**Программа учебной дисциплины «Методы и системы обработки больших данных»**

Утверждена

Академическим советом ООП

Протокол № от «\_\_»\_\_\_\_\_20\_\_ г.

|  |  |
| --- | --- |
| Автор | Драль А.А. [aadral@bigdatateam.org](mailto:aadral@bigdatateam.org)  Ахтямов П.И. [pavel.akhtyamov@bigdatateam.org](mailto:pavel.akhtyamov@bigdatateam.org) |
| Число кредитов | 5 |
| Контактная работа (час.) | 60 |
| Самостоятельная работа (час.) | 90 |
| Курс | 4-й курс, 1, 2 модуль |
| Формат изучения дисциплины | без использования онлайн курса. |

1. **ЦЕЛЬ, РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРЕРЕКВИЗИТЫ**

Целями освоения дисциплины «Методы и системы обработки больших данных» являются ознакомление слушателей с существующими методами и системами обработки больших данных, их областями применимости, преимуществами и недостатками. Все темы курса снабжены практическими заданиями, призванными продемонстрировать применение изложенных методов к решению практических задач.

В результате освоения дисциплины студент должен:

**знать:**

Определение больших данных, основной алгоритм обработки больших данных: MapReduce, устройства Hadoop и yarn кластеров, алгоритмы обработки больших данных при помощи технологий Spark, Kafka, Spark Streaming, особенности адаптации алгоритмов на графах и алгоритмов машинного обучения к возможности обработки больших объемов данных.

**уметь:**

Преобразовывать задачу обработки больших объемов данных к одному из трех поставленных видов: статическая обработка, пакетная (batch) обработка, потоковая (streaming) обработка, вычислять необходимые ресурсы для сборки вычислительного кластера, применять алгоритмы машинного обучения и алгоритмы на графах для анализа больших данных. Запускать задачи на вычислительном кластере и отлаживать программы в локальной файловой системе. Писать SQL и NoSQL запросы для обработки данных на распределенном вычислительном кластере.

**владеть:**

Навыками освоения большого объема информации и решения задач (в том числе, сложных); навыками самостоятельной работы и освоения новых дисциплин; культурной постановки, анализа и решения задач, возникающих при работе с большими данными.

Изучение дисциплины «Методы и системы обработки больших данных» базируется на следующих дисциплинах:

- Алгоритмы и структуры данных;

- Основы и методологии программирования;

- Параллельные и распределенные вычисления.

1. **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Тема 1: Вступление, распределенные файловые системы**

* Вступление
  + Понятие “большие данные”
  + Постановка задачи обработки и хранения больших данных
  + Примеры применения больших данных в IT индустрии
* Архитектура распределенных файловых систем
  + Основные проблемы в работе распределенных систем
  + Виды отказов узлов, связей между узлами
  + Устройство GFS, HDFS
  + Процесс восстановления HDFS

**Тема 2: Модель вычислений MapReduce**

* Математическая модель парадигмы MapReduce
  + Модель вычислений
  + Map, Shuffle и Reduce фазы
  + Формальная модель парадигмы MapReduce
  + Задача подсчета слов в датасете (WordCount)
* Hadoop MapReduce
  + Обеспечение отказоустойчивости в MapReduce
  + Сравнение MapReduce v1 и YARN
  + История развития MapReduce
  + MapReduce Streaming на примере Python
* Расширения модели
  + Comparator, partitioner, combiner, зачем нужны и когда используются
* Часто применяемые техники в обработке данных
  + Map-side join, reduce-side join
  + Salting
  + Cпособы тюнинга MapReduce
  + Cпособы семплирования данных
  + Итеративные задачи

**Тема 3. SQL over BigData. Hive**

* Hive: мотивация, языковая модель
  + Проблема смещения данных в обработке больших данных
  + Применение SQL в IT индустрии
  + Сравнение решений Hive и MapReduce на примере задач анализа логов
  + Практика SQL: агрегация данных, фильтрация данных, сортировка, объединение таблиц
  + Архитектура Hive: Metastore + Hadoop + HDFS
  + Язык определения данных в Hive (Hive DDL): типы таблиц, разделители.
  + Язык управления данными в Hive (Hive DML): загрузка данных, перезапись данных, CTAS
* Hive: расширенные возможности
  + Парсер данных SerDe
  + Hive View: особенности, преимущества и недостатки
  + Пользовательские функции (UDF), пользовательские агрегирующие функции (UDAF), пользовательские функции для генерации таблиц (UDTF)
  + История развития MapReduce
  + MapReduce Streaming на примере Python
  + Hive Streaming
  + Hive Partitioning, Bucketing and Sampling
  + Особенности Join в Hive
  + Исправление проблемы смещения в Hive
  + Поколоночное хранение в Hive (RCFile, ORC, Parquet)

**Тема 4. Beyond MapReduce. Spark**

* + Недостатки MapReduce
  + Costly disk spill, write barrier, job launch overhead
  + Перекосы в данных и перекосы в планировании
  + От MR к DAG-ам вычислений: почему это удобней?
  + Spark
  + Понятие RDD и Source RDD
  + MR over Spark, Pregel over Spark
  + Кеширование RDD, итеративные вычисления
  + Преобразования и действия
  + Spark UI и работа в режиме YARN
* Spark SQL
  + Spark DataFrame: особенности и сравнение с Pandas DataFrame
  + Spark SQL + Hive
  + Агрегирование данных в Spark DataFrame
* Обработка графов при помощи Spark
  + Задача подсчета количества общих друзей
  + Задача подсчета числа треугольников
  + Пакет GraphFrames. Понятие motif. Использование motif для решения задачи
  + Решение задачи PageRank при помощи GraphFrames и Spark API.
* Оптимизация Spark
  + Управление памятью
  + Оптимизация UDF
  + Оптимизация объединений

**Тема 5. Машинное обучение на больших данных**

* Алгоритмы для работы с большими данными
  + Методы онлайн обучения
  + Градиентный спуск
  + Решение задач кластеризации на больших данных
  + Задача подсчета слов в датасете (WordCount)
* API для обучения алгоритмов на больших данных
  + Библиотеки Spark Mllib и Spark ML
  + Обработка текстов при помощи Spark ML
  + Ансамблевые модели на Spark ML
  + Map-side join, reduce-side join

**Тема 6. Потоковая обработка данных**

* Обработка больших данных в режиме реального времени
  + Подходы к обработке больших данных в режиме реального времени
  + Семантика доставки (Devilery semantics)
  + Архитектуры Lambda и Kappa
  + Входные и выходные данные для обработки в режиме реального времени
  + Apache Spark Streaming: объяснение концепции на практической задаче
  + Apache Spark Structured Streaming: объяснение концепции на практической задаче
* Модель парадигмы Kafka
  + Понятие интервала в Kafka
  + Особенности Kafka
  + Интерфейс командной строки Kafka
  + Связь Kafka и семантики доставки
  + Потоки Kafka (Kafka Streams)

**Тема 7. Key-value хранилища в больших данных**

* HBase
  + NoSQL подходы к реализации распределенных баз данных, key-value хранилища
  + Основные компоненты BigTable-подобных систем и их назначение, отличие от реляционных БД
  + Чтение, запись и хранение данных в HBase. Minor- и major-компактификация. Надёжность и отказоустойчивость в HBase.
* Cassandra
  + Основные особенности
  + Чтение и запись данных
  + Отказоустойчивость
  + Примеры применения HBase и Cassandra
  + Отличие архитектуры HBase от архитектуры Cassandra

1. **ОЦЕНИВАНИЕ**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип контроля | Форма контроля | 4 год | | Параметры \*\* |
| 1 модуль | 2 модуль |  |
| Текущий | Домашняя работа | \* | \* | Выполнение домашнего задания. |
| Контрольная работа | \* | \* | Решение практических задач в учебной аудитории |
| Итоговый | Сдача проекта |  | \* | Сдача проекта в устной форме заранее к указанному сроку |

Текущий контроль - домашняя работа в первом и модулях, контрольная работа в форме теста в первом и втором модулях.

Итоговый контроль – сдача проекта в устной форме (120 мин.)

Итоговая оценка вычисляется следующим образом:

* Оценка за домашнюю работу (ДР) – 50 баллов за задание (12 заданий): итого – 600 баллов
* Оценка за контрольную работу (КР) – 5 баллов за задание (12 заданий): итого – 60 баллов

Оценка = min((КР + ДР) / 50, 10)

Способ округления оценки по учебной дисциплине: арифметический.

1. **ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**Темы домашних заданий**

1. Распределенные файловые системы;
2. Модель вычислений MapReduce;
3. SQL over BigData. Hive;
4. Beyond MapReduce. Spark;
5. Машинное обучение на больших данных;
6. Потоковая обработка данных;
7. Key-value хранилища в больших данных.

**Оценочные средства для промежуточной аттестации**

Пример домашнего задания

В рамках  домашнего задания Вам нужно написать эссе о гипотетическом сервисе для хранения и обработки Больших Данных. Он может относиться как к внутренним проектам компании, так и любым внешним (астрономия, градостроение, сельское хозяйство, ...).

Вам необходимо:

1. описать проект
2. оценить финансовые затраты на вычислительные ресурсы

Объем эссе: 1-2 страницы формата A4 (1800-3600 знаков)

Структура эссе, должна выглядеть следующим образом:

1. [10%] Опишите Вас сервис для хранения / обработки Больших Данных. Для каких целей необходимо использовать в этой сфере технологии обработки Больших Данных?
2. [20%] Опишите конфигурации DataNode и NameNode? Конфигурация: характеристики CPU, RAM, HDD, число вычислительных узлов кластера (DataNodes). При описании конфигурации учитывайте, что вычислительный узел падает один раз за 3 календарных года. Этот параметр необходим, чтобы оценить расходы на дополнительные серверы, которые будет необходимо докупать в течение года.
3. [20%] Какой фактор репликации используется в Вашем кластере? Одинаковым ли будет фактор репликации для всех файлов, хранящихся в HDFS? Ответ поясните.
4. [20%] Рассчитайте ежедневный объем нагрузки на кластер: сколько раз в день будет происходить загрузка имеющихся данных в память вычислительных узлов (для обработки / анализа)? Какой объем времени необходим для прочтения объема данных, равных объемам ежедневной нагрузки?
5. [30%] Выберите два облачных провайдера и оцените предполагаемую сумму для месячной поддержки вычислительного кластера.

Примеры заданий из контрольной работы

1. Выберите все опции из …, при которых HDFS останется в рабочем состоянии, и сохранится доступ ко всем данным. Описание кластера: "Кластер HDFS состоит из 1 NameNode, 1 Secondary NameNode и 6 DataNode. Фактор репликации равняется 3"
2. Какие Вы видите проблемы в имплементации метода (transformation) семплирования (sample)? (приведен пример кода на PySpark)
3. Может ли HDFS работать если упала NameNode?
4. Решить задачу Top100 (WordCount) с помощью MapReduce
5. В рамках какой сущности Kafka хранит упорядоченный во времени поток событий?
6. Мы работаем с базой данных Cassandra. В настройках указано: фактор репликации - 2, уровень консистенции - quorum. Сколько нод должны успешно ("success") отработать, прежде чем ответить на запрос пользователя?
7. **РЕСУРСЫ**
   1. **Основная литература**

1. Tom White. Hadoop: The Definitive Guide (3rd Edition). Yahoo Press (O'Reilly) или более поздние издания.

* 1. **Дополнительная литература**

1. Karau, Holden, Andy Konwinski, Patrick Wendell, and Matei Zaharia. Learning spark: lightning-fast big data analysis. O'Reilly Media, Inc., 2015.

2. Karau, Holden, Rachel Warren. High Performance Spark: Best Practices for Scaling and Optimizing Apache Spark. O'Reilly Media, Inc., 2017.

* 1. **Программное обеспечение**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Наименование** | **Условия доступа** |
| 1. | Microsoft Windows 7 Professional RUS  Microsoft Windows 10  Microsoft Windows 8.1 Professional RUS | *Из внутренней сети университета (договор)* |
| 2. | Apache Hadoop | *Свободно распространяемое ПО* |
| 3. | Интерпретатор языка Python | *Свободно распространяемое ПО* |

* 1. **Профессиональные базы данных, информационные справочные системы,   
     интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Наименование** | **Условия доступа** |
|  | ***Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы*** | |
|  | ***Интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)*** | |
| 1. | Big Data for Data Engineers Specialization | URL: <https://www.coursera.org/specializations/big-data-engineering> |

* 1. **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории для лекционных занятий по дисциплине обеспечивают использование и демонстрацию тематических иллюстраций, соответствующих программе дисциплины в составе:

ПЭВМ с доступом в Интернет (операционная система, офисные программы, антивирусные программы);

мультимедийный проектор с дистанционным управлением.

Учебные аудитории для практических занятий по дисциплине оснащены рабочими станциями для каждого студента, а также проектором, экраном и компьютером для проведения презентаций, с возможностью подключения к сети Интернет и доступом к электронной информационно-образовательной среде НИУ ВШЭ.