

课程实践 6：人手写数字识别

实验目的：

通过使用 mnist 数据集了解模式识别基本思想，首先基于模式识别算法检验 mnist 数据测试集的准确率，再将算法实际应用于车牌号码的识别。

实验要求：

A) 运用所掌握的图像处理知识，进行手写数字识别。可参考 Yann Lecun 的网页和引用 Minst 手写数字库。

Google 实验室的 Corinna Cortes 和纽约大学柯朗研究所的 Yann LeCun 建有一个手写数字数据库，训练库有 60,000 张手写数字图像，测试库有 10,000 张。

请访问原站 <http://yann.lecun.com/exdb/mnist/>

B) 并尝试应用在车牌号码或者票据的金额上。



实验环境：MATLAB R2018a

原理和方法：

MNIST database

一个手写数字的图片数据库，每一张图片都是 0 到 9 中的单个数字，每一张都是抗锯齿 (Anti-aliasing) 的灰度图，图片大小 28×28 像素，数字部分被归一化为 20×20 大小，位于图片的中间位置，保持了原来形状的比例。

KNN 算法

- 1、计算已知类别数据集合汇总的点与当前点的距离
- 2、取距离最短的 K 个点
- 3、将这 K 个点中频率最高的类别作为当前点的预测分类
 - 对于图像数据，可以拉直成列向量处理，对于距离的计算，最常用的是欧式距离。

机器学习

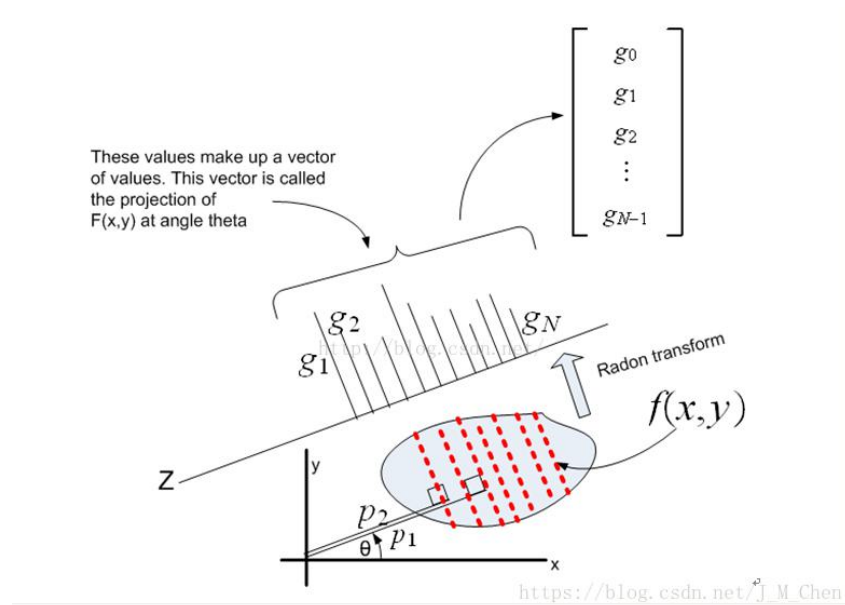
- 1、有监督学习：训练数据既有特征(feature)又有标签(label)，通过训练，让机器可以自己找到特征和标签之间的联系，在面对只有特征没有标签的数据时，可以判断出标签。
- 2、无监督学习 (unsupervised learning)：训练样本的标记信息未知，目标是通过对无标记训练样本的学习来揭示数据的内在性质及规律，为进一步的数据分析提供基础，此类学习任务中研究最多、应用最广的是"聚类" (clustering)，其他无监督算法还有：密度估计 (density estimation)、异常检测 (anomaly detection) 等。

3、半监督学习：训练集同时包含有标记样本数据和未标记样本数据，不需要人工干预，让学习器不依赖外界交互、自动地利用未标记样本来提升学习性能，就是半监督学习。

- 为保证准确率，本实验采用有监督学习方法，即训练集 60000 个样本的 label 均已知。

Radon 变换

总结一句来说，radon 变换就是在其不倾斜的时候水平轴上的各点的线积分，如下图所示：



对于水平倾斜角度的调整，先将图像逆时针旋转 90° ，当我们对于倾斜的图像进行 radon 变换之后，变换之后的结果在其倾斜角度的位置表现出最大的落差，因此，我们可以通过一阶微分函数对其进行求导然后求出其绝对值的累加和，寻找得到最大值的角度就是我们索要求得角度，再通过旋转变换 `imrotate` 得到修正后的图形。

对于竖直角度，采用和水平角度一样的方式，求 radon 变换，然后求其一阶导数绝对值的累加和，最大值就是我们所要求的倾斜角度，不过和水平不一样的是，竖直方向其实是同一行的元素之间的错位偏移。

①图像的预处理

这个部分的处理是为了减小、去除原始图像的噪声的影响，同时将原始图像中想要提取的部分得到加强，便于后面的处理。

②车牌的初步定位

车牌的初步定位是将车牌位置从整张图像中提取出来，同时去除其他部分的干扰。

③倾斜角度的调整

对于倾斜角度的修正，这里主要用到了 radon 变换，当然，除了用这个方法之外还可以用 hough 变换。

④车牌的精确定位

车牌的精确定位实际上就是去除边框的过程，图像只留下字符的部分。

⑤字符分割及其归一化

这部分是将精确定位完之后的图像进行切割，从而独立出每个字符，切割之前先将图像进行二值化并且均匀化处理，然后统一为与 mnist 图像的规格相同。

⑥字符识别

字符识别部分可以采用模式识别和 bp 神经网络等方法。这里使用全监督的 KNN 算法。

实验代码和结果:

A) 手写数字识别

对测试集每个样本, 取与之最邻近的 25 个训练集样本, 将这 25 个训练样本中出现最多的标签类作为该测试样本的标签。

```
[train,trainlabels,test,testlabels] = read_mnist();
K = 25;
[~,I] = pdist2(train',test','euclidean','Smallest',K);
knn_label = trainlabels(I);
predict = mode(knn_label);
```

准确率: 0.960900

准确率表 K=25

	real_0	real_1	real_2	real_3	real_4	real_5	real_6	real_7	real_8	real_9
predict_0	0.9898	0	0.015504	0	0	0.0044843	0.0083507	0	0.0082136	0.0079286
predict_1	0.0010204	0.99559	0.018411	0.0029703	0.015275	0.0022422	0.0052192	0.030156	0.0051335	0.0069376
predict_2	0.0010204	0.0017621	0.93023	0.0019802	0	0	0	0.0029183	0.0041068	0.0029732
predict_3	0	0.00088106	0.004845	0.96832	0	0.01009	0	0	0.01232	0.0079286
predict_4	0	0	0.001938	0.0009901	0.94908	0.0011211	0.0031315	0.0019455	0.0061602	0.0089197
predict_5	0.0020408	0	0	0.010891	0	0.96413	0.0020877	0	0.014374	0.0029732
predict_6	0.005102	0.0017621	0.003876	0	0.0071283	0.01009	0.98121	0	0.0041068	0.00099108
predict_7	0.0010204	0	0.018411	0.0059406	0.0010183	0.0022422	0	0.94844	0.0071869	0.010902
predict_8	0	0	0.0067829	0.0039604	0.0010183	0	0	0	0.92916	0
predict_9	0	0	0	0.0049505	0.026477	0.0056054	0	0.016537	0.0092402	0.95045

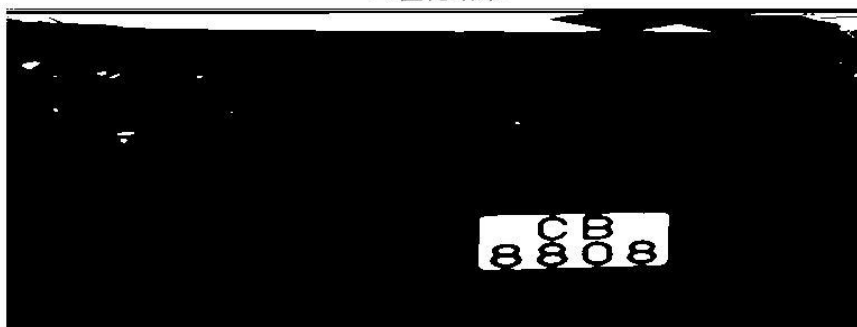
全监督的准确率还是很高的, 每个数字都达到了 90%以上的识别率。

B) 车牌号码识别

观察图像, 发现亮色部分主要集中在车牌和车头盖上, 因此考虑选取合适的阈值进行二值化, 代码与效果如下, 抠取出了整块车牌和部分噪声。

```
clear all
A = imread('plate_number.png');
P = im2bw(A,0.7); % 二值化
figure(),imshow(P)
title('二值化结果','FontSize',12)
```

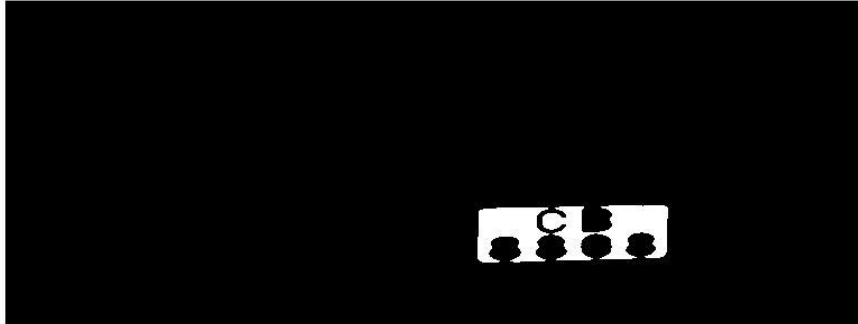
二值化结果



使用 `bwareaopen` 函数将连通区域面积在 (0,2000) 和 (5000, +∞) 范围内的噪声去掉后, 图像中只剩下车牌一块白色区域, 代码和结果如下:

```
P = bwareaopen(P,2000); % 把小面积去掉
I1 = bwareaopen(P,5000);
P = P-I1; % 把大面积去掉
figure(),imshow(P)
title('去噪结果','FontSize',12)
```

去噪结果



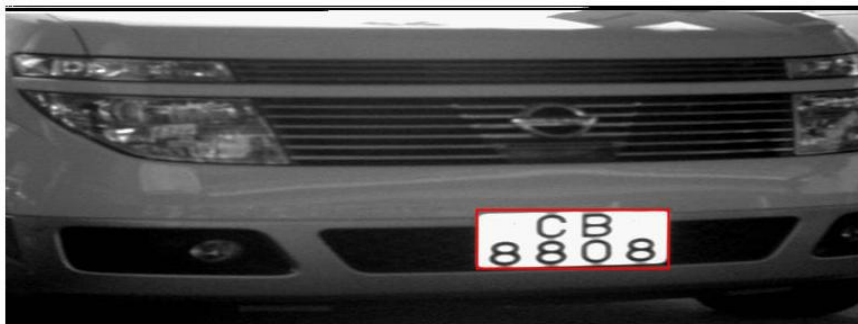
真实的车牌检测中这一步，我觉得有可能是基于连通域的自适应的面积范围选取，考虑到车牌都是统一规格的，因此也有可能是基于连通域的长宽比选取，满足一定长宽比例要求的类矩形区域筛选出来。

当然真实的降噪过程应该也不会这么简单，这里因为图片本身的噪声不多，所以简单的面积选取就已经有很好的去噪效果了。

根据去噪的结果可以确定车牌的位置，用红色方框标出，代码和结果如下：

```
[x y] = find(P ==1);
xmin = min(x); xmax = max(x);
ymin = min(y); ymax = max(y);
rects = [ymin-1,xmin-1,ymax-ymin+2,xmax-xmin+2]; % 将车牌区域的边界条件保存到rects
figure, imshow(A)
rectangle('Position',rects,'EdgeColor','r','LineWidth',1); % 定位车牌区域，并用红色的框标记
title('车牌定位','FontSize',12)
```

车牌定位



按照红框切割图像得到车牌区域，但是由于照片并不是正面拍摄的，因此，切割出来的车牌有一定的倾斜，这里可以使用 `radon` 变换进行倾斜校正，包括水平方向和竖直方向调整两个步骤。当然也可以用 `hough` 变换寻找直线，获得直线斜率之后做校正。代码和效果如下：

```

P = imcrop(A,rects); % 按照红线框切割车牌区域
figure()
subplot(1,2,1),imshow(P)
title('校正前')
% 水平方向调整
T=affine2d([0 1 0;1 0 0;0 0 1]);
I2=imwarp(P,T); % 图像转置, 顺时针旋转90°调整水平方向
theta = -20 : 20; % 设置倾斜角度的范围
r1 = radon(I2, theta); % radon变换确定倾斜角
result1 = sum(abs(diff(r1)), 1); % 求出行倒数绝对值的累加和, 最大的对应倾斜角
rot1 = find(result1==max(result1))-21;
P = imrotate(P, rot1);
% 竖直方向调整
r2 = radon(P, theta);
result2 = sum(abs(diff(r2)), 1);
rot2 = (find(result2==max(result2))-21)/57.3; % 将数值转为角度
if rot2>0
    T1 = affine2d([1 0 0 ; -tan(rot2) 1 0 ; size(P, 1) * tan(rot2) 0 1]);
else
    T1 = affine2d([1 0 0 ; tan(-rot2) 1 0 ; size(P, 1) * tan(-rot2) 0 1]);
end
P = imwarp(P, T1);
subplot(1,2,2), imshow(P)
title('校正后')
suptitle('倾斜校正')

```

倾斜校正



校正后, 可以对车牌更加精确的裁剪, 去掉四周的多余的黑框, 代码和结果如下:

```

P = im2bw(P,0.7); % 二值化
se = [1;1;1];
P = imerode(P,se);
[x y] = find(P ==1);
xmin = min(x); xmax = max(x);
ymin = min(y); ymax = max(y);
rects = [ymin,xmin,ymax-ymin,xmax-xmin];
P = imcrop(P,rects); % 二值化
P = P(3:end-2,6:end-5); % 裁边
figure, imshow(P)
title('精确定位','FontSize',12)

```



该车牌有两行, 第一行是字母, 第二行是数字, 因此可以对图像高度二等分, 只保留下半部分, 然后对宽度四等分, 分割出四个数字。代码和结果如下:

```

[m n] = size(P);
m = ceil(m/2); n = ceil(n/4);
B1 = P(m+1:end,1:n);
B2 = P(m+1:end,n+1:2*n);
B3 = P(m+1:end,2*n+1:3*n);
B4 = P(m+1:end,3*n+1:end);
figure()
subplot(1,4,1),imshow(B1)
subplot(1,4,2),imshow(B2)
subplot(1,4,3),imshow(B3)
subplot(1,4,4),imshow(B4)
suptitle('数字分割')

```

数字分割



当然我觉得实际真正的识别方法应该是基于梯度来切割数字的，这样也更加准确规范，鲁棒性较强。

切除数字四周多余的白边后，按照 mnist 的规范来归一化这四个数字，即数字大小统一为 20×20 ，然后上下左右各加 4 个像素的边缘变为 28×28 尺寸，最后黑白颜色反转成为最终待测数字图片，代码和结果如下：

```

B = [B1(:) B2(:) B3(:) B4(:)];
temp = zeros(28,28);
C = zeros(784,4);
figure()
for i = 1:4
    img = B(:,i);
    img = reshape(img,size(B1));
    [x y] = find(img == 0);
    img = img(min(x):max(x),min(y):max(y));
    img = imresize(img,[20,20]);
    temp(5:24,5:24) = 1 - img;
    subplot(1,4,i),imshow(temp)
    C(:,i) = temp(:);
end
suptitle('归一化')

```

归一化



然后与 A) 中相似，用全监督 KNN 做数字识别，其中 $K=25$ ，代码和结果如下：

识别结果: 8 8 0 8



四个数字全都成功识别出来了~~~~

参考文献:

- [1] Radon 变换理论介绍与 matlab 实现--经验交流
https://blog.csdn.net/sinat_26681907/article/details/52277598
- [2] 基于 matlab+模板匹配的车牌识别
https://blog.csdn.net/J_M_Chen/article/details/81279539
- [3] 袁卉平,基于 MATLAB 的车牌识别系统的设计与研究,工业控制计算机,2010-10-25
<https://www.ixueshu.com/document/26572f5f8fd6251d318947a18e7f9386.html>