



13E054ABS

# Analiza biomedicinske slike

## Osnovne manipulacije i predstavljanje biomedicinske slike.

Predavanje je delom bazirano na knjizi  
Wolfgang Birkfellner “Applied Medical Image Processing”, CRC Press, 2014

i

Dejan Popović, Medicinska instrumentacija i merenja, Akademska misao, Beograd, 2014

2022/2023

# Pikseli i vokseli

- 2D slika  $I$  je matrica numeričkih vrednosti (dimenzije  $m \times n$ ):

$$I = \begin{pmatrix} \rho_{11} & \rho_{12} & \dots & \rho_{1n} \\ \rho_{21} & \rho_{22} & \dots & \rho_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho_{m1} & \rho_{m2} & \dots & \rho_{mn} \end{pmatrix}$$

nivo sivog ili boja

Primene algebarskih operacija:

- Sabiranje matrica
- Oduzimanje matrica
- Množenje matrice skalarom
- Sabiranje matrice sa skalarom
- ...

- Piksel:  $I(x,y) = \rho_{xy}$  2D slika (2D image)
- 3D zapremina  $I$  je matrica vrednosti (dimenzije  $m \times n \times k$ )
- Voksel:  $I(x,y,z) = \rho_{xyz}$  3D prikaz zapremine (3D volume image)
- Vrednost elementa matrice medicinske slike odgovara nekoj fizičkoj veličini

# Vrednost elementa matrice medicinske slike odgovara nekoj fizičkoj veličini.

Medicinsko slikanje je kontrolisano invazivno i neinvazivno snimanje zračenja koje potiče od:

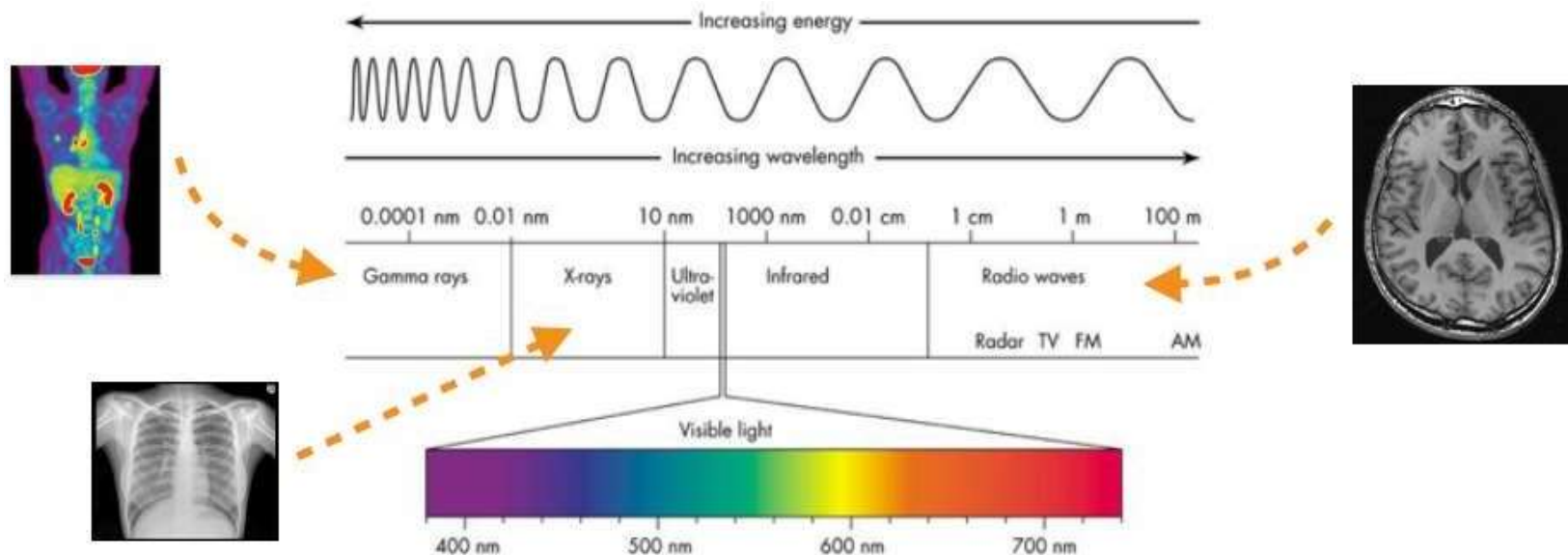
- tela, npr:
  - termografija
  - Single-photon emission computed tomography (SPECT)
  - Positron emission tomography (PET)
  - nuklearna magnetna rezonanca (NMR tj. MRI)
- refleksije zračenja, npr:
  - ultrazvuk
  - Near Infrared Spectroscopy (NIRS)
- propuštenog zračenja kroz telo, npr:
  - rendgen
  - kompjuterska tomografija (CT).

Termin kontrolisano invazivno se odnosi na primenu zračenja koje ima štetno dejstvo na organizam, ali pri tom su energija i snaga kontrolisane tako da oštećenja budu minimalna i nemaju trajne efekte.

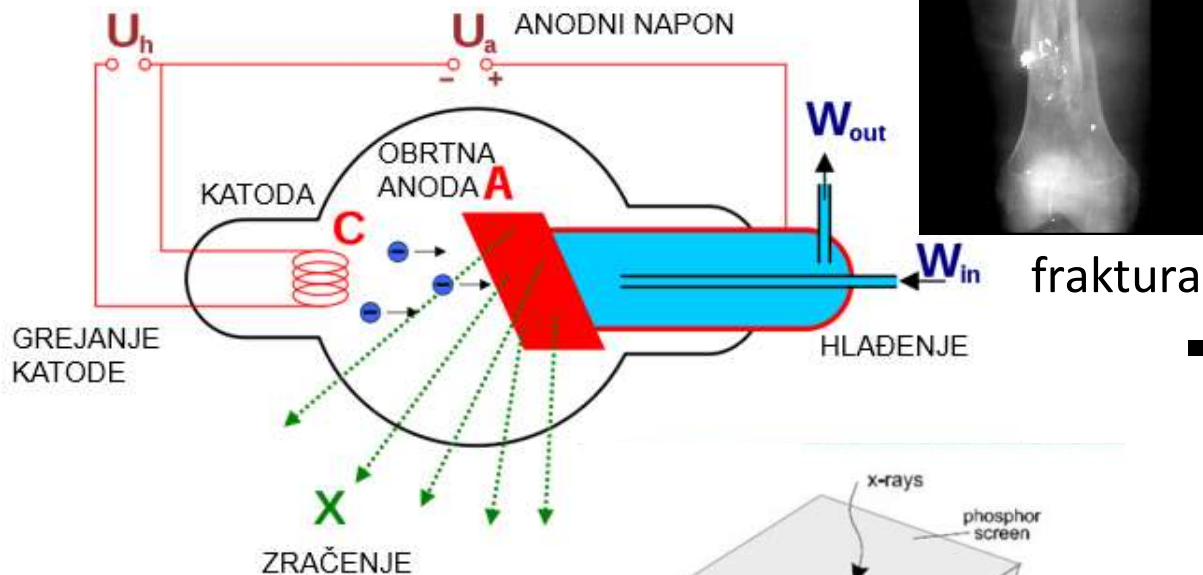
# Vrednost elementa matrice medicinske slike odgovara nekoj fizičkoj veličini.

Podela tehnika medicinskog slikanja (modaliteta medicinskog slikanja):

- prema poziciji izvora zračenja u odnosu na telo:
  - transmisioni
  - emisioni
- prema položaju detektora i izvora zračenja u odnosu na pacijenta
  - projekcioni
  - tomografski
- informaciji
  - morfološka (strukturna)
  - funkcionalna
  - kombinovana.



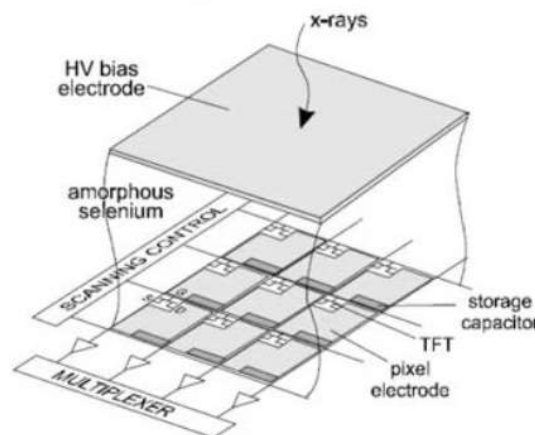
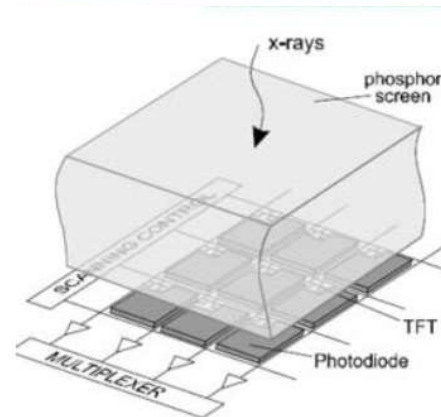
# Vrednost elementa matrice medicinske slike odgovara nekoj fizičkoj veličini.



Rendgenska slika je dobijena na filmu ili monitoru postavljenom iza ljudskog tela izloženog kontrolisanom X-zračenju

Usijana volframska katoda emituje elektrone

- Fokusirani mlaz elektrona velikom brzinom (postignutom kao posledicu primene električnog polja generisanog visokim naponom anode u odnosu na katodu) udaraju u metu.
- Rezultat sudara brzih elektrona i atoma mete je zračenje oslobođeno pri prelascima valentnih elektrona u omotaču atoma mete sa višeg na niži nivo.
- Zračenje „napušta“ RÖ cev samo kroz prozor u okviru odabranog prostornog ugla.



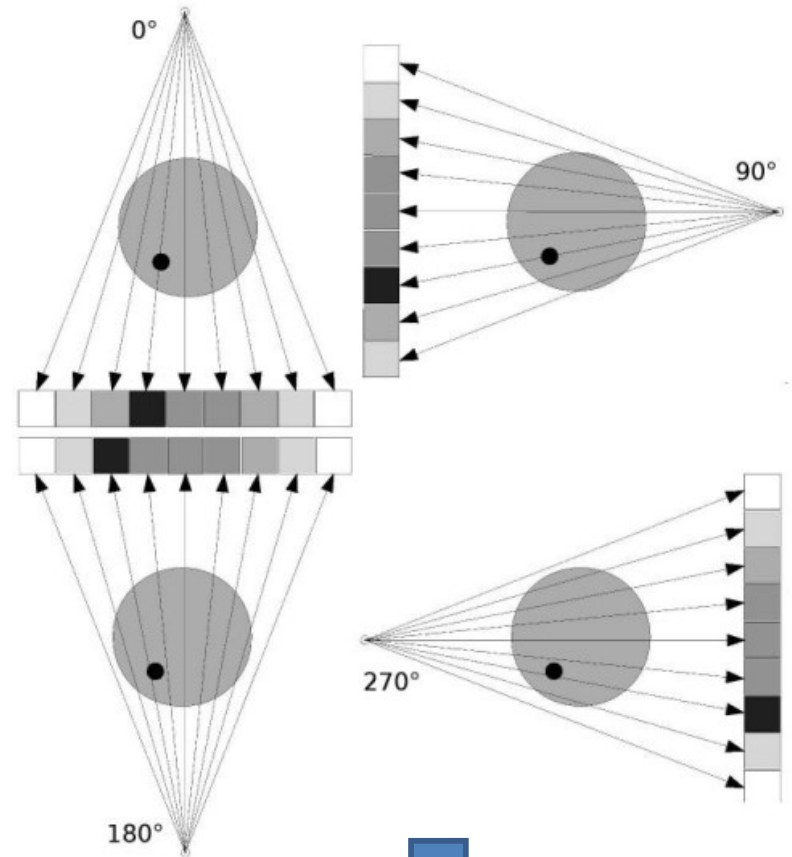
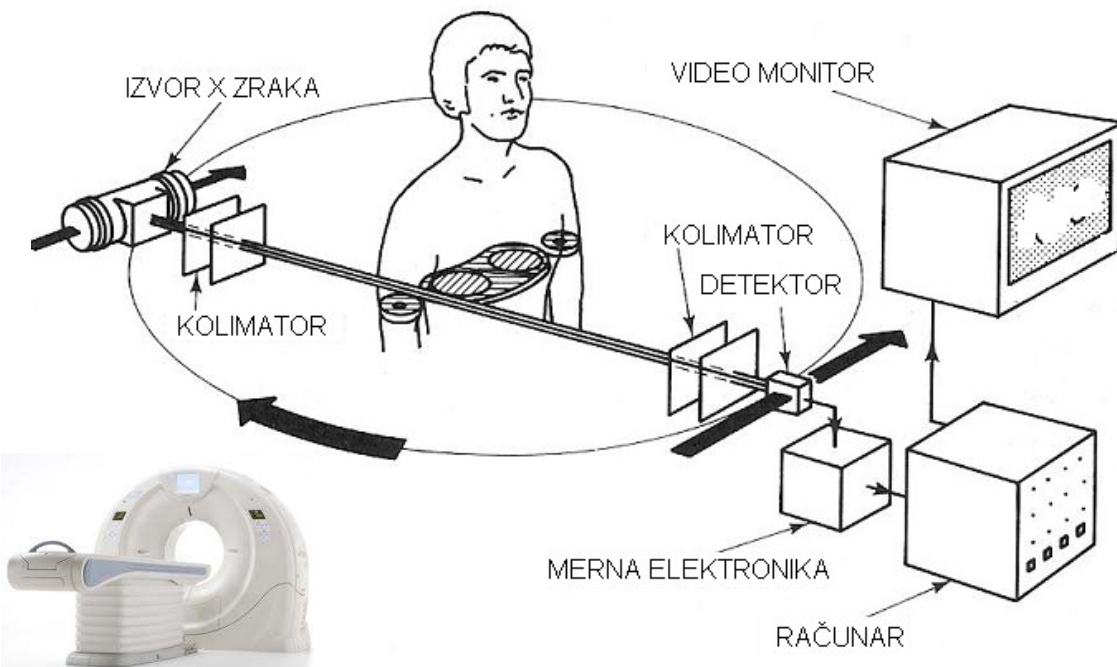
X (Rentgensko) zračenje

META

MONITOR atenuacije X zraka

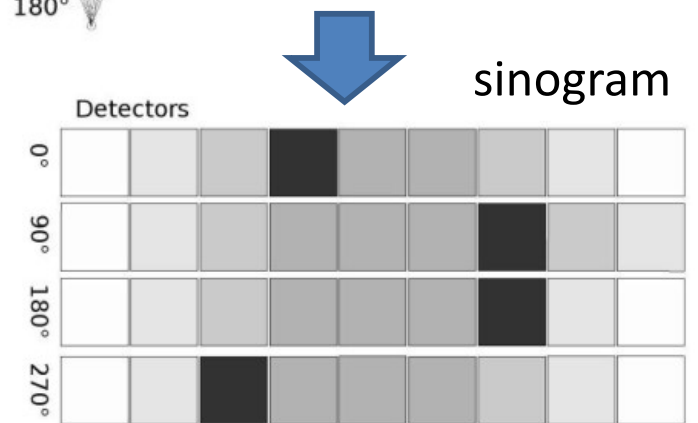
Anodni napon i struja grejanja katode određuju snagu cevi.

Vrednost elementa matrice medicinske slike odgovara nekoj fizičkoj veličini.



Kompjuterska tomografija (CT)

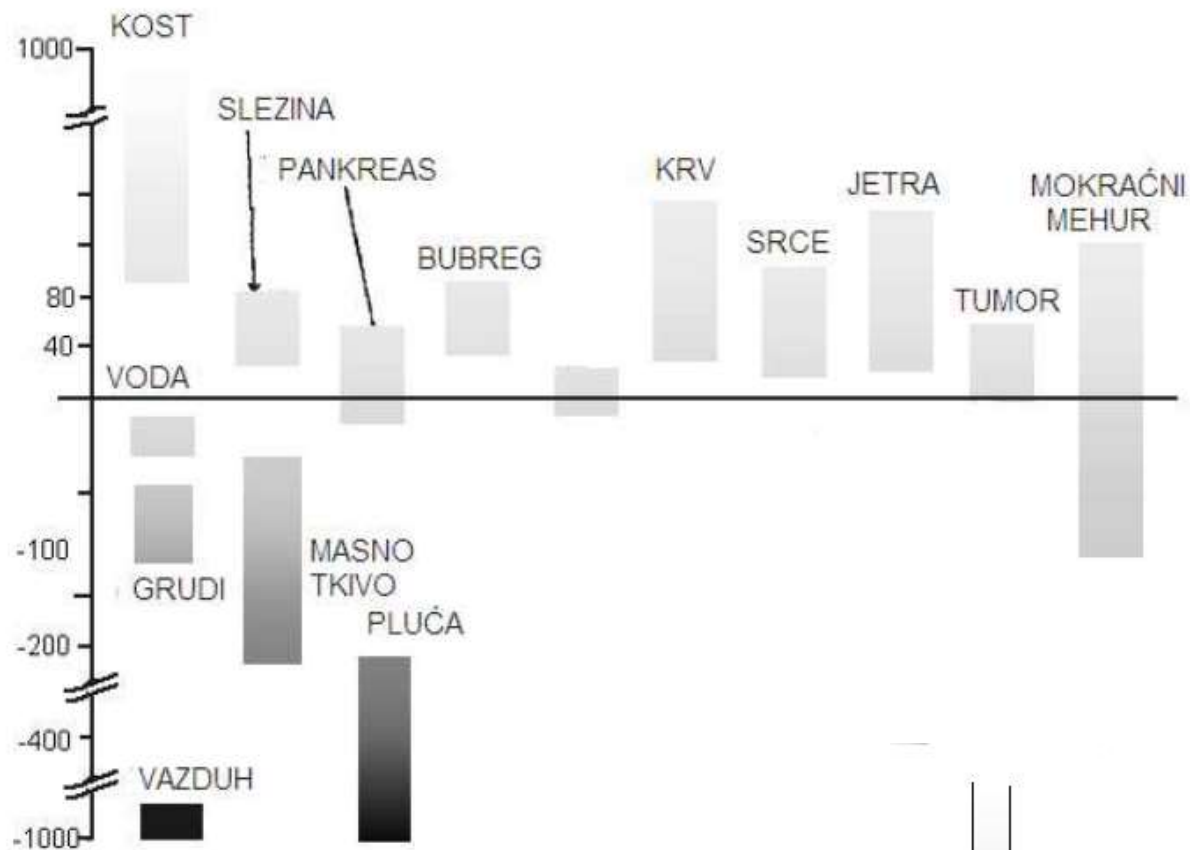
Slika pokazuje sive tonove (koeficijenti atenuacije tkiva za X-zrake)



Slika se dobija rekonstrukcijom



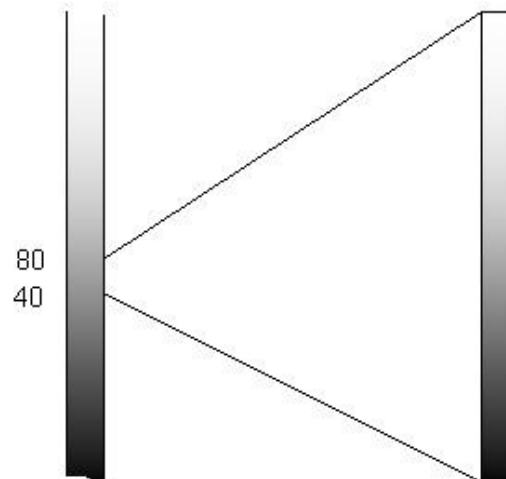
Vrednost elementa matrice medicinske slike odgovara nekoj fizičkoj veličini.



Piksel CT slike je  
Haunsfeldov broj H:

$$H = \frac{\mu - \mu_{vode}}{\mu_{vode}} \times 1000$$

$\mu$  - atenuacija X-zraka



Primer poboljšanja  
kontrasta:

80 – bela boja

40 – crna boja

# Vrednost elementa matrice medicinske slike odgovara nekoj fizičkoj veličini.

Ultrazvučne slike pokazuju refleksiju ultrazvučnih talasa na mestima promene tkiva

- Oscilacije površine sonde se prenose na okolinu, tj. sonda generiše longitudinalne oscilacije sredine.
- Deo energije se odbija od sredine na koju nailazi (zbog promene gustine)
- Eho prima sonda i pretvara oscilacije u promenljivi napon.
- Parametri eha u odnosu na inicijalne oscilacije: kašnjenje, amplituda eha i učestanost, tačka generisanja eha.

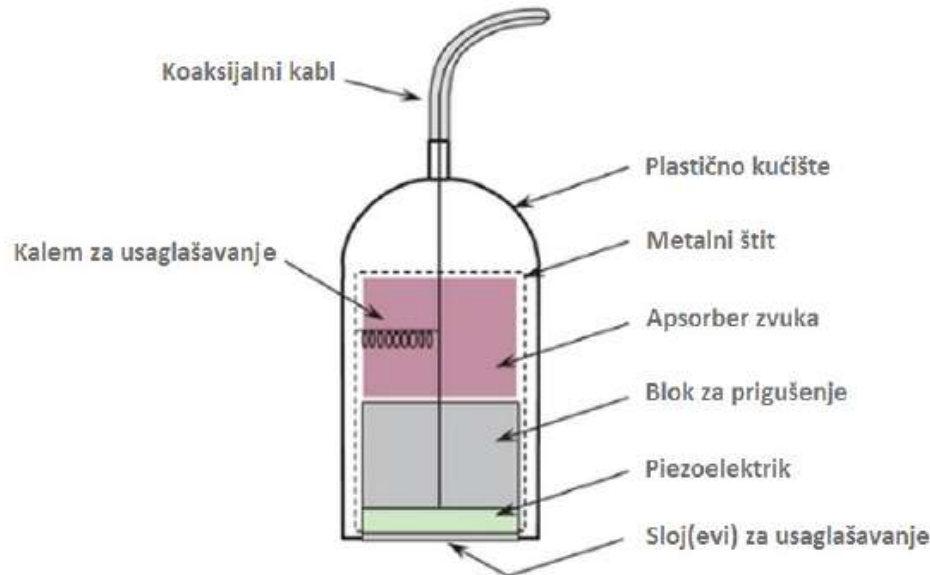


Tabela: Karakteristike različitih tkiva.

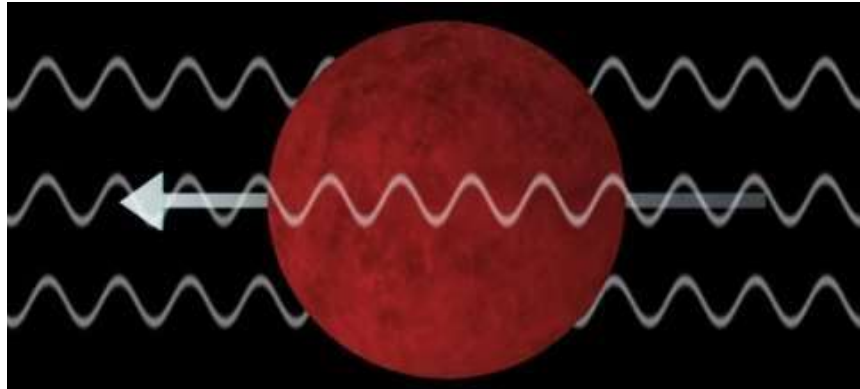
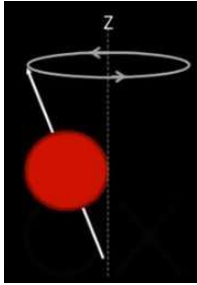
Supstanca	$\alpha$ [dB/cm]	$\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$v$ [m/s]	$Z_c \cdot 10^6$ [kg/m <sup>2</sup> s]
Voda	0.002	0.992	1529	1.50
Mišići	1.65-1.75	1.07	1570	1.68
Masno tkivo	1.35-1.68	0.97	1440	1.40
Kosti	3-10	1.77	3360	6
Krv	0.1	1.01	1550	1.56

U Tabeli su oznake:  $\alpha$  - koeficijent slabljenja,  $\rho$  gustina supstance,  $v$  - brzina prostiranja,  $Z_c$  karakteristična impedansa.

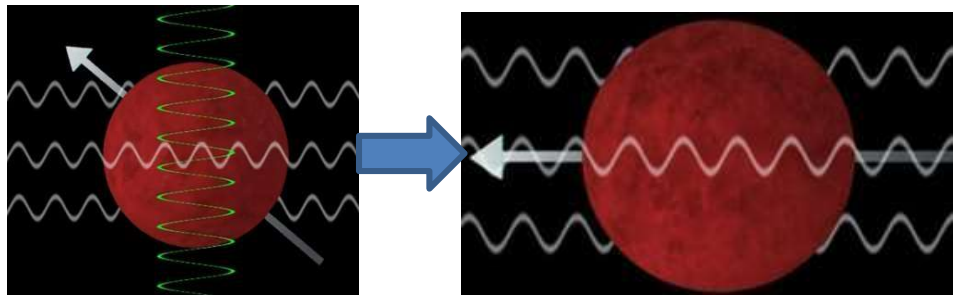


# Vrednost elementa matrice medicinske slike odgovara nekoj fizičkoj veličini.

Stalno magnetno polje 1.5T - 9T

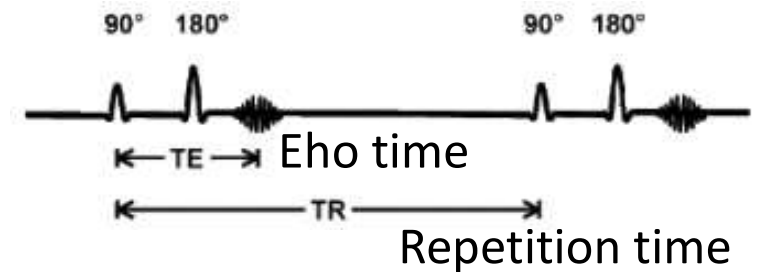


RF polje – prestanak delovanja



Proton oslobadja energiju koju MRI meri

<https://www.youtube.com/watch?v=1CGzk-nV06g>



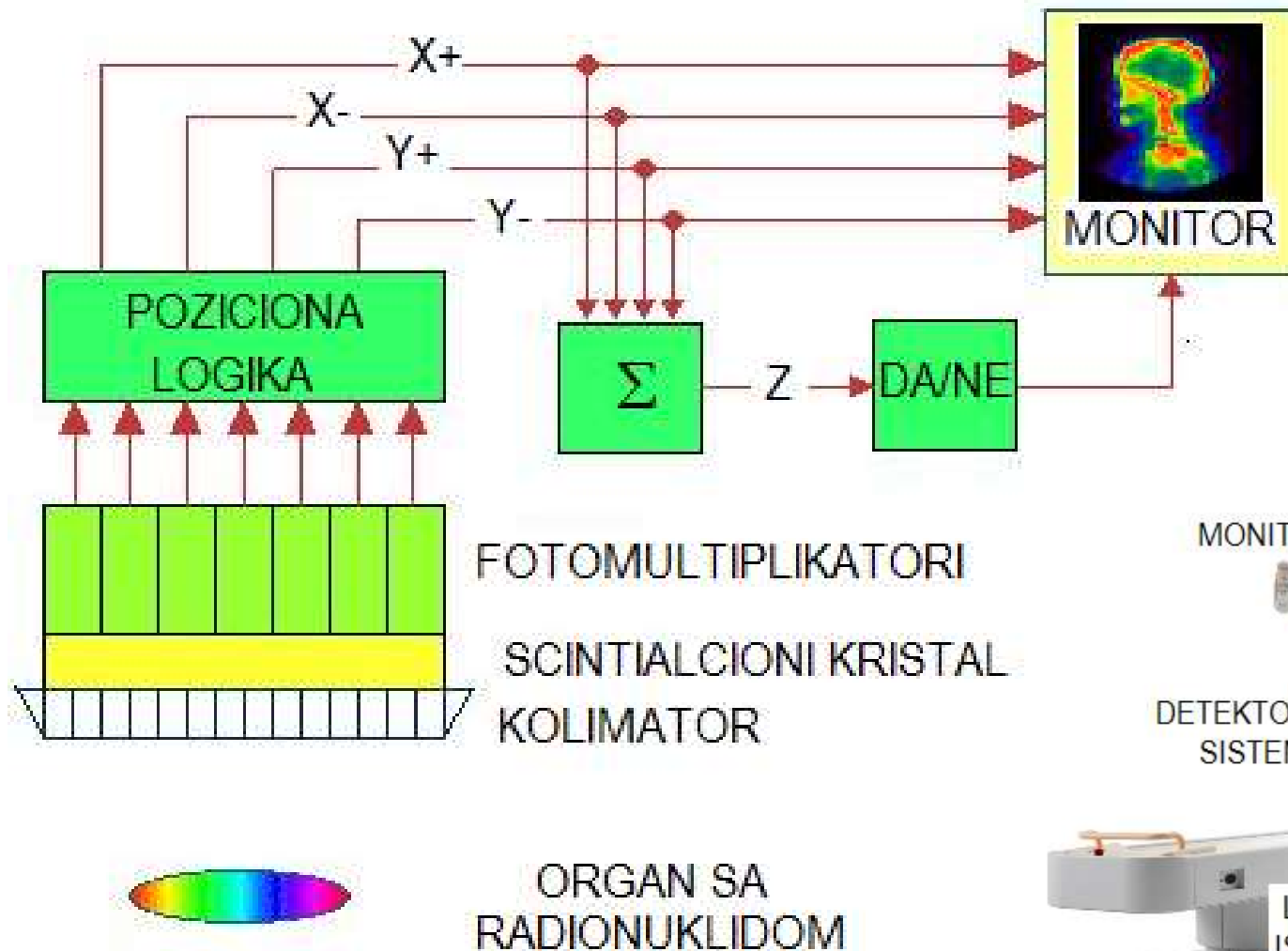
- Kratak  $TR$ /Kratak  $TE \rightarrow T1-W$
- Dug  $TR$ /Kratak  $TE \rightarrow PD-W$
- Dug  $TR$ /Dug  $TE \rightarrow T2-W$

SLIKE DOBIJENE PRIMENOM MAGNETNOM REZONANCOM

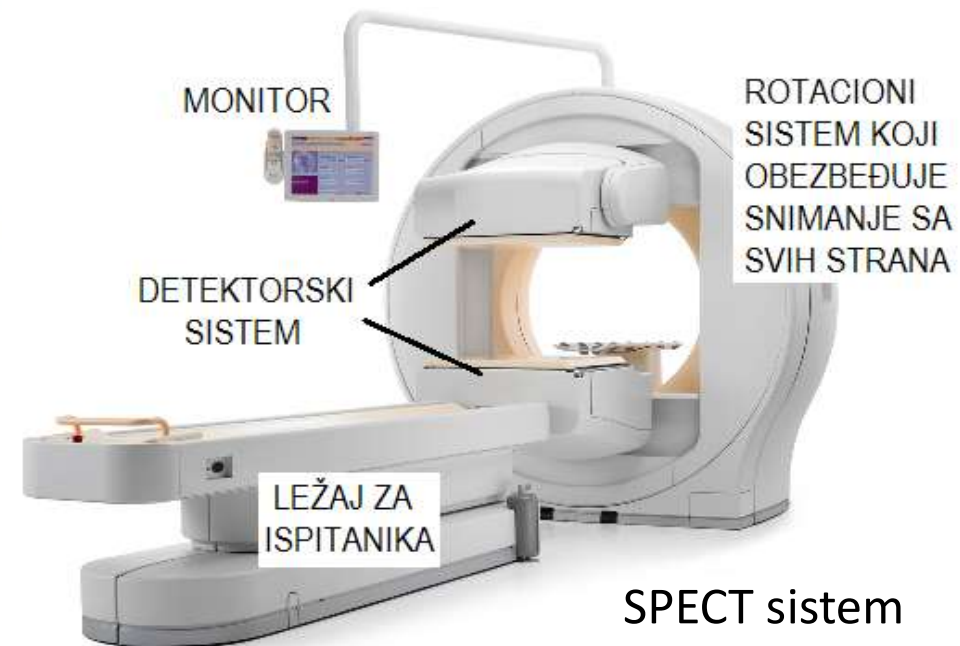
slika pokazuje gustinu vodonika u tkivu i vremenske konstante koji karakterišu rezonanciju

# Vrednost elementa matrice medicinske slike odgovara nekoj fizičkoj veličini.

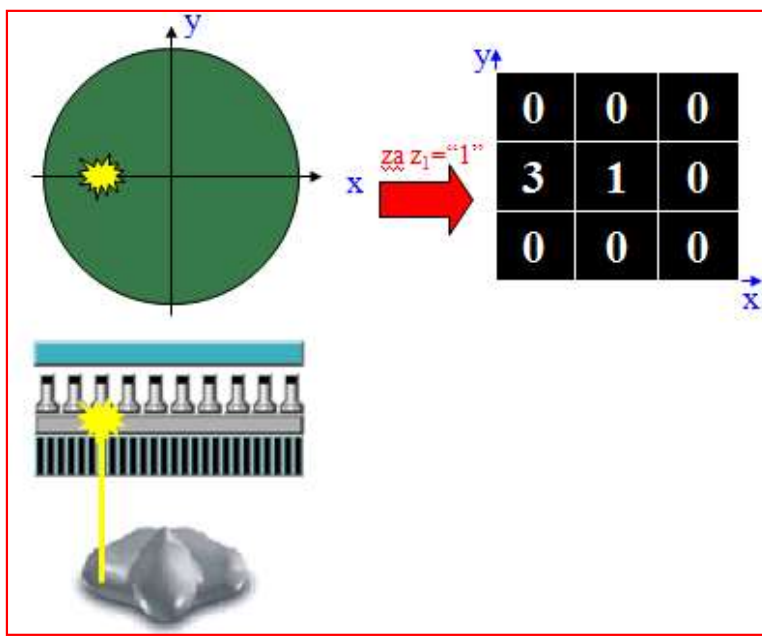
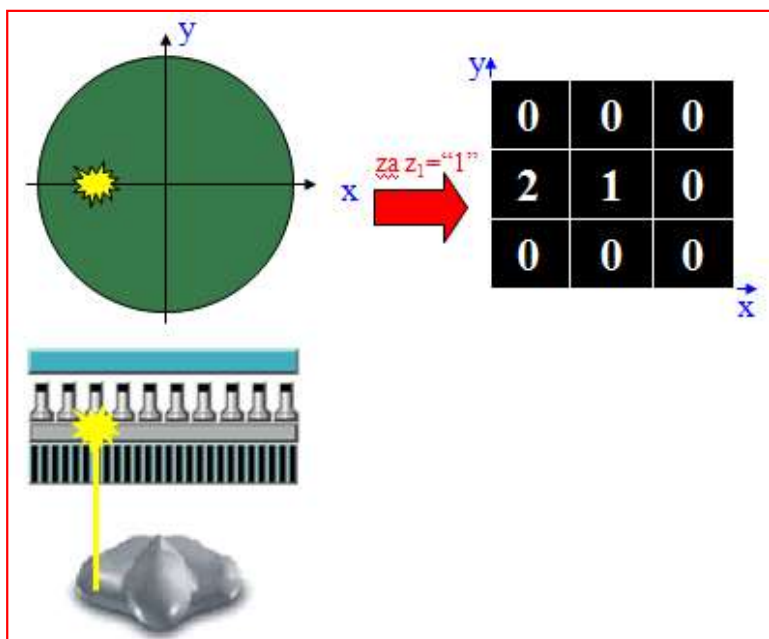
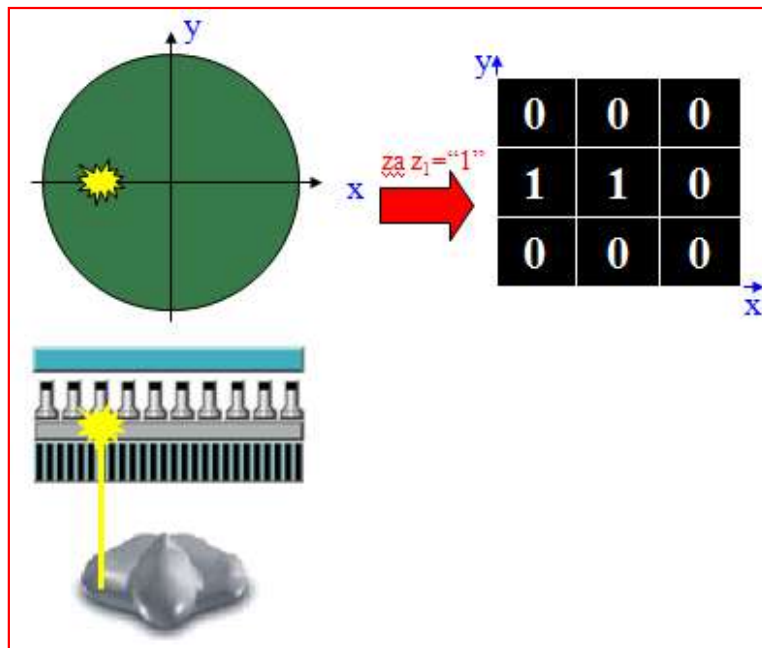
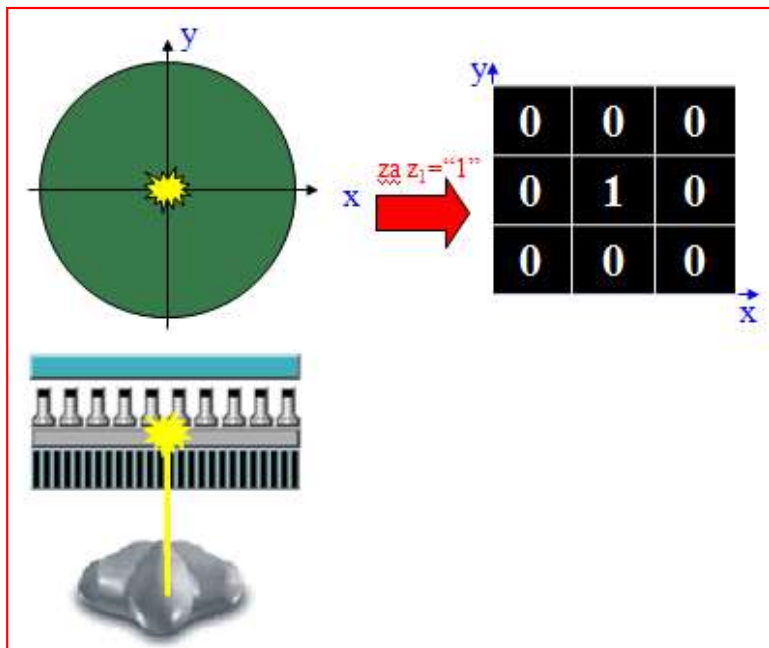
Slika – piksel je srazmeran količini radiofarmaka.



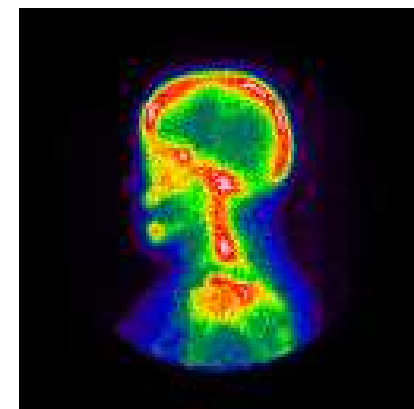
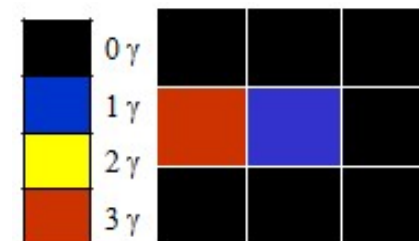
Gama kamera



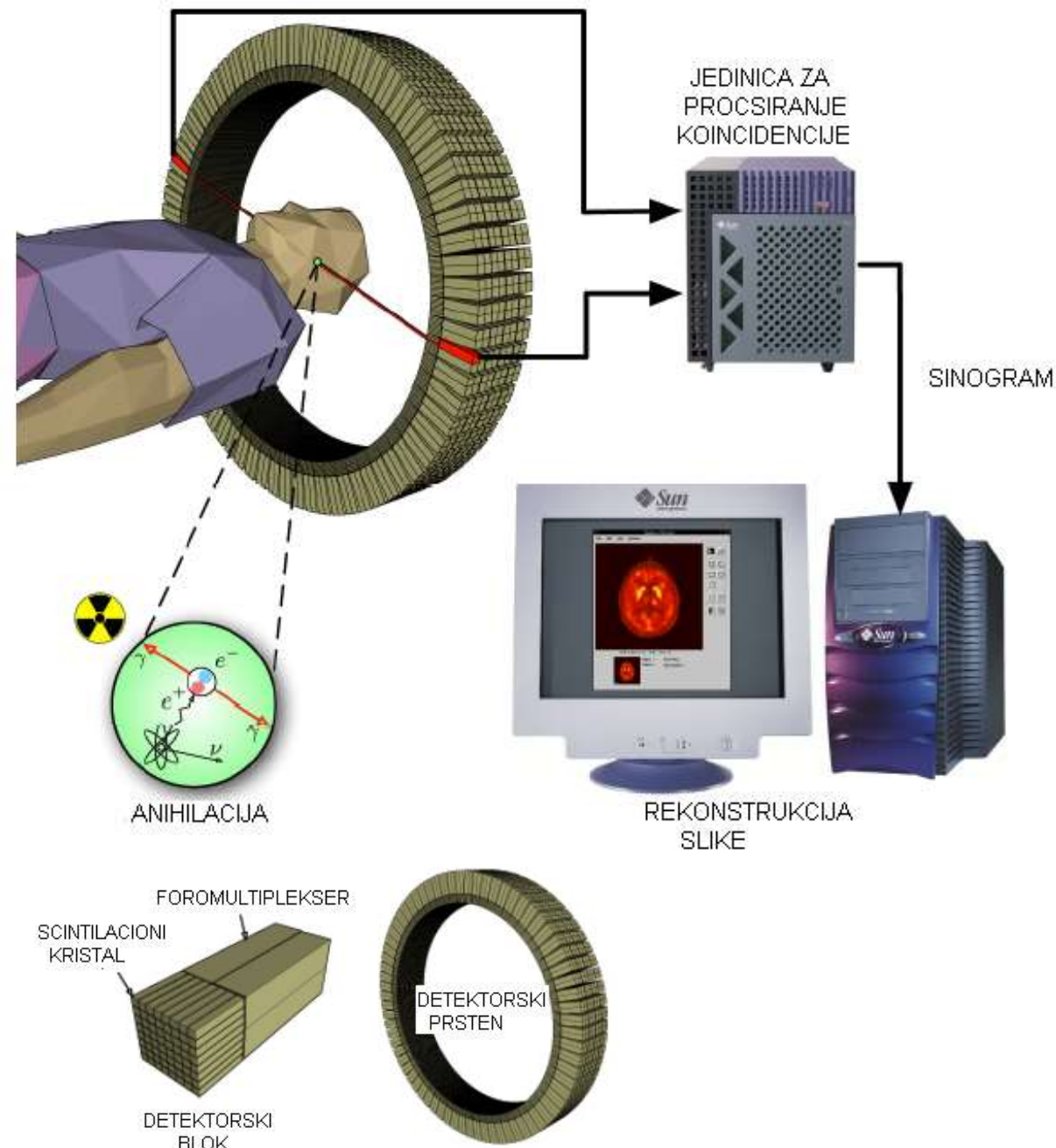
Vrednost elementa matrice medicinske slike odgovara nekoj fizičkoj veličini.



Piksel je broj detektovanih gama fotona.



# Vrednost elementa matrice medicinske slike odgovara nekoj fizičkoj veličini.



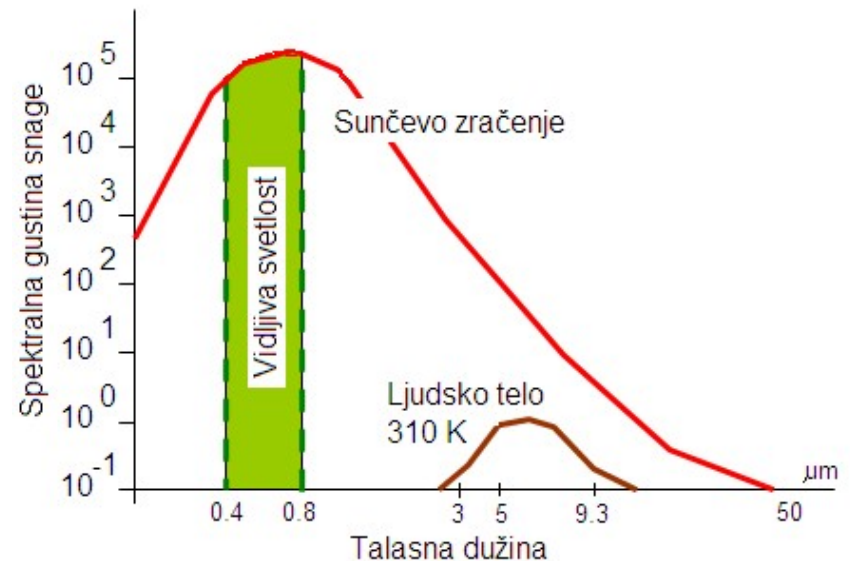
- Injektuju se kratkoživeći radionuklidi.
- Radionuklidi se povezuju sa biološki aktivnim molekulima (npr. fluorodeoxyglukoza (FDG), vreme poluživota  $\approx 1$  h).
- Radionuklidi emituju pozitrone ( $\beta^+$  raspad).
- Emitovani pozitron (nestabilna čestica) prelazi kratko rastojanje i interaguje sa elektronom koji mu je na putu.
- Anihilacija i generisanja para gama fotona koji se prostiru po istom pravcu u suprotnim smerovima.
- Scintilacioni pretvarač detektuje gama fotone.
- Detektuje se linija rasejanja.
- Dobijaju se sinogrami.
- Rekonstrukcija
- Slika – **piksel je srazmeran količini radiofarmaka.**



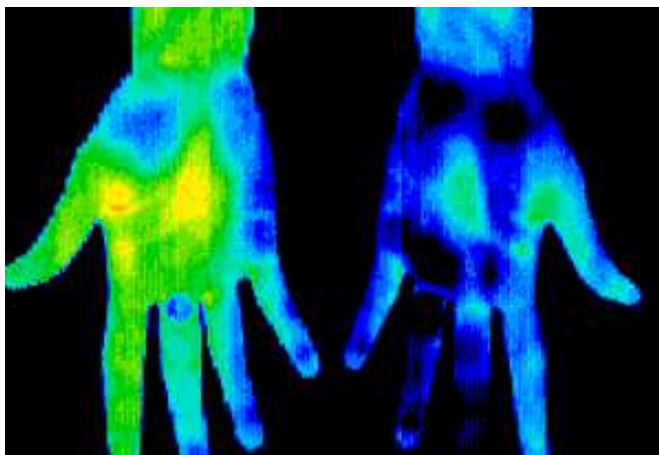
Vrednost elementa matrice medicinske slike odgovara nekoj fizičkoj veličini.



ThermoVision® A40M  
Infrared Camera



Termografija – **raspodela temperature**.  
Maksimalna talasna dužina emisije oko 10  $\mu\text{m}$ ,  
infracrvena svetlost).

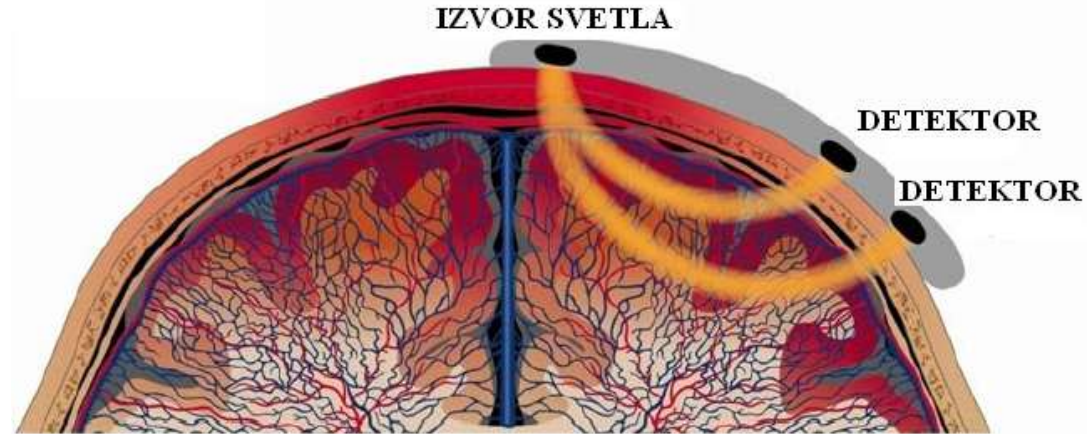


Karpalni tunel (hladni stres test)





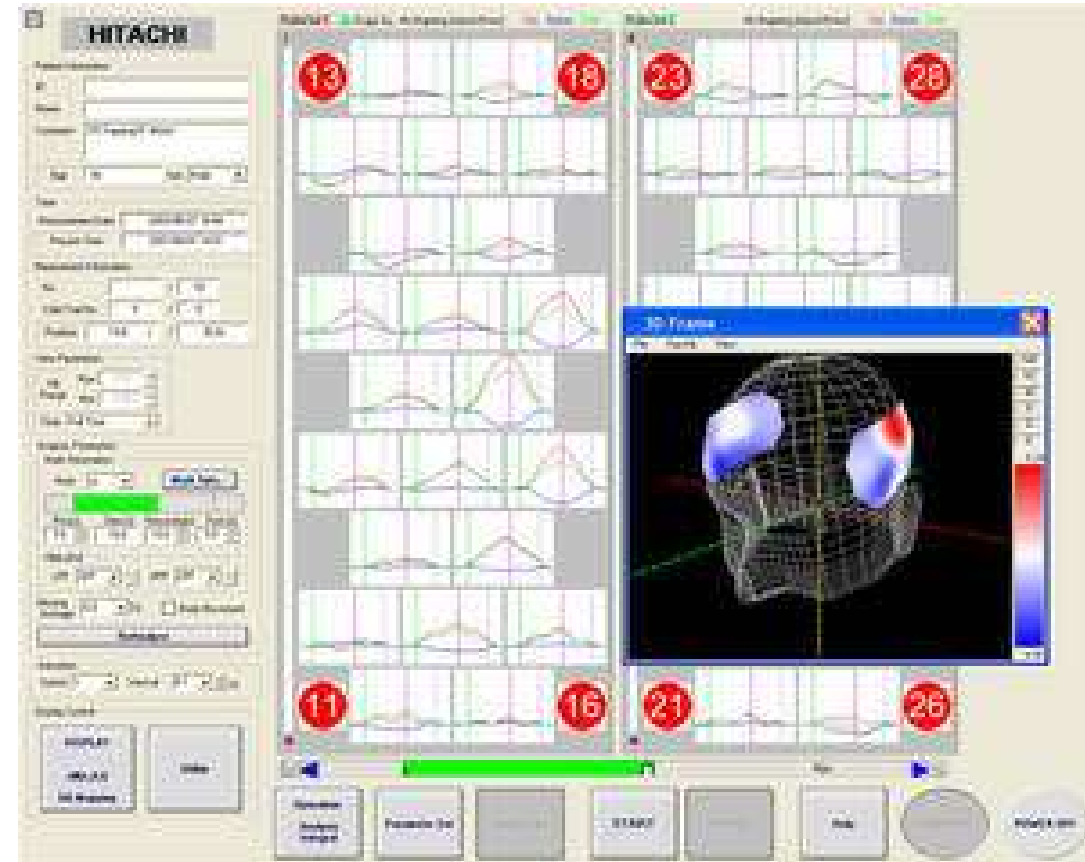
Vrednost elementa matrice medicinske slike odgovara nekoj fizičkoj veličini.



Spektroskopija u domenu učestanosti koje su bliske infracrvenom svetlu (**Near Infrared Spectroscopy** - NIRS).

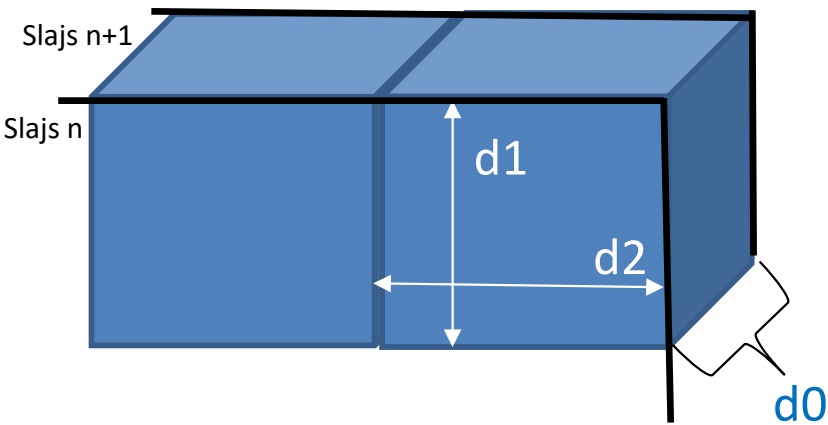
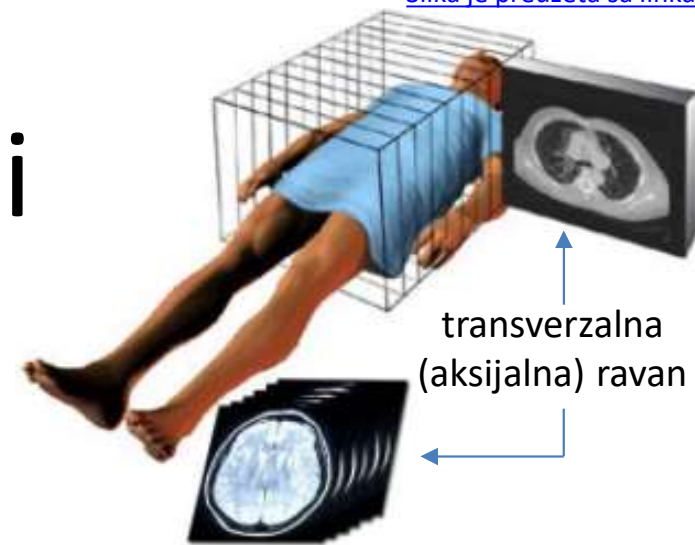
Praćenje **apsorpcije kiseonika** u **korteksu** koristeći optičke osobine hemoglobina u krvi. Meri koncentraciju **oksihemoglobina**, **deoksihemoglobina** i **ukupnog hemoglobina** u krvi.

Oksigenisana krv absorbuje infracrvenu svetlost, a deoksigenisana crvenu.



# Pikseli i vokseli

- Koja je fizička dimenzija piksela i voksela?

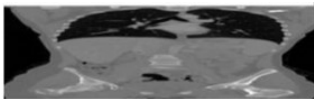


Primer CT volumena:

$0.5 \text{ mm} \times 0.5 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} = d2, d1, d0$

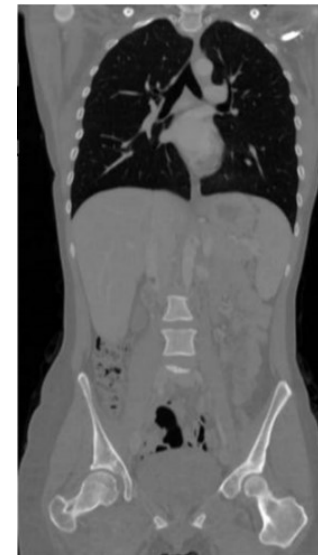
Obično voksel nije izotropan, tj. razmak između slajseva (dubina voksela) je različita od druge dve dimenzije voksela (širine i visine).

CT slika u  
koronalnoj (frontalnoj) ravni



Slika je nastala na osnovu CT slajseva  
načinjenih u transverzalnoj ravni, pa zato  
visina i širina slike nije jednaka!!!

Reformatiranje  
(interpolacija)



Izotropni volumen:  
 $0.5 \text{ mm}^3$

# Nivo sivog i prikaz boja

- $I(x,y) = \rho$   $\rho$  je skalarna vrednost  
 $I(x,y,z) = \rho$

## Skala sivog (slike koje nisu u boji, *grayscale* slike)

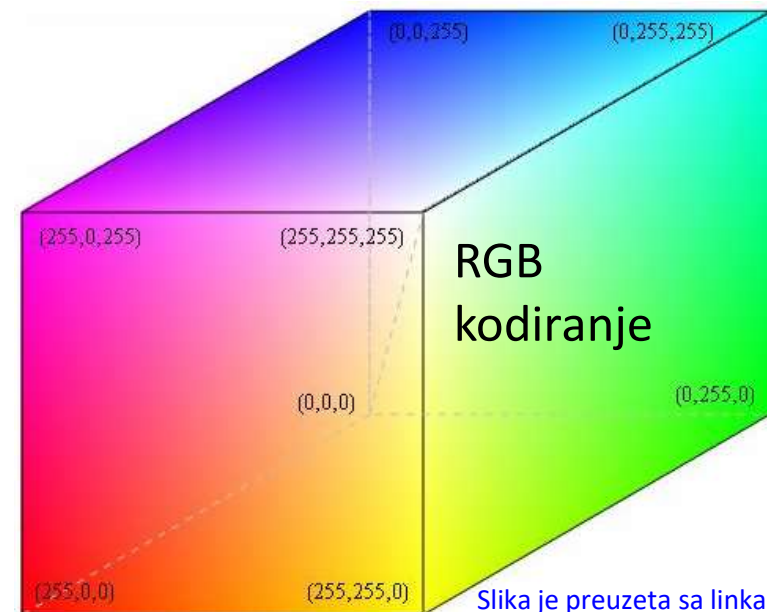
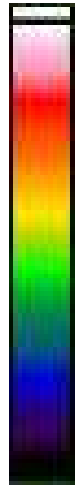
- $\rho$  je nivo sivog
- Bitska dubina (*bit depth*) slike
- Ljudsko oko može da razlikuje 100 nivoa sivog
- 1 bajt dovoljan!  $\rho = 0$  (crna boja),  $\rho = 255$  (bela boja)

Pitanje: Kolika bitska dubina je potrebna za CT sliku čiji elementi imaju vrednost -1000 do 3000 HU?

# Nivo sivog i prikaz boja

## Slike u boji

- *Look up table (LUT)*
- Mešanje osnovnih boja  
(*red*(R), *green* (G), *blue* (B))



[Slika je preuzeta sa linka](#)

# Nivo sivog i prikaz boja

- RGB konverzija u *grayscale*:

$$\rho = (\rho_R + \rho_G + \rho_B)/3$$

Metod usrednjavanja



RGB slika



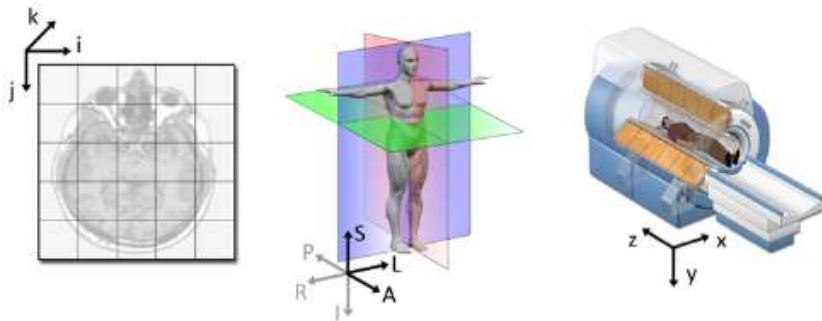
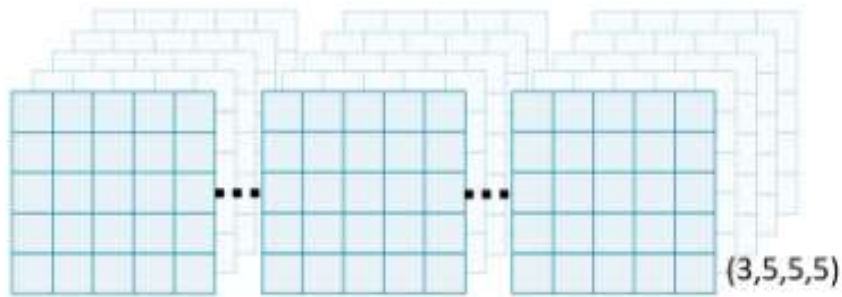
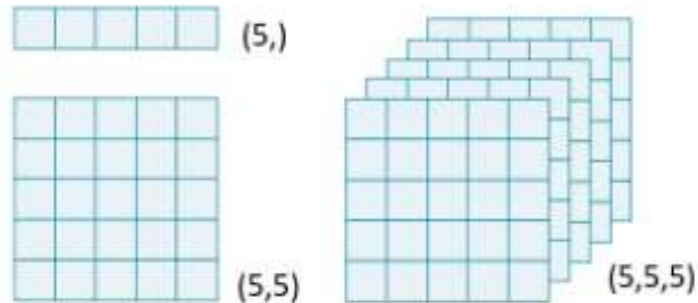
$$\rho = 0.3\rho_R + 0.59\rho_G + 0.11\rho_B$$

Težinski metod ili  
metod osvetljenosti





# Formati fajlova slika



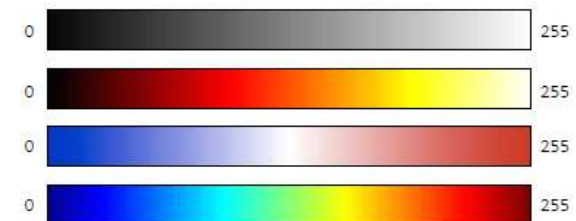
## Meta podaci

- o akviziciji
- o ispitaniku

### Broj bita i tip podataka za enkodiranje:

- signed/unsigned byte (8-bit)
- signed/unsigned short (16-bit)
- signed/unsigned int (32-bit)
- float (32-bit) and double (64-bit)

## Kolormapa



## Veličina matrice

## Prostorna rezolucija

- fizička veličina piksela/voksela

# Formati datoteka “sirovih” podataka

- *Portable Gray Map format (PGM) i BitMap (BMP) formati*

PGM  
primer:

```
P2
# CREATOR: GIMP PNM Filter Version 1.1
472 632
255
4 4 4 2 1 1 0 0 0 0 2 6 12 22 34 48 62 79 92 104
```

## Šta je šta u PGM formatu?

Oznaka PGM formata

# Komentar

Veličina slike m x n u formatu: m n

Maksimum

Vrednosti elemenata matrice redom po redovima matrice slike

**Prednost: jednostavnost. Nedostatak: zauzimaju dosta prostora**

Sofisticiraniji formati uključuju i kompresiju podataka: *Run Length Encoding* (RLE), *Portable Network Graphics* (PNG), *Tagged Image File Format* (TIFF), *Joint Photographic Experts Group* (JPEG) itd.

# DICOM standard

- *Digital Imaging and Communication in Medicine* (DICOM), <https://www.dicomstandard.org/>
- 1993. Definisan od strane *American College of Radiology* (ACR) i *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA)
- Standard za arhiviranje, ali i komunikaciju između modaliteta medicinskog slikanja (*Picture Archiving and Communications Systems*, PACS)

Select DICOM Tags (IM-0001-0001.dcm)



# DICOM datoteka

DICOM tag list

DICOM file index 0

	Group ID	Tag ID	Tag Name	Tag Type	Tag Value
<input type="checkbox"/>	0x0002	0x0000	File Meta Information Gr	UL	194.000000
<input type="checkbox"/>	0x0002	0x0001	File Meta Information Ve	OB	0.000000\1.000000
<input type="checkbox"/>	0x0002	0x0002	Media Storage SOP Class	UI	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.2
<input type="checkbox"/>	0x0002	0x0003	Media Storage SOP Instai	UI	1.3.12.2.1107.5.1.4.36085.4.0.134573
<input type="checkbox"/>	0x0002	0x0010	Transfer Syntax UID	UI	1.2.840.10008.1.2.1
<input type="checkbox"/>	0x0002	0x0012	Implementation Class UII	UI	1.3.6.1.4.1.19291.2.1
<input type="checkbox"/>	0x0002	0x0013	Implementation Version	SH	OSIRIX001
<input type="checkbox"/>	0x0002	0x0016	Source Application Entity	AE	OSIRIX
<input type="checkbox"/>	0x0008	0x0005	Specific Character Set	CS	ISO_IR 100
<input type="checkbox"/>	0x0008	0x0008	Image Type	CS	ORIGINAL\PRIMARY\AXIAL\CT_SOI
<input type="checkbox"/>	0x0008	0x0016	SOP Class UID	UI	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.2
<input type="checkbox"/>	0x0008	0x0018	SOP Instance UID	UI	1.3.12.2.1107.5.1.4.36085.4.0.134573
<input type="checkbox"/>	0x0008	0x0020	Study Date	DA	2004-03-04
<input type="checkbox"/>	0x0008	0x0021	Series Date	DA	2004-03-04
<input type="checkbox"/>	0x0008	0x0022	Acquisition Date	DA	2004-03-04
<input type="checkbox"/>	0x0008	0x0023	Content Date	DA	2004-03-04
<input type="checkbox"/>	0x0008	0x0030	Study Time	TM	12:26:00.979000

Select all Select none OK

Select DICOM Tags (IM-0001-0001.dcm)

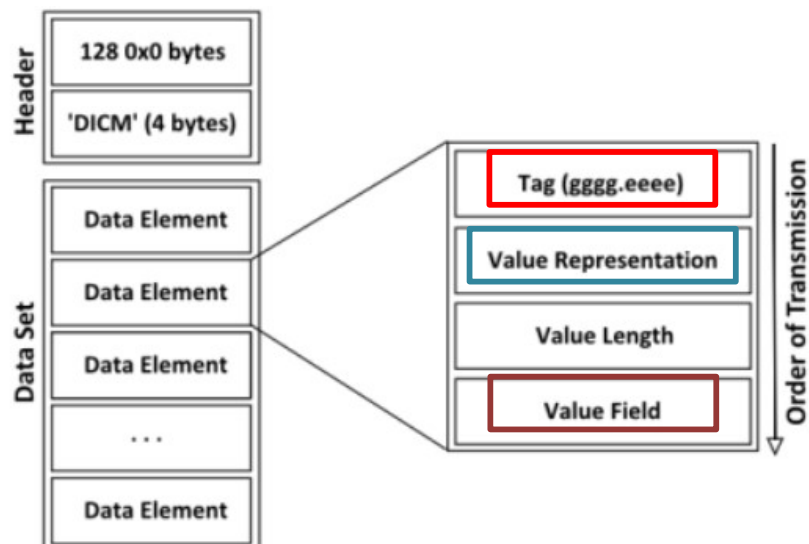


DICOM tag list

DICOM file index 0

	Group ID	Tag ID	Tag Name	Tag Type	Tag Value
<input type="checkbox"/>	0x0008	0x0031	Series Time	TM	12:26:47.866000
<input type="checkbox"/>	0x0008	0x0032	Acquisition Time	TM	12:26:57.470004
<input type="checkbox"/>	0x0008	0x0033	Content Time	TM	12:26:57.470004
<input type="checkbox"/>	0x0008	0x0050	Accession Number	SH	1657271
<input type="checkbox"/>	0x0008	0x0060	Modality	CS	CT
<input type="checkbox"/>	0x0008	0x0070	Manufacturer	LO	SIEMENS
<input type="checkbox"/>	0x0008	0x0080	Institution Name	LO	UCLA PET/CT
<input type="checkbox"/>	0x0008	0x0081	Institution Address	ST	Street City/30CE62/ District Country
<input type="checkbox"/>	0x0008	0x0090	Referring Physician's Nar	PN	BLACKWELL KEITH E M.D.
<input type="checkbox"/>	0x0008	0x0101	Station Name	SH	CT36085
<input type="checkbox"/>	0x0008	0x0130	Study Description	LO	Neck^1HEAD_NECK_PETCT
<input type="checkbox"/>	0x0008	0x013E	Series Description	LO	CT HEAD/NK 5.0 B30s
<input type="checkbox"/>	0x0008	0x0190	Manufacturer's Model N	LO	Emotion Duo
<input type="checkbox"/>	0x0008	0x0110	Referenced Study Sequer	SQ	
<input type="checkbox"/>	0x0008	0x0111	Referenced Performed P	SQ	

Select all Select none OK Cancel



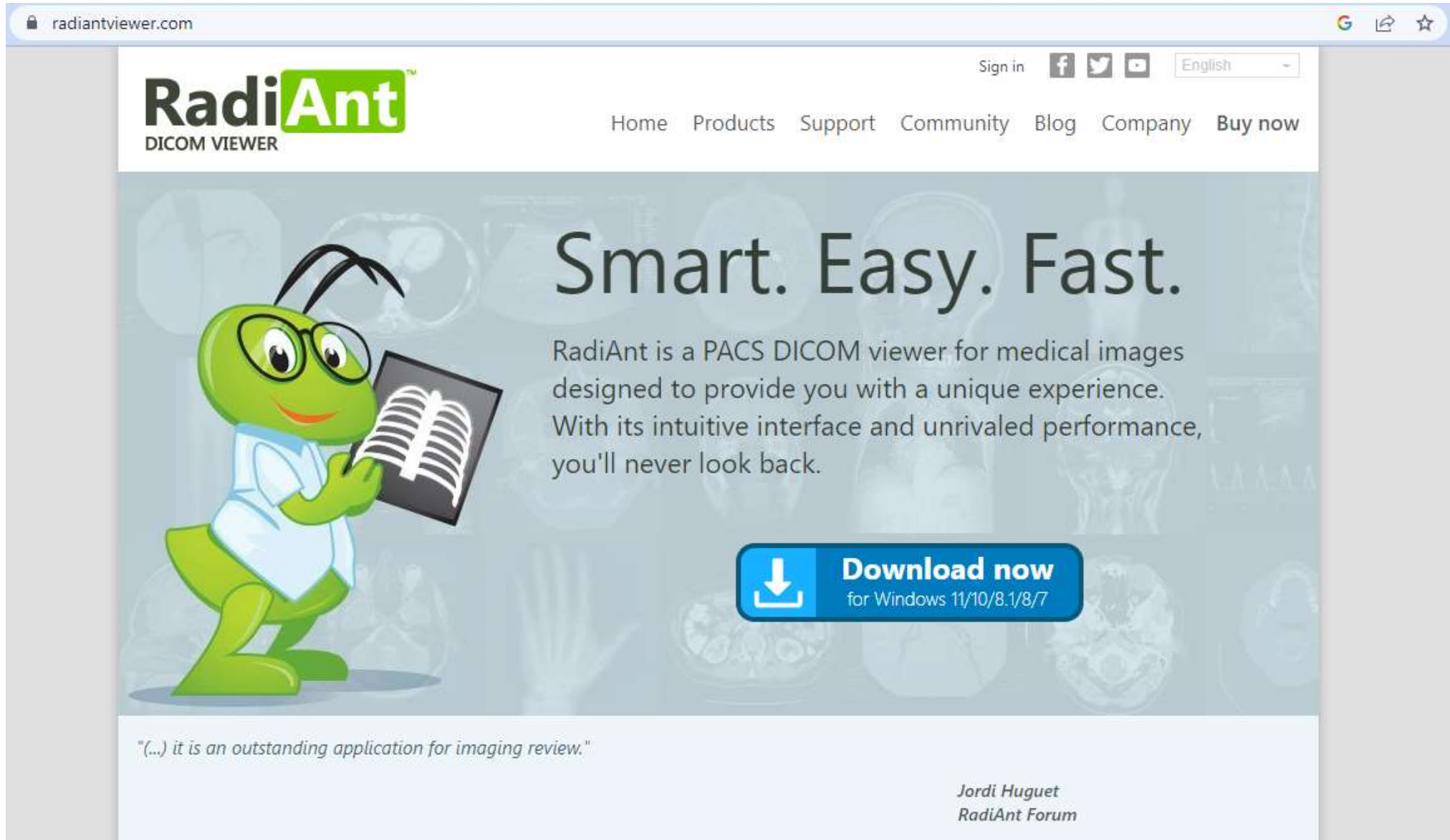
[http://199.116.233.101/index.php/DICOM\\_Structure\\_and\\_Interfaces](http://199.116.233.101/index.php/DICOM_Structure_and_Interfaces)



# Čitanje DICOM fajlova u Matlab-u: dicomread i dicominfo funkcije

Jeff Mather (2023). DICOM Example Files (<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/2762-dicom-example-files>), MATLAB Central File Exchange. Retrieved March 9, 2023.

## Čitanje DICOM fajlova u profesionalnim DICOM Viewer-ima



The screenshot shows the homepage of the RadiAnt DICOM Viewer website. The browser address bar displays "radiantviewer.com". The website header includes the "RadiAnt DICOM VIEWER" logo on the left, a "Sign in" link and social media icons (Facebook, Twitter, YouTube) on the right, and a language dropdown set to "English". A navigation menu with links for "Home", "Products", "Support", "Community", "Blog", "Company", and "Buy now" is positioned below the header. The main content area features a large, light blue background with faint medical image patterns. On the left, a green cartoon ant wearing glasses and a white lab coat holds a tablet displaying a ribcage X-ray. To the right of the ant, the text "Smart. Easy. Fast." is prominently displayed in a large, dark font. Below this, a paragraph describes RadiAnt as a PACS DICOM viewer designed for a unique experience with an intuitive interface and unrivaled performance. A blue button with a white download icon and the text "Download now for Windows 11/10/8.1/8/7" is located at the bottom right of the main content area. At the very bottom, a quote from Jordi Huguet of the RadiAnt Forum states: "(...) it is an outstanding application for imaging review."

radiantviewer.com


Sign in f t y English

**RadiAnt**  
DICOM VIEWER

Home Products Support Community Blog Company Buy now

# Smart. Easy. Fast.

RadiAnt is a PACS DICOM viewer for medical images designed to provide you with a unique experience. With its intuitive interface and unrivaled performance, you'll never look back.

 **Download now**  
for Windows 11/10/8.1/8/7

*"(...) it is an outstanding application for imaging review."*

Jordi Huguet  
RadiAnt Forum

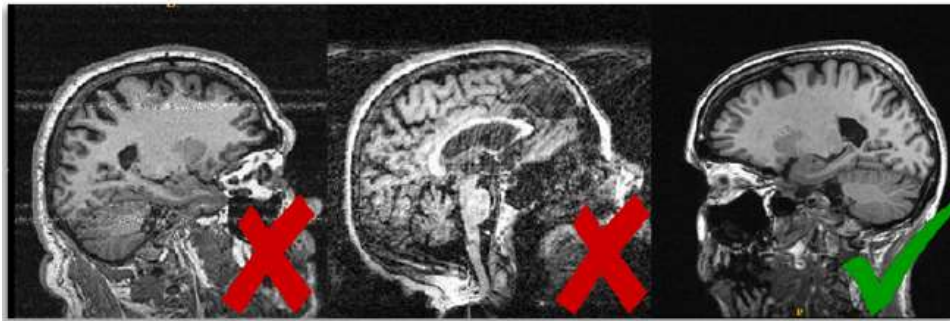


# Kvalitet slike

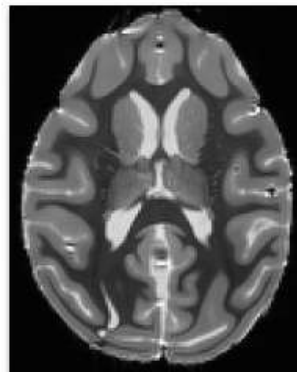
Kvalitet slike spram komfora pacijenta  
(kvalitetnija slika je pri dužoj akviziciji)

Glavni kriterijumi kvaliteta slike su:

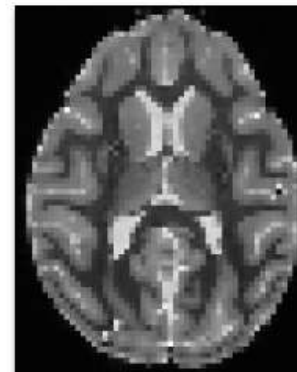
✓ Prisustvo artefakta



✓ Prostorna rezolucija



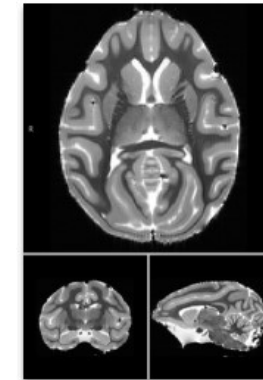
0.5 x 0.5 x 0.5 mm



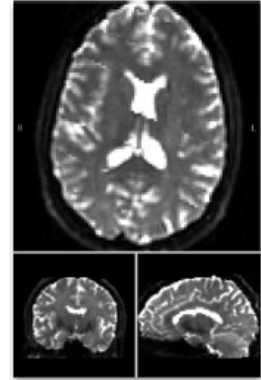
1.0 x 1.0 x 1.0 mm

✓ Nivo šuma

✓ Kontrast



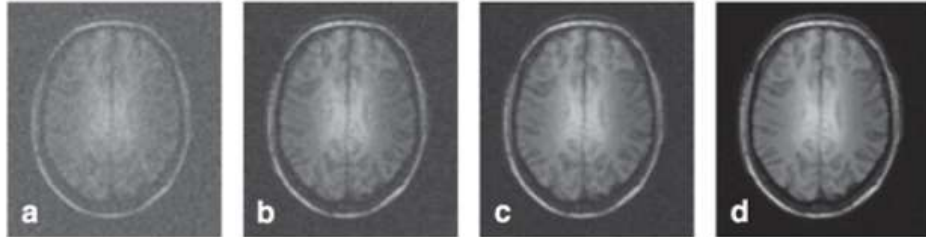
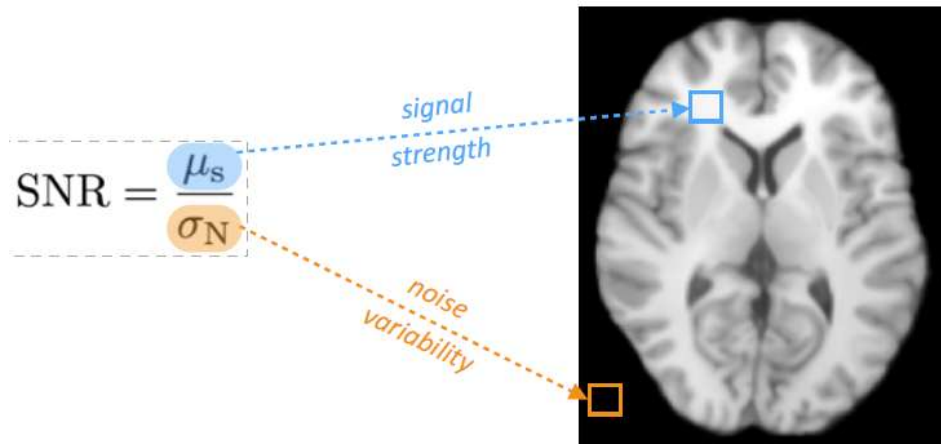
Majmun,  
nedelju dana



Čovek,  
25 min

# Kvalitet slike

Nivo šuma (*Signal-to-noise ratio, SNR*)



Usrednjavanje povećava SNR

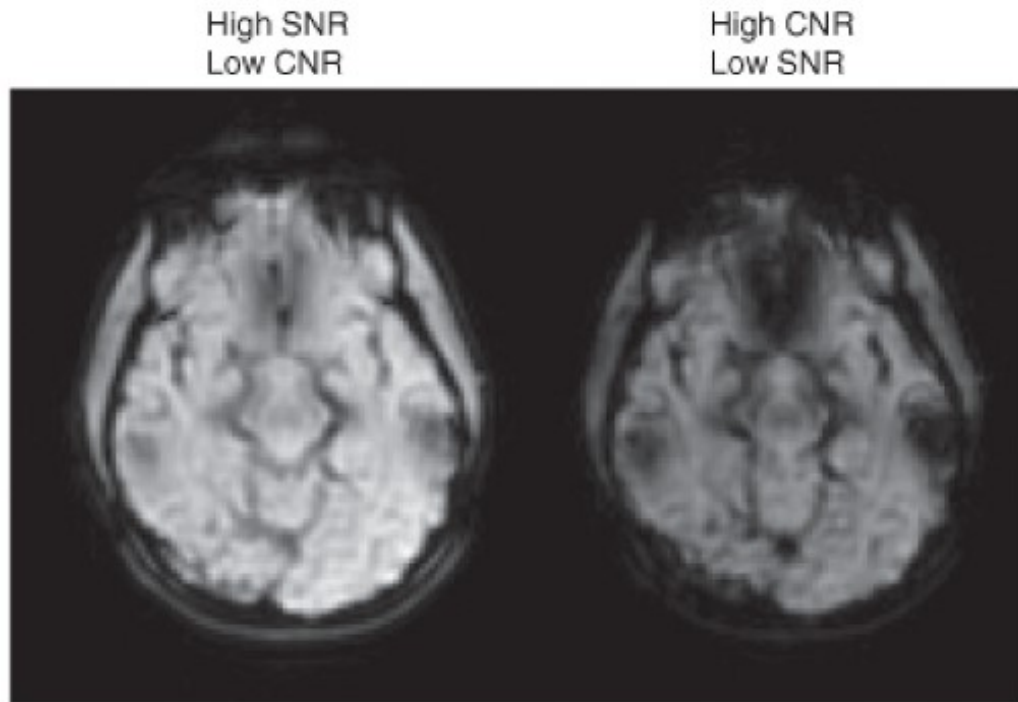
Kontrast (*Contrast-to-noise ratio, CNR*)

$$CNR_{AB} = \frac{C_{AB}}{\sigma_N} = \frac{|S_A - S_B|}{\sigma_N}$$

Kontrast, tj. razlika intenziteta signala u regiji A i regiji B (npr. maksimuma i minimuma)

Standardna devijacija šuma slike

[Slika je preuzeta sa linka](#)



# Primeri u Matlab/Octave

- Slediti korake date u uputstvo\_Predstavlanje\_slike.pdf iz direktorijuma primeri\_Matlab.

