Práctica 2: Clasificador Bayesiano

Aguilar Luna Gabriel Daniel, Rodríguez Agiss Zuriel Uzai

***Abstract*—Practica de la clase de Reconocimiento de Patrones que representa el aprendizaje aprendido en cuánto a Clasificadores Bayesianos**

***Index Terms*—Reconocimiento de Patrones, Clasificadores Bayesianos.**

I. Objetivo

Clasificar imágenes con 2, 3 o 4 regiones utilizando el clasificador de Bayes.

II. Introduction

Un clasificador Naive Bayes es un modelo probabilístico de aprendizaje automático que se utiliza para la tarea de clasificación. El fundamento del clasificador se basa en el teorema de Bayes.

$$P(A \mid B) = \frac{P(B \mid A)P(A)}{P(B)}$$

Utilizando el teorema de Bayes, podemos encontrar la probabilidad de que ocurra A, dado que ocurrió B. Aquí, B es la evidencia y A es la hipótesis. La suposición que se hace aquí es que los predictores / características son independientes. Que la presencia de una característica en particular no afecte a la otra. De ahí que se le llame ingenuo.

Para su aplicación se debe e reescribir el Teorema de Bayes como a continuación

$$P(y \mid X) = \frac{P(X \mid y)P(y)}{P(X)}$$

La variable y es la variable de clase (jugar golf, ser una flor), que representa si se pertenece o no a la clase dadas las condiciones. La variable X representa los parámetros/características. X se da como,

$$X = (x_1, x_2, x_3, ..., x_n)$$

Aquí x_1, x_2… .x_n representan las características, es decir, se pueden asignar a la perspectiva, la temperatura, la humedad y el viento. Sustituyendo X y expandiendo usando la regla de la cadena obtenemos,

$$P(y \mid x_1, x_2, x_3, ..., x_n) = \frac{P(X_1 \mid y)P(X_2 \mid y)...P(X_n \mid y)P(y)}{P(x_1)P(x_2)...P(x_n)}$$

Ahora, puede obtener los valores para cada uno mirando el conjunto de datos y sustituirlos en la ecuación. Para todas las entradas del conjunto de datos, el denominador no cambia, permanece estático. Por tanto, se puede eliminar el denominador y se puede introducir una proporcionalidad.

$$P(y|x_1, ..., x_n) \propto P(y) \prod_{i=1}^{n} P(x_i|y)$$

$$P(y) \prod_{i=a}^{n} P(x_i \mid y)$$

En nuestro caso, la variable de clase (y) tiene solo dos resultados, sí o no. Puede haber casos en los que la clasificación sea multivariante. Por lo tanto, necesitamos encontrar la clase y con máxima probabilidad.

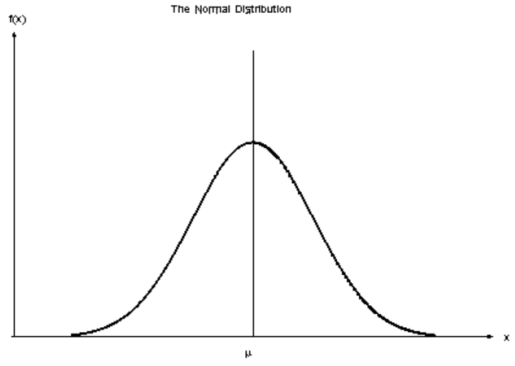
$$y = argmax_y P(y) \prod_{i=a}^{n} f(i) P(x_i \mid y)$$

A. Tipos de clasificador Bayes ingenuo:

1) Bayes ingenuo multinomial:: Esto se usa principalmente para problemas de clasificación de documentos, es decir, si un documento pertenece a la categoría de deportes, política, tecnología, etc. Las características / predictores utilizados por el clasificador son la frecuencia de las palabras presentes en el documento.

2) Bernoulli ingenuo Bayes:: Esto es similar a los bayes ingenuos multinomiales, pero los predictores son variables booleanas. Los parámetros que usamos para predecir la variable de clase toman solo valores sí o no, por ejemplo si una palabra aparece en el texto o no.

3) Bayes ingenuo gaussiano:: Cuando los predictores toman un valor continuo y no son discretos, asumimos que estos valores se muestrean a partir de una distribución gaussiana.

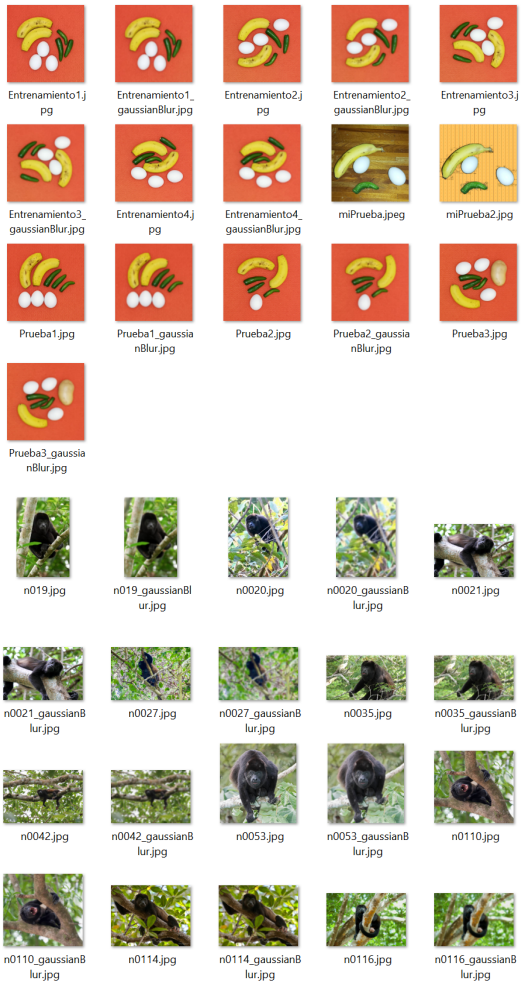


Dado que la forma en que los valores están presentes en el conjunto de datos cambia, la fórmula para la probabilidad condicional cambia a,

$$P(x_i \mid y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_y^2}} \exp\left(-\frac{(x_i - \mu_y)^2}{2\sigma_y^2}\right)$$

III. Desarrollo

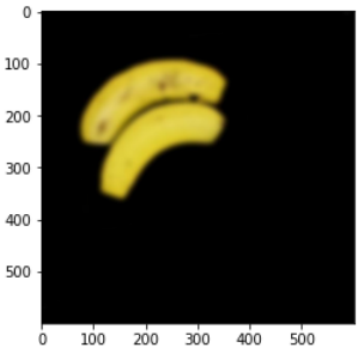
Para el desarrollo de la siguiente práctica se cuentan con los siguientes conjuntos de imágenes que van a servir tanto para entrenar al modelo como para ponerlo a prueba

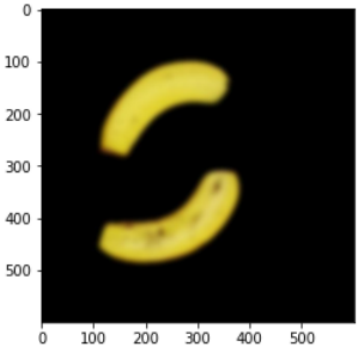


Se observa que por cada imagen por medio de Python se realizó una transformada Gaussiana para su mejor procesamiento.

A continuación se aprecian ejemplos de las máscaras usadas para analizar el conjunto de imágenes de alimentos y monos

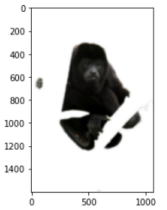
```
matriz_platanos = pixelsMatrix('platanos')
```

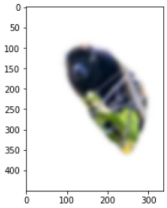




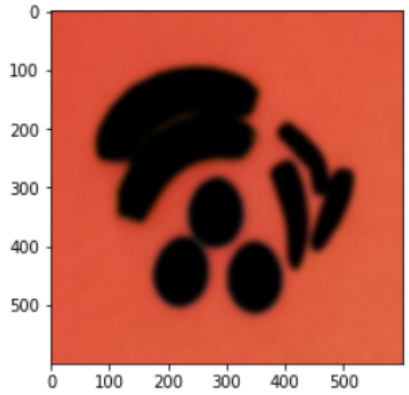
A continuación se muestran las imagenes con mascara para los monos:

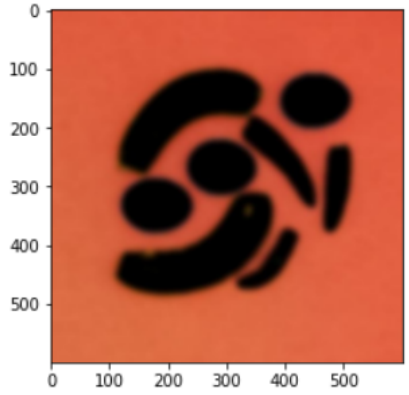
```
In [19]: matriz_monos, pixeles_probados_monos = pixelsMatrix_blanco('monos')
```



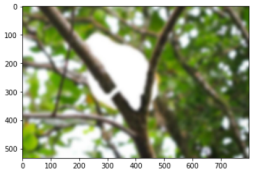


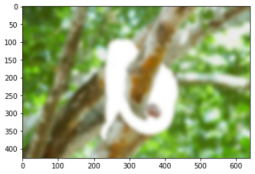
```
matriz_fondos = pixelsMatrix('fondos')
```





```
In [20]: matriz_fondos_monos, pixeles_probados_monosf = pixelsMatrix_blanco('monos-fondo')
```





El objetivo final es implementar la siguiente función

$$Y_k(X) = \frac{-1}{2}(X - \boldsymbol{\mu_k})^T {S_k}^{-1}(X - \boldsymbol{\mu_k}) - \frac{1}{2} ln|S_k| + lnP(C_k)$$

Para ello el primero paso será obtener el valor de las MU's μ_k para cada clase

Calculos y definicion de variables utiles:

```
In [14]: MU_plt = np.mean(matriz_platanos, axis=0)
         MU_chl = np.mean(matriz_chiles, axis=0)
         MU_hvs = np.mean(matriz_huevos, axis=0)
         MU_f = np.mean(matriz_fondos, axis=0)
         MUs_comida = [MU_plt, MU_chl, MU_hvs, MU_f]
         MUs_comida

Out[14]: [array([144.86781065, 129.97474931,  39.56449182]),
          array([27.49149605, 44.55537392, 11.81076929]),
          array([151.73348153, 150.91414429, 151.58632995]),
          array([188.77904517,  78.98711576,  53.5724968 ])]
```

Para ello el primero paso será obtener el valor de las sigmas's Σ para cada clase

```
In [9]: SIGMA_plt = getSigma(matriz_platanos)
        SIGMA_chl = getSigma(matriz_chiles)
        SIGMA_hvs = getSigma(matriz_huevos)
        SIGMA_f = getSigma(matriz_fondos)
        SIGMAs_comida = [SIGMA_plt, SIGMA_chl, SIGMA_hvs, SIGMA_f]
        SIGMAs_comida

Out[9]: [array([[7952.46639966, 7369.52241323, 2400.47254147],
                [7369.52241323, 6861.86945079, 2258.762418  ],
                [2400.47254147, 2258.762418  ,  865.64896598]]),
         array([[ 478.81552957,  824.6835157 ,  283.60090267],
                [ 824.6835157 , 1510.10111603,  511.39931969],
                [ 283.60090267,  511.39931969,  230.24787702]]),
         array([[8762.15259112, 8923.72160776, 9014.22178439],
                [8923.72160776, 9105.36636168, 9198.26493459],
                [9014.22178439, 9198.26493459, 9298.05089381]]),
         array([[5155.92713409, 2163.26281371, 1501.25037281],
                [2163.26281371,  953.913919  ,  648.02718693],
                [1501.25037281,  648.02718693,  452.25270504]])]
```

Y para no tener que invertir cada vez que ejecutamos pixel por pixel la invertimos de una vez

```
In [10]: SIGMA_plt_inv = np.linalg.inv(SIGMA_plt)
         SIGMA_chl_inv = np.linalg.inv(SIGMA_chl)
         SIGMA_hvs_inv = np.linalg.inv(SIGMA_hvs)
         SIGMA_f_inv = np.linalg.inv(SIGMA_f)
         SIGMAs_inv_comida = [SIGMA_plt_inv, SIGMA_chl_inv, SIGMA_hvs_inv, SIGMA_f_inv]
         SIGMAs_inv_comida

Out[10]: [array([[ 0.03081459, -0.03520383,  0.00640851],
                 [-0.03520383,  0.04125132, -0.01001688],
                 [ 0.00640851, -0.01001688,  0.00952153]]),
          array([[ 0.03556267, -0.01850942, -0.0026923 ],
                 [-0.01850942,  0.01230574, -0.00453362],
                 [-0.0026923 , -0.00453362,  0.01772884]]),
          array([[ 0.06096804, -0.06540462,  0.00559575],
                 [-0.06540462,  0.242089  , -0.17608282],
                 [ 0.00559575, -0.17608282,  0.16887573]]),
          array([[ 0.00599793, -0.00287083, -0.01579653],
                 [-0.00287083,  0.04080012, -0.04893226],
                 [-0.01579653, -0.04893226,  0.12476208]])]
```

Se calcula el valor de la probabilidad de la clase P(C_k)

```
In [11]: probaPlatanos = probaClase(len(matriz_platanos), 600, 600, 4)
         probaChiles = probaClase(len(matriz_chiles), 600, 600, 4)
         probaHuevos = probaClase(len(matriz_huevos), 600, 600, 4)
         probaFondos = probaClase(len(matriz_fondos), 600, 600, 4)
         probasComida = [probaPlatanos, probaChiles, probaHuevos, probaFondos]
         probasComida

Out[11]: [0.18110069444444443,
          0.07774166666666667,
          0.11714583333333334,
          0.8895986111111112]
```

Y finalmente se calculan los valores de la parte derecha

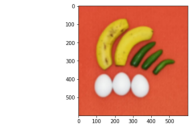
```
In [12]: ldDer_plt = ladoDerecho(np.linalg.det(SIGMA_plt), probaPlatanos)
         ldDer_chl = ladoDerecho(np.linalg.det(SIGMA_chl), probaChiles)
         ldDer_hvs = ladoDerecho(np.linalg.det(SIGMA_hvs), probaHuevos)
         ldDer_f = ladoDerecho(np.linalg.det(SIGMA_f), probaFondos)
         ldDers_comida = [ldDer_plt, ldDer_chl, ldDer_hvs, ldDer_f]
         ldDers_comida

Out[12]: [-10.267949936509723,
          -9.904622237090496,
          -8.992167045882638,
          -7.34893993836054]
```

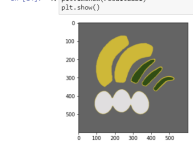
IV. Resultado

En los siguientes resultados se observa el resultado de aplicar el modelo para la detección de zonas. A las zonas que detecte como plátano les va a asignar el color amarillo, huevo blanco, chile verde, fondo gris y el mono negro y el fondo de mono verde

```
In [13]: resultado1 = clasificador('comida/Prueba1_gaussianBlur.jpg', MUs_comida, SIGMAs_inv_comida, ldDers_comida, colores_comida)
```



```
In [14]: plt.imshow(resultado1)
         plt.show()
```



V. Código

```python
import matplotlib.pyplot as plt
import cv2
import skimage as ski
import PIL as pil
import imageio as io
import numpy as np
from PIL import Image, ImageFilter
from shapely.geometry import Polygon, MultiPolygon
from descartes import PolygonPatch
from math import log

# Esta funcion 'desdobla' cadenas para crear un rango y un numero
# eg: '100'=mayores que 100, '0-50'= entre 0 y 50, '10-20,500'= entre 10 y 20 o mayores de 500
def listRanger(rango: str):
    # Separa la cadena por comas
    rango = rango.split(',')
    # Definicion de las variables de retorno
    listarango = []
    mayorq = -1
    # Recorre las sentencias separadas anteriormente
    for x in rango:
        # Si la sentencia tiene un '-' es un rango
        if '-' in x:
            # Los rangos se a aden a la lista listarango
            listax = x.split('-')
            listarango += list(range(int(listax[0]), int(listax[1])))
        # Si no, es una cota inferior
        else:
            # Solo puede existir una de estas cotas en la sentencia
            mayorq = int(x)

    return [listarango, mayorq]

# Esta funci n imprime la imagen junto con las curvas de la posici n nColl de contornos
# Que cumplan con range y retorna un arreglo con dichas curvas.
# Se puede especificar los puntos en el perimetro de las lineas con range. eg: range='400-560'
# Si no se especifica se utiliza '150'
# Se puede especificar un nombre para guardar la imagen resultante con save. eg: save='imagen2.png'
# Si no se especifica se utiliza 'ImCrTMP.png'
# eg: masker.printImCr(fruta, fruta_contornos, 1, range='200', save='comida_contornos.png')
def printImCr(imagen, contornos, nColl, **kwargs):
    # Desdobla range
    rangolstd = listRanger(kwargs["range"] if ("range" in kwargs) else '150')
    # Define variable de retorno
    curvas_array = []
    # Con este for se muestran todas las lineas cuya primera dimension entre en el rango
    for i in contornos.collections[nColl].get_paths():
        # Si cumple con las caracteristicas indicadas en range se a ade al plot y a la var de retorno
        if len(i.vertices) in rangolstd[0] or ((len(i.vertices) > rangolstd[1]) if (rangolstd[1] != -1) else (len(i.vertices) > len(i.vertices)+1)):
            plt.plot(i.vertices[:,0], i.vertices[:,1], '--b')
            curvas_array.append(i.vertices)
    # Muestra la imagen
    plt.imshow(imagen)
    plt.axis('off')
    # Salva la imagen
```

```
    plt.savefig('resultados/'+kwargs["save"] if ("save" in kwargs) else 'resultados/ImCrTMP.png', bbox_inches='tight', transparent=False, pad_inches = 0)
    # Regresa el arreglo
    return curvas_array

# Esta funci n imprime la imagen de fondo junto con los poligonos
# Definidos por las curvas en curvas_arr
# Retorna un obj Multipolygon
def printImPoly(curvas_arr, fondo):
    # Arreglo aux
    poly_array = []
    # Recorre arreglo de curvas
    for crvua in curvas_arr:
        x = crvua[:,0]
        y = crvua[:,1]
        poly_array.append(Polygon([(i[0], i[1]) for i in zip(x,y)]))
    polygons = MultiPolygon(poly_array)
    #len(polygons.geoms)
    #polygons
    fig = plt.figure()
    ax = fig.gca()

    # Plotea la imagen de fondo
    plt.imshow(fondo)
    # Plotea los poligonos
    for poly in polygons:
        ax.add_patch(PolygonPatch(poly))
    #ax.axis('scaled')
    plt.show()
    # Retorna los poligonos
    return polygons

def listaclase(clase, n=4):
    clase_array = []
    for i in range(n):
        objeto = io.imread('entrenamiento-procesado/Entrenamiento'+str(i+1)+'-'+ clase +'_gaussianBlur.jpg')
        clase_array.append(np.array(objeto))
        plt.imshow(objeto)
        plt.show()
    return clase_array

def pixelsMatrix(clase, n=4):
    lista_clase = listaclase(clase, n)
    pixeles_clase = []
    for objeto in lista_clase:
        for renglon in objeto:
            for pixel in renglon:
                if pixel.mean() > 0.:
                    pixeles_clase.append(pixel)
    return np.array(pixeles_clase)

def pixelsMatrix_blanco(clase, n=6):
    lista_clase = listaclase(clase, n)
    pixeles_clase = []
    pixeles_probados = 0
    for objeto in lista_clase:
        for renglon in objeto:
            for pixel in renglon:
                pixeles_probados += 1
                if pixel.mean() < 250.:
                    pixeles_clase.append(pixel)
    return np.array(pixeles_clase), pixeles_probados

def getSigma(matriz_pix):
    MU = np.mean(matriz_pix, axis=0)
    SIGMA = np.zeros((len(MU),len(MU)))

    for pixel in matriz_pix:
        P_MU = np.array([pixel-MU])
        SIGMA += np.dot(np.transpose(P_MU),P_MU)

    return SIGMA / len(matriz_pix)

def probaClase(lenClase, x, y, n):
    return lenClase/(x*y*n)

def ladoDerecho(SIGMA_det, probaClase):
    return (-log(SIGMA_det)/2) + log(probaClase)

def probaPixClase(pixel, MU, SIGMA_inv):
    P_MU = np.array([pixel-MU])
    #print((np.dot(np.dot(P_MU,SIGMA_inv), np.transpose(P_MU))[0,0])/-2)
    return (np.dot(np.dot(P_MU,SIGMA_inv), np.transpose(P_MU))[0,0])/-2

def clasificador(nombre_imagen, MUs, SIGMAs_inv, ldDers, colores):
    prueba_img = io.imread(nombre_imagen)
    prueba = np.array(prueba_img)
    plt.imshow(prueba_img)
    plt.show()

    resultado = np.zeros(prueba.shape, dtype=int)
    for i in range(len(prueba)):
        for j in range(len(prueba[i])):
            arr_aux = []
            for n in range(len(MUs)):
                arr_aux.append(probaPixClase(prueba[i][j], MUs[n], SIGMAs_inv[n])+ldDers[n])
            resultado[i][j]= colores[arr_aux.index(max(arr_aux))]
    return resultado

def makeGaussian(nombre_imagen, valor_radio = 3):
    #codigo de internet para aplicar filtro Gaussiano xd
    #Abriendo imagen con Image
    image = Image.open(nombre_imagen)

    #Aplicando el filtro de Gaussiano
    #Con un valor para el radio igual a 3
    image = image.filter(ImageFilter.GaussianBlur(radius = valor_radio))

    #Se muestra la imagen
    image.show()

    #Se gurada esta nueva imagen borrosa
    #image.save(nombre_imagen[:-4]+"_gaussianBlur.jpg")
```

VI. Conclusión

Al haber implementado un clasificador de Bayes para la clasificación de 2 o más imágenes nos dimos cuenta de que con la aplicación directa de la regla de Bayes da como resultado una problema computacionalmente costoso que no hace más que incrementarse conforme la cantidad de imágenes de entrenamiento y la complejidad aumenta. Por tanto, si bien es un buen punto de partida, no es un clasificador óptimo. Además, aprendimos que es necesario tener un buen volumen de imágenes de entrenamiento y que para ponerlo a prueba exhaustivamente las imágenes de entrenamiento y prueba deben diferir.

VII. Referencias

(s.a) (s.f) matplotlib.pyplot.plot Documentación de Matplotlib. Consultado de https://matplotlib.org/stable/api/_as_gen/matplotlib.pyplot.plot.html

(s.a) (s.f) matplotlib.contour.QuadContourSet Documentación de Matplotlib. Consultado de https://matplotlib.org/stable/api/contour_api.html#matplotlib.contour.QuadContourSet

(s.a) (s.f) matplotlib.image.AxesImage Documentación de Matplotlib. Consultado de https://matplotlib.org/stable/api/image_api.html#matplotlib.image.AxesImage

(s.a) (s.f) matplotlib.pyplot.imshow Documentación de Matplotlib. Consultado de https://matplotlib.org/stable/api/_as_gen/matplotlib.pyplot.imshow.html

(s.a) (s.f) matplotlib.patches.Patch. Documentación de Matplotlib. Consultado de https://matplotlib.org/stable/api/_as_gen/matplotlib.patches.Patch.html

(s.a) (s.f) Shapely and geometric objects. Consultado de https://automating-gis-processes.github.io/site/notebooks/L1/geometric-objects.html

(s.a) (s.f) matplotlib.path. Documentación de Matplotlib. Consultado de https://matplotlib.org/stable/api/path_api.html

(s.a) (s.f) matplotlib.pyplot.plot. Documentación de Matplotlib. Consultado de https://matplotlib.org/stable/api/_as_gen/matplotlib.pyplot.plot.html

(s.a) (s.f) Image Resolution and DPI. Consultado de https://largeprinting.com/resources/image-resolution-and-dpi.html

(s.a)(26 de dic, 2020) Apply a Gauss filter to an image with Python. Geeks for Geeks. Consultado de https://www.geeksforgeeks.org/apply-a-gauss-filter-to-an-image-with-python/

(s.a) (14 de julio, 2019) Python PIL — GaussianBlur() method. Geeks for Geeks. Consultado de https://www.geeksforgeeks.org/python-pil-gaussianblur-method/

gene (13 de abril, 2017) Geopandas Polygon to matplotlib patches Polygon conversion Stack Exchange. Consultado de https://gis.stackexchange.com/questions/197945/geopandas-polygon-to-matplotlib-patches-polygon-conversion

gene (4 de junio, 2014). Converting Matplotlib contour objects to Shapely objects. Stack Overflow. Consultado de https://gis.stackexchange.com/questions/99917/converting-matplotlib-contour-objects-to-shapely-objects

Gillies, S.(27 de sep, 2020) The Shapely User Manual. Shapely. Consultado de https://shapely.readthedocs.io/en/stable/manual.html

jodag. (6 de mayo, 2020) Matplotlib - unable to save image in same resolution as original image. Stack Overflow. Consultado de https://stackoverflow.com/questions/34768717/matplotlib-unable-to-save-image-in-same-resolution-as-original-image#34769840

Ghandi, R. (5 de Mayo, 2018) Naive Bayes Classifier Towards Data Science. Consultado de https://towardsdatascience.com/naive-bayes-classifier-81d512f50a7c

tom10 (23 de Marzo, 2015) Python - convert contours to image. Stack Overflow. Consultado de https://stackoverflow.com/questions/29213238/python-convert-contours-to-image#29214175