

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им.
Н.И. Лобачевского»

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол от
«30» ноября 2022 г. № 13

Рабочая программа дисциплины

Параллельные численные методы

Уровень высшего образования
магистратура

Направление подготовки
090404 Программная инженерия

Профиль подготовки
Технологии цифровой трансформации

Форма обучения
очная

Нижний Новгород
2023 год

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Б1.В.01, Параллельные численные методы» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)» направления подготовки 09.04.04 «Программная инженерия» профиля подготовки «Технологии цифровой трансформации». Дисциплина преподается во 2 семестре. Трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 час., экзамен.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина «Б1.В.01, Параллельные численные методы» относится к части ООП направления подготовки 09.04.04 «Программная инженерия», формируемой участниками образовательных отношений

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции	Планируемые результаты обучения	Наименование оценочного средства
1	ПК-11	Владеет методами организационного и технологического обеспечения проектирования и дизайна ИС	ПК-11.1. Знает инструменты и методы проектирования и дизайна ИС	Собеседование, тест
			ПК-11.2. Умеет проводить обеспечение соответствия проектирования и дизайна ИС принятым в организации или проекте стандартам и технологиям	Собеседование, тест
			ПК-11.3. Имеет практический опыт верификации структуры программного кода ИС	Собеседование, задача

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины (модуля) составляет

6 зачетных единиц, всего 216 час., из которых

66 час. составляет **контактная** работа обучающегося с преподавателем:

32 часа занятия лекционного типа

32 часа занятия семинарского типа (семинары, лабораторные работы и т.п.),

2 час. мероприятия промежуточной аттестации

150 час. составляет **самостоятельная** работа обучающегося (в т.ч. включая 36 час. подготовки к экзамену).

Содержание дисциплины

Наименование и краткое		в том числе
------------------------	--	-------------

содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				Самостоятельная работа студента, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	из них Всего контактных часов	
1.Введение в технологии параллельного программирования в системах с общей памятью	35	5		5	10	25
2.Элементы компьютерной арифметики	35	5		5	10	25
3.Прямые методы решения СЛАУ	39	7		7	14	25
4.Итерационные методы решения СЛАУ	35	5		5	10	25
5.Методы решения дифференциальных уравнений в частных производных	35	5		5	10	25
6.Параллельные методы Монте-Карло	35	5		5	10	25
Текущий контроль (КСР)	2				2	
Итого	216	32		32	66	150

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает: проведение семинарских занятий и лабораторных работ, решение практических задач, решение тестовых задач,

На проведение практических занятий (семинарских занятий /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 32 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: создание и сопровождение архитектуры программных средств, разработка и тестирование программного обеспечения;
- компетенций – ПК-11.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий лабораторного типа, групповых или индивидуальных консультаций.

Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (экзамен).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде работы с рекомендованной обязательной и дополнительной литературой, подготовке к лекциям, подготовке к экзамену и выполнения лабораторных работ. Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 6.2.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется электронный курс (Параллельные численные методы, <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=6131>), созданный в системе электронного обучения ННГУ - <https://e-learning.unn.ru/>,

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые	Продemonstrированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены	Продemonstrированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все	Продemonstrированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном	Продemonstrированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным	Продemonstrированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания,

	я от ответа	ошибки.	все задания но не в полном объеме.	задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	объеме, но некоторые с недочетами.	недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможнос ть оценить наличие навыков вследствие отказа обучающего я от ответа	При решении стандартных задач не продемонстр ированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальны й набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстри рованы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстри рованы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстр ированы навыки при решении нестандартн ых задач без ошибок и недочетов.	Продемонстр ирован творческий подход к решению нестандартн ых задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
	Неудовлетворитель- но	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

Блочное LLT-разложение.		
6.	Структура данных для хранения разреженных матриц. (Координатный формат, разреженный строчный формат). Реализация типовых алгоритмов для разреженных матриц (произведение матрицы на вектор, матричное умножение, транспонирование).	ПК-11
7.	Структура данных для хранения разреженных матриц. (Координатный формат, разреженный строчный формат). Решение системы линейных уравнений с симметричной положительно определенной разреженной матрицей: использование разложения Холецкого, проблемы его эффективной реализации. Переупорядочивание матрицы методом минимальной степени. Переупорядочивание матрицы методом вложенных сечений. Распараллеливание алгоритма с учетом дерева исключения.	Плохо ПК-11
8.	Решение уравнения колебаний (дифференциальное уравнение в частных производных 2-го порядка гиперболического типа) методом конечных разностей. Параллельная реализация метода: особенности использования для общей и разделяемой памяти.	ПК-11
9.	Решение уравнения теплопроводности (дифференциальное уравнение в частных производных 2-го порядка параболического типа) методом конечных разностей. Явная разностная сема, схема Кранка-Николсона. Параллельная реализация метода.	ПК-11
10.	Решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона с использованием метода верхней релаксации. Распараллеливание метода, волновая схема вычислений.	ПК-11
11.	Базовые итерационные методы линейной алгебры: простой итерации, Якоби, Зейделя, верхней релаксации. Распараллеливание методов. Связь с предобуславливанием.	ПК-11
12.	Предобуславливание систем линейных уравнений. Предобуславливатели, основанные на базовых итерационных методах. Предобуславливатели, основанные на неполном LU-разложении (ILU(0), ILU(p), ILU(t) предобуславливатели).	ПК-11
13.	Численное решение задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения, семейство методов Рунге-Кутты. Параллельное решение систем линейных дифференциальных уравнений; применение методов 1-го, 2-го и 4-го порядков. Конвейеризация при решении разреженных систем.	ПК-11
14.	Решение задач вычислительной математики методом Монте-Карло. Генерация псевдослучайных чисел, примеры генераторов. Параллельная генерация псевдослучайных чисел, метод с перешагиванием, метод разделения последовательности (на примере линейного конгруэнтного генератора).	ПК-11

5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-11

Приведены варианты ответов, правильный вариант отмечен знаком «+»

- Метод встречной прогонки:
 - плохо параллелится, ускорение отсутствует
 - + хорошо параллелится для любых задач.
 - хорошо параллелится, но только в случае задач небольшого размера.
- Какой из трех вариантов LU-разложения (по столбцу, по строке, компактная схема) более предпочтителен при реализации (матрица хранится по строкам)?
 - + По столбцу, так как при вычислении j-го столбца используются все элементы строк от j-й до n-й, а доступ к строке матрицы в языке C организован эффективно.

- b. По строке, так как при вычислении i -й строки используются все элементы столбцов от 1-го до i -го, а доступ к столбцу матрицы в языке С организован эффективно.
 - c. Компактная схема, так как она обладает меньше трудоемкостью.
- 3. Как соотносятся погрешности метода Гаусса без выбора ведущего элемента и метода Гаусса с выбором ведущего элемента по столбцу?
 - a. Погрешности одинаковые и сопоставимы с ошибкой округления
 - b. Погрешность обычного метода Гаусса меньше, чем метода с выбором ведущего элемента
 - c. +Погрешность метода Гаусса с выбором ведущего элемента меньше, чем обычного метода.
- 4. Как соотносятся погрешности метода Гаусса без выбора ведущего элемента и метода Гаусса с выбором ведущего элемента по столбцу и по строке?
 - a. Погрешности одинаковые и сопоставимы с ошибкой округления
 - b. Погрешность обычного метода Гаусса меньше, чем метода с выбором ведущего элемента
 - c. +Погрешность метода Гаусса с выбором ведущего элемента меньше, чем обычного метода.
- 5. Будет ли блочный алгоритм LU-разложения эффективнее обычного алгоритма?
 - a. Нет, в силу одинаковой трудоемкости методы одинаково эффективны
 - b. Нет, обычный алгоритм эффективнее в силу меньшей трудоемкости
 - c. Да, блочный алгоритм эффективнее в силу меньшей трудоемкости
 - d. +Да, блочный алгоритм эффективнее при одинаковой трудоемкости в силу правильного использования кэш-памяти.

5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-11

Выполнить задание одной из лабораторных работ:

- 1) Лабораторная работа «Вычисление определенного интеграла методом прямоугольников. Отладка, оптимизация, параллелизм»
- 2) Лабораторная работа «Параллельная сортировка вещественных чисел за линейное время»
- 3) Лабораторная работа «Применение методов прогонки и редукции для решения СЛАУ с ленточной матрицей на примере задачи вычисления цены составного опциона»
- 4) Лабораторная работа «Решение разреженных СЛАУ итерационными методами в задаче распространения тепла в пластине»
- 5) Лабораторная работа «Решение дифференциальных уравнений в частных производных на примере задачи распространения тепла в пластине»
- 6) Лабораторная работа «Параллельные методы Монте-Карло в задаче вычисления справедливой цены опциона европейского типа»

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

- 1) В.П. Гергель, К.А. Баркалов, И.Б. Мееров, А.В. Сысоев, и др. Параллельные вычисления. Технологии и численные методы: Учебное пособие в 4 томах. – Н. Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2013. – 1388 С. – ISBN 978-5-91326-203-5 (50 экз)

б) дополнительная литература:

2) Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений. – М.: Интернет-Университет Информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007 (<http://www.intuit.ru/studies/courses/1156/190/info>)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1) Intel Math Kernel Library Reference Manual.

[<http://software.intel.com/sites/products/documentation/hpc/mkl/mklman.pdf>].

2) Интернет-университет суперкомпьютерных технологий. [<http://www.hpcu.ru>]

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: компьютерный класс, проектор, экран.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Учебная и научная литература, учебно-методические материалы, представленные в библиотечном фонде, в электронных библиотеках и на кафедре математического обеспечения и суперкомпьютерных технологий.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО ННГУ с учетом рекомендаций ФГОС ВО по направлению 090404 Программная инженерия.

Автор: д.т.н., профессор кафедры МОСТ, Баркалов К.А.

Рецензент д.т.н., профессор кафедры ИАНИ Старостин Н.В.

Заведующий кафедрой: д.ф.-м.н, проф. заведующий кафедрой МОСТ Стронгин Р.Г.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.