

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Филиал Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова
в городе Сарове

УТВЕРЖДАЮ
Директор филиала МГУ в
городе Сарове


/В.В. Воеводин/

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Технологии суперкомпьютерного кодизайна

Уровень высшего образования:

магистратура

Направление подготовки / специальность:

02.04.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" (3++)

Направленность (профиль)/специализация ОПОП:

Суперкомпьютерные технологии и фундаментальная информатика

Форма обучения:

очная

Саров 2022

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 02.04.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" программы магистратуры в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2020 г. №1366

1. Дисциплина относится к базовой части ОПОП ВО. Преподавание дисциплины осуществляется в первом семестре.
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля): учащиеся должны владеть знаниями по алгоритмам и алгоритмическим языкам.
3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников, частично формируемые при реализации дисциплины (модуля):

- **МПК-1** Способность понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современные суперкомпьютерные технологии, математический аппарат, вычислительные методы для проведения крупномасштабного математического моделирования и обработки данных на современных высокопроизводительных вычислительных системах;
- **УК-4** Способность организовывать и осуществлять руководство деятельностью коллектива (группы) на основе социального и профессионального взаимодействия, вырабатывая и реализуя стратегию совместного достижения поставленной цели.

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

Знать:

1. базовые принципы параллельной обработки данных;
2. основные классы параллельных вычислительных систем, особенности их архитектуры;
3. технологии параллельного программирования;
4. методы оценки производительности;
5. иметь представление о вычислительно сложных задачах из разных областей;
6. проблему отображения программ и алгоритмов на архитектуру параллельных компьютеров;
7. методы анализа информационной структуры программ и алгоритмов;
8. основы построения параллельных методов решения задач.

Уметь:

1. решать задачи на параллельных вычислительных системах;

2. определять параллельную структуру программ и алгоритмов;
3. оценивать параллельную сложность алгоритмов и эффективность методов решения задач.

Владеть:

1. навыками работы с технологиями параллельного программирования;
2. навыками определения, описания и исследования информационной структуры программ и алгоритмов.

4. Формат обучения: лекции проводятся с использованием компьютерных презентаций и презентационного оборудования, при проведении экзамена применяется коллективный банк тестов по параллельным вычислениям и суперкомпьютерным технологиям СИГМА:
<http://sigma.parallel.ru>.

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., в том числе 54 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 54 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы	Самостоятельная работа обучающегося, часы <i>(виды самостоятельной работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)</i>

		Занятия лекционного типа*	Занятия семинарского типа*	Всего	
1. Введение в предмет.	8	6	0	6	2
2. Основные показатели эффективности и масштабируемости параллельных программ	10	4	2	6	6
3. Архитектура параллельных вычислительных систем.	11	8	2	10	4
4. Методы оценки производительности параллельных вычислительных систем	14	4	2	6	10
5. Технологии параллельного программирования: особенности, эффективность, переносимость.	21	6	2	8	12
6. Компоненты и системное программное обеспечение программное обеспечение суперкомпьютеров	6	4	2	6	4
7. Введение в теорию анализа структуры программ и алгоритмов	16	4	4	8	10
Промежуточная аттестация: экзамен	10	0	4	4	6
Итого	108	36	18	54	54

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Экзамен в виде тестирования проводится с использованием Коллективного банка тестов по параллельным вычислениям и суперкомпьютерным технологиям СИГМА (<http://sigma.parallel.ru>).

В тест входит 33 вопроса, на прохождение теста даётся 60 минут. Вопросы к электронному тестированию имеют следующий вид:

В конвейерном устройстве есть 4 ступени, срабатывающих за один такт каждая. За сколько тактов это устройство обработает 5 пар аргументов?

Варианты ответов:

- 1
- 3
- 5
- 7
- 8
- 9
- 15
- Верного ответа нет.

Вопросы к устному экзамену.

1. Виды параллельной обработки данных, их особенности.
2. Вычислительно сложные задачи. Примеры оценки вычислительной сложности реальных задач.
3. Микроэлектроника и архитектура: оценка вклада в увеличение производительности компьютеров.
4. Архитектура и параметры суперкомпьютерных систем – лидеров списка Top500 (примеры).
5. Список Top500: принципы формирования, структура, параметры.
6. Иерархия памяти, локальность вычислений, локальность использования данных.
7. Закон Амдала, его следствия, суперлинейное ускорение.

8. Показатели качества параллельных программ: ускорение, эффективность реализации, эффективность распараллеливания, масштабируемость.
9. Сильная масштабируемость, масштабируемость вширь, слабая масштабируемость. Функция изоэффективности.
10. Этапы решения задач на параллельных вычислительных системах.
11. Классификация Флинна архитектур вычислительных систем.
12. Компьютеры с общей и распределённой памятью. Две задачи параллельных вычислений.
13. UMA, NUMA и ccNUMA архитектуры. Компьютеры Cm*, BBN Butterfly.
14. Общая структура ccNUMA компьютера на примере Hewlett-Packard Superdome.
15. Причины уменьшения производительности компьютеров с общей памятью.
16. Коммуникационные топологии. Длина критического пути, связность, сложность.
17. Общая структура компьютеров семейства CRAY XT: вычислительные узлы, процессорные элементы, коммуникационная сеть.
18. Общая структура компьютеров семейства CRAY XT: аппаратная поддержка синхронизации параллельных процессов.
19. Вычислительные кластеры: узлы, коммуникационная сеть (латентность, пропускная способность), способы построения.
20. Архитектура суперкомпьютеров СКИФ МГУ «Чебышев», «Ломоносов» и «Ломоносов-2».
21. Топология коммуникационной сети «толстое дерево» (fat tree) на примере реализации в суперкомпьютерах СКИФ МГУ «Чебышёв» или «Ломоносов».
22. Причины уменьшения производительности компьютеров с распределённой памятью.
23. Соотношение между понятиями: функциональное устройство, команда (операция), компьютер и их характеристиками: скалярный, векторный, конвейерный.
24. Векторизация программ, необходимые условия векторизации, препятствия для векторизации.
25. Общая структура векторно-конвейерного компьютера на примере CRAY C90. Параллелизм в архитектуре компьютера CRAY C90.
26. Суперкомпьютеры NEC SX-Aurora TSUBASA.
27. Элементы векторной обработки в современных компьютерах. Наборы инструкций MMX, SSE, AVX, AVX2, AVX-512, AltiVec, ARM SVE.
28. Причины уменьшения производительности векторно-конвейерных компьютеров.
29. Метакомпьютер и метакомпьютинг. Отличительные свойства распределенных вычислительных сред.
30. Параллелизм на уровне машинных команд. Суперскалярность, VLIW, EPIC.
31. Производительность вычислительных систем, методы оценки и измерения.
32. Технологии параллельного программирования: способы и подходы создания параллельных программ.
33. MPI: параллельная программа, сообщение, понятия групп и коммутаторов.
34. MPI: синхронное взаимодействие процессов, виды операторов Send (Bsend, Ssend, Rsend). Тупиковые ситуации.
35. MPI: асинхронное взаимодействие процессов.
36. MPI: коллективные операции.

37. MPI: пересылка разнотипных данных, пересылка упакованных данных.
38. OpenMP: параллельная программа, нити, конструкции для организации параллельных и последовательных секций.
39. OpenMP: основные конструкции для распределения работы между нитями.
40. OpenMP: основные конструкции для синхронизации нитей и работы с общими и локальными данными.
41. Аппаратные компоненты суперкомпьютера, ключевые сервисы, их назначение.
42. Способы управления ПО на суперкомпьютере, варианты загрузки.
43. Графовые модели программ, их взаимосвязь.
44. Понятия информационной зависимости и информационной независимости. Примеры использования.
45. Граф алгоритма. Критический путь графа алгоритма.
46. Эквивалентные преобразования программ. Преобразования циклов (перестановка, распределение, расщепление).
47. Виды параллелизма: конечный, массовый, координатный, скошенный.
48. Ярусно-параллельная форма графа алгоритма, высота, ширина. Каноническая ЯПФ.
49. Зависимость степени параллелизма от формы записи алгоритма (на примере реализации метода Гаусса).

Билет для устного экзамена содержит 2 вопроса, например:

1. Виды параллельной обработки данных, их особенности.
2. Суперкомпьютеры NEC SX-Aurora TSUBASA.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)				
Оценка	2	3	4	5
РО и соответствующие виды оценочных средств				
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает)	Успешное и систематическое умение

			неточности непринципиального характера)	
Навыки (владения, опыт деятельности)	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

Соответствие результатов обучения и компетенций, в развитии которых участвует дисциплина (модуль)	
Результаты обучения	Компетенция, с частичным формированием которой связано достижение результата обучения
<p>Знать:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. технологии параллельного программирования; 2. методы оценки производительности; 3. иметь представление о вычислительно сложных задачах из разных областей; 4. проблему отображения программ и алгоритмов на архитектуру параллельных компьютеров. 5. методы анализа информационной структуры программ и алгоритмов; <p>Уметь:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. решать задачи на параллельных вычислительных системах. 	МПК-1

<p>Владеть:</p> <p>1. навыками работы с технологиями параллельного программирования.</p>	
<p>Знать:</p> <p>1. базовые принципы параллельной обработки данных; 2. основы построения параллельных методов решения задач.</p> <p>Уметь:</p> <p>1. определять параллельную структуру программ и алгоритмов; 2. оценивать параллельную сложность алгоритмов и эффективность методов решения задач.</p> <p>Владеть:</p> <p>1. навыками определения, описания и исследования информационной структуры программ и алгоритмов.</p>	<p>УК-4</p>

8. Ресурсное обеспечение:

Основная литература:

1. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. - СПб.: БХВ-Петербург, 2002. - 608 с.
2. Антонов А.С. Технологии параллельного программирования MPI и OpenMP: Учеб. пособие. Предисл.: В.А.Садовничий. - М.: Издательство Московского университета, 2012.-344 с.-(Серия «Суперкомпьютерное образование»).
3. Вл.В.Воеводин, С.А.Жуматий. Вычислительное дело и кластерные системы.-М.: Изд-во МГУ, 2007.-150с. (<http://parallel.ru/info/parallel/cluster/>)

Дополнительная литература:

1. А.С.Антонов. Параллельное программирование с использованием технологии MPI.-М.: Изд-во МГУ, 2004.-71с. (<http://parallel.ru/info/parallel/>)

2. Антонов А.С. Параллельное программирование с использованием технологии OpenMP: Учебное пособие.-М.: Изд-во МГУ, 2009. - 77 с. (<http://parallel.ru/info/parallel/>)

Информационные справочные системы:

Материалы информационно-аналитического центра Parallel.ru

Открытая энциклопедия свойств алгоритмов AlgoWiki (<https://algowiki-project.org>)

Коллективный банк тестов по параллельным вычислениям и суперкомпьютерным технологиям СИГМА
<http://sigma.parallel.ru>

Лицензионное программное обеспечение, в том числе отечественного производства

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

1. Программный продукт Red Hat Enterprise Linux Server for HPC Compute Node for Power, LE, Self-support
2. Программный продукт Red Hat Enterprise Linux Server for HPC Head Node for Power, LE, Standard
3. Операционная система SUSE Linux Enterprise Server 11 SP4 for x86_64
4. Операционная система Red Hat Enterprise Linux Server 5.0 for x86_64
5. Операционная система SUSE Linux Enterprise Server 10 SP3 for ppc64
6. Операционная система Ubuntu 18.04.
7. Программное обеспечение для виртуализации Oracle VM VirtualBox
8. Операционная система ALTLinuxMATEStarterkit 9 лицензияGPL
9. Программный продукт JetBrains IntelliJ IDEA Community Edition Free Educational Licenses
10. Программный продукт JetBrains PyCharm Community Edition Free Educational Licenses
11. Программный продукт JetBrains CLion Community Edition Free Educational Licenses
12. Программный продукт UPPAAL (<http://www.uppaal.org/>) академическая лицензия
13. Программный продукт Java 8 (64-bit) Oracle Corporation

14. Программный продукт Java SE Development Kit 8(64-bit) Oracle Corporation
15. Программный продукт NetBeans IDE 8.2 NetBeans.org
16. Программный продукт Dev-C++ Bloodshed Software
17. Программный продукт CodeBlocks The Code::Blocks Team
18. Программный продукт Free Pascal 3.0.0 Free Pascal Team
19. Программный продукт Python 3.5.1 (64-bit) Python Software Foundation
20. Программный продукт R for Windows 3.2.2 R Core Team
21. Программный продукт Haskell Platform 7.10.3 Haskell.org
22. Операционная система Microsoft Windows 7 корпоративная академическая лицензия
23. Операционная система Microsoft Windows 10 Education академическая лицензия
24. Программный продукт Microsoft Project Professional 2013 академическая лицензия
25. Программный продукт Microsoft Visio Professional 2013 академическая лицензия
26. Программный продукт Microsoft Visual Studio Professional 2013 - RUS [Русский (Россия)] академическая лицензия

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. <http://www.edu.ru> – портал Министерства образования и науки РФ
2. <http://www.ict.edu.ru> – система федеральных образовательных порталов «ИКТ в образовании»
3. <http://www.openet.ru> - Российский портал открытого образования
4. <http://www.mon.gov.ru> - Министерство образования и науки Российской Федерации
5. <http://www.fasi.gov.ru> - Федеральное агентство по науке и инновациям

Материально-техническое обеспечение:
аудитория с презентационным оборудованием.

9. Язык преподавания - русский.

10. Преподаватели:

профессор факультета ВМК МГУ, член-корр. РАН, зав.кафедрой Суперкомпьютеров и квантовой информатики Вл.В. Воеводин,
вед.н.с. А.С. Антонов,
вед.н.с. С.А. Жуматий

11. Авторы программы:

профессор факультета ВМК МГУ, член-корр. РАН, зав.кафедрой Суперкомпьютеров и квантовой информатики Вл.В. Воеводин, вед.н.с.
А.С. Антонов