

Stereogramy

Kateřina Jiráková*, Ondřej Grover**

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19, Praha 1

*jirakkat@fjfi.cvut.cz, **groveond@fjfi.cvut.cz

Abstrakt

Cílem našeho projektu bylo proniknout do problematiky stereogramů (a to především *single image stereogramů*) a následně vysvětlit princip této fascinující optické iluze. Proto jsme vytvořili vlastní stereogram a navrhli optické pomůcky, které by usnadňovaly vidění této iluze obzvláště těm, kteří se se stereogramy setkávají poprvé.

1 Úvod

Stereos - tvrdý, hmatatelný, trojrozměrný. *Gramma* - dopis, obraz. Řeckým oxymoronem stereogram se označuje plochý obrázek, v němž je skrytý 3D objekt. Jediný způsob, jak tento předmět vyzvednout z roviny, je správně se na stereogram podívat. Jakmile se překryjí komplementární obrazy, vyloupne se z pozadí trojrozměrná iluze. Jak tento úžasný jev funguje? Jak je možné vložit informaci o hloubce do plochého obrazu? Odpovědi jsme hledali v rámci tohoto projektu.

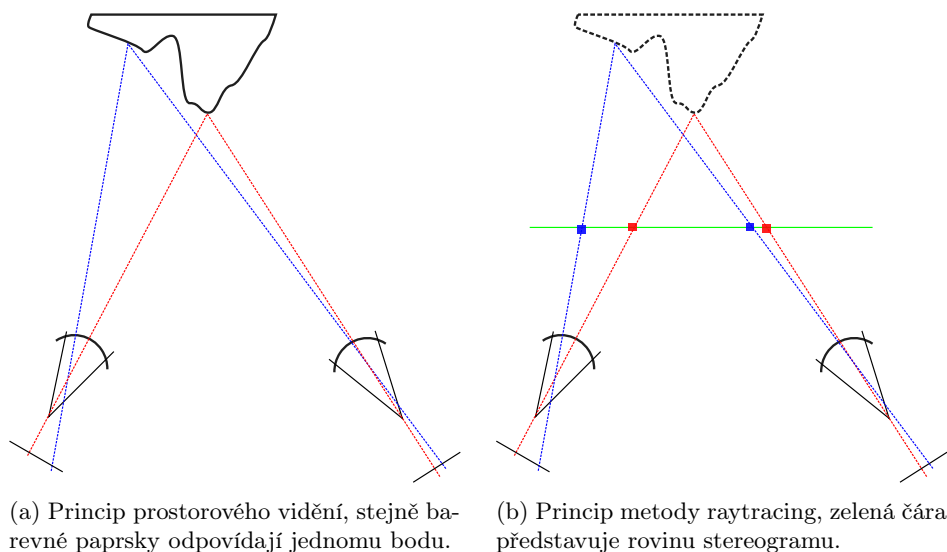
2 Historie

Princip prostorového vidění popsal poprvé anglický vědec Charles Wheatstone v roce 1838 [1]. Vnímání hloubky správně vysvětlil tím, že každé oko vidí trochu jiný obraz. Rozdíl je tím zřetelnější, čím blíže je to, na co se díváme. Z toho je možné odhadnout vzdálenost objektu. Wheatstone také sestavil první zrcadlový stereoskop (tj. zařízení na prohlížení stereogramů, viz níže). Jeho následníci, čočkové stereoskopy, se stále prodávají např. v turistických destinacích.

V roce 1959 maďarský neurolog Béla Julesz vyvinul nový druh stereogramu, nazývaný RDS (Random Dot Stereogram) [2]. Ten neobsahoval žádné rozeznatelné tvary, pouze zdánlivě náhodně rozmístěné černé a bílé tečky, přesto však obsahoval hloubkovou informaci. Tento objev potvrdil, že prostorové vidění je čistě neurologickou záležitostí a zakódovaný 3D objekt nemusí nijak souviset s tím, co je na první pohled vidět na stereogramu. V následujících dekáдах vznikl složením dvou stereogramů do jediného obrazu SIS (Single Image Stereogram) a později také SIRDs (Single Image Random Dot Stereogram). Série stereogramů zvaná Magic Eye, která se v 90. letech stala tržním hitem, využívá právě technologie SIRDs.

3 Teorie

Princip *single image stereogramů* lze odvodit ze zákonitostí prostorového vidění. Když se díváme na trojrozměrnou scénu, naše oči provádí zároveň dvě akce: zaměření a zaostření. V rámci zaměření se oči stočí tak, aby se střed scény (tzv. střední bod), zobrazil přibližně uprostřed sítnice. (Znázorněno na Obrázku 1a.) Následuje akomodace čoček, pomocí jíž se obraz středního bodu promítne do jediného bodu na sítnici a tak se stane ostrým. Paprsky odražené od kteréhokoli jiného bodu ve scéně dopadnou o určitý úsek vedle obrazu středního bodu. Z rozdílu mezi vjemy pravého a levého oka mozek usoudí, zda je tento bod dále nebo blíže než střední bod. Pomocí očí tedy vnímáme hloubku pouze relativně, vzhledem k určitému bodu.



Obrázek 1: Teoretická schémata funkce očního aparátu, pohled shora

Uvažujme nyní, že během velmi krátkého času (např. 1 ns) změním scénu takovým způsobem, že každý bod v 3D scéně nahradíme průsečíkem spojnice tohoto bodu a očí s pomyslnou rovinou stereogramu, stejně zbarveným jako původní bod (viz Obrázek 1b). Tato metoda se nazývá **raytracing** [2] a používá se při výrobě stereogramů. Jelikož oční aparát nestihne za tak krátkou dobu zaměřit a zaostřit jinak, vidíme stále tentýž 3D objekt, protože související body se na sítnici zobrazí, jako by tam byl původní bod s danou hloubkou.

Protože jsou ale oči stále zaostřeny na 3D objekt za pomyslnou plochou, obraz se nahrazením náhle rozostří. Pokud se pokusíme zaostřit, 3D iluze se rozplyne na dva různé, komplementární obrazy - a my se náhle díváme na nesmyslnou změť teček, pravou podobu stereogramové roviny. Je to tak proto, že oční aparát je zvyklý zaostřit na stejný objekt, jako na který zaměřuje. Přemoci tento reflex je základem vidění trojrozměrné iluze ve stereogramech.

4 Jak se na ně dívat

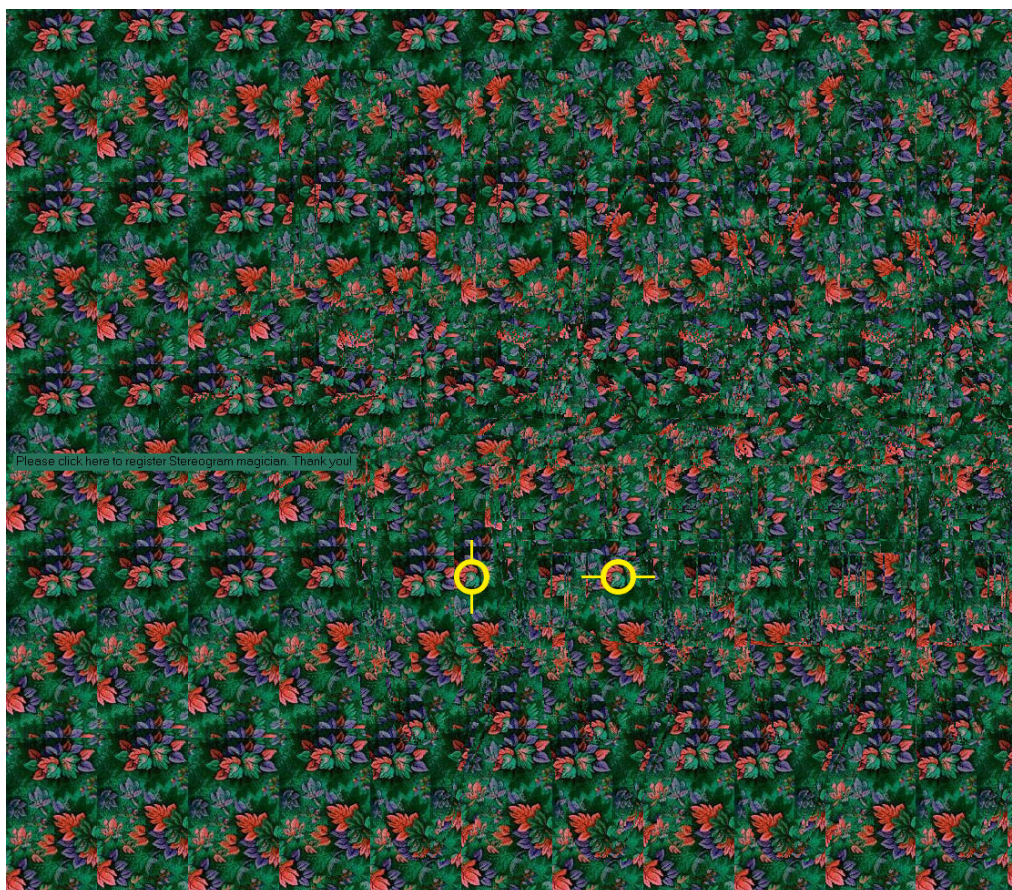
Většina *single image stereogramů* je konstruována tak, aby se 3D objekt zobrazoval za plochou stereogramu. Říkáme, že při jejich nazírání zaměřujeme *na vzdálený bod*. Ten se většinou nalézá v dvojnásobné vzdálenosti od očí, než je stereogram [4]. Základní technikou je uvolnit oči (dívat se “do zdi”) a nechat mozek, aby vhodnou vzdálenost zaměření našel sám. Jednoduchou pomůckou je lesklá, průhledná fólie, kterou položíme na stereogram a pak se díváme na svůj odraz. Také můžeme stereogram přiložit přímo k obličejí a pomalu ho oddalovat, přičemž se snažíme stále dívat za rovinu stereogramu a ne na ni.

Nastíněná metoda nám však nepomůže, je-li stereogram navržen tak, aby se 3D objekt zobrazoval před jeho rovinou. (Pokud se o to přesto pokusíme, iluzi hloubky sice uvidíme, ale invertovanou - co má být blízko, bude daleko, a naopak.) Jak jsme zjistili, pro některé lidi je zaměřit *na blízký bod* jednodušší. Nejeftivnější pomůcka je dát si do poloviční vzdálenosti mezi očima a stereogramem prst, na který se snažíme zaměřit, zatímco ostříme na obrázek za ním.

5 Naše stereogramy

Stereogram na Obrázku 2 jsme vytvořili pomocí programu Stereogram Magician [3] a hloubkové mapy vlastní výroby. Vložili jsme do něj žluté vizuální naváděcí znaky tak, aby při optimálním zaměření splynuly v jeden a 3D objekt se zobrazil “za nimi”. Tlustý kroužek jsme použili, protože

se ze všech tvarů nejsnáze zaměřuje a nejochotněji splývá. Oproti tomu ony tenké čáry slouží ke správnému zaostření. Navíc od sebe naváděcí znaky rozlišují pro případ, že by vjem z jednoho oka převládl a my vnímali pouze jeden znak. Tento jev, zvaný binokulární rivalita, nastává, když mozek dostává od očí dva příliš odlišné vjemy. Vzhledem k tomu, že pro vidění hloubky je nutně třeba obou komplementárních obrazů, značně ztěžuje nazírání stereogramů.



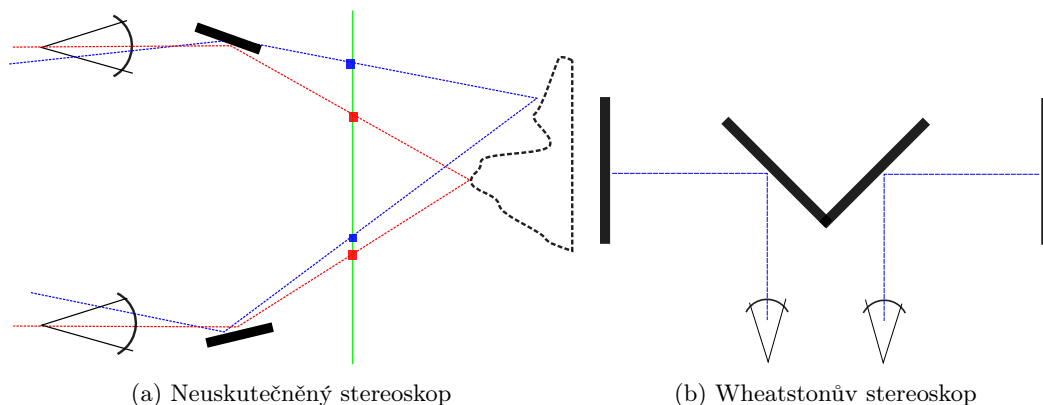
Obrázek 2: Stereogram s vizuálními naváděcími znaky.

5.1 Stereoskop

Pomocí zrcadel jsme se snažili sestavit stereoskop popsany na Obrázku 3a, který by optimálním způsobem zaměřil paprsky ze *single image stereogramu*. Bohužel, tato konstrukce neumožňovala vidět dostatečně velkou část stereogramu na složení 3D vjemu. Zrcadla jsme tedy použili k rekonstrukci Wheatstonova stereoskopu [1], jehož princip je vidět na Obrázku 3b. Zrcadla svírající pravý úhel odráží paprsky od dvou komplementárních stereogramových obrazů tak, aby každé oko vidělo pouze jeden. Protože se člověk dívá přímo před sebe, je splynutí obrazů o poznání lehčí, než kdyby musel zaměřovat sám a nepomáhala mu zrcadla.

6 Praktické využití

V současnosti nalézají stereogramy největší využití jako zábavní médium [4],[5]. Kromě již zmíněných obrázkových knížek Magic Eye se stereogramové technologie používají ve filmovém průmyslu (3D filmy), v reklamě a počítačových hrách. Vzhledem ke složitosti samostatného nazírání však většinou spoléhají na optické pomůcky – např. známé 3D brýle s barevnými skly.



Obrázek 3: Návrhy zkonstruovaných zrcadlových stereoskopů

Toho, že se pomocí stereogramů dají na ploše zachytit trojrozměrné modely, využívá celá řada vědních aplikací. Ať už jde o zobrazení struktury složitých organických molekul nebo mapu, ze které vystupují pohoří.

Kvůli nárokům na oční aparát se některé druhy stereogramů používají při lékařských vyšetřeních, kde napomáhají diagnostikovat především problémy se zaměřováním (např. strabismus). Kuriózním využitím stereogramů je jako CAPTCHA [5], pomocí kterého se na internetu odlišuje, zda např. odesílatel komentáře není robot. Zjevnou nevýhodou je, že někteří lidé nedokážou stereogramy přečíst, ať se snaží jakkoli.

7 Závěr

Stereogramy jsou druh optické iluze, která doručováním rozdílných vizuálních informací každému oku vytváří dojem hloubky. Tvoří se nejčastěji výpočtem pomocí metody raytracing nebo přímým sejmutím svou obrazů (fotoaparátém či kamerou). Nejznámější druh stereogramů, Single Image Random Dot Stereogram, lze s pomocí freewarových programů jednoduše vytvořit. Samostatnou kapitolou však zůstává, umět se na stereogram dívat. I když můžeme očím napovědět rozličnými pomůckami, nazírání těchto krásných trojrozměrných iluzí zůstává hlavně věcí cviku a času.

Reference

- [1] kol. autorů, *Wikipedia: Stereogram*, <http://en.wikipedia.org/wiki/stereogram/>
- [2] S. Inglis a kol., *Stereogram-FAQ*, <http://www-ai.ijs.si/sirds/SirdsFaq.html>
- [3] Microgameplay GraphicTeam, *Stereogram Magician download*, http://www.stahuj.centrum.cz/hry_a_zabava/vyukove/stereogram-magician/
- [4] Magic Eye Inc., *Magic Eye III*, Andrews McMeel Publishing, USA (1994)
- [5] D. Bessmertniy, *Hidden 3D*, <http://hidden-3D.com/>