

مقدمه ای بر سیستم های تصویربرداری پزشکی

مفاهیم اولیه، مرور کلی سیستمهای تصویرگر

معرفی مروری و مقایسه ای روشهای تصویرگر پزشکی

- تعریف تصویر: تصویر عبارتست از سیگنالی دوبعدی: $I(x, y)$
- هدف یک سیستم تصویرگری پزشکی:
- تصویربرداری پزشکی: استفاده از ابزار و تکنیک هایی ویژه به منظور مشاهده ی درون بدن موجود زنده (انسان)
- فراهم آوردن ابزار دید برای پزشکان (معاینه)
- بدون مداخله در بدن (غیر تهاجمی- بدون دخل و تصرف و یا آسیب رساندن)-بدون ضرردهی
- البته این اهداف ایده آل هستند.
- نیمه تهاجمی: آندوسکوپی-کلونوسکوپی-سیتوسکوپی (گوش)-افتالموسکوپی-آنتروسکوپی (روده کوچک)
- کاربردها:
- تشخیص بیماری - - کمک به طراحی فرآیند درمان - بررسی روند پیشرفت درمان یا بیماری.

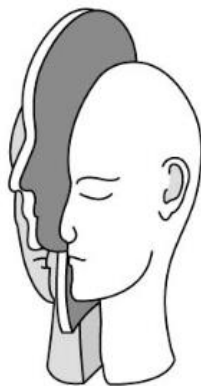
جهت های سه گانه تصویربرداری پزشکی



(a)



(b)



(c)

a) Axial (transversal)

b) Coronal

c) Sagittal

تقسیم بندی تجهیزات تصویرگری پزشکی بر اساس معاینه

- 1-سیستمهایی که به صورت تهاجمی با دید مستقیم کار می کنند(میکروسکوپ جراحی)
- 2-نیمه تهاجمی: تجهیزاتی که نام برده شد.
- 3-غیرتهاجمی: سیستمهای تصویرگری پزشکی کلینیکی که پارامترهای فیزیکی را به تصویر می کشند.
- پارامترهای فیزیکی:
- ضرایب تضعیف- امپدانس اکوستیکی-زمانهای استراحت آب
- این پارامترها حتی در صورت عمل تهاجمی قابل مشاهده نیستند.
- تمرکز این درس بر روی مورد سوم است.

مبنای سیستمهای تصویرگری پزشکی کلینیکی

- در یک نگاه کلی و بر مبنای فیزیک کارکرد می توان کلیه سیستمهای تصویرگری پزشکی را به دو دسته تقسیم کرد:
- 1- سیستمهایی که مبنای آن مبتنی بر امواج عبوری از بدن است.
- 2- سیستمهایی که مبنای آن مبتنی بر امواج برگشتی از بدن، است.
- بر این مبنا به طور جزئی تر تقسیم بندی انجام می گیرد:
- -اندازه گیری میزان تضعیف اشعه X در اثر عبور از بافتها(رادیوگرافی-آنژیوگرافی-ماموگرافی-سی تی اسکن و...)
- -اندازه گیری میزان و زمان برگشت امواج بازتابش تحت تاثیر امواج تابیده شده.(سونوگرافی با استفاده از امواج مکانیکی فراصوت)
- ساطع شدن اشعه گاما، ناشی از تزریق رادیو داروهای تزریقی.(پزشکی هسته ای)
- اندازه گیری سیگنالهای RF تشدید مغناطیسی ناشی از بافتهای بدن پس از اعمال پالس RF.(MRI)

تقسیم بندی سیستمهای تصویرگری پزشکی به لحاظ ریسک

- سیستمهای با ریسک بالا: سیستمهایی که از امواج یونیزه کننده X و گاما استفاده می کنند.
- سیستمهایی بی ضرر: MRI
- سیستمهای ایمن: سونوگرافی
- وجود سایر سیستمهای تصویرگری ایمن
 - 1- Thermal Imaging
 - 2- Electrical Impedance Tomography
 - 3- Magnetic Impedance Tomography
 - 4- Optical Imaging

پارامترهای کیفیت تصویر

- کمی کردن کیفیت تصویر.
- هدف: تنظیم پارامترهای تصویر برای حصول تصویر با کیفیت بالاتر.
- رئوس پارامترها
 - 1- کانتر است:
 - 2- رزولوشن:
 - 3- پهنای PSF:
 - 4- زیر سیستمهای سریال:
 - 5- سیگنال به نویز:
 - 6- میزان اعوجاج:

1- کانتراست

- تفاوت بین ویژگی تصویری (مثلا شدت روشنایی) یک ناحیه با نواحی مجاور و یا پیش زمینه:

background foreground target

شدت روشنایی (متوسط) بافت هدف: I_t

شدت روشنایی متوسط پیش زمینه: I_b

background

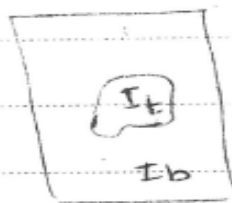
$$C = \frac{I_t - I_b}{I_b}$$

$C > 0$

$C < 0$

C می تواند +ve یا -ve باشد

معمولاً $|C|$ برای ما مهم است



- تعریف دیگر:

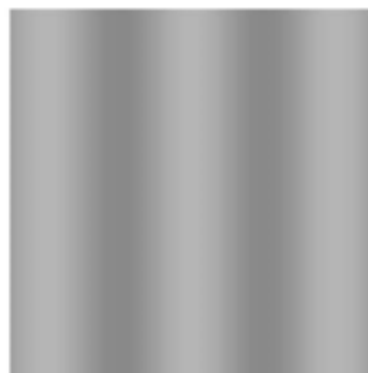
$$M_f = (f_{\max} - f_{\min}) / (f_{\max} + f_{\min})$$

- پارامترهای موثر بر کانتراست:
- ۱- کانتراست ذاتی پارامترهای بافت
- ۲- عملکرد دستگاه تصویرگر

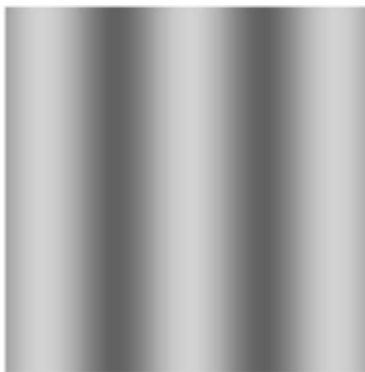
کانتراست (ادامه)



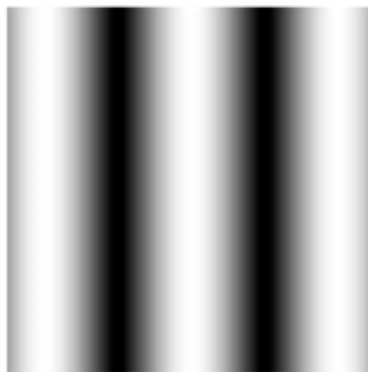
$m_f = 0$



$m_f = 0.2$



$m_f = 0.5$



$m_f = 1$

output signal

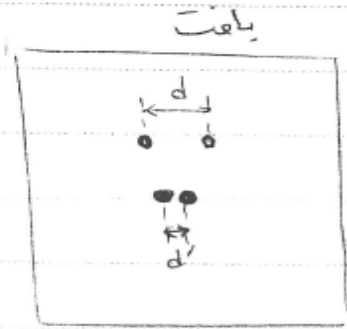


2-رزولوشن (حد تفکیک) مکانی Spatial Resolution

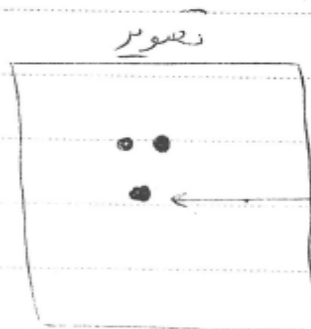
- توانایی یک سیستم (تصویر) در ارائه ی جزئیات مکانی.
- تعریف: کمترین فاصله ای که می توان دو نقطه نزدیک بهم را از هم متمایز کرد.
- رزولوشن

- 1-زمانی:تفکیک 2 واقعه نزدیک به هم در زمان.
- 2-طیفی:تفکیک 2 فرکانس نزدیک به هم در طیف.
- 3-مکانی:تفکیک 2 نقطه نزدیک به هم در بافت.

مثلاً با استفاده از ماسک ۲ نقطه که می دانیم مجزا هستند در تصویر بتوانیم تفکیک کنیم



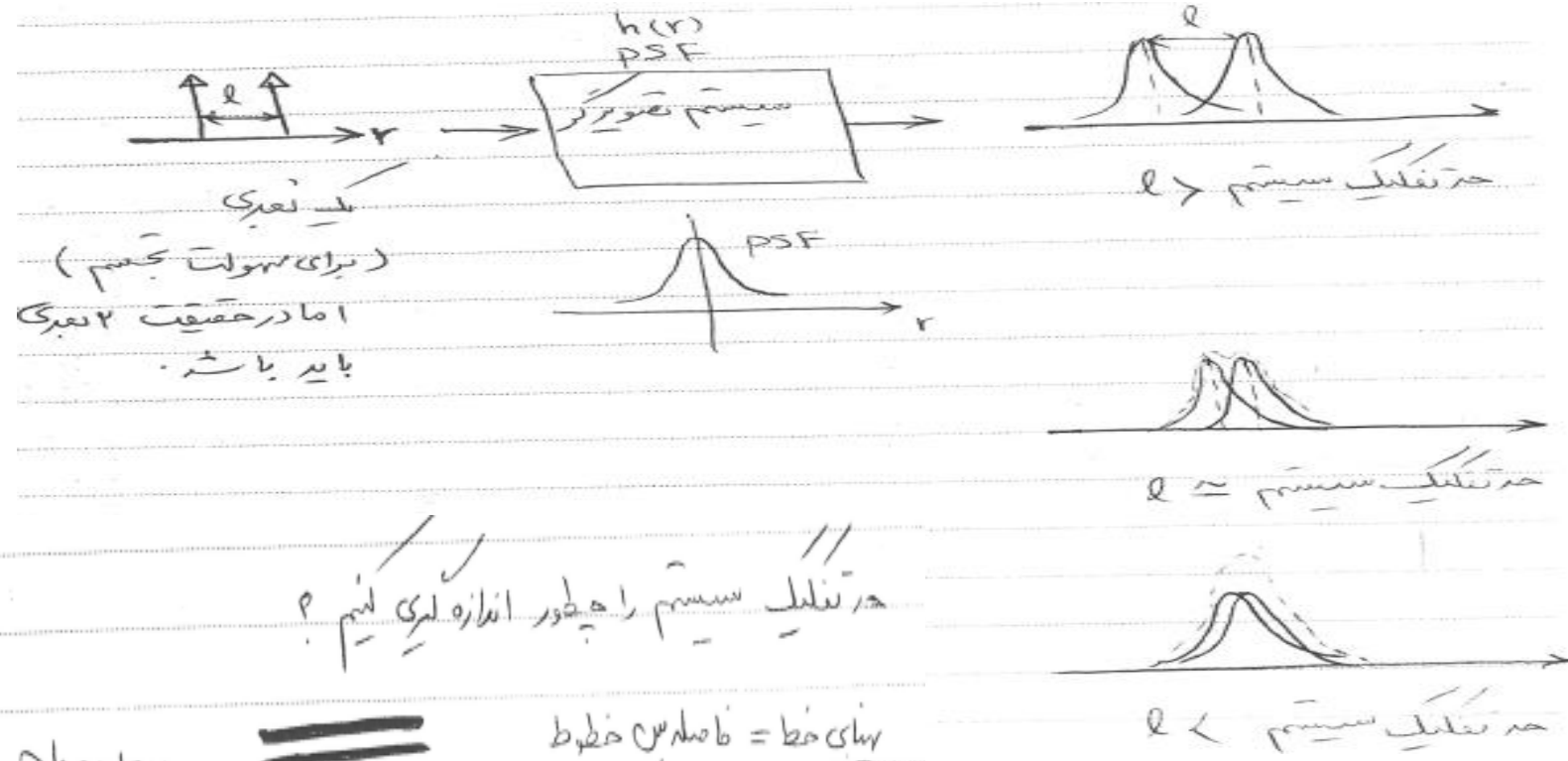
$$d' < d$$



$$d = \text{حد تفکیک}$$

برای $d' < d$ دو نقطه
در تصویر در هم رفته اند

ارتباط حد تفکیک مکانی با PSF و اندازه گیری از روی فانتوم

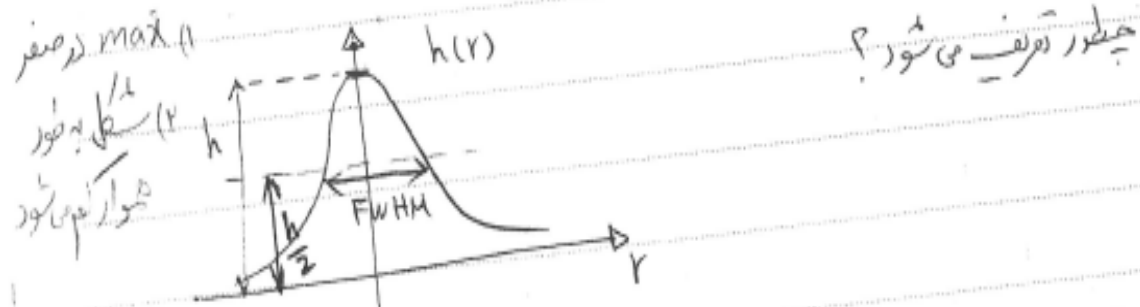


در تصویر برداری از جایی که خطوط این تصاویر در هم فرو روند، همان حد تفکیک سیستم است.

اندازه گیری حد تفکیک از روی پاسخ ضربه

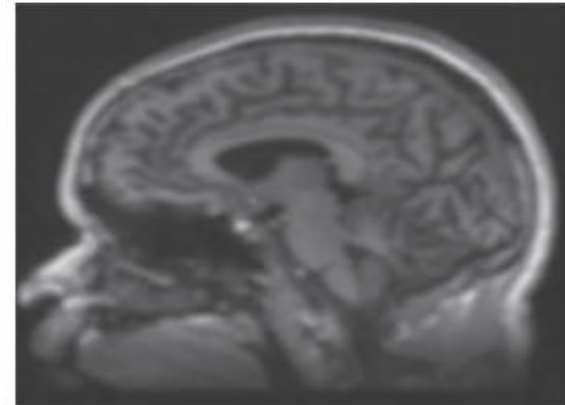
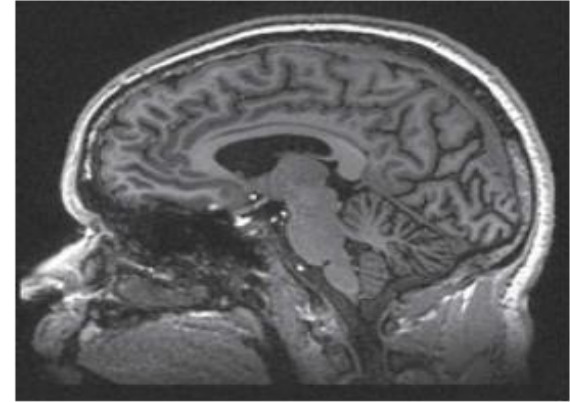
پهنای پاسخ ضربه ، حد تفکیک ما را مشخص می کند . کمتر باشد ، بهتر است .
هر چه پهنای مؤثر پاسخ ضربه

پهنای مؤثر پاسخ ضربه = حد تفکیک سیستم (رزولوشن سیستم بر حسب mm)

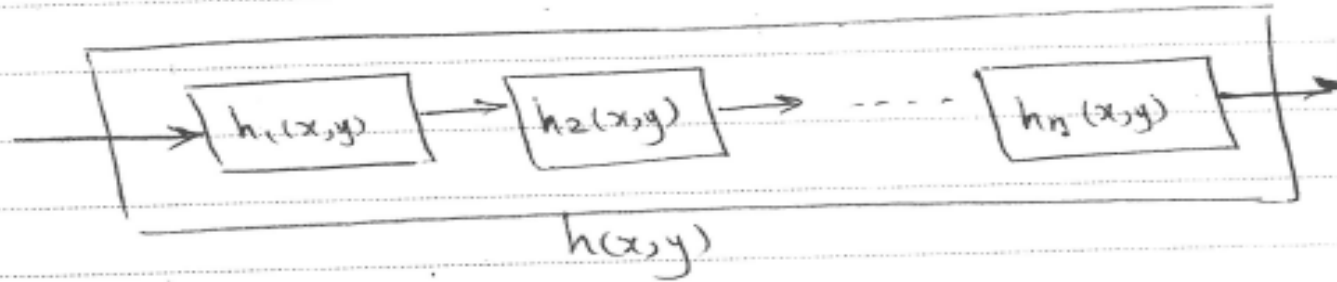


مید تعریف از پهنای مؤثر ، FWHM است .

FWHM : Full width at Half Maximum



اتصال سری زیر سیستمها و سیستم تصویرگر



$$h(x,y) = h_1(x,y) \overset{\text{Conv}}{**} h_2(x,y) ** \dots h_n(x,y)$$

$$R_i = \text{FWHM of } h_i(x,y)$$

در حالت کلی: پهنای مؤثر کلی = مجموع پهنای مؤثر زیر سیستمها

زودلش کلی
بدتر از زودلش
هر زیر سیستم

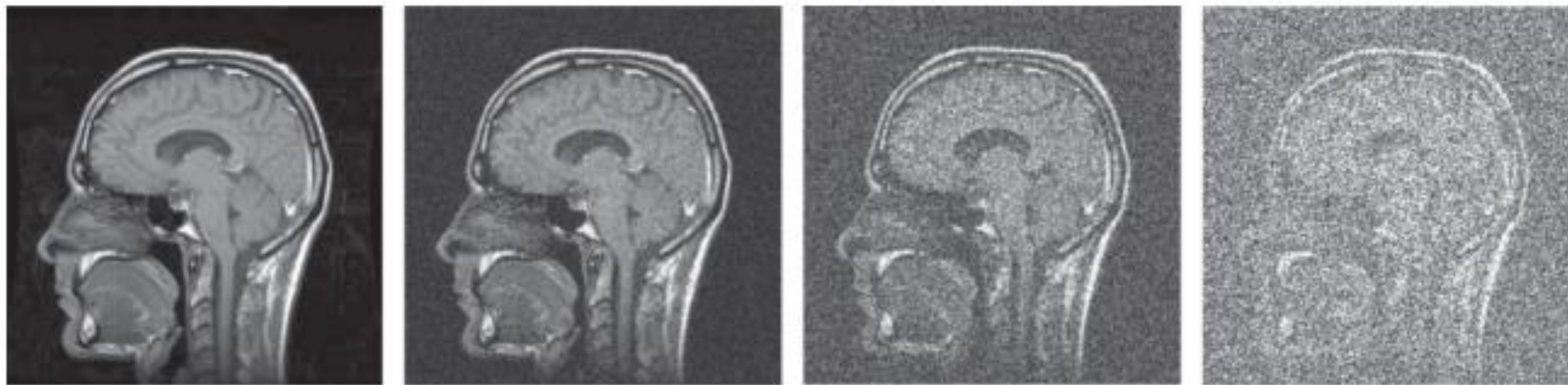
$$R \approx \sqrt{R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_n^2}$$

به طور تقریبی می توان گفت:

رابطه کلی در حالتی که h_i ها گوسی باشند، دقیق است. (=)

۳. نویز

تغییرات در دامنه ی تصویر که ناشی از سیگنال حقیقی نباشد،
عوامل: عوامل خارجی (دما)، ماهیت فیزیکی و یا بخشهای مختلف سیستم تصویرگری.



Increasing Noise



۴. آرتیفکت

وجود برخی ویژگیها در تصویر پزشکی که متناظر واقعی در بدن ندارند و یا شکلهای ساختارهای نادرست که ناشی از نویز نیستند.

• مثالهایی از آرتیفکت در CT Scan

Motion artifact



(a)

Star artifact



(b)

Ring artifact



(c)

Beam hardening



(d)

Copyright ©2015 Pearson Education, All Rights Reserved

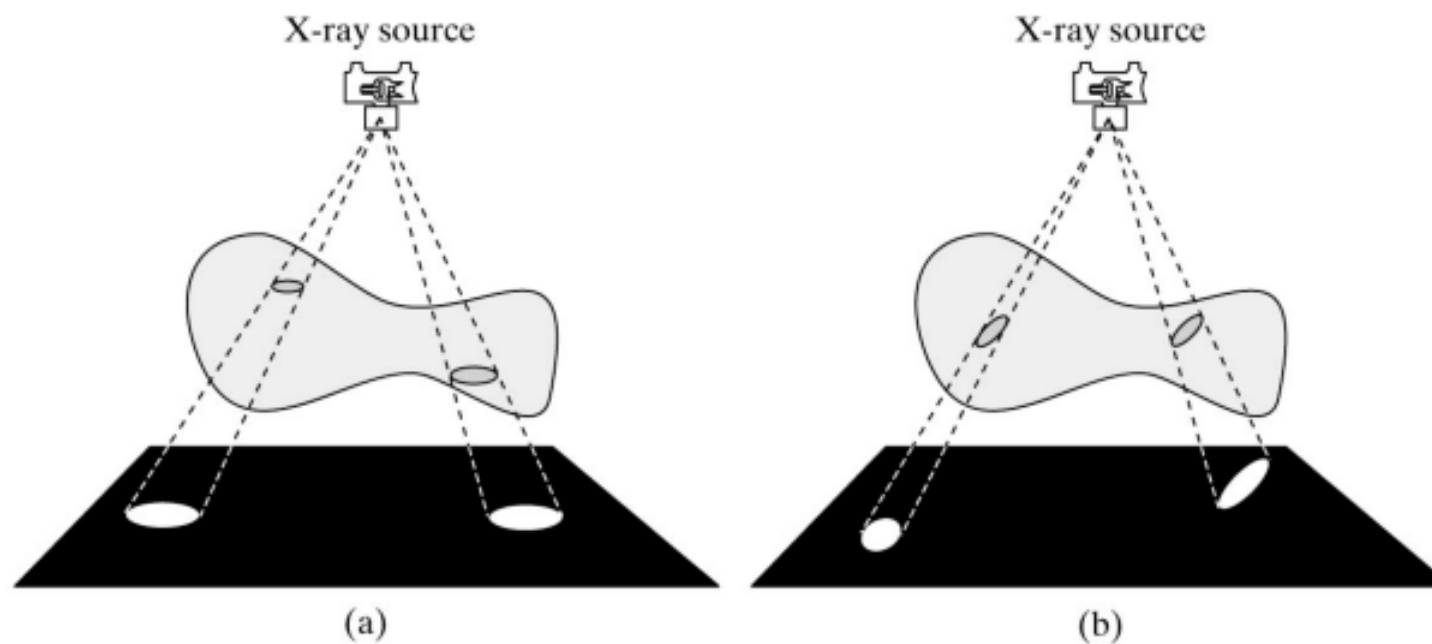
آرتیفکت (ادامه)

- اغتشاشاتی که ماهیت تصادفی نیستند، تکرار می شوند و ناشی از نقص داده ها یا سیستمهای تصویربرداری هستند.
- مثال: آرتیفکت پرکردگی دندان در تصاویر CT.
- در MRI پرکردگی دندان به صورت حفره سیاه دیده می شود.

۵. اعوجاجات

تغییر شکل، موقعیت و یا دیگر ویژگیهای هندسی یک جسم در تصویر.

- نمونه ای از اعوجاج هندسی



سیگنال به نویز (SNR)

• تعاریف مختلف:

- 1- مبتنی بر دامنه (amplitude)
- 2- مبتنی بر توان و قدرت (power)
- 3- مبتنی بر کنتراست (تفاضلی)

* نسبت سیگنال به نویز

نویز جمع شونده لحاظ می شود :

$$g = f + n$$

$$g(x,y) = f(x,y) + n(x,y)$$

برای آن که بدانیم نویز چقدر تصویر اصلی ما را خراب کرده ، از نسبت سیگنال به نویز استفاده می کنیم

تعاریف مختلف SNR :

① Amplitude SNR (نسبت سیگنال به نویز دامنه)

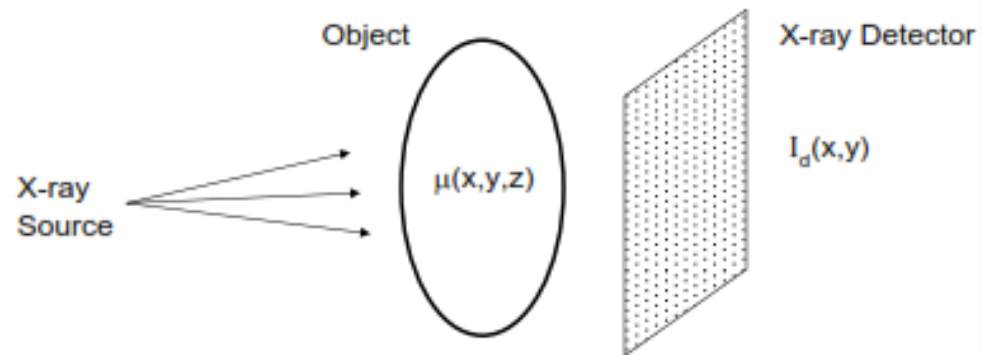
$$SNR = \frac{\text{دامنه سیگنال}}{\text{دامنه نویز}} = \frac{\bar{g}}{\sigma_n}$$

Deterministic ← خطای آنی که ما دنبال آن می گردیم و ثابت است (معمولاً قطعی)

نویز Stochastic (Random) ← هر بار تصویر می گیریم متفاوت است

$$\bar{n} = 0 \rightarrow \bar{g} = \bar{f} \rightarrow \bar{g}^{n=0} = \bar{f}$$

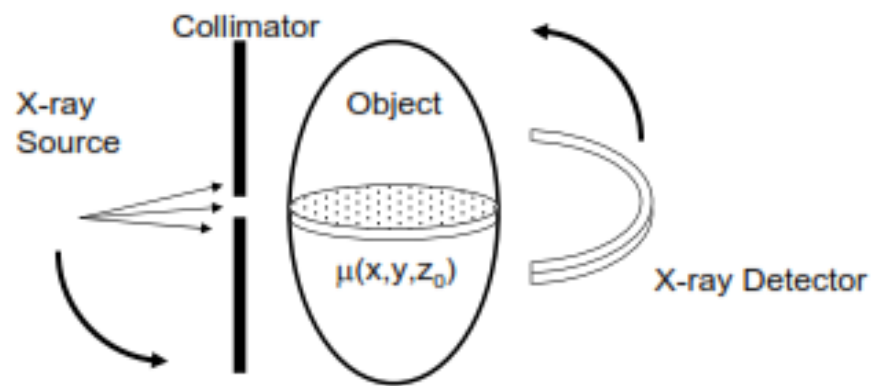
دستگاه‌های متداول تصویربرداری ۱. رادیوگرافی



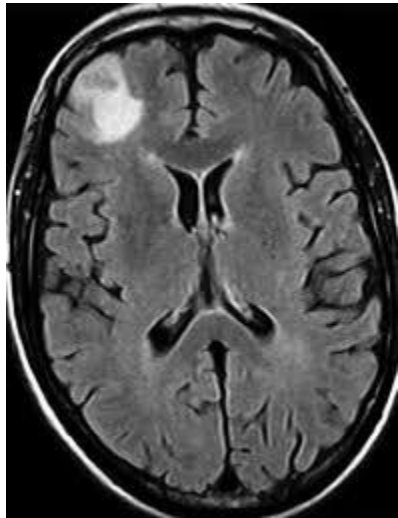
نمونه ای از تصاویر پرتو X



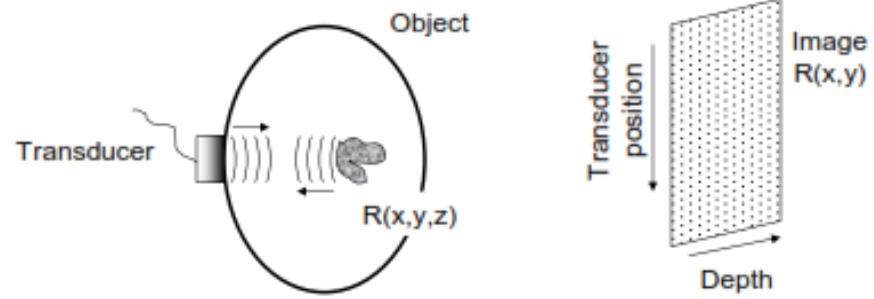
CT Scan .۲



نمونه ای از تصاویر CT Scan



۳. اولتراسوند



(a)



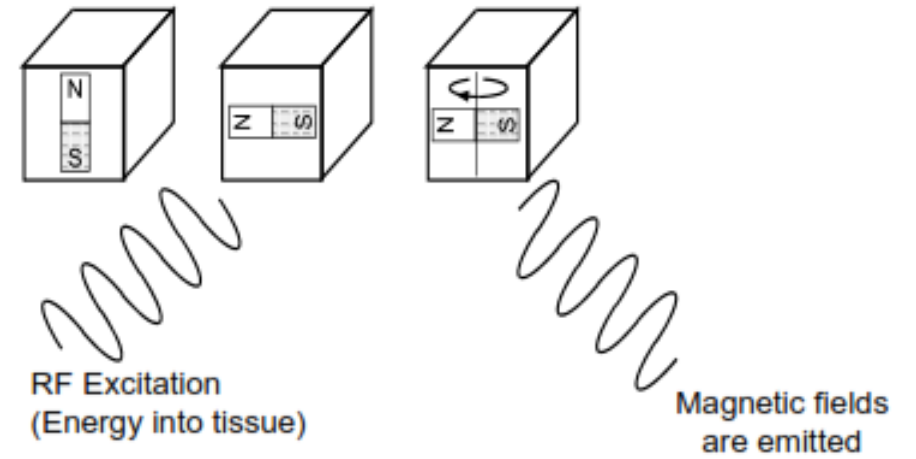
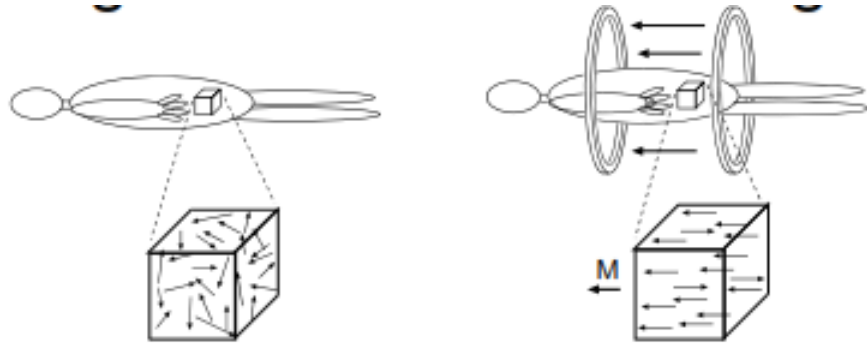
(b)

۴. تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI)

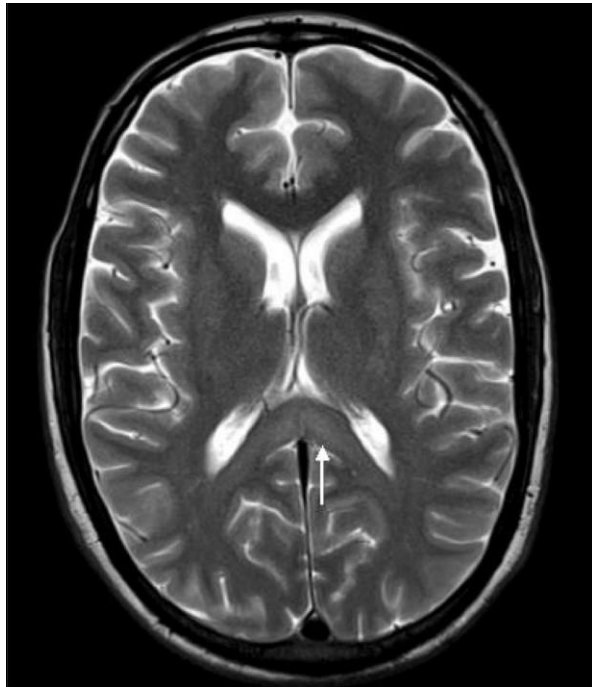
- نمونه ای از دستگاه MRI



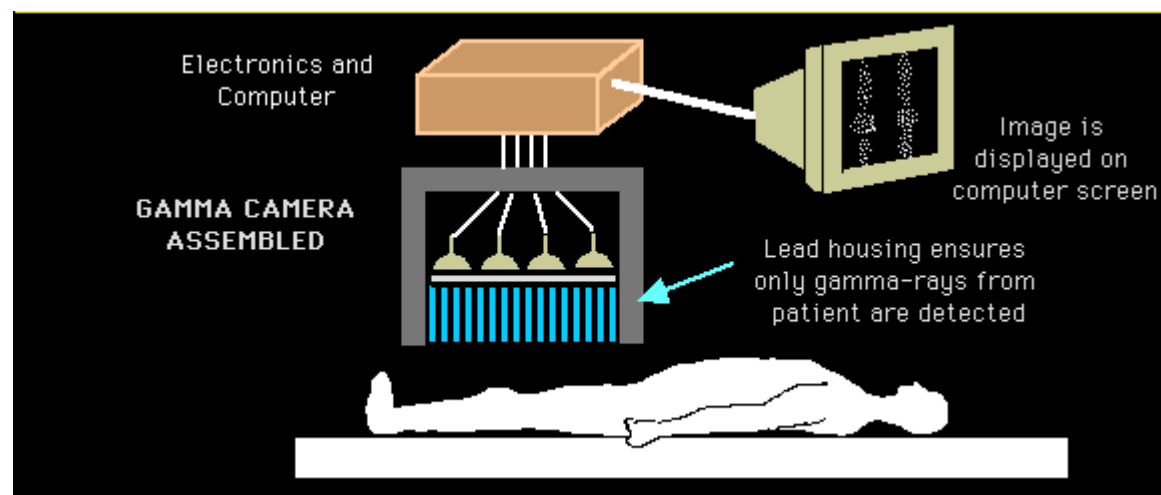
چگونگی تشکیل تصویر



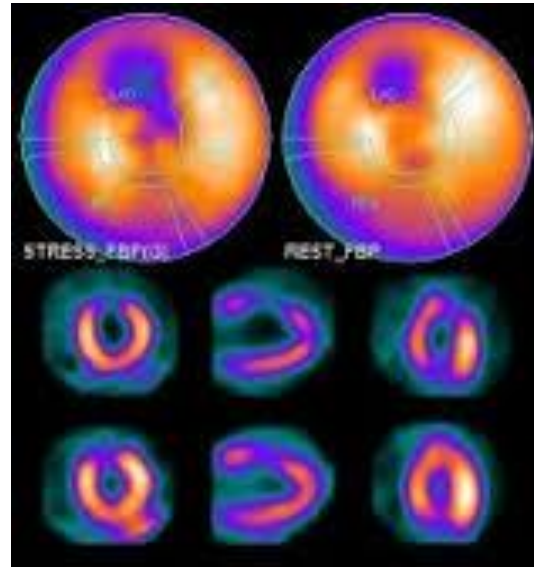
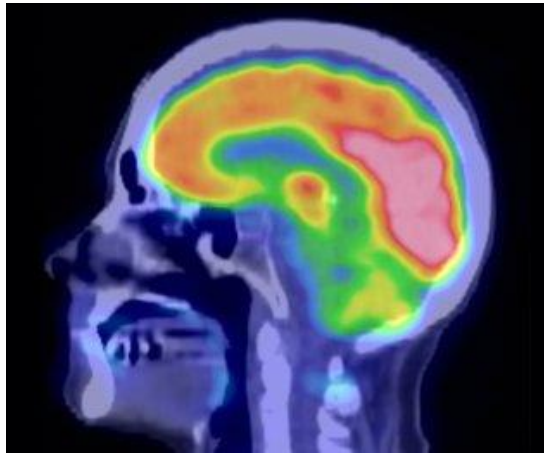
نمونه ای از تصاویر دستگاه MRI



۵. پزشکی هسته ای



نمونه ی تصاویر پزشکی هسته ای



مفهوم تصویربرداری کارکردی (Functional Imaging)

- در تصویربرداری کارکردی ما نه تنها به دنبال نمایش ساختار آناتومیکی اندام و بافت‌های مختلف هستیم، بلکه مهمتر از آن در پی مطالعه‌ی فیزیولوژی و به تعبیر دیگر تغییرات برخی شاخص‌ها (همچون شارش خون، میزان مصرف اکسیژن، ...) در بافت‌های مختلف (به ویژه مغز) هستیم تا شناخت بهتری از چگونگی عملکرد ارگان‌های مختلف بدن به دست آوریم.
- باید توجه داشت تنها برخی از مدالیت‌ها (سیستم‌های تصویربرداری پزشکی) قابلیت تصویربرداری کارکردی را دارا هستند، همچون MRI و پزشکی هسته‌ای.

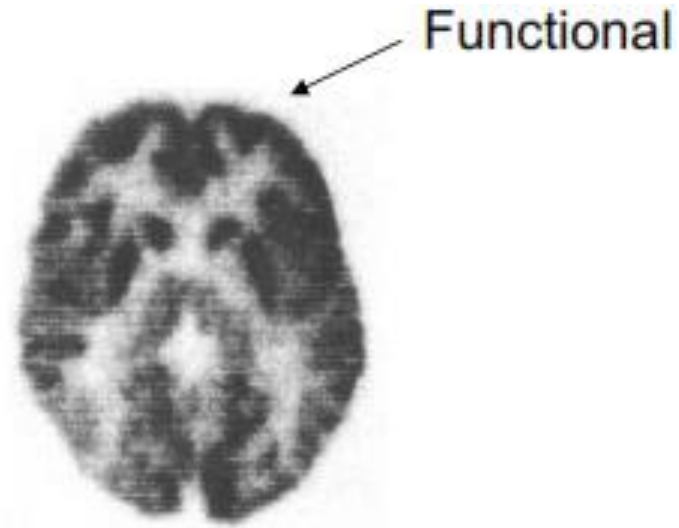
رزولوشن و تصویربرداری کارکردی



(a)
CT



(b)
MRI

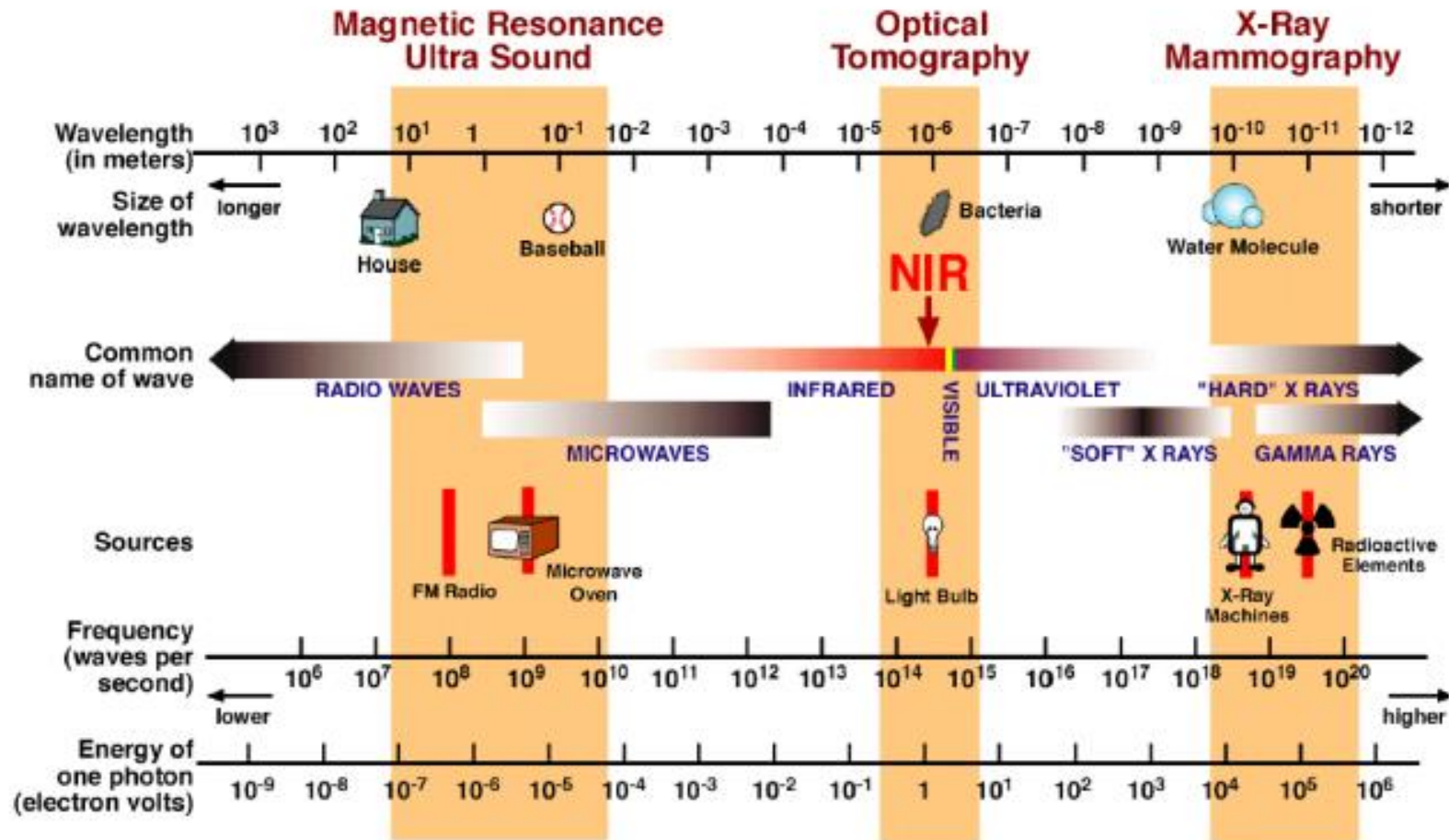


(c)
PET

دلیل نیاز به مدالیت‌ها‌ی مختلف؟

- کاربردهای خاص و متنوع
- انرژیهای مختلف و نمایش خواص مختلف بافت
- مکمل یکدیگر بودن از دید:
 - نوع بافت مورد مطالعه
 - رزولوشن
 - مضر و یا غیرمضر بودن

طول موج پرتوهای مورد استفاده در تصویرگری پزشکی



جمع بندی

- مفهوم تصویربرداری پزشکی از دید گسیل شکلی از انرژی به بدن، دریافت پاسخ بدن به این انرژی، آشکارسازی سیگنال ثبت شده و تشکیل تصویرپزشکی
- آشنایی مقدماتی با روشها (سیستمها) ی مختلف تصویربرداری پزشکی، مبانی فیزیکی، نقاط قوت و ضعف و کاربردهای هریک
- آشنایی با مفهوم تصویربرداری کارکردی (Functional Imaging)
- بررسی دلایل وجود مدالیتها های مختلف تصویربرداری پزشکی

جمع بندی (ادامه)

- مقایسه روشهای مختلف تصویربرداری Nuclear medicine-MRI-Ultrasound-X-ray
- ویژگیها: سرعت (رزولوشن زمانی) - رزولوشن مکانی - ایمنی - قیمت - SNR - کارکرد

کارکرد	SNR	قیمت	ایمنی	رزولوشن مکانی	سرعت	ویژگیها
X	امتیاز خوب 25keV < 1MeV	✓ X	اشعه یونان X	✓ mm	✓ mm	0.01 < λ < 0.5 X اشعه
X	یونان زیاد X	✓	(جسمانی) ✓	✓ mm	✓ mm	1 < λ < 10 X اشعه
✓	تعداد فوتون زیاد X	XX	X	به تاب یونان و X scattering (mm) کمتر mm	X چند دقیقه	→ پزشک هسته
✓	✓	X	✓	✓ mm	چند ثانیه چند دقیقه	MRI → ✓