

# Stereo videnie

(Vnímanie hĺbkky)

**Martin Eifler**

Stereogramy, obrázky s hĺbkou, sú nielen zdrojom zábavy, ale poskytujú nám možnosť vyskúšať si ako funguje ľudský zrak. Vďaka poznatkom ako oklamať ľudské oko sa môžeme dostať bližšie k pochopeniu ako funguje videnie. Pričom ak sa nad tým zamyslíme videnie je vlastne taký malý zázrak. Faktom je, že inverzná operácia k priemetu nemá jednoznačné riešenie. Ak vidíme šedý kruh pred nami, mohla by to teoreticky byť snehová guľa, ale aj kus uhlia na slnku. Faktom je, že ľudský mozog používa sériu predpokladov, aby si tento problém uľahčil. Avšak ak sa dostaneme do exotického prostredia, kde sú niektoré z týchto predpokladov porušené stávame sa obeťou ilúzie. Aj preto sú psychológovia taký posadnutí ilúziami, dávajú im možnosť ako odhaliť tieto predpoklady.

Ešte som pridal do zopár riadkov znak X a vynoril tak obdĺžnik v ktorom sa 5678 opakuje po 11 znakoch. Tento obdĺžnik sa bude zdať pre zmenu ďalej ako zvyšok obrazca.

## Oko a obrázok

Autostereogramy využívajú hneď niekoľko objavov ako oklamať oko. Prvým z nich je obrázok. Na prvý pohľad sa to môže zdať čudné, ale čo je to vlastne fotografia, kresba, alebo televízia? Ilúzia, trocha farby na papieri, blikajúce body... a predsa v nás tieto dokážu vyvolať celú škálu pocitov. Keď sa pozeráme na fotografiu, vidíme v nej skôr to, čo je na nej zobrazené, ako to, že je to len kus farebného papiera.

Obrázky využívajú fakt z optiky nazývaný projekcia. Fakt, ktorý robí vnímanie obrazu zložitým problémom. Ľudské oko funguje nejako nasledovne: fotón ktorý dopadne na sietnicu oka stimuluje fotoreceptory (tyčinky a čapíky), ktoré následne pošlú nervový impulz do mozgu. Zistiť odkiaľ fotón priletel je už úlohou mozgu. Dráha fotónu sa dá potenciálne predĺžiť do nekonečna a jediné čo je isté, že zdroj leží niekde na takto definovanej priamke. Môže byť vzdialený pár metrov, ale rovnako dobre aj niekoľko svetelných rokov. Informácia o vzdialenosti od oka sa teda projekciou stráca. Nejednoznačnosť je ešte znásobená miliónmi receptorov v sietnici oka, z ktorých žiadny v zásade nevie nič o vzdialenosti sledovaného obrazu. Každý obraz ktorý zobrazí na sietnici, mohol vzniknúť z nekonečného počtu rozmiestnenia trojrozmerných plôch v priestore.

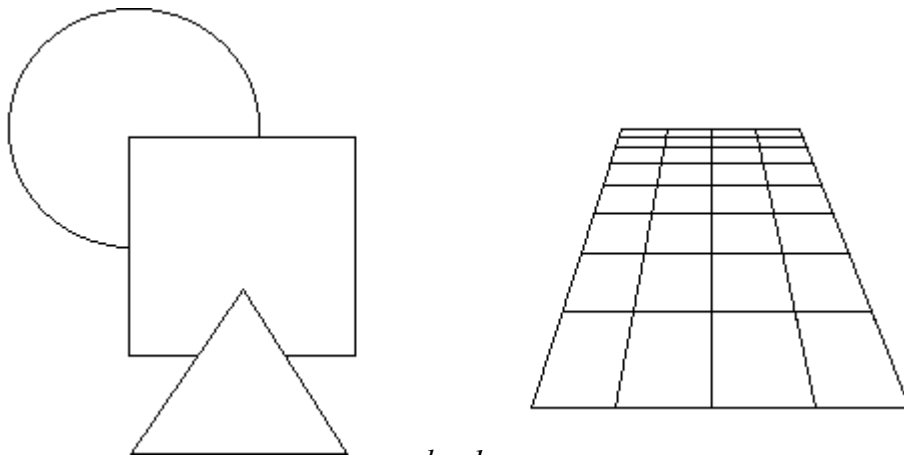
## Ilúzie

My, ale nevnímame to, na čo sa pozeráme ako nekonečné množstvom možností, ale ako jednu jedínú a väčšinou veľmi blízku skutočnosti. Tu sa otvárajú možnosti pre tvorcov ilúzií. Stačí naaranžovať predmety v priestore tak, aby vytvárali rovnaký obraz na sietnici, ako obraz ktorý mozog dobre pozná a tak nebude mať možnosť tieto dva rozlíšiť. Medzi takéto ilúzie patrí izba ktorá je pri pohľade cez kukátko na dverách plne zariadená nábytkom, avšak po otvorení dverí sa je úplne prázdna. Izba, ktorú bolo vidno cez kukátko je len domček pre bábky pripevnený na dverách. Alebo izba v ktorej sú v rôznych častiach miestnosti zavesené dosky na drôtoch, zdanlivo bez ladu a skladu, avšak pri pohľade zvonku, cez kukátko, sa tieto zoradia do projekcie kuchynskej stoličky.

Takže obrázok nie je nič iné, ako systém ako ukladať hmotu tak, aby zobrazovala vzor identický s nejakým reálnym predmetom. Napodobňujúca hmota je na rozdiel od domčeka pre bábiky, alebo zavesených dosiek tvorená farebným pigmentom na rovnom povrchu. Tento trik bol opísaný Leonardom da Vincim takto. „*Perspektíva nie je nič iné ako, videnie miesta za oknom z číreho skla, ako plochu na ktorú sú zobrazované predmety spoza skla.*“, Teda ak

by sa maliar pozeral na scénu z pevného miesta a zreprodukoval túto verne do posledného detailu, potom by osoba pozerajúca sa na maľbu z pohľadu maliara videla taký istý zväzok lúčov aký vyžarovala pôvodná scéna. Nech sú potom predpoklady ktoré umožňujú mozgu vidieť svet ako svet a nie ako flakaty pigment akékoľvek, umožňujú aj aby sme videli obrázky ako svet a nie ako flakaty pigment.

Aké sú tieto predpoklady z ktorých mozog vychádza? Tu sú aspoň niektoré z nich: povrchy sú rovnomerného zafarbenia a zloženia, teda postupná zmena zafarbenia povrchu je spôsobená svetlom a perspektívou. Vo svete sa často vyskytujú paralelné, symetrické, pravidelné, resp. pravouhlé tvary u ktorých sa zdá že sa v páre zbiehajú. Zuzovanie je pripisované perspektíve. Objekty sú pravidelné a majú kompaktné línie. Objekt A má vybratý kúsok, ktorý je vyplnený objektom B, objekt A je za objektom B... Náhody typu B pasuje presne do medzery v A sa nestávajú. Stačí sa pozrieť na *obr. 1*. Vidno silu predpokladov ktoré dávajú zobrazeným kresbám hĺbku.

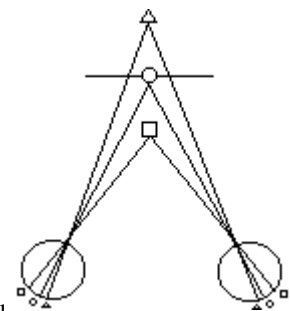


*obr. 1.*

Samozrejme maliari nemaľujú na okná, ale používajú obrazy z pamäte a zopár trikov ako dosiahnuť podobný efekt ako keby to robili. Taktiež nenakreslia každý detail, každý vlások. Ťahy štetca, povrch maliarskeho plátna a tvar obrazu oddaľujú obraz od idealizovaného Leonardovho okna. O tom, že nevidíme obraz z úplne rovnakého uhlu ako maliar ani nehovoriac. Preto sú obrazy len napoly ilúzie, vidíme, čo obraz zobrazuje a zároveň vidíme, že je to obraz a nie realita. Plátno a tvar obrazu, ktoré nám túto ilúziu prezrádzajú sú zároveň zdrojom informácií ktoré, čuduj sa svete, používame na kompenzáciu nášho pohľadu oproti pohľadu z ktorého sa pozeral maliar. Anulujeme deformáciu spôsobenú zakrivením a obraz vidíme akoby z pohľadu maliara<sup>1</sup>.

### Načo máme dve oči?

Je tu ešte ďalší, veľmi dôležitý rozdiel medzi obrazom a „životom,,. Kým obraz zachytáva pohľad maliara z jedného pevného bodu, my sa na svet pozeráme dvoma očami. Každé oko vidí trochu iný obraz. Veľa zvierat má tak ako človek dve oči. Evolúcia sa musela potýkať s problémom ako spojiť tieto dva obrazy do jedného obrazu, s ktorým by potom mohol mozog pracovať. Tento hypotetický obraz dostal meno po mýtiskej kreatúre s jedným okom, Kyklopovi. Problémom pri vytváraní kyklopského obrazu je, že neexistuje žiaden priamy



*obr. 2.* estnosti)

<sup>1</sup> Toto však funguje len do istého stupňa zakrivenia. Veľmi pekný príklad poskytuje l rady, tak zakrivenie obrazu (ktorý je premietaný pod uhlom pohľadu akoby sme sedeli v pr je príliš veľké a mi vidíme zdeformovaných hercov pohybujúcich sa na lichobežníku

spôsob ako prekryť tieto obrazy. Väčšina predmetov nie je v rovnakých častiach týchto dvoch obrazov. Príklad tohto je na *obr. 2*. Oči sú zaostrené na kruh, predmety pred kruhom sa zobrazia smerom ďalej od nosa a predmety za kruhom zas bližšie k nosu.

To, že neexistuje jednoduché prekrytie oboch obrazov poskytlo evolúcii jedinečnú možnosť. Z rozdielu projekcií objektu sa s trochou znalosti geometrie dá vypočítať jeho vzdialenosť. Pokiaľ by evolúcia dokázala zadrôtovať tento výpočet do mozgu, tak dvojoký tvor by rozbil Leonardovo okno a vnímal hĺbku objektov. Tento mechanizmus sa nazýva stereoskopické videnie.

Neuveriteľné je, že si tento fakt stáročia nikto nevšimol. Stereo videnie bolo objavené až Charlesom Wheatstoneom v roku 1838. Je to prekvapujúce, pretože ak si zakryjeme jedno oko a budeme sa niekoľko minút pohybovať, zistíme, že okolitý svet je zrazu o niečo plochejší. Samozrejme svet sa nestane úplne plochým, veľa informácií o jeho trojrozmernosti sa dá zachytiť aj jedným okom. Mozog má ešte stále tie isté informácie ako v prípade televízie a obrazov. K tomu treba ešte pridať jeden dôležitý fakt: pohyb. Ako meníme svoju polohu, mení sa aj relatívna poloha predmetov a to čím bližšie sme k predmetu, tým sa predmet viac „pohybuje,..“ Asi práve vďaka tomuto faktu nemajú ľudia s jedným slepým okom prílišné problémy v každodennom živote a taktiež tomuto istému faktu asi vďačíme za neskoré objavenie toho ako sa veci skutočne majú.

### **Vynález stereogramu**

Wheatstone dokázal, tým že skonštruoval prvý trojrozmerný obrázok – stereogram, fakt že naša myseľ naozaj tieto trigonometrické kalkulácie vykonáva. Stačí zachytiť obraz dvoma Leonardovými oknami... ktoré zachytávajú obraz z bodu kde by boli oči. Tu sa objavil jeden problém, ktorý je dodnes výzvou pre výrobcov stereoskopických prístrojov. Mozog prispôbuje oči hĺbke dvoma spôsobmi. Na jednej strane je to sťahovaním šošovky oka. Čím je objekt bližšie, tým je treba aby bola šošovka vypuklejšia, a naopak čím ďalej je objekt tým musí byť plochejšia. Toto je kontrolované zaostrovaním reflexom, ktorý mení tvar šošovky kým sa správne nezaostří. Druhým prispôbením je „mierenie,, očí. Oči sú pár centimetrov od seba vzdialené a aby sa pozerali na to isté miesto, sú schopné sa krížiť. Čím bližšie je predmet na zaostrenie tým viac prekrížené musia byť. Mozog kontroluje svaly na bokoch oka, a tak sa snaží eliminovať dvojité obrazy.

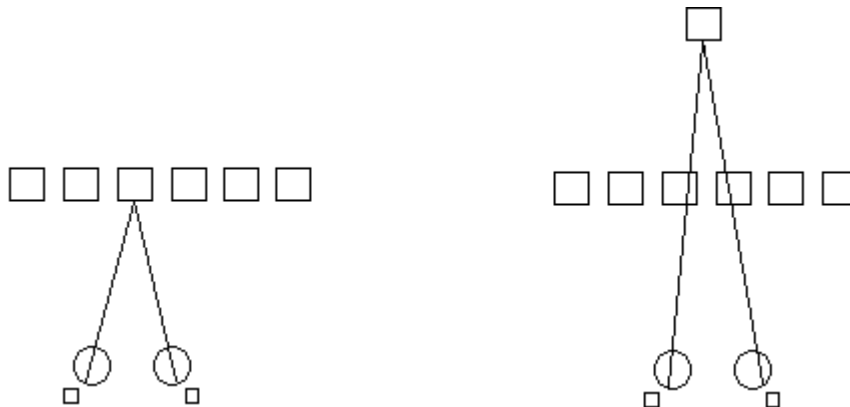
Problémom je že tieto dva reflexy sú zviazané. Ak sa pozeráme na blízko, aby sme eliminovali rozmazanie, šošovka sa stiahne, ak sa zameriame na vzdialený bod tak sú oči zasa rovnobežne. Toto hatí priamočiary dizajn stereoskopu – jednoducho dať pred každé oko jeden obrázok a pozerat' sa každým okom priamo na príslušný obrázok. Ak sa pokúsime pozerat' sa priamo pred seba – do diaľky, tak sa obrázky rozmazú a zaostréním na obrázok sa oči zasa zídu a pozerajú sa obe na jeden obrázok...

Jedným riešením je rozpojenie týchto reflexov. S trochou trepezlivosti sa dá naučiť ako pozerat' každým okom na jeden obrázok. Wheatstone na to išiel ináč, zostrojil prístroj ktorý za pomoci zrkadiel a hranola doviedol obraz do správneho oka. Stereoskop sa stal televízorom devätnásteho storočia. Ľudia strávili hodiny pozeraním fotografií egyptských pyramíd, alebo niagarských vodopádov. Ďalší spôsob používalo 3D-kino v päťdesiatych rokoch dvadsiateho storočia. Ľavý obraz sa na plátno premietal v červenom, pravý v zelenom. Divák mal na nose okuliare s jedným sklíčkom červeným, jedným zeleným. Žiaľ mozog má problémy spojiť rôznofarebné obrazy, obraz sa zdá byť rozložený na časti, z ktorých každá je buď zelená, alebo červená. Toto obmedzenie obchádza moderné 3D-kino. Namiesto dvojfarebných okuliarov sa používajú polarizačné filtre. Jeden prepúšťa svetlo oscilujúce vo vertikálnom smere, druhý v horizontálnom. Obraz je premietaný následne tak, že svetlo z daného projektora osciluje v smere pre ktoré oko je určené.

V predchádzajúcich prípadoch sa musel divák pozerat' cez nejaký prístroj. Snom iluzionistu je, aby stereogram bolo vidno holým okom – autostereogram.

### Autostereogram

Princíp bol objavený Davidom Brewsterom asi pred 150 rokmi. Brewster si všimol, že susediace kópie opakujúcich sa motívov na tapetách dokážu zviest' oči, aby sa na ne pozerali nesprávne – jedno oko na jednu, druhé na vedľajšiu. Môže sa to stať, pretože vzorka je na oboch sietniciach rovnaká a mozog nevidiac dvojité obraz, je predčasne presvedčený, že zameral oči správne. Oči sú zaostrené na imaginárny bod za stenou a vzorka vyzerá akoby sa vznášala v diaľke. Keďže mozog si spraví svoje výpočty a zistí aký veľký by mal byť v skutočnosti, objekt, ktorý sa zobrazil na sietnici, sa zdá byť mimo iné nafúknutý (vid' obr. 3), tento efekt sa dá zažiť, ak sa pozeráme z blízka na stenu s opakujúcou sa vzorkou. Stena sa zrazu zdá byť ďaleko a veľmi veľká.



obr. 3

Brewster si tiež všimol, že vzdialenosť takejto ilúzie je závislá od vzdialenosti medzi vzorkami. Takto sa dá vytvoriť autostereogram, na ktorom sa opakuje niekoľko vzoriek, na rôznych úrovniach, v rôznych rozostupoch. Pri pozeraní takéhoto stereogramu máme pocit, že rôzne časti sú rôzne ďaleko.

Trik ktorý sa používa pri tapetových autostereogramoch - identické kresby, ktoré lákajú oči k nesprávnemu spáreniu - odкрýva základný problém, ktorý musí mozog riešiť, keď máme vidieť stereo. Skôr ako začne merať vzdialenosť bodu, zobrazeného na oboch sietniciach, mal by si byť istý, že sú to projekcie toho istého bodu v priestore. Ak by mal svet len jeden bod bolo by to ľahké. Pri dvoch bodoch máme jedno korektné spárenie a dve nekorektné. Problém sa rapídne s pribúdajúcimi bodmi znásobuje. Tapetové autostereogramy fungujú vďaka tomu, že sa mozog uspokojí možným, avšak nesprávnym riešením.

Donedávna sa myslelo, že mozog najprv rozozná objekt, čo vidí jedno oko a potom ho spáruje s takým istým objektom ktoré vidí druhé oko. Typický výhľad môže obsahovať milióny bodov, ale už menej citrónov, kníh... Ak by mozog pároval celé objekty, počet nesprávnych možných spárovaní by bol relatívne nízky.

Príroda však nezvolila toto riešenie. Prvý náznak prišiel od jednej iluzionistickej miestnosti. Steny, podlaha a strop boli celé pokryté listami stromov. Keď sa osoba pozrela jedným okom na miestnosť videla len amorfné more zelene. Avšak akonáhle sa pozrela na miestnosť oboma očami, zmenila sa táto na svoj skutočný trojrozmerný obraz. Ako by mohol toto rozoznať mozog, ak by pároval na základe objektov? V ľavom oku videl list, list, list, list... v pravom oku videl list, list, list, list... Teda bolo nemožné, aby po spárovaní zrazu videl tretí rozmer miestnosti. Takýto dôkaz, ale nie je nepriestrelný. Čo ak v jednom oku sme videli náznaky rohov miestnosti a v druhom taktiež. Mozog si pri jednom oku nemusel byť istý, ale po



Tento obrazec nielenže vysvetľuje, ako vytvoriť autostereogram z náhodných bodov, ale dokonca sám funguje ako autostereogram funguje.

Vďaka počítaču, nemusia byť tvary ukryté v autostereogramoch ploché, ale môže ísť o plne 3D objekty. Všetko to je len o veľkosti posunu.

### **Záver**

Ale prečo nás príroda vybavila skutočným stereovidením – schopnosťou vidieť tvary, ktoré nevidí ani jedno oko osamote, a neuspokojila sa s jednoduchšou verziou kde by sa jednoducho párovali objekty? Možno je to práve preto, že naši predkovia museli žiť v akejsi izbe z listov - na stromoch. Cenou za neúspech bola dlhá cesta k zemi. Taktiež mnohé živočíchy úspešne používajú kamufláž a tak stereovidenie poskytuje dravcom účinnú protizbraň.

### **Literatúra:**

Steven Pinker: How the mind works