

# Soft kompjuting

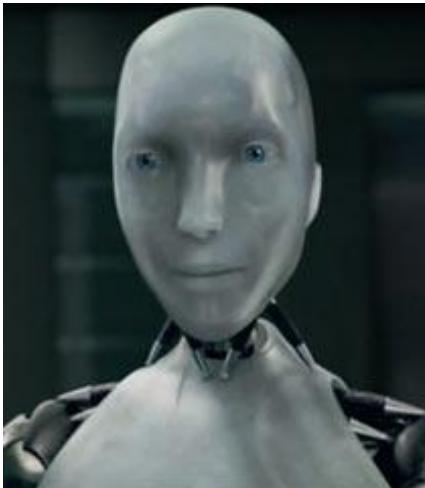
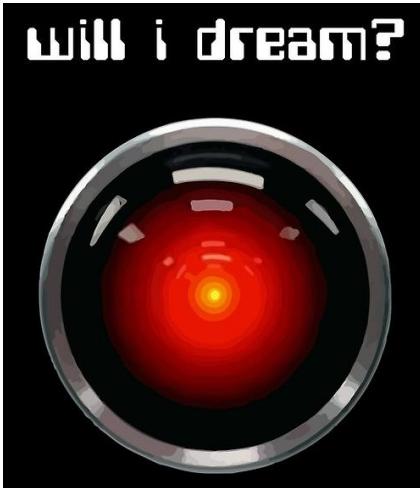
Profesor: dr Jelena Slivka ([slivkaje@uns.ac.rs](mailto:slivkaje@uns.ac.rs))

Asistenti:

- SLiT: Dragan Vidaković ([vdragan@uns.ac.rs](mailto:vdragan@uns.ac.rs))
- RA: Ivan Perić ([ivanperic@uns.ac.rs](mailto:ivanperic@uns.ac.rs)), Stefan Andelić ([stefan.andjelic@uns.ac.rs](mailto:stefan.andjelic@uns.ac.rs)) i Miroslav Kondić ([kondicm@uns.ac.rs](mailto:kondicm@uns.ac.rs))

# AI – mašine sposobne za inteligentno ponašanje

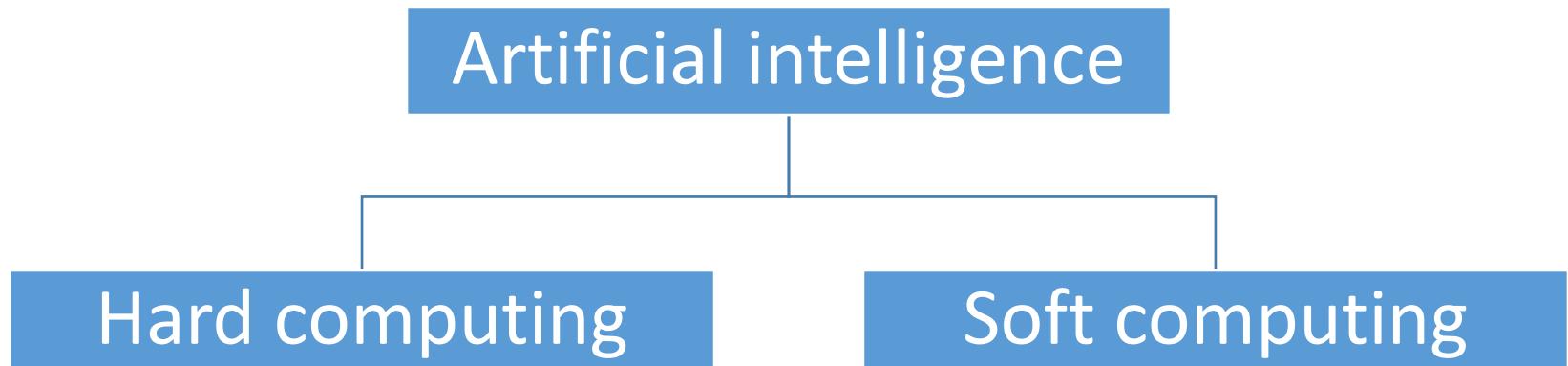
Strong AI



Weak AI



# Pozicija Soft Kompjutunga u ostalim oblastima



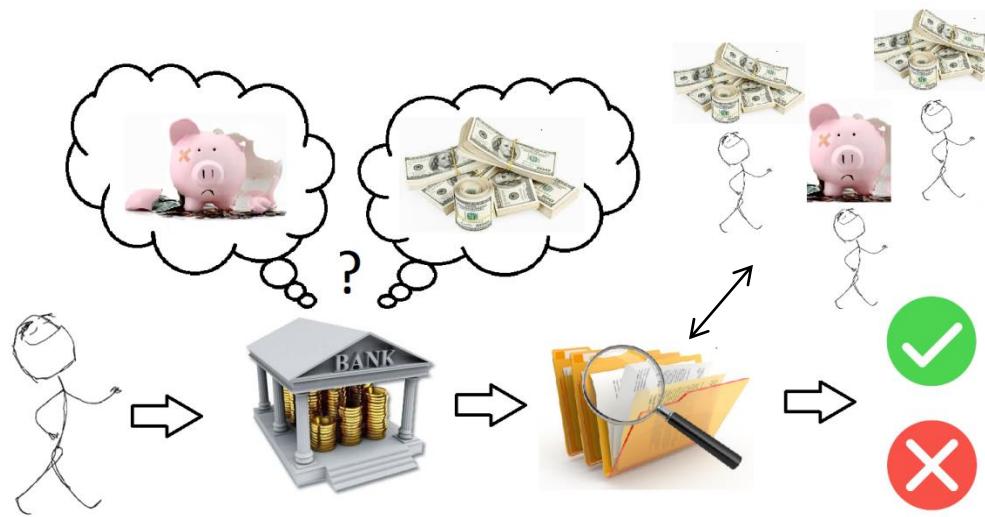
- Ekspertske sistemi, formalna logika, razumevanje prirodnog jezika, dokazivanje teorema,...
- Problemi intelektualno zahtevni za čoveka
- Formalno izraženi modeli
- Precizna deterministička rešenja
- Razumevanje „iskriviljenog“ govora, lošeg rukopisa, vožnja vozila u gustom saobraćaju,...
- Cilj je modelovanje ljudskog umu koji ima toleranciju na nepreciznost
- Pragmatična rešenja

# Motivacija – Optical Character Recognition



- Cilj: na osnovu slika cifara kazemo o kojoj se cifri radi
- Da li biste ovaj problem mogli rešiti eksplicitnim programiranjem?

# Motivacija – Odobriti kredit ili ne?



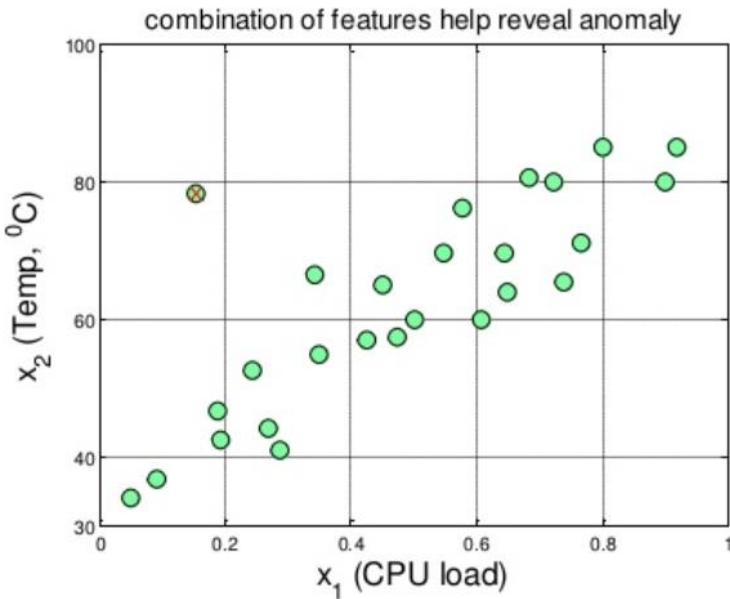
Trebaju nam informacije o aplikantu:

(različita polja za koja se veruje da su u vezi sa time da li je neko pogodan za kredit ili nije)

starost	23 godine
pol	Muški
Godišnja zarada	\$30 000
Trenutni dug	\$15 000
Poseduje nekretninu	Da
...	...

# Motivacija – detekcija anomalija

- Primer: detekcija servera koji ne rade u klasteru
  - Scenario: CPU ventilator na jednom serveru ne radi



Manuelan proces:

1. Zamoliti eksperta da definiše pravilo
2. Implementacija: jezik za definisanje pravila  
 $\text{if } \text{cpuLoad} < \text{thr}_1 \text{ \&& } T > \text{thr}_2 \Rightarrow \text{Anomaly}$

- Nije skalabilno (po pitanju scenarija, pravila, obeležja, hardvera)
- Aposteriorno znanje, odlaganje koje treje mesecima ili čak godinama

# Motivacija – detekcija anomalija

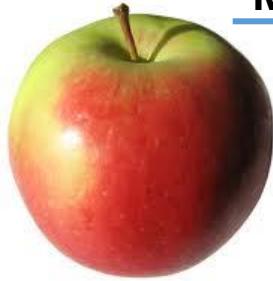
---

- Šta su anomalije?
  - „Znaćete kada vidite“
  - „Bilo šta značajno različito od onoga što je očekivano“
- Elementi koji se ne uklapaju u koncept
- Izbor reprezentacije elemenata je krucijalan
- Primene:
  - Računarska bezbednost
  - Detekcija prevara (*Fraud detection*)
  - Detekcija kvarova (*Fault detection*)
  - Medicinske dijagnoze
  - Pronalaženje lekova

# Hard Computing ↔ Soft Computing

## Realan svet:

- Zašumljen
- Kontinualne vrednosti



Model

```
class Apple{  
    public double weight;  
    public Color color;  
}
```

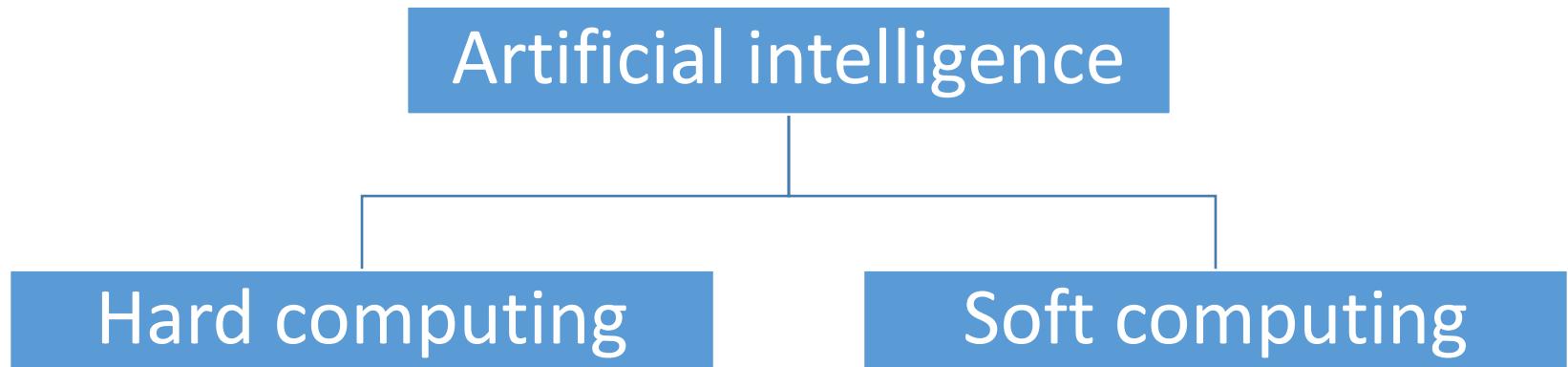
```
Apple a = new Apple();  
a.weight = 3.5678;  
a.color = ?
```

## Računarstvo:

- Binarni princip  
True/false
- Precizno i određeno

- Želimo da применимо računarsko rezonovanje na realan svet

# Pozicija Soft Kompjutunga u ostalim oblastima



- Zahtevaju eksplisitno programiranje
  - Rezultuje preciznim rešenjima
  - Determinističko
  - Zahteva tačno definisan ulaz
- Programi evoluiraju sa iskustvom (podacima)
  - Rezultuje približnim rešenjima
  - Stohastičko
  - Ulaz dvosmislen i zašumljen

# Pozicija Soft Kompjutunga u ostalim oblastima

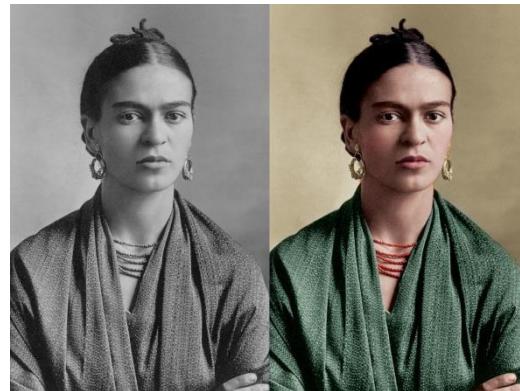
---

- *Soft Computing, Machine Learning, Data Mining,...*
- Oblasti se prilično preklapaju
  - Različiti termini
  - Slične matematičke strategije
  - Razlike obično potiču od konteksta korišćenja
- Zbrka bi bila izbegnuta ako prestanemo da se trudimo da povučemo granice između oblasti

# Image processing

- Na ovom kursu čemo se baviti obradom digitalne slike

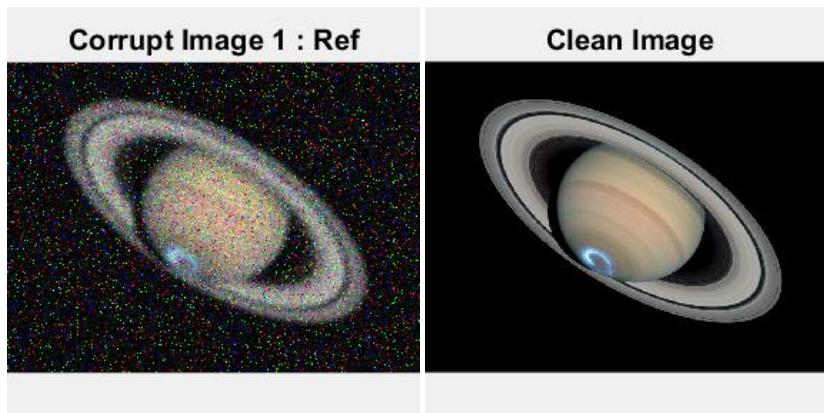
Kolorizacija



Postprodukcija filma



Uklanjanje šuma

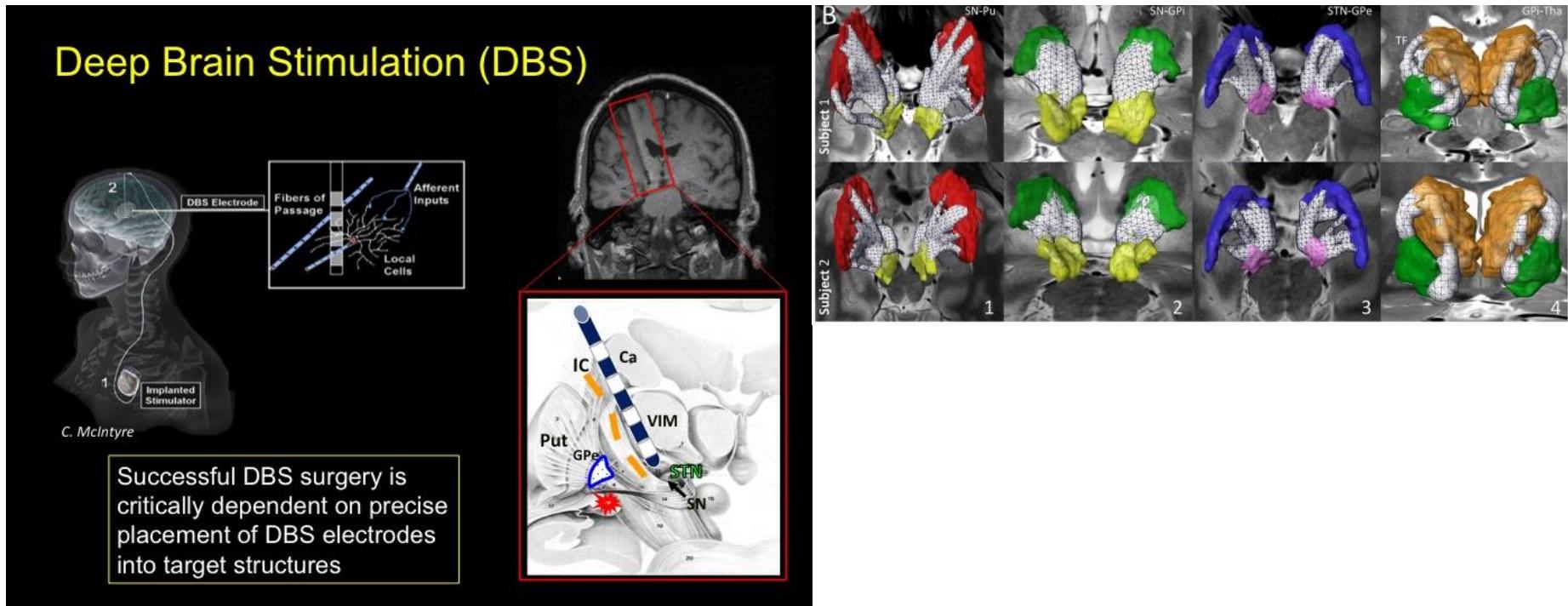


Kompresija  
(slika koju je poslao Curiosity rover)



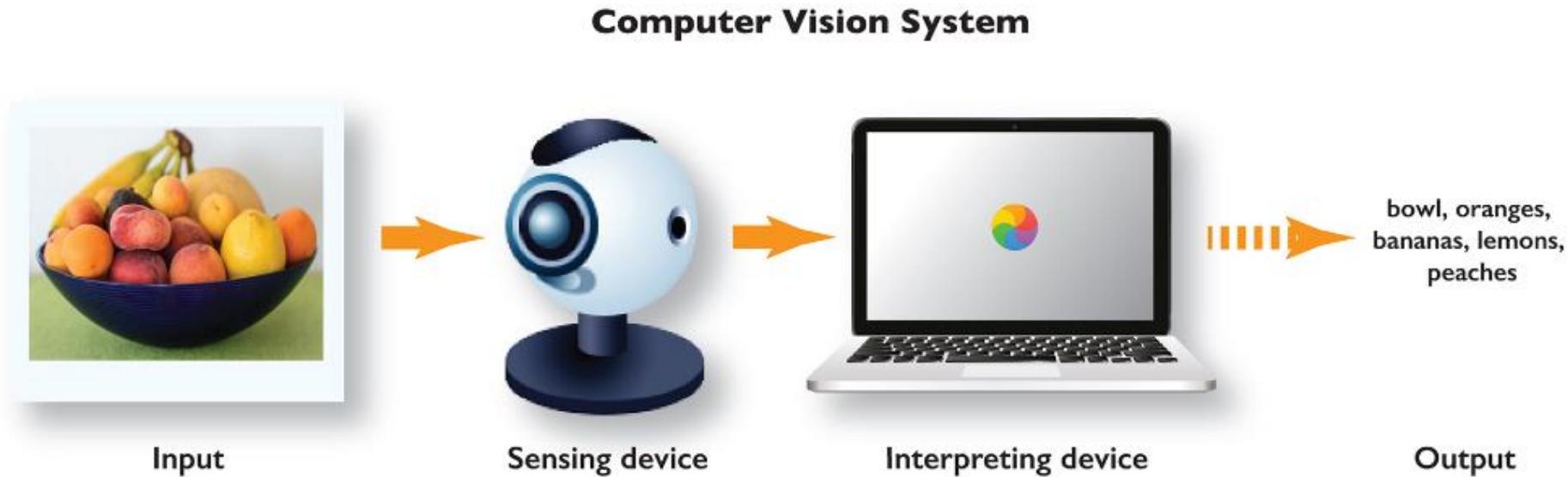
# Image processing

## Obrada medicinskih slika



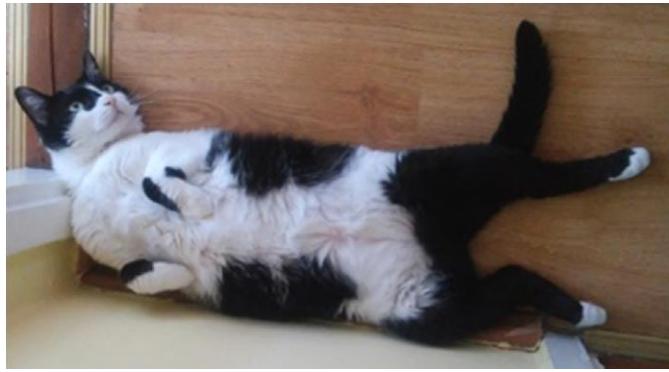
# Computer Vision (CV)

- Takođe, baviće se računarskom vizijom
- Računarsko razumevanje i interpretacija vizuelnih podataka



# Computer Vision – neki od problema

Klasifikacija slika



Cat? (0/1)

Detekcija objekata



Person  
Hammer

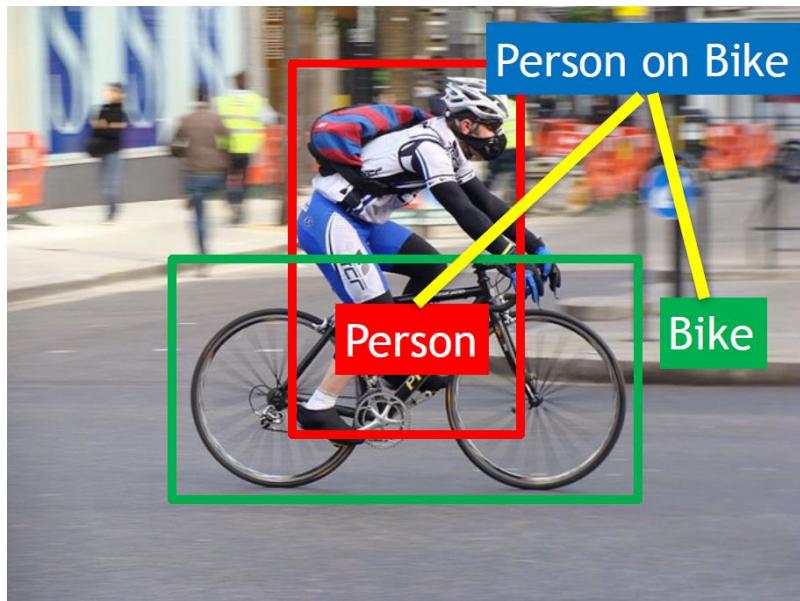
Neural style transfer



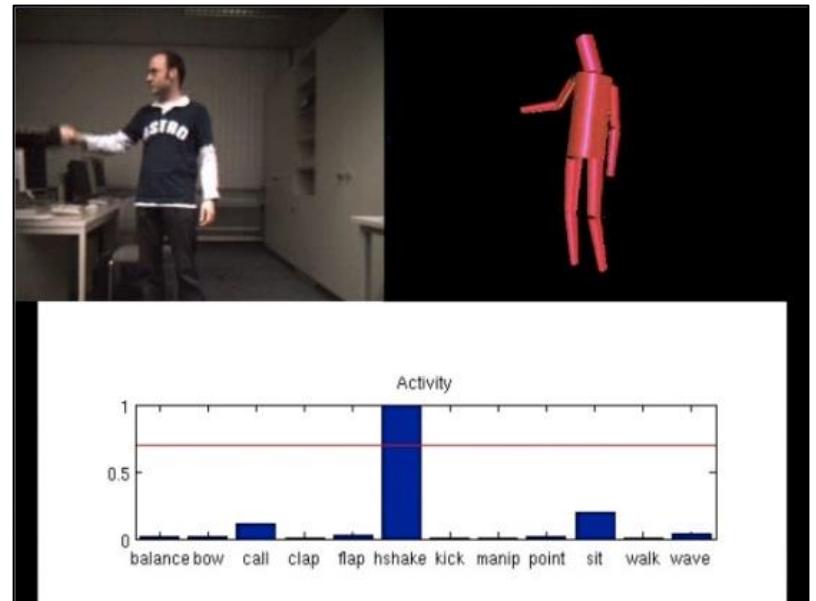
# Computer Vision – neki od problema

## Image captioning

Sistem treba prirodnim jezikom da opiše šta se nalazi na slici



## Prepoznavanje aktivnosti



# Motivacija: eksplozija vizuelnih podataka

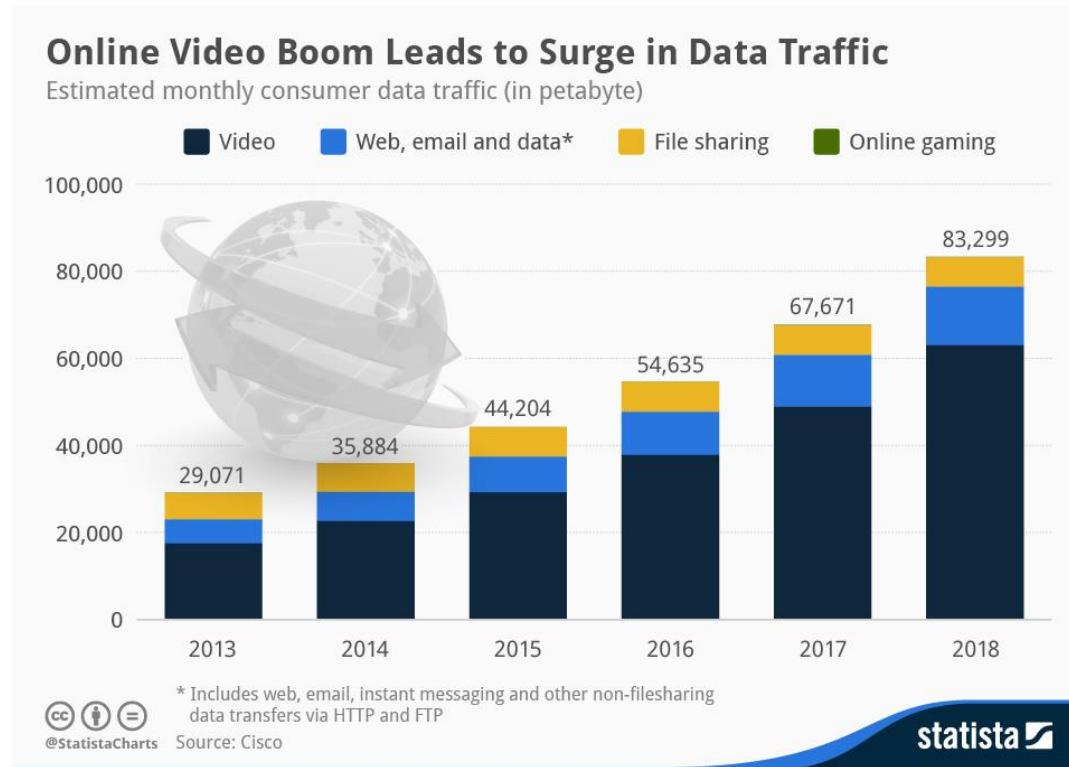
- Svakog dana kreira se neverovatna količina vizuelnih podataka



1 h podele slika =  
10 godina pregledanja



1 s = 5 h videa



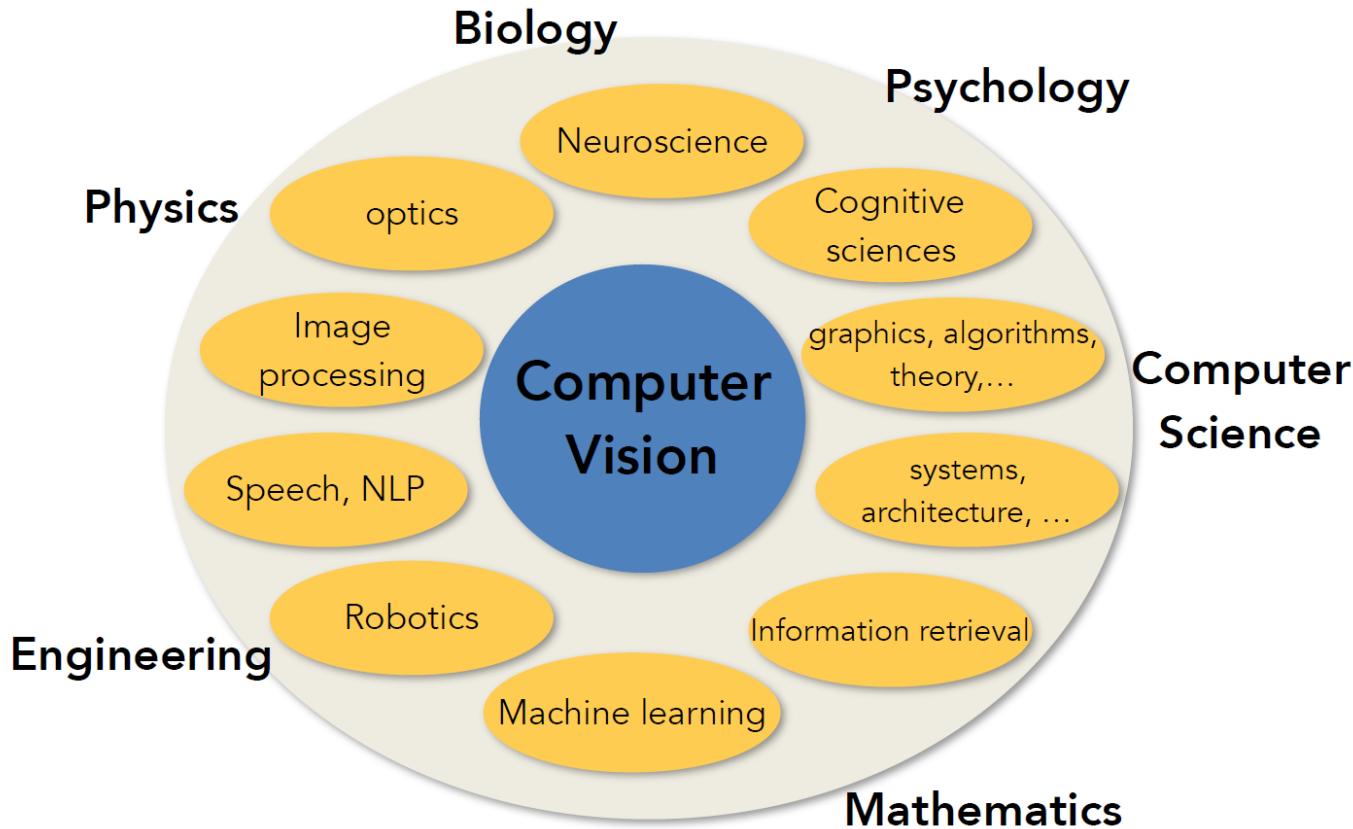
- Većina informacija koja danas cirkuliše su zapravo vizuelni podaci
- Ljudske mogućnosti su odavno premašene!
- Od kritične je važnosti da razvijemo algoritme koji mogu da koriste i razumeju vizuelne podatke

# Problem

---

- Vizuelni podaci su veoma teški za razumevanje
- *Dark matter of the internet*

# Odnos sa ostalim oblastima



# Istorija biološke vizije

## Evolution's Big Bang



[This image is licensed under CC-BY 2.5](#)

543million years, B.C.



[This image is licensed under CC-BY 2.5](#)



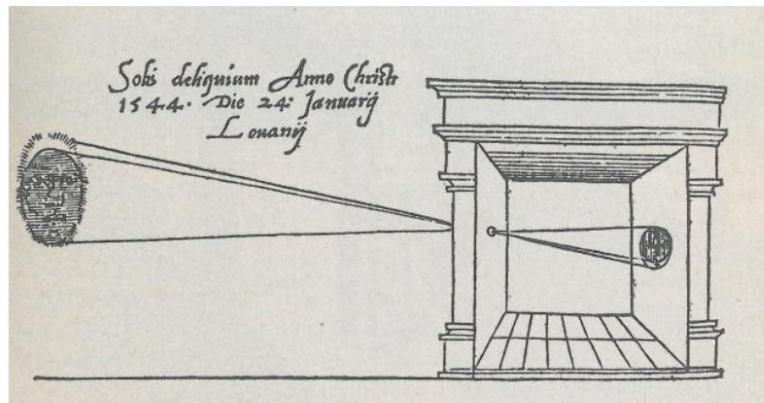
[This image is licensed under CC-BY 3.0](#)

- U veoma kratkom vremenskom periodu (10 miliona godina) broj životinjskih vrsta je eksplodirao
- Andrew Parker: u to vreme fosili razvijaju oči
- Danas...
  - vid je najveći senzorni sistem kod gotovo svih životinjskih vrsta
- Kod ljudi je 50% neurona korteksa posvećeno procesiranju vizuelnih podataka

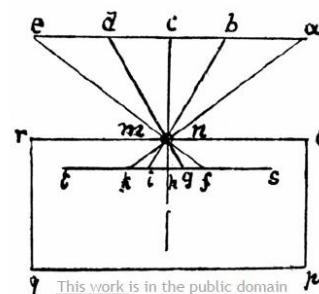
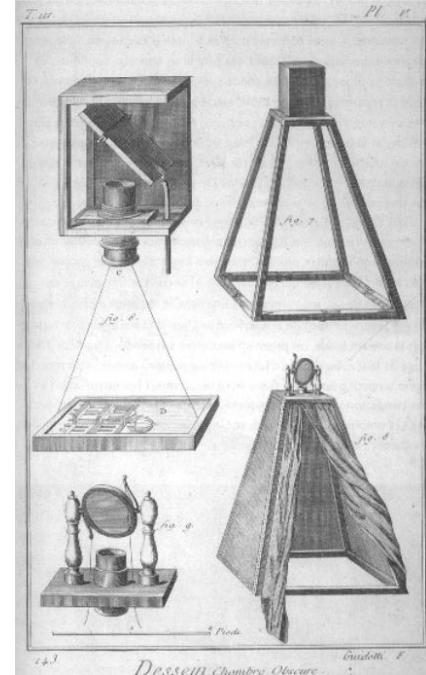
# Istorija mehaničke vizije

## Camera Obscura

Gemma Frisius, 1545

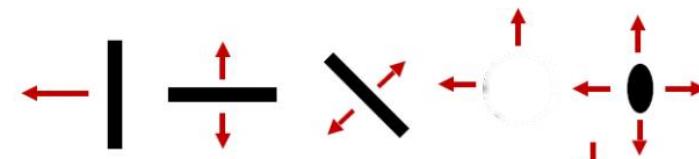


Encyclopedie, 18<sup>th</sup> Century



Leonardo da Vinci,  
16<sup>th</sup> Century AD

# Mehanizam vida



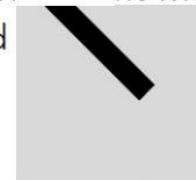
**Simple cells:**  
Response to light orientation

**Complex cells:**  
Response to light orientation and movement

**Hypercomplex cells:**  
Response to movement with end point

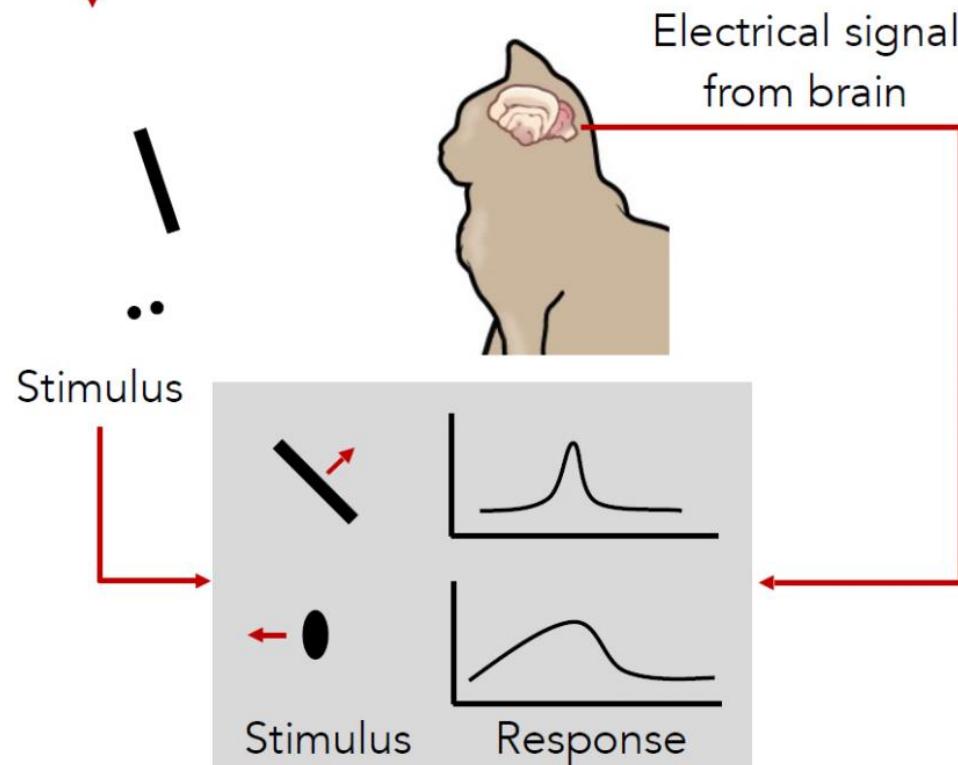


No response



Response  
(end point)

Hubel & Wiesel, 1959



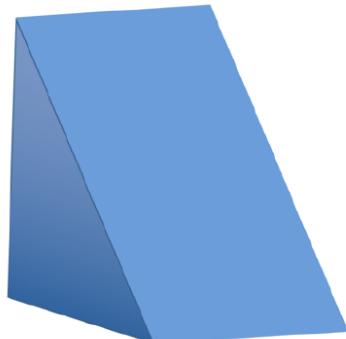
Cat image by CNX OpenStax is licensed under CC BY 4.0; changes made

# Istorijske računarske vizije

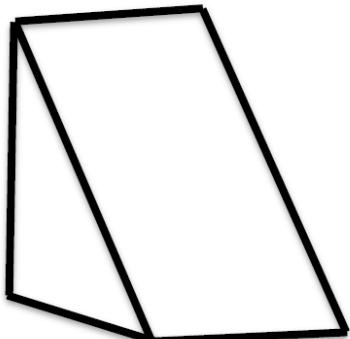
## Block world

Larry Roberts, 1963

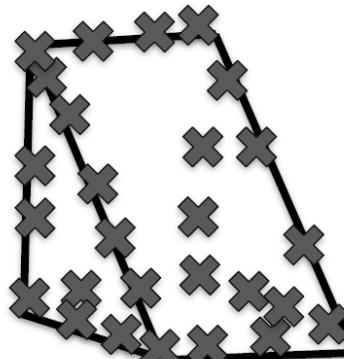
- Prva doktorska disertacija u oblasti računarske vizije
- Simplifikacija sveta pomoću jednostavnih geometrijskih oblika
- Cilj: prepoznavanje oblika i rekonstrukcija scene



(a) Original picture



(b) Differentiated picture



(c) Feature points selected

# Istorija računarske vizije

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
PROJECT MAC

Artificial Intelligence Group  
Vision Memo. No. 100.

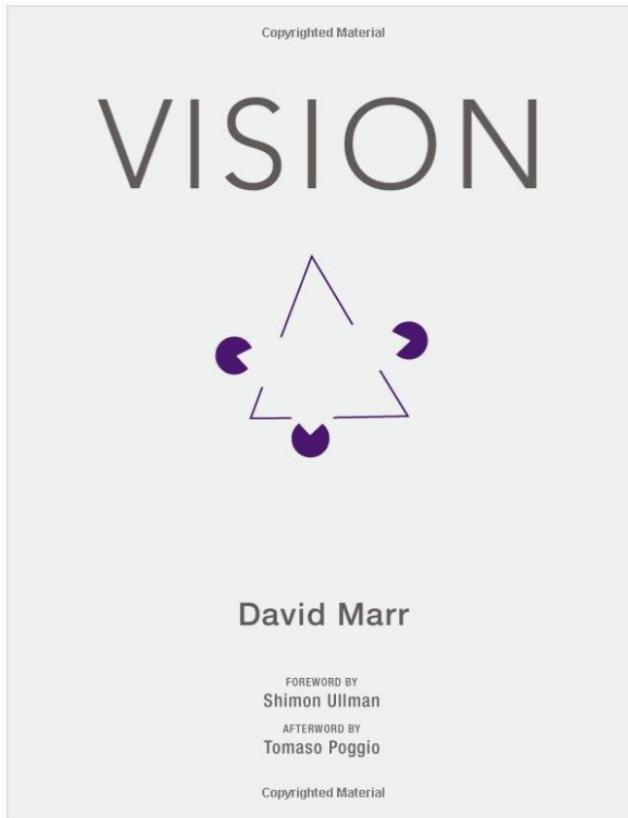
July 7, 1966

## THE SUMMER VISION PROJECT

Seymour Papert

The summer vision project is an attempt to use our summer workers effectively in the construction of a significant part of a visual system. The particular task was chosen partly because it can be segmented into sub-problems which will allow individuals to work independently and yet participate in the construction of a system complex enough to be a real landmark in the development of "pattern recognition".

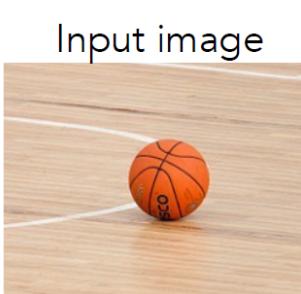
# Istorija računarske vizije



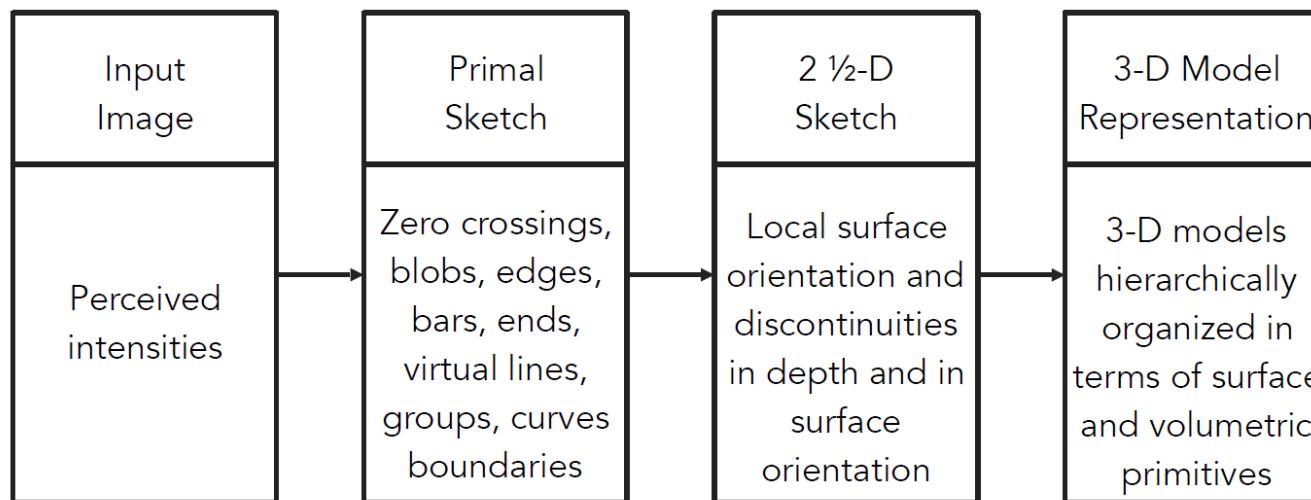
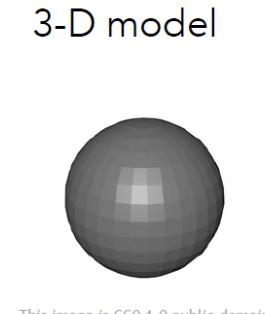
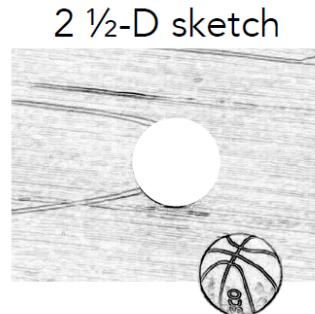
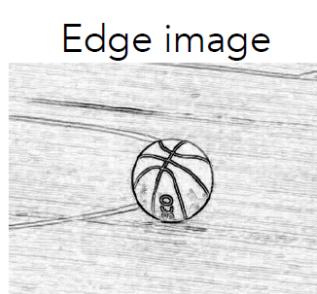
- Jedna od najuticajnijih knjiga iz oblasti računarske vizije
- Šta je vizija?
- Kako možemo razvijati algoritme koje su u mogućnosti da razumeju vizuelni svet?

David Marr, 1970s

# Istorijska računarska vizija



[This image is CC0 1.0 public domain](#)



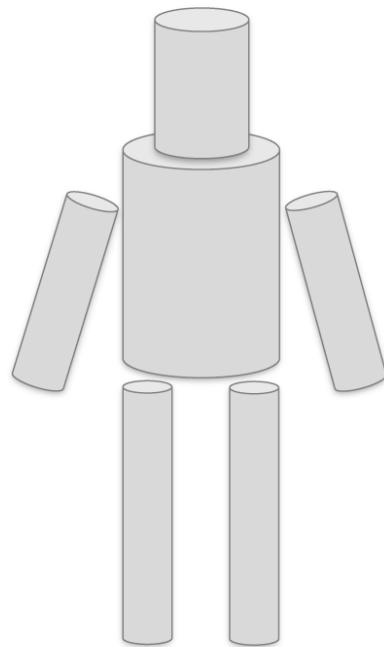
Stages of Visual Representation, David Marr, 1970s

- Prema ovoj knjizi, ideja je da se kreće od slike i da se stigne do potpune 3D reprezentacije
- Da bismo ovo postigli, treba da prođemo kroz nekoliko procesa
- Ovaj način razmišljanja je dominirao računarskom vizijom nekoliko decenija

# Istorijske računarske vizije

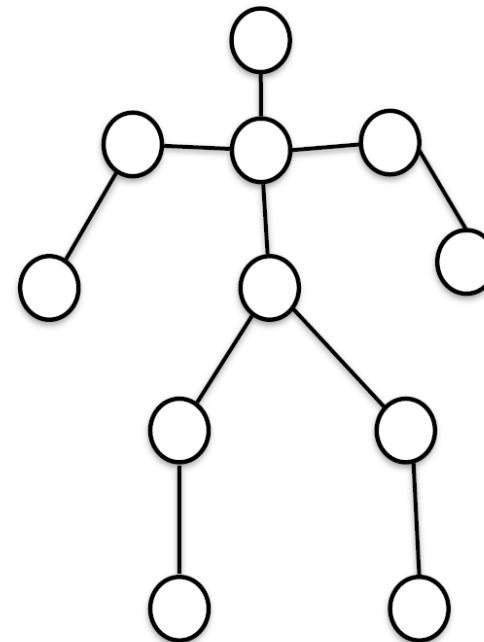
- Generalized Cylinder

Brooks & Binford, 1979



- Pictorial Structure

Fischler and Elschlager, 1973



- Kako reprezentovati stvarne objekte pomoću jednostavnih geometrijskih primitiva?

- Dve grupe naučnika nezavisno predlažu različite ideje

- Cilindri
- Delovi i njihove elastične veze

# Istorija računarske vizije



[Image](#), is CC BY-SA 4.0

David Lowe, 1987

Fei-Fei Li & Justin Johnson & Serena Yeung

Lecture 1 - 15

4/4/2017

- Pokušaj da se detektuju ivice i da se ova informacija koristi u cilju prepoznavanja objekata
- Mnogo truda uloženo u razmatranje samih zadataka računarske vizije
- Izdvojio se veoma težak problem prepoznavanja objekata
- Predložena rešenja su uglavnom *toy examples*

# Istorija računarske vizije

## Normalized Cut (Shi & Malik, 1997)

[Image is CC BY 3.0](#)



[Image is public domain](#)



[Image is CC-BY SA 3.0](#)



- Ako je problem prepoznavanja objekata težak, možda treba krenuti od segmentacije
- Krećemo od slike i grupišemo piksele u smislene celine
- Ovde je prikazan jedan od najranijih radova gde se koristi algoritam baziran na teoriji grafova za segmentaciju slike

# Istorijska računarska vizija



- Eksplozija tehnika mašinskog učenja u 2000-im, pogotovo modela baziranih na statistici (SVM, NN, AdaBoost)
- Detekcija lica na slikama u realnom vremenu u vreme kada su računari bili još prilično spori
- U 2006 *Fujifilm* izbacuje prvu digitalnu kameru koja ima instaliran softver za detekciju lica u realnom vremenu – brz prelazak sa istraživanja na realnu primenu

# Istorija računarske vizije



[Image](#) is public domain

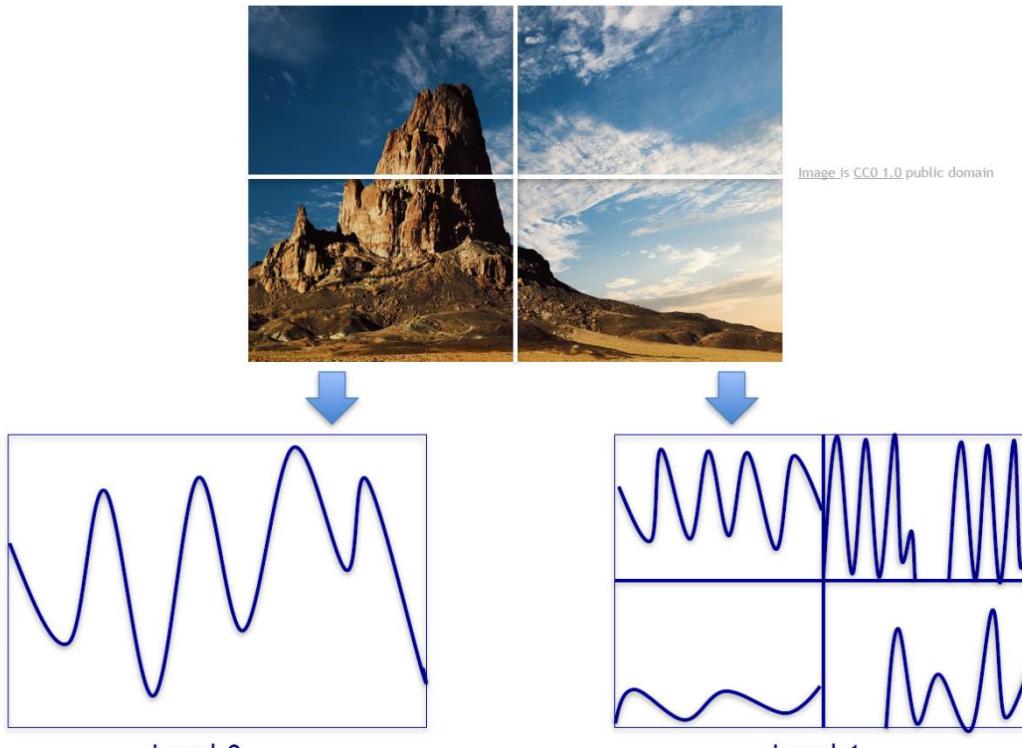


[Image](#) is CC BY-SA 2.0

"SIFT" & Object Recognition, David Lowe, 1999

- Jedan veoma uticajan način razmišljanja koji se prožimao kroz 2000-e je prepoznavanje objekata bazirano na obeležjima
- Detekcija poklapanja dva objekta je veoma teška budući da imamo mnoge različitosti
  - ugao kamere, delimično ili potpuno zaklanjanje, osvetljenje, varijacije u izgledu samog objekta,...
- Ipak, postoje delovi objekta koji su invarijantni u odnosu na ove promene
- Zadatak prepoznavanja objekta postaje problem identifikacije kritičnih obeležja objekta i preklapanje sa istim obeležjima drugog objekta

# Istorijska računarska vizija

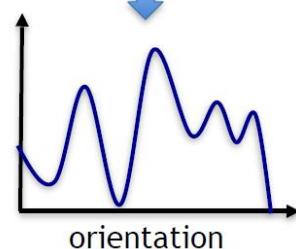


Spatial Pyramid Matching, Lazebnik, Schmid & Ponce, 2006

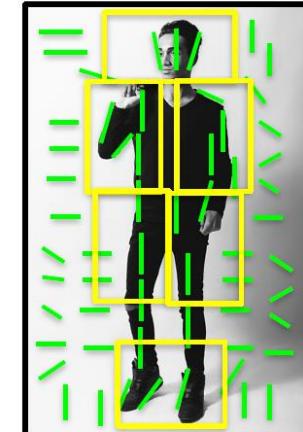
- Korišćenjem istih gradivnih blokova (obeležja) počelo je prepoznavanje i celih scena
- Ideja je da postoje obeležja na slikama koja nam daju ideju o kom tipu scene se radi – da li je to pejzaž ili kuhinja ili autoput,...
- Ovaj algoritam ekstrahuje takva obeležja sa različitih delova objekta i u različitim rezolucijama i spaja ih u deskriptoru obeležja nad kojim možemo pustiti SVM

# Istorija računarske vizije

Image is CC0 1.0 public domain



Histogram of Gradients (HoG)  
Dalal & Triggs, 2005



Deformable Part Model  
Felzenswalb, McAllester, Ramanan, 2009

- Sličan pristup se pojavio i u domenu prepoznavanja ljudi

# Istoriјa računarske vizije

## PASCAL Visual Object Challenge (20 object categories)

[Everingham et al. 2006-2012]

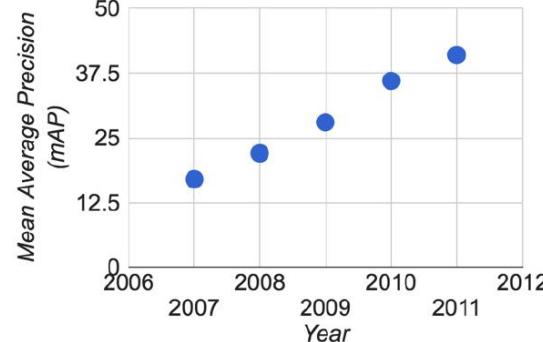
[Image](#) is CC BY-SA 3.0



[Image](#) is CC0 1.0 public domain



This image is licensed under  
CC BY-SA 2.0; changes made



nekoliko hiljada do desetine hiljada slika po kategoriji

- Identifikovan je važan gradivni blok problema računarske vizije: prepoznavanje objekata
- Povećava se kvalitet slika zahvaljujući unapređenju digitalnih kamera i interneta
- Pojavljuje se *benchmark* skup podataka koji nam omogućava da merimo progres u zadatku prepoznavanja objekata
- Performanse detekcije se stalno uvećavaju

# Istorijska računarska vizija



IMAGENET

22K categories and 14M images

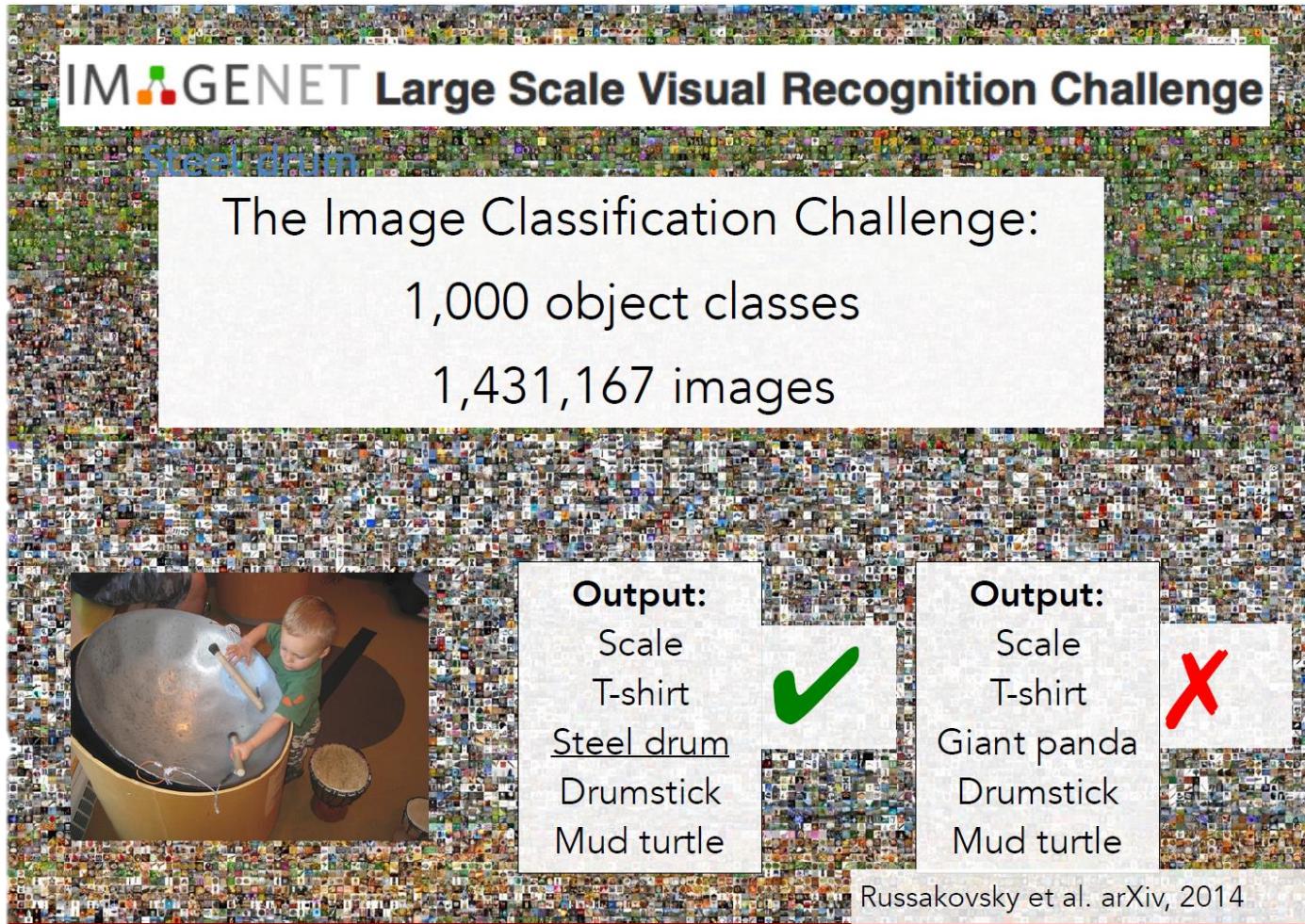
- Animals
  - Bird
  - Fish
  - Mammal
  - Invertebrate
- Plants
  - Tree
  - Flower
  - Food
  - Materials
- Structures
  - Artifact
  - Tools
  - Appliances
  - Structures
- Person
- Scenes
  - Indoor
  - Geological Formations
  - Sport Activities

[www.image-net.org](http://www.image-net.org)

- Da li smo spremni da prepoznajemo sve objekte na svetu?
- Problem svih modela mašinskog učenja je preprilagođavanje (*overfitting*)
- Da bismo ovo izbegli, potreban nam je velik skup podataka

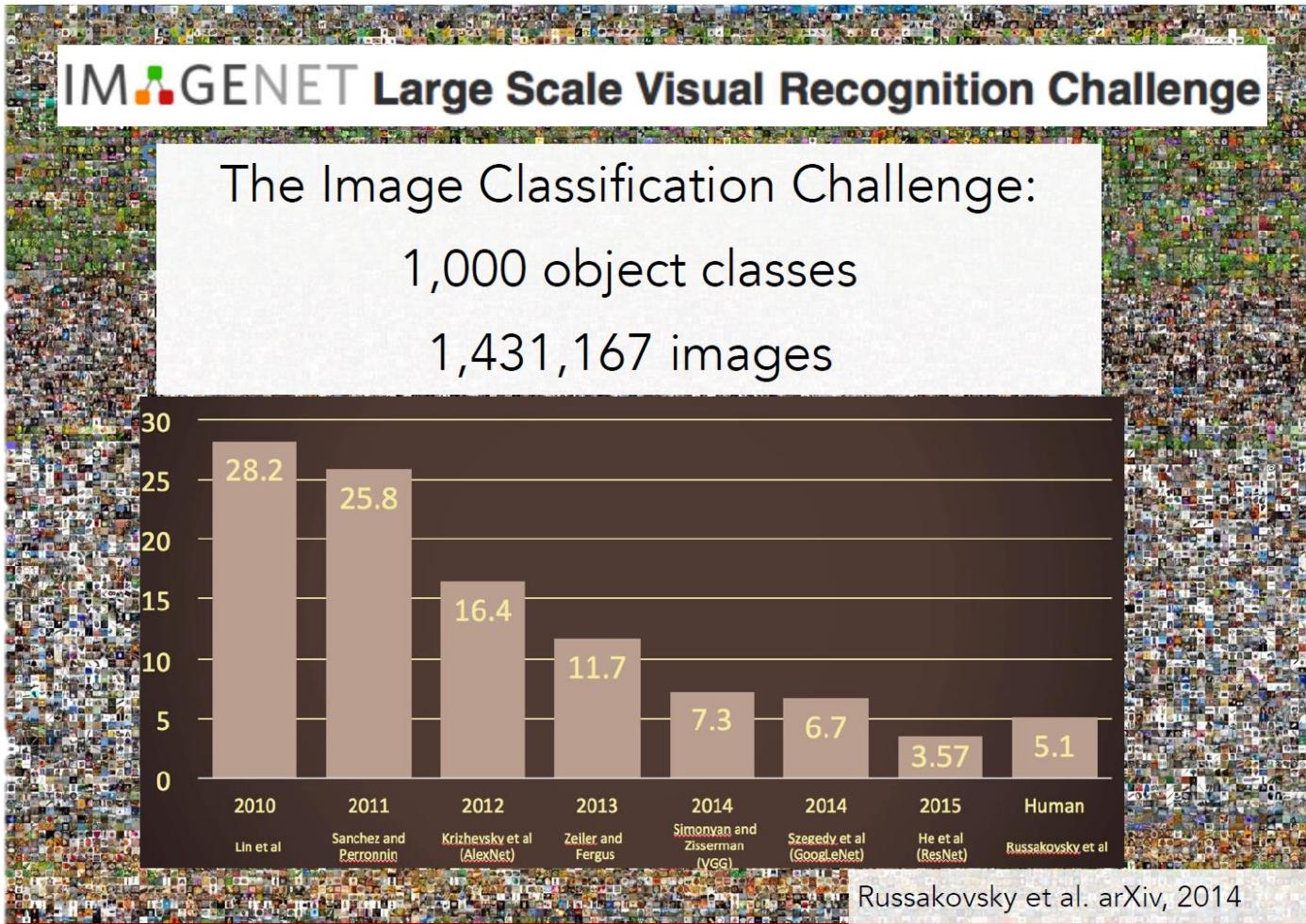
Deng, Dong, Socher, Li, Li, & Fei-Fei, 2009

# Istorija računarske vizije



- Od velike je važnosti kako meriti progres
- 2009 godine *Image Net* izbacuje takmičenje
- Strožiji test skup od 1000 klasa objekata
- Ako algoritam može da izbaci top 5 labela koje obuhvataju tačnu labelu, onda to nazivamo uspehom

# Istorija računarske vizije



- Greška se stabilno smanjuje
- 2014 sižemo do tačke gde algoritmi mogu parirati ljudima
- 2012 – nagli pad greške.  
Pobednički algoritam je CNN

# Konvolucione neuronske mreže

## IMAGENET Large Scale Visual Recognition Challenge

### Year 2010

NEC-UIUC



Dense descriptor grid:  
HOG, LBP

Coding: local coordinate,  
super-vector

Pooling, SPM

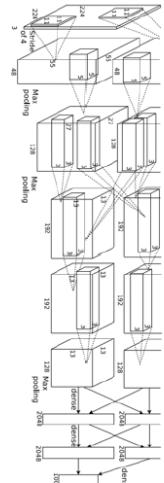
Linear SVM

[Lin CVPR 2011]

Lion image by Swissfrog is  
licensed under CC BY 3.0

### Year 2012

SuperVision



[Krizhevsky NIPS 2012]

Figure copyright Alex Krizhevsky, Ilya  
Sutskever, and Geoffrey Hinton, 2012.  
Reproduced with permission.

### Year 2014

GoogLeNet

- Pooling
- Convolution
- Softmax
- Other

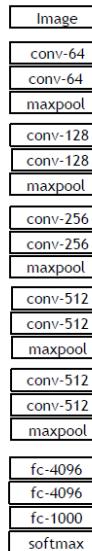


[Szegedy arxiv 2014]

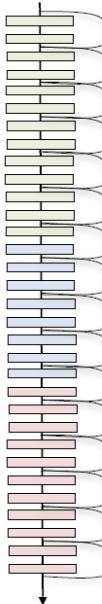
[Simonyan arxiv 2014]

### Year 2015

VGG



MSRA

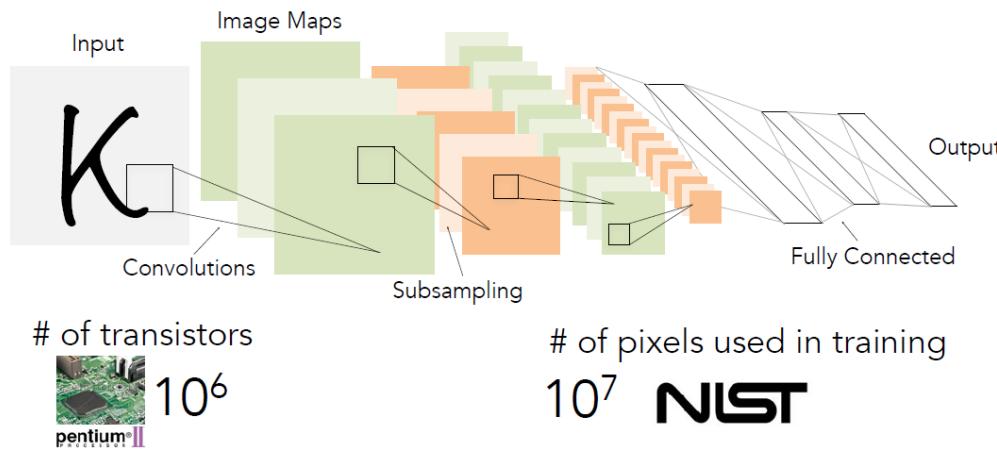


- 2012 *AlexNet* 7 slojeva
- 2014 VGG 19 slojeva
- 2015 *Residual Networks* 152 sloja

# Konvolucione neuronske mreže

1998

LeCun et al.



2012

Krizhevsky et al.

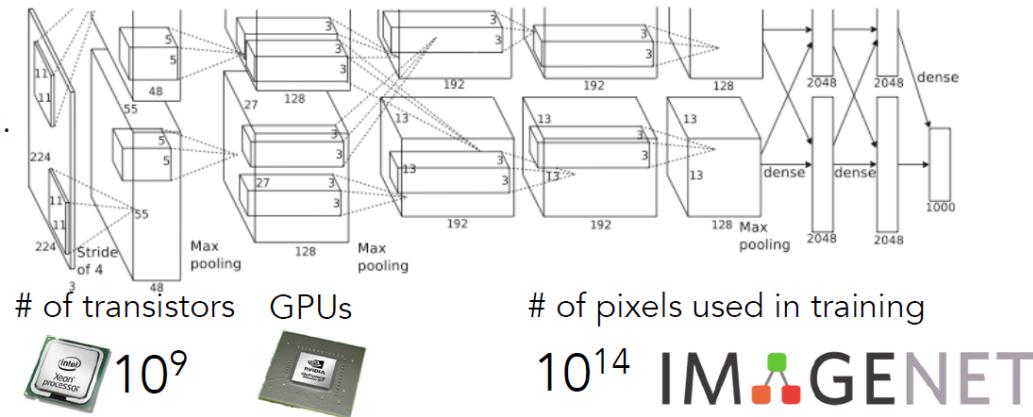


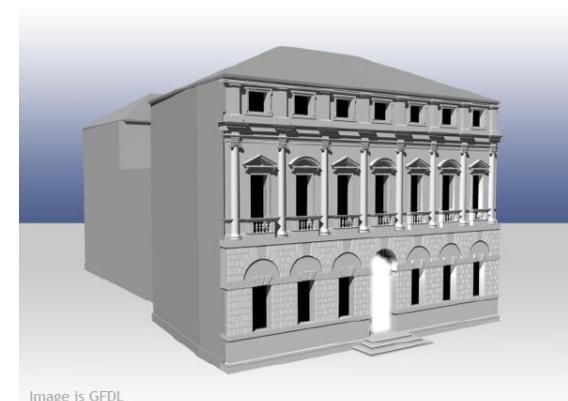
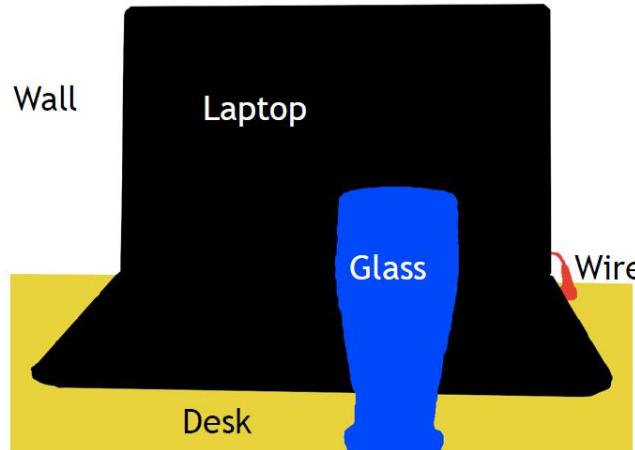
Figure copyright Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, and Geoffrey Hinton, 2012.  
Reproduced with permission.

- Ideja CNN nije iz 2012
- Struktura mreže iz 1998 je slična onoj iz 2012
- Zašto su popularne tek od 2012?
  - Brzina računara i mogućnost paralelizacije
  - Količina labeliranih podataka

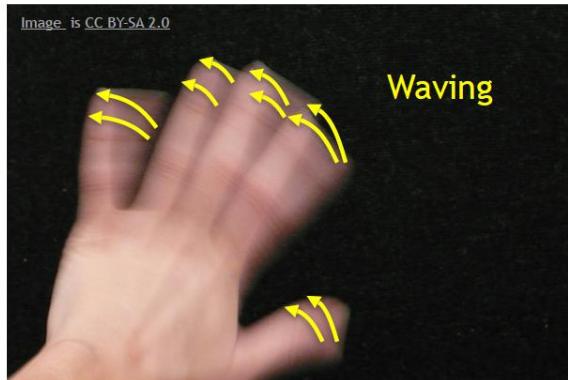
# Veštačka inteligencija

- Zadatak veštačke inteligencije je mnogo veći od prepoznavanja objekata...

[Image is CC0 1.0 public domain](#)



[Image is CC BY-SA 2.0](#)

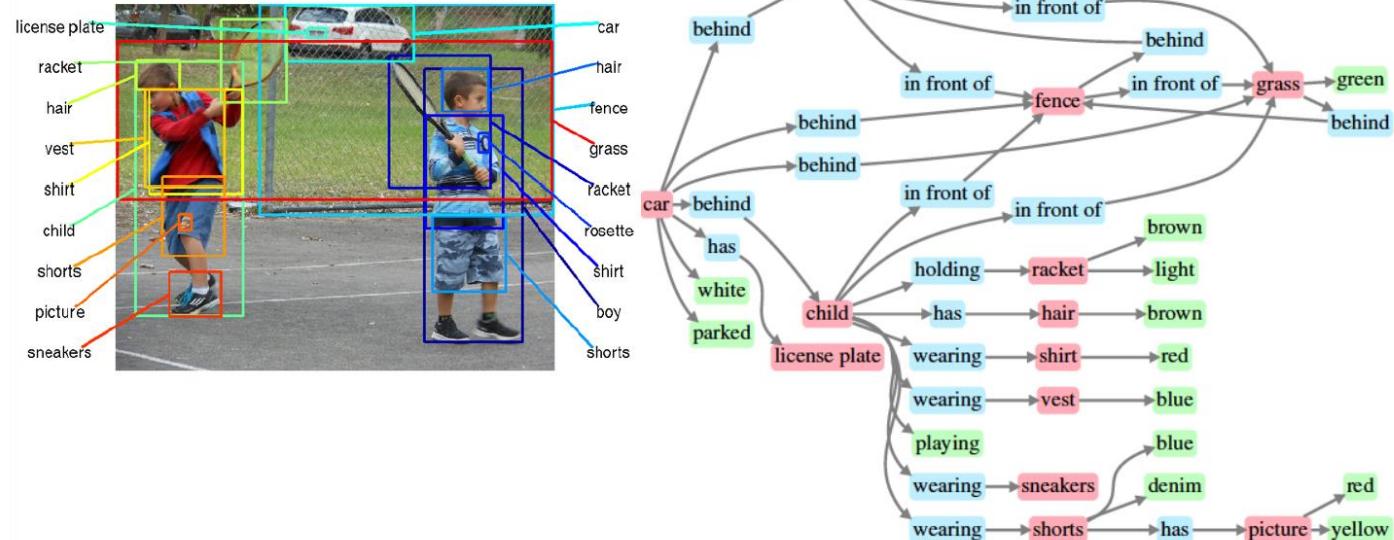


[Image is CC BY-SA 4.0](#)



# *Visual genome*

- Ideja je da se slike predstave kao veliki grafovi semantički povezanih koncepata
  - Ovo ne obuhvata samo identitet objekata već relacije između objekata, njihove atribute, akcije koje se dešavaju na sceni,...



Johnson *et al.*, “Image Retrieval using Scene Graphs”, CVPR 2015

Figures copyright IEEE, 2015. Reproduced for educational purposes

## **PT = 500ms**



Some kind of game or fight. Two groups of two men? The man on the left is throwing something. Outdoors seemed like because i have an impression of grass and maybe lines on the grass? That would be why I think perhaps a game, rough game though, more like rugby than football because they pairs weren't in pads and helmets, though I did get the impression of similar clothing. maybe some trees? in the background. (Subject: SM)

- Još jedan interesantan rad u ovom smeru
- Ova slika je pokazana ljudima veoma kratak vremenski rok. Na osnovu posmatranja u tako kratkom vremenu ljudi su uspevali da daju opširne opise
- Ovo je u nekom smislu sveti gral računarske vizije – da se razume priča na slici na bogat i dubok način

Fei-Fei, Iyer, Koch, Perona, JoV, 2007

Image is licensed under CC BY-SA 3.0; changes made

# Zašto je ova slika smešna?



This image is copyright-free [United States government work](#)

Example credit: [Andrej Karpathy](#)

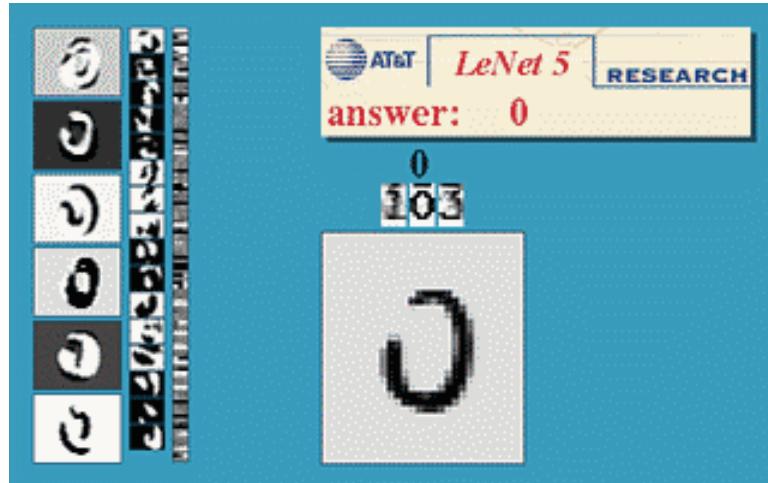
# Postojeće aplikacije koje koriste CV

---

- Laptop: Biometrics auto-login (face recognition, 3D), OCR
- Smartphones: QR codes, computational photography (Android Lens Blur, iPhone Portrait Mode), panorama construction (Google Photo Spheres), face detection, expression detection (smile), Snapchat filters (face tracking), Google Tango (3D reconstruction),
- Web: Image search, Google photos (face recognition, object recognition, scene recognition, geolocalization from vision), Facebook (image captioning), Google maps aerial imaging (image stitching), YouTube (content categorization)
- VR/AR: outside-in tracking (HTC VIVE), inside out tracking (simultaneous localization and mapping, HoloLens)
- Xbox: Kinect, full body tracking of skeleton, gesture recognition, virtual try-on
- Medical imaging: CAT / MRI reconstruction, assisted diagnosis, automatic pathology, connectomics, endoscopic surgery
- Industry: vision-based robotics (marker-based), machine-assisted router (jig), automated post, ANPR (number plates), surveillance, drones, shopping
- Transportation: assisted driving (everything), face tracking/iris dilation for drunkenness, drowsiness, automated distribution (all modes)
- Media: Visual effects for film, TV (reconstruction), virtual sports replay (reconstruction), semantics-based auto edits (reconstruction, recognition)

# Optical Character Recognition (OCR)

- Tehnologija kojom možemo konvertovati skenirane dokumente u tekst
- Skeneri sadrže OCR softver



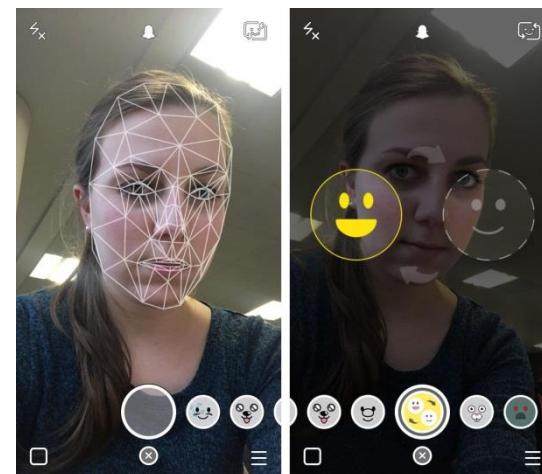
Digit recognition, AT&T labs  
<http://www.research.att.com/~yann/>



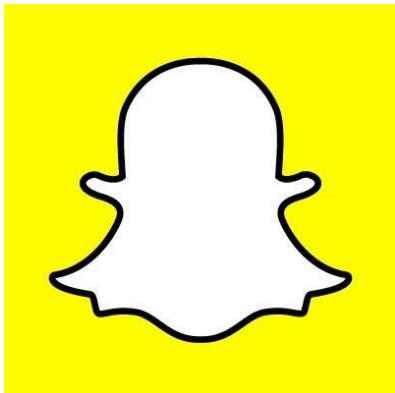
License plate readers  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Automatic\\_number\\_plate\\_recognition](http://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_number_plate_recognition)

# Face Detection

- Gotovo sve digitalne kamere vrše detekciju lica
  - Glavni razlog je fokus, ali je zgodno i za „smart cropping“



# Snapchat

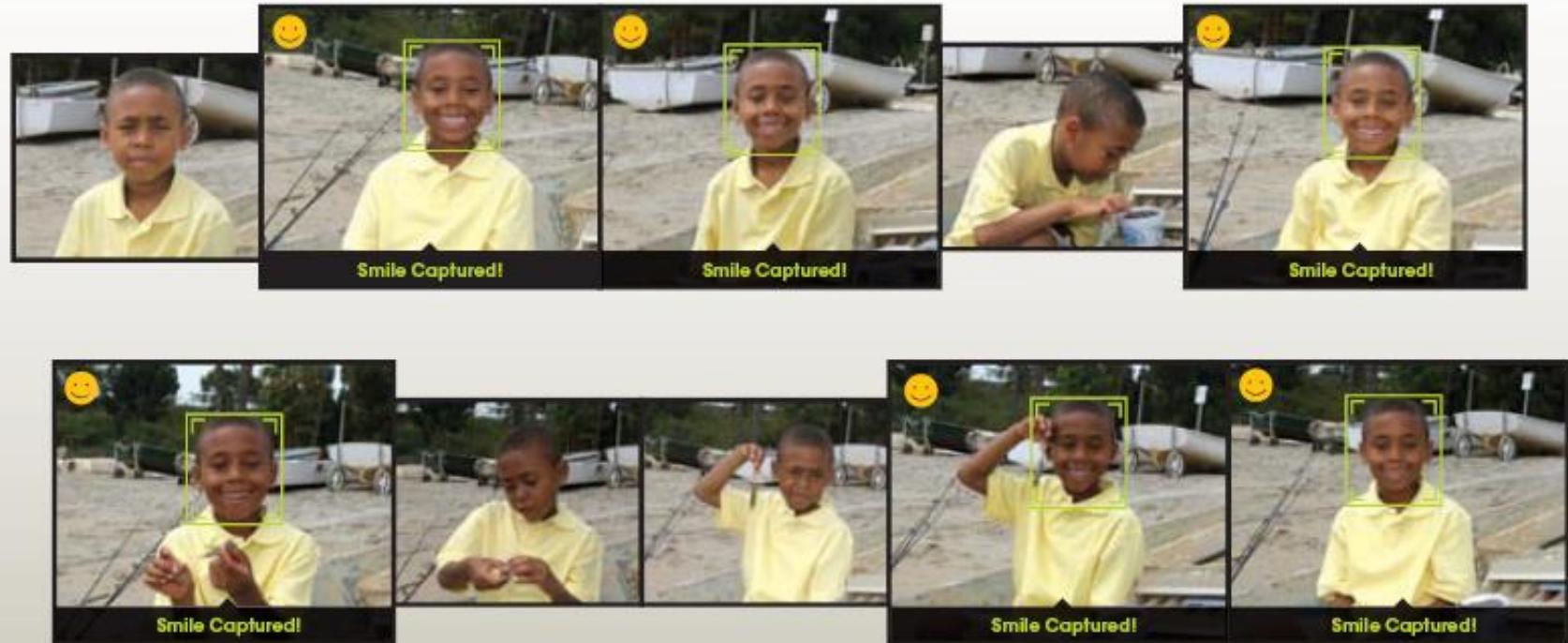


<https://pleated-jeans.com/2016/03/02/21-snapchat-face-swaps-that-went-horribly-wrong/>

# Smile detection

## The Smile Shutter flow

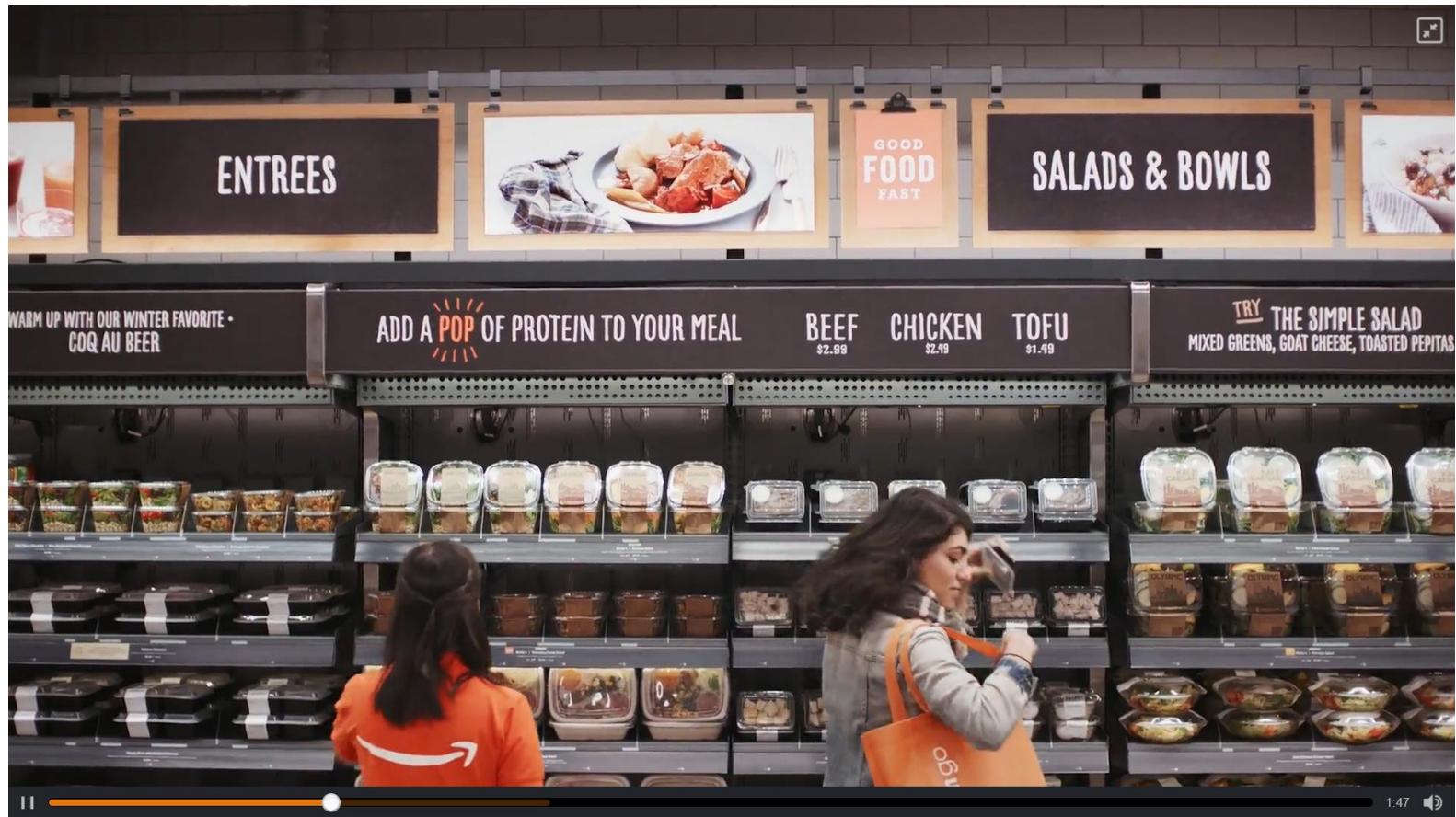
Imagine a camera smart enough to catch every smile! In Smile Shutter Mode, your Cyber-shot® camera can automatically trip the shutter at just the right instant to catch the perfect expression.



[Sony Cyber-shot® T70 Digital Still Camera](#)

# Object recognition (in supermarkets)

<https://www.amazon.com/b?ie=UTF8&node=16008589011>



# Motivacija – prepoznavanje objekata na slici

- Koliko je rastojanje do sledećeg automobila?
- Koje strelice su prikazane na putu?
- Na koju vrstu vozila se odnosi znak sa desne strane?
- Ovaj problem je često potrebno rešavati u realnom vremenu sa ograničenim resursima
- Rizik od greške je katstrofalan
- Uslovi često nisu idealni za senzor, loša viljivost
- Ko snosi odgovornost ako sistem napravi grešku?
- Na koji način sistem treba donosi odluke o sigurnosti vozača?



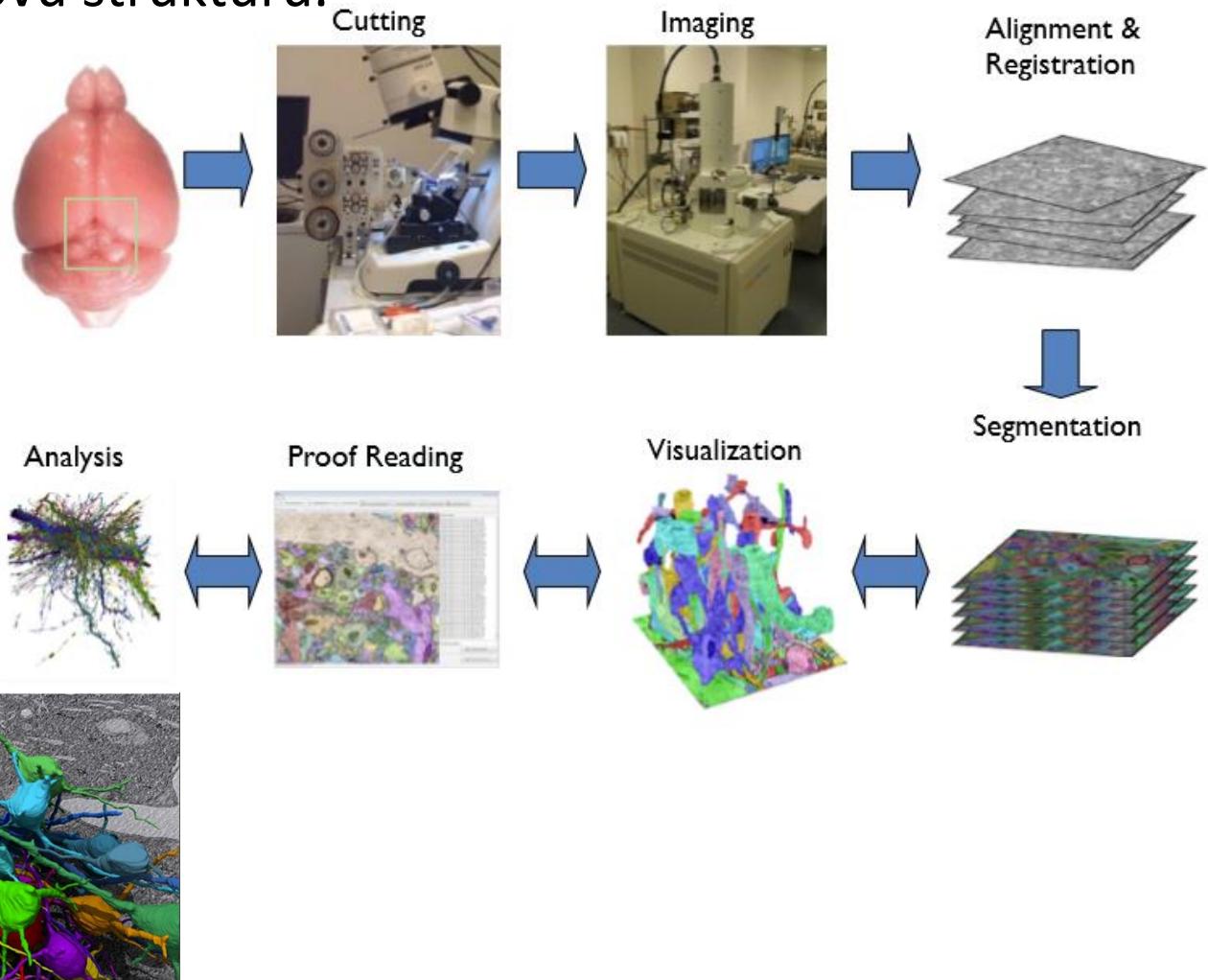
# Motivacija

- Koliko je osoba prikazano na slici?
- Koja je lokacija slike?
- Da li postoji vremenska zavisnost sa drugim slikama na istom uređaju?
- Na koji način interpretirati sliku i njen prostorni i vremenski kontekst?
- Da li se mogu primetiti pravilnosti u tome kako je korisnik organizovao prethodne slike?



# Motivacija

Iz živih uzoraka izmeriti oblike tkiva  
i rekonstruisati njihovu strukturu.



# Način polaganja

- Praktični deo 70 poena
  - Asistenti će dati dodatna pojašnjenja na vežbama
  - Predstavlja predispite obaveze (striktno definisani rokovi kada ga možete braniti)
- Teorija 30 poena
  - Pismeno, u rokovima koje propisuje FTN
  - Nije obavezno za polaganje ispita i nema minimalne granice bodova za polaganje
  - Ukoliko ponovo izlazite na teoriju radi ispravke ocene, prethodni bodovi sa teorije vam se poništavaju

Bodovi	Ocena
91-100	10
81-90	9
71-80	8
61-70	7
51-60	6

# Sajt predmeta

---

- <https://enastava.ftninformatika.com>
- LoginID: sw-XX-2013 (npr. sw-11-2013)
- Inicijalni pass: fakultet
- Prilikom prvog logovanja dodajte svoju email adresu na nalog, kako biste dobijali obaveštenja

# Preporučena literatura

---

- Online kursevi (audit opcija je besplatna)
  - Stanford: „Convolutional Neural Networks for Visual Recognition“  
<http://cs231n.stanford.edu/>
    - video materijali su takođe dostupni:  
<https://www.youtube.com/playlist?list=PL3FW7Lu3i5JvHM8ljYj-zLfQRF3EO8sYv>
  - Duke University: „Image and Video Processing: From Mars to Hollywood with a Stop at the Hospital“ <https://www.coursera.org/learn/image-processing/>
  - Andrew Ng (deeplearning.ai): „Convolution Neural Networks“  
<https://www.coursera.org/learn/convolutional-neural-networks>
- Knjige
  - Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. and Bengio, Y., 2016. *Deep learning* (Vol. 1). Cambridge: MIT press.
  - Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods. 2006. *Digital Image Processing* (3rd Edition). Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, USA.
  - Szeliski, R., 2010. *Computer vision: algorithms and applications*. Springer Science & Business Media. <http://szeliski.org/Book/>