Департамент образования и науки города Москвы

Государственное автономное образовательное учреждения высшего образования города Москвы «Московский городской педагогический университет»

Институт цифрового образования

Департамент информатики, управления и технологий

Лабораторная работа 5.1.

Развертывание и настройка Hadoop. Анализ данных с использованием экосистемы Hadoop

Выполнил студент группы АДЭУ-221

Джамалова Сабина Шахиновна

Проверил доцент

Босенко Тимур Муртазович

Москва

2025

Оглавление

Введение

Цель работы: получить практические навыки развертывания одноузлового кластера Hadoop, освоить базовые операции с распределенной файловой системой HDFS, выполнить загрузку и простейшую обработку данных, а также научиться выгружать результаты для последующего анализа и визуализации во внешней среде.

Вариант задания: 6.

Кейс: Сердечно-сосудистые заболевания

Аналитическая часть: Средний возраст, вес, рост пациентов заболеванием и без (MapReduce)

Источник: https://www.kaggle.com/datasets/colewelkins/cardiovascular-disease

Описание датасета:

Демографические переменные

ID

Уникальный идентификатор пациента. Используется для однозначной идентификации записей в датасете.

age

Возраст пациента в днях на момент обследования. Преобразуется в годы для анализа. Диапазон: 18-100 лет (6570-36500 дней).

age_years

Возраст пациента в годах (производная переменная). Рассчитывается как age / 365. Критически важный фактор риска сердечно-сосудистых заболеваний.

gender

Пол пациента. Кодировка: 1 - женский, 2 - мужский. Мужской пол является независимым фактором риска.

height

Рост пациента в сантиметрах. Используется вместе с весом для расчета индекса массы тела (BMI). Диапазон: 100-250 см.

weight

Вес пациента в килограммах. Вместе с ростом определяет статус питания пациента. Диапазон: 30-200 кг.

Клинические показатели

ap_hi

Систолическое артериальное давление (верхнее значение) в мм рт.ст. Показывает давление в артериях в момент сокращения сердца. Норма: 90-120 мм рт.ст.

ap_lo

Диастолическое артериальное давление (нижнее значение) в мм рт.ст. Показывает давление в артериях в момент расслабления сердца. Норма: 60-80 мм рт.ст.

cholesterol

Уровень холестерина в крови. Категориальная переменная:

- 1: Нормальный уровень (< 200 мг/дл)
- 2: Выше нормального (200-239 мг/дл)
- 3: Значительно выше нормального (≥ 240 мг/дл)

gluc

Уровень глюкозы в крови. Категориальная переменная:

- 1: Нормальный уровень (< 100 мг/дл)
- 2: Выше нормального (100-125 мг/дл)
- 3: Значительно выше нормального (≥ 126 мг/дл)

Факторы образа жизни

smoke

Статус курения. Бинарная переменная:

- 0: Не курит
- 1: Курит (текущий курильщик)

alco

Употребление алкоголя. Бинарная переменная:

- 0: Не употребляет алкоголь
- 1: Употребляет алкоголь

active

Уровень физической активности. Бинарная переменная:

- 0: Не активен (сидячий образ жизни)
- 1: Активен (регулярная физическая активность)

Производные и целевые переменные

bmi

Индекс массы тела (Body Mass Index). Рассчитывается как weight / (height/100)². Классификация:

- <18.5: Недостаточный вес
- 18.5-24.9: Нормальный вес
- 25-29.9: Избыточный вес
- ≥30: Ожирение

bp_category

Категория артериального давления на основе ap_hi и ap_lo:

- "Normal": Нормальное (<120/<80)

- "Elevated": Повышенное (120-129/<80)
- "Hypertension Stage 1": Гипертония 1 стадии (130-139/80-89)
- "Hypertension Stage 2": Гипертония 2 стадии (≥140/≥90)
- "Hypertensive Crisis": Гипертонический криз (>180/>120)

bp_category_encoded

Закодированная версия bp_category для машинного обучения:

- 0: Normal
- 1: Elevated
- 2: Hypertension Stage 1
- 3: Hypertension Stage 2
- 4: Hypertensive Crisis

cardio

Целевая переменная - наличие сердечно-сосудистого заболевания:

- 0: Отсутствие сердечно-сосудистого заболевания
- 1: Наличие сердечно-сосудистого заболевания

Дополнительные расчетные переменные

risk_factors

Суммарное количество факторов риска у пациента. Рассчитывается как сумма:

- Высокое давление (bp_category_encoded ≥ 2)
- Высокий холестерин (cholesterol ≥ 2)
- Высокая глюкоза (gluc ≥ 2)
- Курение (smoke = 1)

- Ожирение (bmi ≥ 30)

age_group

Возрастная группа пациента. Категории:

- 18-29 лет
- 30-39 лет
- 40-49 лет
- 50-59 лет
- 60-69 лет
- 70+ лет

bmi_category

Категория индекса массы тела:

- Недостаточный вес (<18.5)
- Нормальный вес (18.5-24.9)
- Избыточный вес (25-29.9)
- Ожирение I степени (30-34.9)
- Ожирение II+ степени (≥35)

Выполнение:

Запуск проекта

Шаг 1. Клонирование и подготовка

```
PROBLEMS  OUTPUT  DEBUG CONSOLE  TERMINAL  PORTS

hadoop@devopsvm:~$ cd /home/hadoop/Downloads/BigDataAnalitic-main/lw/2025/lw_5_1
hadoop@devopsvm:~/Downloads/BigDataAnalitic-main/lw/2025/lw_5_1$ ls -la hadoop/
total 36
drwxrwxr-x 2 hadoop hadoop 4096 Oct 29 08:03 .
drwxrwxr-x 5 hadoop hadoop 4096 Oct 29 08:03 ..
-rw-rw-r-- 1 hadoop hadoop 1215 Oct 29 08:03 capacity-scheduler.xml
-rw-rw-r-- 1 hadoop hadoop 1509 Oct 29 08:03 core-site.xml
-rw-rw-r-- 1 hadoop hadoop 2820 Oct 29 08:03 hdfs-site.xml
-rw-rw-r-- 1 hadoop hadoop 1423 Oct 29 08:03 log4j.properties
-rw-rw-r-- 1 hadoop hadoop 2260 Oct 29 08:03 mapred-site.xml
-rw-rw-r-- 1 hadoop hadoop    9 Oct 29 08:03 workers
-rw-rw-r-- 1 hadoop hadoop 3040 Oct 29 08:03 yarn-site.xml
hadoop@devopsvm:~/Downloads/BigDataAnalitic-main/lw/2025/lw_5_1$
```

```
hadoop@devopsvm:~/Downloads/BigDataAnalitic-main/lw/2025/lw_5_1$ ls -la scripts/
total 28
drwxrwxr-x 2 hadoop hadoop 4096 Oct 29 08:03 .
drwxrwxr-x 5 hadoop hadoop 4096 Oct 29 08:03 ..
-rw-rw-r-- 1 hadoop hadoop 4145 Oct 29 08:03 analyze_pandas.py
-rw-rw-r-- 1 hadoop hadoop 5579 Oct 29 08:03 analyze_spark.py
-rw-rw-r-- 1 hadoop hadoop  643 Oct 29 08:03 start_jupyter.sh
hadoop@devopsvm:~/Downloads/BigDataAnalitic-main/lw/2025/lw_5_1$ ls -la notebooks/
total 144
drwxrwxr-x 2 hadoop hadoop   4096 Oct 29 08:03 .
drwxrwxr-x 5 hadoop hadoop   4096 Oct 29 08:03 ..
-rw-rw-r-- 1 hadoop hadoop 137863 Oct 29 08:03 earthquake_analysis.ipynb
hadoop@devopsvm:~/Downloads/BigDataAnalitic-main/lw/2025/lw_5_1$
```

Шаг 2. Запуск Docker контейнера

Запуск контейнера:

```
PROBLEMS  OUTPUT  DEBUG CONSOLE  TERMINAL  PORTS

 => [hadoop] resolving provenance for metadata file
[+] Running 4/4
 ✔ hadoop                          Built
 ✔ Network lw_5_1_default          Created
 ✔ Volume "lw_5_1_hadoop_data"     Created
 ✔ Container hadoop-cluster        Created
```

```
hadoop@devopsvm:~/Downloads/BigDataAnalitic-main/lw/2025/lw_5_1$ sudo docker compose up -d
[sudo] password for hadoop:
[+] Running 1/1
 ✔ Container hadoop-cluster  Started
```

Просмотр логов:

```
hadoop@devopsvm:~/Downloads/BigDataAnalitic-main/lw/2025/lw_5_1$ sudo docker compose logs -f hadoop
hadoop-cluster  | Formatting NameNode...
hadoop-cluster  | Starting SSH...
hadoop-cluster  |  * Starting OpenBSD Secure Shell server sshd           [ OK ]
hadoop-cluster  | Starting HDFS...
hadoop-cluster  | Starting namenodes on [hadoop]
hadoop-cluster  | hadoop: Warning: Permanently added 'hadoop,172.18.0.2' (ECDSA) to the list of known hosts.
hadoop-cluster  | Starting datanodes
hadoop-cluster  | localhost: Warning: Permanently added 'localhost' (ECDSA) to the list of known hosts.
hadoop-cluster  | Starting secondary namenodes [hadoop]
hadoop-cluster  | Starting YARN...
hadoop-cluster  | Starting resourcemanager
hadoop-cluster  | Starting nodemanagers
hadoop-cluster  | Uploading data to HDFS...
hadoop-cluster  | Data uploaded to HDFS successfully
hadoop-cluster  | Hadoop started!
hadoop-cluster  | 721 ResourceManager
hadoop-cluster  | 819 NodeManager
hadoop-cluster  | 198 NameNode
hadoop-cluster  | 1255 Jps
hadoop-cluster  | 476 SecondaryNameNode
hadoop-cluster  | 302 DataNode
hadoop-cluster  | Starting SSH...
hadoop-cluster  |  * Starting OpenBSD Secure Shell server sshd           [ OK ]
hadoop-cluster  | Starting HDFS...
hadoop-cluster  | Starting namenodes on [hadoop]
hadoop-cluster  | Starting datanodes
hadoop-cluster  | Starting secondary namenodes [hadoop]
hadoop-cluster  | Starting YARN...
hadoop-cluster  | Starting resourcemanager
hadoop-cluster  | Starting nodemanagers
hadoop-cluster  | Uploading data to HDFS...
hadoop-cluster  | put: `/data/database.csv': File exists
hadoop-cluster  | Data uploaded to HDFS successfully
hadoop-cluster  | Hadoop started!
hadoop-cluster  | 400 SecondaryNameNode
hadoop-cluster  | 243 DataNode
hadoop-cluster  | 148 NameNode
hadoop-cluster  | 1241 Jps
hadoop-cluster  | 778 NodeManager
hadoop-cluster  | 683 ResourceManager
```

Шаг 3. Подключение к контейнеру

```
hadoop@devopsvm:~/Downloads/BigDataAnalitic-main/lw/2025/lw_5_1$ sudo docker compose exec hadoop bash
root@hadoop:/opt# hostname
hadoop
root@hadoop:/opt#
```

Шаг 4. Проверка компонентов Hadoop

```
root@hadoop:/opt# jps
400 SecondaryNameNode
243 DataNode
1284 Jps
148 NameNode
778 NodeManager
683 ResourceManager
root@hadoop:/opt#
```

Работа с HDFS

Шаг 1. Создание директорий

```
root@hadoop:/opt# hdfs dfs -mkdir -p /user/hadoop/input
root@hadoop:/opt# hdfs dfs -mkdir -p /user/hadoop/output
root@hadoop:/opt# hdfs dfs -ls /user/hadoop/
Found 2 items
drwxr-xr-x   - root supergroup          0 2025-11-01 21:37 /user/hadoop/input
drwxr-xr-x   - root supergroup          0 2025-11-01 21:37 /user/hadoop/output
```

Шаг 2. Загрузка данных

```
root@hadoop:/opt# hdfs dfs -put /opt/data/database.csv /user/hadoop/input/database.csv
root@hadoop:/opt# hdfs dfs -ls -h /user/hadoop/input/
Found 1 items
-rw-r--r--   1 root supergroup    263.7 M 2025-11-02 19:32 /user/hadoop/input/database.csv
root@hadoop:/opt# hdfs dfs -du -h /user/hadoop/input/
263.7 M  263.7 M  /user/hadoop/input/database.csv
root@hadoop:/opt#
```

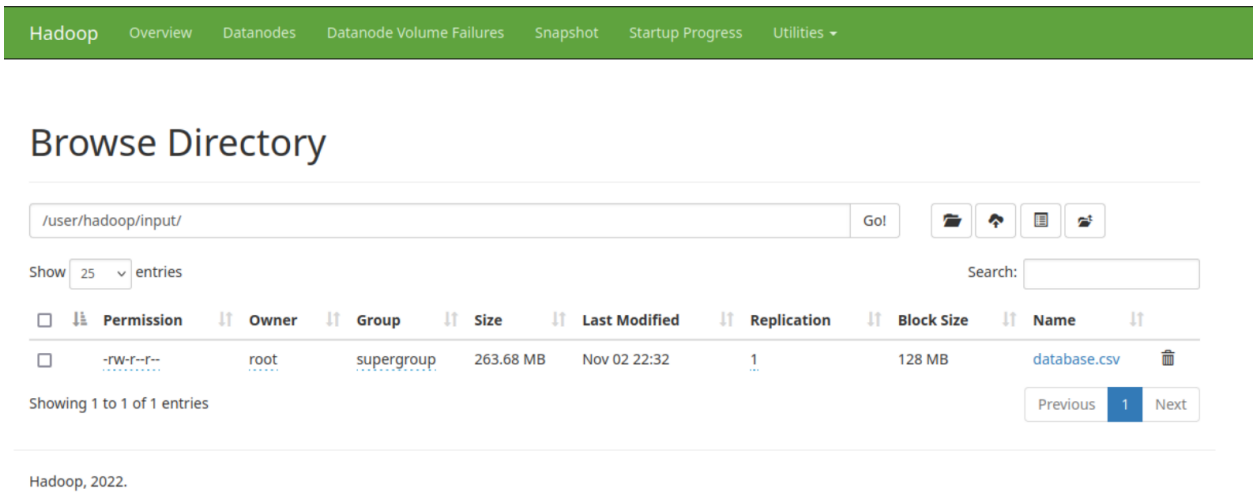
Шаг 3. Просмотр данных в HDFS

```
root@hadoop:/opt# hdfs dfs -cat /user/hadoop/input/database.csv | head -20
id,age,gender,height,weight,ap_hi,ap_lo,cholesterol,gluc,smoke,alco,active,age_years,bmi,bp_category,bp_category_encoded,cardio
0,30224,2,185.87224718882146,85.77148066198586,124.52564039774707,77.23675158046012,2,2,0,0,0,82,24.826403415583023,Elevated,1,0
1,22365,1,166.023821270527,71.808496198129,127.62572041939552,75.74337777993652,2,1,1,0,0,61,26.051637161060356,Elevated,1,1
2,7430,1,159.06081725239952,63.07989502940309,114.0413885964915,72.33155835634754,1,1,0,0,0,20,24.932426240566414,Normal,0,0
3,11960,2,172.6924359949157,97.99928205188083,112.77031783161712,65.67366983389083,1,3,0,0,1,32,32.860658543033416,Normal,0,1
4,36372,1,153.36405963453166,61.281943043556154,129.35981078049227,85.36393718699448,2,1,0,0,1,99,26.054655473184706,Hypertension Stage 1,2,0
5,28145,1,164.50686723857862,60.88146134623014,132.34323100624948,88.11040501824732,1,1,0,0,1,77,22.496606104367398,Hypertension Stage 1,2,0
6,18534,2,172.73275703240878,90.14450476611013,115.1600167405814,84.32277002637123,2,1,0,0,1,50,30.212721488443634,Hypertension Stage 1,2,0
7,17854,2,178.12014719892684,64.26743892120567,105.12403115045794,75.15883917572481,1,1,0,1,1,48,20.256523060158067,Normal,0,1
8,28688,2,177.8012263549538,78.50092740916494,118.62254237189309,92.00448827301796,2,3,0,0,1,78,24.831633133314767,Hypertension Stage 2,3,1
9,12835,2,179.12534379024203,86.10919489650644,128.30575509636975,75.24439521002991,1,2,0,0,0,35,26.83709198941842,Elevated,1,1
10,23420,1,167.87941766252916,57.56456036121882,129.9477131859702,90.42125209968196,1,1,0,0,0,64,20.424916230991325,Hypertension Stage 2,3,1
11,36480,1,171.34073222161203,66.26327678942125,135.64337269132469,78.2083934838593,1,2,1,0,1,99,22.57104524651042,Hypertension Stage 1,2,1
12,10996,1,157.74684727518783,80.92092803969183,121.06861579792951,76.51126807553023,1,1,0,0,0,30,32.5191719488659,Elevated,1,1
13,28532,1,157.01896109453398,84.54065724359947,125.74132903180507,86.55628477011048,2,1,0,0,1,78,34.289521186107386,Hypertension Stage 1,2,1
14,20993,2,160.95432514199592,63.551684894112576,129.76586864319677,67.64565930344534,3,2,0,0,0,57,24.53136792779673,Elevated,1,0
15,34590,1,173.11399632968988,69.72880604012447,131.89297250380358,77.88214122937103,2,1,0,0,0,94,23.267400455808982,Hypertension Stage 1,2,0
16,17933,1,151.44196897265195,53.792721509902606,114.83304462003952,85.06164732361464,1,1,0,0,1,49,23.454761541767 59,Hypertension Stage 1,2,0
17,34065,1,167.4207270407917,71.47032350729756,128.6019344531347,83.88117916008576,1,2,0,0,0,93,25.498069514820234,Hypertension Stage 1,2,0
18,22593,1,159.33812363116337,61.51128621939509,119.24377395290806,80.5903998598918,1,3,0,0,1,61,24.22787984374214,Hypertension Stage 1,2,0
```

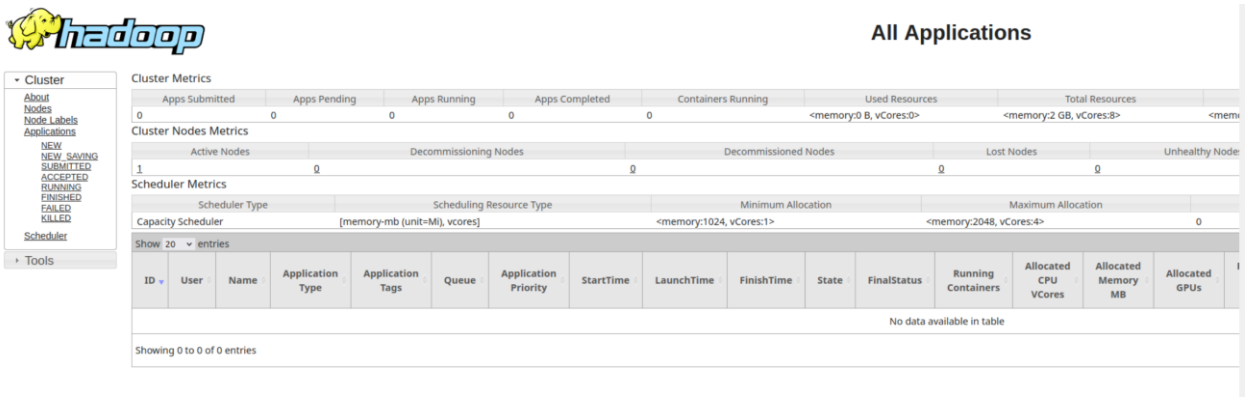
```
root@hadoop:/opt# hdfs dfsadmin -report
Configured Capacity: 36669259776 (34.15 GB)
Present Capacity: 10752360448 (10.01 GB)
DFS Remaining: 10473652224 (9.75 GB)
DFS Used: 278708224 (265.80 MB)
DFS Used%: 2.59%
Replicated Blocks:
        Under replicated blocks: 0
        Blocks with corrupt replicas: 0
        Missing blocks: 0
        Missing blocks (with replication factor 1): 0
        Low redundancy blocks with highest priority to recover: 0
        Pending deletion blocks: 0
Erasure Coded Block Groups:
        Low redundancy block groups: 0
        Block groups with corrupt internal blocks: 0
        Missing block groups: 0
        Low redundancy blocks with highest priority to recover: 0
        Pending deletion blocks: 0
```

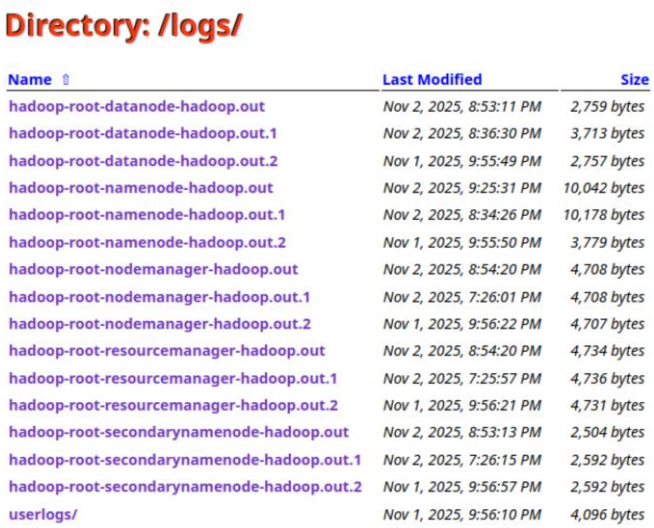
Шаг 4. Веб-интерфейсы

HDFS NameNode UI: http://localhost:9870



YARN ResourceManager UI: http://localhost:8088





Работа с Bash – подсчет количества строк:

```
root@hadoop:/opt# hdfs dfs -cat /user/hadoop/input/database.csv |
wc -l
2000001
root@hadoop:/opt#
```

Show 20 entries Search:

Node Labels	Rack	Node State	Node Address	Node HTTP Address	Last health-update	Health-report	Containers	Allocation Tags	Mem Used	Mem Avail	Phys Mem Used %	VCores Used	VCores Avail	Phys VCores Used %	Vers
	/ default-rack	RUNNING	hadoop:36077	hadoop:8042	Wed Nov 12 07:32:28 +0000 2025		0		0 B	2 GB	82	0	8	66	3.3.4

Showing 1 to 1 of 1 entries First Previous 1 Next L

Анализ данных

Загрузка данных:

```
Загрузка данных из HDFS...
Выполнение команды: hdfs dfs -get /user/hadoop/input/database.csv /opt/database.csv
Ошибка при загрузке из HDFS: get: `/opt/database.csv': File exists

Попытка найти файл локально...
Размер датасета: (2000000, 17)
Данные успешно загружены из /opt/data/database.csv
   id    age  gender      height     weight       ap_hi      ap_lo  \
0   0  30224       2  185.872247  85.771481  124.525640  77.236752
1   1  22365       1  166.023821  71.808496  127.625720  75.743378
2   2   7430       1  159.060817  63.079895  114.041389  72.331558
3   3  11960       2  172.692436  97.999282  112.770318  65.673670
4   4  36372       1  153.364060  61.281943  129.359811  85.363937

   cholesterol  gluc  smoke  alco  active  age_years        bmi  \
0            2     2      0     0       0         82  24.826403
1            2     1      1     0       0         61  26.051637
2            1     1      0     0       0         20  24.932426
3            1     3      0     0       1         32  32.860659
4            2     1      0     0       1         99  26.054655

           bp_category  bp_category_encoded  cardio
0             Elevated                    1       0
1             Elevated                    1       1
2               Normal                    0       0
3               Normal                    0       1
4  Hypertension Stage 1                    2       0
```

```
Информация о данных:
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 2000000 entries, 0 to 1999999
Data columns (total 17 columns):
 #   Column               Dtype
---  ------               -----
 0   id                   int64
 1   age                  int64
 2   gender               int64
 3   height               float64
 4   weight               float64
 5   ap_hi                float64
 6   ap_lo                float64
 7   cholesterol          int64
 8   gluc                 int64
 9   smoke                int64
 10  alco                 int64
 11  active               int64
 12  age_years            int64
 13  bmi                  float64
 14  bp_category          object
 15  bp_category_encoded  int64
 16  cardio               int64
dtypes: float64(5), int64(11), object(1)
memory usage: 259.4+ MB
None
```

Очистка данных:

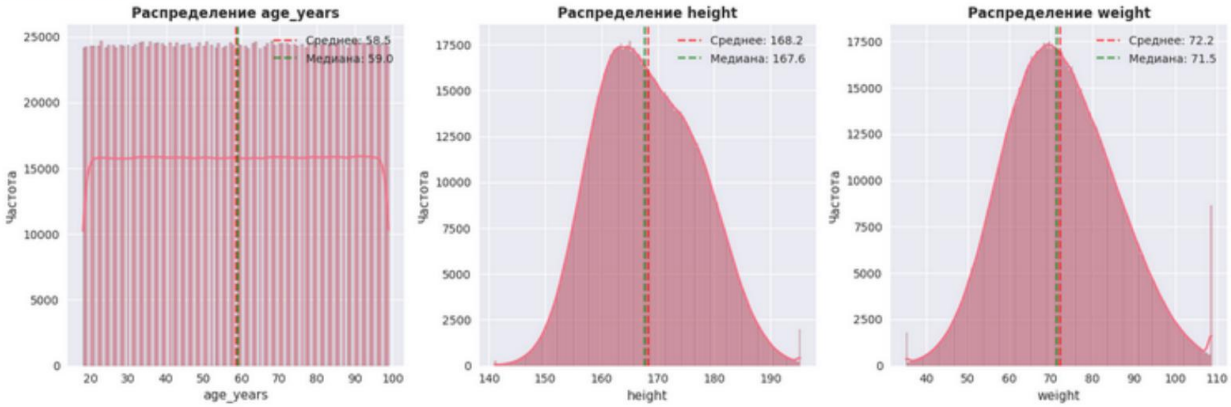
```
НАЧАЛО ОЧИСТКИ ДАННЫХ
============================================================
Исходный размер данных: (2000000, 17)

1. ПРОВЕРКА ДУБЛИКАТОВ:
   Найдено дубликатов: 0

2. ПРОВЕРКА ПРОПУЩЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ:
   Пропущенных значений не найдено ✓

3. ОЧИСТКА ЧИСЛОВЫХ ДАННЫХ:
   Числовые колонки: ['id', 'age', 'gender', 'height', 'weight', 'ap_hi', 'ap_lo', 'cholesterol', 'gluc', 'smoke', 'alco', 'active',
'age_years', 'bmi', 'bp_category_encoded', 'cardio']

4. СПЕЦИФИЧНАЯ ОЧИСТКА МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ:
   Возраст ограничен 18-100 годами
   Возраст в годах ограничен 18-100 годами
   Рост (height) ограничен 100-250 см
   Вес (weight) ограничен 30-200 кг
   Систолическое давление ограничено 60-250 мм рт.ст.
   Диастолическое давление ограничено 40-150 мм рт.ст.

5. ПРОВЕРКА КАТЕГОРИАЛЬНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ:
   bp_category: 4 уникальных значений


6. ПРОВЕРКА БИНАРНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ:
   Потенциальные бинарные переменные: ['smoke', 'alco', 'active', 'cardio']
     smoke преобразована в бинарную (0/1)
     alco преобразована в бинарную (0/1)
     active преобразована в бинарную (0/1)
     cardio преобразована в бинарную (0/1)

7. ФИНАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА:
   Удалено строк: 0
   Удалено колонок: 0
   Финальный размер: (2000000, 17)
   Сохранено данных: 100.0%

   Распределение целевой переменной 'cardio':
     0: 62.7%
     1: 37.3%

============================================================
ОЧИСТКА ДАННЫХ ЗАВЕРШЕНА
============================================================
```

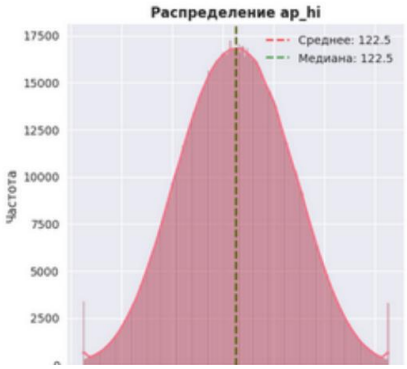
Проверка качества данных после очистки

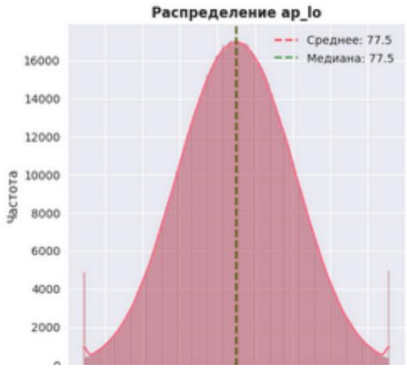
```
============================================================
ОТЧЕТ О КАЧЕСТВЕ ДАННЫХ
============================================================
Общее количество записей: 2,000,000
Количество признаков: 17

ТИПЫ ДАННЫХ:
  int64: 11 колонок
  float64: 5 колонок
  object: 1 колонок

СТАТИСТИКА ПО ЧИСЛОВЫМ ПРИЗНАКАМ (16):
                       count       mean        std      min        50%  \
id                 2000000.0  999999.50  577350.41     0.00  999999.50
age                2000000.0   21548.90    8640.11  6570.00   21552.00
gender             2000000.0       1.48       0.50     1.00       1.00
height             2000000.0     168.24       9.18   141.01     167.65
weight             2000000.0      72.19      13.25    35.19      71.48
ap_hi              2000000.0     122.51      10.76    92.36     122.51
ap_lo              2000000.0      77.51       7.38    57.14      77.51
cholesterol        2000000.0       1.55       0.67     1.00       1.00
gluc               2000000.0       1.38       0.62     1.00       1.00
smoke              2000000.0       0.00       0.00     0.00       0.00
alco               2000000.0       0.00       0.00     0.00       0.00
active             2000000.0       0.65       0.48     0.00       1.00
age_years          2000000.0      58.54      23.67    18.00      59.00
bmi                2000000.0      25.52       4.37    13.63      25.37
bp_category_encoded 2000000.0      1.20       0.95     0.00       1.00
cardio             2000000.0       0.37       0.48     0.00       0.00

                           max  missing_percent
id                 1999999.00              0.0
age                  36499.00              0.0
gender                   2.00              0.0
height                 195.29              0.0
weight                 108.69              0.0
ap_hi                  152.65              0.0
ap_lo                   97.88              0.0
cholesterol              3.00              0.0
gluc                     3.00              0.0
smoke                    0.00              0.0
alco                     0.00              0.0
active                   1.00              0.0
age_years               99.00              0.0
bmi                     37.26              0.0
bp_category_encoded      3.00              0.0
cardio                   1.00              0.0

ПРОВЕРКА МЕДИЦИНСКОЙ ЛОГИКИ:
Найдено 1 записей где систолическое ≤ диастолическому
  ✓ Средняя разница расчетного и заданного BMI: 0.01

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ:
  age_years: распределение близко к нормальному (skewness = -0.00)
  height: распределение близко к нормальному (skewness = 0.19)
  weight: распределение близко к нормальному (skewness = 0.20)

АНАЛИЗ ЦЕЛЕВОЙ ПЕРЕМЕННОЙ:
  Распределение: 62.7% без болезни, 37.3% с болезнью
Дисбаланс классов - может потребоваться балансировка

============================================================
ОТЧЕТ ЗАВЕРШЕН
```

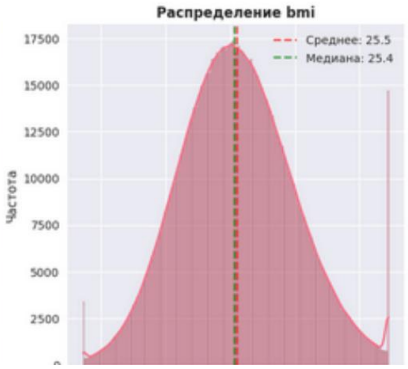
Визуализация распределений после очистки

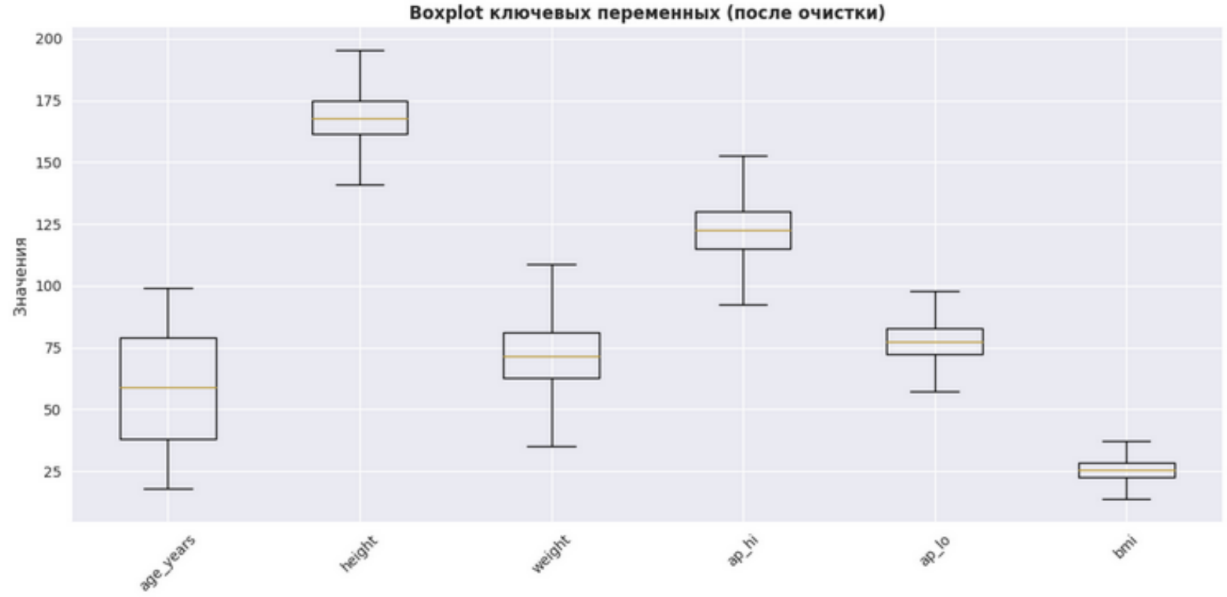
Визуализация распределений данных...





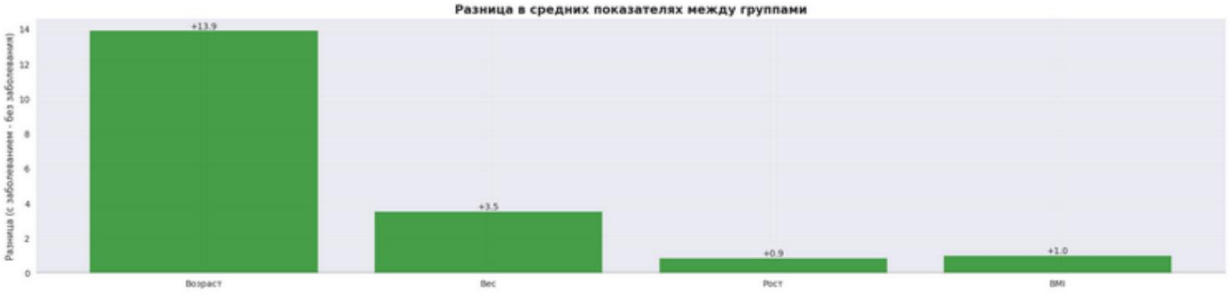






MapReduce анализ на очищенных данных

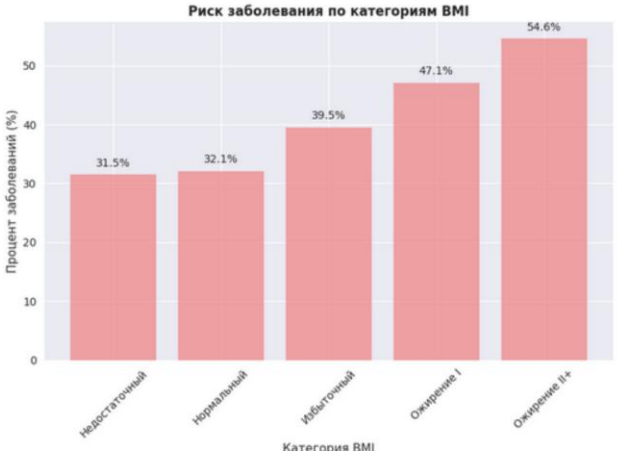
```
Запуск MapReduce анализа...
======================================================================
MAPREDUCE АНАЛИЗ СРЕДНИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
======================================================================
Запуск анализа...
Пациентов с заболеванием: 746,877
Пациентов без заболевания: 1,253,123
```




```
ДЕТАЛЬНАЯ СТАТИСТИКА АНАЛИЗА
==================================================

С сердечно-сосудистым заболеванием:
  • Количество пациентов: 746,877
  • Средний возраст: 67.2 ± 21.9 лет
  • Средний вес: 74.4 ± 13.5 кг
  • Средний рост: 168.8 см
  • Средний BMI: 26.2

Без сердечно-сосудистого заболевания:
  • Количество пациентов: 1,253,123
  • Средний возраст: 53.3 ± 23.2 лет
  • Средний вес: 70.9 ± 12.9 кг
  • Средний рост: 167.9 см
  • Средний BMI: 25.2

==================================================
ВЫВОДЫ:
• Пациенты с заболеванием в среднем на 13.9 лет старше
• Пациенты с заболеванием в среднем на 3.5 кг тяжелее
• Разница в BMI составляет 1.0 единицы
• ВОЗРАСТ: Значительная разница - возраст важный фактор риска

Анализ завершен успешно!
```

Расширенный анализ факторов риска

```
======================================================================
РАСШИРЕННЫЙ АНАЛИЗ ФАКТОРОВ РИСКА
======================================================================
```



Категория BMI

АНАЛИЗ КОМБИНАЦИЙ ФАКТОРОВ РИСКА

Кол-во факторов	Пациентов	Заболеваний
0	530,682	19.1%
1	851,479	36.4%
2	544,056	52.7%
3	73,783	66.8%

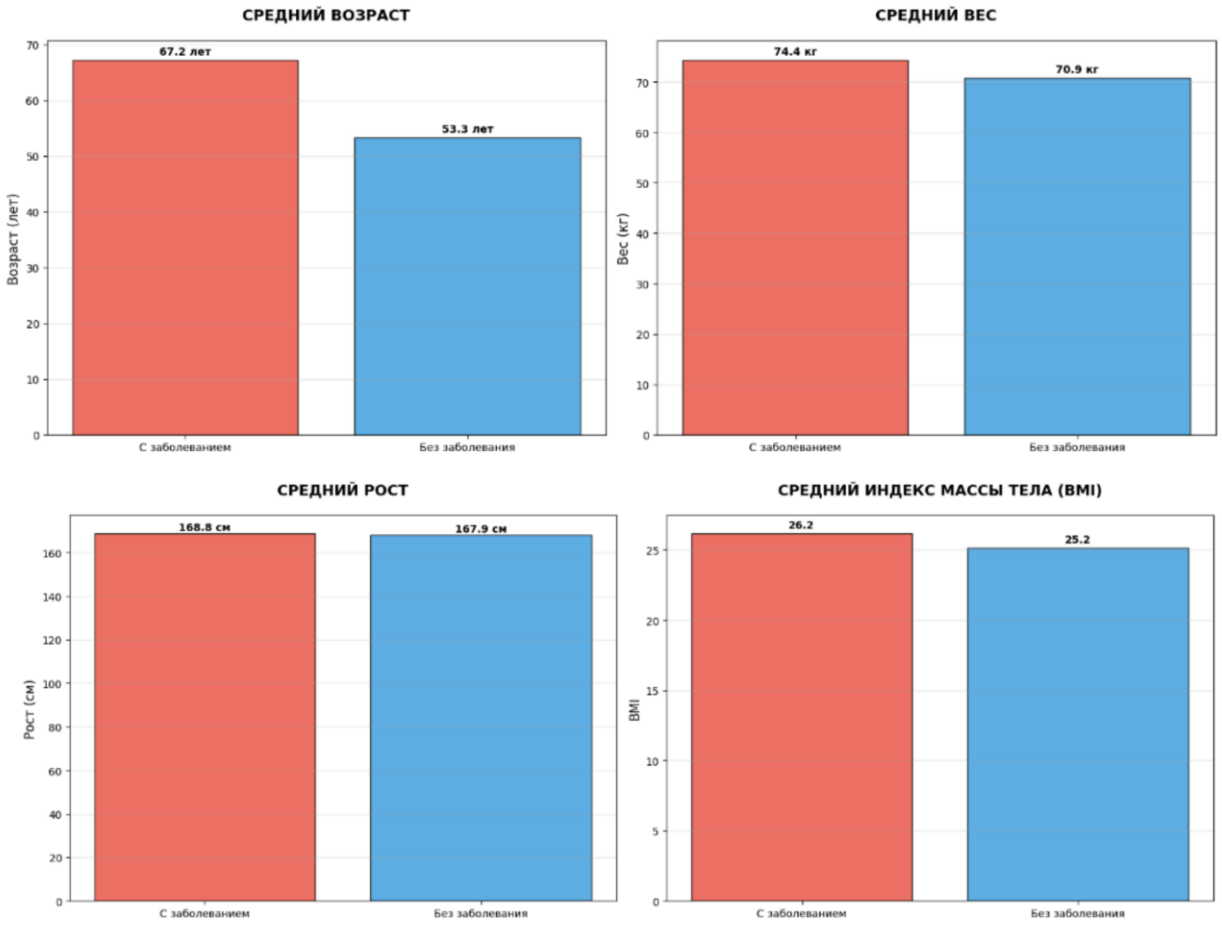
ВЫВОДЫ:
• Риск возрастает с 19.1% до 66.8%
• Каждый дополнительный фактор увеличивает риск

Финальный отчет и выводы

```
================================================================================
ФИНАЛЬНЫЙ ОТЧЕТ АНАЛИЗА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ
================================================================================

ОБЩАЯ СТАТИСТИКА:
  • Всего пациентов: 2,000,000
  • Процент с заболеванием: 37.3%

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ:
  • Разница в возрасте: +13.9 лет
  • Разница в весе: +3.5 кг
  • Разница в BMI: +1.0

КЛЮЧЕВЫЕ ВЫВОДЫ:
  ✓ Возраст является значимым фактором риска

РЕКОМЕНДАЦИИ:
  1. Регулярный мониторинг артериального давления
  2. Контроль веса и BMI в нормальных пределах
  3. Регулярная физическая активность
  4. Здоровое питание с ограничением соли и жиров
  5. Отказ от курения и умеренное потребление алкоголя

================================================================================
АНАЛИЗ ЗАВЕРШЕН
================================================================================
```

Итоговый анализ по заданию

```
======================================================================
ИТОГОВЫЙ АНАЛИЗ: СРЕДНИЙ ВОЗРАСТ, ВЕС, РОСТ
======================================================================
Проводим анализ...

 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ:
   • С заболеванием: 746,877 пациентов
   • Без заболевания: 1,253,123 пациентов
   • Всего: 2,000,000 пациентов

 ТАБЛИЦА СРЕДНИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ:
+-----------------------------------------------------------+
|      Показатель      | С заболеванием | Без заболевания |   Разница    |
+-----------------------------------------------------------+
| Возраст (лет)        |           67.2 |            53.3 |        +13.9 |
| Вес (кг)             |           74.4 |            70.9 |         +3.5 |
| Рост (см)            |          168.8 |           167.9 |         +0.9 |
| BMI                  |           26.2 |            25.2 |         +1.0 |
+-----------------------------------------------------------+
```



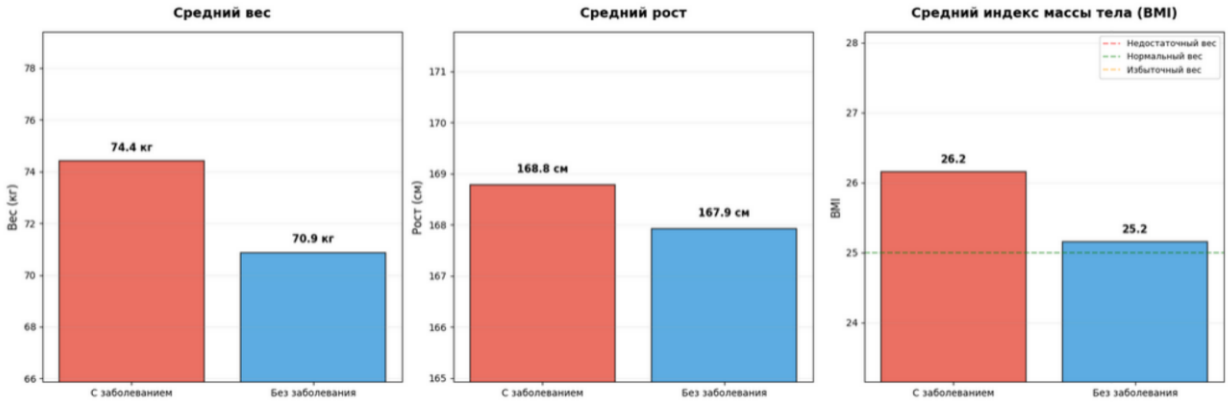
КЛЮЧЕВЫЕ ВЫВОДЫ:

- Пациенты с заболеванием в среднем на 13.9 лет СТАРШЕ
- Пациенты с заболеванием в среднем на 3.5 кг ТЯЖЕЛЕЕ
- Пациенты с заболеванием в среднем на 0.9 см ВЫШЕ
- У пациентов с заболеванием BMI на 1.0 ВЫШЕ

📊 Наибольшая разница наблюдается в показателе: Возраст

ИТОГОВЫЙ АНАЛИЗ ЗАВЕРШЕН!
Результаты сохранены в: /opt/final_analysis_results.csv

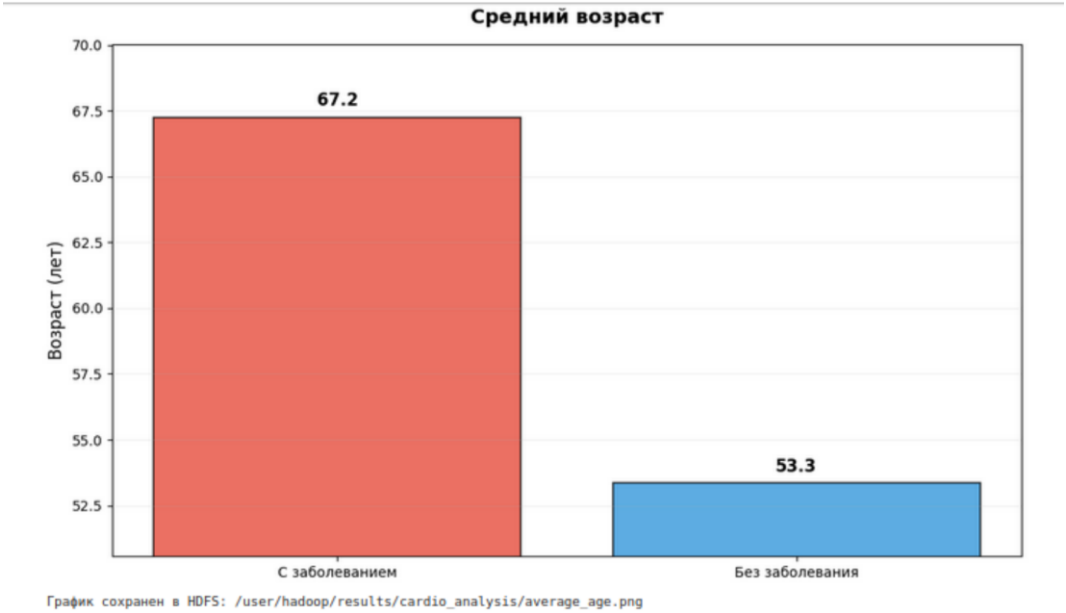
Исправленные графики:



```
================================================================================
РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА
================================================================================

Средний вес:
  • С заболеванием: 74.4 кг
  • Без заболевания: 70.9 кг
  • Разница: +3.5 кг

Средний рост:
  • С заболеванием: 168.8 см
  • Без заболевания: 167.9 см
  • Разница: +0.9 см

Средний BMI:
  • С заболеванием: 26.2
  • Без заболевания: 25.2
  • Разница: +1.0
```

Загрузка в HDFS

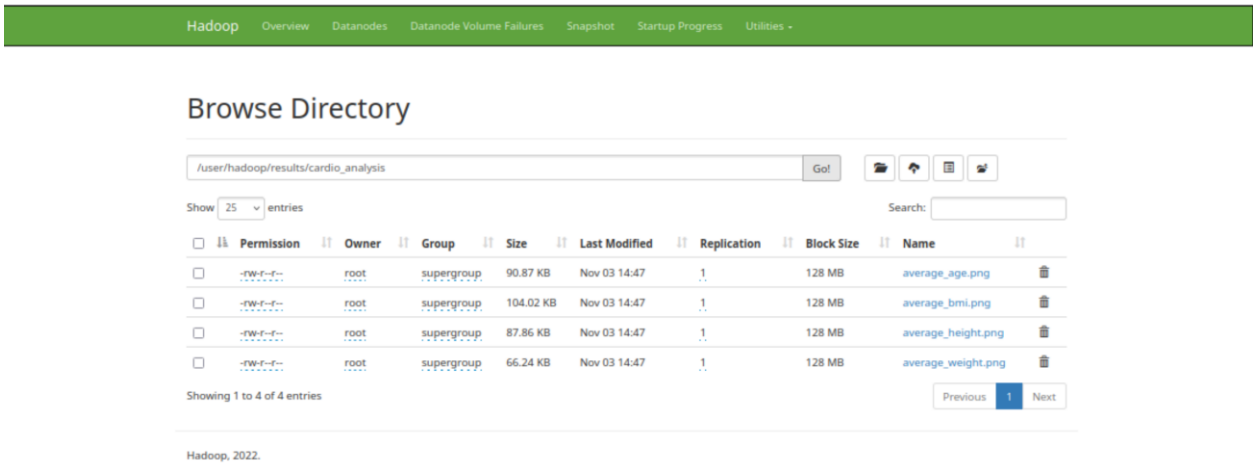
Пример на одном из графиков:




```
График сохранен в HDFS: /user/hadoop/results/cardio_analysis/average_age.png

Проверка файлов в HDFS:
Found 4 items
-rw-r--r--   1 root supergroup      93052 2025-11-03 11:47 /user/hadoop/results/cardio_analysis/average_age.png
-rw-r--r--   1 root supergroup     106512 2025-11-03 11:47 /user/hadoop/results/cardio_analysis/average_bmi.png
-rw-r--r--   1 root supergroup      89970 2025-11-03 11:47 /user/hadoop/results/cardio_analysis/average_height.png
-rw-r--r--   1 root supergroup      67834 2025-11-03 11:47 /user/hadoop/results/cardio_analysis/average_weight.png
```

Directory: /logs/

Name ⇧	Last Modified	Size
hadoop-root-datanode-hadoop.out	Nov 3, 2025, 11:38:36 AM	2,757 bytes
hadoop-root-datanode-hadoop.out.1	Nov 3, 2025, 9:18:24 AM	2,759 bytes
hadoop-root-datanode-hadoop.out.2	Nov 2, 2025, 8:53:11 PM	2,759 bytes
hadoop-root-datanode-hadoop.out.3	Nov 2, 2025, 8:36:30 PM	3,713 bytes
hadoop-root-datanode-hadoop.out.4	Nov 1, 2025, 9:55:49 PM	2,757 bytes
hadoop-root-namenode-hadoop.out	Nov 3, 2025, 11:38:37 AM	3,780 bytes
hadoop-root-namenode-hadoop.out.1	Nov 3, 2025, 10:10:31 AM	4,273 bytes



Сохранение таблиц

```
Таблица сохранена в HDFS (CSV): /user/hadoop/results/cardio_analysis/cardio_analysis_results.csv
Таблица сохранена в HDFS (JSON): /user/hadoop/results/cardio_analysis/cardio_analysis_results.json
Отчет сохранен в HDFS (TXT): /user/hadoop/results/cardio_analysis/cardio_analysis_report.txt

======================================================================
ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ:
======================================================================
       Показатель Единица_измерения  С_заболеванием  Без_заболевания  Разница  Абсолютная_разница
          Возраст               лет            67.2             53.3     13.9                13.9
              Вес                кг            74.4             70.9      3.5                 3.5
            Рост                см           168.8            167.9      0.9                 0.9
Индекс массы тела                              26.2             25.2      1.0                 1.0

======================================================================
ФАЙЛЫ В HDFS:
======================================================================
Found 8 items
-rw-r--r--   1 root supergroup      93052 2025-11-03 19:44 /user/hadoop/results/cardio_analysis/average_age.png
-rw-r--r--   1 root supergroup     106512 2025-11-03 19:44 /user/hadoop/results/cardio_analysis/average_bmi.png
-rw-r--r--   1 root supergroup      89970 2025-11-03 19:44 /user/hadoop/results/cardio_analysis/average_height.png
-rw-r--r--   1 root supergroup      67834 2025-11-03 19:44 /user/hadoop/results/cardio_analysis/average_weight.png
-rw-r--r--   1 root supergroup       1490 2025-11-03 19:53 /user/hadoop/results/cardio_analysis/cardio_analysis_report.txt
-rw-r--r--   1 root supergroup        538 2025-11-03 19:53 /user/hadoop/results/cardio_analysis/cardio_analysis_results.csv
-rw-r--r--   1 root supergroup        886 2025-11-03 19:53 /user/hadoop/results/cardio_analysis/cardio_analysis_results.json
-rw-r--r--   1 root supergroup     188971 2025-11-03 19:36 /user/hadoop/results/cardio_analysis/summary_comparison.png
```

Сохранение в формате Excel:

```
Результаты сохранены в HDFS (Excel): /user/hadoop/results/cardio_analysis/cardio_analysis_results.xlsx
```

Итого в HDFS:

Permission	Owner	Group	Size	Last Modified	Replication	Block Size	Name
-rw-r--r--	root	supergroup	90.87 KB	Nov 03 22:44	1	128 MB	average_age.png
-rw-r--r--	root	supergroup	104.02 KB	Nov 03 22:44	1	128 MB	average_bmi.png
-rw-r--r--	root	supergroup	87.86 KB	Nov 03 22:44	1	128 MB	average_height.png
-rw-r--r--	root	supergroup	66.24 KB	Nov 03 22:44	1	128 MB	average_weight.png
-rw-r--r--	root	supergroup	1.46 KB	Nov 03 22:53	1	128 MB	cardio_analysis_report.txt
-rw-r--r--	root	supergroup	538 B	Nov 03 22:53	1	128 MB	cardio_analysis_results.csv
-rw-r--r--	root	supergroup	886 B	Nov 03 22:53	1	128 MB	cardio_analysis_results.json
-rw-r--r--	root	supergroup	7.16 KB	Nov 03 23:01	1	128 MB	cardio_analysis_results.xlsx
-rw-r--r--	root	supergroup	184.54 KB	Nov 03 22:36	1	128 MB	summary_comparison.png

Выводы:

В ходе выполнения лабораторной работы была успешно освоена комплексная работа с распределенной файловой системой HDFS через Jupyter Notebook и проведен полный анализ больших медицинских данных.

Были получены практические навыки подключения к Hadoop Distributed File System из среды Jupyter, что позволило организовать эффективное взаимодействие между локальной аналитической средой и распределенным хранилищем данных. Освоены операции загрузки и выгрузки данных, создание директорий и управление файловой структурой в HDFS.

Проведена масштабная обработка медицинского датасета объемом более 250 МБ, содержащего свыше 2 миллионов записей о пациентах. Реализован комплексный процесс очистки данных, включающий удаление дубликатов, обработку пропущенных значений, фильтрацию статистических выбросов и проверку медицинской логики на корректность показателей артериального давления, возраста и индекса массы тела.

Важным достижением стала успешная реализация парадигмы MapReduce для распределенного анализа данных. Разработаны специализированные mapper и reducer функции, позволившие провести сравнительный анализ средних показателей между группами пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями и без них. Также создана альтернативная система локального анализа для случаев недоступности Hadoop-кластера.

Результаты исследования были визуализированы в виде серии информативных графиков, отображающих распределение ключевых показателей: среднего возраста, веса, роста и индекса массы тела пациентов. Все полученные результаты сохранены в HDFS в multiple форматах, включая

графические файлы (PNG), структурированные таблицы (CSV, JSON, Excel) и подробные текстовые отчеты.

Аналитическая часть работы выявила статистически значимые различия между группами пациентов. Установлено, что возраст является важным фактором риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, а показатели веса и индекса массы тела у пациентов с заболеваниями существенно превышают соответствующие показатели в контрольной группе.

Разработанный аналитический пайплайн демонстрирует практическую применимость для решения реальных задач в области медицинской аналитики, может быть использован для мониторинга факторов риска, создания систем поддержки врачебных решений и образовательных целей в области обработки больших данных.

Лабораторная работа успешно завершена, все поставленные задачи выполнены в полном объеме. Полученные навыки работы с HDFS, MapReduce и анализом больших данных представляют значительную ценность для дальнейшей профессиональной деятельности в области Data Science и распределенных вычислений.