

Bildgivande system och digitala bilder

Rolf Heckemann

Avdelningen för radiofysik, Göteborgs Universitet

Mål med kursen

- Grundläggande begrepp om bildgivande system
- Förmåga att kommunicera ingenjörens perspektiv när det gäller bild- och bildsystem till andra sjukhuspersonal (sjuksköterskor, läkare)
- Utvärdera, optimera bildkvalitet
- Förberedda kommande kurser / vidare studier

Viktiga egenskaper av en bild

En bild visar en objekt – eller inte...

- Spatiell upplösning
- Kontrastupplösning
- Brus
- Förvrängning (distortion)
- Artefakter
- Visning
- Tolkning

Bildgivningskedjan

- Objekt/scen
- Bildgivande system
- Rådata
- Bild
- Display



```
00000000 00ff 00ff 1000 4040 4040 0100 0301 4000
00000010 4000 0000 f0ff 4700 0040 0506 7320 3560
00000020 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
00000030 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
00000040 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
00000050 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
00000060 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
00000070 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
00000080 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
00000090 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
000000a0 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
000000b0 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
000000c0 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
000000d0 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
000000e0 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
000000f0 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
```



Kursen i kontext

- Bildgivningssystemer
- Linjär systemteori
- Fourieranalys
- Bildbehandling
- Tomografirekonstruktion
- Bildkvalitetsvärdering
- Bildvisning
- Bildkvalitetsvärdering med observatörer

Kurslitteratur: Kursbücher

- Gonzalez & Woods: Digital Image Processing
- Dance et al.: Diagnostic Radiology Physics: A Handbook for Teachers and Students. IAEA Download

Kurslitteratur: Övrigt material

- Båth: Evaluating imaging systems: practical applications. Download
- Båth: Linear-Systems Analysis. Download (GU)
- Månsson: Methods for the evaluation of image quality: a review. Download (GU)
- Ståhlberg: Bildbehandling och bildgenerering inom radiofysiken. Del 2. Karaktäristik av bildgivande system.

Läshänvisningar – denna föreläsning

- Gonzalez & Woods; kap 1,2 (och 8)
- IAEA; kap 4, 16 (översiktlig)

Digitala bilder:

Grundläggande begrepp

Definition bild

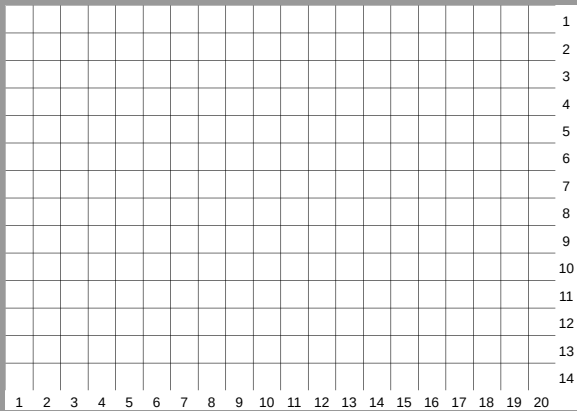
Visuell representation i en medium av en objekt

Definition digital bild

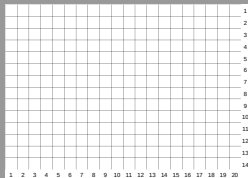
- Grafiskt objekt kodat i digital form
 - (Vektorgrafik)
 - Punktuppbyggda

Punktuppbyggda 2D bilder

- Punkter (bildelement, pixels) som är ordnade i rader (bredd eller längd)
- Rader som är ordnade i en rektangulär gitter/raster
- 2D matris, bredd $\times$ längd

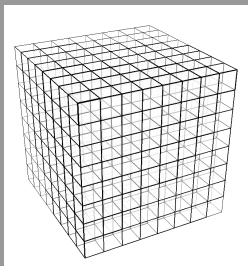


- Varje bildpunkt ges ett numeriskt värde
- T.ex. ett gråvärde



Punktuppbyggda volymbilder (3D)

- Gitter kan representera skivor som tillsammans fyller ett rätblock (3D matris, bredd $\times$ längd $\times$ djupt)



Flera dimensioner

- Tid (video)
- Två eller flera kanaler + modaliteter + belysningar + spektralnivåer + ...

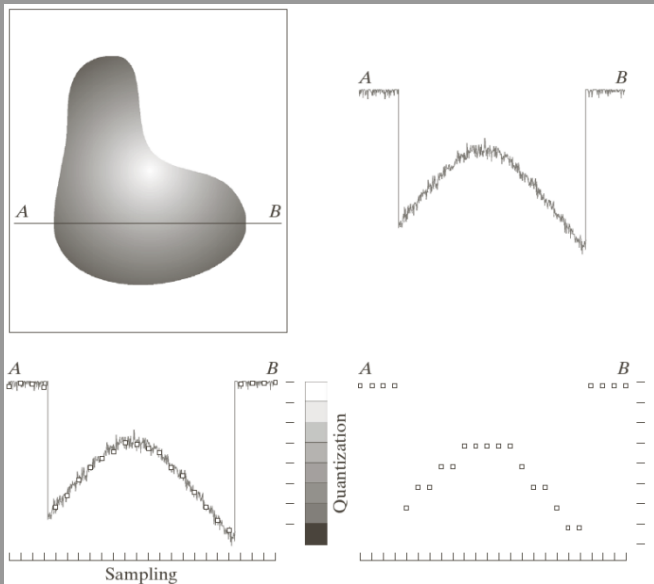
Vad är det för speciellt med digitala bilder?

- Hantering (lagring, överföring, behandling) i datorer och nätverk
- Granskning på monitorer
- Manipulation (framhäva egenskaper i bilden)
- Utvärdering (delvis kvantitativ)

Bildgivning

- Fysikaliska sonder
 - Röntgenstrålning
 - Ultraljud
 - Radiofrekvensstrålning
 - Radioaktivt spårämnen
 - m.m.
- Objektets svar varierar spatiellt
- Mätning av svaret med lämpliga mottagare
- Numerisk kartläggning till en matris:
 - Sampling
 - Kvantisering

Sampling och kvantisering



Bildmatris

- Picture elements $\rightarrow$ pixels
- Pixels på 3D $\rightarrow$ voxels
- Gråskalebilder: varje element tar ett värde (enkanal)
- Färgbilder: varje element tar tre (fyra, mer) värden (flerkanal)

Bildmatrisens storlek

uttryckas i

- Pixelbredd (kolumner) och -höjd (rader) (1920×1080)
- Pixelantal (2 megapixels = 2 MP)
- Pixelhöjd (720p, 1080i)
- Pixelbredd (“2K” = 2048 pixels; “4K” = 3840 pixels)

Typiska storleker

- CT 512x512, 1024x1024
- Angiografi 1024x1024
- Röntgen (projektion): 2000x2500
- Mammografi: 4000x5000
- Nuklearmedicin: 256x256
- MR: 256x256 (huvud), 512x512 (bröstkorg/abdomen)

Relation mellan pixelstorlek och detaljvy

Detaljupplösning: $\text{FWHM} > 3 \times \text{pixelstorleken}$, dvs.

Ett detaljobjekt av 1 mm diameter ses om pixlar är 0.3 mm eller mindre

Kontrastdjup

- Pixeldjup, bitdjup
- Maximala antalet unika värden i en pixel
- Uttrycks i antal bitar
- T. ex. $8 \text{ bit/pixel} = 2^8 = 256$ gråskalesteg

Bildens lagringsutrymme

- Uttrycks i **byte** = 8 bitar
- Eller multipler, e.g. kilo (1000/1024), mega (1.000.000 / 1.048.576) etc.
- Multiplicera antalet bildpunkter med antalet byte per bildpunkt:
 - Matrix 2K - $2048 \times 2048 = 4.194.304$ bildpunkter
 - Pixeldjup 2 byte = 16 bit
 - Lagringsutrymme $4.194.304 \times 2 = 8.388.608$ byte ~ 8 MB

Datakomprimering

- Komprimering minska lagrade storlek
- Icke-förstörande (**lossless**)
 - ursprungliga data kan återskapas
 - samma metoder som vanlig datakomprimering
- Förstörande (**lossy**)
 - Raderar en del av information
 - Förlust av skärpa eller detalj

Exempel lossless compression

En sekvens av likadana data i följd ersätts av en beskrivning av antalet förekomster

- Ex. AAAAAAABBBCCCCCCCCC blir 6A3B8C
- Effektiv för bildfiler med stora områden med samma pixelvärde
- Ineffektiv om kontrastdjupet är stort
- Ineffektiv om bilden har brus

2304 kByte bild, JPEG-komprimerad (*lossy*) till 156 kByte



2304 kByte bild, JPEG-komprimerad till 32 kByte



2304 kByte bild, JPEG-komprimerad till 20 kByte





Filformat för bilder

- BMP
- PNG
- GIF
- TIFF
- JPEG
- DICOM

BMP

- **BITMAP**
- Okomprimerad
- DOS/Windows
- Obsolet

GIF

- Graphics Interchange Format
- Lossless
- Kan innehålla max. 256 färger
- Stöd för animationer

PNG

- **P**ortable **N**etwork **G**raphics
- Lossless
- Ersättning för (statisk) GIF
- Komplex format med bra stöd i många mjukvaror
- Inga animationer (utökad till MNG)

TIFF

- Tagged Image File Format
- Komplex, många varianter
- Stöd för olika kompressionsmetoder (lossy/lossless)

JPEG

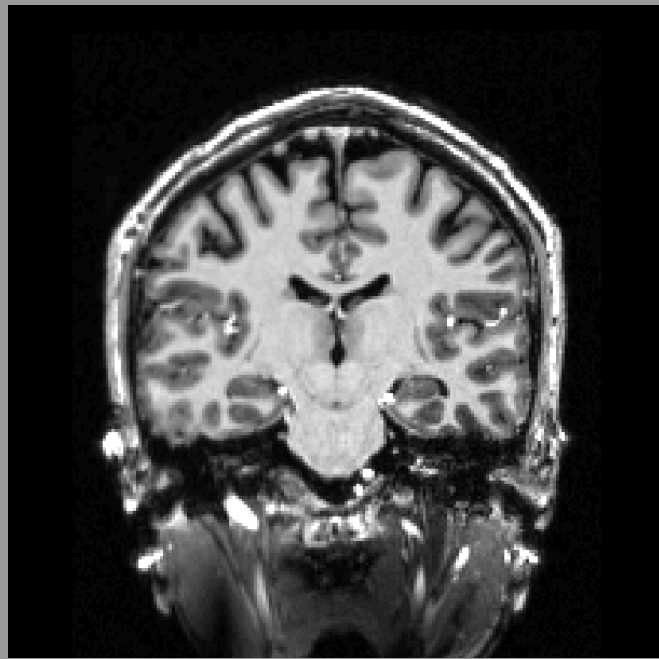
- **J**oint **P**hotographic **E**xperts **G**roup
- Komprimeringsmetod, lossy
- **JFIF JPEG File Interchange Format**

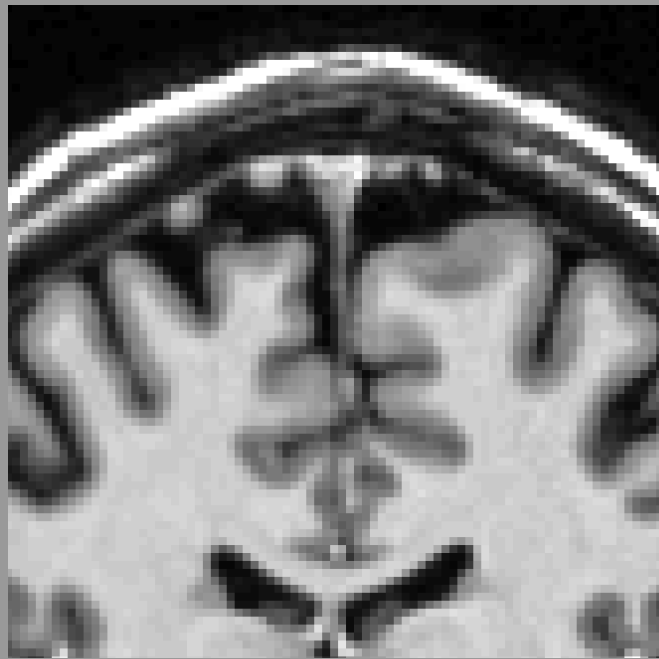
DICOM

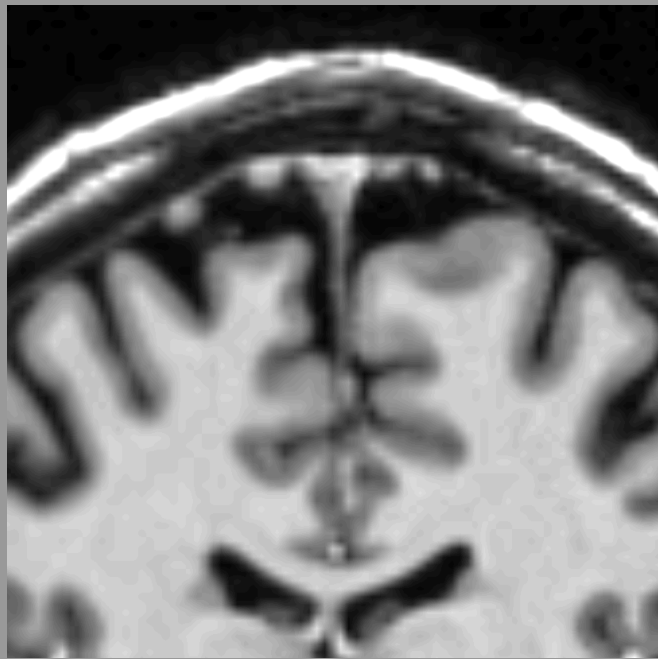
- **D**igital **I**maging and **C**ommunications in **M**edicine
- Filformat plus
- Kommunikationsprotokol plus
- Standard för
 - Lagring
 - Hantering
 - Utskrift
 - Överföring av medicinska bilder

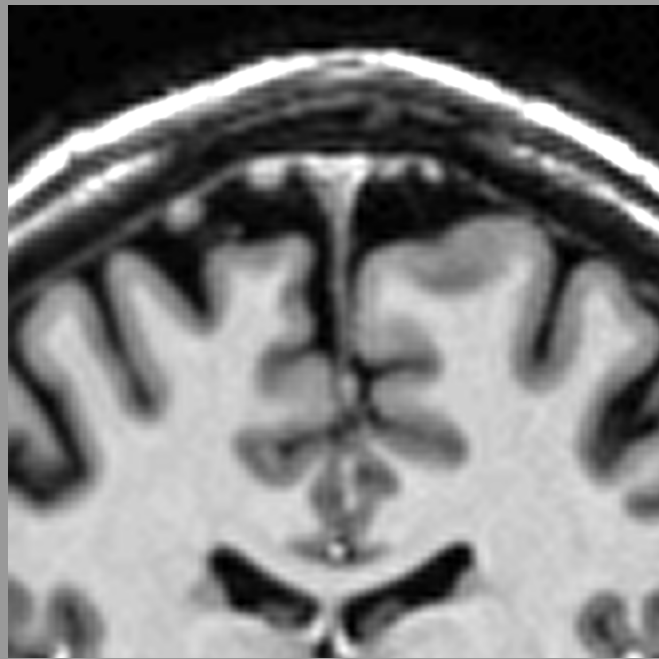
Resampling/interpolation

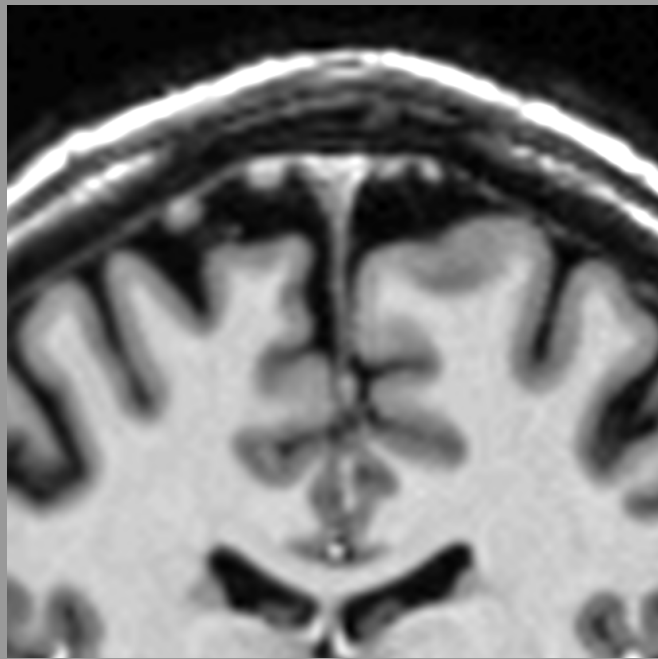
- Ny beräkning av en bild med en ny raster
- Nya platserna sammanfalla inte nödvändigtvis med den gamla
- Värden på nya platser beräknas med interpolation
 - nearest neighbour
 - linear
 - cubic
 - spline







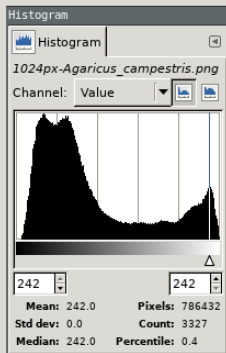




Histogram

Matrixvärden $\rightarrow$ frekvenstabell $\rightarrow$ stapeldiagram

Histogram



Grundläggande bildkvalitetsmått

Sätt på vilka en bild kan vara dålig

- Låg spatiell upplösning
- Låg kontrastupplösning
- Hög brus
- (Geometrisk förvrängning)
- (Bilden visas inte optimalt)
- (Bilden visar inte vad det borde visa)

Spatiell upplösning

- Förmåga att skilja två objekt ifrån varandra
- Kan anges på olika sätt
 - Minsta avståndet mellan två linjer som kan skiljas åt
 - FWHM för en avbildad linje eller punkt
 - Subjektiva mått – t.ex. intryck av skärpa

Spatiell upplösning mot pixelstorleken

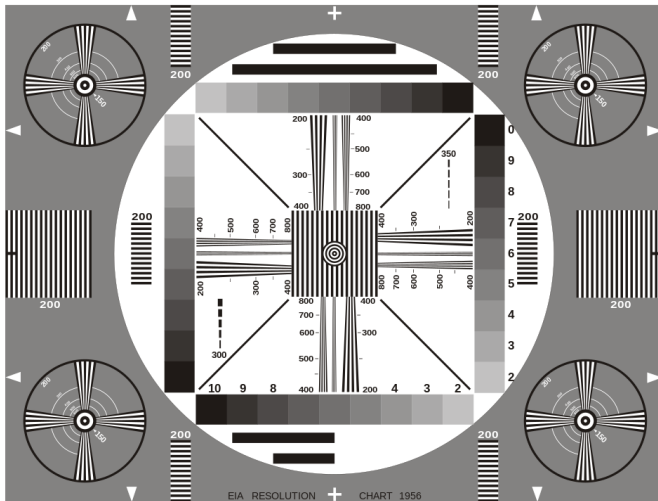
I digitala system, upplösning kan inte vara bättre än pixelstorleken.

Men den kan vara värre!

Pixelstorleken är inget bra mått (bara som gränsvärde)

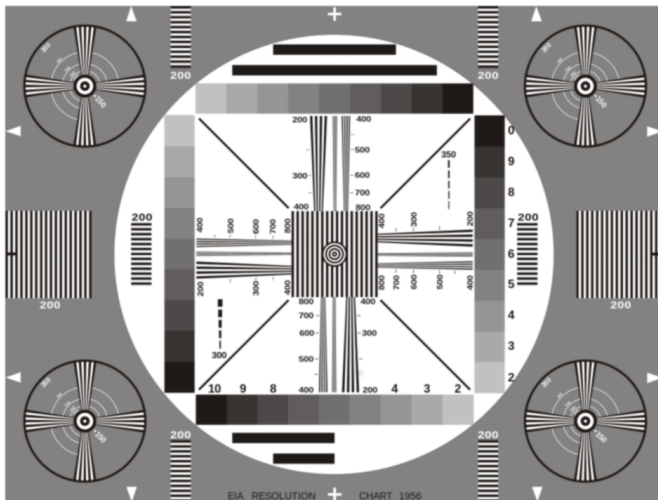
EIA mönster

Vektorgrafik konverterad till PNG 990 × 765



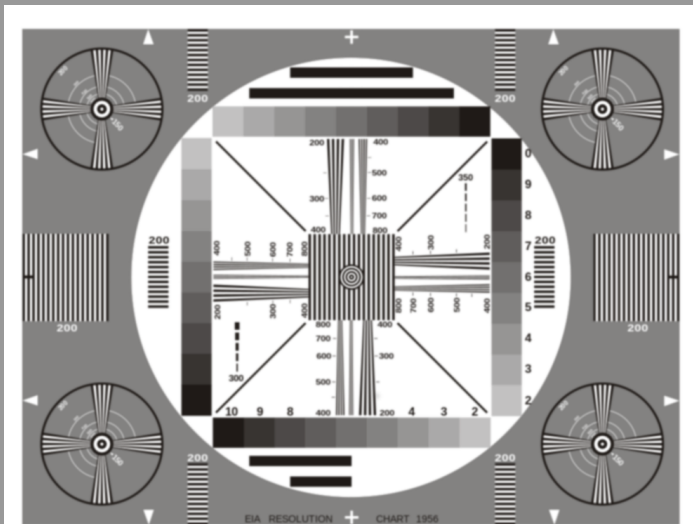
EIA mönster filtrerad 1

Gaussian blur $\sigma = 2$



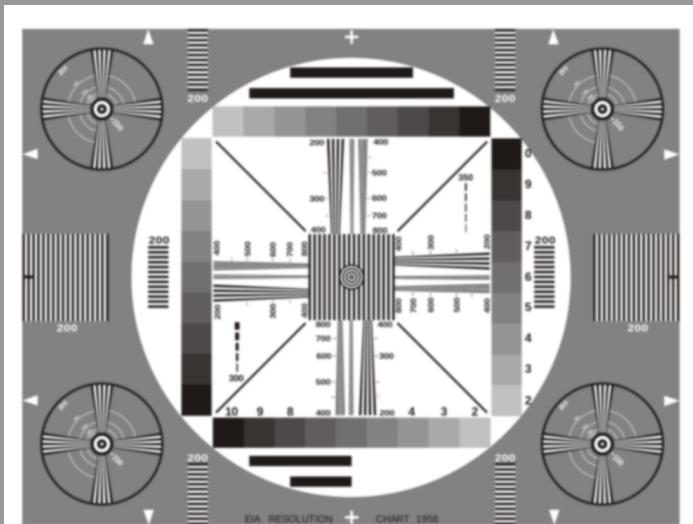
EIA mönster filtrerad 2

Gaussian blur $\sigma = 3$



EIA mönster filtrerad 3

Gaussian blur $\sigma = 4$



Vad påverkar spatiell upplösning?

- Sensorelementens storlek
- Rörelse eller vibration av objektet
- Rörelse eller vibration av systemet
- Komprimering
- M.m.

Kontrast

Kontrast är skillnaden i luminans eller färg som gör att ett objekt* kan särskiljas

*(eller dess representation i en bild)

Kontrast – definitioner

Weber kontrast (lokal – objekt/området)

$$\frac{f - f_b}{f_b}$$

Michelson kontrast (global)

$$\frac{f_{\max} - f_{\min}}{f_{\max} + f_{\min}}$$

f är signalstyrka eller pixelvärdet

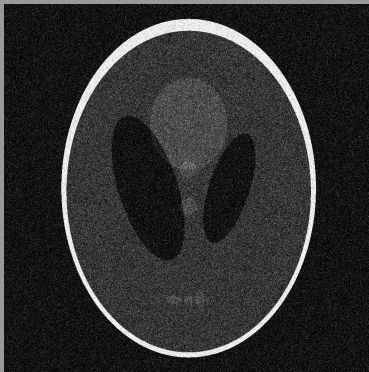
Brus

- Generellt: störning i en signal
 - Artefakter
 - Oönskade signaler från främmande källor
 - Inhomogenitet
 - Oförutsagbar
- Speciellt:
 - Slumpmässiga fluktuationer
 - Oförutsagbar på pixelnivå
 - Förutsagbar på global nivå

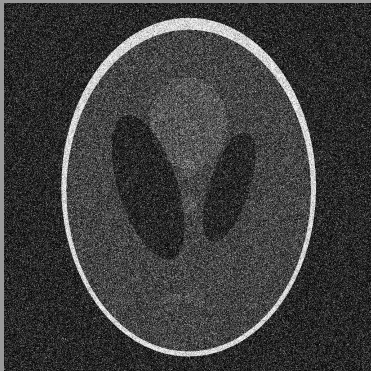
Typer av brus

- Kvantbrus (t.ex. röntgen: fotongenerering är stokastisk)
- Termiskt brus (påverkan av Brownsk rörelse på signalen)
- Elektroniskt brus (stokastiska processer i halvledarkomponenter)

Effekt av låg brus

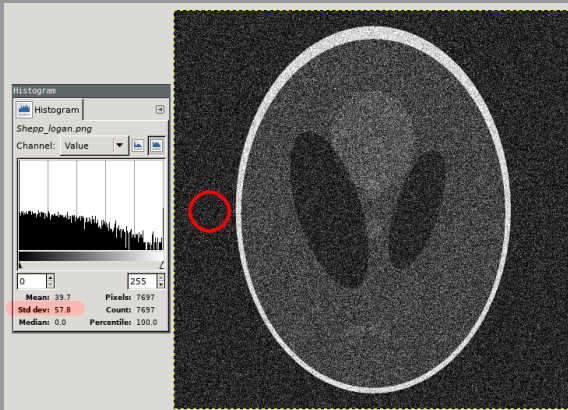


Effekt av hög brus



Mätning av brus

- Standardavvikelsen i ett tänkt homogent område
- Begränsad validitet som brusmått



Mått på detekterbarhet

Detekterbarhet av ett objekt:

$$\text{signal} \gg \text{brus}$$

Hur mycket beror på objektets storlek och kontrast

Signal-to-noise ratio

Hur mycket starkare är signalen än bruset?

Signal-to-noise ratio Q

$$Q = S/N$$

$S=?$ $N=?$

En observatörs uppfattning om informationen i bilden

Enklaste form: kontrast och brus som hittills

Hur ska en digital bild visas?

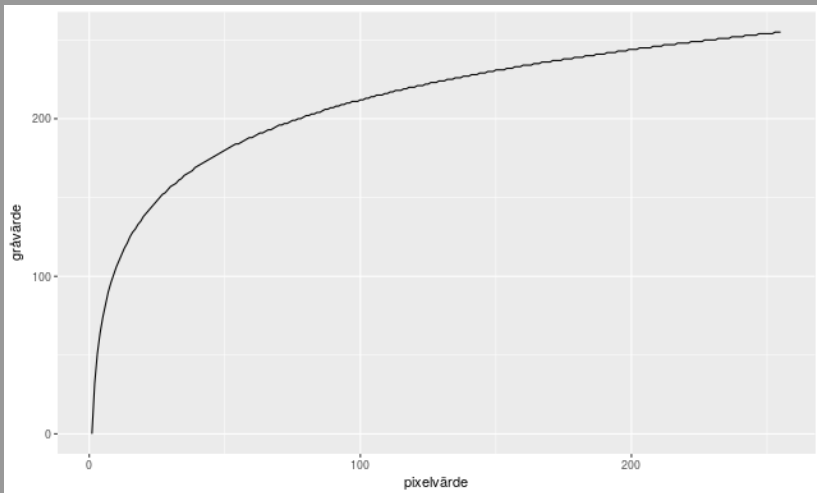
Hur ska en digital bild visas?

- Pixelvärden i rådata måste översättas
 - till färgton/gråsteg
 - på skärm/film/papper
- Förhållandet beskrivs i en LUT (**look-up table**)

Exempel på LUT

pixelvärde	gråvärde
1	0
2	32
3	51
4	64
...	
253	255
254	255
255	255

Diagram av exempel LUT



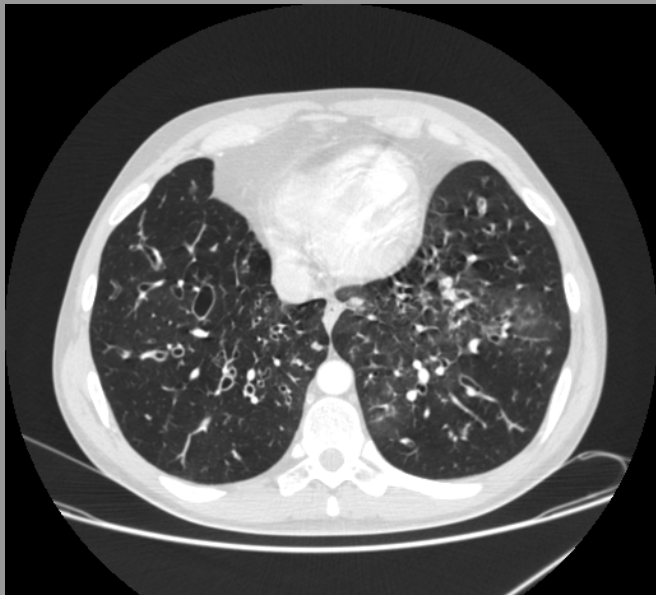
Kontraststyrning

- Lutning < 1 innebär minskad kontrast
- Lutning $= 1$ innebär att kontrasten är oförändrad
- Lutning > 1 innebär ökad kontrast
- Lutning < 0 innebär inverterad kontrast
- Diskontinuerliga funktioner...

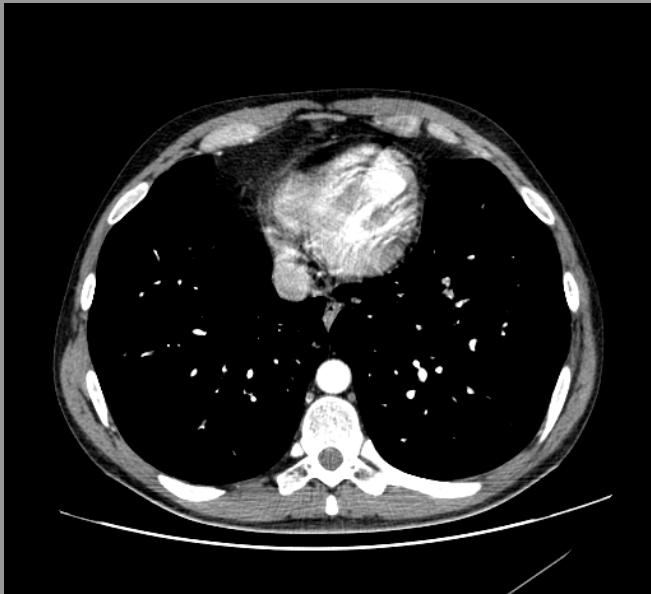
Fönstersättning

- Window: bredd av intervallet som ger gråvärden mellan svart och vit
- Level: pixelvärde mitten i window

Fönstersättning: linear LUT



Fönstersättning: benfönster



Fönstersättning: lungfönster



Fönstersättning



Frågor?

Tack!