

Grafică pe calculator (MLR5060)

Elemente de grafică 3_D

1. *Transformări geometrice uzuale;*
2. *Reprezentarea curbelor, suprafețelor și corpurilor;*
3. *Observarea unui sistem 3_D de puncte;*
4. *Modelarea corpurilor;*
5. *Creșterea realismului imaginilor tridimensionale*
 - ...
 - *Lumini și umbre*
 - *Stereografie*

Creșterea realismului imaginilor tridimensionale

Următoarele cursuri prezintă câteva metode de îmbunătățire a imaginilor în sensul apropierii calității lor de imaginile reale.

Dintre aceste metode prezentate în literatura de specialitate cum ar fi:

- a) *eliminarea suprafețelor și muchiilor acoperite* pentru extragerea elementelor de frontieră ascunse,
 - b) *perspectiva* pentru informațiile de profunzime,
 - c) *proiecțiile dinamice* pentru reprezentarea obiectelor în mișcare,
 - d) *indici de intensitate sau variația de culoare* utilizate pentru modificarea culorilor din adâncime,
 - e) *texturi* și detalii de suprafață pentru reprezentarea microstructurilor fețelor,
 - f) *secționarea* cu un plan frontal utilizată la vizualizarea interiorului obiectului,
 - g) *iluminarea curpurilor* prin *utilizarea luminilor și umbrelor* și
 - h) *stereografia* pentru redarea în relief a a obiectelor tridimensionale,
- am ales doar câteva pe care le-am considerat mai importante.

... Creșterea realismului imaginilor tridimensionale

1. Eliminarea suprafețelor acoperite

2. Texturi

3. Lumină și umbră

4. Stereografie

3. Lumini și umbre

Lumină și umbră.

Obiectivul acestei prelucrări este de a reda o imagine cât mai realistă și care să ofere cât mai multă informație.

Elementele luate în calcul sunt următoarele:

- a) *Sistemul de iluminare* - tip, poziție, etc.;
- b) *Caracteristicile suprafețelor* - reflexie, transparență, etc.;
- c) *Poziția relativă* a sistemului de iluminare și corp.

Procesul de eliminare a suprafețelor acoperite și de simulare a iluminării se desfășoară simultan, adăugând fiecărei fețe un atribut de intensitate a culorii.

... 3. Lumini și umbre

... *Lumină și umbră.*

Elementele luate în calcul sunt următoarele:

- a) *Sistemul de iluminare* - tip, poziție, etc.;
- b) Caracteristicile suprafețelor - reflexie, transparență, etc.;
- c) Poziția relativă a sistemului de iluminare și corp.

a) *Sistemul de iluminare*

Sursele luminoase pot fi :

- ✱ *punctiforme* : becuri, soare, flacără mică, etc.;
- ✱ *distribuite* : tuburi fluorescente, ferestre, etc.;
- ✱ *ambiante* : lumină care scaldă obiectele cu aceeași intensitate.

... 3. Lumini și umbre

... *Lumină și umbră.*

Elementele luate în calcul sunt următoarele:

- a) *Sistemul de iluminare* - tip, poziție, etc.;
- b) *Caracteristicile suprafețelor* - reflexie, transparență, etc.;
- c) *Poziția relativă a sistemului de iluminare și corp.*

b) *Caracteristicile suprafețelor*

Proprietățile *de suprafață* ale corpurilor sunt:

- ❑ *reflexie*: zonele unui corp pot fi *mate* (care dispersează lumina, adică o reflectă după mai multe direcții) sau *sclipitoare* (care reflectă lumina după o direcție);
- ❑ *transparență*: o zonă poate fi *translucidă* (prin care trece lumina) sau *opacă* (care nu permite trecerea luminii);
- ❑ *textură*: *materialul* din care este construit obiectul.

... 3. Lumini și umbre

... *Lumină și umbră.*

Elementele luate în calcul sunt următoarele:

- a) *Sistemul de iluminare - tip, poziție, etc.;*
- b) *Caracteristicile suprafețelor - reflexie transparență, etc.;*
- c) *Poziția relativă a sistemului de iluminare și corp.*

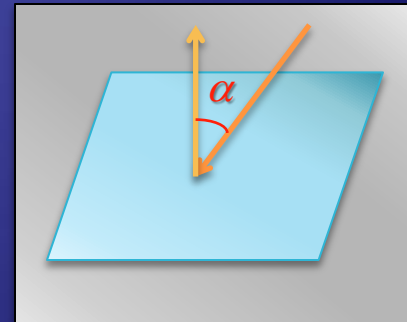
c) *Poziția relativă a sistemului de iluminare și corp*

Intensitatea luminii reflectate (I_R) este dată de *Legea reflexiei cosinus* sau *Legea lui Lambert*:

$$I_R = I_I * K_{material} * \cos \alpha$$

unde:

- ◆ I_I este intensitatea luminii incidente;
- ◆ $K_{material}$ este o constantă de material;
- ◆ α este unghiul format de normala la plan cu direcția de iluminare.



... Lumină și umbră.

... 3. Lumini și umbre

Elementele luate în calcul sunt următoarele:

- a) *Sistemul de iluminare - tip, poziție, etc.;*
- b) *Caracteristicile suprafețelor - reflexie transparență, etc.;*
- c) *... Poziția relativă a sistemului de iluminare și corp.*

Dacă luăm în considerare și o sursă ambientă (I_a) atunci formula devine:

$$I_R = I_a * K_{material}^a + I_I * K_{material} * \cos \alpha / (1+r^2),$$

Cantitatea de lumină este invers proporțională cu pătratul distanței (r fiind distanța la care se află sursa de iluminare față de obiect).



... Lumină și umbră.

Elementele luate în calcul sunt următoarele:

- a) *Sistemul de iluminare - tip, poziție, etc.;*
- b) *Caracteristicile suprafețelor - reflexie transparență, etc.;*
- c) *... Poziția relativă a sistemului de iluminare și corp.*

... 3. Lumini și umbre

Iluminarea nu se face întotdeauna frontal (nu se vede întotdeauna ceea ce este și iluminat). Se obțin efecte dacă iluminarea este nefrontală, pentru că în această situație (când se precizează pe lângă poziția observatorului și poziția sursei de iluminare) există posibilitatea ca părți vizibile ale corpului să nu fie iluminate (sunt umbrite). În această situație, calculele de vizibilitate (prezentate la eliminarea suprafețelor nevăzute) se vor face atât din poziția observatorului (Ω) cât și din poziția sursei de iluminare (S). Pentru fiecare pixel vom avea următoarele situații:

- este văzut atât de Ω cât și de S - este *vizibil și luminat*;
- nu este văzut de Ω - este invizibil, deci *nu se desenează*;
- este văzut de Ω dar nu și de S - este *vizibil dar umbrit*.

Pentru reprezentare se poate folosi un algoritm de tip *z-buffer* modificat sau *metoda drumului optic (Ray-Tracing)*.

3. Stereografia

3.1. Stereograme

În ultimii ani au apărut în librării albume cu imagini în relief, numite *stereograme*. Privite normal (natural ca orice imagine) acestea nu prezintă nici un interes pentru că de cele mai multe ori imaginea pare fără sens ca și un model aleator. Uneori se poate observa o anumită repetare pe orizontală a unor modele (dacă acestea sunt ușor de recunoscut). În albumele comercializate se explică modul în care trebuie să privim aceste imagini ciudate pentru a obține imaginea stereo spațială dorită. Imaginea formată în spatele planului paginii va fi rezultatul celor două imagini percepute de fiecare ochi și compuse în creier. Ușurința vizualizării unei astfel de imagini depinde de calitatea fiecărui individ de a percepe imagini stereo. În aceste albume nu sunt însă precizate tehnicile de realizare a imaginilor prezentate ci doar modul de utilizare a acestora.

... 3. Stereografia

În cele ce urmează va fi prezentată o modelare a acestor stereograme precum și tehnica realizării lor direct pe ecranul unui calculator. Cu ajutorul unui astfel de program putem ușor să construim astfel de imagini ce reprezintă diverse corpuri sau suprafețe. Pentru matematicieni de exemplu, o suprafață dată sub forma $z=f(x,y)$, se poate vizualiza și studia ca și cum ar fi reală, în spațiul natural tridimensional.

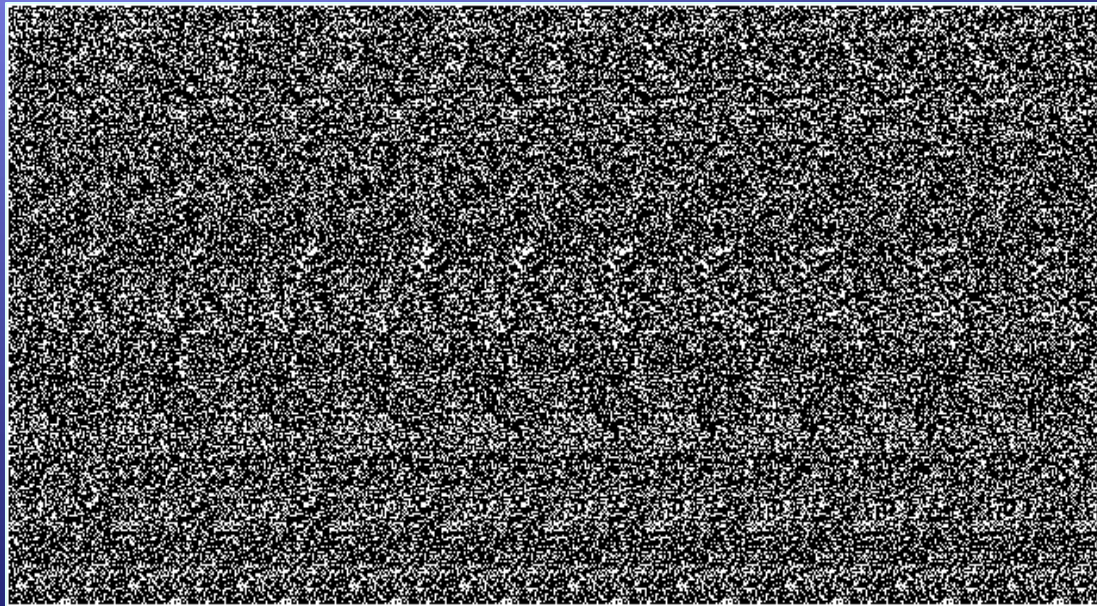
În grafica pe calculator, principalul obiectiv este creșterea realismului imaginii. Atât pe hârtie cât și pe ecran, imaginea reală tridimensională se reprezintă prin proiecție în planul de desenare, ceea ce face să se piardă calitatea spațială a imaginii. Percepția naturală umană de adâncime pentru majoritatea oamenilor se bazează pe combinarea a două imagini diferite văzute de fiecare ochi. Într-o fotografie este reprezentată o singură imagine "văzută" de obiectiv, ceea ce înseamnă că efectul stereografic se pierde.

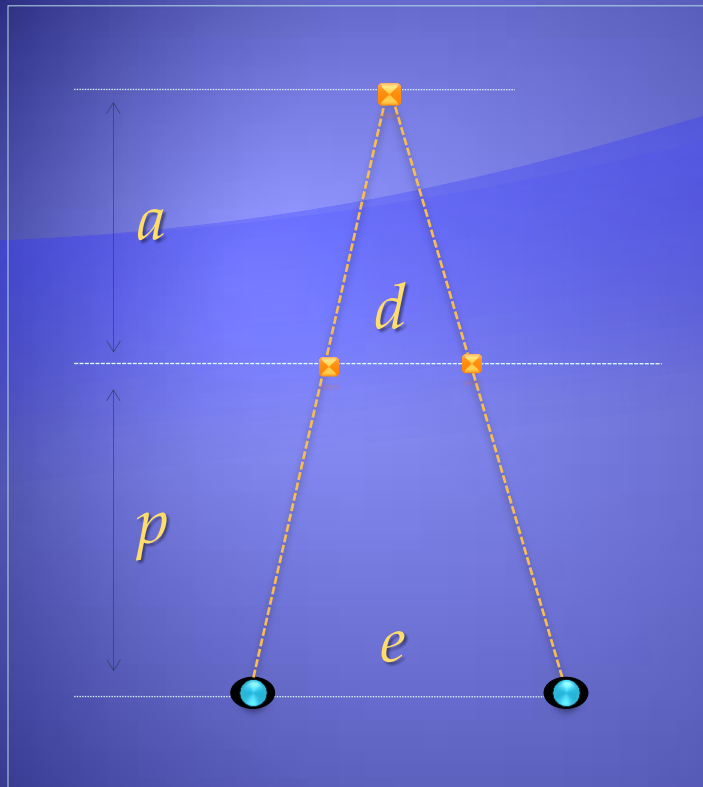
... 3. Stereografia

Se cunoaște că în domeniul militar (de exemplu) se utilizează echipamente de luptă care suprapun imagini diferite (același obiect văzut din două puncte diferite) și care oferă o imagine stereo tridimensională așa cum este văzută ea în realitate sau chiar mărește capacitatea umană de percepție în adâncime prin mărirea ecartului pupilar (pentru aprecierea mai bună a distanțelor).

Cea mai spectaculoasă realizare în acest domeniu este holografia care a pătruns deja și în informatică. Din păcate însă este o tehnică costisitoare pe care nu ne-o putem permite la nivelul fiecărui utilizator. Această direcție de cercetare prin care să putem vedea imagini spațiale (cu adâncimea reală) a avut rezultate (bazate pe diferite tehnici) în geometrie (prin anagliffe), geografie, cinematografie, etc.

Tehnica pe care o vom prezenta a fost descrisă încă din 1983 de C.W.Tyler și are marele avantaj că nu necesită nici un aparat sau obiect special pentru observarea spațială. Imaginile propuse (stereograme) se bazează pe un principiu simplu care va fi descris în continuare. Tot ceea ce este necesar pentru a putea observa o astfel de imagine "corect" este puțină răbdare și perseverență pentru a putea câștiga o deprindere de observare ușoară și rapidă:





Dacă într-o imagine este reprezentată o figură repetată pe orizontală, atunci putem considera că fiecare figură este imaginea văzută de fiecare ochi. Aceasta înseamnă că dacă focalizăm privirea în spatele imaginii (la intersecția dreptelor determinate de ochi cu figurile) vom vedea figura respectivă în relief, în punctul de intersecție.

a = adâncimea imaginii formate,

p = distanța de observare,

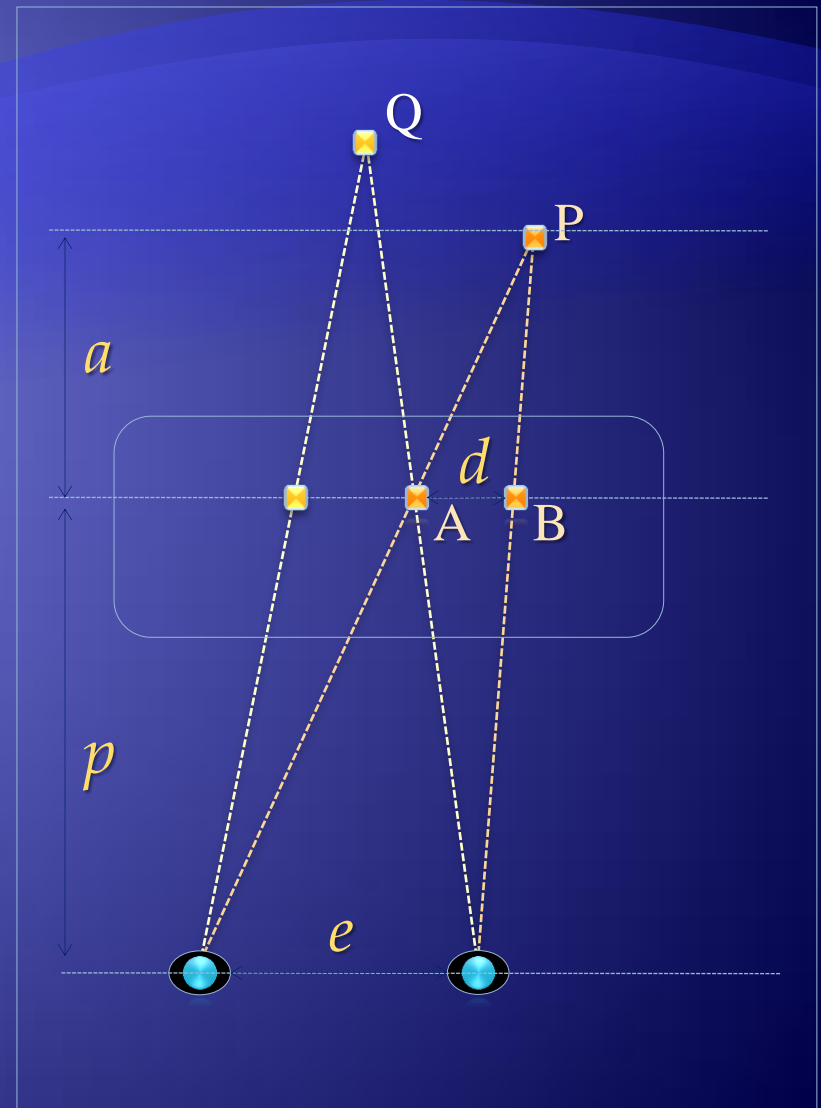
d = distanța dintre punctele de pe stereogramă,

e = ecartul pupilar.

Dacă aceeași figură este repetată de mai multe ori pe orizontală la distanțe diferite (mai mici decât ecartul pupilar) atunci intersecțiile (determinate de fiecare ochi cu figurile) se vor forma la adâncimi diferite.

Se poate observa că adâncimea a la care se formează imaginea este direct proporțională cu distanța d dintre două figuri desenate, mai mult, se poate calcula după formula

$$a = p \cdot d / (e - d)$$



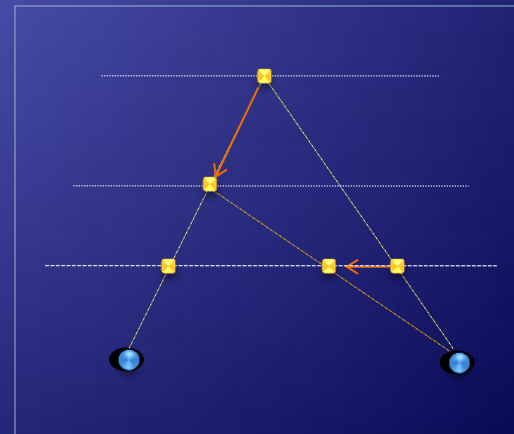
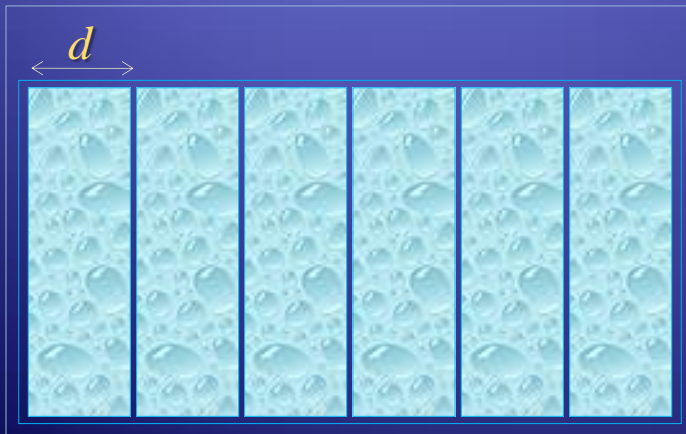
Un punct P din spațiu dacă are o anumită culoare ar trebui ca pe ecran punctele A și B de intersecție a segmentelor (determinate de ochi cu acest punct) cu ecranul să aibă aceeași culoare. Dar punctul A de exemplu, poate fi rezultatul altui punct de intersecție (Q) care poate avea altă culoare, ceea ce ridică probleme pe lângă faptul că determinarea coordonatelor punctului de intersecție nu este întotdeauna simplă. Din această cauză, soluția propusă este următoarea :

- Se desenează un dreptunghi (având inițial o lățime d_0) care conține o anumită imagine (poate fi chiar formată din puncte aleatoare de culori diferite dacă este posibil), iar acesta se copiază de mai multe ori, pe tot ecranul. Ceea ce se poate vedea în acest moment prin tehnica suprapunerii imaginilor este un model situat la distanța

$$a_0 = d_0 \cdot p / (e - d_0) + p$$

față de observator (în spatele ecranului).

- Pentru a crea efectul de adâncime, pentru fiecare punct vom corecta distanța d între două puncte în funcție de distanța $a+p$ la care dorim să fie văzut punctul din stereogramă ($d = a \cdot e / (a+p)$). Acest lucru va fi efectuat pentru fiecare linie, iar în cadrul unei linii pentru fiecare punct începând de la stânga la dreapta. Pentru fiecare linie vom face să dispară puncte pentru a obține o subimagine mai apropiată. Presupunem că avem de reprezentat o suprafață dată sub forma $z(x,y) : [x_1, x_2] \times [y_1, y_2] \rightarrow [z_{min}, z_{max}]$. În acest caz, vom putea reprezenta această suprafață în $n+1$ plane $z_{min} = z_0, z_1, \dots, z_i, \dots, z_n = z_{max}$, unde $z_i = z_{min} + i/n \cdot (z_{max} - z_{min})$, pentru $0 \leq i \leq n$. Numărul de puncte omise va determina planul în care vom vedea perechile de puncte corespunzătoare.



Corecția de distanță este :

$$\Delta d = d - d_0 = e \cdot p \cdot \frac{\Delta a}{q \cdot q_0}$$

unde $\Delta a = a - a_0$,
 $q = a + p$,
 $q_0 = a_0 + p$.

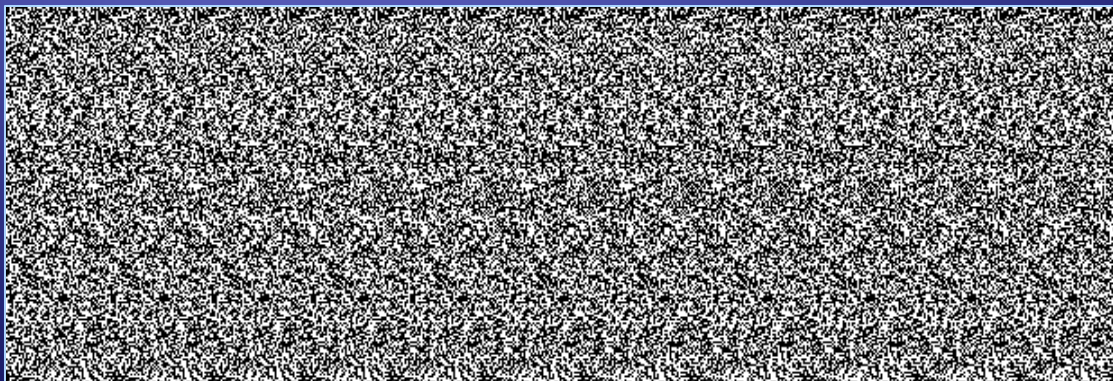
Se deduce din formula de mai sus că:

$$\Delta a = \frac{q_0^2 \cdot \Delta d}{e \cdot p - q_0 \cdot \Delta d}$$

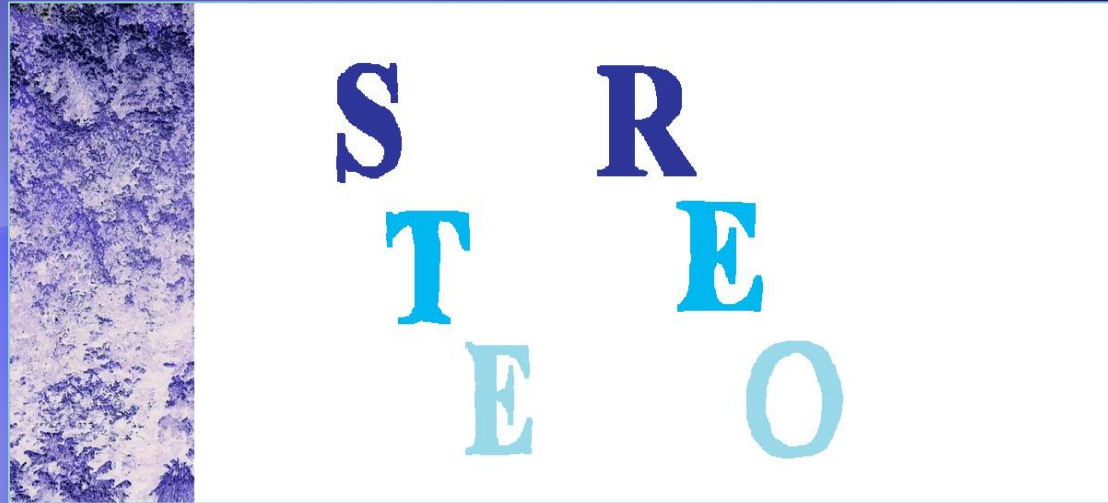
Se poate observa de aici că pentru o corecție de un pixel $\Delta d = \delta$ (distanța dintre pixeli pe orizontală, diferența de adâncime este :

$$\Delta a_1 = q_0^2 \cdot \delta / e \cdot p - q_0 \cdot \delta.$$

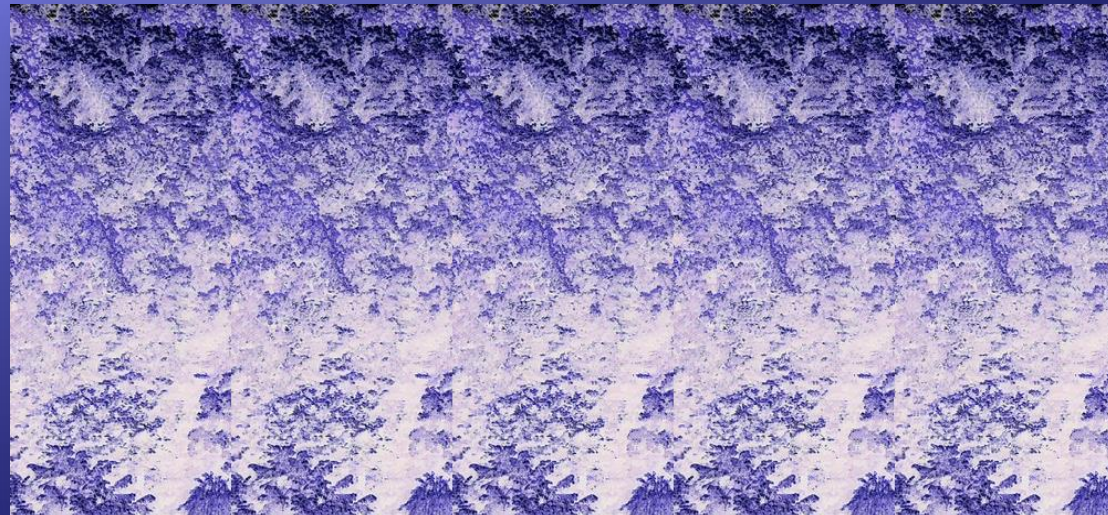
Stereograma suprafeței $z(x,y) = \sin x \cdot \cos y$:



Text:



Stereograma:



Algoritmul de construcție al unei stereograme:

Pentru {fiecare linie} $i=1,m$ execută

Pentru {fiecare coloană} $j:=1,m*d$ execută

$a_{ij} := Sc(z(u^{-1}(j), v^{-1}(i)))$ { calculează planul căruia îi aparține punctul c_{ij} }

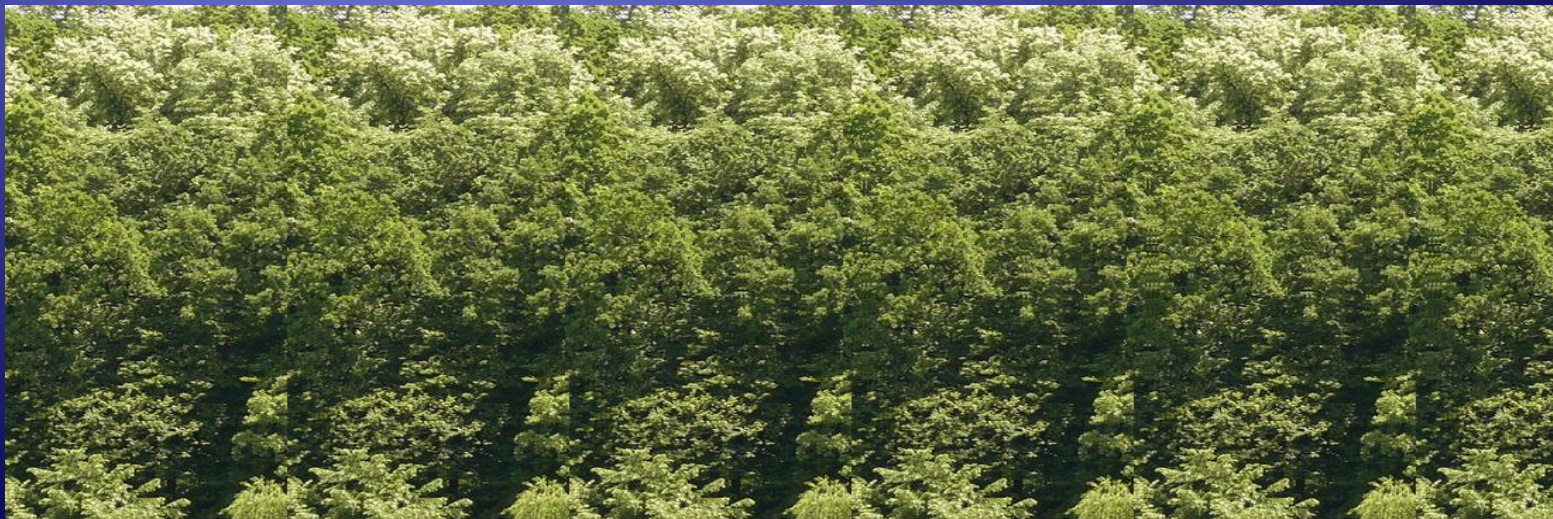
Pentru {fiecare linie} $i=1,m$ execută { construiește stereograma }

Pentru {fiecare coloană} $j:=1,m*d$ execută

Dacă $a_{ij} > 0$ atunci șterge punctul $c_{i,j}$; $a_{i,j+1} := a_{i,j+1} + a_{i,j} - 1$ $\{B_{ij} \rightarrow \lambda\}$

altfel pune punctul $c_{i,j}$ în culoarea $(j-1) \text{ Mod } d+1$ $\{B_{ij} \rightarrow c_{i,k}\}$

Stereograma:

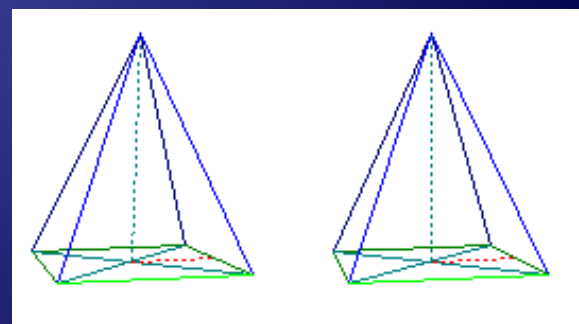
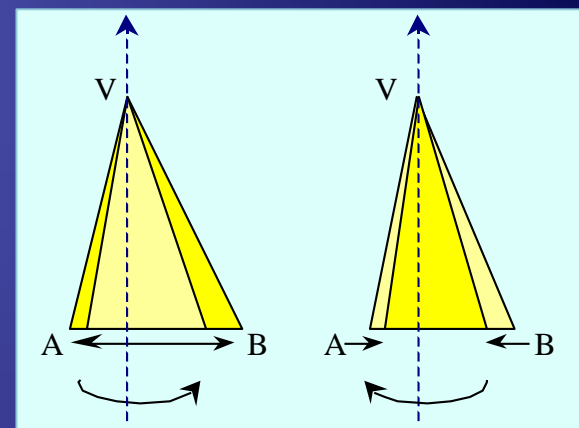
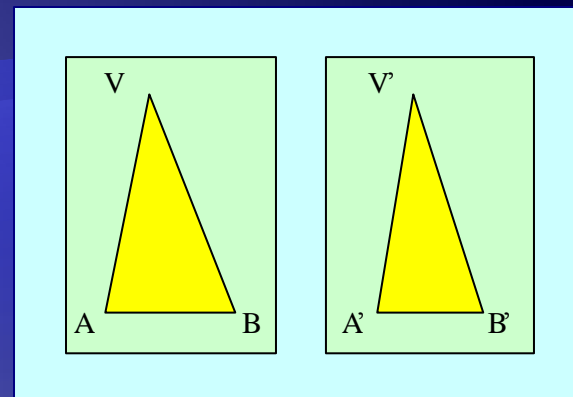
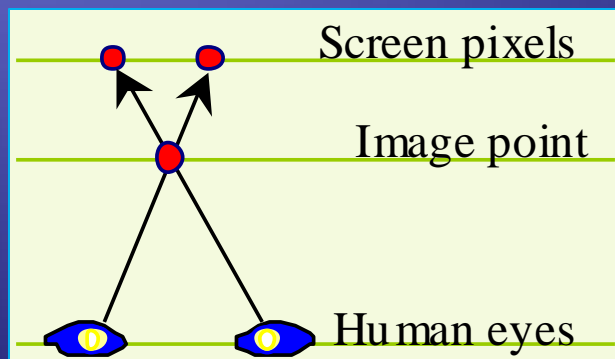


Construirea unei stereograme:

Vom alege două ferestre ecran. În prima fereastră vom reprezenta primul obiect în proiecție perspectivă, iar în a doua fereastră același obiect va fi proiectat dar cu modificările pentru coordnatele x corespunzătoare adâncimilor așa cum am văzut mai înainte (pentru a putea obține efectul de adâncime).

Există și posibilitatea, de a vizualiza o stereogramă în fața ecranului. Această posibilitate prezintă marele avantaj de a putea vedea o stereogramă reprezentată pe o suprafață mare (de exemplu proiectată pe perete), unde este

evident că distanța p este mai mare decât ecartul pupilar (g).



... 3. Stereografia

3.2. Anaglife (*geometrice*)

O altă posibilitate utilizată în redarea (percepția) adâncimii este descrisă în cele ce urmează. Această tehnică necesită utilizarea ochelarilor cu lentile de culori diferite – de exemplu **roșu** și **albastru** (**verde**, **cyan**, ...).



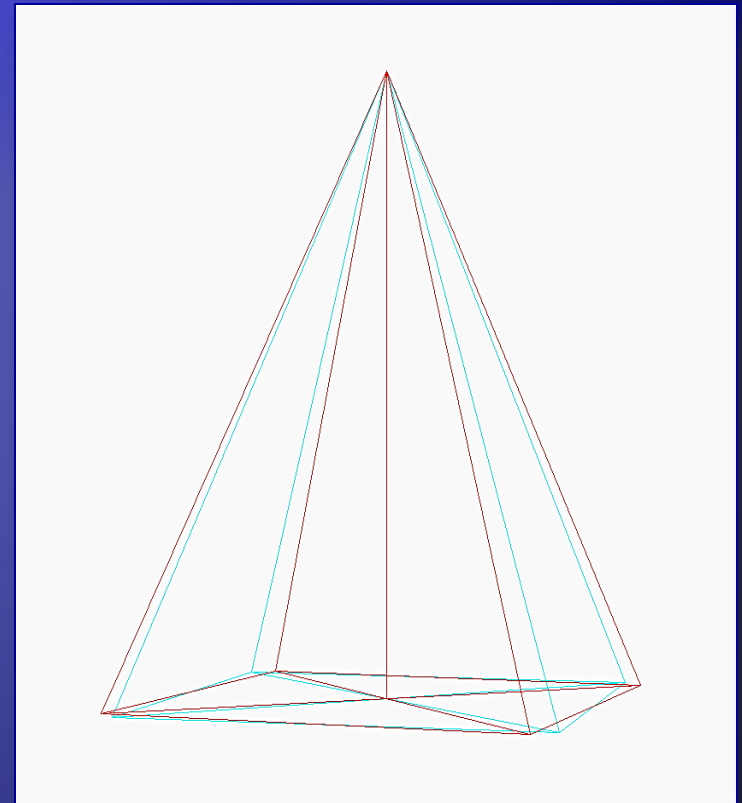
Aceștia permit selectarea diferită a celor două imagini suprapuse: cu ochiul stâng (lentila **roșie**) nu se mai vede piramida **roșie** – ci doar cea **albastră**, iar cu cel drept (lentila **albastră**) nu se vede (sau se vede mult mai slab) desenul **albastru** și va vedea doar piramida **roșie**.



... 3.2. Anaglife (geometrice)

Același procedeu se utilizează și în cazul imaginilor prin selectarea diferită a celor două imagini suprapuse, realizate din două puncte diferite.

Mai trebuie precizat că este importantă alegerea nuanțelor pentru culorile anaglifei, care trebuie să fie în concordanță cu nuanțele lentilelor.



... 3.2. Anaglife (*geometrice*)

Tehnica de mai sus utilizează culori deschise de la Roșu (255,0,0) la Alb (255,255,255) respectiv de al Albastru (0,255,0) la Alb și se bazează pe ideea eliminării culorii lentilei.



Dacă însă utilizăm culori închise de la Negru (0,0,0) la Roșu, respectiv la Albastru, atunci cu ochiul stâng (lentila Roșie) selectăm (vedem) imaginea roșie iar cu ochiul drept selectăm (vedem) imaginea albastră. În această situație, cu ochiul stâng nu se vede imaginea albastră (este neagră prin lentila roșie) iar cu cel drept nu se vede cea roșie (este neagră prin lentila albastră).

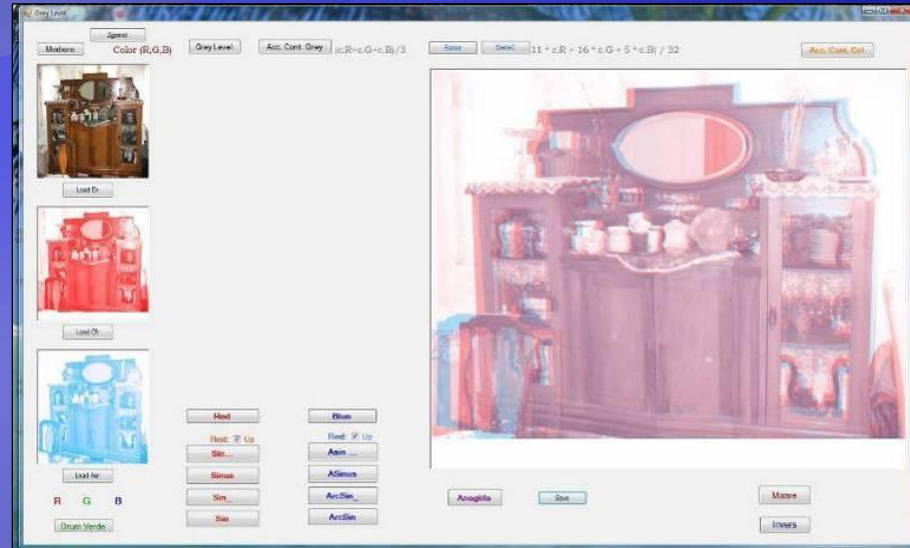
... 3.2. Anaglife (*geometrice*)

Din cauza aceasta, anagifele realizate cu culori închise sunt mai întunecate și se văd corect sau cu ochelarii inversați sau trebuie ținut cont de acest fapt la alegerea imaginilor sursă pentru ca acestea să fie cele corecte.

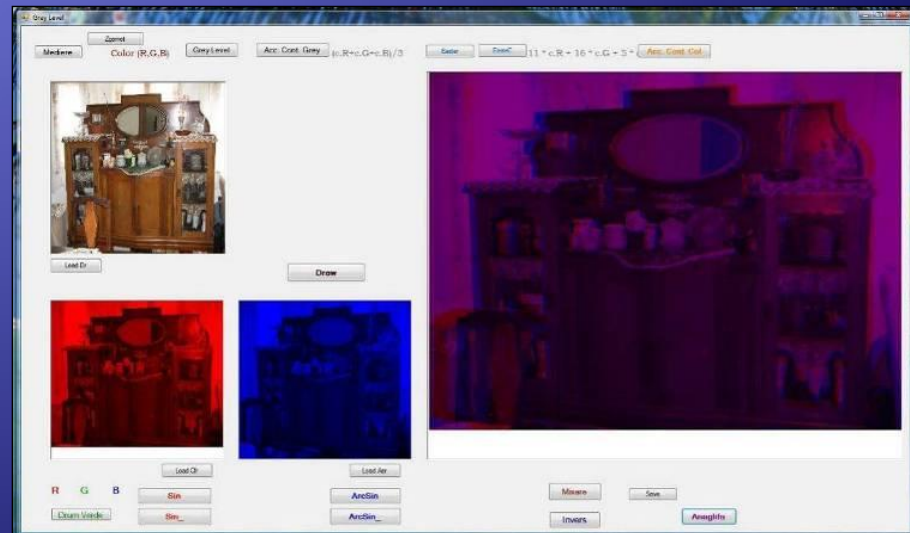


Deci, dacă în prima variantă imaginia albastră este în/din stânga și cea roșie în/din dreapta, în cea de-a doua variantă imaginile stau invers: imaginia roșie este în/din stânga și cea albastră în/din dreapta, sau la ochelari inversăm lentilele (culorile).

a) Culori deschise:



b) Culori închise:



Referinte

1. T. Pavlidis, *Algorithms for Graphics and Image Processing*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 1982.
2. V. Prejmerean, *Grafică pe calculator și prelucrări de imagini*, Litografia Universității de Nord Baia Mare, 2000.
3. A. Watt, *3D Computer Graphics*, Addison-Wesley, Great Britain, 1993.
4. D. Dogaru, *Metode noi în proiectare, Elemente de grafică 3-D*, Editura Științifică și Enciclopedică, București 1988.
5. J.D. Foley, A.V. Dam, *Fundamentals of Interactive Computer Graphics*, Addison Wesley, London, 1982.
6. F. Moldoveanu, Z. Racoviță, Ș. Petrescu, *Grafica pe calculator*, Teora, București, 1996.
7. T. Pavlidis, *Algorithms for Graphics and Image Processing*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 1982.
8. M. Vaida, A. Posea, I. Nistor și alții, *Grafica pe calculator limbajele Pascal și C*, Editura Tehnica, București, 1992.
9. *An Introduction to Morphological Image Processing* by Edward R. Dougherty, [ISBN 0-8194-0845-X](#) (1992)
10. *Morphological Image Analysis; Principles and Applications* by Pierre Soille, [ISBN 3540-65671-5](#) (1999)
11. *Mathematical Morphology and its Application to Signal Processing*, J. Serra and Ph. Salembier (Eds.), proceedings of the 1st
12. *A new approach to morphological color image processing*, G. Louverdis, M. I. Vardavoulia, I. Andreadis, and Ph. Tsalides, Laboratory of Electronics, Department of Electrical & Computer Engineering, Democritus University of Thrace, GR-67100 Xanthi, Greece
13. A review of RGB color spaces: <http://www.babelcolor.com/download/A%20review%20of%20RGB%20color%20spaces.pdf>
14. COLOR MANAGEMENT: COLOR SPACE CONVERSION: <http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/color-space-conversion.htm>
15. Color Spaces : <http://developer.apple.com/documentation/Mac/ACI/ACI-48.html>
16. Introduction to Color Spaces: http://www.drycreekphoto.com/Learn/color_spaces.htm
17. Color Spaces : <http://www.couleur.org/index.php?page=transformations>
18. H.-Y. Shum and R. Szeliski. *Construction of panoramic mosaics with global and local alignment*, in *International Journal of Computer Vision*, 36(2):101-130, February 2000. Erratum published July 2002, 48(2), pp.151-152.

Temă

- a) Aplicați pe fețele unui corp (*poliedru*) [nuanțe de] culori diferite ținând cont de sursa de lumină!
- b) Utilizați o tehnică de stereografie (*stereograma* sau *anaglifa*)!



Succes!