Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 31.05.2024 17:12:15
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет Информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
«Информационные технологии»
_____ / Д.Г.Демидов /
«15» февраля 2024г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

# «Высокопроизводительные вычисления»

Направление подготовки/специальность
**01.04.02 Прикладная математика и информатика**

Профиль/специализация
**«Системная аналитика больших данных»**

Квалификация
**магистр**

Формы обучения
**очная**

Москва, 2024 г.

**Разработчик(и):**

К. т. н., доцент / В.Г. Евтихов /

**Согласовано:**
Заведующий кафедрой «Прикладная информатика»,
К. э. н., доцент /С.В.Суворов /

**Содержание**

## Оглавление


1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине ....4
2 Место дисциплины в структуре образовательной программы ....5
3 Структура и содержание дисциплины ....5
3.1 Виды учебной работы и трудоемкость ....5
3.2 Тематический план изучения дисциплины ....5
3.3 Содержание дисциплины ....7
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий ....10
4 Учебно-методическое и информационное обеспечение ....14
4.1 Основная литература ....15
4.2 Дополнительная литература ....15
4.3 Электронные образовательные ресурсы ....15
5 Материально-техническое обеспечение ....15
5.1 Требования к оборудованию и помещению для занятий ....15
5.2 Требования к программному обеспечению ....15
6 Методические рекомендации ....15
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения ....15
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины ....16
7 Фонд оценочных средств ....16
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения ....16
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения ....16
7.3 Оценочные средства ....19

# 1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целями дисциплины являются получение представления о современных подходах, используемых при создании высоко-производительных программно-аппаратных комплексов, освоение современных методов высокопроизводительных вычислений, и, в частности, параллельного программирования.

Основное внимание уделено существующим и перспективным архитектурам высокопроизводительных вычислительных систем и передовым программным технологиям, обеспечивающим высокую производительность создаваемых программ.

Задачами дисциплины являются:

- Получение навыков, необходимых для построения высокопроизводительных параллельных программ с использованием различных технологий.
- Ознакомление с новыми перспективными технологиями разработки высокопроизводительных программ.
- Освоение навыков разработки высокопроизводительных информационных подсистем.

Обучение по дисциплине «Высокопроизводительные вычисления» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

| Код и наименование компетенций | Индикаторы достижения компетенции |
|---|---|
| УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий | УК-1.1. Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации<br>УК-1.2. Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации<br>УК-1.3. Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий |
| ОПК-1. Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики | ОПК-1.1. Знать: математические, естественнонаучные и социально-экономические методы для использования в профессиональной деятельности<br>ОПК-1.2. Уметь: решать нестандартные профессиональные задачи, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте, с применением математических, естественнонаучных, социально-экономических и профессиональных знаний<br>ОПК-1.3. Владеть: навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте |
| ОПК-2. Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач | ОПК-2.1. Знать: новые современные математические и естественнонаучные методы для решения прикладных задач и |

| | |
|---|---|
| | использования их в профессиональной деятельности<br>ОПК-2.2. Уметь: обосновывать выбор новых современных математических и естественнонаучных методов для решения прикладных задач и использования их в профессиональной деятельности<br>ОПК-2.3. Владеть: навыками разработки новых современных математических и естественнонаучных методов для решения прикладных задач и использования их в профессиональной деятельности |

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Высокопроизводительные вычисления» относится к числу профессиональных учебных дисциплин обязательной части (Блока 1) основной образовательной программы магистратуры.

«Высокопроизводительные вычисления» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В Обязательная часть (Б1):

– Современные проблемы прикладной математики и информатики;

– Непрерывные математические модели;

– Математические модели систем управления;

– Математическое моделирование экономических процессов.

В Часть, формируемая участниками образовательных отношений (В):

– Интеллектуальный анализ данных.

## 3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(е) единиц(ы) (72 часа).

### 3.1 Виды учебной работы и трудоемкость (по формам обучения)

3.1.1 Очная форма обучения

| № п/п | Вид учебной работы | Количество часов | Семестры | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 2 | |
| **1** | **Аудиторные занятия** | **36** | | |
| | В том числе: | | | |
| 1.1 | Лекции | 12 | 12 | |
| 1.2 | Семинарские/практические занятия | | | |
| 1.3 | Лабораторные занятия | 24 | 24 | |
| **2** | **Самостоятельная работа** | **36** | 36 | |
| | В том числе: | | | |
| **3** | **Промежуточная аттестация** | | зачет | |
| | Итого: | **72** | | |

### 3.2 Тематический план изучения дисциплины (по формам обучения)

3.2.1 Очная форма обучения

| № п/п | Разделы/темы дисциплины | Трудоемкость, час | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Всего | Аудиторная работа | | | | Самостоятельная работа |
| | | | Лекции | Семинарские/ практические занятия | Лабораторные занятия | Практическая подготовка | |
| 1 | Лекция Л-1. Основные понятия и законы высокопроизводительных вычислений | 2 | 2 | | | | |
| 2 | Лекция Л-2. Стек вычислительных технологий | 2 | 2 | | | | |
| 3 | Лекция Л-3. Программное обеспечение | 2 | 2 | | | | |
| 4 | Лекция Л-4. Диагностика алгоритмов | 2 | 2 | | | | |
| 5 | Лекция Л-5. Параллелизм вычислений | 2 | 2 | | | | |
| 6 | Лекция Л-6. Программно-аппаратная акселерация | 2 | 2 | | | | |
| 7 | Лекция Л-7. Мультипроцессные вычисления, контейнерная агрегация и map-reduse | 2 | 2 | | | | |
| 8 | Лекция Л-8. Нейросетевые акселераторы и распределенные вычисления | 2 | 2 | | | | |
| 9 | Лекция Л-9. Вычислительные эксперименты | 2 | 2 | | | | |
| 10 | Лабораторная работа ЛР-1 Виртуальные системы | 6 | | | 2 | | 4 |
| 11 | Лабораторная работа ЛР-2 Диагностика алгоритмов | 6 | | | 2 | | 4 |
| 12 | Лабораторная работа ЛР-3 Профилирование алгоритмов | 6 | | | 2 | | 4 |
| 13 | Лабораторная работа ЛР-4 Диагностика параллельного кода | 6 | | | 2 | | 4 |
| 14 | Лабораторная работа ЛР-5 Итераторы и генераторы | 6 | | | 2 | | 4 |
| 15 | Лабораторная работа ЛР-6 Динамическая компиляция | 6 | | | 2 | | 4 |
| 16 | Лабораторная работа ЛР-7 Многопоточность | 6 | | | 2 | | 4 |
| 17 | Лабораторная работа ЛР-8 Подпроцесс | 6 | | | 2 | | 4 |
| 18 | Лабораторная работа ЛР-9 Мультипроцессинг | 6 | | | 2 | | 4 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Итого** | **72** | **12** | | **24** | | **36** |

## 3.3 Содержание дисциплины

| | | |
|---|---|---|
| **Л-1** | Основные понятия и законы высокопроизводительных вычислений | 2 ак. часа |

**Краткое содержание (перечень рассматриваемых вопросов) лекции:**

- Термин производительность
- Закон Амдала
- Закон Густавсона – Барсиса
- Закон Мура

1. Где используются и применяются методы высокопроизводительной обработки данных?
2. Какой показатель является существенным для вычислительных систем?
3. В чем заключается закон Амдала?
4. В чем заключается закон Густавсона-Барсиса?
5. Раскройте содержание закона Мура и проанализируйте его.

| | | |
|---|---|---|
| **Л-2** | Стек вычислительных технологий | 2 ак. часа |

**Краткое содержание (перечень рассматриваемых вопросов) лекции:**

- Рассматриваются различные виды вычислений: граничные, туманные, облачные.
- Распределенные и параллельные вычисления.
- Виртуальные машины и виртуальные приватные сети.
- Рассматриваются средства удаленного администрирования.
- Изучаются архитектуры параллельных вычислений и графическая визуализация параллелизма.

**Контрольные вопросы:**

1. На чем основывается стек вычислительных технологий?
2. Что понимается под распределенными вычислениями?
3. Что понимается под распределенными вычислениями?
4. Что представляет собой виртуальная вычислительная машина?
5. Охарактеризуйте распределенные вычисления.
6. Что такое суперскалярность ядра вычислительной системы?
7. В каком виде может быть представлена визуализация параллелизма?
8. Приведите краткую характеристику платформы Apache Hadoop.
9. В чем заключаются особенности файловой системы HDFS?
10. Опишите алгоритмы технологий обработки данных MapReduce.
11. Известно, что в файле конфигурации Hadoop задан размер блока 64 МБ. Файл bigdata.gz занимает 1 ГБ места в HDFS. Данный файл был выбран для некой MapReduce операции. Сколько мапперов будет создано для обработки этого файла?

| | | |
|---|---|---|
| **Л-3** | Программное обеспечение | 2 ак. часа |

**Краткое содержание (перечень рассматриваемых вопросов) лекции:**

- Программные среды.
- Виртуальные машины Python.
- PVM CPython.
- PVM PyPy.
- Интерактивные оболочки.
- Виртуальные окружения.
- Управление версиями алгоритмов.

**Контрольные вопросы:**

1. Что относится к известными виртуальными машинами Python?
2. Какие существуют альтернативы CPython? Дайте краткую характеристику наиболее известным.
3. Что понимают под JIT – (Just-in-time compilation)?
4. Что понимают под интерактивной оболочкой языка Python?
5. С помощью каких сервисов производят развертывание интерактивных сред?
6. В чем заключаются назначения виртуального окружения?
7. Охарактеризуйте кроссплатформенный менеджер зависимостей и окружений Conda (Mamba).
8. Что можно отнести к достоинствам и недостаткам Conda (Mamba)?

| **Л-4** | Диагностика алгоритмов | 2 ак. часа |
|---|---|---|

**Краткое содержание (перечень рассматриваемых вопросов) лекции:**

- Интроспекция высокопроизводительных алгоритмов.
- Линтеры и форматеры.
- Тестирование алгоритмов.
- Статистический и сравнительный тайминг.
- Отладка кода.
- Профилирование алгоритмов.

**Контрольные вопросы:**

1. Назовите основные возможности и назначение интроспекции.
2. В чем заключается назначение линтеров? Приведите примеры наиболее популярных и порядок использования.
3. Что такое автоформатеры и их основное назначение?
4. Приведите примеры и охарактеризуйте известные фреймворки тестирования программного кода языка Python на ошибки.
5. Приведите примеры и охарактеризуйте известные отладчики для Python.
6. Что такое профилирование? Какую информацию предоставляют профайлеры алгоритмов?
7. Какие библиотеки или модули для профилирования алгоритмов вы знаете и в чем заключается их назначение?

| **Л-5** | Параллелизм вычислений | 2 ак. часа |
|---|---|---|

**Краткое содержание (перечень рассматриваемых вопросов) лекции:**

- Понятие «параллелизм вычислений».
- Библиотека Dask.
- Интерфейс распараллеливания.
- Индикатор выполнения задач.
- Профайлер класс.

**Контрольные вопросы:**

1. Для чего служит библиотека Dask? В чем заключается особенность интеграции Dask и других библиотек?
2. Для чего служит функция **ProgressBar()** библиотеки Dask? Для чего служит класс **Dask.diagnostics** библиотеки Dask?
3. Какую информацию предоставляют классы **Profiler**, **ResourceProfiler** и **CashProfiler** библиотеки Dask?
4. Как визуализировать вычислительный граф? Какие библиотеки и утилиты необходимы для этого?
5. Что такое профилирование? Какую информацию предоставляют профайлеры алгоритмов?
6. Какие библиотеки или модули для профилирования алгоритмов вы знаете и в чем заключается их назначение?

| **Л-6** | Программно-аппаратная акселерация | 2 ак. часа |
|---|---|---|

**Краткое содержание (перечень рассматриваемых вопросов) лекции:**

- Рассматриваются объекты-итераторы и объекты-генераторы.
- Изучается динамическая компиляция и конкурентность вычислений.
- Многопоточные вычисления: глобальная блокировка, вычислительный параллелизм, параллельные циклы, а также внешняя многопоточность.
- Субпроцессорные вычисления и субпроцессорные конвейеры.

**Контрольные вопросы:**

1. Поясните назначение и основные свойства объектов-итераторов.
2. Что представляют собой объекты-генераторы?
3. Приведите сравнения объектов-итераторов с объектами-генераторами.
4. Какие технологии динамической компиляции вы знаете?
5. Что понимается под конкурентностью вычислений?
6. Поясните принципы работы глобальной блокировки интерпретатора.
7. Раскройте принципы вычислительного параллелизма.
8. Что такое параллельные циклы и в чем заключается их основное назначение?
9. Поясните принципы работы внешней многопоточности и продемонстрируйте на примере

совместную работу Dask и Numba.
10.Что понимается под субпроцессными вычислениями в конкурентном программировании? Продемонстрируйте на примере.

| | | |
|---|---|---|
| **Л-7** | Мультипроцессные вычисления, контейнерная агрегация и map-reduse | 2 ак. часа |

**Краткое содержание (перечень рассматриваемых вопросов) лекции:**

- Пул процессов.
- Идентификаторы процессов.
- Основные методы запуска процессов.
- Интерфейс передачи сообщений.
- MPI коммуникаторы.
- Неблокирующее общение процессов.
- Командный интерфейс MongoDB.
- M-скрипты обработки данных.
- Конвейерная агрегация.
- Map-reduce.

**Контрольные вопросы:**

1. Какое назначение пула процессов? Приведите пример использования объекта **pool** класса **multiprocessing.**
2. Что такое идентификаторы процессов? Приведите примеры применения.
3. Приведите перечень основных методов запуска процессов. Продемонстрируйте один из них на примере.
4. Поясните понятие интерфейса передачи сообщений и его значения для распараллеливания вычислительных задач для систем с распределенной и общей памятью. Приведите примеры реализации и использования этих интерфейсов.
5. Для чего служат неблокирующие методы общения процессов? Приведите пример распределения подзадач по процессам.
6. В чем заключается отличие операций map и reduce от методов конвейерной агрегации. Приведите пример выполнения операций map и reduce.

| | | |
|---|---|---|
| **Л-8** | Нейросетевые акселераторы и распределенные вычисления | 2 ак. часа |

**Краткое содержание (перечень рассматриваемых вопросов) лекции:**

- Нейросетевые акселераторы: GPU, TPU, TFL.
- Интерактивные параллельные вычисления.
- Планировщики вычислительных заданий.
- Модели распределенных вычислений.
- Диагностика распределенных вычислений.
- Масштабирование объемных данных.
- Распределенная вычислительная система.

**Контрольные вопросы:**

1. Использование GPU, TPU и TFL для увеличения производительности вычислительных операций.
2. В чем заключаются основные отличия GPU, TPU и TFL?
3. Каким образом библиотека Ipyparallel расширяет возможности вычислительных систем высокопроизводительно обрабатывать большие объемы данных?
4. В чем заключается основное назначение планировщика вычислительных заданий в распределенных системах?
5. Перечислите и охарактеризуйте модели распределенных вычислений.
6. Назовите наиболее известные интерактивные диагностические панели инструментов планировщиков распределённых вычислений.
7. В чем заключатся смысл масштабирования данных, превышающих размер оперативной памяти?
8. Поясните разницу между распределенной вычислительной системой и суперкомпьютером.
9. Назовите основные виды распределённых вычислительных систем и их классификация по назначению и техническому обеспечению.

| | | |
|---|---|---|
| **Л-9** | Вычислительные эксперименты | 2 ак. часа |

**Краткое содержание (перечень рассматриваемых вопросов) лекции:**

- Вводится понятие «вычислительного эксперимента»
- Рассматривается обезразмеривание уравнений.
- Изучается программирование модели и ее уровни.

- Вычислительная неустойчивость.
- Версии программных продуктов.

**Контрольные вопросы:**

1. Раскройте содержимое понятия «вычислительный эксперимент».
2. В чем заключается процесс обезразмеривания уравнений?
3. С помощью чего можно осуществить переход от физической модели к математической?
4. Перечислите уровни моделей вычислительного эксперимента.
5. Какой недостаток алгоритмов вычислительного эксперимента, приводящий к результатам далеким от действительных, наиболее труден для обнаружения и устранения?
6. Как неспециалист в функциональном анализе может обеспечить использование вычислительно устойчивых алгоритмов и программ?

## 3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1 Лабораторные занятия

| **ЛР-1** | Виртуальные системы | 2 ак. часа |
|---|---|---|

**Цель выполнения лабораторной работы:** *Знакомство с выделенной вычислительной системой выбранной облачной платформы. Знакомство с наиболее популярными виртуальными машинами Python (PVM). Знакомство с интерактивной оболочкой IPython (Interactive Python). Знакомство с виртуальным окружением Python.*

**Результат:** *получение практических навыков работы с виртуальными системами.*

**Порядок выполнения лабораторной работы:**

- Подготовка к выполнению работы, в том числе:
- Изучение возможностей по использованию виртуальной выделенной вычислительной системы облачной платформы;
- Проведение сравнительного анализа выделенных ресурсов;
- Изучение настроек с использование протоколов SSH и SFTP;
- Создание пользовательского домена на выделенном ресурсе;
- Выбор и установка PVM (виртуальных машин Python) для локальной или виртуальной вычислительной системы;
- Использование PVM для проведения простых вычислительных экспериментов;
- Изучение проеков Jupyter Lab, Jupyter Notebook и Jupyterhub на базе интерактивной оболочки IPython;
- Установка, настройка и использование Jupyter Lab и Jupyter Notebook в локальной или виртуальной вычислительной системе;
- Создайте виртуальное окружение для проекта, используя **virtualenv**.
- Активация виртуального окружения и установка в проект нескольких библиотек (пакетов) Python.
- Подготовка отчета;
- Защита лабораторной работы.

**Контрольные вопросы:**

1. Что представляет собой виртуальная вычислительная машина?
2. Какие отличительные признаки характеризуют распределенные вычислительные системы?
3. Что такое суперскалярность ядра вычислительной системы?
4. Что представляет из себя параллельная виртуальная машина (PVM)?
5. Перечислите и охарактеризуйте проекты на базе интерактивной оболочки IPython.
6. Что такое виртуальное окружение?
7. Для чего используется модуль **virtualenv**?
8. Перечислите и охарактеризуйте расширения модуля **virtualenv**?

| **ЛР-2** | Диагностика алгоритмов | 2 ак. часа |
|---|---|---|

**Цель выполнения лабораторной работы:** *Ознакомление с техническими характеристиками операторов и выражений алгоритмов, выполняемых в интерактивной оболочке IPython.*

**Результат:** *получение практических навыков измерения времени выполнения, оценки эффективности операторов и выражений алгоритмов, выполняемых в интерактивной оболочке IPython.*

**Порядок выполнения лабораторной работы:**

- Подготовка к выполнению работы, в том числе:
- Выбор литера для анализа программного кода;
- Проведение проверок используемых алгоритмов;
- Определение времени выполнения оператора или выражения с использованием встроенного в IPython модуля **timeit;**
- Выбор линтера и работа по анализу кода и устранению его ошибок;
- Выбор автоформатера для соответствия стандарту PEP8;
- Работа с интерпретатором для отладки кода;
- Подготовка отчета;
- Защита лабораторной работы.

**Контрольные вопросы:**

1. Что такое линтеры?
2. Охарактеризуйте линтер Flake8.
3. Какие линтеры Python могут использоваться для редактора Vscode?
4. Что такое автоформатеры?
5. Основное назначение стандарта PEP8.
6. Перечислите и охарактеризуйте известные фреймворки языка программирования Python для тестирования программного кода на ошибки.

| **ЛР-3** | Профилирование алгоритмов | 2 ак. часа |
|---|---|---|

**Цель выполнения лабораторной работы:** *Ознакомление с профилированием с целью оптимизации программ по скорости их выполнения и расходу оперативной памяти*

**Результат:** *получение навыков профилирования алгоритмов для высокопроизводительных и экспериментальных вычислений*

**Порядок выполнения лабораторной работы:**

- Подготовка к выполнению работы, в том числе:
- Создание нового или использование уже существующего виртуального окружения для экспериментов с профилированием алгоритмов;
- Установка пакетов профилирования программного кода **line_profiler**;
- Установка профилировщика памяти **memory_profiler**;
- Исследование всех возможных аргументов команды **mprof run** с различными интервалами измерений;
- Применение команд построения временных диаграмм для визуализации результатов;
- Подготовка отчета;
- Защита лабораторной работы.

**Контрольные вопросы:**

1. Что такое профилирование?
2. Перечислите и охарактеризуйте типы профилировщиков для языка программирования Python.
3. Характеристика модулей **line_profiler** и **memory_profiler** для профилирования кода.
4. Основное назначение команды **mprof run.**
5. Какие команды применяются для построения временных диаграмм для визуализации результатов?

| **ЛР-4** | Диагностика параллельного кода | 2 ак. часа |
|---|---|---|

**Цель выполнения лабораторной работы:** *Знакомство с диагностическими индикаторами и панелями мониторинга для выполнения сложных и продолжительных по времени вычислений.*

**Результат:** *получение практических навыков использования диагностических индикаторов и панелей мониторинга*

**Порядок выполнения лабораторной работы:**

- Подготовка к выполнению работы, в том числе:
- Изучение популярных методов диагностики выполнения параллельного кода.
- Групповое тестирование нескольких вычислительных функций в одном кластере.
- Анализ работы тестера.
- Установка библиотеки Dask и изучение ее возможностей.
- Изучение процесса визуализации вычислительных графов функцией **visualize().**
- Изучение функции **progressBar()** библиотеки **dask.diagnostics** для отображения индикатора выполнения задачи во время вычислений.
- Изучение инструментов библиотеки Dask для выполнения профилирования.
- Подготовка отчета.
- Защита лабораторной работы.

**Контрольные вопросы:**

1. Характеристика инструмента VizTracer для параллельных вычислений.
2. Что такое Dask?
3. Какие возможности предоставляет библиотека Dask?
4. Какие возможности предоставляет функция **visualize** библиотеки Dask?
5. Для чего применяется функция **ProgressBar()** библиотеки **dask.diagnostics?**
6. Перечислите и охарактеризуйте инструменты библиотеки Dask для выполнения профилирования.

| **ЛР-5** | Итераторы и генераторы | 2 ак. часа |
|---|---|---|

**Цель выполнения лабораторной работы:** *Ознакомление с объектами-генераторами для выполнения сложных и продолжительных по времени вычислений*

**Результат:** *получение практических навыков работы с объектами-генераторами*

**Порядок выполнения лабораторной работы:**

- Подготовка к выполнению работы, в том числе:
- Использование объектов-генераторов для экспериментальных методов высокопроизводительной обработки данных.
- Использование объектов-итераторов для экспериментальных методов высокопроизводительной обработки данных.
- Решение конкретных задач.
- Подготовка отчета.
- Защита лабораторной работы.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие объекты в Python называют итераторами?
2. В чем заключается основное назначение итераторов?
3. Какие классы в языке программирования Python используются для лучшего понимания принципа работы итераторов?
4. Что такое объекты-генераторы?
5. В чем заключается основное назначение объектов-генераторов и функций-генераторов?
6. Какой класс используется для лучшего понимания структуры объектов-генераторов?

| **ЛР-6** | Динамическая компиляция | 2 ак. часа |
|---|---|---|

**Цель выполнения лабораторной работы:** *Ознакомление с принципами динамической компиляции для выполнения сложных и продолжительных по времени вычислений*

**Результат:** *получение практических навыков работы применения динамической компиляции для выполнения сложных и продолжительных по времени вычислений*

**Порядок выполнения лабораторной работы:**

- Подготовка к выполнению работы, в том числе:
- Изучение пакета Numba с включенным в него JIT-компилятором для языка

программирования Python.
- Изучение пакета Numpy для языка программирования Python.
- Изучение возможностей декоратора для трансляции функций в функции самокомпиляции.
- Знакомство с возможностями пакета Numexpr.
- Выполнение на основе сравнительного и статистического тайминга примеров высокопроизводительных вычислений с использованием пакетов Numpy, Numba и Numexpr.
- Подготовка отчета;
- Защита лабораторной работы.

**Контрольные вопросы:**

1. Что представляет собой **JIT –** (Just-in-time compilation) динамическая компиляция?
2. Охарактеризуйте пакет Numba с включенным в него JIT-компилятором.
3. Для чего используется пакет Numpy?
4. В чем заключаются возможности пакета Numexpr?

| **ЛР-7** | Многопоточность | 2 ак. часа |
|---|---|---|

**Цель выполнения лабораторной работы:** *Ознакомление со способами создания программных продуктов, допускающих одновременное выполнение нескольких вычислительных потоков, которые могут взаимодействовать друг с другом.*

**Результат:** *получение практических навыков создания программных продуктов, допускающих одновременное выполнение нескольких вычислительных потоков, которые могут взаимодействовать друг с другом.*

**Порядок выполнения лабораторной работы:**

- Подготовка к выполнению работы, в том числе:
- Изучение модуля **threading** языка программирования Python в качестве примера конкурентного программирования.
- Изучение интерактивной среды Ipython для решения задач многопоточности.
- Реализация собственного алгоритма многопоточности. Выполнение сравнительного тайминга.
- Подготовка отчета.
- Защита лабораторной работы.

Контрольные вопросы:

1. Что понимается под конкурентностью вычислений?
2. Как используется многопоточность для высокопроизводительных вычислений?
3. Поясните понятие и приведите примеры конкурентного программирования.
4. Поясните принципы работы глобальной блокировки интерпретатора.
5. Раскройте принципы вычислительного параллелизма.

| **ЛР-8** | Подпроцессы | 2 ак. часа |
|---|---|---|

**Цель выполнения лабораторной работы:** *Ознакомление со способами создания программных продуктов, допускающих одновременное выполнение нескольких вычислительных потоков, которые могут взаимодействовать друг с другом.*

**Результат:** *получение практических навыков создания программных продуктов, допускающих одновременное выполнение нескольких вычислительных потоков, которые могут взаимодействовать друг с другом.*

**Порядок выполнения лабораторной работы:**

- Подготовка к выполнению работы, в том числе:
- Изучение модуля модуля **subprocess** для создания новых процессов и соединения их в конвейеры.
- Изучение интерактивной среды Ipython для выполнения алгоритма запуска конвейера двух подпроцессов.
- Реализация конвейера, передающего список файлов, сформированный одним процессом на вход другого процесса, выполняющего фильтрацию списка по шаблону.
- Реализация собственного алгоритма.
- Подготовка отчета.

| | | |
|---|---|---|
| • Защита лабораторной работы. | | |
| **Контрольные вопросы:**<br>1. Что понимается под субпроцессными вычислениями в конкурентном программировании? Продемонстрируйте на примере.<br>2. Объясните работу субпроцессных конвейеров. Продемонстрируйте пример использования.<br>3. Поясните основные методы запуска процессов.<br>4. В чем заключается использование неблокирующих методов **isend()** и **irecv()**? | | |
| **ЛР-9** | Мультипроцессинг | 1 ак. часа |
| **Цель выполнения лабораторной работы:** *Ознакомление со способами создания программных продуктов на основе мультипроцессинга* | | |
| **Результат:** *получение практических навыков создания программных продуктов на основе мультипроцессинга* | | |
| **Порядок выполнения лабораторной работы:**<br>• Подготовка к выполнению работы, в том числе:<br>• Изучение пакета **multiprocessing** для выполнения многопроцессорных вычислений с использованием API.<br>• Изучение объекта **Pool** для параллелизма данных.<br>• Изучение метода **Process** для вывода отдельных идентификаторов процессов<br>• Подготовка отчета.<br>• Защита лабораторной работы. | | |
| **Контрольные вопросы:**<br>1. В чем заключается основное назначение модуля **multiprocessing?**<br>2. Для чего используется объект **Pool**?<br>3. Какой объект отвечает за создание процессов в многопроцессорной обработке с последующим вызовом метода **start()**?<br>4. Сколько способов запуска процесса поддерживает модуль **multiprocessing**?<br>5. На что ориентирован интерфейс передачи сообщений (MPI)?<br>6. Какой стандарт используется для распараллеливания программ**?** | | |

# 4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

## 4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1.Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (уровень магистратуры) по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 10.01.2018 №13.

2. Приказ Минобрнауки России от 09.02.2016 N 86 "О внесении изменений в Порядок проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры, утвержденный приказом Министерства бразования и науки Российской Федерации от 29 июня 2015 г. N636"(Зарегистрировано в Минюсте России 02.03.2016 N 41296).

3. Приказ ректора Московского политехнического университета от 01.09.2016 No 128-ОД о введение в действие положения о порядке проведения государственной итоговой аттестации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет».

### 4.2 Основная литература

1. Евтихов В.Г. и др., Высокопроизводительные вычисления. - Учебник для вузов. – М.: Изд-во Московский политехнический университет, 2022. - 323 с.

### 4.3 Дополнительная литература

1. Евтихов В.Г. Акселерация обработки данных: учебно-методическое пособие / В.Г. Евтихов, Н.В. Евтихова, С.В. Суворов. – Москва: Московский Политех, 2021. —137 с.

### 4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=6043

### 4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Операционная система, Windows 11 (или ниже) - Microsoft Open License
2. Офисные приложения, Microsoft Office 2013(или ниже) - Microsoft Open License

## 5 Материально-техническое обеспечение

### 5.1 Требования к оборудованию и помещению для занятий

Лабораторные работы и самостоятельная работа студентов должны проводиться в специализированной аудитории, оснащенной современной оргтехникой и персональными компьютерами с программным обеспечением в соответствии с тематикой изучаемого материала. Число рабочих мест в аудитории должно быть достаточным для обеспечения индивидуальной работы студентов. Рабочее место преподавателя должно быть оснащены современным компьютером с подключенным к нему проектором на настенный экран, или иным аналогичным по функциональному назначению оборудованием.

Лекционные занятия должны проводиться в специализированных аудиториях с комплектом мультимедийного оборудования и/или доской для записей материалов. Число рабочих мест в аудитории должно быть достаточным для обеспечения индивидуальной работы студентов.

### 5.2 Требования к программному обеспечению

Для выполнения лабораторных работ и самостоятельной работы необходимо следующее программное обеспечение:

1. Microsoft windows.
2. Офисные приложения, Microsoft Office.
3. Веб-браузер, Chrome.
4. Microsoft Visio

Для проведения лекционных занятий специального программного обеспечения для освоения дисциплины не требуется.

## 6 Методические рекомендации

### 6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

1. При подготовке к занятиям следует предварительно проработать материал занятия, предусмотрев его подачу точно в отведенное для этого время занятия. Следует подготовить

необходимые материалы – теоретические сведения, задачи и др. При проведении занятия следует контролировать подачу материала и решение заданий с учетом учебного времени, отведенного для занятия.

2. При проверке работ и отчетов следует учитывать не только правильность выполнения заданий, но и оптимальность выбранных методов решения, правильность выполнения всех его шагов.

3. При организации и проведения экзаменов в практико-ориентированной форме следует использовать утвержденные кафедрой Методические рекомендации.

### 6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины осуществляется в строгом соответствии с целевой установкой в тесной взаимосвязи учебным планом. Основой теоретической подготовки студентов являются аудиторные занятия, лекции.

В процессе самостоятельной работы студенты закрепляют и углубляют знания, полученные во время аудиторных занятий, дорабатывают конспекты и записи, готовятся к проведению и обрабатывают результаты лабораторных работ, готовятся к промежуточной аттестации, а также самостоятельно изучают отдельные темы учебной программы.

На занятиях студентов, в том числе предполагающих практическую деятельность, осуществляется закрепление полученных, в том числе и в процессе самостоятельной работы, знаний. Особое внимание обращается на развитие умений и навыков установления связи положений теории с профессиональной деятельностью будущего специалиста.

Самостоятельная работа осуществляется индивидуально. Контроль самостоятельной работы организуется в двух формах:

- самоконтроль и самооценка студента;
- контроль со стороны преподавателей (текущий и промежуточный).

Текущий контроль осуществляется на практических занятиях, промежу- точный контроль осуществляется на зачете.

Критериями оценки результатов самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентом учебного материала;
- умения студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- сформированность компетенций;
- оформление материала в соответствии с требованиями..

## 7 Фонд оценочных средств

### 7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- выполнение лабораторных работ;
- зачет.

### 7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине.

| Показатель | Критерии оценивания |
|---|---|

| | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий | | | | |
| УК-1.1. Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации.<br>УК-1.2. Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации | Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие материалу дисциплины знаний, указанных в индикаторах компетенций дисциплины «Знать» (см. п. 3). | Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний, указанных в индикаторах компетенций дисциплины «Знать» (см. п. 3). Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации. | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний, указанных в индикаторах компетенций дисциплины «Знать» (см. п. 3). Но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях. | Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний, указанных в индикаторах компетенций дисциплины «Знать» (см. п. 3). Свободно оперирует приобретенными знаниями. |
| ОПК-1. Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики | | | | |
| ОПК-1.1. Знать: математические, естественнонаучные и социально-экономические методы для использования в профессиональной деятельности<br>ОПК-1.2. Уметь: решать нестандартные профессиональные задачи, в том | Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие материалу дисциплины знаний, указанных в индикаторах компетенций дисциплины | Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний, указанных в индикаторах компетенций дисциплины «Знать» (см. п. 3). Допускаются значительные | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний, указанных в индикаторах компетенций дисциплины «Знать» (см. п. 3). Но допускаются незначительны | Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний, указанных в индикаторах компетенций дисциплины «Знать» (см. п. 3). Свободно оперирует приобретенным |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте, с применением математических, естественнонаучных, социально-экономических и профессиональных знаний | «Знать» (см. п. 3). | ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации. | е ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях. | и знаниями. |
| ОПК-2. Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач | | | | |
| ОПК-2.1. Знать: новые современные математические и естественнонаучные методы для решения прикладных задач и использования их в профессиональной деятельности<br>ОПК-2.2. Уметь: обосновывать выбор новых современных математических и естественнонаучных методов для решения прикладных задач и использования их в профессиональной деятельности | Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие материалу дисциплины знаний, указанных в индикаторах компетенций дисциплины «Знать» (см. п. 3). | Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний, указанных в индикаторах компетенций дисциплины «Знать» (см. п. 3). Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации. | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний, указанных в индикаторах компетенций дисциплины «Знать» (см. п. 3). Но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях. | Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний, указанных в индикаторах компетенций дисциплины «Знать» (см. п. 3). Свободно оперирует приобретенными знаниями. |

## 7.3 Оценочные средства

7.3.1 Перечень оценочных средств

| № ОС | Наименование оценочного средства | Краткая характеристика оценочного средства | Представление оценочного средства в ФОС |
|---|---|---|---|
| 1 | Устный опрос / собеседование, (УО) | Средство контроля, организованное как презентация обучающимся результатов выполнения Курсового проекта с демонстрацией наглядных материалов и ответов на вопросы педагогических работников (работника) на тему доклада, теме, проблеме и т.п. | Контрольные вопросы |

7.3.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачета проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «зачтено», «не зачтено».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Высокопроизводительные вычисления» (указывается что именно – прошли промежуточный контроль, выполнили лабораторные работы, и т.д.)

| Шкала оценивания | Описание |
|---|---|
| Зачтено | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |
| Не зачтено | Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации. |

7.3.3 Примерный перечень вопросов к зачету по курсу

1. Где используются и применяются методы высокопроизводительной обработки данных?
2. Какой показатель является существенным для вычислительных систем?
3. Какую систему принято называть вычислительным кластером Beowulf?
4. Поясните назначение понятия «флопс».

5. Что используют для определения производительности компьютеров?

6. В чем заключается закон Амдала?

7. В чем заключается закон Густавсона-Барсиса?

8. Раскройте содержание закона Мура и проанализируйте его.

9. Что такое суперкопьютеры?

10. В чем состоит назначение вычислительного кластера?

11. Назовите основные отличия суперЭВМ от майнфрема.

12. Какой проект публикует актуальный перечень суперкомпьютеров?

13. Какой компьютер является лидером среди суперкомпьютеров?

14. Назовите основные характеристики суперкомпьютера Фугаку.

15. Перечислите области применения суперкомпьютеров?

16. На чем основывается стек вычислительных технологий?

17. Что понимается под распределенными вычислениями?

18. Дайте общее определение масштабируемости вычислительной системы?

19. Что вы понимаете под горизонтальным масштабированием вычислительной системы?

20. Что вы понимаете под вертикальным масштабированием вычислительной системы?

21. Поясните способ организации параллельных вычислений.

22. Что относится к источникам больших наборов данных?

23. Дайте определение понятию «большие данные».

24. Дайте характеристику облачным вычислениям.

25. Дайте характеристику основным моделям обслуживания.

26. Что представляет собой виртуальная вычислительная машина?

27. Дайте определение понятию «туманные вычисления».

28. В чем заключаются отличии туманных вычислений от облачных?

29. Дайте определение понятию «граничные вычисления».

30. Какие требования предъявляют к граничным вычислениям?

31. Охарактеризуйте распределенные вычисления.

32. Дайте несколько определений понятию «распределенная вычислительная система».

33. Какие отличительные признаки характеризуют распределенные вычислительные системы.

34. Что такое суперскалярность ядра вычислительной системы?

35. В каком виде может быть представлена визуализация параллелизма?

36. Приведите краткую характеристику платформы Apache Hadoop.

37. Является ли платформа Hadoop монолитной (неделимой), обоснуйте свой ответ.

38. В чем заключаются особенности файловой системы HDFS?

39. Опишите алгоритмы технологий обработки данных MapReduce.

40. Известно, что в файле конфигурации Hadoop задан размер блока 64 МБ. Файл bigdata.gz занимает 1 ГБ места в HDFS. Данный файл был выбран для некой MapReduce операции. Сколько мапперов будет создано для обработки этого файла?

41. Для чего служит интерфейс передачи сообщений (Message Passing Interface, MPI)? Проанализируйте схему работы.

42. В чем состоит назначение параллельной виртуальной машины (Parallel Virtual Machine, PVM)? Проанализируйте схему работы.

43. Что понимают под единой операционной системой (Single system image, SSI)?

44. Поясните основные отличия и достоинства компиляторов и интерпретаторов.

45. Назовите основные типы интерпретаторов.

46. Назовите основное назначение трансляции программы в байт-код.

47. Что такое PVM и как не путать параллелизм с интерпретацией?

48. Что относится к известными виртуальными машинами Python?

49. Назовите и охарактеризуйте наиболее распространённую, эталонную реализацию языка программирования Python.

50. Что относится к актуальной задаче для высокопроизводительных вычислений?

51. Что является альтернативой CPython?

52. Что понимают под JIT – (Just-in-time compilation)?

53. Что понимают под интерактивной оболочкой языка Python?

54. В чем заключается параллелизм IPython?

55. Раскройте уникальные характеристики IPython?

56. Охарактеризуйте веб-приложение с открытым исходным кодом Jupyter Notebook.

57. Поясните достоинства и недостатки Jupyter Lab в сравнении с Jupyter Notebook.

58. Назовите и охарактеризуйте многопользовательскую версию Jupyter Hub.

59. С помощью каких сервисов производят развертывание интерактивных сред?

60. Для чего используются виртуальные окружения?

61. Виртуальное окружение – это?

62. В чем заключаются назначения виртуального окружения?

63. Что такое Virtualenv и для чего используется?

64. Какие команды нужно выполнить для создания виртуального окружения?

65. Что можно отнести к недостаткам virtualenv?

66. Сколько и какие способы зафиксировать версии пакетов в файл существуют?

67. Что такое VirtualEnvWrapper?

68. Охарактеризуйте кроссплатформенный менеджер зависимостей и окружений Conda.

69. Что можно отнести к достоинствам и недостаткам Conda?

70. Что такое Pipenv?

71. Какие проблемы virtualenv и conda позволяет решить Pipenv?

72. Что представляет из себя синтаксис Pipfile?

73. Приведите пример и дайте характеристику системы отслеживания дефектов и изменений?

74. Что является текстовым форматом, предназначенным для обмена данными в среде Jupyter? В чем заключаются его возможности?

75. Назовите основные возможности и назначение интроспекции.

76. Каково назначение модуля sys?

77. В чем заключается назначение линтеров? Приведите пример программы.

78. Какой линтер Python можно использовать для редактора Vscode?

79. Что такое автоформатеры?

80. В чем заключается основная задача стандарта PEP8?

81. Приведите примеры и охарактеризуйте известные фреймворки тестирования программного кода языка Python на ошибки.

82. Какие команды интерактивной оболочки IPython можно использовать для измерения производительности программного кода?

83. Что такое тайминг? Какой оператор отвечает за тайминг в IPython?

84. Какие из опций timeit являются наиболее используемыми?

85. Какие опции оператора %xmode позволяют контролировать объем выводимой информации при возникновении исключения?

86. Перечислите команды, использующиеся для интерактивной отладки.

87. Приведите примеры и охарактеризуйте известные отладчики для Python.

88. Что такое профилирование? Какую информацию предоставляют профайлеры алгоритмов?

89. Какие библиотеки или модули для профилирования алгоритмов вы знаете и в чем заключается их назначение?

90. Для чего служит библиотека Dask в параллельных вычислениях?

91. В чем заключается особенность интеграции Dask и других библиотек?

92. Как визуализировать вычислительный граф? Какие библиотеки и утилиты необходимы для этого?

93. Для чего служит функция ProgressBar() библиотеки Dask?

94. Для чего служит класс Dask.diagnostics библиотеки Dask?

95. Какую информацию предоставляют классы Profiler, ResourceProfiler и CashProfiler библиотеки Dask?

96. Какую информацию могут предоставить интерактивные диаграммы Bokeh при использовании их с Dask?