кэннона. Алгоритм Фокса.	Л	8	0	4	Старченко А.В., Берцун В.Н. Методы параллельных вычислений, 2013	ОР-1.2, ОР-1.3
5.3	Параллельное программирование умножения квадратных матриц на кластере ТГУ.	Ср	8	0	8	Высокопроизводительные вычисления на кластерах	ОР-1.1, ОР-2.1, ОР-2.2, ОР-2.3
	Раздел 6. Распараллеливание прямых методов решения СЛАУ						
6.1	LU-разложение матрицы. Одномерные и двумерная декомпозиция матрицы на МВС. Выбор главного элемента.	Л	8	0	4	Старченко А.В., Берцун В.Н. Методы параллельных вычислений, 2013	ОР-1.2, ОР-1.3
6.2	Решение треугольных систем линейных уравнений.	Л	8	0	2	Старченко А.В., Берцун В.Н. Методы параллельных вычислений, 2013	ОР-1.2, ОР-1.3
6.3	Решение трехдиагональных систем линейных уравнений. Метод прогонки и метод циклической редукции.	Л	8	0	4	Старченко А.В., Берцун В.Н. Методы параллельных вычислений, 2013	ОР-1.2, ОР-1.3
	Раздел 7. Параллельная реализация итерационных методов решения СЛАУ						
7.1	Методы простой итерации – Якоби, Зейделя и релаксации.	Л	8	0	4	Старченко А.В., Берцун В.Н. Методы параллельных вычислений, 2013 Ортега Дж. Введение в параллельные и векторные методы решения линейных систем. М.: Мир, 1991.	ОР-1.2, ОР-1.3
7.2	Метод сопряженных градиентов.	Л	8	0	2	Практикум по методам параллельных вычислений : [учебник] / А. В. Старчен-	ОР-1.2, ОР-1.3

						ко, Е. А. Данилкин, В. И. Лаева, С. А. Проханов	
7.3	Параллельная реализация алгоритмов метода простой итерации.	Ср	8	0	8,15	Высокопроизводительные вычисления на кластерах	ОР-2.1, ОР-2.2, ОР-2.3
	Раздел 8. Консультация						
8.1	Консультация	КРго	1	0	1,8		
	Раздел 9. Промежуточная аттестация						
9.1	Приём зачёта по дисциплине	КРго	1	0	0,25		ОР-1.1, ОР-1.2, ОР-1.3, ОР-2.1, ОР-2.2, ОР-2.3

4. Образовательные технологии, учебно-методическое и информационное обеспечение для освоения дисциплины

В ходе реализации дисциплины используются классические образовательные технологии – практические занятия; самостоятельное изучение рекомендованной литературы и постепенное выполнение индивидуального задания; промежуточная аттестация в виде проверки индивидуальных заданий.

Самостоятельная работа включает в себя: теоретическое освоение лекционного курса, практическое выполнение заданий и лабораторных работ, подготовку к зачету. Для выполнения самостоятельной работы обеспечивается доступ к информационным ресурсам курса:

- материалы лекций;
- учебник «Методы параллельных вычислений»;
- учебник «Практикум по методам параллельных вычислений»;
- массовый открытый онлайн-курс «Введение в параллельное программирование с использованием OpenMP и MPI»;
- список вопросов для самостоятельной проверки знаний и подготовки к экзамену.
- список литературы, включающий учебники и книги по изучаемым в курсе вопросам.

Все лабораторные работы и индивидуальные задания подобраны так, чтобы максимально стимулировать психологическую установку студентов-математиков на формирование связи между математической теорией и ее практическим применением. Отчет по каждой лабораторной работе включает теоретическую часть, выполненное практическое задание и анализ полученных результатов.

5.1. Литература и учебно-методическое обеспечение

а) Перечень основной учебной литературы.

1. Гергель В. П. Высокопроизводительные вычисления для многопроцессорных многоядерных систем : [учебник] / В. П. Гергель ; Б-ка Нижегород. гос. ун-та им. Н. И. Лобачевского ; Суперкомпьютерный консорциум ун-тов России. – М. : Физматлит [и др.], 2010. – 539 с.
2. Старченко А. В. Методы параллельных вычислений : [учебник] / А. В. Старченко, В. Н. Берцун ; Том. гос. ун-т. – Томск : Изд-во Томского ун-та, 2013. – 224 с.
<http://math.tsu.ru/sites/default/files/mmf2/e-resources/parallel%20comp%20meth.pdf>
3. Линев А. В. Технологии параллельного программирования для процессоров новых архитектур : [учебник] / А. В. Линев, Д. К. Боголепов, С. И. Бастраков ; под ред. В. П. Гергеля ; Нижегородский гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского ; [Суперкомпьютерный консорциум университетов России]. – М. : Изд-во Московского университета, 2010. – 148 с.
4. Практикум по методам параллельных вычислений : [учебник] / А. В. Старченко, Е. А. Данилкин, В. И. Лаева, С. А. Проханов ; под ред. А. В. Старченко ; Томский гос. ун-т ; Суперкомпьютерный консорциум ун-тов России. – М. : Изд-во Московского университета, 2010. – 199 с. – URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000421177>

5. Высокопроизводительные вычисления на кластерах. Томск: Изд-во Том. Ун-та, 2008. – 198 с. <http://math.tsu.ru/sites/default/files/mmf2/e-resources/parallel.pdf>

б) Перечень дополнительной учебной литературы.

1. Хокни, Джесхоуп. Параллельные ЭВМ. М.: Радио и связь, 1986.
2. Ортега Дж. Введение в параллельные и векторные методы решения линейных систем. М.: Мир, 1991.
3. Фадеева В.Н., Фадеев Д.К. Параллельные вычисления в линейной алгебре.
4. Воеводин В.В. Математические модели и методы в параллельных процессах.
5. Гергель В.П., Стронгин Р.Г. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем. Нижний Новгород: ННГУ, 2002. 122с.
6. Воеводин В.В., Воеводин Вл. В. Параллельные вычисления. -СПб: БХВ -Петербург, 2002. -608 с.

5.2. Базы данных и информационно-справочные системы, в том числе зарубежные

- <http://parallel.ru/>
- <http://www.netlib.org/blas/>
- <https://software.intel.com/en-us/intel-mkl>
- Массовый открытый онлайн-курс «Введение в параллельное программирование с использованием OpenMP и MPI» <https://www.coursera.org/learn/parallelnoye-programmirovaniye>
- <http://top500.org>
- <http://top50.supercomputers.ru>

5.3. Перечень лицензионного и программного обеспечения

- 1) операционная система Windows 7 или Windows 10 <https://www.microsoft.com/ru-ru/software-download/windows10>
- 2) putty (дистрибутив putty) <https://www.putty.org/>
- 3) winscp (дистрибутив winscp) <https://winscp.net/eng/download.php>

5.4. Оборудование и технические средства обучения

Для проведения лабораторных работ и самостоятельной работы используются аудитории учебно-вычислительной лаборатории ММФ и вычислительный кластер ТГУ Cyberia. При выполнении индивидуальных заданий, самостоятельных и лабораторных работ используется свободное и лицензионное программное обеспечение:

- офисный пакет Microsoft Office 2010 (составление отчетов);
- putty (программа для организации работы на вычислительном кластере).

5. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины

Для успешного освоения материала студентам необходимо посещать занятия, а во время самостоятельной работы пользоваться основной и дополнительной литературой,

базами данных и информационно-справочными системами, которые представлены в списке литературы. Самостоятельная работа студентов состоит в повторении материала с практических занятий и самостоятельного изучения дополнительных вопросов, более глубокого анализа темы с помощью литературы.

6. Преподавательский состав, реализующий дисциплину

Старченко Александр Васильевич, профессор, доктор физико-математических наук.
Данилкин Евгений Александрович, доцент, кандидат физико-математических наук.

7. Язык преподавания

Русский