

Nozioni Elementari sulla elaborazione delle Immagini 1

Corso: Signal Processing and Data Fusion  
 AA 2020-2021  
 Dipartimento di Ingegneria, Università della Campania  
 Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica  
 Prof. Francesco A. N. Palmieri

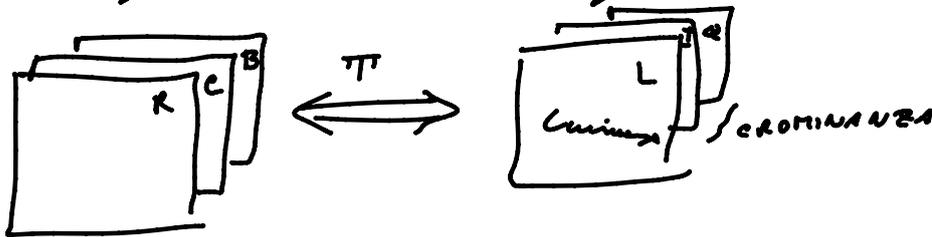
Una immagine digitale è costituita da 3 matrici  $N \times M$  ( $N$  righe,  $M$  colonne), ognuna corrispondente ad un colore fondamentale (R (RED); G (GREEN); B (BLUE))



Ai fini della percezione o fondamentale processo di una trama di valori pixel i ricettori cromatici della retina (coni) sono di 3 tipi. Abbiamo già visto che i ricettori

della retina non hanno risposte monocromatiche, ovvero non sono ciechi a quelle lunghezze d'onda. Piuttosto essi hanno una risposta armonica distribuita nello spettro del visibile [Vedi appunto sulla percezione cromatiche]

La trama RGB può essere convertita in altre rappresentazioni ternarie equivalenti. La più comune è quella Luminanza + Vettore di Crominanza



$$\begin{bmatrix} L \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.523 & 0.312 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$\pi$  (matrice  $3 \times 3$  invertibile)

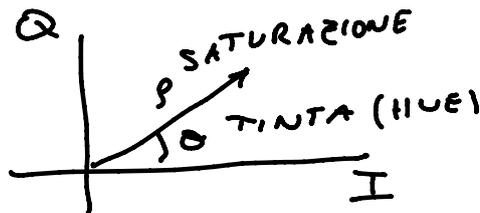
( $\pi$  è stata determinata sperimentalmente per ottenere una immagine B/W più "naturale possibile")

( $I$  è stata determinata sperimentalmente per un'immagine  
una immagine B/W più "naturale possibile")

La trasformazione  $T$  è applicata pixel-per-pixel per ottenere  
una nuova terna che rappresenta

LUMINANZA: Una matrice associata a livelli di grigio.  
(Immagine in Bianco e Nero (B/W))

VETORE DI CROMINANZA  $\begin{pmatrix} I \\ Q \end{pmatrix}$  Due matrici che contengono il resto  
della informazione cromatica



Ad esempio si vuole operare una modifica sulla  
luminosità di una immagine, si opera una prima  
trasformazione  $(RGB) \xrightarrow{T} (LIQ)$ ; si modifica

$L \rightarrow L'$ ; si ritorna alla rappresentazione RGB

$$(L'IQ) \xrightarrow{T^{-1}} (R'E'B')$$

Per non alterare la tinta (bilanciamento dei colori)  
è cruciale mantenere costante il rapporto tra  $I$  e  $Q$ .

Per modificare la saturazione,  $I$  e  $Q$  devono essere  
modificati insieme aumentando o diminuendoli

$$\rho = \sqrt{I^2 + Q^2}$$

Il programma che segue importa una immagine  
JPG in RGB (ARRAY 3-dimensionale) e esegue qualche operazione  
elementare.

Da inserire in un file MATLAB xxxx.m

```
close all
clear all
%leggi l'immagine
[X MAP]=imread('moto.jpg','jpg'); ← importa la tua immagine
%verifica il formato dell'array
size(X)
%mostra l'immagine
figure(1)
subplot(3,3,1)
imshow(X, []);
%mostra la prima banda azzerando le altre(R)
R=X;
```

```

R(:,:,2)=zeros;
R(:,:,3)=zeros;
subplot(3,3,4)
imshow(R,[]);
%mostra la seconda banda azzerando le altre(G)
G=X;
G(:,:,1)=zeros;
G(:,:,3)=zeros;
subplot(3,3,5)
imshow(G,[]);
%mostra la terza banda azzerando le altre (B)
B=X;
B(:,:,1)=zeros;
B(:,:,2)=zeros;
subplot(3,3,6)
imshow(B,[]);
%mostra l'immagine di luminanza
L= 0.299 * double(X(:,:,1))+ 0.587 * double(X(:,:,2)) + 0.114 * double(X(:,:,3));
%L= 0.333 * double(X(:,:,1)) + 0.333 * double(X(:,:,2)) + 0.333 * double(X(:,:,3));
subplot(3,3,7)
imshow(L,[]);

I= 0.596 * double(X(:,:,1))-0.274 * double(X(:,:,2)) - 0.322 * double(X(:,:,3));
Q= 0.211 * double(X(:,:,1))-0.523 * double(X(:,:,2)) + 0.312 * double(X(:,:,3));
%mostra l'immagine di saturazione R=sqrt(I^2+Q^2)
subplot(3,3,8)
S=sqrt(Q.^2+I.^2);
imshow(S,[]);
%mostra l'immagine di tinta
subplot(3,3,9)
T=atan2( Q, I);
imshow(T,[])

%generiamo qualche immagine alterando i colori
X1=X;
X1(:,:,2)=double(X1(:,:,2))./2;
%ho diviso la componente di verde per due

figure(1)
subplot(3,3,2)
imshow(X1,[])

% X1=X;
% X1(:,:,3)=255*ones;
% %ho saturato la componente Blue
% figure(1)
% subplot(3,3,2)
% imshow(X1,[])
%
% X1(:,:,2)=255*ones;
% %ho saturato anche la componente Green
% figure(1)
% subplot(3,3,2)
% imshow(X1,[])

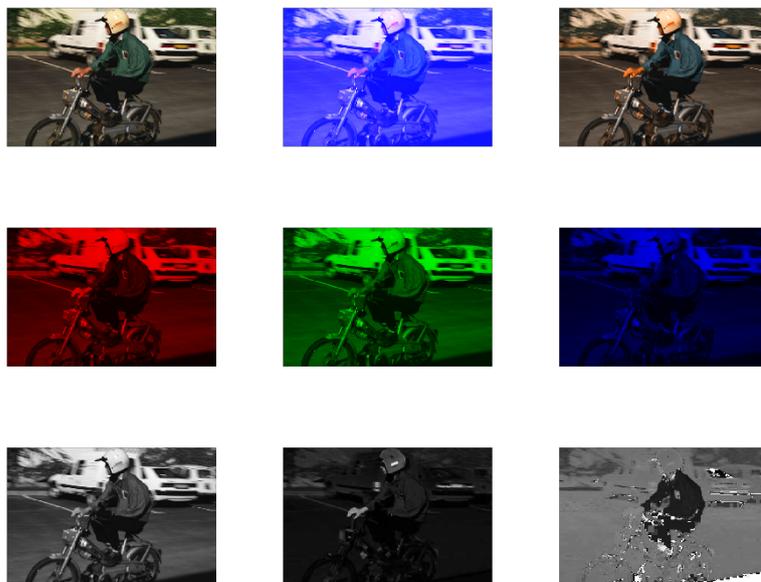
%esercizio 1: genera qualche immagine variando
%la saturazione dei colori, ma mantenendo la hue (tinta) costante.

%soluzione: a) varia I e Q insieme b) torna a RGB con la
%matrice inversa.

T=[0.299 0.587 0.114;
0.596 -0.274 -0.322;
0.211 -0.523 0.312];

iT=inv(T);
%vario le componenti di luminanza e crominanza
LM=L;
IM=1.5*I;
QM=0.3*Q;
%modifica della tinta soltanto richiede la applicazione di una rotazione
%rigida del vettore di crominanza
% dteta=pi/5; %rotazione in radianti
% QM=- I * sin(dteta) + Q * cos(dteta);
XF(:,:,1)=iT(1,1)* LM +iT(1,2) * IM + iT(1,3) * QM;
XF(:,:,2)=iT(2,1)* LM +iT(2,2) * IM + iT(2,3) * QM;
XF(:,:,3)=iT(3,1)* LM +iT(3,2) * IM + iT(3,3) * QM;
XF=uint8(XF);
figure(1)
subplot(3,3,3)
imshow(XF, []); %vedo come si è modificata l'immagine

```



## CONTRASTO:

Il contrasto in una immagine è una caratteristica collegata alla visibilità presente nei suoi valori di intensità e di cromaticità.

Per semplificare la spiegazione di questo concetto, concentriamoci per ora su una sola matrice, ovvero su una immagine i cui pixel rappresentano solo una intensità.

Se i valori assunti da ogni pixel sono nell'intervallo  $[V_{min}, V_{max}]$  (in genere positivo e  $[0, 255]$  per una immagine codificata con 8 bit)

l'istogramma voluto ne mostra l'immagine osservando la distribuzione dei vari livelli, ovvero quante volte i pixel assumono valori nei vari intervalli (bin)



Il seguente esempio mostra l'istogramma voluto su 50 bin di una immagine in B/W.

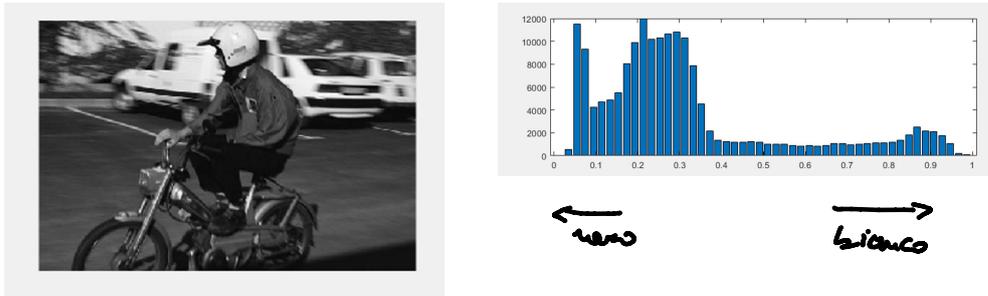
Il range  $[0, 255]$  è stato trasformato per semplicità nell'intervallo  $[0, 1]$ .

```

close all
% assumiamo che in L ci sia l'immagine in bianco e nero

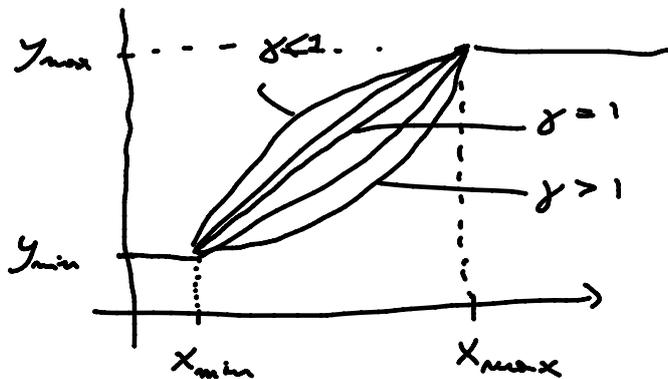
%riportiamo i valori dell'immagine nel range [0 1]
LN=L / 255; %immagine normalizzata
subplot(3,2,1)
imshow(LN,[0 1])
%compute the histogram on Nbin bins
Nbin=50;
[H1 x]=hist(LN(:),Nbin); % istogramma
subplot(3,2,2)
bar(x,H1)

```



Si noti come l'immagine presenti una notevole quantità di pixel scuri, nonostante valori vicini a zero presenti su tutto il campo.

Modifiche al contrasto possono essere fatte in vari modi. Una tecnica classica è l'uso della seguente funzione (GAMMA)



$$y = \begin{cases} y_{min} & x < x_{min} \\ y_{min} + (y_{max} - y_{min}) \left[ \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \right]^\gamma & x_{min} < x < x_{max} \\ y_{max} & x > x_{max} \end{cases}$$

L'esponente  $\gamma$  controlla lo shift verso il nero ( $\gamma > 1$ ) o verso il bianco ( $\gamma < 1$ ). La funzione è lineare per  $\gamma = 1$ . La trasformazione risulta saturazione sia verso il bianco che verso il nero.

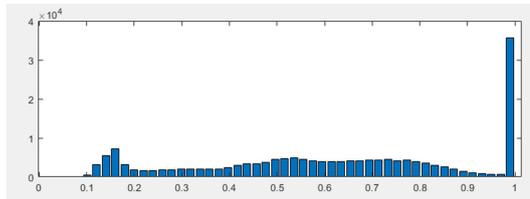
# La funzione è implementata in MATLAB

```
function Y = mygamma(X,xmin,xmax,ymin,ymax, gamma)
%This function implements the contrast gamma function
% The values must be in the range [0 1]
[N M]=size(X);
for i=1:N
    for j=1:M
        if X(i,j) <= xmin
            Y(i,j)=ymin;
        else if X(i,j) > xmax
            Y(i,j)=ymax;
        else
            Y(i,j)=ymin+(ymax-ymin)*[(X(i,j)-xmin)/(xmax-xmin)]^gamma;
        end
    end
end
end
```

Ora proviamo a usarla per modificare l'istogramma all'immagine di sopra. Prendiamo i livelli in  $[0, 0.4]$  e rispettivi linearmente in  $[0, 1]$ . Quelli all'esterno dell'intervallo andranno in saturazione.

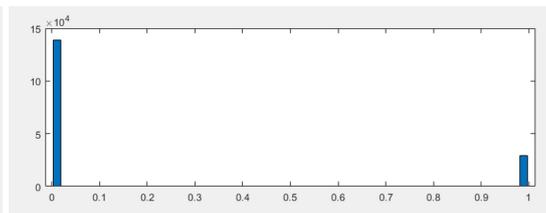
```
%alteriamo l'istogramma (contrasto)
gamma=1;
xmin=0;
xmax=0.4;
ymin=0;
ymax=1;
Y=mygamma(LN,xmin,xmax,ymin,ymax,gamma);
subplot(3,2,3)
imshow(Y,[0 1])
[H2 x]=hist(Y(:),Nbin); % istogramma
subplot(3,2,4)
bar(x,H2)
```

} parametri da modificare



L'immagine risulta schiarita con una certa saturazione sul bianco.

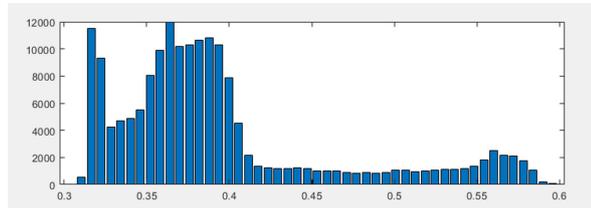
Proviamo ora con un set di parametri diversi:  $\gamma = 1$ ;  $[x_{min} \ x_{max}] = [0.4 \ 0.5]$ ;  $[y_{min} \ y_{max}] = [0, 1]$



Qui il piccolo intervallo  $[.4 \ .5]$  è stato...

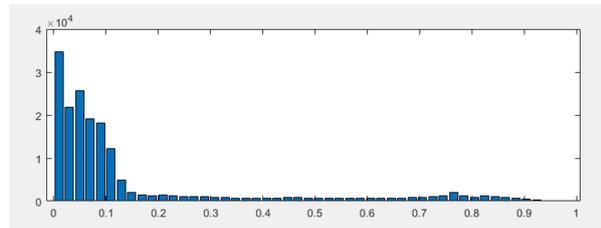
Qui il piccolo intervallo  $[.4 .5]$  è stato trasformato linearmente, ma i valori stanno all'intervallo sono stati portati alla soluzione due.

Ancora:  $\gamma = 1$   $[x_{min} x_{max}] = [0 \ 1]$ ;  $[y_{min} y_{max}] = [0.3 \ 0.6]$



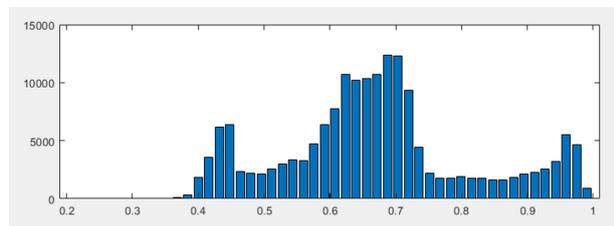
Qui tutto il range è stato compreso in un piccolo intervallo e pertanto l'immagine ha perso contrasto.

Proviamo ora a modificare l'istogramma facendo uno shift verso il nero con  $\gamma = 2$   $[x_{min} x_{max}] = [0 \ 1]$ ,  $[y_{min} y_{max}] = [0 \ 1]$



E uno shift verso il bianco con

$\gamma = 0.5$   $[x_{min} x_{max}] = [0 \ 1]$ ;  $[y_{min} y_{max}] = [0 \ 1]$

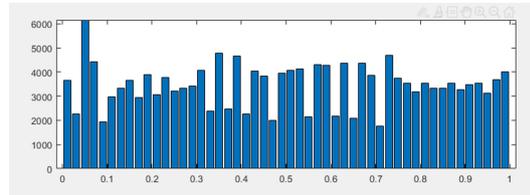


In teoria il contrasto migliore lo si ottiene con un istogramma piatto. Questa operazione, che va sotto il nome di "HISTOGRAM EQUALIZATION", è ottenibile mediante una trasformazione che è la CDF dell'istogramma [vedi appunti nella trasformazione di variabili aleatorie].

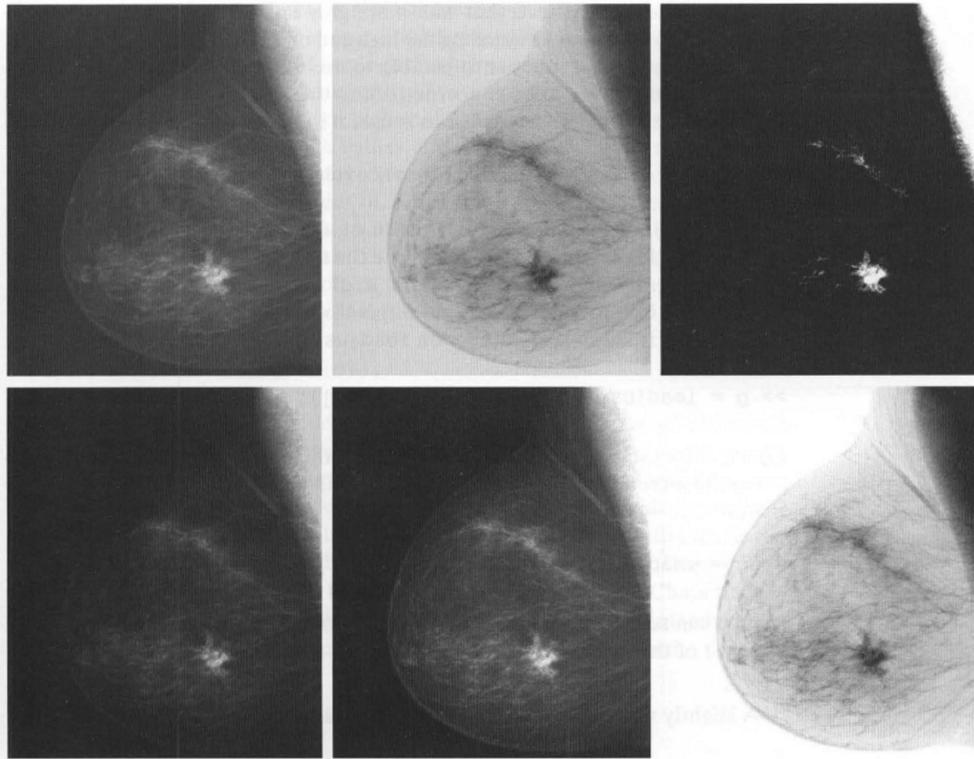
trasformazione di variabili aleatorie].

La funzione `histeq()` di MATLAB  
fa proprio questo

```
JE = histeq(LN,255);  
subplot(3,2,5)  
imshow(JE,[0 1])  
[H3 x]=hist(JE(:),Nbin); % istogramma  
subplot(3,2,6)  
bar(x,H3)
```



La migliore modifica del contrasto è  
comunque dipendente dalla applicazione  
specifiche se si vogliono enfatizzare  
alcune parti dell'immagine che sono di  
interesse. L'immagine che segue è una  
manoscritta su cui sono state operate  
varie modifiche all'istogramma per  
cercare di evidenziare alcuni elementi  
cruciali per la diagnosi.



a b c  
d e f

**FIGURE 3.3** (a) Original digital mammogram. (b) Negative image. (c) Result of expanding the intensities in the range  $[0.5, 0.75]$ . (d) Result of enhancing the image with  $\gamma = 2$ . (e) and (f) Results of using function `stretchlim` as an automatic input into function `imadjust`. (Original image courtesy of G. E. Medical Systems.)

Dal testo: R.C. Gonzales, R. E. Woods and S. L. Eddins, *Digital Image Processing Using Matlab*, Second Edition, Gatesmark Publishing, 2009.

La modifica dell'istogramma può essere ovviamente applicata alle immagini a colori operando sulle trasformazioni per ogni componente. Se le trasformazioni vengono applicate alla rappresentazione RGB, è cruciale che in un dato momento modifichiamo nelle 3 matrici per non causare un cambiamento di tinta.

Ovviamente questo problema non c'è se si modifica l'istogramma della luminosità.

Lo studente esegua qualche esercizio di modifica del contrasto su immagini a colori.