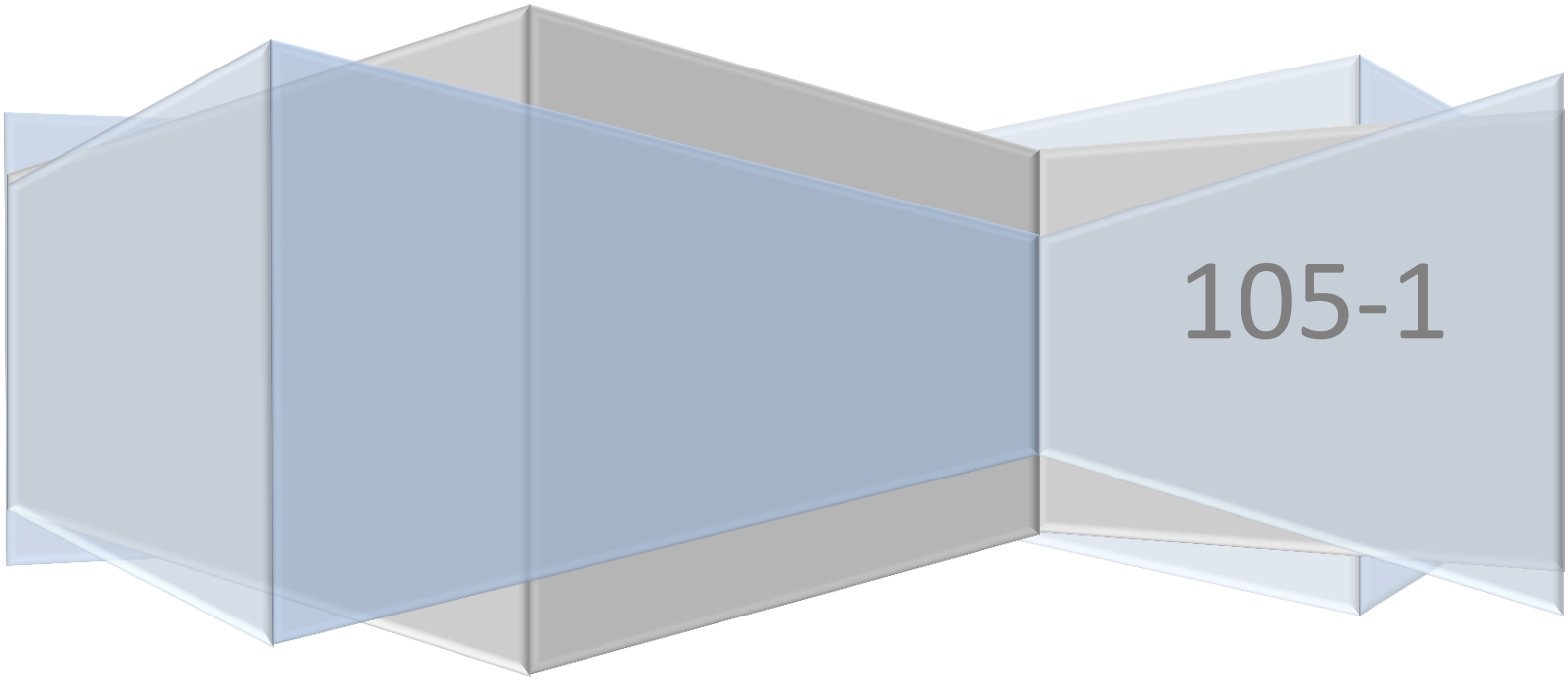
NTU

生醫工程實驗期末專題報告

手語辨識系統實作

第一組

B02901145 黃以瑄 B02901109 陳意雯 B02901057 王子毅



目錄

● 動機

手語是一種不使用語音，而用手勢、肢體動作等來表達意思的特殊語言，在聾人的社群中，手語是相當常見的溝通方式，但大部分的聽人並沒有學習手語，這也就造成了這兩個社群間的隔閡。我們這組的組員中有兩個人學過手語，也有認識一些聾人，就我們所知台灣並沒有任何可以翻譯手語的工具，頂多只有可以查詢的手語字典。因此希望可以做出一個藉由影像辨識來翻譯手語的系統，讓不會手語的人也可以更沒有障礙的跟聾朋友溝通。

● 實驗設計

(所有程式皆放在 **GitHub** 上，https://github.com/b02901145/bio_final，並附於報告後的附錄中)

分成製作 database、即時單手手語判斷、即時雙手手語判斷三個部分

一、 製作 database

儘管世界各國的手語有許多相似的地方，手語仍然跟一般的語言一樣，在不同地區會有不同的用法，所以我們在網路上可以找到的資料大多是國外的，與台灣的手語不同，所以我們打算自己製作一個手語的 database。

因為不同人的手部形狀差異不大，所以我們假設"個體間的差異並不會影響手語的判斷"，而先以同一個人的照片來製作 database，之後經過測試發現個體差異果然不會影響判斷的結果。下面我們將製作 database 分為三個部分。

1. 選定要判斷的手型

手型就像英文字母一樣，是構成不同手語的基礎，我們從台灣的手語中，選了 20 個常見的手型，如下圖 1-1 所示。分別是一、二、三、四、五、六、七、八、九、手、方、童、錢、龍、WC、守、百、四十、零、借，共二十個。在之後判斷的過程中，我們將這些手型分別稱為

1-one, 2-two, 3-three, 4-four, 5-five, 6-six, 7-seven, 8-eight, 9-nine, 10-hand, 11-square, 12-child, 13-money, 14-dragon, 15-wc, 16-wait, 17-hundred, 18-fourty, 19-zero, 20-borrow。

圖 1-1: 我們選擇的手型

2. 拍攝照片

我們為每一個手型各拍攝 50 張手的角度略有不同的照片，總共一千張，分別存在名為 1, 2, 3, 4, …, 20 等 20 個資料夾中。如圖 1-2 所示。

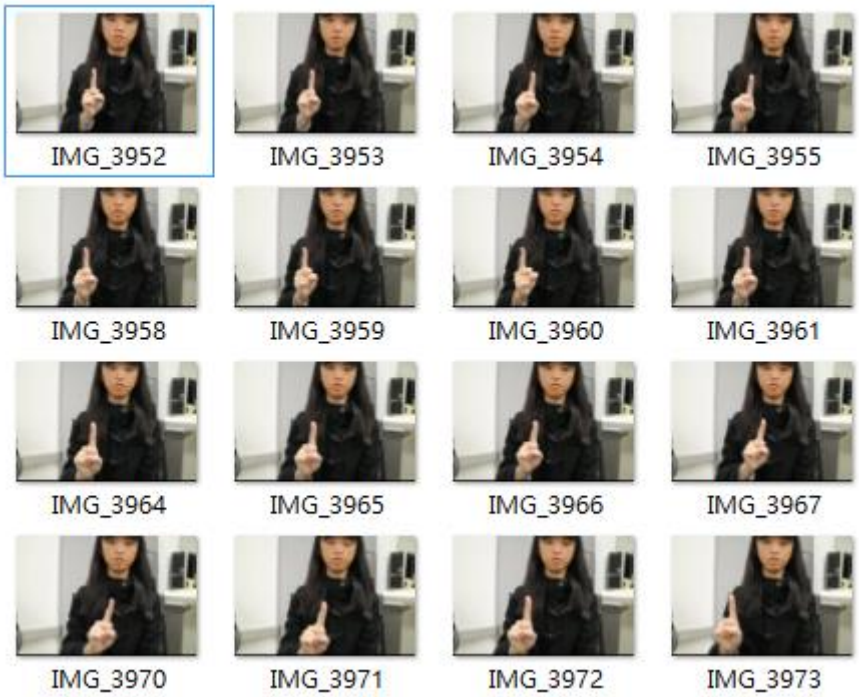


圖 1-2: '1-one'的部分 database，可以看出圖中手的角度略有不同。

3. 處理照片 (svm.m)

為了加快判斷手語的速度還有去除人臉、背景、衣服、膚色等對判斷的影響，我們將圖片中手的部分擷取下來，並將三維的 RGB 圖片轉成 YCbCr 的圖片，只保留亮度 Y，最後將處理好的結果存成一維的照片。

(1) 找出膚色:

我們用 SVM(support vector machine)找出照片中屬於膚色的部分，如圖 1-3 所示。

圖 1-3: 將圖片中膚色的部分標示為 1，非膚色部分標示為 0 的結果

(2) 找出手:

從圖 1-3 可以看出找到的膚色區塊有手、臉、跟一些零星的點，我們在拍攝的過程中，保持手的位置比臉低，因此我們可以計算膚色區塊的大小，保留較大的兩塊中，位置比較低的那塊，結果如圖 1-4 所示。

圖 1-4: 僅保留照片中手的部分

(3) 裁切圖片:

為了方便之後的處理，我們找出手的區塊的座標邊界，並將圖片裁

切成與長邊相同大小的正方形，且只保留亮度的資訊，得到如圖 1-5 的圖片後，將所有處理好的圖片存進資料夾 1, 2, 3, …, 20 中。

圖 1-5: 處理好的圖片

二、 即時單手手語判斷

這部分的程式是用 python 寫的，主要分成 training 和 testing 兩個部份。

1. Training

(1) 調整圖片大小 (resize.py)

Dataset 中的圖片雖然都是正方形的，但大小並不固定，所以我們先將所有圖片大小調整為固定的 80*80 並儲存。

(2) 分割 training data 和 testing data (train.py)

Preprocess 後的 data 為 256 階 gray scale，大小 80*80 的手部圖片，共 20 種手型，每種 50 張。其中 4/5 當作 training data，1/5 當作 validation data。

(3) CNN(Convolutional neural network) model (train.py)

在 train.py 的程式中，我們利用 Python 的 neural network library “Keras” 建構一個 CNN(convolutional neural network)的 model。如圖 2-1 所示。

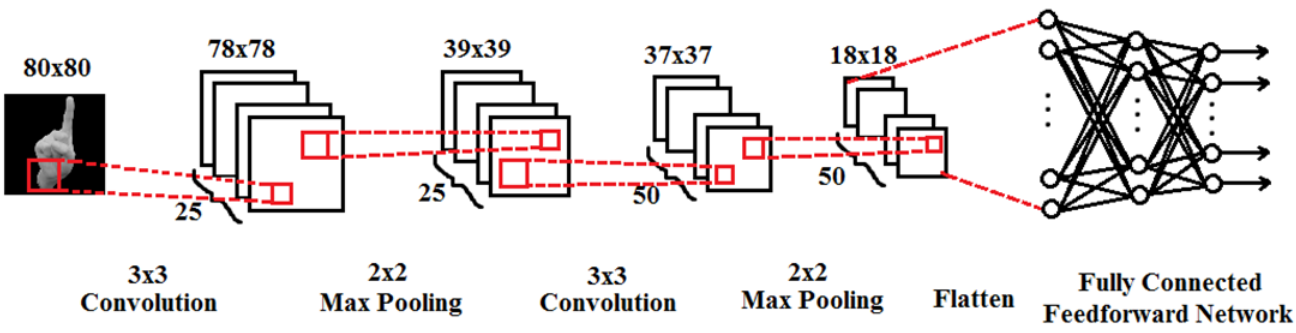


圖 2-1: CNN model 結構圖

圖 2-1 為 CNN model 的架構，以一張 80*80 的圖片為 input，用 25

個大小為 3*3 的 filter 和圖片做 convolution，每個 filter 可偵測不同的特徵，得到 25 個大小為 78*78 的圖片，再將圖片分成 2*2 的小區域，每個區域中只保留最大值，以降低圖片的大小。

Convolution 和 max pooling 的步驟重複數次後，可取得圖片中較小範圍的特徵，將這些特徵展開成一維向量，輸入到一個 neural network 中得到 20 個 output，每個 output 分別是屬於 20 種手型的機率。

完成後將 model 儲存起來，我們 training 後得到的 model 在 training data 和 validation data 的 accuracy 都約為 0.99，可以得知我們的 model 有相當高的可信度。

2. Testing (camera_right.py)

在此程式中，我們使用和 preprocess 一樣的方法來擷取手部畫面，將 MATLAB 程式改成在 python 中實作，以達到 real time 的效果，並用前面得到的 model 來判斷手型種類，最後將結果即時的顯示在畫面上。

(1) Train SVM model

與第一部份製作 database 的方法相同，我們將膚色 training data 的 RGB 值轉為 YCbCr 作為 feature，減去 mean 再除以 standard deviation，找出一個用於判斷是否為膚色的 SVM model。

(2) Capture frame, resize

在這次的實驗中，我們用的是筆記型電腦內建的鏡頭。先從鏡頭取得大小為 640*480 的照片，並將照片壓縮為 180*135 以減少運算量和運算時間，經過我們測試，這樣的壓縮並不會影響判斷的正確率。

(3) Color space transform, feature scaling, testing

將照片每個 pixel 的 RGB 轉為 YCbCr，減去 mean 再除以 standard deviation，以 SVM model 判斷每個 pixel 是否屬於膚色，屬於膚色的標記為 1，不是膚色的標記為 0。

(4) Group the regions

將判斷為膚色的部分分成相連的數個區域，每個區域以不同的 label 標記，方便之後計算每個膚色區塊的大小還有位置。

(5) Find the largest two regions, choose the lower one

我們預設畫面中會出現一張臉和一隻手，整張圖中膚色區域面積最大的兩塊會是臉和手，因此找出面積最大的兩塊。考量手跟鏡頭的距離

會影響手和臉的相對大小，所以我們是由高低來判斷兩個區塊中哪一個是手。由於手的位置較低，因此選擇較低的區塊。

(6) Resize, classify

將判斷成手的區塊的 Y 值(亮度)放入一個與手部長度或寬度切齊的黑色正方形中，並把圖片大小 resize 為 80*80，輸入先前得到的 CNN model，判斷圖片中應該是哪一個手型。

(7) Show the result

在顯示畫面中，把判斷為不是膚色的部分亮度降低，並將判斷成手的區塊用紅色的框框標示出來，在框框左上角上方顯示手語的判斷結果(例: 1-one)，圖 2-2 為實際的顯示結果，正確率約有九成。

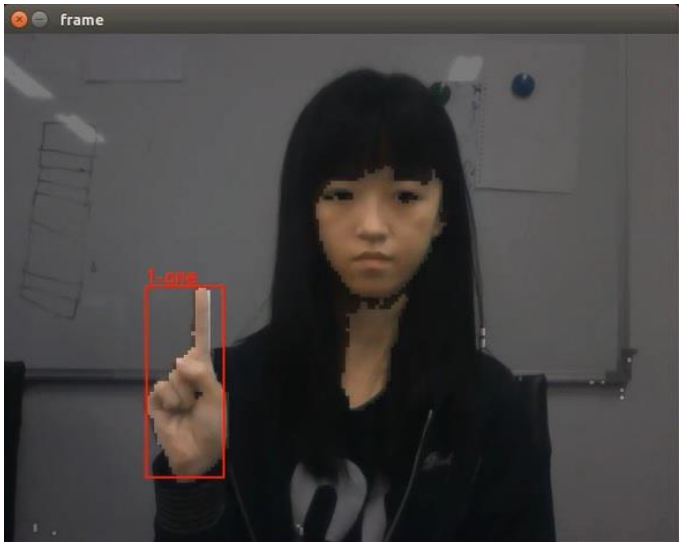


圖 2-1: 可以看到被框出的手部區塊還有左上角的結果

三、 即時雙手手語判斷

有部分的手語需要兩隻手的配合，所以在一隻手的手型判斷成功以後，我們又做了一個可以判斷一隻手或是兩隻手的版本。

因為左右手在視覺上是鏡像的，而且理論上我們並不知道畫面中出現的是左手還是右手，所以我們是將左右手的 training data 共用，找到一個可以同時對左右手判別手型的 model。

大致上的方法與第二部分相同，因此下面只對不同的部分(標示為橘色)詳加說明。

1. Training

(1) 翻轉照片 調整圖片大小 (mirror_data.py, resize.py)

因為要同時判斷左右手，所以將每個手型的 50 張圖片都水平翻轉，得到新的 50 張圖片(每個手型各 100 張)，並存入原本的資料夾中。

Database 中的圖片雖然都是正方形的，但大小並不固定，所以我們先將所有圖片大小調整為固定的 80*80 並儲存。

(2) 分割 training data 和 testing data (train_mirror.py)

4/5 作為 training data，1/5 作為 testing data。

(3) CNN(Convolutional neural network) model (train_mirror.py)

2. Testing (camera_rl2.py)

(1) Train SVM model

(2) Capture frame, resize

(3) Color space transform, feature scaling, testing

(4) Group the regions

(5) Find the hand regions, classify, and show the result

相機畫面有三種可能的情況: 沒有手、一隻手、兩隻手。我們假設影像中手和臉的 pixel 數皆會大於 400 (20*20 是一個非常小的區塊)，所以我們先找到最大的三塊區塊，並去除小於 400 pixels 的區塊，得到下面三種情況。

(a) 僅一塊大於 400 pixels

判斷該區塊為臉，僅將膚色區塊標示出來，不對這個畫面進行判斷，如圖 2-2。

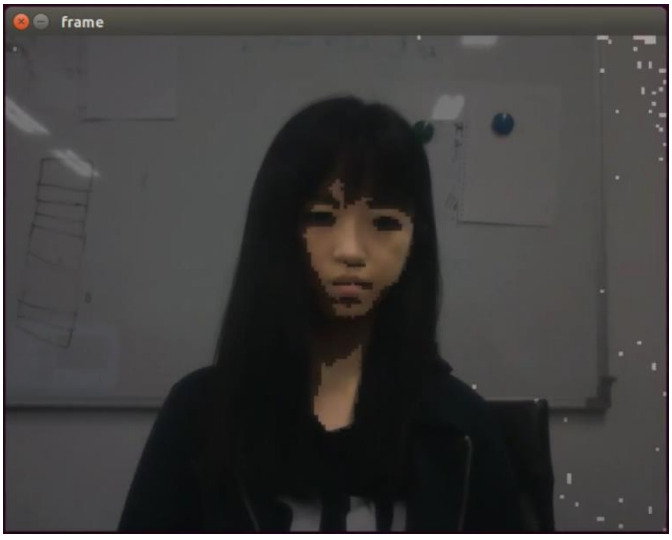


圖 2-2: 畫面中沒有手

(b) 有兩塊大於 400 pixels

判斷區塊為一張臉和一隻手，僅對位置較低的區塊進行判斷，並將判斷的結果標示於左上角，如圖 2-3。

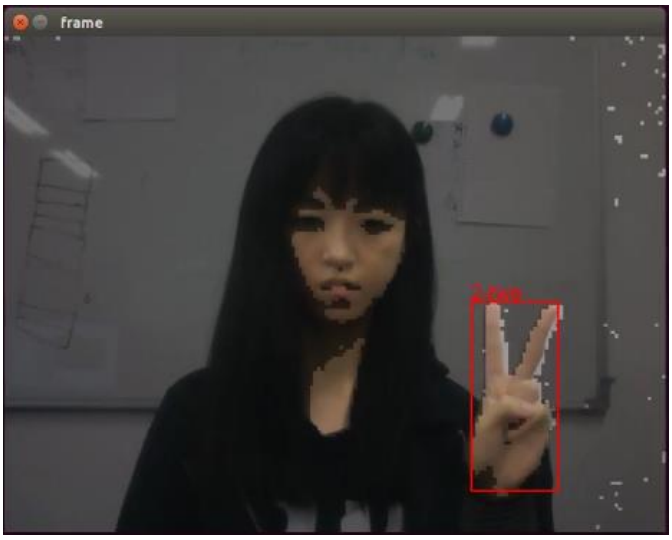


圖 2-3: 畫面中有一隻手

(c) 三塊皆大於 400 pixels

判斷區塊為一張臉和兩隻手，對位置較低的兩個區塊進行判斷，並將判斷結果標示於左上角，如圖 2-4。

圖 2-4: 畫面中有兩隻手

● 結果分析與未來展望

每當筆記型電腦的鏡頭讀取一張畫面後就會進行一次完整運算，每次讀取畫面到顯示結果這個過程會花費 0.048~0.056 秒，以手語的速度來說，我們認為這樣的即時性已經非常足夠了。

我們目前做出的手型辨識系統對一隻手的辨識正確率約為九成，對兩隻手的辨識率約為七成。主要是因為有很多手型本身非常的相似，在 train CNN 的 model 時，將左右手的 training data 放在一起會使不同手型間的差異性變小。
因此我們列出了下列幾項未來可以努力的方向

1. **增加可以辨識的手型種類**

   因為台灣常用的手型並不只我們辨識的這 20 種，希望可以加入更多的手型，來增加這個手語辨識系統的實用性。

2. **增加 dataset 中照片的數量和多樣性**

   目前每個手型僅有 50 張照片，以機器學習來說是非常少的，多樣性也不夠。我們可以在現有的 dataset 中，加入更多不同人的手部照片，來增加多樣性，提高判斷的正確率。

3. **提升同時偵測雙手的正確率**

   因為 Python 對於 model 數量的限制導致目前左右手是共用同一個 CNN model，希望可以找到方法來解決這個問題，讓左右手可以有各自的 CNN model 來提升正確率。(可能可以透過一次運作多個 python 檔案來達成)

4. **辨識手語**

   我們現在辨識的是手型，雖然手型也有各自代表的意思，但更多的手語是由不同位置的手型所組成的，所以希望可以加入與身體相對位置的資訊來判斷更多的手語。

● 心得

在這次的 project 中，我們本來先試著將「擷取手部畫面」和「用 CNN 判斷手語種類」分別在 MATLAB 和 python 中實作，但為了達到 real time 的效果，便將 MATLAB 的內容改為 python，其中一個步驟轉換到 python 時，若膚色面積太大，會因為運算量過大而使程式終止，後來我們找到了一個 function，可以更有效地運算，避免這樣的情況，也減少了延遲時間。

我們在拍攝 training data 時，每個手語都會稍微轉動手部，但有些手語的角度變化太大，判斷時會容易將其他種類的手語誤判為該類手語，我們在重新調整過 training data 後改善了這個情況。

我們目前能夠即時判斷 20 種靜態手語，但手語的種類非常多，動作與位置的變化也會影響手語的意思，若要實際應用在手語翻譯，仍需再加強手部追蹤與辨識的手語種類，並提升可攜帶性，希望未來能夠再加強這個系統，將功能做得更好，幫助聾人與聽人之間的溝通。

參考資料

1. 維基百科。手語。
   https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%89%8B%E8%AA%9E
2. LIBSVM -- A Library for Support Vector Machines. Chih-Chung Chang and Chih-Jen Lin. 2016.
   https://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/
3. Wikipedia – Convolutional neural network
   https://en.wikipedia.org/wiki/Convolutional_neural_network
4. Real-time American Sign Language Recognition with Convolutional Neural Networks. Brandon Garcia and Sigberto Alarcon Viesca. 2016.
   http://cs231n.stanford.edu/reports2016/214_Report.pdf

● 附錄列表

附錄一、 svm.m

```
clear
close all
addpath('C:\Users\Wang\Desktop\libsvm-3.21\matlab');

%% training data and labels^M
training_data=[];

for pic_num=1:25
    if pic_num<10
        training_data=[training_data;['tr/tr0' num2str(pic_num) '.jpg']];
    else
        training_data=[training_data;['tr/tr' num2str(pic_num) '.jpg']];
    end
end
label_a=[1;1;1;1;1;0;0;0;0;0;1;1;1;1;0;0;0;1;1;1;0;1;1;0;1;0]; % 0: nonface, 1: face

features_a=zeros(size(training_data,1),3);
for pic_num=1:size(training_data,1)
    im1=double(imread(training_data(pic_num,:)));
    im1=rgb2ycbcr(im1);
    x=mean(mean(im1(:,:,:)));
    features_a(pic_num,:)=[x(1) x(2) x(3)];
end

%% scaling^M
[m1,N]=size(features_a);
mf=mean(features_a);
nrm=diag(1./std(features_a,1));
features_1=(features_a-ones(m1,1)*mf)*nrm;

%% SVM^M
model=svmtrain(label_a,features_1);
start_num=[3952,4014,4083,4159,4215,4269,4323,4384,4458,4522,4575,4676,4733,...
            4792,4844,4896,4948,5003,5065,4627];

%% test data and labels^M
for sign=1:1
    for pic_num=10:10
        test_data=['data/' num2str(sign) '/IMG_' num2str(start_num(sign)+pic_num-1) '.jpg'];
        for m=1:size(test_data,1)
            im1=double(imread(test_data(m,:)));
            im1=im1(1:2:479,1:2:639,:);
            im2=rgb2ycbcr(im1);
            features_b=reshape(im2,size(im2,1)*size(im2,2),3);
            label_b=floor(rand(size(im2,1)*size(im2,2),1)+0.5);
            % scaling
            [m2,N]=size(features_b);
```

```
            features_2=(features_b-ones(m2,1)*mf)*nrm;
            % test % predicted: the SVM output of the test data
            [predicted,accuracy,d_values]=svmpredict(label_b,features_2,model);
            % group the regions
            predicted=reshape(predicted,size(im2,1),size(im2,2));
            % skin picture
            figure
            imshow(predicted)
            colormap(gray(256))
            % bwlabel: group the regions
            A1=bwlabel(predicted);
            size1=zeros(max(max(A1)),1);
            for n=1:max(max(A1))
                [fr,fc]=find(A1==n);
                size1(n,1)=size(fr,1);
            end
            % find the 1st region and 2nd region
            [M1,I1]=max(size1);
            size1(I1)=0;
            [M2,I2]=max(size1);
            %find the lower region
            Y_temp1=im2(:,:,1).*(A1==I1);
            Y_temp2=im2(:,:,1).*(A1==I2);
            [x,y]=find(Y_temp1~=0);
            mean1=mean(x);
            [x,y]=find(Y_temp2~=0);
            mean2=mean(x);
            if mean1>mean2
                Y1=Y_temp1;
            else
                Y1=Y_temp2;
            end
            [fr,fc]=find(Y1~=0);
            Y1=Y1(min(fr):max(fr),min(fc):max(fc));
            [height, width]=size(Y1);
            max_num=max(height,width);
            max_num=ceil(max_num/2)*2;
            Y2=zeros(max_num,max_num);
            Y2(((max_num/2)-ceil(height/2)+1):1:((max_num/2)-ceil(height/2)+height),...
                ((max_num/2)-ceil(width/2)+1):1:((max_num/2)-ceil(width/2)+width))=Y1;
            % saved hand picture
            figure
            imshow(Y2/255)
            % save data
            imwrite(Y2/255,['result/' num2str(sign) '/' num2str(sign) '_' num2str(pic_num) '.jpg'],'Quality',100)
            % hand picture
            R1=im1(:,:,1).*(A1==I2);
            G1=im1(:,:,2).*(A1==I2);
            B1=im1(:,:,3).*(A1==I2);
            figure
            imshow(cat(3,R1/255,G1/255,B1/255))
            colormap(gray(256))
        end
    end
end
```

附錄二、 resize.py

```python
from PIL import Image
import os

sign_num = 20
data_num = 50
width = 80
height = 80

path='./result_'+str(width)+'_'+str(height)
if not os.path.isdir(path):
    os.mkdir(path)

for i in range(sign_num):
    path2='./result_'+str(width)+'_'+str(height)+'/'+str(i+1)
    if not os.path.isdir(path2):
        os.mkdir(path2)
    for j in range(data_num):
        img=Image.open('./result/'+str(i+1)+'/'+str(i+1)+'_'+str(j+1)+'.jpg')
        img2=img.resize((width,height))
        img2.save(path+'/'+str(i+1)+'/'+str(i+1)+'_'+str(j+1)+'.jpg')
```

附錄三、 train.py

```python
import sys
import numpy as np
from PIL import Image
from keras.models import Sequential
from keras.layers.core import Dense, Activation
from keras.layers import Convolution2D, MaxPooling2D, Flatten

sign_num=20
data_num=50
height=80
width=80

#load training data
train=np.zeros((sign_num*data_num, height*width+sign_num))
for i in range(sign_num):
    for j in range(data_num):
        img=Image.open('result_80_80/'+str(i+1)+'/'+str(i+1)+'_'+str(j+1)+'.jpg')
        train[i*data_num+j, :height*width]=np.array(img).reshape(1, height*width)
    train[i*data_num:i*data_num+data_num, height*width+i]=1

np.random.shuffle(train)
x_train=train[:, :height*width].reshape(sign_num*data_num, 1, height, width)
y_train=train[:, height*width:]
x_train=x_train.astype('float32')
x_train=x_train/255

#convolutional neural network
#define model
model=Sequential()
model.add(Convolution2D(25, 3, 3, input_shape=(1, height, width)))
model.add(MaxPooling2D((2, 2)))
model.add(Convolution2D(50, 3, 3))
model.add(MaxPooling2D((2, 2)))
model.add(Flatten())
model.add(Dense(100))
model.add(Activation('sigmoid'))
model.add(Dense(sign_num))
model.add(Activation('softmax'))

model.summary()

#compile model
model.compile(loss='categorical_crossentropy', optimizer='adam', metrics=['accuracy'])

#fit model
model.fit(x_train, y_train, batch_size=100, nb_epoch=10, validation_split=0.2)

#evaluate model
score=model.evaluate(x_train, y_train)
print('Total loss on Training Set:', score[0])
print('Accuracy of Training Set:', score[1])

#save model
model.save('model10.h5')
```

附錄四、camera_right.py

```
import cv2
import time
import numpy as np
from PIL import Image, ImageDraw, ImageFont
from sklearn import svm
from keras.models import load_model
from scipy.ndimage import label

model=load_model('model10.h5')
sign_type=['1-one','2-two','3-three','4-four','5-five',
           '6-six','7-seven','8-eight','9-nine','10-hand',
           '11-square','12-child','13-money','14-dragon','15-wc',
           '16-wait','17-hundred','18-fourty','19-zero','20-borrow'];
font=ImageFont.truetype("arial.ttf",20)

def myArray2Image(A, dataType):
    A=A.astype('uint8')
    A=Image.fromarray(A, dataType)
    return A


def main(A1,img5,Y1,fr,fc):
    Y1=Y1[np.amin(fr):np.amax(fr),np.amin(fc):np.amax(fc)]
    [height, width]=Y1.shape

    max_num=max(height,width)
    max_num=(np.ceil(max_num/2.0)*2).astype('uint8')
    Y2=np.zeros((max_num,max_num))

    temp1=(np.ceil(height/2)).astype('uint8')
    temp2=(np.ceil(width/2)).astype('uint8')

    Y2[(max_num/2-temp1):(max_num/2-temp1+height),
       (max_num/2-temp2):(max_num/2-temp2+width)]=Y1

    Y2=myArray2Image(Y2,'L')
    Y2=Y2.resize((80,80))

    Y2=np.array(Y2)
    data=Y2
    result=model.predict(data.reshape(1, 1, 80, 80))
    result=np.argmax(result, axis=1)+1

    A1=myArray2Image(A1,'L')
    A1=np.array(A1.resize((640,480)))
    tmp=(A1>0)

     tmp2=np.ones(shape=(480,640))
     img5=img5.astype('float64')
     img5[:,:,0]*=(tmp2*0.5+tmp*0.5)
     img5[:,:,1]*=(tmp2*0.5+tmp*0.5)
     img5[:,:,2]*=(tmp2*0.5+tmp*0.5)
     fr_min=np.amin(fr*480/135)
     fr_max=np.amax(fr*480/135)
     fc_min=np.amin(fc*480/135)
     fc_max=np.amax(fc*480/135)

     img5[fr_min:fr_min+2,fc_min:fc_max+1,:]=[0,0,255]
     img5[fr_max-1:fr_max+1,fc_min:fc_max+1,:]=[0,0,255]
```

```
    img5[fr_min:fr_max+1,fc_min:fc_min+2,:]=[0,0,255]
    img5[fr_min:fr_max+1,fc_max-1:fc_max+1,:]=[0,0,255]

    img5=myArray2Image(img5,'RGB')
    draw=ImageDraw.Draw(img5)
    draw.text((fc_min,fr_min-20),sign_type[result-1],(0,0,255),font=font)
    draw=ImageDraw.Draw(img5)
    img5=np.array(img5)
    print sign_type[result-1]
    return img5


#train
feature_1=np.zeros((26,3))
for i in range(26):
    if i<9:
        img=Image.open('tr/tr0'+str(i+1)+'.jpg')
    else:
        img=Image.open('tr/tr'+str(i+1)+'.jpg')
    img=np.array(img.convert('YCbCr'))
    feature_1[i,0]=np.mean(img[:,:,0])
    feature_1[i,1]=np.mean(img[:,:,1])
    feature_1[i,2]=np.mean(img[:,:,2])

label_1=np.array([1,1,1,1,1,0,0,0,0,0,1,1,1,0,0,0,1,1,1,0,1,1,0,1,0,1])

#feature scaling
mean=np.mean(feature_1,axis=0)
std=np.std(feature_1,axis=0)
feature_1-=mean
feature_1/=std

#svm
clf=svm.SVC()
clf.fit(feature_1, label_1)

#capture frame
cap=cv2.VideoCapture(0)


#test
while(True):
    #capture frame-by-frame
    t_start=time.time()
    ret, frame=cap.read()
    img2=np.array(frame)
    img5=img2
    img2=cv2.cvtColor(img2, cv2.COLOR_BGR2RGB)

    img2=myArray2Image(img2,'RGB')
    img2=img2.resize((180,135))
    img2=np.array(img2.convert('YCbCr'))

    #downsampling
    Y=img2[:,:,0]

    M=np.size(img2,0)
```

```
    N=np.size(img2,1)
    img2=img2.reshape(M*N,3)

    #feature scaling
    img2=img2.astype('float64')
    img2-=mean
    img2/=std

    #test
    img2=clf.predict(img2).reshape(M,N)

    #group the regions
    s=np.array([[1,1,1],
                [1,1,1],
                [1,1,1]])
    A1, num=label(img2,structure=s)

    #find the size of each region
    size1=np.zeros((num,1))
    for i in range(num):
        size1[i]=np.where(A1==i+1)[0].shape

    #find the largest two regions
    if size1.shape[0]==0:
        continue
    I1=np.argmax(size1)
    size_max1=np.amax(size1)
    size1[I1]=0
    I2=np.argmax(size1)
    size_max2=np.amax(size1)

    [fr1, fc1]=np.where(A1==I1+1)
    [fr2, fc2]=np.where(A1==I2+1)

    #choose the lower one
    if np.mean(fr1)>np.mean(fr2):
        I2=I1
        fr2=fr1
        fc2=fc1
        size_max2=size_max1

    Y1=Y*(A1==I2+1)
    img5=main(A1,img5,Y1,fr2,fc2)

    cv2.imshow('frame',img5)

    t_end=time.time()
    print t_end-t_start

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

```

附錄五、 mirror_data.py

```python
import cv2
import time
import numpy as np
from PIL import Image

sign_num=20
data_num=50

for i in range(sign_num):
    for j in range(data_num):
        img=Image.open('result_80_80/'+str(i+1)+'/'+str(i+1)+'_'+str(j+1)+'.jpg')
        img2=img.transpose(Image.FLIP_LEFT_RIGHT)
        cv2.imwrite('result_mirror/'+str(i+1)+'/'+str(i+1)+'_'+str(j+1)+'.jpg',np.array(img))
        cv2.imwrite('result_mirror/'+str(i+1)+'/'+str(i+1)+'_'+str(j+51)+'.jpg',np.array(img2))
```

附錄六、 train_mirror.py

```python
import sys
import numpy as np
from PIL import Image
from keras.models import Sequential
from keras.layers.core import Dense, Activation
from keras.layers import Convolution2D, MaxPooling2D, Flatten

sign_num=20
data_num=100
height=80
width=80

#load training data
train=np.zeros((sign_num*data_num, height*width+sign_num))
for i in range(sign_num):
    for j in range(data_num):
        img=Image.open('result_mirror/'+str(i+1)+'/'+str(i+1)+'_'+str(j+1)+'.jpg')
        train[i*data_num+j, :height*width]=np.array(img).reshape(1, height*width)
    train[i*data_num:i*data_num+data_num, height*width+i]=1

np.random.shuffle(train)
x_train=train[:, :height*width].reshape(sign_num*data_num, 1, height, width)
y_train=train[:, height*width:]
x_train=x_train.astype('float32')
x_train=x_train/255

#convolutional neural network
#define model
model=Sequential()
model.add(Convolution2D(25, 3, 3, input_shape=(1, height, width)))
model.add(MaxPooling2D((2, 2)))
model.add(Convolution2D(50, 3, 3))
model.add(MaxPooling2D((2, 2)))
model.add(Flatten())
model.add(Dense(100))
model.add(Activation('sigmoid'))
model.add(Dense(sign_num))
model.add(Activation('softmax'))

model.summary()

#compile model
model.compile(loss='categorical_crossentropy', optimizer='adam', metrics=['accuracy'])

#fit model
model.fit(x_train, y_train, batch_size=100, nb_epoch=10, validation_split=0.2)

#evaluate model
score=model.evaluate(x_train, y_train)
print('Total loss on Training Set:', score[0])
print('Accuracy of Training Set:', score[1])

#save model
model.save('model_m.h5')
```

附錄七、 camera_rl2.py

```
import cv2
import time
import numpy as np
from PIL import Image, ImageDraw, ImageFont
from sklearn import svm
from keras.models import load_model
from scipy.ndimage import label

model=load_model('model_m.h5')
sign_type=['1-one','2-two','3-three','4-four','5-five',
           '6-six','7-seven','8-eight','9-nine','10-hand',
           '11-square','12-child','13-money','14-dragon','15-wc',
           '16-wait','17-hundred','18-fourty','19-zero','20-borrow'];
font=ImageFont.truetype("arial.ttf",20)

def myArray2Image(A, dataType):
    A=A.astype('uint8')
    A=Image.fromarray(A, dataType)
    return A


def main(A1,img5,Y1,fr,fc,run):
    Y1=Y1[np.amin(fr):np.amax(fr),np.amin(fc):np.amax(fc)]
    [height, width]=Y1.shape

    max_num=max(height,width)
    max_num=(np.ceil(max_num/2.0)*2).astype('uint8')
    Y2=np.zeros((max_num,max_num))

    temp1=(np.ceil(height/2)).astype('uint8')
    temp2=(np.ceil(width/2)).astype('uint8')

    Y2[(max_num/2-temp1):(max_num/2-temp1+height),
       (max_num/2-temp2):(max_num/2-temp2+width)]=Y1

    Y2=myArray2Image(Y2,'L')
    Y2=Y2.resize((80,80))

    Y2=np.array(Y2)
    data=Y2
    result=model.predict(data.reshape(1, 1, 80, 80))
    result=np.argmax(result, axis=1)+1

    A1=myArray2Image(A1,'L')
    A1=np.array(A1.resize((640,480)))
    tmp=(A1>0)

    tmp2=np.ones(shape=(480,640))
    img5=img5.astype('float64')
    if run==0:
        img5[:,:,0]*=(tmp2*0.5+tmp*0.5)
        img5[:,:,1]*=(tmp2*0.5+tmp*0.5)
        img5[:,:,2]*=(tmp2*0.5+tmp*0.5)
    else:
        img5[:,:,0]*=tmp2
        img5[:,:,1]*=tmp2
        img5[:,:,2]*=tmp2
```

```
    fr_min=np.amin(fr*480/135)
    fr_max=np.amax(fr*480/135)
    fc_min=np.amin(fc*480/135)
    fc_max=np.amax(fc*480/135)

    img5[fr_min:fr_min+2,fc_min:fc_max+1,:]=[0,0,255]
    img5[fr_max-1:fr_max+1,fc_min:fc_max+1,:]=[0,0,255]
    img5[fr_min:fr_max+1,fc_min:fc_min+2,:]=[0,0,255]
    img5[fr_min:fr_max+1,fc_max-1:fc_max+1,:]=[0,0,255]

    img5=myArray2Image(img5,'RGB')
    draw=ImageDraw.Draw(img5)
    draw.text((fc_min,fr_min-20),sign_type[result-1],(0,0,255),font=font)
    draw=ImageDraw.Draw(img5)
    img5=np.array(img5)
    print sign_type[result-1]
    return img5


#train
feature_1=np.zeros((24,3))
for i in range(24):
    if i<9:
        img=Image.open('tr/tr0'+str(i+1)+'.jpg')
    else:
        img=Image.open('tr/tr'+str(i+1)+'.jpg')
    img=np.array(img.convert('YCbCr'))
    feature_1[i,0]=np.mean(img[:,:,0])
    feature_1[i,1]=np.mean(img[:,:,1])
    feature_1[i,2]=np.mean(img[:,:,2])

label_1=np.array([1,1,1,1,1,0,0,0,0,0,1,1,1,0,0,0,1,1,1,0,1,1,0,1])

#feature scaling
mean=np.mean(feature_1,axis=0)
std=np.std(feature_1,axis=0)
feature_1-=mean
feature_1/=std

#svm
clf=svm.SVC()
clf.fit(feature_1, label_1)

#capture frame
cap=cv2.VideoCapture(0)


#test
while(True):
    #capture frame-by-frame
    t_start=time.time()
    ret, frame=cap.read()
    img2=np.array(frame)
    img5=img2
    img2=cv2.cvtColor(img2, cv2.COLOR_BGR2RGB)
```

```
113
114     img2=myArray2Image(img2,'RGB')
115     img2=img2.resize((180,135))
116     img2=np.array(img2.convert('YCbCr'))
117
118     #downsampling
119     Y=img2[:,:,0]
120
121     M=np.size(img2,0)
122     N=np.size(img2,1)
123     img2=img2.reshape(M*N,3)
124
125     #feature scaling
126     img2=img2.astype('float64')
127     img2-=mean
128     img2/=std
129
130     #test
131     img2=clf.predict(img2).reshape(M,N)
132
133     #group the regions
134     s=np.array([[1,1,1],
135                 [1,1,1],
136                 [1,1,1]])
137     A1, num=label(img2,structure=s)
138
139     #find the size of each region
140     size1=np.zeros((num,1))
141     for i in range(num):
142         size1[i]=np.where(A1==i+1)[0].shape
143
144     #find the largest three regions
145     if size1.shape[0]==0:
146         continue
147     I1=np.argmax(size1)
148     size_max1=np.amax(size1)
149     size1[I1]=0
150     I2=np.argmax(size1)
151     size_max2=np.amax(size1)
152     size1[I2]=0
153     I3=np.argmax(size1)
154     size_max3=np.amax(size1)
155
156     [fr1, fc1]=np.where(A1==I1+1)
157     [fr2, fc2]=np.where(A1==I2+1)
158     [fr3, fc3]=np.where(A1==I3+1)
159
160     BB=np.array([np.mean(fr1),np.mean(fr2),np.mean(fr3)])
161     BB2=np.array([np.mean(fr1),np.mean(fr2),np.mean(fr3)])
162     fr_array=np.array([fr1,fr2,fr3])
163     fc_array=np.array([fc1,fc2,fc3])
164     I_array=np.array([I1,I2,I3])
165
166     big=np.argmax(BB)
167     BB[big]=0
168     middle=np.argmax(BB)
169     BB[middle]=0
170     small=np.argmax(BB)
```

```
171
172     #three regions are larger than 400: choose the lower two
173     if size_max3>=400:
174         if np.mean(fr1)==BB2[small]:
175             AA1=Y*(A1==I2+1)
176             AA2=Y*(A1==I3+1)
177             img5=main(A1,img5,AA1,fr2,fc2,0)
178             img5=main(A1,img5,AA2,fr3,fc3,1)
179         elif np.mean(fr2)==BB2[small]:
180             AA1=Y*(A1==I1+1)
181             AA2=Y*(A1==I3+1)
182             img5=main(A1,img5,AA1,fr1,fc1,0)
183             img5=main(A1,img5,AA2,fr3,fc3,1)
184         else:
185             AA1=Y*(A1==I1+1)
186             AA2=Y*(A1==I2+1)
187             img5=main(A1,img5,AA1,fr1,fc1,0)
188             img5=main(A1,img5,AA2,fr2,fc2,1)
189
190     #two regions are larger than 400: choose the lower one
191     elif size_max3<400 and size_max2>=400:
192         if BB2[middle]<400:
193             AA1=Y*(A1==I_array[big]+1)
194             img5=main(A1,img5,AA1,fr_array[big],fc_array[big],0)
195         else:
196             AA1=Y*(A1==I_array[middle]+1)
197             img5=main(A1,img5,AA1,fr_array[middle],fc_array[middle],0)
198
199     #one or no region is larger than 400
200     else:
201         A1=myArray2Image(A1,'L')
202         A1=np.array(A1.resize((640,480)))
203         tmp=(A1>0)
204         tmp2=np.ones(shape=(480,640))
205         img5=img5.astype('float64')
206         img5[:,:,0]*=(0.5*tmp+0.5*tmp2)
207         img5[:,:,1]*=(0.5*tmp+0.5*tmp2)
208         img5[:,:,2]*=(0.5*tmp+0.5*tmp2)
209         img5=myArray2Image(img5,'RGB')
210         img5=np.array(img5)
211
212     cv2.imshow('frame',img5)
213
214     t_end=time.time()
215     print t_end-t_start
216
217     if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
218         break
219
```