



ugr

Universidad
de Granada

PRÁCTICA EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS EN
IMÁGENES

MÁSTER DATCOM

Extracción de Características en Imágenes

Autor

Alberto Armijo Ruiz



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS INFORMÁTICA Y DE
TELECOMUNICACIÓN

—
24 de febrero de 2019

0.1. Resumen

En esta práctica se realizará un estudio sobre diferentes tipos de descriptores de imágenes; en concreto HOG (Histogram of Gradients) y LBP (Local Binary Patterns). De este último se realizará una modificación, para cuál también se realizará un estudio con diferentes clasificadores. Por último, se describirá el proceso para crear un detector de personas en imágenes con uno de los clasificadores generados en los apartados anteriores y se analizarán los resultados que produce.

Esta práctica ha sido realizada en Python 3 junto con OpenCV. Dentro del fichero comprimido se encontrarán los diferentes archivos con la implementación de los descriptores, los archivos de pruebas, el archivo con los resultados, y el archivo que contiene la implementación del detector de personas. Adicionalmente se proporcionan archivos con los datos generados por los descriptores comprimidos ya que tardan bastante en cargarse de forma normal por si se desea ejecutar las pruebas con los diferentes descriptores.

Índice general

0.1. Resumen	3
1. Evaluación del descriptor HOG	11
1.1. Lectura de imágenes, creación del modelo y predicción con nuevas imágenes	11
1.2. Cálculo de medidas de interés para HOG	13
1.3. Pruebas con HOG	14
2. Clasificación con descriptor LBP	19
2.1. Implementación del descriptor LBP	19
2.2. Pruebas con LBP	20
3. Clasificación con descriptor LBP Uniforme	23
3.1. Implementación del descriptor ULBP	23
3.2. Pruebas con LBP Uniforme	24
4. Clasificación con combinación de descriptores	27
4.1. Combinación de descriptores	27
4.2. Pruebas con LBP y HOG combinados	27
4.3. Pruebas con LBP Uniforme y HOG combinados	30
5. Detector de personas multi-escala	33
5.1. Implementación detector de personas	33
5.2. Pruebas con imágenes	34

Índice de figuras

1.1. Ejemplo clasificación con SVM lineal	13
1.2. Resultados de test para HOG	14
5.1. Prueba detección de personas 1	34
5.2. Prueba detección de personas 2	35
5.3. Prueba detección de personas 3	36

Índice de cuadros

1.1. Validación con SVM kernel lineal	15
1.2. Validación con SVM kernel RBF	15
1.3. Validación con SVM kernel polinómico grado 2	16
1.4. Validación con SVM kernel polinómico grado 3	16
1.5. Validación con SVM kernel polinómico grado 4	16
1.6. Validación con SVM kernel polinómico grado 5	16
1.7. Validación con SVM kernel sigmoidal	17
1.8. Validación con SVM kernel Chi Cuadrado	17
1.9. Validación con SVM kernel Inter	17
2.1. Validación con SVM kernel lineal	20
2.2. Validación con SVM kernel RBF	20
2.3. Validación con SVM kernel polinómico grado 2	20
2.4. Validación con SVM kernel polinómico grado 3	20
2.5. Validación con SVM kernel polinómico grado 4	21
2.6. Validación con SVM kernel polinómico grado 5	21
2.7. Validación con SVM kernel sigmoidal	21
2.8. Validación con SVM kernel Chi Cuadrado	21
2.9. Validación con SVM kernel Inter	22
3.1. Validación con SVM kernel lineal	24
3.2. Validación con SVM kernel RBF	24
3.3. Validación con SVM kernel polinómico grado 2	24
3.4. Validación con SVM kernel polinómico grado 3	25
3.5. Validación con SVM kernel polinómico grado 4	25
3.6. Validación con SVM kernel polinómico grado 5	25
3.7. Validación con SVM kernel sigmoidal	25
3.8. Validación con SVM kernel Chi Cuadrado	26
3.9. Validación con SVM kernel Inter	26
4.1. Validación con SVM kernel lineal	27
4.2. Validación con SVM kernel RBF	28
4.3. Validación con SVM kernel polinómico grado 2	28

4.4. Validación con SVM kernel polinómico grado 3	28
4.5. Validación con SVM kernel polinómico grado 4	28
4.6. Validación con SVM kernel polinómico grado 5	29
4.7. Validación con SVM kernel sigmoidal	29
4.8. Validación con SVM kernel Chi Cuadrado	29
4.9. Validación con SVM kernel Inter	29
4.10. Validación con SVM kernel lineal	30
4.11. Validación con SVM kernel RBF	30
4.12. Validación con SVM kernel polinómico grado 2	30
4.13. Validación con SVM kernel polinómico grado 3	30
4.14. Validación con SVM kernel polinómico grado 4	31
4.15. Validación con SVM kernel polinómico grado 5	31
4.16. Validación con SVM kernel sigmoidal	31
4.17. Validación con SVM kernel Chi Cuadrado	31
4.18. Validación con SVM kernel Inter	32

Capítulo 1

Evaluación del descriptor HOG

Para esta primera parte de la práctica se realizará un análisis de los resultados obtenidos con el descriptor HOG (Histogram of Gradients), para ello, se definirán diferentes funciones, tanto para entrenar el modelo y obtener resultados como para hacer validación cruzada. El contenido que se va a explicar a continuación se encuentra dentro de los archivos **Extracción de rasgos.py** y **pruebas_hog.py**.

1.1. Lectura de imágenes, creación del modelo y predicción con nuevas imágenes

Lo primero que se debe hacer es leer los datos, para ello se ha creado la función *loadTrainingData()*, esta función se encarga de abrir cada una de las imágenes contenidas en la carpeta de train que se proporciona con la práctica de ejemplo *ECI.Practica*; por cada una de las imágenes se computa el descriptor HOG; para ello se hace uso de la función *cv2.HOGDescriptor().compute()*.

Para esta práctica se está utilizando un descriptor HOG con parámetros por defecto; este descriptor por defecto utiliza un tamaño de ventana de 128x64, bloques de 16x16, desplazamientos de 8x8, ... Con estos parámetros obtenemos por cada ventana 3780 características. Las imágenes que se utilizan en esta práctica son de 128x64, por lo que al utilizar el descriptor sobre estas cada una producirá un vector con 3780 características. Además de computar el descriptor por cada una de las imágenes, se añaden también a un vector la clase a la que pertenece cada imagen; dicho vector contiene unos (imágenes con personas en las fotos) y ceros (imágenes con fondo, sin personas). Una vez se han generado todas las imágenes se devuelve una matriz que contiene todos los descriptores calculados y un vector con la clase de cada imagen.

Tras esto, se debe entrenar un modelo para después poder predecir clases de una imagen dada; para ello, se utilizará como clasificador un *SVM* contenido en la librería de *OpenCV*. Este clasificador permite utilizar diferentes tipos de “kernels” que se utilizan

después para realizar transformaciones a los datos y conseguir una mejor separación de estos; por el momento se va a utilizar un kernel lineal, más tarde se realizarán pruebas con diferentes kernels y se analizarán los resultados obtenidos.

Para utilizar este clasificador es necesario utilizar la función *cv.ml.SVM_create()*, esta función nos genera un *SVM* vacío al que le podemos aplicar los parámetros que queramos, por defecto se definirá el tipo de kernel (lineal) y el tipo de SVM (en este caso de clasificación); también se le pueden (o deben) añadir más parámetros dependiendo del tipo de kernel que se utilice. Una vez definidos dichos parámetros del *SVM* se utiliza la función *train()* a la que se le pasa la matriz de descriptores, el vector de clases de las imágenes y además se le añade un parámetro indicando si las filas son los ejemplos o son las columnas (en el caso de esta práctica son las filas las que contienen cada uno de los ejemplos). Todo esto está contenido dentro de la función *train()*, definida dentro de la práctica, a la cual se le pasa la matriz de descriptores, el vector de clases, el tipo de kernel que utilizará el clasificador, y un parámetro llamado “degree” utilizado por algunos kernels.

Una vez se ha entrenado el modelo, podemos utilizarlo para predecir la clase de una imagen. Para ello se ha creado la función *test()*, a la cual se le pasa una imagen y el clasificador que queremos utilizar. Para la imagen dada se computa su descriptor HOG; tras esto, se utiliza la función *clasificador.predict()* para obtener la predicción; este método nos devuelve una tupla, de la cual nos interesa el segundo valor de esta, en la cual se encuentra un vector con la clase predicha para la imagen; si se utilizara la función *clasificador.predict()* sobre varios descriptores, este vector contendría la clase predicha para cada uno de los descriptores.

El proceso de crear leer las imágenes, crear un modelo y realizar una prueba con una imagen esta contenido dentro de la función *ejemploClasificadorImagenes()* dentro de este ejemplo se utiliza como test una imagen de una persona, por lo que el resultado de la predicción debe de ser uno. A continuación se mostrará la imagen utilizada y una foto con la salida de la función.

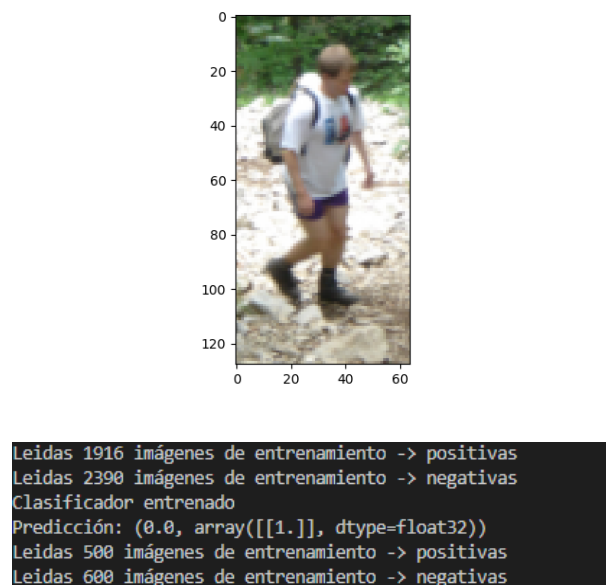


Figura 1.1: Ejemplo clasificación con SVM lineal

1.2. Cálculo de medidas de interés para HOG

En este apartado, se describirá el proceso realizado para obtener medidas de interés sobre el clasificador, para ello se cargará un conjunto de imágenes de test y se creará una función para calcular diferentes medidas de interés.

Para cargar el conjunto de imágenes de test se realiza el mismo proceso que en el apartado anterior, pero en vez de computar el descriptor para estas imágenes se guardan las imágenes; esto se realiza en la función *loadTestData()*. Tras esto se utiliza la función *test()* sobre cada una de las imágenes y se obtienen las predicciones del clasificador. Una vez se han obtenido las predicciones éstas se guardan en un vector y se utiliza la función *calculateMetrics()* para obtener las diferentes medidas.

La función *calculateMetrics()* se encarga de obtener medidas de interés para los datos que se predicen, dichas medidas son *F1-score*, *Accuracy*, *Precision*, *True Negative Rate*, *True Positive Rate*. A esta función se le debe pasar la predicción hecha por el clasificador y la clase real de los datos. Dichas medidas miden lo siguiente:

- **Accuracy:** mide el porcentaje de predicciones correctas sobre el total de predicciones realizadas.
- **Precision:** mide el porcentaje de predicciones positivas reales sobre el total de predicciones positivas realizadas, es decir, el porcentaje de imágenes que se han

clasificado como positivas que realmente son positivas.

- **True Positive Rate:** mide el porcentaje de predicciones positivas hechas sobre el total de datos positivos que hay, es decir, el porcentaje de imágenes positivas que se han clasificado como positivas.
- **True Negative Rate:** mide el porcentaje de predicciones negativas hechas sobre el total de datos negativos que hay, es decir, el porcentaje de imágenes negativas que se han clasificado como negativas.
- **F1-score:** está medida calcula una proporción entre *Precision* y *True Positive Rate*, indica la calidad de la predicción de la clase positiva, en nuestro caso sería detectar a una persona en la imagen. Esta medida decrece sin cualquiera de las dos medidas anteriores decrece.

Estas medidas nos serán útiles para conocer mejor como se está ajustando el clasificador entrenado con los datos. Los resultados obtenidos para nuestro conjunto de test son los siguientes.

```
['accuracy': array([[0.96454545]]), 'truepositiverate': array([[0.95]]), 'truenegativerate': array([[0.9766667]]), 'precision': array([[0.97137814]]), 'F1': array([[0.96856623]])]
```

Figura 1.2: Resultados de test para HOG

Como se puede ver, los resultados son bastante buenos, obteniendo un 96 % aproximado de acierto, como se puede ver en el resto de medidas, el clasificador ha obtenido mejores resultados clasificando imágenes como fondo que como persona, aunque realmente no hay mucha diferencia.

1.3. Pruebas con HOG

En este apartado se compararán diferentes clasificadores a través de las medidas de interés descritas en el apartado anterior. Para este apartado se han utilizado todas las imágenes, en total 5406, y se ha utilizado validación cruzada para crear diferentes conjuntos de validación, de esta forma se pueden ver resultados más generales que no dependan solamente de los resultados de un único conjunto de validación y estar más seguros de la calidad del clasificador.

Para realizar validación cruzada se ha creado la función *crossValidation()* esta función tiene como parámetros la matriz de datos con los descriptores, el vector de clases de dichos casos y el número de validaciones a realizar, por defecto este último parámetro es 5, el cual es el número de validaciones que se han utilizado para realizar el estudio de los diferentes clasificadores. También tiene parámetros adicionales para poder definir las características del clasificador. Dentro de esta función se realiza el siguiente proceso por cada validación.

1. Se crea un conjunto de datos de validación. Para ello se utiliza la función de la librería `sklearn.train_test_split()`; dicha función nos divide el conjunto de datos en un conjunto de datos de train y otro de test; para ello elige de forma aleatoria cada vez un conjunto de datos para test y forma el conjunto de train sin incluir dichos datos. Para el estudio se ha utilizado un tamaño de train del 80 % de los datos y un 20 % para test.
2. Se crea un modelo y se entrena con el conjunto de datos de test.
3. Se obtienen las predicciones de este modelo para los datos de test, se calculan la medidas anteriormente descritas y se guardan.
4. Se actualiza el mejor modelo obtenido hasta el modelo, para ello se utiliza la medida *Accuracy*; esto nos será útil para guardar el mejor modelo encontrado para la validación y utilizarlo más tarde si es necesario.

Ahora, pasaremos a comentar los resultados obtenidos por el descriptor HOG con diferentes kernels de SVM y variando algunos parámetros. Los clasificadores que se han entrenado son los siguientes: SVM con kernel lineal, SVM con kernel radial (RBF), SVM con kernel polinómico con grados 2, 3, 4 y 5, SVM con kernel sigmoidal, SVM con kernel Chi Cuadrado y SVM con kernel Inter. Para cada uno de los modelo se han realizado 5 validaciones. Los parámetros a excepción de los diferentes clasificadores son los que hay por defecto; esto se ha hecho así para evitar ajustar los parámetros a un tipo de descriptor, ya que con otros descriptores; como los que se verán más adelante, los resultados pueden no ser justos por dichos parámetros. Los resultados son los siguientes:

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.955533	0.960259	0.966527	0.973019	0.944785
1	0.960566	0.963956	0.979381	0.982699	0.942460
2	0.959474	0.965804	0.962637	0.972756	0.956332
3	0.953751	0.958410	0.960663	0.967905	0.946939
4	0.970854	0.973198	0.979716	0.982759	0.962151

Cuadro 1.1: Validación con SVM kernel lineal

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.853179	0.882625	0.960938	0.975042	0.767152
1	0.834146	0.874307	0.957983	0.975767	0.738661
2	0.850123	0.887246	0.971910	0.983974	0.755459
3	0.854237	0.880776	0.952141	0.968013	0.774590
4	0.865106	0.888170	0.948655	0.964646	0.795082

Cuadro 1.2: Validación con SVM kernel RBF

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.963441	0.968577	0.976035	0.981997	0.951168
1	0.969008	0.972274	0.985294	0.988136	0.953252
2	0.973601	0.976895	0.976695	0.981878	0.970526
3	0.974039	0.976895	0.979123	0.983278	0.969008
4	0.968442	0.970425	0.983968	0.985891	0.953398

Cuadro 1.3: Validación con SVM kernel polinómico grado 2

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.978238	0.980591	0.989518	0.991582	0.967213
1	0.979955	0.983364	0.988764	0.992051	0.971302
2	0.968153	0.972274	0.976445	0.981878	0.960000
3	0.973577	0.975970	0.979550	0.982964	0.967677
4	0.974722	0.976895	0.993814	0.994810	0.956349

Cuadro 1.4: Validación con SVM kernel polinómico grado 3

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.970684	0.975046	0.984581	0.988618	0.957173
1	0.969325	0.972274	0.983402	0.986348	0.955645
2	0.981289	0.983364	0.995781	0.996633	0.967213
3	0.973188	0.975046	1.000000	1.000000	0.947776
4	0.972860	0.975970	0.991489	0.993266	0.954918

Cuadro 1.5: Validación con SVM kernel polinómico grado 4

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.970982	0.975970	0.981941	0.987281	0.960265
1	0.973568	0.977819	0.988814	0.991948	0.958785
2	0.971904	0.975046	0.991507	0.993243	0.953061
3	0.972399	0.975970	0.982833	0.986799	0.962185
4	0.966135	0.968577	0.981781	0.984266	0.950980

Cuadro 1.6: Validación con SVM kernel polinómico grado 5

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.530194	0.575786	0.531828	0.614865	0.528571
1	0.531154	0.575786	0.521042	0.602990	0.541667
2	0.617252	0.446396	0.446396	0.000000	1.000000
3	0.535865	0.593346	0.541578	0.643449	0.530271
4	0.520686	0.560998	0.503906	0.578773	0.538622

Cuadro 1.7: Validación con SVM kernel sigmoidal

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.698479	0.597043	0.539530	0.246503	0.990196
1	0.651129	0.557301	0.489059	0.250401	0.973856
2	0.661839	0.568392	0.500000	0.256911	0.978587
3	0.670968	0.575786	0.506494	0.253682	0.993631
4	0.684507	0.585952	0.524838	0.251701	0.983806

Cuadro 1.8: Validación con SVM kernel Chi Cuadrado

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.970854	0.973198	0.977733	0.981067	0.964072
1	0.975242	0.978743	0.997797	0.998353	0.953684
2	0.976999	0.980591	0.986726	0.990338	0.967462
3	0.977459	0.979667	0.987578	0.989813	0.967546
4	0.988004	0.989834	0.993421	0.995169	0.982646

Cuadro 1.9: Validación con SVM kernel Inter

Como se puede ver, el clasificador con kernel lineal obtiene buenos resultados de forma general, mejorando en una de sus validaciones a los resultados que se habían obtenido para test. Otros clasificadores como por el ejemplo el SVM con kernel RBF obtiene unos resultados algo peores, equivocándose bastante más que el clasificador con kernel lineal al clasificar personas. Otros clasificadores, como por ejemplo los que utilizan kernel polinómico o Inter obtienen resultados bastante parecidos a los obtenidos por el clasificador lineal. Por último, los clasificadores con kernel sigmoidal y Chi Cuadrado obtienen unos resultados bastante pobres, en el caso del primero no consigue diferenciar entre las clases y por ello obtiene resultados parecidos al de un clasificador aleatorio; en el caso del segundo clasificador se sobreajusta a los datos y elige en su mayoría de los datos como clase 1 (persona) por lo que se puede ver en la tabla (el *True Positive Rate* es bastante alto mientras que *Precision* no lo es).

Capítulo 2

Clasificación con descriptor LBP

En este apartado se describirá la clase *LBP*, dicha clase implementa el funcionamiento del descriptor LBP. También se describirá el proceso necesario para obtener la matriz de descriptores generados con LBP. Por último se mostrarán los resultados obtenidos por diferentes modelos y se comentarán y compararán con los obtenidos con el descriptor HOG. La implementación del descriptor, el archivo pruebas se pueden encontrar en los ficheros **lbp.py** y **prueba_lbp.py**; la función utilizada para cargar los datos en el fichero de pruebas y la función utilizada para computar el descriptor para cada una de las imágenes se pueden encontrar en el fichero **functions.py**

2.1. Implementación del descriptor LBP

Para la implementar el descriptor LBP se ha creado una clase, llamada *LBP*. Dicha clase contiene el tamaño de la ventana, el número de vecinos a comparar y el tamaño de bloque. Dentro de esta clase se encuentra la función *computeLBPpixel()* dicha función se encarga de comparar el valor de cada píxel con sus vecinos y de computar el valor LBP con los resultados obtenidos de la comparación. También se encuentra la función *computeLBPblock()*, dicha función toma como argumentos la posición inicial del bloque y la imagen y computa el valor de cada píxel dentro de los límites del bloque. Por último tenemos la función *computeLBPWindows()*, que toma como argumento la posición del primer píxel de la ventana y la imagen, con estos datos va llamando a la función descrita anteriormente hasta computar la ventana entera. También está la función *compute()* a la cual se le pasa la imagen y esta llama *computeLBPWindow()*.

Una vez creada esta clase ya se pueden calcular los descriptores LBP para las imágenes. Para realizar la tarea de leer y computar los descriptores de la imágenes de forma general se ha implementado la función *loadImages()* la cual toma de argumento un objeto de la clase del descriptor que se quiera utilizar siempre que su funcionamiento sea de la siguiente forma : *descriptor.compute(imagen)*. Esta función se ha probado con HOG, la clase LBP implementada y la clase LBP-Uniforme, cuya descripción se encuentra en el siguiente apartado.

2.2. Pruebas con LBP

Para generar las validaciones con los diferentes modelos, se ha utilizado la función *crossValidation()* (es la misma que se utiliza para el primer apartado) contenida en el archivo **functions.py**. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.722057	0.740296	0.717092	0.751724	0.727092
1	0.724521	0.747689	0.699805	0.745033	0.751046
2	0.750000	0.767098	0.720000	0.754591	0.782609
3	0.752753	0.771719	0.743083	0.779287	0.762677
4	0.705385	0.742144	0.685832	0.754019	0.726087

Cuadro 2.1: Validación con SVM kernel lineal

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.609646	0.439002	0.438483	0.001645	1.0
1	0.620778	0.450092	0.450092	0.000000	1.0
2	0.612821	0.441774	0.441774	0.000000	1.0
3	0.637681	0.468577	0.468085	0.001736	1.0
4	0.611432	0.440850	0.440333	0.001650	1.0

Cuadro 2.2: Validación con SVM kernel RBF

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.757515	0.776340	0.744094	0.780405	0.771429
1	0.742911	0.748614	0.711957	0.723958	0.776680
2	0.752437	0.765250	0.735238	0.760757	0.770459
3	0.738144	0.765250	0.720322	0.771757	0.756871
4	0.754297	0.775416	0.732809	0.774086	0.777083

Cuadro 2.3: Validación con SVM kernel polinómico grado 2

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.762548	0.772643	0.745283	0.765625	0.780632
1	0.769691	0.786506	0.745174	0.778894	0.795876
2	0.753651	0.766174	0.706204	0.733002	0.807933
3	0.763674	0.788355	0.728346	0.777778	0.802603
4	0.768145	0.787431	0.750000	0.787625	0.787190

Cuadro 2.4: Validación con SVM kernel polinómico grado 3

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.347555	0.420518	0.352321	0.484034	0.342916
1	0.359743	0.447320	0.365217	0.519737	0.354430
2	0.288248	0.406654	0.311005	0.518395	0.268595
3	0.727823	0.750462	0.691571	0.736928	0.768085
4	0.373253	0.419593	0.349533	0.434146	0.400428

Cuadro 2.5: Validación con SVM kernel polinómico grado 4

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.613709	0.442699	0.442699	0.0	1.0
1	0.612821	0.441774	0.441774	0.0	1.0
2	0.624285	0.453789	0.453789	0.0	1.0
3	0.623410	0.452865	0.452865	0.0	1.0
4	0.624285	0.453789	0.453789	0.0	1.0

Cuadro 2.6: Validación con SVM kernel polinómico grado 5

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.619898	0.449168	0.449168	0.0	1.0
1	0.626032	0.455638	0.455638	0.0	1.0
2	0.609254	0.438078	0.438078	0.0	1.0
3	0.607465	0.436229	0.436229	0.0	1.0
4	0.629512	0.459335	0.459335	0.0	1.0

Cuadro 2.7: Validación con SVM kernel sigmoidal

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.619017	0.448244	0.448244	0.000000	1.0
1	0.626429	0.456562	0.456059	0.001698	1.0
2	0.625478	0.456562	0.455051	0.005076	1.0
3	0.612323	0.441774	0.441258	0.001653	1.0
4	0.609646	0.439002	0.438483	0.001645	1.0

Cuadro 2.8: Validación con SVM kernel Chi Cuadrado

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.922912	0.933457	0.907368	0.929374	0.938998
1	0.926625	0.935305	0.920833	0.937500	0.932489
2	0.924731	0.935305	0.932755	0.949429	0.916844
3	0.934322	0.942699	0.928421	0.944535	0.940299
4	0.939516	0.944547	0.939516	0.948805	0.939516

Cuadro 2.9: Validación con SVM kernel Inter

Como se puede ver, alguno de los resultados obtenidos rondan entre el 70-75 %, por ejemplo el clasificador con kernel lineal, o algunos de los kernels polinómico de grado bajo. Otros clasificadores obtiene resultados muy pobres, sobreajustándose a los datos y prediciendo todos los valores a uno, eso pasa en los clasificadores polinómicos de grado mayor, el clasificador de kernel RBF, el clasificador de kernel sigmoidal y el clasificador de kernel Chi Cuadrado. En cambio, el clasificador con kernel Inter obtiene resultados en todas sus validaciones algo mayores del 90 % y es con diferencia el mejor clasificador encontrado para LBP.

A excepción del clasificador con kernel Inter, que obtiene resultados muy parejos tanto con descriptores HOG como con descriptores LBP, los resultados obtenidos por los clasificadores entrenados con descriptores LBP son peores que los obtenidos por HOG. Esto puede ser por la diferencia en el número de características que se obtienen de cada uno, para el caso de HOG se extraen 3780 características por imagen y para LBP 26880, la gran características de este último puede provocar que los clasificadores obtenidos sufran de sobreaprendizaje. Además, uno de los problemas de LBP es que contiene valores entre 0 y 255, de los cuales solamente unos pocos son realmente relevantes (existen formas de evitar este problema como se verá en el siguiente caso), esto puede estar provocando también este peor rendimiento de los clasificadores.

Capítulo 3

Clasificación con descriptor LBP Uniforme

En este apartado se describirá la implementación de la clase *ULBP*, que implementa el funcionamiento del descriptor LBP-Uniforme. Tras esto se mostrarán los resultados obtenidos por los descriptores generados por dicha clase y se analizarán y compararán con los obtenidos por los descriptores de los apartados anteriores. La implementación de la clase descrita y las pruebas realizadas se pueden encontrar en los ficheros **uniform_lbp.py** y **prueba_lbp_uniforme.py**.

3.1. Implementación del descriptor ULBP

Para implementación de este descriptor se ha utilizado la clase *LBP* del apartado anterior añadiendo funciones para obtener los códigos que genera LBP-Uniforme y modificando la función *computeLBPpixel()* para que devuelva la etiqueta necesaria para dicho píxel en vez del valor que genera LBP de forma normal, para ello se ha implementado el método *codeToLabel()*, dicha función tiene como argumento el código LBP generado en ese píxel (vector de 0s y 1s obtenido por la comparación del píxel con sus vecinos), la función devuelve la etiqueta de dicho código (que coincide con la posición en la que son generados los códigos uniformes), si no lo encuentra devuelve la etiqueta utilizada para códigos no uniformes (para el caso de 8 vecinos por píxel es 59).

Para no tener que calcular todos los códigos de LBP que son uniformes cada vez que se computa un descriptor, estos valores se calculan una vez se crea un objeto de la clase *ULBP*. Para calcular estos valores se han implementado tres funciones nuevas. La función *generateAllRotations()*, que tiene como argumentos el número de unos que tiene que haber dentro del código y el número, de esta forma, genera *numero de vecinos - 1* rotaciones del un código inicial; este código inicial es un vector con el número de unos indicado como argumento al principio y el resto ceros hasta completar el tamaño del código, esto lo hace la función *generateInitialVec()*; para hacer una rotación se utiliza la función *np.roll()* de la librería **numpy** que desplaza los elementos de un vector dado

un número x de veces indicado. Una vez generadas todas las rotaciones, se devuelve un vector que las contiene. Por último se ha implementado *generaUniformVects()* que tiene como argumentos el número de vecinos; esta función hace uso de las anteriores para generar todo el conjunto de códigos uniformes de LBP dado el número de vecinos para un píxel.

3.2. Pruebas con LBP Uniforme

En esta sección se muestran los resultados obtenidos por modelos generados con los datos generados por el descriptor LBP-Uniforme. Los resultados son los siguientes:

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.865234	0.872458	0.848659	0.863793	0.882470
1	0.872093	0.878004	0.837989	0.851789	0.909091
2	0.844534	0.856747	0.788390	0.817447	0.909287
3	0.867133	0.877079	0.841085	0.862647	0.894845
4	0.859556	0.877079	0.856842	0.888525	0.862288

Cuadro 3.1: Validación con SVM kernel lineal

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.642812	0.474122	0.473636	0.001754	1.0
1	0.629512	0.459335	0.459335	0.000000	1.0
2	0.618135	0.447320	0.447320	0.000000	1.0
3	0.589693	0.418669	0.418131	0.001587	1.0
4	0.614001	0.444547	0.443003	0.004967	1.0

Cuadro 3.2: Validación con SVM kernel RBF

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.865385	0.870610	0.830258	0.842466	0.903614
1	0.877953	0.885397	0.851145	0.867797	0.906504
2	0.870010	0.882625	0.853414	0.878939	0.887265
3	0.869295	0.883549	0.846465	0.876020	0.893390
4	0.848849	0.860444	0.820116	0.845000	0.879668

Cuadro 3.3: Validación con SVM kernel polinómico grado 2

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.870293	0.885397	0.845528	0.877023	0.896552
1	0.882061	0.890018	0.854127	0.872054	0.911885
2	0.877228	0.885397	0.847036	0.865546	0.909651
3	0.862000	0.872458	0.850099	0.870968	0.874239
4	0.864097	0.876155	0.827184	0.854337	0.904459

Cuadro 3.4: Validación con SVM kernel polinómico grado 3

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.869059	0.875231	0.820513	0.835846	0.923711
1	0.883813	0.891867	0.849237	0.868114	0.921325
2	0.859330	0.864140	0.825368	0.836489	0.896208
3	0.875764	0.887246	0.838207	0.864600	0.916844
4	0.847695	0.859519	0.804183	0.831148	0.896186

Cuadro 3.5: Validación con SVM kernel polinómico grado 4

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.627774	0.457486	0.457486	0.0	1.0
1	0.621656	0.451017	0.451017	0.0	1.0
2	0.616368	0.445471	0.445471	0.0	1.0
3	0.619898	0.449168	0.449168	0.0	1.0
4	0.619898	0.449168	0.449168	0.0	1.0

Cuadro 3.6: Validación con SVM kernel polinómico grado 5

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.640704	0.471349	0.471349	0.0	1.0
1	0.644110	0.475046	0.475046	0.0	1.0
2	0.592062	0.420518	0.420518	0.0	1.0
3	0.643260	0.474122	0.474122	0.0	1.0
4	0.602067	0.430684	0.430684	0.0	1.0

Cuadro 3.7: Validación con SVM kernel sigmoidal

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.621173	0.451017	0.450509	0.001681	1.0
1	0.608360	0.437153	0.437153	0.000000	1.0
2	0.618135	0.447320	0.447320	0.000000	1.0
3	0.625556	0.455638	0.455134	0.001695	1.0
4	0.625159	0.454713	0.454713	0.000000	1.0

Cuadro 3.8: Validación con SVM kernel Chi Cuadrado

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.924025	0.931608	0.912779	0.928453	0.935551
1	0.928355	0.934381	0.918164	0.930743	0.938776
2	0.937033	0.945471	0.940043	0.954248	0.934043
3	0.938525	0.944547	0.952183	0.960818	0.925253
4	0.922441	0.930684	0.915811	0.931894	0.929167

Cuadro 3.9: Validación con SVM kernel Inter

Para este descriptor podemos observar que al igual que para el caso de LBP, obtenemos los mejores resultados con clasificador con kernel Inter, obteniendo resultados muy parecidos. Otros también ofrecen buenos resultados, como son los casos de los clasificadores con kernel lineal, polinómico de grado 2,3 y 4; para los que se pueden ver un rendimiento de entre un 85 % y un 90 % de acierto, superando además los resultados que se obtenían para LBP, esta diferencia puede ser provocada por la diferencia de rango entre ambos descriptores; para el caso de LBP tenemos 256 posibilidades diferentes de las cuales muchas de ellas no aportaban información realmente, para LBP-Uniforme tenemos (para los valores establecidos en esta práctica) 59 valores diferentes donde agrupamos todos los valores que aportaban poca información en uno solo; esto puede hacer que los clasificadores generalicen mejor y por ello obtengan mejores resultados. En el resto de clasificadores los resultados son parecidos a los que había en LBP, posiblemente estos estén provocados por el gran número de características de estos descriptores (26880) que hagan que los clasificadores no generalicen.

Aún habiendo mejorado los resultados conforme a LBP, el rendimiento de HOG sigue siendo superior al obtenido por LBP-Uniforme, habiendo una diferencia de entre 5-10 % en cada uno de los clasificadores. Esta diferencia aumenta para aquellos clasificadores que sobreajustan con LBP-Uniforme.

Capítulo 4

Clasificación con combinación de descriptores

En este apartado se describirá la función que combina los valores de dos descriptores distintos y se mostrarán los resultados obtenidos de realizar validación cruzada con diferentes clasificadores para la combinación de HOG con los otros dos descriptores que se han implementado en esta práctica por separado. El contenido de este apartado se puede encontrar en los ficheros **prueba_combinado.py** y **functions.py** del proyecto.

4.1. Combinación de descriptores

Para combinar dos descriptores se ha implementados la función *addTwoDescriptors()* contenida dentro del archivo **functions.py**. Dicha función toma como argumentos las matrices que contienen los valores de dichos descriptores y forma una nueva concatenando cada una de las filas de dichas matrices en una matriz nueva. Por último devuelve dicha matriz.

4.2. Pruebas con LBP y HOG combinados

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.723044	0.757856	0.702259	0.767255	0.745098
1	0.705179	0.726433	0.680769	0.722408	0.731405
2	0.721408	0.736599	0.716505	0.745645	0.726378
3	0.715875	0.740296	0.700990	0.747492	0.731405
4	0.727459	0.754159	0.712851	0.763245	0.742678

Cuadro 4.1: Validación con SVM kernel lineal

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.620778	0.450092	0.450092	0.000000	1.0
1	0.619898	0.449168	0.449168	0.000000	1.0
2	0.644514	0.475970	0.475486	0.001761	1.0
3	0.611432	0.440850	0.440333	0.001650	1.0
4	0.612323	0.441774	0.441258	0.001653	1.0

Cuadro 4.2: Validación con SVM kernel RBF

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.734486	0.758780	0.730769	0.775717	0.738241
1	0.745174	0.756007	0.704380	0.727273	0.790984
2	0.726688	0.764325	0.698969	0.769716	0.756696
3	0.741107	0.757856	0.706215	0.740433	0.779626
4	0.748996	0.768946	0.741551	0.779287	0.756592

Cuadro 4.3: Validación con SVM kernel polinómico grado 2

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.772139	0.788355	0.740458	0.773710	0.806653
1	0.787234	0.796673	0.749540	0.769882	0.828921
2	0.756320	0.777264	0.712381	0.755663	0.806034
3	0.785855	0.798521	0.736648	0.764415	0.842105
4	0.743083	0.759704	0.716190	0.749580	0.772074

Cuadro 4.4: Validación con SVM kernel polinómico grado 3

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.367816	0.440850	0.375267	0.506734	0.360656
1	0.314894	0.404806	0.341014	0.503472	0.292490
2	0.707269	0.724584	0.683112	0.717428	0.733198
3	0.365011	0.456562	0.378924	0.539867	0.352083
4	0.382353	0.456562	0.367677	0.499200	0.398249

Cuadro 4.5: Validación con SVM kernel polinómico grado 4

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.619898	0.449168	0.449168	0.0	1.0
1	0.596628	0.425139	0.425139	0.0	1.0
2	0.628644	0.458410	0.458410	0.0	1.0
3	0.615483	0.444547	0.444547	0.0	1.0
4	0.604771	0.433457	0.433457	0.0	1.0

Cuadro 4.6: Validación con SVM kernel polinómico grado 5

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.621656	0.451017	0.451017	0.0	1.0
1	0.624285	0.453789	0.453789	0.0	1.0
2	0.618135	0.447320	0.447320	0.0	1.0
3	0.626032	0.455638	0.455638	0.0	1.0
4	0.605670	0.434381	0.434381	0.0	1.0

Cuadro 4.7: Validación con SVM kernel sigmoidal

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.610148	0.439002	0.439002	0.0	1.0
1	0.590228	0.418669	0.418669	0.0	1.0
2	0.614597	0.443623	0.443623	0.0	1.0
3	0.610148	0.439002	0.439002	0.0	1.0
4	0.619898	0.449168	0.449168	0.0	1.0

Cuadro 4.8: Validación con SVM kernel Chi Cuadrado

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.936475	0.942699	0.930754	0.943049	0.942268
1	0.942553	0.950092	0.944563	0.957447	0.940552
2	0.936992	0.942699	0.933198	0.944257	0.940816
3	0.930818	0.939002	0.928870	0.943894	0.932773
4	0.942249	0.947320	0.958763	0.965517	0.92629

Cuadro 4.9: Validación con SVM kernel Inter

Los resultados obtenidos para esta combinación de descriptores son muy parecidos a los obtenidos por el descriptor LBP solo. Esto puede significar que la información contenida por HOG no está siendo considerada por la mayoría de los clasificadores por culpa del gran número de características que hay (más de 30000). La única diferencia es el clasificador con kernel Inter, que mejora un poco los resultados conforme al clasificador entrenado con LBP solo; aún así el clasificador entrenado con HOG solo ofrece mejores resultados que estos dos.

4.3. Pruebas con LBP Uniforme y HOG combinados

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.872763	0.881701	0.859100	0.877342	0.886869
1	0.843198	0.860444	0.825203	0.859247	0.861996
2	0.870352	0.880776	0.849020	0.871022	0.892784
3	0.866397	0.878004	0.864646	0.886248	0.868154
4	0.851020	0.865065	0.834000	0.862126	0.868750

Cuadro 4.10: Validación con SVM kernel lineal

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.626429	0.456562	0.456059	0.001698	1.0
1	0.606061	0.435305	0.434783	0.001634	1.0
2	0.606959	0.436229	0.435708	0.001637	1.0
3	0.611432	0.440850	0.440333	0.001650	1.0
4	0.602456	0.431608	0.431082	0.001623	1.0

Cuadro 4.11: Validación con SVM kernel RBF

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.863354	0.878004	0.842424	0.872340	0.885350
1	0.851365	0.864140	0.820663	0.848185	0.884454
2	0.856863	0.865065	0.830798	0.848639	0.884615
3	0.865580	0.878004	0.838264	0.864909	0.894737
4	0.874239	0.885397	0.858566	0.881271	0.890496

Cuadro 4.12: Validación con SVM kernel polinómico grado 2

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.895382	0.897412	0.869963	0.874780	0.922330
1	0.863859	0.871534	0.833648	0.850847	0.896341
2	0.880553	0.888170	0.864341	0.880342	0.897384
3	0.872319	0.884473	0.837255	0.864600	0.910448
4	0.892754	0.897412	0.871698	0.882149	0.914851

Cuadro 4.13: Validación con SVM kernel polinómico grado 3

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.882704	0.890943	0.855491	0.873950	0.911704
1	0.864754	0.878004	0.819417	0.850242	0.915401
2	0.870466	0.884473	0.831683	0.863344	0.913043
3	0.886228	0.894640	0.847328	0.867550	0.928870
4	0.874146	0.880776	0.840525	0.855932	0.910569

Cuadro 4.14: Validación con SVM kernel polinómico grado 4

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.624285	0.453789	0.453789	0.0	1.0
1	0.637280	0.467652	0.467652	0.0	1.0
2	0.599353	0.427911	0.427911	0.0	1.0
3	0.619898	0.449168	0.449168	0.0	1.0
4	0.649189	0.480591	0.480591	0.0	1.0

Cuadro 4.15: Validación con SVM kernel polinómico grado 5

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.620778	0.450092	0.450092	0.0	1.0
1	0.600259	0.428835	0.428835	0.0	1.0
2	0.617252	0.446396	0.446396	0.0	1.0
3	0.624285	0.453789	0.453789	0.0	1.0
4	0.610148	0.439002	0.439002	0.0	1.0

Cuadro 4.16: Validación con SVM kernel sigmoidal

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.617252	0.446396	0.446396	0.0	1.0
1	0.633838	0.463956	0.463956	0.0	1.0
2	0.634700	0.464880	0.464880	0.0	1.0
3	0.632975	0.463031	0.463031	0.0	1.0
4	0.592062	0.420518	0.420518	0.0	1.0

Cuadro 4.17: Validación con SVM kernel Chi Cuadrado

Validation	F1	accuracy	precision	truenegativerate	truepositiverate
0	0.940239	0.944547	0.927308	0.936968	0.953535
1	0.921466	0.930684	0.918580	0.935644	0.924370
2	0.933761	0.942699	0.918067	0.937299	0.950000
3	0.931452	0.937153	0.914851	0.927731	0.948665
4	0.934120	0.938078	0.920543	0.929432	0.948104

Cuadro 4.18: Validación con SVM kernel Inter

Al igual que para el caso anterior, los resultados obtenidos son muy parecidos a los obtenidos por LBP-Uniforme solo, por lo que parece que los clasificadores no están teniendo en cuenta la información proporcionada por HOG.

Capítulo 5

Detector de personas multi-escala

En este apartado se describen la implementación de un detector de personas con uno de los modelos utilizados anteriormente. El proceso descrito en este apartado se puede encontrar en el fichero **multiscale.py**

5.1. Implementación detector de personas

Para implementar el detector de personas se ha implementado la clase *PedestrianDetector*. Dicha clase utiliza el mejor modelo encontrado en validación de SVM con kernel lineal con HOG; se ha elegido este modelo por tener un buen rendimiento y su rapidez para calcular las predicciones. Para poder cargar este modelo dentro de la clase se ha utilizado la función *cv.ml.SVM.load()* que permite cargar un modelo ya entrenado que haya sido entrenado anteriormente; para guardar el modelo hay que utilizar la función *modelo_svm.save()* indicando el nombre del fichero donde se guardará el modelo, este fichero debe ser *.xml*. El modelo que se ha guardado es el modelo que devuelve la función *crossValidation()*.

Dentro de la clase *PedestrianDetector* hay varios métodos implementados que se utilizan para cuando el detector calcula si hay personas en la imagen. El primer método *createPyramid()*, este tiene como argumento la imagen en la que se quiere detectar personas; lo único que hace este método es devolver un vector con la imagen a diferentes tamaños, estos son la imagen original, la imagen a la mitad de tamaño, a un cuarto de su tamaño, y la imagen a 1.5 de su tamaño; y un vector con la escala de cada una de las imágenes para poder pasar transformar la posición de las ventanas detectadas en diferentes escalas a la escala original. El segundo método es *computeWindows()* que tiene como argumentos un imagen y el desplazamiento de la ventana deseado; este método calcula el descriptor HOG desplazando la ventana por la imagen y devuelve una matriz con los resultados de cada ventana y la posición inicial de cada ventana calculada para después poder dibujar un rectángulo si dicha ventana es clasificada como contenedora de una persona. El tercer método es *checkIfInRange()*, este método calcula si una ventana que contiene a una persona está en rango (esta cerca) de otra ventana elegida anteriormente,

de esta forma se intenta evitar que haya más de una ventana por persona detectada. Por último, está el método *compute2()*, esta función se le pasa la imagen para la cual queremos detectar personas; básicamente, esta función llama a las funciones descritas anteriormente y dibuja las ventanas elegidas finalmente y muestra los resultados por pantalla.

5.2. Pruebas con imágenes

En esta sección se mostrarán los resultados obtenidos para tres imágenes diferentes.

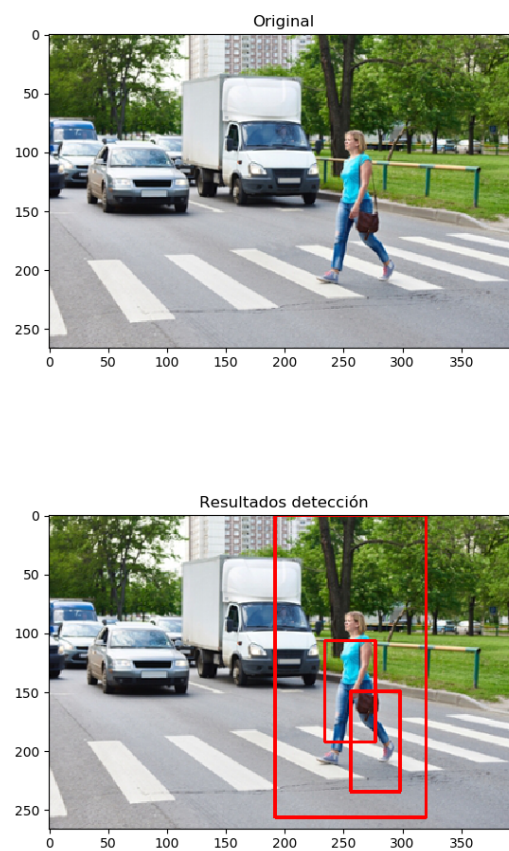


Figura 5.1: Prueba detección de personas 1



Figura 5.2: Prueba detección de personas 2

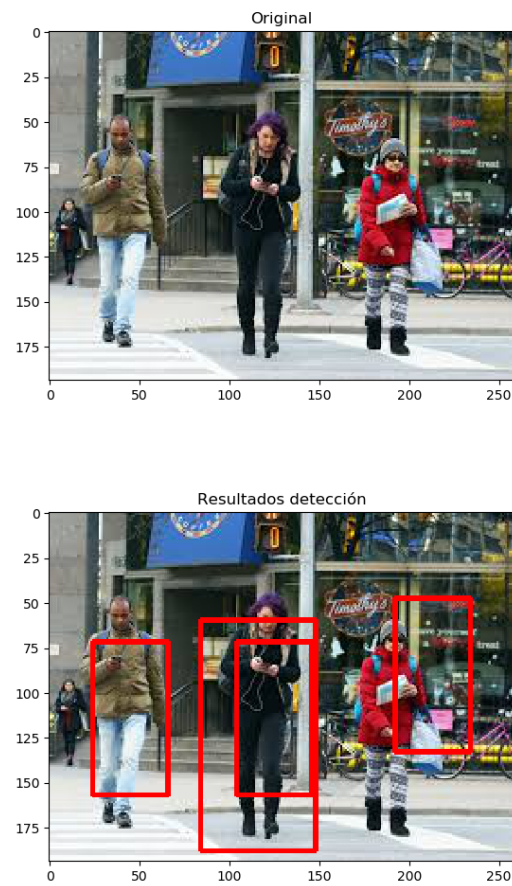


Figura 5.3: Prueba detección de personas 3