



# Big Data Analytics: Approaches and Tools

Весенний семестр 2021/2022,

Московский городской педагогический университет

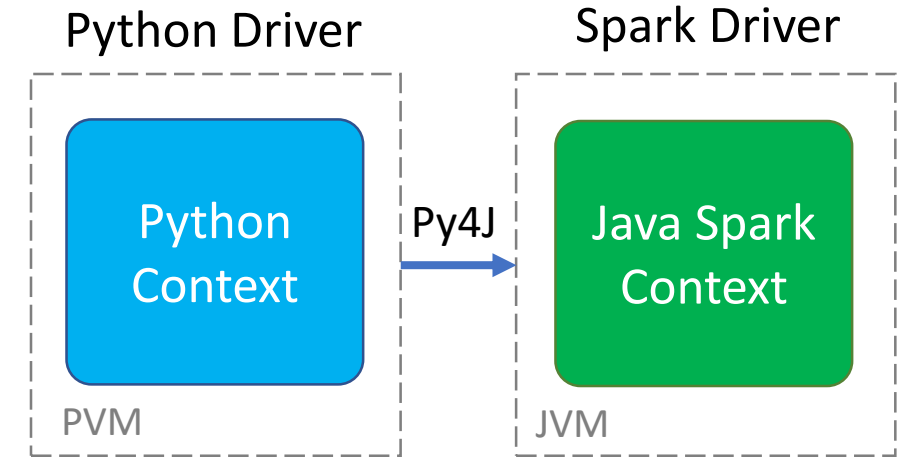
## Лекция 5-2. Apache PySpark

- PySpark
- Py4J
- Python UDF
- Pandas Vectorized UDF

# PySpark

# PySpark

- PySpark – Python API для Spark
- PySpark позволяет запускать Spark приложения, написанные на Python
- Spark использует JVM для работы основных компонентов и обработки данных
- Python Driver содержит Spark Context, который запускает JavaSparkContext и взаимодействует с ним посредством **Py4J**
- Трансформации над RDD в Python представляются как трансформации над PythonRDD объектами в Java
- PythonRDD в **executor**'ах запускают Python вокеры для обработки данных



- Py4J обеспечивает Python программам, запущенным в PVM, динамический доступ к Java объектам в JVM
- Методы вызываются так, как если бы Java объекты находились в PVM
- Java Collections доступны через стандартные методы работы с коллекциями в Python
- Для доступа к JVM используется экземпляр класса GatewayServer, который позволяет взаимодействовать с JVM через сокет
- Java программа с GatewayServer должна быть запущена перед обращением из Python программы
- На стороне Python программы для работы с JVM используется класса JavaGateway

# Py4J. Пример

## Java App

```
import py4j.GatewayServer;  
  
public static void main(String[] args) {  
    GatewayServer gatewayServer =  
        new GatewayServer(new StackEntryPoint());  
    gatewayServer.start();  
    System.out.println("Gateway Server Started");  
}
```

JVM – Java Virtual Machine

По умолчанию  
Адрес: 127.0.0.1  
Порт: 25333

Py4J

## Python App

```
from py4j.java_gateway import JavaGateway  
  
gateway = JavaGateway()  
java_list = gateway.jvm.java.util.ArrayList()  
java_list.append(5)
```

PVM – Python Virtual Machine

Py4J

Сокет

➤ Определяемая пользователем функция (User-Defined Function – **UDF**) – анонимная функция (*lambda*), функции для трансформаций *map*, *flatMap* и др.

## RDD

```
rdd.map(lambda x: 1.0 if x == "F" else 0.0)
```

## Dataframe

```
def convert2num_func(x):  
    return 1.0 if x == "F" else 0.0  
  
convert2num_udf = F.udf(convert2num_func, FloatType())  
df.select(convert2num_udf(df["Gender"])).alias("GenderNum")
```

Для обработки данных посредством Spark с использованием UDF на Python необходимо:

- Запустить функцию в PVM (т.е. в отдельном от JVM процессе)
- Преобразовать записи RDD из Java в Python контекст
- Результат обработки обратно преобразовать в Java контекст



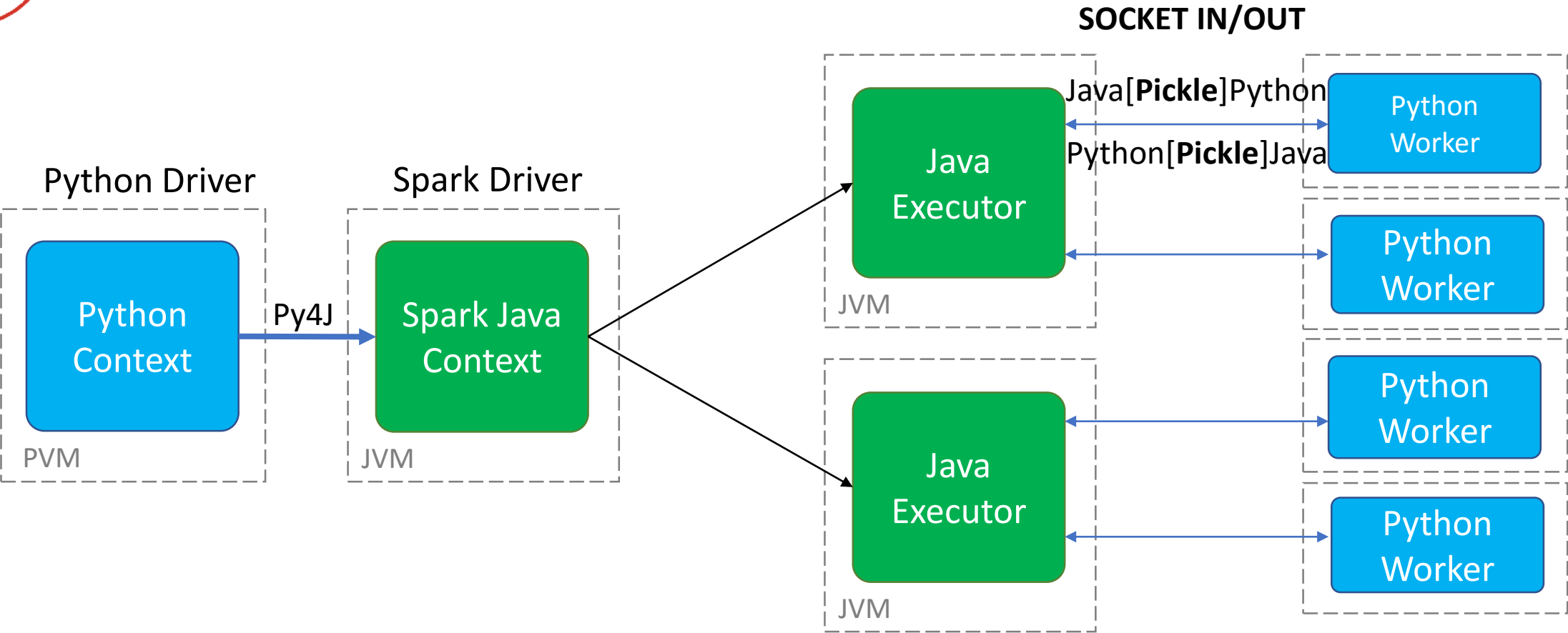
- Сериализация **UDF** (*cloudpickle*) и передача на рабочие узлы
- Десериализация **UDF** на рабочем узле и запуск в PVM процессе

# Обработка данных UDF

- Записи **partition** на **executor**'ах необходимо преобразовать в Python контекст
- Поэтому входные данные для **UDF** предварительно сериализуются (*pyrolite*, *pickle*) на Java Executor'ах
- Перед обработкой данные десериализуются
- После обработки выходные данные подвергаются обратному процессу сериализации/десериализации
- Для оптимизации записи **partition**'ов **RDD** передаются группами (**batchSize**). Соответственно, процесс сериализации/десериализации происходит для группы записей

```
sc = SparkContext('local', 'test', batchSize=2)
```

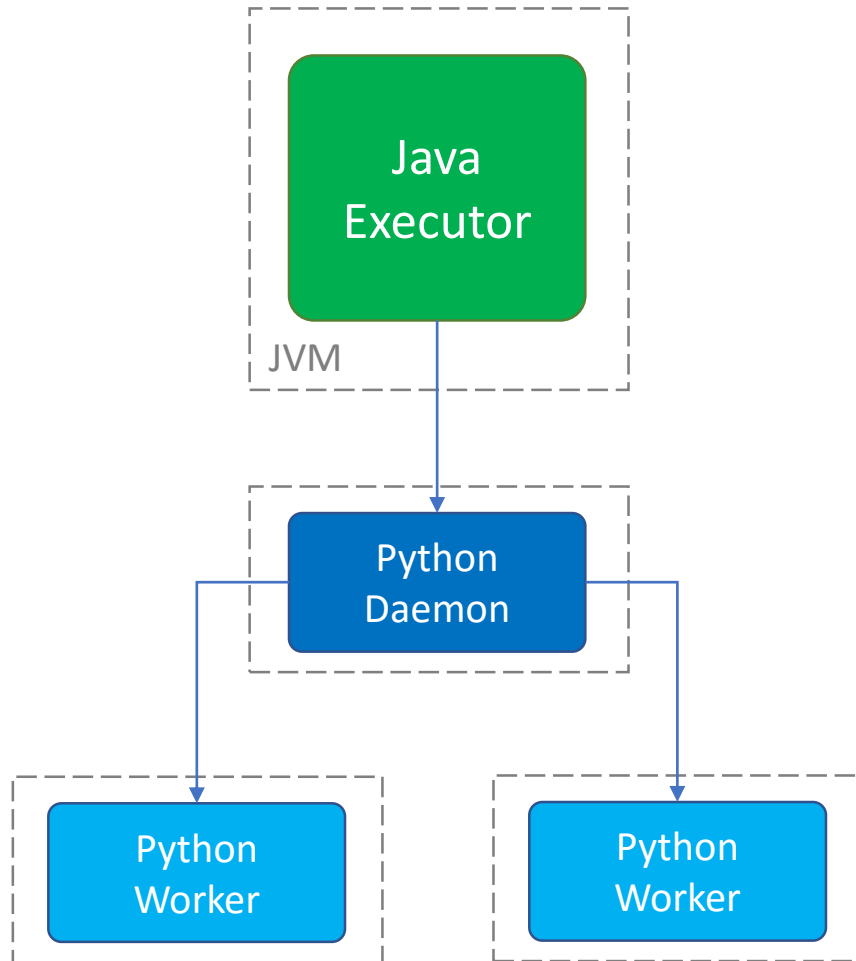
# Запуск Python UDF в PySpark



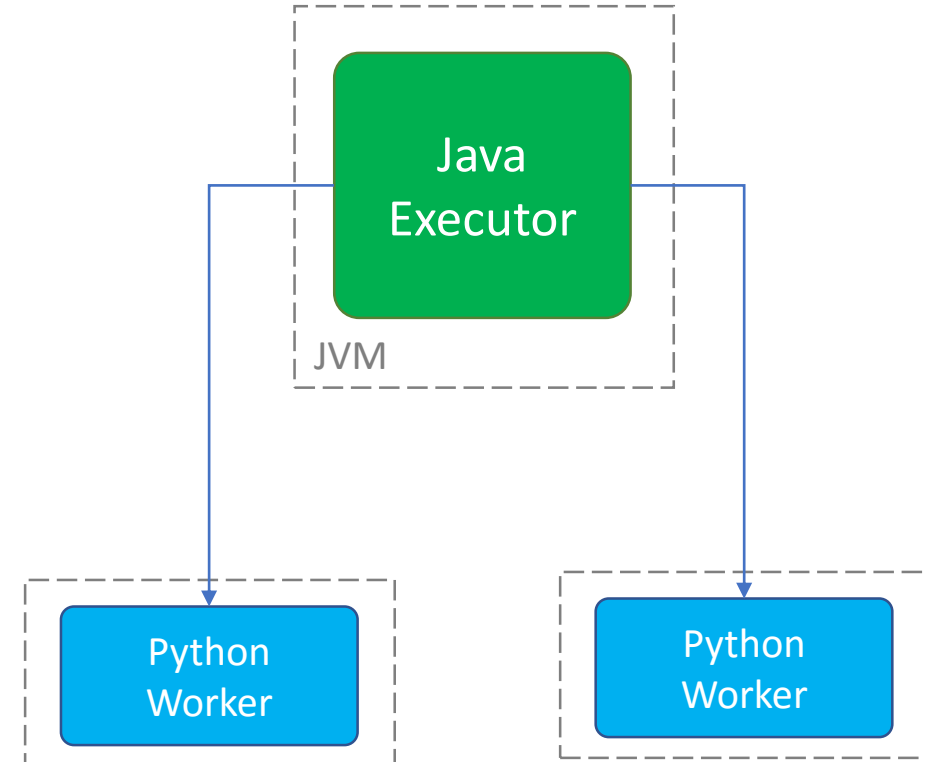
$$\text{PYTHON\_WORKER\_MEMORY} = \text{PYSPARK\_EXECUTOR\_MEMORY} / \text{EXECUTOR\_CORES}$$

# Режимы запуска Python Worker

для UNIX-BASED ОС    Запуск через демон

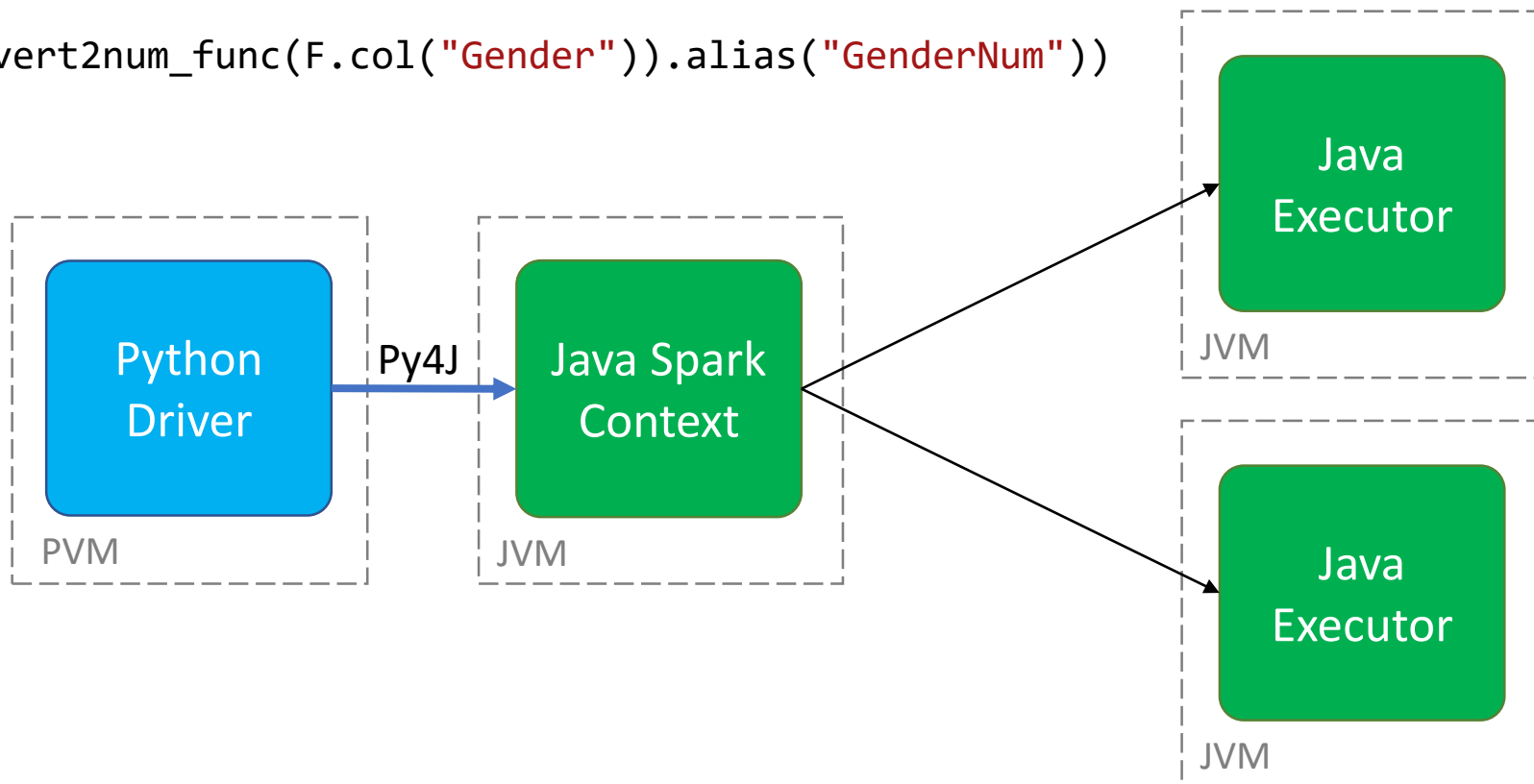


Запуск worker'а напрямую



# PySpark и стандартные операции над Dataframe'ами

```
def convert2num_func(col):  
    return F.when(col == "f", 1.0).otherwise(0.0)  
  
df.select(convert2num_func(F.col("Gender")).alias("GenderNum"))
```



# Пример плана выполнения UDF

```
def convert2num_func(x):  
    return 1.0 if x == "F" else 0.0
```

```
convert2num_udf = F.udf(convert2num_func, FloatType())  
df.select(convert2num_udf(df["Gender"])).alias("GenderNum")
```

```
== Physical Plan ==  
*(2) Project [pythonUDF0#175 AS GenderNum#173]  
+ BatchEvalPython [convert2num_func(Gender#5)], [Gender#5, pythonUDF0#175]  
  + *(1) FileScan csv [Gender#5]
```



# Пример плана выполнения для стандартных функций

```
def convert2num_func(col):  
    return F.when(col == "f", 1.0).otherwise(0.0)  
  
df.select(convert2num_func(F.col("Gender")).alias("GenderNum"))
```

== Physical Plan ==

```
*(1) Project [CASE WHEN (Gender#5 = f) THEN 1.0 ELSE 0.0 END AS CASE WHEN  
(Gender = f) THEN 1.0 ELSE 0.0 END#176]  
+ *(1) FileScan csv [Gender#5]
```

## Проблемы

- Процесс сериализации/десериализации замедляет процесс обработки
- Требуется большего объема оперативной памяти и других вычислительных ресурсов

## Необходимо

- Минимизировать использование Python UDF
- Использовать **dataframe**'ы со стандартными операциями
- Реализовать UDF на Java/Scala и вызывать из Python программы

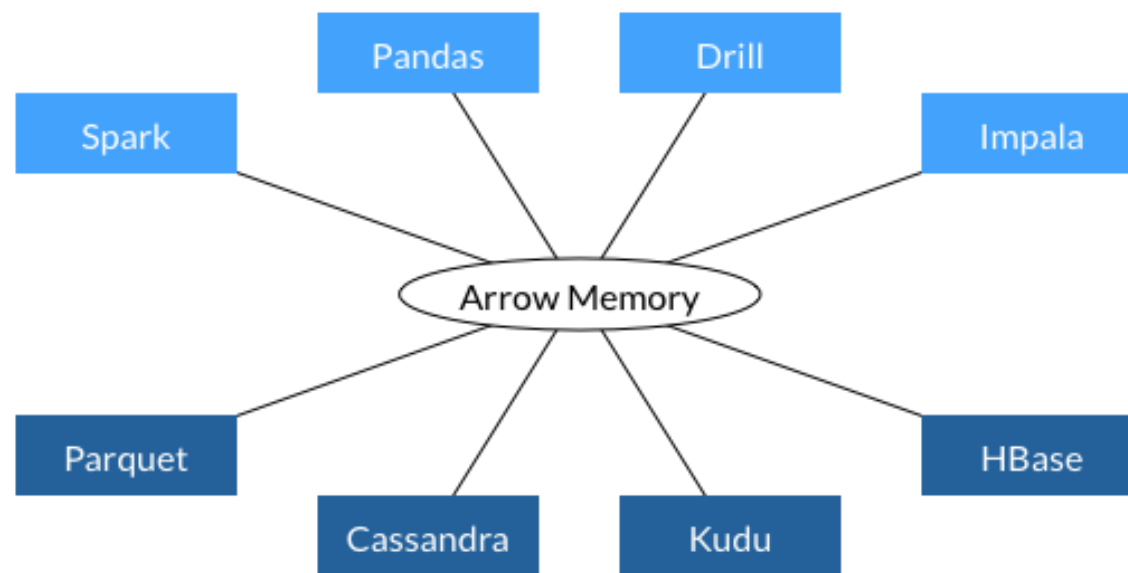




# Pandas Vectorized UDF

# Apache Arrow

- Apache Arrow – платформа для работы со столбчатыми данными в оперативной памяти
- Поддерживаются следующие языки: C, C++, C#, Go, Java, JavaScript, MATLAB, Python, R, Ruby и Rust.



- Используется в Spark'е для передачи данных между Java и Python процессами
- Оптимизирует преобразование Spark Dataframe в Pandas Dataframe и обратно
- Все Spark SQL типы данных поддерживаются Arrow, кроме MapType, ArrayType для TimestampType и вложенные StructType
- Partition'ы преобразуются в пакеты записей (record batches), что временно ведет к повышенному использованию памяти в JVM

- Pandas UDF в Spark'е использует Arrow для передачи данных и Pandas для обработки данных
- Два типа Pandas UDF:
  - Scalar
  - Grouped

# Scalar Pandas UDF

- **Scalar Pandas UDF** используется для поэлементных скалярных операций над векторами
- Входом и результатом Python функции должны быть **pandas.Series** одного размера
- Может быть использован с методами **select** и **withColumn**
- Spark разбивает столбцы на пакеты (**batch**) и вызывает UDF для каждого пакета, затем объединяет результаты обработки
- По умолчанию 10000 записей на один пакет

# Пример Scalar Pandas UDF

# Функция перемножения значений

```
def multiply_func(a, b):  
    return a * b
```

# Создание Pandas UDF

```
multiply = pandas_udf(multiply_func, returnType=LongType())
```

# Исходные Pandas данные

```
x = pd.Series([1, 2, 3])
```

# Создание Spark Dataframe'a из Pandas Series

```
df = spark.createDataFrame(pd.DataFrame(x, columns=["x"]))
```

# Выполнение

```
df.select(multiply(col("x"), col("x"))).show()
```

```
# +-----+  
# |multiply_func(x, x)|  
# +-----+  
# | 1|  
# | 4|  
# | 9|  
# +-----+
```

# Grouped Map Pandas UDF

➤ Соответствует паттерну «split-apply-combine»

```
groupBy().apply()
```

➤ Три стадии

- Разбиение данных на группы (`DataFrame.groupBy`)
- Применение функции для каждой группы (вход и выход – `pandas.DataFrame`)
- Объединение результатов обработки в `DataFrame`

➤ Все данные группы загружаются в оперативную память перед применением функции



# Пример Grouped Map Pandas UDF

```
df = spark.createDataFrame(
    [(1, 1.0), (1, 2.0), (2, 3.0), (2, 5.0), (2, 10.0)],
    ("id", "v"))

@pandas_udf("id long, v double", PandasUDFType.GROUPED_MAP)
def subtract_mean(pdf):
    # pdf - pandas.DataFrame
    v = pdf.v
    return pdf.assign(v=v - v.mean())

df.groupby("id").apply(subtract_mean).show()
```

```
# +---+---+
# | id| v|
# +---+---+
# | 1|-0.5|
# | 1| 0.5|
# | 2|-3.0|
# | 2|-1.0|
# | 2| 4.0|
# +---+---+
```



# Grouped Aggregate Pandas UDF

- Соответствует паттерну «split-aggregate-combine»

```
groupBy().agg()
```

- Определяет агрегацию одного или нескольких **pandas.Series** (столбцы или окно) в скалярное значение
- Все данные группы загружаются в оперативную память перед применением функции



# Пример Grouped Aggregate Pandas UDF

```
df = spark.createDataFrame(  
    [(1, 1.0), (1, 2.0), (2, 3.0), (2, 5.0), (2, 10.0)],  
    ("id", "v"))
```

```
@pandas_udf("double", PandasUDFType.GROUPED_AGG)  
def mean_udf(v):  
    return v.mean()
```

```
df.groupby("id").agg(mean_udf(df['v'])).show()
```

```
# +---+-----+  
# | id|mean_udf(v)|  
# +---+-----+  
# | 1| 1.5|  
# | 2| 6.0|  
# +---+-----+
```



[Spark](#) (github source code)

[Py4J](#) (official site)

[PySpark Internals](#) (wiki)

[Apache Arrow](#) (official site)

[PySpark Usage Guide for Pandas with Apache Arrow](#) (doc)

[Introducing Pandas UDF for PySpark](#) (blog)