

# Obrada informacija

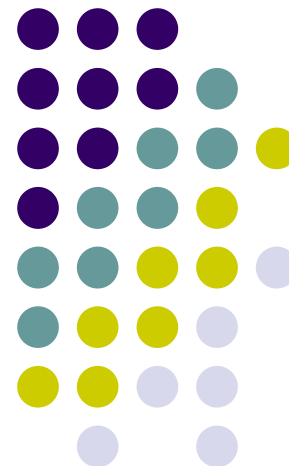
## Uvod

---

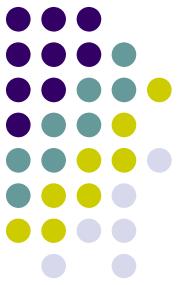
Sven Lončarić

Marko Subašić

<http://www.fer.hr/predmet/obrinfa>

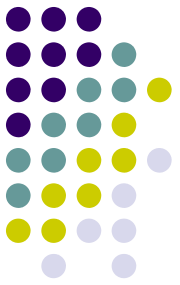


# Podatci/informacije svuda oko nas



- Dnevne statistike (2019.)
  - 500 milijuna tweetova poslano
  - 294 milijarda emailova poslano
  - 4 PB podataka dodano na Facebook (1 PB = 1000 TB)
  - 4 TB podataka generirano iz svakog umreženog auta
  - 65 milijarda poruka poslano na WhatsApp-u
  - 5 milijarda pretraživanja na Internetu
- Do 2025 dnevno će biti generirano 463 EB (1 EB = 1000 PB)

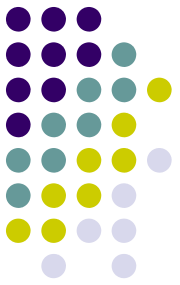
# 2019 *This Is What Happens In An Internet Minute*



# Informacije

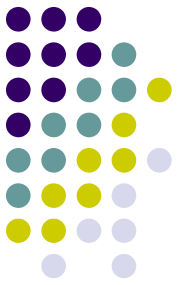


- Primjeri često korištenih tipova informacija:
  - tekst
  - zvuk, govor, muzika,
  - slika, volumen (3-D slika) i
  - video (2-D i 3-D)



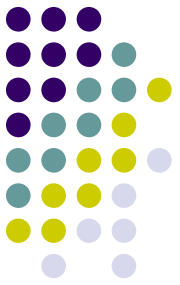
# Informacija i podaci

- Informacija je apstraktni pojam čija definicija ovisi o kontekstu, npr. informacije u svakodnevnom životu su obavijesti i novosti
- Informacija je neraskidivo povezana s **podacima**
  - Informaciju čine podaci stavljani u kontekst
- U kontekstu **obrade signala** umjesto o informaciji češće govorimo o **podacima** i o **signalima**.



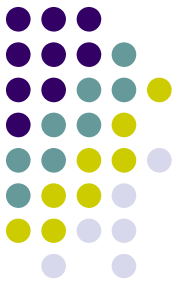
# Podaci

- Podaci mogu biti:
  - 1) numerički, npr. brojevi
  - 2) kategorički, npr. osobna imena
- Numerički podaci mogu biti kontinuirani (npr. realni i kompleksni brojevi) ili diskretni (npr. prirodni i cijeli brojevi).
- Kategorički podaci su u osnovi vrijednosti iz nekog konačnog skupa oznaka.
- No ako te oznake možemo međusobno uspoređivati, odnosno ako postoji uređaj na skupu oznaka, onda govorimo o ordinalnim podacima. Ordinalne podatke je moguće sortirati.



# Predstavljanje podataka

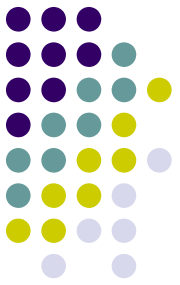
- Računala su izuzetno efikasna i brza u obradi binarnih brojeva.
- Numerički podaci su stoga prirodan izbor za računalnu obradu.
- Podatke koji nisu numerički moramo kodirati.
- Iako kodiramo kateogričke (ili ordinalne) podatke pomoću brojeva moramo biti svjesni da operacije nad pridijeljenim brojčanim kodovima uglavnom nemaju smisla.



# Predstavljanje podataka

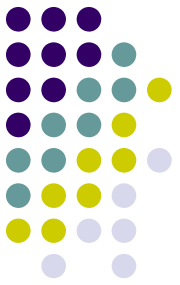
- Primjer kodiranja za nukleotide na primjeru problema poravnavanja:
  - A (adenin) → 1
  - T (timin) → 2
  - G (gvanin) → 3
  - C (citozin) → 4
- Vrijednosti su odabrane proizvoljno pa matematičke operacije na takvim kodiranim podacima često nemaju smisla– npr. križna korelacija





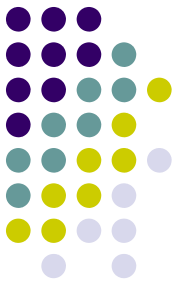
# Signali

- Što je signal?
- Koja je razlika između običnog podatka i signala?
- Podatke čini više varijabli zajedno koje poprimaju vrijednosti iz nekog skupa. U pravilu ne očekujemo uređeni odnos između varijabli!
- Signali su funkcije (preslikavanja) koje iskazuju kako se zavisna varijabla ponaša ovisno o nezavisnoj varijabli.
- Nezavisna varijabla (domena) je parametar o kojem ovisi zavisna varijabla (kodomena).
- Nezavisne varijable su često vrijeme ili prostor.



# Jednodimenzionalni signali

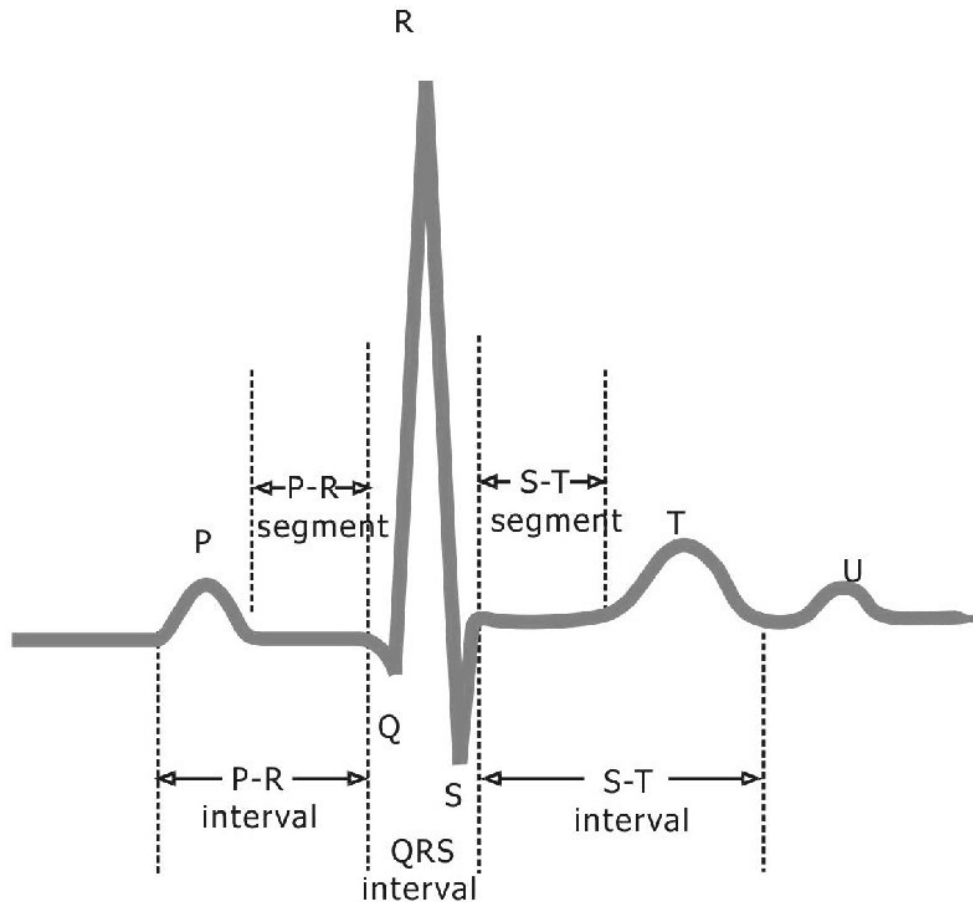
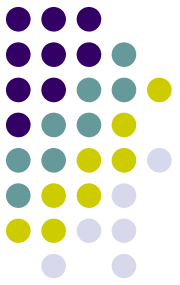
- Primjeri jednodimenzionalnih signala
  - vodostaj rijeke Save, redoslijed nukleotida u molekuli DNK, redoslijed boja u nasumičnom izvlačenju šarenih bombona.
- Signali mogu biti diskretni po nezavisnoj varijabli pa se mogu predstaviti kao nizovi podataka.
- Signal je funkcija ili preslikavanje iz domene u kodomenu.



# Jednodimenzionalni signali

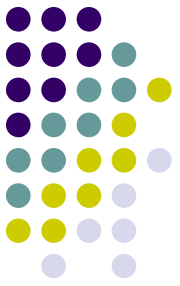
- Pod kontinuiranim signalom uobičajeno podrazumijevamo preslikavanje  $s : \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$ , odnosno i domena i kodomena su kontinuirane. Nazivamo ga još i analogni signal.
- Pod diskretnim signalom uobičajeno podrazumijevamo preslikavanje  $s : \mathbf{Z} \rightarrow \mathbf{R}$ , odnosno domena je diskretna, a kodomena kontinuirana.
- Ako su i domena i kodomena diskretne onda govorimo o **digitalnom signalu**:  $\mathbf{Z} \rightarrow \mathbf{Z}$ .

# EKG signal



- Analiza EKG signala radi dijagnostike
- Predikcija opasnih stanja u radu srca (npr. fibrilacija srčanog mišića)

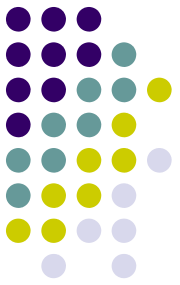
# Višedimenzijski signali



- I domena i kodomena mogu biti višedimenzijske.



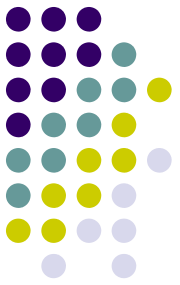
# Slika



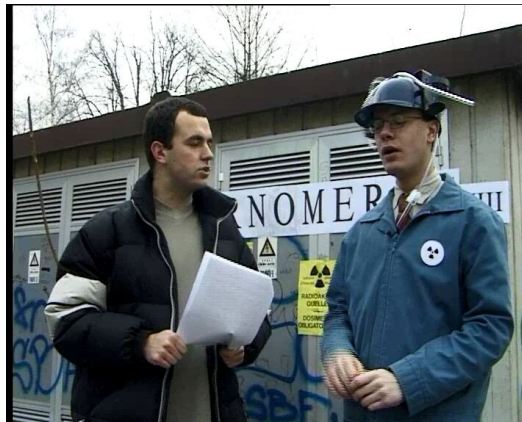
- Slika u boji ima dvije nezavisne varijable, prostorne koordinate  $x$  i  $y$ , te tri zavisne varijable, intenzitet crvene, zelene i plave boje.



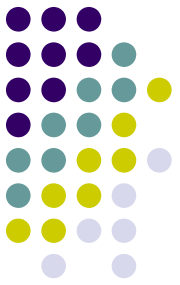
# Video



- Video signal je niz slika u vremenu pa prema tome ima tri nezavisne varijable, dvije prostorne koordinate  $x$  i  $y$  te vrijeme  $t$ .

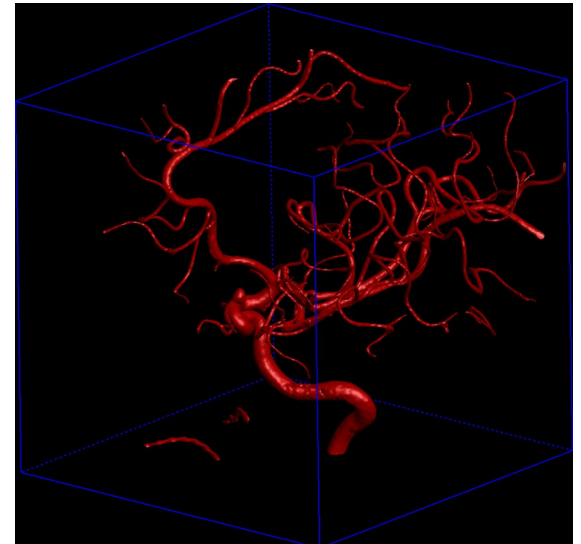
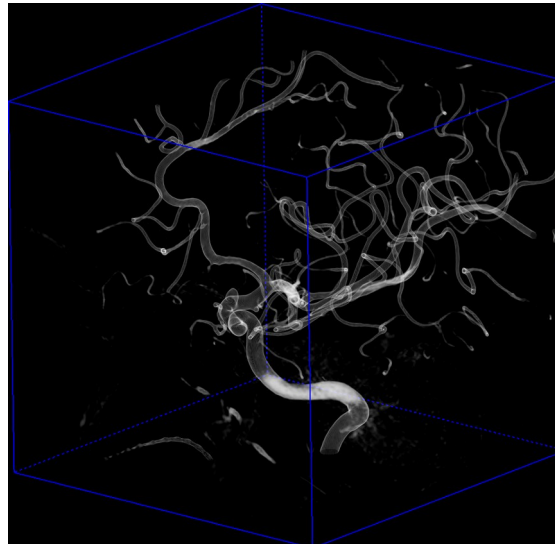
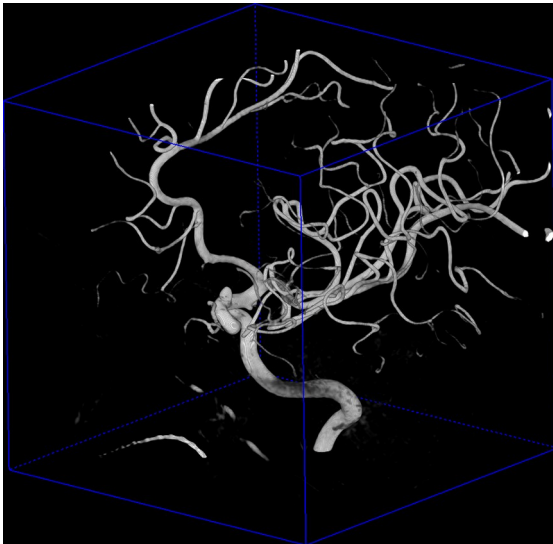




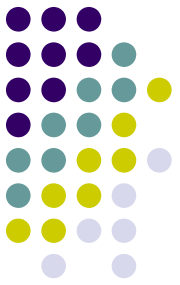


# Prostorni 3D podaci

- Prostorni 3D signali imaju tri nezavisne varijable i barem jednu zavisnu varijablu.



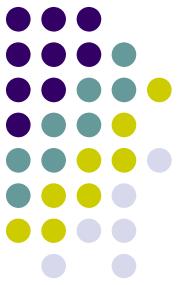




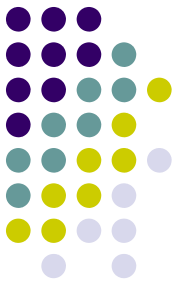
# Višedimenzijski signali - slike

- Slika je dvodimenzijski signal
  - Prostorno kontinuirana slika  $f(x,y)$
  - Prostorno diskretna slika  $f(i,j)$
- U praktičnim realizacijama na računaru obično se koriste diskretne reprezentacije (slično kao kod 1-D digitalne obrade signala)
- Volumen je trodimenzijski signal  $f(i,j,k)$ , gdje su  $i, j$  i  $k$  prostorne koordinate

# Višedimenzionalni signali - video

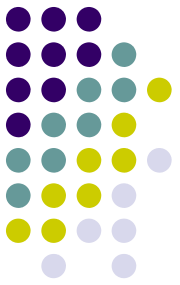


- 2-D video je niz slika  $f(i,j,k)$  gdje su  $i$  i  $j$  diskretne prostorne koordinate, a  $k$  diskretno vrijeme – dakle sveukupno 3-D signal
- 3-D video je niz volumena koji se dobije npr. snimanjem CT ili MRI u medicini
- 3-D video je 4-D signal (3 prostorne koordinate i jedna vremenska koordinata)



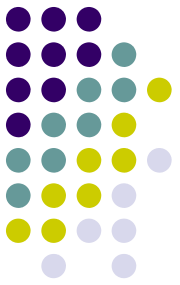
# Aspekti rukovanja informacijama

- Akvizicija informacija
- **Obrada informacija**
- **Analiza i razumijevanje informacija**
- Prijenos informacija
- Pohrana (arhiviranje) informacija



# Akvizicija informacija

- Akvizicija informacija može se provoditi na puno načina:
  - Mjerenjem procesa u prirodi (temperature, tlak zraka, itd)
  - Snimanjem biomedicinskih signala i slika (EKG, CT, MR)
  - Mjerenjem signala u industrijskom procesu
  - Snimanjem govora ili muzike
  - Snimanjem fotografija ili videa ili dohvaćanjem na WWW
  - Prikupljanjem paketa podataka u komunikacijskoj mreži
  - Prikupljanjem teksta (E-mail poruke, web stranice)



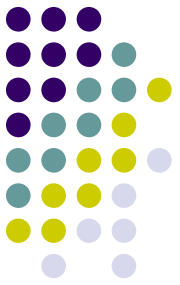
# Akvizicija informacija

- Zavisno od vrste informacije mijenjaju se zahtjevi na potrebnu sklopovsku i programsku opremu:
  - Za razne vrste signala potrebni su razni senzori (za zvuk, sliku, temperaturu, itd)
  - Za analogne veličine potrebna je A/D konverzija
  - Za slike potrebna je kamera (u kojoj se nalazi CCD ili CMOS senzor)
  - Za video potrebna je video kamera koja snima niz slika

# Kontinuirani i diskretni signali i slike

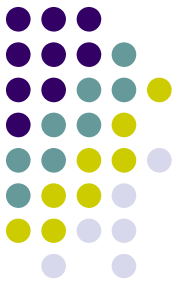


- Vremenski kontinuirani signal je funkcija  $f(t)$ , gdje je  $t$  vremenska varijabla
- Vremenski diskretni signal je funkcija  $f(k)$ , gdje  $k$  cjelobrojni indeks koji predstavlja vrijeme

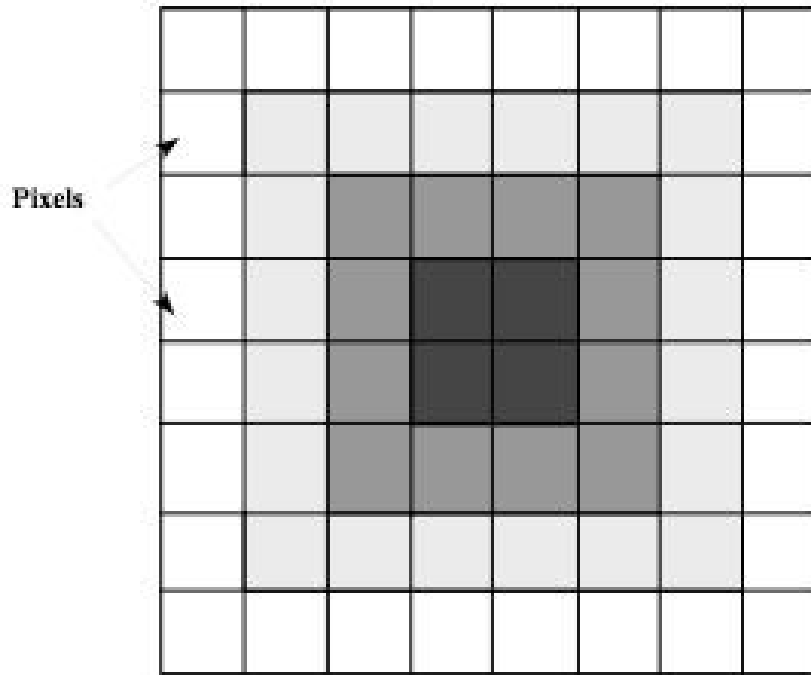


# Uzorkovanje signala

- Uzorkovanjem (eng. sampling) se od vremenski kontinuiranog signala dobiva vremenski diskretni signal
- Uniformno uzorkovanje je kad uzmemo uzorke signala  $f(t)$  u trenucima  $t = kT$ , gdje je  $T$  period uzorkovanja
- Npr. digitalni audio obično je uzorkovan frekvencijom od 44,1 kHz (jedan uzorak svake 22,6  $\mu\text{s}$ )



# Otipkavanje slika



- Najčešće se koristi uniformno uzorkovanje gdje su uzorci slike (pikseli) u pravokutnom rasporedu
- Prostorna frekvencija = broj uzoraka po jedinici duljine
- Frekvencija uzorkovanja u x i y smjeru



# Frekvencija uzorkovanja



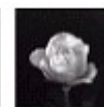
1024



512



256



128



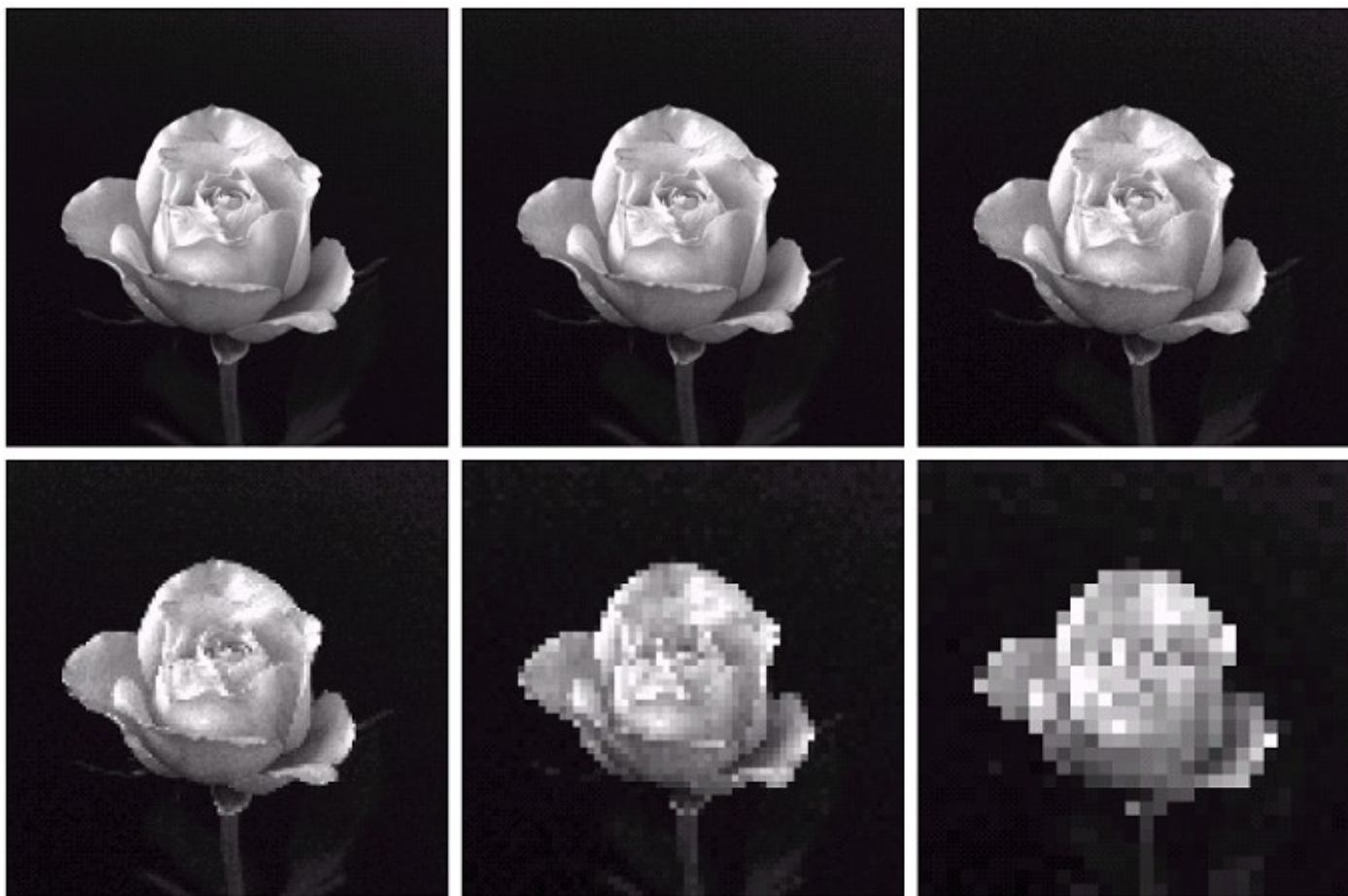
64

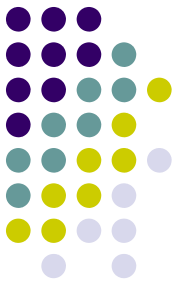
32

# Frekvencija uzorkovanja



1024×1024, 512×512, 256×256, 128×128, 64×64, 32×32

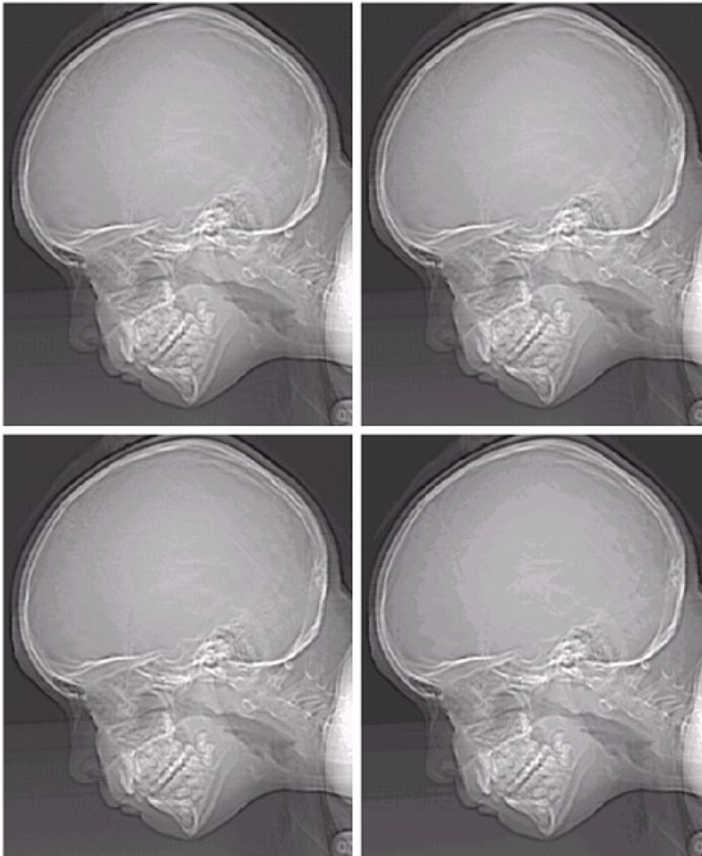
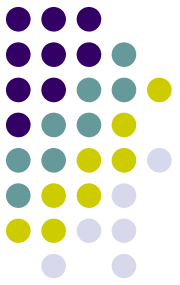




# Kvantizacija vrijednosti

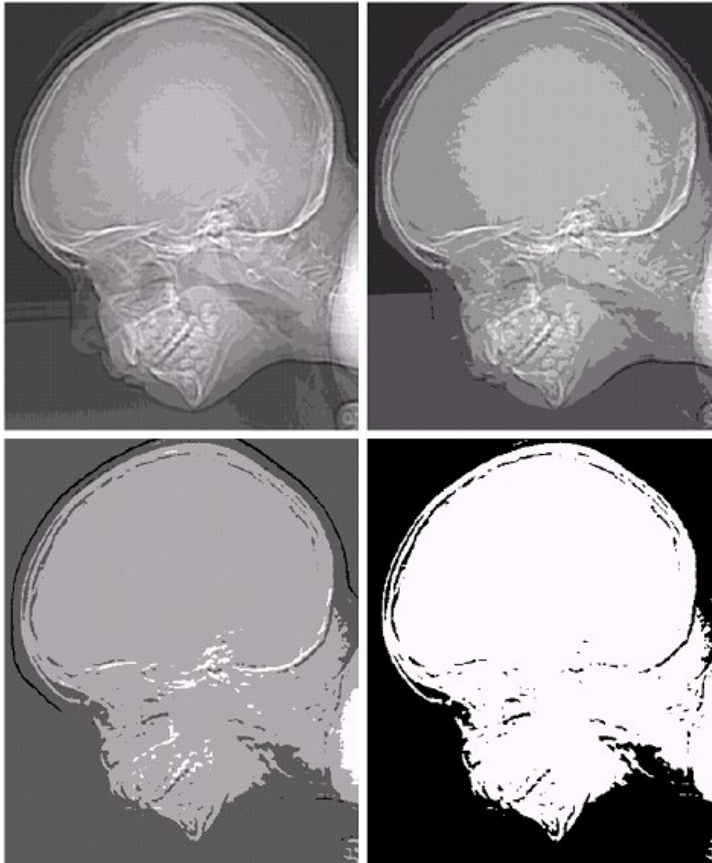
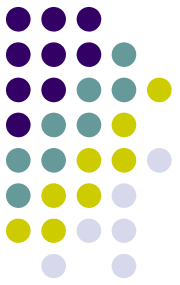
- A/D konverzija je proces gdje se analogna (kontinuirana) vrijednost pretvara u binarni broj
- Svaki kanal digitalnog audio signala na CD-u prikazan je sa 16 bitova/uzorku
- Kod slika često se koristi prikaz sa 8 bitova/pikselu
  - Kod crno bijelih slika koristi se 8 bitova/pikselu
  - Kod slika u boji koristi se 24 bitova/pikselu (kod RGB prikaza to je 8 bitova/pikselu za svaku boju)

# Kvantizacija svjetline

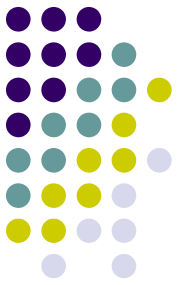


256, 128, 64 i 32  
nijanše sive po točki

# Kvantizacija svjetline



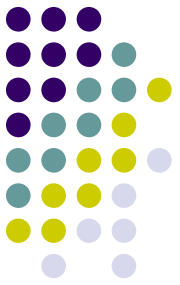
16, 8, 4 i 2  
nijanše sive po točki



# Definicija obrade signala (slike)

- Digitalna obrada signala ili slika = podvrgavanje numeričkih reprezentacija objekata seriji operacija s ciljem postizanja željenog rezultata
- Karakteristika: signal (slika) je na ulazu i na izlazu

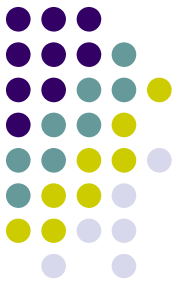




# Definicija analize signala (slike)

- Digitalna analiza signala ili slike = proces koji iz signala ili slike dobiva nešto različito od signala ili slike s ciljem dobivanja (ekstrakcije) informacija iz slike
- Karakteristika: ulaz je signal ili slika

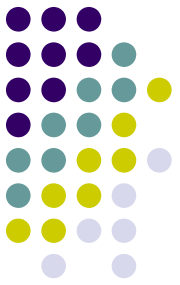




# Primjene obrade signala

- Digitalna obrada signala ima brojne primjene - gdje god je neku informaciju moguće prikazati kao niz brojeva

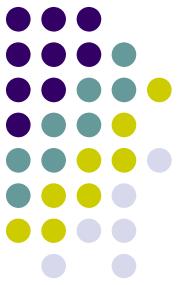




# Adaptivno uklanjanje buke

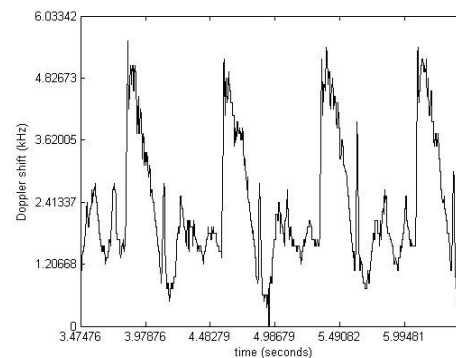
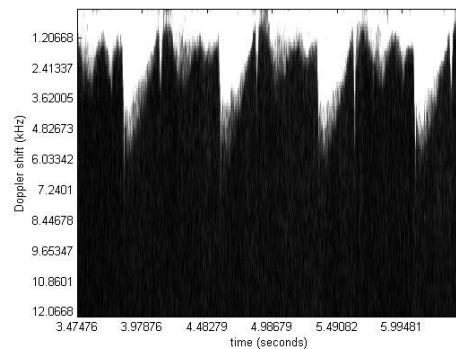
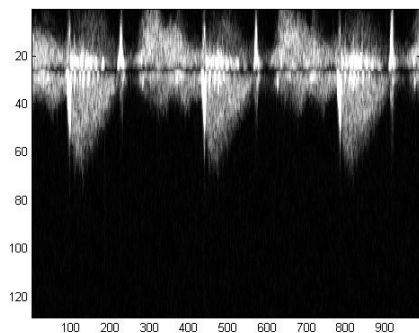
- Problem: Uklanjanje buke iz pilotske kabine
  - Buka mlaznog motora do 140 dB, govor pilota 30 dB
  - Govorna komunikacija nije moguća bez poništavanja buke
  - Buka motora nije konstantna nego ovisi o režimu leta
  - Poništavanje buke mora biti adaptivno, mora ovisiti o buci

# Adaptivno uklanjanje buke

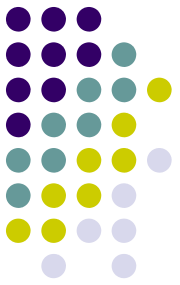


- Slušalice koje poništavaju šum
  - Mikrofon mjeri vanjsku buku
  - Algoritmi za adaptivno filtriranje korigiraju originalni zvuk dodatnim signalom koji poništava vanjsku buku
  - U praksi neke vrste buke se poništavaju bolje, a neke lošije

# Obrada signala u biomedicini

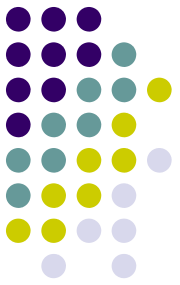


- Analiza signala brzine krvi u aorti izmjerena ultrazvukom
- Cilj: dijagnostika bolesti srca

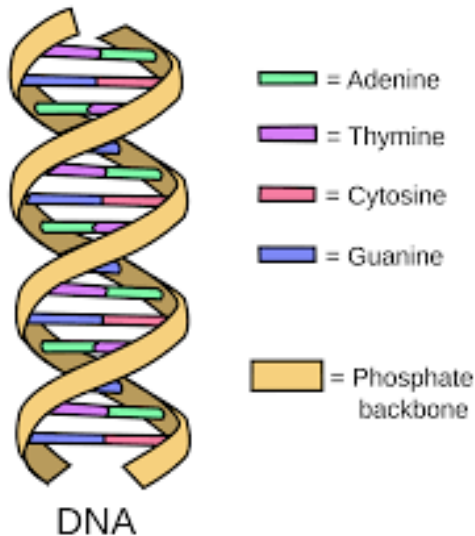


# Obrada signala u financijama

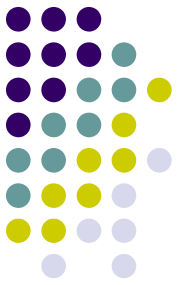
- Signali (vremenski nizovi) u financijskom poslovanju
  - Modeliranje financijskih tržišta
  - Predviđanje cijena dionica
  - Donošenje odluka o prodaji/kupnji dionica
  - Modeliranje rizika
  - Problem alokacije portfolia investicijskih fondova
  - Predviđanje likvidnosti tržišta
  - Automatsko upravljanje investicijskim fondovima



# Obrada signala u bioinformatici

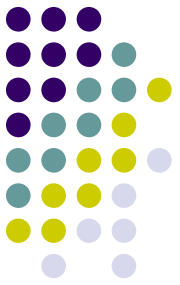


- Genomika, bioinformatika
- DNA se može prikazati kao niz znakova iz alfabeta (A,G,T,C) – to je dakle jedan signal
- DNA sequencing – postupak određivanja redoslijeda četiriju baza (A,G,T,C) u nekom DNA
- Metode traženja određenih nizova u DNA
- Mjerenje sličnosti dijelova dvaju DNA (sličnosti nizova)



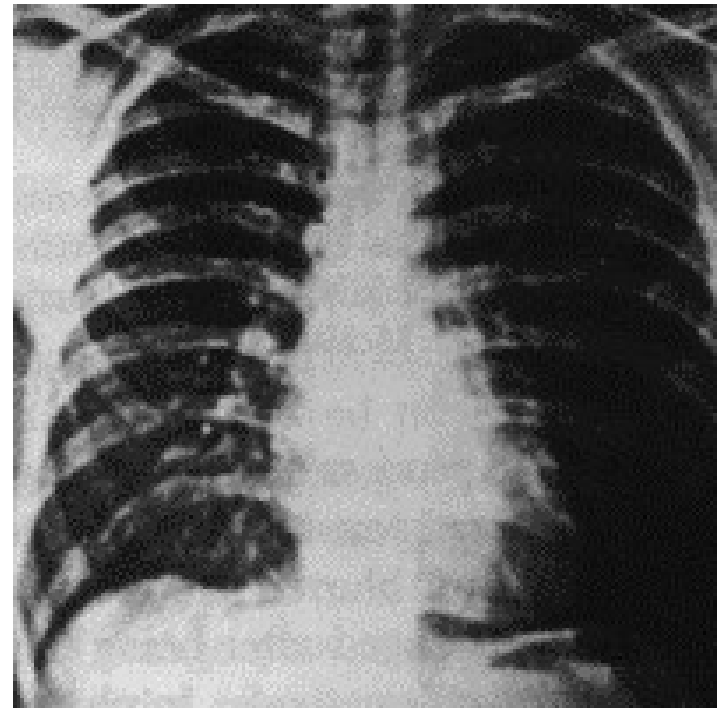
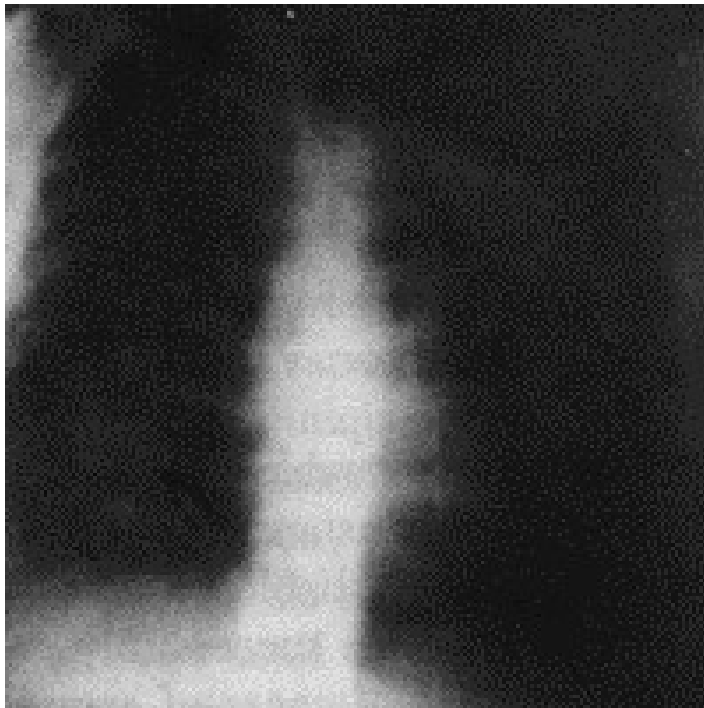
# Poboljšanje slike

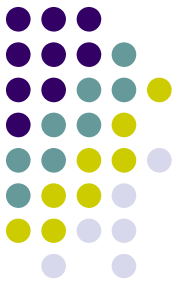
- Problem: Kako popraviti sliku
- Popraviti neke karakteristike slike (obično na račun ostalih):
  - poboljšanje kontrasta i rubova (contrast and edge enhancement)
  - pseudokoloriranje (pseudocoloring)
  - uklanjanje šuma
  - izoštravanje
- Algoritmi su interaktivni i aplikacijski ovisni



# Primjer poboljšanja slike

- Poboljšanje kontrasta i isticanje rubova na slici prsnog koša.





# Primjer poboljšanja slike II

- Sol i papar (salt & pepper) šum
- Poboljšanje uporabom median filtra

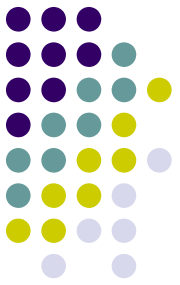


20% točaka je šum



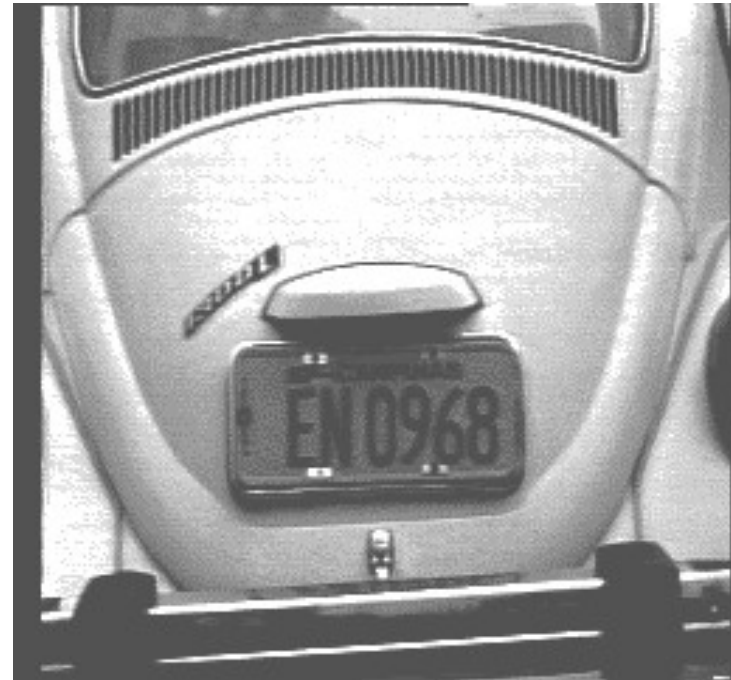
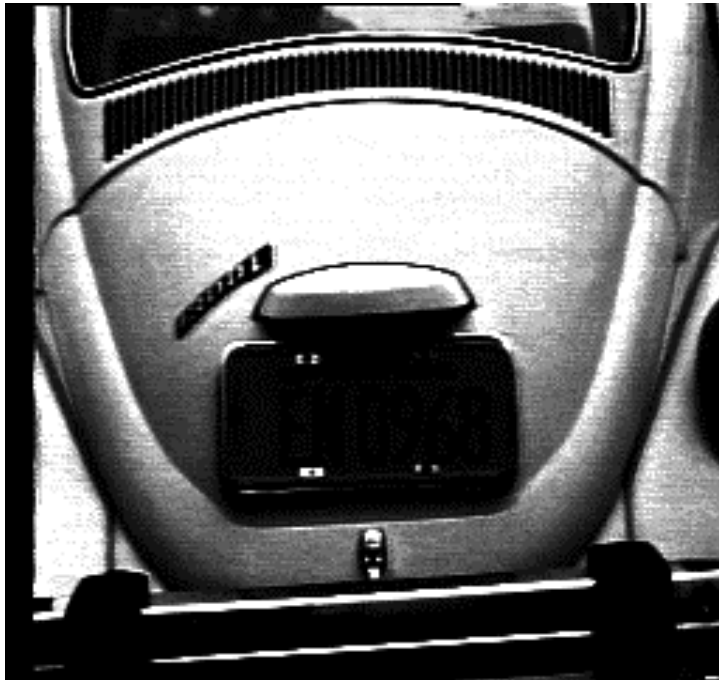
Filtrirana slika

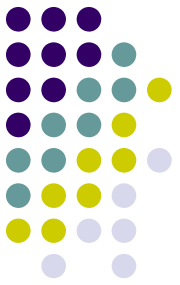




# Primjer poboljšanja slike III

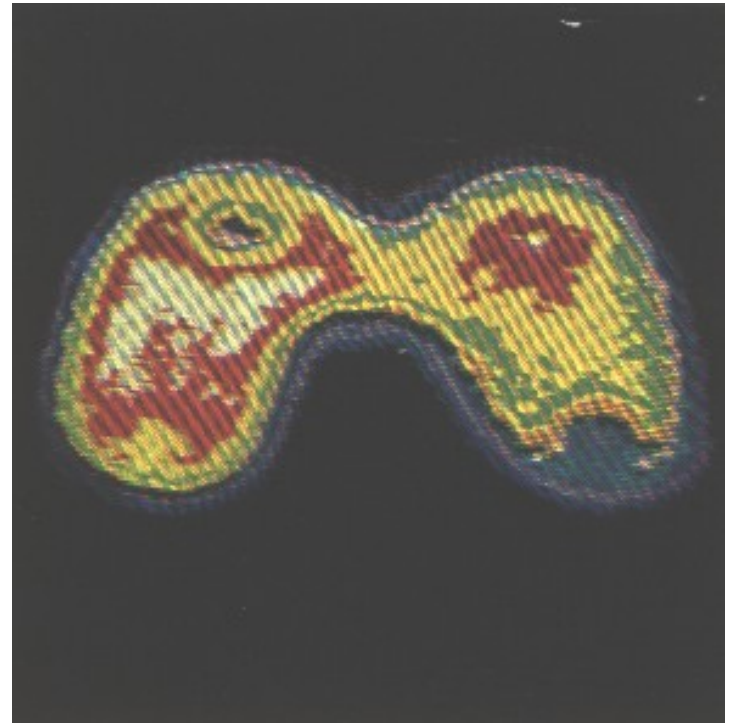
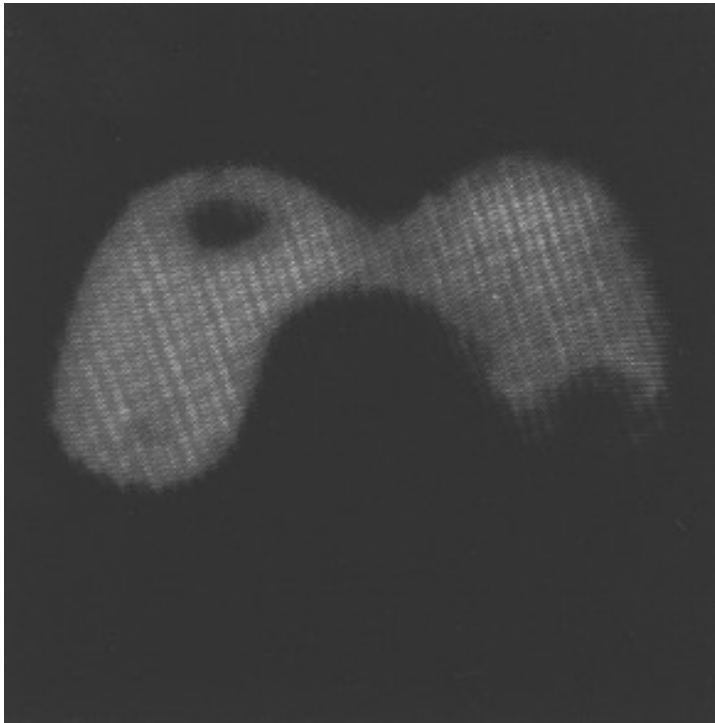
- Sliku možemo poboljšati i operacijama na histogramu.

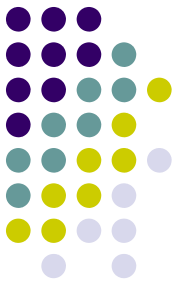




# Primjer pseudokoloriranja

- Koristi se jer ljudi razlikuju daleko više boja nego nijansi sive boje.

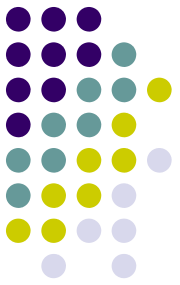




# Primjer obnavljanja slike

- Uklanjanje zamućenosti uslijed jednolikog pomicanja kamere tijekom snimanja.





## 2D DFT

- 2D diskretna Fourierova transformacija je definirana izrazom:

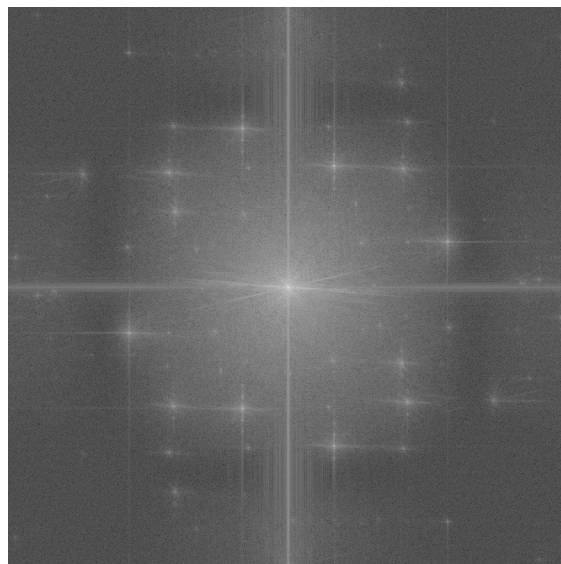
$$F(k,l) = \frac{1}{N^2} \sum \sum f[m,n] W_N^{km} W_N^{ln}$$

- 2D DFT svodi se na dvije 1D DFT transformacije
  - 1D DFT po **stupcima** pa 1D DFT po **redcima** (row-column)
  - 1D DFT po **retcima** pa 1D DFT po **stupcima**
- 1D DFT ima složenost  $O(N \log_2 N)$ .
- 2D DFT ima složenost  $O(N^2 \log_2 N)$ .

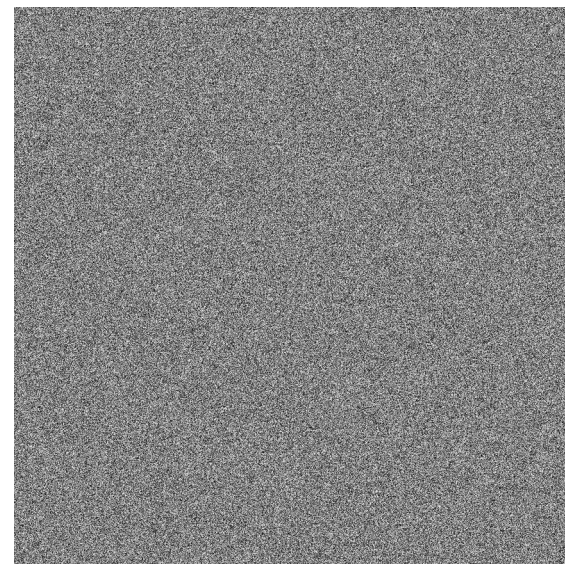
# Primjer 2D Fourierove transformacije



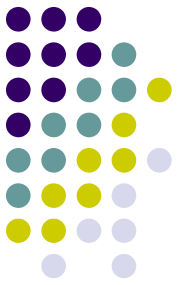
originalna slika



amplituda



faza

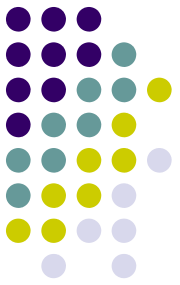


# Kompresija slike i videa

- Slike i video zahtijevaju puno prostora
- HDTV 1080i video (1920x1080x25f/s) daje podatke brzinom  $155 \text{ MB/s} = 1,25 \text{ Gb/s}$
- 4K UHD TV – zavisno od formata do 34 Gb/s
- Tehnike kompresije smanjuju broj bitova potrebnih za predstavljanje slike (bez ili sa stanovitim gubitkom informacije)
- Primjene: arhiviranje slika i dokumenata, prijenos slike, komunikacije



# Kompresija slike



Original Lena  
8 bitova/točci



Nakon kompresije  
Prosječni *bit rate* - 0.5 bitova/točci

# Primjena DCT pri kompresiji slika

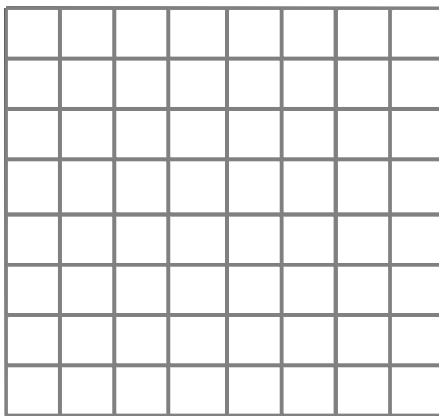


- Slika se transformira DCT-om u **blokovima** veličine  $8 \times 8$ .
- Ovisno o zapamćenom broju koeficijenata dobivamo različite kvalitete pri dekompresiji

Originalna slika



DCT koeficijenti



Rekonstruirana  
slika



Pogreška





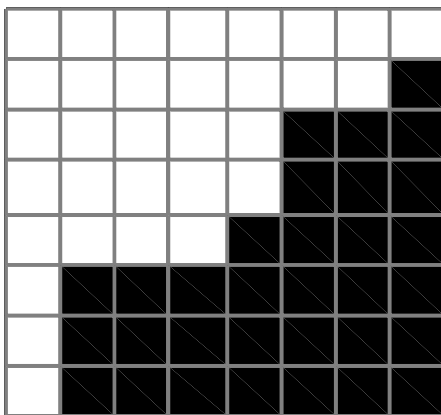
# Primjena DCT pri kompresiji slika



Originalna slika



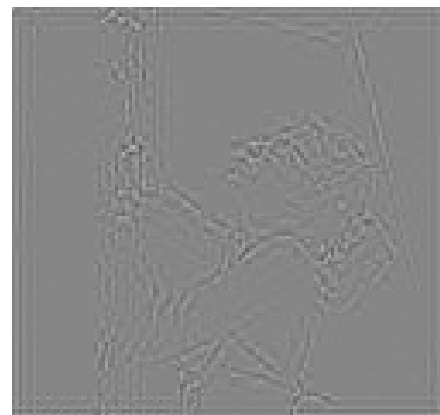
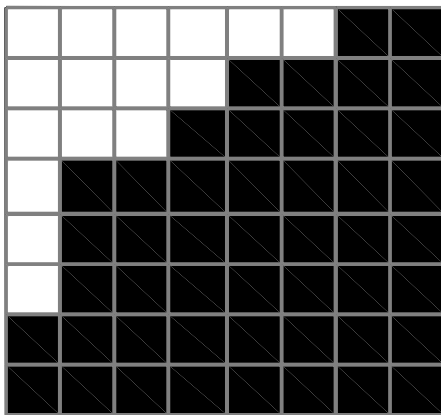
DCT koeficijenti



Rekonstruirana slika



Pogreška



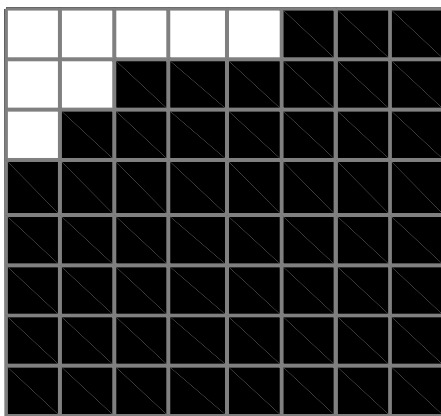
# Primjena DCT pri kompresiji slika



Originalna slika



DCT koeficijenti



Rekonstruirana slika



Pogreška

