

KUI342 Úvod do neurovied

Prednáška č. 8: Zrak a videnie, časť 1.:

Úvod do štúdia videnia

Vnímanie jasú, farby, obrysov, veľkosti a vzdialenosti

BCS/FCS model

Organizačné záležitosti

- Hodnotenia zadaní/písomiek – sledujte web
- Zadanie 4 – odovzdať budúci týždeň
- Budúci týždeň – 2 prednášky (utorok aj streda)
- Projekt – odovzdať o 2 týždne

Minulý týždeň

- Psychologické aspekty pamäti a učenie
- Neurálne kódovanie

Dnes

- prehľad štúdia zraku
- vnímanie jasnosti, farby, obrysov, veľkosti a vzdialenosti
- Grossbergov BCS/FCS model
- Ďalšie dve prednášky o zraku budúci rok vo VAKN

Témy zrakového štúdia

Zrakový podnet

Periférne vizuálne vnímanie (Low-level vision)

Strednoúrovňové vizuálne procesy (intermediate vision)

Centrálne vizuálne procesy (high-level vision)

Architektúra vizuálneho neurálneho systému a vizuálne spracovanie informácií

Témy zrakového štúdia

Zrakový podnet:

- fyzika vzniku, šírenia, lomu, odrazov svetla, farebné spektrum

Periférne vizuálne vnímanie (Low-level vision):

- predpokladá, že z vizuálneho podnetu sa extrahujú rôzne charakteristiky obrazu: jas, hrany, farba, textúra, poloha
- na túto extrakciu existujú lokálne paralelné „filtre“
- tieto procesy sú obmedzené fyzikálnou podstatou toho, čo vidíme
- uvažuje sa hlavne o bottom-up spracovaní

Strednoúrovňové vizuálne procesy (intermediate vision):

- hrany sa spájajú a vyhladzujú → definujú hranice oblastí vizuálneho poľa
- dopĺňanie nevidených častí hraníc
- priradenie vlastností (farby, polohy) oblastiam
- bottom-up aj top-down vplyvy

Centrálne vizuálne procesy (high-level vision)

Architektúra vizuálneho systému a vizuálne spracovanie informácií

Témy zrakového štúdia

Zrakový podnet

Periférne vizuálne vnímanie (Low-level vision)

Strednoúrovňové vizuálne procesy (intermediate vision)

Centrálne vizuálne procesy (high-level vision):

- vytváranie objektov
- oddelenie objektov od pozadia
- grouping a segregácia
- spájanie objektov do vizuálnych scén
- vnímanie pohybu
- vizuálna pozornosť, pop-out, hľadanie

Architektúra vizuálneho systému a vizuálne spracovanie informácií:

- anatómia a fyziológia vizuálneho systému
- výpočtové modely funkcií vizuálneho systému

Metódy štúdia

Klinické – neuroveda

- reprezentácia a algoritmy

Ilúzie

- ukazujú, čo sa v mysli deje implicitne (tj, reprezentácie a algoritmy)

Psychofyzika

- kontrolované laboratórne experimenty
- kvantitatívna analýza

Počítačové videnie

- modelovanie
- počítačové rozpoznávanie obrazu

Základný princíp

To, čo vidíme nie je identické tomu, na čo sa pozeráme.
Náš vnem je mentálnou rekonštrukciou podnetov,
ktoré sme cez oči prijali z vonkajšieho prostredia.

**"If the doors of perception were cleansed everything
would appear to man as it is, infinite."** (William
Blake, 1757-1827, The Marriage of Heaven and Hell)

„Big picture“

Vnímanie sa nám javí jednoduché, ale v skutočnosti je veľmi komplikované.

One difficulty in the psychological sciences lies in the familiarity of the phenomena with which they deal. A certain intellectual effort is required to see how such phenomena can pose serious problems or call for intricate explanatory theories. One is inclined to take them for granted as necessary or somehow “natural”

- Noam Chomsky (1968)

Výpočtovou analýzou sa dá ľahko ukázať, že senzorická informácia je často nejednoznačná – konzistentná s viacerými alternatívnymi interpretáciami vizuálnej scény

Inverzný problém vizuálneho vnímania

Senzorický vstup:

- distribúcia jasových úrovní na sietnici
- dvojrozmerná projekcia trojrozmerného sveta

Cieľ videnia:

- rekonštrukcia 3-d scény, ktorá vygenerovala danú distribúciu jasových úrovní na sietnici

Problém:

- rôzne scény môžu zodpovedať tej istej distribúcii
- neexistuje jednoznačné riešenie

Príklady:

- osvetlenie a reflektancia (odrazovosť povrchu)
- veľkosť a vzdialenosť

Riešenie:

- pri vnímaní kombinujeme aktuálny vstup s našimi znalosťami/skúsenosťami

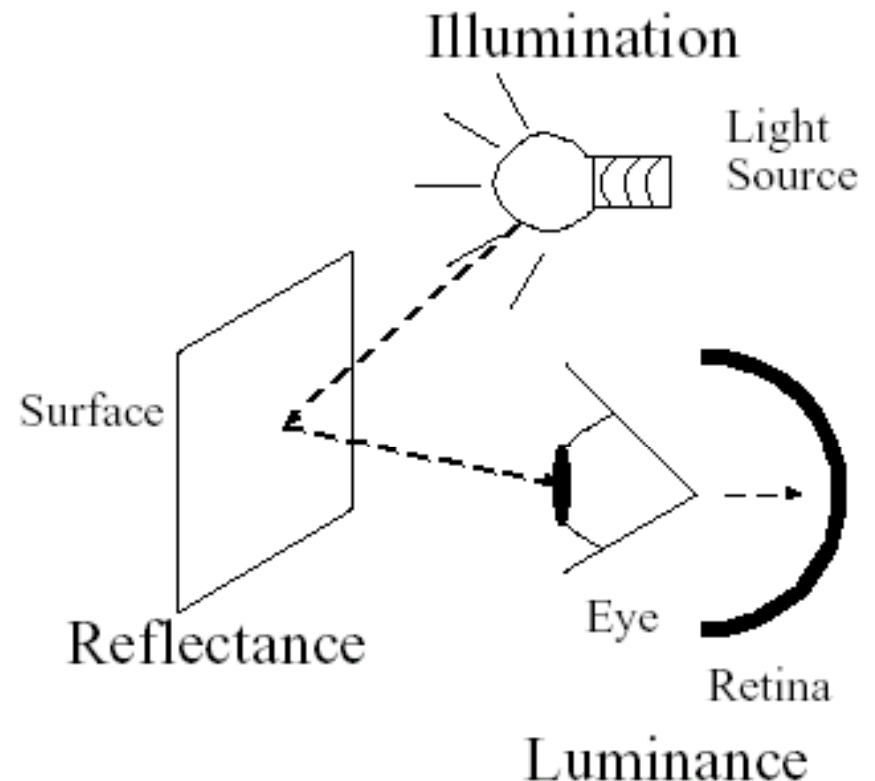
Nejednoznačnost' pri vnímaní jasů

Nejednoznačnosť pri vnímaní jasů

Osvetlenie a reflektancia:

jas (luminancia) zaznamenaný sietnicou z rôznych bodov vizuálnej scény je súčínom reflektancie (odrazovosti, farby) videného povrchu a intenzity zdroja svetla (osvetlenia)

Oko zaznamená len luminanciu, ale cieľom videnia je určiť reflektanciu

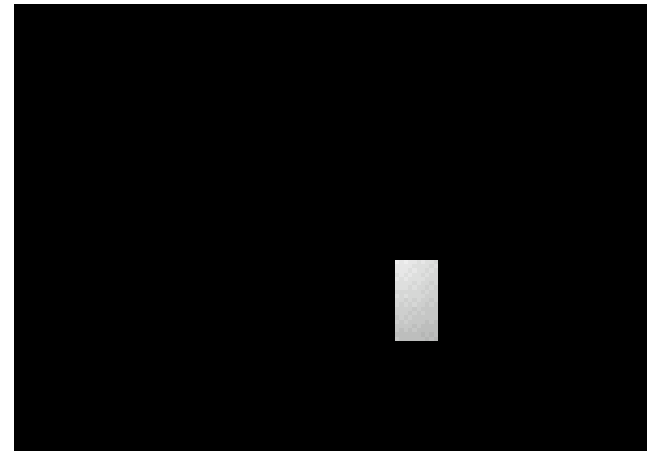
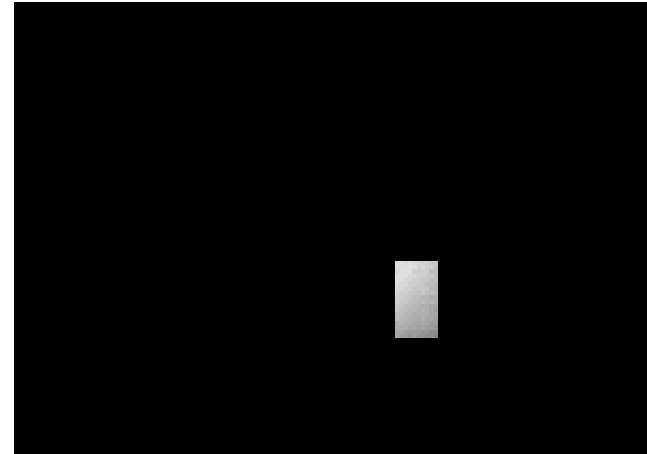


Nejednoznačnosť pri vnímaní jasů

Uvažuje sa, že v periférii sa obraz spracováva lokálne, t.j., samostatne pre určité malé oblasti

Ale: ako by sme na základe čisto lokálnych informácií mohli rozhodnúť, či má kúsok videného obrazu konštantnú reflektanciu a mení sa osvetlenie, alebo naopak?

Ak sa to nedá spraviť na začiatku vizuálnej dráhy, z čoho potom vychádza následné centrálnejšie spracovanie?



Nejednoznačnosť pri vnímaní jasů

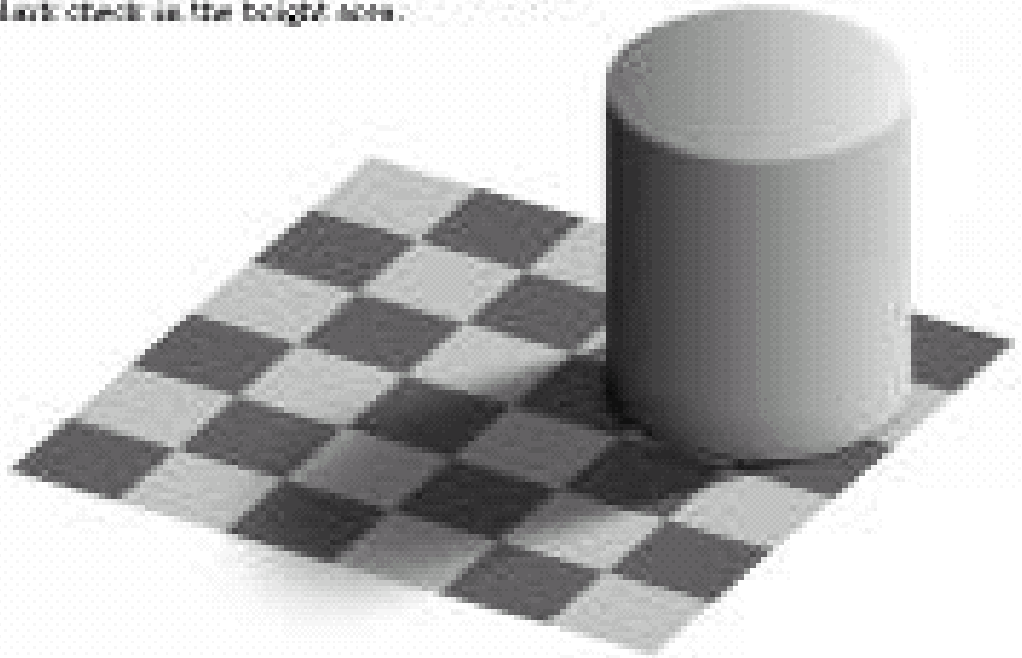
Teória: „**Brightness constancy**“

Človek musí byť schopný odlíšiť čo vo vizuálnom vneme je spôsobené tvarom povrchu, jeho orientáciou a reflektanciou, od toho, čo je spôsobené zmenami osvetlenia (tiene, rozdielna vzdialenosť od zdroja svetla, jasové gradienty) už v **periférnych** fázach vizuálnej dráhy, pretože všetko čo sa deje potom závisí na tejto schopnosti

Ako to robíme?

Vnímanie jasů – odčítanie osvetlenia

The light check is the standard in the same gray
as a dark check is the bright area.



von Helmholtz: „Discount
Illuminant“
vizuálny systém odčítava
osvetlenie

Vnímanie jasů – ostrosť hrán

Predpokladá pri tom, že
refelktancia povrchu sa môže
meniť prudko, ale že
osvetlenie sa mení vždy pomaly

Ostrá hrana:

- zmena „náteru“ (reflektancie)

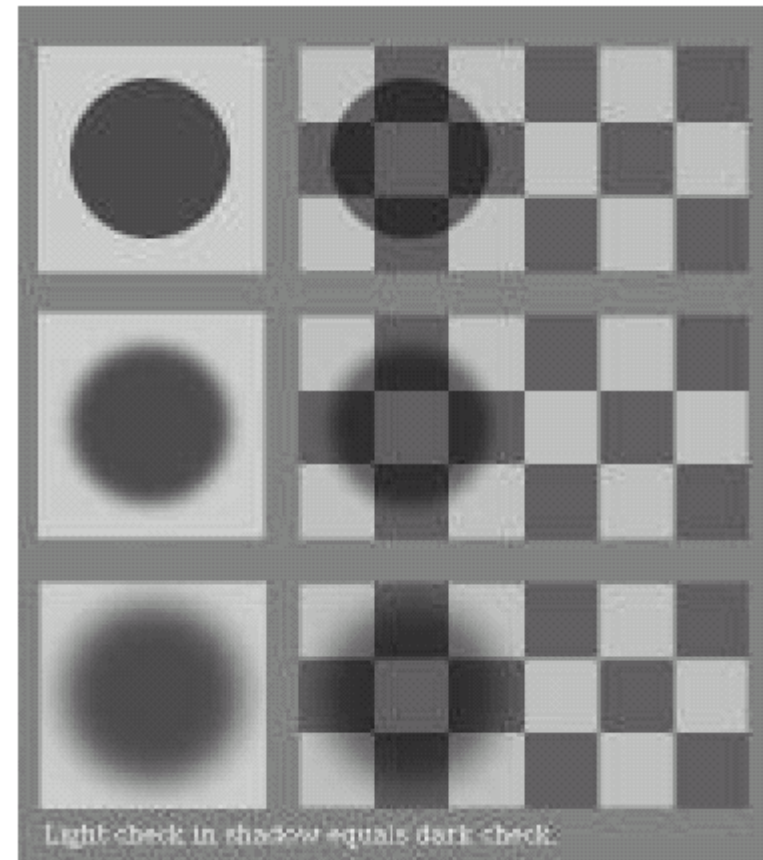
Neostrá hrana:

- zmena osvetlenia

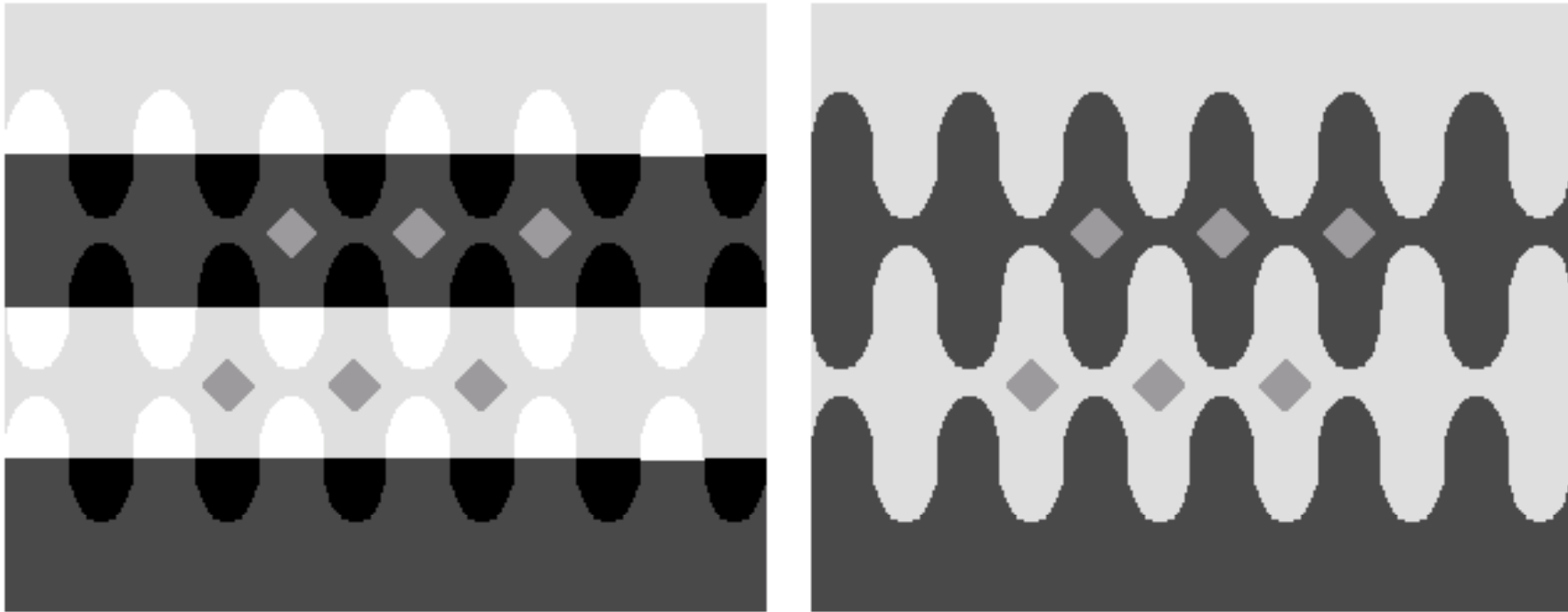
Mechanizmus určenia

osvetlenia ignoruje hladké
hrany

**Zmena jasů na ostrých
hranách je dôležitá**



Vnímanie jasů – nie len lokálne faktory



Identické diamanty na rovnakom pozadí

Vľavo je rozdiel v jase diamantov väčší než vpravo

Globálnejšie faktory môžu zosilniť efekt až 30x

Používame informácie o povrchu „vyššieho rádu“ na potlačenie zmien osvetlenia spôsobených hĺbkou/priehľadnosťou

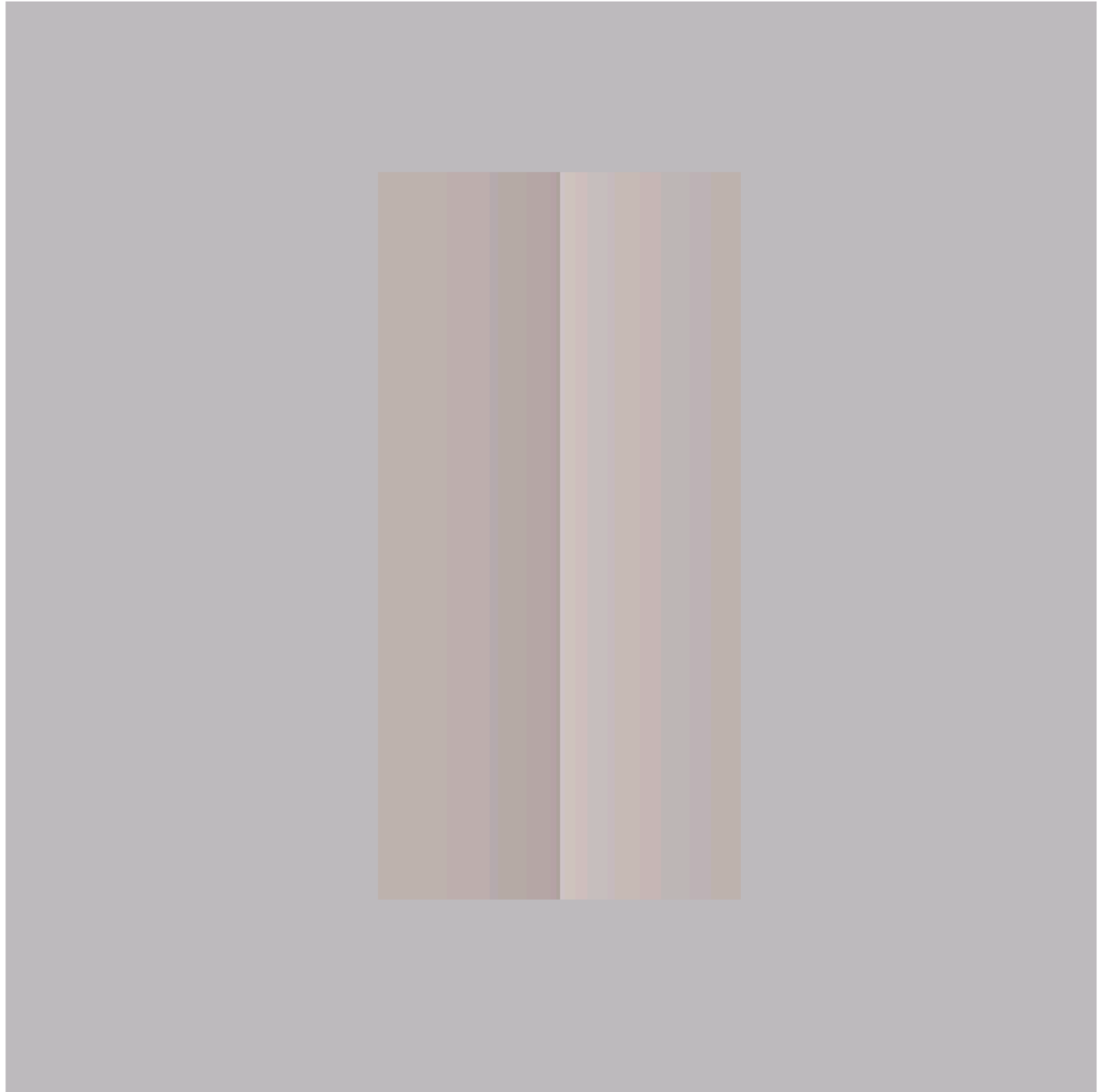
Vnímanie jasú – nie len hrany

CRAIK-O'BRIEN-
CORNSWEET:

Keď sa na pásy
dívame dosť dlho
bez hýbania očami,
javia sa ako by mali
konštantný jas: ľavý
je tmavší, pravý
svetlejší

V skutočnosti sú
odlišné len na
hrane...

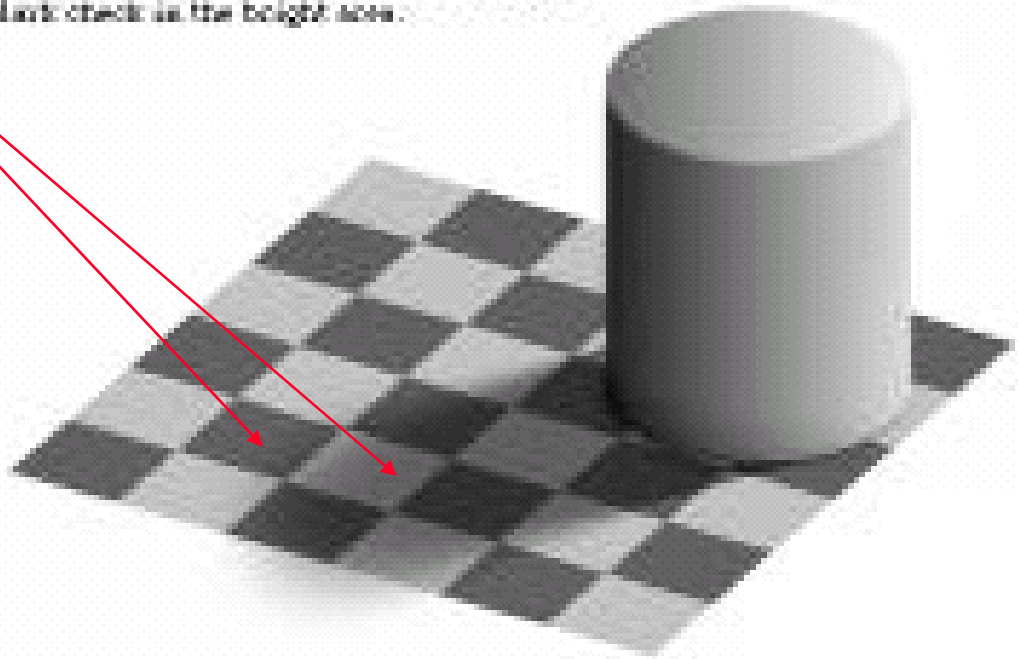
**Nie len hrany sú
dôležité**



Vnímanie jasů – odčítanie osvetlenia

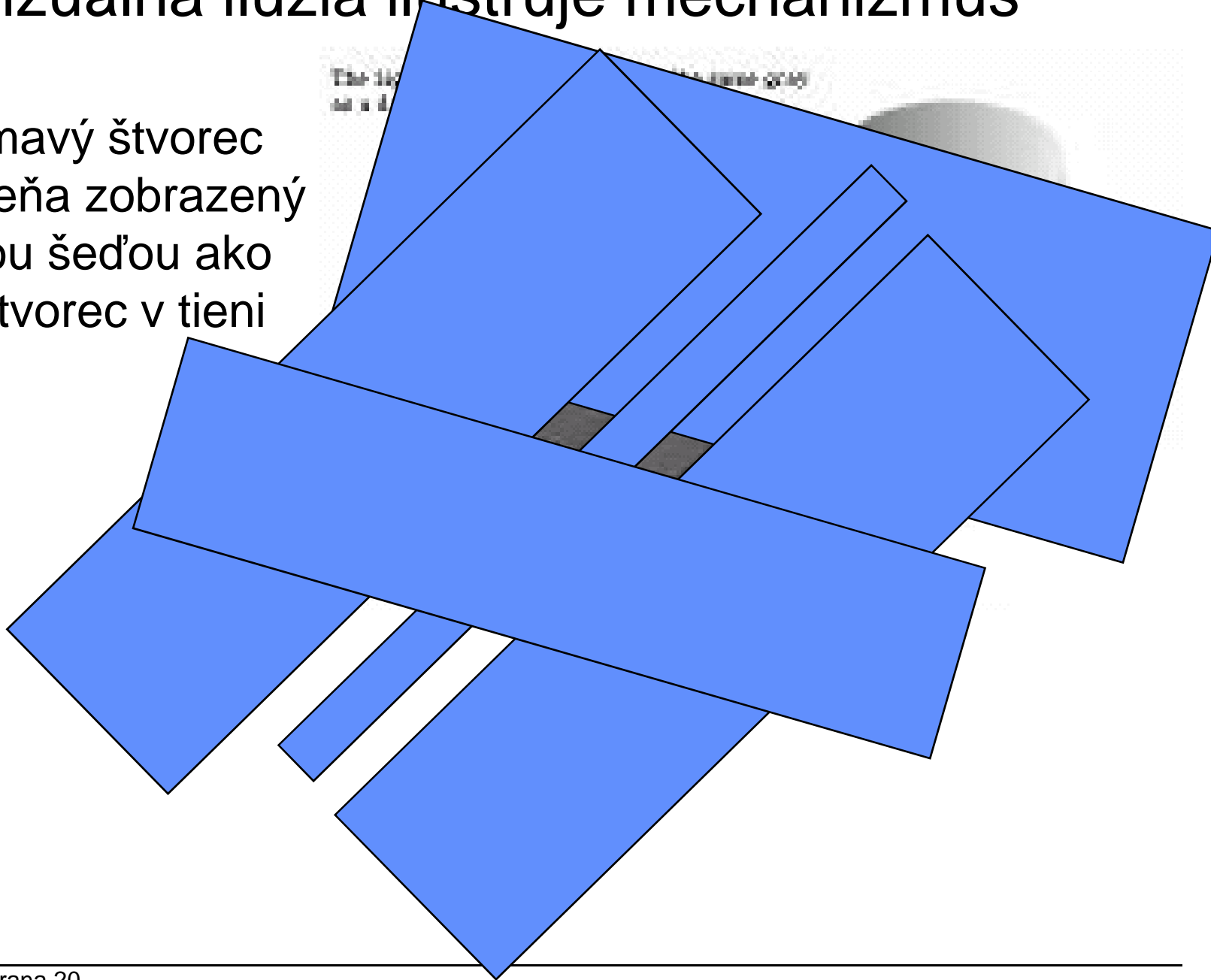
Ktorý z týchto bodov je tmavší – **neuvažuj o scéne, snaž sa len odhadnúť jas daných bodov**

The light check is the standard in the image gray
as a dark check is the bright area.

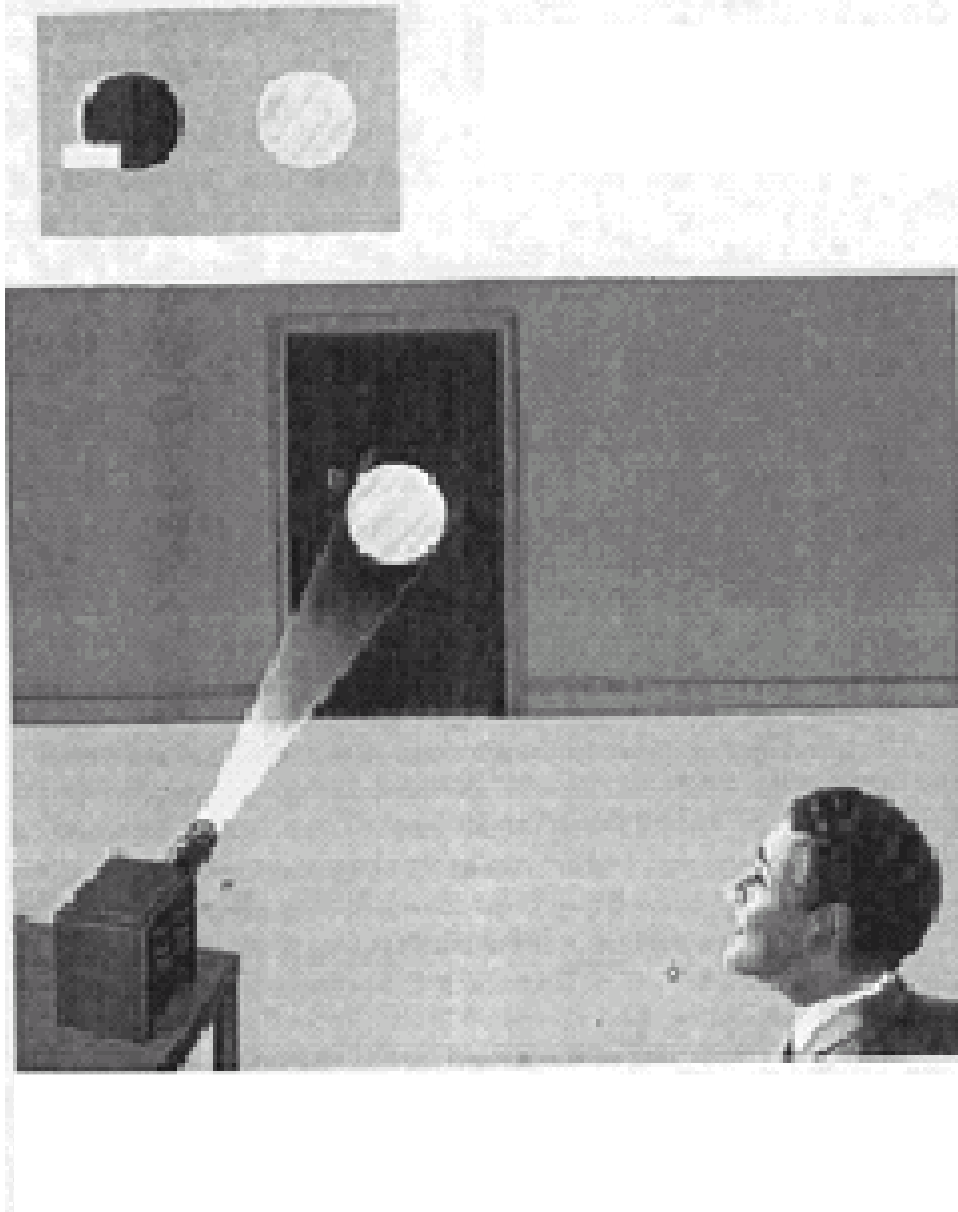


Vizuálna ilúzia ilustruje mechanizmus

Na obr.: tmavý štvorec mimo tieňa zobrazený rovnakou šedou ako svetlý štvorec v tieni



Čierna či biela? – Gelbov efekt



From Kaufman, 1974.

Figure 5-1. The Gelb experiment. A spinning black paper disc D is illuminated by a projector P . Stray light enters the room behind the disc so that it cannot be seen by the observer O . The disc appears luminous except when a small piece of white paper is placed in the path of the projector light.

Ako sa zmeny jasú na hranách počítajú

Neuróny vo vizuálnej periférii majú on-center-off-surround štruktúru (mexický klobúk)

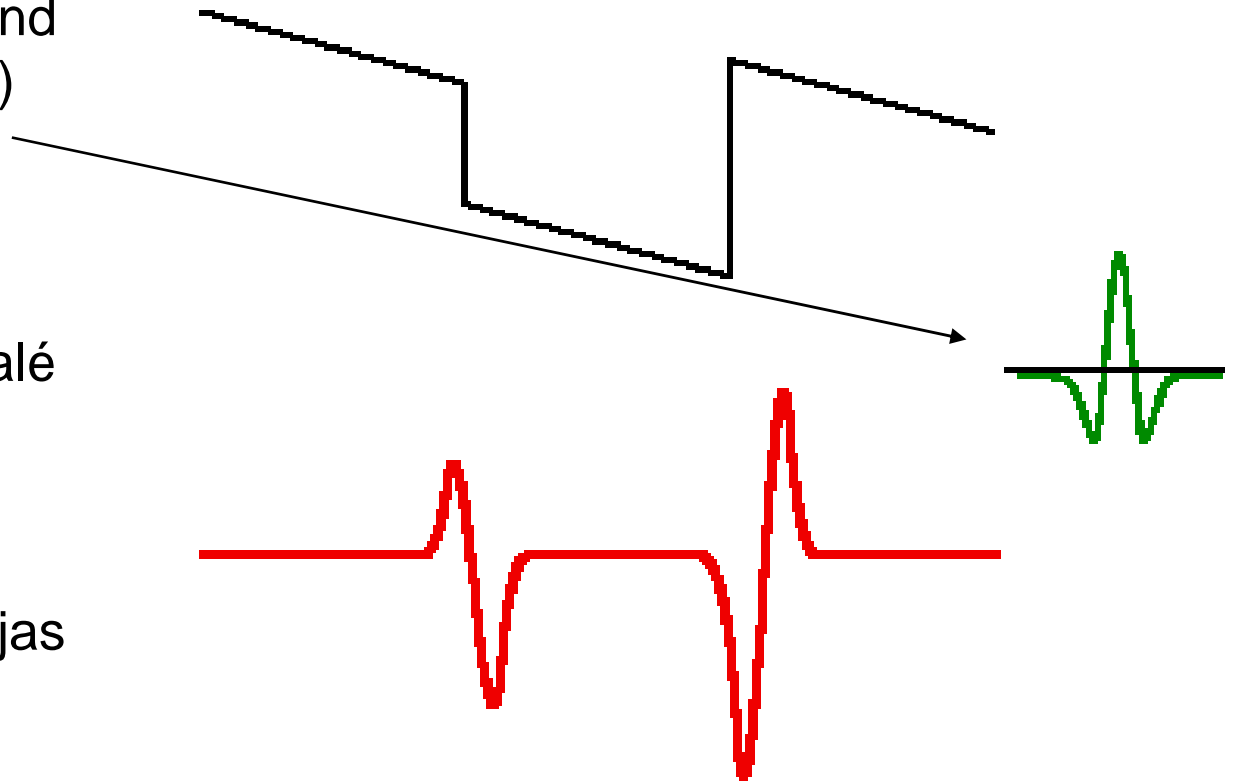
Inak povedané: laterálna inhibícia (alebo DOG)

Aktivita týchto neurónov umožňuje ignorovať pomalé zmeny jasú

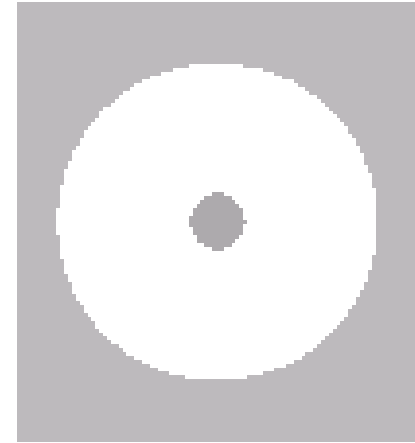
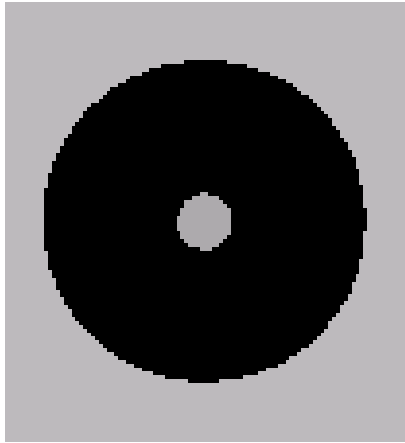
Naviac v nich môže byť zakódovaná informácia o tom, ako veľmi sa zmenil jas na hrane

Neskôr sa ale musí nejako vyplniť aj priestor mimo hrán

Ak „vypĺňanie“ existuje, môže vysvetliť Craik... efekt



Vnímanie jasů – „brightness contrast“



Šedý krúžok vľavo sa zdá byť svetlejší než ten vpravo

Laterálna inhibícia nestačí pretože pomery intenzít sú rovnaké

Hypotéza:

Tento efekt pozorujeme preto, lebo na nejakej úrovni reprezentácie je suma pomerov vstupov z oboch scén rovnaká

T.j., vizuálny systém **normalizuje** vstupy a snaží sa, aby celková aktivácia zodpovedajúca danej scéne bola konštantná

Nejednoznačnosť pri vneme jasu - zhrnutie

Určovanie jasu je ovplyvnené mnohými faktormi

Určite nie je len bottom-up

Na určenie jasu potrebujeme poznať, kde sú hrany

Ale hrany sú zas len zmeny jasu...

... takže

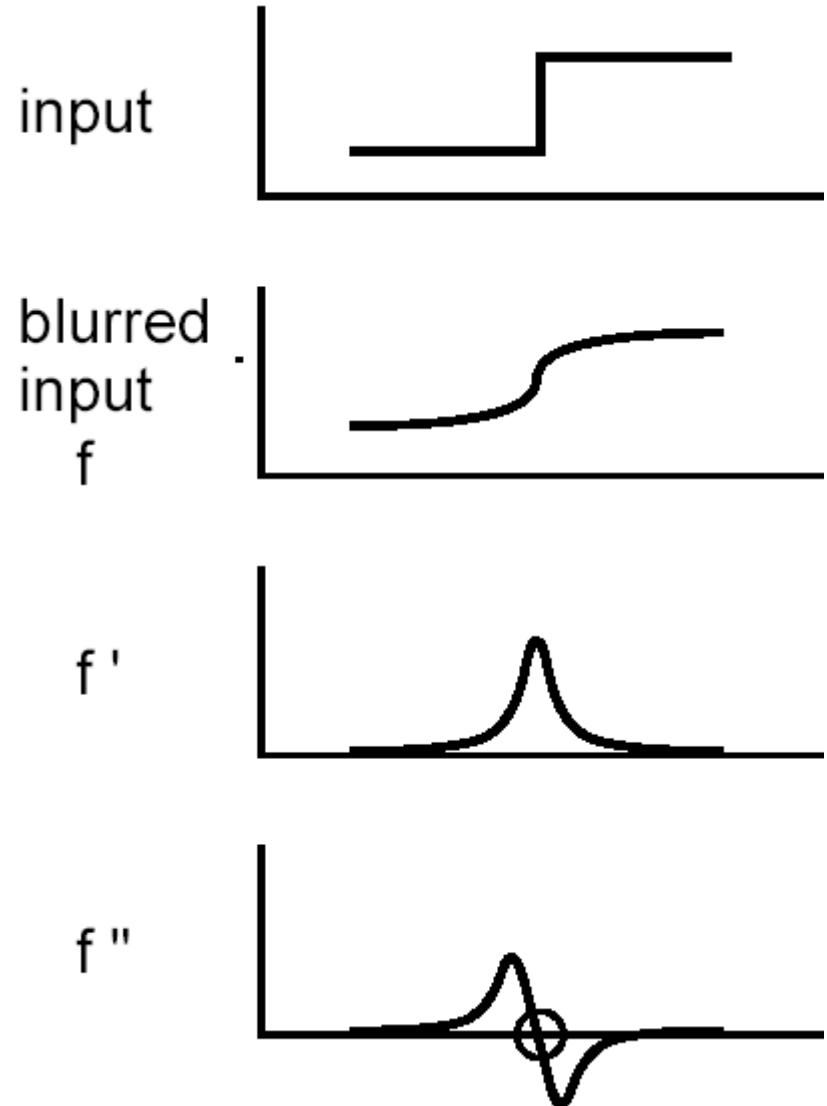
Vnímanie hrán a nejednoznačnosti pri určovaní hrán

Určovanie hrán - Marr

David Marr

(najvýznamnejší UI
človek vo vizuálnych
vedách):

- Vytvárame si tzv.
primálny náčrt (primal
scatch)
- vypočítavame na to
tzv. „zero-crossings“
- filtrujeme dáta
krenelom
zodpovedajúcim
laplacianu gausiánu $\nabla^2 G * I$

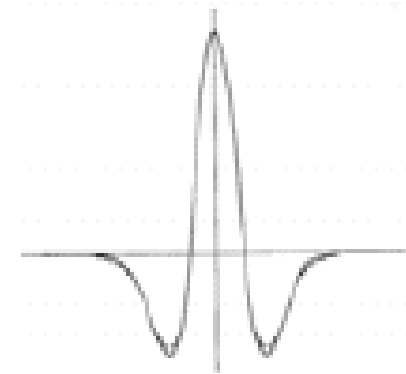


Určovanie hrán

$\nabla^2 G * I$ je pri pomere excitačnej k inhibičnej ploche rovnej 1.6/1 ekvivalentné DOG-kernelu

DOG = rozdiel gausiánov

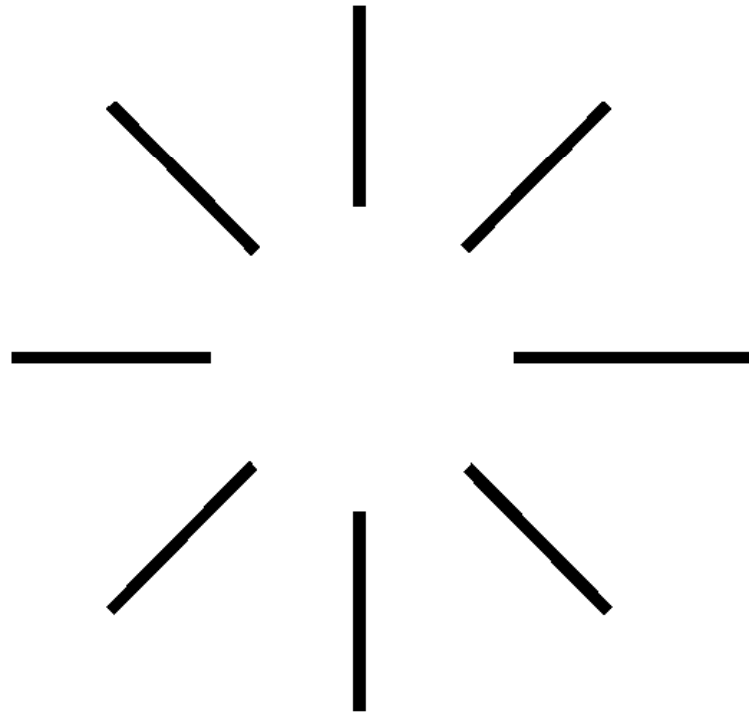
Príklad detekcie hrán



Určovanie hrán – iluzórne kontúry

Ale ako to, že vidíme aj veci, ktoré v obrázku nie sú?

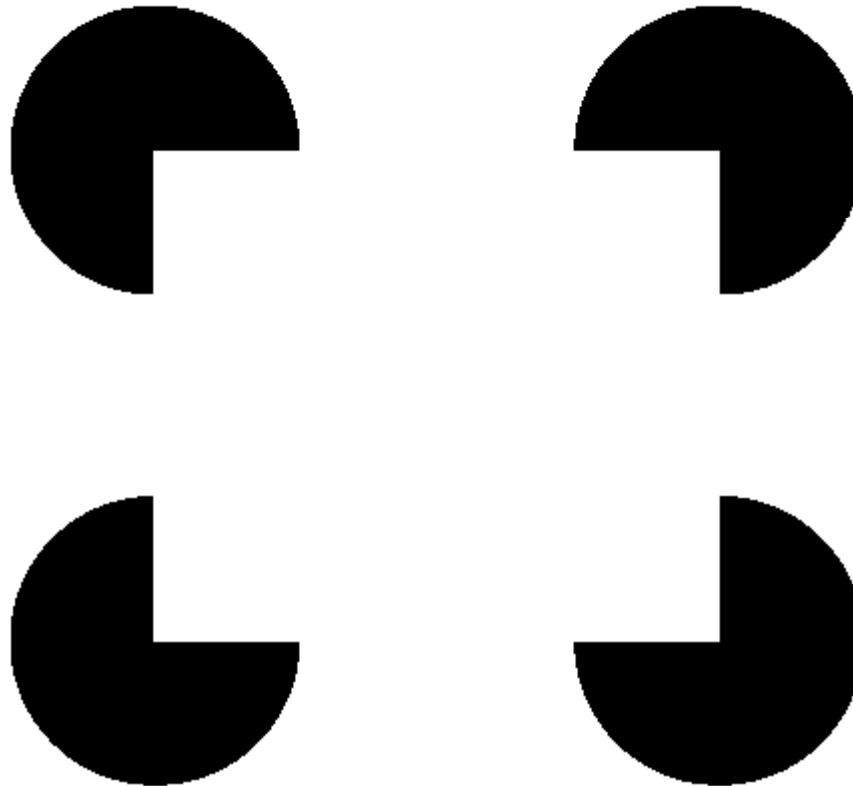
Príklad 1 – Ehrenstein: v strede vidíme jasnejší disk



Určovanie hrán – iluzórne kontúry

Ale ako to, že vidíme aj veci, ktoré v obrázku nie sú?

Príklad 2 – Kanizsov štvorec: v strede vidíme štvorec

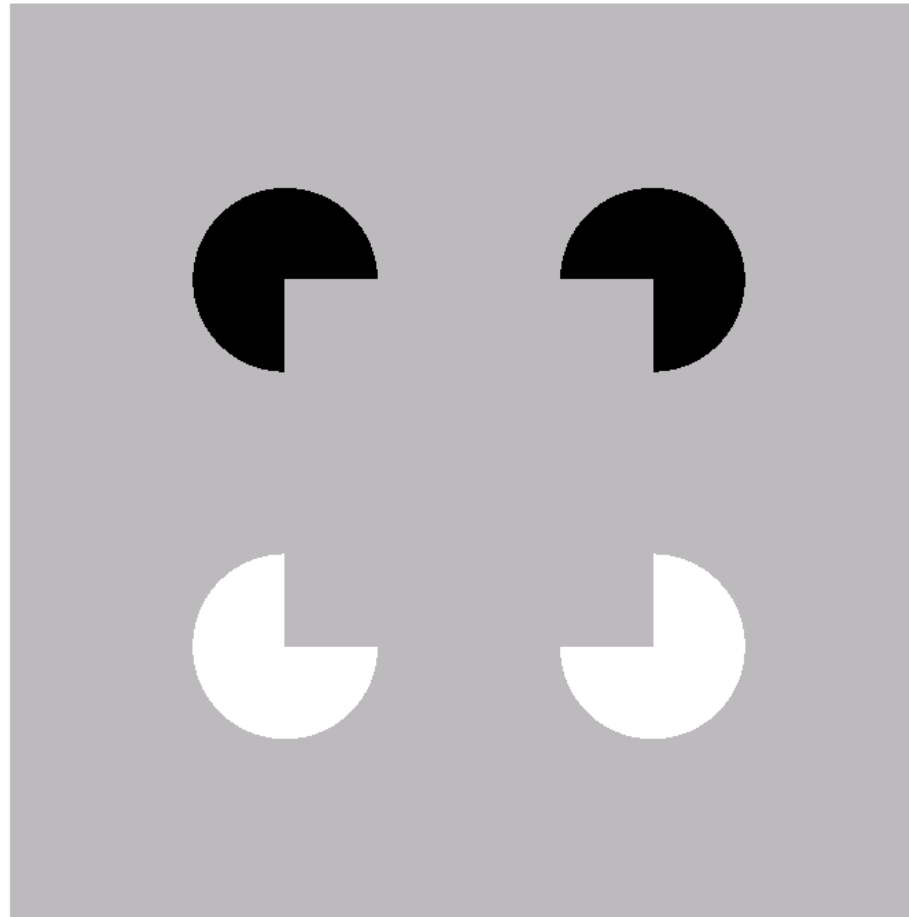


Určovanie hrán – iluzórne kontúry

Ale ako to, že vidíme aj veci, ktoré v obrázku nie sú?

Príklad 2b – Kanizsov štvorec: v strede vidíme štvorec

- na kontraste nezáleží



Nejednoznačnosť pri určovaní hrán - zhrnutie

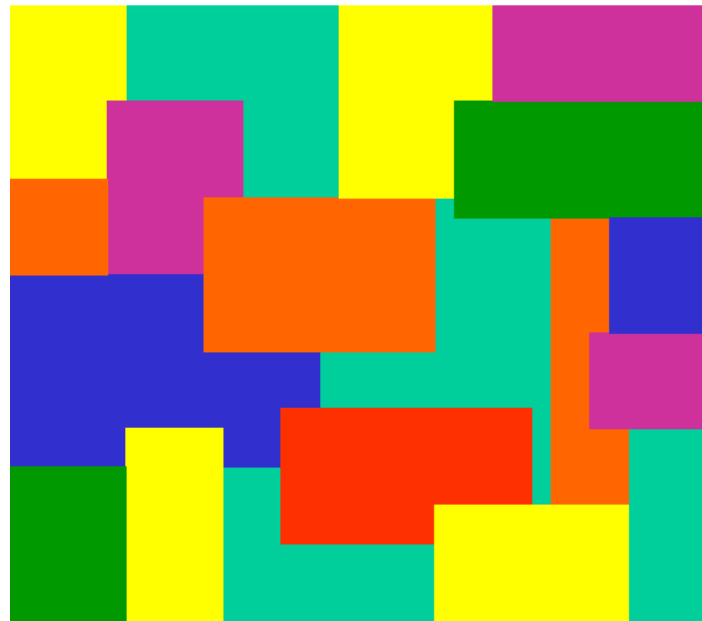
Okrem detekovania skutočných hrán,
vizuálny systém si vytvára aj iluzórne
kontúry

Prečo?

Vnímanie farby

Vnímanie farby

- závisí na osvetlení rovnako ako vnímanie jasú
- Land a McCann skúmali „konštantnosť vnímania farieb“ na **Mondrianoch**
- experiment 1: ak zdvoj- alebo strojnásobíme intenzitu červenej, celková farebná štruktúra sa veľmi nezmení
- princíp „odrátať osvetlenie“ umožňuje rôzne množstvo odrátania pre rôzne frekvencie

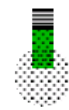


(Shading within boxes stands for colored pigments.)



red

(Land, 1971)



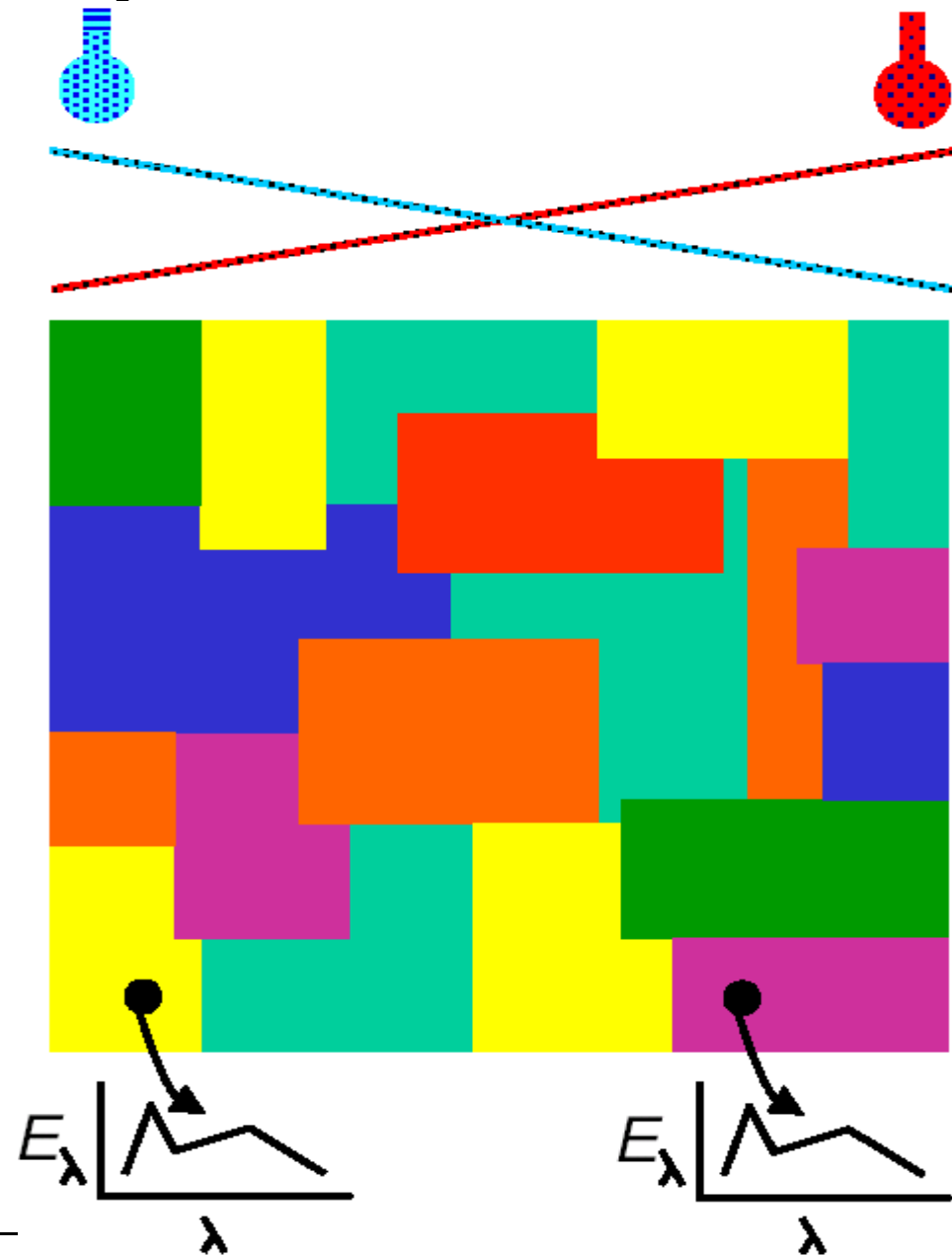
green



blue

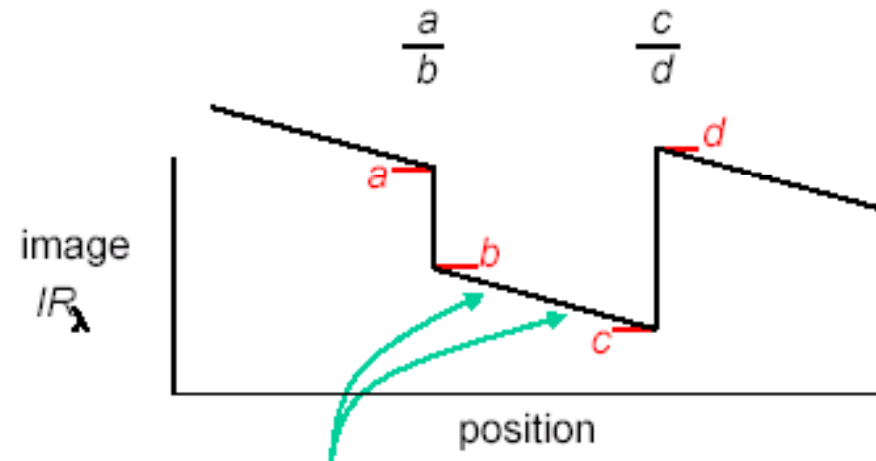
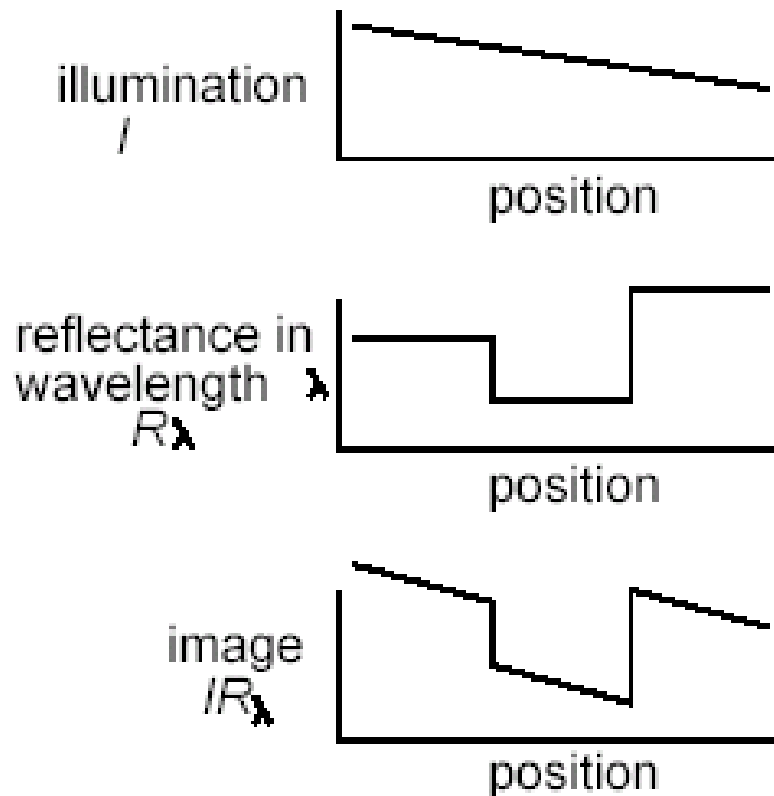
Vnímanie farby – Mondrian II

- farebné zložky osvetlenia sa menia tak, že dva ústrižky na opačných koncoch majú rovnaké farebné spektrum ... ale, my ich vidíme **správne**



Vnímanie farby – model Retinex

- spočítavajú sa len pomery reflektancie na hranách

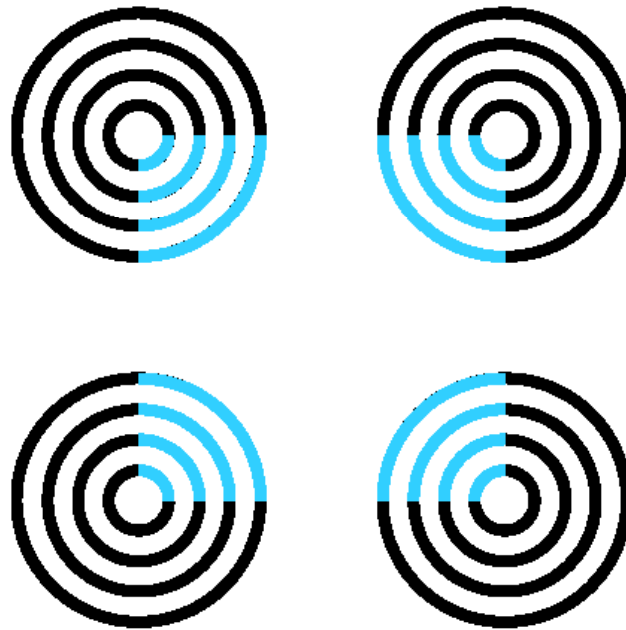


2. Suppress information from slowly varying region interiors.

Vnímanie farby / jasu a hrán

Neon color spreading

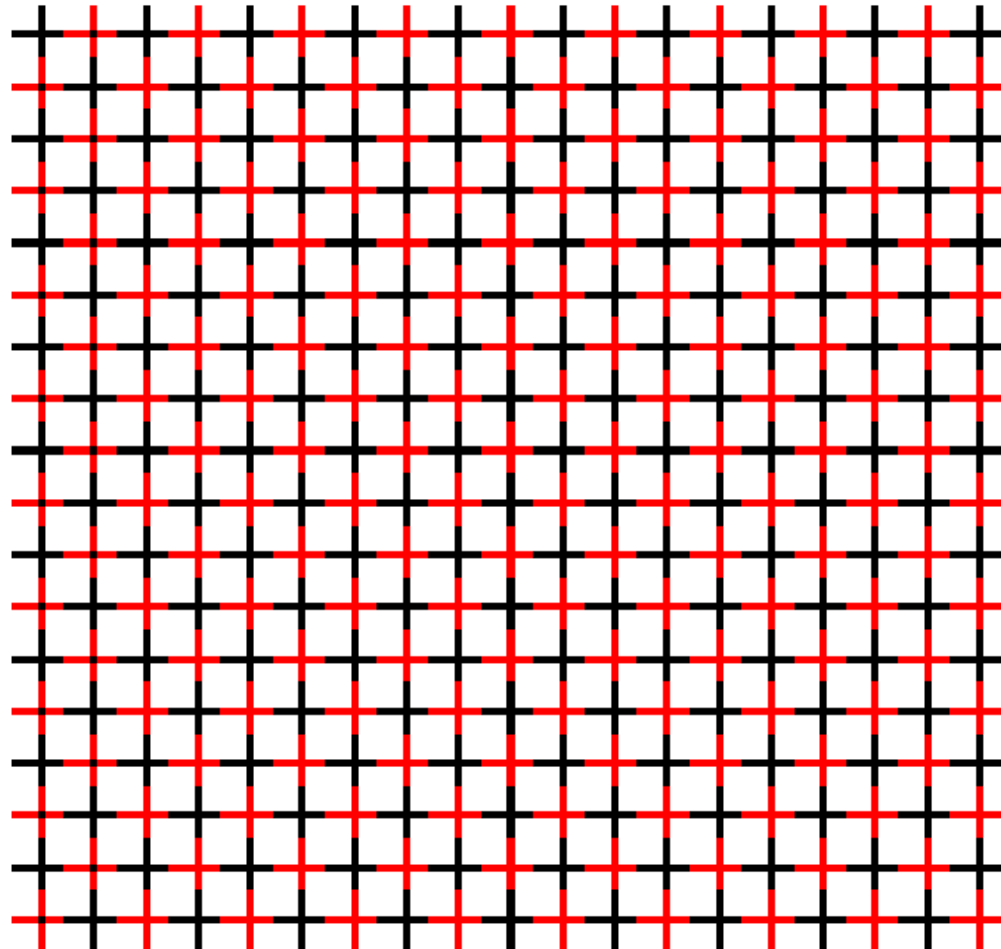
Aký je vzťah medzi vnímaním tvaru a farby?



Varin, 1971

Neon grid

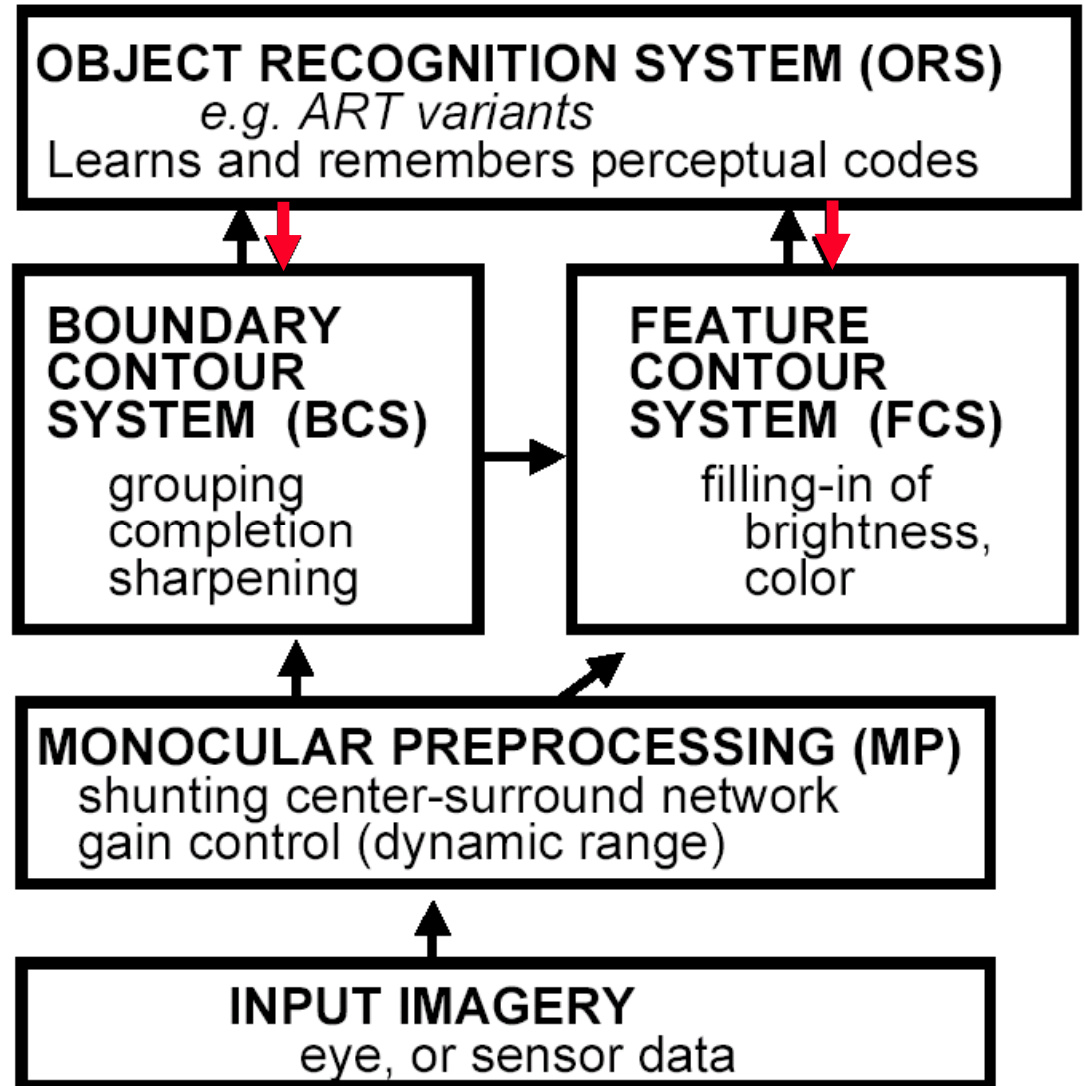
Aký je vzťah medzi vnímaním tvaru a farby? Červené diamanty.



Redies & Spillmann, (1981)

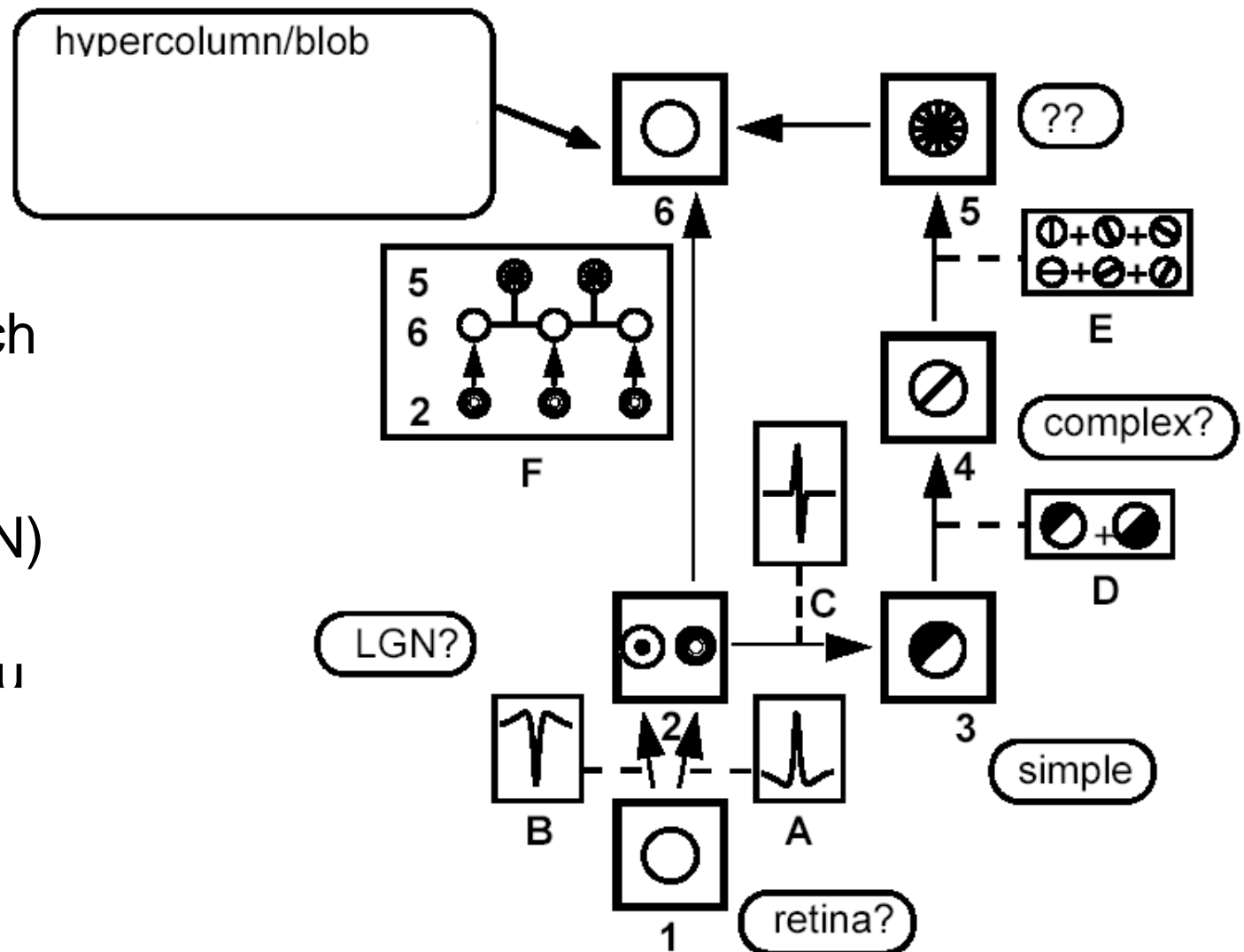
Grossbergov model BCS-FCS

- neurálny model
- popisuje vizuálny systém periférnej a strednej úrovne
- má dva paralelné procesné prúdy
- vie vysvetliť mnohé z ilúzií, ktoré sme si ukázali
- je „bottom-up“, červená vyjadruje „kognitívne očakávaní“ (top-down)
- simulácia/zadanie
- zhoduje sa s anat/fyzio?



Grossbergov NN model BCS-FCS

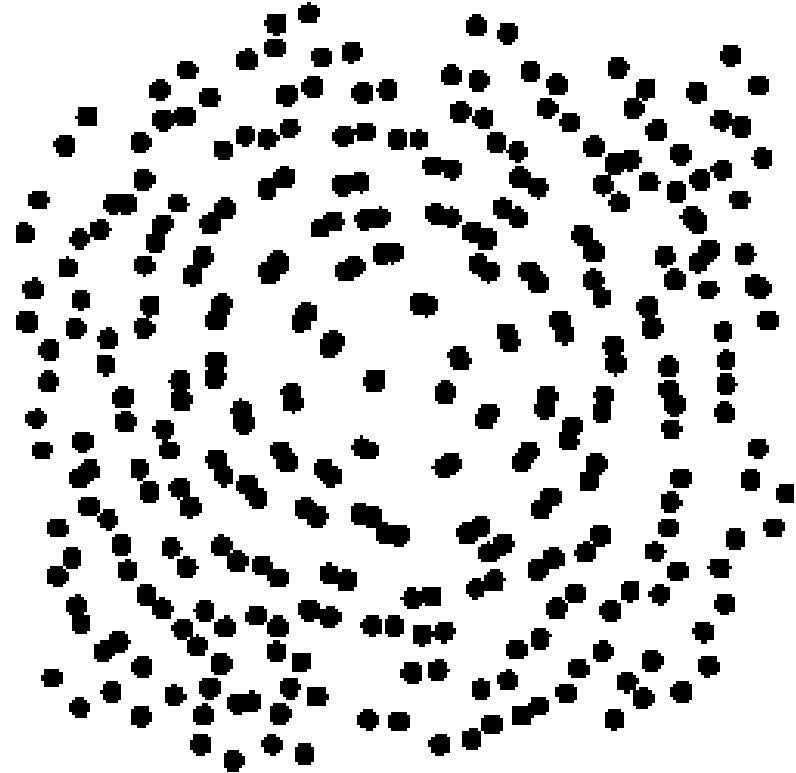
BCS-FCS a mozgové štruktúry s výnimkou prvých dvoch fáz spracovania (sietnica a LGN) popisuje tento model aktiváciu v rôznych úrovniach primárneho vizuálneho kortexu (V1)



Čo je mimo dosahu modelov

Glassov obrazec

- vidíme len body, ale uvedomujeme si, že v obrazci je nejaká kruhová štruktúra



Čo je mimo dosahu modelov – top-down



From Marr 1982 -- R. C. James

Top-down nie vždy vyhráva

Ked' „percepčia vzdoruje kognícii“

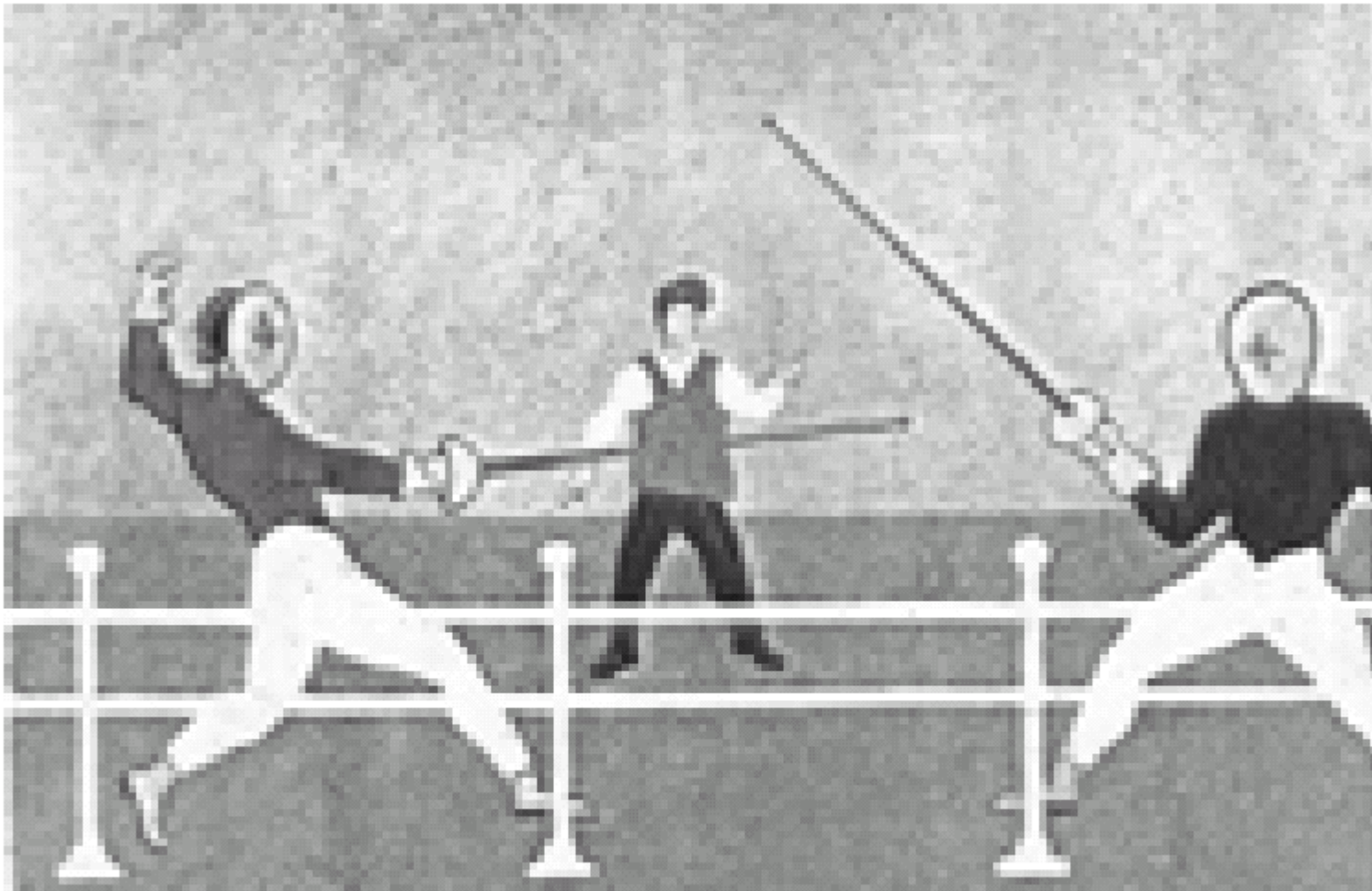
zoskupovanie na základe kontúr/hrán je prioritné



Top-down nie vždy vyhráva

Ked' „percepčia vzdoruje kognícii“

zoskupovanie na základe kontúr/hrán je prioritné



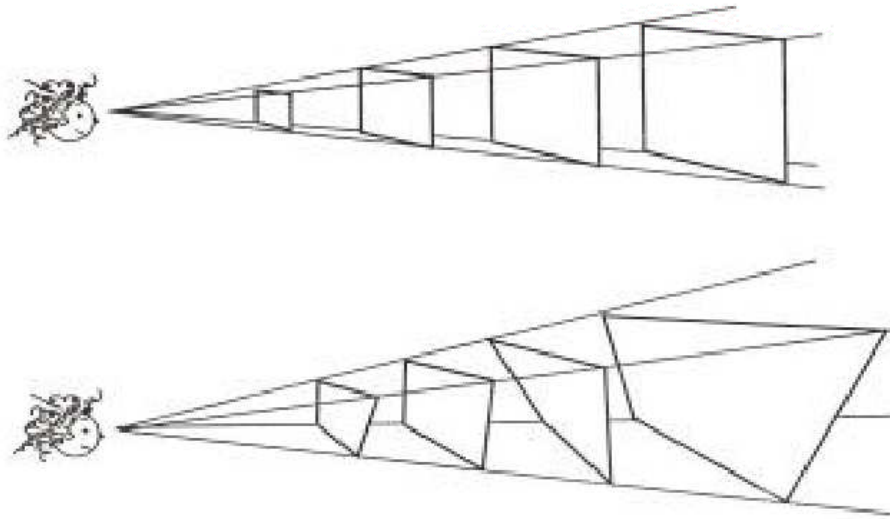
Vnímanie veľkosti a vzdialenosti

Nejednoznačnosť medzi veľkosťou a vzdialenosťou

Daná projekcia na sietnici môže zodpovedať nekonečnému množstvu kombinácií vzdialenosti a veľkosti objektu

My si túto nejednoznačnosť väčšinou neuvedomujeme

Naviac je nejednoznačný aj vnímaný tvar



Konštantnosť vnímanej veľkosti

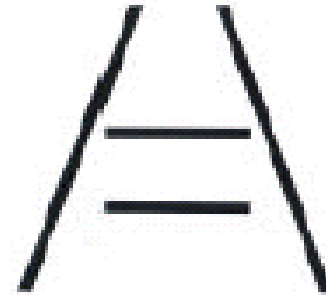
Keď sa približujeme k objektu, jeho obraz na sietnici sa zväčšuje, nám sa ale nezdá, že by objekt rástol

V mozgu musíme mať mechanizmus, ktorý kompenzuje zmeny vo veľkosti obrazu na sietnici tak, aby sa vnímaná veľkosť nemenila

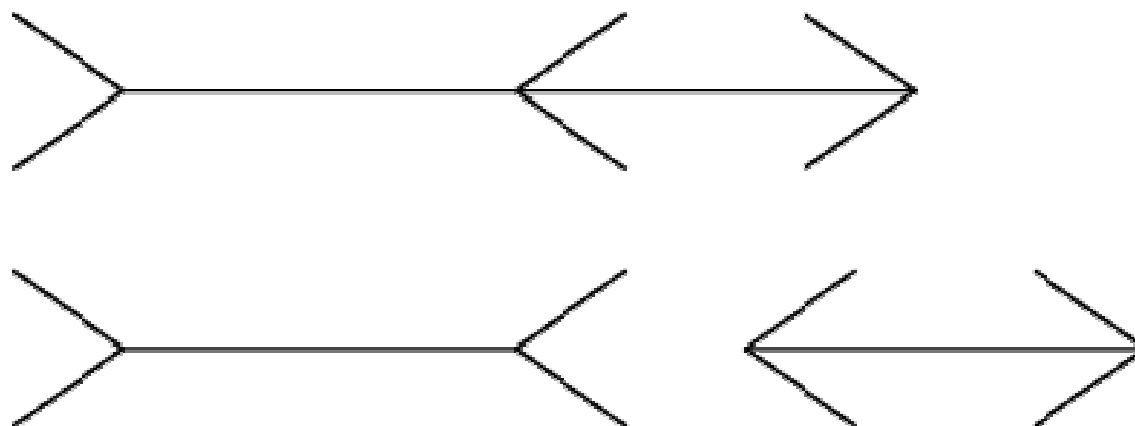
Fungovanie tohto mechanizmu môžeme poznávať prostredníctvom ilúzií, pri ktorých tento mechanizmus spôsobí nesprávny vnem

Príklad 1: Ponzova ilúzia

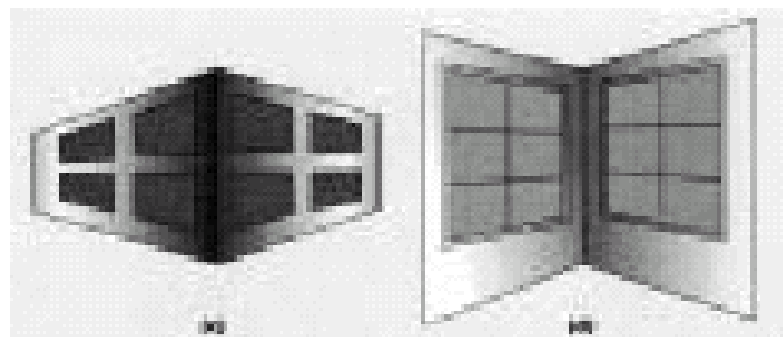
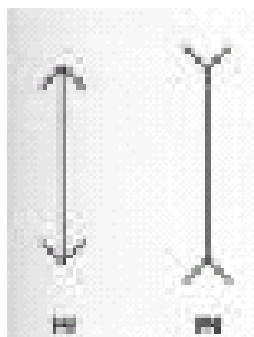
- Lineárna perspektíva vyvolá vnem rozdielnej vzdialenosti, ktorá spôsobí zmenu vnímanej veľkosti



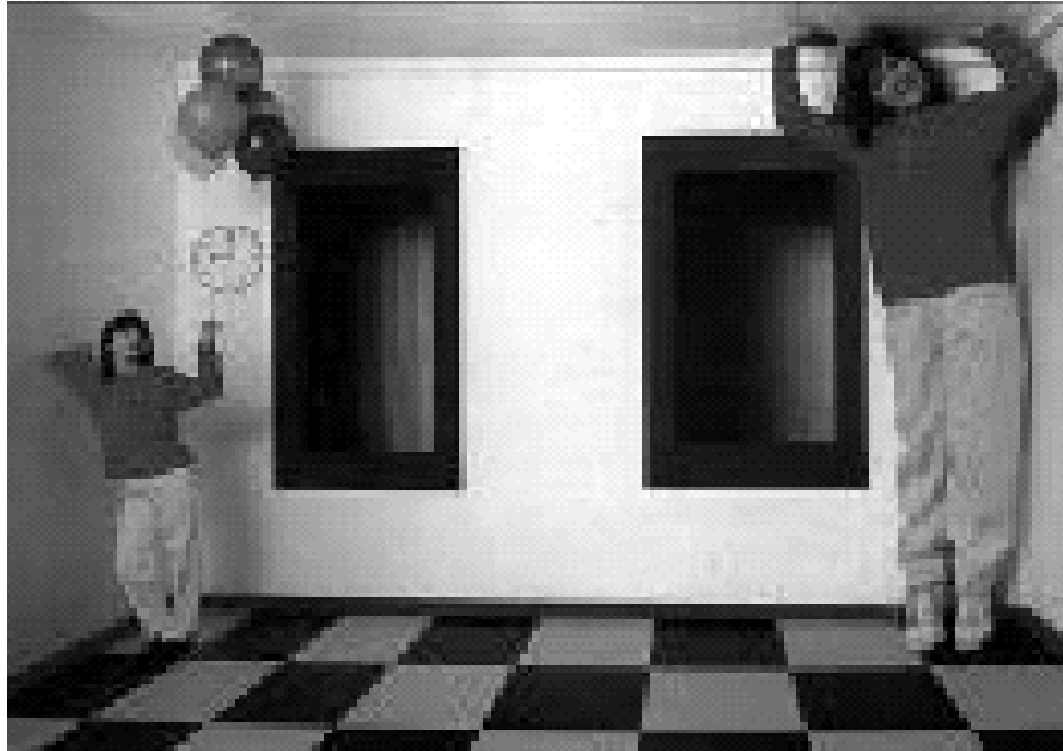
Konštantnosť vnímanej veľkosti – Muller-Lyerova ilúzia



Konfigurácia zakončení čiary navodzuje ilúziu perspektívy a tvaru scény

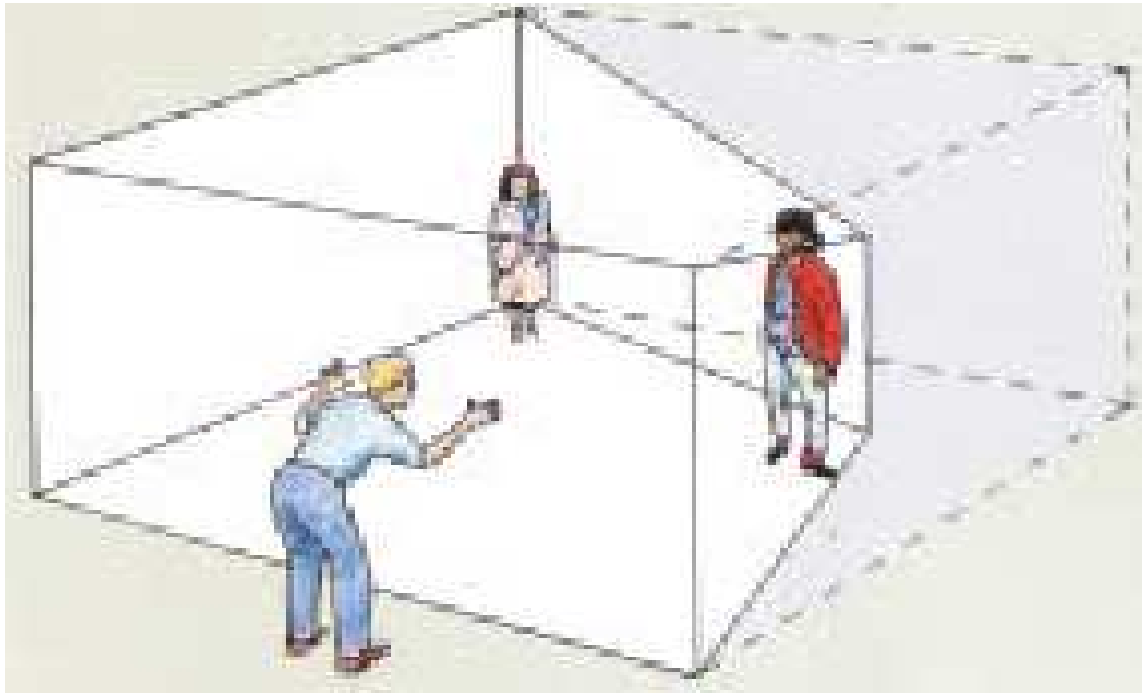


Amesova miestnosť



Ktoré dievča je väčšie?

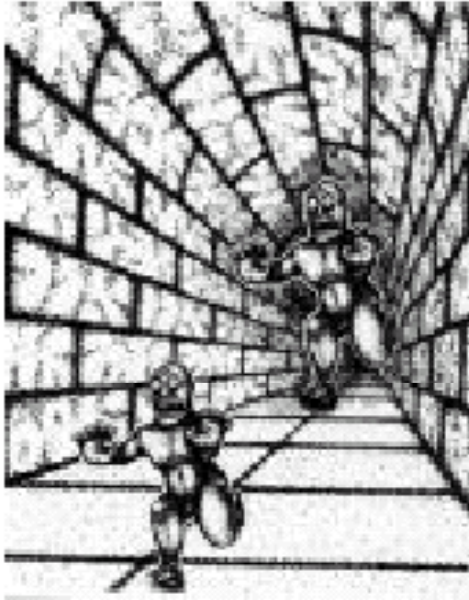
Amesova miestnosť - vysvetlenie



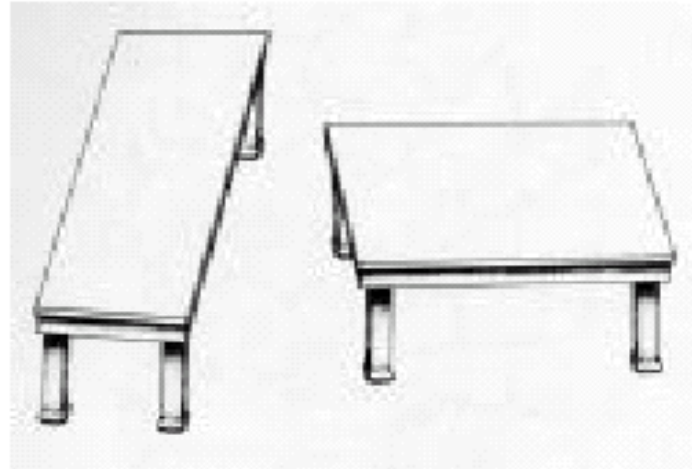
Ilúzia Veľkosť - vzdialenosť

Založená na nesprávnej informácii o textúre, perspektíve a na všeobecnej skúsenosti, že miestnosti sú pravouhlé

Ďalšie ilúzie veľkosť-vzdialenosť



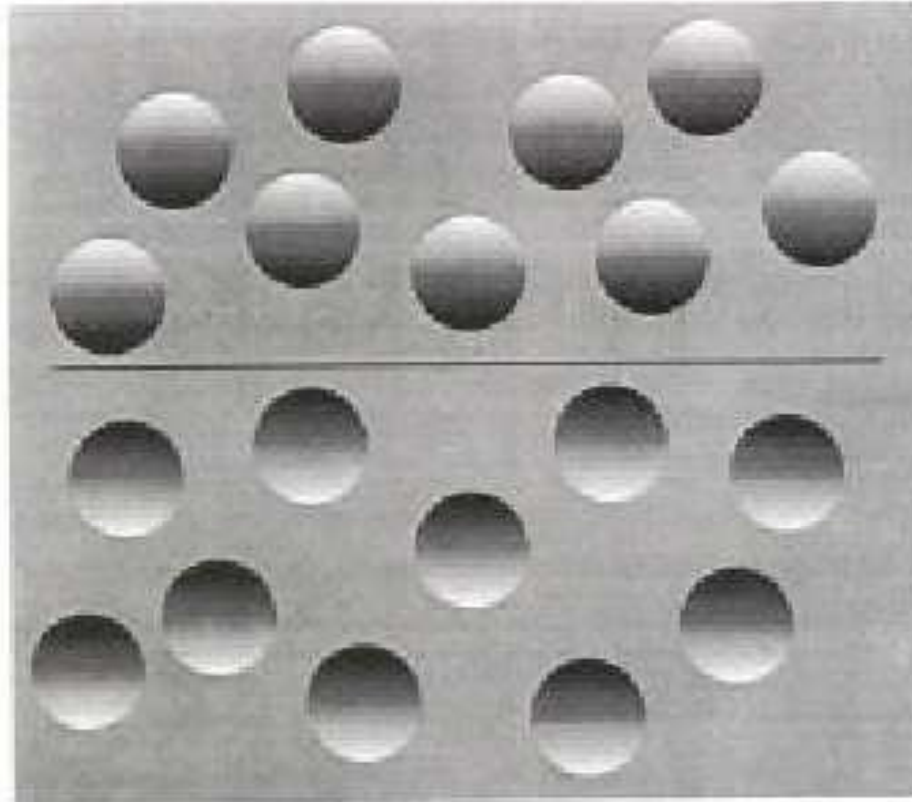
Postavy rovnako veľké



Vrchy stolov sú rovnaký lichobežník

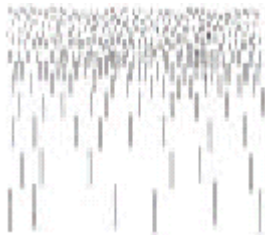
Mesačná ilúzia – na horizonte sa mesiac zdá väčší

Parametre používané pre vnímanie vzdialenosti



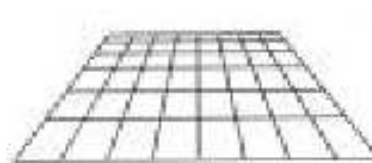
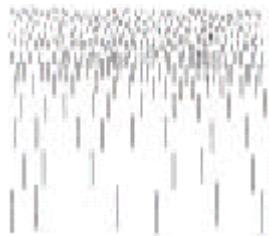
1. Tieň

Parametre používané pre vnímanie vzdialenosti



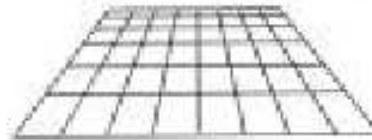
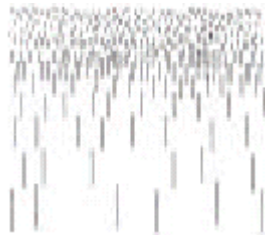
1. Tieň
2. Gradient textúry

Parametre používané pre vnímanie vzdialenosti



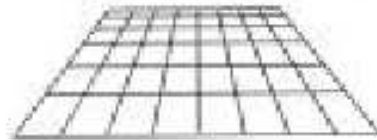
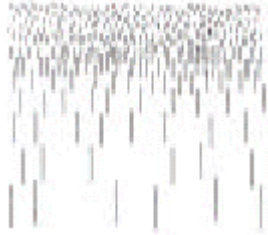
1. Tieň
2. Gradient textúry
3. Lineárna perspektíva

Parametre používané pre vnímanie vzdialenosti



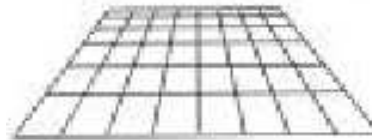
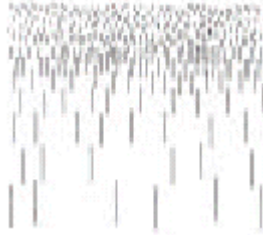
1. Tieň 2. Gradient textúry 3. Lineárna perspektíva 4. Vzájomné prekrytie

Parametre používané pre vnímanie vzdialenosti

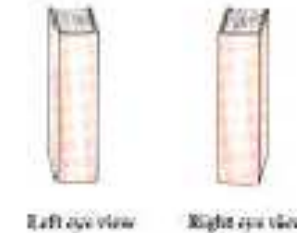
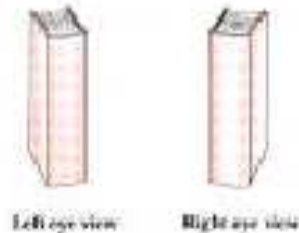
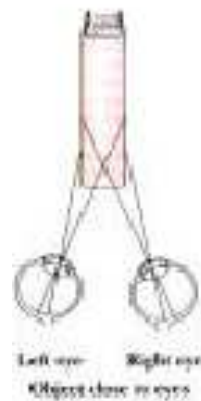


1. Tieň
2. Gradient textúry
3. Lineárna perspektíva
4. Vzájomné prekrytie
5. Pohybový paralax – keď pohneme hlavou, sietnicová poloha blízkych objektov sa zmení viac

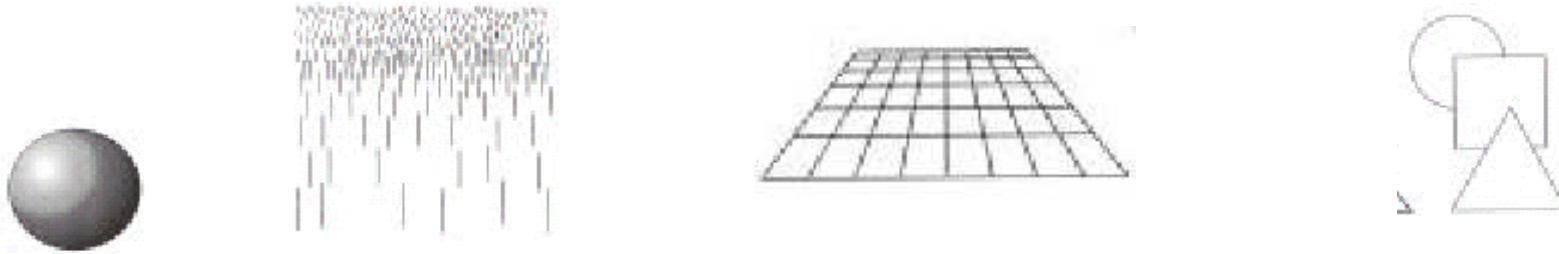
Parametre používané pre vnímanie vzdialenosti



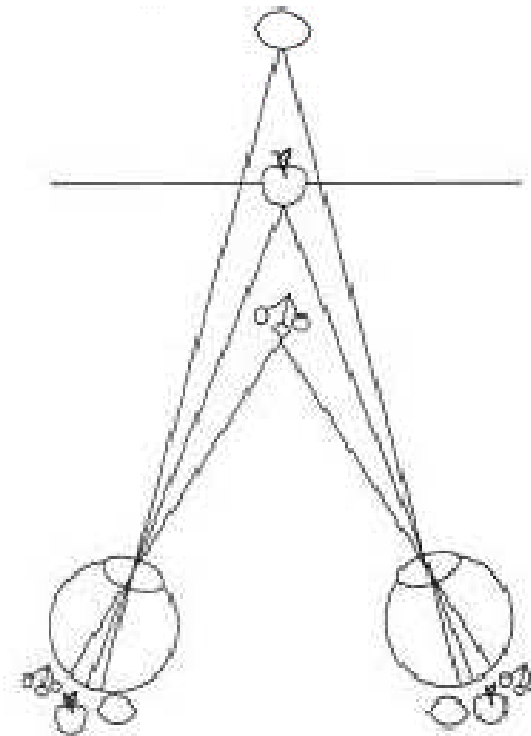
1. Tieň
2. Gradient textúry
3. Lineárna perspektíva
4. Vzájomné prekrytie
5. Pohybový paralax – keď pohneme hlavou, sietnicová poloha blízkych objektov sa zmení viac
6. Binokulárna konvergencia – pre blízke predmety sa oči musia natočiť viac k sebe



Parametre používané pre vnímanie vzdialenosti



1. Tieň
2. Gradient textúry
3. Lineárna perspektíva
4. Vzájomné prekrytie
5. Pohybový paralax – keď pohneme hlavou, sietnicová poloha blízkych objektov sa zmení viac
6. Binokulárna konvergencia – pre blízke predmety sa oči musia natočiť viac k sebe
7. Binokulárny paralax alebo disparita – čím je objekt bližšie, tým je jeho obraz na sietniciach viac rozdielny

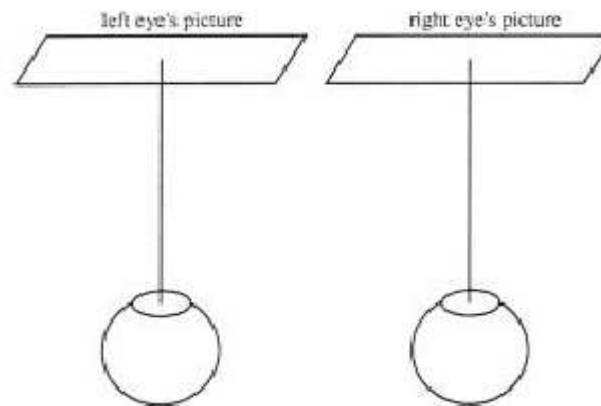


Prečo nie je také ľahké vyvolať dokonalú binokulárnu ilúziu hĺbky?

Reflex konvergencie je spojený s reflexom akomodácie (zmena hrúbky šošovky)

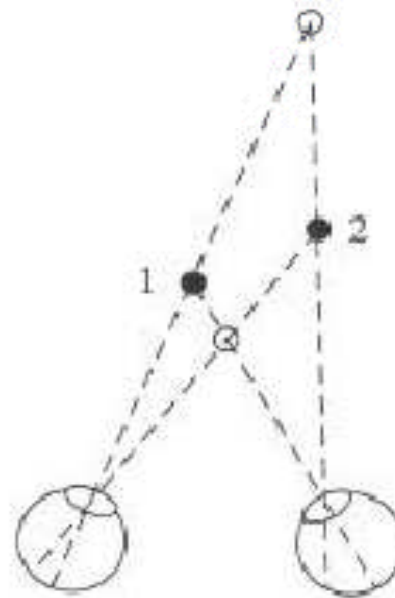
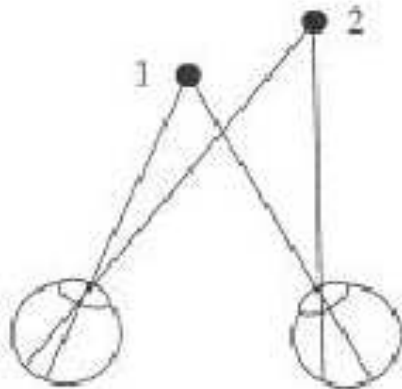


Čiže pre dané zaostrenie by oči „chceli“ určité prekríženie. Najjednoduchšie ilúzie ale prezentujú dva rôzne obrazy, jeden pre každé oko, a oči sa dívajú priamo.

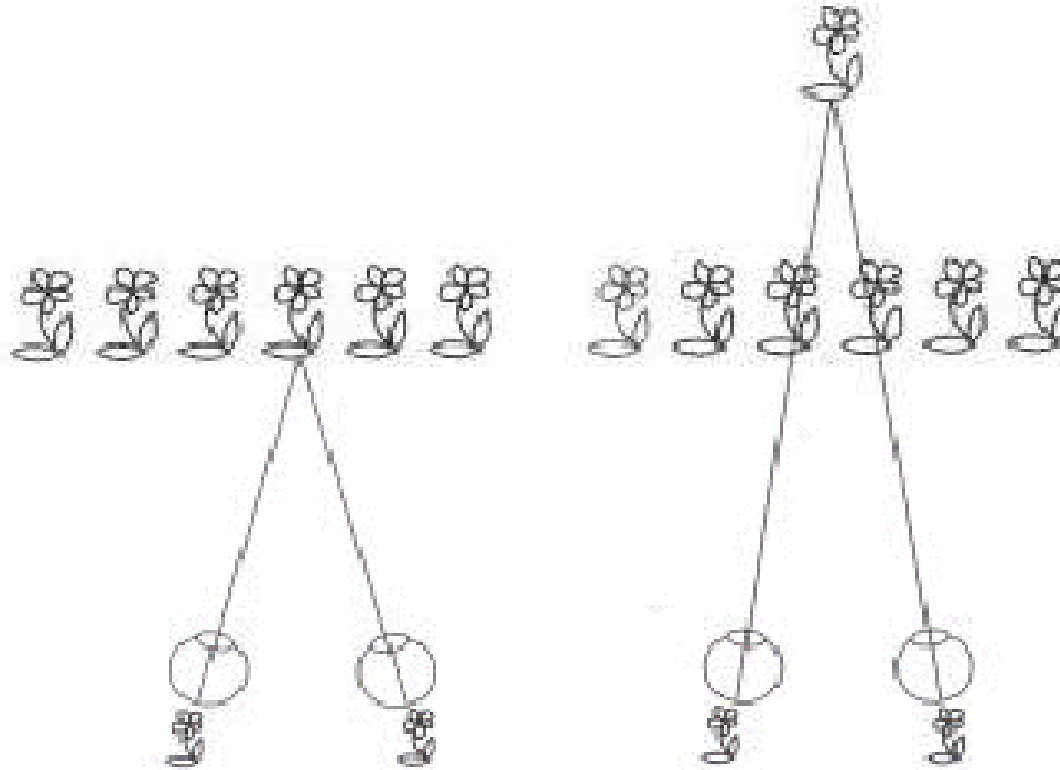


Stereogramy – příklad ilúzie hĺbky

Problém korešpondencie (nejednoznačnosti): vľavo – správny vnem, vpravo – nesprávne, ale v princípe možné vnemy

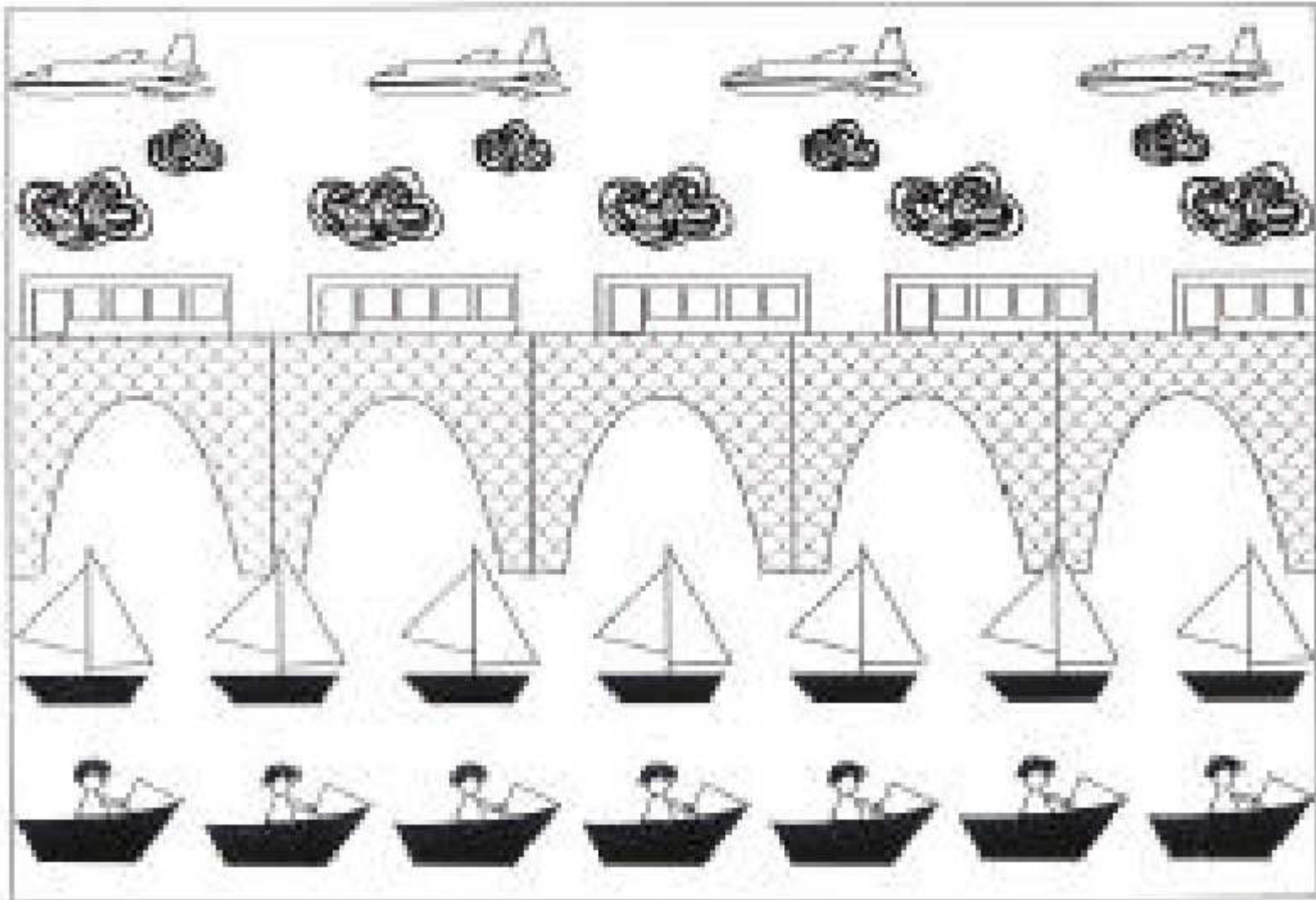


Stereogramy založené na opakovaných vzoroch



Pozn: na to, aby sme videli stereogramy, musíme si natréňovať oddelenie reflexov akomodácie a konvergencie

Príklad stereogramu



Existujú aj stereogramy založené na náhodnej distribúcii bodov

Zhrnutie

- videnie je nejednoznačné
- ako vnímame jas, obrysy, farbu
- Grossbergov model BCS/FCS
- kognitívne faktory
- Vnímanie veľkosti a vzdialenosti

V KUI440 budúci rok

- viac o videní: vizuálna kognícia a neurálna báza videnia

Nabudúce

- Počutie a sluchová kognícia