

1. Charakterizujte problém používania a spracovania farieb v rámci počítačovej grafiky, základné atribúty svetla, chromatický diagram.

Svetlo je **elektromagnetické žiarenie** v oblasti 10¹⁴ MHz. Viditeľná časť (380nm [ultrafialové žiarenie] - 780nm [infračervené žiarenie]) svetelného spektra umožňuje vnímanie zrakom. Každé farbe zodpovedá určitá frekvencia. Biele svetlo (achromatické svetlo) obsahuje všetky farby.

Farba telies je daná určitou kombináciou odrazených frekvencií.

Svetlo charakterizujú atribúty:

Farba je základným atribútom svetla a závisí od frekvencie.

Jas je daný intenzitou svetla.

Sýtosť farby je mierou čistoty farby a čím je farba svetla sýtejšia (čistejšia), tým užšie je spektrum frekvencií obsiahnuté vo svetle.

Svetelnosť je mierou množstva achromatickej zložky vo svetle s určitou *dominantnou frekvenciou*.

V ľudskom oku sú 3 typy zrakových buniek (receptory), ktoré sú citlivé hlavne na farbu blízku modrej, zelenej a červenej, pričom oko je *najcitlivejšie na zelenú farbu*.

Pri definovaní farieb len pomocou spektrálnej hustoty energií dochádza k nejednoznačnosti, pretože ľudské oko vníma rovnako čistú žltú farbu a farbu zloženú z červenej a zelenej.

Farbný model určuje spôsob skladania ostatných farieb dva základné spôsoby miešania farieb

aditívne miešanie - pridávaním určitej zložky farby sa výsledná farba *stáva svetlejšou*. Zložením všetkých zložiek vznikne *biela*.

subtraktívne miešanie - pridávaním určitej zložky farby sa výsledná farba *stáva tmavšou*. Zložením všetkých zložiek vznikne *čierna*.

Chromatický diagram (model XYZ)

v roku 1931 vytvorený medzinárodný štandard základných farieb, ktorého súčasťou je chromatický diagram CIE

Medzinárodná komisia pre osvetlenie CIE zaviedla **3 základné farby X, Y, Z**. V štandarde sa predpokladá, že farby sú definované váženým súčtom troch základných farieb:

$$x = X / (X+Y+Z), y = Y / (X+Y+Z), z = Z / (X+Y+Z),$$

kde platí $x+y+z = 1$

2. Charakterizujte a popíšte model farebný model RGB a RGBA.

Farby sú vytvárané *aditívnym spôsobom*.

Model popisuje farbu pomocou trochzložiek: **červená** (R-Red), **zelená** (G-Green) a **modrá** (B-Blue).

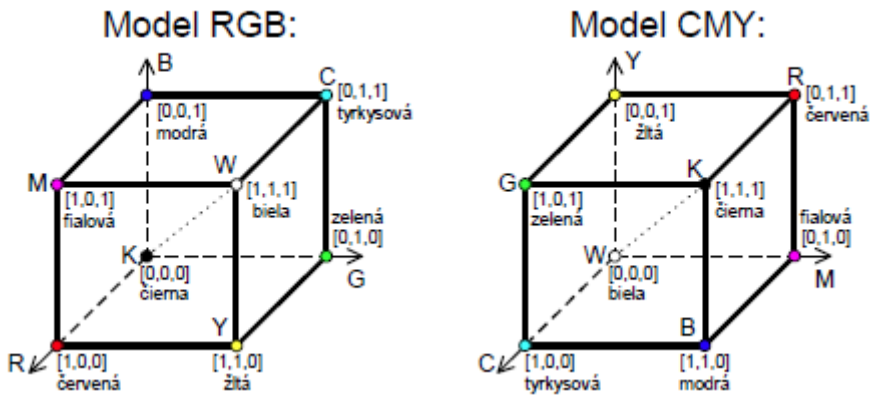
Tieto základné farby sú dané technickými vlastnosťami monitorov

Model RGB obsahuje 8 farieb, pričom na osiach ležia základné farby a v ostatných vrcholoch kocky ležia k nim farby doplnkové.

RGBA vyjadruje skutočnosť, že farebný obraz zapísaný v modeli RGB je

doplnený informáciou o priehľadnosti. Každý bod tak obsahuje skalárny údaj (reálne číslo) v rozsahu $<0,1>$, ktorý určuje pomer, v akom sa farba zmiešava s farbou bodu na pozadí obrazu.

Hodnota 0 znamená **nepriehľadný** farebný bod, hodnota 1 **úplne priehľadný**.



3. Charakterizujte a popíšte model farebný model CMY a CMYK.

Farby sú vytvárané subtraktívnym spôsobom. Model popisuje farbu pomocou troch zložiek: **tyrkysová** (C-Cyan), **fialová** (M-Magenta) a **žltá** (Y-yellow).

Pri miešaní týchto farieb sa uplatní ľudská skúsenosť, ktorá vychádza zo subtraktívneho miešania farieb. Tento model sa využíva i v polygrafii aj v počítačových farebných tryskových tlačiarňach, vytvárajúcich farebný obraz striekaním kvapôčiek rôznofarebných tušov.

Tieto základné pigmenty *nesmú byť dokonale krycie*, lebo **nové farby vznikajú vzájomným prekryvaním**.

Zložením všetkých 3 farieb (C,M,Y) preto v praxi nevznikne žiaduca čierna, ale iba špinavo hnedá. Preto sa **čierna** tlačí ako *samostatná farba*.

Od modelu **CMY** sa tak v polygrafii prechádza k modelu **CMYK** pridaním čiernej zložky (black) ako 4-tej základnej farby.

4. Charakterizujte a popíšte model farebný model HSB.

Tento model je bližší fyziologickému vnímaniu svetla, pretože zachytáva tie charakteristiky farby, ktoré sú blízke ľudskému vnímaniu.

Model definuje farbu pomocou 3-ch zložiek, ktoré už nepredstavujú základné farby:

- **farebný tón H (Hue)** - súradnica **h** je uhlová a patrí do intervalu **<0,360> stupňov**

- určuje prevládajúcu spektrálnu farbu

- **sýtosť- saturácia S (Saturation)** - súradnica **s** sa mení v intervale **<0,1>**

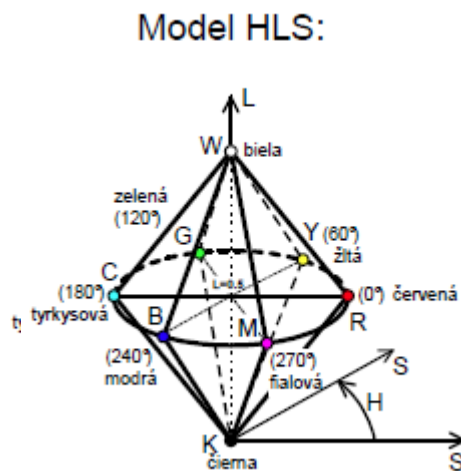
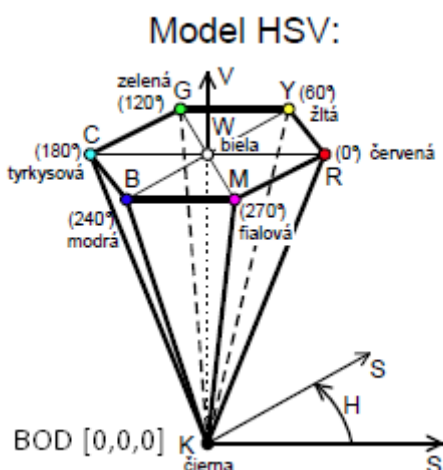
- určuje prímes iných farieb

- **jas B (Brightness) resp. V (Value)** - súradnica **v** sa mení v intervale **<0,1>**

- je daný množstvom bieleho (bezfarebného) svetla

Farebný rozsah modelu môžeme v priestore jeho súradníc reprezentovať ako **šesťboký ihlan**.

Pri pohybe po obvodě v rovnakej výške od základne sa postupne mení **farebný tón**, pričom **sýtosť** a **jas** sa nemenia. Nevýhodou modelu je, že pri konštantnej hodnote **s** sa pri zmene farebného tónu **h** musíme pohybovať po málo prirodzenej šesťuholníkovej dráhe (nie po kružnici).



5. Charakterizujte a popíšte model farebný model HLS.

Model HLS odstraňuje nedostatok vytknutý predchádzajúcemu modelu HSV.

V tomto modeli je šesťboký ihlan v priestore súradníc hsb (hsv) nahradený dvojicou kužeľov so spoločnou podstavou v súradnom systéme danom parametrami:

- **farebný tón H (Hue)**, - súradnica **h** je uhlová a patrí do intervalu **<0,360> stupňov**
- **svetlosť L (Lightness)** - súradnica **l** sa mení v intervale **<0,1>**
- **nasýtenie -saturácia S (Saturation)** - súradnica **s** sa mení v intervale **<0,1>**

6. Charakterizujte gama korekciu a popíšte alfa-miešanie.

Svietivosť farebných luminoforov v monitoroch *rastie nelineárne* (čo je spôsobené nelineárnym chovaním sa fosforu pri jeho vybudení elektrónovým lúčom.), a preto sa pri zobrazení farby v modely RGB používa tzv. **gama korekcia**. Na tieto farby zložiek má ľudské oko najväčšiu citlivosť

Gamma faktor - je odchýlka hodnoty pixelu od skutočného jas pixelu na monitore.

Gamma korekcia - je operácia s jasom slúžiaca na odstránenie nelinearít zobrazovacieho systému obrazoviek.

Pri zobrazení samotného obrazu nemá zložka A (nazývaná alfa-kanál, a -channel) význam.

Koeficient priehľadnosti sa označuje ako **alfa-zložka**.

Napr. pri 8-bitovom kódovaní je možné rozlíšiť 256 úrovní každej zložky.

Zložka **A** sa najčastejšie ukladá do rozsahu jedného bytu, kde **0** odpovedá **0** a **255** odpovedá **0.99**.

Alfa-miešanie (α -blending) je funkcia pre zobrazovanie *polopriehľadných* plôch.

7. Charakterizujte problém miešania a rozptyľovania farieb (prevod do šedej škály, halftoning, dithering) v rámci počítačovej grafiky.

Prevod RGB do odtienov šedej

$$I = 0.299 \cdot R + 0.587 \cdot G + 0.114 \cdot B$$

I je výsledná intenzita (úroveň šedej)

R, G, B sú základné farebné zložky pôvodnej farby

Znížením počtu farieb obrazu často dochádza k významnému zhoršeniu vizuálnej kvality výsledného obrazu. Metódy, ktoré dokážu z niekoľkých farieb vytvoriť ilúziu bohatej farebnej palety sa nazývajú *rozptyľovanie* (*dithering*) a *poltónovanie* (*halftoning*).

Rozptyľovanie (dithering) je metóda, ktorá sa snaží na zariadení s menším počtom farieb zobrazit' opticky obraz, ktorý sa zdá s väčším počtom farieb.

Rozptyľovacie metódy využívajú tú vlastnosť ľudskeho oka, že z farieb niekoľkých blízkych bodov vytvára dojem jediného bodu, ktorého farba je daná aditívnym zlúčením farieb pôvodných bodov.

Napríklad ak zariadenie nemá možnosť zobrazit' oranžovú, týmto postupom ju nahradíme napr. optickým zmiešaním červenej a žltej pomocou matice v tvare dominovej päťky.

Pri poltónovaní, tak ako u. bolo naznačené skôr, dochádza k náhrade jedného bodu (pixelu) pôvodného obrazu (spravidla s väčším počtom farieb) na maticu bodov výsledného obrazu (s monochromatickým výstupom) najčastejšie pomocou určitej nahradzovacej masky.

8. Charakterizujte dimenziu priestoru a dimenziu objektu.

Rozmer (dimenzia) priestoru

- Číselný
- Nečíselný
- topologická
- Hausdorffova
- farebná
- fraktálna
- dimenzia sebedobnosti
- kapacitná
- informačná
- dimenzia rotácií

Rozmer (dimenzia) priestoru

- Celočíselný (topologický) rozmer (0,1,2,3,4 ...), celočíselná metrika
- Neceločíselný rozmer (2.6 a pod.)

Rozmer objektov (topologicky)

- 0-rozmerný objekt (bod)
- 1-rozmerný objekt (priamka, úsečka)
- 2-rozmerný objekt (plocha)
- 3-rozmerný objekt (teleso)

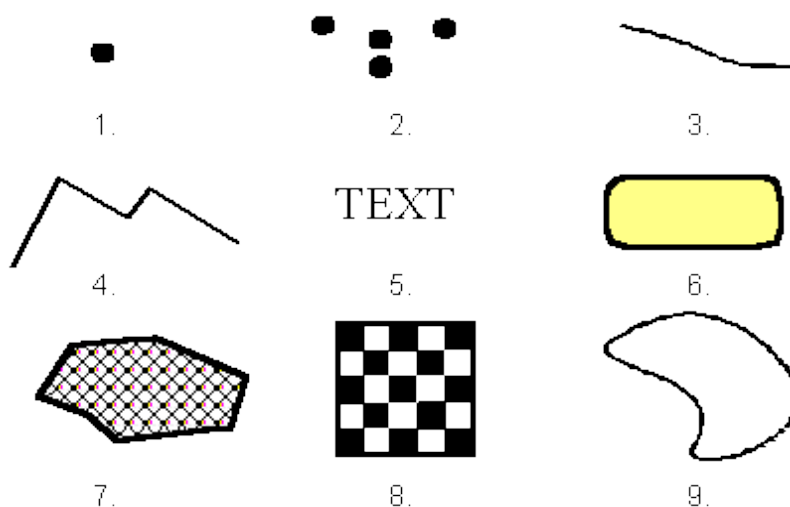
Všetky geometrické objekty, sa dajú spojitou transformáciou previesť na vyššie uvedené objekty ak majú rovnakú topologickú dimenziu.

Všetky geometrické objekty, môžu reprezentovať vyššie uvedené objekty, ak majú rovnakú alebo nižšiu topologickú dimenziu

9. Vymenujte základné grafické primitíva a ich atribúty.

Každý grafický systém pracuje s určitými množinami nástrojov, pomocou ktorých sa dosahuje výsledný grafický efekt. Základom je množina grafických elementov (prvkov, primitív). Najčastejšie sa vyskytujúce elementy: bod, zoznam (sled) bodov (polymarker), krivka (špeciálne priamka, častokrát aj elipsa stojí

samostatne), lomená čiara (polyline), text (t.j. grafický text), plocha (špeciálne rovina), vyplnená oblasť (fill area) a výplňový vzor definovaný aj ako pole bodov (pixel array).



Obr. 1 Množina základných grafických elementov

Okrem toho konečný tvar týchto primitív je možné riadiť ich atribútmi. Medzi základné atribúty z pohľadu počítačovej grafiky zaraďujeme: farbu, typ, hrúbka, poloha a smer vykreslenia.

Vykreslenie primitív je u niektorých systémov už priamo obsiahnuté v knižnici alebo v API rozhraní. Niekedy je však nutné ich nakreslenie naprogramovať zvlášť.

10. Popíšte spracovanie úsečky v rámci počítačovej grafiky a uveďte základné metódy jej generovania

Je definovaná ako najkratšia spojnica dvoch bodov. Je veľmi často používaný objekt v počítačovej grafike. Pre zobrazenie na rastrovom displeji je potrebné určiť, ktoré body budú rozsvietené a ktoré nie. Umiestnenie týchto bodov sa určí na základe rovnice priamky, ktorej časťou je daná úsečka. Výsledkom je množina bodov, ktorá sa svojím tvarom čo najviac približuje danej úsečke (tzv. alias úsečky). Kostrbatosť výslednej čiary na displeji, ktorá je zapríčinená diskretnosťou bodov, sa dá eliminovať použitím displeja s vyšším rozlíšením prípadne metódami na vyhladzovanie čiar (antialiasing).

Kresliť úsečku v počítačovej grafike môžeme viacerými algoritmami:

- Algoritmus založený na výpočte oboch súradníc
- Algoritmus DDA
- Bresenhamov algoritmus pre kreslenie úsečky

11. Vysvetlite DDA algoritmus.

Algoritmus DDA alebo tiež prírastkový algoritmus (DDA - digital differential analyzer) je založený na postupnom pripočítavaní konštantných prírastkov k oboj súradniciam x a y . Rozlišujeme výpočet pre

priamku so smernicou k menšou ako 1 a so smernicou k väčšou ako 1. Najskôr musia vyrátať diferencie (rozdiely) medzi jednotlivými súradnicami, čím sa určí smernica k . To, či je $k > 1$ alebo $k < 1$, určujú vlastne veľkosti diferencií jednotlivých súradníc. Počet krokov nám definuje potom väčšia diferencia. Prírastky v jednotlivých osiach (p_x , p_y) sa potom definujú ako podiely diferencií jednotlivých súradníc a počtu krokov.

DDA algoritmus je citlivý na presnosť výpočtu a pri dlhších úsečkách môže dôjsť ku kumulácii zaokrúhľovacej chyby pri definovaní prírastkov.

12. Vysvetlite Bresenhamov algoritmus.

Bresenhamov algoritmus pre kreslenie úsečky je to veľmi efektívny algoritmus generovania bodov na úsečke. Nachádza body ležiace najbližšie danej skutočnej úsečke na základe hodnoty predikčného chybového člena ED (Error differential). Rovnako ako DDA sa uvažuje s úsečkou, ktorej smernica je menšia ako 1 alebo naopak väčšia ako 1. Takisto sa vyberie súradnica s väčším prírastkom t.j. s väčšou diferenciou súradníc a tým vyberie aj riadiacu os. V smere riadiacej osi sa potom opäť bude súradnice inkrementovať o 1. V smere druhej súradnice sa určuje daný predikčný chybový člen ED a podľa neho sa volí bližší bod (pixel) k úsečke. Predikčný chybový člen tak zachytáva vzdialenosť medzi ideálnou (skutočnou) úsečkou a zobrazovaným bodom. Táto vzdialenosť je meraná kolmo na smer rýchlejšieho rozvoja. Ak je táto chyba menšia ako polovica jednotky rastra volí inkrementácia len v smere riadiacej osi. Ak je chyba väčšia ako polovica jednotky rastra potom sa volí inkrementácia v oboch smeroch.

Bresenhamov algoritmus, oproti DDA algoritmu, vo výpočtovom cykle obsahuje test, ktorý zaisťuje doladovanie interpolácie

13. Popíšte spracovanie kružnice a elipsy v rámci počítačovej grafiky a uveďte základné metódy jej generovania.

Kružnica je definovaná ako množina bodov rovnako vzdialených od stredového bodu. Kružnica je najčastejšie definovaná pomocou stredového bodu $S[x_S, y_S]$ a polomeru r .

Algoritmov kreslenia kružnice:

- Algoritmus kreslenia kružnice na základe parametrického vyjadrenia
- Algoritmus kreslenia kružnice podľa predikcie chyby

Elipsa je definovaná ako množina bodov, ktorých súčet vzdialeností od dvoch bodov (ohnísk) je konštantný. Vykreslenie elipsy sa používa aj na vykreslenie kružnice na zobrazovacie zariadenie, ktoré nemá pomery strán zobrazovacieho priestoru 1:1. Algoritmy kreslenia elipsy:

- Algoritmus kreslenia elipsy na základe parametrického vyjadrenia
- Algoritmus kreslenia elipsy na základe predikcie chyby

14. Charakterizujte a popíšte antialiasing.

Antialiasing (vyhladzovanie) je metóda používaná k odstráneniu alebo zmerneniu nežiadúceho skreslenia kresby na rastrových zariadeniach. V počítačovej grafike sa alias môže objaviť v troch prípadoch: schodovité zobrazenie priamych čiar, ak je objekt menší ako veľkosť pixelu resp. tenkých čiarach a pri zobrazení zložitejšej scény s blízkymi detailami.

Prípady:

- schodovité zobrazovanie priamych rovných čiar a hraníc polygónov na rastrových displejoch.

- zobrazovaný objekt menší ako veľkosť pixelu (obrazového bodu) alebo pri veľmi tenkých čiarach. Malé objekty potom nie sú vôbec zobrazené alebo napr. tenké čiary nie sú opticky hladké resp. ucelené (sú zobrazené ako nepravidelná postupnosť bodov).
- pri zobrazení zložitejšej scény s blízkymi detailmi (napr. pri generovaní základných obrázkov z raytracingu). Tieto detaily sú buď potlačené alebo skreslené tak, že nie je možné rozoznať ich pôvodný tvar.

15. Popis a reprezentácia objektov v počítačovej grafike.

Objekty v počítačovej grafike

- 0-rozmerný objekt (bod)
- 1-rozmerný objekt (priamka, úsečka)
- 2-rozmerný objekt (plocha)
- 3-rozmerný objekt (teleso)

Všetky geometrické objekty, sa dajú spojitou transformáciou previesť na vyššie uvedené objekty ak majú rovnakú topologickú dimenziu. Všetky geometrické objekty, môžu reprezentovať vyššie uvedené objekty, ak majú rovnakú alebo nižšiu topologickú dimenziu.

Pri spracovaní objektov sú zaujímavé dve hľadiská:

- popis objektu
- reprezentácia objektu

Pre modelovanie telies sú používané tri základné spôsoby popisu:

- hraničná reprezentácia a jej štruktúrovaná derivácia B-rep
- konštruktívna geometria telies (CSG)
- vypočítavanie obsadených častí priestoru

0 - systémy založené na množine bodov – mračná bodov (Points clouds)

1 - systémy založené na drôtovom modeli (Wire Frame Model)

2 - systémy založené na povrchovom modeli (Surface Model)

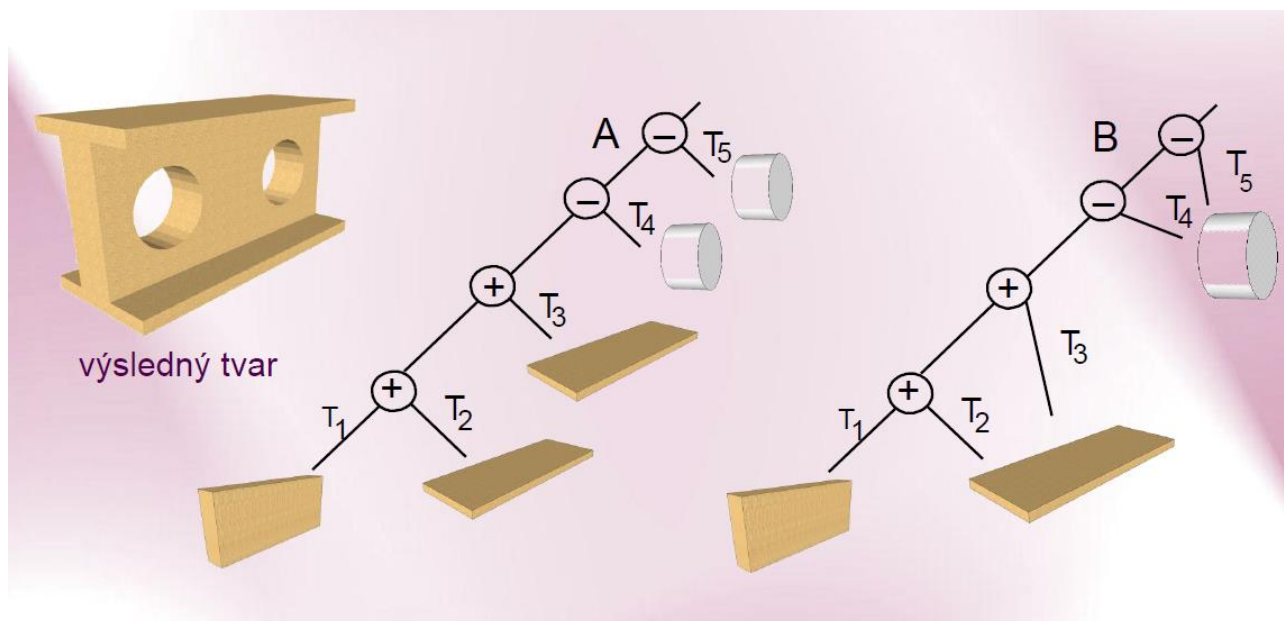
3 - systémy založené na objemovom modeli (Solid Model)

16. Konštruktívna geometria telies.

CSG - Konstruktive Solid Geometry

Je definovaná abstraktnou údajovou štruktúrou: strom

- Listy stromu definujú jednotlivé atomárne elementy, z ktorých sa následne objekt skladá
- Uzly stromu definujú operácie medzi atomárnymi elementami/objektami a/alebo prípadne vzniknutými subobjektami na danej úrovni stromu (zjednotenie, rozdiel, prienik)
- Hrany stromu definujú transformácie atomárných elementov a/alebo subobjektov vstupujúcich do rodičovského uzla
- v Koreni stromu je už definovaný celý objekt



17. Vymenujte a v krátkosti popíšte súradnicové sústavy používané v počítačovej grafike.

1. USS - Univerzálna (Používateľská, Globálna) Súradnicová Sústava - predstavuje súradnicovú sústavu aplikácie, ktorú používa používateľ (pozorovateľ). Jednotky súradníc sú dané príslušnou aplikáciou (napr. palce, milimetre a pod.).
2. SSO - Súradnicová Sústava Objektu - predstavuje súradnicovú sústavu príslušného objektu. Každý objekt má svoju súradnicovú sústavu. Používa sa najmä u dynamických objektov. Štruktúra je obdobná ako u USS.
3. NSS - Normalizovaná Súradnicová Sústava - predstavuje súradnicovú sústavu s rozsahom unifikovaným do intervalu $\langle 0,1 \rangle$. Táto sústava môže tvoriť medzisústavu medzi USS a SSZ a je ideálna na dosiahnutie nezávislosti grafického zariadenia (device independent) od USS.
4. SSZ - Súradnicová Sústava Zariadenia - predstavuje súradnicovú sústavu príslušného grafického zariadenia. Takéto zariadenie má spravidla omedzený rozsah súradníc vzhľadom k svojej zobrazovacej ploche (napr. displej má spravidla počiatok v ľavom hornom rohu a napr. rozsah súradníc $x \in \langle 0,639 \rangle$, $y \in \langle 0,479 \rangle$ (u VGA)).
5. SSC - Súradnicová Sústava kamery - predstavuje súradnicovú sústavu virtuálnej kamery (objektívu, pozorovateľa), pomocou ktorého je snímaná 3D scéna. Oproti predchádzajúcim súradným systémom obsahuje vo svojej definícii aj vektor smeru snímania (pohľadu), ktorý je najčastejšie stotožňovaný s osou z tejto súradnicovej sústavy. V princípe sa jedná vlastne o súradnicový systém oka pozorovateľa.
6. SST - Súradnicová Sústava Textúry - predstavuje súradnicovú sústavu príslušnej textúry. Každá textúra má svoju súradnicovú sústavu, ktorá je závislá od typu, veľkosti (rozlíšenia) a farebnej hĺbky textúry. Z hľadiska typu môže byť 2D a 3D textúra, najčastejšie 2D typ. Z hľadiska rýchlosti vizualizačného jadra je vhodné voliť textúry s jednotnou veľkosťou a farebnou hĺbkou. Často sa SST označovaná aj ako tzv. "uv"-priestor.

18. Charakterizujte transformácie a transformačné zobrazovacie reťazce v rámci počítačovej grafiky.

Geometrické transformácie nad objektmi v počítačovej grafike sú realizované na úrovni globálnej transformácie. Tieto transformácie menia geometriu objektov. Podľa rozmeru USS sa tieto transformácie

aplikujú najmä v 2D alebo v 3D priestore. Z hľadiska charakteru zdroja a výsledku môžu byť tieto transformácie *lineárne* alebo *nelineárne*. Štandardne sa používajú lineárne transformácie. Týmto transformáciám sa hovorí aj *afinné transformácie*. Aplikácia týchto transformácií je závislá od typu objektov t.j. či sa jedná o *vektorové* alebo *rastrové* objekty. V prípade aplikácie na vektorové typy sa príslušné transformácie aplikujú spravidla na príslušné vrcholové resp. riadiace body objektu. Pri aplikácii na rastrový typ je spravidla nutná aplikácia na každý jednotlivý bod rastra

Transformácie v 3D

Lineárne - posunutie, otočenie, zmena mierky, skosenie a ich skladanie

Nelineárne - distorzia obrazu (face warp, panoráma, perspektíva, zošikmenie, zakrivenie horizontu)

Zobrazovacie transformácie

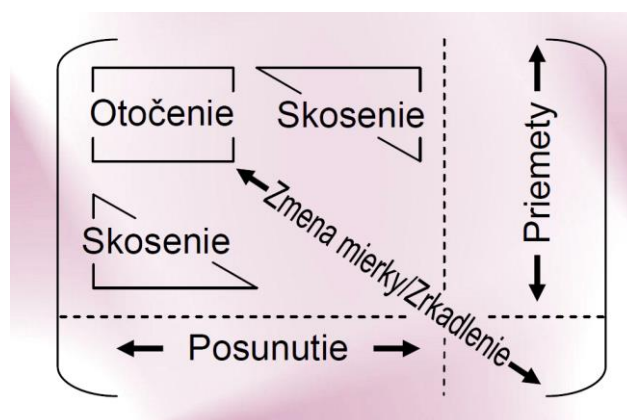
- Globálna (geometrická) transformácia GT,
- Pohľadová transformácia PT,
- Zobrazovacia (premietacia) transformácia ZT

19. Transformácie v rámci zobrazovacích reťazcov, transformačné matice a homogénne súradnice.

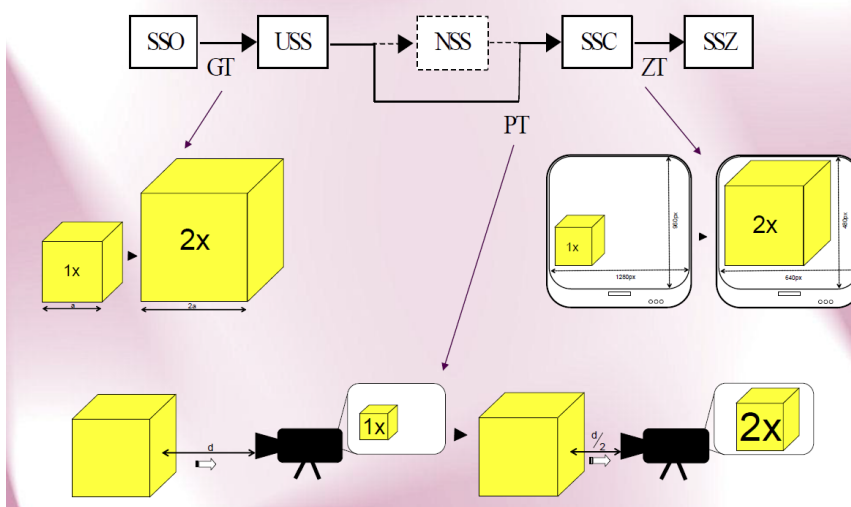
Pre zjednodušenie týchto výpočtov zavedieme *homogénne súradnice* a použijeme matice rozmeru, $(n+1) \times (n+1)$, kde n je rozmer priestoru, v ktorom sa transformácia aplikuje. Doplnkový rozmer získame tak, že súradnice vynásobíme resp. vydělíme číslom w (homogenizačný faktor). Pričom musí platiť $w \neq 0$ (hodnota w sa najčastejšie nastavuje na 1, a tak sa bude používať aj v nasledujúcom popise. Majme bod **A** (A_x, A_y, A_z), zapísaný v tvare $[A_x, A_y, A_z, 1]$ a maticu **M** rozmeru 4×4 . Bod **B** (B_x, B_y, B_z), v tvare $[B_x, B_y, B_z, 1]$, ktorý vznikne transformáciou bodu **A** pomocou transformačnej matice **M** určíme:

$$\begin{bmatrix} B_x & B_y & B_z & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_x & A_y & A_z & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} & M_{14} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} & M_{24} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} & M_{34} \\ M_{41} & M_{42} & M_{43} & M_{44} \end{bmatrix}$$

Potom transformačná matica **M** má v 2D rozmer 3×3 a v 3D rozmer 4×4 .



Aplikácia transformácií v zobrazovacom reťazci



20. Charakterizujte geometrickú transformáciu posunutia.

Posunutie je transformácia, ktorá mení polohu objektu. Samotné posunutie bodu B v danej súradnicovej sústave je dané vektorom posunutia $P[p_x, p_y]$.

Ak máme určený vektor posunutia \mathbf{p} (p_x, p_y, p_z), matica posunutia \mathbf{M} je definovaná

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ p_x & p_y & p_z & 0 \end{bmatrix}$$

21. Charakterizujte geometrickú transformáciu zrkadlenia.

Zrkadlenie je transformácia, ktorá vytvára zrkadlový obraz objektu vzhľadom na ťažisko zrkadlenia.

Ťažiskom zrkadlenia môže byť objekt, ktorého rozmer je menší ako rozmer používanej súradnicovej sústavy t.j. v 2D to môže byť bod alebo priamka a v 3D to môže byť bod, priamka alebo rovina.

Jednotlivé transformačné matice zrkadlenia sú nasledujúce:

$$\mathbf{T}_{Zx} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{T}_{Zy} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{T}_{Zz} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Príslušné transformačné matice zrkadlenia je možné napísať nasledovne:

$$\mathbf{T}_{Zx} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{T}_{Zy} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{T}_{Zz} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

22. Charakterizujte geometrickú transformáciu zmeny mierky.

Zmena mierky je transformácia, pomocou ktorej sa dá meniť veľkosť objektu. Zmena mierky je daná ako M -násobok pôvodnej hodnoty v príslušnej osi. M je konštanta ($M > 0$) udávajúca veľkosť zmeny mierky. Pre zväčšenie objektu použijeme $M > 1$ a pre zmenšenie $M < 1$.

Príslušná transformačná matica je:

$$\mathbf{T}_M = \begin{bmatrix} M_x & 0 & 0 \\ 0 & M_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Mierka M_x mení veľkosť v smere osi x , M_y v smere osi y . Aj keď môže byť M pre obidve osi rozdielne, používa sa najčastejšie rovnaké v oboch osiach.

23. Charakterizujte geometrickú transformáciu skosenia.

Skosenie je transformácia, ktorá spôsobí deformáciu objektu vo forme vyklonenia v príslušnej osi. Skosenie bodu B v danej súradnicovej sústave je dané koeficientom skosenia S . Samozrejme, že pri aplikovaní na jeden bod, výsledok transformácie nie je a. taký zrejmý. Preto sa táto transformácia aplikuje na rozsiahlejšie dvojrozmerné objekty.

$$\mathbf{T}_{Sx} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ S_x & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{T}_{Sy} = \begin{bmatrix} 1 & S_y & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Parametre S_x a S_y sú príslušné koeficienty skosenia v príslušnej osi. Skosenie deformuje napr. štvorec na rovnobežník, v ktorom je každý bod posunutý v príslušnom smere

$$\mathbf{T}_{Sxoz} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ S_{xoz} & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{T}_{Sxoy} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ S_{xoy} & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{T}_{Sxy} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ S_{xoz} & S_{yoz} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

24. Charakterizujte geometrickú transformáciu otočenia.

Transformácia objektu po kruhovej dráhe sa nazýva otáčanie (rotácia). Otočenie bodu B okolo počiatku súradnej sústavy O je dané orientovaným uhlom α (narastá proti smeru hodinových ručičiek).

Transformačná matica je nasledujúca:

$$\mathbf{T}_O = \begin{bmatrix} \cos(\alpha) & \sin(\alpha) & 0 \\ -\sin(\alpha) & \cos(\alpha) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$
$$\mathbf{T}_{Ox} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{T}_{Oy} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & 0 & \sin \alpha & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \alpha & 0 & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$
$$\mathbf{T}_{Oz} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha & 0 & 0 \\ -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

25. Rotácia okolo všeobecnej priamky využitím Eulerových uhlov.

- otáčanie definované Eulerovými uhlami a reprezentované všeobecnými transformačnými maticami.
- otáčanie definované Eulerovým teorémom a reprezentované quaternionmi

Pri aplikácii transformačných matíc otočenia často vzniká problém s tzv. ich zablokovaním t.j., keď pokus o otočenie objektu zlyhá kvôli poradiu, v akom sa rotácie vykonávajú. Tento problém umožňuje odstrániť použitie *quaternionov*. Ich aplikácia v tomto prípade prináša aj implementáciu hladkej a súvislej rotácie. (Tie kruhy v prednáške)

Quaterniony sú rozšírením komplexných čísel. Quaterniony sú asociatívne ale nie sú komutatívne.

26. Vymenujte a v krátkosti popíšte 2D premietacie transformácie používané v počítačovej grafike.

Pri 2D premietacích transformáciách sa najčastejšie používa orezanie, zmena mierky (transfokácia) a panorámovanie.

Maximálna pracovná plocha predstavuje maximálne súradnice v oboch osiach, v rámci ktorých je možné pracovať. Poväčšine však rozsah aktuálne zobraziteľných súradníc býva menší ako maximálna pracovná plocha. Tejto ploche hovoríme aj *virtuálna* (alebo tiež *logická*) *pracovná plocha* a možnej zobraziteľnej ploche (dané napr. rozlišovacou schopnosťou zobrazovacieho zariadenia) zase *fyzická pracovná plocha*. Spravidla fyzická pracovná plocha tvorí spomínané okno do virtuálnej pracovnej plochy. Vtedy sa môže stať, že časť kresby sa môže dostať mimo zobrazeného okna. Potom je nutné vykonať *orezanie*.

V prípade transfokácie (zooming) ide o transformáciu zmeny mierky. Zmena mierky je transformácia, pomocou ktorej sa dá meniť veľkosť objektov. Mierky môžu byť ľubovoľné kladné čísla, pričom hodnoty menšie ako 1 znižujú veľkosť a hodnoty väčšie ako 1 ju zväčšujú. Rozdiel oproti zmene mierky objektov v rámci globálnej transformácie je, že z hľadiska transformácií sa vždy bude jednať o transfokáciu celej scény t.j. všetkých zobrazených objektov a v rámci premietacej (zobrazovacej) transformácie. Tým pádom transfokácia nie je geometrickou transformáciou a teda nemení geometriu objektov v scéne.

Panorámovanie poväčšine býva rozsah aktuálne zobraziteľných súradníc menší (jedná sa o *SSZ*) ako maximálna pracovná plocha (*USS*). Tejto ploche, z pohľadu panorámovania, budeme tiež hovoriť aj *virtuálna* (alebo tiež *logická*) *pracovná plocha* a možnej zobraziteľnej ploche, z pohľadu panorámovania, budeme hovoriť *fyzická pracovná plocha*. Tak, ako je vzťah medzi *USS* a *SSZ*, je aj vzťah medzi logickou a fyzickou pracovnou plochou t.j. fyzická tvorí vlastne akési okno do logickej. Vtedy sa môže stať, že časť kresby sa môže dostať mimo zobrazeného okna. Toto môže nastať aj pri nastavení určitej mierky zobrazenia pri transfokácii.

Pod panorámovaním budeme rozumieť vlastne posúvanie fyzického okna nad logickým.

27. Popíšte princíp Cohen-Sutherlandovho algoritmu.

Orezanie úsečiek

Existuje niekoľko spôsobov ako orezanie vykonať. Najčastejšie sa používa tzv. *Cohen-Sutherlandov algoritmus*. Tento algoritmus je vhodný najmä pre orezanie úsečiek a predpokladá, že hranice zobrazovacieho okna sú rovnobežné s osami používaného súradnicového systému t.j. s *SSZ*. Tento algoritmus označuje koncové body úsečiek, ktoré sa zobrazujú pomocou kódov. Kódovanie je bitové a možné priradenie ukazuje nasledujúci obrázok.

vľavo hore 1001	hore 0001	vpravo hore 0101
vľavo 1000	Zobrazovacie okno 0000	vpravo 0100
vľavo dolu 1010	dolu 0010	vpravo dolu 0110

Z daného obrázku jasne vyplýva, že môžu nastať tri prípady:

1. kódy oboch koncových bodov sú nulové (prázdné) potom oba koncové body ležia vo vnútri zobrazovacieho okna a je možné úsečku vykresliť bez orezania.
2. jeden z kódov nenulový, potom je nutné orezanie, pretože časť úsečky určite leží mimo zobrazovacieho okna.
3. obidva kódy sú nenulové. Potom sú možné dva prípady:
 _ celá úsečka je mimo zobrazovacieho okna a nevykreslí sa. Toto sa deje najmä ak obidva kódy dva príslušné bity rovnaké (napr. 1000 a 1010).
 _ časť úsečky je v okne. Toto sa môže stať, ak obidva kódy nemajú dva príslušné bity rovnaké (napr. 1000 a 0100). Vtedy je nutné orezanie.

28. Vymenujte a v krátkosti popíšte 3D premietacie transformácie používané v počítačovej grafike.

3D premietacie transformácie rozoznávame lineárne a nelineárne. Medzi základné lineárne premietacie transformácie patria: kolmé premietanie, axonometria a perspektíva. Príkladom nelineárnej premietacej transformácie je transformácia Rybie oko.

Kolmé premietanie patrí medzi typické technické premietanie vo forme pôdorysu, bokorysu a nárysu.

Axonometria je definovaná axometrickým krí. om (resp. axonometrickým trojuholníkom). Medzi základné parametre axonometrie patria: 3 jednotkové vektory a 2 uhly odklonu jednotlivých osí od vodorovnej osi zobrazovača. Podľa pomerov týchto parametrov rozoznávame axonometriu: izometriu, dimetriu, trimetriu a technickú axonometriu.

Perspektíva pôsobí najprirodzenejším dojmom. Pre zobrazenie sa používa podobnosť trojuholníkov. Vzdialenosť stredu premietania od priemetne sa nazýva dištancia perspektívy.

Podľa použitej rovnice objektívu poznáme nasledujúce typy Rybieho oka: ortografické, rovnoploché a ekvidištantné.

29. Uvedte a popíšte aspoň jeden typ nelineárnej premietacej transformácie používanej v počítačovej grafike.

Rybie oko sa čiastočne vymyká z rámca doteraz popisovaných transformácií. V zásade sa totiž jedná o určitý typ nelineárneho (v princípe panoramatického) zobrazenia. V princípe sa tu spája výpočtová technika, geometria a fotografia. Tento spôsob v podstate ukazuje, ako by objektív fotoaparátu zobrazil časť priestoru. Fotoaparáty známe pod menom "Rybie oko" zobrazia ešte väčšiu časť priestoru, ako obyčajné panoramatické prístroje a to celý polpriestor π pred fotoaparátom. Činnosť objektívu možno ometrizovať ako dvoje zobrazenie. Rybie oko sa čiastočne vymyká z rámca doteraz popisovaných transformácií. V zásade sa totiž jedná o určitý typ nelineárneho (v princípe panoramatického) zobrazenia. V princípe sa tu spája výpočtová technika, geometria a fotografia. Tento spôsob v podstate ukazuje, ako by objektív fotoaparátu zobrazil časť priestoru. Fotoaparáty známe pod menom "Rybie oko" zobrazia ešte väčšiu časť priestoru, ako

obyčajné panoramatické prístroje a to celý polpriestor π pred fotoaparátom . Činnosť objektívu možno geometrizovať ako dvojzobrazenie.

Zobrazenia, ktoré vzniknú na základe týchto rovníc nazývame *ortografickým*, *rovnoplochým* a *ekvidištantným* zobrazením.

30. Charakterizujte krivky používané v počítačovej grafike.

Vzhľadom na to, ako sú rovinné krivky zadané a z hľadiska počítačovej grafiky rozdeľujeme krivky na:

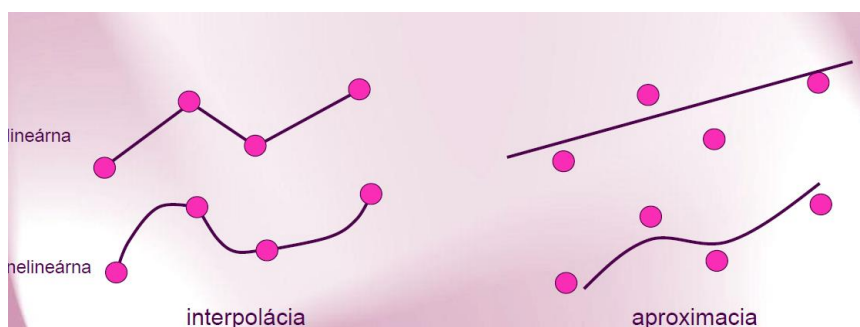
- *krivky dané analytickým popisom*
- *interpolačné krivky*
- *aproximačné krivky*
- *interaktívne vytvárané krivky*

Ak je pre krivku daný analytický predpis, je známa jej rovnica, je ľahké realizovať jej grafický výstup. Najčastejšie sa používa parametrické vyjadrenie krivky.

Nech $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$ sú body v rovine. Interpolačnou krivkou pre tieto body rozumieme krivku, ktorá prechádza týmito bodmi. Body $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$ budeme nazývať oporné body. V tejto skupine si uvedieme tieto krivky:

- ✂ *krivka vytvorená Lagrangeovou interpoláciou*
- ✂ *Fergusonova krivka*
- ✂ *krivka vytvorená Akimovskou interpoláciou*
- ✂ *spline krivka*

Aproximačné (vrcholy nemusia byť súčasťou krivky, ale vplývajú na jej tvar), typovo: *lineárna* a *nelineárna*.



Pomocou prostriedkov interaktívnej grafiky je možné, aby sa konštruktér spoluúčastnil vytvárania vhodnej krivky. Beziérová myšlienka vytvárania kriviek daného tvaru pomocou riadiaceho polygónu je základom teórie Beziérových kriviek a B-spline kriviek. Takže v tejto časti si uvedieme dve krivky:

Beziérové krivky

B-spline krivky

31. Charakterizujte a popíšte Fergusonovu krivku.

Jednou z najčastejšie používaných interpolačných kriviek je Fergusonova krivka. Táto je definovaná štartovným a koncovým bodom a štartovným a koncovým radiacím vektorom, ktorý tvorí v príslušnom bode dotyčnicu krivky. Tvar krivky sa modeluje veľkosťou a smerom radiacích vektorov.

32. Charakterizujte a popíšte Beziérove krivky.

Beziérová krivka je definovaná štartovným a koncovým bodom a množinou radiacích bodov, ktorými krivka neprechádza (iba ich aproximuje). Tvar krivky sa modeluje polohou radiacích bodov. Beziérová krivka je citlivejšia na zmenu radiaceho bodu ako Fergusonova krivka na zmenu radiaceho vektora.

33. Charakterizujte a popíšte B-spline krivky.

B-spline krivka je zobecnením Beziérovej krivky. Jej výhodou je väčšia modelovacia schopnosť. Jej nevýhodou je, že krivka nezačína a nekončí v začiatočnom a koncovom bode radiaceho polygónu. Túto nevýhodu je možné odstrániť zdvojením začiatočného a koncového bodu v radiacom polygóne.

34. Charakterizujte plochy používané v počítačovej grafike.

Používané plochy

- plochy dané analytickým popisom
- interpolačné plochy
- aproximačné plochy
- interaktívne vytvárané plochy

Rovinné (pravítkové) plochy

- Beziérove plochy
- B-spline plochy
- Racionálne B-spline plochy
- uniformné
- neuniformné

35. Charakterizujte a popíšte Coonsovu bilineárnu plochu.

Coonsove plochy

Patrí medzi klasické plochy používané v počítačovej grafike

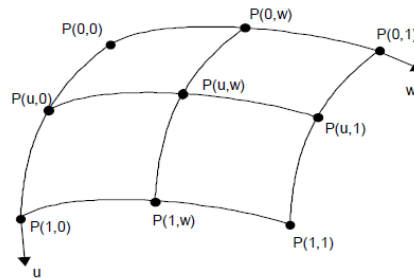
Je jednou z najjednoduchších typov Coonsových plôch. Základnou rovnicou popisujúcou túto plochu je:

$$[1 - u, -1, u] * M * [1 - w, -1, w]^T = 0 \quad (98)$$

kde u a w sú parametre, pretože bilineárny plát je určený okrajom $P(u,0)$, $P(u,1)$, $P(0,w)$ a $P(1,w)$

Matica M je štvorcová matica polohových vektorov a prvky v nej sú na rovnakých miestach ako na ploche.

$$M = \begin{bmatrix} P(0,0) & P(0,w) & P(0,1) \\ P(u,0) & P(u,w) & P(u,1) \\ P(1,0) & P(1,w) & P(1,1) \end{bmatrix}$$



Obr. 60 Bilineárna Coonsova plocha

Bod $P(u,w)$ resp. jeho polohový vektor uprostred matice M je hľadaným riešením implicitnej rovnice pre určité hodnoty parametrov u a w a je to bod ležiaci na výslednej ploche.

36. Charakterizujte a popíšte Beziérovú bikubickú plochu.

Základná Beziérová plocha je nazývaná aj Beziérová bikubická plocha a je daná maticou 4×4 bodov t.j. šesťnástimi bodmi. Plocha je teda daná 16-imi uzlami B_{ij} , $i,j=0,1,2,3$. Plocha je následne definovaná explicitnou rovnicou:

$$z = [E(x), F(x), G(x), H(x)] * B * [E(y), F(y), G(y), H(y)]^T$$

kde $E(t)$, $F(t)$, $G(t)$, $H(t)$ sú kubické polynómy definované nasledovne:

$$E(t) = (1-t)^3$$

$$F(t) = 3 \cdot t \cdot (1-t)^2$$

$$G(t) = 3 \cdot t^2 \cdot (1-t)$$

$$H(t) = t^3$$

a B je matica kót vrcholov B_{ij} riadiacej siete:

$$B = \begin{bmatrix} z_{00} & z_{01} & z_{02} & z_{03} \\ z_{10} & z_{11} & z_{12} & z_{13} \\ z_{20} & z_{21} & z_{22} & z_{23} \\ z_{30} & z_{31} & z_{32} & z_{33} \end{bmatrix}$$

Výhodou použitia takto definovaných plôch je, že môžeme meniť tvar plochy bez zmeny jej okraja (zmenou B_{11} , B_{12} , B_{21} a B_{22})

37. Charakterizujte vyplňovanie oblastí používané v počítačovej grafike.

Pod pojem vyplňovanie oblasti v súčasnosti radíme nasledujúce činnosti: vyplnenie oblasti jedinou farbou, vyšrafovanie oblasti a vyplnenie farebným vzorom (v 3D textúrovanie).

Vyplňovanie oblastí

Hranica vyplňanej oblasti môže byť zadaná:

- geometricky
 - postupnosť bodov definuje mnohoúhelník (prvý a posledný bod je totožný - uzavretá hranica) - resp. jedna alebo viac nadväzujúcich kriviek

- nakreslená v rastri
 - hranica má definovanú farbu
 - definovaná je farba vnútorných bodov oblasti
 - definovaná je farba vonkajších bodov oblasti

Tvar hranice môže byť ľubovoľný. Pred vyplňovaním oblasti je potrebné určiť súradnice vnútorného bodu oblasti (semienka).

Charakteristické vlastnosti oblasti (area) sú:

- jednofarebné vyplňovanie (fill solid)
- vyplňovanie šrafovaním (hatch fill)
- vyplňovanie opakovaným nanášaním vzorky (pattern tilling)

Vnútorne zadefinovaná oblasť je zadaná svojimi vnútornými bodmi - vnútorne vyplňajúce algoritmy.

Hranične definovaná oblasť je zadaná hranicou - hranične vyplňajúce algoritmy.

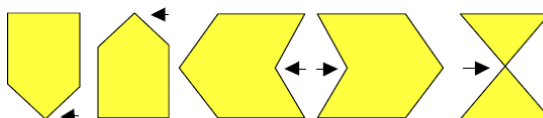
Podľa techniky vyplňovania je množné rozdeliť vyplňovacie algoritmy na:

- riadková konverzia (scan-line conversion)
- semienkové techniky (seed-fill) = metódy pre vyplňovanie už nakreslenej hranice v rastri

38. Charakterizujte a popíšte algoritmus riadkového rozkladu pri vyplňovaní oblastí.

7.1.1 Algoritmus riadkového rozkladu

1. Vykreslenie vodorovných hrán.
2. Skrátenie monotónne nadväzujúcich hrán a úprava ich orientácie zhora nadol.
3. Vytvorenie zoznamu hrán triedeného od najvyššej po najnižšiu vzhľadom na prvý bod hrany.
4. Nájdenie Y_{min} a Y_{max} .
5. Pre Y od Y_{min} po Y_{max} s krokom -1:
 - nájdenie priesečníkov hrán s rozkladovým riadkom
 - usporiadanie priesečníkov podľa súradnice X od najmenšieho po najväčší
 - vykreslenie úsekov medzi nepárnymi a párnymi priesečníkmi
6. Vykreslenie hranice mnohoúhelníka.



Obr. 64 Extrémne prípady pri vyplňovaní oblastí.

Tento algoritmus sa používa ako pre vektorové tak aj pre rastrové zariadenia. Princíp tejto metódy spočíva v postupnom vyplňovaní oblasti mnohoúhelníka vodorovnými úsečkami, ktorých koncové body sú priesečníkmi vodorovnej priamky s hranicami oblasti. Táto priamka sa nazýva tie. rozkladový riadok.

39. Charakterizujte a popíšte inverzné vyplňovanie.

Pod pojmom inverzia sa skrýva v podstate efekt funkcie XOR (Exclusive OR). Efekt vychádza z toho, že pri prvom aplikovaní XOR sa zmení (invertuje) jas príslušných pixelov. Pri druhom aplikovaní XOR je jas (farba) pôvodný, ako pred prvým XORom. Podľa toho v akom smere sa vykonáva inverzia, poznáme dve techniky inverzného vyplňovania:

- ✂ vodorovné (riadkové) vyplňovanie
- ✂ zvislé (plotové) vyplňovanie

Metóda riadkového rozkladu je najpomalšou metódou. Jej slabinou je nutnosť usporiadania priesečníkov na každom rozkladovom riadku a prechod celého zoznamu hrán pre každý rozkladový riadok.

Metóda inverznej výplne je veľmi rýchla, je lineárne závislá na počte hraničných úsečiek. Zoznam hrán stačí prejsť raz. Jej nevýhodou však je, že body vyplnenej oblasti neprekryjú to, čo bolo na obrazovke nakreslené skôr. Výhodnejšie je vyplniť najskôr oblasť v pomocnej pamäti a výsledok preniesť do obrazovej, tak ako je to pri výplni šablónou.

40. Charakterizujte a popíšte plotové vyplňovanie.

Druhá technika t.j. plotové vyplňovanie je v podstate efektívnejšou modifikáciou predošlého algoritmu (riadkového). V prvom kroku sa zvolí základná vertikálna čiara tzv. plot. Plot by mal prechádzať niektorým vrcholom polygónu, ktorý ohraničuje vyplňovanú oblasť. Následne sa pre všetky hraničné úsečky vykoná skôr uvedené riadkové inverzné vyplňovanie. Avšak toto sa aplikuje na všetky riadky, ktoré pretínajú príslušnú hranu tak, že sa vypočíta priesečník s príslušnou hraničnou úsečkou a invertujú sa len pixely, ktoré ležia medzi týmto priesečníkom a plotom.

41. Charakterizujte a popíšte rekurzívne semienkové vyplňovanie.

Typickým predstaviteľom semienkového algoritmu hranice definovanej na zobrazovači je semienkové vyplňovanie. Tento algoritmus sa používa u rastrových zariadení. Pre vyplnenie sa predpokladá, že je známy aspoň jeden vnútorný bod (semienko) vyplňovanej oblasti. Algoritmus má rekurzívny charakter. Pri vyplňovaní sa vyšetruje či susedný bod je hraničný alebo či už je vyfarbený výplňovou farbou. Ak nie vyfarbí sa a rekurzívne sa pokračuje ďalším susedným bodom.

42. Charakterizujte a popíšte nerekurzívne semienkové vyplňovanie.

Klasické semienkové vyplňovanie je náročné na pamäť. Preto sa používa aj nerekurzívna modifikácia semienkového vyplňovania. Tejto metóde sa hovorí aj záplavové vyplňovanie.

Tým je odstránená náročnosť na veľkosť zásobníka. Funkcia si v priebehu vyplňovania ukladá informáciu o bodoch, z ktorých potom bude pokračovať.

Rozdelenie algoritmov riešenia viditeľnosti je možné podľa nasledujúcich hľadísk: v akom tvare poskytujú výsledky, podľa priestoru v ktorom je viditeľnosť riešená, podľa reprezentácie riešených objektov, podľa zahrnutia osvetlenia do riešenia, podľa vplyvu možnej chyby pri vykonávaní algoritmu a podľa času potrebného na vyriešenie viditeľnosti.

Podľa toho v akom tvare sú poskytované výsledky rozdeľujeme algoritmy riešenia viditeľnosti na objektové (vektorové) a rastrové (bodové). Pri objektových je výsledkom množina kriviek resp. plôch predstavujúcich viditeľné elementy. Pri rastrových je výsledkom obraz predstavujúci jednotlivé body (pixely) s farbou príslušných viditeľných plôch.

43. Charakterizujte problém riešenia viditeľnosti v rámci počítačovej grafiky.

Problém riešenia viditeľnosti v počítačovej grafike spočíva v odstránení resp. odlíšení tých častí trojrozmerných objektov, ktoré pri danom premietaní do 2D nie sú z miesta pozorovateľa viditeľné. Tým sú tieto časti akože zakryté a dostávame jednoznačné priemety telies.

44. Uvedte postup pri získaní horizontu v rámci algoritmu plávajúceho horizontu.

Pri premietaní funkcie sa najprv vyberie rovnobežná krivka, ktorá je najbližšie k stredu premietania (stred SSC). Táto je určite viditeľná a teda ju vykreslíme. Ďalej postupne zobrazujeme susedné krivky tak, že z nich zobrazíme len tie časti, ktoré sú "nad" (resp. "pod" podľa parametrov premietania t.j. vektora pohľadu) niektorou u. zobrazenou krivkou (horizontom). Takto postupne vykresľované krivky vytvárajú tzv. "obalovú" krivku. "Pod" či "nad" ňou sa nezobrazí žiadna z nasledujúcich kriviek.

45. Charakterizujte a popíšte maliarov algoritmus riešenia viditeľnosti.

Základným objektovo orientovaným algoritmom je maliarov algoritmus riešenia viditeľnosti. Jeho podstata spočíva v zoradení objektov (tzv. Z-sort) od najvzdialenejších po najbližšie a v následnom kreslení v tomto poradí na priemtnu, čím vlastne bližšie objekty kreslené neskoršie, prekreslia vzdialenejšie objekty a tým sa vyrieši viditeľnosť. Maliarov algoritmus nerieši viditeľnosť vždy stopercentne

46. Charakterizujte a popíšte Freeman-Lotrelov algoritmus riešenia viditeľnosti.

Medzi klasické objektovo orientované algoritmy patrí aj Freeman-Lotrelov algoritmus. Podstata algoritmu spočíva v rozdelení plôch na neviditeľné a potencionálne viditeľné na základe porovnania vektora normály vyhodnocovanej steny a vektora pohľadu pozorovateľa.

47. Charakterizujte a popíšte algoritmus pamäte hĺbky (Z-buffer).

K súčasnosti najviac používaným algoritmom patrí Z-buffer (algoritmus pamäte hĺbky) algoritmus. Patrí medzi rastrové typy algoritmov. Vyhodnocuje sa farba každého bodu priemetne tak, že sa ráta priesečník priamky definovanej okom pozorovateľa a bodom priemetne s objektami v scéne. Potom sa vypočítajú vzdialenosti (hĺbka) jednotlivých priesečníkov a bod priemetne sa vyfarbí farbou najbližšieho priesečníka. Tento algoritmus patrí dnes k najviac implementovaným algoritmom v grafických akceleratoroch.

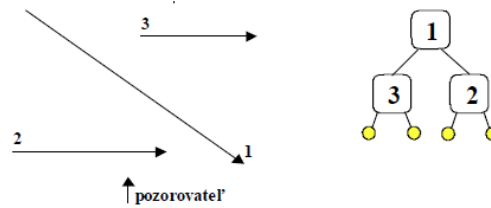
48. Charakterizujte metódu BSP stromov pri riešení viditeľnosti v rámci počítačovej grafiky.

BSP (Binary Space Partitioning) je metóda hierarchického rozkladu priestoru na konvexné podpriestory a je hojne využívaná pri vizualizácii v počítačovej grafike najmä z dôvodu rýchleho triedenia a vyradovania odvrátených plôch. Metóda je podobná maliarovmu algoritmu, ale v prípade nejednoznačnosti rozdelí problematický polygón. Metóda je stopercentná a aj napriek zložitejšiemu predprocesingu sa používa v systémoch riešenia viditeľnosti v reálnom čase. Jedná sa o objektovo-orientovaný algoritmus

49. Popíšte tvorbu a prechod BSP stromom pri metóde BSP stromov v rámci riešenia viditeľnosti v počítačovej grafike.

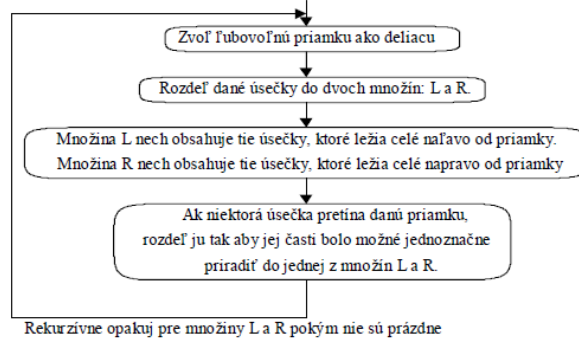
Konstruktciu BSP stromu je možné vysvetliť na nasledujúcom príklade riešenia viditeľnosti v rovine (2D-BSP). Majme tri orientované úsečky označené 1, 2 a 3 (viď. nasledujúci obrázok). šípkou je naznačená poloha a smer pohľadu pozorovateľa na scénu (použitím maliarovho algoritmu by sa úsečky vykreslili zozadu dopredu v poradí 3,1,2).

V prvom kroku je možné vo všeobecnosti voľiť ľubovoľnú priamku, pre riešenie viditeľnosti je možné (a zvyčajne aj výhodné) voľiť jednu z priamok zo scény. V ďalšom texte sa tento postup predpokladá. Úsečka 2 leží celá vpravo od úsečky 1 a úsečka 3 leží celá vľavo od úsečky 1.

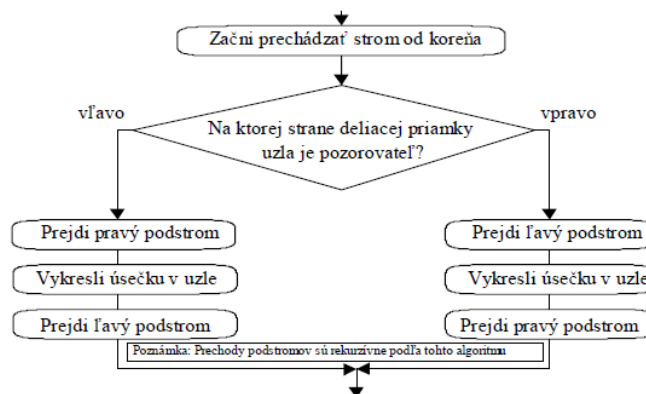


Obr. 82 2D Scéna a jej BSP strom

Pri tvorbe 2D BSP stromu je algoritmus nasledovný:



Obr. 83 Algoritmus tvorby BSP stromu



Obr. 84 Algoritmus prechodu BSP stromom zozadu dopredu

50. Popíšte vlastnosti a použitie BSP stromov v rámci riešenia viditeľnosti v počítačovej grafike.

V BSP strome existujú 2 typy entít: *uzly* a *listy*. Uzly sú v diagramoch označené štvorčkami a listy krúžkami. Uzol predstavuje útvar, ktorým sa priestor delí a list predstavuje konvexný podpriestor.

V rovine, obsahujú uzly deliace priamky a listy zasa konvexné polygóny, ktoré vznikli delením roviny pri tvorbe stromu

BSP je veľmi vhodná technika na riešenie viditeľnosti v priestore. Pri BSP v 3D sa namiesto úsečiek použijú polygóny a namiesto deliacich priamok deliace roviny. Samotný algoritmus je v 3D rovnaký a vo všeobecnosti použiteľný pre N-rozmerný priestor s N-1 rozmernými deliacimi útvarmi.

Výhody:

korektne rieši viditeľnosť pri zložitosti $O(n)$ pri ľubovoľnej polohe pozorovateľa

hierarchické rozdelenie priestoru na konvexné podpriestory, čo pomáha pri prechode stromom, kedy je možné vynechať naraz celý podstrom

umožňuje kresliť zozadu dopredu aj spredu dozadu

Nevýhody:

takmer nulová flexibilita, pretože pri pohybe objektov (úsečiek, polygónov) sa mení ich vzájomná poloha a tým aj usporiadanie v strome, a preto je nutné odznova prepočítať celý BSP strom (prípadne jeho časť), čo pri systémoch pracujúcich v reálnom čase neprichádza do úvahy. Čiastočným riešením (pri veľkých, pohybujúcich sa objektoch) je vkladanie polygónov do stromu v reálnom čase. V predpočítanom strome sú vtedy len statické objekty.

pri tvorbe stromu dochádza zákonite k zvýšeniu počtu objektov v scéne spôsobeného delením.

náročný preprocessing.

51. Charakterizujte metódu oktantových stromov pri riešení viditeľnosti v rámci počítačovej grafiky.

52. Vymenujte a v krátkosti popíšte urýchľovacie techniky pre riešenie viditeľnosti v počítačovej grafike.

Medzi najčastejšie používané urýchľovacie technológie pri riešení viditeľnosti patria: orezanie na ihlan pohľadu, použitie ohraničujúcich útvarov, sektorovanie a použitie potenciálu viditeľnosti. +Front View/ Back Cut

Každému objektu sa priradí ohraničujúci útvar a platí, že objekt celým svojím objemom leží vnútri neho. Ak je potrebné zistiť, či daný objekt leží v ihlane pohľadu, tak v prvom kroku sa otestuje jeho ohraničujúci tvar. Ak tento podmienku nespĺňa, celý objekt je možné z ďalšieho spracovania vylúčiť. V opačnom prípade je nutné sa objektom zaoberať podrobnejšie

53. Popíšte spôsob orezávania na zorný ihlan pri riešení viditeľnosti v rámci počítačovej grafiky.

Zorný ihlan je časť priestoru, ktorá sa po zobrazovacej transformácii (SSC -> SSZ) zobrazí do obdĺžnika na priemetni, ktorý reprezentuje tú jej časť, ktorá v konečnom dôsledku bude viditeľná na zobrazovači (obrazovke) t.j. zorný priestor.

54. Porovnajte technológiu sektorovania a potenciálu viditeľnosti pri urýchľovaní riešenia viditeľnosti v rámci počítačovej grafiky.

Pri veľkom množstve objektov a polygónov scény, hlavne ak je to členitý interiér, zložený z množstva miestností, je výhodné ho rozdeliť na rad vzájomne prepojených sektorov. Ich použitie v prvej fáze vyradovania polygónov prispieva často k dramatickému zúženiu spektra všetkých objektov.

Sektory sú lepším riešením ako napríklad BSP, pretože nevyžadujú delenie polygónov, ale sami osebe nestačia na úplné riešenie viditeľnosti. Nevýhodou sektorov je ich takmer nemožná "algoritmizácia", čiže napísať program, ktorý by automaticky rozdelil scénu na vhodné sektory s vhodným rozmerom na vhodných miestach.

PVS sa počíta vždy pre určitú časť priestoru a udáva množinu potencionálne viditeľných objektov z daného miesta. Rozšírenie BSP o PVS teda znamená mať pre každý list v strome zoznam všetkých listov, ktoré z daného listu môžu byť viditeľné.

55. Charakterizujte a popíšte konštantné (flat) tieňovanie v rámci počítačovej grafiky.

Tieňovanie v počítačovej grafike sa používa pri práci v trojrozmernom priestore a s trojrozmernými objektami pre zvýšenie reálnosti vnemu po vyriešení viditeľnosti resp. na odlíšenie zaoblenia alebo krivosti plôch. Používa vykresľovanie objektov pomocou rôznych odtieňov farieb.

Medzi základné typy tieňovaní používaných v počítačovej grafike radíme: konštantné (flat) tieňovanie, tieňovanie interpoláciou farby (Gourardovo tieňovanie) a tieňovanie interpoláciou normály (Phongovo tieňovanie).

Konštantné tieňovanie (angl. *flat-shading*) patrí medzi základné metódy tieňovania. Princíp je veľmi jednoduchý. Určí sa hodnota odrazeného svetla v jednom ľubovoľnom bode skúmanej plochy daného objektu. Na základe tejto hodnoty sa vyfarbí celá plocha (platí aj pre úrovne šedi). Pre zvýšenie realistickosti je tu navyše potrebná aj veľkosť uhla medzi zdrojom svetla a plochou. Podľa tohto uhla sa potom nastaví intenzita farby.

56. Charakterizujte a popíšte tieňovanie interpoláciou farby (Gourard) v rámci počítačovej grafiky.

Tento metóde tieňovania hovoríme aj kontinuálne tieňovanie alebo tiež tieňovanie interpoláciou farby. Oproti konštantnému tieňovaniu sa tu uvažuje o tom, že zrakový vnem osvetlených objektov nie je celkom skokový na hranách objektov. V okolí hrán je odraz svetlejší (resp. tmavší) v závislosti na okolí. Samotný výpočet osvetlenia stien je vykonávaný z výpočtu osvetlenia hrán a vrcholov objektu.

57. Charakterizujte a popíšte tieňovanie interpoláciou normály (Phong) v rámci počítačovej grafiky.

Tento algoritmus patrí medzi najviac používané algoritmy tieňovania. Je podobný Gouraudovmu algoritmu, ale určenie osvetlenia bodu plôchy sa nevypočítava medzi dvomi bodmi interpolačne. Obdobne ako u "Gourauda" sa určujú normály riešených hrán a vrcholov. Po určení normál hrán je určovaná interpolačne normála jednotlivých bodov plochy. Táto normála je určená ako výslednica normál hrán.

58. Charakterizujte problém realistického zobrazovania najmä textúrovania v rámci počítačovej grafiky.

59. Osvetľovanie a osvetľovacie modely, osvetľovacie mapy.

Osvetľovacie mapy – pecene textúry..pridaju sa tam zdroje svetla, ulozi sa textura (upecie) a odstrania sa zdroje

Typy osvetľovaní:

- statické
- dynamické

Proces vplyvu svetelných zdrojov, materiálu a iných objektov svoje okolie resp. na iné objekty – vrhanie tieňov

Osvetlenie alebo osvetľovací model je model, ktorým môžeme sledovať vlastnosti povrchu ako je farba, lesklosť, matnosť, drsnosť a podobne. Základom osvetľovacieho modelu je odrazová funkcia (reflection function). Je to matematická funkcia vyjadrujúca intenzitu svetelného lúča rozptýleného svetla v závislosti

na jeho smere a smere intenzity a vlnovej dĺžky dopadajúceho lúča. Čím lepšie popisuje odrazová funkcia chovanie skutočného svetla, tým lepší a presvedčivejší je dojem z generovanej počítačovej reprezentácie priestorového objektu.

Osvetľovanie

Typy svetelných zdrojov podľa farby:

- Monochromatické
- Achromatické

Typy svetelných zdrojov podľa spôsobu vyžarovania:

- Bodové
- Reflektorové (spot)
- Plošné

Typy svetelných zdrojov podľa kinematiky:

- Statické
- Dynamické

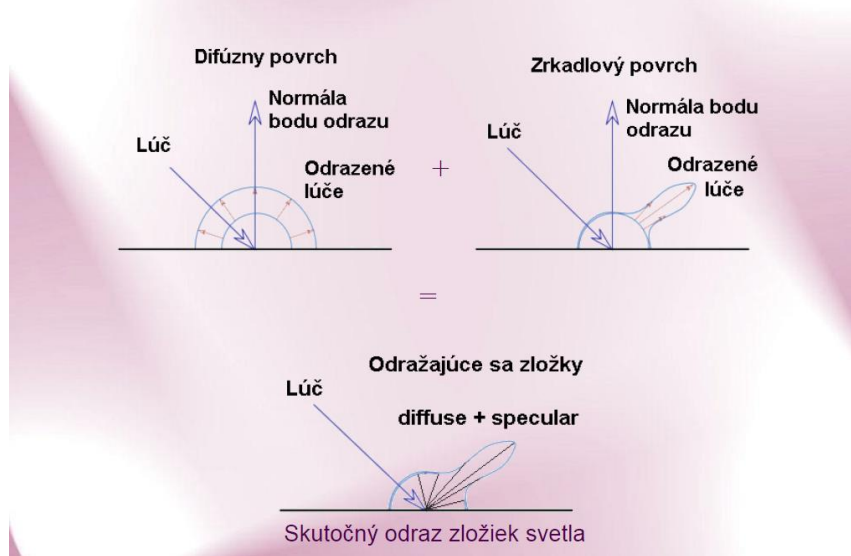
60. Spracovanie osvetľovacích modelov, zložky svetla podľa Phongovho osvetľovacieho modelu.

Ambientné svetlo (ambient light) sa využíva hlavne pri empirických vyjadrených odrazových rovníc, táto zložka predstavuje odraz bližšie nešpecifikovaného, zo všetkých smerov prichádzajúceho okolitého svetla. Okolité rozptýlené svetlo vzniklo mnohonásobnými odrazmi od ostatných telies a rozptylom spôsobených molekulami vzduchu. Je preto väčšinou biele (achromatické).

Difúzna zložka (diffuse) – jej charakteristika nezáleží na smere pohľadu. Po viacnásobnom odraze a lome bude smer svetelného lúča náhodný s rovnakou pravdepodobnosťou všetkých smerov. Veľkosť zložky bude závisieť iba na uhle dopadu (bude úmerná jeho kosínusu). Difúzne odrazené svetlo prinesie informácie o tom, čo nazývame farba povrchu.

Zrkadlová zložka (specular) – jej charakteristika záleží na smere pohľadu. Po viacnásobnom odraze a lome môže byť svetelný lúč utlmený. Pri odraze sa poväčšinou riadi statistickým rozdelením. Veľkosť zložky bude závisieť na uhle dopadu a optických (zrkadlových) vlastnostiach povrchu.

Osvetľovanie – zložky svetla



61. Globálne osvetľovacie techniky.

Globálne osvetľovacie techniky slúžia na riešenie zobrazovacej rovnice (vrátane riešenia viditeľnosti). Ich riešením je:

- Výpočet osvetlenia všetkých plôch v scéne – *pohľadovo nezávislé*.
- Výpočet osvetlenia pre určitý smer – *pohľadovo závislé*.

Rozdelenie globálnych osvetľovacích techník:

- Metódy vychádzajúce od pozorovateľa
 - Sledovanie lúča
 - Sledovanie cesty
- Metódy vychádzajúce od svetelného zdroja
 - Sledovanie fotónov
 - Monte Carlo sledovanie svetla
- Obojsmerné metódy
 - Obojsmerné sledovanie cesty
 - Fotónové mapy
- Vyžarovacia metóda (Radiosity)

62. Fraktály a časticové systémy.

„Fraktál je množina, ktorej Hausdorffova dimenzia je väčšia než dimenzia topologická“

Jeden zo základných pojmov v oblasti fraktálov a fraktálnej geometrie je sebepodobnosť. Môžeme ju nájsť na rôznych miestach okolo nás. Zoberme si hlávku karfiolu. Po podrobnejšom preskúmaní je možné si všimnúť, že sa skladá z menších častí, ktoré tvoria celú hlávku karfiolu. Oddelíme jednu z týchto častí tvoriacich prvotnú hlávku. Zistíme, že je veľmi podobná pôvodnému celku, ktorý tvorila celá hlávka karfiolu. Jediný rozdiel je iba vo veľkosti. Tento postup je možné opakovať niekoľkokrát za sebou. Po každom takomto kroku je možné sledovať vzájomnú podobnosť oddeľovaných častí, pričom bude vždy platiť, že sa odlišujú iba vo veľkosti.

Fraktály - typy

1. L-systémy
2. IFS (systém iterovaných funkcií)
3. Dynamické systémy (dynamické množiny)

Príklady: Kochovej krivka, Mandelbrotova množina, Sierpinskeho koberček

Častica je objekt v scéne, ktorý má svoj vlastný životný cyklus. Niekde sa „narodí“, počas celého svojho života sa vyvíja podľa prideleného kódu a na konci „umiera“. To, čo vykonáva alebo ako sa vyvíja častica je plne v režii programátora. Časticové systémy (particle systems) sa pre niektoré prírodné javy používa častejšie ako fraktály.