پردازش تصاویر دیجیتال
(بخش نخست)

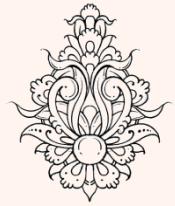
color space

IMAGE ACQUISITION

دانشگاه شهید بهشتی
پاییز ۱۴۰۲
احمد محمودی ازناوه

فهرست مطالب

- تصویر دیجیتال
- اخذ تصویر
- آشنایی با فضارنگ‌ها



تصویر دیجیتال چیست؟

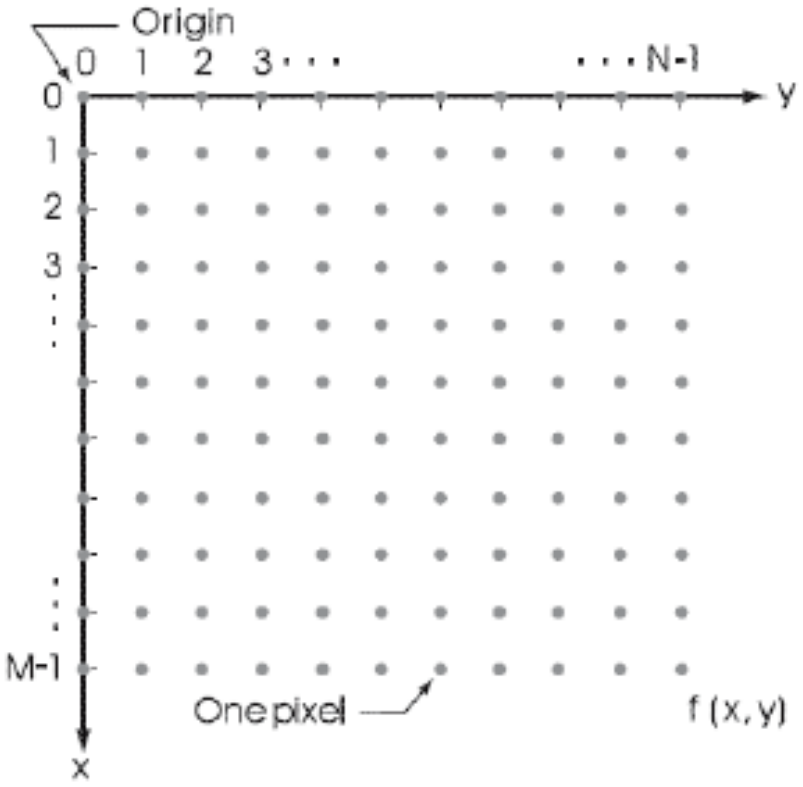
- آرایه‌ای دوبعدی از مقادیر پیکسل‌ها

جزییات پایین

جزییات بالا

نمایش تصویر

$$f[x,y] = \begin{bmatrix} f[0,0] & f[0,1] & \cdots & f[0,N-1] \\ f[1,0] & f[1,1] & \cdots & f[1,N-1] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f[M-1,0] & f[M-1,1] & \cdots & f[M-1,N-1] \end{bmatrix}$$



تصویر دودویی (سیاه و سفید)

آرایه‌ای دوبعدی از مقادیر پیکسل‌ها

- **تصاویر دودویی:**
  - آرایه‌ای از صفر و یک‌ها

تصویر طیف خاکستری

آرایه‌ای دوبعدی از مقادیر پیکسل‌ها

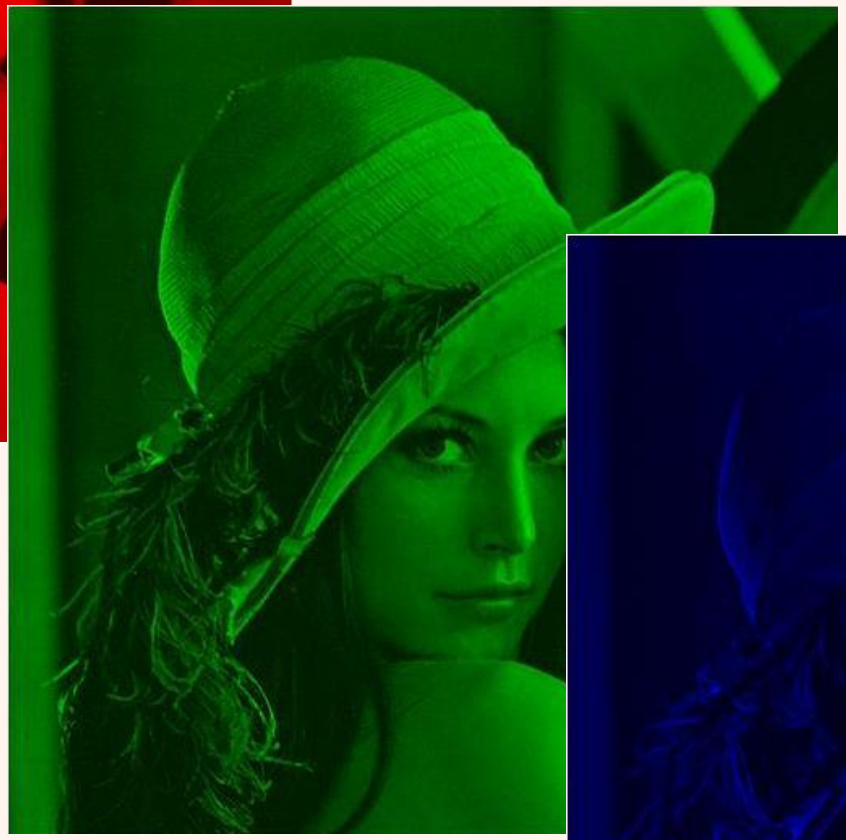
- تصاویر دودویی:
  - آرایه‌ای از صفر و یک‌ها
- تصاویر خاکستری(Grayscale):
  - مقادیر پیکسل‌ها(intensity) عددی اسکالر است.
  - مقادیر به صورت هشت بیتی از ۰ تا ۲۵۵ تغییر می‌کند.

تصویر رنگی

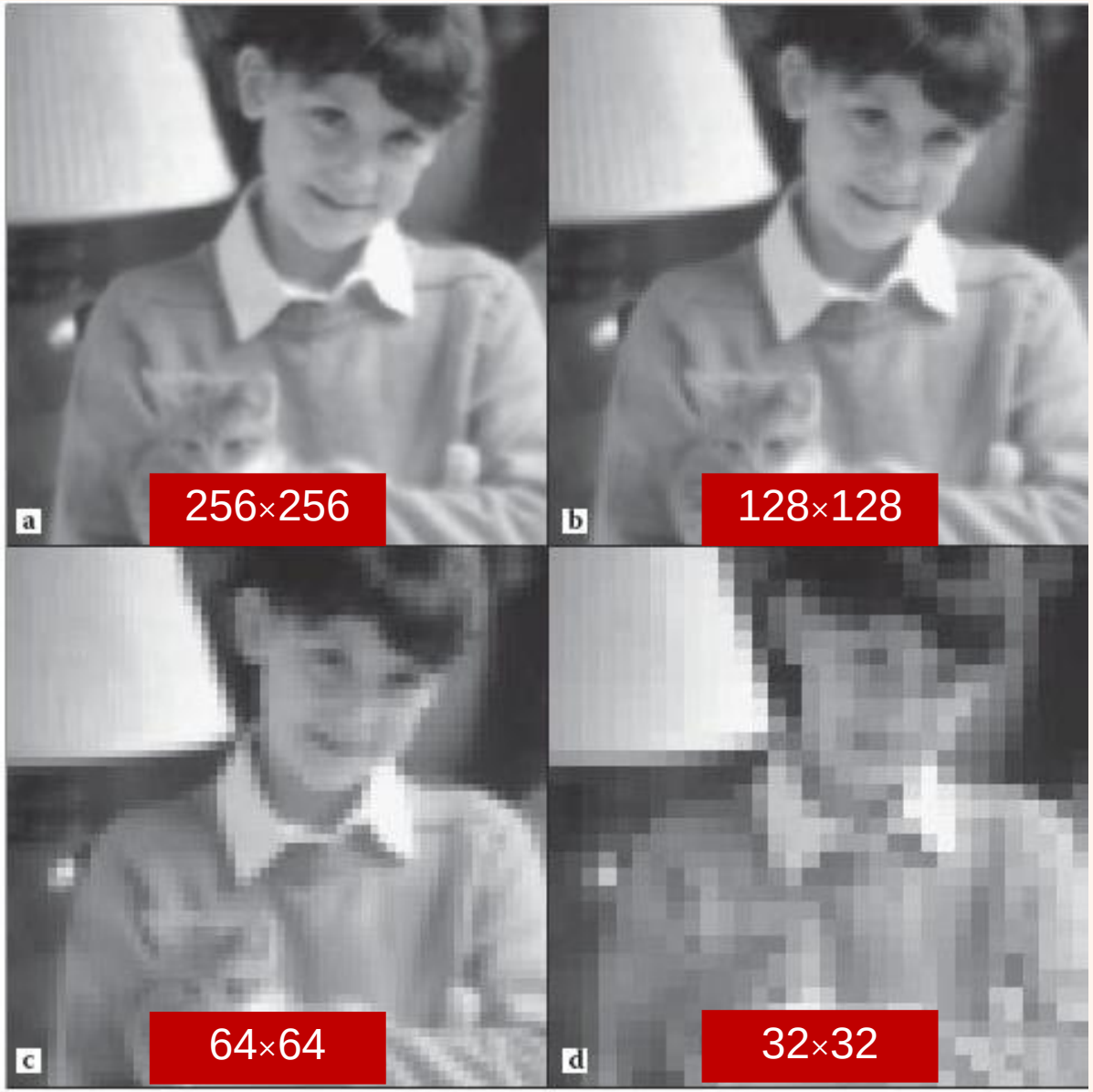
آرایه‌ای دوبعدی از مقادیر پیکسل‌ها

- تصاویر دودویی:
  - آرایه‌ای از صفر و یک‌ها
- تصاویر خاکستری(Grayscale):
  - مقادیر پیکسل‌ها(intensity) عددی اسکالر است.
  - مقادیر به صورت هشت بیتی از ۰ تا ۲۵۵ تغییر می‌کند.
- تصاویر رنگی:
  - مقادیر پیکسل‌ها برداری است.
  - تصاویر RGB: هر پیکسل به ازای هر رنگ اصلی یک مقدار دارد.
  - در مورد جزییات فضا رنگ‌ها، به زودی مطالب بیشتری مطرح خواهد شد.

تصاویر RGB



Resolution

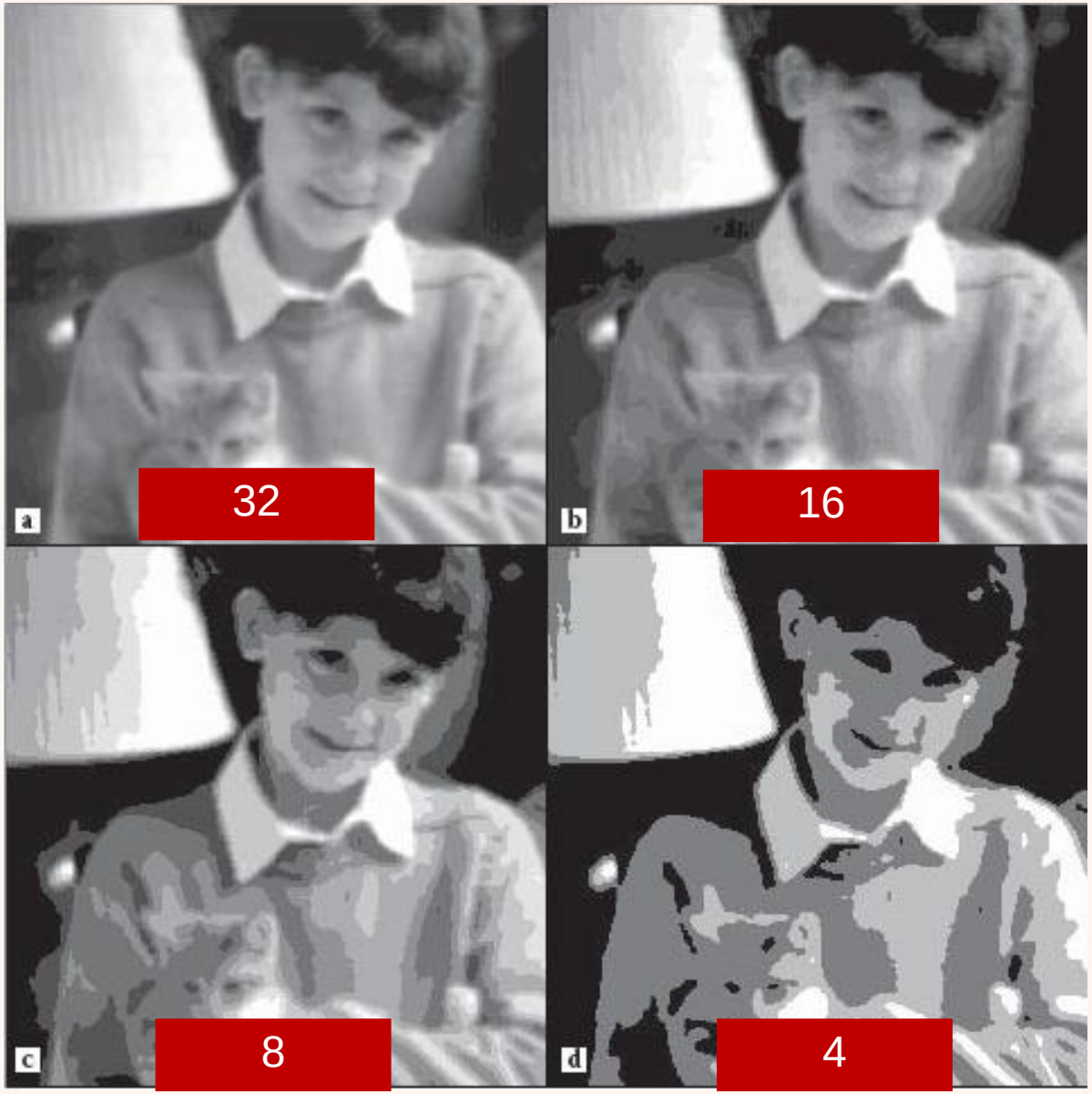


وضوح

- نمایش تصویری یکسان با تعداد پیکسل‌های متفاوت

سطوح رنگ

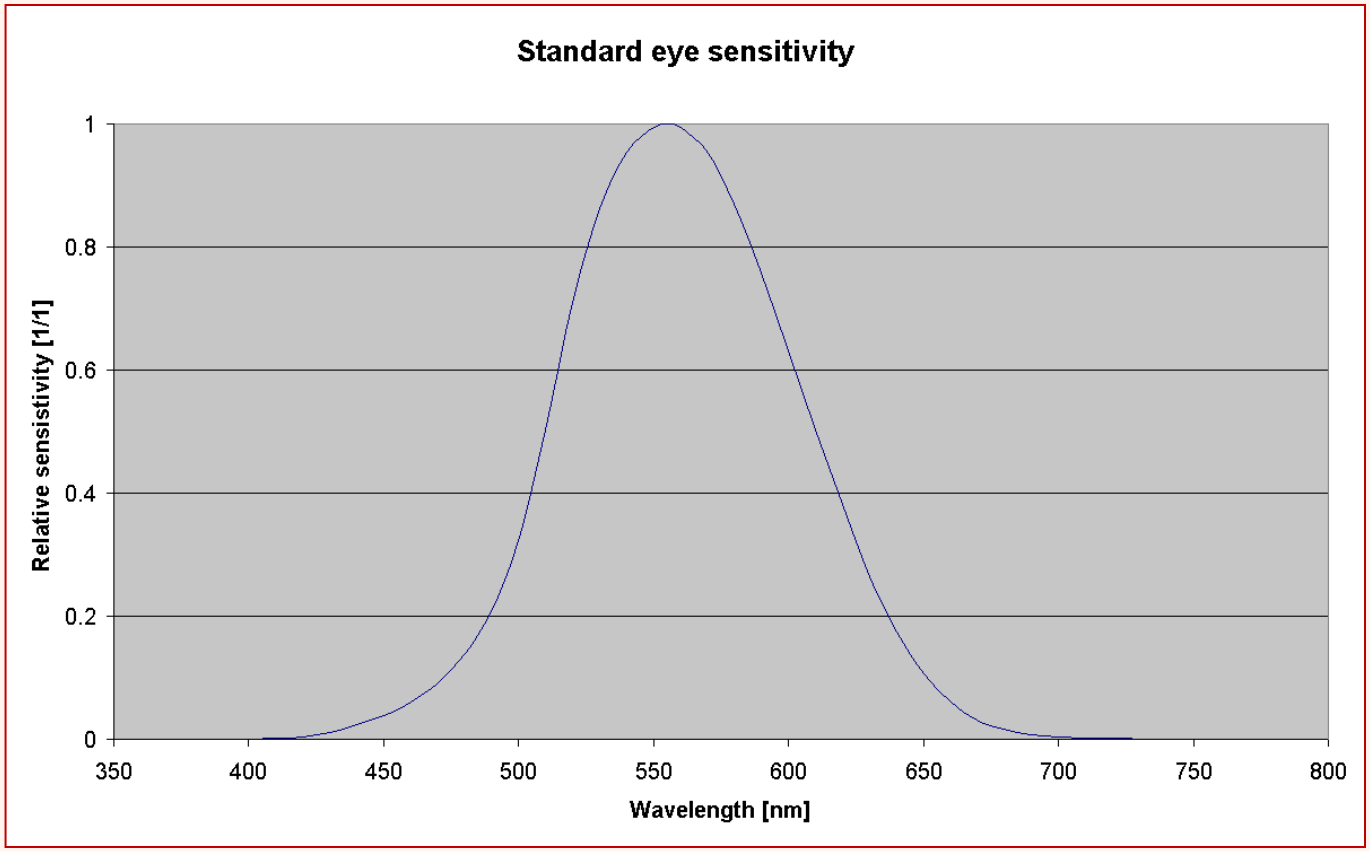
- نمایش تصویری یکسان با تعداد سطوح روشنایی متفاوت

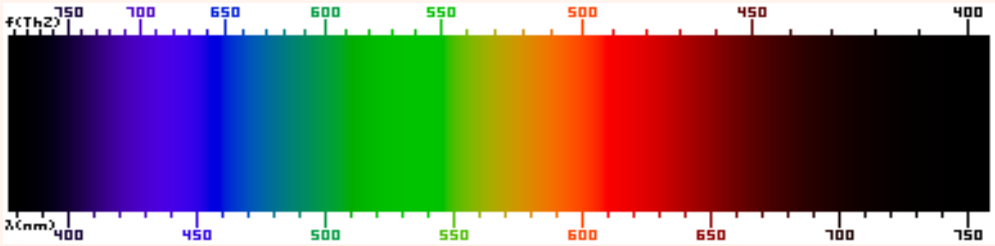


نگاشت تصویر

- تصاویر دوبعدی، نگاشتی از دنیای سه‌بعدی به یک فضای دوبعدی می‌باشد.
- یک به یک نیست و در نتیجه تمامی اطلاعات محیط را در بر نمی‌گیرد.

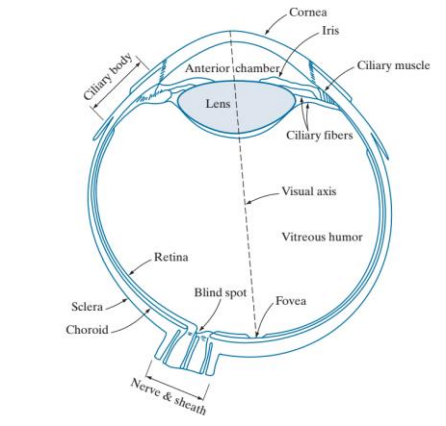
منحنی حساسیت چشم

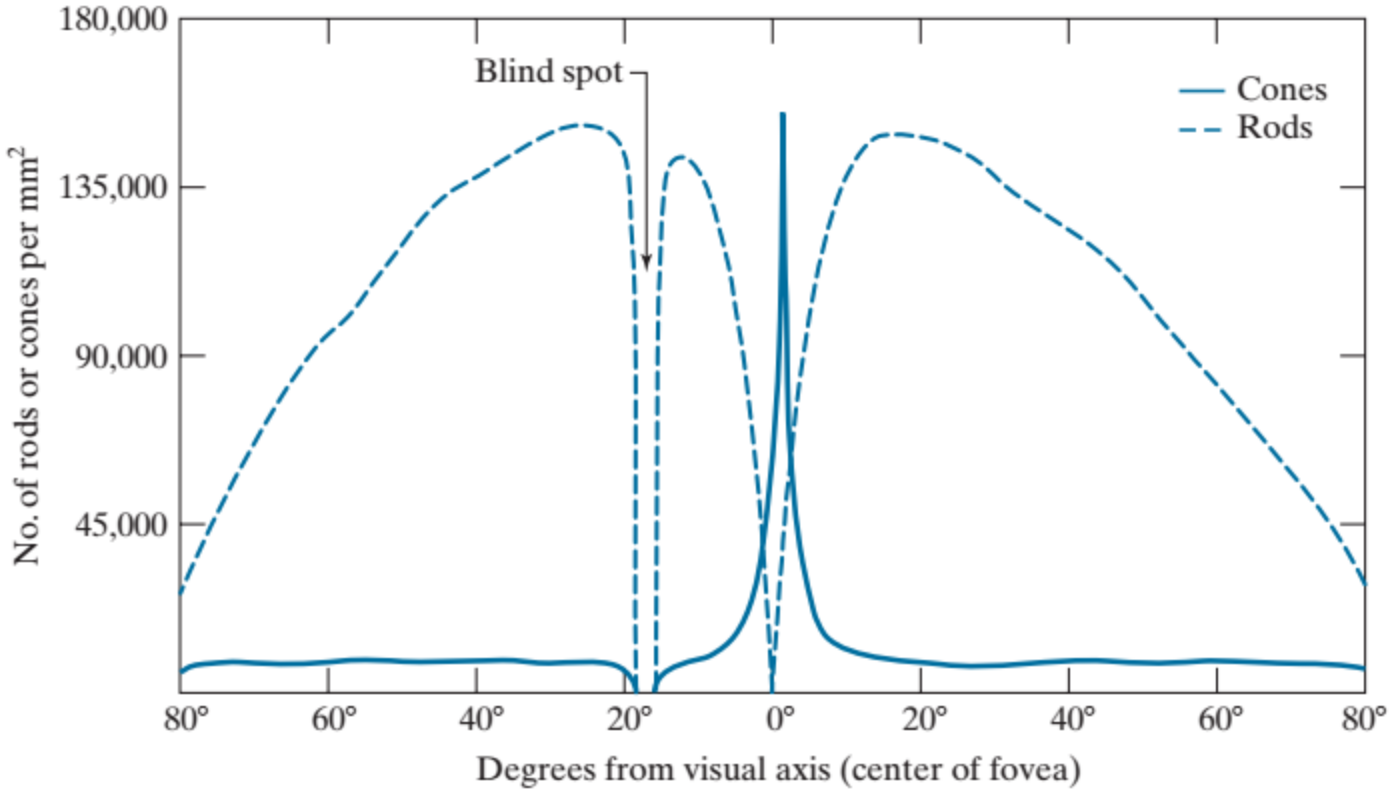




ساختمان چشم

- چشم قادر به تشخیص دست‌کم سه خاصیت از نور دریافتی است:
  - مسیر انتشار نور
  - شدت نور (درک تباین بین جسم و محیط)
  - طول موج نور دریافتی
- احساس رنگ
  - فام رنگ (مرتبط با طول موج پرتو)
  - شدت رنگ (وابسته به دامنه‌ی ارتعاشات)
  - سیری یا روشنی رنگ (مربوط به خلوص و ترکیب آن با سایر طول موج‌هاست)





توزیع حس‌گرها

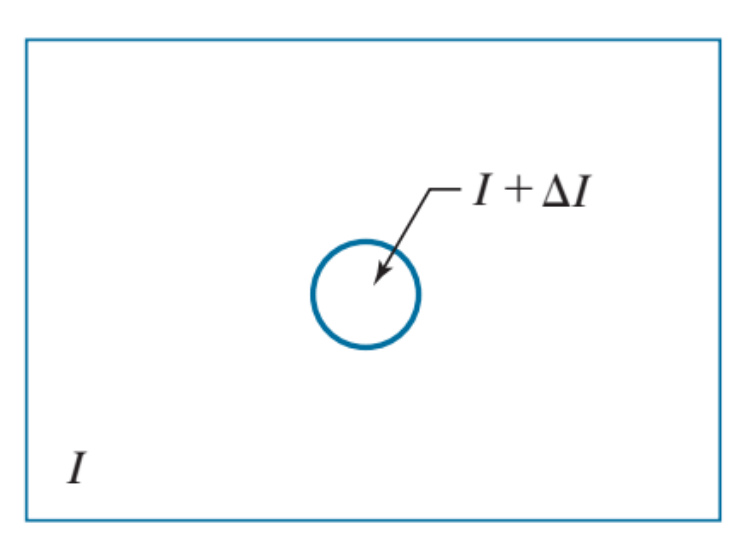
تمایز میان اجسام

- وجود حداقل اختلاف روشنایی جهت تمیز

آستانه‌ی تشخیص JND

$\Delta I/I \approx K$

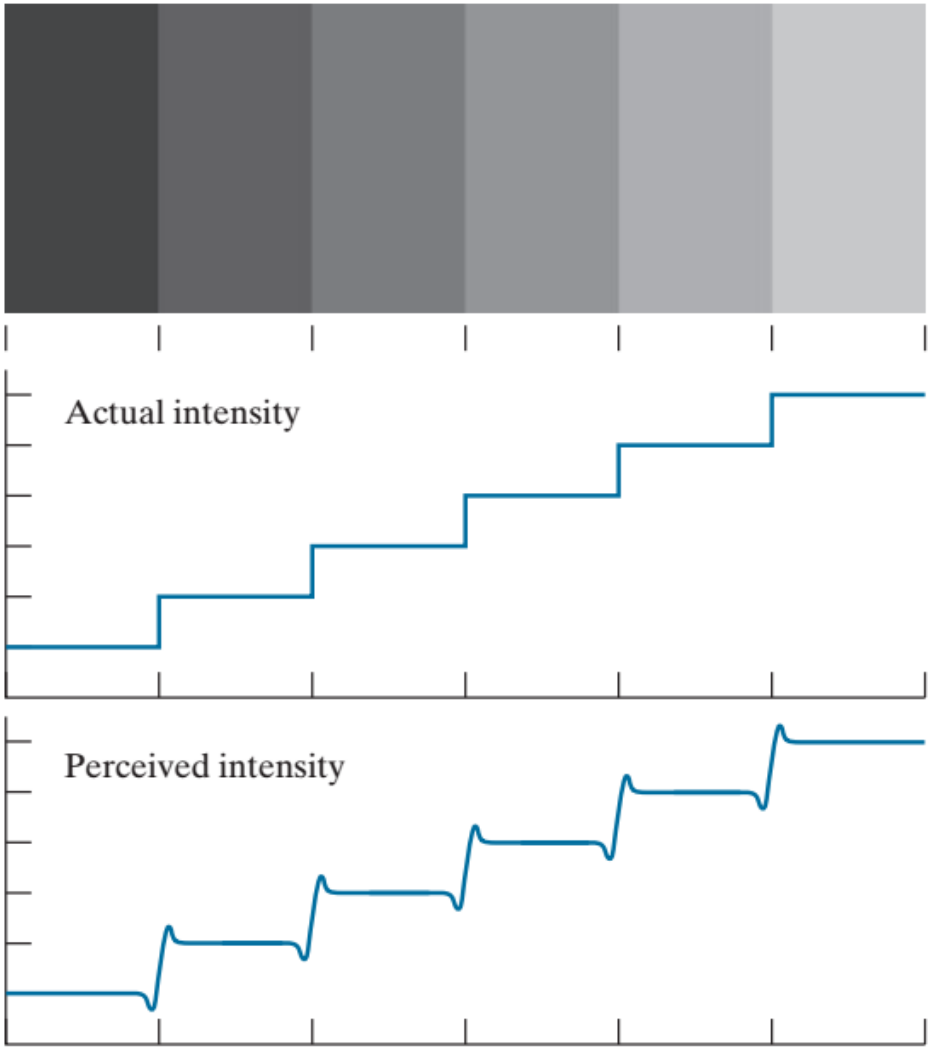
Weber ratio



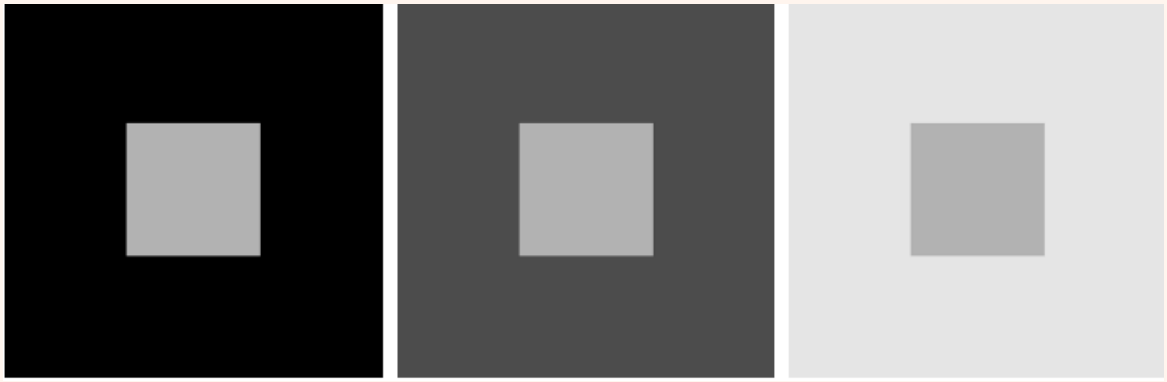
Mach band effect

فرومیرایی و فرامیرایی

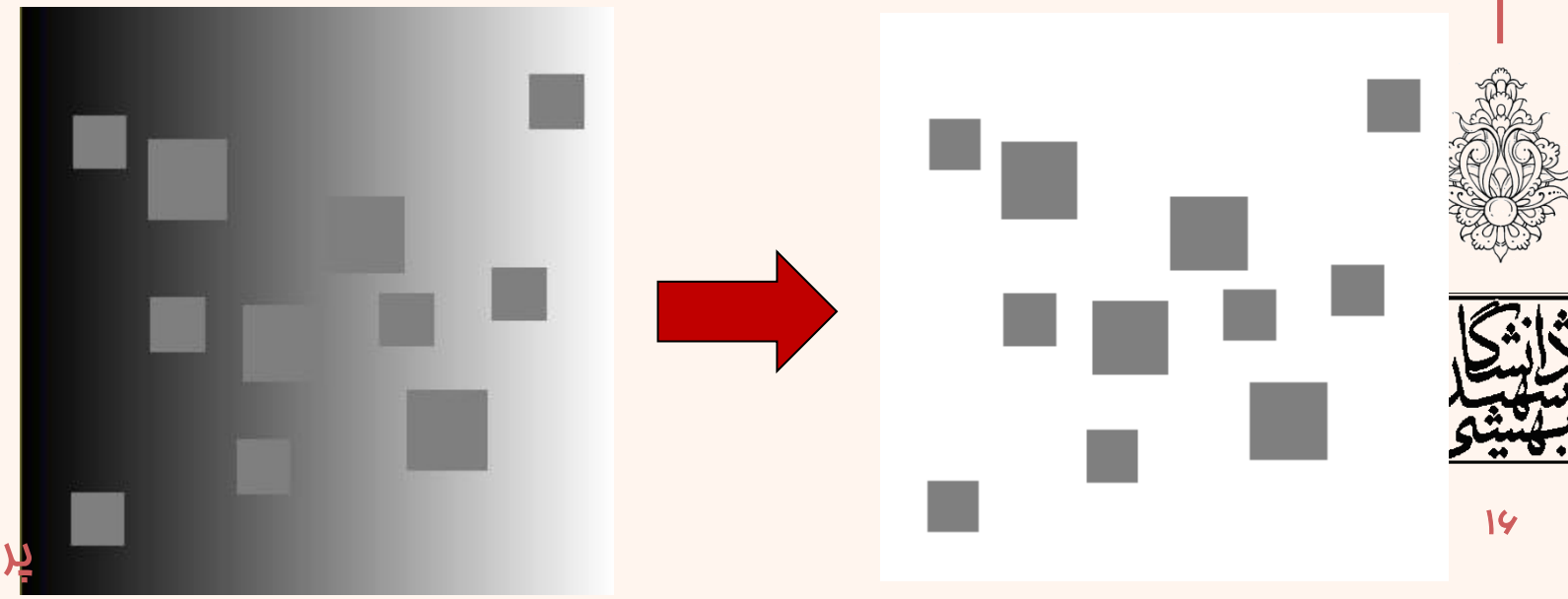
- درک سیستم بینایی تابعی ساده از میزان روشنایی نیست.



simultaneous contrast

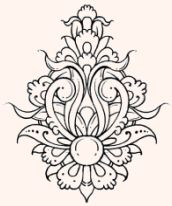


روشنایی تشخیص داده شده توسط چشم یک کمیت نسبی است

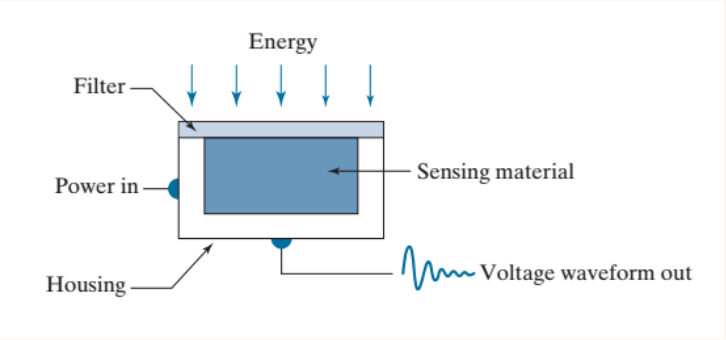


تهیه‌ی تصویر طبیعی

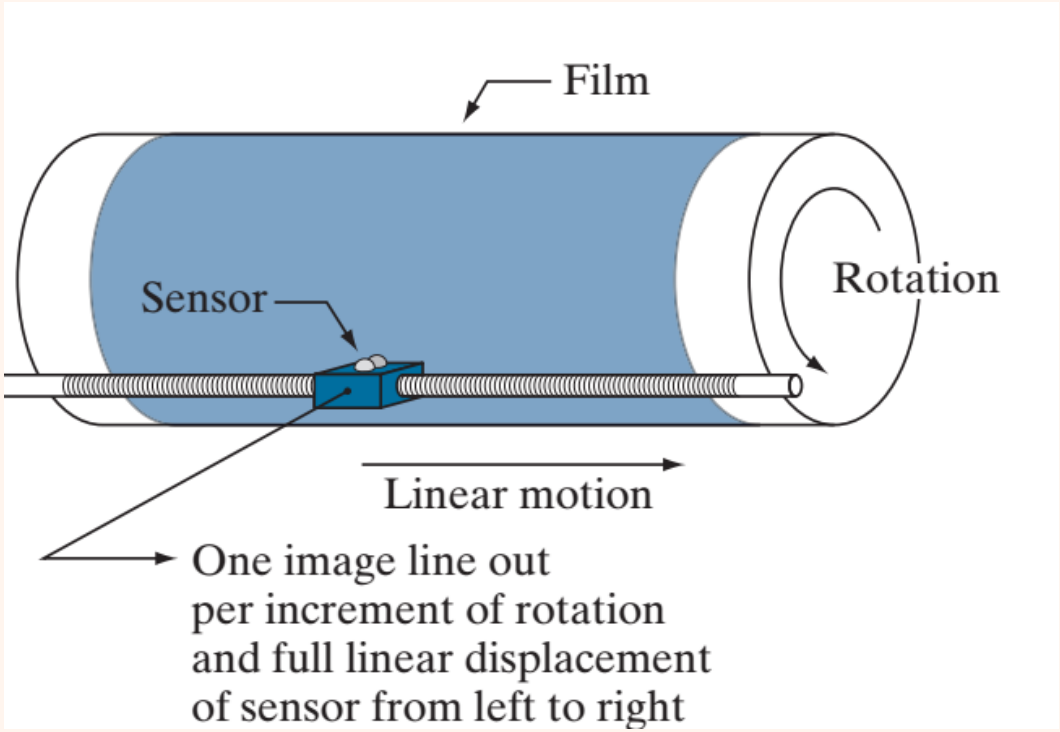
- دوربین
  - لنز برای جمع‌آوری نورهای محیط
    - متناسب بودن لنز با نوع پرتو
  - وسیله‌ی تبدیل کننده‌ی نور به تصویر
    - صفحه‌ی حساس به نور
      - تغییرات شیمیایی
    - حسگر الکترونیکی
      - تبدیل نور به جریان الکتریکی (شدت تحریک متناسب با شدت جریان)



انواع حسگر

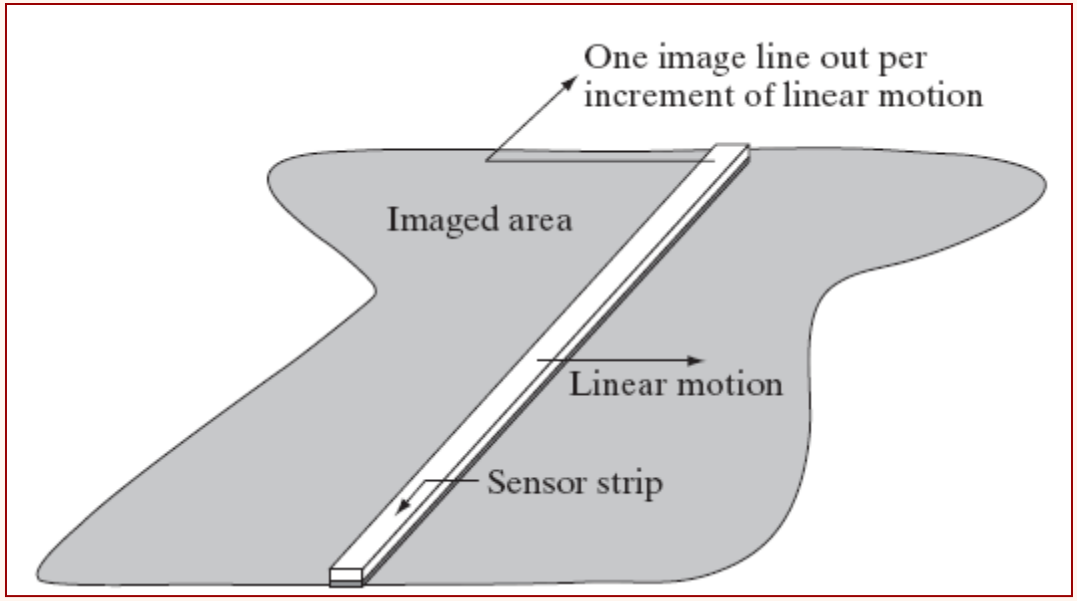


- نقطه‌ای
  - حرکت در جهات افقی و عمودی



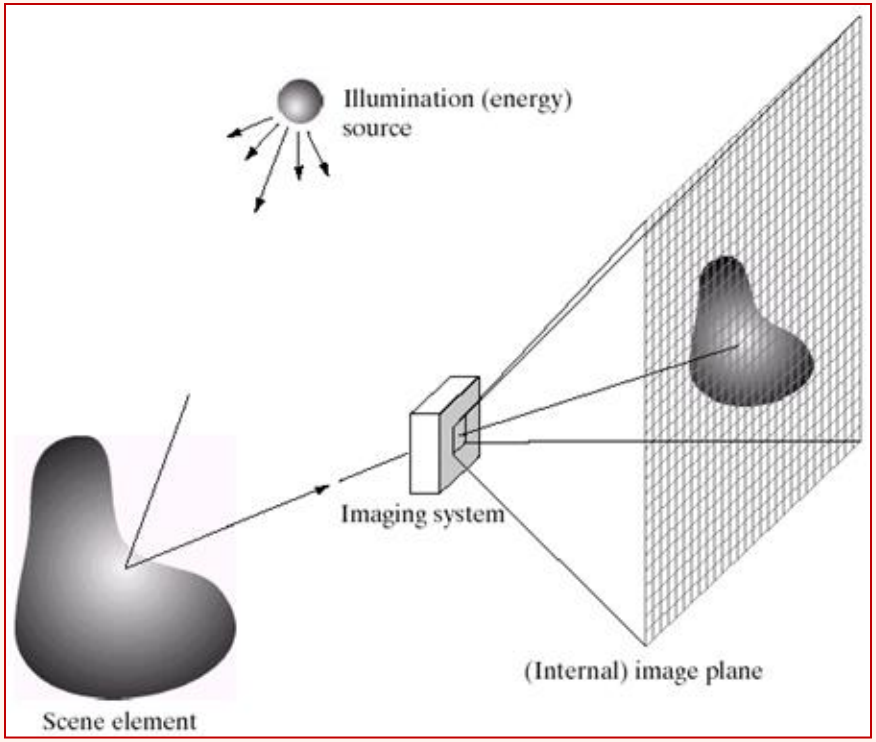
انواع حسگر (ادامه...)

- برداری
  - از چند حسگر نقطه‌ای تشکیل شده که در هر جابجایی یک خط تصویربرداری می‌شود.

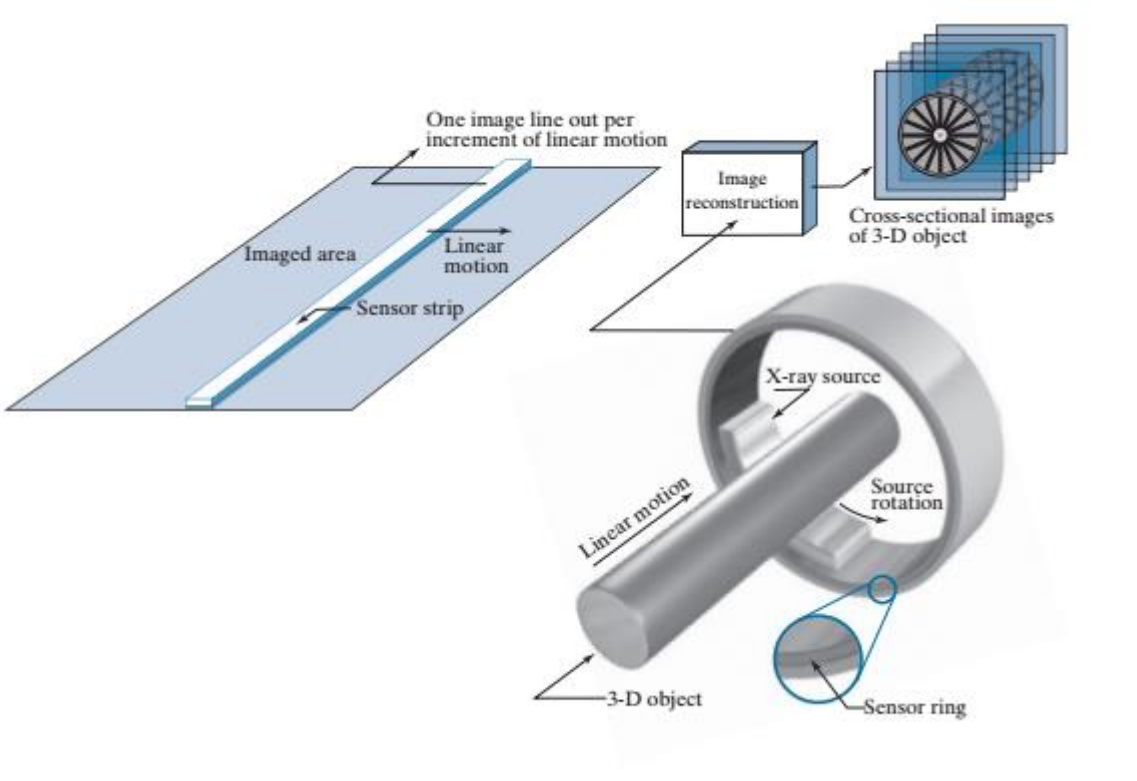


انواع حسگر (ادامه...)

- ماتریسی
  - نیاز به حرکت نیست.
  - در یک لحظه از تمام هدف تصویربرداری می‌شود.



انواع حسگر (ادامه...)



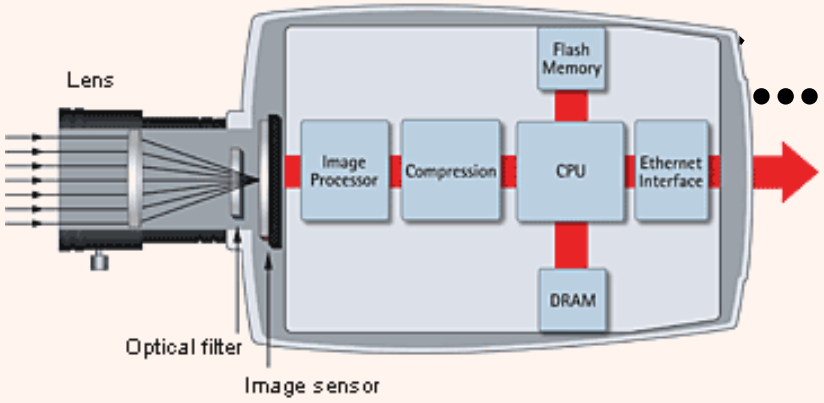
گیرنده‌ی تصویر

- عناصر تصویر یا پیکسل‌ها میزان نور دریافتی را ثبت می‌کنند.
- میزان نور دریافتی تبدیل به الکترون می‌شود.

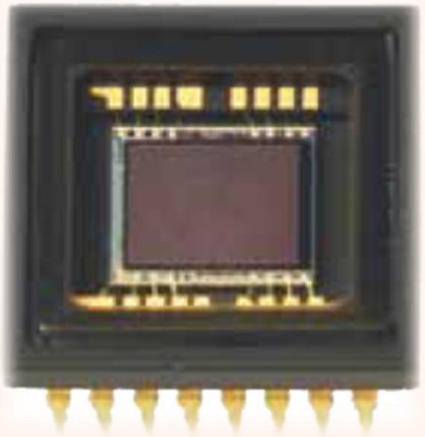
نور بیشتر≈ تعداد الکترون بالاتر

الکترون← ولتاژ ← A/D ← مقادیر عددی

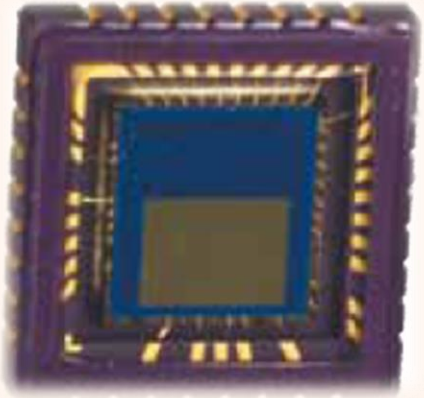
گیرنده‌ی تصویر(ادامه...



- تکنولوژی‌ها:
  - CCD (Charge-Coupled Device)
  - CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor)



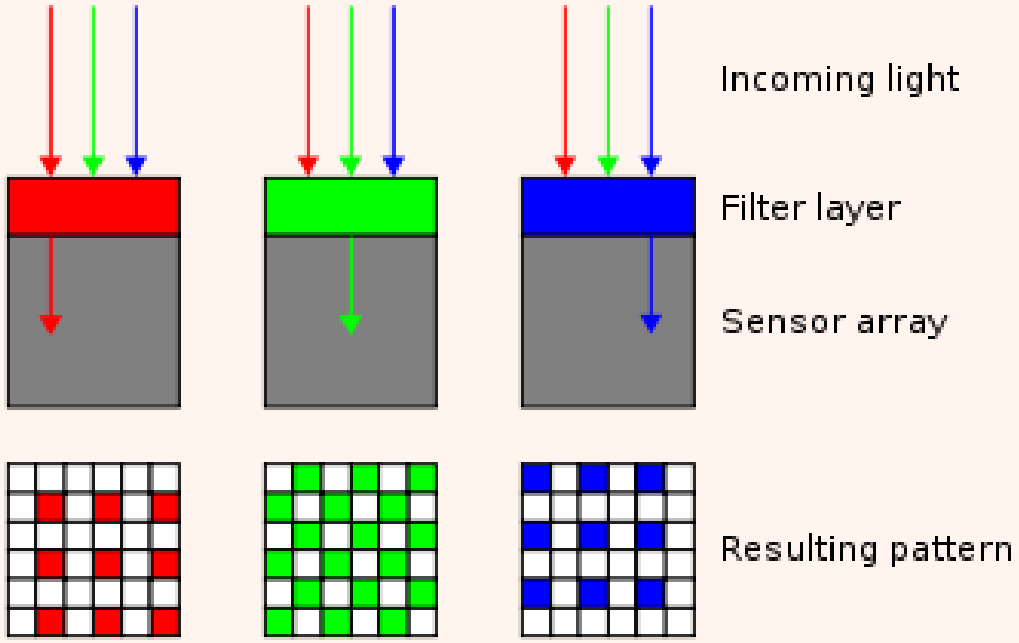
CCD



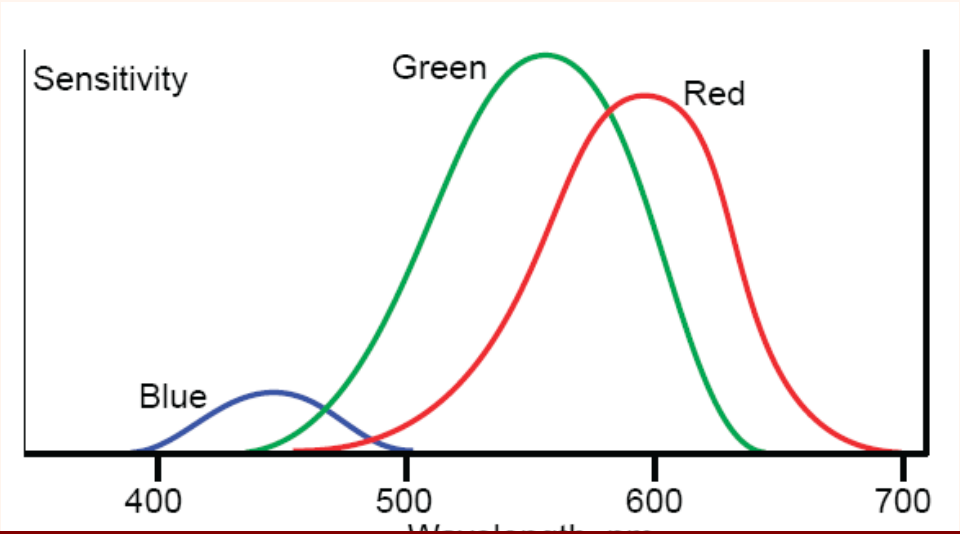
CMOS

فیلترهای رنگی (CFA)

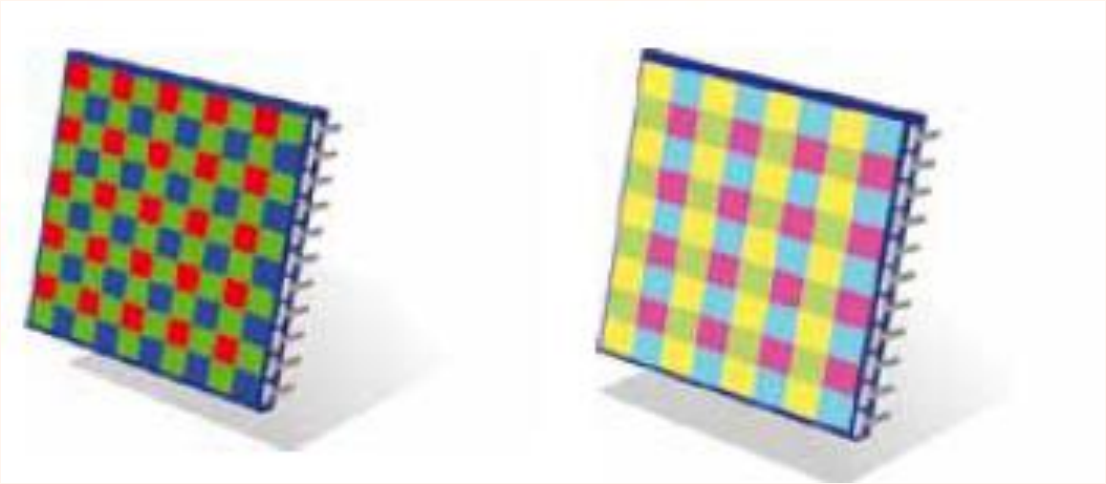
- گیرنده‌های نوری تنها به شدت نور حساس هستند و نسبت به رنگ‌های مختلف واکنش متفاوتی ندارند.



حساسیت گیرنده‌های چشم انسان به رنگ‌های مختلف



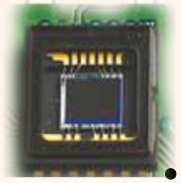
The Image Processing Handbook, John C. Russ



Bayer array color filter (left) and CMYG color filter array (right)

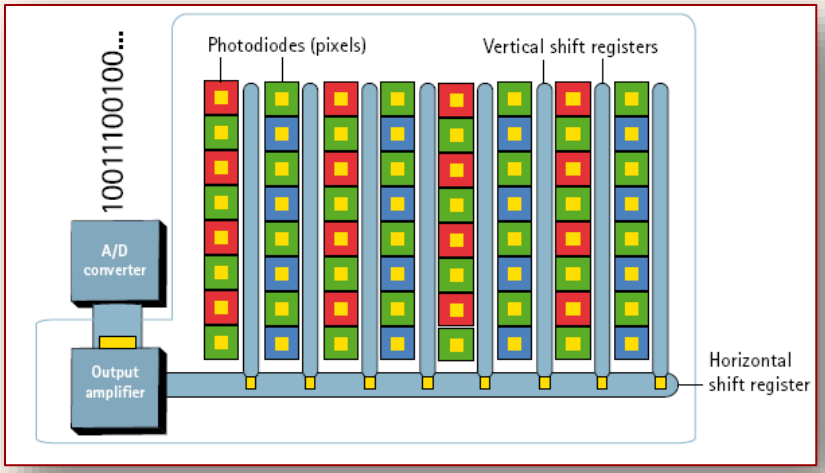
CCD

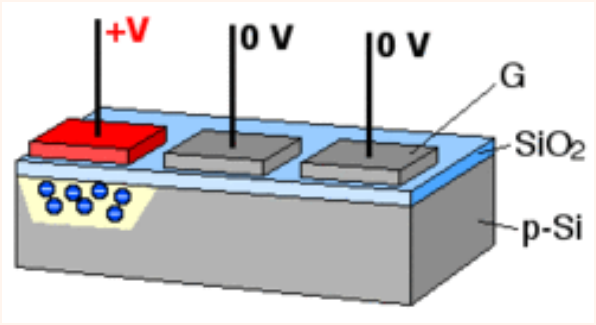
- این تکنولوژی در سال ۱۹۷۱ تنها برای استفاده در دوربین به وجود آمد.

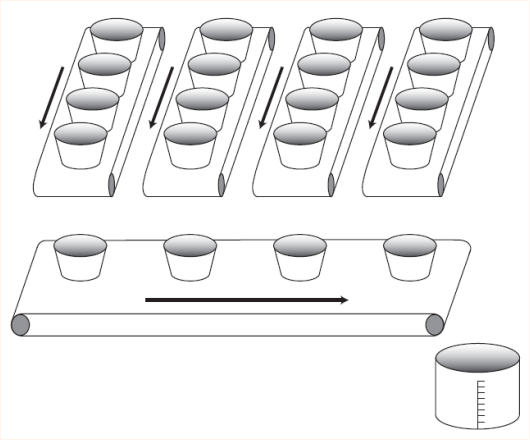


  - حساسیت نوری بالا
  - نویز کم
  - بیرون گیرنده به مدارهای بیشتری احتیاج دارد.
  - توان بالای مصرفی
  - استفاده از مؤلفه‌های آنالوگ
  - هزینه‌ی ساخت بالا

CCD(ادامه...)



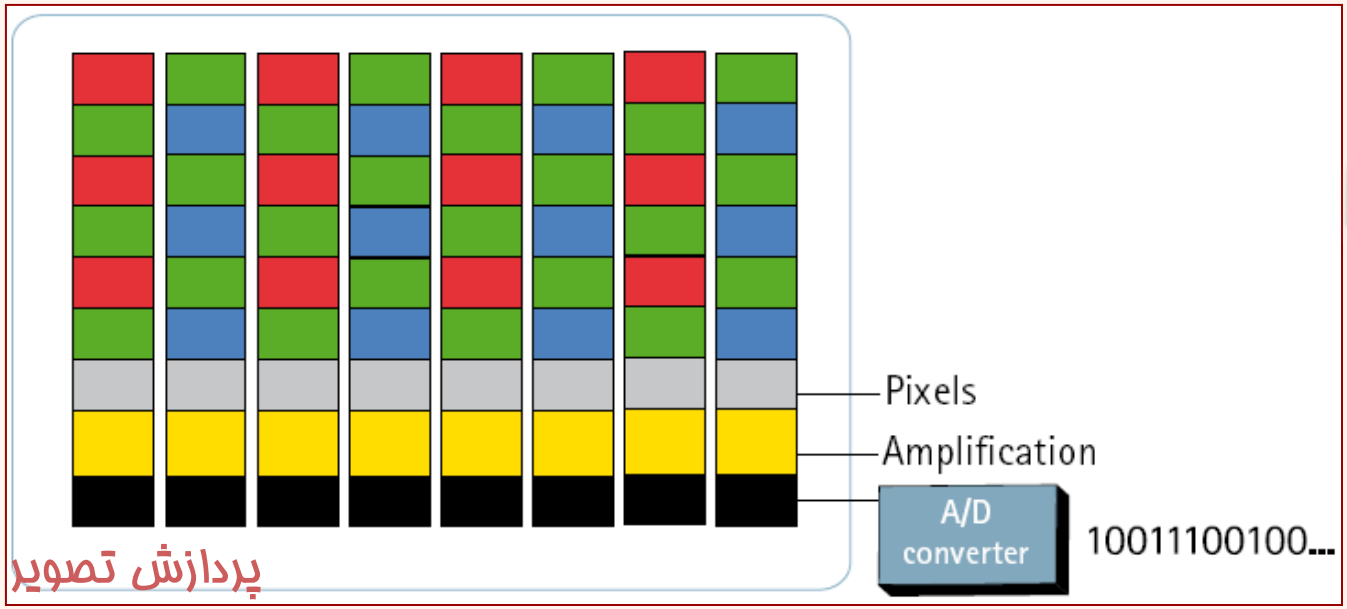


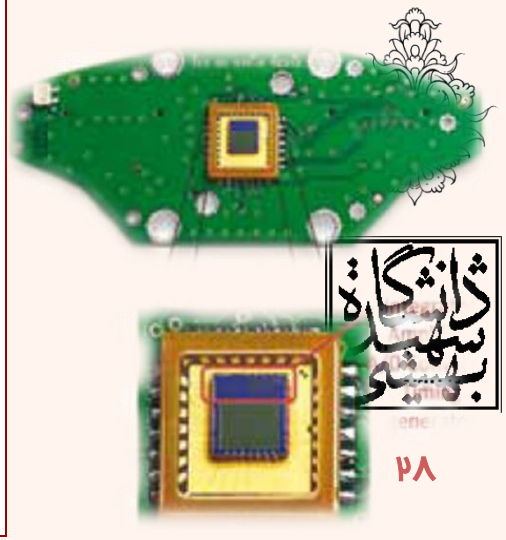


انتقال بارها

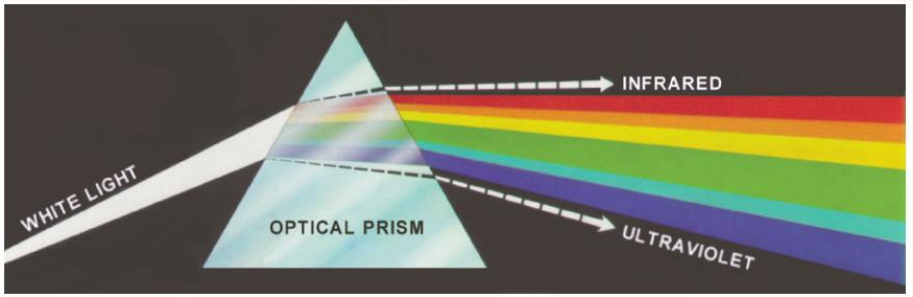
CMOS

- CMOS Chip های اولیه حساسیت نوری کمی داشتند.
- توان مصرفی کم‌تر
- وجود نویز ساختاری
- حجم اشغال شده کم‌تر (تقویت کننده‌ها و مبدل‌های A/D یکی شده)



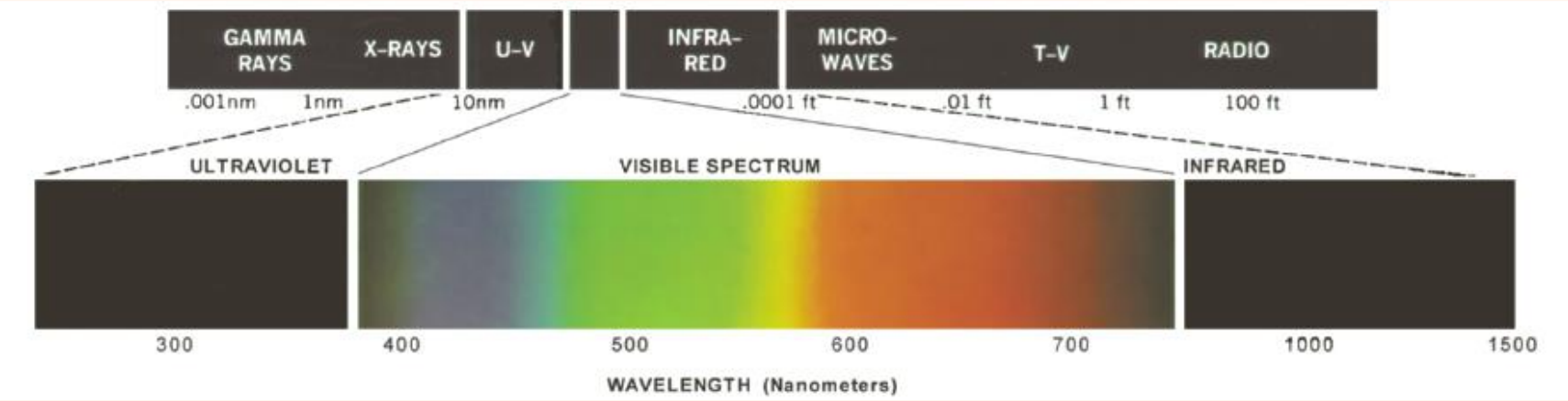


آشنایی با فضارنگ‌ها

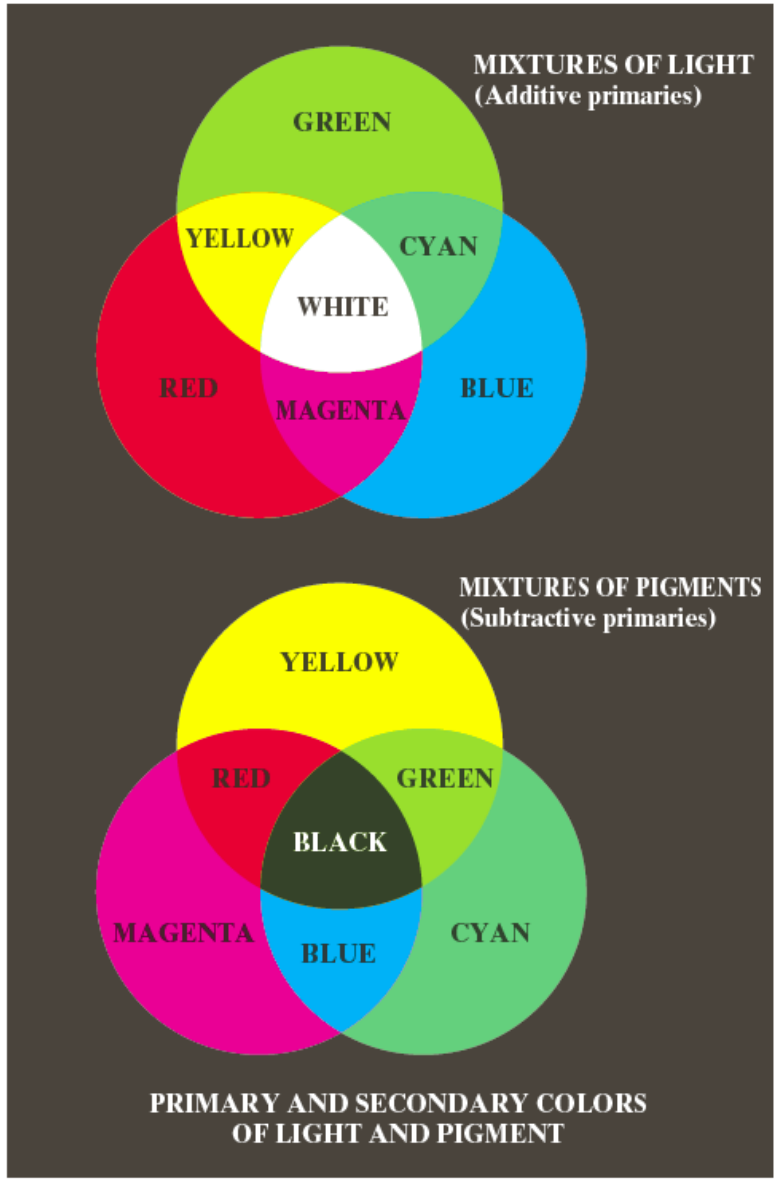


تعریف رنگ و ویژگی‌های آن

- ایجاد رنگ
  - منبع نوری (که جسم را روشن می‌نماید)
  - جسم (که به وسیله‌ی منبع نوری روشن‌تر می‌شود)
  - چشم و مغز (که رنگ را دریافت می‌دارد)
- در فضارنگ RGB، نسبت مؤلفه‌های مختلف، رنگ را مشخص می‌کند. در بسیاری از سخت‌افزارها (مانند گیرنده‌ها) از این سیستم‌رنگ استفاده می‌شود.

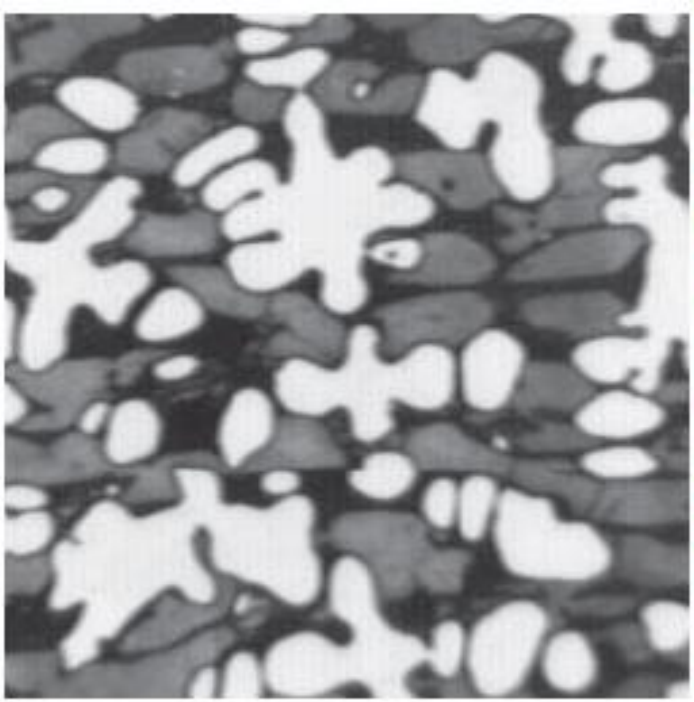


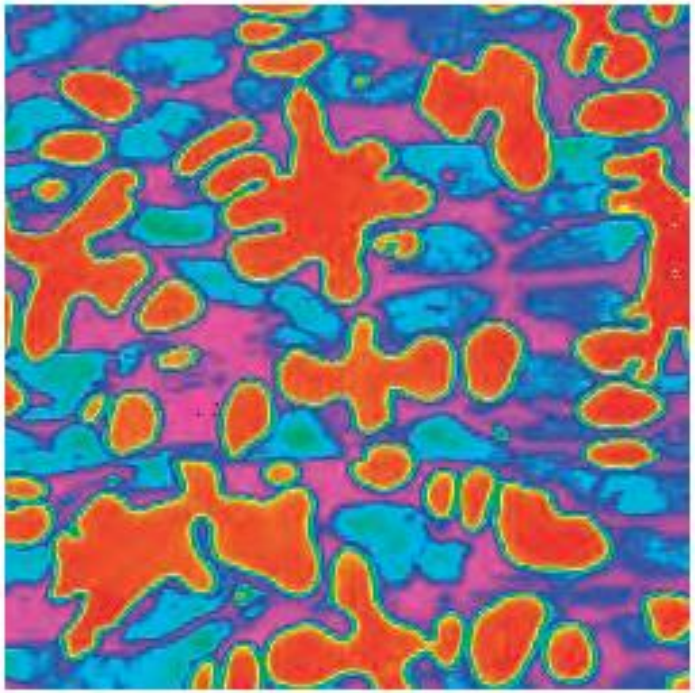
رنگ‌های اصلی


MIXTURES OF LIGHT
(Additive primaries)
GREEN
YELLOW
CYAN
WHITE
RED
MAGENTA
BLUE
MIXTURES OF PIGMENTS
(Subtractive primaries)
YELLOW
RED
GREEN
BLACK
MAGENTA
BLUE
CYAN
PRIMARY AND SECONDARY COLORS
OF LIGHT AND PIGMENT

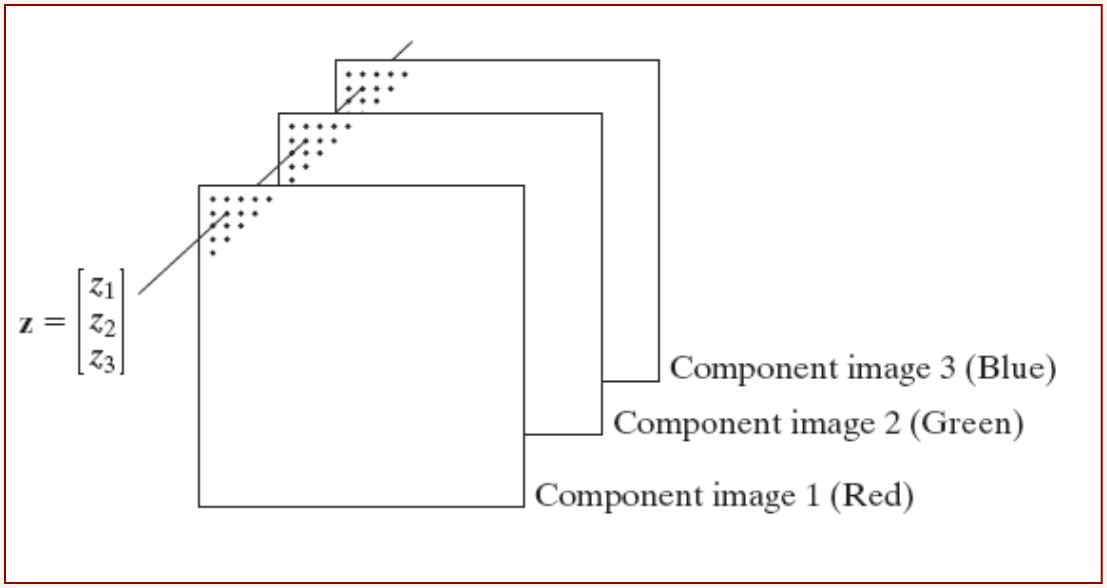
pseudo color displays

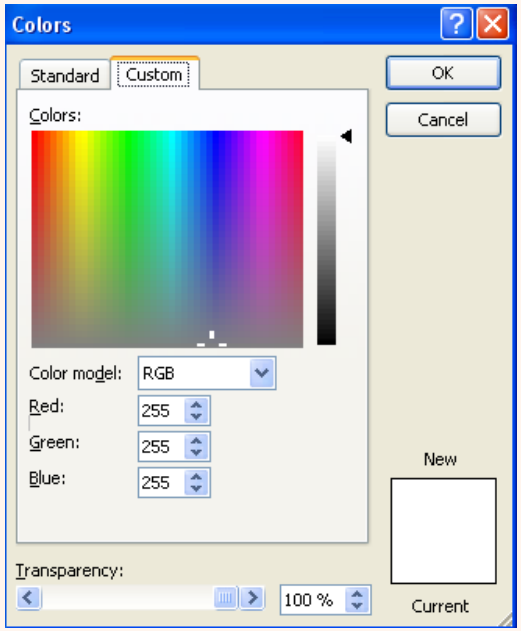
- در تصاویر خاکستری در صورتی که از رنگ‌ها استفاده شود، جزییات بهتر مشخص می‌شوند.



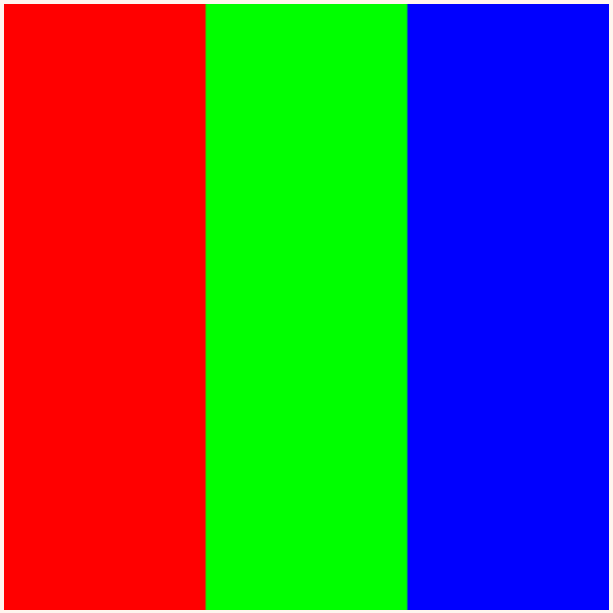


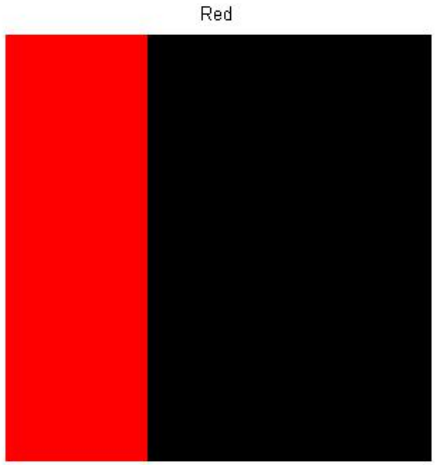
فضارنگ RGB

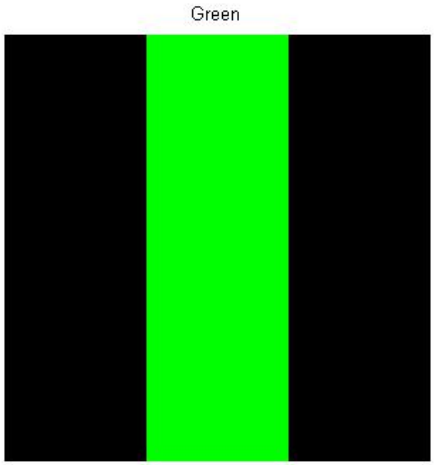

$\mathbf{z} = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{bmatrix}$
Component image 3 (Blue)
Component image 2 (Green)
Component image 1 (Red)

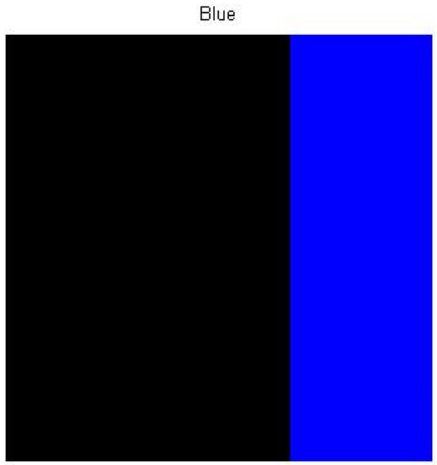

Colors
Standard
Custom
OK
Cancel
Colors:
Color model:
RGB
Red:
255
Green:
255
Blue:
255
New
Transparency:
100 %
Current

RGB





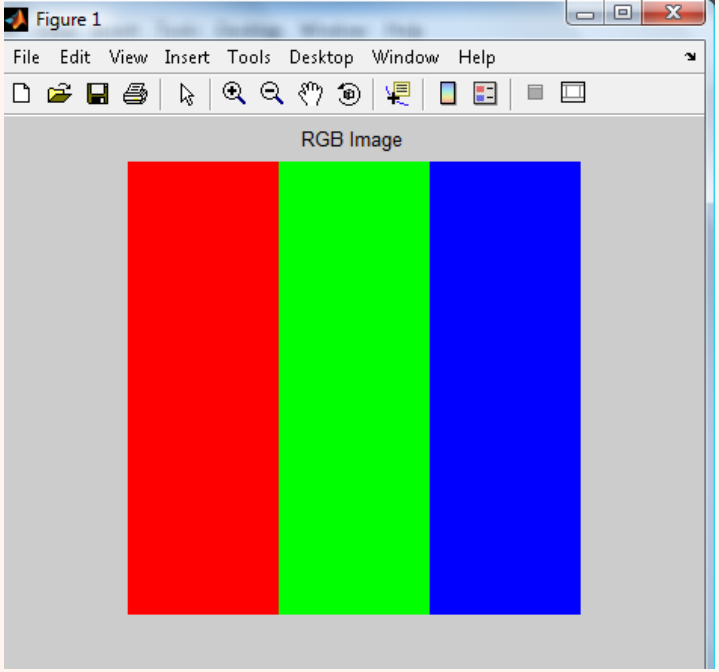




```
I = imread('RGB.bmp');
imshow(I);
title('RGB Image');
```

```
size(I);
```

```
ans =

   300   300     3
```

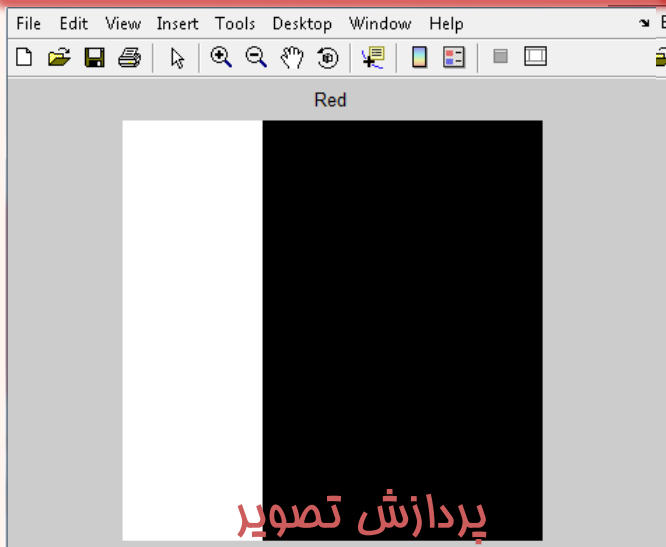


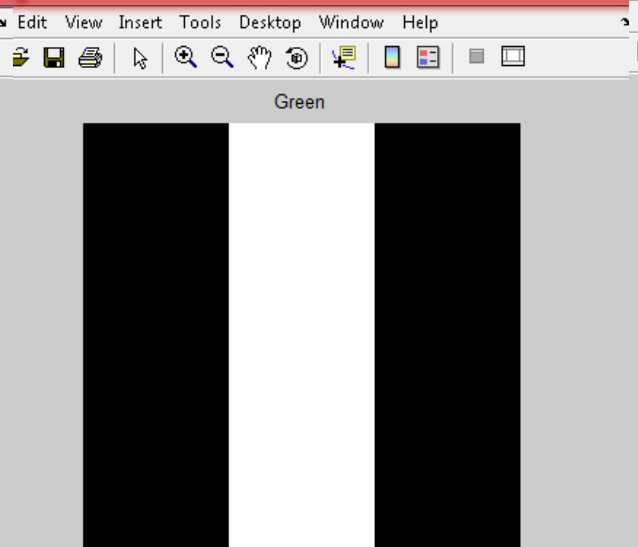
B

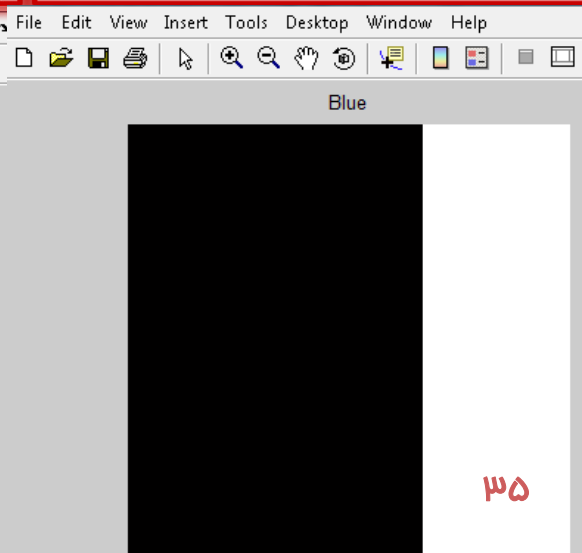
```
imshow(I(:,:,1));
title('Red');
```

```
imshow(I(:,:,2));
title('Green');
```

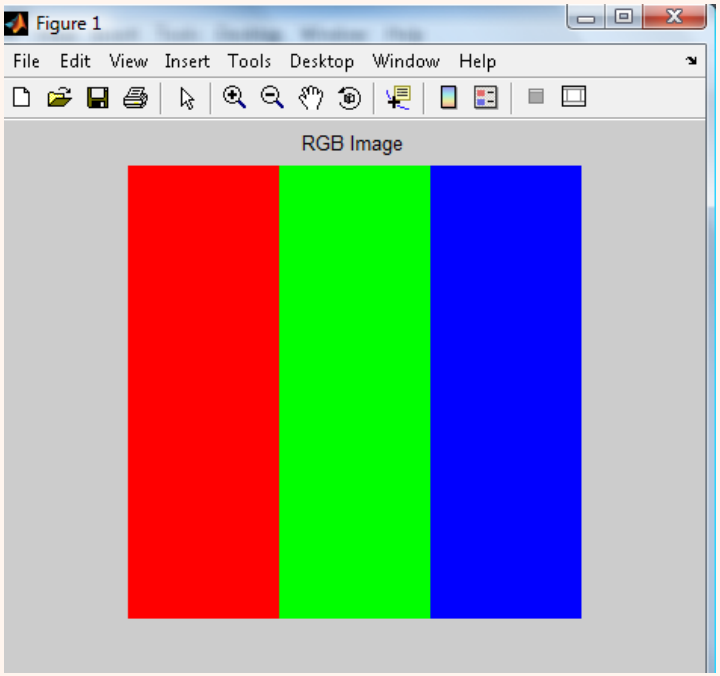
```
imshow(I(:,:,3));
title('Blue');
```







```
I = imread('RGB.bmp');
imshow(I);
title('RGB Image');
```



B

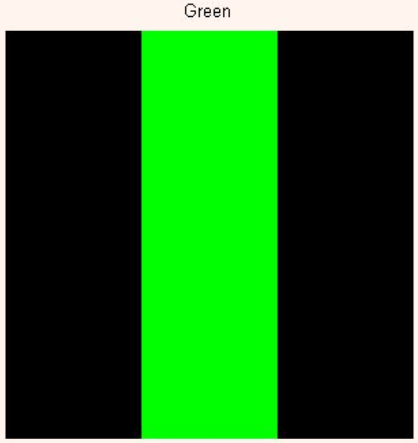
```
size(I);
```

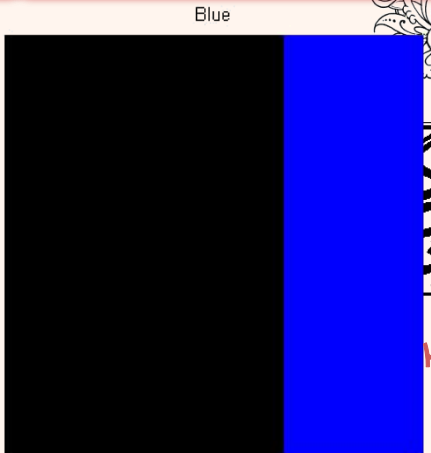
```
ans =

   300   300     3
```

```
J=zeros(size(I));
J(:,:,1)=I(:,:,1);
imshow(J,[]);
title('Red');
```

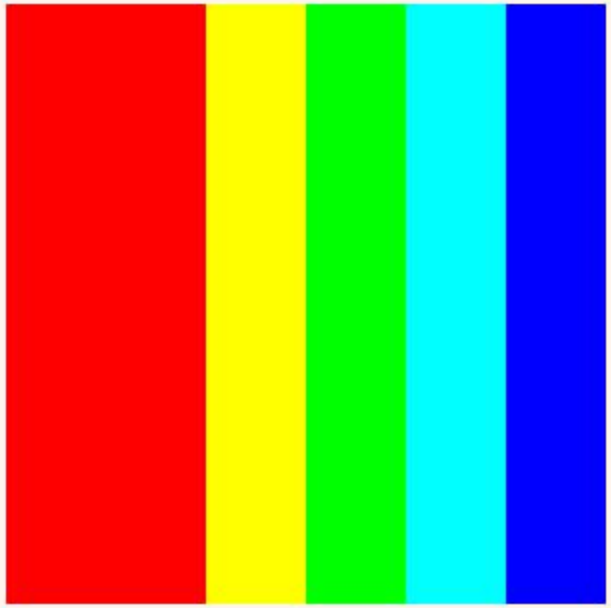
```
J=zeros(size(I));
J(:,:,2)=I(:,:,2);
imshow(J,[]);
title('Green');
```

```
J=zeros(size(I));
J(:,:,3)=I(:,:,3);
imshow(J,[]);
title('Blue');
```

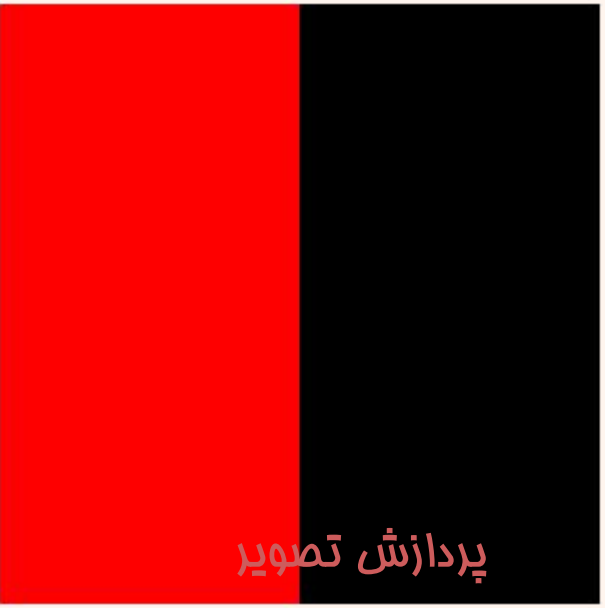




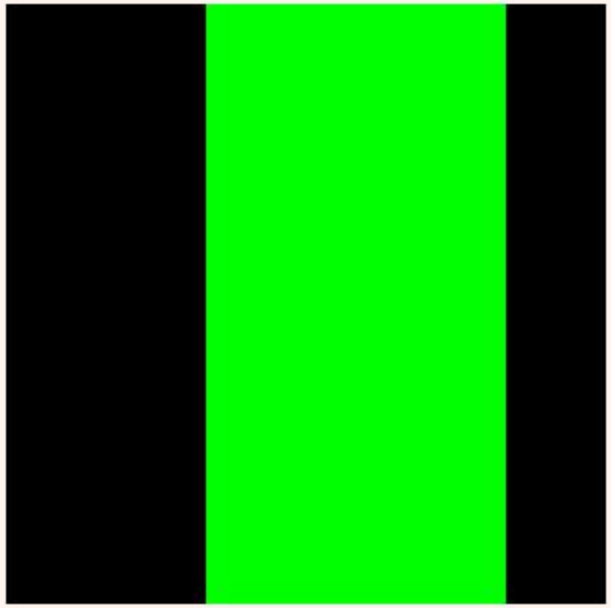
مثال



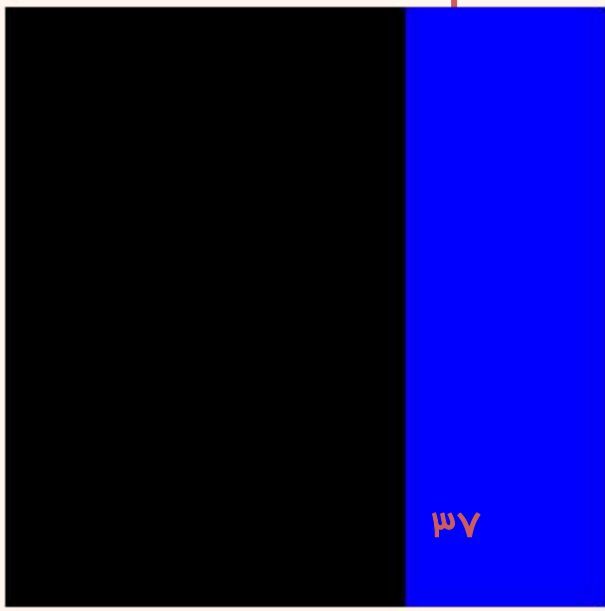
Red



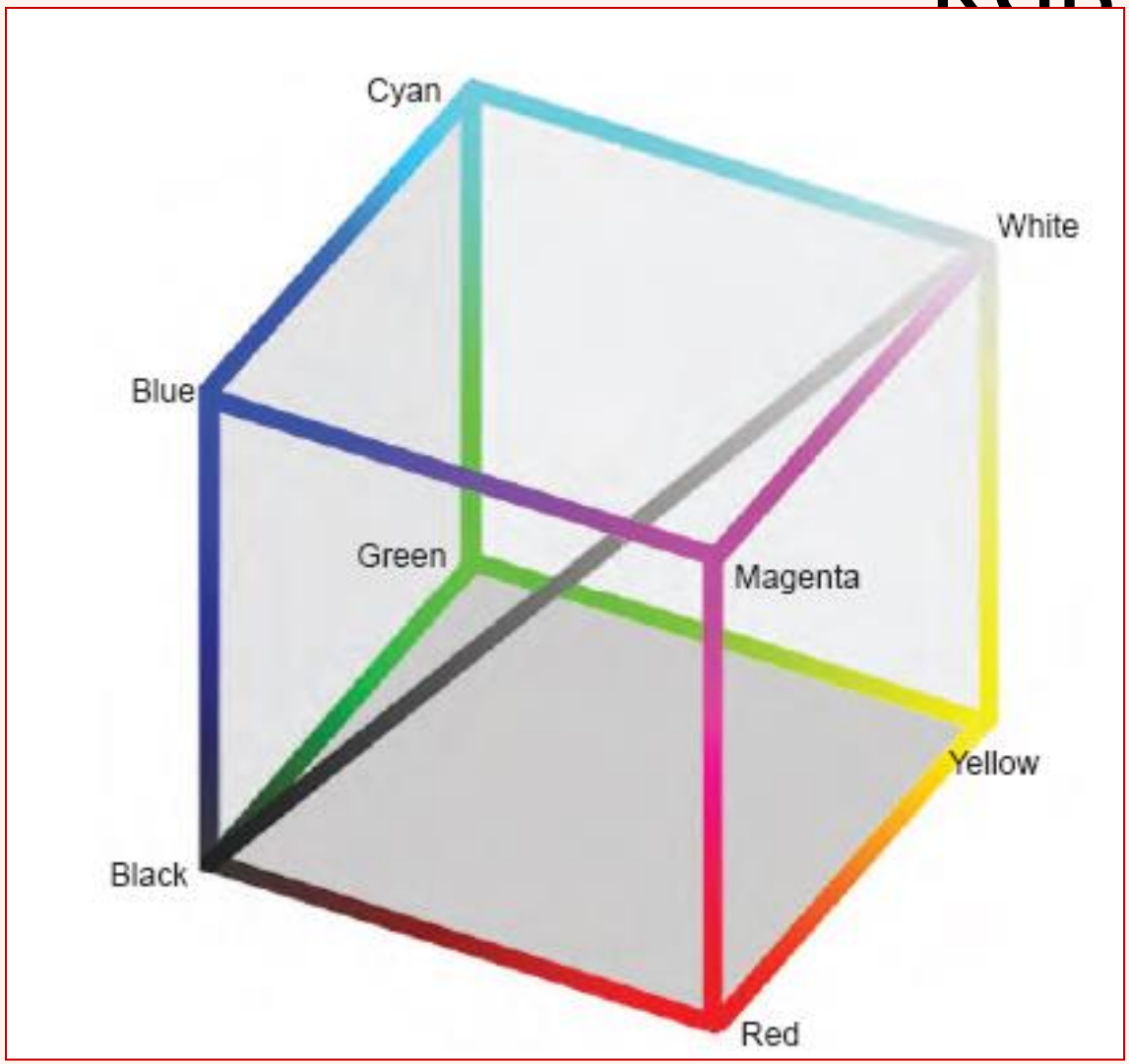
Green



Blue



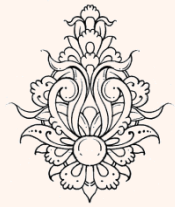
فضا رنگ RGB



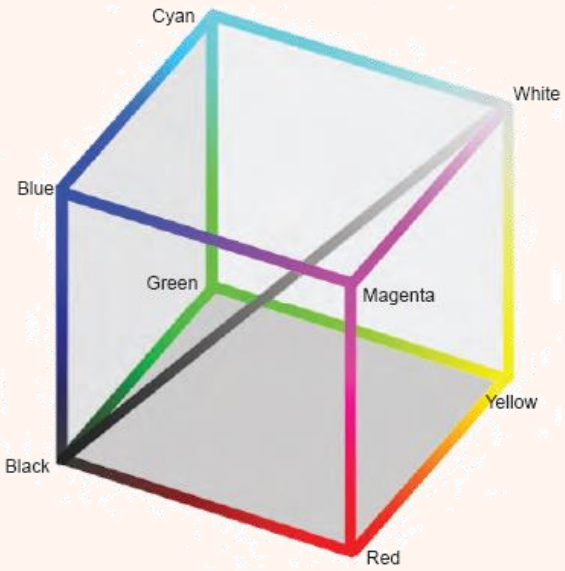
The Image Processing Handbook, John C. Russ

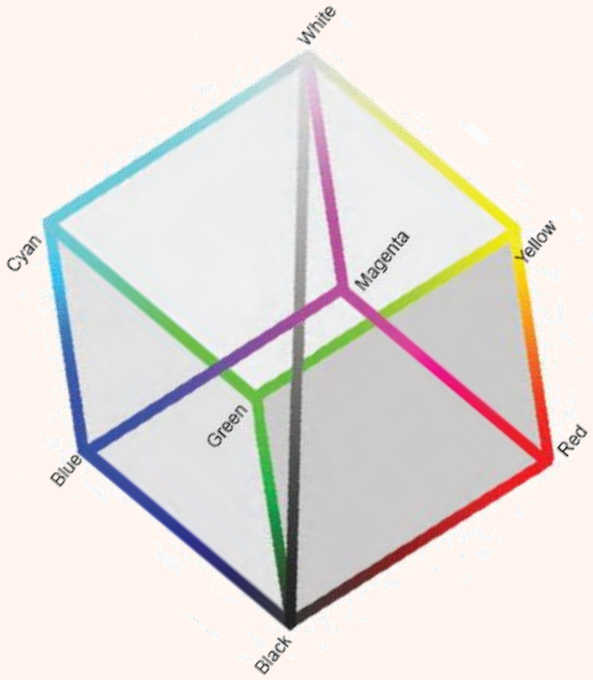
سایر فضارنگ‌ها

- استفاده از الگوریتم‌های نویززدایی در فضارنگ RGB باعث جابجایی مؤلفه‌های رنگی می‌شود.
- فضا رنگ دیگری که با توجه به قرابت آن با سیستم بینایی مورد استفاده قرار می‌گیرد، HSV است.
- در این سیستم، برای هر پیکسل دو مؤلفه‌ی روشنایی و رنگ در نظر گرفته شده است.

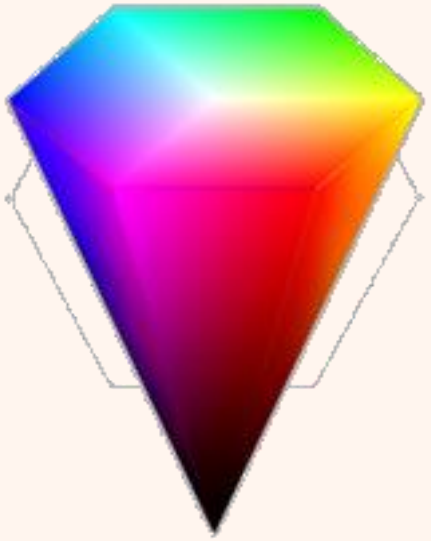


مؤلفه‌ی روشنایی

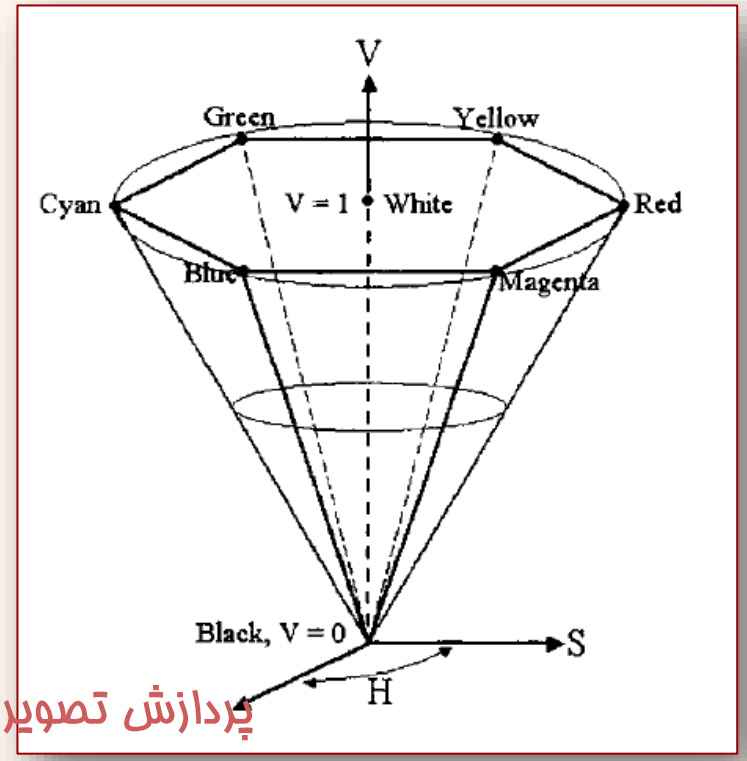


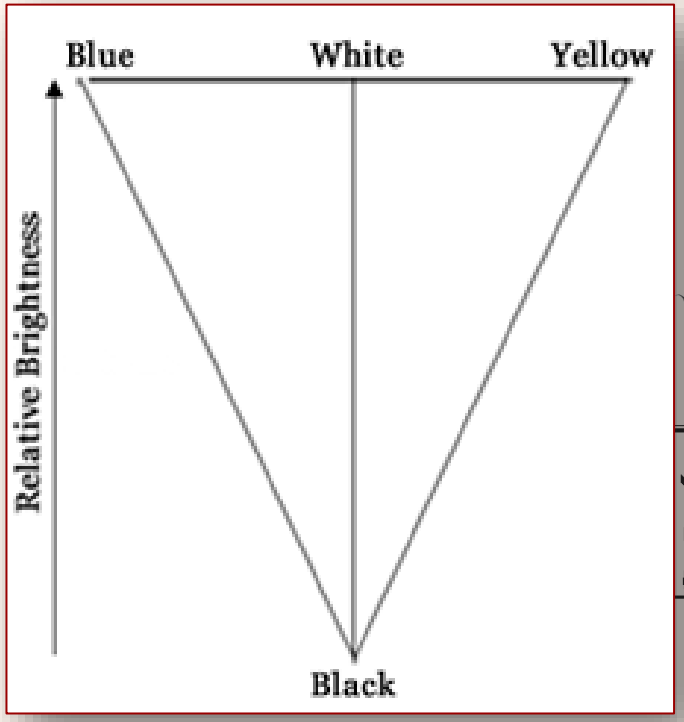


فضا رنگ HSV- HSB



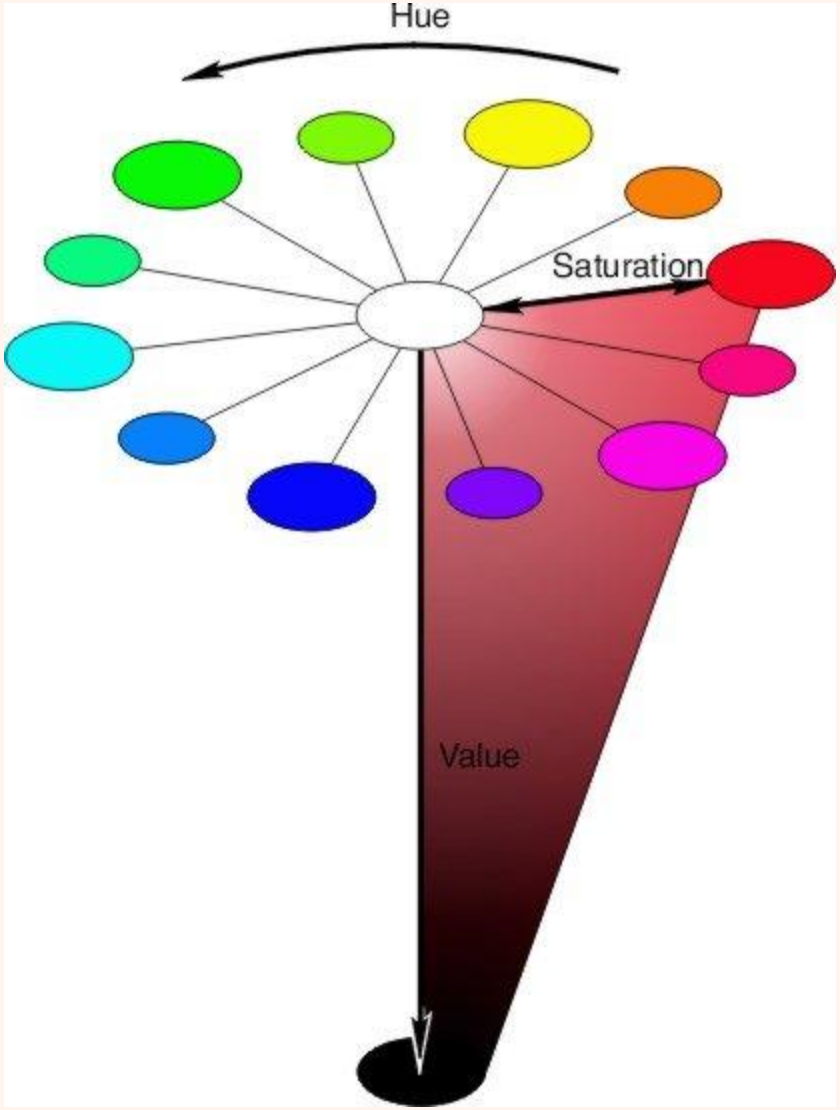
- Value – (ارزش) Brightness – (روشنایی)
- Hue (فام)
- Saturation (اشباع)



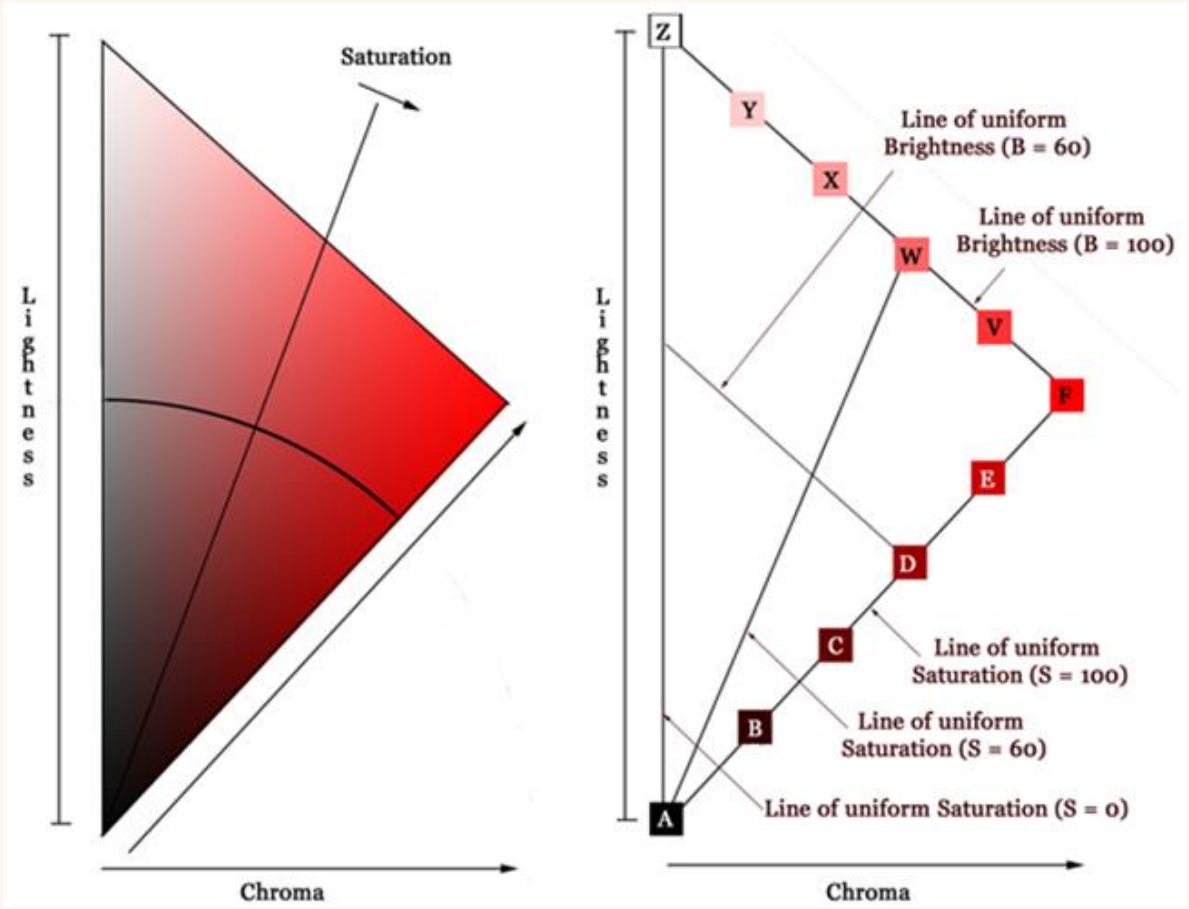


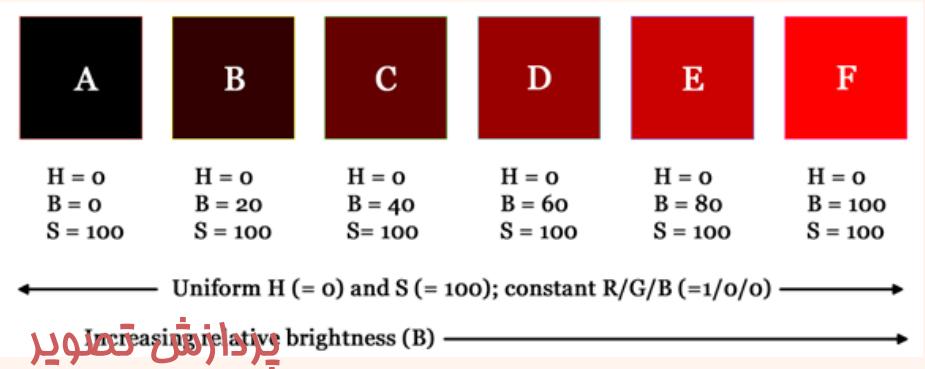
پردازش تصویر

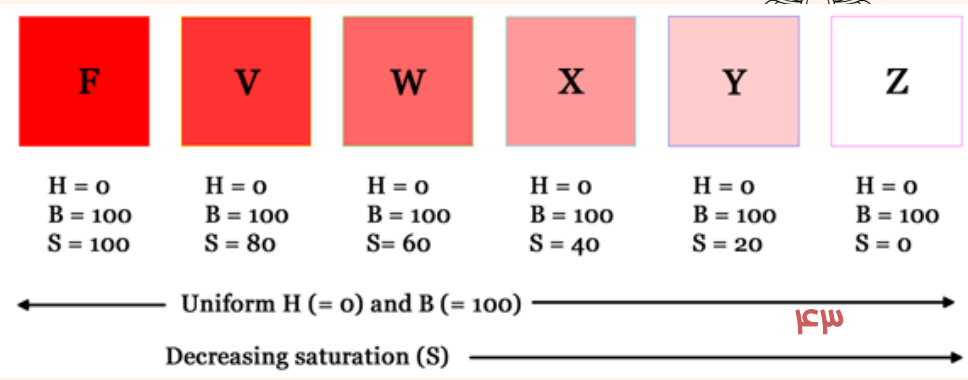
فضا رنگ HSV- HSB



مثال







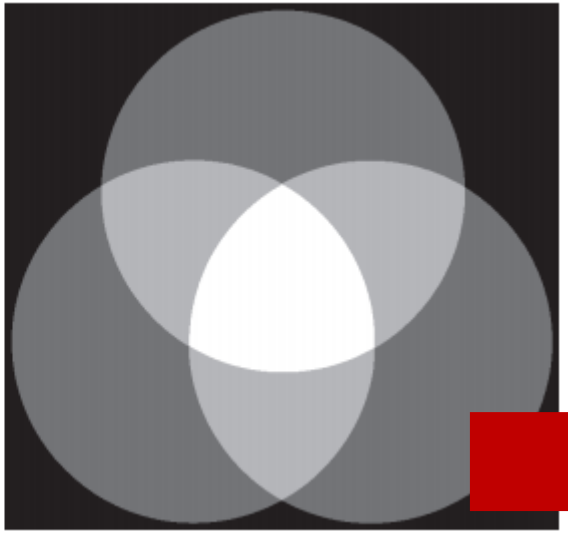
پردازش تصویر

RGB

Hue

Saturation

Value



HSV

تصویر اصلی

اشباع

روشنایی

فام

NTSC

- استفاده در سیستم تلویزیونی امریکا و ژاپن
- اطلاعات روشنایی مستقل از مولفه‌های رنگی است.
  - می‌تواند به تنهایی برای نمایش سیاه و سفید استفاده شود.
- هر یک از مولفه‌ها از طریق کانالی مستقل ارسال می‌شوند.

روشنایی

فام

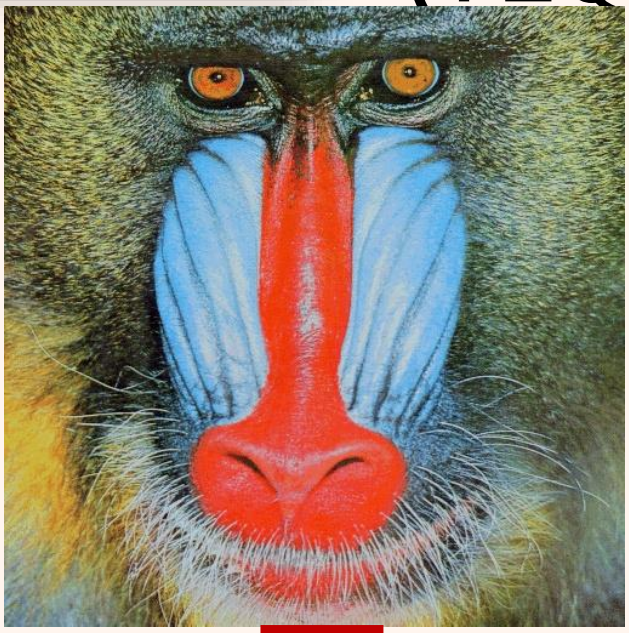
خلوص

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

پردازش تصویر

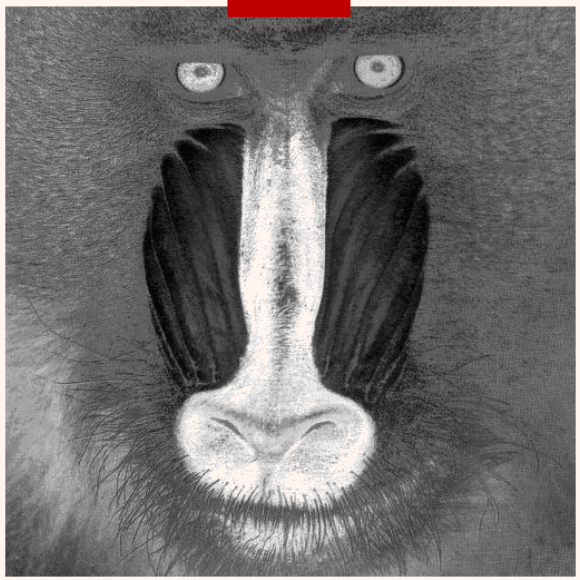
```
rgb_image=ntsc2rgb(yiq_image)
```

(YIQ)NTSC



Y

I



Q

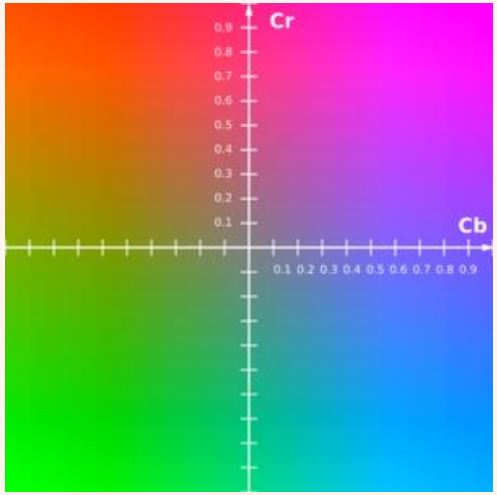
YCbCr

```
ycbcr_image=rgb2ycbcr(rgb_image)
```

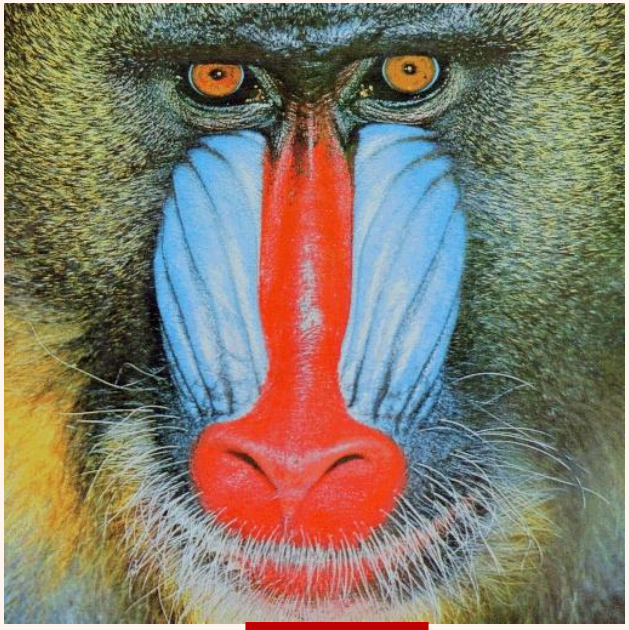
```
rgb_image=ycbcr2rgb(ycbcr_image)
```

- اطلاعات روشنایی مستقل از مولفه‌های رنگی‌است.
- استفاده در کدینگ تصاویر دیجیتال جهت ارسال

$$\begin{bmatrix} Y & Cb & Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & G & B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.299 & -0.168935 & 0.499813 \\ 0.587 & -0.331665 & -0.418531 \\ 0.114 & 0.50059 & -0.081282 \end{bmatrix}$$

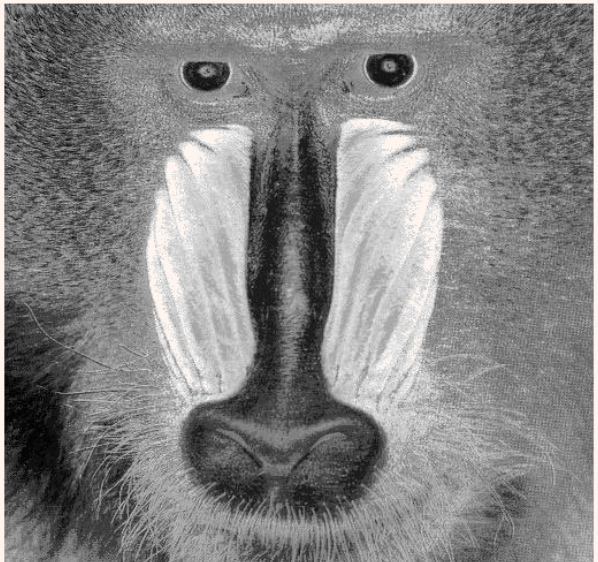


YCbCr

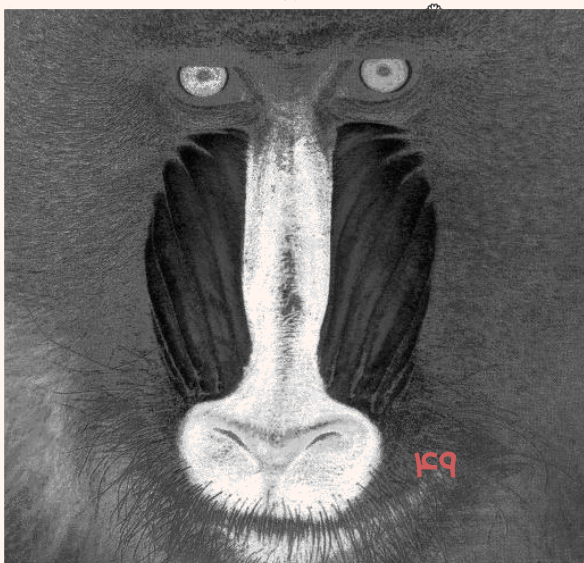


Y

Cb



Cr



پردازش تصویر