

Cellular Nonlinear Networks

Introduction

Horváth András



Általános tudnivalók

A tárgy neve: Celluláris hullámszámítógépek

- Honlap: <http://d7.itk.ppke.hu>

- User: CNN

- PWD: ace16k

Gyakorlatvezetők: Koller Miklós, Horváth András

Kreditérték: 5

Követelmény: kollokvium (megajánlott jegy szererezhető)

Évközben: röpz-h-k (20%), házi feladat (20%), ZH (60%)

40-70%: 2 70-100%: 3

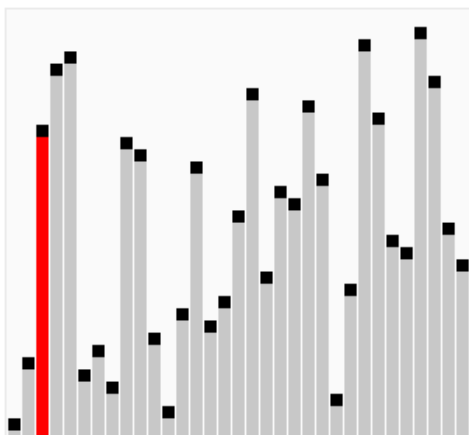
A tárgy időpontja és helyszíne:

Előadás: szerda, 10:15-12:00, Jedlik terem,

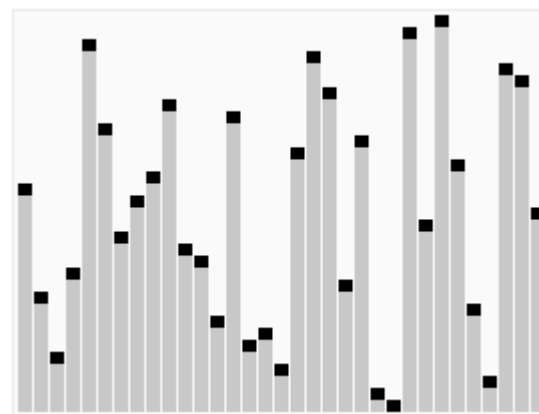
Gyakorlat: 13:15-15:00; 15:15-17:00 219 és 222 terem

Algoritmusok hatékonysága

Algoritmus: „Utasítások egy speciális sorrendű előre megadott halmaza, mely megadja, hogy miként oldahtunk meg egy problémát”



Buborék rendezés



Quicksort rendezés

Az algoritmusok absztrakt ideális gépeken futnak (turing machine vagy matematikai leírás: μ rekurzív függvény)

Algoritmus tervezés

Algoritmus tervezés:

Nem-topografikus

Magas szintű absztrakció

Könnyű, egyszerű

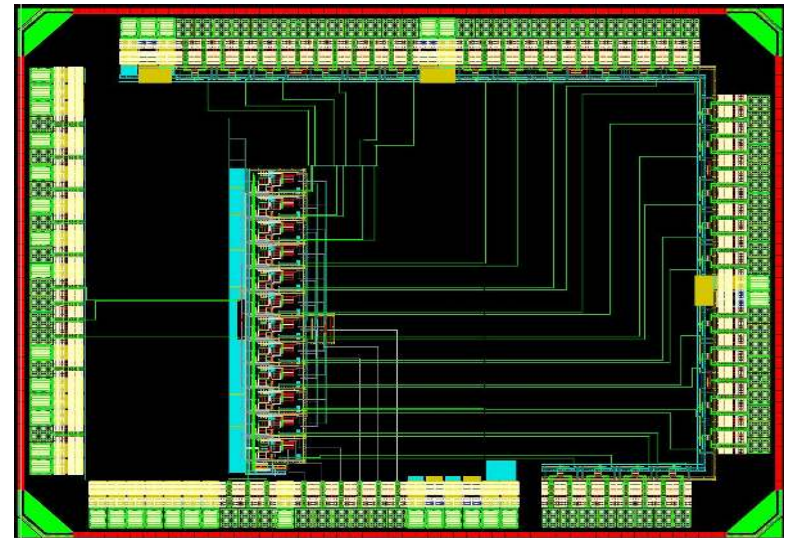
A probléma lényegét ragadja meg

Fizikai megkötések (architektúra):

Topografikus korlátok

Cél: térbeli algoritmusok készítése,
melyek illeszkednek a korlátainkhoz

→ cellularitás



Optimális algoritmus?

Létezik e legjobb algoritmus?

Mit a legjobb megoldás egy problémára?

Összehasonlíthatunk-e egyáltalán algoritmusokat eszközök nélkül?



Cézanne: Pommes et orange



Mit...de hogyan? - There are NO efficient tools

Más architektúra, más program, más alapvető számítási műveletek

Az egyik legfontosabb mérnöki kérdés

Milyen szempontból optimális?

- méret
- fogyasztás
- futásidő
- ár
- fejlesztési, implementálási idő

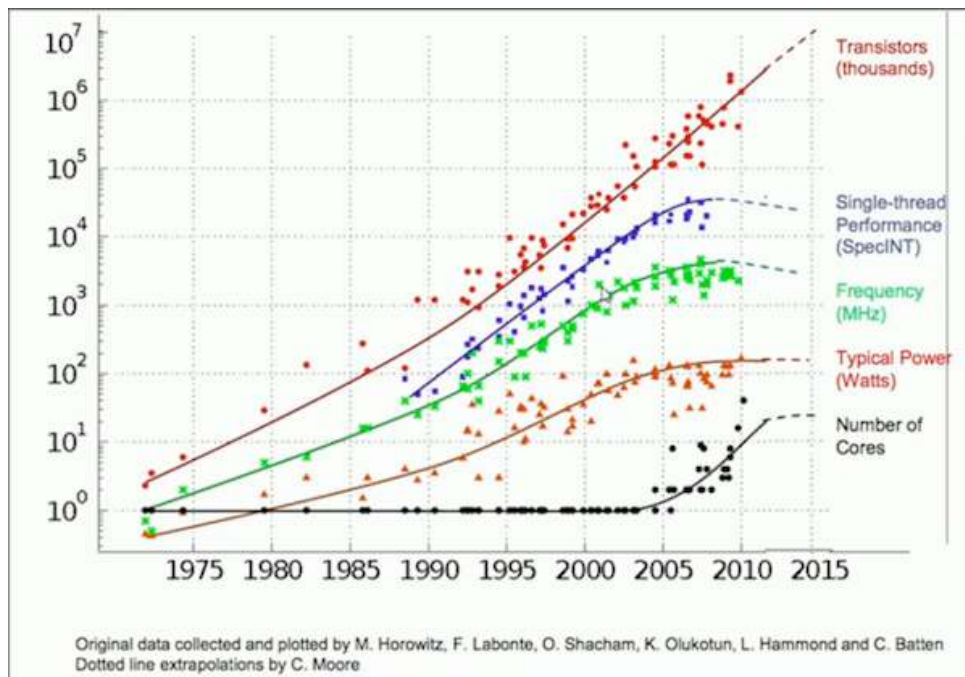


Párhuzamosság megjelenése

Jelenlegi (és pár éves) trend a chip gyártásban

Moore's Law és 'Downscaling'

Kiloprocesszoros architektúrák



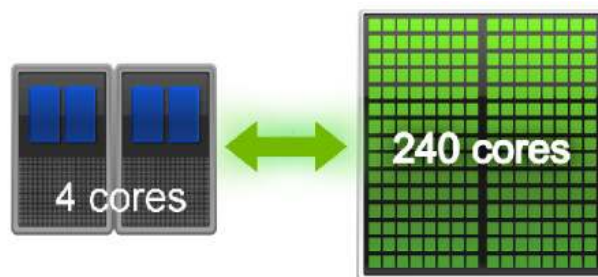
Kiloprocesszoros chip-ek

Jelenlegi trend: 14 nm: > 10 milliárd tranzisztor

(Xeon IvyBridge 4.3 milliárd tranzisztor)

Wire delay vs Gate delay

A kommunikáció több idő, mint a műveletvégzés



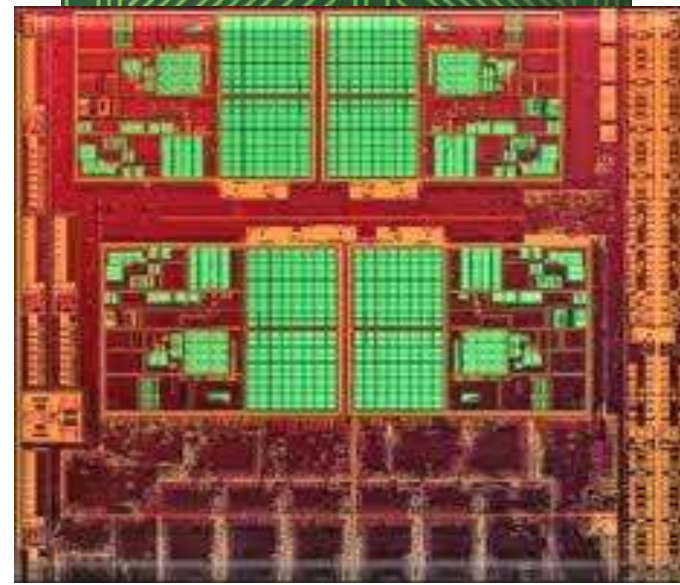
Chipfejlesztési trend:

Intel Xeon-phi

GPU

FPGA

Speciális: CNN



Párhuzamosság

Nem pusztán párhuzamos

Más gondolkodásmódot,
algoritmustervezést igényel

A kipróbált jólbevált algoritmusok
nem használhatóak

Nagy a hangsúly az erőforrások
felosztásán, munkavégző elem van
bőven, de nem mindig kihasználtak

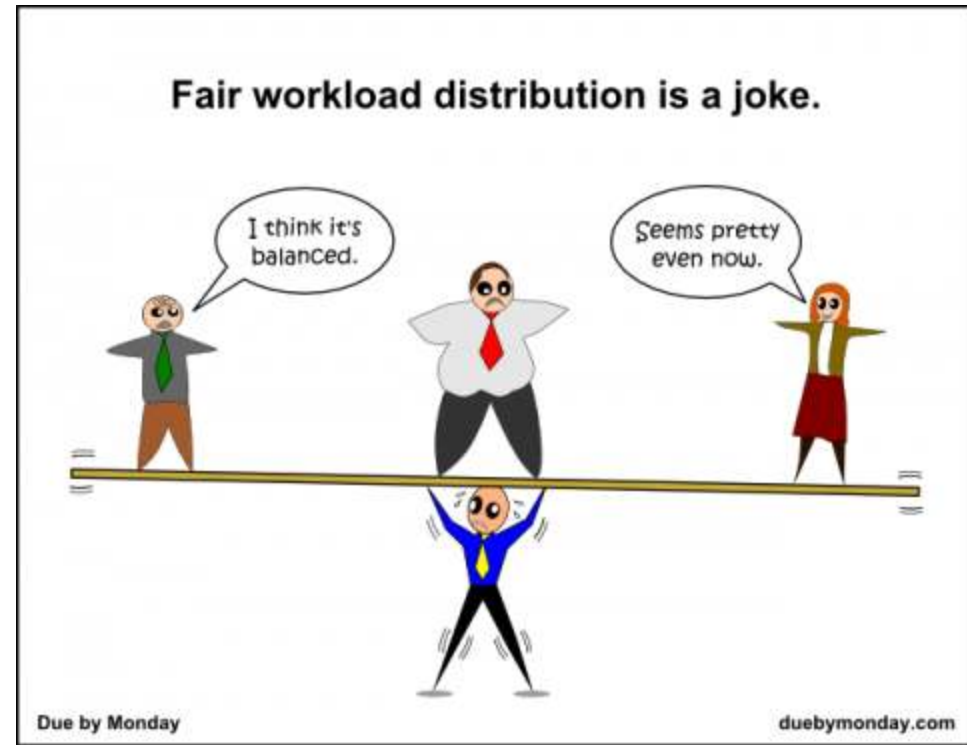
Készítsünk egy architektúrát, ahol

Minden elem egyformán dolgozik (SIMD):

Idő és térbeli folyamatok megértése

Spatial-temporal algorithms - hullámszámítás

'Cellular Wave Computers: one way of thinking'



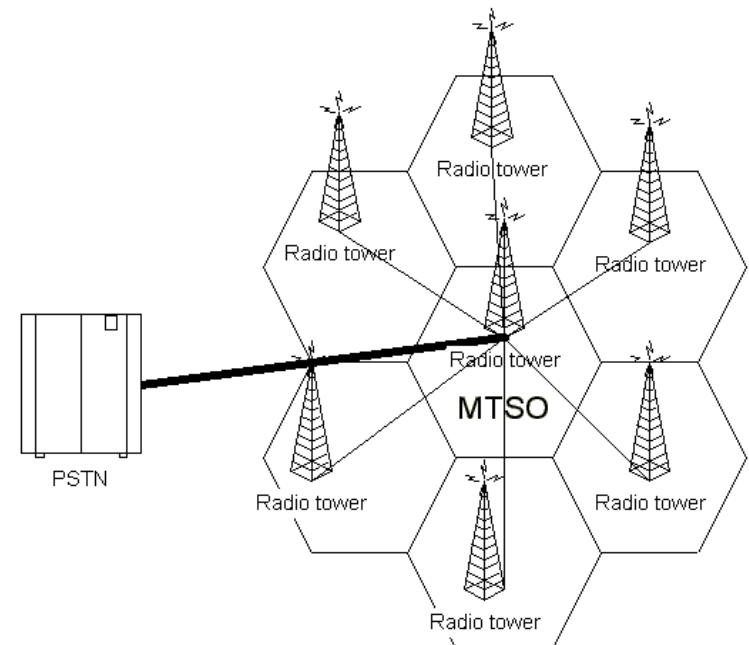
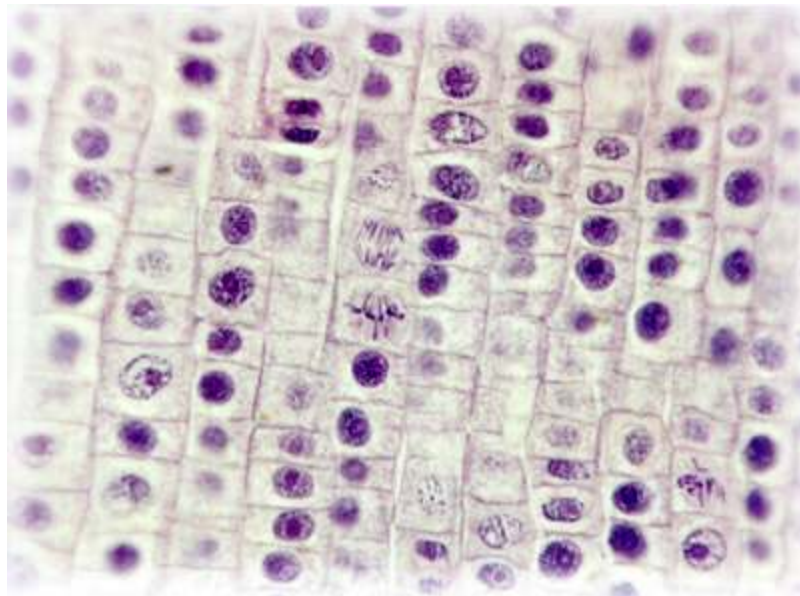
Cellularitás – a rész és az egész

Sejtszerű

Szabályos elrendezés (regularity)

Apró, azonos részekből felépülő (homogentiy)

Az egész hálózat több, mint a részek összege



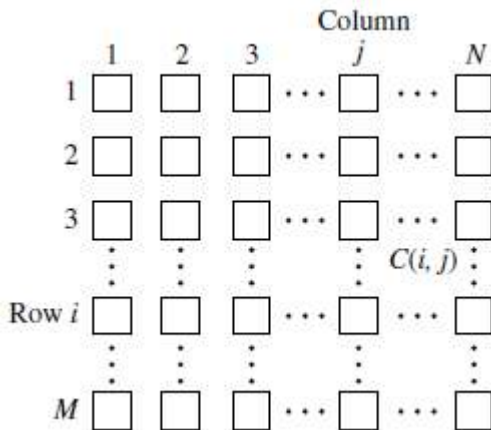
CNN architektúra

A standard CNN architektúra cellák $M \times N$ -es reguláris hálózata
(általában descartes-i)

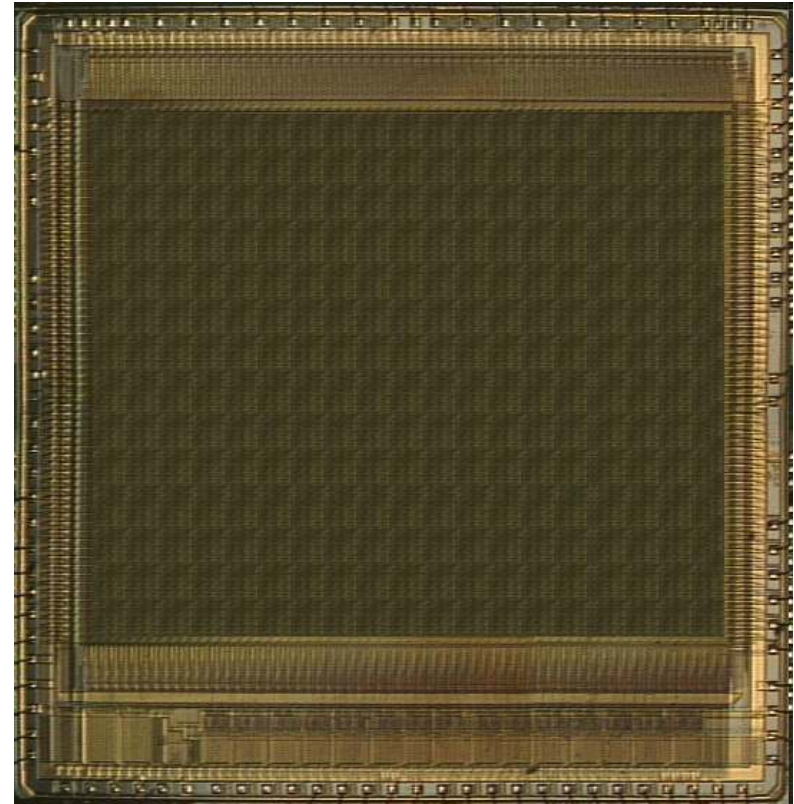
$C(i, j)$

$(i, j), i = 1, 2, \dots, M, j = 1, 2, \dots, N$

$M \neq N$ nem feltétlenül egyenlőek



Térben: Heterogén, homogén
(space invariant, isotropic)



Cellák szomszédsága

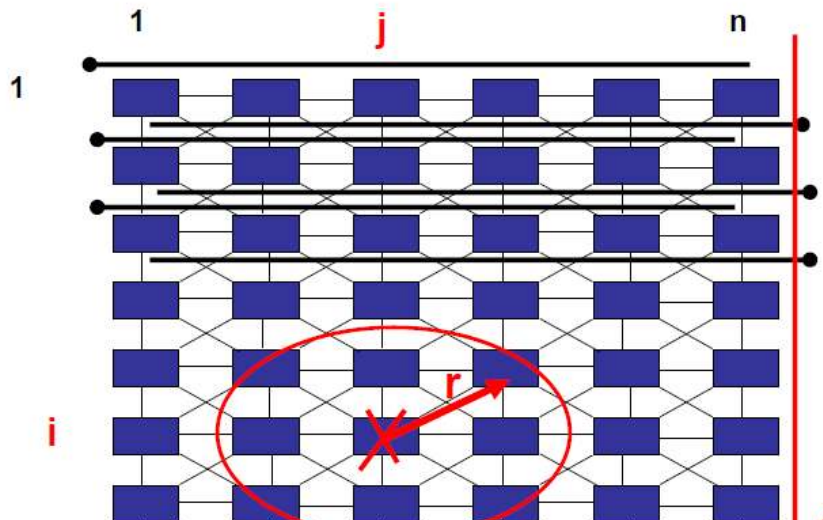
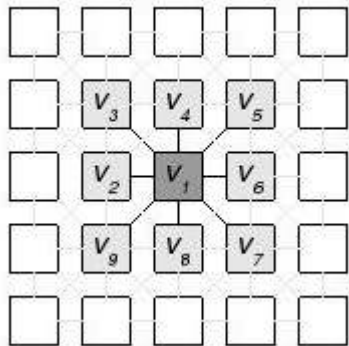
szomszédság, szomszédos cellák: $Sr(i,j)$

$Sr(i,j)$ Sphere of influence of cell $C(i,j)$

Szomszédsági sugár: r

Azon cellák, melyekre:

$$Sr(i,j) = \{C(k,l) \mid \max 1 \leq k \leq M, 1 \leq l \leq N \{|k-i|, |l-j|\} \leq r\}$$



Boundary condition

1. Fixed (Dirichlet) boundary conditions:

Külső virtuális cellákba konstans értéket töltünk

Left virtual cells: $y_{i,0}=y_{i,1}$, $u_{i,0}=u_{i,1}$

$i=1,2,\dots,M$.

Right virtual cells: $y_{i,N+1}=y_{i,N}$, $u_{i,N+1}=u_{i,N}$

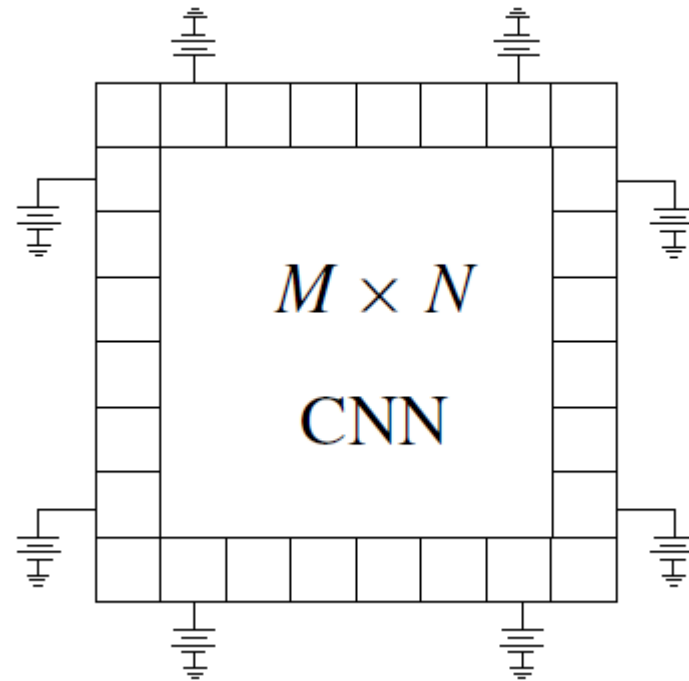
$i=1,2,\dots,M$.

Top virtual cells: $y_{0,j}=y_{1,j}$, $u_{0,j}=u_{1,j}$

$j=1,2,\dots,N$.

Bottom virtual cells: $y_{M+1,j}=y_{M,j}$, $u_{M+1,j}=u_{M,j}$

$j=1,2,\dots,N$.



Boundary condition

2, Zero flux (Neumann) This boundary condition usually applies to the case where there is no input

A virtuális cellák a 'legközelebbi' valós
Cella értékét veszik fel.

Left virtual cells: $y_{i,0} = y_{i,1}$, $u_{i,0} = u_{i,1}$,

$i=1,2,\dots,M$.

Right virtual cells: $y_{i,N+1} = y_{i,N}$, $u_{i,N+1} = u_{i,N}$,

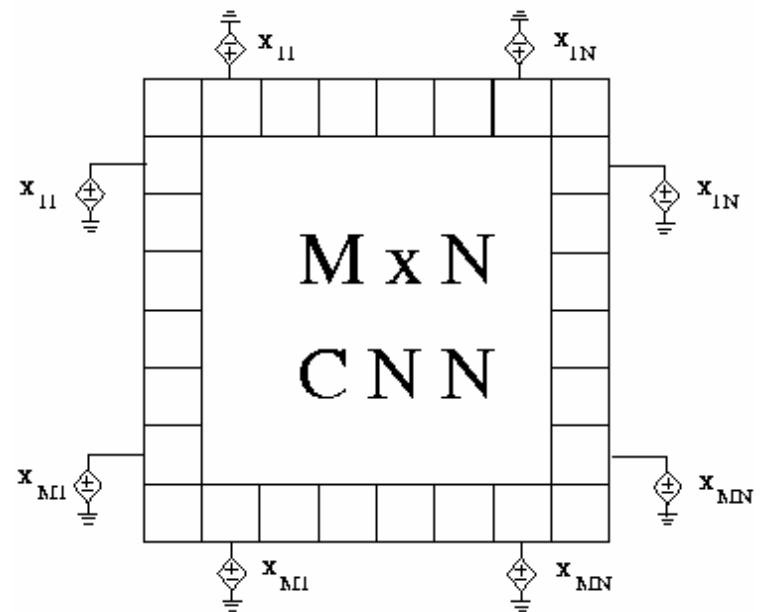
$i=1,2,\dots,M$.

Top virtual cells: $y_{0,j} = y_{1,j}$, $u_{0,j} = u_{1,j}$,

$j=1,2,\dots,N$.

Bottom virtual cells: $y_{M+1,j} = y_{M,j}$, $u_{M+1,j} = u_{M,j}$,

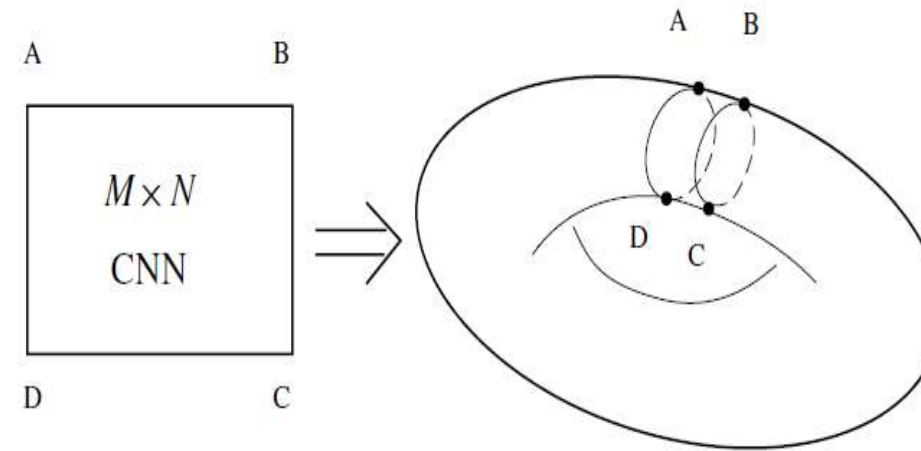
$j=1,2,\dots,N$.



Boundary condition

3, Periodic (Toroidal)

Áthuzalozással végtelen, periódikus képet hoznak létre.



Left virtual cells: $y_{i,0} = y_{i,N}$, $u_{i,0} = u_{i,N}$

$i=1,2,\dots,M$.

Right virtual cells: $y_{i,N+1} = y_{i,1}$, $u_{i,N+1} = u_{i,1}$

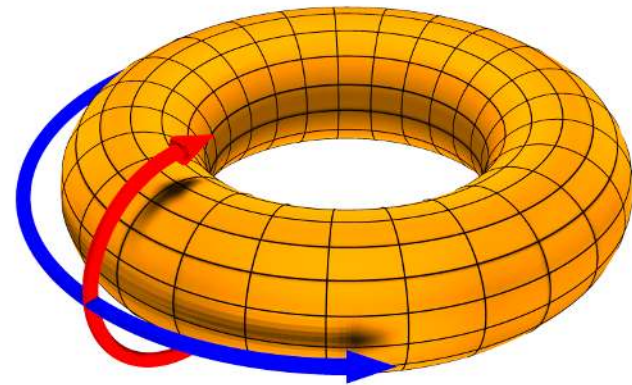
$i=1,2,\dots,M$.

Top virtual cells: $y_{0,j} = y_{M,j}$, $u_{0,j} = u_{M,j}$

$j=1,2,\dots,N$.

Bottom virtual cells: $y_{M+1,j} = y_{1,j}$, $u_{M+1,j} = u_{1,j}$

$j=1,2,\dots,N$.



Cellularitás – a rész és az egész

Kiemelkedés (Emergence): komplex mintázatok megjelenése 'viszonylag' egyszerű interakcióknak köszönhetően

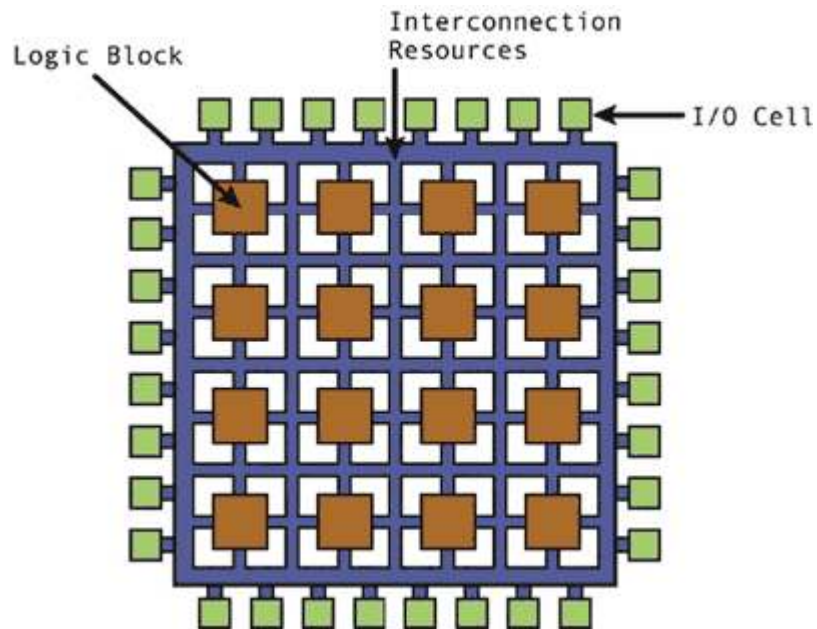
Hangyák- hangyavár, városok

Minta generálás

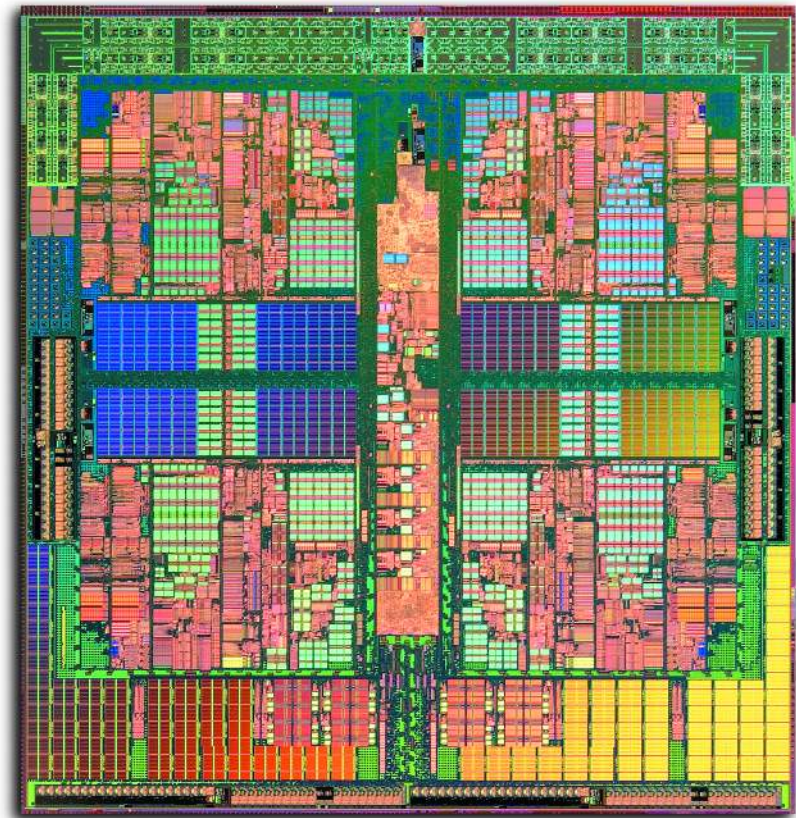


Motiváció I: Emberi látórendszer

Chipek: kísérteties hasonlóságot mutatnak



FPGA architecture



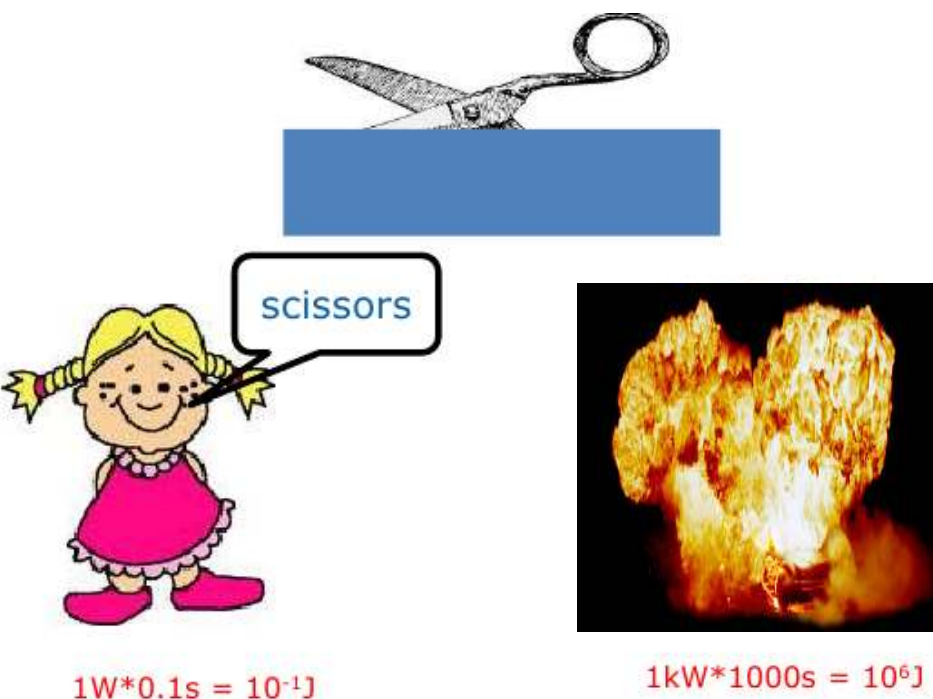
AMD quad core layout

Motiváció II: Emberi látórendszer

Néhány területen sokkal jobban teljesítünk, mint a gépek
Nagy mennyiségű struktúrálatlan adat esetén

„Részben” tanult képességek

Összetett rendszer



Retina felépítése

Gerinces retina: Inverz retina (ellentétben a fejlábúakkal, külön fejlődési ág) az érzékelő sejtek a leghátsó rétegben találhatóak

Csapok (cones):

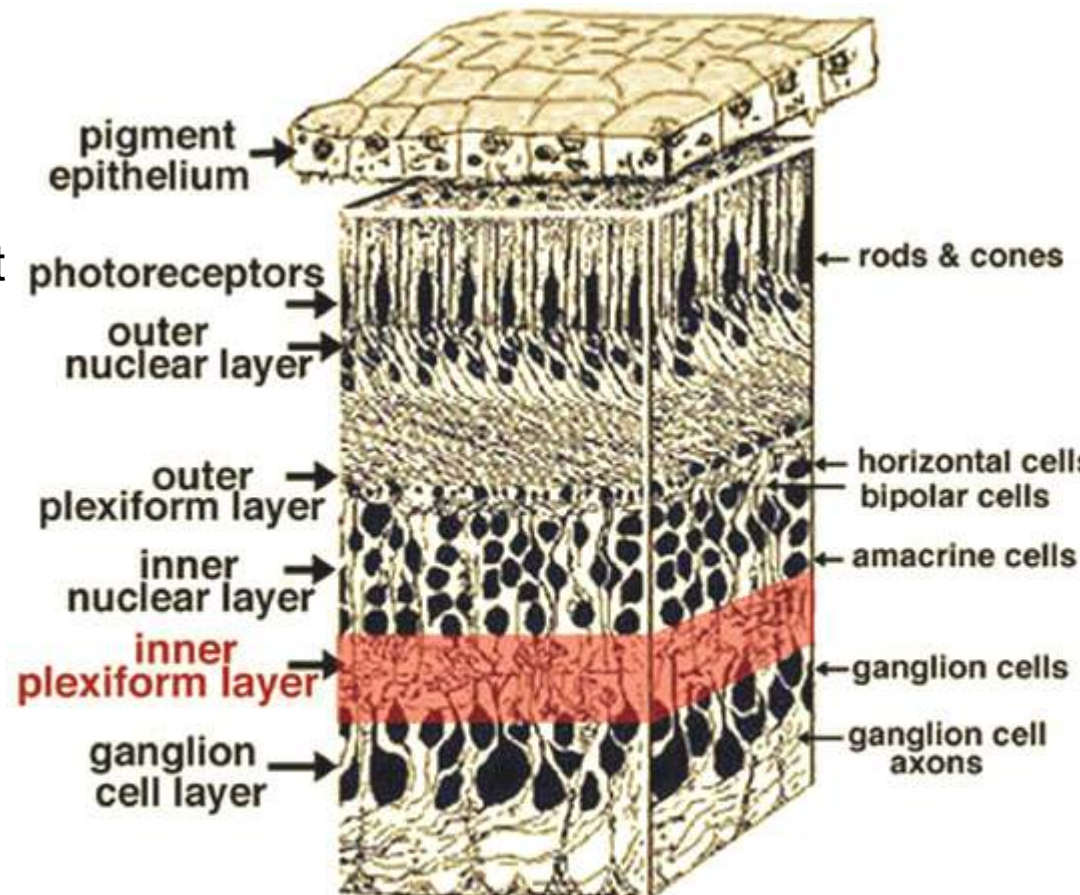
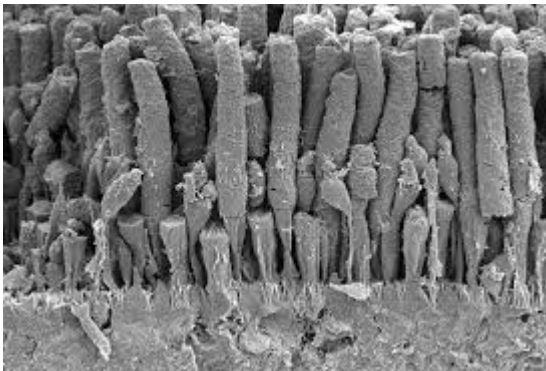
6 millió, Erős megvilágítás mellett

Fovea-ban, színlátás

Pálcikák (rods):

120 millió, gyenge megvilágítás mellett
környéki látás, egy szín

Ganglion, amacrin, bipoláris,
horizontális sejtek



Retina felépítése

100x több fotoreceptor, mint ganglion sejt:

Nagymértékű tömörítésre van szükség

Nem pixel szinten látunk:

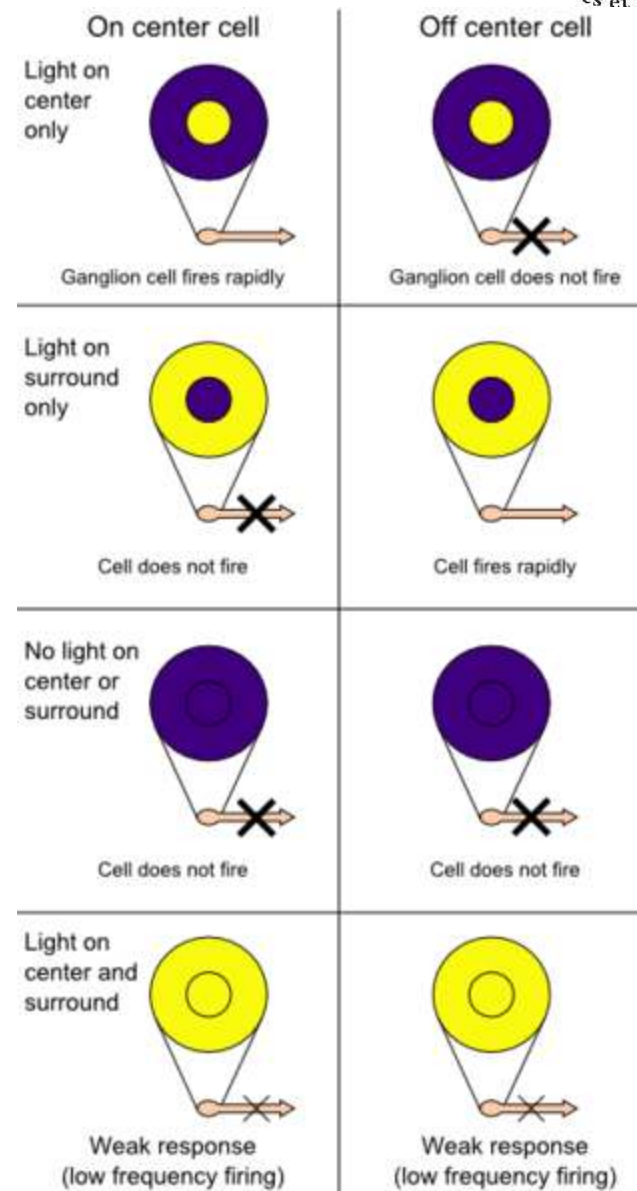
Területeket változásokat érzékelünk
sárgafolt

On/Off

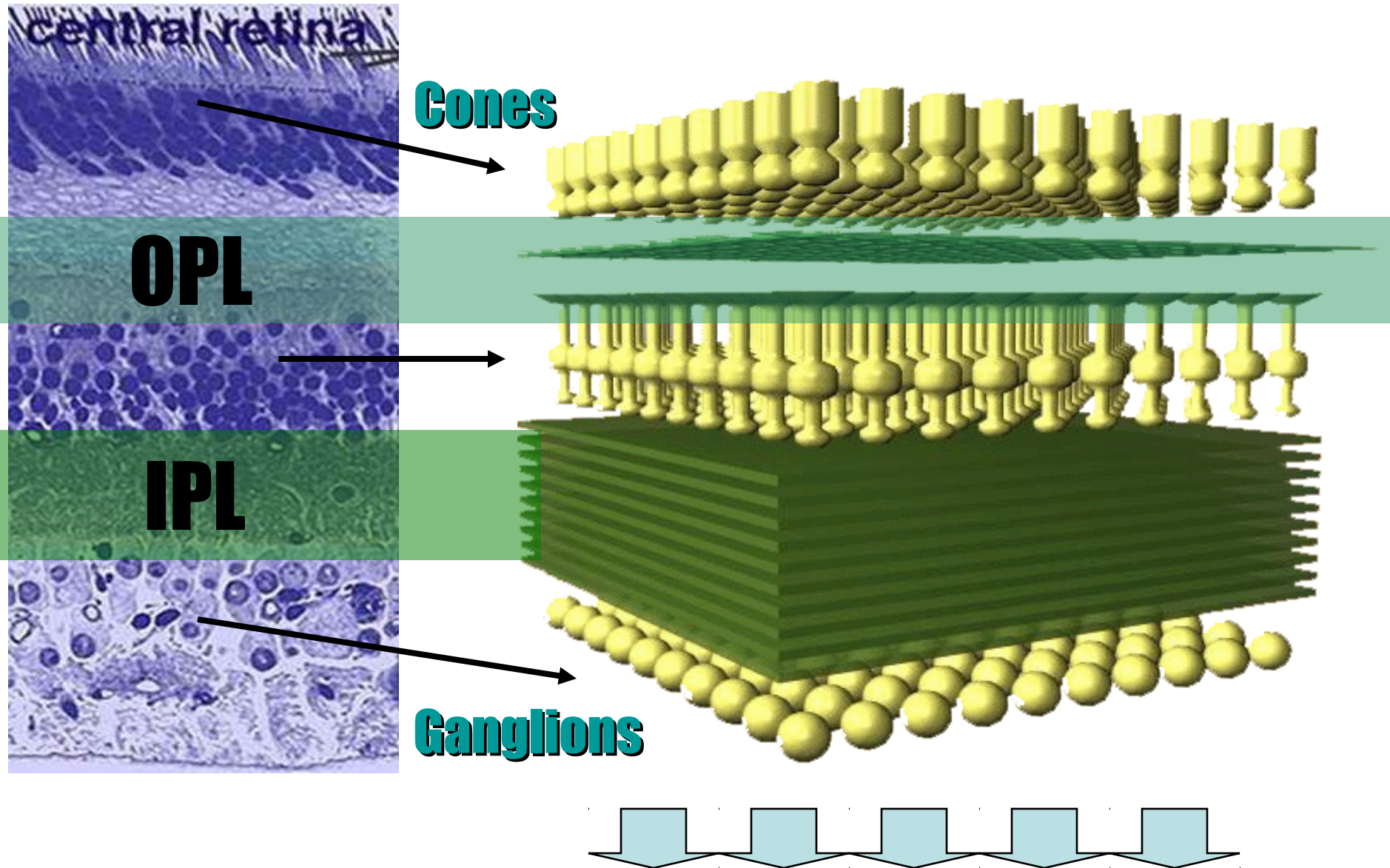
Serkentő, gátló régiók

Topografikus

Roppant egyszerű struktúrák összekapcsolása



Retina structure



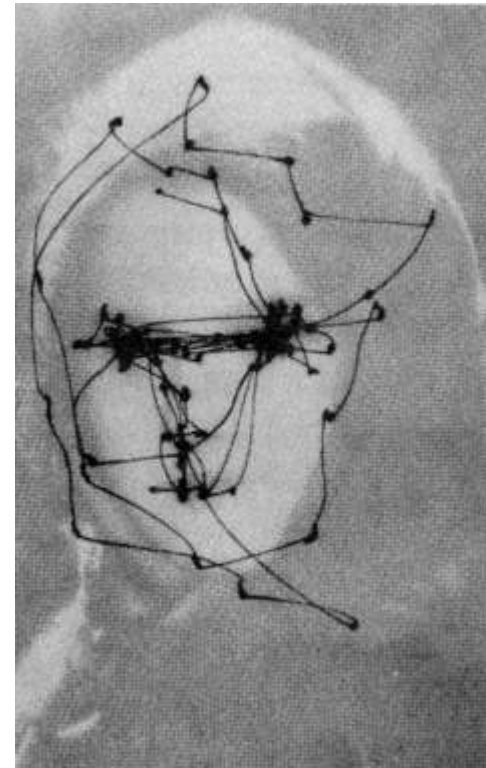
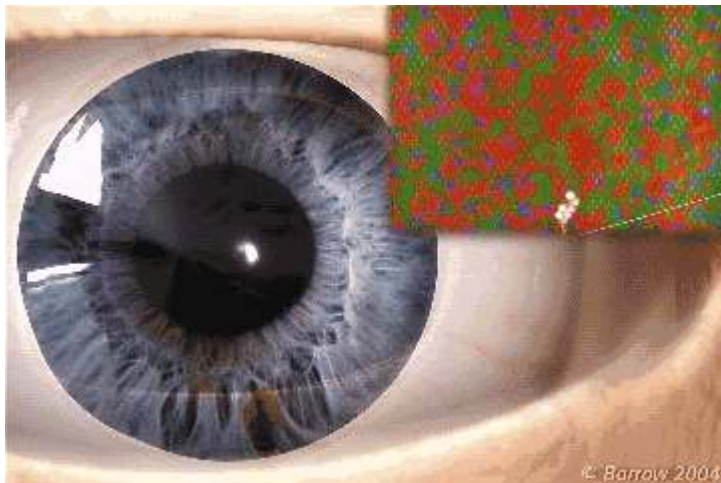
Folyamatok a látásban

Szakkádok:

Gyors, szimultán szemmozgás, mely mindkét szemnél egyszerre történik, a homloklebeny irányításával

Nem tudunk statikusan nézni a szemünk folyamatosan mozog. EZ biztosítja, hogy a fotoreceptorok folyamatos stimuláció alatt állnak

Statikus képeket nem tudunk érzékelni



Attenciós mechanizmusok

A mikroszakkádok ezetén számít a preifériás látás serkentése

MAgasabbrendű folyamatok is befolyásolják

A szemmozgás foylamatából jól vizsgálhatóak az attenciós mechanizmusok (nagyban korrelálnak)



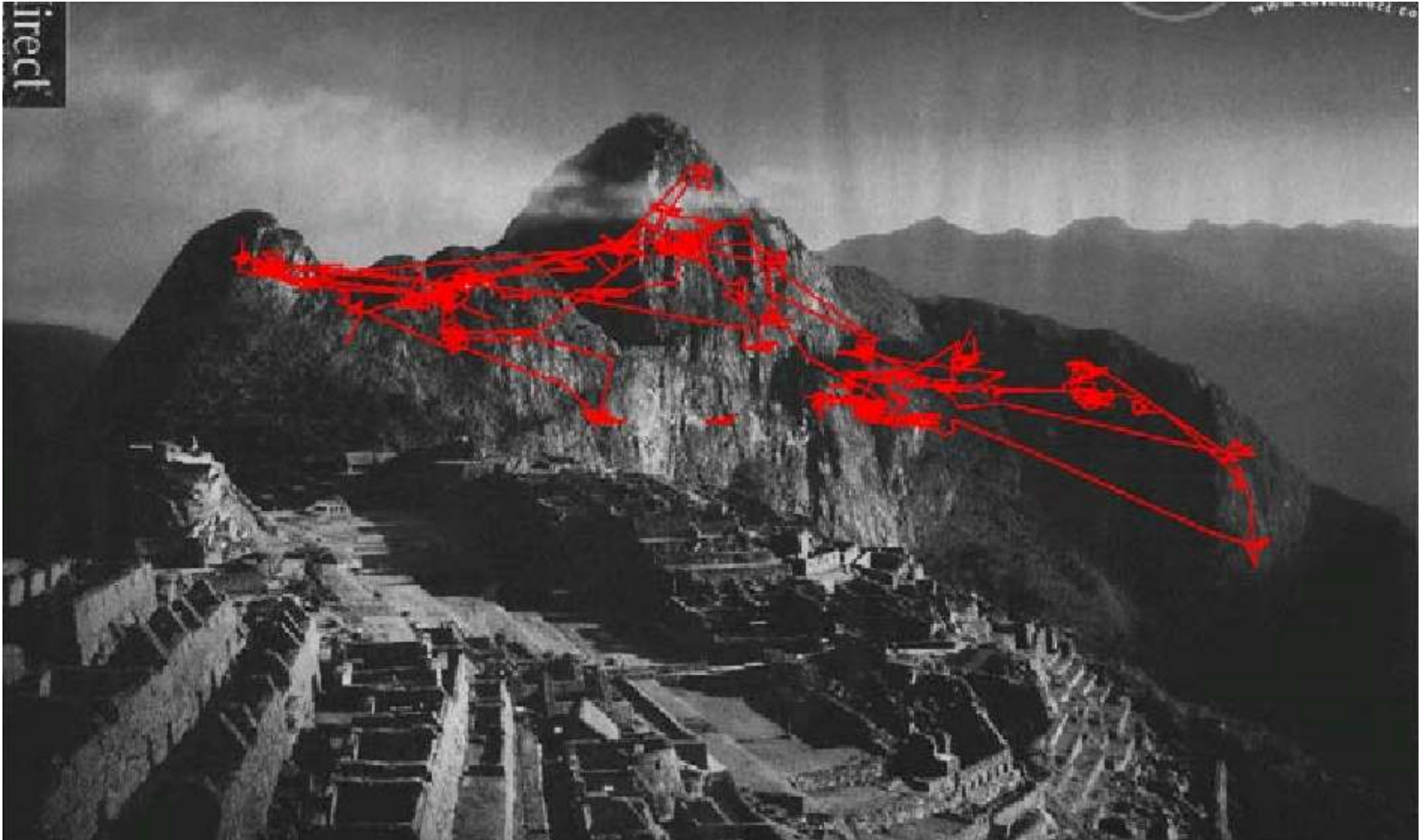
Attenciós mechanizmusok

Attenciós mechanizmus nélkül:



Attenciós mechanizmusok

Attenciós mechanizmus esetén: (egy arcot kell keresni)



Attenciós mechanizmusok

Awareness Test

Retina Modell



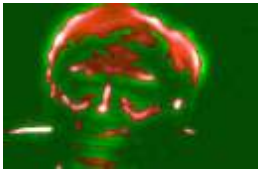
OnBistratified



OnSluggish



OffSluggish



OnLED



OnTransient



OffTransient



OnBeta

Folyamatok a látásban

Vestibulo-ocular reflex: A fejünk, testünk mozgását kiküszöböli a szemmozgás

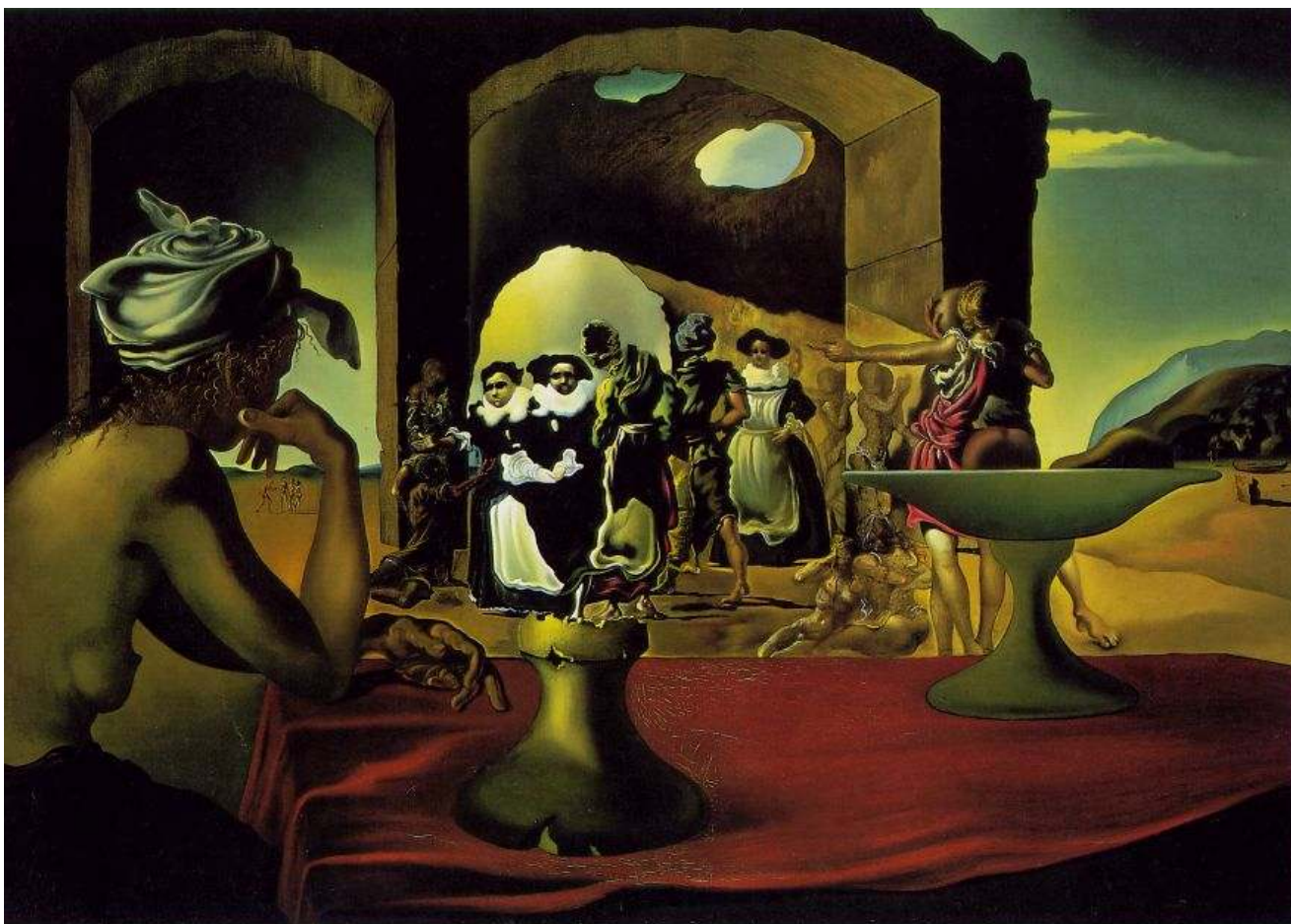
Jobb, mint egy mozgó objektum követése, mert van visszacsatolás



Régiók alapján látunk

Régiók alapján, s nem pixel szinten látunk

A régiókat különböző tulajdonságok (szín, kontraszt, élek, térfrekvencia, mozgás) alapján csoportosítjuk



Különböző régiók

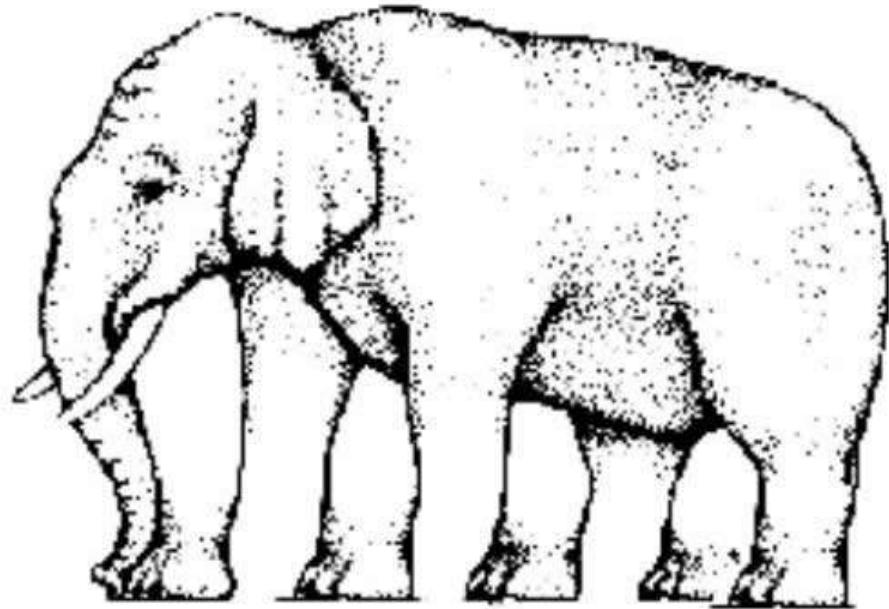


$$A = \begin{vmatrix} 0 & 0.5 & 0 \\ 0.5 & 4 & 0.5 \\ 0 & 0.5 & 0 \end{vmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.5 & 0.5 \\ 0.5 & 1 & 0.5 \\ 0.5 & 0.5 & 0.5 \end{bmatrix}, \quad I = 3.5$$

„Érdekes” példa

Régiók alapján, s nem pixel szinten látunk:

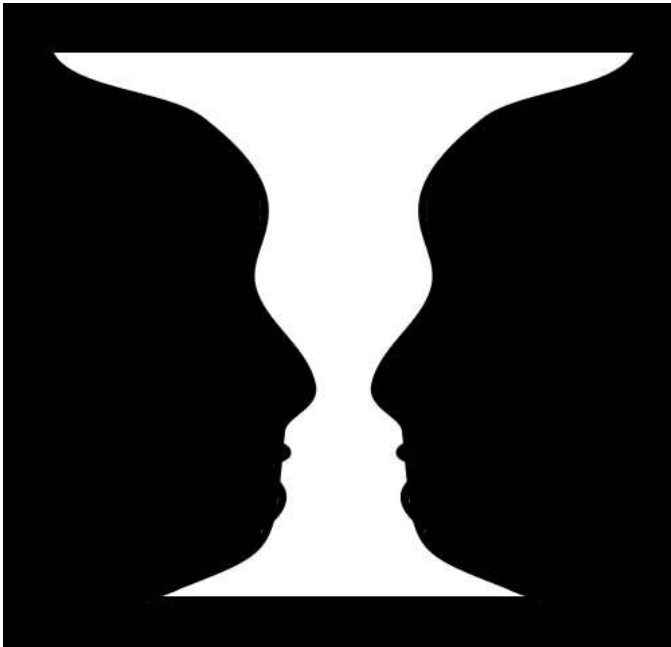
A 'hasonló közeli 'területeket összevonjuk



How many legs does this elephant have?

Összefüggő régiók

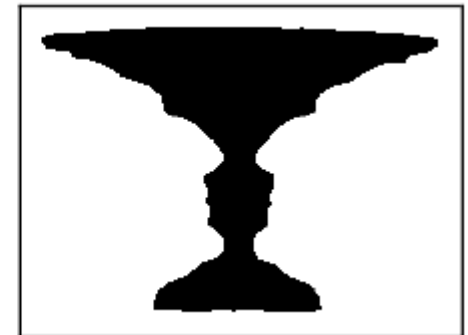
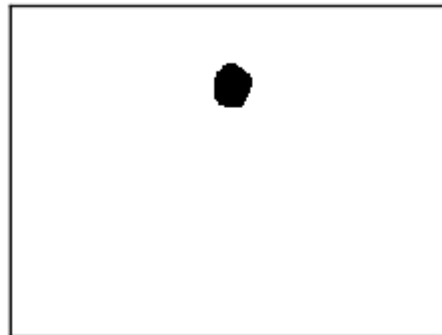
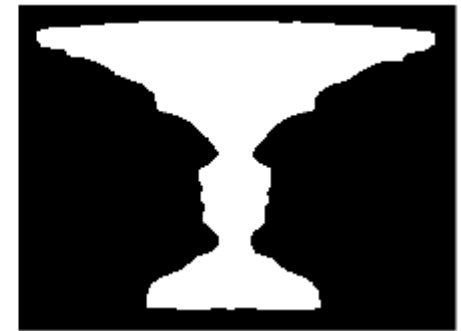
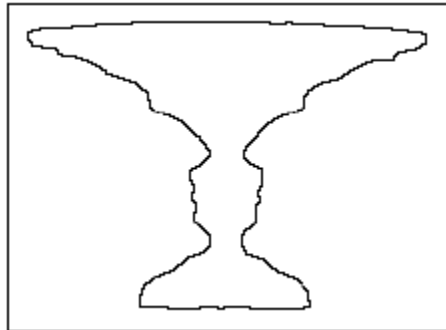
Face-vase illusion: összefüggő régiók komplementere



Összefüggő régiók

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad I = 0$$

Face-vase illusion



Összefüggő régiók

A régiók összekötése is függ az attenciós mechanizmusoktól és kognitív folyamatoktól



Összefüggő régiók



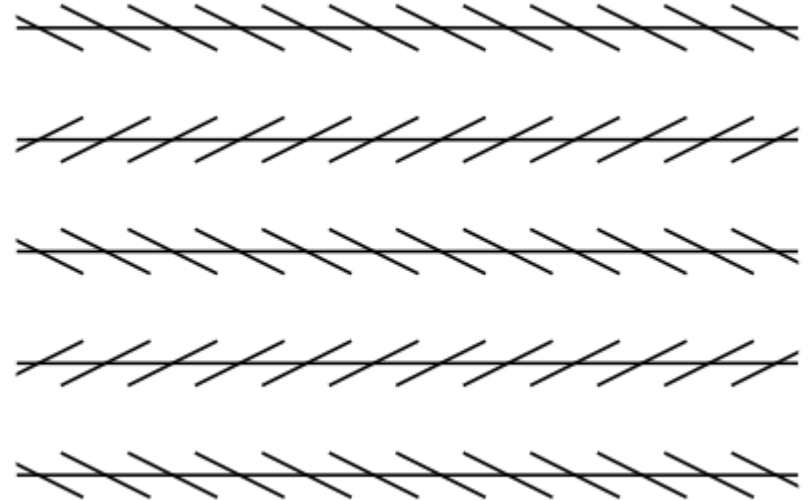
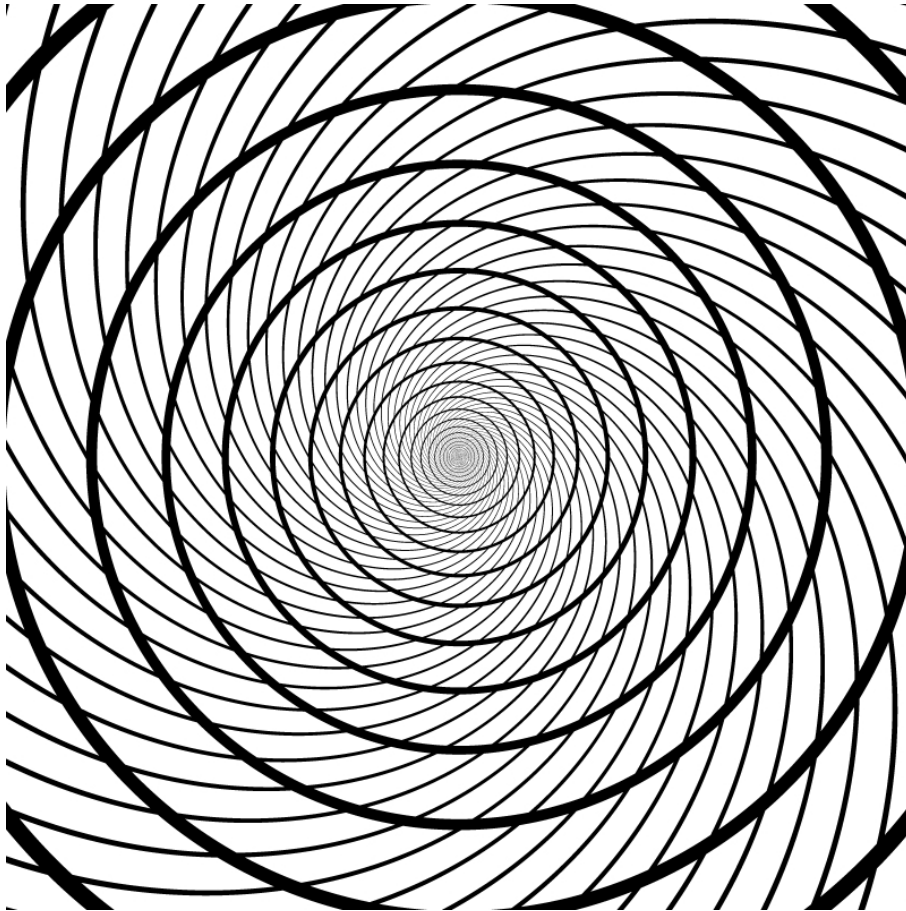
Összefüggő régiók

Összetartozó régiók – tér és időbeli minta alapján



„Érdekes” példa

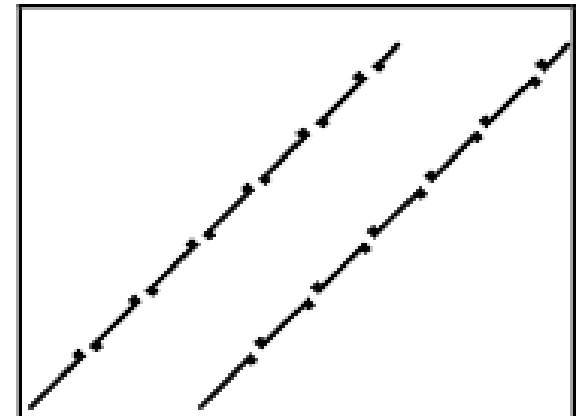
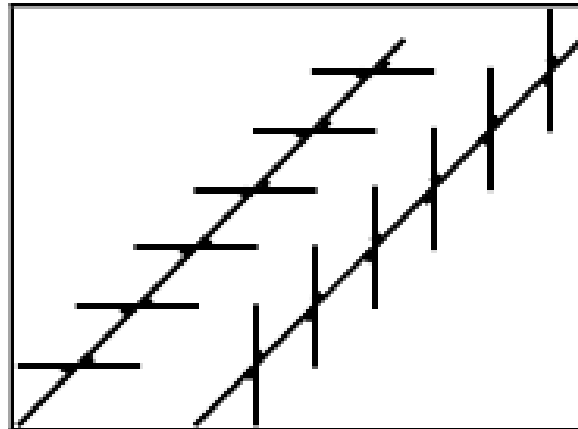
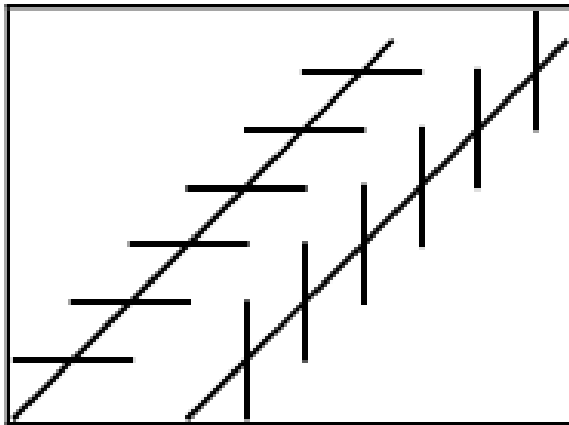
Zöllner illúzió



„Érdekes” példa

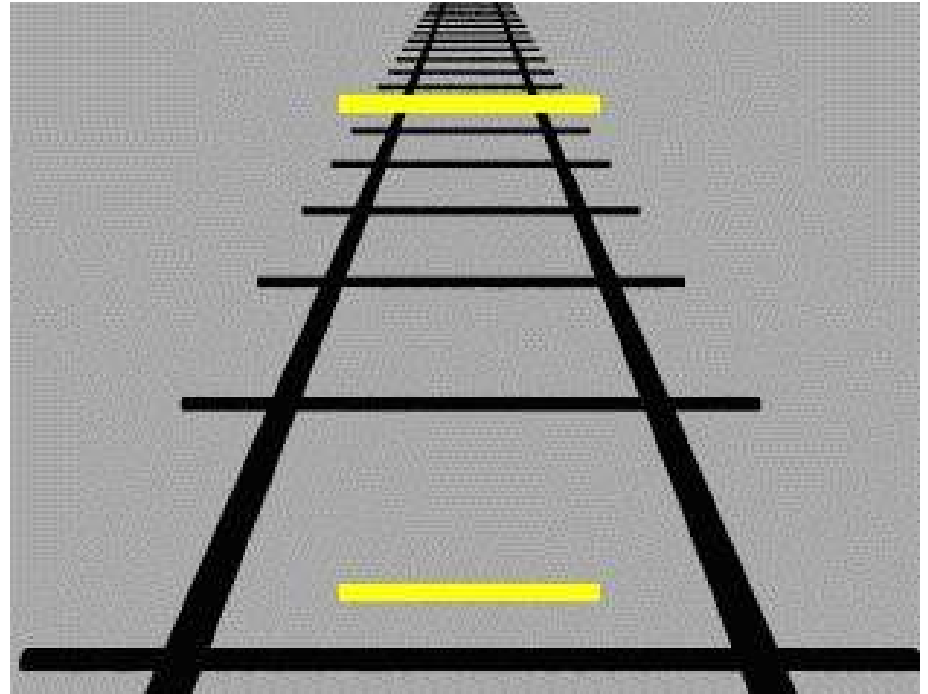
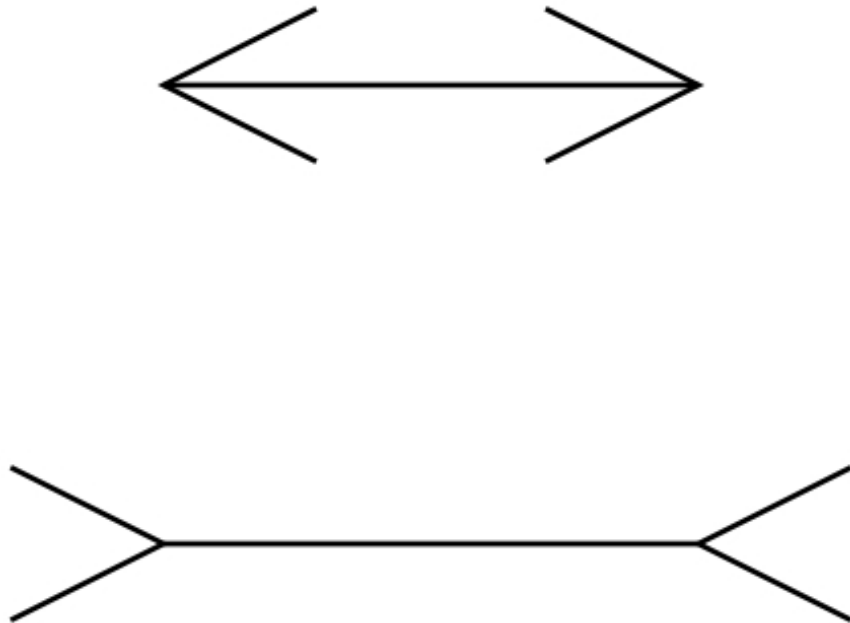
Zöllner illúzió

$$A = [0], \quad B = \begin{bmatrix} 0.023 & 0.023 & 0.023 & 0.023 & 0.023 \\ 0.023 & 0.053 & 0.055 & 0.053 & 0.023 \\ 0.023 & 0.055 & 0.2 & 0.055 & 0.023 \\ 0.023 & 0.053 & 0.055 & 0.053 & 0.023 \\ 0.023 & 0.023 & 0.023 & 0.023 & 0.023 \end{bmatrix}, \quad I = 0$$



„Érdekes” példa

Arrowhead illusion



Arrowhead illusion

Egyszerű on-off régiók és az arrowhead illúzió

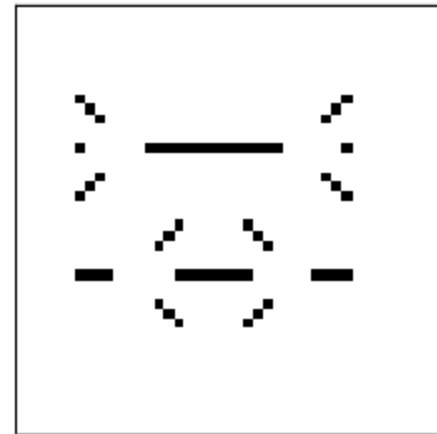
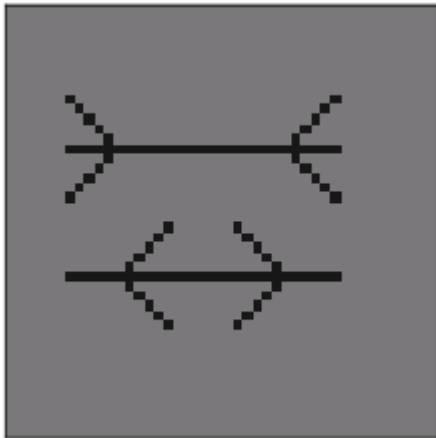
A=

0	0	0
0	1.3	0
0	0	0

B=

-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
-0.1	-0.1	1.3	-0.1	-0.1
-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1

$z=0$

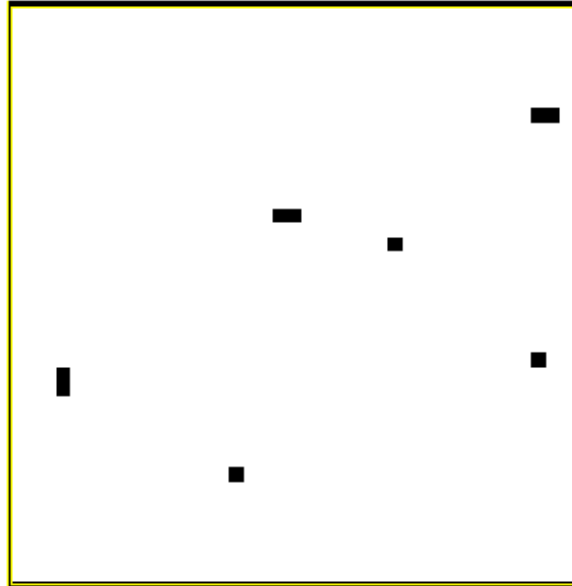
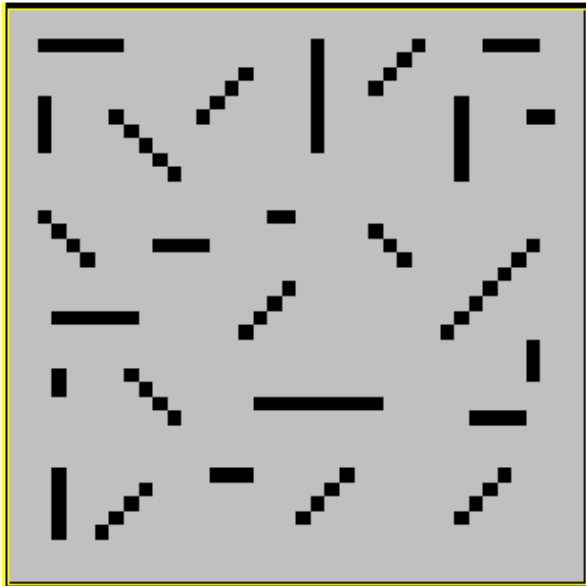


„Érdekes” példa

Nem csak a retina működése modellezhető: Length tuning

Az LGN-ben és a v1 ben léteznek olyan sejtek, amik egy megadott irányú és nagyságú egynesre adják a legnagyobb választ

PI 3 nál nem hosszabb detektáló CNN template



$$A = [0];$$

$$B =$$

$$z = -1;$$

-3	0	-3	0	-3
0	1	1	1	0
-3	1	h	1	-3
0	1	1	1	0
-3	0	-3	0	-3

Írány szelektivitás

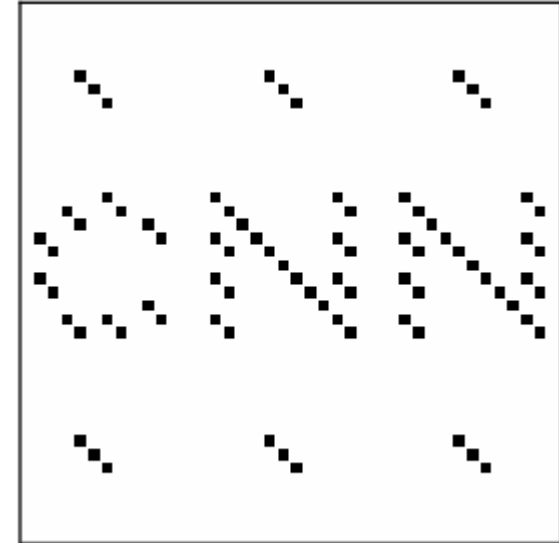
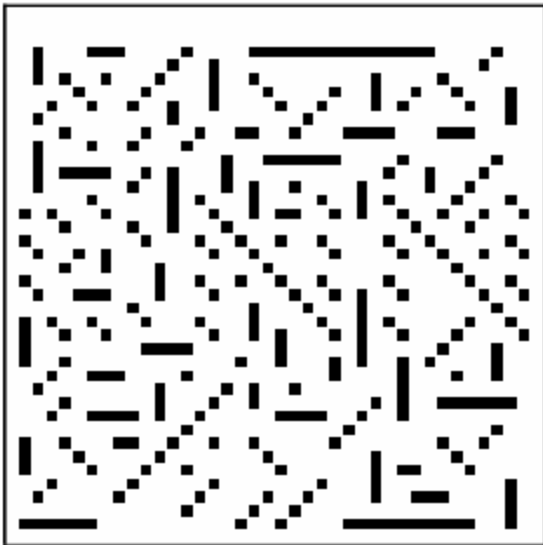
$$A =$$

0	0	0
0	2	0
0	0	0

$$B =$$

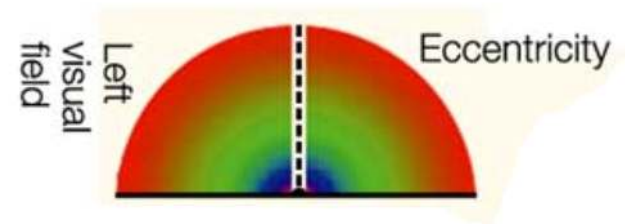
0.25	0	0
0	0	0
0	0	0.25

$$z = -1$$

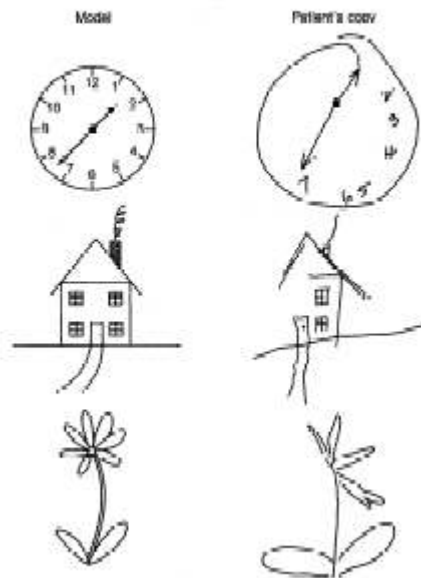


A látás magasszintű folyamat

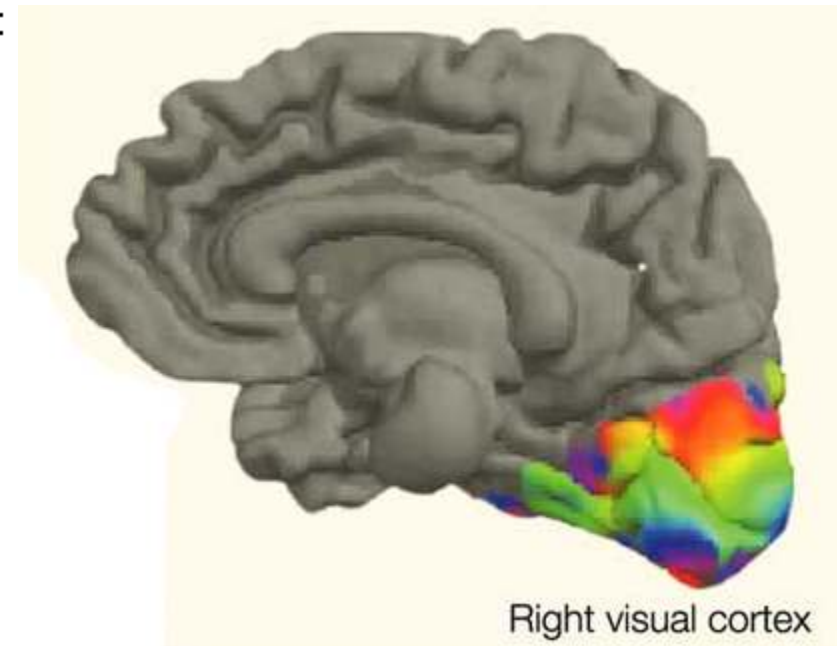
- Látópálya kialakulása. A retina a központi idegrendszer része
- Topografikus területek V1-ben
- Hemispatial Neglect



Copying:



Spontaneous drawing:



Right visual cortex

A látás magasszintű folyamat

SÁRGA	KÉK	NARANCS
FEKETE	VÖRÖS	ZÖLD
LILA	SÁRGA	VÖRÖS
NARANCS	ZÖLD	FEKETE
KÉK	VÖRÖS	LILA
ZÖLD	KÉK	NARANCS

Látás

Nem minden része tanult, vannak előre „rögzített” mechnaizmusok is

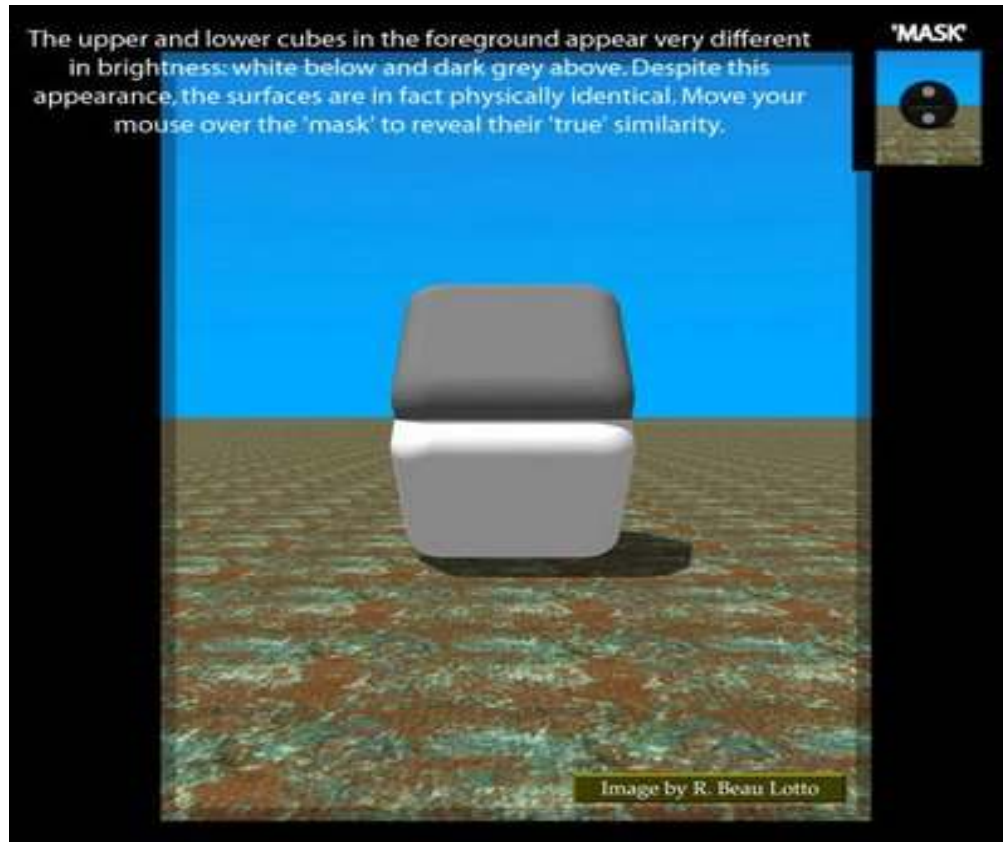
Az arcdetekció például másképpen működik, mint egyéb tárgyak felismerése
Újszülöttek a születés utáni 30 percben követik az emberi arcokat

Lorenz imprinting - baby duck syndrome



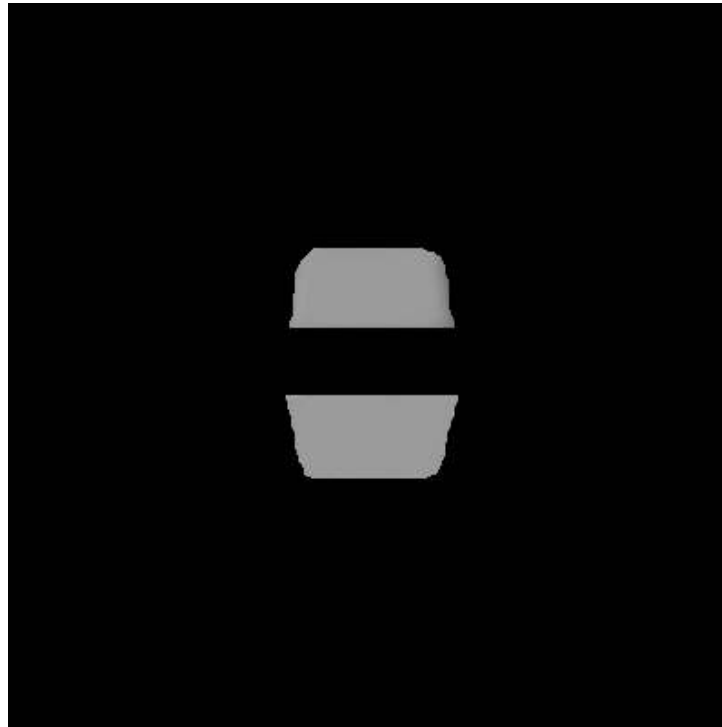
„Érdekes” példa

Magasrendű Kognitív folyamatok - A fény fentről jön



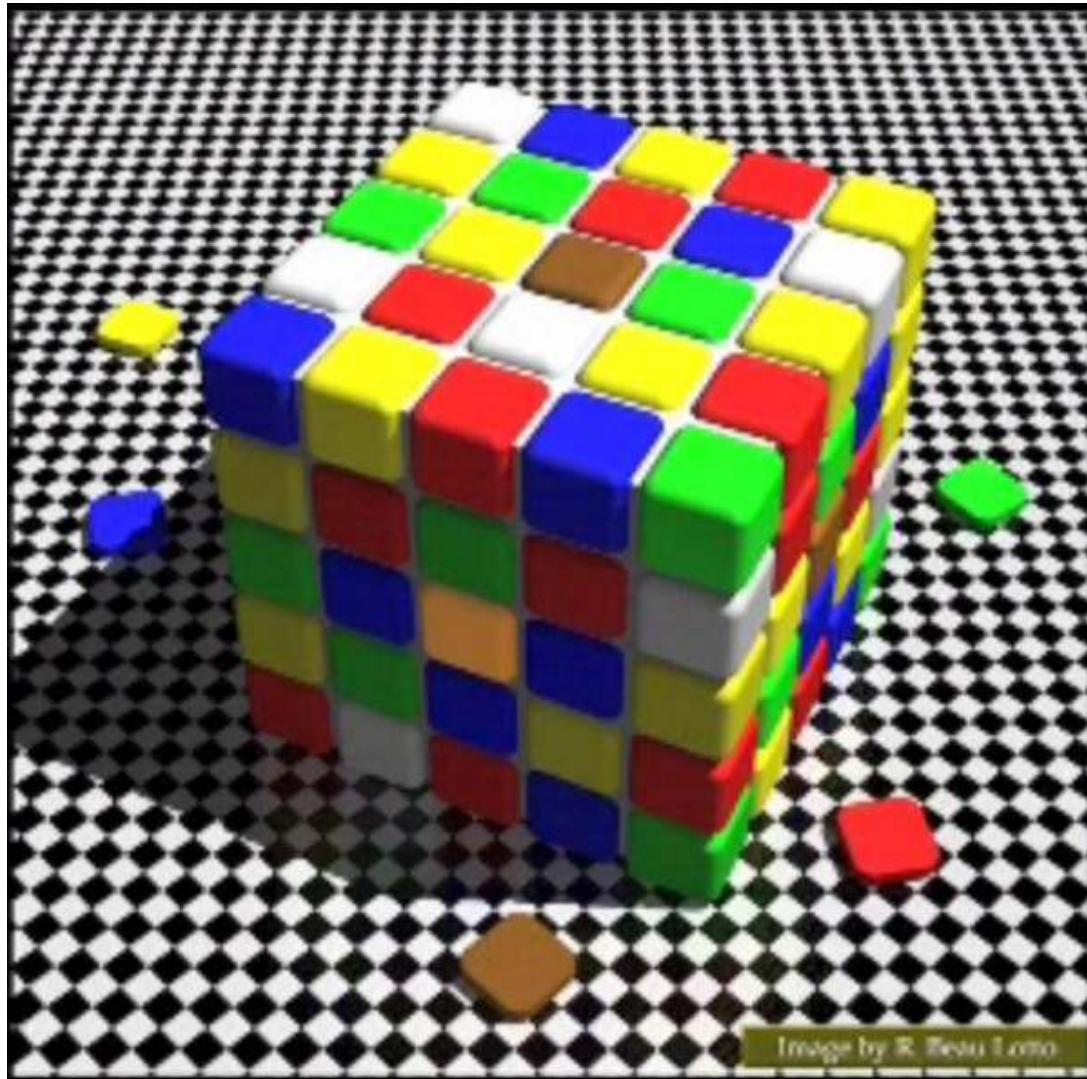
„Érdekes” példa

Magasrendű Kognitív folyamatok - A fény fentről jön



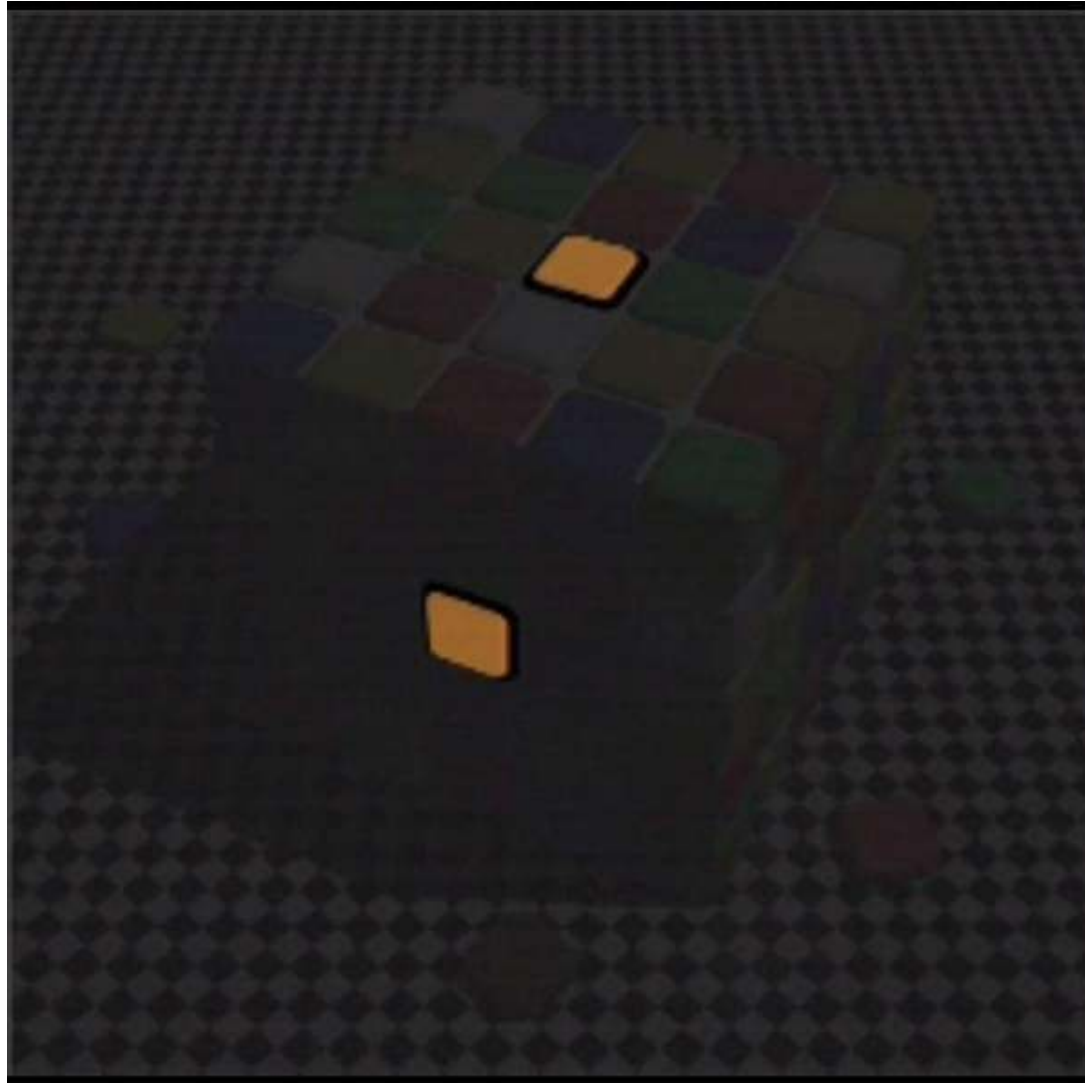
„Érdekes” példa

Magasrendű Kognitív folyamatok



„Érdekes” példa

Magasrendű Kognitív folyamatok

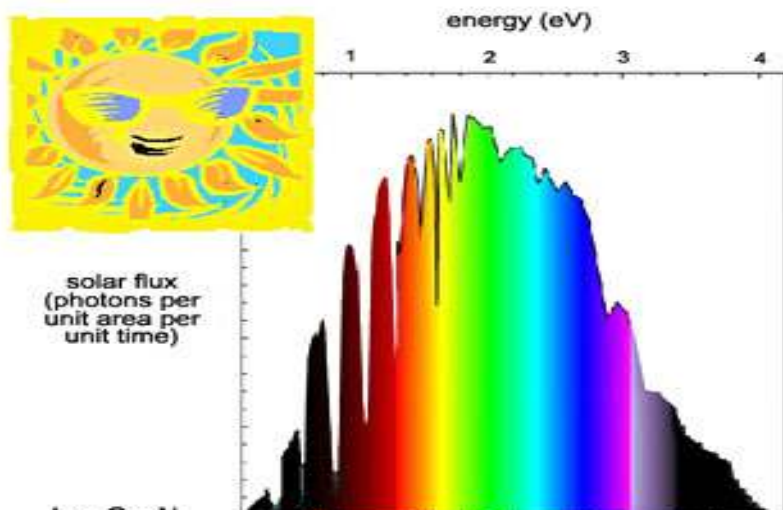


Látás – színérzékelés

Nem csak a kontraszt, alak érzékelése függ magasrendű folyamatoktól, hanem a színérzékelés is

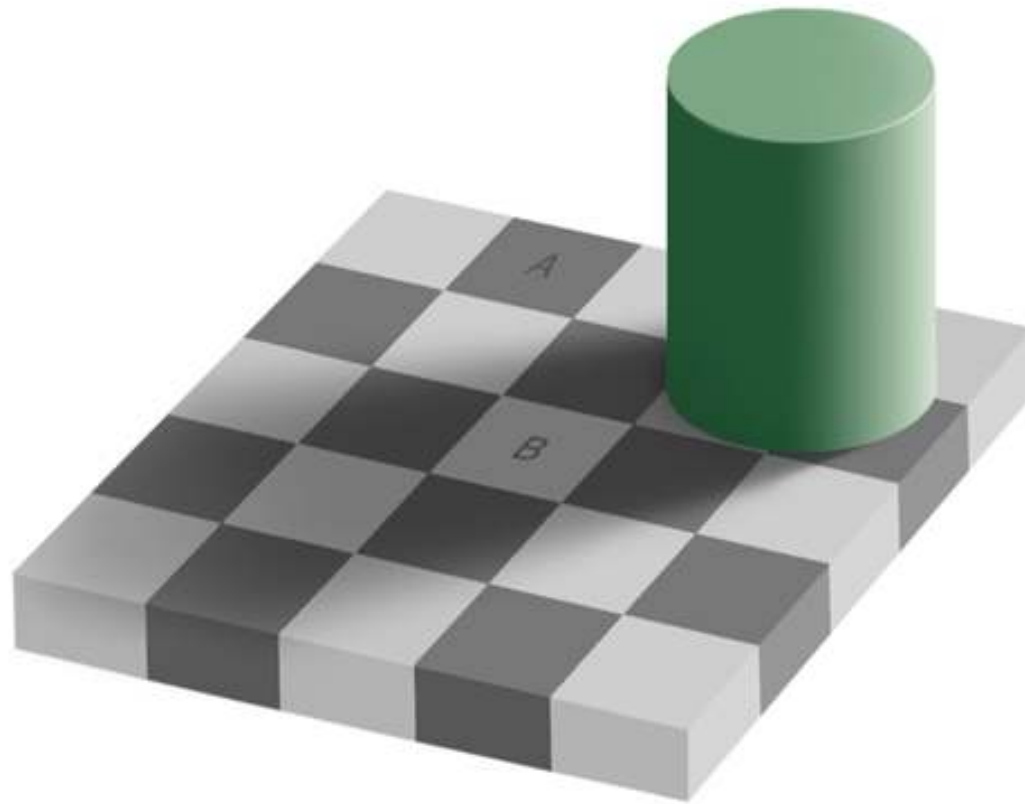
Magasrendű és alacsonyrendű folyamatok is befolyásolják:

Növényeket hajlamosak vagyunk zöldnek látni más megvilágításban is



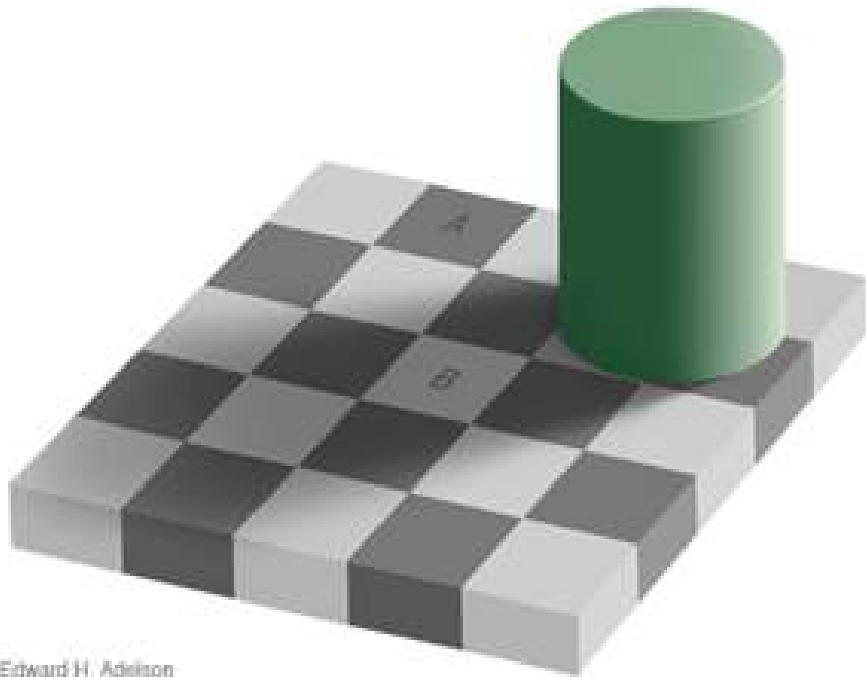
„Érdekes” példa

Lokális kontraszt adaptáció

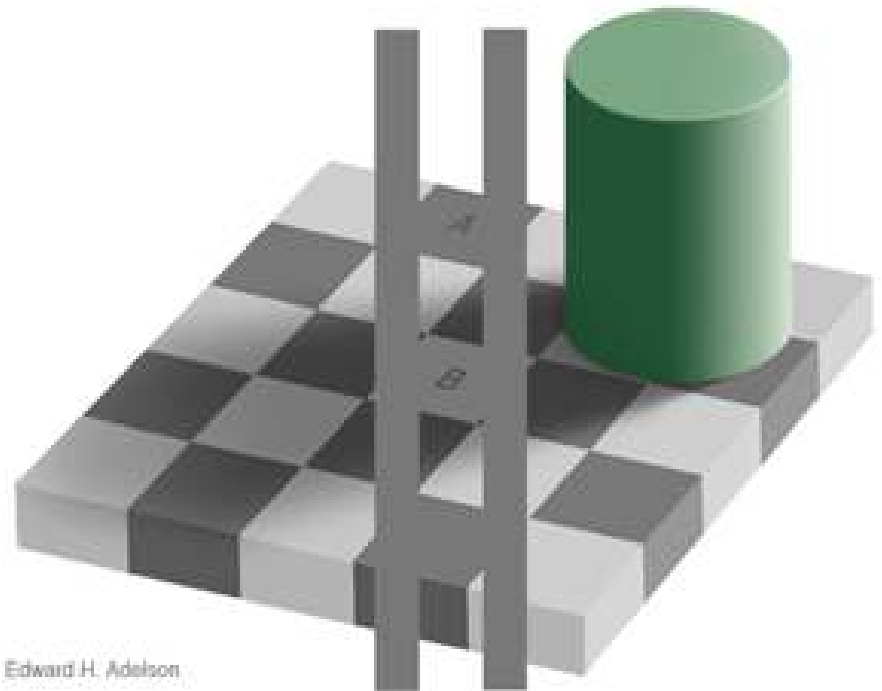


„Érdekes” példa

Lokális kontraszt adaptáció



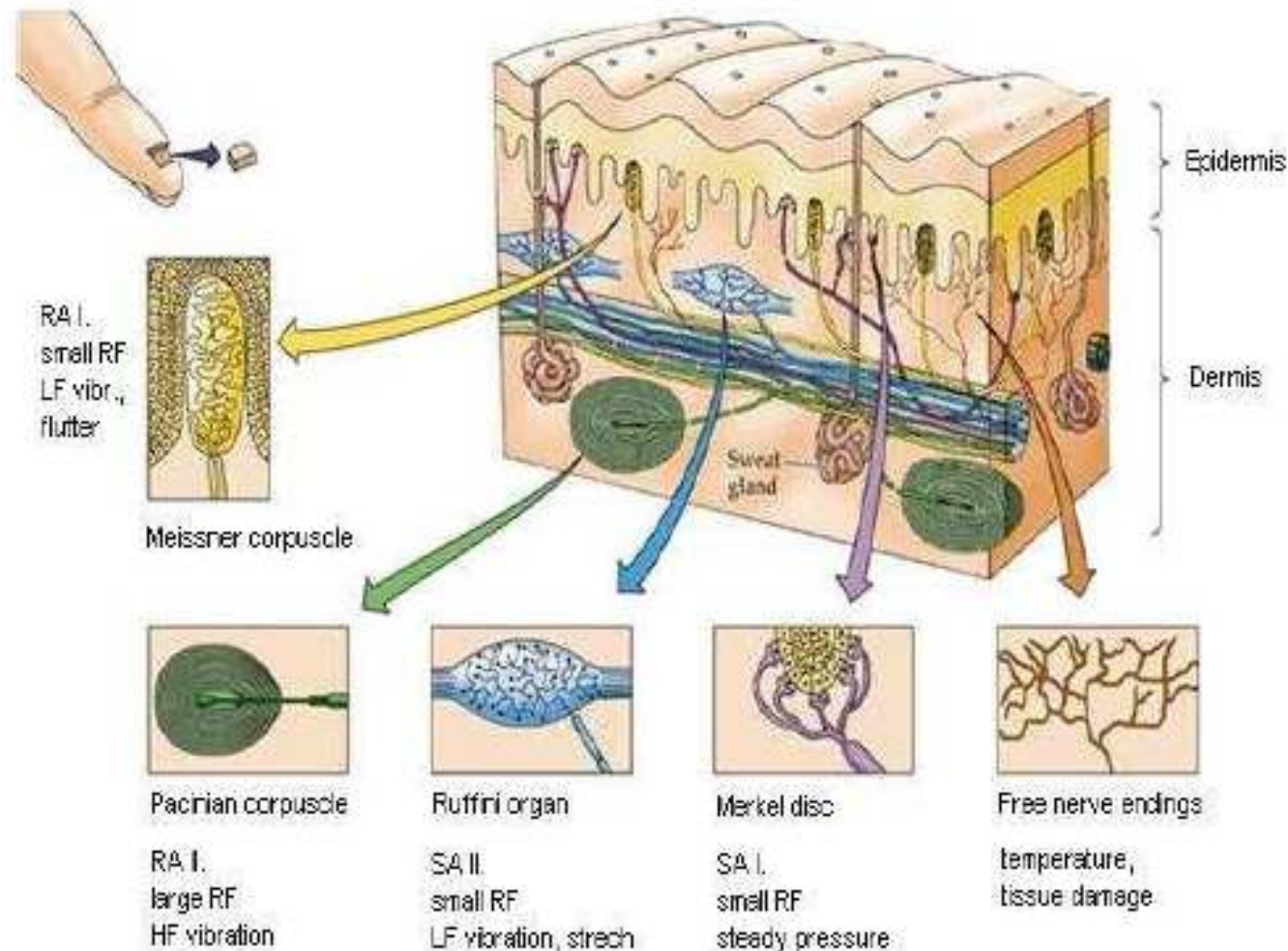
Edward H. Adelson



Edward H. Adelson

Biológiai motiváció II.

Tactile Perception in humans



Fogyasztás

Bizonyos műveletekben szuperszámítógépek teljesítményét nyújtja ezredrésznyi fogyasztással

Rendkívül alacsony fogyasztás: mW

Mobil eszközökbe kiválóan alkalmas

Bionikus szemüveg



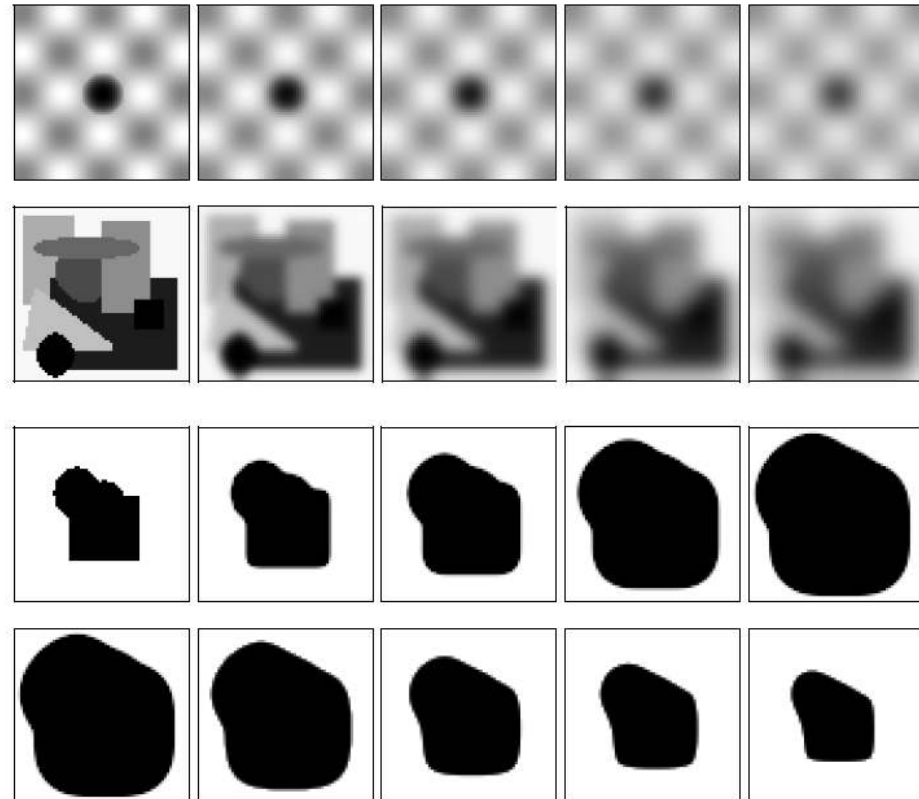
Alacsony fogyasztás

Analóg hullámszámítás, állapot, összeköttetés

Analogikai számítógép: analóg és logikai számítások egyben

Analog/digital computation

Digitális kimenet



Platformok

BI-I v2

128x128.as képek feldolgozása 10000 FPS-sel

1.3Mpixel CMOS a CNN chip mellett 5w körüli fogyasztás

Bi-i 401x: HD 1080p feldolgozás, minimális fogyasztás



Platformok

Eyeris

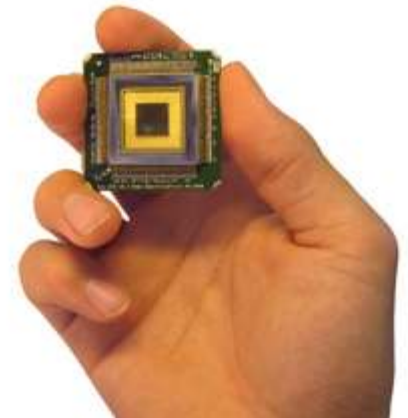
700mW typical power consumption

Méret : 45mm x 45mm x 26mm



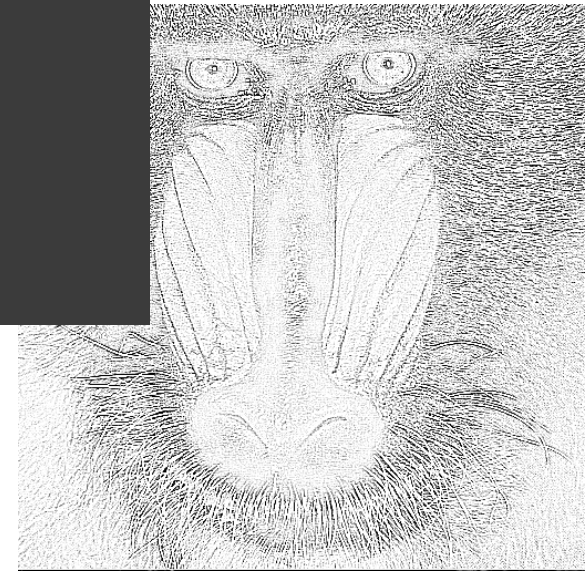
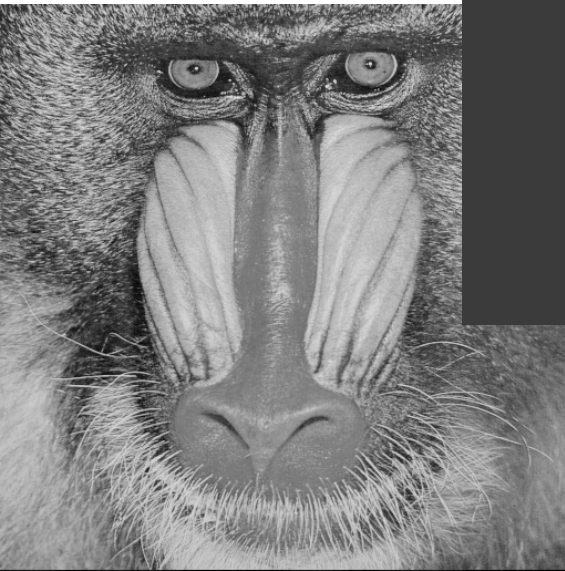
Q-eye

- * 176 x 144 (6,500fps)
- * 144 x 144 (8,135fps)
- * 144 x 10 (+60,000fps)



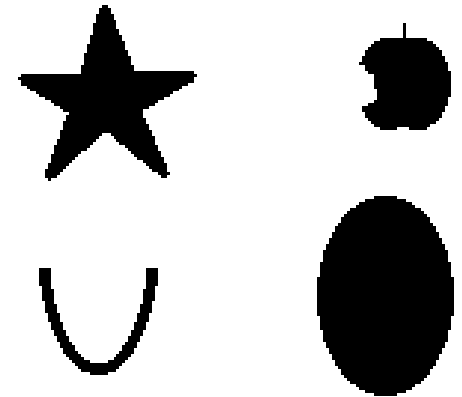
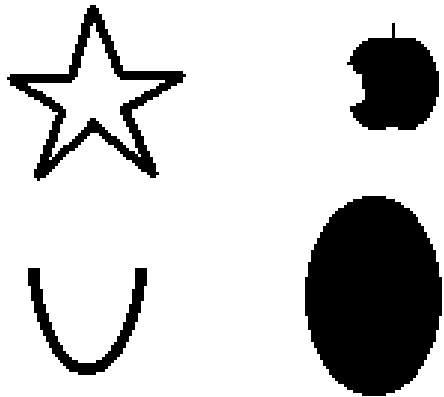
Néhány példa I.

Gradient



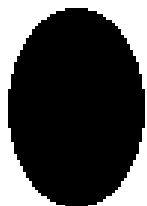
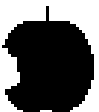
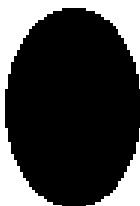
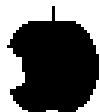
Néhány példa II.

Hole Filling



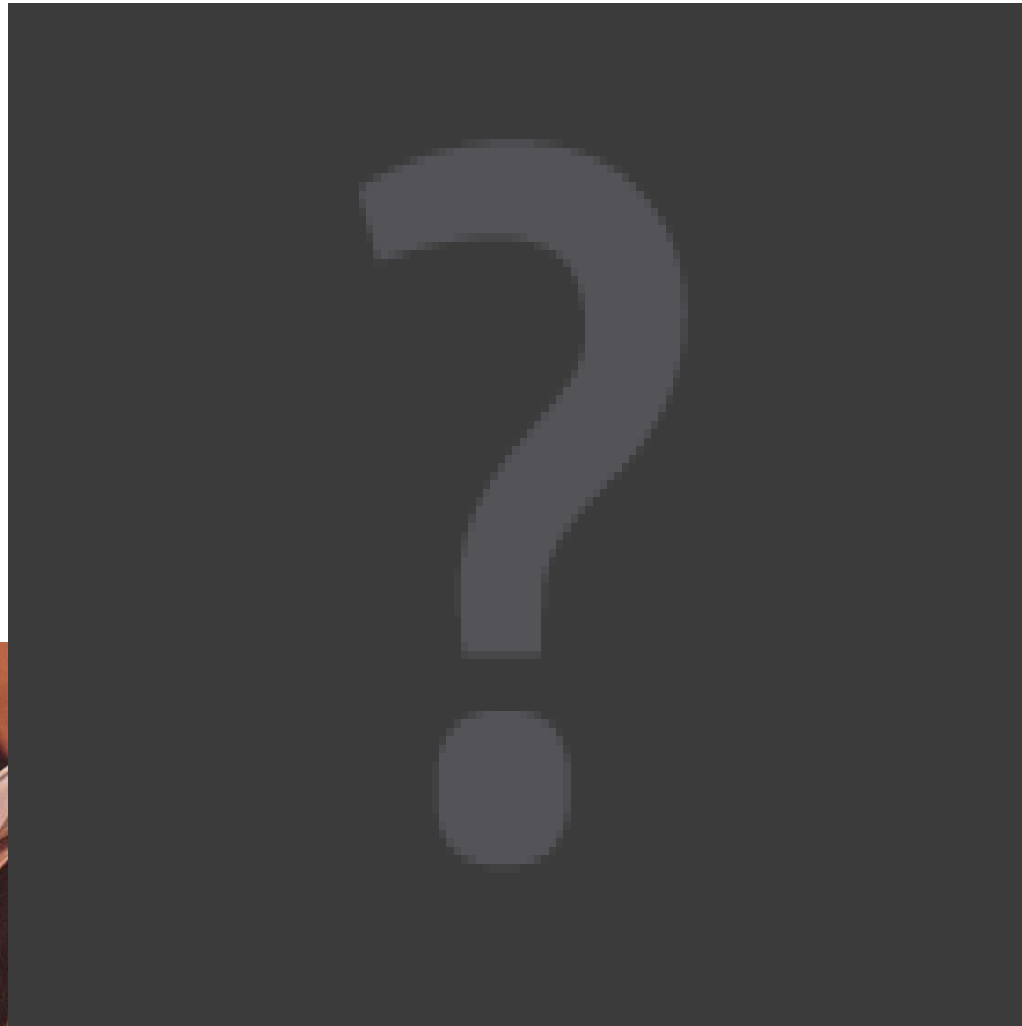
Néhány példa II.

Hole Filling



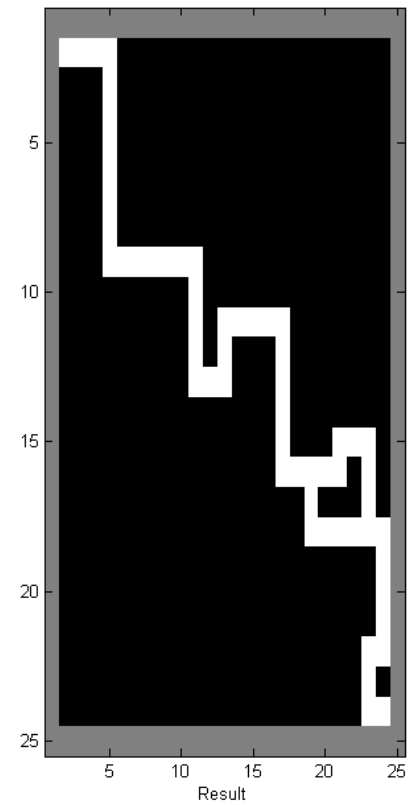
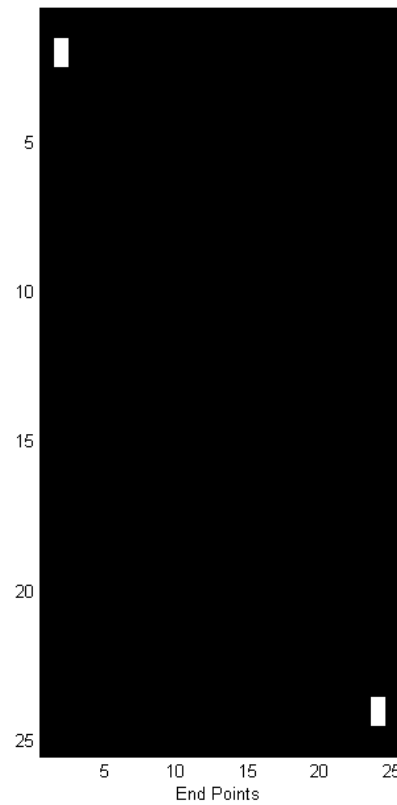
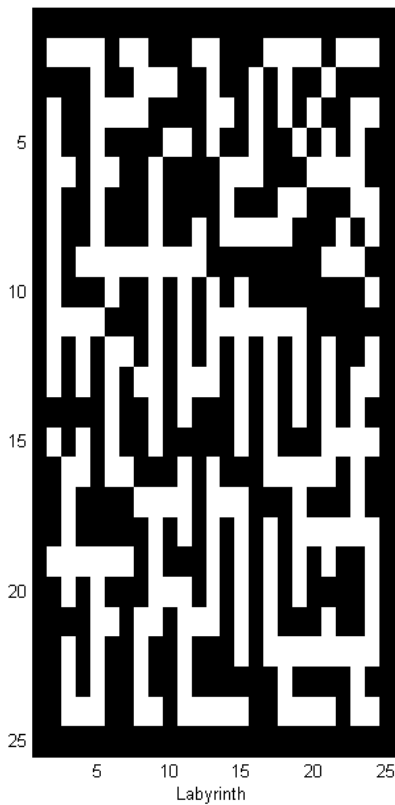
Néhány példa III.

Halftoning

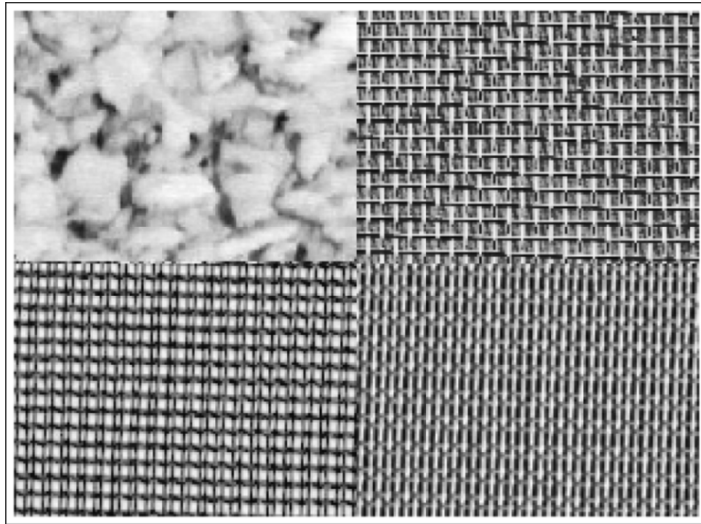


Alkalmazás példa I.

Útkeresés:

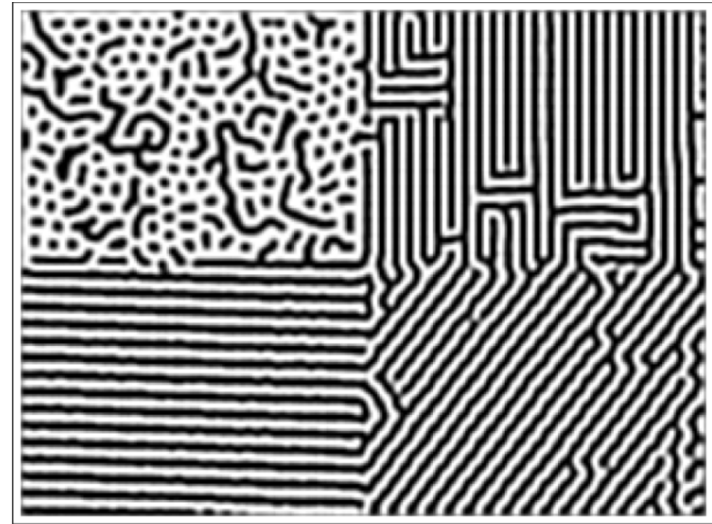


Különböző térfrekvenciák detektálás



(a)

Szürkeskálás bemenet



(b)

*Bináris kimenet, melyen
megfigyelhetők a különböző
mintázatok*

A CNN architektúra képes a különböző térbeli struktúrák, tulajdonságok detektálására egyszerű és elegáns utasítások (egyetlen template) által

Különböző térfrekvenciák detektálás

A CNN különösen jól teljesít képfeldolgozási feladatokban

A képen található eltérő térfrekvenciák detektálás a gyakorlatban is sok helyen használható



(a)



(a)



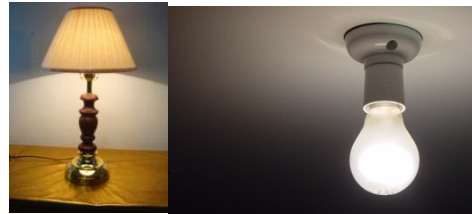
(b)



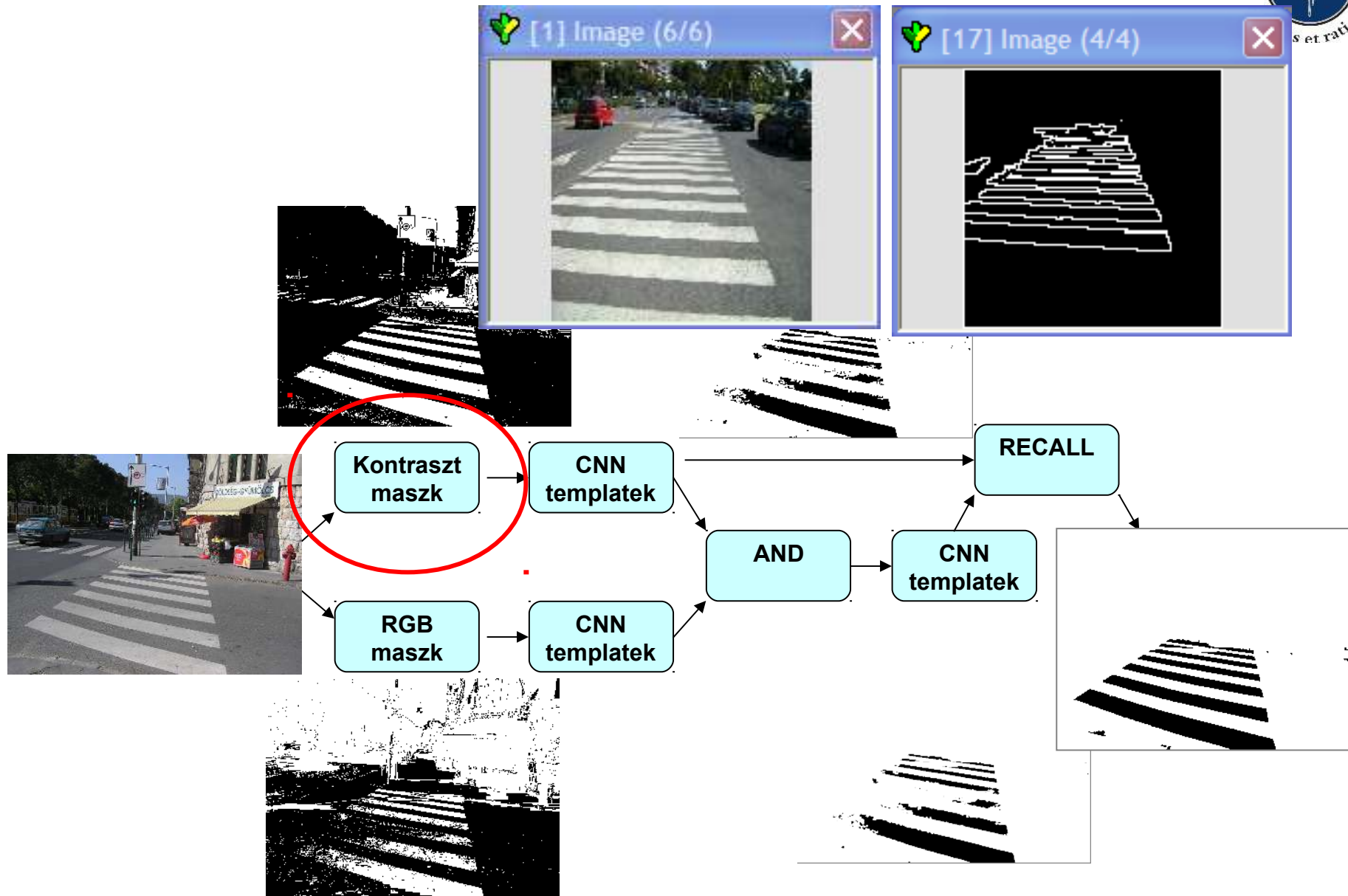
(b)

Felismerési feladatok

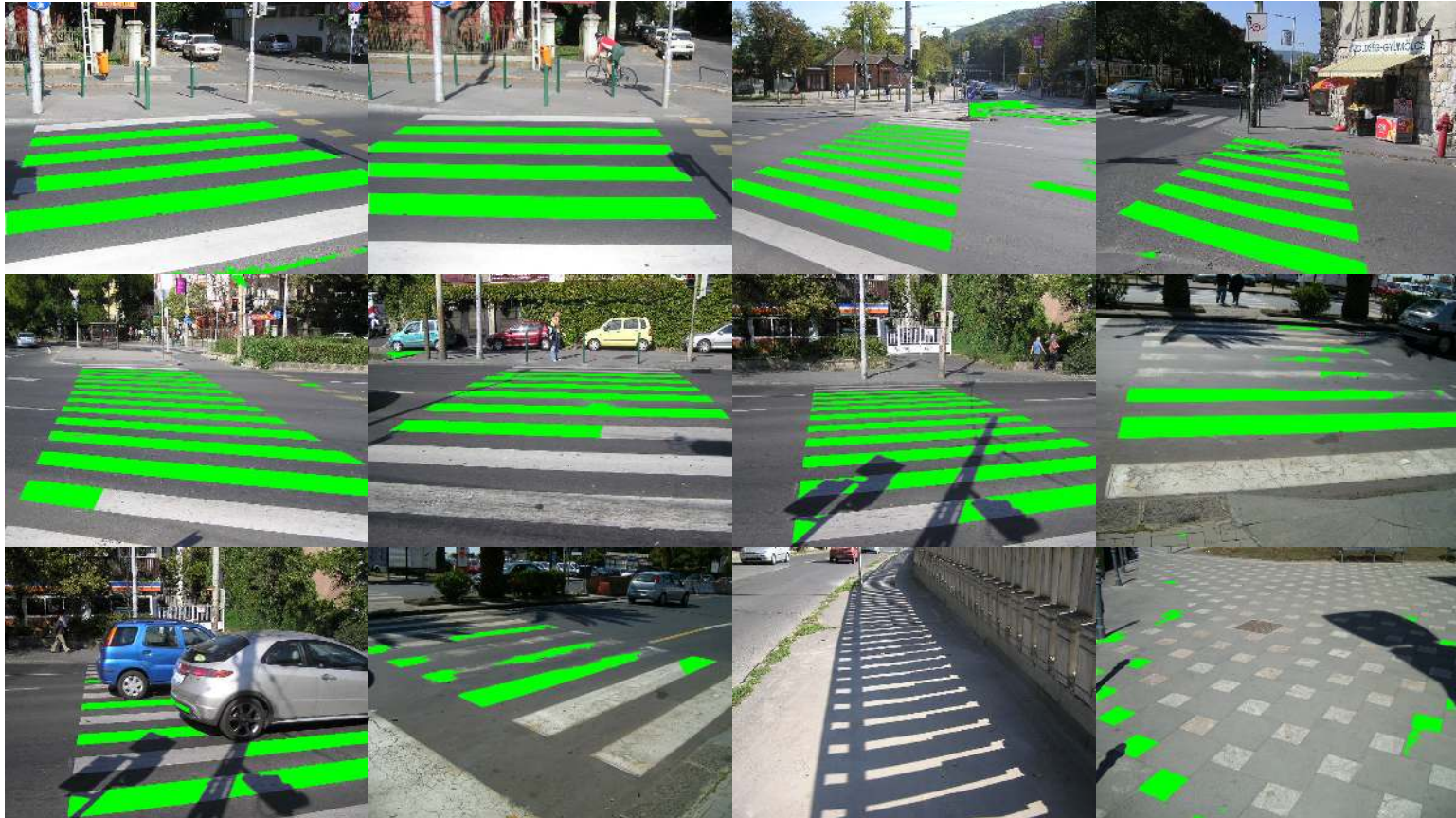
Bionikus szemüveg projekt



Alkalmazás példa II.- Bionikus szemüveg I.



Alkalmazás példa II. - Bionikus szemüveg II.





Mask Settings

Mask Id **ROI**

Mask Type

- ☒ Rectangle
- ☐ Ellipse
- ☐ Line
- ☐ User Defined

Counters

Number of people: **5**

Detection

Tracks OFF

Legend

-  Forbidden Area
-  Loitering
-  Lost-Stolen Objects













2013/07/06 10:56:51

