فصل دوم:

DIGITAL IMAGE FUNDAMENTALS

هدف در این فصل شناسایی ساختار کلی تصویر می باشد.یکسری الگوریتم های ابتدایی تصاویر که در کاربردهای بعدی مورد استفاده قرار می گیرد ارائه می گردد.

HUMAN VISUAL PERCEPTION: آشنایی با چگونگس تشکیل تصویر در چشم انسان:

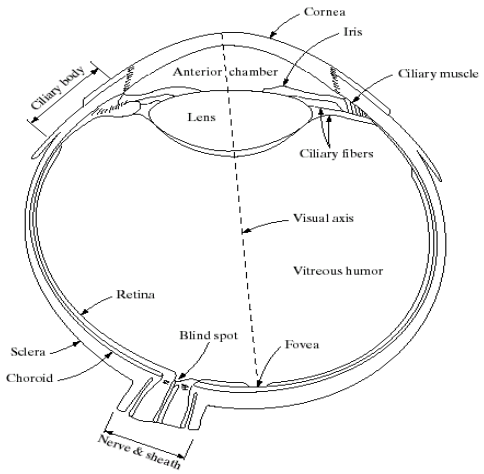


FIGURE 2.1
Simplified diagram of a cross section of the human eye.

نکته قابل عرض وجود دو نوع سلول به نام های:

CONES (٦–٧ MILLION PER EYE)سلولهای مربوط به تشخیص رنگ

RODS (٧٥–١٥٠ MILLION PER EYE) سلولهای مربوط به تشخیص شدت روشنایی

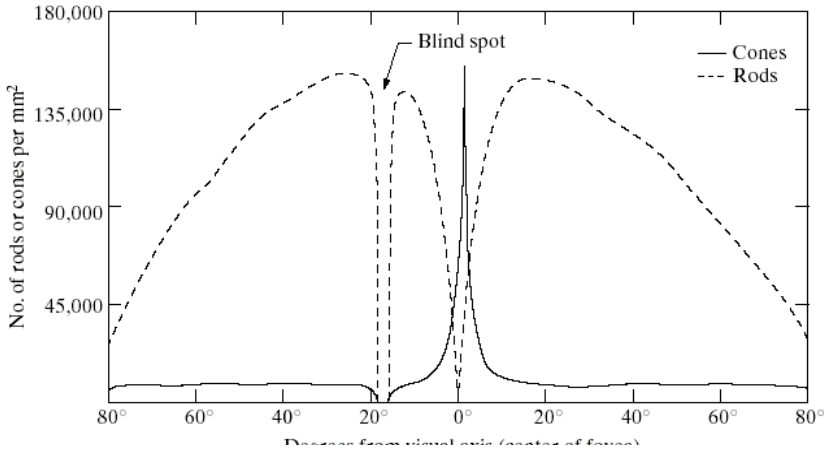


FIGURE 2.2 Distribution of rods and cones in the retina.

انواع معیار سنجش تصویر:

SUBJECTIVE: (شهودی) هر کسی از دیدگاه خود یک اندازه گیری روی کیفیت تصویر انجام خواهد داد

OBJECTIVE (عددی) مثلا به کیفیت تصویر معیاری عددی تخصیص داده می شود و مبتنی بر نظر اشخاص نیست.

WEBER RATIO: بر فرض یک سطری را در نظر می گیریم. فرض می کنیم رنگ این سط سفید می باشد. حال در قسمتی از این سطر دایره ای را در نظر می گیرم. کم کم شدت روشنایی یا مقدار رنگ موجود در دایره را زیاد می کنیم . که از نظر بصری تمایز دو رنگ مشهود می باشد. اون مقدار که در دایره اضافه شده است را دلتا I در نظر می گیریم. و بر عدد رنگی که به پس زمینه اختصاص داه بودیم تقسیم می کنیم. حاصل دلتا I بر I می شود WEBER RATIO

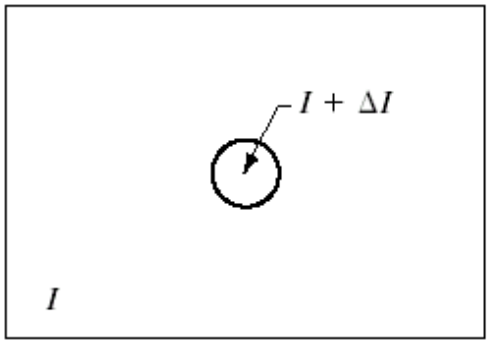


FIGURE 2.5 Basic experimental setup used to characterize brightness discrimination.

$$\frac{\Delta I_c}{I} \rightarrow \text{Weber ratio}$$

یعنی نسبتی بین رنگ زمینه و مقدار رنگی که باید اضافه شود به رنگ زمینه تا بتوان تمایز قائل شد بین دو رنگ .این یک معیار سنجش SUBJECTIVE(شهودی) می باشد.

تطبیق شدت روشنایی:

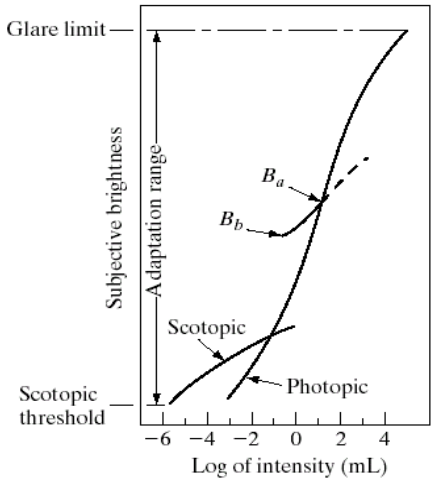
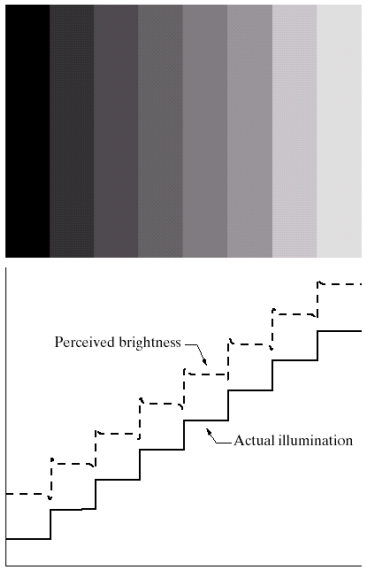


FIGURE 2.4
Range of subjective brightness sensations showing a particular adaptation level.

مثالی ملموس تر ورود به تونلی تاریک و عدم تطبیق چشم نسبت به نور محیط خارجی می باشد که زمان عادت کردن چشم با نور محیط در نقطه خاصی تطبیق پیدا می کند و به محض تطبیق اگر نور بیشتر شود دیگر تمایزی در تفکیک روشنایی قائل نمی شود.

خطای دید:ILLUSIONS

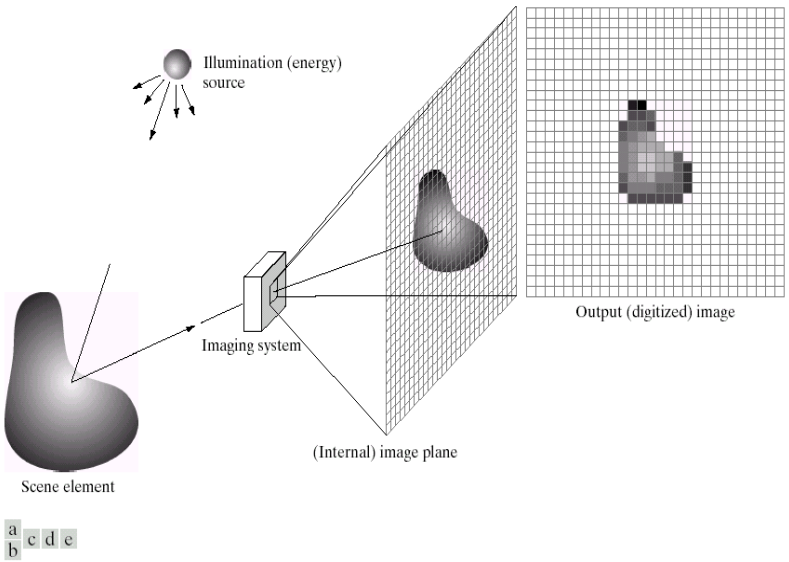


a
b

FIGURE 2.7
(a) An example showing that perceived brightness is not a simple function of intensity. The relative vertical positions between the two profiles in (b) have no special significance; they were chosen for clarity.

روشنایی خطوی عمودی که به هر کدام عددی اطلاق شده است. در کنار هم قرار می گیرد سطح تماس لبه ها که کنار هم قرار می گیرد سطحی صاف می باشد اما در دید بیننده محل تقاطع قله مانند به نظر می رسد .

نکته: در تصاویر عمق وجود ندارد و فقط طول و عرض وجود دارد. اما زمانی که نور از محیط بازتاب پیدا کرد وارد سنسور می شود . روی یک جای یکسری سیگنال الکتریکی بوجود می آید. تصویر در این حالت همچنان پیوسته است.(یعنی به ازای هر ورودی یک خروجی وجود دارد)که زیاد جالب نیست . و نمی توان در کامپیوتر مورد پردازش قرار گیرد. راه کار حل این مشکل نمونه برداری از سیگنال پیوسته دو بعدی می باشد.



a b c d e

FIGURE 2.15 An example of the digital image acquisition process. (a) Energy ("illumination") source. (b) An element of a scene. (c) Imaging system. (d) Projection of the scene onto the image plane. (e) Digitized image.

در تصویر فوق نمونه برداری از هر بخش تقسیم شده روی CCD انجام می شود. اما به دلیل نداشتن تممی مقادیر و نداشتن به ازای هر ورودی یک خروجی . و تنها به ازای هر ورودی خاص یک خروجی خواهد داشت. فقط در مربع شماره ۱۰ در سطر و ۱۱ در ستون مقدار اخذ می گردد. دیگر در مقادیر ۱۰.۱ و .. مقدار نخواهد بود.

با این نمونه برداری تصویر دیجیتال نخواهد بود. یک بخشی دیگر مربوط به رنگها می باشد. دردنیای واقعی از دید خود یک رنگ را مثلا سبز در نظر میگیریم و یک عدد مثلا ۱۷به آن اتلاق میکنیم. حال رنگ شماره ۱۷.۱ هم سبز خواهد بود،بینهایت مقدار می توان تولید کرد که همچنان تم سبز داشته باشند. دیجیتال شدن یعنی در حوزه محدودی از اعداد کار کنیم نه بینهایت. بنابر این رنگ را با ۸ بیت نشان داده می شود و در آن ۲۵٦ عدد رنگ می توان ذخیره کرد. حال با اختصاص هر عدد به یک رنگ مثلا رنگ سیاه به عدد ۰ ، و ۲۵۵ رنگ سفید و هر چه عدد از ۰ تا ۲۵۵ وجود دارد را طیف رنگی آن را به مرور از مشکی به سفید تعریف می کنیم . به این عمل QUANTIZATION یا نمونه برداری گویند.

در حقیقت زمانی که هر رنگ را با یک عدد توصیف می کنید میزان شدت روشنایی آن رنگ را با یک عدد بیان می کنید. پس شدت روشنایی یعنی یک عدد که آن عدد نیز نشاندهنده یک رنگ است. زمانی که از یک ۸ بیت استفاده نماییم در اصطلاح رنگهایی که ما داریم طیف آن GRAY SCALE یا خاکستری می باشد. حالا اگر ۳تا از این ۸ بیت در کنار هم باشد می شود ۲٤ بیت که ۸ بیت اول را برای مشخص کردن رنگ قرمز از آن استفاده می کنیم . یعنی یک عدد از ۰ تا ۲۵۵ از طیف های مختلف رنگ قرمز و یک ۸ بیت وسط را به طیف های مختلف رگ سبز و ۸ بیت انتهایی را به طیفهای مختلف رنگ آبی اختصاص می دهیم .این در واقع سیستم رنگی است که بر اساس RGB توصیف می شود.

ولی سیستم توصیف رنگ تنهاRGB نمی باشد. مثلا CMYK و ...که تمام آنها قابل تبدیل به یکدیگر هستند. هر کدام از این سیستم ها به یک رنگی اهمیت بیشتری می دهند . این اهمیت دادن ها با یک ضریبی مشخص می شود . یعنی مثلا در YCRCB ما Y را مشخص بکنیم یک ضریبی ضربدر RوG می شود که مجموع اینها Y می شود . این ضریبها در سیستم های مختلف متغیر می باشند.

خلاصه: چیزی که تا الان داشتیم یک تصویر پیوسته از محیط بود که از آن بر روی CCD نمونه برداری میکنیم.

روش نمونه برداری به این صورت است که بر فرض CCD را به مربع هایی تقسیم می کنیم هر کدام از مربعها یک جز یا تفکیک پذیری یا رزولوشن از تصویر می شود .(وقتی می گویند رزولوشن تصویر N مقدار است یعتی این تعداد مربع در راستای افقی و عمودی وجود دارد هر چه تعداد مربع ها بیشتر باشد در واقع ما نمونه برداری بیشتر و بهتری انجام می دهیم. نمونه برداری بهتر منجر به افزایش کیفیت است. به هر کدام از این مربع ها PIXEL کفته می شود .

در حالت کلی نمونه برداری به دو صورت انجام می شود:

روی رزولوشن: یعنی یک سیگنال و تصویر پیوسته را به سیگنال و تصویر گسسته تبدیل می کنیم که این سیگنال گسسته از PIXEL تشکیل شده است.

بر روی رنگ و میزان شدت روشنایی هر PIXEL نمونه برداری و اختصاص عدد به هر رنگ .

مجموع این دو مفهوم منجر به تبدیل سیگنال آنالوگ به سیگنال دو بعدی دیجیتال می شود.

در نهایت از سیگنال آنالوگ ورودی یک سیگنال دیجیتال تشکیل گردید یک تعداد PIXEL در راستای XوY به همراه یکسری مقادیر خواهیم داشت. این مقادیر میزان شدت روشنایی در هر PIXEL را مشخص می کنند. زمانی که از ۸ بیت برای نشاندادن شدت روشنایی استفاده کنیم تصویر همان GRAYSCALE می باشد . با سطوح رنگی ۰ تا ۲۵۵ . زمانی که از ۳ بایت برای نشاندادن رنگ هر PIXEL استفاده می کنیم یک تصویر COLOR خواهیم داشت. با استفاده از مقادیری که هر PIXEL دارد یکسری الگوریتم هایی روی تصاویر پیاده سازی می گردد. رمانی که مقدار هر PIXEL فقط با یک تک بیت نشان داده شود این تصویر تصویری باینری می باشد. و

مقدار آن یا ۰ است یا ۱ که دز این حالت تصویر سیاه و سفید خواهد بود.اگر ۰ باشد سیاه و اگر ۱ باشد مقدار آن PIXEL سفید می باشد.

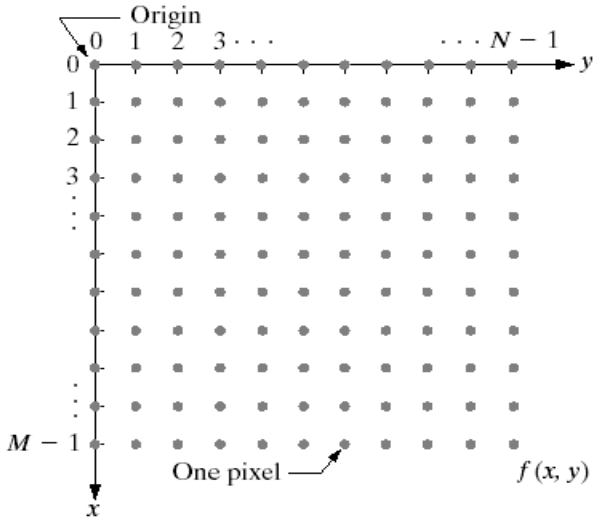
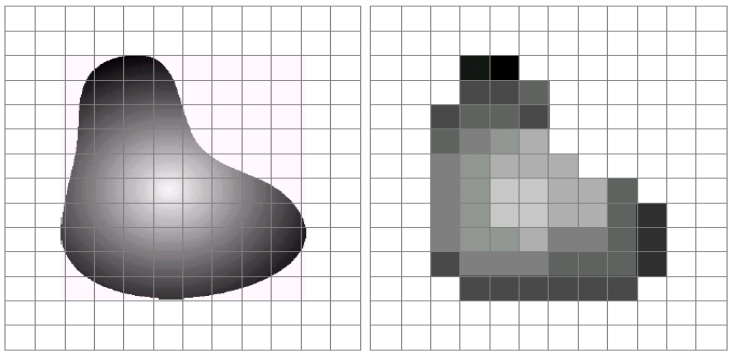


FIGURE 2.18
Coordinate convention used in this book to represent digital images.

هر PIXEL دارای مقداری است که نشاندهنده میزان نور ، رنگ و شدت روشنایست.بین هر PIXEL یک فاصله وجود دارن که از این فاصله ها در برخی الگوریتم ها استفاده می شود.



a b
FIGURE 2.17 (a) Continuos image projected onto a sensor array. (b) Result of image sampling and quantization.

یک سیگنال گسسته وجود داردو برای یکسری ورودی خاص خروجی وجود دارد مثلا در راستای X مقادیر XوY مقدار PIXEL نشانداده می شود که آن PIXEL یک مقدار دارد. اگر بخواهیم یک مقدار برای فاصله ای که بین دو PIXEL وجود دارد را بدست آوریم باید با استفاده از روشهای درون یابی اینکار را انجام دهیم.

در حالت کلی نوری که به سطحی تابیده می شود. بازتابی خواهد داشت. رابطه ای که بین نور تابیده شده و نور بازتاب شده هست با فرمول زیر نشان میدهد . منظور ازXوY مختصات PIXEL می باشد. یعنی نوری که برای یک نقطه در نظر گرفته می شود ضریبی است که توسط نقطه ای دیگر بازتاب پیدا کرده . هر چقدر ضریب آلفا ما بزرگتر باشد نور بیشتری بازتاب خواهد شد و اگر ضریب ما کوچکتر از آلفا باشد نور بیشتری جذب و بازتاب کمتری خواهد داشت.

ILLUMINATION: $I(X,Y)$

REFLECTANCE: $R(X,Y)$

$$F(X,Y) = I(X,Y) \cdot R(X,Y)$$

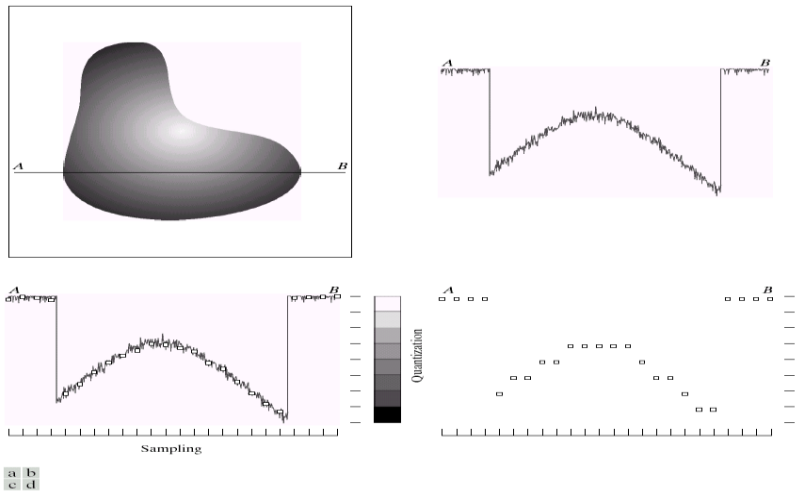
$$0 < I(X,Y) < \infty$$

$$0 < R(X,Y) < 1 \qquad \text{AND}$$

– نحوه نمونه برداری و تخصیص نمونه به هر PIXEL (SAMPLING & QUANTIZATION)

زمانی که بر روی CCD نمونه برداری می شود یعنی تصویری آنالوگ به دیجیتال تبدیل می شود به این کار SAMPLING گفته می شود . اما زمانی که مقدار شدت روشنایی را با ۸ بیت به یک سیگنال دیجیتال تبدیل می کنیم اصطلاحا چندی سازی یا QUANTIZATION گفته می شود.

مثال:



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.

در مثال فوق خط AوB از درون تصویر عبور خواهیم کرد. زمانی که در یک قسمت تصویر قرار می گیریم مقدار شدت روشنایی در همان نقطه را در نمودار نشان داده می شود.

نوری که در محیط وجود دارد نوری روشن است و در واقع تا قبل از ورود به تصویر مقادیر با میزان بالایی در نمودار نشان داده می شود . که در واقع همان مقدار ۲۵۵ خواهد بود . زمانی که وارد تصویر می شویم. شدت روشنایی کاهش پیدا می کند و از مقدار ۲۵۵ سقوط کرده و به مقدار شدت روشنایی کمتر و تاریک تر می شویم. همین روند افزایش و کاهش مقادیرشدت روشنایی به شکل پیوسته را شاهد خواهیم بود.

حال برای تبدیل این نمودار و مقادیر پیوسته به مقادیر گسسته راستای حرکت را تقسیم بندی می کنیم . و برای هر بازه تقسیم شده یک نماینده در نظر می گیریم . مثلا نقطه وسطی را به عنوان نماینده در نظر می گیریم و مقدار آن نماینده را در بازه پیدا می کنیم که روی تصویر با دایره نشان داده شده است. مقادیری که می توان به این دایره ها اختصاص داد باید روی آن یک QUANTIZATION انجام می دهیم . با استفاده از طیف رنگی که مشخص کردیم یک عدد به آن اختصاص می دهیم . مقلا ۱۹۰، ۲۵۵ و ... و بعد این مقادیر را به جای آن مقادیر پیوسته جایگزین می کنیم .و در نهایت نموداری پیوسته ما با استفاده از SAMPLING & QUANTIZATION تبدیل به نمودار گسسته می شود.

مثال: در ذیل تعداد PIXEL هر تصویر با هم متفاوت است. ما می توانیم از تصویر بزرگتر به تصویر کوچکتر برسیم ولی اگر بخواهیم از تصویر کوچکتر به بزرگتر برسیم کیفیت تصویر ما افت پیدا خواهد کرد.چون تعداد PIXELهای ما تعداد محدودیست و وقتی این تعداد محدود زیاد می شود به ازای مقادیری که نداریم باید با الگوریتم های درونیابی مقداری بین PIXEL ها قرار می دهیم.

FIGURE 2.19 A 1024 × 1024, 8-bit image subsampled down to size 32 × 32 pixels. The number of allowable gray levels was kept at 256.

FIGURE 2.20 (a) 1024 × 1024, 8-bit image. (b) 512 × 512 image resampled into 1024 × 1024 pixels by row and column duplication. (c) through (f) 256 × 256, 128 × 128, 64 × 64, and 32 × 32 images resampled into 1024 × 1024 pixels.

مقدار بیت هایی که برای میزان شدت روشنایی در نظر گرفته می شود به عنوان پارامتر دیگری از کیفیت تصویر در نظر گرفته می شود. زمانی که ما ۲ بیت را برای نشاندادن میزان شدت روشنایی نشان می دهیم . ما ٤ سطح رنگی خواهیم داشت زمانی که از ۳ بیت استفاده می شود از ۸ سطح رنگی استفاده می شود. در اصطلاح افزایش سطوح رنگی به منزله کنتراست بالا در نظر گرفته می شود. *(اختلاف بین بیشترین شدت روشنایی موجود در تصویر و کمترین شدت روشنایی موجود در تصویر کنتراست نامیده میشود.)* هر چقدر این اختلاف بیشتر باشد به احتمال زیاد کیفیت بصری ما بهبود خواهد داشت.

در تصاویر ذیل رزولوشن با هم یکسان است ولی کنتراست یا میزان شدت روشنایی هر تصویر با هم متفاوت است:

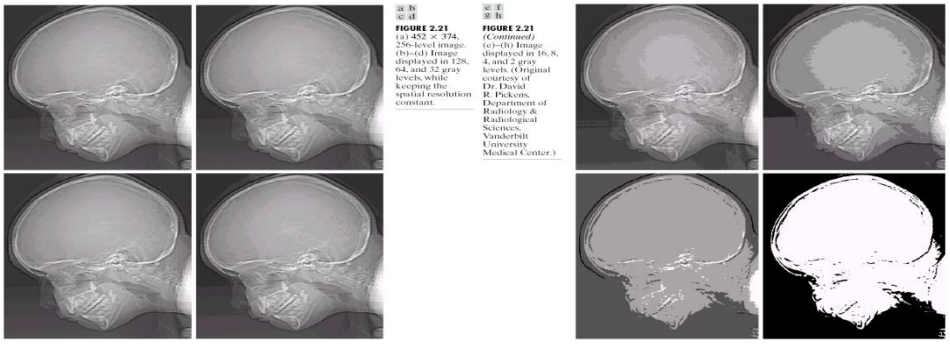


FIGURE 2.21 (a) 452 × 374, 256-level image. (b)–(d) Image displayed in 128, 64, and 32 gray levels, while keeping the spatial resolution constant.

FIGURE 2.21 *(Continued)* (e)–(h) Image displayed in 16, 8, 4, and 2 gray levels. (Original courtesy of Dr. David R. Pickens, Department of Radiology & Radiological Sciences, Vanderbilt University Medical Center.)

در حالت کلی اگر یک تصویر ما در راستای افقی M پیکسل و در راستای عمودی N پیکسل داشته باشدو هر پیکسل با Kبیت شدت روشنایی نشانداده شود. ضرب این مقادیر مقدار بیت مورد نیاز ذخیره تصویر در نظر گرفته می شود M*N مقدار پیکسلهای کل تصویر و هر پیکسل هم Kبیت نیاز دارد پس: $B = N \times M \times K$ سایز تصویر

$(\text{IF } M=N, \text{ THEN } B=N^2K)$

یک مصالحه ای باید بین مقادیر پیکسلها و طیف شدت روشنایی وجود دارد . در واقع تا هر جایی که دلخواه ما باشد نمیتوان طیف رنگی و مقادیر پیکسل ها را افزایش داد .

TABLE 2.1
Number of storage bits for various values of N and k.

N/k	1 ($L = 2$)	2 ($L = 4$)	3 ($L = 8$)	4 ($L = 16$)	5 ($L = 32$)	6 ($L = 64$)	7 ($L = 128$)	8 ($L = 256$)
32	1,024	2,048	3,072	4,096	5,120	6,144	7,168	8,192
64	4,096	8,192	12,288	16,384	20,480	24,576	28,672	32,768
128	16,384	32,768	49,152	65,536	81,920	98,304	114,688	131,072
256	65,536	131,072	196,608	262,144	327,680	393,216	458,752	524,288
512	262,144	524,288	786,432	1,048,576	1,310,720	1,572,864	1,835,008	2,097,152
1024	1,048,576	2,097,152	3,145,728	4,194,304	5,242,880	6,291,456	7,340,032	8,388,608
2048	4,194,304	8,388,608	12,582,912	16,777,216	20,971,520	25,165,824	29,369,128	33,554,432
4096	16,777,216	33,554,432	50,331,648	67,108,864	83,886,080	100,663,296	117,440,512	134,217,728
8192	67,108,864	134,217,728	201,326,592	268,435,456	335,544,320	402,653,184	469,762,048	536,870,912

مثلا تصویر خام چندین برابر تصاویر کد شده حجم دارد . مثلا کدینگ تصویر به صورت JPEG باعث کاهش حجم تصویر می شود.

انواع نمونه برداری مکانی تصویر:

UNIFORM و NONUNIFORM

UNIFORM SAMPLING : یعنی فاصله نمونه ها از هم یکسان باشد.. فواصل تقسیم شده بین سیگنالها به تعداد مساوی با هم تقسیم شده اند.

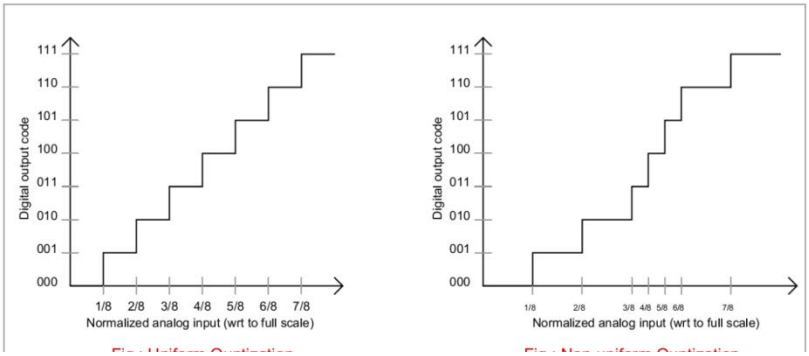
NO UNIFORM SAMPLING:

در تصویر میانی زیر یک تصویر با جزئیات ساده وجود دارد که اطلاعات خاصی درون آن نیست ولی در تصویر سمت راست میزان اطلاعات زیاد می باشد. حال برای نمونه برداری از تصویر وسط می توان از UNIFORM SAMPLING استفاده نمود . چون با برداشت نمونه های کم مقادیر زیادی را از دست نخواهیم دارد.اما برای تصویر اول از NO UNIFORM SAMPLING استفاده می نماییم و متناسب با مقادیر هر قسمت تعداد نمونه های بیشتری را از تصویر اخذ می نماییم . که در این حالت اطلاعات دقیقتری خواهیم داشت .

برای QUANTIZATION هم می توان نمونه برداری بدین شکل داشت اما سخت افزار ما سخت افزار ما در حالت NO UNIFORM پیچیده ای خواهد بود .

a b c

FIGURE 2.22 (a) Image with a low level of detail. (b) Image with a medium level of detail. (c) Image with a relatively large amount of detail. (Image (b) courtesy of the Massachusetts Institute of Technology.)



نکته: با بالا بردن دقت SAMPLING حجم افزایش پیدا خواهد کرد ولی بالابردن دقت QUANTIZATION در افزایش حجم دخالتی نخواهد داشت

ارتباط بین پیکسلها :(BASIC RELATIONSHIPS BETWEEN PIXEL)

به عنوان مثال دو پیسکسل را به نامهای PوQ در نظر می گیریم .و زیر مجموعه ای پیکسلها را به نام S در نظر میگیریم.

F(X,Y): DIGITAL IMAGE

PIXELS: Q, P

SUBSET OF PIXELS OF F(X,Y): S

در راستای افقی و با فرض در نظر گرفتن فاصله هر پیکسل به اندازه ۱ پیکسل ، تعداد ۲ پیکسل در سمت راست و چپ پیکسل P وجود دارد .(A PIXEL P AT (X,Y) HAS ۲ HORIZONTAL AND ۲ VERTICAL NEIGHBORS)

همسایگی پیکسل:NEIGHBORS OF A PIXEL

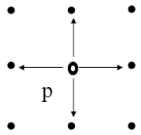
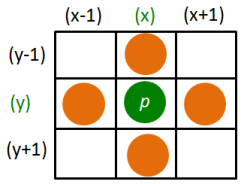
اگر مختصات پیکسل P را با XوY نمایش دهیم پیکسلهایی که در راستای X یا عمودی همسایه آن هستند می شود:

$(X+1,Y), (X-1,Y),$

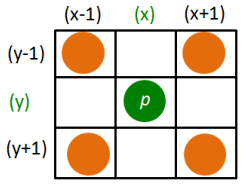
در راستای Y یا محور افقی در همسایگی پیکسل P خواهیم داشت:

$(X,Y+1), (X,Y-1)$

به مجموعه پیکسلهای همسایه افقی و عمودی در اصطلاح همسایگی ٤تایی می گویند : $N_4(P)$

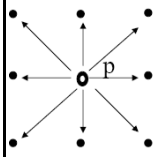
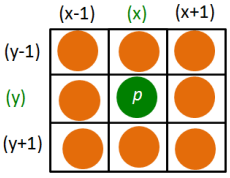
 $N_4(p)$	 *4-neighbors $N_4(p)$*		$(X, Y-1)$	
		$(X-1, Y)$	$P\ (X,Y)$	$(X+1, Y)$
			$(X, Y+1)$	

٤ پیکسل دیگر که در قطرها وجود دارند که فاصله آن تا پیکسل P از ١ بیشتر است ولی به ٢ نمی رسد را بصورت $N_D(P)$ نشانداده می شود و مختصات آن عبارت است از: $(X-1,Y-1)$, $(X-1,Y+1)$, $(X+1,Y-1)$, $(X+1,Y+1)$

 *Diagonal neighbors $N_d(p)$*	$(X-1, Y+1)$		$(X+1, Y-1)$
		P (X,Y)	
	$(X-1, Y-1)$		$(X+1, Y+1)$

حال با جمع پیکسلهای همسایه ٤تایی و قطر ها ی اطراف P مربعی با پیکسلهای ٣*٣ تشکیل که تمام پیکسلهای قرار گرفته شده بر روی اضلاع آن تشکیل $N_8(P)$ خواهد داد .

$$N_4(P) + N_D(P) \rightarrow N_8(P)$$

 $N_8(p)$	 *8-neighbors $N_8(p)$*	$(X-1, Y+1)$	$(X, Y-1)$	$(X+1, Y-1)$
		$(X-1, Y)$	$P\ (X,Y)$	$(X+1, Y)$
		$(X-1, Y-1)$	$(X, Y+1)$	$(X+1, Y+1)$

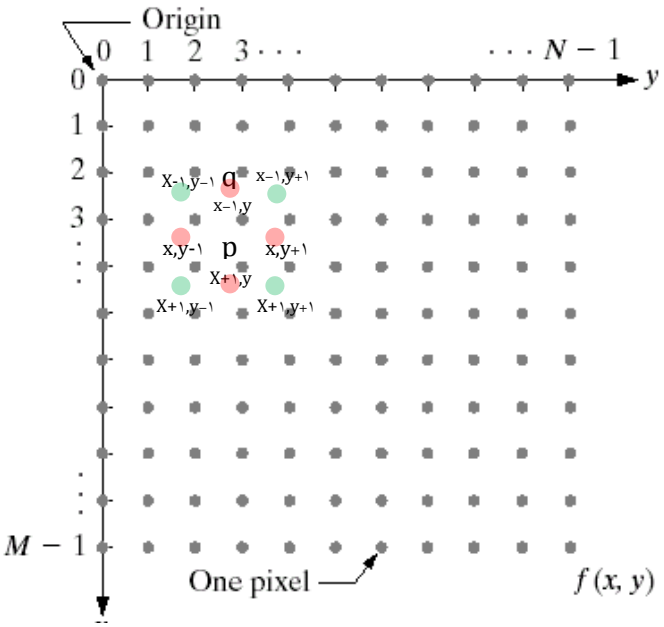


FIGURE 2.18 Coordinate convention used in this book to represent digital images.

اتصال بین ۲ پیکسل (CONNECTIVITY):

به دلیل استفاده از مفهوم CONNECTIVITY در اکثر الگوریتمها از اهمیت بالایی برخوردار می باشد. به عنوان مثال استفاده در لبه ها و مرزهای پیکسل تصویر می باشد.

شرط اتصال یا CONNECTIVITY ۲ پیکسل عبارتست:

از اگر دو پیکسل با هم همسایه NEIGHBOR با هم اتصال یا CONNECTIVITY دارد. برای تعیین همسایگی یا باید $N_4(P)$ وجود داشته باشد و یا $N_D(P)$ و در نهایت $N_8(P)$

مقدار شدت روشنایی ۲ پیکسل باید مشابه با یکدیگر باشند . تعریف مشابه بودن پیکسلها در کاربردها با هم متفاوت است . به عنوان مثال در برخی مواقع شدت روشنایی ۲ پیکسل اگر با هم برابر باشد مشابه در نظر گرفته می شود و در کاربردی دیگر ممکن است مشابه بودن را بر اساس تعیین میزان اختلاف شدت روشنایی ۲ پیکسل در نظر گرفته شود مثلا اگر اختلاف شدت روشنایی ۲ پیکسل اگر از یک حدی کمتر باشد مشابه محسوب می شود. و یا ممکن است بر اساس مقدار شدت روشنایی یک مجموعه ای از مقادیر شدت روشنایی پیکسلها مشابه بودن ۲ پیکسل در نظر گرفته شود.

مجاورت یا ADJACENCY

۳ نوع ADJACENCY وجود دارد:

٤-ADJACENCY

۸-ADJACENCY

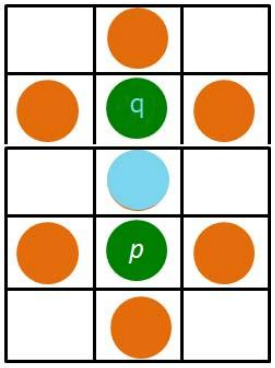
M-ADJACENCY

۲پیکسل Pو Q را در نظر می گیریم که در همسایگی ٤تایی و یا ۸تاییی همدیگر قرار دارند اگر در N_4 و N_8 همدیگر باشند ADJACENCY در نظر گرفته می شوند.

در حالت مجاورت M-ADJACENCY: دو حالت وجود دارد:

Q IS IN $N_D(P)$ یا Q IS IN $N_4(P)$

$N_4(P) \cap N_4(Q)$: هیچ پیکسل مشترکی برای صحت مجاورت نباید در همسایگی ٤تایی Pو Qوجود داشته باشد.

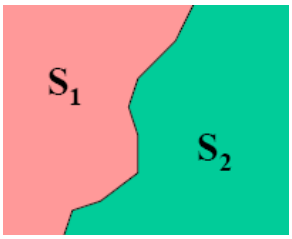


برای صحت شرط مجاورت M-ADJACENCY اولا هیچ پیکسل مشترکی در حالت همسایگی ٤تایی Pو Q وجود نداشته باشد اگر مثل شکل بالا در مجاورت ٤تایی P قرار گرفت به مقادیر مجموعه مراجعه کرده و مقادیر شدت روشنایی دو پیکسل را جستجو می کنیم. اگر مقدار شدت روشنایی هر دو یکی بود در مجاورت Nتایی هم قرار ندارند.

مجاورت Nتایی یک ابزاریست برای حذف مسیرهای تکراری در یک مجموعه از پیکسلها . اگر بخواهیم بر اساس همسایگی ٤تایی و ۸تایی در یک مجموعه ای از پیکسلها حرکت نماییم با بررسی شرط بالا مسیرهای تکراری را حذف می نماییم.

SUBSET ADJACENCY: (مجاورت زیرمجموعه ای)

دو مجموعه S۱ و S۲ در نظر می گیریم اگر بعضی از پیکسلهای S۱ مجاورت ADJACENCY (هر ADJACENCY ٤تایی ۸تایی یا Mتایی) با پیکسلهای S۲ داشته باشد . دو مجموعه با هم مجاور می شوند.



CURVE(منحنی)

یک مسیر ساده می باشد . از نقطه P به نقطه Q می رویم .اگر مختصات نقطه P X_0,Y_0 باشد و مختصات Q (XN,YN) باشد. مجموعه از پیسکلها که از آن عبور می کنیم تا برسیم به نقطه پایان تشکیل یک CURVE(منحنی) را می دهد.

اما این پیکسلهای مجاور باید دارای شرط زیر باشند در واقع برای تشکیل منحنی از هر پیکسلی نمیتوان عبور کرد :

هر دو پیکسل متوالی باهم مجاورت ADJACENCY داشته باشند(هر ADJACENCY ٤تایی ۸تایی یا Mتایی) (X_I,Y_I) IS ADJACENT (X_{I-1},Y_{I-1}) TO و اگر نقطه شروع و پایان یکی باشد یک منحنی بسته را طی کردیم. $(XO, YO) = (XN, YN)$

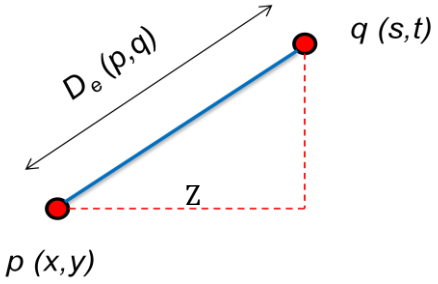
و اگر یک CURVE بین دو نقطه PوQ وجود داشته باشد و تمام پیکسلهایی که روی این منحنی وجود دارند مربوط به تصویر موردنظر ما باشند و از جایی خارج از تصویر عبور نکنیم تا به یک نقطه خاص برسیم، می توان گفت دو نقطه PوQ بر روی تصویر با هم CONNECTED هستند .

۳ پیکسل دلخواه را در تصویر در نظر می گیریم(P,Q,Z) . فاصله بین دو پیکسل همیشه بزرگتر مساوی با صفر است $D(P,Q) \geq 0$ زمانی صفر خواهد بود که هر دو پیکسل با هم یکی باشد. $D(P,Q)=0$ IFF P=Q،

فاصله بین پیکسل PوQ برابر است با فاصله پیکسل QوP($D(P,Q) = D(Q,P)$) و

اگر ما یک پیکسل P و Qداشته باشیم فاصله بین P تا Z همیشه کوچکتر از مجموع فاصله ۱ و ۲ هست

$$D(P,Z) \le D(P,Q) + D(Q,Z)$$



با توجه به تعاریف فوق فاصله اوقلیدسی را نیز به دست می آوریم:

فاصله اقلیدسی بین دو پیکسل برابر است با جذر یک عبارتی $D_E(P,Q) = [(X-S)^2 + (Y-T)^2]^{1/2}$

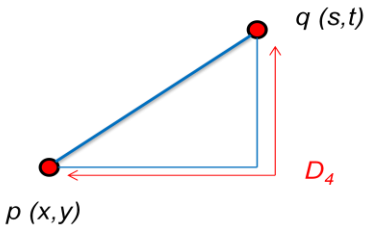
مختصات X دو پیکسل را از از هم کسر و به توان ۲ می رسانیم و به همین ترتیب مختختصات Y دو پیکسل را هم کم کرده و به توان ۲ می رسانیم و در نهایت دو مقدار را حمع کرده و از آن یک رادیکال می گیریم. .

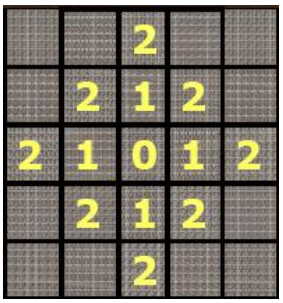
حال پیکسل P را در نظر می گیریم. میخواهیم پیکسلهایی را که فاصله آنها کوچکتر و مساوی با R هست را بدست آوریم؟

اگر دایره ای به شعاع R اگر حول پیکسل P در نظر بگیریم تمام پیکسلهایی که روی محیط این دایره و داخل این دایره هستند فاصله آن ها تا پیکسل P کوچکتر یا وساوی شعاع دایره خواهد بود.

–فا صله دیگری با عنوان فاصله ٤تایی D_4 نیز می توان بیان نمود . یا در اصطلاح فاصله DISTANCE (CITY-BLOCK DISTANCE)

در فاصله اقلیدسی یک مجذور داشتیم اما در این فرمول مقادیر کسر شده با هم جمع می شوند . در واقع این رابطه تقریبی از رابطه فاصله اقلیدسی است که به واسطه بار زیاد محاسباتی پردازشی در آن از این محاسبه بجای آن استفاده می کنند.





$$D_4(P,Q) = |X-S| + |Y-T|$$

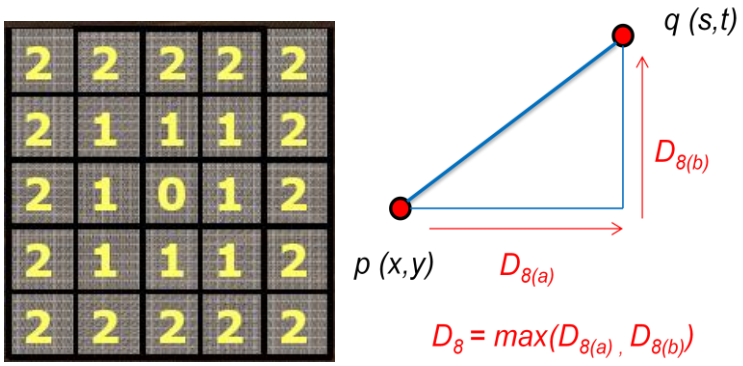
برای پیکسل شماره ۰ که در مرکز قرار دارد . اگر بخواهیم(CITY-BLOCK DISTANCE) را با شرط فاصله پیکسلهای موجود ۲≤ باشد

$D_4 \leq 2$ FROM P

شکل ما به شکل یک لوزی خواهد بود.

فاصله دیگر فاصله ۸تاییD_8 می باشد تفاضل مختصات X مربوط به دو پیکسل و همچنین تفاضل مختصات Y دو پیکسل را بدست می آوریم و از بین دو مقدار ماکسیمم مقدار را حساب می کنیم .

$$D_8(P,Q) = MAX(|X-S|,|Y-T|)$$



PIXELS WITH $D_8 \leq 2$ FROM P

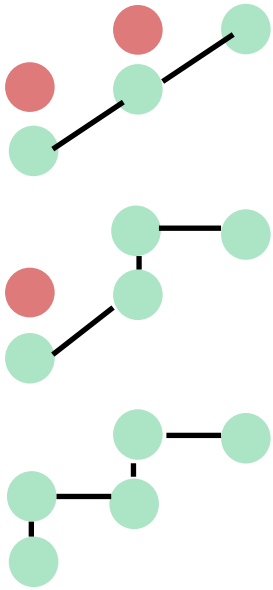
نکته: فاصله های D_4 و D_8 مستقل از مقدار پیکسلها هستند . چون همانطور که در رابطه فاصله های ۸تایی و ٤تایی دیده می شود با پارامتری که کار می کنند مختصات پیکسل ها هستند نه مقادیر آنها.زمانی که می خواهیم فاصله ٤تایی و ۸ تایی را حساب کنیم مهم نیست که مسیری PATH بین پیکسل PوQ وجود دارد یا ندارد. اما یکسری از کاربردها هست که علاوه بر مختصات پیکسل ها نیاز به مقادیر پیکسل ها هم هست. به عنوان مثال در M-CONNECTIVITY نیاز به این مقادیر هست.

مثال: مقادیر ۵ پیکسل به شرح زیر اختصاص داده شده

$P, P_2, P_4 =$ ۱

۱ OR ۰ = CAN HAVE EITHER P_1, P_3

اول فرض میکنیم P۱ وP۳ مقدار آنها ۰ باشند.، اگر مقدار هر دو ۰ باشد در اینصورت یک فاصله ای به نام فاصله Mتایی تعریف خواهیم کرد که این فاصله به مقادیر وابسته هست. و در واقع با پیکسلهای P وP۲ مجاورت M تایی دارند.



$p_3 \quad p_4$
$p_1 \quad p_2$
p

$p_3 \quad p_4$
$p_1 \quad p_2$
p

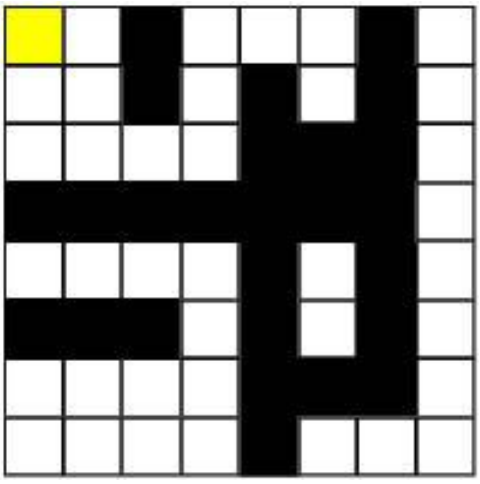
$p_3 \quad p_4$
$p_1 \quad p_2$
p

APPLICATION (LABELING CONNECTED COMPONENT IN BINARY IMAGE)

(WE CONSIDER ٤-CONNECTIVITY)

SCAN THE IMAGE FROM LEFT TO RIGHT AND TOP TO BOTTOM

1	1	0	1	1	1	0	1
1	1	0	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	1
1	1	1	1	0	1	0	1
0	0	0	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	0	0	1
1	1	1	1	0	1	1	1

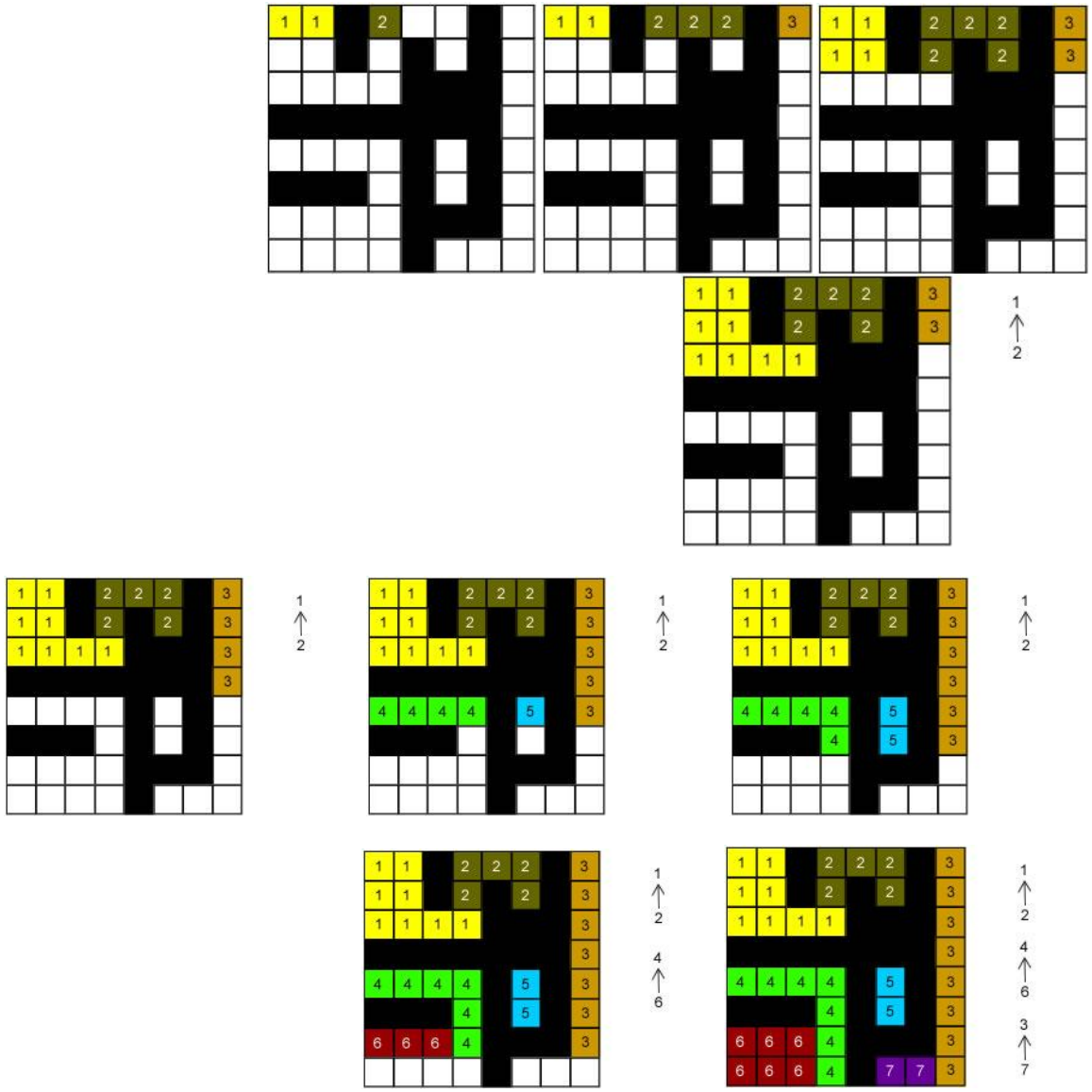


FOR EVERY PIXEL (X,Y) IN THE IMAGE CONSIDER P=F(X,Y) R=F(X-\,Y) Q=F(X,Y-\)

IF P==., GO TO NEXT PIXEL

ELSE IF P==\,

IF BOTH NEIGHBORS ARE ZERO, ASSIGN NEW LABEL TO P AND GO TO NEXT PIXEL



THE SECOND PASS

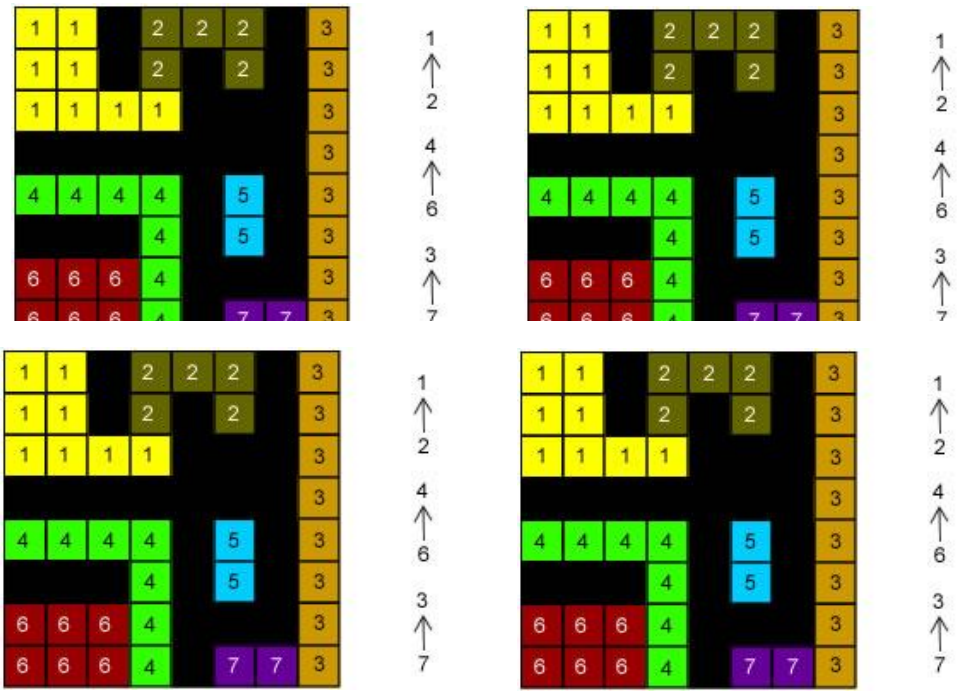


IMAGE ENHANCEMENT(بهبود دادن کیفیت تصویر)

ممکن است هدف از بهبود کیفیت تصویر جنبه SUBJECTIVE داشته باشد. یعنی بیننده با دیدن تصویر احساس نماید که تصویر دارای کیفیت مطلوبی نیست و باید با اعمال تغییرات بر روی آن کیفیت را بهبود دهیم . اما در مواردی بهبود دادن تصویر هدف OBJECTIVE دارد . یعنی یک الگوریتم پردازش تصویر را بر روی تصویری که کیفیت آن خوب نیست اجرا بکنیم که در نهایت نتیجه مطلوب برای ما حاصل نخواهد شد. بنابر این با استفاده از یکسری تکنیکهای ENHANCEMENT کیفیت تصویر را بهبود داده و سپس الگوریتم های مد نظر را بر روی تصویر اجرا می کنیم . اصولا الگوریتم های پردازشی که برای افزایش بهبود مورد استفاده قرار می گیرند در دو حوزه قابل بحث کردن می باشند:

SPATIAL DOMAIN(حوزه مکانی)

FREQUENCY DOMAIN(حوزه فرکانس – تبدیل فوریه)

SPATIAL DOMAIN IMAGE ENHANCEMENT(حوزه مکانی)

هدف افزایش کیفیت را در قالب یک تبدیل T پیاده سازی نماییم و این تبدیل را به تصویر اعمال نموده و خروجی آن تصویری با کیفیت بهبود یافته حاصل گردد. در اصطلاح به آن تبدیل T می گوییم.

طبیعتا وقتی یک تک تصویر داشته باشیم مختصات ما XوY تصویر هست. اما اگر فرض کنیم که یک فریم داریم و بعد از آن فریم، فریم دیگری قرار داشته باشد. یعنی تصویری داریم که با فاصله زمانی T یک تصویر دیگری وارد نمایشگر ما می شود .یعنی علاوه بر مختصات مکانی هر پیکسل محل استقرار قرار گیری پیکسل در کجای فریم در حال نمایش برای ما مهم است. در اینصورت یک پارامتر T هم وارد معادلات ما خواهد شد.

برای حالت تک تصویر در اصطلاح تبدیل T بر روی همان تصویر ورودی عمل میکند و خروجی آن G(X,Y) است که در واقع همان تصویر بهبود یافته است.

$$g(x,y) = T(f(x,y))$$

اما برای حالتی که توالی از تصاویر یا فریم ها داریم که با فاصله زمانی T در حال نمایش می باشند ، تبدیل T بر روی این مجموعه از فریم ها اعمال خواهد شد که در نتیجه برای هر فریم یا هر تک تصویر یک تصویر بهبود یافته در خروجی خواهیم داشت.

روال کلی در **SPATIAL DOMAIN IMAGE ENHANCEMENT بدین صورت است :**

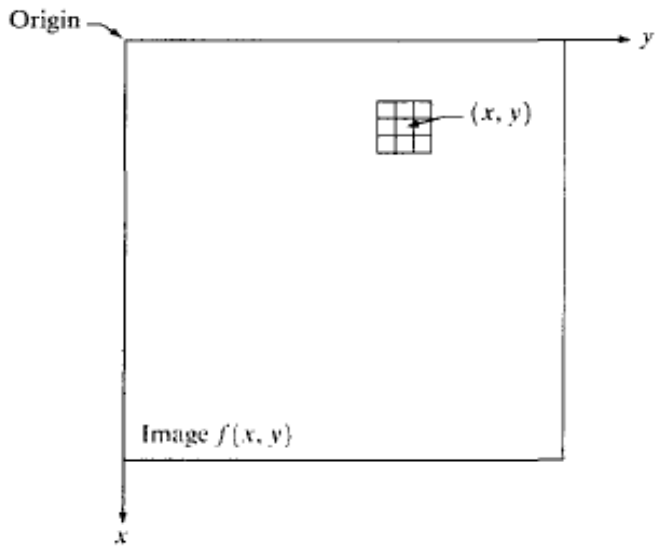


FIGURE 3.1 A 3×3 neighborhood about a point (x, y) in an image.

بر فرض مجموعه پیکسل های تصویر در دخل کادر فوق قرار دارند. روی هر پیکسل که قرار می گیریم .ORIGIN یا مبدا که از سمت چپ تزین پیکسل بالایی در نظر گرفته می شود. هر پیکسلی که می خواهیم روی آن پردازش انجام دهیم . ما روی این تصویر یک لایه مجازی در نظر می گیریم در این لایه مجازی یک مربع قرار متحرک وجود دارد (هر زمان که بخواهیم پردازشی انجام دهیم مرکز آن مربع روی آن پیکسلی قرار می گیرد که می خواهیم بر روی آن پردازش انجام دهیم . زمانی که این اتفاق می افتد یک تعدادی پیکسل در زیر این مربع قرار میگیردکه با استفاده از ضرایبی که برای آن مربع لحاظ شده یکسری محاسبات بر روی پیکسلهای مورد نظر انجام می شود..و نتیجه حاصل را جایگزین پیکسلهای مورد پردازش قرار می دهیم. اندازه مربع با توجه به نوع الگوریتم متفاوت

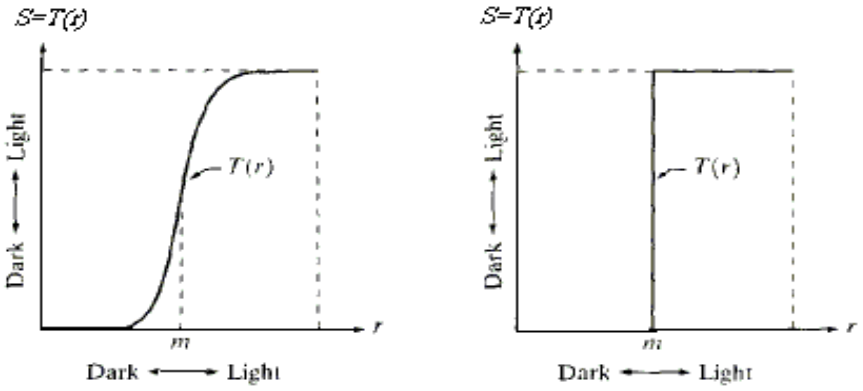
می باشد. گاهی ممکن است مربع ۳*۳ باشد و ممکن است الگوریتم دیگری مثل فیلتر گوسی که برای نرم کردن با SMOOTH کردن تصویر بکار می رود با پارامتری به نام سیگما اندازه مربع را تعیین می کند . به این مربع پنجره فیلتر نیز گفته می شود چون عملا این نوع پردازش ما به نوعی فیلتر کردن هم محسوب می شود. (نکته دیگر ضرایبی است که در داخل این مربع قرار می گیرد.که این ضرایب با توجه به محاسبات ریاضی متناسب با نوع اصلاح تصویر در نظر گرفته می شود.)

مقادیر پیکسلهایی از تصویر که در زیر پنجره فیلتر قرار دارند به شکل زیر می باشد:

$$g(x,y)=\sum_{i=n/2}^{n/2}\sum_{j=-n/2}^{j=n/2} f(x+i,y+j)w(i,j))$$

مثال: بر فرض تمام ضرایبی که در پنجره فیلتر قرار دارند را ۱ و ضریب مرکزی را ۱/۹ در نظر بگیریم .پس از اعمال پنجره به تصویر ،تصویر با این پنجره فیلتر شده وارزش هر پیکسل که روی آن قرار دارد را ۱/۹ کاهش می دهد . پیکسلهایی که در همسایگی ۸تایی پیکسل مرکزی وجود دارند ارزش همه آنها را هم ۱/۹ کاهش میدهد و سپس تمام مقادیر را با هم جمع می کند (چون مشخص نیست که در اطراف پیکسل مرکزی چه پیکسلهایی وجود دارد نمی توان با قاطعیت خروجی را حدس زد.(یا روشنتر یا تیره تر) . در واقع به دو پارامتر بستگی دارد مقدار پیکسل مرکزی و پیکسلهایی که اطراف پیکسل مرکزی قرار دارند.

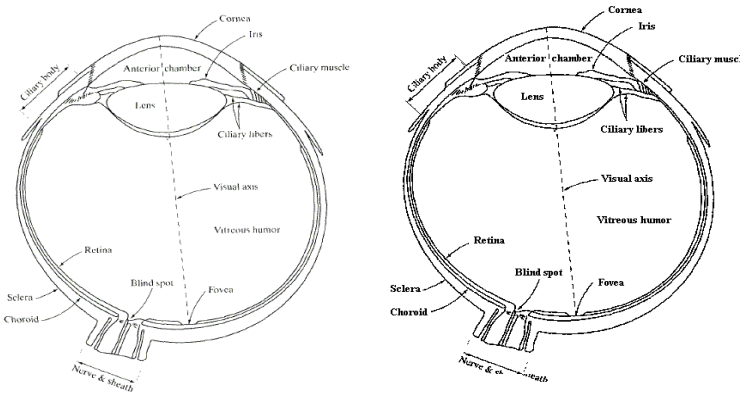
دو تابع تبدیل خیلی ساده را اگر در نظر بگیریم : یکی *THRESHOLDING می باشد:* یعنی اینکه ما یک حدی را در نظر می گیریم (M) سپس ورودی را می خوانیم . حال اگر وروذی ما مقدارش از M بیشتر بود این مقدار را در خروجی قرار بده اگر مقدار آن از M به هر میزان کمتر بود ۰ را در خروجی قرار بده .(مثل باینری کردن یک تصویر) این حالت بدون طیف می باشد حال اگر بخواهیم طیف در تصویر وجود داشته باشد . از تبدیل دیگر با یک شیب ملایم از یک مقدار ۰ به یک مقدار غیر صفر وارد می شویم. در این صورت پیکسلهایی که به هر میزان از M بزرگتر هستند به همان میزان شیب ملایمی به نسبت دورتر شدن از M, شدت روشنایی آنها بیشتر می شود..



هرچقدر که M را به سمت راست بکشیم تصویر خروجی ما تیره تر خواهد شد. چون بازه بزرگتری از مقادیر پشت M قرار می گیرد.

محور افقی که با اندیس R نشانداده شده است در حقیقت مقدار شدت روشنایی یک پیکسل را نشان می دهد و $S=T(R)$ حاصل اعمال تبدیل T بر روی شدت روشنایی ورودی را مشخص می کند.

APPLYING THRESHOLD



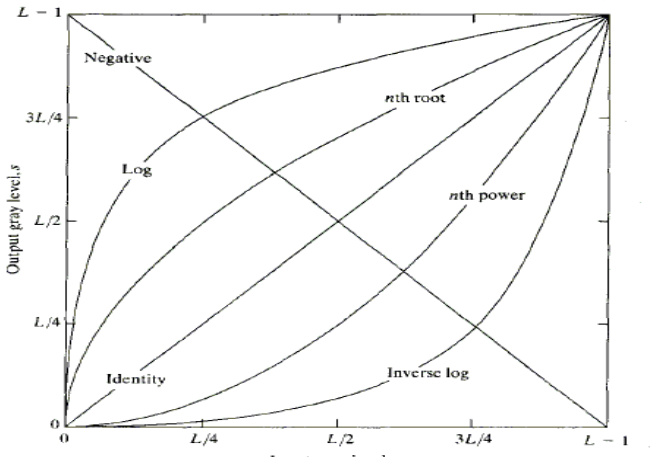
اگر بخواهیم یکسری تابع تبدیل مناسب دیگر معرفی کنیم می توانیم به توابع:

تابع تبدیل لوگاریتم یا تابع ریشه گیری

تابع به توان رساندن

تابع NEGATIVE

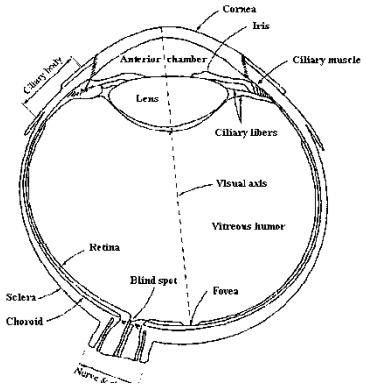
اگر تابع LOG به تصویر اعمال گردد تصویر خروجی به شرح زیر می باشد:

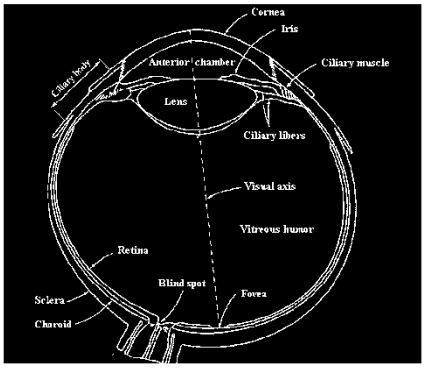


محور افقی شدت روشنایی ها را نشان می دهد و محور عمودی نتیجه اعمال تبدیل بر روی شدت روشنایی ورودی را نشان می دهد . در این حالت تصویر ما روشنتر خواهد شد چون شدت روشنایی های کم را مقدار آن را زیاد تر و روشنتر می کند. ریشهNام همانند LOG عمل می کند اما خفیف تر.

اما INVERSE LOG تصویر را تیره تر می کند

NEGATIVE نیز تصویر زمانی که شدت روشنایی ورودی مقدار آن حداکثر باشد تبدیل می کند به مینیمم و بالعکس .





در حالت کلی در NEGATIVE اگر مقادیر شدت روشنایی پیکسلهای موجود در تصویر را با ۸ بیت نمایش دهیم حداکثر مقدار ی که در این ۸ بیت می تواند قرار گیرد ۲۵۵ می باشد. مقدار شدت روشنایی تک تک پیکسلهای تصویر را از ۲۵۵ تفریق می کنیم . مثلا شدت روشنایی پیکسلی ۰ باشد (تاریک) پس از تفریق ۲۵۵ مقدار آن ۲۵۵ شده و روشن می شود.

تیدیل دیگر POWER LAW TRANSFORMATION یا GAMMA CORRECTION میباشد و دو رابطه زیر را می توان برای آن در نظر گرفت . R شدت روشنایی پیکسلی است که می خواهیم پردازش بر روی آن انجام شود . حال حالتی را در نظر می گیریم که مقدار R ۰ باشد پس صفر به توان هر عددی ۱ می شود و C*۱ می شود C و بجای آن پیکسلی که تاریک است مقدار C قرار می گیرد. فرضا پیکسلهایی که خاموش هستند و مقدار شدت روشنایی آنها ۰ است همه اول به یک اندازه ای مقدار شدت روشنایی آنها اضافه یا کم شود و سپس یک ضریبی هم به آن اعمال شود. در نتیجه E موجود در فرمول به همین دلیل است .

اگر GAMMA کوچکتر از ۱ باشد تصویر روشنتر می شود و اگر بزرگتر باشد تصویر تاریک تر می شود.

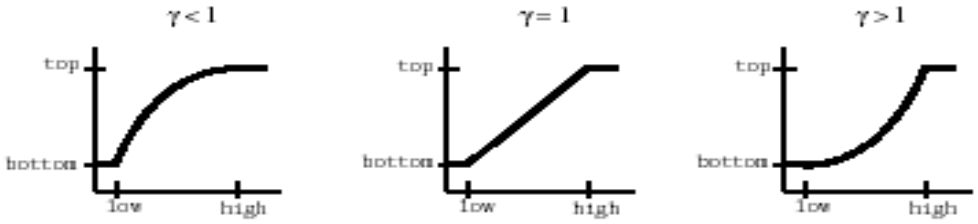
زمانی که GAMMA کوچکتر از ۱ است هر چقدر به ۰ نزدیکتر باشد تابع تبدیل تصویر را خیلی روشن می کند و هر چقدر از ۰ دورتر شویم تصویر کمتر روشن می شود. زمانی که به GAMMA=۱ می رسیم تصویر خروجی همان تصویر ورودی می شود.(C=۱)

$$S = cr^{\gamma} \; s = c(r+e)^{\gamma}$$

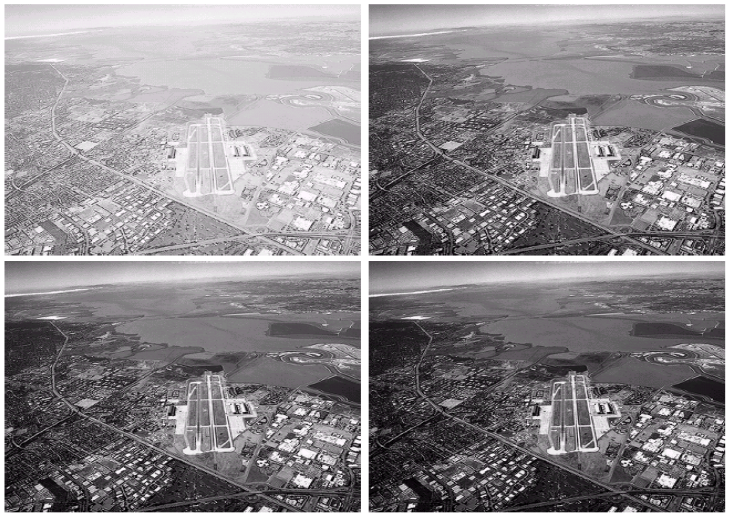
GAMMA CORRECTION APPLIED TO FOREST PICTURE(Γ=۰.۵)

پیاده سازی **GAMMA CORRECTION در متلب بدین صورت پیاده سازی می شود.**

شدت روشنایی ورودی اگر در بازه های زیر قرار داشت بر اساس یکی از این توابع پردازش را بر روی پیکسل ورودی انجام دهد. حال اگر مقدار شدت روشنایی پیکسل ورودی از یک مقدار HIGH بیشتر بود مقدار کلا مقدار TOP رو بجای آن قرار دهد . و میزان بیشتر بودن آن از HIGH مهم نیست. اگر مقدارفقط بین LOW و HIGH بود نمودار GAMMA CORRECTION به آن اعمال می شود .



GAMMA CORRECTION



a b
c d

FIGURE 3.9
(a) Aerial image. (b)–(d) Results of applying the transformation in Eq. (3.2-3) with $c = 1$ and $\gamma = 3.0, 4.0$, and 5.0, respectively. (Original image for this example courtesy of NASA.)

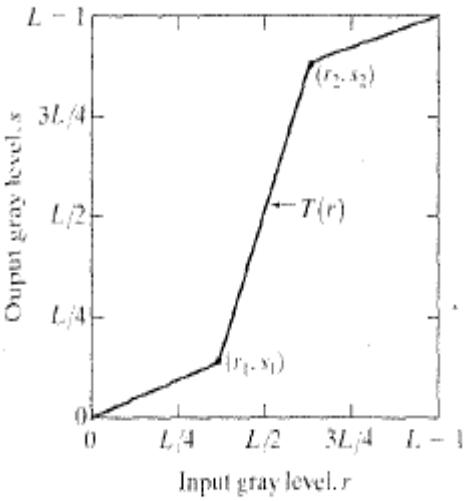
در تغییرات GAMMA CORRECTION در تصاویر خروجی فوق مقدار GAMMA CORRECTION بزرگتر از ۱ به آن اعمال شده در واقع تیره تر شدن تصویر نمایانگر اعمال مقدار بزرگتر می باشد.

در برخی مواقع لازم هست به صورت قطعه ای تبدیلی را به تصویر اعمال کنیم . به عنوان مثال:

نمودار زیر بازه دریافتی ورودی را به ۳ ناحیه تقسیم کرده:

اگر مقدار ورودی شدت روشنایی پیکسل ورودی از ۰ تا قسمت معینی بود بر اساس تبدیل خاصی بهینه سازی را انجام بده. و اگر شدت روشنایی بزرگتر از مقدار معین در نمودار بود تبدیل دیگری را انجام بده . در غیر اینصورت مقادیر بین این دو ناحیه بر اساس

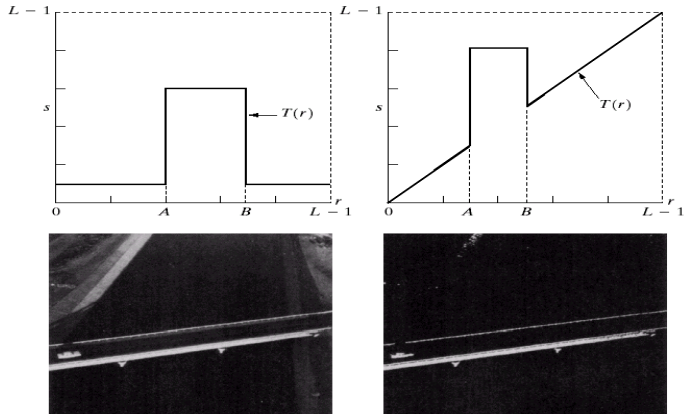
تبدیل دیگری پردازش را انجام بده . یعنی محل قرار گیری مقدار دریافتی شدت روشنایی ورودی روی محور افقی تعیین می شود و سپس Y متناظر با این ورودی را پیدا کرده و به جای آن پیکسل قرار می دهیم .



اگر بخواهیم نمودار را به یک تابع تبدیل THRESHOLDING تبدیل کنیم نقطه شروع و پایان را در نمودار در یک راستا قرار می دهیم . به این عمل PIECEWISE-LINEAR گفته می شود..یعنی بصورت تکه ای قسمتی از تصویر را پردازش می کنیم . این کار را برای این انجام می دهیم که ممکن است قسمتی از تصویر نیاز به بهینه سازی بیشتر نسبت به تمام تصویر وجودداشته باشد. و باقی تصویر برای ما مهم نمی باشد و حتی می توان آن را حذف نمود .

تابع تبدیل **PIECEWISE-LINEAR به روش زیر انجام می گیرد:**

شدت روشنایی هایی که بین Aو B وجود دارد آنها را بر اساس یک این تابع تبدیل انجام بده و بقیه شدت روشنایی ها رو بک مقدار ثابت یا مقدار خودشان قرار بده. اگر قرار باشد یک مقدار ثابتی قرار دهد مثلا شدت روشناییهای دیگر را تاریکتر می کند . و از تابع تبدیل دیگری استفاده می کند و لی آن پیکسلهایی که شدت روشنایی آنها برای ما مهم هستند را طبق این تابع تبدیل بهینه سازی را انجام می دهد . اما در قسمت دیگر شدت روشناییهایی که بینAوB هستند طی تابع تبدیل دیگر بهینه سازی را انجام بده و سایر شدت روشنایی ها را بدون تغییر رها کند .و مقدار خودشان را در خروجی قرار بده.



a b
c d

FIGURE 3.11
(a) This transformation highlights range $[A, B]$ of gray levels and reduces all others to a constant level. (b) This transformation highlights range $[A, B]$ but preserves all other levels. (c) An image. (d) Result of using the transformation in (a).

:BIT PLANE SLICING

مقدار شدت روشنایی هر پیکسل را با یک تعداد بیت نشان می دهند (GRAYSCALE=۲۵۶و ..) این مقادیر در داخل ۸ بیت قرار میگیرند .

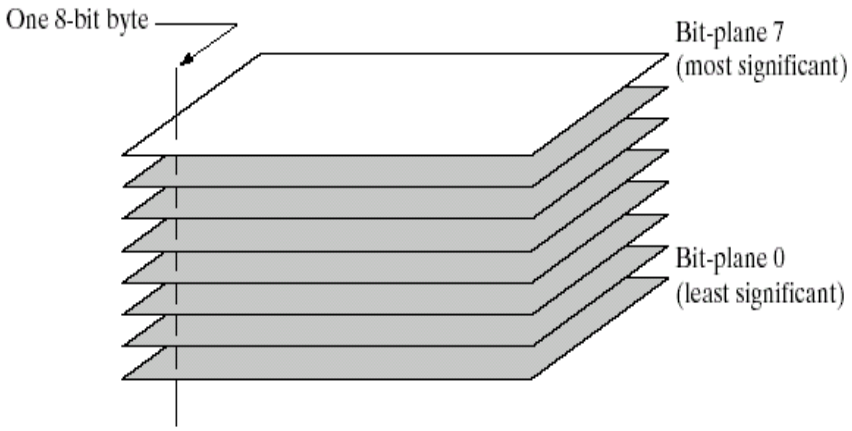


FIGURE 3.12
Bit-plane representation of an 8-bit image.

برای ایجاد تصویر دوم ، تصویر ورودی و تصویر اول پیکسل ها بدون تغیر می باشد. ولی بجای قرار دادن مقدار ۸ بیت به هر پیکسل ، ۱ بیت اختصاص می دهیم . یعنی مقدار پیکسل اول یا ۰ خواهد بود یا ۱ برای هر پیکسل یک تک بیت در نظر میگیریم. مقادیر موجود نیز برای هر پیکسل مقدار.....