

# 車牌辨識系統

## 一、資料前處理

### 01. 處理正樣本影像

#### A. 匯入模塊函數

【01】	<pre>import os, shutil, glob, PIL from time import sleep from PIL import Image</pre>
------	--

#### B. 建立 emptydir 函數，功用為建立資料夾，若原本就存在則做刪除再建立

【02】	<pre>def emptydir(dirname):     if os.path.isdir(dirname):         shutil.rmtree(dirname)         sleep(2)     os.mkdir(dirname)</pre>
------	--

- 1. os.path.isdir(path): 回傳布林值，表示該位置(path)資料夾是否存在
- 2. shutil.rmtree(path): 依序刪除該資料夾中的檔案
- 3. sleep(): 延遲秒數
- 4. os.mkdir(): 創建資料夾

#### C. 建立 dirResize 函數，功用為輸建資料夾與影像位置，將影像改大小 (300,225) 儲存至 emptydir 所建立的資料夾中

【03】	<pre>def dirResize(src, dst):     myfiles = glob.glob(src+'/*.jpg')     emptydir(dst)     for i, f in enumerate(myfiles):         img = Image.open(f)         imgnew = img.resize((300,225), PIL.Image.ANTIALIAS)         imgnew.save(dst+'/'+'resize'+str('{:0&gt;3d}').format(i+1)+'.bmp')</pre>
------	--

- 5. glob.glob(path): 返回該位置的文件名稱 (只包括當前資料夾的文件，不包括子資料夾裡的文件)
- 6. Image.open(path): 讀取該位置的影像
- 7. img.resize((大小), PIL.Image.ANTIALIAS): 更改 img 的影像大小，並用插值方式縮放
- 8. img.save(path): 儲存 img 的影像至該位置

#### D. 使用 dirResize 函數來將 carPlate\_sr 資料夾內的影像更改大小，並儲存至 carPlate 資料夾中

【04】	<pre>dirResize('carPlate_sr', 'carPlate')</pre>
------	---

## 02. 處理負樣本影像

A. 以同樣方式將負樣本影像作一樣的前處理，但是考慮正樣本車牌部分幾乎皆為黑白，為了提高訓練時的難易度，並將負樣本轉為灰階，並且將訓練負樣本的影像大小（500,376）比正樣本大

【05】

```
myfiles = glob.glob("carNegative_sr/*.jpg")
emptydir('carNegative')
for i, f in enumerate(myfiles):
    img = Image.open(f)
    imgnew = img.resize((500, 375), PIL.Image.ANTIALIAS)
    imgnew = imgnew.convert('L')
    imgnew.save('carNegative/'+ 'negGray'+str('{:0>3d}').format(i+1)+'.bmp')
```

9. `img.convert('L')`: 將該 `img` 的影像轉為灰階

10. `{:0>3d}` 表示 3d 只顯示三位整數。`:0>`表示原數字在左邊沒滿三位數，則用 0 補起來。`:0<` 則是補右邊

## 03. 建立負樣本的標註檔案

A. 新建負樣本的標註 txt 檔案，檔案內容包含影像位置與標註數量及位置，由於負樣本都沒有車牌，所以自行建立

【06】

```
fp = open('Haar-Training-master/Haar-Training-master/training/negative/bg.txt', 'w')
files = glob.glob('Haar-Training-master/Haar-Training-master/training/negative/*.bmp')
text = ""
for file in files:
    basename = os.path.basename(file)
    filename = 'negative/' + basename
    text += filename + "\n"
print(text)
fp.write(text)
fp.close()
```

11. `file_obj = open("path.txt", mode='w')`: 開啟 `path` 的檔案，`mode` 常用的有：

- (1) `r` 為預設，只開啟檔案供讀取
- (2) `w` 開啟檔案供寫入，如果原先檔案有內容將被覆蓋
- (3) `a` 開啟檔案供寫入，如果原先檔案有內容，新寫入資料將附加在後面
- (4) `x` 開啟一個新的檔案供寫入，如果鎖開啟的檔案已經存在會產生錯誤

`file_obj.write("字串")`: 將字串寫入檔案

`file_obj.close()`: 不使用檔案時，將檔案正常關閉

12. `os.path.basename(path)`: 用於去掉資料夾的路徑，只返回文件名。（若要用於去文件名，但保留路徑，則使用 `os.path.dirname(path)`）

## 04. 建立正樣本的標註檔案

- A. 由於 04 與 05 這部分需要使用到正樣本影像已經標註好的檔案，因此要先行去下載 OpenHaar 分類器，自行標註。可先跳到下個單元（二、安裝與訓練車牌號碼 Haar 特徵分類器模型）
- B. 安裝好 openCV 的 harr 後，開啟 Haar-Training-master\training\positive\objectmarker.exe 進行檔案標註
- 按下空白鍵就可將框選資料記錄下來
  - 按下 Enter 鍵完成這張影像標記
- C. 標注完成後，會在 Haar-Training-master\training\positive 的資料夾中，產生 info.txt 的標注檔案，它的資料結構為影像位置、標註數量及位置

## 05. 調整正樣本的影像與標註檔案

- A. Haar 分類器會根據訓練時的寬高比來框選物件，由於舊式車牌為六碼而新式車牌為七碼，因此有機率會考慮舊式車牌來框選物件，導致新式車牌只截取到部分車牌號碼。因此需要調整寬高比，根據計算新式車牌的寬高比為 1:3.8。以下程式要把寬高比小於 3.8 的影像調整至 3.8:

【07】

```
fp = open('Haar-Training-master/Haar-Training-master/training/positive/info.txt', 'r')
lines = fp.readlines()
rettext = ''

for line in lines:
    data = line.split(' ')
    rettext += data[0] + ' ' + data[1] + ' '

    n = data[1]

    for i in range(int(n)):
        x = float(data[2+i*4])
        y = float(data[3+i*4])
        w = float(data[4+i*4])
        h = float(data[5+i*4])

        if (w/h) < 3.8:
            newW = h * 3.8
            x -= int((newW - w) / 2)

            if x<=0:
                x=0

            w = int(newW)

            rettext = rettext+str(int(x))+' '+data[3+i*4]+' '+str(int(w))+' '+data[5+i*4]

fp.close()

fp = open('Haar-Training-master/Haar-Training-master/training/positive/info.txt', 'w')
fp.write(rettext)
fp.close()
```

13. str.split(str="分割符號", num=數值): 將 str 使用分割符號進行分割，分割 num+1 個。若沒有設置 num 數值，則字串採用全部分割



## 06. 影像增量

A. 由於正樣本影像太少（不均勻類別）會使得訓練的模型預測能力很差。增量的方法很多，本教材我們使用裁減的方法進行增量，我們針對四個角落各別移除邊緣長寬 10%來產生新影像，以左上角為例：移除上方 30 像素左方 22 像素，再將移除後的新影像放大至 300x225 像素（需要設立條件式防止裁減的位置將車牌分割掉）。除了影像進行增量外，標注檔案也要進行更新

【08】

```
path = 'Haar-Training-master/Haar-Training-master/training/positive/'
fp = open(path + 'info.txt', 'r')
lines = fp.readlines()
count = len(glob.glob("carPlate/*.bmp"))

rettext = ''
for line in lines:
    data = line.split(' ')
    img = Image.open(path + data[0])

    x = int(data[2])
    y = int(data[3])
    w = int(data[4])
    h = int(data[5])

    reduceW = 30 #減少的的寬度
    reduceH = int(reduceW*0.75) #減少的的高度
    multi = float(300/(300-reduceW)) #原圖與新圖比例
    neww = int(w*multi) #新圖的寬
    newh = int(h*multi) #新圖的高

    #移除左上角圖
    if (x-reduceW)>5 and (y-reduceH)>5: #左上角有空間才移除左上角
        count += 1 #編號加1,此數值會做為檔名用
        newimg = img.crop((reduceW, reduceH, 300, 225)) #擷取圖形
        newimg = newimg.resize((300, 225), Image.ANTIALIAS) #放大圖形
        newimg.save(path + 'rawdata/bmpraw{:0>3d}.bmp'.format(count), 'bmp') #存檔
        newx = int((x-reduceW)*multi) #新圖X 坐標
        newy = int((y-reduceH)*multi) #新圖Y 坐標
        rettext = rettext+'rawdata/bmpraw{:0>3d}.bmp'.format(count)+' '+str(newx)+' '+str(newy)+' '+str(neww)+' '+str(newh)+'\n' #記錄新影像資料

    #移除右上角圖
    if (x+w)<(300-reduceW-5) and y>(reduceH+5):
        count += 1
        newimg = img.crop((0, reduceH, (300-reduceW), 225))
```

```

newimg = newimg.resize((300, 225), Image.ANTIALIAS)
newimg.save(path + 'rawdata/bmpraw{:0>3d}.bmp'.format(count), 'bmp')
newx = int(x*multi)
newy = int((y-reduceH)*multi)
rettext = rettext+'rawdata/bmpraw{:0>3d}.bmp'.format(count)+' '+'1'+' '+str(new
x)+' '+'str(newy)+' '+'str(neww)+' '+'str(newh)+'\n'

#移除左下角圖
if (x-reduceW)>5 and (y+h)<(225-reduceH-5):
    count += 1
    newimg = img.crop((reduceW, 0, 300, 225-reduceH))
    newimg = newimg.resize((300, 225), Image.ANTIALIAS)
    newimg.save(path + 'rawdata/bmpraw{:0>3d}.bmp'.format(count), 'bmp')
    newx = int((x-reduceW)*multi)
    newy = int(y*multi)
    rettext = rettext+'rawdata/bmpraw{:0>3d}.bmp'.format(count)+' '+'1'+' '+str(new
x)+' '+'str(newy)+' '+'str(neww)+' '+'str(newh)+'\n'

#移除右下角圖
if (x+w)<(300-reduceW-5) and (y+h)<(225-reduceH-5):
    count += 1
    newimg = img.crop((0, 0, (300-reduceW), 225-reduceH))
    newimg = newimg.resize((300, 225), Image.ANTIALIAS)
    newimg.save(path + 'rawdata/bmpraw{:0>3d}.bmp'.format(count), 'bmp')
    newx = int(x*multi)
    newy = int(y*multi)
    rettext = rettext+'rawdata/bmpraw{:0>3d}.bmp'.format(count)+' '+'1'+' '+str(new
x)+' '+'str(newy)+' '+'str(neww)+' '+'str(newh)+'\n'

fp.close()

fpmake = open(path + 'Info.txt', 'a') #以新增資料方式開啟檔案
fpmake.write(rettext) #寫入檔案
fpmake.close()

```



14. `file_obj.readlines()`:讀取整個檔案所有行，儲存在一個列表(list)變數中，每行作為一個元素，但讀取大檔案會比較佔記憶體
15. `img.crop((x1, y1, x2, y2))`: 將 `img` 的影像進行裁減，將左上角與右下角裁減為 `(x1, y1)` 與 `(x2, y2)`

## 二、安裝與訓練車牌號碼 Harr 特徵分類器模型

### 01. 安裝與調整套件

- OpenCV Haar 特徵分類器模型訓練 <https://github.com/sauhaardac/haar-training>
- OpenCV 官網 <https://opencv.org/releases/> 中，下載 opencv-3.4.9-vc14\_vc.exe
- 安裝 opencv-3.4.9-vc14\_vc.exe，並打開其資料夾，作以下處理：
  - A. 將 `opencv\build\x64\vc15\bin` 中的三個檔案，複製到 `haar-training\tarining`：
    - a. `opencv_createsamples.exe`
    - b. `opencv_traincascade.exe`
    - c. `opencv_world349.dll`
  - B. 刪除 `haar-training\tarining` 中的兩個檔案：
    - a. `createsamples.exe`
    - b. `traincascade.exe`
- 加入正/負樣本的影像，刪除 `Haar-Training-master\training\negative` 與 `Haar-Training-master\training\positive\rawdata` 原先檔案
- 注意 1: Harr 分類器的訓練樣本只提供 bmp 的影像副檔名檔案
- 注意 2: 刪除與複製是因為 Github 中的 Harr 分類器僅供 opencv 3.4 版本使用，以下程式指令可查看其版本

```
【09】 import cv2
       print(cv2.__version__)
```

### 02. 開始使用 Haar 訓練模型

- A. 更正打包的批次檔：
  - a. 正樣本影像必須以 `opencv_createsamples.exe` 檔打包為向量檔才能訓練。將正樣本影像打包向量檔的批次檔為 `training\samples_creation.bat`，請使用記事本打開 bat 檔，並按照下面文字修改其內容（註：文字內容是同一列）：

```
【10】 opencv_createsamples.exe -info positive/info.txt -vec vector/facevector.vec -num 497 -w 76 -h 20
```

16. 參數意義如下：

- -info: 正樣本標記檔路徑
- -vec: 產生的向量檔路徑
- -num: 正樣本影像數量
- -w: 偵測物件的寬度
- -h: 偵測物件的高度

- b. 在使用 Haar 特徵分類器模型時，偵測物件的寬度與高度設定非常重要，小於此設定值的區域將無法偵測，而且偵測時會使用此寬高比進行偵測。因為車牌號碼寬高比為 3.8，所以我們將設定最小高度為 20 像素，再將寬度設為  $20 \times 3.8 = 76$  像素
- B. 執行打包的批次檔，開始打包向量檔：
  - 更正好後，點兩下執行 `samples_creation.bat` 會在 `training\vector` 的資料夾中產生 `facevector.vec` 向量檔

### C. 更正 Haar 特徵分類器訓練的批次檔：

訓練 Haar 特徵分類器的批次檔為 `training\haarTraining.bat`，請使用記事本打開 bat 檔，並按照下面文字修改其內容（註：文字內容是同一列）：

【10】	<code>opencv_traincascade.exe -data cascades -vec vector/facevector.vec -bg negative/bg.txt -numPos 497 -numNeg 293 -numStages 15 -w 76 -h 20 -minHitRate 0.9999 -precalcValBufSize 512 -precalcIdxBufSize 512 -mode ALL</code>
------	---

#### 17. 參數意義如下：

- `-data`: 指定儲存訓練結果的資料夾
- `-vec`: 指定正樣本向量檔路徑
- `-bg`: 指定負樣本資料檔路徑
- `-numPos`: 指定正樣本影像數量
- `-numNeg`: 指定負樣本影像數量
- `-numStage`: 訓練級數，級數越多，模型的偵測準確率越高，但訓練花費的時間越長。通常級數設為 15 到 25 之間
- `-w`、`-h`: 偵測物件的寬度與高度
- `-minHitRate`: 每一級需要達到的準確率
- `-precalcValBufSize` 及 `-precalcIdxBufSize`: 使用的記憶體，單位為「M」，訓練及使用的記憶體大小，記憶體越大，訓練所花費的時間越短。如果訓練過程中出現「記憶體不足」訊息時，可適度減小此數值
- `-mode`: 訓練模式，使用哪些 Haar 特徵類型來訓練。「ALL」是使用所有特徵類型，「BASIC」是使用線性 Haar 特徵類型，「CORE」是使用線性及中心 Haar 特徵類型

### D. 執行 Haar 特徵分類器訓練的批次檔，開始訓練：

請先清空 `training\cascades` 資料夾中所有資料，然後再點兩下執行 `training\haarTraining.bat`。訓練時間相當長（大約兩小時左右），請耐心等待。訓練完成後，訓練結果會存於 `training\cascades` 資料夾中。其中 `cascades.xml` 就是訓練完成的模型檔

## 03. 使用 Haar 特徵分類器偵測車牌

### A. 讀取模型後進行分類器的辨識，並將車牌用矩形標註出來：

【11】	<pre>import cv2 import matplotlib.pyplot as plt  img_path = 'carPlate/resize001.bmp'  img = cv2.imread(img_path) detector = cv2.CascadeClassifier("License_Plate_Haar_cascade.xml") signs = detector.detectMultiScale(img, minSize = (76, 20), scaleFactor = 1.1, minNeighbors=10)</pre>
------	--



```

if len(signs) > 0:
    for (sx, sy, sw, sh) in signs:
        cv2.rectangle(img, (sx, sy), (sx+sw, sy+sh), (0, 0, 255), 2)
        print(signs)
else:
    print('沒有辨識到車牌!')

plt.imshow(cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2RGB))
plt.show()

```

18. cv2.CascadeClassifier(path): 讀取 OpenCV 模型，其中 path 為模型路徑。若想方便性的尋找 haar 的模型，可以使用 cv2.data.harcascades 的方法快速查找，但是還是不建議使用這方式，例：  
cv2.CascadeClassifier(cv2.data.harcascades+" License\_Plate\_Haar\_cascade.xml")

19. output = detector.detectMultiScale(img, minSize, maxSize, scaleFactor, minNeighbors, flags)  
參數意義如下：

- minSize: 此參數設定最小偵測區塊
- maxSize: 此參數設定最大偵測區塊
- scaleFactor: 偵測原理是系統會以不同區塊大小對影像掃描進行特徵比對，以參數設定區塊的改變倍數。常設為「1.1」
- minNeighbors: 此為控制誤檢率參數。系統以不同區塊大小進行特徵比對時，在不同區塊中可能會多次成功取得特徵，成功取得特徵數需達到此參數設定值才算偵測成功。預設為「3」
- flags: 此參數設定檢測模式，常見的值有：
  - cv2.CASECADE\_SCALE\_IMAGE: 按比例正常檢測
  - cv2.CASECADE\_DO\_CANNY\_PRUNING: 利用 Canny 邊緣檢測器來排除一些邊緣很少或很多的影像區域
  - cv2.CASECADE\_FIND\_BIGGEST\_OBJECT: 只檢測最大的物體
  - cv2.CASECADE\_DO\_ROUGH\_SEARCH: 只做初略檢測

20. cv2.rectangle(img, (x1, y1), (x2, y2), color, line size): 將 img 的影像繪製矩形，其中 (x1, y1) 與 (x2, y2) 為矩形左上角與右下角，color 為(B,G,R)的顏色，line size 為矩形線的寬度



放大倍率繼續從開始端檢測



圖一、Haar 特徵分類器偵測方式

圖二、車牌檢測結果



## 04. 車牌號碼各別擷取

### A. 將車牌位置的區域轉為二值化的影像：

【12】

```
img = cv2.imread(img_path)
crop_img = img[sy:sy+sh, sx:sx+sw]
gray_img = cv2.cvtColor(crop_img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
_, binary_img = cv2.threshold(gray_img, 127, 255, cv2.THRESH_BINARY_INV)

plt.imshow(binary_img, cmap='gray')
plt.show()
```



21. `ret, binary_img = cv2.threshold( img, threshold, max_value, type)`，詳細如下：

回傳值：

- `ret`: 回傳找到的最佳門檻值，一般情況都忽略此參數
- `binary_img`: 已二值化的影像

輸入參數：

- `img`: 輸入的灰階影像
- `threshold`: 對像素值進行分類的門檻值
- `max_value`: 當像素值超過了門檻值（或是小於門檻值，根據 `type` 來決定），所賦予的值
- `type`: 二值化操作的類型，有下列五種類型：
  - `cv2.THRESH_BINARY`: 將大於門檻值的灰階值設為最大灰階值，小於門檻值設為 0
  - `cv2.THRESH_BINARY_INV`: 將大於門檻值的灰階值設為 0，其他值設為最大灰階值
  - `cv2.THRESH_TRUNC`: 將大於門檻值的灰階值設為門檻值，小於門檻值的值保持不變
  - `cv2.THRESH_TOZERO`: 將小於門檻值的灰階值設為 0，大於門檻值的值保持不變
  - `cv2.THRESH_TOZERO_INV`: 將大於門檻值的灰階值設為 0，小於門檻值的值保持不變



圖三、車牌二值化後的影像

### B. 將二值化的影像進行輪廓偵測：

【13】

```
img = cv2.imread(img_path)
crop_img = img[sy:sy+sh, sx:sx+sw]
contours, hierarchy = cv2.findContours(binary_img, cv2.RETR_TREE, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

for i in range(len(contours)):
    (x, y, w, h) = cv2.boundingRect(contours[i])
    print((x, y, w, h))
    cv2.rectangle(crop_img, (x, y), (x+w, y+h), (0, 0, 255), 1)

plt.imshow(crop_img)
plt.show()
```



22. `contours, hierarchy = cv2.findContours( img, 偵測模式, 輪廓算法)`

回傳值: `contours` 為輪廓 及 `hierarchy` 為階層

常見的偵測模式:

- `cv2.RETR_EXTERNAL`: 只偵測輪廓外緣 (常用)
- `cv2.RETR_LIST`: 偵測輪廓時不建立等級關係
- `cv2.RETR_CCOMP`: 偵測輪廓時建立兩個等級關係
- `cv2.RETR_TREE`: 偵測輪廓時建立樹狀等級關係

常見的輪廓算法:

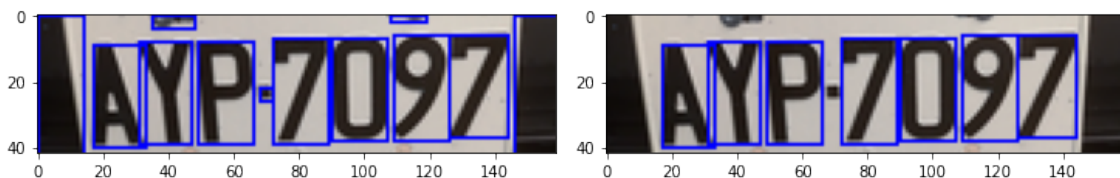
- `cv2.CHAIN_APPROX_NONE`: 儲存所有輪廓點
- `cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE`: 壓縮水平、垂直及對角線方向元素, 只儲存該方向的終點, 例如: 舉行只儲存四個點, 此算法速度較快 (常用)

23. `locations = cv2.boundingRect( 輪廓資訊 )`: 可將輪廓資訊以一個最小的矩形包圍起來, 回傳該矩形的左上角位置與其寬高

C. 設立條件式來移除非車牌號碼的輪廓區塊。若以像素的寬高來移除容易受到, 鏡頭拍攝與車牌的距離而有落差, 因此我們以比例關係來設立條件式:

【14】

```
img = cv2.imread(img_path)
crop_img = img[sy:sy+sh, sx:sx+sw]
contours, hierarchy = cv2.findContours(binary_img, cv2.RETR_EXTERNAL,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
for i in range(len(contours)):
    (x, y, w, h) = cv2.boundingRect(contours[i])
    if sw*(3/20)>w>sw*(0.5/20) and sh*(19.5/20)>h>sh*(12/20):
        print((x, y, w, h))
        cv2.rectangle(crop_img, (x, y), (x+w, y+h), (0, 0, 255), 1)
plt.imshow(crop_img)
plt.show()
```



圖四、最小矩形包圍後輪廓偵測的影像: (左圖) 設條件式前 與 (右圖) 設條件式後

### 三、數字與英文字母手寫辨識

#### 01. 安裝套件

A. 安裝完成後，成功匯入模塊函數

【15】	<pre>import numpy as np import pandas as pd import matplotlib.pyplot as plt import seaborn as sns from keras.datasets import mnist from keras.utils import to_categorical from collections import Counter from tensorflow.keras.models import Sequential from tensorflow.keras.layers import Dense, Conv2D, MaxPooling2D, Flatten, Dropout from sklearn.metrics import confusion_matrix, accuracy_score from sklearn.model_selection import train_test_split</pre>
------	--

#### 02. 兩個資料集讀取及合併與資料前處理

A. 讀取數字手寫數據集，並建立標籤名稱：

【16】	<pre>(x_train_mnist,y_train_minst),(x_test_mnist,y_test_minst) = mnist.load_data()  mnist_label_name = [i for i in range(10)] print("標籤名稱:",mnist_label_name) #print("訓練集數字手寫的類別數量:%s" %Counter(y_train_minst)) print("訓練集數字手寫的維度:",x_train_mnist.shape) #print("測試集數字手寫的類別數量:%s" %Counter(y_test_minst)) print("測試集數字手寫的維度:",x_test_mnist.shape)</pre>
------	---



24. (x\_train, y\_train), (x\_test, y\_test) = mnist.load\_data()

讀取 keras 的數字手寫，回傳兩組數據集分別為訓練集與驗證集，其中各別包含特徵與標籤

25. Counter(number): 可以回傳 number 中每個元素的數量

B. 讀取英文手寫數據集，將數據集分為訓練集與測試集，並建立標籤名稱

【17】	<pre>AZdata = pd.read_csv('A_Z Handwritten Data.csv', header = None) print("英文手寫維度:",AZdata.shape) AZ_label_name = [chr(i+65) for i in range(26)] print("標籤名稱:",AZ_label_name)  AZ_label = np.array(AZdata)[: ,0]</pre>
------	---

```

AZ_feature = np.array(AZdata)[: ,1:785]
AZ_feature = AZ_feature.reshape(len(AZdata),28,28)
#print("英文手寫的類別數量:%s" %Counter(AZ_label))
print("英文手寫的維度:",AZ_feature.shape)

x_train_AZ, x_test_AZ, y_train_AZ, y_test_AZ = train_test_split(AZ_feature,
    AZ_label, random_state = 0, test_size = 0.4)

#print("訓練集英文手寫的類別數量:%s" %Counter(y_train_AZ))
print("訓練集英文手寫的維度:",x_train_AZ.shape)
#print("測試集英文手寫的類別數量:%s" %Counter(y_test_AZ))
print("測試集英文手寫的維度:",x_test_AZ.shape)

```

26. pandas.read\_csv(path): 讀取 path 中的 csv 檔案，詳細參數如下列網址：

[https://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/reference/api/pandas.read\\_csv.html](https://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/reference/api/pandas.read_csv.html)

27. numpy.array(data): 將 data 格式轉為陣列

28. numpy 中的 data.reshape(size): 將 data 改變陣列形狀為 size 大小並回傳，其中 data 必須為陣列。它與 numpy.reshape(data, size)類似，但不會回傳該改變後大小的陣列，而是直接取代原 data 陣列

29. x\_train, x\_test, y\_train, y\_test = train\_test\_split(x, y, random\_state, train\_size, test\_size):

將 x 與 y 分為訓練與兩部分，分別為 x\_train, x\_test 與 y\_train, y\_test，通常 x 為特徵，y 為標籤，且兩個格式必需為列表 (lists)，numpy 中的陣列 (arrays) 或是 pandas 中的 dataframes 格式

- random\_state: 預設為浮動數字，若固定其數值則每次對同樣資料拆分結果是相同的
- train\_size 與 test\_size: 預設 train\_size 為 0.75，test\_size 為 0.25，數值可設為 0 至 1 的浮點數，通常只設其中一個 size，因為另一半的 size 就已被確定了

標籤

特徵：影像的784個欄位像素值

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
...															
372446	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
372447	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
372448	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
372449	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
372450	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
372451	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
372452															
372453															
372454															
372455															

一列為一張28x28影像，共有372,451張

圖五、英文字母手寫的 csv 格式

C. 將兩個資料集合併，包含訓練與測試集中特徵與標籤以及標籤名稱：

【18】

```
x_train = np.vstack([x_train_mnist, x_train_AZ])
x_test = np.vstack([x_test_mnist, x_test_AZ])

y_train = np.hstack([y_train_minst, y_train_AZ+10])
y_test = np.hstack([y_test_minst, y_test_AZ+10])

label_name = np.hstack([mnist_label_name, AZ_label_name])
print(label_name)

no_one_hot_y_train = y_train
no_one_hot_y_test = y_test
y_train = to_categorical(y_train)
y_test = to_categorical(y_test)

x_train = np.expand_dims(x_train.astype('float32')/255,-1)
x_test = np.expand_dims(x_test.astype('float32')/255,-1)
print(x_train.shape)
```

30. numpy.vstack([A,B,C,...]): 沿著豎直方向將 A,B,C 等矩陣堆疊起來

31. numpy.hstack([A,B,C,...]): 沿著水平方向將 A,B,C 等矩陣堆疊起來

32. keras 中的 to\_categorical(label): 可將 label 作獨熱編碼 (One-hot Encoding)

33. numpy.expand\_dims( 陣列, axis=num): 可將陣列在 num 增加一維度

### 03. 卷積神經網路訓練

A. 使用 Keras 中的序列模型來建立卷積神經網路，並添加兩層卷積層與池化層，後接全連接層：

【19】

```
cnn = Sequential()
cnn.add(Conv2D(32, (3,3), activation='relu', padding='same', input_shape=(28,28,1)))
cnn.add(Dropout(0.25))
cnn.add(MaxPooling2D((2,2)))
cnn.add(Conv2D(64, (3,3), activation='relu', padding='same'))
cnn.add(Dropout(0.25))
cnn.add(MaxPooling2D((2,2)))
cnn.add(Flatten())
cnn.add(Dropout(0.25))
cnn.add(Dense(1024, activation='relu'))
cnn.add(Dropout(0.25))
cnn.add(Dense(36, activation='softmax'))
cnn.summary()
```



34. `model = Sequential(模型架構)`: 為順序性模型，可以直接在模型架構添加各網路層，或是 `model.add()` 方式來添加，如下兩個例子：

- `model = Sequential([Dense(32,input_shape=(784,)),  
Activation('relu'),  
Dense(10),  
Activation('softmax'),])`
- `model = Sequential()  
model.add(Dense(32, input_dim=784))  
model.add(Activation('relu'))  
model.add(Dense(10))  
model.add(Activation('softmax'))`

35. `model.summary()`: 輸出神經網路架構，包含各層的輸出維度與其權重（參數）數量

36. `Conv2D(filters, kernel_size, activation=激勵函數, padding=填充, ...)`: 2D 卷積層

- `filters`: 卷積濾波器數量
- `kernel`: 卷積核大小
- `activation` 激勵函數: 常見的有「softmax」、「elu」、「tanh」、「sigmoid」與「relu」等
- `padding` 填充方式: 可選擇「valid」，「causal」或「same」，詳細如下
  - `valid`: 表示不填充，為預設值
  - `causal`: 表示因果膨脹卷積
  - `same`: 表示零填充輸入以使輸出具有與原始輸入相同的長度

詳細參數可以參照網站: [https://keras.io/api/layers/convolution\\_layers/convolution2d/](https://keras.io/api/layers/convolution_layers/convolution2d/)

37. `Dropout(prob)`: 捨棄層，在訓練中每次更新時，將輸入單元的按機率隨機設置為 0

38. `Flatten()`: 將輸入展平

39. `Dense(units, activation=激勵函數, ...)`: 全連接層，`units` 為該層的神經元數量

## B. 模型進行編譯，定義要使用的損失函數與優化器：

<b>【20】</b>	<code>cnn.compile(loss='categorical_crossentropy', optimizer='adam', metrics=['acc'])</code>
-------------	--



40. `model.compile(loss= 損失函數, optimizer= 優化器, metrics=[評價函數])`

- 損失函數常見有：
  - `mean_squared_error`: 用於回歸任務
  - `categorical_crossentropy`: 用於分類任務，輸出層為 softmax
  - `binary_crossentropy`: 用於二元分類任務，輸出層為 sigmoid
- 優化器常見有「SGD」、「RMSprop」、「Adagrad」、「Adam」與「AdamW」等
- 評價函數與損失函數相似，只不過評估函數的結果不會用於訓練過程中

### C. 模型進行訓練：

**【21】** `history = cnn.fit(x=x_train, y=y_train, batch_size=128, epochs=20, validation_split= 0.1)`

41. `history = model.fit (x, y, batch_size, epochs, verbose, validation_split, validation_data,...):`

回傳值：將每迭代次數訓練存在 history 的變數內

輸入參數：

- x: 訓練集的特徵，必須維度與輸入層所定義的維度相同
- y: 訓練集的標籤，必須與輸出層所定義的維度相同（需要注意是否用 one-hot encoding）
- batch\_size: 每次更新梯度的樣本數量，預設為 32
- epochs: 訓練模型迭代次數，預設為 1
- verbose: 訓練紀錄顯示模式，0 = 安靜模式, 1 = 進度條, 2 = 每輪一行，預設為 1
- validation\_split: 從訓練集分割的驗證集數量比例，必須為 0 至 1 的浮點數，預設為 0.0
- validation\_data: 指定給予的驗證集，預設為 None

其他詳細參數如下列網址：[https://keras.io/api/models/model\\_training\\_apis/](https://keras.io/api/models/model_training_apis/)

## 04. 模型驗證、預測與可視化

### A. 繪製學習曲線：

**【22】**

```
acc = history.history['acc']
val_acc = history.history['val_acc']
loss = history.history['loss']
val_loss = history.history['val_loss']

plt.rcParams["font.family"] = "serif"
plt.title("Training & Validation", fontsize=20)
plt.xlabel("Iteration", fontsize=18)
plt.ylabel("Accuracy", fontsize=18)
plt.plot(np.arange(len(acc)), acc,color='b', label="Training set", marker='o', markersize=5)
plt.plot(np.arange(len(val_acc)), val_acc,color='r', label="Validation set", marker='o', markersize=5)
plt.xticks(np.linspace(0,19,20,endpoint=True), fontsize=14)
plt.yticks(fontsize=14)
plt.legend(loc='lower right', fontsize=14)
plt.show()

plt.title("Training & Validation", fontsize=20)
plt.xlabel("Iteration", fontsize=18)
plt.ylabel("Loss", fontsize=18)
```



```
plt.plot(np.arange(len(loss)), loss,color='b', label="Training set", marker='o', markersize=5)

plt.plot(np.arange(len(val_loss)), val_loss,color='r', label="Validation set", marker='o', markersize=5)

plt.xticks(np.linspace(0,19,20,endpoint=True), fontsize=14)

plt.yticks(fontsize=14)

plt.legend(loc='upper right', fontsize=14)

plt.show()
```

42. history.history 類似於字典的形式，內容儲存訓練與驗證集各別的準確度與損失，四種 key 分別是 acc、val\_acc、loss 與 val\_loss。若忘記 history 中的 key 可以打印 history.history.keys() 來查看

43. 在 matplotlib 中更改字體可以使用下列方法：

■ 局部更改：

```
csfont = {'fontname':'Comic Sans MS'}
hfont = {'fontname':'Helvetica'}
plt.title('title',**csfont)
plt.xlabel('xlabel',**hfont)
plt.show()
```

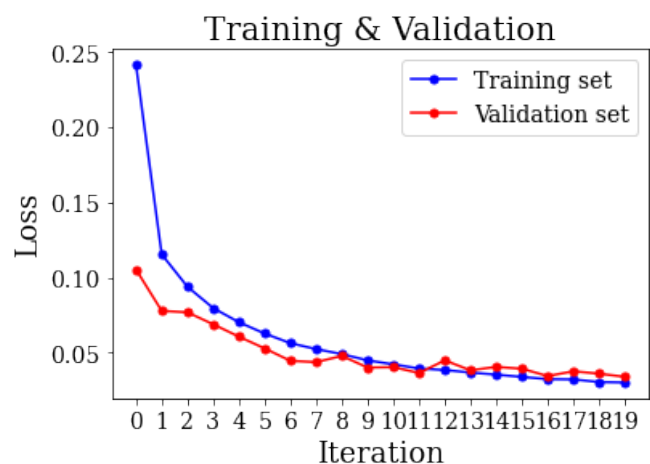
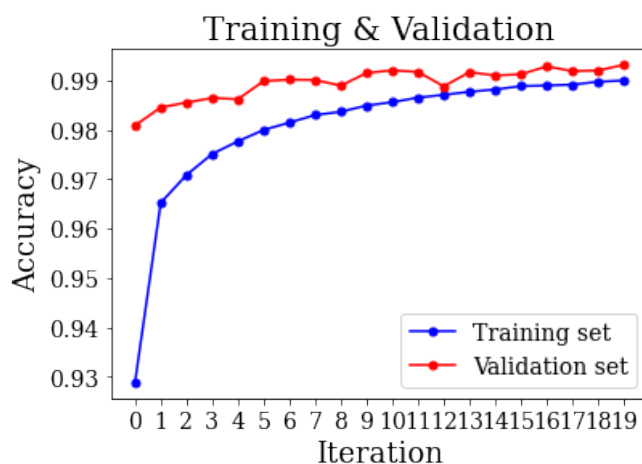
■ 全域更改：

```
plt.rcParams["font.family"] = "serif"
```

詳細參數如下網址：<https://matplotlib.org/2.0.2/users/customizing.html>

44. np.linspace(start, stop, num=5, endpoint=True,...): 生成等差級數的陣列

- start：開始數值
- stop：結束數值
- num：start 到 stop 之間的數值個數
- endpoint：True(包含 stop); False(不包含 stop)，預設為 True



圖六、訓練與驗證集的準確度與損失學習曲線

## B. 訓練集的評估與預測：

```
train_loss, train_acc = cnn.evaluate(x_train, y_train)
【23】 print("訓練集的準確度為：%0.4f" %(train_acc))
print("訓練集的損失值為：%0.4f" %(train_loss))
```

45. `loss, acc = model.evaluate(x, y)`：用於評估已經過訓練的模型。返回模型的損失值與準確度

```
predict = cnn.predict(x_train)
【24】 predictions = [np.argmax(one_hot) for one_hot in predict]
```

46. `predict = model.predict(x)`：用於實際預測。它為輸入樣本的輸出預測機率

## C. 訓練集的混淆矩陣：

```
cm = confusion_matrix(no_one_hot_y_train, predictions)
plt.figure(figsize=(20,20))
sns.heatmap(cm, annot=True, fmt=".0f", linewidths=1.0,
            square = True, cmap = 'Oranges', annot_kws={"size": 12})
【25】 plt.ylabel('Actual label', size = 18)
plt.xlabel('Predicted label', size = 18)
plt.xticks(fontsize=16)
plt.yticks(fontsize=16)
plt.title('Accuracy: %0.4f' %(train_acc), size = 20)
```

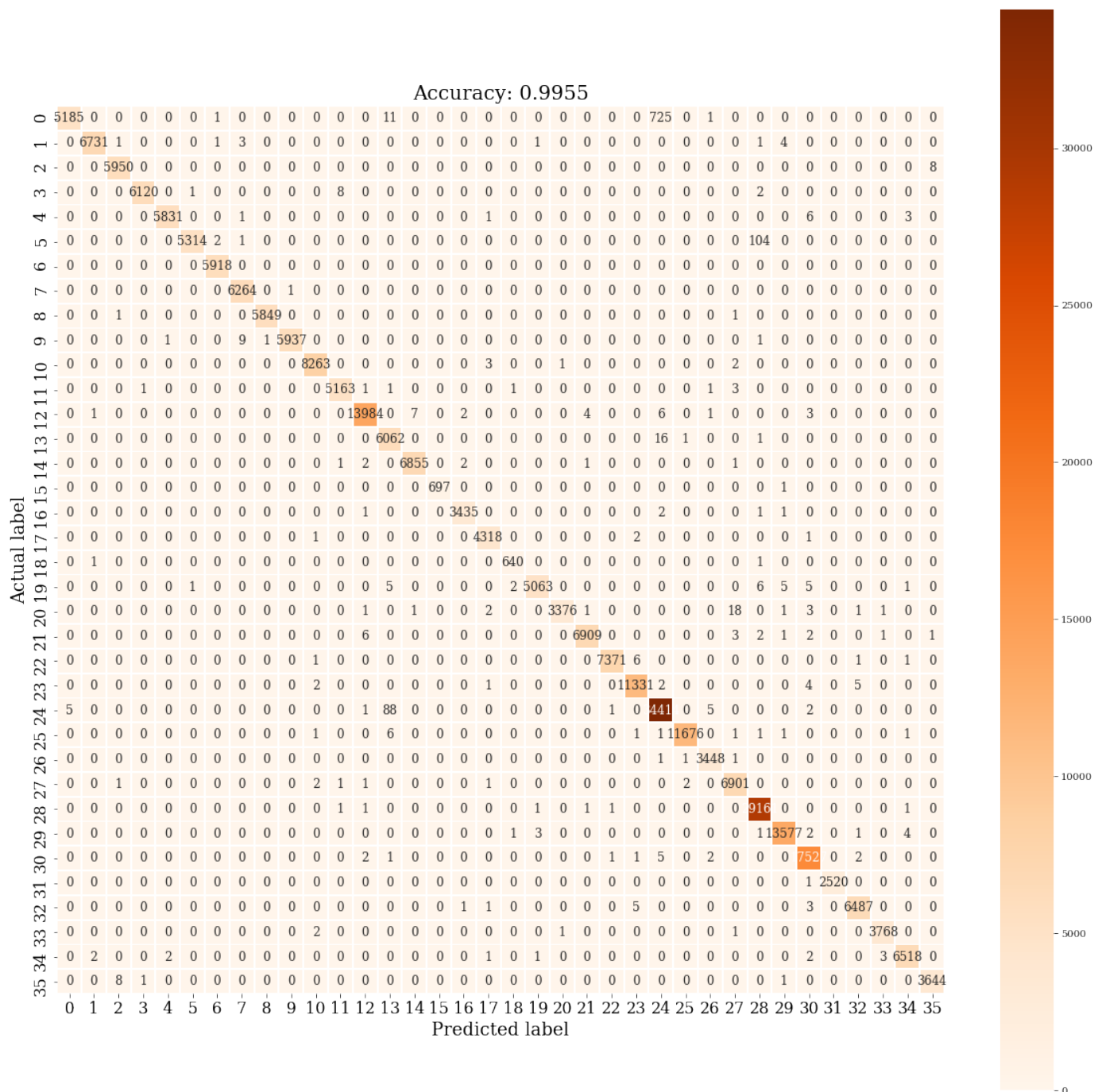
47. Scikit-learning 中的 `confusion_matrix(y_true, y_pred)`：回返混淆矩陣，`y_true` 為實際標籤，`y_pred` 為預測標籤

48. Seaborn 中的 `heatmap(data, annot, fmt, linewidths, square, cmap, annot_kws, ...)`：可繪製熱圖  
常見的參數值為：

- `data`: 繪出熱圖的輸入資料
- `annot`: 若為 `True`，則在每個單元格中呈現數值，預設為 `None`
- `fmt`: 顯示的數字格式
- `linewidths`: 將劃分每個單元格的線寬度
- `square`: 若為 `True`，則將兩軸縱橫長設置為相同，即每個單元格為正方形
- `cmap`: 從數據值在色彩空間的映射。如果未提供，則預設為 `center`

詳細參數如下網址：<https://seaborn.pydata.org/generated/seaborn.heatmap.html>

測試集的評估、預測與混淆矩陣，相同上述方法



圖七、訓練集的混淆矩陣

#### 04. 模型儲存與讀取

```
[26] cnn.save('cnn_model.h5')
      from tensorflow.keras.models import load_model
      cnn = load_model('cnn_model.h5')
```

49. model.save('path.h5'): 將 model 模型儲存到 path 位置，副檔名必須為.h5

50. model = load\_model('path.h5'): 讀取 path 位置的模型

## 四、車牌辨識應用

### 01. 影像測試車牌辨識系統

#### A. 匯入模塊、讀取影像 及 Haar 與 CNN 模型：

【27】

```
import cv2

import matplotlib.pyplot as plt

import numpy as np

from tensorflow.keras.models import load_model

img_path = 'carPlate/resize010.bmp'

img = cv2.imread(img_path)

plt.imshow(cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGRA2RGB))

plt.show()

detector = cv2.CascadeClassifier("License_Plate_Haar_cascade.xml")

cnn = load_model('cnn_model.h5')

mnist_label_name = [i for i in range(10)]

AZ_label_name = [chr(i+65) for i in range(26)]

label_name = np.hstack([mnist_label_name, AZ_label_name])
```

#### B. 進行 Haar 與 CNN 模型辨識：

【28】

```
signs = detector.detectMultiScale(img, minSize = (76, 20), scaleFactor = 1.1, minNeighbors=8)

if len(signs) > 0:
    for (sx, sy, sw, sh) in signs:
        crop_img = img[sy:sy+sh, sx:sx+sw]
        gray_img = cv2.cvtColor(crop_img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
        _, binary_img = cv2.threshold(gray_img, 127, 255, cv2.THRESH_BINARY_INV)

        save_predict_name = []
        save_contours = []
        contours, hierarchy = cv2.findContours(binary_img, cv2.RETR_EXTERNAL,
                                                cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

        for i in range(len(contours)):
            (x, y, w, h) = cv2.boundingRect(contours[i])
            save_contours.append((x, y, w, h))

        save_contours = sorted(save_contours, key=lambda x:x[0])
```

```

for (x, y, w, h) in save_contours:
    if sw*(3/20)>w>sw*(0.5/20) and sh*(19.5/20)>h>sh*(12/20):
        number = binary_img[y:y+h, x:x+w]
        pad_number = cv2.copyMakeBorder(number, 13, 13, 10, 10,
                                         borderType=cv2.BORDER_CONSTANT)
        re_number = cv2.resize(pad_number, (28, 28),
                               interpolation=cv2.INTER_CUBIC)
        input_number = np.expand_dims(np.expand_dims(
            re_number.astype('float32')/255,-1),0)
        predict = cnn.predict(input_number)
        predict_name = label_name[np.argmax(predict)]
        save_predict_name.append(predict_name)
    print("".join(save_predict_name))
else:
    print('沒有辨識到車牌!')

```

51. sorted(list, key=函數): 可以將 list 列表進行小至大的排序, key 是根據函數來指定 index 排序, 常搭配 lambda 來應用

註: list.sort(reverse=True): 也相同於上述功能, reverse=True 是指排序由大到小, False 則相反, 預設為 False。與上個函數不同是他會直接對 list 直接更改取代

52. cv2.copyMakeBorder(img, top, bottom, left, right, borderType, value): 增加影像邊界 (填充)

- img: 預輸入的原影像
- top, bottom, left, right: 分別表示四個方向上增加邊界的長度
- borderType: 增加邊界的類型
  - BORDER\_REPLICATE: 直接用邊界的顏色填充
  - BORDER\_REFLECT: 倒映
  - BORDER\_REFLECT\_101: 倒映 (邊界隔離)
  - BORDER\_CONSTANT: 增加的數值為 value 的顏色
- value: 顏色, 用於 BORDER\_CONSTANT 模式, 預設為黑色

## 02. 開啟攝影機

【29】

```

VIDEO_IN = cv2.VideoCapture(0)

while True:
    hasFrame, img = VIDEO_IN.read()
    cv2.imshow("Frame", img)
    if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
        break
VIDEO_IN.release()
cv2.destroyAllWindows()

```

### 03. 攝影機測試車牌辨識系統

【30】

```
VIDEO_IN = cv2.VideoCapture(0)

while True:
    hasFrame, img = VIDEO_IN.read()
    signs = detector.detectMultiScale(img, minSize = (76, 20),
                                      scaleFactor = 1.1, minNeighbors=8)

    if len(signs) > 0:
        for (sx, sy, sw, sh) in signs:
            crop_img = img[sy:sy+sh, sx:sx+sw]
            gray_img = cv2.cvtColor(crop_img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
            _, binary_img = cv2.threshold(gray_img, 127, 255, cv2.THRESH_BINARY_INV)

            save_predict_name = []
            save_contours = []
            contours, hierarchy = cv2.findContours(binary_img, cv2.RETR_EXTERNAL,
                                                  cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

            for i in range(len(contours)):
                (x, y, w, h) = cv2.boundingRect(contours[i])
                save_contours.append((x, y, w, h))
            save_contours = sorted(save_contours, key=lambda x:x[0])

            for (x, y, w, h) in save_contours:
                if sw*(3/20)>w>sw*(0.5/20) and sh*(19.5/20)>h>sh*(12/20):
                    number = binary_img[y:y+h, x:x+w]
                    pad_number = cv2.copyMakeBorder(number, 13, 13, 10, 10,
                                                    borderType=cv2.BORDER_CONSTANT)
                    re_number = cv2.resize(pad_number, (28, 28),
                                           interpolation=cv2.INTER_CUBIC)
                    input_number = np.expand_dims(np.expand_dims(
                                                                re_number.astype('float32')/255,-1),0)
                    predict = cnn.predict(input_number)
                    predict_name = label_name[np.argmax(predict)]
                    save_predict_name.append(predict_name)

            if len(save_predict_name)>5:
                cv2.rectangle(img, (sx, sy), (sx+sw, sy+sh), (0, 0, 255), 2)
                cv2.putText(img, "".join(save_predict_name), (sx, int(sy-sh/4)),
                            cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.8, (0, 0, 255), 2)

        else:
```

```

cv2.putText(img, "No License_Plate", (580, 30),
            cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.8, (0, 0, 255), 2)

cv2.imshow("Frame", img)

if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
    break

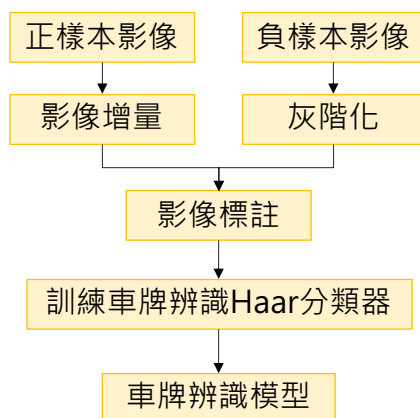
VIDEO_IN.release()
cv2.destroyAllWindows()

```

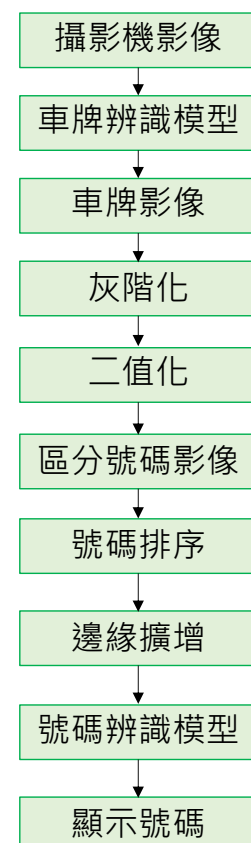
53. cv2.putText(img, text, org, fontFace, fontScale, color, boldface): 文字繪入影像上

- img: 預繪入文字的影像
- text: 預繪入的文字
- org: 文字要放置的位置
- fontFace: 字體的類型
- fontScale: 字的顏色
- boldface: 字的粗度

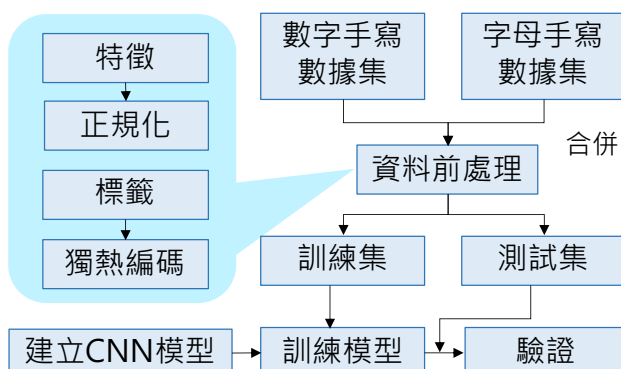
### 訓練車牌辨識模型



### 車牌辨識應用



### 訓練號碼辨識模型



圖八、訓練車牌辨識與號碼模型及其應用的流程圖