

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

Рабочая программа дисциплины

Параллельные численные методы

Уровень высшего образования
магистратура

Направление подготовки
02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»

Направленность образовательной программы
Искусственный интеллект

Форма обучения
очная

Нижний Новгород
2023

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.01 «Параллельные численные методы» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» направления подготовки 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», направленность «Искусственный интеллект». Дисциплина преподается во 2 семестре.

№ Варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений. Дисциплина по выбору	Дисциплина Б1.В.ДВ.04.01 «Параллельные численные методы» относится к части ООП направления подготовки 02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии, формируемой участниками образовательных отношений.

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

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ПК-10. Способен конвертировать результаты научно-исследовательских и/или опытно-конструкторских работ в требования ИТ-проекта, и обратно: способен обеспечить ИТ-проект необходимым исследованием и опытно-конструкторскими работами, особенно в области КГ и ИИ.	ПК-10.1. Знать математические основы моделирования, методы вычислений и параллельной обработки данных, информационные технологии.	<u>Знает</u> : Имеет широкие знания в основах математического моделирования, методах вычислений, информационных технологиях, использует базовые структуры данных и алгоритмы в новых областях знаний, связанных с когнитивными системами.	Собеседование
	ПК-10.2. Умеет проводить мониторинг и управление работами проекта в проектах малого и среднего уровня сложности в области ИТ, особенно в области КГ и ИИ.	<u>Умеет</u> применять широкие знания в математическом моделировании, методах вычислений, информационных технологиях, связанных с когнитивными системами, для их конвертации в ИТ-проект и его реализацию.	Собеседование, задание

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе:	
аудиторные занятия (контактная работа):	50
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа	-
- занятия лабораторного типа	16
- текущий контроль (КСР)	2
самостоятельная работа	22
Промежуточная аттестация - экзамен	36

3.2 Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	в том числе				
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				Самостоятельная работа студента часы
		из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего контактных часов	
1.Введение в технологии параллельного программирования в системах с общей памятью	16	4	2		6	4
2.Элементы компьютерной арифметики	22	8	4		12	3
3.Прямые методы решения СЛАУ	16	4	2		6	4
4.Итерационные методы решения СЛАУ	14	4	2		6	3
5.Методы решения дифференциальных уравнений в частных производных	24	8	4		12	4
6.Параллельные методы Монте-Карло	15	4	2		6	4
Текущий контроль (КСР)	2		2		2	
Промежуточная аттестация - Экзамен						36
Итого	108	32	18		50	58

Практические занятия (семинарские занятия) 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: разработку параллельных программ, которые решают задачу: Вычисление определенного интеграла методом прямоугольников; Параллельная сортировка вещественных чисел за линейное время; Применение методов прогонки и редукции для решения СЛАУ с ленточной матрицей на примере задачи вычисления цены составного опциона; Решение разреженных СЛАУ итерационными методами в задаче распространения тепла в пластине; Решение дифференциальных уравнений в частных производных на примере задачи распространения тепла в пластине; Параллельные методы Монте-Карло в задаче вычисления справедливой цены опциона европейского типа.

На проведение практических занятий (семинарских занятий) в форме практической подготовки отводится 16 часов.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: Разработка, тестирование, оптимизация программного обеспечения (ПО). Разработка технической документации на продукцию в сфере ИТ.
- компетенций – ПК-10: Способен конвертировать результаты научно- исследовательских и/или опытно-конструкторских работ в требования ИТ-проекта, и обратно: способен обеспечить ИТ-проект необходимым исследованием и опытно-конструкторскими работами. (ПК-10.2: Иметь навыки применения результатов научно- исследовательских и опытно-конструкторских работ в ИТ-проектах в области КС.).

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях лабораторного типа. 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. 5.2.

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. Невозможнос	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе	Уровень знаний в

	ть оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	грубые ошибки.	негрубых ошибки.	Допущено несколько негрубых ошибок	Допущено несколько несущественных ошибок	подготовки, без ошибок.	объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных 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»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения для формирования компетенции ПК-10

5.2.1 Типовые тестовые вопросы для проведения автоматизированного тестирования для оценки результатов обучения для формирования компетенции ПК-10

- 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.
 - 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 C организован эффективно.
 - Компактная схема, так как она обладает меньше трудоемкостью.
- Как соотносятся погрешности метода Гаусса без выбора ведущего элемента и метода Гаусса с выбором ведущего элемента по столбцу?
 - Погрешности одинаковые и сопоставимы с ошибкой округления
 - Погрешность обычного метода Гаусса меньше, чем метода с выбором ведущего элемента
 - Погрешность метода Гаусса с выбором ведущего элемента меньше, чем обычного метода.
- Как соотносятся погрешности метода Гаусса без выбора ведущего элемента и метода Гаусса с выбором ведущего элемента по столбцу и по строке?
 - Погрешности одинаковые и сопоставимы с ошибкой округления
 - Погрешность обычного метода Гаусса меньше, чем метода с выбором ведущего элемента
 - Погрешность метода Гаусса с выбором ведущего элемента меньше, чем обычного метода.
- Будет ли блочный алгоритм LU-разложения эффективнее обычного алгоритма?
 - Нет, в силу одинаковой трудоемкости методы одинаково эффективны
 - Нет, обычный алгоритм эффективнее в силу меньшей трудоемкости
 - Да, блочный алгоритм эффективнее в силу меньшей трудоемкости

- d. Да, блочный алгоритм эффективнее при одинаковой трудоемкости в силу правильного использования кэш-памяти.
- 6. Какой из трех вариантов разложения Холецкого (строчный, столбцовый, с изменением подматрицы) предпочтителен при реализации (матрица хранится по строкам)?
 - a. Строчный, так как при вычислении i -й строки используются все элементы столбцов от 1-го до i -го, а доступ к столбцу матрицы в языке C организован эффективно.
 - b. Столбцовый, 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.
 - c. Алгоритм, изменяющий подматрицу, так как он менее трудоемкий, чем первые два.
- 7. Будет ли блочный алгоритм разложения Холецкого эффективнее обычного алгоритма разложения?
 - a. Нет, в силу одинаковой трудоемкости методы одинаково эффективны
 - b. Нет, обычный алгоритм эффективнее в силу меньшей трудоемкости
 - c. Да, блочный алгоритм эффективнее при одинаковой трудоемкости в силу правильного использования кэш-памяти.
 - d. Да, блочный алгоритм эффективнее в силу меньшей трудоемкости
- 8. Как вы оцениваете свойства итерационного метода верхней релаксации метода с точки зрения его возможного распараллеливания?
 - a. Метод обладает отличными свойствами для распараллеливания, зависимости данных нет.
 - b. Метод обладает хорошими свойствами для распараллеливания, есть зависимость по данным только между итерациями.
 - c. Метод плохо параллелится в силу зависимости данных не только между итерациями, но и в рамках одной итерации

5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения для формирования компетенции ПК-10

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 ННГУ по направлению 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии».

Автор К.А. Баркалов

Зам. зав. кафедрой И.Б.Мееров

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