

**Правительство Российской Федерации**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики»**

Факультет Компьютерных наук  
Департамент больших данных и информационного  
поиска Базовая кафедра Яндекс

**Рабочая программа дисциплины «Методы и системы обработки  
больших данных»**

для образовательной программы «Науки о данных»  
направления подготовки 01.04.02 "Прикладная математика и  
информатика"  
уровень магистра

Разработчик(и) программы  
Пузыревский И.В. ([ipuzrevskiy@hse.ru](mailto:ipuzrevskiy@hse.ru))

Одобрена на заседании базовой кафедры Яндекс  
«\_\_»\_\_\_\_\_ 2017 г.

Заведующий Кафедрой  
М.А. Бабенко \_\_\_\_\_

Утверждена Академическим советом образовательной программы  
«\_\_»\_\_\_\_\_ 2017 г., № протокола \_\_\_\_\_

Академический руководитель образовательной программы  
С.О. Кузнецов \_\_\_\_\_

Москва, 2018

*Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями  
университета и другими вузами без разрешения подразделения-разработчика программы*



## **1. Область применения и нормативные ссылки**

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает требования к образовательным результатам и результатам обучения студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих дисциплину «Методы и системы обработки больших данных», учебных ассистентов и студентов направления подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика», обучающихся по образовательной программе «Науки о данных».

Программа учебной дисциплины разработана в соответствии с:

- Образовательным стандартом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»;
- Образовательной программой подготовки магистра по направлению 01.04.02 «Прикладная математика и информатика», специализации «Анализ Интернет-данных».
- Объединенным учебным планом университета по образовательной программе «Науки о данных», утвержденным в 2017 г.

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Курс посвящен методам построения систем обработки больших данных и существующим инструментам в этой области. Цель курса – дать понимание внутреннего устройства, механики работы, области применимости существующих решений, осветить сильные и слабые стороны, научить практическим навыкам анализа больших массивов информации.

Структурно курс состоит из трех больших глав: пакетная обработка данных, потоковая обработка данных и хранение данных. В главе "Пакетная обработка данных" будет изучена модель MapReduce, техники решения типовых задач, часто используемые приемы. В главе "Потоковая обработка данных" будут рассмотрены методы обработки данных "в реальном времени" – с минимальной задержкой между поступлением данных и их обработкой. В главе "Хранение данных" будут рассмотрены некоторые хранилища данных, их сходства и отличия, сценарии использования. Также в течение курса будут рассмотрены различные инструменты, облегчающие работы с данными: к примеру, SQL-движки; системы автоматизации процесса обработки данных.

Программа курса предусматривает лекции (30 часов) и практические занятия (34 часа).



### 3. Цели освоения дисциплины

Целью данного курса является 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.

### 4. Тематический план дисциплины «Методы и системы обработки больших данных»

№	Название темы	Всего часов по дисциплине	Аудиторные часы		Самостоятельная работа
			Лекции	Сем. и практика	
1	Вступление, распределенные файловые системы	8	2	2	10
2	Модель вычислений MapReduce	24	4	4	15
3	Beyond MapReduce, Spark	12	2	4	10
4	Потоковая обработка данных	14	2	4	12
5	BigTable-подобные хранилища, HBase	22	4	4	15
6	Dynamo-подобные хранилища, Cassandra	22	4	4	15
7	Специализированные хранилища	26	4	4	15
8	SQL over BigData	24	2	2	12
9	Workflow Engines & Scheduling	24	2	4	12
10	Архитектура систем обработки данных	14	4	2	10
	Итого	190	30	34	126



## 5. Формы контроля и структура итоговой оценки

Текущий контроль - домашняя работа в первом модуле, контрольная работа в первом модуле.

Итоговый контроль – письменный экзамен (120 мин.)

Итоговая оценка вычисляется следующим образом:

$0,1 \cdot \text{оценка за домашнюю} + 0,2 \cdot \text{оценка за контрольную} + 0,7 \cdot \text{оценка за экзамен.}$

**Таблица соответствия оценок по десятибалльной и системе зачет/незачет**

Оценка по 10-балльной шкале	Оценка по 5-балльной шкале
1	Незачет
2	
3	
4	Зачет
5	
6	
7	
8	
9	
10	

**Таблица соответствия оценок по десятибалльной и пятибалльной системе**

По десятибалльной шкале	По пятибалльной системе
1 – неудовлетворительно	неудовлетворительно – 2
2 – очень плохо	
3 – плохо	
4 – удовлетворительно	удовлетворительно – 3
5 – весьма удовлетворительно	
6 – хорошо	хорошо – 4
7 – очень хорошо	
8 – почти отлично	отлично – 5
9 – отлично	
10 - блестяще	



## 6. Программа дисциплины «Методы и системы обработки больших данных»

### Лекция 1: Вступление, распределенные файловые системы

- Вступление.
  - Что такое BigData? О чем курс? Для кого?
  - Структура курса, организационные моменты.
- Распределенные файловые системы.
  - Об устройстве классических файловых систем и способы масштабирования до поддержки файлов на много ТБ.
  - GFS, HDFS, почанковое хранение, иммутабельность и запрет случайных изменений, предлагаемый API распределенной ФС.
- Архитектура распределенных файловых систем.
  - Мастер-сервер, ноды, пайплайн чтения и записи, локальные и нелокальные чтения.
  - Отказоустойчивость по выпадению машин (репликация, erasure).
  - Отказоустойчивость мастер-сервера (hot standby, shared journal, multimaster).

### Лекция 2: Модель вычислений MapReduce

- Предпосылки к возникновению MapReduce
  - Модельные задачи, предшественники, commodity hardware
  - Коммуникация как "узкое горлышко" распределенных систем обработки данных, перенос вычислений к данным
  - Парадигмы функционального программирования
- Устройство MapReduce
  - Модель вычислений
  - Map, Shuffle и Reduce фазы
  - Описание пользовательских вычислений, job, task, разбиение операций на задачи
  - Планирование задач, честный планировщик, локальность данных, stragglers
- Hadoop MapReduce API
  - Нарушение функциональных парадигм
- Расширения модели
  - Comparator, partitioner, combiner, зачем нужны и когда используются
- Часто применяемые техники в обработке данных
  - Map-side join, reduce-side join
  - Salting
  - Способы тюнинга MapReduce
  - Способы семплирования данных
  - Итеративные задачи

### Лекция 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
  - Computed RDD, lineage, узкие и широкие зависимости, естественная



отказоустойчивость

- MR over Spark, Pregel over Spark
- Кеширование RDD, итеративные вычисления

### **Лекция 5: Поточковая обработка данных**

- Kafka как “хранилище” для потоковых вычислений
  - Модель данных, topic, partitions (as a unit of parallelism)
  - Модель отказоустойчивости, ISRs, репликация
  - Продьюсеры и консьюмеры, стратегии партиционирования и группировка консьюмеров
  - Чтение данных at least once, обеспечение транзакциональности через durability & replay.
- Модель вычислений Spark Streaming (Discretized Streams)
  - Аккумуляция батча и добавление его к RDD
  - Пересчет узких и широких зависимостей
- Сохраняемое состояние в потоковых вычислениях
- Совмещение потоковой и пакетной обработки данных

### **Лекция 6: BigTable-подобные хранилища, HBase**

- Модель данных BigTable/HBase (понятие строки, ключа, лексикографического порядка, колонки, семейства колонок, версии)
- Партиционирование данных, регионы (таблеты) таблицы, регион-сервера
- Memory Store -- in-memory append-only хранилище данных
- Процесс слияния версий
- Процесс компактификации данных
- Операции точечного и диапазонного чтений, операция записи
- Модель отказоустойчивости (WAL+Replay, синхронная репликация)
- Примеры дизайна схемы таблицы и правильного выбора ключа

### **Лекция 7: Dynamo-подобные хранилища, Cassandra**

- Модель данных Dynamo/Cassandra
- Хеш-партиционирование данных, consistent hashing, eventual consistency, read quorum, write quorum
- Антиэнтропийные техники
  - Hinted Handoff
  - Merkle Trees и их использование при синхронизации реплик

### **Лекция 8: Специализированные хранилища**

- Elasticsearch как хранилище данных
  - Инвертированный индекс
  - Шардирование и репликация поискового индекса
  - Подсчет агрегированных статистик по данным
  - Перколяция

### **Лекция 9: SQL over BigData, 1**

- Элементы реляционной алгебры (понятие кортежа, отношения (таблицы))
- Декларативное описание преобразований данных (понятие оператора, примеры)
- SQL как синтаксис для описания преобразований данных
- Логический и физический план исполнения запроса
- Оптимизация плана
  - Стоимостная модель
  - Преобразования плана (predicate pushdown, join reordering, partial grouping)
- Физический план исполнения SQL-запросов в MR-подобных системах (на примере Hive)



- Физический план исполнения SQL-запросов в MPP системах
  - Операторы SEND, EXCHANGE
  - Преобразование и разделение дерева исполнения
  - Роль локальности данных
- Физический план исполнения SQL-запросов в Spark (на примере Shark/Spark SQL)
  - Связь между RDD и операторами SQL
  - Способы оптимизации времени работы

#### **Лекция 11: Workflow Engines & Scheduling**

- Организация сложных, многоступенчатых расчетов на кластере о WF для описания, исполнения и мониторинга процессов о Пример: Oozie
  - Пример: Luigi
- Планирование кластерных ресурсов в многопользовательском окружении
  - FIFO-планирование, честное планирование
  - Механизмы обеспечения ресурсных гарантий для критичных процессов

#### **Лекция 12: Архитектура систем обработки данных**

- Трейдоффы в batch и real-time обработке данных
- Часто используемые техники экономии сложности вычисления (вероятностные структуры данных)
- Лямбда-архитектура

### **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

1. Linux. Карманный справочник. Скотт Граннеман
2. Unix и Linux. Руководство системного администратора. Эви Немет, Гарт Снайдер, Трент Р. Хейн, Бен Уэйли
3. The Official Ubuntu Book Matthew Helmke, Elizabeth K. Joseph, José Antonio Rey, Philip Ballew, Benjamin Mako Hill
4. Hadoop: The Definitive Guide 3e. Tom White
5. Professional Hadoop Solutions. Boris Lublinsky