

Рабочая программа дисциплины «Параллельное и распределенное программирование», включающая оценочные и методические материалы

1. Требования к результатам обучения по дисциплине (модулю)

1.1. Перечень компетенций, формируемых дисциплиной (модулем) в процессе освоения образовательной программы

Группа компетенций	Категория компетенций	Коды и содержание компетенций
Профессиональные	-	ПК-2 Выполняет концептуальное, структурное, функциональное и логическое проектирование программных систем среднего масштаба и сложности

1.2. Компетенции и индикаторы их достижения, формируемых дисциплиной (модулем) в процессе освоения образовательной программы

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Содержание индикатора компетенции
ПК-2	ПК-2.1	Знает дисциплинарные основы, принципы и подходы к проектированию программных систем, в том числе с использованием методов системной инженерии
	ПК-2.2	Владеет подходами к моделированию и выбору архитектурных решений программных систем
	ПК-2.3	Выполняет концептуальное, структурное, функциональное и логическое проектирование программных систем на основе моделей и использует результаты проектирования в разработке программного обеспечения

1.3. Результаты обучения по дисциплине

Цель изучения дисциплины – изучение принципов параллельного и распределенного программирования.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен

знать:

- концепции, связанные с параллельным и распределенным программированием;
- методы параллельного и распределенного программирования.

уметь:

- реализовывать ключевые элементы различных этапов разработки ПО;
- разрабатывать современное программное обеспечение.

владеть:

- методами и инструментальными средствами разработки ПО;
- методами и инструментальными средствами разработки ПО.

2. Объем, структура и содержание дисциплины (модуля)

2.1. Объем дисциплины (модуля)

Виды учебной работы	Формы обучения
	Очная
Общая трудоемкость: зачетные единицы/часы	4/144
Контактная работа:	90
Лекции	36
Лабораторные работы	54
Практические занятия, семинары	0
Промежуточная аттестация: экзамен	36
Самостоятельная работа (СР)	18

2.2. Темы (разделы) дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества часов по формам образовательной деятельности

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Виды учебной работы (в часах)		4
		Контактная работа		
		Занятия	Занятия семинарского типа	

		лекционного типа						
		Л	Иные	ПЗ	С	ЛР	Иные	
1.	Параллельные и распределенные вычислительные системы	8	0	12	0	0	0	4
2.	Основы многопоточного программирования	10	0	14	0	0	0	4
3.	Моделирование параллельных программ. Реализация параллелизма различного вида. Общая схема и методика разработки параллельных алгоритмов	8	0	14	0	8	0	6
4.	Базовые средства параллельного программирования систем с общей памятью и вычислительных кластеров	10	0	14	0	4	0	4

Примечания:

Л – лекции, ПЗ – практические занятия, С – семинары, ЛР – лабораторные работы, СР – самостоятельная работа.

2.3. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) и видам работ

Содержание лекционного курса

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание лекционного курса
1.	Параллельные и распределенные вычислительные системы	Современные тенденции развития. Проблемы организации параллельных вычислений. История развития параллельного программирования. Классификация архитектур вычислительных систем параллельной обработкой данных. Принципы разработки параллельных методов.
2.	Основы многопоточного программирования	Основные понятия. Взаимодействие и взаимоисключение потоков. Модель параллельной программы в виде графа «потоки-общие данные».
3.	Моделирование параллельных программ. Реализация параллелизма различного вида. Общая схема и методика разработки параллельных алгоритмов	Схема разработки параллельных алгоритмов.
4.	Базовые средства параллельного программирования систем с общей памятью и вычислительных кластеров	Введение в MPI. Основные понятия и определения. Использование Apache Spark для разработки параллельных программ

Содержание занятий семинарского типа

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Тип	Содержание занятий семинарского типа
1.	Параллельные и распределенные вычислительные системы	ЛР	Создание простейших параллельных программ, компиляция и запуск параллельных программ. Распараллеливание итерационных алгоритмов

2.	Основы многопоточного программирования	ЛР	Синхронизации потоков с помощью объектов ядра ОС: события, таймеры и семафоры
3.	Моделирование параллельных программ. Реализация параллелизма различного вида. Общая схема и методика разработки параллельных алгоритмов	ЛР	Параллельные и последовательные секции программы. Общие и локальные переменные. Параллельные циклы и редукции в OpenMP
4.	Базовые средства параллельного программирования систем с общей памятью и вычислительных кластеров	ЛР	Модель MPI-программы. Реализация стандарта MPI в MPICH. Коммуникационные двухточечные операции стандарта MPI. Параллельные численные алгоритмы линейной алгебры

Содержание самостоятельной работы

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание самостоятельной работы
1.	Параллельные и распределенные вычислительные системы	Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса; Выполнение домашних заданий; Подготовка к лабораторным работам; Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме.
2.	Основы многопоточного программирования	Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса; Выполнение домашних заданий; Подготовка к лабораторным работам; Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме.
3.	Моделирование параллельных программ. Реализация параллелизма различного вида. Общая схема и методика разработки параллельных алгоритмов	Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса; Выполнение домашних заданий; Подготовка к лабораторным работам; Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме.
4.	Базовые средства параллельного программирования систем с общей памятью и вычислительных кластеров	Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса; Выполнение домашних заданий; Подготовка к лабораторным работам; Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме.

3. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

По дисциплине (модулю) предусмотрены следующие виды контроля качества освоения:

- текущий контроль успеваемости;
- промежуточная аттестация обучающихся по дисциплине (модулю).

3.1.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые темы (разделы)	Наименование оценочного средства
1.	Параллельные и распределенные вычислительные системы	Устный опрос, контрольная работа
2.	Основы многопоточного программирования	Устный опрос, контрольная работа
3.	Моделирование параллельных программ.	Устный опрос, контрольная работа

	Реализация параллелизма различного вида. Общая схема и методика разработки параллельных алгоритмов	
4.	Базовые средства параллельного программирования систем с общей памятью и вычислительных кластеров	Устный опрос, контрольная работа

3.1.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля успеваемости

Контрольная работа

Примеры заданий

1. Разработать программу, запускающую параллельно работающие процессы. Первый процесс выводит графические объекты согласно варианту (прямоугольники) в левое окно, а второй выводит графические объекты согласно варианту (треугольники) в правое окно;
2. Разработать программу, решающую данную задачу с помощью рекурсивной функции. Преобразовать эту функцию и главную программу в многопоточную программу. Поточковые функции выполняются со случайной задержкой.
3. Разработать многопоточную программу для вычисления заданного логического выражения, состоящего из поразрядных операций, арифметического выражения или приближенного значения интеграла. Недостающие данные можно вводить с помощью генератора случайных чисел. Программа должна запускать n потоков. Параллельные вычисления в потоках производятся с небольшими случайными задержками. Проверить результат вычисления с помощью подпрограммы, состоящей из одного цикла.
4. Разработать программу, которая, согласно варианту, загружает потоки, реализующие волновую систему. Привести сеть Петри этой волновой системы.

3.1.2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости

Контрольная работа

Оценивается не только глубина знаний поставленных вопросов, но и умение изложить письменно.

Критерии оценивания: последовательность, полнота, логичность изложения, анализ различных точек зрения, самостоятельное обобщение материала. Изложение материала без фактических ошибок.

Оценка «*отлично*» ставится в случае, когда соблюдены все критерии.

Оценка «*хорошо*» ставится, если обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, знает практическую базу, но допускает несущественные погрешности.

Оценка «*удовлетворительно*» ставится, если обучающийся освоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении материала, затрудняется с ответами, показывает отсутствие должной связи между анализом, аргументацией и выводами.

Оценка «*неудовлетворительно*» ставится, если обучающийся не отвечает на поставленные вопросы.

3.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

3.2.1. Критерии оценки результатов обучения по дисциплине (модулю)

Шкала оценивания	Результаты обучения	Показатели оценивания результатов обучения
ОТЛИЧНО	Знает:	- обучающийся глубоко и всесторонне усвоил материал, уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает, опираясь на знания основной и дополнительной литературы,

		- на основе системных научных знаний делает квалифицированные выводы и обобщения, свободно оперирует категориями и понятиями.
	Умеет:	- обучающийся умеет самостоятельно и правильно решать учебно-профессиональные задачи или задания, уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагать свое решение, используя научные понятия, ссылаясь на нормативную базу.
	Владеет:	- обучающийся владеет рациональными методами (с использованием рациональных методик) решения сложных профессиональных задач, представленных деловыми играми, кейсами и т.д.; При решении продемонстрировал навыки - выделения главного, - связкой теоретических положений с требованиями руководящих документов, - изложения мыслей в логической последовательности, - самостоятельного анализа факты, событий, явлений, процессов в их взаимосвязи и диалектическом развитии.
ХОРОШО	Знает:	- обучающийся твердо усвоил материал, достаточно грамотно его излагает, опираясь на знания основной и дополнительной литературы, - затрудняется в формулировании квалифицированных выводов и обобщений, оперирует категориями и понятиями, но не всегда правильно их верифицирует.
	Умеет:	- обучающийся умеет самостоятельно и в основном правильно решать учебно-профессиональные задачи или задания, уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагать свое решение, не в полной мере используя научные понятия и ссылки на нормативную базу.
	Владеет:	- обучающийся в целом владеет рациональными методами решения сложных профессиональных задач, представленных деловыми играми, кейсами и т.д.; При решении смог продемонстрировать достаточность, но не глубинность навыков, - выделения главного, - изложения мыслей в логической последовательности, - связки теоретических положений с требованиями руководящих документов, - самостоятельного анализа факты, событий, явлений, процессов в их взаимосвязи и диалектическом развитии.
УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО	Знает:	- обучающийся ориентируется в материале, однако затрудняется в его изложении; - показывает недостаточность знаний основной и дополнительной литературы; - слабо аргументирует научные положения; - практически не способен сформулировать выводы и обобщения; - частично владеет системой понятий.
	Умеет:	- обучающийся в основном умеет решить учебно-профессиональную задачу или задание, но допускает ошибки, слабо аргументирует свое решение, недостаточно использует научные понятия и руководящие документы.
	Владеет:	- обучающийся владеет некоторыми рациональными методами решения сложных профессиональных задач, представленных деловыми играми, кейсами и т.д.; При решении продемонстрировал недостаточность навыков - выделения главного, - изложения мыслей в логической последовательности, - связки теоретических положений с требованиями руководящих документов, - самостоятельного анализа факты, событий, явлений, процессов в их взаимосвязи и диалектическом развитии.
НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО	Знает:	- обучающийся не усвоил значительной части материала; - не может аргументировать научные положения; - не формулирует квалифицированных выводов и обобщений; - не владеет системой понятий.

	Умеет:	обучающийся не показал умение решать учебно-профессиональную задачу или задание.
	Владеет:	не выполнены требования, предъявляемые к навыкам, оцениваемым «удовлетворительно».

3.2.2. Контрольные задания и/или иные материалы для проведения промежуточной аттестации

Примерная структура билетов тестирования

Методы распараллеливания рекурсивных подпрограмм

Вопрос 1. Установить соответствие между законами повышения производительности вычислительной системы и их описаниями.

Законы: 1) закон Мура; 2) закон Гроша; 3) гипотеза Минского; 4) закон Амдала.

Описания: 1) если доля последовательно выполняющихся в программе равна f , то ускорение параллельного вычисления этой программы не превышает $1/f$;

2) в параллельной системе с n процессорами, производительность каждого из которых равна единице, общая производительность растет как $\log_2 n$;

3) производительность одного процессора увеличивается пропорционально квадрату его стоимости;

4) количество транзисторов на кристалле процессора и производительность процессора удваиваются каждые полтора года.

Вопрос 2. Установить соответствие между функциями классами классификации Флинна и примерами вычислительных систем, принадлежащим к этим классам.

Функции: 1) SISD; 2) SIMD; 3) MISD; 4) MIMD с локальной памятью; MIMD с общей памятью.

Назначение: 1) симметричная мультипроцессорная система SMP;

2) система с массовым параллелизмом MPP;

3) конвейерная система;

4) матричный процессор;

5) обычный компьютер.

Вопрос 3. Установить соответствие между функциями Windows API и их назначением.

16

Функции: 1) CreateProcess();

2) CreateThread();

3) TerminateProcess();

4) TerminateThread().

Назначение: 1) принудительное завершение потока;

2) принудительное завершение процесса;

3) загрузка потока;

4) загрузка процесса.

Вопрос 4. Какое расширение имеет загружаемый процесс:

Варианты ответа:

1. exe; 2. dll;

2. cpr; 4. com

Решения проблемы сериализации с помощью семафоров

Вопрос 1. Установить соответствие между функциями Windows API и их назначением.

Функции: 1) CreateSemaphore(); 2) CreateMutex(); 3) CreateEvent().

Назначение: 1) создание объекта события; 2) создание бинарного семафора; 3) создание семафора.

Вопрос 2. Установить соответствие между функциями Windows API и их назначением при работе с семафорами.

Функции: 1) WaitForSingleObject (); 2) ReleaseSemaphore ().

Назначение: 1) освобождение семафора; 2) захват семафора.

Вопрос 3. Решение какой задачи должно быть использовано для построения многопоточного приложения вычисляющего сумму элементов массива.

Варианты ответа:

- 1) проблема взаимного исключения;
- 2) задача о читателях и писателях;
- 3) задача о философях.

Построение и программирование волновых систем с помощью сетей Петри

Вопрос 1. В каком из перечисленных ниже случаев срабатывание перехода сети Петри возможно и приводит к маркировке M' ?

Варианты ответа:

- 1) $M \geq \text{pre}(t)$, $M' = M - \text{pre}(t) + \text{post}(t)$;
- 2) $M \leq \text{pre}(t)$, $M' = M - \text{pre}(t) + \text{post}(t)$;
- 3) $M \geq \text{post}(t)$, $M' = M - \text{post}(t) + \text{pre}(t)$;
- 4) $M > \text{pre}(t)$, $M' = M - \text{pre}(t) + \text{post}(t)$.

Вопрос 2. Решение какой задачи используется для построения класса канала?

Варианты ответа:

- 1) задача о производителе и потребителе;
- 2) задача о читателях и писателях;
- 3) задача о философях.

Вопрос 3. Конвейерная система состоит из n потоков, соответствующих ее операциям. Синхронизация работы потоков осуществляется с помощью событий. Пусть n больше 10. Какое число k наиболее точно приближает количество событий, необходимых для синхронизации?

Варианты ответа:

- 1) $2n$; 2) n ; 3) $3n$; 4) $4n$.

Вопрос 4. Какое количество каналов необходимо для вычисления значений функции $z_n = \exp(xn) + xn$ с помощью волновой системы?

Варианты ответа:

- 1) 5; 2) 1; 3) 2; 4) 3; 5) 4.

3.2.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков в ходе промежуточной аттестации

Процедура оценивания знаний (тест)

Предлагаемое количество заданий	5
Последовательность выборки	Определена по разделам
Критерии оценки	- правильный ответ на вопрос
«5» если	правильно выполнено 90-100% тестовых заданий
«4» если	правильно выполнено 70-89% тестовых заданий
«3» если	правильно выполнено 50-69% тестовых заданий

4. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

4.1. Электронные учебные издания

1. Максимов, Н. В. Архитектура ЭВМ и вычислительных систем [Электронный ресурс]: учебник / Н.В. Максимов, Т.Л. Партыка, И.И. Попов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. 18: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 512с. // ZNANIUM.COM: электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php?>.
2. Колдаев, В. Д. Основы алгоритмизации и программирования [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Д. Колдаев; под ред. Л.Г. Гагариной. – М.: ИД ФОРУМ: ИН-ФРА-М, 2015. – 416 с. // ZNANIUM.COM : электронно- библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php?>.
3. Кузин, А. В. Программирование на языке Си [Электронный ресурс] /А.В.Кузин, Е.В.Чумакова – М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 144с.// ZNANIUM.COM : электрон-но-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php?>.

4. Программная инженерия: учебник для вузов / под ред. Б.Г.Трусова. – М.: Академия, 2014. – 282с. – (Высшее образование. Бакалавриат). – Библиогр.: с.273–280.

4.2. Электронные образовательные ресурсы

1. Электронная библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» Biblio-online.ru (ЭБС «Юрайт») [Электронный ресурс]. – URL: <https://urait.ru/>.
2. Электронно-библиотечная система ZNANIUM [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/>.
3. Электронная библиотечная система «Консультант студента» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/>.
4. e-Library.ru: Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – URL: <http://elibrary.ru/>.
5. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» [Электронный ресурс]. – URL: <http://cyberleninka.ru/>.
6. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. – URL: <http://window.edu.ru/>.
7. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов [Электронный ресурс]. – URL: <http://fcior.edu.ru/>.

4.3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к ниже следующим современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам:

1. Словари и энциклопедии на Академике [Электронный ресурс]. – URL: <http://dic.academic.ru>.
2. Система информационно-правового обеспечения «Гарант» [Электронный ресурс]. – <http://www.garant.ru/>.
3. База данных Института философии РАН: Философские ресурсы: Текстовые ресурсы: <https://iphras.ru/page52248384.htm>.

4.4. Комплект лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

1. Лицензионное программное обеспечение: операционная система Microsoft Windows, пакет офисных приложений Microsoft Office.
2. Свободно распространяемое программное обеспечение: свободные пакеты офисных приложений Apache Open Office, LibreOffice.
3. Программное обеспечение отечественного производства: справочно-правовая система «Гарант» (Электронный периодический справочник «Система ГАРАНТ»), образовательная платформа ЮРАЙТ (Электронная библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» Biblio-online.ru (ЭБС «Юрайт»)), электронно-библиотечная система ZNANIUM, электронная библиотечная система «Консультант студента».

4.5. Оборудование и технические средства обучения

Для реализации дисциплины (модуля) используются учебные аудитории для проведения учебных занятий, которые оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, и помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду РХТУ им. Д.И. Менделеева. Допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.

Наименование учебных аудиторий для проведения учебных занятий и помещений для самостоятельной работы*	Оснащенность учебных аудиторий для проведения учебных занятий и помещений для самостоятельной работы оборудованием и техническими средствами обучения
Учебные аудитории для проведения учебных занятий	Учебная аудитория укомплектована специализированной мебелью, отвечающей всем установленным нормам и

	требованиям, оборудованием и техническими средствами обучения (мобильное мультимедийное оборудование).
Помещение для самостоятельной работы	Помещение оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РХТУ им. Д.И. Менделеева и к ЭБС.

* Номер конкретной аудитории указан в приказе об аудиторном фонде, расписании учебных занятий и расписании промежуточной аттестации.