

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.01
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Многопоточное программирование

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки

01.03.02 Прикладная математика и информатика

направленность (профиль)

Компьютерные технологии и математическое моделирование

Форма обучения: очная

Год набора: 2023

Общая трудоемкость: 6 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр | 5 | Итого |
|------------------------------|----------------|--------------|
| Форма контроля | КР, экзамен | |
| Вид занятий | | |
| Лекции | 32 | 32 |
| Лабораторные | | |
| Практические | 48 | 48 |
| Руководство: курсовые работы | 1 | 1 |
| Промежуточная аттестация | 0,35 | 0,35 |
| Контактная работа | 81,45 | 81,45 |
| Самостоятельная работа | 99 | 99 |
| Контроль | 35,65 | 35,65 |
| Итого | 216 | 216 |

Рабочую программу составил:

доцент, к.т.н. Копша О.Ю.

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:

☒

Отсутствует

☐

Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана
направления подготовки

01.03.02 Прикладная математика и информатика

Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» августа 2027 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры

«Прикладная математика и информатика»

(протокол заседания № 1 от «30» августа 2022 г.).

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – формирование у студентов знаний о базовых понятиях параллельного программирования, а также навыков создания параллельных программ.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: Программирование на языках высокого уровня; Алгоритмы и структуры данных; Архитектура компьютеров и операционные системы; Объектно-ориентированное программирование.

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Разработка приложений на платформе Java/Разработка приложений на платформе Net; производственная практика; подготовка выпускной квалификационной работы.

3. Планируемые результаты обучения

| Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование) | Индикаторы достижения компетенций (код и наименование) | Планируемые результаты обучения |
|---|--|---|
| ПК-8 Способен осуществлять оптимизацию управления жизненным циклом распределенных данных с учетом информационной безопасности | ПК-8.1 Знает основы оптимизации управления жизненным циклом распределенных данных, принципы информационной безопасности | Знать: понятие оптимизации управления жизненным циклом распределенных данных, понятие информационной безопасности Уметь: управлять жизненным циклом распределенных данных, применять методы информационной безопасности Владеть: навыками оптимизации управления жизненным циклом распределенных данных, осуществления информационной безопасности данных |
| | ПК-8.2 Умеет применять методы оптимизации управления жизненным циклом распределенных данных с учетом информационной безопасности | Знать: методы оптимизации управления жизненным циклом распределенных данных, принципы информационной безопасности Уметь: применять методы оптимизации управления жизненным циклом распределенных данных Владеть: навыками выбора метода оптимизации управления жизненным циклом распределенных данных и их информационной безопасности |
| | ПК-8.3 Владеет навыками осуществления оптимизации управления жизненным циклом | Знать: технологию осуществления оптимизации управления жизненным циклом распределенных данных с учетом информационной безопасности Уметь: проводить оптимизацию |

| Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование) | Индикаторы достижения компетенций (код и наименование) | Планируемые результаты обучения |
|---|--|--|
| | распределенных данных с учетом информационной безопасности | управления жизненным циклом распределенных данных с учетом информационной безопасности Владеть: навыками осуществления оптимизации управления жизненным циклом распределенных данных с учетом информационной безопасности |

4. Структура и содержание дисциплины

| Модуль (раздел) | Вид учебной работы | Наименование тем занятий (учебной работы) | Семестр | Объем, ч. | Баллы | Интерактив, ч. | Формы текущего контроля (наименование оценочного средства) |
|-----------------|--------------------|--|---------|-----------|-------|----------------|--|
| Модуль 1 | Лек | Введение в параллельное программирование | 5 | 2 | - | - | вопросы для собеседования |
| | Ср | | 5 | 20 | | - | |
| | Лек | Синхронизация процессов | 5 | 2 | | - | вопросы для собеседования |
| | Лек | Блокировки и барьеры | 5 | 2 | | - | вопросы для собеседования |
| | Лек | Семафоры и мониторы | 5 | 2 | | - | вопросы для собеседования |
| | Лек | Классические задачи параллельного программирования | 5 | 2 | | - | вопросы для собеседования |
| | Лек | Введение в теорию разработки параллельных алгоритмов | 5 | 2 | | - | вопросы для собеседования |
| | Пр | Разработка последовательных алгоритмов | 5 | 2 | 8 | - | отчет по практическому заданию |
| Модуль 2 | Лек | OpenMP: | 5 | 4 | | - | вопросы для собеседования |
| | Ср | | 5 | 35 | | - | |
| | Пр | OpenMP: итерационный параллелизм, параллельные циклы | 5 | 4 | 8 | - | отчет по практическому заданию |
| | Пр | OpenMP: итерационный параллелизм, редукция | 5 | 4 | 8 | - | отчет по практическому заданию |
| | Пр | OpenMP: рекурсия | 5 | 4 | 8 | - | отчет по практическому заданию |
| | Пр | OpenMP: Производитель-потребитель | 5 | 4 | 8 | - | отчет по практическому заданию |
| | Пр | OpenMP:1 Классические задачи | 5 | 8 | 16 | - | отчет по практическому заданию |
| Модуль 3 | Лек | Потоки C++ | 5 | 2 | | - | вопросы для собеседования |
| | Ср | | 5 | 44 | | - | |
| | Лек | C++ concurrency | 5 | 4 | | - | вопросы для собеседования |

| Модуль (раздел) | Вид учебной работы | Наименование тем занятий (учебной работы) | Семестр | Объем, ч. | Баллы | Интерактив, ч. | Формы текущего контроля (наименование оценочного средства) |
|-----------------|--------------------|--|---------|------------|------------|----------------|--|
| | Лек | C++ atomic | 5 | 2 | | - | вопросы для собеседования |
| | Пр | C++ потоки | 5 | 4 | 8 | - | отчет по практическому заданию |
| | Лек | MPI | 5 | 6 | | - | вопросы для собеседования |
| | Пр | C++ блокировки | 5 | 4 | 8 | - | отчет по практическому заданию |
| | Пр | C++ futures | 5 | 4 | 8 | - | отчет по практическому заданию |
| | Лек | Обзор других технологий многопоточного программирование. Итоги | 5 | 2 | | - | вопросы для собеседования |
| | Пр | C++ atomic | 5 | 4 | 8 | - | отчет по практическому заданию |
| | Пр | MPI | 5 | 6 | 12 | - | отчет по практическому заданию |
| | ПА | | 5 | 0,35 | | | |
| | КР | | 5 | 1 | - | | защита курсовой работы |
| | Контроль | | 5 | 35,65 | 100 | | |
| Итого: | | | | 216 | 100 | | |

Схема расчета итогового балла: Текущий рейтинг (все занятия и промежуточные тесты) + Результат итогового теста и все делится на 2 + ББ

5. Образовательные технологии

1. Технологии традиционного обучения:
 - 1.1. Самостоятельная работа
 - 1.2. Практические занятия
2. Технология модульного обучения:
 - 2.1. Разбиение преподаваемого материала на отдельные модули
3. Технология проблемного обучения:
 - 3.1. Эвристическая беседа
 - 3.2. Дискуссия
 - 3.3. Учебное исследование
4. Технология проектного обучения: реализация и защита отчетов по практическим работам.

6. Методические указания по освоению дисциплины

Рекомендуется посещение лекционных занятий; самостоятельное изучение материала; выполнение практических заданий и оформление отчетов, оформление и защита курсовой работы.

7. Оценочные средства

7.1. Паспорт оценочных средств

| Семестр | Код контролируемой компетенции (или ее части) | Наименование оценочного средства |
|----------------|--|---|
| 5 | ПК-8 | Вопросы для собеседования по модулям. Комплект отчетов по практическим занятиям |

7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

7.2.1. Вопросы для собеседования по модулям (примеры вопросов)

Модуль 1. Теоретические основы многопоточного программирования

1. Понятие параллельного программирования. Процессы и потоки.
2. Архитектуры многопроцессорных вычислительных систем.
3. Классы параллельных вычислений.
4. Основные парадигмы параллельных вычислений.
5. Итеративный параллелизм.
6. Рекурсивный параллелизм.
7. Производители и потребители.
8. Клиенты и серверы.
9. Взаимодействующие равные.
10. Состояния, действие, история и свойства параллельной программы.

Модуль 2. Технологии разработки параллельных программ

1. Парадигмы параллельного программирования.
2. Итеративный параллелизм, примеры задач, условия распараллеливания.
3. Характеристика технологии OpenMP.
4. Модель OpenMP-программы.
5. Модель памяти OpenMP.

6. Поясните структуру директив OpenMP.
7. Виды директив OpenMP.
8. Как узнать версию OpenMP?
9. Как определить средствами OpenMP время выполнения программы, потока? Как определить точность измерения?
10. Как определить количество ядер процессоров?

Краткое описание и регламент выполнения

Вопросы для собеседования задаются студентам выборочно при опросе. Ответ приводится в устной форме.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если продемонстрированы всесторонние, систематизированные, глубокие знания по теоретическим основам многопоточного программирования;
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если продемонстрированы фрагментарные, несистематизированные знания по теоретическим основам многопоточного программирования, допускаются неточности и ошибки причинно-следственных связей.

7.2.2. Комплект отчетов по практическим занятиям (примеры)

Практическая работа №1. Разработка линейных алгоритмов

Цель: подготовить алгоритмы программный код для реализации параллельных алгоритмов.

Задача: разработать и реализовать линейные алгоритмы для последующего программирования параллельных программ.

Задание 1. (5%) Написать программу, перемножающую матрицы размером $n \times n$.

Задание 2. (30%) Написать программу, реализующую итеративное и рекуррентное вычисление определенного интеграла методом трапеций и методом прямоугольников.

Задание 3. (5%) Написать программу, копирующую одну матрицу в другую, с использованием буферной переменной.

Задание 4. (30%) Написать программу, реализующую быструю сортировку.

Задание 5. (30%) Написать программу, реализующую поразрядную сортировку.

Вопросы для контроля:

1. Понятие параллельного программирования. Процессы и потоки.
2. Архитектуры многопроцессорных вычислительных систем.
3. Классы параллельных вычислений.
4. Основные парадигмы параллельных вычислений.
5. Итеративный параллелизм.
6. Рекурсивный параллелизм.
7. Производители и потребители.
8. Клиенты и серверы.
9. Взаимодействующие равные.

Практическая работа №2. Итерационный параллелизм OpenMP: параллельные циклы

Цель:

- углубить знания в разработке параллельных итерационных алгоритмов;
- приобрести умение разрабатывать параллельные итерационные алгоритмы;
- развить навыки программирования алгоритмов на C++.

Задание 6. (10%) Написать программу, проверяющую поддержку OpenMP, определяющую версию OpenMP и количество ядер процессоров.

Задание 7. (50%) Написать программы, перемножающие матрицы размером $n \times n$:

7.1 Поэлементное перемножение;

7.2 Ленточная схема:

- студенты с четными номерами разрабатывают алгоритм параллельный по столбцам, с нечетными – по строкам матрицы A;

- контролировать количество потоков, протоколировать очередность работы потока.

Задание 8. (40%):

а) Используя материал, расположенный по ссылке <http://www.intuit.ru/studies/courses/1156/190/lecture/4954?page=1> рассчитайте сложность алгоритмов перемножения матриц;

б) Проведите теоретический анализ эффективности ленточного алгоритма, рассчитав коэффициенты ускорения и загрузки;

в) Проведите анализ эффективности ленточного алгоритма по сравнению с последовательным в зависимости от n , основываясь на замере времени выполнения программ. Постройте график, объясните полученные результаты. График и выводы поместите в отчет по работе.

Вопросы для зачета:

1. Парадигмы параллельного программирования.
2. Итеративный параллелизм, примеры задач, условия распараллеливания.
3. Характеристика технологии OpenMP.
4. Модель OpenMP программы.
5. Модель памяти OpenMP.
6. Поясните структуру директив OpenMP.
7. Виды директив OpenMP.
8. Как узнать версию OpenMP?
9. Как определить средствами OpenMP время выполнения программы, потока? Как определить точность измерения?
10. Как определить количество ядер процессоров?
11. Определите, какое максимальное количество нитей позволяет породить для выполнения параллельных областей программы ваша система?
12. Как определить количество нитей для области и программы в целом?
13. Поясните структуру директивы для параллельных циклов?
14. Как происходит барьерная синхронизация в параллельных циклах, управление синхронизацией.

Форма отчета по практическим работам:

- титульный лист;
- задание;
- диаграмма классов;
- код программы;
- экранная форма разработанного приложения (с результатами консольного вывода);
- выводы.

Процедура оценивания:

- 1) демонстрация работы программы на компьютере (проверяется правильность работы программы);
- 2) объяснение содержимого отчёта (проверяется понимание логики работы программы, знание теоретического материала, на основе которого написана программа, соответствие отчёта установленным требованиям);
- 3) защита работы (ответы на контрольные вопросы).

Критерии оценки:

Полностью выполненное и вовремя защищенный отчет – максимальный балл. За каждое невыполненное задание снимаются баллы в соответствии с заданием на практическое занятие. Просрочка на 1 неделю - коэффициент 0,75, за две - 0,5, за три - 0,25, за четыре и более - 0 (учитывается факт сдачи).

7.2.3. Выполнение курсовой работы

Темы курсовых работ

| № п/п | Темы |
|-------|--|
| 1 | Решение одной из прикладных математических задач, например: - множество Мандельброта и его аналоги; - нестационарное уравнение Шредингера; - числа Стирлинга; - моделирование наноструктур; - решение задач электростатики; - решение задач магнитостатики; - расчет собственных частот и гармоник электродинамических систем; - моделирование взаимодействия электромагнитного поля с металлическим объектом. |
| 2 | Поиск подграфа в не ориентированном графе. |
| 3 | Поиск циклов в графе. |
| 4 | Раскраска графа. |
| 5 | Игра «Жизнь». |
| 6 | Задача о курильщиках. |
| 7 | Задача о спящем парикмахере. |
| 8 | Задача «Узкий мост». |
| 9 | Задача «Поиск, вставка и удаление». |
| 10 | Обедающие философы. |
| 11 | Читатели и писатели. |
| 12 | Алгоритмы Data Mining: - кластеризации K-Means; - кластеризации, основанные на мере близости; - Apriori; - C4.5; - Cart. |
| 13 | Нахождение определителя матрицы. |
| 14 | Нахождение определителя матрицы. |
| 15 | Нахождение обратной матрицы. |
| 16 | Вычисление интеграла методом Монте-Карло. |
| 17 | Итерационный алгоритм численного интегрирования. |
| 18 | Рекурсивный алгоритм численного интегрирования. |
| 19 | Решение дифференциальных уравнений. |
| 20 | Сортировки на системах с общей памятью. |
| 21 | Генерация случайных процессов с памятью с заданным распределением. |
| 22 | Изучение спектров случайных процессов. |
| 23 | Распознавание образов (на конкретном примере). |
| 24 | Решение СЛАУ прямым методом Гаусса (или любым другим). |
| 25 | Решение СЛАУ итерационными методами Гаусса–Зейделя (или любым другим). |
| 26 | Решение СЛАУ итерационными методами вариационного типа. |
| 27 | Определение собственных чисел и собственных векторов. |

| № п/п | Темы |
|-------|--------------------------------------|
| 28 | Поиск ключа узла дерева. |
| 29 | Поиск максимального элемента дерева. |
| 30 | Поиск суммы всех элементов дерева. |
| 31 | Поиск количества узлов дерева. |

Критерии оценки

«Отлично» – выполнение задания курсовой работы с подробным представлением проектного задания.

«Хорошо» – выполнение задания курсовой работы с представлением проектного задания.

«Удовлетворительно» – выполнение задания курсовой работы с частичным представлением проектного задания.

«Неудовлетворительно» – невыполнение задания курсовой работы.

7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр 5

| № п/п | Вопросы к экзамену |
|-------|--|
| 1 | Понятие параллельного программирования. Процессы и потоки. |
| 2 | Архитектуры многопроцессорных вычислительных систем. |
| 3 | Классы параллельных вычислений. |
| 4 | Основные парадигмы параллельных вычислений. |
| 5 | Итеративный параллелизм. |
| 6 | Рекурсивный параллелизм. |
| 7 | Производители и потребители. |
| 8 | Клиенты и серверы. |
| 9 | Взаимодействующие равные. |
| 10 | Состояния, действие, история и свойства параллельной программы. |
| 11 | Разделяемые переменные. |
| 12 | Неделимые действия. |
| 13 | Ожидание. |
| 14 | Задача критической секции. Мьютекс. |
| 15 | Общая задача реализации критической секции. |
| 16 | Общая задача реализации оператора ожидания. |
| 17 | Барьерная синхронизация: постановка задачи, алгоритм разделяемого счетчика и флагов. |
| 18 | Семафоры: понятие и назначение. |
| 19 | Реализация взаимного исключения с использованием семафоров. |
| 20 | Реализация барьерной синхронизации с использованием семафоров. |
| 21 | Мониторы: понятие и назначение. |
| 22 | Реализация взаимного исключения с использованием мониторов. |
| 23 | Реализация барьерной синхронизации с использованием семафоров. |
| 24 | Проблема живучести параллельных программ. |
| 25 | Умножение матрицы на вектор. Принципы распараллеливания. |
| 26 | Матричное умножение. Ленточная схема разделения данных. |
| 27 | Алгоритм Фокса умножения матриц при блочном разделении данных. |

| № п/п | Вопросы к экзамену |
|----------|--|
| 28 | Алгоритм Кэннона умножения матриц при блочном разделении данных. |
| 29 | Задача поиска всех кратчайших путей в графе. |
| 30 | Задача нахождения минимального охватывающего дерева. |
| 31 | Задача оптимального разделения графов. |
| 32 | Задача о читателях и писателях. Постановка задачи. Несправедливое решение. |
| 33 | Задача о читателях и писателях. Постановка задачи. Справедливые стратегии. |
| 34 | Задача об обедающих философах. |
| 35 | Критерии эффективности параллельных алгоритмов. |
| 36 | 1-й закон Амдала. |
| 37 | 2-й закон Амдала. |
| 38 | 3-й закон Амдала. |
| 39 | Закон Густавсона-Барсиса. |
| 40 | OpenMP: Основные сведения. |
| 41 | OpenMP: модель выполнения программы. |
| 42 | OpenMP: директивы, общие сведения, классификация. |
| 43 | OpenMP: Директива parallel. |
| 44 | OpenMP: Директива single. |
| 45 | OpenMP: Директива master. |
| 46 | OpenMP: Параллельные циклы. |
| 47 | OpenMP: Параллельные секции. |
| 48 | OpenMP: Задачи (tasks). |
| 49 | OpenMP: Барьерная синхронизация. |
| 50 | OpenMP: Директива ordered. |
| 51 | OpenMP: Критические секции. |
| 52 | OpenMP: Директива atomic. |
| 53 | OpenMP: Блокировки. |
| 54 | OpenMP: Переменные среды и вспомогательные функции. |
| 55 | OpenMP: Рекурсивный алгоритм. |
| 56 | OpenMP: Обедающие философы. |
| 57 | C++11 Standard Concurrency Library. |
| 58 | C++11 Memory Model. |
| 59 | C++11 Threads. |
| 60 | Atomic operations library. |
| 61 | Mutex Classes. |
| 62 | Locks. |
| 63 | Condition Variables. |
| 64 | Future and promise. |
| 65 | Future и обработка исключений. |
| 66 | Thread pools. |
| 67 | MPI-модель программирования. |
| 68 | MPI – структура и состав. Модель использования. |
| 69 | MPI – Операции передачи данных. |
| 70 | MPI – Понятие коммуникатора. |
| 71 | MPI – Типы данных. |
| 72 | MPI – Виртуальные топологии. |
| 73 | MPI – Инициализация и завершение MPI программ. |
| 74 | MPI – Определение количества и ранга процессов. |
| 75 | MPI – Передача сообщений. |

| № п/п | Вопросы к экзамену |
|------------------|---|
| 76 | MPI – Прием сообщений. |
| 77 | MPI – Определение времени выполнения MPI программы. |
| 78 | MPI – Коллективные операции передачи данных. |
| 79 | MPI – Синхронизация вычислений. |
| 80 | MPI – Операции передачи данных между двумя процессорами. |
| 81 | MPI – Коллективные операции передачи данных. |
| 82 | MPI – Производные типы данных в MPI. |
| 83 | MPI – Управление группами процессов и коммутаторами. |
| 84 | MPI – Виртуальные топологии. |
| 85 | MPI – Общая характеристика среды выполнения MPI программ. |
| 86 | MPI – понятие коммутатора. Блокирующие/неблокирующие/локальные функции. |

7.3.2. Критерии и нормы оценки

| Семестр | Форма проведения промежуточной аттестации | Критерии и нормы оценки | |
|----------------|--|--------------------------------|---------------------------|
| 3 | Экзамен (по накопительному рейтингу) | «отлично» | Набрано 85 и более баллов |
| | | «хорошо» | Набрано 70..84 баллов |
| | | «удовлетворительно» | Набрано 55..69 баллов |
| | | «неудовлетворительно» | Набрано менее 55 баллов |

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

| № п/п | Авторы, составители | Заглавие (заголовок) | Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.) | Год издания | Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС |
|-------|---------------------|--|---|-------------|--|
| 1 | Гергель В. П. | Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Гергель В.П.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Саратов: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020.— 500 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/89478.html .— ЭБС «IPRbooks» | учебное пособие | 2020 | ЭБС "IPRbooks" |
| 2 | Барский А.Б. | Барский А.Б. Параллельные информационные технологии [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Барский А.Б.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Саратов: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Вузовское образование, 2017.— 503 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/67379.html .— ЭБС «IPRbooks» | учебное пособие | 2017 | ЭБС «IPRbooks» |
| 3 | Биллиг В. А. | Биллиг В.А. Параллельные вычисления и многопоточное программирование [Электронный ресурс]/ Биллиг В.А.— Электрон. текстовые данные.— Москва: Интернет-Университет Информационных | | 2016 | ЭБС «IPRbooks» |

| № п/п | Авторы, составители | Заглавие (заголовок) | Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.) | Год издания | Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС |
|------------------|----------------------------|---|--|--------------------|---|
| | | Технологий (ИНТУИТ), 2016.— 310 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/73705.html .— ЭБС «IPRbooks» | | | |

8.2. Дополнительная литература

| № п/п | Авторы, составители | Заглавие (заголовок) | Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.) | Год издания | Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС |
|------------------|----------------------------|--|--|--------------------|---|
| 1 | Левин М. П. | Левин М. П. Параллельное программирование с использованием OpenMP [Электронный ресурс] : [учеб.пособие] / М. П. Левин. - Москва : ИНТУИТ, 2016. - 133 с. : ил. - (Основы информационных технологий). - ISBN 978-5-94774-857-4. | учебное пособие | 2016 | ЭБС «IPRbooks» |
| 2 | Алексеев А. А. | Алексеев, А. А. Основы параллельного программирования с использованием VisualStudio 2010 [Электронный ресурс] : [учеб.пособие] / А. А. Алексеев. - 2-е изд., испр. - Москва : ИНТУИТ, 2016. - 312 с. | учебное пособие | 2016 | ЭБС «IPRbooks» |

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. IPRbooks[Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Москва : НЭБ, 2000. – Режим доступа : iprbookshop.ru. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
2. WebofScience[Электронный ресурс] : мультидисциплинарная реферативная база данных. – Philadelphia: ClarivateAnalytics, 2016– . – Режим доступа : apps.webofknowledge.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус.,англ.
3. Scopus[Электронный ресурс] : реферативная база данных. – Netherlands: Elsevier, 2004– . – Режим доступа : scopus.com. – Загл. С экрана. – Яз. рус., англ.
4. Elibrary[Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Москва : НЭБ, 2000– . – Режим доступа : elibrary.ru. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
5. Информационно-аналитический центр по параллельным вычислениям. [Электронный ресурс] . – Электронный данные. [2016]. – Режим доступа : <http://www.parallel.ru>
6. Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Российской академии наук Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук. [Электрон- ный ресурс] . – Электронный данные. [2016]. – Режим доступа : <http://www.ccas.ru>
7. Институт Высокопроизводительных Вычислений и Баз Данных. [Электронный ресурс] . – Электронный данные. [2016]. – Режим доступа : <http://www.csa.ru>
8. C++ Reference [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cppreference.com/wiki>. – Загл. с экрана. 8. Reference - C++ Reference. [Electronic resource] : [СпецификацияC++]. – Electronic data. [2016]. – Modeofaccess :<http://www.cplusplus.com/reference/>

8.4. Перечень программного обеспечения

| № п/п | Наименование ПО | Реквизиты договора (дата, номер, срок действия) |
|-------|------------------|--|
| 1 | c++ GNU compiler | Бессрочно, https://gcc.gnu.org |
| 2 | Code Blocks IDE | Бессрочно, http://www.codeblocks.org |

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

| № п/п | Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории) | Перечень основного оборудования |
|-------|---|--|
| 1 | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. УЛК-418 | Стол ученический двухместный (моноблок), доска аудиторная 3-х секционная (меловая), стол преподавательский., стул, проектор Acer |

| № п/п | Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории) | Перечень основного оборудования |
|----------|---|--|
| 2 | Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. УЛК-314 | Стол ученический, стол преподавательский, стул, доска аудиторная (маркерная), компьютер с выходом в сеть Интернет. |
| 3 | Компьютерный класс. Помещение для самостоятельной работы. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. Г-401 | Стол ученический, стул, компьютер с выходом в сеть интернет. |