

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный
университет им. Х.М. Бербекова» (КБГУ)

ИНСТИТУТ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной
программы А.Р. Бечелова

« 30 » 05 2023г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
«МЕТОДЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ»

01.03.02 - Прикладная математика и информатика
(код и наименование направления подготовки)

«Проектирование систем искусственного интеллекта»
(наименование профиля подготовки)

Бакалавр

Квалификация (степень) выпускника

Очная

Форма обучения

Нальчик - 2023

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Методы параллельного программирования»/сост. Ф.Х.Кудаева – Нальчик: КБГУ, 2023. – 22 с.

Рабочая программа предназначена для преподавания факультативной дисциплины студентам очной формы обучения направления подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика в 5 семестре, 3 курса.

Рабочая программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом Минобрнауки России от 12.03.2015 г. №228.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи освоения дисциплины
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)
4. Содержание и структура дисциплины (модуля)
5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации
6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)
 - 7.1. *Нормативно-законодательные акты*
 - 7.2. *Основная литература*
 - 7.2. *Дополнительная литература*
 - 7.3. *Периодические издания (газета, вестник, бюллетень, журнал)*
 - 7.4. *Интернет-ресурсы*
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
9. Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины (модуля)

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель изучения дисциплины «Методы параллельного программирования» - получение обучающимся знаний по каждой конкретной технологии программирования в отдельности, сопоставить единство и различие всех рассматриваемых подходов и получить, тем самым, понимание общих принципов разработки параллельных программ.

Задачами освоения дисциплины являются:

- Общая характеристика параллельных вычислительных систем,
- Аппаратное обеспечение вычислительного кластера,
- Коммуникационная среда передачи данных,
- Архитектурные принципы реализации параллельной обработки в вычислительных машинах;
- Принципы разработки параллельных алгоритмов и программ,
- Методы и языковые механизмы конструирования параллельных программ;
- Параллельные вычислительные методы.
- Алгоритмический язык параллельного программирования ОККАМ,
- Алгоритмический язык для параллельного программирования,
- Технология для разработки параллельных программ для систем с общей памятью (OpenMP) и распределенной памятью (библиотека MPI),
- Параллельные численные алгоритмы для решения вычислительно-трудоемких задач.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Методы параллельного программирования» читается на 3 курсе (5 семестр) и относится к факультативным дисциплинам Вариативной части, предусмотренных учебным планом студентов по направлению 01.03.02 «Прикладная математика и информатика».

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ОПОП ВО по данному направлению подготовки (специальности):

общепрофессиональных (ОПК):

Коды	Содержание компетенций
ОПК-5	Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

ЗНАТЬ:

- основные понятия дисциплины, её методы, место и роль в решении научно практических задач с использованием современного математического аппарата;
- Основные понятия дисциплины, её методы, место и роль в решении научно практических задач с использованием современного математического аппарата;

УМЕТЬ:

- применять и совершенствовать современный математический аппарат при решении научно-практических задач прикладной математики и информатики;
- применять функционально- логическую методологию математики к системному анализу взаимосвязей процессов и построению математических моделей

ВЛАДЕТЬ:

- инструментарием для решения математических задач в области прикладной математики и информатики;

- инструментарием формально-логической концепции математики для идеализации и системного анализа связей при построении физических и математических моделей процессов и явлений;

4. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Таблица 1. Содержание дисциплины (модуля)

«Основы предпринимательской деятельности», перечень контролируемых компетенций

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
Общая характеристика параллельных вычислительных систем				
1	Архитектура высокопроизводительных ЭВМ.	Функциональные вычислительные устройства. Многоуровневая и модульная память. Конвейерные и векторные вычисления. Процессорные матрицы. Многопроцессорные вычислительные системы с общей и распределенной памятью (мультипроцессоры и мультикомпьютеры). Микропроцессорные системы. Схемы коммутации (полная коммутация - общая память, перекрестные коммутаторы, локальные схемы коммутации - общая шина, решетки, кластеры). Анализ параллельных алгоритмов и типовые топологии схем коммутации – кольцо, линейка, решетки, полный граф, гиперкуб, тор, дерево. Аппаратная реализация и программная эмуляция топологий.	ОПК-5	Коллоквиум Тестирование
2	Классификация многопроцессорных вычислительных систем.	СуперЭВМ. Многопроцессорные вычислительные комплексы (МВС). Многомашинные вычислительные комплексы. Сети ЭВМ. Высокопроизводительные вычислительные кластеры. Примеры современных высокопроизводительных вычислительных систем (Cray T932, IBM SP2, HP Exemplar, ASCI RED). Суперкомпьютерные вычислительные системы в России. Систематика Флинна. Потоки данных (команд). Конкретизация видов многопроцессорных систем: векторные компьютеры, симметричные мультипроцессоры (SMP), массивно-параллельные компьютерные системы (MPP),	ОПК-5	
3	Кластерные системы. Необходимость создания.	История проекта Beowulf. История проекта Avalon.	ОПК-5	
4	Принципы построения кластерных вычислительных систем. Узлы	Архитектура узла вычислительного кластера . Особенности использования SMP-систем в качестве узлов (OpenMP – технология).	ОПК-5	
5	Среда передачи данных:	Выбор схемы коммутации. Сетевые технологии (cLAN, SCI, Gigabit Ethernet, Fast Ethernet, Myrinet) – основные характеристики	ОПК-5	

		ки, достоинства и недостатки, особенности использования. Принципы и механизмы построения сети Интернет. Протоколы IP4, IP6, Маршрутизация, DNS и виртуальные серверы, Intranet-сети		
6	Прикладные протоколы стека TCP/IP	http, FTP, Почтовые протоколы, CGI.	ОПК-5	
7	Системное программное обеспечение.	Выбор операционной системы. Использование ОС семейства Windows в качестве платформы для построения кластера. Использование ОС Linux. Настройка операционной системы. Используемые компиляторы.	ОПК-5	
Принципы разработки параллельных алгоритмов и программ				
1	Оценка эффективности параллельных вычислений.	Показатель эффекта распараллеливания (ускорение). Эффективность использования вычислительной системы. Способы оценки показателей. Основные характеристики вычислительной системы, влияющие на величины ускорения и эффективности (архитектура, количество процессоров, топология каналов передачи данных). Оценка коммуникационной трудоемкости параллельных алгоритмов. Характеристики топологий сети передачи данных. Алгоритмы маршрутизации. Методы передачи данных. Анализ трудоемкости основных операций передачи данных. Передача данных между двумя процессорами сети. Одиночная и множественная рассылка сообщений. Операция циклического сдвига. Методы логического представления топологии коммуникационной среды. Отображение кольцевой топологии и топологии решетки на гиперкуб. Оценка производительности кластерной системы. Методика оценки производительности. Максимальная (пиковая) производительность. Удельная производительность. Широко используемые тесты производительности (LINPACK, тесты NASA). Значения показателей производительности для ряда МВС.	ОПК-5	Коллоквиум Тестирование
2	Общие принципы построения параллельных алгоритмов и программ	Распараллеливание вычислений на уровне команд, выражений, программных модулей, отдельно выполняемых заданий. Выбор параллельного алгоритма. Реализация алгоритма в виде параллельной программы. Построение исполняемой программы для параллельной вычислительной системы. Параллельное исполнение машинной программы. Частные постановки: выбор оптимального алгоритма для кон-	ОПК-5	

		<p>кретной вычислительной системы, нахождение наилучшей топологии вычислительной системы для решения определенной задачи, распараллеливание существующего алгоритма. Декомпозиция алгоритма на параллельно исполняемые блоки вычислений. Распределение заданий по процессорам и балансировка. Организация взаимодействия. Синхронизация и взаимное исключение. Передача данных между процессорами. Инструментальные системы автоматического и полуавтоматического распараллеливания. Задача автоматического распараллеливания: Сложность написания параллельных программ. Унаследованный последовательный код. Полуавтоматическое распараллеливание: Перенос последовательного кода в параллельную среду. Расширения "последовательных" языков программирования. Директивы пользователя. Система DVM. Принятые подходы к созданию параллельных программ. Популярные технологии. PVM - концепция параллельной виртуальной вычислительной машины и ее представление в виде распределенной неоднородной системы компьютеров. Установка PVM. Программирование с использованием PVM. Запуск приложений в среде PVM. MPI - библиотека передачи сообщений. Стандарты MPI. Различные реализации MPI. Выбор и установка библиотеки MPI. Подключение MPI к среде программирования. Отладка приложений, использующих MPI. Запуск приложений, написанных с использованием MPI. Средства разработки параллельных программ. Использование специализированных языков параллельного программирования (OK-KAM). Применение параллельных расширений существующих алгоритмических языков (HPF). Построение параллельного программного обеспечения на основе существующих последовательных программ с использованием средств предкомпиляции (технология OpenMP). Использование технологических (инструментальных) библиотек парал-</p>		
--	--	--	--	--

		лельного программирования (библиотеки MPI И PVM). Общая характеристика проблемы тестирования и отладки параллельных программ.		
Алгоритмический язык параллельного программирования ОККАМ				
	Общая характеристика теории процессов Хоара.	Понятие процесса и его описание при помощи протоколов. Операции над протоколами. Последовательные и параллельные процессы. Моделирование недетерминизма. Описание взаимодействия процессов. Понятие разделяемых ресурсов. Общая характеристика транспьютерных систем Особенности архитектуры транспьютера. Каналы связи. Аппаратная поддержка разделения времени между процессами. Общая структура мультитранспьютерных систем.	ОПК-5	
	Язык параллельного программирования ОККАМ.	Концепция процесса в ОККАМ. Элементарные и составные процессы. Методы конструирования агрегированных процессов (последовательное и параллельное исполнение, условие, выбор и селекция процессов, цикл и репликация). Принципы передачи данных между процессами при помощи каналов. Типы данных. Описание каналов. Процедуры и функции. Работа с внешними устройствами. Примеры программ на алгоритмическом языке ОККАМ: умножение матрицы на вектор, быстрая сортировка данных.	ОПК-5	
Алгоритмический язык Фортран HPF для параллельного программирования				
1	Специфика базовых понятий. Базовые типы данных.	Операторы описания. Выражения. Указатели. Конструирование производных типов данных. Структура программы. Понятие подпрограммы. Модули и интерфейсы. Массивы. Сечения. Динамические массивы. Конструкторы. Оператор WHERE. Директивы распределения данных DISTRIBUTE и ALIGN. Распределение многомерных и динамических массивов.	ОПК-5	
2	Управление параллельными вычислениями.	Оператор FORALL. Директива INDEPENDENT. Учебный пример: матричное умножение	ОПК-5	
Технология OpenMP для разработки параллельных программ для систем с общей памятью				
	Общая характеристика технологии	Технология OpenMP как стандарт параллельного программирования для многопроцессорных систем с общей памятью (SMP, NUMA и др.). История развития стандарта. Международные организации стандартизации технологии. Общая характеристика подхода. Разработка параллельных программа на основе их по-	ОПК-5	

		следовательных прототипов. Внесение указаний о распараллеливании в виде директив препроцессора. Положительные стороны технологии: поэтапность разработки, единство последовательного и параллельного кода, стандартизованность, возможность применения для наиболее распространенных языков программирования С и Фортран. Формат записи директив. Области видимости директив. Статический и динамический контекст. Отделенные директивы.		
2	Управление параллельными областями.	Пульсирующий (fork-join) принцип организации параллелизма. Создание параллельных областей. Директива PARALLEL. Разделение вычислительной нагрузки между потоками. Директивы DO/FOR и SECTIONS. Балансировка вычислений.	ОПК-5	
	Управление разделяемыми данными	Общие (разделяемые) и локальные данные потоков. Необходимость синхронизации. Директивы CRITICAL, ATOMIC и BARRIER. Параметры SHARED и PRIVATE директивы PARALLEL. Синхронизированные версии выполнения операций (редукция данных). Параметры REDUCTION директивы PARALLEL. Взаимоисключение доступа к общим переменным. Семафоры (замки). Функции INIT_LOCK, SET_LOCK и UNSET_LOCK.	ОПК-5	
	Общая характеристика среды выполнения.	Функции и переменные окружения. Сравнительная характеристика компиляторов, обеспечивающих поддержку технологии OpenMP	ОПК-5	
	Учебно-практическая задача численного решения дифференциальных уравнений в частных производных	Постановка задачи. Задача Дирихле для уравнения Пуассона. Конечно-разностная аппроксимация задачи и алгоритм Гаусса-Зейделя. Использование OpenMP для организации параллелизма. Проблема синхронизации параллельных вычислений. Возможность неоднозначности вычислений в параллельных программах. Проблема взаимоблокировки. Исключение неоднозначности вычислений. Волновые схемы параллельных вычислений. Балансировка вычислительной нагрузки процессоров. Результаты вычислительных экспериментов.	ОПК-5	
Разработка параллельных программ для систем с распределенной памятью с использованием библиотеки MPI				
1	Общая характеристика подхода.	Модель организации параллельных вычислений в виде одновременного выполнения одной и той же программы на нескольких процессорах	ОПК-5	

		<p>(single program multiple data - SPMD). Организация взаимодействия параллельно выполняемых программ при помощи передачи сообщений (message passing interface - MPI). Стандарт спецификаций процедур передачи данных как основа разработки мобильных (переносимых) параллельных программ для разнородных многопроцессорных вычислительных систем. История развития стандарта MPI. Международные организации стандартизации технологии. Общая характеристика подхода: процессы, сообщения, типы данных, коммутаторы, топологии. Формат записи команд вызова функций библиотеки MPI. Структура программы и минимально необходимый набор функций. Общая характеристика среды выполнения. Определение состава используемых процессоров. Команда запуска на выполнение mpirun. Учебный пример. Положительные стороны технологии: инкапсуляция низкоуровневых проблем передачи данных, возможность предварительной подготовки параллельных программ на однопроцессорных компьютерах, стандартизованность, применимость для наиболее распространенных языков программирования C и Фортран. Управление обменом сообщениями между процессами. Функции передачи сообщений MPI_Send и MPI_Recv. Описание пересылаемых данных. Идентификация процессов и сообщений. Коллективные операции передачи данных. Передача данных всем процессам (функция MPI_Bcast). Операции редукции данных (функция MPI_Reduce). Синхронизация вычислений (функция MPI_Barrier). Учебный пример: численное интегрирование. Режимы передачи сообщений (блокирующий, синхронный, буферизуемый, по готовности). Попарный обмен сообщениями. Общая характеристика дополнительных операций передачи данных. Управление данными. Базовые типы данных в MPI. Понятие производного типа данных. Карта и сигнатура типа. Методы конструирования производных типов данных: непрерывный, векторный, N-векторный, индексный, N-векторный, упакованный. Общий способ определения производного типа данных. Учебный пример: ленточная схема разделе-</p>	
--	--	--	--

		<p>ния данных при умножении матриц. Управление процессами</p> <p>Понятие группы процессов и коммуникатора. Функции для управления группами и коммуникаторами. Учебный пример: моделирование топологии взаимодействия процессов в виде прямоугольной решетки. Функции MPI для работы с виртуальными топологиями взаимодействия процессов.</p>		
2	<p>Общая характеристика среды выполнения</p>	<p>Функции и переменные окружения. Сравнительная характеристика реализаций библиотеки MPI. Учебно-практическая задача численного решения дифференциальных уравнений в частных производных</p> <p>Способы разделения данных. Обмен информацией между процессорами. Коллективные операции обмена информацией. Организация волны вычислений. Блочная схема разделения данных. Оценка трудоемкости операций передачи данных.</p>	ОПК-5	
Параллельные численные алгоритмы для решения вычислительно-трудоемких задач				
1	<p>Параллельные численные алгоритмы линейной алгебры</p>	<p>Способы разбиения матриц (горизонтальная, вертикальная, блочные схемы). Методы вычисления произведения матриц с использованием разных схем разбиения матриц. Блочные алгоритмы Фокса и Кэннона. Обеспечение предельно допустимого параллелизма. Обращение матриц. Параллельные методы решения систем линейных уравнений</p>	ОПК-5	
3	<p>Параллельная сортировка данных.</p>	<p>Параллельное обобщение базовой операции сортировки. Пузырьковая сортировка. Сортировка Шелла. Быстрая сортировка.</p>	ОПК-5	
4	<p>Параллельная обработка графов.</p>	<p>Нахождение минимально охватывающего дерева (параллельный вариант алгоритма Прима). Поиск кратчайших путей (параллельный вариант алгоритма Дейкстры). Базовые типы данных в MPI. Понятие производного типа данных. Карта и сигнатура типа. Методы конструирования производных типов данных: непрерывный, векторный, N-векторный, индексный, N-векторный, упакованный. Общий способ определения производного типа данных. Учебный пример: ленточная схема разделения данных при умножении матриц.</p>	ОПК-5	

На изучение курса отводится 108 часов (3 з.е.), из них: контактная работа 42 ч., в том числе лекционных – 14 часов; практических – 28 часа; самостоятельная работа студента 66 часа; завершается зачетом.

Структура дисциплины (модуля)
«Методы параллельного программирования»

Таблица 2. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов)

Вид работы	Трудоемкость, часы	
	семестр – 5	Всего
Общая трудоемкость (в часах)	108	108
Контактная работа (в часах):	51	51
Лекции (Л)	17	17
Практические занятия (ПЗ)	34	34
Семинарские занятия (СЗ)		
Лабораторные работы (ЛР)		
Самостоятельная работа (в часах):	48	48
Расчетно-графическое задание (РГЗ)		
Реферат (Р)		
Эссе (Э)		
Контрольная работа (К)		
Самостоятельное изучение разделов		
Курсовая работа (КР)		
Курсовой проект (КП)		
Подготовка и прохождение промежуточной аттестации	9	9
Вид промежуточной аттестации	зачет	зачет

Таблица 3. Лекционные занятия

№п/п	Тема
1.	Общая характеристика параллельных вычислительных систем
2.	Принципы разработки параллельных алгоритмов и программ
3.	Алгоритмический язык параллельного программирования ОККАМ
4.	Алгоритмический язык Фортран HPF для параллельного программирования
5.	Технология OpenMP для разработки параллельных программ для систем с общей памятью
6.	Разработка параллельных программ для систем с распределенной памятью с использованием библиотеки MPI
7	Параллельные численные алгоритмы для решения вычислительно-трудоемких задач

Таблица 4. Практические занятия (семинарские занятия)

№ п/п	Тема
1	Разработка параллельных программ с использованием интерфейса передачи сообщений MPI
2	Практикум по разработке параллельных алгоритмов и программ для решения задач вычислительной математики
3	Практикум по использованию библиотек параллельных методов ParaLib для решения задач вычислительной математики
4	Практикум по оценке эффективности параллельных методов для разных топологий многопроцессорных вычислительных систем
5	Разработка параллельных программ с использованием технологии OpenMP
6	Практикум по разработке параллельных алгоритмов и программ для решения задач вычислительной математики
7	Практикум по методам параллельных вычислений для решения дифференциальных уравнений в частных производных

8	Практикум по использованию библиотек параллельных методов для решения сложных научно-технических задач
9	Практикум по методам параллельных вычислений для решения задач многомерной многоэкстремальной оптимизации

Таблица 6. Самостоятельное изучение разделов дисциплины (модуля)

№ п/п	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1.	Общая характеристика теории процессов Хоара
2.	Язык параллельного программирования ОККАМ
3.	Алгоритмический язык Фортран HPF для параллельного программирования Специфика базовых понятий
4.	Алгоритмический язык Фортран HPF для параллельного программирования Управление параллельными вычислениями.
5.	Общая характеристика технологии OpenMP для разработки параллельных программ для систем с общей памятью
6.	Общая характеристика среды выполнения OpenMP
7.	Общая характеристика среды выполнения с использованием библиотеки MPI
8.	Параллельная обработка графов

5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям. Формирование этих дескрипторов происходит в течение всего семестра по этапам в рамках различного вида занятий и самостоятельной работы.

В ходе изучения дисциплины предусматриваются **текущий, рубежный контроль и промежуточная аттестация**.

5.1. Оценочные материалы для текущего контроля. Цель текущего контроля – оценка результатов работы в семестре и обеспечение своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающегося. Объектом текущего контроля являются конкретизированные результаты обучения (учебные достижения) по дисциплине.

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины и включает: ответы на теоретические вопросы на практическом занятии, решение практических задач и выполнение заданий на практическом занятии, самостоятельное выполнение индивидуальных домашних заданий с отчетом в установленный срок, написание рефератов.

Оценка качества подготовки на основании выполненных заданий ведется преподавателем (с обсуждением результатов), баллы начисляются в зависимости от сложности задания.

5.1.1. Вопросы по темам дисциплины «Методы параллельного программирования» (контролируемая компетенция ОПК-5)

1. Что такое параллельное программирование и суперкомпьютеры. Области в которых может возникать потребность в параллельных вычислениях. Особенности параллельных вычислений.
2. Увеличение производительности при параллельных вычислениях. К каким областям задач может быть применено распараллеливание к каким нет. Закон Амдала.
3. Оценки производительности вычислительных систем.
4. Компьютер в Фон-Нейманновском понимании. Различные архитектуры параллельных компьютеров.

5. Векторные компьютеры.
6. Параллельные компьютеры.
7. Классификация многопроцессорных вычислительных систем по организации памяти.
8. Классификация Флинна.
9. MIMD параллельные системы.
10. SIMD системы.
11. Кластерные компьютеры и их особенности.
12. Пример создания вычислительного кластера.
13. Основные характеристик производительности кластера.
14. Организация связи между элементами вычислительных систем
15. Особенности построения параллельных алгоритмов. Системы автоматического распараллеливания и обычные схемы. Связь понятия функции в чистом виде и построения параллельных алгоритмов.
16. Степень параллелизма алгоритма.
17. Ускорение параллельного алгоритма.
18. Эффективность параллельного алгоритма.
19. Разделение на подзадачи. Установление связей между отдельными подзадачами. Объединение мелких подзадач в большие, законченные счетные единицы (агломерация). Алгоритмы с использованием менеджера и без использования.
20. Крупно и мелкозернистые алгоритмы.
21. Балансировка загрузки узлов. Зависимость выбора алгоритма от структуры вычислительной сети.
22. Средства параллельного программирования.
23. Средства поддержки параллельной работы: thread-ы.
24. Средства поддержки параллельной работы: параллелизм процессов, механизм синхронизации и механизм разделения ресурсов, семафоры, обмен сообщениями.
25. Современные средства "неавтоматического" параллельного программирования. MPI. Блокируемая и неблокируемая передача сообщений в MPI.
26. MPI(Message Passing Interface) - интерфейс передачи сообщений, сравнение с другим ПО.
27. MPI. Коллективные взаимодействия процессов. Понятия групп и коммутаторов, управление ими.
28. Обрамляющие функции MPI.
29. Основные возможности MPI.
30. Системы автоматического распараллеливания. Особенности программирования задач в таких системах.
31. Алгоритм редукции графа.
32. Система автоматического динамического распараллеливания Grace.
33. Простейшие алгоритмы и их степень параллелизма.
34. Алгоритм сдвигания.
35. Параллельный алгоритм скалярного умножения векторов и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.
36. Параллельный алгоритм умножения матрицы на вектор и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.
37. Параллельный алгоритм умножения матрицы на матрицу и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.
38. Параллельный алгоритм решения СЛАУ прямым методом Гаусса и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.
39. Параллельный алгоритм решения СЛАУ итерационными методами Якоби, Гаусса - Зейделя и их ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.
40. Коммуникационные функции типа "точка-точка"
41. Коллективные функции.
42. Блокирующие и неблокирующие функции.

5.2.Оценочные материалы для промежуточной аттестации. Целью промежуточных аттестаций по дисциплине является оценка качества освоения дисциплины обучающимися.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины. Осуществляется в конце семестра и представляет собой итоговую оценку знаний по дисциплине в виде проведения зачета.

Промежуточная аттестация может проводиться в устной, письменной форме, и в форме тестирования. На промежуточную аттестацию отводится до 25 баллов.

Вопросы и типовые задачи, выносимые на зачет (контролируемая компетенция ОПК-5)

1. Что такое параллельное программирование и суперкомпьютеры. Области в которых может возникать потребность в параллельных вычислениях. Особенности параллельных вычислений.
2. Увеличение производительности при параллельных вычислениях. К каким областям задач может быть применено распараллеливание к каким нет. Закон Амдала.
3. Оценки производительности вычислительных систем.
4. Компьютер в Фон-Неймонновском понимании. Различные архитектуры параллельных компьютеров.
5. Векторные компьютеры.
6. Параллельные компьютеры.
7. Классификация многопроцессорных вычислительных систем по организации памяти.
8. Классификация Флинна.
9. MIMD параллельные системы.
10. SIMD системы.
11. Кластерные компьютеры и их особенности.
12. Пример создания вычислительного кластера.
13. Основные характеристик производительности кластера.
14. Организация связи между элементами вычислительных систем
15. Особенности построения параллельных алгоритмов. Системы автоматического распараллеливания и обычные схемы. Связь понятия функции в чистом виде и построения параллельных алгоритмов.
16. Степень параллелизма алгоритма.
17. Ускорение параллельного алгоритма.
18. Эффективность параллельного алгоритма.
19. Разделение на подзадачи. Установление связей между отдельными подзадачами. Объединение мелких подзадач в большие, законченные счетные единицы (агломерация). Алгоритмы с использованием менеджера и без использования.
20. Крупно и мелкозернистые алгоритмы.
21. Балансировка загрузки узлов. Зависимость выбора алгоритма от структуры вычислительной сети.
22. Средства параллельного программирования.
23. Средства поддержки параллельной работы: thread-ы.
24. Средства поддержки параллельной работы: параллелизм процессов, механизм синхронизации и механизм разделения ресурсов, семафоры, обмен сообщениями.
25. Современные средства "неавтоматического" параллельного программирования. MPI. Блокируемая и неблокируемая передача сообщений в MPI.
26. MPI(Message Passing Interface) - интерфейс передачи сообщений, сравнение с другим ПО.
27. MPI. Коллективные взаимодействия процессов. Понятия групп и коммуникаторов, управление ими.
28. Обрамляющие функции MPI.
29. Основные возможности MPI.

30. Системы автоматического распараллеливания. Особенности программирования задач в таких системах.
31. Алгоритм редукции графа.
32. Система автоматического динамического распараллеливания Grace.
33. Простейшие алгоритмы и их степень параллелизма.
34. Алгоритм сдваивания.
35. Параллельный алгоритм скалярного умножения векторов и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.
36. Параллельный алгоритм умножения матрицы на вектор и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.
37. Параллельный алгоритм умножения матрицы на матрицу и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.
38. Параллельный алгоритм решения СЛАУ прямым методом Гаусса и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.
39. Параллельный алгоритм решения СЛАУ итерационными методами Якоби, Гаусса - Зейделя и их ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.
40. Коммуникационные функции типа "точка-точка"
41. Коллективные функции.
42. Блокирующие и неблокирующие функции.

6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

- **Таблица 7. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке**

•

Результаты обучения (компетенции)	Освоенные показатели оценки результатов обучения	Вид оценочного материала
-----------------------------------	--	--------------------------

<p>ОПК-5. Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</p>	<p>ОПК- 5.1. Применяет алгоритмы и программы, современные информационные технологии, методы и средства контроля, диагностики и управления</p> <p>ОПК- 5.2. Имеет практический опыт разработки и использования алгоритмов и программ, современных информационных технологий, методов и средств контроля, диагностики и управления, пригодные в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК- 5.1. 3-1. основные категории философии, законы исторического развития, основы межкультурной коммуникации.</p> <p>ОПК- 5.1. У-1. вести взаимодействие с представителями иных национальностей и конфессий с соблюдением этических и межкультурных норм</p> <p>ОПК-5.1. В-1. опытом оценки явлений культуры на основе посещения театров, музеев, чтения художественной литературы, просмотра кинофильмов.</p> <p>ОПК- 5.2. 3-1. важнейшие достижения культуры и системы ценностей, сформировавшиеся в ходе исторического развития</p> <p>ОПК- 5.2. У-1. формировать и аргументированно отстаивать собственную позицию по различным проблемам истории и выявлять существенные черты исторических процессов, явлений и событий</p> <p>ОПК-5.2. В-1. способностью понимать, критически анализировать и излагать базовую историческую информацию</p>	<p>Типовые оценочные материалы для устного опроса (п. 5.1.1); типовые оценочные материалы для контрольной работы (п. 5.1.2); типовые оценочные материалы к экзамену (п. 5.2.2.)</p>
--	---	---	---

7 Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

7.1. Основная литература

1. Камерон Хьюз, Трейси Хьюз. Параллельное и распределенное программирование с использованием C++. Изд. Вильямс, 2004
2. Грегори Р. Эндрюс основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования. Изд. Вильямс, 2003
3. Богачев К.Ю. Основы параллельного программирования. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003.
4. В.В. Воеводин. Математические основы параллельных вычислений - М.: МГУ, 1991.
5. Воеводин В. В. Математические модели и методы в параллельных процессах. М.: Наука, 1986.
6. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. - СПб.: БХВ-Петербург, 2002.
7. Гергель В.П., Стронгин Р.Г. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем. - Н.Новгород, ННГУ, 2001.
8. Корнеев В. Г. Параллельные вычислительные системы. М.: "Нолидж", 1999. - 320 с.

9. Корнеев В.В. Параллельное программирование в MPI. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003.
10. Немнюгин С., Стесик О. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем - СПб.: БХВ-Петербург, 2002.
11. Козлов О.С., Е.А. Метлицкий, А.В. Экало. Архитектура многопроцессорных вычислительных систем: Учебное пособие -Под редакцией В.И. Тимохина :- Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1981.
12. Хокни Р., К. Джессхоуп. Параллельные ЭВМ. Архитектура, программирование и алгоритмы -М.: Радио и связь, 1986.

7.2. Дополнительная литература

1. Афанасьев К.Е. и др. Многопроцессорные вычислительные системы и параллельное программирование. - Кемерово: Кузбассвузиздат, 2003.
2. Головашкин Д., С.П. Головашкина С.П. Методы параллельных вычислений. Ч. 2: . - Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2003.
3. Головашкин Д.Л. Методы параллельных вычислений. Ч. 1. - Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2002.
4. Дацюк В.Н. и др. Методическое пособие по курсу "Многопроцессорные системы и параллельное программирование. - Ростов-на-Дону: РГУ, 2000.
5. Деменев А.Г. Параллельные вычислительные системы: основы программирования и компьютерного моделирования. - Пермь: ПГПУ, 2001.
6. Джоунз Г. Программирование на языке ОККАМ. - М.: Мир, 1989.
7. Дорошенко А.Е. Математические модели и методы организаций высокопроизводительных вычислений. Киев: Наукова думка, 2000.
8. Кнут Д. Искусство программирования для ЭВМ. Т. 3. Сортировка и поиск. - М.: Мир, 1981.
9. Корнеев В.В. Параллельное программирование в MPI. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003.
10. Корнеев В.В.. Параллельные вычислительные системы. - М.: Нолидж, 1999.
11. Старченко А.В., Есаулов А.О., Параллельные вычисления на многопроцессорных вычислительных системах. - Томск: ТГУ, 2002.
12. Сырков Б.Ю., Матвеев С.В. Программное обеспечение мультитранспьютерных систем. - М.: Диалог-МИФИ, 1992.
13. Фурсов В.А. и др. Введение в программирование для параллельных ЭВМ и кластеров. - Самара: СНЦ РАН, СГАУ, 2000.
14. Хоар Ч. Взаимодействующие последовательные процессы. - М.: Мир, 1989.
15. Шпаковский Г.И., Серикова Н.В. Программирование для многопроцессорных систем в стандарте MPI: Пособие - Мн.: БГУ, 2002.
16. Эндрюс Г.Р. Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2003)
17. Яковлевский М.В. Распределенные системы и сети. - М.: МГТУ "Станкин", 2000.

7.5. Интернет-ресурсы

1. [Designing and Building Parallel Programs](#)
2. Foster I. Designing and Building Parallel Programs. - Addison Wesley, 1994.(<http://www.mcs.anl.gov/dbpp>)
3. Introduction to Parallel Computing (Teaching Course) (<http://www.ece.nwu.edu/~choudhar/C58/>)
4. [Message Passing Interface \(MPI\) \(Автор: Радыгин В.Ю.\)](#)
5. [MPI: Message Passing Interface Standart \(ps\)](#)
6. [Parallel Programming Laboratory, University of Illinois, Urbana-Champaign \(eng\)](#)
7. [Parallel Programming with MPI by Peter Pacheco \(eng\)](#)
8. Tutorial on MPI: The Message-Passing Interface William Gropp Mathematics and Computer Science Division Argonne National Laboratory Argonne, IL 60439 www-unix.mcs.anl.gov/mpi/tutorial

9. Информационно-аналитические материалы по параллельным вычислениям
10. Информационно-аналитический центр по параллельным вычислениям (рус.)
11. Информационные материалы по MPI
12. Информационные материалы по OpenMP
13. Информационные материалы рабочей группы IEEE по кластерным вычислениям
14. Информационные материалы Центра компьютерного моделирования Нижегородского университета (/ccam)
15. Т-система - среда программирования с поддержкой автоматического динамического рас-
параллеливания программ (рус.)

При проведении занятий лекционного типа практических (семинарских) занятий используются сведения об электронных информационных ресурсах, к которым обеспечен доступ для пользова-
телей библиотеки КБГУ.

***Перечень актуальных электронных информационных баз данных,
к которым обеспечен доступ пользователям КБГУ (2023-2024 уч. год)***

№ п/п	Наименование электронного ресурса	Краткая характе- ристика	Адрес сайта	Наименование ор- ганизации- вла- дельца; реквизиты договора	Условия до- ступа
1.	Научная электронная библиотека (НЭБ РФФИ)	Электр. библиотека научных публикаций - около 4000 иностранных и 3900 отечественных научных журналов, рефераты публикаций 20 тыс. журналов, а также описания 1,5 млн. зарубежных и российских диссертаций; 2800 росс. журналов на без-возмездной основе	http://elibrary.ru	ООО «НЭБ» Лицензионное согла- шение №14830 от 01.08.2014г. Бессрочное	Полный до- ступ
2.	ЭБС «Кон- сультант сту- дента»	13800 изданий по всем областям зна-ний, включа-ет более чем 12000 учебников и учеб-ных пособий для ВО и СПО, 864 наименований журналов и 917 монографий.	http://www.studmedlib.ru http://www.medcollelib.ru	ООО «Консультант студента» (г. Москва) Договор №750КС/07-2022 От 26.09.2022 г. Активен до 30.09.2023г.	Полный до- ступ (реги- страция по IP- адресам КБГУ)
3.	«Электронная библиотека технического вуза» (ЭБС «Консультант студента»)	Коллекция «Меди-цина (ВО) ГЭОТАР-Медиа. Books in English (книги на англий-ском языке)»	http://www.studmedlib.ru	ООО «Политехре-курс» (г. Москва) Договор	Полный до- ступ (реги- страция по IP- адресам КБГУ)

				№849КС/03-2023 от 11.04.2023 г. Активен до 19.04.2024г.	
4.	ЭБС «Лань»	Электронные версии книг ведущих издательств учебной и научной литературы (в том числе университетских издательств), так и электронные версии периодических изданий по различным областям знаний.	https://e.lanbook.com/	ООО «ЭБС ЛАНЬ» (г. Санкт-Петербург) Договор №41ЕП/223 от 14.02.2023 г. Активен до 15.02.2024г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
5.	ЭБС «Лань»	Коллекция электронных изданий «ФПУ. 10-11 кл. Изд-во «Просвещение». Общеобразовательные предметы.	https://e.lanbook.com/	ООО «ЭБС ЛАНЬ» (г. Санкт-Петербург) Договор №246ЕП/223 от 31.07.2023 г. Активен до 01.09.2024г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
6.	Национальная электронная библиотека РГБ	Объединенный электронный каталог фондов российских библиотек, содержащий 4 331 542 электронных документов образовательного и научного характера по различным отраслям знаний	https://rusneb.ru/	ФГБУ «Российская государственная библиотека» Договор №101/НЭБ/1666-п от 10.09.2020г. Бессрочный	Доступ с электронного читального зала библиотеки КБГУ
7.	ЭБС «IPSMART»	107831 публикаций, в т.ч.: 19071 – учебных изданий, 6746 – научных изданий, 700 коллекций, 343 журнала ВАК, 2085 аудиоизданий.	http://iprbookshop.ru/	ООО «Ай Пи Эр Медиа» (г. Москва) Договор №75/ЕП-223 от 23.03.2023 г. Активен до 02.04.2024г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
8.	ЭБС	Тематическая кол-	http://iprbooksh	ООО «Ай Пи Эр Ме-	Полный до-

	«IPSMART» (ЭОР РКИ)	лекция «Русский язык как иностранный» Издательские коллекции: «Златоуст»; «Русский язык. Курсы»; «Русский язык» (Курсы УМК «Русский язык сегодня» - 6 книг)	op.ru/ http://www.ros-edu.ru/	диа» (г. Москва) Договор №142/ЕП-223 от 18.05.2023 г. срок предоставления лицензии: с 01.06.2023 по 01.06.2024	ступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
9.	ЭБС «Юрайт» для СПО	Электронные версии учебной и научной литературы издательств «Юрайт» для СПО и электронные версии периодических изданий по различным областям знаний.	https://urait.ru/	ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» (г. Москва) Договор №305/ЕП-223 От 27.10.2022 г. Активен до 31.10.2023 г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
10.	ЭБС «Юрайт» для ВО	Электронные версии 8000 наименований учебной и научной литературы издательств «Юрайт» для ВО и электронные версии периодических изданий по различным областям знаний.	https://urait.ru/	ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» (г. Москва) Договор №44/ЕП-223 От 16.02.2023 г. Активен с 01.03.2023 г. по 29.02.2024 г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
11.	Polpred.com. Новости. Обзор СМИ. Россия и зарубежье	Обзор СМИ России и зарубежья. Полные тексты + аналитика из 600 изданий по 53 отраслям	http://polpred.com	ООО «Полпред справочники» Безвозмездно (без официального договора)	Доступ по IP-адресам КБГУ
12.	Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина	Более 500 000 электронных документов по истории Отечества, российской государственности, русскому языку и праву	http://www.prilib.ru	ФГБУ «Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина» (г. Санкт-Петербург) Соглашение от 15.11.2016г.	Авторизованный доступ из библиотеки (ауд. №115, 214)

				Бессрочный	
--	--	--	--	------------	--

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

8.1. Требования к материально-техническому обеспечению

Для реализации рабочей программы дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

При проведении занятий лекционного/ семинарского типа занятий используются:

№ п/п	Наименование программы, право использования которой предоставляется	Страна происхождения	Срок действия программного обеспечения	Кол-во
1.	Операционная система РЕД ОС. Конфигурация: «Рабочая станция»	Российская Федерация	12 месяцев	1000
2.	Система оптического распознавания текста <i>SETERE OCR</i> для РЭД ОС	Российская Федерация	12 месяцев	30
3.	Лицензия на программное обеспечение средств антивирусной защиты <i>Kaspersky Endpoint Security</i> для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Российская Федерация	12 месяцев	700
4.	Право использования программного обеспечения для планирования и проведения онлайн-мероприятий (трансляций, телемостов/ аудио-видеоконференций, вебинаров) <i>Webinar Enterprise TOTAL 150 участников</i>	Российская Федерация	12 месяцев	1
5.	Лицензия на программное обеспечение для векторного графического редактора для создания и редактирования графических схем, чертежей и блок-схем <i>Асмо-графический редактор</i>	Российская Федерация	бессрочные	32
6.	Предоставление неисключительных прав на использование программного обеспечения Системы <i>Spider Project Professional</i>	Российская Федерация	бессрочные	16

8.2. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. В целях доступности получения высшего образования по обра-

зовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается:

1. Альтернативная версия официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих;

2. Для инвалидов с нарушениями зрения (слабовидящие, слепые)

- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь, дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; наличие средств для усиления остаточного зрения, брайлевской компьютерной техники, видеоувеличителей, программ не-визуального доступа к информации, программ-синтезаторов речи и других технических средств приема-передачи учебной информации в доступных формах для обучающихся с нарушениями зрения;

- задания для выполнения на экзамене зачитываются ассистентом;

- письменные задания выполняются на бумаге, надиктовываются ассистенту обучающимся;

3. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху (слабослышащие, глухие):

- на зачете/экзамене присутствует ассистент, оказывающий обучающемуся необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочесть и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- зачет/экзамен проводится в письменной форме;

4. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия, обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекты питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;

- по желанию обучающегося экзамен проводится в устной форме.

Обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечены электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

9. Лист изменений (дополнений)

В рабочей программе дисциплины «Методы параллельного программирования» направления подготовки 01.03.02 - Прикладная математика и информатика, профиль «Проектирование систем искусственного интеллекта» на 2023-2024 учебный год.

№ п/п	Элемент (пункт) РПД	Перечень вносимых изменений (дополнений)	Примечание
1.			
2.			
3.			

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры

Прикладной математики и информатики
наименование кафедры

Протокол № ____ от «____» _____ 2023г.

Зав. кафедрой _____ А.Р. Бечелова