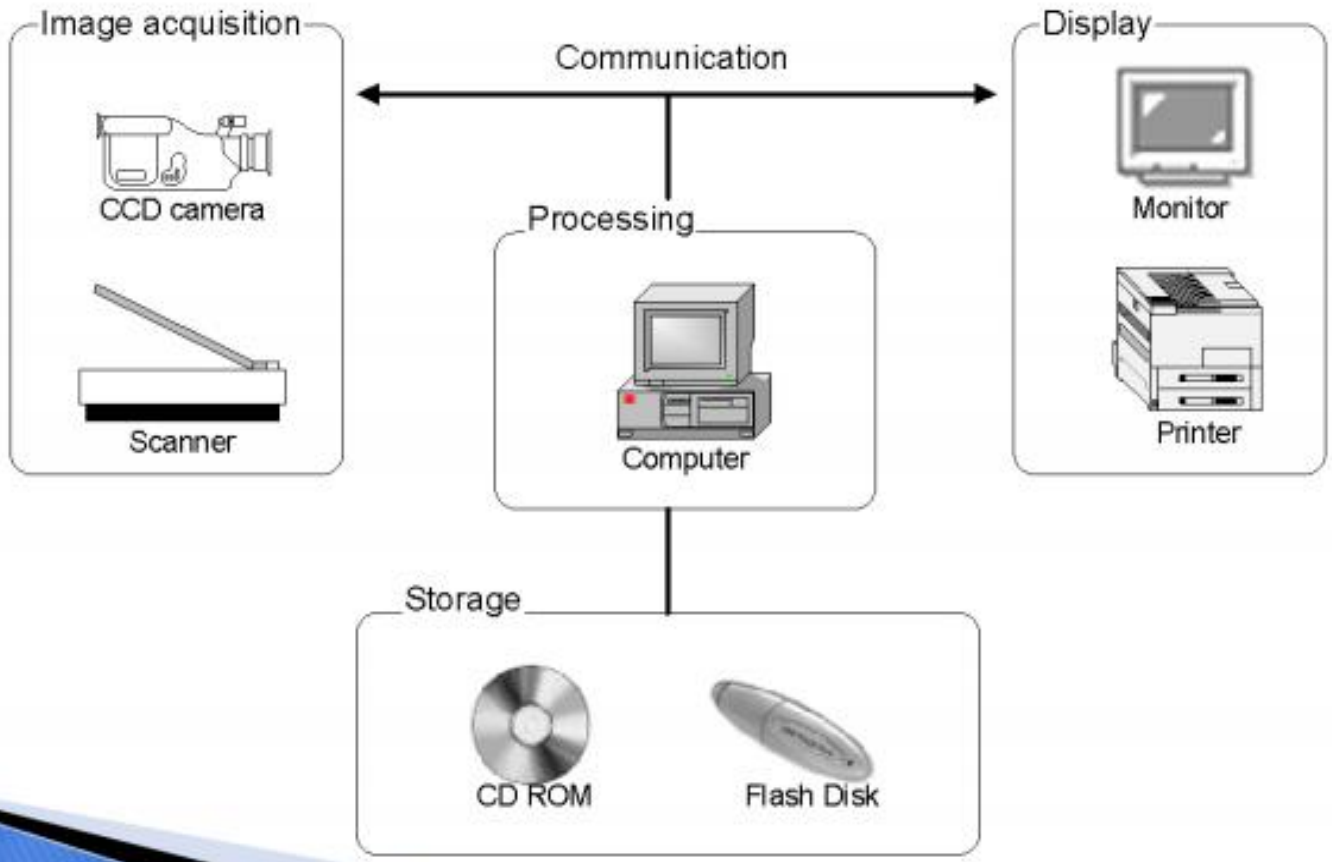
پردازش رقومی تصاویر
Image Processing

مقدمه

- تعریف
  - به مجموعه عملیات انجام شده بر روی تصاویر رقومی که جهت شناسایی ،طبقه‌بندی ،اندازه گیری و ارزیابی پدیده‌های فیزیکی و طبیعی بر روی تصاویر انجام می‌شود ، پردازش رقومی تصاویر می‌گوییم.
  - پردازش تصویر نگاشتی از فضای تصویر به تصویر است
  - پردازش, تفسیریا تجزیه تحلیل اطلاعات تهیه شده در سنجش از دور, عبارت است از بررسی, شناخت وارزیابی پدیده‌های مختلف و استخراج اطلاعات لازم برای برنامه ریزی منابع زمینی یا سایر مقاصد.
  - بنابر تعریفی دیگر, پردازش, تفسیر یا تجزیه تحلیل اطلاعات سنجش از دور عبارت است از:
  - بررسی و مطالعه عکسهای هوایی, فضائی و اطلاعات ماهواره ای, به منظور شناسایی پدیده‌های مختلف سطح زمین که هر یک با تن یا رنگی خاص بر روی عکسهای هوایی و فضایی وتصاویر ماهواره‌ای ظاهر می‌شوند.

Image Processing System



تصویر

- هر تصویر را می‌توان به صورت یک تابع در نظر بگیریم.
- این تابع هر جزء تصویر را که در سطر (r) و ستون (c) است را به فضای درجه خاکستری در g می‌برد.

r:c -> g

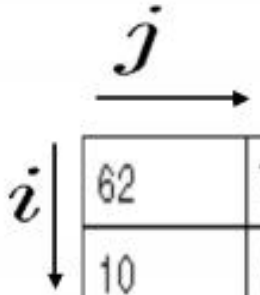
- هر جزء از تصویر را که با یک سطر یا ستون می‌شناسیم PIXEL نامیده می‌شود. (Picture Element)
- بنابراین تصویر را می‌توان شبکه‌ای منظم از اعداد در نظر گرفت که این اعداد نشان دهنده میزان انرژی الکترو مغناطیس ثبت شده توسط سنجنده می‌باشد.

A Gray Level Image is a Matrix

$$
\begin{matrix}
f(0,0) & f(0,1) & f(0,2) \ldots & \ldots f(0,n-1) \\
f(1,0) & f(1,1) & f(1,2) \ldots & \ldots f(1,n-1) \\
\vdots & \vdots & & \vdots \\
f(m-1,0) & f(m-1,1) & f(m-1,2) \ldots & \ldots f(m-1,n-1)
\end{matrix}
$$

An image of m rows, n columns, f(i,j) is in [0,255]

تصویر

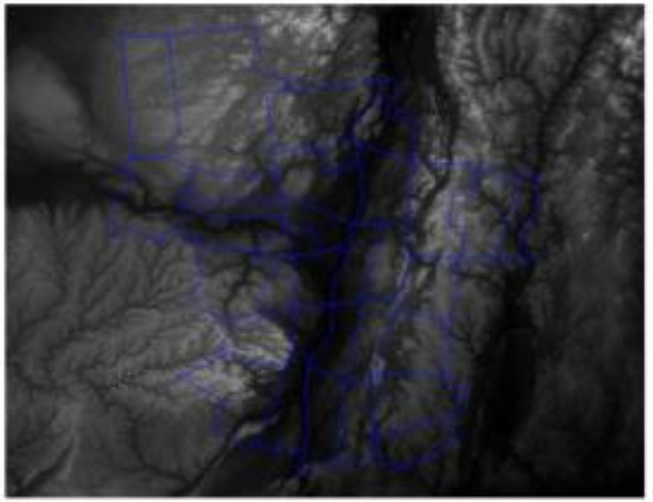


62	79	23	119	120	105	4	0
10	10	9	62	12	78	34	0
10	58	197	46	46	0	0	48
176	135	5	188	191	68	0	49
2	1	1	29	26	37	0	77
0	89	144	147	187	102	62	208
255	252	0	166	123	62	0	31
166	63	127	17	1	0	99	30

تصویر

- هر پیکسل به تعداد باندها مقدار دارد.
- مقادیر درجه خاکستری می‌تواند منابع متعددی را داشته باشد .به عنوان مثال می‌تواند بیانگر ارتفاع ،درجه حرارت ، میزان انرژی الکترومغناطیس بازتابی **و یا میزان** تابش اجسام **باشد.**

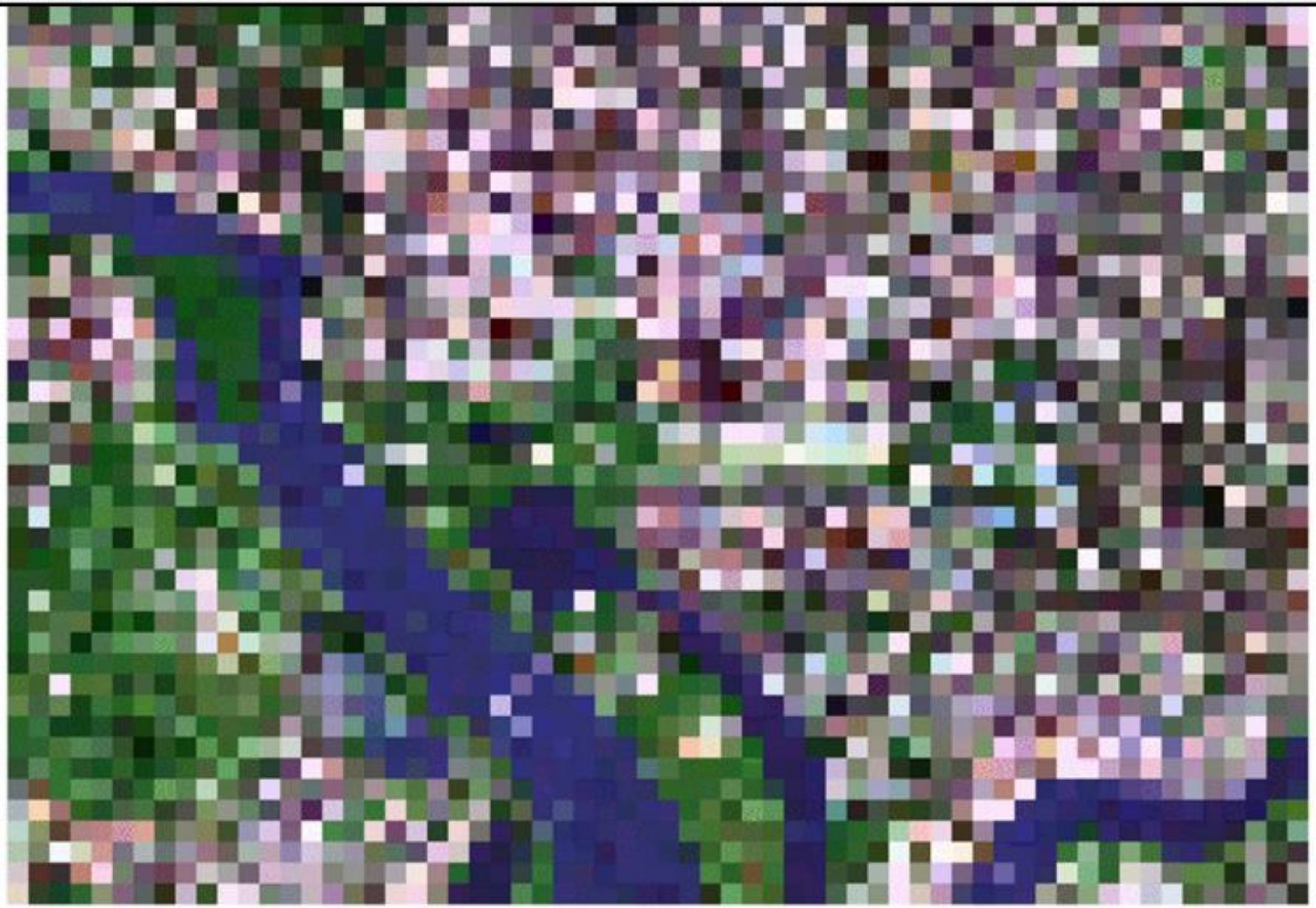
Human body disperses heat (red pixels)



DEM

تصویر

- هر چه اندازه این PIXELها کوچکتر شود جزئیات بیشتری را نشان می‌دهد.
- داده‌های ماهواره‌ای با فرمت‌های مختلفی در اختیار کاربران قرار می‌گیرد ولی با این وجود فرمت CEOS(Committee on Earth Observation Satellites) مورد قبول واقع شده است.



100 meter resolution

30 meter resolution

5 meter resolution

Raster Model Resolution

فرمت‌های ذخیره سازی تصویر

- داده‌های سنجش از دوری بر اساس سه فرمت ارائه می‌گردد.

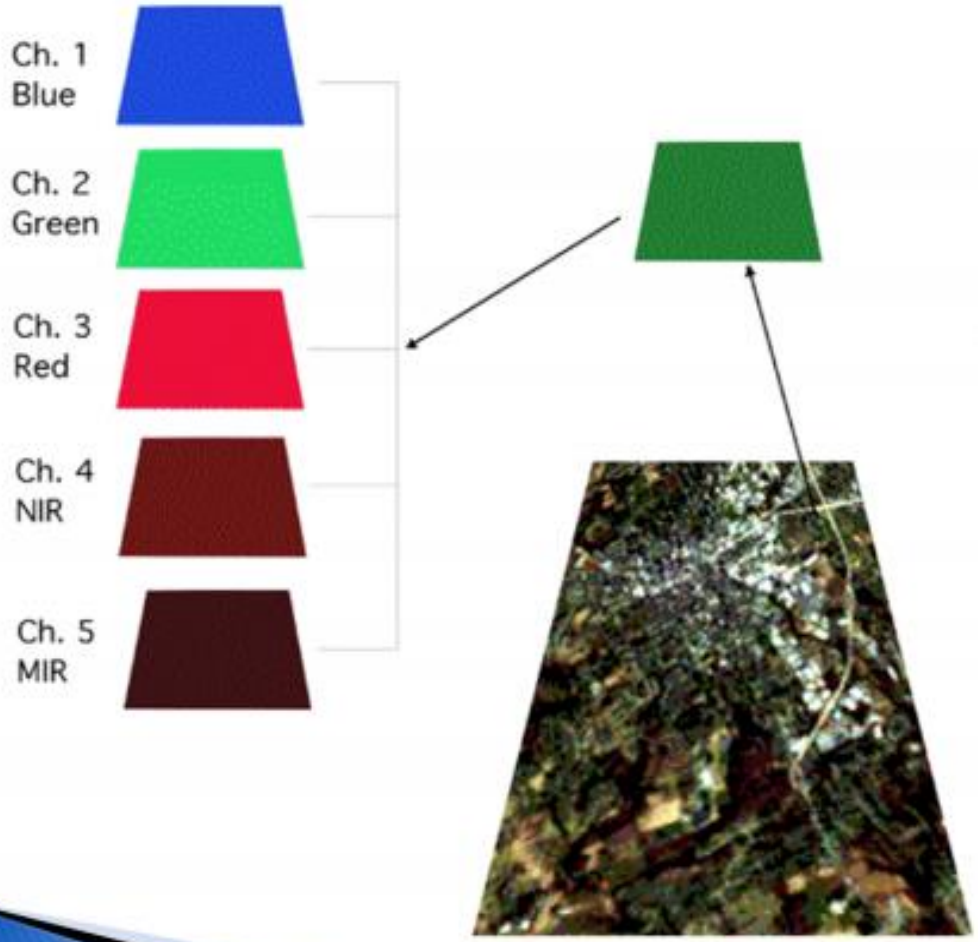
1. Band Interleaved by Pixel (BIP)
2. Band Interleaved by Line (BIL)
3. Band Sequential (BQ)

- در روش ترتیب باندی برای هر باند یک تصویر داریم.
- در روش ترتیب خطی به تعداد باندها برای PIXELها یک خط در نظر می‌گیریم و به تعداد باندها این خط‌ها ادامه پیدا می‌کنند.
- در روش PIXEL نیز به تعداد باندها برای هر PIXEL تکرار داریم.

Multispectral Imagery

The "Layers" of a Landsat Image

BQ



فرمت‌های تصویری

- ساختاری برای چگونگی نگهداری و فشرده سازی تصاویر می‌باشد.
- فرمت‌های بدون از دست دادن داده:
- HDF
- GEOTIFF
- BMP
- فرمت‌هایی که مقداری از داده‌ها را از دست می‌دهد.
- JPEG
- MRSID
- عددی که به Pixelها به عنوان DN نسبت می‌دهیم در پایه ۲ است. مثلاً در تصویر ۸ بیتی 2^8=256 درجه خاکستری داریم.

سیستم‌ها و ترکیبات رنگی

فضاهای رنگی

- بسیاری از سنجنده‌ها تصاویر چند طیفی از سطح زمین تهیه می‌کنند که نحوه نمایش آنها خود یکی از پایه‌ای ترین مسایل در تفسیر بصری تصاویر به شمار می‌رود. فضاهای رنگی محلی برای تعریف چگونگی نمایش تصاویر چندباندی و فهم داده‌های تصویری هستند. در این سیستمهای رنگی هر مقدار انرژی الکترومغناطیس با یک رنگ و یک شدت رنگ مشخص نشان داده شده و به این ترتیب با شناخت سیستم رنگی مورد استفاده میتوان فهم صحیح و مناسبی از تصویر نمایش داده شده داشت. دیگر کار برد مهم فضاهای رنگی انجام تبدیلات و تغییرات تصویری با استفاده از آنها می‌باشد. بعضی از پردازش‌ها در یک سری از فضاهای ساده تر انجام می‌شود و برخی دیگر منحصر به تنها یک فضای رنگی خاص می‌باشند. ایجاد ترکیب رنگی تصاویر چندباندی نیز با تعریف فضاهای رنگی ممکن میشود. انتخاب یک ترکیب رنگی صحیح نیاز به درک و اطلاعات کافی از فرایند تصویربرداری و همچنین شناخت رفتار طیفی عوارض در باندهای گوناگون دارد. علاوه بر این شناخت سیستم دید انسانی ودرک رنگ توسط آن خود در فهم و انالیز بهتر عوارض نشان داده شده در ترکیب رنگی کمک میکند.

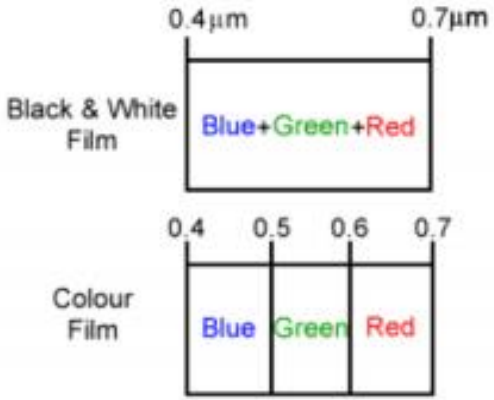
ترکیبات رنگی

- معمولاً سنجنده‌های مورد استفاده در سنجش از دور در بخش‌های مختلف طیف الکترو مغناطیس به جمع آوری اطلاعات می‌پردازند و این بخشها غالباً به قسمت مرئی محدود نمی‌شود. این مسئله بدین علت است که قسمت عمده‌ای از اطلاعات مفید مربوط به اشیائ در بخشهای غیر مرئی طیف الکترو مغناطیس قرار دارند. و بنابراین در طراحی سنجنده‌ها سعی بر این است که باندهایی در دامنه‌های طیفی دیگر نظیر مادون قرمز نزدیک حتماً گنجانده شوند.
- ار آنجایی که مانیتورهای معمول در بازار از فضای رنگی RGB برای نمایش رنگها استفاده می‌کنند هیچ چاره‌ای نیست مگر آنکه ترکیبی از سه باند مورد نظر را به گونه‌ای قابل شناخت به سه تفنگ الکترونیکی قرمز، سبز و آبی نسبت دهیم. یکی از ساده ترین انتخابها انتصاب باندهای هم نام به رنگهای یکسان می‌باشد.

ترکیبات رنگی

- اگر رنگ هر باند به رنگ مناسب خود مرتبط گردد یک ترکیب رنگی حقیقی (True color composite) بدست می‌آید و نتیجه این ترکیب بسیار مانند حالتی خواهد بود که چشم انسان عمل می‌کند. این ترکیب رنگی طبیعی بوده و به درک و نگاه انسان از طبیعت نزدیک است.
- یکی دیگر از ترکیبهای رنگی بسیار مفید ترکیب رنگی کاذب (false color composite) است در این ترکیب رنگی از طیف‌های باندهای غیر مرئی نیز استفاده می‌شود.
- یک ترکیب رنگی کاذب استاندارد به صورت زیر خواهد بود.

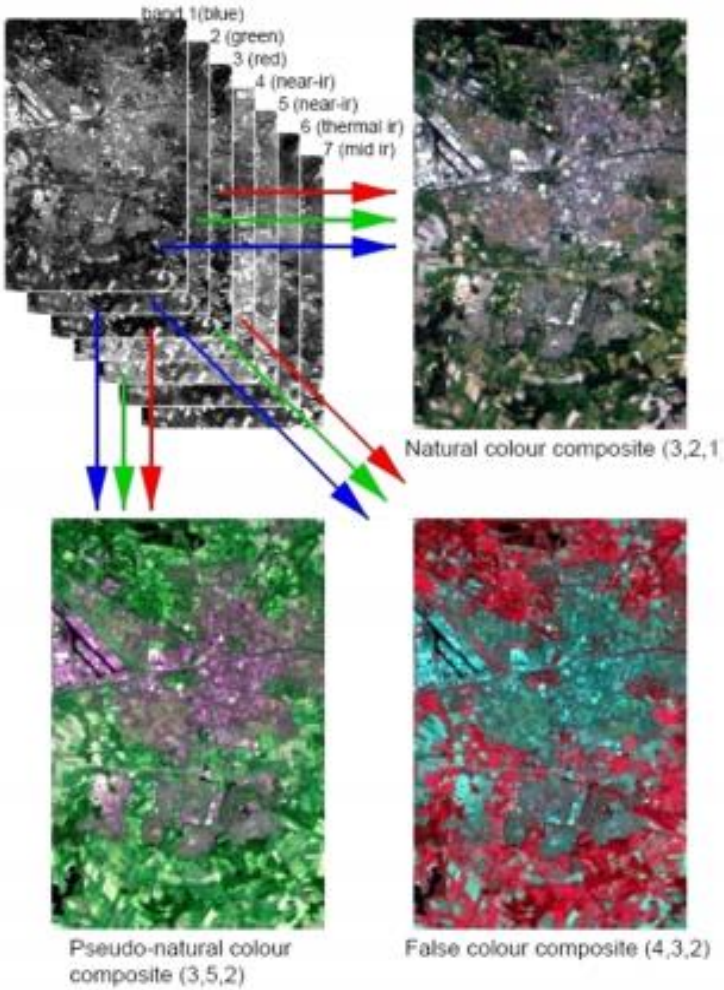
تفنگ‌های رنگی	باند تصویر
R	NIR
G	R
B	G



ترکیبات رنگی

- همان طور که در جدول ترکیب رنگی استاندارد مشاهده کردید از رنگ خود باند استفاده نمی‌شود زیرا اطلاعات زیادی به ما نمی‌دهد.
- گیاهان در باند NIR بازتابش بهتری از خود نشان می‌دهند و آن را با رنگ قرمز نشان می‌دهیم.
- در باند سبز آب بهتر نشان داده می‌شود و آن را با رنگ آبی نشان می‌دهیم و دیگر عوارض که در باند R نشان داده می‌شوند را با رنگ سبز نشان می‌دهیم.
- حاصل تصویری خواهد بود که در آن رنگهای طبیعی برای اشیا مشاهده نمی‌شود. ولی با دانستن دقیق ترتیب باندهای انتصابی و چگونگی رفتار عوارض در این باندها تشخیص عوارض در این حالت از ترکیب رنگی حقیقی راحتتر است. مثلاً پوشش گیاهی بر خلاف انتظار ما که سبز رنگ است با رنگ قرمز دیده می‌شود. زیرا باند NIR که در آن پوشش گیاهی بازتابش بیشتری دارد به رنگ قرمز نسبت داده شده است.

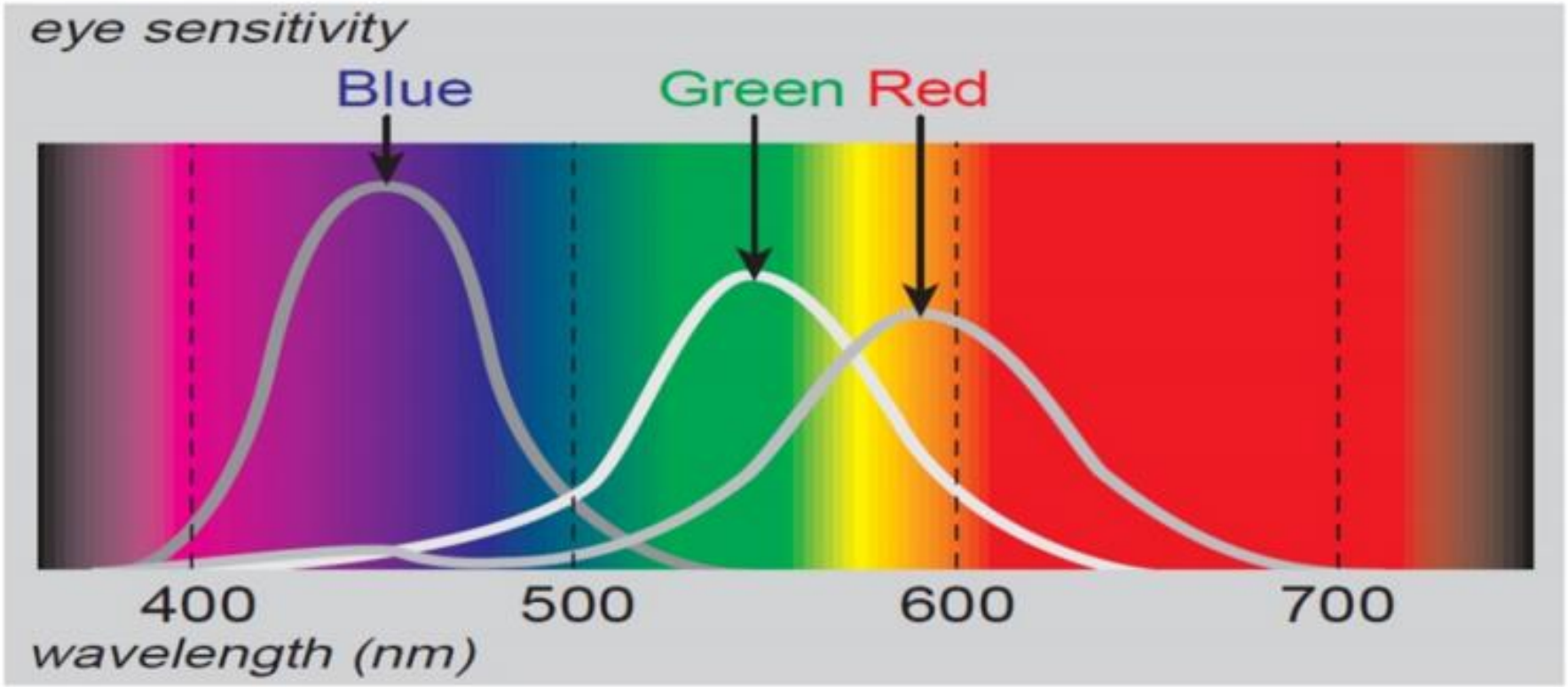
ترکیب رنگی حقیقی و ترکیب رنگی کاذب باندهای سنجنده TM



چگونگی دید انسان

- انسان قادر به تشخیص حدود ۸ میلیون رنگ می‌باشد. این رنگها در بازه مرئی طیف الکترو مغناطیسی است یعنی از ۰/۴ میکرون تا ۰/۷ میکرون
- سلولهای عصبی شبکیه چشم انسان:
  - سلولهای میله ای(rod): دریافت امواج
  - سلولهای مخروطی(cone): تشخیص رنگ
- چشم انسان معمولاً به سه رنگ قرمز، سبز و آبی حساسیت بیشتری دارد.

نمودار حساسیت چشم انسان به سیستمهای رنگی



سیستم‌های رنگی

- تئوری فضای رنگی سه بعدی

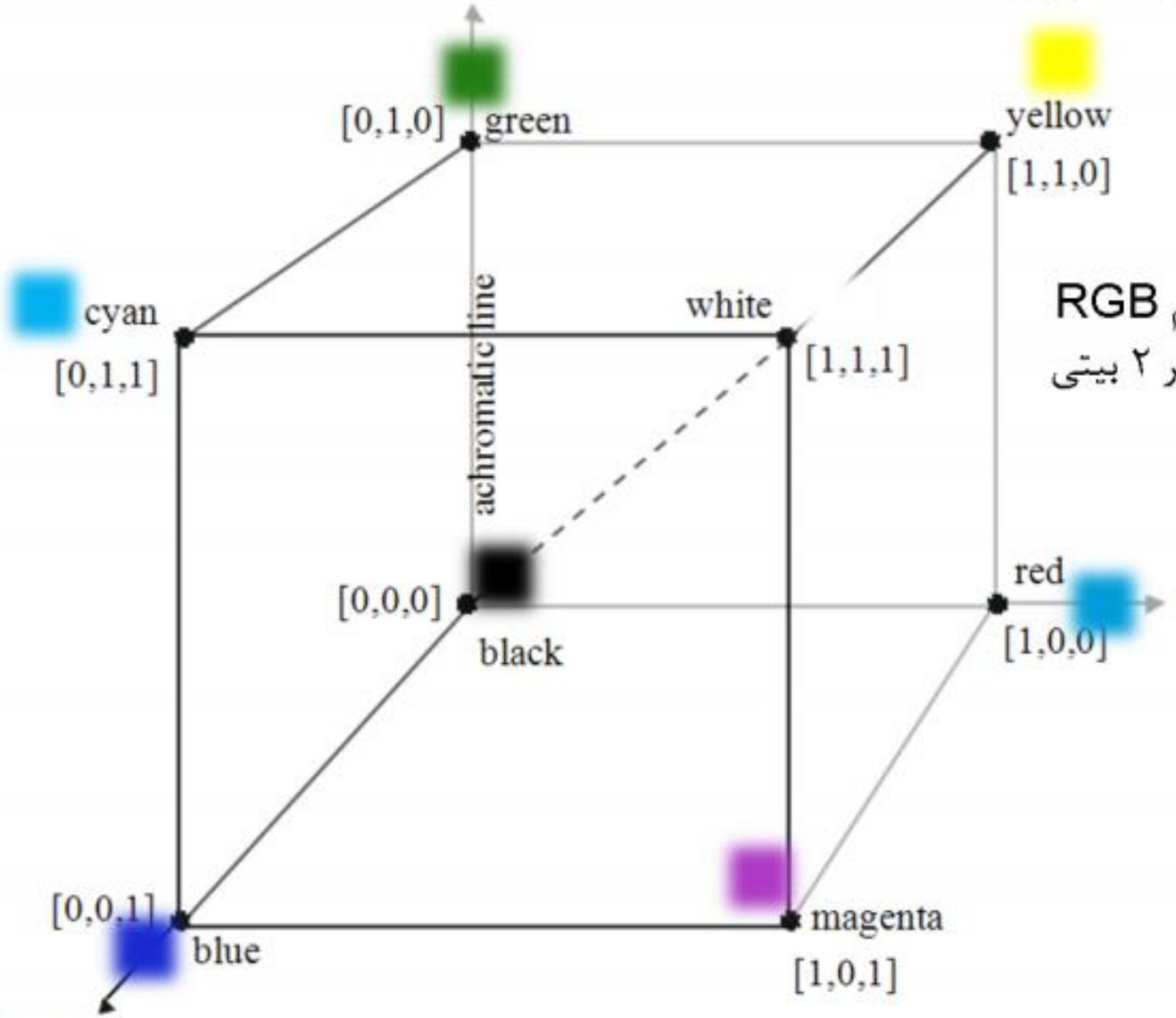
برای بیان یک رنگ حداقل سه درجه آزادی (قرمز، آبی، سبز) وجود دارد. بر این اساس سه فضای رنگی بوجود آمده که عبارتند از:

۱. RGB
۲. HSI
۳. CYM

سیستم رنگی RGB

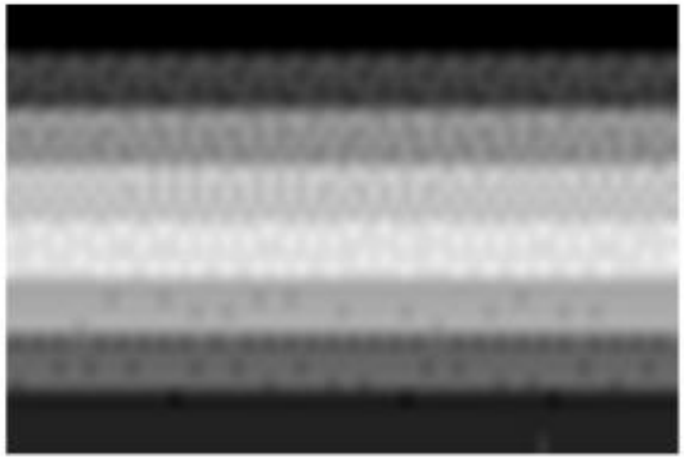
- سیستم رنگی RGB سه رنگ اصلی قرمز، سبز، آبی را برای تولید تمامی رنگها به کار می‌برد. هررنگ با مشخص شدن این سه مولفه برای آن، تعیین میشود و قابل تولید است. اگر یک سیستم مختصات سه بعدی در نظر بگیریم (به صورت مکعب) در مبدا سیستم مختصات رنگ سیاه قرار دارد(۰،۰،۰) به تدریج با اضافه شدن مقادیر در سه محور، رنگهای دیگر تولید می‌شوند در گوشه مقابل مبدا در جاییکه حداکثر اعداد ممکن برای سه رنگ اصلی قابل تولید است رنگ سفید خواهد بود.
- قطری از این مکعب که سیاه را به نقطه سفید وصل میکند خط درجات خاکستری نامیده می‌شود و در روی آن مقدار هر سه مولفه قرمز، سبز و آبی برای هر نقطه مساوی است که در نتیجه سطوح مختلف خاکستری از سیاه تا سفید را تولید می‌کند. از آنجاییکه با اضافه شدن مقدار در سطح سه محور اصلی رنگهای مختلف تولید می‌شوند به سیستم رنگی RGB یک سیستم تجمعی (Additive) می‌گویند.

سیستم رنگی RGB



نمایش سیستم RGB
برای یک تصویر ۲ بیتی

Gray and Color Image Data



- 0, 64, 144, 196, 225, 169, 100, 36

(R, G, B) for a color pixel

Red – (255, 0, 0)

Green – (0, 255, 0)

Blue – (0, 0, 255)

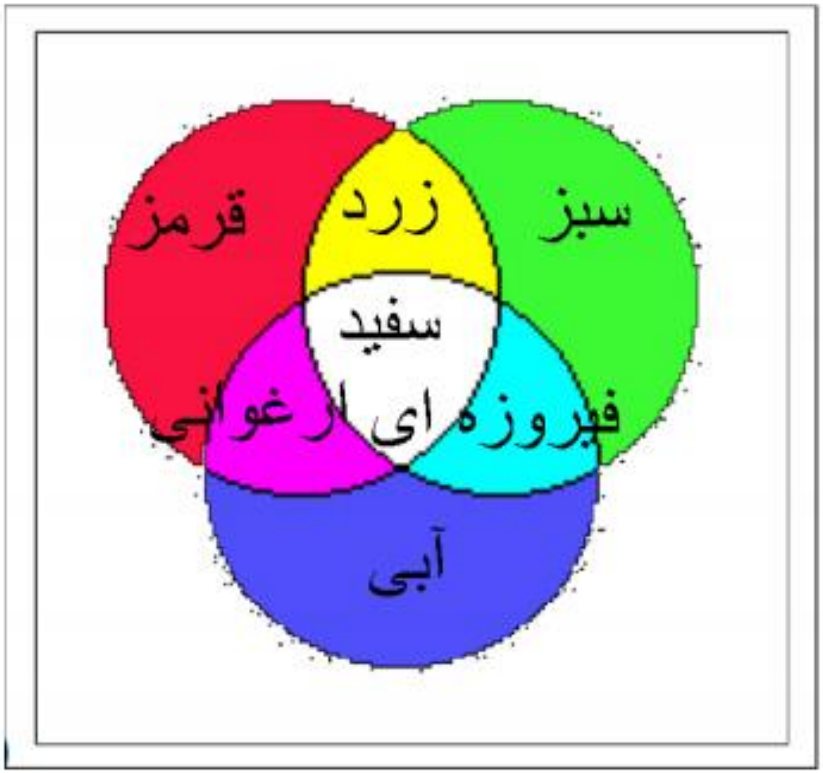
Cyan – (0,255, 255)

Magenta – (255, 0, 255)

Yellow – (255, 255, 0)

Gray – (128, 128, 128)

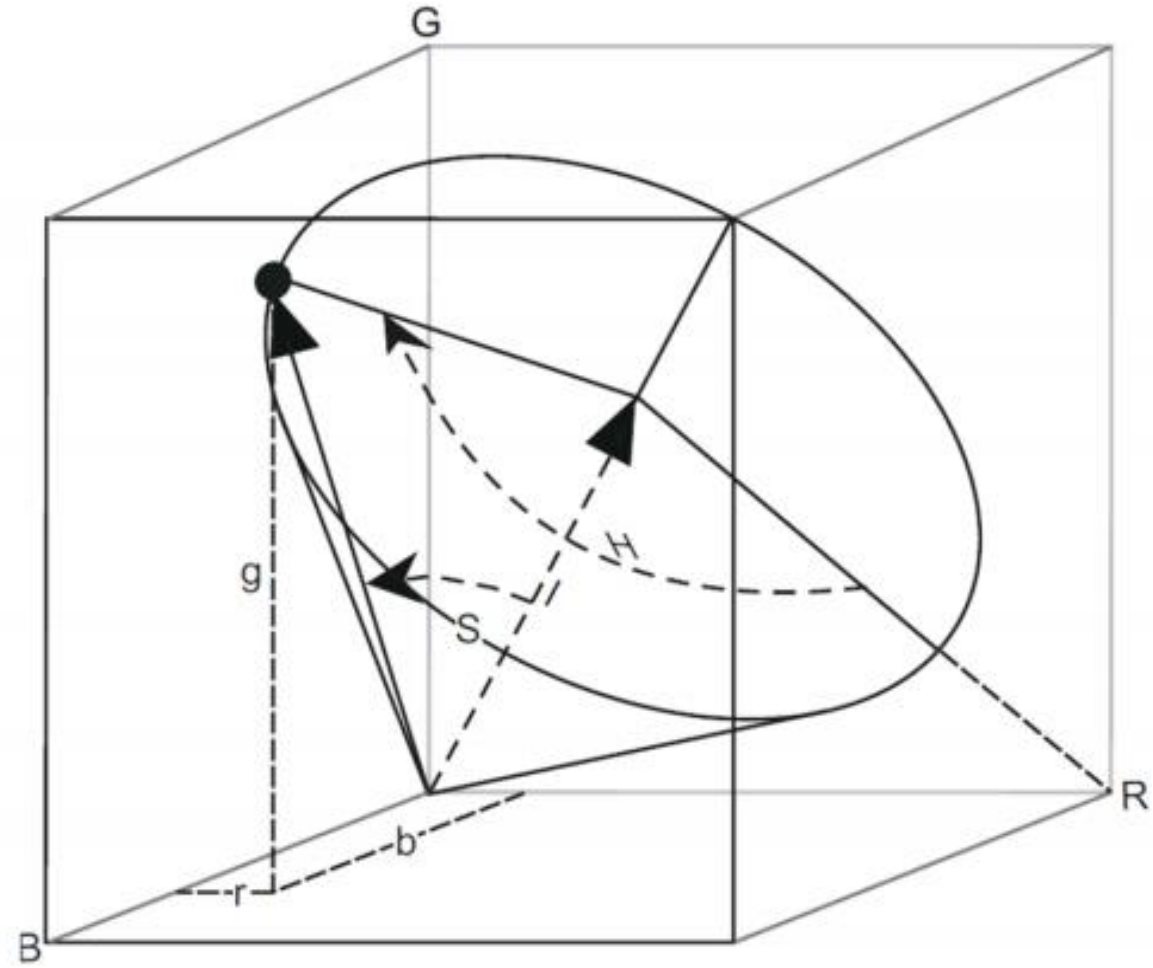
ترکیبهای تجمعی در سیستم RGB



سیستم رنگی HSI

- سیستم رنگی RGB با اینکه کاربرد بسیار زیادی در مانیتورهای نمایش تصویر دارد ولی در زندگی معمولی ما کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. و بیشتر رنگها را با بیان میزان شدت یا ضعفشان بیان می‌کنیم (آبی کم رنگ، آبی پر رنگ و...) از این رو یک سیستم رنگی جدید بوجود آمد که به بیان رنگها به گونه‌ای می‌پردازد که به درک ذهن انسان نزدیکتر است به نام HSI که دارای سه مولفه زیر برای بیان رنگهای مختلف است.
- INTENSITY(شدت)، HUE (جلا یا چردگی)، SATURATION (اشباع)

سیستم رنگی HSI

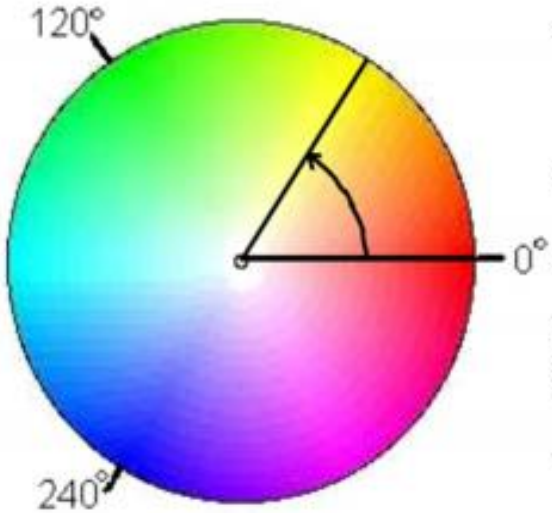


توضیح شکل سیستم HSI

- این شکل ارتباط بین سیستم RGBو HIS را نشان می‌دهد.
- سیستم HIS برمبنای یک مخروط استوار است که در آن محور مخروط بیانگر شدت (INTENSITY) ، فاصله از محور بیانگر سیری (اشباع) (SATURATION) و موقعیت روی محیط مقطع افقی بیانگر چردگی(جلا) (HUE) است، می‌باشد.
- در این مدل بهتر است که شدت رنگ (INTENSITY) را با جمع ارزشهای R,G,B تعیین کنیم. در قطر اصلی مکعب رنگ (R=G=B) حرکت از سیاه به سمت سفید جایی که ما شاهد تن رنگ خاکستری هستیم SATURATION=0 به عبارتی INTENSITY بیانگر میزان روشنایی رنگ است.
- در گوشه‌های REG-GREEN,GREEN-BLUE,BLUE-RED یعنی جاهایی که در مکعب رنگ رنگهای اصلی قرار دارند، SATURATION به صورت ماکسیمم یعنی صد درصد است یا به عبارتی رنگ خالص دارای اشباع صد درصد است. و مقادیر متوسط اشباع بیانگر تن رنگهای شفاف و مقادیر بالای آن بیانگر خلوص و شدت یک رنگ می‌باشد.

سیستم رنگی HSI

- برای تعیین HUE ما به خط عمود بر قطر اصلی نگاه می‌کنیم، جایی که ما میتوانیم چرخش ۳۶۰ درجه داشته باشیم، بترتیب رنگهای قرمز، زرد، سبز و .... تا جاییکه دوباره به قرمز بر می‌گردد، بستگی به زاویه‌ای که رنگ ما در آن قرار دارد درجه HUE مشخص می‌شود.



Hue (Colour) Wheel

- HUE در اصل بیانگر طول موج رنگ غالبی است که مشاهده می‌شود.
- چردگی از رنگ قرمز شروع شده و در جهت خلاف عقربه‌های ساعت (در اکثر سیستم‌ها) افزایش یافته در بازه ۰ تا 2π و یا ۰ تا ۲۵۵ در سیستم‌های ۸ بیتی تعریف می‌شود. مقدار اشباع نیز از صفر (در روی محور) تا ۲۵۵ (در سیستم‌های ۸ بیتی) که در روی محیط مخروط است تغییر می‌کند.

سیستم رنگی HSI

- SATURATION یا اشباع رنگ را نسبت به رنگ سفید که ترکیبی از تمامی رنگها است می‌سنجند.

8.5.1 Introduction to RGB and IHS color model

To understand image fusion methods operating in color space, it is important to have basic knowledge about the RGB (red, green, blue) and IHS (also referred to as HIS or HSI: intensity, hue, saturation) color spaces. Similarly to geometrical data, the color spaces span their own coordinate systems. Due to their definitions, it is possible to convert images lossless from one color model to the other. The RGB model is an additive color model, where new colors are derived by adding the three base colors at different levels. For example: yellow = red + green. The IHS model is different; here, the intensity (sometimes also

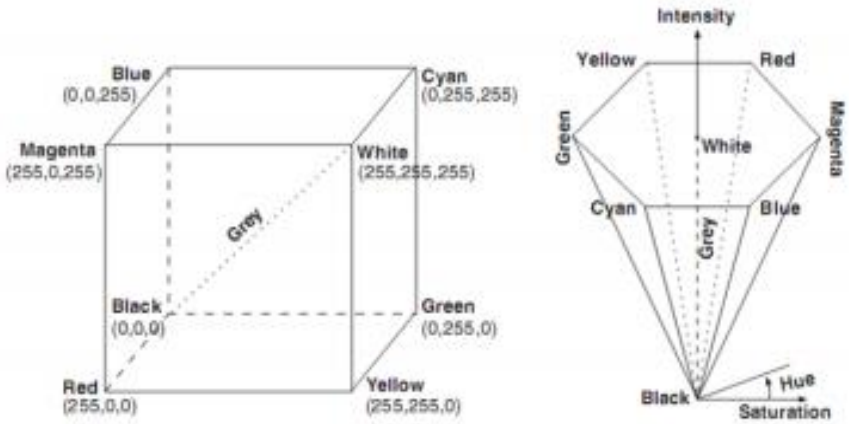


Fig. 8.8. Left: RGB (red, green, blue) cubic color space; right: IHS (intensity, hue, saturation) hexcone color space (adapted from Mather, 1999:99)

$$I = R + G + B$$

$$H=ARCTAN\left(\frac{\sqrt{3}(G-R)}{2B-G-R}\right)$$

$$S=\sqrt{(B-\frac{I}{2})^2+(G-\frac{I}{2})^2+(R-\frac{I}{2})^2}$$

تبدیل معکوس از فضای HIS به فضای RGB نیز توسط روابط زیر انجام میشود:

$$R=\frac{I}{3}-SCos\left(\frac{H}{\sqrt{6}}\right)-S\,Sin\left(\frac{H}{\sqrt{2}}\right)$$

$$G=\frac{I}{3}-S\,Cos\left(\frac{H}{\sqrt{6}}\right)+S\,Sin\left(\frac{H}{\sqrt{2}}\right)$$

$$B=\frac{I}{3}+\sqrt{6}\,S\,Cos\left(\frac{H}{3}\right)$$

با استفاده از این روابط می توان یک فضای رنگی را به یک فضای رنگی دیگر تبدیل نمود.این تبدیلات در تلفیق تصاویر (IMAGE (FUSION بکار می روند.

سیستم رنگی CYM

- سیستم رنگی CYM یک سیستم رنگی از نوع کاهشی است از این رو به آن سیستم **subtracts** نیز می‌گویند.
- از این نوع سیستم بیشتر در چاپگرها استفاده می‌شود.

Subtractive Color. When we mix colors using paint, or through the printing process, we are using the subtractive color method. Subtractive color mixing means that one begins with white and ends with black; as one adds color, the result gets darker and tends to black.

The CMYK color system is the color system used for printing.

Those colors used in painting—an example of the subtractive color method.

سیستم‌های رنگی دیگر

- براساس کاربری‌های مختلف سیستم‌های رنگی بسیار زیادی ایجاد شده که در زیر به ۷۰ مورد از آنها اشاره می‌شود.

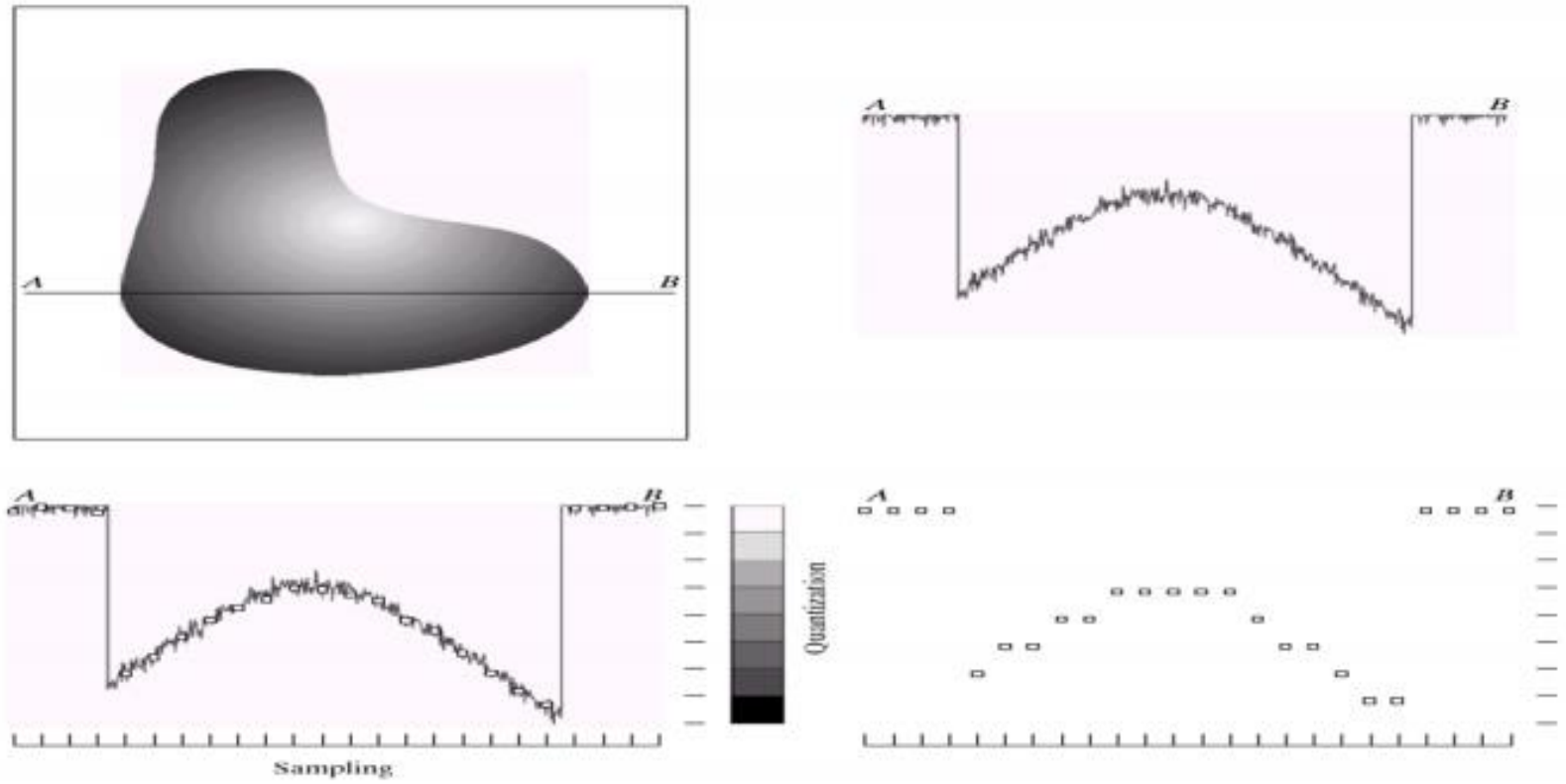
- Absolute color space
- Color space
- List of color spaces and their uses
- A
- Adams chromatic valence color space
- Additive color
- Adobe RGB color space
- Amber shift
- Apple RGB
- C
- CcMmYK color model
- CIE 1931 color space
- CIE 1960 color space
- CIE 1964 color space
- CIECAM02
- CIELUV
- CMYK color model
- Color difference
- Color model
- Color solid
- Color theory
- Color triangle
- Coloroid
- F
- Farrow & Ball
- Federal Standard 595
- Fine Paints of Europe
- G
- Gamut
- Glob (visual system)
- H
- Hexachrome
- HKS (colour system)
- HSL and HSV
- I
- ICAM (Color Appearance Model)
- ICC profile
- Imaginary color
- International Commission on Illumination
- L
- Lab color space
- LMS color space
- M
- MacAdam ellipse
- Munsell color system
- Template:Munsell-5PB-5Y
- Template:Munsell-hues

همسایگی و پیوستگی
Continuity & Neighborhood

Sampling and quantization

- Sampling: عددی سازی مختصات مکانی
- Quantization: عددی سازی مقادیر روشنایی
- منظور از نمونه برداری این است که در تصویر یک سری نمونه انتخاب کنیم و یک تصویر جدید ایجاد کنیم.
- بستگی به محتویات فرکانسی تعداد نمونه‌ها تغییر می‌کند.
- هر چه تصویر دارای فرکانس بالاتری باشد تعداد نمونه‌ها برای دیجیتایز کردن آن بیشتر است.
- در مناطقی که تغییرات روشنایی شدید تر است می‌توان فواصل نمونه برداری را کا هش داد.
- منظور از Quantization عددی سازی مقادیر روشنایی برای ایجاد یک تصویر جدید ایجاد کنیم.

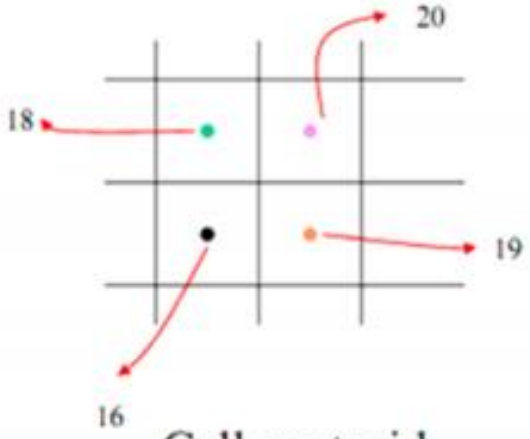
Sampling and quantization



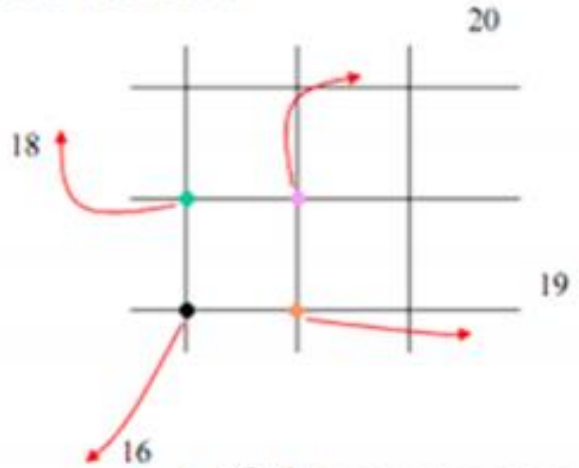
a b
c d

FIGURE 2.16 Generating a digital image. (a) Continuous image. (b) A scan line from *A* to *B* in the continuous image, used to illustrate the concepts of sampling and quantization. (c) Sampling and quantization. (d) Digital scan line.

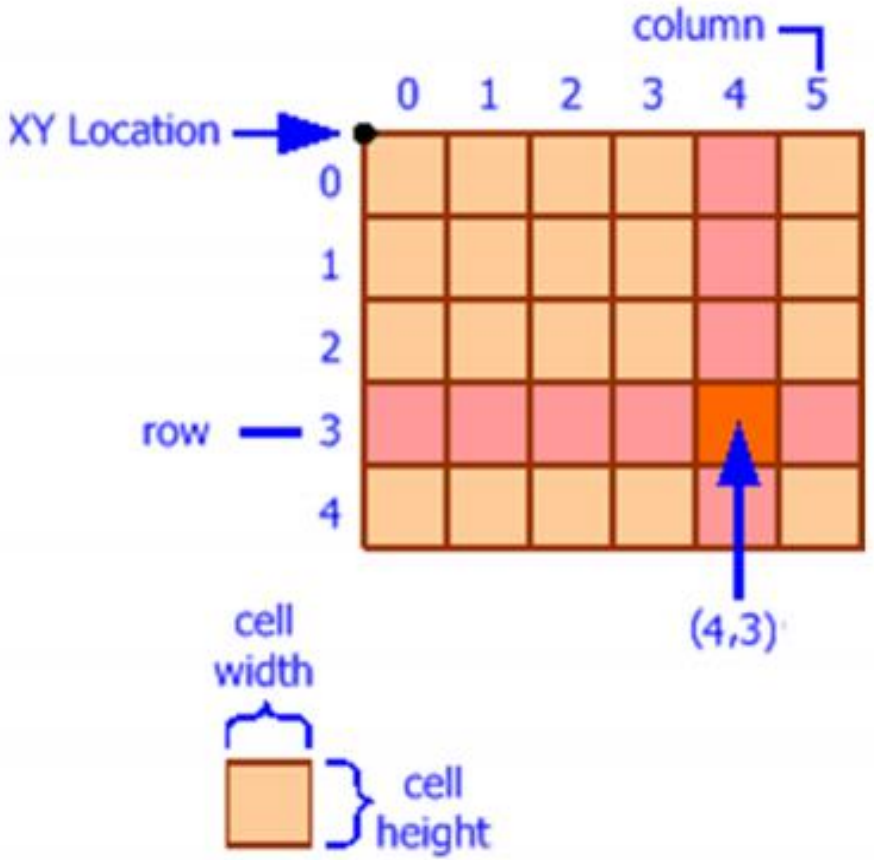
روابط همسایگی بین پیکسل‌ها



Cell centroid

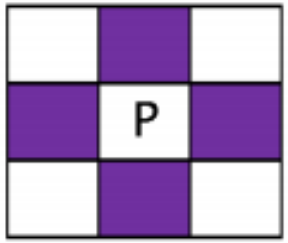


Left lower corner

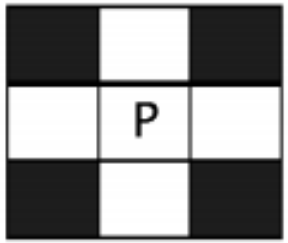


روابط همسایگی بین پیکسل‌ها

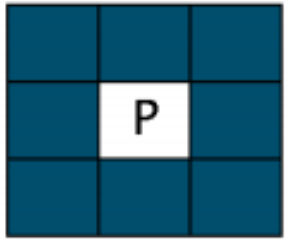
- همسایگی چهار گانه(N4):



- همسایگی قطری (ND):



- همسایگی هشت گانه(N8):



روابط همسایگی بین پیکسل‌ها

$$N_4(P) = \{(X+1, Y), (X, Y+1), (X-1, Y), (X, Y-1)\}$$

$$N_D(P) = \{(X+1, Y+1), (X+1, Y-1), (X-1, Y-1), (X-1, Y+1)\}$$

$$N_8(P) = N_4(P) \cup N_D(P)$$

پیوستگی

- دارای دو شرط است

۱. همسایگی دو پیکسل

۲. شباهت سطوح روشنایی در پیکسل(برای اعمال این شرط یک محدوده باید تعریف شود.)

- انواع پیوستگی:

۱. پیوستگی چهار نقطه‌ای (C_4):

✓ V : محدوده مقادیر روشنایی

$$q \in C_4(p) \Leftrightarrow \begin{cases} q \in N_4(p) \\ f_q, f_p \in V \end{cases}$$

پیوستگی

۲. پیوستگی هشت نقطه‌ای (C8):

$$q \in C_8(p) \Leftrightarrow \begin{cases} q \in N_8(p) \\ f_q, f_p \in V \end{cases}$$

۳. پیوستگی مرکب (Cm):

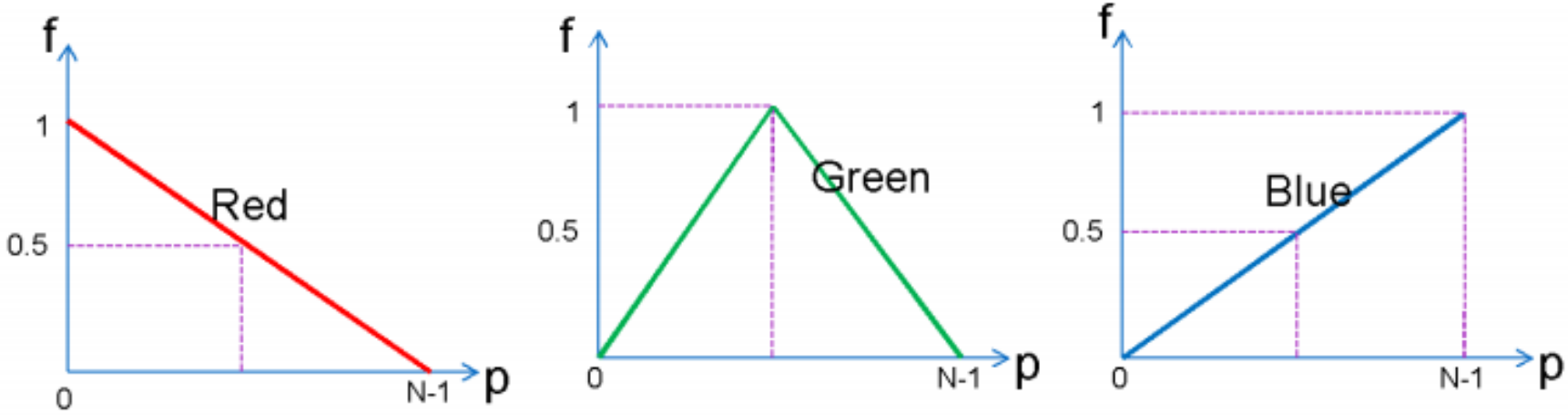
$$q \in C_m(p) \Leftrightarrow \begin{cases} q \in N_4(p) \\ f_q, f_p \in V \end{cases}$$

و

$$\{q \in N_D(p) \& (N_4(p) \cap N_4(q)) \notin V\}$$

تمرین ۱

- در یک تصویر ساده RGB، نمودارهای شدت افقی مولفه‌های R و G و B آن برای موقعیت ۰ تا n−1 به شکل زیر است. مطلوب است مشخص کردن رنگی که یک فرد زمانی که در موقعیت وسط قرار گیرد می‌بیند.



$$\frac{1}{2}R+G+\frac{1}{2}B=\frac{1}{2}(R+G+B)+\frac{1}{2}G$$

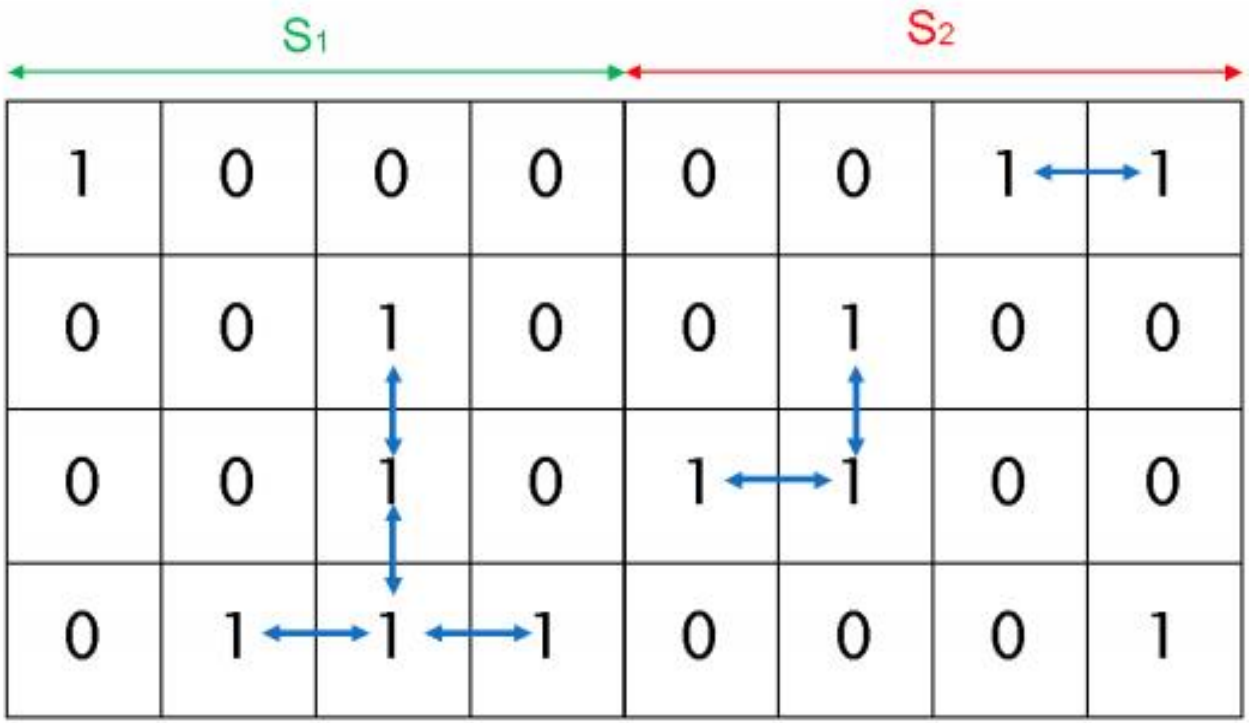
تمرین ۲

- برای دو زیر مجموعه S_1 و S_2 (دو تصویر) که در زیر آورده شده، مطلوب است موارد زیر اگر مجموعه $V=\{1\}$ باشد.

S_1				S_2			
1	0	0	0	0	0	1	1
0	0	1	0	0	1	0	0
0	0	1	0	1	1	0	0
0	1	1	1	0	0	0	1

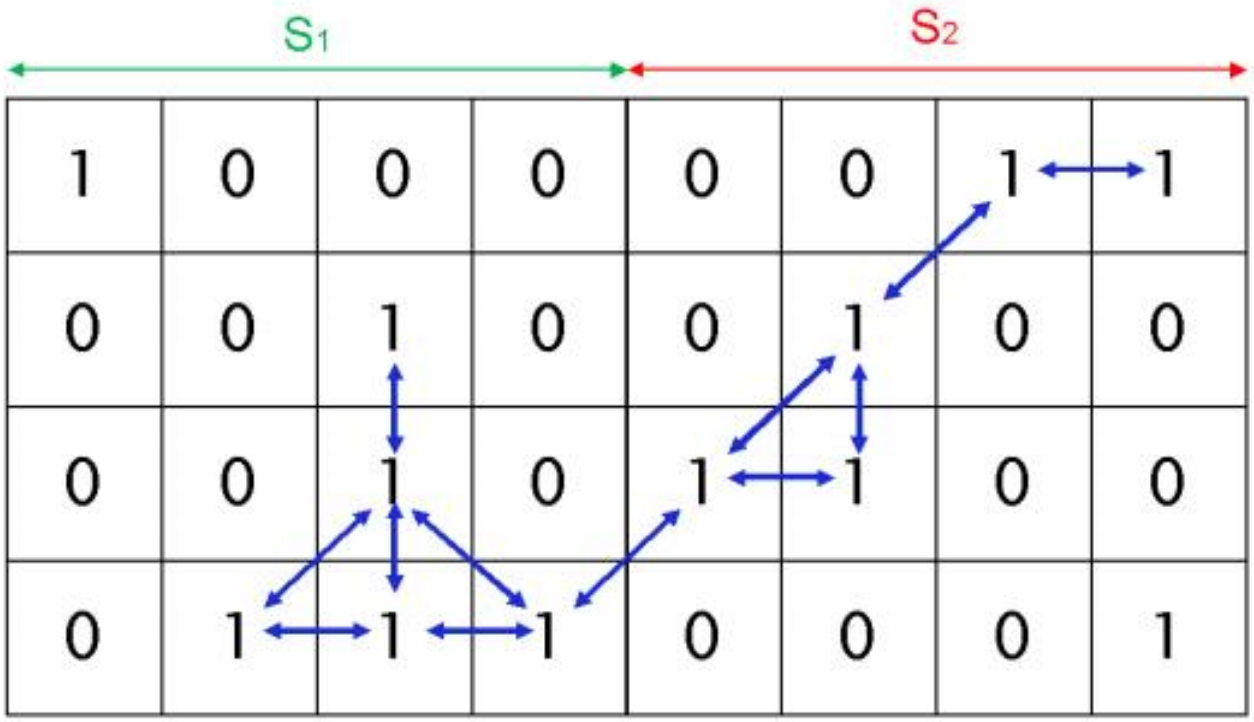
تمرین ۲

- الف) پیوستگی چهار گانه



تمرین ۲

- ب) پیوستگی هشت گانه

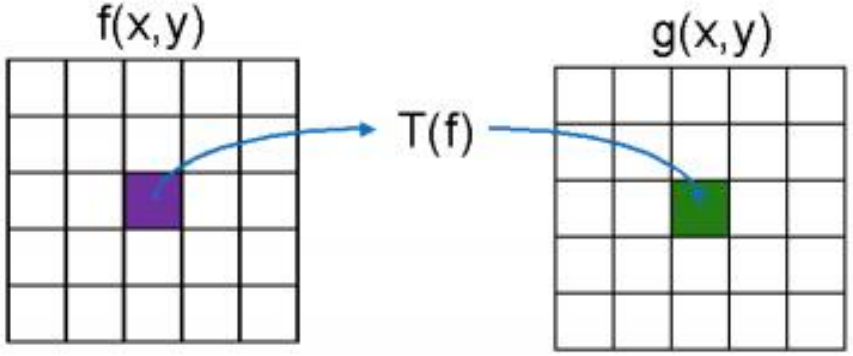


بهبود تصویر
Image Enhancement

بهبود تصویر

- هدف اصلی پردازش تصویر به نحوی است که نتیجه برای یک کاربرد خاص از تصویر اولیه بهتر باشد.
- دو دسته:
  - روش‌های حوزه مکان
  - روش‌های حوزه فرکانس
- توابع پردازش تصویر در حوزه مکان می‌توانند در حالت کلی به صورت زیر باشند.

۱. **پردازش تک نقطه‌ای (Point processing)**: بر روی یک پیکسل پردازش انجام می‌شود.



f(x,y): تصویر اولیه

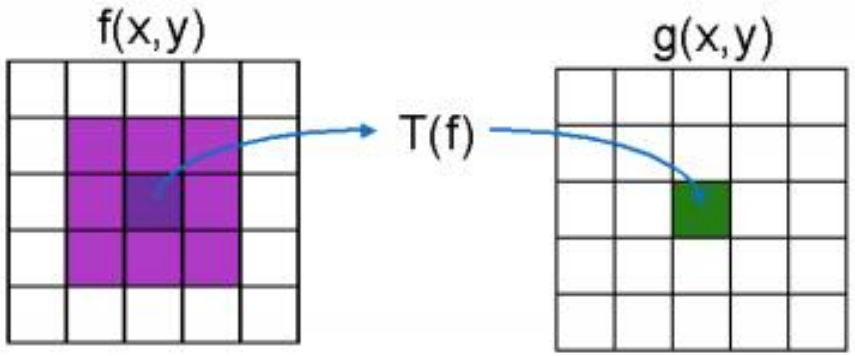
g(x,y): تصویر بهبود یافته

$$g(x,y) = T\{f(x,y)\}$$

بهبود تصویر

- در این حال اپراتور T تنها بر روی مقادیر سطوح خاکستری هر پیکسل عمل می‌کند و پردازش بدون در نظر گرفتن همسایگی‌ها انجام می‌شود که ساده ترین روش بهبود تصویر می‌باشد.

۲. **پردازش (بهبود) با استفاده از مجموعه‌ای از نقاط (روش همسایگی):**
   - در این روش اپراتور T می‌تواند صرفاً بر روی هر نقطه x,y عمل کند و از مجموعه‌ای از پیکسل‌ها در همسایگی نقطه x,y برای بدست آوردن مقدار g در تصویر بهبود یافته استفاده کند.



f(x,y): تصویر اولیه

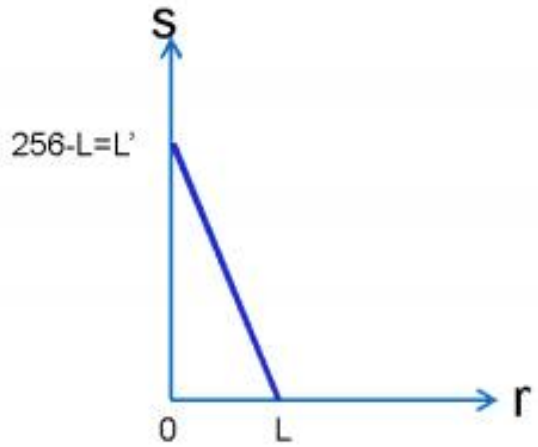
g(x,y): تصویر بهبود یافته

$$g(x,y) = T\{f(x,y,x_{+1},y_{+1},x_{+1},y_{-1}.....)\}$$

بهبود تصویر

- برای اپراتور نقطه‌ای T حالات زیر را بررسی کنید.

- S=T(r)



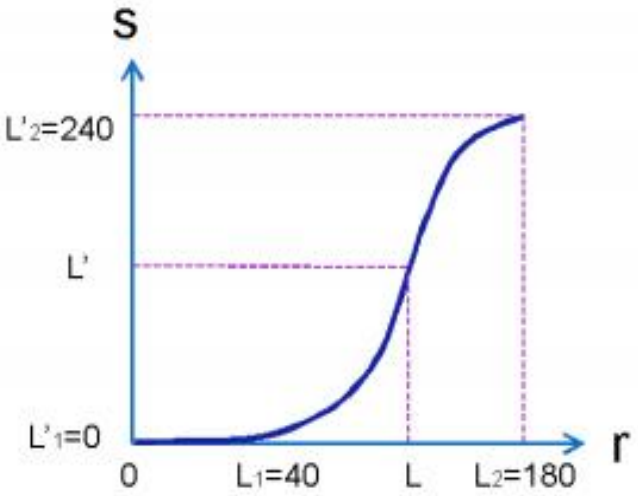
- r : مقادیر سطوح خاکستری تصویر اولیه
- S : مقادیر سطوح خاکستری تصویر بهبود یافته

۱. **معکوس تصویر:**

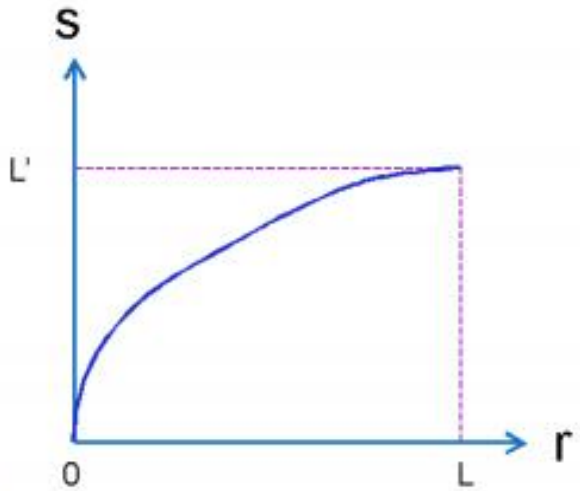
L : مقدار DN در تصویر اولیه

بهبود تصویر

۲. بهبود کنتراست:



۳. فشرده سازی محدوده دینامیکی:



پردازشهای هیستوگرام
Histogram processing

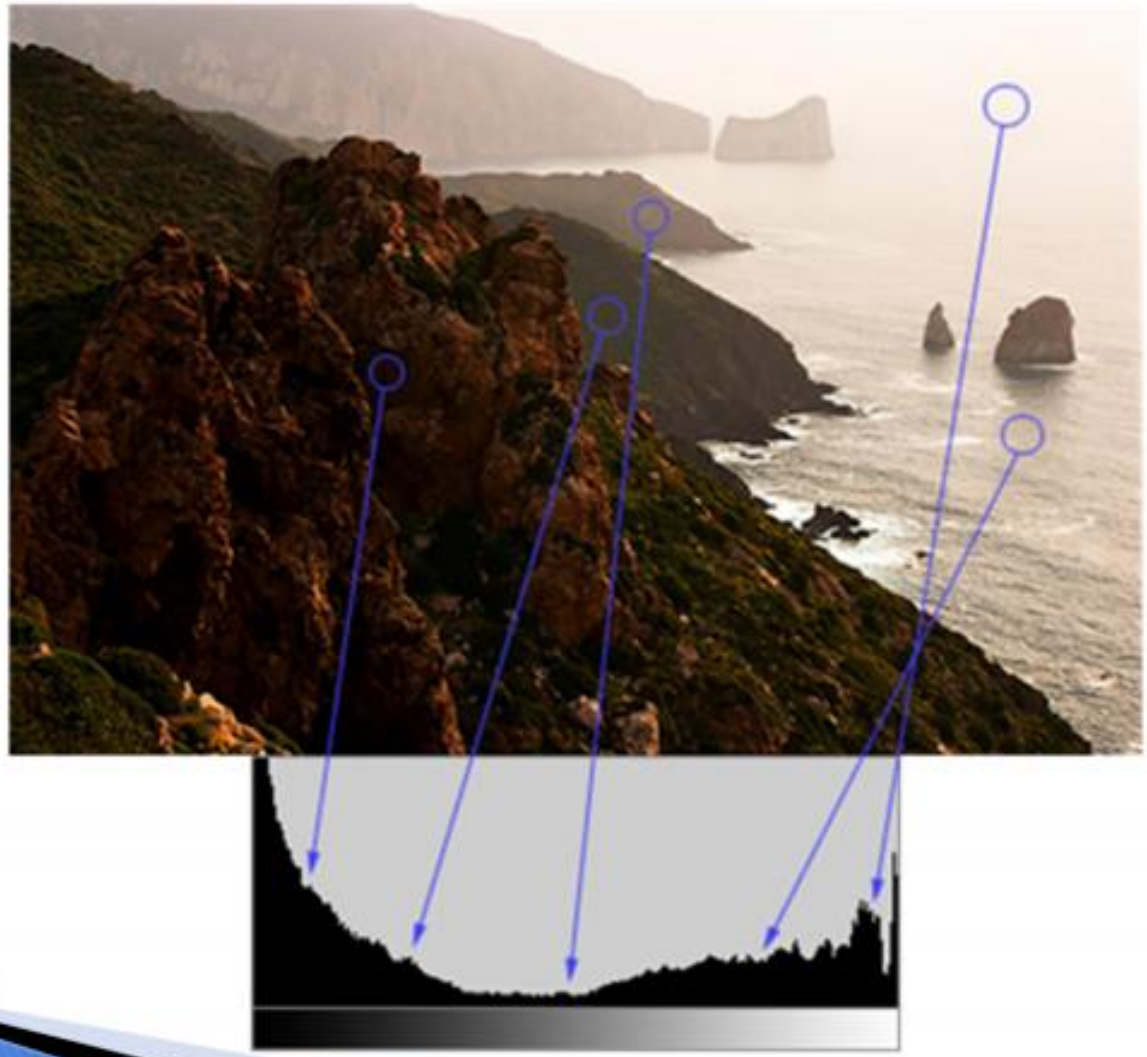
بررسی گرافیکی ارزشهای طیفی

- از ویژگی‌های تفسیر رقومی تصاویر ماهواره‌ای که معمولاً با استفاده از کامپیوتر و دستگاه‌های الکترونیکی صورت می‌گیرد، امکان بهره گیری از روشهای مختلف بررسی و تجزیه و تحلیل رقومی تصاویر است. در این روشها، ارزشهای طیفی تصاویر از نظر **کیفی و کمی** بررسی می‌شوند و تغییرات ارزشهای طیفی در مراحل مختلف تفسیر از نظر **ریاضی- آماری** مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.
- از امکانات دیگری که هنگام تفسیر رقومی، به وسیله مفسر مورد استفاده قرار می‌گیرد، بررسی گرافیکی ارزشهای طیفی است که از جمله می‌توان به:
- **هیستوگرام ارزشهای اطلاعاتی و دیاگرام یا نمودار پراکندگی و توزیع ارزشها در فضاهای دوبعدی اشاره کرد.**

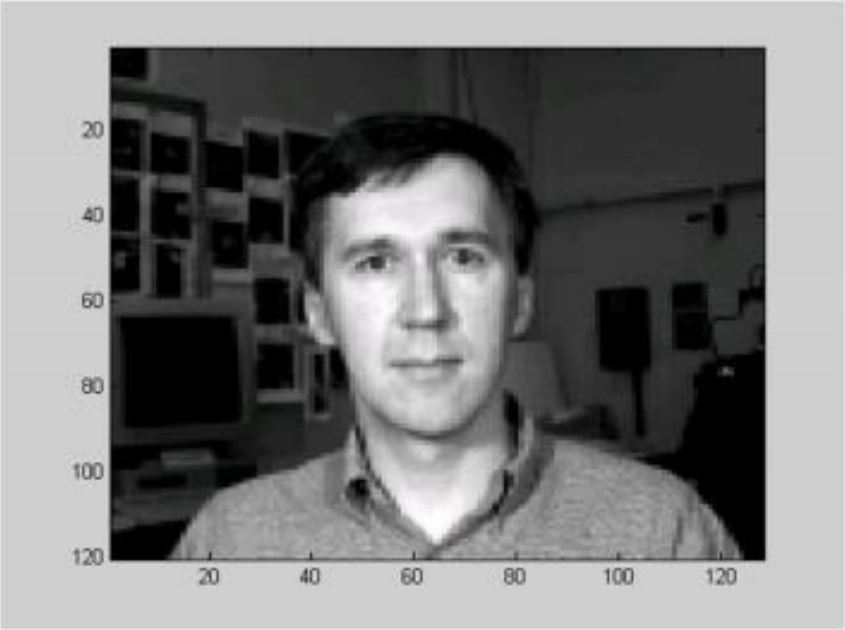
هیستوگرام و بهبود کنتراست:

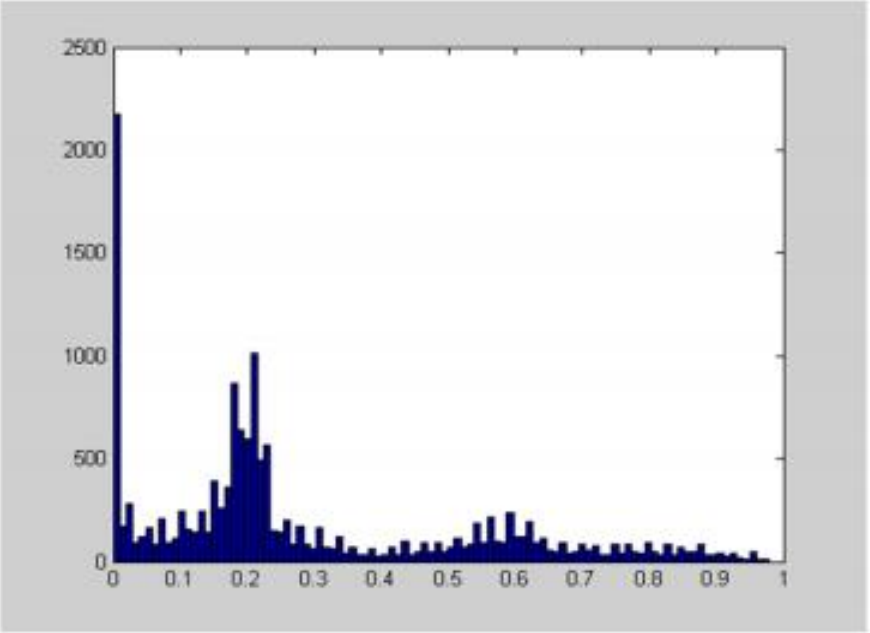
- عملیات طیفی بیشتر با مقادیر پیکسل‌ها کار می‌کند.
- تعریف هیستوگرام:
- توصیفی از چگونگی توزیع مقادیر درجات خاکستری است.
- اگر تعداد پیکسل‌های مربوط به یک درجه خاکستری در مقابل درجه خاکستری آن ترسیم کنیم نموداری بدست می‌آید که هیستوگرام تصویر نامیده می‌شود.
- در واقع هیستوگرام نمودار فراوانی درجات خاکستری یک تصویر است.

هیستوگرام



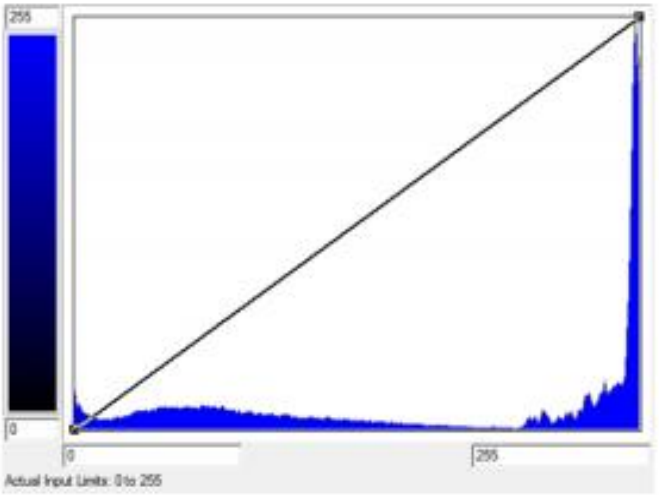
Pixel Histogram for a Face Image

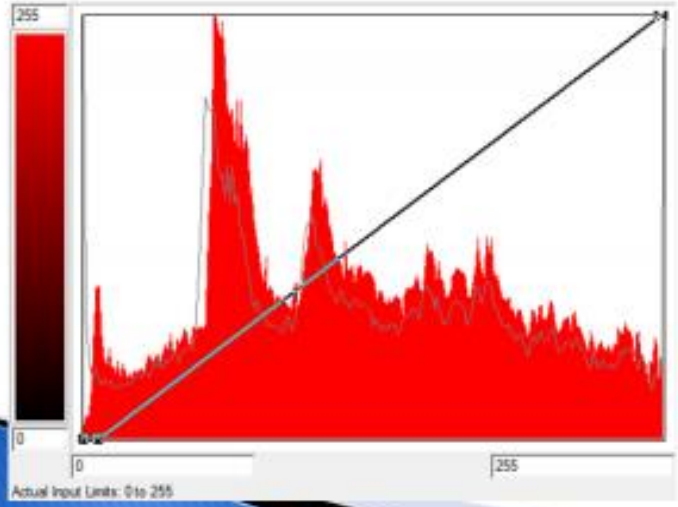


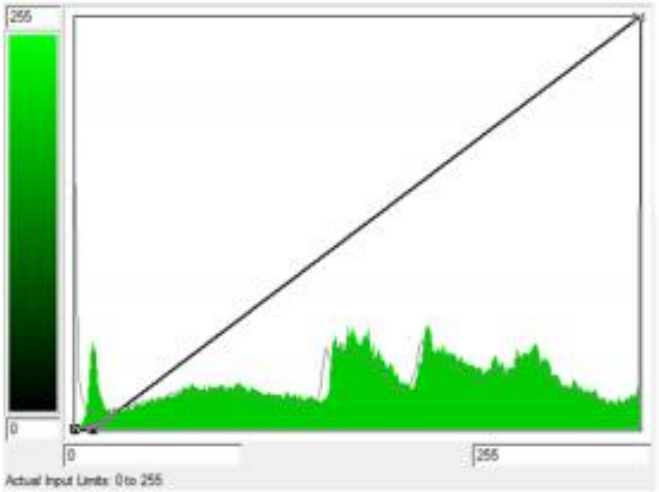



```
>> hist(reshape(faceimage,120*128,1), 100)
```

برای تصاویر رنگی سه هیستوگرام خواهیم داشت

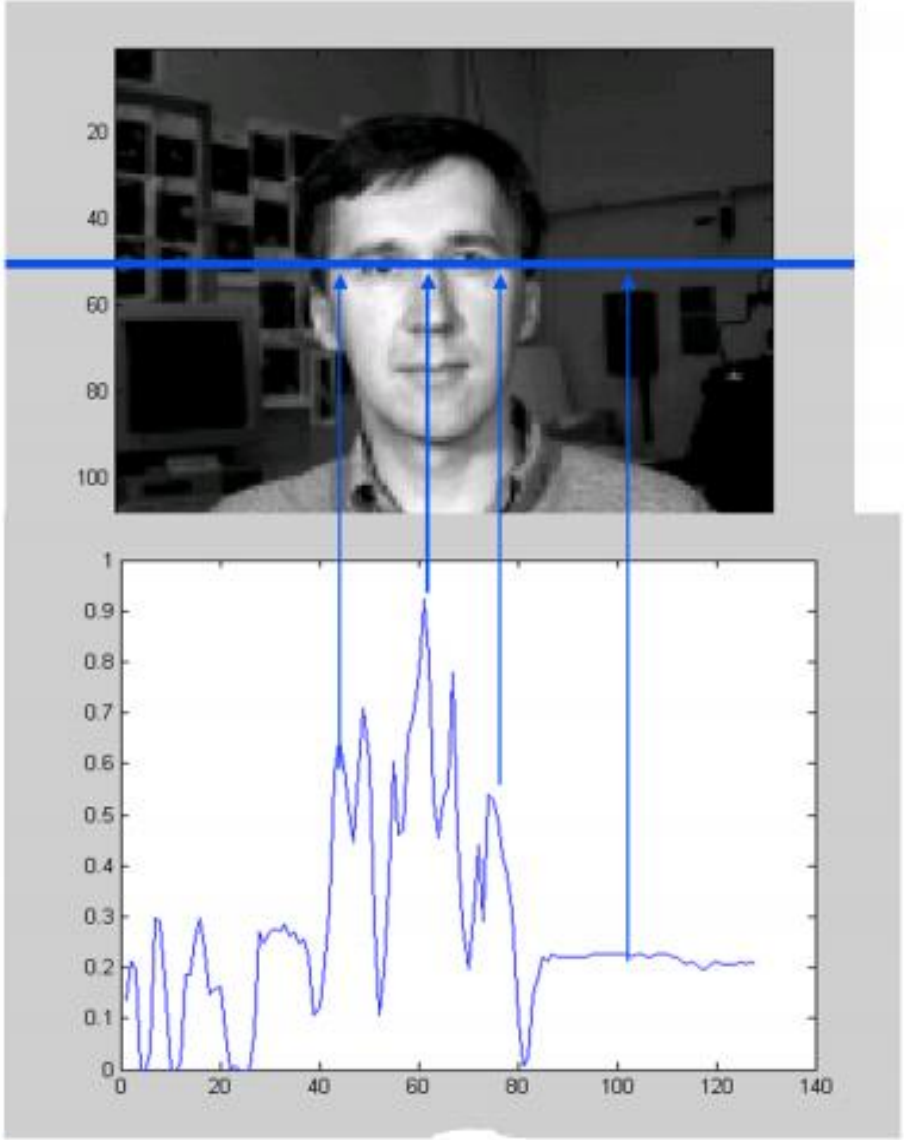






A Cross-section of an Image

```
>> plot(faceimage(50,:))
```

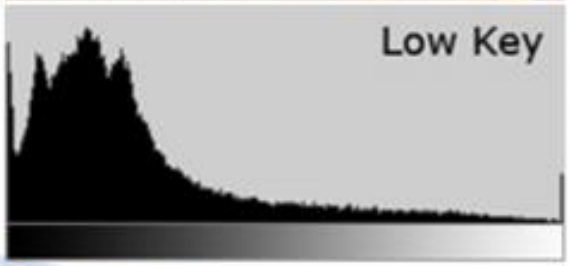


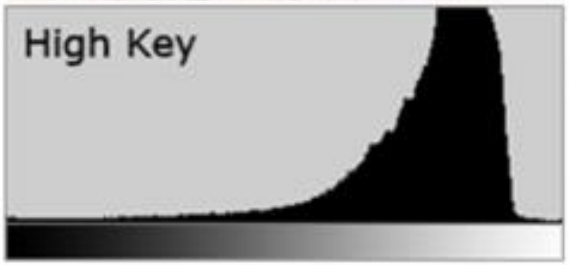
هیستوگرام

- یکی از مسائل مهم در تصاویر تک باندی مثل تصاویر پانکروماتیک ماهواره‌ای یک تصویر اسکن شده منوکروم (تک باندی) از یک تصویر چند باندی است که در هستوگرام آن تصویر آمده است.
- این هیستوگرام ارزشهای پیکسلی(DN) آن تصویر را شرح می‌دهد.
- معمولاً ارزش DN بین ۰-۲۵۵ متغییر است و این هیستوگرام تعداد پیکسلها را برای هر ارزش DN در این فاصله مشخص می‌کند. به عبارت دیگر این هیستوگرام شامل بسامد یا تناوب DN VALUES در یک تصویر است.
- داده‌های هیستوگرام می‌تواند به صورت جدول یا گراف نمایش داده شود.

هیستوگرام

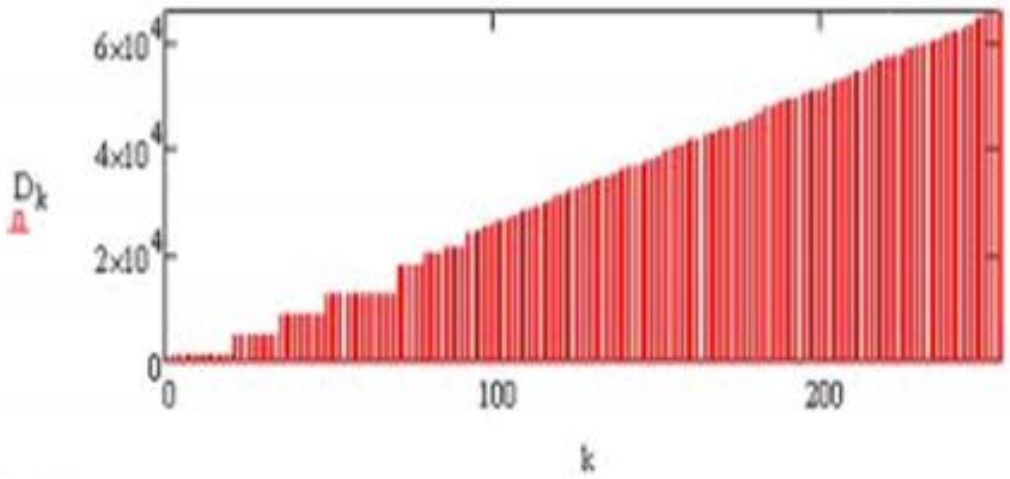
- از هیستوگرام می‌توان اطلاعات با ارزشی از خصوصیات طیفی و کیفیت رادیومتریکی تصویر بدست آورد.
- یک هیستوگرام متراکم در یک بخش خاص از درجات خاکستری نشان دهنده کیفیت پایین رادیومتریکی تصویر است.





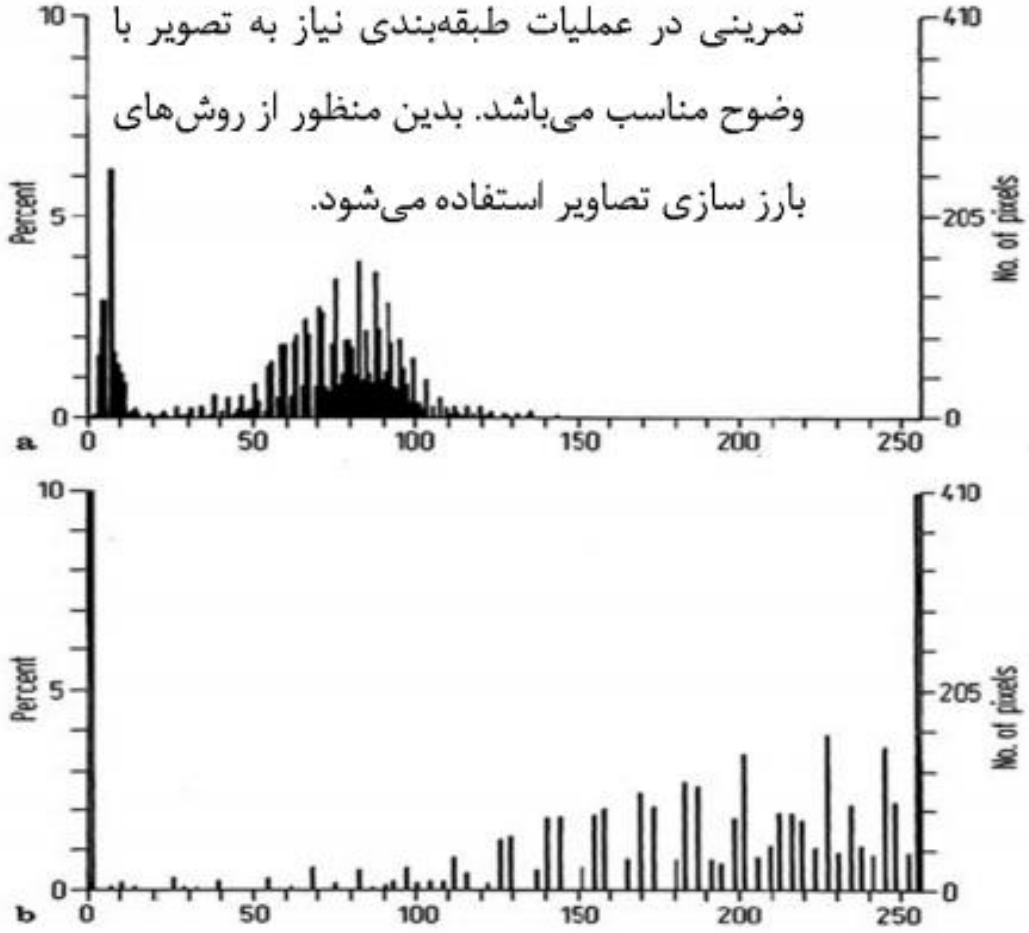
هیستوگرام

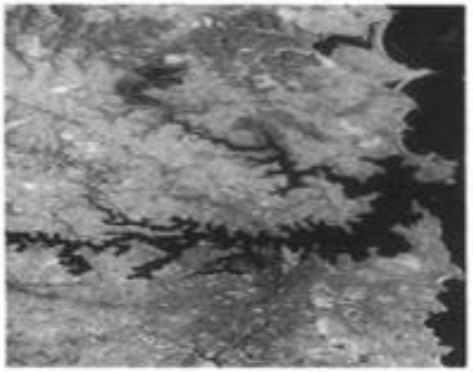
- هیستوگرامی که تعداد پیکسل‌های مربوط به درجات خاکستری در کل دامنه گسترده شده باشد حکایت از حجم اطلاعات بیشتر و با وضوح بیشتر دارد.
- **هیستوگرام تجمعی:**
- همان نمودار فراوانی درجات خاکستری است.

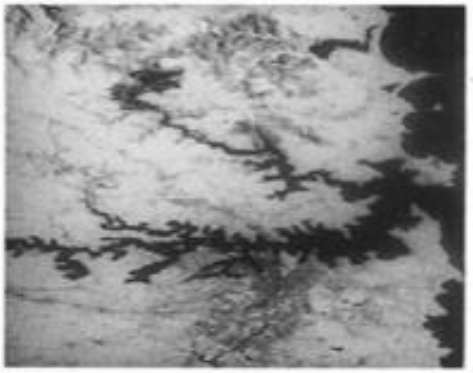


هیستوگرام

- برای تفسیر بصری بهتر و همچنین انجام مرحله تمرینی در عملیات طبقه‌بندی نیاز به تصویر با وضوح مناسب می‌باشد. بدین منظور از روش‌های بارز سازی تصاویر استفاده می‌شود.







تعدیل خطی هیستوگرام:

- تبدیل خطی درجات خاکستری از دامنه مشاهداتی به دامنه کامل دینامیکی ممکن (۰-۲۵۵) می‌باشد.
- این روش باعث تفاوت بیشتر در درجات خاکستری و در نتیجه افزایش کنتراست می‌گردد.

$$V_o = aV_i + b$$

$$a = \frac{255}{V_{max} - V_{min}}$$

$$b = -\frac{255}{V_{max} - V_{min}} V_{min}$$

- V_o : مقدار درجه خاکستری تصویر جدید
- V_i : مقدار درجه خاکستری تصویر اولیه

یـــــا

- تعدیل خطی هیستوگرام را به صورت اصلاح شده نیز به کار می‌رود.
- در صدی از ابتدا و انتها را معادل ۰ و ۲۵۵ قرار می‌دهند.
- گاه به صورت قطعه‌ای نیز انجام می‌شود.
- برای هر قطعه یک تعدیل خطی مجزا در نظر گرفته می‌شود.

$$V_o = \left(\frac{255}{V_{max} - V_{min}}\right)(V_i - V_{min})$$

تغییر هیستوگرام

- هیستوگرام یک تصویر با سطوح خاکستری در محدوده [0,L-1] یک تابع گسسته بصورت زیر می‌باشد.

$$f(r_k) = \frac{n_k}{n}$$

$$k = 0,1,2,\ldots,L-1$$

- $f(r_k)$: kامین سطح خاکستری
- n_k : تعداد پیکسل‌های سطح خاکستری r_k
- n : تعداد کل پیکسل‌های تصویر

$$r_{83} = 83-1 = 82 \Rightarrow r_{83} = [0,82]$$

- روشهای پردازش هیستوگرام یک تصویر در مجموعه روشهای پردازش نقطه‌ای تصویر هستند.

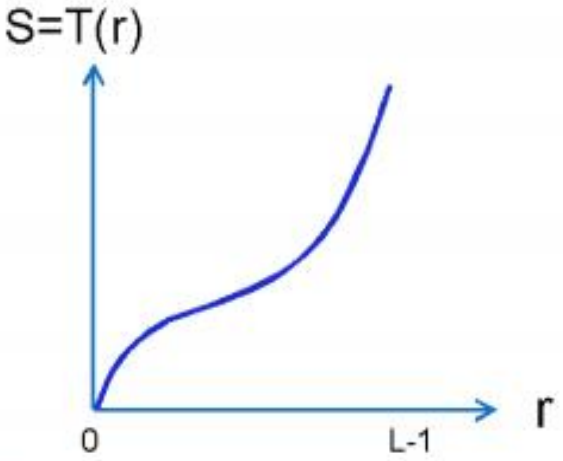
تغییر هیستوگرام: یکنواخت سازی هیستوگرام

- فرض کنید $r\in[0,1]$ (r در فاصله بسته صفر تا یک باشد) حال به دنبال نگاشتی (تابعی) هستیم مثل T که دارای دو شرط زیر باشد و همچنین $S=T(r)$ شود.

۱. $0\leq r\leq 1$ یک به یک و افزایشی باشد (یعنی برای آن فقط در یک فاصله یک مقدار بدست آید و یکنواخت زیاد یا کم شود.)

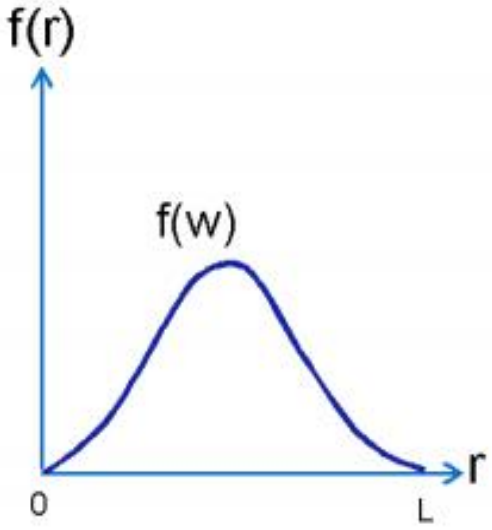
۲. $0\leq S=T(r)\leq 1$ مقادیر خاکستری در یک محدوده خاص باشد.

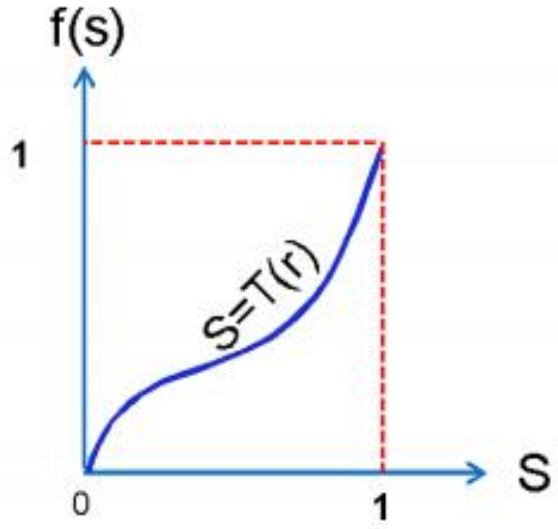
- شرط اول ترتیب سطوح خاکستری را حفظ می‌کند و شرط دوم تضمین می‌کند که این نگاشت به سطوح خاکستری در محدوده مجاز نتیجه شود.



مثال۱:

- چنانچه f(r) یعنی هیستوگرام تصویر اولیه در اختیار باشد و نیز نگاشت T(r) حائز شرایط ذکر شده باشد.
- می‌خواهیم بدانیم f(s) یعنی هیستوگرام تصویر جدید چه خواهد شد. (این هیستوگرام برای حالت پیوسته است)





مثال۱:

- چنانچه دو شرط اول و دوم را برقرار باشد آنگاه $f(s)$ به صورت زیر بدست می‌آید.

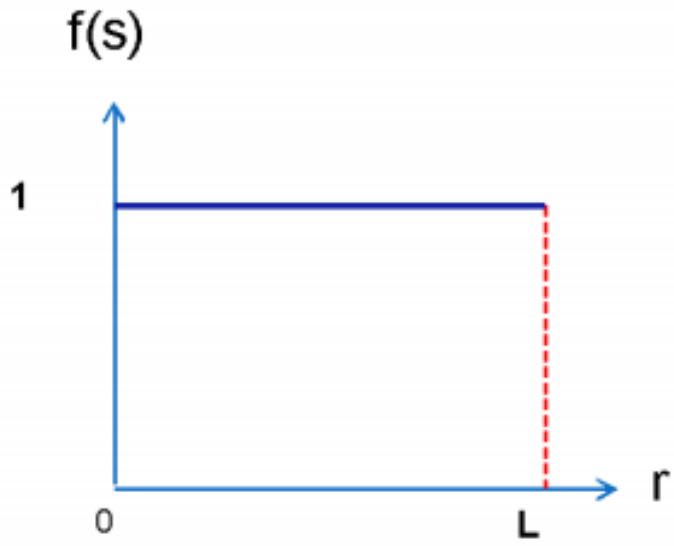
$$((1))\ f(s)=[f(r).\frac{\partial r}{\partial s}] \quad , \quad r=T^{-1}(s)$$

$$\Rightarrow s=T(r)=\int_0^r f(w)dw \Rightarrow \frac{\partial s}{\partial r}=f(r) \Rightarrow \frac{\partial r}{\partial s}=\frac{1}{f(r)}$$

- با جایگزین کردن $\frac{1}{f(r)}$ در معادله $((1))$ داریم:

$$f(s)=[f(r).\frac{\partial r}{\partial s}] \Rightarrow f(s)=[1] \Rightarrow d(s)=1$$

مثال ۱:

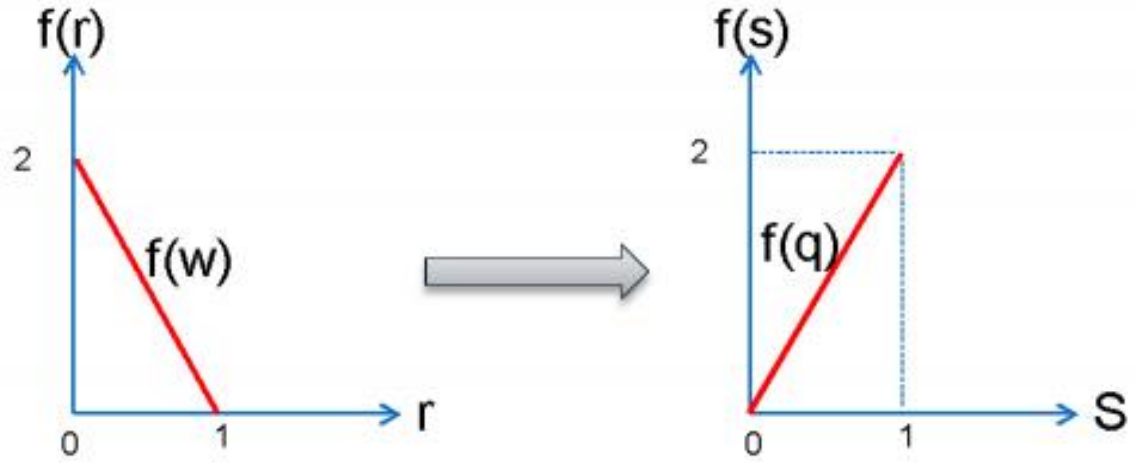


ملاحظه می‌شود که هیستوگرام تصویر نهایی یک هیستوگرام یکنواخت است یعنی از تمام سطوح درجات خاکستری به یک میزان استفاده می‌کند. بنابراین تصویر نتیجه نسبت به تصویر اولیه از کنتراست بهتری برخوردار است.

- در تصاویر ما بیشتر با حالت گسسته روبرو می‌شویم تا حالت پیوسته، مثال قبل مربوط به یکنواخت سازی هیستوگرام سطوح خاکستری پیوسته بود.
- در تصاویر دیجیتال هیستوگرام تابع گسسته است. و به صورت زیر تعریف می‌شوند.

مثال ۲:

- هیستوگرام یک تصویر در شکل زیر داده شده است چنانچه f(s) هیستوگرام تبدیل شده باشد، تابع تبدیل درجات خاکستری را پیدا کنید. (کمیتها پیوسته هستند)



- ابتدا تابع تبدیل یکنواخت سازی هیستوگرام تصویر اولیه را بدست می‌آوریم:

$$S = T(r) = \int_0^r f(w)dw \Rightarrow \int_0^r (-2w+2)dw = -r^2 + 2r$$

مثال ۲:

- حال تابع تبدیل یکنواخت سازی هیستوگرام تصویر تبدیل شده را بدست می‌آوریم :

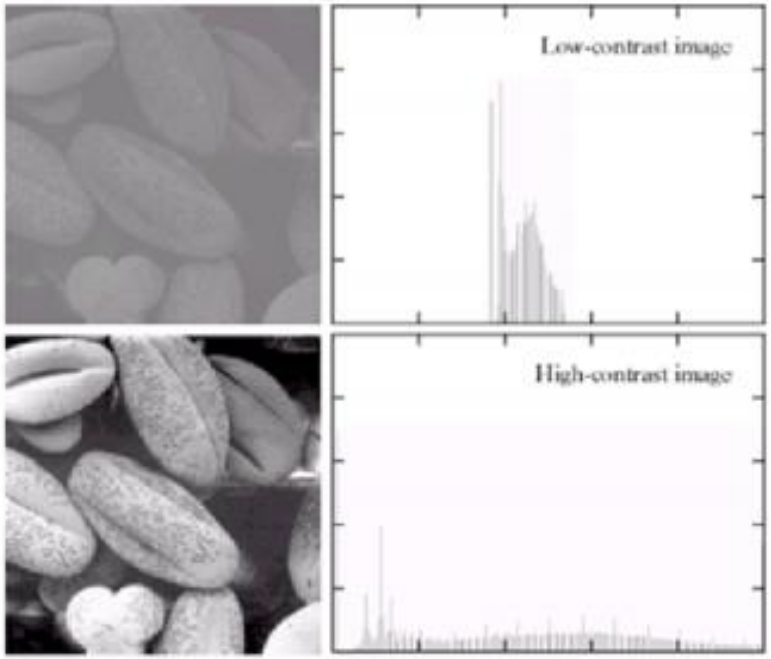
$$V = T(s) = \int_0^s f(q)dq \Rightarrow \int_0^s 2qdq = s^2$$

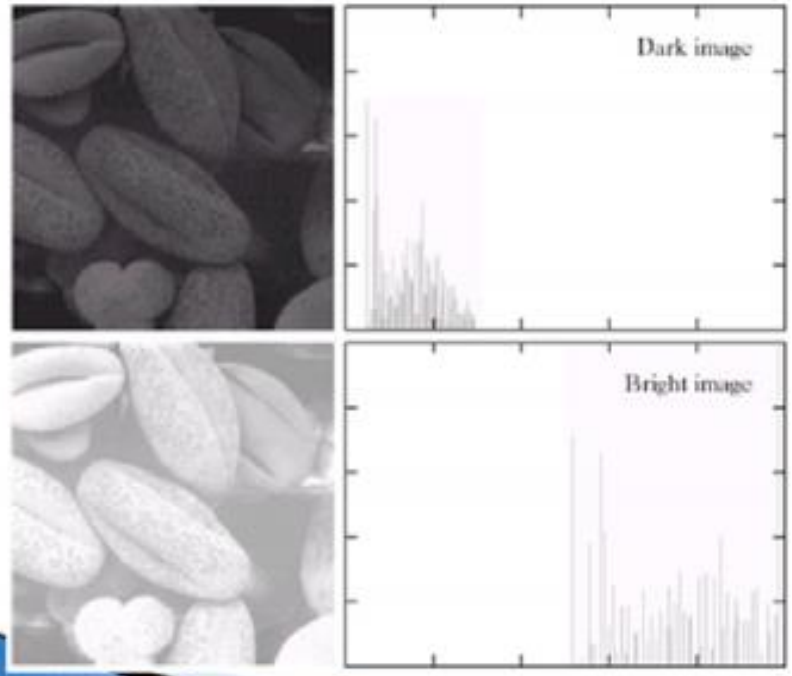
- حال این دو تابع را برابر هم قرار می‌دهیم تا به تابع تبدیل درجات خاکستری بین این دو هیستوگرام برسیم :

$$\Rightarrow -r^2 + 2r = s^2 \Rightarrow s = \sqrt{-r^2 + 2r}$$

تغییر هیستوگرام: یکنواخت سازی هیستوگرام

- بدلیل اینکه سطوح خاکستری گسسته هستند معمولاً هیستوگرام بدست آمده کاملاً یکنواخت نیست و همچنین بدلیل گسسته بودن سطوح خاکستری یکنواخت سازی هیستوگرام همراه با اضافه شدن کمی نویز به تصویر می‌باشد.



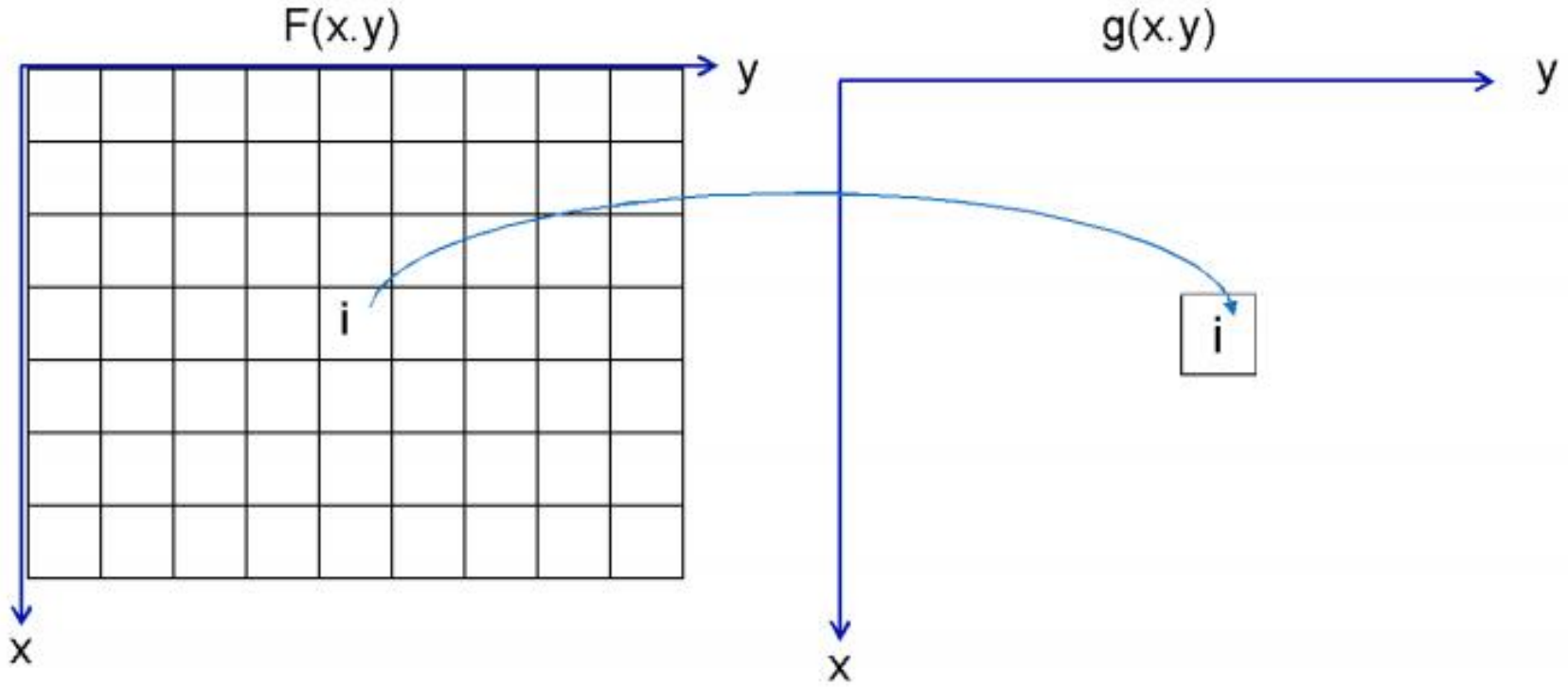


تغییر دلخواه هیستوگرام

- گاهی بجای هیستوگرام یکنواخت لازم است بتوان به یک شکل خاص هیستوگرام که محدوده خاصی از سطوح خاکستری را مورد تاکید قرار می‌دهد دسترسی پیدا نمود.

- اول باید هیستوگرام اولیه را یکنواخت کرد.
- سپس هیستوگرام تجمعی تصویر هدف را ایجاد نمود.

روشهای بهبود موضعی تصویر



روشهای بهبود موضعی تصویر

۱. **بهبود بر اساس خواص آماری موضعی تصویر**
   - خصوصیات آماری موضعی تصویر نظیر متوسط و یا واریانس می‌تواند برای بهبود تصویر مورد استفاده قرار بگیرد.

$$g(x,y) = A(x,y)[f(x,y) - m(x,y)] + m(x,y)$$

$$A(x,y) = K\frac{M}{\sigma(x,y)} \qquad 0 < K < 1$$

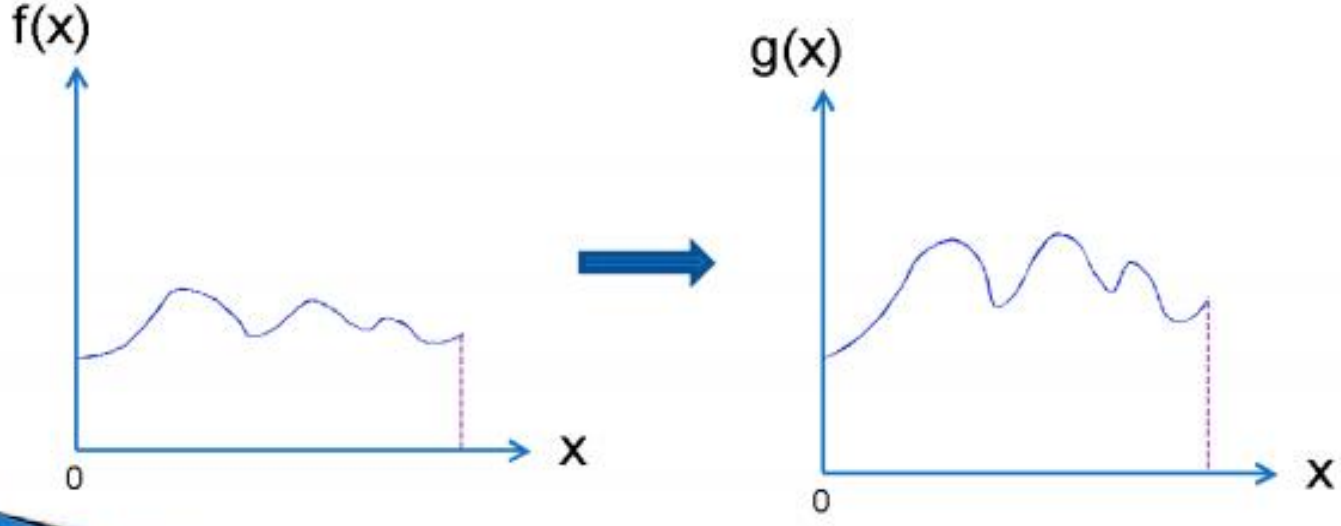
$\sigma(x,y)$: انحراف معیار موضعی

$m(x,y)$: متوسط موضعی

M : متوسط عمومی

روشهای بهبود موضعی تصویر

- ضریب A(x,y) رابطه معکوس با $\sigma(x,y)$ دارد. یعنی نواحی با کنتراست کم بیشتر تقویت می‌شود.
- در رابطه فوق ملاحظه می‌شود که مقدار متوسط مجدداً به تصویر اضافه می‌شود تا شدت متوسط تصویر در ناحیه موضعی یا در هر ناحیه حفظ شود.



روشهای بهبود موضعی تصویر

۲. **تفریق تصویر**

$$g(x,y) = f_1(x,y) - f_2(x,y)$$

۳. **فیلتر کردن در حوضه مکان**

تصحیحات رادیو متریکی
Radiometric corrections

تصحیحات رادیو متریکی

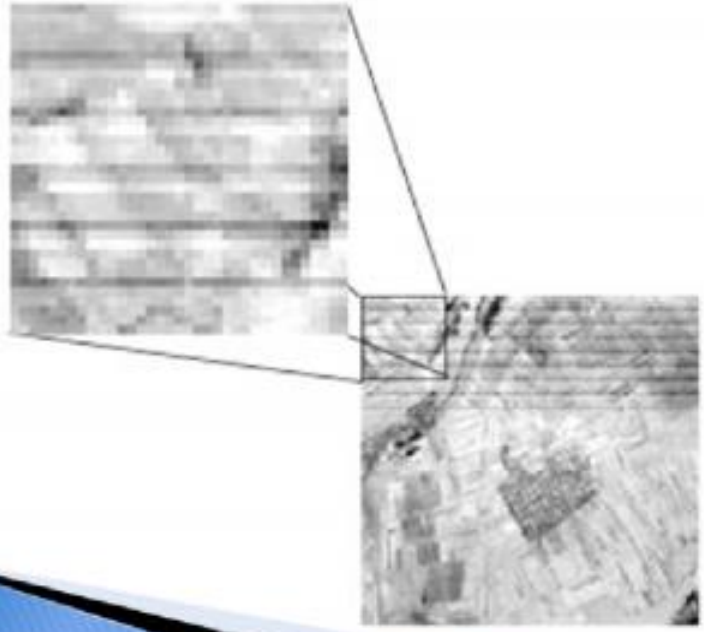
- به خطاهایی که مربوط به مقادیر ثبت شده برای پیکسل‌ها می‌باشند خطاهای رادیو متریکی می‌گوییم.
- تصحیح خطاها به کاربرد بستگی دارد.
- مثلاً در یک کاربرد تصحیح اتمسفری با توجه به مقدار کم آن مهم نیست.

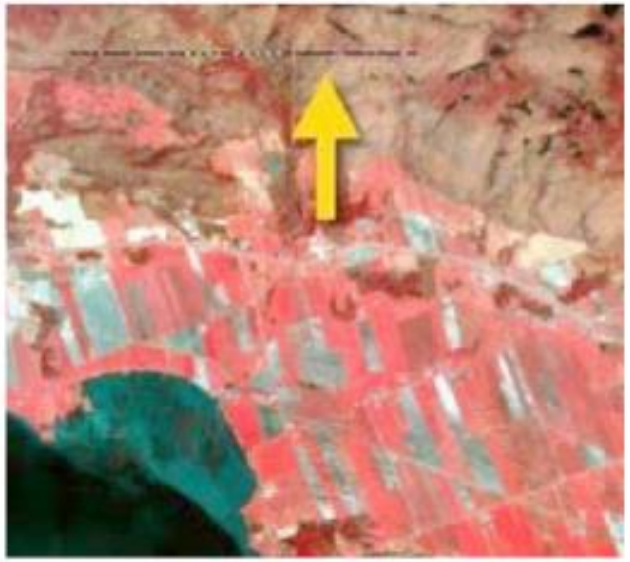
تصحیح خطوط جا افتاده (خطای دستگاهی)

- به صورت خطوط سیاه یا سفید مطلق ظا هر می‌شود.
- بروز اشکال در سیستم برداشت، ارسال و دریافت داده‌ها و ثبت و تکثیر داده‌ها می‌تواند از علل آن باشد.
- از نوع روشهای جایگزینی هستند.
- روش اول: استفاده از مقادیر خطوط همسایه بالایی و یا پائینی است.
- روش دوم: جایگزینی مقادیر از دست رفته با میانگین مقادیر پیکسل‌های خط‌های قبلی و بعدی است.
- در روش فوق نتیجه به نزدیکترین عدد صحیح گرد می‌شود.
- روش سوم: بر اساس همبستگی بین باندها است و باندی که مقادیر آن با باند خطوط جا افتاده همبستگی بیشتری دارد جایگزین می‌شود.

روش یافتن خطوط جا افتاده

- در اولین مرحله میانگین پیکسل‌های هر خط محاسبه می‌شود.
- تفاوت میانگین هر خط از خطوط قبلی و بعدی نباید بیشتر از یک حد مشخص باشد.
- بعد از یافتن خط باید به دنبال زنجیره‌هایی که مقادیر پیوسته ۰ یا ۲۵۵ هستند باشیم.





تصحیح خطای اتمسفری

- بیشتر ناشی از پراکنش ذرات اتمسفر است.
- پراکنش در رابطه مستقیم با طول موج است و همین باعث می‌شود تا در باندهای مختلف اثر متفاوتی داشته باشد.
- هر چه بیشتر به لبه‌های تصویر برویم اثر این خطا بیشتر می‌شود و علت آن این است که امواج الکترو مغناطیس برای پیکسل‌های کناری، مسیر بیشتری را طی می‌کنند.
- در مواقعی مطرح می‌شود که میزان انرژی بازتابی از اجسام کم است.

تصحیح خطای اتمسفری

- به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

۱. روش مدل کردن: در این روش پارامترهای اتمسفری موثر بر انرژی الکترومغناطیس نظیر دما ، میزان رطوبت ، فشار و ... را اندازه گیری می‌کنیم و اثر آنها را بر روی انرژی ارسالی از شی به سنجنده مدل می‌کنیم

۲. روش کلی: با تعیین مقدار شیفت هیستوگرام و کم کردن آن از مقدار پیکسل‌ها در هر باند انجام می‌پذیرد.(تصحیح دقیق نیست)