

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 4 от 26.04.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Алгоритмы и методы распределенных вычислений

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

09.04.02 - Информационные системы и технологии

Направленность образовательной программы

Информационные технологии в системах космической связи и дистанционного зондирования Земли

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03 Алгоритмы и методы распределенных вычислений относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции (код, содержание компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции | | Наименование оценочного средства | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| | Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора) | Результаты обучения по дисциплине | Для текущего контроля успеваемости | Для промежуточной аттестации |
| ПК-15: Способен определять критерии эффективности, ограничения применимости информационных систем в производственно-технологических задачах | ПК-15.1: Знать: основные критерии эффективности ПК-15.2: Уметь: определять критерии эффективности, ограничения применимости информационных систем в производственно-технологических задачах ПК-15.3: Владеть: способами оценки критерии эффективности информационных систем в производственно-технологических задачах | ПК-15.1: Знать основные критерии эффективности распределенных вычислительных систем ПК-15.2: Уметь определять критерии эффективности распределенных вычислительных систем, ограничений их применимости в производственно-технологических задачах ПК-15.3: владеть способами оценки критериев эффективности распределенных вычислительных систем в производственно-технологических задачах | Отчет по лабораторным работам | Зачёт: Дискуссия |

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

| | |
|------------------------------------------------|--------------|
| | очная |
| Общая трудоемкость, з.е. | 3 |
| Часов по учебному плану | 108 |
| в том числе | |
| аудиторные занятия (контактная работа): | |
| - занятия лекционного типа | 32 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------|------------|
| | |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | 32 |
| - КСР | 1 |
| самостоятельная работа | 43 |
| Промежуточная аттестация | 0 Зачёт |

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

| Наименование разделов и тем дисциплины | Всего (часы) | в том числе | | | |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------|
| | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них | | | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы | Всего | |
| | 0 Ф 0 | 0 Ф 0 | 0 Ф 0 | 0 Ф 0 | 0 Ф 0 |
| Введение в параллельные вычисления | 4 | 2 | 0 | 2 | 2 |
| Основные принципы построения систем параллельных вычислений | 17 | 6 | 4 | 10 | 7 |
| Методы параллелизма | 9 | 2 | 4 | 6 | 3 |
| Введение в распределённые вычисления | 5 | 2 | 0 | 2 | 3 |
| Apache Hadoop. DFS, SQL поверх больших данных | 9 | 2 | 4 | 6 | 3 |
| Хранение данных для SQL | 11 | 4 | 2 | 6 | 5 |
| Apache Hadoop Yarn, MapReduce | 13 | 4 | 4 | 8 | 5 |
| Apache Spark | 9 | 2 | 4 | 6 | 3 |
| Распределенные системы. AB, FLP-теорема, CAP-теорема, CRDT | 7 | 2 | 2 | 4 | 3 |
| Диагностика распределенных систем. ZooKeeper | 9 | 2 | 4 | 6 | 3 |
| Kafka | 7 | 2 | 2 | 4 | 3 |
| Альтернативные распределенные системы хранения данных. Dynamo, Cassandra | 7 | 2 | 2 | 4 | 3 |
| Аттестация | 0 | | | | |
| КСР | 1 | | | | 1 |
| Итого | 108 | 32 | 32 | 65 | 43 |

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение в параллельные вычисления;
2. Основные принципы построения систем параллельных вычислений; Классификация компьютеров по Флинну. Multiple Instructions Multiple Data, системы с общей памятью. Проблема когерентности кэшей. Системы с распределенной памятью. Параллелизм. Ускорение. Эффективность. Масштабируемость. Оценка эффективности разработки. Ограничения сети.
3. Методы параллелизма; Метод геометрического пара. Конвейерный параллелизм. OpenMP.

4. Введение в распределённые вычисления;
5. Apache Hadoop. DFS, SQL поверх больших данных;
6. Хранение данных для SQL; Текстовый файл. Sequence File. Avro. Protobuf. ORC. Достоинства и недостатки.
7. Apache Hadoop Yarn, MapReduce;
8. Apache Spark;
9. Распределенные системы. AB, FLP-теорема, CAP-теорема, CRDT;
10. Диагностика распределенных систем. ZooKeeper;
11. Kafka
12. Альтернативные распределенные системы хранения данных. Dynamo, Cassandra

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

-

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-15:

1. Развертывание системы распределенных вычислений (Hadoop, Spark);
2. Адаптирование и запуск приложения теста производительности (benchmark) на распределенной системе.

Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|----------------------------------------------------------|
| зачтено | Выполнена лабораторная работа. Составлен отчет. |
| не зачтено | Не выполнена лабораторная работа или не составлен отчет. |

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | плохо | неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | очень хорошо | отлично | превосходно |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | не зачтено | | зачтено | | | | |
| <u>Знания</u> | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет. | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. |
| <u>Умения</u> | Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки | Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u> | Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов | Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов | Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач |

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

| Оценка | | Уровень подготовки |
|---------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| зачтено | превосходно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой |

| | | |
|-------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично». |
| | очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо» |
| | хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо». |
| | удовлетворительно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно» |
| не зачтено | неудовлетворительно | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно». |
| | плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Дискуссия) для оценки сформированности компетенции ПК-15

1. Введение в распределённые вычисления;
2. Apache Hadoop. DFS, SQL поверх больших данных;
3. Хранение данных для SQL;

Критерии оценивания (оценочное средство - Дискуссия)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| зачтено | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. |
| не зачтено | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продemonстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. стандартных задач не продemonстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. |

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Hadoop в действии / Лэм Ч. - Москва : ДМК-пресс, 2012. - doop в действии [Электронный ресурс] / Чак Лэм - М. : ДМК Пресс, 2012., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=645138&idb=0>.
2. Dr. Saket S.R. Mengle. Mastering Machine Learning on AWS : Advanced Machine Learning in Python

- Using SageMaker, Apache Spark, and TensorFlow. - Packt Publishing, 2019. - 1 online resource. - ISBN 9781789347500. - ISBN 9781789349795. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=854229&idb=0>.
3. Мартишин Сергей Анатольевич (Институт системного программирования Российской академии наук). Базы данных: Работа с распределенными базами данных и файловыми системами на примере MongoDB и HDFS с использованием Node.js, Express.js, Apache Spark и Scala : Учебное пособие / Институт системного программирования Российской академии наук; Российский государственный социальный университет. - 1. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2023. - 235 с. - (Среднее профессиональное образование). - Среднее профессиональное образование. - ISBN 978-5-16-015643-9. - ISBN 978-5-16-108102-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=889228&idb=0>.
4. Изучаем Spark: молниеносный анализ данных / Карау Х., Конвински Э., Венделл П., Захария М. - Москва : ДМК-пресс, 2015., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=659417&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Параллельные вычисления и многопоточное программирование / Биллиг В.А. - Москва : ИНТУИТ, 2016., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=663355&idb=0>.
2. Парфенов Д. В. Параллельные и распределенные вычисления : учебное пособие / Парфенов Д. В., Петрусевиц Д. А. - Москва : РТУ МИРЭА, 2022. - 92 с. - Книга из коллекции РТУ МИРЭА - Информатика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=828326&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

-

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, специализированным оборудованием: в том числе,

- высокопроизводительным серверным оборудованием, включая сервера и АРМы Гравитон, серверные шкафы, программно-аппаратные комплексы, сетевое оборудование;
- вычислительными ресурсами: 30 стационарных рабочих места на базе современных ПК;
- офисным и мультимедийным оборудованием, включая проектор, экран и ТВ-панель, специализированную мебель.

Данное оборудование включается в Учебно-лабораторный интерактивный комплекс "Распределенные вычисления" (513, 528 и 520 ауд.) для проведения занятий для студентов с использованием современной вычислительной техники при обучении проектированию и разработке распределенных вычислительных комплексов и для проведения практических занятий по дисциплинам, предусмотренных программой.

Специальное образовательное пространство (СОП) Учебно-лабораторный интерактивный комплекс «Распределенные вычисления» (уч. корп.3, ауд. 513, 528, 520) создано научно-образовательным отделением космической связи ПИШ ННГУ и утверждено приказом ННГУ №06.49-04-0669/23 от 29.12.2023 г. для реализации образовательных программ (ОП) ПИШ

ННГУ, в том числе, ОП «Информационные технологии в системах космической связи и дистанционного зондирования Земли» направления подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии», разработанной с целью исполнения Программы развития ПИШ ННГУ в рамках федерального проекта Минобрнауки России "Передовые инженерные школы" государственной программы Российской Федерации "Научно-технологическое развитие Российской Федерации" (<https://analytics.engineers2030.ru/schools/unn>).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 09.04.02 - Информационные системы и технологии.

Автор(ы): Гречко Дина Алексеевна.

Заведующий кафедрой: Морозов Олег Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 15.04.2024, протокол № б/н.