

RENASANCIA STEREOSKOPIE – ANAGLYFY A ICH VYUŽITIE

Edita Vranková¹, Zuzana Študencová²

¹ Katedra matematiky a informatiky, Pedagogická fakulta, Trnavská univerzita
Priemyselná 4, P. O. Box 9, 918 43 Trnava, SR
e-mail: evrankov@truni.sk

² Katedra matematiky a deskriptívnej geometrie, Stavebná fakulta,
Slovenska technická univerzita
Radlinského 11, 813 68 Bratislava, SR
e-mail: studencova@math.sk

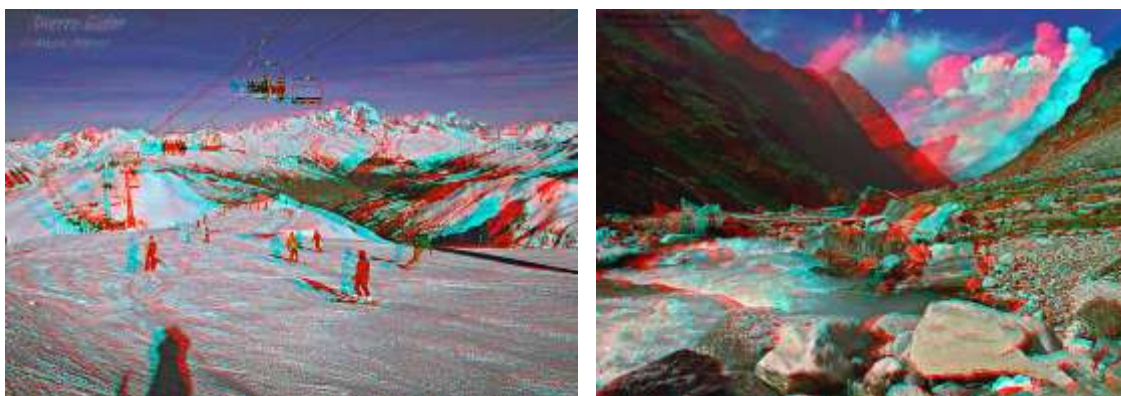
Abstract. The aim of paper is to inform about the usability of nearly forgotten anaglyphs in various areas of the life. E. g. representation and analysis of scientific and technological results, education in generally, art and also the school education – in subjects such as biology, chemistry, physics and especially school geometry (where anaglyphs are very easy and available tool for the development of the geometrical spatial abilities) during the lessons with the usage of PC.

Key words: stereoscopic projection, stereoscopic vision, stereoscopy, 3D images of spatial figures, stereo pair, anaglyphs, usage of anaglyphs

1. Úvod

Zdanlivo zabudnuté anaglyfy s prekvapivo pôsobivým priestorovým efektom prežívajú v poslednom období hlavne vďaka rýchlemu rozšíreniu používania PC a internetu a digitálnej fotografii široké využitie vo vedeckej, technickej a spoločenskej praxi. Môžeme hovoriť o akejsi ich renesancii a obrode vplyvom techniky. I keď asi nie podľa názvu, ale určite sú anaglyfy známe mnohým ľuďom na základe ich skúseností s pozeraním tzv. 3D-obrázkov v rôznej podobe (komiksy, počítačové hry, 3D-kino, umenie, darčeky, knihy a pod.).

Naším cieľom nie je podať podrobný opis ani stereoskopického premietania ani tvorby anaglyfov (*obr. 1*) či už klasickými metódami deskriptívnej geometrie alebo z digitálnych fotografií pomocou špeciálnych programov na to určených. Formou ilustračných obrázkov prevzatých z internetových stránok a stručného textu chceme populárnou formou poskytnúť čitateľovi základnú predstavu o tejto problematike vrátane informatívneho opisu histórie stereoskopie a anaglyfov a prehľad o ich využití v najrôznejších oblastiach života.



Obr. 1 Zdroj: www.alpes-stereo.com

2. O anaglyfoch

V posledných rokoch rozšíreným spôsobom prezerania stereoobrázok, či už v rôznych publikáciách alebo na PC, je použitie špeciálnych okuliarov s filtrami dvoch rôznych farieb (najčastejšie červeno-zelených alebo červeno-modrých, prípadne červeno-tmavo tyrkysových (červeno-cyanových) umožňujúcich z dvojice dvojrozmerných stereoskopických obrázkov-anaglyfov vyhotovených v opačných farbách, vidieť, resp. vnímať obrázok trojrozmerné.

2.1. Stereoskopické videnie a premietanie, stereoskopické obrazy a anaglyfy

Pre človeka je prirodzené vidieť objekty priestorovo – v troch rozmeroch. Človek sa snažil videné objekty nakresliť, resp. nejakým spôsobom zobraziť v rovine alebo na ploche. Zároveň však potreba, zvedavosť a túžba človeka vidieť zobrazené (nakreslené) objekty priestorovo viedla k pokusom napodobniť videnie dvoma očami prostredníctvom dvoch stredových priemetov daných priestorových objektov a následne pomocou nich dosiahnuť priestorový (3D) dojem objektu či už „správnym“ pozeraním na stereoskopické obrázky alebo využitím nejakej pomôcky.

Človek vníma skutočnosť priestorovo predovšetkým v dôsledku rozdielneho perspektívneho obrazu v ľavom a pravom oku; hovoríme o tzv. *stereoskopickom videní* ako schopnosti vidieť reálne trojrozmerné objekty v troch rozmeroch (trojrozmerné). To je možné simulovať, najjednoduchšie technicky tak, že počítač vyhotoví dva obrazy v stredovom premietaní (perspektíve) zodpovedajúce pohľadu ľavým a pravým okom a predloží ich očiam

- vo forme dvoch obrazov na oddelených monitoroch,
- striedavo na monitore a synchronne prepína špeciálne zobrazovacie okuliare z tekutých kryštálov (tzv. LCD okuliare),
- vo forme dvoch prekrývajúcich sa obrazov odlišených farebne a pozorovaných cez okuliare s farebnými filtrami.

Slovo *stereo*¹ pochádza z gréckeho slova „stereon“ a znamená teleso. Vďaka stereoskopickému videniu vnímame objekt ako trojrozmerné priestorové teleso. Optické princípy videnia dokážu na zakrivených sietniciach dvoch očí vytvoriť dva plošné obrázky, z ktorých potom už priestorový obraz (videného) predmetu rekonštruje náš mozog. A to tak, že obrazy získané jednotlivými očami sa v zadnej časti mozgu spoja do jedného, malé rozdiely sa v konečnom obraze vyrovnajú a vznikne trojrozmerný obraz. Navyše, každé oko má oddelený (samostatný) automatický mechanizmus korekcie farieb. Trojrozmerné videnie pohybujúcich sa i statických predmetov môžeme považovať, i keď to väčšine z nás pripadá samozrejme, za malý zázrak.

Ľudskému videniu oboma očami, resp. vnímaniu priestoru najlepšie odpovedá *stereoskopické premietanie*. Ide o dvojstredové premietanie (premietanie z dvoch stredov) na jednu priemetňu. V podstate konštruujeme dva obrazy metódami lineárnej perspektívy. Premietame z dvoch stredov, ktoré ležia v tom istom polpriestore vzhľadom na priemetňu a majú tú istú dištanciu (vzdialenosť) od priemetne a určitú vzájomnú vzdialenosť. Tvorba obrázkov jednoduchých útvarov dvojstredovým premietaním teda nie je zložitá [8].

Aby výsledné sledovanie stereoskopických obrazov bolo kvalitné, teda pôsobilo priestorovo, musí spĺňať určité podmienky týkajúce sa vzájomnej vzdialenosti oboch stredov premietania (očí) a vzdialenosti (dištancie) stredov premietania od priemetne (obrazovky).

Metóda, ktorá zabezpečuje, aby pozorovateľ videl každým okom iný dvojrozmerný obraz trojrozmerného objektu (z rôznych miest, tak ako ľudské oči), a tým mu umožňuje priestorové vnímanie tohto objektu, sa nazýva *stereoskopia*. Stereoskopické obrazy

¹ Preložené podľa <http://www.vision3D.com/stereo.html>

navodzujú dojem „hĺbkky“ a plasticosti objektu, nemožno však nimi ľubovoľne pohybovať (bližšie vysvetlenie pozri napr. v [1], [3], [5]).

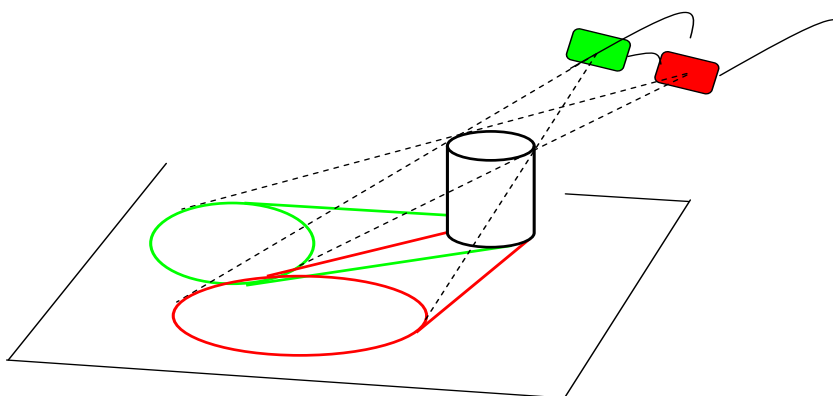


Obr. 2 a) Dvojica obrázkov pozorovateľná stereoskopom, b) Anaglyf
Zdroj: <http://encyklopedie.seznam.cz/heslo/487971-stereogram>

Slovo *anaglyf*² pochádza z gréckeho slova „anaglyphos“, čo znamená „tvarovaný nízky reliéf“, a toto pochádza zo slova „anaglyphos“, čo znamená „vyrezať do reliéfu“. Anaglyf je potom „obrázok“, ktorý pôsobí priestorovo, ako keby bol vyrezaný, reliéfny.

Anaglyf pozostáva z dvoch farebných obrázkov, ktoré vznikli stereoskopickým premietaním a sú umiestnené do jedného obrazu. Potom už pomocou prístroja, alebo špeciálnym nazeraním vidíme obraz priestorovo.

Najčastejšie pozorujeme anaglyfy pomocou tzv. 3D-okuliarov, pričom každé oko pozerá na obrázok cez fóliu okuliarov (*obr. 3*, prevzatý z [2]) odlišnej farby. Fólie volíme v doplnkových farbách, pričom aj obrázky sú zostrojené v týchto doplnkových farbách.



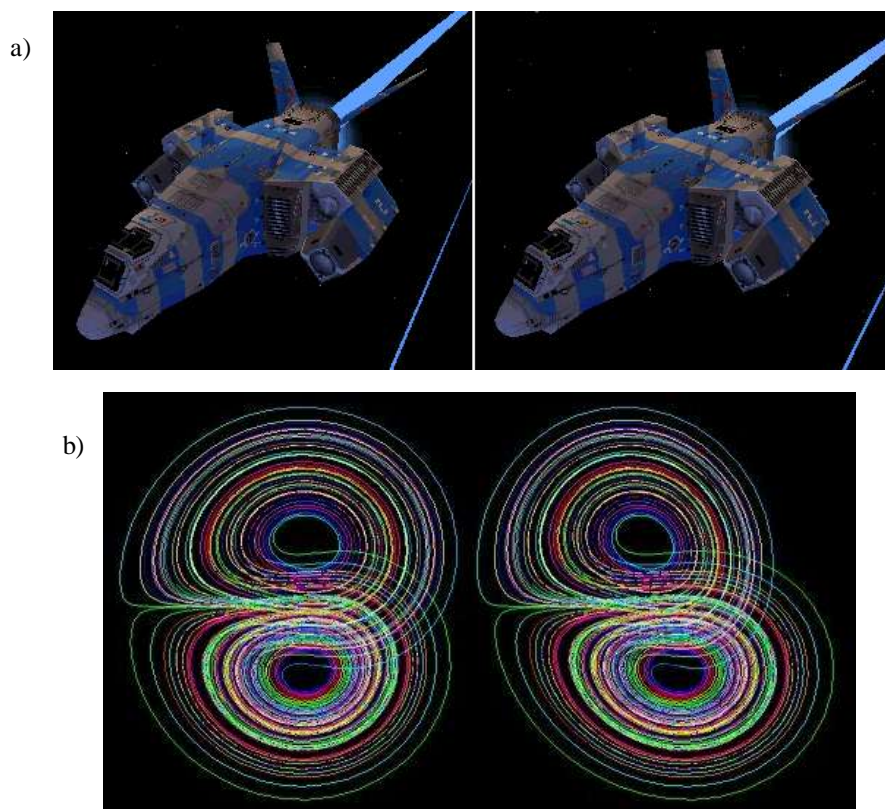
Obr. 3 Schématické znázornenie podstaty vytvorenia anaglyfov

Anaglyfy môžeme pozorovať tiež prístrojmi založenými na vlastnostiach polarizovaného svetla, pomocou špeciálnych okuliarov na báze tekutých kryštálov (LCD), ďalej pomocou stereoskopov (v minulosti, napr. 60. a 70. roky 20. storočia) a bez pomôcok (nacvičenou adaptáciou zraku). Okrem anaglyfov však zatiaľ žiadne z 3D-obrázkov nie je možné tak jednoducho a lacno vytvoriť aj v domácich podmienkach.

² Preložené podľa <http://www.lpi.usra.edu/education/MarsMillenium/3dlesson.pdf>

Pri čítaní knihy, pozeraní TV alebo sledovaní či čítaní niečoho na monitore PC používame tzv. *normálne videnie*, resp. čítanie. Obrazy trojrozmerných objektov ani stereoskopické obrazy však nevidíme priestorovo. V tomto prípade sa oči zaostrujú priamo a presne na knihu či monitor.

Ak chceme vnímať stereoskopické obrázky priestorovo, treba použiť tzv. *křížené videnie*, t. j. na obrazy sa pozrieť „skřížene“ („zaškúliti“), a to ľavým okom na pravý obraz a pravým okom na ľavý obraz (*obr. 4ab*). Uľahčiť pozeranie stereoskopických obrázkov postupne viedlo k vynálezu špeciálnych okuliarov, stereoskopu a neskôr stereofotoaparátu.



Obr. 4ab Dvojice stereoskopických obrázkov
Zdroj: http://kitnarfovo.misto.cz/_MAIL_/c/3dpic.htm

Ak sú stereoskopické obrázky v doplnkových farbách (zelená a červená), výsledný priestorový čierny (monochromatický – biely a čierny) obrázok uvidíme okuliarmi s filtermi v opačných farbách (červená a zelená). Okuliare zabezpečia „automatické“ skřížené videnie obrázkov vďaka filtrovaniu doplnkovej farby. V tomto prípade je potrebné, aby daný anaglyf bol zostrojený pre dané pozorovanie a aby každé oko, ľavé aj pravé, sledovalo ľavý a pravý obrázok oddelene.

2.2. Z histórie stereoskopie a anaglyfov

Stereoskopické obrázky a anaglyfy sú najjednoduchším spôsobom, ako zabezpečiť priestorový dojem pri pozorovaní rovinných obrázkov.

História stereoskopie, aj keď je to možno neuveriteľné, siaha do čias **Euklida** (asi 365-300 rokov pred n. l.). Euklides si všimol, že každé oko vníma pozorovaný objekt odlišne a vďaka tomu vidíme priestorovo.

V umení a vede sa stereoskopické zobrazovanie stalo predmetom záujmu v období renesancie. **Giovanni Battista della Porta** (1538-1615) a **Jacopo Chimenti da Empoli**

(1554-1640) v rovnakej dobe kreslili dvojice obrazov, ktoré mali len nepatrné odlišnosti. Boli nakreslené, ako keby sa človek pozeral na danú vec ľavým a pravým okom oddelene.

Toto umenie pomenoval v roku 1613 jezuita **Francois d'Agullion** (1567-1617), prívlastkom „stéréoscopique“.

V roku 1838 anglický fyzik Sir **Charles Wheatstone** (1802-1875) ako prvý podal vedecké vysvetlenie stereoskopie. Zostrojil tiež prvý zrkadlový stereoskop a k nemu jednoduchú stereoskopickú dvojicu.

Sir **David Brewster** (1781-1868) neskôr nahradil sústavu zrkadiel šošovkami a napísal knihu „The Stereoscope, its history, theory and construction.“ Vďaka Brewsterovi získali stereoskopické obrázky popularitu.

Ďalšie vylepšenie spravil **Olivier Wendell Holmes** tak, že upevnil šošovky do rámu na stojane. V roku 1860 tak vytvoril prvý stereoskopický ručný prehliadač, stereoskop³ [10].

Výskum ďalších technológií v tvorbe 3D obrazov z dvojice stereoskopických obrázkov viedol k objavu **anaglyfov** (presnejšie anaglyfických 3D obrázkov). Anaglyfy objavili v roku 1850 Francúzi **Joseph D'Almeida** a **Louis Ducas Du Hauron**⁴.

Ako prvý graficky (ručne) ilustroval princípy anaglyfov v r. 1853 **W. Rollman** použitím červených a modrých čiar na čiernom podklade a červeno-modrými okuliarmi pre vnímanie priestorového efektu. V r. 1858 **J. D'Almeida** predvádza navrhnutý diapozitív magického lampáša využitím červených a zelených filtrov publiku s ochrannými červeno-zelenými okuliarmi. **Louis Du Hauron**, ktorý svojim výskumom prispel významne k vývoju farebnej fotografie, ako prvý v r. 1891 vytlačil na papier anaglyfy použitím vtedajšej úrovne farebného tlačenia a fotografických techník a dal si anaglyfy patentovať ako metódu stereoskopickéj fotografie.

Ešte v r. 1893 **William Friese-Green** vytvoril prvé anaglyfické (zeleno-červené) pohybové obrázky použitím kamery s dvomi šošovkami a verejnosti ich ukázal v r. 1893. Tieto anaglyfické filmy dosiahli veľkú popularitu v 20. rokoch 20. storočia.

V súčasnosti sa využíva ďalší spôsob zachytenia a pozorovania priestoru pomocou holografickej technológie. *Hologram* je opticky premenlivý prvok, ktorý mení vlastnosti dopadajúceho svetla tak, že z neho vytvára obraz. Hologram je vytvorený zo systému vrypov vysokej hustoty, vďaka čomu je schopný vytvoriť holografický obraz. Využitie hologramu je široké, od zobrazenia napríklad podrobnej mapy krajiny až po systém uchovania obrovského množstva digitálnych záznamov [10].

3. Využitie anaglyfov

V období svojho vzniku anaglyfy nedosiahli veľké rozšírenie a takmer upadli do zabudnutia. Jednou z príčin bolo nielen pomerne náročné zostrojovanie (ručné) stereoskopických obrázkov, ale i potrebných okuliarov. V 80. rokoch 20. storočia sa začali pri zobrazovaní a analýze vedeckých a výskumných výsledkov, napr. 3D-grafov značne využívať stereoskopické technológie popri napr. holografii a iných 3D-zobrazovacích technológiách. Medzi ne zaradujeme aj použitie anaglyfov. Ich postupné používanie prerástlo hranice vizualizácie vedeckých a výskumných výsledkov vďaka masovému rozšíreniu PC a potrebných programov (na tvorbu stereoobrázkov).

³ V druhej polovici 19. storočia bolo možné si stereoskop so sériou stereoobrázkov (zorađených na kruhovom kotúči) bežne kúpiť ako dovolenkový suvenír (s motívmi mesta alebo prírody).

⁴ Du Hauron bol v r. 1900 vyznamenaný medailou za pokrok Kráľovskou fotografickou spoločnosťou za svoj prínos v oblasti farebnej fotografie.

3.1. Veda

Oblasti využitia sú veľmi široké: meteorológia, architektúra – zhodnotenie reálnych architektonických priestorov a navrhnutých štúdií (stereofotogrametria), lekárska rádiografia, medicína (tomografia), chémia (molekulová), biológia (bunková), mikroskopia, archeológia, geológia, topografia, geografia a kartografia, mineralógia, kryštalografia, atď. (obr. 5).

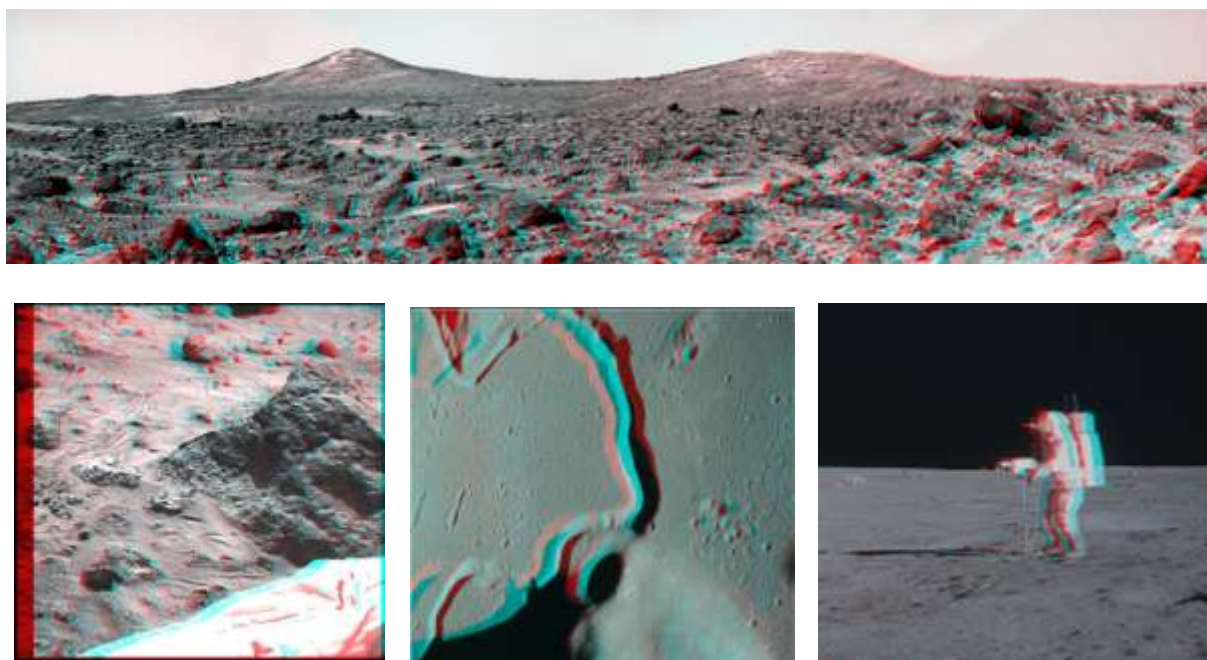


Obr. 5 Zdroj:

<http://anaglyfy.kx.cz/photo/index.php?folder=/> a <http://www.mineralarts.com/stereo/cactusana.html>

3.2. Výskum vesmíru

Jednou z oblastí skúmania je i skúmanie povrchu planét. Aj vďaka anaglyfom prestali byť obrázky povrchu planét nezaujímavé. Teraz už môžeme kvalitnejšie vnímať povrch Marsu a získať tak predstavu o krajine, kam sa sotva fyzicky v dohľadnom čase dostaneme. Sonda Mars Pathfinder vytvorila v roku 1997 až 16000 stereografických fotografických snímok povrchu Marsu. Na internete sú sprístupnené mnohé obrázky (anaglyfy) povrchu Marsu a Mesiaca (obr. 6).



Obr. 6 Zdroj:

<http://mars.jpl.nasa.gov/MPF/mpf/anaglyph-arc.html> a <http://users.telenet.be/patrick.vantuynel/>

3.3. Technika a priemysel

V oblasti techniky a priemyslu sa využívajú najmä anaglyfy rôznych prístrojov, súčiastok, výrobných nástrojov a zariadení, modelov áut, lietadiel (*obr. 7*) a pod. Uľahčený je tak náhľad na takéto zariadenia po návrhu a pred ich samotným skonštruovaním. Vo vedeckých a odborných publikáciách sa využíva znázornovanie vedeckých a technických výsledkov vrátane v internetovej podobe.



Obr. 7 Zdroj: <http://tridakt.cz/galerie/galerie.htm>



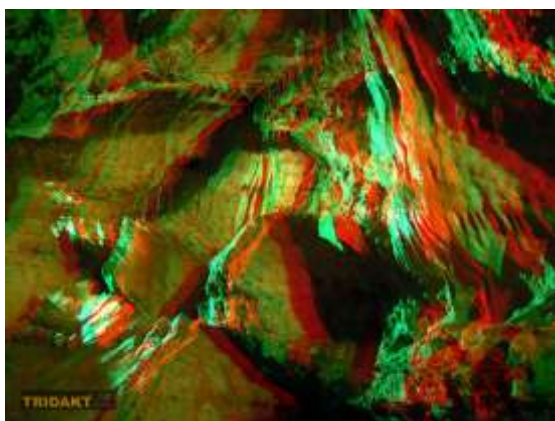
Obr. 8 Zdroj: www.obsese.estranky.cz

3.4. Voľný čas, umenie

V 50. rokoch 20. storočia sa začali anaglyfy objavovať v novinách, časopisoch a komiksoch. V tomto období bol premietnutý úspešný film "The Creature from the Black Lagoon". Odvtedy azda najväčší záujem o anaglyfy pretrváva v komiksoch.

Dnes sú známe mnohé knihy pre deti (o zvieratách, prírode, a pod.), kde dvojrozmerné fotografie alebo ilustrácie sú doplnené alebo nahradené práve anaglyfmi (*obr. 8*). Súčasťou sú samozrejme 3D-okuliare. Zložitejšími technickými prostriedkami sú 3D-kino alebo 3D-televízia, tie sú však založené na trochu odlišnejších základoch zobrazovania než samotné anaglyfy.

Dovolenkové zážitky či krásy a zaujímavosti prírody (*obr. 9*), historických pamiatok a umeleckých skvostov (*obr. 10*) zachytené na fotografii sa dajú umocniť tiež anaglyfmi.



Obr. 9 Zdroj: www.obsese.estranky.cz



Obr. 10 Zdroj: <http://www.minar.cz/photos/selection/3D/ipage00012.php>

3.5. Reklama, archivácia

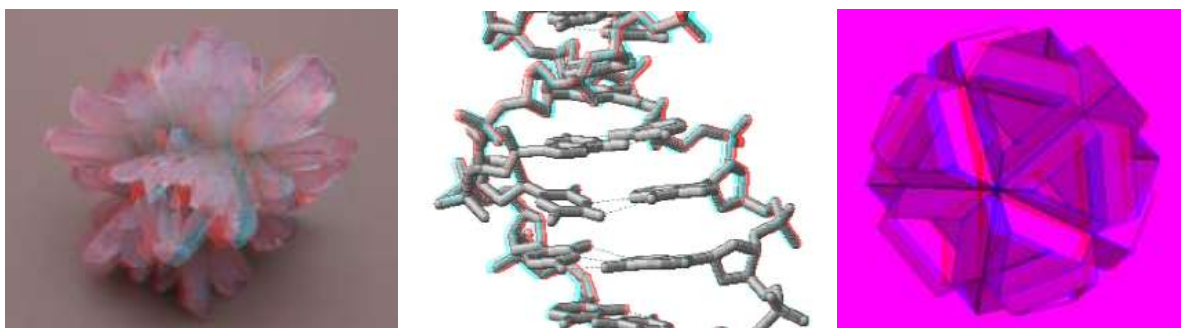
Niektoré firmy používajú anaglyfy na reklamu. Využívajú tiež prístroje, ktoré sú schopné zobraziť predmety priamo v priestore mimo sklenenej či plastovej plochy. Zákazníci môžu pomocou ovládacieho panelu otáčať zobrazovaným predmetom.

Archivácia (nielen) historických budov⁵ alebo zariadení sa v súčasnosti tvorí aj pomocou anaglyfov, napríklad aj zo starých rovinných snímok na základe ich rekonštrukcie.

3.6. Školské vzdelávanie

Do vzdelávania v škole sú anaglyfy a stereoskopické premietanie zapojené často nepriamo, napríklad návštevou kín s 3D filmami (pozeranie cez špeciálne okuliare).

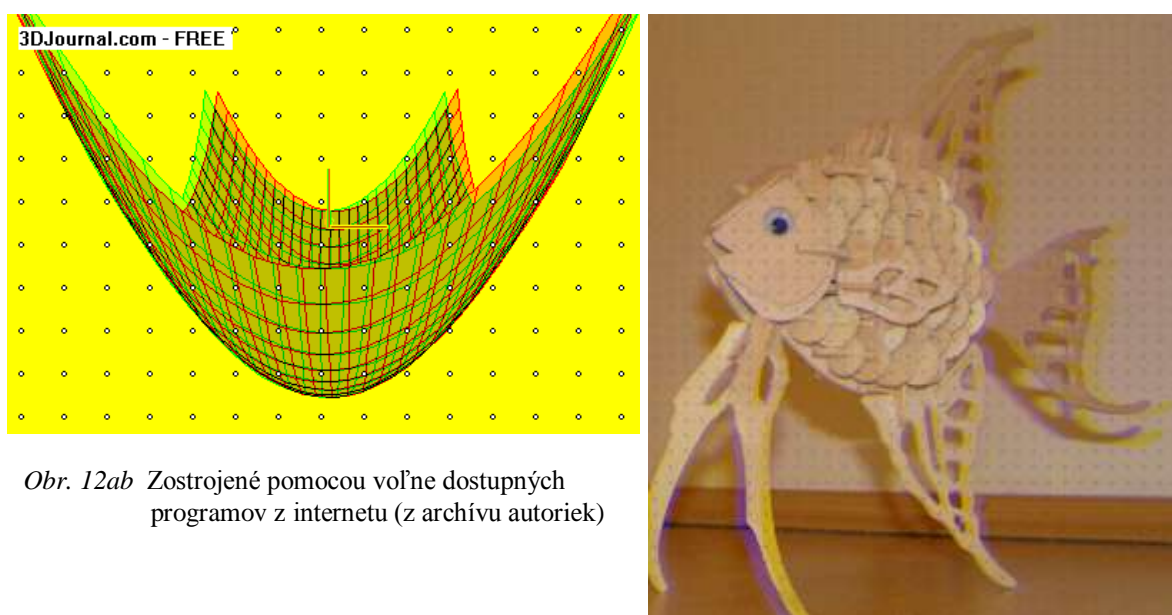
Priame využitie anaglyfov vo vyučovaní je možné prezentáciou modelov, či už s podporou PC alebo ručne kreslených: mineralógia (kryštály – obr. 11a), chémia (molekuly – obr. 11b), biológia (bunky), fyzika (vesmír), matematika (plochy – obr. 12a).



Obr. 11abc Zdroj:

- a) http://jm-derochette.be/Pictures_3d/P_NH4.htm, b) <http://www.ncbe.reading.ac.uk/DNA50/anaglyph.html>
c) <http://dogfeathers.com/java/stardodec.html>

Nezanedbateľnú úlohu majú anaglyfy ako dostupný špecifický prostriedok na rozvoj geometrickej predstavivosti pri vyučovaní stereometrie (obr. 11c) aj s podporou PC.



Obr. 12ab Zostrojené pomocou voľne dostupných programov z internetu (z archívu autoriek)

⁵ Napríklad virtuálna Bratislava v anaglyfoch by ešte viac spopularizovala naše hlavné mesto - prípadne s pridaním animácie.

Stačí digitálny fotoaparát (*obr. 12b*), alebo vedieť nakresliť anaglyfy či zostrojiť ich pomocou hotových programov a vytlačiť. Množstvo programov je voľne dostupných aj na internete (**Anaglyph Maker 3D**⁶, **StereoPhoto Maker**⁷, **Zoner 3D Photo Maker**⁸ a pod.).

4. Záver

Téma stereoskopického zobrazovania a videnia vrátane anaglyfov je súčasťou študijných osnov predmetov obsahom korešpondujúcich s klasickou deskriptívnou geometriou na technických vysokých školách. Myslíme si, že anaglyfy ako potenciálny a v súčasnosti už ľahko dostupný spôsob získavania 3D-obrazov by mali byť súčasťou študijných osnov aj na pedagogických fakultách, resp. iných fakultách pripravujúcich učiteľov matematiky, a to časťou osnov predmetu o základných spôsoboch zobrazovania priestorových objektov do roviny. Teda budúci učelia by mali získať nielen poznatky z voľného rovnobežného zobrazenia a šikmého premietania, ale aj informatívne základy z lineárnej perspektívy a stereoskopického premietania, pretože s ich využitím sa stretávajú žiaci už na základnej škole a voľnom čase. Pridaním animácie sa anaglyfy v škole môžu stať vysoko názornou didaktickou pomôckou.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol v rámci riešenia grantovej úlohy KEGA č. 3/4120/06.

Literatúra

- [1] GIRLING, A. N.: *Stereoscopic Drawing: A Theory of 3-D Vision and its Application to Stereoscopic Drawing*. Reel Three-D Enterprises, 1990, pp. 96. ISBN 0951602802.
- [2] NEMČOVIČOVÁ, E.: *Rezy kocky v anaglyfoch*. Diplomová práca. Pdf Tu v Trnave, Trnava 2005.
- [3] PÁL, I.: *Deskriptívna geometria videná priestorovo*. SVTL, Bratislava 1960.
- [4] URBAN, A.: *Deskriptivní geometrie I*. SNTL, Praha 1965.
- [5] VAJSÁBLOVÁ, M.: Stereoskopické videnie. In *Proceed. Of Symposium on Comput. Geometry SCG 2000*, vol 9. september 2000, s. 146-151. ISBN 80-227-14587-7.
- [6] VRANKOVÁ, E., ZÁMOŽÍK, J., ZÁMOŽÍKOVÁ, Z.: *Geometria 1 (Konštrukčná geometria)*. TU v Trnave, Pdf, 2003, 210 s. ISBN 80-89074-70-7.
- [7] ZÁMOŽÍK, J., SZARKOVÁ, D., ŠTUDENCOVÁ, Z.: *Šlabikár počítačovej geometrie PG na CD*, Trnava - Bratislava 2006. ISBN 80-969494-4-6.
- [8] <http://en.wikipedia.org/wiki/Stereoscopic>
- [9] <http://www.21stoleti.cz/search.php?rstext=hologram&Submit=Hledej>
- [10] <http://www.3djournal.com>
- [11] http://www.stereoeye.jp/software/index_e.html
- [12] http://members.chello.nl/h.leeuwen6/anaglyph_bestanden/page2.htm
- [13] <http://www.accessdesign.cz/index.php?podsekce=anaglyf>

⁶ http://www.stereoeye.jp/software/index_e.html

⁷ <http://www.accessdesign.cz/index.php?podsekce=anaglyf>

⁸ <http://www.accessdesign.cz/index.php?podsekce=anaglyf>