Lập trình MapReduce cho bài toán phân loại hoa Iris sử dụng thuật toán Naive Bayes

1. Tải file dữ liệu loài hoa Iris

Tải file data tại Kaggle hoặc tạo file iris.csv với nội dung như sau:

```
5.1,3.5,1.4,0.2,Iris-setosa
4.9,3.0,1.4,0.2,Iris-setosa
4.7,3.2,1.3,0.2,Iris-setosa
4.6,3.1,1.5,0.2,Iris-setosa
5.0,3.6,1.4,0.2,Iris-setosa
5.4,3.9,1.7,0.4,Iris-setosa
4.6,3.4,1.4,0.3,Iris-setosa
5.0,3.4,1.5,0.2,Iris-setosa
4.4,2.9,1.4,0.2,Iris-setosa
4.9,3.1,1.5,0.1,Iris-setosa
5.4,3.7,1.5,0.2,Iris-setosa
4.8,3.4,1.6,0.2,Iris-setosa
4.8,3.0,1.4,0.1,Iris-setosa
4.3,3.0,1.1,0.1,Iris-setosa
5.8,4.0,1.2,0.2,Iris-setosa
5.7,4.4,1.5,0.4,Iris-setosa
5.4,3.9,1.3,0.4,Iris-setosa
5.1,3.5,1.4,0.3,Iris-setosa
5.7,3.8,1.7,0.3,Iris-setosa
5.1,3.8,1.5,0.3,Iris-setosa
5.4,3.4,1.7,0.2,Iris-setosa
5.1,3.7,1.5,0.4,Iris-setosa
4.6,3.6,1.0,0.2,Iris-setosa
5.1,3.3,1.7,0.5,Iris-setosa
4.8,3.4,1.9,0.2,Iris-setosa
5.0,3.0,1.6,0.2,Iris-setosa
5.0,3.4,1.6,0.4,Iris-setosa
5.2,3.5,1.5,0.2,Iris-setosa
5.2,3.4,1.4,0.2,Iris-setosa
4.7,3.2,1.6,0.2,Iris-setosa
4.8,3.1,1.6,0.2,Iris-setosa
5.4,3.4,1.5,0.4,Iris-setosa
5.2,4.1,1.5,0.1,Iris-setosa
5.5,4.2,1.4,0.2,Iris-setosa
4.9,3.1,1.5,0.1,Iris-setosa
5.0,3.2,1.2,0.2,Iris-setosa
5.5,3.5,1.3,0.2,Iris-setosa
4.9,3.1,1.5,0.1,Iris-setosa
4.4,3.0,1.3,0.2,Iris-setosa
5.1,3.4,1.5,0.2,Iris-setosa
5.0,3.5,1.3,0.3,Iris-setosa
4.5,2.3,1.3,0.3,Iris-setosa
4.4,3.2,1.3,0.2,Iris-setosa
5.0,3.5,1.6,0.6,Iris-setosa
5.1,3.8,1.9,0.4,Iris-setosa
```

```
4.8,3.0,1.4,0.3,Iris-setosa
5.1,3.8,1.6,0.2,Iris-setosa
4.6,3.2,1.4,0.2,Iris-setosa
5.3,3.7,1.5,0.2,Iris-setosa
5.0,3.3,1.4,0.2,Iris-setosa
7.0,3.2,4.7,1.4,Iris-versicolor
6.4,3.2,4.5,1.5,Iris-versicolor
6.9,3.1,4.9,1.5,Iris-versicolor
5.5,2.3,4.0,1.3,Iris-versicolor
6.5,2.8,4.6,1.5,Iris-versicolor
5.7,2.8,4.5,1.3,Iris-versicolor
6.3,3.3,4.7,1.6,Iris-versicolor
4.9,2.4,3.3,1.0,Iris-versicolor
6.6,2.9,4.6,1.3,Iris-versicolor
5.2,2.7,3.9,1.4,Iris-versicolor
5.0,2.0,3.5,1.0,Iris-versicolor
5.9,3.0,4.2,1.5,Iris-versicolor
6.0,2.2,4.0,1.0,Iris-versicolor
6.1,2.9,4.7,1.4,Iris-versicolor
5.6,2.9,3.6,1.3,Iris-versicolor
6.7,3.1,4.4,1.4,Iris-versicolor
5.6,3.0,4.5,1.5,Iris-versicolor
5.8,2.7,4.1,1.0,Iris-versicolor
6.2,2.2,4.5,1.5,Iris-versicolor
5.6,2.5,3.9,1.1,Iris-versicolor
5.9,3.2,4.8,1.8,Iris-versicolor
6.1,2.8,4.0,1.3,Iris-versicolor
6.3,2.5,4.9,1.5,Iris-versicolor
6.1,2.8,4.7,1.2,Iris-versicolor
6.4,2.9,4.3,1.3,Iris-versicolor
6.6,3.0,4.4,1.4,Iris-versicolor
6.8,2.8,4.8,1.4,Iris-versicolor
6.7,3.0,5.0,1.7,Iris-versicolor
6.0,2.9,4.5,1.5,Iris-versicolor
5.7,2.6,3.5,1.0,Iris-versicolor
5.5,2.4,3.8,1.1,Iris-versicolor
5.5,2.4,3.7,1.0,Iris-versicolor
5.8,2.7,3.9,1.2,Iris-versicolor
6.0,2.7,5.1,1.6,Iris-versicolor
5.4,3.0,4.5,1.5,Iris-versicolor
6.0,3.4,4.5,1.6,Iris-versicolor
6.7,3.1,4.7,1.5,Iris-versicolor
6.3,2.3,4.4,1.3,Iris-versicolor
5.6,3.0,4.1,1.3,Iris-versicolor
5.5,2.5,4.0,1.3,Iris-versicolor
5.5,2.6,4.4,1.2,Iris-versicolor
6.1,3.0,4.6,1.4,Iris-versicolor
5.8,2.6,4.0,1.2,Iris-versicolor
5.0,2.3,3.3,1.0,Iris-versicolor
5.6,2.7,4.2,1.3,Iris-versicolor
5.7,3.0,4.2,1.2,Iris-versicolor
5.7,2.9,4.2,1.3,Iris-versicolor
6.2,2.9,4.3,1.3,Iris-versicolor
5.1,2.5,3.0,1.1,Iris-versicolor
5.7,2.8,4.1,1.3,Iris-versicolor
6.3,3.3,6.0,2.5,Iris-virginica
```

```
5.8,2.7,5.1,1.9,Iris-virginica
7.1,3.0,5.9,2.1,Iris-virginica
6.3,2.9,5.6,1.8,Iris-virginica
6.5,3.0,5.8,2.2,Iris-virginica
7.6,3.0,6.6,2.1,Iris-virginica
4.9,2.5,4.5,1.7,Iris-virginica
7.3,2.9,6.3,1.8,Iris-virginica
6.7,2.5,5.8,1.8,Iris-virginica
7.2,3.6,6.1,2.5,Iris-virginica
6.5,3.2,5.1,2.0,Iris-virginica
6.4,2.7,5.3,1.9,Iris-virginica
6.8,3.0,5.5,2.1,Iris-virginica
5.7,2.5,5.0,2.0,Iris-virginica
5.8,2.8,5.1,2.4,Iris-virginica
6.4,3.2,5.3,2.3,Iris-virginica
6.5,3.0,5.5,1.8,Iris-virginica
7.7,3.8,6.7,2.2,Iris-virginica
7.7,2.6,6.9,2.3,Iris-virginica
6.0,2.2,5.0,1.5,Iris-virginica
6.9,3.2,5.7,2.3,Iris-virginica
5.6,2.8,4.9,2.0,Iris-virginica
7.7,2.8,6.7,2.0,Iris-virginica
6.3,2.7,4.9,1.8,Iris-virginica
6.7,3.3,5.7,2.1,Iris-virginica
7.2,3.2,6.0,1.8,Iris-virginica
6.2,2.8,4.8,1.8,Iris-virginica
6.1,3.0,4.9,1.8,Iris-virginica
6.4,2.8,5.6,2.1,Iris-virginica
7.2,3.0,5.8,1.6,Iris-virginica
7.4,2.8,6.1,1.9,Iris-virginica
7.9,3.8,6.4,2.0,Iris-virginica
6.4,2.8,5.6,2.2,Iris-virginica
6.3,2.8,5.1,1.5,Iris-virginica
6.1,2.6,5.6,1.4,Iris-virginica
7.7,3.0,6.1,2.3,Iris-virginica
6.3,3.4,5.6,2.4,Iris-virginica
6.4,3.1,5.5,1.8,Iris-virginica
6.0,3.0,4.8,1.8,Iris-virginica
6.9,3.1,5.4,2.1,Iris-virginica
6.7,3.1,5.6,2.4,Iris-virginica
6.9,3.1,5.1,2.3,Iris-virginica
5.8,2.7,5.1,1.9,Iris-virginica
6.8,3.2,5.9,2.3,Iris-virginica
6.7,3.3,5.7,2.5,Iris-virginica
6.7,3.0,5.2,2.3,Iris-virginica
6.3,2.5,5.0,1.9,Iris-virginica
6.5,3.0,5.2,2.0,Iris-virginica
6.2,3.4,5.4,2.3,Iris-virginica
5.9,3.0,5.1,1.8,Iris-virginica
```

2. Tạo thư mục đầu vào trong hdfs

```
hdfs dfs -mkdir /iris-input
```

3. Đẩy file **iris.csv** vào folder **iris-input** vừa tạo:

```
hadoop fs -put C:\naive-bayes\iris.csv /iris-input
```

Lưu ý: Thay C:\naive-bayes\iris.csv bằng đường dẫn thư mục lưu file

4. Tạo project

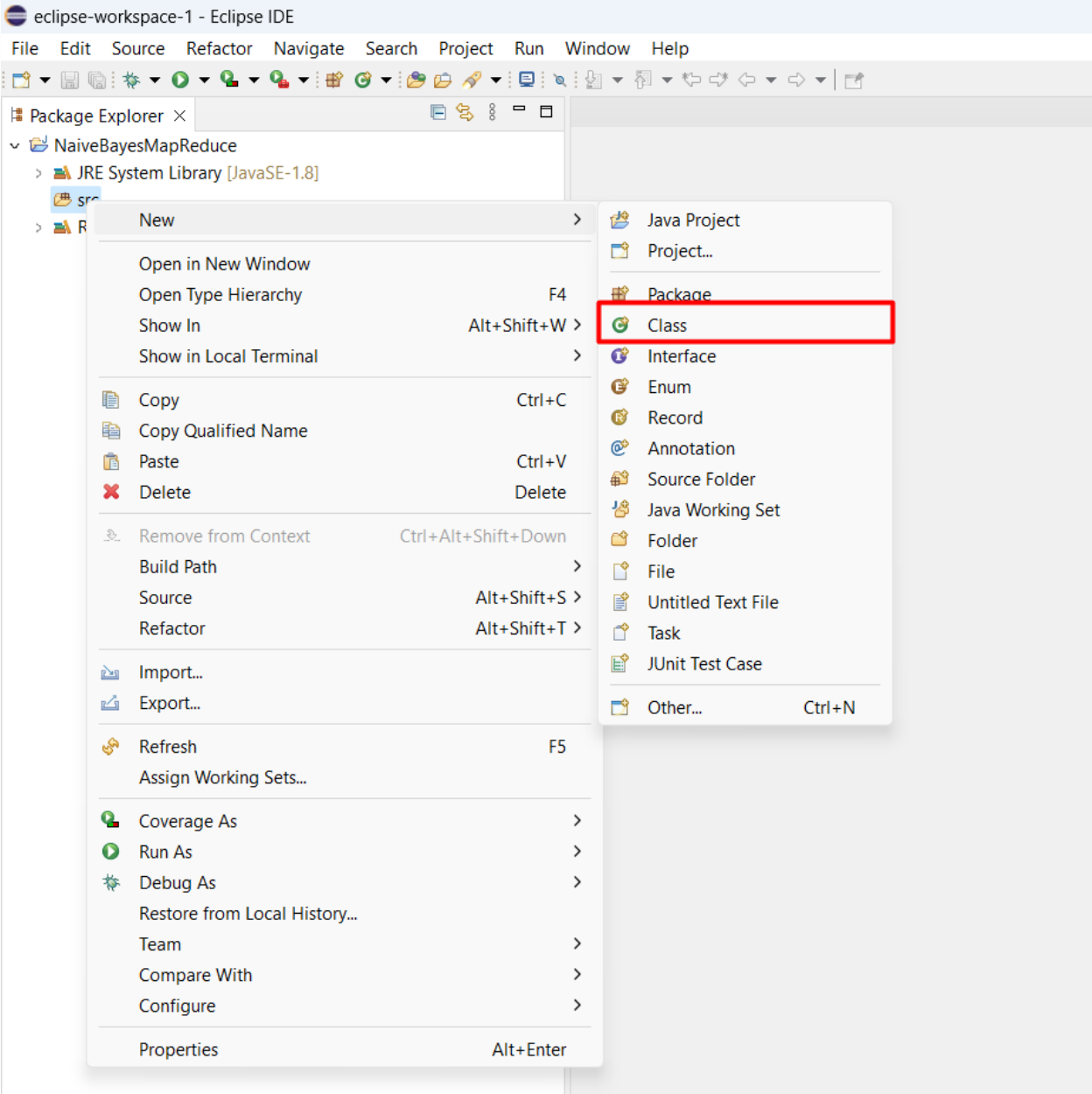
Các bước thực hiện tương tự MapReduce - Phân cụm Kmeans (Bài 4), đặt tên project là **NaiveBayesMapReducea**

5. Thêm thư viện cần thiết để chạy MapReduce

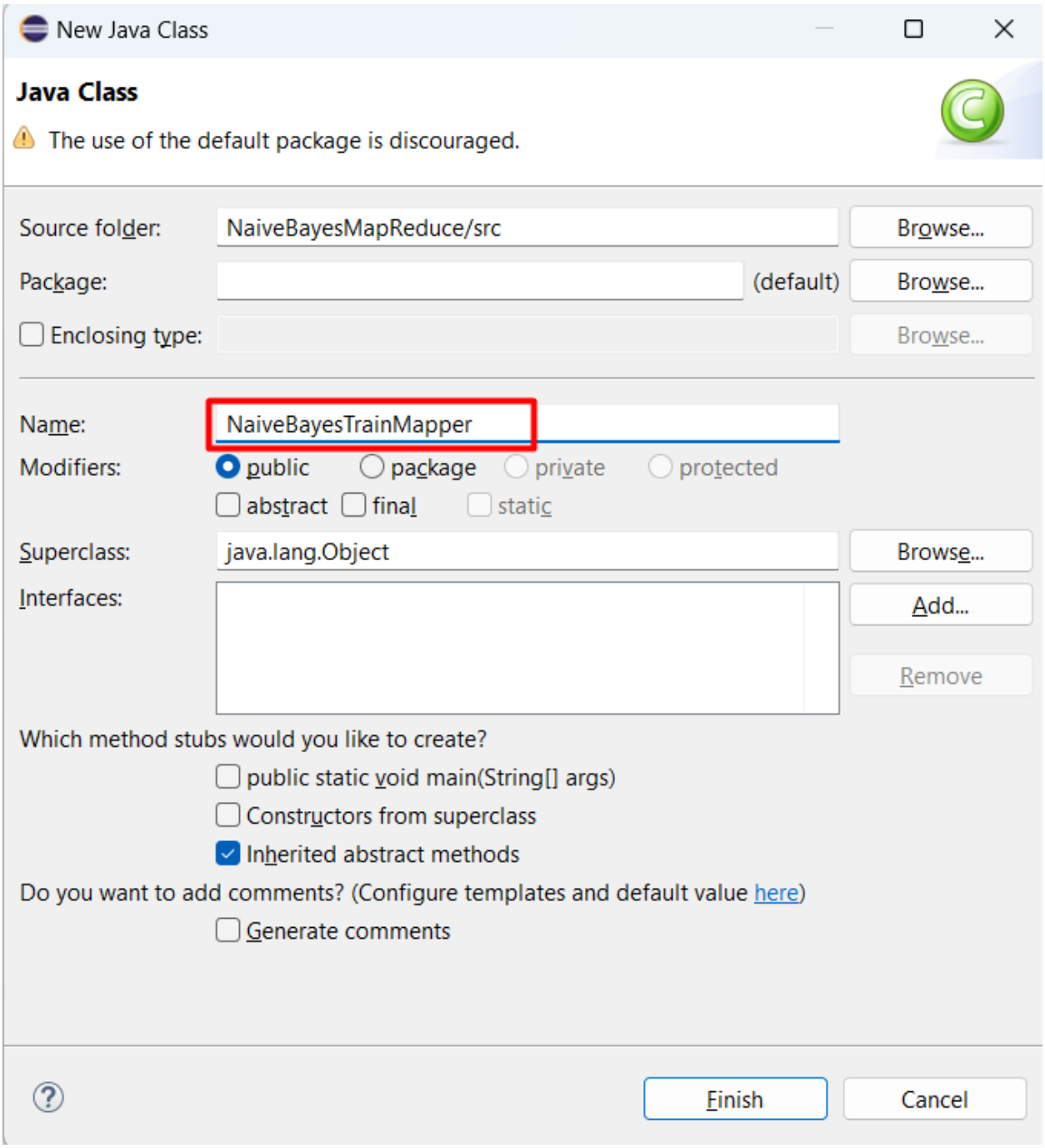
Các bước thực hiện tương tự MapReduce - Phân cụm Kmeans (Bài 4)

6. Tạo các class xử lý nhiệm vụ train/test mô hình Naive Bayes

Double click vào project **KmeanMapReduce**, chuột phải vào **src** và chọn **New > Class**



Tạo class để xử lý nhiệm vụ **Map** quá trình train, đặt tên là **NaiveBayesTrainMapper**



Nội dung bên trong file **NaiveBayesTrainMapper.java**:

```
import java.io.IOException;
import java.util.HashSet;
import java.util.StringTokenizer;

import org.apache.hadoop.io.DoubleWritable;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapred.JobConf;
```

```
import org.apache.hadoop.mapred.MapReduceBase;
import org.apache.hadoop.mapred.Mapper;
import org.apache.hadoop.mapred.OutputCollector;
import org.apache.hadoop.mapred.Reporter;

public class NaiveBayesTrainMapper extends MapReduceBase implements
Mapper<LongWritable, Text,Text,DoubleWritable>{

        String delimiter,continousVariables;
        int targetVariable,numColums;
        HashSet<Integer> continousVariablesIndex;

        public HashSet<Integer> splitvariables(String varString){ // Hàm thực hiện
tách giá trị
                HashSet<Integer> hs = new HashSet<Integer>();
            StringTokenizer tok = new StringTokenizer(varString,",");
            while(tok.hasMoreElements())
                hs.add(Integer.parseInt(tok.nextToken()));
                return hs;
        }

        @Override
         public void configure(JobConf conf){ // Hàm thực hiện cấu hình các giá
trị
                delimiter = conf.get("delimiter");
                numColums = conf.getInt("numColumns", 0);
                continousVariables = conf.get("continousVariables");
            targetVariable = conf.getInt("targetVariable",0);
            continousVariablesIndex = new HashSet<Integer>();
            if(continousVariables!=null)
                continousVariablesIndex = splitvariables(continousVariables);
        }
        @Override
        public void map(LongWritable arg0, Text value,
                        OutputCollector<Text, DoubleWritable> output, Reporter arg3)
                        throws IOException {
                // TODO Auto-generated method stub
                 // Lấy chỉ số của biến đầu vào
                Integer varIndex = 1;

                // Lấy giá trị của bản ghi dưới dạng chuỗi
                String record = value.toString();

                // Tách giá trị của các bản ghi thành các features
                String features[] = record.split(delimiter);

            // Duyệt qua các feature để gom các giá trị thành các biến liên tục vào
một set
            for(int i = 0 ;i < numColums ; i++){
                if(varIndex!= targetVariable){
                        if(continousVariablesIndex.contains(varIndex))
                         output.collect(new
Text(varIndex+"_"+features[targetVariable-1]),                                  new
DoubleWritable(Double.parseDouble(features[i])));
```

```
                }
                varIndex ++;
            }

              // Gom giá trị của biến mục tiêu vào một set
            output.collect(new   Text(targetVariable+"_"+features[targetVariable-1]),
new DoubleWritable(1.0));

             // Đếm số lượng bản ghi
            output.collect(new Text(targetVariable+""), new DoubleWritable(1.0));
        }
}
```

Tương tự tạo class xử lý nhiệm vụ **Reducer** quá trình train, đặt tên là **NaiveBayesTrainReducer**:

```
import java.io.IOException;
import java.util.HashSet;
import java.util.Iterator;
import java.util.StringTokenizer;

import org.apache.hadoop.io.DoubleWritable;
import org.apache.hadoop.io.NullWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapred.JobConf;
import org.apache.hadoop.mapred.MapReduceBase;
import org.apache.hadoop.mapred.OutputCollector;
import org.apache.hadoop.mapred.Reducer;
import org.apache.hadoop.mapred.Reporter;

public class NaiveBayesTrainReducer extends MapReduceBase implements Reducer<Text,
DoubleWritable, NullWritable,Text>{

        String continousVariables; // Biến lưu trữ tên các biến liên tục
        int targetVariable; // Biến lưu trữ chỉ số của biến mục tiêu
        HashSet<Integer> continousVariablesIndex; // Danh sách chỉ số của các
biến liên tục


         // Hàm thực hiện tách giá trị các biến từ chuỗi string
        public HashSet<Integer> splitvariables(String varString){
                HashSet<Integer> hs = new HashSet<Integer>();
            StringTokenizer tok = new StringTokenizer(varString,",");
            while(tok.hasMoreElements())
                hs.add(Integer.parseInt(tok.nextToken()));
                return hs;
        }

        @Override
         public void configure(JobConf conf){ // Hàm thực hiện cấu hình các giá
trị
                continousVariables = conf.get("continousVariables");
            targetVariable = conf.getInt("targetVariable",0);
            continousVariablesIndex = new HashSet<Integer>();
            if(continousVariables!=null)
```

```
            continousVariablesIndex = splitvariables(continousVariables);
    }

        @Override
        public void reduce(Text keyId, Iterator<DoubleWritable> values,
                        OutputCollector<NullWritable, Text> output, Reporter arg3)
throws IOException {
                // Lấy chỉ số của biến
                String id = keyId.toString().split("_")[0];

                // Nếu biến đó là biến liên tục
                if(continousVariablesIndex.contains(Integer.parseInt(id))){
                        double sumsqr=0,sum = 0,count=0,tmp;
                        double mean,var;

                        // Tính toán giá trị mean và variance của biến liên
tục
                         while (values.hasNext())
                {
                   tmp=values.next().get();
                   sumsqr+=tmp*tmp;
                       sum += tmp;
                       count++;
                 }
                         mean=sum/count;
                         var=(sumsqr-((sum*sum)/count))/count;

                                // Xuất kết quả
                 output.collect(NullWritable.get(),         new         Text(keyId+"
"+mean+","+var));
                }

                // Nếu biến đó là biến mục tiêu
                if(targetVariable == Integer.parseInt(id)){
                        Double count = 0.0;

                        // Tính toán số lượng mẫu của biến mục tiêu
                        while (values.hasNext())
                                count +=  values.next().get();

                               // Xuất kết quả
                         output.collect(NullWritable.get(),    new    Text(keyId+"
"+count.toString()));
                }
        }
}
```

Tạo class main xử lý yêu cầu đầu vào quá trình train, đặt tên là **NaiveBayesTrainJob**:

```
import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.conf.Configured;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.DoubleWritable;
import org.apache.hadoop.io.FloatWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
```

```java
import org.apache.hadoop.mapred.FileInputFormat;
import org.apache.hadoop.mapred.FileOutputFormat;
import org.apache.hadoop.mapred.JobClient;
import org.apache.hadoop.mapred.JobConf;
import org.apache.hadoop.util.Tool;
import org.apache.hadoop.util.ToolRunner;


public class NaiveBayesTrainJob extends Configured implements Tool{

	@Override
	public int run(String[] arg0) throws Exception {
		// Tạo một job configuration từ Configuration và class NaiveBayesTrainJob
		JobConf conf = new JobConf(getConf(),NaiveBayesTrainJob.class);

		// Đặt tên cho job là "Training"
		conf.setJobName("Training");

		// Đặt kiểu key/value output của Mapper là Text/DoubleWritable
		conf.setMapOutputKeyClass(Text.class);
		conf.setMapOutputValueClass(DoubleWritable.class);

		// Đặt kiểu key/value output của Reducer là Text/Text
		conf.setOutputKeyClass(Text.class);
		conf.setOutputValueClass(Text.class);

		// Đặt số Map Tasks là 4 nếu không có giá trị nào được truyền vào, số Reduce Tasks là 1
		conf.setNumMapTasks(conf.getInt("numMaps", 4));
		conf.setNumReduceTasks(conf.getInt("numReduce", 1));

		// Đặt class Mapper và Reducer được sử dụng
		conf.setMapperClass(NaiveBayesTrainMapper.class);
		conf.setReducerClass(NaiveBayesTrainReducer.class);

		// Đặt input và output path cho job
		FileInputFormat.addInputPath(conf, new Path(conf.get("input")));
		FileOutputFormat.setOutputPath(conf, new Path(conf.get("output")));

		// Chạy job
		JobClient.runJob(conf);
		return 0;
	}
	public static void main(String[] args) throws Exception {
		// Tạo một Configuration mới và tạo một instance của class NaiveBayesTrainJob
		int res = ToolRunner.run(new Configuration(), new NaiveBayesTrainJob(), args);
		// Thoát chương trình với giá trị trả về của job
		System.exit(res);
	}
}
```

Tạo class xử lý nhiệm vụ **Map** quá trình test, đặt tên là **NaiveBayesTestMapper**:

```
import java.io.BufferedReader;
import java.io.FileReader;
import java.io.IOException;
import java.net.URI;
import java.nio.file.FileSystem;
import java.nio.file.Files;
import java.util.HashMap;
import java.util.HashSet;
import java.util.StringTokenizer;
import java.io.BufferedReader;
import org.apache.hadoop.filecache.DistributedCache;
import org.apache.hadoop.io.DoubleWritable;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.NullWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapred.JobConf;
import org.apache.hadoop.mapred.MapReduceBase;
import org.apache.hadoop.mapred.Mapper;
import org.apache.hadoop.mapred.OutputCollector;
import org.apache.hadoop.mapred.Reporter;
import org.apache.hadoop.metrics2.sink.FileSink;
import org.apache.hadoop.fs.Path;

public     class     NaiveBayesTestMapper     extends     MapReduceBase     implements
Mapper<LongWritable, Text,NullWritable, Text>{
        String delimiter,continousVariables,targetClasses;
        int targetVariable,numColums;
        HashSet<Integer> continousVariablesIndex;
        HashMap<String,String> hm;
        HashSet<String> classesTargetVariables;

        // Hàm tách giá trị từ string
        public HashSet<Integer> splitvariables(String varString){
                HashSet<Integer> hs = new HashSet<Integer>();
            StringTokenizer tok = new StringTokenizer(varString,",");
            while(tok.hasMoreElements())
                hs.add(Integer.parseInt(tok.nextToken()));
                return hs;
        }

        // Hàm tách giá trị từ string
        public HashSet<String> splitstringvariables(String varString){
                HashSet<String> hs = new HashSet<String>();
            StringTokenizer tok = new StringTokenizer(varString,",");
            while(tok.hasMoreElements())
                hs.add(tok.nextToken());
                return hs;
        }

        // Hàm cấu hình config
        @Override
         public void configure(JobConf conf){
                delimiter = conf.get("delimiter");
                numColums = conf.getInt("numColumns", 0);
                continousVariables = conf.get("continousVariables");
```

```
                targetClasses = conf.get("targetClasses");
            targetVariable = conf.getInt("targetVariable",0);
            continousVariablesIndex = new HashSet<Integer>();
            if(continousVariables!=null)
            continousVariablesIndex = splitvariables(continousVariables);
            classesTargetVariables = splitstringvariables(targetClasses);

            hm = new HashMap();
            try {
                        URI[] filesIncache = DistributedCache.getCacheFiles(conf);
                        for(int i=0;i<filesIncache.length;i++){
                                BufferedReader   fis   =   new   BufferedReader(new
FileReader(filesIncache[i].getPath().toString()));
                                String record;
                                 while ((record = fis.readLine()) != null) {
                                        String key,value;
                                        StringTokenizer     tokRecord     =     new
StringTokenizer(record);
                                        key = tokRecord.nextToken();
                                        value = tokRecord.nextToken();
                                        hm.put(key, value);
                                }
                        }
                } catch (IOException e) {
                        // TODO Auto-generated catch block
                        e.printStackTrace();
                }
        }

        // Hàm tính xác xuất
        double calculateProbablity(int featureID,String value,String label){
           String classCount,valueCount,totalCount;
           classCount = hm.get(targetVariable+"_"+label);
           if(classCount==null)
                   return 1.0;
           valueCount = hm.get(featureID+"_"+value+"_"+label);
           if(valueCount==null)
                   return 1.0;
           totalCount = hm.get(targetVariable+"");
           double     classProbablity     =     (Double.parseDouble(classCount)     /
Double.parseDouble(totalCount));
           double     valueProbablity     =     (Double.parseDouble(valueCount)     /
Double.parseDouble(classCount));
           return (classProbablity*valueProbablity);
        }

        // Hàm tính Gaussian
        double calculateGaussian(int featureID,String value,String label){
                Double mean,variance,val;
                val = Double.parseDouble(value);
                String values = hm.get(featureID+"_"+label);
                if(values!=null){
              StringTokenizer tokMeanVariance = new StringTokenizer(values,",");
              mean = Double.parseDouble(tokMeanVariance.nextToken());
              variance = Double.parseDouble(tokMeanVariance.nextToken());
```

```
            if(variance==0.0)
                return 1.0;
            double exponent,denaminator;
            denaminator = Math.sqrt(2*3.414)*variance;
            exponent = -1*(Math.pow((val-mean),2))/(2*Math.pow(variance, 2));
            return (1/denaminator)*Math.exp(exponent);
              }
              return 1.0;
        }

        // Hàm thwucj hiện map giá trị key và value
        @Override
        public void map(LongWritable key, Text value,
                        OutputCollector<NullWritable, Text> output, Reporter arg3)
throws IOException {
                // TODO Auto-generated method stub
                String record = value.toString();
            int featureID = 1;
            Double probablity=0.0;
            Double labelProbablity[] = new Double[classesTargetVariables.size()];
            String features[] = record.split(delimiter);
            int labelIndex = 0;
            String labelprobablityString="";
            for (String labels : classesTargetVariables){
                probablity=1.0;
                featureID = 1;
              for(int i=0; i<numColums; i++){
                if(continousVariablesIndex.contains(featureID)){
                  probablity              =              probablity              *
calculateGaussian(featureID,features[i],labels);
                }
                ++featureID;
                        //output.collect(new
Text(featureID+"_"+features[targetVariable-1]),                                    new
DoubleWritable(Double.parseDouble(features[i])));
             }
             labelProbablity[labelIndex++]=probablity;
             labelprobablityString         =         labelprobablityString         +
labelProbablity[labelIndex-1]+" ";
           }
           output.collect(NullWritable.get(),new                        Text(record+"
"+labelprobablityString));
        }
}
```

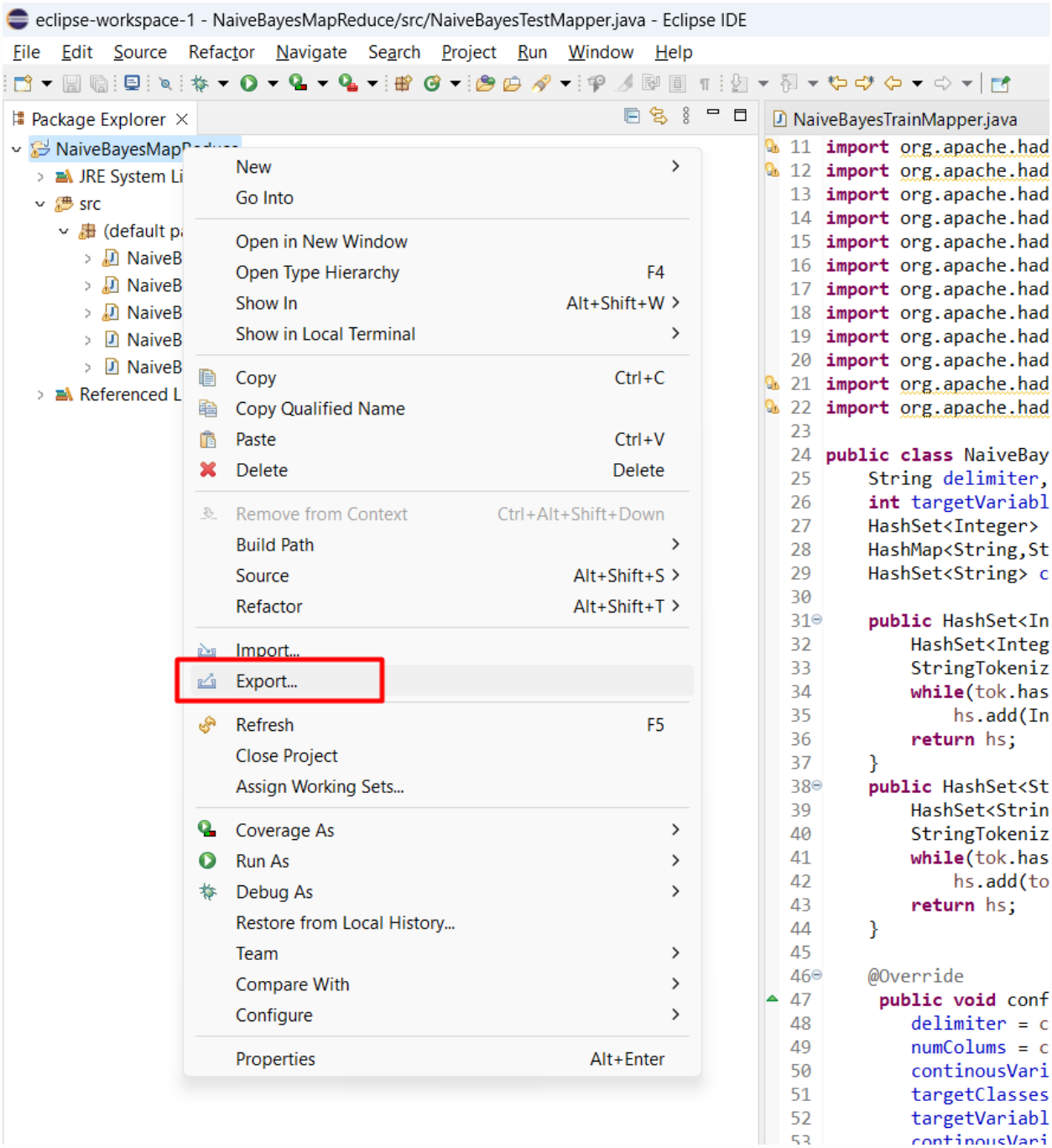
Tạo class main xử lý yêu cầu đầu vào quá trình train, đặt tên là **NaiveBayesTestJob**:

```
import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.conf.Configured;
import org.apache.hadoop.filecache.DistributedCache;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.NullWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapred.FileInputFormat;
import org.apache.hadoop.mapred.FileOutputFormat;
import org.apache.hadoop.mapred.JobClient;
import org.apache.hadoop.mapred.JobConf;
```

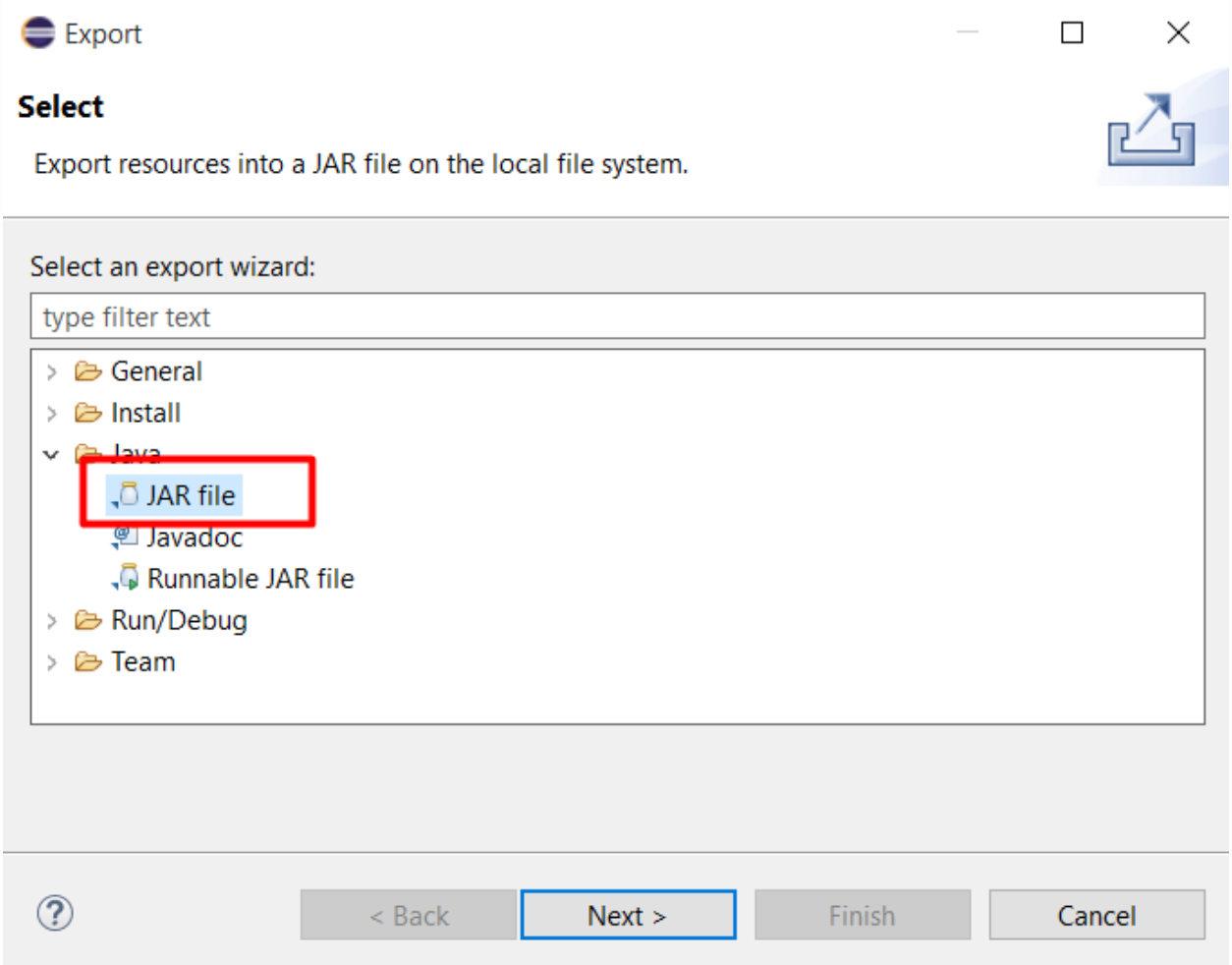
```java
import org.apache.hadoop.mapreduce.Job;
import org.apache.hadoop.util.Tool;
import org.apache.hadoop.util.ToolRunner;

public class NaiveBayesTestJob extends Configured implements Tool{

        @Override
        public int run(String[] arg0) throws Exception {
                // Khởi tạo JobConf với cấu hình từ Configuration và NaiveBayesTestJob class
                JobConf conf = new JobConf(getConf(),NaiveBayesTestJob.class);

                // Tạo đối tượng Job với JobConf và tên công việc
                Job job = new Job(conf, "Multi-view NaiveBayes Training");

                // Thêm tệp mô hình vào DistributedCache để các mapper có thể truy cập
                DistributedCache.addCacheFile(new Path(conf.get("modelPath")+"/part-00000").toUri(), conf);

                // Xác định Mapper class
                conf.setMapperClass(NaiveBayesTestMapper.class);

                // Xác định kiểu dữ liệu đầu ra của Mapper
                conf.setOutputKeyClass(NullWritable.class);
                conf.setOutputValueClass(Text.class);

                // Xác định số lượng map được sử dụng
                conf.setNumMapTasks(conf.getInt("numMaps", 1));

                // Xác định số lượng reduce được sử dụng
                conf.setNumMapTasks(conf.getInt("numReduce", 1));

                // Thêm đường dẫn đầu vào và đầu ra cho công việc
                FileInputFormat.addInputPath(conf, new Path(conf.get("input")));
                FileOutputFormat.setOutputPath(conf, new Path(conf.get("output")));

                // Chạy công việc bằng JobClient và trả về 0 nếu công việc chạy thành công
                JobClient.runJob(conf);
                return 0;
        }
        public static void main(String[] args) throws Exception {

                // Chạy công việc và lấy kết quả trả về
                int res = ToolRunner.run(new Configuration(), new NaiveBayesTestJob(), args);

                // Thoát với mã trả về là kết quả trả về của công việc
                System.exit(res);
        }
}
```

7. Tạo file JAR

Chuột phải vào project **NaiveBayesMapReduce** chọn **Export**



Chọn **Java > JAR File** rồi bấm **Finish**



Vào thư mục chứa lưu file JAR vừa tạo và kiểm tra kết quả

8. Chạy chương trình Training/Test bộ dữ liệu **iris.csv**

Training bộ dữ liệu **iris.csv** đã tạo ở trên, và kết quả thu được lưu trong thư mục **outputiris**. Chạy lệnh sau:

```
hadoop jar C:\jar\NaiveBayes.jar NaiveBayesTrainJob -D num_mappers="3" -D num_reducers="1" -D delimiter="," -D input="/iris-input/iris.csv" -D output="/outputiris" -D continousVariables="1,2,3,4" -D targetVariable="5" -D numColumns="5"
```

Lưu ý: *Thay "C:\jar\NaiveBayes.jar" bằng đường dẫn chứa file JAR ở trên máy*

Test dữ liệu chạy lệnh:

```
hadoop jar C:\jar\NaiveBayes.jar NaiveBayesTestJob -D num_mappers="3" -D num_reducers="1" -D delimiter="," -D input="/iris-input/iris.csv" -D output="/outputiris-test" -D continousVariables="1,2,3,4" -D discreteVariables="" -D targetVariable="5" -D numColumns="5" -D modelPath="/outputiris" -D targetClasses="Iris-versicolor,Iris-setosa,Iris-virginica"
```

Lưu ý: *Để có kết quả trực quan hãy tạo dữ liệu đầu vào khác và thay đổi đường dẫn lưu file dữ liệu test ở tham số input*