Spring Boot集成DeepLearning4j实现图片数字识别

1.什么是DeepLearning4j?

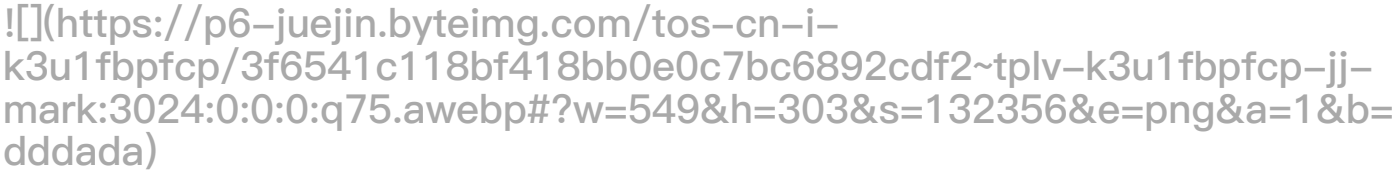
DeepLearning4J（DL4J）是一套基于Java语言的神经网络工具包，可以构建、定型和部署神经网络。DL4J与Hadoop和[Spark](http://cxyroad.com/ "https://mgubaidullin.github.io/deeplearning4j-docs/cn/spark")集成，支持分布式CPU和GPU，为商业环境（而非研究工具目的）所设计。[Skymind](http://cxyroad.com/ "http://www.skymind.ai/?__hstc=3042607.a7ccacb889310ae8ee9e75399d132dd6.1464754825987.1480748718367.1480752621996.152&__hssc=3042607.4.1480752621996&__hsfp=4201184654")是DL4J的商业支持机构。 Deeplearning4j拥有先进的技术，以即插即用为目标，通过更多预设的使用，避免多余的配置，让非企业也能够进行快速的原型制作。DL4J同时可以规模化定制。DL4J遵循Apache 2.0许可协议，一切以其为基础的衍生作品均属于衍生作品的作

Deeplearning4j的功能

Deeplearning4j包括了分布式、多线程的深度学习框架，以及普通的单线程深度学习框架。定型过程以集群进行，也就是说，Deeplearning4j可以快速处理大量数据。神经网络可通过[迭代化简]平行定型，与 Java、[Scala](http://cxyroad.com/ "http://nd4j.org/scala.html") 和[Clojure](http://cxyroad.com/ "https://github.com/wildermuthn/d4lj-iris-example-clj/blob/master/src/dl4j_clj_example/core.clj") 均兼容。Deeplearning4j在开放堆栈中作为模块组件的功能，使之成为首个为[微服务架构](http://cxyroad.com/ "http://microservices.io/patterns/microservices.html")打造的深度学习框架。

Deeplearning4j的组件

深度神经网络能够实现[前所未有的准确度](http://cxyroad.com/”https://mgubaidullin.github.io/deeplearning4j-docs/cn/accuracy”)。对神经网络的简介请参见[概览](http://cxyroad.com/”https://mgubaidullin.github.io/deeplearning4j-docs/cn/neuralnet-overview”)页。简而言之，Deeplearning4j能够让你从各类浅层网络（其中每一层在英文中被称为layer）出发，设计深层神经网络。这一灵活性使用户可以根据所需，在分布式、生产级、能够在分布式CPU或GPU的基础上与Spark和Hadoop协同工作的框架内，整合受限玻尔兹曼机、其他自动编码器、卷积网络或递归网络。 此处为我们已经建立的各个库及其在系统整体中的所处位置：



DeepLearning4J用于设计神经网络：

* Deeplearning4j（简称DL4J）是为Java和Scala编写的首个商业级开源分布式深度学习
* DL4J与Hadoop和Spark集成，为商业环境（而非研究工具目的）所设计。
* 支持GPU和CPU
* 受到 Cloudera, Hortonwork, NVIDIA, Intel, IBM 等认证，可以在Spark, Flink, Hadoop 上运行
* 支持并行迭代算法架构
* DeepLearning4J的JavaDoc可在[此处](http://cxyroad.com/”http://deeplearning4j.org/doc/”)获取
* DeepLearning4J示例的Github代码库请见[此处](http://cxyroad.com/”https://github.com/deeplearning4j/dl4j-examples”)。相关示例的简介汇总请见[此处](http://cxyroad.com/”https://deeplearning4j.org/cn/examples-tour”)。
* 开源工具 ASF 2.0许可证
：[github.com/deeplearnin...](http://cxyroad.com/”https://github.com/deeplearning4j/deeplearning4j”)

2.训练模型

训练和测试数据集下载

[raw.githubusercontent.com/zq2599/blog...](http://cxyroad.com/”https://raw.githubusercontent.com/zq2599/blog%5C_download%5C_files/master/files/mnist%5C_png.tar.gz”)

MNIST简介

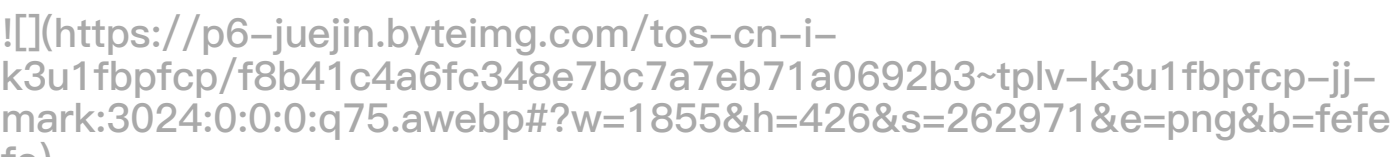
* MNIST是经典的计算机视觉数据集，来源是National Institute of Standards and Technology (NIST，美国国家标准与技术研究所)，包含各种手写数字图片，其中训练集60,000张，测试集 10,000张，
* MNIST来源于250 个不同人的手写,其中 50% 是高中学生, 50% 来自人口普查局 (the Census Bureau) 的工作人员.，测试集(test set) 也是同样比例的手写数字数据
* MNIST官网：[yann.lecun.com/exdb/mnist/](http://cxyroad.com/”http://yann.lecun.com/exdb/mnist/”)

数据集简介

从MNIST官网下载的原始数据并非图片文件，需要按官方给出的格式说明做解析处理才能转为一张张图片，这些事情显然不是本篇的主题，因此咱们可以直接使用DL4J为我们准备好的数据集(下载地址稍后给出)，该数据集中是一张张独立的图片，这些图片所在目录的名字就是该图片具体的数字

模型训练

LeNet-5简介



LeNet-5 结构：

* 输入层

图片大小为 32×32×1，其中 1 表示为黑白图像，只有一个 channel。

* 卷积层

filter 大小 5×5，filter 深度（个数）为 6，padding 为 0， 卷积步长 s=1=1，输出矩阵大小为 28×28×6，其中 6 表示 filter 的个数。

* 池化层

average pooling，filter 大小 2×2（即 f=2=2），步长 s=2=2，no padding，输出矩阵大小为 14×14×6。

* 卷积层

filter 大小 5×5，filter 个数为 16，padding 为 0， 卷积步长 s=1=1，输出矩阵大小为 10×10×16，其中 16 表示 filter 的个数。

* 池化层

average pooling，filter 大小 2×2（即 f=2=2），步长 s=2=2，no padding，输出矩阵大小为 5×5×16。注意，在该层结束，需要将 5×5×16 的矩阵flatten 成一个 400 维的向量。

* 全连接层（Fully Connected layer，FC）

neuron 数量为 120。

* 全连接层（Fully Connected layer，FC）

neuron 数量为 84。

* 全连接层，输出层

现在版本的 LeNet-5 输出层一般会采用 softmax 激活函数，在 LeNet-5 提出的论文中使用的激活函数不是 softmax，但其现在不常用。该层神经元数量为 10，代表 0～9 十个数字类别。（图 1 其实少画了一个表示全连接层的方框，而直接用 ^y^ 表示输出层。）

```
/*****************************************************************
*************
 * Copyright (c) 2020 Konduit K.K.
 * Copyright (c) 2015-2019 Skymind, Inc.
 *
 * This program and the accompanying materials are made available
under the
 * terms of the Apache License, Version 2.0 which is available at
 * https://www.apache.org/licenses/LICENSE-2.0.
 *
 * Unless required by applicable law or agreed to in writing, software
 * distributed under the License is distributed on an "AS IS" BASIS,
WITHOUT
 * WARRANTIES OR CONDITIONS OF ANY KIND, either express or
implied. See the
 * License for the specific language governing permissions and
limitations
 * under the License.
 *
 * SPDX-License-Identifier: Apache-2.0
*****************************************************************
***********/

package com.et.dl4j.model;

import lombok.extern.slf4j.Slf4j;
import org.datavec.api.io.labels.ParentPathLabelGenerator;
import org.datavec.api.split.FileSplit;
import org.datavec.image.loader.NativeImageLoader;
import org.datavec.image.recordreader.ImageRecordReader;
import
org.deeplearning4j.datasets.datavec.RecordReaderDataSetIterator;
import org.deeplearning4j.nn.conf.MultiLayerConfiguration;
import org.deeplearning4j.nn.conf.NeuralNetConfiguration;
import org.deeplearning4j.nn.conf.inputs.InputType;
import org.deeplearning4j.nn.conf.layers.ConvolutionLayer;
import org.deeplearning4j.nn.conf.layers.DenseLayer;
import org.deeplearning4j.nn.conf.layers.OutputLayer;
import org.deeplearning4j.nn.conf.layers.SubsamplingLayer;
import org.deeplearning4j.nn.multilayer.MultiLayerNetwork;
import org.deeplearning4j.nn.weights.WeightInit;
import org.deeplearning4j.optimize.listeners.ScoreIterationListener;
import org.deeplearning4j.util.ModelSerializer;
import org.nd4j.evaluation.classification.Evaluation;
import org.nd4j.linalg.activations.Activation;
import org.nd4j.linalg.dataset.api.iterator.DataSetIterator;
import org.nd4j.linalg.dataset.api.preprocessor.DataNormalization;
```

```
import
org.nd4j.linalg.dataset.api.preprocessor.ImagePreProcessingScaler;
import org.nd4j.linalg.learning.config.Nesterovs;
import org.nd4j.linalg.lossfunctions.LossFunctions;
import org.nd4j.linalg.schedule.MapSchedule;
import org.nd4j.linalg.schedule.ScheduleType;

import java.io.File;
import java.util.HashMap;
import java.util.Map;
import java.util.Random;

/**
 * Implementation of LeNet-5 for handwritten digits image classification
on MNIST dataset (99% accuracy)
 * <a href="http://yann.lecun.com/exdb/publis/pdf/lecun-
01a.pdf">[LeCun et al., 1998. Gradient based learning applied to
document recognition]</a>
 * Some minor changes are made to the architecture like using ReLU
and identity activation instead of
 * sigmoid/tanh, max pooling instead of avg pooling and softmax output
layer.
 * <p>
 * This example will download 15 Mb of data on the first run.
 *
 * @author hanlon
 * @author agibsonccc
 * @author fvaleri
 * @author dariuszzbyrad
 */
@Slf4j
public class LeNetMNISTReLu {
   //dataset
github：https://raw.githubusercontent.com/zq2599/blog_download_files
/master/files/mnist_png.tar.gz
    // 存放文件的地址，请酌情修改
//    private static final String BASE_PATH =
System.getProperty("java.io.tmpdir") + "/mnist";
    private static final String BASE_PATH =
"/Users/liuhaihua/Downloads";

    public static void main(String[] args) throws Exception {
        // 图片像素高
        int height = 28;
        // 图片像素宽
        int width = 28;

        // 因为是黑白图像，所以颜色通道只有一个
```

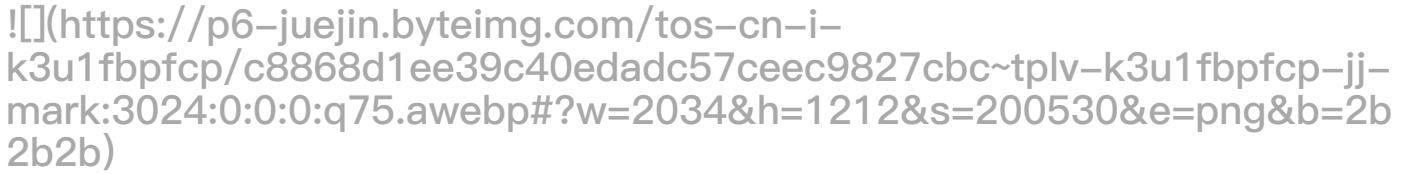
```
        int channels = 1;

        // 分类结果，0-9，共十种数字
        int outputNum = 10;

        // 批大小
        int batchSize = 54;

        // 循环次数
        int nEpochs = 1;

        // 初始化伪随机数的种子
        int seed = 1234;

        // 随机数工具
        Random randNumGen = new Random(seed);

        log.info("检查数据集文件夹是否存在：{}", BASE_PATH +
"/mnist_png");

        if (!new File(BASE_PATH + "/mnist_png").exists()) {
            log.info("数据集文件不存在，请下载压缩包并解压到：{}",
BASE_PATH);
            return;
        }

        // 标签生成器，将指定文件的父目录作为标签
        ParentPathLabelGenerator labelMaker = new
ParentPathLabelGenerator();
        // 归一化配置(像素值从0-255变为0-1)
        DataNormalization imageScaler = new ImagePreProcessingScaler();

        // 不论训练集还是测试集，初始化操作都是相同套路：
        // 1. 读取图片，数据格式为NCHW
        // 2. 根据批大小创建的迭代器
        // 3. 将归一化器作为预处理器

        log.info("训练集的矢量化操作...");
        // 初始化训练集
        File trainData = new File(BASE_PATH + "/mnist_png/training");
        FileSplit trainSplit = new FileSplit(trainData,
NativeImageLoader.ALLOWED_FORMATS, randNumGen);
        ImageRecordReader trainRR = new ImageRecordReader(height,
width, channels, labelMaker);
        trainRR.initialize(trainSplit);
        DataSetIterator trainIter = new
RecordReaderDataSetIterator(trainRR, batchSize, 1, outputNum);
        // 拟合数据(实现类中实际上什么也没做)
```

```
        imageScaler.fit(trainIter);
        trainIter.setPreProcessor(imageScaler);

        log.info("测试集的矢量化操作...");
        // 初始化测试集，与前面的训练集操作类似
        File testData = new File(BASE_PATH + "/mnist_png/testing");
        FileSplit testSplit = new FileSplit(testData,
NativeImageLoader.ALLOWED_FORMATS, randNumGen);
        ImageRecordReader testRR = new ImageRecordReader(height,
width, channels, labelMaker);
        testRR.initialize(testSplit);
        DataSetIterator testIter = new RecordReaderDataSetIterator(testRR,
batchSize, 1, outputNum);
        testIter.setPreProcessor(imageScaler); // same normalization for
better results

        log.info("配置神经网络");

        // 在训练中，将学习率配置为随着迭代阶梯性下降
        Map<Integer, Double> learningRateSchedule = new HashMap<>();
        learningRateSchedule.put(0, 0.06);
        learningRateSchedule.put(200, 0.05);
        learningRateSchedule.put(600, 0.028);
        learningRateSchedule.put(800, 0.0060);
        learningRateSchedule.put(1000, 0.001);

        // 超参数
        MultiLayerConfiguration conf = new
NeuralNetConfiguration.Builder()
            .seed(seed)
            // L2正则化系数
            .l2(0.0005)
            // 梯度下降的学习率设置
            .updater(new Nesterovs(new
MapSchedule(ScheduleType.ITERATION, learningRateSchedule)))
            // 权重初始化
            .weightInit(WeightInit.XAVIER)
            // 准备分层
            .list()
            // 卷积层
            .layer(new ConvolutionLayer.Builder(5, 5)
                .nIn(channels)
                .stride(1, 1)
                .nOut(20)
                .activation(Activation.IDENTITY)
                .build())
            // 下采样，即池化
            .layer(new
```

```
SubsamplingLayer.Builder(SubsamplingLayer.PoolingType.MAX)
                .kernelSize(2, 2)
                .stride(2, 2)
                .build())
            // 卷积层
            .layer(new ConvolutionLayer.Builder(5, 5)
                .stride(1, 1) // nIn need not specified in later layers
                .nOut(50)
                .activation(Activation.IDENTITY)
                .build())
            // 下采样，即池化
            .layer(new
SubsamplingLayer.Builder(SubsamplingLayer.PoolingType.MAX)
                .kernelSize(2, 2)
                .stride(2, 2)
                .build())
            // 稠密层，即全连接
            .layer(new DenseLayer.Builder().activation(Activation.RELU)
                .nOut(500)
                .build())
            // 输出
            .layer(new
OutputLayer.Builder(LossFunctions.LossFunction.NEGATIVELOGLIKELIH
OOD)
                .nOut(outputNum)
                .activation(Activation.SOFTMAX)
                .build())
            .setInputType(InputType.convolutionalFlat(height, width,
channels)) // InputType.convolutional for normal image
            .build();

        MultiLayerNetwork net = new MultiLayerNetwork(conf);
        net.init();

        // 每十个迭代打印一次损失函数值
        net.setListeners(new ScoreIterationListener(10));

        log.info("神经网络共[{}]个参数", net.numParams());

        long startTime = System.currentTimeMillis();
        // 循环操作
        for (int i = 0; i < nEpochs; i++) {
            log.info("第[{}]个循环", i);
            net.fit(trainIter);
            Evaluation eval = net.evaluate(testIter);
            log.info(eval.stats());
            trainIter.reset();
            testIter.reset();
```

```
        }
        log.info("完成训练和测试，耗时[{}]毫秒", System.currentTimeMillis()-startTime);

        // 保存模型
        File ministModelPath = new File(BASE_PATH + "/minist-model.zip");
        ModelSerializer.writeModel(net, ministModelPath, true);
        log.info("最新的MINIST模型保存在[{}]", ministModelPath.getPath());
    }
}
```

输出模型文件和得分结果



3.编写模型预测接口
---

pom.xml

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<project xmlns="http://maven.apache.org/POM/4.0.0"
         xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
         xsi:schemaLocation="http://maven.apache.org/POM/4.0.0 http://maven.apache.org/xsd/maven-4.0.0.xsd">
    <parent>
        <artifactId>springboot-demo</artifactId>
        <groupId>com.et</groupId>
        <version>1.0-SNAPSHOT</version>
    </parent>
    <modelVersion>4.0.0</modelVersion>

    <artifactId>Deeplearning4j</artifactId>

    <properties>
        <maven.compiler.source>8</maven.compiler.source>
```

```
    <maven.compiler.target>8</maven.compiler.target>
    <dl4j-master.version>1.0.0-beta7</dl4j-master.version>
    <nd4j.backend>nd4j-native</nd4j.backend>
</properties>
<dependencies>

    <dependency>
        <groupId>org.springframework.boot</groupId>
        <artifactId>spring-boot-starter-web</artifactId>
    </dependency>

    <dependency>
        <groupId>org.springframework.boot</groupId>
        <artifactId>spring-boot-autoconfigure</artifactId>
    </dependency>
    <dependency>
        <groupId>org.springframework.boot</groupId>
        <artifactId>spring-boot-starter-test</artifactId>
        <scope>test</scope>
    </dependency>
    <dependency>
        <groupId>org.projectlombok</groupId>
        <artifactId>lombok</artifactId>
        <version>1.18.20</version>
    </dependency>

    <dependency>
        <groupId>ch.qos.logback</groupId>
        <artifactId>logback-classic</artifactId>
    </dependency>

    <dependency>
        <groupId>org.deeplearning4j</groupId>
        <artifactId>deeplearning4j-core</artifactId>
        <version>${dl4j-master.version}</version>
    </dependency>

    <dependency>
        <groupId>org.nd4j</groupId>
        <artifactId>${nd4j.backend}</artifactId>
        <version>${dl4j-master.version}</version>
    </dependency>

    <!--用于本地GPU-->
    <!--        <dependency>-->
    <!--            <groupId>org.deeplearning4j</groupId>-->
    <!--            <artifactId>deeplearning4j-cuda-9.2</artifactId>-->
    <!--            <version>${dl4j-master.version}</version>-->
```

```
        <!--        </dependency>-->

        <!--        <dependency>-->
        <!--            <groupId>org.nd4j</groupId>-->
        <!--            <artifactId>nd4j-cuda-9.2-platform</artifactId>-->
        <!--            <version>${dl4j-master.version}</version>-->
        <!--        </dependency>-->


    </dependencies>
</project>

```

cotroller

```
package com.et.dl4j.controller;

import com.et.dl4j.service.PredictService;
import org.springframework.beans.factory.annotation.Autowired;
import org.springframework.web.bind.annotation.*;
import org.springframework.web.multipart.MultipartFile;

import java.util.HashMap;
import java.util.Map;

@RestController
public class HelloWorldController {
    @RequestMapping("/hello")
    public Map<String, Object> showHelloWorld(){
        Map<String, Object> map = new HashMap<>();
        map.put("msg", "HelloWorld");
        return map;
    }
   @Autowired
    PredictService predictService;


   @PostMapping("/predict-with-black-background")
   public int predictWithBlackBackground(@RequestParam("file")
MultipartFile file) throws Exception {
       // 训练模型的时候，用的数字是白字黑底，
       // 因此如果上传白字黑底的图片，可以直接拿去识别，而无需反色处理
       return predictService.predict(file, false);
   }
```

```
    @PostMapping("/predict-with-white-background")
    public int predictWithWhiteBackground(@RequestParam("file")
MultipartFile file) throws Exception {
        // 训练模型的时候，用的数字是白字黑底，
        // 因此如果上传黑字白底的图片，就需要做反色处理，
        // 反色之后就是白字黑底了，可以拿去识别
        return predictService.predict(file, true);
    }
}
```

service

```
package com.et.dl4j.service;

import org.springframework.web.multipart.MultipartFile;


public interface PredictService {

    /**
     * 取得上传的图片，做转换后识别成数字
     * @param file 上传的文件
     * @param isNeedRevert 是否要做反色处理
     * @return
     */
    int predict(MultipartFile file, boolean isNeedRevert) throws Exception ;
}

package com.et.dl4j.service.impl;
import com.et.dl4j.service.PredictService;
import com.et.dl4j.util.ImageFileUtil;
import lombok.extern.slf4j.Slf4j;
import org.deeplearning4j.nn.multilayer.MultiLayerNetwork;
import org.deeplearning4j.util.ModelSerializer;
import org.nd4j.linalg.api.ndarray.INDArray;
import org.springframework.beans.factory.annotation.Value;
import org.springframework.stereotype.Service;
import org.springframework.web.multipart.MultipartFile;

import javax.annotation.PostConstruct;
import java.io.File;
```

```
@Service
@Slf4j
public class PredictServiceImpl implements PredictService {

    /**
     * -1表示识别失败
     */
    private static final int RLT_INVALID = -1;

    /**
     * 模型文件的位置
     */
    @Value("${predict.modelpath}")
    private String modelPath;

    /**
     * 处理图片文件的目录
     */
    @Value("${predict.imagefilepath}")
    private String imageFilePath;

    /**
     * 神经网络
     */
    private MultiLayerNetwork net;

    /**
     * bean实例化成功就加载模型
     */
    @PostConstruct
    private void loadModel() {
        log.info("load model from [{}]", modelPath);

        // 加载模型
        try {
            net = ModelSerializer.restoreMultiLayerNetwork(new
File(modelPath));
            log.info("module summary\n{}", net.summary());
        } catch (Exception exception) {
            log.error("loadModel error", exception);
        }
    }

    @Override
    public int predict(MultipartFile file, boolean isNeedRevert) throws
Exception {
        log.info("start predict, file [{}], isNeedRevert [{}]",
```

```
file.getOriginalFilename(), isNeedRevert);

        // 先存文件
        String rawFileName = ImageFileUtil.save(imageFilePath, file);

        if (null==rawFileName) {
            return RLT_INVALID;
        }

        // 反色处理后的文件名
        String revertFileName = null;

        // 调整大小后的文件名
        String resizeFileName;

        // 是否需要反色处理
        if (isNeedRevert) {
            // 把原始文件做反色处理，返回结果是反色处理后的新文件
            revertFileName = ImageFileUtil.colorRevert(imageFilePath,
rawFileName);

            // 把反色处理后调整为28*28大小的文件
            resizeFileName = ImageFileUtil.resize(imageFilePath,
revertFileName);
        } else {
            // 直接把原始文件调整为28*28大小的文件
            resizeFileName = ImageFileUtil.resize(imageFilePath,
rawFileName);
        }

        // 现在已经得到了结果反色和调整大小处理过后的文件，
        // 那么原始文件和反色处理过的文件就可以删除了
        ImageFileUtil.clear(imageFilePath, rawFileName, revertFileName);

        // 取出该黑白图片的特征
        INDArray features =
ImageFileUtil.getGrayImageFeatures(imageFilePath, resizeFileName);

        // 将特征传给模型去识别
        return net.predict(features)[0];
    }
}

```

application.properties

```
# 上传文件总的最大值
spring.servlet.multipart.max-request-size=1024MB

# 单个文件的最大值
spring.servlet.multipart.max-file-size=10MB

# 处理图片文件的目录
predict.imagefilepath=/Users/liuhaihua/Downloads/images/

# 模型所在位置
predict.modelpath=/Users/liuhaihua/Downloads/minist-model.zip
```

工具类

```
package com.et.dl4j.util;

import lombok.extern.slf4j.Slf4j;
import org.datavec.api.split.FileSplit;
import org.datavec.image.loader.NativeImageLoader;
import org.datavec.image.recordreader.ImageRecordReader;
import
org.deeplearning4j.datasets.datavec.RecordReaderDataSetIterator;
import org.nd4j.linalg.api.ndarray.INDArray;
import org.nd4j.linalg.dataset.api.iterator.DataSetIterator;
import
org.nd4j.linalg.dataset.api.preprocessor.ImagePreProcessingScaler;
import org.springframework.web.multipart.MultipartFile;

import javax.imageio.ImageIO;
import java.awt.*;
import java.awt.image.BufferedImage;
import java.io.File;
import java.io.IOException;
import java.util.UUID;


@Slf4j
public class ImageFileUtil {

    /**
     * 调整后的文件宽度
```

```
 */
public static final int RESIZE_WIDTH = 28;

/**
 * 调整后的文件高度
 */
public static final int RESIZE_HEIGHT = 28;

/**
 * 将上传的文件存在服务器上
 * @param base 要处理的文件所在的目录
 * @param file 要处理的文件
 * @return
 */
public static String save(String base, MultipartFile file) {

    // 检查是否为空
    if (file.isEmpty()) {
        log.error("invalid file");
        return null;
    }

    // 文件名来自原始文件
    String fileName = file.getOriginalFilename();

    // 要保存的位置
    File dest = new File(base + fileName);

    // 开始保存
    try {
        file.transferTo(dest);
    } catch (IOException e) {
        log.error("upload fail", e);
        return null;
    }

    return fileName;
}

/**
 * 将图片转为28*28像素
 * @param base     处理文件的目录
 * @param fileName 待调整的文件名
 * @return
 */
public static String resize(String base, String fileName) {

    // 新文件名是原文件名在加个随机数后缀，而且扩展名固定为png
```

```
        String resizeFileName = fileName.substring(0,
fileName.lastIndexOf(".")) + "-" + UUID.randomUUID() + ".png";

        log.info("start resize, from [{}] to [{}]", fileName, resizeFileName);

        try {
            // 读原始文件
            BufferedImage bufferedImage = ImageIO.read(new File(base +
fileName));

            // 缩放后的实例
            Image image =
bufferedImage.getScaledInstance(RESIZE_WIDTH, RESIZE_HEIGHT,
Image.SCALE_SMOOTH);

            BufferedImage resizeBufferedImage = new BufferedImage(28,
28, BufferedImage.TYPE_INT_RGB);
            Graphics graphics = resizeBufferedImage.getGraphics();

            // 绘图
            graphics.drawImage(image, 0, 0, null);
            graphics.dispose();

            // 转换后的图片写文件
            ImageIO.write(resizeBufferedImage, "png", new File(base +
resizeFileName));

        } catch (Exception exception) {
            log.info("resize error from [{}] to [{}], {}", fileName,
resizeFileName, exception);
            resizeFileName = null;
        }

        log.info("finish resize, from [{}] to [{}]", fileName, resizeFileName);

        return resizeFileName;
    }

    /**
     * 将RGB转为int数字
     * @param alpha
     * @param red
     * @param green
     * @param blue
     * @return
     */
    private static int colorToRGB(int alpha, int red, int green, int blue) {
        int pixel = 0;
```

```
        pixel += alpha;
        pixel = pixel << 8;

        pixel += red;
        pixel = pixel << 8;

        pixel += green;
        pixel = pixel << 8;

        pixel += blue;

        return pixel;
    }

    /**
     * 反色处理
     * @param base 处理文件的目录
     * @param src 用于处理的源文件
     * @return 反色处理后的新文件
     * @throws IOException
     */
    public static String colorRevert(String base, String src) throws
IOException {
        int color, r, g, b, pixel;

        // 读原始文件
        BufferedImage srcImage = ImageIO.read(new File(base + src));

        // 修改后的文件
        BufferedImage destImage = new
BufferedImage(srcImage.getWidth(), srcImage.getHeight(),
srcImage.getType());

        for (int i=0; i<srcImage.getWidth(); i++) {

            for (int j=0; j<srcImage.getHeight(); j++) {
                color = srcImage.getRGB(i, j);
                r = (color >> 16) & 0xff;
                g = (color >> 8) & 0xff;
                b = color & 0xff;
                pixel = colorToRGB(255, 0xff - r, 0xff - g, 0xff - b);
                destImage.setRGB(i, j, pixel);
            }
        }

        // 反射文件的名字
        String revertFileName =  src.substring(0, src.lastIndexOf(".")) + "-
```

```
revert.png";

        // 转换后的图片写文件
        ImageIO.write(destImage, "png", new File(base + revertFileName));

        return revertFileName;
    }

    /**
     * 取黑白图片的特征
     * @param base
     * @param fileName
     * @return
     * @throws Exception
     */
    public static INDArray getGrayImageFeatures(String base, String
fileName) throws Exception {
        log.info("start getImageFeatures [{}]", base + fileName);

        // 和训练模型时一样的设置
        ImageRecordReader imageRecordReader = new
ImageRecordReader(RESIZE_HEIGHT, RESIZE_WIDTH, 1);

        FileSplit fileSplit = new FileSplit(new File(base + fileName),
                NativeImageLoader.ALLOWED_FORMATS);

        imageRecordReader.initialize(fileSplit);

        DataSetIterator dataSetIterator = new
RecordReaderDataSetIterator(imageRecordReader, 1);
        dataSetIterator.setPreProcessor(new ImagePreProcessingScaler(0,
1));

        // 取特征
        return dataSetIterator.next().getFeatures();
    }

    /**
     * 批量清理文件
     * @param base      处理文件的目录
     * @param fileNames 待清理文件集合
     */
    public static void clear(String base, String...fileNames) {
        for (String fileName : fileNames) {

            if (null==fileName) {
                continue;
            }
```

```
            File file = new File(base + fileName);

            if (file.exists()) {
                file.delete();
            }
        }
    }


}
```

DemoApplication.java

```
package com.et.dl4j;

import org.springframework.boot.SpringApplication;
import org.springframework.boot.autoconfigure.SpringBootApplication;

@SpringBootApplication
public class DemoApplication {

    public static void main(String[] args) {
        SpringApplication.run(DemoApplication.class, args);
    }
}
```

以上只是一些关键代码，所有代码请参见下面代码仓库

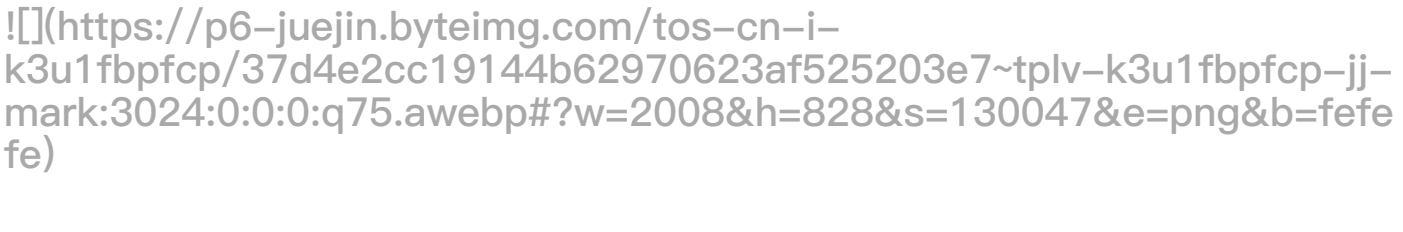
代码仓库

* [github.com/Harries/spr...](http://cxyroad.com/"https://github.com/Harries/springboot-demo")

4.测试

启动Spring Boot应用，上传图片测试

* 如果用户输入的是黑底白字的图片，只需要将上述流程中的反色处理去掉即可
* 为白底黑字图片提供专用接口predict-with-white-background
* 为黑底白字图片提供专用接口predict-with-black-background



5.引用
----

* [mgubaidullin.github.io/deeplearnin...](http://cxyroad.com/”https://mgubaidullin.github.io/deeplearning4j-docs/cn/quickstart”)
* [blog.csdn.net/boling_cava...](http://cxyroad.com/”https://blog.csdn.net/boling_cavalry/article/details/118239403”)
* [www.liuhaihua.cn/archives/71...](http://cxyroad.com/”http://www.liuhaihua.cn/archives/710793.html”)