

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

Радиофизический факультет
(факультет / институт / филиал)

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

Рабочая программа дисциплины

Параллельное и распределенное программирование
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
магистратура
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»
(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Теория информации
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
очная
(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.О.07 «Параллельное и распределенное программирование» относится к обязательной части ООП направления подготовки 02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии.

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	
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	УК-1.1. Знает методы критического анализа проблемных ситуаций.	<p><i>Знать</i> виды проблемных ситуаций в области своей профессиональной деятельности</p> <p><i>Уметь</i> анализировать проблемные ситуации в ходе проведения исследования</p> <p><i>Владеть</i> методами решения проблемных ситуаций</p>	<i>Письменные и устные ответы на вопросы, контрольные задания, устное собеседование.</i>
	УК-1.2. Умеет выработать стратегию действий при возникновении критических ситуаций.	<p><i>Знать</i> основные методы решения проблемных ситуаций в области своей профессиональной деятельности</p> <p><i>Уметь</i> вырабатывать стратегию действий для решения проблемных ситуаций в ходе проведения исследования</p> <p><i>Владеть</i> навыками решения проблемных ситуаций</p>	

	УК-1.3. Владеет основами системного подхода к анализу проблемных ситуаций.	<p><i>Знать</i> методы критического анализа проблемных ситуаций</p> <p><i>Уметь</i> осуществлять анализ проблемных ситуаций</p> <p><i>Владеть</i> основами системного подхода к анализу проблемных ситуаций</p>	
ОПК-5. Способен устанавливать и сопровождать программное обеспечение информационных систем, осуществлять эффективное управление разработкой программных средств и проектов	ОПК-5.1. Знает методику установки и администрирования информационных систем и баз данных. Знаком с перечнем ПО, входящим в Единый реестр российских программ.	<p><i>Знать</i> перечень ПО, входящих в Единый реестр российских программ</p> <p><i>Уметь</i> администрировать информационные системы и базы данных</p> <p><i>Владеть</i> методикой установки информационных систем и баз данных</p>	<i>Письменные и устные ответы на вопросы, контрольные задания, устное собеседование.</i>
	ОПК-5.2. Умеет реализовывать техническое сопровождение информационных систем и баз данных.	<p><i>Знать</i> комплекс мероприятий из которых состоит сопровождение информационных систем и баз данных</p> <p><i>Уметь</i> реализовывать техническое сопровождение информационных систем и баз данных</p> <p><i>Владеть</i> навыком осуществлять эффективное управление разработкой программных средств и проектов</p>	

	ОПК-5.3. Имеет практические навыки установки и инсталляции программных комплексов.	<i>Знать</i> правила установки информационных систем и баз данных <i>Уметь</i> выявлять проблемы при установке программных комплексов <i>Владеть</i> практическими навыками установки и инсталляции программных комплексов	
--	--	---	--

3. Структура и содержание дисциплины «Параллельное и распределенное программирование»

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа): - занятия лекционного типа - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
самостоятельная работа	75
КСР	1
Промежуточная аттестация – зачет	

Содержание дисциплины (модуля)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины,	Всего (часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них	самостоятельная работа обучающегося

форма промежуточной аттестации по дисциплине		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
1. Основные направления развития высокопроизводительных компьютеров	10	2			2	8
2. Парадигмы, модели и технологии параллельного программирования	60	20			20	40
3. Основные понятия параллелизма алгоритмов	37	10			10	27
В т.ч. текущий контроль	1					1
Промежуточная аттестация – зачет						

При чтении лекций используется активная форма, заключающаяся в разборе конкретных ситуаций, возникающих при анализе рассматриваемых физических явлений (анализ корректности постановки задачи, выявление физического смысла полученного результата).

Используются следующие интерактивные формы проведения занятий:

- Предоставление студентам адресов необходимых Интернет–ресурсов.
- Обмен со студентами адресами электронной почты для обеспечения оперативного взаимодействия.
- Отправка студентам электронных писем, содержащих необходимые образовательные ресурсы (материалы к лекциям, персональные задания к зачёту).
- Предоставление студентам возможности обсуждения проблем, возникающих при освоении дисциплины, с использованием сети Интернет.

Целью освоения дисциплины является освоение базовых знаний по вопросам организации параллельных вычислительных систем, а также основных технологий организации параллельных вычислений на многопроцессорных вычислительных комплексах с распределенной или общей оперативной памятью.

Объектами изучения в данной дисциплине являются: основные принципы организации параллельной обработки данных; модели, методы и технологии параллельного программирования; средства и методы отладки параллельных приложений; библиотеки, надстройки к компиляторам для создания параллельных приложений.

Задачи изучения дисциплины:

- ознакомление с основными направлениями в области организации параллельных вычислений на многопроцессорных вычислительных системах;
- изучение технологий параллельного программирования;
- приобретение навыков параллельного программирования с использованием интерфейса передачи сообщений;
- изучение технологий параллельного программирования на системах с общей оперативной памятью;
- приобретение навыков распараллеливания алгоритмов;
- подготовка студентов к изучению других дисциплин по информационным технологиям.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения лекционных занятий и в конце курса при проведении экзамена по данной дисциплине.

– во время лекций формулируются проблемы, которые студенты должны решить самостоятельно. На последующих лекциях проводится открытое обсуждение полученных результатов и даётся правильное решение.

– задания для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины выдаются студентам заранее. В случае необходимости проводятся индивидуальные консультации.

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 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 несущественными 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	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некото-	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с неко-	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без оши-	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

	вследствие отказа обучающегося от ответа	грубые ошибки.	рыми недочетами	торыми недочетами	бок и недочетов.	недочетов.	
--	--	----------------	-----------------	-------------------	------------------	------------	--

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
зачтено	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.

5.2.1 Контрольные вопросы

5.2.2. Вопросы выносимые на зачет

Примеры контрольных вопросов	Код компетенции (согласно РПД)
1. Векторная и конвейерная обработка данных.	УК-1, ОПК-5
2. Многопроцессорная и многомашинная, параллельная обработка данных.	УК-1, ОПК-5
3. Оценки производительности вычислительных систем.	УК-1, ОПК-5
4. Производительность кластера – латентность, пропускная способность.	УК-1, ОПК-5
5. Классификация многопроцессорных вычислительных систем.	УК-1, ОПК-5
6. Системы с распределенной, общей памятью, примеры систем.	УК-1, ОПК-5
7. Массивно-параллельные системы (MPP).	УК-1, ОПК-5
8. Симметричные мультипроцессорные системы (SMP).	УК-1, ОПК-5
9. Параллельные векторные системы (PVP).	УК-1, ОПК-5
10. Системы с неоднородным доступом к памяти (Numa), примеры систем.	УК-1, ОПК-5
11. Компьютерные кластеры	УК-1, ОПК-5
12. Организация межпроцессорных связей – коммуникационные топологии.	УК-1, ОПК-5

13. Парадигмы параллельного программирования.	УК-1, ОПК-5
14. Модели параллельного программирования.	УК-1, ОПК-5
15. Параллельное программирование с использованием интерфейса передачи сообщений MPI. Библиотека MPI.	УК-1, ОПК-5
16. Инициализация и завершение MPI-приложения. Обмены данными между процессами MPI-программы.	УК-1, ОПК-5
17. Коллективные взаимодействия процессов в MPI. Управление группами и коммутаторами в MPI.	УК-1, ОПК-5
18. Стандарты программирования для систем с разделяемой памятью. Создание многопоточных приложений.	УК-1, ОПК-5
19. Синхронизация данных между ветвями в параллельной программе. Директивы языка OpenMP.	УК-1, ОПК-5
20. Гибридные модели программирования SMP-систем. Передача данных между узлами кластера функциями MPI, обмен данными внутри узла между ядрами процессора через потоки OpenMP.	УК-1, ОПК-5
21. Классификация ошибок параллельных программ. Особенности отладки параллельных приложений.	УК-1, ОПК-5
22. Степень параллелизма численного алгоритма. Закон Амдала.	УК-1, ОПК-5

5.2.3. Типовые задания для оценки сформированности компетенций «УК-1», «ОПК-5»

<i>Примеры контрольных заданий</i>	<i>Код компетенции (согласно РПД)</i>
1. 3-1. Дана двумерная матрица размерности (n,m) , где $n > 100$, $m > 50$. Найти сумму диагональных элементов, сумму всех элементов матрицы, транспонировать матрицу и построить зависимость коэффициента ускорения от числа ядер (потоков) на узле.	УК-1, ОПК-5
2. 3-2. Дан двумерный массив размерности (n,m) , где $n > 100$, $m > 50$. Отсортировать данный массив методом сортировки Шелла и построить зависимость коэффициента ускорения от числа ядер (потоков) на узле. В-1. Векторная и конвейерная обработка данных. В-2. Многопроцессорная и многомашинная, параллельная обработка данных.	УК-1, ОПК-5

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Воеводин В.В. Параллельные вычисления / Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. СПб: БХВ-Петербург, 2002. 608с.
2. Немнюгин С.А., Стесик О.Л. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. - 400с.
3. Хьюз К. Параллельное и распределенное программирование с использованием C++. Вильямс, 2004. 672 с.
4. Антонов А.С. Параллельное программирование с использованием технологии MPI. Изд. МГУ, 2004. 71 с.
5. Ортега Дж. Введение в параллельные и векторные методы решения линейных систем: Пер. с англ. М.: Мир, 1991. 367с.
6. Эндрюс Г.Р. Основы многопоточного, параллельного программирования. Пер. с англ. М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003. 512с.

б) дополнительная литература:

1. Бахвалов Н.С. Численные методы. М.: Наука, 1975.
2. Березин И.С. Методы вычислений / Березин И.С., Жидков Н.П. М.: Физматгиз, 1966. Т.1.
3. Валях Е. Последовательно-параллельные вычисления / Пер. с англ. М.: Мир, 1985. 456с.
4. Голуб Дж., Ван Лоун Ч. Матричные вычисления: Пер. с англ. – М.: Мир, 1999. - 548 с.
5. Корнеев В.В. Параллельные вычислительные системы. М: "Нолидж", 1999. 320 с.
6. Старченко А.В. Параллельные вычисления на многопроцессорных вычислительных системах / Старченко А.В., Есаулов А.О. Томск: ТГУ, 2002. 56 с.
7. Таненбаум Э. Архитектура компьютера // СПб, Изд-во «Питер», 2002 г
8. Шнитман В. Современные высокопроизводительные компьютеры. 1996. <http://www.citforum.ru/hardware/svk/contents.shtml>
9. Форсайт Дж. Машинные методы математических вычислений / Форсайт Дж., Малькольм М., Моулер К. М.: Мир, 1980.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Microsoft Visual Studio
2. Microsoft MPI
3. <http://cyberleninka.ru>
4. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library>
5. www.parallel.ru
6. www-unix.mcs.anl.gov/mpi/tutorial
7. <http://www.informika.ru/text/teach/topolog/index.htm>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: мультимедийный проектор или ЖК-телевизор, акустическая система и микрофон, доска.

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО по направлению подготовки **02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»** (магистратура) (утвержден приказом ректора ННГУ 178-ОД от 13.04.2020).

Автор (ы): к.ф.-м.н., доцент, Жуков С.Н.

Рецензент: к.ф.-м.н., доцент, Демин И.Ю.

Заведующий кафедрой: к.ф.-м.н., профессор, Бакунов М.И.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «14» ноября 2022 года, протокол № 08/22.