

# VISIÓ PER COMPUTADOR

**Pràctica final  
Reconeixement d'equips de futbol en imatges**

Grup m  
Juan Moreno Durán  
Daniel Torres Cirina  
Arnaud Martí Llobet



# Índex

1 Algorisme	<b>3</b>
1.1 Sub-imatge escollida	3
1.2 Dimensions histograma	3
1.3 Bins	3
1.4 Histogrames model per equip	4
1.5 Fragments	4
1.6 Normalització	4
1.7 Equips sense color	4
1.8 Comparació de histogrames	4
2. Experiments	<b>5</b>
2.1 RGB	5
2.2 HSV	14
3. Resultats	<b>23</b>
3.1 RGB	23
3.2 HSV	23
3.3 Comparació	23
4. Funcions	<b>24</b>
<b>5. Millores sobre el checkpoint</b>	<b>24</b>
5.1 Correccions	24
5.2 Reconeixement de tots els equips	24
5.3 Proposta de nous equips	24
<b>6. Segons experiments</b>	<b>25</b>
<b>7. Annex: Codi final</b>	<b>25</b>
7.1 Codi RGB	25
7.2 Codi HSV	25
8. Annex: Codi checkpoint	<b>25</b>
8.1 Codi RGB	25
8.2 Codi HSV	27
8.3 Codi primer intent sense èxit	30

# 1 Algorisme checkpoint

Aquesta pràctica i primer checkpoint, consisteix en detectar la presència d'un jugador del Barcelona en una foto d'entre jugadors d'altres equips. Per assolir-ho, l'estrategia seguida consisteix en generar un histograma model manualment i processat amb diferents tècniques. El model elaborat, ens és útil per a comparar-lo usant alguna funció per decidir si l'equip model apareix o no a la fotografia. A continuació es descriuen els elements considerats en la elaboració d'aquest algoritme de detecció i la especificació del procés.

## 1.1 Sub-imatge escollida

Durant les proves d'obtenció del model, s'ha fet servir una finestra manual per a seleccionar la samarreta d'entre la foto sencera (4 fotos model), i mitjançant aquestes proves amb les diferents imatges i variacions, hem obtingut una idea de què volem buscar i de com escollir el fragment. Per a l'elecció d'aquesta sub-imatge que usem per a calcular el histograma de fragment s'ha especificat dos requeriments principals: l'escala i la ràtio. La funció randomWindow2d és la que permet seleccionar de forma exhaustiva el fragment, que associat a una samarreta està acotat a una area de regió de la imatge de entre 20% i 35% i com que les samarretes són rectangulars, d'aspect ratio 4:3 verticals.

## 1.2 Dimensions histograma

Utilitzem les tres dimensions per als histogrames. Pel cas del Barcelona, es podria prescindir del verd, ja que l'histograma verd no té pràcticament informació, per tant com que repetim el procés pels demés equips, hem eliminat la component.

## 1.3 Bins

Per al número de valors del histograma, o número de bins, es va començar escollint 256 que són els valors de vermell, verd o blau de l'escala RGB que es poden obtindre de la imatge. Com es veu als experiments s'ha comprovat que el amb la imatge processada no han sigut necessaris tots, i s'ha vist que amb 50 bins n'era suficient, havent prèviament provat amb 8, 33, i 125 bins.

## 1.4 Histogrames model per equip

Pel Barcelona s'han utilitzat 4 imatges model. La idea es agafar imatges on la il·luminació o el color de la samarreta no sigui el mateix per poder obtenir models que tinguin una variació mínima entre ells.

## 1.5 Fragments

Per a cada imatge dels diferents equips es generen 25 fragments de manera aleatòria amb randomWindow2d i ens quedem amb el que té un error mínim tant de vermell com de blau. La raó per la que es fa aleatoriament és perquè no sabem a priori en quina part de la imatge es troba la samarreta, pero agafant 25 maximitzem les possibilitats de que una agafi una part sustancial de la samarreta.

## 1.6 Normalització

Primer vam provar a fer servir la funció imadjust integrada al matlab per ajustar els valors d'intensitat de la imatge, però els resultats no van ser els esperats per a eliminar els efectes de la il·luminació a la imatge, per tant hem explorat altres mètodes. Aplicat a la imatge resultant al crop, hem aplicat una normalització bàsica mitjançant la divisió de la component d'entre el màxim de les altres components, i per evitar la divisió per zero afegim un threshold. Aquest combinat amb la funció imfilter de tipus gaussià de mida 8, podem així aconseguir un mapa de colors normalitzat per a que sigui independent a la il·luminació de la foto.

## 1.7 Equips sense color

Els equips que tenen samarreta totalment blanca tenen les tres components bastant similars, per tant, tot i que tinguin histogrames similars a dos components del model, diferenciem per la tercera.

## 1.8 Comparació de histogrames

Per a la comprovació dels histogrames, es va partir d'un primer codi preliminar on s'usa un mètode totalment diferent al que finalment s'usa al codi final, però creiem que és interessant mostrar la intenció. Aquest primer apropament, es basa en calcular i comparar les curve d'errors dels histogrames i mitjançant els average d'aquest errors de cada fragment, decidir segons un threshold o llindar màxim i mínim, si l'histograma de colors seguia el mateix patró

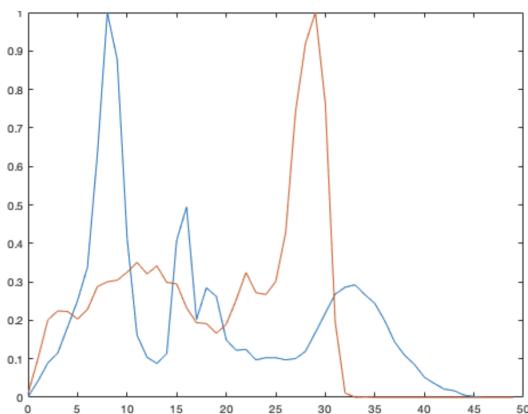
del model (Annex 5.3, *por favor, leelo que tristemente le hemos dedicado  $\frac{3}{4}$  del tiempo del proyecto... [sad cat emoji]*).

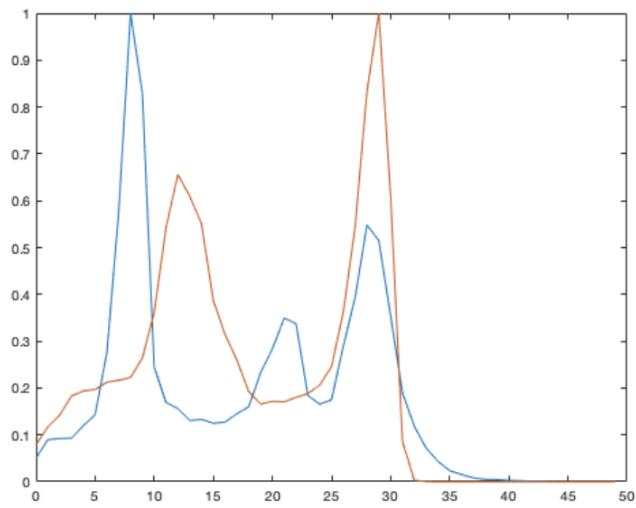
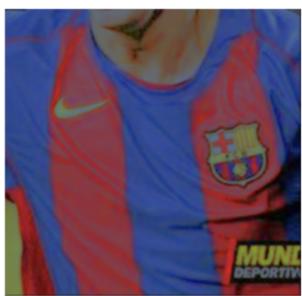
La segona estratègia i la que hem fet servir al codi definitiu, i que ens ha donat el millor resultat, es basa en la funció chi squared distance, que compara la distància entre dos histogrames amb el mateix nombre de bins amb el sumatori de  $(x_i - y_i)^2 / (x_i + y_i)$ . Aquesta funció té més en compte la distància relativa de l'histograma que la distància absoluta.

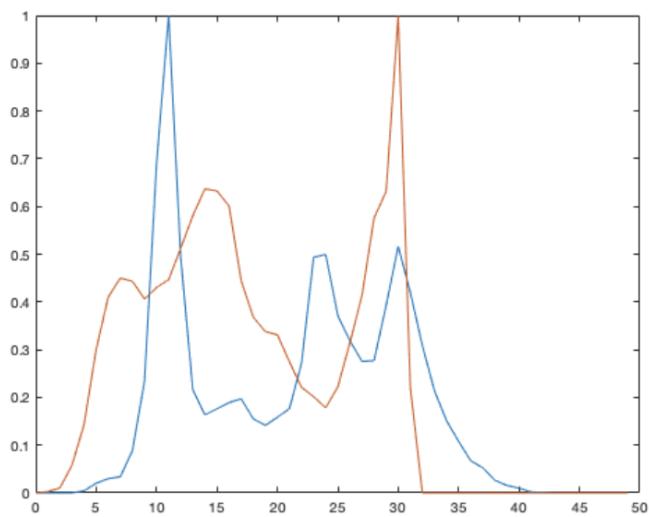
## 2. Experiments checkpoint

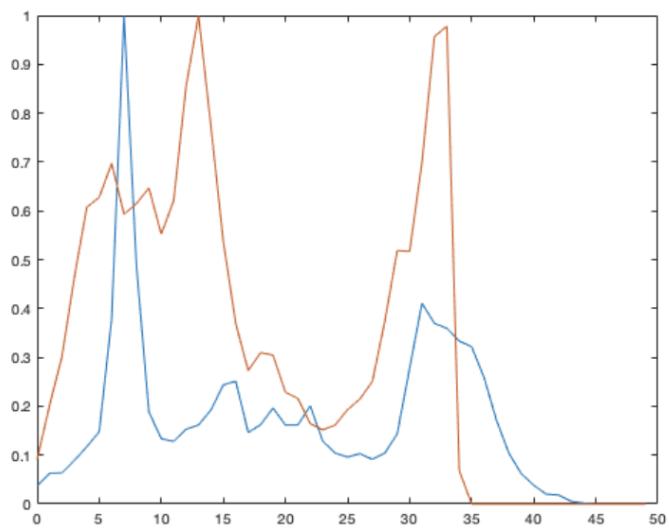
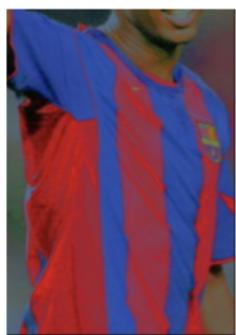
### 2.1 RGB

Com hem mencionat anteriorment s'ha experimentat amb el nombre de bins màxim útil 256 i no s'ha observat una millora del resultat, veient que amb 50 funciona correctament. A continuació les imatges que hem agafat de models i el resultat després de retallar i normalitzar la imatge.

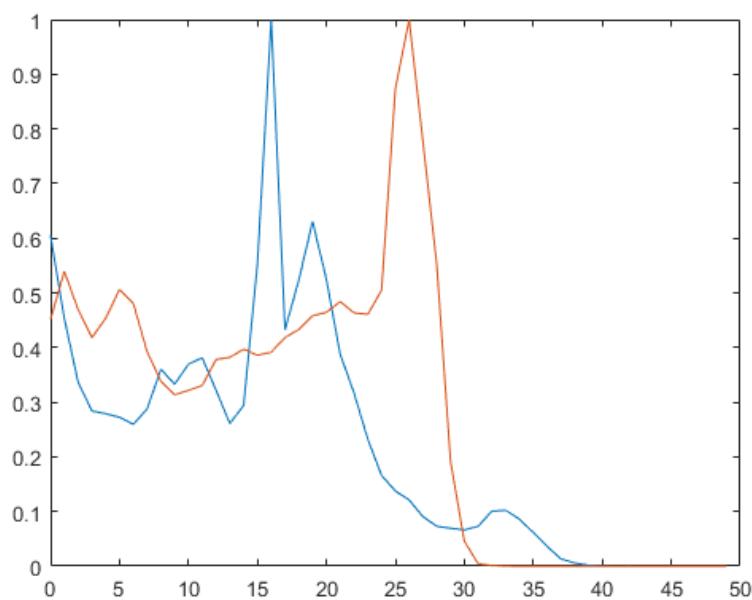


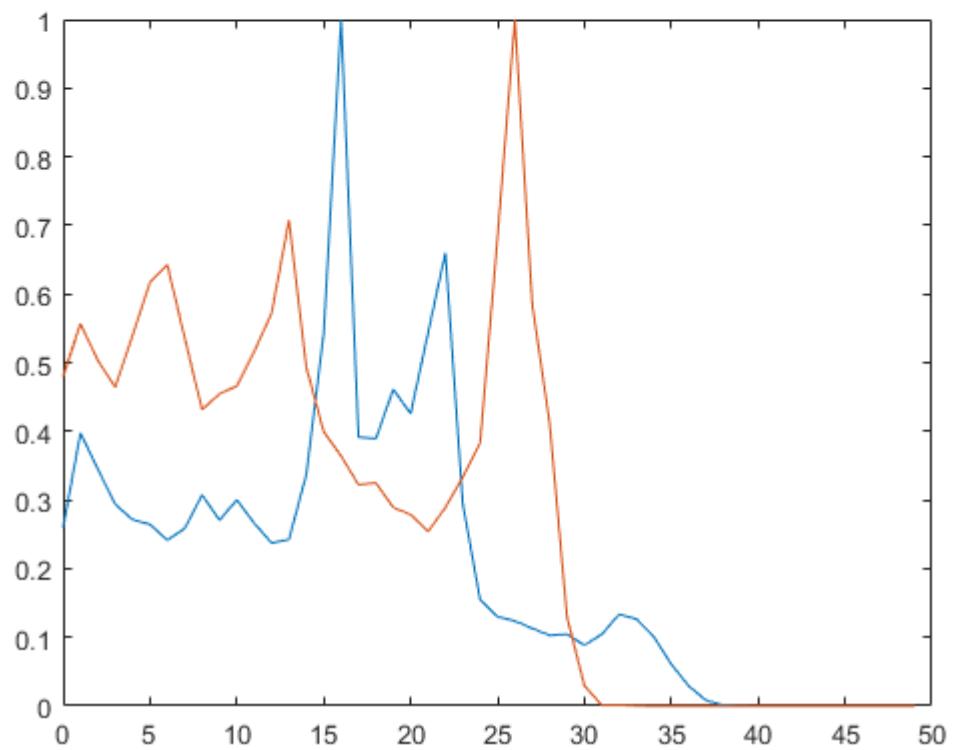


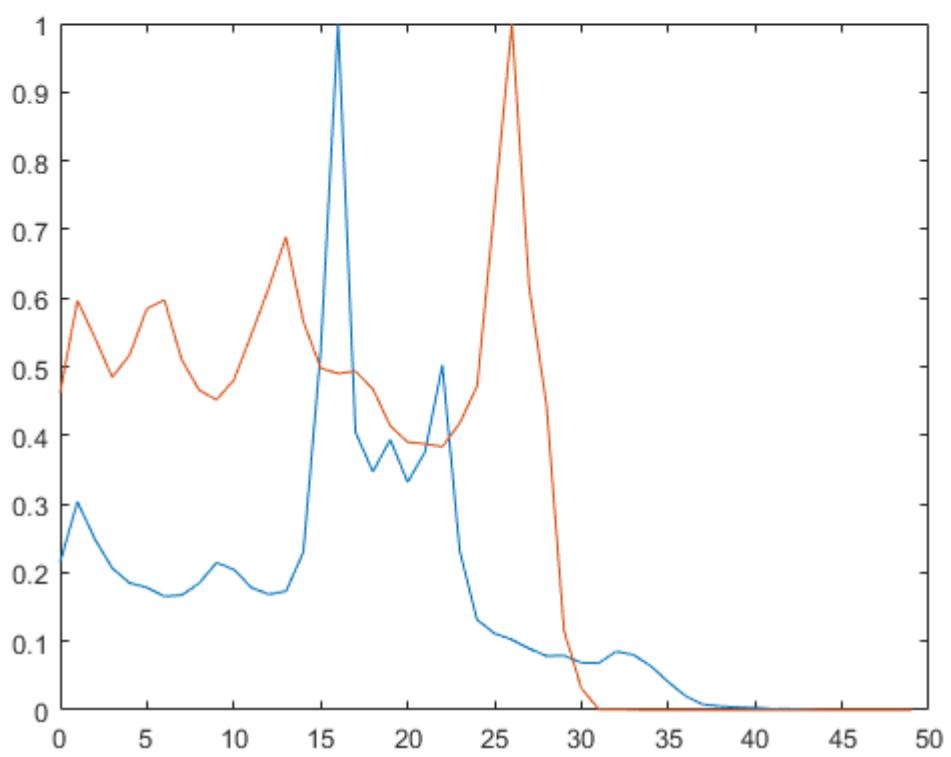


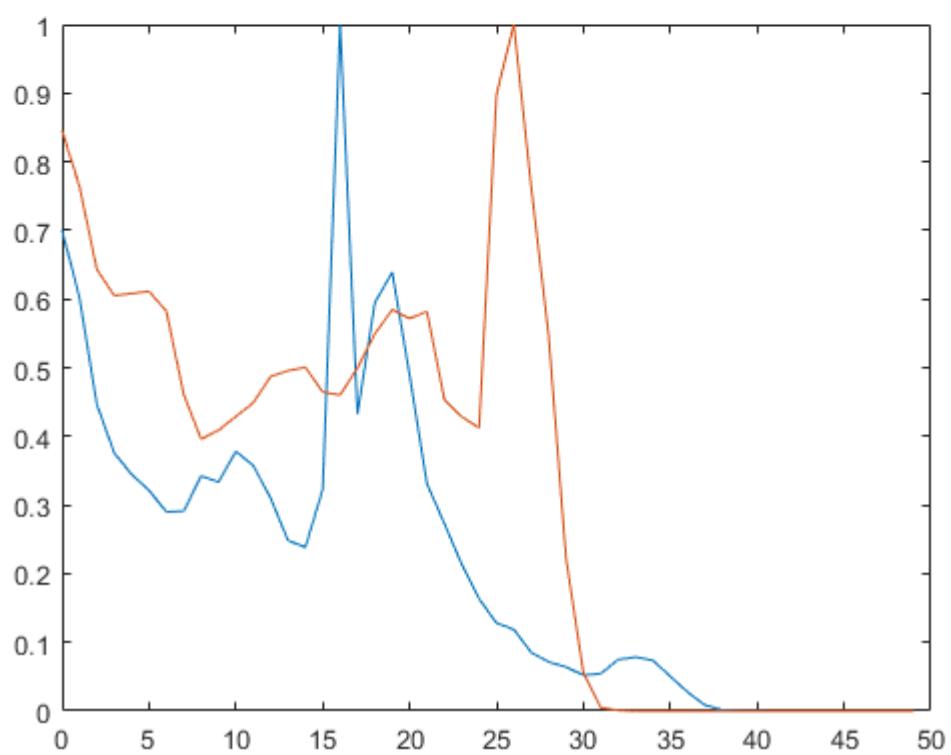


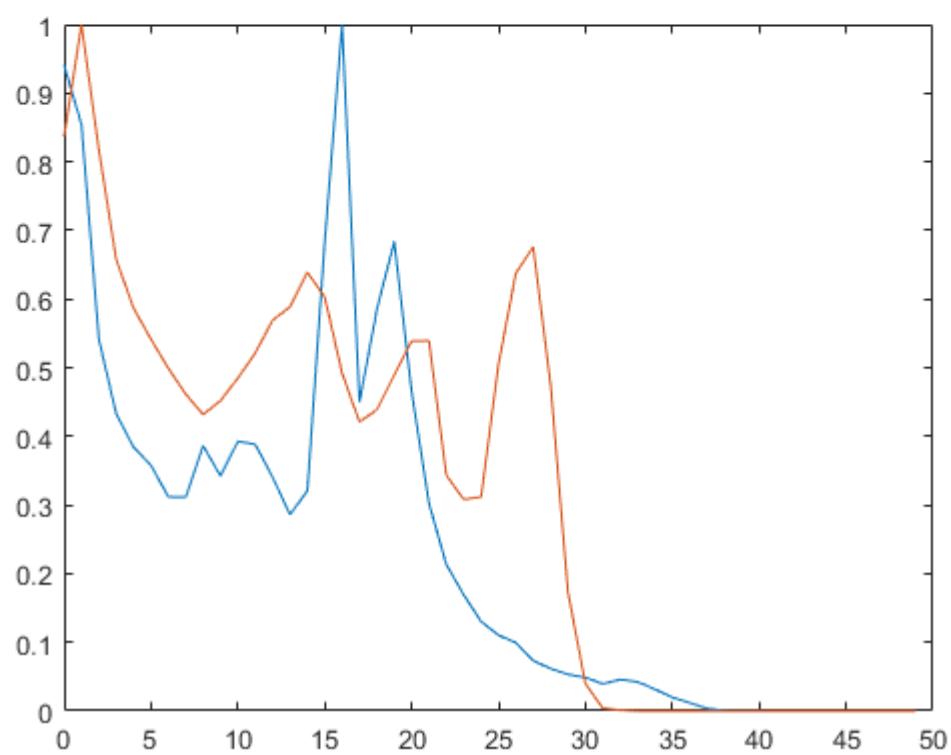
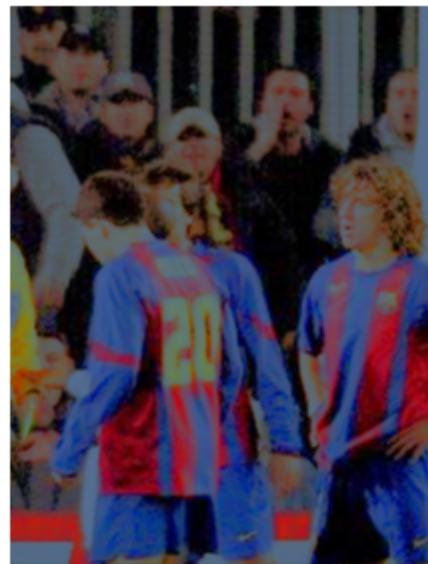
Amb aquestes quatre imatges models ara, per a cada imatge a analitzar agafem 5 finestres aleatòries, i normalitzem les cinc imatges com en l'exemple que podem veure a continuació, primer la imatge agafa i a continuació les cinc finestres normalitzades.











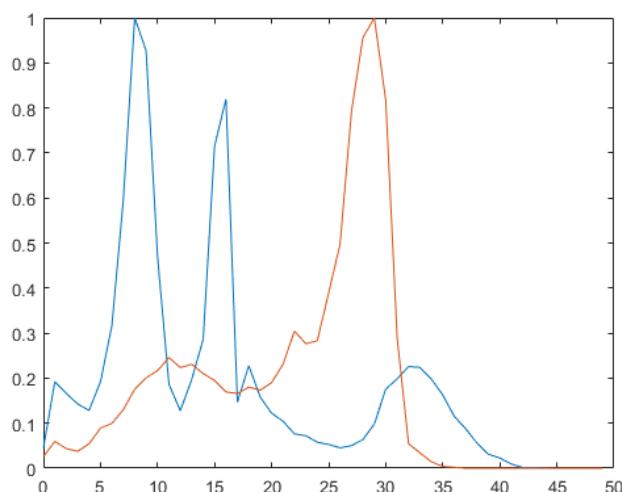
Com podem observar, els cinc les corbes dels histogrames s'assemblen molt entre ells, i s'assemblen molt als histogrames model, prova de que el procés que hem escollit dóna un resultat adient.

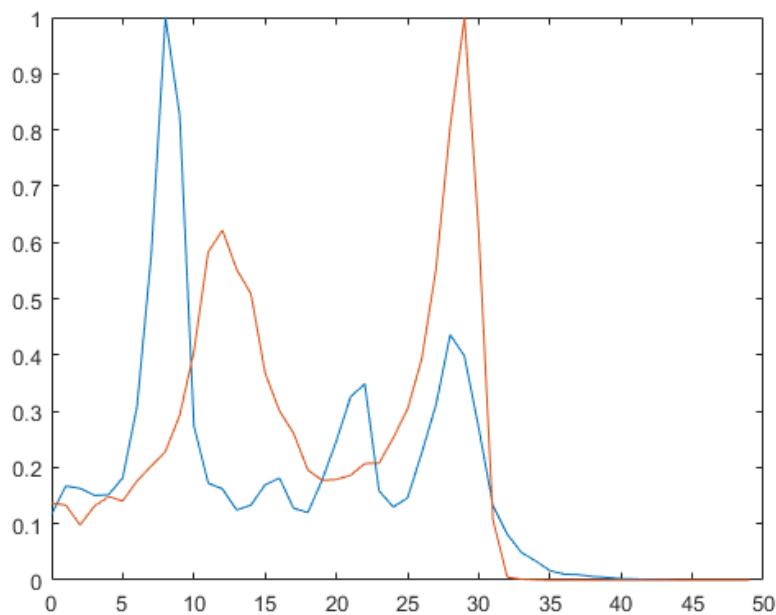
## 2.2 HSV

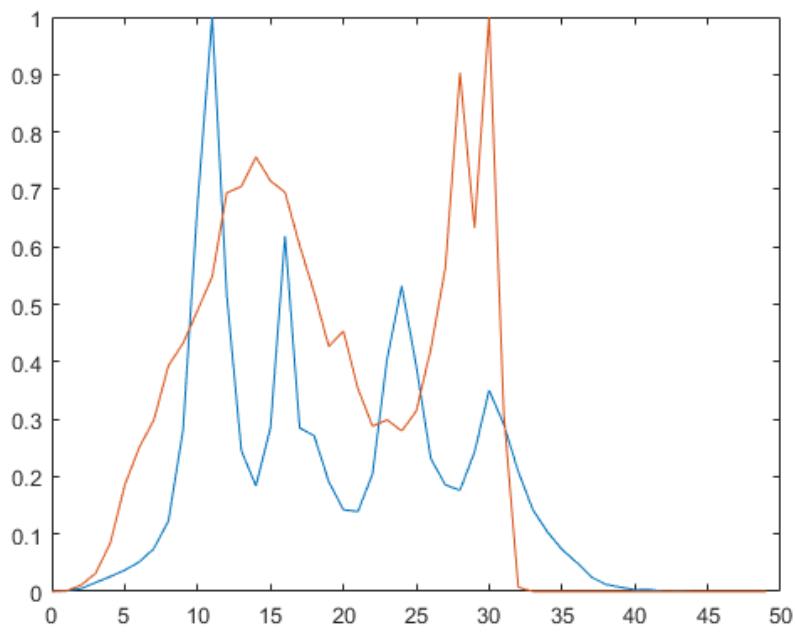
El procés en HSV es molt semblant a RGB pero en aquest cas separam les component H, S i V al pasar la imatge a aquest format i normalitzem les components abans de calcular la histrograma. A continuació les quatre imatges model en HSV.

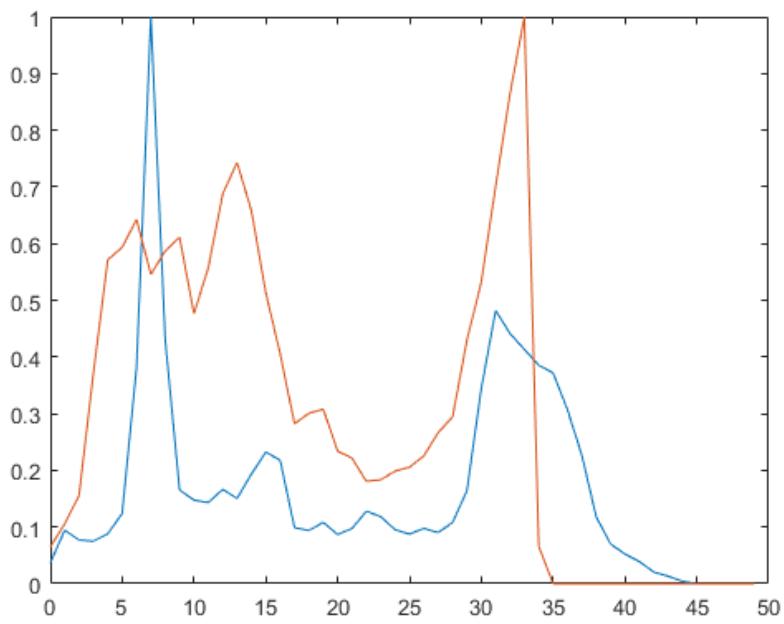
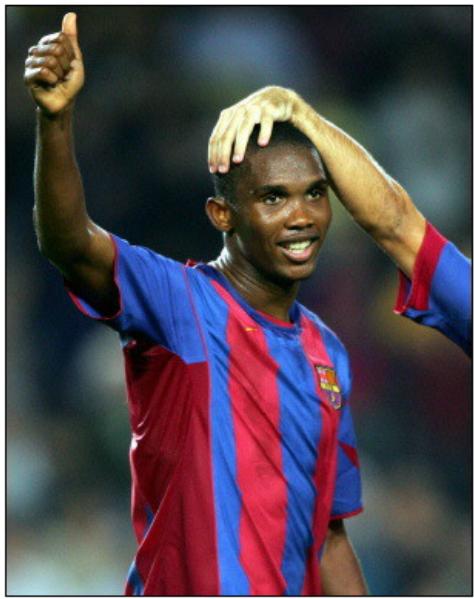


(Barcelona t-shirt, Grateful Dead exclusive edition)

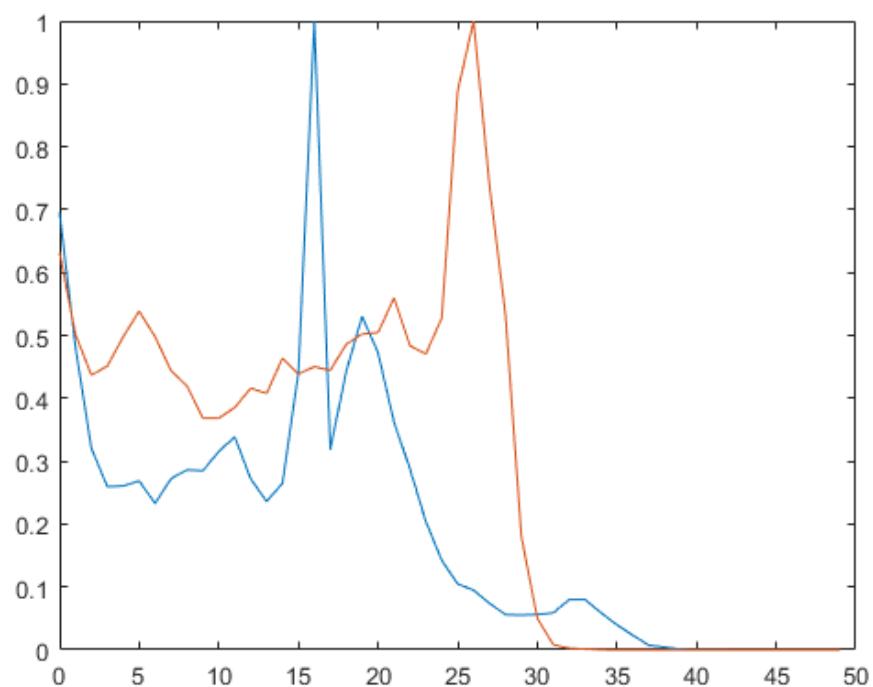
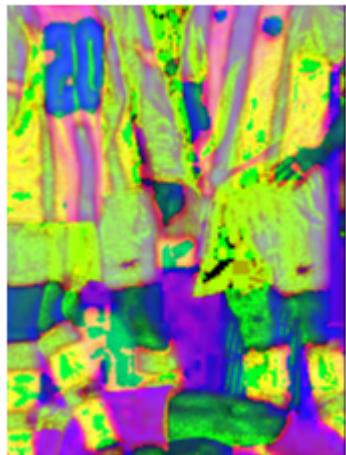


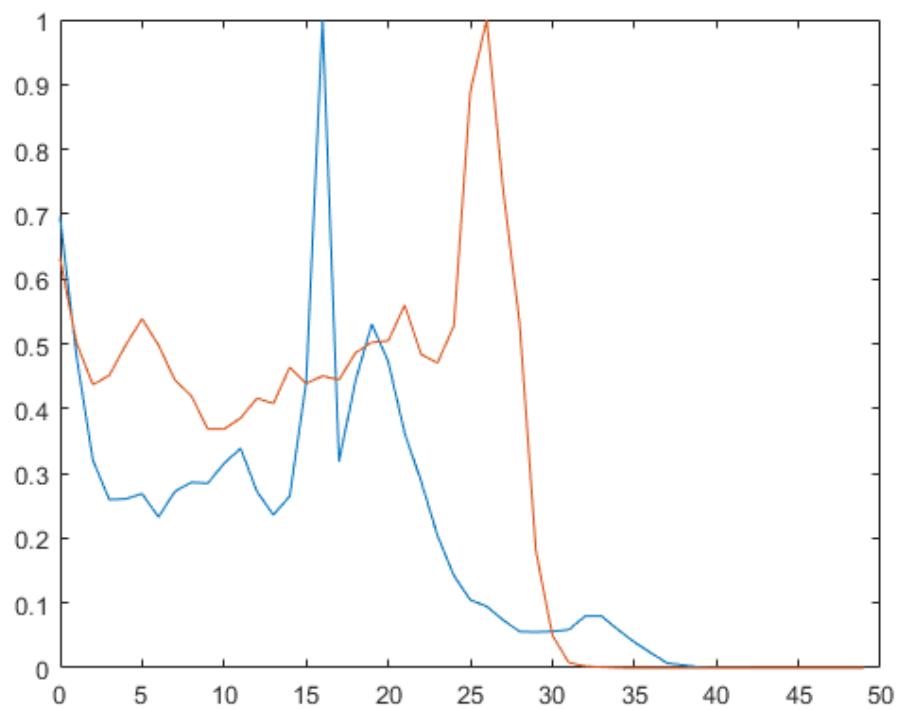


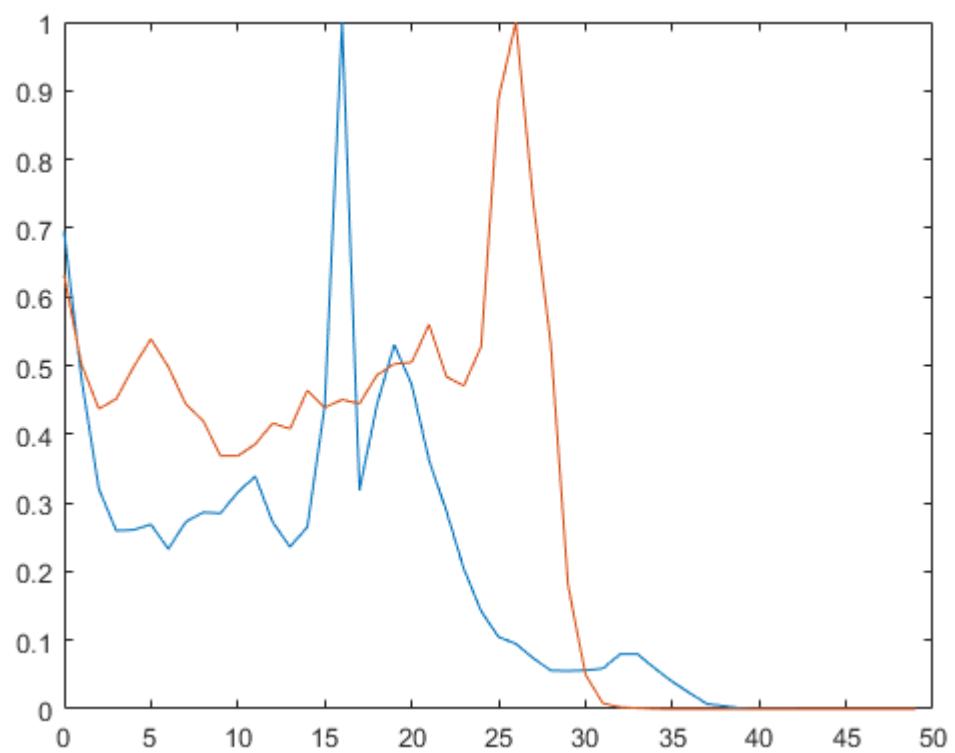
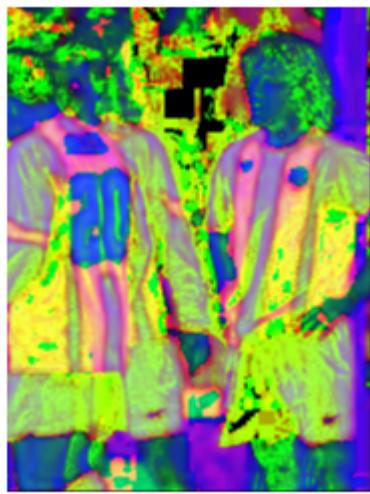


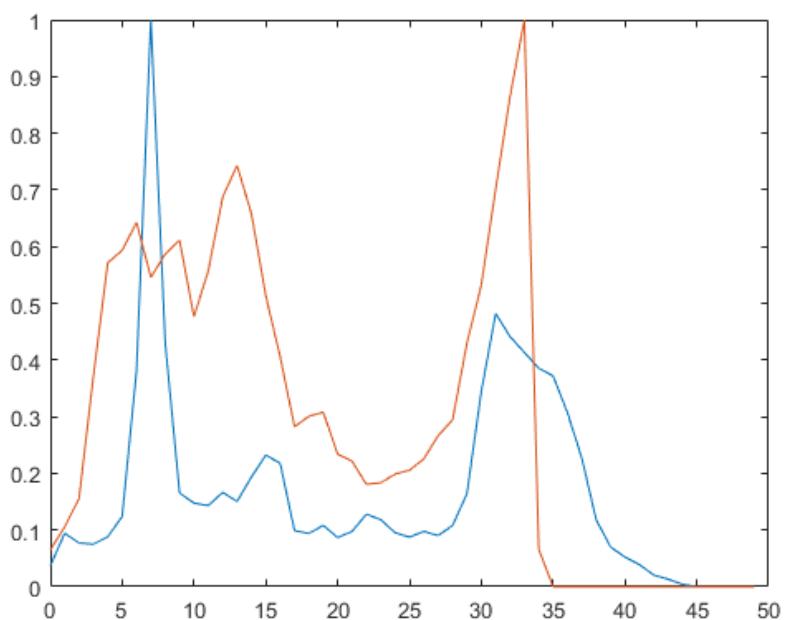


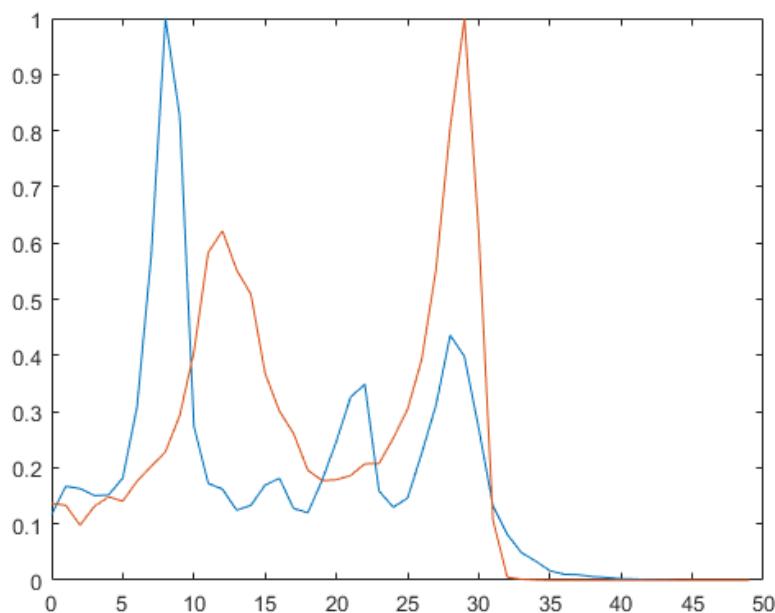
Amb aquestes quatre imatges models ara, per a cada imatge, com hem fet a l'experiment amb RGB, agafem 5 finestres aleatòries de cada imatge a analitzar, i normalitzem les cinc imatges com en l'exemple que podem veure a continuació, primer la imatge agafa i a continuació les cinc finestres normalitzades.











Com podem observar, com passa a RGB, les corbes del tres primers histogrames s'assemblen molt entre elles i les dues últimes s'assemblen molt a les del model, com que agafem les que més s'assemblen, el resultat és l'adient.

### 3. Resultats checkpoint

Per decidir finalment quina distància resultant de la funció chi squared és adequada per a detectar correctament s'ha testejat amb diferents valors fins a arribar a un threshold consistent amb la realitat. Els valors r i b, llindars, que comproven al final si la distància mínima a cada component red i blue es dins del rang acceptat. Aquests valors, també han sigut acotats segons els nbins i la mida de la sub-imatge degut a la seva variabilitat. Amb això en consideració, hem passat per a les 36 imatges dels 7 equips l'algorisme i hem definit la següent taula on acc es el número de imatges identificades com pertanyents al Barcelona, i rej es el número de imatges identificades com NO pertanyents al Barcelona.

#### 3.1 RGB

		acc	rej
<b>acmilan</b>	=	2	34
<b>barcelona</b>	=	20	16
<b>chelsea</b>	=	5	31
<b>juventus</b>	=	1	35
<b>liverpool</b>	=	0	36
<b>madrid</b>	=	0	36
<b>psv</b>	=	4	32

#### 3.2 HSV

		acc	rej
<b>acmilan</b>	=	7	29
<b>barcelona</b>	=	20	16
<b>chelsea</b>	=	13	23
<b>juventus</b>	=	1	35
<b>liverpool</b>	=	7	29
<b>madrid</b>	=	0	36
<b>psv</b>	=	6	30

#### 3.3 Comparació

Primerament, els resultats en RGB són bastant acurats a l'hora de comparar si la samarreta del Barcelona no hi apareix i sembla tindre una taxa bastant baixa de falsos positius en tots els equips comparats. Per altra banda, es veu que la forma de rebutjar equipacions del Barça es bastant alt, i per tant pot ser que el llindar escollit pugui millorar el resultat al ser bastant conservador.

En HSV, veiem que la precisió per detectar jugadors del Barça en imatges on hi apareixen és la mateixa que en RGB. Mentrestant, es veu un augment de falsos positius en tots els altres equips quan s'usa l'espai de color HSV per a comparar els histogrames, això és degut

a la petita imprecisió que afegeix utilitzar el Hue en comptes de les tres components de color.

## 4. Funcions

Moltes de les funcions usades són incloses al MatLab com l'imhist, randomWindow2d i imfilter/fspecial. La funció DistChiSq és d'implementació pròpia basant-nos en la formula definida. També, hem usat funcions específiques usades per al primer intent mitjançant el curve\_error, com griddedInterpolant que inicialment utilitzàvem la funció per a interpolar l'histograma, per posteriorment introduir-la a fminspleas per calcular l'error entre les corbes dels histogrames.

Font de la funció fminspleas al MatLab File Exchange:

<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/10093-fminspleas>

## 5. Millores del codi final

### 5.1 Correccions

Abans de començar a implementar les millores de reconeixement per a que el sistema tingui la capacitat de reconèixer qualsevol equip après sobre una sèrie d'imatges, s'han corregit algunes parts per a refinar el codi base de reconeixement i construcció del histograma.

El primer error que vam cometre, és el de normalitzar un threshold com es veu al inici del codi del checkpoint, ja que els valors d'aquest són píxels negres i és una operació sense sentit que se'n va passar per alt.

Durant la fase d'experimentació, vam estar usant histogrames de 1D, poc precisos, per tant s'ha millorat la visualització afegint el plot de histogrames 3D, amb la nova funció `plot_3D_histogram` que hem implementat, i que veiem als apartats que venen a continuació.

Una de les parts de discussió dins el grup, va ser la del número de fragments, es van fer experiments sobre pocs patches (5) i es va considerar en augmentar-los per provar valors més elevats però com que el resultat ja es considera acceptable no es va fer la prova. En aquesta segona iteració del codi, s'ha tornat a considerar els patches i hem pujat el número a 50 pel reconeixement, que creiem que és raonable i ofereix una representació de la imatge bastant bona amb la window establerta per a la samarreta.

Anteriorment, el càlcul HSV es produïa normalitzant les components H i S i convertint-les a RGB per repetir el seu procediment. Aquest mètode no era el més correcte i per tant no donava els resultats adients. Per tant, s'ha passat a calcular els histogrames H i S, obviant la component V per així evitar les regions clares/obscures que no siguin color, i posteriorment calcular la diferencia dels histogrames H i S dels models amb els de les imatges.

### 5.2 Reconeixement de tots els equips

L'objectiu de la segona etapa del projecte, consisteix en passar d'un codi que reconeix només un equip sobre un conjunt d'imatges, a un que donat una foto et responguï amb l'equip que hi apareix. El primer pas per assolir-ho, és elaborar histogrames per a cada conjunt dels equips, fent servir els valors i mètodes més eficaços que hem trobat descrits anteriorment.

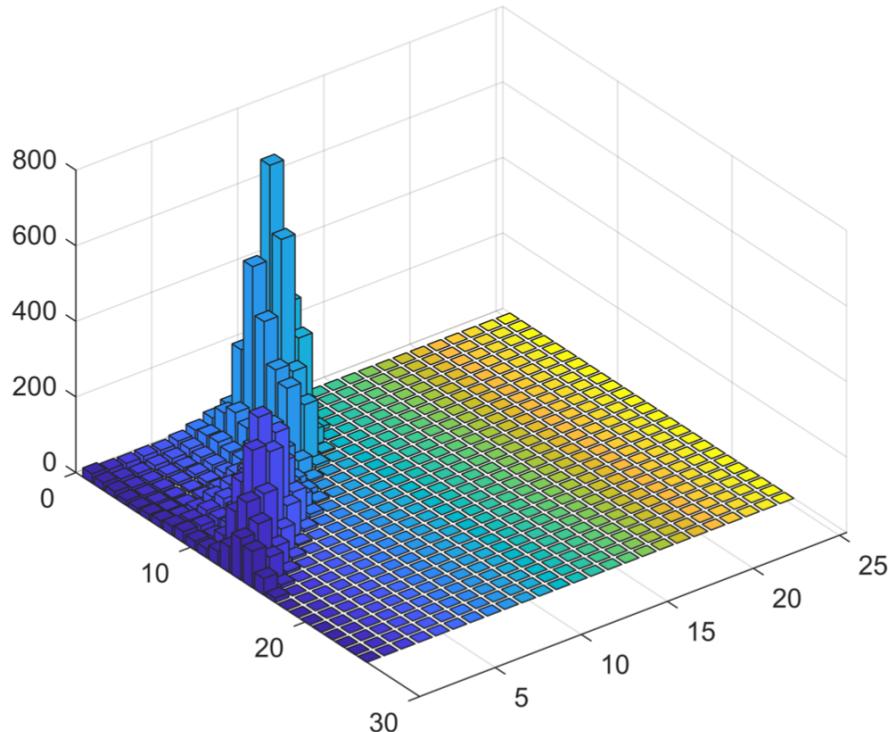
Amb els histogrames de cada equipació, s'han comparat aquests histogrames model amb els histogrames obtinguts a partir de totes les imatges i, a partir del resultat és determina quin equip és el més similar o probable al que apareix a la imatge. Per al reconeixement s'han usat 50 patches sobre cada imatge.

### 5.3 Proposta de nous equips

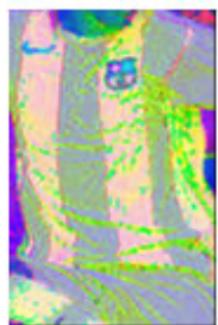
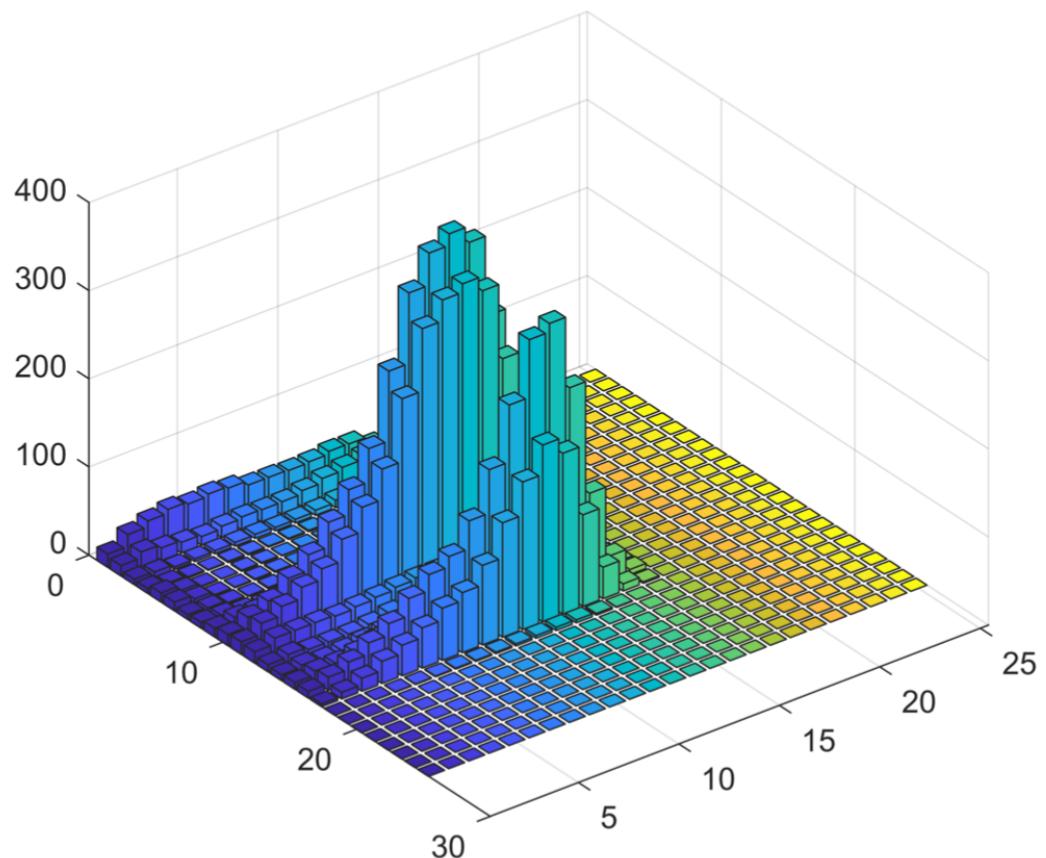
Per a cada equipació s'han afegit 4 noves imatges per usar algunes com a millora del histograma model i, altres per a test del reconeixement. Les imatges són procedents de Google Imatges. Com a afegit, s'ha inclòs un equip nou, el Villarreal, amb equipació bastante diferent al la resta dels pre-establerts, amb el color groc principal.

## 6. Experiments i resultats finals

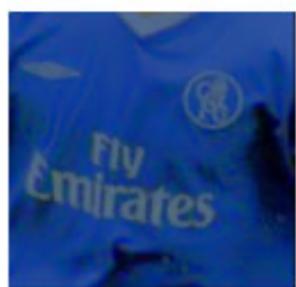
Histograma 3D (RGB):



Histograma 3D (HSV):



Models Chelsea:



Models Villarreal:





Resultats:

	Encerts totals	Eficàcia
acmilan	18	0.450
barcelona	29	0.725
chelsea	37	0.925
juventus	24	0.600
liverpool	20	0.500
madrid	32	0.800
psv	14	0.350
villarreal	30	0.750

Els resultats d'avaluació de les imatges dels equips mostren una eficàcia bastant bona en totes les equipacions. El cas més sorprenent és el del psv, amb una samarreta bastant similar a altres equipacions, té una puntuació de reconeixement molt baixa del 35%. Mentrestant, la resta dels equips mostren resultats superiors i bastant correctes, destacant els equips sense ratlles a l'equipació com el Chelsea, Madrid o el que hem afegit com el Villarreal.

## 7. Annex: Codi final

### 7.1 Codi RGB

```
my_path = './';
nbins = 25;
threshold = 0.35;
histograms = load("histogramsEquipos.mat");

histogramsBar = [];
```

```

models = ["03.jpg" "05.jpg" "27.jpg" "35.jpg"];

for i = 1:length(models)
    I2 = imread(strcat(my_path, 'barcelona/', models(i)));
    f1 = figure;
    imshow(I2);
    rec2 = getrect;
    close(f1);
    tshirt2 = imcrop(uint8(I2),rec2);
    tshirt2 = im2double(tshirt2);
    tshirt2(:,:,1) = tshirt2(:,:,1) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
    tshirt2(:,:,2) = tshirt2(:,:,2) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
    tshirt2(:,:,3) = tshirt2(:,:,3) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
    filter = fspecial('gaussian', 8);
    plot_3D_histogram(tshirt2, nbins, filter);
    tshirt2 = imfilter(tshirt2, filter);
    f2 = figure;
    imshow(tshirt2);
    red_histogram = imhist(tshirt2(:,:,1),nbins);
    red_histogram = normalize(red_histogram,'range');
    green_histogram = imhist(tshirt2(:,:,2),nbins);
    green_histogram = normalize(green_histogram,'range');
    blue_histogram = imhist(tshirt2(:,:,3),nbins);
    blue_histogram = normalize(blue_histogram,'range');
    %f3 = figure;
    %plot3(0:nbins-1, red_histogram, 0:nbins-1, green_histogram,0:nbins-1, blue_histogram);
    histogramsBar = [histogramsBar red_histogram green_histogram blue_histogram];
end

```

```

histogramsMil = [];
models = ["07.jpg" "22.jpg" "29.jpg" "30.jpg"];

for i = 1:length(models)
    I2 = imread(strcat(my_path, 'acmilan/', models(i)));
    f1 = figure;
    imshow(I2);
    rec2 = getrect;
    close(f1);
    tshirt2 = imcrop(uint8(I2),rec2);
    tshirt2 = im2double(tshirt2);
    tshirt2(:,:,1) = tshirt2(:,:,1) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
    tshirt2(:,:,2) = tshirt2(:,:,2) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
    tshirt2(:,:,3) = tshirt2(:,:,3) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
    filter = fspecial('gaussian', 8);
    tshirt2 = imfilter(tshirt2, filter);
    f2 = figure;
    imshow(tshirt2);

```

```

red_histogram = imhist(tshirt2(:,:,1),nbins);
red_histogram = normalize(red_histogram,'range');
green_histogram = imhist(tshirt2(:,:,2),nbins);
green_histogram = normalize(green_histogram,'range');
blue_histogram = imhist(tshirt2(:,:,3),nbins);
blue_histogram = normalize(blue_histogram,'range');
%f3 = figure;
%plot3(0:nbins-1, red_histogram, 0:nbins-1, green_histogram,0:nbins-1, blue_histogram);
histogramsMil = [histogramsMil red_histogram green_histogram blue_histogram];
end

histogramsChe = [];
models = ["10.jpg" "11.jpg" "26.jpg" "27.jpg"];

for i = 1:length(models)
I2 = imread(strcat(my_path, 'chelsea/', models(i)));
f1 = figure;
imshow(I2);
rec2 = getrect;
close(f1);
tshirt2 = imcrop(uint8(I2),rec2);
tshirt2 = im2double(tshirt2);
tshirt2(:,:,1) = tshirt2(:,:,1) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
tshirt2(:,:,2) = tshirt2(:,:,2) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
tshirt2(:,:,3) = tshirt2(:,:,3) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
filter = fspecial('gaussian', 8);
tshirt2 = imfilter(tshirt2, filter);
f2 = figure;
imshow(tshirt2);
red_histogram = imhist(tshirt2(:,:,1),nbins);
red_histogram = normalize(red_histogram,'range');
green_histogram = imhist(tshirt2(:,:,2),nbins);
green_histogram = normalize(green_histogram,'range');
blue_histogram = imhist(tshirt2(:,:,3),nbins);
blue_histogram = normalize(blue_histogram,'range');
%f3 = figure;
%plot3(0:nbins-1, red_histogram, 0:nbins-1, green_histogram,0:nbins-1, blue_histogram);
histogramsChe = [histogramsChe red_histogram green_histogram blue_histogram];
end

histogramsJuv = [];
models = ["15.jpg" "16.jpg" "27.jpg" "36.jpg"];

for i = 1:length(models)
I2 = imread(strcat(my_path, 'juventus/', models(i)));
f1 = figure;
imshow(I2);
rec2 = getrect;

```

```

close(f1);
tshirt2 = imcrop(uint8(I2),rec2);
tshirt2 = im2double(tshirt2);
tshirt2(:,:,1) = tshirt2(:,:,1) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
tshirt2(:,:,2) = tshirt2(:,:,2) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
tshirt2(:,:,3) = tshirt2(:,:,3) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
filter = fspecial('gaussian', 8);
tshirt2 = imfilter(tshirt2, filter);
f2 = figure;
imshow(tshirt2);
red_histogram = imhist(tshirt2(:,:,1),nbins);
red_histogram = normalize(red_histogram,'range');
green_histogram = imhist(tshirt2(:,:,2),nbins);
green_histogram = normalize(green_histogram,'range');
blue_histogram = imhist(tshirt2(:,:,3),nbins);
blue_histogram = normalize(blue_histogram,'range');
%f3 = figure;
%plot3(0:nbins-1, red_histogram, 0:nbins-1, green_histogram,0:nbins-1, blue_histogram);
histogramsJuv = [histogramsJuv red_histogram green_histogram blue_histogram];
end

```

```

histogramsLiv = [];
models = ["19.jpg" "24.jpg" "25.jpg" "26.jpg"];

for i = 1:length(models)
    I2 = imread(strcat(my_path, 'liverpool/', models(i)));
    f1 = figure;
    imshow(I2);
    rec2 = getrect;
    close(f1);
    tshirt2 = imcrop(uint8(I2),rec2);
    tshirt2 = im2double(tshirt2);
    tshirt2(:,:,1) = tshirt2(:,:,1) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
    tshirt2(:,:,2) = tshirt2(:,:,2) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
    tshirt2(:,:,3) = tshirt2(:,:,3) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
    filter = fspecial('gaussian', 8);
    tshirt2 = imfilter(tshirt2, filter);
    f2 = figure;
    imshow(tshirt2);
    red_histogram = imhist(tshirt2(:,:,1),nbins);
    red_histogram = normalize(red_histogram,'range');
    green_histogram = imhist(tshirt2(:,:,2),nbins);
    green_histogram = normalize(green_histogram,'range');
    blue_histogram = imhist(tshirt2(:,:,3),nbins);
    blue_histogram = normalize(blue_histogram,'range');
    %f3 = figure;
    %plot3(0:nbins-1, red_histogram, 0:nbins-1, green_histogram,0:nbins-1, blue_histogram);
    histogramsLiv = [histogramsLiv red_histogram green_histogram blue_histogram];
end

```

```

histogramsLiv = [histogramsLiv red_histogram green_histogram blue_histogram];
end

histogramsMad = [];
models = ["03.jpg" "21.jpg" "32.jpg" "35.jpg"];

for i = 1:length(models)
    I2 = imread(strcat(my_path, 'madrid/', models(i)));
    f1 = figure;
    imshow(I2);
    rec2 = getrect;
    close(f1);
    tshirt2 = imcrop(uint8(I2),rec2);
    tshirt2 = im2double(tshirt2);
    tshirt2(:,:,1) = tshirt2(:,:,1) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
    tshirt2(:,:,2) = tshirt2(:,:,2) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
    tshirt2(:,:,3) = tshirt2(:,:,3) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
    filter = fspecial('gaussian', 8);
    tshirt2 = imfilter(tshirt2, filter);
    f2 = figure;
    imshow(tshirt2);
    red_histogram = imhist(tshirt2(:,:,1),nbins);
    red_histogram = normalize(red_histogram,'range');
    green_histogram = imhist(tshirt2(:,:,2),nbins);
    green_histogram = normalize(green_histogram,'range');
    blue_histogram = imhist(tshirt2(:,:,3),nbins);
    blue_histogram = normalize(blue_histogram,'range');
    %f3 = figure;
    %plot3(0:nbins-1, red_histogram, 0:nbins-1, green_histogram,0:nbins-1, blue_histogram);
    histogramsMad = [histogramsMad red_histogram green_histogram blue_histogram];
end

histogramsPsv = [];
models = ["10.jpg" "17.jpg" "24.jpg" "27.jpg"];

for i = 1:length(models)
    I2 = imread(strcat(my_path, 'psv/', models(i)));
    f1 = figure;
    imshow(I2);
    rec2 = getrect;
    close(f1);
    tshirt2 = imcrop(uint8(I2),rec2);
    tshirt2 = im2double(tshirt2);
    tshirt2(:,:,1) = tshirt2(:,:,1) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
    tshirt2(:,:,2) = tshirt2(:,:,2) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
    tshirt2(:,:,3) = tshirt2(:,:,3) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
    filter = fspecial('gaussian', 8);
    tshirt2 = imfilter(tshirt2, filter);

```

```

f2 = figure;
imshow(tshirt2);
red_histogram = imhist(tshirt2(:,:,1),nbins);
red_histogram = normalize(red_histogram,'range');
green_histogram = imhist(tshirt2(:,:,2),nbins);
green_histogram = normalize(green_histogram,'range');
blue_histogram = imhist(tshirt2(:,:,3),nbins);
blue_histogram = normalize(blue_histogram,'range');
%f3 = figure;
%plot3(0:nbins-1, red_histogram, 0:nbins-1, green_histogram,0:nbins-1, blue_histogram);
histogramsPsv = [histogramsPsv red_histogram green_histogram blue_histogram];
end

histogramsVil = [];
models = ["12.jpg" "15.jpg" "21.jpg" "40.jpg"];

for i = 1:length(models)
    I2 = imread(strcat(my_path, 'villareal/', models(i)));
    f1 = figure;
    imshow(I2);
    rec2 = getrect;
    close(f1);
    tshirt2 = imcrop(uint8(I2),rec2);
    tshirt2 = im2double(tshirt2);
    tshirt2(:,:,1) = tshirt2(:,:,1) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
    tshirt2(:,:,2) = tshirt2(:,:,2) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
    tshirt2(:,:,3) = tshirt2(:,:,3) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
    filter = fspecial('gaussian', 8);
    tshirt2 = imfilter(tshirt2, filter);
    f2 = figure;
    imshow(tshirt2);
    red_histogram = imhist(tshirt2(:,:,1),nbins);
    red_histogram = normalize(red_histogram,'range');
    green_histogram = imhist(tshirt2(:,:,2),nbins);
    green_histogram = normalize(green_histogram,'range');
    blue_histogram = imhist(tshirt2(:,:,3),nbins);
    blue_histogram = normalize(blue_histogram,'range');
    %f3 = figure;
    %plot3(0:nbins-1, red_histogram, 0:nbins-1, green_histogram,0:nbins-1, blue_histogram);
    histogramsVil = [histogramsVil red_histogram green_histogram blue_histogram];
end

scale = [0.10 0.15];
dimensionRatio = [4 3; 4 3];
teams = ["acmilan/", "barcelona/", "chelsea/", "juventus/", "liverpool/", "madrid/", "psv/";
"villareal/"];
aciertos = 0;
aciertosEquipo = 0;

```

```

for k = 1:length(teams)
    team_path = teams(k);
    imagefiles = dir(strcat(team_path,'*.jpg'));
    nfiles = length(imagefiles);
    for j = 1:nfiles
        Bar = 10000;
        Mil = 10000;
        Che = 10000;
        Juv = 10000;
        Liv = 10000;
        Mad = 10000;
        Psv = 10000;
        Vil = 10000;
        if (j < 10) image = strcat(my_path,team_path,imagefiles(j).name);
        else image = strcat(my_path,team_path,imagefiles(j).name);
        end
        I_test = imread(image);
        for i=1:50
            rect_test = randomWindow2d(size(I_test),"Scale",scale,
            "DimensionRatio",dimensionRatio);
            tshirt_test = imcrop(uint8(I_test),rect_test);
            tshirt_test = im2double(tshirt_test);
            tshirt_test(:,:,1) = tshirt_test(:,:,1) ./ max((tshirt_test(:,:,1) + tshirt_test(:,:,2) +
            tshirt_test(:,:,3)), threshold);
            tshirt_test(:,:,2) = tshirt_test(:,:,2) ./ max((tshirt_test(:,:,1) + tshirt_test(:,:,2) +
            tshirt_test(:,:,3)), threshold);
            tshirt_test(:,:,3) = tshirt_test(:,:,3) ./ max((tshirt_test(:,:,1) + tshirt_test(:,:,2) +
            tshirt_test(:,:,3)), threshold);

            filter = fspecial('gaussian', 8);
            tshirt_test = imfilter(tshirt_test, filter);
            %f = figure;
            %imshow(tshirt_test);
            hR_test = imhist(tshirt_test(:,:,1),nbins);
            hR_test = normalize(hR_test,'range');
            hG_test = imhist(tshirt_test(:,:,2),nbins);
            hG_test = normalize(hG_test,'range');
            hB_test = imhist(tshirt_test(:,:,3),nbins);
            hB_test = normalize(hB_test,'range');
            model = 1;
            while model <= size(histogramsBar,3)
                DRedBar = distChiSq(hR_test, histogramsBar(:,model));
                DGreenBar = distChiSq(hG_test, histogramsBar(:,model+1));
                DBlueBar = distChiSq(hB_test, histogramsBar(:,model+2));
                DRedMil = distChiSq(hR_test, histogramsMil(:,model));
                DGreenMil = distChiSq(hG_test, histogramsMil(:,model+1));
                DBlueMil = distChiSq(hB_test, histogramsMil(:,model+2));
                DRedChe = distChiSq(hR_test, histogramsChe(:,model));

```

```

DGreenChe = distChiSq(hG_test, histogramsChe(:,model+1));
DBlueChe = distChiSq(hB_test, histogramsChe(:,model+2));
DRedJuv = distChiSq(hR_test, histogramsJuv(:,model));
DGreenJuv = distChiSq(hG_test, histogramsJuv(:,model+1));
DBlueJuv = distChiSq(hB_test, histogramsJuv(:,model+2));
DRedLiv = distChiSq(hR_test, histogramsLiv(:,model));
DGreenLiv = distChiSq(hG_test, histogramsLiv(:,model+1));
DBlueLiv = distChiSq(hB_test, histogramsLiv(:,model+2));
DRedMad = distChiSq(hR_test, histogramsMad(:,model));
DGreenMad = distChiSq(hG_test, histogramsMad(:,model+1));
DBlueMad = distChiSq(hB_test, histogramsMad(:,model+2));
DRedPsv = distChiSq(hR_test, histogramsPsv(:,model));
DGreenPsv = distChiSq(hG_test, histogramsPsv(:,model+1));
DBluePsv = distChiSq(hB_test, histogramsPsv(:,model+2));
DRedVil = distChiSq(hR_test, histogramsVil(:,model));
DGreenVil = distChiSq(hG_test, histogramsVil(:,model+1));
DBlueVil = distChiSq(hB_test, histogramsVil(:,model+2));
BarNew = (DRedBar + DGreenBar + DBlueBar)/3;
if (BarNew < Bar) Bar = BarNew;
end
MilNew = (DRedMil + DGreenMil + DBlueMil)/3;
if (MilNew < Mil) Mil = MilNew;
end
CheNew = (DRedChe + DGreenChe + DBlueChe)/3;
if (CheNew < Che) Che = CheNew;
end
JuvNew = (DRedJuv + DGreenJuv + DBlueJuv + 1.5)/3;
if (JuvNew < Juv) Juv = JuvNew;
end
LivNew = (DRedLiv + DGreenLiv + DBlueLiv)/3;
if (LivNew < Liv) Liv = LivNew;
end
MadNew = (DRedMad + DGreenMad + DBlueMad + 1.5)/3;
if (MadNew < Mad) Mad = MadNew;
end
PsvNew = (DRedPsv + DGreenPsv + DBluePsv + 1.5)/3;
if (PsvNew < Psv) Psv = PsvNew;
end
VilNew = (DRedVil + DGreenVil + DBlueVil)/3;
if (VilNew < Vil) Vil = VilNew;
end
model = model+3;
end
end
equipos = [Bar Mil Che Juv Liv Mad Psv Vil];
val = min(equipos);
equipo = "";
if (val == Bar) equipo = "Barcelona";

```

```

if (k == 2)
    aciertos = aciertos + 1;
    aciertosEquipo = aciertosEquipo + 1;
end
end
if (val == Mil) equipo = "Milan";
if (k == 1)
    aciertos = aciertos + 1;
    aciertosEquipo = aciertosEquipo + 1;
end
end
if (val == Che) equipo = "Chelsea";
if (k == 3)
    aciertos = aciertos + 1;
    aciertosEquipo = aciertosEquipo + 1;
end
end
if (val == Juv) equipo = "Juventus";
if (k == 4)
    aciertos = aciertos + 1;
    aciertosEquipo = aciertosEquipo + 1;
end
end
if (val == Liv) equipo = "Liverpool";
if (k == 5)
    aciertos = aciertos + 1;
    aciertosEquipo = aciertosEquipo + 1;
end
end
if (val == Mad) equipo = "Madrid";
if (k == 6)
    aciertos = aciertos + 1;
    aciertosEquipo = aciertosEquipo + 1;
end
end
if (val == Psv) equipo = "Psv";
if (k == 7)
    aciertos = aciertos + 1;
    aciertosEquipo = aciertosEquipo + 1;
end
end
if (val == Vil) equipo = "Villareal";
if (k == 8)
    aciertos = aciertos + 1;
    aciertosEquipo = aciertosEquipo + 1;
end
end
fprintf('%s : %s\n', image, equipo);

```

```

end
fprintf('Aciertos totales de %s: %d. Eficacia =
%.6f',teams(k),aciertosEquipo,double(aciertosEquipo/40));
aciertosEquipo = 0;
end
fprintf('Aciertos totales sobre 320 imágenes: %d.\nLa eficacia es de
%.6f.',aciertos,double(aciertos/320));

```

## 7.2 Codi HSV

```

my_path = './';
nbins = 25;
threshold = 0.35;
histograms = load("histogramsEquipos.mat");

histogramsBar = [];
models = ["03.jpg" "05.jpg" "27.jpg" "35.jpg"];

for i = 1:length(models)
    I2 = imread(strcat(my_path, 'barcelona/', models(i)));
    f1 = figure;
    imshow(I2);
    rec2 = getrect;
    close(f1);
    tshirt2 = imcrop(uint8(I2),rec2);
    tshirt2 = rgb2HSV(tshirt2);
    filter = fspecial('gaussian', 8);
    plot_3D_histogram(tshirt2, nbins, filter);
    tshirt2 = imfilter(tshirt2, filter);
    f2 = figure;
    imshow(tshirt2);
    H_histogram = imhist(tshirt2(:,:,1),nbins);
    H_histogram = normalize(H_histogram,'range');
    S_histogram = imhist(tshirt2(:,:,2),nbins);
    S_histogram = normalize(S_histogram,'range');
    %f3 = figure;
    %plot3(0:nbins-1, red_histogram, 0:nbins-1, green_histogram,0:nbins-1, blue_histogram);
    histogramsBar = [histogramsBar H_histogram S_histogram];
end

%histogramsBar = histograms.histogramsBar;

histogramsMil = [];
models = ["07.jpg" "22.jpg" "29.jpg" "30.jpg"];

```

```

for i = 1:length(models)
I2 = imread(strcat(my_path, 'acmilan/', models(i)));
f1 = figure;
imshow(I2);
rec2 = getrect;
close(f1);
tshirt2 = imcrop(uint8(I2),rec2);
tshirt2 = rgb2 hsv(tshirt2);
filter = fspecial('gaussian', 8);
tshirt2 = imfilter(tshirt2, filter);
f2 = figure;
imshow(tshirt2);
H_histogram = imhist(tshirt2(:,:,1),nbins);
H_histogram = normalize(H_histogram,'range');
S_histogram = imhist(tshirt2(:,:,2),nbins);
S_histogram = normalize(S_histogram,'range');
%f3 = figure;
%plot3(0:nbins-1, histogramsMil, 0:nbins-1, green_histogram,0:nbins-1, blue_histogram);
histogramsMil = [histogramsBar H_histogram S_histogram];
end

%histogramsMil = histograms.histogramsMil;

histogramsChe = [];
models = ["10.jpg" "11.jpg" "26.jpg" "27.jpg"];

for i = 1:length(models)
I2 = imread(strcat(my_path, 'chelsea/', models(i)));
f1 = figure;
imshow(I2);
rec2 = getrect;
close(f1);
tshirt2 = imcrop(uint8(I2),rec2);
tshirt2 = rgb2 hsv(tshirt2);
filter = fspecial('gaussian', 8);
tshirt2 = imfilter(tshirt2, filter);
f2 = figure;
imshow(tshirt2);
H_histogram = imhist(tshirt2(:,:,1),nbins);
H_histogram = normalize(H_histogram,'range');
S_histogram = imhist(tshirt2(:,:,2),nbins);
S_histogram = normalize(S_histogram,'range');
%f3 = figure;
%plot3(0:nbins-1, red_histogram, 0:nbins-1, green_histogram,0:nbins-1, blue_histogram);
histogramsChe = [histogramsChe H_histogram S_histogram];
end

%histogramsChe = histograms.histogramsChe;

```

```

histogramsJuv = [];
models = ["15.jpg" "16.jpg" "27.jpg" "36.jpg"];

for i = 1:length(models)
    I2 = imread(strcat(my_path, 'juventus/', models(i)));
    f1 = figure;
    imshow(I2);
    rec2 = getrect;
    close(f1);
    tshirt2 = imcrop(uint8(I2),rec2);
    tshirt2 = rgb2HSV(tshirt2);
    filter = fspecial('gaussian', 8);
    tshirt2 = imfilter(tshirt2, filter);
    f2 = figure;
    imshow(tshirt2);
    H_histogram = imhist(tshirt2(:,:,1),nbins);
    H_histogram = normalize(H_histogram,'range');
    S_histogram = imhist(tshirt2(:,:,2),nbins);
    S_histogram = normalize(S_histogram,'range');
    %f3 = figure;
    %plot3(0:nbins-1, red_histogram, 0:nbins-1, green_histogram,0:nbins-1, blue_histogram);
    histogramsJuv = [histogramsJuv H_histogram S_histogram];
end

%histogramsJuv = histograms.histogramsJuv;

histogramsLiv = [];
models = ["19.jpg" "24.jpg" "25.jpg" "26.jpg"];

for i = 1:length(models)
    I2 = imread(strcat(my_path, 'liverpool/', models(i)));
    f1 = figure;
    imshow(I2);
    rec2 = getrect;
    close(f1);
    tshirt2 = imcrop(uint8(I2),rec2);
    tshirt2 = rgb2HSV(tshirt2);
    filter = fspecial('gaussian', 8);
    tshirt2 = imfilter(tshirt2, filter);
    f2 = figure;
    imshow(tshirt2);
    H_histogram = imhist(tshirt2(:,:,1),nbins);
    H_histogram = normalize(H_histogram,'range');
    S_histogram = imhist(tshirt2(:,:,2),nbins);
    S_histogram = normalize(S_histogram,'range');
    %f3 = figure;

```

```

%plot3(0:nbins-1, red_histogram, 0:nbins-1, green_histogram,0:nbins-1, blue_histogram);
histogramsLiv = [histogramsLiv H_histogram S_histogram];
end

%histogramsLiv = histograms.histogramsLiv;

histogramsMad = [];
%models = ["03.jpg" "21.jpg" "32.jpg" "35.jpg"];

for i = 1:length(models)
I2 = imread(strcat(my_path, 'madrid/', models(i)));
f1 = figure;
imshow(I2);
rec2 = getrect;
close(f1);
tshirt2 = imcrop(uint8(I2),rec2);
tshirt2 = rgb2HSV(tshirt2);
filter = fspecial('gaussian', 8);
tshirt2 = imfilter(tshirt2, filter);
f2 = figure;
imshow(tshirt2);
H_histogram = imhist(tshirt2(:,:,1),nbins);
H_histogram = normalize(H_histogram,'range');
S_histogram = imhist(tshirt2(:,:,2),nbins);
S_histogram = normalize(S_histogram,'range');
%f3 = figure;
%plot3(0:nbins-1, red_histogram, 0:nbins-1, green_histogram,0:nbins-1, blue_histogram);
histogramsMad = [histogramsMad H_histogram S_histogram];
end

%histogramsMad = histograms.histogramsMad;

histogramsPsv = [];
models = ["10.jpg" "17.jpg" "24.jpg" "27.jpg"];

for i = 1:length(models)
I2 = imread(strcat(my_path, 'psv/', models(i)));
f1 = figure;
imshow(I2);
rec2 = getrect;
close(f1);
tshirt2 = imcrop(uint8(I2),rec2);
tshirt2 = rgb2HSV(tshirt2);
filter = fspecial('gaussian', 8);
tshirt2 = imfilter(tshirt2, filter);
f2 = figure;
imshow(tshirt2);
H_histogram = imhist(tshirt2(:,:,1),nbins);

```

```

H_histogram = normalize(H_histogram,'range');
S_histogram = imhist(tshirt2(:,:,2),nbins);
S_histogram = normalize(S_histogram,'range');
%f3 = figure;
%plot3(0:nbins-1, red_histogram, 0:nbins-1, green_histogram,0:nbins-1, blue_histogram);
histogramsPsv = [histogramsPsv H_histogram S_histogram];
end

%histogramsPsv = histograms.histogramsPsv;

histogramsVil = [];
models = ["12.jpg" "15.jpg" "21.jpg" "40.jpg"];

for i = 1:length(models)
    I2 = imread(strcat(my_path, 'villareal/', models(i)));
    f1 = figure;
    imshow(I2);
    rec2 = getrect;
    close(f1);
    tshirt2 = imcrop(uint8(I2),rec2);
    tshirt2 = rgb2HSV(tshirt2);
    filter = fspecial('gaussian', 8);
    tshirt2 = imfilter(tshirt2, filter);
    f2 = figure;
    imshow(tshirt2);
    H_histogram = imhist(tshirt2(:,:,1),nbins);
    H_histogram = normalize(H_histogram,'range');
    S_histogram = imhist(tshirt2(:,:,2),nbins);
    S_histogram = normalize(S_histogram,'range');
    %f3 = figure;
    %plot3(0:nbins-1, red_histogram, 0:nbins-1, green_histogram,0:nbins-1, blue_histogram);
    histogramsVil = [histogramsVil H_histogram S_histogram];
end

%histogramsPsv = histograms.histogramsPsv;

scale = [0.10 0.15];
dimensionRatio = [4 3; 4 3];
teams = ["acmilan/", "barcelona/", "chelsea/", "juventus/", "liverpool/", "madrid/", "psv/",
"villareal/"];
aciertos = 0;
aciertosEquipo = 0;
for k = 1:length(teams)
    team_path = teams(k);
    imagefiles = dir(strcat(team_path,'*.jpg'));
    nfiles = length(imagefiles);
    for j = 1:40
        Bar = 10000;

```

```

Mil = 10000;
Che = 10000;
Juv = 10000;
Liv = 10000;
Mad = 10000;
Psv = 10000;
Vil = 10000;
if (j < 10) image = strcat(my_path,team_path,imagefiles(j).name);
else image = strcat(my_path,team_path,imagefiles(j).name);
end
I_test = imread(image);
for i=1:50
    rect_test = randomWindow2d(size(I_test),"Scale",scale,
"DimensionRatio",dimensionRatio);
    tshirt_test = imcrop(uint8(I_test),rect_test);
    tshirt_test = rgb2HSV(tshirt_test);
    filter = fspecial('gaussian', 8);
    tshirt_test = imfilter(tshirt_test, filter);
    %f = figure;
    %imshow(tshirt_test);
    H_test = imhist(tshirt_test(:,:,1),nbins);
    H_test = normalize(H_test,'range');
    S_test = imhist(tshirt_test(:,:,2),nbins);
    S_test = normalize(S_test,'range');
    model = 1;
    while model <= size(histogramsBar,3)
        DHBar = distChiSq(H_test, histogramsBar(:,model));
        DSBar = distChiSq(S_test, histogramsBar(:,model+1));
        DHMil = distChiSq(H_test, histogramsMil(:,model));
        DSMil = distChiSq(S_test, histogramsMil(:,model+1));
        DHChe = distChiSq(H_test, histogramsChe(:,model));
        DSChe = distChiSq(S_test, histogramsChe(:,model+1));
        DHJuv = distChiSq(H_test, histogramsJuv(:,model));
        DSJuv = distChiSq(S_test, histogramsJuv(:,model+1));
        DHLiv = distChiSq(H_test, histogramsLiv(:,model));
        DSLiv = distChiSq(S_test, histogramsLiv(:,model+1));
        DHMad = distChiSq(H_test, histogramsMad(:,model));
        DSMad = distChiSq(S_test, histogramsMad(:,model+1));
        DHPsv = distChiSq(H_test, histogramsPsv(:,model));
        DSPsv = distChiSq(S_test, histogramsPsv(:,model+1));
        DVil = distChiSq(H_test, histogramsVil(:,model));
        DSVil = distChiSq(S_test, histogramsVil(:,model+1));
        BarNew = (DHBar + DSBar)/2;
        if (BarNew < Bar) Bar = BarNew;
        end
        MilNew = (DHMil + DSMil)/2;
        if (MilNew < Mil) Mil = MilNew;
        end
    end
end

```

```

CheNew = (DHChe + DSChe)/2;
if (CheNew < Che) Che = CheNew;
end
JuvNew = (DHJuv + DSJuv)/2;
if (JuvNew < Juv) Juv = JuvNew;
end
LivNew = (DHLiv + DSLiv)/2;
if (LivNew < Liv) Liv = LivNew;
end
MadNew = (DHMad + DSMad)/2;
if (MadNew < Mad) Mad = MadNew;
end
PsvNew = (DHPsv + DSPsv)/2;
if (PsvNew < Psv) Psv = PsvNew;
end
VilNew = (DHVil + DSVil)/2;
if (VilNew < Vil) Vil = VilNew;
end
model = model+2;
end
end
equipos = [Bar Mil Che Juv Liv Mad Psv Vil];
val = min(equipos);
equipo = "";
if (val == Bar) equipo = "Barcelona";
if (k == 2)
    aciertos = aciertos + 1;
    aciertosEquipo = aciertosEquipo + 1;
end
end
if (val == Mil) equipo = "Milan";
if (k == 1)
    aciertos = aciertos + 1;
    aciertosEquipo = aciertosEquipo + 1;
end
end
if (val == Che) equipo = "Chelsea";
if (k == 3)
    aciertos = aciertos + 1;
    aciertosEquipo = aciertosEquipo + 1;
end
end
if (val == Juv) equipo = "Juventus";
if (k == 4)
    aciertos = aciertos + 1;
    aciertosEquipo = aciertosEquipo + 1;
end
end

```

```

if (val == Liv) equipo = "Liverpool";
    if (k == 5)
        aciertos = aciertos + 1;
        aciertosEquipo = aciertosEquipo + 1;
    end
end
if (val == Mad) equipo = "Madrid";
    if (k == 6)
        aciertos = aciertos + 1;
        aciertosEquipo = aciertosEquipo + 1;
    end
end
if (val == Psv) equipo = "Psv";
    if (k == 7)
        aciertos = aciertos + 1;
        aciertosEquipo = aciertosEquipo + 1;
    end
end
if (val == Vil) equipo = "Villareal";
    if (k == 8)
        aciertos = aciertos + 1;
        aciertosEquipo = aciertosEquipo + 1;
    end
end
fprintf('%s : %s\n', image, equipo);
end
fprintf('Aciertos totales de %s: %d. Eficacia =
%.6f',teams(k),aciertosEquipo,double(aciertosEquipo/40));
    aciertosEquipo = 0;
end
fprintf('Aciertos totales sobre 320 imágenes: %d.\nLa eficacia es de
%.6f.',aciertos,double(aciertos/320));

```

## 7.3 Output RGB

```

./acmilan/01.jpg : Milan
./acmilan/02.jpg : Milan
./acmilan/03.jpg : Psv
./acmilan/04.jpg : Barcelona
./acmilan/05.jpg : Juventus
./acmilan/06.jpg : Liverpool
./acmilan/07.jpg : Milan
./acmilan/08.jpg : Barcelona
./acmilan/09.jpg : Barcelona
./acmilan/10.jpg : Barcelona
./acmilan/11.jpg : Milan
./acmilan/12.jpg : Juventus

```

./acmilan/13.jpg : Milan  
./acmilan/14.jpg : Milan  
./acmilan/15.jpg : Madrid  
./acmilan/16.jpg : Milan  
./acmilan/17.jpg : Milan  
./acmilan/18.jpg : Psv  
./acmilan/19.jpg : Madrid  
./acmilan/20.jpg : Barcelona  
./acmilan/21.jpg : Milan  
./acmilan/22.jpg : Madrid  
./acmilan/23.jpg : Milan  
./acmilan/24.jpg : Barcelona  
./acmilan/25.jpg : Milan  
./acmilan/26.jpg : Barcelona  
./acmilan/27.jpg : Milan  
./acmilan/28.jpg : Milan  
./acmilan/29.jpg : Milan  
./acmilan/30.jpg : Liverpool  
./acmilan/31.jpg : Madrid  
./acmilan/32.jpg : Milan  
./acmilan/33.jpg : Barcelona  
./acmilan/34.jpg : Psv  
./acmilan/35.jpg : Milan  
./acmilan/36.jpg : Barcelona  
./acmilan/37.jpg : Milan  
./acmilan/38.jpg : Milan  
./acmilan/39.jpg : Barcelona  
./acmilan/40.jpg : Barcelona

Aciertos totales de acmilan/: 18. Eficacia = 0.450000

./barcelona/01.jpg : Barcelona  
./barcelona/02.jpg : Barcelona  
./barcelona/03.jpg : Barcelona  
./barcelona/04.jpg : Barcelona  
./barcelona/05.jpg : Barcelona  
./barcelona/06.jpg : Barcelona  
./barcelona/07.jpg : Barcelona  
./barcelona/08.jpg : Barcelona  
./barcelona/09.jpg : Barcelona  
./barcelona/10.jpg : Barcelona  
./barcelona/11.jpg : Barcelona  
./barcelona/12.jpg : Madrid  
./barcelona/13.jpg : Barcelona  
./barcelona/14.jpg : Juventus  
./barcelona/15.jpg : Chelsea  
./barcelona/16.jpg : Chelsea  
./barcelona/17.jpg : Barcelona  
./barcelona/18.jpg : Barcelona  
./barcelona/19.jpg : Chelsea  
./barcelona/20.jpg : Juventus  
./barcelona/21.jpg : Chelsea  
./barcelona/22.jpg : Chelsea  
./barcelona/23.jpg : Barcelona  
./barcelona/24.jpg : Barcelona  
./barcelona/25.jpg : Barcelona  
./barcelona/26.jpg : Barcelona  
./barcelona/27.jpg : Barcelona  
./barcelona/28.jpg : Barcelona

./barcelona/29.jpg : Chelsea  
./barcelona/30.jpg : Barcelona  
./barcelona/31.jpg : Barcelona  
./barcelona/32.jpg : Barcelona  
./barcelona/33.jpg : Barcelona  
./barcelona/34.jpg : Barcelona  
./barcelona/35.jpg : Barcelona  
./barcelona/36.jpg : Barcelona  
./barcelona/37.jpg : Madrid  
./barcelona/38.jpg : Villareal  
./barcelona/39.jpg : Barcelona  
./barcelona/40.jpg : Barcelona

Aciertos totales de barcelona/: 29. Eficacia = 0.725000

./chelsea/01.jpg : Chelsea  
./chelsea/02.jpg : Chelsea  
./chelsea/03.jpg : Chelsea  
./chelsea/04.jpg : Chelsea  
./chelsea/05.jpg : Chelsea  
./chelsea/06.jpg : Chelsea  
./chelsea/07.jpg : Chelsea  
./chelsea/08.jpg : Chelsea  
./chelsea/09.jpg : Chelsea  
./chelsea/10.jpg : Chelsea  
./chelsea/11.jpg : Chelsea  
./chelsea/12.jpg : Chelsea  
./chelsea/13.jpg : Chelsea  
./chelsea/14.jpg : Chelsea  
./chelsea/15.jpg : Chelsea  
./chelsea/16.jpg : Chelsea  
./chelsea/17.jpg : Chelsea  
./chelsea/18.jpg : Chelsea  
./chelsea/19.jpg : Chelsea  
./chelsea/20.jpg : Chelsea  
./chelsea/21.jpg : Villareal  
./chelsea/22.jpg : Chelsea  
./chelsea/23.jpg : Chelsea  
./chelsea/24.jpg : Madrid  
./chelsea/25.jpg : Chelsea  
./chelsea/26.jpg : Chelsea  
./chelsea/27.jpg : Madrid  
./chelsea/28.jpg : Chelsea  
./chelsea/29.jpg : Chelsea  
./chelsea/30.jpg : Chelsea  
./chelsea/31.jpg : Chelsea  
./chelsea/32.jpg : Chelsea  
./chelsea/33.jpg : Chelsea  
./chelsea/34.jpg : Chelsea  
./chelsea/35.jpg : Chelsea  
./chelsea/36.jpg : Chelsea  
./chelsea/37.jpg : Chelsea  
./chelsea/38.jpg : Chelsea  
./chelsea/39.jpg : Chelsea  
./chelsea/40.jpg : Chelsea

Aciertos totales de chelsea/: 37. Eficacia = 0.925000

./juventus/01.jpg : Juventus  
./juventus/02.jpg : Juventus

./juventus/03.jpg : Juventus  
./juventus/04.jpg : Psv  
./juventus/05.jpg : Juventus  
./juventus/06.jpg : Barcelona  
./juventus/07.jpg : Chelsea  
./juventus/08.jpg : Psv  
./juventus/09.jpg : Psv  
./juventus/10.jpg : Barcelona  
./juventus/11.jpg : Juventus  
./juventus/12.jpg : Madrid  
./juventus/13.jpg : Psv  
./juventus/14.jpg : Juventus  
./juventus/15.jpg : Juventus  
./juventus/16.jpg : Madrid  
./juventus/17.jpg : Juventus  
./juventus/18.jpg : Psv  
./juventus/19.jpg : Juventus  
./juventus/20.jpg : Juventus  
./juventus/21.jpg : Juventus  
./juventus/22.jpg : Juventus  
./juventus/23.jpg : Madrid  
./juventus/24.jpg : Villareal  
./juventus/25.jpg : Juventus  
./juventus/26.jpg : Psv  
./juventus/27.jpg : Barcelona  
./juventus/28.jpg : Juventus  
./juventus/29.jpg : Juventus  
./juventus/30.jpg : Juventus  
./juventus/31.jpg : Juventus  
./juventus/32.jpg : Juventus  
./juventus/33.jpg : Juventus  
./juventus/34.jpg : Juventus  
./juventus/35.jpg : Juventus  
./juventus/36.jpg : Chelsea  
./juventus/37.jpg : Juventus  
./juventus/38.jpg : Madrid  
./juventus/39.jpg : Juventus  
./juventus/40.jpg : Juventus

Aciertos totales de juventus/: 24. Eficacia = 0.600000

./liverpool/01.jpg : Liverpool  
./liverpool/02.jpg : Juventus  
./liverpool/03.jpg : Juventus  
./liverpool/04.jpg : Liverpool  
./liverpool/05.jpg : Liverpool  
./liverpool/06.jpg : Liverpool  
./liverpool/07.jpg : Psv  
./liverpool/08.jpg : Barcelona  
./liverpool/09.jpg : Barcelona  
./liverpool/10.jpg : Milan  
./liverpool/11.jpg : Liverpool  
./liverpool/12.jpg : Milan  
./liverpool/13.jpg : Juventus  
./liverpool/14.jpg : Milan  
./liverpool/15.jpg : Milan  
./liverpool/16.jpg : Barcelona  
./liverpool/17.jpg : Juventus  
./liverpool/18.jpg : Liverpool

./liverpool/19.jpg : Liverpool  
./liverpool/20.jpg : Liverpool  
./liverpool/21.jpg : Barcelona  
./liverpool/22.jpg : Milan  
./liverpool/23.jpg : Liverpool  
./liverpool/24.jpg : Liverpool  
./liverpool/25.jpg : Liverpool  
./liverpool/26.jpg : Liverpool  
./liverpool/27.jpg : Liverpool  
./liverpool/28.jpg : Milan  
./liverpool/29.jpg : Milan  
./liverpool/30.jpg : Barcelona  
./liverpool/31.jpg : Liverpool  
./liverpool/32.jpg : Liverpool  
./liverpool/33.jpg : Liverpool  
./liverpool/34.jpg : Psv  
./liverpool/35.jpg : Psv  
./liverpool/36.jpg : Milan  
./liverpool/37.jpg : Liverpool  
./liverpool/38.jpg : Liverpool  
./liverpool/39.jpg : Liverpool  
./liverpool/40.jpg : Liverpool

Aciertos totales de liverpool/: 20. Eficacia = 0.500000

./madrid/01.jpg : Madrid  
./madrid/02.jpg : Madrid  
./madrid/03.jpg : Madrid  
./madrid/04.jpg : Madrid  
./madrid/05.jpg : Juventus  
./madrid/06.jpg : Madrid  
./madrid/07.jpg : Juventus  
./madrid/08.jpg : Madrid  
./madrid/09.jpg : Madrid  
./madrid/10.jpg : Madrid  
./madrid/11.jpg : Madrid  
./madrid/12.jpg : Madrid  
./madrid/13.jpg : Madrid  
./madrid/14.jpg : Madrid  
./madrid/15.jpg : Madrid  
./madrid/16.jpg : Madrid  
./madrid/17.jpg : Madrid  
./madrid/18.jpg : Juventus  
./madrid/19.jpg : Juventus  
./madrid/20.jpg : Psv  
./madrid/21.jpg : Madrid  
./madrid/22.jpg : Madrid  
./madrid/23.jpg : Juventus  
./madrid/24.jpg : Madrid  
./madrid/25.jpg : Psv  
./madrid/26.jpg : Madrid  
./madrid/27.jpg : Madrid  
./madrid/28.jpg : Madrid  
./madrid/29.jpg : Madrid  
./madrid/30.jpg : Madrid  
./madrid/31.jpg : Madrid  
./madrid/32.jpg : Madrid  
./madrid/33.jpg : Juventus  
./madrid/34.jpg : Madrid

./madrid/35.jpg : Madrid  
./madrid/36.jpg : Madrid  
./madrid/37.jpg : Madrid  
./madrid/38.jpg : Madrid  
./madrid/39.jpg : Madrid  
./madrid/40.jpg : Madrid

Aciertos totales de madrid/: 32. Eficacia = 0.800000

./psv/01.jpg : Milan  
./psv/02.jpg : Psv  
./psv/03.jpg : Milan  
./psv/04.jpg : Milan  
./psv/05.jpg : Psv  
./psv/06.jpg : Juventus  
./psv/07.jpg : Juventus  
./psv/08.jpg : Barcelona  
./psv/09.jpg : Barcelona  
./psv/10.jpg : Psv  
./psv/11.jpg : Barcelona  
./psv/12.jpg : Psv  
./psv/13.jpg : Barcelona  
./psv/14.jpg : Milan  
./psv/15.jpg : Juventus  
./psv/16.jpg : Barcelona  
./psv/17.jpg : Psv  
./psv/18.jpg : Barcelona  
./psv/19.jpg : Psv  
./psv/20.jpg : Juventus  
./psv/21.jpg : Juventus  
./psv/22.jpg : Barcelona  
./psv/23.jpg : Villareal  
./psv/24.jpg : Liverpool  
./psv/25.jpg : Milan  
./psv/26.jpg : Juventus  
./psv/27.jpg : Psv  
./psv/28.jpg : Liverpool  
./psv/29.jpg : Barcelona  
./psv/30.jpg : Juventus  
./psv/31.jpg : Psv  
./psv/32.jpg : Psv  
./psv/33.jpg : Psv  
./psv/34.jpg : Milan  
./psv/35.jpg : Psv  
./psv/36.jpg : Liverpool  
./psv/37.jpg : Psv  
./psv/38.jpg : Psv  
./psv/39.jpg : Psv  
./psv/40.jpg : Milan

Aciertos totales de psv/: 14. Eficacia = 0.350000

./villareal/01.JPG : Villareal  
./villareal/02.jpg : Juventus  
./villareal/03.jpg : Villareal  
./villareal/04.jpg : Madrid  
./villareal/05.jpg : Villareal  
./villareal/06.jpg : Chelsea  
./villareal/07.jpg : Juventus  
./villareal/08.jpg : Villareal

```

./villareal/09.jpg : Juventus
./villareal/10.jpg : Villareal
./villareal/11.jpg : Villareal
./villareal/12.jpg : Villareal
./villareal/13.jpg : Villareal
./villareal/14.jpg : Villareal
./villareal/15.jpg : Villareal
./villareal/16.jpg : Villareal
./villareal/17.jpg : Barcelona
./villareal/18.jpg : Villareal
./villareal/19.jpg : Villareal
./villareal/20.jpg : Villareal
./villareal/21.jpg : Villareal
./villareal/22.jpg : Villareal
./villareal/23.jpg : Barcelona
./villareal/24.jpg : Chelsea
./villareal/25.jpg : Villareal
./villareal/26.jpg : Villareal
./villareal/27.jpg : Villareal
./villareal/28.jpg : Villareal
./villareal/29.jpg : Chelsea
./villareal/30.jpg : Villareal
./villareal/31.jpg : Villareal
./villareal/32.jpg : Madrid
./villareal/33.jpg : Villareal
./villareal/34.jpg : Villareal
./villareal/35.jpg : Villareal
./villareal/36.jpg : Villareal
./villareal/37.jpg : Villareal
./villareal/38.jpg : Villareal
./villareal/39.jpg : Villareal
./villareal/40.jpg : Villareal

```

Aciertos totales de villareal/: 30. Eficacia = 0.750000

## 8. Annex: Codi checkpoint

### 8.1 Codi RGB

```

r = 0.23;
b = 0.28;
threshold = 0.5;
nbins = 50;

```

```

my_path = '/Users/torrescrina/Google Drive (daniel.torres@estudiantat.upc.edu)/College/7th
Year/VC/P/imatges_equips/';
models = ["03.jpg" "05.jpg" "35.jpg" "27.jpg"];
histograms = [];

for i = 1:length(models)
    I2 = imread(strcat(my_path, 'barcelona/', models(i)));
    f1 = figure;

```

```

imshow(I2);
rec2 = getrect;
close(f1);
tshirt2 = imcrop(uint8(I2),rec2);
tshirt2 = im2double(tshirt2);
tshirt2(:,:,1) = tshirt2(:,:,1) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
tshirt2(:,:,2) = tshirt2(:,:,2) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
tshirt2(:,:,3) = tshirt2(:,:,3) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
filter = fspecial('gaussian', 8);
tshirt2 = imfilter(tshirt2, filter);
f2 = figure;
imshow(tshirt2);
red_histogram = imhist(tshirt2(:,:,1),nbins);
red_histogram = normalize(red_histogram,'range');
blue_histogram = imhist(tshirt2(:,:,3),nbins);
blue_histogram = normalize(blue_histogram,'range');
f3 = figure;
plot(0:nbins-1, red_histogram, 0:nbins-1, blue_histogram);
histograms = [histograms red_histogram blue_histogram];
end

scale = [0.20 0.35];
dimensionRatio = [4 3; 4 3];
teams = ["barcelona/", "acmilan/", "chelsea/", "juventus/", "liverpool/", "madrid/", "psv/"];
showed = false;
for k = 1:length(teams)
    team_path = teams(k);
    team_average_red = 0;
    team_average_blue = 0;
    aceptadas = 0;
    for j = 1:36
        if (j < 10) image = strcat(my_path, team_path, '0',string(j),'.jpg');
        else image = strcat(my_path, team_path, string(j),'.jpg');
        end
        I_test = imread(image);
        minRed = -1;
        minBlue = -1;
        for i=1:5
            rect_test = randomWindow2d(size(I_test),"Scale",scale,
"DimensionRatio",dimensionRatio);
            tshirt_test = imcrop(uint8(I_test),rect_test);
            tshirt_test = im2double(tshirt_test);
            tshirt_test(:,:,1) = tshirt_test(:,:,1) ./ max((tshirt_test(:,:,1) + tshirt_test(:,:,2) +
tshirt_test(:,:,3)), threshold);
            tshirt_test(:,:,2) = tshirt_test(:,:,2) ./ max((tshirt_test(:,:,1) + tshirt_test(:,:,2) +
tshirt_test(:,:,3)), threshold);
            tshirt_test(:,:,3) = tshirt_test(:,:,3) ./ max((tshirt_test(:,:,1) + tshirt_test(:,:,2) +
tshirt_test(:,:,3)), threshold);

```

```

filter = fspecial('gaussian', 8);
tshirt_test = imfilter(tshirt_test, filter);
if showed == false
    f = figure;
    imshow(tshirt_test);
end
hR_test = imhist(tshirt_test(:,:,1),nbins);
hR_test = normalize(hR_test,'range');
hB_test = imhist(tshirt_test(:,:,3),nbins);
hB_test = normalize(hB_test,'range');

model = 1;
while model <= size(histograms,2)
    DRed = distChiSq(hR_test, histograms(:,model));
    DBlue = distChiSq(hB_test, histograms(:,model+1));

    if minRed == -1
        minRed = DRed;
        minBlue = DBlue;
    elseif minRed > DRed && minBlue > DBlue
        minRed = DRed;
        minBlue = DBlue;
    end
    model = model+2;
end
end
if showed == false
    fprintf('%s\t =\t %.2f\t %.2f\n', strcat(team_path, '0',string(j),'.jpg'), minRed,
minBlue);
    end
if ( minRed < 1.9 + r && minBlue < 1.9 + b )
    aceptadas = aceptadas + 1;
end
team_average_red = team_average_red + minRed;
team_average_blue = team_average_blue + minBlue;
showed = true;
end
fprintf('%s\t =\t %.2f\t %.2f\n', team_path, team_average_red/36,
team_average_blue/36);
fprintf('%s\t =\t %d\t %d\n', team_path, aceptadas, 36-aceptadas);
end

function D = distChiSq( X, Y )
D = (X-Y).^2 ./ (X+Y);
D(isnan(D)) = 0;
D = sum(D)/2;
end

```

## 8.2 Codi HSV

```
my_path = './';
nbins = 50;
models = ["03.jpg" "05.jpg" "35.jpg" "27.jpg"];
histograms = [];
threshold = 0.5;
for i = 1:length(models)
    I2 = imread(strcat(my_path, 'barcelona/', models(i)));
    f1 = figure;
    imshow(I2);
    rec2 = getrect;
    close(f1);
    f1 = figure;
    imshow(I2);
    tshirt2 = imcrop(uint8(I2),rec2);
    tshirt2_hsv = rgb2hsv(tshirt2);
    filter = fspecial('gaussian', 8);
    H = imfilter(tshirt2_hsv(:,:,1), filter);
    S = imfilter(tshirt2_hsv(:,:,2), filter);
    V = imfilter(tshirt2_hsv(:,:,3), filter);
    tshirt2_hsv(:,:,1) = H;
    tshirt2_hsv(:,:,2) = S;
    tshirt2_hsv(:,:,3) = V;
    f2 = figure;
    imshow(tshirt2_hsv);
    tshirt2 = hsv2rgb(tshirt2_hsv);
    tshirt2(:,:,1) = tshirt2(:,:,1) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
    tshirt2(:,:,2) = tshirt2(:,:,2) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
    tshirt2(:,:,3) = tshirt2(:,:,3) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
    red_histogram = imhist(tshirt2(:,:,1),nbins);
    red_histogram = normalize(red_histogram,'range');
    blue_histogram = imhist(tshirt2(:,:,3),nbins);
    blue_histogram = normalize(blue_histogram,'range');
    f3 = figure;
    plot(0:nbins-1, red_histogram, 0:nbins-1, blue_histogram);
    histograms = [histograms red_histogram blue_histogram];
end

r = 0.3;
b = 0.35;
scale = [0.20 0.35];
dimensionRatio = [4 3; 4 3];
teams = ["acmilan/", "barcelona/", "chelsea/", "juventus/", "liverpool/", "madrid/", "psv/"];
for k = 1:length(teams)
```

```

team_path = teams(k);
team_average_red = 0;
team_average_blue = 0;
aceptadas = 0;
for j = 1:36
    if (j < 10) image = strcat(my_path, team_path, '0',string(j),'.jpg');
    else image = strcat(my_path, team_path, string(j),'.jpg');
    end
    I_test = imread(image);
    minRed = -1;
    minBlue = -1;
    for i=1:5
        rect_test = randomWindow2d(size(I_test),"Scale",scale,
        "DimensionRatio",dimensionRatio);
        tshirt_test = imcrop(uint8(I_test),rect_test);
        tshirt_test_hsv = rgb2hsv(tshirt_test);
        filter = fspecial('gaussian', 8);
        H = imfilter(tshirt_test_hsv(:,:,1), filter);
        S = imfilter(tshirt_test_hsv(:,:,2), filter);
        V = imfilter(tshirt_test_hsv(:,:,3), filter);
        tshirt_test_hsv(:,:1) = H;
        tshirt_test_hsv(:,:2) = S;
        tshirt_test_hsv(:,:3) = V;
        %f = figure;
        %imshow(tshirt_test_hsv);
        tshirt_test = hsv2rgb(tshirt_test_hsv);
        tshirt_test(:,:1) = tshirt_test(:,:1) ./ max((tshirt_test(:,:1) + tshirt_test(:,:2) +
        tshirt_test(:,:3)), threshold);
        tshirt_test(:,:2) = tshirt_test(:,:2) ./ max((tshirt_test(:,:1) + tshirt_test(:,:2) +
        tshirt_test(:,:3)), threshold);
        tshirt_test(:,:3) = tshirt_test(:,:3) ./ max((tshirt_test(:,:1) + tshirt_test(:,:2) +
        tshirt_test(:,:3)), threshold);
        hR_test = imhist(tshirt_test(:,:1),nbins);
        hR_test = normalize(hR_test,'range');
        hB_test = imhist(tshirt_test(:,:3),nbins);
        hB_test = normalize(hB_test,'range');

        model = 1;
        while model <= size(histograms,2)
            DRed = distChiSq(hR_test, histograms(:,model));
            DBlue = distChiSq(hB_test, histograms(:,model+1));

            if minRed == -1
                minRed = DRed;
                minBlue = DBlue;
            elseif minRed > DRed && minBlue > DBlue
                minRed = DRed;
                minBlue = DBlue;
            end
        end
    end
end

```

```

        end
        model = model+2;
    end
end
%fprintf('%s\t =\t %.2f -\t %.2f\n', strcat(team_path, '0',string(j),'.jpg'), minRed,
minBlue);
if ( minRed < 1.79+r && minBlue < 1.98+b )
    aceptadas = aceptadas + 1;
end
team_average_red = team_average_red + minRed;
team_average_blue = team_average_blue + minBlue;
end
%fprintf('%s\t =\t %.2f -\t %.2f\n', team_path, team_average_red/36,
team_average_blue/36);
fprintf('%s\t =\t %d -\t %d\n', team_path, aceptadas, 36-aceptadas);
end

function D = distChiSq( X, Y )
D = (X-Y).^2 ./ (X+Y);
D(isnan(D)) = 0;
D = sum(D)/2;
end

```

### 8.3 Codi primer intent sense exit

```

my_path = '/Users/torrescirina/Google Drive (daniel.torres@estudiantat.upc.edu)/College/7th
Year/VC/P/imatges_equips/';
nbins = 8;
models = ["03.jpg" "05.jpg"];
%models = ["03.jpg" "05.jpg" "35.jpg" "27.jpg"];
red_average_errors = 0;
green_average_errors = 0;
blue_average_errors = 0;

vec = zeros(nbins,1);
counts_vec_r = [];
counts_vec_g = [];
counts_vec_b = [];
for i = 1:length(models)
    counts_vec_r = [counts_vec_r vec];
    counts_vec_g = [counts_vec_r vec];
    counts_vec_b = [counts_vec_r vec];
end

gtb = [];
threshold = 0.5;
for i = 1:length(models)

```

```

I2 = imread(strcat(my_path, 'barcelona/', models(i)));
f1 = figure;
imshow(I2);
rec2 = getrect;
close(f1);
tshirt2 = imcrop(uint8(I2),rec2);
tshirt2 = im2double(tshirt2);
tshirt2(:,:,1) = tshirt2(:,:,1) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
tshirt2(:,:,2) = tshirt2(:,:,2) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
tshirt2(:,:,3) = tshirt2(:,:,3) ./ max((tshirt2(:,:,1) + tshirt2(:,:,2) + tshirt2(:,:,3)), threshold);
%imshow(tshirt2);
filter = fspecial('gaussian', 8);
tshirt2 = imfilter(tshirt2, filter);
red_histogram = imhist(tshirt2(:,:,1),nbins);
green_histogram = imhist(tshirt2(:,:,2),nbins);
blue_histogram = imhist(tshirt2(:,:,3),nbins);
gtb = [gtb [red_histogram green_histogram blue_histogram]];
f2 = figure;
imshow(tshirt2, []);
[countsr,~] = imhist(tshirt2(:,:,1),nbins);
f3 = figure;
plot(0:nbins-1, countsr)
[countsg,~] = imhist(tshirt2(:,:,2),nbins);
[countsb,~] = imhist(tshirt2(:,:,3),nbins);
counts_vec_r(:,i) = countsr;
counts_vec_g(:,i) = countsg;
counts_vec_b(:,i) = countsb;
end
Average_counts_r = round(mean(counts_vec_r, 2));
%plot(Average_counts_r, nbins)
f4 = figure;
plot(0:nbins-1, Average_counts_r)
Average_counts_g = round(mean(counts_vec_g, 2));
Average_counts_b = round(mean(counts_vec_b, 2));

for i = 1:length(models)
    red_errors = zeros(length(models),1);
    green_errors = zeros(length(models),1);
    blue_errors = zeros(length(models),1);

    for j = 1:length(models)
        if (i ~= j)
            [e1, e2, e3] = curve_error(gtb(:,((j-1)*3+1)), gtb(:,((j-1)*3+2)), gtb(:,((j-1)*3+3)),
            gtb(:,((i-1)*3+1)), gtb(:,((i-1)*3+2)), gtb(:,((i-1)*3+3)));
            red_errors(j) = e1;
            green_errors(j) = e2;
            blue_errors(j) = e3;
        end
    end

```

```

end
red_average_errors = red_average_errors + sum(red_errors)/(length(models)-1);
green_average_errors = green_average_errors + sum(green_errors)/(length(models)-1);
blue_average_errors = blue_average_errors + sum(blue_errors)/(length(models)-1);
end
red_average_errors = round(mean(red_average_errors,2))
green_average_errors = round(mean(green_average_errors,2))
blue_average_errors = round(mean(blue_average_errors,2))

scale = [0.55 0.75];
dimensionRatio = [4 3; 4 3];
aceptadas = 0;
rechazadas = 0;
teams = ["acmilan/", "barcelona/", "chelsea/", "juventus/", "liverpool/", "madrid/", "psv/"];
for k = 1:length(teams)
    team_path = teams(k);
    for j = 1:36
        if (j < 10) image = strcat(my_path, team_path, '0', string(j), '.jpg');
        else image = strcat(my_path, team_path, string(j), '.jpg');
        end
        I_test = imread(image);
        averageRed = 0;
        averageGreen = 0;
        averageBlue = 0;
        x_space = 0:nbins-1;
        for i=1:5
            rect_test = randomWindow2d(size(I_test),"Scale",scale,
"DimensionRatio",dimensionRatio);
            tshirt_test = imcrop(uint8(I_test),rect_test);
            tshirt_test = im2double(tshirt_test);
            tshirt_test(:,:,1) = tshirt_test(:,:,1) ./ max((tshirt_test(:,:,1) + tshirt_test(:,:,2) +
tshirt_test(:,:,3)), threshold);
            tshirt_test(:,:,2) = tshirt_test(:,:,2) ./ max((tshirt_test(:,:,1) + tshirt_test(:,:,2) +
tshirt_test(:,:,3)), threshold);
            tshirt_test(:,:,3) = tshirt_test(:,:,3) ./ max((tshirt_test(:,:,1) + tshirt_test(:,:,2) +
tshirt_test(:,:,3)), threshold);

            filter = fspecial('gaussian', 8);
            tshirt_test = imfilter(tshirt_test, filter);
            hR_test = imhist(tshirt_test(:,:,1),nbins);
            hG_test = imhist(tshirt_test(:,:,2),nbins);
            hB_test = imhist(tshirt_test(:,:,3),nbins);

            F = griddedInterpolant(x_space, Average_counts_r,'cubic');
            fun = @(p,xdata) F(xdata/p(1)-p(2));
            a0 = (max(x_space)-min(x_space))/(max(x_space)-min(x_space));
            t0 = mean(x_space/a0)-mean(x_space);

```

```

[pr,Ar] = fminspleas({fun},[a0,t0],x_space,hR_test');
efun=@(x) Ar*fun(pr,x);
registrationError = norm(efun(x_space)-hR_test');
averageRed = averageRed + registrationError;

F = griddedInterpolant(x_space, Average_counts_g,'cubic');
fun = @(p,xdata) F(xdata/p(1)-p(2));
a0 = (max(x_space)-min(x_space))/(max(x_space)-min(x_space));
t0 = mean(x_space/a0)-mean(x_space);

[pr,Ar] = fminspleas({fun},[a0,t0],x_space,hG_test');
efun=@(x) Ar*fun(pr,x);
registrationError = norm(efun(x_space)-hG_test');
averageGreen = averageGreen + registrationError;

F = griddedInterpolant(x_space, Average_counts_b,'cubic');
fun = @(p,xdata) F(xdata/p(1)-p(2));
a0 = (max(x_space)-min(x_space))/(max(x_space)-min(x_space));
t0 = mean(x_space/a0)-mean(x_space);

[pr,Ar] = fminspleas({fun},[a0,t0],x_space,hB_test');
efun=@(x) Ar*fun(pr,x);
registrationError = norm(efun(x_space)-hB_test');
averageBlue = averageBlue + registrationError;
end
averageRed = averageRed/5;
averageGreen = averageGreen/5;
averageBlue = averageBlue/5;
min_val = 0.8;
max_val = 1;
if ((averageRed/red_average_errors < min_val || averageRed/red_average_errors >
max_val) && (averageBlue/blue_average_errors < min_val ||
averageBlue/blue_average_errors > max_val) && (averageGreen/green_average_errors <
min_val || averageGreen/green_average_errors > max_val))
    rechazadas = rechazadas + 1;
else
    aceptadas = aceptadas + 1;
end
end
fprintf('%s aceptadas = %d',team_path, aceptadas);
fprintf('%s rechazadas = %d',team_path, rechazadas);
aceptadas = 0;
rechazadas = 0;
end

function [e1, e2, e3] = curve_error(red_histogram_test, green_histogram_test,
blue_histogram_test, y1, y2, y3)
nbins = 8;

```

```

x_space = 0:nbins-1;

F = griddedInterpolant(x_space, y1','cubic');
fun = @(p,xdata) F(xdata/p(1)-p(2));
a0 = (max(x_space)-min(x_space))/(max(x_space)-min(x_space));
t0 = mean(x_space/a0)-mean(x_space);
[pr,Ar] = fminspleas({fun},[a0,t0],x_space,red_histogram_test');
efun=@(x) Ar*fun(pr,x);
e1 = norm(efun(x_space)-red_histogram_test');

F = griddedInterpolant(x_space, y2','cubic');
fun = @(p,xdata) F(xdata/p(1)-p(2));
a0 = (max(x_space)-min(x_space))/(max(x_space)-min(x_space));
t0 = mean(x_space/a0)-mean(x_space);
[pr,Ar] = fminspleas({fun},[a0,t0],x_space,green_histogram_test');
efun=@(x) Ar*fun(pr,x);
e2 = norm(efun(x_space)-green_histogram_test');

F = griddedInterpolant(x_space, y3','cubic');
fun = @(p,xdata) F(xdata/p(1)-p(2));
a0 = (max(x_space)-min(x_space))/(max(x_space)-min(x_space));
t0 = mean(x_space/a0)-mean(x_space);
[pr,Ar] = fminspleas({fun},[a0,t0],x_space,blue_histogram_test');
efun=@(x) Ar*fun(pr,x);
e3 = norm(efun(x_space)-blue_histogram_test');

end

```