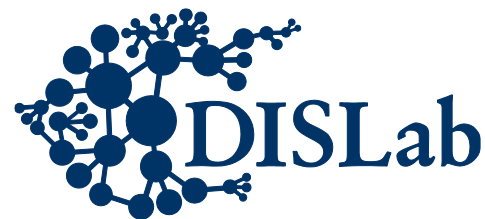


# Параллельная обработка больших графов

А.С. Семенов

[dislab.org](http://dislab.org)



# Откуда возникают большие графы?

- **Интернет (WWW)**
  - На сентябрь 2016 – 47 миллиардов страниц
  - По оценке Google – более 1 триллиона
- **Социальные медиа**
  - Блогосфера: 2011 –  $172 \times 10^6$  (+ $10^6$ /день)
  - Facebook: 2010 –  $500 \times 10^6$ , 2013 –  $1:1 \times 10^9$  ( $650 \times 10^6$  акт.польз./день),  $140 \times 10^9$  связей
  - LinkedIn: 2013 –  $8 \times 10^6$ ,  $60 \times 10^6$  связей
  - Twitter: 2011 –  $140 \times 10^6$  сообщений/день
- **Транспортные сети**
- **Биоинформатика**
- **Бизнес-задачи**

# Тренды развития суперкомпьютеров: коммерция vs заказ

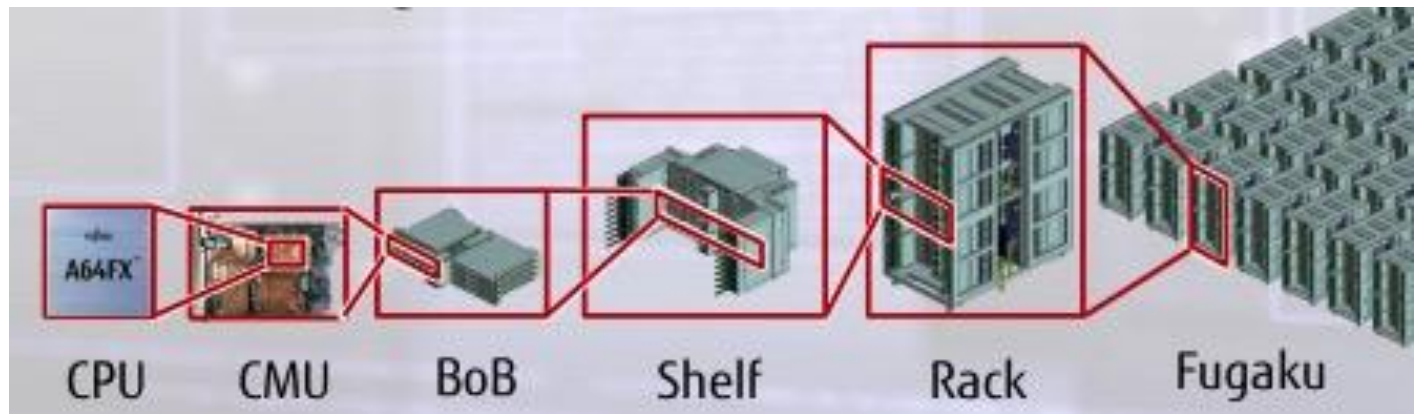
Beowulf cluster, 1994



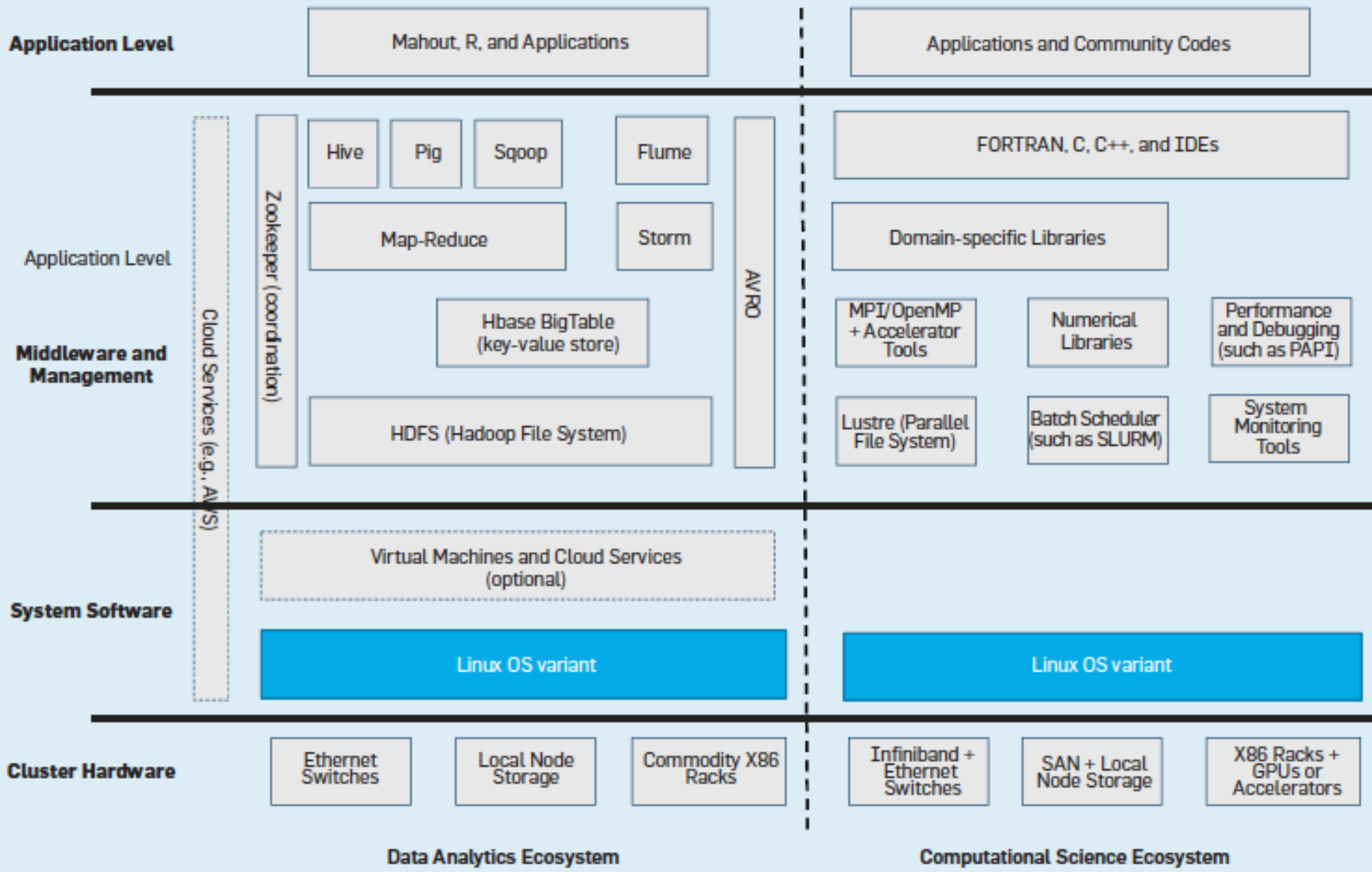
Fugaku, 2021



VS

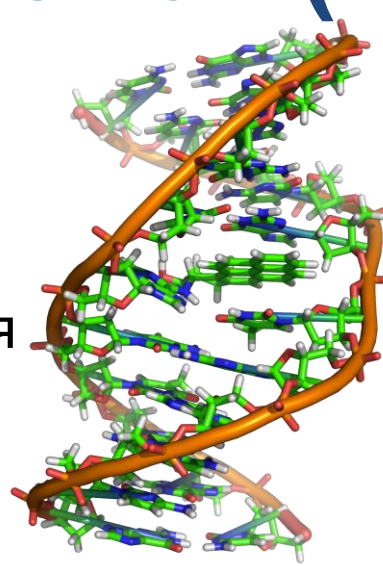


# Big Data vs HPC

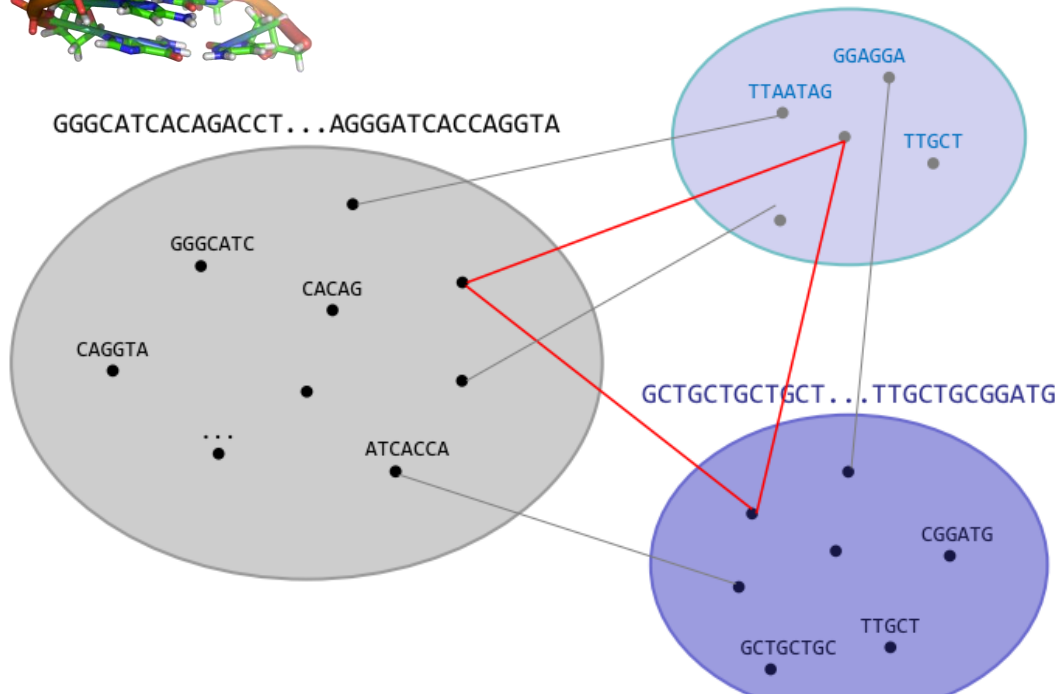
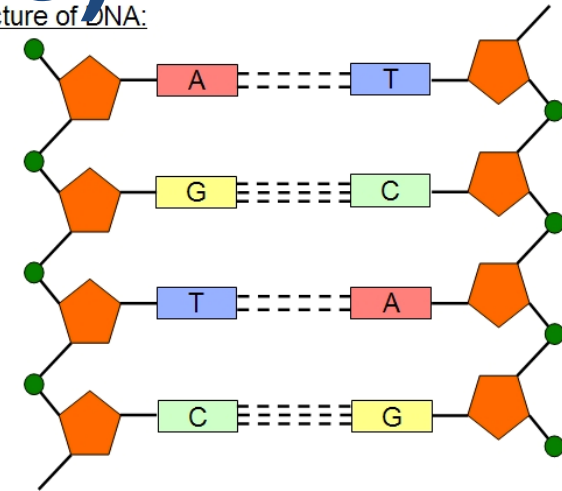


# Биоинформатика: сходство организмов (НРС)

- Число долей  $10^5$
- Длина последовательности  $10^9$
- Вершин в доле  $10^9$  (берутся короткие слова)
- Всего вершин  $10^{14}$
- Найти слова, которые с заданной точностью встречаются во всех последовательностях, или
- Найти клику или плотный подграф (кластеризация), если ребро – характеристика сходства



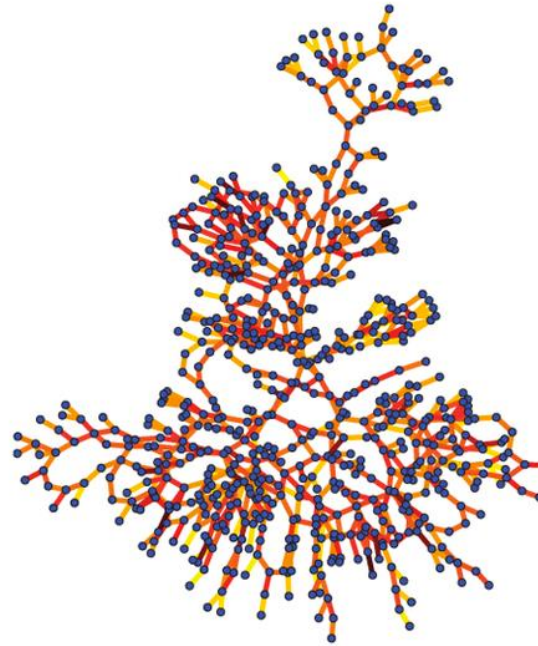
Structure of DNA:



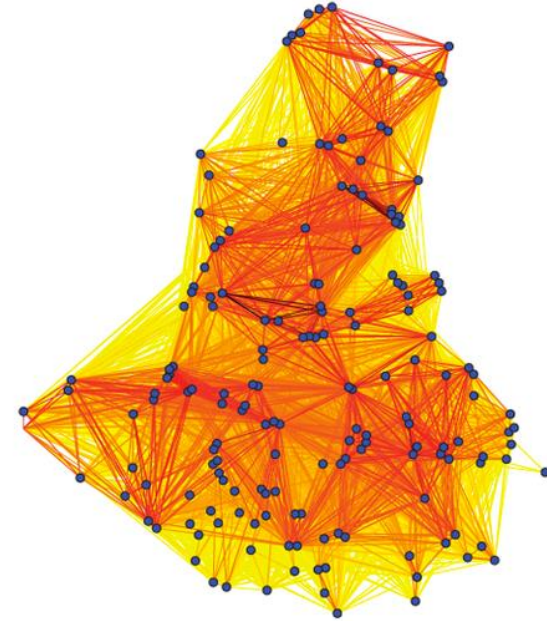
# Электросети (НРС)

- Связанность
- Надежность
- Различные пути,  
betweenness  
centrality

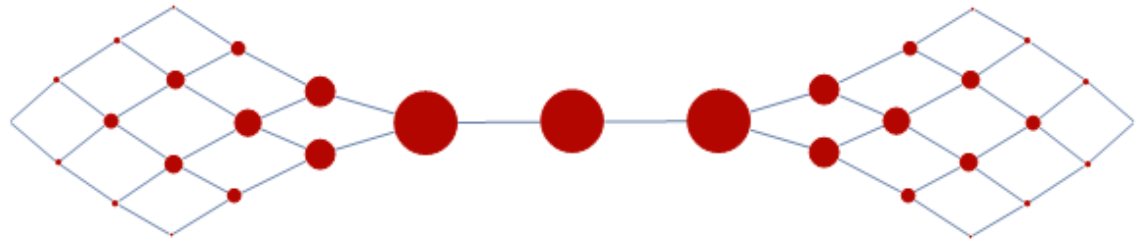
a



b

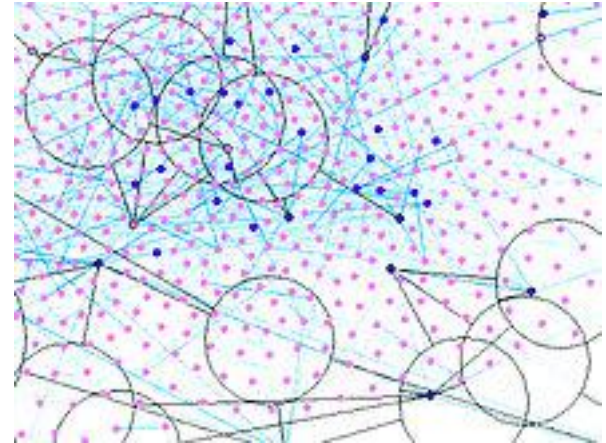


Betweenness



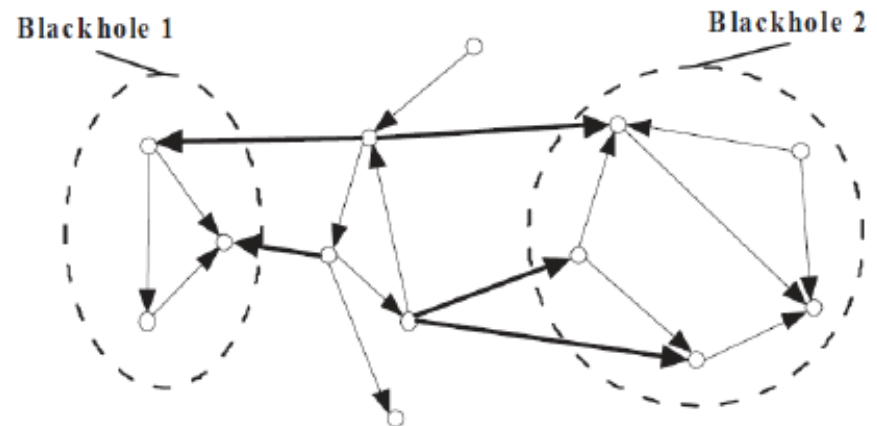
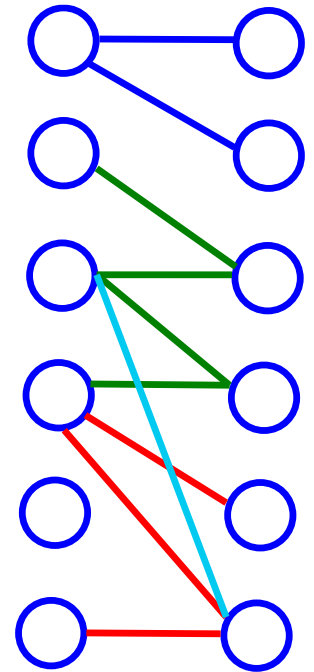
# Анализ социальных сетей (BigData, HPC)

- Анализ сообществ
- Понимание намерений
- Динамика популяции
- Распространение эпидемий
- Кластеризация



# Бизнес-аналитика и кибербезопасность (Big Data&HPC)

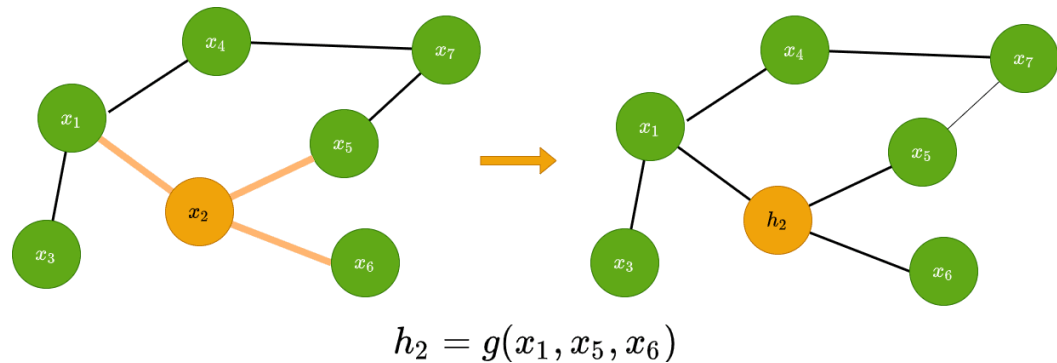
- Задачи понимания данных из больших массивов
- Выявление аномалий в данных
- Анализ данных
- Выявление мошенничества
- Паттерн «черные дыры»
- Machine Learning!



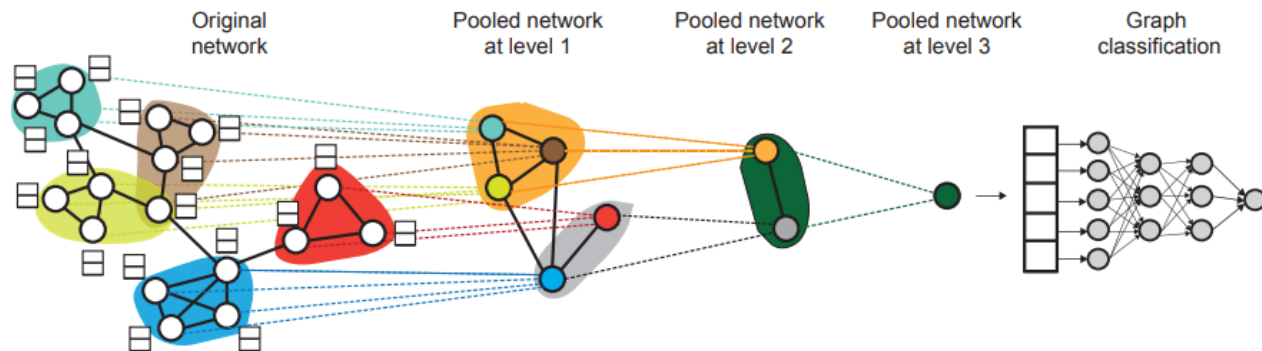


# Графовые нейронные сети: типично графовые приемы

- Message Passing – обмен с соседями



- Graph pooling – кластеризация



# Признаки в графах для машинного обучения

- Вершины (степень, полустепени, betweenness centrality, PageRank)
- Пары вершин (количество общих соседей, вес ребра)
- Egonet (количество треугольников, количество ребер)
- Группа вершин (плотность = кол-во ребер/кол-во вершин, общий вес ребер)

# Классификация задач анализа графов

- По типу графов
  - статические графы (static graph analysis)
  - динамические графы (dynamic graph analysis)
  - обработка потоков вершин и ребер (streaming graph analysis)
- По типу обработки
  - в режиме реального времени (online)
  - в режиме выполнения заданий (offline, batch processing)

# Big Data Landscape

## Infrastructure

### NoSQL / NewSQL Databases

10gen VoltDB basho  
 DRAWNSCALE memsql  
 COUCHBASE DATASTAX

### Hadoop Related

cloudera HADAPT  
 Hortonworks infochimps  
 MAPR METASTREAMING  
 MORTAR Zettaset

### MPP Databases

VERTICA An HP Company  
 Kognitio  
 PARACCEL  
 GREENPLUM A DIVISION OF EMC  
 TERADATA ASTER

### Crowdsourcing

CROWD COMPUTING SYSTEMS  
 CrowdFlower  
 amazon  
 mechanicalturk Artificial Artificial Intelligence

### Cluster Services

LexisNexis  
 HPC Systems  
 Acunu

### Security

Stormpath  
 IMPERIA  
 TRACE VECTOR  
 codefortytwo  
 DATAGUISE

### Storage

Cleversafe  
 panasas  
 nimblestorage  
 AMPLIDATA  
 NETEZZA An HP Company

### Management / Monitoring

OUTER INSIGHT  
 oceanSYNc  
 StackIQ

### Monitoring

impetus  
 bundy

## Analytics

### Analytics Solutions

OPERA  
 Palantir  
 Datameer  
 birst  
 KARMA SHELL  
 platfora  
 dataspora

### Data Visualization

Quid visual.ly  
 @pentaho  
 centrifuge ClearStory  
 metaLayer ISS  
 + a | e | u

### Statistical Computing

SKYTREE  
 REVOLUTION

### Sentiment Analysis

GENERAL SENTIMENT  
 crimson hexagon

### Location / People / Events

Fliptop RapLeaf  
 Recorded Future  
 Place IQ RADIUS

### Real-Time

CENTINITY  
 METAMARKETS

### Crowdsourced Analytics

DataKind  
 kaggle

### Social Media

Dataminr  
 track  
 bitJy  
 GNIP  
 bluefin

### IT Analytics

splunk  
 sumologic  
 DATADOG

### SMB Analytics

sumAll  
 RJMetrics  
 custora

## Applications

### Ad Optimization

MediaMath m6d DataXu  
 TURN rocketfuel  
 thetradedesk 33 across

### Publisher Tools

VISUAL revenue  
 Yieldex  
 yieldbot

### Marketing

LATTICE ENGINES  
 Spillthe  
 collective  
 bloomreach  
 CLICK FOX

### Industry Applications

KNEWTON  
 cash wonga  
 NEXT BIG SOUND  
 Bloomberg SPORTS  
 numberFire  
 Mile Sense  
 BILL GUARD

## Data Sources

### Data Marketplaces

factual  
 DataMarket  
 Windows Azure Marketplace

### Data Sources

premise  
 knoema  
 infochimps

### Personal Data

Withings RunKeeper BASIS  
 JAWBONE Nike fitbit

## Cross Infrastructure / Analytics

IBM Google Microsoft vmware Hadoop ORACLE TERADATA

## Open Source Projects

### Framework

hadoop  
 HDFS

### Programmability

hive

### Data Access

Cassandra HBASE

### Coordination / Workflow

talend  
 Oozie

### Real-Time

Storm

### Statistical Packages

R

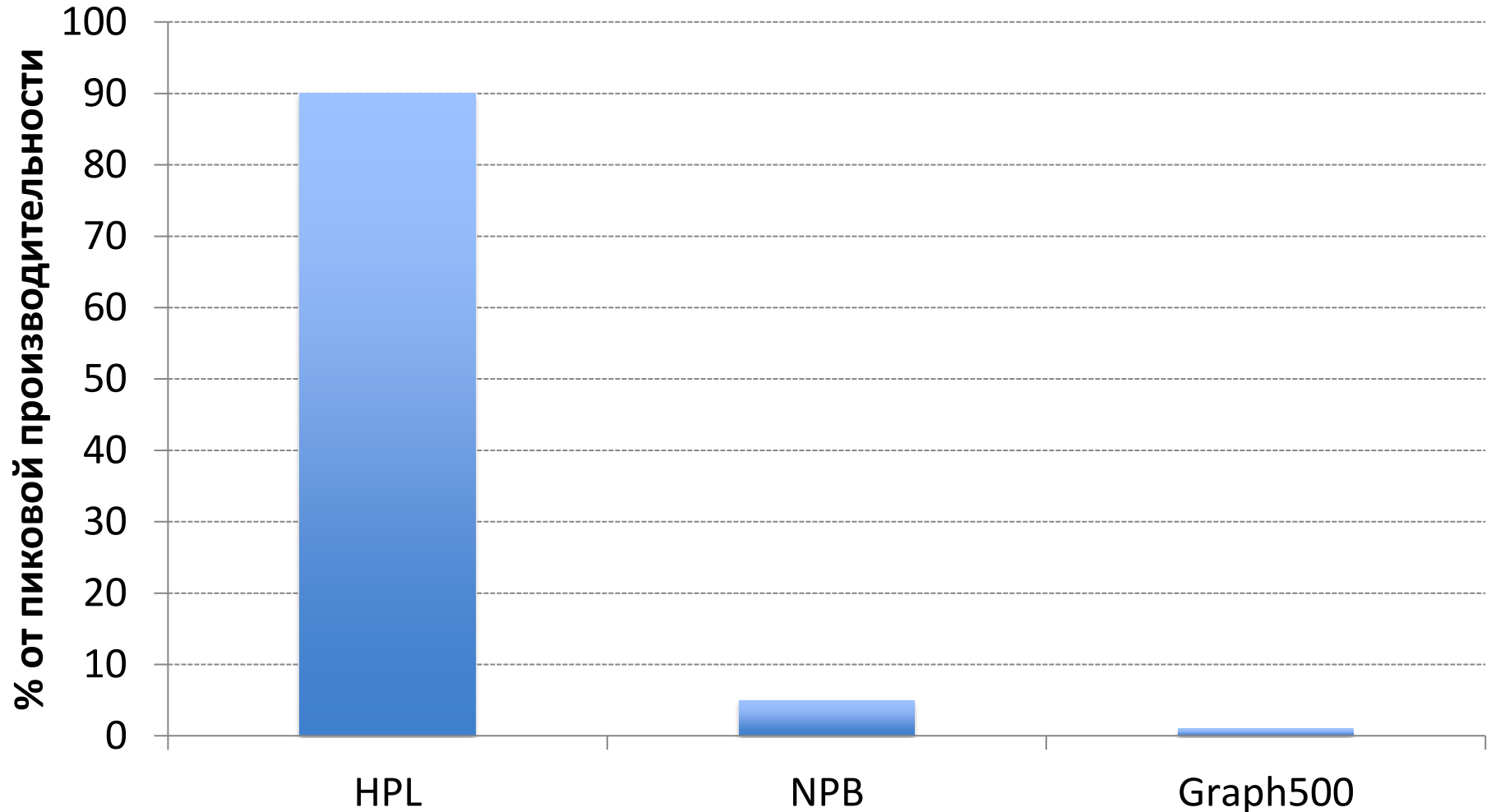
### Machine Learning

mahout

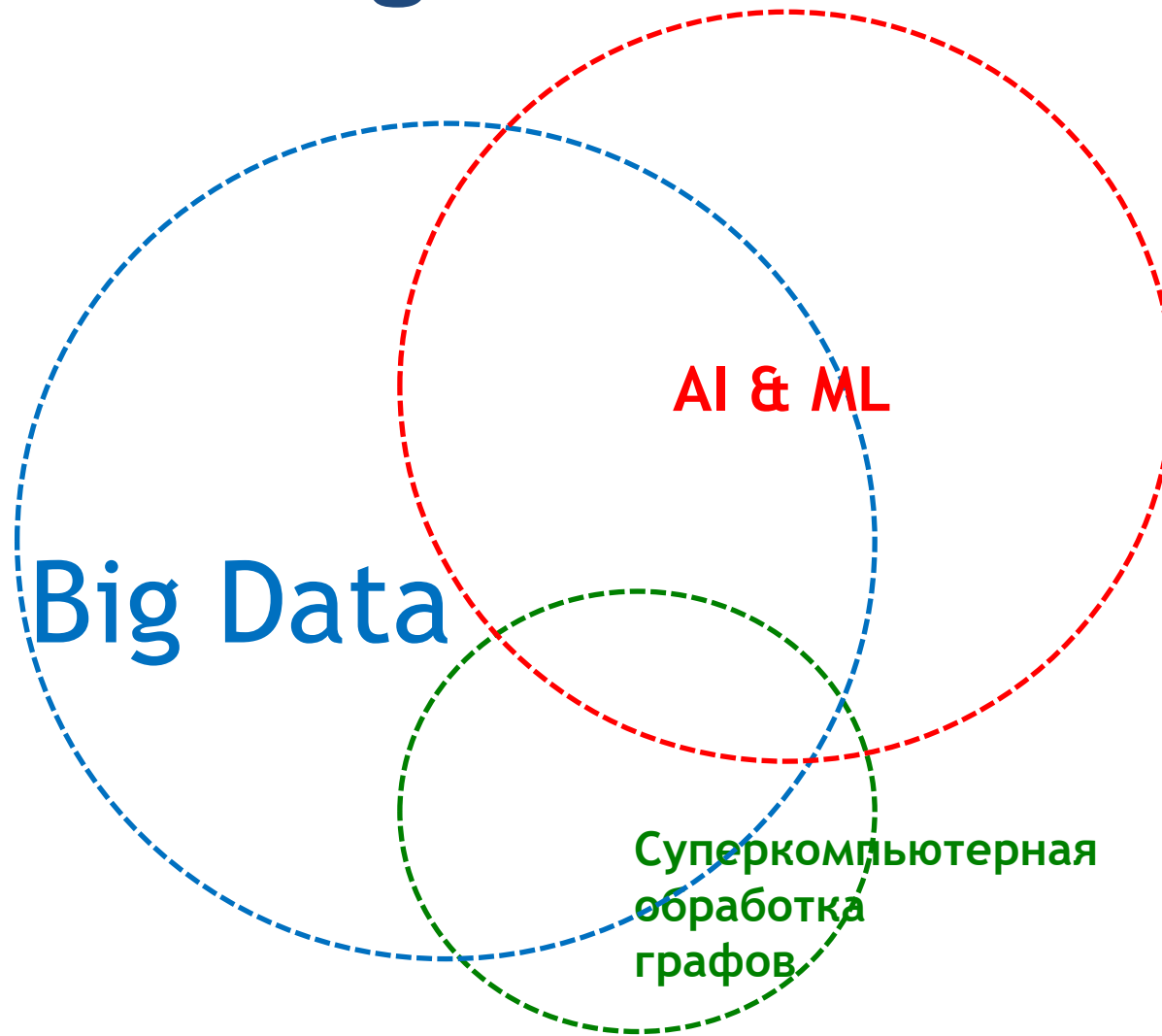
# Программные модели и средства

- Реляционная модель
  - Cassandra, SAP HANA, ...
- MapReduce
- Generic MR:
  - Hadoop, Yarn, Dryad, Stratosphere, Haloop
- Graph-optimized: Pegasus, Surfer, GBASE, GraphX
- Специализированные языки программирования
  - Проблемно-ориентированные языки программирования (DSL)
    - Green-Marl, Exedra
  - Языки запросов к графовым СУБД
    - SPARQL, G-SPARQL, Neo4j, ...
- BSP
  - Parallel BGL
- Vertex-centric/BSP
  - Pregel (Giraph, Hama, Mizan, ...)
- Vertex-centric/Data, Message-driven
  - GraphLab, SWARM, Trinity, Charm++, ...
- Fine-grained Threaded Shared Memory/PGAS
  - GraphCT, STINGER, Grappa
- Технологии параллельного программирования
  - OpenMP, MPI, CUDA, ...

# Проблема низкой реальной производительности



# Big Data vs HPC



# Программа курса

- Алгоритмы обработки графов
  - BFS, DFS
  - SSSP
  - MST
  - Связные компоненты
  - Поиск сообществ
- GraphBLAS
- Программные модели Charm++, MapReduce, Spark
- Методы параллельной реализации на системах с общей памятью
- Методы параллельной реализации на системах с распределенной памятью